

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	35
2.2.2	Zapojení systémů	35
2.3	Frekvenční charakteristika číslicových systémů	37
2.3.1	Určení frekvenční charakteristiky řešením diferenční rovnice	37
2.3.2	Vlastnosti frekvenční charakteristiky	38
2.4	Fourierova transformace diskrétní v čase	39
2.4.1	Definice DTFT a IDTFT	40
2.4.2	Podmínky existence DTFT	40
2.4.3	Vybrané transformační dvojice	40
2.4.4	Základní vlastnosti	41
2.5	z-transformace	46
2.5.1	Základní vztahy z-transformace	46
2.5.2	Inverzní z-transformace	50
2.6	Přenosová funkce číslicového systému	55
2.6.1	Stabilita	56
2.6.2	Vztah přenosové funkce, frekvenční charakteristiky, diferenční rovnice a diagramu filtru	59
3	Diskrétní Fourierova transformace	66
3.1	Definiční vztahy	66
3.2	Základní vlastnosti DFT	66
3.3	Grafické odvození DFT	69
3.4	Rychlá Fourierova transformace	73
3.5	Přínos algoritmů FFT	73
3.6	Jednotné odvození algoritmů FFT	74
3.7	Algoritmy FFT se základem 2	77
3.8	Odvození algoritmu FFT se základem 2 s časovým výběrem (DIT)	77

3.9	Vlastnosti algoritmu DIT se základem 2	80
3.10	Odvození algoritmu FFT se základem 2 s kmitočtovým výběrem (DIF)	80
3.11	Vlastnosti algoritmu DIF se základem 2	81
3.12	Porovnání vlastností DIT a DIF	83
3.13	Některé další speciální struktury algoritmů FFT	83
3.14	Porovnání výpočtu FFT s pevnou a pohyblivou čárkou	84
4	Spektrální analýza	85
4.1	Frekvenční rozsah	85
4.2	Interpolace ve spektru	86
4.3	Důsledek konečné délky posloupnosti	87
4.3.1	Frekvenční rozlišení	89
4.3.2	Prosakování ve spektru	90
4.3.3	Používaná okna	92
4.3.4	Vzorkování spojitého spektra	94
4.4	Realizace spektrální analýzy	97
5	Souvislost analogových a číslicových systémů	99
5.1	Transformace systému	99
5.1.1	Časová oblast	100
5.1.2	Frekvenční oblast	108
5.2	Vztahy mezi transformacemi	109
5.3	Souvislost DFT s Fourierovou řadou a Fourierovou transformací	111
6	Struktury číslicových filtrů	112
6.1	Úvod	112
6.2	Blokové schéma a diferenční rovnice	113
6.3	Základní struktury filtrů IIR	115
6.3.1	Přímé struktury	115
6.3.2	Kaskádní struktury	116
6.3.3	Paralelní forma	117
6.3.4	Duální tvary IIR struktur	119
6.4	Základní struktury filtrů FIR	119
6.4.1	Přímá forma	120
6.4.2	Kaskádní forma	120
6.4.3	Křížové struktury	120
7	Číslicové filtry FIR	123
7.1	Lineární fáze filtrů FIR	124
7.1.1	Frekvenční odezva filtru s lineární fází	125
7.1.2	Nulové body filtru FIR	127
7.2	Metody návrhu číslicových filtrů FIR	128
7.3	Návrh metodou oken	129
7.3.1	Vlastnosti funkcí oken	131
7.3.2	Příklady návrhu filtrů FIR	132
7.3.3	Metoda frekvenčního vzorkování	140

8	Číslicové filtry IIR	143
8.1	Základní vlastnosti	143
8.1.1	Poloha nul a pólů	143
8.2	Návrh filtrů IIR	144
8.2.1	Butterworthova dolní propust	145
8.2.2	Čebyševova aproximace	148
8.2.3	Inverzní Čebyševova aproximace	151
8.2.4	Eliptická aproximace	152
8.3	Příklady návrhu filtrů	153
8.3.1	Návrh filtru IIR použitím bilineární transformace	154
8.3.2	Návrh filtru IIR metodou impulsní invariance	159
8.3.3	Návrh filtru IIR pomocí Matlabu	162
9	Vybrané aplikace	168
9.1	Určování trendu	168
9.1.1	Určení trendu řady pro ekonomické aplikace	168
9.1.2	Odstranění kolísání izoelektrické linie EKG	171
9.2	Potlačování úzkopásmového rušení adaptivní filtrací	172
9.3	Kompenzace rušení	179
9.4	Potlačování echa	180
10	Konečná délka slova v číslicových systémech	182
10.1	Zobrazení čísel	183
10.1.1	Pevná řádová čárka	183
10.1.2	Pohyblivá řádová čárka	184
10.1.3	Záporná čísla	185
10.2	Kvantování v číslicových systémech	187
10.2.1	Přetečení	188
10.2.2	Kvantování amplitudy vzorkovaného signálu	189
10.2.3	Normalizace vstupního signálu	190
10.2.4	Statistický model kvantizéru	191
10.2.5	Kvantování koeficientů filtru	192
10.3	Vznik limitních cyklů v číslicových filtrech	197
10.3.1	Limitní cykly v rekurzivních číslicových filtrech	198
10.3.2	Rekurzivní filtr druhého řádu	200
10.3.3	Určení mezí limitního cyklu	202
10.4	Limitní cykly z přetečení	202
10.4.1	Analýza filtru druhého řádu	203
11	Signálové procesory a implementace	206
11.1	Úvod	206
11.2	Signálový procesor TMS320C54x	207
11.2.1	Přehled základních vlastností	207
11.3	Architektura signálového procesoru	209
11.3.1	Aritmeticko logická jednotka	210
11.3.2	Posuvný registr	212
11.3.3	Jednotka pro násobení a sčítání	214
11.3.4	Stavové registry	215

11.4	Konfigurace paměťového prostoru	216
11.4.1	Organizace paměťového prostoru	216
11.4.2	Adresování paměti dat	218
11.4.3	Adresování programové paměti	225
11.4.4	Zpracování instrukcí	228
11.5	Prostředky pro vývoj programu	229
11.5.1	Linkování programu	231
11.5.2	Simulátor	236
11.6	Příklady implementací s '54x	237
11.6.1	Základní stavební bloky	238
11.6.2	Implementace filtru FIR	241
11.6.3	Implementace filtrů IIR	242
11.7	Instrukční soubor	246