

Circuitos RLC

1. Introducción

Un circuito **RLC** es un circuito eléctrico compuesto por tres elementos pasivos fundamentales: una resistencia (R), una inductancia (L) y una capacitancia (C). Estos elementos pueden estar conectados en serie o en paralelo.

2. Elementos del circuito

- **Resistencia (R):** se opone al flujo de corriente, disipando energía en forma de calor. Su unidad es el Ω .
- **Inductancia (L):** almacena energía en forma de campo magnético. Se opone a cambios en la corriente. Su unidad es el H.
- **Capacitancia (C):** almacena energía en forma de campo eléctrico. Se opone a cambios en el voltaje. Su unidad es el F.

3. Ecuación diferencial (serie)

Para un circuito RLC en serie con una fuente de voltaje $V(t)$, la ecuación diferencial que describe el circuito es:

$$V(t) = L \frac{dI}{dt} + RI(t) + \frac{1}{C} \int I(t) dt$$

O, en forma diferencial:

$$L \frac{d^2q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = V(t)$$

donde $q(t)$ es la carga en el capacitor e $I(t) = \frac{dq}{dt}$.

4. Solución del circuito sin fuente (respuesta natural)

Cuando $V(t) = 0$ (respuesta natural), la ecuación se convierte en:

$$L \frac{d^2 q}{dt^2} + R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$$

La solución depende del discriminante $\Delta = R^2 - 4L/C$:

- **Subamortiguado** ($\Delta < 0$): oscilaciones amortiguadas.
- **Críticamente amortiguado** ($\Delta = 0$): retorno más rápido sin oscilaciones.
- **Sobreamortiguado** ($\Delta > 0$): decaimiento lento sin oscilaciones.

5. Circuito RLC con fuente alterna (AC)

Con una fuente sinusoidal $V(t) = V_0 \cos(\omega t)$, se usa análisis en régimen permanente con impedancias:

- Impedancia del resistor: $Z_R = R$
- Impedancia del inductor: $Z_L = j\omega L$
- Impedancia del capacitor: $Z_C = \frac{1}{j\omega C}$

Impedancia total (serie):

$$Z_{\text{total}} = R + j \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)$$

Corriente en el circuito:

$$I(t) = \frac{V_0}{|Z|} \cos(\omega t - \phi), \quad \text{con } \phi = \arg(Z)$$

6. Frecuencia de resonancia

La **frecuencia de resonancia** ocurre cuando la reactancia inductiva y capacitiva se cancelan:

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

En resonancia:

$$Z = R, \quad I_{\text{máx}} = \frac{V_0}{R}$$

7. Factor de calidad (Q)

$$Q = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{\omega_0 RC}$$

Indica cuán selectivo es el circuito en resonancia: mayor Q implica menor ancho de banda y mayor amplitud de oscilación.

8. Potencia en el circuito RLC

La potencia promedio disipada es:

$$P = \frac{1}{2} V_0 I_0 \cos(\phi)$$

Donde ϕ es el desfase entre voltaje y corriente. Solo el resistor disipa potencia en forma de calor. Los elementos L y C solo almacenan y devuelven energía.

9. Aplicaciones

Los circuitos RLC se usan en:

- Filtros eléctricos (pasa banda, pasa bajos, etc.)
- Sintonizadores de radio
- Osciladores
- Sistemas de telecomunicaciones y procesamiento de señales