

Aula 17

Capacitor
Introdução

Circuitos Elétricos I

Prof. Henrique Amorim - UNIFESP - ICT

Resistores: Elemento linear passivo que exclusivamente dissipa energia

Capacitores e indutores: Elementos lineares passivos que armazenam energia que posteriormente pode ser recuperada

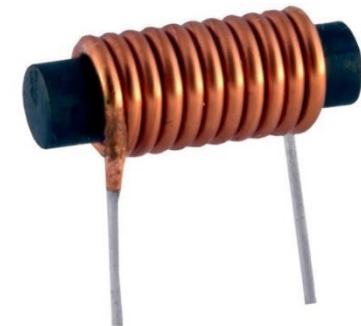
Resistores
Impedância não é alterada
pela variação no fluxo de
cargas (frequência)

Capacitores e Indutores
Impedância é alterada pela
variação no fluxo de cargas
(frequência)

Capacitor



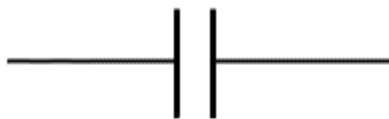
Indutor



Capacitores - Conceitos

Resistores e capacitores são os componentes mais comuns nos circuitos elétricos. Entre as principais aplicações podemos citar: Sistemas de comunicação, sistemas de potência, filtros e memória dinâmica de computadores

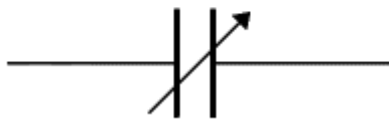
Símbolos



Capacitor simples



Capacitor com polaridade
(i. e. eletrolítico)



Capacitor variável
(comum em rádio)

Principais tipos



cerâmico



poliéster



eletrolítico



tântalo



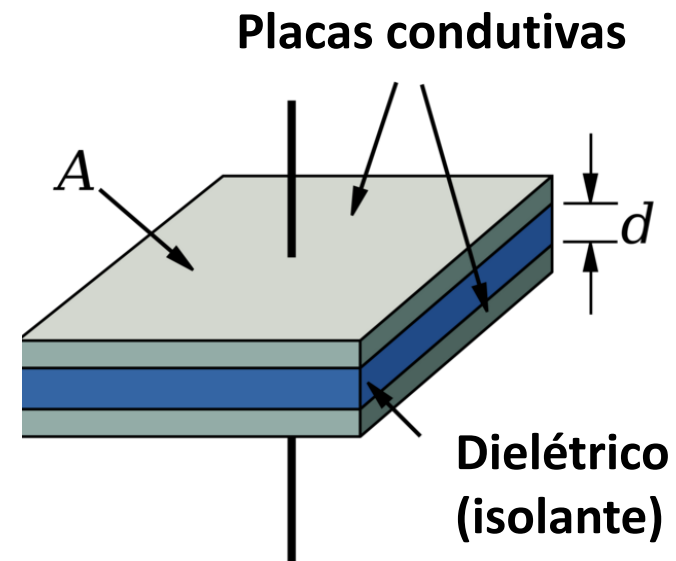
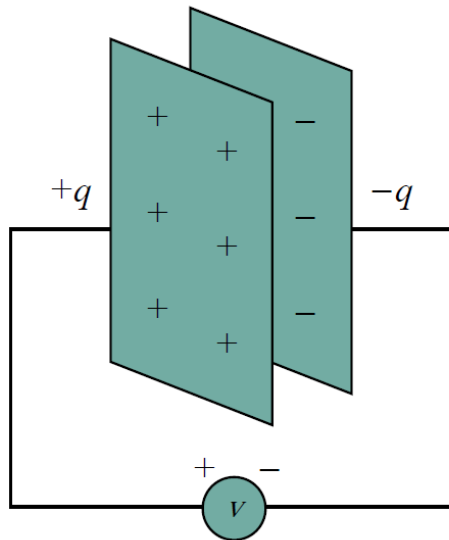
óleo



variável

Capacitores - Conceitos

- Um capacitor é formado por duas placas condutoras separadas por um isolante (ou dielétrico)
- Dielétrico pode ser composto por ar, cerâmica, papel ou mica
- Quando uma fonte de tensão v é conectada ao capacitor, a fonte deposita uma carga positiva q sobre uma placa e uma carga $-q$ na outra placa.

