

APRENDENDO CAPACITOR

PARTE 2



CAPACITOR (PARTE2)

CÓDIGO DE CAPACITORES

Os capacitores como já mencionado, possuem diferentes tipos e formas, e para cada um, uma faixa de capacitância específica.

Os eletrolíticos possuem capacitância a partir de alguns μF (micro Farad) e baixa tensão de isolamento, por volta de 16, 25, 35, 50, 63, 100 Volts entre outras. Como o submúltiplo mF (mili Farad) é pouco utilizado, é comum encontrarmos capacitores em torno de 1000, 2200, 4700, 6800 μF , ao invés de 1; 2,2; 4,7; 6,8 mF.

O valor da capacitância e tensão de isolamento é impresso no seu corpo sem dificuldade de interpretação de leitura. A capacitância é expressa normalmente em μF e a tensão em Volts, sendo às vezes omitido a unidade de medida e tendo os valores separados por barra (/).

Exemplo: 10/25 = 10 μF x 25V.

Os capacitores plásticos possuem capacitância na ordem de nF (nano Farad) e possuem uma tensão de isolamento maior que os eletrolíticos, por volta de 250, 400, 630 Volts. Já os cerâmicos, possuem capacitância na ordem de pF (pico Farad) e tensão de isolamento por volta de 1000 Volts.

Os capacitores de plásticos e cerâmicos possuem sua capacitância impressa no corpo, codificada de várias maneiras e nem sempre acompanhada do valor da tensão de isolamento, pois esses, por possuírem valores altos, atendem a maioria das aplicações, salvo casos específicos, onde devemos consultar o manual do fabricante.

Outro parâmetro que nem sempre é apresentado na inscrição do código do capacitor em geral, é a tolerância. Os capacitores de uso comum sem indicação de tolerância, possuem esta na faixa de 20%.

A tolerância indica a máxima variação em porcentagem do seu valor nominal que ele pode possuir em seu valor fixo.

Exemplo: Se temos um capacitor de 100 nF com tolerância de $\pm 20\%$, indica que poderemos medir um valor fixo de 80 a 120 nF, que estará dentro da especificação do fabricante. **IMPORTANTE:** Não quer dizer que durante o funcionamento, o capacitor poderá variar de 80 a 120 nF.

A tolerância quando indicada, apresenta-se em porcentagem ou representada pelas letras J, K e M que indicam 5, 10 e 20% respectivamente.

É muito comum se confundir na leitura do código, principalmente quando a tolerância é representada pela letra K, que no caso dos resistores, por exemplo, indica quilo Ω ms, ou seja, um múltiplo 1000 (mil) vezes maior que o Ω m. A letra K em capacitores indica somente que o capacitor possui $\pm 10\%$ de tolerância.

Como mencionado anteriormente, os capacitores de plásticos e cerâmicos possuem sua capacitância impressa codificada de várias maneiras. A importância desse componente é muito grande, já que um valor inadequado pode comprometer o funcionamento total do circuito ao qual está acoplado.

Seguem então algumas regras para decifrarmos esses capacitores:

- 1- Os capacitores que apresentam em seu código o submúltiplo p (pico), n (nano) ou μ (micro), indicam por si só o seu valor de capacitância.

Exemplo:

8 p 2	= 8,2 pico Farad
68 n	= 68 nano Farad
n 47	= 0,47 nano Farad
2,2 μ	= 2,2 micro Farad
μ 27	= 0,27 micro Farad

Observem que o submúltiplo pode entrar no código no lugar da vírgula (,) ou do zero vírgula (0,), bastando portanto substituir por estes e fazer a leitura usando a unidade representada.

- 2- Capacitor representado por dois dígitos separados ou não por vírgula ou ponto, sem representação da unidade de medida ou submúltiplo, estão expressos em pico Farad. Exceto capacitor eletrolítico ou códigos iniciados por ponto (.), vírgula (,), zero ponto (0.) ou por zero vírgula (0,).

Exemplo:

68	= 68 pico Farad
8,2	= 8,2 pico Farad
10	= 10 pico Farad

ainda

Obs.: esses capacitores são, na grande maioria, cerâmicos, por sua baixa capacitância.

- 3- Capacitor representado por três (3) dígitos sem representação de submúltiplo, o valor está expresso em pico Farad, onde o primeiro dígito representa o primeiro algarismo significativo, o segundo dígito é o segundo algarismo significativo e o terceiro dígito é o fator multiplicativo ou o número de zeros que devemos acrescentar aos dois primeiros.

Exemplo:

101	= 100 pico Farad (10 + 1 zero)
473	= 47000 pico Farad (47 + 3 zeros)
122	= 1200 pico Farad (12 + 2 zeros)

Obs.: os resistores SMD também são codificados dessa maneira, e o valor é dado em Ω m.

- 4- Capacitor com inscrição representada com valor igual ou maior que mil (1000), o valor está expresso em pico Farad, exceto os eletrolíticos.

Exemplo:

1000 = 1000 pico Farad
3300 = 3300 pico Farad
2700 = 2700 pico Farad
47000 = 47000 pico Farad

Obs.: essa inscrição encontra-se normalmente em capacitores de plásticos mais antigos.

- 5- Capacitor com inscrição representada com valor menor que um (1), ou seja, iniciadas por zero vírgula (0,), zero ponto (0.), somente vírgula (,), ou somente ponto (.), o valor está expresso em micro Farad (μF).

Exemplo:

.1 = 0,1 micro Farad
0,1 = 0,1 micro Farad
0,033 = 0.033 micro Farad
0,47 = 0,47 micro Farad
.22 = 0,22 micro Farad

Observando essas regras, verificamos que um mesmo valor de capacitância pode ser representado de várias maneiras.

Exemplo:

10nF (nano Farad) = 10000 = 0,01 = .01 = 10^3 = $\mu 01$ = 10n

Podemos encontrar também com facilidade, capacitores com os três parâmetros inscritos no seu corpo que são: capacitância, tolerância e tensão de isolamento.

Exemplo:

100K250 onde: 100 = capacitância 100nF
K = tolerância $\pm 10\%$
250 = tensão de isolamento de 250 Volts
.1M50 onde: .1 = capacitância 0,1 μF
M = tolerância $\pm 20\%$
50 = tensão de isolamento de 50 Volts

Os capacitores, assim como os resistores, possuem valores de capacitância padronizados (valores comerciais) que começaram seguindo a série E6, depois E12 e atualmente a E24.

