

Fondamenti di Automatica

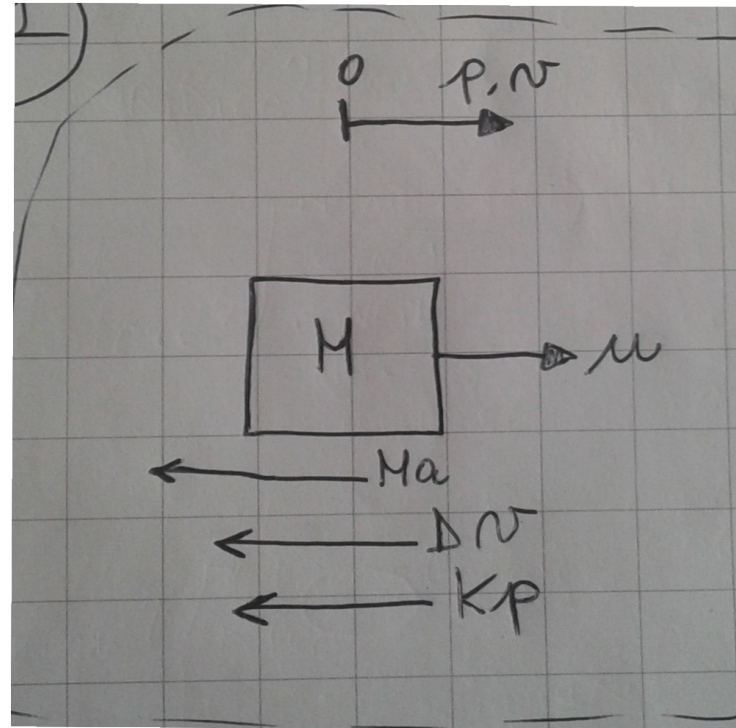
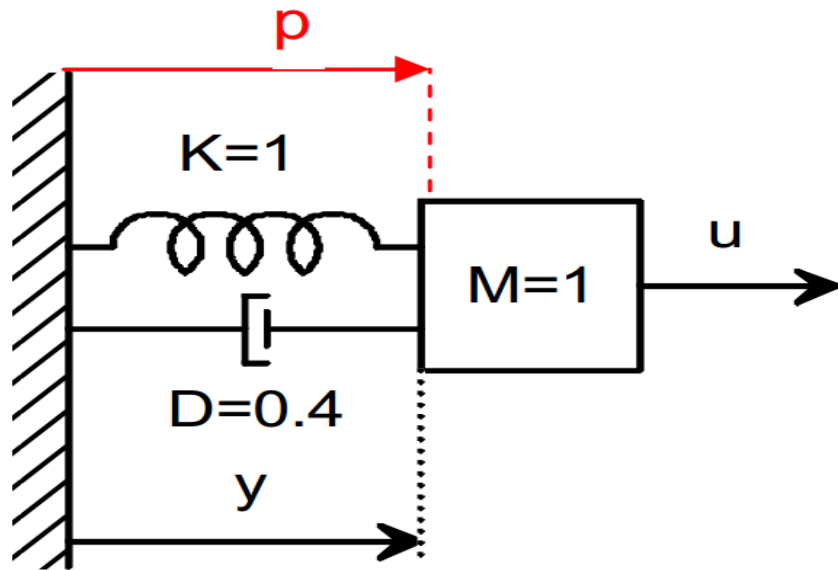
Laboratorio 3

Introduzione a Simulink

Es1: Come si costruisce il modello Simulink del sistema dinamico?

- 1) Ricavo le equazioni che descrivono il comportamento dinamico del sistema
(in questo caso uso la 2° legge della dinamica: $M \cdot a(t) = \Sigma F(t)$;
- 2) “Costruisco” tramite blocchi Simulink il termine a destra dell'uguale ($a = \Sigma F(t)/M$); ho così calcolato $a(t)$ al tempo t ;
- 3) Integro $a(t)$ 2 volte per calcolare velocità e posizione della massa all'istante temporale successivo ($t+dt$);
- 4) Uso velocità e posizione così calcolate per calcolare l'accelerazione all'istante temporale successivo ($t+2dt$), e così via...

