CONTROLLI AUTOMATICI
Ingegneria Meccanica e Ingegneria del Veicolo

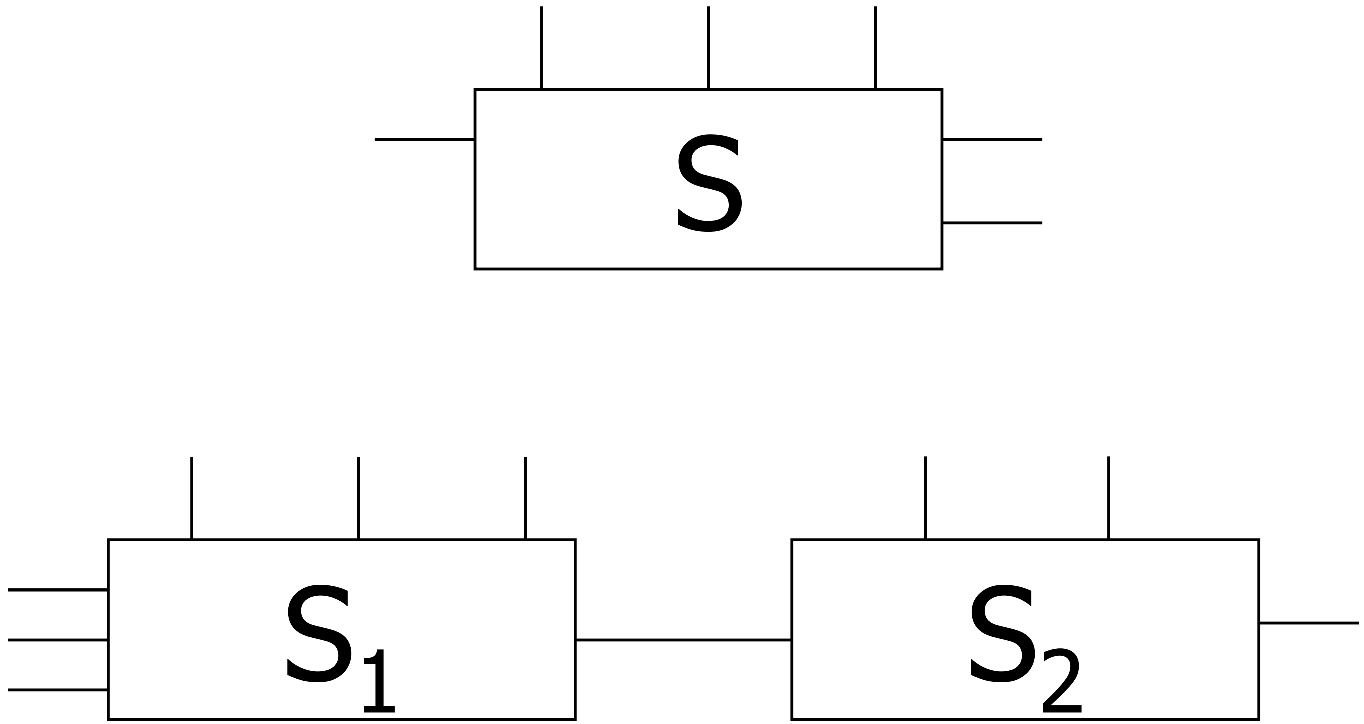
http://www.dii.unimore.it/~lbiagiotti/ControlliAutomatici.html

SCHEMI A BLOCCHI

Ing. Luigi Biagiotti
e-mail: luigi.biagiotti@unimore.it
http://www.dii.unimore.it/~lbiagiotti

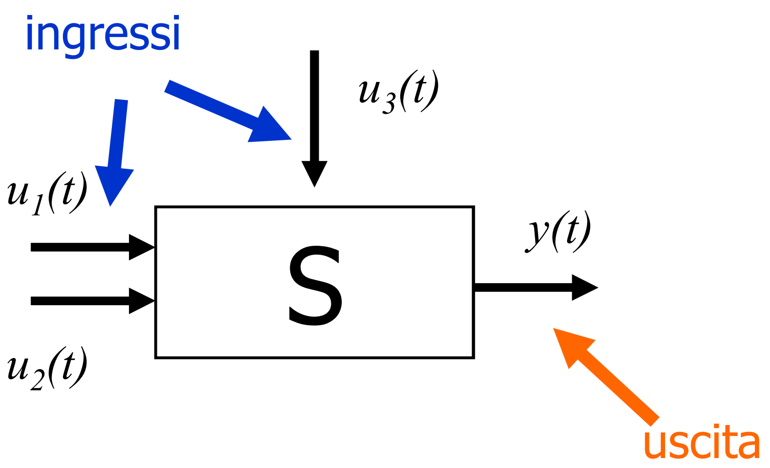
Schemi a blocchi

- Un sistema viene rappresentato graficamente con un *blocco*, e le sue variabili mediante collegamenti con l'*ambiente esterno* o con altri sistemi.

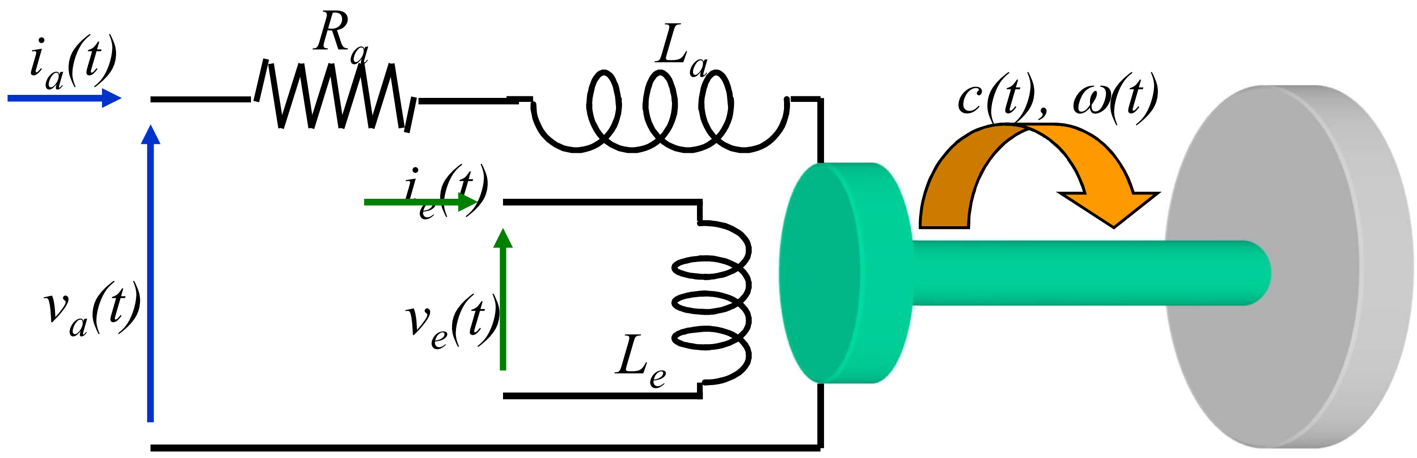


Schemi a blocchi

- Un sistema *orientato* è un sistema in cui le variabili sono suddivise in
  - Variabili di ingresso (cause)
  - Variabili di uscita (effetti)

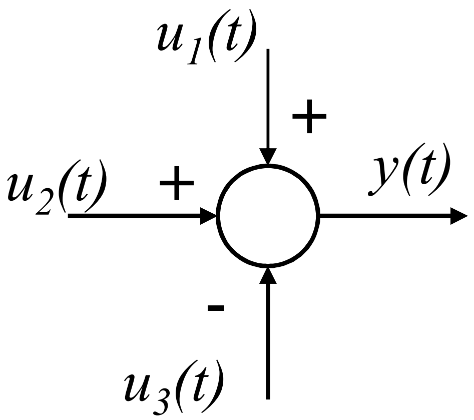


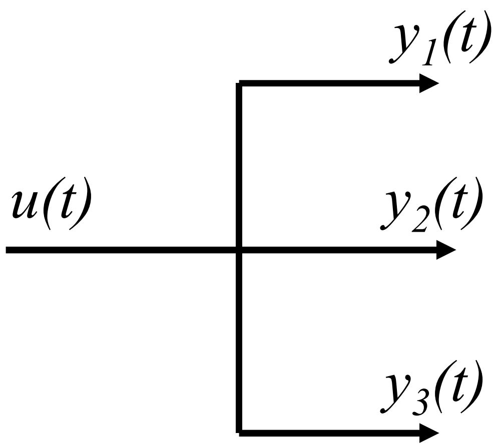
- Non sempre la suddivisione tra ingressi ed uscite (cause ed effetti) è univoca



Schemi a blocchi

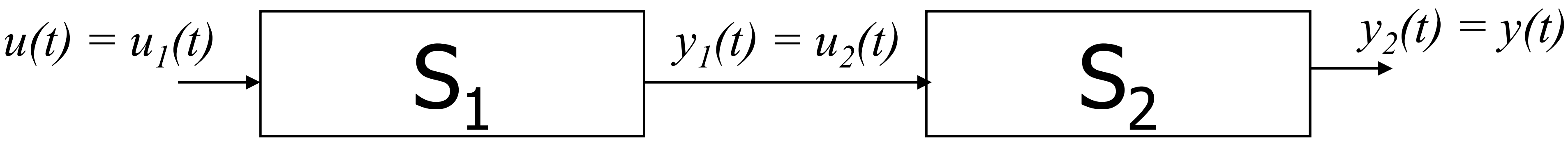
- I sistemi (sottosistemi) possono essere connessi tra loro mediante le variabili di ingresso/uscita.
- Le variabili sono indicate con frecce, e in uno schema oltre ai blocchi che descrivono i sistemi vi possono essere nodi *sommatori* e *punti di diramazione*.