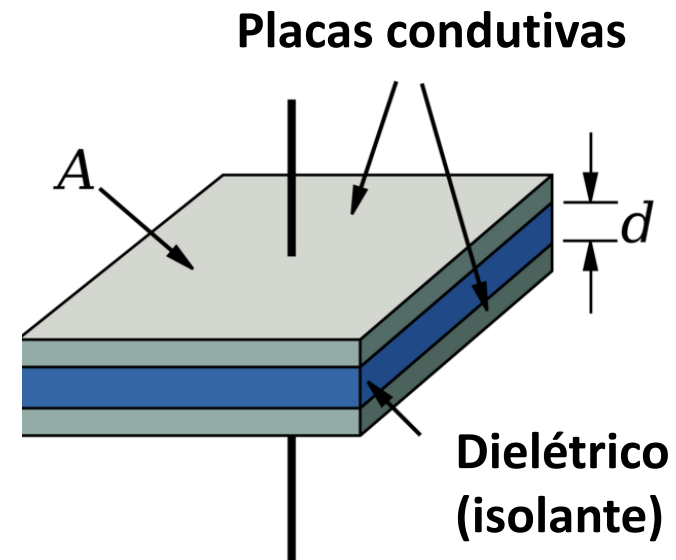
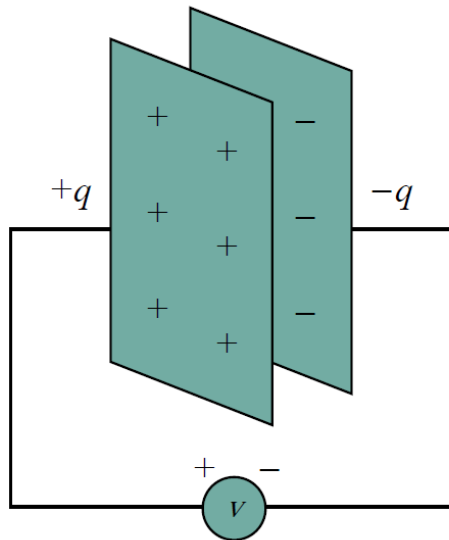


Capacitores - Conceitos

- O capacitor armazena cargas em forma de um **campo elétrico**
- A quantidade de carga armazenada é diretamente proporcional a tensão v aplicada.

$$q = Cv$$

Onde C é a capacitância medida em Farad (F)
 q é a carga medida em Columb (C)

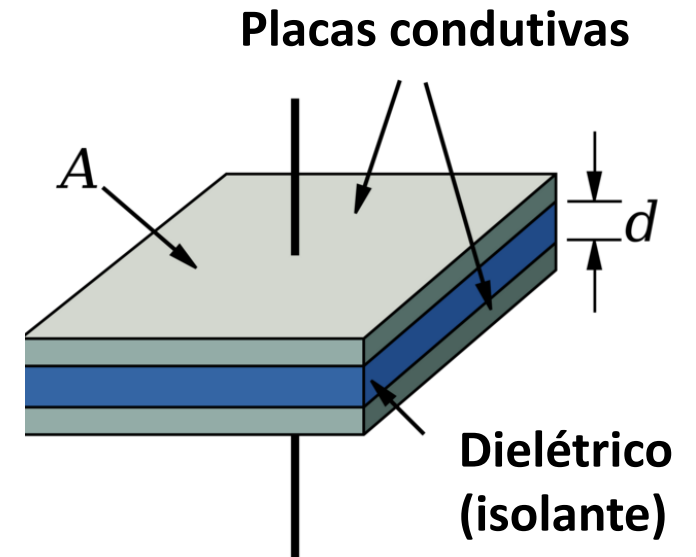


Capacitores - Conceitos

Capacitância é a razão entre a carga depositada em uma placa de um capacitor e a diferença de potencial entre as duas placas. Medidas em Farad (F).

