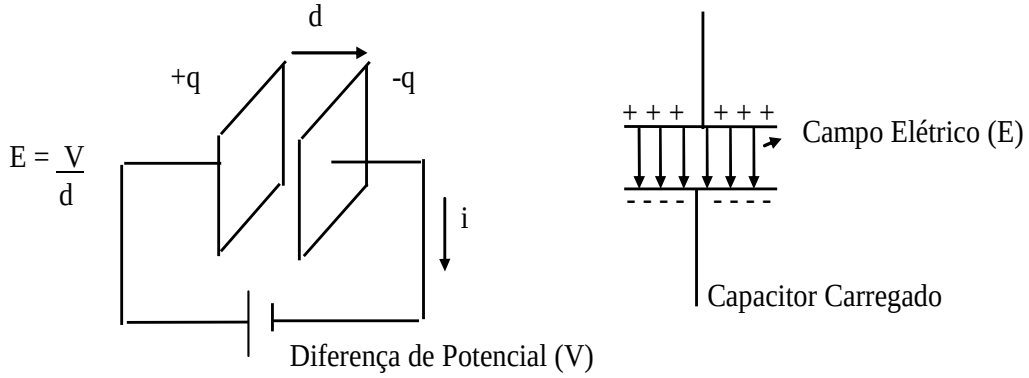
O CAPACITOR

Objetivo: Descrever a construção, a finalidade básica e o funcionamento do capacitor, conceituar capacitância, associar capacitores e realizar o cálculo da capacitância equivalente. Analisar o funcionamento do capacitor na carga e descarga.

Funcionamento do capacitor em corrente contínua

Capacitores são dispositivos elétricos (elementos dos circuitos elétricos) usados para armazenar a energia elétrica que lhe é fornecida, na forma de campo elétrico, que pode ser mais tarde retornada ao sistema. Sua constituição física é composta por duas placas condutoras metálicas, separadas por um material isolante chamado dielétrico.



Seu comportamento elétrico consiste basicamente em uma corrente elétrica (cargas elétricas) entrando em uma das placas do capacitor obrigando a saída de igual corrente da outra placa por repulsão-eletrostática. Decorrido algum tempo teremos carga armazenada em ambas as placas. Este armazenamento de carga corresponde a uma energia armazenada na forma de campo elétrico.

A presença de cargas nas placas faz surgir um campo elétrico nascendo nas cargas positivas e terminando nas cargas negativas. O trabalho realizado por este campo ao longo da distância entre as placas resulta na sua diferença de potencial (tensão).

Em corrente contínua um capacitor só terá corrente enquanto estiver sendo carregado ou descarregado. Um capacitor em corrente contínua e regime permanente, se comporta como um circuito aberto (I = 0 A). Quanto mais carga houver no capacitor maior será o campo elétrico criado e maior será a diferença de potencial (tensão) entre as placas. Podemos então, definir um coeficiente de proporcionalidade entre a carga e a tensão, ao qual chamamos de capacitância.

A capacitância: C

A Capacitância "C" de um capacitor é a grandeza que expressa a sua capacidade de armazenamento de cargas elétricas.

Seu valor depende da sua construção, é fornecido pelo seu fabricante, mas pode também ser determinado pela razão entre a carga armazenada e a tensão gerada nos seus terminais.

Ou seja, por definição, **a capacitância** de um capacitor é:

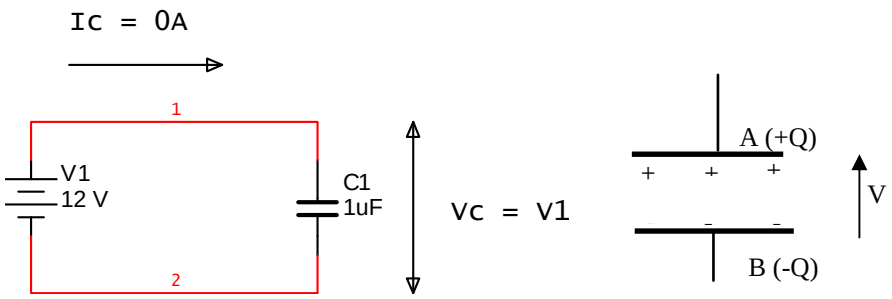
$$C = \frac{Q}{V}(Farad)$$

onde: C → Capacitância;

Q → Carga elétrica acumulada numa das placas do capacitor;

V → Tensão existente entre as placas do capacitor.

