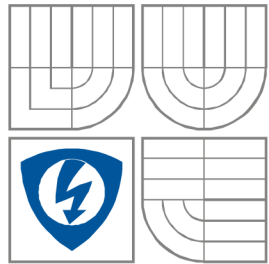


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

MĚŘENÍ PARAMETRŮ PŘIJÍMAČE PRO DIGITÁLNÍ TELEVIZI DVB-T (SET TOP BOXU)

MEASUREMENTS OF THE DVB-T DIGITAL TELEVISION RECEIVER
PARAMETERS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Jan Komenda

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. Tomáš Kratochvíl, Ph.D.

BRNO, 2009

Originální zadání diplomové práce

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s vnitřní blokovou strukturou přijímače pro digitální televizi DVB-T, tzv. set-top boxu. Pro vámi vybraný a komerčně dostupný přijímač zjistěte dostupné informace o jeho konstrukci (typ tuneru, způsob řízení AFC, typ filtru SAW, integrovaný obvod dekodéru OFDM a dekodéru A/V).

Navrhněte a realizujte praktické měření parametrů vámi vybraného přijímače pomocí přístrojového vybavení laboratoře digitální televize UREL FEKT. Při návrhu vycházejte z technické dokumentace jednotlivých částí přijímače a normy. Vybraný přijímač konstrukčně upravte tak, aby měřené signály byly dostupně na skřínce přístroje.

Proveďte měření vybraného přijímače a jeho parametrů podle normy. Naměřené výsledky zpracujte formou standardního protokolu o měření a navrhněte metodiku měření vámi vybraných parametrů ve formě laboratorní úlohy pro předmět Digitální televizní systémy.

Abstrakt

Diplomová práce je zaměřena na měření parametrů přijímače pro digitální televizi DVB-T tzv. set-top boxu. Práce se v úvodu zabývá stručnou teorií z oblasti komprimace a přenosu digitální televize. Dále jsou podrobně zpracovány informace k jednotlivým obvodovým řešením vybraného set-top boxu Humax F3-FOX T spolu s měřeními jednotlivých parametrů dostupnou měřicí technikou. Závěr práce je věnován konstrukční úpravě pro externí vyvedení signálů spolu se zpracováním metodiky měření.

Klíčová slova

Set-top box, měření parametrů podle normy ETSI, konstrukce, tuner, řízení AFC, OFDM, dekodér A/V, Humax F3-FOX T

Abstract

The diploma thesis is focused on the measurement of selected parameters of the digital TV receiver DVB T, set top box. In the introductory part the work briefly deals with the theory of compression and transmission of the digital TV signal. Main part of the thesis contains detail information about individual circuits of the selected set top box Humax F3-FOX T and the results of measurements of individual parameters obtained from the available measuring devices. The final part of the thesis deals with the design changes necessary for creation of the external output for the signals and also with the methodology of the measurement.

Key Words

Set-top box, measurements of the parameters ETSI standards, construction, tuner, regulation of AFC, OFDM, decoder A/V, Humax F3-FOX T

Bibliografická citace mé práce:

KOMENDA, J. *Měření parametrů přijímače pro digitální televizi DVB-T (set-top boxu)*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 74 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Tomáš Kratochvíl, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Měření parametrů přijímače pro digitální televizi DVB-T (set-top boxu) jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího semestrálního projektu a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením tohoto projektu jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne 29. května 2009

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Tomáši Kratochvílovi, Ph.D. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

V Brně dne 29. května 2009

.....
podpis autora

Obsah

1 Úvod.....	7
2 Přenos digitální televize	8
2.1 Výhody digitální televize.....	8
2.2 MPEG-2 komprimace	8
2.2.1 Komprimace obrazu	8
2.2.2 Komprimace zvukové stopy	9
2.2.3 Spojení obrazu a zvuku	9
2.3 Přenos digitální televize	9
2.3.1 Protichybová ochrana	10
2.3.2 Modulace nosné vlny	10
2.3.3 Multiplex OFDM.....	10
3 Přijímače DVB-T	12
3.1 Obecná struktura	12
3.1.1 Tuner	13
3.1.2 Demodulátor COFDM	13
3.1.3 Descrambler	13
3.1.4 Demultiplexor transportního toku MPEG-2 TS	13
3.1.5 Video/audio/data dekodér MPEG-2	14
3.1.6 Mikroprocesor CPU	14
4 Výběr set-top boxu	15
4.1 Základní vlastnosti přijímače Humax F3-FOX T	15
4.1.1 Technické parametry STB.....	18
4.1.2 Vnitřní bloková struktura	19
4.1.3 Použité integrované obvody	20
4.1.4 Tuner	21
4.1.5 DVB-T demodulátor	24
4.1.6 CPU, MPEG-2 dekodér, D/A převodník.....	26
4.1.7 A/V přepínací matice STV6412A	28
5 Měření parametrů set-top boxu	30
5.1 Tuner	32
5.1.1 Výstupní část a SAW filtr	32
5.1.2 Automatické vyrovnávání citlivosti AGC.....	35
5.1.3 Vliv vypnutí AGC na předzesilovači tuneru	37
5.2 COFDM demodulátor, kanálový dekodér	39
5.2.1 Transportní tok MPEG-2 TS	39
5.2.2 Měření Transportního toku na TDA10046HT	41
5.3 CPU, MPEG-2 dekodér, D/A převodník	43
5.4 A/V přepínací matice STV6412A	45

6 Konstrukční úprava přijímače pro měření	47
6.1 Připojení tuneru	47
6.1.1 Připojení AGC – automatické vyrovnávání citlivosti	47
6.1.3 Připojení IF – mezifrekvence	48
6.2 Připojení COFDM demodulátoru.....	49
6.2.1 TS paralel output	49
6.2.2 Interface TS paralel	51
6.3 Připojení A/V matice.....	55
6.3.1 SCART konektor.....	55
7 Měření parametrů laboratorních přístrojů	58
7.1 Rohde & Schwarz DVRG	58
7.2 Kathrein MSK 200/50	60
7.3 Kathrein MSK 33	61
8 Závěr.....	62
Seznam použitých zkratk	64
Příloha 1 – Laboratorní úloha.....	66
Příloha 2 – Doplnující popisky nových konektorů přijímače	74

1 Úvod

Diplomová práce je zaměřena na měření parametrů přijímače pro digitální televizi DVB-T, tzv. set-top boxu. Příjem digitálního televizního vysílání DVB-T je v současné době velmi aktuální vzhledem k přechodu od stávajícího analogového televizního vysílání, které bude zcela vypnuto 11.11.2011. Přijímače DVB-T tzv. set-top boxy umožňují koncovým uživatelům sledovat digitální vysílání na televizoru určeném původně pro analogový příjem.

Práce se věnuje teoretické problematice digitálního vysílání a nejčastěji používaným blokovým strukturám set-top boxů. Výběru set-top boxu k detailnějšímu rozboru jeho prvků použitých pro jednotlivé funkční části, které se podílejí na příjmu signálu, jeho postupnému zpracování a výstupním celkům zajišťujícím A/V signály vhodné pro další zobrazení libovolným televizním přijímačem se věnuje další část práce.

Podrobně jsou zpracovány také veškeré dostupné informace o konstrukci vybraného set-top boxu. Z hlediska realizace měření byl vybrán set-top box značky Humax F3-FOX T. Tento přijímač je předmětem celé praktické části a měření signálů. Údaje uváděné v práci lze však s drobnými odchylkami použít i pro jiné typy set-top boxů vzhledem k častému výskytu daných integrovaných obvodů v přijímačích DVB-T pocházejících od jiných výrobců.

Samostatná kapitola je věnována měření parametrů obvodů přijímače za pomoci vybavení laboratoře digitální televize UREL. Na základě naměřených hodnot a jejich porovnání s dokumentací měřících přístrojů jsou v práci popsány návrhy obvodů pro přímou připojitelnost konkrétních zařízení. Konstrukční úpravě pro připojení konektorů a jejich umístění na vnější skříňku přístroje je věnován závěr práce spolu s vypracováním laboratorní úlohy.

2 Přenos digitální televize

K zavedení digitálního vysílání došlo zejména díky pokroku v oblasti výpočetní techniky, která svými parametry a dostupností umožnila rychlé rozšíření se mezi koncové uživatele. Stávající analogové vysílání svými možnostmi dosáhlo mezí, kdy další vývoj s ohledem na perspektivu dalšího využití nebyl možný. Digitální způsob přenosu informací umožňuje lepší zpracování dat zejména při úpravě u zdroje informace a koncového uživatele – zde televizního diváka. Na výslednou charakteristiku celého systému má nemalý vliv především přenosové prostředí, které bylo nutné zohlednit při návrhu celého přenosového systému pro odstranění nedostatků souvisejících s přenosovou cestou od zdroje informace k jejímu příjemci.

2.1 Výhody digitální televize

Digitální televize přináší řadu výhod z nichž hlavní jsou tyto:

- lepší využití kmitočtového spektra,
- větší přenosová kapacita,
- vyšší kvalita obrazu i zvuku,
- snížení vlivu přenosového prostředí na signál,
- nižší energetická náročnost přenosové cesty,
- interaktivní služby a datové přenosy.

2.2 MPEG-2 komprimace

Zdrojové transformační kódování pro komprimaci datového toku označované jako standard MPEG-2 je rozděleno do tří definičních oblastí. Jedná se o tvorbu a uspořádání obrazových signálů, dále tvorbu a uspořádání zvukových signálů a třetí oblast specifikuje jejich spojování v jeden programový tok.

2.2.1 Komprimace obrazu

Obrazové informace jsou rozděleny na jednotlivé snímky, v nichž jsou přenášeny informace o jasů a rozdílové barevné složce v 256 úrovních. Jasové informace jsou vzorkovány frekvencí 13,5 MHz, barevné informace 6,75 MHz. Každý obrazový vzorek je

označována PCM kódem o délce 8 nebo 10bitů. Takto vzniklý datový přenos by vyžadoval rychlost kolem 250Mb/s, což je v současné době nereálné vzhledem k přenosu informace k divákovi. Snížení datového objemu bylo realizováno odstraněním nadbytečných a zbytečných (redundantní, irelevantní) informací přenášených v obrazu. Spolu se znalostmi lidského vnímání obrazu byly zavedeny postupy, pomocí nichž lze matematicky snížit hodnotu datového toku na přibližně 3Mb/s, která je pro přenos a další zpracování použitelná. K tomuto procesu se používá DCT (diskrétní kosinová transformace). Rozdělení obrazu na bloky s 64 obrazovými body je dále upraveno pomocí tzv. obrazové matice spolu s vzájemnou souvislostí mezi po sobě jdoucími snímky, kdy jsou přenášeny pouze informace o změnách proti minulému snímku.

Celkový takto vzniklý datový tok jako výsledek kódování a komprese je rozdělen do sekvencí označených základními obrazovými informacemi. Sekvence obsahuje skupiny snímků a jednotlivé snímky. Podle standardů MPEG-2 je obrazový tok sestaven do paketů PES, obsahujících hlavičku s informacemi o streamu a samotná data.

2.2.2 Komprimace zvukové stopy

Analogový signál je již během zpracování ve studiu získán ve stereofonní formě s vzorkovací frekvencí 48kHz. Pomocí A/D převodníků je kvantizován 16 bity pro jeden vzorek. Transportní tok je tedy 768 kb/sec. Tento poměrně vysoký datový tok je také snižován ve zdrojovém kodéru na datový tok přibližně 200kb/sec. Komprese vychází podobně jako u obrazových dat z odstranění irelevantních informací na základě znalostí lidského sluchu (maskovací práh).

2.2.3 Spojení obrazu a zvuku

Na výstupu studia se pakety z obou datových toků spojí pomocí programového multiplexoru v jeden tok. Dále je možné připojit přídatná data jako teletext atp. Jedná se tedy o televizní signálový tok, který se označuje jako PTS (Programme Transport Stream).

2.3 Přenos digitální televize

Terestrický rádiový přenos je charakteristický vlastnostmi, které se negativně podílejí na přenášené informaci zejména z důvodu vícecestného šíření vlivem odrazů signálu,

aditivního bílého šumu, rušení způsobená okolními zdroji a při mobilním příjmu také Dopplerovým jevem.

2.3.1 Protichybová ochrana

Vzhledem k tomu, že transportní tok MPEG-2 TS neobsahuje žádné nadbytečné informace, může docházet vlivem jednoho chybně přeneseného bitu k velkým ztrátám informací. Pro tyto účely je signál chráněn před vstupem do přenosového zařízení zaváděním protichybové ochrany FEC (Forward Error Correction) .

2.3.2 Modulace nosné vlny

Informace obsažená v transportním toku je namodulována tak, aby bylo možné v jednom přenosovém VF kanálu o šířce pásma 8 MHz obsáhnout víceprogramový tok informací. Pro přenos obrazu se používá na rozdíl od analogové televize jeden vysílač. V první části vysílače probíhá digitální modulace v základním signálovém pásmu. Zde se transportní tok přenáší do VF kanálu s šířkou pásma 8MHz a moduluje nosnou vlnu o pevném kmitočtu. Druhé části zpracování poté probíhá přeložení těchto mezifrekvenčních signálů na nosnou vlnu o výstupním kmitočtu vysílače.

2.3.3 Multiplex OFDM

Amplitudová a fázová modulace subnosných vln digitálními signály je modulována jako QPSK, 16-QAM nebo 64-QAM. Jsou nositeli informace o protichybovém zabezpečení. Vzájemný frekvenční odstup jednotlivých subnosných je volen s ohledem na umístění do minima modulačních spekter. Jedná se o ortogonální kmitočty subnosných vln OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex). OFDM modulace je používána v jednofrekvenčních sítích, kde vysílače pracují na shodném kmitočtu a vyzařují signál v úplné synchronizaci. Zajištění synchronizace je řešeno pomocí GPS. Každý vysílač musí ve stejný okamžik vyslat identický symbol jako ostatní vysílače. Symbol OFDM je reprezentován příslušným počtem modulovaných subnosných vln podle zvoleného módu:

Evropská norma ETSI EN 300744 stanovuje následující parametry:

- šířka pásma kanálu 6 MHz, 7 MHz nebo 8 MHz
- mód 2k a 8k (různé délky IFFT, délky symbolu a rozestup nosných)

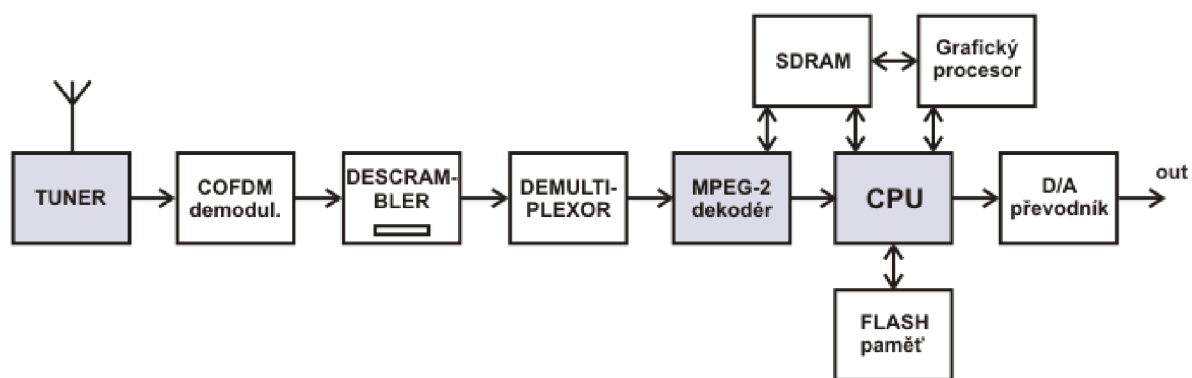
Rámce, do kterých jsou strukturována data DVB-T je sestaven z 68 OFDM symbolů. 4 rámce tvoří superrámec. Pro 8k mód odpovídají 2 superrámce jednomu megarámci. Pro 2k mód je megarámec tvořen osmi superrámci.

3 Přijímače DVB-T

Digitální přijímač označovaný jako set-top box je samostatný přístroj, který spolu s připojenou anténou přijímá terestrické digitální vysílání. Digitální signál konvertuje na analogový signál pro danou normu (PAL, NTSC,...).

3.1 Obecná struktura

Konstrukce set-top boxů (dále jen STB) je principiálně jednoduchá. Obsahuje základní prvky pro jednotlivé bloky zpracování signálu. Většina je řešena na základě jednočipového řešení MPEG-2 dekodéru v kombinaci s CPU, obslužnými obvody jako tuner, demultiplexer, mikroprocesor, paměti a A/V přepínací maticí. Základní struktura je uvedena na obr. 1. Konektory pro možnost připojení televizního přijímače jsou v základních verzích rozděleny na SCART nebo CINCH. U kvalitnějších přijímačů lze naladit výstup jako běžný televizní kanál takže lze přijímač použít i na televizích, které nejsou vybavené A/V vstupem. Konektor RS232 slouží pro update softwaru, který je u některých modelů možné upgradovat i přímo z přijímaného digitálního vysílání (u nás prozatím nedostupné).



Obr.1 Základní bloková struktura běžného STB [1]

3.1.1 Tuner

Tuner je podobně jako v televizních přijímačích řešený jako uzavřený blok s konektory pro připojení antény a vývody pro umístění do desky plošných spojů. Tuner naladí požadovaný kanál, ve kterém se nachází daný multiplex. U terestrického vysílání jde o kanál s šířkou pásma 7 nebo 8MHz. Tuto oblast vyčlení pomocí SAW filtru. Dále je vř signál konvertován do základního pásma a vyveden do dalších obvodů.

3.1.2 Demodulátor COFDM

Jedná se o integrovaný obvod, na který je přiveden výstup z tuneru v základním pásmu. Obsahuje obvody FFT, demodulátor M-QAM, Viterbiho dekodér a RS dekodér. Výsledný datový tok je dále posílán do demultiplexoru. Bitový tok na výstupu COFDM je v podstatě transportní tok MPEG-2 TS.

3.1.3 Descrambler

Tato část je obsažena v přijímačích, které jsou určeny pro příjem placených televizních stanic. Jedná se o ochranou část zabraňující přístupu k daným službám a vysílání bez přístupové karty. Na vysílací straně je signál kódován a pomocí descramberu je v přijímači dešifrován. Používají se různé algoritmy typu Cryptoworks, Conax apod.

3.1.4 Demultiplexor transportního toku MPEG-2 TS

Na základě definovaných tabulek servisních informací (SI) a programových informací (PSI) můžeme demultiplexorem vybrat konkrétní obrazové, zvukové a datové toky, které jsou dále vedeny do příslušných dekodérů.

3.1.5 Video/audio/data dekodér MPEG-2

Dekodér MPEG-2 obsahuje tři samostatné dekodéry pro obraz, zvuk a data, které konvertují signál do původního formátu pro zpracování grafickým obvodem. Video dekodér spolu s grafickým ovladačem převádí pakety do sekvence snímků dle dané normy (PAL, NTSC). Výstupní signál je možné přímo zobrazit v televizním přijímači. Komprimovaný audio tok je dekodován na výstupu D/A převodníku, který lze také přímo připojit na audio část televizního přijímače.

3.1.6 Mikroprocesor CPU

Mikroprocesor řídí v celém procesu samotné dekódování datových toků, zpracovává servisní informace a pokyny od uživatele. Většinou je tento procesor v jednom pouzdře spolu s dekodérem MPEG-2.

4 Výběr set-top boxu

Pro realizaci praktického měření parametrů STB pomocí přístrojového vybavení laboratoře digitální techniky UREL FEKT bylo nutné vybrat konkrétní komerčně dostupný přijímač a zjistit nutné informace o jeho konstrukci.

Příkladem poměrně rozšířeného STB je výrobek společnosti TechniSat DigiPal 2 TX, který byl na našem trhu jako jeden z prvních dostupných modelů v době zahájení testovacího provozu vysílání digitální televize. Tento přístroj je dostupný v laboratoři UREL pro účely testování a bylo jej proto možné demontovat kvůli zjištění jeho obvodových prvků.

Dalším přístrojem dostupným na UREL je Humax F3-FOX T, který má mírně lepší parametry a robustnější konstrukci proti DigiPalu 2 TX. Také tento přístroj je k dispozici v laboratoři pro možnost podrobnějšího seznámení se s použitými obvody. Oproti TechniSatu má také lepší dostupnost dokumentace k jednotlivým součástkám.

Ostatní dostupné přístroje, které lze v současné době na našem trhu sehnat, bohužel není možné blíže prohlédnout před nákupem, jelikož technické parametry, vnitřní uspořádání a použité obvody nejsou uváděny v žádném katalogu a nejsou běžně dostupné ani profesionálním firmám působící v této oblasti.

Oba dostupné přijímače byly blíže analyzovány na základě dostupné technické dokumentace k jednotlivým komponentům. Vzhledem k použitým součástkám, typu konstrukce a dokumentaci byl pro měření a konstrukční úpravu zvolen set-top box společnosti Humax model F3-FOX T.

4.1 Základní vlastnosti přijímače Humax F3-FOX T

Přístroj korejské produkce je poměrně rozšířený i přes vyšší pořizovací cenu. Vyniká především dobrou vybaveností a kvalitním příjmem volně dostupných programů terestrického vysílání. Samotný přístroj je opět vybaven základními tlačítky a displejem pro zobrazení aktuální předvolby a typu příjmu (TV/RADIO) spolu s kontrolkou Standby režimu. Velikost přijímače je (26,0 x 5,0 x 18,2) cm. Celkový pohled na přijímač je uveden na obr. 2.



Obr. 2 Pohled na čelní stranu přijímače HUMAX F3-FOX T (originální stav)

Veškeré konektory jsou umístěny s dostatečnými rozestupy na zadní straně. Dvojice SCART konektorů může být spojena s televizním přijímačem a videorekordérem nebo jiným vstupním zařízením. Připojení antény pomocí klasického 75Ω koaxiálního kabelu je umístěno spolu s konektorem výstupu RF modulátoru v levé části panelu. STB tak lze naladit i na starších televizních přijímačích, které nepodporují AV vstup. Anténu lze použít aktivní – zapnutí napájení je řešeno na koaxiálním kabelu a lze jej aktivovat přes OSD menu přístroje. Výstupní audio/video signál lze také připojit pomocí CINCH konektorů pro levý a pravý kanál a kompozitní video signál. Optický digitální 20bitový výstup S/PDIF je také součástí zadního panelu – konektor uzavřený ochranou krytkou. Softwarová aktualizace pomocí RS-232 je možná přes konektor s třemi vývody – kulaté provedení. Tento přístroj umožňuje aktualizace firmware přímo z vysílání, ale dostupnost služby v ČR je zatím pouze plánována. Napájení je řešeno jednoduchou neukostřenou vidlicí což je vzhledem ke kovovému obalu ne příliš obvyklé řešení. Pohled na zadní část je zobrazen na obr. 3.



