



Zeno Martini (admin)

CONTROREAZIONE

1 September 2007

La controreazione

Un sistema si dice controreazionato quando la grandezza di uscita è misurata e confrontata con il valore impostato come ingresso per ottenerla. La differenza tra l'ingresso ed il segnale ricavato dall'uscita mediante opportuno trasduttore, pilota il dispositivo di comando dell'attuatore. Questo tipo di controllo è anche detto controllo in catena chiusa, o retroazione, o feedback.

Quando l'ingresso comanda direttamente l'uscita, si parla di controllo in catena aperta.

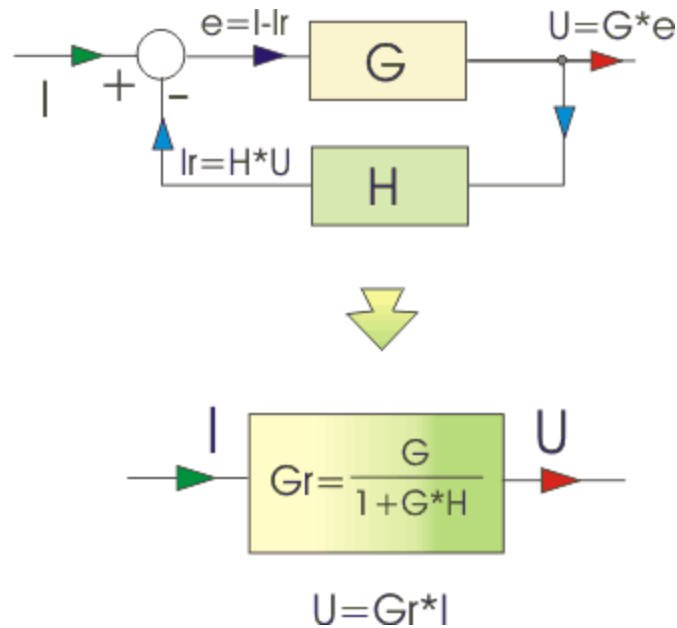
Quanto detto è schematizzato con i seguenti schemi a blocchi e la relativa algebra.



catena aperta

G è la funzione di trasferimento complessiva (f.d.t.) che, moltiplicata per l'ingresso, fornisce l'uscita. In genere è il prodotto della f.d.t. di vari blocchi in cascata (o in serie: l'uscita di ciascuno è l'ingresso del successivo):

$$\mathbf{G = G1*G2*...*Gn.}$$



catena chiusa

E' abbastanza intuitivo riconoscere che la catena chiusa sia il metodo più efficace per ottenere il valore desiderato come uscita. Con essa si ha un riscontro immediato del valore reale e possono essere presi i provvedimenti necessari per correggerlo. Nella catena aperta occorre invece affidarsi unicamente alla precisione dell'attuatore, l'ultimo blocco della serie, per ottenere l'uscita desiderata. Del suo reale valore infatti non si ha alcun immediato riscontro.

Vediamo le cose ancora più in dettaglio.

Nella catena aperta ogni variazione delle caratteristiche dei componenti che formano il blocco **G** si ripercuote identicamente sull'uscita. Se il blocco **G** si stara, ad esempio del 20%, tale sarà anche la differenza percentuale tra l'uscita desiderata e quella effettiva. Nella catena chiusa invece lo scostamento tra l'uscita desiderata e quella impostata, è determinata dall'espressione di **Gr** che è l'effettiva f.d.t del sistema retroazionato ricavata con l'algebra dei blocchi.

$$U = G \cdot (I - H \cdot U) \text{ da cui } U = I \cdot (G / (1 + G \cdot H))$$

Quindi

$$Gr = G / (1 + G \cdot H)$$

Se **G** si stara del 20% la variazione di **Gr** è senz'altro inferiore in quanto **G** è divisa per un numero maggiore di 1. Se ad esempio il prodotto **G*H** vale 99, e la variazione di **G** è del 20% la variazione di **Gr** sarà dello 0,2% e tale sarà anche la variazione percentuale dell'uscita essendo

$$U = G_R * I$$

A questo proposito si può osservare come le variazioni di **G_r** dipendano quasi esclusivamente da **H**. Finché infatti è **G*H >>1** si può scrivere in pratica **G_r = 1 / H**.