$$q = Cv \qquad C = \frac{\epsilon A}{d}$$

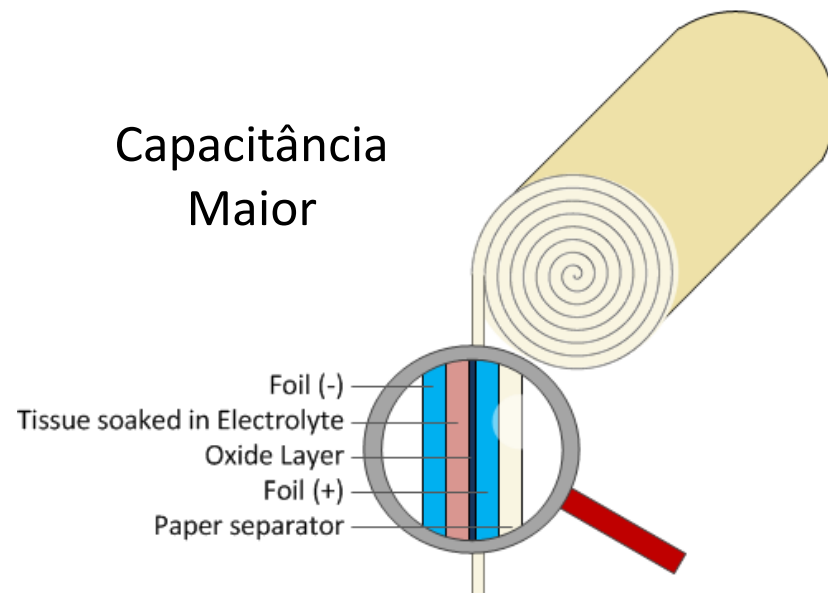
- Quanto maior a área, maior a capacitância
- Quanto menor o espaço entre as placas, maior a capacitância
- Quanto maior a permissividade, maior a capacitância (ϵ)



Capacitores - Conceitos

No mercado existem diversos modelos de capacitores, as capacitâncias variam na casa de picofarads (pF) a milifarads (mF)

Anatomia do capacitor eletrolítico



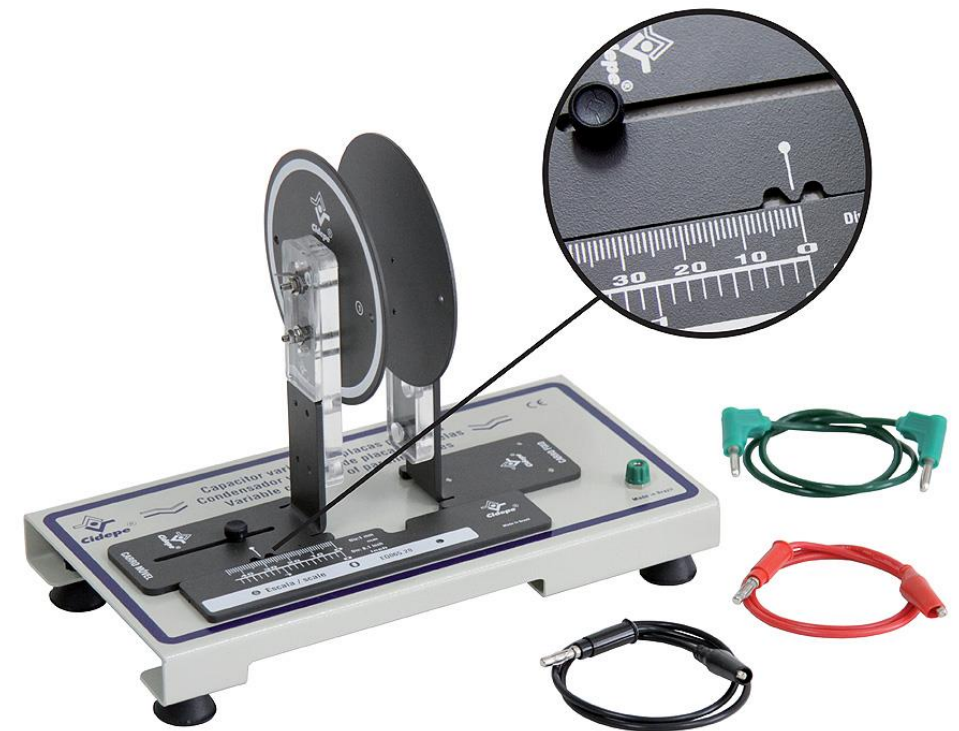
Tipos de capacitores



Capacitores – Capacitor variável

Distância entre as placas variável

Área das placas variável



Capacitores - corrente

Para estabelecermos o comportamento da corrente no capacitor, derivaremos ambos os lados da equação em relação ao tempo.

$$q = Cv$$

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

$$\frac{dq}{dt} = C \frac{dv}{dt}$$

$$i = C \frac{dv}{dt}$$

O capacitor bloqueia a passagem de CC

Considere uma tensão constante aplicada entre os terminais do capacitor. A derivada de uma constante é zero portanto a corrente é zero. A ausência de corrente implica um comportamento de circuito aberto.

