TECNICHE DI CONTROLLO MULTIVARIABILE

- Implementazione dello schema di controllo Sliding-Mode

Tracking robusto del pendolo

- Modello del sistema:

$$\dot{x}_1 \doteq x_2$$
$$\dot{x}_2 = -\frac{g}{R}\sin x_1 - \frac{B}{MR^2}x_2 + \frac{u}{MR^2}$$

$$x_1 = \theta \quad x_2 = \dot{\theta} \quad u = \tau$$

θ_d ➡ Traiettoria desiderata

- B non nota con precisione: $B = \hat{B} \pm \Delta B$

$$f(x) = -\frac{g}{R}\sin x_1 - \frac{B}{MR^2}x_2 \qquad \hat{f}(x) = -\frac{g}{R}\sin x_1 - \frac{\hat{B}}{MR^2}x_2$$

$$|f - \hat{f}| \le \frac{\Delta B}{MR^2}|x_2| = F(x)$$

Stabilizzazione robusta del pendolo

- Superficie di Sliding: $s = \dot{e} + \lambda e$

- Ingresso che rende invariante la superficie (i.e. $\dot{s} = 0$):

$$\dot{s} = \ddot{e} + \lambda \dot{e} = -\frac{g}{R}\sin x_1 - \frac{B}{MR^2}x_2 + \frac{u}{MR^2} - \ddot{\theta}_d + \lambda \dot{e}$$

$$\dot{s} = 0 \iff u = MR^2\left(-f + \ddot{\theta}_d - \lambda \dot{e}\right) \Longrightarrow \hat{u} = MR^2\left(-\hat{f} + \ddot{\theta}_d - \lambda \dot{e}\right)$$

- Ingresso che rende attrattiva la superficie

$$u = \hat{u} - k\,\mathrm{sign}(s)$$

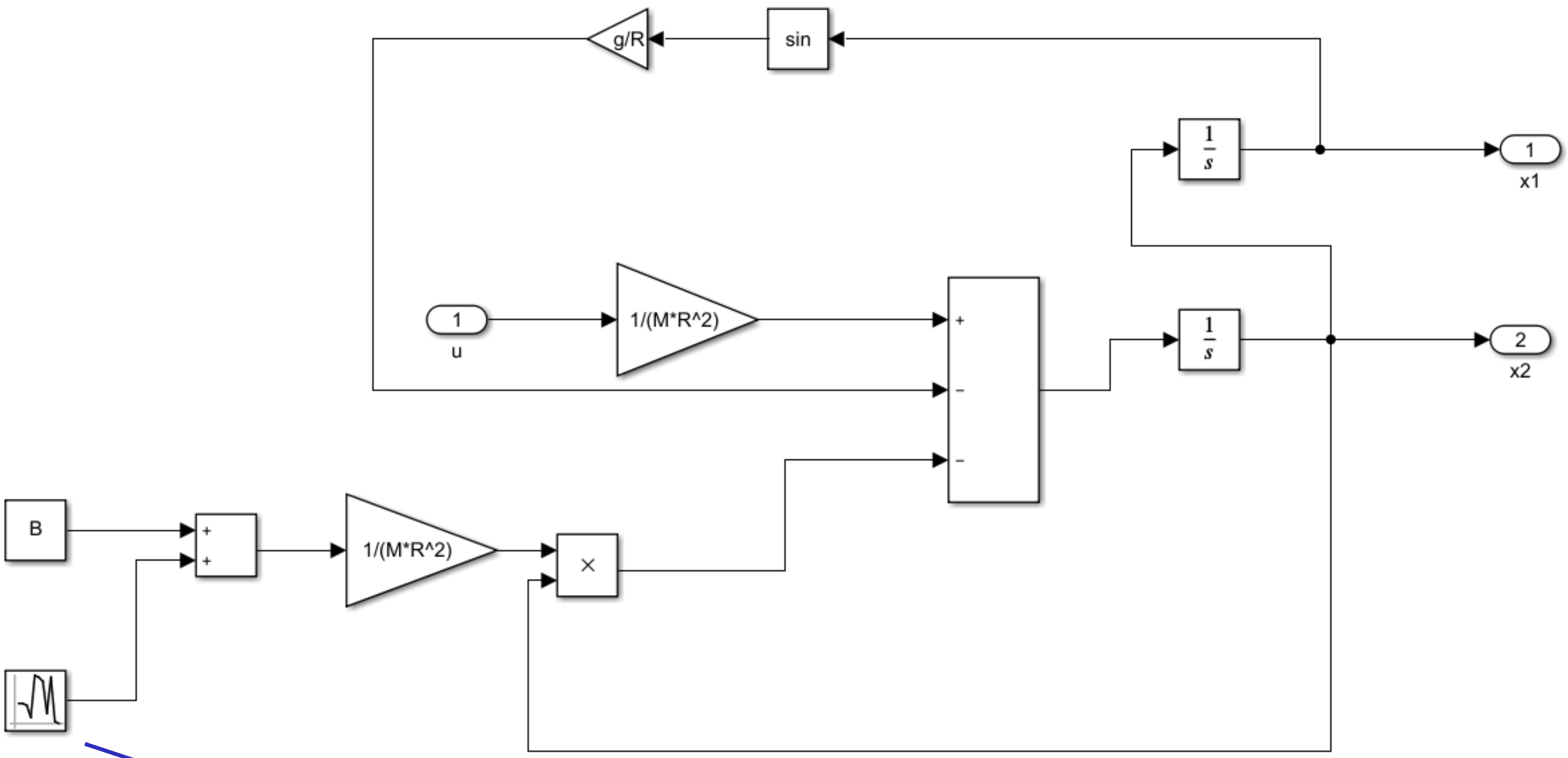
con $k > F + \eta$ la superficie viene raggiunta in un tempo $T < \frac{|s(0)|}{\eta}$

