

Obsah

PŘEDMLUVA	11
ÚVOD	13
I. ZÁKLADNÍ POJMÝ A VLASTNOSTI KÓDOVÁNÍ OBRAZOVÝCH ZDROJŮ	19
1. Obecný model zpracování obrazové informace	19
2. Obecný model přenosu obrazové informace	20
3. Signál, různé druhy signálu	21
4. Transformace vizuální zprávy v signál	23
5. Zpráva a její kódování	27
6. Kódování zdroje vizuálních zpráv, kódování zdroje signálu	28
7. Podstata redukce irelevance zprávy	29
8. Způsoby redukce irelevance	29
9. Redukce redundance	31
10. Zdroje s obecně statisticky závislými symboly	32
11. Zdroje se statisticky nezávislými symboly	33
12. Klasifikace metod kódování obrazových zdrojů	35
II. MATEMATICKÁ A STATISTICKÁ CHARAKTERISTIKA OBRAZOVÝCH ZDROJŮ	36
1. Matematická charakteristika obrazového pole	36
1.1 Zobrazení a linearita zobrazení	36
1.2 Bodový obrazový zdroj	36
1.3 Invariantnost odezvy bodového zdroje	37
1.4 Vyjádření obrazového pole souhrnem bodových zdrojů	37
1.5 Fourierovy obrazy některých význačných obrazových polí	38
2. Statistické vlastnosti a charakteristiky obrazového pole	39
2.1 Hypotetický obrazový tok	39
2.2 Reálný obrazový tok	42
2.3 Krátký časový úsek reálného obrazového toku	42
2.4 Jednotlivé obrazové pole	42
2.5 Příklady statistických parametrů obrazové informace	43
III. PROSTOROVÁ A ČASOVÁ DISKRETIZACE OBRAZOVÉ INFORMACE	47
1. Prostorová a časová diskretizace obrazu	47
2. Příklad diskretizace obrazového pole	48
3. Diskretizace televizního obrazu a signálu	49
TEORIE JEDNOROZMĚRNÉHO VZORKOVÁNÍ	
4. Všeobecný význam vzorkovacího teóremu	49
5. Obsah vzorkovacího teóremu	49
6. Nahrazení spojitě funkce $f(t)$ diskretními hodnotami	50
7. Fyzikální význam aproximace	51

8. Spektrální znázornění výsledků	52
9. Multiplikační vzorkování	54
10. Kvantizované vzorkování	58
11. Obnova signálové funkce při kvantizovaném vzorkování	59
12. Význačné případy kvantizace signálové funkce	60
13. Znázornění chyby kvantizovaného přenosu	62
14. Obnova signálové funkce při kvantizovaném přenosu na základě nového vzorkování	63
15. Vlivy neúplného spektrálního omezení vstupní signálové funkce	64
16. Jednorozměrné vzorkování tv signálů pod Nyquistovou podmínkou	66
17. Vlivy nelinearity vzorkovaného přenosu obrazových signálů	70

TEORIE VÍCEROZMĚRNÉHO VZORKOVÁNÍ

18. Vzorkovací teorém pro vícerozměrné funkce	71
19. Matematické vyjádření vzorkovací struktury v obrazové a spektrální rovině	73
20. Diskretizace obrazu vzorkovací strukturou	74
21. Podmínky pro rekonstrukci obrazu	76
22. Vzorkování kmitočtově neomezeného obrazu	77
23. Prostorové vzorkování pod Nyquistovou podmínkou	79
24. Neortogonální vzorkování a jeho vlastnosti	79

IV. KVANTOVÁNÍ OBRAZOVÉ INFORMACE

1. Kvantizační charakteristika	82
2. Kvantizační zkreslení	83
3. Počet kvantizačních hladin	84
4. Kvantizační zkreslení při rovnoměrném kvantování	85
5. Kvantizační zkreslení při nerovnoměrném rozložení kvantizačních hladin	87
6. Stanovení optimální kvantizační hladiny uvnitř kvantizačního intervalu	87
7. Maxův kvantizér	89
8. Dítův-Panterův kvantizér	90
9. Dítův-Panterův kvantizér a metoda komandování	93
10. Kvantizační a kompresní charakteristiky pro minimalizovaný výkon kvantizačního zkreslení	94
11. Kvantizační zkreslení při logaritmickém komandování	95
11.1 Kvantizační odstup logaritmického komandování	97
11.2 Výsledky kvantitativní analýzy vlastností logaritmického komandování	98
12. Změny spektrálního složení amplitudově kvantovaného signálu	101
13. Impulsově geometrická metoda stanovení kmitočtového spektra kvantovaného periodického signálu	101
14. Spektrální obraz kvantovaného pilovitého průběhu	102
15. Spektrální obraz kvantovaného sinusového průběhu	103
16. Spektrální obraz kvantovaného bílého šumu	106
17. Současné amplitudové kvantování a časové vzorkování — princip záměnnosti pořadí signálových operací	109
18. Snížení viditelnosti kvantizačního zkreslení v obraze zavedením pseudonáhodného šumu před kvantováním	110
19. Vztah mezi amplitudovou a plošnou diskretizační strukturou	111
20. Nekonvenční pseudonáhodný systém diskretizace obrazu	112

