

# Obsah

<b>1</b>	<b>Základní veličiny a pojmy</b>	<b>1</b>
1.1	Základní transformační vztahy	2
1.1.1	z-transformace	2
1.1.2	Fourierova transformace	2
1.2	Základní číselné charakteristiky signálů	4
1.3	Charakteristiky popisující vazby mezi vzorky signálu	5
1.3.1	Autokorelační funkce	6
1.3.2	Spektrální charakteristiky deterministických signálů	7
1.3.3	Spektrální výkonová hustota	8
<b>2</b>	<b>Analýza filtrů druhého řádu</b>	<b>10</b>
2.1	Vztah koeficientů polynomu a jeho kořenů	10
2.2	Normovaná frekvence	14
2.3	Tvarování amplitudové frekvenční charakteristiky pro komplexně sdružené póly filtru 2. řádu	15
2.4	Šířka pásma	15
2.5	Příklady filtrů 2. řádu	20
2.5.1	Pásmová propust	20
2.5.2	Normování přenosu	29
2.5.3	Pásmová zádrž	31
2.5.4	Filtry pro tvarování spektra signálů	36
2.5.5	Vztah mezi rezonátory a vrubovými filtry	39
<b>3</b>	<b>Rekurentní realizace FIR filtrů</b>	<b>42</b>
3.1	Analýza filtru klouzavých průměrů	42
3.2	Rekurentní realizace filtru klouzavých průměrů	48
3.3	Zobecnění rekurentní realizace	49
3.3.1	Lynnovy filtry	49
3.3.2	Filtry s frekvenčním vzorkováním	50
<b>4</b>	<b>Goertzelův algoritmus</b>	<b>52</b>
4.1	Odvození Goertzelova algoritmu	53
4.1.1	Realizace komplexního rezonátoru	59
4.1.2	Výsledná struktura Goertzelova algoritmu	61
4.1.3	Shrnutí	62
4.1.4	Výpočetní a paměťové nároky	63
4.2	Interpretace Goertzelova algoritmu pomocí filtrace	64
4.2.1	Detekce tónu	67
4.3	Vztah DFT a banky filtrů	68
4.3.1	Krátkodobá Fourierova transformace	69

<b>5</b>	<b>Výkonová analýza signálů</b>	<b>70</b>
5.1	Výkon a energie signálu konečné délky . . . . .	70
5.2	Blokové a průběžné odhady výkonu nestacionárního signálu . . . . .	71
5.2.1	Blokový odhad - klouzavé průměrování . . . . .	72
5.2.2	Průběžný odhad - exponenciální zapomínání . . . . .	73
5.2.3	Srovnání blokového a průběžného odhadu . . . . .	74
5.3	SNR - odstup signálu od šumu . . . . .	78
5.3.1	Vlastnosti SNR . . . . .	78
5.3.2	Směs signálu a šumu v požadovaném poměru . . . . .	78
5.3.3	Metody odhadu SNR v časové oblasti . . . . .	79
<b>6</b>	<b>Aplikace krátkodobé Fourierovy transformace</b>	<b>82</b>
6.1	Číslicová filtrace v kmitočtové oblasti . . . . .	82
6.2	Váhovací okna při výpočtu DFT . . . . .	84
6.3	Vyhlazené spektrální odhady . . . . .	88
6.3.1	Welchova metoda . . . . .	88
6.3.2	Bartlettova metoda . . . . .	91
6.4	Metoda sčítání přesahů . . . . .	92
6.4.1	Základní popis metody . . . . .	92
6.4.2	Implementace v MATLABu . . . . .	97
<b>7</b>	<b>Parametrické modelování - generování signálů</b>	<b>99</b>
7.1	Motivace a typy úloh . . . . .	99
7.2	Přístupy k modelování a typy buzení . . . . .	100
7.3	Deterministický popis modelování . . . . .	101
7.3.1	Časová oblast . . . . .	102
7.3.2	Spektrální oblast - autospektra . . . . .	102
7.3.3	Korelační oblast - autokorelace . . . . .	103
7.3.4	Vzájemná spektra a korelace . . . . .	104
7.4	Statistický popis modelování . . . . .	105
7.4.1	Časová oblast . . . . .	105
7.4.2	Spektrální oblast . . . . .	105
7.4.3	Korelační oblast . . . . .	107
7.5	Typy procesů . . . . .	107
7.6	Vztah mezi charakteristikami a průběhem modelovaného signálu . . . . .	109
7.7	Vybrané příklady generování signálů . . . . .	110
7.7.1	Model generování řeči . . . . .	111
7.7.2	Jednoduché náhodné procesy . . . . .	113
<b>8</b>	<b>Výpočet parametrů AR modelu</b>	<b>119</b>
8.1	Autoregresní model signálu . . . . .	119
8.1.1	Lineární predikce a chybový signál . . . . .	119
8.1.2	Obecný postup určení parametrů AR modelu . . . . .	120
8.1.3	Výkon chyby predikce . . . . .	120
8.2	Autokorelační metoda . . . . .	120
8.2.1	Odvození normálních rovnic pro model 2. řádu . . . . .	121
8.2.2	Výkon chyby predikce . . . . .	123
8.2.3	Model $p$ -tého řádu, Yule-Walkerovy rovnice . . . . .	124
8.3	Analyzující a syntetizující filtr . . . . .	125
8.3.1	Dekorelace signálu . . . . .	126
8.3.2	Syntéza signálu . . . . .	127
8.4	LPC spektrální analýza . . . . .	128

