

CORSO DI PROGETTO DEI SISTEMI DI CONTROLLO

1. Introduzione.
2. Sistemi e modelli.
3. Analisi frequenziale dei sistemi lineari.
4. Criteri di stabilità dei sistemi in retroazione.
5. Luogo delle radici.
6. Prestazioni nei sistemi di controllo.
7. Tecniche di progetto di controllori.
8. Controllori industriali PID.
9. Strumenti CAD per l'analisi e la sintesi di sistemi di controllo.

TESTI DI RIFERIMENTO

1. **G. Marro:** *Controlli Automatici: quarta edizione*, Zanichelli, Bologna, 1992.
2. **P. Bolzern, R. Scattolini e N. Schiavoni:** *Fondamenti di Controlli Automatici*, McGraw-Hill.
3. **S. K. Gupta:** *Fondamenti di Automatica*, ed. italiana a cura di M. Innocenti, Apogeo, Milano, 2002.

ALTRI TESTI

1. J.C. Doyle, B.A. Francis & A.R. Tannenbaum: *Feedback Control Theory*, Maxwell MacMillan International, 1992.
R. Calimani &
2. J.J. D'Azzo & C.H. Houpis: *Linear Control System Analysis and Design: Conventional and Modern*, McGraw-hill, New York, 1988.
3. Di Stefano, Stubberud & Williams: *Regolazione Automatica*, Collana Schaum, Etas Libri, Milano, 1975.
4. R.C. Dorf: *Modern Control Systems: sixth edition*, Addison-Wesley, U.S.A., 1992.
5. G.F. Franklin, J.D. Powell & A. Emani-Naeini: *Feedback Control of Dynamic Systems*, Addison-Wesley, U.S.A., 1988.
6. K. Ogata: *System Dynamics*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, U.S.A., 1992.

INTRODUZIONE

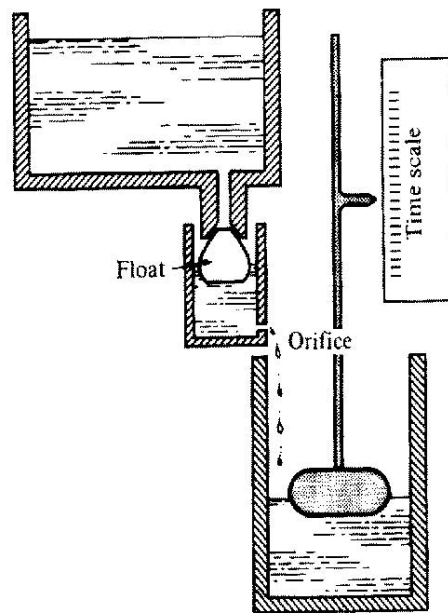
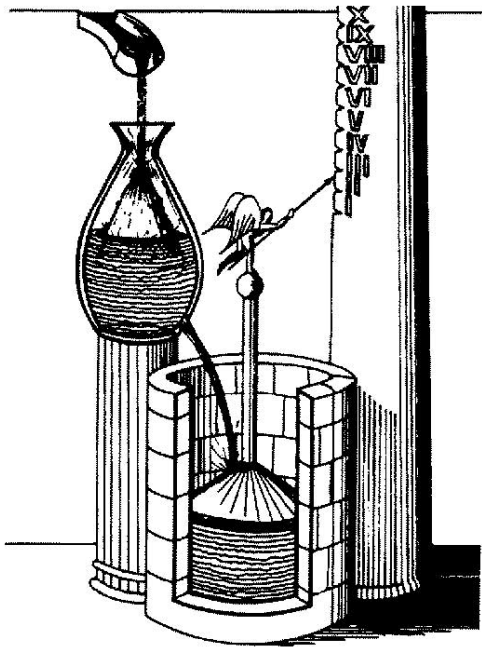
- Cenni storici: dall'orologio di Ktesibios all'autostrada automatica.
- Elementi fondamentali del problema di controllo.
 - Sistema, processo o impianto.
 - Modello matematico dinamico.
 - Variabili indipendenti o di ingresso: variabili di controllo e variabili incerte (disturbi).
 - Variabili dipendenti o di uscita: variabili controllate e variabili misurate.
 - Variabili di riferimento.

