



TELEVIZNÍ TECHNIKA DVB-T

MARTIN LEGÍŇ

Praha 2006

TECHNICKÁ
LITERATURA
BEN



Martin Legiň

Televizní technika DVB-T

Kapitulu 8 připravili: Petr Nádherný, Libor Kubica, František Vyskočil

Knihu lektorovali: Jiří Bednář, Pavel Gregora, Petr Formánek (kapitulu 7)

Bez předchozího písemného svolení nakladatelství nesmí být kterákoli část kopírována nebo rozmnožována jakoukoli formou (tisk, fotokopie, mikrofilm nebo jiný postup), zadána do informačního systému nebo přenášena v jiné formě či jinými prostředky.

Autoři a nakladatelství nepřijímají záruku za správnost tištěných materiálů. Předkládané informace jsou zveřejněny bez ohledu na případné patenty třetích osob. Nároky na odškodnění na základě změn, chyb nebo vynechání jsou zásadně vyloučeny.

Všechny registrované nebo jiné obchodní známky použité v této knize jsou majetkem jejich vlastníků. Uvedením nejsou zpochybněna z toho vyplývající vlastnická práva.

Veškerá práva vyhrazena

© Martin Legiň, Praha 2006

Nakladatelství BEN – technická literatura, Věšínova 5, Praha 10

Martin Legiň: TELEVIZNÍ TECHNIKA DVB-T

BEN – technická literatura, Praha 2006

1. vydání

ISBN 80-7300-204-3



OBSAH

KAPITOLA 1

ÚVOD	15
1.1 Krátká historie televizní techniky, současnost a budoucnost	17
1.1.1 Začátky televize v bývalém Československu	17
1.2 Nové požadavky televizního vysílání v Evropě a ve světě	19
1.2.1 Co je to DVB	19
1.2.3 Stav zavádění DVB-T v České a Slovenské republice ke květnu 2006	20

KAPITOLA 2

VÝHODY, NEVÝHODY ANALOGOVÉ A DIGITÁLNÍ POZEMSKÉ TELEVIZE	23
2.1 Nevýhody analogového vysílání	25
2.2 Základní charakteristiky, výhody a nevýhody digitálního systému	26
2.3 Porovnání problémů s příjmem analogové a digitální televize	27
2.3.1 Problémy s příjmem analogové televize	27
2.3.2 Možné problémy s příjmem digitální pozemské televize	28
2.3 Porovnání analogové a digitální pozemské televize z hlediska plánování služeb	29
2.3.1 Definice pokrytí službou DVB-T	30
2.3.1.1 Druhy příjmu signálů DVB-T	30
2.3.1.2 Pevný příjem	31
2.3.1.3 Přenosný příjem	31
2.3.1.4 Antény na přenosný příjem	32
2.3.1.5 Útlum přijímaného signálu výškou	32

2.3.1.6	Útlum přijímaného signálu průnikem budovou	32
2.3.1.7	Mobilní příjem	33
2.3.1.8	Teorie a výpočty max. rychlostí týkající se mobilního příjmu	33
2.3.1.9	Definování oblastí pokrytí	34
2.4	Kmitočtová pásma a úrovně pro DVB-T	35
2.4.1	Model pro předpovědi intenzity elektromagnetického pole	35
2.4.2	Úrovně signálu DVB-T	35
2.5	Varianty systému DVB-T	36
2.5.1	Varianta C2 (CH97)	37
2.5.2	Varianta B2 (CH97)	37
2.5.3	Přenosová kapacita (počet multiplexů)	38
2.6	Tabulky minimálních a mediálních intenzit elektromagnetického pole pro současné DVB-T služby vysílané v Čechách a na Slovensku (pevný, vnější a vnitřní přenosný příjem)	39

