Sommario

- Modalità di simulazione di sistemi lineari.
- Ingressi a gradino.
- Esempi.

Funzioni per la simulazione

- Al fine di simulare il comportamento del sistema, potremmo essere interessati ad analizzare come il sistema si comporta:
  - In evoluzione libera, imponendo un certo istante iniziale.
  - In evoluzione forzata, imponendo un segnale in ingresso.

- Nel proseguo della lezione vedremo alcune funzioni per analizzare i due casi appena introdotti.

Comportamento in evoluzione libera

- Si impone uno stato iniziale e si valuta il comportamento del sistema in evoluzione libera.

- La funzione MATLAB che permette di tracciare l'evoluzione libera di un sistema è la funzione `initial`.
- Sintassi:

Uscita in evoluzione libera

```
[y,t,x]=initial(sys,x0);
```

Vettore dello stato iniziale

Evoluzione dello stato

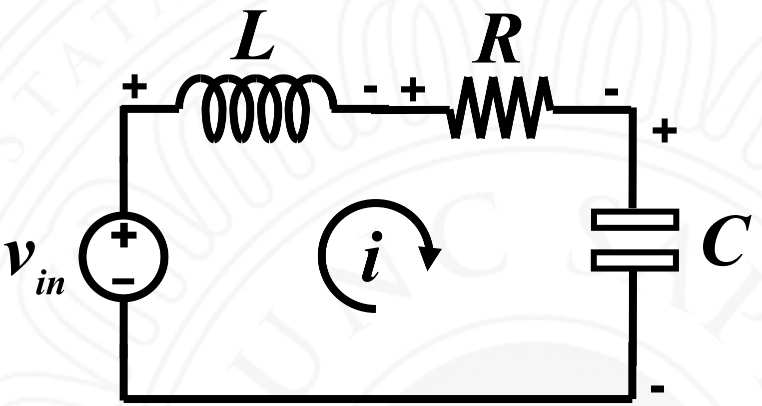
Sistema ottenuto **necessariamente** da un modello nello spazio di stato, ad esempio ottenuto tramite `ss`.

Esempio ev. libera: circuito RLC (1/3)

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t)$$

$$v_C = x_1 \quad i_L = x_2 \quad v_{in} = u$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{C} \\ -\frac{1}{L} & -\frac{R}{L} \end{bmatrix} \qquad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

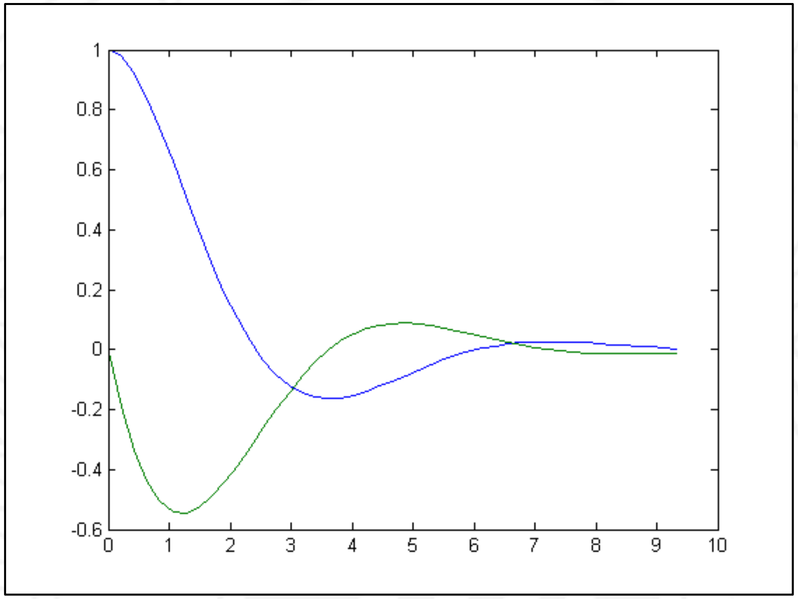


- Calcolare le matrici A e B nel caso in cui $C = L = R = 1$.
- Siamo interessati a valutare l'evoluzione libera dello stato (la tensione ai capi del condensatore v_C e la corrente che circola nel circuito i_L).

