INF01 118

Técnicas Digitais para Computação

Conceitos Básicos de Circuitos Elétricos

UFRGS

Aula 3

1. Fontes de Tensão e Corrente

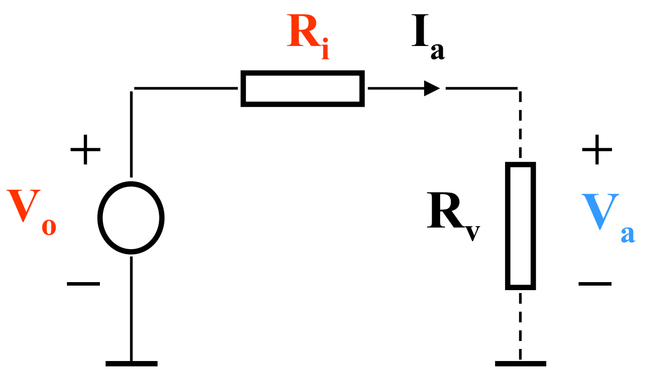
Fontes são elementos ativos, capazes de fornecer energia ao circuito, na forma de tensão e corrente.

1.1. Fontes de Tensão

Uma fonte de tensão ideal fornece uma tensão constante, independentemente da corrente fornecida.

Uma fonte de tensão real é representada por : $V_a = V_o - R_i I_a$ (1)

onde V_o é a tensão de malha aberta e R_i é a resistência interna da fonte.

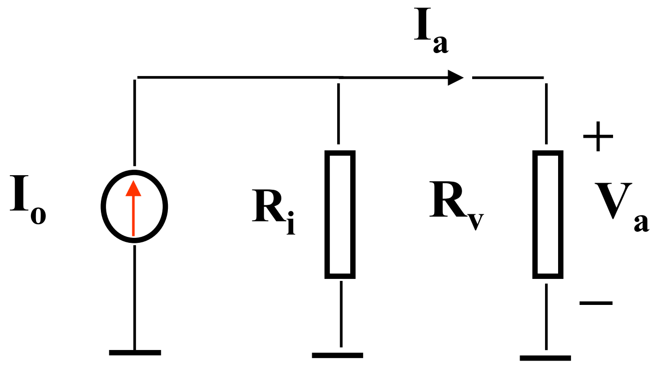


Uma fonte de tensão ideal é aquela em que R_i=0, ou seja, a tensão de saída da fonte não depende da corrente.

1.2 Fontes de Corrente

- Um outro circuito equivalente para uma fonte de tensão pode ser obtido modificando-se a expressão (1) para:

$$I_a = \frac{V_o - V_a}{R_i} = I_o - \frac{V_a}{R_i}$$



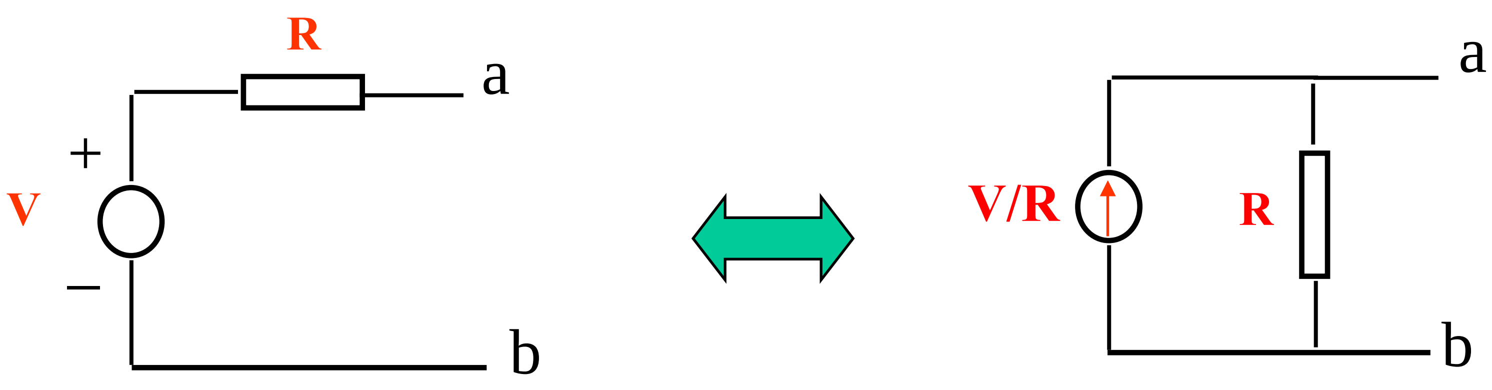
- A partir desta expressão pode-se obter o circuito equivalente de uma fonte de corrente real.

- Neste circuito pode-se constatar que quanto maior R_i, menos a corrente de saída depende da tensão de saída.
  No limite, $R_i \longrightarrow \infty$, temos a fonte de corrente ideal.

- Uma fonte de corrente real pode ser representada utilizando tanto uma fonte de tensão ideal, como uma fonte de corrente ideal. A escolha de uma ou outra representação depende se a resistência interna da fonte $\mathbf{R_i}$ é pequena ou grande em relação à resistência do componente, $\mathbf{R_v}$.

1.3 Transformação entre fontes

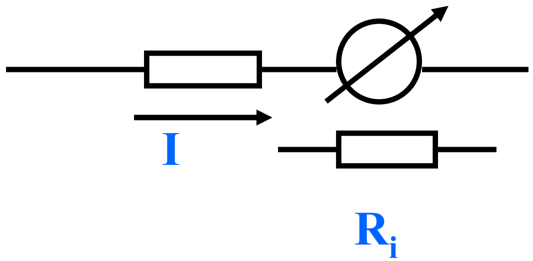
$$V = R \,.\, I$$



2. Medidores

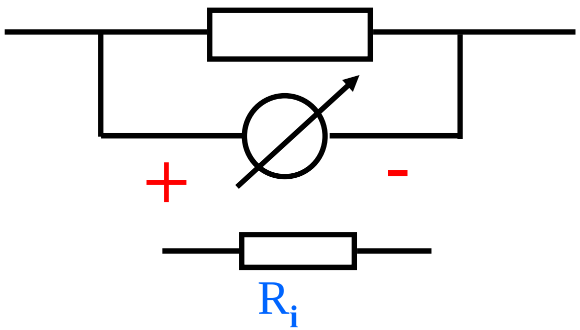
2.1. Medidor de Corrente

- Um medidor de corrente é colocado em série com o elemento através do qual se quer medir a corrente.
- Um medidor de corrente **ideal** deve ter resistência zero.
- Um medidor de corrente **real** afeta a corrente devido à queda de tensão que provoca.



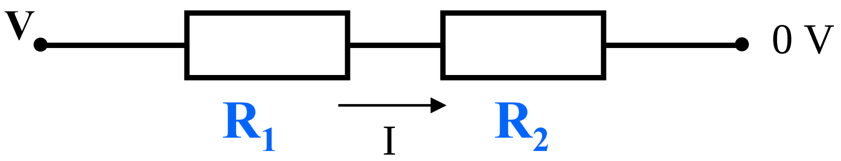
2.2. Medidor de Tensão

- Um medidor de tensão é colocado em paralelo com o elemento através do qual se quer medir a tensão.
- Um medidor de tensão **ideal** deve ter resistência infinita.
- Um medidor de tensão **real** afeta a tensão devido ao desvio de corrente que provoca.



