

INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA

DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ELETRÔNICA INDUSTRIAL

Circuitos Elétricos I



GUIA DE ESTUDO

- OBJETIVO DE APRENDIZAGEM -

CAPACITORES

Prof. Clóvis Antônio Petry.

Florianópolis, outubro de 2020.

CAPACITROES

Objetivo de Aprendizagem

Conhecer capacitores.

Objetivos parciais

- Conhecer capacitores;
- Conhecer os tipos de capacitores;
- Calcular capacitância total;
- Resolver exercícios envolvendo capacitores.

Aulas relacionadas

Este objetivo de aprendizagem está relacionado com a aula 10 da disciplina.

Pré-requisitos

Ter estudado o objetivo de aprendizagem 15 relacionado ao Teorema da Superposição.

Continuidade dos Estudos

O próximo objetivo de aprendizagem será analisar circuitos com capacitores.

Roteiro para estudos

Os estudos referentes a este objetivo de aprendizagem consistem em:

1. Estudar este documento resumo, realizando as atividades propostas no mesmo;
2. Responder o quiz relacionado a este objetivo de aprendizagem;
3. Caso perceba necessidade, estudar a apresentação deste assunto ou ler o capítulo do livro texto usado na disciplina;
4. Realizar os exercícios deste tópico da matéria;
5. Realizar o laboratório virtual, se for possível, relacionado a este objetivo de aprendizagem;
6. Realizar a avaliação final para progredir ao próximo conteúdo.

Referências

- Material disponibilizado para a disciplina de Circuitos Elétricos I – 2020/1. Departamento Acadêmico de Eletrônica, Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Florianópolis.
- BOYLESTAD, Robert. Introdução à análise de circuitos. Tradução de Daniel Vieira, Jorge Ritter. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2012.

Check-list

Caro estudante, verifique se você completou as atividades deste objetivo de aprendizagem e obteve êxito para continuar seus estudos.

Assinale as atividades realizadas:

Estudo do documento resumo:

- ☐ () Leitura do documento resumo;
- ☐ () Exercícios do documento resumo;
- ☐ () Atividade avaliativa do documento resumo.
- ☐ () Obtive êxito e entendi o conteúdo deste documento;
- ☐ () Ainda não entendi bem o conteúdo e estudarei o mesmo com mais profundidade.

Estou com dúvidas, irei estudar com mais detalhes este conteúdo:

- ☐ () Assistir a apresentação relacionada ao conteúdo (apresentação 10);
- ☐ () Ler os capítulos deste conteúdo no livro (capítulo 10).

Ainda estou com dúvidas:

- ☐ () Entrarei em contato com o professor.

Obtive êxito, então seguirei em frente:

- ☐ () Responder ao quiz deste conteúdo no Moodle;
- ☐ () Informar ao professor que estou avançando com o conteúdo.

Parabéns, continue estudando com afinco e vamos em frente!!

CONTEÚDO

- OBJETIVO DE APRENDIZAGEM - CAPACITORES

1 Introdução

As aulas anteriores focaram no estudo das principais técnicas de análise de circuitos com resistores. Nesta aula estudaremos capacitores, para então na aula seguinte fazermos a análise de circuitos envolvendo capacitores.

1.1 Conteúdo – O que irei estudar

Estudaremos neste tópico:

- Campo elétrico;
- Capacitância;
- Tipos de capacitores;
- Associação de capacitores.

1.2 Metodologia – O que devo fazer e como fazer

Leia com atenção o conteúdo a seguir. Ao final deste tópico são apresentados exercícios resolvidos. Após são apresentados alguns exercícios propostos.

Ao realizar estas atividades e se sentir confiante para progredir, siga os passos indicados na primeira página deste documento.

Espera-se que após estudar este assunto, você consiga:

- Explicar com suas palavras o que é campo elétrico;
- Explicar o que são capacitores;
- Calcular a capacitância total para associação de capacitores;
- Conhecer os principais tipos de capacitores.

A atividade avaliativa deste objetivo de aprendizagem consistirá em perguntar ao estudante o que são capacitores e seus principais tipos.

Exemplo de atividade avaliativa:

1. Explique o que é campo elétrico.
2. Qual a diferença entre capacitores fixos e variáveis?
3. O que são capacitores?
4. Quais fatores influenciam a capacitância dos elementos?
5. Cite alguns tipos de capacitores.

2 Campo Elétrico

2.1 Introdução

O estudo dos elementos de circuitos elétricos está diretamente relacionado com os fenômenos elétricos e eletromagnéticos que aparecem ao se aplicar uma tensão elétrica ou circular corrente elétrica pelos componentes. Assim, até aqui estudamos o comportamento das grandezas elétricas quando aplicadas em resistores. Agora vamos estudar também o comportamento dos elementos conhecidos por capacitores. Deste modo, a seguir, os aspectos mais importantes que embasam o entendimento do efeito da capacitância serão abordados, especificamente relacionados com o campo elétrico.

2.2 Campo Elétrico

O campo elétrico é uma região do espaço, geralmente na proximidade de cargas elétricas, onde se tem a presença de linhas de campo e onde ocorrem fenômenos elétricos. Assim, campo elétrico é a região de entorno de corpos carregados eletricamente, que é representado por linhas de campo, que indicam sua intensidade e direção.

As linhas de campo tem algumas propriedades, que são:

- Intensidade dependente da carga presente;
- Não se cruzam;
- Saem das cargas positivas e se dirigem para as cargas negativas;
- Apontam do corpo com maior potencial para o corpo com menor potencial elétrico;
- Começam ou terminam perpendicularmente às superfícies carregadas.

