INF01 118

Técnicas Digitais para Computação

UFRGS

Conceitos Básicos de Circuitos Elétricos

Aula 3

1. Fontes de Tensão e Corrente

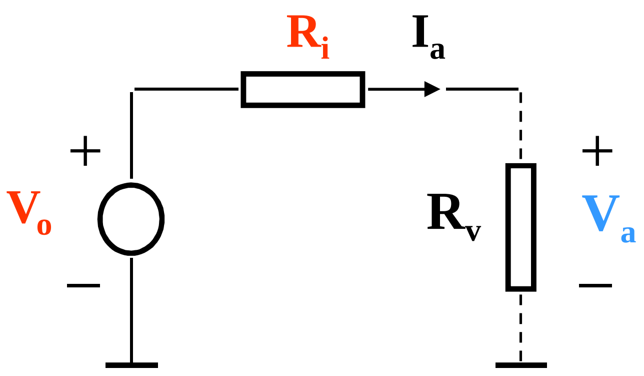
Fontes são elementos ativos, capazes de fornecer energia ao circuito, na forma de tensão e corrente.

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 : $$V_a = V_o - R_i\, I_a \qquad (1)$$

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

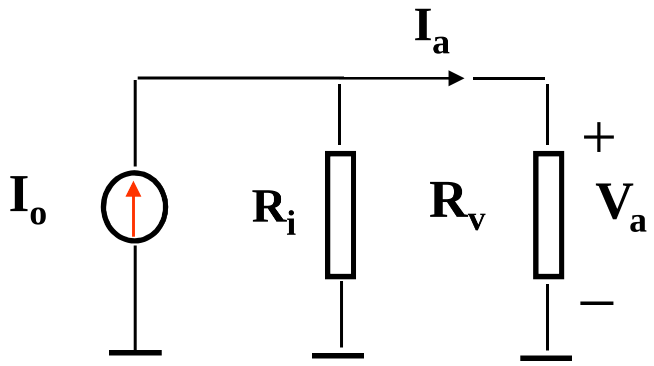


Uma fonte de tensão ideal é aquela em que R_i=0, ou seja, a tensão de saída da fonte não depende da corrente.

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.

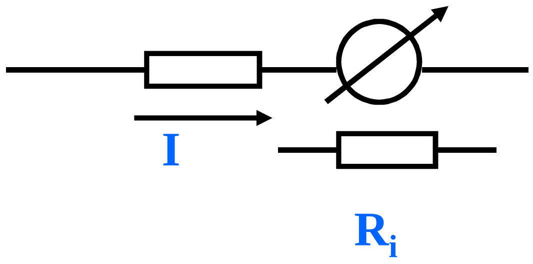
- Neste circuito pode-se constatar que quanto maior R_i, menos a corrente de saída depende da tensão de saída.
  No limite, $R_i \longrightarrow \infty$, temos a fonte de corrente ideal.

- 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, $\mathbf{R_v}$.

2. Medidores

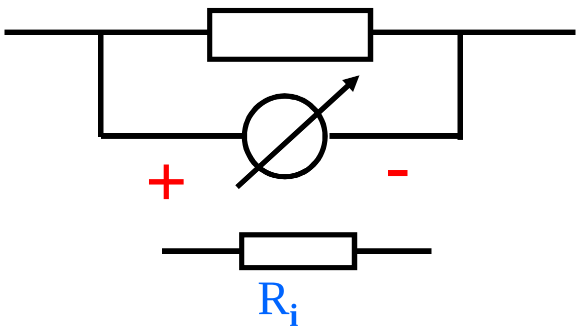
2.1. Medidor de Corrente

- 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.