H è la funzione di trasferimento del trasduttore. Su di esso si concentrano pertanto le maggiori responsabilità di precisione di un sistema controreazionato. Se ad esempio **H** è una costante, il legame tra ingresso ed uscita diventa praticamente lineare anche se non lo sono esattamente i componenti di **G**. Il trasduttore deve dunque essere scelto con molta attenzione.

Anche per i disturbi agenti sulla catena che compone **G**, la controreazione dà luogo ad una riduzione del loro effetto sull'uscita.

Inoltre la controreazione permette di ottenere un aumento della rapidità di risposta, l'uscita assume cioè più rapidamente il valore che le è richiesto. Ciò avviene a scapito del guadagno complessivo per cui, a parità di segnale di ingresso, per ottenere la stessa uscita occorre adeguatamente aumentare **G**.

Simulazione

Riassumendo il sistema controreazionato:

- **è più insensibile alle variazioni dei componenti diversi dal trasduttore**
- **è più insensibile ai disturbi che entrano a valle dell'ingresso**
- **è più rapido nella risposta**
- **permette di linearizzare il sistema**

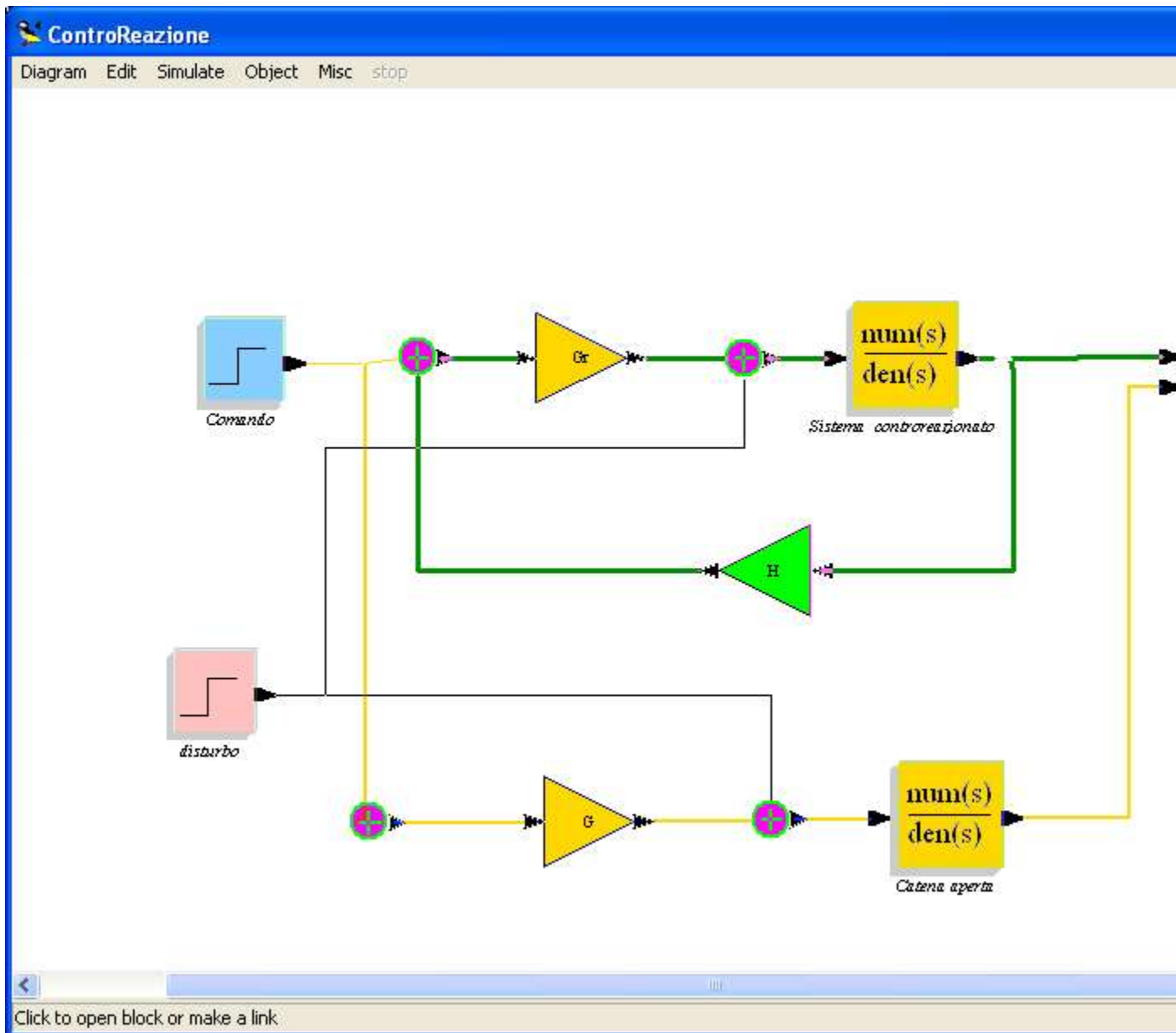
Tutto ciò può essere visto con precisione e dettaglio affrontando matematicamente lo studio. Qui ci accontentiamo però di verificarlo ricorrendo ad una simulazione con l'applicazione Scicos di Scilab 4.1

