

---

# SINTESI ASSERVIMENTI

OBIETTIVI DEL CONTROLLO  
SPECIFICHE A REGIME E AL TRANSITORIO  
LEGAMI GLOBALI  
REIEZIONE DEI DISTURBI  
SINTESI PER TENTATIVI

“ L'andamento dell'uscita segua quello dell'**ingresso** per quanto **possibile** ! ”

$$y_d(t) = K_d u(t)$$

**Ingressi:** rappresentativi di situazioni reali e “worst case”.

- costanti                      problemi di regolazione
- gradini, rampe              problemi di asservimento..
- sinusoidi                      con specifiche in  $t$  o in  $\omega$

**Possibile:** Quali fenomeni si oppongono?

- Disturbi
- Inerzie dei componenti ( $\equiv$  limitate bande passanti)
- Limitazioni fisiche ( $\equiv$  saturazioni)
- Incertezze sul valore dei parametri.

Soluzione principe:

**Controreazione** con elevato guadagno d'anello

**Effetti Positivi di un guadagno elevato:** (*costante in frequenza*)

Riduzione degli errori di tracking:  $W(s) \cong K_d$

- Riduzione degli effetti dei disturbi:  $W_z(s) \cong 0$
  - Riduzione degli effetti delle variazioni parametriche
- Aumento della banda passante.

**Effetti Negativi:**

Riduzione dei margini di stabilità

Aumento degli “sforzi” negli attuatori

Aumento della sensibilità ai rumori entranti nei punti particolari.

---

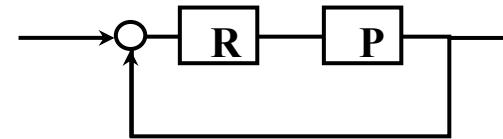
*Oggi forse le caratteristiche più importanti sono quelle con ●. Infatti l'ingresso è generato a sua volta da altri controllori, che lo possono adeguare (prefiltrare).*

**Si richiede un comportamento prevedibile.**

In realtà non comprende tutte le fasi, l'implementazione dipende dalla tecnologia

Metodi analitici ( un cenno )

$$W = \frac{RP}{1 + RP} \Rightarrow R = \frac{W_d}{P(1 - W_d)}$$



scegliendo  $W_d$  in modo che  $R$  sia causale. Vantaggi: elegante, semplice, oggettivo.

Ma:  $P(s)=?$  e  $W_d(s)=??$

Esistono infinite  $W_d(s)$  che soddisfano le specifiche usuali, qual'è la migliore ?

- come varia  $W(s)$  al variare di  $P(s)$  ?
- $R(s)$  risulta molto complicato.
- Solo alcune zone di  $P(j\omega)$  sono importanti per la progettazione.

Si preferisce la sintesi per tentativi che permette

- Comprensione degli effetti delle scelte fatte
- Concentrazione sulle specifiche d'interesse

Legame ingresso-uscita / Errore a regime =  $K_d u(t) - y(t) \quad t \rightarrow \infty$

Ingresso

Gradino  $\left\{ \begin{array}{l} \leq e : \text{Richiesta debole, in genere solo per sistemi di regolazione.} \\ 0 \Rightarrow 1 \text{ polo nell'origine } \frac{K}{S} \dots \dots \end{array} \right.$

Rampa lineare  $\left\{ \begin{array}{l} \leq e : \text{Richiesta normale negli asservimenti} \\ 0 \Rightarrow 2 \text{ poli nell'origine } \frac{K}{S^2} \dots \dots \end{array} \right.$

