

Glossario

Aliasing

Fenomeno di equivocazione che può presentarsi nel campionamento di un segnale, quando un segnale viene scambiato per un segnale a dinamica più lenta.

Anello aperto

Struttura di controllo nella quale il controllore non dispone di informazioni sulla variabile controllata, o comunque su variabili influenzate dall'azione del controllore stesso.

Anello chiuso

Struttura di controllo nella quale il controllore utilizza informazioni sulla variabile controllata, o comunque su una variabile influenzata dall'azione del controllore stesso.

Antitrasformata di Laplace

Operazione inversa della Trasformata di Laplace (vedi).

Antitrasformata Zeta

Operazione inversa della Trasformata Zeta (vedi).

Architetture parallele

Strutture di calcolatore che consentono l'elaborazione di più valori o istruzioni contemporaneamente.

Asintotica stabilità

Proprietà di un movimento di attrarre tutti quelli originati in un intorno del suo stato iniziale. Se riferita a un sistema lineare, indica che il movimento libero tende a zero per qualunque condizione iniziale.

Attenuazione di un disturbo

Capacità di un sistema di controllo di ridurre l'effetto di un disturbo sulla variabile controllata.

Attuatore

Componente di un sistema di controllo che rende efficace sul sistema da controllare l'azione decisa dal controllore.

Automa

Sistema in cui le variabili assumono un numero finito di valori.

Automatica

Disciplina che si occupa dei problemi dell'automazione.

Automati cellulari

Classe di sistemi dinamici costituiti da una matrice di automi uguali che evolvono in base a relazioni con i soli elementi adiacenti.

Autovalore dominante

Autovalore che, al tendere del tempo all'infinito, determina sostanzialmente il movimento di un sistema.

Autovalori

Radici del polinomio caratteristico associato ad una matrice quadrata.

Banda di un sistema di controllo

Intervallo di pulsazioni per le quali il sistema di controllo è capace di garantire adeguata coincidenza tra la variabile di riferimento e la variabile controllata. Si estende di solito dalla pulsazione zero fino circa alla pulsazione critica.

Banda passante

Riferita ad un filtro passa-basso o passa-alto, è l'intervallo di pulsazioni in cui il filtro presenta un fattore di amplificazione circa costante, cioè l'intervallo in cui viene conservato inalterato, a parte un'eventuale costante moltiplicativa, il contenuto armonico del segnale di ingresso.

Blocchi in parallelo

Blocchi interconnessi in modo da avere il medesimo ingresso e per uscita la somma delle uscite.

Blocchi in retroazione

Blocchi interconnessi in modo che l'uscita di un blocco influenzi, direttamente o indirettamente, il suo stesso ingresso.

Blocchi in serie (o in cascata)

Blocchi interconnessi in modo che l'uscita di uno sia l'ingresso del successivo.

Blocco

Elemento base di uno schema a blocchi rappresentante un sistema (dinamico o non).

Campionamento

Tecnica utilizzata per la trasformazione A/D consistente nel misurare un segnale analogico solo in certi istanti temporali.

Campionamento adattativo

Tecnica di campionamento il cui periodo dipende dalla variabilità del segnale.

Campionatore periodico

Convertitore A/D che preleva con cadenza periodica il valore del segnale analogico in ingresso.

Cancellazione

Semplificazione di un fattore comune tra numeratore e denominatore di una funzione di trasferimento, che ha come conseguenza il fatto che un autovalore della matrice A di un sistema lineare stazionario non sia un polo della funzione di trasferimento.

Carica integrale

Traduzione italiana di “wind-up”.

Ciclo a copia massiva degli ingressi e delle uscite

Ciclo di scansione del PLC, che prevede nell’ordine la lettura degli ingressi, l’esecuzione dei programmi di gestione del sistema e dei programmi utente, e la scrittura delle uscite.

Compensatore

Dispositivo che effettua un’azione di compensazione.

Compensazione di un disturbo

Azione di controllo che mira a neutralizzare l’effetto di un disturbo, di solito mediante uno schema in anello aperto.

Complemento algebrico

Quantità scalare associata al generico elemento a_{ij} di una matrice quadrata A . E’ calcolato come il determinante della sottomatrice che si ottiene eliminando l’ i -esima riga e la j -esima colonna, cambiato di segno se la somma $i + j$ è dispari.

Controllo analogico

Azione di controllo effettuata mediante un dispositivo analogico.

Controllo automatico

Governo di un sistema mediante un dispositivo appositamente progettato e che opera in modo totalmente (o parzialmente) autonomo rispetto all’intervento di un operatore umano.

Controllo centralizzato

Struttura di controllo multivariabile in anello chiuso nella quale ciascuna variabile di controllo può dipendere da tutte le variabili controllate.

Controllo decentralizzato

Struttura di controllo multivariabile in anello chiuso nella quale ciascuna variabile di controllo dipende solo da una variabile controllata.

Controllo digitale

Azione di controllo effettuata mediante un dispositivo digitale.

Controllo gerarchico

Struttura di controllo a due o più livelli, nella quale lo scambio di informazioni rispetta una struttura gerarchica.

Controllo logico

Azione di controllo in cui la variabile di controllo varia in modo discreto e assume un numero finito di valori. Si contrappone al controllo modulante. Si usa tipicamente nel controllo dei sistemi a eventi discreti.

Controllo misto anello aperto/chiuso

Schema di controllo nel quale sono contemporaneamente presenti azioni in anello aperto e azioni in anello chiuso.

Controllo modulante

Azione di controllo in cui la variabile di controllo varia con continuità all’interno di un intervallo di valori reali. Si contrappone al controllo logico.

Controllo multivariabile (o MIMO)

Schema di controllo in cui le variabili di controllo e/o le variabili controllate sono più di una. La sigla MIMO significa Multi Input Multi Output.

Controllore

Dispositivo che determina l'azione da esercitare sul sistema da controllare.

Controllore a relè

Dispositivo per il controllo logico nel quale la variabile di controllo può assumere solo un numero finito di valori e le sue commutazioni dipendono dal superamento di determinate soglie da parte del segnale in ingresso (di solito l'errore), o comunque dal verificarsi di un evento. E' assimilabile ad un interruttore comandabile automaticamente.

