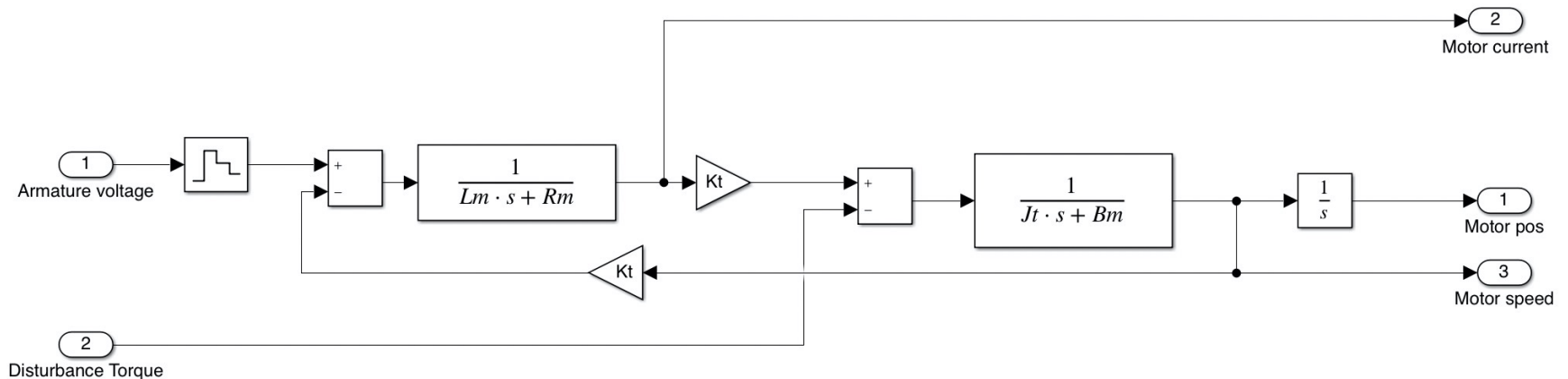


Laboratorio di Progettazione di Sistemi di Controllo

Seconda esperienza

Introduzione

- Implementeremo il controllo ottimo del motore in corrente continua alimentato in tensione



Introduzione

- I dati del motore saranno in parte ottenuti da quelli di targa, forniti dal costruttore e in parte sperimentalmente (vedi attrito viscoso)

Symbol	Description	Value
DC Motor		
V_{nom}	Nominal input voltage	18.0 V
τ_{nom}	Nominal torque	22.0 mN-m
ω_{nom}	Nominal speed	3050 RPM
I_{nom}	Nominal current	0.540 A
R_m	Terminal resistance	8.4 Ω
k_t	Torque constant	0.042 N-m/A
k_m	Motor back-emf constant	0.042 V/(rad/s)
J_m	Rotor Inertia	4.0×10^{-6} kg-m ²
L_m	Rotor inductance	1.16 mH
m_h	Module attachment hub mass	0.0106 kg
r_h	Module attachment hub radius	0.0111 m
J_h	Module attachment moment of Inertia	0.6×10^{-6} kg-m ²
Inertia Disc Module		
m_d	Disc mass	0.053 kg
r_d	Disc radius	0.0248 m
Rotary Pendulum Module		
m_r	Rotary arm mass	0.095 kg
L_r	Rotary arm length (pivot to end of metal rod)	0.085 m
m_p	Pendulum link mass	0.024 kg
L_p	Pendulum link length	0.129 m
Motor and Pendulum Encoders		
	Encoder line count	512 lines/rev
	Encoder line count in quadrature	2048 lines/rev
	Encoder resolution (in quadrature, deg)	0.176 deg/count
	Encoder resolution (in quadrature, rad)	0.00307 rad/count
Amplifier		
	Amplifier type	PWM
	Peak Current	2 A
	Continuous Current	0.5 A
	Output voltage range (recommended)	± 10 V
	Output voltage range (maximum)	± 15 V