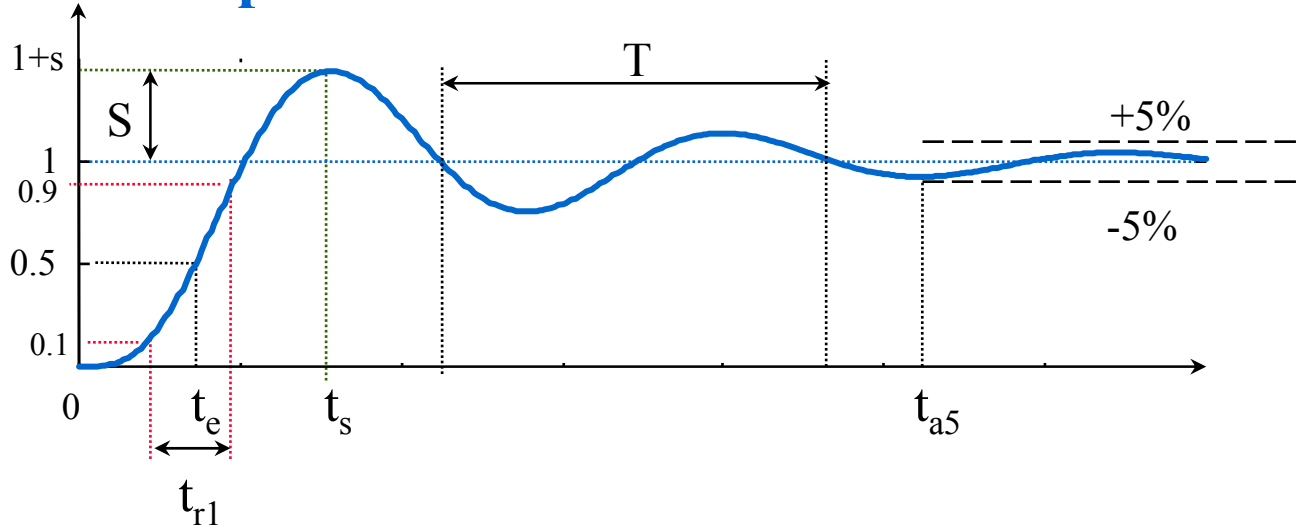
Rampa parabolica  $\left\{ \begin{array}{l} \leq e : \text{Richiesta forte} \\ 0 \Rightarrow 3 \text{ poli nell'origine } \frac{K}{S^3} \dots \dots \text{ Richiesta fortissima molto rara} \end{array} \right.$

Tipo del Sistema	Ingresso	Errore
<b>0</b>	$\delta_{-1}(t)$	$K_d^2 / (K_d + K)$
<b>1</b>	$t \cdot \delta_{-1}(t)$	$K_d^2 / K$
<b>2</b>	$\frac{t^2}{2} \cdot \delta_{-1}(t)$	$K_d^2 / K$

# SPECIFICHE AL TRANSITORIO (VEDI MARRO PAR. 4.9)

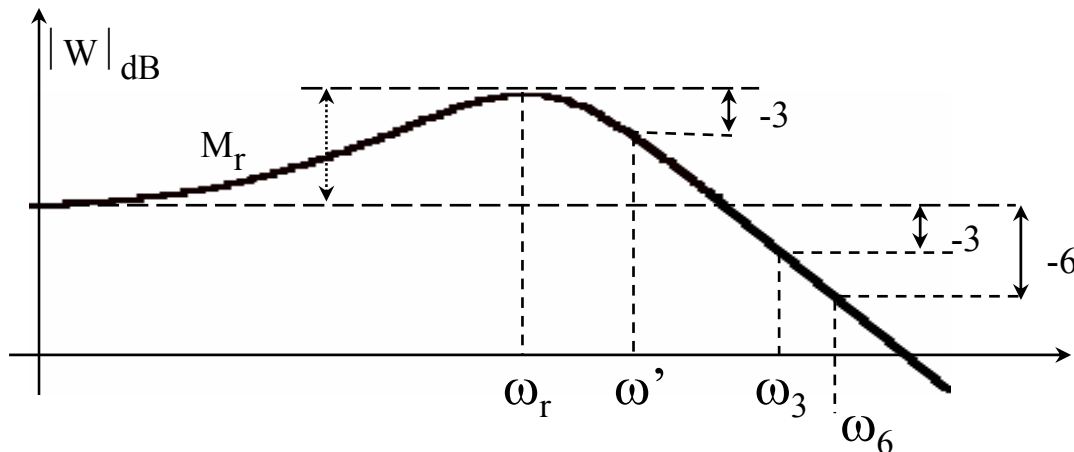
(VEDI VITELLI PAR. III.2 )

