

Indice

I	MATLAB	3
1	Elementi fondamentali	5
1.1	Primi passi	5
1.2	Vettori e matrici	8
1.3	Strutture	12
1.4	Celle e array di celle	14
1.5	Eliminazione, salvataggio e caricamento	15
1.6	Dati da file in formato non-MATLAB	16
1.7	I comandi di utilità	19
1.8	Esercizi	21
2	Manipolazione di variabili	23
2.1	Elementi di un array	23
2.2	Rappresentazione di intervalli	28
2.3	Matrici speciali	31
2.4	Stringhe di caratteri	32
2.5	Tecniche avanzate sulla manipolazione di array	34
2.6	Esercizi	35
3	Operazioni scalari	39
3.1	Operazioni aritmetiche	40
3.2	Funzioni elementari e trascendenti	40
3.3	Esempi	44
3.3.1	Funzioni elementari	44
3.3.2	Funzioni composte	45
3.3.3	Funzioni razionali fratte	45
3.4	Operatori di relazione e logici	45
3.5	Esercizi	46
4	Operazioni matriciali	51
4.1	Trasposizione	51
4.2	Operazioni algebriche	52

4.3	Funzioni su matrici	53
4.4	Operazioni logiche	56
4.5	Complementi sulle matrici	58
4.5.1	Numero di condizionamento di una matrice	58
4.5.2	Ortogonalizzazione e spazio nullo	59
4.5.3	Fattorizzazione LU ed eliminazione gaussiana	59
4.5.4	Soluzione del problema $Ax = b$: pseudo-inversa e minimi quadrati	60
4.5.5	Decomposizione spettrale	61
4.5.6	Decomposizione ai valori singolari	62
4.5.7	Fattorizzazioni LUL^T e di Cholesky	62
4.5.8	Matrici in forma "echelon" ridotta per righe	63
4.5.9	Fattorizzazione QR	63
4.5.10	Forma di Hessenberg	64
4.5.11	Decomposizione di Schur	64
4.6	Altre matrici speciali	65
4.7	Esercizi	65
5	Grafica	73
5.1	Grafici bidimensionali	73
5.2	Grafici multipli	78
5.3	Scalatura degli assi	81
5.4	Dati complessi	83
5.5	Tracciamento di più grafici nella stessa finestra	83
5.6	Altri grafici bidimensionali	84
5.7	Grafici tridimensionali	91
5.7.1	Funzioni di due variabili	92
5.7.2	Curve parametriche	93
5.7.3	Solidi di rotazione	94
5.8	Il colore in MATLAB	96
5.9	Illuminazione	100
5.10	Trasparenza	102
5.11	Stampa dei grafici	104
5.12	Esercizi	106
6	Polinomi, interpolazione e insiemi	111
6.1	Operazioni fondamentali	111
6.2	Interpolazione	115
6.3	Insiemi e operazioni sugli insiemi	117
6.4	Esercizi	120

7	Programmazione strutturata in MATLAB	123
7.1	Strutture fondamentali	123
7.2	Script files	125
7.3	Funzioni	126
7.4	La correzione dei programmi	131
7.5	Esercizi	134
8	Oggetti in MATLAB	141
8.1	Costruzione di una classe	141
8.2	Ridefinizione di operatori e funzioni	146
8.3	Oggetti matriciali	148
8.4	Ereditarietà	155
9	Funzioni matematiche	163
9.1	Derivazione e integrazione	164
9.2	Ricerca di zeri e minimi	165
9.3	Equazioni differenziali ordinarie	167
9.3.1	Problemi con condizioni iniziali assegnate	167
9.3.2	Problemi alla frontiera	171
9.4	Esercizi	173
II	Il Simulink	177
10	Elementi fondamentali	179
10.1	Costruzione di uno schema Simulink	180
10.2	Analisi dello schema	184
10.3	Navigare in Simulink	186
10.4	Esercizi	186
11	Gli schemi Simulink	189
11.1	Elementi testuali	190
11.2	Uso del mouse	191
11.3	Attributi dei blocchi	194
11.4	Un esempio non lineare: modello di una nave	197
11.5	Sinks - Blocchi di uscita	199
11.6	Sources - Blocchi di ingresso	203
11.7	Alcuni blocchi funzionali	205
11.8	Look up table	207
11.9	I segnali	209
11.10	Esercizi	212