A Figura 1 mostra uma carga elétrica positivamente carregada com carga Q , onde as linhas de campo saem da carga e apontam para o espaço ao seu redor. Note que são representadas na figura duas regiões distintas (A_1 e A_2), ambas com o mesmo número de linhas de campo, mas com áreas diferentes. Assim, a região A_1 tem maior densidade de carga elétrica do que a região A_2 , visto se ter o mesmo número de linhas de campo elétrico concentradas em uma área menor, ou seja, as linhas de campo estão mais concentradas na região A_1 .

O campo elétrico é representado pela letra grega ψ (psi). Por sua vez, o fluxo por unidade de área (densidade de fluxo elétrico) é representado pela letra D , sendo:

$$D = \frac{\psi}{A} [\text{fluxo} / \text{unidade área}]$$

O número de linhas de campo elétrico é dependente da quantidade de carga Q . Assim, quanto maior a quantidade de carga, maior o número de linhas de campo elétrico. Pode-se então igualar campo elétrico (ψ) e a carga elétrica (Q):

$$\psi = Q [\text{coulombs}, C]$$

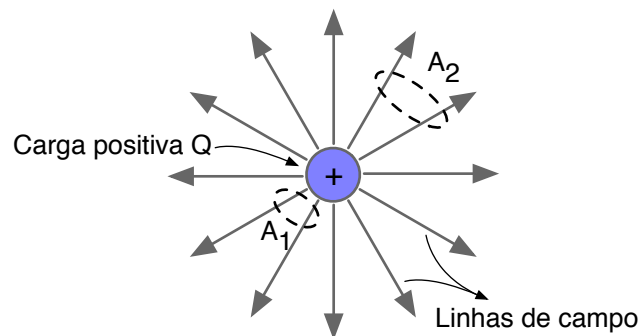


Figura 1 – Linhas de campo em uma carga elétrica positiva.

A intensidade de campo elétrico, representada pela letra E , em um ponto do espaço, é a força que atua em uma carga unitária positiva naquele ponto, portanto:

$$E = \frac{F}{Q} [\text{newtons} / \text{coulomb}, N / C]$$

A Figura 2 mostra duas cargas (Q_1 e Q_2), onde a carga Q_2 é unitária, ou seja, tem carga de 1 C, afastadas por uma distância de r metros. A força entre as duas cargas é encontrada aplicando-se a Lei de Coulomb:

$$F = k \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} = k \cdot \frac{Q_1 \cdot 1}{r^2} = k \cdot \frac{Q_1}{r^2} = k \cdot \frac{Q}{r^2} [\text{newtons}, N]$$

Assim, para uma carga positiva e unitária se tem:

$$E = \frac{F}{Q} = \frac{k \cdot \frac{Q}{r^2}}{1} = k \cdot \frac{Q}{r^2} [\text{newtons} / \text{coulomb}, N / C]$$

Nota-se pela expressão obtida, que o campo elétrico é mais intenso quanto maior for a carga. Por outro lado, é inversamente proporcional a distância, ou seja, nas proximidades da carga

o campo é muito intenso, caindo quadraticamente na medida que se afasta da carga elétrica. A constante eletrostática k , para o vácuo, é $9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$.

A Figura 3 mostra as linhas de campo elétrico para cargas opostas e cargas iguais em regiões próximas do espaço. Note que entre cargas opostas, as linhas de campo apontam da carga positiva para a carga negativa, gerando uma força (F) de atração entre as cargas. Por sua vez, entre cargas iguais se terá uma força de repulsão, visto que as linhas de campo elétrico divergem na região do espaço entre as cargas.

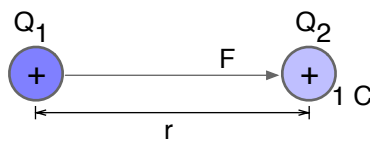


Figura 2 – Força entre duas cargas.

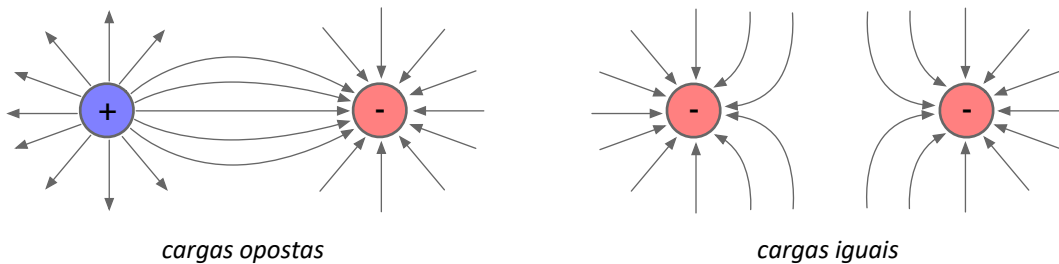


Figura 3 – Linhas de campo para cargas opostas e para cargas iguais.

2.1 Capacitância

A definição de capacitância é:

- A medida da quantidade de carga que o capacitor pode armazenar em suas placas, ou seja, sua capacidade de armazenamento.

Em outras palavras, pode-se definir capacitância como sendo a propriedade dos materiais de armazenarem cargas elétricas. Uma alta capacitância representa uma alta capacidade de armazenamento de cargas elétricas para a mesma tensão aplicada.

A Figura 4 mostra um capacitor de placas paralelas (C_1), isoladas (separadas) entre si, conectado em uma fonte de alimentação (V_i) por intermédio de um resistor série (R_s) e uma chave liga-desliga (S_1).