Controllore digitale

Dispositivo per il controllo digitale. E' di solito costituito da un convertitore A/D, un'unità di elaborazione e un convertitore D/A.

Controllore dinamico

Controllore nel quale il valore della variabile di controllo $u(t)$ all'istante t dipende anche dai valori passati dell'errore $e(t)$.

Controllore PD

Controllore ad azione proporzionale-derivativa, nel quale cioè la legge di controllo contiene un termine proporzionale all'errore corrente e un termine proporzionale alla derivata dell'errore (o dell'uscita).

Controllore PI

Controllore ad azione proporzionale-integrale, nel quale cioè la legge di controllo contiene un termine proporzionale all'errore corrente e un termine proporzionale all'integrale dell'errore.

Controllore PID

Controllore ad azione proporzionale, integrale e derivativa, nel quale cioè la legge di controllo contiene un termine proporzionale all'errore corrente, un termine proporzionale all'integrale dell'errore e un termine proporzionale alla derivata dell'errore.

Controllore proporzionale

Controllore ad azione proporzionale, nel quale cioè la variabile di controllo è in ogni istante proporzionale all'errore corrente.

Controllore statico

Controllore nel quale il valore della variabile di controllo $u(t)$ all'istante t dipende solo dal valore corrente dell'errore $e(t)$.

Controllori industriali

Controllori standard a basso costo: PID, controllori non lineari a relè, PLC.

Convertitore A/D

Dispositivo che converte un segnale analogico in un segnale digitale.

Convertitore D/A

Dispositivo che converte un segnale digitale in un segnale analogico.

Costante di tempo

Parametro che si ottiene come l'inverso cambiato di segno di una singolarità reale (polo o zero), nei sistemi continui, o l'inverso cambiato di segno del logaritmo del modulo, nei sistemi discreti. Nel caso di un polo stabile determina la velocità dell'esponenziale ad esso associata.

Costante di tempo dominante

Valore che determina, in prima approssimazione, la durata complessiva del transitorio di raggiungimento di un equilibrio.

Costante di tempo equivalente

Parametro utilizzato nelle regole di Ziegler-Nichols in anello aperto corrispondente alla costante di tempo del modello approssimante.

Costante di trasferimento

In una funzione di trasferimento $G(s)$, è lo scalare r che compare come fattore moltiplicativo quando si usa la rappresentazione

$$G(s) = r \frac{\prod_i (s + z_i)}{\prod_i (s + p_i)}$$

Criterio di Bode

Criterio di stabilità per sistemi retroazionati, basato sul tracciamento dei diagrammi di Bode associati alla funzione d'anello.

Criterio di Jury

Criterio di stabilità per sistemi lineari discreti, basato sulla costruzione di una tabella a partire dai coefficienti del polinomio caratteristico.

Criterio di Nyquist

Criterio di stabilità per sistemi retroazionati, basato sul tracciamento del diagramma di Nyquist nel piano complesso.

Criterio di Routh

Criterio di stabilità per sistemi lineari continui, basato sulla costruzione di una tabella a partire dai coefficienti del polinomio caratteristico.

Decade

In scala logaritmica in base 10 indica la distanza tra due punti che sono tra loro in un rapporto pari a 10.

Decibel

Unità di misura convenzionale per grandezze positive. Il modulo in decibel di una grandezza x è dato da $|x|_{dB} = 20 \log_{10}(x)$.

Derivatore

Sistema SISO la cui uscita rappresenta la derivata (o la variazione) dell'ingresso. Nei sistemi continui non è un sistema dinamico in senso proprio.

Determinante

Quantità scalare calcolata su una matrice quadrata secondo il seguente algoritmo ricorsivo: il determinante di uno scalare è lo scalare stesso; il determinante di una matrice di ordine n è calcolato come la somma degli elementi di una riga (o una colonna) ognuno moltiplicato per il corrispondente complemento algebrico.

Diagramma di Bode della fase

Rappresentazione grafica della fase della risposta in frequenza di un sistema lineare in funzione della pulsazione. La scala delle ascisse è logaritmica e quella delle ordinate è espressa in gradi (o radianti).

Diagramma di Bode del modulo

Rappresentazione grafica del modulo della risposta in frequenza di un sistema lineare in funzione della pulsazione. La scala delle ascisse è logaritmica e quella delle ordinate è espressa in decibel.

Diagramma di Nyquist

Grafico nel piano complesso di $L(j\omega)$ al variare di ω da $-\infty$ a $+\infty$, dove $L(s)$ è la funzione d'anello di un sistema retroazionato.

Diagramma polare

Rappresentazione grafica nel piano complesso della risposta in frequenza di un sistema lineare stazionario al variare della pulsazione.

Diagramma semilogaritmico

Metodo di rappresentazione grafica di funzioni con ascissa in scala logaritmica e ordinata in scala lineare.

Diagrammi di Bode

Rappresentazione grafica della risposta in frequenza di un sistema lineare stazionario mediante due curve reali distinte, una per il modulo della risposta in frequenza, l'altra per la fase. Entrambe le curve sono rappresentate in funzione della pulsazione.

Diagrammi di Bode asintotici

Rappresentazioni approssimate dei diagrammi di Bode, costituite da curve lineari a tratti (modulo) o costanti a tratti (fase).

Discretizzazione

Approssimazione di un sistema a tempo continuo mediante un sistema a tempo discreto.

Disturbo

Variabile che in un sistema di controllo influenza la variabile controllata ma non è manipolabile dal controllore.

Equazione caratteristica

Equazione polinomiale che si ottiene uguagliando a zero il polinomio caratteristico associato ad una matrice quadrata. Le sue radici sono gli autovalori.

Equazioni di stato

Equazioni che descrivono la dinamica delle variabili di stato.

Equilibrio

Condizione nella quale un sistema soggetto ad un ingresso costante permane indefinitamente in assenza di perturbazioni (vedi anche stato di equilibrio e uscita di equilibrio).

Equilibrio asintoticamente stabile

Condizione di equilibrio nell'intorno della quale tutti i movimenti perturbati generati da una perturbazione dello stato iniziale tendono a ritornare verso l'equilibrio.