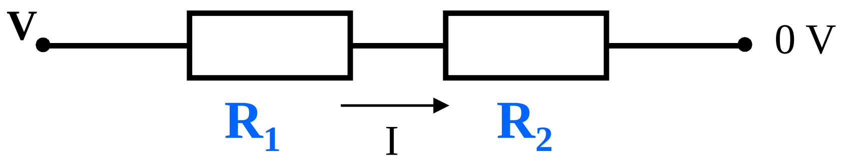
2.2. Medidor de Tensão

- 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

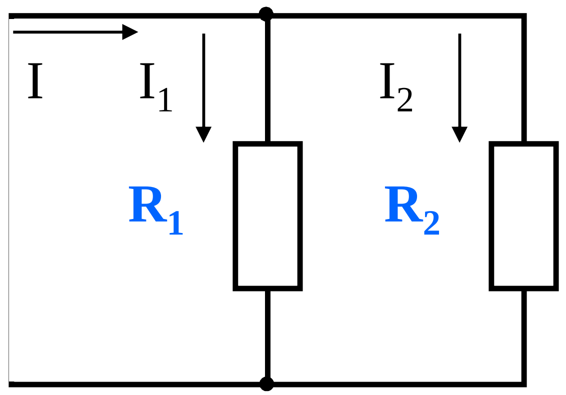
3.1. Resistores em Série



Calcular R_{eq}

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

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 $\mathbf{1/R_{eq} = 1 / R_1 + 1 / R_2}$

4. Capacitor

4.1. Revisão

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

- 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:

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

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

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

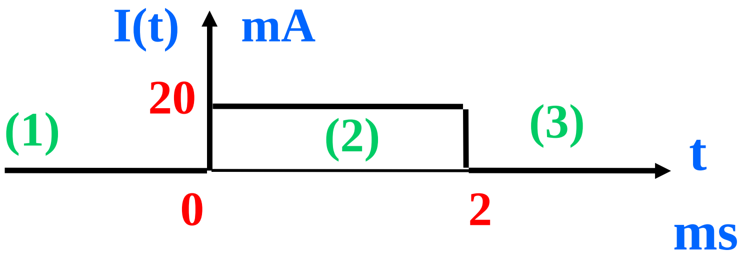
$$dv = (1/C)\, i\, dt \qquad (5) = \text{re-escrevendo (1)}$$

- Integrando ambos os lados de (5):

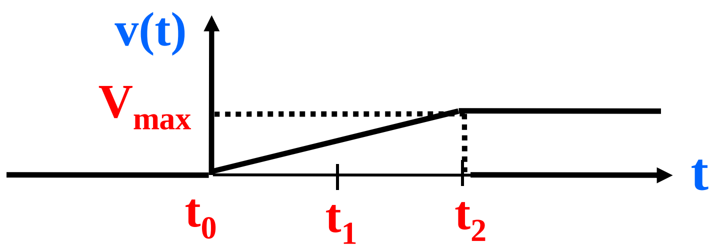
$$v(t) = (1/C) \int_{t_0}^{t} i(t)\, dt + v(t_0)$$

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?



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

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

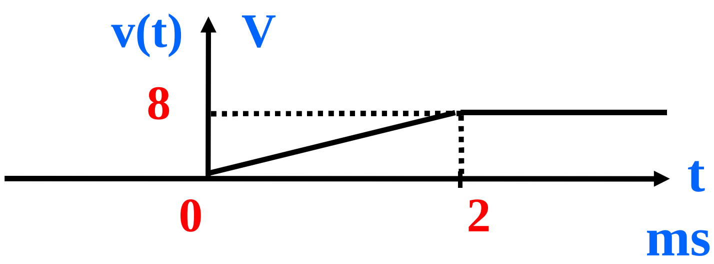
Região (1) : $i(t) = 0 \Rightarrow v(t) = 0$

Região (2) :

$$v(t) = (1/5\text{x}10^{-6})\int_{0}^{t} 20\text{x}10^{-3}\,dt + 0 = (20\text{x}10^{-3})\text{ x }(1/5\text{x}10^{-6})\, t\,\Big|_{0}^{t} = 4\text{x}10^{3}\, t$$