Série E6	1.0				1.5				2.2				3.3				4.7				6.8			
Série E12	1.0		1.2		1.5		1.8		2.2		2.7		3.3		3.9		4.7		5.6		6.8		8.2	
Série E24	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.6	6.2	6.8	7.5	8.2	9.1

Os valores comerciais usam esses códigos como base.

Exemplo:

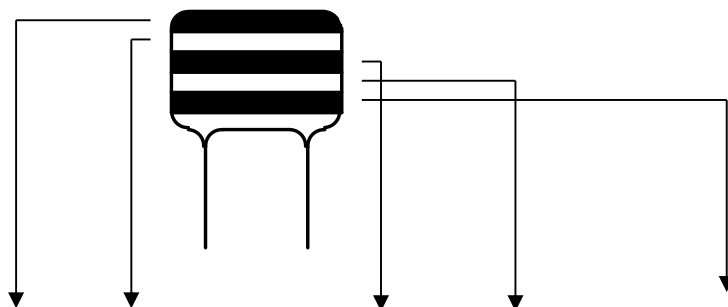
Código 1.5 das Séries, significa que podemos encontrar no mercado capacitores com os seguintes valores:

1,5pF ou 1p5
 15pF
 150pF
 1500pF ou 1,5nF ou 1n5
 15000pF ou 15nF
 150000pF ou 150nF
 1500000pF ou 1500nF ou 1,5uF
 15000000pF ou 15000nF ou 15uF
 150000000pF ou 150000nF ou 150uF
 1500000000pF ou 1500000nF ou 1500uF
 15000000000pF ou 15000000nF ou 15000uF

Da mesma forma assim definimos valores para os outros códigos, seguidos com fator multiplicativo conforme a faixa, desde pF (pico Farad) até alguns uF (micro Farads).

Normalmente, o valor da capacitância, a tensão de isolamento e a tolerância são impressos no próprio encapsulamento (corpo) do capacitor, todavia em alguns tipos como os de poliéster metalizado, estes parâmetros são especificados por um código de cores (Os mais antigos. Hoje não se comercializa mais).

Na figura abaixo, mostramos esse código de cores.



COR	1º Algar.	2º Algar.	Fator Mult.	Tolerância	Tensão Nominal
Preta	-	0	-	±20%	-
Marrom	1	1	10 pF	-	-
Vermelha	2	2	10 ² pF	-	250V
Laranja	3	3	10 ³ pF	-	-
Amarela	4	4	10 ⁴ pF	-	400V
Verde	5	5	10 ⁵ pF	-	100V
Azul	6	6	-	-	630V
Violeta	7	7	-	-	-
Cinza	8	8	10 ⁻² pF	-	-
Branca	9	9	10 ⁻¹ pF	±10%	-

Vamos utilizar como por exemplo;

4 tipos de legendas escritas nos capacitores, como mostrado na **Figura** abaixo.



1° - No capacitor 1 podemos visualizar o valor:

104 - Que é a sua capacitância, e sem mais nenhuma informação.

2° - No capacitor 2 podemos observar o valor

400V - Que é a tensão de trabalho.

104 - Que é seu valor em **pF**

3° - No capacitor 3 podemos observar o valor

104 - Que é sua capacitância em **pF**

J - É a sua tolerância

250V - Que é a tensão de trabalho.

4° - No capacitor 4 podemos observar o valor

2A - Que é o valor da sua tensão máxima

104 - Que é sua capacitância em **pF**

J - É a sua tolerância

Vamos A Prática:

Digamos que você tenha um capacitor com a nomenclatura escrita "**472**" isso é **47 + 2 zeros**, que significa **4700 pF (picofarad)**.

Então se nós excedemos **1000 picofarad**, nós podemos utilizar o **Sub-múltiplos**, "*como fazemos com metros/quilômetros*". Como já esclarecido anteriormente:

1 μ F = 1000nF

1nF = 1000pF

Sendo assim, podemos dizer que nosso capacitor de **4700pF** é **4.7nF**. Neste caso, não é conveniente usarmos a micro unidade porque o valor não seria fácil de ler (**0.0047μF**).

Com valores maiores, tais como filtros de condensadores usadíssimos número **104**, ou seja, **10 + 4 = 100.000 pF** ou também **100nF**, é comum para os designers de usar o circuito de exibição de **0,1μF** ou **.1μf** (**ponto um μF**).

Leitura Prática Do Capacitor De Polyester

Capacitor de **100nF**, tolerância de +/- **5%** e tensão máxima de trabalho de **100V**, **Figura** abaixo.



Capacitor Poliéster 100nF +/- 5% 100V

Nesse capacitor temos **6 Dígitos** alfanuméricos, **2A104J**.

Os primeiros dois dígitos iniciais **2A** refere-se a **Tensão Máxima**, podemos utilizar a tabela completa dos códigos **EIA** que indicam as tensões máxima de trabalho dos capacitores em tensão contínua (**CC**)

Tabela EIA de código indicadores de tensões de trabalho de um capacitor

0G = 4VDC	0L = 5.5VDC	0J = 6.3VDC
1A = 10VDC	1C = 16VDC	1E = 25VDC
1H = 50VDC	1J = 63VDC	1K = 80VDC
2A = 100VDC	2Q = 110VDC	2B = 125VDC
2C = 160VDC	2Z = 180VDC	2D = 200VDC
2P = 220VDC	2E = 250VDC	2F = 315VDC
2V = 350VDC	2G = 400VDC	2W = 450VDC
2H = 500VDC	2J = 630VDC	3A = 1000VDC

O três dígitos seguinte, referem-se a sua capacitância, no caso como já exemplificado **104 = 10 + 4** zeros, que é igual a **100.000pF = 100nF**.

O último dígito é a Letra "**J**", logo após os três dígitos, essa letra é quem determina a tolerância do componente. É interessante notar o fato de que algumas letras correspondem a "*tolerâncias assimétricas*", como "**P**", isto é, o componente pode ter uma capacidade maior que a indicada, mas não menor. Este tipo de tolerância é usado com capacitores de "**filtro**", em que um valor possivelmente maior do que o indicado não minimiza a operação do circuito, como podemos acompanhar na tabela **EIA** abaixo.

