Index

"

"sink" node — *vol*.4 : *p*.19

"source" node — *vol*.4 : *p*.19

A

Abelian groups — *vol*.1 : *p*.24

Adjoint operators — *vol*.1 : *pp*.43 − 44, 87, 103; *vol*.3 : *pp*.134 − 135

Adjugate matrix — *vol*.2 : *pp*.120 − 121

Affine spaces — *vol*.1 : *p*.93

Asymptotically stable — *vol*.2 : *p*.76; *vol*.3 : *pp*.82 − 84; *vol*.4 : *p*.7

Attracting fixed point — *vol*.2 : *p*.76; *vol*.3 : *pp*.83 − 84

Attractiveness — *vol*.3 : *p*.83

Autonomous systems — *vol*.1 : *p*.7

B

Basin boundary — *vol*.2 : *p*.89

Basin of attraction — *vol*.2 : *p*.89

Basis — *vol*.2 : *pp*.125 − 127

Bifurcation — *vol*.1 : *pp*.11 − 12, 63 − 64; *vol*.4 : *pp*.12 − 13

Bifurcation (fold) — *vol*.4 : *pp*.12 − 13

Bifurcation (transcritical) — *vol*.4 : *pp*.12 − 15

Bifurcation diagram — *vol*.4 : *pp*.12, 15 − 17

Body velocity — *vol*.1 : *p*.38

C

Carrying capacity — *vol*.4 : *p*.9

Causal systems — *vol*.2 : *p*.152; *vol*.3 : *pp*.3 − 4

Cayley-hamilton theorem — *vol*.2 : *pp*.139 − 140; *vol*.3 : *pp*.121 − 122

Centroid of area — *vol*.1 : *pp*.4 − 6

Characteristic equation — *vol*.2 : *pp*.77, 138 − 139; *vol*.3 : *p*.37

Column space — *vol*.2 : *pp*.133 − 134

Complex conjugate transpose — *vol*.3 : *pp*.40 − 44

Condition number (of a matrix) — *vol*.3 : *pp*.61 − 62

Connection vector field — *vol*.1 : *pp*.118 − 119

Conservative system — *vol*.2 : *pp*.89 − 91, 103

Conservative vector fields — *vol*.1 : *pp*.145 − 146

Conserved quantity — *vol*.2 : *p*.90

Constraint, holonomic — *vol*.1 : *pp*.76 − 77

Constraint, nonholonomic — *vol*.1 : *pp*.110 − 117, 135 − 136

Contour — *vol*.2 : *pp*.91 − 92

Controllability $vol.3 : p.132$
Controllability gramian $vol.3 : p.135$
Convolution $vol.3 : pp.2 - 4$
Convolution (discrete) $vol.3 : pp.14, 17$
Coordinate transformation matrix $vol.2 : pp.128 - 129$
$vol.4 : p.18$
Coordinate vector $vol.2 : pp.126 - 127$
Corange $vol.2 : pp.51 - 54$
Corank $vol.2 : pp.51 - 54$
Cotangent bundle $vol.1 : p.126$
Cotangent space $vol.1 : p.126$
Cotangent vector $vol.1 : pp.127 - 130$
Cramer's rule $vol.2 : p.121$
Cross product $vol.1 : pp.1 - 2$
Curl (vector) $vol.1 : p.145$
Curvature (constraint) $vol.1 : pp.144 - 145$

D

Dead zone nonlinearity $vol.2 : p.151$
Deficient matrix $vol.2 : pp.140 - 141$
Degenerate matrix $vol.2 : p.139$
Degrees of freedom $vol.1 : p.17$
Detectable $vol.3 : pp.145 - 146, 149$
Determinant $vol.2 : pp.78 - 81, 115 - 119$
Diagonal coordinate form $vol.3 : pp.38 - 46$
Diagonalization $vol.2 : pp.142 - 144$
$vol.3 : p.46$
Diffeomorphic $vol.1 : p.20$
Differential-algebraic equations $vol.2 : pp.41 - 44, 47 - 48$
Differential-algebraic equations, differentiation index $vol.2 : pp.47 - 48$
Differential-algebraic equations, model consistency $vol.2 : p.44$
Differential-algebraic equations, regularity $vol.2 : p.45$
Differential-algebraic equations, solution $vol.2 : p.44$
Dimension (of a vector space) $vol.2 : pp.125 - 126$
Direct product of two sets $vol.1 : p.20$
Direct sum $vol.1 : p.20$
Direct sum of two sets $vol.1 : p.125$
Directional linearity $vol.1 : p.106$
Distribution (allowable velocities) $vol.1 : pp.112, 148 - 150$
Dot product $vol.2 : pp.134 - 135$
$vol.3 : p.41$