V. DIGITÁLNÍ KÓDOVÁNÍ DISKRETIZOVANÝCH OBRAZOVÝCH VZORKŮ	113
VI. METODY A VLASTNOSTI DIGITÁLNÍHO KÓDOVÁNÍ OBRAZOVÉ INFORMACE V ZÁKLADNÍM PÁSMU	118
1. Pulsní kódová modulace	119
1.1 Tvary impulsů a reprezentace znaků signálu PCM	120
1.2 Diagram oka rozhodnutí	125
1.3 Synchronizace při regeneraci a dekódování PCM signálu	126
1.4 Časový neklid PCM signálu	127
1.5 Podstata zlepšování poměru signálu k šumu na výstupu PCM systému 130	
1.6 Vztah mezi chybovostí symbolu a poměrem signálu k šumu PCM kanálu	131
1.7 Přenosová kapacita šumového PCM kanálu	132
1.8 Stanovení poměru signálu k šumu na výstupu PCM soustavy	134
1.9 Poměr signálu k šumu při kaskádním řazení kodeků	137
1.10 Interpretace vztahů pro poměr signálu k šumu PCM soustavy 138	
1.11 Účinek regenerace PCM signálu	139
2. Diferenční pulsni kódová modulace	140
2.1 Psychovizuální aspekty uplatněné v systému DPCM	141
2.2 Uspořádání blokové struktury systému DPCM	142
2.3 Vlastnosti přenosu signálových diferencí systémem s otevřenou smyčkou	142
2.4 Přenos signálových diferencí systémem s uzavřenou smyčkou	144
2.5 Souvislost blokové struktury systému DPCM se zpětnovazebním uspořádáním systému PCM	145
2.6 Charakter zpětnovazební smyčky systému DPCM	148
2.7 Predikce signálu v systému DPCM	149
2.8 Charakteristika některých specifických rušivých jevů systému DPCM 151	
2.9 Zhodnocení kvantizačního hluku systému DPCM	152
2.10 Obecná klasifikace uspořádání blokové struktury systému DPCM . 153	
3. Delta modulace	155
3.1 Princip přenosu	155
3.2 Přenosové vlastnosti	156
3.3 Vizualní projev kvantizačního zkreslení v DM	158
3.4 Metody adaptivní DM	158
4. Principy transformačního kódování	159
4.1 Matematický základ jednorozměrné a dvojrozměrné ortogonální transformace	161
4.2 Diskrétní Fourierova transformace	164
4.3 Rychlá Fourierova transformace	166
4.4 Walshova-Hadamardova transformace	168
4.4.1 Vlastní Walshova-Hadamardova transformace	171
4.4.2 Základní vlastnosti Walshovy-Hadamardovy transformace . . 172	
4.4.3 Výpočetní algoritmy WHT	175
4.5 Transformace S	175
4.5.1 Určení transformačního jádra	176
4.5.2 Zobecnění vztahů pro transformační jádro	178
4.5.3 Znázornění souřadnic vektorů jednorozměrné transformace S . 179	
4.5.4 Znázornění základních obrazců dvojrozměrné transformace S . 181	

