Fondamenti di automatica
Linearizzazione di un sistema di controllo e requisiti di controllo

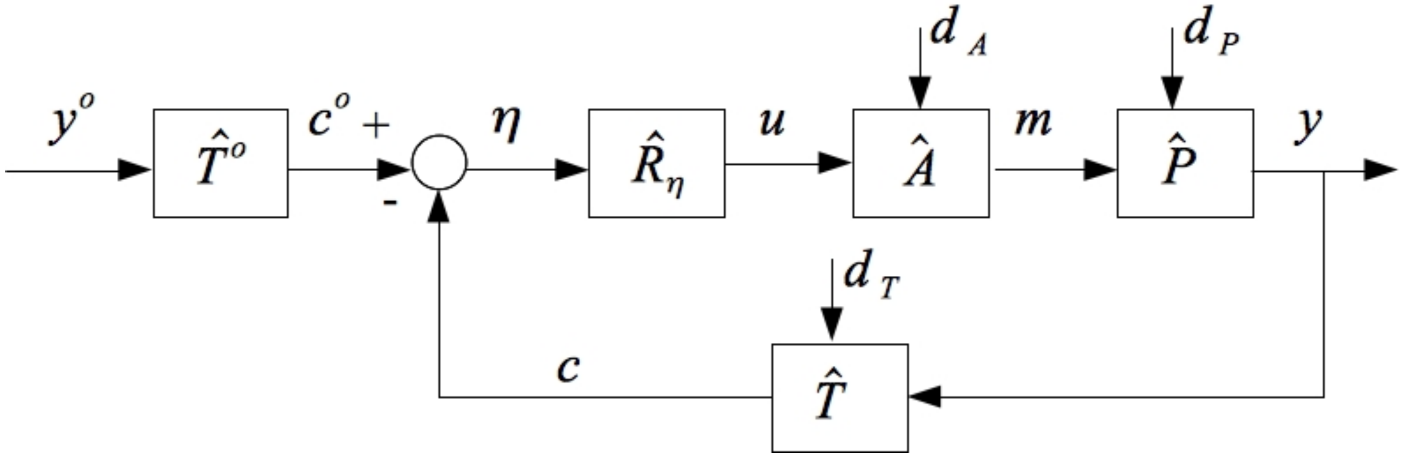
Prof. Giancarlo Ferrari Trecate

Dipartimento di Ingegneria Industriale e dell'Informazione

Università degli Studi di Pavia

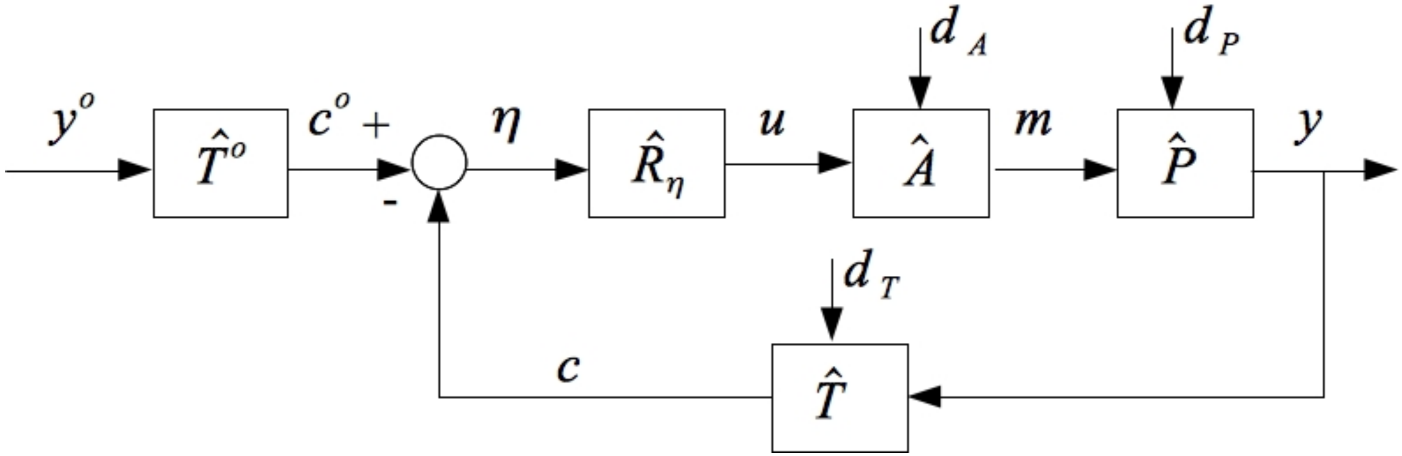
giancarlo.ferrari@unipv.it

Schema di controllo feedback con strumentazione



Elementi	Variabili (scalari)	
$\hat{P}$: processo	Ingressi:	y^o : setpoint d_A d_P d_T: disturbi
$\hat{T}^o$ $\hat{T}$: trasduttori		
$\hat{R}_\eta$: regolatore	Segnali interni	η : errore c : misura di y c^o : misura di y^o u : variabile di controllo m : variabile manipolabile y : variabile controllata
$\hat{A}$: attuatore		