Obr. 3 Pohled na zadní panel opatřený vstupními a výstupními konektory (originální stav)

Dálkový ovladač je také pro toto zařízení nezbytný prostředek pro obsluhu přijímače. Ovladač je dělen na několik částí, z nichž nejčastěji používaná navigační tlačítka jsou umístěna v střední části. Podrobný popis a význam jednotlivých tlačítek je uveden v [6]. Dálkovým ovladačem je po naprogramování možná také obsluha základních funkcí některých televizorů. Pohled na ovladač je uveden na obr. 4.



Obr. 4 Pohled na dálkový ovladač přijímače HUMAX F3-FOX T

Způsob připojení STB k jednotlivým zařízením je vzhledem k většímu množství konektorů a zdvojených výstupů celá řada. Nejčastější výrobcem předpokládané spojení je s TV a VCR. Pro tyto účely je přijímač vybaven dvěma SCART konektory. V rámci měření však bude použito zejména spojení s aktivní prutovou anténou Technisat (ANT – viz. kapitola 5) a pro kontrolní funkci přijímače spolu televizní monitor LCD (TVM – viz. kapitola 5) spolu s dalšími přístroji podle typu měřených signálů.

4.1.1 Technické parametry STB

Technické parametry jsou převzaty z [6].

Tuner a ladění

Vstupní konektor	typ F IEC 169-2, zásuvka
Výstupní konektor	typ F, IEC 169-2, zástrčka
Kmitočtový rozsah	VHF 48,5 až 226,5 MHz; UHF 470 - 862 MHz
Úroveň signálu	-10 až -70 dBm
Demodulace	OFDM
Režim (Mode)	2K, 8K
Režimy FEC	1/2, 2/3, 3/4, 5/6 nebo 7/8
Intervaly ochrany	1/4, 1/8, 1/16 nebo 1/32

Datový proud MPEG a dekódování audio / video

Datový proud	MPEG-2 podle specifikace ISO/IEC 13818
Úroveň profilu	MPEG-2 MP@ ML
Vstupní přenosová rychlost	max. 15 Mb/sek.
Formát obrazu	4:3; 16:9, Letterbox
Rozlišení video	720 x 576; 720 x 480
Dekódování audio	MPEG-2 MusiCam Layer I & II
Režimy audio	jeden kanál, dva kanály, stereo, sloučené stereo

Paměti

Rychle vymazatelná paměť	2 MB
DRAM grafiky a systému	8 MB
EEPROM	8 kB

Vf modulátor

Vstup vf, výstup smyčky	75 Ω , IEC169-2
Kmitočet	470 - 862 MHz (z výroby TV kanál č. 36)
TV kanály pro výstup	UHF č. 21 - 69
TV systém výstupu	PAL B/G, I a D/K - výběr prostř. nabídky

Vstup / výstup dat a audio / video

Konektor TV SCART	výstupy video CVBS, S-video nebo RGB
Konektor VCR SCART	výstupy video CVBS nebo S-video
Výstupy audio	L/R (TV SCART, VCR SCART, cinch) optický digit. výstup S/PDIF (rozlišení 20 bitů) převodník DAC 20 bitů, max. 2,0 V efekt.
Konektor RS-232C	rychlost toku dat 115200 b/sek konektor s 3 vývody

Napájení

Napájecí napětí	90 - 250 V stříd., 50/60 Hz
Typ zdroje	spínaný napájecí zdroj SPMS
Příkon	provoz max. 11 W; pohotov. režim max. 7,5 W
Ochrana	pojistka (uvnitř přístroje) vstup napájení chráněn bleskojistkou

Rozměry a hmotnosti

Rozměry (šířka, výška, hloubka)	260 x 50 x 182 mm
Čistá hmotnost	cca 1,2 kg
Provozní teplota a vlhkost vzduchu	0 až +45 °C, 5 - 95% relat. vlhkosti, bez kondenzace

4.1.2 Vnitřní bloková struktura

Přijímač Humax F3-Fox T je ve srovnání s DigiPal 2 TX podstatně robustnější konstrukce. Základní deska je doplněna dvěma oddělenými obvody. První pro napájení a druhý pro obsluhu a zobrazování předního panelu. Základní oboustranná deska je osazena součástkami pouze z horní strany. Při horním pohledu na odkrytovaný přístroj se v levé části nachází tuner a kanálový dekodér. Uprostřed desky je umístěn procesor spolu s flash pamětí a RAM. Směrem k A/V vývodům je umístěn obvod přepínací A/V matice. V pravé části přístroje je deska s napájecím obvodem. Deska pro displej předního panelu spolu s tlačítky a IR přijímačem je konektorem spojena s základní deskou. Pohled na vnitřní uspořádání je na obr. 5.



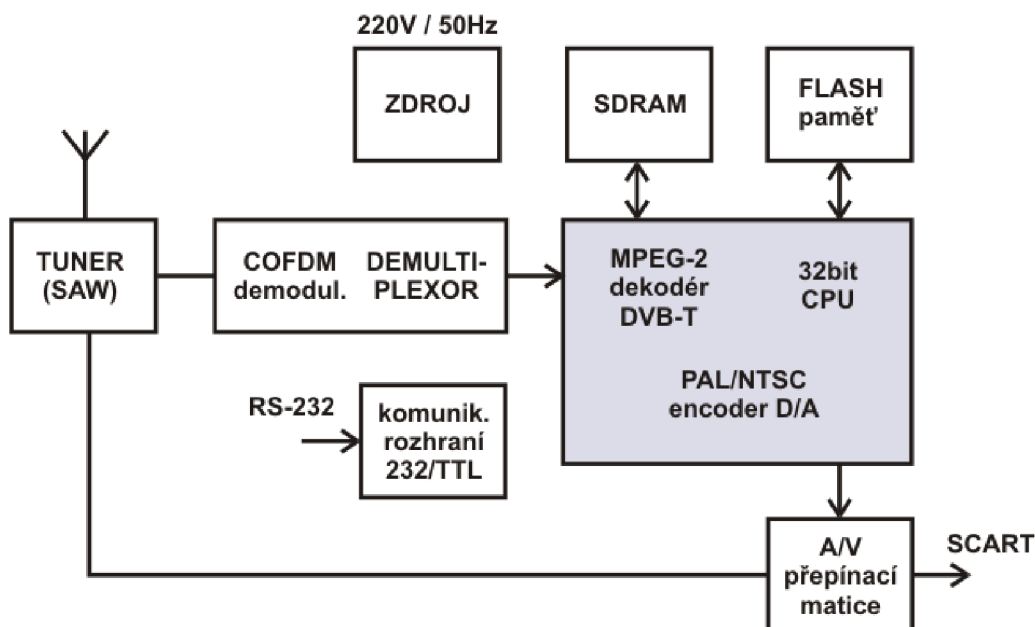
Obr.5 Vnitřní uspořádání přijímače HUMAX F3-FOX T

4.1.3 Použité integrované obvody

Výrobce použil následující součástky reprezentující jednotlivé části STB:

Tuner, filtr SAW	Philips TDM1316AL/IHP
COFDM demodulátor, kanálový dekodér A/D	Philips TDA10046HT
CPU, MPEG-2 dekodér, D/A převodník.....	STMicroelectronics STi5518BVC
RAM.....	Hynix HY57V641620HG
Flash	M28W160CT
A/V přepínací matice	STV6412A
Komunikační rozhraní RS-232.....	HIN232ECB

Blokovou strukturu set-top boxu HUMAX lze zjednodušeně popsat schématem na obr. 6, ze kterého je patrné slučování jednotlivých bloků do jednoho čipu.



Obr. 6 Bloková struktura Humax F3-FOX T

4.1.4 Tuner

Philips TDM1316AL

Ladící obvod TDM1316AL je dodáván jako uzavřená stíněná jednotka s konektory a pájecími vývody pro montáž do desky plošných spojů. Výrobce poskytuje pro tento tuner poměrně rozsáhlou dokumentaci [7]. Rozmístění vývodů na pouzdře je uvedeno na obr. 7, blokové schéma je znázorněno na obr. 8.

Technické parametry:

Frekvenční rozsah	51MHz – 858MHz
Šířka pásma kanálu (SAW filtr)	7 MHz, 8 MHz
RF rozsah průchozí symčky	kanál E2 - E69
Modulator range	kanál E21 - E69
Modulační mezifrekvence	36,13MHz
RF input connector	IEC female 75Ω
RF output connector	IEC male 75Ω
Napájecí napětí	5V +/-0,1V

Tuner řady TD(M)1300AL patří do nejnovější generace tunerů navržených k příjmu digitálního pozemního COFDM přenosového standardu. Konstrukčně lze rozdělit tento typ tuneru na tři vysokofrekvenční části : RF smyčku, PAL demodulátor a další frekvenční úpravy signálu. V první části jsou použity širokopásmové zesilovače pokrývající celý frekvenční rozsah od VHF po UHF. Namísto standardního konektoru IEC-samec pro RF výstup může být signál volitelně zapojen také na jeden z vývodů v dolní části pouzdra. PAL modulátor konvertuje vstupní zvukový a obrazový signál podle nastavení kmitočtu řízeného přes I₂C sběrnici. Je možné zvolit mezi normami PAL-I, B, G, H. Tato část může být podle požadavků ponechána přístupná pro další změny. Typové označení je poté TD1316AL nebo TD1344L. RF down frekvenční konverze je vybavena nejmodernějším třípásmovým tunerem, který používá směšovacího oscilátoru PLL-IC, který poskytuje požadované vysoké úrovně výkonu nutné pro COFDM výstup.

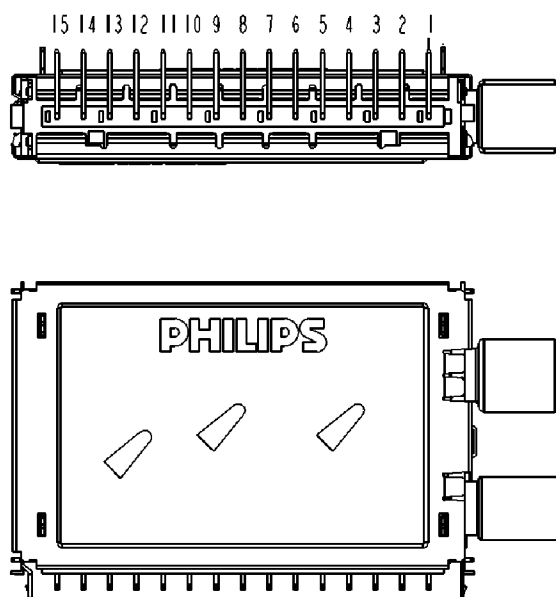
Tunery obsahuje DC/DC konvertor pro interní generování ladícího napětí. Integrovaný PLL krystal 4 MHz zajišťuje referenční kmitočet. Tento signál je vyveden na jeden z pinů pro možnost synchronizace dalších externích obvodů - např. pro kanálový dekodér. Výstupní mezifrekvence IF je dostupná pro široké pásmo (broadband) a samostatně také přes úzkopásmový IF výstup získaný průchodem SAW filtrem. Výstup je pro eliminaci ztrát na SAW filtru doplněn zesilovačem s říditelným ziskem. IF – narrowband výstup má minimální úroveň 1V_{pp} a lze jej přímo přivést na druhý SAW filtr nebo A/D vstup kanálových dekodérů

poslední generace Philips. Tuner je vybaven dvěma standardními IEC konektory. Pro vstupní RF signál je použit IEC-samice a pro RF výstup IEC-samec.

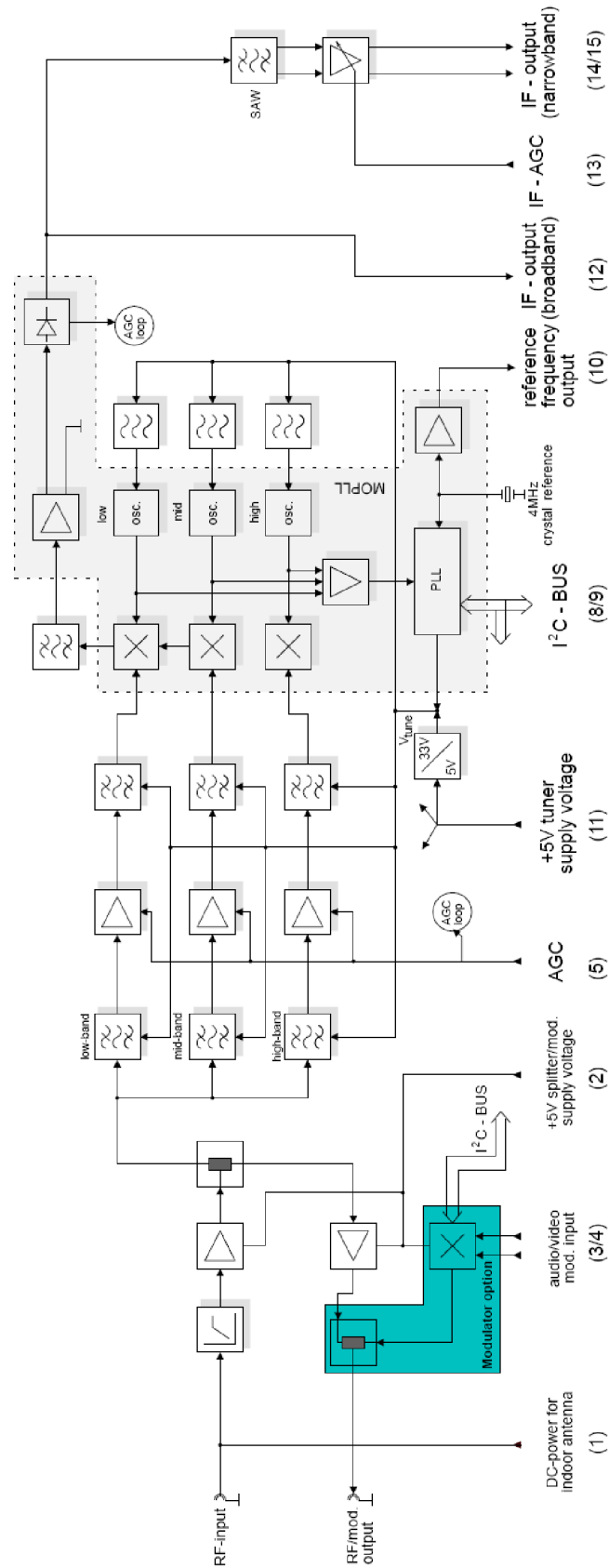
Pouzdro je dostupné v provedení pro vertikální nebo horizontální montáž do desky plošných spojů. Kromě RF konektorů jsou všechny signály dostupné na drátových vývodech v dolní straně pouzdra.

Popis vývodů

RF-input	Anténní vstup, s možností napájení aktivní antény
RF/mod output	Výstupní A/V signál modulovaný na určitý tel. Kanál
1	Napájení aktivní antény (zapnutí pomocí OSD menu)
3/4	Audio/Video signál pro modulaci na RF výstup
2	Napájení smyčky anténních konektorů pro Stanby režim
5	AGC - automatické vyrovnávání citlivosti – řízení zisku předzesilovačů
11	napájení +5V pro prvky tuneru (dále +33V)
8/9	Sběrnice I2C pro sériové řízení
10	Výstup referenční frekvence krystalu 4MHz
12	Výstup mezifrekvence před SAW filtrem
13	Řízení zesilovače pro mezifrekvenci 36,13MHz
14/15	Výstup konkrétního kanálu namodulovaném na nosné (za SAW filtrem)



Obr. 7 Pouzdro tuneru a rozmístění vývodů (pohled ze strany vývodů a spodní část)



Obr. 8 Blokové schéma včetně vývodů - tuner Philips TDM1316AL [7]

4.1.5 DVB-T demodulátor

Philips TDA10046HT – vlastnosti [4]:

Kanálový dekodér DVB-T , COFDM demodulátor pro mód 2k a 8k

Plná podpora ETS 300-744

Dvojitý IF analogový vstup, 10bitový ADC

Konverze do základního a průchod dynamickou FFT demodulátorem

Jednoduchá nebo dvojitá regulace zesílení na vstupu – AGC smyčka (viz. obr. 9)

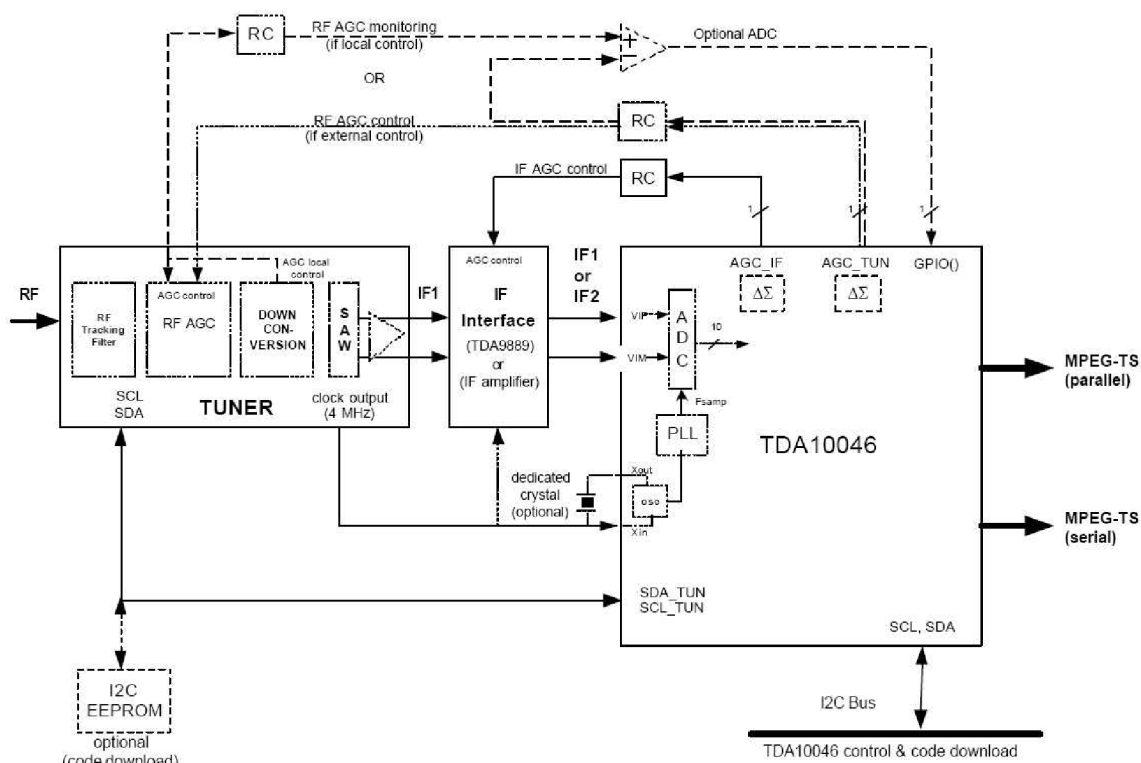
DSP základní synchronizace

Rychlé skenování UHF a VHF pásma

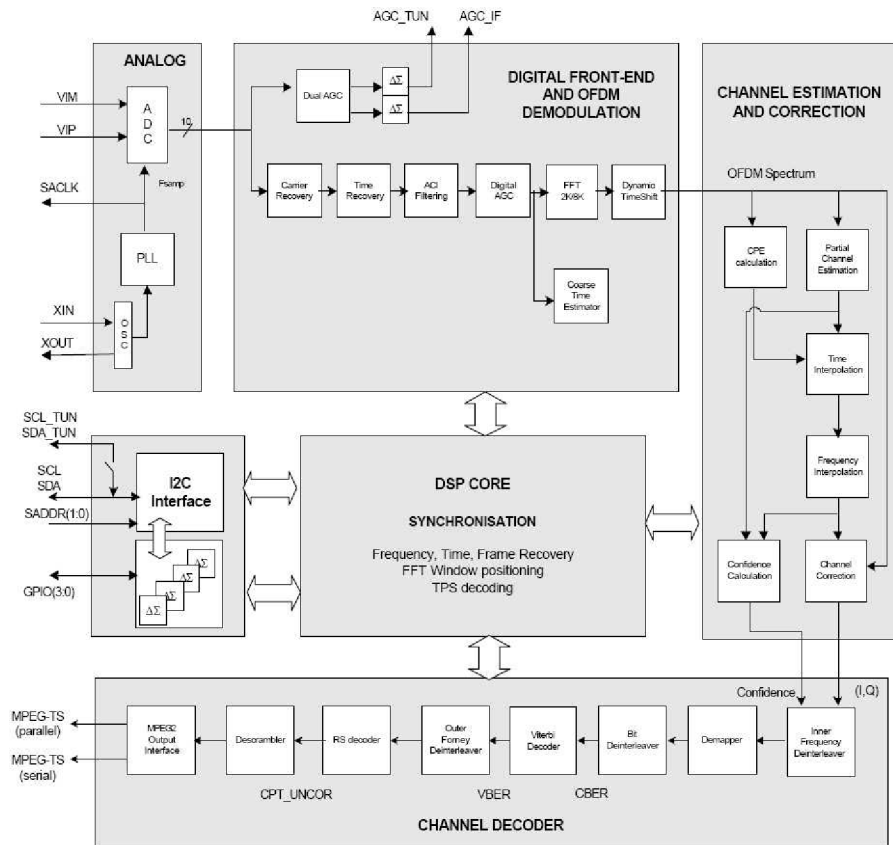
Sériový a paralelní stream

I2C komunikační rozhraní

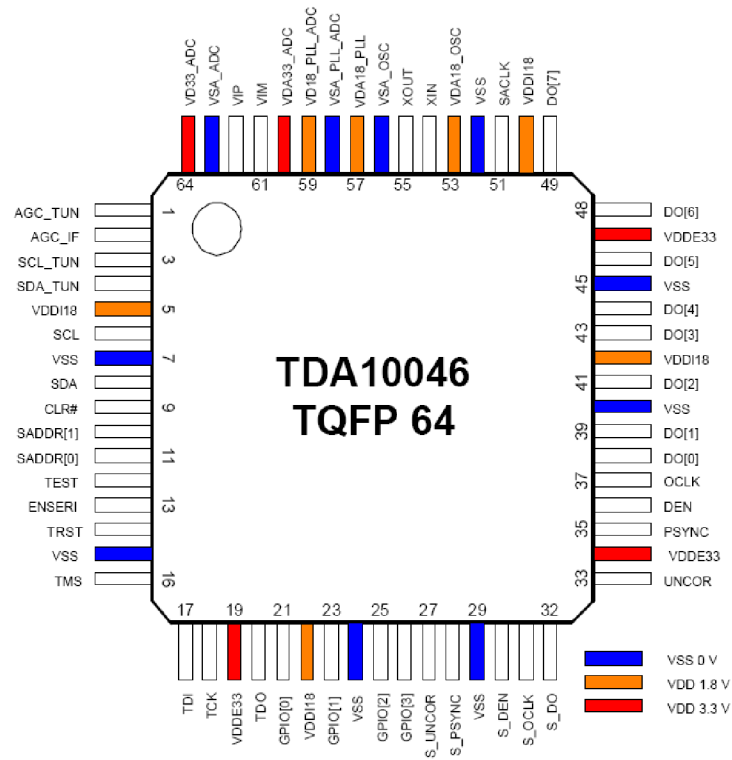
TQFP64 pouzdro



Obr.9 Typická aplikace TDA10046HT [4]



Obr. 10 Bloková struktura TDA10046HT [4]



Obr. 11 Rozmístění vývodů, barevně odlišeny dvě různá napájecí napětí [4]

4.1.6 CPU, MPEG-2 dekodér, D/A převodník

STMicroelectronics STi5518BVC

Jednočipové řešení pro STB dekodér s podporou mp3 a pevných disků.