KAPITOLA 3

POPIS SYSTÉMU DVB-T 41

Přenos TV signálu obecně	43
3.1 Zdrojové kódování obrazu a zvuku	45
3.1.1 Bitová rychlost nekomprimovaného digitálního signálu ..	45
3.1.2 Standard MPEG-2	45
3.1.2.1 Vstupní formát obrazu pro kódování kompresí MPEG-2	45
3.1.2.2 Predikce	51
3.1.2.3 Předpověď snímků a jejich druhy I, P, B	52
3.1.2.4 Transformační kódování (Diskrétní kosinová transformace) – DCT	55
3.1.2.5 Kvantování kmitočtových koeficientů	58
3.1.2.6 Entropické kódování	59
3.1.2.7 Vyrovnávací paměť	60
3.1.2.8 Kvantizační tabulky a tabulky pro Huffmanovo kódování	60
3.1.2.9 Nelineární kvantování frekvenčních koeficientů v soustavě MPEG-2	61
3.1.2.10 Příklad na výpočet datového toku v kodéru	61
3.1.2.11 Dekodér soustavy MPEG-2	62

3.1.3	Zdrojové kódování zvukových signálů v DVB-T podle standardu MPEG	64
3.1.3.1	Zbytečná (irelevantní) akustická data	64
3.1.3.2	Základy zvukového standardu MPEG-1	65
3.1.3.2.1	Kódování podle úrovně (vrstvy) 1 – MP1	65
3.1.3.2.2	Kódování podle úrovně (vrstvy) 2 – MP2 (standard MUSICAM)	66
3.1.3.2.3	Kódování v úrovni 3 (MP3)	67
3.1.3.2.4	Dekodér zvukového signálu soustavy MPEG-1	68
3.1.3.3	Zvukový standard MPEG-2	69
3.1.3.4	Několikakanálové zvukové vysílání	69
3.1.4	Alternativní komprimační metody pro využití v digitální televizi	70
3.1.4.1	Standard MPEG-4	70
3.1.4.2	Standard H.264 / AVC	73
3.1.4.3	Zpracování zvuku v rámci standardu MPEG-4	75
3.1.4.4	Kompresní metody II. generace	77
3.2	Multiplexování v DVB-T	78
3.2.1	Popis datových toků	79
3.2.1.1	Paketový elementární datový tok (PES)	79
3.2.1.2	Jednoprogramový transportní tok	81
3.2.1.3	Transportní tok	82
3.2.1.4	Tabulky transportního toku	83
3.3	Kanálové kódování	89
3.3.1	FEC (Forward Error Correction)	90
3.3.1.1	Reed Solomonův blokový kód (RS)	90
3.3.1.1.1	Kodér a dekodér RS	91
3.3.1.2	Vnější prokládač (konvoluční interleaver)	92
3.3.1.3	Vnitřní kódování – konvoluční kódování	93
3.3.1.3.1	Příklad na konvoluční kód	94
3.3.1.3.2	Zúžený neboli „tečkovaný“ konvoluční kód	95
3.3.1.4	Vnitřní prokládání	96
3.3.1.4.1	Bitové prokládání	96
3.3.1.4.2	Prokládač symbolů	97
3.3.2	Mapování, uspořádání signálu a digitální modulace	97
3.3.3	Vytvoření OFDM	100
3.3.3.1	Mnohocestné šíření signálu	100
3.3.3.2	C-OFDM v systému DVB-T	100
3.3.3.3	Vytvoření OFDM rámce	101
3.3.3.3	Grafické znázornění vytvoření OFDM rámce	102

3.3.4	Vkládání ochranného intervalu	104
3.3.5	Synchronizace v síti vysílačů SFN	105

KAPITOLA 4

SYSTÉM DVB-H 107

4.1	Systém DVB-H – Handheld (digitální televize do ruky)	109
4.1.1	Zdrojové kódování	112
4.1.1.1	MPE (Multi Protocol Encapsulation)	112
4.1.1.2	Ochrana MPE-FEC	112
4.1.1.3	Časové segmentování (Time Slicing)	112
4.1.2	Kanálové kódování a OFDM	114
4.1.2.1	Hloubkové prokládání (in-depth interleaving)	115
4.1.2.2	Způsob signalizace v TPS	116
4.1.3	Přístup k DVB-H službám v TS, nová tabulka INT – (IP/MAC notifikační tabulka)	117
4.2	Koncepce přijímače DVB-H	119
4.2.1	Součinnost systému DVB-H s mobilními sítěmi GSM, UMTS	119