Tabela EIA de código indicadores de tolerância de trabalho de um capacitor

- **B = +/- 0.10pF**
- **C = +/- 0.25pF**
- **D = +/- 0.5pF**
- **E = +/- 0.5%**
- **F = +/- 1%**
- **G = +/- 2%**
- **H = +/- 3%**
- **J = +/- 5%**
- **K = +/- 10%**
- **M = +/- 20%**
- **N = +/- 30%**
- **P = +/- +100%, - 0%**
- **Z = +/- +80%, - 20%**

Em uma grande maioria de casos, podem ser úteis conhecer qual a exata tensão máxima que o capacitor pode suportar sem estourar ou danificar suas propriedades internas.

Como sabemos, um capacitor é composto por uma série de placas de metal isoladas umas das outras. Esse material **isolante** é muito sutil, especialmente no caso de capacitores de grande valor. Por outro lado, se a tensão for muito alta, existe o risco de que um **arco elétrico** passar através do isolamento elétrico entre as placas quebrando-o e colocando o capacitor em **curto**.

Por esta razão, o material isolante utilizado é projetado para trabalhar até um certo nível de tensão máxima, então vamos analisar essas tensões dos capacitores.

Dimensões De Um Capacitor Baseado Em Tensão

Muitas vezes, a tensão máxima de trabalho pode ser encontrada claramente escrita, especialmente nos capacitores projetados para trabalhar com **altas tensões**, outras vezes, o valor da tensão não é indicado diretamente.

Acontece frequentemente com os capacitores usados em circuitos de baixa tensão. Estes capacitores suportam tensões entre **50V e 100V**, bem acima das tensões de trabalho típicas de **5V, 12V, 18V, 24V, 48V**.

Uma dica super importante na hora de projetar ou analisar um circuito e não saber com certeza a tensão de trabalho do capacitor, é levar em conta o tamanho, que nesse caso "*tamanho é documento*", pois não podemos pela estrutura de um capacitor trabalhar com uma tensão alta e tamanho reduzido, claro que ha exceções, **capacitores de tântalo**, são em sua totalidade bem pequenos, comparados com sua capacitância, porém como disse, "*comparado com sua capacitância, não sua tensão*".

Por último, mas não menos importante, há uma **codificação numérica** usada por alguns fabricantes que consiste em um número seguido por uma letra. Na tabela de tolerâncias podemos ver as tensões máximas de trabalho.

Como tudo relacionado à tecnologia, nada é absoluto e, portanto, sempre aparece um fabricante de componentes, que usa sistemas para indicar valores diferentes daqueles que descrevemos. Em qualquer caso, em termos gerais, a descrição deste **Artigo**, adapta-se muito bem (às vezes com pequenas variações) à maioria dos capacitores comerciais atualmente.

Leitura Prática Do Capacitor Eletrolítico

Capacitores eletrolíticos comuns, como na imagem abaixo, são os mais fáceis de fazer a leitura, pois são os maiores e por isso as informações vem gravados direto no seu corpo (encapsulamento), claros e sem necessidades de código e abreviações. Observem que abaixo do valor de tensão existem uma faixa branca com sinal de menos (-) apontado o terminal negativo.



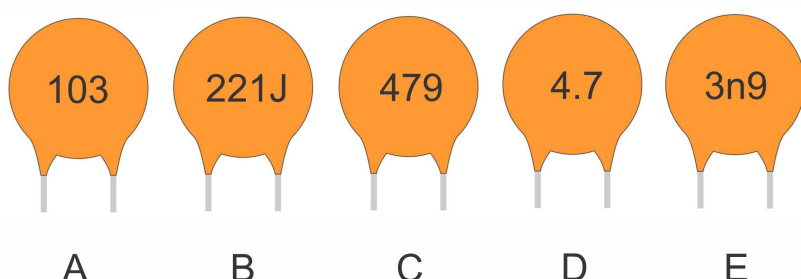
Capacitor de 1000uF x 50V



Capacitor de 470uF x 200V

Leitura Prática Do Capacitor Cerâmico

Como toda linha de capacitores, resistores e outros componentes, os fabricantes adotam um determinado método de codificação padronizada. Segue abaixo alguns códigos impressos para decifarmos.



A: $103 = 10 \times 1000 (+ 3 \text{ ZEROS}) = 10.000\text{pF} = 10\text{nF}$
 B: $221\text{J} = 22 \times 10 (+ 1 \text{ ZERO}) = 220\text{pF } 5\% \text{ tolerância (J)}$
 C: $479 = 47 \times 0,1 = 4,7\text{pF}$
 D: $4,7 = 4,7\text{pF}$
 E: $3\text{n}9 = 3,9\text{nF}$

Observem que os modelos C e D possuem o mesmo valor de capacitância, porém com códigos diferentes.

Podemos encontrar esses capacitores com vários caracteres, onde na tabela abaixo podemos identificar sua capacitância, tolerância e ate a tensão de isolação.

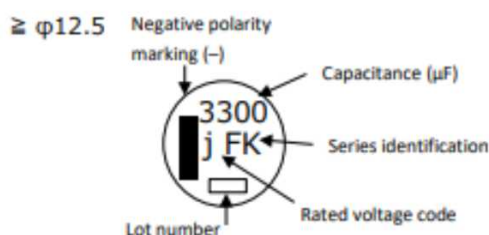
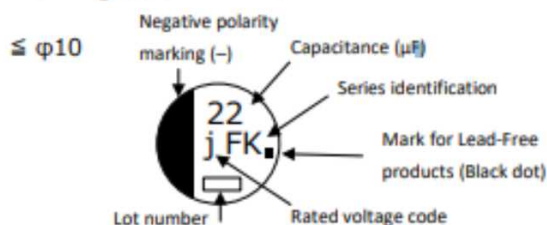
1º Caractere	2º Caractere	3º Caractere	4º Caractere		
Algarismo	Algarismo	Multiplicador	Tolerância de Capacitância		
Significativo	Significativo		Até 10 pF	Código	Acima de 10 pF
-	0	$0 = 10^0$	0,1 pF	B	-
1	1	$1 = 10^{-1}$	0,25 pF	C	-
2	2	$2 = 10^{-2}$	0,5 pF	D	-
3	3	$3 = 10^{-3}$	0,5 pF	E	-
4	4	$4 = 10^{-4}$	1,0 pF	F	1%
5	5	$5 = 10^{-5}$		G	2%
6	6	não utilizado		H	3%
7	7	não utilizado		J	5%
8	8	$8 = 10^{-2}$		K	10%
9	9	$9 = 10^{-1}$		M	20%
				N	0,05%
				S	+ 50% / - 20%
				Z	+ 8-% / - 20%
				P	+ 100.% / - 0%
5º Caractere / Tensão de trabalho					
A = 100 V	J = 2000 V		S = 1200 V		
B = 250 V	K = 2500 V		T = 1500 V		
C = 300 V	L = 3000 V		U = 20000 V		
D = 500 V	M = 4000 V		V = 25000 V		
E = 600 V	N = 5000 V		W = 30000V		
F = 1000 V	P = 6000 V		X = 35000 V		
G = 1200 V	Q = 8000 V				
H = 1500 V	R = 10000 V				

