

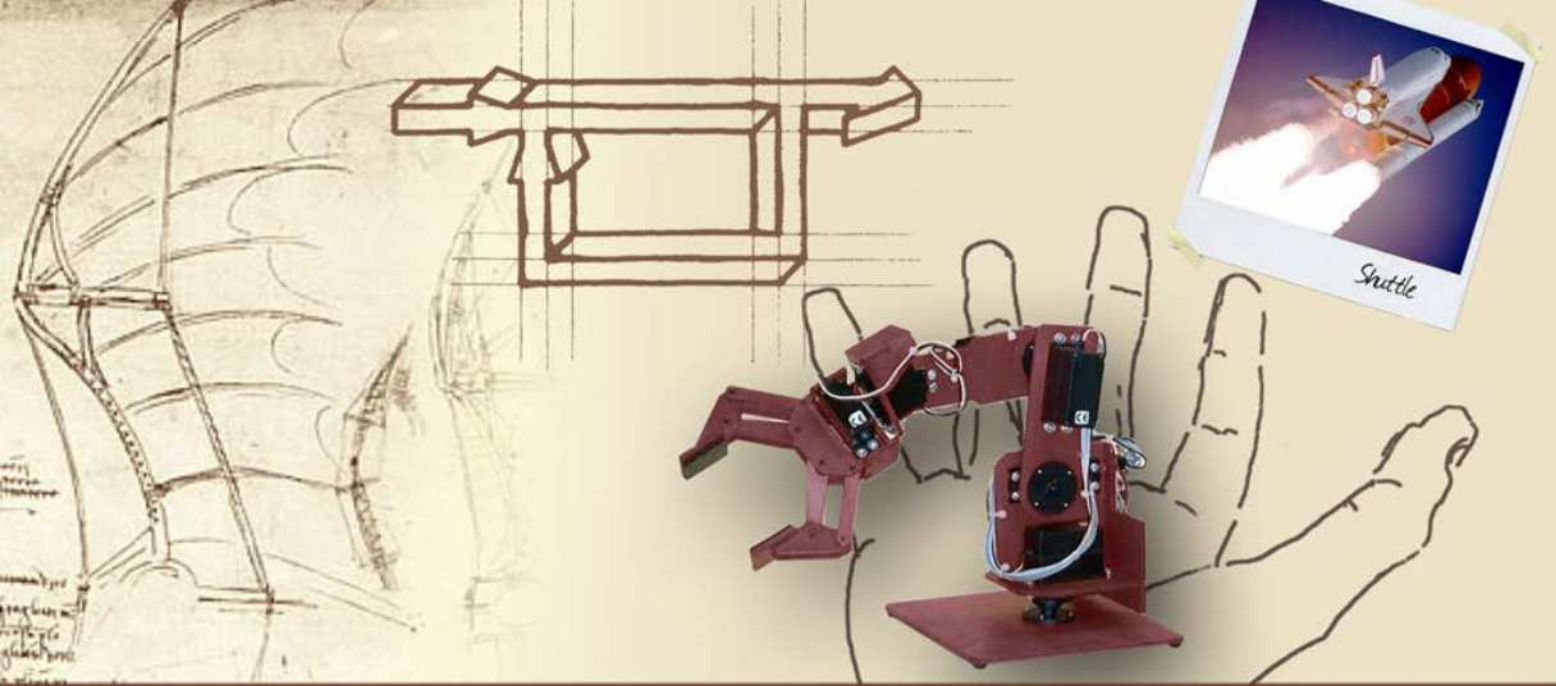
Introduzione e strumenti

Introduzione ai sistemi di controllo



Introduzione ai sistemi di controllo

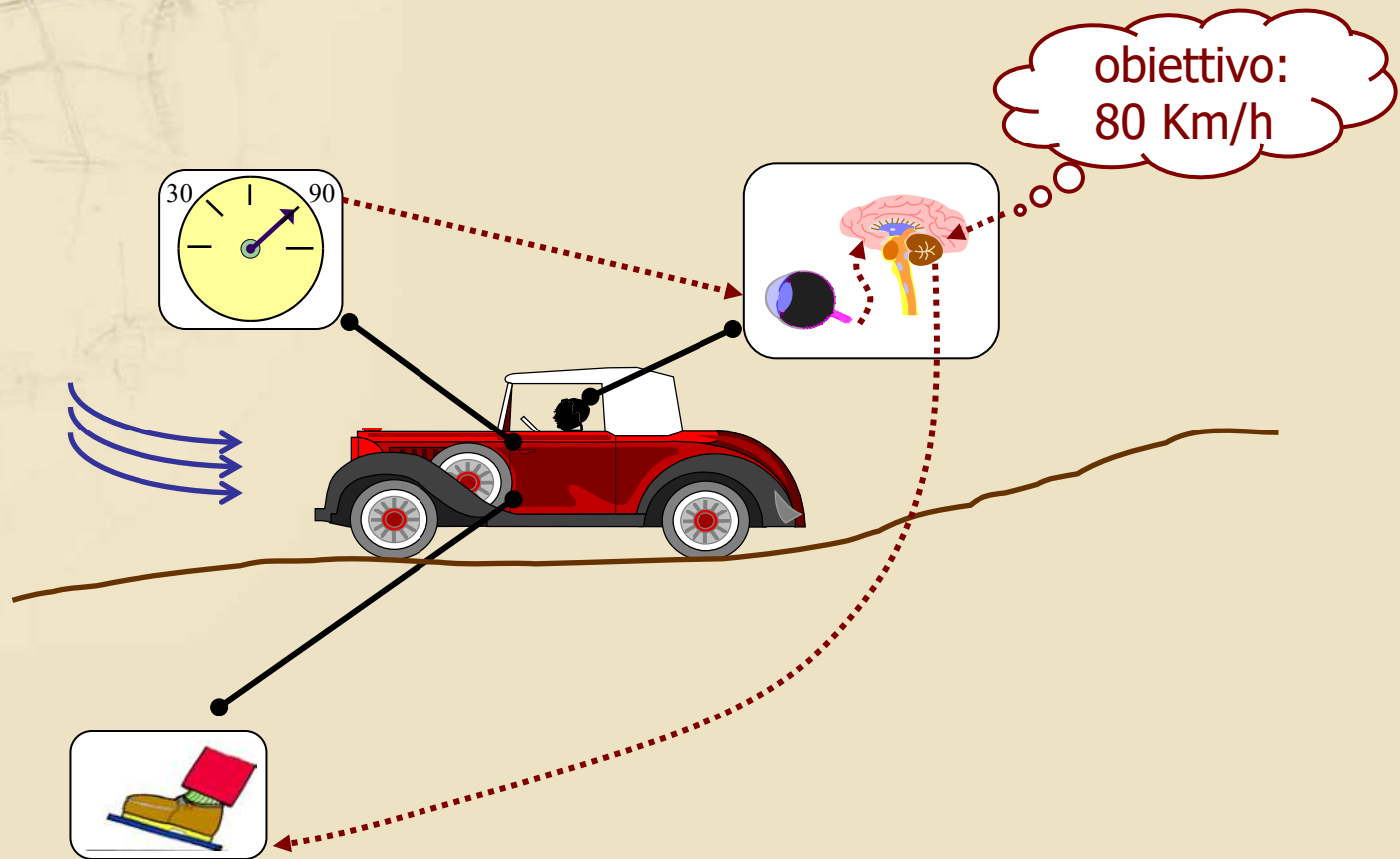
- Esempio di sistema di controllo
- Elementi costitutivi dei sistemi di controllo
- Strutture tipo e schemi di principio
- Sistemi, modelli e progetto del controllo



Introduzione ai sistemi di controllo

Esempio di sistema di controllo

Controllo di velocità di un autoveicolo 1/2





Controllo di velocità di un autoveicolo 2/2

► Elementi fondamentali

- Sistema: massa sollecitata da una forza
- Posizione pedale(i) = variabile di controllo
- Forza (coppia) sviluppata dal motore = variabile di comando
- Lettura del tachimetro = misura della velocità
- 80 Km/h = velocità desiderata (o di riferimento)
- Forza indotta dalla velocità dell'aria = disturbo
- Forza indotta dalla pendenza = disturbo



