

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

DISERTAČNÍ PRÁCE

k získání akademického titulu doktor v oboru
Elektronika

Ing. Michal Pokorný

**Řešení moderních rozvodů satelitní televize využitím
maticových přepínačů**

Školitel: Doc. Ing. Jiří Masopust, CSc.
Datum státní doktorské zkoušky: 13.12.2005
Datum odevzdání práce: 24.10.2011

V Plzni, 2011

Anotace

Tato disertační práce je zaměřena na řešení moderních rozvodů signálů satelitní a terestriální televize. V současné době se pro skupinový rozvod signálů satelitní a terestriální televize používají multipřepínače především ve dvou provedeních, klasickém a kaskádním. Klasické multipřepínače jsou určeny pro malé a střední distribuce a mají omezený počet vstupů a výstupů. Neumožňují pozdější rozšíření počtu vstupů a výstupů. Kaskádní multipřepínače se používají ve velkých distribucích a umožňují rozšíření počtu výstupů, ale neřeší možnosti rozšíření počtu vstupů. To zamezuje připojení dalšího satelitního konvertoru, pokud jsou všechny vstupy již obsazeny. Uživatel pak stojí před rozhodnutím, že buď právě realizovanou distribuci předimenzuje nebo v případě rozšíření stávající bude muset většinu prvků vyměnit. Tento problém řeší distribuce na bázi maticových přepínačů, jejíž ústředním prvkem je univerzální multipřepínačová jednotka. Cílem této práce je analýza problematiky moderních rozvodů signálů satelitní televize a optimalizace řešení užitím univerzální multipřepínačové jednotky.

Klíčová slova:

Distribuce signálů satelitní a terestriální televize, multipřepínač, univerzální multipřepínačová jednotka.

Abstract

This thesis deals with a modern collective distributions solution of the satellite and terrestrial television signal. At the present as the main parts of the satellite and terrestrial distributions for more than one participant the multiswitches are used. They are offered mainly in two implementation, classical and cascade. The classical multiswitches are designed for the small satellite distributions and have limited number of inputs and outputs. The cascade multiswitches enable expansion number of outputs but they don't solve expansion the number of inputs. This disadvantage restricts to connect another satellite converter when others inputs were used. The customers have to make decision if the existent number of the inputs is enough (It isn't thinking over addition another converter) or if expand their satellite distributions. Then they must buy a multiswitch with more inputs than they need. The Cascade multiswitches are used in the middle and large satellite distributions. These problems are solved with the new performed collective satellite distribution which is made up from the matrix performed multiswitch. The elementary cell of matrix multiswitch was named universal multiswitch unit. The reached aim of this thesis is a modern satellite distribution analysis and solution optimizing with using the universal multiswitch unit.

Key words:

Satellite and terrestrial TV signals distribution, Multiswitch, Universal multiswitch unit

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě disertační práci zpracovanou na závěr doktorského studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto disertační práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této disertační práce.

V Plzni dne

.....

Michal Pokorný

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat firmě EMP Centauri, jmenovitě panu Ing. Marianu Váňovi, který mi umožnil v prostorách firmy realizovat tuto disertační práci.

Dále bych chtěl poděkovat svému školiteli panu Doc. Ing. Jiřímu Masopustovi CSc. za vedení této disertační práce a za cenné informace v průběhu doktorského studia.

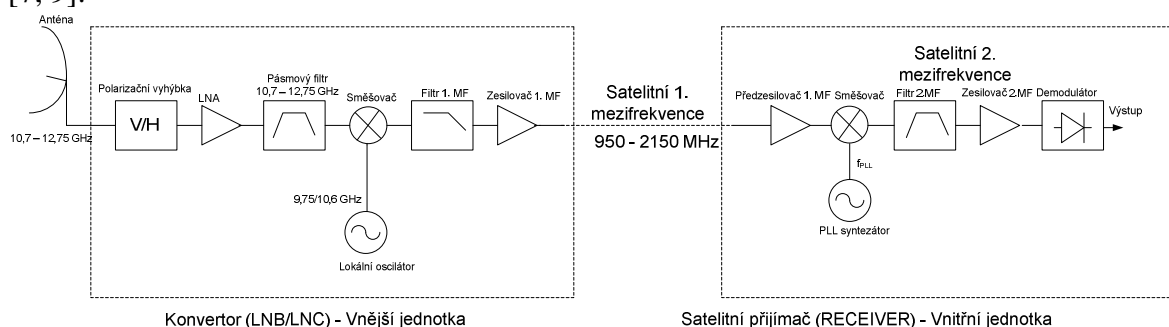
Obsah

1	Úvod	1
2	Současný stav problematiky distribucí satelitní televize	4
2.1	Problematika individuálního příjmu satelitní televize a rozhlasu	4
2.2	Problematika skupinového příjmu satelitní televize a rozhlasu	5
2.2.1	Transparentní distribuce	5
2.2.2	Selektivní distribuce	6
2.2.3	Distribuce s volbou kanálu	6
2.3	Shrnutí realizací rozvodů signálů satelitní televize a rozhlasu	7
3	Cíle práce	8
4	Analýza řešené problematiky	9
4.1	Maticový přepínač	9
4.2	Univerzální multipřepínačová jednotka (UMJ)	10
5	Stanovení požadavků na vlastnosti UMJ	11
5.1	Impedanční přizpůsobení a lineární parametry	11
5.2	Šumové parametry	12
5.3	Nelineární parametry	13
5.4	Řídící signály a komunikace UMJ	14
5.4.1	Analogové povely	14
5.4.2	DiSEqC povely	14
5.4.3	Význam jednotlivých byte DiSEqC zprávy	16
5.4.4	Odovědi standardu DiSEqC verze 2.x	18
5.4.6	Komunikace ve standardu DiSEqC verze 2.x	18
5.5	Ostatní požadavky	19
5.6	Shrnutí požadavků na UMJ	19
6	Praktický návrh experimentální elementární UMJ	21
6.1	Simulace a experimentální realizace vertikálních linií	21
6.1.1	Pasivní vertikální linie	21
6.1.2	Aktivní vertikální linie	23
6.1.3	Balanční linie	24
6.1.4	Shrnutí parametrů testovaných vertikálních linií	26
6.1.5	Horizontální linie pasivní	26
6.1.6	Horizontální linie aktivní	28
6.1.7	Shrnutí parametrů testovaných vertikálních linií	29
6.1.8	Multipřepínač	29
6.2	Komunikace a řízení UMJ	31
6.2.1	Komunikační protokol UMJ	31
6.2.2	Řídící obvod (standardu DiSEqC v 1.2)	32
7	Experimentální rozvod signálů satelitní a terestriální televize na bázi UMJ	35
7.1	Analýza úrovní (zisků)	35
7.1.1	Výsledky simulace kompletních UMJ	36
7.1.2	Simulace zisků maticových distribucí o velikosti 4x4	37
7.1.3	Analýza šumového čísla distribucí na bázi UMJ	42
7.1.4	Analýza nelineárních intermodulačních produktů	44
8	Praktická realizace experimentální UMJ	45
8.1	Měření na UMJ	46
8.1.1	Měření portových parametrů	46
8.1.2	Měření nelineárních parametrů	48

8.1.3	Testování na satelitních přijímačích	49
9	Závěr	52
10	Použitá literatura.....	54
11	Seznam zkratek a specifických názvů	55
12	Životopis	56

1 Úvod

Satelitní komunikace hraje v moderní radiotechnice velmi důležitou roli. Již několik desetiletí se nejedná pouze o speciální úkoly, jako jsou výzkum vesmíru, vojenské aplikace, meteorologie, speciální telekomunikační služby apod. [7]. Již se stala intenzivně využívaným prostředkem komunikace pro širokou veřejnost. K nejžádanějším službám bezesporu patří satelitní televize a rozhlas, provozované prostřednictvím geostacionárních satelitů. Ty díky nulové vzájemné rychlosti vůči povrchu Země umožňují příjem těchto signálů fixně zaměřenými anténami. Celkové schéma přijímacího systému se základními frekvencemi je zobrazeno na obr.1 ve své nejjednodušší konfiguraci určené pro individuální satelitní příjem (bude vysvětleno dále). Tento systém se skládá ze dvou základních bloků, jenž jsou v tomto případě přímo vzájemně propojeny koaxiálním kabelem. Jedná se o konvertor (často označován jako LNB - Low Noise Block nebo LNC – Low Noise Converter), který se nachází společně s ozařovačem v ohnisku parabolického. Bývá někdy označován jako vnější jednotka. Přijatý signál ze satelitu v pásmu 10,7 – 12,75 GHz¹ je v konvertoru zesílen v nízkošumovém zesilovači (LNA – Low Noise Amplifier), konvertován na tzv. 1. mezifrekvenci nacházející se v pásmu 950 – 2150 MHz a následně dále zesílen. Obr. 1 zobrazuje funkční blokové schéma konvertoru, které již není v praxi používáné. Aktuální provedení budou vysvětlena dále nebo v [7, 9].



Obr. 1 Blokové schéma přijímacího systému satelitní televize a rozhlasu (individuální příjem)

Signály 1. mezifrekvence mohou být následně zpracovávány buď skupinovými přijímači (napojené na kabelovou televizní síť²) nebo individuálními přijímači, určenými pro širokou veřejnost. Tento způsob se označuje zkratkou DBS (Direct Broadcast Satellite, tj. přímý příjem družicového vysílání). DBS vysílání se nyní provozuje ve dvou modech, v analogovém s klasickou FM modulací³ a v digitálním s QPSK modulací se zpracováním standardu DVB – S (Digital Video Broadcasting – Satellite) [7] až 8PSK modulací ve standardu DVB – S2. Jak je zřejmé z předchozího textu, přijímací systém satelitní televize a rozhlasu je koncipován jako superheterodynní s několikanásobným směřováním (2 – 4x), z nichž k prvnímu dochází v konvertoru a k ostatním v satelitním přijímači (Satellite receiver, set-top-box), který představuje další důležitý prvek, viz obr. 1. Tento blok se většinou nachází bezprostředně v blízkosti televizního přijímače a tak někdy bývá označován jako vnitřní jednotka, ve které dochází nejprve k převedení 1. mezifrekvence na 2. příp. 3. a 4. mezifrekvenci a následně k demodulaci, která je již závislá na konkrétním provedení satelitního přijímače, především je-li určen pro příjem analogového nebo digitálního vysílání. Takto je stručně popsán přenos

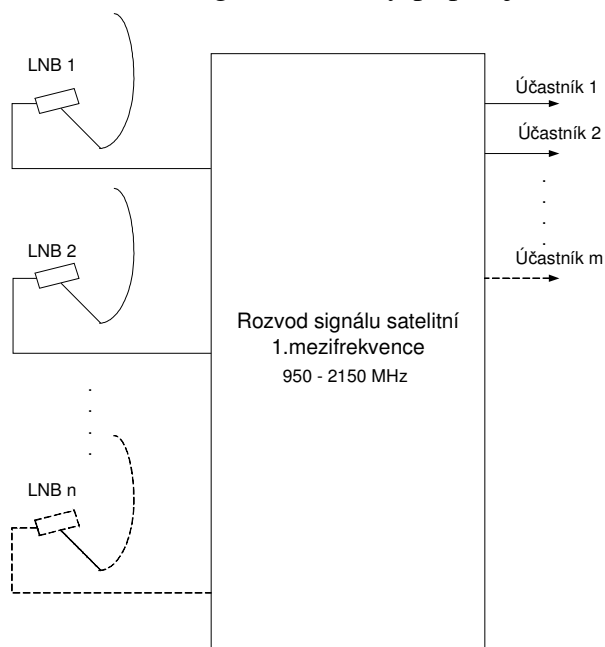
¹ Ku pásmo, používá se v Evropě, Asii. V Americe se často používá C pásmo

² Jedná se o profesionální aplikace u provozovatelů placených kabelových televizí

³ Velmi rychle ubývá

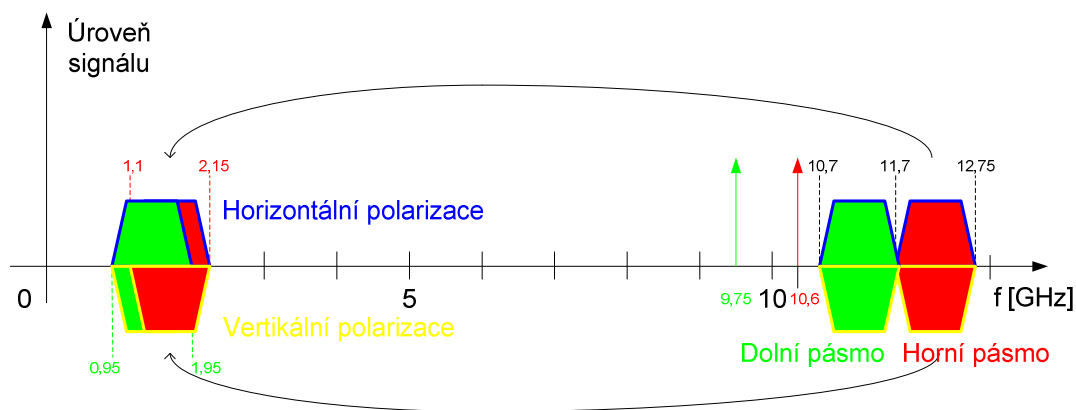
signálu z antény až k satelitnímu přijímači, v tom nejjednodušším provedení, které lze nazvat jako individuální příjem signálu satelitní televize a rozhlasu.

Klasifikace různých způsobů příjmu satelitní televize a rozhlasu je závislá na způsobu rozvodu signálů 1. mezifrekvence. V závislosti na ní se odvíjí jak výběr konvertorů, tak prvků rozvodu tohoto signálu. Obecný případ je zobrazen na obr. 2, kde n konvertorů je připojeno



prostřednictvím rozvodu signálů 1. satelitní mezifrekvence k m satelitním přijímačům. Individuální příjem je představován jedním satelitním přijímačem a několika satelitními konvertory. Klasickým případem je již výše uvedený příklad z obr. 1. Skupinový příjem představuje vazby mezi několika satelitními přijímači (až několika sty) a jedním nebo více konvertory. Elementární prvky, z nichž je složen distribuční rozvod signálů 1. satelitní mezifrekvence jsou nazývány obecně multipřepínače a jejich používaná provedení budou popsána v následujících kapitolách nebo v [7, 9].

Obr. 2 Obecná konfigurace rozvodu signálu 1. mezifrekvence



Obr. 3 Spektrum používané satelitní televizi a rozhlasu, její konverze na 1. mezifrekvenci

Multipřepínač („přepínací“ prvek) umožňuje více uživatelům vzájemně nezávislý přístup ke všem analogovým a digitálním kanálům⁴, které jsou prostřednictvím připojených konvertorů dosažitelné⁵. Jejich potřeba je odůvodněná překrýváním spekter jednotlivých výstupů konvertorů, viz obr. 3. Satelitní televize a rozhlas je vysílán především v Ku mikrovlnném pásmu⁶ ve frekvenčním rozsahu 10,7 – 12,75 GHz ve vertikální a horizontální

⁴ Často jsou nazývány transpondéry.

⁵ V transparentních satelitních rozvodech, bude vysvětleno dále.

⁶ V Evropě, ve světě je používané také C mikrovlnné pásmo 3,4 – 4,8 GHz.

polarizaci, tzn. výsledná šířka pásma je větší než 4 GHz. Toto pásmo je dále rozděleno na dolní (10,7 – 11,7 GHz) a horní (11,7 – 12,75 GHz)⁷. Proto většina dnes vyráběných konvertorů obsahuje dva lokální oscilátory (jeden pro dolní pásmo 9,75 GHz a druhý pro horní pásmo 10,6 GHz). Dále pak separátní nízkošumové předzesilovače (LNA), zvláště pro každou polarizaci⁸, viz obr. 4, kde je zobrazeno blokové schéma dnes používaných konvertorů. Uvedeným frekvencím lokálních oscilátorů a polarizacím pak odpovídají přenesená spektra na výstupech směřovačů, které celkem realizují 4 možné spektrální obrazy. Tyto spektrální obrazy jsou shrnuty v tab. 1 a také v [7].

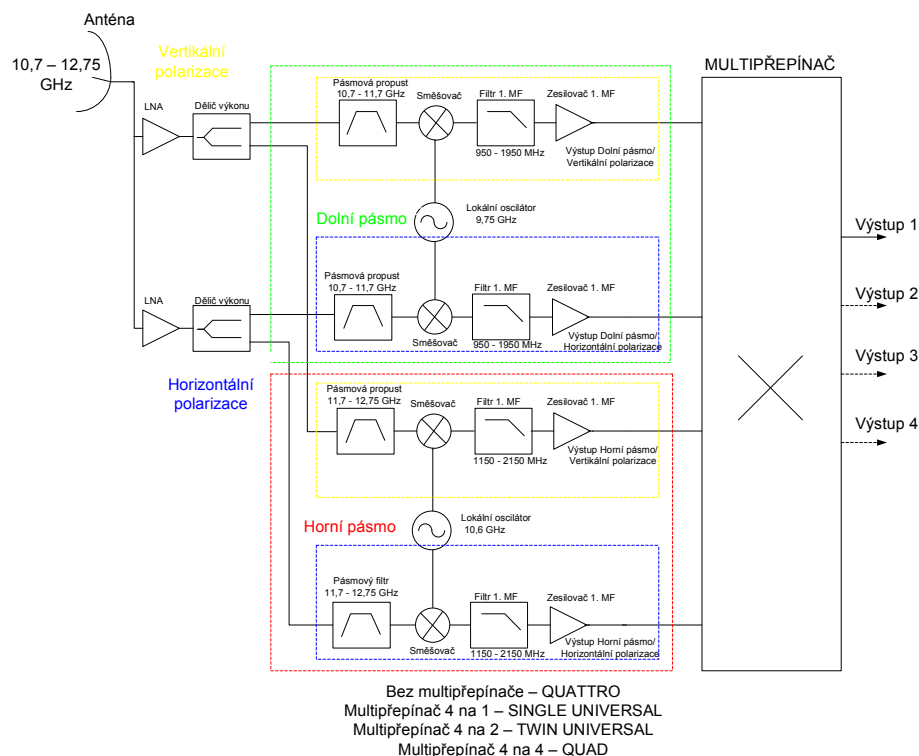
Pásmo	Dolní		Horní	
Polarizace	Vertikální	Horizontální	Vertikální	Horizontální
Frekvenční rozsah [GHz]	10,7 - 11,7	10,7 - 11,7	11,7 - 12,75	11,7 - 12,75
Frekvence lokálního oscilátoru [GHz]	9,75	9,75	10,6	10,6
Transpozice 1.MF [GHz]	0,95 - 1,95	0,95 - 1,95	1,1 - 2,15	1,1 - 2,15
Analogový signál pro volbu	13V/0kHz	17V/0kHz	13V/22kHz	17V/22kHz

Tab. 1 Poloha spekter satelitní televize v Ku pásmu

Na obr. 4 jsou zobrazeny varianty dnes nepoužívanějších konvertorů v satelitní televizi a rozhlasu [7, 10]. Všechny varianty vychází z quattro konvertoru, který má zvláště vyvedeny výstupy, odpovídající jednotlivým polarizacím a pásmům. Tento konvertor je nejvíce vhodný pro skupinový příjem, neboť prostřednictvím multipřepínačů lze připojit každému účastníkovi jakýkoliv transpondér nezávisle na ostatních. Další varianty konvertorů jsou vybaveny multipřepínačem, jehož násobnost určuje název konvertoru (Single Universal – 1 výstup, Twin Universal – 2 výstupy a Quad – 4 výstupy), viz obr. 4. Single Universal je vhodný pouze pro individuální příjem a další dva pro velmi malý rozvod signálu satelitní televize a rozhlasu pro 2 a 4 účastníky. Někteří výrobci již také produkují konvertor s osmi-násobným multipřepínačem nazvaný Octo. Přivedením odpovídajících napět'ových úrovní a signálu 22 kHz lze u těchto konvertorů volit jednotlivá pásma a polarizace, jak je uvedeno v tab. 1. Chování Quad (poloviny Octo) konvertoru lze přivedením odpovídajících napět'ových úrovní a 22 kHz převést na Quattro a použít jej ve skupinovém příjmu. Podrobnější informace spojené s příjmem satelitní televize a rozhlasu lze nalézt v [7].

⁷ Má to historický podtext, dříve se vysílalo pouze v pásmu 10,7 – 11,7 GHz

⁸ Polarizační výhybky jsou již minulostí, používají se jen ve speciálních aplikacích

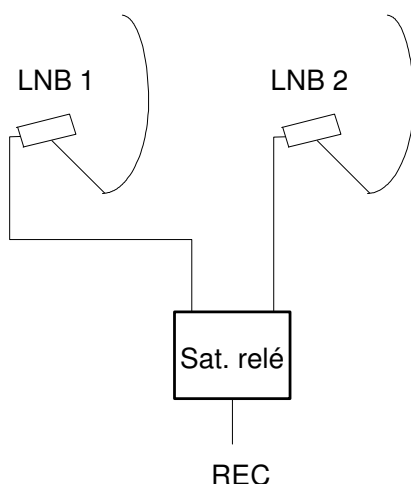


Obr. 4 Blokové schéma standardně používaných konvertorů v distribuci satelitní televize a rozhlasu

2 Současný stav problematiky distribucí satelitní televize

2.1 Problematika individuálního příjmu satelitní televize a rozhlasu

Individuální příjem je charakteristický tím, že se v rozvodu nachází pouze jeden účastník, který může přijímat několik družic, tj. může být připojený prostřednictvím jednoduchých multipřepínačů k několika single universal, twin, quad nebo octo konvertorům, viz obr. 5 (se single universal konvertory). Tyto jednoduché přepínače bývají nazývány satelitními relé pro svou funkci a způsob dřívějších realizací⁹. Ta tvoří vlastně další přídatnou kaskádu přepínačů, neboť první se již nachází v konverorech (vertikální, horizontální polarizace a odpovídající horní nebo dolní pásmo). K ovládnání těchto jednoduchých prvků je používán „analogový“ signál TONE BURST (pro 2 konvertory) nebo DiSEqC v 1.0 [8, 9, 10], pro maximálně 4 konvertory. Dnešní nároky na počet přijímaných satelitů stále rostou a tak se již vyrábí satelitní relé s 8 i 16 vstupy pro konvertory. Pro ovládnání těchto prvků již nepostačuje DiSEqC v 1.0, ale musí být použit DiSEqC v 1.1 nebo DiSEqC v 1.2, který je určen ke komunikaci s pozicionérem.



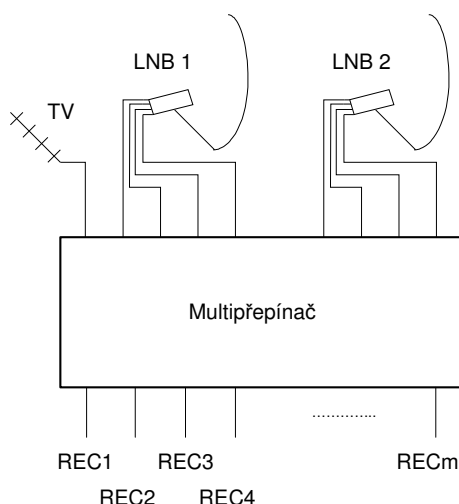
Obr. 5 Příklad individuálního sat. rozvodu

⁹ Někteří výrobci realizovali tyto multipřepínače pomocí vysokofrekvenčních relé

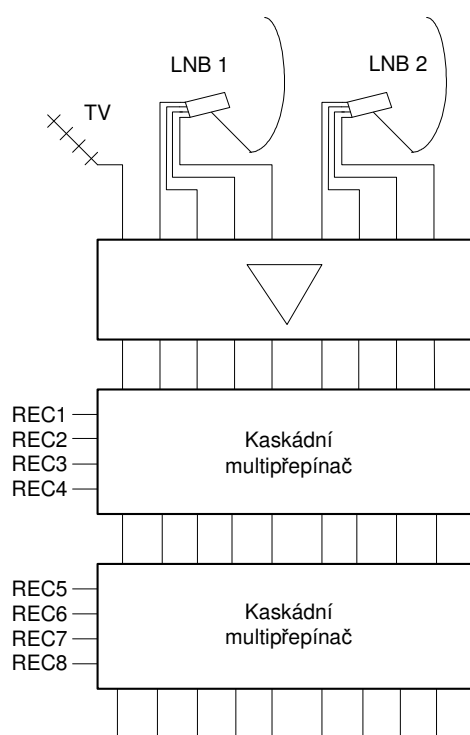
2.2 Problematika skupinového příjmu satelitní televize a rozhlasu

2.2.1 Transparentní distribuce

Transparentní rozvody satelitní televize [7, 10] jsou navrhovány s cílem umožnit účastníkům, kteří jsou připojeni pouze jedním koaxiálním kabelem, přístup ke všem analogovým a digitálním programům ze všech připojených konvertorů. K realizaci těchto satelitních rozvodů se v současnosti používají dva druhy přepínacích prvků, multipřepínače (klasické) a kaskádní multipřepínače [7, 10]. Klasické multipřepínače jsou použitelné u malých až středních distribucí, kde počet konvertorů a účastníků je limitovaný počtem vstupů a výstupů multipřepínače, viz obr. 6. Současně s 1. satelitní mezifrekvencí bývá k jednotlivým výstupům ještě sloučena terestriální televize.



Obr. 6 Příklad sat. distribuce s multipřepínačem



Kaskádní multipřepínače se používají ve velkých rozvodech satelitní televize a rozhlasu, pro velké množství účastníků - příklad zapojení viz obr. 7. Jednotlivé vrstvy multipřepínačů mohou odpovídat jednotlivým patřům budovy, kde je rozvod realizován. Po určitém počtu kaskádních multipřepínačů je nutné připojit zesilovač, jenž umožňuje udržovat úroveň signálu pro jednotlivé účastníky v určitém rozsahu úrovní (70 – 85 dB μ). První zesilovač se také nejvíce podílí na šumovém čísle celé kaskády a tím ovlivňuje maximální délku rozvodu. Dále tento blok současně napájí jednotlivé konvertory (má obvykle separátní napájení, multipřepínače mohou být napájeny jednotlivými satelitními přijímači). Vstup terestriální televize je taktéž veden všemi kaskádními přepínači, kde je sloučeny ke každému odbočenému výstupu.

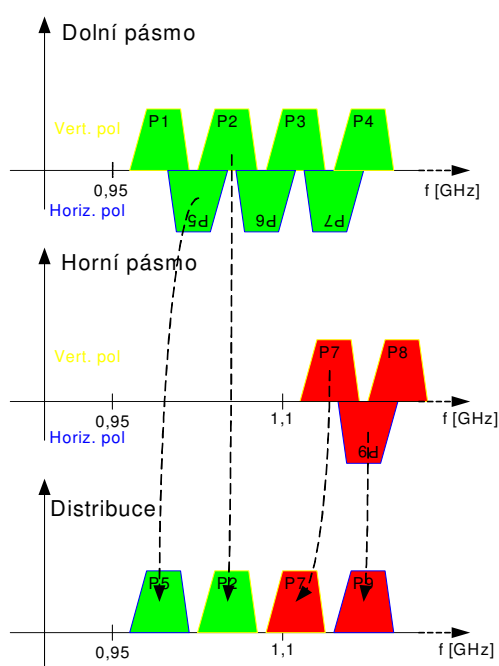
Obr. 7 Příklad sat. distribuce s kaskádními multipřepínači

2.2.2 Selektivní distribuce

Selektivní distribuce [7, 10] představuje řešení, které umožňuje snížení nároků na kabelový rozvod. Účastníci již nemají přístup ke všem analogovým nebo digitálním kanálům, ale re-transponováním jsou vybrány jen některé kanály z připojených konvertorů a ty vytvoří souvislou frekvenční spektrum, viz obr. 8, kde je zobrazen příklad selektivní distribuce v rámci jednoho konvertoru v pásmu 1. satelitní mezifrekvence. Následující rozvod signálů satelitní televize a rozhlasu se už zužuje na rozbočení, kde nejsou potřeba multipřepínače. Užitečné frekvenční pásmo se rozdělí po 40 MHz na rovnoměrné intervaly (maximální šířka sat. kanálu je 33 MHz).