Equilibrio instabile

Condizione di equilibrio nell'intorno della quale esiste una perturbazione dello stato iniziale che fa allontanare dall'equilibrio.

Equilibrio stabile

Condizione di equilibrio nell'intorno della quale tutti i movimenti perturbati generati da una perturbazione dello stato iniziale rimangono in un intorno dell'equilibrio.

Errore

In un sistema di controllo è la variabile che misura la differenza tra la variabile di riferimento e la variabile controllata.

Errore a transitorio esaurito

Valore di regime della variabile errore.

Evento

Avvenimento che interviene a modificare l'evoluzione temporale di un sistema.

Fase critica

In un sistema retroazionato è la fase della funzione d'anello in corrispondenza della pulsazione critica, cioè della pulsazione per la quale il modulo è unitario.

Fattore di smorzamento

Nella risposta allo scalino unitario di un sistema lineare stazionario è il rapporto tra le ampiezze delle prime due sovraelongazioni (se vi sono).

Feedback

Sinonimo di retroazione o di azione in anello chiuso.

Feedforward

Sinonimo di azione in anello aperto.

Filtro anti-aliasing

Filtro analogico passa-basso che, posto a monte di un campionatore, serve ad evitare il fenomeno dell'aliasing.

Filtro passa-alto

Sistema dinamico che attenua le componenti armoniche in bassa frequenza del segnale di ingresso, lasciando inalterate o amplificando di un fattore costante le componenti in alta frequenza.

Filtro passa-basso

Sistema dinamico che attenua le componenti armoniche in alta frequenza del segnale di ingresso, lasciando inalterate o amplificando di un fattore costante le componenti in bassa frequenza.

Filtro passa-tutto

Sistema dinamico che non altera il contenuto armonico del segnale di ingresso.

Formule di Lagrange

Formule per il calcolo del movimento dello stato e dell'uscita di un sistema dinamico lineare invariante.

Frequenza di campionamento

Frequenza con cui opera un campionatore. E' l'inverso del periodo di campionamento.

Frequenza di mantenimento

Frequenza con cui opera un mantentore. E' l'inverso del periodo di mantenimento.

Funzione d'anello

In un sistema retroazionato, funzione che si ottiene facendo il prodotto di tutte le funzioni di trasferimento che compaiono lungo l'anello.

Funzione di sensitività

In un sistema di controllo è la funzione di trasferimento $S(s) = 1/(1+L(s))$, dove $L(s)$ è la funzione d'anello.

Funzione di sensitività complementare

In un sistema di controllo è la funzione di trasferimento $F(s) = L(s)/(1+L(s))$, dove $L(s)$ è la funzione d'anello.

Funzione di sensitività del controllo

In un sistema di controllo è la funzione di trasferimento $Q(s) = R(s)/(1+L(s))$, dove $L(s)$ è la funzione d'anello e $R(s)$ è la funzione di trasferimento del regolatore.

Funzione di trasferimento

Dato un sistema dinamico lineare stazionario rappresentato dalle matrici (A,B,C,D) , è la matrice $G(s)=C(sI-A)^{-1}B+D$, i cui elementi sono funzioni della variabile complessa s . Essa rappresenta il legame tra le trasformate (di Laplace o Zeta) dell'ingresso e dell'uscita quando lo stato iniziale è nullo.

Guadagno critico

Valore del guadagno K_p di un regolatore proporzionale tale da portare il sistema in anello chiuso al limite di stabilità. Si utilizza nelle regole di Ziegler-Nichols in anello chiuso.

Guadagno d'anello

In un sistema retroazionato, guadagno della funzione d'anello.

Guadagno (di una funzione di trasferimento)

Nel caso in cui il tipo della funzione di trasferimento $G(s)$ è $g = 0$, è il valore $\mu = G(0)$ (per i sistemi continui) o $\mu = G(1)$ (per i sistemi discreti), e coincide con il guadagno statico, cioè con il rapporto tra uscita e ingresso in condizioni di equilibrio.

Nel caso in cui $g \neq 0$, si definisce il guadagno generalizzato come $\mu = \lim_{s \rightarrow 0} s^g G(s)$ (sistemi continui) o

$$m = \lim_{z \rightarrow 1} (z-1)^g G(z) \quad (\text{sistemi discreti}).$$

Guadagno statico

Rapporto tra uscita e ingresso in condizioni di equilibrio per un sistema lineare.

Impulso (a tempo continuo)

Funzione (in senso generalizzato) definita dalle seguenti due relazioni:

$$\begin{cases} \text{imp}(t) = 0, t \neq 0 \\ \int_{-\infty}^{+\infty} \text{imp}(\tau) d\tau = 1 \end{cases}$$

Impulso (a tempo discreto)

Funzione definita dalle seguenti due relazioni:

$$\begin{cases} \text{imp}(0) = 1 \\ \text{imp}(k) = 0, k \neq 0 \end{cases}$$

Indicatore di stabilità robusta

Parametro che fornisce una misura del grado di robustezza di un sistema nei riguardi della proprietà di stabilità.

Instabilità

Proprietà di un movimento dal quale diverge almeno uno dei movimenti originati nell'intorno del suo stato iniziale. Se riferita a un sistema lineare, indica che il movimento libero diverge per qualche condizione iniziale.

Integrale di Fourier

Rappresentazione di un segnale mediante un integrale nella pulsazione, cioè come somma di un'infinità non numerabile di componenti armoniche.

Nella sua rappresentazione esponenziale è definito nel seguente modo:

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} F(j\omega) e^{j\omega t} d\omega$$

Nella sua forma trigonometrica è definito nel seguente modo:

$$f(t) = \frac{1}{\pi} \int_0^{+\infty} |F(j\omega)| \cos(\omega t + \angle F(j\omega)) d\omega$$

Integratore

Sistema SISO la cui uscita è uguale all'integrale (o alla sommatoria) dell'ingresso.

Librerie per simulazione

Insieme di routine che agevolano la simulazione dei sistemi dinamici, utilizzando linguaggi di programmazione *general-purpose*.

Limitazione dell'azione derivativa

Variazione dello schema standard del PID per evitare brusche variazioni della variabile di controllo in risposta a variazioni istantanee del segnale di riferimento.