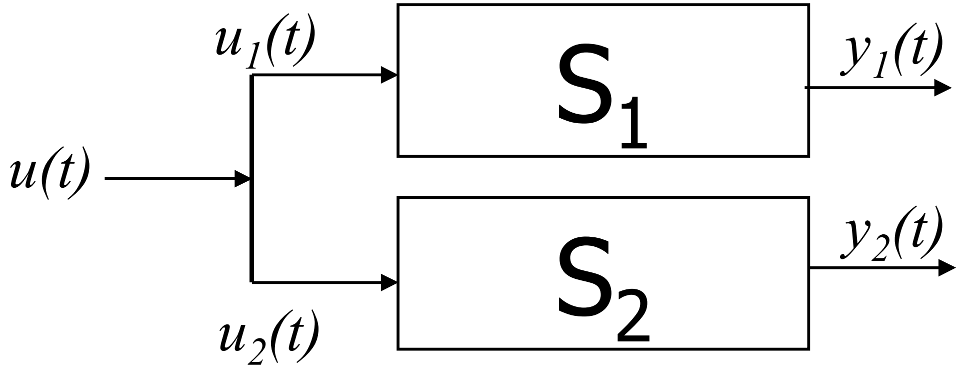


Schemi a blocchi

- Connessione in cascata (serie):
  l'uscita del primo costituisce l'ingresso del secondo

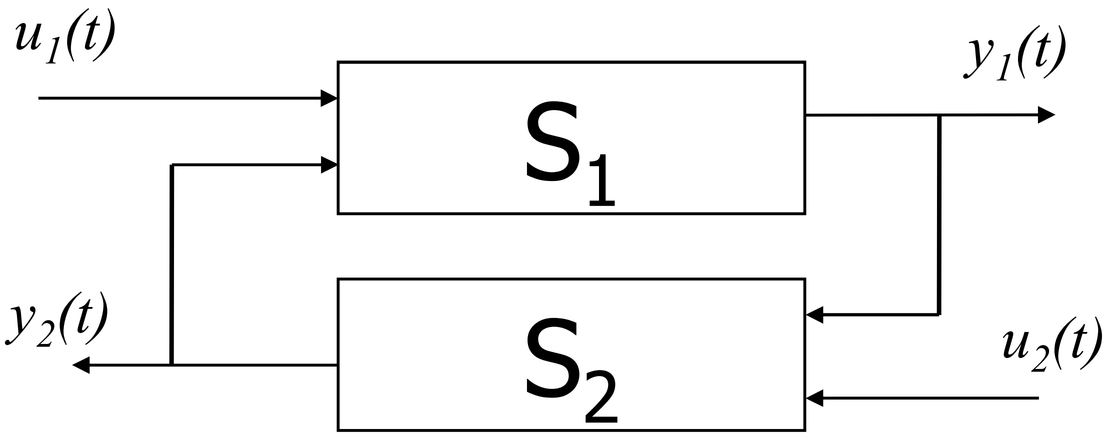


- Connessione in parallelo:
  stesso ingresso



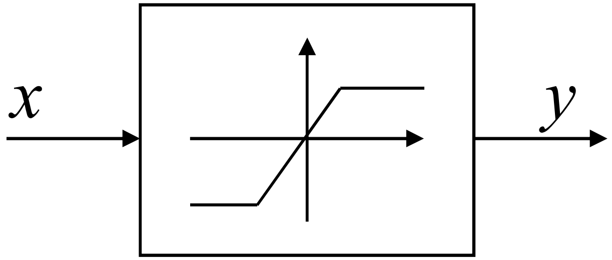
Schemi a blocchi

- Connessione in retroazione: i sistemi sono collegati ad anello e si influenzano reciprocamente

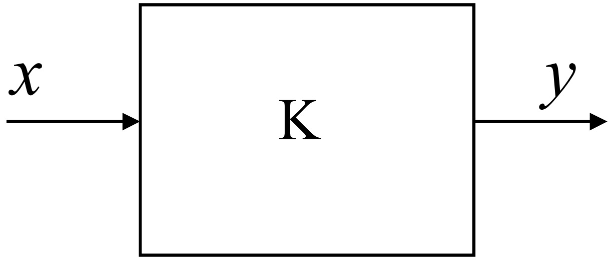


Riduzione di schemi a blocchi

- Spesso i sistemi complessi vengono rappresentati con schemi a blocchi, i cui elementi hanno ciascuno un solo ingresso e una sola uscita.
- Blocchi elementari per la rappresentazione di sistemi *puramente algebrici* sono

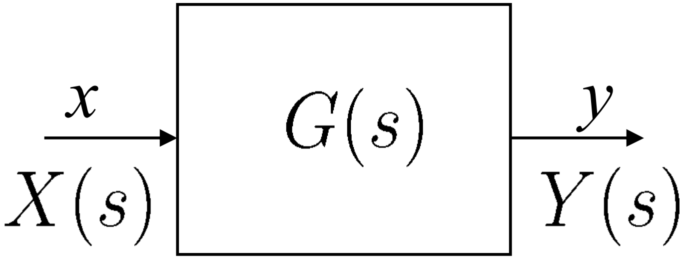


che rappresenta un elemento nonlineare, la cui caratteristica ingresso-uscita è tracciata schematicamente entro il blocco stesso

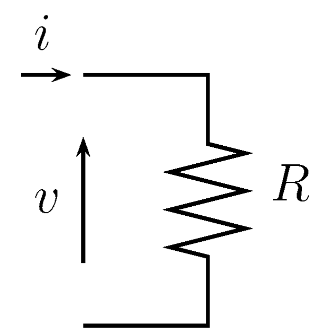


che rappresenta un elemento lineare, caratterizzato dalla costante di proporzionalità K che lega l'uscita all'ingresso $y(t) = K\,x(t)$, specificata di regola entro il blocco stesso

- I **sistemi dinamici lineari stazionari** sono descritti dalla **funzione di trasferimento**