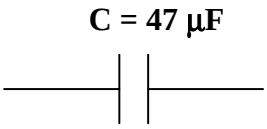
Unidade SI: Farad (F)



$$Ic = C\frac{\Delta v}{\Delta t}$$

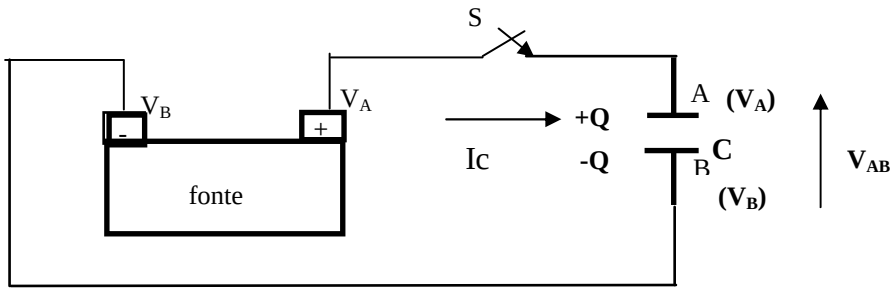
Assim sendo, a carga armazenada em um capacitor depende diretamente de sua capacitância e da tensão aplicada aos terminais:

Exemplo:



Se, por exemplo, um capacitor de **47 µF** for carregado completamente, quando ligado a uma fonte de **12 V**, carregará com uma carga **Q = 47.10 $^{-6}$. 12 = 564 µC.**

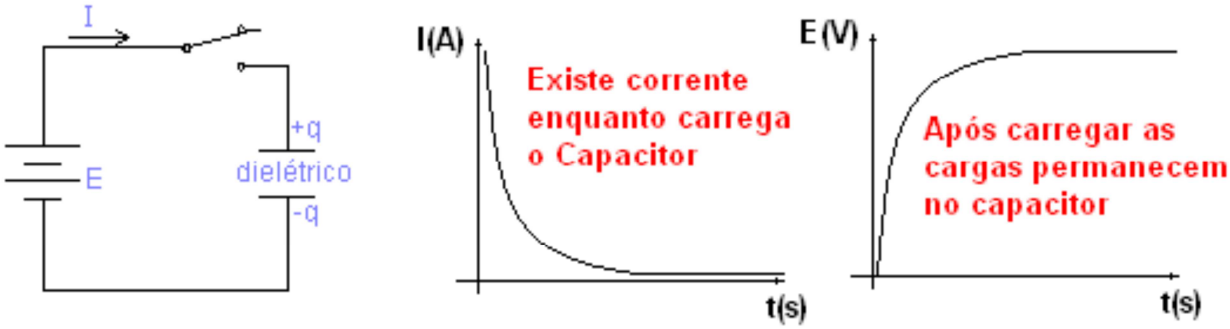
Funcionamento: Carga e Descarga



O processo de carga de um capacitor

Ao se fechar a chave “S”, ocorre um deslocamento natural de elétrons da placa “A” para o polo positivo da fonte e do polo negativo para a placa “B”, produzindo-se um pico de corrente de carga (Ic), que cessa só quando o capacitor estiver carregado. Simultaneamente, surge uma tensão crescente entre as duas placas, que atinge seu valor final com o capacitor carregado.

Assim sendo, no seu estado final carregado com uma carga “Q”, o capacitor terá uma placa “A” positiva (+Q), e uma “B” negativa (-Q), entre elas, uma tensão elétrica (V_{AB}), resultante da separação das cargas positivas e negativas com valor, neste caso, igual ao da fonte. Então, ao ser ligado diretamente a uma fonte de 12V o capacitor se carregará até produzir uma tensão de 12V entre suas placas.