Laboratorio 2

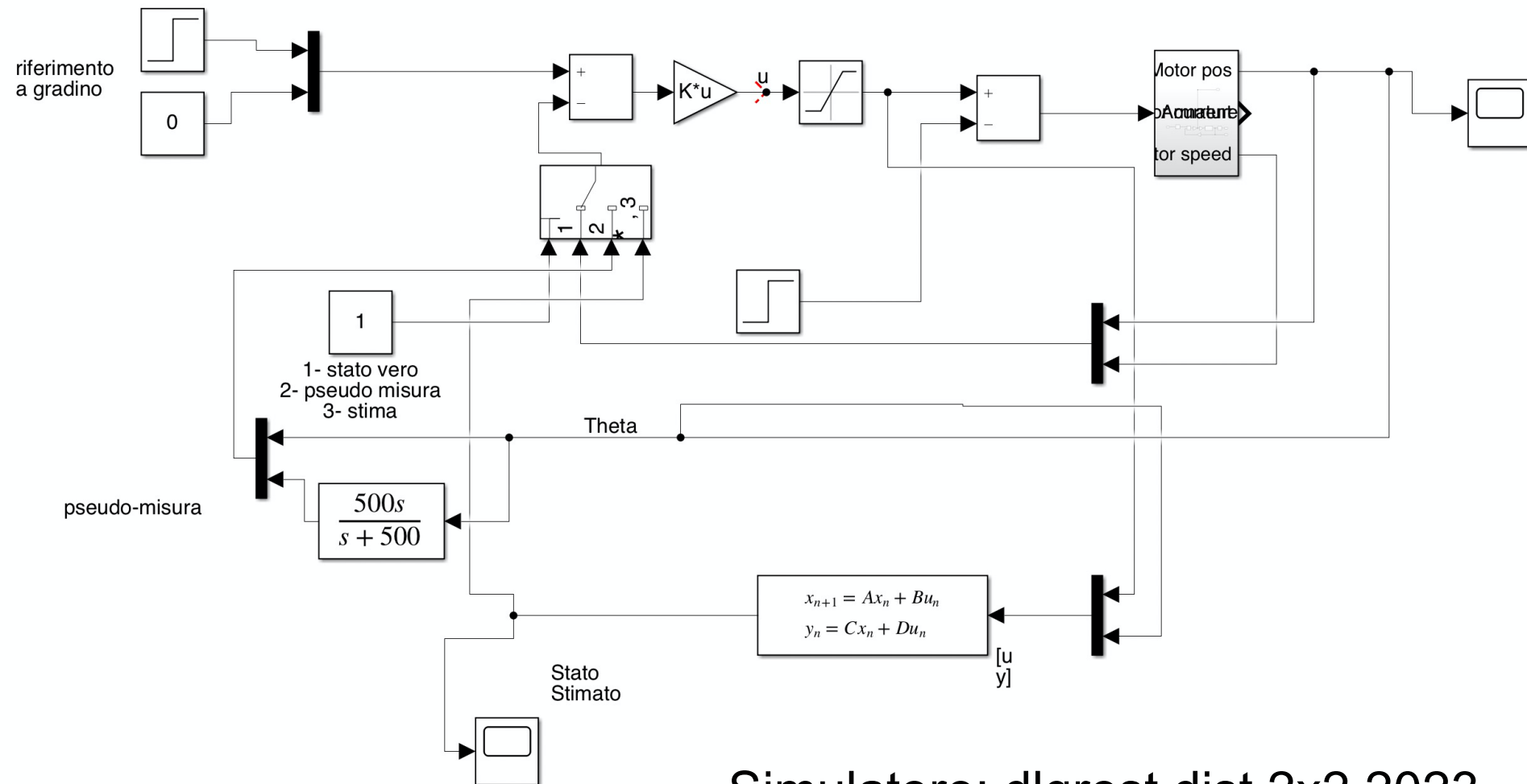
- Cerchiamo di determinare sperimentalmente il valore dell'attrito coulombiano e viscoso nel motore simulato
- Come da slide precedenti, effettuare la valutazione della velocità di regime raggiunta con diversi comandi di tensione. Con due valori di velocità in grado di risolvere il problema di trovare il coefficiente di attrito viscoso e l'attrito statico.
- Con più valori, è necessaria una regressione lineare. Per quest'ultima, utilizzare lo strumento preferito (ad esempio, polyfit di matlab).

