

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 spojitéch 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	15
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 spojitéch systémů	20
2.5.2 Stavový popis diskrétního systému	22
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	39
3.7 Aplikace matematického nářadí	41
3.7.1 Řešení diferencální rovnice druhého řádu	41

3.7.2	Řešení diferenční rovnice druhého řádu	43
3.7.3	Diferenční rovnice a rekurentní relace	45
4	Vzorkování analogového signálu	47
4.1	Vzorkování	47
4.2	Kmitočtové omezení analogového signálu	51
4.3	Rekonstrukce analogového signálu	53
5	Obvodové funkce analogových obvodů	55
5.1	Přenos napětí	55
5.2	Obrazový a provozní přenos dvojbranu	58
5.3	Charakteristická rovnice a charakteristická funkce filtru	61
5.4	Skupinové zpoždění	62
5.5	Další obvodové funkce reaktančního dvojbranu	63
5.6	Normované obvodové funkce	68
6	Aproximace	71
6.1	Aproximace normované dolní propusti	73
6.1.1	Maximálně plochá charakteristika (Butterworth)	75
6.1.2	Izoextremální aproximace (Čebyšev)	83
6.1.3	Inverzní Čebyševova aproximace	90
6.1.4	Stejněměrná aproximace (Cauer)	97
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)	114
6.2.2	Jiná aproximace imitanční funkce	115
6.2.3	Charakteristická rovnice fázovacího článku	117
6.2.4	Stejněměrně zvlněná aproximace	120
7	Realizace LC filtrů	124
7.1	Vlastnosti imitančních funkcí LC	124
7.2	Algoritmy syntézy dvojpólů LC	125
7.2.1	Syntéza dvojpólu rozkladem $F(s)$ na částečné zlomky (Foster)	125
7.2.2	Syntéza dvojpólu rozkladem $F(s)$ v řetězový zlomek (Cauer)	127
7.3	Realizace NDP z imitance odštěpením pólů v nekonečnu	129
7.4	Realizace dvojbranu z kaskádní matice	135
7.5	Kmitočtové transformace	142
7.6	Impedanční transformace a ekvivalentní zapojení	145
7.7	Vázané induktoři s odbočkami	147
7.8	Nortonova transformace	148

8	Aktivní filtry	153
8.1	Přímá aplikace GIC v příčkových strukturách LC filtrů	153
8.1.1	Zobecněný imitanční konvertor (GIC)	153
8.1.2	Realizace dolních propustí	155
8.1.3	Realizace horních propustí	156
8.1.4	Realizace pásmových propustí	157
8.2	Kaskádní syntéza aktivních filtrů s operačními zesilovači	157
8.2.1	Realizace dolní a horní propusti prvního řádu	160
8.2.2	Realizace dolních propustí druhého řádu	161
8.2.3	Realizace horních propustí druhého řádu	162
8.2.4	Realizace pásmových propustí druhého řádu	163
8.2.5	Eliptické sekce	164
8.2.6	Univerzální funkční blok s integrátory	166
9	Realizace fázovacích článků	168
9.1	Přenosové funkce elementárních fázovacích článků	168
9.1.1	Fázovací článek 1. řádu	168
9.1.2	Fázovací článek 2. řádu	169
9.2	Realizace LC fázovacích článků	169
9.2.1	Realizace fázovacího článku 1. řádu	170
9.2.2	Fázovací článek 2. řádu	171
9.3	Realizace fázovacích článků aktivními RC obvody	172
9.3.1	Aktivní fázovací článek 1. řádu	173
9.3.2	Aktivní fázovací článek 2. řádu	173
10	Struktury číslicových filtrů	175
10.1	Úvod	175
10.2	Blokové schéma a diferenční rovnice	176
10.3	Základní struktury filtrů IIR	179
10.3.1	Přímé struktury	179
10.3.2	Kaskádní struktura	180
10.3.3	Paralelní struktura	181
10.3.4	Duální tvary IIR struktur	183
10.4	Základní struktury filtrů FIR	183
10.4.1	Přímá forma	184
10.4.2	Kaskádní forma	184
10.5	Křížové struktury	185
10.5.1	Křížová struktura FIR	185
10.5.2	Křížové struktury IIR	187
10.6	Stavové struktury	189

11 Filtry s konečnou impulsní odezvou FIR	191
11.1 Lineární fáze filtrů FIR	192
11.1.1 Frekvenční odezva filtru s lineární fází	194
11.1.2 Nulové body filtru FIR	195
11.2 Metody návrhu číslicových filtrů FIR	196
11.3 Návrh metodou oken	198
11.3.1 Vlastnosti oken, typy oken	200
11.3.2 Příklady návrhu filtrů FIR	206
11.4 Metoda frekvenčního vzorkování	214
11.5 Optimalizovaná metoda se stejnoměrným zvlněním	217
12 Filtry s nekonečnou impulsní odezvou IIR	224
12.1 Metody návrhu číslicových filtrů IIR	225
12.1.1 Invariantní impulsní odezva	225
12.1.2 Numerická integrace diferenční rovnice	228
12.1.3 Bilineární transformace	229
12.1.4 Kmitočtové transformace	237
12.1.5 Aproximace maximálně plochého skupinové zpoždění	239
12.1.6 Analytické metody návrhu	240
13 Číslicové fázovací články	256
13.1 Rekurentní formule a křížová struktura	258
13.2 Aplikace číslicových fázovacích článků	259
13.2.1 Úzkopásmové zádrže a propusti	262
13.2.2 Konstantní fázový rozdíl	264
14 Speciální číslicové filtry	267
14.1 Stavové filtry	267
14.1.1 Vlastnosti systémové matice	270
14.2 Vlnové číslicové filtry	272
14.2.1 Adaptory pro vlnové číslicové filtry	275
14.2.2 Syntéza lineárními transformacemi vlnových matic	276
15 Systémy s několika vzorkovacími kmitočty	284
15.1 Změna vzorkovacího kmitočtu	284
15.1.1 Zvýšení vzorkovacího kmitočtu	284
15.1.2 Snížení vzorkovacího kmitočtu	287
15.1.3 Změna vzorkovacího kmitočtu v racionálním poměru	290
15.2 Vícetupňové struktury	290
15.3 Filtry pro změnu vzorkovacího kmitočtu	294
15.3.1 Přímá realizace filtrů FIR	294
15.3.2 Polyfázové struktury filtrů	295
15.4 Banky filtrů	296
15.4.1 DFT banky filtrů	296

15.4.2	Kaskádní banky filtrů	298
15.4.3	Zrcadlová banka filtrů	300
16	Konečná délka slova v číslicových filtrech	303
16.1	Reprezentace dat v číslicových filtrech	304
16.1.1	Pevná řádková čárka	304
16.1.2	Pohyblivá řádková čárka	305
16.1.3	Záporná čísla	306
16.2	Kvantování v číslicových systémech	309
16.2.1	Přetečení	310
16.2.2	Kvantování amplitudy vstupního signálu	311
16.2.3	Normování vstupního signálu	312
16.2.4	Statistický model kvantizéru	312
16.2.5	Kvantování koeficientů filtru	314
16.3	Limitní cykly v rekurzivních číslicových filtrech	319
16.3.1	Vznik limitních cyklů při kvantování součinů	319
16.3.2	Určení mezí limitního cyklu	323
16.3.3	Limitní cykly z přetečení	324
	Literatura	327
	Rejstřík	333