

# BLOQUE 2

MEDICIONES DE  
Circuito RC - RL - RLC  
Respuesta transitoria  
Respuesta con alimentación AC



LABORATORIO 3  
1er cuatrimestre 2025

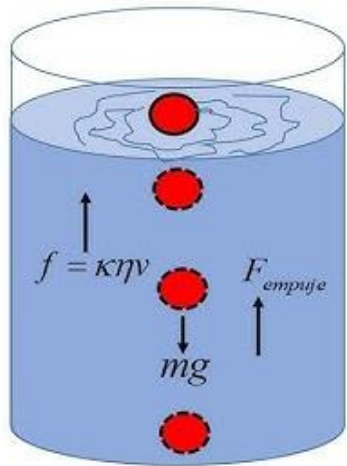
# Fenómenos Transitorios



- Proceso muy general → se lo encuentra en muchos fenómenos / áreas de la física:
- determina la existencia de un tiempo característico y de una amplitud de la señal “perturbada”.
  - frecuencias características (ondas estacionarias)

# Fenómenos Transitorios

## Caída libre (en medio viscoso)

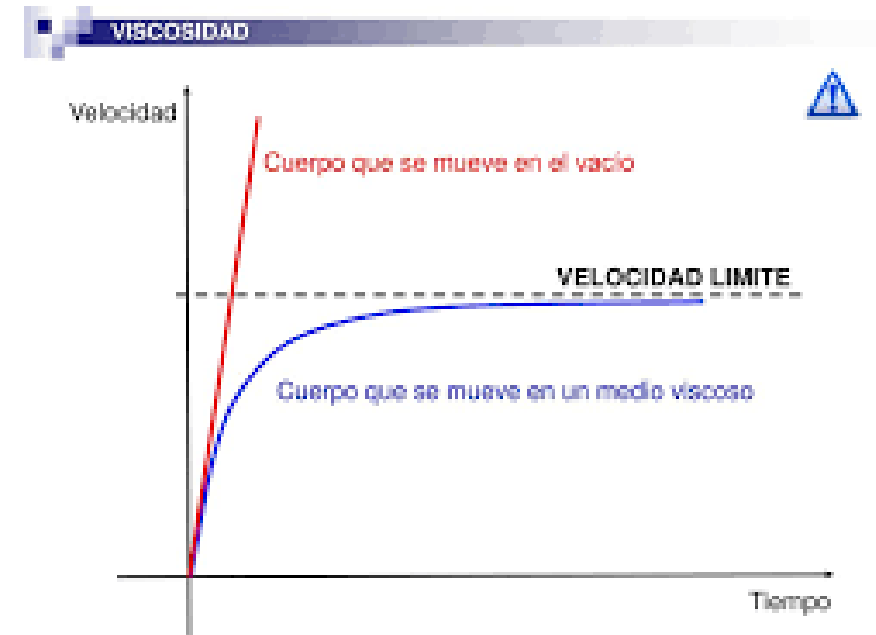


$$\ddot{y} - b = 0 \quad (\text{sin medio viscoso})$$

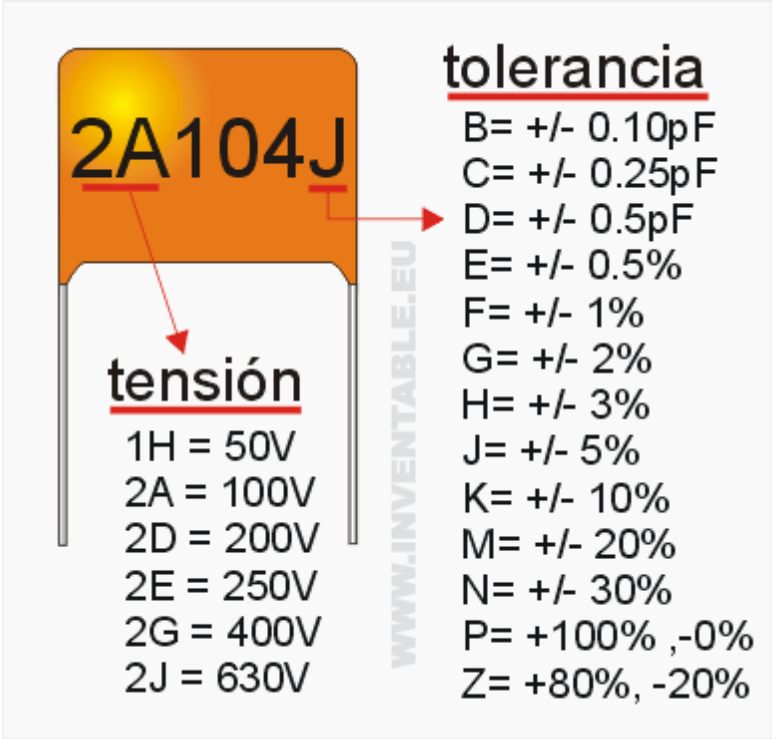
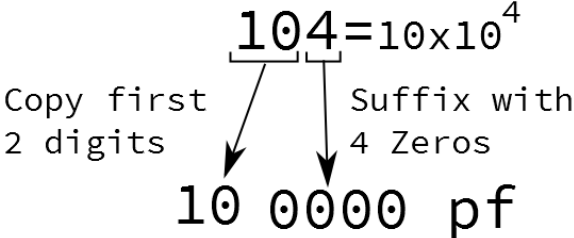
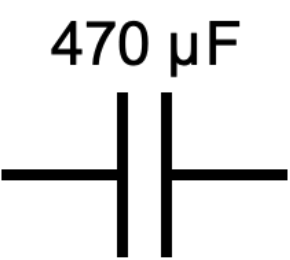
$$\ddot{y} + a\dot{y} - b = 0$$

$$v = v_l(1 - \exp(-at))$$

$$v_l = b/a$$



# Elementos pasivos: capacitor / condensador



Cerámico



Condensadores de poliéster:



Tántalo



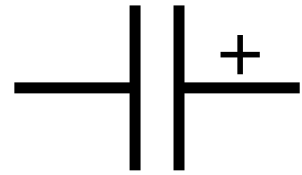
Electrolíticos



(tienen polaridad)

# Elementos pasivos: **capacitor electrolíticos**

470  $\mu\text{F}$



1 y 2: Conductores (aluminio)  
3 y 3': dieléctrico  
8 y 9: terminales



(tienen polaridad)

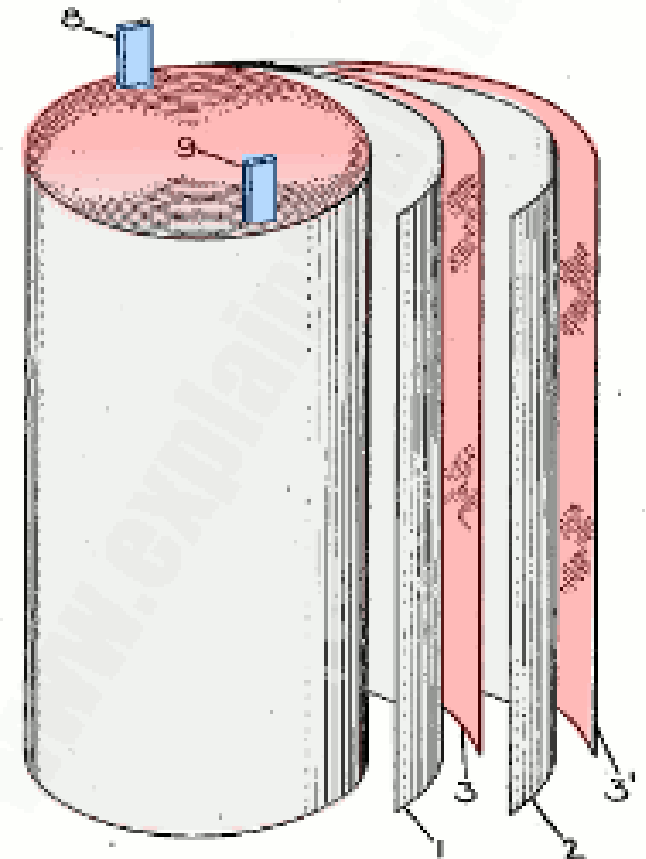


ELECTRICAL CAPACITOR

Filed Nov. 30, 1934

Aug. 10, 1937.

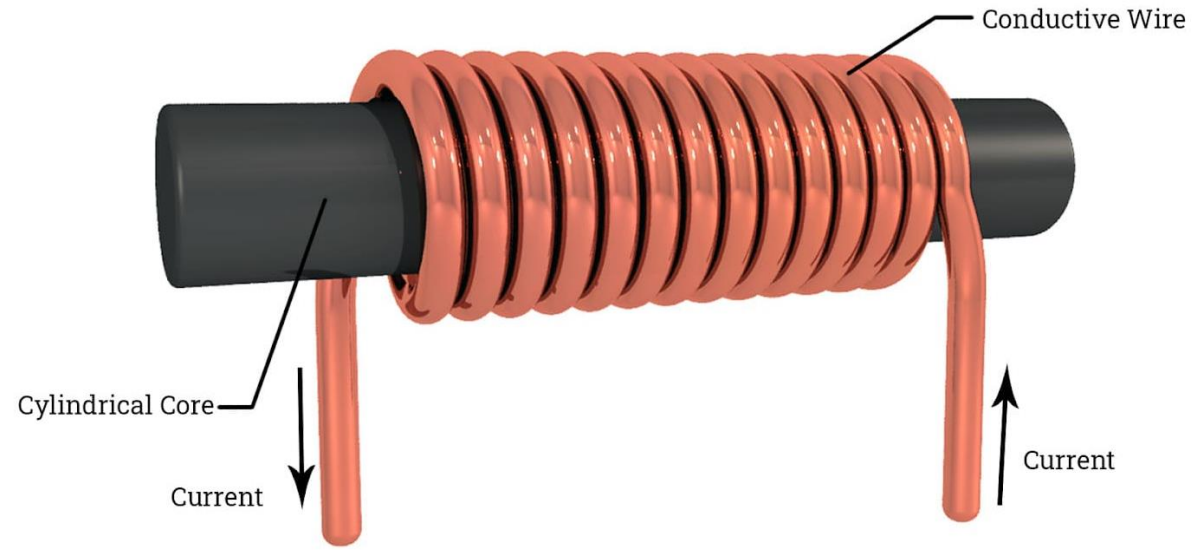
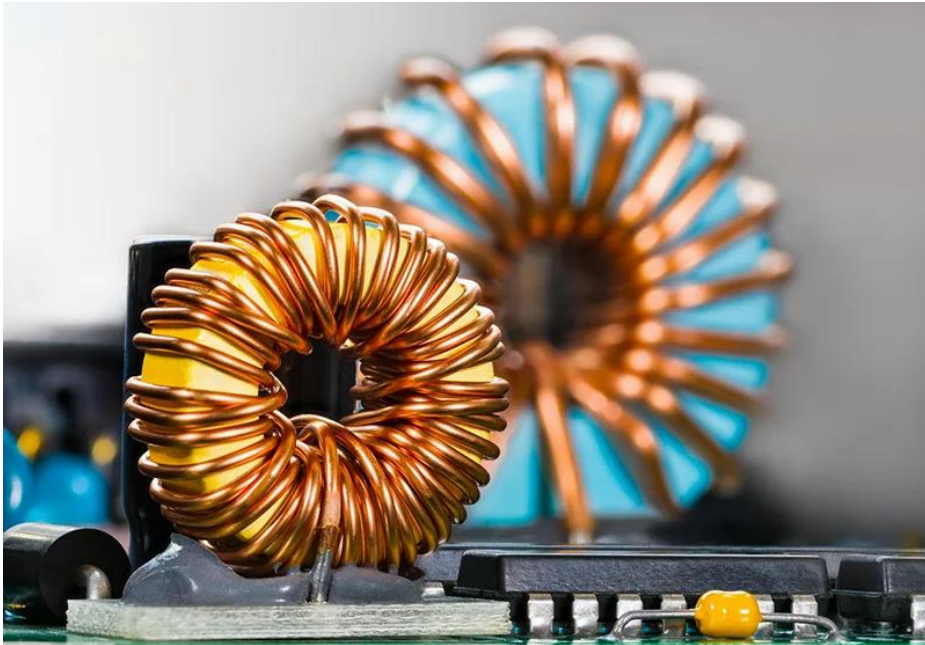
2,089,683



Courtesy US Patent & Trademark Office

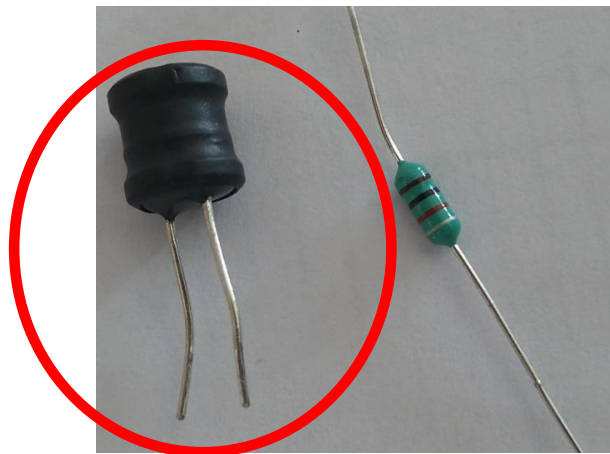
# Elementos pasivos: inductor/bobina/choque