E

Eigenspace $vol.2 : p.140$
Eigenvalue $vol.2 : pp.77, 138 - 145$
$vol.3 : pp.36 - 45, 56 - 59$
Eigenvector $vol.2 : pp.76 - 77, 138 - 145$
$vol.3 : pp.36 - 45$
Eigenvector (left) $vol.3 : pp.50 - 51$

Elementary row operators $vol.2 : p.107$
Embedding $vol.1 : p.96$
Equilibrium point $vol.3 : pp.1, 5 - 10, 79 - 84$
$vol.4 : pp.3 - 4$
Equivalent vectors w.r.t. functions $vol.1 : pp.100 - 101$
Euler-lagrange equation $vol.1 : p.136$
Existence and uniqueness theorem $vol.1 : pp.11, 13$
$vol.2 : p.82$
Exponential map $vol.1 : pp.48 - 51, 103 - 104$
External forces $vol.1 : p.1$

F

Finite escape time $vol.4 : pp.9 - 10$
Fold bifurcation $vol.4 : pp.12 - 13$
Force couple $vol.1 : p.2$
Force couple system $vol.1 : p.3$
Forward euler integration $vol.2 : p.148$
Forward kinematics $vol.1 : pp.78, 83 - 84$
Frequency response $vol.3 : pp.98, 105$
Frobenius norm $vol.3 : pp.62, 102 - 117$
Fundamental vector field (infinitesimal generators) $vol.1 : pp.99 - 100$

G

Gait generation $vol.1 : p.124$
Gaussian elimination $vol.2 : p.104$
Generalized coordinates $vol.1 : p.78$
Geodesics $vol.1 : pp.44 - 46, 51, 96 - 99$
Globally asymptotically stable $vol.3 : p.93$
Gradient vector field $vol.1 : pp.129 - 130$
Gram schmidt orthogonality procedure $vol.2 : p.137$
Group $vol.1 : pp.21, 94 - 95$
Group invariant vectors $vol.1 : p.100$
Group, left/right action $vol.1 : pp.24 - 29, 33, 80, 96, 137$
Group, symmetry $vol.1 : pp.108 - 109, 137$

H

H_∞ norm $vol.3 : pp.108 - 119$
Hartman-grobman theorem $vol.2 : p.88$
Hermitian matrix $vol.3 : p.107$
Heteroclinic trajectory $vol.2 : p.94$
Holonomic constraint $vol.1 : pp.76 - 77$
Homeomorphic $vol.1 : p.19$
$vol.2 : p.88$
Homogeneity $vol.3 : p.1$
Homogeneous equations $vol.2 : p.105$
Hurwitz matrix $vol.3 : pp.94 - 96$
Hyperbolic fixed point $vol.2 : pp.87 - 88$
Hysteresis $vol.1 : pp.66, 70 - 71$
$vol.2 : p.42$

I

Idempotent $vol.2 : p.37$
Image (algebra) $vol.1 : p.124$
Impulse response $vol.3 : pp.19 - 20, 29 - 30, 36$
Index theory $vol.2 : pp.98 - 101$
Induced norm $vol.3 : pp.103 - 104$
Infinity norm $vol.3 : pp.100 - 101$
Inner product $vol.2 : pp.134 - 135$
$vol.3 : p.41$
Internal forces $vol.1 : p.1$
Intersection (spaces) $vol.2 : pp.130 - 131$
Invariance $vol.1 : p.139$
Isocline $vol.2 : pp.74, 84$
Isomorphic $vol.1 : p.22$