O capacitor é um circuito aberto em CC

$$i = C \frac{dv}{dt}$$

Capacitores – tensão

Para estabelecermos o comportamento da tensão nos terminais do capacitor, diferenciamos em relação o tempo e integramos ambos os lados da equação.

$$i = C \frac{dv}{dt}$$

$$idt = C \frac{dv}{dt} dt$$

$$idt = C dv$$

$$dv = \frac{1}{C} idt$$

$$\int_{v(t_0)}^{v(t)} dx = \frac{1}{C} \int_0^t id\tau$$

$$v(t) = \frac{1}{C} \int_0^t id\tau + v(t_0)$$

A tensão em capacitor não pode mudar de forma abrupta

A **potência instantânea** de um capacitor pode ser calculada pelo produto entre tensão e corrente

$$P = v \cdot i$$

$$P(t) = v(t) \cdot C \frac{dv}{dt} \qquad P(t) = \left(\frac{1}{C} \int_0^t i d\tau + v(t_0) \right) \cdot i(t)$$

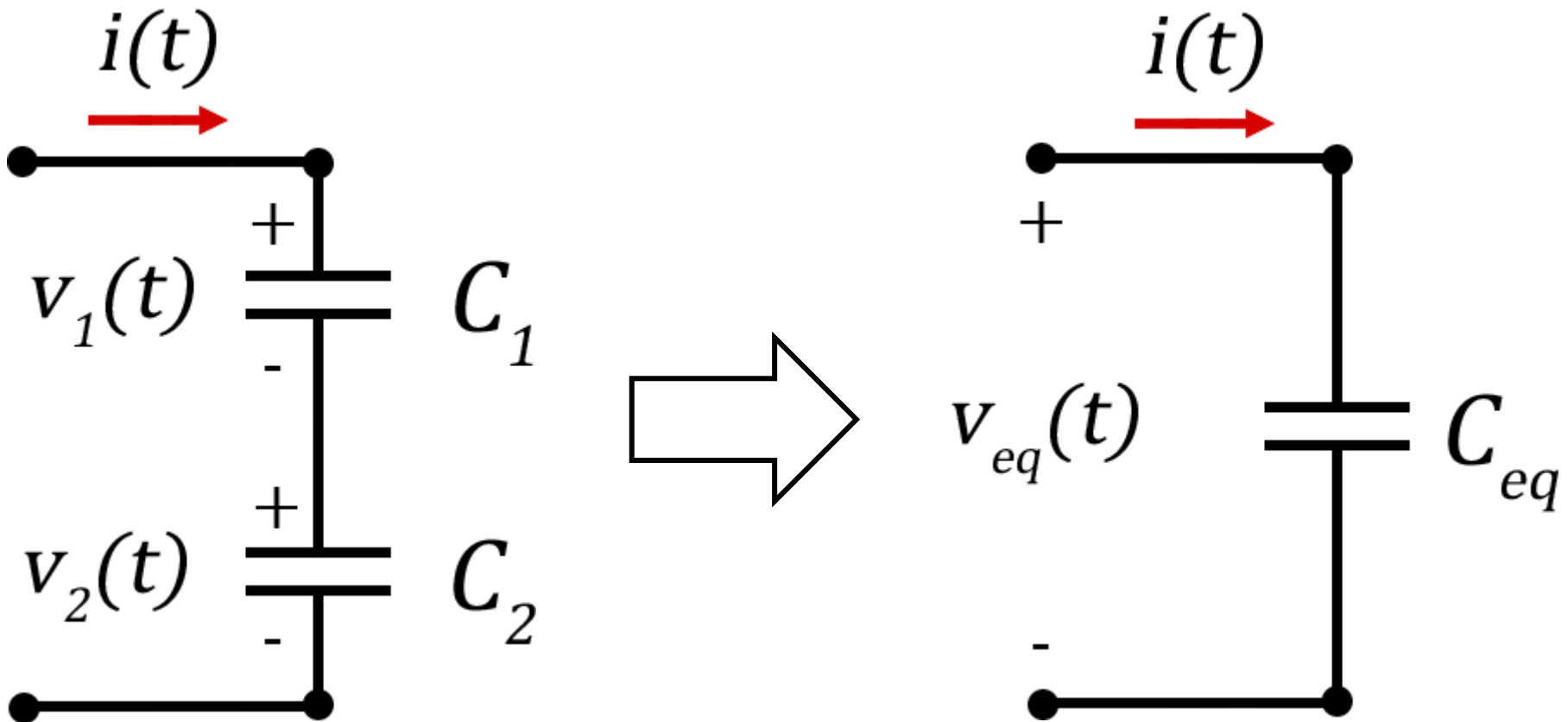
A **energia** armazenada em um capacitor, pode ser calculada através da integral da potência, então:

$$w = \int_{-\infty}^t p dt = C \int_{-\infty}^t v \frac{dv}{dt} dt = C \int_{-\infty}^t v dv = \frac{1}{2} C v^2 \Big|_{t=-\infty}^t \qquad \mathbf{w} = \frac{1}{2} C v^2$$

** Consideramos que em $t=-\infty$ o capacitor está descarregado

Associação de Capacitores

Associação em série de capacitores



Associação de Capacitores

Associação em série de capacitores (Análogo a associação em paralelo de resistores)

****Em série a corrente é constante**

$$v_{eq}(t) = v_1(t) + v_2(t)$$

$$\frac{1}{C_{eq}} \int_0^t i d\tau + v_{eq}(t_0) = \frac{1}{C_1} \int_0^t i d\tau + v_1(t_0) + \frac{1}{C_2} \int_0^t i d\tau + v_2(t_0)$$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad ; \quad v_{eq}(t_0) = v_1(t_0) + v_2(t_0) \quad \left(C_{eq} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} \right)$$

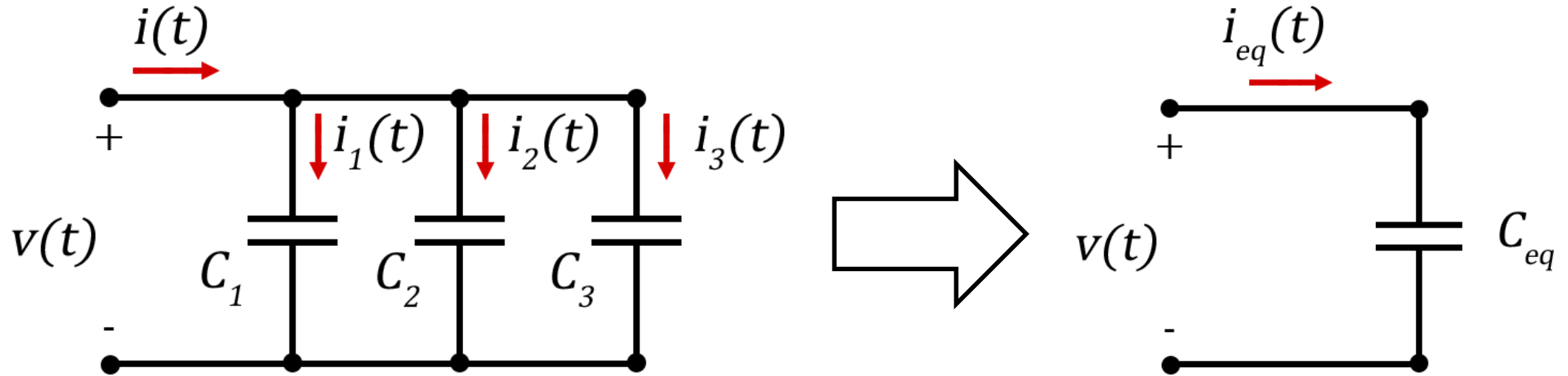
2 Capacitores

Generalizando

$$C_{eq} = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n} \right)^{-1} \quad ; \quad v_{eq}(t_0) = v_1(t_0) + v_2(t_0) + \dots + v_n(t_0)$$

Associação de Capacitores

Associação em paralelo de capacitores



Associação de Capacitores

Associação em paralelo de capacitores (Análogo a associação em série de resistores)

****Em paralelo a tensão é constante**

$$i_{eq}(t) = i_1(t) + i_2(t) + i_3(t)$$

$$C_{eq} \frac{dv}{dt} = C_1 \frac{dv}{dt} + C_2 \frac{dv}{dt} + C_3 \frac{dv}{dt}$$

