

# Obsah

PŘEDMLUVA . . . . .	13
ÚVOD . . . . .	15
<b>I. SOUČASNÉ SYSTÉMOVÉ PROBLÉMY PŘENOSU SIGNÁLŮ PROGRAMOVÉ TELEVIZE . . . . .</b>	<b>17</b>
1. Krize kompozitního kódování televizního signálu . . . . .	17
2. Přínos implementace digitální obvodové technologie a složkového kódování . . . . .	18
3. Implementace analogového složkového kódování ve studiové a přenosové televizní síti . . . . .	19
4. Uplatnění systémů s vysokou rozlišovací schopností . . . . .	19
5. Shrnutí . . . . .	20
<b>II. VŠEOBECNÉ PRINCIPY DIGITÁLNÍ TELEVIZE . . . . .</b>	<b>22</b>
1. Přínos digitální formy televizního signálu . . . . .	22
2. Princip digitalizace obrazové informace . . . . .	23
3. Digitální modulační metody v základním pásmu . . . . .	24
4. Digitální modulační metody ve vysokofrekvenčním pásmu . . . . .	27
5. Využívání statistických vlastností televizního signálu a psychovizuálních vlastností zraku . . . . .	33
6. Shrnutí . . . . .	39
<b>III. ČASOPROSTOROVÁ DISKRETIZACE OBRAZOVÉ INFORMACE A JEJÍ VLASTNOSTI . . . . .</b>	<b>41</b>
1. Diskretizační struktury . . . . .	41
2. Typy stacionárních diskretizačních struktur . . . . .	42
3. Některé časoprostorové vlastnosti stacionárních diskretizačních struktur . . . . .	44
4. Odvození reciproční diskretizační struktury ve spektrálním prostoru . . . . .	47
5. Stanovení vektorů báze spektrálního prostoru . . . . .	49
6. Jednotky složkových vektorů báze obrazového a spektrálního prostoru . . . . .	50
7. Ortorombická diskretizační struktura televizního obrazu (ORR) . . . . .	51
8. Vymezení průběhu prostorové filtrace základního pásma formou I. Brillouinovy zóny . . . . .	52
9. Ortogonální diskretizační struktura televizního obrazu (ORT) . . . . .	53
10. Diskretizační struktura televizního obrazu s pulsničkovým prokládáním vzorků (QT) . . . . .	55
11. Analýza složitějších diskretizačních struktur . . . . .	58
12. Prostorová spektra kombinovaných diskretizačních struktur . . . . .	58
13. Diskretizační struktura televizního obrazu s řádkovým prokládáním vzorků (QL) . . . . .	59
14. Využití pro dvojrozměrnou diskretizaci obrazu . . . . .	62
15. Příklady řešení dvojrozměrných diskretizačních struktur . . . . .	62
15.1 Plošná ortogonální diskretizační struktura . . . . .	62
15.2 Plošná diagonální diskretizační struktura . . . . .	63
16. Shrnutí . . . . .	64