Laboratorio 2

- A questo punto, si è pronti per realizzare il controllo ottimo, mediante retroazione dallo stato.
- Si parte con il modello 2x2
- Si parte con le SIMULAZIONI a casa, basate sul modello lineare

```
Jm=4e-6;  
J1=0.6e-6;  
J2=0.5*0.053*0.0248^2;  
Jt=Jm+J1+J2;  
Bm=1.5e-6 ;  
Kt=0.042;  
Rm=8.4;  
Lm=1.16e-3;  
  
% Modello di stato 2x2  
A=[0 1  
    0 -(Bm+Kt^2/Rm)/Jt];  
B=[0; Kt/Rm/Jt];  
C=[1 0];  
Ts=0.002  
sysC=ss(A,B,C,0);  
% modello a tempo discreto  
sysD=c2d(sysC,Ts,'zoh');  
[F,G,H,D]=ssdata(sysD);
```

Laboratorio 2



Laboratorio 2

- L'LQR venga progettato per controllare il motore in corrente continua alimentato in tensione, per i seguenti valori di Q ed R:
 - ♦ $Q = \text{diag}\{1, 0\}$, $R = 0.01$
- Si progetti anche lo stimatore

```
Q=[1 0;0 1];  
R=0.01;  
KK=dlqr(Fs,Gs,Q,R)
```

```
% Progetto lo stimatore per il sistema 2x2
```

```
L=(acker(Fs',[1 0]',[0.5 0.5]))'  
Festar=Fs-L*[1 0]  
Gestar=[Gs L]
```

- Lanciare la simulazione con `dlqrest_dist_2x2_2023` e verificare gli errori dello stimatore in presenza di disturbi

Laboratorio 2

- Per quel che riguarda il controllo, le attività da fare sono le seguenti:
 1. Usare la retroazione del sistema 2×2 con la pseudo-misura
 2. Costruire uno stimatore 2×2 che abbia una velocità (nel continuo) 2–4 volte maggiore della retroazione
 3. Verificare l'effetto di disturbi applicati sul motore, sia sulle misure che sulle stime (comparare stato vero e stato stimato)

