



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

# Dal controllo all'automazione

Automazione

13/10/2015

Vincenzo Suraci



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA  
Insegnamento: AUTOMAZIONE  
Docente: DR. VINCENZO SURACI

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

## STRUTTURA DEL NUCLEO TEMATICO

- RICHIAMI DI FONDAMENTI DI AUTOMATICA
- LIVELLO DI CAMPO
- LIVELLO DI COORDINAMENTO
- LIVELLO DI CONDUZIONE



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA  
Insegnamento: AUTOMAZIONE  
Docente: DR. VINCENZO SURACI

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

# **RICHIAMI DI FONDAMENTI DI AUTOMATICA**

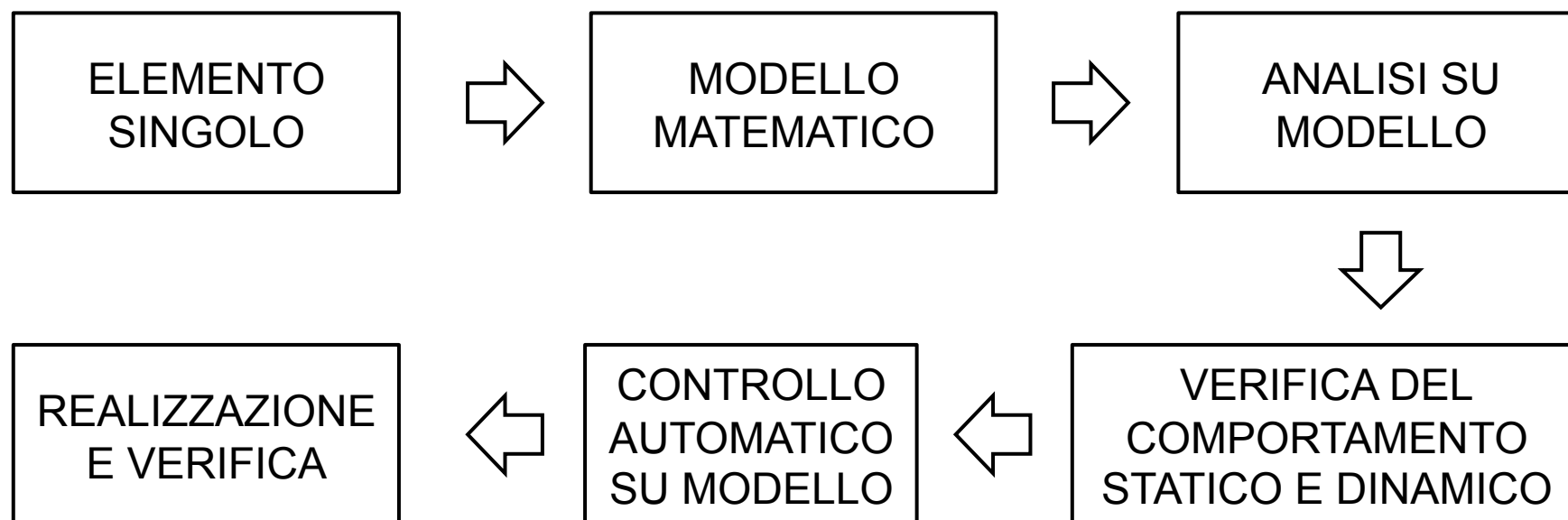


**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA  
Insegnamento: AUTOMAZIONE  
Docente: DR. VINCENZO SURACI

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

## METODOLOGIA



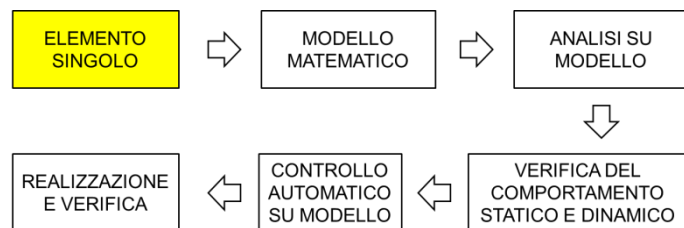


SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA  
Insegnamento: AUTOMAZIONE  
Docente: DR. VINCENZO SURACI

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

## METODOLOGIA



SISTEMA COMPLESSO



IMPIANTO



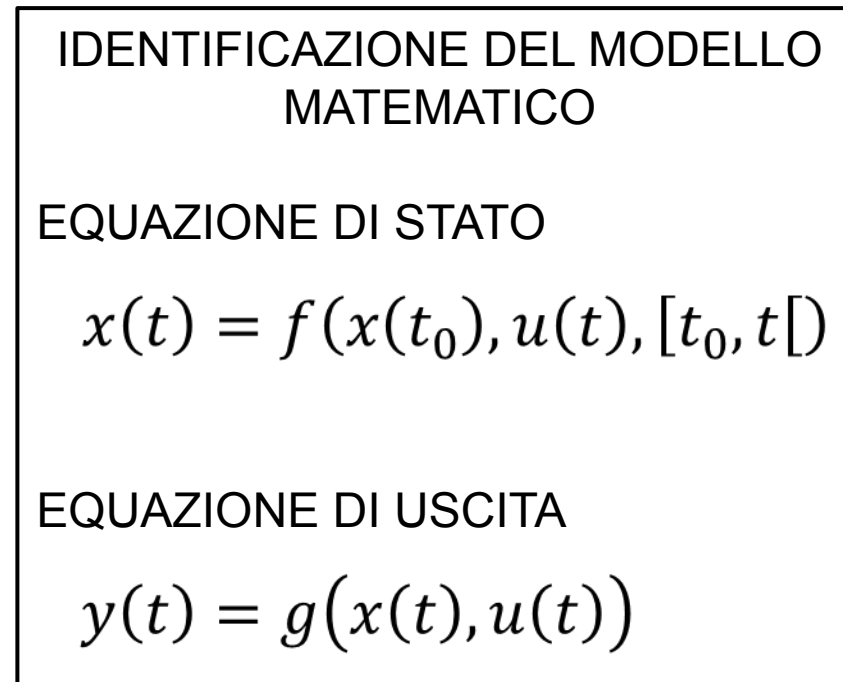
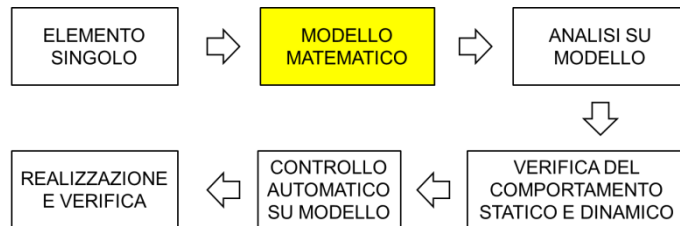
DISPOSITIVO



ELEMENTO SINGOLO



## Approccio classico all'Automazione - Metodologia





## Approccio classico all'Automazione - Metodologia

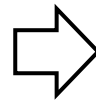
$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) \\ y(t) = Cx(t) + Du(t) \end{cases}$$

### POSSIBILI APPROSSIMAZIONI

LINEARIZZAZIONE  
NELL'INTORNO DEL  
PUNTO DI LAVORO

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) \\ y(t) = Cx(t) + Du(t) \end{cases}$$

LIMITI DI VALIDITÀ  
DEL MODELLO



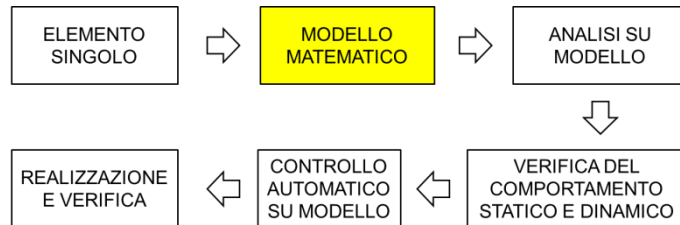
SCOMPOSIZIONE DEL SISTEMA  
MIMO IN PIÙ SISTEMI SISO

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = Ax(t) + Bu(t) \\ y(t) = c^T x(t) + du(t) \end{cases}$$

$$\sum w_i \frac{d^i y(t)}{dt^i} = \sum h_i \frac{d^j u(t)}{dt^j}$$



## Approccio classico all'Automazione - Metodologia

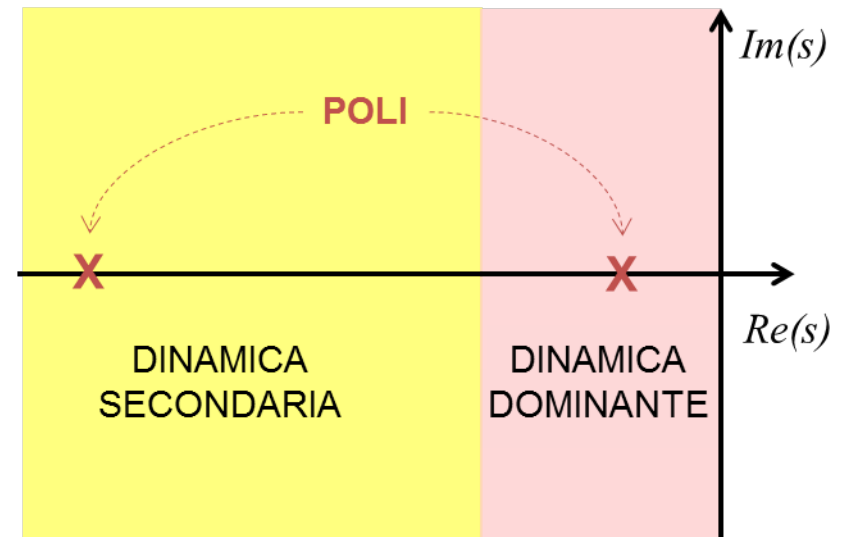


## POSSIBILI APPROSSIMAZIONI

ANALISI NELLA SOLA  
DINAMICA DOMINANTE

$$F(s) = K \frac{1 + \tau s}{1 + 2 \frac{\xi}{\omega_n} s + \frac{1}{\omega_n^2} s^2}$$