J

Jacobi-liouville formula $vol.3 : p.27$
Jacobian $vol.1 : pp.84 - 86$
$vol.2 : p.85$
Jordan blocks $vol.3 : pp.46 - 50, 56 - 59, 77 - 78$

K

K-step observability matrix $vol.3 : pp.138 - 139$
Kalman rank test $vol.3 : p.136$
Kernel $vol.1 : pp.124 - 125$
Kinematic locomotion $vol.1 : pp.105 - 107$

L

L1 norm $vol.3 : pp.100 - 101$
L2 induced gain of a system $vol.3 : p.108$
L2 norm $vol.3 : pp.100 - 101$
Lagrangian $vol.2 : p.45$
Lagrangian multipliers $vol.2 : pp.45 - 46$
$vol.3 : p.126$
Laplace transform $vol.2 : p.147$
$vol.3 : pp.29 - 33$
Liapunov fixed point $vol.2 : p.76$
Lie algebra $vol.1 : pp.41, 98 - 100, 103, 151 - 152$
Lie bracket $vol.1 : pp.148 - 150$
$vol.2 : p.1$
Lie groups $vol.1 : pp.21, 96 - 99$
Lifted actions $vol.1 : pp.31 - 42, 52 - 54, 85, 137 - 138$
Limit cycle $vol.3 : p.82$
$vol.4 : pp.10 - 12$
Linear combination $vol.2 : p.124$
Linear equations $vol.2 : p.104$
Linear independence $vol.2 : pp.124 - 125$
Linear time invariance $vol.2 : p.152$
$vol.3 : pp.8 - 9, 17$
Linear transformation $vol.2 : pp.131 - 133$
Linearity $vol.3 : p.15$

Linearity (mapping) $vol.1 : pp.106 - 107$
Linearity (systems) $vol.2 : p.152$
$vol.3 : p.1$
Linearization at a fixed point $vol.1 : pp.10 - 11$
$vol.2 : pp.84 - 85$
$vol.3 : pp.1, 7 - 10$
$vol.4 : pp.5 - 8$
Local connection $vol.1 : pp.114 - 117, 120, 122 - 123, 130, 142$
Locomotion $vol.1 : p.104$
Logistic equation $vol.4 : p.9$
Lorenz attractor $vol.4 : p.12$
Lotka-volterra model of competition $vol.2 : p.88$
Lyapunov functions $vol.3 : pp.85 - 96, 117 - 119, 124 - 126$

M

Manifolds $vol.1 : pp.17 - 19, 93$
Manifolds, accessible $vol.1 : pp.76 - 78$
Manifolds, c^k-differentiable $vol.1 : p.20$
Manifolds, curvature $vol.1 : p.93$
Manifolds, stable $vol.2 : p.89$
Manifolds, topology $vol.1 : p.93$
Marginally stable $vol.3 : pp.53, 56$
Markov parameters $vol.3 : p.20$
Matrix cofactor $vol.2 : pp.111, 118 - 120$
Matrix determinant $vol.2 : pp.115 - 119$
Matrix exponentiation $vol.3 : pp.26 - 27, 36$
Matrix inverse $vol.2 : pp.110 - 115$
Matrix minor $vol.2 : p.111$
Matrix operations $vol.2 : p.106$
Matthew equation $vol.3 : p.27$
Memoryless systems $vol.2 : p.152$
$vol.3 : p.4$
Minimum energy input $vol.3 : pp.127 - 129, 133 - 136$
Modal contributions of initial conditions $vol.3 : pp.41 - 45, 51$
Modal decomposition $vol.3 : pp.35 - 45, 51$
Model consistency $vol.2 : p.44$
Model uncertainty $vol.3 : pp.109 - 115$
Modular addition $vol.1 : p.21$
Momentum $vol.1 : pp.138 - 140$
Monotonic function $vol.1 : p.13$
Multiplicative calculus $vol.1 : pp.34 - 38, 46 - 47$

N

Negative semidefinite matrix $vol.3 : p.93$
Neumann series $vol.3 : p.22$
Neutrally stable $vol.2 : p.76$
Nilpotent matrix $vol.3 : p.35$
Noether's theorem $vol.1 : pp.131 - 134$
Noncommutativity $vol.1 : p.147$

