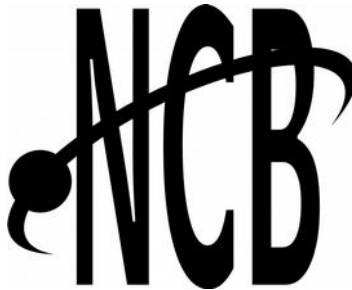


Newton C. Braga

FÓRMULAS E CÁLCULOS PARA ELETRICIDADE E ELETRÔNICA

Editora Newton C. Braga
São Paulo - 2013



Instituto NCB

www.newtoncbraga.com.br
leitor@newtoncbraga.com.br

FÓRMULAS E CÁLCULOS PARA ELETRICIDADE E ELETRÔNICA

Autor: Newton C. Braga

São Paulo - Brasil - 2013

Palavras-chave: Eletrônica - Engenharia Eletrônica - Componentes - Reparação - Projetos - Circuitos práticos - Coletânea de circuitos - Matemática para Eletrônica - Cálculos - Tabelas - Eletricidade - Física - Eletrotécnica - Optoeletrônica - Óptica - Eletrônica Digital

Copyright by
INSTITUTO NEWTON C BRAGA.
1ª edição

Todos os direitos reservados. Proibida a reprodução total ou parcial, por qualquer meio ou processo, especialmente por sistemas gráficos, microfilmicos, fotográficos, reprográficos, fonográficos, videográficos, atualmente existentes ou que venham a ser inventados. Vedada a memorização e/ou a recuperação total ou parcial em qualquer parte da obra em qualquer programa juscibernético atualmente em uso ou que venha a ser desenvolvido ou implantado no futuro. Essas proibições aplicam-se também às características gráficas da obra e à sua editoração. A violação dos direitos autorais é punível como crime (art. 184 e parágrafos, do Código Penal, cf. Lei nº 6.895, de 17/12/80) com pena de prisão e multa, conjuntamente com busca e apreensão e indenização diversas (artigos 122, 123, 124, 126 da Lei nº 5.988, de 14/12/73, Lei dos Direitos Autorais).

Diretor responsável: Newton C. Braga

Diagramação e Coordenação: Renato Paiotti

Índice

| | |
|---|-----------|
| 1. Unidades..... | 19 |
| Parte 1 - Fórmulas de Corrente Contínua..... | 26 |
| 2. Resistência de Um Condutor | 26 |
| Fórmula 2.1..... | 26 |
| Fórmula 2.2..... | 26 |
| Fórmula 2.3..... | 27 |
| 3 - Condutância..... | 29 |
| Fórmula 3.1..... | 29 |
| Fórmula 3.2..... | 29 |
| 4 - Condutância de um comprimento de fio..... | 30 |
| Fórmula 4.1..... | 30 |
| Fórmula 4.2..... | 30 |
| Fórmula 4.3..... | 31 |
| Fórmula 4.4..... | 32 |
| Tabela - Condutância de alguns materiais comuns.... | 32 |
| 5 - Influência da temperatura na resistência de um fio..... | 33 |
| Fórmula 5.1..... | 33 |
| 6 - Lei de Ohm..... | 42 |
| Fórmula 6.1..... | 43 |
| Fórmula 6.2..... | 43 |
| Fórmula 6.3..... | 44 |
| O Círculo Mágico da Lei de Ohm..... | 44 |
| 7 - Potência Elétrica..... | 45 |
| Fórmula 7.1..... | 45 |
| Fórmula 7.2..... | 45 |
| Fórmula 7.3..... | 45 |
| 8 - Lei de Joule..... | 46 |