3. Associação de Resistores

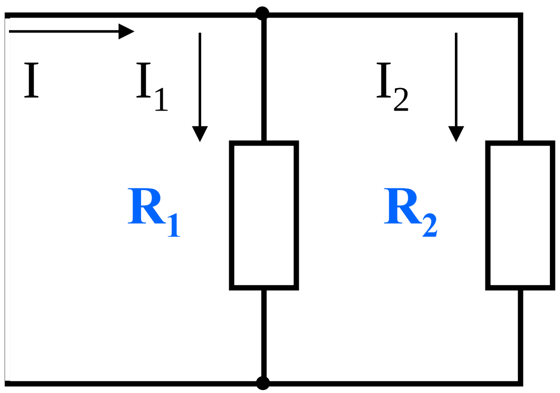
3.1. Resistores em Série



Calcular R_{eq}

- aplicar fonte de tensão **V** entre terminais extremos
- **I** é a mesma em ambos os resistores
- calcular corrente $\mathbf{I = V/(R_1 + R_2)}$ ➔ $R_{eq} = R_1 + R_2$

3.2. Resistores em paralelo



- aplicar fonte de corrente **I**

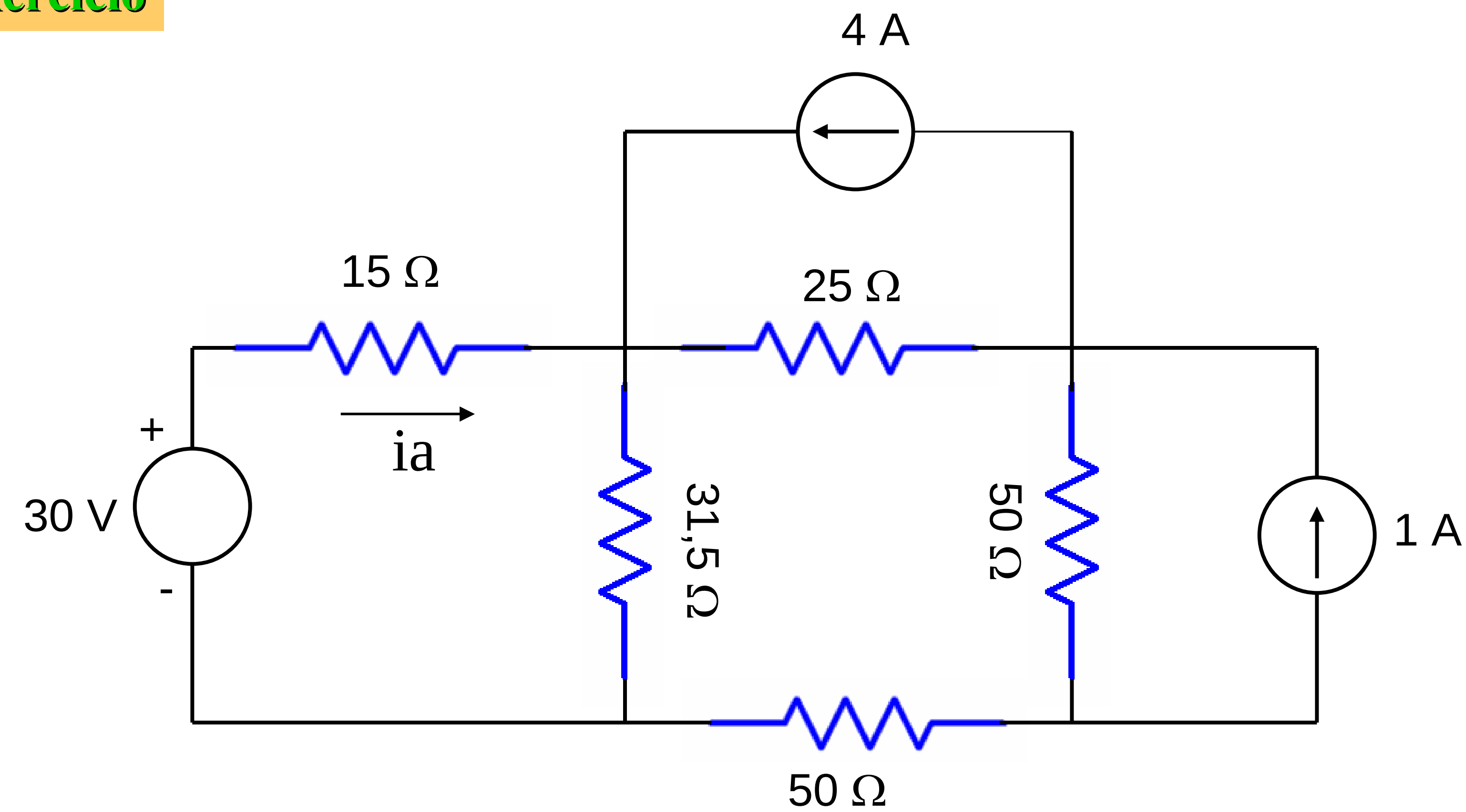
$$\mathbf{I = I_1 + I_2}$$

- **V** é idêntica em ambos os resistores

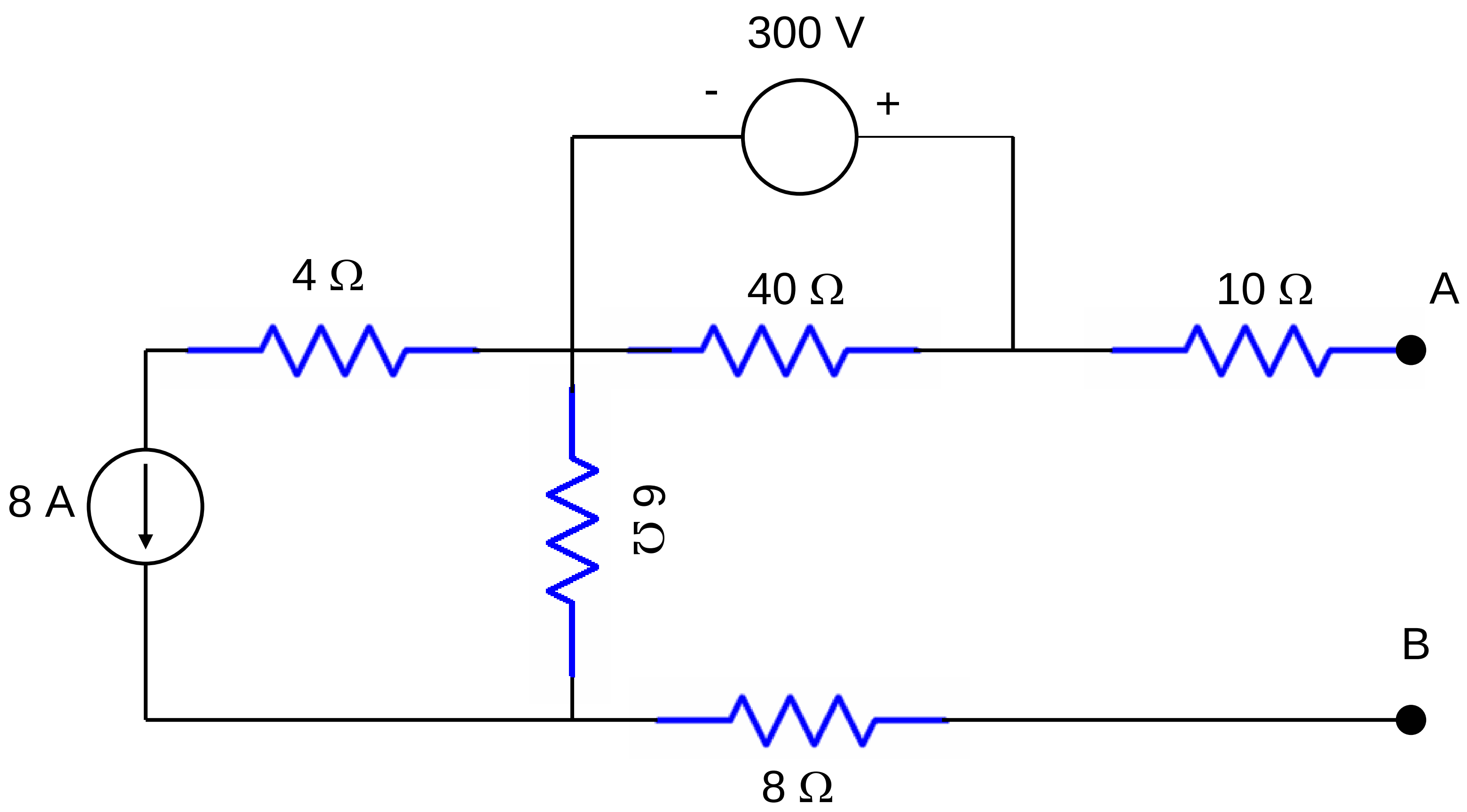
$$I_1 = V/R_1$$
$$I_2 = V/R_2$$
$$I = V/R_1 + V/R_2$$
$$\mathbf{I = V*(1/R_1 + 1/R_2)}$$

- portanto $1/R_{eq} = 1 / R_1 + 1 / R_2$

Exercício



Determinar a corrente ia.