Linearizzazione

Procedimento di approssimazione di un sistema non lineare con un sistema lineare nell'intorno di una condizione di equilibrio; il sistema approssimante è valido per piccole variazioni rispetto all'equilibrio.

Linguaggi di simulazione

Linguaggi di programmazione specializzati per la simulazione di sistemi dinamici.

Logica cablata

Implementazione del controllo logico con dispositivi elettromeccanici (relè) non programmabili e quindi difficilmente modificabili a posteriori.

Logica distribuita

Implementazione del controllo logico con più PLC collegati in rete.

Logica programmabile

Implementazione del controllo logico con dispositivi programmabili (PLC).

Mantenitore di ordine zero

Convertitore D/A che genera un segnale analogico in uscita costante a tratti sulla base dell'ultimo valore del segnale digitale in ingresso. Viene anche indicato con la sigla ZOH (Zero Order Hold).

Margine di fase

Indicatore di stabilità robusta in un sistema retroazionato, che misura la robustezza rispetto a variazioni della fase della funzione d'anello.

Margine di guadagno

Indicatore di stabilità robusta in un sistema retroazionato, che misura la robustezza rispetto a variazioni del modulo della funzione d'anello.

Margine di stabilità vettoriale

Indicatore di stabilità robusta in un sistema retroazionato, che corrisponde alla distanza del diagramma di Nyquist dal punto -1 .

Massima sovraelongazione

Massimo scostamento della risposta allo scalino unitario rispetto al valore di regime.

Massima sovraelongazione relativa (o percentuale)

Nella risposta allo scalino unitario, indica l'ampiezza, in percentuale, della sovraelongazione massima rispetto al valore di regime.

Matrice diagonale

Matrice quadrata in cui tutti gli elementi fuori dalla diagonale sono nulli.

Matrice di Jordan

Particolare forma diagonale a blocchi della matrice A di un sistema lineare che mette in evidenza la molteplicità degli autovalori.

Matrice di trasferimento

Matrice di funzioni di trasferimento, ciascuna delle quali esprime la relazione tra un ingresso e un'uscita di un sistema.

Matrice triangolare

Matrice quadrata che contiene elementi tutti nulli sopra (o sotto) la diagonale. Nel primo caso si parla di matrice triangolare inferiore e nel secondo caso di matrice triangolare superiore.

Metodi adattativi

Metodi di discretizzazione (vedi) che adattano la lunghezza del passo alla variabilità della funzione da calcolare.

Metodi di ottimizzazione per la taratura di un PID

Metodi di taratura dei regolatori PID basati sulla minimizzazione di opportuni funzionali.

Metodi espliciti

Metodi di discretizzazione (vedi) di un'equazione differenziale che utilizzano solo valori già calcolati della soluzione per il calcolo dei valori in istanti successivi.

Metodi impliciti

Metodi di discretizzazione (vedi) di un'equazione differenziale che definiscono solo implicitamente i valori della soluzione in istanti successivi e richiedono la soluzione di un sistema di equazioni algebriche ad ogni passo.

Metodo dei momenti

Metodo utilizzato per stimare un modello approssimante del primo ordine con ritardo a partire dalla risposta a scalino non oscillante di un sistema. In alternativa al metodo della tangente e al metodo delle aree.

Metodo della derivata destra

Metodo di discretizzazione (vedi) implicito che definisce il valore della funzione ad ogni passo come quello al passo precedente più un incremento definito sulla base della derivata nel punto da calcolare.

Metodo della lunga divisione

Metodo di calcolo dei valori di una serie temporale attraverso la divisione del numeratore della trasformata Zeta per il relativo denominatore.

Metodo della tangente

Metodo utilizzato per stimare un modello approssimante del primo ordine con ritardo a partire dalla risposta a scalino non oscillante di un sistema.

Metodo delle aree

Metodo utilizzato per stimare un modello approssimante del primo ordine con ritardo a partire dalla risposta a scalino non oscillante di un sistema. E' più robusto del metodo della tangente in presenza di rumore.

Metodo di discretizzazione

Algoritmo di trasformazione di un sistema a tempo continuo in un sistema a tempo discreto simulabile su calcolatore.

Metodo di Eulero all'indietro

Formula per il calcolo numerico di un integrale basata sull'idea di approssimare l'area sottesa da una funzione con l'area del rettangolo che ha per base l'ampiezza dell'intervallo e per altezza il valore della funzione nell'estremo superiore.

Metodo di Eulero in avanti

Formula per il calcolo numerico di un integrale basata sull'idea di approssimare l'area sottesa da una funzione con l'area del rettangolo che ha per base l'ampiezza dell'intervallo e per altezza il valore della funzione nell'estremo inferiore.

Metodo di Runge-Kutta

Metodo di discretizzazione (vedi) esplicito, molto comune, che utilizza quattro valutazioni della funzione ad ogni passo.

Metodo di Seidel

Metodo iterativo di soluzione di un sistema di equazioni algebriche lineari.

Metodo di Tustin

Formula per il calcolo numerico di un integrale basata sull'idea di approssimare l'area sottesa da una funzione con l'area del trapezio che ha per altezza l'ampiezza dell'intervallo e come basi i valori della funzione nei due estremi. Viene anche chiamato "metodo del trapezio".

Modello a particelle

Modello di un sistema complesso suddiviso in molti elementi la cui dinamica è calcolata separatamente.

Modello ARMA

Relazione ingresso-uscita, equivalente alla funzione di trasferimento di un sistema discreto, che calcola l'uscita in un certo istante come somma pesata dell'uscita (parte AR) e dell'ingresso (parte MA) negli istanti precedenti.

Modello dinamico

Descrizione matematica di un sistema valida anche durante i transitori.

Modello statico

Descrizione matematica di un sistema valida in condizioni di equilibrio.

Moderazione

Capacità di un sistema di controllo di mantenere piccola la sollecitazione della variabile di controllo.

Modi di un sistema

Componenti del movimento di un sistema lineare dovute agli esponenziali degli autovalori.

Movimento dello stato

Andamento nel tempo delle variabili di stato, in conseguenza di uno stato iniziale e di un ingresso.