| | |
|---|----|
| Fórmula 8.1..... | 46 |
| Fórmula 8.2..... | 46 |
| Fórmula 8.3..... | 46 |
| Fórmula 8.4..... | 46 |
| Fórmula 8.5..... | 46 |
| Fórmula 8.6..... | 47 |
| 9 - Energia Elétrica..... | 48 |
| Fórmula 9.1..... | 48 |
| Fórmula 9.2..... | 48 |
| Fórmula 9.3..... | 48 |
| 10 - Lei de Faraday (Eletrólise)..... | 49 |
| Fórmula 10.1..... | 49 |
| Fórmula 10.2..... | 50 |
| Fórmula 10.3..... | 51 |
| 11 - Resistores em Série..... | 52 |
| Fórmula 11.2..... | 52 |
| 12 - Resistores em Paralelo..... | 53 |
| Fórmula 12.1..... | 54 |
| Fórmula 12.2..... | 54 |
| Fórmula 12.3..... | 54 |
| 13 - Divisor de Tensão Resistivo..... | 57 |
| Fórmulas 13.1..... | 57 |
| 14 - Divisor de Tensão Resistivo Carregado..... | 58 |
| Fórmula 14.1..... | 59 |
| 15 - Primeira Lei de Kirchhoff..... | 59 |
| Fórmula 15.1..... | 59 |
| 16 - Segunda Lei de Kirchhoff..... | 60 |
| Fórmula 16.1..... | 60 |
| Fórmula 16.2..... | 61 |
| 17 - Capacitância..... | 62 |
| Fórmula 17.1..... | 62 |
| Fórmula 17.2..... | 62 |
| Fórmula 17.3..... | 62 |
| 18 - Capacitor Plano..... | 63 |
| Fórmula 18.1..... | 63 |
| Fórmula 18.2..... | 64 |
| Fórmula 18.3..... | 64 |

| | |
|---|----|
| 19 - Tensão de Ruptura num Capacitor..... | 67 |
| Fórmula 19.1..... | 67 |
| Fórmula 19.2..... | 67 |
| Fórmula 19.3..... | 67 |
| 20 - Energia armazenada num capacitor..... | 69 |
| Fórmula 20.1..... | 69 |
| Fórmula 20.2..... | 69 |
| 21 - Capacitores em Paralelo..... | 70 |
| Fórmula 21.1..... | 71 |
| Fórmula 21.2..... | 71 |
| 22 - Capacitores em Série..... | 72 |
| Fórmula 22.1..... | 72 |
| Fórmula 22.2..... | 73 |
| Fórmula 22.3..... | 73 |
| 23 - Campo magnético de um solenóide..... | 74 |
| Fórmula 23.1..... | 74 |
| Fórmula 23.2..... | 74 |
| Fórmula 23.3..... | 75 |
| Fórmula 23.4..... | 75 |
| 24 - Indução magnética no interior de um solenóide..... | 75 |
| Fórmula 24.1..... | 76 |
| 2 - Indutância..... | 76 |
| Fórmula 25.1..... | 77 |
| Fórmula 25.2..... | 77 |
| Fórmula 25.3..... | 78 |
| Fórmula 25.4..... | 78 |
| 26 - Indutâncias em série..... | 79 |
| Fórmula 26.1..... | 79 |
| Fórmula 26.2..... | 79 |
| 27 - Indutâncias em paralelo..... | 80 |
| Fórmula 27.1..... | 81 |
| Fórmula 27.2..... | 81 |
| 28 - Indutância mútua..... | 81 |
| Fórmula 28.1..... | 82 |
| Fórmula 28.2..... | 82 |