270  $\mu\text{H}$



# Circuitos eléctricos: inductor

270  $\mu\text{H}$



Choque  
10 mH, 0,17A, tolerancia 10%

## INDUCTOR COLOR GUIDE

Result Is In  $\mu\text{H}$

4-BAND-CODE

270 $\mu\text{H}$   $\pm$  5%

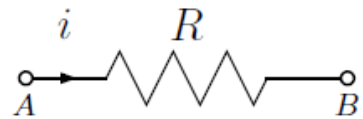
| COLOR  | 1st BAND | 2nd BAND | MULTIPLIER          | TOLERANCE          |
|--------|----------|----------|---------------------|--------------------|
| BLACK  | 0        | 0        | 1                   | $\pm$ 20%          |
| BROWN  | 1        | 1        | 10                  | Military $\pm$ 1%  |
| RED    | 2        | 2        | 100                 | Military $\pm$ 2%  |
| ORANGE | 3        | 3        | 1,000               | Military $\pm$ 3%  |
| YELLOW | 4        | 4        | 10,000              | Military $\pm$ 4%  |
| GREEN  | 5        | 5        |                     |                    |
| BLUE   | 6        | 6        |                     |                    |
| VIOLET | 7        | 7        |                     |                    |
| GREY   | 8        | 8        |                     |                    |
| WHITE  | 9        | 9        |                     |                    |
| NONE   |          |          |                     | Military $\pm$ 20% |
| GOLD   |          |          | 0.1 / Mil. Dec. Pt. | Both $\pm$ 5%      |
| SILVER |          |          | 0.01                | Both $\pm$ 10%     |

Military Identifier

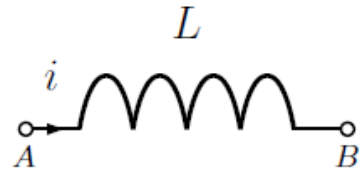
6.8 $\mu\text{H}$   $\pm$  10%  
MILITARY CODE

# Caída de potencial en elementos pasivos

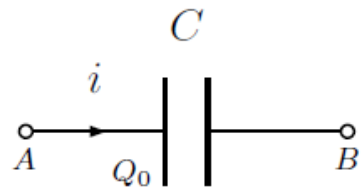
Resistencia (R)- Inductancia (L) – Capacitancia (C)



$$\Delta V_R \equiv V_B - V_A = -i R$$



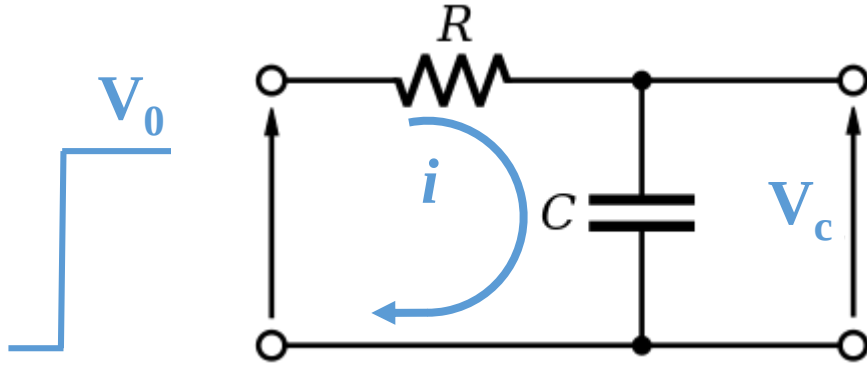
$$\Delta V_L \equiv V_B - V_A = -L di/dt$$



$$\Delta V_C \equiv V_B - V_A = -\frac{Q_0}{C} = -\frac{1}{C} \int i dt$$

# El circuito RC serie

## El enfoque experimental



$V(t \leq 0) = 0$ . Qué pasa al aplicar  $V_0$  ( $t > 0$ )?

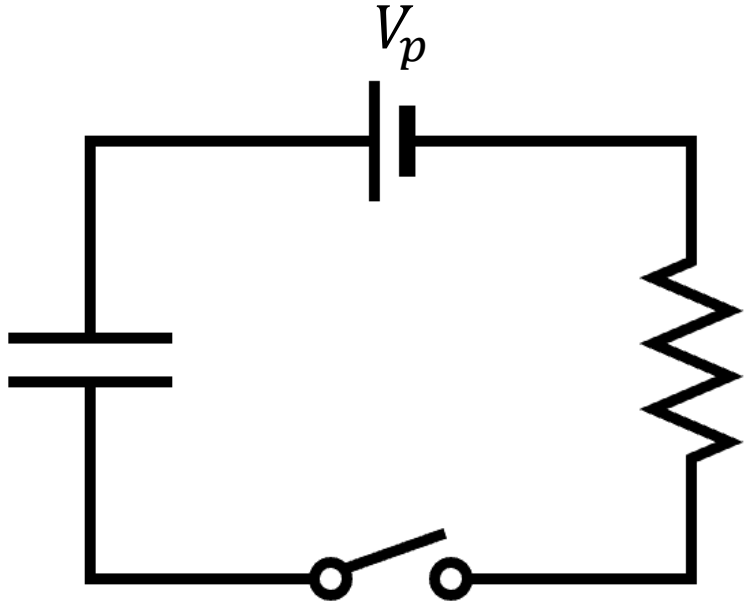
## El enfoque teórico

PREGUNTAR  
OBSERVAR

- Habrá un tiempo característico?
- La  $i$ ,  $V_R$ ,  $V_C$  alcanzarán un estado estacionario?
- Cómo evolucionarán  $i(t)$  y  $V_c(t)$ ?
- Diseño del experimento

MODELIZAR  
ANALIZAR

# Circuitos RC # Carga

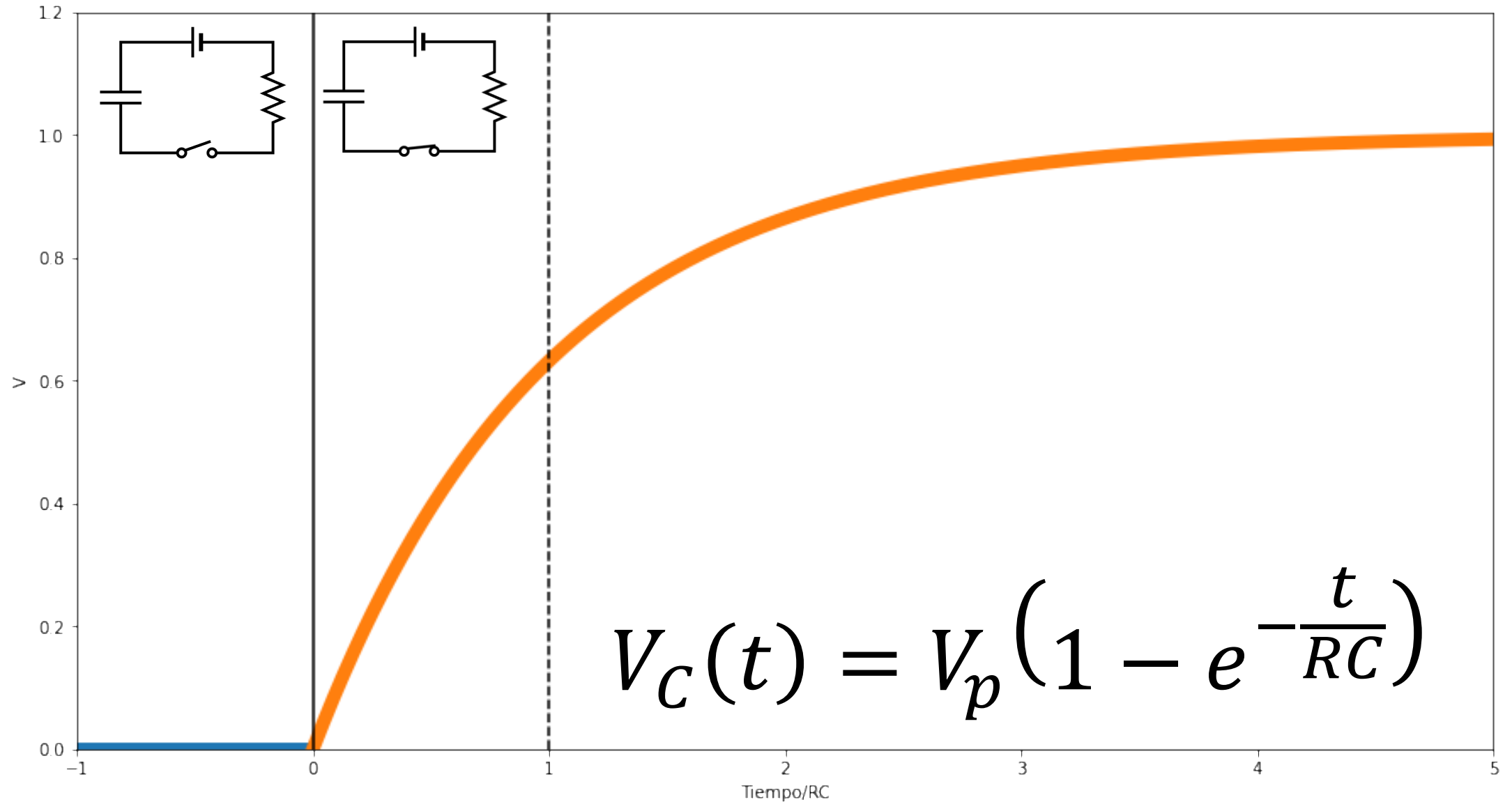


$$V_C = \frac{Q}{C}$$

$$RC \frac{dV_C}{dt} + V_C = V_p$$

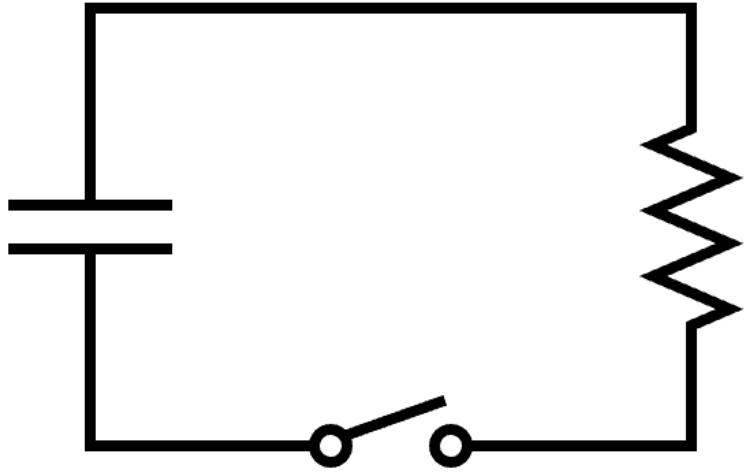
$$V_C(t) = V_p \left( 1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