Movimento dell'uscita

Andamento nel tempo della variabile di uscita, in conseguenza di uno stato iniziale e di un ingresso.

Movimento forzato

Movimento dello stato o dell'uscita conseguente ad uno stato iniziale nullo e ad un ingresso non nullo.

Movimento libero

Movimento dello stato o dell'uscita conseguente ad uno stato iniziale non nullo e ad un ingresso nullo.

Movimento nominale

Movimento di un sistema dinamico corrispondente ad uno stato iniziale e ad un ingresso di riferimento.

Nodo sommatore

Elemento base di uno schema a blocchi avente in ingresso un certo numero di segnali, ciascuno con un proprio segno, e per uscita la somma algebrica (secondo i segni specificati) dei segnali in ingresso.

Norma

Riferita ad un vettore, è uno scalare che rappresenta la "grandezza" del vettore. In genere si usa la cosiddetta *norma euclidea*, calcolata come la radice quadrata della somma dei quadrati delle singole componenti del vettore.

Ordine di un sistema

Numero delle variabili di stato.

Orizzonte di simulazione

Intervallo di tempo che rappresenta la durata di un esperimento di simulazione.

Pacchetti per la simulazione

Programmi di calcolo specializzati per la simulazione dei sistemi dinamici.

Periodo di campionamento

Intervallo di tempo tra un istante di campionamento e il successivo nelle operazioni di un campionatore.

Periodo di mantenimento

Intervallo di tempo tra un istante di aggiornamento e il successivo nelle operazioni di un mantenitore.

PID

Sigla che indica un controllore ad azione proporzionale, integrale e derivativa.

PID ideale

Forma del PID non direttamente realizzabile per la presenza di più zeri che poli nella funzione di trasferimento.

PID reale

Forma del PID realizzabile grazie all'aggiunta di un polo in alta frequenza nella funzione di trasferimento.

PLC

Controllore logico programmabile per il controllo logico.

Poli

Valori complessi per cui si annulla il denominatore di una trasformata (di Laplace o Zeta) o di una funzione di trasferimento.

Poli dominanti

In una funzione di trasferimento, la coppia di poli complessi coniugati (o il polo reale) significativamente più vicini degli altri all'asse immaginario.

Poli in anello chiuso

Radici del polinomio caratteristico di un sistema retroazionato.

Polinomio caratteristico

Polinomio che si ottiene calcolando $\det(sI - A)$ in corrispondenza di una matrice A quadrata.

Polinomio caratteristico in anello chiuso

Polinomio le cui radici costituiscono i poli di un sistema retroazionato.

Precisione dinamica

Capacità di un sistema di controllo di mantenere piccolo l'errore durante i transitori.

Precisione statica

Capacità di un sistema di controllo di mantenere piccolo l'errore in condizioni di equilibrio.

Principio di sovrapposizione degli effetti

Proprietà di un sistema lineare per cui il movimento risultante dall'applicazione di una combinazione lineare di cause è pari alla medesima combinazione lineare dei movimenti conseguenti all'applicazione delle singole cause isolate.

Processo

Termine spesso usato per indicare il sistema sotto controllo.

Prodotto di convoluzione

Integrale del prodotto tra una funzione ed un'altra, traslata di un certo intervallo di tempo.

Progetto dinamico

Fase del progetto di un controllore rivolta al soddisfacimento delle specifiche che riguardano la stabilità e la precisione dinamica.

Progetto statico

Fase del progetto di un controllore rivolta al soddisfacimento delle specifiche che riguardano la precisione statica.

Pulsazione critica

In un sistema retroazionato è la pulsazione per la quale il modulo della funzione d'anello è unitario.

Pulsazione di campionamento

Pulsazione con cui opera un campionatore. Vale 2π per l'inverso del periodo di campionamento.

Pulsazione di mantenimento

Pulsazione con cui opera un mantentore. Vale 2π per l'inverso del periodo di mantenimento.

Pulsazione naturale

E' il modulo di una coppia di singolarità complesse coniugate.

Punto di diramazione

Elemento base di uno schema a blocchi che descrive il fatto che due o più variabili, rappresentate come frecce uscenti dal punto, sono la replica dell'unica variabile a monte.

Quantizzazione

Effetto di approssimazione che si verifica nella codifica digitale di un valore reale con una parola di lunghezza finita, cioè con un numero finito di bit.

Raggio di convergenza

Valore minimo del modulo della variabile complessa per cui è definita la trasformazione Zeta (vedi).

Rampa (a tempo continuo o discreto)

Funzione del tempo t , reale, o k , intero, che assume valore t o k per tempo positivo o nullo e valore nullo per tempo negativo.

Rappresentazione di stato

Descrizione del sistema in termini di equazioni di stato e trasformazione di uscita.

Rappresentazione esterna

Rappresentazione di un sistema lineare stazionario mediante un legame ingresso-uscita (ad esempio mediante la funzione di trasferimento).

Rappresentazione interna

Rappresentazione di un sistema lineare stazionario in termini di variabili di stato.

Rappresentazioni equivalenti

Rappresentazioni di stato dello stesso sistema con variabili di stato diverse.

Realizzabilità

Possibilità di determinare un sistema dinamico (in senso proprio) che corrisponda ad una data funzione di trasferimento.

Realizzazione

Rappresentazione di stato di un sistema dinamico corrispondente ad una data funzione di trasferimento.

Regione di stabilità asintotica

Regione nel piano complesso che deve contenere gli autovalori di un sistema lineare per avere asintotica stabilità. Coincide con il semipiano sinistro nel caso di sistemi a tempo continuo e con l'interno del cerchio unitario nel caso di sistemi a tempo discreto.

Regolatore

Sinonimo di controllore, soprattutto quando la variabile di riferimento è costante.

Regole di Ziegler-Nichols in anello aperto

Metodo empirico di taratura di un PID basato sull'approssimazione della risposta a scalino del sistema da controllare con quella di un sistema del primo ordine con ritardo.

Regole di Ziegler-Nichols in anello chiuso

Metodo empirico di taratura di un PID basato sull'individuazione del punto a fase -180° della risposta in frequenza.