CENNI STORICI

- Antichità
- Drebbel, Incubatrice per uova, 1620 circa;
- Watt, Regolatore per macchine a vapore, 1787;
- Maxwell, Analisi della stabilità del regolatore di Watt, 1868;
- Routh, Analisi della stabilità per sistemi lineari, 1877;
- Lyapunov, Analisi della stabilità per sistemi nonlineari, 1890;
- Black, Amplificatore operativo retroazionato, 1927;
- Nyquist, Criterio di stabilità per sistemi retroazionati, 1932;
- Bode, Metodi basati sulla risposta in frequenza, 1938;
- Wiener, Progetto di filtri ottimi, 1942;
- Hurewicz, Sistemi a dati campionati, 1947;
- Nichols, Carta di Nichols, 1947;
- Evans, Luogo delle radici, 1948;
- Pontryagin, Principio del massimo, 1956;
- Bellman, Programmazione Dinamica, 1957;
- Kalman, Controllo e filtraggio ottimo, 1960;
- Dal 1960 ad oggi Teoria Moderna.

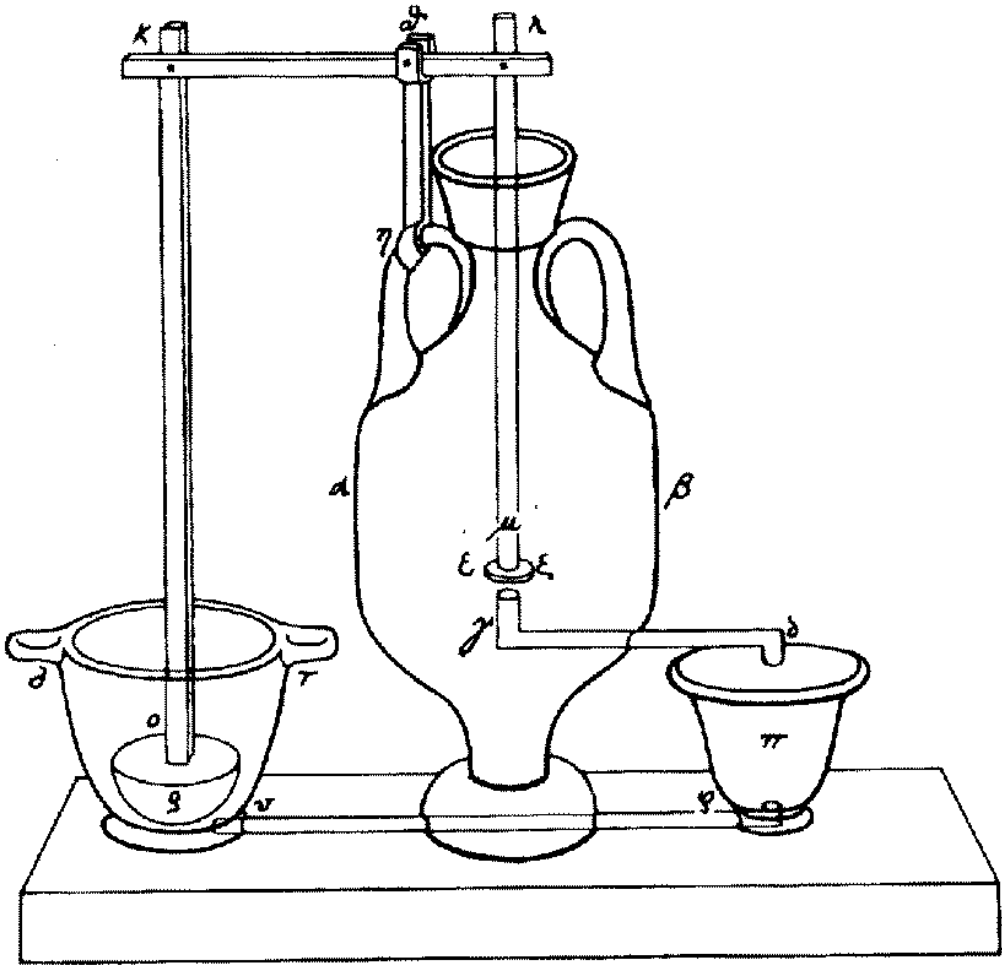
OROLOGIO DI KTESIBIOS (III sec. A.C)