Enquanto a chave S_1 estiver aberta, a tensão elétrica sobre o capacitor (V_c) será nula, isto é, o balanço de cargas elétricas nas placas condutoras será zero. Não se tem corrente circulando no circuito e o capacitor permanece descarregado.

Quando a chave S_1 for fechada, conforme mostrado na Figura 5, as cargas negativas (elétrons) da placa superior serão atraídas pelo pólo positivo (+) da fonte de alimentação (V_i), resultando em uma carga positiva acumulada nesta placa. Já na placa inferior irá ocorrer o contrário, isto é, elétrons da fonte de alimentação irão circular até esta placa, pois serão atraídos pela carga positiva resultante na placa superior. Assim, ambas as placas ficam carregadas, com tensão elétrica (potencial) igual ao da fonte de alimentação. A corrente elétrica, ou seja, a intensidade de cargas elétricas que irá circular entre a fonte de alimentação e as placas do capacitor será limitada pelo resistor série R_s .

Note que não ocorreu circulação de cargas elétricas pela parte interna do capacitor, pois as placas condutoras estão separadas entre si por algum elemento isolante. Assim, o fluxo de cargas elétricas foi entre a fonte de alimentação e a conexão externa das placas do capacitor C_1 . Observe também que o sentido das cargas elétricas é o verdadeiro, ou seja, do pólo negativo da fonte de alimentação em direção ao pólo positivo, passando pelo circuito externo. Em termos de corrente elétrica, adotamos o sentido convencional, onde a corrente sai do pólo positivo, circula pelo circuito, e entra no pólo negativo da fonte de alimentação.

A análise do circuito para determinar a corrente elétrica, tempo de carga e descarga e demais grandezas elétricas será realizado na próxima aula deste curso.

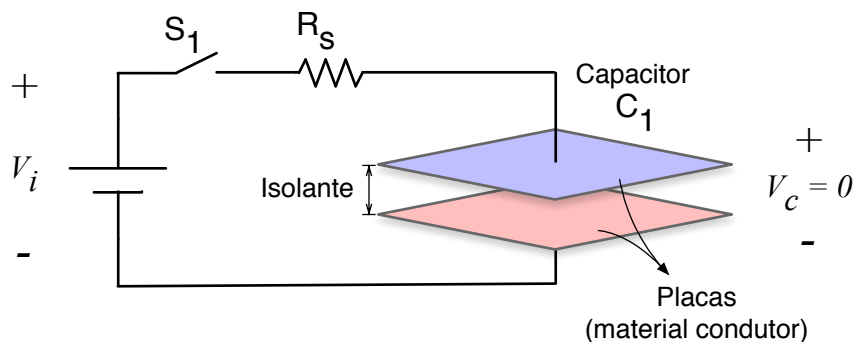


Figura 4 – Circuito com capacitor de placas paralelas.

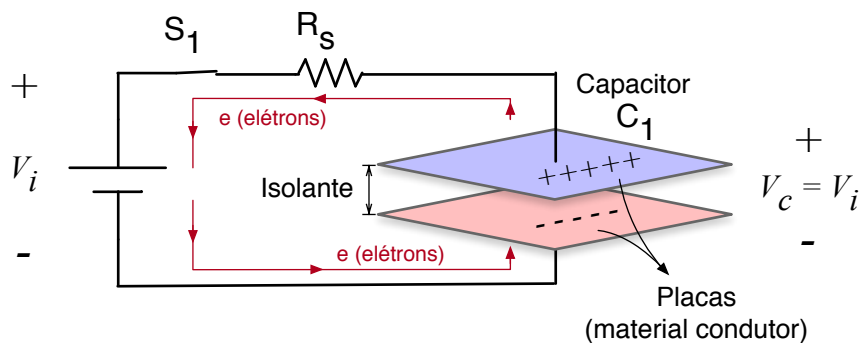


Figura 5 – Capacitor de placas paralelas conectado em uma fonte de alimentação.

A unidade de medida de capacitância é o Farad, em homenagem ao cientista Michael Faraday (1791 - 1867) que estudou os fenômenos relacionados com o acúmulo de cargas nos elementos e suas implicações. Defini-se o Farad como sendo a carga de 1 coulomb ($6,242 \times 10^{18}$ elétrons) armazenada nas placas de um capacitor quando aplicada uma tensão elétrica (diferença de potencial elétrico) de 1 volt.

Em termos práticos, se tem capacitores com capacitâncias que variam desde alguns picofarads ($\text{pF} = 10^{-12} \text{ F}$), microfarads ($\mu\text{F} = 10^{-6} \text{ F}$), até supercapacitores que possuem dezenas de farads.

A relação entre a carga elétrica armazenada (em coulomb (C)) e a tensão elétrica aplicada (volt (V)) é a capacitância, dada por:

$$C = \frac{Q}{V} [\text{farad}, F]$$

Assim, note que a quantidade de cargas armazenadas é diretamente proporcional a capacitância e a tensão aplicada:

$$Q = C \cdot V [\text{coulomb}, C]$$

O capacitor de placas paralelas mostrado na Figura 4, a título de exemplo, possuía ar entre as placas, constituindo o elemento isolante entre as mesmas. Na região entre as placas, se tem um campo elétrico resultante (E), conforme mostrado na Figura 6, onde as linhas de campo saem da placa carregada positivamente e entram na placa carregada negativamente.

