

Obsah

Seznam použitých symbolů	1
1 Signály a systémy	3
1.1 Základní spojité signály	3
1.2 Základní diskrétní signály	6
1.3 Systémy	8
2 Prostředky popisu lineárních systémů	10
2.1 Popis spojitých systémů v časové oblasti	10
2.1.1 Diferenciální rovnice	11
2.1.2 Impulsní odezva	11
2.1.3 Konvoluce	12
2.2 Popis diskrétních systémů v časové oblasti	13
2.2.1 Diferenční rovnice	13
2.2.2 Impulsní odezva diskrétního systému	14
2.3 Popis spojitého systému v p -rovině	17
2.4 Popis diskrétního systému v z -rovině	19
2.5 Stavový popis	20
2.5.1 Stavový popis spojitých systémů	20
2.5.2 Stavový popis diskrétního systému	21
2.5.3 Stanovení výstupní posloupnosti	24
2.5.4 Impulsní odezva a přenosová funkce	24
2.5.5 Nejednoznačnost stavové reprezentace	25
3 Matematické nářadí	26
3.1 Fourierova transformace	27
3.1.1 Fourierova transformace - vlastnosti	28
3.2 Fourierova transformace diskrétní v čase - DTFT	29
3.3 Fourierovy řady	30
3.4 Diskrétní Fourierova transformace - DFT	31
3.4.1 Diskrétní Fourierova transformace - vlastnosti	32
3.5 Laplaceova transformace	33
3.5.1 Laplaceova transformace - vlastnosti	33
3.5.2 Inverzní Laplaceova transformace	34
3.6 z - transformace	36
3.6.1 z - transformace - vlastnosti	38
3.6.2 Inverzní z - transformace	41
3.7 Aplikace matematického nářadí	41
3.7.1 Řešení diferenciální rovnice druhého řádu	41

3.7.2	Řešení diferenční rovnice druhého řádu	43
3.7.3	Diferenční rovnice a rekurentní relace	44
3.7.4	Kaskádní řazení a diferenční rovnice	46
4	Vzorkování analogového signálu	48
4.1	Vzorkování	48
4.2	Kmitočtové omezení analogového signálu	52
4.3	Rekonstrukce analogového signálu	54
5	Obvodové funkce analogových obvodů	56
5.1	Přenos napětí	56
5.2	Obrazový a provozní přenos dvojbranu	59
5.3	Charakteristická rovnice a charakteristická funkce filtru	62
5.4	Skupinové zpoždění	63
5.5	Další obvodové funkce reaktančního dvojbranu	64
5.6	Normované obvodové funkce	69
6	Aproximace	72
6.1	Aproximace normované dolní propusti	74
6.1.1	Maximálně plochá charakteristika (Butterworth)	76
6.1.2	Izoextremální aproximace (Čebyšev)	84
6.1.3	Inverzní Čebyševova aproximace	92
6.1.4	Stejnoměrná aproximace (Cauer)	98
6.1.5	Aritmeticko-geometrický průměr a eliptické funkce a integrály	112
6.2	Aproximace skupinového zpoždění	114
6.2.1	Rozvoj imitance v řetězový zlomek (max. plochá aproximace)	115
6.2.2	Jiná aproximace imitanční funkce	116
6.2.3	Charakteristická rovnice fázovacího článku	118
6.2.4	Stejnoměrně zvlněná aproximace	120
7	Realizace LC filtrů	125
7.1	Vlastnosti imitančních funkcí LC	125
7.2	Algoritmy syntézy dvojpólů LC	125
7.2.1	Syntéza dvojpólu rozkladem $F(s)$ na částečné zlomky (Foster)	126
7.2.2	Syntéza dvojpólu rozkladem $F(s)$ v řetězový zlomek (Cauer)	128
7.3	Realizace NDP z imitance odštěpením pólů v nekonečnu	130
7.4	Realizace dvojbranu z kaskádní matice	136
7.5	Kmitočtové transformace	143
7.6	Impedanční transformace a ekvivalentní zapojení	146
7.7	Vázané induktoř s odbočkami	148
7.8	Nortonova transformace	149