Reiezione di un disturbo

Capacità di un sistema di controllo di annullare a regime l'effetto di un disturbo.

Relè a 2 livelli con isteresi

Tipologia più usata del controllore a relè. Il legame tra l'errore e la variabile di controllo è di tipo isteretico.

Retroazione

Si ha quando una variabile influenza se stessa attraverso un anello chiuso. Si usa anche la parola inglese "feedback".

Retroazione negativa

Si ha quando la variabile retroazionata entra nel nodo sommatore di un anello di retroazione con il segno meno.

Retroazione positiva

Si ha quando la variabile retroazionata entra nel nodo sommatore di un anello di retroazione con il segno più.

Reversibilità

Proprietà di un sistema dinamico di consentire la determinazione dello stato iniziale dai valori dello stato in un certo istante.

Risonanza

Indica la proprietà che hanno alcuni sistemi di amplificare considerevolmente rispetto alle altre, le componenti armoniche del segnale di ingresso all'interno di una data banda.

Risposta alla sinusoide

Movimento dell'uscita di un sistema, a partire da condizioni iniziali nulle, quando viene applicata in ingresso una sinusoide di ampiezza, pulsazione e sfasamento assegnati.

Risposta all'impulso (o impulsiva)

Movimento dell'uscita di un sistema, a partire da condizioni iniziali nulle, quando viene applicato in ingresso un impulso unitario.

Risposta allo scalino

Movimento dell'uscita di un sistema, a partire da condizioni iniziali nulle, quando viene applicato in ingresso uno scalino unitario.

Risposta in frequenza

In un sistema dinamico lineare stazionario a tempo continuo descritto dalla funzione di trasferimento $G(s)$, è la funzione complessa $G(j\omega)$ della variabile reale positiva ω . In un sistema a tempo discreto descritto da $G(z)$, è la funzione complessa $G(e^{jJ})$ della variabile reale J nell'intervallo $[0, \pi]$.

Ritardo di elaborazione

In un sistema di controllo digitale è l'intervallo di tempo necessario all'unità di elaborazione per calcolare un'iterazione della legge di controllo.

Ritardo di tempo

Sistema in cui l'uscita coincide con l'ingresso ritardato, cioè $y(t) = u(t - \tau)$, con τ positivo.

Ritardo equivalente

Parametro utilizzato nelle regole di Ziegler-Nichols in anello aperto corrispondente al ritardo del modello approssimante.

Robustezza

Termine generico che indica la capacità di garantire determinate prestazioni anche in presenza di incertezza.

Scalino (a tempo continuo o discreto)

Funzione del tempo t , reale, o k , intero, che assume valore unitario per tempo positivo o nullo e valore nullo per tempo negativo.

Schema a blocchi

Rappresentazione grafica di un sistema costituito da più sottosistemi variamente interconnessi.

Schema condizionatamente stabile

Metodo di discretizzazione (vedi) che non accumula gli errori, solo per passi di discretizzazione sufficientemente piccoli.

Segnale a banda limitata

Segnale analogico il cui spettro si annulla al di sopra di una certa pulsazione, cioè che è rappresentabile come una somma di sinusoidi la cui ampiezza è nulla oltre una certa pulsazione.

Segnale analogico

Sinonimo di segnale a tempo continuo.

Segnale a tempo continuo

Funzione reale di variabile reale che descrive l'andamento temporale di una variabile.

Segnale a tempo discreto

Funzione reale di variabile intera che descrive l'andamento temporale di una variabile in istanti discreti.

Segnale digitale

Segnale a tempo discreto codificato come un insieme di bit.

Segnale periodico

Segnale che ripete gli stessi valori, dopo un certo intervallo di tempo, detto appunto *periodo*.

Serie di Fourier

Rappresentazione di un segnale periodico mediante somma di un'infinità numerabile di componenti armoniche con pulsazioni multiple dell'armonica fondamentale ω_0 .

Nella sua forma esponenziale è definita nel seguente modo:

$$f(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} F_n e^{jn\omega_0 t}$$

Nella sua forma trigonometrica è definita nel seguente modo:

$$f(t) = F_0 + 2 \sum_{n=1}^{+\infty} |F_n| \cos(n\omega_0 t + \angle F_n)$$

Serie sintetiche

Sequenze di ingresso con caratteristiche statistiche assegnate, generate mediante numeri pseudocasuali.

Serie temporale

Insieme di valori di una grandezza corrispondenti a istanti di tempo ordinati.

Simulazione a eventi

Modalità di simulazione di un sistema a eventi discreti che disaccoppia il tempo simulato da quello di calcolo.

Simulazione a oggetti

Simulazione in cui il sistema è definito come insieme di oggetti che rappresentano parti del sistema reale.

Simulazione qualitativa

Simulazione in cui i valori delle variabili e/o le relazioni reciproche sono definite in modo non numerico.

Singolarità

Insieme dei poli e zeri di una trasformata (di Laplace o Zeta) o di una funzione di trasferimento.

Sistema

Aggregato di parti o elementi interconnessi, in cui si possono distinguere grandezze soggette a variare nel tempo.

Sistema a eventi discreti

Sistema con variabili di tipo logico che cambiano valore in maniera asincrona in corrispondenza di eventi.

Sistema a fase minima

Sistema la cui funzione di trasferimento ha guadagno positivo, possiede solo poli e zeri con parte reale negativa o nulla e non contiene ritardi di tempo.

Sistema a fase non minima

Contrario di sistema a fase minima. Termine tipicamente usato per indicare sistemi aventi zeri con parte reale positiva oppure contenenti un ritardo di tempo.

Sistema alle variazioni

Sinonimo di sistema linearizzato.

Sistema a memoria finita

Sistema dinamico nel quale l'effetto dello stato iniziale si annulla in tempo finito.

Sistema asintoticamente stabile

Sistema lineare nel quale tutti gli stati di equilibrio sono asintoticamente stabili. Il suo movimento libero tende a zero per qualunque condizione iniziale.

Sistema a tempo continuo

Sistema in cui le variabili assumono valori reali e dipendono da una variabile tempo reale.

Sistema a tempo discreto

Sistema in cui le variabili assumono valori reali e dipendono da una variabile tempo intera.