Technické parametry [8]:

32-bitový procesor, 81 MHz

2 Kbytes Icache, 2 Kbytes Dcache, 4 Kbytes SRAM konfigurovatelná jako Dcache.

Audio decoder

5.1 Dolby Digital® /MPEG-2 vícekanálové dekodování, 3 X 2-channel PCM výstup IEC60958 -IEC61937 digitální výstup SRS®/TruSurround®
DTS® digitální výstup a MP3 dekodování
Vylepšená oprava chyb vzniklých přenosem.

Video decoder

Podpora MPEG-2 MP@ML
Plně programovatelný zoom-in a zoom-out
Konverze NTSC do PAL

DVD a SVCD obrazový dekodér

Plně grafický on-screen display (OSD)

2 až 8 bitů na pixel - OSD nastavení
Filtry zabraňující: blikání, chvění, špatnému vzorkování

PAL/NTSC/SECAM encoder

RGB, CVBS, Y/C a YUV výstupy s 10-bit DACs
Zabezpečení pomocí Macrovision® 7.01/6.1

208 pin PQFP package

Shared SDRAM memory interface

1 nebo 2x16-Mbit, nebo 1x64-Mbit 125 MHz SDRAM.

Programovatelná paměť CPU - interface pro SDRAM,
ROM, periferie...

Front-end interface

DVD, VCD, SVCD a CD-DA kompatibilní
Sériový, paralelní a ATAPI interfaces
Hardwarové filtrování sektorů
Integrovaný CSS popis a buffer stopy

Hardwarový transport-stream demultiplexor

Paralelní/seriový vstup
DES a DVB descramblers
Podpora 32 PID

Integrované periferie

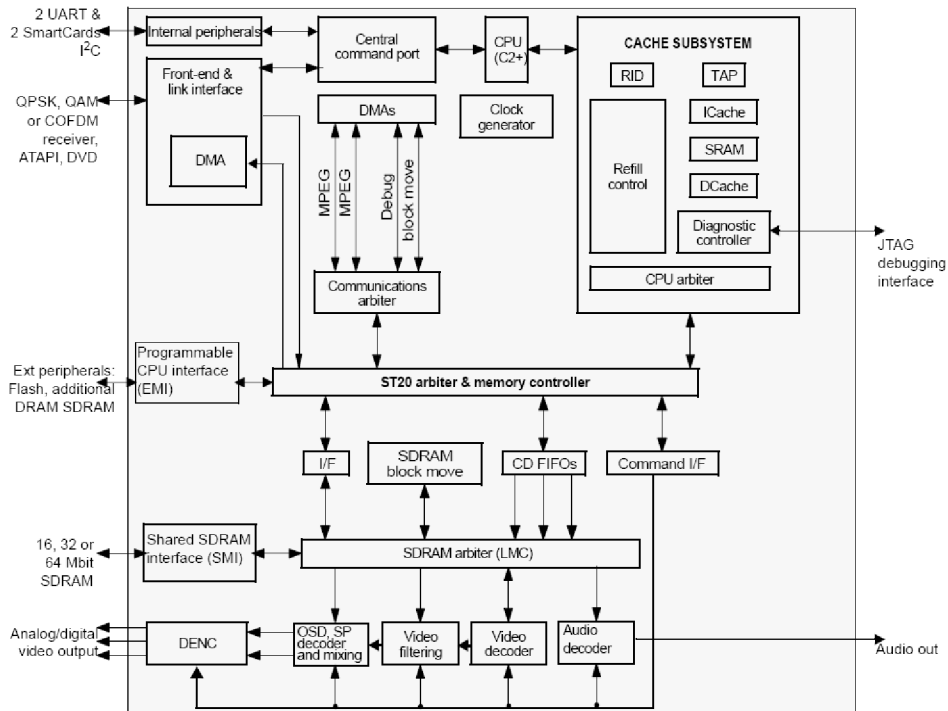
2 UART, 2 SmartCards, I²C controller, 3 PWM výstupy, 3 časovače zachytávání
Podpora modemu
44 bitů programovatelných I/O
IR přijímač/vysílač

Profesionální podpora pro vývoj

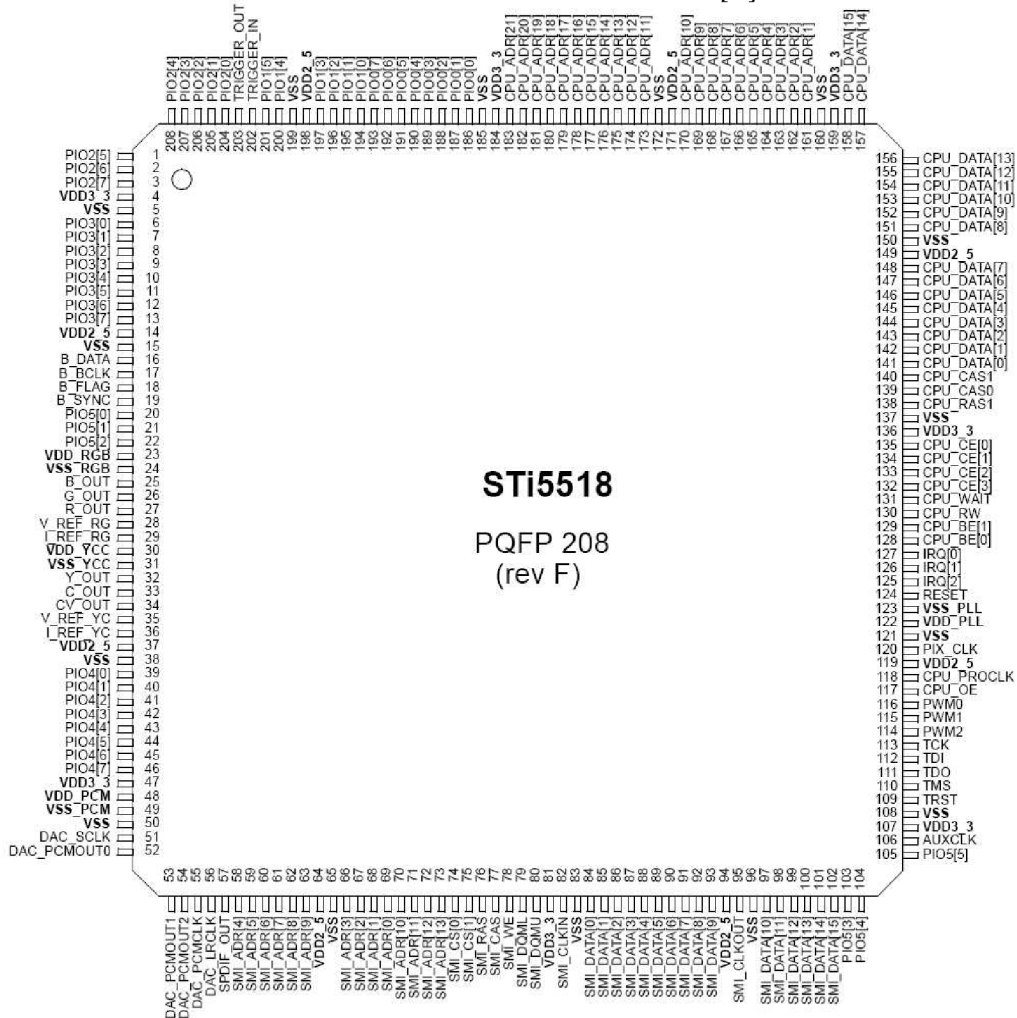
ANSI C kompilátor a knihovny



Obr. 12 Pohled na STi5518BVC s flash (vlevo) a RAM pamětí (vpravo)



Obr. 13 Bloková struktura STi5518 [8]



Obr. 14 Zapojení vývodů STi5518 [8]

4.1.7 A/V přepínací matice STV6412A

Integrovaný obvod určený svojí architekturou zejména do set-top boxů se dvěma scart konektory. Umožňuje přepínání obrazových a zvukových signálů získaných z CPU a D/A dekodéru na výstupní konektory. Rozmístění vývodů je uvedeno na obr. 15a. Bloková struktura je uvedena na obr. 15b.

Technické parametry [10]:

I2C řízení

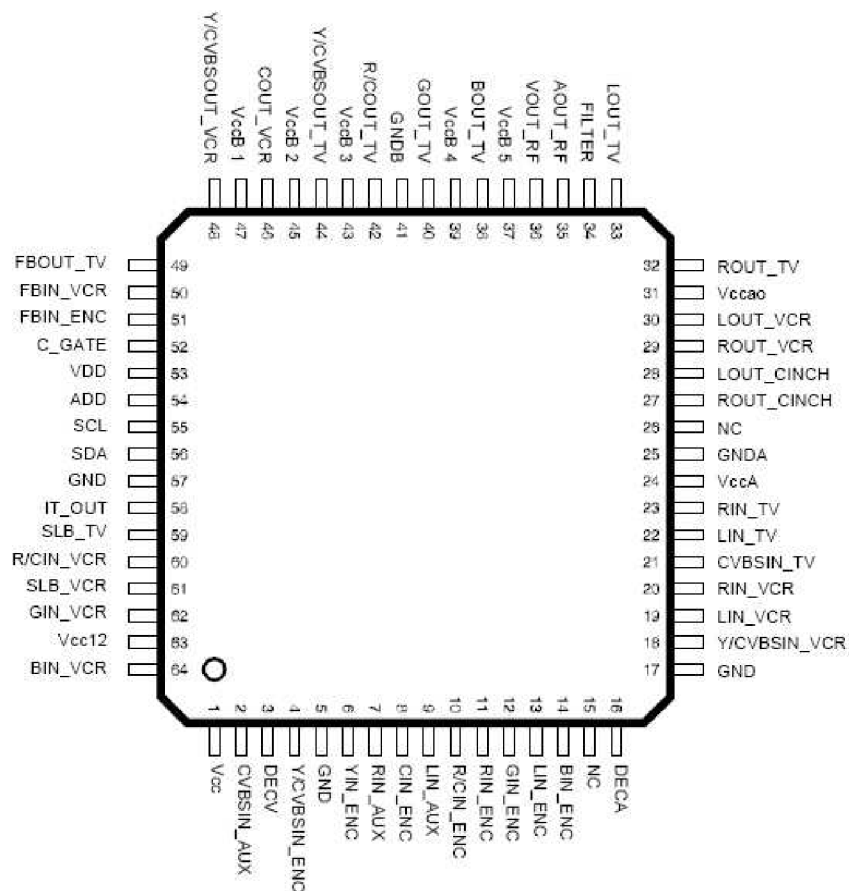
StandBy mód s odpojením výstupu

Video sekce

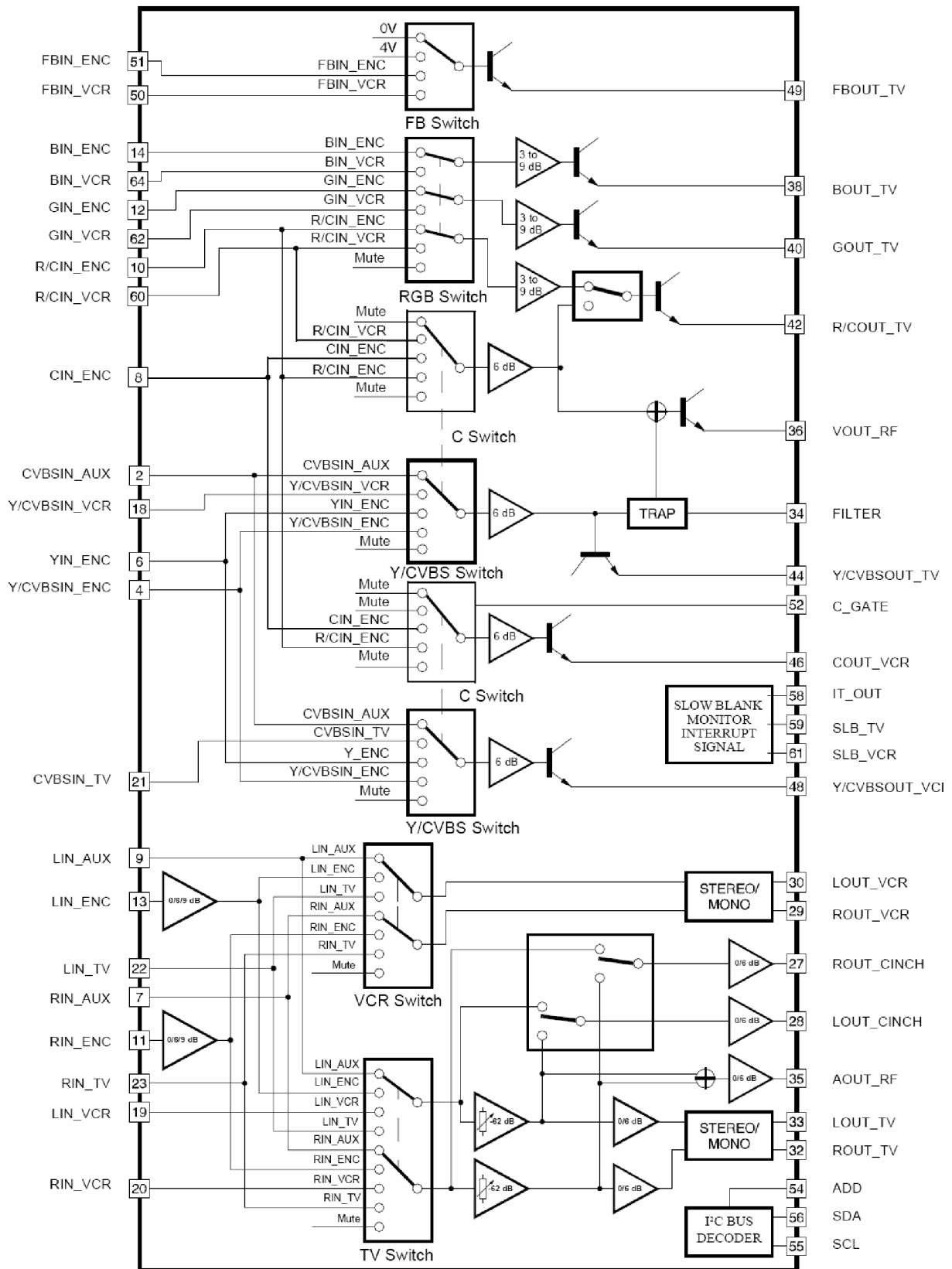
- 4 CVBS vstupy, 3 CVBS výstupy
- 3 Y/C vstupy, 2 Y/C výstupy
- 6dB zisk na všech CVBS a Y/C výstupech
- Integrovaná 150Ω ochrana
- Y/C slučovací obvod
- 2 RGB/FB vstupy a 1 třístavový RGB/FB výstup se ziskem 3-9dB
- Video-mute na všechny výstupy
- Pomalé zatemňování výstupů i vstupů
- Šířka pásma 15MHz
- Minimální přeslech 50dB

Audio sekce

- 3 stereo vstupy, 3 stereo výstup
- 1 mono výstup
- Stereo – mono převodník
- Volitelný zisk 0/6/9 dB jednoho stereo vstupu
- Ovládání hlasitosti s kompletním jemným rozsahem
- Audio-mute pro všechny výstupy



Obr. 15a Rozmístění vývodů STV6412A [10]



Obr. 15b Bloková struktura STV6412A [10]

5 Měření parametrů set-top boxu

Za pomoci dokumentace k jednotlivým integrovaným obvodům a dostupného měřicího vybavení laboratoře digitální televizní techniky byl přístroj Humax F3-FOX T podroben měření. Schéma zapojení však výrobce ani oficiální dovozce neposkytuje. Z toho důvodu bylo měření orientováno zejména na výstupní části jednotlivých obvodů s ohledem na dostupnost mechanických vývodů.

Použité přístroje a jejich zkratky v textu:

SPA	spektrální analyzátor	Rohde & Schwarz FS300
OCS	osciloskop	Agilent Technologies DSO3202A
ATT	programovatelný útlumový článek	Tesla BM577 + redukce na BNC
ANT	prutová anténa pro DVB-T	Technisat digiflex
TVM	televizní monitor LCD + dál.ovládání	Roadstar LCD-8412K/S
TVP	televizní přijímač dálkové + dál.ovládání	JVC LT26S60BU
SFL	laboratorní televizní vysílač DVB-T	Rohde & Schwarz SFL-T
DVG	digitální videorekordér a generátor	Rohde & Schwarz DVRG
DVM	MPEG-2 měřicí dekodér	Rohde & Schwarz DVMD
MMT	multimetr (libovolný ss-voltmetr)	UNI-T UT30D
MSK	analyzátor DVB-T	Kathrein MSK 33

Pro měření parametrů DVB-T udává norma ETSI TR 101 290 [9] požadavky na měřené veličiny u jednotlivých částí vysílacího řetězce. Měření jsou rozdělena na tři části. Pro vysílač, přenosovou cestu a přijímač. V tabulce jsou tučně vyznačeny parametry pro měření přijímače.

Tab. 1 Měření parametrů DVB-T a jejich příslušnost k jednotlivým částem řetězce [9], [1]

Parametr měření	Vysílač	Sít'	Přijímač
1) Měření v oblasti vf pásma			
1.1) Přesnost nastavení nosných kmitočtů	X		
1.2) Šířka vf kanálu	X		
1.3) Měření délky symbolu	X		
2) Selektivita přijímače			X
3) Zachytávací rozsah AFC			X
4) Fázový šum místních oscilátorů	X		X
5) vf/mf výkon (úroveň) signálu	X	X	X
6) Šumová úroveň			X
7) vf a mf spektrum	X		
8) Citlivost přijímače/dynamický rozsah pro Gaussův kanál			X
9) Rovnocenné šumové zkreslení (END)	X		X
9a) Rovnocenná šumová hladina (ENF)	X		
10) Charakteristika linearity (shoulder attenuation)	X		
11) Power efficiency	X		
12) Výkonová účinnost	X	X	
13) BER vs. C/N ratio by variation of transmitter power	X	X	
14) BER v závislosti od C/N (při změně výst. Výkonu vysílače)		X	X
15) BER před Viterbiho dekodováním	X	X	X
16) BER za RS (vnějším) dekodérem	X	X	X
17) BER za RS (vnějším) dekodérem	X	X	
18) Analýza složek I/Q			
18.1) N/A			
18.2) Měření MER (Modulation Error Ratio)	X	X	X
18.3) STE (System Target Error)	X		X
18.4) Potlačení nosné	X		X
18.5) Amplitudová nevyváženost	X		X
18.6) Kvadratická chyba	X		X
18.7) Fázový jitter	X		X
19) Celkové zpoždění signálu	X	X	
20) SFN synchronizace			
20.1) MIP_timing_error	X		
20.2) MIP_structure_error	X		
20.3) MIP_presence_error	X		
20.4) MIP_pointer_error	X		
20.5) MIP_periodicity_error	X		
20.6) MIP_ts_rate_error	X		
21) Odolnost systému vůči chybám	X	X	X

5.1 Tuner

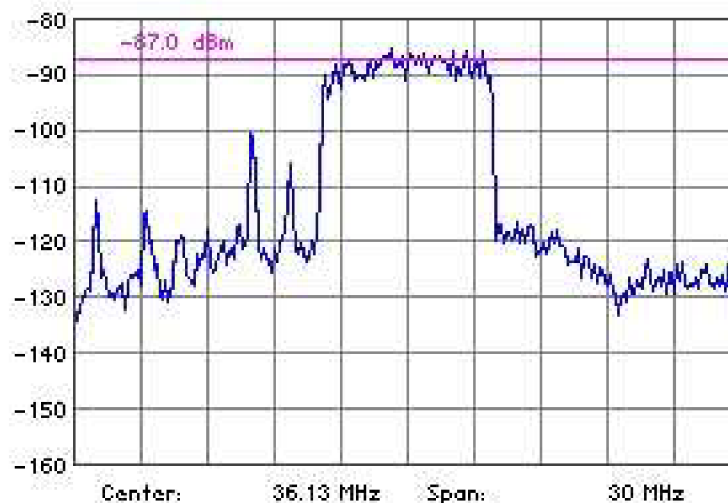
Vzhledem k robustní konstrukci tuneru a rozmístění jednotlivých vývodů je měření a připojitelnost poměrně dobrá. Celkově 15 vývodů je umístěno na jedné straně tuneru s dostatečným rozestupem. Dva konektory pro anténní vstup a výstup RF modulátoru jsou na straně druhé – směrem k zadnímu panelu přijímače. Popis jednotlivých vývodů je uveden na obr. 7.