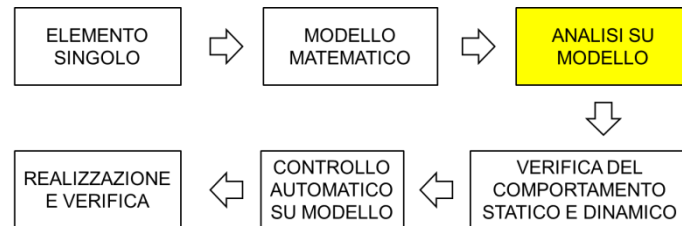
POLI NEL DOMINIO DELLA VARIABILE COMPLESSA







## Approccio classico all'Automazione - Metodologia

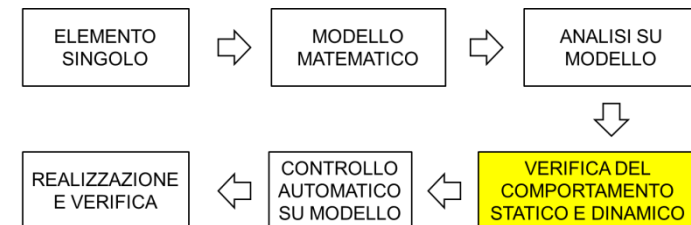


STABILITÀ INTRINSECA	COMPORTAMENTO A REGIME PERMANENTE	DIMENSIO- NAMENTO DEL SISTEMA DA CONTROLLARE	PARAMETRI STATICI	ATTENUAZIONE DELL'EFFETTO DEI DISTURBI
				FEDELTA' DI RISPOSTA
	COMPORTAMENTO A REGIME TRANSITORIO	DINAMICA DOMINANTE	PARAMETRI DINAMICI	PRONTEZZA DI RISPOSTA
		DINAMICA SECONDARIA		