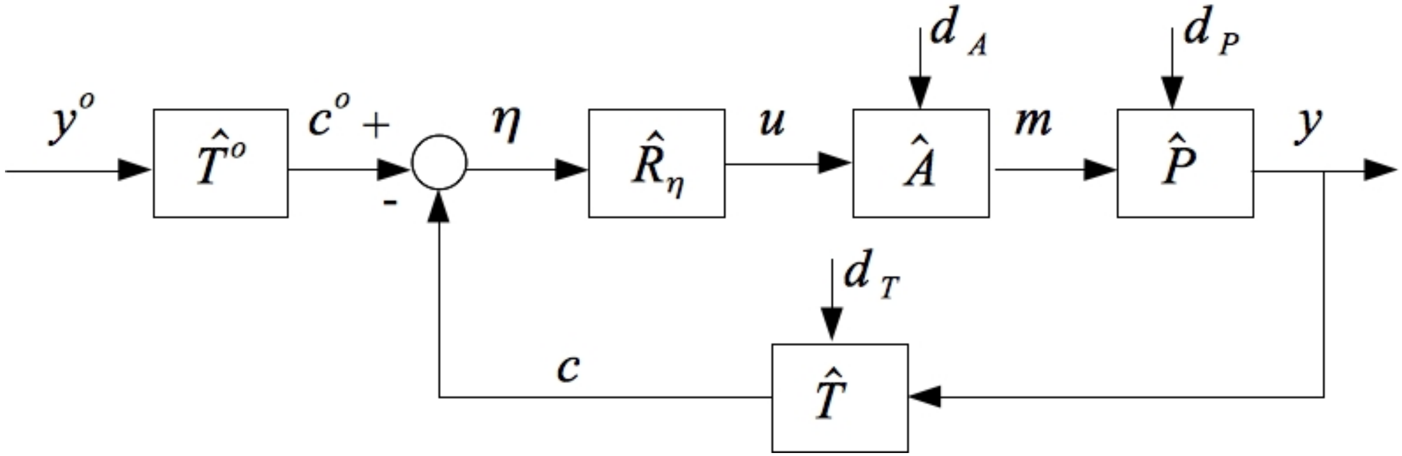
Schema di controllo feedback con strumentazione



Osservazioni:

1) lo scopo del regolatore è azzerare l'errore
2) se gli elementi sono sistemi nonlineari, non si può applicare la teoria sviluppata

Controllo nell'intorno di un punto di funzionamento nominale



Ipotesi:

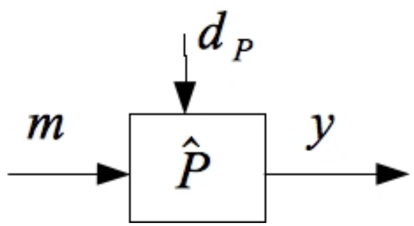
a) ingressi costanti $y^o(t)=\bar{y}^o, d_A(t)=\bar{d}_A, d_p(t)=\bar{d}_p, d_T(t)=\bar{d}_T$

b) il sistema complessivo ha un solo stato di equilibrio per gli ingressi dati (valori costanti delle variabili: $\bar{c}^o, \bar{c}, \bar{\eta}, \bar{u}, \bar{m}, \bar{y}$)

(a)-(b) definiscono il punto di funzionamento nominale (PFN)

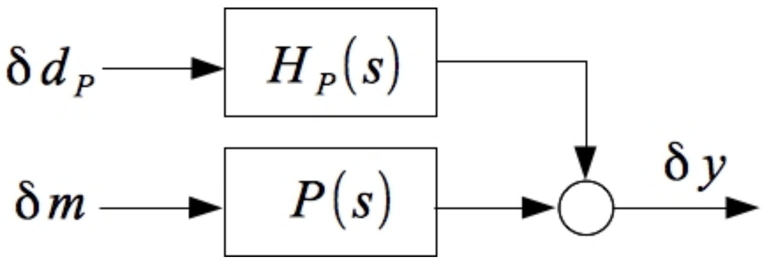
Quando il sistema lavora nell'intorno del PFN, il comportamento di ogni blocco è ben descritto dalla linearizzazione del blocco

Linearizzazione di un blocco



Variazioni:

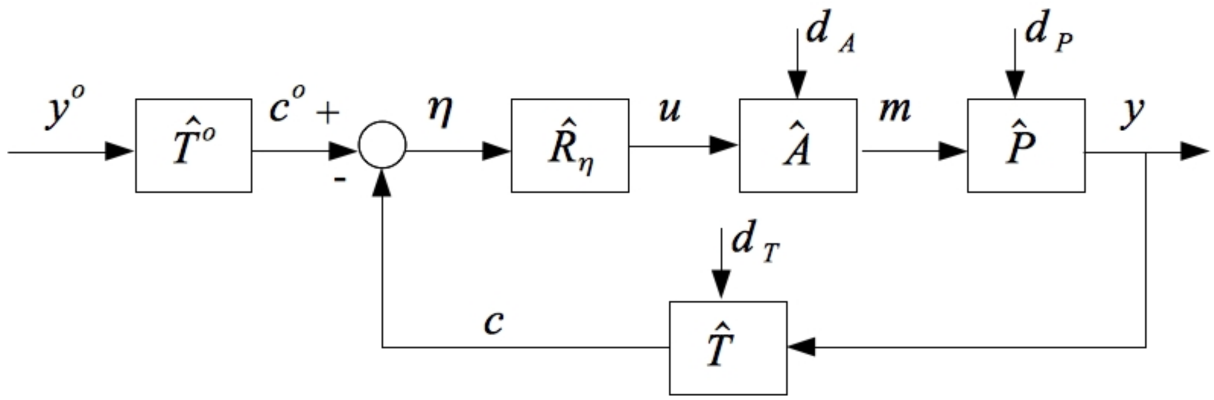
$$\delta m(t) = m(t) - \bar{m}, \delta y(t) = y(t) - \bar{y}, \delta d_p(t) = d_p(t) - \bar{d}_p$$



