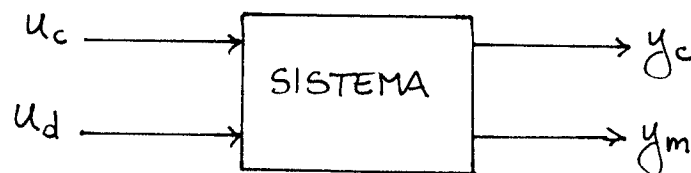


Definizione - Si definisce SISTEMA l'oggetto, oppure l'insieme degli oggetti, che interessa ai fini di un particolare studio (per esempio, analisi delle proprietà o progetto del controllo).

In un sistema possiamo distinguere:

- ingressi $\Rightarrow$ cause, variabili indipendenti
- uscite $\Rightarrow$ effetti, variabili dipendenti



u_c : ingressi di controllo (o manipolabili)

u_d : ingressi di disturbo (o non manipolabili)

$\hookrightarrow$ a loro volta: misurabili o non misurabili

y_c : uscite controllate (o di prestazione)

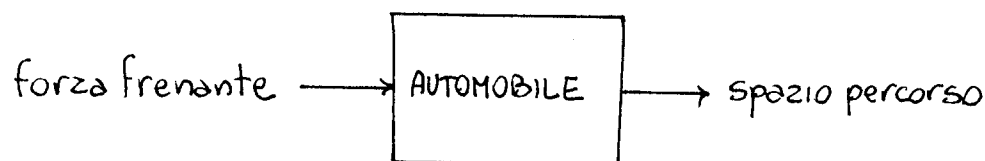
y_m : uscite misurate

Senza distinguere il tipo degli ingressi e delle uscite, indichiamo:

$$u = \begin{bmatrix} u_c \\ u_d \end{bmatrix}, \quad y = \begin{bmatrix} y_c \\ y_m \end{bmatrix}$$

PROBLEMA - Dato un sistema, è sufficiente in generale conoscere l'andamento degli ingressi $u(t)$ per $t \geq t_0$ al fine di determinare univocamente l'andamento delle uscite $y(t)$ per $t \geq t_0$?

In generale non è sufficiente...



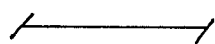
Lo spazio percorso applicando una forza frenante a partire dall'istante t_0 dipende anche dalla velocità dell'automobile all'istante t_0 .

↓
Notare che la velocità non è né un'ingresso, né un'uscita del sistema, in questo problema. È una variabile interna al sistema che ne sintetizza la dinamica (storia) passata...

Definizione - Si definisce STATO di un sistema al tempo t_0 l'insieme delle variabili il cui valore al tempo t_0 è necessario per determinare univocamente l'andamento delle uscite $y(t)$ per $t \geq t_0$ sulla base della ulteriore conoscenza dell'andamento degli ingressi $u(t)$ per $t \geq t_0$.

=> Lo stato di un sistema sintetizza tutta la storia passata del sistema stesso. Per sistemi fisici, il concetto di stato è tipicamente legato ai concetti di energia e memoria.

Nel seguito, indicheremo con $x(t)$ lo stato del sistema al tempo t .



I sistemi possono essere distinti sulla base di alcune caratteristiche. Ne vediamo qui solo alcune:

- SISTEMI STATICI / DINAMICI

Un sistema si dice STATICO se è caratterizzato da un legame istantaneo tra gli ingressi e le uscite. Altrimenti, si dice DINAMICO.

Per un sistema statico, non c'è bisogno di memoria del passato, e quindi del concetto di stato.

SISTEMI A STATO DISCRETO / STATO CONTINUO

Un sistema si dice a stato discreto quando il suo stato assume valori in un insieme numerabile (di cardinalità finita o infinita). Si dice a stato continuo quando il suo stato assume valori in un insieme continuo.

NOTA- Esiste una classe di sistemi, detti SISTEMI IBRIDI, per i quali alcune componenti dello stato sono continue, e altre discrete.

SISTEMI STOCASTICI / DETERMINISTICI

Un sistema si dice stocastico quando almeno una delle sue variabili è una variabile aleatoria. Altrimenti, si dice deterministico.

