Index

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
Algebraic Lyapunov Equation — *vol*.4 : *pp*.80 − 82
Asymptotically Stable — *vol*.2 : *p*.76
vol.3 : *pp*.82 − 84
vol.4 : *pp*.7, 61 − 62, 67 − 69, 75
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
Bendixson's Theorem — *vol*.4 : *pp*.25 − 29
Bifurcation — *vol*.1 : *pp*.11 − 12, 63 − 64
vol.4 : *pp*.12 − 13
Bifurcation (Fold) — *vol*.4 : *pp*.12 − 13, 57
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
Center Manifold Theory — *vol*.4 : *pp*.39 − 45
Centers (Equilibrium Point) — *vol*.4 : *pp*.22, 26
Centroid of Area — *vol*.1 : *pp*.4 − 6
Characteristic Equation — *vol*.2 : *pp*.77, 138 − 139
vol.3 : *p*.37
vol.4 : *p*.34
Class K (Comparison Functions) — *vol*.4 : *pp*.93 − 96
Class K_∞ (Comparison Functions) — *vol*.4 : *pp*.93 − 96
Class Kl (Comparison Functions) — *vol*.4 : *pp*.93 − 96
Column Space — *vol*.2 : *pp*.133 − 134
Comparison Function — *vol*.4 : *pp*.93 − 96
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 $vol.1 : pp.110 - 117, 135 - 136$
Continuity w.r.t. Initial Conditions $vol.4 : pp.53 - 55$
Continuity w.r.t. Parameters $vol.4 : pp.54 - 55$
Continuously Differentiable $vol.4 : pp.48 - 52$
Contour $vol.2 : pp.91 - 92$
Controllability $vol.3 : p.132$
Controllability Gramian $vol.3 : p.135$
$vol.4 : p.80$
Convolution $vol.3 : pp.2 - 4$
Convolution (Discrete) $vol.3 : pp.14, 17$
Coordinate Transformation Matrix $vol.2 : pp.128 - 129$
$vol.4 : pp.18, 20 - 41$
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 $vol.2 : pp.142 - 144$
$vol.3 : p.46$
$vol.4 : p.79$
Diffeomorphic $vol.1 : p.20$
Differentiable $vol.4 : pp.51 - 52$
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) $vol.1 : pp.112, 148 - 150$
Divergence $vol.4 : pp.25 - 29$
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 $vol.1 : pp.11, 13$
$vol.2 : p.82$
$vol.4 : pp.46 - 52, 91$
Exponential Map $vol.1 : pp.48 - 51, 103 - 104$
External Forces $vol.1 : p.1$

F

Finite Escape Time $vol.4 : pp.9 - 10$
Focus Node $vol.4 : pp.22, 33$
Fold Bifurcation $vol.4 : pp.12 - 13, 57$
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 $vol.1 : pp.44 - 46, 51, 96 - 99$
Geometric Series $vol.4 : p.92$
Globally Asymptotically Stable $vol.3 : p.93$
$vol.4 : pp.62, 67$
Gradient Vector Field $vol.1 : pp.129 - 130$
Gram Schmidt Orthogonality Procedure $vol.2 : p.137$
Green's Theorem $vol.4 : pp.25 - 27$
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 $vol.4 : pp.23 - 24$
Hermitian Matrix $vol.3 : p.107$
Heteroclinic Trajectory $vol.2 : p.94$
Holonomic Constraint $vol.1 : pp.76 - 77$
Homeomorphic $vol.1 : p.19$
$vol.2 : p.88$
$vol.4 : p.23$
Homogeneity $vol.3 : p.1$
Homogeneous Equations $vol.2 : p.105$
Hopf Bifurcation $vol.4 : pp.35 - 38$
Huber Function $vol.4 : p.71$
Hurwitz Matrix $vol.3 : pp.94 - 96$
$vol.4 : pp.81 - 82$
Hyperbolic Equilibrium Point $vol.4 : pp.22 - 24$
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 $vol.2 : pp.98 - 101$
$vol.4 : p.35$
Induced Norm $vol.3 : pp.103 - 104$
Infinity Norm $vol.3 : pp.100 - 101$
$vol.4 : p.61$
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 $vol.1 : p.139$
Invariant Manifold $vol.4 : pp.42 - 45$
Invariant Set $vol.4 : pp.74 - 77$
Isocline $vol.2 : pp.74, 84$
Isomorphic $vol.1 : p.22$

