

Obsah

Předmluva	10
1 Úvod do problematiky řízení spolehlivosti	13
1.1 Definice spolehlivosti	14
1.1.1 Ukazatele spolehlivosti neobnovovaných objektů . . .	16
1.1.2 Ukazatele spolehlivosti obnovovaných objektů	20
1.1.3 Hodnoty ukazatelů spolehlivosti	22
1.2 Metody řízení spolehlivosti	23
1.2.1 Předcházení poruchám	27
1.2.2 Odolnost proti poruchám	28
1.3 Oblasti využití systémů odolných proti poruchám	34
2 Hodnocení spolehlivosti číslicových systémů	37
2.1 Modely systémů s nezávislými prvky	37
2.1.1 Sériový model	38
2.1.2 Paralelní model	39
2.1.3 Kombinované modely	40
2.1.4 Modely využívající stavový graf	41
2.1.5 Metoda řezů	44
2.1.6 Stromy poruch	45
2.2 Markovské spolehlivostní modely	47
2.2.1 Markovské náhodné procesy	47
2.2.2 Markovské modely s absorpčními stavy	54
2.2.3 Markovské modely bez absorpčních stavů	66
2.2.4 Modely s časově závislými intenzitami událostí . . .	73
2.3 Spolehlivostní modely složitých systémů	80
2.3.1 Víceúrovňové matematické modely	80

2.3.2	Simulační spolehlivostní modely	82
2.3.3	Programová realizace spolehlivostních výpočtů	85
3	Zálohování	91
3.1	Klasifikace forem zálohy	91
3.1.1	Použité prostředky	92
3.1.2	Stupeň využití zálohy v čase	92
3.1.3	Úroveň využití zálohy	93
3.1.4	Vztah záložního a zálohovaného prvku	94
3.1.5	Funkce zálohy	94
3.2	Statická záloha	95
3.2.1	Úroveň součástí	96
3.2.2	Systém TMR	98
3.2.3	Systém NMR	101
3.3	Dynamická záloha	104
3.3.1	Režimy činnosti dynamické zálohy	104
3.3.2	Duplexní systém	108
3.3.3	Biduplexní systém	111
3.3.4	Záloha typu "M z N"	112
3.4	Hybridní záloha	113
4	Samoopravné kódy	116
4.1	Základní pojmy	116
4.1.1	Kódování a dekodování	116
4.1.2	Typy chyb v informaci	117
4.1.3	Grupy, tělesa a vektorové prostory	120
4.1.4	Hammingova váha a Hammingova vzdálenost	125
4.1.5	Aritmetické chyby a aritmetická váha	127
4.1.6	Rozdělení kódů	129
4.2	Lineární kódy pro opravu jednobitových nezávislých chyb v operačních pamětech počítačů	130
4.2.1	Hammingův kód	131
4.2.2	Rozšířený Hammingův kód	134
4.2.3	Výpočet spolehlivosti paměťového systému s opravou chyb	138

4.2.4	Samoopravné kódy s detekcí slabikových chyb	140
4.3	Cyklické kódy	141
4.3.1	Cyklické kódy opravující nezávislé chyby	141
4.3.2	Cyklické kódy opravující jednonásobné shluky chyb .	153
4.3.3	Majoritní dekódování cyklických kódů	161
4.4	BCH-kódy a RS-kódy	163
4.4.1	Kódy pro operační paměti s opravou dvou nezávis- lých chyb	163
4.4.2	RS-kódy pro paměťové podsystemy	166
4.5	Aritmetické kódy	175
4.5.1	Násobkové a zbytkové aritmetické kódy	175
4.5.2	Kódy zbytkových tříd	177
5	Architektura systémů odolných proti poruchám	179
5.1	Vývoj architektury systémů odolných proti poruchám . . .	180
5.1.1	Počátky	180
5.1.2	Počítače pro kosmický výzkum	181
5.1.3	Vývoj metod zálohování střediskových počítačů . . .	183
5.2	Systémy pro letectví a kosmonautiku	184
5.2.1	FTMP	188
5.2.2	SIFT	190
5.2.3	Počítač raketoplánu NASA	192
5.2.4	Další systémy	194
5.3	Systémy pro řízení kolejové dopravy	195
5.3.1	Systém COMTRAC	195
5.3.2	Systém ADS	198
5.3.3	Systém ICS	200
5.4	Počítače pro řízení telefonních ústředen	202
5.4.1	Systémy ESS	203
5.4.2	Systém AXE	209
5.4.3	Systém SSP 113	211
5.4.4	Ústředny dalších výrobců	213
5.5	Lodní palubní počítač	213
5.6	Počítač pro řízení příjmu z družice	215
5.7	Systémy pro zpracování transakcí	218

5.7.1	Systémy firmy Tandem	218
5.7.2	Systémy firmy Stratus	228
5.7.3	Systém Eternity	232
5.7.4	VAXft	234
5.7.5	Další systémy	235
5.8	Systémy pro automatické řízení technologických procesů	237
5.8.1	August Systems série 300	238
5.8.2	Systém Triplex 32	241
5.8.3	Systemsafe/1000	241
5.8.4	Další systémy	243
5.9	Využití odolnosti proti poruchám na úrovni obvodů VLSI	244
5.9.1	Paměťové čipy	245
5.9.2	Rekonfigurovatelné procesorové čipy	248
5.9.3	Mikroprocesorové stavebnice	252
5.10	Projekty realizované v Československu	254
5.11	Perspektivy dalšího vývoje	256
6	Programové vybavení systémů odolných proti poruchám 259	
6.1	Úloha programového vybavení v systému odolném proti poruchám	259
6.1.1	Poruchy, chyby a programy	259
6.1.2	Využití redundance	262
6.1.3	Zotavení po poruše	264
6.2	Hlavní metody zotavení	267
6.2.1	Opakování pokusu	267
6.2.2	Návrat na bod opakování	268
6.2.3	Zotavení transakcí	274
6.2.4	Bloky zotavení	275
6.2.5	SIFT - programově implementovaná odolnost	277
6.2.6	Rekonfigurace, distribuované systémy	283
6.2.7	Odolné programování	285
6.2.8	Ochrana počítačových systémů proti zneužití a poškození informací	289
6.3	Příklady programového vybavení systémů odolných proti poruchám	291

6.3.1	Programové vybavení systému FTMP	291
6.3.2	Programové vybavení systému SIFT	294
6.3.3	Operační systém RTTS (August Systems série 300) .	296
6.3.4	Operační systém Guardian (Tandem NonStop) . . .	298
6.3.5	Operační systém UNIX RTR	300
6.3.6	Odolnost programového vybavení univerzálních po- čítačů	301

A	Výtah z metodiky výpočtu intenzity poruch podle MIL- HDBK-217	303
	Bibliografie	309
	Rejstřík	324