Nei sistemi stocastici, alle variabili corrispondono processi stocastici il cui comportamento può essere descritto solo probabilisticamente.

SISTEMI "TIME-DRIVEN" / "EVENT DRIVEN"

I sistemi "time-driven" (o ad avanzamento temporale) sono sistemi per i quali è il trascorrere del tempo a determinare la dinamica. Tutte le variabili (ingressi, stati e uscite) possono cambiare a ogni istante di tempo.

⇒ In un sistema "time-driven" tutte le transizioni (variazioni) di stato sono sincronizzate da un orologio: l'orologio è responsabile per ciascuna possibile transizione di stato.

I sistemi "event-driven" (o ad eventi) sono sistemi in cui lo stato subisce una transizione solo in corrispondenza del verificarsi di eventi, tipicamente con temporizzazione irregolare.

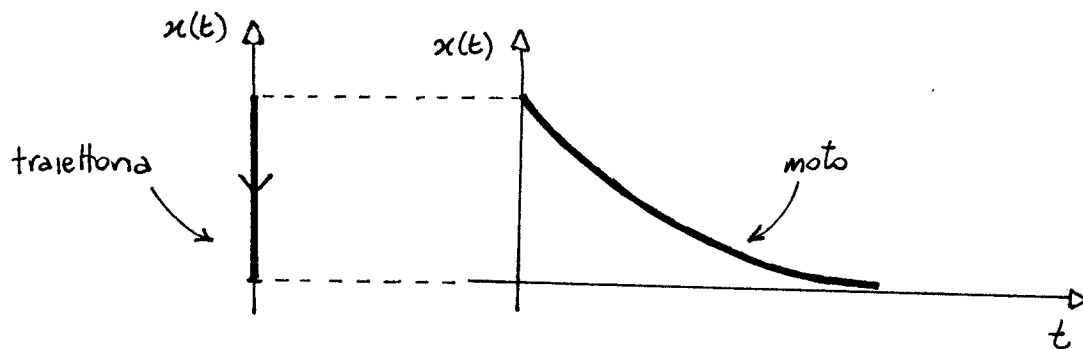
⇒ In un sistema "event-driven", i valori delle variabili rimangono "congelati" nell'intervallo di tempo tra due eventi.