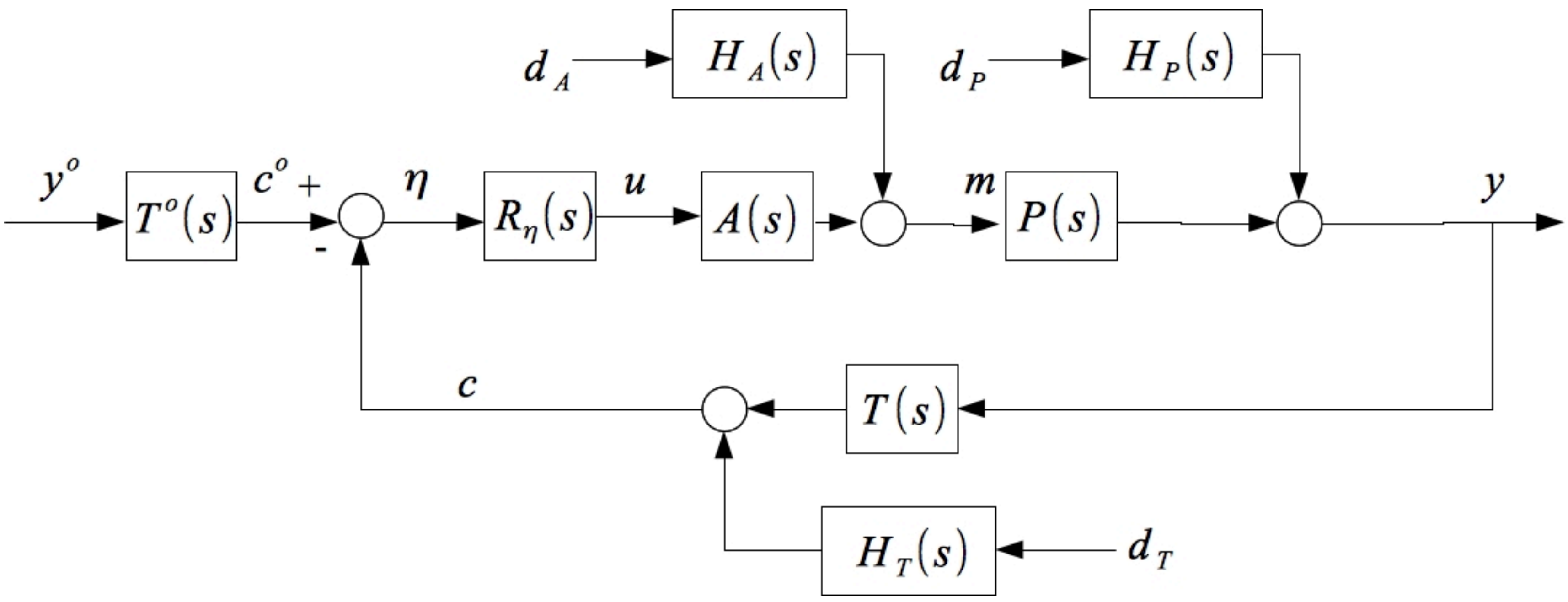
Linearizzazione attorno al PFN:

$$\delta y(s) = \begin{bmatrix} P(s) & H_P(s) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \delta m(s) \\ \delta d_P(s) \end{bmatrix}$$