## Nel tempo



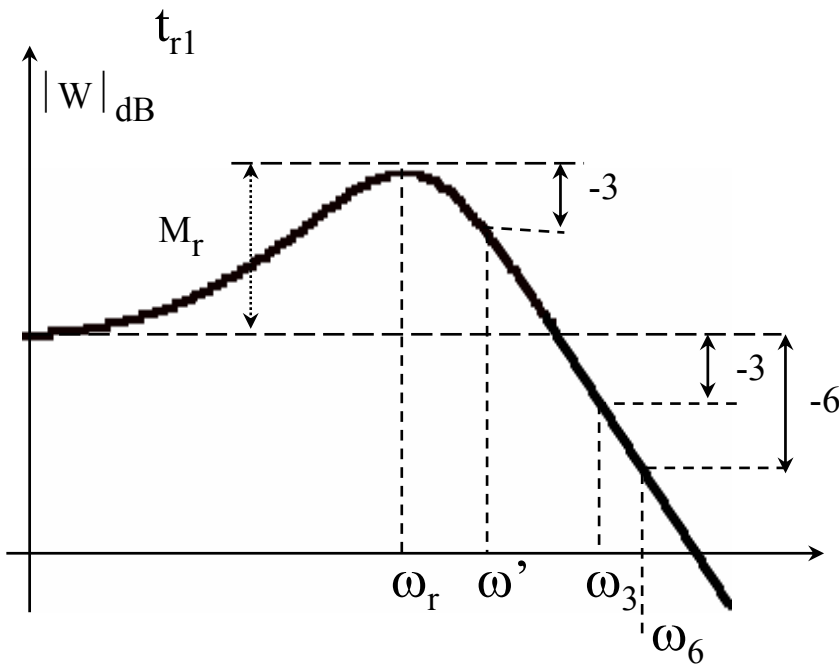
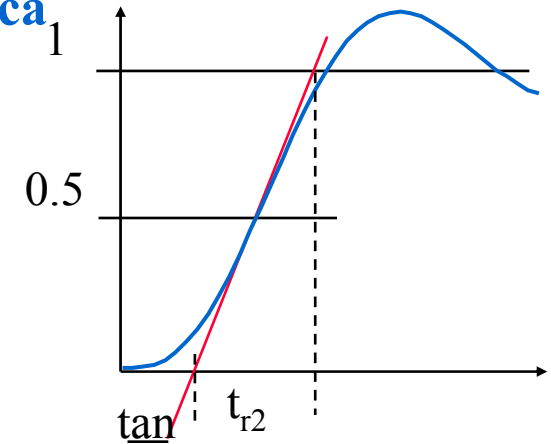
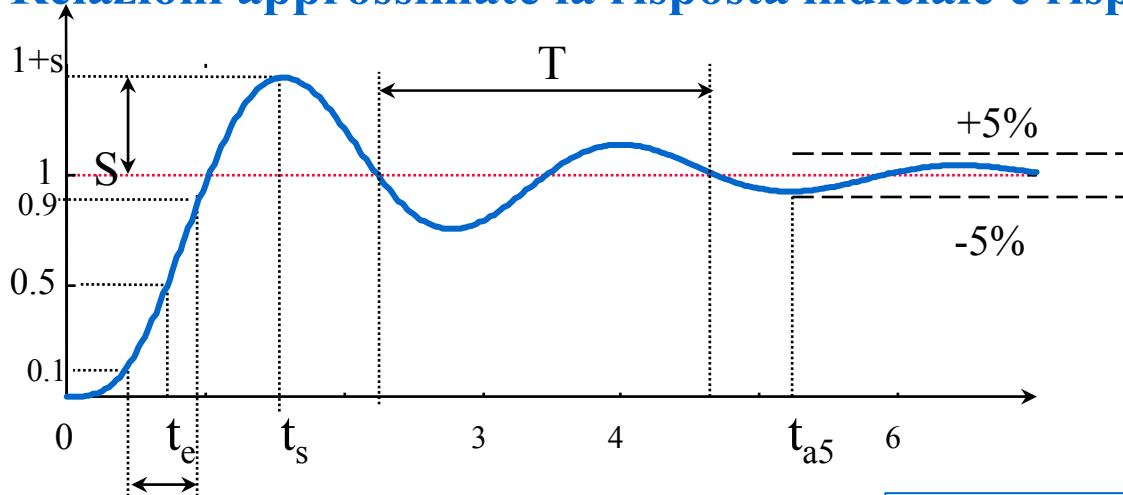
$t_{r1}$ : tempo di salita  
 $t_e$ : tempo all'emivalore  
 $S$ : sovraelongazione  
 $t_s$ : tempo al picco  
 $t_{a5}$ : tempo di assestamento  
 $T$ : pseudo periodo

