

## Teoria dei Sistemi (Mod. A)

### Matlab<sup>®</sup> cheatsheet

Vengono riportati di seguito i principali comandi Matlab<sup>®</sup> visti a lezione con una breve descrizione. Per conoscere tutte le funzionalità dei comandi descritti si faccia riferimento alla documentazione Matlab<sup>®</sup>.

#### Operazioni con matrici.

1.  $A'$ : trasposta della matrice  $A$  se  $A$  ha elementi reali (trasposta coniugata se  $A$  ha elementi complessi).
2.  $\det(A)$ : calcola determinante di  $A$ ;
3.  $\text{rank}(A)$ : calcola rango di  $A$ ;
4.  $\text{inv}(A)$ : calcola inversa di  $A$  (in alternativa si può anche utilizzare  $A^{-1}$ );
5.  $\text{null}(A)$ : calcola base (ortonormale) di  $\ker(A)$ ;
6.  $\text{orth}(A)$ : calcola base (ortonormale) di  $\text{im}(A)$ ;
7.  $\text{eig}(A)$ : calcola autovalori della matrice  $A$ . Se vengono specificati due output restituisce, nell'ordine, la matrice  $V$  degli autovettori di  $A$  e una matrice diagonale  $D$  con elementi diagonali gli autovalori di  $A$ ;
8.  $\text{jordan}(A)$ : calcola forma di Jordan di  $A$ . Se vengono specificati due output restituisce, nell'ordine, la matrice  $T$  dei vettori che formano una base di Jordan e la forma di Jordan di  $A$ . **N.B.** Richiede Symbolic Math Toolbox;
9.  $\text{expm}(A)$ : calcola l'esponenziale di matrice della matrice  $A$ .

#### Operazioni con sistemi dinamici. (Richiedono Control System Toolbox).

1.  $\text{ss}(F,G,H,J)$ : crea oggetto sistema LTI in spazio di stato a tempo continuo con matrice di stato  $F$ , matrice degli ingressi  $G$ , matrice delle uscite  $H$ , matrice di feed-forward  $J$ . Se viene specificato un quinto parametro di input  $T_s$ , crea oggetto sistema LTI a tempo discreto con tempo di campionamento  $T_s$ . **N.B.** Per lasciare non specificato il tempo di campionamento usare  $T_s=-1$ ;
2.  $\text{ssdata}(\text{sys})$ : restituisce come output, nell'ordine, matrice di stato  $F$ , matrice degli ingressi  $G$ , matrice delle uscite  $H$ , matrice di feed-forward  $J$  dell'oggetto sistema LTI  $\text{sys}$  definito tramite comando  $\text{ss}$ . Se  $\text{sys}$  è a tempo discreto c'è un quinto output che corrisponde al tempo di campionamento  $T_s$ ;
3.  $\text{tf}(\text{num},\text{den})$ : crea oggetto sistema LTI a tempo continuo descritto dalla funzione di trasferimento con numeratore  $\text{num}$  e denominatore  $\text{den}$ . Se viene specificato un terzo parametro di input  $T_s$ , crea oggetto sistema LTI a tempo discreto con tempo di campionamento  $T_s$ . **N.B.**  $\text{num}/\text{den}$  contengono i coefficienti dei polinomi a numeratore/denominatore ordinati per potenze decrescenti;
4.  $\text{tfdata}(\text{sys})$ : restituisce come output, nell'ordine, numeratore  $\text{num}$  e denominatore  $\text{den}$  dell'oggetto sistema LTI  $\text{sys}$  definito tramite comando  $\text{tf}$ . Se  $\text{sys}$  è a tempo discreto c'è un terzo output che corrisponde al tempo di campionamento  $T_s$ ;

5. `initial(sys,x0,T)`: restituisce l'evoluzione libera valutata nel vettore dei tempi  $T$  di un oggetto sistema LTI `sys` con condizione iniziale  $x_0$  (es.  $T=0:0.1:10$ ). Si possono specificare tre output che nell'ordine sono: l'evoluzione dell'uscita  $y$  nei tempi in  $T$ , il vettore dei tempi  $T$  e l'evoluzione dello stato  $x$  del sistema nei tempi in  $T$ . **N.B.** Gli output  $y$  e  $x$  sono matrici le cui colonne contengono, rispettivamente, le evoluzioni delle uscite e stati;
6. `lsim(sys,u,T,x0)`: restituisce l'evoluzione complessiva valutata nel vettore dei tempi  $T$  di un oggetto sistema LTI `sys` con condizione iniziale  $x_0$  e ingresso  $u$ . Si possono specificare tre output che nell'ordine sono: l'evoluzione dell'uscita  $y$  nei tempi in  $T$ , il vettore dei tempi  $T$  e l'evoluzione dello stato  $x$  del sistema nei tempi in  $T$ . **N.B.** L'ingresso  $u$  è una matrice le cui colonne contengono le traiettorie degli ingressi. Gli output  $y$  e  $x$  sono matrici le cui colonne contengono, rispettivamente, le evoluzioni delle uscite e stati;
7. `c2d(sys)`: restituisce la versione discretizzata dell'oggetto sistema LTI a tempo continuo `sys` con tempo di campionamento  $T_s$  e interpolazione di ordine zero;
8. `ctrb(sys)`: restituisce la matrice di raggiungibilità dell'oggetto sistema LTI `sys`. **N.B.** Al posto di `sys` si possono inserire come input, nell'ordine, la matrice di stato  $F$  e la matrice degli ingressi  $G$  del sistema;
9. `obsv(sys)`: restituisce la matrice di osservabilità dell'oggetto sistema LTI `sys`. **N.B.** Al posto di `sys` si possono inserire come input, nell'ordine, la matrice di stato  $F$  e la matrice delle uscite  $H$  del sistema;
10. `place(F,G,v)`: restituisce la matrice  $K$  tale che  $F-GK$  ha come autovalori gli elementi del vettore  $v$ . **N.B.** Non funziona se  $v$  contiene valori ripetuti;
11. `acker(F,G,v)`: restituisce la matrice  $K$  tale che  $F-GK$  ha come autovalori gli elementi del vettore  $v$ . **N.B.** Funziona solo se  $G$  è un vettore colonna (cioè per sistemi singolo ingresso) ma per ogni scelta di  $v$  (cioè anche se ci sono valori ripetuti);
12. `reg(sys,K,L)`: restituisce il regolatore (oggetto sistema LTI) del sistema `sys` con matrice di retroazione  $-K$  e guadagno dello stimatore  $-L$  (con riferimento alla notazione usata a lezione);
13. `parallel(sys1,sys2)`: restituisce l'oggetto sistema LTI che rappresenta la connessione in parallelo dei due sistemi `sys1` e `sys2`. **N.B.** Lo stesso risultato si può ottenere con il comando `sys1+sys2`;
14. `series(sys1,sys2)`: restituisce l'oggetto sistema LTI che rappresenta la connessione in serie dei due sistemi `sys1` e `sys2`. **N.B.** Lo stesso risultato si può ottenere con il comando `sys1*sys2`;
15. `feedback(sys1,sys2,s)`: restituisce l'oggetto sistema LTI con `sys1` e `sys2` connessi in retroazione negativa per  $s=-1$  e positiva per  $s=+1$ .