# Index


*A*

Abelian groups — *vol*.1 : *p*.24
Adjoint operators — *vol*.1 : *pp*.43 − 44, 87, 103
Adjugate matrix — *vol*.2 : *pp*.120 − 121
Affine spaces — *vol*.1 : *p*.93
Asymptotically stable — *vol*.2 : *p*.76
*vol*.3 : *pp*.82 − 84
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
Body velocity — *vol*.1 : *p*.38

*C*

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
Convolution — *vol*.3 : *pp*.2 − 4
Convolution (discrete) — *vol*.3 : *pp*.14, 17
Coordinate transformation matrix — *vol*.2 : *pp*.128 − 129
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 $vol.1 : p.17$
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 $vol.3 : pp.1, 5 - 10, 79 - 84$
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*

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*

$H_\infty$ 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*

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 $vol.3 : p.82$

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 $vol.1 : pp.10 - 11$

$vol.2 : pp.84 - 85$

$vol.3 : pp.1, 7 - 10$

Local connection $vol.1 : pp.114 - 117, 120, 122 - 123, 130, 142$

Locomotion $vol.1 : p.104$

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 $vol.2 : p.152$
$vol.3 : p.4$
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*

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 $vol.2 : p.136$
Overdetermined system $vol.2 : pp.19, 41$

*P*

P norm $vol.3 : pp.100 - 102$
Parallel linkage mechanisms $vol.3 : pp.59 - 60$
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 $vol.1 : pp.7 - 9$

| | |
|---|---|
| | $vol.2 : pp.74, 83$ |
| | $vol.3 : p.35$ |
| 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 | $vol.3 : pp.120 - 126$ |
| Reachability gramian | $vol.3 : pp.124 - 126$ |
| Reaction force | $vol.1 : p.4$ |
| Realization theory | $vol.2 : p.149$ |
| Reconstruction equation | $vol.1 : pp.114 - 123, 138$ |
| 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 | $vol.2 : p.94$ |
| 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 | $vol.3 : pp.104 - 110$ |

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 $vol.3 : pp.80 - 84$
Stable $vol.2 : p.76$
$vol.3 : pp.53 - 59, 91 - 94$
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 $vol.2 : p.88$
Subspace $vol.2 : pp.129 - 130$
Sum (spaces) $vol.2 : pp.130 - 131$
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 $vol.3 : pp.7 - 8$
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 $vol.3 : pp.60 - 61$
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*

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) $vol.2 : p.147$