4.5.5	Souvislost transformace S s Walshovou-Hadamardovou transformací	182
4.5.6	Výpočetní algoritmus transformace S	183
4.6	Diskrétní kosinová transformace	186
4.6.1	Souvislost DFT a DCT	187
4.6.2	Uzavřená forma zápisu jednorozměrné DCT	189
4.6.3	Maticový zápis jednorozměrné DCT	190
4.6.4	Maticový zápis dvojrozměrné DCT	190
4.6.5	Grafické znázornění složek vektorů jednorozměrné DCT	192
4.6.6	Grafické znázornění základních obrazců dvojrozměrné DCT	192
4.6.7	Výpočetní algoritmy rychlé DCT	193
4.6.8	Výpočetní algoritmus FDCT založený na souvislosti DCT a DFT	194
4.6.9	Výpočetní algoritmus FDCT založený na elementárním rozkladu transformačního jádra	197
4.6.10	Spektrální vlastnosti DCT v porovnání s WHT a transformací S	199
4.6.11	Složitost instrumentace aritmetické jednotky	202
4.7	Transformace Karhunen-Loève	202
5.	Ilustrace transformačního kódování obrazových zdrojů prostřednictvím Walshovy-Hadamardovy transformace	205
5.1	Transformace obrazových prvků	206
5.2	Filtrace spektrálních koeficientů	212
5.3	Kódování spektrálních koeficientů	215
5.4	Transformační dekódování obrazového zdroje	217
VII.	ZÁKLADY DIGITÁLNÍ FILTRACE OBRAZOVÉ INFORMACE	219
1.	Základní pojmy jednorozměrné digitální filtrace	219
1.1	Přenosová funkce digitální filtrace	219
1.2	Kmitočtové charakteristiky digitální filtrace	220
1.3	Stabilita digitální filtrace	221
1.4	Přenosová funkce digitální filtrace s minimální fází	221
1.5	Podmínka kauzality odezvy digitální filtrace	221
2.	Problémy syntézy digitálního filtru	221
2.1	Aproximace přenosové funkce	221
2.2	Realizace přenosové funkce	222
3.	Digitální filtry s konečnou impulsní odezvou	224
4.	Syntéza digitálních filtrů s konečnou impulsní odezvou	225
5.	Dvojrozměrná digitální filtrace	228
6.	Digitální filtrace na bázi diskrétní Fourierovy transformace	232
VIII.	METODY DIGITÁLNÍHO KÓDOVÁNÍ OBRAZOVÉ INFORMACE VE VYSOKOFREKVENČNÍM PÁSMU	233
1.	Statistická teorie detekce digitálního signálu	233
2.	Interpretace přízpusobovacího filtru koherentní detekcí	235
3.	Metoda ASK	236
4.	Metoda FSK	238
5.	Metoda PSK	240
6.	Uspořádání přenosu metodou PSK	243
7.	Problémy digitálního přenosu tv obrazové informace radioreléovými spoji	245
IX.	PRINCIPY KANÁLOVÉHO KÓDOVÁNÍ OBRAZOVÉ INFORMACE	247
1.	Některé základní pojmy kanálového kódování	247

2. Rozdělení dvojkových kódů	248
3. Problémy zabezpečovacího kódu v digitální televizi	249
4. Jednoduché zabezpečovací kódy	249
5. Lineární kód	250
6. Detekce chyb formou jednoduchého paritního kódu	252
7. Korekční kódy	253
8. Blokový zabezpečovací kód	254
9. Princip vícenásobného využití jednoduchých zabezpečovacích kódů	254
10. Hammingovy kódy	255
11. Odvození zabezpečujících míst Hammingova kódu	255
12. Realizace Hammingova zabezpečovacího kódu v televizním signálu	256
13. Rekurentní zabezpečovací kódy	260
14. Wynerův-Ashův konvoluční kód	261
15. Blokové uspořádání Wynerova-Ashova zabezpečovacího kódu	262
16. Hlediska pro hodnocení zabezpečovacích kódů při kanálovém kódování	266
17. Účinnost Wynerova-Ashova konvolučního kódu při korekci digitálních chyb v televizním signálu PAL	267
18. Skramblování digitálního signálu	268
19. Spektrální korekce digitálních chyb využívající vnitřní redundance digitálního signálu	270
20. Blokové uspořádání spektrální korekce a její vlastnosti	271

X. DIGITÁLNÍ SYSTÉMY PŘENOSU TELEVIZNÍ OBRAZOVÉ INFORMACE 274

1. Všeobecné požadavky	274
2. K volbě systému studiové a přenosové tv sítě	276
3. Metody digitálního kódování obrazové informace v programové televizi	276
4. Digitální tv přenosový systém a hierarchie PCM systémů telekomunikační sítě	277
5. Digitální kódování úplných barevných signálů PAL, SECAM v studiovém komplexu	278
5.1 Volba vzorkovacího kmitočtu při digitálním kódování úplných signálů barevné televize	279
5.2 Volba bitové reprezentace přenosu	281
5.3 Maskovací účinek barvosného signálu	282
5.4 Analýza kvantizačního zkreslení PCM přenosu barvosných signálů soustav PAL a SECAM	285
5.4.1 Spektrum barvosné vlny současně kvantované a vzorkované	285
5.4.2 Pevná relace kmitočtů vzorkovací a barvosné vlny	286
5.4.3 Obecná relace kmitočtů barvosné a vzorkovací vlny	288
5.4.4 Algoritmus výpočtu jasových přeslechů a fázově amplitudových zkreslení barvosné vlny PCM systému s pevnou kmitočtovou relací vzorkovací a barvosné vlny	289
5.4.5 Hodnocení vlivů kvantizačního zkreslení barvosných signálů	291
6. Úsporné kódování úplného barevného signálu PAL	292
6.1 Digitální přenos signálu PAL diferenční pulsní kódovou modulací	293
6.2 Digitální přenos signálu PAL s vzorkováním pod Nyquistovou podmínkou	295