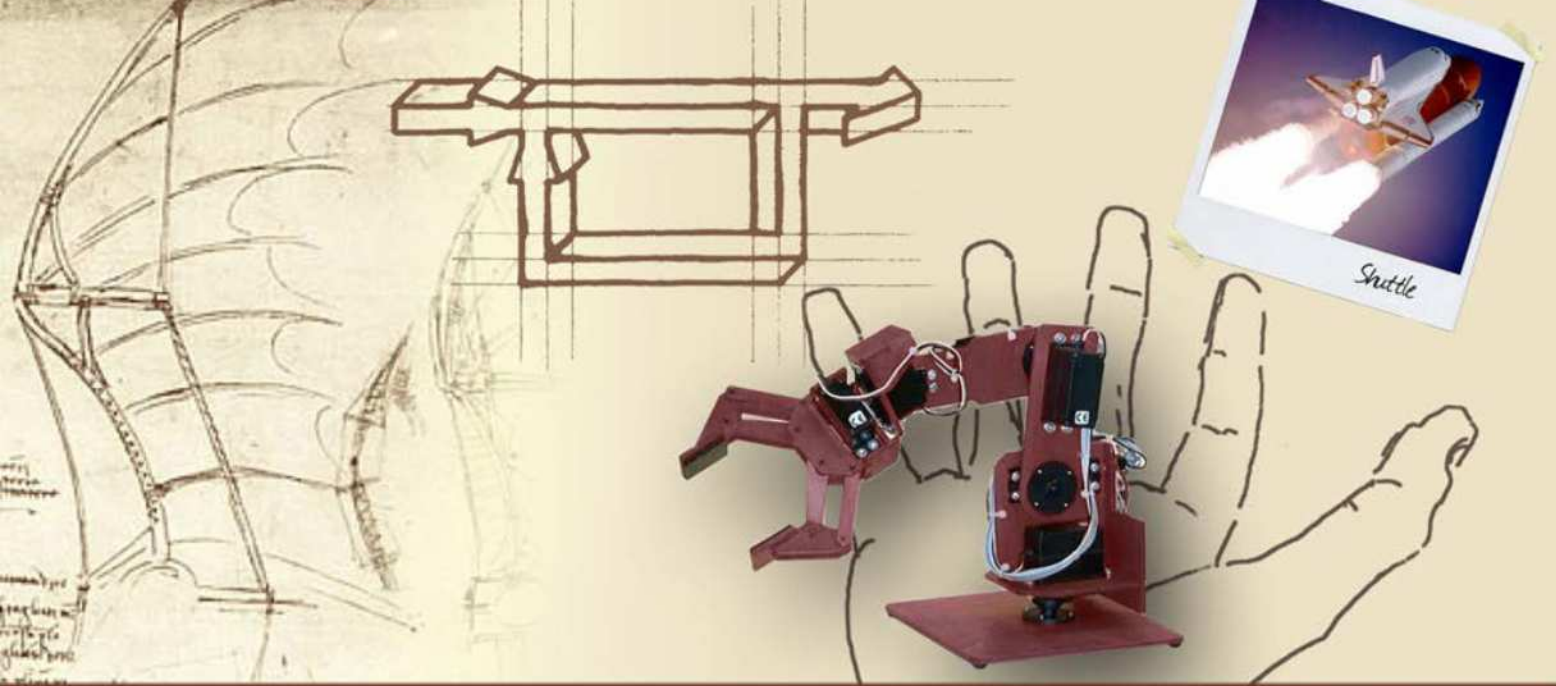
Specifiche 1/2

- Specifiche: sono i “desiderata” in termini di prestazioni
- Precisione: mantenere la velocità entro opportuni margini (± 5 Km/h?, ± 2 Km/h? ...)
- Precisione: insensibilità ai disturbi (± 3 Km/h?, 0 Km/h? ...)
- Rapidità di risposta: garantire il raggiungimento del riferimento in tempi adeguatamente rapidi (4 secondi?, 10 secondi?)



Specifiche 2/2

- Raggiungimento della velocità obiettivo senza o con oscillazioni nell'intorno (raggiungimento monotono o con sovraelongazione)
- Importante: verificare che l'azionamento riesca a generare il comando opportuno



Introduzione ai sistemi di controllo

Elementi costitutivi dei sistemi di controllo



Elementi comuni ai sistemi di controllo

- Sistema (da controllare)
- Azionamento o attuatore
- Trasduttore
- Riferimento
- Nodo di confronto
- Controllore
- Sistema di monitoraggio (eventuale)



Sistema (da controllare)

► Variabili

- Ingressi: variabile di comando " u_c " e disturbi " d "
- Uscita: variabile di interesse " y_s " (soggetta a controllo)
- Stati: variabili interne " x " – solo di rado completamente disponibili/misurabili

► Caratteristiche

- Lineare – non lineare
- Dinamico – statico
- A parametri costanti – a parametri variabili
- Senza disturbi additivi – con disturbi additivi
- A parametri concentrati – a parametri distribuiti



Azionamento o attuatore

- Ingresso: variabile di controllo " u " (molto spesso è una tensione, a energia trascurabile)
- Uscita: variabile di comando " u_c " (con contenuto energetico adeguato)
- A volte l'azionamento è parte integrante del sistema
- In genere è disponibile sul mercato



Trasduttore

- Sensore + condizionatore di segnale
- Ingresso: variabile di uscita " y_s " del sistema
- Uscita: misura " y " della variabile di uscita del sistema (molto spesso è una tensione, a energia trascurabile)
- Il sensore e il condizionatore sono in genere disponibili sul mercato
- Il condizionatore è in generale semplice da progettare e da realizzare
- Trasduttore ideale: lineare; statico; a parametri costanti; senza disturbi



Riferimento (segnale di) 1/2

- Il riferimento "r" coincide spesso con l'uscita desiderata " y_{des} "
- È possibile anche imporre un fattore di proporzionalità tra "r" e " y_{des} " → inseguimento in scala: $y_{des} = K_r r$
- "r" può essere costante (anche nullo) → controllo = regolazione
- "r" può essere variabile → controllo = inseguimento
- Può essere una variabile interna al sistema di controllo (generata dall'utente o dal progettista)



Riferimento (segnale di) 2/2

- Può essere una variabile esterna
- " r " e " y_{des} " hanno generalmente la stessa natura fisica della misura " y " dell'uscita
- Spesso sono quindi delle tensioni, a energia trascurabile



Nodo di confronto

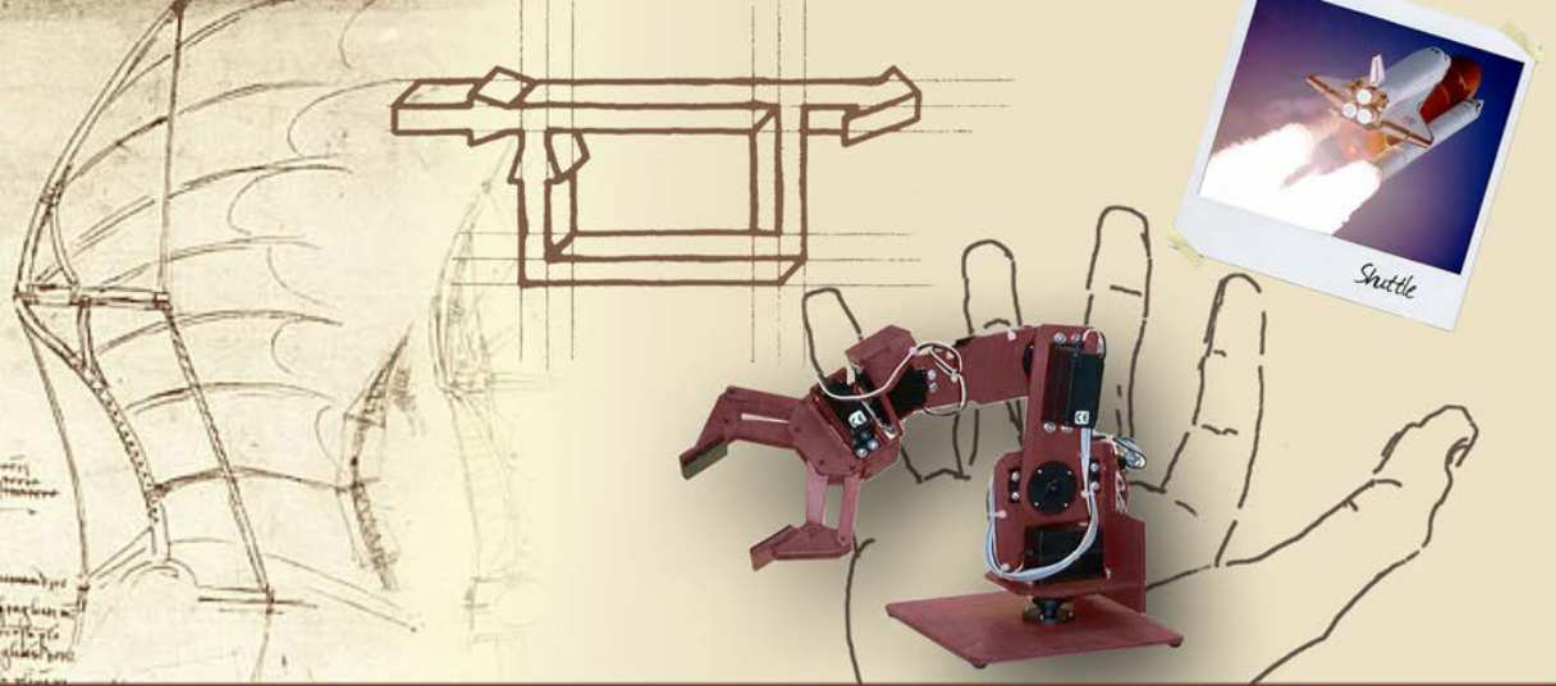
- Ingressi: uscita desiderata " y_{des} " e misura " y " dell'uscita
- Uscita: segnale errore (di inseguimento) " e "
- Il segnale errore " e " è costituito dalla differenza $y_{des} - y$
- In genere effettua la differenza fra due tensioni a energia trascurabile
- È disponibile sul mercato o, comunque, di banale realizzazione
- Nodo di confronto ideale: lineare; statico; a parametri costanti; senza disturbi

- L'ingresso è il segnale errore " e "
- L'uscita è il segnale di controllo " u "
- È la parte "nobile" del sistema di controllo
- È da progettare e da realizzare
- Può essere analogico o digitale
 - Analogico: realizzato in genere con componenti elettronici
 - Digitale: codice eseguibile da sorgenti in C, C++, Assembler, ...