Il sistema considerato è molto semplice, del primo ordine. Nel diagramma è rappresentato dal blocco **Num(s) / Den(s) = 1 / (1+s*T)**. Il blocco amplificatore **G** ne rappresenta il guadagno statico. Sono stati fissati **G=2 e T=5**.

L'**ingresso** è posto uguale a **10**. A regime quindi l'uscita dalla catena aperta è **U=G*I= 2*10= 20**. Per il blocco trasduttore **H** si è scelto **H=0.5**. Il guadagno del blocco **G_r** è **k*G=2*k**, con **k** fattore moltiplicativo del guadagno della catena diretta. In questo modo in pratica il guadagno della catena chiusa è tanto più vicino a 2 (l'inverso di H) quanto più elevato è **k**. E' previsto un disturbo nella catena diretta. Inizialmente k=1.

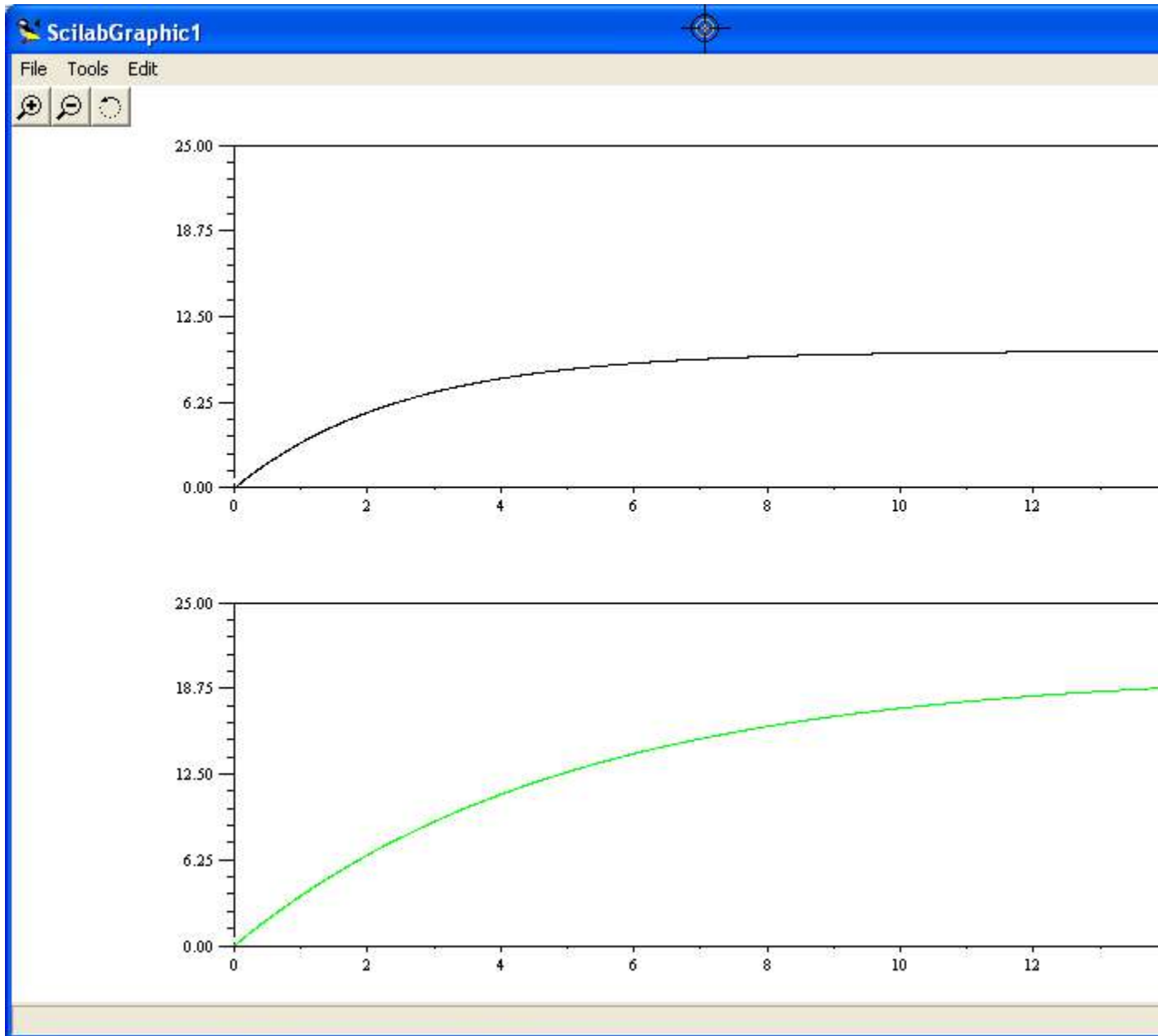
Scegliendo **simulate-->eval** si possono modificare percentualmente il guadagno **G**, la costante di tempo **T**, la costante del trasduttore **H** e l'entità del disturbo nonché il fattore moltiplicativo **k**.