| | |
|---|-----------|
| Parte 2 - Fórmulas de Corrente Alternada | 83 |
| 29 - Frequência e período..... | 83 |
| Fórmula 29.1..... | 83 |
| Fórmula 29.2..... | 83 |
| 30 - Frequência Angular ou Cíclica..... | 84 |
| Fórmula 30.1..... | 84 |
| Fórmula 30.2..... | 85 |
| 31 - Valor médio..... | 85 |
| Fórmula 31.1..... | 86 |
| Fórmula 31.2..... | 86 |
| 32 - Valor Médio Quadrático (RMS)..... | 86 |
| Fórmula 32.1..... | 87 |
| Fórmula 32.2..... | 87 |
| 33 - Frequência e Comprimento de Onda..... | 88 |
| Fórmula 33.1..... | 88 |
| Fórmula 33.2..... | 89 |
| Fórmula 33.3..... | 89 |
| 34 - Reatância Capacitiva..... | 90 |
| Fórmula 34.1..... | 91 |
| Fórmula 34.2..... | 91 |
| Fórmula 34.3..... | 92 |
| 35 - Reatância Indutiva..... | 92 |
| Fórmula 35.1..... | 93 |
| Fórmula 35.2..... | 93 |
| Fórmula 35.3..... | 94 |
| 36 - Fator de Qualidade..... | 94 |
| Fórmula 36.1..... | 95 |
| Fórmula 36.2..... | 95 |
| Fórmula 36.3..... | 96 |
| Fórmula 36.4..... | 96 |
| 37 - Lei de Ohm para Circuitos AC..... | 96 |
| Fórmula 37.1..... | 97 |
| Fórmula 37.2..... | 97 |
| Fórmula 37.3..... | 97 |
| 38 - Circuito RL em série..... | 98 |
| Fórmula 38.1..... | 98 |
| Fórmula 38.2..... | 98 |

| | |
|---|-----|
| Fórmula 38.3..... | 98 |
| 39 - Circuito RC em Série..... | 99 |
| Fórmula 39.1..... | 100 |
| Fórmula 39.2..... | 100 |
| Fórmula 39.3..... | 100 |
| 40 - Circuito LC em Série..... | 101 |
| Fórmula 40.1..... | 101 |
| Fórmula 40.2..... | 101 |
| Fórmula 40.3..... | 101 |
| 41 Circuito RLC em série..... | 102 |
| Fórmula 41.1..... | 102 |
| Fórmula 41.2..... | 103 |
| Fórmula 41.3..... | 103 |
| 42 - RC em Paralelo..... | 104 |
| Fórmula 42.1..... | 104 |
| 43 - Circuito LR em paralelo..... | 105 |
| Fórmula 43.1..... | 105 |
| 44 - Circuito LC em paralelo..... | 106 |
| Fórmula 44.1..... | 106 |
| Fórmula 44.2..... | 106 |
| 45 - Circuito Ressonante LC (ressonância)..... | 107 |
| Fórmula 45.1..... | 108 |
| Fórmula 45.2..... | 108 |
| Fórmula 45. 3..... | 108 |
| Fórmula 45.4..... | 108 |
| Fórmula 45.5..... | 109 |
| 46 - Constante de Tempo RC..... | 110 |
| Fórmula 46.1..... | 110 |
| Fórmula 46.2..... | 111 |
| Fórmula 46.3..... | 111 |
| 47 - Constante de tempo LC..... | 112 |
| Fórmula 47.1..... | 112 |
| Fórmula 47.2..... | 113 |
| Fórmula 47.3..... | 113 |
| 48 - Acoplamento indutivo em transformadores..... | 113 |
| Fórmula 48.1..... | 114 |
| 49 - Acoplamento Indutivo Direto..... | 114 |