KAPITOLA 5

PLATFORMA DOMÁCÍCH MULTIMEDIÁLNÍCH ZAŘÍZENÍ

MHP (MULTIMEDIA HOME PLATFORM) 121

5.1	Co je to MHP?	123
5.2	Základní vrstvy MHP	123
5.2.1	Transportní protokoly	124
5.2.2	Platforma DVB-J	125
5.3	Oblasti využití platformy MHP	126
5.4	Interaktivní aplikace	127
5.4.1	Životní cyklus aplikace. Co je to „Xlet“?	127
5.4.2	Příklady MHP aplikací	128
5.4.3	Formáty souborů, které mohou být obsahem aplikací ..	130



5.4.4	Softwarové nástroje na tvorbu programového obsahu .	131
5.4.4.1	Tvorba MPEG-2	131
5.4.4.2	Generování karuselu objektů	131
5.4.4.3	Multiplexování	131
5.4.4.4	Tvorba aplikací na úrovni uživatelského rozhraní – Program iTV Suite	132

KAPITOLA 6

PARAMETRY MĚŘENÉ V DVB-T

137

6.1	Seznam a význam parametrů specifických pro systém DVB-T (VF parametry a parametry týkající se kanálového kódování)	139
6.1.1	Přesnost nastavení nosných kmitočtů	141
6.1.2	Kontrola šířky kanálu	141
6.1.3	Měření délky symbolu (ověření délky ochranného intervalu)	141
6.1.4	Selektivita přijímače	142
6.1.5	Zachytávací rozsah AFC	142
6.1.6	Fázový šum místních oscilátorů	142
6.1.7	vf/mf výkon signálu	144
6.1.8	Měření výkonu šumu, odstup C/N a S/N	144
6.1.9	Vf spektrum a spektrální masky	144
6.1.10	Citlivost přijímače/dynamický rozsah pro Gaussův kanál	146
6.1.11	Rovnocenné šumové zkreslení (END – Equivalent Noise Degradation)	146
6.1.12	Ekvivalentní šumový „práh“ (Equivalent Noise Floor) ...	147
6.1.13	Linearita (Potlačení ramen)	148
6.1.14	Výkonová účinnost vysílacích zařízení	149
6.1.15	Koherentní rušení	149
6.1.16	Měření chybovosti BER	149
6.1.17	Analýza složek I/Q	151
6.1.18	Celkové zpoždění signálu	155
6.1.19	Synchronizace SFN sítě	155
6.1.20	Odolnost systému vůči chybám	155

6.2	Monitorování transportního toku TS	156
6.2.1	Monitorování signálů na pracovišti, které je odpovědné za tvorbu multiplexu	156
6.2.1.1	Seznam parametrů, které je nutno monitorovat	156
6.3	Měřicí sada přístrojů pro měření parametrů signálu DVB-T od Rohde & Schwarz	159
6.3.1	MPEG-2 generátor (DVG)	160
6.3.2	Analyzátor kvality digitální TV – DVQ (Digital Video Quality Analyzer)	161
6.3.3	Systém na měření digitální televize – DVM 400 (Digital Video Measurement System)	162
6.3.4	Měrný vysílač SFU (Broadcast Test System SFU)	163
6.3.5	Měrný vysílač SFQ	163
6.3.6	DVB-T měrný přijímač EFA (DVB-T test receiver EFA)	165
6.3.7	Přenosný analyzátor FSH3-TV (TV Analyzer FSH3-TV)	166
6.3.8	Diverzitní měrný přijímač pro mobilní měření pokrytí službami DVB-T a DVB-H (TSM-DVB)	166
6.4	Jednoduchá praktická měření signálů DVB-T pomocí přístroje PROMAX Prolink 4/4C ...	167
6.4.1	Měření úrovně digitálního signálu na přijímací straně ..	169
6.4.1.1	Doporučované minimální a maximální úrovně signálu DVB-T	171
6.4.2	Měření poměru úrovně nosné vlny k úrovni šumu – C/N (carrier-to-noise)	173
6.4.3	Měření bitové chybovosti BER	173
6.4.4	Zobrazení chybných paketů za RS dekodérem	174
6.4.5	Měření modulační chybovosti MER	175
6.4.6	Informace o stavu kanálu CSI (Channel Status Information)	177
6.4.7	Detekce odrazených signálů (zobrazení impulzní odezvy)	177
6.4.8	Dekódování MPEG-2 / DVB kanálů, přístup do digitálních služeb	178
6.5	Měření pokrytí signálu DVB-T	179