## Approccio classico all'Automazione - Metodologia

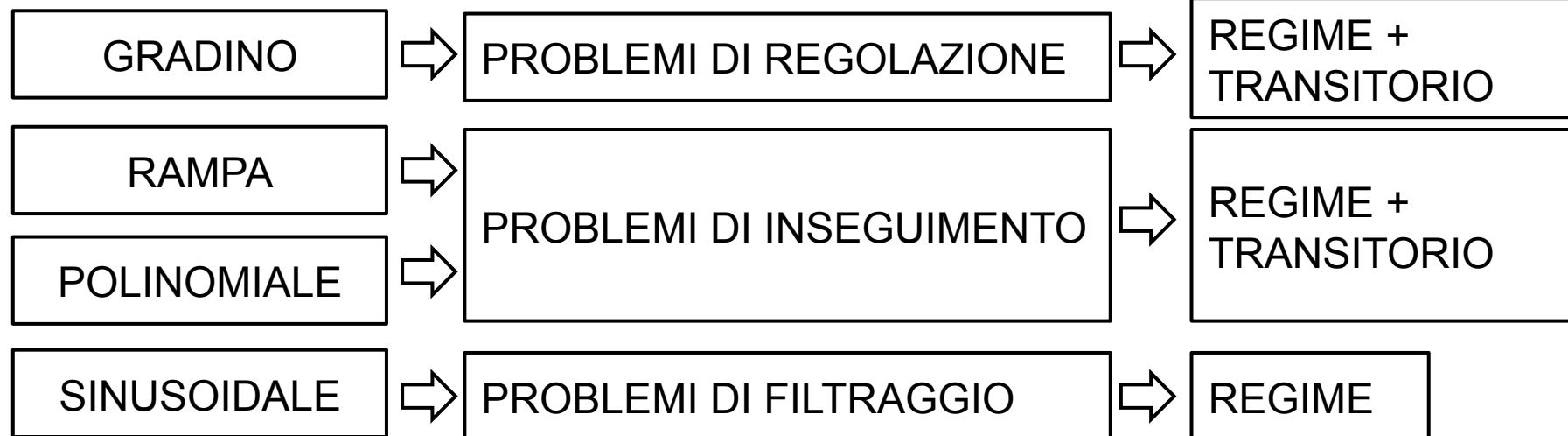
SEGNALI DI PROVA  
**NON** REALIZZABILE



SEGNALI DI PROVA  
REALIZZABILE

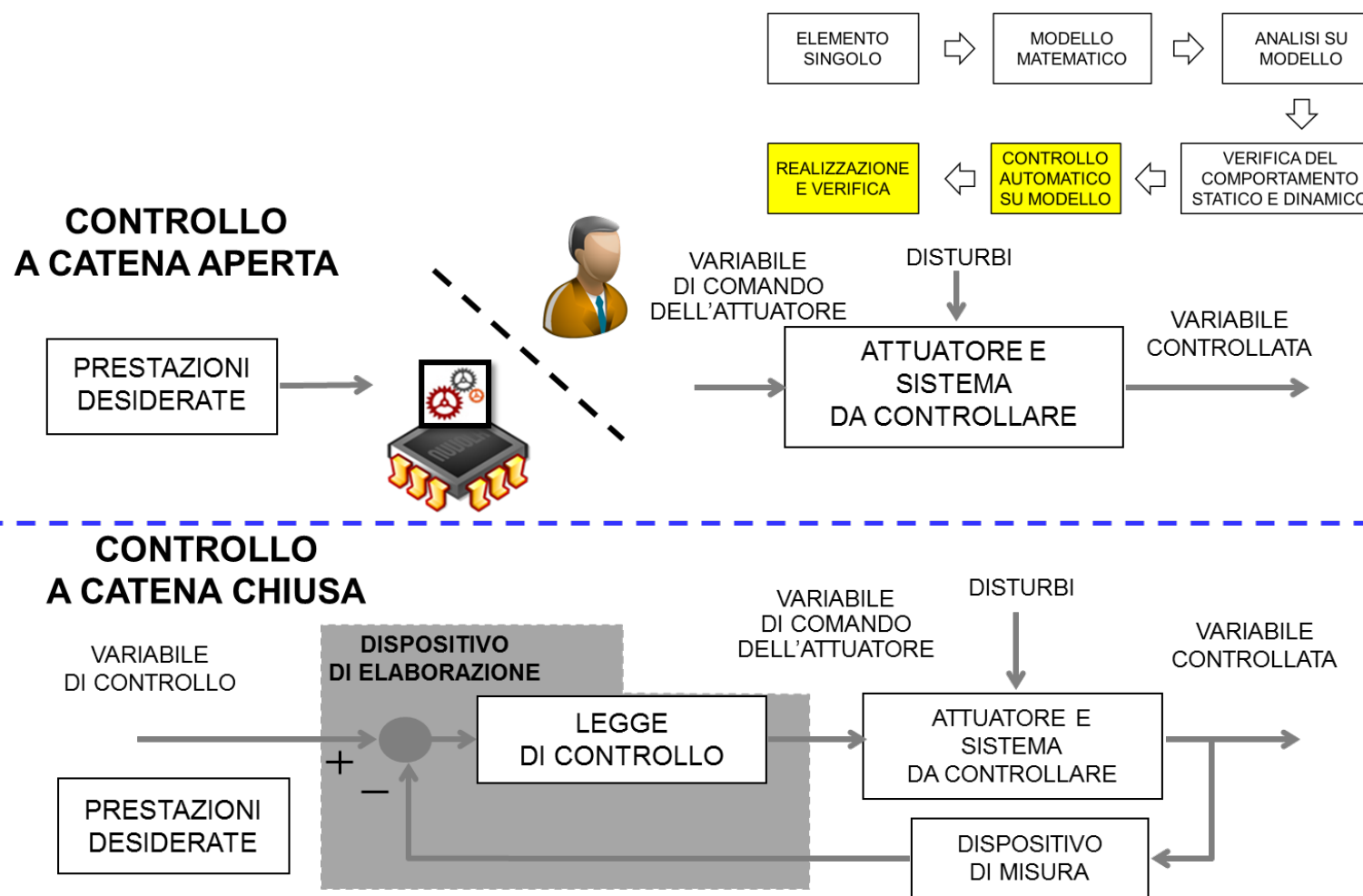
VERIFICHE REALIZZABILI  
ANALIZZANDO LA RISPOSTA

DOMINIO DEL TEMPO  
INTERESSATO



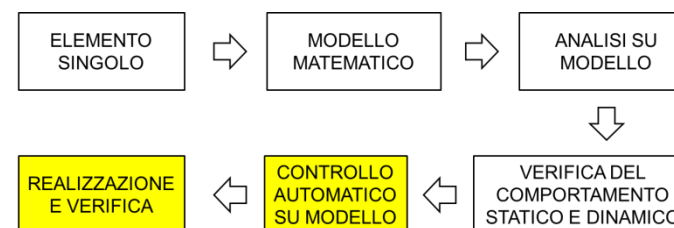


## Approccio classico all'Automazione - Metodologia

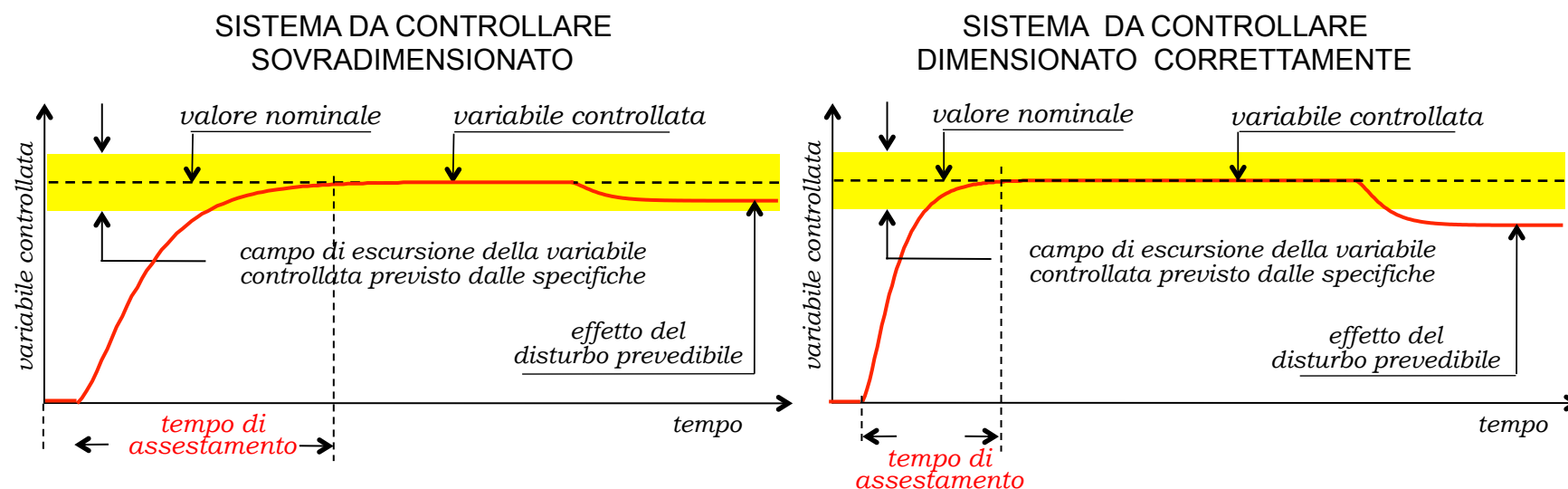




## METODOLOGIA



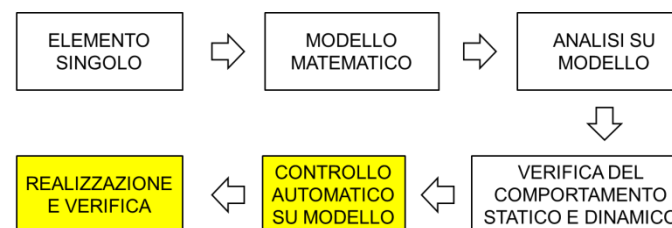
## SPECIFICHE DI PRONTEZZA E FEDELTÀ DI RISPOSTA



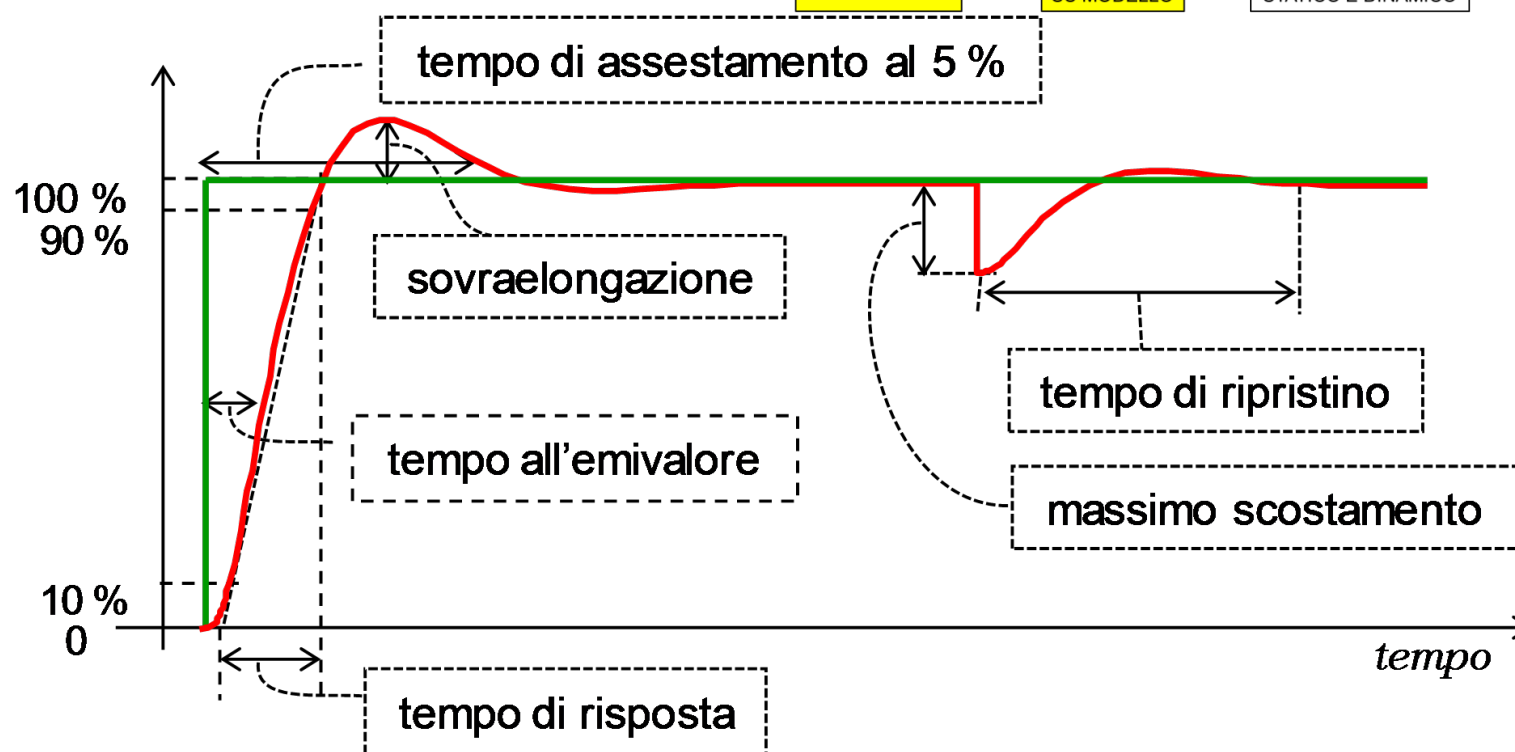


## METODOLOGIA

### ESEMPI DI SPECIFICHE DINAMICHE NEL DOMINIO $t$

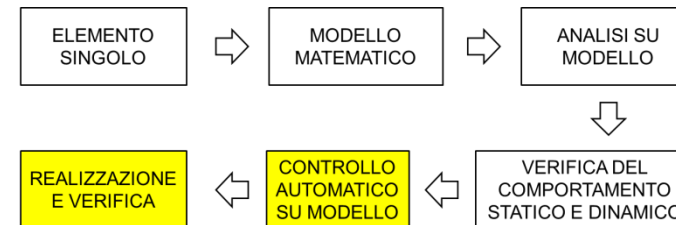


IPOTESI:  
SEGNALE DI INGRESSO = GRADINO  
SEGNALE DI DISTURBO = GRADINO

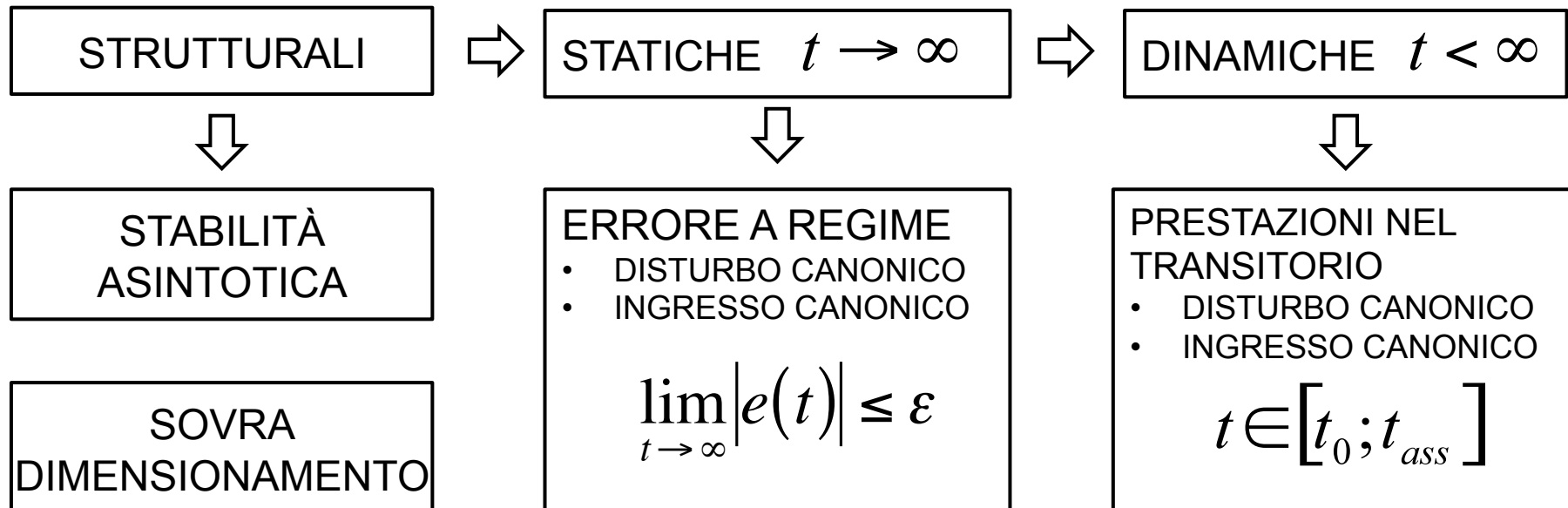




## METODOLOGIA



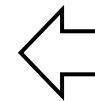
## SPECIFICHE DI PRONTEZZA E FEDELTÀ DI RISPOSTA





## METODOLOGIA

CONTROLLO  
AUTOMATICO  
SU MODELLO



VERIFICA DEL  
COMPORTAMENTO  
STATICO E DINAMICO

### RELAZIONE TRA LE SPECIFICHE NEL DOMINIO $t$ E NEL DOMINIO $s$

$$F(s) = K \frac{1 + \tau s}{1 + 2 \frac{\xi}{\omega_n} s + \frac{1}{\omega_n^2} s^2}$$

$$s_{1,2} = -\alpha \pm i\omega$$

$$s_{1,2} = \xi\omega_n \pm i\omega_n \sqrt{1 - \xi^2}$$

$$\alpha \geq \frac{4}{T_s}$$

Tempo di assestamento

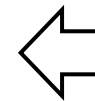
$$S\% = 100e^{-\xi\pi / \sqrt{1 - \xi^2}}$$