8	Aktivní filtry	154
8.1	Přímá aplikace GIC v příčkových strukturách LC filtrů	154
8.1.1	Zobecněný imitanci konvertor (GIC)	154
8.1.2	Realizace dolních propustí	156
8.1.3	Realizace horních propustí	157
8.1.4	Realizace pásmových propustí	157
8.2	Kaskádní syntéza aktivních filtrů s operačními zesilovači	158
8.2.1	Realizace dolní a horní propusti prvního řádu	161
8.2.2	Realizace dolních propustí druhého řádu	162
8.2.3	Realizace horních propustí druhého řádu	163
8.2.4	Realizace pásmových propustí druhého řádu	164
8.2.5	Eliptické sekce	165
8.2.6	Univerzální funkční blok s integrátory	167
8.3	Návrhový systém elektrických analogových filtrů	168
9	Realizace fázovacích článků	173
9.1	Přenosové funkce elementárních fázovacích článků	173
9.1.1	Fázovací článek 1. řádu	173
9.1.2	Fázovací článek 2. řádu	174
9.2	Realizace LC fázovacích článků	174
9.2.1	Realizace fázovacího článku 1. řádu	175
9.2.2	Fázovací článek 2. řádu	176
9.3	Realizace fázovacích článků aktivními RC obvody	177
9.3.1	Aktivní fázovací článek 1. řádu	178
9.3.2	Aktivní fázovací článek 2. řádu	178
10	Struktury číslicových filtrů	180
10.1	Úvod	180
10.2	Blokové schéma a diferenční rovnice	181
10.3	Základní struktury filtrů IIR	184
10.3.1	Přímé struktury	184
10.3.2	Kaskádní struktura	184
10.3.3	Paralelní struktura	186
10.3.4	Duální tvary IIR struktur	187
10.4	Základní struktury filtrů FIR	188
10.4.1	Přímá forma	188
10.4.2	Kaskádní forma	189
10.5	Křížové struktury	189
10.5.1	Křížová struktura FIR	189
10.5.2	Křížové struktury IIR	191
10.6	Stavové struktury	194

11 Filtry s konečnou impulsní odezvou FIR	196
11.1 Lineární fáze filtrů FIR	197
11.1.1 Frekvenční odezva filtru s lineární fází	198
11.1.2 Nulové body filtru FIR	200
11.2 Metody návrhu číslicových filtrů FIR	201
11.3 Návrh metodou oken	203
11.3.1 Vlastnosti oken, typy oken	205
11.3.2 Příklady návrhu filtrů FIR	211
11.4 Metoda frekvenčního vzorkování	219
11.5 Optimalizovaná metoda se stejnoměrným zvlněním	222
12 Filtry s nekonečnou impulsní odezvou IIR	229
12.1 Metody návrhu číslicových filtrů IIR	230
12.1.1 Invariantní impulsní odezva	230
12.1.2 Numerická integrace diferenční rovnice	233
12.1.3 Bilineární transformace	234
12.1.4 Kmitočtové transformace	242
12.1.5 Aproximace maximálně plochého skupinové zpoždění	244
12.1.6 Analytické metody návrhu	245
13 Číslicové fázovací články	263
13.1 Rekurentní formule a křížová struktura	265
13.2 Aplikace číslicových fázovacích článků	266
13.2.1 Úzkopásmové zádrže a propusti	269
13.2.2 Konstantní fázový rozdíl	270
14 Speciální číslicové filtry	274
14.1 Stavové filtry	274
14.1.1 Vlastnosti systémové matice	277
14.2 Vlnové číslicové filtry	279
14.2.1 Adaptory pro vlnové číslicové filtry	282
14.2.2 Syntéza lineárními transformacemi vlnových matic	283
15 Systémy s několika vzorkovacími kmitočty	291
15.1 Změna vzorkovacího kmitočtu	291
15.1.1 Zvýšení vzorkovacího kmitočtu	291
15.1.2 Snížení vzorkovacího kmitočtu	293
15.1.3 Změna vzorkovacího kmitočtu v racionálním poměru	297
15.2 Vícestupňové struktury	297
15.3 Filtry pro změnu vzorkovacího kmitočtu	301
15.3.1 Přímá realizace filtrů FIR	302
15.3.2 Polyfázové struktury filtrů	303
15.4 Banky filtrů	303
15.4.1 DFT banky filtrů	304

15.4.2	Kaskádní banky filtrů	305
15.4.3	Zrcadlová banka filtrů	307
16	Konečná délka slova v číslicových filtrech	310
16.1	Reprezentace dat v číslicových filtrech	311
16.1.1	Pevná řádová čárka	311
16.1.2	Pohyblivá řádová čárka	312
16.1.3	Záporná čísla	313
16.2	Kvantování v číslicových systémech	316
16.2.1	Přetečení	317
16.2.2	Kvantování amplitudy vstupního signálu	318
16.2.3	Normování vstupního signálu	319
16.2.4	Statistický model kvantizéru	319
16.2.5	Kvantování koeficientů filtru	321
16.3	Limitní cykly v rekurzivních číslicových filtrech	326
16.3.1	Vznik limitních cyklů při kvantování součinů	326
16.3.2	Určení mezi limitního cyklu	330
16.3.3	Limitní cykly z přetečení	331
	Literatura	334
	Rejstřík	341