Esempio ev. libera: circuito RLC (2/3)

```
R=1;L=1;C=1;
A = [0 1/C; -1/L -R/L];
B = [1;0]; C=[1 0]; D=0;
sys=ss(A,B,C,D);
x0=[1;0];
[y,t,x]=initial(sys,x0);
plot(t,x);
```

$y = x_1 = v_C$



Attraverso il comando **pole**(sys) possiamo calcolare gli autovalori del sistema, ovvero: $\lambda_1 = -0.5 + 0.866i, \lambda_2 = -0.5 - 0.866i$.

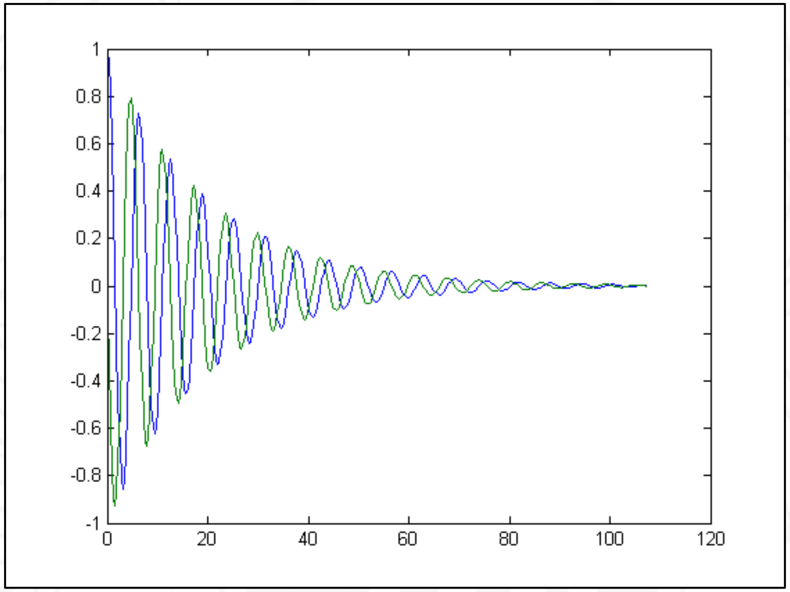
Esempio ev. libera: circuito RLC (3/3)

Se poniamo invece diversi valori di R,L,C, ad esempio:

```
R=0.1;L=1;C=1;
```

Il sistema avrà autovalori diversi. Possiamo calcolarli usando `pole` ottenendo:

$\lambda_1 = -0.05 + 0.9987i, \lambda_2 = -0.05 - 0.9987i$



Il comportamento in evoluzione libera è diverso, presenta maggiori oscillazioni e un più elevato tempo per l'annullamento dello stato.

Risposta a gradino

- Si impone un ingresso a gradino e si valuta il comportamento del sistema in uscita.

- La funzione MATLAB che permette di disegnare la risposta a gradino di un sistema è la funzione `step`.
- Sintassi:

```
[y,t,x]=step(sys);
```

Risposta a gradino ← `y`

Evoluzione dello stato ← `x`

Sistema, ad esempio ottenuto tramite funzioni `ss` o `tf`. ← `sys`

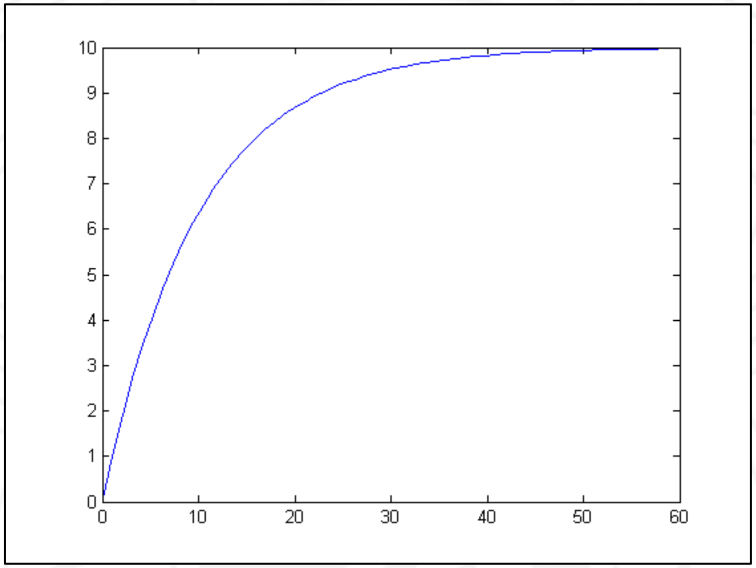
Esempio risposta a gradino: circuito RLC (1/2)

