

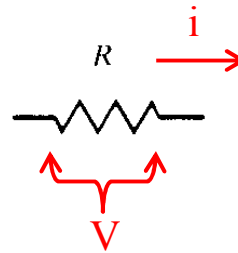
# Unidad I: Altavoz en Pantalla Infinita

## Parte 1 – Circuitos electromecanoacústicos

Recinto para Altavoces  
Prof. Ing. Andrés Barrera A.

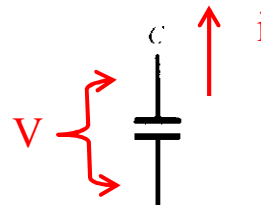
# 1.- Elementos de un circuito eléctrico

Resistencia



$$R = \frac{V}{i}$$

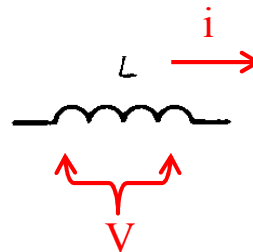
Capacitancia



$$Z = \frac{V}{i} = \frac{1}{j\omega C}$$

$$\omega = 2\pi f$$

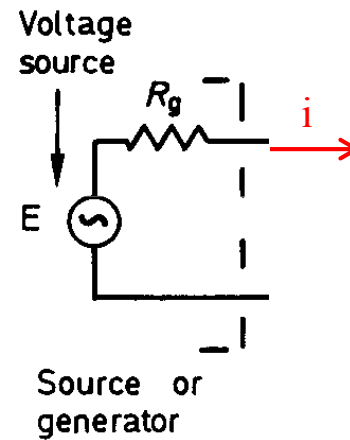
Inductancia



$$Z = \frac{V}{i} = j\omega L$$

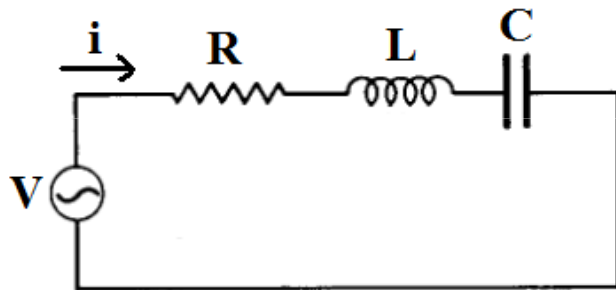
# 1.- Elementos de un circuito eléctrico

Fuente de  
Voltaje



$$R_g = \frac{E}{i}$$

Los circuitos análogos sirven para resolver, por ejemplo, problemas acerca de las frecuencias de resonancia de algún sistema.



- La impedancia eléctrica del circuito:

$$Z = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}$$

- Cuando la impedancia es mínima, el circuito entra en resonancia:

$$j\omega_0 L + \frac{1}{j\omega_0 C} = 0 \Leftrightarrow j\omega_0 L = -\frac{1}{j\omega_0 C}$$

$$\omega_0^2 = -\frac{1}{j^2 LC}$$

- Ya que:

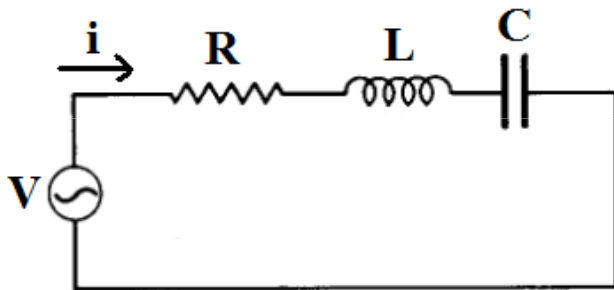
$$j = \sqrt{-1} \Rightarrow j^2 = -1$$

- Entonces:

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\therefore f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

A esta frecuencia, la corriente (i) del circuito es máxima.