Quanto vale a tensão Vab?

4. Capacitor

4.1. Revisão

$$\boxed{i = C\, dv / dt} \qquad (1)$$

- Para tensão constante, **i = 0**, ou seja:
  O capacitor é um circuito aberto para DC

- O capacitor armazena cargas em função de uma variação na tensão:

$$i = dq / dt \qquad (2)$$

$$dq / dt = C\, dv / dt \qquad (3) = \text{substituindo (1) em (2)}$$

$$dq = C\, dv \qquad (4) = \text{simplificando (3)}$$

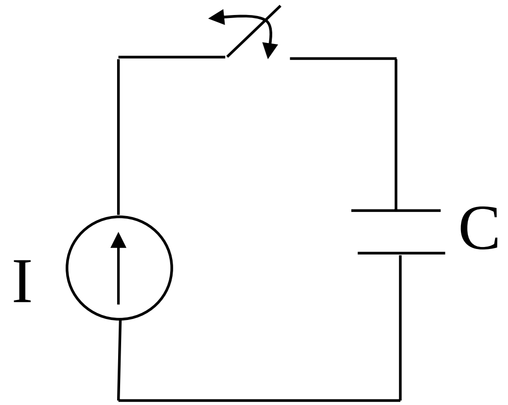
$$dv = (1/C)\, i\, dt \qquad (5) = \text{re-escrevendo (1)}$$

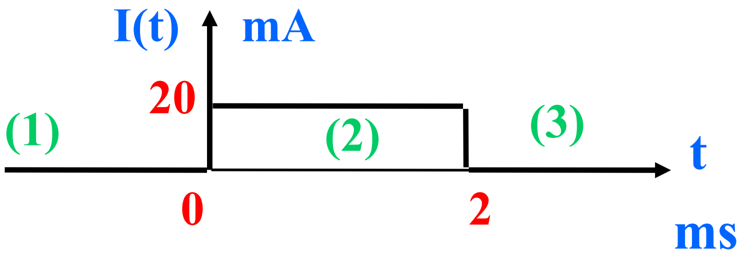
- Integrando ambos os lados de (5):

$$\boxed{v(t) = (1/C) \int_{t_0}^{t} i\,(t)\, dt + v(t_0)}$$

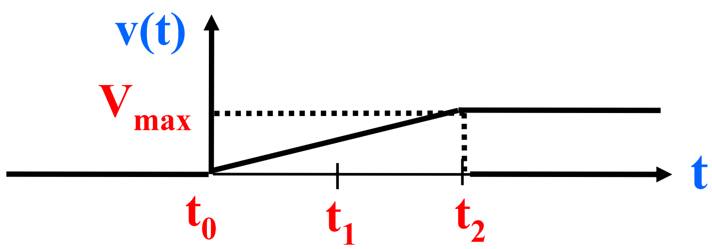
4.2. Exemplo

Considere:
- um capacitor de **5μF**
- um pulso de corrente de **20mA** aplicado por **2ms**





Qual é a curva de tensão sobre o capacitor, que no início está descarregado?



$$V(t) = (1/C) \int_{t_0}^{t} i(t)\, dt + v(t_0)$$

$$V(t) = (1/C)\int_{t_0}^{t} i(t)\,dt + v(t_0)$$

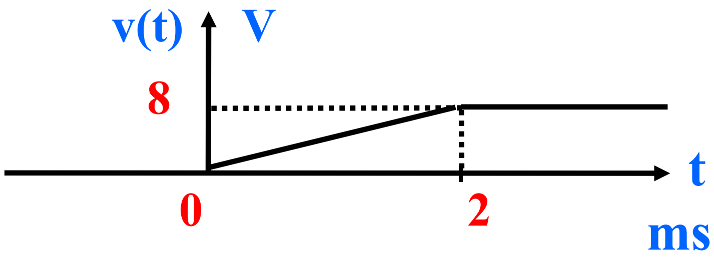
Região (1) : $i(t) = 0 \Rightarrow v(t) = 0$

Região (2) :

$$v(t) = (1/5x10^{-6}) \int_0^t 20x10^{-3}\,dt + 0 = (20x10^{-3}) \times (1/5x10^{-6})\, t \Big|_0^t = 4x10^{3}\, t$$

Para t = 1 ms $\Rightarrow$ v = 4 V

Para t = 2 ms $\Rightarrow$ v = 8 V

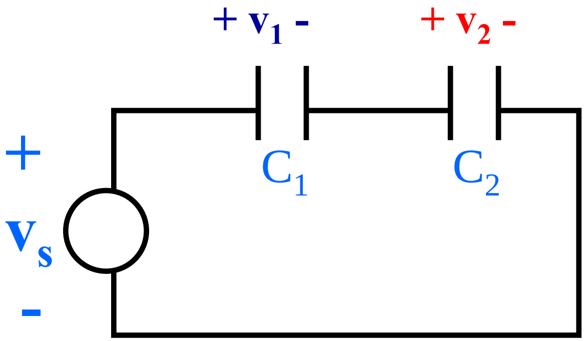


Região (3): $i(t) = 0,\ v(t_0) = 8V$

$$v(t) = (1/C)\int_{t_0}^{t} i(t)\,dt + v(t_0) = 0 + 8 = 8\ V$$

4.3. Associação de Capacitâncias

Circuito Série



$$V_s = v_1 + v_2$$

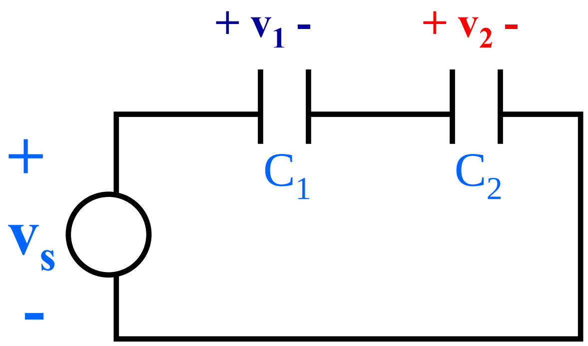
$$v_1(t) = (1/C_1)\int_{t_0}^{t} i(t)\,dt + v_1\,(t_0)$$

$$v_2(t) = (1/C_2)\int_{t_0}^{t} i(t)\,dt + v_2\,(t_0)$$

$$V_s = (1/C1)\int_{t_0}^{t} i(t)\,dt + v1(t0) + (1/C2)\int_{t_0}^{t} i(t)\,dt + v_2(t_0)$$

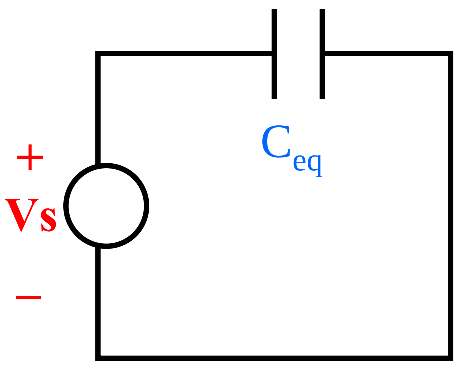
$$\boxed{V_s = [\,(1/C_1) + (\,1/C_2)\,]\int_{t_0}^{t} i\,(t)\,dt + v_1(t_0) + v_2(t_0)}$$