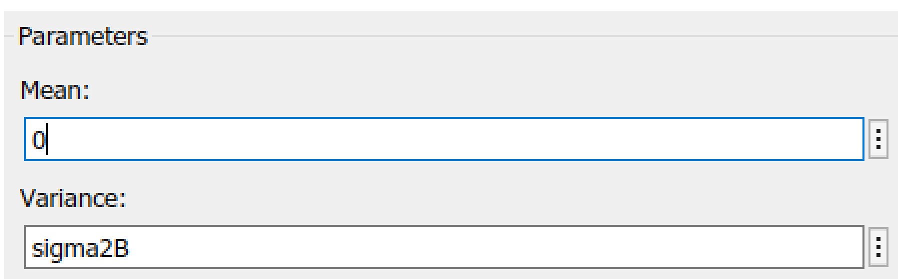
Script di inizializzazione

```
%% Parametri pendolo

g = 9.81;
M = 1;
R = 0.5;
B = 0.8; % valore nominale
dB = 0.3; % incertezza
x0 = [0.1;-0.2];
```

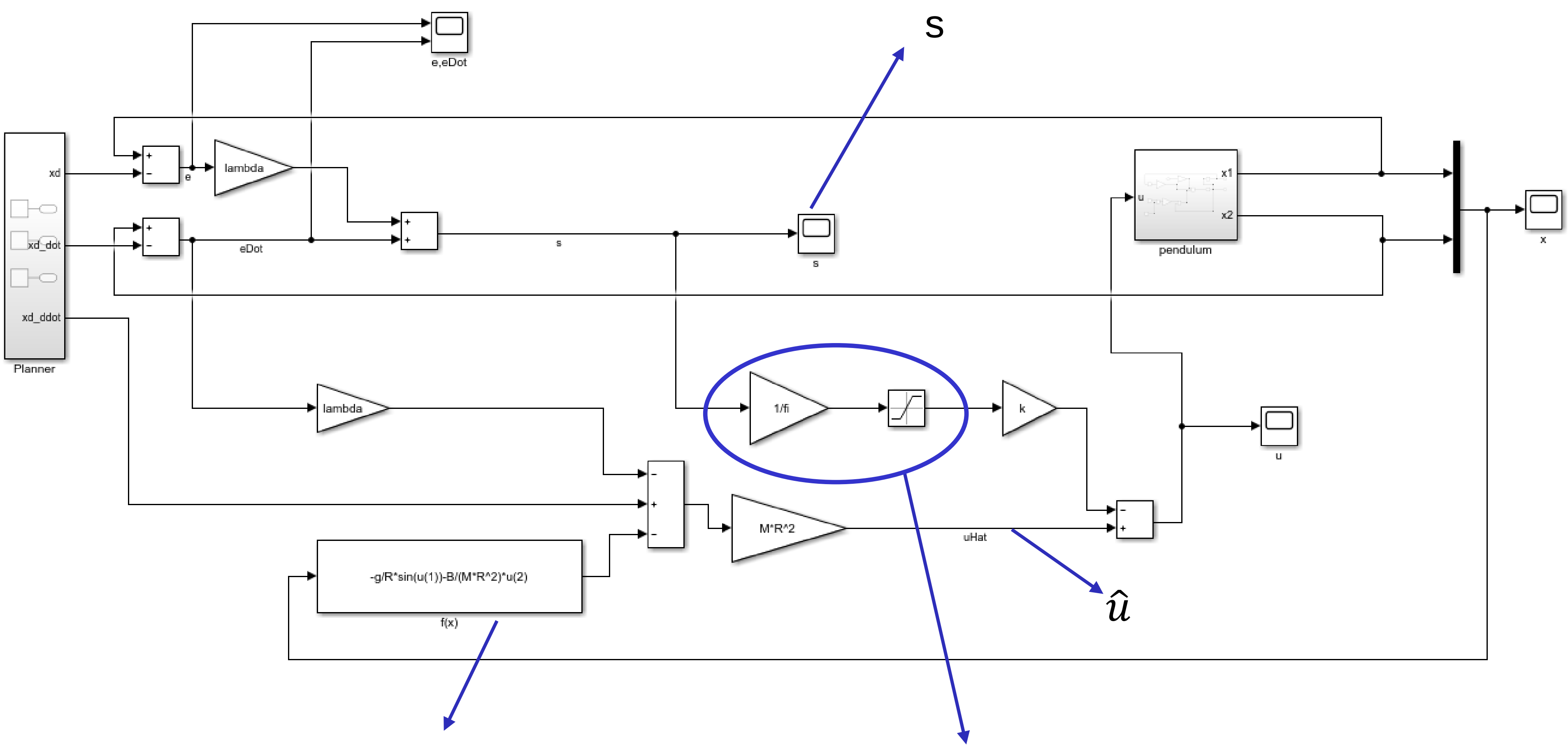
```
%% incertezza parametri
sigma2B = dB^2;

%% Parametri di progetto
lambda = 3;
fi = 0.01; % boundary-layer
k = 100;
```

