

# Index

## A

|                        |                                    |
|------------------------|------------------------------------|
| Abelian groups         | <i>vol.1 : p.24</i>                |
| Adjoint operators      | <i>vol.1 : pp.43 – 44, 87, 103</i> |
| Adjugate matrix        | <i>vol.2 : pp.120 – 121</i>        |
| Affine spaces          | <i>vol.1 : p.93</i>                |
| Asymptotically stable  | <i>vol.2 : p.76</i>                |
| Attracting fixed point | <i>vol.2 : p.76</i>                |
| Autonomous systems     | <i>vol.1 : p.7</i>                 |

## B

|                     |                                    |
|---------------------|------------------------------------|
| Basin boundary      | <i>vol.2 : p.89</i>                |
| Basin of attraction | <i>vol.2 : p.89</i>                |
| Basis               | <i>vol.2 : pp.125 – 127</i>        |
| Bifurcation         | <i>vol.1 : pp.11 – 12, 63 – 64</i> |
| Body velocity       | <i>vol.1 : p.38</i>                |

## C

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Causal systems                   | <i>vol.2 : p.152</i><br><i>vol.3 : pp.3 – 4</i> |
| Cayley-hamilton theorem          | <i>vol.2 : pp.139 – 140</i>                     |
| Centroid of area                 | <i>vol.1 : pp.4 – 6</i>                         |
| Characteristic equation          | <i>vol.2 : pp.77, 138 – 139</i>                 |
| Column space                     | <i>vol.2 : pp.133 – 134</i>                     |
| Connection vector field          | <i>vol.1 : pp.118 – 119</i>                     |
| Conservative system              | <i>vol.2 : pp.89 – 91, 103</i>                  |
| Conservative vector fields       | <i>vol.1 : pp.145 – 146</i>                     |
| Conserved quantity               | <i>vol.2 : p.90</i>                             |
| Constraint, holonomic            | <i>vol.1 : pp.76 – 77</i>                       |
| Constraint, nonholonomic         | <i>vol.1 : pp.110 – 117, 135 – 136</i>          |
| Contour                          | <i>vol.2 : pp.91 – 92</i>                       |
| Convolution                      | <i>vol.3 : pp.2 – 4</i>                         |
| Convolution (discrete)           | <i>vol.3 : pp.14, 17</i>                        |
| Coordinate transformation matrix | <i>vol.2 : pp.128 – 129</i>                     |
| Coordinate vector                | <i>vol.2 : pp.126 – 127</i>                     |
| Corange                          | <i>vol.2 : pp.51 – 54</i>                       |
| Corank                           | <i>vol.2 : pp.51 – 54</i>                       |
| Cotangent bundle                 | <i>vol.1 : p.126</i>                            |
| Cotangent space                  | <i>vol.1 : p.126</i>                            |
| Cotangent vector                 | <i>vol.1 : pp.127 – 130</i>                     |
| Cramer's rule                    | <i>vol.2 : p.121</i>                            |
| Cross product                    | <i>vol.1 : pp.1 – 2</i>                         |
| Curl (vector)                    | <i>vol.1 : p.145</i>                            |
| Curvature (constraint)           | <i>vol.1 : pp.144 – 145</i>                     |

## D

|                        |                             |
|------------------------|-----------------------------|
| Dead zone nonlinearity | <i>vol.2 : p.151</i>        |
| Deficient matrix       | <i>vol.2 : pp.140 – 141</i> |
| Degenerate matrix      | <i>vol.2 : p.139</i>        |