Controllo nell'intorno di un punto di funzionamento nominale



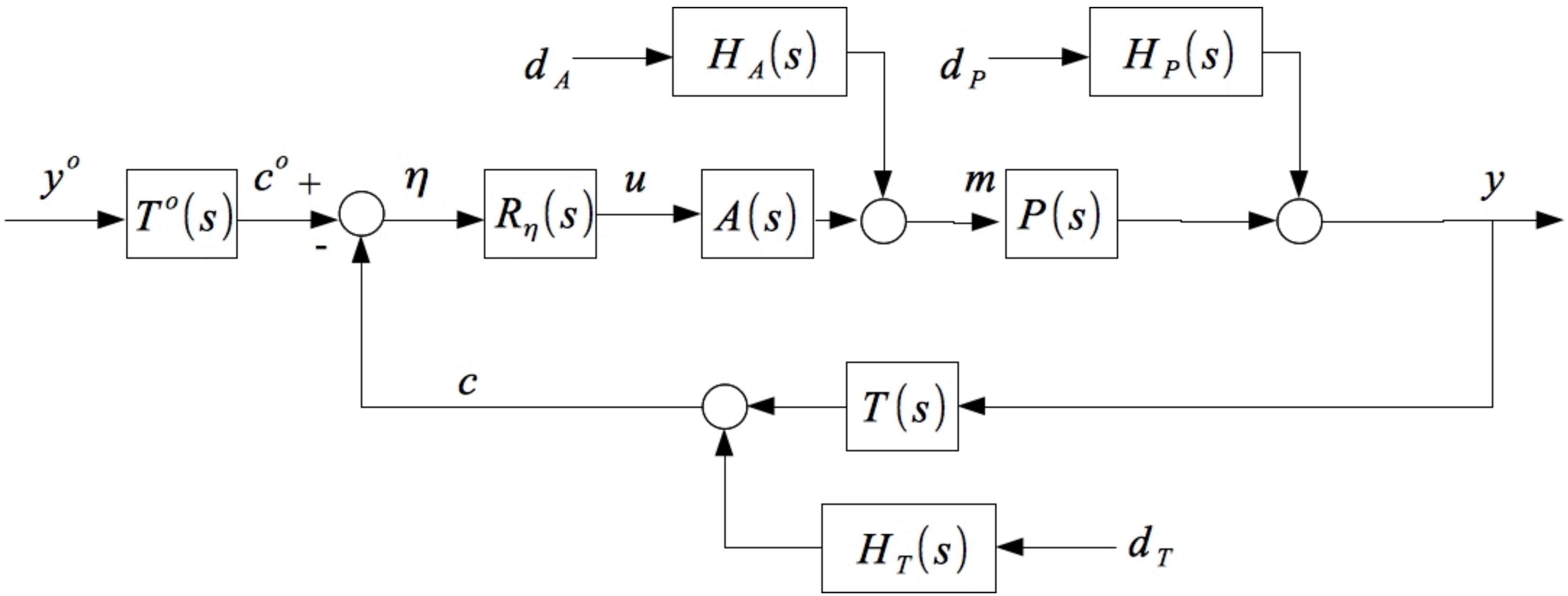
LINEARIZZAZIONE



Abuso di notazione: i segnali sono ora variazioni

Elaborazioni

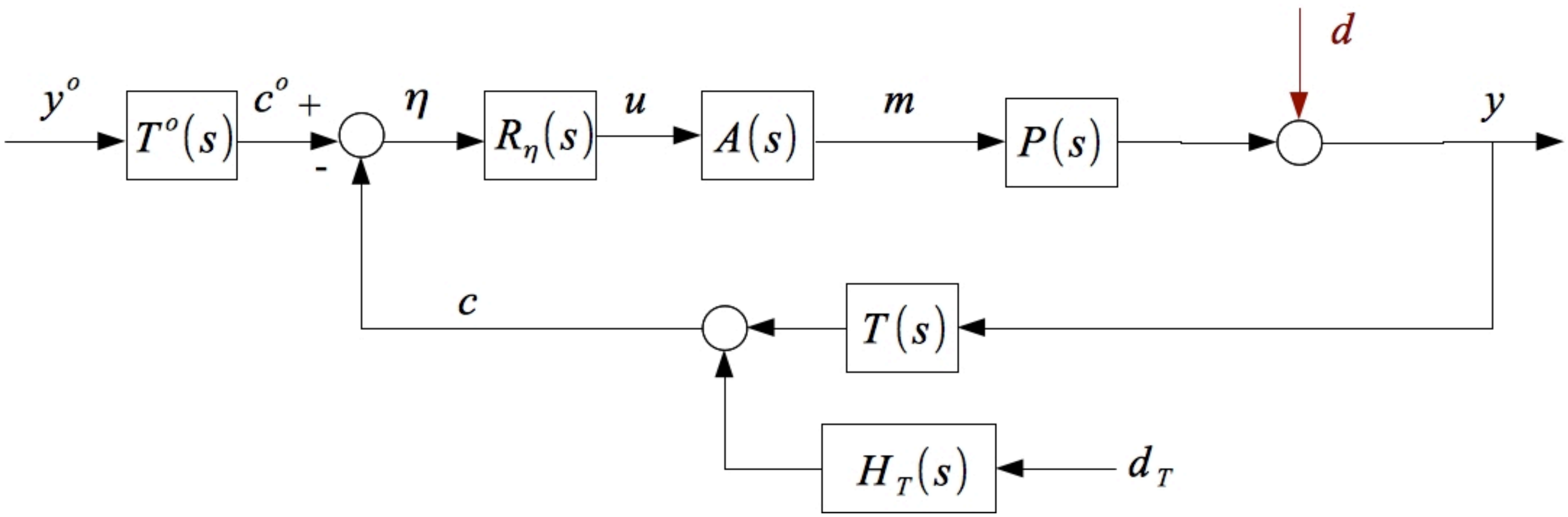
Obbiettivo: semplificare lo schema di controllo tramite elaborazioni che non variano le relazioni tra ingressi e segnali y e u



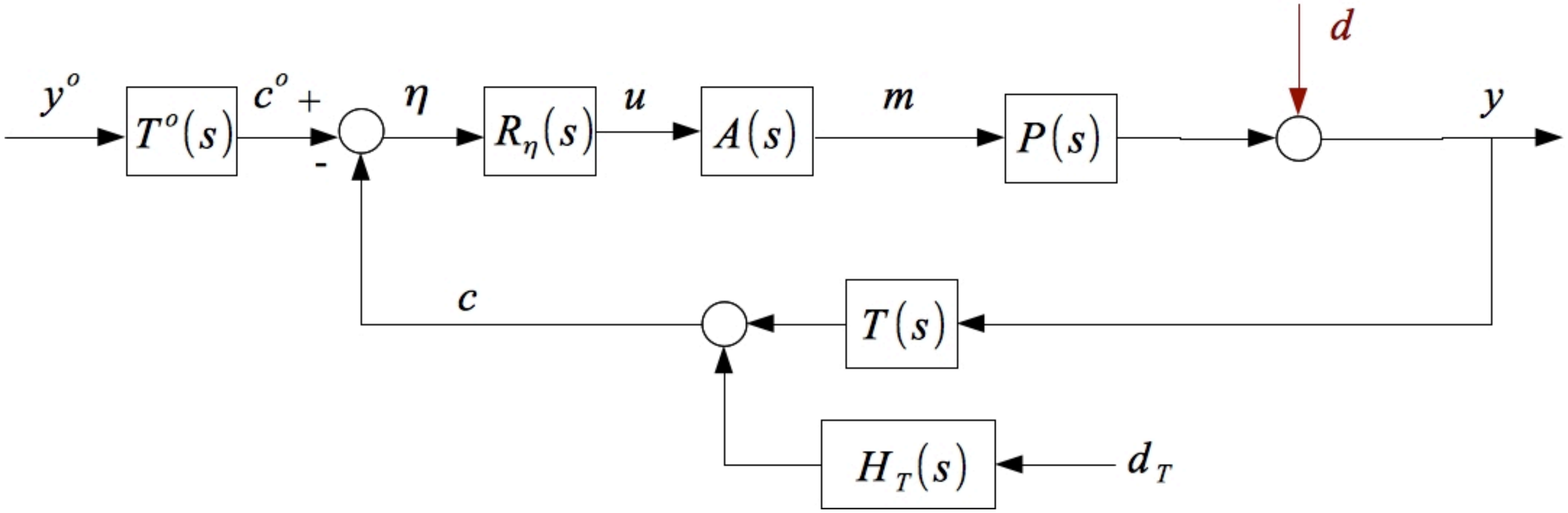
1) spostare d_A a valle di P e aggregare d_A e d_p in un unico disturbo equivalente d