O campo elétrico E na Figura 6 é mostrado uniforme e sem o efeito das bordas, para fins de simplificação. Na prática, nos limites externos das placas, se tem linhas de campo também, que terão concentração distinta da região interna das placas, conforme mostrado na Figura 6.

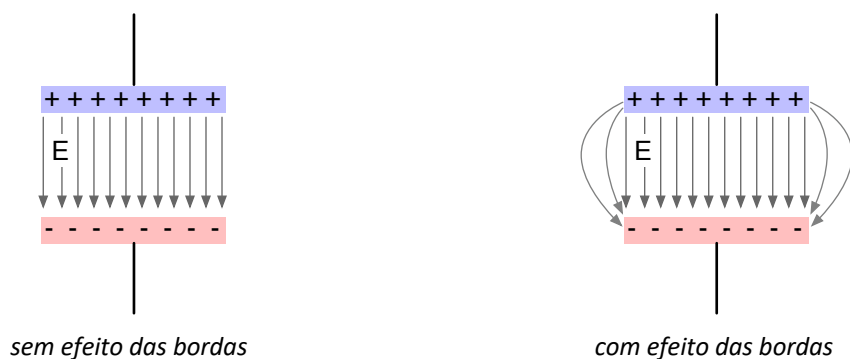


Figura 6 – Campo elétrico em um capacitor de placas paralelas.

A intensidade de campo elétrico entre as placas de um capacitor é dada por:

$$E = \frac{V}{d} [\text{volt} / \text{metro}, V / m]$$

Onde:

- E – campo elétrico em V/m;
- V – tensão elétrica em volts;
- d – distância entre as placas em metros.

Conclui-se da expressão anterior que a intensidade de campo elétrico em um capacitor é dependente da tensão aplicada e da distância entre suas placas.

Já em termos de capacitância de um capacitor, o material que é utilizado para prover o isolamento entre as placas condutoras tem um papel preponderante nos resultados obtidos.

Assim, ao se inserir um material isolante (dielétrico) entre as placas de um capacitor, conforme mostrado na Figura 7, se tem a formação de dipolos de cargas elétricas na região entre as placas. Em virtude de o material entre as placas ser isolante, os elétrons não irão circular até as placas condutoras, mas se deslocam no próprio átomo formando os dipolos elétricos com os átomos vizinhos. Note que as cargas dos dipolos irão se cancelar ao longo da parte interna do dielétrico, pois estes estarão alinhados em virtude da presença do campo elétrico no interior do material isolante; com exceção das bordas, onde se terá uma carga resultante com polaridade oposta aquelas das placas condutoras. Assim, o campo elétrico no interior do dielétrico ($E_{\text{dielétrico}}$) é formado no sentido de se opor ao campo elétrico entre as placas condutoras do capacitor, tendo sentido contrário, conforme mostrado na Figura 7.

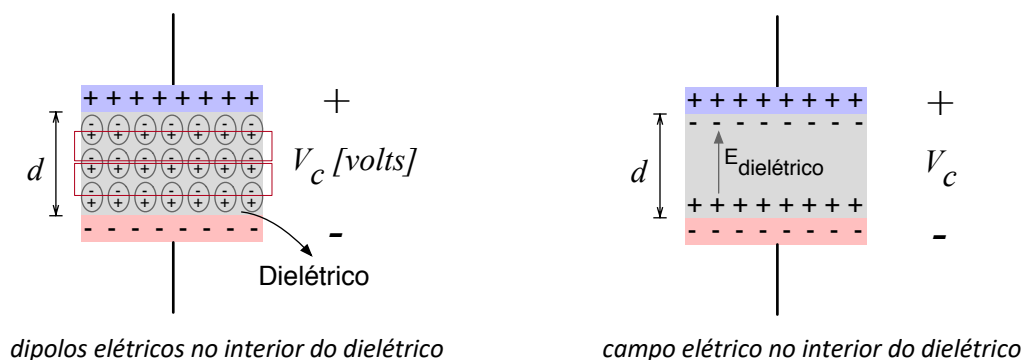


Figura 7 – Efeito do dielétrico no campo elétrico de um capacitor de placas paralelas.

O efeito da inserção de um material dielétrico entre as placas condutoras de um capacitor é mostrado na Figura 8. No capacitor com dielétrico de ar se tem um campo elétrico no interior do

mesmo identificado por E_1 . Por sua vez, se inserirmos um dielétrico de material diferente do ar ou vácuo, como a mica por exemplo, se terá um campo elétrico identificado por E_2 . O campo elétrico gerado no interior do material isolante (a mica) se opõe ao campo elétrico no interior da parte de ar, provocando um efeito de redução no campo elétrico resultante entre as placas do capacitor. No entanto, o campo elétrico no capacitor, conforme visto anteriormente, é determinado pela tensão aplicada e pela distância entre as placas. Deste modo, para se ter um campo elétrico no dielétrico (E_2) será necessário acumular uma quantidade maior de cargas elétricas nas placas condutoras, como mostrado na Figura 8. Assim, o efeito obtido ao se inserir um material isolante entre as placas foi um armazenamento maior de cargas elétricas, e por conseguinte, uma capacitância maior do capacitor construído.

O comportamento dos materiais em termos de campo elétrico e isolamento elétrico é determinado pela permissividade elétrica ou constante dielétrica do material, que representa sua oposição (di) ao campo elétrico (elétrico), tendo como referência o vácuo e sendo representada pela letra ϵ .