Sistema con ritardo

Sistema costituito dall'interconnessione tra un sistema lineare e stazionario ed un ritardo di tempo.

Sistema continuo

Sinonimo abbreviato di sistema a tempo continuo.

Sistema di controllo

Sistema costituito da un processo da controllare e un controllore che può agire su di esso.

Sistema dinamico

Sistema per il quale, dato l'ingresso in un determinato intervallo di tempo, l'uscita non è univocamente determinata nel medesimo intervallo di tempo.

Sistema dinamico a tempo continuo

Sistema dinamico in cui le variabili assumono valori reali e dipendono da una variabile tempo reale.

Sistema dinamico a tempo discreto

Sistema dinamico in cui le variabili assumono valori reali e dipendono da una variabile tempo intera.

Sistema discreto

Sinonimo abbreviato di sistema a tempo discreto.

Sistema FIR

Sistema a tempo discreto con solo poli nell'origine che dà luogo a una risposta (all'impulso o allo scalino) con transitorio di durata finita.

Sistema instabile

Sistema lineare nel quale tutti gli stati di equilibrio sono instabili. Il suo movimento libero diverge per qualche condizione iniziale.

Sistema invariante

Sistema in cui le equazioni di stato e la trasformazione di uscita non dipendono esplicitamente dal tempo.

Sistema lineare

Sistema in cui le equazioni di stato e la trasformazione di uscita sono funzioni lineari rispetto allo stato x e all'ingresso u .

Sistema linearizzato

Modello lineare che approssima il comportamento di un sistema non lineare nell'intorno di una condizione di equilibrio.

Sistema LTI

Sistema dinamico lineare invariante (Linear Time-Invariant).

Sistema MIMO

Vedi sistema multivariabile.

Sistema monovariabile (o SISO)

Sistema con un solo ingresso e una sola uscita. La sigla SISO significa Single Input Single Output.

Sistema multivariabile (o MIMO)

Sistema con più ingressi e/o più uscite. La sigla MIMO significa Multi Input Multi Output.

Sistema non dinamico

Sistema per il quale, dato l'ingresso in un determinato intervallo di tempo, l'uscita è univocamente determinata nel medesimo intervallo di tempo.

Sistema non lineare

Contrario di sistema lineare, ovvero sistema in cui le equazioni di stato e/o la trasformazione di uscita non sono funzioni lineari rispetto allo stato x e all'ingresso u .

Sistema non strettamente proprio

Contrario di sistema strettamente proprio, ovvero sistema in cui la trasformazione di uscita dipende esplicitamente dall'ingresso. Se è lineare e SISO, la sua funzione di trasferimento ha un numero di zeri uguale a quello dei poli.

Sistema positivo

Sistema dinamico nel quale le traiettorie che partono da stati iniziali positivi rimangono sempre nell'ottante positivo.

Sistema retroazionato

Sistema che presenta una struttura in anello chiuso.

Sistema semplicemente stabile

Sistema lineare stabile ma non asintoticamente stabile. Il suo movimento libero rimane limitato per qualunque condizione iniziale ma non converge a zero.

Sistema SISO

Vedi sistema monovariabile.

Sistema stabile

Sistema lineare nel quale tutti gli stati di equilibrio sono stabili. Il suo movimento libero rimane limitato per qualunque condizione iniziale.

Sistema stazionario

Sinonimo di sistema invariante.

Sistema strettamente proprio

Sistema in cui la trasformazione di uscita non dipende esplicitamente dall'ingresso. Se è lineare e SISO, la sua funzione di trasferimento possiede più poli che zeri.

Sistema tempo-variante

Contrario di sistema invariante, ovvero sistema in cui le equazioni di stato e/o la trasformazione di uscita dipendono esplicitamente dal tempo.

Smorzamento

In una coppia di singolarità complesse coniugate è il coseno ξ dell'angolo compreso tra la congiungente le singolarità con l'origine ed il semiasse reale negativo. Nel caso di poli stabili è un parametro che determina lo smorzamento delle oscillazioni ad essi associate.

Sottoelongazione

Indica, in modo generico, il fatto che la risposta allo scalino unitario di un sistema abbia un andamento iniziale nella direzione opposta a quella in cui si trova il valore di regime, formando un singolo minimo.

Sovraelongazione

Indica, in modo generico, il fatto che la risposta allo scalino unitario di un sistema superi, prima di raggiungerlo, il valore di regime, formando almeno un massimo.

Specifiche di progetto

Requisiti di un sistema di controllo di cui tener conto in fase di progetto.

Spettro di ampiezza

Nella rappresentazione di un segnale mediante serie o integrale di Fourier, è l'ampiezza delle componenti armoniche del segnale. Nella serie di Fourier, essendoci un'infinità numerabile di armoniche, è una successione positiva; nell'integrale di Fourier, essendoci un'infinità non numerabile di armoniche, è una funzione a valori reali positivi.

Spettro di fase

Nella rappresentazione di un segnale mediante serie o integrale di Fourier, è lo sfasamento delle componenti armoniche del segnale. Nella serie di Fourier, essendoci un'infinità numerabile di armoniche, è una successione; nell'integrale di Fourier, essendoci un'infinità non numerabile di armoniche, è una funzione a valori reali.

Stabilità

Proprietà di un movimento nell'intorno del quale rimangono tutti quelli originati da un intorno dello stato iniziale. Se riferita a un sistema lineare, indica che il movimento libero rimane limitato (o addirittura tende a zero, nel caso di asintotica stabilità) per qualunque condizione iniziale.

Stabilità esterna (o BIBO)

Nozione di stabilità di un sistema basata su una rappresentazione ingresso/uscita. Corrisponde alla proprietà che ogni ingresso limitato genera un'uscita limitata. Viene anche detta stabilità BIBO (Bounded Input Bounded Output).

Stabilità robusta

Proprietà di stabilità che è garantita anche in presenza di incertezza.

Stabilizzazione

Azione che ha come obiettivo quello di rendere stabile un sistema (o uno stato di equilibrio) instabile.

Stato di equilibrio

Movimento dello stato costante nel tempo in corrispondenza di un ingresso costante.