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

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

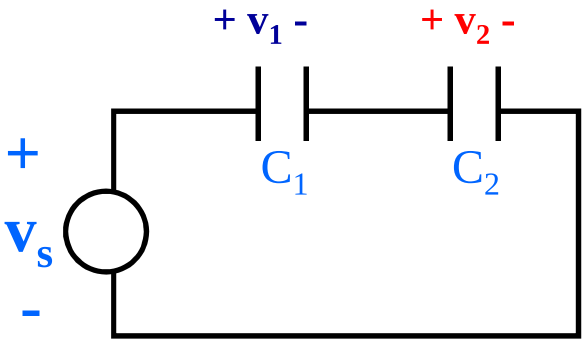


Região (3): $i(t) = 0,\ v(t_0) = 8V$

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

4.3. Associação de Capacitâncias

Circuito Série



$$V_s = v_1 + v_2$$

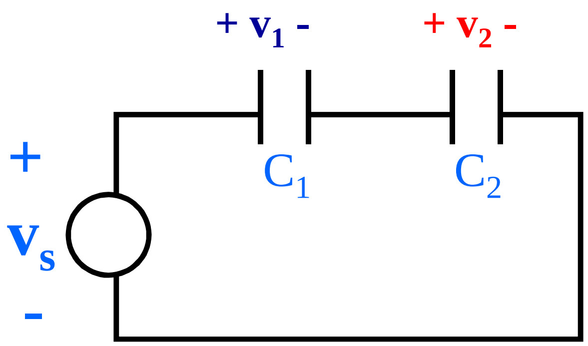
$$v_1(t) = (1/C_1) \int_{t_0}^{t} i(t)\, dt + v_1\,(t_0)$$

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

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

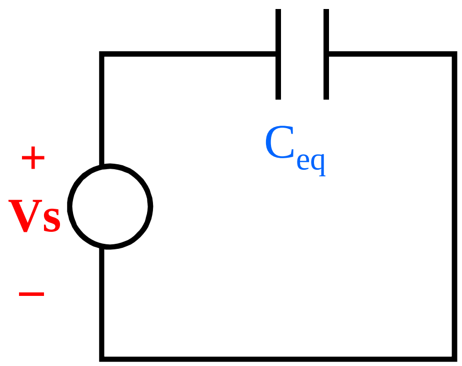
$$\boxed{V_s = [\,(1/C_1) + (\,1/C_2)\,] \int_{t_0}^{t} i\,(t)\, dt + \underbrace{v_1(t_0) + v_2(t_0)}_{Vs(t_0)}}$$

Circuito Série



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

⇓

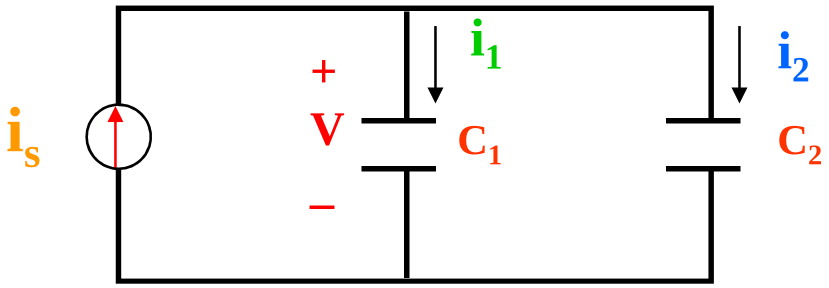


$$V_s = (1/C_{eq}) \int_{t_0}^{t} i(t)\,dt + V_s(t0)$$

onde

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

Circuito Paralelo

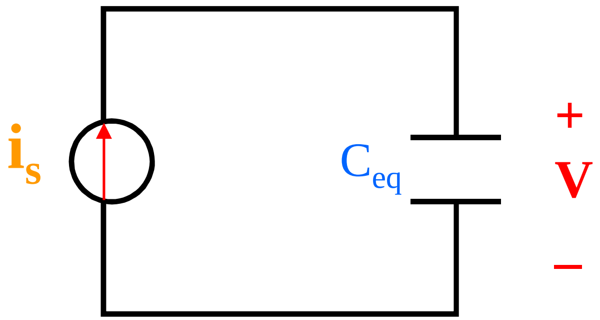


1ª Lei de Kirchhoff: $i_s = i_1 + i_2$

$i_1 = C_1\ dv/dt$

$i_2 = C_2\ dv/dt$

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

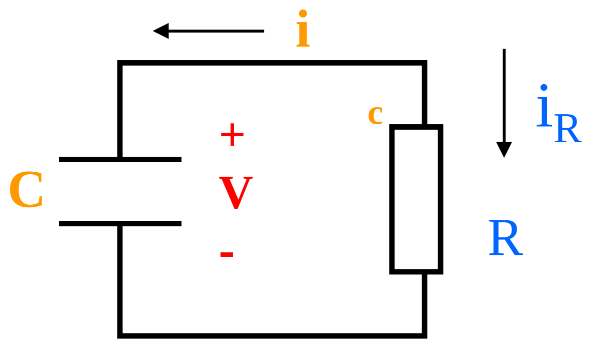


$$i_s = C_{eq}\ dv/dt$$

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:

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

Resolvendo as integrais:

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

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

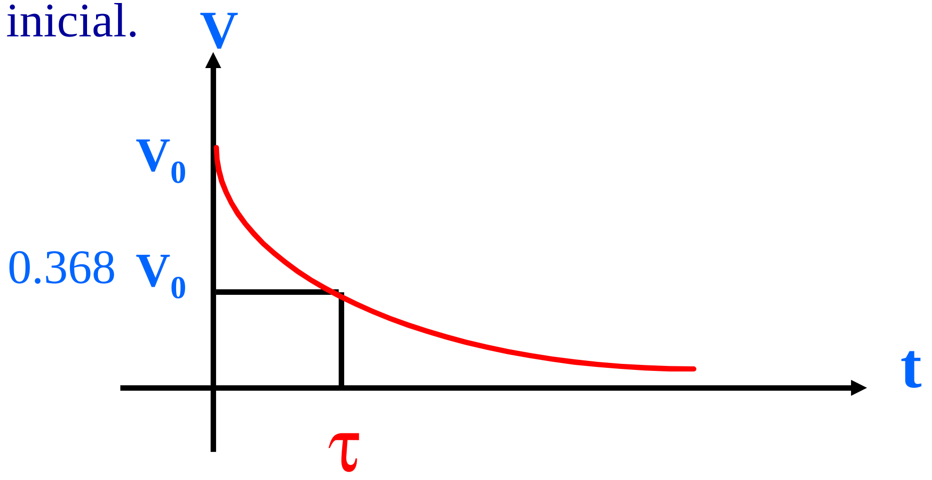
$$v / V_0 = e^{-t/RC}$$

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

τ = RC é a constante de tempo do circuito

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

A constante de tempo é o tempo que o circuito leva para a tensão baixar a 1/e do valor inicial.



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 $\Rightarrow$ valor maior de τ $\Rightarrow$ tensão baixa mais lentamente

R maior $\Rightarrow$ corrente menor

C maior $\Rightarrow$ maior capacidade de fornecer corrente

Exemplo Numérico

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.

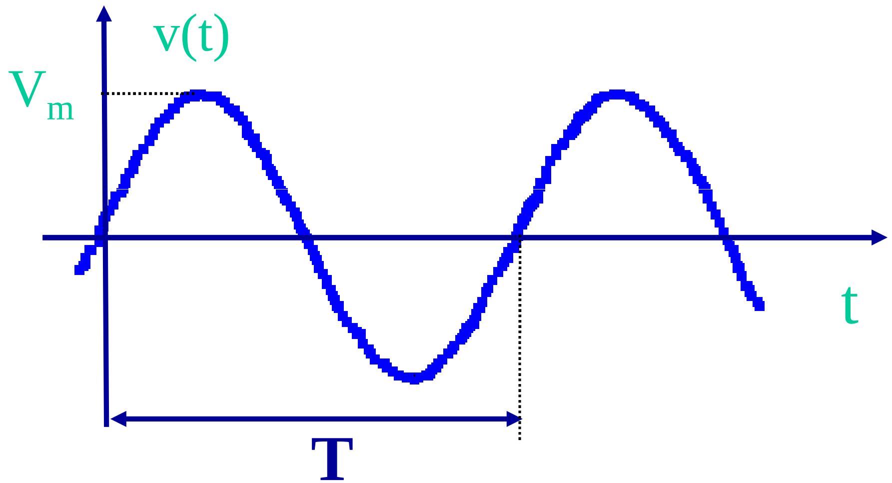
τ = RC = 10 x 10^3 x 10 x 10^{-6} = 10^{-1} = **0,1 s**

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)

