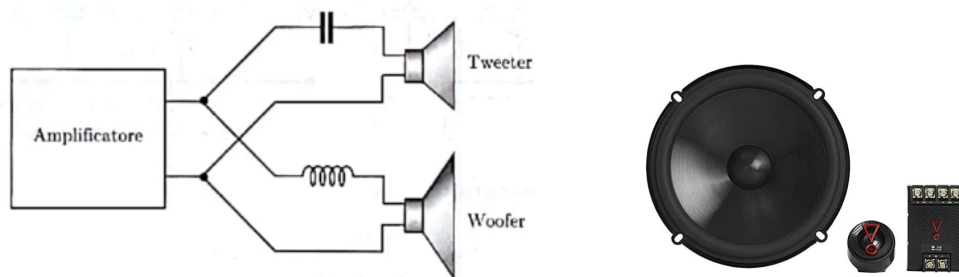


## Laboratorio 3 per Fondamenti di Automatica (Matematici)

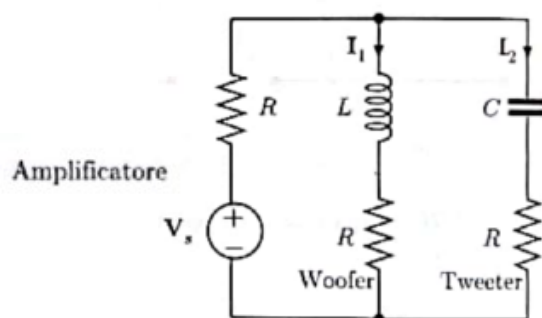
### Esercizio 1

Nei sistemi di riproduzione audio si utilizzano due o più altoparlanti per ciascun canale stereo, allo scopo di riprodurre al meglio tutta la gamma delle frequenze audio ( $\approx 0 \div 20$  kHz). Nel caso più semplice si hanno due altoparlanti, il *woofer* e il *tweeter*, progettati per la riproduzione, rispettivamente, delle basse e delle alte frequenze. Poiché l'amplificatore è unico, si rende necessario ripartire la potenza tra i due altoparlanti, in modo tale che le componenti di bassa frequenza raggiungano solo il woofer, e quelle in alta frequenza raggiungano solo il tweeter. Ciò si realizza con un particolare circuito, detto *filtro di crossover*, la cui frequenza di taglio (frequenza di crossover ( $f_{cr}$ )) è tipicamente pari a 0.5 kHz.

Un semplice esempio di filtro di crossover è mostrato nella figura seguente: l'amplificatore è collegato in parallelo ai due altoparlanti; nel ramo induttivo è inserito il *woofer*, nel ramo capacitivo è inserito il *tweeter*.



Ai fini dell'analisi del sistema di riproduzione audio, ciascun altoparlante può essere descritto da una resistenza  $R$  (un valore tipico è  $R = 8\Omega$ <sup>1</sup>). Il circuito elettrico equivalente è riportato di seguito (per semplificare, supponiamo che la stessa resistenza caratterizzi anche l'amplificatore).



I valori di induttanza  $L$  e di capacità  $C$  sono, rispettivamente, pari a 0.75 mH e 3.76  $\mu$ F.

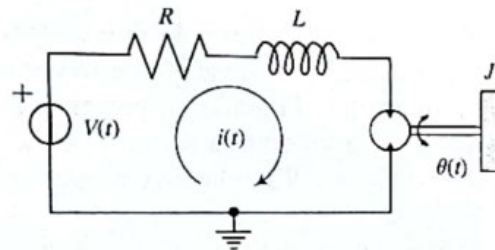
Si verifichi se il sistema di riproduzione audio soddisfi la richiesta relativa alla frequenza di crossover ( $f_{cr} = 0.5$  kHz); in caso negativo se ne progetti uno opportuno, ipotizzando di poter sostituire sia l'induttore che il condensatore.

<sup>1</sup> La resistenza  $R$  deve essere tale che la potenza dissipata per effetto Joule nel resistore, corrispondente alla potenza assorbita dall'altoparlante, sia pari a un'opportuna potenza per il segnale acustico generato.

## Esercizio 2

Un motore elettrico è una particolare macchina elettrica rotante, che trasforma l'energia elettrica in ingresso, applicata ai morsetti di alimentazione, in energia meccanica in uscita resa disponibile sull'asse del motore.

Dal punto di vista elettro-meccanico, schematizzato in figura, il motore elettrico è composto da uno statore che deve essere sostenuto da una corrente continua  $i(t)$  e da un circuito rotorico, alimentato da una tensione  $V(t)$  e caratterizzato da una resistenza  $R$  e da un'induttanza  $L$ .



L'albero del motore, collegato allo statore, è caratterizzato da un momento di inerzia  $J$  e da un coefficiente di attrito viscoso  $q$ . La rotazione dell'albero motore, generata dalla corrente che attraversa il circuito, genera a sua volta una forza contro elettromotrice indotta proporzionale (secondo il coefficiente  $h$ ) alla velocità angolare dell'albero stesso.

Consideriamo come applicazione d'uso di tale motore, quella in ambito aeromodellistico, per la quale all'albero viene collegata l'elica dell'aereo.

L'obiettivo da perseguire è quello di poter controllare la velocità di rotazione dell'elica. In particolare, dopo aver verificato che il motore soddisfa la specifica di progetto di una velocità di rotazione dell'albero motore pari a 1000 giri/min per Volt di alimentazione, si vorrà progettare un sistema di controllo di modo che sia possibile portare la velocità di rotazione dello stesso a un valore desiderato in un tempo circa pari a mezzo secondo. Inoltre, si vorrà ottenere tale risultato anche in presenza di eventuali raffiche di vento presenti in volo.

I valori dei parametri sono:

$$\begin{array}{lll} R = 48 \, \text{m}\Omega & L = 750 \, \text{mH} & J = 8.37 \cdot 10^{-7} \, \text{kg m}^2 \\ q = 8.7 \cdot 10^{-5} \, \text{kg m}^2 \text{s}^{-1} & h = 9.1 \cdot 10^{-3} \, \text{kg m}^2 \text{s}^{-1} & k = 0.2 \cdot 10^{-3} \, \text{kg m}^2 \text{s}^{-1} \end{array}$$

dove  $k$  è il coefficiente della coppia di attrito generata sull'albero motore dalla raffica di vento.