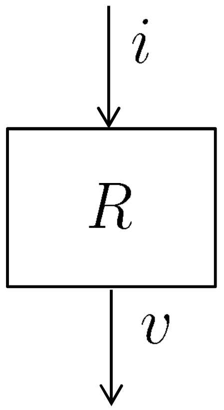


Dominio elettrico: blocchi elementari

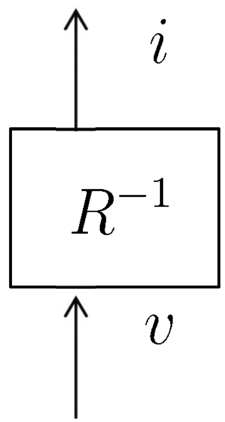


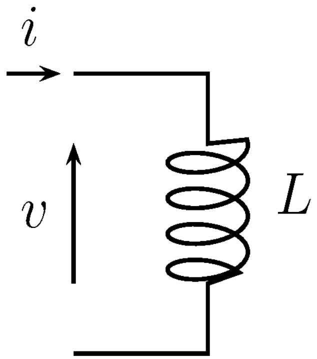
Resistenza

$$v(t) = R\,i(t)$$



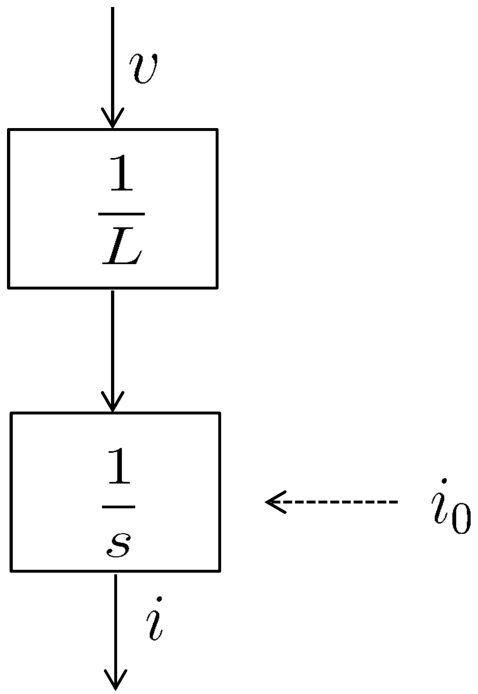
oppure

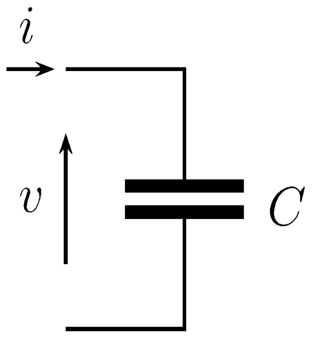




Induttanza

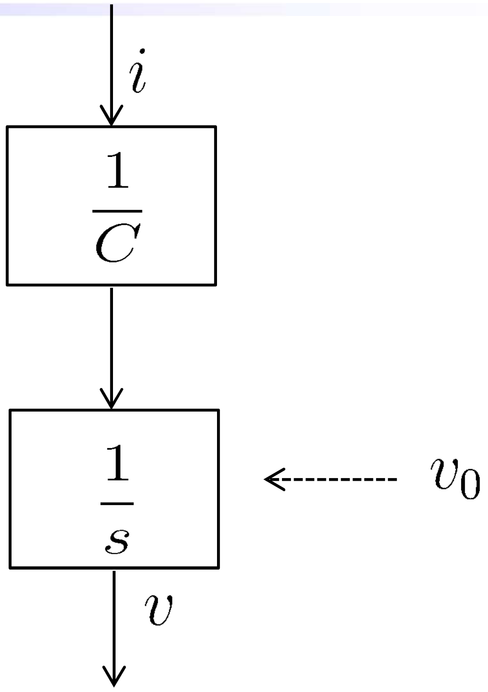
$$v(t) = L\,\frac{d\,i(t)}{d\,t}$$

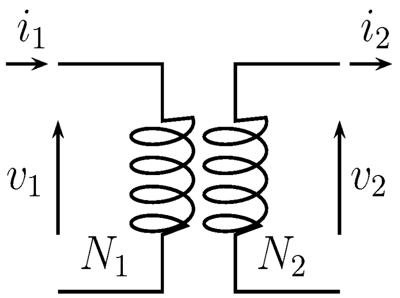




Capacità

$$v(t) = \frac{1}{C}\int_0^t i(\tau)\,d\tau + \frac{Q_0}{C}$$

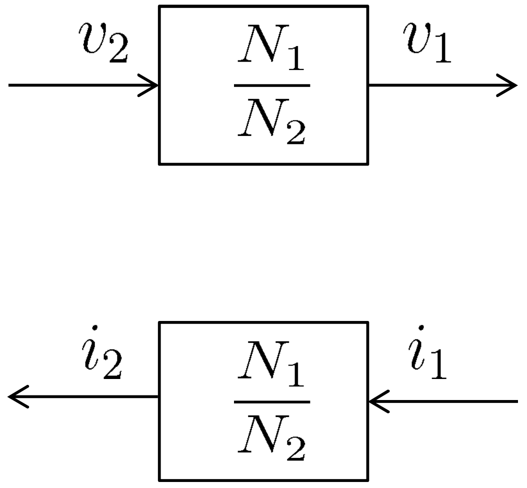




Trasformatore ideale

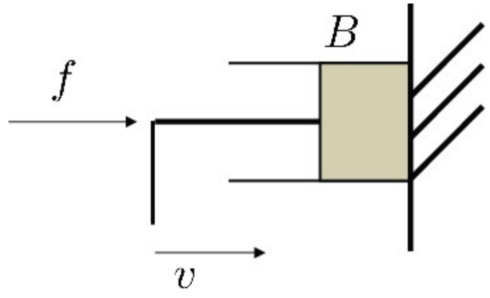
$$v_1(t) = \frac{N_1}{N_2}\,v_2(t)\,, \qquad i_1(t) = \frac{N_2}{N_1}\,i_2(t)$$

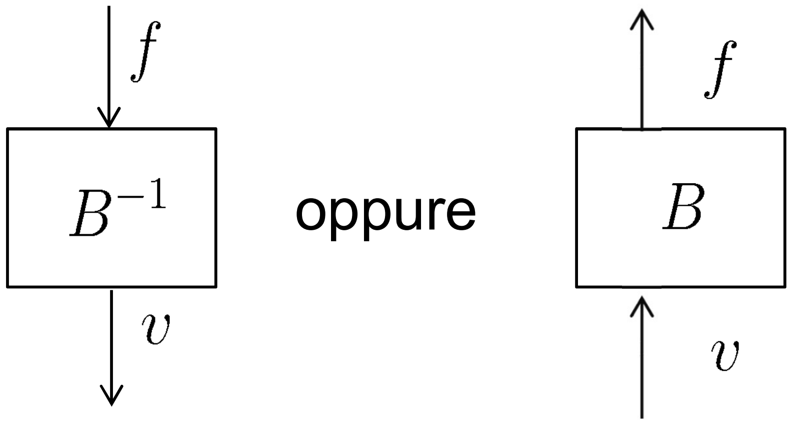
$$\Rightarrow \quad v_1 i_1 = \left(\frac{N_1}{N_2}\,v_2\right)\left(\frac{N_2}{N_1}\,i_2\right) = v_2 i_2$$



Dominio meccanico: blocchi elementari

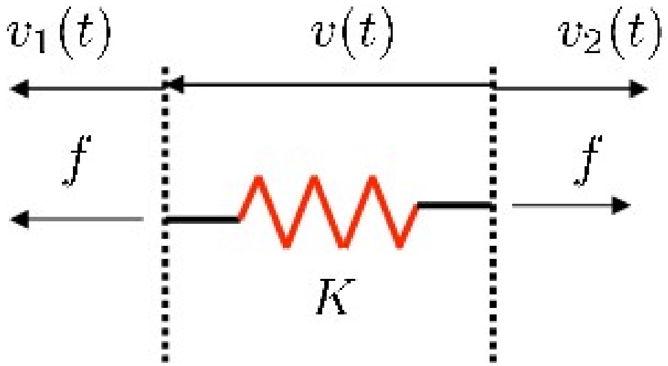
- Ammortizzatore

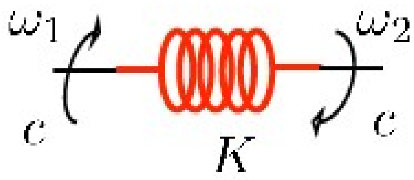


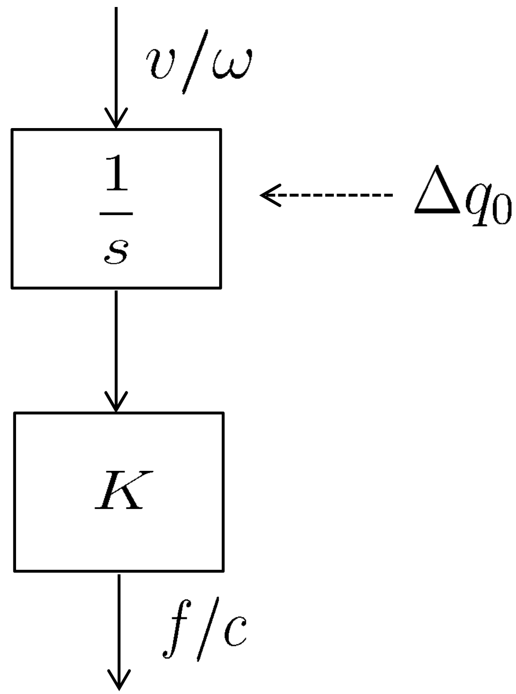


$$f(t) = B\,v(t)$$

- Molla



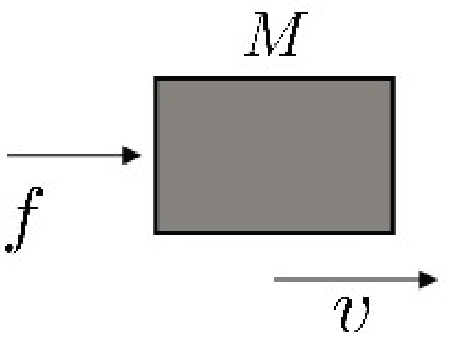


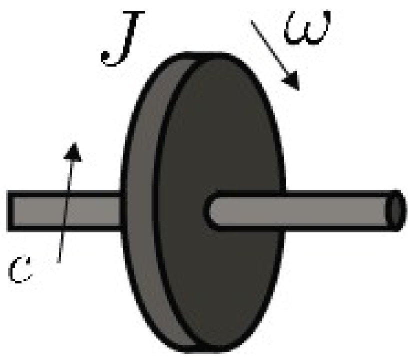


$$v(t) = \frac{1}{K}\frac{df(t)}{dt} \qquad \omega(t) = \frac{1}{K}\frac{dc(t)}{dt}$$