Scegliendo quindi **Simulate-->run** si hanno gli andamenti dell'uscita del sistema in catena aperta (il secondo, verde) e della catena chiusa (il primo, nero).

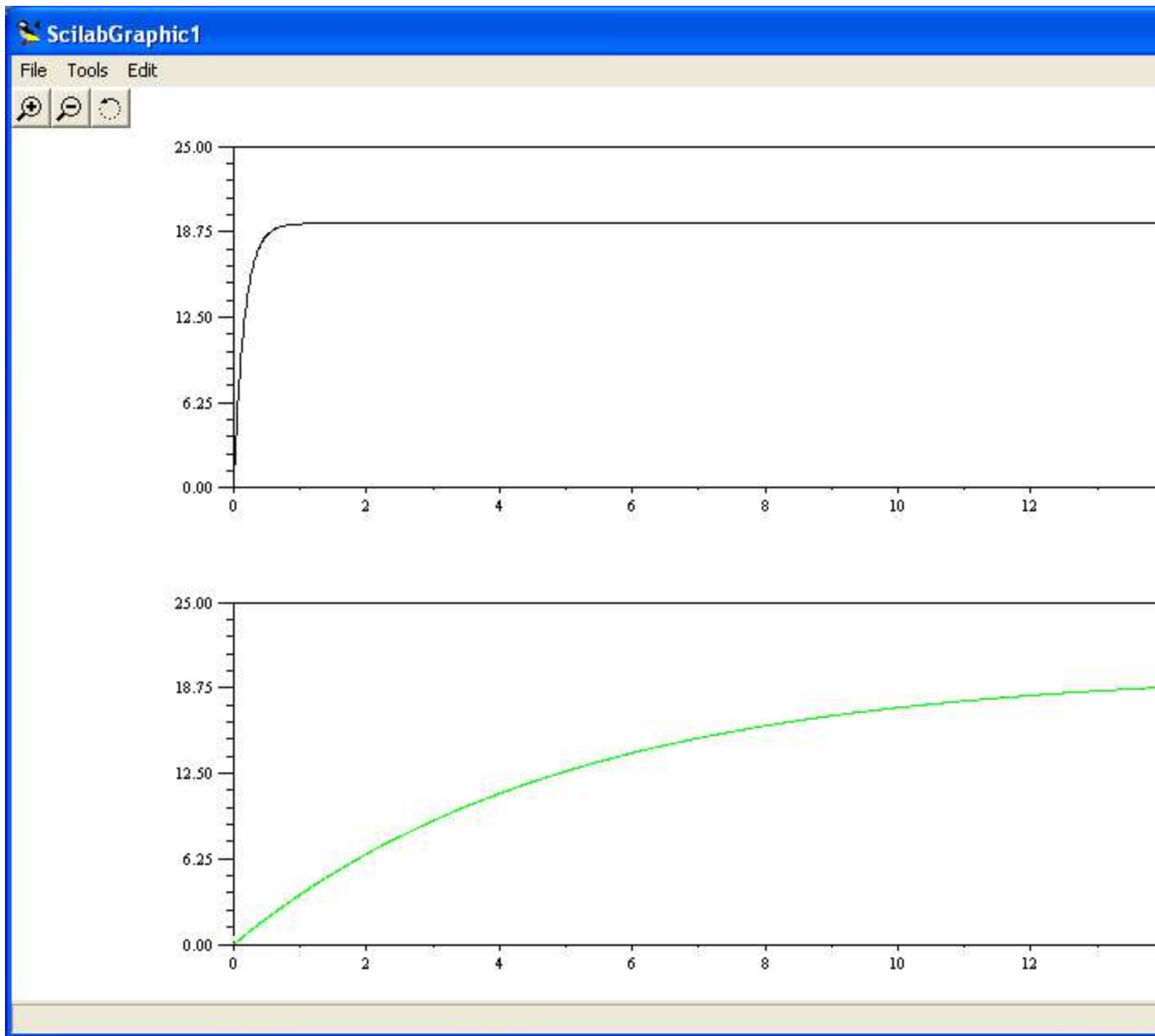


Lasciando inalterati i parametri si ottengono i diagrammi seguenti. Si può notare che con il fattore moltiplicativo **k=1** che mantiene il guadagno della catena diretta della controreazione uguale a quello della catena aperta si ottiene una aumento della

rapidità di risposta (**a regime in 10 s invece che in 20**) ma il valore dell'uscita è la metà di quello fissato all'ingresso, valore raggiunto invece dalla catena aperta.