# Circuitos RC # Descarga



# Circuitos RC # Descarga

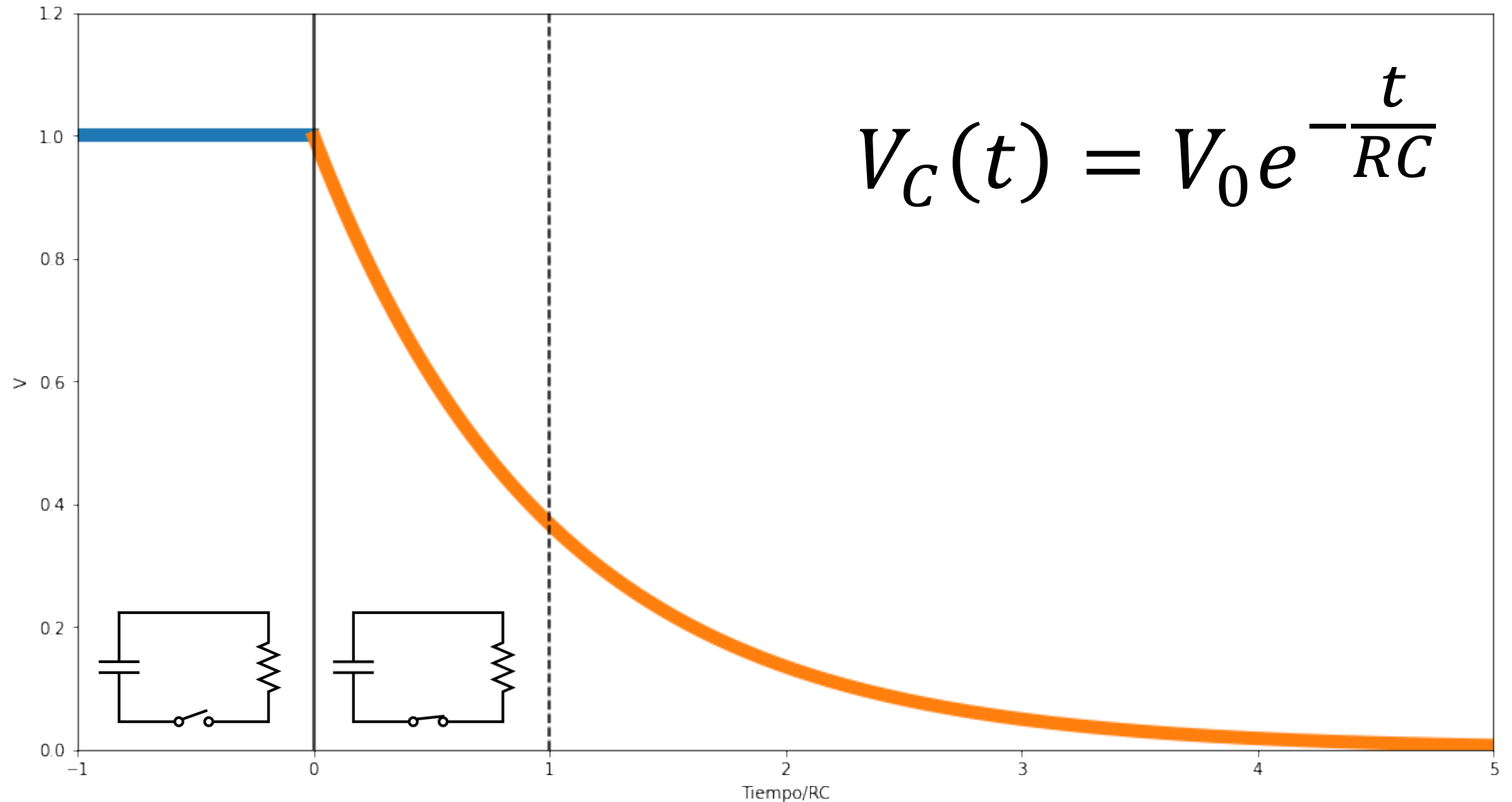
$$V_C(t = 0) = V_0$$



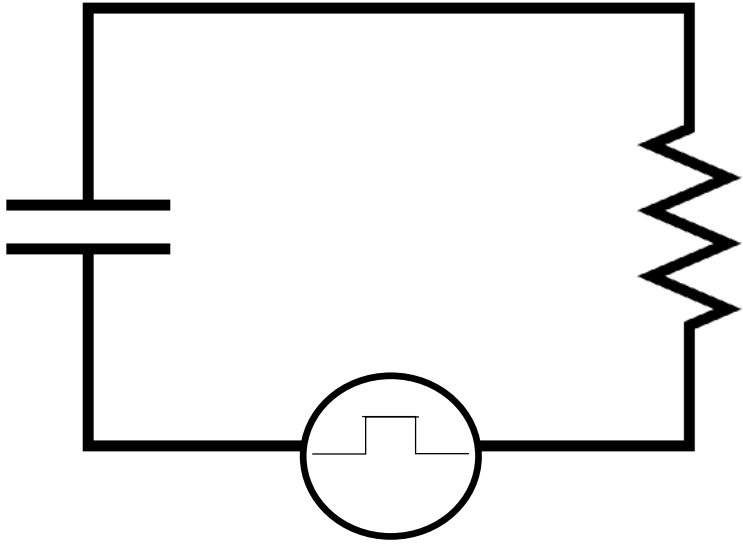
$$RC \frac{dV_C}{dt} + V_C = 0$$

$$V_C(t) = V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

# Circuitos RC # Descarga



# Circuitos RC



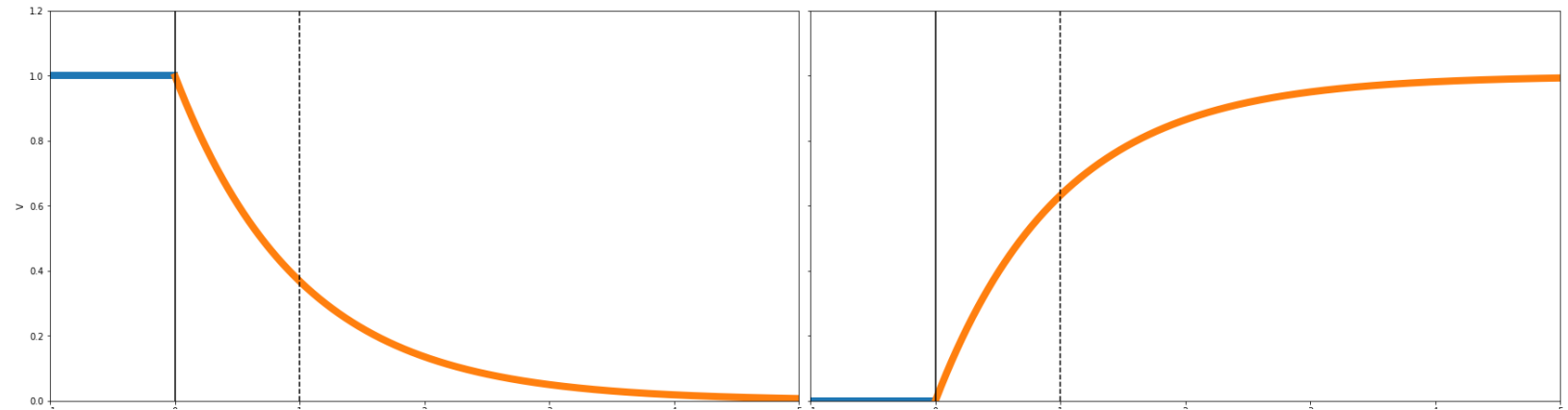
Señal Cuadrada  
¿Frecuencia?  
¿Amplitud?  
¿Qué valores de R y de C?

¿Cuál es  $V_{in}$ ?  
¿Cuál es  $V_{out}$ ?

$V_{in}(t)$

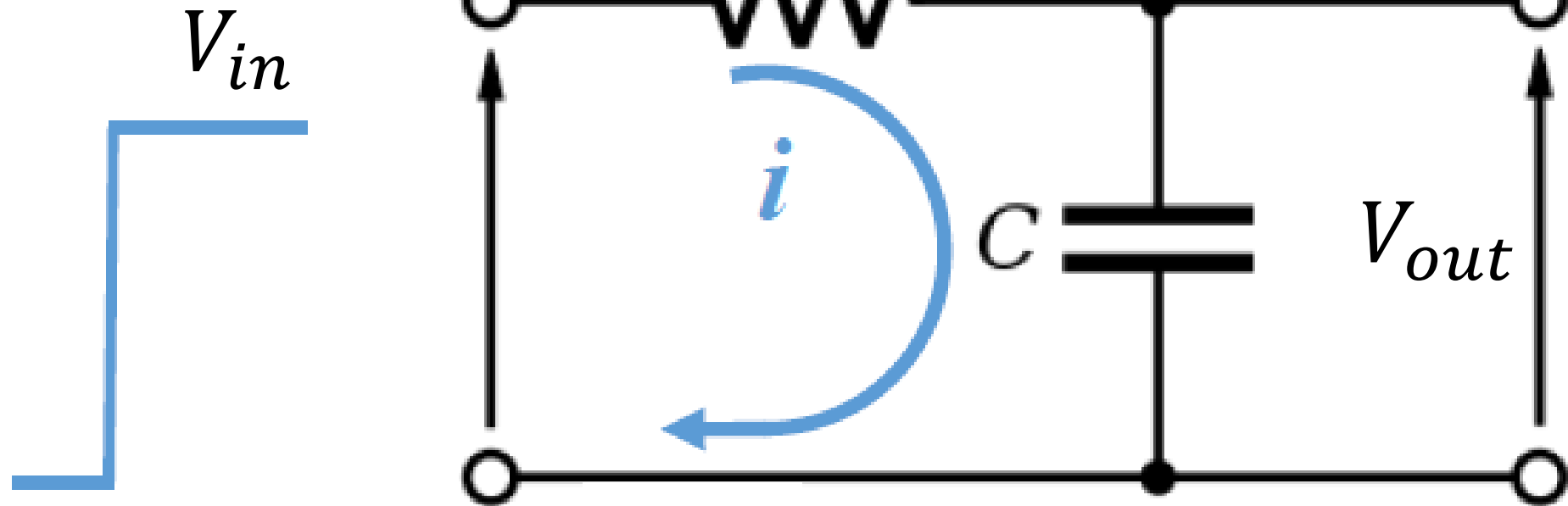


$V_{out}(t)$



# Circuitos RC

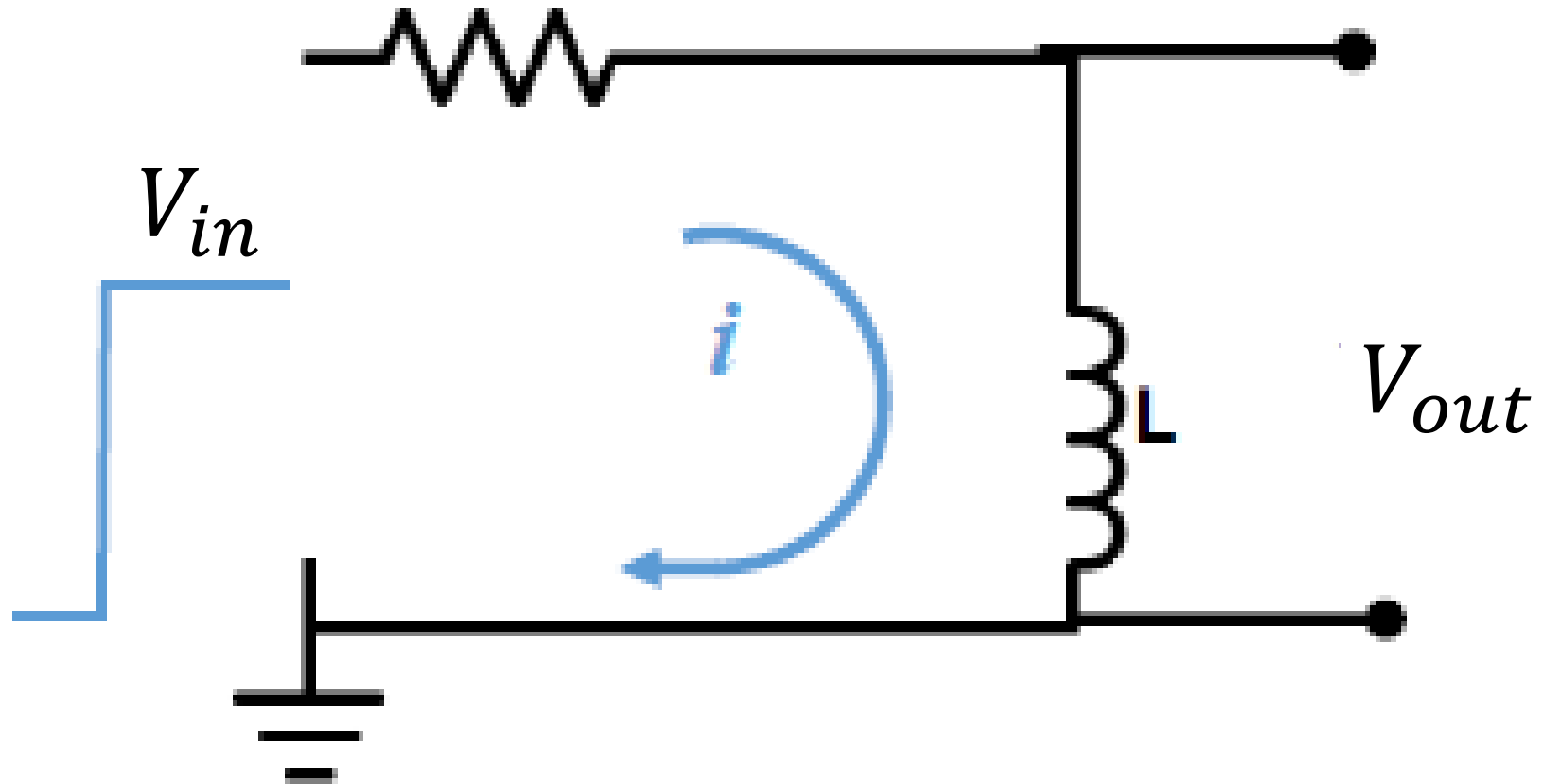
$$\tau = RC$$



¿Dónde van las tierras?

