

Appunti di Controlli Automatici 1

Introduzione ai sistemi in retroazione

Ci occupiamo, in questa sede, di dare alcuni cenni generali di studio dei **sistemi in retroazione**. Per fare questo, cominciamo a riportare la distinzione tra un sistema *in anello aperto* ed uno *in retroazione* (o *in anello chiuso*):

- un **controllo in anello aperto** (o ad azione diretta) è caratterizzato dal fatto che il valore della *variabile manipolabile* non dipende da quello della *variabile controllata* né da quelli di altre *variabili dipendenti* del sistema controllato; non ci sono dunque percorsi di segnale chiusi;
- al contrario, in un **controllo in retroazione** (o in anello chiuso) il valore della *variabile manipolabile* dipende da quello della *variabile controllata* e da quelli di altre *variabili dipendenti* del sistema controllato, per cui è presente sempre almeno un percorso di segnale chiuso (detto **anello di retroazione**).

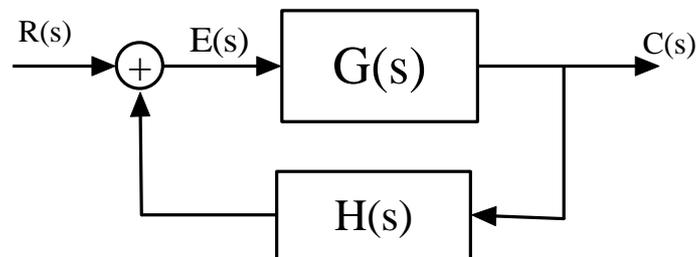
L'obiettivo dell'azione di controllo è fare in modo che l'uscita del sistema segua l'ingresso a prescindere dai disturbi che influenzano il sistema dall'esterno e dalle variazioni parametriche interne al sistema stesso.

Gli aspetti di cui preoccuparsi sono, per sommi capi, i seguenti:

- **precisione**: dobbiamo osservare quanto il *controllo* si sposta dall'*obiettivo*, ossia ci interessa la precisione appunto del sistema di controllo;
- **attenuazione dei disturbi**: dobbiamo preoccuparci di attenuare l'effetto dei **disturbi** sull'uscita (mentre, invece, non è possibile attenuare direttamente i disturbi, che non si suppongono sotto il nostro controllo);
- **attenuazione delle variazioni parametriche**: dobbiamo anche attenuare gli effetti delle **variazioni parametriche** interne al sistema;

- **stabilità**: il sistema controllato ha una sua **dinamica** ed è possibile trovarsi in condizioni per cui il sistema, pur essendo *inizialmente stabile*, risulti instabile proprio a causa dell'azione di controllo da noi esercitata;
- **analisi della qualità del transitorio**: questo è un punto fondamentale, in quanto, oltre che alla stabilità, siamo interessati ad altri fattori, come la *rapidità di attenuazione* del transitorio e cose simili;
- **robustezza**: il sistema deve possedere tutte le qualità richieste nonostante tutte le possibili variazioni che su di esso possono agire nel tempo.

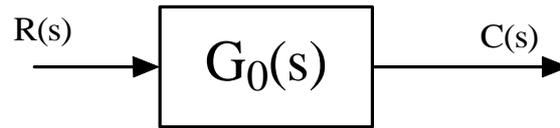
Lo schema a blocchi tipico cui si può normalmente ricondurre un **sistema dinamico in retroazione** è rappresentato nella figura seguente:



Il significato dei simboli (tutti riferiti al *dominio di Laplace*) è il seguente:

- $R(s)$ è il **segnale di riferimento** (o **set point**), cioè il nostro ingresso
- $C(s)$ è la **variabile controllata**, cioè la nostra uscita;
- $E(s)$ è il **segnale errore** che viene fuori dal *nodo comparatore* (detto anche *organo di paragone*);
- $G(s)$ è la **funzione di trasferimento ad anello aperto** (detta anche *funzione di trasferimento del ramo diretto*);
- $H(s)$ è la **funzione di trasferimento del trasduttore di segnale di retroazione** (detta anche *funzione di trasferimento del ramo di retroazione*);
- $G(s)H(s)$ è il cosiddetto **guadagno di anello**.