$$d(s)=P(s)H_A(s)d_A(s)+H_P(s)d_p(s)$$

Elaborazioni



Elaborazioni

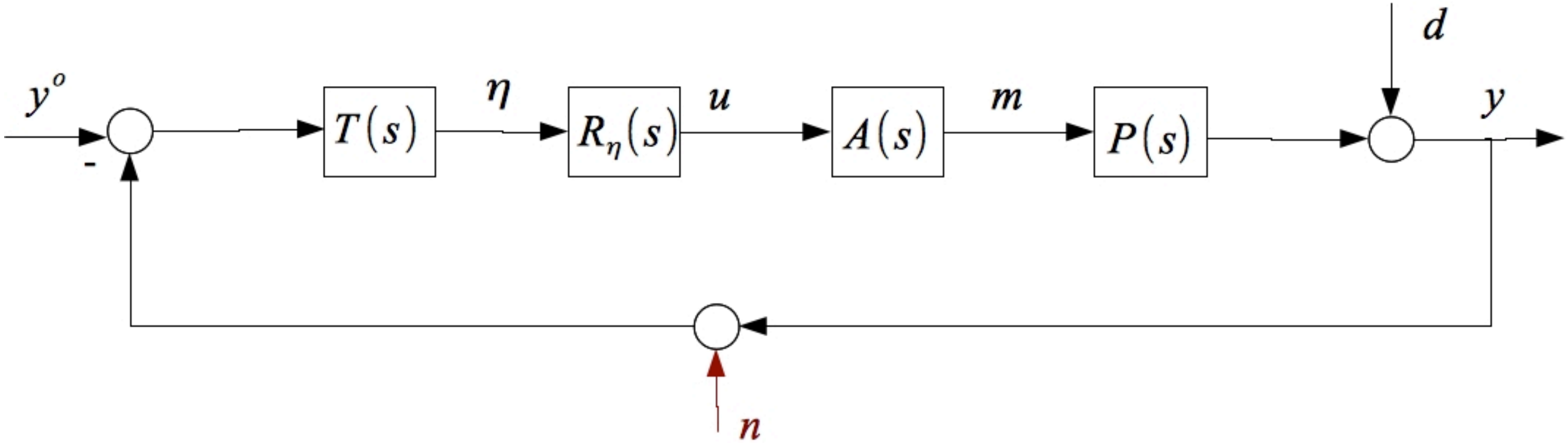


2) portare i trasduttori sulla linea di andata. Ipotesi (caso frequente): $T^0(s) = T(s)$

$$
\begin{aligned}
\eta(s) &= T(s)\,y^o(s) - T(s)\,y(s) - H_T(s)\,d_T(s) \\
&= T(s)\left(y^0(s) - y(s) - n(s)\right)
\end{aligned}
$$

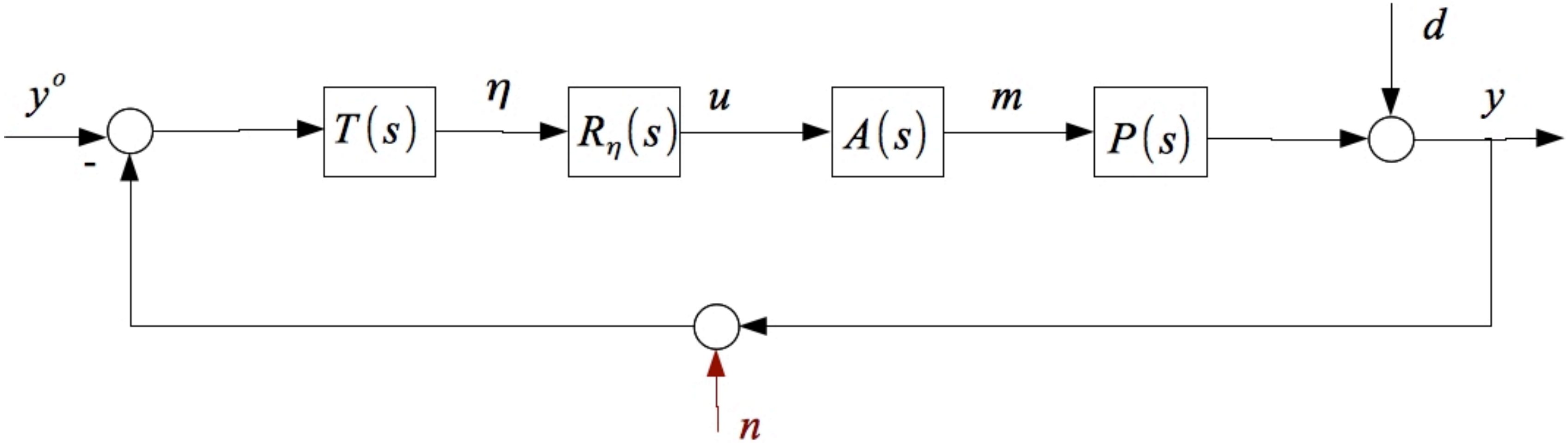
ove $n(s) = T^{-1}(s)\,H_T(s)\,d_T(s)$ e' un disturbo equivalente