Sviluppo di Fourier

Vedi serie di Fourier.

Sviluppo di Heaviside

Metodo per il calcolo dell'antitrasformata (di Laplace o Zeta) di trasformate razionali.

Tabella di Routh

Tabella costruita a partire dai coefficienti del polinomio caratteristico e utile per valutare la stabilità di un sistema mediante l'applicazione del criterio di Routh.

Taratura di un PID

Assegnazione dei parametri K_p , T_i e T_d di un controllore PID.

Taratura "empirica" di un PID

Taratura dei parametri di un PID con metodi empirici sulla base dell'informazione ottenuta a partire da specifiche prove effettuate sul processo.

Taratura "teorica" di un PID

Taratura dei parametri di un PID mediante l'approccio classico di progetto del regolatore.

Tempo derivativo

Costante, delle dimensioni di un tempo, pari a K_d/K_p , che compare nell'azione derivativa di un PID.

Tempo di assestamento

Tempo necessario perchè la differenza tra la risposta allo scalino unitario ed il valore di regime $\bar{y}$ rimanga in valore assoluto definitivamente al di sotto di $\varepsilon \bar{y}$ (di solito $\varepsilon = 0.01$).

Tempo di picco (o di massima sovraelongazione)

Istante in cui la risposta allo scalino unitario raggiunge il suo valore massimo per la prima volta.

Tempo di ritardo

Tempo necessario perchè la risposta allo scalino unitario raggiunga la prima volta il valore pari a metà del valore di regime.

Tempo di salita

Tempo richiesto perchè la risposta allo scalino unitario passi per la prima volta dal 10% al 90% del suo valore di regime.

Tempo integrale

Costante, delle dimensioni di un tempo, pari a K_p/K_i , che compare nell'azione integrale di un PID.

Teorema della risposta in frequenza

Risultato che, per un sistema asintoticamente stabile, mette in relazione il modulo e la fase della risposta in frequenza con l'amplificazione e lo sfasamento che subisce una sinusoide in ingresso al sistema.

Teorema di Shannon

Risultato teorico che esprime una condizione sulla minima pulsazione di campionamento da impiegare nel campionamento di un segnale analogico a banda limitata per evitare il fenomeno di aliasing.

Teoremi sui limiti

Relazioni tra i valori dei limiti di una funzione e della sua trasformata.

Tipo (di una funzione di trasferimento)

Numero di singolarità nell'origine (sistemi continui) o in 1 (sistemi discreti). Se il tipo g è positivo, la funzione di trasferimento ha g poli nell'origine (o in 1); se il tipo g è negativo, ha $-g$ zeri nell'origine (o in 1); se il tipo è nullo non ha né poli né zeri nell'origine (o in 1).

Traccia

Somma degli elementi sulla diagonale di una matrice quadrata. Coincide anche con la somma degli autovalori.

Trasduttore

Componente di un sistema di controllo che rende disponibile al controllore la misura di una variabile (tipicamente, nei sistemi in anello chiuso, la variabile controllata).

Trasformata di Laplace

Operatore che trasforma una funzione di variabile reale $f(t)$ in una funzione complessa di variabile complessa $F(s)$ secondo la seguente definizione:

$$F(s) = \int_0^{+\infty} f(t)e^{-st} dt$$

Trasformata Zeta

Operatore che trasforma una funzione di variabile intera $f(k)$ in una funzione complessa di variabile complessa $F(z)$ secondo la seguente definizione:

$$F(z) = \sum_{k=0}^{+\infty} f(k)z^{-k}$$

Trasformazione bilineare

Metodo di trasformazione di una funzione di trasferimento di un sistema a tempo continuo in una di un sistema a tempo discreto. Nel controllo digitale viene usata per ricavare un controllore digitale mediante la discretizzazione di un controllore analogico.

Trasformazione di uscita

Equazione algebrica che descrive l'andamento dell'uscita in funzione dell'ingresso e delle variabili di stato.

Uscita di equilibrio

Movimento dell'uscita costante nel tempo in corrispondenza di un ingresso costante.

Valore di picco

Massimo valore assunto dalla risposta allo scalino unitario.

Valore di regime

Valore della risposta allo scalino unitario a transitorio esaurito.

Variabile controllata

Variabile di uscita di un sistema da controllare rispetto alla quale viene formulato un problema di controllo, ad esempio in termini di un andamento desiderato di riferimento.

Variabile di controllo

Variabile di ingresso di un sistema da controllare manipolabile da parte del controllore per raggiungere gli obiettivi di un problema di controllo.

Variabile di riferimento

Variabile che rappresenta l'andamento desiderato della variabile controllata in un problema di controllo. Viene anche chiamata variabile di "set-point".

Variabile logica

Variabile che assume un numero finito di valori simbolici, piuttosto che numerici. Tipico esempio è una variabile di tipo "booleano", che può assumere solo i valori "vero" e "falso".

Variabili di ingresso

Variabili che rappresentano le azioni che vengono compiute sul sistema da agenti esterni che ne influenzano il comportamento.

Variabili di stato

Variabili del sistema la cui conoscenza al tempo iniziale t_0 costituisce la minima informazione necessaria per determinare l'uscita $y(t)$, $t \geq t_0$, in conseguenza dell'ingresso $u(t)$, $t \geq t_0$.

Variabili di uscita

Variabili che rappresentano quanto del comportamento del sistema è di interesse.

Variazioni

Variabili che descrivono gli scostamenti delle variabili di stato, di ingresso e di uscita dai corrispondenti valori di equilibrio.

Vettore di ingresso

Vettore delle variabili di ingresso di un sistema.

Vettore di stato

Vettore delle variabili di stato di un sistema.

Vettore di uscita

Vettore delle variabili di uscita di un sistema.

Wind-up

Fenomeno di carica integrale, dovuto alla presenza combinata dell'azione integrale e di un attuatore saturante, che può deteriorare significativamente le prestazioni del sistema di controllo.

Zeri

Valori complessi per cui si annulla il numeratore di una trasformata (di Laplace o Zeta) o di una funzione di trasferimento.

ZOH

Sigla che sta per Zero Order Hold, cioè mantenitore di ordine zero.