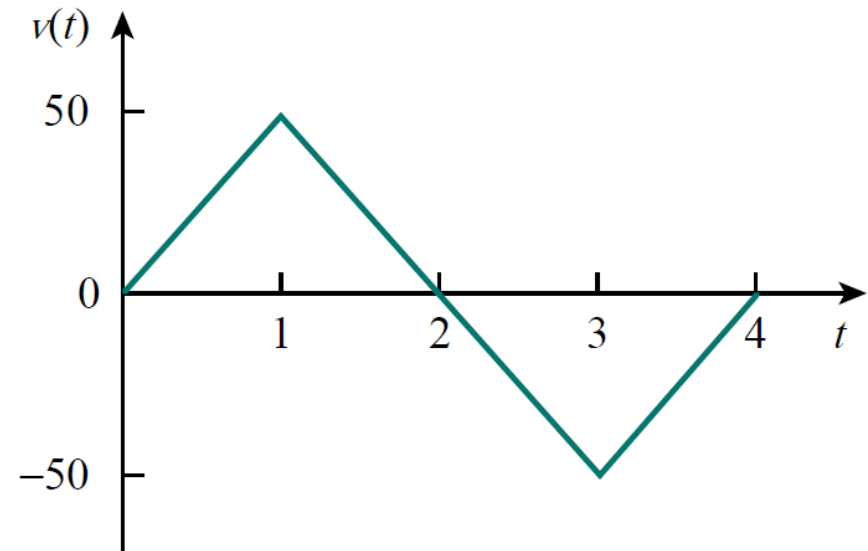
$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3$$

Generalizando

$$C_{eq} = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$$

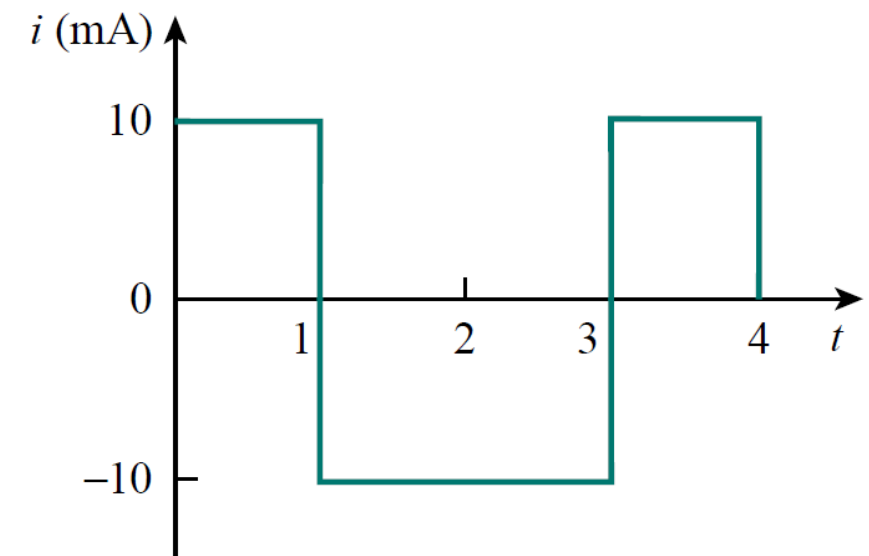
Exercício: Determine a corrente através de um capacitor de 200uF cuja a tensão é mostrada abaixo. Trace o gráfico.

$$v(t) = \begin{cases} 50t \text{ V} & 0 < t < 1 \\ 100 - 50t \text{ V} & 1 < t < 3 \\ -200 + 50t \text{ V} & 3 < t < 4 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

