OBSAH

	Seznam nejpoužívanějších symbolů	9
1.	**Úvod** (Dr. Ing. Josef Bednařík)	11
2.	**Základy teorie pravděpodobnosti a matematické statistiky** (Dr. Ing. Josef Bednařík, Ing. Luděk Šebek)	13
2.1.	Náhodné jevy	13
2.2.	Definice pravděpodobnosti	15
2.3.	Náhodné veličiny	20
2.4.	Rozdělení pravděpodobnosti náhodných veličin	26
2.5.	Přehled základních pojmů matematické statistiky	33
2.6.	Literatura ke kap. 2	36
3.	**Základy teorie spolehlivosti** (Dr. Ing. Josef Bednařík, Ing. Luděk Šebek)	37
3.1.	Definice základních pojmů spolehlivosti v technice podle ČSN 01 0102	37
3.2.	Doplňující informace k definicím ukazatelů spolehlivosti	41
3.3.	Nejpoužívanější ukazatele spolehlivosti	43
3.4.	Úvod do teorie obnovy	45
3.5.	Literatura ke kap. 3	51
4.	**Spolehlivost součástkové základny pro elektroniku** (RNDr. Jaroslav Matějček, CSc.)	52
4.1.	Úvod	52
4.2.	Fyzikální a metodické základy předpovědi spolehlivosti součástek	52
4.3.	Spolehlivostní vlastnosti součástek	55
4.4.	Předpověď bezporuchovosti součástek	56
4.4.1.	Stanovení intenzity poruch součástek pro orientační výpočty spolehlivosti systémů	56
4.4.2.	Vliv provozních podmínek na intenzitu poruch součástek	57
4.4.3.	Kategorizace součástek z hlediska spolehlivosti	58
4.4.4.	Stanovení intenzity poruch součástek pro zpřesněné výpočty spolehlivosti systémů	58
4.5.	Spolehlivostní vlastnosti základních skupin elektronických součástek	59
4.5.1.	Integrované obvody	59
4.5.2.	Diskrétní polovodičové součástky	61
4.5.3.	Rezistory	62
4.5.4.	Kondenzátory	64
4.5.5.	Transformátory a cívky	65
4.5.6.	Motory	66
4.5.7.	Relé	67
4.5.8.	Přepínače a spínače	68
4.5.9.	Konektory	69
4.5.10.	Plošné spoje	70
4.5.11.	Spoje	70

4.5.12. Ostatní součástky ... 71
4.6. Závěr ... 72
4.7. Literatura ke kap. 4 ... 73

5. Zkoušky spolehlivosti v elektronice (Ing. Miroslav Beránek) ... 74

5.1. Úvod ... 74
5.2. Odhad parametrů základního souboru ... 75
5.3. Rozdělení zkoušek spolehlivosti ... 82
5.3.1. Určující zkoušky spolehlivosti ... 82
5.3.2. Ověřovací zkoušky spolehlivosti ... 87
5.4. Význam zkoušek spolehlivosti součástek ... 88
5.5. Dlouhodobé zkoušky spolehlivosti součástek ... 90
5.5.1. Cíle a podmínky dlouhodobých zkoušek součástek ... 90
5.5.2. Sledování stability funkčních vlastností součástek ... 94
5.5.3. Výhody a nevýhody dlouhodobých zkoušek spolehlivosti součástek ... 95
5.5.4. Postup při zkouškách součástek ... 96
5.6. Zrychlené zkoušky spolehlivosti součástek ... 96
5.6.1. Cíle a podmínky zrychlených zkoušek součástek ... 96
5.6.2. Použitelnost zrychlených zkoušek součástek ... 97
5.6.3. Výhody a nevýhody zrychlených zkoušek součástek ... 98
5.6.4. Postup při zrychlených zkouškách součástek ... 98
5.7. Třídicí zkoušky součástek ... 100
5.7.1. Cíle a podmínky třídicích zkoušek součástek ... 100
5.7.2. Primární a sekundární třídění součástek ... 101
5.7.3. Třídicí zkoušky u uživatele součástek ... 105
5.7.4. Postup při třídicích zkouškách součástek ... 106
5.8. Zkoušky spolehlivosti elektronických zařízení ... 107
5.8.1. Cíle zkoušek elektronických zařízení ... 107
5.8.2. Postup při zkouškách elektronických zařízení ... 109
5.9. Literatura ke kap. 5 ... 115

6. Spolehlivost elektronických výrobků a systémů (Dr. Ing. Josef Bednařík) ... 116

6.1. Úvod ... 116
6.2. Přehled spolehlivostních vlastností nosných skupin výrobků ... 116
6.3. Poruchovost systémů v provozu ... 119
6.4. Programy spolehlivosti ... 120
6.4.1. Koncepce programů spolehlivosti ... 120
6.4.2. Časový průběh programu spolehlivosti ... 120
6.4.3. Zajišťování výrobních programů spolehlivosti ... 124
6.5. Literatura ke kap. 6 ... 125

7. Výpočet ukazatelů spolehlivosti systémů (Dr. Ing. Josef Bednařík, Ing. Petr Brož, Ing. Luděk Šebek) ... 126

7.1. Příprava výpočtu ukazatelů spolehlivosti systémů ... 126
7.1.1. Úvod ... 126
7.1.2. Struktura systémů ... 126
7.1.3. Rozdělení pravděpodobnosti ukazatelů spolehlivosti systémů ... 127
7.1.4. Techniky výpočtů spolehlivosti ... 127
7.1.5. Spolehlivostní modely systémů ... 128
7.1.6. Postupy výpočtu spolehlivosti a jejich omezení ... 129
7.2. Dvoustavové sériově paralelní systémy ... 130