5.1.1 Výstupní část a SAW filtr

Na vývodu 12 „IF – output (broadband)“ je proti zemnici svorce mezifrekvenční pásmo IF 36 MHz broadband. Průběh naměřený spektrálním analyzátozem je uveden na obr. 16.

Měření bylo realizováno na SPA s následujícím nastavením:

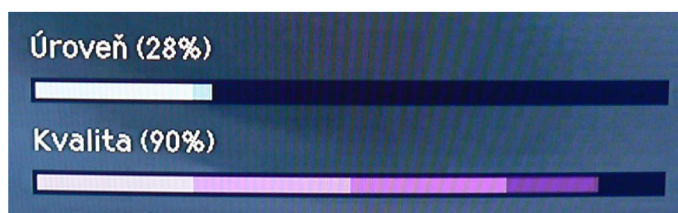
- center frequency 36,13 MHz
- span 30 MHz
- start 21,13 MHz
- stop 51,13 MHz
- CF-stepsize 3 MHz



Obr. 16 Měření IF – output broadband (pin12). Graf závislosti $U[\text{dBm}] = f(f[\text{MHz}])$

Výstupní mezifrekvence je dále přiváděna na SAW filtr, který vybírá pouze šířku pásma kanálu 8MHz (7,61 MHz). Tento signál je zesilovačem řízen za pomoci vstupu AGC – automatické vyrovnávání citlivosti na základě vyhodnocení intenzity přijímaného signálu.

Úroveň a kvalitu signálu v % lze sledovat pomocí OSD menu STB přímo na obrazovce televizního přijímače. Viz. obr. 17. Měření za pomoci TVP, ATT, SPA.

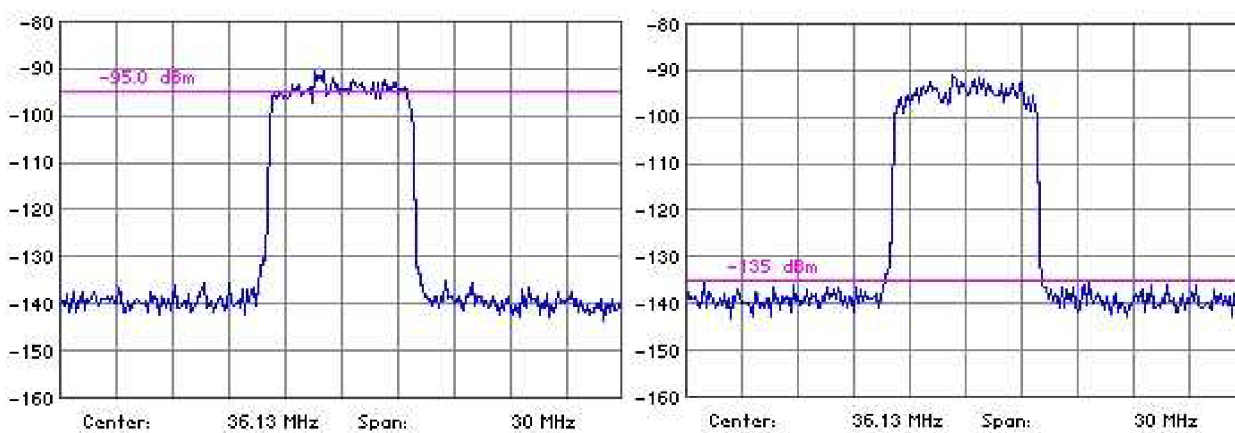


Obr. 17 Část menu OSD pro sledování úrovně a kvality přijímaného signálu

Výstup „IF – output narrowband“ je umístěn na pinech 14 a 15. Průběh naměřený pomocí SPA je uveden na obrázku 18. Měření za pomoci TVP, ATT, SPA.

Nastavení SPA:

- center frequency 36,13 MHz
- span 30 MHz
- start 21,13 MHz
- stop 51,13 MHz
- CF-stepsize 3 MHz

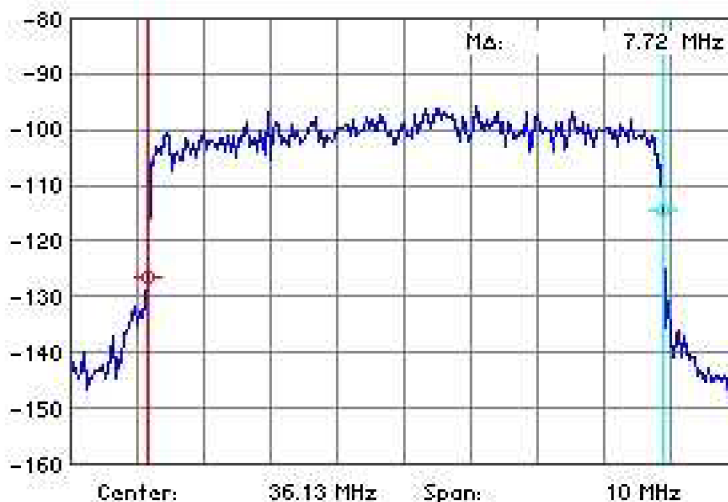


Obr. 18 Měření IF – output narrowband - pin14

Pomocí přiblížení start a stop frekvence dosáhneme na SPA podrobnějšího náhledu kde lze pomocí kurzorů lépe najít šířku pásma, kterou SAW filtr propouští. Tento průběh je spolu s hodnotou markeru $M\Delta = 7,72\text{MHz}$ uveden na obr. 19.

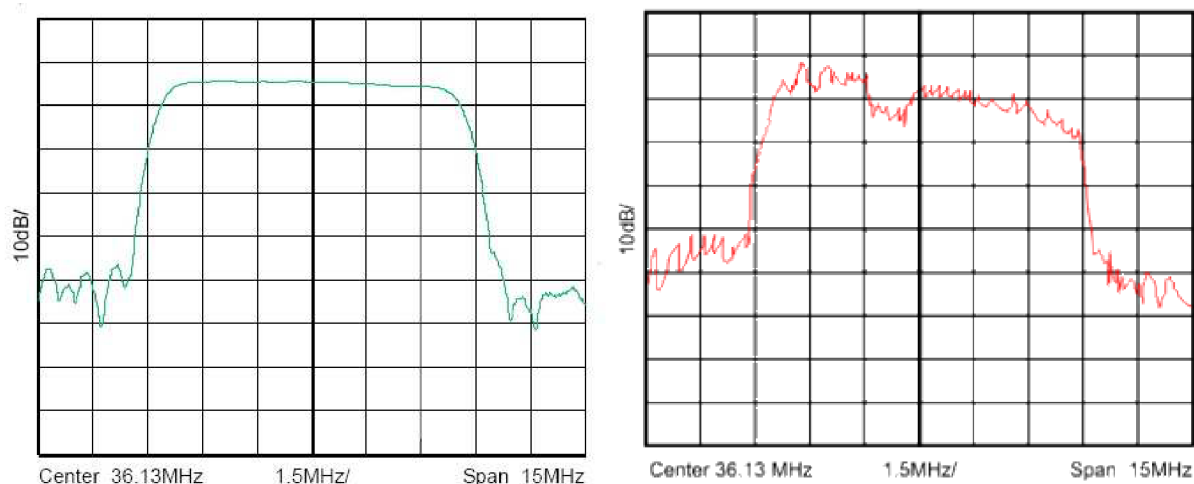
Nastavení SPA:

- center frequency 36,13 MHz
- span 10 MHz
- start 31.13 MHz
- stop 41.13 MHz
- CF-stepsz 3 MHz



Obr. 19 Měření IF – output narrowband (detail) - pin 14

Dle dokumentace [4] uvádí výrobce průběh spektra za SAW filtrem podle obrázku 20 (vlevo). Průběh je porovnán s naměřenou hodnotou pomocí SPA. Naměřený průběh pomocí SPA je uveden vpravo. Pro názornost je naměřené spektrum převedeno do stejného měřítka.



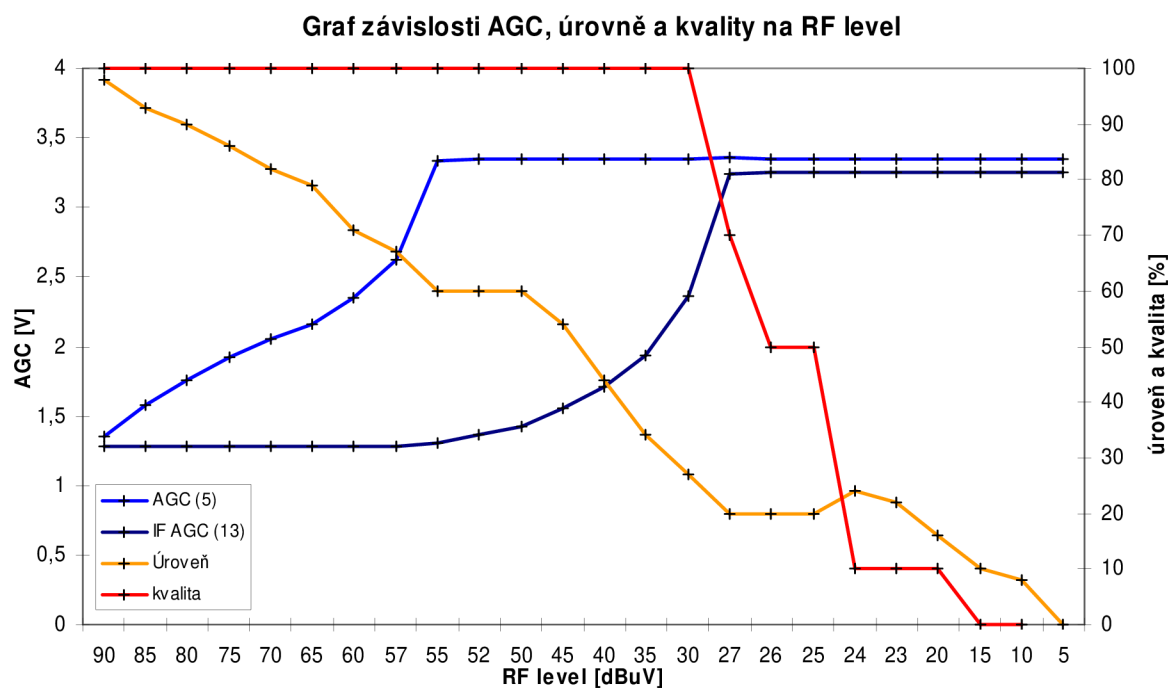
Obr. 20 Srovnání teoretického [4] a naměřného spektra mezifrekvence IF

5.1.2 Automatické vyrovnávání citlivosti AGC

Měření závislosti AGC na intenzitě přijímaného signálu bylo realizováno pomocí SFL, MSK, MMT, TVP, ANT. Z vysílače DVB-T Rohde & Schwarz SFL-T byla spuštěna na kanálu C21 (474MHz) zkušební obrazová a zvuková sekvence Factory. Výstup tohoto vysílače byl připojen přímo na vstup tuneru set-top boxu a naladěn konkrétní kanál C21. Na TVP byla pomocí OSD menu sledována kvalita a úroveň spolu s hodnotou BER, SNR a vlastností konstelačního diagramu (uváděno v poznámce). Subjektivní hodnocení kvality obrazu probíhalo střídavě s odečtem hodnot z OSD menu. Napětí na AGC (pin 5) a IF-AGC (pin 13) bylo odečteno pomocí MMT. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tab. 2. Nastavení SFL bylo následující: Carrier mode 8K; Modulation QAM64; Code Rate 2/3; Guard 1/8

Tab.2 Naměřené hodnoty AGC, BER, SNR, úrovně signálu a kvality obrazu detekované set-top boxem spolu s popisem bodů v konstelačním diagramu – přímé propojení SFL a tuneru

Level RF dB μ V	AGC (5) V	IF-AGC V	úroveň %	kvalita %	BER -	SNR dB	Poznámka Konstelační diagram
90	1,35	1,28	98	100	9,20E-05	31,7	IQ - body vyplňují cca 50% plochy dané oblasti
85	1,58	1,28	93	100	8,40E-05	31,6	
80	1,76	1,28	90	100	1,10E-05	31,6	
75	1,92	1,28	86	100	8,10E-05	31,4	
70	2,05	1,28	82	100	7,90E-05	31,3	
65	2,16	1,28	79	100	9,30E-05	31,4	
60	2,35	1,28	71	100	8,90E-05	31,6	
57	2,62	1,28	67	100	8,90E-05	31,6	
55	3,34	1,3	60	100	8,90E-05	31,2	
52	3,35	1,37	60	100	9,30E-05	31,1	
50	3,35	1,42	60	100	4,20E-04	29,4	
45	3,35	1,55	54	100	1,40E-04	29,3	
40	3,35	1,71	44	100	3,60E-04	27,1	
35	3,35	1,93	34	100	5,50E-03	23,6	IQ - prolínání okraj. bodů
30	3,35	2,36	27	100	4,40E-02	19,2	IQ - silné prolnutí bodů
27	3,36	3,24	20	100	7,20E-02	17,4	IQ - nelze zobrazit
26	3,35	3,25	20	70			BER a SNR nelze dále měřit
25	3,35	3,25	20	50			občasné chyby makrobloků
24	3,35	3,25	24	50			časově nestálý obraz
23	3,35	3,25	22	10			ztráta obrazu
20	3,35	3,25	16	10			
15	3,35	3,25	10	10			
10	3,35	3,25	8	0			
5	3,35	3,25	0	0			



Obr. 21 Graf závislosti AGC, úrovně signálu a kvality obrazu detekovaného set-top boxem (vyjádřeno v %) na úrovni vstupního signálu RF level (vyjádřeno v dBμV)

Z grafu na obr. 21 je patrné že zatímco úroveň signálu na vstupu tuneru klesá, dochází k pozvolnému řízení předzesilovačů v tuneru pomocí napětí 1,0 - 3,0 V_{ss} čímž je zajištěna konstantní úroveň na vstupu COFDM demodulátoru. Klesající úroveň je téměř lineárně vyjádřena pomocí OSD menu set-top boxu v hodnotách 0-100% což odpovídá rozsahu 0-90dBμV. Kvalita obrazu je během oblasti, kde dochází k regulaci pomocí AGC stále 100%, subjektivně je obraz také bez pozorovatelných chyb makrobloků nebo jiných rušení. Vzrůstající chybovost však lze pozorovat na hodnotě chybovosti BER, která je již o řád menší oproti hodnotám odpovídajícím vyšší úrovni RF level. Také v konstelačním diagramu dochází vlivem šumu k prolínání doposud jasně ohraničených polí, v kterých se jednotlivé body diagramu vyskytovaly. Při dosažení maximální úrovně AGC (odpovídá přibližně 3,3V) dochází již k poklesu detekované kvality zatímco konstelační diagram již nelze zobrazit jako maticovou soustavu bodů. Při další malé změně úrovně RF level na vstupu tuneru již obraz vynechává při rychlejších scénách. Při pomalejších scénách lze pozorovat chyby makrobloků avšak další pokles úrovně RF level způsobí výpadek obrazu i audio stopy. Tento stav je detekován pomocí informace na obrazovce „žádný nebo nedostatečný signál“ a lze ho tak označit za citlivost přijímače. Tato úroveň odpovídá přibližně 23dBμV na vstupu.

Při druhém měření byla přenosová cesta mezi vysílačem DVB-T (SFL) a set-top boxem realizována pomocí dvou prutových antén ANT vzdálených asi 1,5m. Ostatní nastavení a přístroje byly ponechány jako v předešlém bodě měření. Tabulka 3 ve stručnosti zahrnuje 3 fáze běhu obrazu – bez pozorovatelných poruch, s krátkodobými výpadky nebo chybami makrobloků a poté hranici ztráty obrazu. Úroveň nastavená na výstupu SFL je udávána ve sloupci Level gen. RF, přijímaná úroveň na anténním vstupu je uvedena ve sloupci Level STB RF_{in}.

Tab.3 Naměřené hodnoty AGC, BER, SNR, úrovně signálu a kvality obrazu detekované set-top boxem - přenosová cesta pomocí dvou antén ANT

Level gen. RF	Level STB RF _{in}	AGC	IF-AGC	úroveň	kvalita	BER	SNR	Poznámka
dB μ V	dB μ V	V	V	%	%	-	dB	
110	53	3,35	1,33	60	100	7,60E-03	23	obraz v pořádku
100	47	3,35	1,63	56	80	5,20E-03	13	výpadky obrazu
90	40,5	3,35	1,92	38	10	-	-	ztráta obrazu

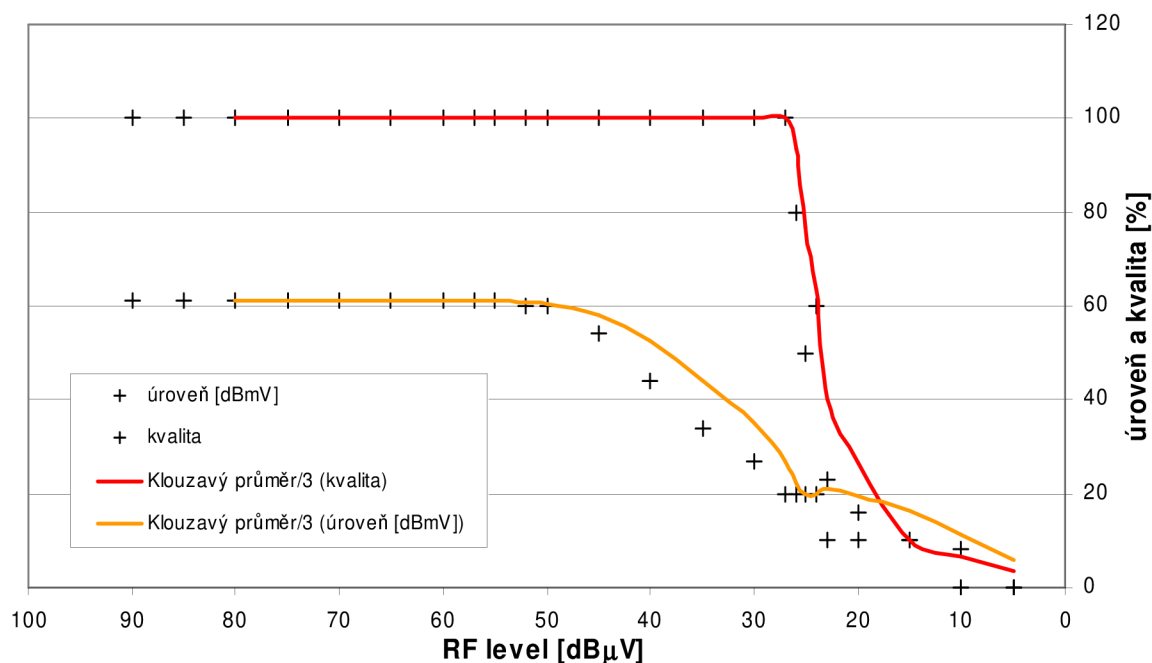
5.1.3 Vliv vypnutí AGC na předzesilovači tuneru

Pokud dojde k odpojení AGC na pinu 5, přestávají plnit svoji funkci vstupní předzesilovače tuneru. Tento stav je však při dostatečné úrovni vstupního signálu z antény vzhledem ke kvalitě obrazu takřka zanedbatelný. Výstupní úroveň tuneru je nadále řízena pomocí IF-AGC takže na vstup COFDM demodulátoru je přiváděn analogový signál mezifrekvence IF narrowband v dostatečné úrovni a může tak být bez problému zpracováván. Z tabulky 3 je však zřejmé že signál je set-top boxem detekován jako signál s nedostatečnou úrovní 60% přestože na vstupu je signál odpovídající hodnotě až 100%. Napěťové úrovně AGC na pinu 13 jsou shodné jako v předchozím bodě měření kdy bylo řízení na pinu 5 zapnuté. Z tohoto údaje je zřejmé že řízení je prováděno čistě na základě předdefinovaných hodnot a nemá zásadní vliv na funkci celého tuneru ani při velmi přebuzeném anténním vstupu. Bezprostředně po rychlém odpojení AGC (5) dochází k rychlému nárůstu úrovně na 100% - pravděpodobně vlivem napěťové špičky na předzesilovači. K tomu dochází již od 25dB μ V avšak současně je při nižších úrovních Level RF mírně zhoršena kvalita signálu detekovaná set-top boxem. Graf závislosti úrovně a kvality je uveden na obr. 22.

Tab.4 Naměřené hodnoty AGC (pin 13), úrovně signálu a kvality obrazu detekované set-top boxem spolu s popisem kvalit obrazu při odpojení AGC=0V (pin 5).

Level RF	IF AGC (13)	úroveň	kvalita	Poznámka
dB μ V	V	%	%	
90	1,28	61	100	obraz v pořádku
87	1,28	61	100	
85	1,28	61	100	
83	1,29	61	100	
81	1,37	60	100	
79	1,42	60	100	
77	1,55	54	100	
75	1,71	44	100	
73	1,93	34	100	
71	2,34	27	100	
69	3,24	20	100	
67	3,24	20	80	občasné chyby makrobloků
65	3,24	20	50	
63	3,24	20	60	časově nestálý obraz
61	3,24	23	10	ztráta obrazu
59	3,24	16	10	
57	3,24	10	10	
55	3,24	8	0	
53	3,24	0	0	

Graf závislosti úrovně a kvality při odpojeném řízení AGC (5)



Obr. 22 Graf závislosti úrovně signálu a kvality obrazu detekované set-top boxem (vyjádřeno v %) na úrovni vstupního signálu RF level (vyjádřeno v dB μ V) při odpojení AGC (5)

5.2 COFDM demodulátor, kanálový dekodér

Integrovaný obvod TDA10046HT je umístěn v 64-pinovém pouzdře TQPF v těsné blízkosti tuneru. Samotné měření je možné pouze velmi úzkým hrotem osciloskopické sondy. Vývody paralelního transportního toku jsou dostupné na jednotlivých pinech obvodu [4].

5.2.1 Transportní tok MPEG-2 TS

Obrazová data se ve studiu kódují podle standardu ITU-R BT.601 a zvuková data podle AES/EBU ve shodě s MPEG-2. Teletext, MHP služby a další data se do multiplexu přidávají spolu s obrazem a zvukem. Výsledkem je transportní tok MPEG-2 TS.