Sistema di monitoraggio

- Rappresentazione grafica/numerica dei segnali
- Diagnostica
- Allarmi
- Backup
- Download
- Ecc...

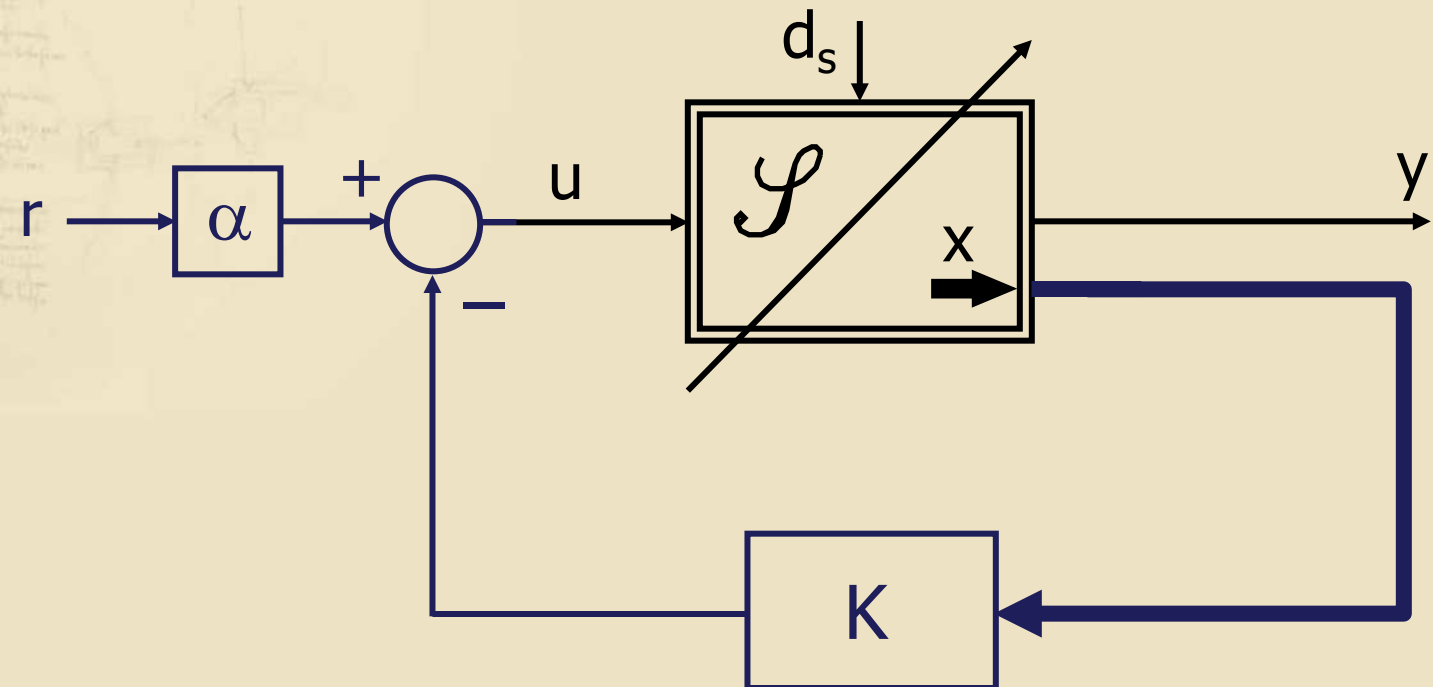


Introduzione ai sistemi di controllo

Strutture tipo e schemi di principio

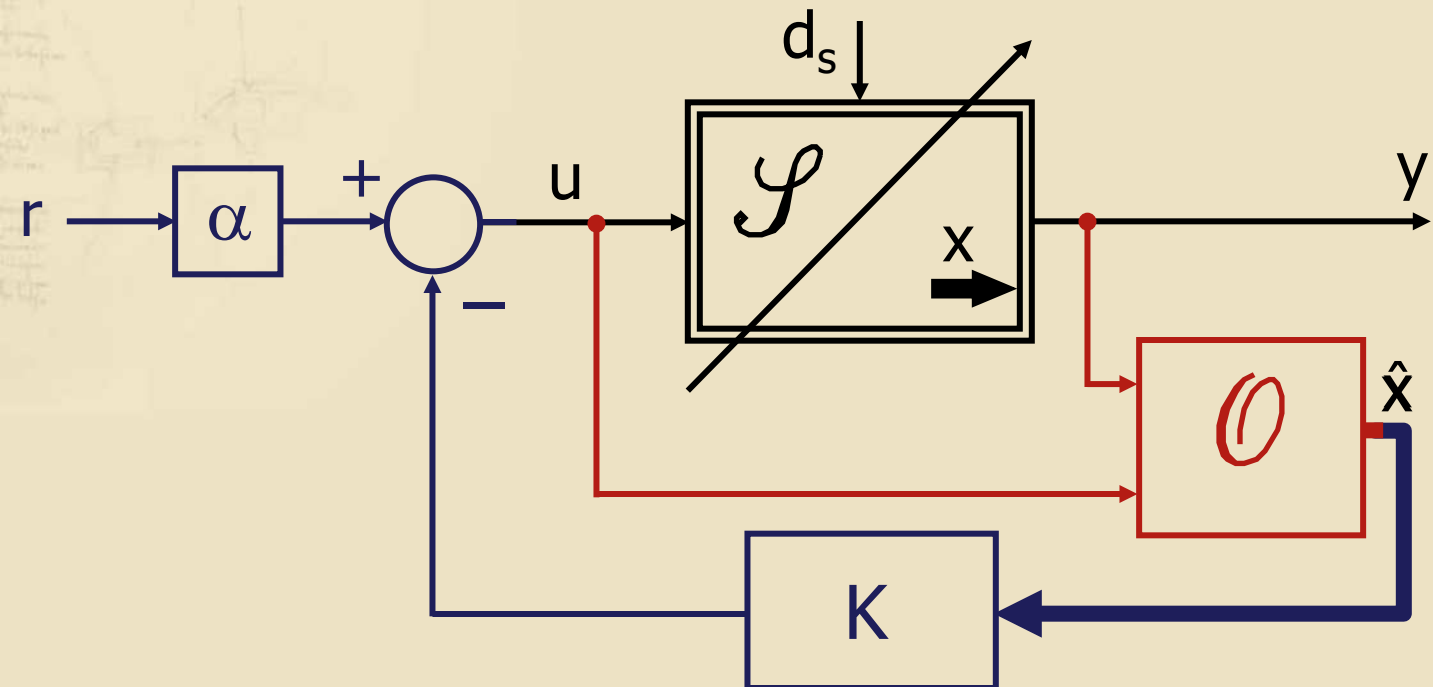
Strutture tipo e schemi di principio

- Come visto nella I parte del modulo:
 - Controllo in catena chiusa con retroazioni dagli stati (attuatore e trasduttori all'interno di \mathcal{S})



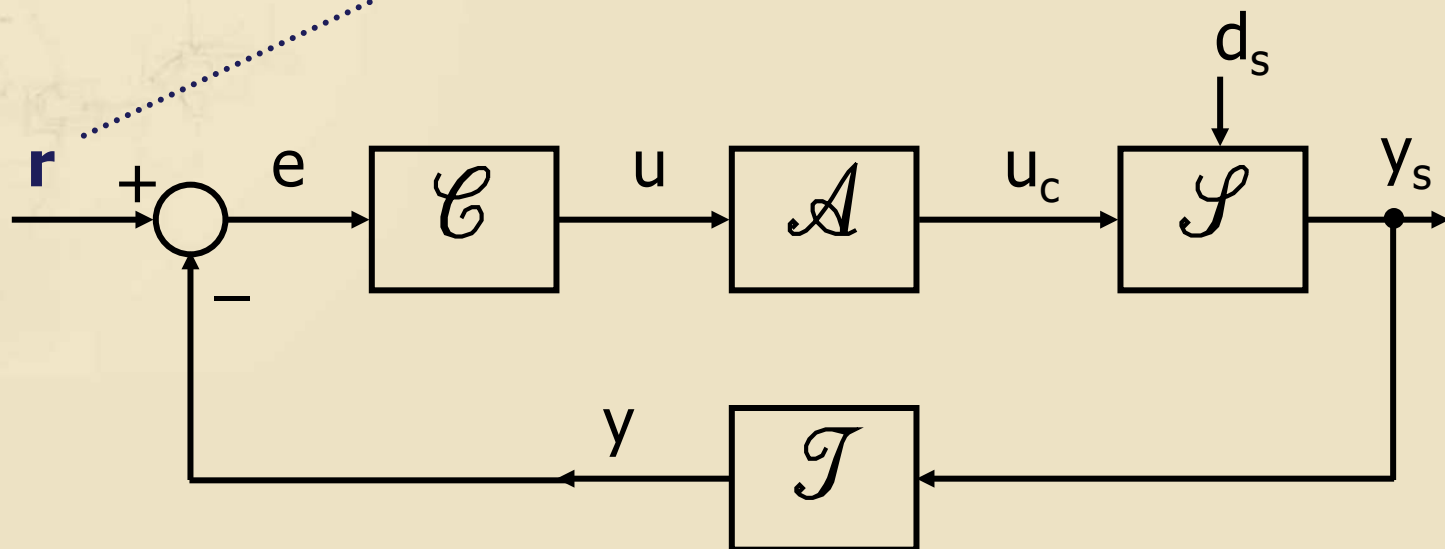
Strutture tipo e schemi di principio

- Come visto nella I parte del modulo:
 - **Controllo** in catena chiusa con retroazioni dagli stati ricostruiti (con l'osservatore \mathcal{O})