Scopo: mantenere l'altezza nel vaso di alimentazione ad un valore di riferimento



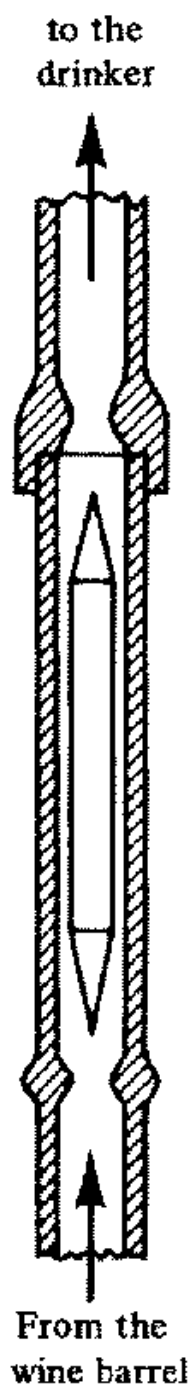
REGOLAZIONE A GALLEGGIANTE (I sec. D.C)

Sistema automatico per la mescita del vino (Erone)



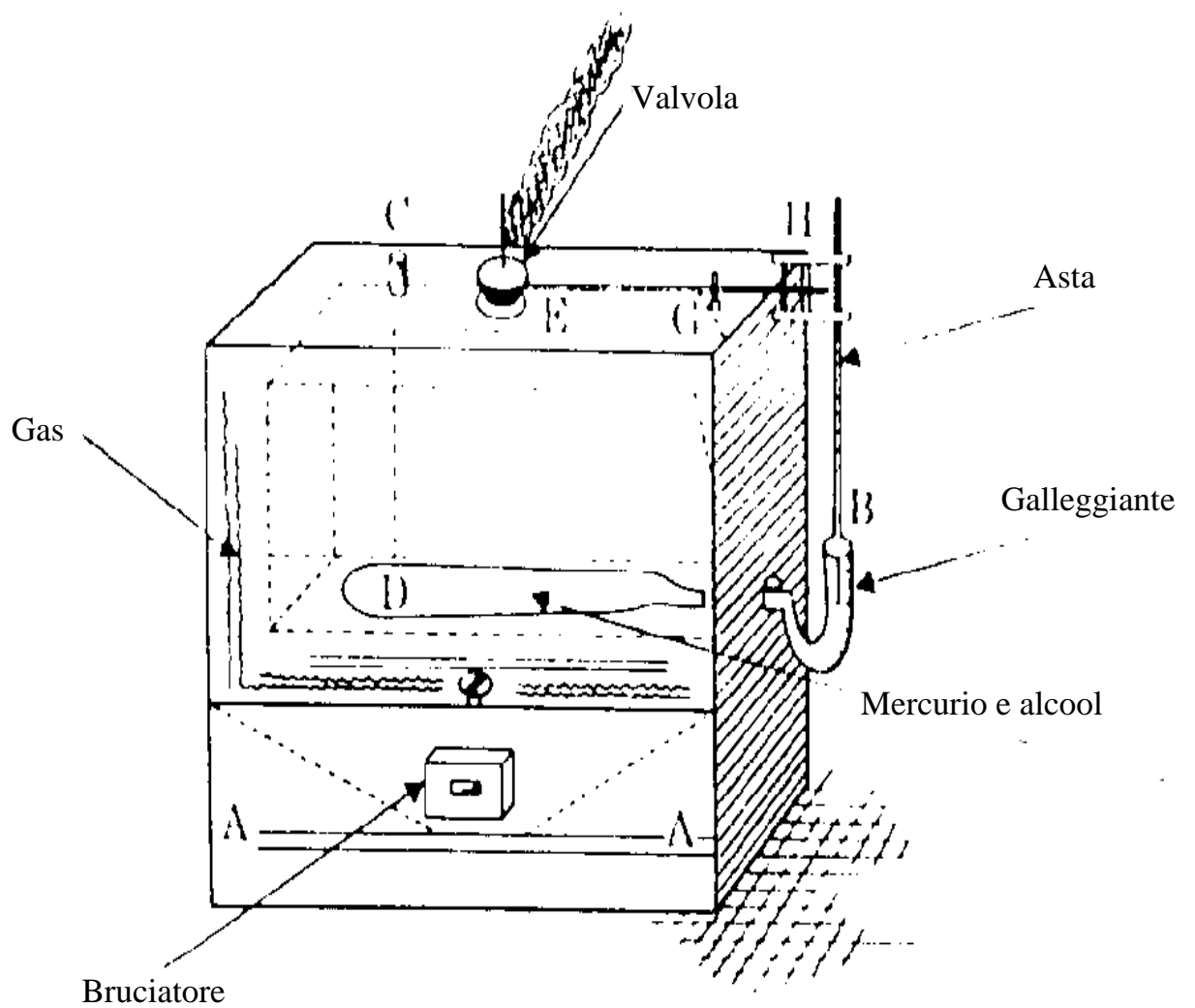
REGOLATORE DI PORTATA (CINA, XII sec.)