8.4.1	Frekvenční charakteristiky AR modelu . . . . .	128
8.4.2	Odhad spektrální výkonové hustoty . . . . .	128
8.5	Příklad modelování řečového signálu . . . . .	131
8.6	Kovarianční metoda . . . . .	133
8.7	Maticové reprezentace normálních rovnic . . . . .	136
8.8	Srovnání autokorelační a kovarianční metody . . . . .	139
8.9	Definice znaménka u lineární predikce . . . . .	144
<b>9</b>	<b>Rychlé algoritmy a křížové stuktury v AR modelu</b>	<b>146</b>
9.1	Chyba dopředné a zpětné predikce, křížová struktura . . . . .	146
9.2	Levinsonova rekurze . . . . .	148
9.2.1	Přímá Levinsonova rekurze . . . . .	148
9.2.2	Zpětná Levinsonova rekurze . . . . .	150
9.2.3	Implementace v MATLABu . . . . .	150
9.3	Levinson-Durbinův algoritmus . . . . .	151
9.4	Itakurův algoritmus . . . . .	153
9.5	Burgův algoritmus . . . . .	154
9.6	Algoritmus dopředné chyby . . . . .	155
<b>10</b>	<b>Kepstrální analýza a dekonvoluce signálů</b>	<b>156</b>
10.1	Základní typy úloh kepstrální analýzy . . . . .	157
10.1.1	Úloha 1 . . . . .	159
10.1.2	Kepstrum signálu s neminimální fází . . . . .	163
10.1.3	Úloha 2 . . . . .	165
10.2	Rekonstrukce složek . . . . .	168
10.3	Typy kepster a jejich vztah ke korelaci . . . . .	170
10.4	Rychlost ubývání kepstra . . . . .	172
10.5	Výpočet kepstra . . . . .	175
10.5.1	Výpočet kepstra z nulových bodů obrazu signálu . . . . .	175
10.5.2	Výpočet pomocí DFT . . . . .	175
10.5.3	Rekurentní výpočet reálného kepstra . . . . .	176
<b>11</b>	<b>Potlačování vlivu šumu a rušivých signálů</b>	<b>180</b>
11.1	Analýza signálů v šumu . . . . .	180
11.1.1	Aditivní bílý šum . . . . .	181
11.1.2	Nekorelovaný aditivní barevný šum . . . . .	181
11.2	Metoda kumulačních součtů . . . . .	182
11.2.1	Ideální model kumulační metody . . . . .	182
11.2.2	Zobecněná kumulační metoda pro více kanálů . . . . .	184
11.2.3	Reálné limity kumulační metody . . . . .	184
11.3	Kompenzační metoda . . . . .	188
11.4	Potlačování rušivých signálů ve frekvenční oblasti . . . . .	189
11.4.1	Úprava amplitudového spektra - spektrální váhování . . . . .	189
11.4.2	Spektrální odečítání . . . . .	191
11.4.3	Adaptivní Wienerova filtrace . . . . .	194
11.4.4	Filtrace prahováním ve frekvenční oblasti . . . . .	196

<b>Literatura</b>	<b>199</b>
-------------------	------------

<b>Rejstřík</b>	<b>203</b>
-----------------	------------