Fondamenti di Automatica
Bioingegneria

L. Magni, C. Toffanin

Laboratorio di Identificazione
e Controllo dei Sistemi Dinamici

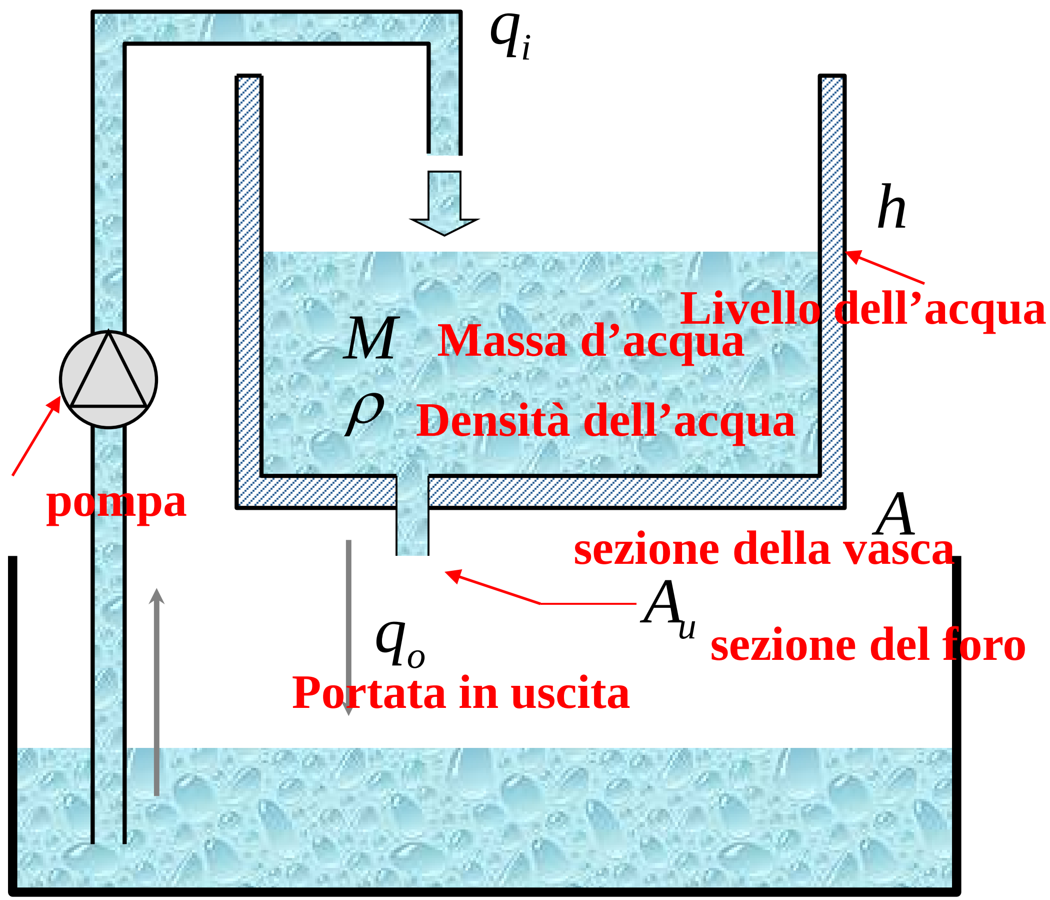
Università degli Studi di Pavia

Informazioni utili

- *Docenti: Lalo Magni e Chiara Toffanin*
- *E-mail: lalo.magni@unipv.it, chiara.toffanin@unipv.it*
- *Web-page: sisdin.unipv.it/lab/*
- *Iscrizione corso*
- *Ricevimento: su appuntamento*
  - *Magni: Presidenza (piano B)*
  - *Toffanin: Laboratorio di Identificazione e Controllo di Sistemi Dinamici (piano C)*
- *Testo consigliato*
  - *P. Bolzern, R. Scattolini, N. Schiavoni "Fondamenti di Controlli Automatici" 4a ed., 2015, McGraw-Hill, Italia*
- *Modalità d'esame*
  - *una prova scritta di 3 ore su tutti gli argomenti del corso (max 32 punti)*
  - *Appunti e calcolatrici grafiche NON sono ammesse agli esami*
  - *Massimo 2 punti per le esercitazioni Matlab (con 2 verifiche intermedie)*