Bere troppo in fretta fa male



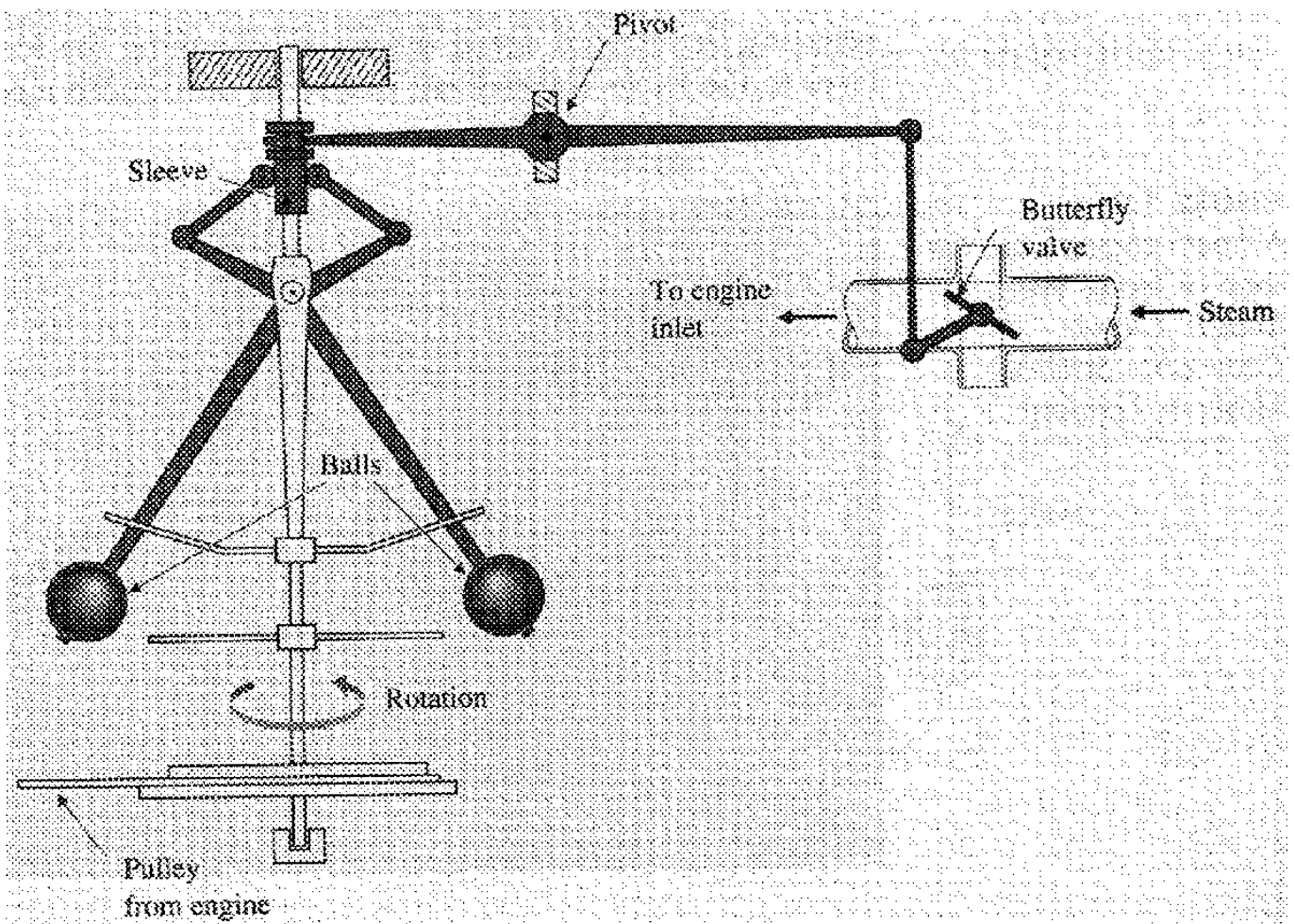
INCUBATRICE PER UOVA, DREBBEL, 1620 ca.