KAPITOLA 7**DVB-T VYSÍLAČE 181**

7.1	Sítě SFN	183
7.1.1	Architektura SFN sítě	183
7.1.2	Způsoby distribuce signálu na vysílač	184
7.1.3	Bloková schéma vysílače DVB-T	185
7.1.4	Monitorované parametry v síti SFN	188
7.1.5	Monitorované a měřené parametry na vysílači DVB-T .	188
7.1.6	Základní technické parametry standardního vysílače určeného pro analogovou a digitální televizi ...	189
7.1.7	Převaděče signálu DVB-T	189
7.1.7.1	Omezení digitálních převaděčů	189
7.1.7.2	Výhody použití digitálního převaděče	190

KAPITOLA 8**ROZVODY TELEVIZNÍHO SIGNÁLU 191**

8.1	Úvod do problematiky společných rozvodů pro příjem DVB-T	193
8.2	Řešení televizních rozvodů pro příjem DVB-T	194
8.2.1	Přímý rozvod TV kanálů s digitálními multiplexy	194
8.2.2	Rozvod TV kanálů s kmitočtovým převodem	194
8.2.3	Převod digitálního signálu DVB-T na signál analogový	195
8.2.4	Převod DVB-T na DVB-C	195
8.2.5	DVB-S	195
8.3	Možné technické problémy	196
8.4	Moderní prvky kabelových rozvodů	199
8.4.1	Komponenty firmy Kathrein	199
8.4.2	Komponenty firmy SPAUN electronic	202
8.4.3	Kabely a konektory pro televizní rozvody	205

8.4.4	Měření signálu v terénu	211
-------	-------------------------------	-----

KAPITOLA 9

KATEGORIE PŘIJÍMAČŮ, ANTÉNY

213

9.1	Set-top boxy	215
9.1.1	Funkce PVR (Personal Video recoder) nahrávání pořadů	217
9.1.2	Základní blokové schéma set-top boxu	217
9.1.3	Příklad jednočipového řešení set-top boxu	218
9.2	Přenosné digitální přijímače	220
9.2	Diverzitní přijímače pro přenosný nebo mobilní příjem DVB-T	220
9.3	Integrovaná digitální televize IDTV	222
9.4	Přijímače s podporou MHP	222
9.5	Skupinové přijímače DVB-T	224
9.6	PCI a USB karty na příjem DVB-T v počítači	225
9.7	Antény vhodné na příjem DVB-T	227
9.7.1	Šíření televizních signálů ve III., IV. a V. televizním pásmu.....	227
9.7.1.1	Přijem v televizním pásmu VHF (5–12 kanál).....	227
9.7.1.2	Přijem v televizním pásmu UHF (21. až 69. kanál).....	227
9.7.1.3	Vlastnosti přijímacích antén	228
9.7.2	Antény pro příjem DVB-T	229
9.7.2.1	Pokožové antény	229
9.7.2.2	Širokopásmové antény se soufázově buzenými prvky (anténa SÍTO).....	229
9.7.2.3	Logaritmicko-periodické antény	229
9.7.2.3	Směrové antény YAGI	230
9.8	Zásady instalace DVB-T v domácnosti	230
9.8.1	Problémy s rušením signálu DVB-T v domácím prostředí	231
9.8.1.1	Impulzní rušení	231
9.8.1.2	Rušení blízkým zdrojem elektromagnetického záření	233
9.8.2	Rezervní úroveň signálu (Provozní rezerva).....	234