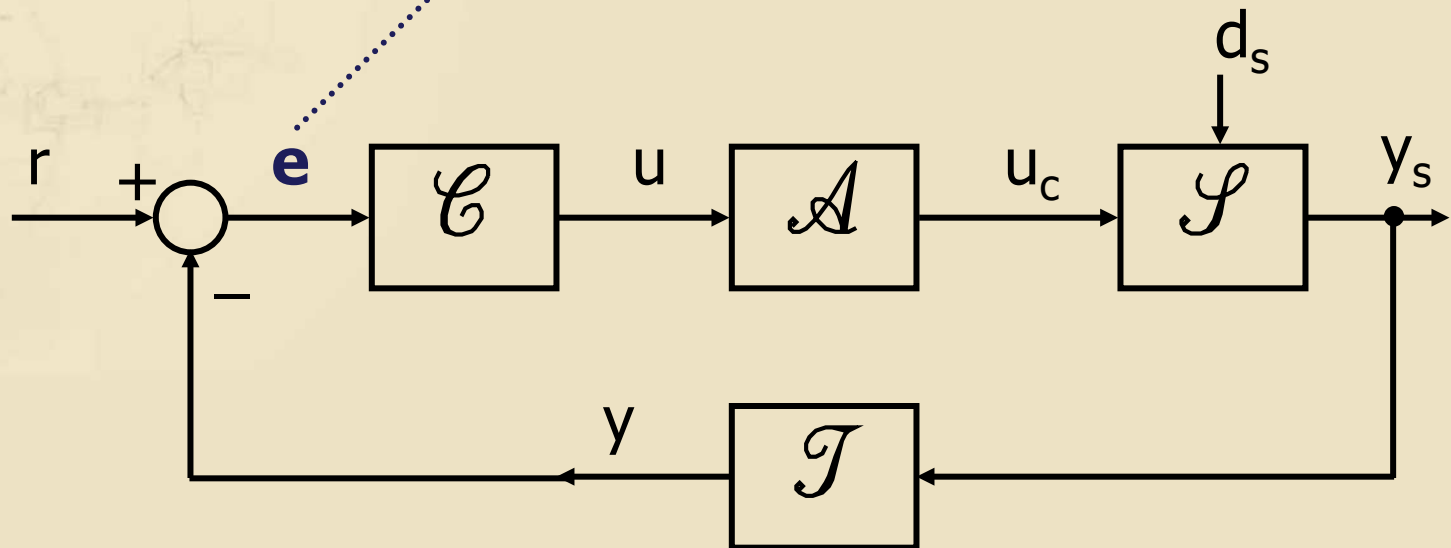
Controllo di velocità di un autoveicolo 1/11

Riferimento di velocità $r \equiv y_{\text{des}} = 80 \text{ Km/h}$



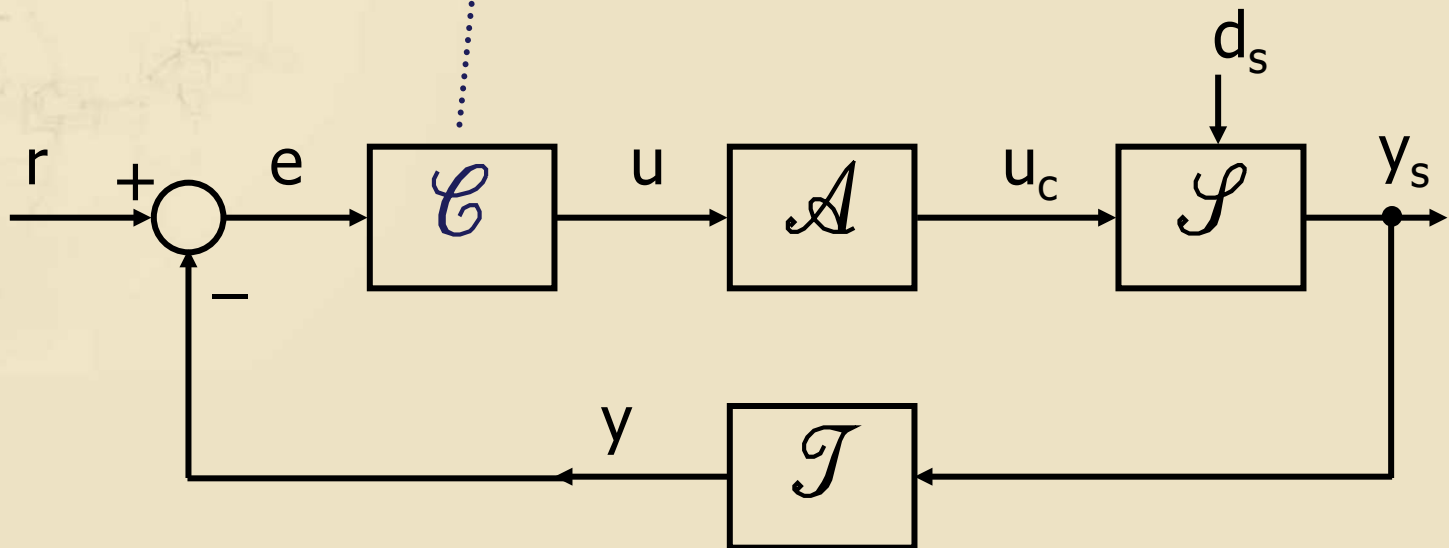
Controllo di velocità di un autoveicolo 2/11

Errore di inseguimento



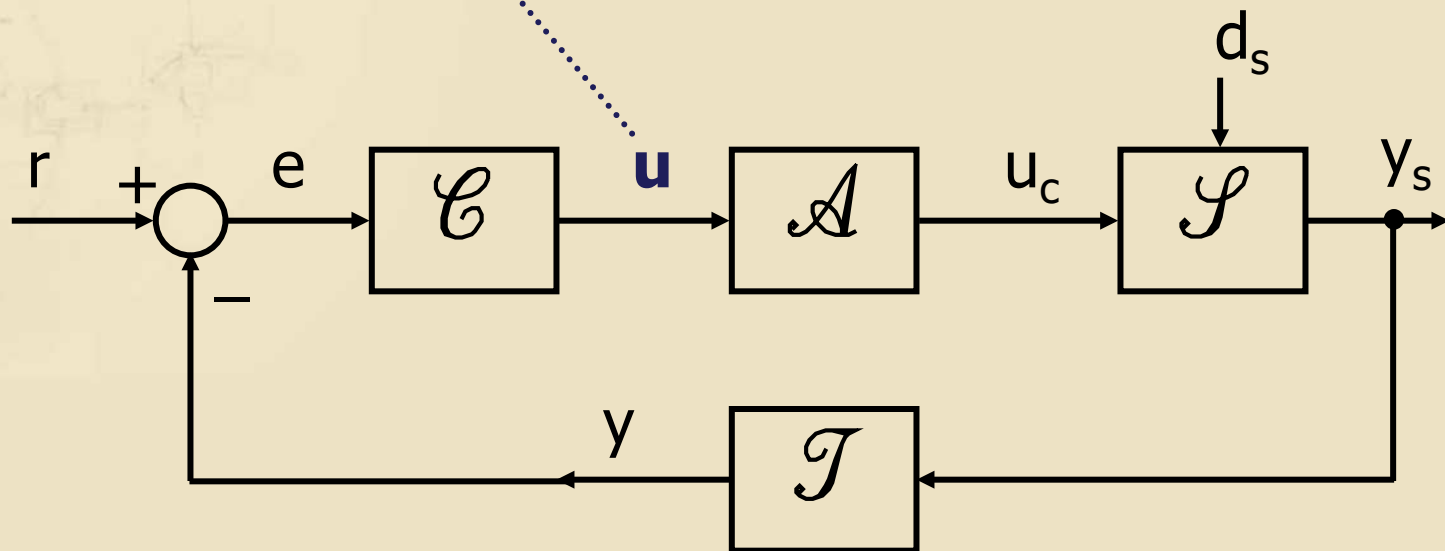
Controllo di velocità di un autoveicolo 3/11