Es 1: equazione di moto



FBD
(Free
Body
Diagram)

2° legge della
dinamica

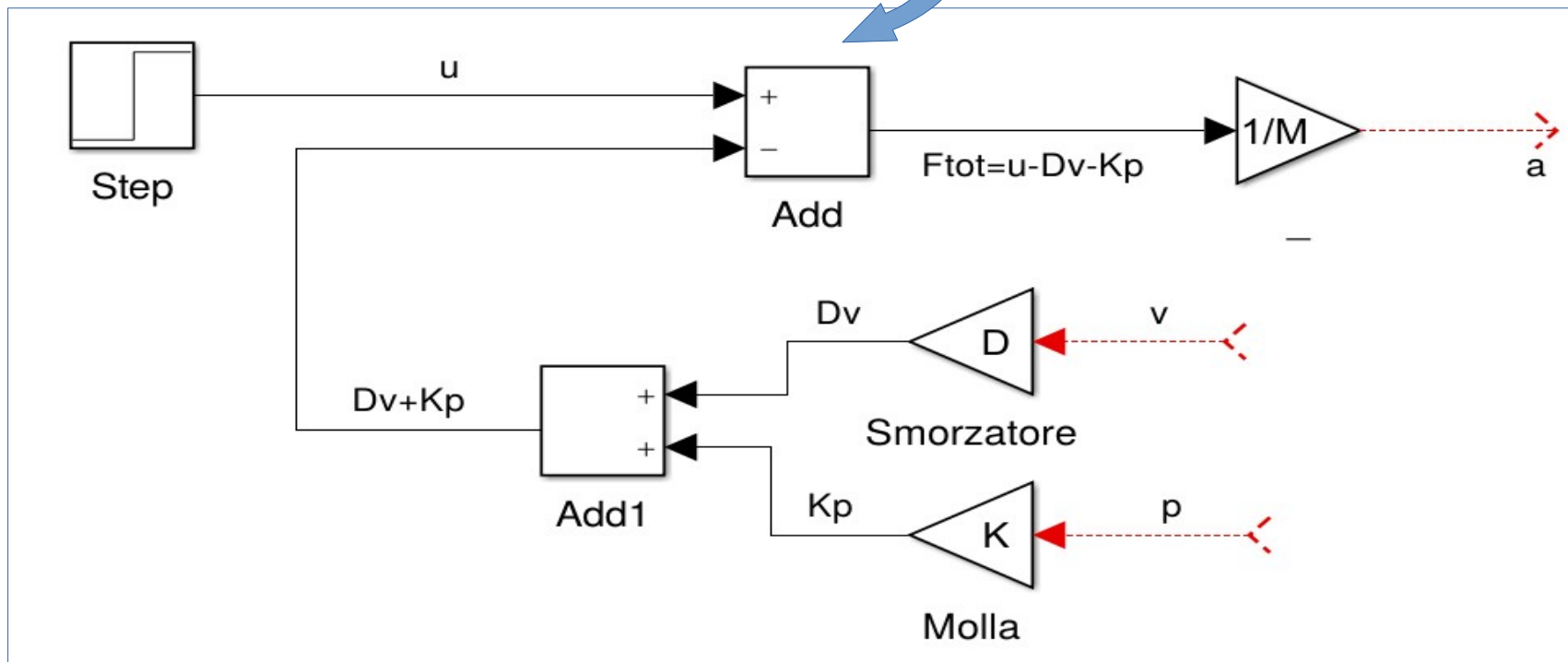
$$Ma(t) = \sum F(t)$$

$$Ma(t) = u - Dv(t) - Kp(t)$$

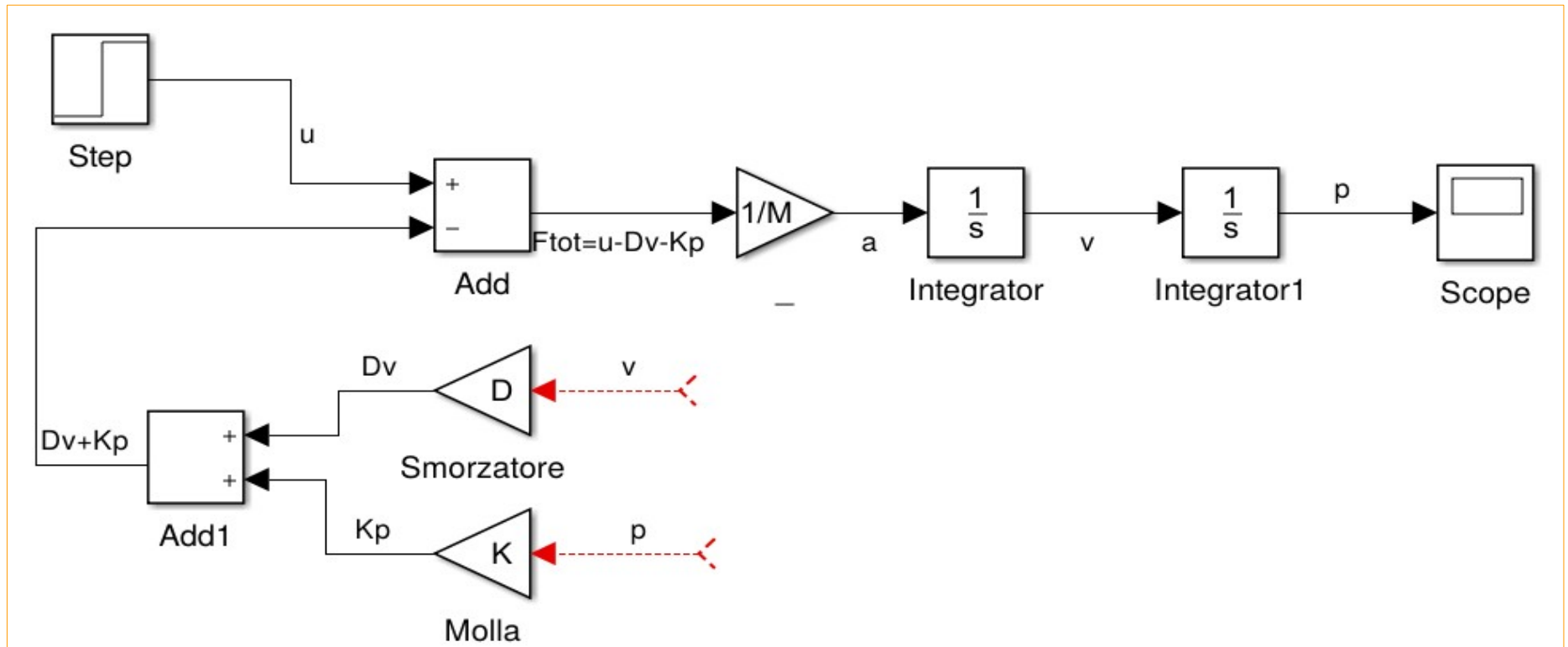
Es 1: modello simulink

$$\ddot{p}(t) = a(t) = (u - Dv(t) - Kp(t)) \frac{1}{M}$$

Ho
“costruito” il
termine a
destra
dell'uguale
cioè ho
calcolato la
derivata
seconda di
 $p(t)$