4.3	Funzioni su matrici	53
4.4	Operazioni logiche	56
4.5	Complementi sulle matrici	58
4.5.1	Numero di condizionamento di una matrice	58
4.5.2	Ortogonalizzazione e spazio nullo	59
4.5.3	Fattorizzazione LU ed eliminazione gaussiana	59
4.5.4	Soluzione del problema $Ax = b$: pseudo-inversa e minimi quadrati	60
4.5.5	Decomposizione spettrale	61
4.5.6	Decomposizione ai valori singolari	62
4.5.7	Fattorizzazioni LUL^T e di Cholesky	62
4.5.8	Matrici in forma "echelon" ridotta per righe	63
4.5.9	Fattorizzazione QR	63
4.5.10	Forma di Hessenberg	64
4.5.11	Decomposizione di Schur	64
4.6	Altre matrici speciali	65
4.7	Esercizi	65
5	Grafica	73
5.1	Grafici bidimensionali	73
5.2	Grafici multipli	78
5.3	Scalatura degli assi	81
5.4	Dati complessi	83
5.5	Tracciamento di più grafici nella stessa finestra	83
5.6	Altri grafici bidimensionali	84
5.7	Grafici tridimensionali	91
5.7.1	Funzioni di due variabili	92
5.7.2	Curve parametriche	93
5.7.3	Solidi di rotazione	94
5.8	Il colore in MATLAB	96
5.9	Illuminazione	100
5.10	Trasparenza	102
5.11	Stampa dei grafici	104
5.12	Esercizi	106
6	Polinomi, interpolazione e insiemi	111
6.1	Operazioni fondamentali	111
6.2	Interpolazione	115
6.3	Insiemi e operazioni sugli insiemi	117
6.4	Esercizi	120

7	Programmazione strutturata in MATLAB	123
7.1	Strutture fondamentali	123
7.2	Script files	125
7.3	Funzioni	126
7.4	La correzione dei programmi	131
7.5	Esercizi	134
8	Oggetti in MATLAB	141
8.1	Costruzione di una classe	141
8.2	Ridefinizione di operatori e funzioni	146
8.3	Oggetti matriciali	148
8.4	Ereditarietà	155
9	Funzioni matematiche	163
9.1	Derivazione e integrazione	164
9.2	Ricerca di zeri e minimi	165
9.3	Equazioni differenziali ordinarie	167
9.3.1	Problemi con condizioni iniziali assegnate	167
9.3.2	Problemi alla frontiera	171
9.4	Esercizi	173
II	Il Simulink	177
10	Elementi fondamentali	179
10.1	Costruzione di uno schema Simulink	180
10.2	Analisi dello schema	184
10.3	Navigare in Simulink	186
10.4	Esercizi	186
11	Gli schemi Simulink	189
11.1	Elementi testuali	190
11.2	Uso del mouse	191
11.3	Attributi dei blocchi	194
11.4	Un esempio non lineare: modello di una nave	197
11.5	Sinks - Blocchi di uscita	199
11.6	Sources - Blocchi di ingresso	203
11.7	Alcuni blocchi funzionali	205
11.8	Look up table	207
11.9	I segnali	209
11.10	Esercizi	212

12 La simulazione in Simulink	219
12.1 Schema di Lord Kelvin	219
12.2 Problemi di simulazione	221
12.3 Metodi di integrazione numerica	223
12.4 Soluzione delle equazioni differenziali in Simulink	228
12.5 I parametri della simulazione	230
12.6 Sistemi con discontinuità	233
12.7 Sistemi tempo varianti	235
12.8 Equazioni differenziali con vincoli algebrici	236
12.9 Esercizi	239
13 Sistemi multi-variabili	245
13.1 Schemi Simulink multi-variabili	245
13.2 Segnali 1-D e 2-D	248
13.3 Manipolazione dei segnali multi-variabili	249
13.4 Esercizi	252
14 Sottosistemi	255
14.1 Creazione di un sottosistema	255
14.2 Collegamenti senza fili	258
14.3 Mask	259
14.3.1 La pagina Icon	261
14.3.2 La pagina Initialization	262
14.3.3 La pagina Documentation	263
14.3.4 Un esempio di mask	264
14.4 Esecuzione condizionata	264
14.5 Un esempio: un manipolatore planare	268
14.6 Esercizi	273
15 Sistemi tempo discreto	277
15.1 Simulazione di equazioni alle differenze	277
15.2 Un esempio: il ripopolamento di un lago	278
15.3 Sistemi con differente <i>Sample time</i> e sistemi ibridi	280
15.4 Esercizi	282
16 Funzioni avanzate	285
16.1 Analisi del sistema	285
16.1.1 Integrazione	285
16.1.2 Visualizzazione dei risultati	286
16.1.3 Linearizzazione	286
16.1.4 Punti di equilibrio	287
16.2 Debugging	288
16.3 Libreria	288
16.4 Esercizi	290