Poniamo:

```
R=10;L=1;C=1;
```

E calcoliamo la risposta a gradino del sistema (disegniamo l'uscita `y`):

```
A = [0 1/C; -1/L -R/L];
B = [1;0]; C=[1 0]; D=0;
sys=ss(A,B,C,D);
[y,t,x]=step(sys);
plot(t,y);
```



Carica del condensatore

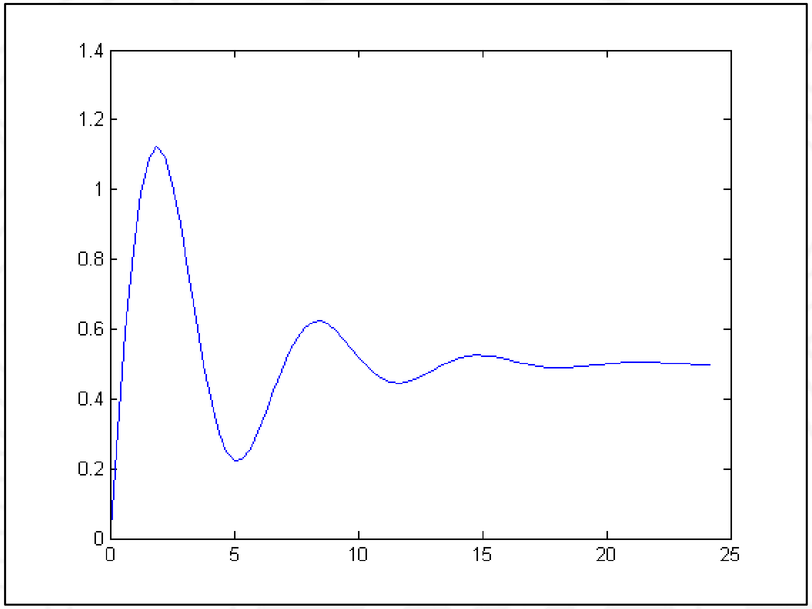
Esempio risposta a gradino: circuito RLC (2/2)

Con $R = 10$ (slide precedente) il sistema converge senza oscillazioni ma più lentamente al valore di regime pari a 10.

Se poniamo invece:

`R=0.5;L=1;C=1;`

Notiamo che in uscita raggiungiamo il valore di regime 0.5 con alcune oscillazioni ma più rapidamente.



Risposta all'impulso

```
impulse(num, den)
```

Calcola la risposta all'impulso del sistema la cui funzione di trasferimento è descritta dai polinomi `num` e `den`.

Possiamo anche direttamente passare l'oggetto che rappresenta il sistema nel modo seguetne

```
impulse(sys)
```

Infine è possibile passare a tutte le funzioni viste finora, l'istante finale di simulazione o un asse personalizzato dei tempi. Ad esempio:

`impulse(sys, TFINAL)` o `impulse(sys,t_vector)`

Risposta ad un ingresso qualunque

La funzione `lsim` consente di ricavare la risposta del sistema se poniamo un ingresso qualsiasi:

```
[y,x]=lsim(sys,u,t);
```

In questo caso è necessario definire anche il vettore dei tempi `t`.

Provare, ad esempio, il seguente codice, con in input un segnale sinusoidale applicato al circuito RLC con $R = 1$:

```
t=0:0.1:100; u=sin(5*t);
[y,x]=lsim(sys,u,t);
plot(t,y);
```

Sessione di studio

Esercitazione

Provare a disegnare in MATLAB l'evoluzione libera dei seguenti sistemi, a partire dallo stato iniziale x_0.

- $A = -1; B = 1; C = 1; D = 0; x_0 = 1.$
- $A = +0.5; B = 1; C = 1; D = 0; x_0 = 2.$

Quale dei due sistemi è stabile asintoticamente?

Sessione di studio

Esercitazione

Provare a disegnare, in MATLAB, la risposta a gradino nel caso di sistemi descritti dalle seguenti funzioni di trasferimento:

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

Sessione di studio

Esercitazione

Provare a disegnare, in MATLAB, la risposta di un sistema instabile ad un segnale in ingresso sinusoidale.