Rozeznáváme tři druhy selektivní distribuce signálu:

- SAT – IF - v pásmu satelitní 1. mezifrekvence, viz obr. 8. Programy lze přijímat standardním satelitním přijímačem.



- VHF/UHF - kanály jsou překonvertovány do pásma terestriální televize (48 – 860 MHz) převedením z FM modulace u analogového příjmu nebo demulací, de-komprimací atd. z digitálního příjmu na VSB modulaci standardu PAL. Tím lze některé kanály přijímat ještě na analogovém televizním přijímači.
- Systémy s konverzí QPSK → QAM, QPSK → COFDM - Jde o obdobu převodního systému QPSK → PAL, s tím rozdílem, že se satelitní programy převádějí do systému digitální kabelové televize (metoda QAM), případně do systému digitálního pozemního vysílání (COFDM). Uživatelé potřebují k příjmu televizní přijímač vybavený příslušným digitálním tunerem, popř. odpovídající set-top-box..

Obr. 8 Příklad selektivní distribuce pro jeden quattro konvertor

2.2.3 Distribuce s volbou kanálu

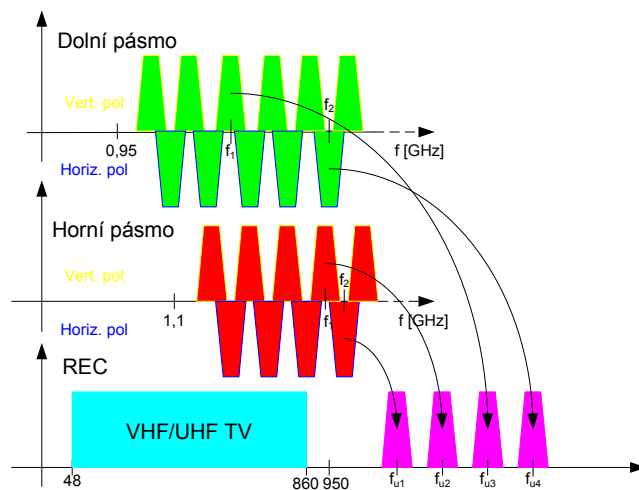
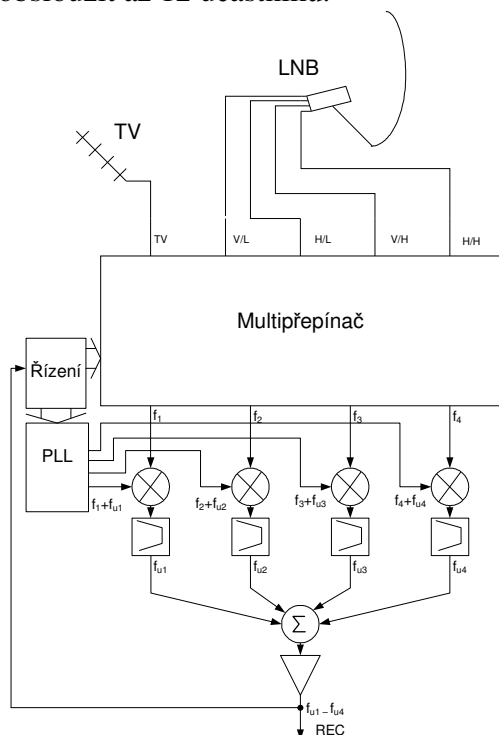
Distribuce s volbou kanálu využívá rozšíření protokolu DiSEqC o příkazy, které umožňují odeslat z přijímače nejen povel pro přepínání multipřepínače, ale i frekvenci kanálu (transpodéru), který má být přijímaný¹⁰. Tento systém bývá často nazýván SCD¹¹ (Single Cable Distribution) nebo UNICABLE¹² distribuce. Každý přijímač je naladěn na jednu jedinou frekvenci a k naladění kanálu dochází v aktivních prvcích distribuce, viz obr. 9, kde je zobrazen princip konverze libovolného kanálu f_n na fixní kanál přijímače f_{un} . Protože se tato

¹⁰ Konkrétně frekvenci PLL na kterou se má prvek distribuce naladit

¹¹ Popř. Sattelite chanel router

¹² Ochranná známka firmy FTA

subpásma navzájem nepřekrývají, je možné všechny uživatele připojit jediným koaxiálním kabelem. Speciální účastnické zásuvky jsou pak zapojeny v sérii na společném kabelu. Tím lze velmi ušetřit na kabelových rozvodech, protože jeden jediný koaxiální kabel může obsloužit až 12 účastníků.



Obr. 9 Princip překonvertování spekter vybraného transpondéru v distribucích s volbou kanálu

Obr. 10 Příklad realizace prvku distribuce s volbou kanálu pro jeden quattro konvertor

Příklad provedení zařízení pro distribuci s volbou kanálu je zobrazen na obr. 10, kde na quattro konvertor jsou v tomto případě připojeny 4 satelitní přijímače, jejichž přívod je realizován pouze jedním koaxiálním kabelem. Tento fakt přesto nezabraňuje žádnému účastníkovi naladění jakéhokoliv kanálu, který takto realizovaný rozvod signálu satelitní televize a rozhlasu distribuuje. Toto řešení, jak je také zřejmé z obr. 10, může rozšířit transparentní instalace rozvodů satelitních signálů ve směru od účastníka k distribučnímu zařízení.

2.3 Shrnutí realizací rozvodů signálů satelitní televize a rozhlasu

Tato práce se především zabývá řešením transparentních distribucí [7] signálů satelitní televize, které umožňují všem účastníkům přijímat jakýkoliv kanál bez omezení a tato konfigurace je dnes stále častěji využívána. Distribuce s volbou kanálu představuje velmi sofistikované vylepšení i transparentních distribucí, ale toto řešení zatím naráží na fakt, že v současné době většina satelitních přijímačů není vybavena úplnou podporou UNICABLE příkazů a neumožňují nastavení přijímacího módu na jedinou frekvenci. Taktéž distribuce s volbou kanálu má své nevýhody, především při chybném nastavení jediného připojeného satelitního přijímače může dojít k znemožnění příjmu ostatním účastníkům připojených k této distribuci.

V odstavci transparentní distribuce byly shrnuty nejdůležitější možnosti realizace rozvodů signálu satelitní televize a rozhlasu, které např. zapojením různých pomocných rozbočovačů a

odbočovačů¹³ mohou dosahovat pestrých konfigurací. Avšak i tyto komplikovanější topologie stále používají v přepínacích větvích různé kombinace dvou výše uvedených druhů multipřepínačů. Nevýhoda obvyklého řešení satelitních rozvodů je velmi omezená či dokonce žádná možnost rozšíření satelitní distribuce bez toho, aby musela být velká část či dokonce všechny prvky vyměněny. Klasické multipřepínače mají pevný počet vstupů a výstupů, tedy jakékoliv rozšiřování jak počtu připojených konvertorů, tak i počtu účastníků je tím limitováno. U kaskádních multipřepínačů je situace lepší v tom, že umožňují rozšířit alespoň počet účastníků. Avšak ani toto rozšíření není bezproblémové, neboť vlivem pasivního rozbočení z hlavní sběrnice (viz obr. 7) je nutné po určitém počtu kaskádních multipřepínačů vložit zesilovací blok, aby byla dodržena úroveň signálu na výstupech multipřepínače v toleranci. Rozšiřování satelitních rozvodů v průběhu provozu se stává zajímavé nejen vlivem stále přibývajících zajímavých satelitních pozic, na kterých je provozována vysílání satelitní televize a rozhlasu, ale i vlivem nových tzv. multifocus¹⁴ zařízení pro umístění několika konvertorů na jednu běžnou offset parabolu nebo parabolu v Cassegrainově uspořádání¹⁵, kde není výjimkou umístění až 10 konvertorů. Takto dynamicky rozšiřitelná anténní a přijímací zařízení samozřejmě kladou stejné nároky i na rozvod satelitní 1. mezifrekvence a právě omezená možnost rozšíření v počtu konvertorů může mnohé provozovatele od této změny odradit.

3 Cíle práce

Základním cílem této doktorské práce je vytvořit novou koncepci rozvodu signálů satelitní televize, která řeší výše uvedené nedostatky s možností snadného rozšíření počtu účastníků a konvertorů.

Další krok bude stanovení vhodné topologie a určení technických požadavků na aktivní prvky této nové distribuce. Provést syntézu těchto nových prvků, simulacemi ověřit jejich funkci a splnění stanovených parametrů. Poté simulovat chování celé nové distribuce. Hlavní myšlenkou je, navrhnout novou koncepci distribuce signálů satelitní televize a rozhlasu za použití co nejmenšího množství druhů aktivních prvků.

Díle bude potřeba se zabývat komunikací nově vytvořených aktivních prvků nejen se satelitním přijímačem, ale především mezi jednotlivými prvky distribuce. V práci bude uvažováno použití vhodného typu sběrnice a komunikačního protokolu.

Závěrečným cílem je praktické ověření funkce malé distribuce s novou koncepcí a porovnání její funkce se stávajícími standardně používanými. Pro tento účel bude potřeba realizovat elementární aktivní prvek nové distribuce.

¹³ tj. pasivních prvků rozvodu, obsahující výkonové děliče nebo směrové vazební členy

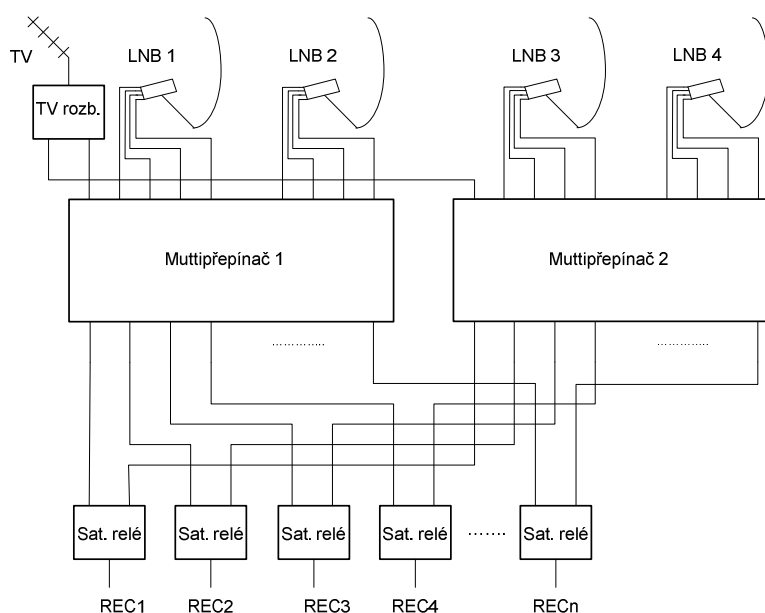
¹⁴ Anténa obsahující uchycení pro více konvertorů

¹⁵ Reflektorová anténa s pomocným zrcadlem v ohnisku

4 Analýza řešené problematiky

Pro řešení problému s možným nárůstem počtu účastníků nebo konvertorů má provozovatel v zásadě několik možností:

- *Předimenzovat satelitní rozvod již při jeho počáteční realizaci, tj. nakoupení multipřepínačů s více vstupy a výstupy než právě potřebuje (což je finančně náročnější).*
- *Výměna většiny vybavení, mimo rozšiřování počtu účastníků v rozvodech vystavěných na bázi kaskádních multipřepínačů (s doplněním zesilovači, viz výše), v ostatních případech je nutno vyměnit nevyhovující jednotky. Toto řešení je finančně nejnáročnější.*
- *Expanze pomocí sat. relé – lze realizovat v některých případech, kdy pořízením stejného multipřepínače a sat. relé, která však musí reagovat na jiné DiSEqC povely než multipřepínač, viz obr. 11. Toto řešení lze považovat za nouzové, neboť další vlna rozšiřování by vedla buď k nahrazení všech sat. relé, nebo rozšíření o další hierarchii těchto součástí, reagující na jiný DiSEqC povel. Tímto způsobem nelze rozšiřovat donekonečna.*
- *Nové řešení realizace satelitních rozvodů, kterým se zabývám v této doktorské práci.*



Obr. 11 Příklad expanze rozvodu signálů satelitní televize pomocí jednotlivých sat. relé.

4.1 Maticový přepínač

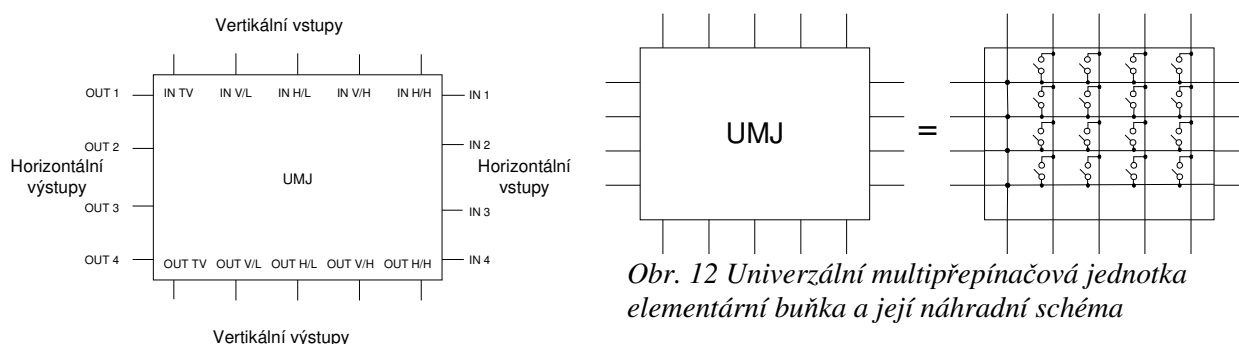
Křížový spínač je známý především z telekomunikací, kde byl používán pro uskutečňování telefonického spojení v systémech s komutací okruhů¹⁶. Jejich velká přednost symetrie a možnost propojování těchto přepínačů do submatice a následně skládání do stále větších matic mne inspirovala použít toto uspořádání i v rozvodech signálů satelitní 1. mezifrekvence. Pro účely rozvodu signálů satelitní televize a rozhlasu bylo nutné telekomunikační křížový spínač přizpůsobit. Vznikl elementární prvek, který se v závislosti na propojení (bude vysvětleno dále) chová jako klasický nebo kaskádní multipřepínač. Proto

¹⁶ Spojovací pole

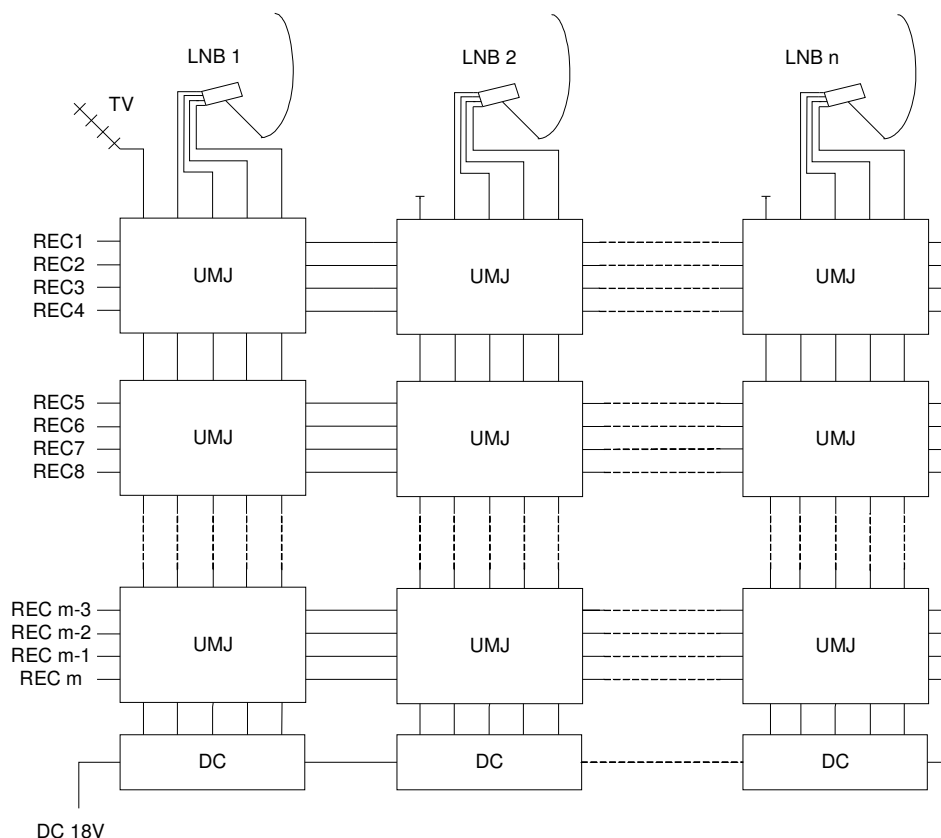
byla tato jednotka nazvaná jako Univerzální multipřepínačová jednotka (UMJ) [11, 12, 13, 14, 15] a pod tímto názvem bude uváděna v následujícím textu.

4.2 Univerzální multipřepínačová jednotka (UMJ)

Univerzální multipřepínačová jednotka [11, 12, 13, 14, 15], viz obr. 12, kde je zobrazena elementární buňka a její funkční schéma, řeší výše uvedené problémy standardně používaných provedení multipřepínačů. Pokud by byly horizontální vstupy UMJ a vertikální výstupy zakončeny, chová se UMJ jednotka jako 5/4 multipřepínač, který umožňuje připojení jednoho quattro konvertoru, terestriální televize a 4 účastníků. Toto základní zapojení ještě neukazuje přednosti oproti standardnímu 5/4 klasickému nebo kaskádnímu multipřepínači. Výhoda tohoto řešení se projeví až při zapojení více těchto elementárních jednotek, jak ukazuje obr. 13.



Obr. 12 Univerzální multipřepínačová jednotka elementární buňka a její náhradní schéma



Obr. 13 Použití univerzální multipřepínačové jednotky

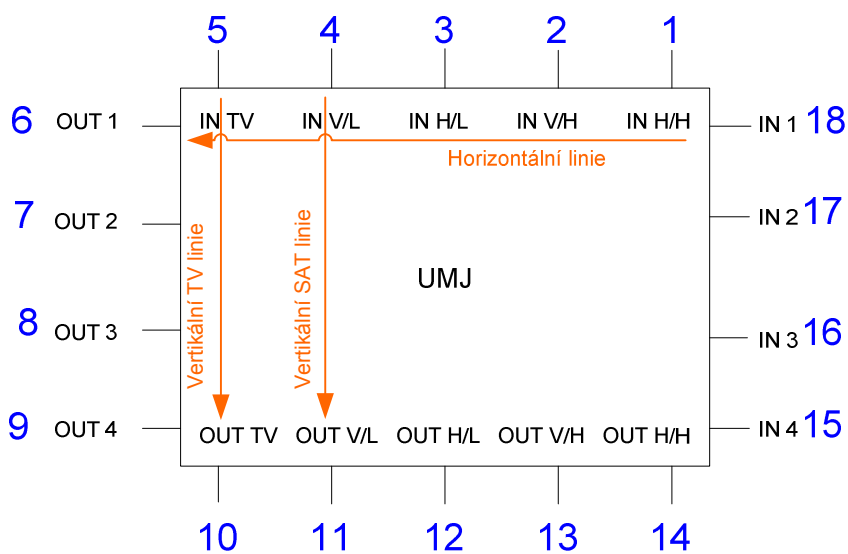
5 Stanovení požadavků na vlastnosti UMJ

Aby distribuce signálů satelitní televize na bázi UMJ a terestriální televize přenášela signály s co nejmenším zkreslením a bezproblémově komunikovat (být řízena) satelitními přijímači, musí všechny její instalované komponenty dosahovat určitých technických parametrů, které jsou shrnuty v normě ČSN EN 500083 [16] (elektrické parametry) a v otevřeném standardu Eutelsat DiSEqC Bus functional specifications [9] (ovládání satelitním přijímačem).

5.1 Impedanční přizpůsobení a lineární parametry

Důsledkem impedančního nepřizpůsobení ve vysokofrekvenční a mikrovlnné technice může být omezení funkce obvodu či dokonce celého systému. Parazitní odrazy dokáží zvládnout přenosové charakteristiky (amplitudové a fázové) širokopásmových obvodů a vytvořit výrazná minima a maxima přenosu. To způsobí, že v závislosti na frekvenci jsou některé přijímané transpondéry přeneseny s minimálním útlumem a zkreslením a jiné naopak velmi potlačené a zkreslené. Tyto vlastnosti jsou vlivem obecného použití různých délek propojovacích kabelů naprosto stochastické. Komponenty pro příjem a distribuci signálů satelitní a terestriální televize z hlediska frekvenčního rozsahu patří mezi širokopásmové obvody, kde je nezbytné uplatňovat širokopásmové metody impedančního přizpůsobení. Kvalita dosaženého impedančního přizpůsobení jednotlivých UMJ elementárních buněk je limitující pro maximální realizovatelnou velikost této distribuce, tedy na maximálním počtu připojitelných účastníků a konvertorů.

Pro analýzu portových parametrů se ve vysokofrekvenční a mikrovlnné technice používá systém rozptylových (S parametrů). V televizní technice tomu není jinak, jen s rozdílem, že naměřené S parametry jsou vztaženy k vlnové impedanci $Z_0 = 75 \Omega$ (namísto obvyklých 50Ω).



Obr. 14 Elementární UMJ buňka s identifikací jednotlivých portů

Elementární UMJ buňka představuje osmnácti bran (port) a může být dokonale popsán S-maticí 18x18, kde na hlavní linii se nacházejí napěťové koeficienty odrazu jednotlivých vstupů a výstupů. Ostatní prvky představují napěťové přenosy vztažené k vlnové impedanci Z_0 , viz obr. 14 i s odpovídajícím označením a očíslováním portů.

$$S = \begin{bmatrix} S_{1,1} & S_{1,2} & \dots & S_{1,18} \\ S_{2,1} & S_{2,2} & \dots & S_{2,18} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{18,1} & S_{18,2} & \dots & S_{18,18} \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

Tento systém dokonale popisuje impedanční vlastnosti celé UMJ, ale je pro další analýzu velmi složitý, proto je potřeba jej zjednodušit. Lze totiž analyzovat pouze jediný spínací uzel pro signály satelitní 1. mezifrekvence se sloučením terestriální vertikální linie na výstupu. Pokud při další úvaze budeme považovat impedanční vliv příčné spínací části vertikální a horizontální linie za zanedbatelný (což je i konstrukčně žádoucí z principu UMJ), rozčlení se nám celý systém z hlediska matice rozptylových parametrů na jednotlivé vertikální a horizontální linie, konkrétněji na tři druhy linií (vertikální satelitní, vertikální terestriální a horizontální), jak je zřejmé z obr. 14. Pak se celá problematika rozloží na analýzu a syntézu dvojbranů. V našem případě jde o problematiku kaskádního řazení dvojbranů. Dále lze aplikovat pro určení vstupního a výstupního koeficientu odrazu Γ_1 a Γ_2 známé následující vztahy [1, 3, 5, 6, 8]

$$\begin{aligned} \Gamma_1 &= S_{11} + \frac{S_{12} \cdot S_{21} \cdot \Gamma_L}{1 - S_{22} \cdot \Gamma_L} \\ \Gamma_2 &= S_{22} + \frac{S_{12} \cdot S_{21} \cdot \Gamma_G}{1 - S_{11} \cdot \Gamma_G} \end{aligned} \quad (5.2).$$

Kde Γ_G a Γ_L představují napěťové koeficienty odrazu zdrojové a zatěžovací impedance. S rozptylovými portovými parametry UMJ souvisí důležité parametry, které kvalitativně charakterizují prvky distribucí satelitní a terestriální televize. Tyto parametry jsou definované v normě ČSN EN 50083 a jedná se o ztráty odrazem (útlum odrazu), vložný útlum nebo zisk a jeho zvlnění nebo náklon, izolace přepínače, přeslechy mezi vstupy stejného typu, frekvenční oddělení terestriálního frekvenčního pásma od satelitního a odolnost na mimopásmové interference. Tyto parametry lze shrnout pod pojem lineární parametry.

Pro analýzu portových parametrů byl použit lineární simulátor AWR MWO, kde rozptylové parametry analyzovaných komponentů byly změřeny nebo získány od výrobce součástek.

5.2 Šumové parametry

V aktivních i pasivních prvcích působí většinou vnitřní zdroje šumu (tepelný, výstřelkový apod.) a ztrátové prvky, jejichž vložný útlum je způsobený přeměnou v tepelnou energii a ne odrazem, se taktéž podílejí na zvýšení šumového pozadí systému. U lineárních (popř. kvazilineárních) dvojbranů se šumové vlastnosti vyjadřují tzv. šumovým číslem F nebo ekvivalentní šumovou teplotou. Šumové číslo je definované pro dvojbran, jakožto podíl výkonových poměrů signál šum na výstupu ku stejnému poměru na vstupu, avšak není definované pro vícebrany, jakým je elementární UMJ. Proto bylo nezbytné podobně jako v případě portových parametrů UMJ rozdělit na vertikální a horizontální linie za předpokladu, že vzájemný vliv těchto linií je zanedbatelný. Pak celkové šumové číslo kaskádně spojených komponentů (nebo celých linií UMJ) se řídí Friisovo vztahem [1, 3, 6, 8], který je

$$F_C = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \frac{F_4 - 1}{G_1 G_2 G_4} + \dots \quad (5.3).$$

Šumové parametry byly pouze simulovány, neboť naše pracoviště není vybavené měřicí technikou pro jeho přesné měření. Simulace v AWR MWO probíhala v lineárním simulátoru na základě šumových parametrů získaných od výrobce aktivních prvků a simulovaných u ostatních komponentů (vedení, pasivní RLC prvky apod.).

5.3 Nelineární parametry

Nelineární zkreslení vzniká v nelinearitách systému, tedy v takových, které obsahují ve své přenosové funkci alespoň jeden nelineární prvek. U takových systémů je vztah mezi specifikovanými vstupními a výstupními parametry (proudy, napětími, výkony apod.) nelineární [3,5]. U takového nelineárního systému lze přenosovou funkci vyjádřit pomocí mocninné řady např. pro závislost výstupního napětí U_{OUT} na vstupním U_{IN} jako

$$U_{OUT} = a_0 + a_1 U_{IN} + a_2 U_{IN}^2 + a_3 U_{IN}^3 + \dots + a_n U_{IN}^n \quad (5.4).$$

Kde a_0 až a_n jsou koeficienty přenosové funkce na dané frekvenci a pro jeden pracovní bod (např. tranzistoru v zesilovači apod.). Je-li vstupní brána takového nelineárního systému buzena obecným signálem, obsahujícím různé frekvenční složky z užitečného frekvenčního rozsahu, objeví se na výstupu mimo amplitudově korigovaných složek užitečného signálu taktéž teoreticky nekonečný počet nelineárních produktů. Pro určení míry nelinearit systému se používají různé druhy nelineárních zkreslení, jako jsou harmonická, intermodulační, amplitudová, fázová, fázově nelineární apod. V další textu budou shrnuta nelineární zkreslení, která nejvíce ovlivňují komponenty pro rozvod signálů satelitní a terestriální televize.