Transportní multiplexování je rozhraním mezi zdrojovým a kanálovým kódováním – tvoří standard multiplexování MPEG-2, který je jednotným standardem pro evropské vysílání DVB. Data transportního toku mají délku 184 bytů (užitečná data jsou násobky 8 bytů případně doplněna nulovými symboly tzv. „dummy bytes“). Zároveň je přenášeno záhlaví o délce 4 byty. Data každého programu jsou multiplexována a následně je ze všech programů vytvořen datový tok označovaný jako TS (transport stream).

Monitorování transportního toku spočívá v kontrole tabulky PAT (program association Table) a PMT (Program Map Table). Seznam měření pro monitoring je rozdělen do tří tabulek podle priority. První tabulka (tab. 5) má nejvyšší prioritu – jedná se o parametry potřebné pro správné dekódování transportního toku. Druhá tabulka (tab. 6) obsahuje další parametry pro neustálé monitorování. Parametrů měření pro třetí prioritu je velmi mnoho. Jedná se o měření pro příležitostné sledování. Podrobný význam jednotlivých indikátorů je uveden v [1].

Tab.5 Parametry tzv. první priority pro schopnost dekódovat transportní tok [1]

Číslo	Indikátor	Předpoklad
1.1	TS_sync_loss	Ztráta synchronizace transportního toku
1.2	Sync_byte_error	Synchronizační byte neodpovídá hodnotě 0x47
1.3	PAT_error	PID 0x0000 se nevyskytuje každých 0,5s, nebo neobsahuje tabulku table_id 0x00, scrambling_control :field není 00 pro PID 0x0000
1.3a	PAT_error_2	Sekce s table_id 0x00 se nevyskytují nejméně každých 0,5s PID 0x0000. Byla nalezena sekce s table_id jinou než 0x00 byla nalezena s PID 0x0000. Scrambling_control_field není 00 pro PID 0x0000
1.4	Continuity_count_error	Balík obsahuje víc jak dva ztracené pakety
1.5	PMT_error	Oblasti s tabulkou table_id 0x02 se nevyskytují v pravidelných intervalech 0,5s
1.6	PID_error	Daný PID se nevyskytuje v intervalech nastavených podle uživatele

Tab.6 Parametry tzv. druhé priority pro schopnost dekódovat transportní tok [1]

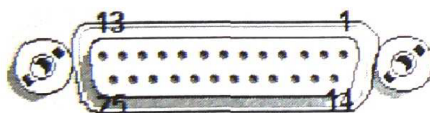
Číslo	Indikátor	Předpoklad
2.1	Transport_error	Transport_error_indicator v TS hlavičce je nastavena na „1“
2.2	CRC_error	Chyba CRC v tabulce CAT, PAT, PMT, NIT, EIT, BAT, SDT, TOT
2.3	PCR_error (note)	Nesouvislost PCR
2.3a	PCR_repetition_error	Časový interval opakování PCR je větší než 40ms
2.3b	PCR_discontinuity_indicator_error	Rozdíl mezi dvěma PCR hodnotami ($PCR_{i+1}-PCR_i$) je mimo rozsah 0...100ms
2.4	PCR_accuracy_error	Přesnost PCR vybraného programu není v rozsahu $\pm 1.500ns$
2.5	PTS_error	Opakování PTS je více než očekávaných 700ms
2.6	CAT_error	Indikuje nepřítomnost CAT

5.2.2 Měření Transportního toku na TDA10046HT

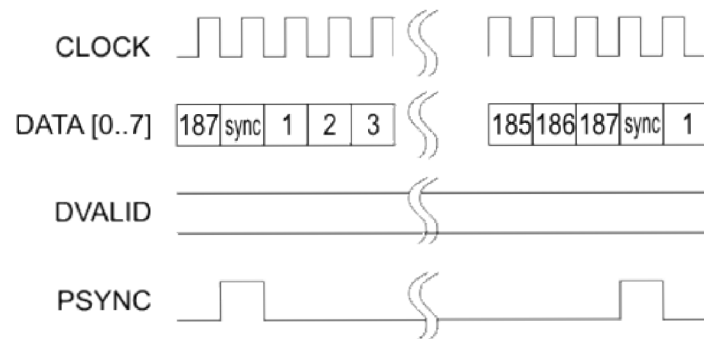
Paralelní transportní tok je na obvodu TDA10046HT vyveden na pinech dle tabulky 7 – sloupec „pin“ ; ve sloupci „konektor“ je popis zapojení diagnostického konektoru (paralelní rozhraní) pro připojení na DVM – viz. obr. 21. Dle dokumentace DVM [11] je průběh transportního toku definovaný podle obr. 22. Je patrný význam synchronizace a jeho vliv na datový tok osmi datových kanálů. Při přenosovém formátu se 188 bytovými pakety s 16 doplňkovými pakety je vysoká úroveň DVALID při přenosu 188 bytových paketů a nízká úroveň při doplňkových paketech. Tento poměr nízkých a vysokých úrovní je dobře patrný na obr. 23. Průběhy OCLK, D7 a PSYNC zaznamenané pomocí OSC jsou graficky znázorněny na obr. 23 až obr. 26.

Tab. 7 Měřicí body a stručný popis pro transportní tok TS paralel

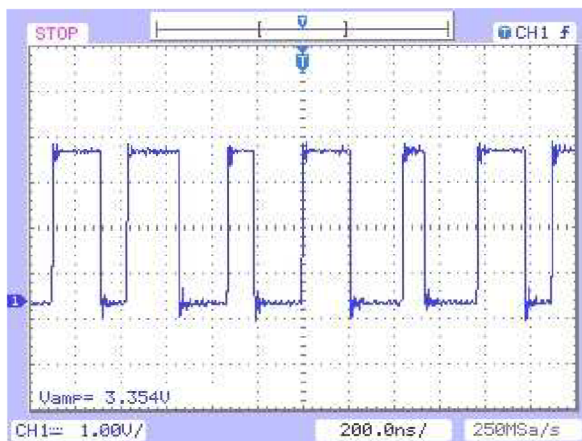
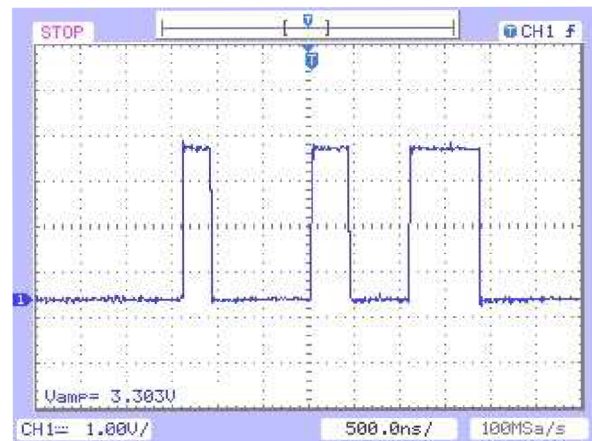
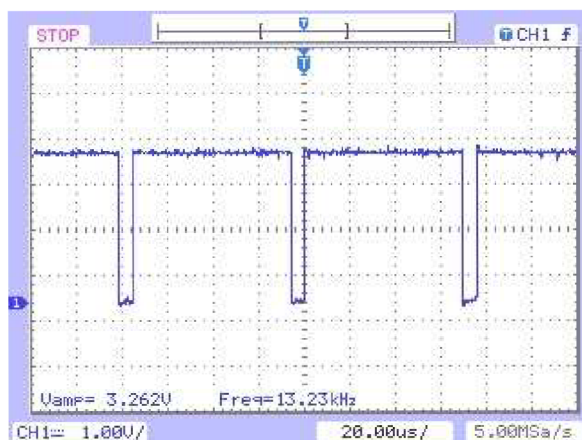
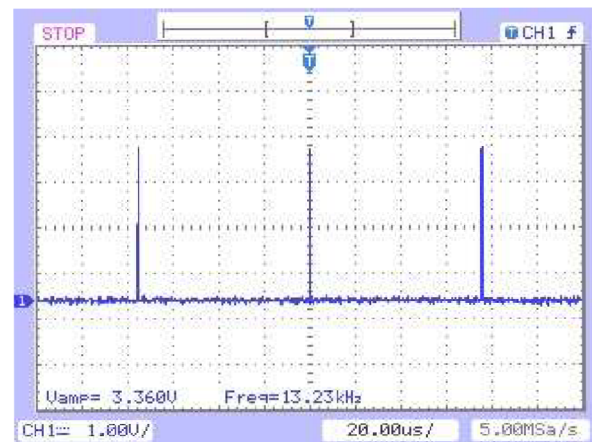
Symbol	Pin	Konektor	Význam	Naměřeno
OCLK	37	1	Clock pro výstupní data DO[7:0]	Obr. 23
VSS gnd	40,45	2, 13	Zemní pól	
DEN (DVALID)	36	11	Data enabled, vysoká úroveň při aktivním výstupu platných dat na D[7:0]	Obr. 25
PSYNC	35	12	Synchronizace pro datový výstup – zahájení přenosu	Obr. 26
DO[7]	49	3	Datový výstup paralelního TS – nejvyšší 7.bit (MSB)	
DO[6]	48	4	Datový výstup paralelního TS – 6.bit	Obr. 24
DO[5]	46	5	Datový výstup paralelního TS – 5.bit	
DO[4]	44	6	Datový výstup paralelního TS – 4.bit	
DO[3]	43	7	Datový výstup paralelního TS – 3.bit	
DO[2]	41	8	Datový výstup paralelního TS – 2.bit	
DO[1]	39	9	Datový výstup paralelního TS – 1.bit	
DO[0]	38	10	Datový výstup paralelního TS – nejnižší 0.bit	



Obr. 21 Popis vývodů konektoru pro připojení na DVM [11]

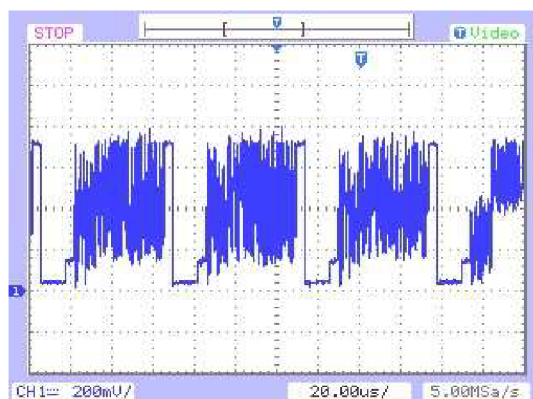


Obr.22 Přenosový formát se 188 bytovými pakety [11]

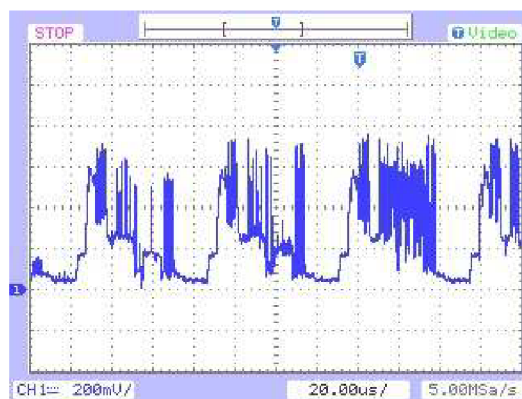
Obr. 23 OCLK - Naměřený průběh,
 $f=826\text{kHz}$ a $U_{pp}=3,3\text{V}$ Obr. 24
Data přenášená na DO7, $U_{pp}=3.3\text{V}$ Obr. 25 DEN (DVALID) - Naměřený průběh,
 $f=13,23\text{kHz}$ a $U_{pp}=3,3\text{V}$ Obr. 26 PSYNC – Naměřený průběh,
 $f=13,23\text{kHz}$ a $U_{pp}=3,3\text{V}$

5.3 CPU, MPEG-2 dekodér, D/A převodník

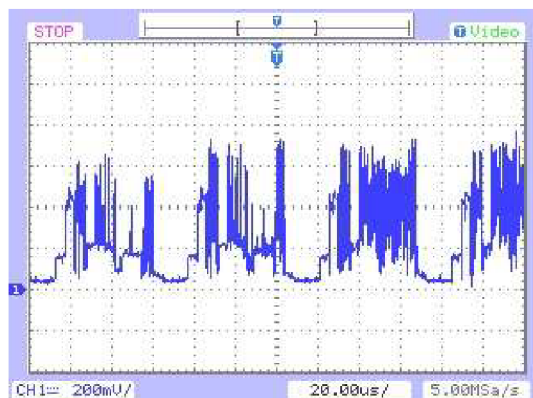
Procesor je v pouzdře PQFP 208. Také tento typ pouzdra neumožňuje trvalé připojení měřících přípravků na vývody procesoru. Pro měření CPU jsou vhodné pouze piny 138-156 a 157-183 vzhledem k přímému propojení na neobsazené pájecí plošky konektorů, které nejsou u této desky osazeny. Na obr. 12 (vlevo nahoře) jsou vidět části pájecích plošek. Patrně se jedná o přípravu na vyšší modelovou řadu pro příjem placených televizních kanálů. Význam těchto vstupně/výstupních signálů je však vzhledem k dokumentaci [8] nepoužitelný pro měření parametrů DVB-T. Jde pouze o adresní a datové porty komunikace procesoru. Výstupní analogové obrazové signály jsou měřitelné na pinech 25-36 avšak v okolí těchto pinů není žádná možnost stálého napojení měřícího konektoru. Signály naměřené pomocí ostrého hrotu osciloskopické sondy přímo na pinech CPU jsou uvedeny na obr. 27 až obr. 33. Měření bylo realizováno pomocí OSC, ANT, TVM, SFL, DVG. Podrobné rozmístění vývodů CPU je uvedeno na obr. 14.



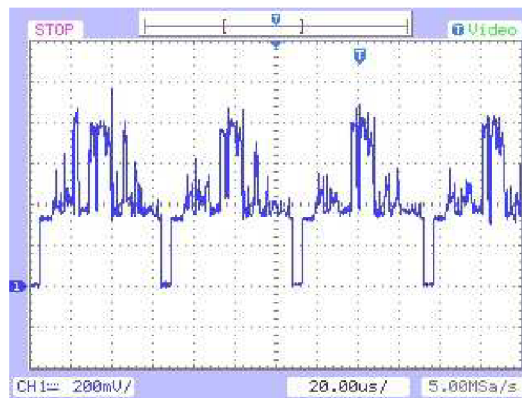
Obr. 27 Výstup R_out (pin 27)



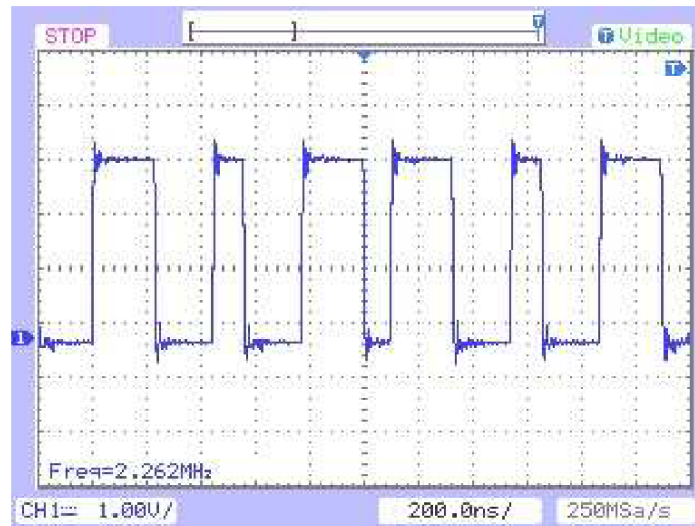
Obr. 28 Výstup B_out (pin 25)



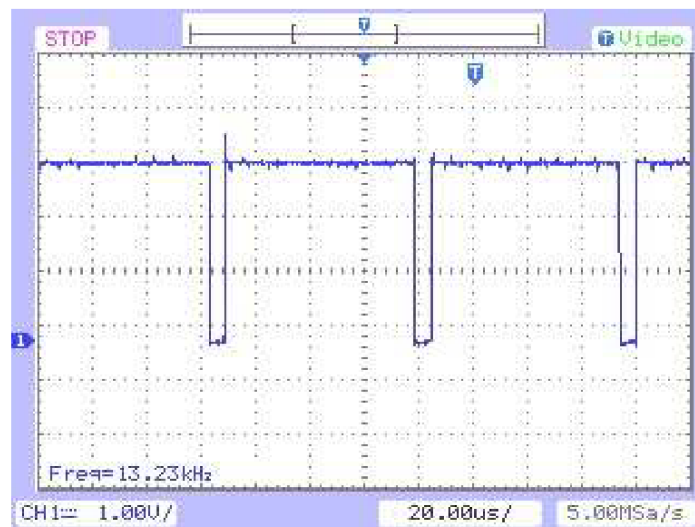
Obr. 29 Výstup G_out (pin 26)



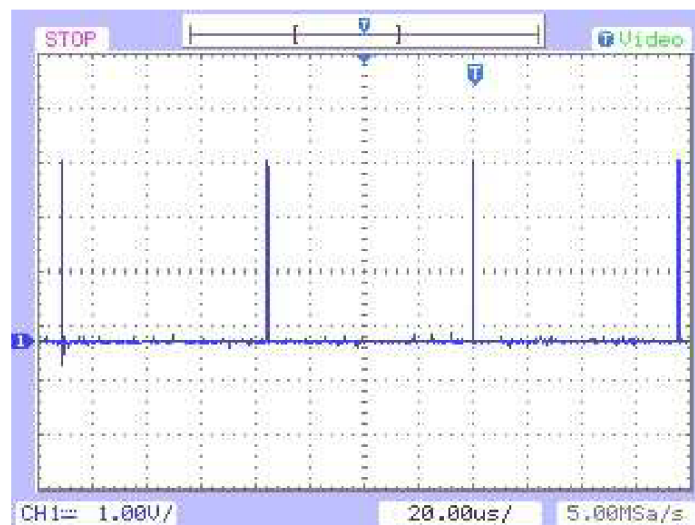
Obr. 30 Výstup Y_out (pin 32)



Obr. 31 Výstup B_Bclk (pin 17)



Obr. 32 Výstup B_flag (pin 18)



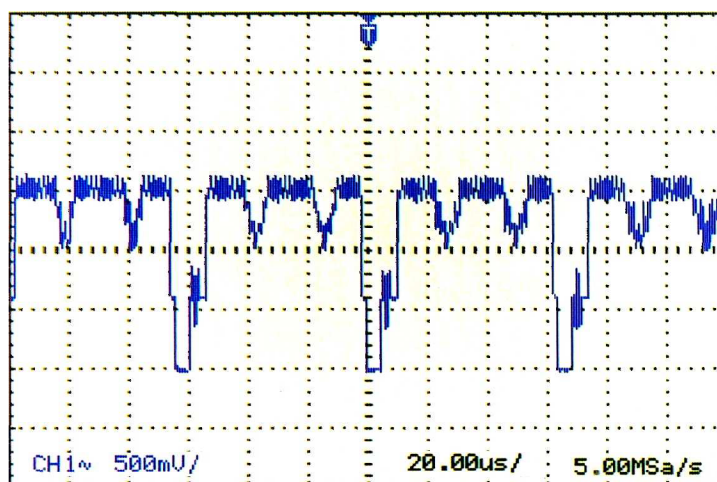
Obr. 33 Výstup B_sync (pin 19)

5.4 A/V přepínací matice STV6412A

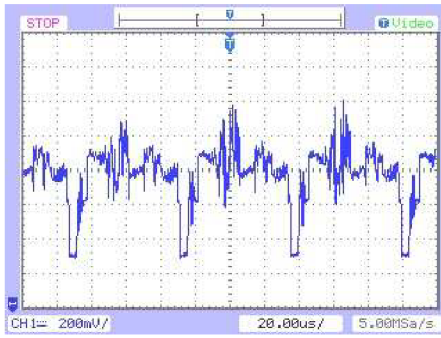
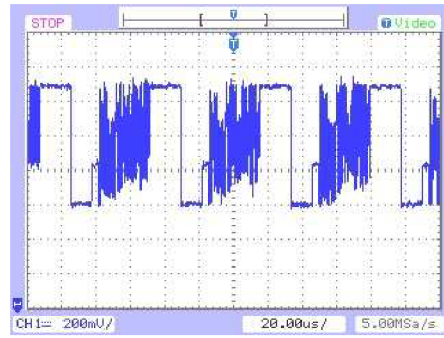
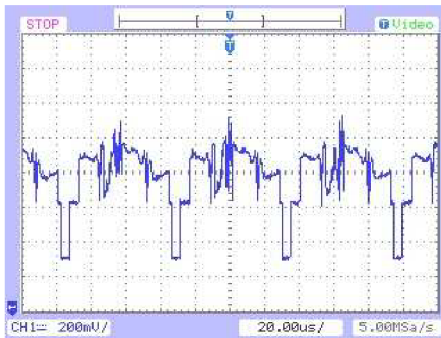
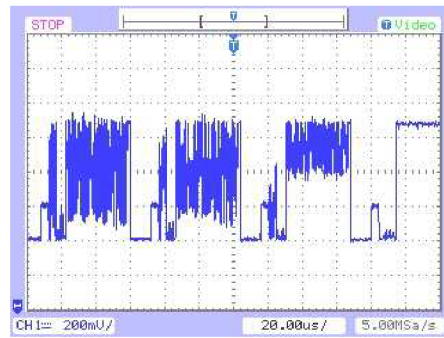
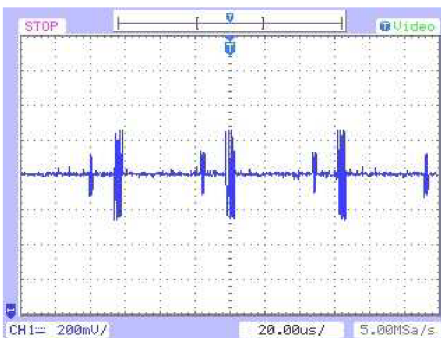
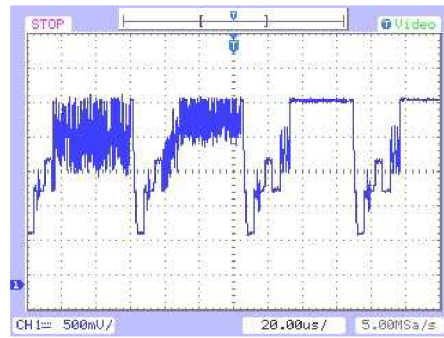
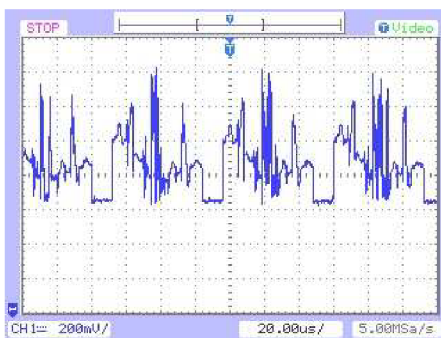
Přepínací matice je svojí polohou na desce plošných spojů umístěna mezi procesor a zadní panel s výstupními konektory. Ani v tomto případě není architektura desky vhodná pro připojování dalších konektorů nebo vývodů. Stejným postupem jako v kapitole 5.3 byly naměřeny následující signály uvedené v tabulce 8. Kompletní popis s rozmístěním vývodů je uveden na obr. 15. Výstup kompozitního videa (78. TV řádek) naměřený na konektoru cinch je uveden na obr. 34. Část výstupních signálů A/V matice je po impedančním přizpůsobení vyvedena na dva SCART konektory a trojici CINCH konektorů umístěných na zadním panelu. Tyto signály lze tak poměrně jednoduše měřit přímo na výstupním konektoru.