Controllore = automobilista



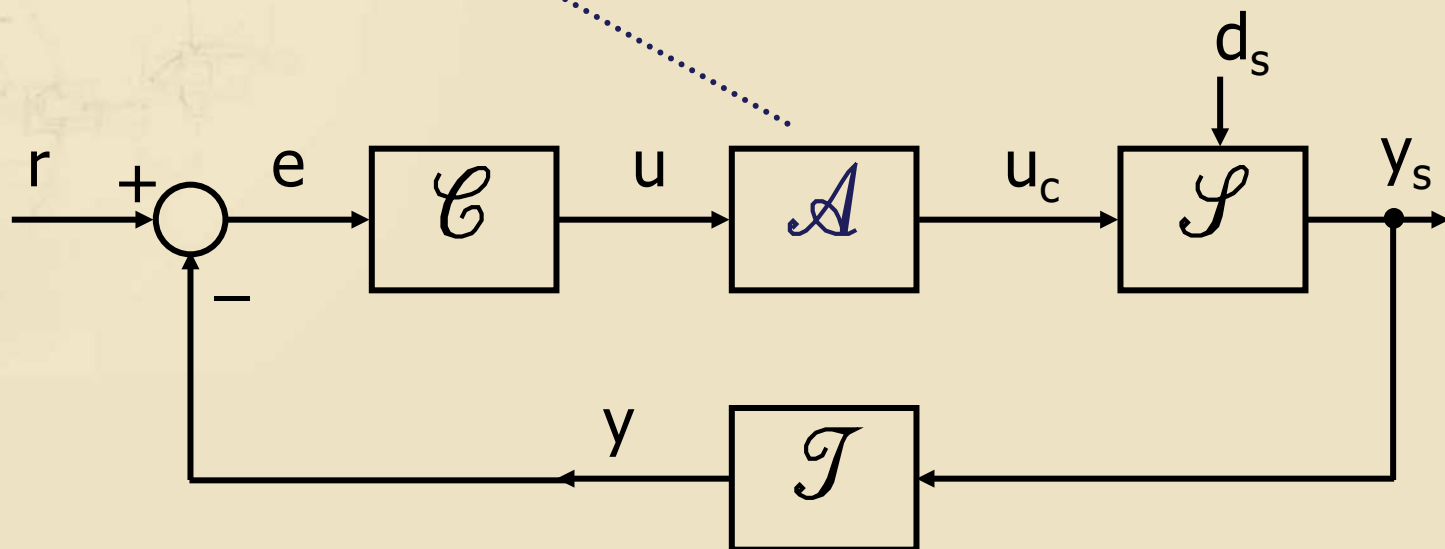
Controllo di velocità di un autoveicolo 4/11

Segnale di controllo = posizione pedali



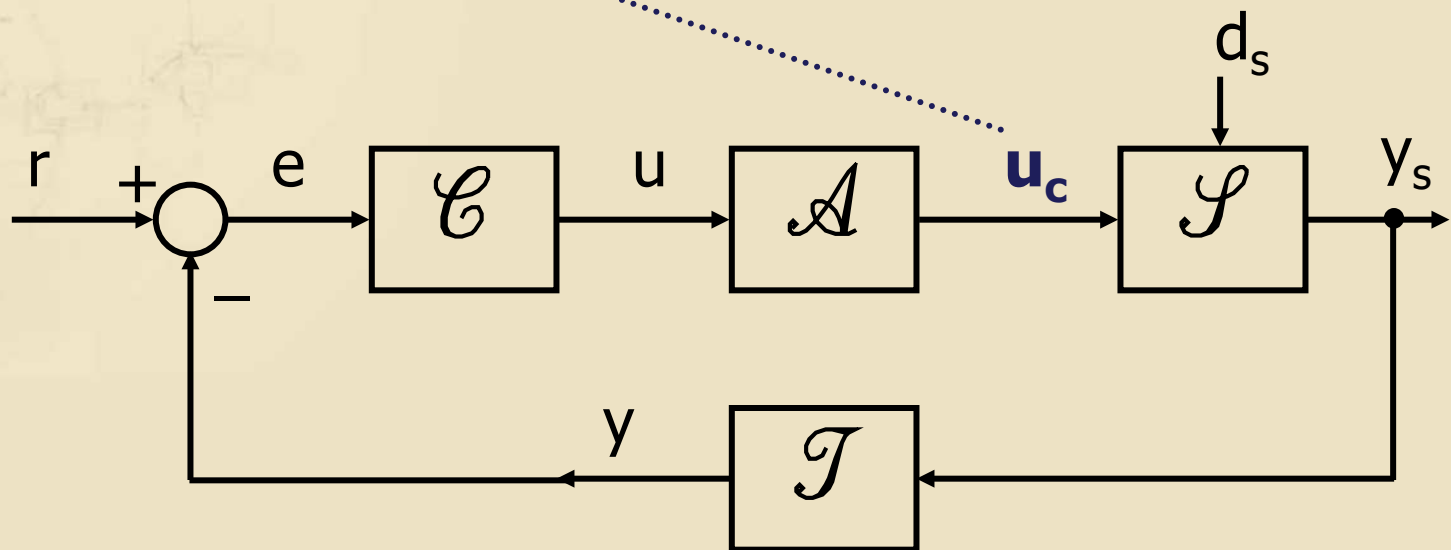
Controllo di velocità di un autoveicolo 5/11

Azionamento = motore autoveicolo



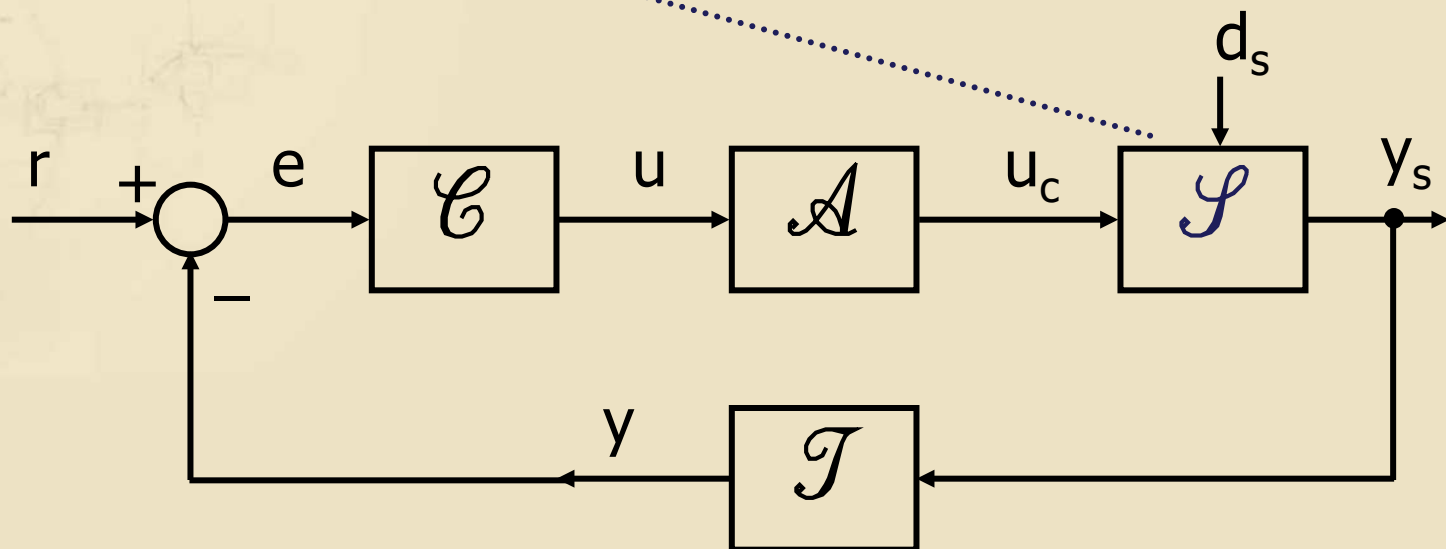
Controllo di velocità di un autoveicolo 6/11

Comando = forza sviluppata dal motore



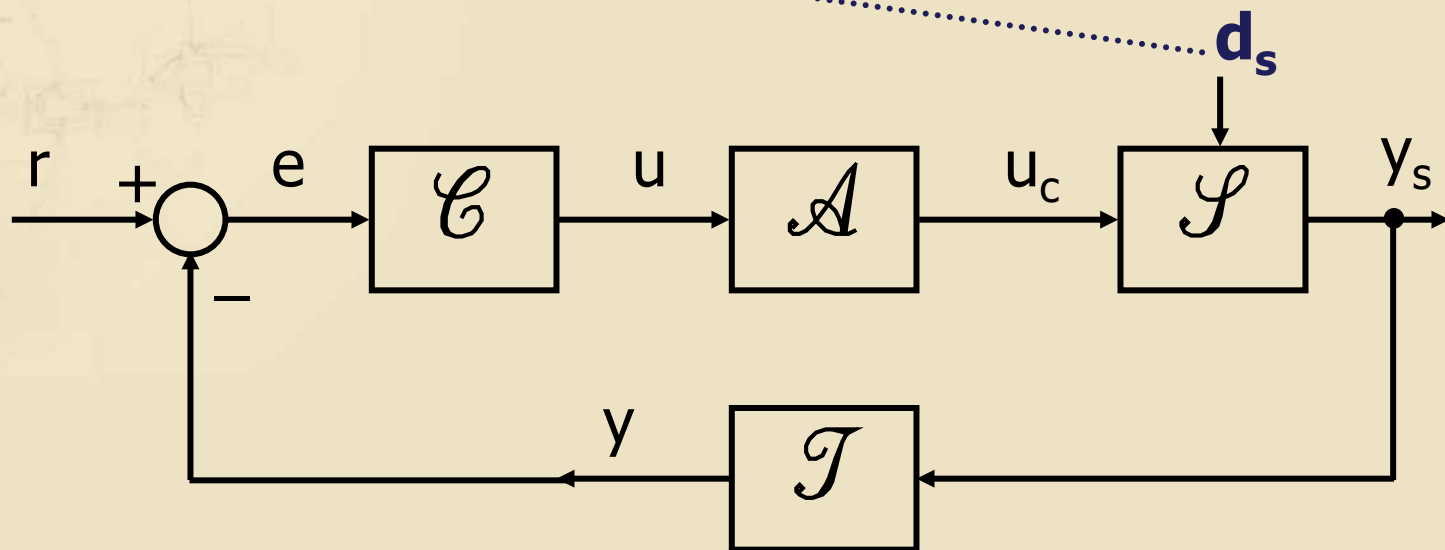
Controllo di velocità di un autoveicolo 7/11