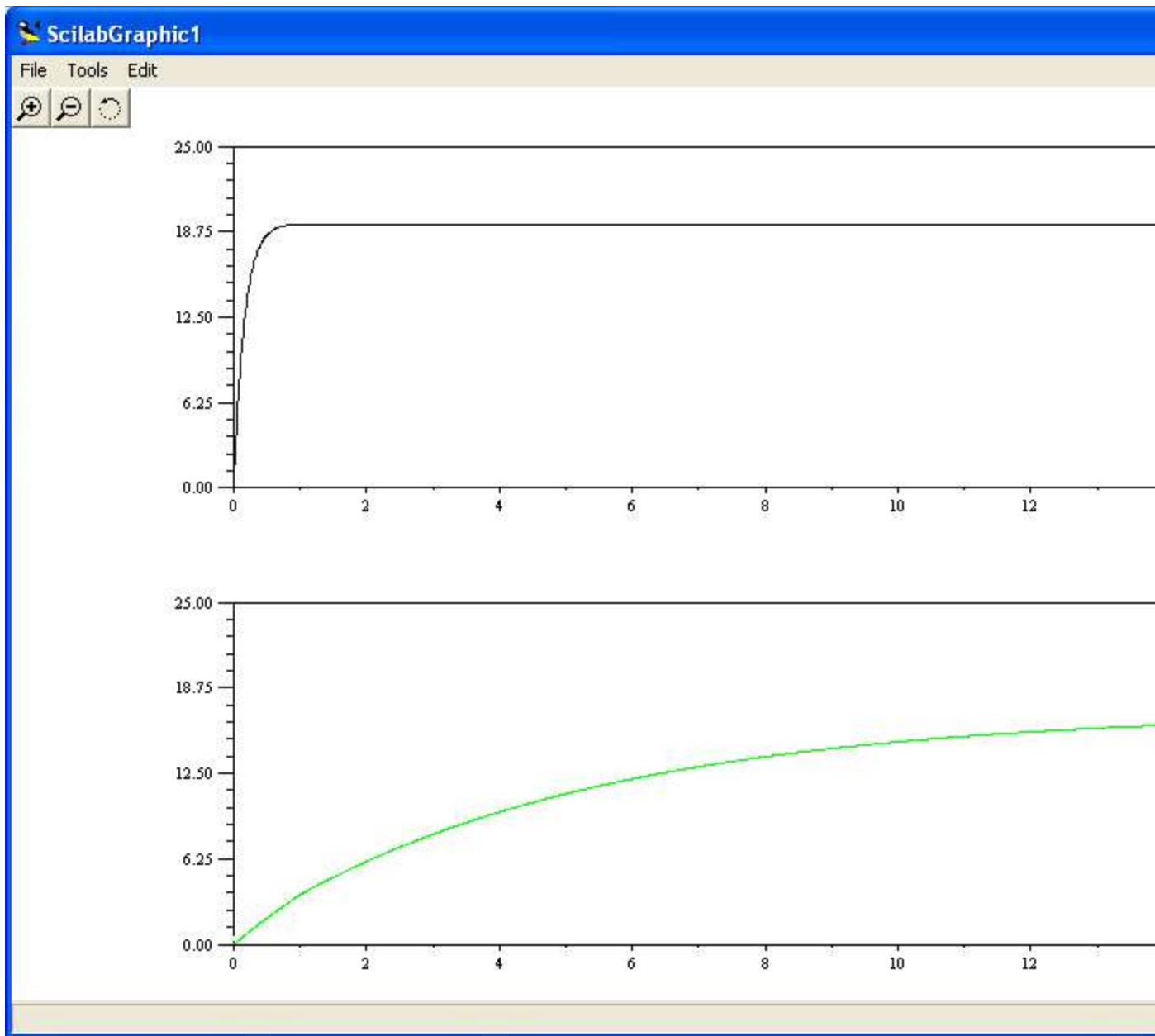
Se però aumentiamo adeguatamente **k**, oltre che aumentare la rapidità della risposta, ci si avvicina sempre più al valore desiderato per l'uscita. Ad esempio impostando **k= 30** si ottiene il seguente diagramma. L'uscita è **a regime in poco più di 1 secondo** ed il valore **finale** è praticamente **20**. Infatti essendo $Gr \cdot H \gg 1$ il guadagno della catena chiusa è in pratica l'inverso di H: $1/0.5=2$.



Ora manteniamo $k=30$ ed **aumentiamo il guadagno di G del 30%**. La variazione a regime dell'uscita a catena aperta aumenta della stessa entità, mentre l'uscita della catena chiusa rimane pressoché inalterata.

Gpiu30%

Allo stesso modo si può provare l'influenza del disturbo. Nel caso di figura è stato impostato un **disturbo del 30% dell'ingresso** che si sottrae all'ingresso (quindi si imposta -30) . E' sempre **k=30**.