- **Harmonické zkreslení** se projevuje obsahem vyšších harmonických složek při buzení systému jediným harmonickým signálem. Toto zkreslení má význam pro širokopásmové systémy, jejichž relativní šířka pásma je větší než jedna oktáva. U úzkopásmových systému se tolik neprojevuje. Pro komponenty distribuce signálů satelitní a terestriální televize se obvykle zobrazuje odstup jednotlivých harmonických složek od základní harmonické složky. Počet uvažovaných harmonických složek je závislý na pracovním frekvenčním rozsahu systému.
- **Intermodulační zkreslení** představuje vznik nežádoucích spektrálních složek vlivem kombinace užitečných vstupních spektrálních složek při vícetónovém buzení testovaného nelineárního systému. Frekvence takto vzniklých nežádoucích spektrálních složek odpovídá lineárním kombinacím a celistvým násobku frekvencí vstupních užitečných složek. Tento typ nelineárního zkreslení se měří buď se dvěma nebo třemi vstupními měřicími signály nebo tzv. složeným multifrekvenčním záznějem. Při dvoutónovém měření intermodulačního zkreslení pak na výstupu systému vznikne spektrum složené z následujících diskretních frekvencí [1, 3, 5, 6, 8].

$$f_{IM} = \pm m f_{IN1} \pm n f_{IN2} \quad (5,5)$$

Při trojfrekvenčním či multifrekvenčním buzení těchto složek úměrně přibývá. Pro komponenty distribucí signálu satelitní a terestriální televize je kontrolován amplitudový odstup nejvyššího nežádoucího intermodulačního produktu od testovacích frekvenčních složek tak, aby nepřesáhl normou stanovený odstup (35 dB¹⁷ pro první satelitní

¹⁷ Stanoveno pro FM modulované a digitální signály

mezifrekvenci a 60 dB¹⁸ pro frekvenční pásmo terestriální televize). Zpravidla nejvyšší amplitudy vykazují intermodulační produkty 2. a 3. řádu.

- **Křížové modulace** představují nelinearitami způsobené nežádoucí modulace nosné žádaného signálu jiným signálem. Tento druh zkreslení má především vliv u zesilovačů a směšovačů AM modulace.

V této práci byly simulované a realizované komponenty testované a měřené dvojtónovou metodou měření intermodulačních produktů. Oproti multifrekvenční metodě vykazuje tato metoda nižší nároky na měřicí vybavení. Pro nelineární počítačovou analýzu navrhovaných komponentů byla použita nelineární harmonicko-balanční metoda, která je implementovaná v AWR MWO. Aktivní prvky (tranzistory zesilovačů) byly modelovány nelineárními modely, jejichž parametry byly získány od výrobce těchto součástek.

5.4 Řídící signály a komunikace UMJ

Distribuce signálů satelitní první mezifrekvence na bázi UMJ je řízena pomocí povelů od satelitního přijímače (Receiver). Tyto povely jsou přenášeny současně s užitečným signálem po koaxiálním kabelu a dělí se na analogové a digitální. Analogové signály byly více preferovány dříve. Dnes to jsou spíše digitální, kde se využívají tzv. DiSEqC (Digital Satellite Equipment Control) signály, viz [9, 10]. Většina analogových přepínacích řídicích signálů má svou obdobu i v digitální podobě, proto jsou dnes pro zachování zpětné kompatibility u řídicích zařízení, tedy většinou satelitních přijímačů vysílány jak analogové tak digitální řídicí signály. Nejpoužívanější řídicí signály pro přepínání multipřepínače jsou polarizace (Polarisation), pásmo (Band), pozice (Position) a alternativa (Option). První tři mají obdobu v analogové podobě. Tyto základní přepínací povely tedy umožňují vytvořit multipřepínač s možností přepínat až 16 vstupů k jednomu výstupu, tedy připojit 4 Quattro konvertory. Samozřejmě pro řízení přepínače konvertoru stačí pouze první dva. Nejprve bych popsal analogové řídicí signály.

5.4.1 Analogové povely

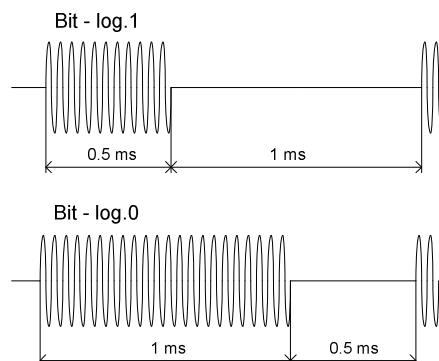
Pro přepnutí polarizace se používá změna stejnosměrné napěťové úrovně na koaxiálním kabelu (tedy napájení celého systému). Pro vertikální polarizaci odpovídá napětí v rozsahu 13 V \pm 1 V a pro horizontální polarizaci pak 17 V \pm 1 V. Tedy rozlišovací úroveň je kolem 15V. Pro přepínání dolního (Low band) a horního pásma (High band) se používá 22 kHz \pm 20% sinusový nebo obdélníkový signál s amplitudou 650 mV \pm 250 mV pro vysílač. Na přijímači musí být zajištěna amplituda alespoň 300 mV \pm 100 mV. Pro dolní pásmo není a pro horní pásmo je tento signál vysílán. Pro přepínání pozice se používá tzv. Tone Burst signál, který je někdy nazýván jako „malý“ DiSEqC. Tento přepínací signál má již mnohé společného s digitálním DiSEqC a tak bude popsán dále.

5.4.2 DiSEqC povely

DiSEqC sběrnice využívá amplitudového klíčování 22 kHz signálu, kde 0.5 ms \pm 100 μ s značka o kmitočtu 22 kHz následovaná 1 ms \pm 100 μ s pauzou představuje log.1 a 1ms \pm 100 μ s značka o kmitočtu 22kHz následovaná 0.5 ms \pm 100 μ s nic log.0, jak je vidět na obr. 15. To

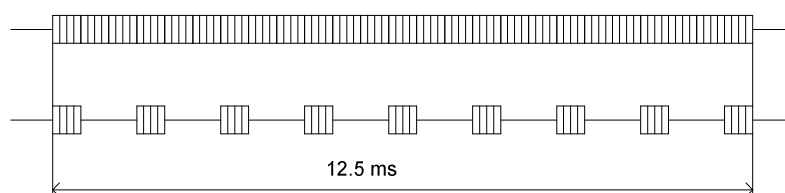
¹⁸ Stanoveno pro AM modulované signály – analogová televize

odpovídá přibližně 11 periodám signálu 22 kHz pro log. 1 a 22 periodám pro log. 0. Již zmíněný signál Tone Burst, který je ještě považován za analogový přepínací signál využívá generování devíti DiSEqC log.1 za sebou pro log.1 a kontinuální generování 22 kHz po dobu 12,5 ms pro log.0 , jak je zřejmé z obr. 16.



Obr. 15 log.1 a log.0 DiSEqC signálu

Tone Burst bývá využívá většinou pro ovládání v malých distribucí např. pro přepnutí dvou Single konvertorů (Satellite A a Satellite B). Tone Burst se považuje ještě za analogový signál, neboť může být detekován ještě pomocí analogových obvodů, bez použití mikroprocesoru.



Obr. 16 Tone Burst log.0 (nahore) a log.1 (dole)

DiSEqC příkaz je utvořený jako několika bytová zpráva (obvykle 3 – 4 byte), kde každý byte obsahuje 8 bitů datových a jeden paritní. Používá se doplnění na lichou paritu. Tato DiSEqC zpráva se po jednotlivých bytech skládá z rámcového (Framing), adresového (Address), příkazového (Command) a je-li vyžadován, tak i z datového bytu (Data), viz obr. 17.



Obr. 17 Struktura úplné DiSEqC zprávy

V tomto provedení zprávu vysílá řídicí obvod - Master, což většinou bývá satelitní přijímač. Přijímač - Slave však může vysílat zpětnou odpověď, která závisí na vysílané zprávě z Master zařízení a také na verzi DiSEqC, viz následující tab.2. DiSEqC povely nejsou používány pouze pro ovládání (přepínání) sat. relé a multipřepínačů, ale jejich využití je mnohem širší. Z toho vyplývá i široké využití DiSEqC signálů, které se nevyužívají jen pro řízení multipřepínačů, ale i konvertorů, pozicionérů SMATV systémů apod. Využití pro danou aplikaci je závislé samozřejmě i na verzi DiSEqC. viz také tab. 2.

Verze	Typ komunikace	Příkazy
DiSEqC 1.0	Jednosměrná	řídí 4 základní přepínací výstupy a Tone Burst, jednou opakovaný
DiSEqC 1.1	Jednosměrná	jako v 1.0, plus 4 rozšířené výstupy, dvakrát opakování a mod řízení seřízení
DiSEqC 1.2	Jednosměrná	jako v. 1.0, plus rozšíření povely pro DiSEqC pozicionéry (motor)
DiSEqC 2.0	Obousměrná	řídí alespoň 4 základní přepínací výstupy a vše jako výše, plus odečítá frekvenci LNB oscilátoru
DiSEqC 2.1	Obousměrná	jako v 2.0 plus podpora 4 rozšířených výstupů, dvakrát opakování a mod řízení nastavení
DiSEqC 2.2	Obousměrná	jako v. 2.0, plus rozšíření povely pro DiSEqC pozicionéry (motor)
DiSEqC 3.0	Obousměrná komunikace	Vše, jako v 2.x plus vnější řídicí sběrnice od Mastera

Tab. 2 Verze DiSEqC a jejich charakteristika

5.4.3 Význam jednotlivých byte DiSEqC zprávy

První byte představuje rámeček, tedy rozpoznávací byte DiSEqC zprávy. Tato zpráva současně určuje, zda-li je třeba odpověď od Slave. Tuto skutečnost popisuje následující tab.3.

1.Byte	Binárně	Funkce rámce
E0	11100000	není vyžadovaná odpověď (po prvním přenosu)
E1	11100001	není vyžadovaná odpověď (po opakovaném přenosu)
E2	11100010	je vyžadovaná odpověď (po první přenosu)
E3	11100011	je vyžadovaná odpověď (po opakovaném přenosu)

Tab. 3 Význam rámce DiSEqC zprávy

Z toho vyplývá, že první dvě možnosti jsou určeny pro DiSEqC verze 1.x a všechny pro verze 2.x. Pokud Master vyšle první byte E0 nebo E1, pak není vyžadovaná odpověď od Slave a pokud Master vyšle E2 nebo E3, pak je od Slave odpověď vyžadovaná a musí odpovědět. Odpovědi standardu DiSEqC verze 2.0 budou probrány dále.

Druhý byte odpovídá adrese zařízení, pro které je daný příkaz určený. Z toho vyplývá, že na přenosovém médiu může být připojeno více zařízení, ale různého druhu. Tím je utvořena arbitráž na sběrnici a určená její topologie (jeden Master a více Slavů). Následující tab. 4 ukazuje definované adresy pro některá zařízení, která souvisejí s touto prací (je jich více).

Adresa	Binárně	Určené zařízení
00	00000000	Nerozlišená zařízení
10	00010000	LNB přepínač nebo SMATV
11	00010001	LNB
12	00010010	LNB průchodný pro DiSEqC signály
14	00010100	Multipřepínač
15	00010101	Multipřepínač průchodný pro DiSEqC signály
18	00011000	SMATV
31	00110001	Posicionér
34	00110100	LNB posicionér

Tab. 4 Význam 2. byte – adresy různých zařízení

Třetí byte představuje příkaz. Podle příkazu je pak zřejmé, zda-li je potřeba i čtvrtý byte či dokonce pátý byte. Následující tab. 5 shrnuje nejdůležitější DiSEqC příkazy, které jsou satelitními přijímači podporované.

3.byte	Příkaz	Funkce příkazu	Byte
0	Reset	Reset DiSEqC mikrokontroléru	3
2	Standby	Vypnutí napájecího zdroje multipřepínače	3
3	Power on	Zapnutí napájecího zdroje multipřepínače	3
7	Address	Vrátí adresu zařízení	3
38	Write N0	Zapiš na Port skupinu 0 (angažovaný přepínač)	4
39	Write N1	Zapiš na Port skupinu 1 (neangažovaný přepínač)	4
60	Halt	Zastavení rotace posicionéru	3
63	Limits off	Zruš všechny uložené limity	3
66	Limit E	Nastav východní limit	3
67	Limit W	Nastav západní limit	3
68	Drive East	Toč motorem východním směrem (definovanou rychlostí)	4
69	Drive West	Toč motorem západním směrem (definovanou rychlostí)	4
6A	Store nn	Ulož satelitní pozici nn	4
6B	Goto nn	Natoč motor na uloženou pozici nn	4
6E	Goto x.x°	Natoč motor na x.x° úhlovo pozici	5

Tab. 5 Nejdůležitější DiSEqC příkazy, podporované satelitními přijímači

Nejdůležitějším příkazem pro ovládání satelitních relé a multipřepínačů je příkaz 38h, který je často nazýván jako Committed switch (angažovaný přepínač). Zde datový byte obsahuje ve své dolní polovině přepínací stavy v pořadí Options, Positron, Polarizace a Pásmo. Tímto příkazem lze ovládat až 4 konvertory u kterých lze volit jakoukoliv polarizaci a pásmo. Rozšíření počtu ovládaných konvertorů lze použít příkaz 39h nazývaný jako Uncommitted switch (neangažovaný přepínač), kdy počet možných ovládaných konvertorů se může zvýšit až na 64. Tento příkaz je součástí DiSEqC verze 1.1 a nemusí být vždy přijímačem podporován. Proto se pro větší počet konvertorů někdy používají povely pro posicionér, což bude vysvětleno v jedné z dalších kapitol.

5.4.4 Odpovědi standardu DiSEqC verze 2.x

Uvedená tab. 5 obsahuje příkazy od Mastera (satelitní přijímač) pro Slave (prvky distribuce). V DiSEqC verzi 2.x ale Slave posílá Masterovi odpovědi, jejichž formát je zobrazený na obr. 18.



Obr. 18 Struktura odpovědi standardu DiSEqC verze .2.0

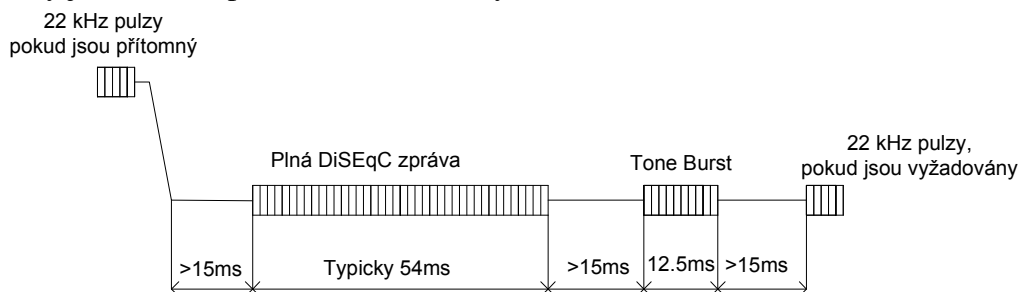
Rámec taktéž začíná sekvencí tří log.1 a jednou log.0 (tedy Ex v hex kódu), druhá část bytu pak určuje, zda-li došlo k správnému přenesení a vyhodnocení DiSEqC zprávy od Mastera. V případě že nesprávného přenosu, určuje typ chyby, ke které došlo viz následující tab. 6.

1.Byte	Binárně	Funkce rámce
E4	11100100	při přenosu nebyla detekovaná žádná chyba
E5	11100101	příkaz není Slave zařízením podporovaná
E6	11100110	chyba parity, výzva k opakování příkazu
E7	11100111	příkaz není úplný, výzva k opakování příkazu

Tab. 6 Rámce odpovědi standardu DiSEqC v2.0

5.4.5 Zpětná kompatibilita

Kompletní DiSEqC zpráva není obvykle posílána samostatně, ale je doplněna analogovými povely, aby byla zajištěna zpětná kompatibilita i s komponenty distribucí satelitní televize a rozhlasu, které nejsou vybaveny DiSEqC dekodérem povelů, viz obr 19. Takovými komponenty jsou dneska především konvertory (mimo monobloků).



Obr. 19 Struktura jednosměrné komunikace DiSEqC v.1.x

Satelitní přijímač nejprve změní napěťově polarizaci, pak po zpoždění >15 ms vygeneruje úplnou DiSEqC zprávu či zprávy a dále pak po dalším zpoždění >15 ms vygeneruje Tone Burst a následně po stejném časovém úsku signál 22 kHz, je-li požadovaný. Analogové signály by neměly být v rozporu s digitálními. Taktéž je standardem stanoveno, že řídicí slave obvod už nereaguje na analogové povely, pokud již předtím bezchybně přijal nějakou DiSEqC zprávu. Taktéž naopak Slave musí být schopný akceptovat analogové povely, kdyby Master nebyl vybavený generátorem DiSEqC povelů.

5.4.6 Komunikace ve standardu DiSEqC verze 2.x

V DiSEqC verze 2.x se Master zařízení po odvysílání příkazu pro Slave přepne do přijímacího režimu. Slave obvod po správném vyhodnocení vyšle zpětnou odpověď. Pro příkazy, které obvod zná vyšle většinou E4 s případným dalším bytem (je-li vyžadován). Když obvod daný příkaz nepodporuje, vyšle Masteru odpověď E5. Pokud zprávu vyhodnotí špatně s chybnou paritou, odpoví Masteru E6 a pro neúplnou zprávu pak E7. Tím požádá Slave obvod Mastera, aby opakovl příkaz. Opakovaný příkaz pak začíná rámcovým bytem E3. Tím je zajištěno větší zabezpečení přenosu.

5.5 Ostatní požadavky

Do této kategorie patří především energetické nároky a požadavky na napájení. Úvodní koncepční filosofie použití co nejmenšího počtu druhů prvků distribuce by nabízela řešení, že všechny UMJ budou napájeny pouze satelitními přijímači. To by znamenalo, každý přijímač by napájel svůj vybraný konvertor a samozřejmě jednotlivé odpovídající obvody UMJ, přes které by signál procházel. Většina novodobých quattro konvertorů vykazuje spotřebu pod 200 mA/18V a satelitní přijímače jsou schopné dodávat maximální proud 500 mA. Tím vychází rozdíl cca 300 mA na prvky satelitní distribuce. Takže z hlediska napájení je nezbytné, aby jednotlivé UMJ měli co nejmenší příkon a UMJ by měli zajistit napájení pouze konvertoru, ze kterého má být přijímán signál a u ostatních vypnutý. Takže mimo RF přepínače musí být UMJ vybavená i DC přepínači, které nejlépe kopírují funkci RF přepínače kvůli kompatibilitě se starými konvertory¹⁹. Taktéž řízení UMJ by mělo být schopné vypnout nepoužívané komponenty a terestriální zesilovač by měl být vypnutelný v případě, že se UMJ nenachází první v horizontále. Přes splnění všech těchto podmínek je stejně zřejmé, že 300 mA rozdílu bude dostačující tak maximálně pro 4 UMJ v horizontále a pro větší distribuce bude nezbytný externí napájecí zdroj. Další bohužel nevyhnutelnou napájecí záležitostí je fakt, že televizní zesilovač musí být napájen, i když jsou všechny satelitní přijímače vypnuty. To má za následek nutnost případného pomocného napájecího zdroje (velmi malého výkonu) i v případě zapojení méně než 5 UMJ v horizontále.

5.6 Shrnutí požadavků na UMJ

Pro realizaci univerzální multipřepínačové jednotky byly z výše uvedených důvodů stanoveny požadavky, nezbytné pro bezchybnou funkci celé satelitní distribuce na bázi UMJ.

- Frekvenční rozsah satelitního pásma : 950 – 2150 MHz
- Frekvenční rozsah terestriálního pásma: 48 – 862 MHz.
- Průchozí útlum ve směru vertikály a horizontály kolem 0 dB (malý zisk by měl být podpořen pozitivním náklonem, ve směru vertikála - horizontála nemusí být dodrženo).
- Útlum odrazu > 10dB, charakteristická impedance 75 Ω , tj. dobré impedanční přizpůsobení vzhledem k nemalé relativní šířce pásma.
- Minimalizace šumového čísla ve směru vertikál a horizontál.
- Izolační útlum multipřepínače (oddělení) > 25 dB
- Vybuditelnost satelitních vstupů > 90 dB μ V²⁰
- Vybuditelnost terestriálního vstupu > 80 dB μ V²¹

¹⁹ Pro případ, že by na vstupech jedné UMJ byly připojeny jen jedno-pásmové dual konvertory či single

²⁰ Při odstupu intermodulačních produktů 35 dB

- Maximální spotřeba každé UMJ < 75 mA (zátěž sat. přijímače), externí zdroj použit v případě zapojení > 4 UMJ do horizontály.
- Externí komunikace (satelitní přijímač - UMJ distribuce) DiSEqC verze 1.2 (2.2), multiprotokolová podpora.
- Interní komunikace (mezi jednotlivými UMJ) je volitelná.

²¹ Při odstupu intermodulačních produktů 60 dB

6 Praktický návrh experimentální elementární UMJ

Z výše uvedených úvah bylo potřeba provést koncepční řešení elementárních jednotek UMJ. Principiálně se každá UMJ skládá z vertikálních linií (čtyři pro satelitní 1. mezifrekvenci a jedna pro terestriální televizi), horizontálních linií a z vlastních řízených RF spínačů. Úkolem vertikálních linií je rozdělit vstupní signál do přímého směru a přepínače s minimální degradací jeho parametrů. Vlastnosti vertikálních linií ovlivňují maximální počet UMJ zapojených do vertikálního směru a tím i maximální počet připojených přijímačů satelitní a terestriální televize. Naproti tomu horizontální linie mají za úkol sloučení signálů z horizontálně zapojených ostatních UMJ jednotek a přepínače a současně sloučení se signály terestriální televize taktéž s minimálním zkreslením signálů. Vlastnosti této linie ovlivňují maximální počet možných připojených satelitních konvertorů a tím tedy maximální počet distribuovaných satelitních pozic. Úkolem přepínače je v závislosti na přijatých poveleních z přijímače (analogových nebo digitálních DiSEqC) přepínat signály z jednotlivých vertikálních linií vždy k jedné horizontální linii, jako tomu je u ideového přepínacího pole z obr. 12.

Ideou koncepce distribuce signálů satelitní první mezifrekvence pomocí jednotek na bázi UMJ bylo, že tato distribuce bude vystavěna z prvků jediného typu, které vyhoví rozmanitým praktickým realizacím rozvodů signálů satelitní a terestriální televize. Z požadavků, které byly uvedené v kapitole 5.6 je zřejmé, že je možné splnit pouze taková UMJ, která má aktivní linie, tj. obsahující širokopásmové zesilovače, které principiálně zlepšují úrovně a do jisté míry i šumové poměry (např. při použití dlouhých přívodních kabelů) těchto linií, svým pozitivním náklonem mohou kompenzovat frekvenční závislost útlumu přívodních kabelů a vedení. Avšak obecně zesilovače jsou nelineárními prvky na jejichž nelinearitách vznikají nežádoucí spektrální čáry, jako jsou vyšší harmonické, intermodulační produkty, křížové modulace apod., které nenávratně degradují vlastnosti zpracovávaného signálu. Především při řazení velkého množství stejných zesilovačů (se stejnou vybuditelností) do kaskády dochází u amplitud ke snižování odstupů těchto nežádoucích spektrálních čar od spektra užitečného signálu. Proto v dalších kapitolách se budu zabývat i UMJ s pasivními liniemi, které se sice vyznačují vložitelným útlumem a jeho negativním náklonem, avšak vykazují mnohonásobně vyšší vybuditelnost. Náklon může být částečně vykompenzován náklonem zesilovače v přepínači či vlastnostmi výkonových děličů.

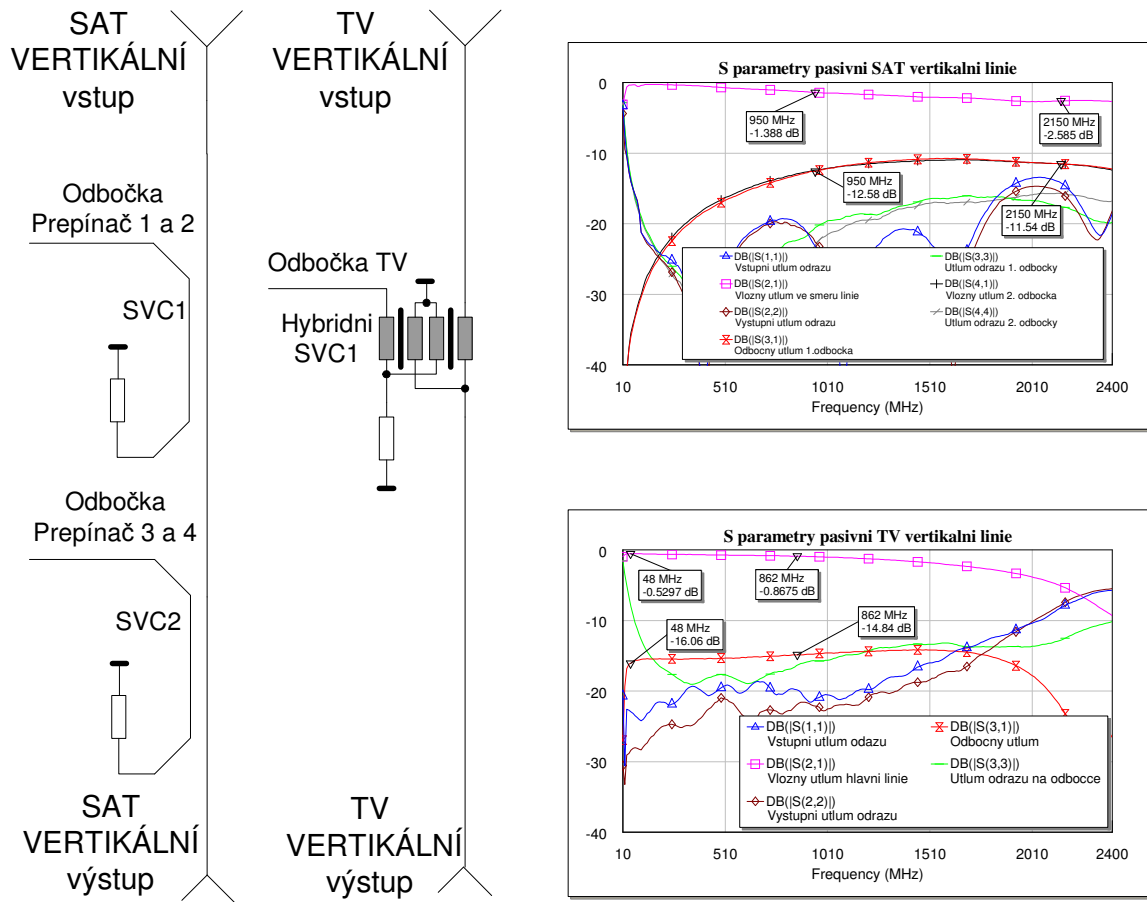
V následující kapitole budou popsány simulace jednotlivých typů linií (aktivních i pasivních) v obvodovém simulátoru AWR Microwave office, které byly dále experimentálně realizovány a otestovány.