Sistema forza/velocità = massa auto



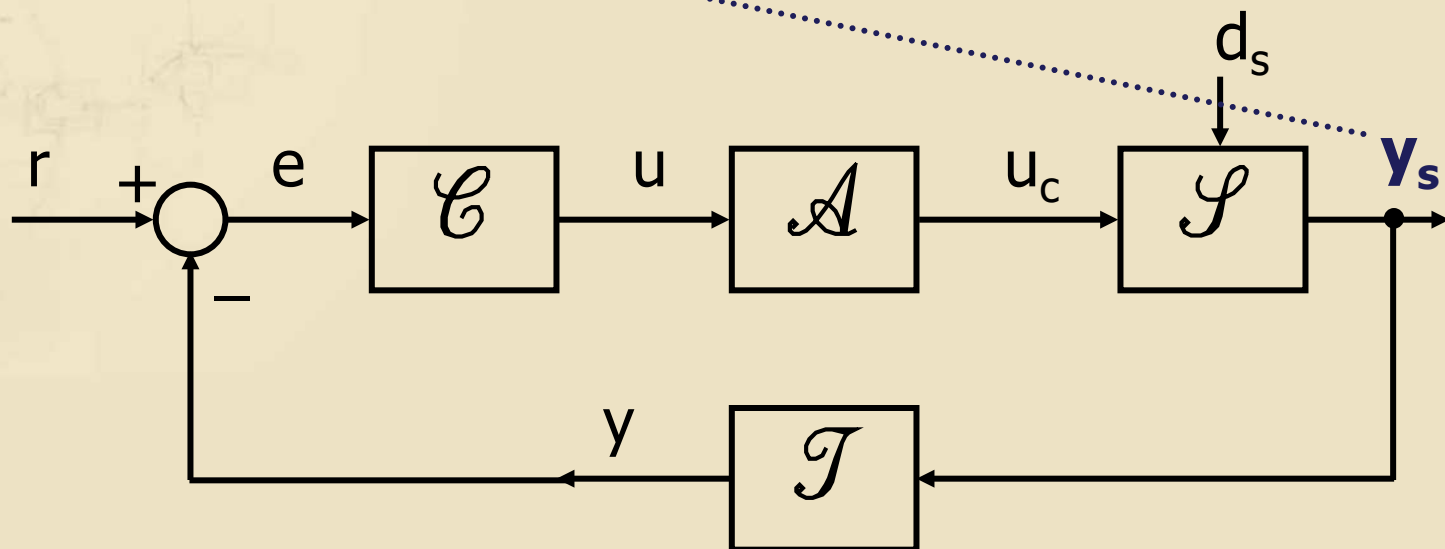
Controllo di velocità di un autoveicolo 8/11

Forze indotte dai disturbi



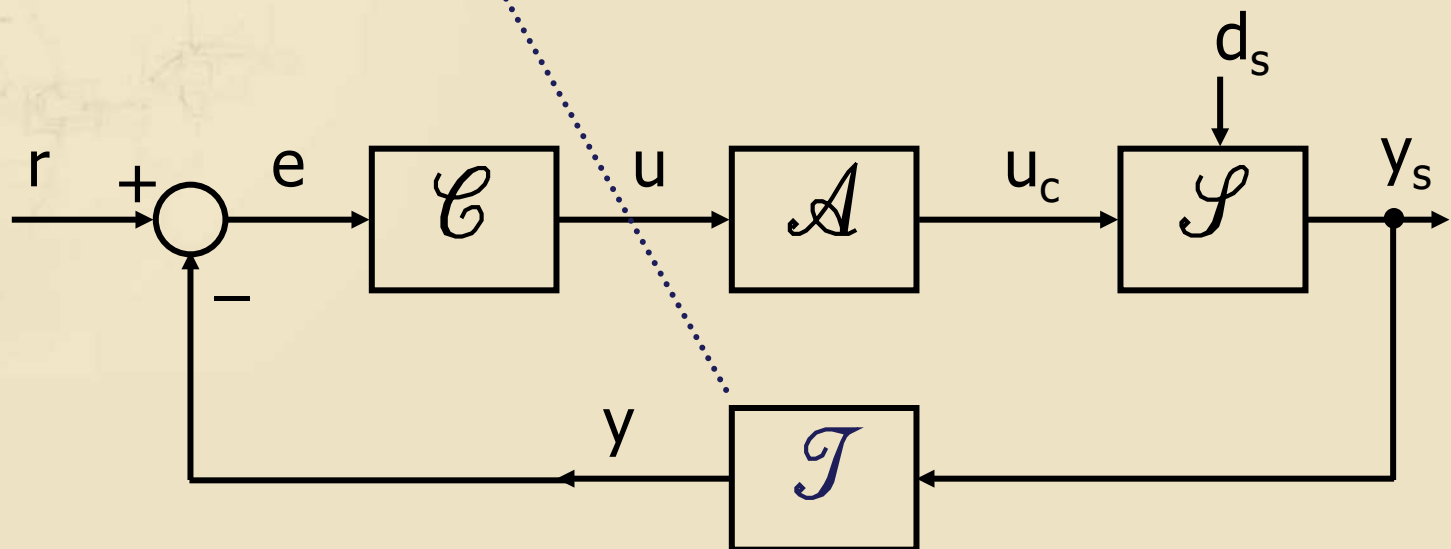
Controllo di velocità di un autoveicolo 9/11

Uscita del sistema = velocità



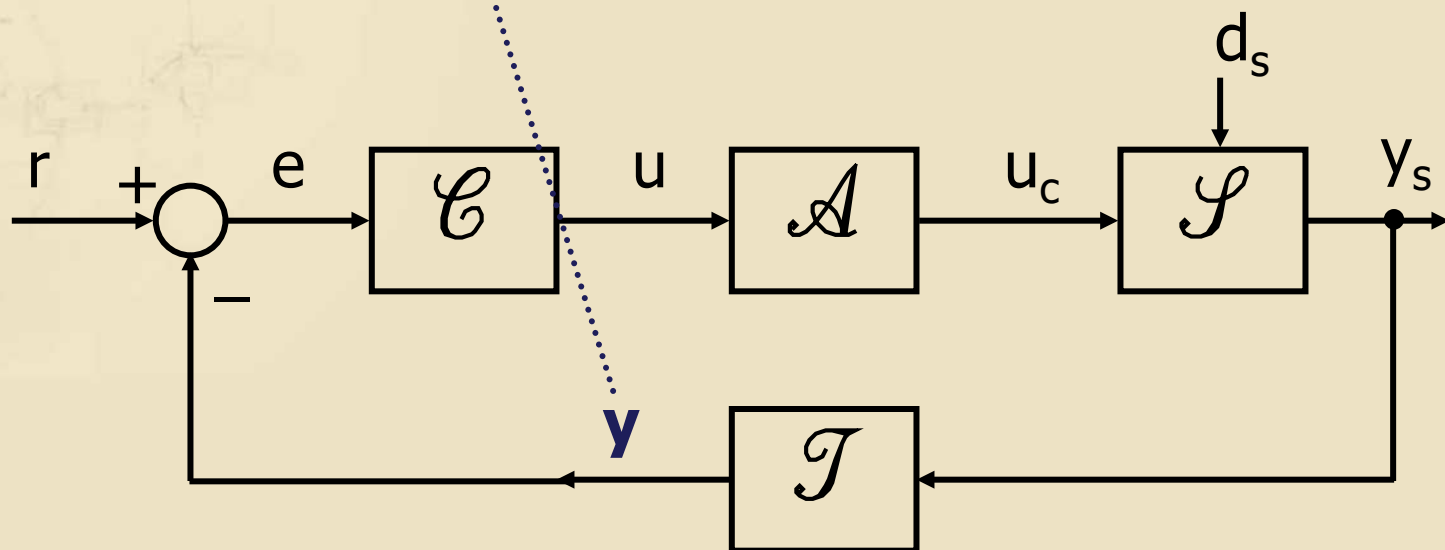
Controllo di velocità di un autoveicolo 10/11

Trasduttore della velocità = tachimetro



Controllo di velocità di un autoveicolo 11/11

Misura dell'uscita (dal tachimetro)





