1. Un altavoz se encarga de reproducir sonido a partir de señales eléctricas. En el esquema de la figura 1 se puede apreciar su funcionamiento.

   La araña (una pieza de tela con arrugas concéntricas) se encarga de mantener centrado el cono, junto a la suspensión.

   El imán, junto a las piezas polares crean un circuito magnético. En el entrehierro es donde el campo de la bobina reacciona contra el campo fijo del imán. La fuerza de la corriente que fluye por la bobina causa que ésta se mueva hacia adelante y hacia atrás y las fluctuaciones de la presión del aire se transforman en sonidos audibles.

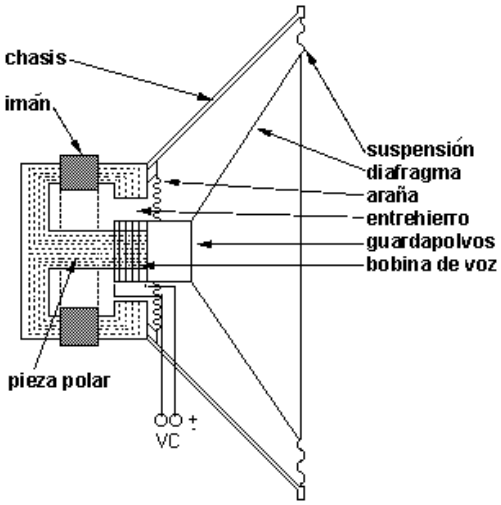

Figura 1: Esquema de un altavoz de cono convencional.

En la figura 2 se aprecia el equivalente electrónico simplificado de un altavoz de este tipo.

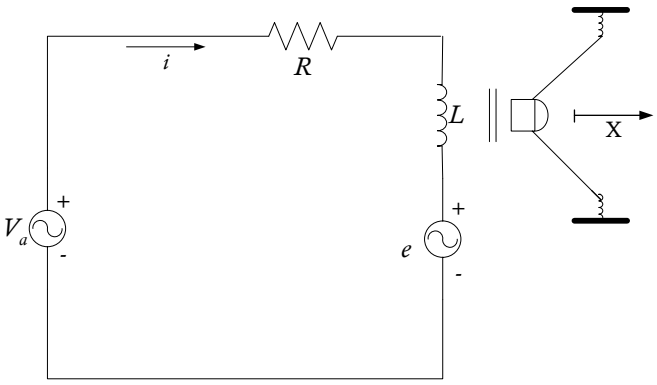

Figura 2: Esquema eléctronico sencillo de un altavoz de cono convencional.

La ecuación mecánica que rige el movimiento del cono sabiendo que la fuerza es proporcional a la intensidad de corriente y que $\sum F = ma$, es:

$$Ma(t) + B \int a(t)\, dt = K_1 i(t)$$

donde $a(t)$ es la aceleración del cono, $i(t)$ la intensidad de corriente, M es la masa del cono, B es el coeficiente de fricción y K_1 una constante de proporcionalidad.

El propio movimiento del cono, y por tanto de la bobina asociada a él, produce un voltaje $e(t)$ proporcional a la velocidad, cuyo comportamiento se puede modelar como:

$$e(t) = K_1 \int a(t)\, dt$$

La presión del aire es proporcional a la aceleración:

$$P(t) = Ka(t)$$

Por último la ecuación que rige el circuito electrónico es:

$$L\frac{di(t)}{dt} + Ri(t) = V_a(t) - e(t)$$

Los valores de las constantes son: $L = 0{,}005, R = 8, M = 0{,}005, B = 0{,}8, K = 0{,}05$ y $K_1 = 0{,}63$.

(a) Dibujar el diagrama de bloques del sistema tomando como entrada la tensión $V_a(t)$ y como salida la presión del aire $P(t)$.

(b) Obtener la función de transferencia entre la entrada y la salida y dibujar su diagrama cero-polar.

(c) La respuesta a cada una de las frecuencias es lo más importante en este caso, por tanto dibujar el diagrama de bode asintótico del sistema.

(d) Un determinado efecto de sonido tiene una frecuencia fundamental a 2'4KHz. ¿Cómo será reproducido dicho sonido en este modelo de altavoz?.

(e) Para modificar el comportamiento de algunos altavoces se les instala un pequeño micrófono que toma el sonido que reproduce el propio altavoz y lo realimenta al sistema para realizar un control proporcional. Suponiendo la realimentación negativa y unitaria desde la salida del sistema y un regulador proporcional de constante K_r razonar, mediante el método del lugar de las raíces cómo varía la posición de los polos del sistema y el efecto relacionado en el ancho de banda del diagrama de Bode de amplitudes. ¿En qué beneficia o perjudica esta realimentación al altavoz?.

2. Un determinado proceso responde según la siguiente función de transferencia:

$$G(s) = \frac{1}{(s+2)(s-3)}$$

El sistema se realimenta negativa y unitariamente y se le añade un regulador $R(s)$.

(a) Calcular el regulador *real* más sencillo que haga que el sistema en cadena cerrada cumpla: $t_s = \pi/4$ y $M_p = 5\,\%$.

(b) Dibujar, de forma aproximada, la respuesta a escalón del sistema compensado con el regulador calculado anteriormente.

(c) Se desea implementar el regulador en un microcontrolador. Para ello se pide calcular el período de muestreo necesario, tomando como tal un valor igual a una décima parte del tiempo de pico, y la ecuación en diferencias que se debe programar en el microcontrolador.