Leitura Prática Do Capacitor Eletrolítico de Alumínio SMD



Esses capacitores também seguem um padrão de valores comerciais de capacitância (série E24) e tensão de isolação. Seus valores de capacitâncias são expressos em μF (micro Farad), seguido do valor de tensão de isolação que algumas vezes vem escrito o próprio valor ou representado por uma letra conforme tabela abaixo. Os demais valores e informações, indicam seu lote de fabricação, identificação de série e o ponto quadrado, quando aparece, indica que o capacitor é fabricado livre de substâncias nocivas a saúde. No caso da identificação de série, a gente consegue obter junto ao datasheet do fabricante, informações de vida útil, temperatura, tolerância, aplicações, entre outras informações técnicas.

Example : 6.3 V.DC 22 μF , 6.3 V.DC 3300 μF
Marking color : BLACK



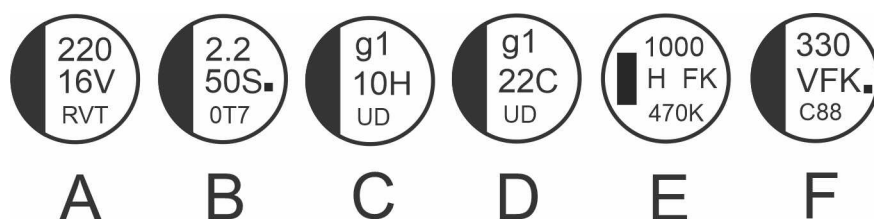
R. voltage code

j	6.3
A	10
C	16
E	25
V	35

Unit : V.DC

H	50
J	63
K	80
2A	100

Vejamos alguns exemplos:



A: 220uF x 16V

B: 2,2uF x 50V

C: 10uF x 50V (H)

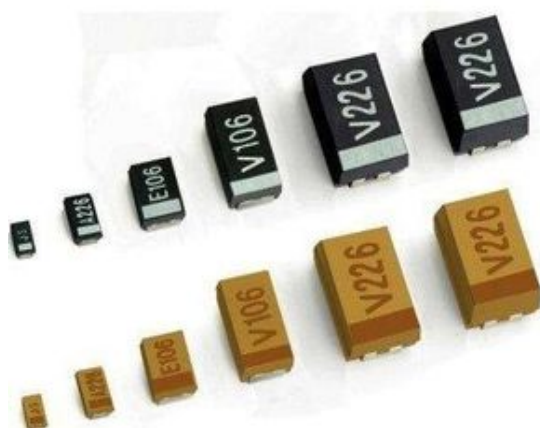
D: 22uF x 16V (C)

E: 1000uF x 50V (H)

F: 330uF x 35V (V)

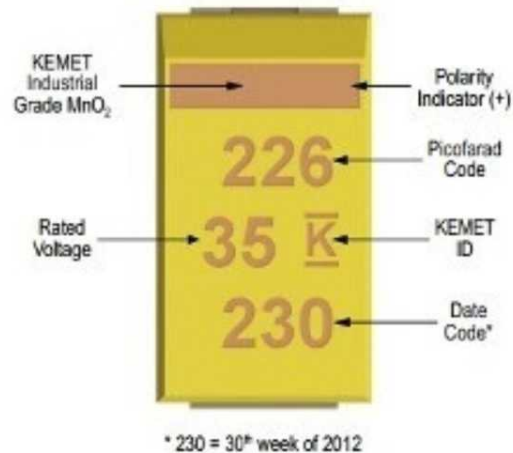
IMPORTANTE: A faixa preta do lado esquerdo indica terminal negativo

Leitura Prática Do Capacitor Eletrolítico Tântalo SMD



Os eletrolíticos de tântalo SMD são codificados com 3 dígitos para capacitância, sendo 2 significativos e o outro fator multiplicativo (como os cerâmicos) e uma letra para tensão (como a tabela de eletrolíticos SMD) e em alguns casos o próprio valor de tensão.

Capacitor Marking



Vejamos alguns exemplos:

226E XXXXX	476 16V XXXXX	106C XXXXX	333 25V XXXXX	V105	157 10V XXXXX
A	B	C	D	E	F

A: 22uF x 25V (E)

B: 47uF x 16V

C: 10uF x 16V (C)

D: 33nF x 25V

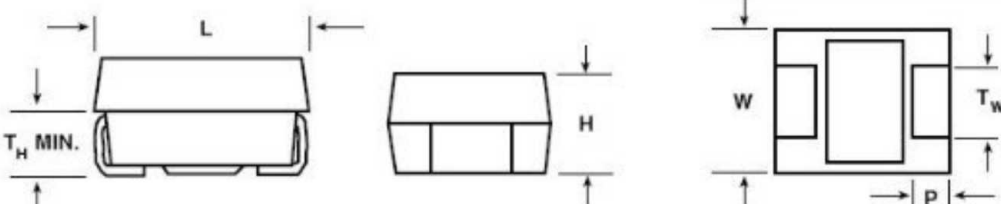
E: 1uF x 35V(V)

F: 150uF x 10V

O complemento "xxxxx" é identificação de série e lote, quando aparecer.

A Faixa do lado esquerdo ou superior indica terminal POSITIVO, diferente dos eletrolíticos SMD de alumínio.

Além da leitura do código impresso, devemos nos atentar para o tamanho do capacitor (CASE). Na tabela abaixo mostramos os códigos de tamanhos e suas medidas em polegadas e em milímetros. Para cada tamanho se abrange uma determinada faixa de valores de capacitância e tensão de isolamento, mas é comum se encontrar um capacitor de mesma capacitância e tensão com tamanhos diferentes, mas é claro que os capacitores de maior capacitância e/ou tensão de isolamento estarão nos maiores CASES.