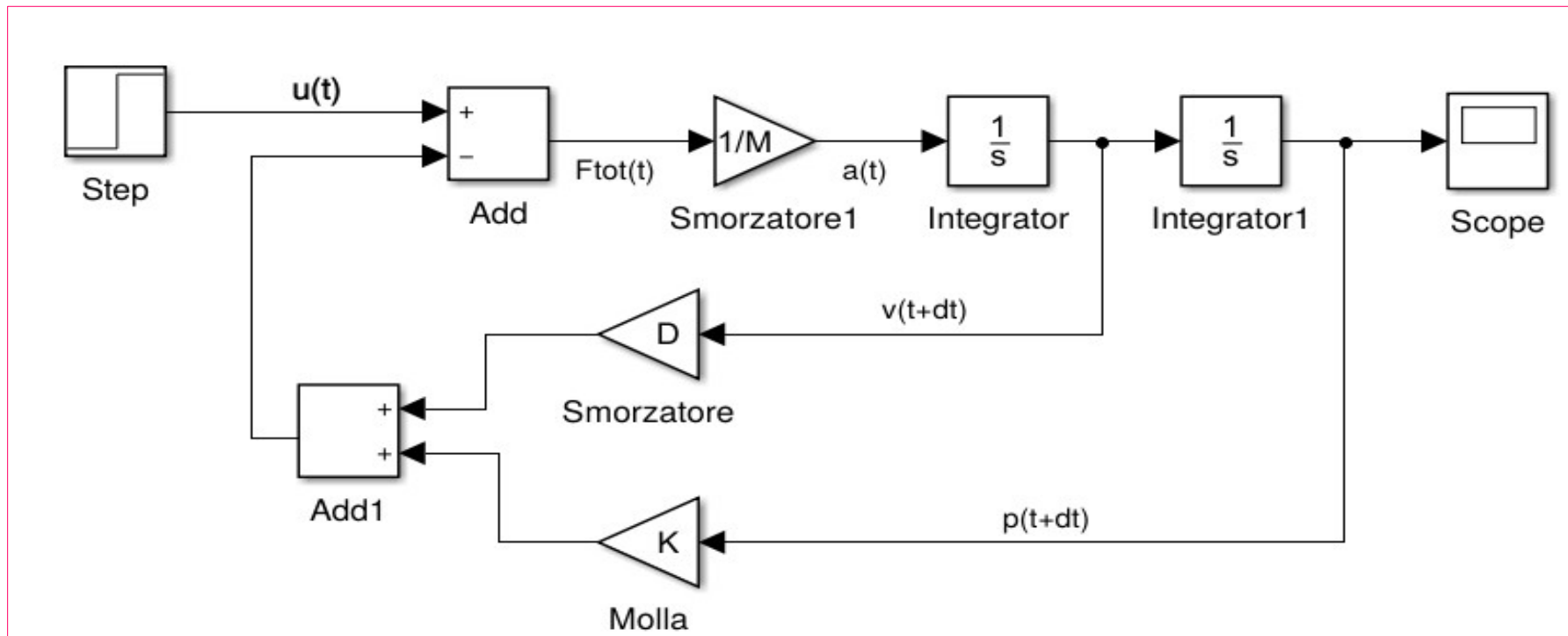


Es 1: modello Simulink



Ho integrato due volte $a(t)$ per calcolare $v(t+dt)$ e $p(t+dt)$

Es 1: modello simulink



Uso velocità e posizione appena calcolate per calcolare l'accelerazione all'istante di tempo successivo...