Scopo: mantenere costante la temperatura della camera

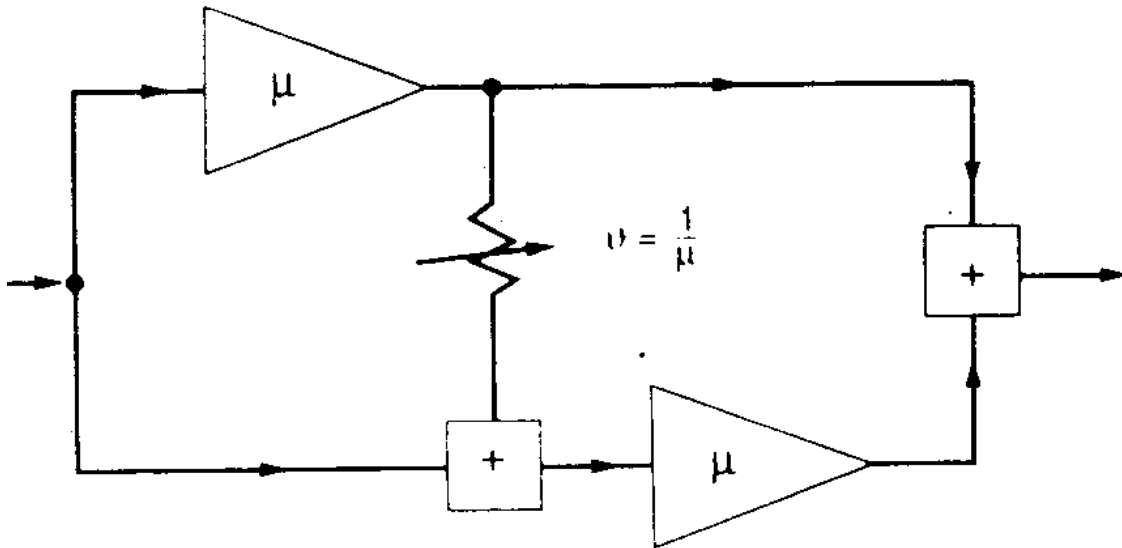


REGOLATORE PER MACCHINE A VAPORE, WATT, 1787

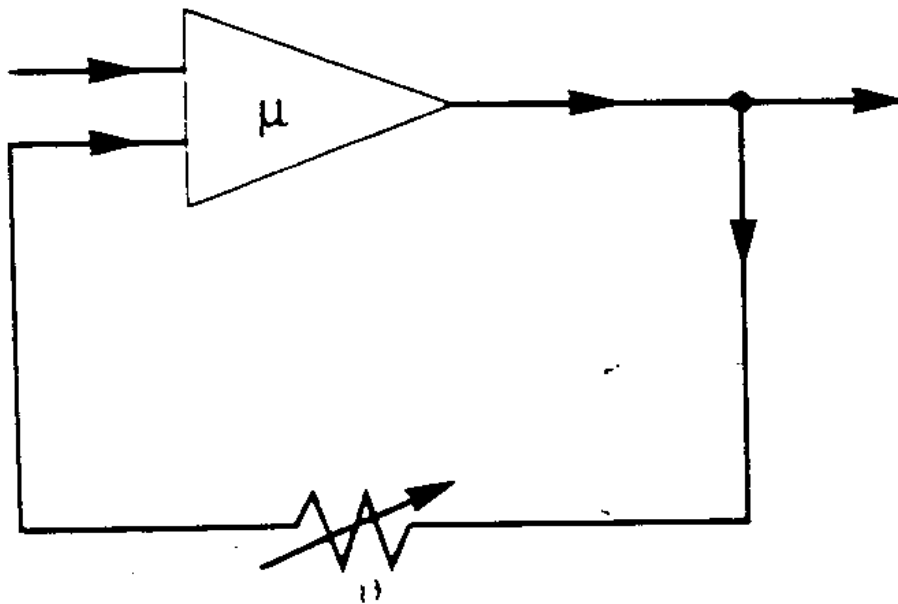
Scopo: mantenere costante la velocità di rotazione dell'albero



ATTENUAZIONE DEI DISTURBI IN TELEFONIA, BLACK, 1927