Tab. 8 Popis naměřených hodnot a jejich umístění na pouzdře STV6412A

Pin	Symbol	Popis	Naměřeno
4	Y/CVBSIN_ENC	Y/CVBS vstup z encodéru	Obr. 35
6	YIN_ENC	Y vstup z encodéru	Obr. 36
8	CIN_ENC	Chroma vstup z encodéru	Obr. 37
10	R/CIN_ENC	Red/Chroma, vstup z encodéru	Obr. 38
12	GIN_ENC	Green, vstup z encodéru	Obr. 39
14	BIN_ENC	Blue, vstup z encodéru	Obr. 40
36	VOUT_RF	CVBS video výstup k RF modulátoru (část tuneru)	Obr. 41



Obr. 34 Kompozitní výstup na konektoru cinch.

*Obr. 35 Y/CVBSIN_ENC**Obr. 39 GIN_ENC**Obr. 36 YIN_ENC**Obr. 40 BIN_ENC**Obr. 37 CIN_ENC**Obr. 41 VOUT_RF**Obr. 38 R/CIN_ENC*

6 Konstrukční úprava přijímače pro měření

Úprava vnějšího pouzdra STB pro vyvedení měřených signálů spočívá v rozšíření o další konektory umožňující snadnou a opakovatelnou připojitelnost měřících zařízení bez zásahu do vnitřní konstrukce přijímače. Pro tyto účely je skříňka přístroje na přední a zadní části doplněna novými konektory BNC, paralelním portem, napájecím vývodem a měřícími body s banánky na připojení osciloskopické sondy případně multimetru. Podrobněji jsou popsány měřící vývody a způsob jejich připojení v následujících kapitolách.

6.1 Připojení tuneru

Tuner je svojí konstrukcí uzavřeného stíněného boxu hůře analyzovatelný z pohledu vnitřního uspořádání avšak díky robustním vývodům je velmi dobře připojitelný na vodiče pomocí pájení. Pohled na vodiče připojené k tuneru je uveden na obr. 42.



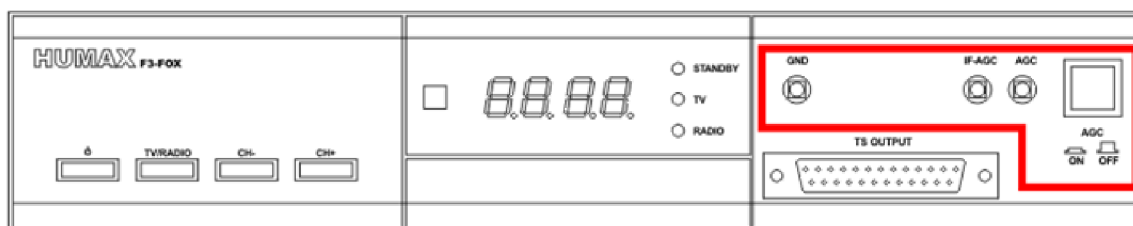
Obr. 42 Pohled na měřící a spínací vývody tuneru

6.1.1 Připojení AGC – automatické vyrovnávání citlivosti

Řízení automatického vyrovnávání citlivosti (pin 5 – viz. obr.8) je vyvedeno na přední panel jako měřící bod pro připojení multimetru nebo ss voltmetru. Tento vývod je zároveň přemostěn spínačem, který je také umístěn na předním panelu vpravo nahoře. Na obr. 43

vyznačeno červeně. Pomocí spínače lze ovládat trvalé odpojení této řídicí veličiny. Stisknuté tlačítko odpovídá původnímu stavu, kdy je na předzesilovače tuneru přiváděno řídicí napětí z demodulátoru. Rozepnuté tlačítko odpovídá odpojení tohoto napětí. Na měřicím vývodu je řídicí napětí od demodulátoru dostupné i po odpojení spínače.

Automatické vyrovnávání citlivosti IF-AGC je do tuneru přiváděno také na pin 13 (viz. obr. 8) kde dochází k řízení zesilovače mezifrekvence. Signál z mezifrekvence je přiváděn přímo na vstup demodulátoru. Vzhledem k možnosti hrozícího přebuzení nebo nedostatečné úrovní na vstupu demodulátoru není možné řízení vypnout. Úroveň lze však měřit pomocí dalšího měřicího vývodu na předním panelu přístroje (viz. obr 43).

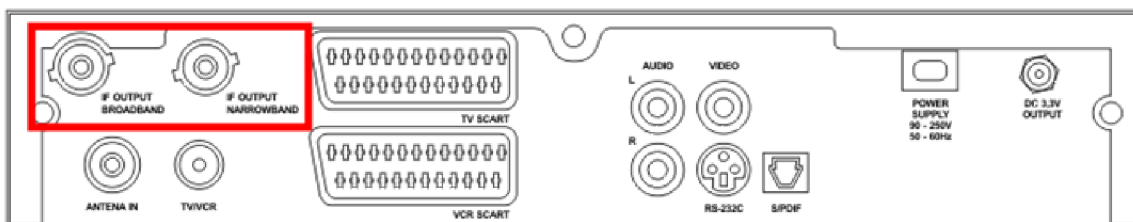


Obr. 43 Přední panel přístroje doplněný konektory a spínačem pro měření AGC

6.1.3 Připojení IF – mezifrekvence

Pro měření vlastností mezifrekvence jsou na zadním panelu vyvedeny dva BNC konektory. První je napojen na pin 12 (viz. obr. 8) IF broadband, kde lze měřit pomocí SPA frekvenční spektrum signálu před průchodem SAW filtrem. Umístění konektorů je uvedeno na obr. 44.

Druhý konektor je napojen na pin 14 (viz. obr. 8) – IF narrowband, kde lze pomocí SPA měřit frekvenční spektrum signálu po průchodu SAW filtrem – přesná pásmová propust o šířce 7,7MHz.



Obr. 44 Umístění konektorů BNC na zadním panelu – IF narrowband a IF broadband

6.2 Připojení COFDM demodulátoru

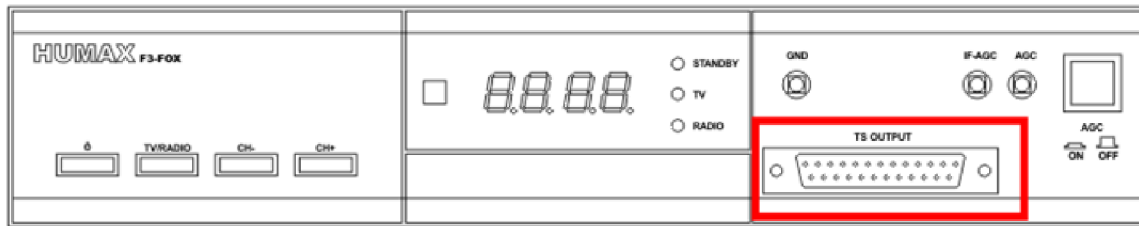
COFDM demodulátor je připojen pomocí plochého kabelu AWG s barevným rozlišením vývodů. Kabel je zakončen 14 pinovým konektorem pro možnost rozpojení při demontáži předního panelu, kde je umístěn 25 pinový paralelní port. Délka vodiče je vzhledem k přeslechům mezi jednotlivými datovými kanály co nejmenší. V polovině délky je vodič pomocí tavného lepidla připevněn k desce z důvodu náchylnosti pájených plošek na ulomení. Pohled na připojení vodičů v blízkosti obvodu je uveden na obr. 45.



Obr. 45 Pohled na připojení vodičů k COFDM demodulátoru

6.2.1 TS paralel output

Na přední panel je umístěn konektor transportního toku TS. Jedná se o 25 pinový konektor používaný na měřicích přístrojích pracujících s transportním tokem TS paralel. Zapojení konektoru je uvedeno v tabulce 7. Konektor je umístěn do pravé dolní části čelního panelu, kde je vzhledem k desce s tlačítky a displejem, která zabírá pouze 2/3 plochy panelu, dostatek místa. Umístění konektoru na přením panelu je uvedeno na obr. 46. Pro možnost připojení na měřicí přístroje a analyzátory transportního toku bylo nutné upravit výstupní signály dle dokumentace a měření konkrétních přístrojů. Této úpravě je věnována další kapitola. Měření realizována na dostupných přístrojích laboratoří UREL jsou uvedeny v kapitole 7.



Obr. 46 Umístění konektoru TS output na předním panelu.

Výstup TS paralel output je v konečné podobě úpravy přijímače osazen pouze přímým napojením na ODFM demodulátor. Obsahuje signály dle tab. 9. Interface, který byl navržen a realizován (viz. kapitola 6.2.2) pracoval při testovacím provozu podle předpokladů. Připojení na set-top box přes rozhraní uvedené na obr. 45 způsobilo zvětšenou kapacitní zátěž a rušení signálů paralelního toku do procesoru. Následkem toho dochází ke ztrátě obrazové informace což set-top box oznamuje hlášením na obrazovce „žádný nebo nedostatečný signál“. Přeslechy mezi jednotlivými datovými signály způsobené ovlivňováním mezi sousedními vodiči by bylo možné eliminovat twistovaným kabelem s prokládáním stíněním. Takováto úprava by však ještě zhoršila kapacitní zátěž. Rušení způsobované přepínáním MOSFET tranzistorů se neprokázalo jako zásadní důvod nefunkčnosti.

6.2.2 Interface TS paralel

Pro vyvedení signálů TS paralel na 25 pinový paralelní port je nutné upravit signály získané z COFDM demodulátoru na napěťové úrovni příslušející konkrétnímu měřicímu přístroji. Transportní tok je v laboratorních podmínkách UREL možné analyzovat pomocí několika měřících přístrojů. Pro účel analýzy transportního toku byl vybrán přístroj od společnosti Rohde&Schwarz DVMD [11] (dále jen DVM). Vstupní úroveň signálů je nutné odvodit na základě naměřených hodnot přístroje Rohde&Schwarz DVRG – viz. tabulka 10.

V tabulce 9 jsou uvedeny naměřené průběhy na výstupech COFDM demodulátoru. Tyto průběhy odpovídají čistě výstupním úrovním na demodulátoru, které lze měřit na jednotlivých pinech obvodu. Vzhledem k dalšímu zpracování procesorem, přímo na jedné desce set-top boxu, jsou signály dostupné pouze v základní polaritě (označeno A). Chybí invertované signály, bez kterých není možné provést analýzu přístrojem DVM. Získané signály je proto nutné doplnit o invertované průběhy a zajistit odpovídající napěťové úrovně spolu s požadavkem na velmi malé zatížení cesty, kde jsou vývody připojeny.

Tab. 9 Naměřené úrovně signálů na COFDM demodulátoru

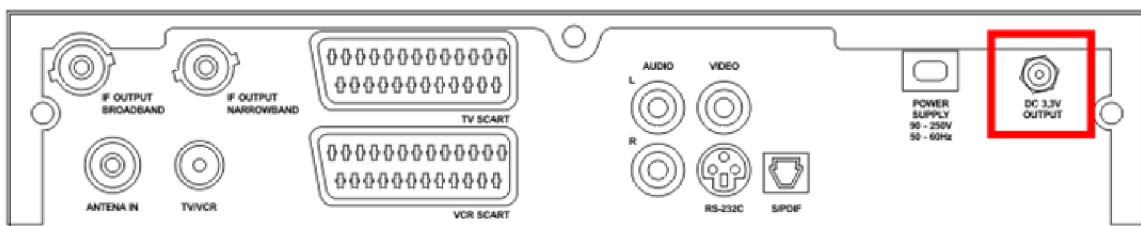
PIN na 25.pinovém konektoru	SIGNAL	U_{pp}	U_L	U_H
		[V]	[V]	[V]
1	clock A	3,3	0	3,3
2	GND	-		
3	data bit 7 A (MSB)	3,3	0	3,3
4-10	data bit 6 A - 0A			
11	DVALID A	3,3	0	3,3
12	PSYNC A	3,3	0	3,3
13	GND	-		
14	clock B	není dostupné		
15	GND			
16	data bit 7 B inverted (MSB)			
17-23	data bit 6B-0B inverted			
24	DVALID B			
25	PSYNC B			

Pro návrh obvodu jsou použity polem řízené tranzistory MOSFET - IRF7307QPbF [15], zajišťující minimální výkonovou ztrátu na datových vodičích mezi COFDM demodulátorem a procesorem set-top boxu. Pracovní frekvence je v řádu desítek MHz což pro tento účel postačuje. Pouzdro SOIC-8 obsahuje dvojici tranzistorů s polaritami N a P.

Celý obvod je rozdělen na dvě části z nichž první část s dvěma operačními zesilovači zajišťující dvě nastavitelná referenční napětí, která odpovídající H a L úrovním signálů naměřených na přístroji Rohde&Schwarz DVRG (viz. tabulka 10).

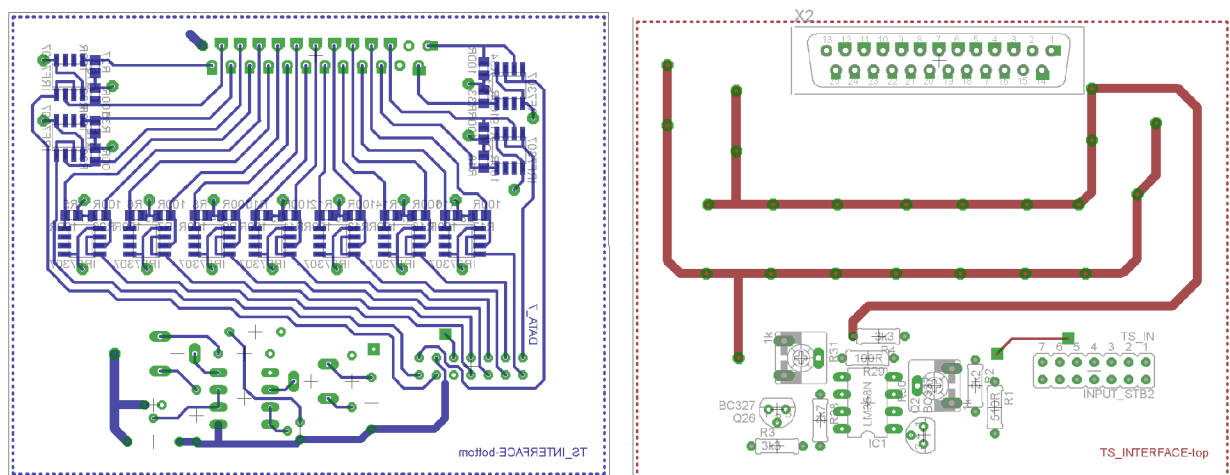
Vstupní signály od demodulátoru (připojení přes konektor) jsou přiváděny současně na Gate obou tranzistorů. Napětí získaná z operačních zesilovačů – označena U_L a U_H jsou přiváděna na Source a Drain čímž dochází ke spínání úrovní U_H a U_L . Vlivem rozdílné polarity MOSFET tranzistorů je na Drain svorce tranzistoru s N polaritou signál invertovaný, zatímco druhý tranzistor P polarity má na Drain připojenu opačnou polaritu proti invertovanému signálu.

Napájení obvodu je řešeno stejným konektorem jako datové vodiče. Na dvojici volných vodičů (viz. obr. 45) jsou napojeny úrovně +3,3V a GND. Pro externí napájení desky je v zadní části přístroje navíc vyveden konektor pro připojení napájecí svorky. Umístění konektoru je uvedeno na obr. 47.



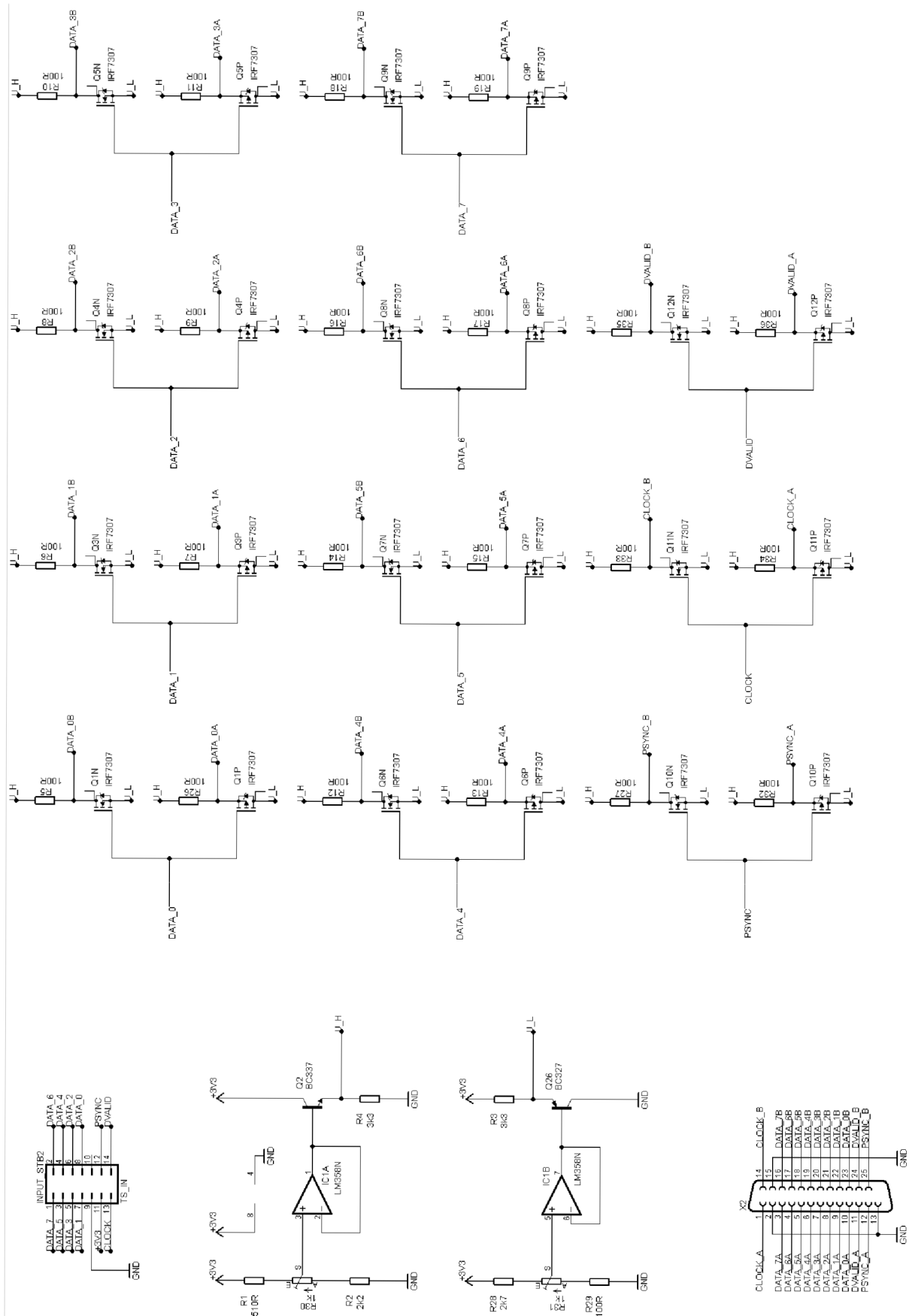
Obr. 47 Umístění konektoru pro napájení interface vně přístroje

Horní strana desky spolu s umístěním součástek pro montáž do děr je spolu s dolní stranou desky a součástkami pro povrchovou montáž uvedena v měřítku 1:1 na obr. 48. Rozměry desky (87 x 67)mm.



Obr. 48 Dolní strana desky (modře) a horní strana desky (červeně) s umístěním součástek

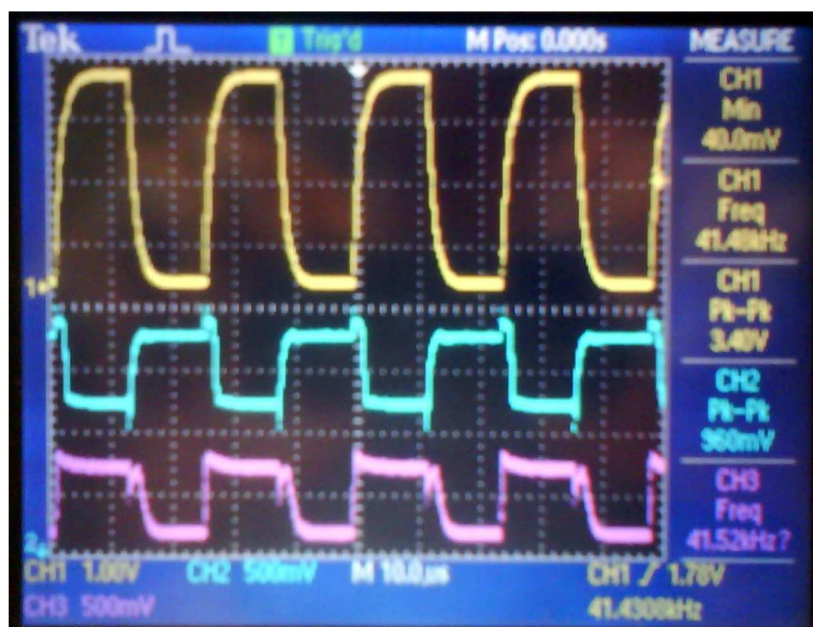
Schéma zapojení je uvedeno na obr. 49. Pro snazší orientaci ve schématu jsou namísto vodičů použity společné názvy vodičů nahrazující spojení čarou.