## In frequenza



$\omega_r$ : pulsazione di risonanza  
 $\omega_3$ : banda a -3 dB (B3)  
 $\omega_6$ : banda a -6 dB (B6)  
 $M_r$ : Modulo alla risonanza

## Relazioni approssimate la risposta indiciale e risp. armonica



$* B_3 \cdot t_{r1} \cong 0.4$ (Hz, sec)	<i>se <math>S \leq 0.1</math></i>
$B_6 \cdot t_{r2} \cong 0.45$ "	<i>sempre valida</i>
$S \cong \log 1.5 \frac{M_r B_3}{B_6}$	<i>Mr: valore assoluto</i>
$B_6 \cdot t_{a5} \cong 2.16 \frac{M_r B_3}{B_6}$	" " "
$B' \cdot T \cong 1.22$ (Hz, s)	<i>unica che riguardi T</i>
$* 1 + S \cong 0.85 M_r$	<i>utili ma meno esatte</i>
$* B_r \cdot t_{r1} \cong 0.2$ (Hz, s)	$M_r = 1.3 \div 1.5$

# TRANSITORIO → ANELLO APERTO

Passaggio da  $W(j\omega)$  a  $F(j\omega)$  a ciclo aperto.

E' più semplice perché nel dominio di  $\omega$

$$W = \frac{F}{1+F} \quad \text{e} \quad F = \frac{W}{1-W}$$

per ogni valore di  $\omega$ .