Sovraelongazione percentuale



## METODOLOGIA

CONTROLLO  
AUTOMATICO  
SU MODELLO



VERIFICA DEL  
COMPORTAMENTO  
STATICO E DINAMICO

### RELAZIONE TRA LE SPECIFICHE NEL DOMINIO $s$ E NEL DOMINIO $\omega$

$$s_{1,2} = -\alpha \pm i\omega = \zeta\omega_n \pm i\omega_n\sqrt{1-\zeta^2}$$

$$\omega_r = \omega_n \sqrt{1-2\zeta^2} \quad |\zeta| < 0.707$$

Pulsazione di risonanza

$$M_{p\omega} = \left(2\zeta\sqrt{1-\zeta^2}\right)^{-1} \quad |\zeta| < 0.707$$

Picco alla risonanza

$$\omega_B / \omega_n = \sqrt{-(2\zeta^2 - 1) + \sqrt{(2\zeta^2 - 1)^2 + 1}}$$

Banda passante

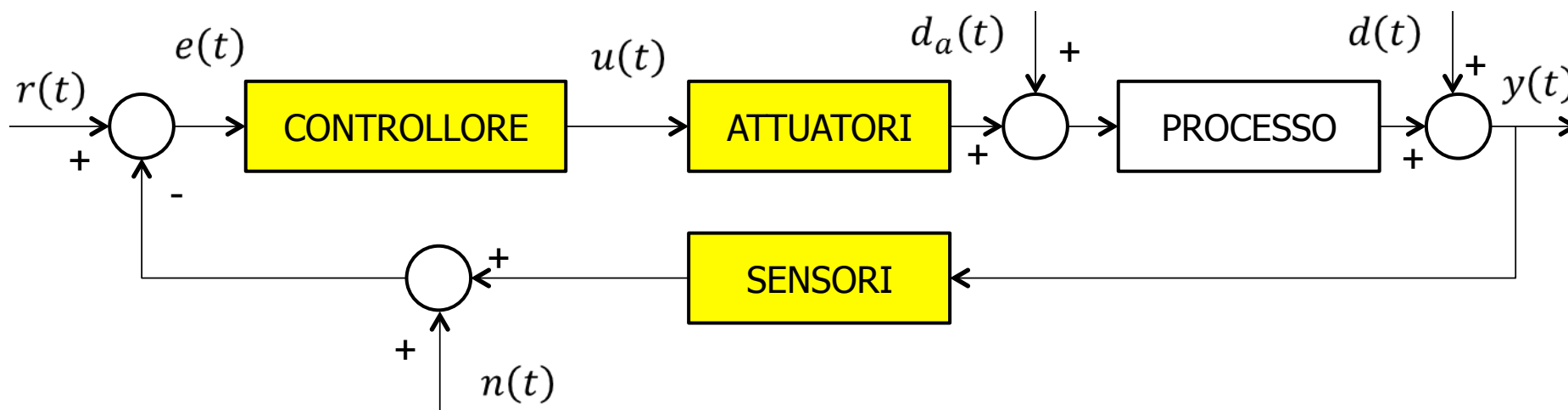




## METODOLOGIA



## REALIZZAZIONE DEL SISTEMA DI CONTROLLO

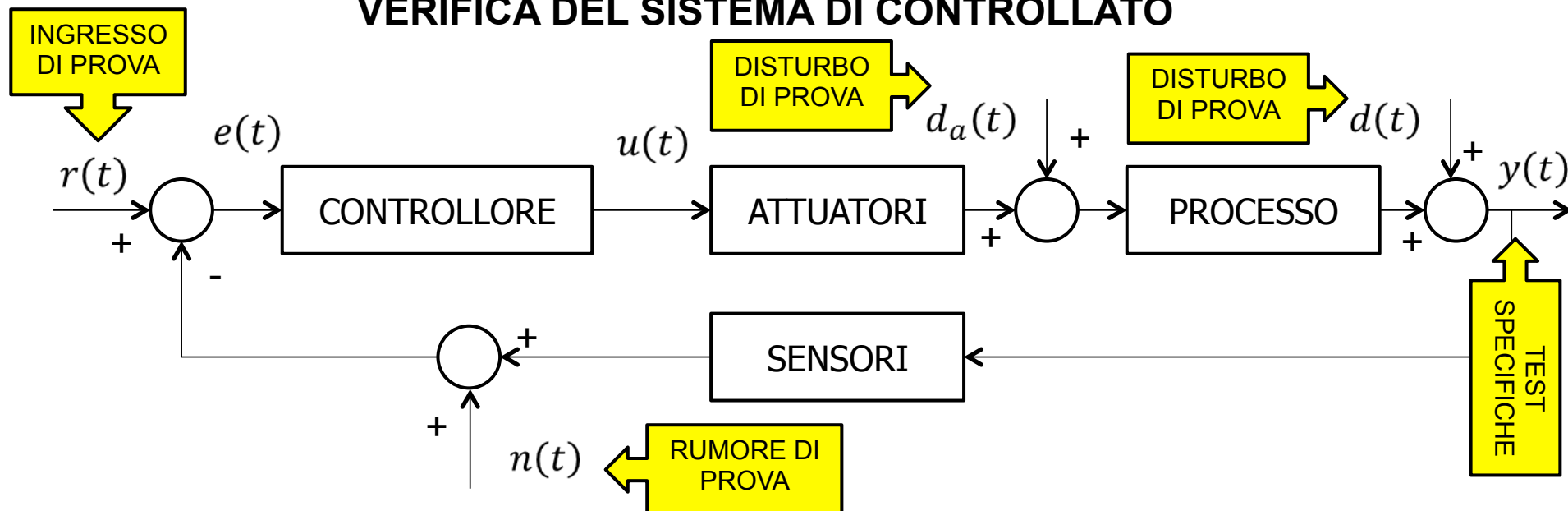




## METODOLOGIA



## VERIFICA DEL SISTEMA DI CONTROLLATO





**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA  
Insegnamento: AUTOMAZIONE  
Docente: DR. VINCENZO SURACI

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

# PIRAMIDE DELL'AUTOMAZIONE



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA  
Insegnamento: AUTOMAZIONE  
Docente: DR. VINCENZO SURACI

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

**GESTIONE  
SISTEMA COMPLESSO**

**PIANIFICAZIONE** DELLE CONDIZIONI OPERATIVE  
IN FUNZIONE DELLA PRODUZIONE AZIENDALE

**CONDUZIONE  
IMPIANTI**

**SUPERVISIONE** DELLE CONDIZIONI OPERATIVE  
E SEGNALAZIONE DI EVENTUALI ANOMALIE

**COORDINAMENTO  
APPARATI**

**SEQUENZIALIZZAZIONE E TEMPORIZZAZIONE**  
DEGLI INTERVENTI

**CAMPO  
ELEMENTI SINGOLI**

**OTTIMIZZAZIONE** DELLA PRONTEZZA E DELLA  
FEDELTA' DI RISPOSTA DEGLI ELEMENTI SINGOLI



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA  
Insegnamento: AUTOMAZIONE  
Docente: DR. VINCENZO SURACI

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

# LIVELLO DI CAMPO



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA  
Insegnamento: AUTOMAZIONE  
Docente: DR. VINCENZO SURACI

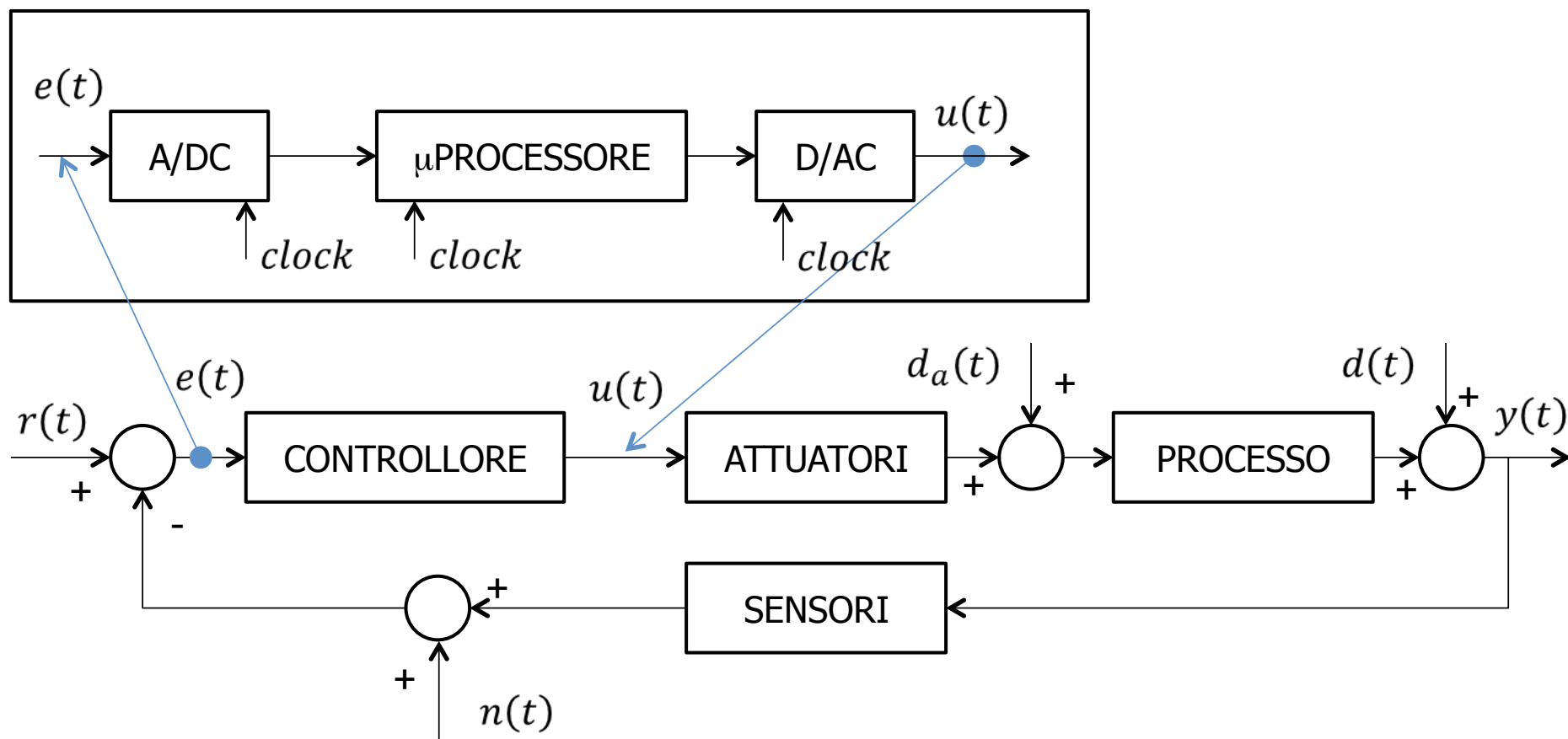
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