17 Librerie dei blocchi	293
17.1 Continuous	294
17.2 Discrete	296
17.3 Function & Table	300
17.4 Math	303
17.5 Nonlinear	311
17.6 Signal & Systems	315
17.7 Sinks	322
17.8 Sources	324
17.9 Subsystems	328
17.10 Simulink Extras	331
17.10.1 Additional Discrete	331
17.10.2 Additional Linear	332
17.10.3 Additional Sinks	333
17.10.4 Flip Flops	333
17.10.5 Linearization	334
17.10.6 Transformations	334
III Control System Toolbox	335
18 Modelli nel dominio di Laplace	337
18.1 Funzioni di trasferimento	337
18.2 Rappresentazione in termini di zeri e poli	340
18.3 Scomposizione in termini di residui e di poli	340
18.4 Parametri caratteristici dei sistemi LTI	343
18.4.1 Frequenze naturali e coefficienti di smorzamento	343
18.4.2 Guadagno statico	345
18.4.3 Ordinamento poli	345
18.5 Interconnessione dei sistemi	345
18.5.1 Connessione serie	346
18.5.2 Connessione parallelo	346
18.5.3 Connessione in retroazione	347
18.6 Proprietà nella definizione di un modello	348
18.7 Rappresentazione per sistemi MIMO	349
18.7.1 Matrice di trasferimento	349
18.7.2 Rappresentazione con zeri e poli	351
18.7.3 Array di sistemi SISO	352
18.7.4 Zeri di trasmissione	354
18.7.5 Connessioni	354
18.8 Esercizi	355

19 Modelli nello spazio di stato	359
19.1 Rappresentazione nello spazio di stato	359
19.2 Controllabilità ed osservabilità	360
19.3 Conversioni tra le rappresentazioni	364
19.3.1 Trasformazione di base	364
19.3.2 Forme canoniche	365
19.3.3 Da e verso lo spazio di stato	368
19.4 Riduzione dei modelli	369
19.4.1 Sistemi allargati	371
19.5 Esercizi	372
20 Risposta nel dominio del tempo	377
20.1 Risposta in forma analitica	377
20.2 Risposta al gradino	379
20.3 Risposta all'impulso	380
20.4 Risposta ad ingresso qualsiasi	381
20.5 Evoluzione libera	383
20.6 Il comando <code>ltiview</code>	385
20.7 Esercizi	387
21 Risposta nel dominio della frequenza	391
21.1 Diagrammi di Bode	391
21.2 Diagrammi di Nyquist	394
21.3 Diagrammi di Nichols	395
21.4 Il comando <code>ltiview</code> per la risposta in frequenza	396
21.5 Esercizi	397
22 Controllo con retroazione di uscita	401
22.1 Tracciamento del luogo	402
22.2 Il comando <code>rltool</code>	405
22.3 Analisi di stabilità con diagrammi di Nyquist	406
22.4 Margini di ampiezza e di fase	407
22.5 Reti correttive con diagrammi di Nichols	410
22.6 Il comando <code>sisotool</code>	412
22.7 Esercizi	415
23 Controllo e stima nello spazio di stato	423
23.1 La retroazione di stato	423
23.2 Controllo ottimo Lineare Quadratico	425
23.3 L'osservatore	428
23.4 Il filtro di Kalman	430
23.5 Principio di separazione	433
23.6 Esercizi	433

24 Sistemi tempo discreto	437
24.1 Modelli nel dominio tempo-discreto	437
24.2 Conversione continuo-discreto	439
24.3 Conversione discreto-continuo	446
24.4 Proprietà	447
24.5 Risposta nel dominio del tempo	448
24.6 Risposta nel dominio della frequenza	451
24.7 Controllore discreto con luogo delle radici	453
24.8 Controllore discreto con retroazione di stato	455
24.9 Esercizi	456
25 Comandi CONTROL per categorie	461
25.1 Modellistica	461
25.2 Caratteristiche dei modelli	462
25.3 Conversione dei modelli	462
25.4 Riduzione dei modelli	462
25.5 Rappresentazioni nello spazio di stato	462
25.6 Caratteristiche dei modelli	463
25.7 Costruzione dei modelli	463
25.8 Risposta nel tempo	463
25.9 Risposta in frequenza	464
25.10 Allocazione dei poli	464
25.11 Progetto LQG	464
25.12 Equazioni di Lyapunov e Riccati	464
IV Appendici	465
A Funzioni di grafica avanzate	467
A.1 Oggetti grafici in MATLAB	467
A.2 Radice (Root)	470
A.3 Figure	472
A.4 Axes	474
A.5 Line	478
A.6 Surface	480
A.7 Image	480
A.8 Text	481
B Creazione di un'interfaccia utente	483
B.1 Prima applicazione	483
B.2 Oggetti GUI	486
B.2.1 Bottoni	487
B.2.2 Radio e text	490
B.2.3 Altri comandi GUI	491

B.3 Menu	495
B.4 Uso del mouse	499
Bibliografia	502