| | |
|--|-----|
| Fórmula 49.1..... | 115 |
| 50 - Acoplamento Ohmico..... | 115 |
| Fórmula 50.1..... | 116 |
| 51 - Acoplamento Capacitivo..... | 116 |
| Fórmula 51.1..... | 116 |
| 52 - Filtros Passa-Baixas..... | 117 |
| Fórmula 52.1..... | 117 |
| 53 - Filtros Passa-Altas..... | 118 |
| Fórmula 53.1..... | 119 |
| 54 - Filtros Passa-Faixas ou Passa-Banda..... | 120 |
| Fórmula 54.1..... | 121 |
| 55 - Diferenciação..... | 122 |
| Fórmula 55.1..... | 122 |
| Fórmula 55.2..... | 122 |
| 56 - Integração..... | 123 |
| Fórmula 56.1..... | 123 |
| 57 - Ruído..... | 123 |
| 58 - Largura de Faixa ou Largura de Banda..... | 124 |
| Fórmula 58.1..... | 124 |
| 59 - Relação de Tensões em Transformadores..... | 125 |
| Fórmula 59.1..... | 126 |
| 60 - Relação de correntes em transformadores..... | 127 |
| Fórmula 60.1..... | 127 |
| 61 - Relação de Impedâncias num Transformador..... | 128 |
| Fórmula 61.1..... | 128 |
| 62 - Decibel..... | 131 |
| Fórmula 62.1..... | 131 |
| Fórmula 62.2..... | 132 |
| Fórmula 63.3..... | 132 |
| 63 - O Neper..... | 134 |
| Fórmula 63.1..... | 135 |
| 64 - Atenuador T Balanceado..... | 135 |
| Fórmula 64.1..... | 136 |
| Fórmula 64.2..... | 136 |
| 65 - Atenuador PI (π) balanceado..... | 137 |
| Fórmula 65.1..... | 138 |
| Fórmula 65.2..... | 138 |

| | |
|---|------------|
| 66 - Atenuador T não balanceado..... | 139 |
| Fórmula 66.1..... | 140 |
| Fórmula 66.2..... | 140 |
| Fórmula 66.3..... | 140 |
| 67 - Atenuador Pi (π) não balanceado..... | 140 |
| Fórmula 67.1..... | 141 |
| Fórmula 67.2..... | 141 |
| Fórmula 67.3..... | 142 |
| 68 - Dipolo de Meia Onda..... | 142 |
| Fórmula 68.1..... | 143 |
| Fórmula 68.2..... | 143 |
| 69 - Dipolo dobrado de meia onda | 143 |
| Fórmula 69.1..... | 144 |
| Fórmula 69.2..... | 144 |
| 70 - Alcance (sinais de VHF e acima)..... | 146 |
| Fórmula 70.1..... | 146 |
| 71 - Cabo Coaxial..... | 147 |
| Fórmula 71.1..... | 147 |
| Fórmula 71.2..... | 148 |
| Fórmula 71.3..... | 148 |
| 72 - Linha Balanceada de Dois Condutores Paralelos..... | 148 |
| Fórmula 72.1..... | 149 |
| Fórmula 72.2..... | 149 |
| Fórmula 72.3..... | 150 |
| 73 - Rede π ou Filro π | 150 |
| Fórmula 73.1..... | 151 |
| Fórmula 73.2..... | 151 |
| Fórmula 73.3..... | 151 |
| Fórmula 73.4..... | 151 |
| Parte 3 - Fórmulas Para Circuitos Eletrônicos..... | 153 |
| 74 - Diodo Semicondutor..... | 153 |
| Fórmula 74.1..... | 153 |
| 75 - Retificador de meia onda..... | 153 |
| Fórmula 75.1..... | 154 |
| Fórmula 75.2..... | 154 |
| 76 - Retificador de Onda Completa..... | 155 |