## 2.- Analogías Electromecanoacústicas

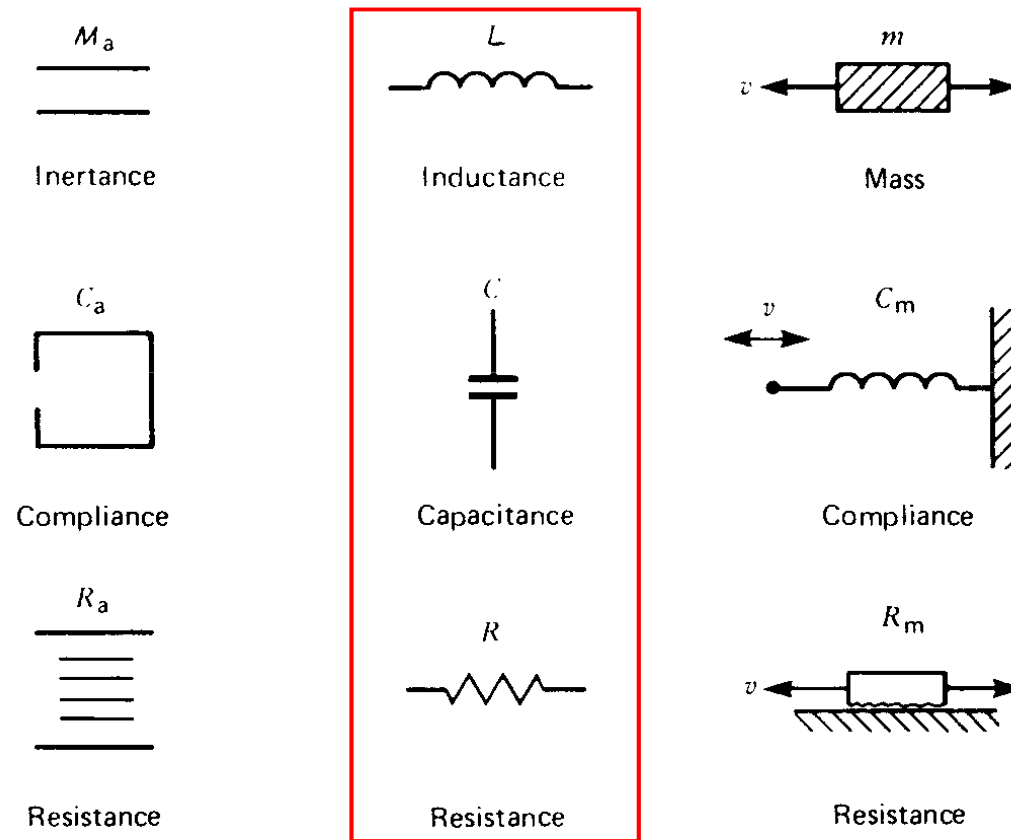


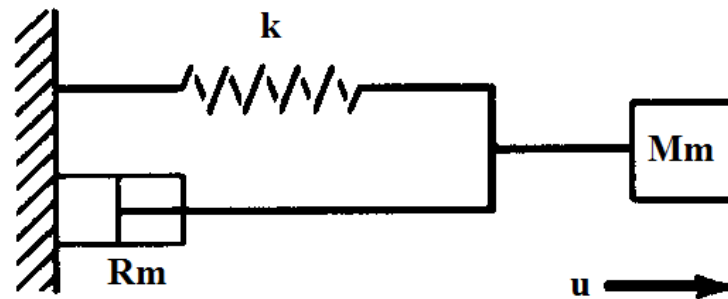
Figure 2.7 Basic acoustic, electrical and mechanical analogues

## 3.- Analogías Electromecanoacústicas

### 3.1.- Analogía Tipo Impedancia

- Voltaje (V)  $\propto$  Fuerza (F)  $\propto$  Presión (P).
- Corriente (i)  $\propto$  Velocidad lineal (u)  $\propto$  Velocidad de caudal (U)
- Resistencia (R)  $\propto$  Resistencia mecánica (Rm)  $\propto$  Resistencia acústica (Ra)
- Bobina (L)  $\propto$  Masa mecánica (Mm)  $\propto$  Masa acústica (Ma)
- Condensador (C)  $\propto$  Compliancia mecánica (Cm)  $\propto$  Compliancia acústica (Ca)