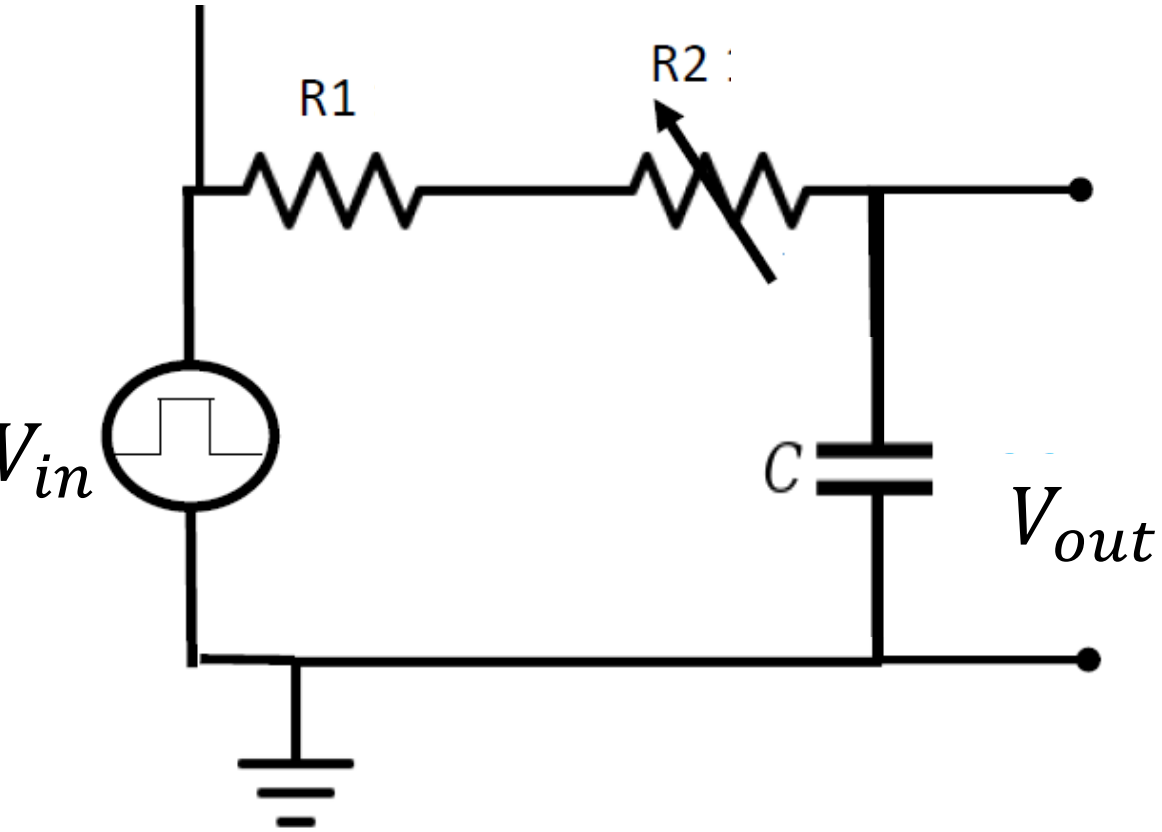
# Circuitos RL

$$\tau = L/R$$

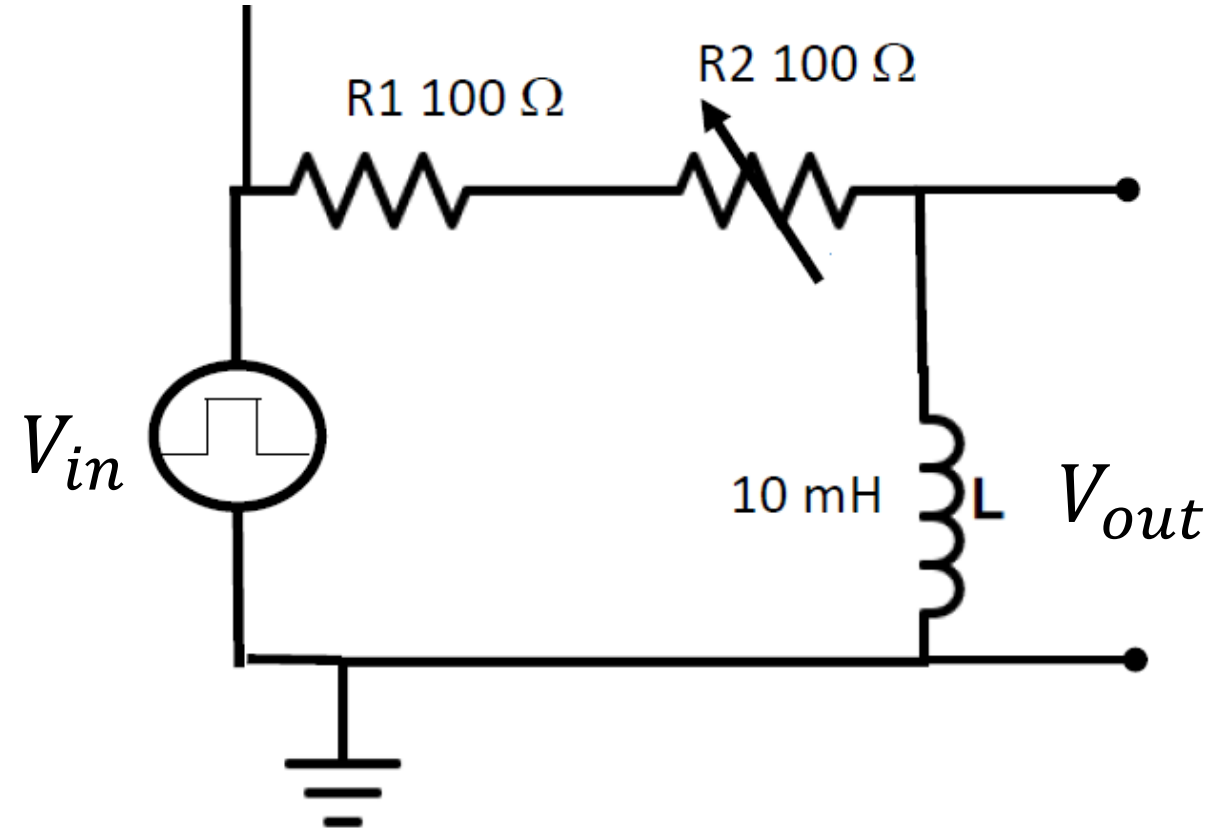


# Circuitos RC/RL + Resistencia variable

$$\tau = RC$$



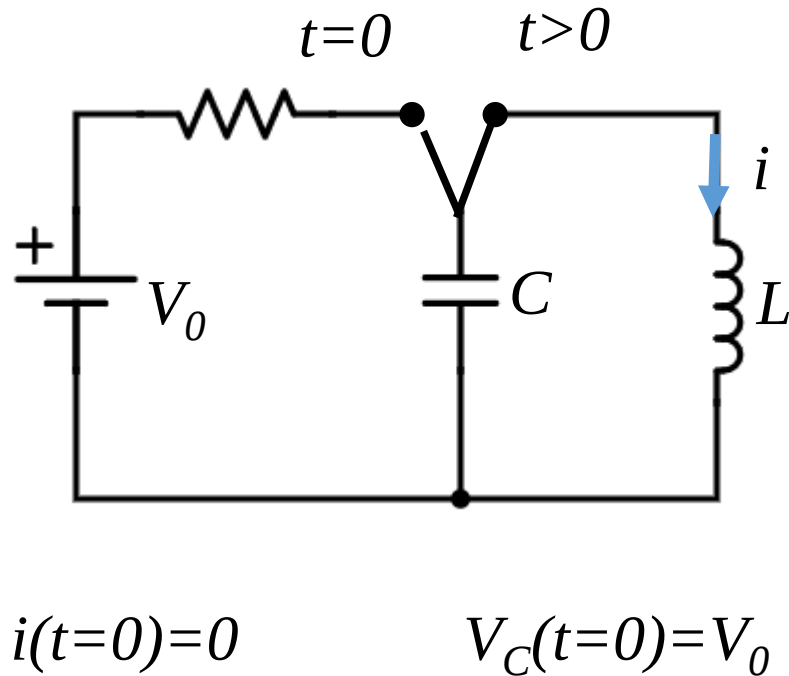
$$\tau = L/R$$



¿Para qué puedo utilizar la resistencia Variable  $R2$ ?

# Oscilador armónico simple

## Circuito LC



$$L \frac{di}{dt} + V_C = 0 \rightarrow L \ddot{q} + \frac{q}{C} = 0$$

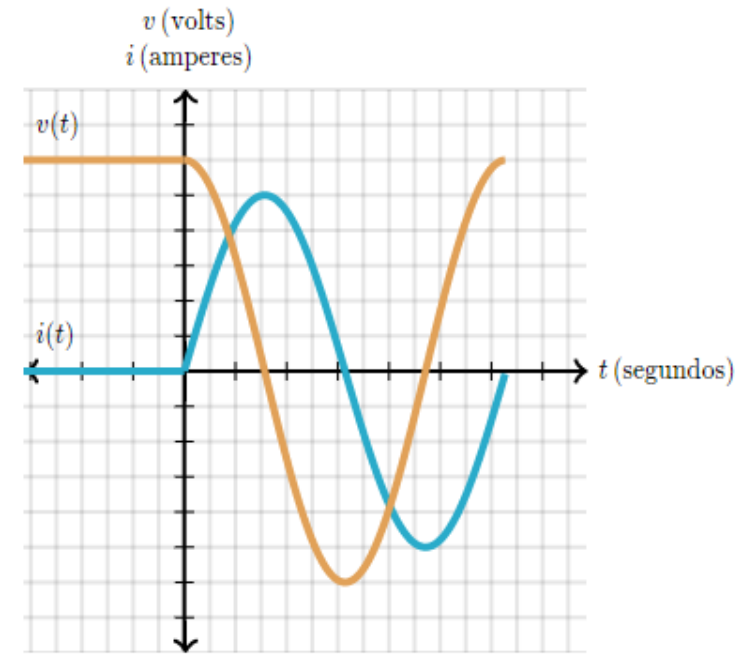
$$q = q_0 \cos(\omega_0 t + \delta)$$

Frecuencia  
natural de  
oscilación

$$\omega_0 = \sqrt{1/LC}$$

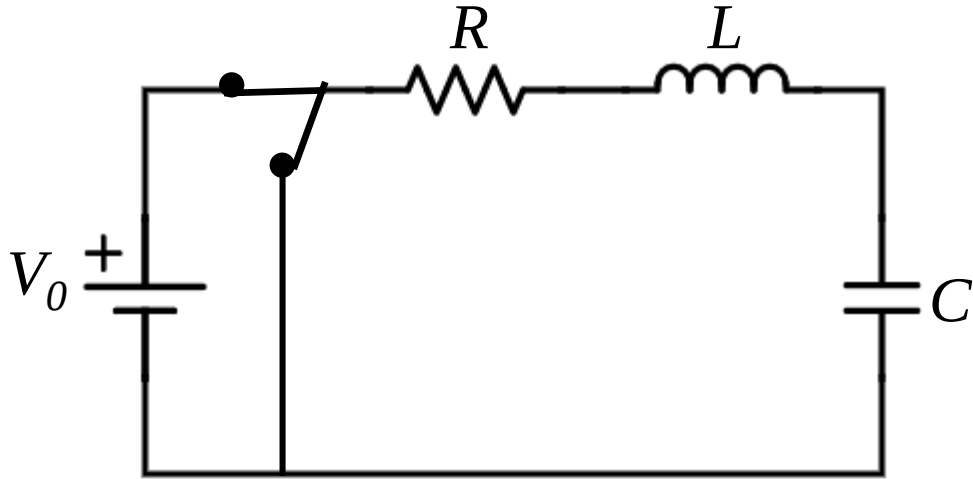
$$E = E_C + E_L = cte.$$

$$E = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C} + \frac{1}{2} Li^2 = cte.$$

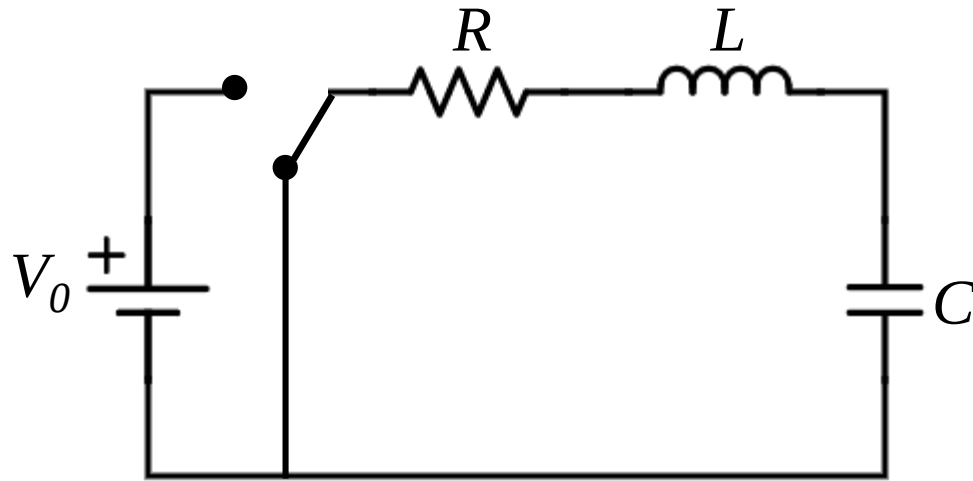


# Oscilador armónico amortiguado

## **Circuito RLC serie – transitorio eléctrico**



# Circuito RLC serie – transitorio eléctrico



$$0 = Ri + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} q(t)$$

$$0 = R\dot{q} + L\ddot{q} + \frac{1}{C} q$$

$$0 = \ddot{q} + 2\frac{R}{2L}\dot{q} + \frac{1}{LC} q$$

Condiciones iniciales

$$q(t = 0) = V_0 C$$

$$i(t = 0) = 0$$

$$\gamma = \frac{R}{2L} \quad \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\omega_0^2 > \gamma^2$$