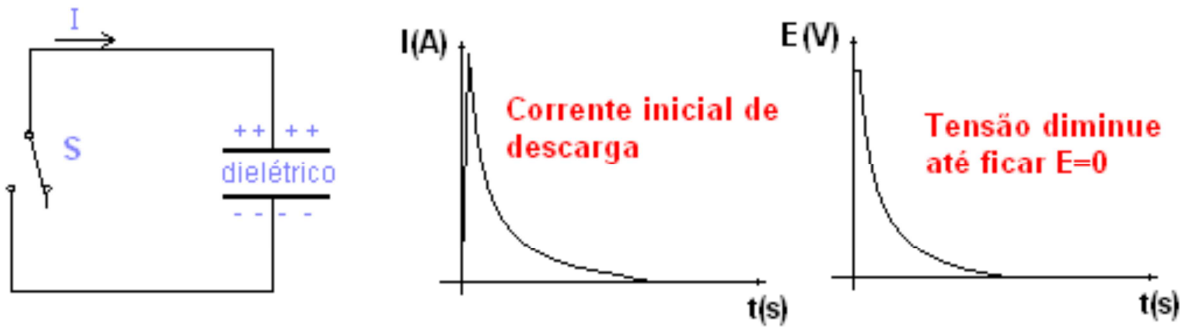


A descarga de um capacitor

Para a descarga do capacitor, basta retirar a fonte e ligar as placas “A” e “B” entre si através de um elemento condutor, de modo a permitir o deslocamento natural de elétrons, que migram da placa negativa (B) para a positiva (A), produzindo-se um pico de corrente inverso, acompanhado de uma gradativa diminuição do valor da tensão no capacitor até o valor zero, indicativo de descarga completa.

Em resumo: O processo de carga de um capacitor consiste na retirada de elétrons de uma das placas e fornecimento à outra. Enquanto que a descarga consiste na transferência espontânea dos elétrons em excesso da placa negativa para a positiva, até recuperado o equilíbrio.

Note que, ao armazenar cargas elétricas, o capacitor estará armazenando energia elétrica, de modo análogo a uma mola esticada. Ao ser descarregado <u>o capacitor funcionará temporariamente como fonte,</u> devolvendo a energia armazenada, que será transformada em calor nos elementos resistivos do circuito.



A energia potencial armazenada: W

Comparado a uma mola esticada, um capacitor carregado apresenta uma energia armazenada, cujo valor pode ser calculado por:

$$W = \frac{1}{2} \cdot C.V^2 \quad (J) \qquad \textbf{Unidade SI: joule (J)}$$

<u>Aplicação 1</u>

Um capacitor de 100 μF é carregado, quando ligado a uma fonte de 12 V (dc).

Calcule:
a) A sua carga armazenada; b) A sua energia potencial.

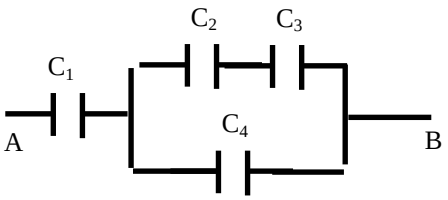
Solução:

(a) $Q = C \cdot V = 100 \cdot 10^{-6} \cdot 12$ $Q = 1{,}2$ mC	(b) $W = 1/2 \cdot C\,V^2$ $W = 1/2 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot 12^2$ $W = 7{,}2$ mJ

Associações de capacitores e capacitância equivalente

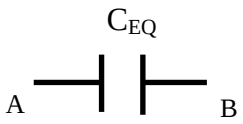
Capacitância Equivalente: C_{EQ}

Considere um grupo de capacitores interligados eletricamente, formando uma associação de capacitores:



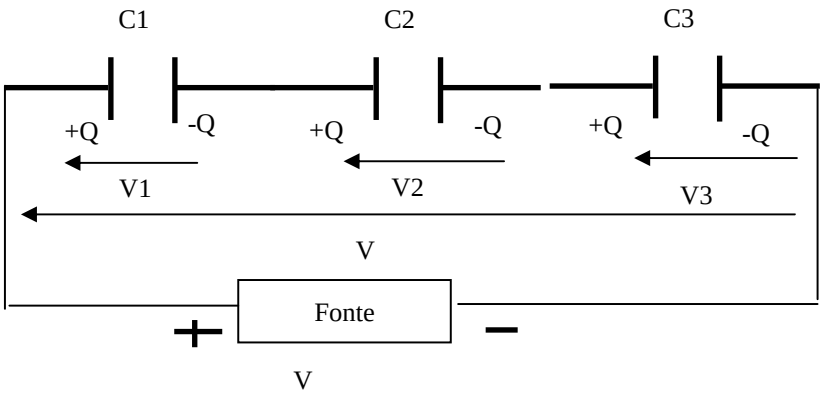
Existe um capacitor cujo valor de capacitância substitui e equivale à capacitância da associação, isto é, para uma mesma tensão aplicada, esse capacitor armazena a mesma energia que a associação.

A capacitância desse capacitor é então denominada ➔ Capacitância Equivalente.