CASE CODE	EIA SIZE	L	W	H	P	T _W	T _H MIN.
A	3216-18	0.126 ± 0.008 [3.2 ± 0.20]	0.063 ± 0.008 [1.6 ± 0.20]	0.063 ± 0.008 [1.6 ± 0.20]	0.031 ± 0.012 [0.80 ± 0.30]	0.047 ± 0.004 [1.2 ± 0.10]	0.028 [0.70]
B	3528-21	0.138 ± 0.008 [3.5 ± 0.20]	0.110 ± 0.008 [2.8 ± 0.20]	0.075 ± 0.008 [1.9 ± 0.20]	0.031 ± 0.012 [0.80 ± 0.30]	0.087 ± 0.004 [2.2 ± 0.10]	0.028 [0.70]
C	6032-28	0.236 ± 0.012 [6.0 ± 0.30]	0.126 ± 0.012 [3.2 ± 0.30]	0.098 ± 0.012 [2.5 ± 0.30]	0.051 ± 0.012 [1.3 ± 0.30]	0.087 ± 0.004 [2.2 ± 0.10]	0.039 [1.0]
D	7343-31	0.287 ± 0.012 [7.3 ± 0.30]	0.170 ± 0.012 [4.3 ± 0.30]	0.110 ± 0.012 [2.8 ± 0.30]	0.051 ± 0.012 [1.3 ± 0.30]	0.095 ± 0.004 [2.4 ± 0.10]	0.039 [1.0]
E	7343-43	0.287 ± 0.012 [7.3 ± 0.30]	0.170 ± 0.012 [4.3 ± 0.30]	0.158 ± 0.012 [4.0 ± 0.30]	0.051 ± 0.012 [1.3 ± 0.30]	0.095 ± 0.004 [2.4 ± 0.10]	0.039 [1.0]
V	7343-20	0.287 ± 0.012 [7.3 ± 0.30]	0.170 ± 0.012 [4.3 ± 0.30]	0.079 max. [2.0 max.]	0.051 ± 0.012 [1.3 ± 0.30]	0.095 ± 0.004 [2.4 ± 0.10]	0.039 [1.0]

Leitura Prática Do Capacitor Cerâmicos SMD

Os capacitores SMD cerâmicos são os mais comuns encontrados em placas compactas usados como:

- 1- Desacoplamento de ruídos – Normalmente utilizados entre o positivo e negativo dos circuitos integrados o mais próximo possível dos seus terminais com o objetivo de drenar ruídos de alta frequência para o terra/negativo vindos da alimentação ou caminhos percorridos.
- 2- Estabilização – Usados para estabilizar sinais em alta frequência em circuitos osciladores. Exemplo: entrada e saída de osciladores a cristais.
- 3- Debouncing – Corrigir e eliminar ruídos gerados pelo acionamento de chaves, botões, micro switch, etc.

Quanto aos códigos para saber sua capacitância ou tensão de isolamento, isso lamento dizer que essa informação consta somente no rolo original, pois na peça não tem absolutamente nada escrito.

Placas que utilizam montagem em superfície são montadas por processos automatizados, denominadas Pick And Place, que colocam automaticamente os componentes SMD, entre eles os capacitores cerâmicos, onde toda informação fica no rolo dos componentes acoplados as máquinas.

Uma maneira de identificar o valor de um determinado capacitor cerâmico SMD, seria pelo diagrama elétrico do projeto onde seu valor consta ao lado do seu desenho técnico (símbolo) ou por meio de medição com capacímetro (fora da placa), caso ainda não esteja danificado.

Os capacitores cerâmicos seguem uma série padrão de tamanhos, como os resistores SMD. Abaixo segue tabela de formatos (invólucros) com suas respectivas medidas.

Invólucro	Tamanho em polegadas	Tamanho em milímetros
0201	0,024 "x 0,012"	0,6 milímetros x 0,3 milímetros
0402	0,04 "x 0,02"	1,0 milímetro x 0,5 milímetros
0603	0,063 "x 0,031"	1,6 milímetros x 0,8 milímetros
0805	0,08 "x 0,05"	2,0 milímetro x 1,25 milímetros
1206	0,126 "x 0,063"	3,2 milímetro x 1,6 milímetros
1210	0,12 "x 0,10"	3,2 milímetros x 2,6 mm
1812	0,18 "x 0,12"	4,6 mm x 3,0 milímetro
2010	0,20 "x 0,10"	5,08 milímetros x 2,6 mm
2512	0,25 "x 0,12"	6,35 milímetros x 3,0 milímetros



Leitura Prática Do Capacitor variável/ajustável

Os capacitores variáveis são utilizados em circuitos que necessitam de ajuste ou variação de altas frequências como sintonia e transmissão de sinal de rádio, por exemplo. A variação da capacitância na maioria dos casos se faz alterando o tamanho da área paralela das armaduras com distâncias fixas do dielétrico, seja com material isolante ou o próprio ar.

Nas imagens abaixo podemos ver vários modelos e formas. Nos maiores, os valores estão gravados no próprio corpo do capacitor, já os menores são normalmente especificados pela cor do corpo.



Capacitores Antigos

Existem uma infinidades de capacitores e suas evoluções, muitos que já saíram de fabricação mas que ainda podem ser encontrados em circuitos antigos.

Vou deixar aqui um link com uma pesquisa desses modelos antigos e aproveitar para agradecer o LUCIANO STURARO pelo compartilhamento.

<https://www.py2bbs.qsl.br/capacitores.php>

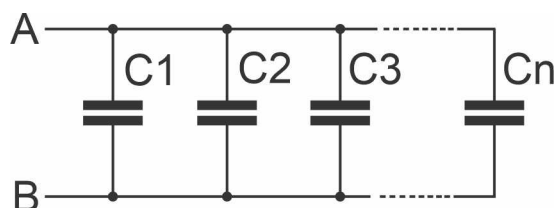
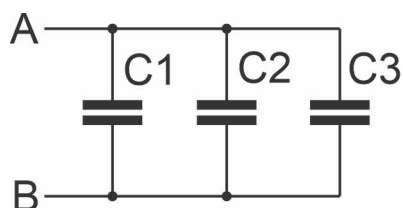
ASSOCIAÇÃO DE CAPACITORES

Na associação de capacitores o resultado é exatamente o contrário do que foi visto em associação de resistores, ou seja, quanto mais capacitores estiver em série, menor será a capacitância final e quanto mais capacitores associados em paralelo, maior será a capacitância final.