Circuito Série



$$V_s = [\ (1/C_1) + (\ 1/C_2)\ ] \int_{t_0}^{t} i\ (t)\ dt + v_1(t_0) + v_2(t_0)$$

$$\Downarrow$$

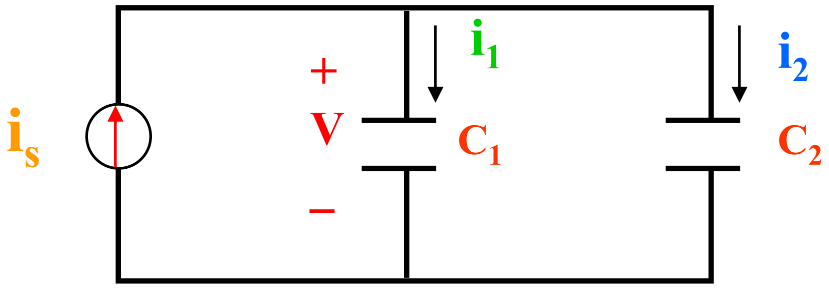


$$V_s = (1/C_{eq}) \int_{t_0}^{t} i(t)\ dt + v1(t0) + v2(t0)$$

onde

$$1/C_{eq} = (1/C_1) + (1/C_2)$$

Circuito Paralelo



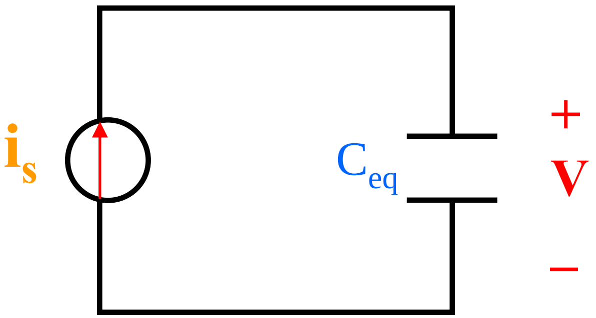
1ª Lei de Kirchhoff: $i_s = i_1 + i_2$

$i_1 = C_1\, dv/dt$

$i_2 = C_2\, dv/dt$

$i_s = C_1\, dv/dt + C_2\, dv/dt = (C_1 + C_2)\, dv/dt$

$\Downarrow$

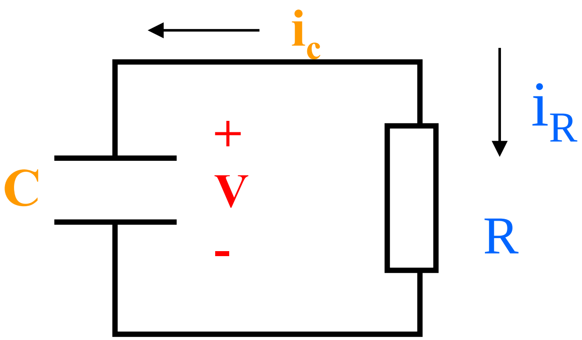


$$i_s = C_{eq}\, dv/dt$$

Onde $C_{eq} = C_1 + C_2$

5. Resposta Livre de Circuitos RC

Considere um circuito RC simples, com a condição inicial V(0) = Vo, ou seja, capacitor inicialmente carregado.
Analise a forma de tensão no capacitor.



Tem-se as seguintes expressões:

$i_C + i_R = 0$ Lei de Kirchhoff

$i_R = V/R$ Lei de Ohm

$i_C = C\, dv/dt$ Definição do capacitor

A partir destas expressões se obtém:

C dv/dt + **V/R** = 0

$dv/dt + v / RC = 0$

$dv/v = (-1 / RC)\, dt$

Integrando ambos os lados da expressão:

$$dv/v = (-1 / RC)\, dt$$

$$\int_{V_0}^{v} dv/v = \int_{0}^{t} (-1/RC)\, dt$$

Resolvendo as integrais:

$$\ln v \Big|_{V_0}^{v} = (-1/RC)\, t \Big|_{0}^{t}$$

$$\ln v - \ln V_0 = (-1/RC)\, t$$

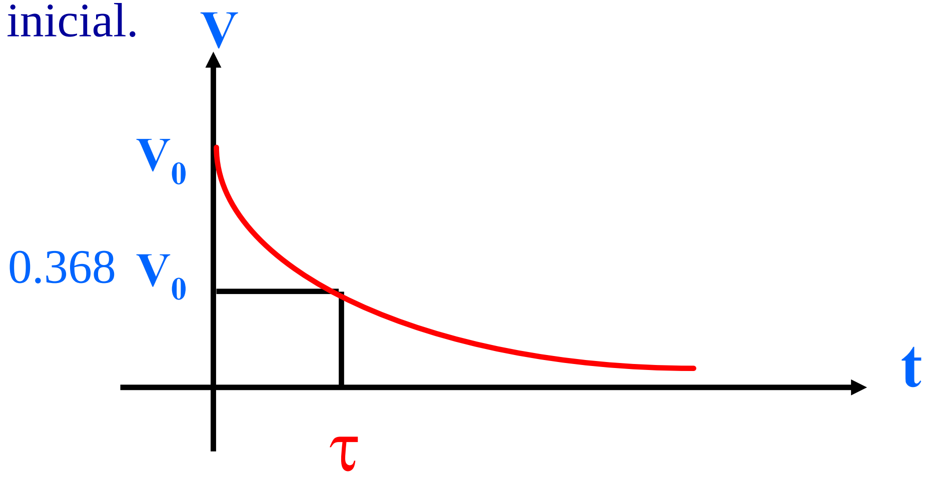
$$v / V_0 = e^{-t/RC}$$

$$v = V_o\, e^{-t/RC}$$

τ = RC é a constante de tempo do circuito

$$\boxed{v(t) = V_o\, e^{-t/\tau}}$$

Para t = τ, tem-se o tempo que o circuito leva para a tensão baixar a 1/e do valor inicial.



$$v\,(t) = V_o\, e^{-t/t}$$

$$v\,(t) = V_o\, e^{-1}$$

$$\boxed{v\,(t) = V_o\,/\,e}$$

Interpretação da curva exponencial de descarga:

- O capacitor carregado funciona como uma fonte de corrente, que vai se descarregando aos poucos.
- A corrente vai diminuindo.
- A tensão vai diminuindo, até chegar a zero.

Interpretação da constante de tempo:

- Valores maiores de R e C ⇒ valor alto de τ ⇒ tensão baixa mais lentamente

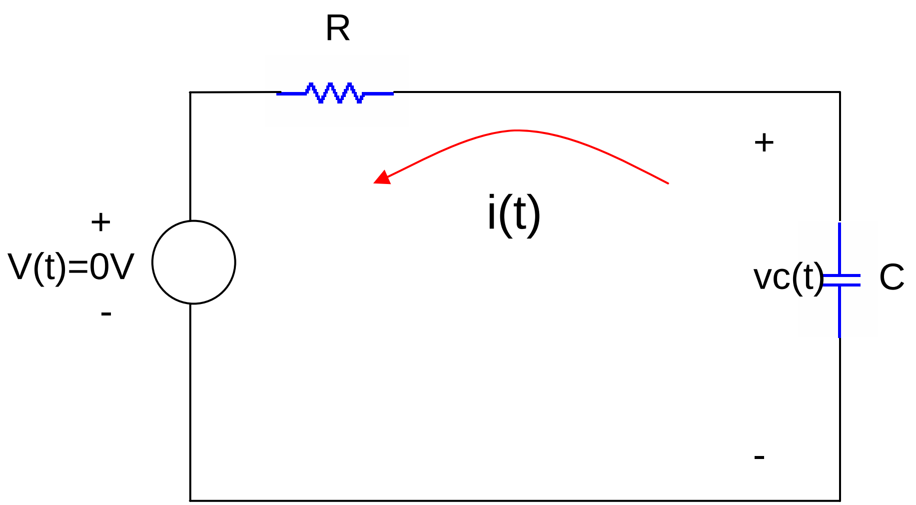
R maior ⇒ corrente menor

C maior ⇒ maior capacidade de fornecer corrente

Descarga do Capacitor

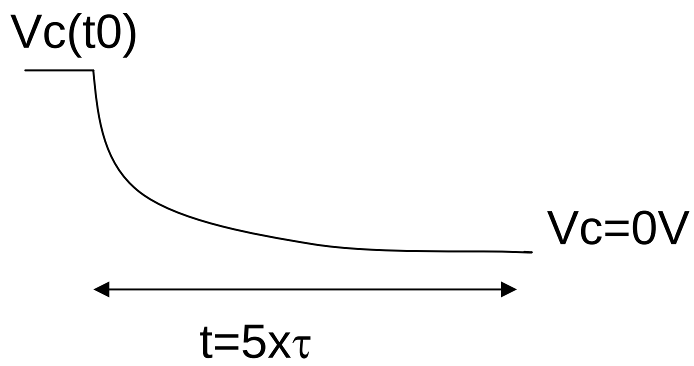
$v(t) = v(t0).\ e^{-t/RC}$

$vc(\tau) = vc(t0).\ e^{-(1/RC).\tau} = 3,67.10\text{-}1\ .\ vc(t0)$
$vc(2\tau) = vc(t0).\ e^{-(1/RC).2\tau} = 1,35.10\text{-}1\ .\ vc(t0)$
$vc(3\tau) = vc(t0).\ e^{-(1/RC).3\tau} = 4,97.10\text{-}2\ .\ vc(t0)$
$vc(4\tau) = vc(t0).\ e^{-(1/RC).4\tau} = 1,83.10\text{-}2\ .\ vc(t0)$
$vc(5\tau) = vc(t0).\ e^{-(1/RC).5\tau} = 6,73.10\text{-}3\ .\ vc(t0)$



t=0 vc(t) = v(t) e vR(t)=0

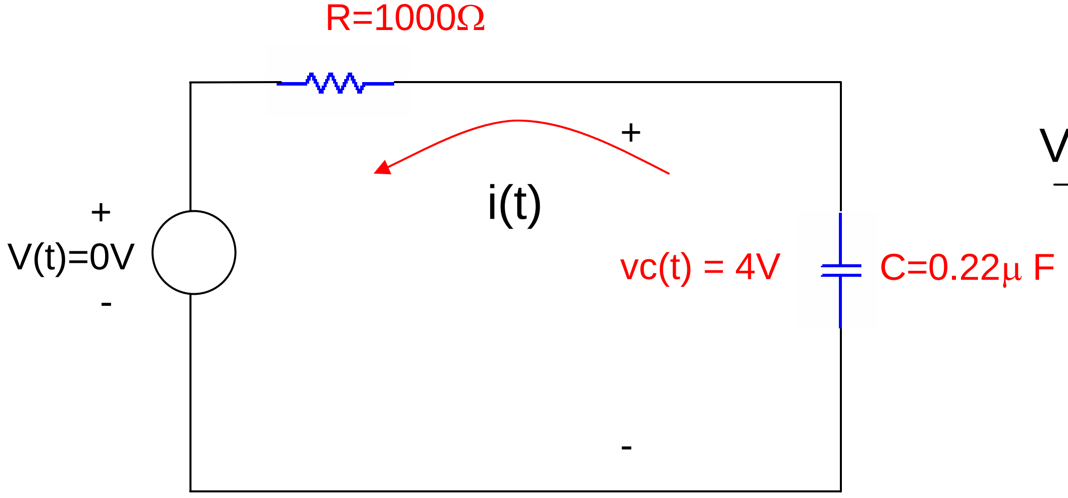
t=∞ vc(t) = 0 e vR(t)=0

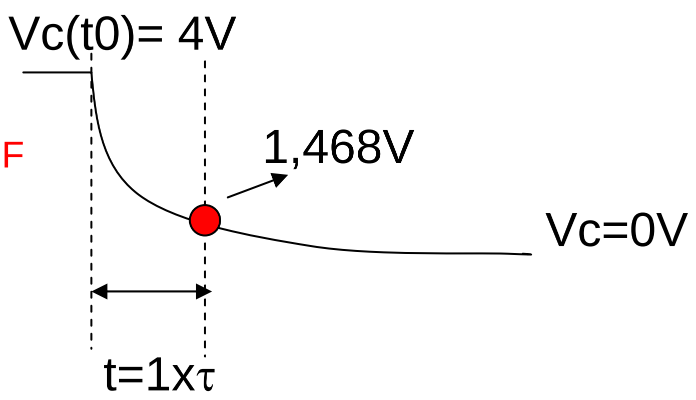


Exemplo

τ= RC = 1000 x 0.22 μ F
τ = 0,000022
1/τ = 45454,54..

$v(\tau) = v(t0).\ e^{-(1/RC).\tau} = 3{,}67.10\text{-}1\ .\ 4$
$v(2\tau) = v(t0).\ e^{-(1/RC).2\tau} = 1{,}35.10\text{-}1\ .\ 4$
$v(3\tau) = v(t0).\ e^{-(1/RC).3\tau} = 4{,}97.10\text{-}2\ .\ 4$
$v(4\tau) = v(t0).\ e^{-(1/RC).4\tau} = 1{,}83.10\text{-}2\ .\ 4$
$v(5\tau) = v(t0).\ e^{-(1/RC).5\tau} = 6{,}73.10\text{-}3\ .\ 4$



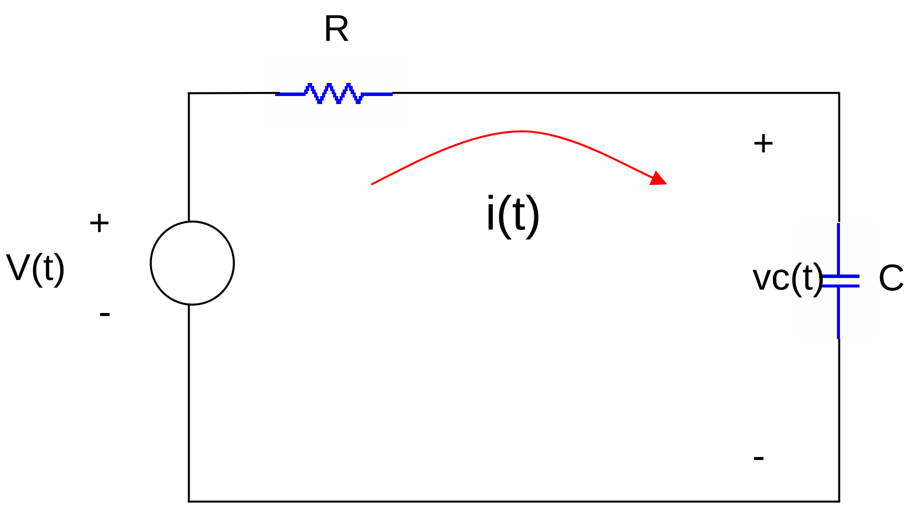


Qual é o valor medido no osciloscópio?