## OBIETTIVO A LIVELLO DI CAMPO



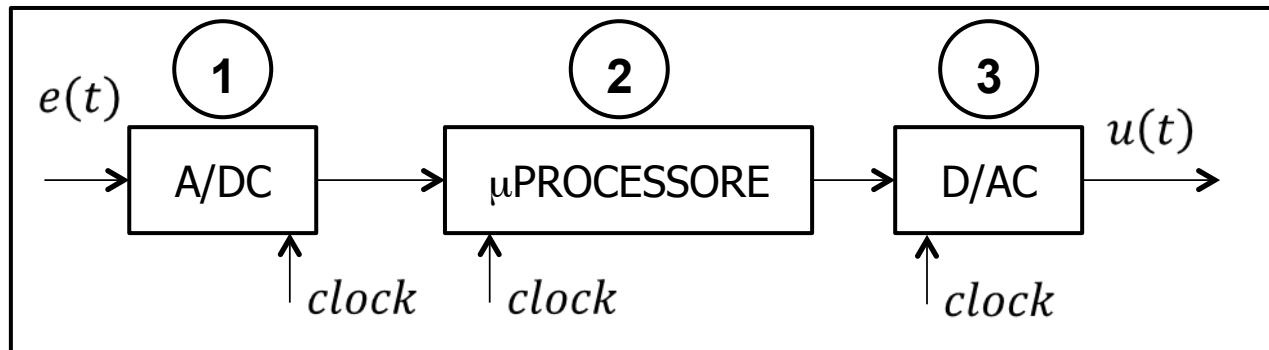


## REALIZZAZIONE DIGITALE



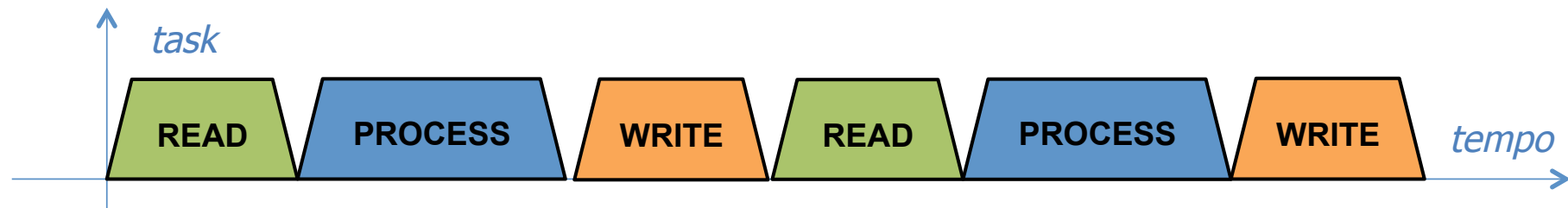


## REALIZZAZIONE DIGITALE



In AUTOMAZIONE il CONTROLLORE DIGITALE a livello di campo esegue essenzialmente 3 TASK PERIODICI:

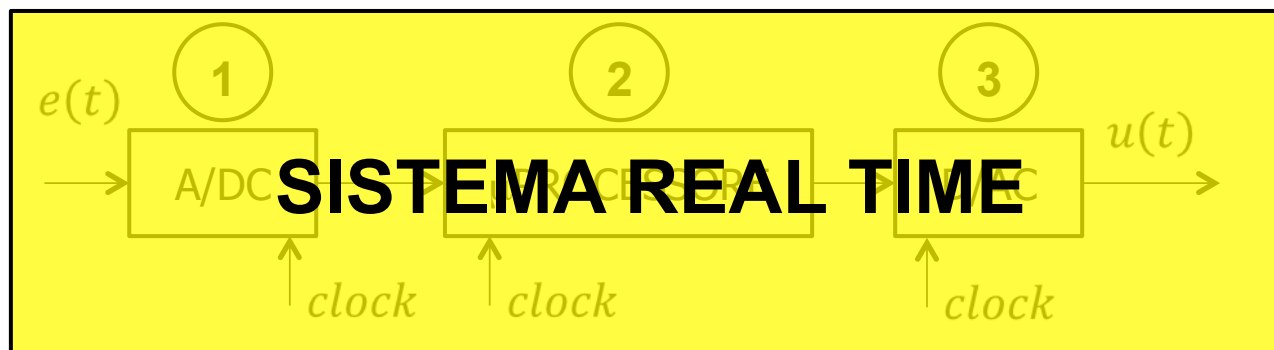
1. LETTURA INGRESSI (READ)
2. ELABORAZIONE DELLE AZIONI DI CONTROLLO (PROCESS)
3. SCRITTURA DELLE USCITE (WRITE)





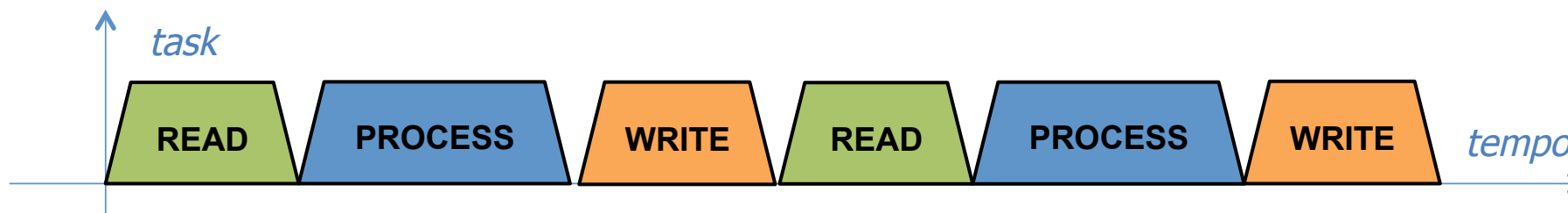


## REALIZZAZIONE DIGITALE



In AUTOMAZIONE il CONTROLLORE DIGITALE a livello di campo esegue essenzialmente 3 TASK PERIODICI:

1. LETTURA INGRESSI (READ)
2. ELABORAZIONE DELLE AZIONI DI CONTROLLO (PROCESS)
3. SCRITTURA DELLE USCITE (WRITE)





## IPOTESI A LIVELLO DI CAMPO



In AUTOMAZIONE un ELEMENTO SINGOLO CONTROLLATO è un SISTEMA in cui

- sono date per valide alcune IPOTESI:
  - conoscenza del tipo ed entità dei disturbi e dei rumori
  - precisione e costanza dei parametri
  - funzioni di condizionamento ambientali secondo specifica
  - precisione dei segnali di ingresso
  - etc.
- quando viene stimolato per mezzo delle VARIABILI DI RIFERIMENTO, esso rispetterà le SPECIFICHE STRUTTURALI, DINAMICHE e STATICHE fissate per tale sistema
- si garantiscono pertanto le prestazioni di PRONTEZZA E FEDELTA' DI RISPOSTA



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA  
Insegnamento: AUTOMAZIONE  
Docente: DR. VINCENZO SURACI

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

# LIVELLO DI COORDINAMENTO



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA  
Insegnamento: AUTOMAZIONE  
Docente: DR. VINCENZO SURACI

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

## OBIETTIVO A LIVELLO DI COORDINAMENTO



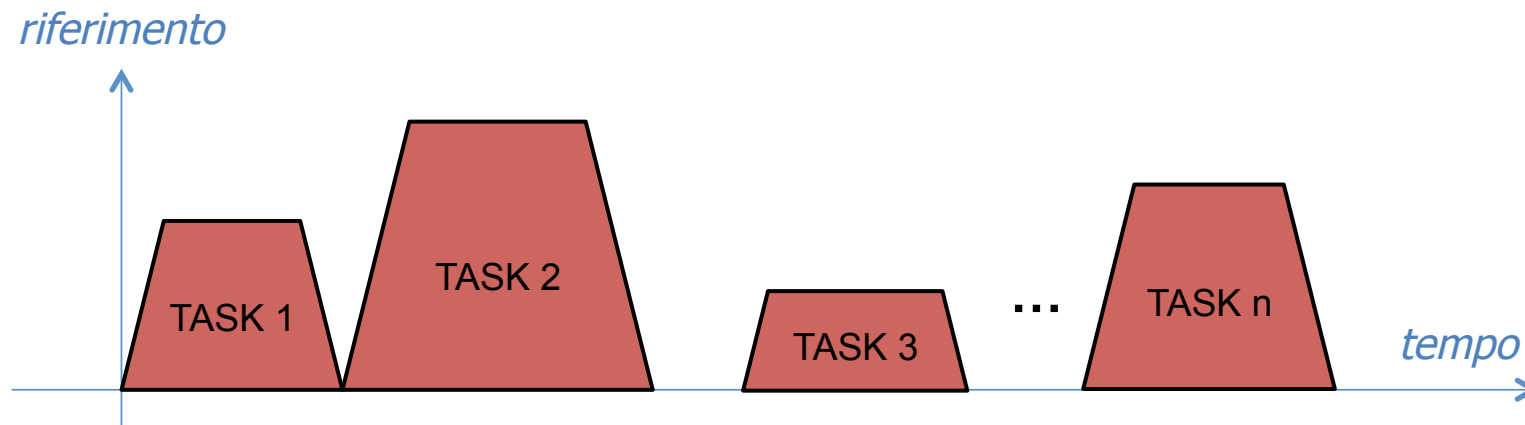


## DAL CAMPO AL COORDINAMENTO

Il CONTROLLO a livello di campo assicura per ciascun **ELEMENTO SINGOLO** che:

- sia STABILE ASINTOTICAMENTE
- la risposta al segnale di ingresso sia FEDELE (REGIME PERMANENTE)
- la risposta al segnale di ingresso sia RAPIDA (REGIME TRANSITORIO)

Dal punto di vista dell'AUTOMAZIONE INDUSTRIALE, il controllo a livello di campo è un controllo LOCALE di un ELEMENTO SINGOLO finalizzato al raggiungimento di un ben specifico **TASK**.