|   |  |
|---|--|
| Degrees of freedom                                      | <i>vol.1 : p.17</i>                        |
| Determinant   | <i>vol.2 : pp.78 – 81, 115 – 119</i>       |
| Diagonalization   | <i>vol.2 : pp.142 – 144</i>                |
| Diffeomorphic   | <i>vol.1 : p.20</i>                        |
| Differential-algebraic equations                        | <i>vol.2 : pp.41 – 44, 47 – 48</i>         |
| Differential-algebraic equations, differentiation index | <i>vol.2 : pp.47 – 48</i>                  |
| Differential-algebraic equations, model consistency     | <i>vol.2 : p.44</i>                        |
| Differential-algebraic equations, regularity            | <i>vol.2 : p.45</i>                        |
| Differential-algebraic equations, solution              | <i>vol.2 : p.44</i>                        |
| Dimension (of a vector space)                           | <i>vol.2 : pp.125 – 126</i>                |
| Direct product of two sets                              | <i>vol.1 : p.20</i>                        |
| Direct sum  | <i>vol.1 : p.20</i>                        |
| Direct sum of two sets                                  | <i>vol.1 : p.125</i>                       |
| Directional linearity                                   | <i>vol.1 : p.106</i>                       |
| Distribution (allowable velocities)                     | <i>vol.1 : pp.112, 148 – 150</i>           |
| Dot product   | <i>vol.2 : pp.134 – 135</i>                |
| <i>E</i>  |  |
| Eigenspace  | <i>vol.2 : p.140</i>                       |
| Eigenvalue  | <i>vol.2 : pp.77, 138 – 145</i>            |
| Eigenvector   | <i>vol.2 : pp.76 – 77, 138 – 145</i>       |
| Elementary row operators                                | <i>vol.2 : p.107</i>                       |
| Embedding   | <i>vol.1 : p.96</i>                        |
| Equilibrium point                                       | <i>vol.3 : pp.1, 5 – 10</i>                |
| Equivalent vectors w.r.t. functions                     | <i>vol.1 : pp.100 – 101</i>                |
| Euler-lagrange equation                                 | <i>vol.1 : p.136</i>                       |
| Existence and uniqueness theorem                        | <i>vol.1 : pp.11, 13</i>                   |
|   | <i>vol.2 : p.82</i>                        |
| Exponential map   | <i>vol.1 : pp.48 – 51, 103 – 104</i>       |
| External forces   | <i>vol.1 : p.1</i>                         |
| <i>F</i>  |  |
| Force couple  | <i>vol.1 : p.2</i>                         |
| Force couple system                                     | <i>vol.1 : p.3</i>                         |
| Forward euler integration                               | <i>vol.2 : p.148</i>                       |
| Forward kinematics                                      | <i>vol.1 : pp.78, 83 – 84</i>              |
| Fundamental vector field (infinitesimal generators)     | <i>vol.1 : pp.99 – 100</i>                 |
| <i>G</i>  |  |
| Gait generation   | <i>vol.1 : p.124</i>                       |
| Gaussian elimination                                    | <i>vol.2 : p.104</i>                       |
| Generalized coordinates                                 | <i>vol.1 : p.78</i>                        |
| Geodesics   | <i>vol.1 : pp.44 – 46, 51, 96 – 99</i>     |
| Gradient vector field                                   | <i>vol.1 : pp.129 – 130</i>                |
| Gram schmidt orthogonality procedure                    | <i>vol.2 : p.137</i>                       |
| Group   | <i>vol.1 : pp.21, 94 – 95</i>              |
| Group invariant vectors                                 | <i>vol.1 : p.100</i>                       |
| Group, left/right action                                | <i>vol.1 : pp.24 – 29, 33, 80, 96, 137</i> |
| Group, symmetry   | <i>vol.1 : pp.108 – 109, 137</i>           |
| <i>H</i>  |  |