IV. PROBLÉMY DIGITÁLNÍHO TELEVIZNÍHO PŘENOSOVÉHO SYSTÉMU . . .	66
1. Spektrální vlastnosti digitálního signálu . . . . .	67
1.1 Obecný způsob stanovení spektrálních vlastností digitálního signálu . . . . .	68
1.2 Nepřímé stanovení spektrálních vlastností z korelační funkce digitálního signálu . . . . .	69
1.3 Stacionarita digitálního signálu jako impulsního náhodného procesu . . . . .	70
1.4 Korelační funkce impulsního náhodného procesu s náhodnou amplitudou a vzájemně nezávislými kódovými impulsy . . . . .	71
1.5 Korelační funkce unipolárního PCM signálu s nezávislými symboly . . . . .	73
1.6 Rozklad digitálního signálu na periodickou a náhodnou složku . . . . .	74
1.7 Výkonové spektrum náhodné složky unipolárního PCM signálu s nezávislými symboly . . . . .	75
1.8 Přímé určení výkonového spektra náhodné složky digitálního signálu s obecnou závislostí symbolů . . . . .	75
1.9 Fyzikální interpretace výkonového spektra digitálního signálu . . . . .	77
1.10 Podmínka existence periodické složky digitálního signálu . . . . .	78
1.11 Výkonové spektrum periodické složky digitálního signálu . . . . .	78
1.12 Výkonové spektrum periodické složky unipolárního PCM signálu s nezávislými symboly . . . . .	80
1.13 Ilustrace spektrálních vlastností digitálního signálu . . . . .	80
1.13.1 Unipolární reprezentace PCM signálu s nezávislými symboly . . . . .	81
1.13.2 Polární reprezentace PCM signálu . . . . .	83
1.13.3 Bipolární reprezentace PCM signálu . . . . .	84
1.13.4 Duobinární reprezentace PCM signálu . . . . .	86
1.14 Shrnutí . . . . .	88
2. Protiporuchová odolnost přenosu . . . . .	90
2.1 Poměr signálu k šumu a chybovost při vícestavové PCM . . . . .	90
2.2 Přímé vyjádření vztahu mezi chybovostí a poměrem signálu k šumu . . . . .	91
2.3 Mezisymbolová interference . . . . .	93
2.4 Chybovost přenosu při mezisymbolové interferenci . . . . .	93
2.5 Nyquistova podmínka vyloučení mezisymbolové interference . . . . .	94
3. Diagram oka rozhodnutí a vlastnosti digitálního přenosu . . . . .	96
3.1 Diagram oka rozhodnutí . . . . .	97
3.2 Základní vlastnosti diagramu oka rozhodnutí . . . . .	97
3.3 Projev mezisymbolové interference . . . . .	99
3.4 Diagram oka rozhodnutí pro vícestavový digitální signál . . . . .	101
3.5 Chybovost přenosu a diagram oka rozhodnutí . . . . .	102
3.6 Šumové poměry a diagram oka rozhodnutí . . . . .	102
4. Vyrovnávání digitálního přenosu v základním pásmu . . . . .	104
4.1 Optimalizace šumových poměrů při ideálním přenosovém kanálu . . . . .	105
4.2 Optimalizace rozhodovací detekce přízpusobovacím filtrem . . . . .	106
4.3 Optimalizace přijímacího filtru při reálném přenosovém kanálu . . . . .	107
4.4 Vyrovnávání mezisymbolové interference transverzálním filtrem . . . . .	109
4.5 Uspořádání lineárních vyrovnávačů . . . . .	110
4.6 Kvantovaná zpětná vazba . . . . .	111
5. Časový neklid digitálního signálu . . . . .	113
5.1 Zdroje časového neklidu . . . . .	114
5.2 Obnova taktovacího signálu . . . . .	115
5.3 Přenos časového neklidu přenosovým kanálem . . . . .	117
5.4 Úplný přenos kanálem s demodulací . . . . .	118
5.5 Přenos časového neklidu kanálem bez demodulace . . . . .	122

5.6 Sčítání časového neklidu při regeneraci signálu . . . . .	123
6. Shrnutí . . . . .	124
<b>V. PŘENOSOVÉ KÓDY DIGITÁLNÍ TELEVIZE . . . . .</b>	<b>125</b>
1. Všeobecné požadavky a problémy . . . . .	125
2. Účinnost přenosového kódu . . . . .	125
3. Zabezpečení přenosového kódu . . . . .	126
4. Linkové kódy . . . . .	128
5. Symbolové kódování . . . . .	129
6. Bipolární kód (AMI) . . . . .	131
7. Modifikované bipolární kódy . . . . .	132
8. Pseudotrojkový kód HDB $n$ . . . . .	132
9. Kód B $n$ ZS . . . . .	133
10. Kód CMI . . . . .	134
11. Linkové kódování po blocích . . . . .	134
12. Kód 4B3T . . . . .	135
13. Kód $mBnB$ . . . . .	137
14. Dekódování přenosových kódů . . . . .	137
15. Shrnutí . . . . .	140
<b>VI. ZPŮSOBY, VLASTNOSTI A ŘEŠENÍ DIGITÁLNÍ FILTRACE TELEVIZNÍCH SIGNÁLŮ . . . . .</b>	<b>141</b>
1. Základní strukturální formy digitální filtrace . . . . .	142
2. Vlastnosti jednorozměrné nerekurzivní filtrace FIR s lineární fází . . . . .	146
3. Reprezentace kmitočtových vlastností televizního kanálu nerekurzivní filtrací FIR . . . . .	148
4. Ilustrace výsledků jednoduché reprezentace . . . . .	150
5. Způsoby aproximace útlumových požadavků . . . . .	157
6. Upravená metoda Fourierovy aproximace . . . . .	158
6.1 Podstata přímého analytického postupu . . . . .	158
6.2 Diskrétní vyjádření impulsní odezvy . . . . .	161
6.3 Souvislost minimálního útlumu filtrace v nepropustném pásmu a mezní hodnoty impulsní odezvy $h_M(P, Q)$ . . . . .	161
6.4 Stanovení numerické hodnoty $h_{min}$ . . . . .	162
6.5 Příklad využití pro reprezentaci kmitočtových vlastností televizního kanálu . . . . .	162
7. Vliv činitele $Q$ na úspornost filtrace . . . . .	162
8. Digitální filtrace chrominančních složek . . . . .	166
9. Konverze přenosové rychlosti chrominančních složek . . . . .	170
10. Multiplexní digitální filtrace chrominančních složek . . . . .	170
11. Přímá konverze přenosové rychlosti . . . . .	173
12. Některé obecné vlastnosti digitální filtrace při konverzi přenosové rychlosti . . . . .	173
13. Řešení digitální filtrace prostřednictvím integrovaných obvodů . . . . .	176
14. Shrnutí . . . . .	177
<b>VII. KOMPOZITNÍ DIGITÁLNÍ KÓDOVÁNÍ TELEVIZNÍHO SIGNÁLU . . . . .</b>	<b>180</b>
1. Problémy kompozitního digitálního kódování . . . . .	181
2. Vlastnosti diskretizace signálu PAL v soustavě se vzorkováním o kmitočtu $3f_{BN}$ . . . . .	181
2.1 Vztah signálových vzorků a parametrů analogového signálu PAL . . . . .	181
2.2 Vliv časového posuvu diskretizační impulsové řady . . . . .	183
2.3 Složení diskretizovaných vzorků barvosného signálu PAL v následujících řádcích . . . . .	184