| | |
|--|-----|
| Fórmula 76.1:..... | 155 |
| Fórmula 76.2..... | 156 |
| Fórmula 76.3..... | 156 |
| 77 - Coeficiente de Filtro LC..... | 157 |
| Fórmula 77.1..... | 158 |
| Fórmula 77.2..... | 158 |
| 78 - Coeficiente de Filtro RC..... | 159 |
| Fórmula 78. 1..... | 159 |
| Fórmula 78.2..... | 160 |
| 79 - Fator de Ripple..... | 160 |
| Fórmula 79.1..... | 160 |
| 80 - Indutância de Filtro..... | 161 |
| Fórmula 80.1..... | 162 |
| Fórmula 80.1a..... | 162 |
| 81 - Capacitância de Filtro..... | 163 |
| Fórmula 81.1 | 163 |
| Fórmula 81.2..... | 164 |
| 82 - Dobrador de Tensão Convencional..... | 164 |
| Fórmula 82.1..... | 164 |
| 83 - Dobrador de Tensão em Cascata..... | 165 |
| Fórmula 83.1..... | 165 |
| 84 - Dobrador de Tensão em Ponte..... | 165 |
| Fórmula 84.1 | 166 |
| 85 - Triplicador de Onda Completa..... | 166 |
| 86 - Triplicador de Tensão em Cascata..... | 167 |
| Fórmula 86.1..... | 168 |
| 87 - Quadruplicador de Onda Completa..... | 168 |
| Fórmula 87.1..... | 168 |
| 88 - ZENER | 169 |
| Fórmula 88.1..... | 169 |
| Fórmula 88.2 | 170 |
| Fórmula 88.3..... | 170 |
| Fórmula 88.4..... | 171 |
| 89 - Divisor de Tensão Capacitivo..... | 172 |
| Fórmula 89.1..... | 172 |
| Fórmula 89.2..... | 173 |
| Fórmula 89.3..... | 173 |

| | |
|--|------------|
| Fórmula 89.4..... | 173 |
| 90 - NTC..... | 175 |
| Fórmula 90.1..... | 175 |
| Fórmula 90.2..... | 176 |
| 91 - PTC..... | 176 |
| Fórmula 91.1..... | 177 |
| 92 - Varicaps..... | 177 |
| Fórmula 92.1..... | 178 |
| Transistores..... | 179 |
| 93 - Ganho Estático de Corrente (Emissor Comum)..... | 179 |
| Fórmula 93.1..... | 179 |
| 94 - Ganho Estático de Corrente (Configuração de Base Comum)..... | 180 |
| Fórmula 94.1..... | 180 |
| 95 - Relação entre Alfa e Beta..... | 180 |
| Fórmula 95.1..... | 181 |
| Fórmula 95.2..... | 181 |
| 96 - Parâmetros Híbridos..... | 183 |
| Fórmula 96.1..... | 183 |
| Fórmula 96.2..... | 183 |
| Fórmula 96.3..... | 184 |
| Fórmula 96.4..... | 184 |
| Fórmula 96.5..... | 184 |
| Fórmula 96.6..... | 184 |
| Fórmula 96.7..... | 184 |
| 97 - Base Comum..... | 186 |
| Fórmulas 97.1..... | 186 |
| 98 - Emissor Comum..... | 187 |
| Fórmula 98.1..... | 187 |
| 99 - Coletor Comum..... | 187 |
| Fórmulas 99.1..... | 188 |
| Grandezas Básicas de Circuitos com Transistores..... | 189 |
| 100 - Saída em curto-circuito..... | 189 |
| Fórmula 100.1..... | 189 |
| Fórmula 100.2..... | 189 |

| | |
|--|-----|
| Fórmula 100.3..... | 190 |
| Fórmula 100.4..... | 190 |
| 101 - Saída com Circuito Aberto..... | 191 |
| Fórmula 101.1..... | 191 |
| Fórmula 101.2..... | 191 |
| Fórmula 101.3..... | 191 |
| Fórmula 101.4..... | 191 |
| Fórmula 101.5..... | 192 |
| 102 - Transistor – Entrada em curto-circuito..... | 192 |
| Fórmula 102.1..... | 192 |
| Fórmula 102.2..... | 192 |
| Fórmula 102.3..... | 192 |
| Fórmula 102.4..... | 193 |
| 103 - Transistor – Entrada em circuito aberto..... | 193 |
| Fórmula 103.1..... | 193 |
| Fórmula 103.2..... | 193 |
| Fórmula 103.3..... | 193 |
| Fórmula 103.4..... | 194 |
| 104 - Fórmulas usuais para configuração de base comum...194 | |
| Fórmula 104.1..... | 194 |
| Fórmula 104.2..... | 195 |
| Fórmula 104.3..... | 195 |
| Fórmula 104.4..... | 196 |
| Fórmula 104.5..... | 196 |
| Fórmula 104.6..... | 196 |
| 105 - Fórmulas usuais para a configuração de emissor comum..... | 197 |
| Fórmula 105.1..... | 197 |
| Fórmula 105.2..... | 198 |
| Fórmula 105.3..... | 198 |
| Fórmula 105.4..... | 199 |
| Fórmula 105.5..... | 199 |
| Fórmula 105.6..... | 199 |
| 106 - Fórmulas usuais para a configuração de coletor comum..... | 200 |
| Fórmula 106.2..... | 200 |
| Fórmula 106.2..... | 200 |