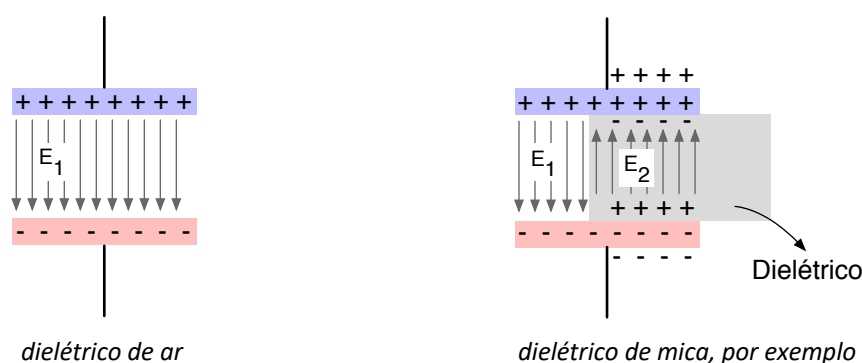


Figura 8 – Efeito do dielétrico no campo elétrico e nas cargas armazenadas por um capacitor.

Os materiais são classificados em termos de permissividade elétrica em relação ao vácuo, como se observa na Tabela 1, onde se nota que um capacitor construído com dielétrico de óxido de tântalo, por exemplo, terá capacitância trinta (30) vezes maior do que se for construído com dielétrico de ar.

A permissividade será obtida em relação a permissividade relativa como sendo:

$$\epsilon = \epsilon_o \cdot \epsilon_r = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \epsilon_r \left[\text{farads} / \text{metro}, F / m \right]$$

As pesquisas em termos de materiais elétricos consistem em desenvolver dielétricos com pouca espessura e alta tensão de isolamento, ou seja, alta rigidez dielétrica, podendo então serem utilizados em circuitos com altas tensões de operação.

Tabela 1 - Permissividade relativa de alguns materiais.

Material	Permissividade relativa (ϵ_r)
Vácuo	1,0
Ar	1,0006
Mica	5,0
Porcelana	6,0
Vidro	7,5
Óxido de tântalo	30,0
Cerâmica	20,0 – 7.500,0
Titanato de bário e estrôncio	7.500,0

3 Capacitores

3.1 Introdução

Os capacitores são elementos de circuitos muito utilizados em eletrônica, sendo que praticamente todos os equipamentos eletroeletrônicos os usam com diversas finalidades. Nos capítulos anteriores estudamos resistores, fontes de tensão e fontes de corrente. Agora estamos estudando os componentes capacitores. Neste tópico, estudaremos aspectos construtivos e práticos relacionados aos capacitores.

3.2 Capacitância

Anteriormente vimos que a capacitância é a propriedade dos elementos de armazenarem cargas elétricas; no caso dos capacitores, em suas placas.

A unidade de medida de capacitância é o Farad (F), sendo comum o uso de submúltiplos como o milifarad (mF), microfarad (μF), nanofarad (nF), picofarad (pF), por exemplo.

O elemento de circuito que utilizamos especificamente para inserir capacitância nos circuitos é o capacitor, tendo seus símbolos mostrados na Figura 9.

Na Figura 9 mostram-se os símbolos para o capacitor fixo, variável, polarizado e despolarizado.

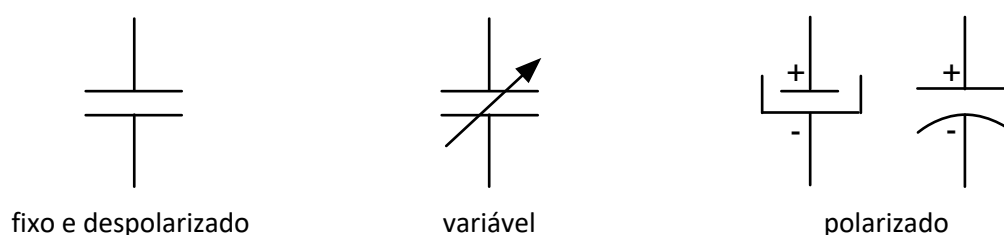


Figura 9 – Símbolos de capacitores.

A capacitância de um capacitor depende de:

- Permissividade do dielétrico;
- Área das placas;
- Distância entre as placas.

Assim, a expressão que permite determinar a capacitância de um elemento é:

$$C = \varepsilon \cdot \frac{A}{d} [\text{farad}, F]$$

onde:

- ε é a permissividade do material em F/m;
- A é a área das placas em m²;
- d é a distância entre as placas em m.

Ao substituir a permissividade na expressão anterior se tem:

$$C = \varepsilon \cdot \frac{A}{d} = \varepsilon_o \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d} = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d} [\text{farad}, F]$$

Por fim, ao se comparar um capacitor com dielétrico de vácuo (ou ar) em relação a um capacitor com dielétrico específico, se tem:

$$\frac{C}{C_o} = \frac{\varepsilon \cdot \frac{A}{d}}{\varepsilon_o \cdot \frac{A}{d}} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_o} = \varepsilon_r \rightarrow C = \varepsilon_r \cdot C_o$$

Deste modo, a capacitância é diretamente dependente da permissividade do material, da área das placas e inversamente proporcional à distância entre as placas.

3.1 Tipos de capacitores

Os capacitores podem ser fixos ou variáveis. A Figura 10 mostra exemplos de capacitores fixos e variáveis. Os capacitores ajustáveis (variáveis) podem ser utilizados com diferentes finalidades em circuitos eletrônicos, por exemplo: ajuste de frequência de oscilação em osciladores, sintonia de receptores de rádio e televisão, etc.