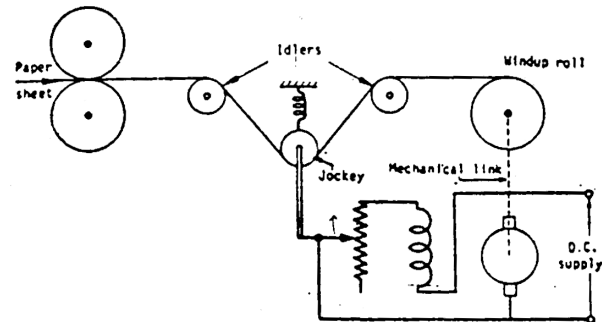
Schema 1: senza retroazione



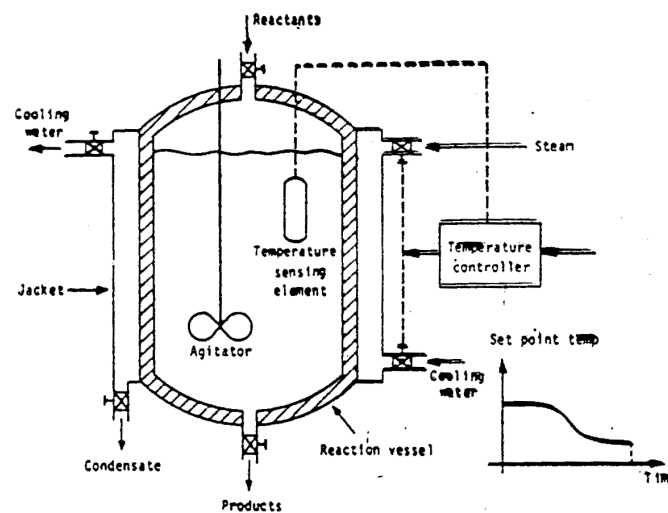
Schema 2: con retroazione

ALCUNI ESEMPI INGEGNERISTICI

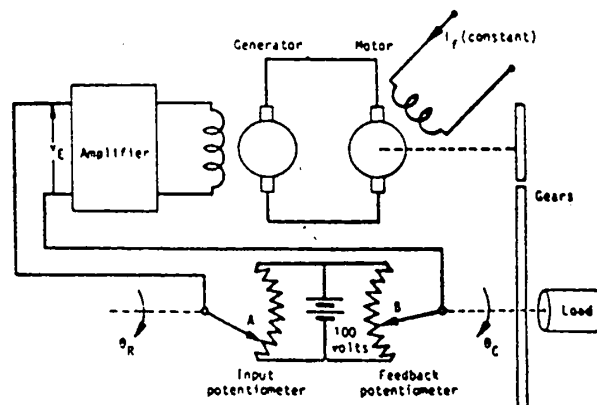
Un sistema di avvolgimento a tensione costante