6.1 Simulace a experimentální realizace vertikálních linií

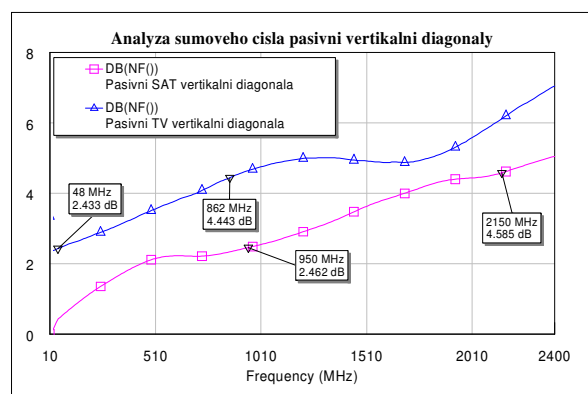
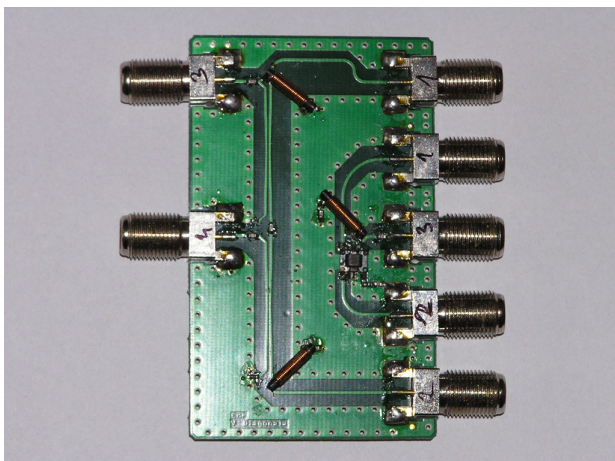
6.1.1 Pasivní vertikální linie

Jedná se o nejjednodušší provedení, které obsahuje pouze výkonový dělič. V elementární UMJ je potřeba signál z každé satelitní vertikály rozdělit do čtyřech přepínačů. Jelikož hned na začátku bylo zřejmé, že budou použity integrované přepínače se čtyřmi vstupy a dvěma výstupy (4x2), které tedy již v sobě mají integrované dva čtyř-vstupové RF přepínače, jejichž vstupy jsou po páru sloučené (tedy že už u každého vstupu obsahují jeden dělič výkonu), tak tato linie dělí vstupní signál na průchozí a dva odbočné pro přepínače. Aby vertikální linie vykazovala co nejnižší útlum a současně byla co nejméně impedančně ovlivňovaná interním

přepínačem, bylo zvoleno provedení této linie pomocí směrového vazebního členu, realizovaného pomocí vázaného mikropáskového vedení, viz obr. 20 Vazby obou odboček jsou optimalizované na vyrovnanou úroveň signálů.



Obr. 20 Pasivní vertikální SAT a TV linie topologie a naměřené S parametry



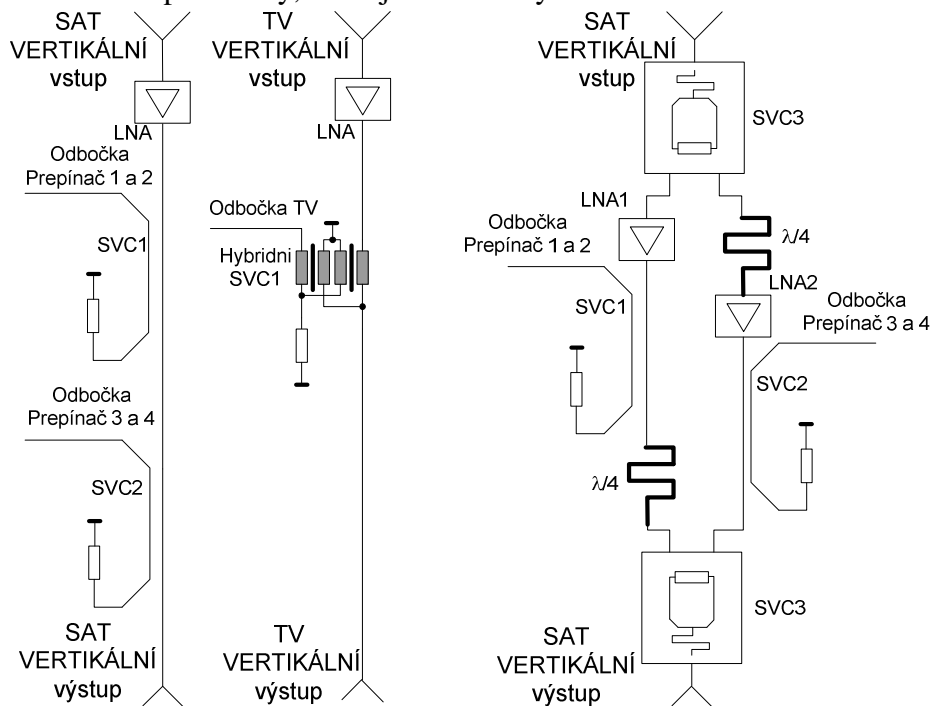
Obr. 21 Testovací DPS s pasivními V linií V linií

Pasivní vertikální linie byla realizovaná na desce plošných spojů, viz obr. 21 a změřena na vektorovém analyzátoru. Z naměřených průběhů S parametrů je zřejmý pozitivní náklon odboček SVC, který je však vykoupěn zvýšením negativního náklonu ve směru linie. Avšak

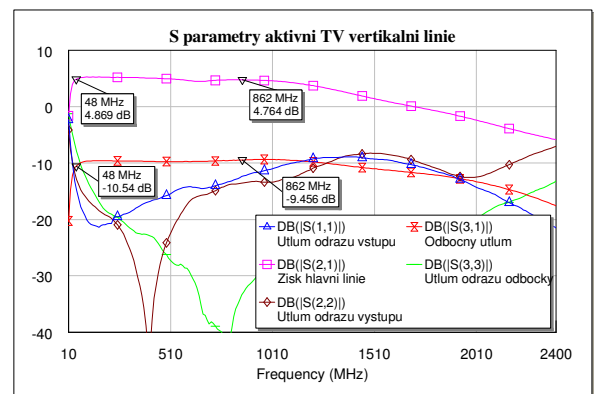
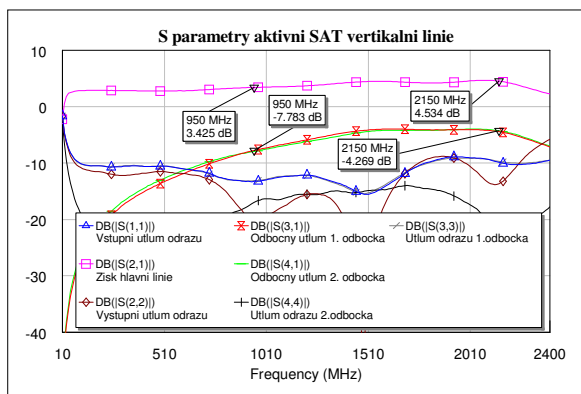
toto provedení má výhodu, že tento náклон je monotónní, což by při použití standardní vázané mikropáskové odbočnice zajištěné nebylo. Taktéž byla provedena analýza šumového čísla, jejíž výsledek je zobrazen na obr. 21.

6.1.2 Aktivní vertikální linie

V aktivní linie je již přítomný širokopásmový zesilovač, který může mít implementovaný pozitivní náклон přenosu, který může nejen vykompenzovat negativní náклон SVC členů, ale i stejný trend náklonu útlumu propojovacích kabelů mezi jednotlivými buňkami UMJ. Topologie testovaných aktivních linie jsou zobrazeny na obr. 22. Jako zesilovač byly použity jednostupňové zpětnovazební tranzistorové zesilovače, jejichž základní parametry jsou uvedeny v tab. 7. Tyto parametry byly buď změřené z testovacích DPS (portové parametry, vybuditelnost, napájení) nebo byly určeny simulací v AWR MWO (šumové číslo). Uvedené vertikální linie byly simulované a následně vyrobeny na testovacím DPS, viz obr. 27 a byly změřeny a simulované parametry, které jsou uvedeny na obr. 23 až obr. 26.



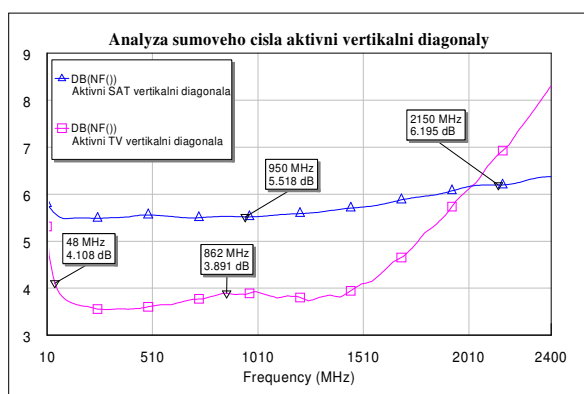
Obr. 22 Provedení vertikálních linií, vpravo balanční vertikální linie



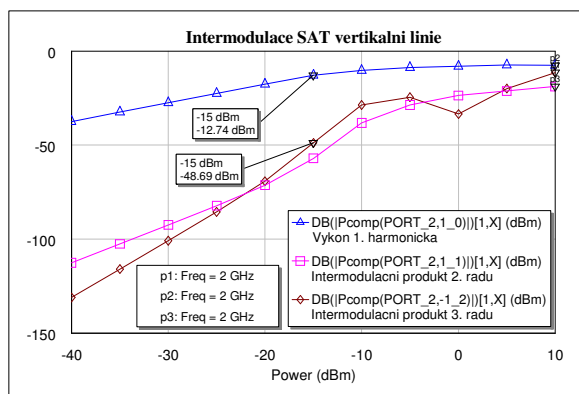
Obr. 23 Naměřené S parametry SAT a TV vertikální linie

Určení zesilovače	Satelitní 1.MF	Ter. televize
Aktivní prvky	1xBFP182W	1xBFG540
Frekvenční rozsah [MHz]	950 - 2150	48 - 862
Zisk [dB]	6	8
Náklon zisku [dB]	1	0
Vstupní útlum odrazu [dB]	9	8
Výstupní útlum odrazu [dB]	9	9
Maximální šumové číslo [dB]	5,5	4
Vstupní vybuditelnost [dBuV]	92	82
Spotřeba [mA] $U_{cc} = 12V$	7	6

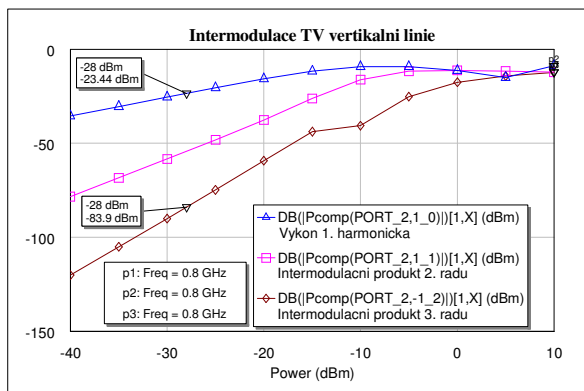
Tab. 7 Naměřené a simulované parametry použitých diskretních zesilovačů v liniích



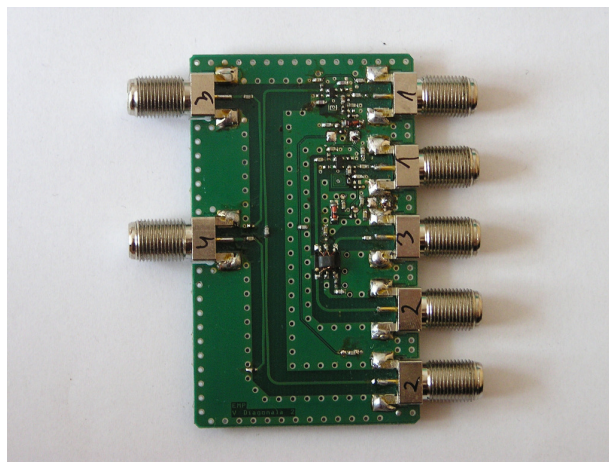
Obr. 24 Analýza šumového čísla vert. linie



Obr. 25 Odstupy intermodulačních produktů 2. a 3. řádu pro $f_1 = 2 \text{ GHz}$ a $f_2 = 2,1 \text{ GHz}$



Obr. 26 Odstupy intermodulačních produktů 2. a 3. řádu pro $f_1 = 0.8 \text{ GHz}$ a $f_2 = 0,81 \text{ GHz}$



Obr. 27 Testovací DPS aktivních vertikálních linie

6.1.3 Balanční linie

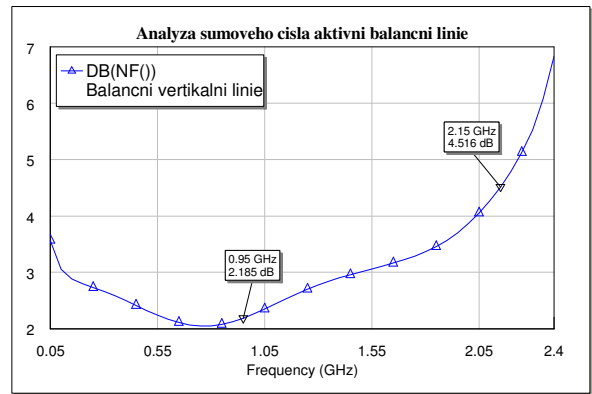
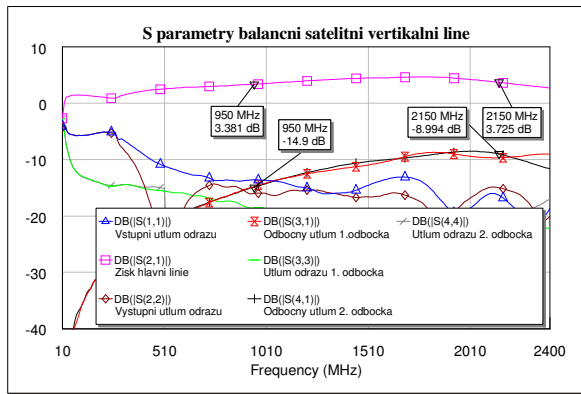
Hlavní nevýhodou aktivní linie s jednoduchými diskretními širokopásmovými zesilovači je především horší vstupní a výstupní impedanční přizpůsobení. Experimentální vertikální linie z obr. 22 vykazovaly na vstupech a výstupech menší útlum odrazu než 10 dB (v nejhorších

případech). K degradaci těchto parametrů dochází díky impedančnímu nepřizpůsobení jednoduchých tranzistorových zesilovačů. Tento nedostatek je možné odstranit složitější topologií těchto zesilovačů, které jsou principiálně širokopásmovější, jako jsou balanční struktura, zesilovač s rozprostřeným ziskem apod. Vzhledem tomu že byla potřeba realizovat dvě odbočky z hlavní linie a jeden průchozí směr, byla použita kompletně balanční linie (viz obr. 22). Vstupní a výstupní koeficienty odrazu Γ_{in} a Γ_{out} mohou u ní teoreticky dosahovat hodnot dle následujícího vztahu, kde Γ_{zin} a Γ_{zout} jsou napěťové koeficienty odrazu samotných sdružovaných linií signály [1,2,4,5,6].

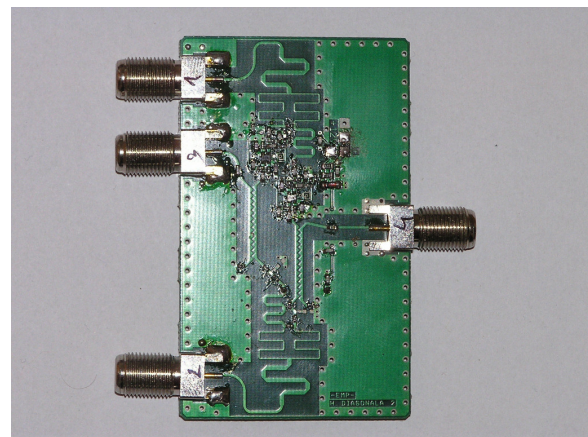
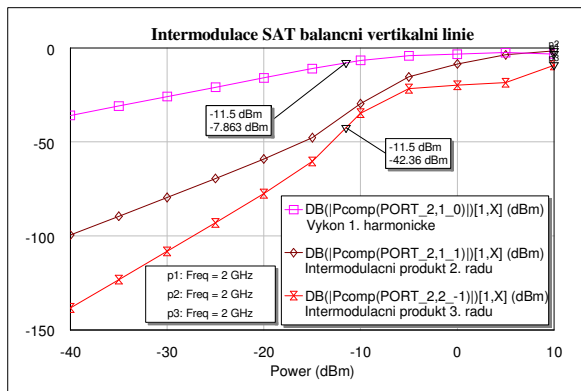
$$\Gamma_{in} = \frac{1}{2}(\Gamma_{zin1} - \Gamma_{zin2}) \quad (6.1)$$

$$\Gamma_{out} = \frac{1}{2}(\Gamma_{zout2} - \Gamma_{zout1})$$

Teoreticky lze dosáhnout nulové hodnoty těchto koeficientů odrazů za předpokladu, že obě sdružované větve budou dokonale symetrické. Z naměřených parametrů (viz obr. 28 a obr. 29) testovací DPS (obr. 30) je vidět významné zlepšení parametrů.



Obr. 28 Analýza S parametrů a šumového čísla balančních vertikálních linií



Obr. 29 Odstupy intermodulačních produktů 2. a 3. řádu pro $f_1 = 0.8 \text{ GHz}$ a $f_2 = 0,81 \text{ GHz}$

Obr. 30 Testovací DPS aktivní balanční vertikální linie

6.1.4 Shrnutí parametrů testovaných vertikálních linií

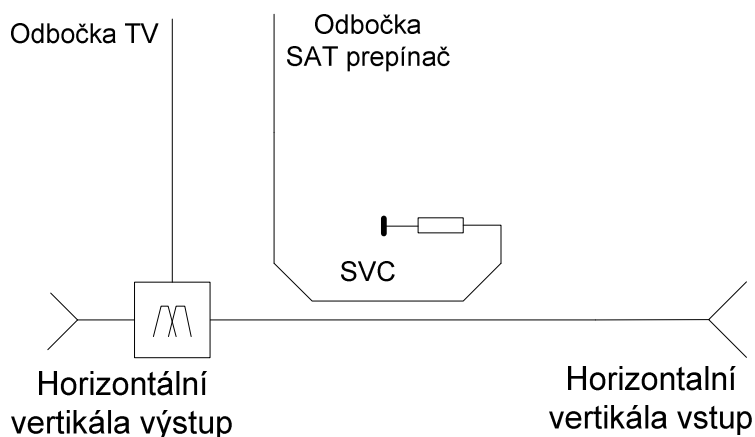
V následující tab. 8 jsou přehledně shrnuty základní parametry všech testovaných vertikálních linií.

Provedení vertikální linie	pasivní SAT	pasivní TV	aktivní SAT	aktivní TV	balanční SAT
Aktivní prvky	žádný	žádný	1xBFP182W	1xBFG540	2xBFP182W
Frekvenční rozsah [MHz]	950 - 2150	48 - 862	950 - 2150	48 - 862	950 - 2150
Minimální zisk [dB]	-2,6	-0,9	3,4	4,7	3,4
Náklon zisku [dB]	-1,5	-0,3	1	-0,1	1
Maximální odbočný útlum [dB]	12,5	16	7,8	9,5	15
Náklon odboč. útlumu [dB]	1	2	2,5	-1	6
Vstupní útlum odrazu [dB]	14	19	9	13	13
Výstupní útlum odrazu [dB]	16	21	9	14	15
Maximální šumové číslo [dB]	2,6	4,4	6,2	4,1	4,5
Vstupní vybuditelnost [dBuV]	neměřitelné	neměřitelné	94	81	97
Spotřeba [mA] Ucc = 12V	0	0	7	6	14
Požadavky na prostor DPS	Velmi malé	Velmi malé	Malé	Malé	Velké

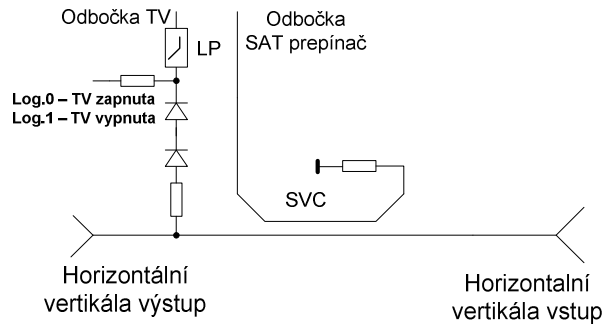
Tab. 8 Přehledné shrnutí vlastností testovaných vertikálních linií

6.1.5 Horizontální linie pasivní

Na horizontální linie jsou kladeny podobné požadavky jako na vertikální s tím rozdílem, že se zde musí řešit sloučení satelitní první mezifrekvence s terestriální televizí. Z koncepce, která byla uvedena v předchozích kapitolách) k tomuto slučování dochází v první UMJ nejbližší k účastníkovi. To lze provést dvojím způsobem. Buď prostřednictvím diplexeru (frekvenčního slučovače dvou frekvenčních pásem, viz obr. 30) nebo pomocí RF spínače nebo přepínače, což je zobrazeno na obr.31. První varianta má tu nevýhodu, že diplexer je vlastně jednoduchý analogový frekvenční filtr složený z LC prvků, u kterého je při realizaci problém s impedančním přizpůsobením v celém frekvenčním rozsahu satelitní první mezifrekvence a terestriální televize, což by způsobilo nežádoucí zvlnění přenosových charakteristik. Kdyby se v horizontální linii nacházela pouze jediná UMJ s diplexerem, tak by to tolik nevadilo, neboť ty následující by byly impedančně přizpůsobené. Další nevýhodou je zhoršení vzájemného oddělení horizontálních linií, způsobené nedostatečnou strmostí tohoto filtru.

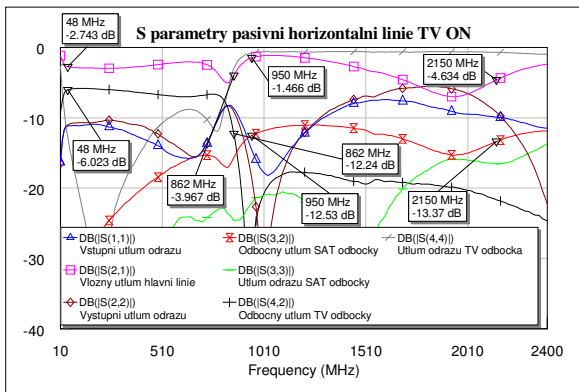


Obr. 30 pasivní horizontála s diplexerem

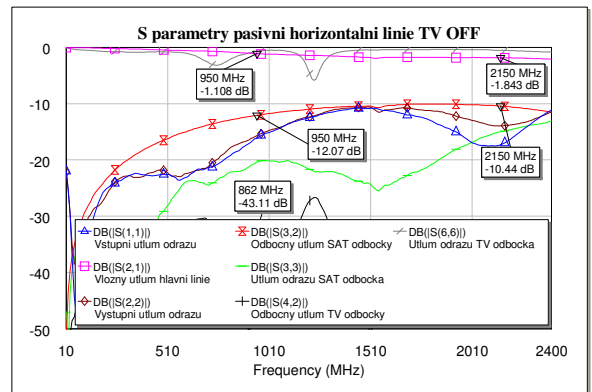


Obr. 31 pasivní horizontála s RF spínačem terestriální televize

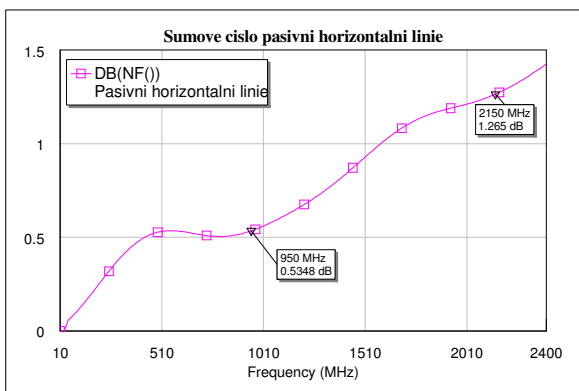
Jedno z možných řešení je horizontální linie s RF spínačem terestriální televize, viz obr. 31. Když je RF spínač sepnutý, tak je k signálům satelitní první mezifrekvence sloučená terestriální televize i za cenu určitého impedančního nepřizpůsobení a deformaci přenosu této linie. Ale k tomuto efektu dochází pouze u první UMJ. U následujících UMJ je RF spínač vypnutý. Na rozdíl od předchozí varianty minimálně ovlivňuje horizontální linii. Na obr. 31 (se sepnutým spínačem) a obr. 32 (s vypnutým spínačem) jsou zobrazeny naměřené rozptylové parametry, průběh šumového čísla (obr. 33) pasivní horizontální linie testovací DPS z obr. 34.



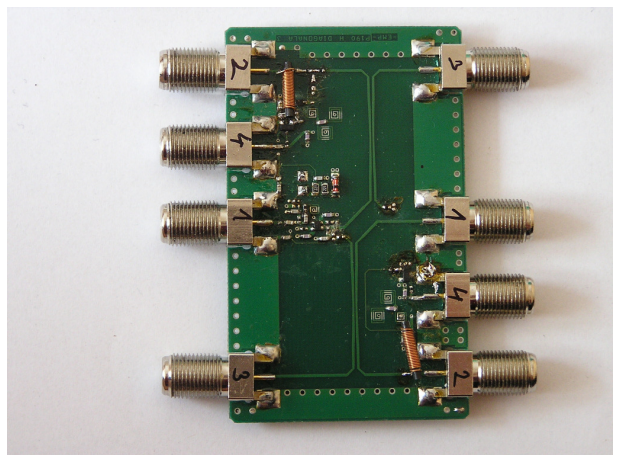
Obr. 31 S parametry pasivní horizontální linie se zapnutým TV spínačem



Obr. 32 S parametry pasivní horizontální linie s vypnutým TV spínačem



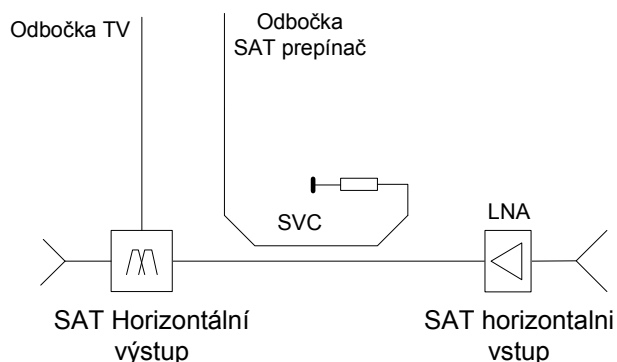
Obr. 33 Šumové číslo pasivní hor. linie



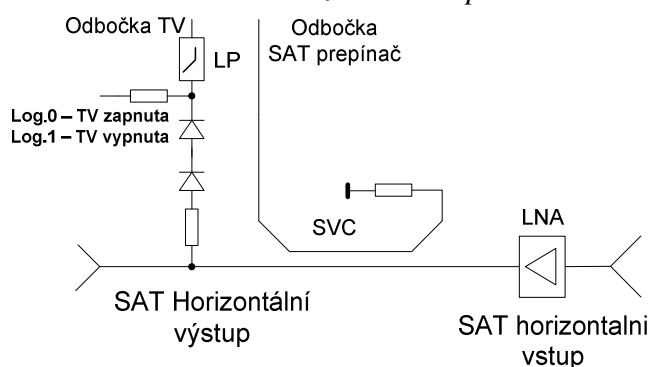
Obr. 34 testovací DPS aktivní a pasivní linie

6.1.6 Horizontální linie aktivní

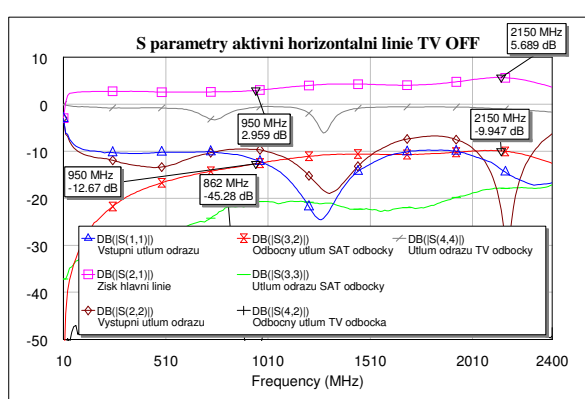
Horizontální linie je v podstatě jen pasivní, doplněná širokopásmovým předzesilovačem pro satelitní první mezifrekvenci. Může být realizovaná v dvojím topologickém provedení, s diplexerem viz obr. 35 a se spínačem terestriální televize, viz obr. 36. Ze stejného důvodu jako u pasivní horizontální linie byla pro experimentální realizaci vybraná varianta se spínačem, viz obr. 34. Na obr. 37 až obr. 40 se nacházejí naměřené portové, šumové a intermodulační parametry.