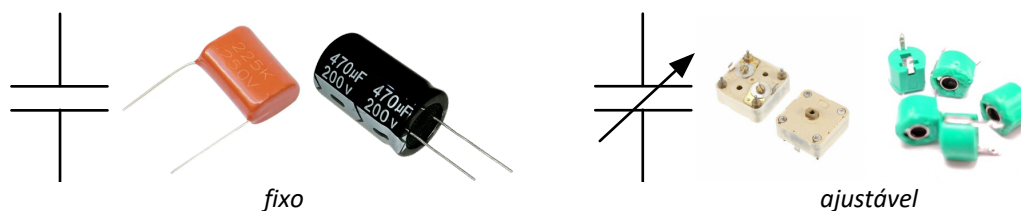


Figura 10 – Capacitores fixos e ajustáveis.

As Figura 11 e Figura 12 mostra diferentes tipos de capacitores, conforme sua tecnologia de construção e forma construtiva. Assim, se tem:

- mica – o dielétrico é do material mica. São capacitores de baixas capacitâncias, utilizados em circuitos de precisão e circuitos de alta frequência;
- poliéster – é formado por várias camadas de poliéster e alumínio, resultando em um componente compacto. Possui capacitâncias até a ordem de alguns microfarads e tensões de centenas de volts;
- cerâmica – é construído na forma de um disco cerâmico, para baixas capacitâncias e usado amplamente em circuitos eletrônicos para diversas finalidades;
- smd – são capacitores para montagem em superfície, com pequenas dimensões e de podem ter diferentes elementos como dielétrico;
- tântalo – são capacitores para capacitâncias maiores que os de cerâmica, poliéster ou mica, utilizados em substituição aos eletrolíticos em algumas aplicações;
- polipropileno – tem capacitâncias até alguns microfarads, para tensões de algumas centenas de volts e possuem baixa resistência interna;
- alumínio e eletrolíticos – são capacitores para altas capacitâncias, desde alguns microfarads até milhares de microfarads, desde baixas tensões até centenas de volts; amplamente utilizados em fontes de alimentação, por exemplo. Em geral, os capacitores eletrolíticos são polarizados;
- óleo e papel – são capacitores para altas tensões, ainda utilizados em aplicações especiais, como por exemplo em sistemas de geração e distribuição de energia. Estão em desuso nos equipamentos eletrônicos convencionais;
- despolarizado (ac) – são capacitores eletrolíticos de alumínio, mas despolarizados, para aplicações em corrente alternada, como partida de motores, correção de fator de potência, dentre outras aplicações;
- supercapacitores – são tecnologias recentes de capacitores, para capacitâncias

da ordem de farads, sendo utilizados como baterias ou fontes de alimentação. Empregados, por exemplo, em veículos elétricos, sistemas de geração de energias alternativas, sistemas de áudio, dentre outras aplicações.

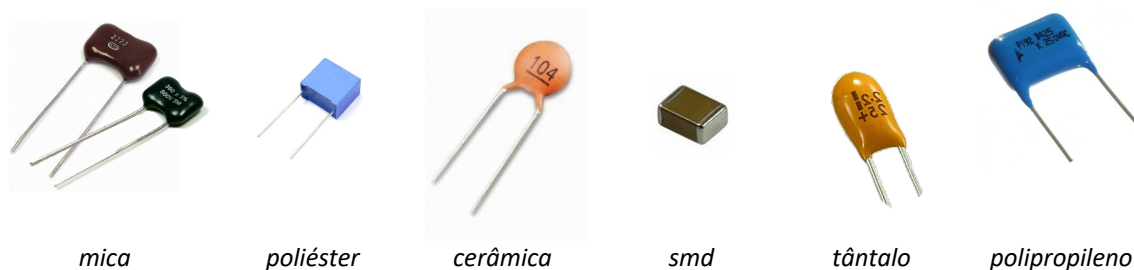


Figura 11 – Exemplos de diferentes tipos de capacitores.



Figura 12 – Exemplos de diferentes tipos de capacitores.

3.1 Identificação de Capacitores

Os capacitores, conforme a tecnologia de construção e tamanho, podem ter diferentes formas de identificação, especificamente de sua capacitância e tensão de trabalho.

Assim, capacitores cerâmicos, smd, tântal, dentre outros, podem utilizar um código parecido ao dos resistores, com a diferença de não se utilizar faixas coloridas, neste caso.

A Figura 13 exemplos de capacitores de cerâmica e smd, onde se utiliza dígitos para identificar a capacitância e para a multiplicação da mesma. Nestes casos, a capacitância é expressa em picofarada (pF). Assim, o primeiro capacitor de cerâmica tem capacitância de 22 pF. Por sua vez, o segundo capacitor de cerâmica tem a inscrição como 103. Neste caso se tem:

- 1º dígito – capacitância = 1;
- 2º dígito – capacitância = 0;
- 3º dígito (multiplicador) – multiplicador da capacitância = $\times 1.000$.

Então o capacitor cerâmico do exemplo 2 terá 10×1.000 pF ou 10 nF.

Por sua vez, o capacitor smd que tem inscrito o valor 106 e tensão de 25 V, terá capacitância dada por: $10 \times 1.000.000 \text{ pF} = 10 \text{ } \mu\text{F} \times 25 \text{ V}$.

Note que a conversão de picofarad para microfarad foi feita assim:

$$10 \times 1.000.000 = 10.000.000 \text{ pF} = 10 \times 10^6 \text{ pF} = 10 \times 10^6 \times 10^{-12} \text{ F} = 10 \times 10^{-6} \text{ F} = 10 \text{ } \mu\text{F}.$$

A Tabela 2 mostra os multiplicadores para os principais valores utilizados em capacitores.