Nonconservativity $vol.1 : pp.145 - 147$
Nonholonomic constraint $vol.1 : pp.110 - 117, 135 - 136$
Normal matrix $vol.3 : pp.36 - 46$
Nullcline $vol.2 : p.84$
Nullity $vol.2 : p.134$
Nullspace $vol.2 : pp.132 - 134$

O

Observability $vol.3 : pp.136 - 139$
Observer based controller $vol.3 : pp.148 - 149$
One-form $vol.1 : pp.125, 127 - 129$
Optimal frame $vol.1 : p.83$
Orthogonal compliment $vol.2 : pp.137 - 138$
Orthogonal set $vol.2 : p.135$
Orthonormal $vol.2 : pp.135 - 136$
Orthonormal basis $vol.2 : p.136$
Outer product $vol.2 : p.136$
Output feedback design $vol.3 : p.147$
Overdetermined system $vol.2 : pp.19, 41$

P

P norm $vol.3 : pp.100 - 102$
Parallel linkage mechanisms $vol.3 : pp.59 - 60$
Pbh test $vol.3 : p.136$
Pendulum $vol.4 : pp.7 - 8$
Pfaffian constraint $vol.1 : pp.111 - 117$
Phase (angle) $vol.2 : p.61$
Phase coordinate form $vol.3 : p.6$
Phase drift $vol.2 : p.68$
Phase lock $vol.2 : p.67$
Phase portrait $vol.1 : pp.7 - 9$
$vol.2 : pp.74, 83$
$vol.3 : p.35$
$vol.4 : pp.5, 17 - 19$
Pitchfork bifurcation $vol.4 : pp.12, 15 - 17$
Poles (transfer function) $vol.2 : p.147$
$vol.3 : pp.58 - 59$
Position trajectory $vol.1 : p.105$
Positive definite matrix $vol.3 : p.87$
Positive semidefinite matrix $vol.3 : p.125$
Potentials $vol.1 : p.17$
Power spectral density $vol.3 : pp.116 - 119$
Preimage (algebra) $vol.1 : p.124$
Principally kinematic system $vol.1 : p.139$
Principle minors $vol.3 : p.88$
Principle of least action $vol.1 : pp.131 - 133$
Projection operator $vol.2 : p.37$

Q

Quadratic programming $vol.3 : pp.125 - 126$

R

Radially unbounded *vol*.3 : *p*.89
Range (matrix) *vol*.2 : *pp*.132 – 133
Range of entrainment *vol*.2 : *pp*.68 – 69
Rank *vol*.2 : *pp*.51, 53 – 54, 132 – 134
Reachability *vol*.3 : *pp*.120 – 126, 130, 132
Reachability gramian *vol*.3 : *pp*.124 – 129, 133 – 135
Reaction force *vol*.1 : *p*.4
Realization theory *vol*.2 : *p*.149
Reconstruction equation *vol*.1 : *pp*.114 – 123, 138
Region of attraction *vol*.4 : *p*.15
Regular control problem *vol*.2 : *p*.45
Resolvent *vol*.3 : *pp*.17 – 18, 30, 36
Resonance *vol*.3 : *p*.50
Reversible system *vol*.2 : *pp*.92 – 95
Rigid body *vol*.1 : *p*.23
Rigid body, left lifted action *vol*.1 : *pp*.38 – 41
Rigid body, right lifted action *vol*.1 : *pp*.41 – 43
Routh-hurwitz criterion *vol*.3 : *pp*.77 – 80
Row echelon form *vol*.2 : *p*.107
Row space *vol*.2 : *p*.134
Runge-kutta method *vol*.2 : *p*.83