Carga do Capacitor

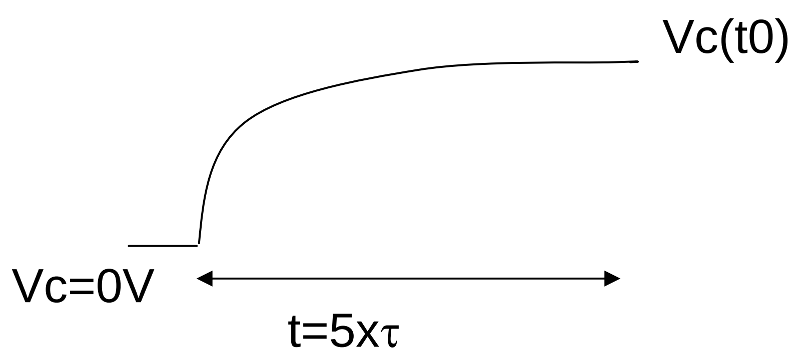
$V(t) = I.R - I.R.\ e^{-t/R.C}$

$vc(\tau) = v(t) - vc(\infty)\ e^{-(1/RC).\tau} = v(t) - 3{,}67.10\text{-}1\ .\ vc(\infty)$
$vc(2\tau) = v(t) - vc(\infty).\ e^{-(1/RC).2\tau} = v(t) - 1{,}35.10\text{-}1\ .\ vc(\infty)$
$vc(3\tau) = v(t) - vc(\infty).\ e^{-(1/RC).3\tau} = v(t) - 4{,}97.10\text{-}2\ .\ vc(\infty)$
$vc(4\tau) = v(t) - vc(\infty).\ e^{-(1/RC).4\tau} = v(t) - 1{,}83.10\text{-}2\ .\ vc(\infty)$
$vc(5\tau) = v(t) - vc(\infty).\ e^{-(1/RC).5\tau} = v(t) - 6{,}73.10\text{-}3\ .\ vc(\infty)$



t=0 vc(t) = 0 e vR(t)=v(t)

t=∞ vc(t) = v(t) e vR(t)=0

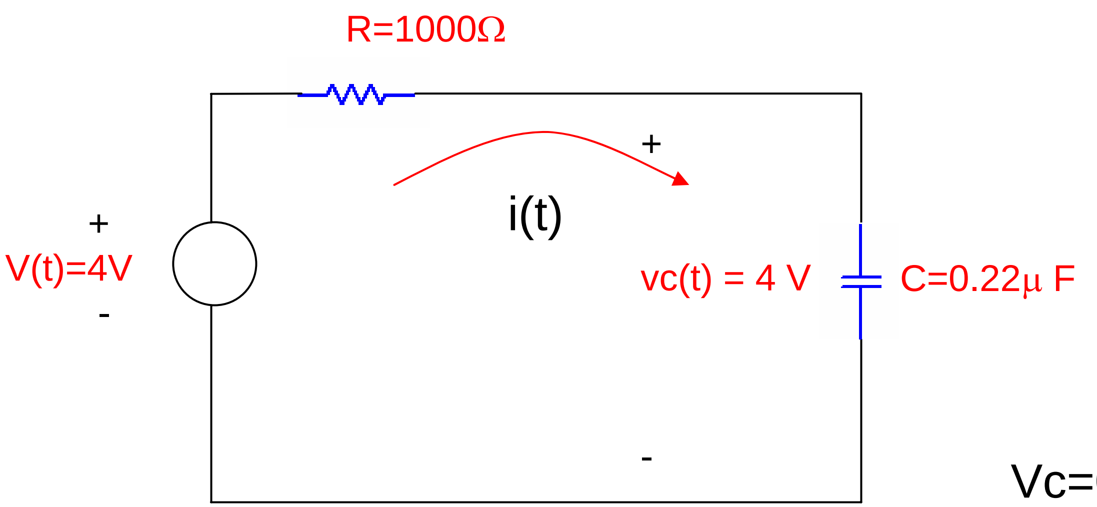


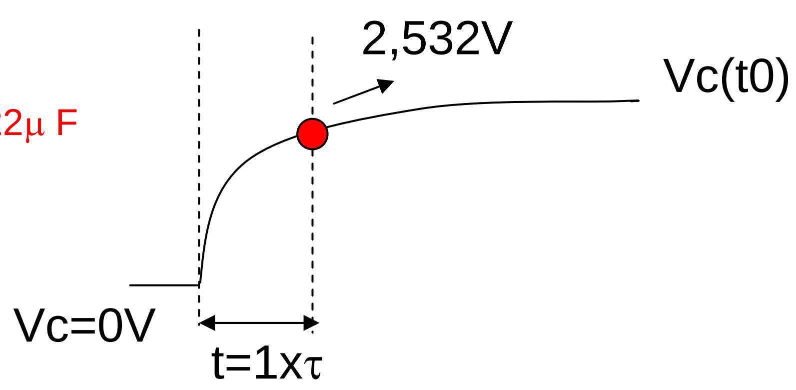
I = v(t)/R

Exemplo

τ= RC = 1000 x 0.22 μ F
τ = 0,000022
1/τ = 45454,54..

$v(\tau) = 4 - v(\infty).\ e^{-(1/RC).\tau} = 4 - 3,67.10\text{-}1\ .\ 4$
$v(2\tau) = 4 - v(\infty).\ e^{-(1/RC).2\tau} = 4 - 1,35.10\text{-}1\ .\ 4$
$v(3\tau) = 4 - v(\infty).\ e^{-(1/RC).3\tau} = 4 - 4,97.10\text{-}2\ .\ 4$
$v(4\tau) = 4 - v(\infty).\ e^{-(1/RC).4\tau} = 4 - 1,83.10\text{-}2\ .\ 4$
$v(5\tau) = 4 - v(\infty).\ e^{-(1/RC).5\tau} = 4 - 6,73.10\text{-}3\ .\ 4$





Qual é o valor medido no osciloscópio?

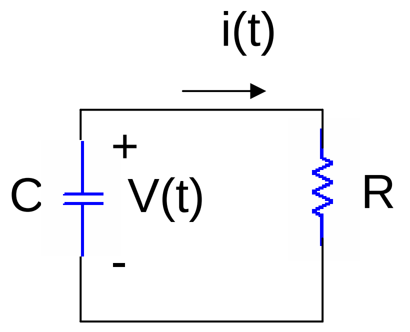
Exemplo:

R =10 KΩ
C = 10 μF
V_0 = 10 V

τ é o tempo que o circuito leva para a tensão baixar a **1/e** do valor inicial.

τ = RC = 10 x 10^3 x 10 x 10^{-6} = 10^{-1} = **0,1 s**

Portanto, a tensão baixa de **10 V** para **3,68 V** em **0,1 s = 100 ms**



6. Funções de Excitação

6.1. Tensão Senoidal (empregada em circuitos AC)

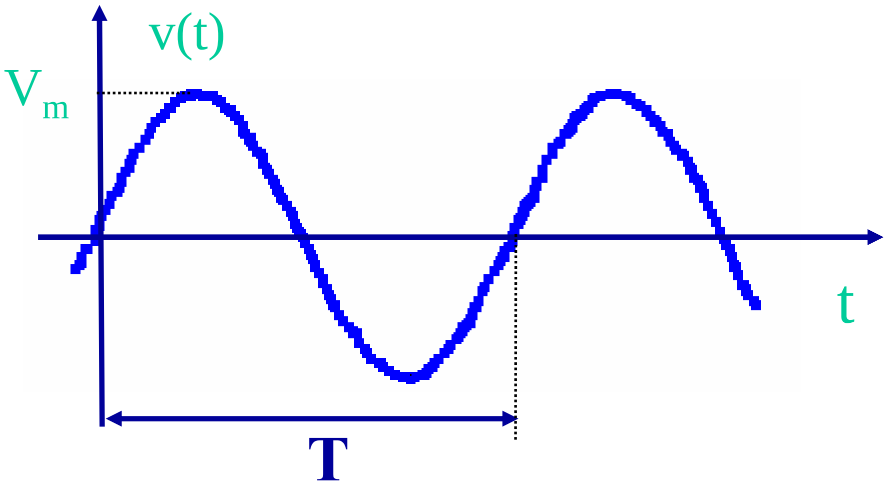
$V(t) = V_m \text{ sen } \omega\, t$

V_m = amplitude

ω = freqüência angular (em radianos/segundo)