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Hartman-grobman theorem | <i>vol.2 : p.88</i>                                  |
| Heteroclinic trajectory | <i>vol.2 : p.94</i>                                  |
| Holonomic constraint    | <i>vol.1 : pp.76 – 77</i>                            |
| Homeomorphic            | <i>vol.1 : p.19</i><br><i>vol.2 : p.88</i>           |
| Homogeneity             | <i>vol.3 : p.1</i>                                   |
| Homogeneous equations   | <i>vol.2 : p.105</i>                                 |
| Hyperbolic fixed point  | <i>vol.2 : pp.87 – 88</i>                            |
| Hysteresis              | <i>vol.1 : pp.66, 70 – 71</i><br><i>vol.2 : p.42</i> |
| <i>I</i>                |  |
| Idempotent              | <i>vol.2 : p.37</i>                                  |
| Image (algebra)         | <i>vol.1 : p.124</i>                                 |
| Impulse response        | <i>vol.3 : pp.19 – 20</i>                            |
| Index theory            | <i>vol.2 : pp.98 – 101</i>                           |
| Inner product           | <i>vol.2 : pp.134 – 135</i>                          |
| Internal forces         | <i>vol.1 : p.1</i>                                   |
| Intersection (spaces)   | <i>vol.2 : pp.130 – 131</i>                          |
| Invariance              | <i>vol.1 : p.139</i>                                 |
| Isocline                | <i>vol.2 : pp.74, 84</i>                             |
| Isomorphic              | <i>vol.1 : p.22</i>                                  |
| <i>J</i>                |  |
| Jacobian                | <i>vol.1 : pp.84 – 86</i><br><i>vol.2 : p.85</i>     |
| <i>K</i>                |  |
| Kernel                  | <i>vol.1 : pp.124 – 125</i>                          |
| Kinematic locomotion    | <i>vol.1 : pp.105 – 107</i>                          |
| <i>L</i>                |  |
| Lagrangian              | <i>vol.2 : p.45</i>                                  |
| Lagrangian multipliers  | <i>vol.2 : pp.45 – 46</i>                            |
| Laplace transform       | <i>vol.2 : p.147</i>                                 |
| Liapunov fixed point    | <i>vol.2 : p.76</i>                                  |
| Lie algebra             | <i>vol.1 : pp.41, 98 – 100, 103, 151 – 152</i>       |
| Lie bracket             | <i>vol.1 : pp.148 – 150</i><br><i>vol.2 : p.1</i>    |
| Lie groups              | <i>vol.1 : pp.21, 96 – 99</i>                        |
| Lifted actions          | <i>vol.1 : pp.31 – 42, 52 – 54, 85, 137 – 138</i>    |
| Linear combination      | <i>vol.2 : p.124</i>                                 |
| Linear equations        | <i>vol.2 : p.104</i>                                 |
| Linear independence     | <i>vol.2 : pp.124 – 125</i>                          |
| Linear time invariance  | <i>vol.2 : p.152</i><br><i>vol.3 : pp.8 – 9, 17</i>  |
| Linear transformation   | <i>vol.2 : pp.131 – 133</i>                          |
| Linearity               | <i>vol.3 : p.15</i>                                  |
| Linearity (mapping)     | <i>vol.1 : pp.106 – 107</i>                          |
| Linearity (systems)     | <i>vol.2 : p.152</i><br><i>vol.3 : p.1</i>           |