Em alguns casos também se identifica a tolerância do capacitor, isto é, o percentual em que sua capacitância pode variar em função do processo de fabricação, por exemplo. Nestes casos se utilizam letras para a expressão da tolerância, conforme mostrado pela Tabela 3.

Pode-se identificar os capacitores de diferentes maneiras e também expressando sua variação com a temperatura, mas em geral o método apresentado aqui atende ao uso mais comum em eletrônica.



Figura 13 – Capacitores de cerâmica e smd.

Tabela 2 – Multiplicadores para identificação de capacitores.

Valor	Multiplicador
0	1
1	10
2	100
3	1.000
4	10.000
5	100.000
6	1.000.000

Tabela 3 – Tolerância de capacitores.

Letra	Tolerância
B	$\pm 0,1\%$
C	$\pm 0,25\%$
D	$\pm 0,5\%$
E	$\pm 0,5\%$
F	$\pm 1\%$
G	$\pm 2\%$
H	$\pm 3\%$
J	$\pm 5\%$
K	$\pm 10\%$
M	$\pm 20\%$
N	$\pm 0,05\%$
P	+ 100%, - 0%
Z	+ 80%, - 20%

4 Associação de Capacitores

4.1 Introdução

Os capacitores podem ser associados em configurações série, paralela ou mista, assim como foi feito com os resistores. A seguir iremos apresentar de maneira breve o cálculo da capacitância total para associações série, paralela e mista de capacitores.

4.2 Associação Série

A Figura 14 apresenta dois exemplos para associação série de capacitores, sendo o primeiro deles para um número genérico (n) de capacitores e o segundo para uma associação específica de dois capacitores.

As principais características da associação série de capacitores são:

- A capacitância total será menor do que a menor capacitância;
- A tensão total será a soma das tensões individuais de cada capacitor do conjunto.

Assim, a associação série pode ser utilizada para se obter capacitores para altas tensões, a partir de tensões menores. Por exemplo, dois capacitores de 250 V ligados em série, podem suportar uma tensão total de 500 V.

A capacitância total da associação série de capacitores é calculada por:

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}}$$

Quando se tem apenas dois capacitores, resulta em:

$$C_T = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

Note que as expressões para cálculo da capacitância total de circuitos em série de capacitores são semelhantes aquelas de circuitos com resistores, com a diferença de que aqui (para capacitores), a expressão do circuito série, lá (para resistores) é aplicada no circuito paralelo.

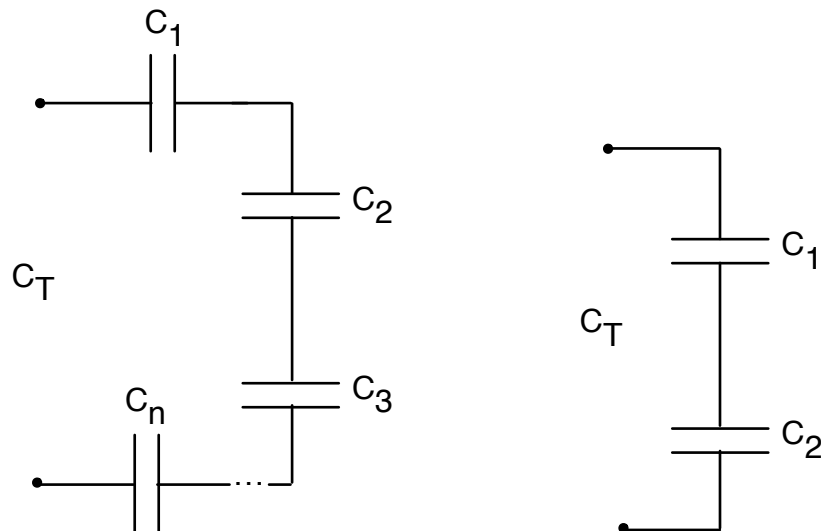


Figura 14 – Circuito série de capacitores.

Exemplo 1:

Um capacitor de $100\ \mu\text{F}$ é associado em série com outro capacitor de $100\ \mu\text{F}$. Qual a capacitância resultante?

Neste caso, como a capacitância de ambos os capacitores é igual, o resultado será a metade, ou seja, $50\ \mu\text{F}$.

Exemplo 2:

Três capacitores de $330\ \mu\text{F}$ são conectados em série. Qual a capacitância resultante?

A capacitância do conjunto será dada por:

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} = \frac{1}{\frac{1}{330\mu} + \frac{1}{330\mu} + \frac{1}{330\mu}} = \frac{1}{\frac{3}{330\mu}} = \frac{330\mu}{3} = 110\mu\text{F}$$

Note que se os capacitores forem iguais, a capacitância total será:

$$C_T = \frac{C}{n}$$

Exemplo 3:

Dois capacitores que suportam $50\ \text{V}$ são ligados em série. Qual a tensão suportada pela associação destes capacitores?

A tensão resultante é a soma das tensões individuais, ou seja $50 + 50 = 100\ \text{V}$.

4.3 Associação Paralela

A Figura 15 apresenta dois exemplos para associação paralela de capacitores, sendo o primeiro deles para um número genérico (n) de capacitores e o segundo para uma associação específica de dois capacitores.

As principais características da associação paralela de capacitores são:

- A capacitância total será a soma das capacitâncias individuais dos capacitores;
- A tensão total será igual a tensão individual do capacitor que terá a menor tensão de operação.