7.2.1. Spolehlivostní bloková schémata ... 130
7.2.2. Sériové zapojení ... 130
7.2.3. Paralelní zapojení ... 131
7.2.4. Sériově paralelní zapojení ... 132
7.3. Spolehlivost systémů s obecnou strukturou ... 133
7.3.1. Úvod ... 133
7.3.2. Metoda minimálních cest a hranových řezů ... 135
7.3.3. Hodnocení přesnosti výpočtu ... 140
7.4. Spolehlivost vícestavových systémů ... 141
7.4.1. Úvod ... 141
7.4.2. Markovovy procesy ... 142
7.4.3. Sestavení matice intenzit přechodů logickou dedukcí ... 144
7.4.4. Sestavení matice intenzit přechodů pomocí grafů intenzit přechodů ... 146
7.4.5. Praktické použití Markovových procesů ... 149
7.5. Vzorce pro výpočet ukazatelů spolehlivosti a příklady jejich použití ... 151
7.5.1. Úvod ... 151
7.5.2. Sériový neobnovovaný systém ... 151
7.5.3. Sériový systém s obnovou ... 154
7.5.4. Neobnovované systémy se zálohováním ... 154
7.5.5. Obnovované systémy ... 165
7.5.6. Majoritní zálohování ... 175
7.6. Statistické modelování metodou Monte Carlo ... 176
7.7. Poruchový model ve formě stromu poruch ... 180
7.7.1. Základní pojmy a pravidla ... 180
7.7.2. Konstrukce stromu poruch ... 181
7.7.3. Výhody a omezení použitelnosti stromu poruch ... 184
7.8. Literatura ke kap. 7 ... 184

8. Základy technické diagnostiky (Doc. Ing. Jan Hlavička, DrSc.) ... 186

8.1. Úvod ... 186
8.2. Základní pojmy ... 188
8.2.1. Určení technického stavu ... 188
8.2.2. Model poruchy ... 190
8.3. Diagnostické testy ... 191
8.4. Generování testů ... 194
8.4.1. Intuitivní zcitlivění cesty ... 194
8.4.2. Použití tabulek úplných testů ... 198
8.5. Zkoušeče ... 202
8.5.1. Zkoušeče součástek ... 202
8.5.2. Zkoušeče neosazených desek a kabeláže ... 204
8.5.3. Zkoušeče osazených desek ... 205
8.6. Diagnostický systém samočinného počítače ... 208
8.6.1. Mikrodiagnostika ... 209
8.6.2. Programová diagnostika ... 210
8.7. Návrh snadno diagnostikovatelných obvodů ... 211
8.8. Význam diagnostiky pro spolehlivost systému ... 212
8.9. Literatura ke kap. 8 ... 215

9. Úvod do spolehlivosti mikroprocesorových systémů (Ing. Jaroslav Slípka, CSc.) ... 216

9.1. Poruchy v mikroprocesorových systémech ... 216
9.2. Zabezpečení mikroprocesorového systému proti poruchám ... 216

9.3. Bezpečnostní kódy ... 217
9.4. Obvody pro kontrolu aktivity ... 220
9.5. Programové zabezpečení proti poruchám ... 221
9.6. Příznaková analýza ... 222
9.7. Příklady zabezpečení mikroprocesorových systémů proti poruchám ... 223
9.7.1. Mikroprocesorový systém částečně zabezpečený proti poruchám elektronickými a programovými prostředky ... 223
9.7.2. Mikroprocesorový systém částečně zabezpečený proti poruchám programovými prostředky ... 227
9.8. Spolehlivost programového vybavení ... 230
9.9. Literatura ke kap. 9 ... 233

10. Zásady návrhu spolehlivých výrobků (Ing. Luděk Šebek) ... 235

10.1. Všeobecné úvodní předpoklady ... 235
10.2. Ekonomika spolehlivosti ... 240
10.3. Činnosti ovlivňující spolehlivost výrobků ... 272
10.3.1. Zatížení součástek ... 274
10.3.2. Teplotní návrh ... 275
10.3.3. Mechanický návrh ... 278
10.3.4. Technologický návrh ... 280
10.4. Literatura ke kap. 10 ... 282

11. Dodatek 1. Příklad spolehlivostního návrhu složitého systému (Ing. Vladimír Šolc) 283

11.1. Úvod ... 283
11.2. Zadání ... 283
11.3. Rozbor zadání ... 284
11.4. Odhad spolehlivostních parametrů ... 285
11.5. Předběžný výpočet parametru M ... 288
11.6. Analýza spolehlivostního modelu ... 290
11.7. Požadavky na součástkovou základnu a na díly řešené formou kooperace ... 295
11.8. Spolehlivostní program ... 296
11.9. Závěr ... 297

12. Dodatek 2 (Dr. Ing. Josef Bednařík, Ing. Miroslav Beránek, RNDr. Jaroslav Matějček, CSc., Ing. Luděk Šebek) ... 298

12.1. Tabulky pro výpočty parametrů spolehlivosti (tab. 22 až 47) ... 298
12.2. Tabulky matematických funkcí (tab. 48, 49 a 50) ... 316
Rejstřík ... 327