|                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| Linearization at a fixed point      | <i>vol.1</i> : pp.10 – 11<br><i>vol.2</i> : pp.84 – 85<br><i>vol.3</i> : pp.1, 7 – 10 |
| Local connection                    | <i>vol.1</i> : pp.114 – 117, 120, 122 – 123, 130, 142                                 |
| Locomotion                          | <i>vol.1</i> : p.104  |
| Lotka-volterra model of competition | <i>vol.2</i> : p.88   |
| <i>M</i>                            |   |
| Manifolds                           | <i>vol.1</i> : pp.17 – 19, 93   |
| Manifolds, accessible               | <i>vol.1</i> : pp.76 – 78   |
| Manifolds, $c^k$ -differentiable    | <i>vol.1</i> : p.20   |
| Manifolds, curvature                | <i>vol.1</i> : p.93   |
| Manifolds, stable                   | <i>vol.2</i> : p.89   |
| Manifolds, topology                 | <i>vol.1</i> : p.93   |
| Markov parameters                   | <i>vol.3</i> : p.20   |
| Matrix cofactor                     | <i>vol.2</i> : pp.111, 118 – 120  |
| Matrix determinant                  | <i>vol.2</i> : pp.115 – 119   |
| Matrix inverse                      | <i>vol.2</i> : pp.110 – 115   |
| Matrix minor                        | <i>vol.2</i> : p.111  |
| Matrix operations                   | <i>vol.2</i> : p.106  |
| Memoryless systems                  | <i>vol.2</i> : p.152<br><i>vol.3</i> : p.4  |
| Model consistency                   | <i>vol.2</i> : p.44   |
| Modular addition                    | <i>vol.1</i> : p.21   |
| Momentum                            | <i>vol.1</i> : pp.138 – 140   |
| Monotonic function                  | <i>vol.1</i> : p.13   |
| Multiplicative calculus             | <i>vol.1</i> : pp.34 – 38, 46 – 47  |
| <i>N</i>                            |   |
| Neutrally stable                    | <i>vol.2</i> : p.76   |
| Noether's theorem                   | <i>vol.1</i> : pp.131 – 134   |
| Noncommutativity                    | <i>vol.1</i> : p.147  |
| Nonconservativity                   | <i>vol.1</i> : pp.145 – 147   |
| Nonholonomic constraint             | <i>vol.1</i> : pp.110 – 117, 135 – 136  |
| Nullcline                           | <i>vol.2</i> : p.84   |
| Nullity                             | <i>vol.2</i> : p.134  |
| Nullspace                           | <i>vol.2</i> : pp.132 – 134   |
| <i>O</i>                            |   |
| One-form                            | <i>vol.1</i> : pp.125, 127 – 129  |
| Optimal frame                       | <i>vol.1</i> : p.83   |
| Orthogonal compliment               | <i>vol.2</i> : pp.137 – 138   |
| Orthogonal set                      | <i>vol.2</i> : p.135  |
| Orthonormal                         | <i>vol.2</i> : pp.135 – 136   |
| Orthonormal basis                   | <i>vol.2</i> : p.136  |
| Outer product                       | <i>vol.2</i> : p.136  |
| Overdetermined system               | <i>vol.2</i> : pp.19, 41  |
| <i>P</i>                            |   |
| Pfaffian constraint                 | <i>vol.1</i> : pp.111 – 117   |
| Phase (angle)                       | <i>vol.2</i> : p.61   |

|  |   |
|--|---|
| Phase coordinate form                      | <i>vol.3 : p.6</i>                                  |
| Phase drift                                | <i>vol.2 : p.68</i>                                 |
| Phase lock                                 | <i>vol.2 : p.67</i>                                 |
| Phase portrait                             | <i>vol.1 : pp.7 – 9</i><br><i>vol.2 : pp.74, 83</i> |
| Poles (transfer function)                  | <i>vol.2 : p.147</i>                                |
| Position trajectory                        | <i>vol.1 : p.105</i>                                |
| Potentials                                 | <i>vol.1 : p.17</i>                                 |
| Preimage (algebra)                         | <i>vol.1 : p.124</i>                                |
| Principally kinematic system               | <i>vol.1 : p.139</i>                                |
| Principle of least action                  | <i>vol.1 : pp.131 – 133</i>                         |
| Projection operator                        | <i>vol.2 : p.37</i>                                 |
| <i>R</i>                                   |   |
| Range (matrix)                             | <i>vol.2 : pp.132 – 133</i>                         |
| Range of entrainment                       | <i>vol.2 : pp.68 – 69</i>                           |
| Rank                                       | <i>vol.2 : pp.51, 53 – 54, 132 – 134</i>            |
| Reaction force                             | <i>vol.1 : p.4</i>                                  |
| Realization theory                         | <i>vol.2 : p.149</i>                                |
| Reconstruction equation                    | <i>vol.1 : pp.114 – 123, 138</i>                    |
| Regular control problem                    | <i>vol.2 : p.45</i>                                 |
| Resolvent                                  | <i>vol.3 : pp.17 – 18</i>                           |
| Reversible system                          | <i>vol.2 : pp.92 – 95</i>                           |
| Rigid body                                 | <i>vol.1 : p.23</i>                                 |
| Rigid body, left lifted action             | <i>vol.1 : pp.38 – 41</i>                           |
| Rigid body, right lifted action            | <i>vol.1 : pp.41 – 43</i>                           |
| Row echelon form                           | <i>vol.2 : p.107</i>                                |
| Row space                                  | <i>vol.2 : p.134</i>                                |
| Runge-kutta method                         | <i>vol.2 : p.83</i>                                 |
| <i>S</i>                                   |   |
| Saddle connection                          | <i>vol.2 : p.94</i>                                 |
| Semidirect product of two sets             | <i>vol.1 : p.24</i>                                 |
| Separatrix                                 | <i>vol.2 : p.89</i>                                 |
| Shape trajectory                           | <i>vol.1 : p.105</i>                                |
| Shift operator                             | <i>vol.3 : pp.1 – 2</i>                             |
| Similar matrices                           | <i>vol.2 : p.142</i>                                |
| Singular matrix                            | <i>vol.2 : pp.41 – 42, 51, 110, 122</i>             |
| Solution, differential-algebraic equations | <i>vol.2 : p.44</i>                                 |
| Span                                       | <i>vol.2 : pp.124 – 125</i>                         |
| Spatial velocity                           | <i>vol.1 : pp.43, 85</i>                            |
| Special euclidean group                    | <i>vol.1 : p.23</i><br><i>vol.2 : pp.1 – 2</i>      |
| Special orthogonal group, $so(n)$          | <i>vol.1 : p.22</i><br><i>vol.2 : pp.1 – 2</i>      |
| Stable                                     | <i>vol.2 : p.76</i>                                 |
| State space model                          | <i>vol.2 : pp.147 – 150</i><br><i>vol.3 : p.5</i>   |
| State transition matrix                    | <i>vol.3 : pp.11 – 13</i>                           |