subamortiguado

$$\omega_0^2 = \gamma^2$$

Amortiguado crítico

$$\omega_0^2 < \gamma^2$$

sobremortiguado

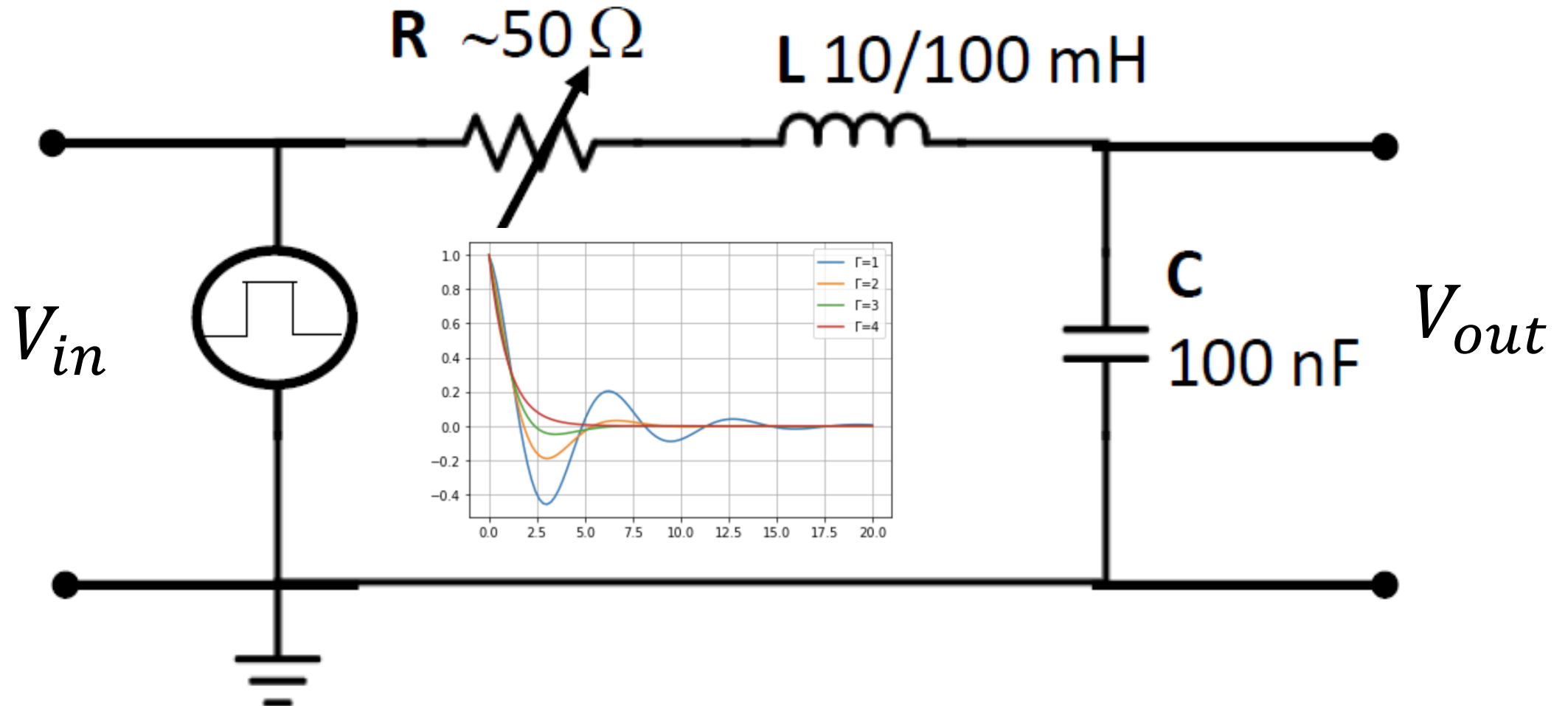
# Circuitos RLC

¿Quiénes son?

$\omega_0^2 > \gamma^2$   
subamortiguado

$\omega_0^2 = \gamma^2$   
Amortiguado crítico

$\omega_0^2 < \gamma^2$   
sobremortiguado



# Elementos pasivos alimentación AC

Leyes de Ohm Generalizada

$$V(t) = I(t) Z$$

resistencia



$$\mathbb{V}_R(t) = R \mathbb{I}_0 e^{j\omega t}$$

$$\mathbb{V}_R(t) = R \mathbb{I}(t)$$

Impedancia compleja

$$\mathbb{Z}_R = R$$

capacitor



$$\mathbb{V}_C(t) = \frac{1}{j\omega C} \mathbb{I}_0 e^{j\omega t}$$

$$\mathbb{V}_C(t) = \frac{1}{j\omega C} \mathbb{I}(t)$$

$$\mathbb{Z}_C = \frac{1}{j\omega C}$$

inductor



$$\mathbb{V}_L(t) = j\omega L \mathbb{I}_0 e^{j\omega t}$$

$$\mathbb{V}_L(t) = j\omega L \mathbb{I}(t)$$

$$\mathbb{Z}_L = j\omega L$$

Reactiva

# Leyes de Kirchhoff Generalizada

## En cada nodo

Todas las corrientes salen o entrar.  
Como con el alcohol, no mezclar.

$$\sum_{k=1}^N \mathbb{I}_k = 0$$

La carga se conserva y  
no se acumula en los  
nodos.

$$I_k(t) = \text{Re}[\mathbb{I}_k(t)]$$

## En cada malla

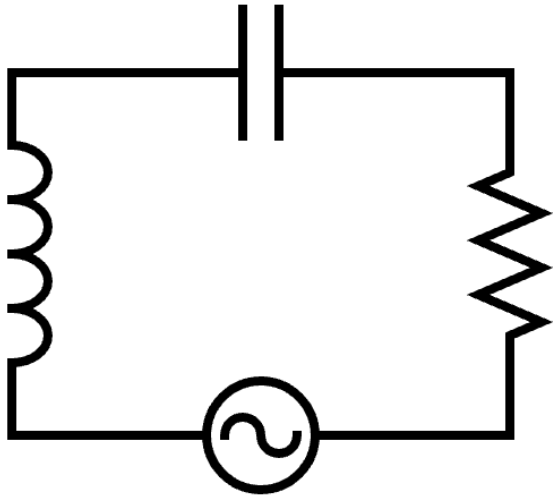
Todas las caídas de potencial  
en el mismo sentido.  
Como con el alcohol, no mezclar.

$$\sum_{k=1}^N \mathbb{V}_k = 0$$

El campo eléctrico  
es conservativo

$$V_k(t) = \text{Re}[\mathbb{V}_k(t)]$$

# Circuitos RLC # Forzado armónico (CA)



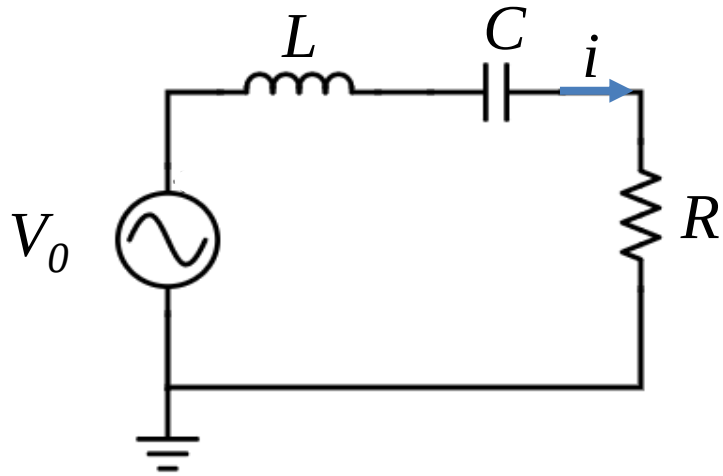
$$\mathbb{V}_f = \mathbb{V}_{0f} e^{j\omega t}$$

$$\mathbb{V}_f = (\mathbb{Z}_R + \mathbb{Z}_L + \mathbb{Z}_C) \mathbb{I}$$

$$= \left( R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \right) \mathbb{I}$$

$$\mathbb{I} = \frac{\mathbb{V}_0}{\left( R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \right)} e^{j\omega t}$$

# Circuito RLC – Corriente alterna



$$\mathbb{I} = \frac{V_0}{\left(R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}\right)} e^{j\omega t}$$

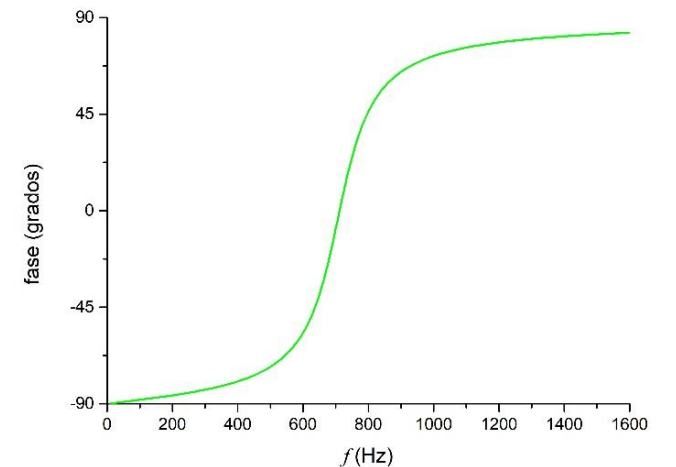
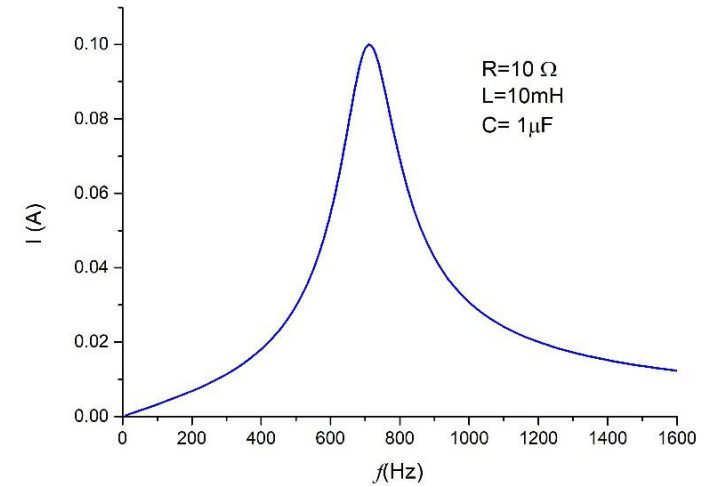
$$|I| = I_0 = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

$$\tan \varphi = \frac{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}{R}$$

Frecuencia de  
resonancia

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$$



# Filtros

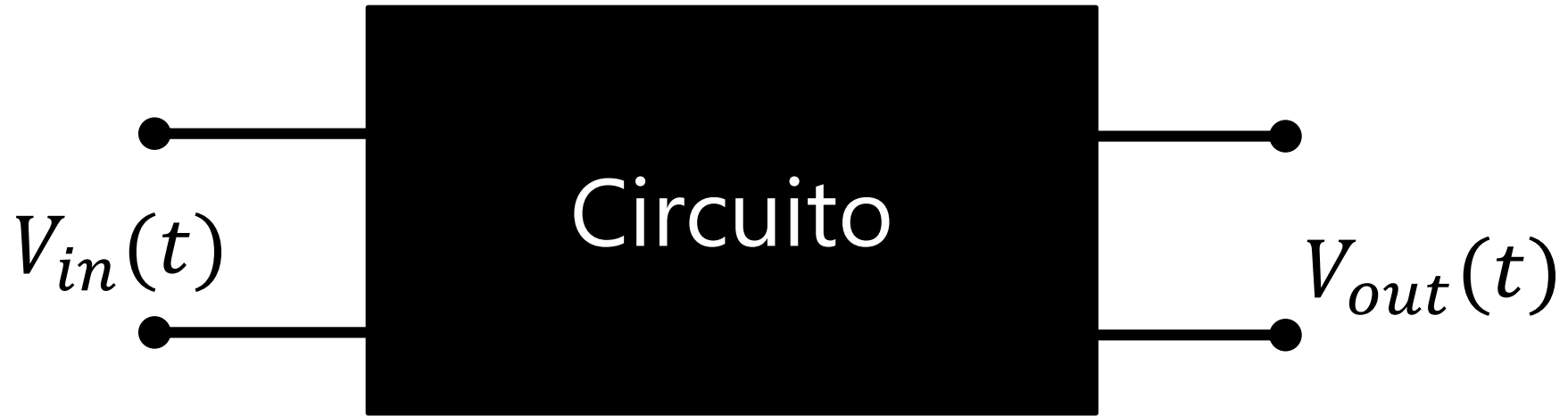
En general, un filtro es un artefacto o un proceso que remueve características no deseadas de una señal.

Electrónicos  
analógicos

Pasivos: compuestos por resistencias, inductancias, capacitores.

Activos: se incorporan otros componentes como el amplificador operacional.

# Filtros pasivos



Los filtros remueven **ciertas frecuencias de la señal**.