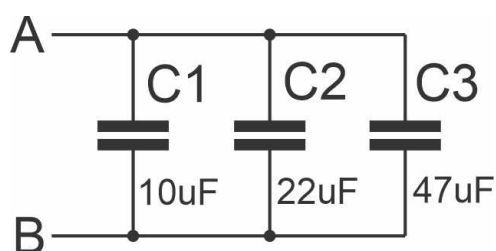
ASSOCIAÇÃO DE CAPACITOR EM PARALELA

Na associação em paralelo a capacitância é simplesmente a soma dos valores associados.

$$C_{eq} = C1 + C2 + C3 + \dots + Cn$$



Exemplo:



$$\begin{aligned} C_{eq} &= C1 + C2 + C3 \\ C_{eq} &= 10 + 22 + 47 \\ C_{eq} &= 79\mu F \end{aligned}$$

ASSOCIAÇÃO DE CAPACITOR EM SÉRIE

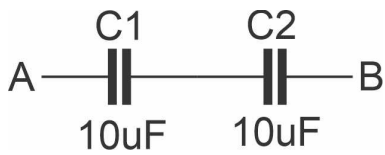
Na associação em série, quanto mais capacitores associados, menor será o valor da capacitância equivalente. Calculamos com as seguintes fórmulas:

$$C_{eq} = \frac{C1 \times C2}{C1 + C2} \qquad \frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3} + \dots + \frac{1}{Cn}$$

Quando temos apenas 2 capacitores podemos usar as duas fórmulas acima, sendo que a primeira é bem mais simples. Mais que 2, usamos a segunda fórmula, ou até mesmo a primeira calculando de 2 em 2.



Exemplo:



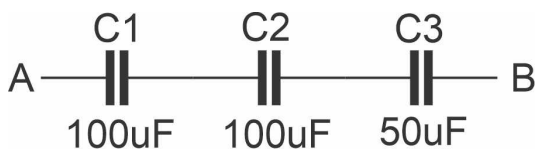
$$R_{eq} = \frac{10 \times 10}{10 + 10}$$

$$R_{eq} = \frac{100}{20}$$

$$R_{eq} = 5\mu F$$

Observe que o valor da associação é menor que qualquer um dos capacitores. Quando se faz a associação de valores iguais, basta dividir o valor pelos numero de capacitores associados, nesse caso 10 dividido por 2.

Outro exemplo:



$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{100} + \frac{1}{100} + \frac{1}{50}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{100} + \frac{1}{100} + \frac{1}{50}$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = 0,01 + 0,01 + 0,02$$

$$\frac{1}{R_{eq}} = 0,04$$

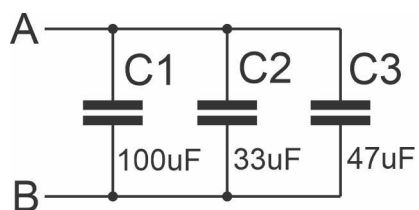
$$R_{eq} = \frac{1}{0,04}$$

$$R_{eq} = 25\mu F$$

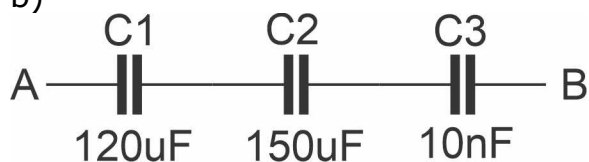
EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

Calcule o valor da capacitância equivalente entre os pontos A e B nos circuitos abaixo:

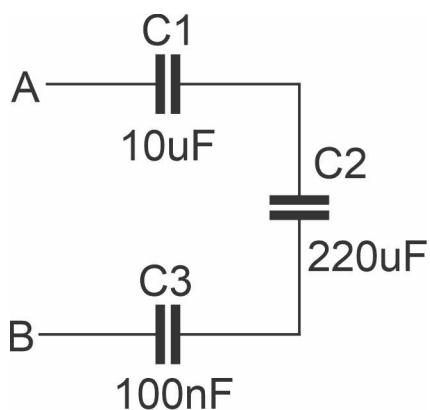
a)



b)



c)



Respostas:

- a) $180\mu\text{F}$
- b) $9,99\text{nF}$
- c) $98,96\text{nF}$

CARGA E DESCARGA DE CAPACITOR

Os capacitores ao serem ligados a uma fonte de corrente contínua, carregam-se com cargas elétricas atingindo níveis de tensão que podem se igualar à tensão da fonte. O nível dessa tensão que ficará no capacitor, depende de sua capacitância, da resistência ligada no circuito e o tempo que o capacitor ficará ligado na fonte.

Esse circuito é chamado de circuito RC (R de resistência e C de capacitância, ou resistor e capacitor). Nesse circuito existe uma constante de tempo conhecida como " τ " (lê-se TAU), que é o produto de $R \times C$ onde:

R = valor medido em Ohms

C = valor medido em Farad

τ = resultado dado em segundos

6.5.1- CARGA

A constante de tempo corresponde ao tempo necessário para que a tensão no capacitor atinja 63,2% da tensão da fonte na carga.

Na figura 30, mostramos uma tabela e gráfico de carga do capacitor, baseado na constante de tempo " τ ".