6.3 Hřebenová filtrace při přenosu vzorkováním pod Nyquistovou podmínkou	297
6.4 Kvalita digitálního přenosu signálu PAL při vzorkování pod Nyquistovou podmínkou	300
7. Složkové digitální kódování v studiovém tv komplexu	301
7.1 Výchozí parametry složkového digitálního kódování	301
7.2 Složkové kódování podle CCETT s poměrem vzorkovacích kmitočtů 2 : 1 : 1	302
7.3 Přenosové pásmo jasového a barvosného signálu při složkovém digitálním kódování (CCETT) s poměrem vzorkovacích kmitočtů 2 : 1 : 1	304
7.4 Uspořádání systému složkového digitálního kódování	304
7.5 Složkové digitální kódování podle Westona	307
7.6 Složkové digitální kódování podle doporučení EBU s poměrem vzorkovacích kmitočtů 3 : 1 : 1	312
7.7 Celosvětový standard digitálního kódování tv obrazové informace	313
7.8 Rozšířitelné hierarchické uspořádání systémů složkového digitálního kódování	314
8. Efektivní digitální kódování obrazové informace v přenosové televizní síti	318
8.1 Principy efektivního kódování v digitálních systémech přenosové sítě	318
8.2 Příklady systémových řešení	321

XI. DIGITÁLNÍ ZPRACOVÁNÍ OBRAZOVÉ INFORMACE V STUDIOVÉ TELEVIZNÍ SÍTI

1. Digitální studiová televizní norma	322
2. Analogově digitální převod obrazové informace	324
2.1 Diskrétní řešení převodu	324
2.2 Integrované řešení převodu	329
2.3 Řešení převodu pro složkové digitální kódování	335
3. Signálové operace při studiovém zpracování tv signálu	339
4. Digitální korekce časových chyb obrazového tv signálu	342
5. Digitální tv synchronizér	344
5.1 Princip činnosti	346
5.2 Problémy implementace	347
6. Digitální obrazové paměti pro tv signál	350
7. Digitální záznam obrazu	351
7.1 Přednosti digitálního magnetického záznamu	351
7.2 Principiální srovnání analogového a digitálního magnetického záznamu	352
7.3 Rozkladové formáty digitálního magnetického záznamu	354
7.4 Problémy uspořádání digitálního magnetického záznamu	354
7.5 Experimentální digitální magnetický záznam	356
8. Digitální konvertor televizních norem	358
9. Digitální korektory šumu	361
9.1 Korekce šumu na základě nelineárního zpracování signálu	363
9.2 Korekce šumu na základě průměrování signálu	365
9.3 Průměrování televizního signálu	366
10. Digitální dekodování úplného barevného signálu	370

11. Interpolátory signálu a metody přímé konverze vzorkovacího kmitočtu v digitálním signálu	375
11.1 Řešení založené na recipročním interpolačním teorému	376
11.2 Uspořádání digitální konverze vzorkovacího kmitočtu	377
11.3 Vlastnosti interpolace podle recipročního teorému	378
11.4 Vlastnosti přímé konverze vzorkovacího kmitočtu v systémech tv přenosu PCM signálu	380
11.5 Přímá konverze vzorkovacího kmitočtu založená na vkládání a vypouštění signálových vzorků	386
11.6 Přímá konverze vzorkovacího kmitočtu mezi hierarchickými stupni složkového digitálního kódování	389
XII. DIGITÁLNÍ PŘENOS OBRAZOVÝCH INFORMACÍ V NOVÝCH SPOJOVÝCH SLUŽBÁCH	391
1. Kancelářský dálnopis	392
2. Dálkový přenos kopií (faksimile)	393
3. Novinové faksimile	394
4. Elektronické doručování dopisů	394
5. Přenos jednotlivých nepohyblivých obrazů televizní sítí	395
6. Přenos jednotlivých nepohyblivých obrazů telefonní sítí	395
7. Videotelefonie	396
8. Teletext	397
9. Interaktivní videotext	401
10. Přenos světlovody	402
XIII. DIGITÁLNÍ ZPRACOVÁNÍ OBRAZOVÉ INFORMACE VELKOKAPACITNÍMI POČÍTAČI	405
1. Restaurování obrazu	405
2. Zkvalitňování zobrazení	406
3. Segmentace obrazu	408
XIV. ASPEKTY DIGITÁLNÍ OBRAZOVÉ MĚŘICÍ TECHNIKY	410
1. Objektivní metody	410
2. Hypotetický přenosový okruh pro standardní tv přenos	411
3. Měření vlastností digitálního kódování	411
4. Měření vlastností digitálního přenosu	418
5. Subjektivní hodnocení kvality obrazu	419
ZÁVĚR	423
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK	424
SEZNAM LITERATURY	426
RESUMÉ	440
VĚCNÝ REJSTŘÍK	442