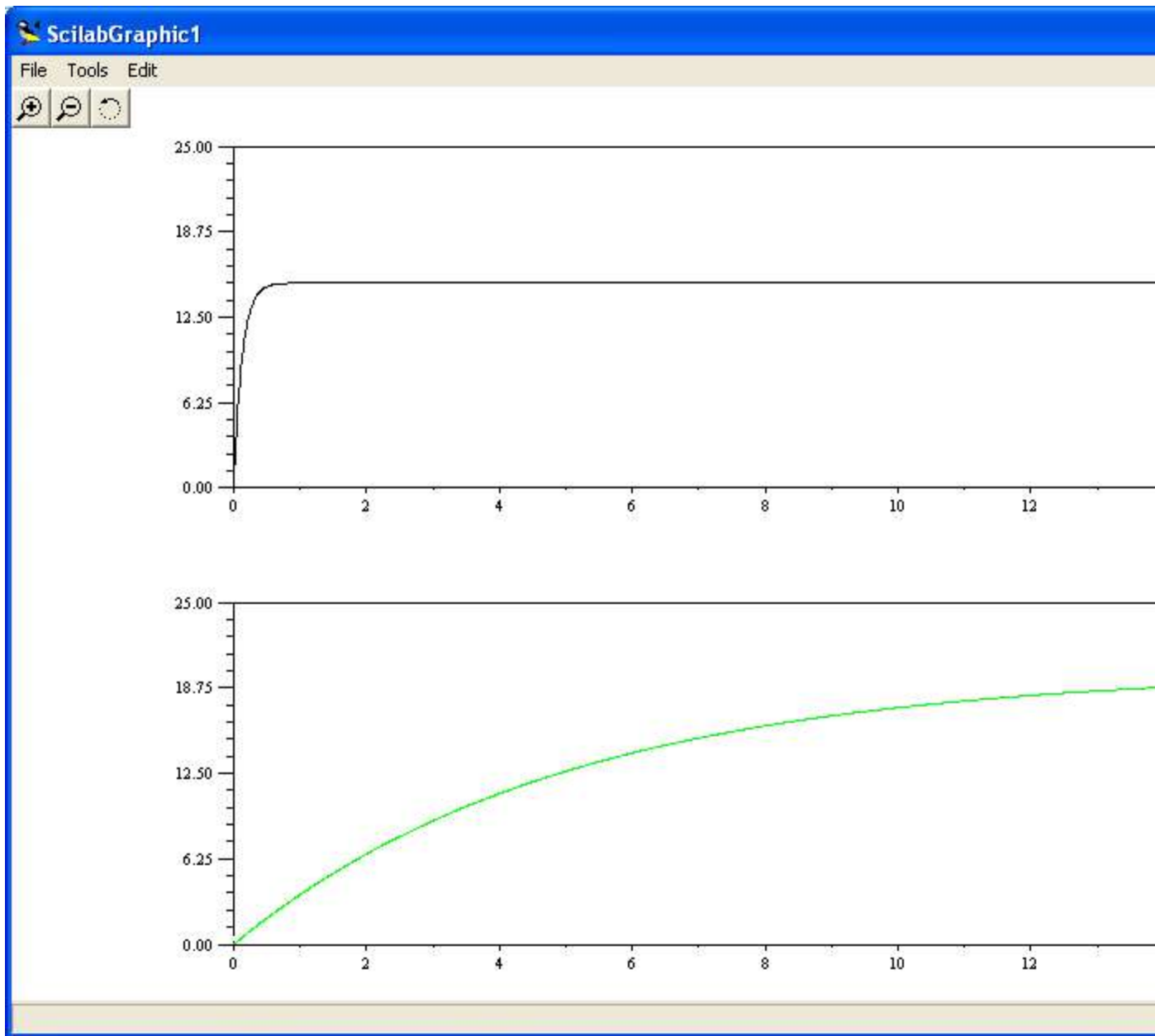


Sempre mantenendo **k=30**, **aumentiamo la costante di tempo del 100%**. Aumentano per entrambe, catena aperta e catena chiusa, i tempi di risposta, ma in rapporto a quello che avevano. Quindi nella catena aperta il regime finale è raggiunto dopo circa 40 s; nella catena chiusa in meno di due secondi.

dm30

Ciò che fa variare l'uscita a regime della catena chiusa è invece la variazione di **H**.
Nel caso della seguente figura è impostata una variazione del **30% di H (H=1.3)**.

Manteniamo sempre $k=30$.