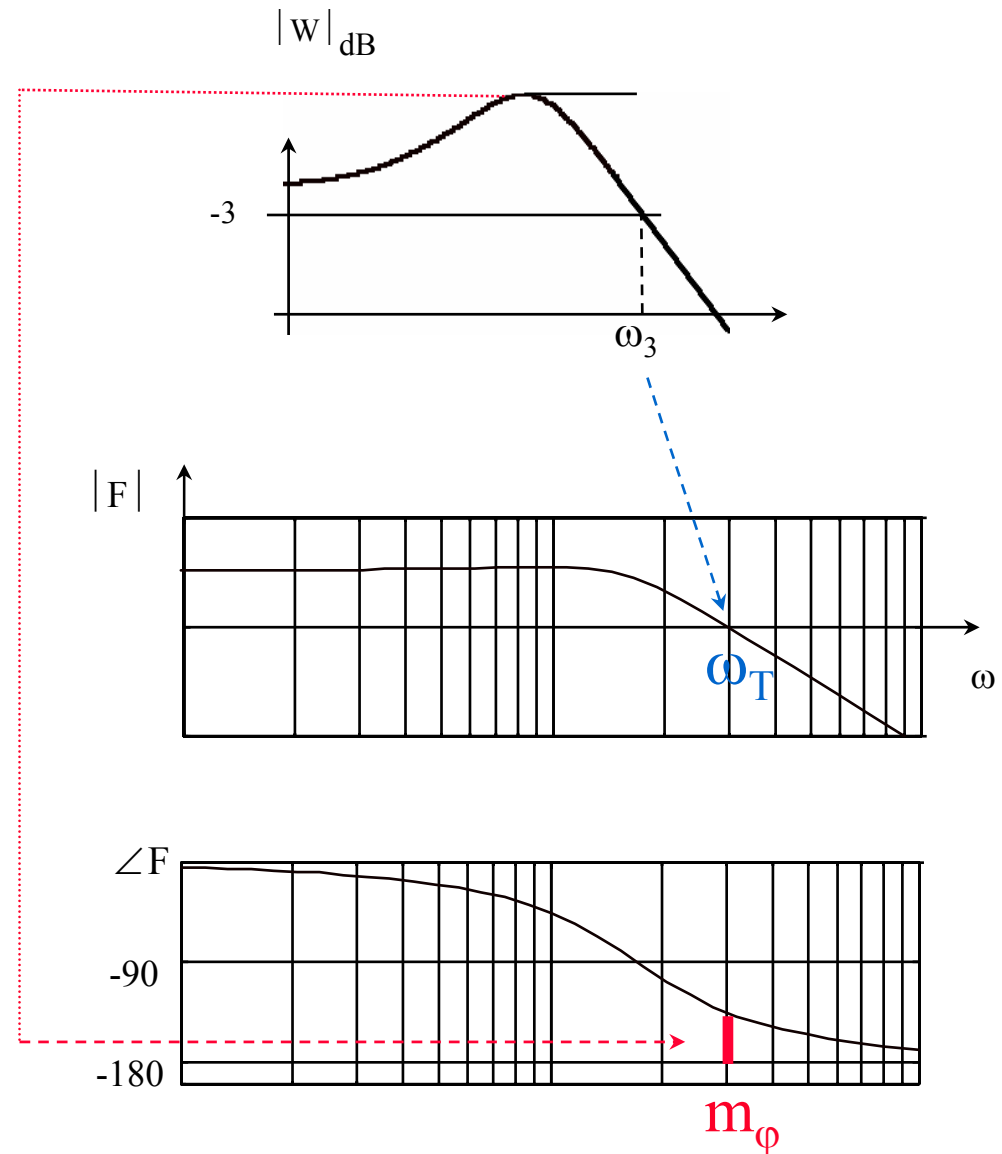
Non avendo l'espressione di  $W(j\omega)$  si usano i legami approssimati (vedi Nichols)

$$1.26\omega_T < \omega_3 < 2.52\omega_T$$

$$m_\varphi > 60^\circ \cdot (1 - M_{r|dB} * 0.1)$$

Con:  $\omega_T: |F(j\omega_T)| = 1$

$\omega_3$ : ciclo chiuso





In genere si considerano disturbi  $\left\{ \begin{array}{l} \text{a gradino} \\ \text{aleatori} \end{array} \right.$

Disturbi a gradino (esempio: coppia resistente in un servomeccanismo, variazioni di carico)

$$S \text{ statico } \quad e(t \rightarrow \infty) < \varepsilon$$

$$S \text{ astatico } \quad [e(t \rightarrow \infty) = 0]$$

In genere nessuna specifica sul comportamento transitorio, perché il tempo di assestamento al disturbo è legato a quello relativo all'ingresso.

Disturbi aleatori (esempio: vento su un antenna).

Occorre conoscere la massima frequenza significativa.

Specifica tipica: Riduzione di un fattore  $K$  del loro effetto sull'uscita

# REGOLAZIONE VS. ASSERVIMENTO

---

## REGOLAZIONE

**OBIETTIVO:** costanza dell'uscita  
facilità di installazione

**ENFASI:** effetto dei disturbi

- si impiegano spesso dispositivi di controllo standard (**Regolatori**)