Es 1: sistema dinamico

$$x_1 = p$$

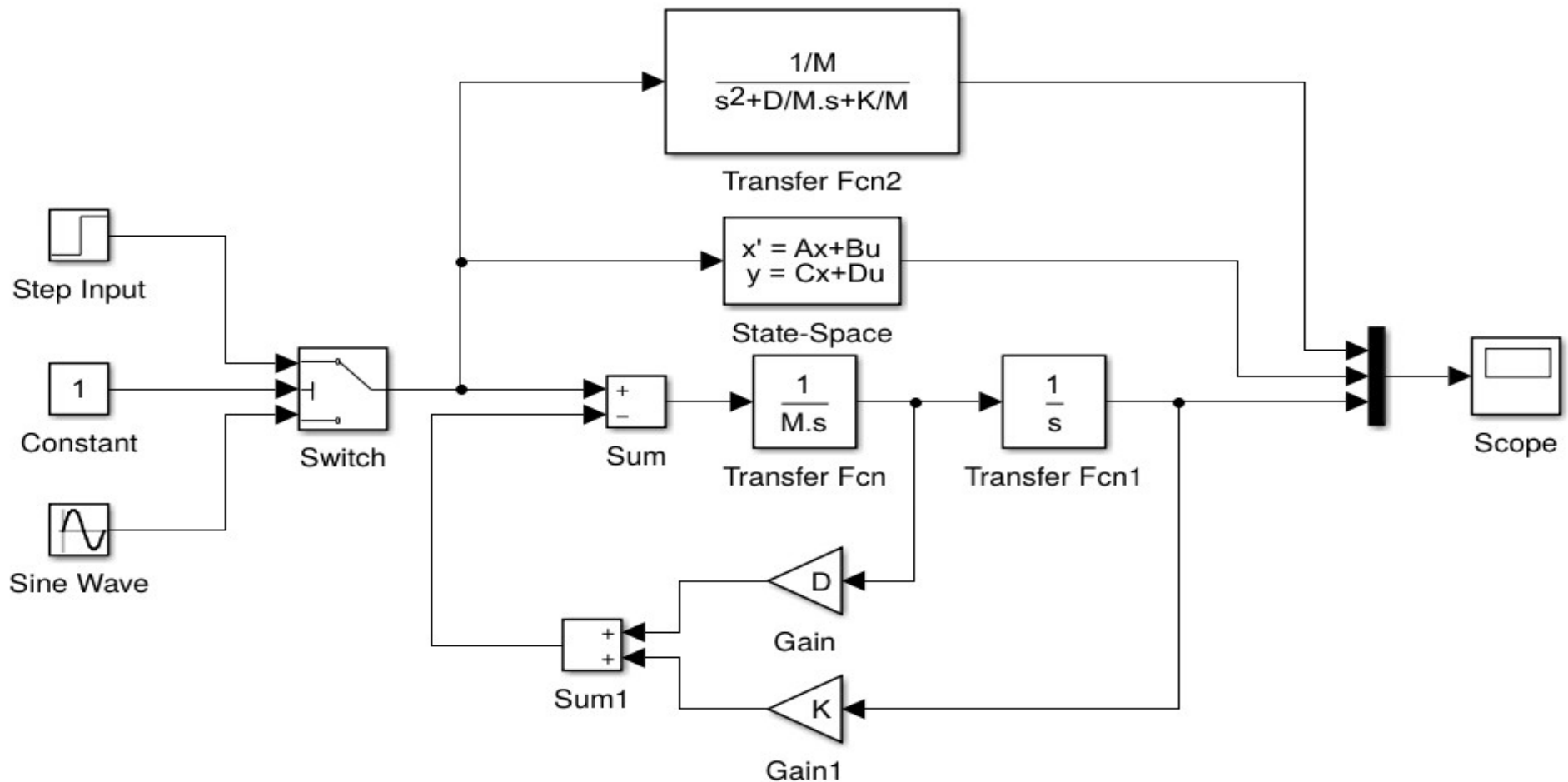
$$x_2 = v$$

Dato che questo sistema dinamico è lineare, il suo comportamento dinamico può anche essere modellato in simulink tramite un unico blocco State Space o Transfer Function

$$\begin{cases} \dot{x}_1 &= x_2 \\ \dot{x}_2 &= -\frac{K}{M}x_1 - \frac{D}{M}x_2 + \frac{1}{M}u \\ y &= x_1 \end{cases}$$

$$G(s) = \frac{y(s)}{u(s)} = \frac{1}{Ms^2 + Ds + K} = \frac{\frac{1}{M}}{s^2 + \frac{D}{M}s + \frac{K}{M}}$$

Es 1: modello Simulink



Ovviamente il risultato ottenuto dalla simulazione è lo stesso...

Simulink NB

Ricordatevi di definire nel workspace (cioè in Matlab) le variabili che avete utilizzato nei blocchi di simulink