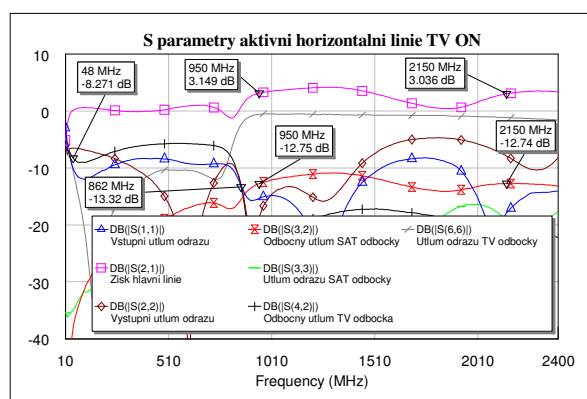
Obr. 35 Aktivní horizontála s diplexerem



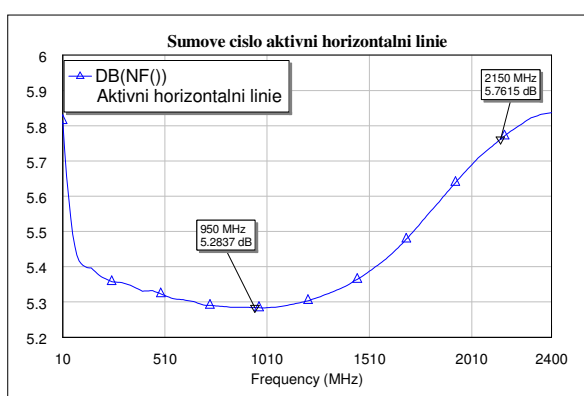
Obr. 36 Aktivní horizontála s RF spínačem terestriální televize



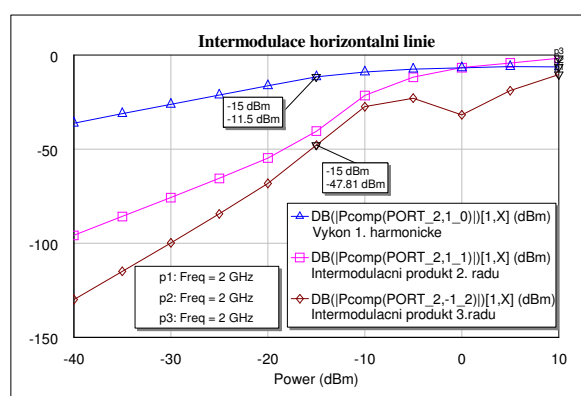
Obr. 37 S parametry aktivní horizontální linie se zapnutým TV prepínačem



Obr. 38 S parametry aktivní horizontální linie s vypnutým TV prepínačem



Obr. 39 Šumové číslo pasivní hor. linie
3. řádu pro $f_1 = 2 \text{ GHz}$ a $f_2 = 2,01 \text{ GHz}$



Obr. 40 Odstupy intermodulačních produktů 2.a

6.1.7 Shrnutí parametrů testovaných vertikálních linií

V následující tab. 9 jsou pro porovnání přehledně shrnuty základní vlastnosti všech testovaných horizontálních linií.

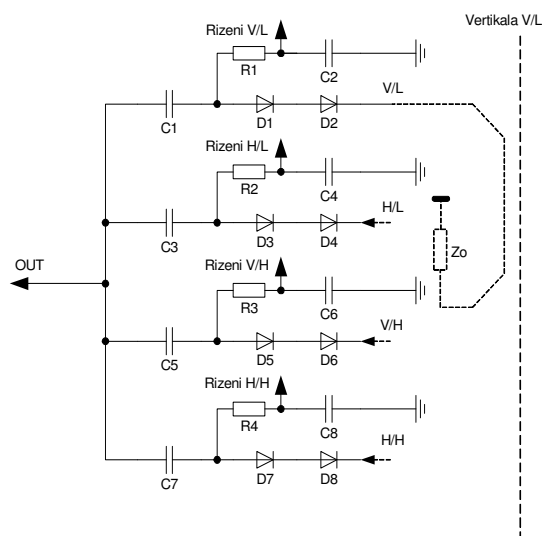
Provedení vertikální linie	pasivní TV on	pasivní TV off	aktivní TV on	aktivní TV off
Aktivní prvky	žádný	žádný	1xBFP182W	1xBFP182W
Frekvenční rozsah vstupu [MHz]	950 - 2150	950 - 2150	950 - 2150	950 - 2150
Frekvenční rozsah výstupu [MHz]	48 - 2150	48 - 2150	48 - 2150	48 - 2150
Minimální zisk [dB]	-6,5	-1,8	0,5	3
Zvlnění zisku [dB]	6	1	3	2,5
Maximální odbočný útlum SAT [dB]	-15	-12	-13	-13
Náklon odbočného útlumu SAT [dB]	-3	2	-1	3
Maximální odbočný útlum TV [dB]	-6	-30	-7	-30
Náklon odbočného útlumu TV [dB]	-2	nemá smysl	1	nemá smysl
Vstupní útlum odrazu [dB]	6	11	9	9
Výstupní útlum odrazu [dB]	8	11	6	8
Maximální šumové číslo [dB]	1,3	1,3	5,8	5,8
Vstupní vybuditelnost [dBuV]	neměřitelné	neměřitelné	94	94
Spotřeba [mA] $U_{cc} = 12V$	0	0	7	6
Požadavky na prostor DPS	Velmi malé	Velmi malé	Malé	Malé

Tab. 9 Přehledné shrnutí vlastností testovaných horizontálních linií

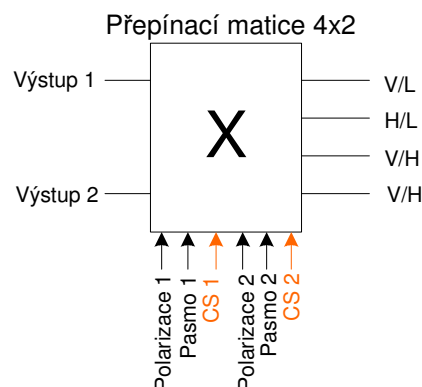
6.1.8 Multipřepínač

Ústředním komponentem každé UMJ je RF přepínač, který v závislosti na přijatých příkazech ze satelitního přijímače spojuje nebo rozpojuje virtuální uzly mezi liniemi. Nejjednodušší provedení tohoto RF přepínače je zobrazeno na obr. 41 je realizován v odrazném zapojení, tj. že nezvolené vstupy přepínače jsou impedančně nepřizpůsobené. Celé zapojení pracuje v koincidenci se směrovým vazebním členem satelitního děliče výkonu, který má těsnou směrovou vazbu, jenž způsobuje to, že odražená vlna se nevrátí zpět do vertikální linie, ale pohltí se v zakončovacím odporu Z_0 . Na výstupu je impedanční přizpůsobení zajištěno tím, že vždy alespoň jedna větev je v případě, že je uvedený přepínač vybrán průchozí s minimálním odporem v propustném směru PIN diody (jednotky Ω) a

ostatní téměř neprůchozí. Tento jednoduchý přepínač vykazuje průchozí útlum v sepnuté větvi menší než 1 dB (v závislosti na spínaném proudu) a oddělení lepší než 25 dB. (v závislosti na finální topologii motivu).

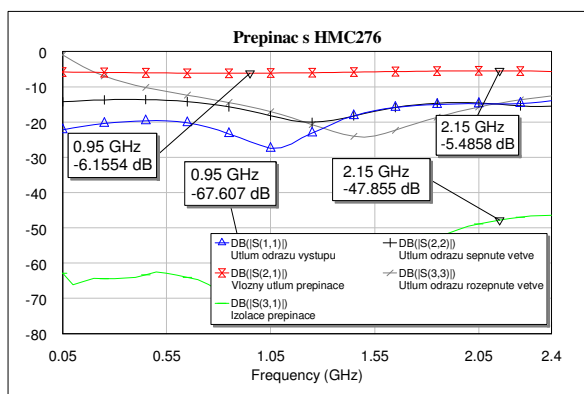


Obr. 41 Schéma přepínače s PIN diodami



Obr. 42 provedení integrovaných přepínacích matic

Pro realizaci experimentální UMJ však byly použity mnohem vhodnější integrované spínací matice, které jsou primárně určeny pro konvertory s multipřepínačem jako jsou twin, quad, octo. Byly konkrétně testovány typy HMC276 od firmy Hittite a μ PD5716 a 5720 od Renesas. Tyto přepínací matice jsou primárně určeny pro konvertory s multipřepínačem jako jsou Twin, Quad a Octo. Jejich provedení je zobrazeno na obr. 42. Tyto matice mají v sobě integrovaný dvojnásobný přepínač se čtyřmi vstupy a jedním výstupem, který může být použit obousměrně (viz příklad S parametrů na obr. 43). K řízení jsou uvnitř integrovány dva dekodéry jeden ze čtyř, matice μ PD5716 má v sobě integrovaný i CS vstup (červeně označený), který umožňuje zablokování celé matice (tedy úplné vypnutí všech vstupů).



Obr. 43 S parametry matice HMC276

Dalšími nespornými výhodami jsou příkon a impedanční zakončení i vstupů, které nejsou vybrány. Příkladem jsou velmi dobré portové parametry matice HMC276, jež jsou zobrazeny na obr.43. Tato matice vykazuje průchozí útlum 6 dB (projevuje se zde útlum rozbočení pro dva přepínače na vstupech) a oddělení lepší než 40 dB. Příkon je nižší než 1 mA při napájecím napětí 5V. Podobných parametrů dosahují i μ PD5716 a μ PD5720, kde poslední představitel byl nakonec použit pro realizaci finální UMJ.

6.2 Komunikace a řízení UMJ

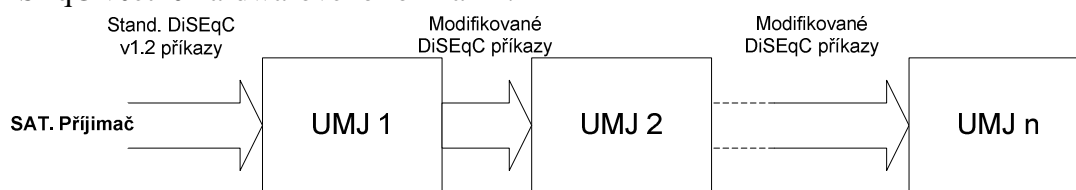
6.2.1 Komunikační protokol UMJ

Externí komunikace UMJ se satelitním přijímačem musí dodržovat standardní DiSEqC (Digital Satellite Equipment control) [9, 10, 12], tzn., musí probíhat prostřednictvím známých příkazů standardu DiSEqC nebo dodržením zpětné kompatibility analogových signálů 13/17V, 0/22kHz a Toneburst A/B (omezuje možnosti zapojení pouze dvou členů do horizontální větve). Řídicí obvod tak detekuje, že se nachází první v horizontální větvi. V případě, že vyhodnocený příkaz je určen pro něj, provede jej (např. přepnutí z vertikální na vodorovnou polarizaci) a vypne napájecí napětí pro ostatní horizontálně zapojené členy kaskády. V opačném případě toto napětí zapne a vyšle již modifikovaný DiSEqC [13] příkaz (není standardizován, standard byl upraven pro tuto aplikaci), viz obr. 44.

Možnosti řešení interní komunikace mezi jednotlivými členy kaskády skýtala již několik možností řešení, z nichž některá jsou:

- Použití zvláštní sběrnice pro komunikaci mezi jednotlivými členy kaskády, zvláštního protokolu, který se na těchto komunikačních sběrnících používá
- Modifikace stávajícího DiSEqC standardu pro komunikaci mezi jednotlivými členy kaskády
- Použití jiného protokolu než DiSEqC, který by byl také založen na amplitudovém klíčování

Rozhodl jsem pro druhou variantu a to z důvodu, že první možnost by vyžadovala přidání další horizontální linky, která by byla určena pouze pro řídicí sběrnici. Dále by toto zapojení neumožňovalo z důvodu úspory energie vypnout napájecí napětí pro následující členy. Tato možnost také klade vyšší nároky na použitý mikrokontrolér a je obvodově složitější. Třetí varianta by byla možná, ale vyžadovala by vytvoření nového komunikačního protokolu než DiSEqC včetně hardwarového rozhraní.



Obr. 44 Schéma komunikace

Příkazy standardu DiSEqC v 1.2 [9, 10, 12, 16, 18] jsou obvykle 3 až 4 bytové, viz obr. 44 (3 bytové se používají pouze pro jednoduchou změnu stavu multipřepínače, 4 bytové pak k přepnutí celé skupiny).



Obr. 44 Formát standardní DiSEqC zprávy (P – parita)

Nejčastější příkaz standardu DiSEqC v1.x je Ex 00 38 Fx, který se používá pro přepnutí multipřepínače do stavu, který je daný posledním půlbytem. Tento příkaz umožňuje ovládat

multipřepínač, který může přepínat pouze 4 quattro konvertory (tedy omezení použití jen maximálně 4 UMJ v horizontálním směru). Nejnižší půlbyte má význam následujících bitů: Option, Position, Polarizace a Pásmo. První dva vybírají mezi 4 konvertory a poslední dva pak volí pásmo a polarizaci na vybraném konvertoru. Ovládání pouze 4 konvertorů však již není v dnešní době dostatečné. Proto příkazu Ex 00 38 Fx musí předcházet další, který počet ovládaných jednotek rozšíří. K tomuto účelu se používají příkazy DiSEqC v 1.1 [9,10,12] pro Uncommitted port a DiSEqC v1.2 pro pozicionér, viz tab. 10.

Příkaz	Význam	Počet konverorů	Pozn.
Ex 00 38 Fx	Přepnutí angažovaného přepínače	4	vysílán i samostatně
Ex 00 39 Fx	Přepnutí neangažovaného přepínače	64	vysílá se před Ex 00 38 Fx
Ex 31 6B xx	Nastavení předvolené polohy pozicionéru	64 (teor. 256)	vysílá se před Ex 00 38 Fx

Tab. 10 Přehled nejdůležitějších příkazů DiSEqC

Poslední půlbyte nebo byte zahrnuje číslo zvoleného konvertoru. Z tab. 10 je zřejmé, že by teoreticky pomocí standardu DiSEqC v1.2 bylo možné ovládat 64 nebo až 256 UMJ v horizontální linii, ale to však není technicky realizovatelné z hlediska vysokofrekvenčního návrhu UMJ.

Vzájemná komunikace mezi UMJ je realizovaná modifikovanými příkazy DiSEqC [13,18]. Tyto zprávy jsou všechny 4 bytové a mají formát E0 00 xx xx. Třetí byte představuje adresu předchozího členu, tedy 6 nejnižších bitů, 2 nejvyšší jsou vždy v log.1 (rozsah příkazů v rozmezí 0xC0 – 0xFF). Poslední byte pak určuje přepnutí jak v rámci jednoho konvertoru (dva nižší bity – pásmo a polarizace), tak mezi UMJ. Vyhodnocení přijatého povelu od předchozího členu je pak naprosto jednoduché. Pokud se 6 nejnižších bitů ze 3. bytu rovná 6 nejvyšším bitům ze 4. bytu, pak je příkaz určený pro tuto jednotku a ta se přepne na vstup, který je určený nejnižšími 2 bity 4. bytu a odpojí se následující členy kaskády. V opačném případě se zvýší o 1 adresový byte a vyšle se takto modifikovaná zpráva následujícímu členu. První člen kaskády si nastaví svou adresu na 0x00, protože přijme standardní DiSEqC zprávu nebo analogový příkaz. Příklad komunikace ukazuje tab. 11. Příkazy z přijímače jsou generovány sekvenčně (takto jsou obvykle generované satelitním přijímačem, např. příkazy 39 a 6B musí být vždy následovány příkazem 38), viz poznámky pod tab. 11.

6.2.2 Řídící obvod (standardu DiSEqC v 1.2)

Jako řídicí obvod byl zvolen nejprve zvolen mikroprocesor Atmel ATtiny 28. Jedná se o 8bitový RISC mikrokontrolér řady Atmel AVR, který představuje dobrý poměr ceny vůči vybavení periferiemi. Řídící program byl napsán v AVR assembleru, aby byla zajištěna jeho vysoká efektivita, neboť byl použitý interní RC oscilátor 1 MHz. Poté byly navrženy testovací desky, kde byl ověřen tento komunikační protokol DiSEqC v 1.2, který je specifikován v tab. 10. Celkem bylo zapojeno 10 těchto testovacích desek s úspěšným výsledkem. Komunikace více jednotek nemohla být ověřena, neboť nebylo k dispozici vyšší množství plošných spojů testovacích desek. Nyní pracuji na úpravě protokolu DiSEqC 1.2 na DiSEqC 2.2, který vytváří podobně jako v [16,18] konfigurovatelnou satelitní distribuci, která se při instalaci bude chovat jako pozicionér²². Tím bude možno pro každého účastníka nakonfigurovat adresu jednotlivých UMJ jednotek a tím získat libovolné uspořádání jednotlivých satelitů v paměti

²² Tento způsob řízení vychází z patentově chráněného řešení, viz. [15] a [17]

satelitního přijímače. Celý rozvod signálů umožňuje vyhledávat jednotlivé satelity, aniž by účastník věděl na kterou UMJ jednotku je ten či onen konvertor připojený, jednoduše si ho vyhledá rotací vpravo (postupné přepínání UMJ směrem vpravo) nebo vlevo (postupné přepínání UMJ směrem vpravo). Nalezení hledaného satelitu je účastníkovi zobrazeno na TV obrazovce a on odpovídajícím příkazem pro pozicionér uloženém v paměti změní adresu v jednotce UMJ, která ji následně uchová do EEPROM paměti. Tímto způsobem je umožněná snadná instalace distribuce s více konvertory se stávajícími satelitními přijímači, jenž jsou vybaveny DiSEqC v 1.2 (v 2.2 je samozřejmě zpětně kompatibilní) [9, 10, 12, 13]. Z tohoto důvodu bylo nutné zvolit jiný mikrokontrolér, který je vybaven EEPROM pamětí (ATtiny 28 jí nedisponuje). Byl zvolen mikrokontrolér stejné architektury AVR Atmel ATtiny2313, na který je nyní nový protokol vytvořen.

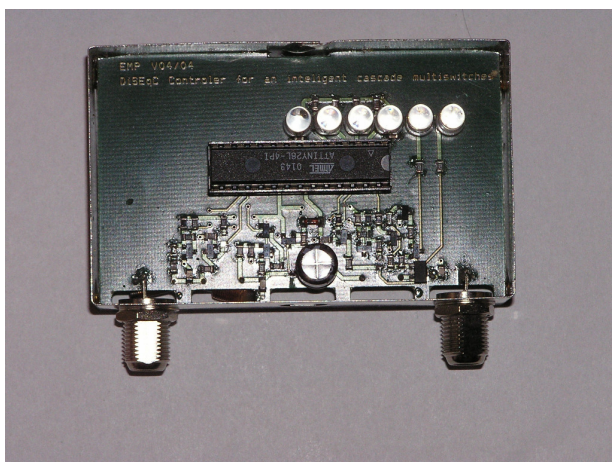
Přijímač	1.UMJ	2.UMJ	3.UMJ	4.UMJ	5.UMJ	6.UMJ
E0 00 38 F1	přepne 2. vst.	off	off	off	off	off
E0 00 38 FA	E0 00 C0 0A	E0 00 C1 0A	E0 00 C2 0A	přepne 3. vst.*	off	off
E0 00 39 F1	přepne 3. vst.*	off	off	off	off	off
E0 00 38 F7**	přepne 4. vst.	off	off	off	off	off
E0 00 39 F4	E0 00 C0 13*	E0 00 C1 13*	E0 00 C2 13*	E0 00 C3 13*	E0 00 C4 13*	přepne 4. vst.*
E0 00 38 F1**	E0 00 C0 11	E0 00 C1 11	E0 00 C2 11	E0 00 C3 11	E0 00 C4 11	přepne 1. vst.
E0 31 6B 02	E0 00 C0 08*	přepne 1. vst.*	off	off	off	off
E0 00 38 F5**	E0 00 C1 09	přepne 2. vst.	off	off	off	off

* pásmo a polarizace (2 nejnižší bity) jsou nastaveny z předchozího příkazu 38, t jehož upřesňující podoba musí následovat

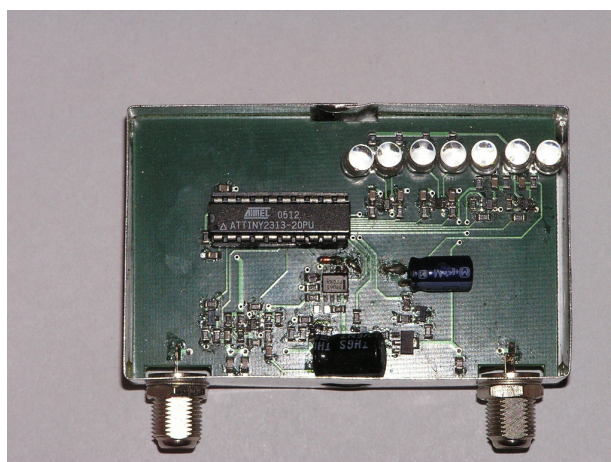
** Option a Position (4 a 3 bit) nesmí být v rozporu s 2 a 1 bitem předchozí zprávy 38 nebo 6B

Tab. 11. Příklady komunikace mezi jednotlivými členy UMJ

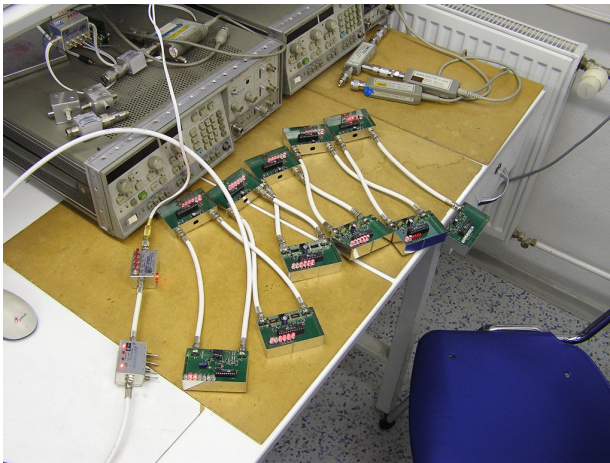
Pro účely vývoje a ověřování funkce komunikačního protokolu pro vzájemnou komunikaci UMJ byly realizovány testovací moduly, viz obr. 45 (stará verze s mikrokontrolérem Atmel ATtiny28) a obr. 46 (nová verze). Každý testovací modul představuje řídicí obvod každého výstupu UMJ a DiSEqC komunikační obvody horizontální linie. Na obr. 47 a obr. 48 je možno vidět, jakým způsobem byla sběrnice testovaná. K účelu verifikace a testu DiSEqC komponentů byl použit i tester sběrnice DiSEqC Test tool od firmy Philips, viz obr. 49 a obr. 50.