$\omega = 2\pi f$

$f = 1/T$, onde T é o período



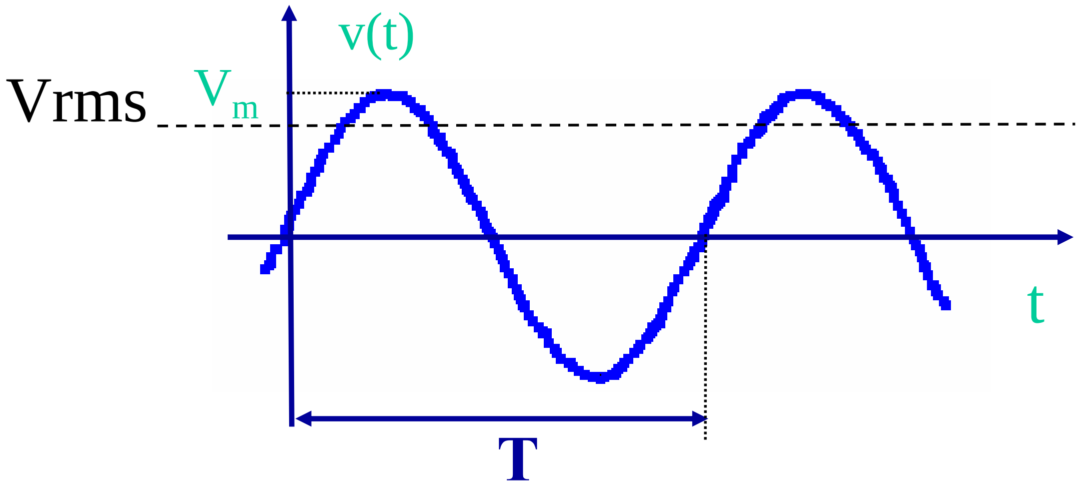
A função se repete a cada 2π radianos.

Valor RMS

Root Mean Square (RMS) Values

$$V_{rms} = \frac{V_m}{\sqrt{2}}$$

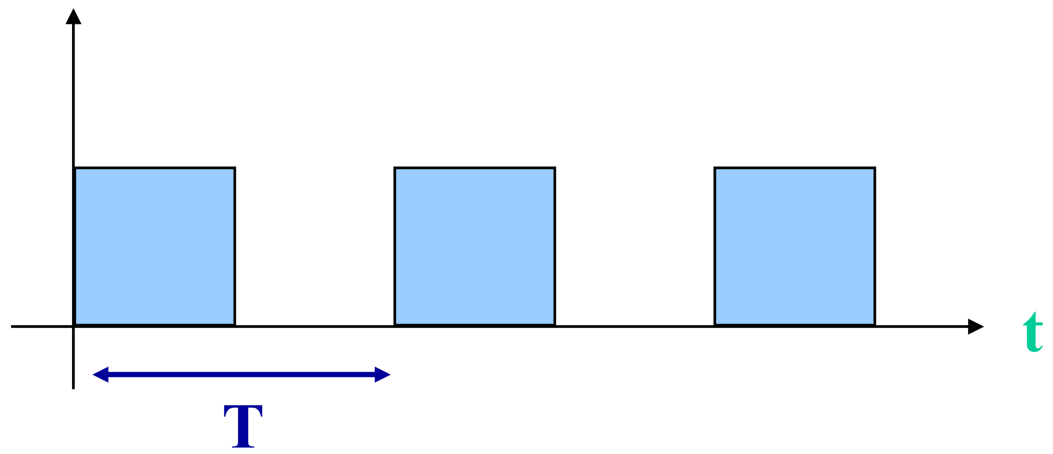
Para funções periódicas



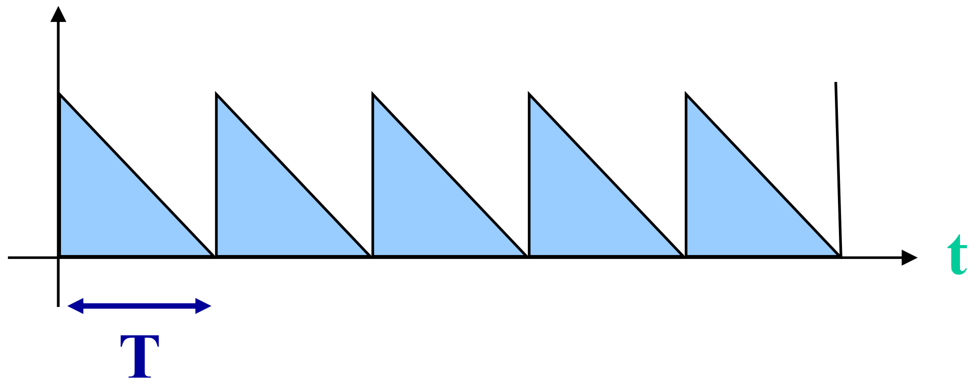
A função se repete a cada 2π radianos.