Esempi di sistemi dinamici

Vasca con efflusso forzato



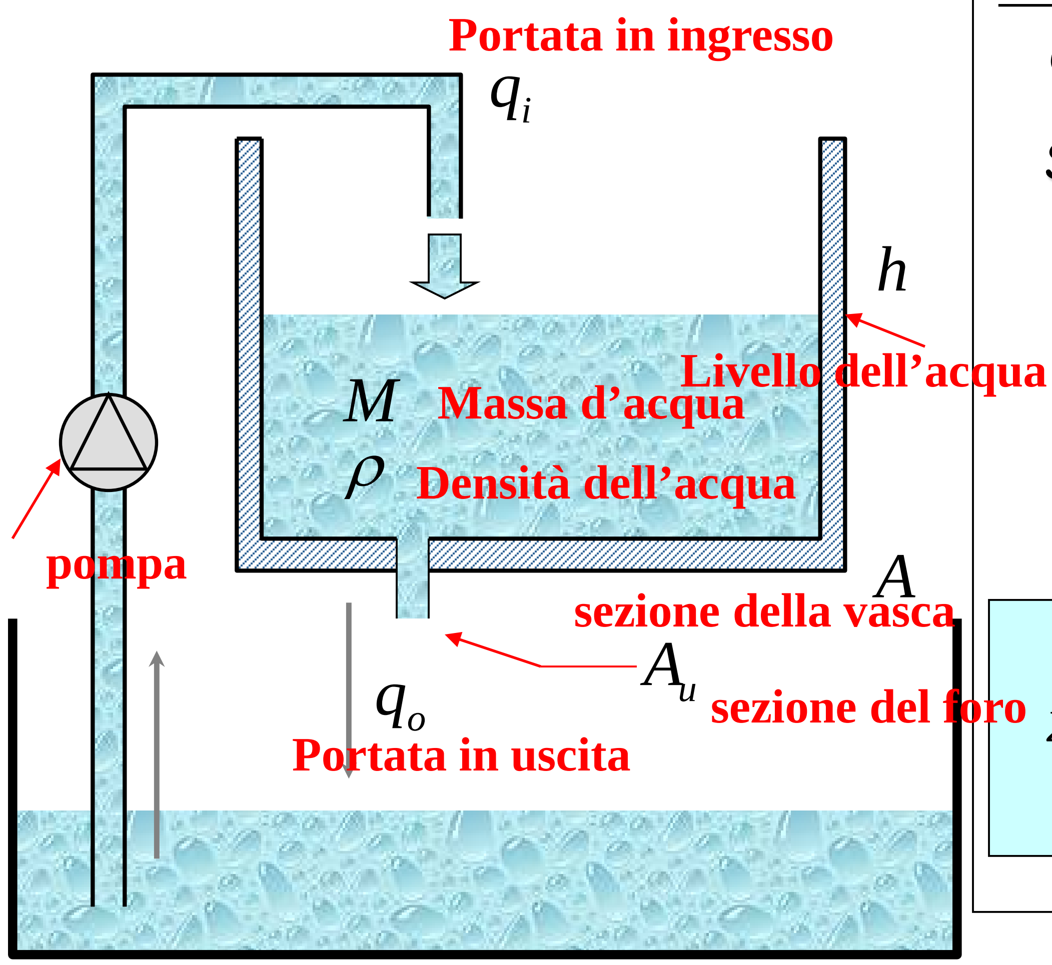
$$\frac{dh(t)}{dt} = \frac{1}{A} \cdot \left(q_i(t) - q_o(t)\right)$$

Stati e ingressi

$$x = h, u_1 = q_i, u_2 = q_o$$

$$\dot{x}(t) = \frac{1}{A} \cdot \left(u_1(t) - u_2(t)\right)$$

Vasca con efflusso libero



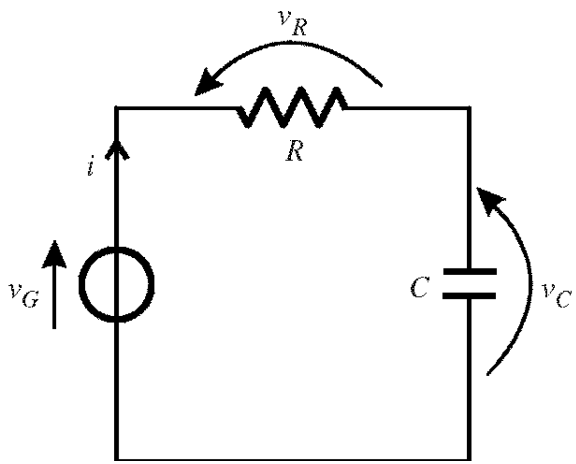
$$\frac{dh(t)}{dt} = \frac{1}{A}\left(q_i(t) - A_u\sqrt{2gh(t)}\right)$$