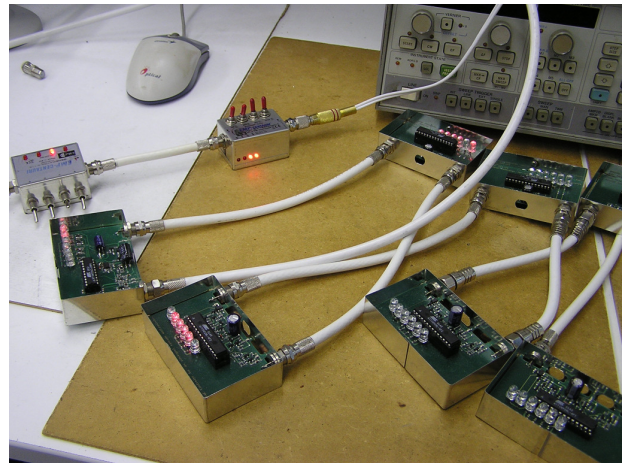
Obr. 45 Stará verze UMJ DiSEqC testovacího modulu



Obr. 46 Nová verze UMJ DiSEqC testovacího modulu



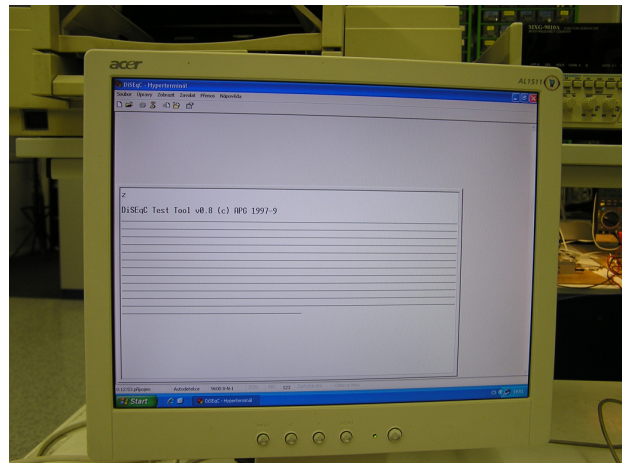
Obr. 47 Testování řídicích obvodů UMJ



Obr. 48 Detail testování řídicích obvodů



Obr. 49 DiSEqC Test tool



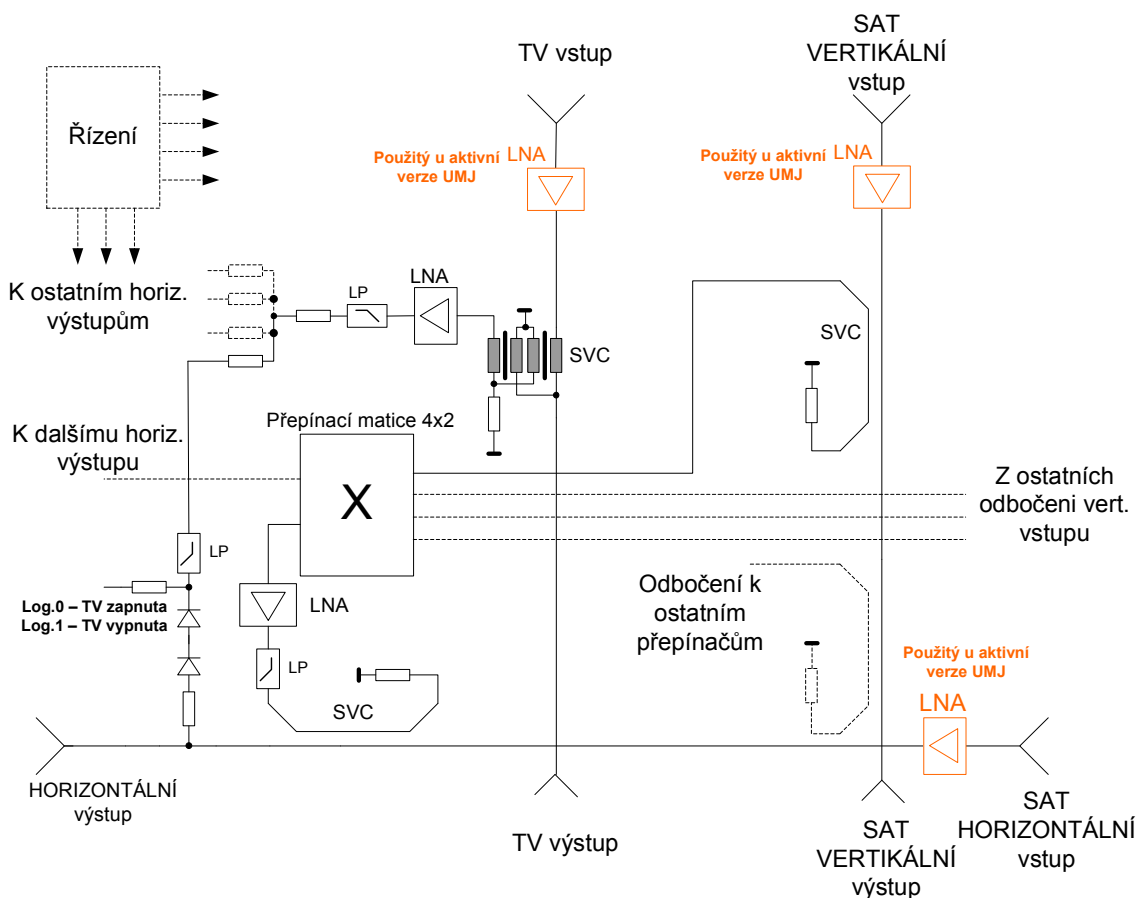
Obr. 50 Ovládací obrazovka DiSEqC Test toolu

7 Experimentální rozvod signálů satelitní a terestriální televize na bázi UMJ

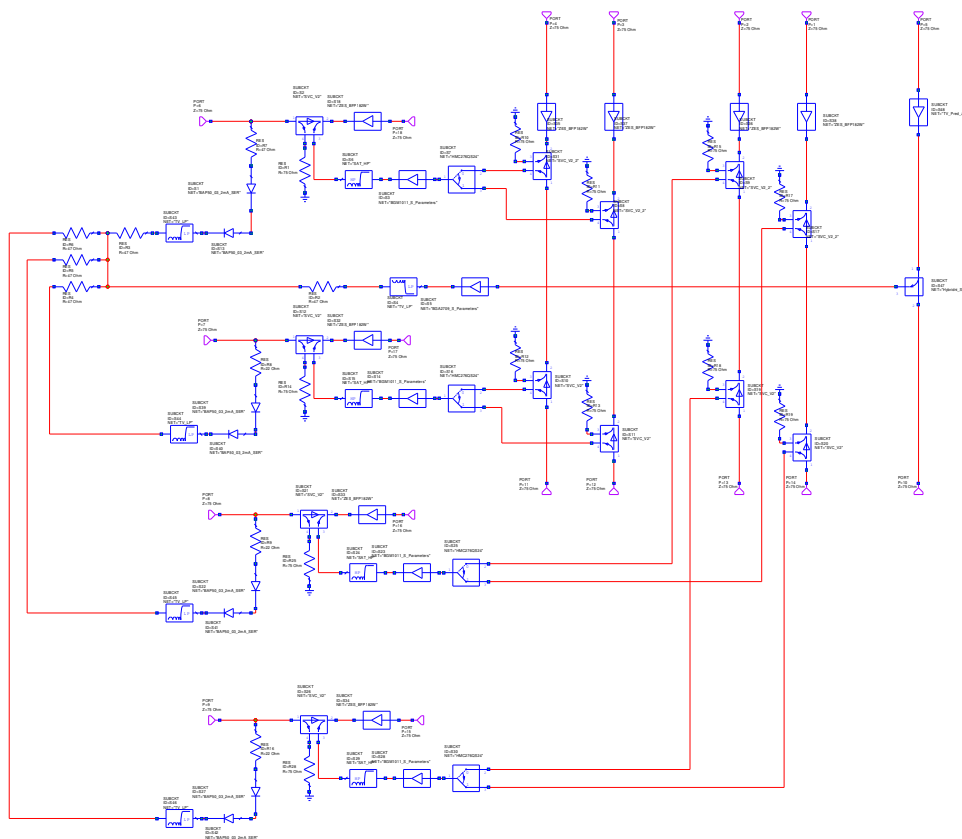
Tato kapitola se zabývá v úvodu simulacemi hypotetické maticové distribuce o velikosti 4x4 na bázi UMJ z hlediska úrovnových diagramů (zisku), šumových a nelineárních intermodulačních produktů. Bude se uvažovat o osazení této modelové distribuce UMJ stejného typu (aktivní nebo pasivní) a pak samozřejmě i smíšená distribuce. Další kapitoly se budou zabývat realizací elementární UMJ a měřením na realizovaném experimentálním maticovém rozvodu signálů satelitní a terestriální televize na bázi UMJ.

7.1 Analýza úrovní (zisků)

Pro účely úrovnové analýzy UMJ bylo nejprve zapotřebí realizovat simulaci kompletní aktivní a pasivní UMJ včetně vnitřního přepínače. K tomuto účelu byly použity simulované a naměřené linie, jak byly popsány v předešlých kapitolách. Zjednodušené blokové schéma (zobrazující jen jediný spínací uzel) jednotlivých aktivních a pasivních UMJ je zobrazeno na obr. 51. Pro simulaci byl pouze zjednodušen model interního přepínače, který byl pouze dvoupolohový (dvouvstupový). Příklad simulovaného schématu z AWR MWO je zobrazen na obr. 52.



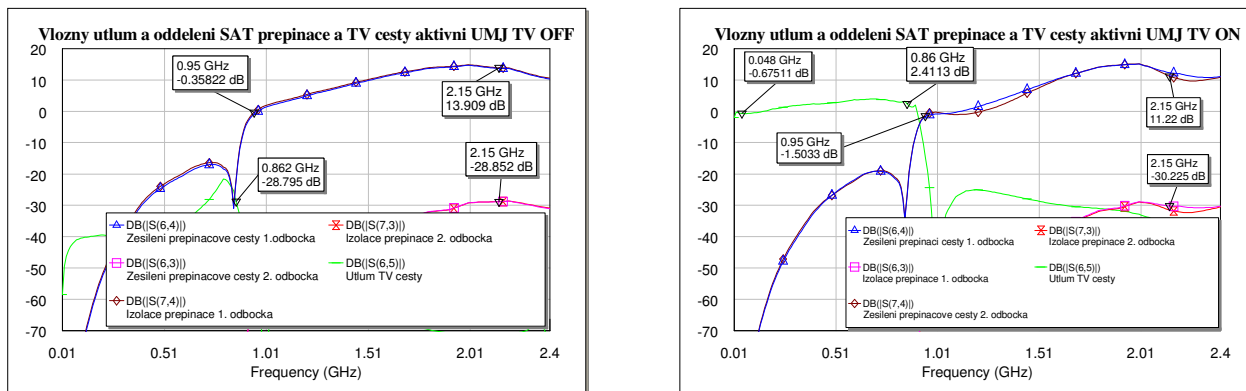
Obr. 51 Zjednodušené schéma jedné aktivní a pasivní (neobsahuje červeně označené komponenty) UMJ



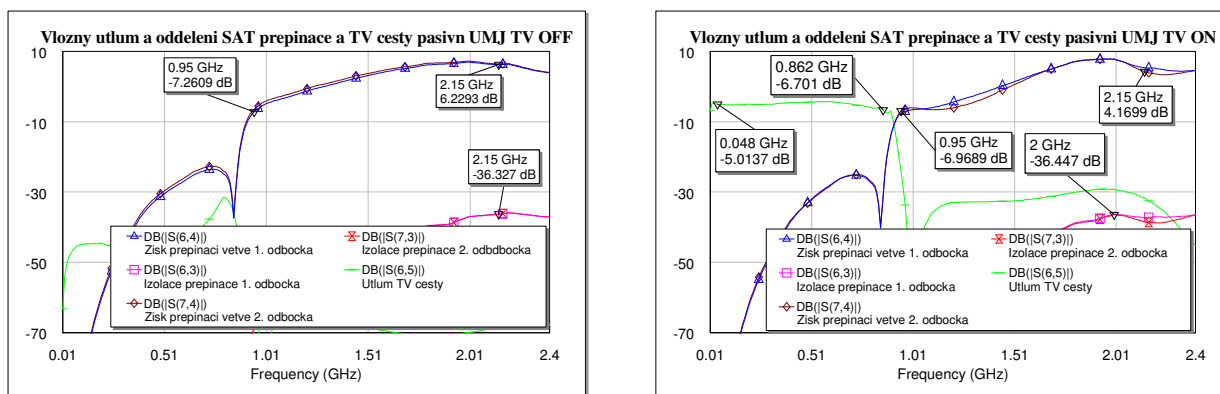
Obr. 52 Příklad simulace aktivní UMJ v AWR MWO. Pasivní UMJ neobsahuje vstupní předzesilovače linií.

7.1.1 Výsledky simulace kompletních UMJ

Simulace kompletních UMJ byla provedena zvlášť jak na verzích se zapnutou tak i vypnutou terestriální televizí v horizontální linii. Na obr. 53 až obr. 54 jsou zobrazeny rozptylové parametry, charakterizující vnitřní přepínač a rozbočení terestriální televize. Vlastnosti linií byly prezentovány v předchozích kapitolách.



Obr. 53 Charakteristické vlastnosti přepínače aktivní UMJ s vypnutou (vlevo) a zapnutou terestriální televizí



Obr. 54 Charakteristické vlastnosti přepínače s pasivní UMJ s vypnutou (vlevo) a zapnutou terestriální televizí

Ze simulovaných rozptylových parametrů je zřejmé, že přepínací větve UMJ vykazují zisk s poměrně vysokým pozitivním náklonem (průměrně 15 dB) u satelitních vstupů. Také vstup terestriální televize vykazuje pozitivní náklon pouze aktivní varianta UMJ (cca 3 dB). Shrnutí základních parametrů satelitní přepínací větve a rozbočení terestriální televize je shrnuto v tab. 12. Nejsou zde uvedené parametry linií (byly již detailně popsány v předešlých kapitolách) a oddělení přepínače, protože simulovaná hodnota je velmi vysoká (vyšší než 40 dB) a charakterizuje zde pouze vlastnosti přepínací matice. V reálném zapojení UMJ je tento parametr velmi závislý na konkrétním rozmístění a provedení vysokofrekvenčních a mikrovlnných obvodů a třeba i na vlastnostech a blokování napájecích obvodů. To samé platí i o přeslechách mezi jednotlivými liniemi.

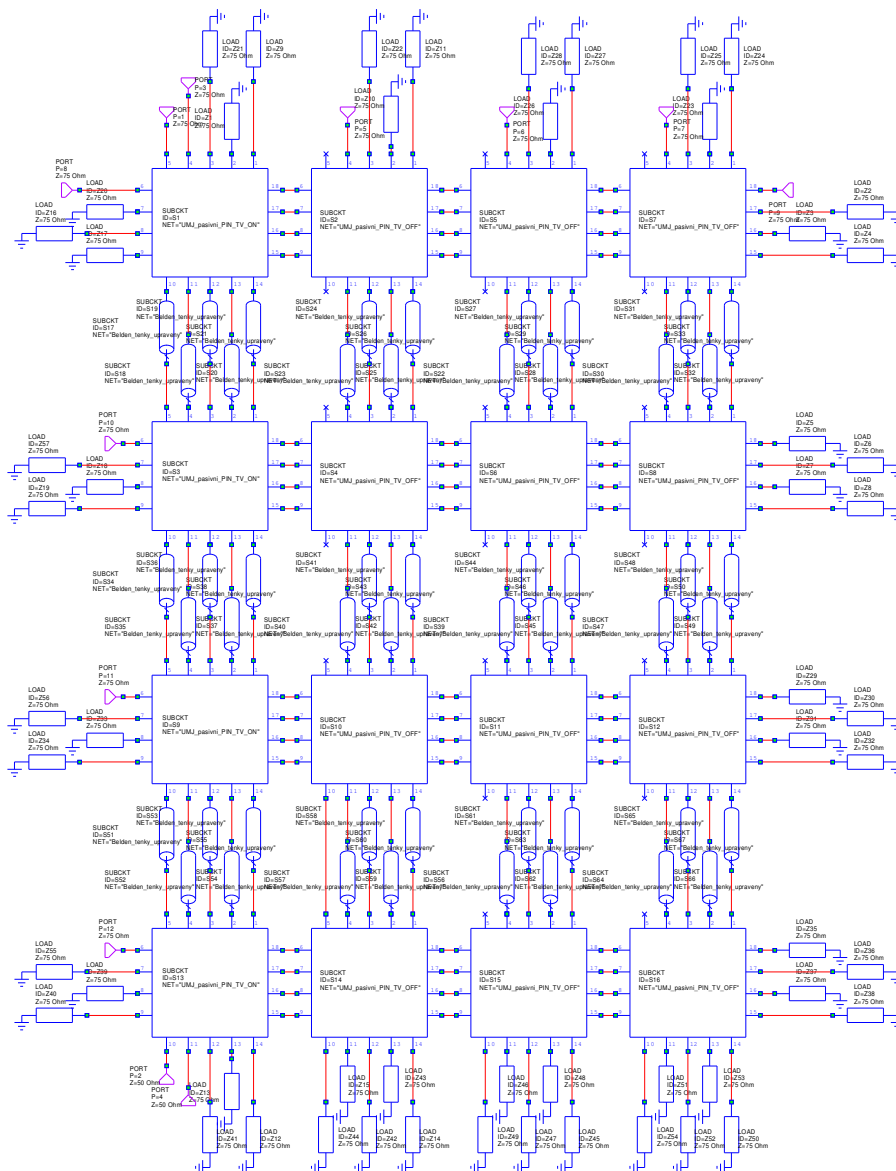
Provedení vertikální linie	pasivní TV on	pasivní TV off	aktivní TV on	aktivní TV off
Frekvenční rozsah SAT vstupů [MHz]	950 - 2150	950 - 2150	950 - 2150	950 - 2150
Frekvenční rozsah TV vstupu [MHz]	48 - 862	48 - 862	48 - 862	48 - 862
Maximální zisk SAT [dB]	7	8	14	15
Minimální zisk SAT [dB]	-7	-7	-2	0
Náklon zisku [dB]	14	15	16	15
Maximální zisk TV [dB]	-6	-38	2,5	-28
Minimální zisk TV [dB]	-7	nemá smysl	-0,5	nemá smysl
Náklon zisku [dB]	-1	nemá smysl	3	nemá smysl

Tab. 12 shrnutí vlastností přepínače aktivních a pasivních UMJ

7.1.2 Simulace zisků maticových distribucí o velikosti 4x4

Ze simulovaných a ověřených aktivních a pasivních UMJ byly v AWR MWO sestaveny modelové distribuce signálů satelitní první mezifrekvence a terestriální televize, za podmínek, které se nejvíce budou blížit finální praktické realizaci. Mezi jednotlivými řadami byly zařazeny 10 m dlouhé úseky koaxiálního kabelu Belden H125 (33,3 dB/100m útlum, 18 dB minimální útlum odrazu), které představují např. kaskádní spojení mezi jednotlivými patry budovy, kde by mohl být tento typ distribuce realizován. V horizontálním směru se nevažuje s propojením kabely, jednotlivé UMJ budou k sobě spojeny co nejkratším možným způsobem (pouze spojkami), aby montáž byla co nejsnazší a eliminovala se nadbytečná kabeláž. Bylo analyzováno, s jakým ziskem (popř. vložným útlumem) procházejí signály z jednotlivých

konvertorů (v horizontálním směru v řadách) k jednotlivým účastníkům (příjimačů), které jsou zapojeny ve vertikálním směru. Příklad simulované distribuce na bázi UMJ je zobrazen na obr. 55. Toto schéma je pro všechny varianty podobné, jen se liší typy UMJ.

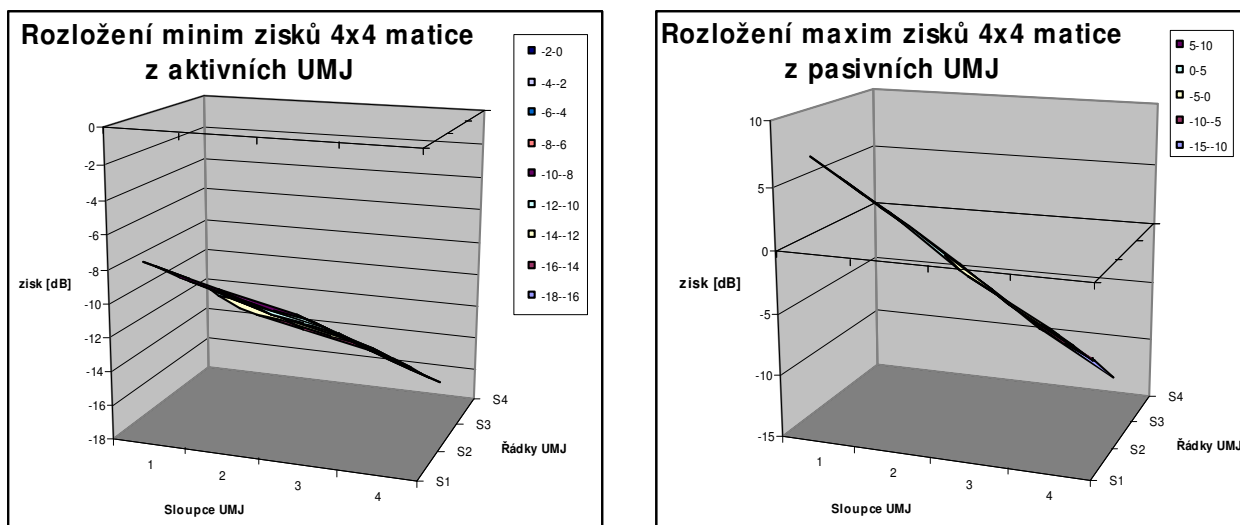


Obr. 55 Schéma pro simulaci distribuce signálů satelitní a terestriální televize na bázi UMJ o velikosti 4x4

- Maticová distribuce s pasivními UMJ

Tato distribuce je charakteristická tím, že v žádné linii se nenachází zesilovač, takže signál průchodem těmito liniemi je tlumen a to ještě s negativním náklonem v závislosti na frekvenci. Přepínač UMJ obsahuje zesilovač a použité SVC mají poměrně vysoký náklon, ale jak je vidět na obr. 56 (pro maxima a minima zisku). V tab. 13 Jsou shrnuté hodnoty zisků (vložných útlumů) pro jednotlivé přepínací kombinace, z nichž je zřejmé, že vložený útlum má se vzdáleností od první UMJ v řadě a v sloupci velmi rychle monotónně roste. Maximální rozdíl ve výstupních úrovních je větší než 21 dB na frekvenci maximálního zisku a téměř

10 dB pro frekvenci s minimální ziskem. To všechno platí za předpokladu, že všechny konvertory by dodávaly stejnou výkonovou úroveň.

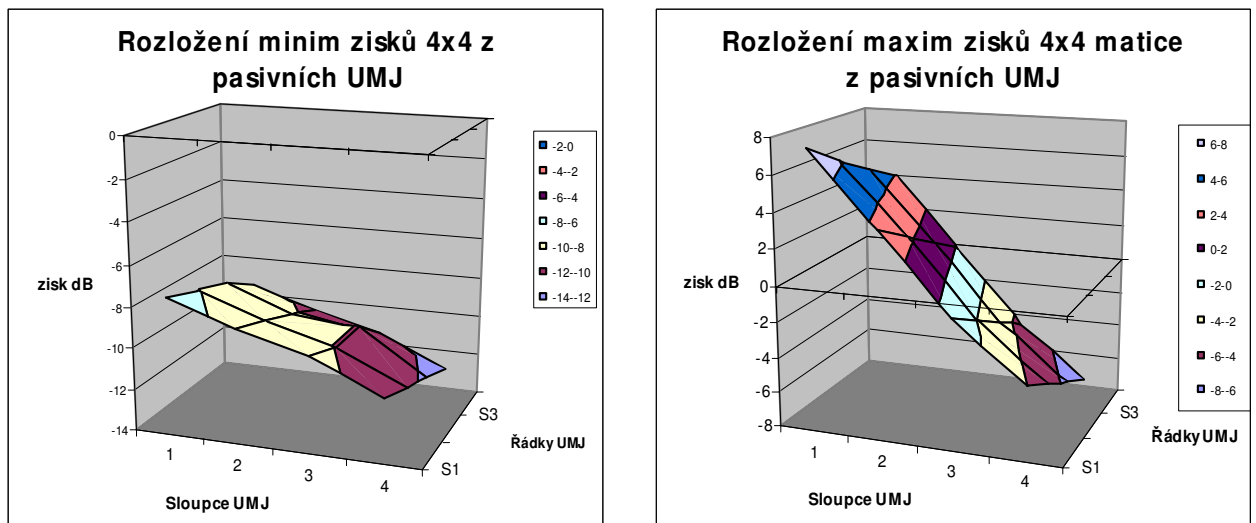


Obr. 56 Rozložení minim a maxim zisků pasivních UMJ v distribuci o velikosti 4x4

Maximální zisk f=1920 MHz				
sloupec/řádek	1	2	3	4
1	7,6	3,8	-0,422	-3,82
2	4,39	0,542	-3,68	-7,074
3	1,10	-2,60	-6,82	-10,21
4	-1,92	-5,98	-10,2	-13,59
Maximální rozdíl úrovní			-21,189 dB	
Minimální zisk f=950MHz				
sloupec/řádek	1	2	3	4
1	-7,29	-8,48	-9,39	-10,97
2	-9,32	-10,54	-11,45	-13
3	-11,3	-12,62	-13,53	-15,1
4	-13,7	-14,7	-15,62	-17,2
Maximální rozdíl úrovní			-9,897 dB	

Tab. 13 Simulované zisky jednotlivých spínaných cest

Výstupní výkonové úrovně konvertorů se standardně pohybují v rozsahu 75 – 85 dB μ V, což by znamenalo, že na posledním 4. členu v řadě a 4. v sloupci poklesne celková úroveň pod 60 dB μ V, což může znamenat, že slabší transpodéry nemusejí fungovat. Použití této distribuce je možné v případě, že se eliminují délky koaxiálních kabelů mezi jednotlivými patry, popř. po jejich odstranění se z kaskádní distribuce stane hvězdicová. Úrovnňové diagramy jsou uvedené v tab. 14 a graficky vyjádřené na obr. 57. V tomto případě fluktuace vložných útlumů se snížila o více než 6 dB pro maxima a o 4 dB pro minima, což už je více vyhovující rozdíl úrovní.



Obr. 57 Rozložení minim a maxim zisků pasivních UMJ v maticové distribuci bez propojovacích koaxiálních kabelů o velikosti 4x4

Maximální zisk $f=1920$ MHz

sloupec/řádek	1	2	3	4
1	7,52	3,51	-0,77	-3,92
2	6,17	2,28	-2,05	-5,17
3	5,05	1,04	-3,29	-6,4
4	3,95	-0,2	-4,53	-7,62

Maximální rozdíl úrovní -15,14 dB

Minimální zisk $f=950$ MHz

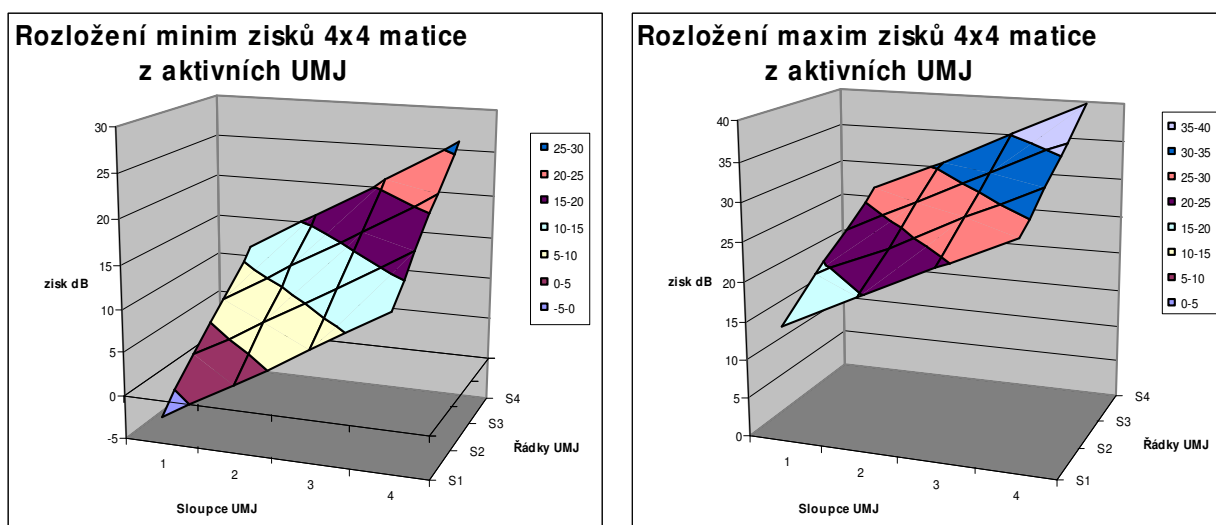
sloupec/řádek	1	2	3	4
1	-7,33	-8,46	-9,38	-10,9
2	-7,96	-9,13	-10,05	-11,62
3	-8,46	-9,79	-10,07	-12,28
4	-9,51	-10,51	-11,42	-13

Maximální rozdíl úrovní -5,67 dB

Tab. 14 Simulované zisky jednotlivých spínaných cest

- Maticová distribuce s aktivními UMJ

Tato distribuce je charakteristická tím, že naopak obsahuje v každé linii zesilovač, takže signál průchodem těmito liniemi je naopak zesílen a to ještě s negativním náklonem v závislosti na frekvenci. Ten je ještě navýšen pozitivním náklonem interního zesilovače v přepínači, takže tento typ distribuce lze těžko provozovat bez koaxiálních kabelů mezi jednotlivými řadami, určující patra v kaskádním rozvodu signálů satelitní a terestriální televize. V tab. 15 Jsou shrnuté hodnoty zisků (vložných útlumů) pro jednotlivé přepínací kombinace, z nichž je zřejmé, že zisk má se vzdáleností od první UMJ v řadě a v sloupci velmi rychle monotónně roste. Maximální rozdíl ve výstupních úrovních je téměř 28 dB na frekvenci maximálního zisku a téměř 25 dB pro frekvenci s minimální ziskem, což je značný rozdíl, viz i obr. 58. Zisk na 4. UMJ v řadě a 4. UMJ v sloupci téměř 40 dB je velmi vysoká hodnota. Proto je zřejmé, že maticová distribuce na bázi jen aktivních UMJ je z hlediska úrovnových diagramů prakticky nepoužitelná.