2.4	Souvislost hodnot diskretizovaných vzorků $x, y, z$ s parametry úplného signálu $Y, A, \varphi$ . . . . .	184
2.5	Ovlivnění parametrů analogového úplného signálu PAL chybami vzorků $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ . . . . .	185
2.6	Chyby barvosného signálu způsobené kvantizačním zkreslením . . . . .	186
2.7	Vlivy amplitudových chyb jednotlivých vzorků . . . . .	188
2.8	Grafická konstrukce parametrů analogového signálu z hodnot vzorků $x, y, z$ . . . . .	189
2.9	Chyby signálu PAL vznikající přídavnou chybovou posloupností . . . . .	189
2.10	Chyby polohy vzorků $x, y, z$ . . . . .	191
2.11	Kvantitativní zhodnocení . . . . .	193
3.	Vlastnosti diskretizace signálu PAL v soustavě se vzorkováním o kmitočtu $4f_{BN}$ . . . . .	196
3.1	Diskrétní reprezentace signálu PAL v systému $f_{vz} = 4f_{BN}$ . . . . .	198
3.2	Volba fázové relace vzorkovací a barvosné vlny . . . . .	199
3.3	Diskretizace složek barvosného signálu . . . . .	200
3.4	Souvislost diskretních vzorků $a, b, c, d$ s parametry úplného signálu PAL . . . . .	200
3.5	Ovlivnění parametrů analogového signálu PAL chybami vzorků $\Delta a, \Delta b, \Delta c, \Delta d$ . . . . .	203
3.6	Kvantizační zkreslení barvosného signálu PAL . . . . .	204
3.7	Všeobecné vlastnosti skladby vzorků . . . . .	205
3.8	Vlivy amplitudových chyb jednotlivých vzorků . . . . .	206
3.9	Vyhodnocení vlivu amplitudových chyb vzorků . . . . .	208
3.10	Přímá grafická konstrukce parametrů $(A, \varphi)$ barvosného signálu z posloupnosti vzorků $a_B, b_B, c_B, d_B$ . . . . .	208
3.11	Grafické zhodnocení amplitudových chyb vzorků . . . . .	210
3.12	Chyby polohy vzorků $a, b, c, d$ . . . . .	212
3.13	Kvantitativní zhodnocení . . . . .	214
4.	Shrnutí . . . . .	215

## VIII. SLOŽKOVÉ DIGITÁLNÍ KÓDOVÁNÍ TELEVIZNÍHO SIGNÁLU . . . . . 217

1.	Základní přednosti . . . . .	217
2.	Vývoj principů složkového kódování . . . . .	218
3.	Mezinárodní standardizace složkového digitálního kódování v CCIR . . . . .	220
4.	Složkové digitální kódování televizního systému 4 : 2 : 2 . . . . .	220
5.	Podrobnější charakteristika parametrů složkového digitálního kódování 4 : 2 : 2 . . . . .	223
5.1	Vztah digitálního aktivního řádku a analogové synchronizace . . . . .	223
5.2	Definice složkových signálů $E'_V, E'_R - E'_V, E'_B - E'_V$ . . . . .	224
5.3	Analogová filtrace složkových signálů . . . . .	225
6.	Standardizace styku digitálních televizních zařízení při složkovém digitálním kódování 4 : 2 : 2 . . . . .	228
7.	Obecná hlediska na standardizaci forem styku . . . . .	229
8.	Formy paralelního styku . . . . .	230
9.	Paralelní styk bitovými signály stejné váhy . . . . .	231
9.1	Základní uspořádání a požadavky . . . . .	231
9.2	Řešení digitální synchronizace . . . . .	232
9.3	Signály digitální synchronizace a zabezpečení jejich přenosu . . . . .	235
9.4	Přenos přídavných signálů . . . . .	236
9.5	Přídavné paralelní kanály pro přenos obrazových dat . . . . .	237
9.6	Elektrické charakteristiky paralelního styku . . . . .	237
9.7	K instrumentaci paralelního styku . . . . .	240