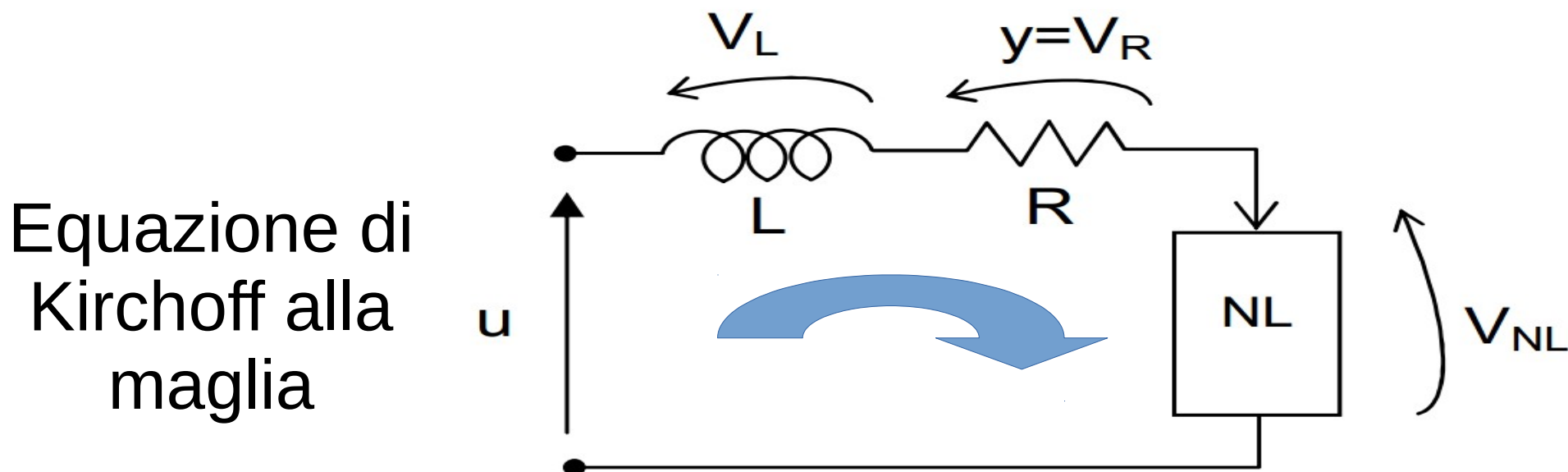
```
%% ESERCIZIO 1

%Definizione dei parametri del sistema
M=1;
K=1;
D=0.4;

%Definisco matrici rappresentazione spazio di stato
A=[0 1;
   -K/M -D/M];
B=[0;
   1/M];
C=[1 0];

%Definisco num e den della FdT
num=[1/M];
den=[1 D/M K/M];
```

Es 2: equazioni di stato



$$u - L\dot{i} - Ri - i^2 = 0$$

$$\begin{cases} L\dot{i} = u - Ri - i^2 \\ y = Ri \end{cases}$$

Equazione di Stato

Trasformazione d'uscita

Es 2: Linearizzazione

$$\begin{cases} L\dot{\delta i} = (-R - 2\bar{i})\delta i + \delta u \\ \delta y = R\delta i \end{cases}$$

$$\bar{u} = \bar{\dot{i}} = 0$$

$$\begin{cases} L\dot{\delta i} = -R\delta i + \delta u \\ \delta y = R\delta i \end{cases}$$

Sistema
Linearizzato
attorno allo
stato di
equilibrio

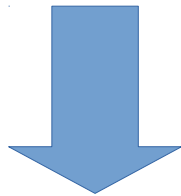
Es 2: FdT

$$G(s) = \frac{\delta y(s)}{\delta u(s)} = \frac{R}{Ls + R} = \frac{1}{1 + \tau s}$$

$$\text{Con } \tau = \frac{L}{R}$$

Es 3: Precisazione al Testo

“...si simuli la risposta allo scalino in anello chiuso e si confronti il risultato con l'andamento qualitativo della risposta stessa ottenibile dall'analisi della pulsazione critica e del margine di fase”



Significa che dovete confrontare la risposta del sistema “originale” e del sistema che approssima la risposta del sistema in anello chiuso (la cui struttura $<1^\circ$ o 2° ordine> dipende dal margine di fase del sist. Orig.)

NOTA:
usate i
comandi
Matlab
margin e
feedback
(vedere
l'help)

Es 3: risposta qualitativa sistema in anello chiuso

$$L(s) = \frac{100}{(1+s)^2(1+0.01s)} \quad \begin{array}{l} \mu = 100 \\ p_1 = p_2 = 1 \\ p_3 = 100 \end{array}$$

Comando **Matlab**: *margin(L)* $\left\{ \begin{array}{l} \varphi_m = 5,84deg \\ \omega_c = 9,93 \frac{rad}{s} \end{array} \right.$

...per il criterio di Bode il sistema retroazionato è
asintoticamente stabile

Es 3: risposta qualitativa sistema in anello chiuso

$$\varphi_m < 60deg \rightarrow F(s) \simeq \mu_F \frac{\omega_c^2}{s^2 + 2\xi\omega_c s + \omega_c^2}$$

$$\xi \simeq \sin\left(\frac{\varphi_m}{2}\right) \simeq \frac{\varphi_m[deg]}{100}$$

$$\mu_F = \frac{\mu}{1 + \mu}$$

Se non ho integratore
nella L(s), altrimenti 1