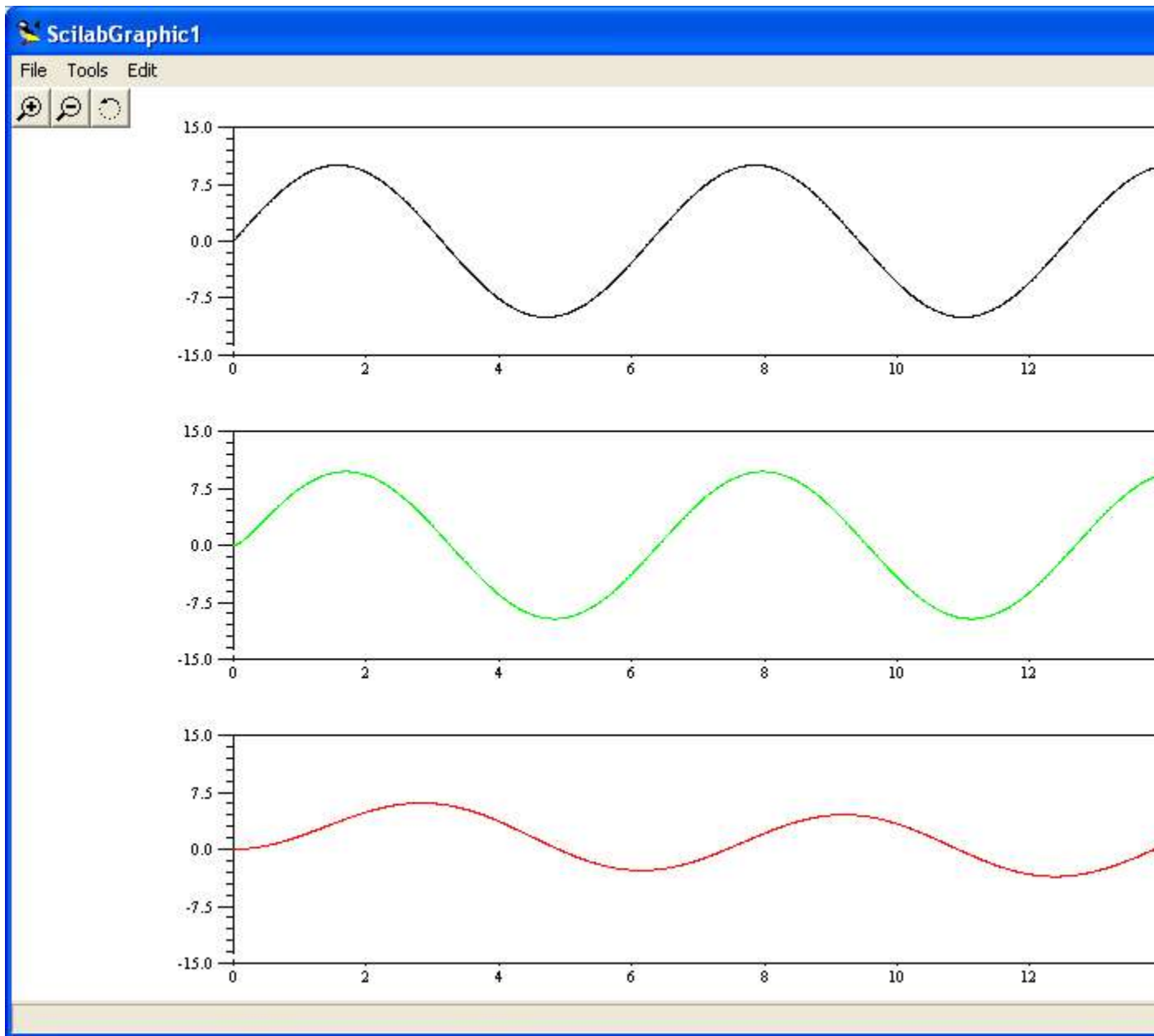


Se l'ingresso è sinusoidale a regime l'uscita differisce dall'ingresso nell'ampiezza ed in fase rispetto al valore desiderato. La differenza è dovuta al variare del guadagno di G in funzione della frequenza.

Sostituendo nel diagramma precedente un generatore sinusoidale all'ingresso a gradino si possono effettuare ancora prove simili a quelle in precedenza citate.

Ad esempio per un'ampiezza di 10 della sinusoide di ingresso e per un $G_r=20 \cdot G$ si hanno i seguenti diagrammi.

In essi si vede come l'uscita del sistema controreazionato segua fedelmente l'ingresso, mentre quella della catena aperta presenti oltre che una diversa ampiezza anche un notevole sfasamento.



Download

Le applicazioni Scicos si possono scaricare [qui](#).

Sono i file

- Controreazione.cos

- ControreazioneSin_1.cos

Dopo averli scaricati li si attiva in Scicos dal menu *Diagram->Load* (ovviamente avendo installato Scilab 4.1 e lanciata l'applicazione Scicos)