E' anche possibile ridurre quello schema **in forma minima**, il che significa giungere al seguente schema a blocchi:



In questo caso, la funzione $G_0(s)$ prende il nome di **funzione di trasferimento ad anello chiuso** e la sua determinazione è abbastanza immediata: applicando, infatti, la semplice definizione, abbiamo che $G_0(s) = \frac{C(s)}{R(s)}$; dallo schema precedente si osserva inoltre che $C(s) = E(s)G(s)$ ed anche che $E(s) = R(s) - C(s)H(s)$, per cui abbiamo che

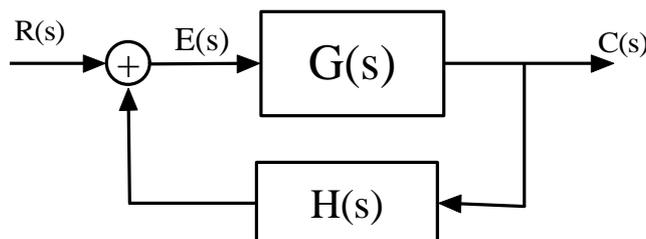
$$G_0(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{E(s)G(s)}{R(s)} = \frac{[R(s) - C(s)H(s)]G(s)}{R(s)} = G(s) - \frac{C(s)H(s)G(s)}{R(s)} = G(s) - G_0(s)H(s)G(s)$$

da cui possiamo dunque concludere che

$$G_0(s) = \frac{G(s)}{1 + H(s)G(s)}$$

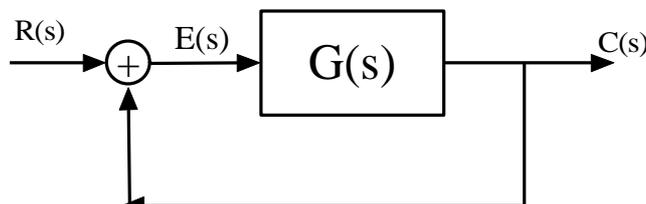
Nel caso che, come spesso accade, si abbiano ingressi al sistema in più punti dell'anello (pensiamo ad esempio ai disturbi), il discorso è più complicato, ma la regola di base per la riduzione dello schema a blocchi è analoga: *per ricavare la funzione di trasferimento che rappresenta l'effetto di un singolo ingresso sulla variabile controllata, basta dividere la funzione di trasferimento che si avrebbe in assenza di retroazione, in relazione al medesimo ingresso, per la somma dell'unità più il guadagno di anello*. Essendo il sistema lineare, ogni ingresso può essere considerato separatamente.

Ritorniamo adesso allo schema iniziale:



E' importante osservare due cose:

- in primo luogo, la funzione di trasferimento ad anello aperto $G(s)$ descrive il comportamento dinamico di diversi apparati posti in cascata: in particolare, si tratta degli apparati amplificatori di segnale e amplificatori di potenza del dispositivo di controllo, dell'eventuale rete correttiva, dell'attuatore e del sistema controllato (**plant**) vero e proprio;
- in secondo luogo, la funzione di trasferimento $H(s)$ è relativa al solo trasduttore di misura per la retroazione, che normalmente è estremamente veloce in confronto agli altri apparati citati; ciò comporta che, in molti casi, si possa assumere che la funzione di trasferimento del trasduttore di misura sia data semplicemente da una costante. In particolare, ci sono molte situazioni in cui questa costante è unitaria: si parla, in questo caso, di **retroazione unitaria** e lo schema a blocchi diventa semplicemente



Molto spesso si fa l'ipotesi che l'anello sia a retroazione unitaria.

Autore: **Sandro Petrizzelli**
e-mail: sandry@iol.it
sito personale: <http://users.iol.it/sandry>
succursale: <http://digilander.iol.it/sandry1>