**ESEMPIO:** controllo di livello o di temperatura

## ASSERVIMENTO

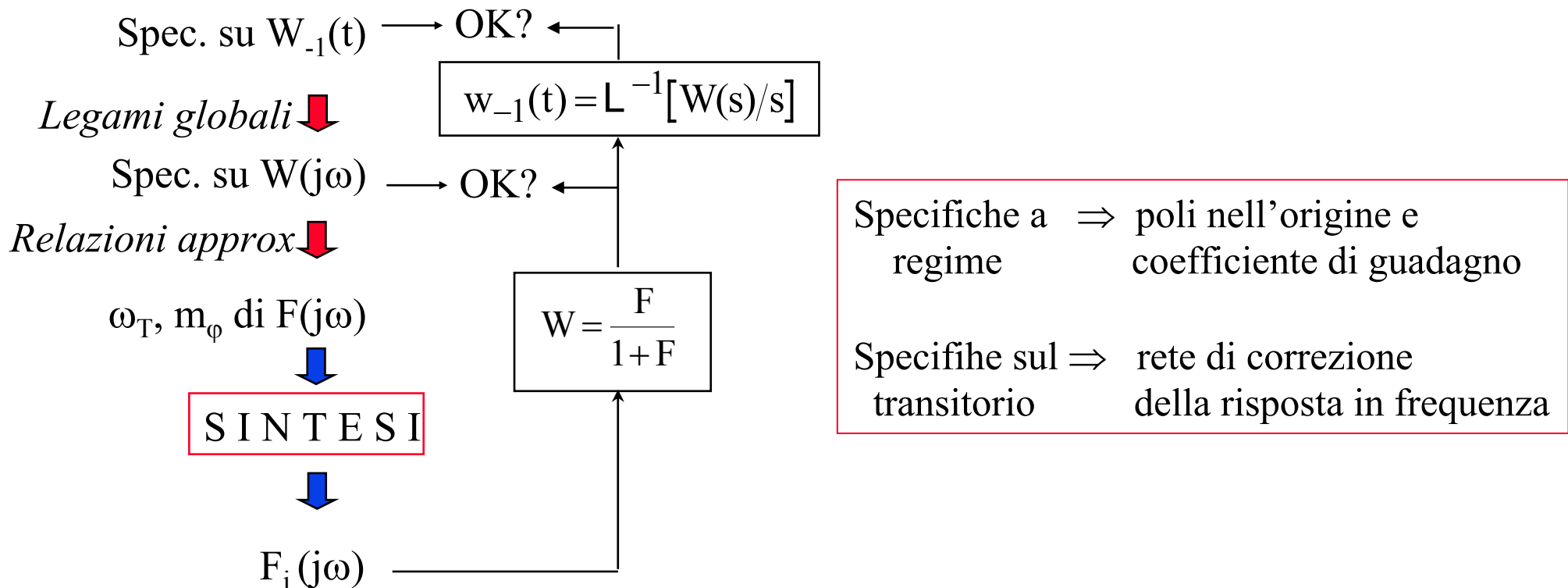
**OBIETTIVO:** inseguimento dell'ingresso.

**ENFASI:** fedeltà di risposta

- Richiedono la progettazione dei dispositivi di controllo ad hoc (**Reti di Compensazione**) che talvolta possono essere sostituiti da regolatori standard.
- Se le specifiche sono stringenti il progettista dell'impianto deve interagire con il controllista.

**ESEMPIO:** macchina utensile a controllo numerico

- Specifiche più dettagliate  $\Rightarrow$  procedimento più complesso
- Dalle specifiche su  $W_{-1}(t)$  si passa a quelle su  $W(j\omega)$  e quindi a quelle su  $F(j\omega)$  a ciclo aperto ( $\omega_T, m_\varphi$ ).
- Procedimento preciso, richiede una verifica a ritroso.



Altri fenomeni da considerare, anche se non espressamente precisati nelle specifiche:

- Sforzo di controllo  
i.e. uscita del controllore in condizioni tipiche  $\Rightarrow$  dimensionamento e fatica degli attuatori
- Robustezza  
i.e. capacità di conservare le caratteristiche (in part. la stabilità) se il processo si modifica
- Interazioni nascoste  
i.e. considerare come disturbo qualche grandezza che dipende dallo stato del sistema
- Possibili saturazioni dei vari organi
- Numero di trasduttori
- Sensibilità a rumori in alta frequenza