Schema fondamentale



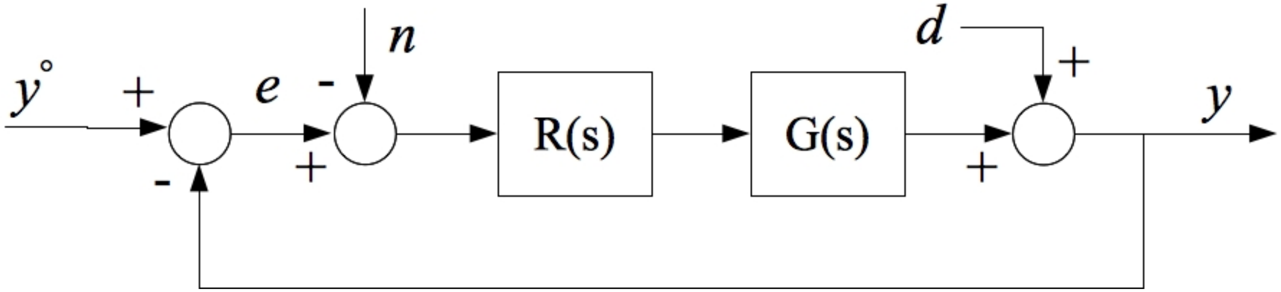
La fdt d'anello $L(s)$ e' la stessa dello schema precedente. Pertanto le proprieta' di stabilita' sono le stesse

Schema fondamentale



La fdt d'anello $L(s)$ e' la stessa dello schema precedente. Pertanto le proprieta' di stabilita' sono le stesse

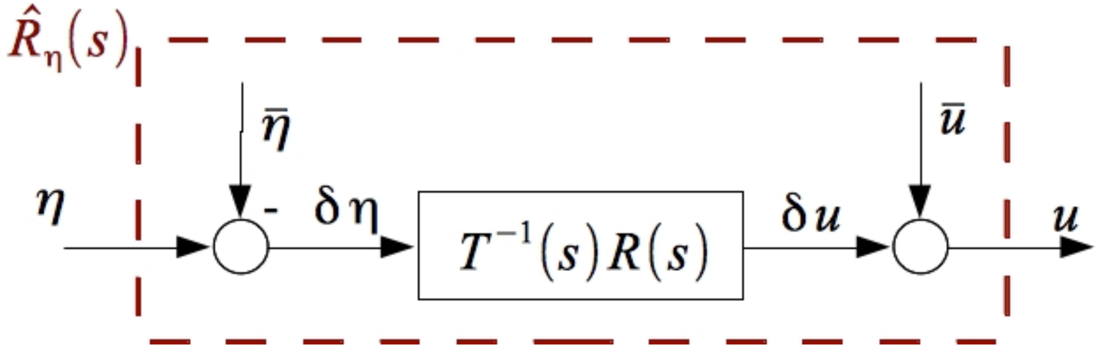
3) Definendo $R(s)=T(s)R_\eta(s)$, $G(s)=A(s)P(s)$ e spostando n sulla linea di andata si arriva allo **schema fondamentale**



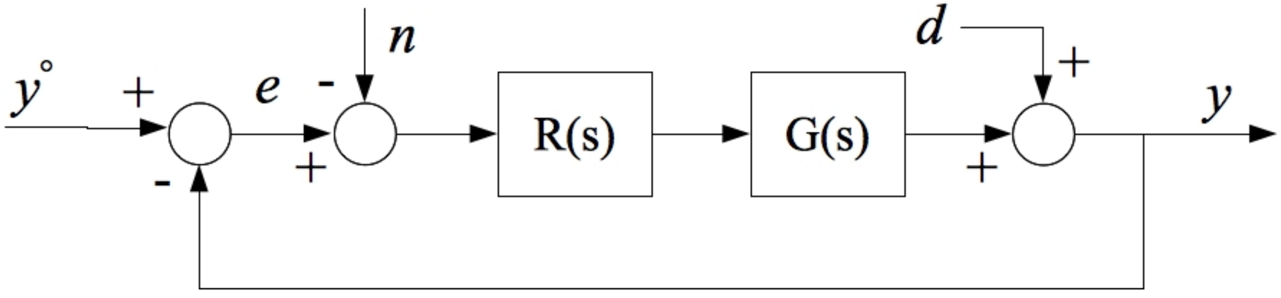
ove $e=y^0-y$ e' l'errore, $R(s)$ e' il regolatore e $G(s)$ e' il sistema sotto controllo

Implementazione del regolatore

Se si progetta $R(s)$ con riferimento allo schema fondamentale, nello schema iniziale $\hat{R}_\eta(s)$ si implementa nel modo seguente