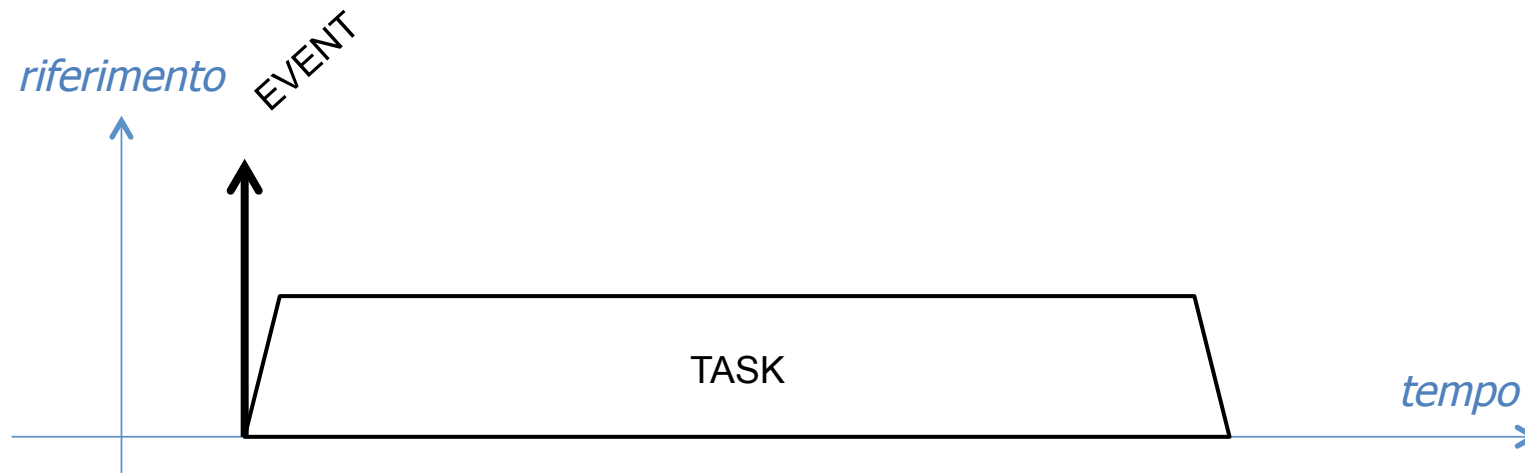




## DAL CAMPO AL COORDINAMENTO

Ogni **TASK** è sempre attivato da un **EVENTO**, che richiederà al singolo elemento di:

1. ATTIVARSI
2. andare a REGIME
3. compiere una determinata AZIONE
4. una volta terminata, portarsi di nuovo nella CONDIZIONE DI PARTENZA

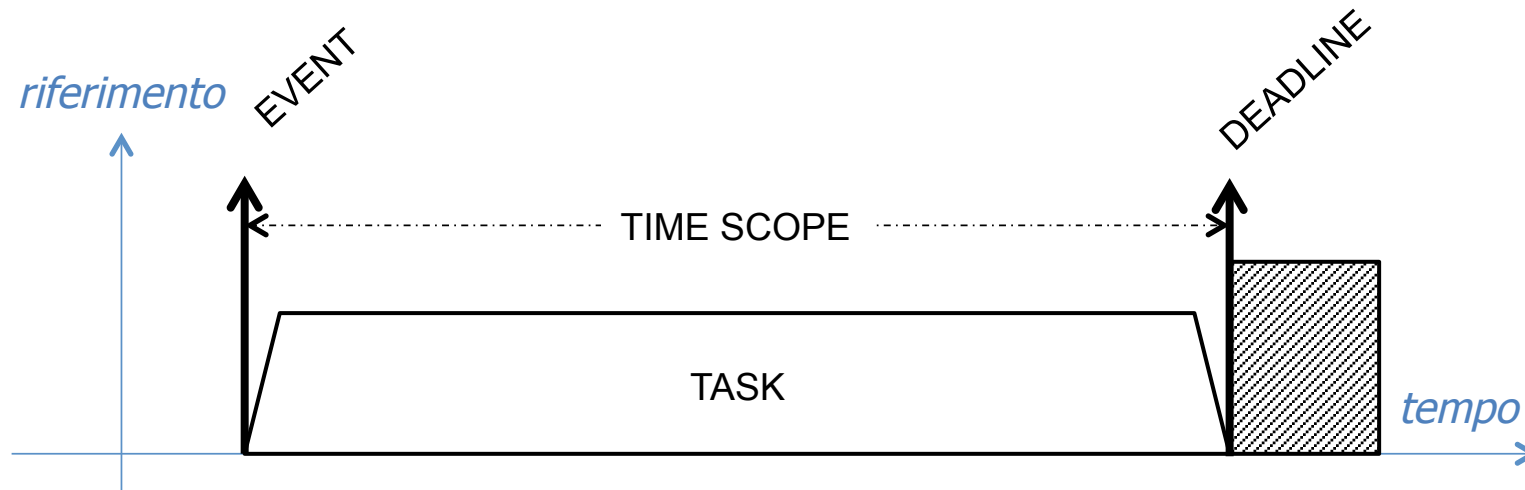




## DAL CAMPO AL COORDINAMENTO

Ovviamente un task non può DURARE indefinitamente.

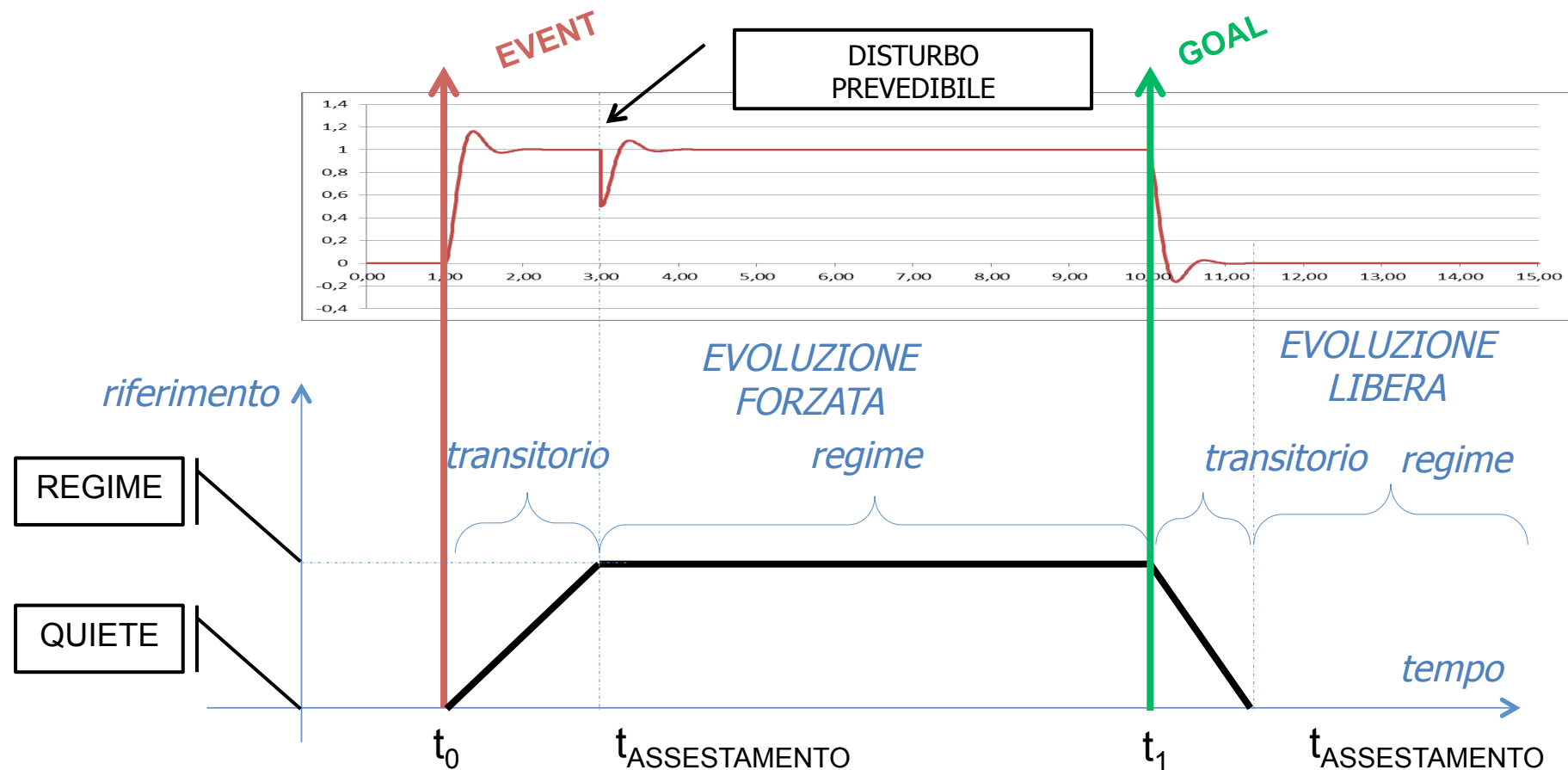
Ad ogni task è associata una **DEADLINE** che determina un **TIME SCOPE** massimo entro il quale l'attività prevista deve essere svolta.





## DAL CAMPO AL COORDINAMENTO

Il LIVELLO DI CAMPO si preoccupa di eseguire il TASK entro il TIME SCOPE.