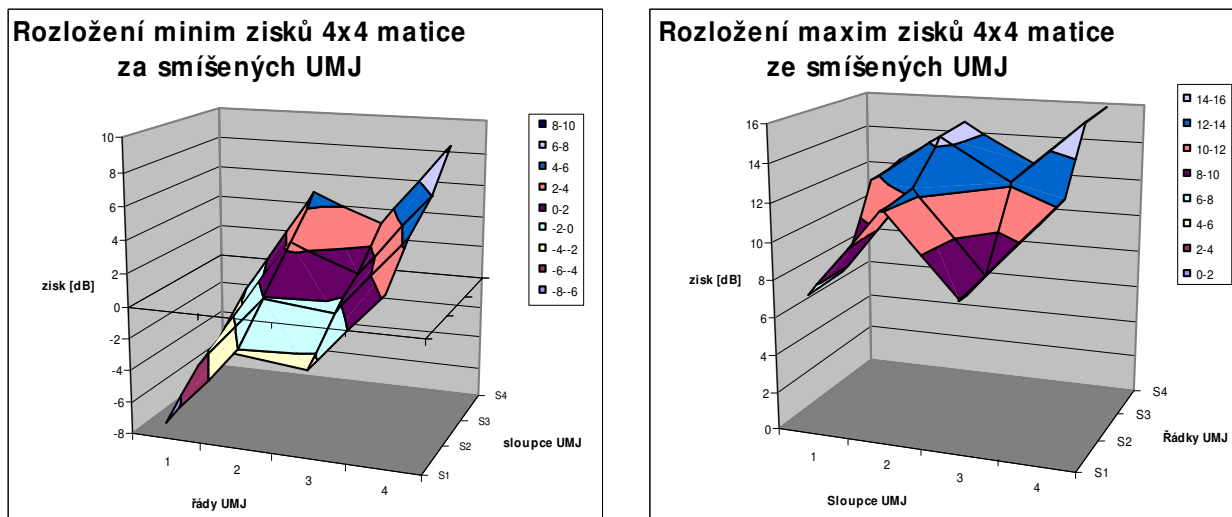
Obr. 58 Rozložení minim a maxim zisků aktivních UMJ v maticové distribuci o velikosti 4x4

Maximální zisk f=1920 MHz				
sloupec/řádek	1	2	3	4
1	15,07	19,63	24,2	28,56
2	19,14	23,37	27,95	32,31
3	22,57	27,12	31,7	36,06
4	26,35	30,67	35,24	39,61
Maximální rozdíl úrovní				24,54 dB
Minimální zisk f=950MHz				
sloupec/řádek	1	2	3	4
1	-1,907	2,85	7,68	12,79
2	2,53	7,28	12,1	17,22
3	6,92	11,65	16,47	21,59
4	11,23	16,09	20,92	26,03
Maximální rozdíl úrovní				27,937 dB

Tab. 15 Simulované zisky jednotlivých spínaných cest

- Maticová distribuce smíšená (s pasivními a aktivními UMJ v jediné distribuci)

Z výše uvedených důvodů je zřejmé, že nejlépe z hlediska úrovnových rozdílů vyhoví smíšená distribuce z aktivních a pasivních UMJ v jediné distribuci. Pro první seznámení byla zvoleno šachovnicové uspořádání aktivních a pasivních UMJ, kde první prvek v 1. řadě je pasivní UMJ. V tab. 16 jsou shrnuty hodnoty zisků (vložných útlumů) pro jednotlivé přepínací kombinace, z nichž je zřejmé, že úrovnové diagramy jsou již podstatně vyrovnanější a nevykazují monotónní průběh. Fluktuace zisku ve výstupních úrovních je téměř 15 dB na frekvenci minimálního zisku a kolem 8 dB pro frekvenci s maximálním ziskem, což je velmi dobrá hodnota, viz také obr. 59. A těch vhodných kombinací řazení aktivních a pasivních UMJ by se jistě našlo mnohem více. Tedy z hlediska vyrovnanosti úrovní signálů vychází smíšená distribuce na bázi UMJ nejlépe z výše uvažovaných.



Obr. 59 Rozložení minim a maxim zisků smíšené maticové distribuce o velikosti 4x4

Maximální zisk $f=1920$ MHz

sloupec/řádek	1	2	3	4
1	7,48	12,08	7,941	12,07
2	7,64	12,4	8,176	12,4
3	11,72	14,38	12,23	15,62
4	12,22	14,55	12,56	15,8

Maximální rozdíl úrovní 8,32 dB

Minimální zisk $f=950$ MHz

sloupec/řádek	1	2	3	4
1	-6,99	-2,16	-2,566	2,306
2	-4,93	-0,02	-0,4823	4,448
3	-3,64	2,43	0,8101	5,941
4	-1,64	4,77	2,98	8,279

Maximální rozdíl úrovní 15,269 dB

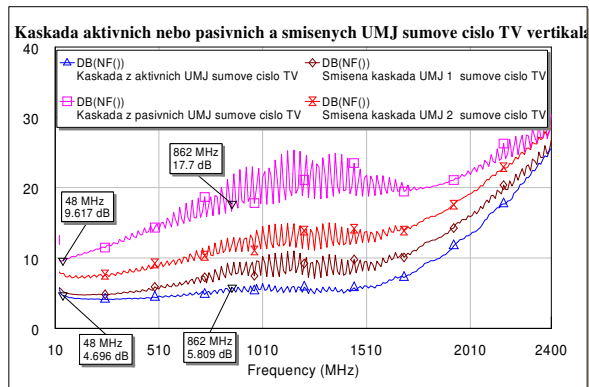
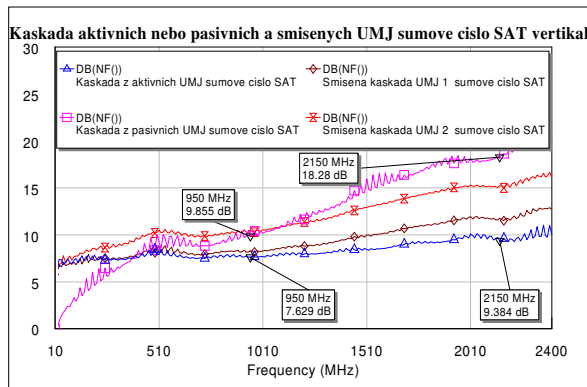
Tab. 16 Simulované zisky jednotlivých spínaných cest

7.1.3 Analýza šumového čísla distribucí na bázi UMJ

V této kapitole budou analyzovány kaskádně spojené vertikální a horizontální linie. Bohužel z důvodu nedostupnosti šumových parametrů a měřicí techniky pro přesné měření šumového čísla nebylo možné provést tuto analýzu pro vnitřní přepínač. Přesto lze předpokládat, že linie budou mít dominantní vliv na celkové šumové číslo, způsobené jejich vložitelným útlumem. Zvláště tento vliv se bude více projevovat v posledních členech kaskády v obou směrech.

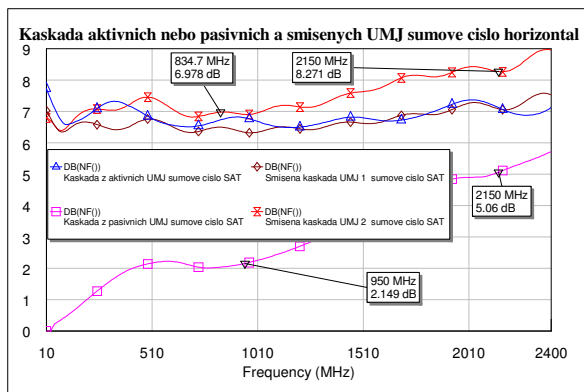
Pro uvažovaný rozvod signálů satelitní a terestriální televize na bázi UMJ o velikosti 4x4 byly na šumové číslo analyzovány modelové vertikální a horizontální linie, zapojené v kaskádě. V prvním případě složené pouze z pasivních, potom z aktivních a v neposlední řadě složené ze smíšených linií. Výsledné parametry jsou zobrazeny na obr. 60 pro vertikální satelitní linie, na obr. 61 pro vertikální linie terestriální televize a na obr. 62 pro horizontální linie. V případě vertikálních linií byla analýza provedena i se zahrnutým 10 m dlouhým Belden H125 koaxiálním kabelem. Byly analyzovány dvě varianty smíšených linií. Varianta 1

začíná (směrem od satelitního přijímače) UMJ s pasivními a u varianty 2 naopak aktivními liniemi. V tab. 17 jsou shrnuty nejhůrší případy pro jednotlivá provedení linií.



Obr. 60 Šumová čísla SAT. vertikálních linií

Obr. 61 Šumová čísla TV. vertikálních linií



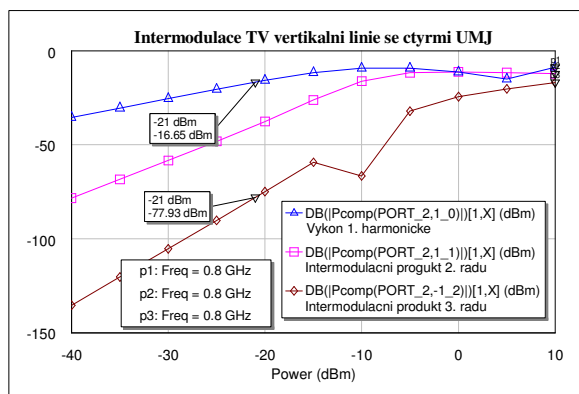
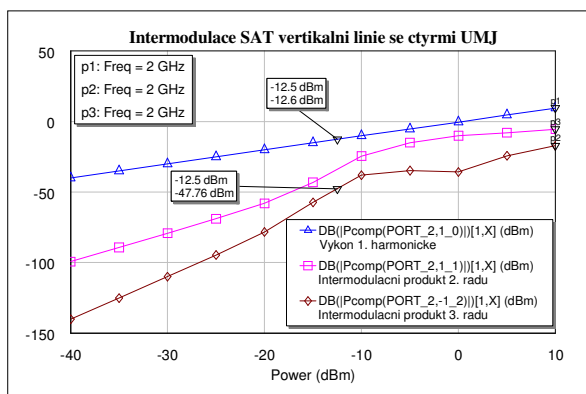
Obr. 61 Šumová čísla horizontálních linií

Provedení linií	F_{max} [dB]	$f(F_{max})$ [MHz]
V satelitní linii pasivní	18,3	2150
V satelitní linii aktivní	9,3	2150
V satelitní linii smíšená var.1	11,6	2150
V satelitní linii smíšená var.2	15,12	2150
V terestriální linii pasivní	19	862
V terestriální linii aktivní	5,8	862
V terestriální linii smíšená var.1	8,5	862
V terestriální linii smíšená var.2	12	862
H linii pasivní	5,1	2150
H linii aktivní	7,3	2020
H linii smíšená var.1	7,2	2020
H linii smíšená var.2	8,2	2150

Tab. 17 Shrnutí maximálních šumových čísel jednotlivých druhů linií

7.1.4 Analýza nelineárních intermodulačních produktů

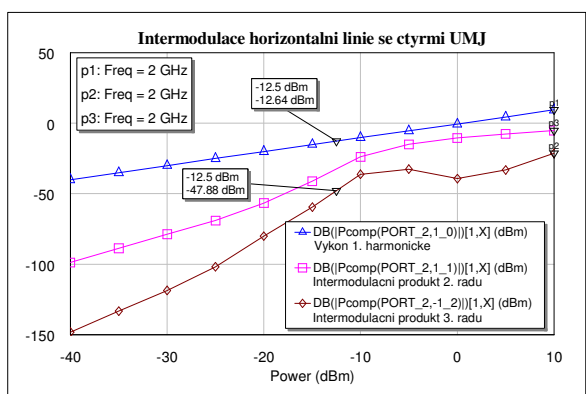
Celková vybuditelnost distribuce na bázi UMJ je závislá na vybuditelnosti kaskádně spojených aktivních linií. Podobně jako u analýzy šumového čísla, byly simulovány linky, složené pouze z aktivních UMJ. U pasivních tento parametr nemá smysl a u smíšených vlivem útlumu pasivních linií bude vybuditelnost lepší. Na obr. 62 až obr. 64 se nachází převodní charakteristiky pro 1. harmonickou a intermodulační produkty druhého a třetího řádu jednotlivých linií. Pro vertikální satelitní vychází vstupní vybuditelnost (při odstupu intermodulačních produktů 3. řádu 35 dB na frekvencích pro $f_1 = 2$ GHz a $f_2 = 2,01$ GHz) 96 dB μ V při útlumu celé linky 0,1 dB, pro horizontální linky pak za stejných podmínek 93,5 dB μ V při zisku 4,5 dB. Pro terestriální vertikální linky pak vstupní vybuditelnost (při odstupu intermodulačních produktů 3. řádu 60 dB na frekvencích pro $f_1 = 0,8$ GHz a $f_2 = 0,81$ GHz)



85 dB μ V při zisku 5 dB. Na závěr je nutné ještě připomenout, že vertikální linky byly simulovány s 10 m dlouhým úsekem koaxiálního kabelu Belden H125 mezi jednotlivými UMJ.

Obr. 62 Odstupy intermodulačních produktů 2 a 3. řádu pro $f_1 = 2$ GHz a $f_2 = 2,01$ GHz

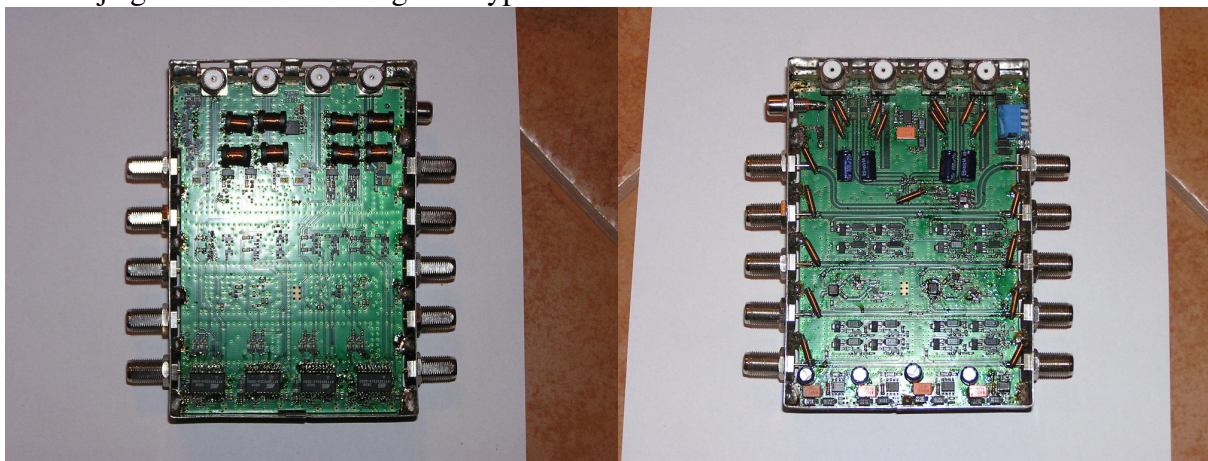
Obr. 63 Odstupy intermodulačních produktů 2. a 3. řádu pro $f_1 = 0.8$ GHz a $f_2 = 0,81$ GHz



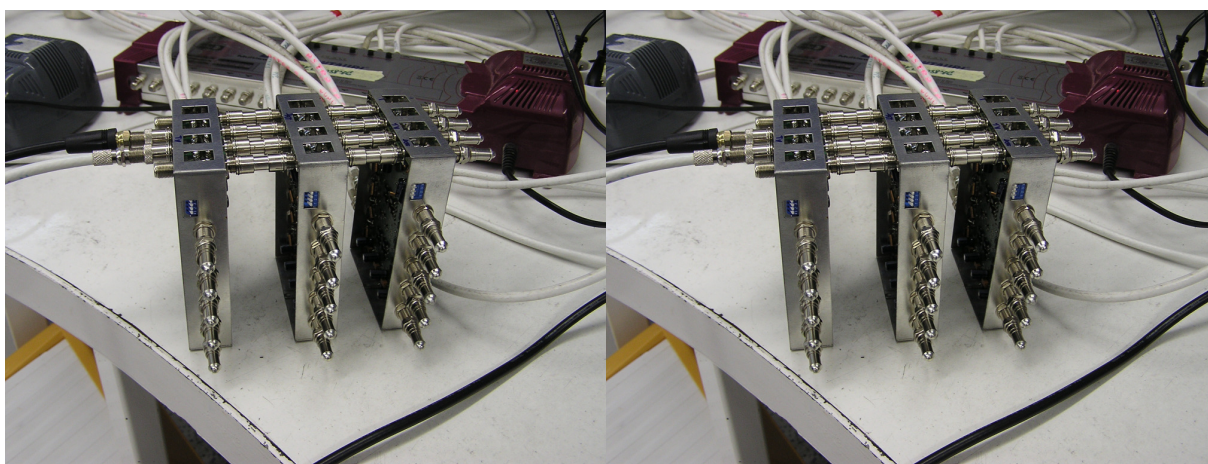
Obr. 64 Odstupy intermodulačních produktů 2 a 3. řádu pro $f_1 = 2$ GHz a $f_2 = 2,01$ GHz

8 Praktická realizace experimentální UMJ

Pro účely měření a testů byla prakticky realizovaná pasivní elementární UMJ, jejíž fotografie jsou zobrazeny na obr. 65, pro ověření funkce maticového rozvodu signálů satelitní a terestriální televize. Celé zapojení bylo nakresleno v návrhovém systému plošných spojů Cadence OrCAD 10.0 na šestivrstvý plošný spoj (4 vrstvy spojů a 2 vrstvy zemnicí) z materiálu FR4. Celkové rozměry 130x90x4 mm, kde bylo umístěno kolem 800 součástek (5 mikrokontrolérů, 5 DC-DC měničů, 5 RF zesilovačů atd.). Jde už o třetí prototypovou verzi. Blokové schéma této elementární UMJ je vidět na obr. 51 v předchozích kapitolách. V horizontální rovině se nacházejí konektory vertikál, v kolmé rovině pak horizontál. Pro rozšíření počtu konvertorů se jednotky na sebe nasouvají (přes F konektorové spojky), viz obr. 66, pro rozšíření počtu účastníků se propojují koaxiálními kabely. Pomocí modrého DIP přepínače lze pro jednotlivé vertikální vstupy aktivovat generování signálu 22 kHz, aby byla zajištěna kompatibilita s Quad konvertory (pokud jsou zapojeny Quad konvertory, je potřeba generovat 22 kHz pro vertikální vstupy UMJ, které odpovídají hornímu pásmu a 13/17V pro odpovídající polarizaci). Napětíové úrovně jsou vždy zajištěny od satelitního přijímače, ale 22 kHz signály jsou uvnitř UMJ z pochopitelných důvodů filtrovány. Tyto signály může vždy generovat jen první řada UMJ, která je bezprostředně připojena ke konvertorům. V ostatních řadách je generování tohoto signálu vypnuté.



Obr. 65 Elementární pasivní UMJ strana spojů a součástek



Obr. 66 UMJ v zapojení pro přepínání tří konvertorů

Celá UMJ je optimalizovaná pro minimalizaci příkonu, aby bylo možné pro co největší distribuci (až 4 UMJ v řadě) provozovat pouze napájenou ze satelitního přijímače. Maximální snížení příkonu je taktéž dosaženo tím, že pokud není nějaká jednotka UMJ vybraná, tak mimo konvertoru jsou vypínány také interní satelitní zesilovače. Pokud se nějaká UMJ nenachází první v řadě, tak je i vypnut zesilovač terestriální televize. Trochu zde nastává problém s provozem terestriální televize v případě, že není právě připojený žádný satelitní přijímač a není aplikován žádný externí zdroj pro napájení linií, jak je zobrazeno na obr. 13. V tom případě každá UMJ obsahuje cinch konektor pro připojení malého externího napájecího adaptéru 12V, který lze aplikovat ke kterékoliv UMJ, zapojené v prvním sloupci a tím zajistit napájení terestriálních zesilovačů v celé vertikální TV linii.

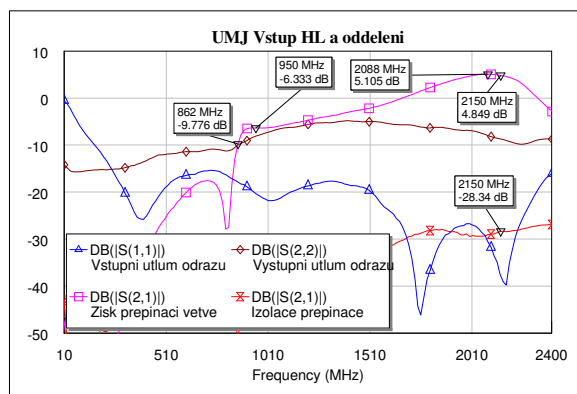
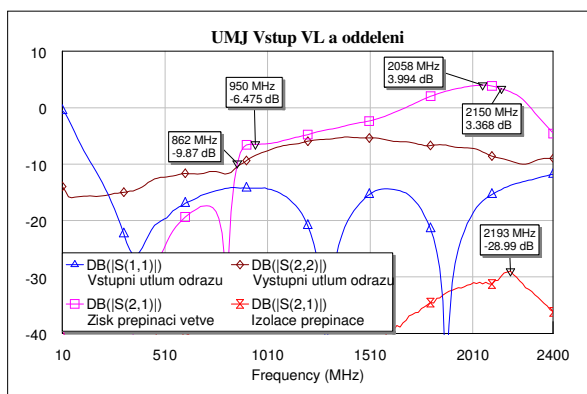
8.1 Měření na UMJ

Realizovaná pasivní UMJ byla měřena a testována v elementární maticové distribuci. Byly měřené rozptylové portové parametry na vektorovém analyzátoru Rohde&Schwarz ZVB a měřeno intermodulační zkreslení na spektrální analyzátoru Anritsu MS2711D s dvojicí generátorů Hewlett Packard HP 8350B + 83522A. Dále bylo provedeno testování malé distribuce na satelitních přijímačích.

8.1.1 Měření portových parametrů

Na vektorovém analyzátoru bylo provedeno měření experimentální pasivní UMJ, kde výsledky nacházejí na obr. 67 až obr. 74 pro UMJ ve stavu zapnuté terestriální televize²³ a na obr. 75 až obr. 78 některé zajímavé průběhy z UMJ s vypnutou terestriální televizí.

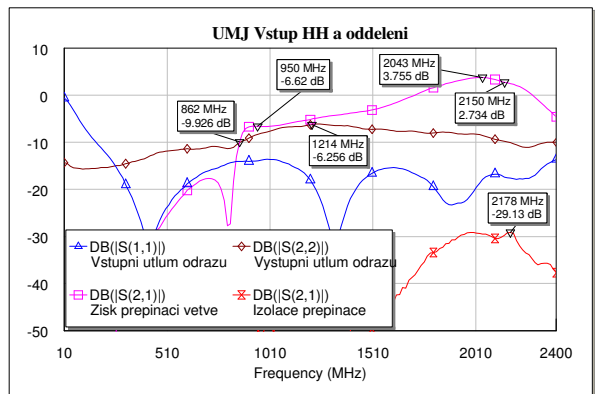
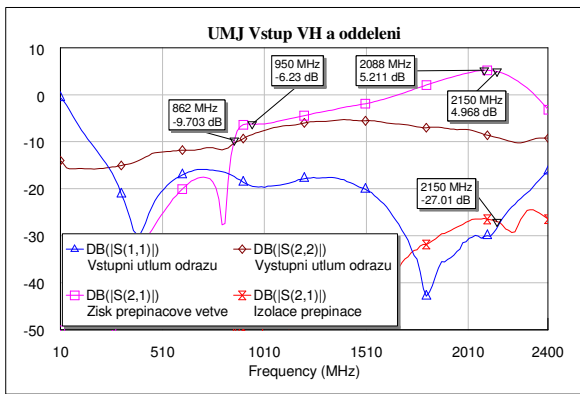
Na obr. 67 až obr. 70 jsou zobrazeny průběhy parametry cest mezi vertikálními vstupy a horizontálním výstupem. Je zde zobrazená izolace (oddělení) satelitního přepínače²⁴, kde je viditelný více než 12 dB pozitivní náklon zisku UMJ a vysoké oddělení přepínače > 30 dB. Na obr. 71 je změřené příkladné oddělení mezi vertikálními liniemi, které dosahuje hodnot vyšších než 40 dB. UMJ terestrický vstup z obr. 72 pak vykazuje útlum v průměru 8 dB a negativní náklon 4 dB.



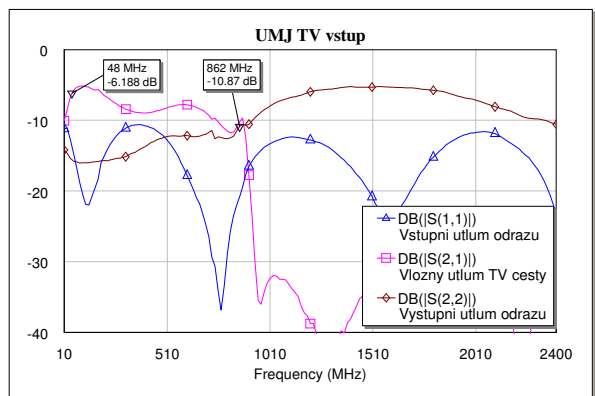
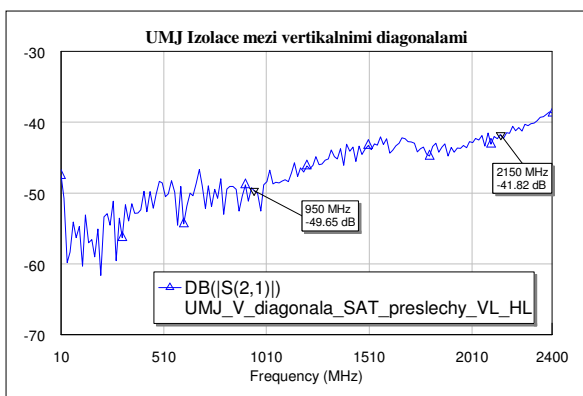
Obr. 67 Vert. vstup VL – horiz. výstup TV ON Obr. 68 Vert. vstup VL – horiz. výstup TV ON

²³ Tj. když se UMJ nachází jako první v horizontální linii

²⁴ Tj. když měření na vstupu, když je přepínač přepnutý na jiném vstupu.