Associações de Capacitores:

a - Associação em Série



Característica: A carga total armazenada é igual a carga de cada capacitor.

$$\mathbf{Q = Q_1 = Q_2 = ... = Qn}$$

Propriedade: A soma das tensões nos capacitores é igual a tensão aplicada, isto é:

$$\mathbf{V = V_1 + V_2 +...+ Vn}$$

Capacitância Equivalente:

Numa associação de capacitores em série, o inverso da capacitância equivalente é igual à soma dos inversos das capacitâncias associadas.

Ou seja: $$\frac{1}{C_{EQ}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + ... + \frac{1}{C_n}$$

Caso particular: Associações com 2 CAPACITORES

No caso de uma associação de 2 capacitores em série (n = 2), a capacitância equivalente é calculada fazendo-se: $$C_{EQ} = \frac{C_1 x C_2}{C_1 + C_2}$$

Observações:

1- *Havendo mais de dois capacitores em série, ainda assim poderá ser aplicada a fórmula acima, de dois em dois, até reduzir-se o conjunto a um único capacitor, o capacitor equivalente.*

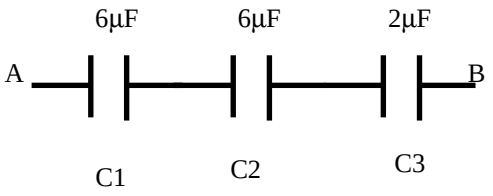
2- *Havendo dois capacitores de mesma capacitância, em série, a capacitância equivalente será igual a metade da capacitância individual; havendo 3, valerá 1/3, e assim por diante.....Isto é:*

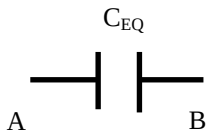
$$C_{EQ} = \frac{C}{n}$$

3- *O valor da capacitância equivalente a uma associação de capacitores em série é menor que a menor das capacitâncias associadas.*

Aplicação 2

Calcule a capacitância equivalente entre os extremos **A e B** da associação série abaixo:





Solução:

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

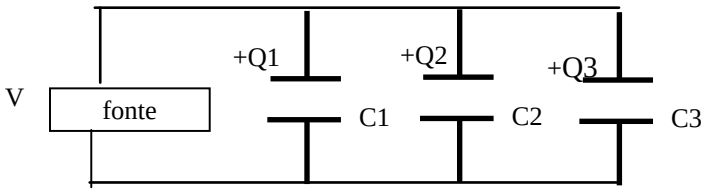
$$\frac{1}{C_{EQ}} = \frac{1}{6x10^{-6}} + \frac{1}{6x10^{-6}} + \frac{1}{2x10^{-6}}$$

$$\frac{1}{C_{EQ}} = \frac{10^6}{6} + \frac{10^6}{6} + \frac{10^6}{2} = \frac{10^6 + 10^6 + 3x10^6}{6}$$

$$\frac{1}{C_{EQ}} = \frac{5x10^6}{6} \qquad C_{EQ} = \frac{6}{5x10^6} = 1{,}2x10^{-6}$$

$$C_{EQ} = 1{,}2\mu F$$

b- Associação em Paralelo.



Característica: A tensão resultante em cada capacitor é igual à tensão aplicada à associação.

$$V_1 = V_2 = ...= Vn$$

Propriedade: A carga total armazenada é igual a soma das cargas nos capacitores.

$$Q = Q_1 + Q_2 +...+ Qn$$

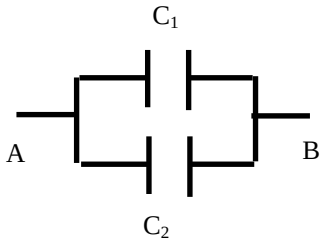
Capacitância Equivalente

Numa associação de capacitores em paralelo, a Capacitância Equivalente é igual à soma das capacitâncias dos capacitores associados. Ou seja:

$$\mathbf{C_{EQ} = C_1 + C_2 +\ldots+ C_\eta}$$

Aplicação 3

Calcule a capacitância equivalente ente os extremos A e B da seguinte associação:



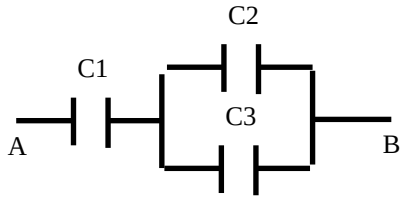
C_1 = 8 μF
C_2 = 2μF

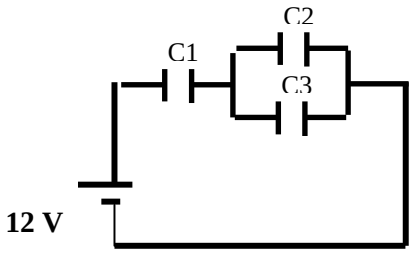
Solução:

$C_{EQ} = C_1 + C_2 + ... + C_n$
$C_{EQ} = C_1 + C_2$
$C_{EQ} =$ 8μF + 2μF= 10 μF

c - Associações Mistas de Capacitores

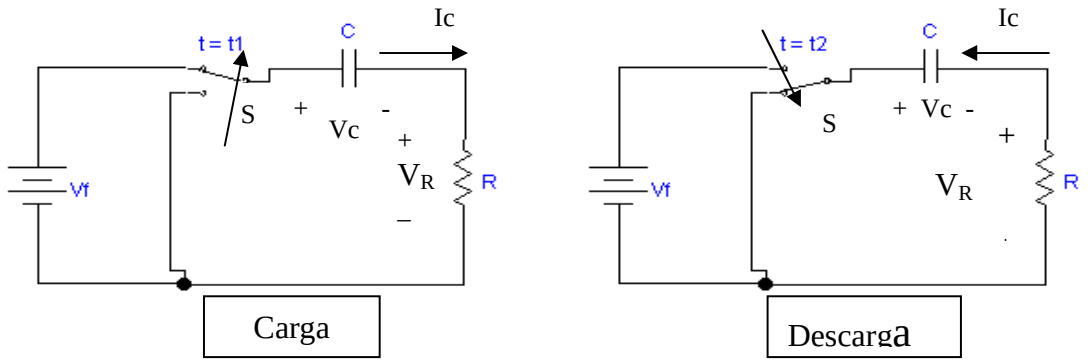
São aquelas que combinam associações dos tipos série e paralelo.

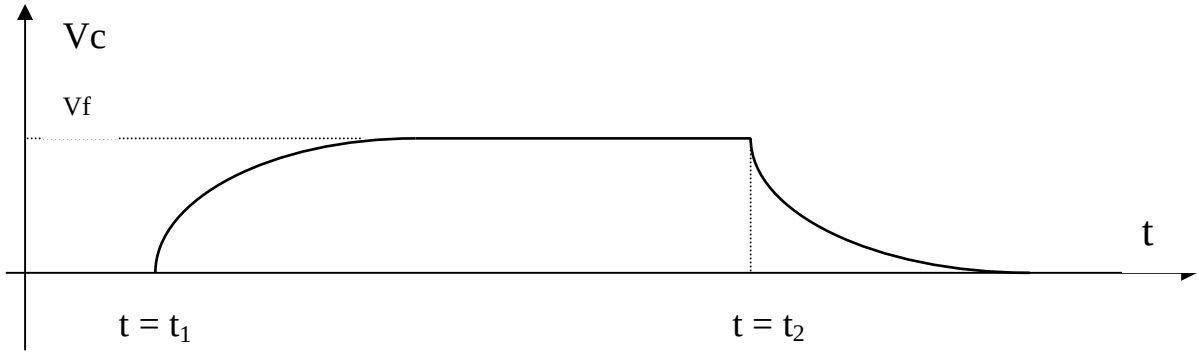
	**Para se determinar a Capacitância Equivalente deve-se resolver, passo a passo, as associações série e paralelo identificadas.**

Aplicação 4: Determine, para o circuito capacitivo puro abaixo: a- A capacitância equivalente vista da fonte; b- A carga de cada capacitor; c- A tensão em cada capacitor. Considere: C_1 = 30 μF; C_2 = 40 μF ; C_3 = 20 μF	
Solução (a) C' = $C_2 + C_3$ = 40 μF + 20 μF = 60 μF Ceq = C' x C_1 / C' + C_1 = 20 μF	(b) Q_T = Ceq . V = 20 . 10^{-6} . 12 = 240 μC $Q_1 = Q_T$ = 240 μC $Q_{23} = Q_T$ = 240 μC Q = C .V → $V_{23} = Q_{23} / C_{23}$ = 4 V $Q_2 = C_2 . V_{23}$ = 160 μC $Q_3 = C_3 . V_{23}$ = 80 μC
(c) V_2 = 4 V (já determinado) $V_3 = V_2$ = 4 V $V_1 = Q_1/C_1$ = 8 V	

O capacitor em DC: Regime Permanente e Transitório

Os diagramas de circuitos e os gráficos a seguir mostram o comportamento do capacitor, em tensão e corrente, na situação transitória de carga e descarga, e na situação de regime permanente, que ocorre algum tempo após incio da carga ou da descarga.