Legenda 1/2

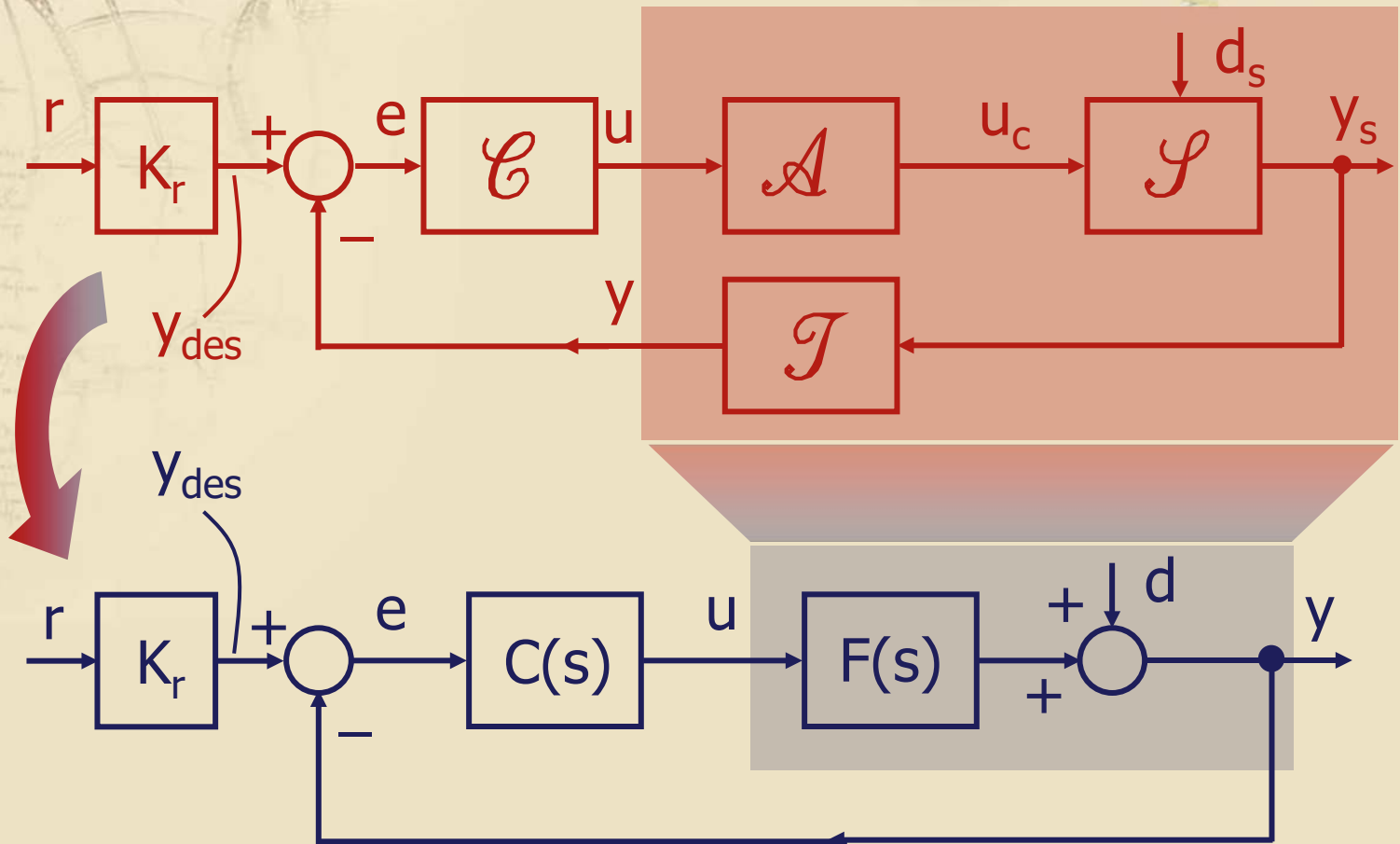
- u = segnale di controllo = posizione pedali
- u_c = segnale di comando = forza sviluppata dal motore
- y_s = uscita del sistema = velocità
- y = misura dell'uscita (dal tachimetro)
- r = riferimento di velocità (coincidente con y_{des})
- e = differenza $y_{des} - y$ = errore di inseguimento



Legenda 2/2

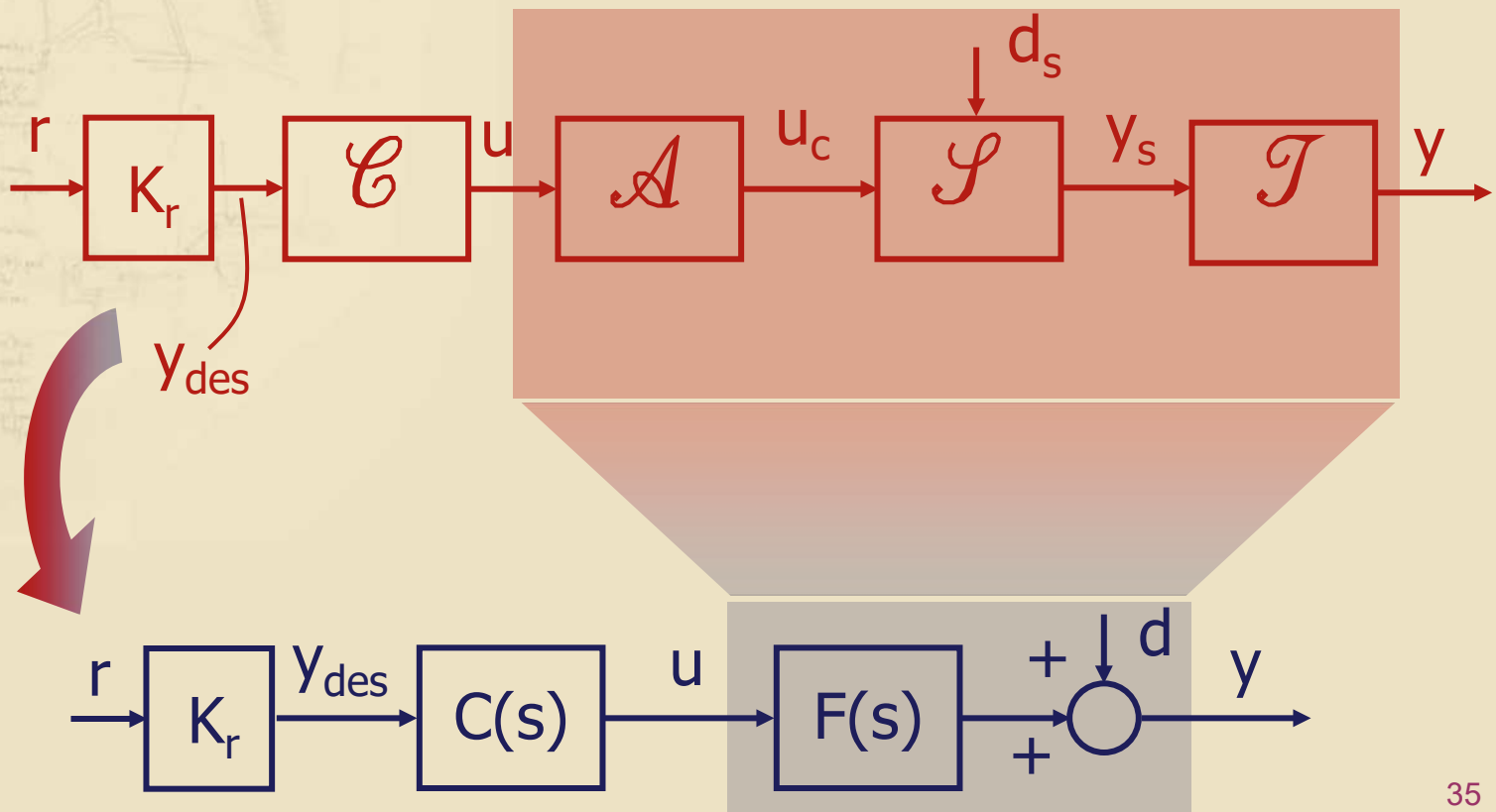
- d_s = forze indotte dai disturbi
- \mathcal{S} = sistema forza/velocità = massa dell'autoveicolo
- \mathcal{A} = azionamento = motore dell'autoveicolo
- \mathcal{I} = trasduttore della velocità = tachimetro
- \mathcal{C} = controllore = automobilista