6.2. Outras Funções Periódicas

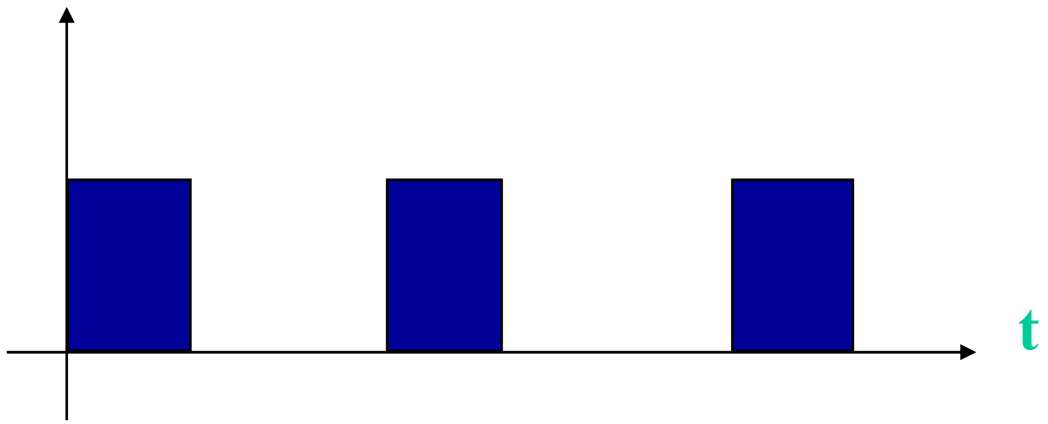
Função Quadrada



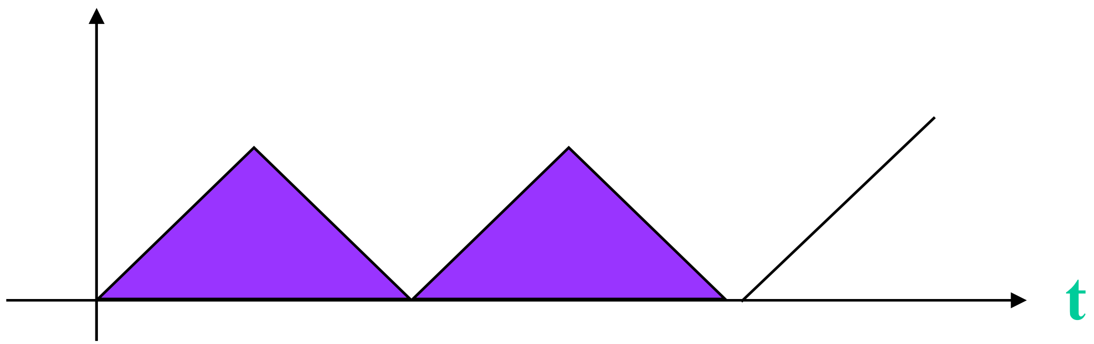
Função Dente de Serra



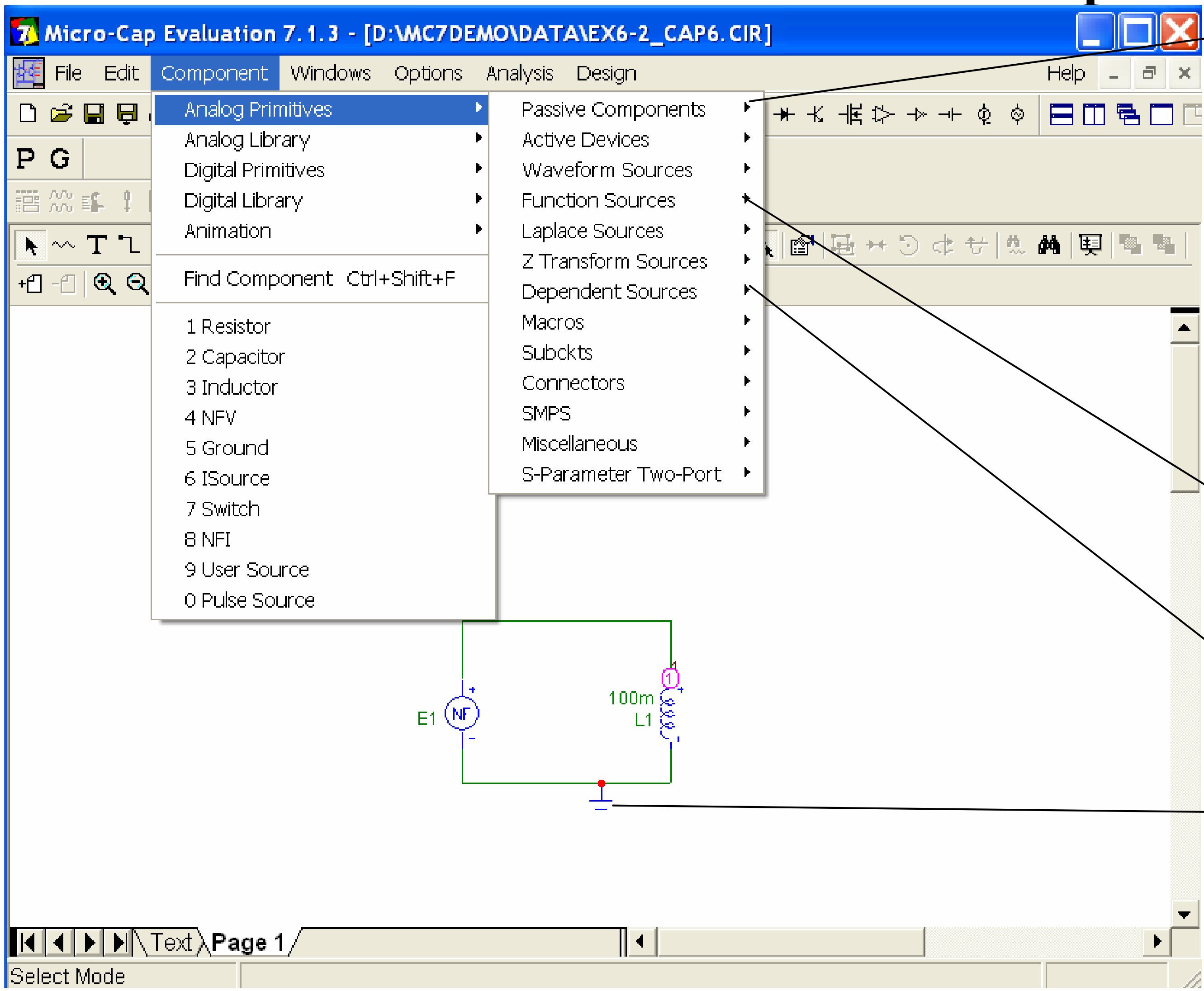
Função Retangular



Função Triangular



Simulador Microcap



Escolher
-Indutores
-Capacitores
-Resistores
Colocar sempre o valor, exemplo:
100M (para resistor seria 10 mega ohms)
50m (para indutor seria 50 mili H)
30f (para capacitor seria 30 fento Farads)

NFV ou NFI para funções complexas como seno, exponencial

Fontes depedentes

Sempre colocar o ground

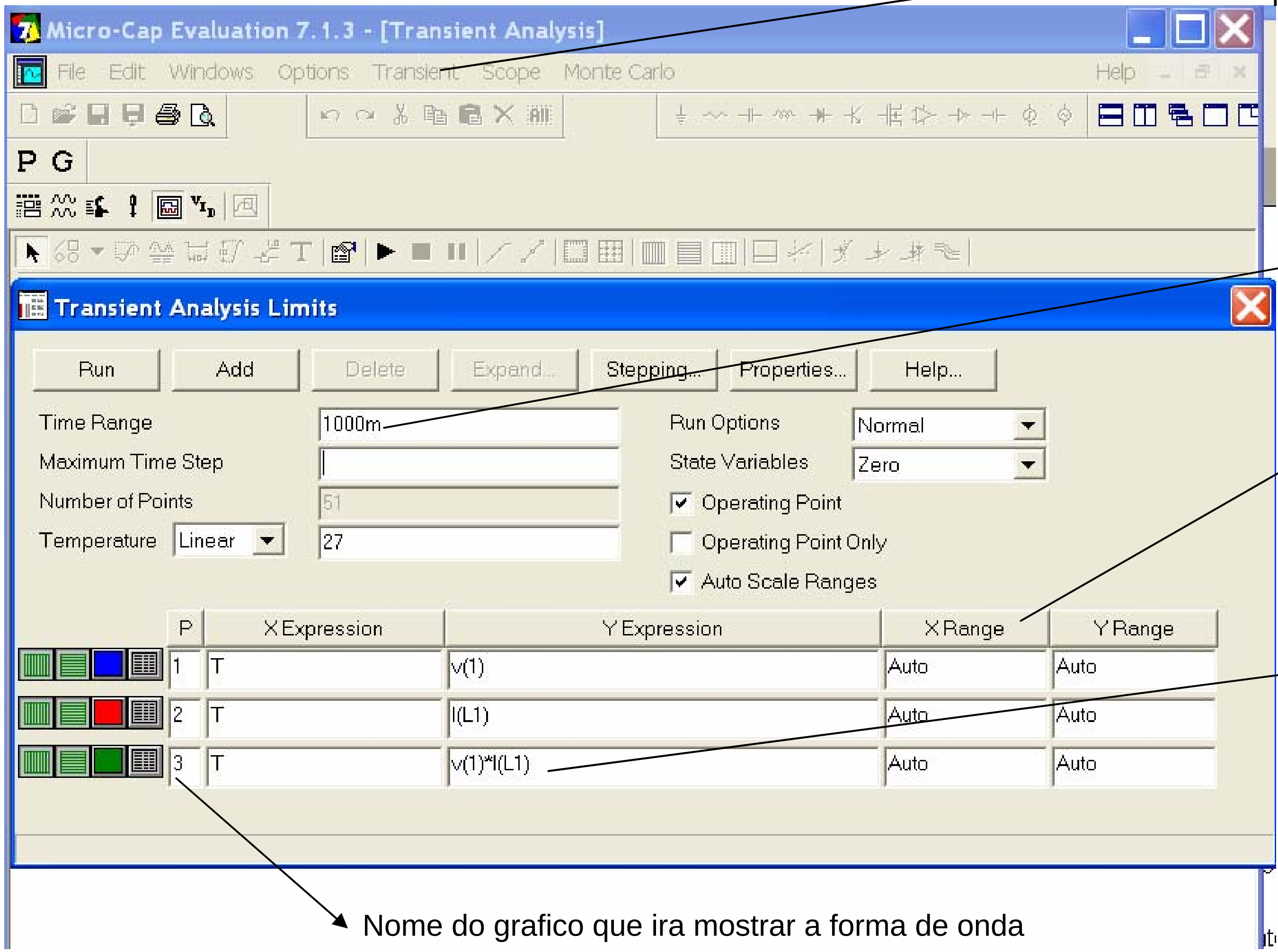
Simulador Microcap

Analise transient, ou seja, em função do tempo

Determinar o tempo maximo de simulação

Sempre colocar em auto

Para ver potência



Nome do grafico que ira mostrar a forma de onda