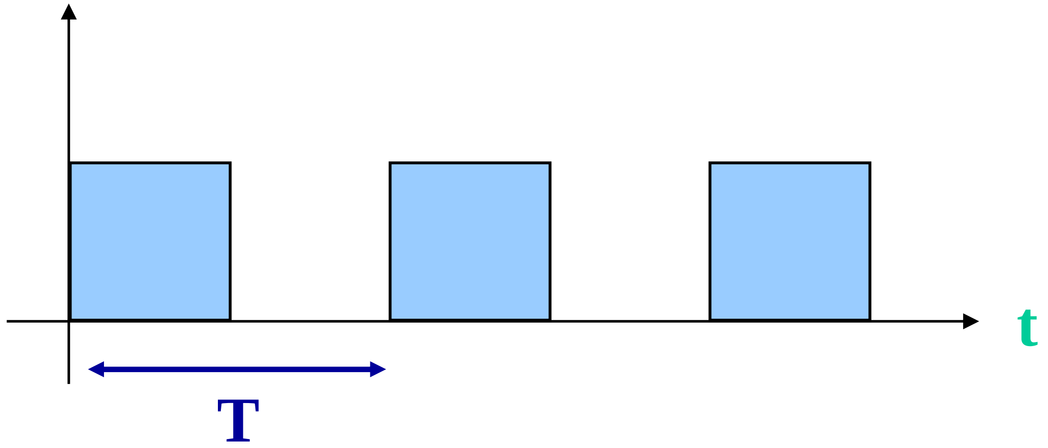
A função se repete a cada 2π radianos.

$\omega = 2\pi f$

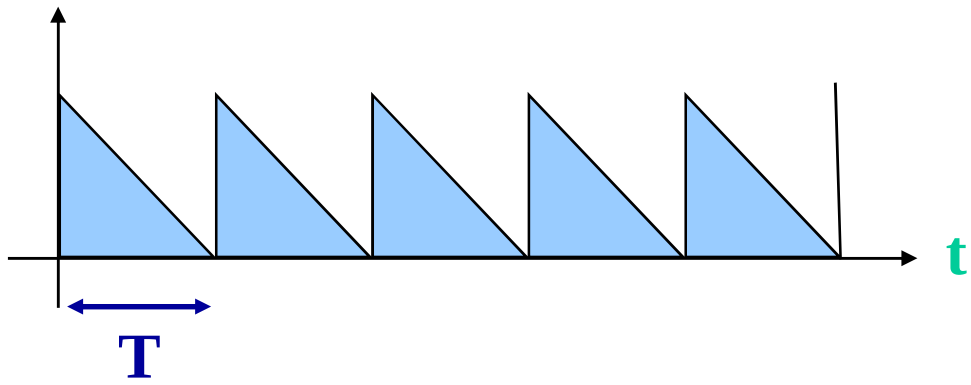
$f = 1/T$, onde T é o período

6.2. Outras Funções Periódicas

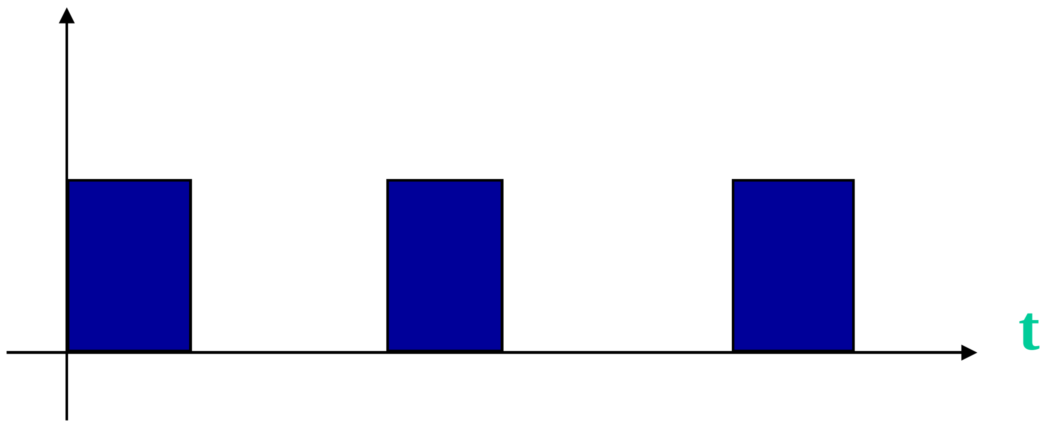
Função Quadrada



Função Dente de Serra



Função Retangular



Função Triangular