

Obsah

1	Číslicové signály a systémy	1
1.1	Úvod	1
1.2	Číslicové signály - posloupnosti	2
1.2.1	Základní typy posloupností	3
1.2.2	Základní typy operací s posloupnostmi	6
1.3	Základní vlastnosti číslicových systémů	8
2	Prostředky popisu LTI soustav	22
2.1	Diferenční rovnice	22
2.1.1	Řešení diferenční rovnice	23
2.2	Impulsová odezva	32
2.2.1	Stabilita a kauzalita	33
2.2.2	Zapojení systémů	33
2.3	Frekvenční charakteristika číslicových systémů	36
2.3.1	Určení frekvenční charakteristiky řešením diferenční rovnice	36
2.3.2	Vlastnosti frekvenční charakteristiky	37
2.4	Fourierova transformace diskrétní v čase	38
2.4.1	Definice DTFT a IDTFT	39
2.4.2	Podmínky existence DTFT	39
2.4.3	Vybrané transformační dvojice	39
2.4.4	Základní vlastnosti	40
2.5	z-transformace	45
2.5.1	Základní vztahy z-transformace	45
2.5.2	Inverzní z-transformace	49
2.6	Přenosová funkce číslicového systému	54
2.6.1	Stabilita	55
2.6.2	Vztah přenosové funkce, frekvenční charakteristiky, diferenční rovnice a diagramu filtru	58
3	Diskrétní Fourierova transformace	65
3.1	Definiční vztahy	65
3.2	Základní vlastnosti DFT	65
3.3	Grafické odvození DFT	68
3.4	Rychlá Fourierova transformace	72
3.5	Přínos algoritmů FFT	72
3.6	Jednotné odvození algoritmů FFT	73
3.7	Algoritmy FFT se základem 2	76
3.8	Odvození algoritmu FFT se základem 2 s časovým výběrem (DIT)	76

3.9	Vlastnosti algoritmu DIT se základem 2	79
3.10	Odvození algoritmu FFT se základem 2 s kmitočtovým výběrem (DIF)	79
3.11	Vlastnosti algoritmu DIF se základem 2	80
3.12	Porovnání vlastností DIT a DIF	82
3.13	Některé další speciální struktury algoritmů FFT	82
3.14	Porovnání výpočtu FFT s pevnou a pohyblivou čárkou	83
4	Spektrální analýza	84
4.1	Frekvenční rozsah	84
4.2	Interpolace ve spektru	85
4.3	Důsledek konečné délky posloupnosti	86
4.3.1	Frekvenční rozlišení	88
4.3.2	Prosakování ve spektru	89
4.3.3	Používaná okna	91
4.3.4	Vzorkování spojitého spektra	93
4.4	Realizace spektrální analýzy	96
5	Souvislost analogových a číslicových systémů	97
5.1	Transformace systému	97
5.1.1	Časová oblast	98
5.1.2	Frekvenční oblast	105
5.2	Vztahy mezi transformacemi	106
5.3	Souvislost DFT s Fourierovou řadou a Fourierovou transformací	107
6	Struktury číslicových filtrů	110
6.1	Úvod	110
6.2	Blokové schéma a diferenční rovnice	111
6.3	Základní struktury filtrů IIR	113
6.3.1	Přímé struktury	113
6.3.2	Kaskádní struktury	114
6.3.3	Paralelní forma	115
6.3.4	Duální tvary IIR struktur	117
6.4	Základní struktury filtrů FIR	117
6.4.1	Přímá forma	118
6.4.2	Kaskádní forma	118
6.4.3	Křížové struktury	118
7	Číslicové filtry FIR	121
7.1	Základní vlastnosti	121
7.2	Lineární fáze filtrů FIR	122
7.2.1	Frekvenční odezva filtru s lineární fází	124
7.2.2	Poloha nulových bodů filtru FIR	125
7.3	Návrh filtrů FIR	127
7.4	Postup při návrhu koeficientů filtru FIR	128
7.4.1	Metoda Fourierových řad	128
7.4.2	Metoda frekvenčního vzorkování	137

8	Číslicové filtry IIR	140
8.1	Základní vlastnosti	140
8.1.1	Poloha nul a pólů	140
8.2	Návrh filtrů IIR	141
8.2.1	Butterworthova dolní propust	142
8.2.2	Čebyševova aproximace	145
8.2.3	Inverzní Čebyševova aproximace	148
8.2.4	Eliptická aproximace	149
8.3	Příklady návrhu filtrů	150
8.3.1	Návrh filtru IIR použitím bilineární transformace	151
8.3.2	Návrh filtru IIR metodou impulsní invariance	156
8.3.3	Návrh filtru IIR pomocí Matlabu	159
9	Vybrané aplikace	164
9.1	Určování trendu	164
9.1.1	Určení trendu řady pro ekonomické aplikace	164
9.1.2	Odstranění kolísání izoelektrické linie EKG	167
9.2	Potlačování úzkopásmového rušení	168
9.3	Kompensace rušení	174
10	Konečná délka slova v číslicových systémech	175
10.1	Zobrazení čísel	176
10.1.1	Pevná řádová čárka	176
10.1.2	Pohyblivá řádová čárka	177
10.1.3	Záporná čísla	178
10.2	Kvantování v číslicových systémech	180
10.2.1	Přetečení	181
10.2.2	Kvantování amplitudy vzorkovaného signálu	182
10.2.3	Normalizace vstupního signálu	183
10.2.4	Statistický model kvantizéru	184
10.2.5	Kvantování koeficientů filtru	185
10.3	Vznik limitních cyklů v číslicových filtrech	190
10.3.1	Limitní cykly v rekurzivních číslicových filtrech	191
10.3.2	Rekurzivní filtr druhého řádu	193
10.3.3	Určení mezí limitního cyklu	195
10.4	Limitní cykly z přetečení	195
10.4.1	Analýza filtru druhého řádu	196
11	Implementace algoritmů DSP	199
11.1	Úvod	199
11.2	Signálový procesor TMS320C5x	200
11.2.1	Základní vlastnosti	200
11.3	Architektura signálového procesoru	201
11.3.1	Stavové registry	205
11.3.2	Organizace paměti	205
11.3.3	Adresování paměti	206
11.4	Prostředky pro vývoj programu	210
11.4.1	Linkování programu	211

11.4.2	Simulátor	216
11.5	Příklady implementací	217
11.5.1	Základní stavební bloky	217
11.5.2	Implementace filtru FIR	223
11.5.3	Implementace filtrů IIR	225
11.5.4	Implementace adaptivního filtru	227
11.6	Instrukční soubor	231