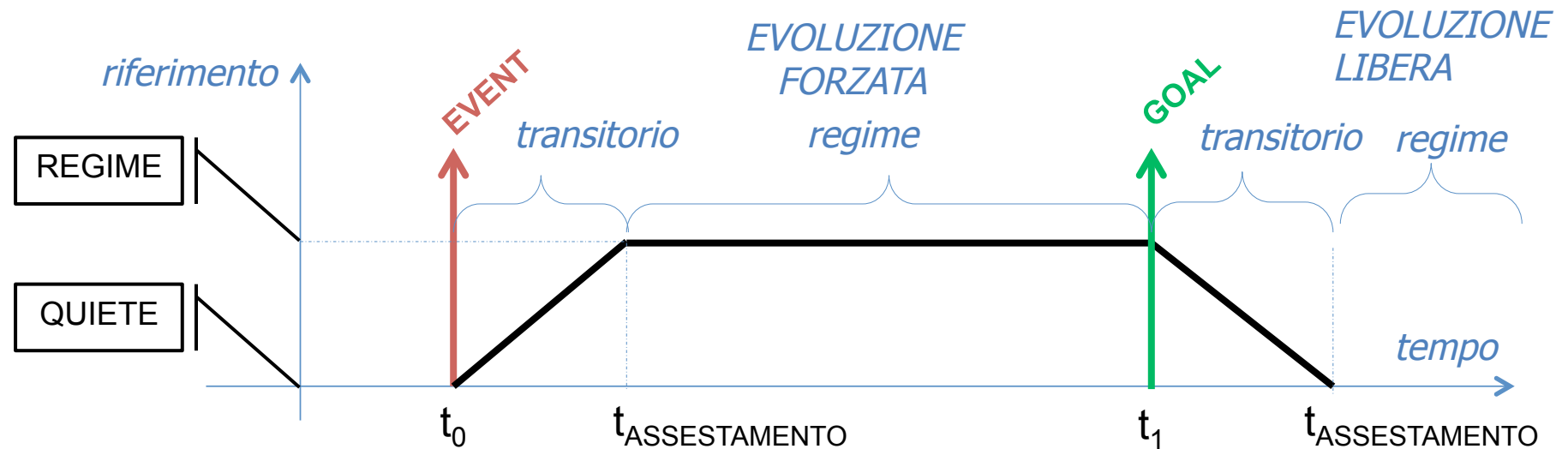




## DAL CAMPO AL COORDINAMENTO

Il LIVELLO DI CAMPO influenza il LIVELLO DI COORDINAMENTO in quanto:

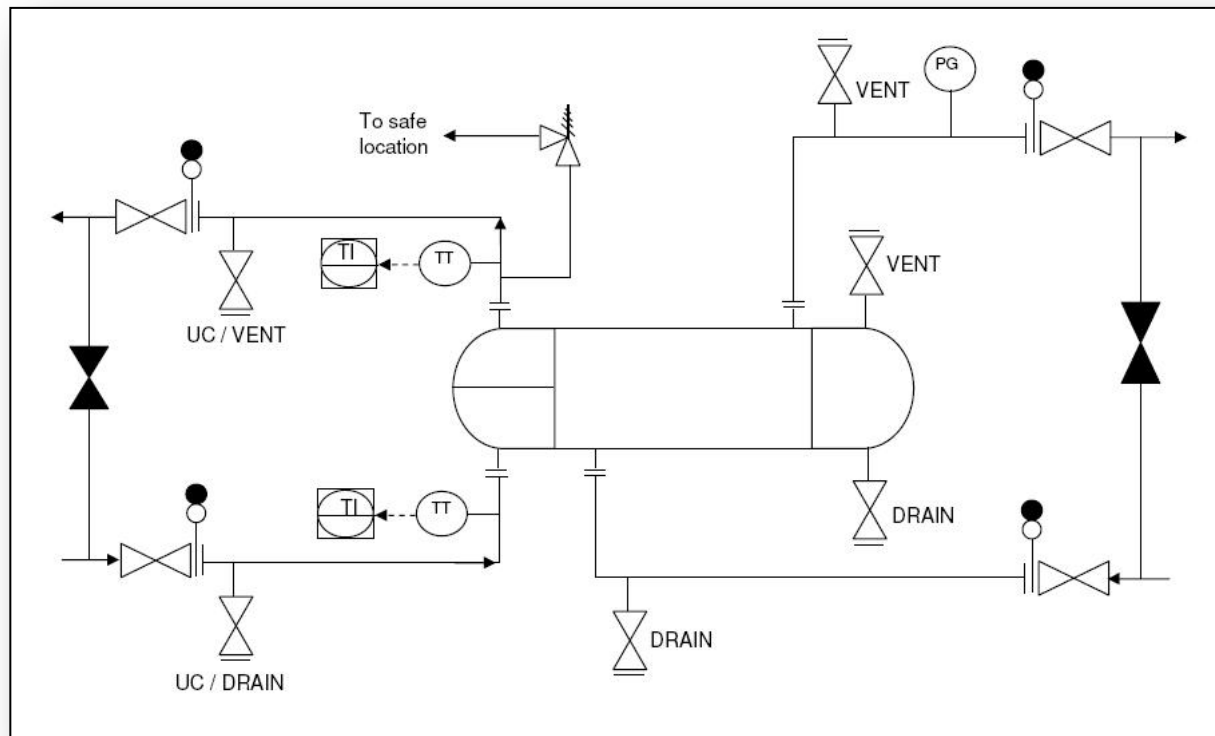
1. la **STABILITÀ ASINTOTICA** garantisce l'esistenza di **REGIME PERMANENTE**
2. la **RAPIDITÀ DI RISPOSTA** influenza la durata del **TRANSITORIO**
3. la **FEDELTÀ DI RISPOSTA** influenza la qualità del **REGIME PERMANENTE** durante l'evoluzione forzata





## DAL CAMPO AL COORDINAMENTO

Un qualsiasi **DISPOSITIVO** è composto da differenti ELEMENTI SINGOLI fisicamente inter-connessi. Ad esempio, si consideri lo schema P&ID di un DISPOSITIVO dato da uno **SCAMBIATORE DI CALORE**, come in figura



*Piping and  
Instrumentation  
Diagram*

*(P&ID)*



## DAL CAMPO AL COORDINAMENTO

Il CONTROLLO a LIVELLO DI COORDINAMENTO assicura per ogni **DISPOSITIVO** che:

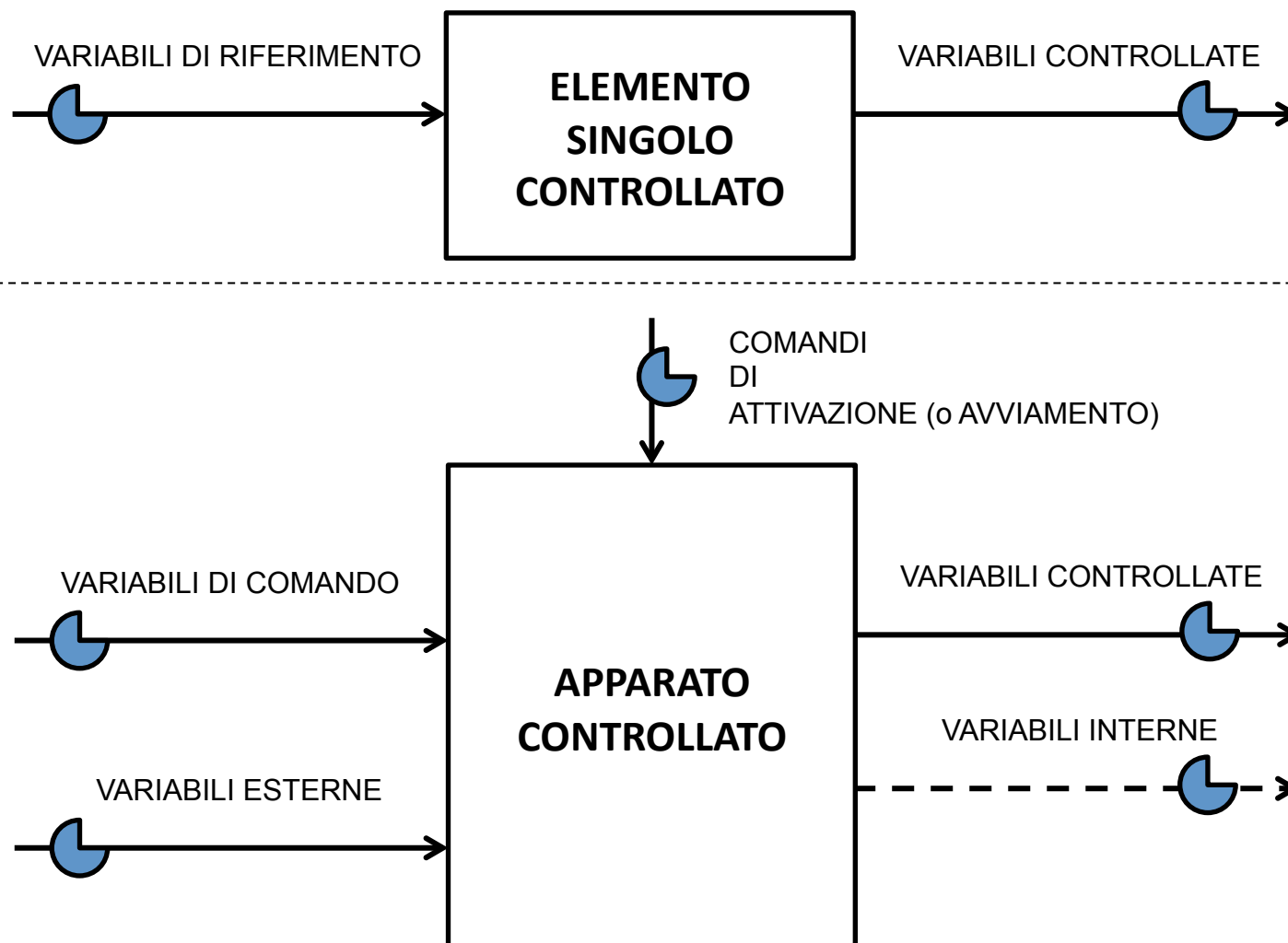
1. la SEQUENZIALIZZAZIONE dei TASK sia LOGICAMENTE corretta
2. la TEMPORIZZAZIONE dei TASK sia TEMPORALMENTE corretta