Observações:

1 - O regime permanente é atingido após decorrido 5 τ, onde τ = RC é chamada de constante de tempo;

2 - Em regime permanente o capacitor funciona como um circuito- aberto, pois Ic = 0;

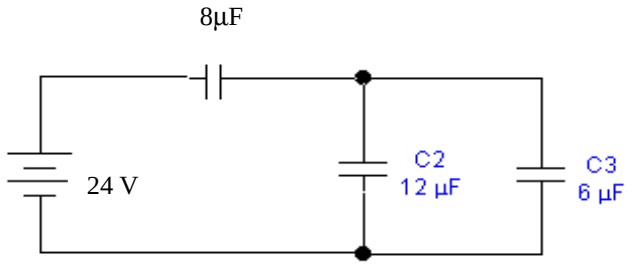
3 - O capacitor produz picos de corrente, durante a carga e a descarga;

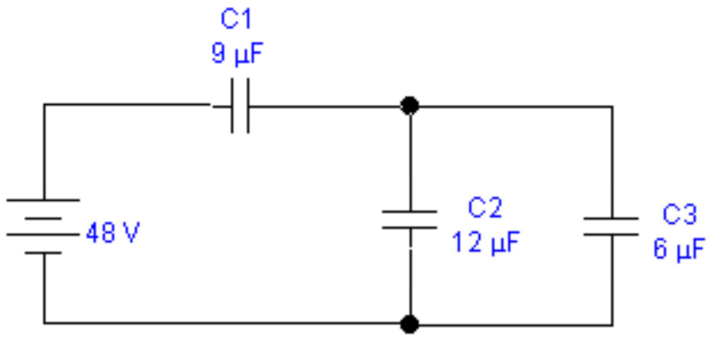
4 - O capacitor não admite variação brusca de sua tensão, de um nível para outro. Daí a sua corrente resultar adiantada de sua tensão.

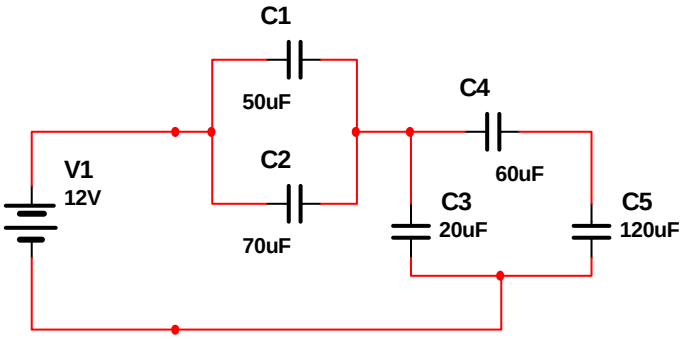
5 - A curva que melhor representa o processo de carga-descarga do capacitor é a curva Vc(t), haja vista que a carga armazenada é igual ao produto da capacitância pela tensão em seus terminais, ou seja, Q = C.V.

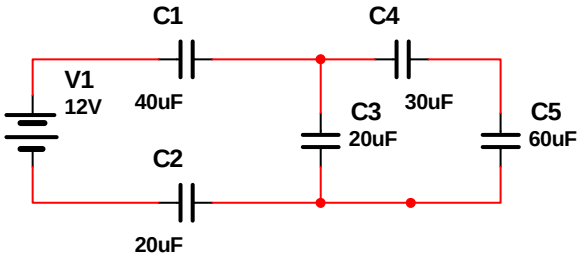
Exercícios:

1. Como é a construção e qual a finalidade básica de um capacitor?
2. Conceitue CAPACITÂNCIA de um capacitor.
3. O que acontece com as placas do capacitor, no seu processo de carga e descarga?
4. Calcule a capacitor equivalente, a tensão e a carga armazenada em cada capacitor abaixo.



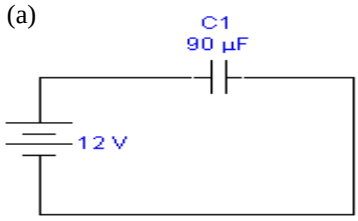
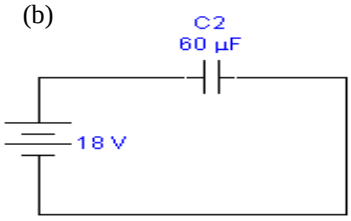






5. Calcule a carga e a energia armazenada em cada capacitor abaixo.

(a)



(b)