# PROBLEMA MECÁNICO

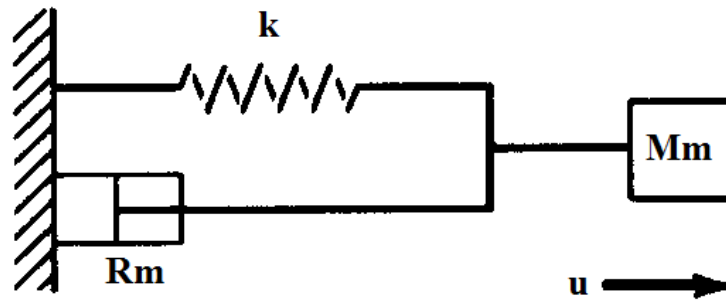


- Notar que los 3 elementos (masa, resorte, amortiguador) se mueven a la misma velocidad lineal ( $u$ ).
- **Ley de Hooke**

$$F = kx \Leftrightarrow F = \frac{x}{C_m} \Rightarrow \therefore C_m = \frac{1}{k}$$



# PROBLEMA MECÁNICO



- Amortiguador – Roce viscoso

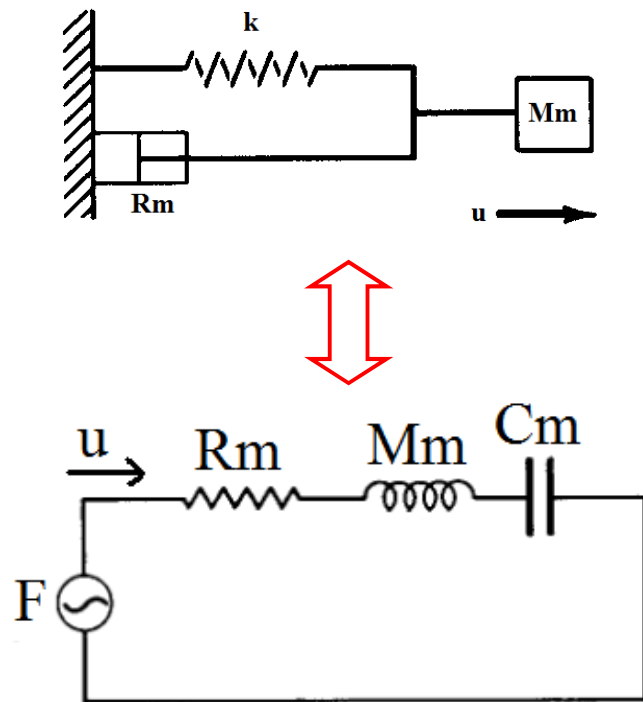
$$F = Rm \cdot u = Rm \cdot \frac{\partial x}{\partial t}$$

- Masa mecánica – 2º Ley de Newton

$$F = Mm \cdot a = Mm \cdot \frac{\partial^2 x}{\partial t^2}$$

# PROBLEMA MECÁNICO

## Analogía Impedancia



- La impedancia mecánica del circuito:

$$Z = R_m + j\omega M_m + \frac{1}{j\omega C_m}$$

- Cuando la impedancia es mínima, el sistema entra en resonancia:

$$j\omega_0 M_m + \frac{1}{j\omega_0 C_m} = 0 \Leftrightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{M_m C_m}}$$

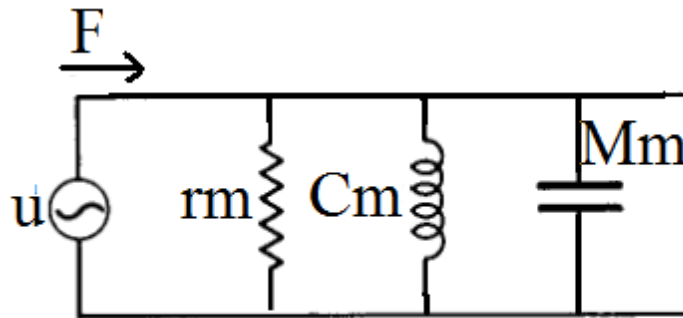
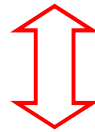
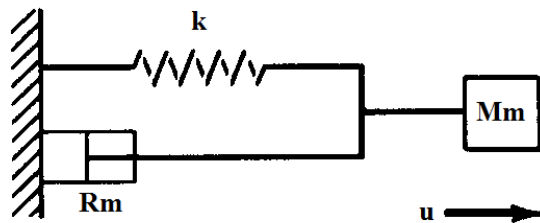
## 3.- Analogías Electromecanoacústicas