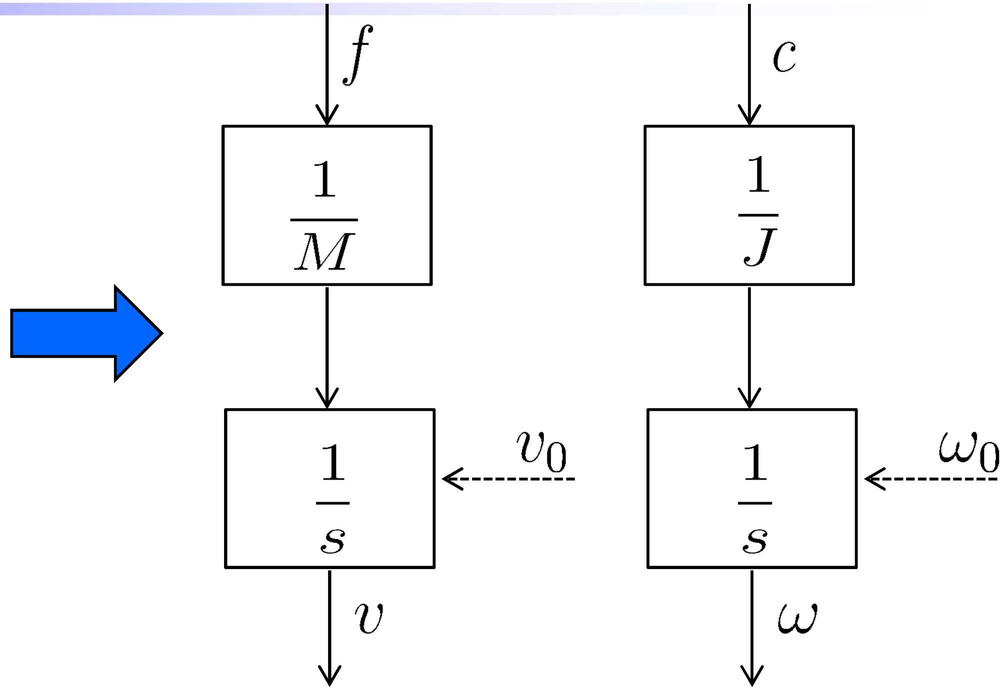
Dominio meccanico: blocchi elementari

- Massa/Inerzia

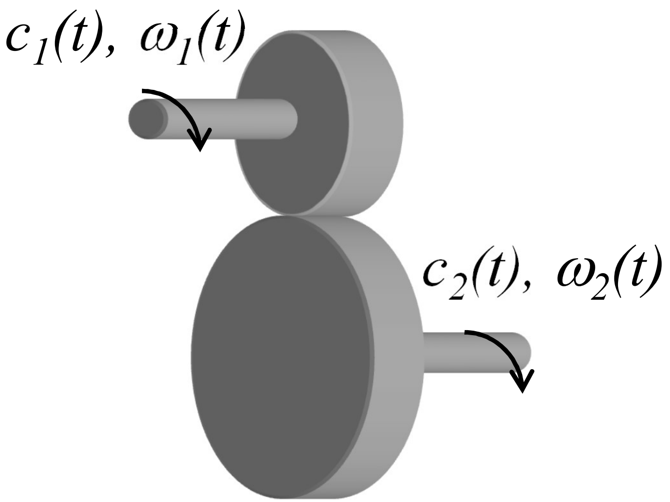


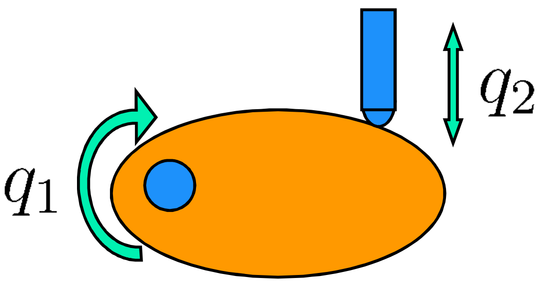


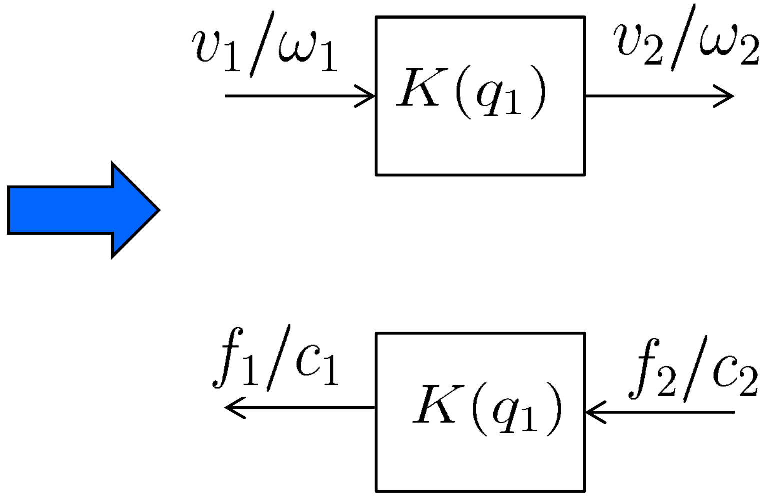
$$f(t) = M\,\frac{dv(t)}{dt} \qquad f(t) = J\,\frac{d\omega(t)}{dt}$$