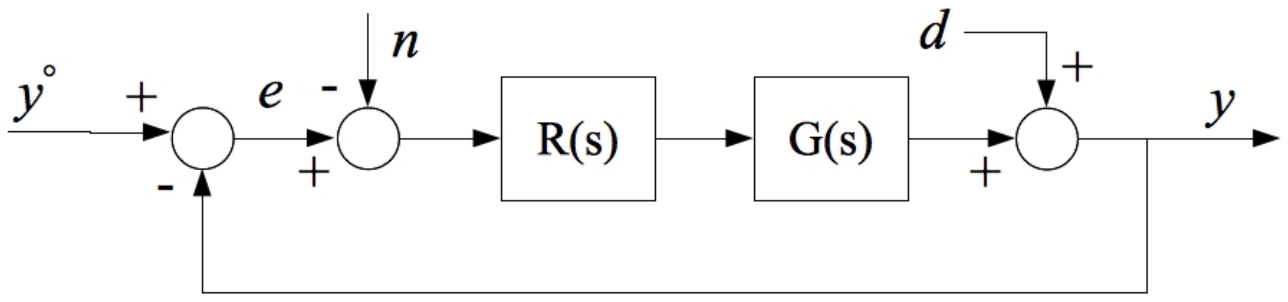
Requisiti di un sistema di controllo



Comportamento ideale: $y(t)=y^{o}(t), \forall t \geqslant 0$ e le fdt $d \rightarrow y$ e $n \rightarrow y$ sono nulle

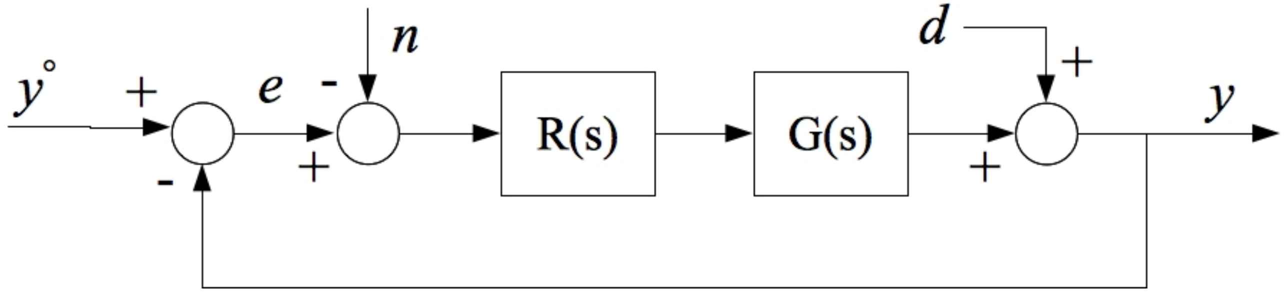
- Non e' realizzabile, in genere ! Si introducono quindi dei requisiti piu' deboli

Stabilita' asintotica



In condizioni nominali : se il sistema $y^0 \rightarrow y$ non fosse AS, y potrebbe divergere anche per ingressi limitati

Stabilita' asintotica



In condizioni nominali : se il sistema $y^0 \rightarrow y$ non fosse AS, y potrebbe divergere anche per ingressi limitati

In condizioni perturbate

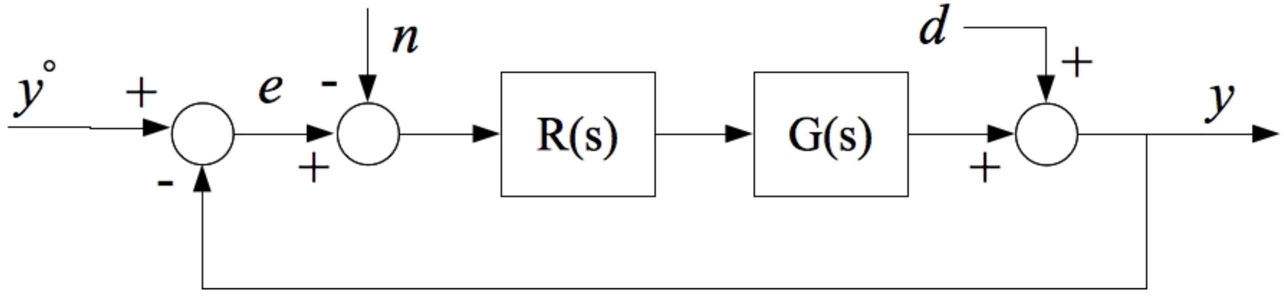
$G(s)$ e' un modello approssimato del sistema sotto controllo. Ragioni:

- $G(s)$ e' ottenuta tramite linearizzazione
- $G(s)$ e' ottenuta sotto ipotesi semplificative
- parametri che variano lentamente nel tempo sono considerati costanti

Stabilita' robusta= stabilita' asintotica anche in condizioni perturbate (cioe' $G(s) \neq$ sistema vero)

- si deve specificare la classe di perturbazioni per cui si vuole stabilita' robusta

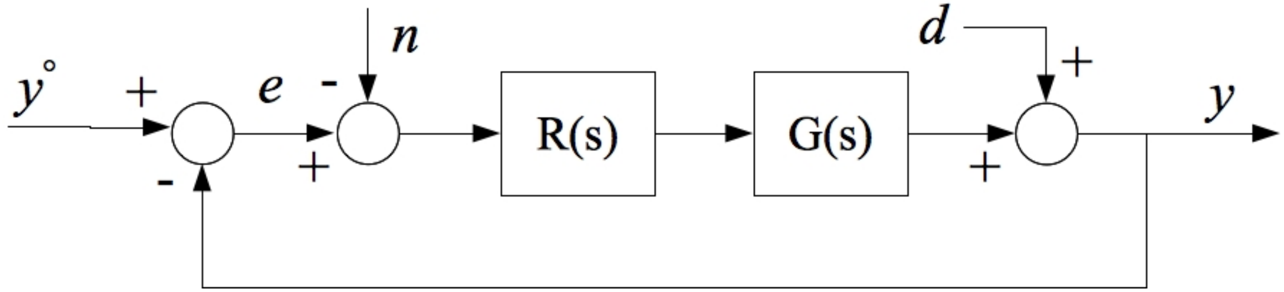
Prestazioni



Prestazioni statiche in condizioni nominali: si vuole che, a regime, $y^0 = y$ (oppure $|y - y^0|$ sia limitato) per particolari ingressi y^o, d e n