J

Jacobi Liouville Formula $vol.3 : p.27$
Jacobian $vol.1 : pp.84 - 86$
$vol.2 : p.85$
$vol.4 : pp.56 - 58$
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 $vol.3 : pp.100 - 101$
$vol.4 : p.61$
L2 Induced Gain of a System $vol.3 : p.108$
L2 Norm $vol.3 : pp.100 - 101$
$vol.4 : p.61$
La Salle's Invariance Principle $vol.4 : pp.74 - 77, 85 - 87$
Lagrangian $vol.2 : p.45$
Lagrangian Multipliers $vol.2 : pp.45 - 46$
$vol.3 : p.126$
Laplace Transform $vol.2 : p.147$
$vol.3 : pp.29 - 33$
Level Sets $vol.4 : pp.66 - 69$
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 $vol.3 : p.82$
$vol.4 : pp.10 - 12, 33 - 38$
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 $vol.1 : pp.10 - 11$
$vol.2 : pp.84 - 85$
$vol.3 : pp.1, 7 - 10$
$vol.4 : pp.5 - 8, 23 - 24, 88$
Lipschitz Continuous Function $vol.4 : pp.49 - 55, 91$
Local Connection $vol.1 : pp.114 - 117, 120, 122 - 123, 130, 142$
Locally Asymptotically Stable $vol.4 : pp.61 - 62, 67 - 69$
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 $vol.3 : pp.85 - 96, 117 - 119, 124 - 126$

	$vol.4 : pp.65 - 87$
Lyapunov Stability	$vol.4 : pp.59 - 69$
M	
Manifolds	$vol.1 : pp.17 - 19, 93$
Manifolds, Accessible	$vol.1 : pp.76 - 78$
Manifolds, C^k Differentiable	$vol.1 : p.20$
	$vol.4 : pp.48 - 52$
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	$vol.2 : p.152$
	$vol.3 : p.4$
Metzler Matrix	$vol.4 : p.31$
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 Function	$vol.4 : pp.67, 74$
Negative Semidefinite Matrix	$vol.3 : p.93$
Neumann Series	$vol.3 : p.22$
Neutrally Stable	$vol.2 : p.76$
Nilpotent Matrix	$vol.3 : p.35$
Node	$vol.4 : pp.21, 33$
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 $vol.3 : pp.136 - 139$
$vol.4 : pp.86 - 87$
Observability Gramian $vol.4 : p.80$
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 $vol.3 : pp.100 - 102$
$vol.4 : p.61$
Parallel Linkage Mechanisms $vol.3 : pp.59 - 60$
Pbh Test $vol.3 : p.136$
Pendulum $vol.4 : pp.7 - 8, 63 - 64, 72 - 77$
Periodic Orbits $vol.4 : pp.25 - 34$
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 $vol.4 : pp.12, 15 - 17$
Poincare Bendixson Criterion $vol.4 : pp.32 - 34$
Poles (Transfer Function) $vol.2 : p.147$
$vol.3 : pp.58 - 59$
Position Trajectory $vol.1 : p.105$
Positive Definite Function $vol.4 : pp.65 - 66$
Positive Definite Matrix $vol.3 : p.87$
$vol.4 : pp.78 - 79$
Positive Invariant Set $vol.4 : pp.21, 29 - 34, 69$
Positive Semidefinite Matrix $vol.3 : p.125$
Positive System $vol.4 : p.31$
Potentials $vol.1 : p.17$
Power Spectral Density $vol.3 : pp.116 - 119$
Predator/prey Model $vol.4 : pp.30 - 31$
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 $vol.3 : p.89$
$vol.4 : pp.67 - 68$
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 $vol.4 : pp.15, 92 - 93$
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 $vol.3 : pp.77 - 80$
$vol.4 : pp.34, 83$
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 $vol.4 : pp.19 - 21$
Sector Bounded Nonlinearities $vol.4 : p.72$
Semidirect Product of Two Sets $vol.1 : p.24$
Sensitivity Function $vol.4 : pp.55 - 58$
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 $vol.3 : p.106$
Sink Node $vol.4 : pp.19, 21$
Small Gain Theorem $vol.3 : pp.109 - 114$
Solution, Differential Algebraic Equations $vol.2 : p.44$
Source Node $vol.4 : pp.19, 21$
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 $vol.3 : pp.80 - 84$
$vol.4 : p.5$
Stability Via Linearization $vol.4 : pp.88 - 90$
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 Hopf Bifurcation $vol.4 : pp.37 - 38$
Subcritical Pitchfork Bifurcation $vol.4 : p.17$
Subspace $vol.2 : pp.129 - 130$
Sum (Spaces) $vol.2 : pp.130 - 131$
Supercritical Hopf Bifurcation $vol.4 : pp.35 - 37$
Supercritical Pitchfork Bifurcation $vol.4 : pp.15 - 16$
Superposition $vol.3 : pp.1, 13$
Supremum $vol.3 : p.98$
Symmetric Matrix $vol.2 : p.144$
$vol.3 : pp.86 - 96$
$vol.4 : p.78$
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 $vol.3 : pp.7 - 8$
$vol.4 : pp.6, 39 - 40, 44 - 45$
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 $vol.3 : pp.38 - 43, 50$
$vol.4 : p.79$
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) $vol.2 : p.147$