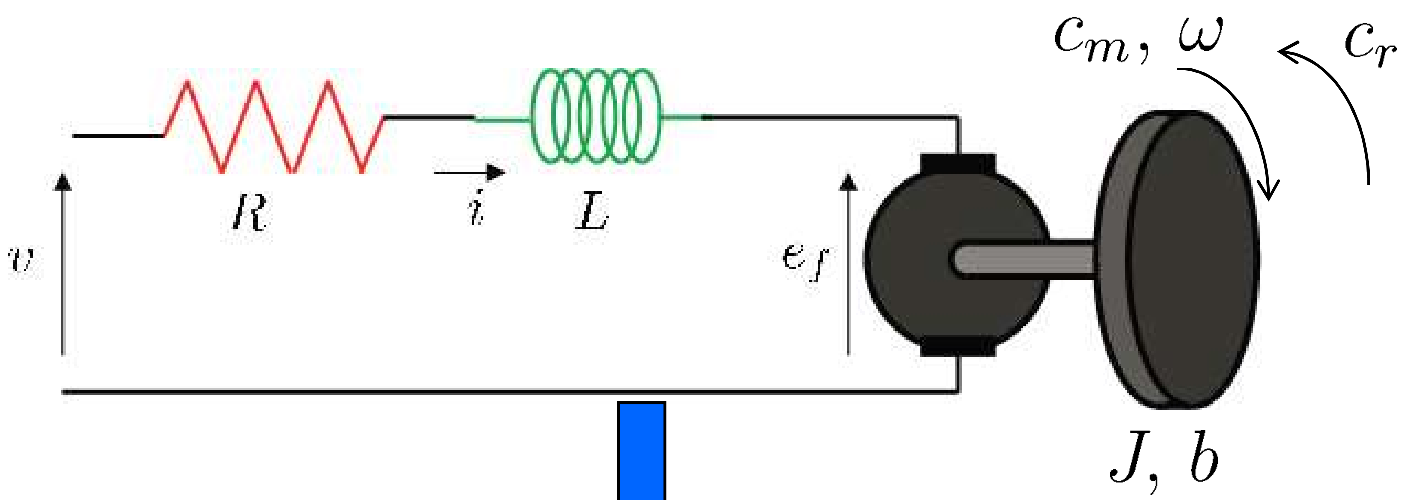
- Cinematismo

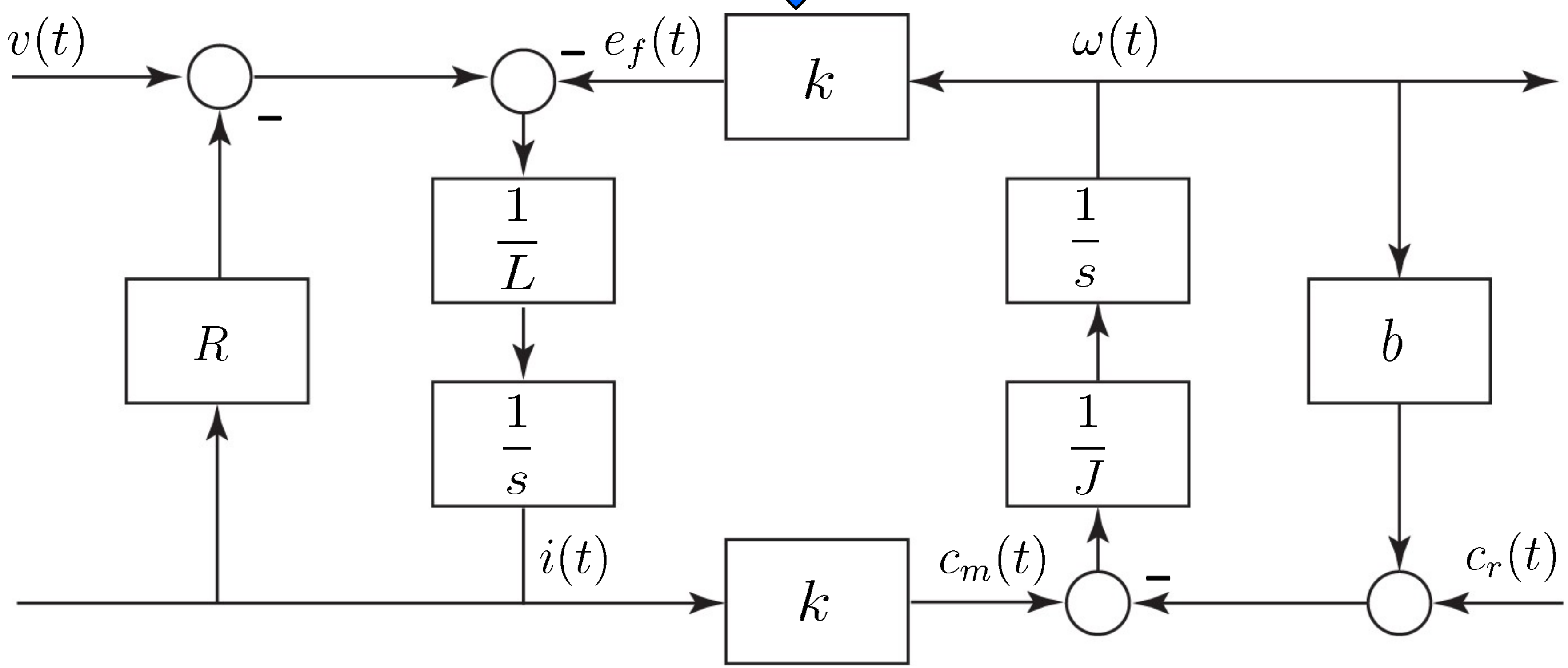






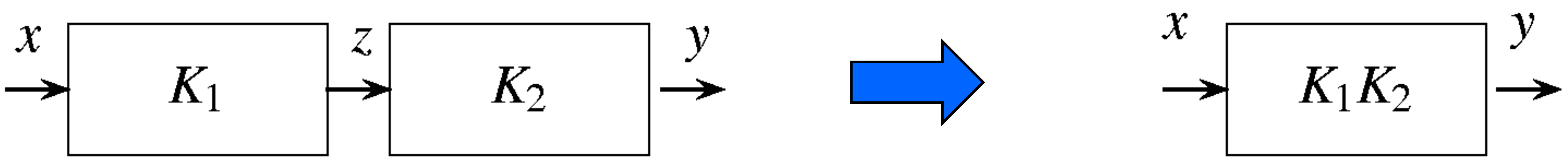
Schema a blocchi del motore cc



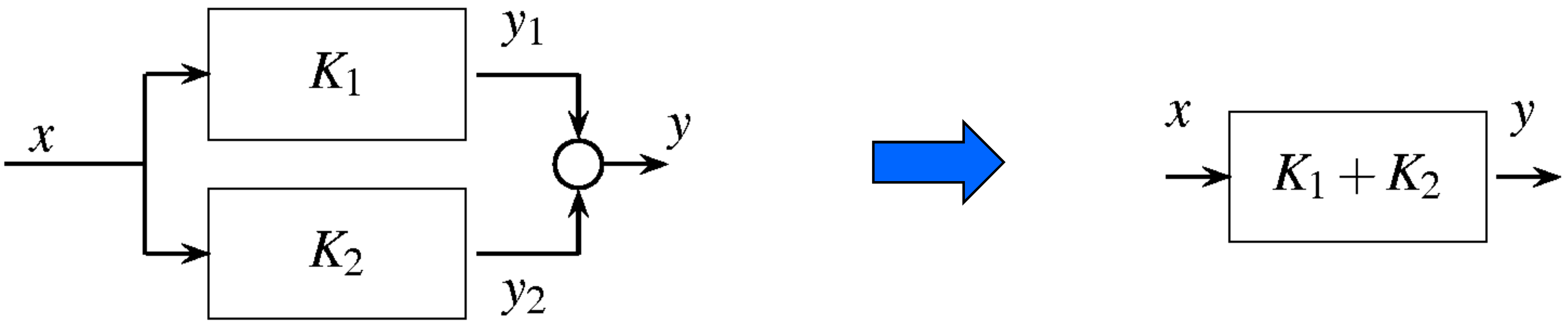


Riduzione di schemi a blocchi - Regole

- Riduzione di blocchi in cascata:

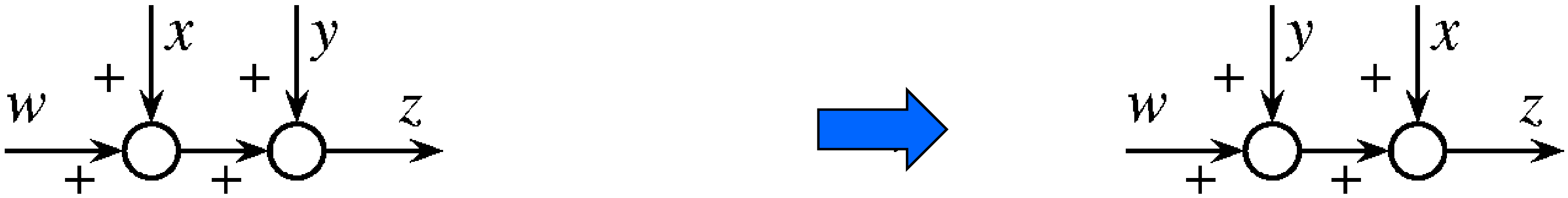


- Riduzione di blocchi in parallelo:

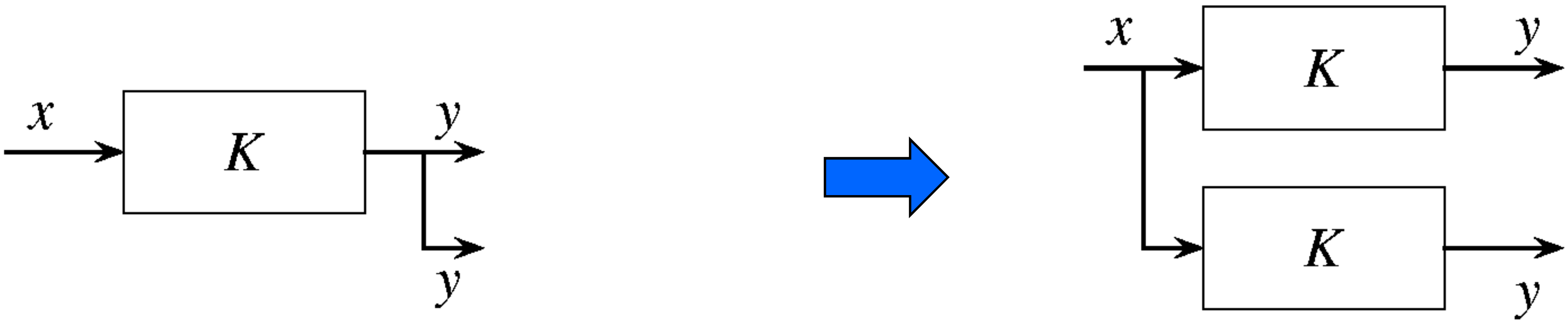


Riduzione di schemi a blocchi - Regole

- Scambio di giunzioni sommanti

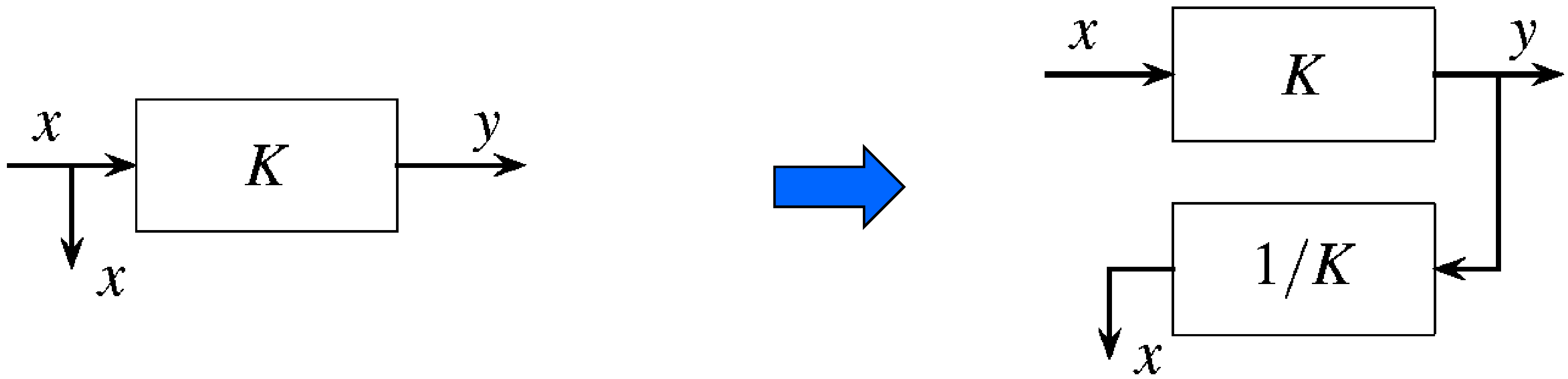


- Spostamento di un *punto di prelievo di segnale a monte* di un blocco:

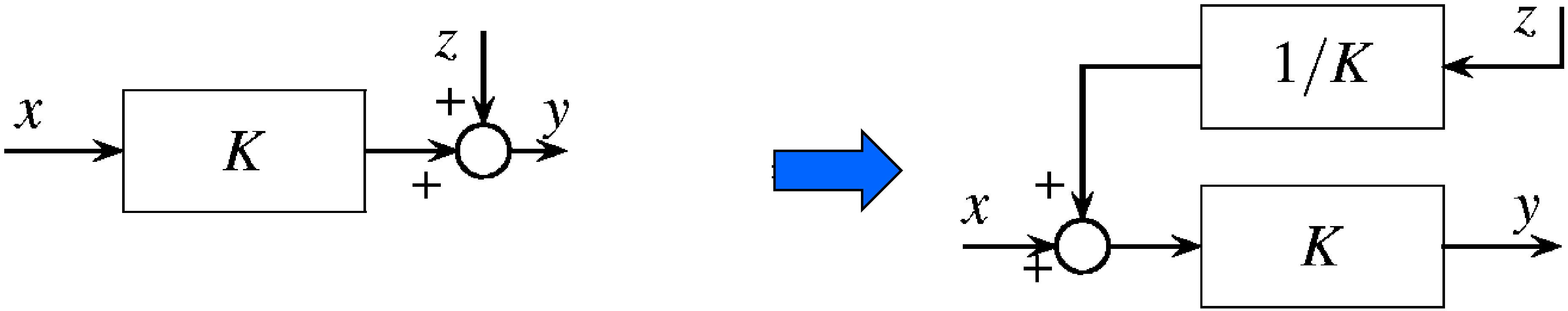


Riduzione di schemi a blocchi - Regole

- Spostamento di un *punto di prelievo a valle* di un blocco:

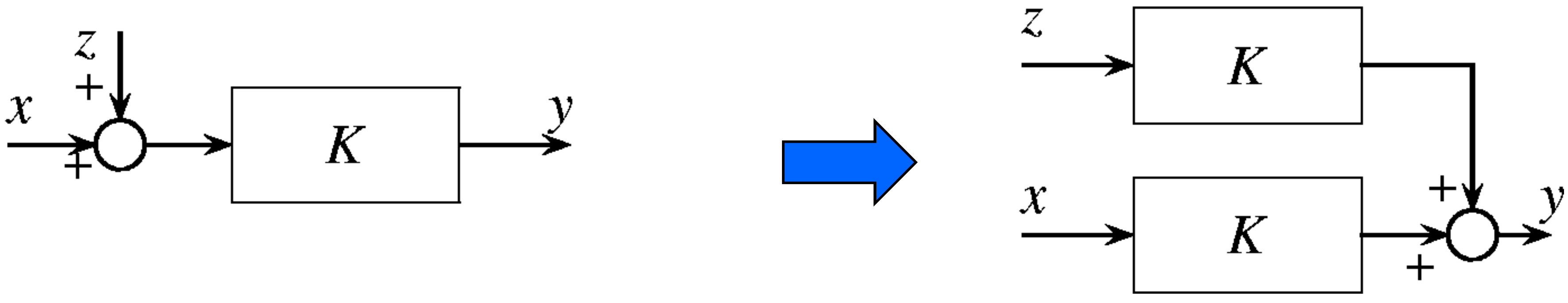


- Spostamento di una *giunzione sommante a monte* di un blocco:

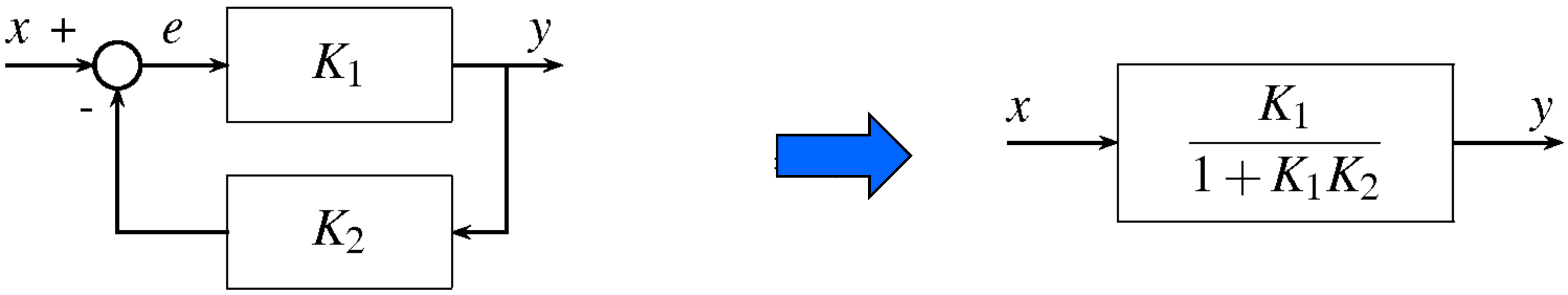


Riduzione di schemi a blocchi - Regole

- Spostamento di una *giunzione sommante a valle* di un blocco:

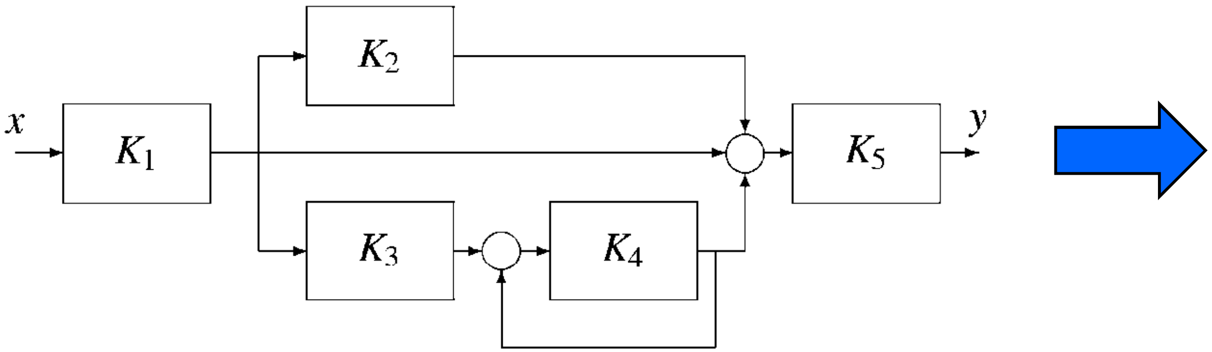


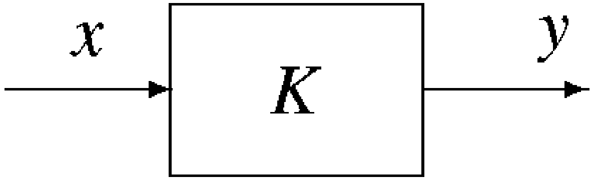
- Eliminazione di un anello:



Riduzione di schemi a blocchi

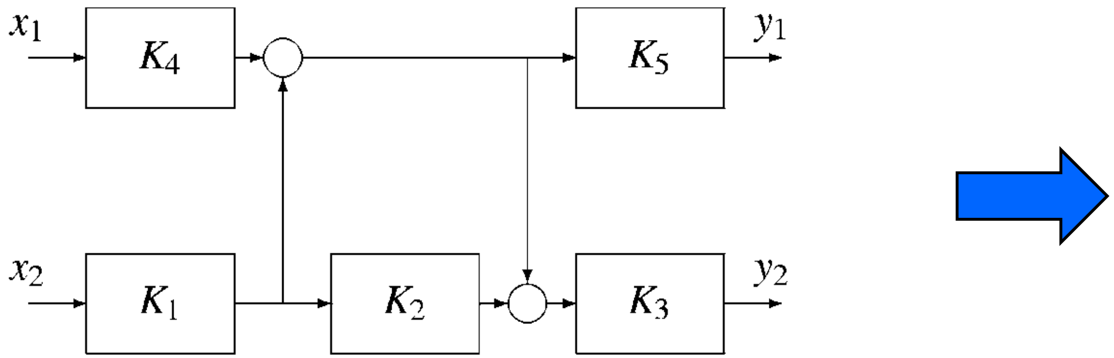
- Mediante queste otto regole fondamentali, si possono ridurre schemi a blocchi comunque complessi fino a giungere ad una *forma minima*, che consiste:
- Per i sistemi con un solo ingresso ed una sola uscita, in un solo blocco

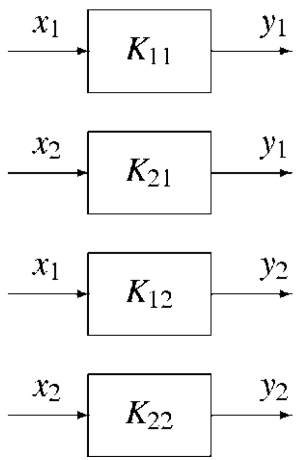




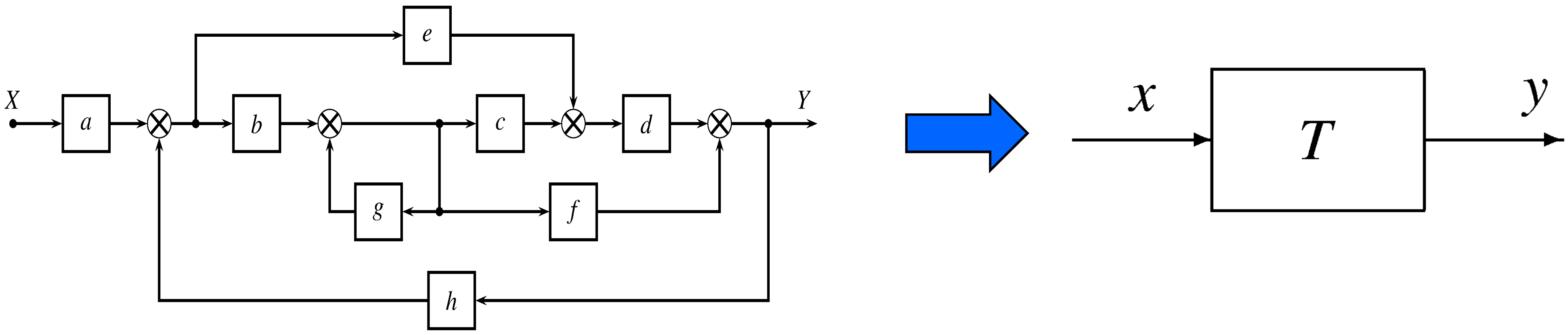
$$K = \frac{K_1 K_5 (1 - K_4 + K_2 - K_2 K_4 + K_3 K_4)}{1 - K_4}$$

