

# Simulazione di un modello RLC per la meccanica respiratoria in Simulink

Mastrofini Alessandro

alessandro.mastrofini@alumni.uniroma2.eu

## Abstract

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

## 1 Introduzione

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo.

Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

## 2 Background

SCRIVI QUALCOSA

### 2.1 Analogia circuitale

Il circuito polmonare può essere analizzando facendo un'analogia con i circuiti elettrici.

In particolare è possibile fare un parallelismo tra il flusso d'aria e la corrente elettrica (flusso di cariche) vedendo e la pressione come la presenza di

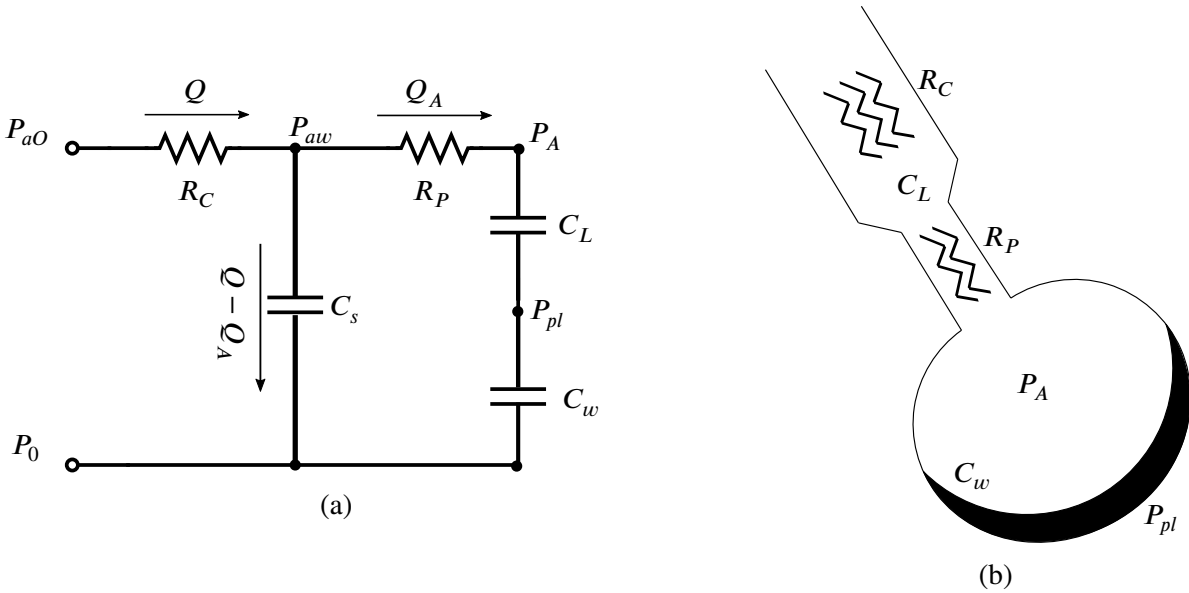


FIG. 1: Analogia circuitale della meccanica respiratoria [1] (a); Rappresentazione schematica della divisione del circuito polmonare in due contributi resistivi (vie aeree superiori e inferiori) e in due contributi capacitivi (compliances del polmone e della parete toracica), raffigurate anche la pressione alveolare e pleurica.

un potenziale elettrico. Si rivede allora la resistenza meccanica come il rapporto tra l'incremento di pressione rispetto il flusso, analoga alla resistenza elettrica. Similmente la compliance non è altro che il rapporto tra l'aumento di volume e l'aumento di pressione, in analogia elettrica è un condensatore.

Il sistema in fig. 1a è un modello di meccanica respiratoria che trascura la presenza di contributi inerziali (non ci induttanze) e considera la presenza di due compartimenti. Sono separate le vie aeree superiori, con il loro contributo resistivo  $R_C$  dalle vie aeree inferiori  $R_P$ . I due compartimenti sono in serie tra loro ed in serie ai serbatoi d'aria, ovvero le capacità rappresentanti il contributo di compliance della parete  $C_W$  e del polmone  $C_L$ . Tali contributi sono in serie proprio perchè il volume d'aria passante è lo stesso.

A questo si aggiunge anche la capacità di shunt  $C_S$  che tiene conto di diversi contributi quali lo spazio morto anatomico, la deformabilità delle vie aeree e la comprimibilità dell'aria.

Si identificano allora anche le pressioni nei nodi. La pressione alle vie aeree  $P_{aw}$ , la pressione pleurica  $P_{pl}$  e la pressione alveolare  $P_A$ . Chiaramente l'ingresso del sistema, dato dalla bocca e dalle cavità nasali, è rappresentato dalla pressione all'apertura delle vie aeree  $P_{aO}$ .

## 2.2 Risposta del sistema

Il circuito in fig. 1a può essere descritto dalle seguenti equazioni:

$$\begin{cases} P_{aO} = Q R_C + \frac{1}{C_S} \int (Q - Q_A) \\ \frac{1}{C_S} \int (Q - Q_A) = Q_A R_P + \left( \frac{1}{C_L} + \frac{1}{C_W} \right) \int Q_A \end{cases} \quad (1)$$

Si ottiene allora la funzione di trasferimento del sistema:

$$\begin{aligned} H(s) &= \frac{Q(s)}{P_{aO}(s)} \\ &= \frac{s^2 + s \frac{1}{R_P} \left( \frac{1}{C_S} + \frac{1}{C_{eq}} \right)}{s^2 (R_C) + s \left( \frac{R_C + R_P + \frac{R_C C_S}{C_{eq}}}{C_S R_P} \right) + \frac{1}{C_{eq} C_S R_P}} \end{aligned} \quad (2)$$

Dove si esprime la serie delle capacità come  $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_L} + \frac{1}{C_W}$ .

## 2.3 Proprietà del sistema

I coefficienti numerici vengono selezionati da Khoo [1], sono riportati in Tab. 1.

## 3 Modellazione del sistema

| Parametro | Valore | Unità                   |
|-----------|--------|-------------------------|
| $R_C$     | 1      | H <sub>2</sub> O s / L  |
| $R_p$     | 0.5    | H <sub>2</sub> O s / L  |
| $C_L$     | 0.2    | L cm / H <sub>2</sub> O |
| $C_W$     | 0.2    | L cm / H <sub>2</sub> O |
| $C_S$     | 0.005  | L cm / H <sub>2</sub> O |

TAB. 1: Coefficienti numerici per il sistema [1]

## Riferimenti

- [1] Michael C. K. Khoo. *Physiological control systems: analysis, simulation, and estimation*. en. Second editon. IEEE Press series in biomedical engineering. Piscataway, NJ : Hoboken, New Jersey: IEEE Press ; Wiley, 2018. ISBN: 978-1-119-05533-4.

### 3.1 Simulink

## 4 Conclusioni

### Disponibilità dei dati

Il materiale è disponibile alla repository online del progetto: <https://github.com/mastroalex/resp-mech-simulink>

### Codice