S

Saddle connection *vol*.2 : *p*.94
Saddle node *vol*.4 : *p*.19
Semidirect product of two sets *vol*.1 : *p*.24
Separatrix *vol*.2 : *p*.89
Shape trajectory *vol*.1 : *p*.105
Shift operator *vol*.3 : *pp*.1 – 2
Signal norms *vol*.3 : *pp*.96 – 104
Similar matrices *vol*.2 : *p*.142
Singular matrix *vol*.2 : *pp*.41 – 42, 51, 110, 122
Singular value decomposition *vol*.3 : *pp*.104 – 110, 128 – 129
Singular vectors *vol*.3 : *p*.106
Small-gain theorem *vol*.3 : *pp*.109 – 114
Solution, differential-algebraic equations *vol*.2 : *p*.44
Span *vol*.2 : *pp*.124 – 125
Spatial velocity *vol*.1 : *pp*.43, 85
Special euclidean group *vol*.1 : *p*.23
vol.2 : *pp*.1 – 2
Special orthogonal group, *so(n)* *vol*.1 : *p*.22
vol.2 : *pp*.1 – 2
Stability *vol*.3 : *pp*.80 – 84
vol.4 : *p*.5
Stabilizable *vol*.3 : *pp*.141 – 143, 149
Stable *vol*.2 : *p*.76
vol.3 : *pp*.53 – 59, 91 – 94

	$vol.4 : p.5$
State estimator controller	$vol.3 : pp.144 - 147$
State feedback controller	$vol.3 : pp.140 - 144$
State space model	$vol.2 : pp.147 - 150$
	$vol.3 : p.5$
State transition matrix	$vol.3 : pp.11 - 13$
State vector	$vol.2 : pp.147 - 149$
	$vol.3 : p.5$
Strain energy	$vol.2 : pp.5 - 7$
Structural stability	$vol.2 : p.88$
Subcritical pitchfork bifurcation	$vol.4 : p.17$
Subspace	$vol.2 : pp.129 - 130$
Sum (spaces)	$vol.2 : pp.130 - 131$
Supercritical pitchfork bifurcation	$vol.4 : pp.15 - 16$
Superposition	$vol.3 : pp.1, 13$
Supremum	$vol.3 : p.98$
Symmetric matrix	$vol.2 : p.144$
	$vol.3 : pp.86 - 96$
Symmetry	$vol.1 : pp.108 - 109, 131$
System norms	$vol.3 : pp.99 - 120$
T	
Tangent spaces	$vol.1 : pp.29 - 30$
Taylor series expansion	$vol.3 : pp.7 - 8$
	$vol.4 : p.6$
Tensor product	$vol.1 : p.20$
Time invariance	$vol.2 : p.152$
	$vol.3 : pp.1 - 4$
Time-reversal symmetry	$vol.2 : pp.92 - 93$
Toeplitx matrix	$vol.3 : p.3$
Trace	$vol.2 : pp.78 - 80$
Traction	$vol.3 : pp.60 - 61$
Transcritical bifurcation	$vol.4 : pp.12 - 15$
Transfer function	$vol.2 : pp.146 - 147, 150$
	$vol.3 : pp.18 - 20, 36, 52$
Transmission	$vol.3 : p.61$
U	
Underactuated robotic mechanisms	$vol.3 : pp.59 - 77$
Underactuated system	$vol.1 : p.104$
Underdetermined system	$vol.2 : pp.19, 41$
Unitary diagonal coordinate transformation	$vol.3 : pp.38 - 43, 50$
Unstable	$vol.2 : p.76$
V	
Van der pol oscillator	$vol.4 : pp.11 - 12$
Variance amplication	$vol.3 : p.117$
Variations of constants formula	$vol.3 : pp.24, 54$
Varignon's theorem	$vol.1 : p.1$
Vector field	$vol.1 : pp.30 - 31$

		$vol.2 : p.74$
	Vector mapping	$vol.2 : p.127$
	Vector space	$vol.2 : pp.122 - 123$
	Vertical space	$vol.1 : p.125$
	Virtual work	$vol.3 : pp.63 - 64$
W		
	White-in-time gaussian processes	$vol.3 : pp.115 - 119$
	Work (mechanical)	$vol.1 : p.145$
Z		
	Z-transform	$vol.3 : pp.14 - 22$
	Zero set	$vol.1 : pp.76, 110 - 111$
	Zeros (transfer function)	$vol.2 : p.147$