- Per i sistemi con più ingressi e più uscite in un numero di blocchi pari al prodotto del n.o degli ingressi per il n.o delle uscite, ovvero $m \times r$





Riduzione di schemi a blocchi: formula di Mason



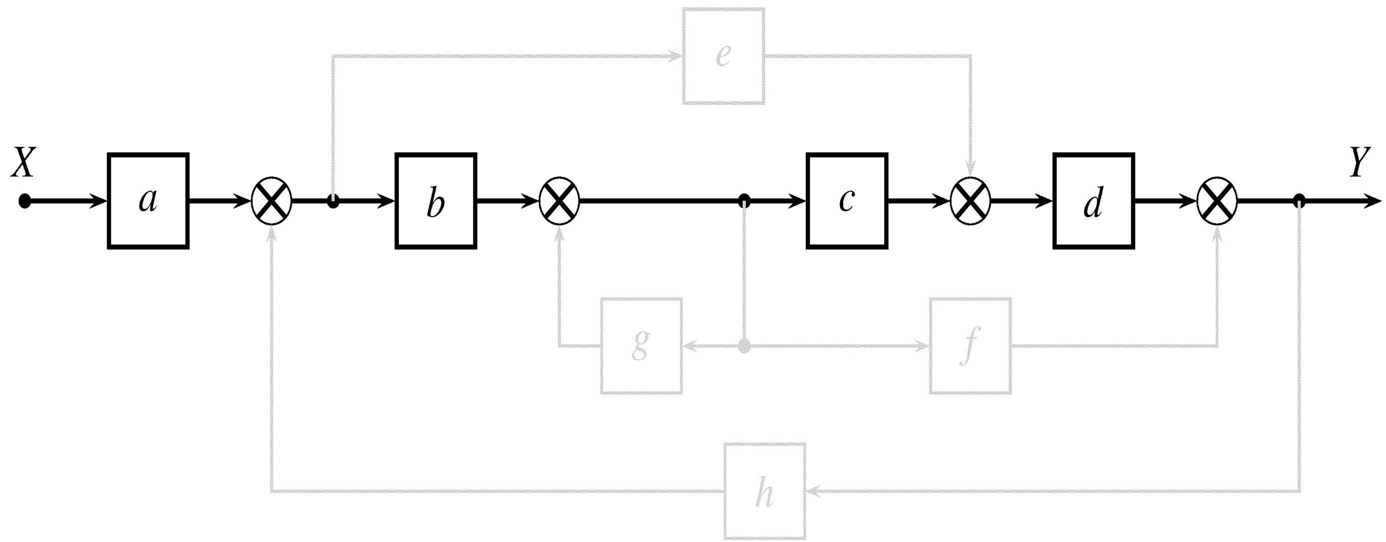
$$T = \frac{y}{x} = \frac{1}{\Delta} \sum_{i \in \mathcal{P}} P_i \Delta_i$$

- $\mathcal{P}$ è l'insieme degli indici di tutti i percorsi distinti che collegano l'ingresso x all'uscita y.
- P_i è il coefficiente dell'i-esimo percorso, cioè il prodotto dei coefficienti di tutti i rami che compongono il percorso.
- Δ è il determinante dell'intero schema a blocchi.
- Δ_i è il determinante dello schema a blocchi parziale che si ottiene eliminando dallo schema tutti gli elementi appartenenti al percorso i-esimo.

$$T = \frac{y}{x} = \frac{1}{\Delta} \sum_{i \in \mathcal{P}} P_i \Delta_i$$

- Un **percorso** è una successione di rami e di nodi adiacenti senza anelli in cui ogni elemento viene attraversato una sola volta. Il **coefficiente** P_i del percorso è il prodotto dei guadagni dei rami che lo compongono.

Es.



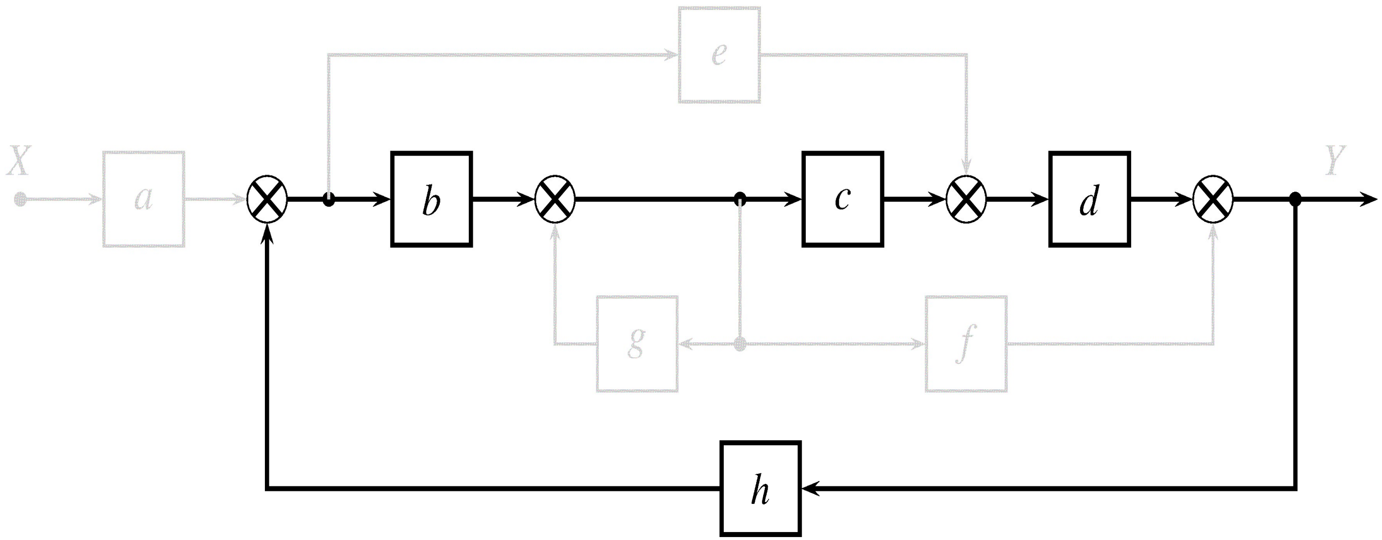
$$P_1 = abcd$$

Riduzione di schemi a blocchi: formula di Mason

$$T = \frac{y}{x} = \frac{1}{\Delta} \sum_{i \in \mathcal{P}} P_i \Delta_i$$

- Un **anello** è un percorso chiuso. Il **coefficiente** A_i dell'anello è il prodotto dei guadagni dei rami che lo compongono.

Es.



$$A_2 = bcdh$$

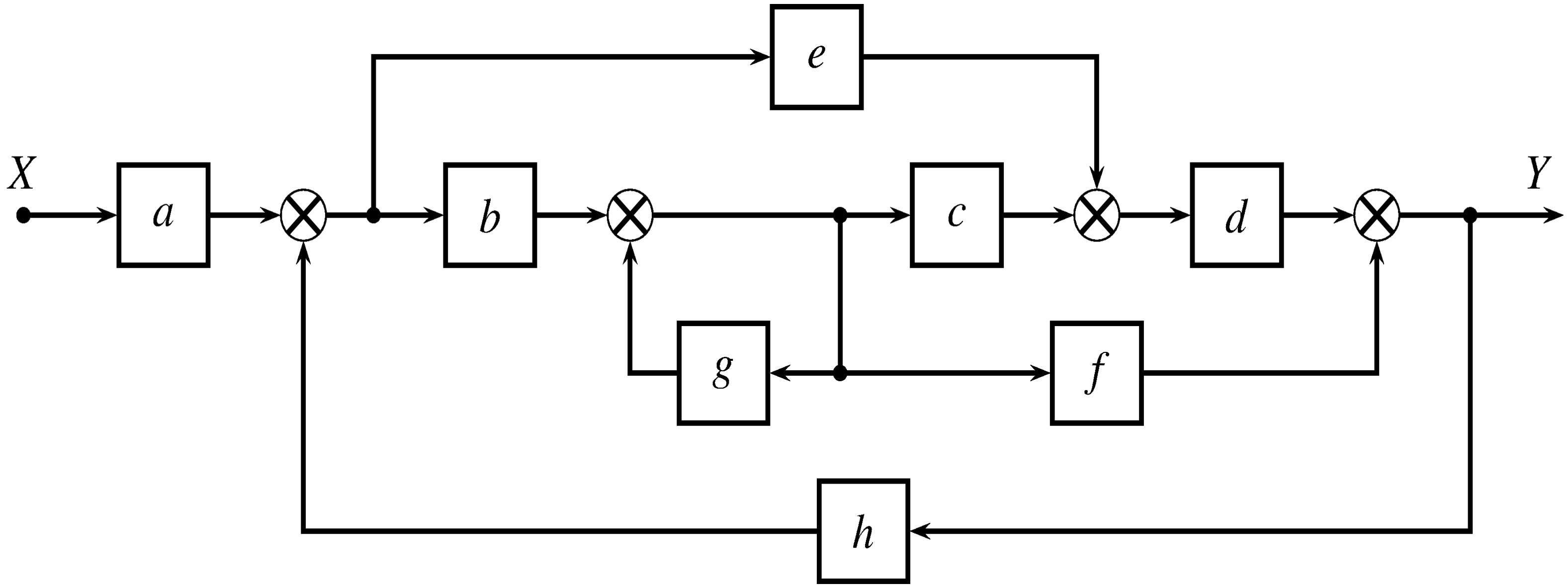
Riduzione di schemi a blocchi: formula di Mason