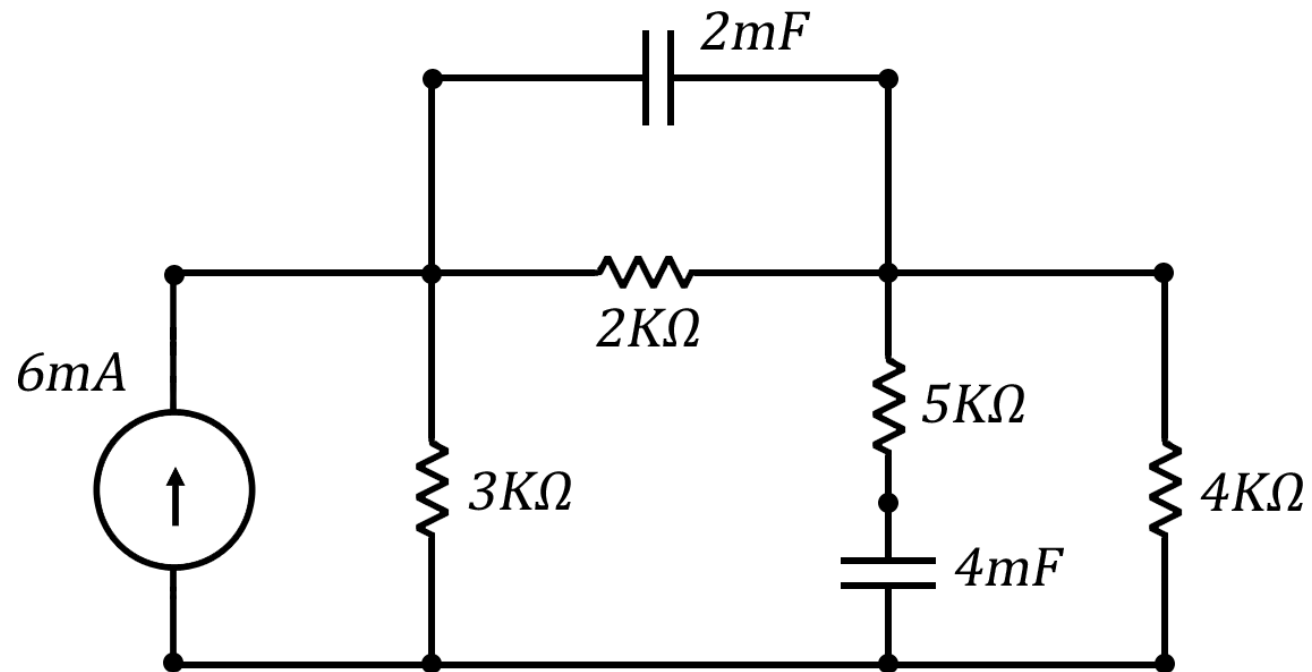


Exercício: Determine a corrente através de um capacitor de 200uF cuja a tensão é mostrada abaixo

$$i(t) = 200 \times 10^{-6} \times \begin{cases} 50 & 0 < t < 1 \\ -50 & 1 < t < 3 \\ 50 & 3 < t < 4 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$
$$= \begin{cases} 10 \text{ mA} & 0 < t < 1 \\ -10 \text{ mA} & 1 < t < 3 \\ 10 \text{ mA} & 3 < t < 4 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



Exercício: Obtenha a energia armazenada em cada capacitor



Resposta: 16mJ e 128mJ

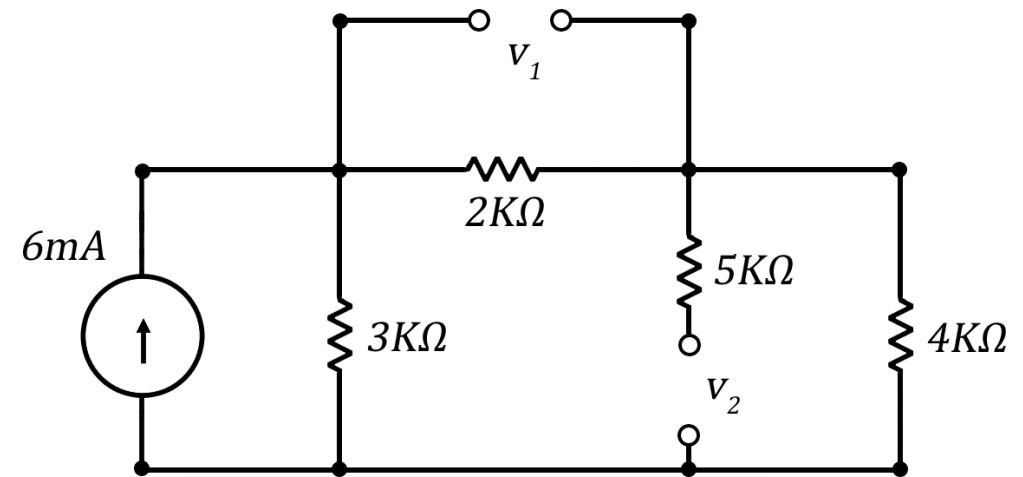
Exercício: Obtenha a energia armazenada em cada capacitor

$$v_1 = 18 \cdot \left(\frac{2K}{3K + 2K + 4K} \right) = 4V$$

$$v_2 = 18 \cdot \left(\frac{4K}{3K + 2K + 4K} \right) = 8V$$

$$w_1 = \frac{1}{2} \cdot C_1 v_1^2 = \frac{1}{2} (2 \cdot 10^{-3} \cdot 4^2) = 16mJ$$

$$w_2 = \frac{1}{2} \cdot C_2 v_2^2 = \frac{1}{2} (4 \cdot 10^{-3} \cdot 8^2) = 128mJ$$