| | |
|---|------------|
| Fórmula 106.3..... | 201 |
| Fórmula 106.4..... | 201 |
| Fórmula 106.5..... | 202 |
| Fórmula 10.6..... | 202 |
| Fórmulas Práticas Para Transistores..... | 204 |
| 107 - Resistência de Carga..... | 204 |
| Fórmula 107.1..... | 205 |
| 108 - Resistência de polarização de base..... | 205 |
| Fórmula 108.1..... | 206 |
| 109 - Polarização automática de base..... | 207 |
| Fórmula 109.1..... | 208 |
| 110 - Ganho em Fonte Comum..... | 209 |
| Fórmula 110.1..... | 210 |
| 111 - Ganho em dreno comum..... | 210 |
| Fórmula 111.1 (ganho)..... | 211 |
| Fórmula 111.2 (Impedância de saída)..... | 211 |
| 112 - Comporta Comum (Gate comum)..... | 212 |
| Fórmula 112.1..... | 213 |
| Fórmula 112.2..... | 213 |
| 113 - Transistor Unijunção (UJT ou TUJ)..... | 214 |
| Fórmula 113.1..... | 215 |
| Fórmula 113.2..... | 215 |
| Formula 113.3..... | 215 |
| Fórmula 113.4..... | 216 |
| Fórmula 113.5..... | 217 |
| 114 - SCR..... | 218 |
| Fórmula 114.1..... | 219 |
| Fórmula 114.2..... | 219 |
| Fórmula 114.3..... | 220 |
| Fórmula 114.4..... | 220 |
| Formula 114.5..... | 221 |
| Fórmula 114.6..... | 221 |
| 115 - Triac..... | 222 |
| Fórmula 115.1..... | 222 |
| Fórmula 115.2..... | 223 |

| | |
|--|------------|
| Osciladores..... | 224 |
| 116 - Multivibrador Astável..... | 224 |
| Fórmula 116.1..... | 224 |
| Fórmula 116.2..... | 225 |
| Fórmula 116.3..... | 225 |
| Fórmula 116.4..... | 226 |
| 117 - Oscilador de Relaxação com Lâmpada Neon..... | 227 |
| Fórmula 117.1..... | 227 |
| Fórmula 117.2..... | 228 |
| 118 - Oscilador por deslocamento de fase..... | 230 |
| Fórmula 118.1..... | 230 |
| 119 - Oscilador por Ponte de Wien..... | 232 |
| Fórmula 119.1..... | 232 |
| 120 - Oscilador de Duplo T..... | 233 |
| 121 - Oscilador Hartley..... | 237 |
| Fórmula 121.2..... | 238 |
| 122 - Oscilador Colpitts..... | 238 |
| Fórmula 122.1..... | 239 |
| 122 - Oscilador CMOS de Duas Portas (1)..... | 240 |
| Formula 122.1..... | 241 |
| Fórmula 122.2..... | 241 |
| Fórmula 122.3..... | 241 |
| 124 - Oscilador CMOS de Duas Portas (2)..... | 242 |
| Fórmula 124.1..... | 243 |
| Fórmula 124.2..... | 244 |
| Fórmula 124.3..... | 244 |
| 125 - Oscilador CMOS com Disparador Schmitt..... | 245 |
| Fórmula 125.1..... | 246 |
| Fórmula 125.2..... | 247 |
| 126 - O 555 Astável..... | 247 |
| Fórmula 126.2..... | 248 |
| Fórmula 126.2..... | 248 |
| Fórmula 126.3..... | 249 |
| Fórmula 126.4..... | 249 |
| Fórmula 126.5..... | 249 |
| 127 - 555 Monoestável..... | 251 |
| Fórmula 127.1..... | 252 |