9.8.3	Příjem DVB-T s novou a existující anténou	234
9.8.3.1	Instalace jednoduchých venkovních antén na pevný příjem	234
9.8.3.2	Přenosný vnější příjem	237
9.8.3.3	Vnitřní přenosný příjem	237
9.8.4	Předzesilovače	238
9.8.5	Domovní zesilovače a distribuční zesilovače	238
9.8.6	Instalace set-top boxů, digitálních přijímačů	239
9.8.7	Kabely, konektory a spojky	239
9.8.8	Informace o vysílání	239
RECENZE VYBRANÝCH PŘIJÍMAČŮ		240
9.8	Set-top box značky STRONG 5150	240
9.8.1	Základní charakteristika	240
9.8.2	Vybavení přijímače	240
9.8.3	Nastavení	241
9.8.4	Menu	241
9.8.5	Zhodnocení	244
9.8.6	Technické specifikace	244
9.9	Přenosný přijímač DVB-T, přehrávač DVD Mustek DTV 407	245
9.9.1	Základní charakteristika	245
9.9.2	Vybavení přijímače	245
9.9.3	První zapnutí a nastavení	247
9.9.4	Manuální vyhledávání multiplexů	248
9.9.5	Funkce rychlého zobrazení informace o TV programu a stavu kanálu	249
9.9.6	Další nastavení systému	250
9.9.7	Teletext a EPG	250
9.9.8	Aktuální přehled o vysílaných programech	250
9.9.9	DVD přehrávač	251
9.9.10	Technické specifikace	251
9.9.11	Zhodnocení	252
9.10	DVB-T přijímač ve tvaru USB klíče	252
9.10.1	Základní charakteristika	252
9.10.2	Vybavení přijímače	252
9.10.3	Instalace a nastavení přijímače	253

9.10.4	První spuštění aplikace „DVB-T player“	253
9.10.5	Nastavení funkce PVR, nastavení obrazu	254
9.10.6	Zachytávání snímků „Capture“ a funkce Timeshift“	255
9.10.7	Zobrazení technických informací, teletextu a EPG	255
9.10.8	Dálkové ovládání	257
9.10.9	Technické specifikace	257
9.10.10	Zhodnocení	258
9.11	Diverzitní přijímač DVB-T AMPIRE DVBT 100L	258
9.12	Digitální přijímač – set-top box Golden Interstar DVB-T/S 8300 CI Premium	260

PŘÍLOHA 1

POPIS VYBRANÝCH PŘIJÍMAČŮ **265**

Skupinové digitální přijímače	267
DIGAM-4, DIGAM-6, STC 1200	267
Nastavení	267
Individuální Set-top boxy	268
T3000, T8000PVR, TS6.1DT	268
Nastavení	268
Měřicí přístroje	269
PDA-7, DL-1, DM 14C	269
Nastavení	269

Seznam literatury	271
--------------------------------	------------

Seznam zkratk	272
----------------------------	------------

Rejstřík	274
-----------------------	------------

Přehled pokrytí v ČR květen 2006	278
---	------------

Kontakty na prodejny technické literatury	287
--	------------



Předmluva

Vážení čtenáři,

současná doba je přímo nabitá moderními digitálními technologiemi. Digitální zpracování fotografie, zvuku či obrazu již není žádnou novinkou. Žijeme v období, kdy internet, televize a telefonní služby už nejsou odděleně fungujícími systémy, ale postupně navzájem konvergují a vytvářejí prostředí, kde navzájem mezi sebou komunikuje více platforem.