Strutture tipo e schemi di principio 1/4



Strutture tipo e schemi di principio 2/4

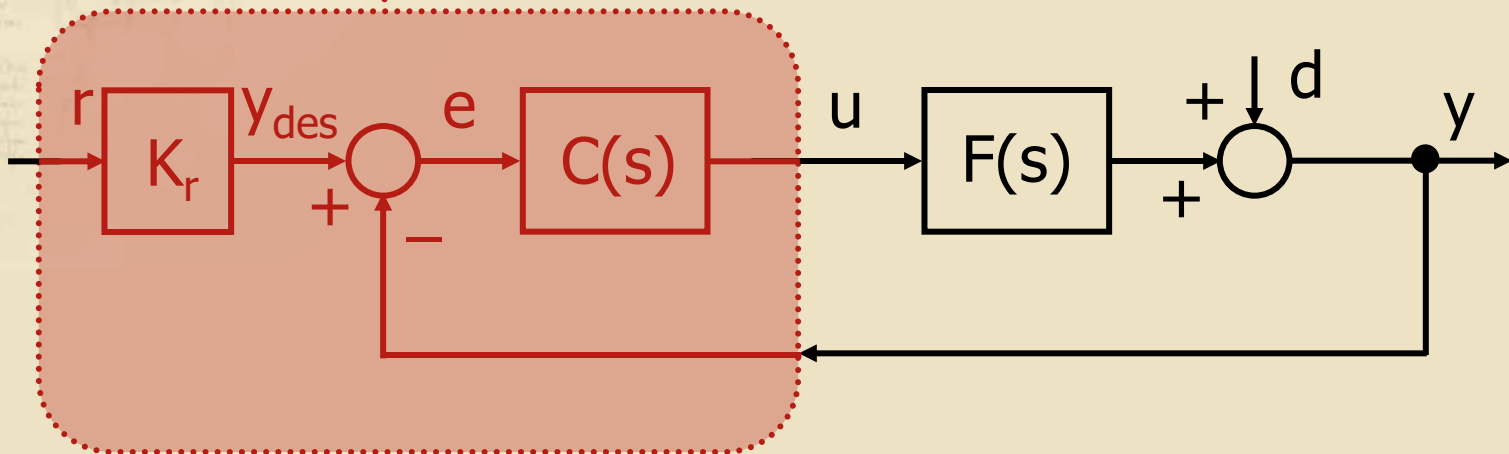
► Struttura tipo del controllo in catena aperta



Strutture tipo e schemi di principio 3/4

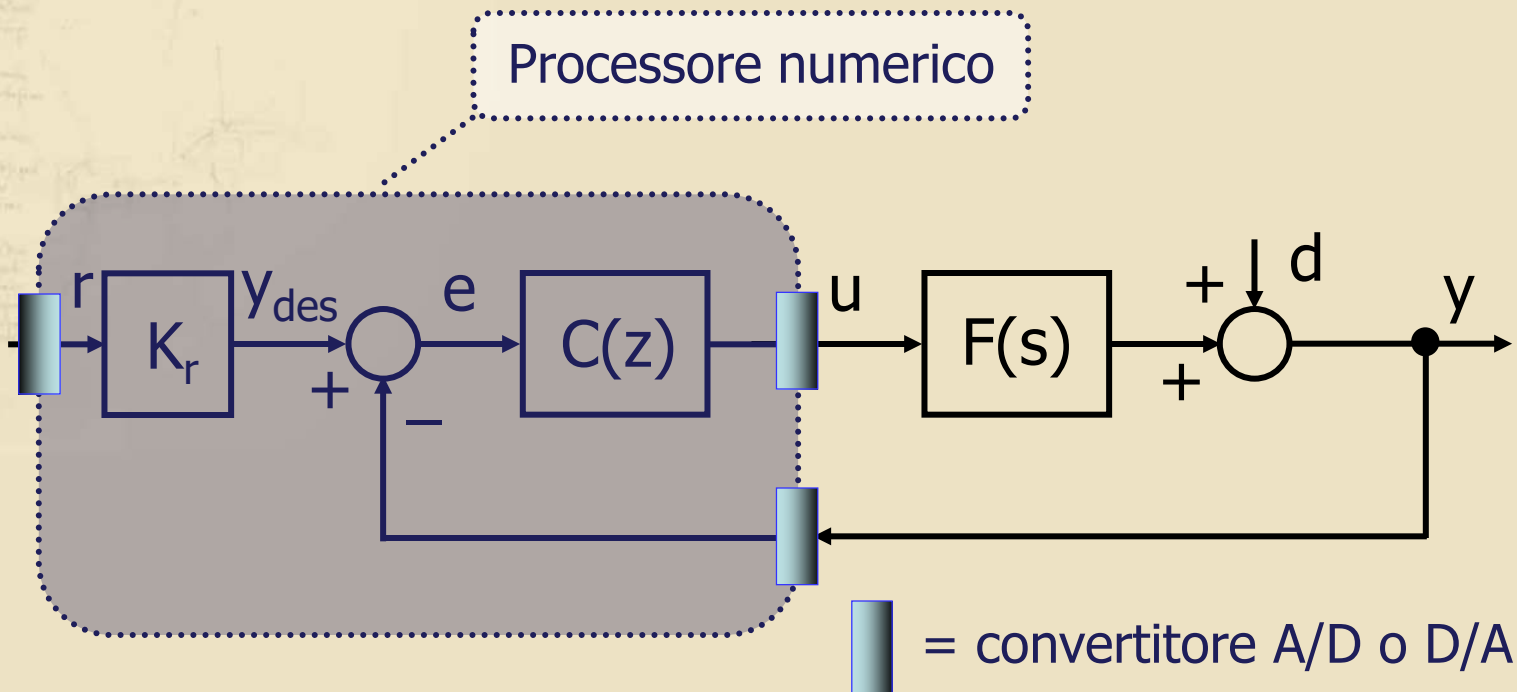
- Struttura tipo del controllo in catena chiusa con retroazione dall'uscita: realizzazione analogica

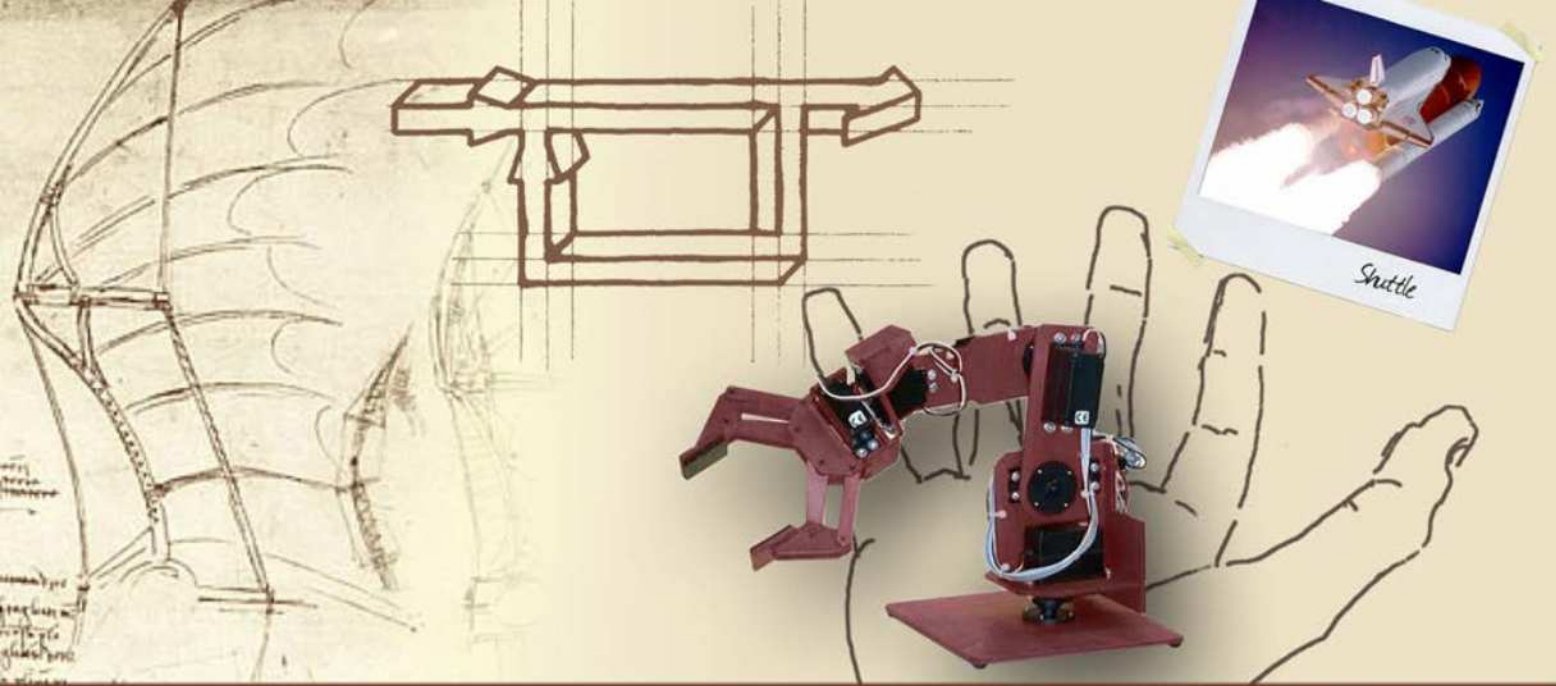
Elettronica analogica



Strutture tipo e schemi di principio 3/4

- Struttura tipo del controllo in catena chiusa con retroazione dall'uscita: realizzazione digitale





Introduzione ai sistemi di controllo

Sistemi, modelli e progetto del controllo



Caratteristiche del sistema da controllare

- Lineare – non lineare
- Dinamico – statico
- A parametri costanti – a parametri variabili
- Senza disturbi additivi – con disturbi additivi



Modelli matematici

► Modello matematico

- **M_I** – modello per il progetto del controllo
 - Di “prima approssimazione”
 - Lineare
 - Dinamico – statico
 - A parametri costanti
 - Senza disturbi additivi – con disturbi additivi
- **M_V** – modello per le verifiche delle prestazioni
 - Inizialmente **$M_V = M_I$**
 - Successivamente, se del caso, **$M_V = M_{II}$** dove
 - **M_{II}** = modello di seconda approssimazione

Progetto: procedura tipo