Obr. 49 Schéma obvodového řešení interface pro TS paralel

Vzhledem k poklesu napětí na tranzistorech Q2 a Q26 o 0,7V dochází k snížení úrovně U_H což má za následek nemožnost dosažení požadované hodnoty. Pro optimální funkci obvodu je nejvhodnější napájení +4,5V které bylo ověřeno při testování funkčnosti desky funkčním generátorem a napájení laboratorním zdrojem. Pro tento způsob napájení je nutné obvod doplnit o napájecí část, která z dostupného napětí +7,5V na zdroji set-top boxu vytvoří požadovaných +4,5V.

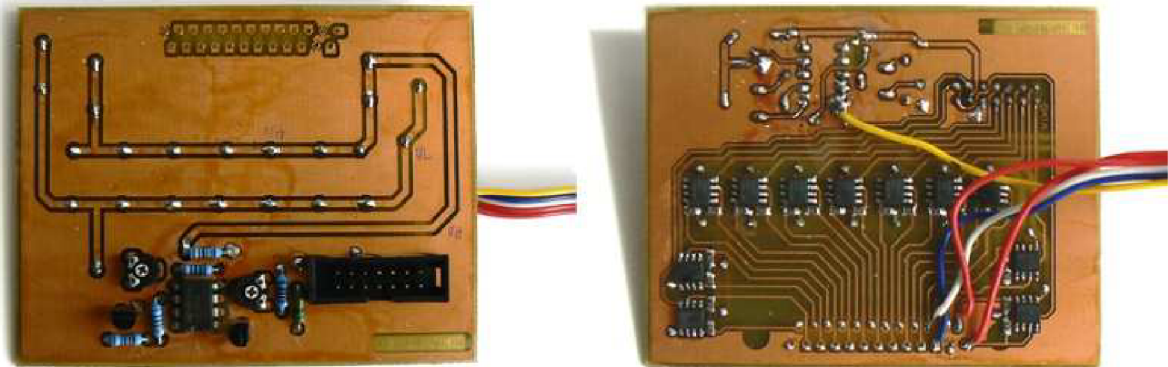
Funkčnost zapojení byla ověřena tříkanálovým osciloskopem Tektronix. Na CH1 (žlutý průběh) byl připojen signál z funkčního generátoru současně přiváděný na vstup interface. Nastavení Upp a Ofsetu odpovídá průběhům na COFDM demodulátoru. Na CH2 (azurová) je připojen invertovaný výstup signálu označovaný indexem B. Na třetím kanálu CH3 (fialová) je připojen neinvertovaný výstupní signál označovaný indexem A.



Obr. 50 Naměřené průběh na osciloskopu - ověření funkčnosti zapojení; CH1 – (žlutá) 1V/d vstupní signál z funkčního generátoru; CH2 – (azurová) 500mV/d invertovaný výstupní signál; CH3 – (fialová) 500mV/d neinvertovaný výstupní signál, čas. základna 10 μ s/d

Spojení obvodu interface se set-top boxem způsobovalo ovlivňování datových signálů tak silné, že procesor nemohl transportní tok dále zpracovávat a došlo tak tedy k úplnému výpadku obrazu. Bohužel se rušení přenášelo i do výsledného průběhu na výstupu interface, který nebylo možné měřit OSC nebo analyzovat pomocí DVM. Zapojení interface proto jen ověřilo nemožnost zavádění podobných řešení do tohoto typu obvodových řešení přijímače DVB-T.

Hotová a osazená deska interface je znázorněna na obr. 51. Pro měřicí účely jsou na hotové desce namísto výstupního konektoru napájeny vodiče.



Obr. 51 Hotová a osazená deska. Vlevo horní strana s OZ, vpravo spodní strana s IRF7307

6.3 Připojení A/V matice

Výstupní analogové audio/video signály jsou z A/V matice jsou po impedančním přizpůsobení vyvedeny na zadní SCART konektor s označením TV SCART a trojici CINCH konektor pro obraz a dva zvukové kanály. Druhý z konektorů je možné softwarově přemostit a umožnit tak připojení videorekordéru. Vzhledem k tomu, že lze pomocí těchto konektorů analyzovat výstupní signály, není na samotný obvod připojena žádný další dodatečný obvod nebo vodiče.

6.3.1 SCART konektor

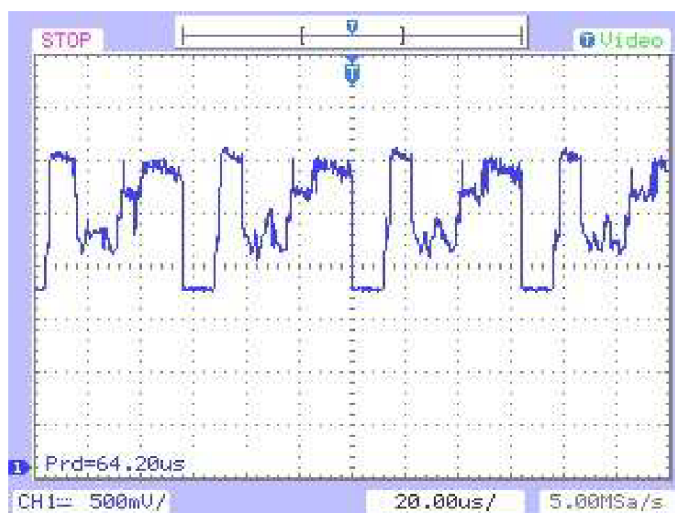
Pro účely měření výstupních analogových signálů na SCART konektoru je set-top box doplněn konektorem SCART na kabelu se zakončením trojicí BNC konektorů. Tato redukce umožňuje lepší připojení osciloskopu pomocí běžných propojovacích vodičů. Kompletní zapojení SCART konektoru je uvedeno v tabulce 10. Tučně jsou v tabulce vyznačeny vodiče použité při výrobě této redukce (viz. obr. 52).



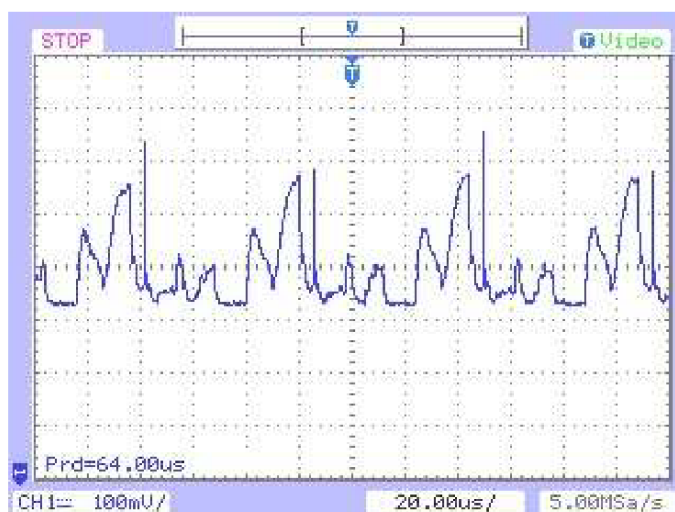
Obr. 52 Redukce SCART – 3x BNC pro RGB signály

Tabulka 10 Kompletní zapojení SCART konektoru [16]

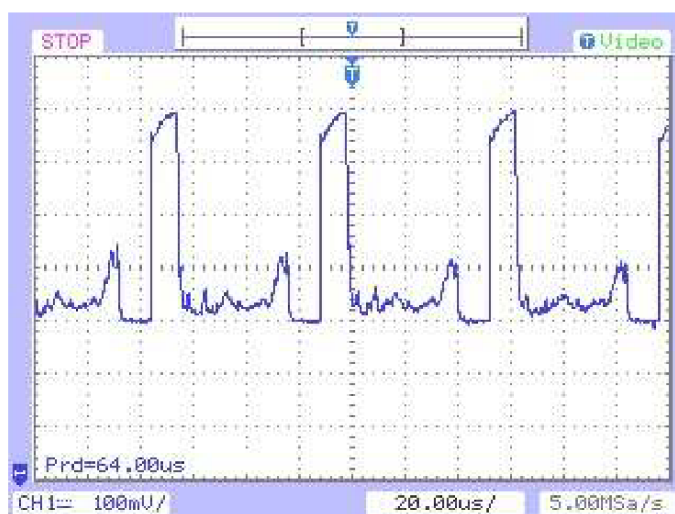
Pin	Signal	Signal level	Impedance
1	Audio výstup B (pravý)	0.5V rms	
2	Audio vstup B (pravý)	0.5V rms	>10 k
3	Audio výstup A (levý)	0.5V rms	
4	(audio) GND	-	-
5	B(modrá) GND	-	-
6	Audio input A (left)	0.5V rms	>10 k
7	modrá vstup	0.7V	75
8	Výběr funkce (AV řízení)	H (9.5-12V): AV mode M (5-8V): Wide-screen L (0-2V): TV mode	>10 k
9	G(zelená) GND	-	-
10	Nezapojeno		
11	zelená input	0.7V	75
12	Nezapojeno		
13	R(červená) GND	-	-
14	(blanking) GND	-	-
15	Červená input	0.7V	75
16	RGB vstup pro přepínání signálů	H (1-3V): RGB L (0-0.4V): Composite	75
17	(video in & out) GND	-	-
18	(RGB přepínání) GND	-	-
19	Video výstup (kompozitní)	1V including sync	75
20	Video vstup (kompozitní)	1V including sync	75
21	Stínění - GND	-	-



Obr. 53 Průběh složky RED na výstupním konektoru SCART



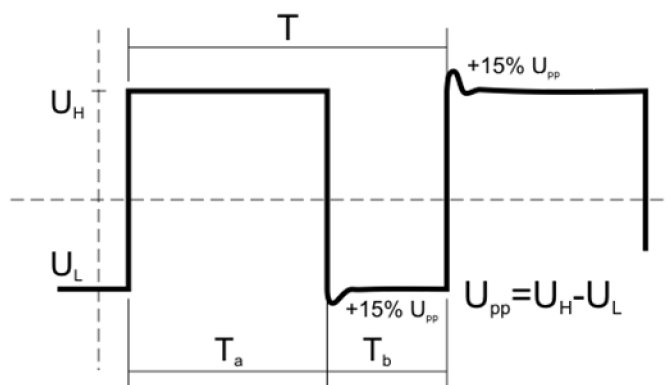
Obr. 54 Průběh složky GREEN na výstupním konektoru SCART



Obr. 55 Průběh složky BLUE na výstupním konektoru SCART

7 Měření parametrů laboratorních přístrojů

Dle dokumentace k měřícím přístrojům byly kontrolně naměřeny průběhy signálu u tří dostupných přístrojů na jejichž výstupu lze analyzovat paralelní transportní tok. Vzhledem k rozdílům mezi výrobcí uváděnými parametry a praktickým měřením jsou signály proměřeny detailněji s ohledem na použití dat pro návrh interface (kapitola 6.2.2) dekodéru set-top boxu. Podrobněji se těmto přístrojům věnují následující podkapitoly. V tabulkách 11 až 13 jsou použity názvy veličin jejichž popis je uveden na obr. 56. Hodnoty U_{pp} jsou uváděny pro úroveň bez zámkutů při náběžné a sestupné hraně, které ani u jednoho přístroje nepřekračují 1,15 násobek maximální hodnoty U_{pp} .



Obr. 56 Význam veličin uváděných v tabulce 10 a 11.

7.1 Rohde & Schwarz DVRG

Výrobce udává u generátoru DVRG (viz. obr. 57) pro výstup Synchronous parallel MPEG-2 transport stream úroveň LVDS (Low Voltage Differential Signaling) odpovídající hodnotám ECL. V poznámce je uvedeno $100\text{mV} - 2\text{V}$ (U_{pp}). Výstupní průběhy odpovídají špičkovým úrovním uváděným v poznámce. Podrobné hodnoty pro všechny průběhy jsou uvedeny v tabulce 11. Signály označené A jsou jako invertované se stejnou napěťovou úrovní vyvedeny na piny 14-25 s označením B. Dochází tak k potlačení nežádoucích rušivých přeslechů, které ve vodičích mohou vznikat. Hodnoty naměřené na výstupu TS paralel jsou brány jako referenční s ohledem na propojení s přístrojem R&S DVMD, který je vhodný i pro analýzu transportního toku u set-top boxu.

Tab. 11 Naměřené hodnoty TS paralel u DVB generátoru Rohde&Schwarz DVRG

PIN	SIGNAL	U_{pp} [mV]	U_L [mV]	U_H [mV]	f [kHz]	T [μs]	T_a [μs]	T_b [μs]	T_{fall} [ns]	T_{rise} [ns]
1	clock A	820	840	1,66	641	1,56	0,78	0,78	<200	<200
2	GND	-	0		-	-	-	-	-	-
3	data bit 7 A (MSB)	820	840	1660	80 - 318	3,2 - 12,8	1,6 - 6,4	1,6 - 6,4	< 0,2	< 0,2
4	data bit 6 A									
5	data bit 5 A									
6	data bit 4 A									
7	data bit 3 A									
8	data bit 2 A									
9	data bit 1 A									
10	data bit 0 A (LSB)									
11	DVALID A	0	1660	
12	PSYNC A	880	840	1720	3,4	294	8,8	285,2	4,4	4,4
13	GND	-	0		-	-	-	-	-	-
14	clock B	860	1680	820	641	1,56	0,78	0,78		
15	GND	-	0		-	-	-	-	-	-
16	data bit 7 B in.(MSB)	860	1680	820	80 - 318	3,2 - 12,8	1,6 - 6,4	1,6 - 6,4	< 0,2	< 0,2
17	data bit 6 B inverted									
18	data bit 5 B inverted									
19	data bit 4 B inverted									
20	data bit 3 B inverted									
21	data bit 2 B inverted									
22	data bit 1 B inverted									
23	data bit 0 B in.(LSB)									
24	DVALID B	0	840							
25	PSYNC B	880	1680	800	3,4	294	8,8	285,2	4,4	4,4



Obr. 57 Pohled na přístroj Rohde&Schwarz DVRG [14]

7.2 Kathrein MSK 200/50

U mobilního anténního a kabelového měřicí systému pro analýzu DVB-T/C/S Kathrein MSK200/50 není v základní uživatelské příručce [12] dostatek informací pro zjištění úrovně na výstupu TS paralel OUT. Hodnoty frekvencí a časových údajů jsou srovnatelné s hodnotami uvedenými v tabulce 11. Tabulka 12 zahrnuje tedy pouze ty veličiny jejichž hodnota je ve srovnání s tabulkou 11 výrazně rozdílná. Pohled na přístroj ve funkčním stavu je uveden na obr. 58.

Tab. 12 Naměřené hodnoty TS paralel u přístroje Kathrein MSK 200/50

PIN	SIGNAL	U_{pp}	U_L	U_H
		[V]	[V]	[V]
1	clock A	0,8	0	0,8
2	GND	-	0	
3	data bit 7 A (MSB)	3,59	-1,40	2,16
4-10	data bit 6 A - 0A			
11	DVALID A	-	0	
12	PSYNC A	0,8	0	0,8
13	GND	0	0	
14	clock B	0,712	0,360	-0,352
15	GND	-	0	
16	data bit 7 B inverted (MSB)	3,59	2,16	-1,40
17-23	data bit 6B-0B inverted			
24	DVALID B	-	0	
25	PSYNC B	0,8	0,8	0



Obr. 58 Pohled na měřicí přístroj Kathrein MSK 200/50 [12]

7.3 Kathrein MSK 33

Dle dokumentace [13] k SAT/TV/FM testovací přijímač Kathrein 33 používá na výstupu TS paralel úrovně signálů LVDS. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 13. Časové údaje jsou shodné s údaji uvedenými v tabulce 11. Pohled na přístroj je uveden na obrázku 59.

Tab. 13 Naměřené hodnoty TS paralel u přístroje Kathrein MSK 33

PIN	SIGNAL	U_{pp}	U_L	U_H
		[mV]	[mV]	[mV]
1	clock A	712	-352	360
2	GND	-	0	
3	data bit 7 A (MSB)	712	-280	432
4-10	data bit 6A-0A			
11	DVALID A	-	0	
12	PSYNC A	728	0	728
13	GND	0	0	
14	clock B	712	360	-352
15	GND	-	0	
16	data bit 7 B inverted (MSB)	712	432	-280
17-23	data bit 6B-0B inverted			
24	DVALID B	-	0	
25	PSYNC B	728	728	0



Obr. 59 Pohled na měřicí přístroj Kathrein MSK 33 [13]

8 Závěr

Diplomová práce byla zaměřena na měření parametrů set-top boxu. Základní architektura běžných přijímačů digitální televize DVB-T byla popsána spolu se stručným teoretickým rozbohem problematiky v úvodu práce. Na základě výběru konkrétního přijímače Humax F3-FOX T byly podrobně analyzovány jednotlivé funkční bloky ovlivňující celé celé zpracování .

Dle dostupné technické dokumentace k použitým obvodům byly měřeny veškeré dostupné signály od příjmu signálu tunerem, přes jeho dig. zpracování dekodérem a celkového řízení procesorem spolu s výstupní částí A/V matice. Dostupné signály byly vyhodnoceny pomocí přístrojového vybavení laboratoří UREL.

Na základě naměřených průběhů a dostupnosti signálů s ohledem na trvalé připojení měřících konektorů byly vyvedeny měřící body na přední a zadní panel přístroje. Způsob připojení laboratorních měřících přístrojů je tak možný bez opakovaného zásahu do vnitřní konstrukce přístroje. Použité konektory odpovídají nejčastěji používaným měřícím přístrojům pro konkrétní typ signálu.

Závěr práce je věnován měření parametrů laboratorních přístrojů Rohde&Schwarz a Kathrein spolu s vypracováním metodiky měření a návrhu laboratorní úlohy zaměřené na měření parametrů set-top boxu.

Přehled použité literatury

- [1] LEGÍŇ, M., *Televizní technika – digitální vysílání DVB-T*. BEN – technická literatura. Praha, 2007. 286 s. ISBN 978-80-7300-204-3
- [2] BEDNÁŘ, J., *Digitální televize – populární průvodce technologií DVB-T – Sdělovací technika*. Praha 2007, ISBN 80-86645-17-7
- [3] Conexant [online], *Set-top Box Solution CX2414X* datasheet Order# [cit. 10.3.2008] 102214B, online dostupné na: <www.conexant.com>
- [4] PHILIPS, *TDA10046HT DVB-T Chanel Receiver*, datasheet revision 1.6, April 2003
- [5] TechniSat [online], *Příručka uživatele DigiPal 2/DigiMid T1*, [cit. 17.4.2008] online dostupné na: <www.technisat.de>
- [6] Humax, *Příručka uživatele – model F3-FOX T*, online dostupné na: <www.omko.cz>
- [7] PHILIPS, *TDA1316AL Tuner module for digital terrestrial (OFDM) applications*, datasheet revision 07.08.2003
- [8] STMicroelectronics, *STi5518 – Single chip set-top box decoder with mp3 and hard disk drive support*, datasheet revision 24.April 2001
- [9] European Broadcasting Union, *ETSI TR 101 290 V1.2.1 Technical Report*, Digital Video Broadcasting (DVB), 5.2001
- [10] STMicroelectronics, *STV6412A - AUDIO/VIDEO SWITCH MATRIX*, datasheet 2003
- [11] Rohde & Schwarz, *MPEG-2 Measurement decoder R&S DVMD*, uživatelská příručka přístroje, 2003
- [12] Kathrein – Werke KG, *Antena signal meter systém MSK 200/S2*, uživatelský manuál, anglická verze, Rosenheim, Německo, 936.3448/A/0209/ZWT
- [13] Kathrein – Werke KG, *Sat/TV/FM test Receiver MSK 33*, kompletní uživatelský manuál, anglická verze, Rosenheim, Německo, 9986498/0206 ZWT
- [14] Rohde & Schwarz, *DTV Recorder Generátor R&S DVRG*, uživatelská příručka přístroje, June 2004
- [15] International Rectifier, *IRF7307QPbF – HEXFET Power MOSFET*, datasheet 07/23/07
- [16] TV Freak [online] - *Kabel SCART*, [cit. 18.4.2009], e-magazín digitálních technologií, online dostupné na : < http://www.tvfreak.cz/ >

Seznam použitých zkratk

AGC	(Automatic Gain Control) – automatické řízení citlivosti, použití u tuneru
BER	(Bit Error Rate) – poměr chybně přijatých bitů ku celkovému počtu přijatých bitů
CAT	(Conditional Access Table) – tabulka obsahující informace pro podmíněný přístup k programu
ETSI	(European Telecommunications Standards Institute) – evropská organizace pro telekomunikační standardy
FEC	(Forward Error Correction) – metoda zjišťování a opravy chyb vznikajících při přenosu dat. Využívá vkládání kontrolních bitů.
FFT	(Fast Fourier transform) – rychlá Fouireova transformace
IQ	rovina zobrazení konstelačního diagramu
LVDS	(Low Voltage Differential Signaling) – napěťové úrovně používané u vysokorychlostních přenosech signálů přes kroucený kabel.
MHP	(Multimedia Home Platform) – systém pro interaktivní aplikace
MPEG	(Motion Pictures Experts Group) – ztrátová komprese používaná pro redukci datového toku obrazových dat
NIT	(Network Information Table) – tabulka s názvy a popisy všech služeb které jsou operátorem poskytovány.
NTSC	(National Television System Committee) – televizní systém používaný v USA, Japonsku a dalších zemích
OFDM	(Orthogonal frequency-division multiplexing) – modulační systém DVB-T
OSD	(On Screen Display) – menu nebo jiná informace zobrazovaná na obrazovce pro lepší přehlednost a ovladatelnost
PAL	(Phase Alternating Line) – televizní systém
PAT	(Program Association Table) – tabulka přenosu programových informací v transportním multiplexu a ukazatele PID, platí pro celý stream
PES	(Packetized Elementary Stream) – posloupnost paketů s daty videa a zvuku spolu s hlavičkou obsahující informaci o streamu.
PMT	(Program Map Table) – tabulka nesoucí údaje o jednotlivých programech ve streamu, obsahuje informace o copyrightu, názvu programu a ukazatele na pakety
PQFP	(Plastic Quad Flat Pack Package) – typ pouzdra integrovaných obvodů
QAM	(Quadrature amplitude modulation) – kvadraturní amplitudová modulace

- QPSK** (Quadrature phase-shift keying) – kvadrurní modulace fázovým posunem
- SAW** (Surface Acoustic Wave) technologie/typ filtrů pro VF aplikace, využívá piezoelektrického jevu na krystalu.
- SCART** (Syndicat des Constructeurs d'Appareils Radiorécepteurs et Téléviseurs) – typ konektoru pro AV signály.
- SNR** (Signal-to-Noise Ratio) - odstup užitečného signálu od šumu
- SOIC** (Small-Outline Integrated Circuit) – typ pouzdra integrovaných obvodů
- STB** (set-top box) – přijímač digitální televize
- TQFP** (Thin Quad Flat Pack) – typ pouzdra integrovaných obvodů vyznačující se tenkým tělem samotné součástky.