10. Možnosti dokonalejšího využití standardizované formy paralelního styku . . . . .	241
11. Sériový styk při složkovém digitálním kódování 4 : 2 : 2 . . . . .	242
11.1 Základní požadavky a principy . . . . .	243
11.2 Přenosový kód 8B9B . . . . .	244
11.3 Některé charakteristiky sériového styku . . . . .	246
12. Uspořádání kodéru a dekodéru signálu sériového styku . . . . .	246
13. Shrnutí . . . . .	248
<b>IX. TELEVIZNÍ PŘENOSOVÉ SYSTÉMY S VYŠŠÍ KVALITOU ZOBRAZENÍ . . . . .</b>	<b>249</b>
1. Zkvalitněné televizní systémy ETV . . . . .	249
1.1 Systémy ETV využívající konverze televizního rozkladu . . . . .	250
1.1.1 Vlastnosti prokládaného řádkování . . . . .	251
1.1.2 Systémy s postupným řádkováním . . . . .	254
1.1.3 Systémy se vstupní a výstupní vertikální filtrací . . . . .	254
1.1.4 Systémy se vstupní a výstupní planární diagonální filtrací . . . . .	254
1.1.5 Systémy s vyloučením velkoplošného blikání jasu . . . . .	255
1.1.6 Uspořádání paměťových obvodů na přijímací straně . . . . .	257
1.2 Systémy ETV se zkvalitněným dekodováním kompozitního signálu . . . . .	258
1.2.1 Zkvalitněné dekodování v soustavě NTSC . . . . .	259
1.2.2 Zkvalitněné dekodování v soustavě PAL . . . . .	259
1.2.3 Principy digitální separace složkových signálů . . . . .	261
1.2.4 Digitální hřebenová filtrace PAL . . . . .	262
1.2.5 Kombinovaná digitální hřebenová filtrace PAL . . . . .	263
1.2.6 Adaptivní digitální hřebenová filtrace . . . . .	265
1.2.7 Kaskádní digitální hřebenová filtrace . . . . .	266
1.2.8 Zkvalitněné dekodování v soustavě SECAM . . . . .	267
1.3 Systémy typu MAC . . . . .	269
1.3.1 Princip uspořádání a základní vlastnosti . . . . .	269
1.3.2 Návaznost signálu MAC na složkové digitální kódování . . . . .	272
1.3.3 Rodina systémů MAC/paket rozhlasové družicové služby . . . . .	273
1.3.4 Soustava C-MAC/paket . . . . .	274
1.3.5 Soustavy D-MAC/paket a D2-MAC/paket . . . . .	282
1.3.6 Analogový složkový formát MAC v televizním studiovém komplexu . . . . .	285
2. Systémy s rozšířenou rozlišovací schopností (EDTV) . . . . .	286
3. Systémy s vysokou rozlišovací schopností (HDTV) . . . . .	288
3.1 Základní vlastnosti a problémy . . . . .	288
3.2 Přenos signálů HDTV . . . . .	294
3.2.1 Systém MUSE . . . . .	294
3.2.2 Systém HD-MAC . . . . .	297
3.2.3 Systém HD-NTSC . . . . .	300
4. Shrnutí . . . . .	304
<b>X. PROBLÉMY DIGITÁLNÍHO TELEVIZNÍHO STUDIOVÉHO KOMPLEXU . . . . .</b>	<b>305</b>
1. Celodigitální televizní programový produkční blok . . . . .	305
2. Digitální televizní synchronizátor . . . . .	309
3. Problémy geometrických transformací při trikovém zpracování televizního obrazu . . . . .	309
4. Systém univerzálního zpracování signálu v digitálních televizních studiových komplexech . . . . .	315
5. Mezinárodní standardizace digitálního magnetického záznamu obrazu v systému složkového digitálního kódování 4 : 2 : 2 (formát D-1) . . . . .	318