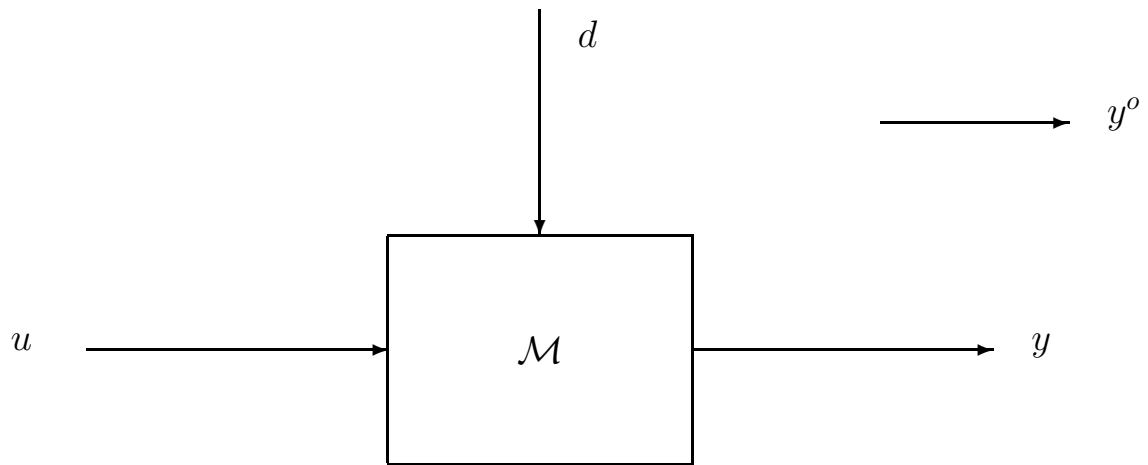
Un processo chimico



Un sistema di controllo di posizione angolare

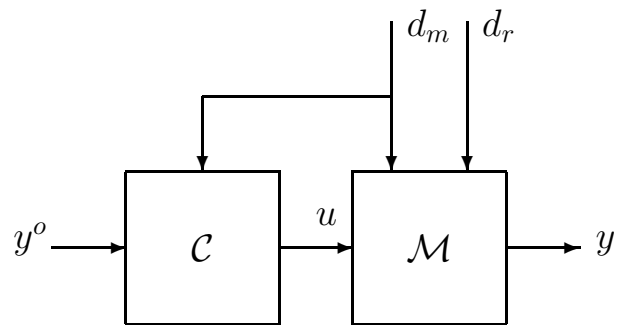


FORMULAZIONE DEL PROBLEMA DEL CONTROLLO

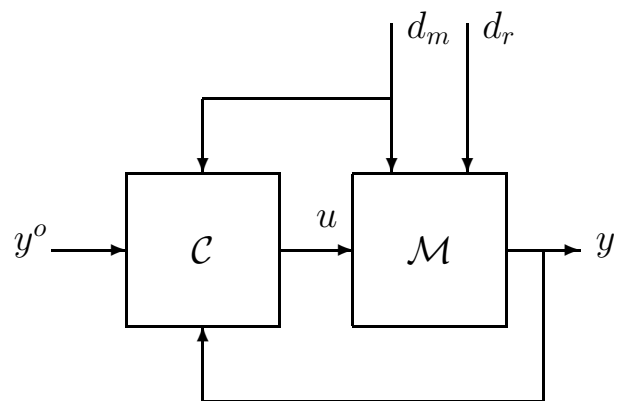


- Problema del controllo:
 - Determinare, ad ogni istante, il valore da attribuire alle variabili di controllo u in modo tale che l'andamento delle variabili controllate y risulti sufficientemente prossimo a quello desiderato y^o , qualunque sia, fra quelli ragionevolmente prevedibili, il valore o l'andamento delle variabili indipendenti incerte d .
- Esempi.
 - Controllo della temperatura di un forno.
 - Controllo del livello di un serbatoio.
 - Azionamento di un'antenna per telecomunicazione.
 - Controllo dell'assetto di un aeromobile.