| | |
|---|------------|
| ANEXOS..... | 255 |
| RESOLUÇÃO CONMETRO Nº 12 DE 12 DE OUTUBRO DE 1988..... | 255 |

.Apresentação

Este manual foi preparado para todos os que trabalham com eletricidade e eletrônica. Engenheiros, técnicos, estudantes, professores e mesmo amadores terão neste livro um rico conteúdo para seu trabalho de projeto, determinação de características e dimensionamento de componentes e circuitos.

Assim, durante sua vida profissional o autor, que projetou centenas de circuitos elétricos e eletrônicos, colecionou uma enorme quantidade de fórmulas e informações técnicas que podem ser de grande utilidade para todos que fazem este tipo de trabalho.

Na prática, todos que realizam um projeto, devam fazer um trabalho para a escola ou ainda precisam determinar as características de um componente ou um circuito para uma aplicação, encontram como dificuldade principal encontrar a informação necessária.

Atualmente, a grande fonte de informação para isso é a Internet. No entanto, ela apresenta um problema básico que dificulta o trabalho de todos.

Além de estar dispersa, é comum o uso de unidades diferentes, o esquecimento do valor de uma constante, um fator de multiplicação ou mesmo um expoente.

Colocando as principais fórmulas, tabelas num único lugar, o projetista, estudante ou professor podem encontrar a informação que precisa com muito mais facilidade e, mais do que isso, pode carregá-la para onde for, quer no seu tablet ou smarphone, se for a versão E-book como na sua maleta de trabalho, se for a versão impressa.

As tabelas, por outro lado, contém uma grande quantidade de informações importantes, tais como valores de constantes, propriedades físicas de circuitos e materiais, e mesmo valores já calculados para serem usados em procedimentos de projeto, economizando tempo e também evitando a possibilidade de um erro.

Finalmente, encontramos neste livro leis e teoremas descrevendo as propriedades de certos circuitos e dispositivos,

além de procedimentos que devem ser adotados quando se faz um trabalho prático.

Uma boa parcela das fórmulas apresentadas é acompanhada de exemplos de aplicação, Estes exemplos são muito importantes para mostrar como os cálculos são feitos usando a informação dada.

Para se evitar problemas de obtenção de resultados incorretos, todas as fórmulas possuem a indicação das unidades usadas, e nos casos em que se julgar necessário, informações sobre sua conversão são dadas.

Como os leitores que irão utilizar este manual possuem todos os níveis de formação, as fórmulas que encontramos vão das mais simples, onde a operações aritméticas elementares são usadas, tais como a soma, subtração, multiplicação e divisão são usadas, passando pelas intermediárias em que já temos o uso das funções trigonométricas, expoentes e raízes, e chegando as mais avanças onde o cálculo integral e diferencial é encontrado.

Sabemos que a matemática é uma ciência exata e isso é importante quando fazemos seu uso na maioria das aplicações.

No entanto, na eletrônica "do mundo real", componentes e circuitos trabalham com uma boa margem de tolerância, o que significa que os resultados práticos que obtemos ao fazer um projeto partindo de fórmulas e procedimentos de cálculos podem ser bem diferentes dos esperados.

Até comum que se diga nos meios técnicos que para a eletrônica "na prática a teoria é outra".