④

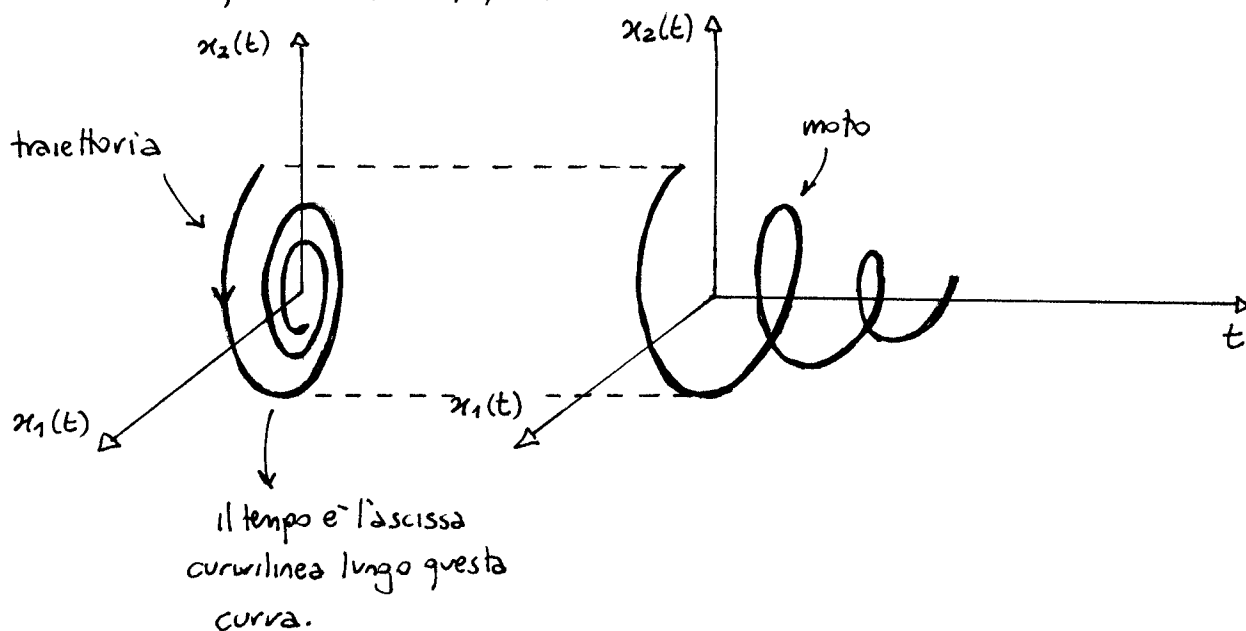
MOTI E TRAIETTORIE DI UN SISTEMA

Definizione - Si definisce moto di un sistema l'insieme delle coppie $(x(t), t)$ per $t \geq t_0$. Si definisce traiettoria la proiezione del moto sullo spazio degli stati.

Se $x(t) \in \mathbb{R}$, allora $(x(t), t) \in \mathbb{R}^2$:



Se $x(t) \in \mathbb{R}^2$, allora $(x(t), t) \in \mathbb{R}^3$:



I sistemi ad eventi discreti sono caratterizzati da un comportamento dinamico guidato dall'occorrenza di eventi. Gli eventi, verificandosi con cadenzamento irregolare, non necessariamente noto a priori, determinano istantanei cambiamenti di stato. Nei sistemi ad eventi discreti, dunque, la dinamica non si origina dal trascorrere del tempo.

Definizione - Un Sistema ad Eventi Discreti (SED) è un sistema dinamico la cui evoluzione temporale è asincrona: è basata, cioè, sui tempi di occorrenza degli eventi, piuttosto che su una temporizzazione regolare. Formalmente, un SED è definito da:

- insieme discreto $\mathcal{E}$ degli eventi accadibili
- spazio di stato discreto $\mathcal{X}$
- evoluzione dello stato di tipo "event-driven": lo stato cambia nel tempo solo in dipendenza dell'occorrenza di eventi asincroni appartenenti all'insieme $\mathcal{E}$.

Esempi di sistemi ad eventi discreti si trovano in molti sistemi "man-made", quali:

- processi produttivi
- reti di elaboratori elettronici
- reti di trasporto
- reti di comunicazioni, ecc.

Esempi di eventi:

- azioni specifiche (per esempio, pressione di un tasto su una tastiera, arrivo di un cliente in coda, completamento di una lavorazione, trasmissione di un pacchetto dati, ecc.)

- occorrenze spontanee (per esempio, guasti, interruzioni di servizio, ecc.)
- soddisfacimento di una o più condizioni (per esempio, superamento di soglie di allerta, ecc.)

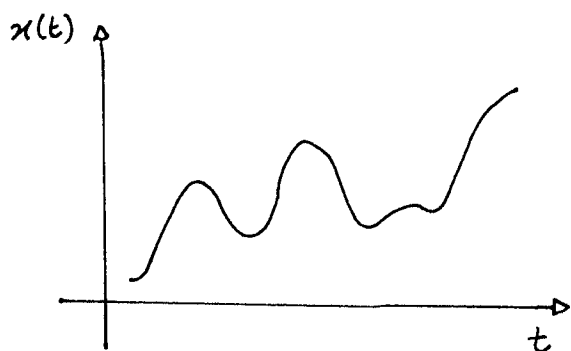
Commenti

- Il cadenzamento degli eventi in un SED è tipicamente irregolare, non necessariamente noto né controllabile.
- In un SED nulla cambia fino al prossimo evento, per questo si dice che la dinamica è "determinata dagli eventi".
- Ogni evento $e \in E$ ha associato un distinto processo (che può essere deterministico o stocastico) attraverso il quale si determina l'istante di tempo in cui e si verifica. Le transizioni di stato sono il risultato della combinazione di questi processi asincroni e concorrenti. Non necessariamente i processi sono indipendenti l'uno dall'altro.