### 3.2.- Analogía Tipo Movilidad

- Corriente (i)  $\propto$  Fuerza (F)  $\propto$  Presión (P).
- Voltaje (V)  $\propto$  Velocidad lineal (u)  $\propto$  Velocidad de caudal (U)
- Resistencia (R)  $\propto$  Movilidad mecánica ( $r_m = 1 / R_m$ )  $\propto$  Movilidad acústica ( $r_a = 1 / R_a$ )
- Condensador (C)  $\propto$  Masa mecánica (Mm)  $\propto$  Masa acústica (Ma)
- Bobina (L)  $\propto$  Compliancia mecánica (Cm)  $\propto$  Compliancia acústica (Ca)

# PROBLEMA MECÁNICO

## Analogía Movilidad



- La movilidad mecánica del circuito:

$$z = r_m + j\omega C_m + \frac{1}{j\omega M_m}$$

- Cuando la movilidad es mínima, el sistema entra en resonancia:

$$j\omega_0 C_m + \frac{1}{j\omega_0 M_m} = 0 \Leftrightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{M_m C_m}}$$

# Componentes Acústicos

- **Masa Acústica (Ma)**: asociada a una masa de aire que se mueve como una unidad (sin compresión).

$$Ma = \frac{Mm}{S^2} \left[ \frac{kg}{m^4} \right]$$

- **Compliance Acústica (Ca)**: asociada a un volumen de aire que no tiene un movimiento neto respecto a su centro de masa, sólo se comprime o expande.

$$Ca = \frac{V}{\rho_0 c^2} \left[ \frac{m^5}{N} \right]$$

- **Resistencia Acústica (Ra)**: asociada a las pérdidas en calor (absorción sonora) producidas en el sistema.

# PROBLEMA ACÚSTICO

## Analogía Impedancia

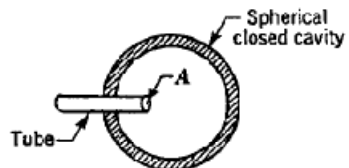
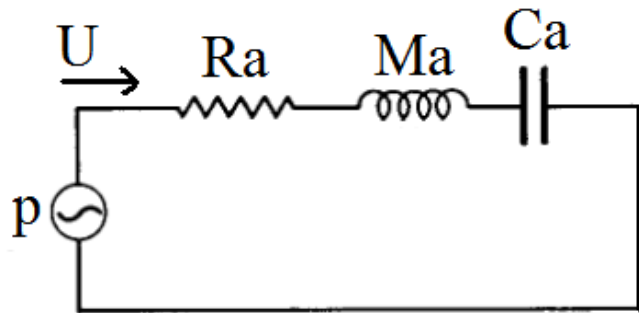


FIG. 3.22. Closed cavity connecting to the outside air through a tube of cross-sectional area  $S$ . The junction plane between the tube and the cavity occurs at  $A$ .



- La impedancia acústica del circuito:

$$Z = Ra + j\omega Ma + \frac{1}{j\omega Ca}$$

- Cuando la impedancia es mínima, el sistema entra en resonancia:

$$j\omega_0 Ma + \frac{1}{j\omega_0 Ca} = 0 \Leftrightarrow f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{MaCa}}$$