Na associação em paralelo de capacitores se tem o efeito do aumento da área das placas, por isso a capacitância resultante é a soma das capacitâncias individuais.

A capacitância total da associação paralela de capacitores é calculada por:

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Quando se tem apenas dois capacitores, resulta em:

$$C_T = C_1 + C_2$$

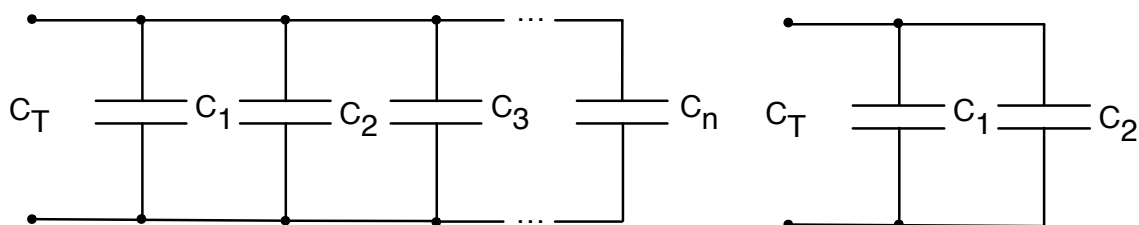


Figura 15 – Circuito paralelo de capacitores.

Exemplo 4:

Um capacitor de $100\ \mu\text{F}$ é associado em paralelo com outro capacitor de $100\ \mu\text{F}$. Qual a capacitância resultante?

Neste caso, como a capacitância será a soma das capacitâncias individuais, ou seja, $100\ \mu\text{F} + 100\ \mu\text{F} = 200\ \mu\text{F}$.

Exemplo 5:

Três capacitores de $330\ \mu\text{F}$ são conectados em paralelo. Qual a capacitância resultante?

A capacitância do conjunto será dada por:

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 = 330\mu + 330\mu + 330\mu = 3 \cdot 330\mu = 990\mu F$$

Note que se os capacitores forem iguais, a capacitância total será:

$$C_T = n \cdot C$$

Exemplo 6:

Dois capacitores que suportam 50 V são ligados em paralelo. Qual a tensão suportada pela associação destes capacitores?

A tensão resultante é igual a tensão individual dos capacitores, ou seja 50 V.

4.1 Associação Série-Paralela

A associação série-paralela, isto é, mista, de capacitores, incorpora as características tanto da associação em série como da associação em paralelo. Assim, considerando que as associações de resistores foram estudadas individualmente para fins de compreensão e domínio do conteúdo, aqui não se abordará detalhadamente a associação mista de capacitores, por não ser comumente utilizada em circuitos simples e práticos de eletrônica.

De todo modo, o procedimento para se obter a capacitância total consiste em determinar as capacitâncias individuais dos diferentes conjuntos de capacitores conectados em série ou em paralelo.

5 Exercícios

Exercícios Resolvidos

ER 01. Explique o que é um capacitor?

Um capacitor é um elemento de circuito que tem a propriedade de armazenar cargas elétricas.

ER 02. O que é campo elétrico?

Campo elétrico é a região do espaço no entorno das cargas elétricas onde se tem a presença de linhas de campo elétrico, ou seja, fenômenos elétricos.

ER 03. A capacitância de um capacitor depende de que elementos construtivos?

A capacitância depende da permissividade do material dielétrico, da área das placas e da distância entre as placas.

ER 04. Cite dois exemplos de capacitores construídos com materiais diferentes?

Capacitores eletrolíticos e capacitores cerâmicos.

ER 05. Em qual associação de capacitores a capacitância individual é somada?

Na associação em paralelo de capacitores.

Exercícios Propostos

EP 01. O que é capacitância?

EP 02. Explique o que é um dielétrico?

EP 03. Cite dois tipos de capacitores?

EP 04. Na associação série de capacitores, a tensão resultante é maior ou menor que a tensão individual dos capacitores?

EP 05. A associação em paralelo de 3 capacitores de 100 μF resulta em uma capacitância total de?

6 Atividade Avaliativa

6.1 Introdução – O que preciso saber

Ao final deste objetivo de aprendizagem são apresentadas cinco questões, que devem ser respondidas sem consultar o material. Se você conseguir responder as questões e conferir as respostas com o gabarito abaixo, parabéns, você concluiu com êxito este tópico. Caso tenha errado alguma questão, revise o conteúdo relacionado com a mesma e refaça a questão, procurando se concentrar mais desta vez, para acertar a mesma e fixar bem o conteúdo.

AA 01. O que é capacitância?

AA 02. Como um dielétrico influencia na capacitância de um capacitor?

AA 03. Cite três exemplos de capacitores, de acordo com suas características construtivas?

AA 04. O que são supercapacitores?

AA 05 Uma associação em paralelo de dois capacitores de 1000 μF resulta em uma capacitância total de?

AA 01. Capacitância é a propriedade dos elementos de armazenar cargas elétricas.

AA 02. A presença do dielétrico aumenta a intensidade do campo elétrico entre as placas, implicando em um aumento na quantidade de cargas armazenadas, ou seja, da capacitância do capacitor.

AA 03. São exemplos materiais utilizados como dielétricos para a construção de capacitores: cerâmica, mica, polipropileno.

AA 04. Supercapacitores são capacitores que utilizam materiais modernos como dielétrico e que possuem elevadas capacitâncias, da ordem de dezenas ou centenas de farads.

AA 05. Dois capacitores de 1000 μF conectados em paralelo resultam em uma capacitância total de 2000 μF .