Složitě matematické teorie dnes dokážou špičkové technologie promítnout do praxe. Digitalizace přináší mimo zkvalitnění stávajících služeb i vznik služeb nových a neobešla ani televizi. Digitální televizi známe určitou dobu jako satelitní, která začínala jako první. Satelitní digitální televize přinesla hlavně zvýšení počtu vysílaných programů, přenos datových balíčků a nejnověji i televizi s vysokým rozlišením. Satelitní příjem, však není jediná možnost jak digitální televizi přijímat. Souběžně se satelitní digitální televizí se začaly vyvíjet kabelový digitální systém a dnes i pozemská digitální televize, která je nejmladší z rodiny digitálních norem vyvíjených v Evropě. Hovoříme o zkratkách evropských norem DVB-S, DVB-C a DVB-T, které už nikomu zřejmě není potřeba zvlášť představovat a ani to, že se nejen v Evropě staly díky projektu DVB normami v oblasti digitální televize. Současně s evropským projektem se vyvíjí také konkurenční platformy pro zemskou televizi jako systém ATSC v USA, ISDB-T v Japonsku. Nejmladší z rodiny evropských DVB systémů je DVB-T, který se dnes zavádí nejen v Evropě, ale skoro v polovině světa (mimo USA, Japonska, Jižní Ameriky). Systém DVB-T je sice vývojově nejmladší, dá se říci, že za poslední léta prošel obrovským vývojem co se týká možnosti mobilního příjmu, aplikování v prostředí přijímačů typu mobilní telefon, čímž vznikla jeho nadstavba DVB-H (Handheld), interaktivních aplikací či televize s vysokým rozlišením HDTV. Lepší zvládnutí technologie výroby obrazovek LCD, či miniaturizace součástkové základny dnes nabízí na trh výkonná, spolehlivá a esteticky zajímavá zařízení poměrně malých rozměrů vhodných pro příjem DVB-T. Směrování vývoje je jasné – dosáhnout stav, kdy bude možné televizi ve vysoké kvalitě sledovat kdekoli a za jakýchkoli podmínek, přitom na její příjem nemusíme použít právě klasický televizní přijímač, na který jsme zvyklí.

Mimo rozšířených možností příjmu a většího počtu programů se též v případě DVB-T čím dál více hovoří o interaktivních aplikacích založených na platformě MHP, ale také o nahrazení současné komprimační metodě MPEG-2 kompresí MPEG-4 hlavně v souvislosti s rozšířením vysílání na vysílání s vysokým rozlišením obrazu HDTV.

Protože je problematika DVB-T velmi rozsáhlá, snaží se tato kniha shromáždit nej důležitější nejen teoretické, ale i praktické poznatky, které se DVB-T týkají. Kniha je určena všem zájemcům o digitální pozemskou televizi. Může sloužit jako učebnice pro technické školy, popřípadě technikům pracujícím v oblasti televizní techniky. V teoretické části najdete základní informace o fungování systému, od zdrojového kódování, přes kanálové kódování a vytvoření multiplexu COFDM. Dále pak základní informace o novém systému DVB-H, teorii popisující platformu MHP a ukázkou softwarového nástroje na tvorbu jednoduchých MHP aplikací určených pro vysílání karuselovým systémem. Dále pak základní digitální parametry, které je potřebné měřit, měření s jednoduchým měřicím přístrojem na měření analogové a digitální televize DVB-T/C/S určeného zejména pro servisní techniky, nebo kabelové společnosti. Dále je alespoň pár slovy popsány set



Obsah

profesionálních měřících přístrojů firmy Rohde&Schwarz pro měření digitální televize ze strany operátorů. Autor se dále věnuje popisu některých přijímačů DVB-T a jejich základních funkcí, blokových schémat a popisu antén vhodných na příjem DVB-T. Důležité je vědět, jaké antény na příjem DVB-T použít a na co si při jejich instalaci a umístění dát pozor. V knize se autor snažil upozornit i na negativní jevy, vyskytující se při příjmu DVB-T, které mohou při příjmu nastat a jak jim také předejít. V průběhu psaní této knihy bylo spuštěno pravidelné digitální vysílání v České republice a pilotní projekty ve všech důležitých městech na Slovensku. Snahou autora této knihy je podat čtenářům nejen teoretické, ale i praktické vědomosti získané při práci v oblasti výzkumu problematiky zavádění DVB-T na Slovensku. V závěru předmluvy bych chtěl v první řadě poděkovat nakladatelství BEN-technická literatura s.r.o., za to že mi umožnilo tuto knihu vydat.

Chtěl bych poděkovat svému kolegovi Josefu Halamkovi za cenné rady a zkušenosti, za odbornou pomoc a za překlad do českého jazyka. Dále pak děkuji za kvalitní recenzi pánům Bednářovi a Gregorovi.