Modello del pendolo con parametro incerto





Schema di controllo complessivo

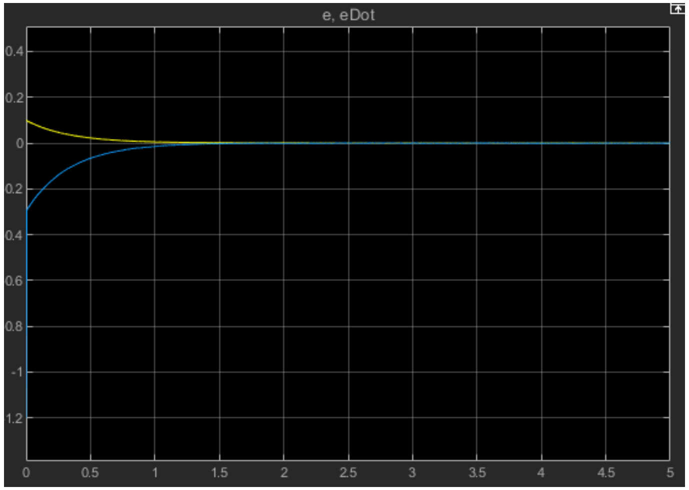


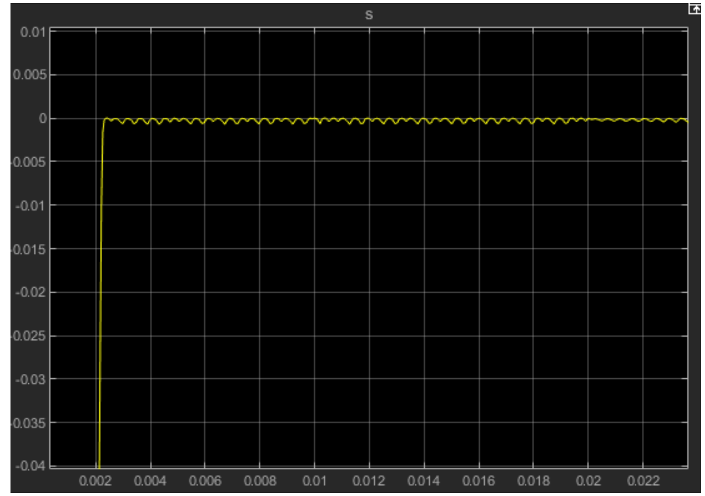
Blocco '*interpreted Matlab function*'

Introduzione boundary-layer:

$sign(s) \longleftarrow sat(\frac{s}{\phi})$

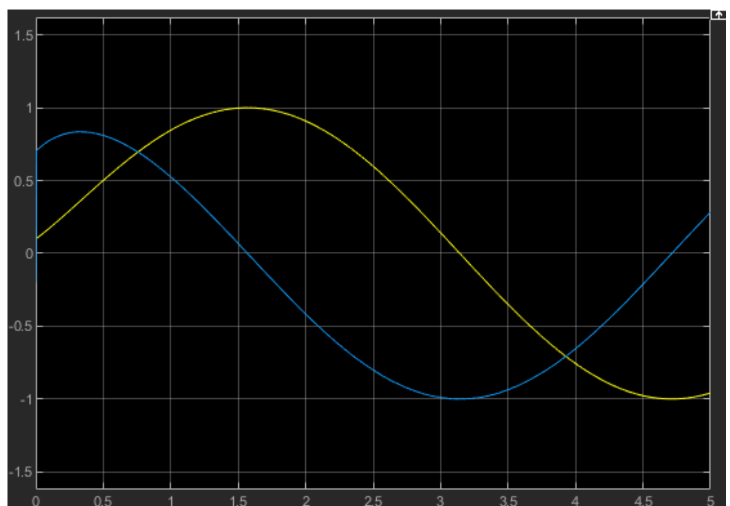
Risultati tracking





s(**e**,t)

e



x