Frecuencia de referencia:  $\omega_0$

Pasaaltos

$$\omega > \omega_0$$

Pasabajos

$$\omega < \omega_0$$

Pasabanda

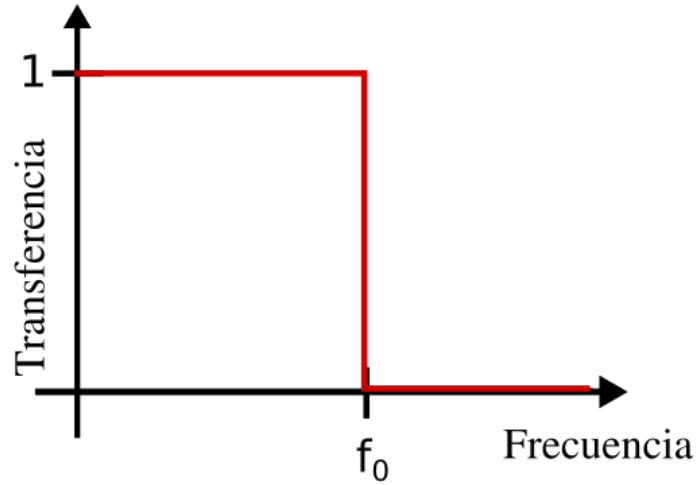
$$\omega = \omega_0$$
$$\Delta\omega$$

Rechazabanda

$$\omega \neq \omega_0$$
$$\Delta\omega$$

# Función transferencia

Pasabajos

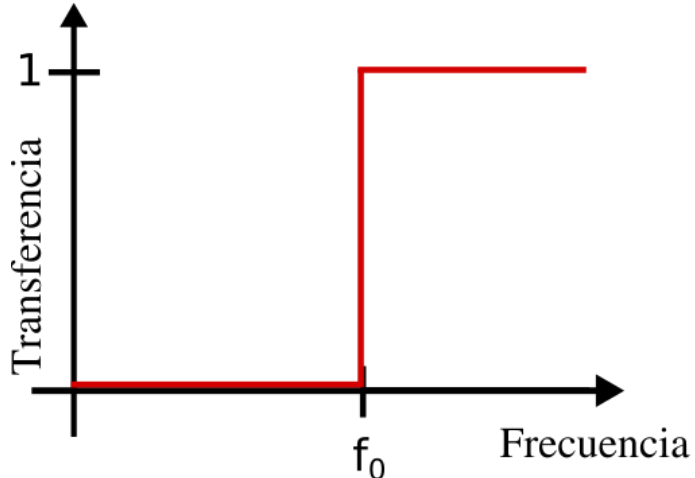


$$T = \frac{|V_{out}|}{|V_{in}|}$$

**IDEAL:**

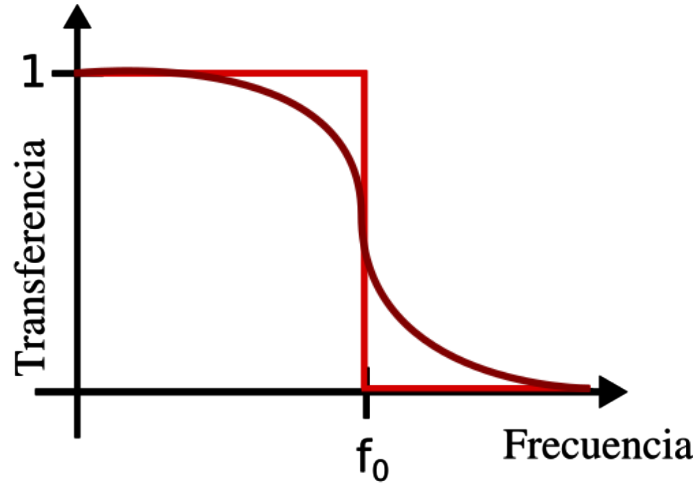
- Filtrado absoluto de las frecuencias no deseadas.
- Frecuencia de corte bien definida y con corte abrupto.
- Sin modificaciones en la señal que deja pasar

Pasaaltos



# Función transferencia

Pasabajos

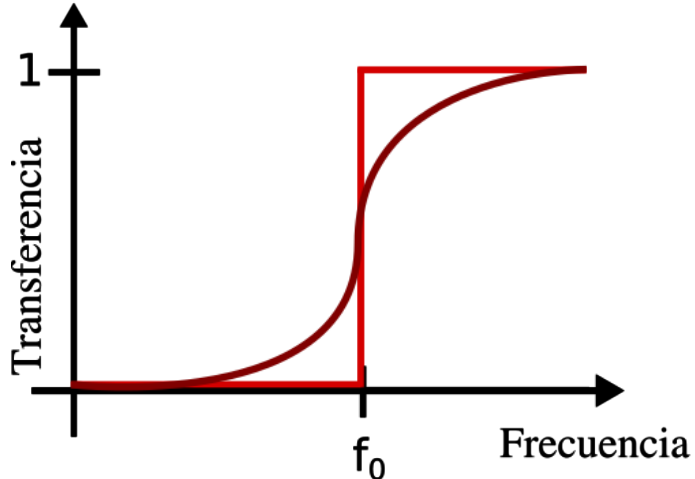


$$T = \frac{|V_{out}|}{|V_{in}|}$$

**IDEAL:**

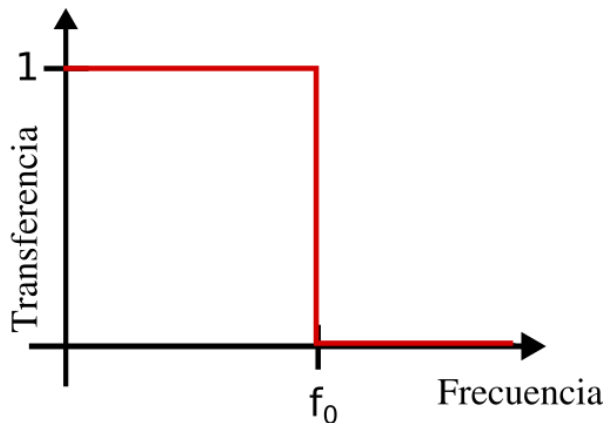
- Filtrado absoluto de las frecuencias no deseadas.
- Frecuencia de corte bien definida y con corte abrupto.
- Sin modificaciones en la señal que deja pasar

Pasaaltos



# Caracterización de los filtros

- Transferencia:  $T = \frac{|V_{out}|}{|V_{in}|}$
- Defasaje:  $\varphi = \arctan\left[\frac{\operatorname{Im}\left(\frac{V_{out}}{V_{in}}\right)}{\operatorname{Re}\left(\frac{V_{out}}{V_{in}}\right)}\right]$
- Atenuación (en decibeles):  $A \equiv 20 \log_{10} T \quad [\text{dB}]$



$$\omega > \omega_0 \quad A \rightarrow -\infty$$

$$\omega < \omega_0 \quad A \rightarrow 0$$

# Orden

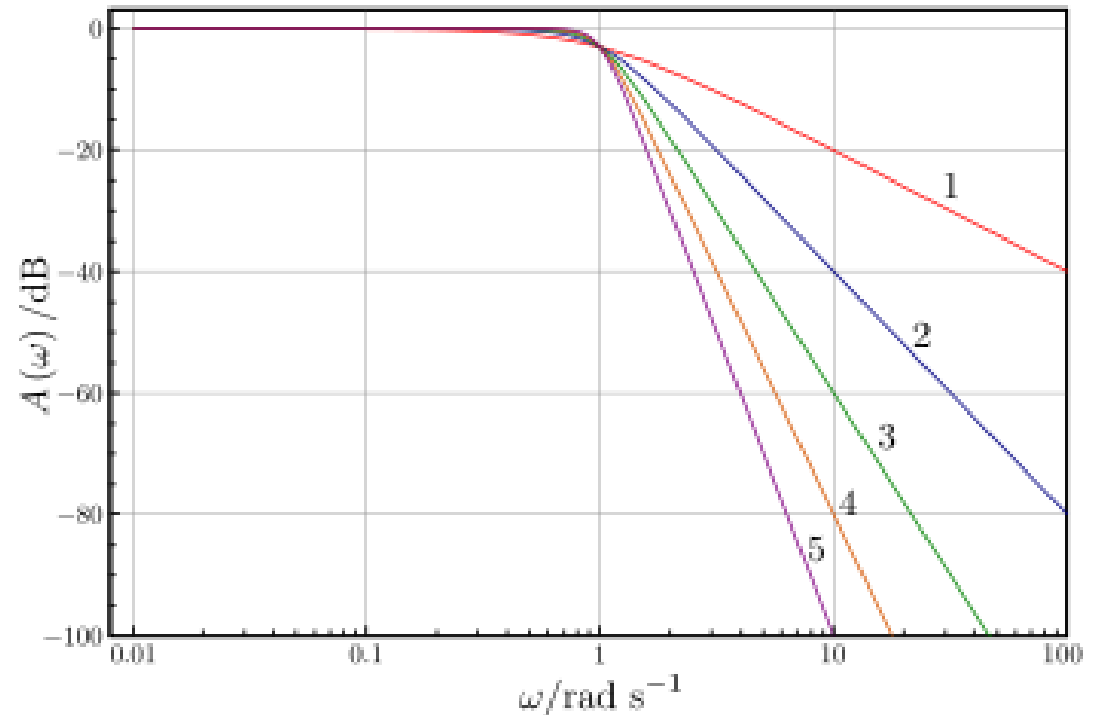
El orden de un filtro describe el grado de aceptación o rechazo de las frecuencias por arriba o por debajo de la de corte. Es igual a la cantidad de elementos reactivos que tiene el filtro.

Orden 1: rechazo de 20 dB por década

Orden 2: rechazo de 40 dB por década

Orden 3: rechazo de 60 dB por década

y así...



# Estudio de filtros pasivos de primer orden

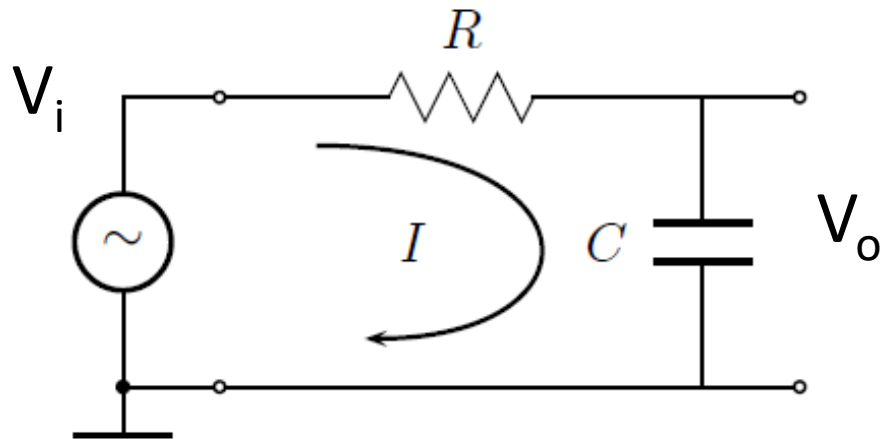
FILTRO PASA-BAJOS

FILTRO PASA-ALTOS

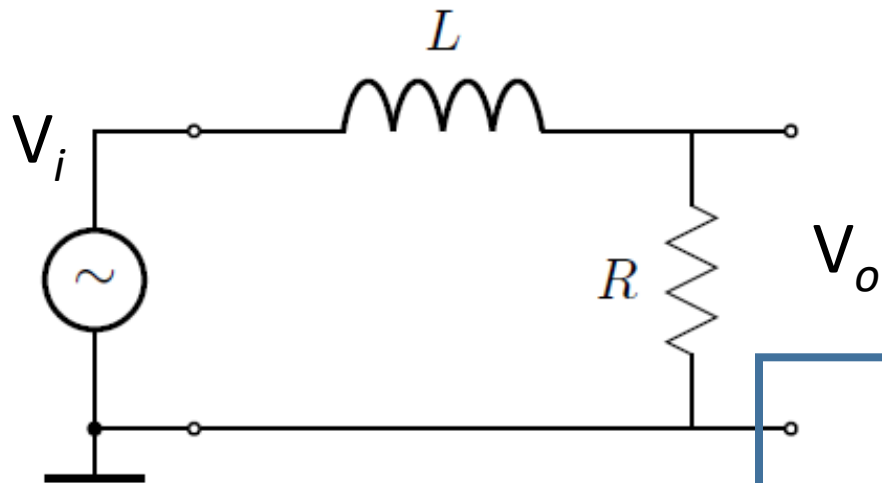
FILTRO PASA BANDA

FILTRO RECHAZA BANDA

# FILTRO PASA-BAJOS



$$V_o = \frac{V_i}{1 + j\omega RC} = \frac{V_i}{1 + j\omega/\omega_0} \quad \text{siendo} \quad \boxed{\omega_0 = 1/RC}$$



$$V_o = \frac{R}{R + j\omega L} V_i = \frac{V_i}{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}} \quad \text{siendo} \quad \boxed{\omega_0 = \frac{R}{L}}$$