5.1	Výchozí přístup	318
5.2	Všeobecné charakteristiky mezinárodního standardu složkového záznamu	320
5.3	Uspořádání záznamového formátu	320
5.4	Skladba dat v sektorech záznamové stopy	324
5.5	Zpracování a protiporuchové zabezpečení záznamových dat	326
5.6	Blokové uspořádání záznamu	328
5.7	Kontrolní a řídicí stopa	329
6.	Digitální záznamový formát D-2	330
7.	Shrnutí	332

## XI. EFEKTIVNÍ DIGITÁLNÍ KÓDOVÁNÍ OBRAZOVÉ INFORMACE

V PŘENOSOVÉ TELEVIZNÍ SÍTI		333
1.	Mezinárodní standardizace efektivního digitálního kódování	334
2.	Kvalitativní aspekty úsporného kódování	337
3.	Technika úsporného digitálního kódování	338
3.1	Vstupní a výstupní zpracování signálu	338
3.2	Způsob kódování signálu	339
3.3	Redukce přenosové rychlosti	340
3.4	Periferní funkce	347
4.	Klasifikace řešení úsporných systémů digitální televizní přenosové sítě	348
5.	Standardizace systémů pro hierarchické přenosové stupně H <sub>2</sub> , H <sub>3</sub> a H <sub>4</sub>	348
6.	Shrnutí	348

## XII. DIGITÁLNÍ MĚŘICÍ TECHNIKA

1.	Objektivní měření signálových parametrů	350
1.1	Měření v systémech s analogovým vstupem a výstupem	350
1.2	Měření v systémech s digitálním vstupem a výstupem	352
1.2.1	Měření chybovosti	352
1.2.2	Měření poruch přenosového kódu	353
1.2.3	Měření časového neklidu	354
1.2.4	Měření diagramu oka rozhodnutí	354
1.3	Měření složkových signálů	355
1.3.1	Laboratorní metody	355
1.3.2	Provozní metody	357
2.	Speciální digitální měřicí přístroje a diagnostika poruch televizních zařízení	358
2.1	Logický analyzátor	359
2.2	Příznakový analyzátor	361
2.3	Kombinovaný logický analyzátor	363
2.4	Logické sondy a svorky	363
2.5	Diagnostika poruch digitálních televizních zařízení	364
3.	Umělé zkušební obrazce	365
3.1	Kruhový zkušební obrazec ve tvaru Fresnelových zón	365
3.2	Časově proměnné zkušební obrazce	367
3.3	Hyperbolické zonální obrazce	368
3.4	Sférický zonální obrazec	369
3.5	Elektronická instrumentace zkušebních obrazců	369
3.6	Využití kruhového zonálního obrazce	370
3.6.1	Analýza přenosových vlastností kmitočtových filtrů	370
3.6.2	Charakteristika aperturových vlastností obrazových zdrojů a zobrazovacích soustav	372
3.6.3	Vlivy vzorkování	372

3.6.4	Vlastnosti analogového kódování a dekódování barevné televize . . .	375
3.6.5	Konverze televizních norem . . . . .	376
3.7	Testování trojrozměrných přenosových charakteristik pomocí dvojrozměrného kruhového zonálního obrazce . . . . .	376
4.	Subjektivní hodnocení kvality televizního obrazu . . . . .	377
4.1	Všeobecné zásady . . . . .	378
4.1.1	Volba pozorovatelů . . . . .	379
4.1.2	Hodnoticí stupnice . . . . .	379
4.1.3	Zkušební obrazy . . . . .	379
4.1.4	Pozorovací podmínky . . . . .	380
4.1.5	Způsob provedení zkoušek (procedury) . . . . .	380
4.2	Procedury subjektivního hodnocení televizního obrazu . . . . .	381
4.2.1	Procedura využívající jeden podnět a kvalitativní stupnici . . . . .	381
4.2.2	Procedura podle EBU . . . . .	382
4.2.3	Procedura využívající dvojí obrazový podnět a pár spojených kvalitativních stupnic . . . . .	382
4.2.4	Procedura s přímým vymezením horního okraje kvalitativní stupnice . . . . .	383
4.2.5	Procedura s nepřímým vymezením okrajů kvalitativní stupnice . . . . .	383
4.2.6	Vyhodnocení výsledků . . . . .	383
4.3	Kvalita obrazu při mezinárodním kódování . . . . .	384
4.4	Hodnocení vnitřní kvality nových televizních systémů . . . . .	387
4.5	Subjektivní hodnocení kvality alfanumerických a grafických obrazů . . . . .	391
ZÁVĚR . . . . .		392
SEZNAM LITERATURY . . . . .		394
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK . . . . .		409
RÉSUMÉ . . . . .		412
REJSTRÍK . . . . .		415