Stati e ingressi

$$x = h, u = q_i$$

$$\dot{x}(t) = \frac{1}{A}\left(u(t) - A_u\sqrt{2gx(t)}\right)$$

Circuito elettrico



$C\dot{v}_c = i$ Equazione del condensatore

$v_R = Ri$ Equazione della resistenza

Legge di Kirchhoff's

$v_g = RC\dot{v}_c + v_c$

$$\dot{v}_c(t) = -\frac{v_c(t)}{RC} + \frac{v_g(t)}{RC}$$

Stati e ingressi

$$x = v_c, u = v_g$$

$$\boxed{\dot{x}(t) = -\frac{x(t)}{RC} + \frac{u(t)}{RC}}$$

Motore in corrente continua

Equazione induttore $L\dot{i} = v$

Equazione resistore $v_R = Ri$

Forza elettromotrice e_f

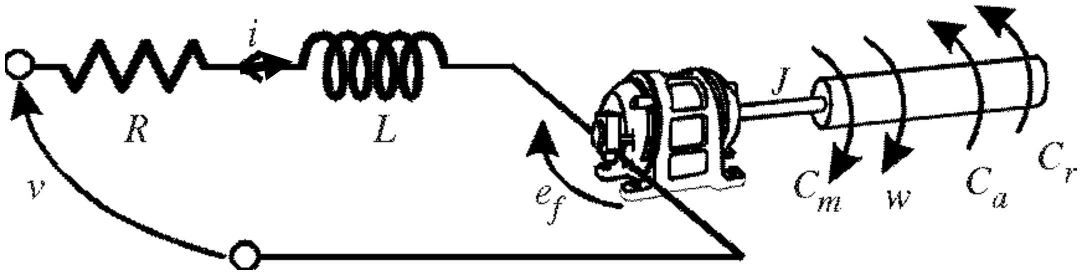
Inerzia rotore J

Coppia generata C_m

Coppia resistente C_r

Coppia di attrito C_a

Velocità di rotazione w



$$\dot{i}(t) = -\frac{R}{L}i(t) - \frac{k}{L}w(t) + \frac{1}{L}v(t)$$

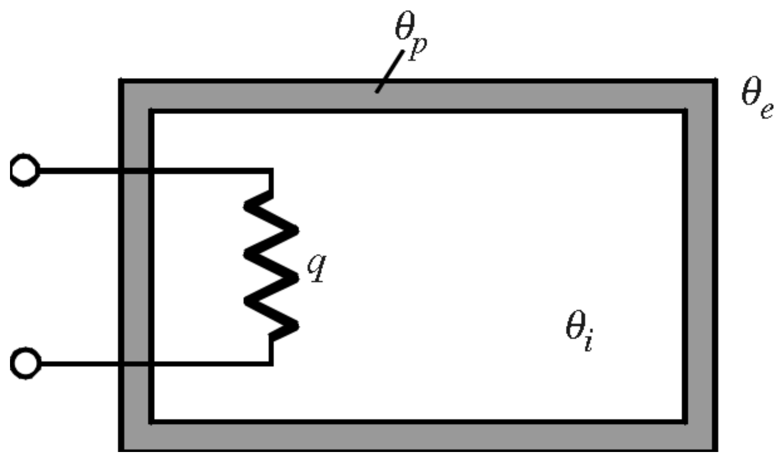
$$\dot{w}(t) = \frac{k}{J}i(t) - \frac{C_r(t)}{J} - \frac{h}{J}w(t)$$

Stati e ingressi

$$x_1 = i, x_2 = w$$
$$u_1 = v, u_2 = C_r$$

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) = -\frac{R}{L}x_1(t) - \frac{k}{L}x_2(t) + \frac{1}{L}u_1(t) \\ \dot{x}_2(t) = \frac{k}{J}x_1(t) - \frac{u_2(t)}{J} - \frac{h}{J}x_2(t) \end{cases}$$

Forno



Capacità termica del forno C_f
Temperatura interna θ_i
Temperatura esterna θ_e
Coefficiente di scambio k_{ie}
Energia del calore in ingresso q