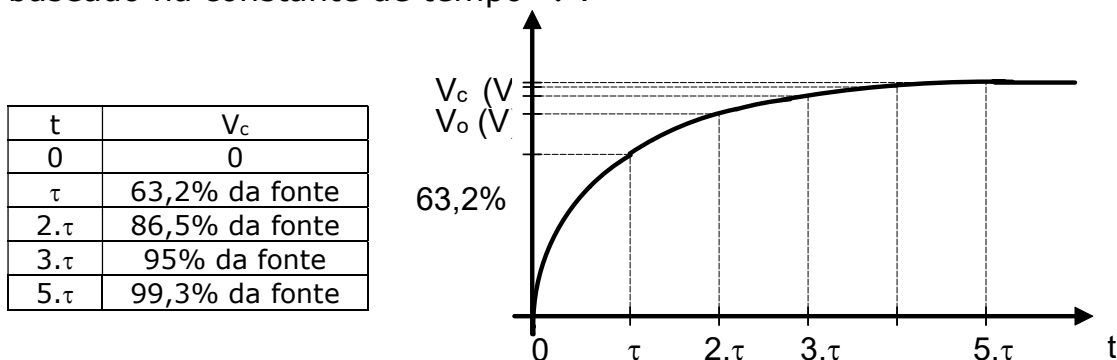


Figura 30

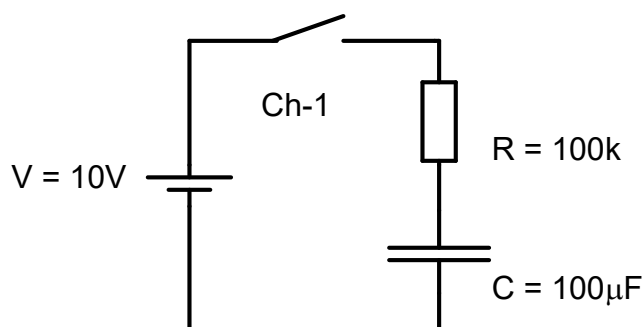
Onde: V_c = tensão no capacitor
 V_o = tensão da fonte
 t = tempo de carga em segundos

Na prática, consideramos que para um tempo de $5.\tau$ o capacitor encontra-se totalmente carregado.

Observamos pelo gráfico que nos primeiros instantes de carga o capacitor já atinja um bom percentual da tensão total, e a medida que o tempo passa a carga se torna mais lenta até a totalização. Concluimos então que no início de carga existe uma corrente elétrica alta circulando pelo capacitor que vai diminuindo à medida que o capacitor vai carregando, até que não exista mais uma diferença de potencial entre o capacitor e a fonte, cessando assim a corrente de carga.

Devido a essa característica, podemos afirmar que o capacitor inicialmente descarregado, comporta-se como um curto-circuito (pela corrente alta) e após a carga total, comporta-se como um circuito aberto (por não circular mais corrente).

Exemplo: Observe a figura abaixo



Partindo com o capacitor descarregado, se ligarmos a chave Ch-1, circulará uma corrente pelo circuito que irá carregar o capacitor C.

Pergunta: Qual é o tempo que o capacitor atingirá a carga total?

Carga total = $5 \cdot \tau$

Se $\tau = R \cdot C$

Carga total = $5 \cdot R \cdot C \Rightarrow 5 \cdot 100000(\Omega) \cdot 0,0001(F)$

Carga total = 50 segundos

Portanto a chave Ch-1 deve permanecer ligada no mínimo 50 segundos, para que o capacitor atinja a carga total independente da tensão da fonte.

Se desejarmos calcular a carga do capacitor em tempos inferiores a $5 \cdot \tau$, devemos utilizar a seguinte equação:

$$V_c = V_o \cdot (1 - e^{-t/R \cdot C})$$

Onde:

- V_c = tensão no capacitor
- V_o = tensão da fonte
- e = constante (base) = 2,72
- t = tempo de carga em segundos
- R = resistência em Ω
- C = capacitância em Farad

Exemplo:

Se no circuito da figura acima mantivéssemos a chave Ch-1 fechada por apenas 25 segundos, qual seria a tensão da carga armazenada no capacitor?

$$V_c = V_o \cdot (1 - e^{-t / R \cdot C})$$

$$V_c = 10 \cdot (1 - 2,72^{-25 / 100000 \cdot 0,0001})$$

$$V_c = 10 \cdot (1 - 2,72^{-2,5})$$

$$V_c = 10 \cdot (1 - 0,082)$$

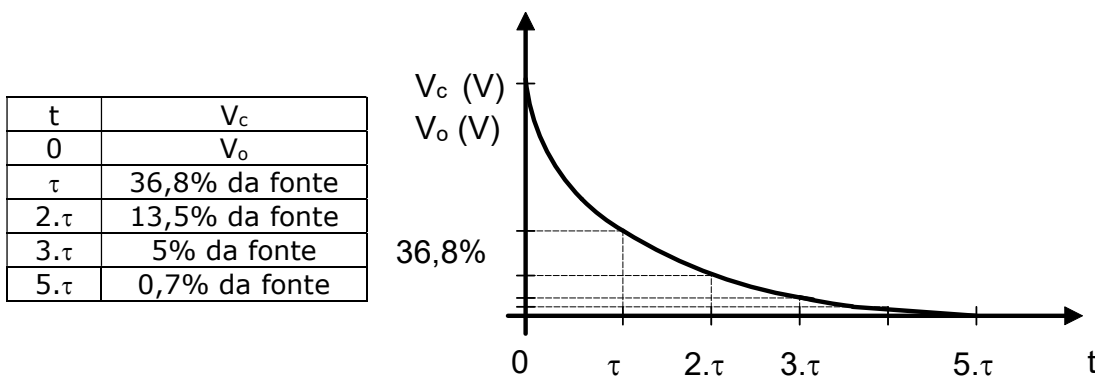
$$V_c = 10 \cdot (0,918)$$

$$V_c = 9,18 \text{ Volts}$$

6.5.2- DESCARGA

A constante de tempo corresponde ao tempo necessário para que a tensão no capacitor atinja 36,8% da tensão da fonte na descarga.

Na figura abaixo, mostramos uma tabela e gráfico de descarga do capacitor, baseado na constante de tempo " τ ".

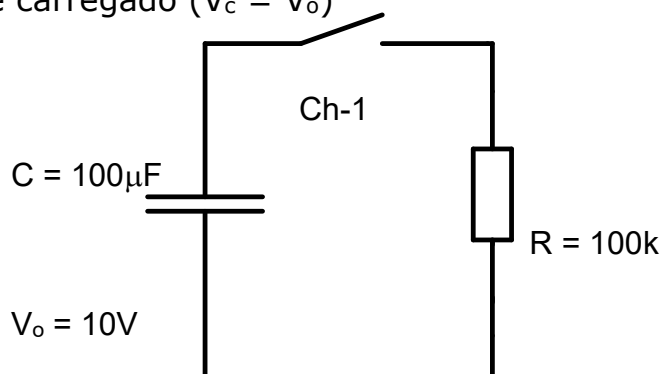


Onde:

- V_c = tensão no capacitor (final)
- V_o = tensão inicial (adquirido na fonte)
- t = tempo de descarga em segundos

Na prática, consideramos que para um tempo de $5 \cdot \tau$ o capacitor encontra-se totalmente descarregado.