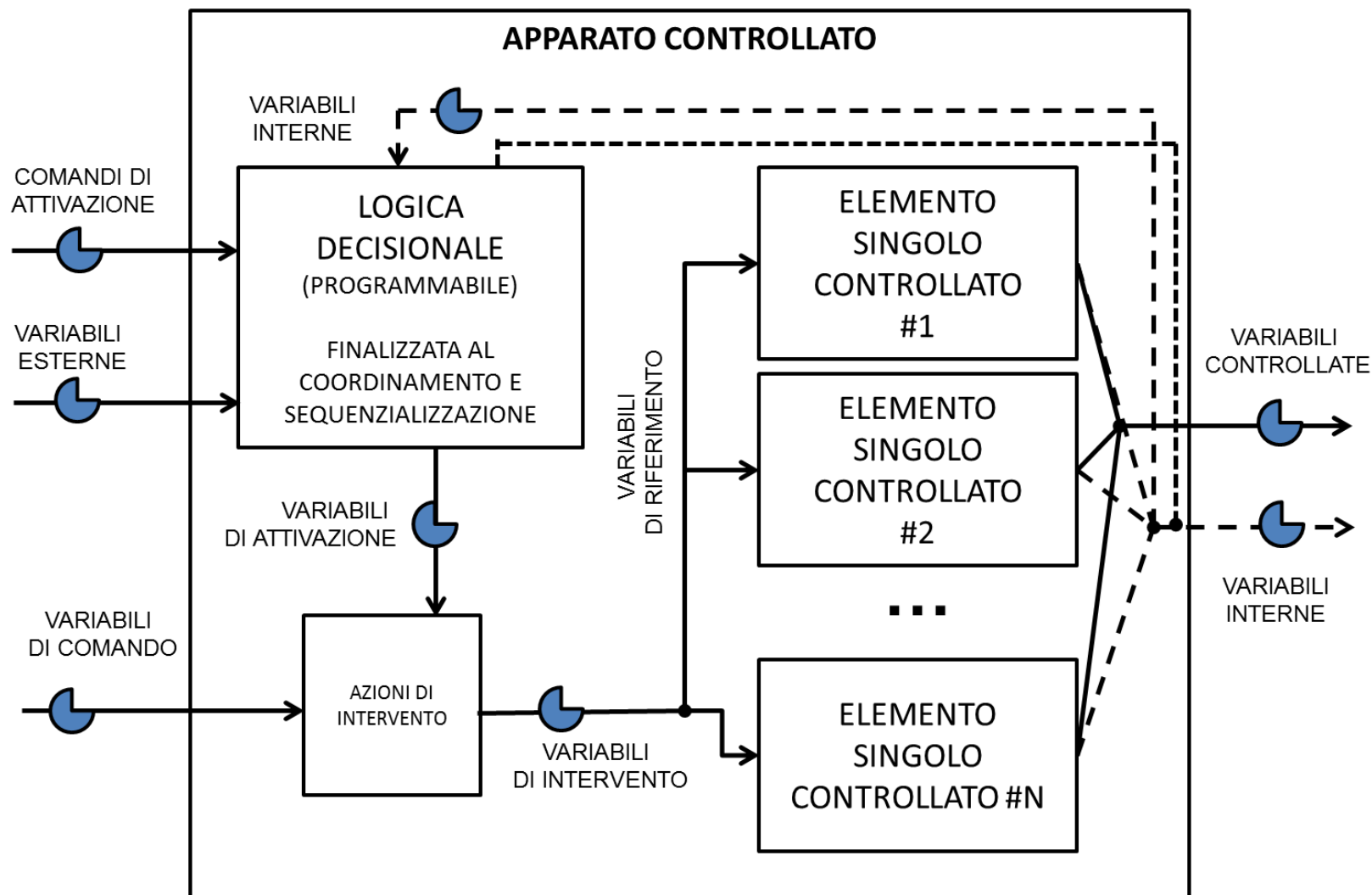
### ESEMPIO DI SEQUENZIALIZZAZIONE CORRETTA

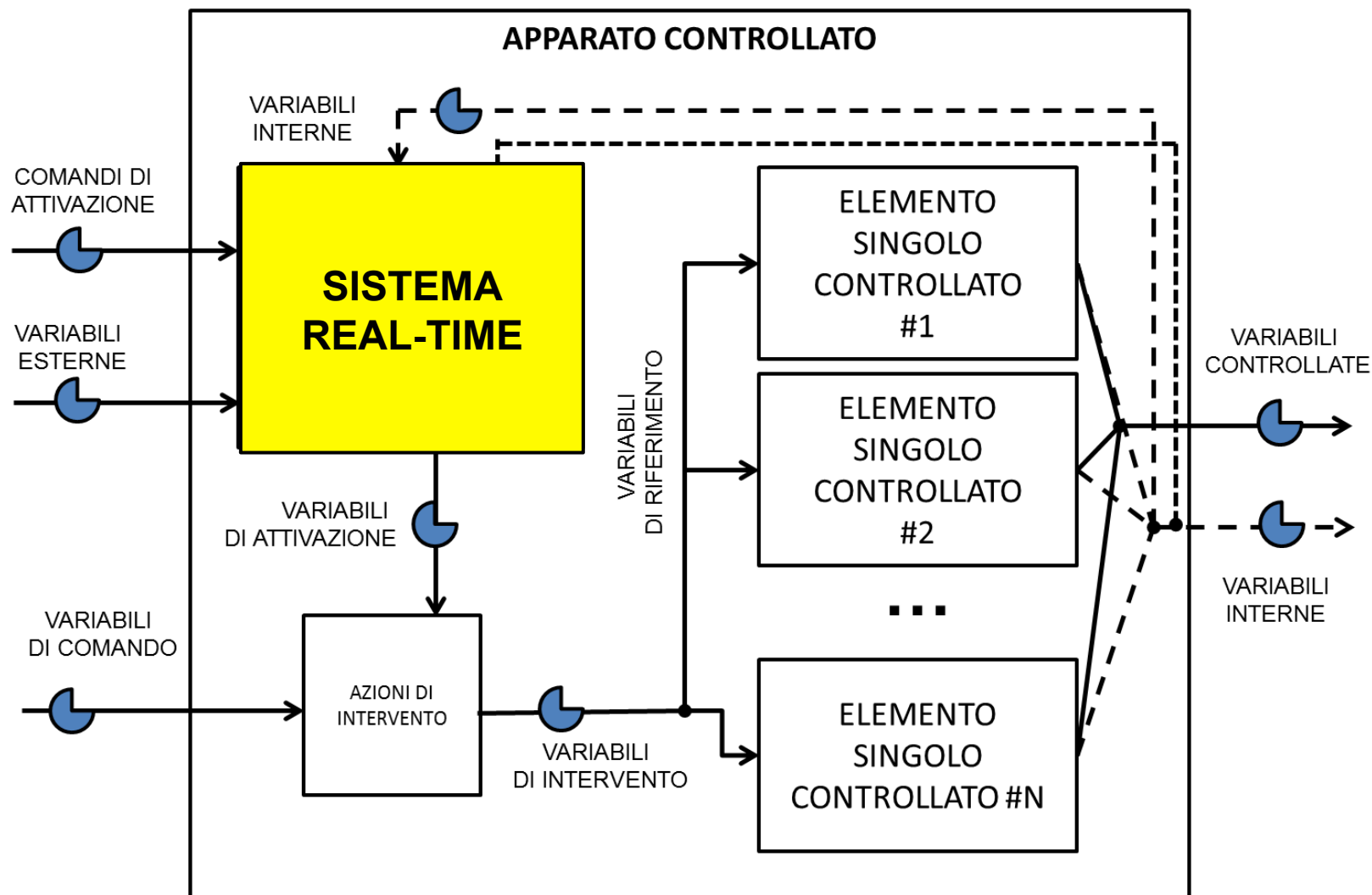
- Task 1 - Apri valvola mandata fluido caldo
- Task 2 - Apri valvola mandata fluido freddo
- Task 3 - Chiudi valvola mandata fluido freddo
- Task 4 - Chiudi valvola mandata fluido caldo

### ESEMPIO DI TEMPORIZZAZIONE CORRETTA

- Task 1 – Evento al tempo  $T_0$  ; Deadline  $\Delta T_0$  millisecondi
- Task 2 – Evento al tempo  $T_1 > T_0 + \Delta T_0$ ; Deadline  $\Delta T_1$  millisecondi
- Task 3 – Evento al tempo  $T_2 > T_1 + \Delta T_1$ ; Deadline  $\Delta T_2$  millisecondi
- Task 4 – Evento al tempo  $T_3 > T_2 + \Delta T_2$ ; Deadline  $\Delta T_3$  millisecondi









**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA  
Insegnamento: AUTOMAZIONE  
Docente: DR. VINCENZO SURACI

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

# LIVELLO DI CONDUZIONE



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

Corso di Laurea: INGEGNERIA  
Insegnamento: AUTOMAZIONE  
Docente: DR. VINCENZO SURACI

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI

## OBIETTIVO A LIVELLO DI COORDINAMENTO

GESTIONE  
SISTEMA COMPLESSO

PIANIFICAZIONE DELLE CONDIZIONI OPERATIVE  
IN FUNZIONE DELLA PRODUZIONE AZIENDALE

CONDUZIONE  
IMPIANTI

SUPERVISIONE DELLE CONDIZIONI OPERATIVE  
E SEGNALAZIONE DI EVENTUALI ANOMALIE

COORDINAMENTO  
APPARATI

SEQUENZIALIZZAZIONE E TEMPORIZZAZIONE  
DEGLI INTERVENTI

CAMPO  
ELEMENTI SINGOLI

**OTTIMIZZAZIONE** DELLA PRONTEZZA E DELLA  
FEDELTÀ DI RISPOSTA DEGLI ELEMENTI SINGOLI





## DAL COORDINAMENTO ALLA CONDUZIONE

Il CONTROLLO a livello di coordinamento assicura per ciascun **APPARATO** che:

- siano eseguiti i task nella corretta sequenza logica (SEQUENZIALIZZAZIONE)
- siano eseguiti i task entro i tempi previsti (TEMPORIZZAZIONE)

Dal punto di vista dell'AUTOMAZIONE INDUSTRIALE, il controllo a livello di conduzione è un controllo LOCALE o DISTRIBUITO finalizzato alla supervisione di uno o più DISPOSITIVI.

Un sistema di controllo orientato alla supervisione di un IMPIANTO è composto da un insieme **TASK** aperiodici finalizzati, ad esempio, al:

- log dello stato di funzionamento
- visualizzazione dello stato operativo
- identificazione di guasti, situazioni anomale o emergenze
- ecc.