Assim, ao utilizar as fórmulas e procedimentos dados neste livro para se fazer um projeto, ou para se conferir o funcionamento de um circuito, é comum que se necessite de "ajustes", que são pequenas alterações de valores de componentes que levem aos resultados esperados.

Também deve ser levado em conta que muitas fórmulas dadas neste livro são empíricas.

O que ocorre é que em muitos casos, as fórmulas exatas para uma aplicação são extremamente longas, complexas e até utilizam procedimentos não comuns para as pessoas que tenham uma formação básica ou média em matemática.

Cortando estas fórmulas ou adotando certas constantes, ou ainda limitando o uso da fórmula a uma faixa de condições, a fórmula pode ser simplificada, levando a resultados próximos do desejado, com um procedimento de cálculo muito menos trabalhoso. Estas são as fórmulas empíricas que encontraremos em muitos casos neste livro.

Também devemos fazer algumas observações sobre o uso das unidades.

Neste trabalho daremos preferência ao uso das unidades no sistema internacional de unidades ou SI, em que os valores são expressos em sua maioria em valores decimais. Seguiremos as recomendações dadas pela ABNT que normaliza o uso das unidades em nosso país.

Em alguns casos, visando facilitar o uso das fórmulas pelos leitores menos experientes com o trato da matemática, poderemos em utilizar notações "não convencionais".

Para as multiplicações, por exemplo, teremos o símbolo preferencial usado o "X", mas em alguns casos poderemos encontrar o "*" ou mesmo o ".". As tabelas foram obtidas de diferentes fontes, das quais destacamos os manuais de física, livros de engenharia, manuais de fabricantes de componentes, Internet, livros de matemática, normas da ABNT, e muito mais.

Na maioria dos casos a confiabilidade dessas informações é grande e quando em dúvida conferimos com outras fontes, pois podem ocorrer pequenas discrepâncias, principalmente em relação a características de componentes e materiais.

Algumas fórmulas também foram elaboradas pelo próprio autor, utilizando programas que ele criou para esta finalidade.

Essa é a idéia deste livro que, na verdade, teve uma edição feita por nós em 1999 nos Estados Unidos, mas que levou a uma versão em português.

A edição original está esgotada, mas muito de seu conteúdo é atual, bastante que certas modificações em relação às formas de expressar certas grandezas sejam feitas.

Coletamos então o material básico daquela edição e acrescentamos outros, relacionados com tecnologias mais modernas e, além disso, damos exemplos práticos de sua

utilização. Esta é, portanto, a finalidade deste livro: ajudar todos que precisam de fórmulas específicas para a realização de projetos ou de trabalhos, colocando-as de uma forma organizada e dando exemplos práticos.

O autor - 2013

1. Unidades

As unidades adotadas em nosso país, e que usamos neste livro, foram normalizadas pela Resolução CONMETRO n° 12 de 12 de outubro de 1988.

Nesta resolução também são dados os modos como as diversas unidades devem ser grafadas. A seguir, reproduzimos esta resolução na íntegra em anexo no final do livro, por ser de grande utilidade para todos os profissionais da eletricidade e eletrônica.

Tabela 1

Unidades elétricas básicas e símbolos

| Unidade | Símbolo | Grandeza | Observações |
|---------------------------|----------------|--------------------------------|---------------------------------------|
| ampère | A | Corrente elétrica | - |
| ampère-Hora | Ah | Energia elétrica | - |
| ampère-Volta | At | Intensidade do campo magnético | Unidade do CGS – prefere-se o oersted |
| bel | B | Nível de potência de áudio | - |
| coulomb | C | Carga elétrica | - |
| ciclos por Segundo | c/s | Frequência | Não usada – prefere-se o hertz |
| decibel | dB | Nível de potência de áudio | - |
| decibel – referido a 1 mW | dBm | Nível de potência | - |
| farad | F | Capacitância | - |
| gauss | G | Indução | É uma unidade |