Consideremos agora que o capacitor do circuito da figura abaixo apresenta-se carregado ($V_c = V_o$)



Partindo com o capacitor carregado, se ligarmos a chave Ch-1, circulará uma corrente pelo circuito que irá descarregar o capacitor C.

Pergunta: Qual é o tempo necessário para o capacitor se descarregue totalmente?

Descarga total = $5.\tau$

Se $\tau = R.C$

Descarga total = $5.R.C \Rightarrow 5. 100000(\Omega). 0,0001(F)$

Descarga total = 50 segundos

Portanto a chave Ch-1 deve permanecer ligada no mínimo 50 segundos, para que o capacitor atinja a descarga total independente da tensão da fonte. É importante observar que o tempo de descarga é o mesmo que o de carga, ou seja, de $5.\tau$.

Se desejarmos calcular a descarga do capacitor em tempos inferiores a $5.\tau$, devemos utilizar a seguinte equação:

$$V_c = V_o . e^{-t/R.C}$$

Onde: V_c = tensão no capacitor final
 V_o = tensão inicial do capacitor
 e = constante (base) = 2,72
 t = tempo de descarga em segundos
 R = resistência em Ω
 C = capacitância em Farad

Exemplo:

Se no circuito da figura anterior mantivéssemos a chave Ch-1 fechada por apenas 25 segundos, qual seria a tensão final da carga armazenada no capacitor?

$$V_c = V_o . e^{-t / R.C}$$

$$V_c = 10 . 2,72^{-25 / 100000.0,0001}$$

$$V_c = 10 . 2,72^{-2,5}$$

$$V_c = 10 . 0,082$$

$$\mathbf{V_c = 0,82 Volts}$$

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

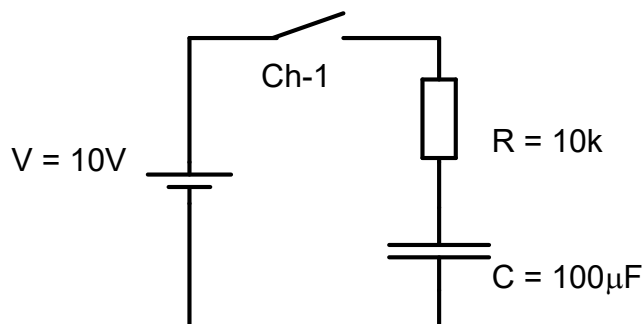
EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

Lista EF05 (carga e descarga de capacitores)

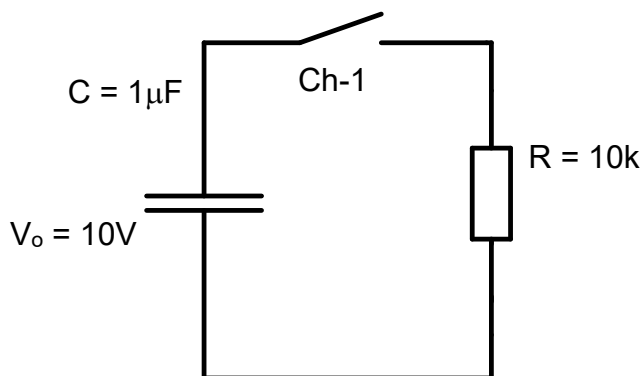
1- Determine as constantes de tempo “ τ ” para as seguintes combinações, conforme exemplo: Basta multiplicar um pelo outro, observando os múltiplos e submúltiplos, resultando em tempo em segundos, mili segundos, etc..

- a) $2,2\mu\text{F}$ e 470k - “ τ ” = R (em Ω) . C (em Farad) = $2,2 \times 10^{-6}\text{F} \cdot 470 \times 10^3\Omega = 1034\text{ms}$ (1,03s)
- b) 330nF e $2\text{M}\Omega$
- c) 2pF e 56k
- d) $470\mu\text{F}$ e $1\text{M}\Omega$
- e) $100\mu\text{F}$ e 100k
- f) 10nF e 220k

2- Dado o circuito abaixo, e considerando o capacitor inicialmente descarregado, determine qual será a tensão final no capacitor se fecharmos a chave durante 2s. Circuito de carga.



3- Dado o circuito abaixo, e considerando o capacitor carregado, determine qual será a tensão final no capacitor se fecharmos a chave durante 0,04s. Circuito de descarga.



RESPOSTAS

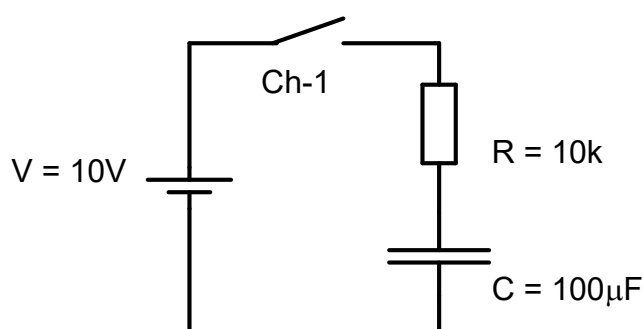
Lista EF05 (carga e descarga de capacitores)

Determine as constantes de tempo " τ " para as seguintes combinações, conforme exemplo: Basta multiplicar um pelo outro, observando os múltiplos e submúltiplos, resultando em tempo em segundos, mili segundos, etc..

- a) $2,2\mu\text{F}$ e 470k - " τ " = R (em Ω) . C (em Farad) = $2,2 \times 10^{-6}\text{F} \cdot 470 \times 10^3\Omega = 1034\text{ms}$ (1,03s)
- b) 330nF e $2\text{M}\Omega = 891\text{ms}$
- c) 2pF e $56\text{k} = 112\text{ns}$
- d) $470\mu\text{F}$ e $1\text{M}\Omega = 705\text{s}$
- e) $100\mu\text{F}$ e $100\text{k} = 10\text{s}$
- f) 10nF e $220\text{k} = 2200\text{s}$

Dado o circuito abaixo, e considerando o capacitor inicialmente descarregado, determine qual será a tensão final no capacitor se fecharmos a chave durante 2s. Circuito de carga.

$V_c = 8,65\text{V}$



Dado o circuito abaixo, e considerando o capacitor carregado, determine qual será a tensão final no capacitor se fecharmos a chave durante 0,04s. Circuito de descarga.

$V_c = 0,18\text{V}$