|                           |   |
|---------------------------|---|
| State vector              | <i>vol.2 : pp.147 – 149</i><br><i>vol.3 : p.5</i>             |
| Strain energy             | <i>vol.2 : pp.5 – 7</i>                                       |
| Structural stability      | <i>vol.2 : p.88</i>   |
| Subspace                  | <i>vol.2 : pp.129 – 130</i>                                   |
| Sum (spaces)              | <i>vol.2 : pp.130 – 131</i>                                   |
| Superposition             | <i>vol.3 : pp.1, 13</i>                                       |
| Symmetric matrix          | <i>vol.2 : p.144</i>  |
| Symmetry                  | <i>vol.1 : pp.108 – 109, 131</i>                              |
| <i>T</i>                  |   |
| Tangent spaces            | <i>vol.1 : pp.29 – 30</i>                                     |
| Taylor series expansion   | <i>vol.3 : pp.7 – 8</i>                                       |
| Tensor product            | <i>vol.1 : p.20</i>   |
| Test                      | <i>vol.3 : pp.1 – 15</i>                                      |
| Time invariance           | <i>vol.2 : p.152</i><br><i>vol.3 : pp.1 – 4</i>               |
| Time-reversal symmetry    | <i>vol.2 : pp.92 – 93</i>                                     |
| Toeplitz matrix           | <i>vol.3 : p.3</i>  |
| Trace                     | <i>vol.2 : pp.78 – 80</i>                                     |
| Transfer function         | <i>vol.2 : pp.146 – 147, 150</i><br><i>vol.3 : pp.18 – 20</i> |
| <i>U</i>                  |   |
| Underactuated system      | <i>vol.1 : p.104</i>  |
| Underdetermined system    | <i>vol.2 : pp.19, 41</i>                                      |
| Unstable                  | <i>vol.2 : p.76</i>   |
| <i>V</i>                  |   |
| Varignon's theorem        | <i>vol.1 : p.1</i>  |
| Vector field              | <i>vol.1 : pp.30 – 31</i><br><i>vol.2 : p.74</i>              |
| Vector mapping            | <i>vol.2 : p.127</i>  |
| Vector space              | <i>vol.2 : pp.122 – 123</i>                                   |
| Vertical space            | <i>vol.1 : p.125</i>  |
| <i>W</i>                  |   |
| Work (mechanical)         | <i>vol.1 : p.145</i>  |
| <i>Z</i>                  |   |
| Z-transform               | <i>vol.3 : pp.14 – 22</i>                                     |
| Zero set                  | <i>vol.1 : pp.76, 110 – 111</i>                               |
| Zeros (transfer function) | <i>vol.2 : p.147</i>  |