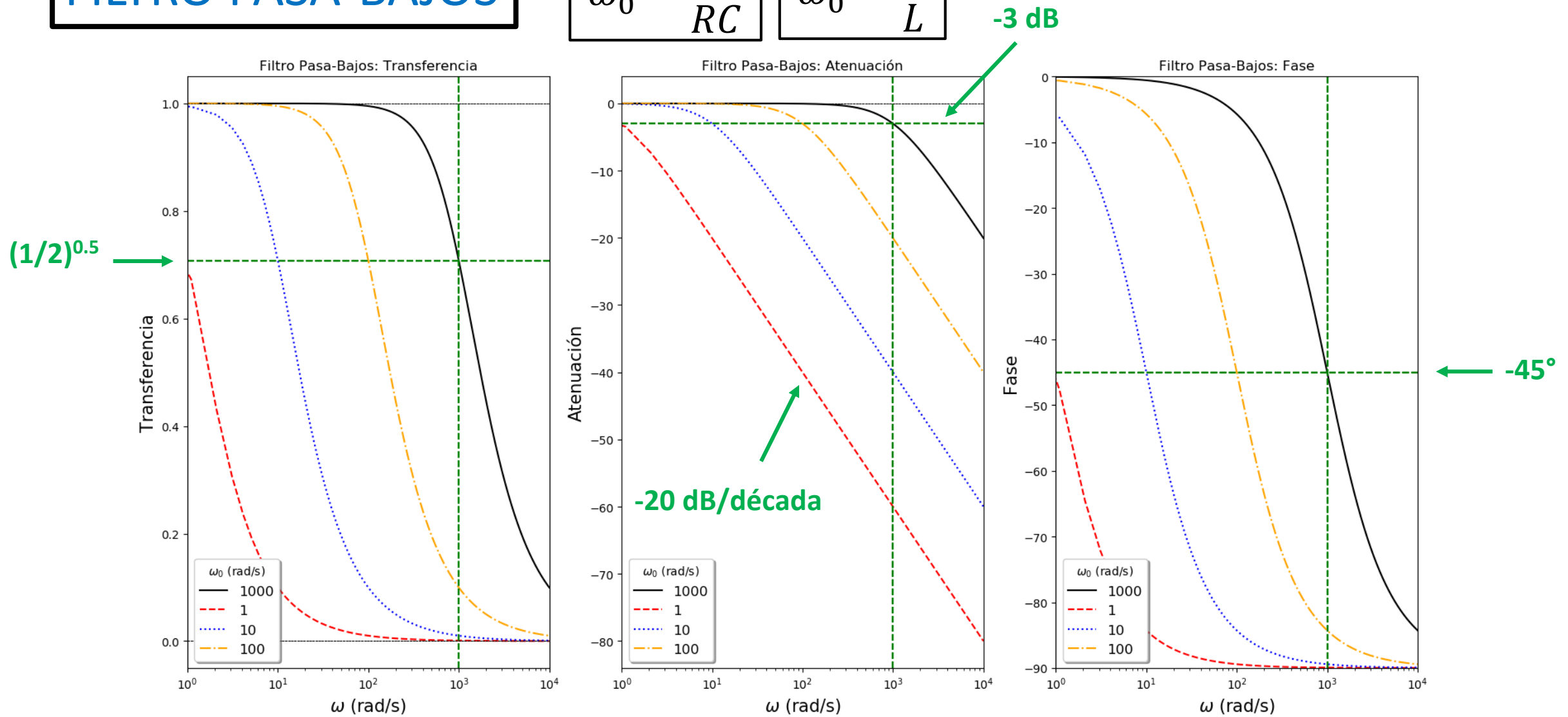
$$x = \frac{\omega}{\omega_0}$$

$$T = \frac{1}{\sqrt{1 + x^2}} \quad A = -10 \log_{10}(1 + x^2) \text{dB} \quad \phi = -\arctan(x)$$

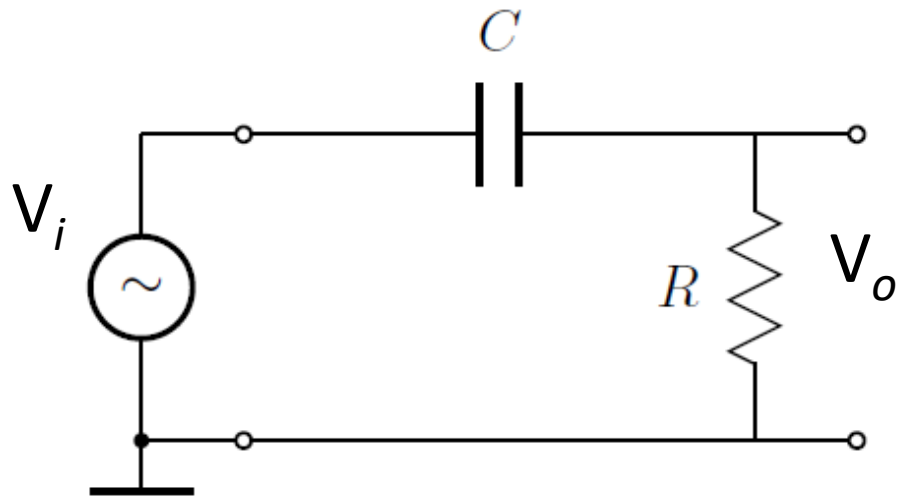
# FILTRO PASA-BAJOS

$$\omega_0 = \frac{1}{RC}$$

$$\omega_0 = \frac{R}{L}$$



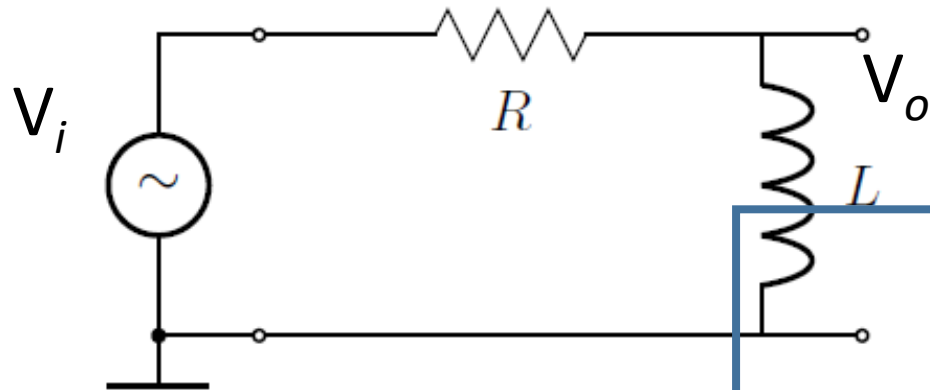
# FILTRO PASA-ALTOS



$$V_0 = V_R = \frac{R}{R - \frac{j}{\omega C}} V_i = \frac{V_i}{1 - j \frac{\omega_0}{\omega}}$$

siendo

$$\omega_0 = \frac{1}{RC}$$



$$V_0 = V_L = \frac{j\omega L}{R + j\omega L} V_i = \frac{V_i}{1 - j \frac{\omega_0}{\omega}}$$

siendo

$$\omega_0 = \frac{R}{L}$$

$$x = \frac{\omega}{\omega_0}$$

$$T = \frac{1}{\sqrt{1 + x^{-2}}}$$

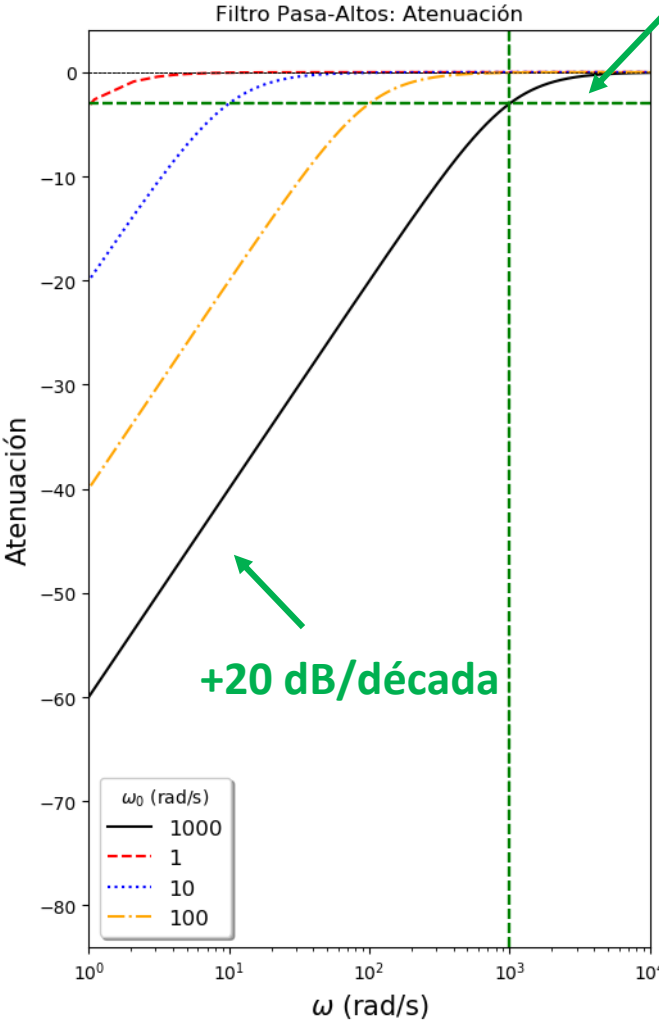
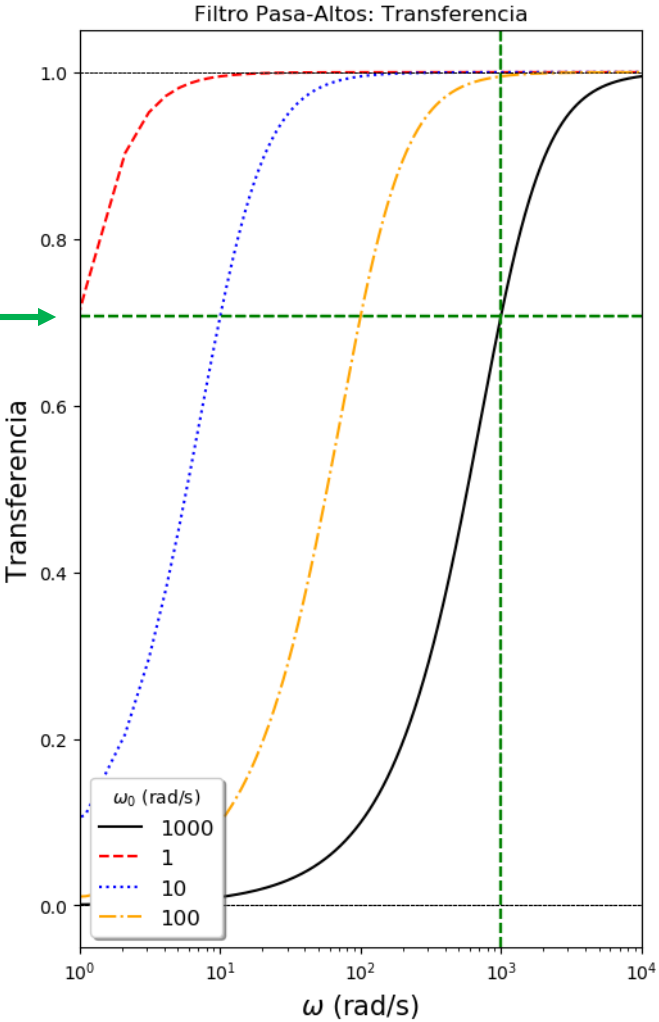
$$A = -10 \log_{10}(1 + x^{-2}) \text{dB} \quad \phi = \arctan(x^{-1})$$

# FILTRO PASA-ALTOS

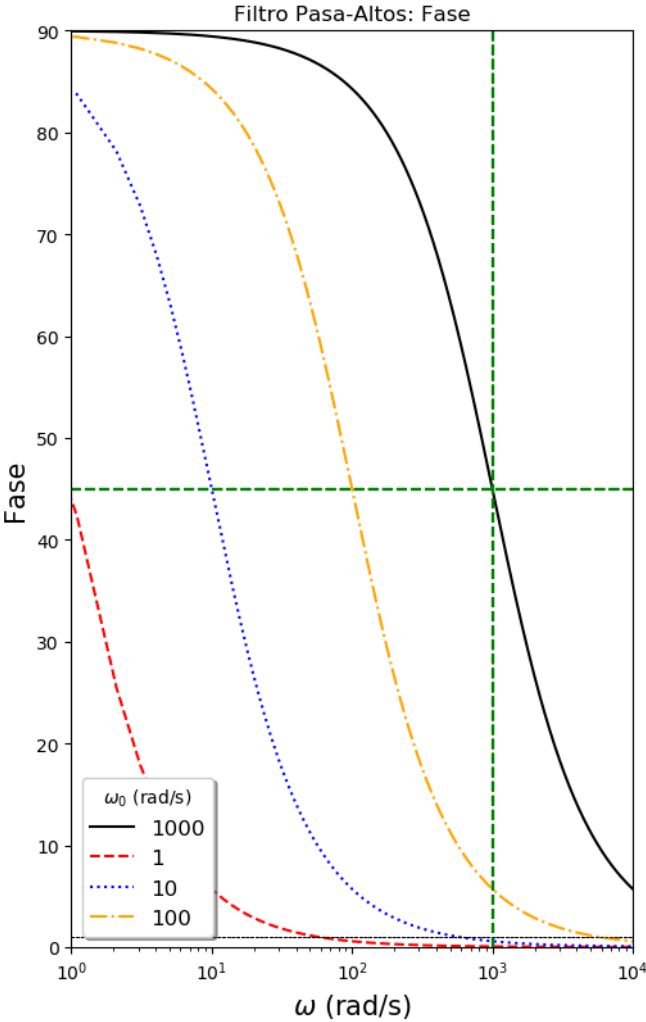
$$\omega_0 = \frac{1}{RC}$$

$$\omega_0 = \frac{R}{L}$$

$(1/2)^{0.5}$

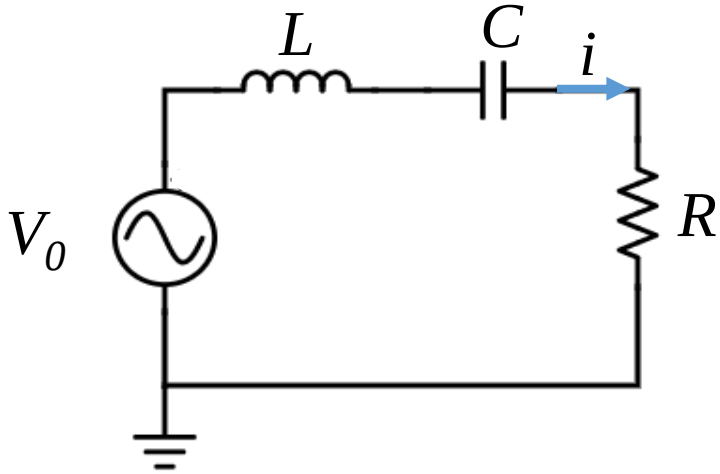


-3 dB



+45°

# Circuito RLC – Corriente alterna



$$\mathbb{I} = \frac{V_0}{\left(R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}\right)} e^{j\omega t}$$