Laboratorio 2

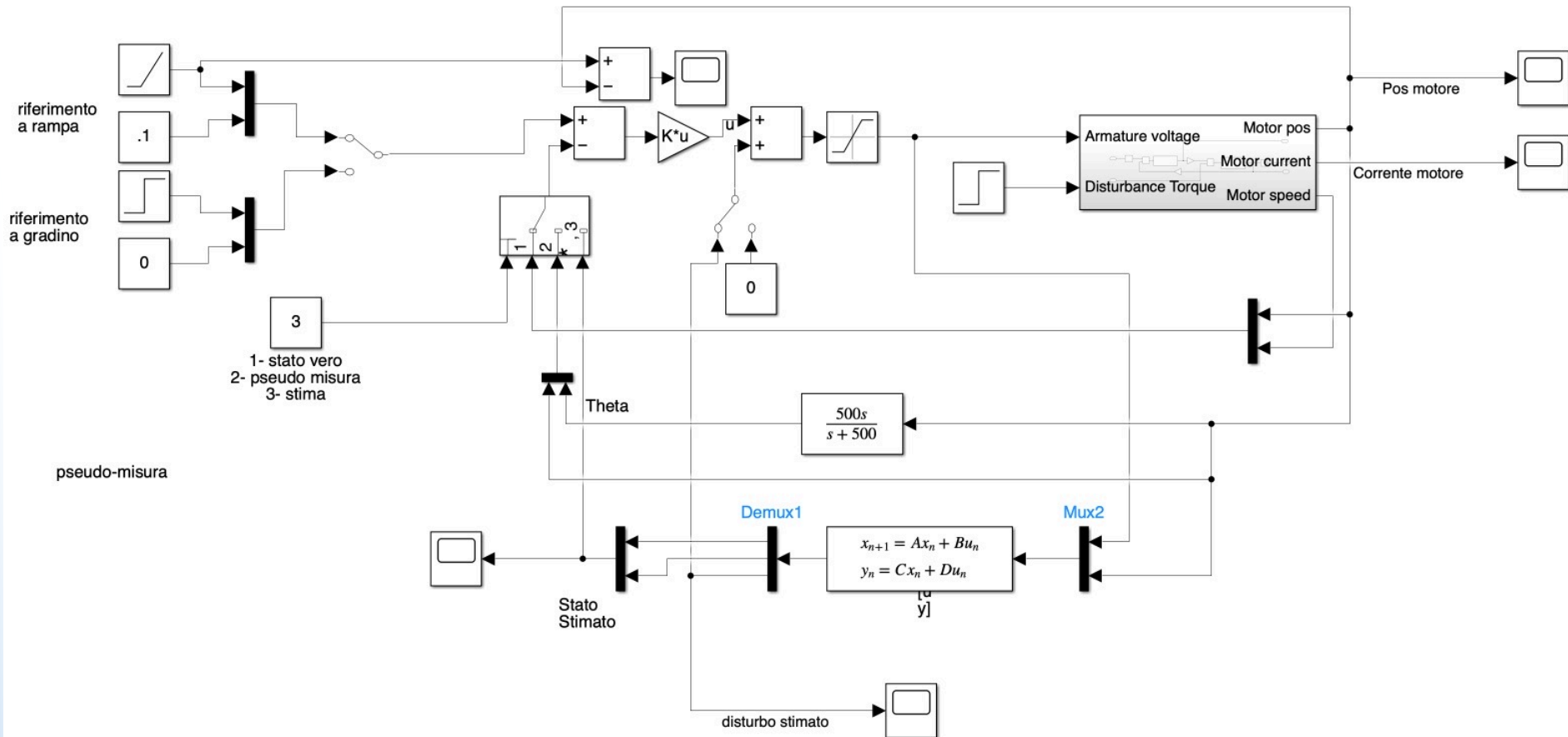
- Modificando lo schema dato a lezione, si implementi lo stimatore per il sistema aumentato, in cui i parametri inseriti sono quelli nominali (attrito nullo, inerzie e costanti di coppia nominali).
 - ♦ Il disturbo è espresso in termini di tensione equivalente all'ingresso
 - ♦ $L=0$

```
% Creo il sistema aumentato per lo
stimatore con modello
% di ordine zero per il disturbo, che
agisce all'ingresso
% Metto attrito nullo
% Usare il secondo schema simulink
dlqrest_dist_2x2_2023

A1=[0 1 0
     0 -0*(0+Kt^2/Rm)/Jt -Kt/Rm/Jt
     0 0 0]
B1= [0 Kt/Rm/Jt 0]';
C1=eye(3);
sysC1=ss(A1,B1,C1,0);
sysD1=c2d(sysC1,Ts,'zoh');
[F1,G1,H1,D1]=ssdata(sysD1)

L1=(acker(F1',[1 0 0]',[0.8 0.8 0.8]))'
Festar1=F1-L1*[1 0 0]
Gestar1=[G1 L1]
```

Laboratorio 2



Laboratorio 2

- Si progetti il controllo LQR per il solo sistema 2×2 e si costruisca il controllo in retroazione, basato su un solo valore di Q ed R (quello ritenuto soddisfacente al passo precedente).
- Si valuti la risposta al gradino senza e con compensazione feedforward del disturbo stimato. Si valutino le variabili di stato misurate e stimate con e senza disturbi.
- Si valuti la risposta alla rampa con e senza compensazione feedforward.
 - ♦ Opzionale: implementare un'azione integrale al posto della compensazione FF e comparare i risultati ottenuti – se non si fa a tempo in lab, ok anche simulazioni.

Laboratorio 2

- Domande varie
 - ♦ Che succede se nel modello per lo stimatore tolgo l'attrito equivalente dovuto alla forza contro-elettromotrice
 - ♦ Quale deve essere la matrice su cui progetto l'LQR? Quella reale o quella nominale
 - ♦ Quando faccio la compensazione del disturbo equivalente, qual è il tipo di sistema che realizzo?

Laboratorio 2

- Attività sperimentali:
 - ♦ Rifare tutto sperimentalmente, usando le stesse inizializzazioni e i seguenti file:
 - q_qube2_DOB_2x2
 - q_qube2_DOB_3x3
- Provarli subito per verificare eventuali problemi di compatibilità