Příloha 1 – Laboratorní úloha

Digitální televizní systémy (MDTV)

Laboratorní úloha č. 1

Měření parametrů přijímače pro digitální televizi DVB-T (SET-TOP BOXU)

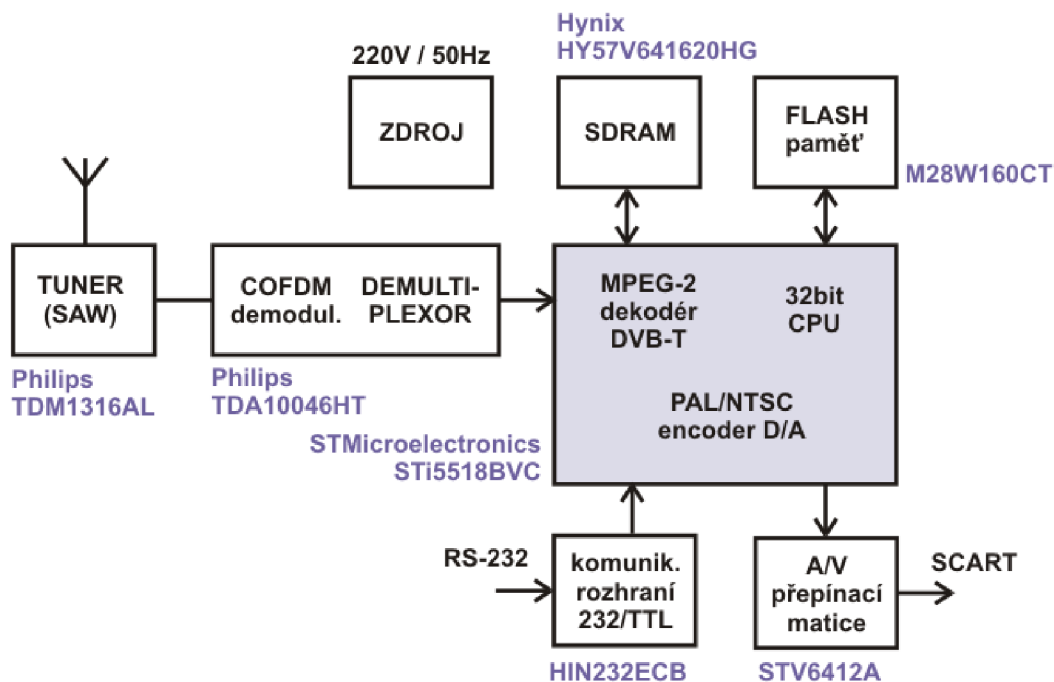
Účelem úlohy je seznámit se s vnitřní strukturou přijímače digitální televize DVB-T a významem jednotlivých částí. Během měření získáte základní představu o způsobu zpracování signálu DVB-T. Pomocí spektrálního analyzátoru změříte základní parametry tuneru. Vliv úrovně přijímaného signálu na řízení tuneru ověříte pomocí měření vyrovnávání citlivosti AGC. Osciloskopem získáte údaje o signálech transportního toku a vlastnostech výstupních obrazových analogových dat.

Teoretický úvod

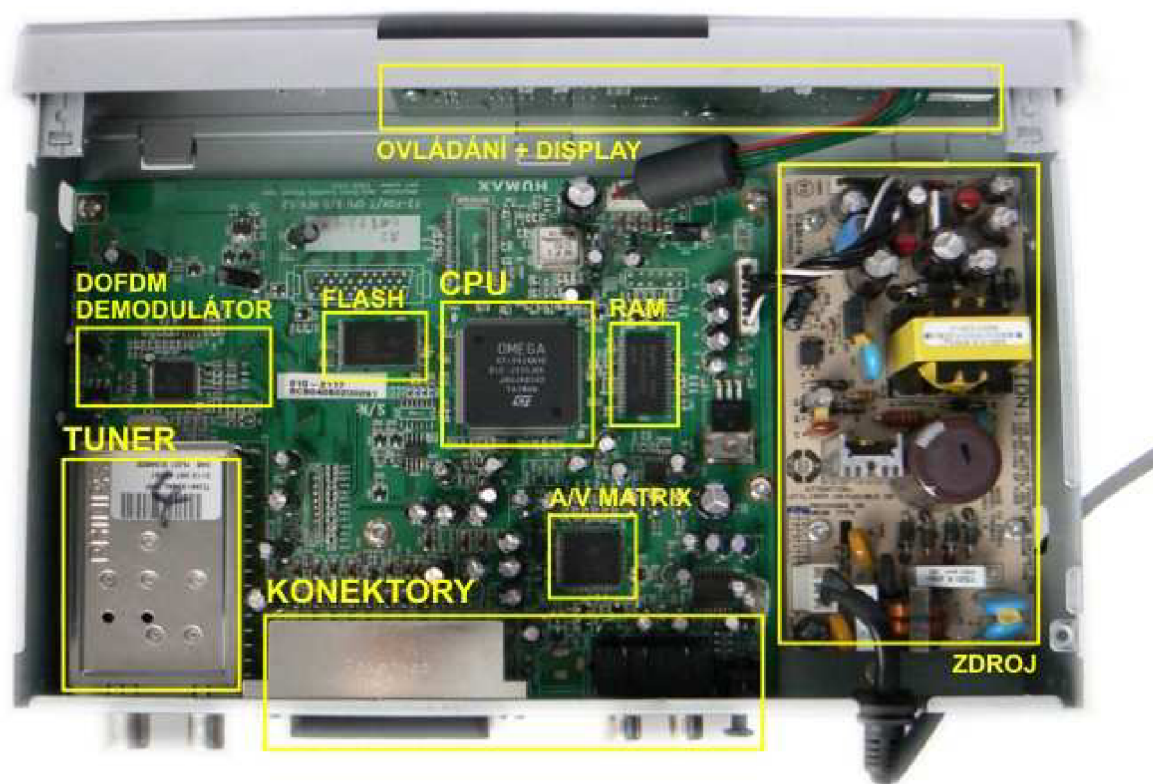
Základní architektura běžných set-top boxů je principiálně jednoduchá. Přijímač obsahuje základní obvodové prvky pro jednotlivé bloky zpracování signálu. Většina přijímačů je řešena na základě jednočipového řešení MPEG-2 dekodéru v kombinaci s CPU, obslužnými obvody jako tuner, demultiplexer, mikroprocesor, paměti a A/V přepínací maticí. Základní struktura je uvedena na obr. 1.1

Přijímače digitálního vysílání DVB-T pracují na principu převodu přijímaného signálu pozemního terestrického vysílání na výstupní analogový audio-video signál, který zobrazí běžný televizní přijímač vybavený potřebnými vstupy. Konektory pro možnost připojení televizního přijímače jsou v základních verzích rozděleny na SCART nebo CINCH. U kvalitnějších přijímačů lze naladit výstup jako běžný televizní kanál takže lze přijímač použít i na televizích, které nejsou vybavené A/V vstupem. Konektor RS232 slouží pro update softwaru, který je u některých modelů možné upgradovat i přímo z přijímaného digitálního vysílání (u nás prozatím nedostupné).

Analogový signál přijímaný tunerem je po naladění příslušného televizního kanálu a namodulování na nosný kmitočet mezifrekvence 36,13MHz (označení IF) přiváděn do COFDM demodulátoru, kde je 10bitovým A/D převodníkem získán digitální. Ten je v podobě paralelního transportního toku přiváděn do procesoru kde dochází k MPEG-2 dekódování audio a video složky. Výsledný obraz jednoho televizního programu je D/A převodníky převeden zpět na analogový v režimu odpovídající televizní normě (PAL/SECAM/NTSC). Výstupní signály obrazu a zvuku zpracovává A/V matice zajišťující dostatečné úrovně signálu na všech výstupních konektorech.



Obr. 1.1 Bloková struktura set-top boxu



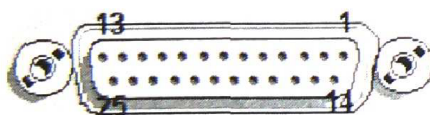
Obr. 1.2 Pohled na vnitřní strukturu set-top boxu a rozmístění jednotlivých obvodů

Transportní tok TS

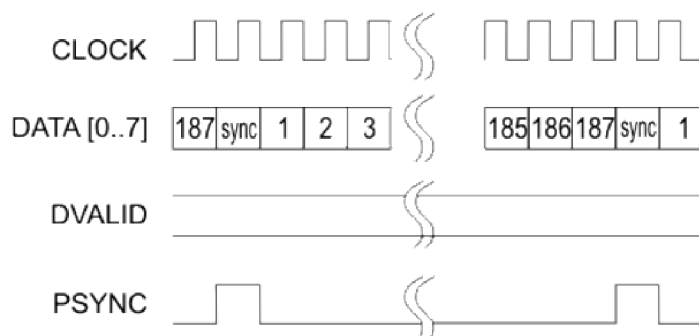
MPEG-2 TS rozhraní bylo navrženo pro plnou kompatibilitu s paralelním CCIR 601 rozhráním. Alokace datového signálu na jednotlivých pinech konektoru je shodná, však je využito pouze 8 datových bitů. Set-top box HUMAX F3-FOX T pracuje s paralelním transportním tokem (TS parallel), který je pro účely měření vyveden na předním konektoru – zapojení konektoru je uvedeno v tabulce 1. Zapojení konektoru je uvedeno na obr. 1.3, teoretické průběhy znázorňuje obr. 1.4.

Tab. 1 Měřící body a stručný popis pro transportní tok TS paralel

Symbol	Konektor	Význam
OCLK	1	Clock pro výstupní data DO[7:0]
VSS gnd	2, 13	Zemnicí pól
DVALID	11	Data enabled, vysoká úroveň při aktivním výstupu platných dat na D[7:0]
PSYNC	12	Synchronizace pro datový výstup – zahájení přenosu
DO[7]	3	Datový výstup paralelního TS – nejvyšší 7.bit (MSB)
DO[6]	4	Datový výstup paralelního TS – 6.bit
DO[5]	5	Datový výstup paralelního TS – 5.bit
DO[4]	6	Datový výstup paralelního TS – 4.bit
DO[3]	7	Datový výstup paralelního TS – 3.bit
DO[2]	8	Datový výstup paralelního TS – 2.bit
DO[1]	9	Datový výstup paralelního TS – 1.bit
DO[0]	10	Datový výstup paralelního TS – nejnižší 0.bit



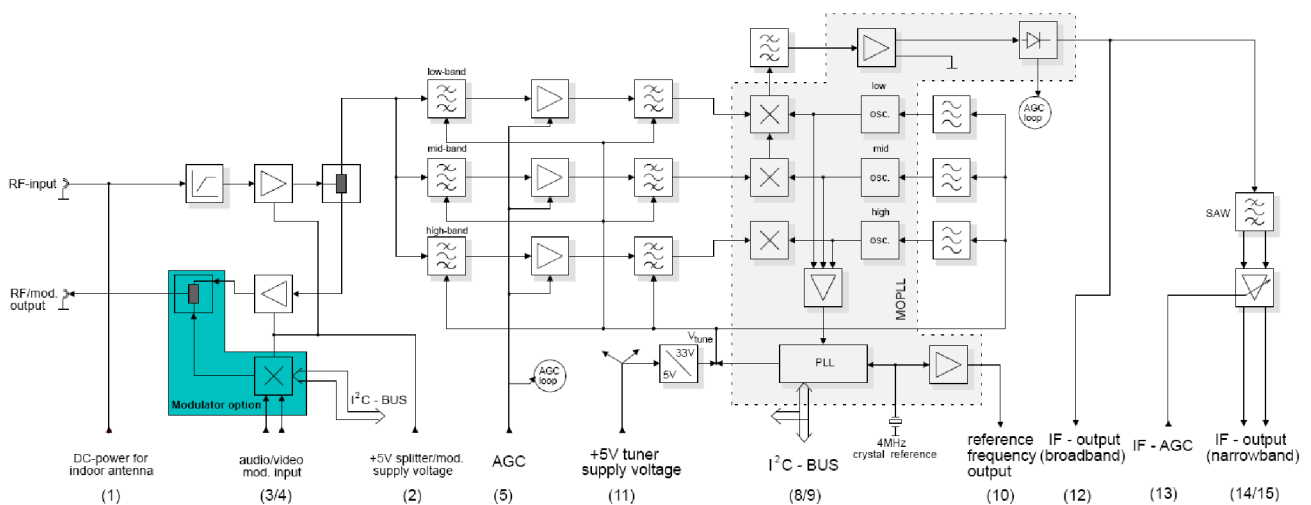
Obr. 1.3 Popis vývodů konektoru pro měření transportního toku



Obr.1.4 Přenosový formát se 188 bytovými pakety

Tuner a zpracování signálu

Zapojení tuneru použitého v daném STB je uvedeno na obr. 1.5. V levé části je vstupní člen spolu se zesilovači a výstupním RF modulátorem. Dále je signál zpracováván pomocí ladících filtrů spolu se zesilovači AGC. Pomocí I2C sběrnice je naladěn daný kanál a po jeho konverzi na nosnou 36,13 MHz upraven SAW filtrem – v diagramu zcela vpravo. Měření pomocí spektrálního analyzátoru je přivedeno na piny 12 a 14. Odpojování AGC probíhá na pinu 5, měřicí svorka IF-AGC je spojena na pin 13.



Obr. 1.5 Blokové schéma včetně vývodů - tuner Philips TDM1316AL

Zadání a postup měření

1. Seznamte se s obsluhou přístrojového vybavení laboratorního pracoviště (osciloskop, spektrální analyzátor, multimetr a set-top box). Návody ke všem přístrojům jsou součástí pracoviště laboratorní úlohy.
2. Zkontrolujte že je k set-top boxu připojena prutová anténa a v je přijímán některý z televizních programů. Pomocí spektrálního analyzátoru si prohlédněte spektrum mezifrekvecí tuneru označené IF broadband a spektrum signálu za SAW filtrem označené IF narrowband. Konektory jsou dostupné na zadním panelu set-top boxu. Vyzkoušejte vliv přeladování kanálů na spektrum. Pokuste se načrtnout výsledné spektrum a zjistit o průběhu maximum informací včetně použitého typu SAW filtru.

Postup: Zobrazení: FREQ/SPAN – CENTER, SPAN nebo START, STOP kmitočtu
AMPT – UNIT, RANGE

Měření: MKR – DLINE, MARKER1, MARKER2

3. Zkontrolujte že je sepnuto tlačítko AGC v poloze ON. Připojte (pomocí malých banánků s očky) na svorky označené AGC a GND (přední panel set-top boxu) multimetr, nastavte jej na ss-měření napětí a sledujte vliv intenzity signálu na řízení vyrovnávání citlivosti tuneru AGC. Anténu můžete zastínit pro zhoršení příjmu signálu nebo pomocí dálkového ovladače vypnout případně zapnout napájení zesilovače antény. Měření opakujte pro svorky IF-AGC a GND. Zaznamenejte si alespoň dvě hodnoty napětí pro různé úrovně přijímaného signálu u AGC a také pro IF-AGC. Úroveň a kvalitu příjmu můžete orientačně sledovat v OSD menu přístroje.

Postup: Napájení antény: MENU – Instalace – Heslo: 0000 – Napájení antény

Sledování úrovně a kvality: MENU – Systém - Detekce signálu

4. Ověřte vliv vypnutí AGC – tlačítko AGC v poloze OFF. Jaký vliv má odpojení řídicího napětí na kvalitu a úroveň přijímaného signálu.
5. Pomocí dvou osciloskopických sond vybavených tenkým hrotem proměřte parametry (frekvence, časové úseky, vzájemné souvislosti mezi signály) paralelního toku na konektoru TS output. Význam jednotlivých pinů konektoru je uveden v tabulce 1. Hodnoty si zaznamenejte.
6. Pomocí osciloskopu a redukce konektoru SCART – 3x BNC zobrazte průběhy jednotlivých barvosných složek výstupního obrazového signálu. Jednu z nich načrtněte do protokolu a uveďte délku trvání jednoho obrazového řádku.

Nastavení: Mode/Coupling – Mode : VIDEO – Standard: Pal/Secam; SYNC – line No.

Použité měřicí přístroje

STB	digitální televizní přijímač	Humax F3-FOX T
SPA	spektrální analyzátor	Rohde & Schwarz FS300
OCS	osciloskop	Agilent Technologies DSO3202A
ANT	prutová anténa pro DVB-T	Technisat digiflex
TVP	televizní přijímač + dál.ovládání	JVC LT26S60BU
MMT	multimetr (libovolný ss-voltmetr)	UNI-T UT30D
	redukce SCART – 3x BNC	
	propojovací vodiče 2x BNC-BNC	
	2x osciloskopická sonda s tenkým hrotem	



Obr. 1.6 Rozmístění přístrojů laboratorního pracoviště

Závěr

Do závěru každý student uvede své individuální hodnocení měření a potvrdí jej svým podpisem. Je třeba podrobně komentovat každý bod měření, všechny výsledky a každou měřenou charakteristiku. Individuální závěr by měl také uvádět důležité technické a odborné poznatky z měření.

Kontrolní otázky

1. Jaký typ transportního toku je použit v set-top boxu HUMAX F3-FOX T a z jakého důvodu jsou jednotlivé pakety stejné délky s krátkým časovým trváním?
2. K jakému účelu slouží filtr SAW a jaké jsou jeho hlavní vlastnosti?
3. Jaký typ frekvenční konverze je použit při příjmu signálu a jeho dalším zpracováním?

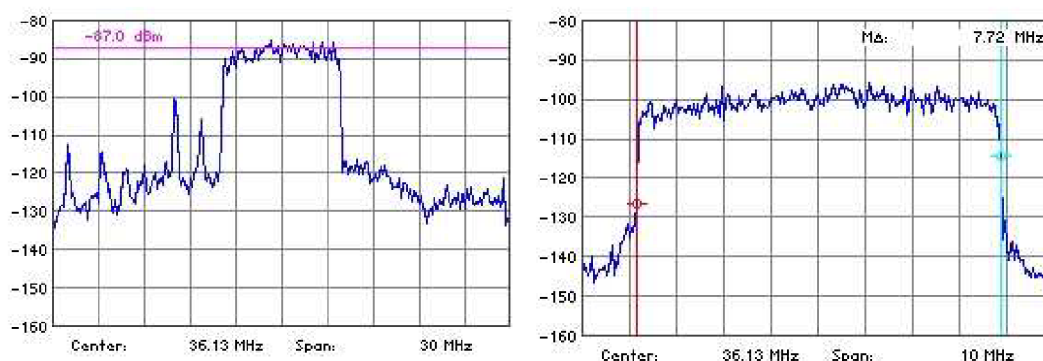
Použitá a doporučená literatura

- [1] Legiň, M. *Televizní technika DVB-T*. BEN – technická literatura, Praha, 2006.
- [2] Humax, *Příručka uživatele – model F3-FOX T*, online dostupné na: <www.omko.cz>

- [3] PHILIPS, *TDA1316AL Tuner module for digital terrestrial (OFDM) applications*, datasheet revision 07.08.2003

Vypracování:

2. Spektrum IF broadband (vlevo) a IF narrowband (vpravo) s šířkou pásmové propusti SAW filtru. Přeladování tel. kanálů nemá vliv na tvar ani výslednou pozici spektra.



3. Měření AGC při zapnutém napájení antény (C40, 626kHz 8K ¼, TV NOVA)

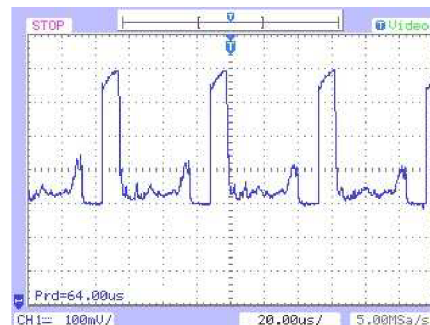
$$U_{AGC}=2,25V \quad U_{IF-AGC}=1,30V$$

Měření AGC při vypnutém napájení antény (C40, 626kHz 8K ¼, TV NOVA)

$$U_{AGC}=3,35V \quad U_{IF-AGC}=3,24V$$

Z naměřených hodnot je patrné, že vypnutí napájení zesilovače v anténě dojde k poklesu úrovně přijímaného signálu což má za následek zvýšení řídicího napětí do zesilovačů tuneru.

4. Vypnutí AGC má za následek krátkodobé přebuzení vstupu vlivem přechodového jevu – indikováno na OSD ukazatelem „úroveň“. Poté je maximální úroveň detekována jako 60% a tato hodnota již nadále neroste. Dochází také k poklesu detekované kvality signálu.
5. Signály a jejich úrovně jsou uvedené na obr. 23-26 v kapitole 5.2.2 diplomové práce.
6. Délka trvání jednoho obrazového řádku je 64ms. Průběh je uvedený na obrázku vpravo.



Odpovědi na kontrolní otázky:

1. Synchronní paralelní rozhraní transportního toku (TS Parallel). Signál s krátkými pakety o stejné délce se lépe zabezpečuje proti rušení, které vzniká v přenosovém prostředí.
2. SAW filtr je pásmová propust s šířkou pásma 8, 7 nebo 6 MHz. Slouží k potlačení okolních kanálů. Má minimální fázový posuv, žádné skupinové zpoždění, pouze amplitudové zvlnění.
3. Tuner konvertuje RF kanál na nižší pásmo IF (střední kmitočet 36 MHz). Další down konverze je na pásmo 4,57 MHz.

Příloha 2 – Doplnující popisky nových konektorů přijímače

Měřítko 1:1

Stříbrná fólie, černý termo tisk Gerber, ořezová cesta vyznačena modře