## 4. Transductores

### 4.1.- Transductor electromecánico

$$F = Bli$$

$$V = Blu$$

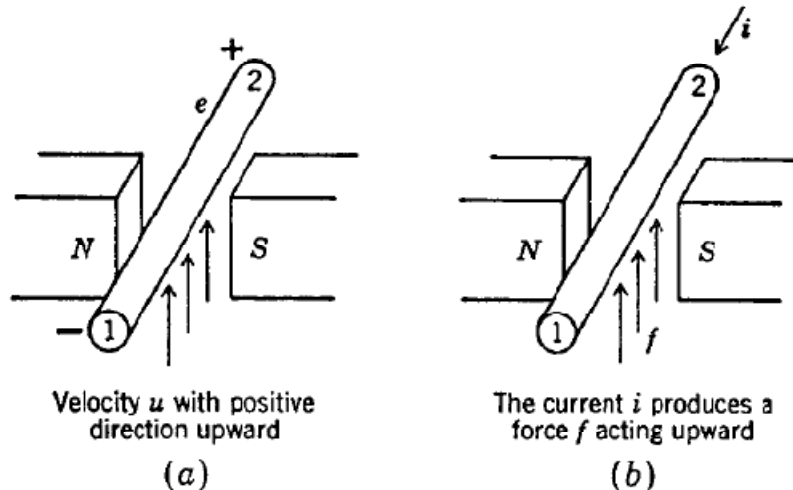


FIG. 3.34. Simplified form of moving-coil transducer consisting of a single length of wire cutting a magnetic field of flux density  $B$ . (a) The conductor is moving vertically at constant velocity so as to generate an open-circuit voltage across terminals 1 and 2. (b) A constant current is entering terminal 2 to produce a force on the conductor in a vertical direction.

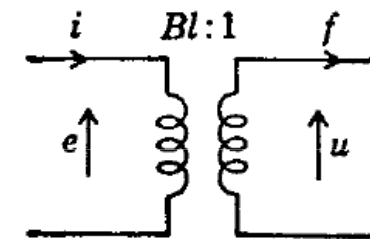


FIG. 3.35. Analogous symbol for the electromagnetic-mechanical transducer of Fig. 3.34. The mechanical side is of the mobility type.

## 4. Transductores

### 4.2.- Transductor mecanoacústico

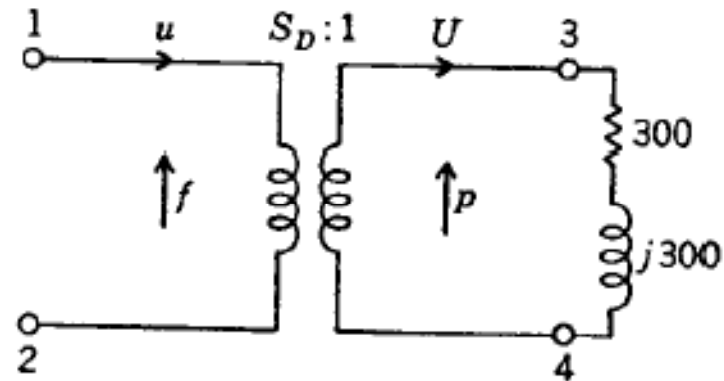
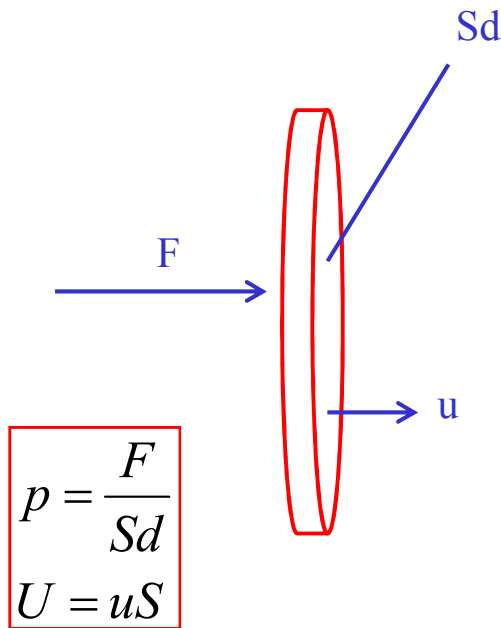


FIG. 3.39. Example of a mechano-acoustic transducer. The acoustic impedance of a horn (at terminals 3 and 4) loads the diaphragm with a mechanical impedance  $S_D^2(300 + j300)$  mks mechanical ohms.



# Unidad I: Altavoz en Pantalla Infinita

## Parte 1 – Circuitos electromecanoacústicos

Recinto para Altavoces

Prof. Ing. Andrés Barrera A.