$$\Delta \stackrel{def}{=} 1 - \sum_{i \in \mathcal{J}_1} A_i + \sum_{(i,j) \in \mathcal{J}_2} A_i A_j - \sum_{(i,j,k) \in \mathcal{J}_3} A_i A_j A_k + \ldots$$

dove

- $\mathcal{J}_1$ è l'insieme degli indici di tutti gli anelli dello schema a blocchi. Ad ogni indice i si associa il coefficiente A_i del corrispondente anello
- $\mathcal{J}_2$ è l'insieme delle **coppie** di indici degli anelli dello schema a blocchi che **non** si toccano a due a due
- $\mathcal{J}_n$ è l'insieme delle **n-ple** di indici degli anelli dello schema a blocchi che **non** si toccano a n a n

Riduzione di schemi a blocchi: formula di Mason



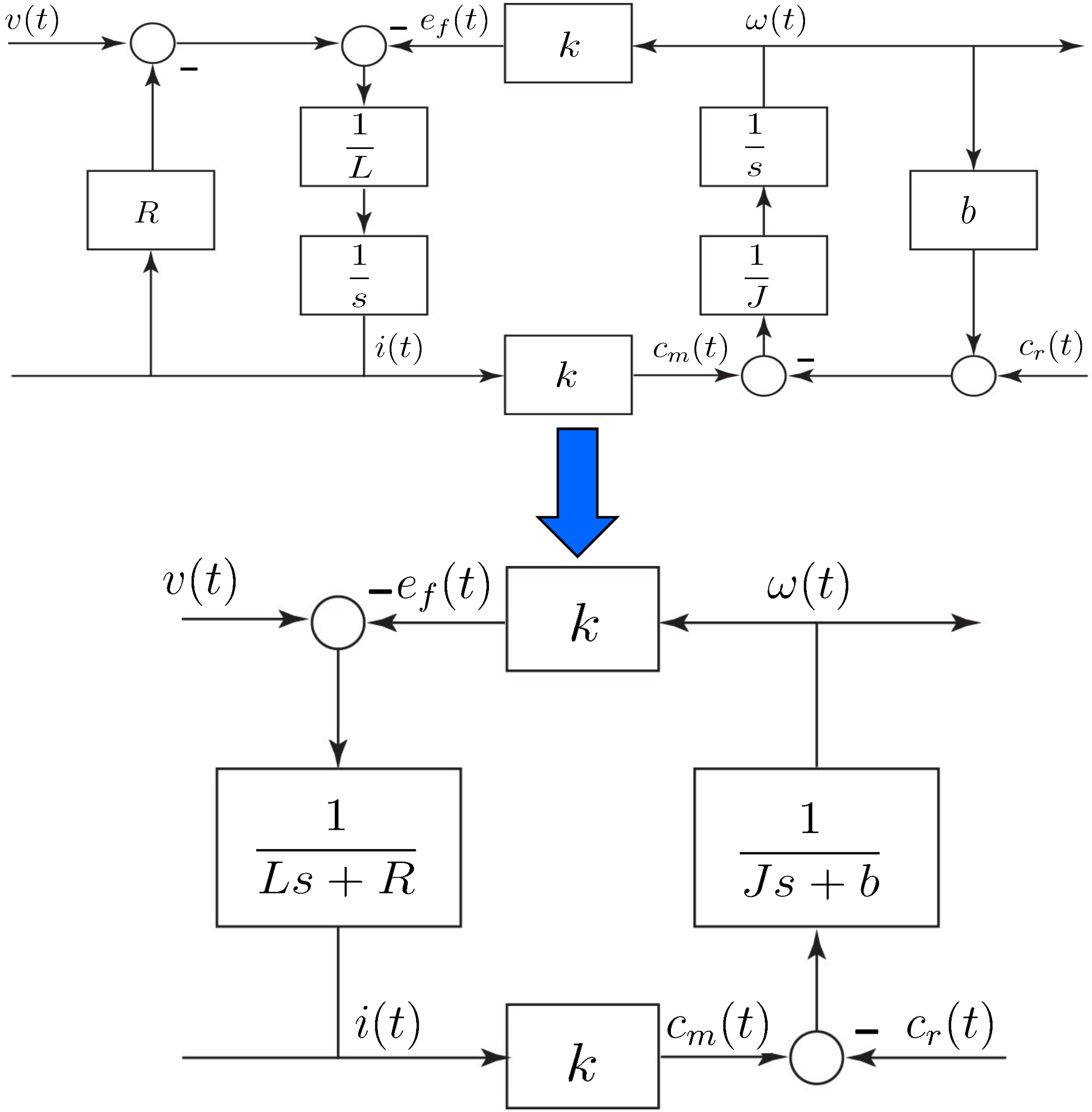
$$A_1 = edh, \qquad A_2 = bcdh, \qquad A_3 = bfh, \qquad A_4 = g.$$

$$P_1 = abcd, \qquad P_2 = aed, \qquad P_3 = abf.$$

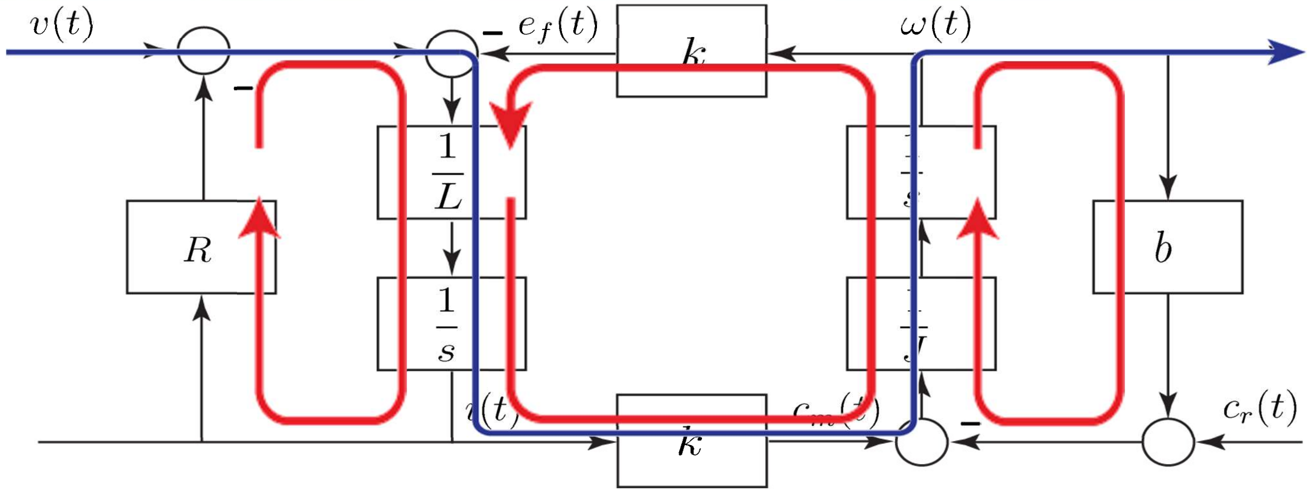
$$\Delta_1 = 1, \qquad \Delta_2 = 1 - g, \qquad \Delta_3 = 1.$$

$$T = \frac{abcd + aed(1-g) + abf}{1 - edh - bcdh - bfh - g + edhg}$$

Riduzione di modello per il motore cc



Riduzione di modello per il motore cc



$$c_r(t) = 0$$

$$\frac{\Omega(s)}{V(s)} = \frac{\frac{k}{L\,J\,s^2}}{1 + \frac{R}{Ls} + \frac{k^2}{L\,J\,s^2} + \frac{b}{J\,s} + \frac{R}{L\,s}\frac{b}{J s}} = \frac{k}{L\,J\,s^2 + (R\,J + L\,b)s + R\,b + k^2}$$

$$\Updownarrow$$

$$L\,J\,\frac{d^2\omega(t)}{dt^2} + (R\,J + L\,b)\frac{d\omega(t)}{dt} + (R\,b + k^2)\omega(t) = k\,v(t)$$

CONTROLLI AUTOMATICI
Ingegneria Meccanica e Ingegneria del Veicolo

http://www.dii.unimore.it/~lbiagiotti/ControlliAutomatici.html

SCHEMI A BLOCCHI
FINE

Ing. Luigi Biagiotti
e-mail: luigi.biagiotti@unimore.it
http://www.dii.unimore.it/~lbiagiotti