CONTROLLORE

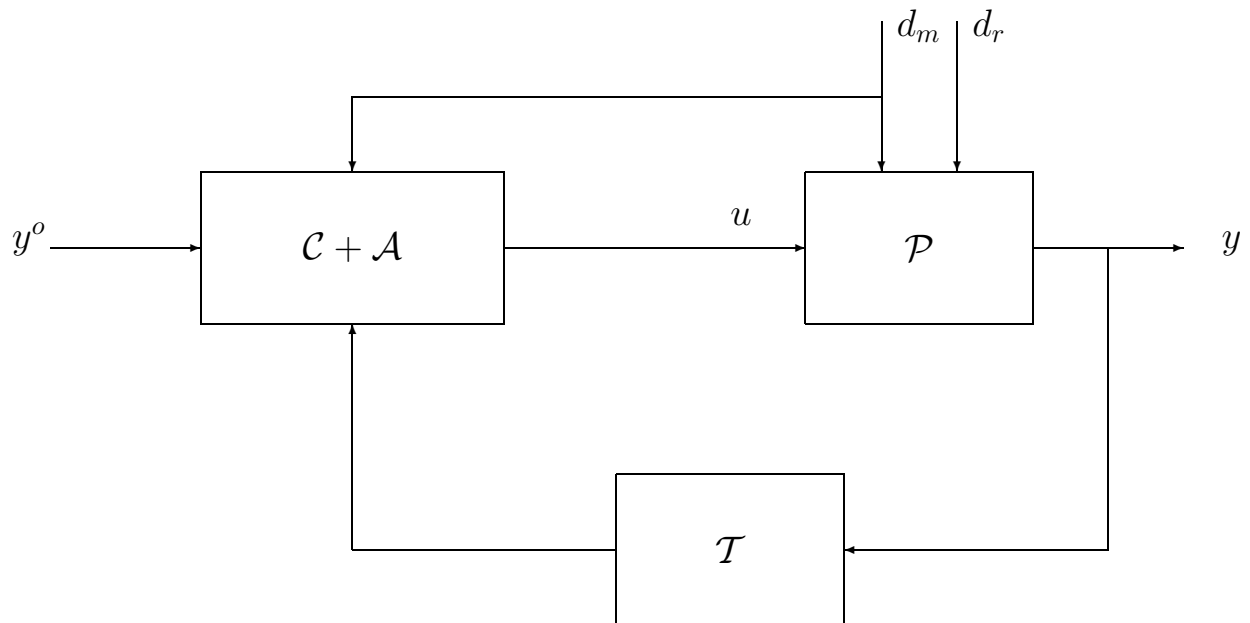


Schema di controllo ad anello aperto



Schema di controllo ad anello chiuso (con *retroazione*)

SCHEMA DI CONTROLLO



- $\mathcal{C} + \mathcal{A}$: controllore + attuatore.
- \mathcal{P} : Processo sotto controllo.
- \mathcal{T} : Trasduttore.
- y^o : Riferimenti.
- y : Variabili controllate (anche non misurate).
- u : Variabili di controllo.
- d_m : Disturbi misurabili
- d : Disturbi non misurabili

COMPITI DELL'INGEGNERE CONTROLLISTA

L'ingegnere controllista deve:

- Conoscere \mathcal{P}
- Conoscere \mathcal{A} e \mathcal{T} esistenti sul mercato
- Conoscere le **specifiche** del sistema da realizzare
- Scegliere \mathcal{A} e \mathcal{T} più opportuni
- Progettare \mathcal{C}
- Interfacciare i vari componenti