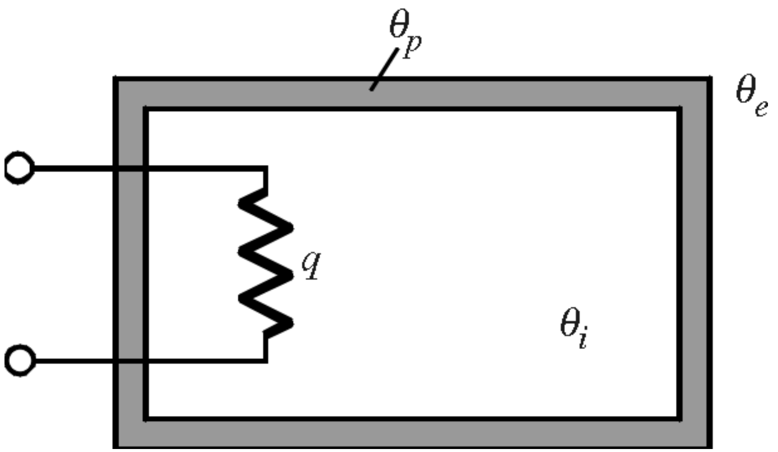
$$C_f \dot{\theta}_i(t) = k_{ie}\big(\theta_e(t) - \theta_i(t)\big) + q(t)$$

Stati e ingressi

$$x = \theta_i, u_1 = \theta_2, u_2 = q$$

$$\boxed{\dot{x}(t) = \frac{k_{ie}}{C_f}\big(u_1(t) - x(t)\big) + u_2(t)}$$

Forno - 2



Capacità termica interna del forno C_i

Capacità termica delle pareti C_p

Temperatura interna θ_e

Temperatura esterna θ_i

Temperatura delle pareti θ_p

Coefficienti di scambio k_{ip}, k_{pe}

Energia del calore in ingresso q

$$C_i\dot{\theta}_i(t) = k_{ip}\left(\theta_p(t) - \theta_i(t)\right) + q(t)$$
$$C_p\dot{\theta}_p(t) = k_{pe}\left(\theta_e(t) - \theta_p(t)\right) - k_{ip}\left(\theta_p(t) - \theta_i(t)\right)$$

Stati e ingressi

$$x_1 = \theta_i, x_2 = \theta_p$$
$$u_1 = \theta_e, u_2 = q$$

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) & = & \dfrac{k_{ip}}{C_i}\left(x_2(t) - x_1(t)\right) + \dfrac{u_2(t)}{C_i} \\ \dot{x}_2(t) & = & \dfrac{k_{pe}}{C_p}\left(u_1(t) - x_2(t)\right) - \dfrac{k_{ip}}{C_p}\left(x_2(t) - x_1(t)\right) \end{cases}$$

Modello monocompartimentale

q_1 = concentrazione del farmaco nel compartimento ematico (mg/ml)

k_e = coefficiente di trasferimento dei processi metabolici ed escretori (h^{-1})