- Esempi importanti: segnali canonici e sinusoidali

Prestazioni



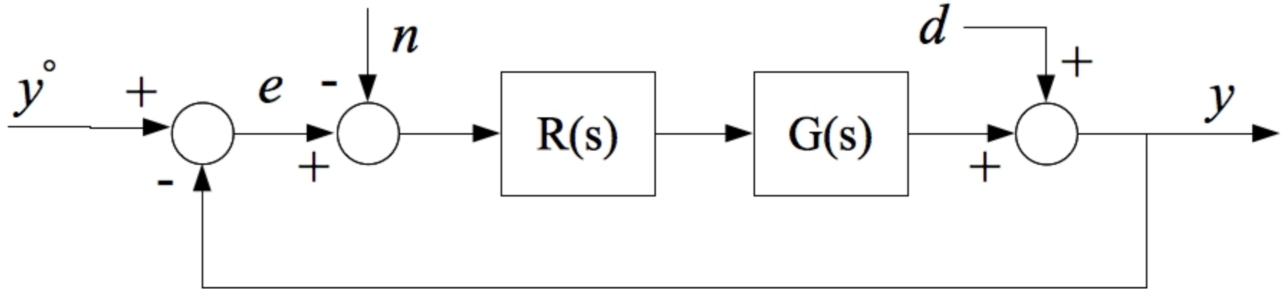
Prestazioni statiche in condizioni nominali: si vuole che, a regime, $y^0 = y$ (oppure $|y - y^0|$ sia limitato) per particolari ingressi y^o, d e n

- Esempi importanti: segnali canonici e sinusoidali

Prestazioni dinamiche in condizioni nominali: specifiche sul comportamento del sistema nel transitorio per particolari ingressi y, n e d (di solito scalini e sinusoidi)

- risposta a $y^0(t) = sca(t)$. Tipici indici di prestazione: T_a, T_s e $S\%$
- risposta a $d(t)$ e $n(t)$. Si vuole che variazioni di $y(t)$ siano "contenute"
- moderazione della variabile di controllo $u(t)$: evitare che $u(t)$ subisca brusche variazioni (danneggiamento degli attuatori) o assuma valori eccessivi (gli attuatori saturano o il sistema esce dalla regione di validita' del modello linearizzato)

Prestazioni



Prestazioni statiche in condizioni nominali: si vuole che, a regime, $y^0 = y$ (oppure $|y - y^0|$ sia limitato) per particolari ingressi y^o, d e n

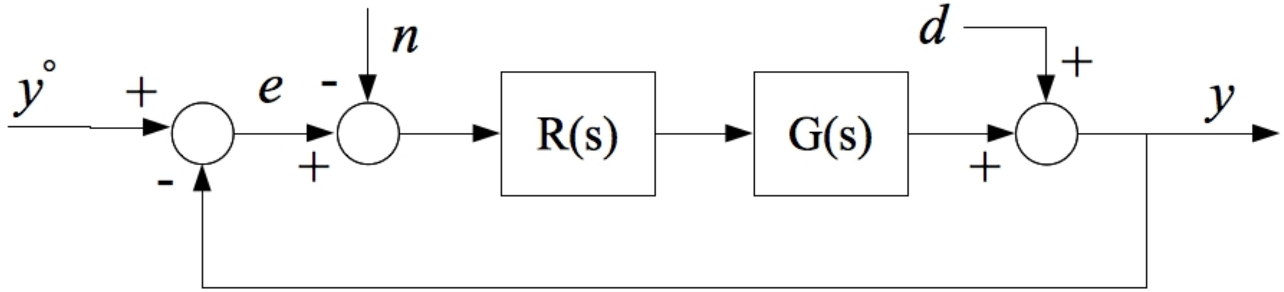
- Esempi importanti: segnali canonici e sinusoidali

Prestazioni dinamiche in condizioni nominali: specifiche sul comportamento del sistema nel transitorio per particolari ingressi y, n e d (di solito scalini e sinusoidi)

- risposta a $y^0(t) = sca(t)$. Tipici indici di prestazione: T_a, T_s e $S\%$
- risposta a $d(t)$ e $n(t)$. Si vuole che variazioni di $y(t)$ siano "contenute"
- moderazione della variabile di controllo $u(t)$: evitare che $u(t)$ subisca brusche variazioni (danneggiamento degli attuatori) o assuma valori eccessivi (gli attuatori saturano o il sistema esce dalla regione di validita' del modello linearizzato)

Prestazioni statiche e dinamiche in condizioni perturbate (prestazioni robuste) ...

Nel seguito ...



Problemi di analisi : come caratterizzare stabilita' e prestazioni di un sistema di controllo

Problemi di sintesi: come progettare il regolatore in modo che il sistema di controllo verifichi delle specifiche assegnate in termini di stabilita' e prestazioni

- Osservazione: se le specifiche sono troppo stringenti il problema di sintesi puo' non avere soluzione !