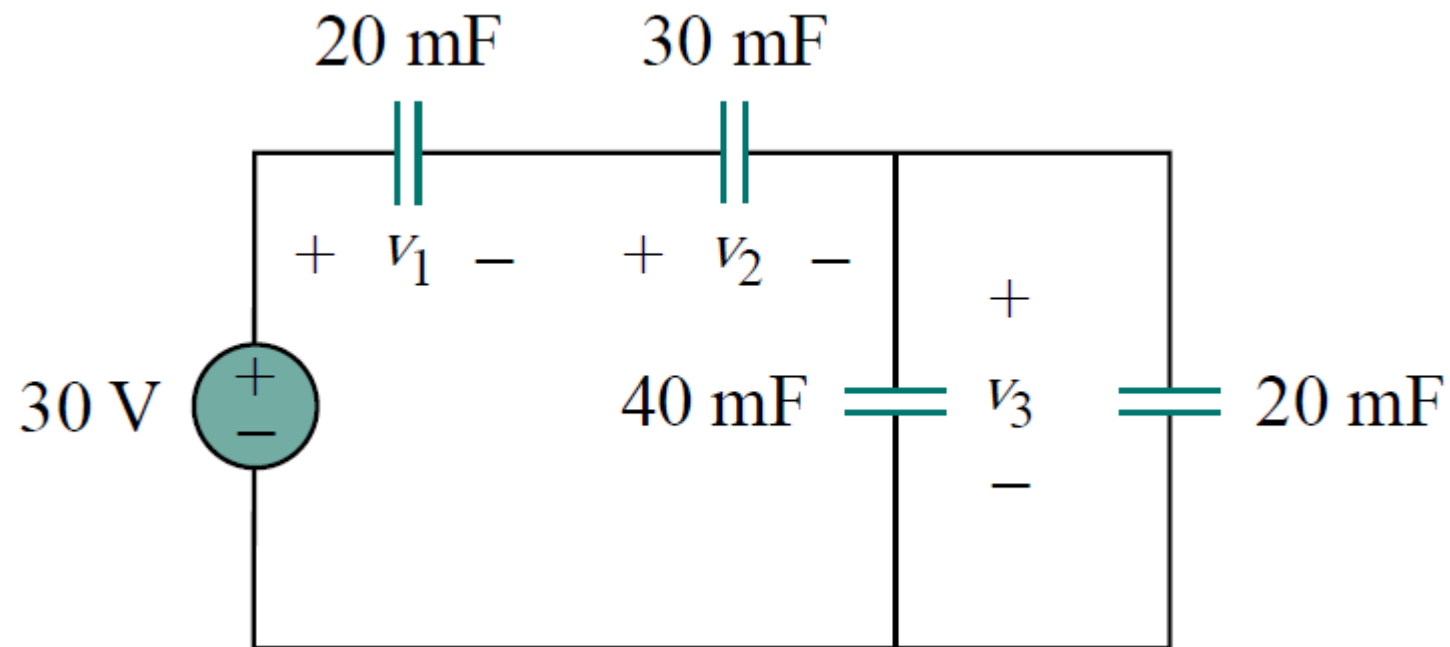


Exercícios

Exercício: Determine a tensão em cada capacitor

Dica: Calcule a carga total.

$$q = Cv$$



Exercício: Determine a tensão em cada capacitor

$$C_{eq} = \left(\frac{1}{20m} + \frac{1}{30m} + \frac{1}{40m + 20m} \right)^{-1}$$

$$C_{eq} = 10mF$$

$$q = C_{eq}v = 10m \cdot 30 = 0,3C$$

$$v_1 = \frac{0,3}{20m} = 15V \quad ; \quad v_2 = \frac{0,3}{30m} = 10V \quad e \quad v_3 = 30 - 25 = 5V$$