d = somministrazione indovenosa

V = volume di distribuzione

$$\dot{q}(t) = -k_e q(t) + d(t)$$

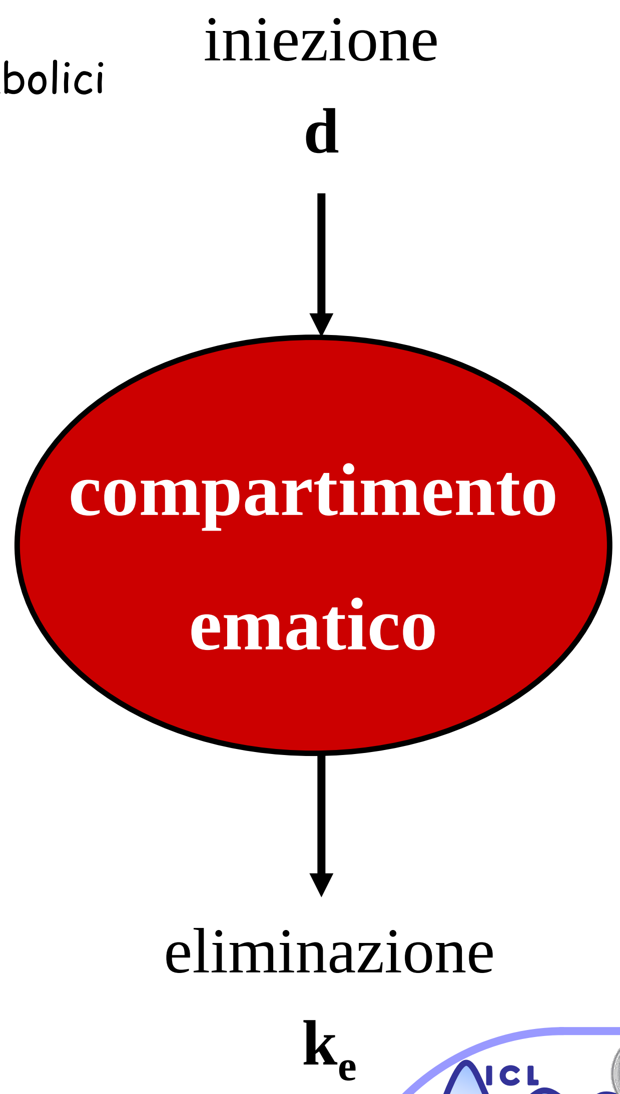
$$c = q(t)/V$$

Stati e ingressi, uscita

$$x = q, u = d, y = c$$

$$\dot{x}(t) = -k_e x(t) + u(t)$$

$$y(t) = x(t)/V$$



Modelli bicompartimentali

$$\begin{cases} \dot{q}_1(t) & = & -k_1 q_1(t) - k_2 q_1(t) + d_1(t) \\ \dot{q}_2(t) & = & +k_1 q_1(t) - k_3 q_2(t) + d_2(t) \end{cases}$$

$$c = q_2(t)/V$$

Stati, ingressi, uscita

$x_1 = q_1$, $x_2 = q_2$ $u_1 = d_1$, $u_2 = d_1$, $y = q_2$

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) & = & -k_1 x_1(t) - k_2 x_1(t) + u_1(t) \\ \dot{x}_2(t) & = & +k_1 x_1(t) - k_3 x_2(t) + u_2(t) \end{cases}$$

$$y = x_2(t)/V$$

Dinamica di popolazione – modello di Verhulst

Verhulst model (1848)
"logistic growth"

A = capacità della popolazione

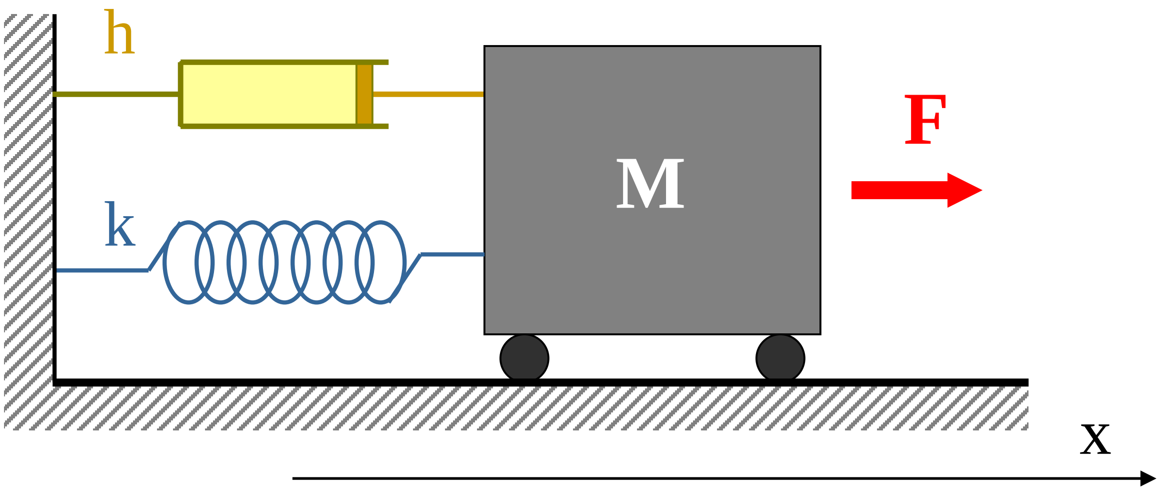
$$\frac{dN(t)}{dt} = bN(t)\left(1 - \frac{N(t)}{A}\right)$$

Stati e ingressi

$$x = N$$

$$\dot{x}(t) = bx(t)\left(1 - \frac{x(t)}{A}\right)$$

Sistema meccanico



$$M\ddot{x}(t) = F - kx(t) - h\dot{x}(t)$$

Stati e ingressi

$x_1 = x, x_2 = \dot{x}$
$u = F$

$$\begin{cases} \dot{x}_1(t) & = & x_2(t) \\ \dot{x}_2(t) & = & \dfrac{u(t)}{M} - \dfrac{k}{M}x_1(t) - \dfrac{h}{M}x_2(t) \end{cases}$$