Differenze con sistemi "time-driven"

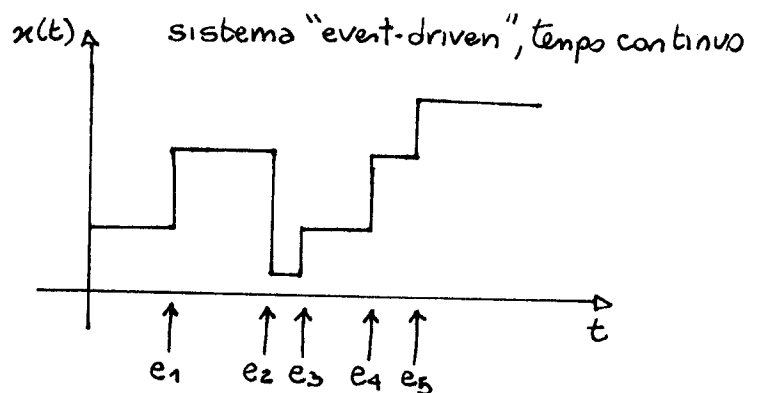
- tempo continuo

La differenza è evidente nel tipo di moti.



sistema "time-driven" a tempo continuo

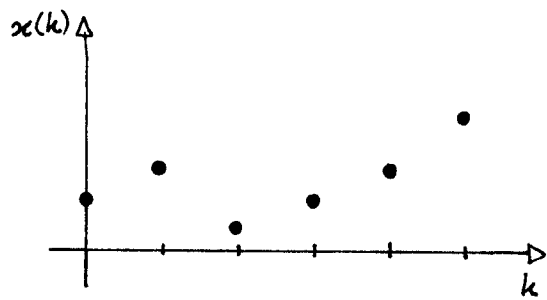
↓ lo stato cambia continuamente con il trascorrere del tempo



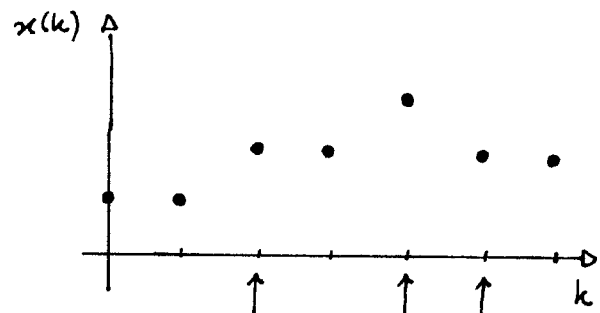
↓ lo stato cambia istantaneamente con il verificarsi di eventi; il moto è una funzione costante a tratti

- tempo discreto

La differenza è meno evidente nel tipo di moti...



sistema "time-driven" a tempo discreto



sistema "event-driven", tempo discreto

... ma si riconosce nel meccanismo di temporizzazione.

Esempio: random-walk

A ogni mossa, la pedina può essere spostata di un posto in una delle quattro direzioni cardinali.

$$\mathcal{E} = \{N, S, E, W\} \quad \text{insieme degli eventi}$$

$$\mathcal{X} = \{(x_1, x_2) : x_1, x_2 \in \mathbb{Z}\} \quad \text{spazio di stato}$$

funzione di transizione dello stato:

$$f(x_1, x_2, e) = \begin{cases} (x_1, x_2 + 1) & \text{se } e = N \\ (x_1, x_2 - 1) & \text{se } e = S \\ (x_1 + 1, x_2) & \text{se } e = E \\ (x_1 - 1, x_2) & \text{se } e = W \end{cases}$$

- Caso 1

A ogni istante (discreto) k , una mossa $e(k)$ viene scelta dall'insieme $\mathcal{E} \Rightarrow$ time-driven

- Caso 2

Si hanno 4 giocatori, ciascuno associato a una mossa: ogni giocatore decide indipendentemente quando effettuare la propria mossa $\Rightarrow$ event-driven.