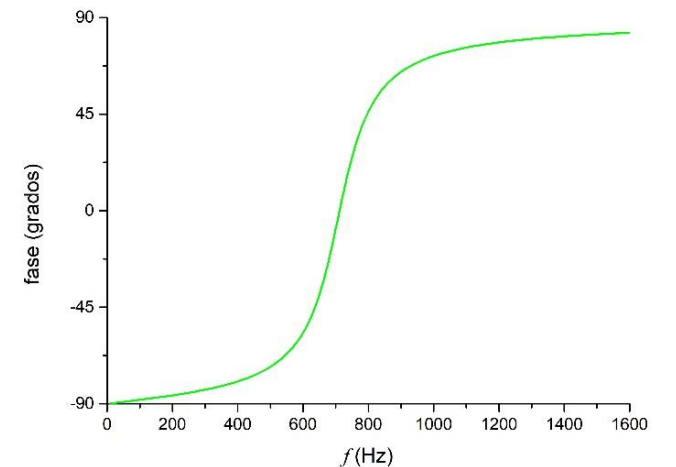
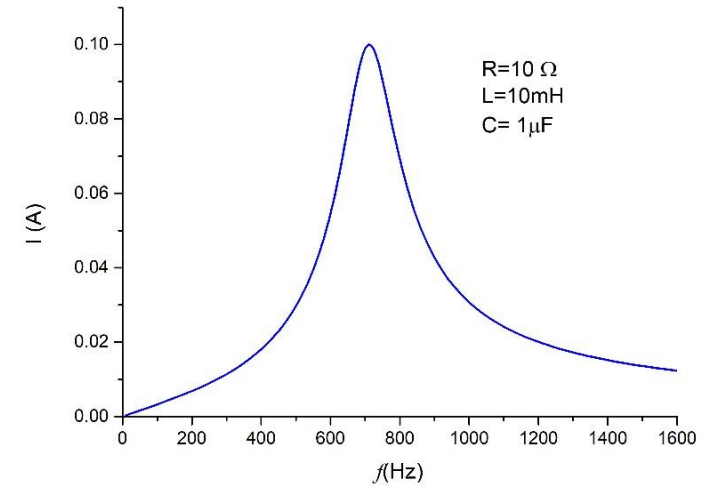
$$|I| = I_0 = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

$$\tan \varphi = \frac{\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)}{R}$$

Frecuencia de  
resonancia

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi}$$

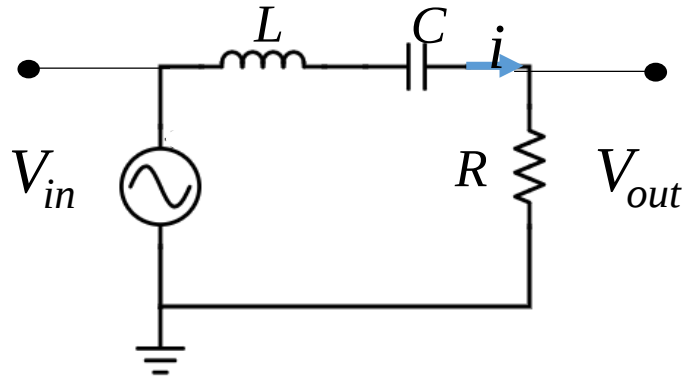
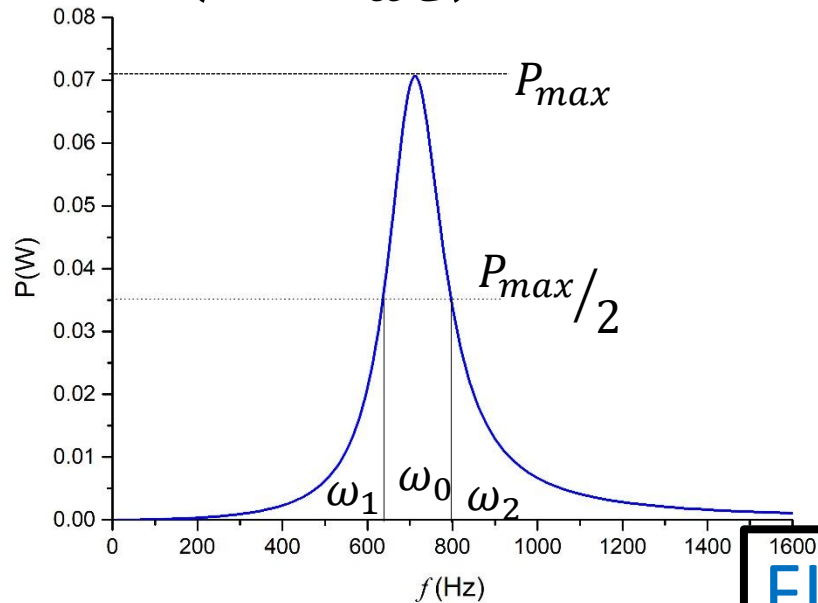


# Respuesta en frecuencia

Potencia disipada

$$P = I_{ef}^2 * R = \frac{I^2}{2} * R$$

$$P = \frac{V_{ef}^2 * R}{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$



Ancho de la curva

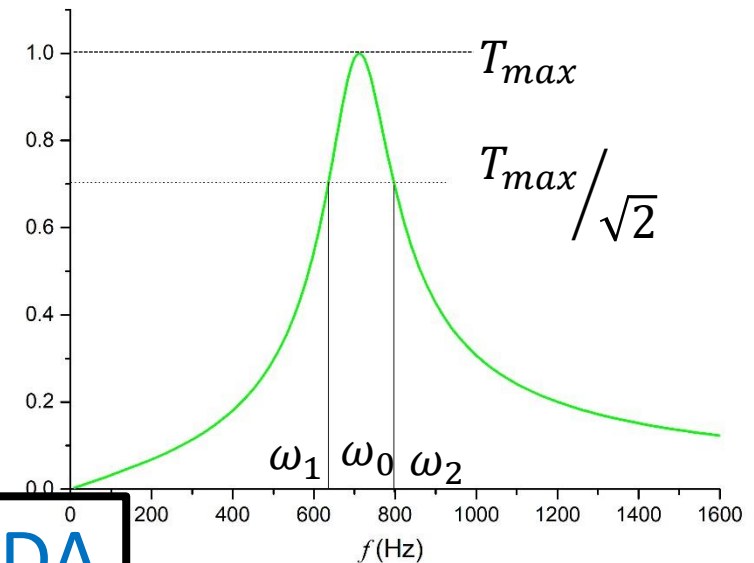
$$\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$$

$$\Delta\omega = \frac{R}{L}$$

Transferencia de tensión

$$T = \left| \frac{V_{out}}{V_{in}} \right| = \frac{|I| * R}{V_0}$$

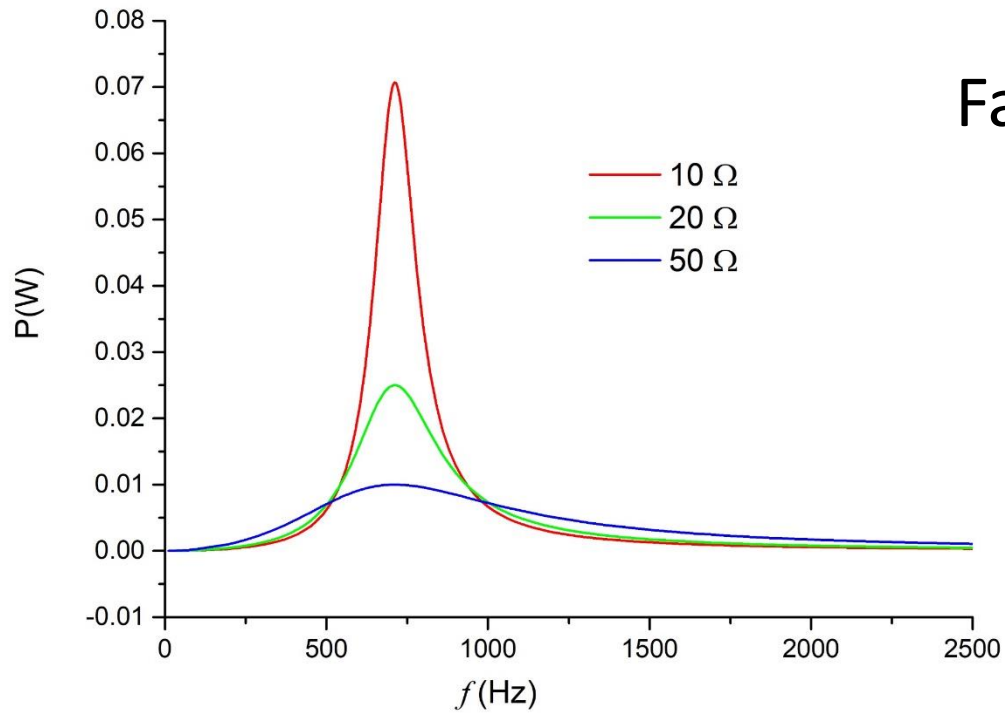
$$T = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$



**FILTRO PASA BANDA**

# FILTRO PASA BANDA

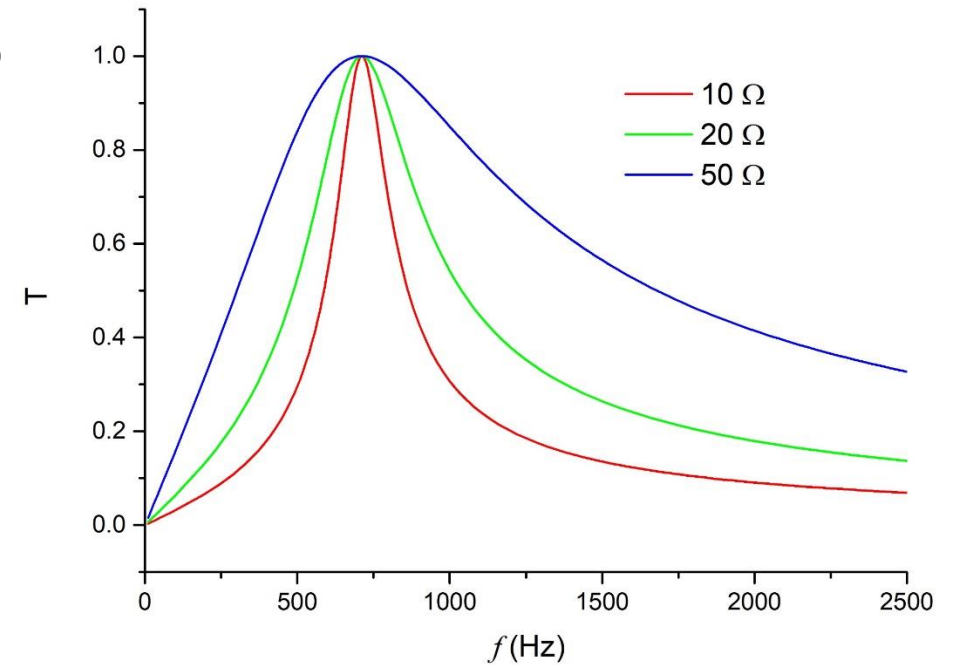
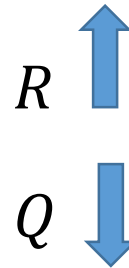
## Influencia del valor de R



Factor de mérito

$$Q = \frac{\omega_0}{\omega_2 - \omega_1}$$

$$Q = \omega_0 \frac{L}{R}$$



Ancho de banda

$$\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 = \frac{R}{L}$$

## Bloque 2 # Propuesta de trabajo

**Día 1** Regímenes transitorios RC y RL  
Tiempos característicos

**Día 2** Transitorio RLC  
Caso sobre y sub amortiguado  
Estacionario RLC  
Curva de resonancia

**Día 3** Filtro pasa alto / pasa bajo RC o RL  
Circuito integrador / derivador RC o RL  
Filtro pasabanda / elimina banda RLC