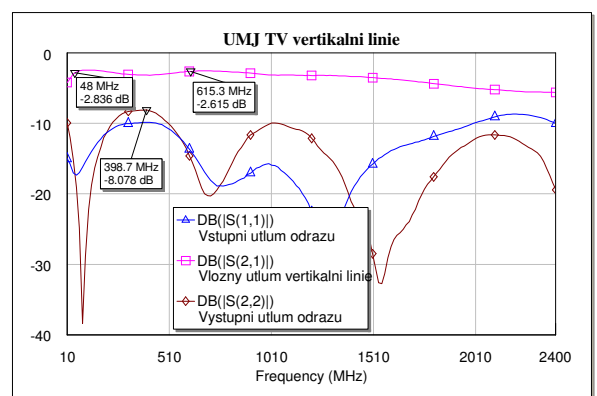
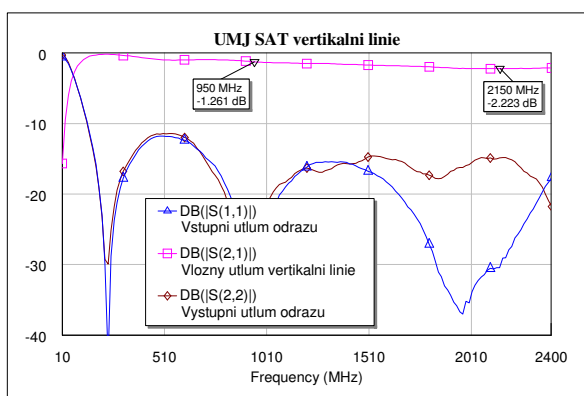


Obr. 69 Vert. vstup VH – horiz. výstup TV ON Obr. 70 Vert. vstup HH – horiz. výstup TV ON



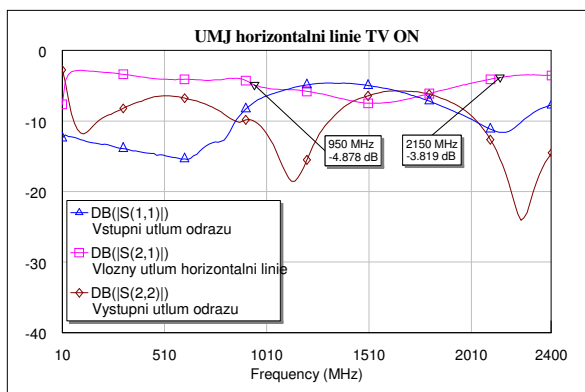
Obr. 71 Izolace mezi vertikálními liniemi

Obr. 72 Vert. TV vstup – výstup TV ON

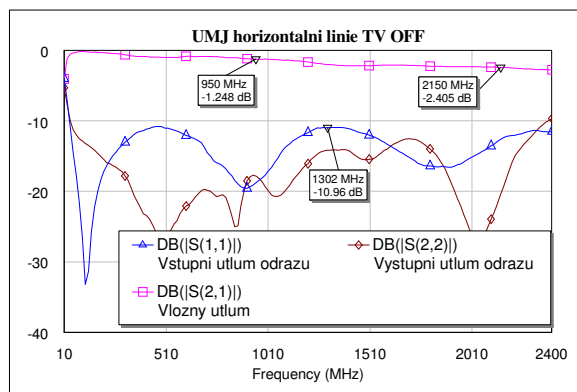


Obr. 73 SAT. vertikální linie

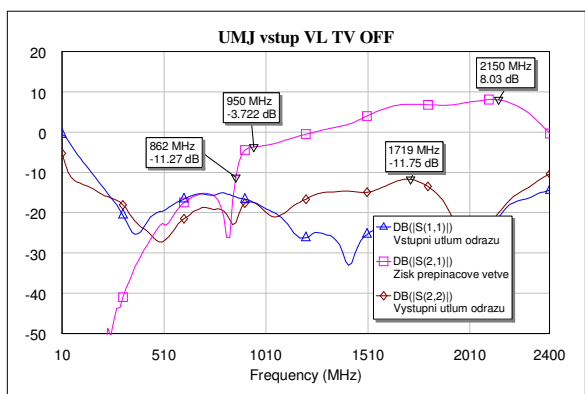
Obr. 74 TV vertikální linie.



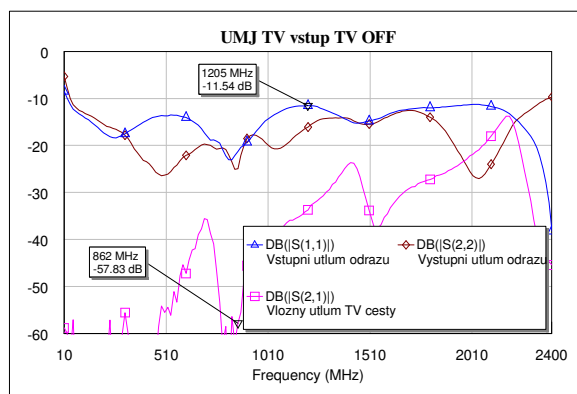
Obr. 75 horizontální linie – TV ON



Obr. 76 horizontální linie – TV OFF



Obr. 77 Vert. vstup VL – horiz. výstup TV ON



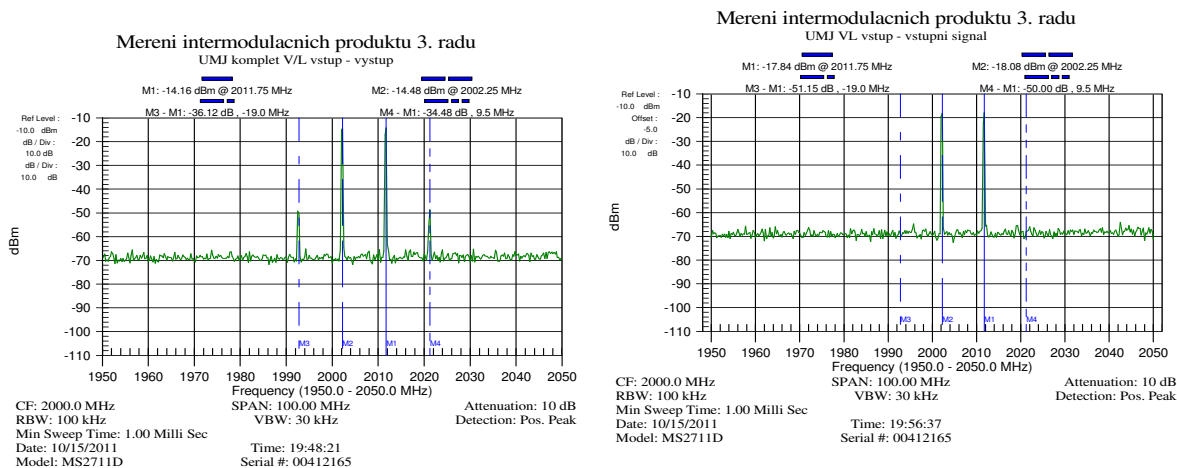
Obr. 78 Vert. TV vstup – výstup TV ON

Vertikální linie z obr. 74 (satelitní) a obr. 75 (terestriální) vykazují vložený útlum 2,2 a 2,6 dB s negativním náklonem a útlumy odrazu lepší než 12 dB pro satelitní a lepší než 8 dB pro terestriální vertikální diagonálu. Avšak u horizontální linie při zapnuté terestriální televizi (TV ON) z obr. 75 vycházel útlum odrazu jen lepší než 5 dB a vložený útlum taktéž narostl na 7 dB s poměrně velkým 6 dB zvlněním, což nelze považovat za dobré parametry. Stejná horizontální linie při vypnuté terestriální televizi (TV OFF) vykazovala již mnohem lepší parametry, jako vložený útlum nižší než 2,5 dB a útlum odrazu lepší než 10,5 dB, viz obr. 76. Avšak horizontální linií se zapnutou terestriální televizí prochází signál pouze jednou. Na obr. 77 a obr. 78 jsou zobrazeny portové parametry už jen pro porovnání vlivu spínače terestriální televize na zisk satelitního zisku přepínače, kde maximální zisk vzroste o 4 dB (vlivem zvlnění vloženého útlumu, když je sepnutý terestriální spínač). U signálů terestriální televize (viz obr. 78) dojde k žádoucímu poklesu amplitudy o 25 dB.

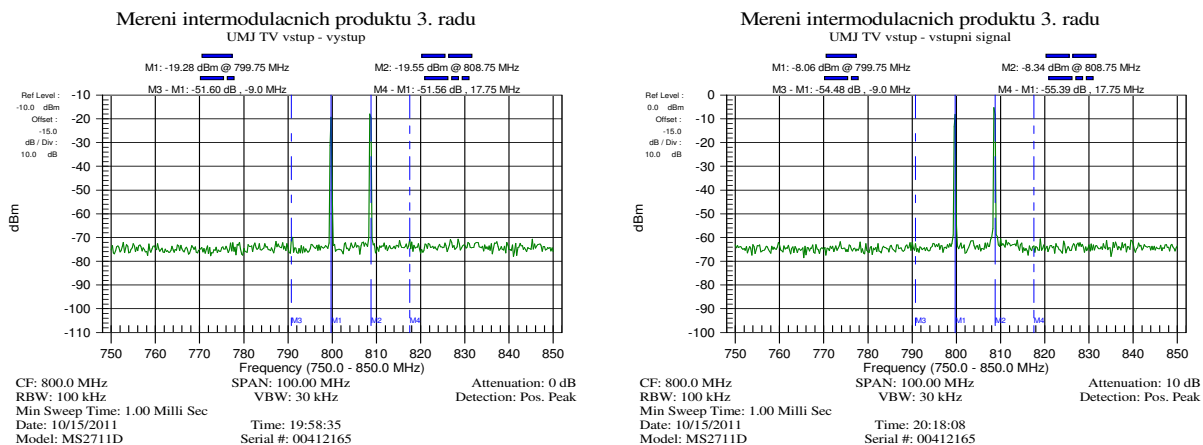
8.1.2 Měření nelineárních parametrů

U elementární pasivní UMJ byla měřena vybuditelnost na základě odstupů intermodulačních produktů 3. řádu. Protože testované provedení neobsahuje zesilovače ve

vertikálních a horizontálních linií, tak tuto maximální vstupní úroveň signálu ovlivňovaly pouze vnitřní zesilovače v přepínači a rozbočení terestriální televize. Pro satelitní cestu je výstupní a vstupní spektrum zobrazeno na obr.79 pro odstup intermodulačních produktů 3. řádu o 35 dB při frekvencích testovacího signálu $f_1 = 2$ GHz a $f_2 = 2,01$ GHz a odpovídala hodnotě 95 dB μ V. Pro terestriální televizi jsou spektra výstupního a vstupního signálu zobrazen na obr. 80 pro odstup intermodulačních produktů 3. řádu o 60 dB při frekvencích testovacího signálu $f_1 = 0,8$ GHz a $f_2 = 8,1$ GHz, kde tomuto odpovídala maximální vstupní úroveň signálu 89 dB μ V.



Obr. 79 Měření odstupů intermodulačních produktů 3. řádu pro SAT vertikální vstup a horizontální výstup na frekvencích $f_1 = 2$ GHz a $f_2 = 2,01$ GHz.

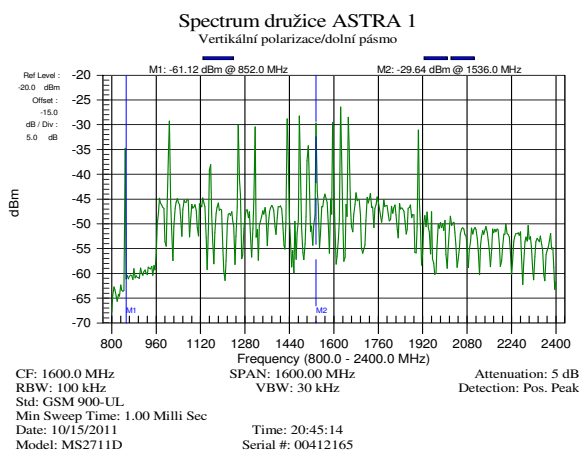


Obr. 80 Měření odstupů intermodulačních produktů 3. řádu pro TV vertikální vstup a horizontální výstup na frekvencích $f_1 = 0,8$ GHz a $f_2 = 0,81$ GHz.

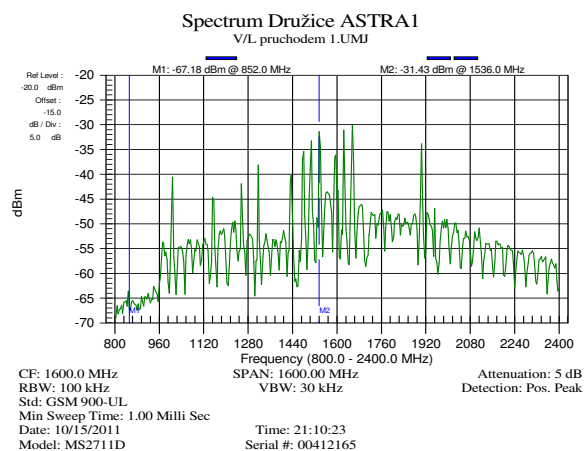
8.1.3 Testování na satelitních přijímačích

Pro účely testovány byly postaveny 4 elementární pasivní UMJ, na kterých se dalo testovat vlastnosti 4 UMJ v řadě a při vhodném prosmýčování až 16 UMJ. Zapojení bylo testováno na dvou quattro konvertorech. První byl na namířený na Astru 1 a druhý na Hot bird. Na Astře 1 se nachází ještě mnoho analogových kanálů. Přívodní kabely od konvertorů byly cca 25 m dlouhé. To samé platí i pro počet UMJ ve sloupci popř. při vytvoření matice 4x4. Bylo zřejmé, že u posledních dvou členů čtvrtého sloupce už docházelo k velkému nárůstu

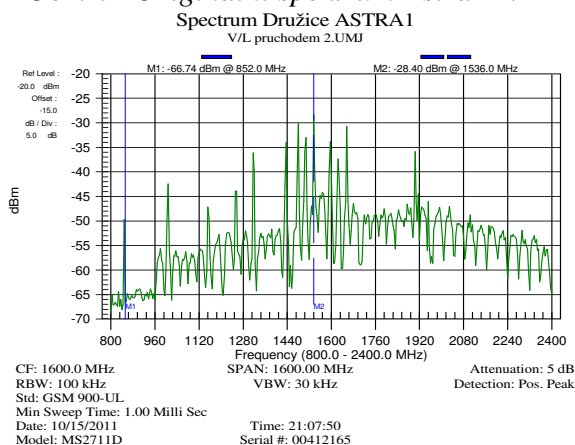
chybovosti signálu. Naměřená výstupní spektra družice Astra 1 na výstupu kaskády UMJ pro čtyři UMJ v řadě jsou zobrazena na obr. 82 až obr. 85 a originální spektrum, změřené přímo z konvertoru je na obr. 81.



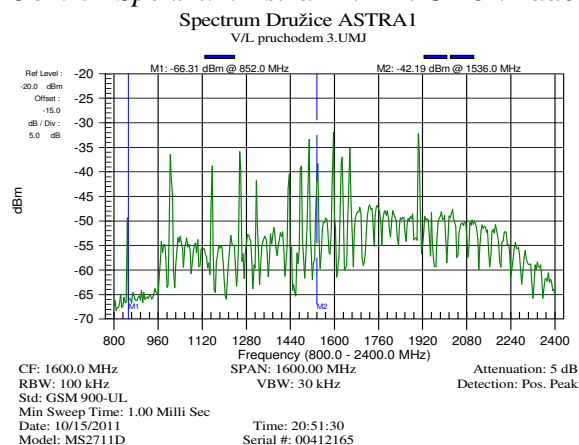
Obr. 81 Originální spektrum Astra 1 VL



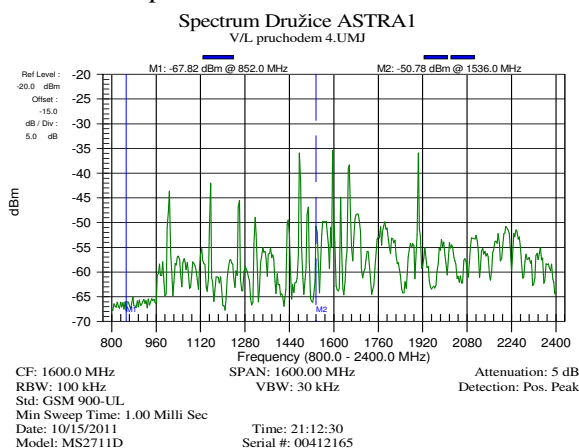
Obr. 82 Spektrum Astra 1 VL 1. UMJ v řadě



Obr. 83 Spektrum Astra 1 VL 2.UMJ v řadě

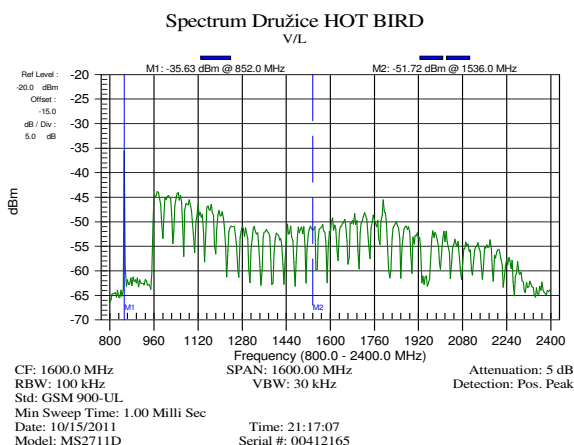


Obr. 84 Spektrum Astra 1 VL 3.UMJ v řadě

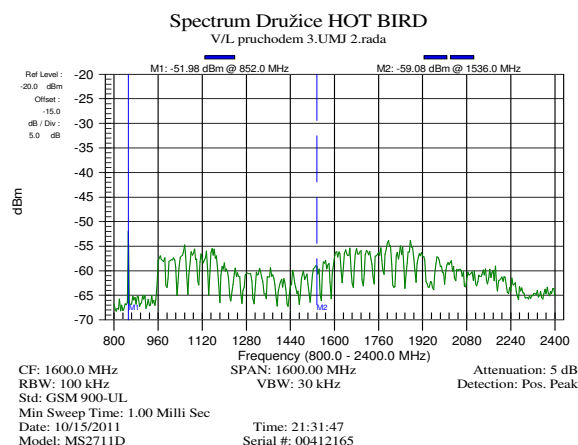


Obr. 85 Spektrum Astra 1 VL 4.UMJ v řadě

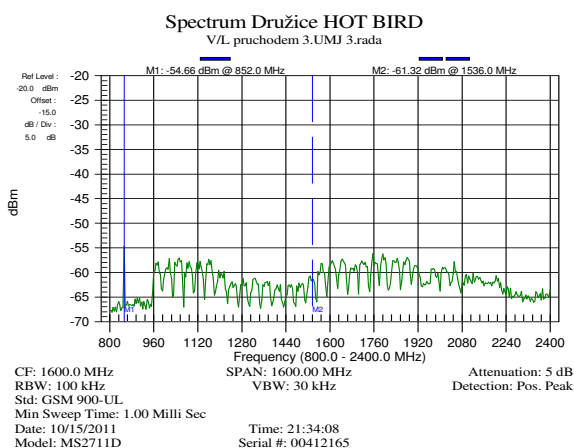
Ten samý test byl proveden i s družicí Hot Bird, kde byla testovaná úplná matice 4x4. Na obr. 86 až obr. 89 se nacházejí nejdůležitější průběhy spekter v porovnání s originálním, naměřeném přímo na kabelu od konvertoru.



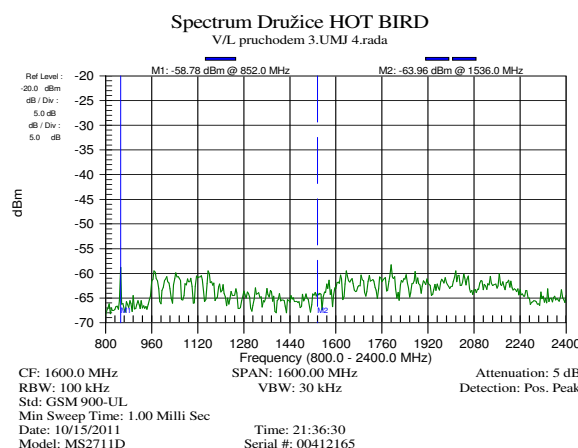
Obr. 86 Originální spektrum Hot Bird VL v řadě



Obr. 87 Spektrum Hot Bird VL UMJ 3. ve 2.



Obr. 88 Spektrum Hot Bird VL UMJ 3. ve 3. v řadě



Obr. 89 Spektrum Hot Bird VL UMJ 3. ve 4. v řadě

Výše uvedená měření a testování na satelitních přijímačích ukázalo, že maximální použitelná velikost matice z realizovaných pasivních UMJ je 3X3. Hlavním důvodem je velký pokles úrovně mezi jednotlivými patry a konvertory. Větší rozměr matice je realizovatelný v případě, že na vzdálenější vstupy od první UMJ v řadě by se připojil konvertor s největší výstupní úrovní signálu a na nejbližší vstup naopak s nejslabší výstupní úrovní. Toho lze např. dosáhnout u anténního systému typu multifeed (focus), kde konvertor, který je v ose mívá vyšší úroveň a nižší zkreslení signálu než ty nejvíce odchýlené od středu parabolické antény.

9 Závěr

Záměrem této doktorské práce bylo vytvoření koncepce distribuce signálů satelitní televize a rozhlasu, která odstraňuje nedostatky v možnosti současného rozšiřování počtu účastníků a připojitelných konvertorů. Byly uvažovány různé způsoby řešení a byla nalezena nová možná topologie – maticový rozvod signálů satelitní televize a rozhlasu. Potom byl vytvořen nový aktivní maticový prvek (multipřepínač), který byl nazván jako Univerzální multipřepínačová jednotka (UMJ). Dále bylo nutné stanovit základní technické požadavky na tento nový prvek distribuce s tím, že v nově navržené koncepci jsem si dal za cíl použití co nejmenšího počtu druhů aktivních prvků. V ideálním případě by bylo užít pouze jediný druh (provedení) UMJ alespoň pro malé distribuce. Proto byly dále uvažovány různá provedení klíčových obvodů UMJ, které byly simulovány a jejich vlastnosti byly vzájemně porovnávány. Pro tyto experimentální účely byly tyto komponenty realizovány i na testovacích deskách plošných spojů pro jejich měření. Z takto vytvořených subobvodů a na základě jejich naměřených a simulovaných parametrů, byly sestaveny modely dvou základních modifikací elementární UMJ, aktivní a pasivní vzájemně se lišící provedením vertikálních a horizontálních linií. Tyto modely byly v simulátoru konfrontovány v různých konfiguracích jednoduchého modelového maticového rozvodu o velikosti 4x4 s ohledem na úroňové diagramy, šumové číslo a odstupy nelineárních produktů.

Dalším tématem, kterým se tato práce zabývala, byla komunikace a ovládání jednotlivých UMJ jak se satelitním přijímačem, tak mezi jednotlivými UMJ v řadě. Pro externí komunikaci se satelitním přijímačem musela být dodržena standardní DiSEqC se zpětnou kompatibilitou (podporou analogových povelů), podporující multiprotokolární vlastnosti (committed, uncommitted port a goto nn). Tento způsob řízení vychází z vlastního patentově chráněného řešení multiprotokolárního přepínače. Pro interní komunikaci mezi jednotlivými UMJ se nabízelo již několik možností realizace sběrnice a byla vybrána modifikace standardní DiSEqC s doplněním o nové povely, které nejsou zatím používány. Byl realizován komunikační protokol, jímž byly naprogramovány řídicí obvody UMJ. Pro účely ověření komunikačního protokolu byly postaveny testovací moduly s LED indikací, které simulují funkci UMJ z hlediska komunikace.

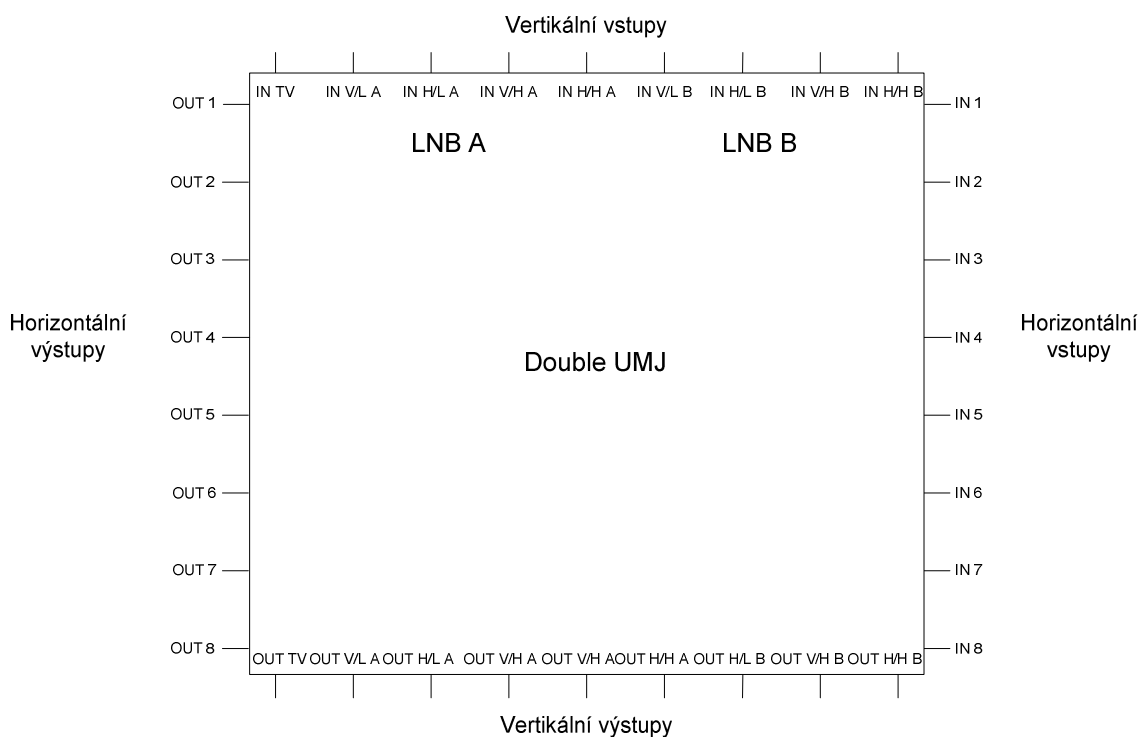
Po splnění výše uvedených bodů bylo již možné prakticky realizovat experimentální elementární UMJ pro účely testování. Taktéž byly realizované i některé varianty aktivních UMJ v prototypové podobě. Potom byly provedeny závěrečné testy a měření malé maticové distribuce na bázi UMJ.

Podařilo se formulovat novou topologii a stanovit požadavky na aktivní prvky distribuce signálů satelitní televize a rozhlasu na bázi maticových přepínačů s tím, že tato koncepce je výhodná pro realizaci rozšířitelných distribucí. Při realizaci obvodů elementárních UMJ se ukázal jako problematický prvek sloučení horizontální linií se signály terestriální televize, které zhoršovalo přizpůsobení a způsobovalo zvlnění vložného útlumu. Tento problém se naštěstí objevoval pouze u první UMJ v řadě, u ostatních byla terestriální televize vypnuta a k významnému zhoršení nedošlo. Ze simulací už taktéž bylo zřejmé, že pro větší distribuce již nelze použít navrhované jednoduché UMJ jednoho druhu, ale že nejvýhodnější konfigurace je kombinace pasivních a aktivních UMJ. Při simulaci s kabely byl monotónní pokles zisku velký. Potom bylo dosažitelné i menší rozdíly úrovní než 6 dB pro maximální zisk a 15 dB pro minimum. Při simulaci distribuce s aktivními UMJ byl úroňový rozdíl značný a

nepoužitelný, neboť vykazovala vysoký monotónní nárůst zisku. Proto nejlépe vycházela smíšená distribuce, která při vhodném obsazení pasivními a aktivními UMJ byla schopna tyto monotónní nárůsty a poklesy zisku (popř. vložného útlumu) kompenzovat. Tento nedostatek se pak plně projevil při realizaci experimentální distribuce s pasivními UMJ, kde se nakonec podařilo zprovoznit maximální velikost matice 3x3 nebo 4x2. Praktické řešení toho problému by bylo v realizaci UMJ s proměnným atenuátorem a případně i pozitivního náklonu.

Protokol a komunikace byla otestovaná a spolehlivě fungovala pro 10 UMJ zapojených v řadě. Byla ověřena podpora příkazů DiSEqC v1.0, 1.1 a 1.2, která byla bezproblémová.

Elementární UMJ představuje satelitní multipřepínač se čtyřmi satelitními vstupy, jedním pro terestriální televizi a čtyřmi výstupy. Jedná se opravdu jen o nejjednodušší možné provedení prvku maticové distribuce signálů satelitní televize a rozhlasu. Protože stále rostou nároky na počet potencionálně možných přijímaných satelitních pozic a počet účastníků, mohou se elementární UMJ sdružovat do větších maticových multipřepínačů, jak je zobrazeno na obr. 90, aby se mohly stát základním stavebním prvkem rozsáhlejších rozvodů signálů satelitní televize a rozhlasu.



Obr. 90 Double UMJ

10 Použitá literatura

- [1] Gonzales, G. Microwave transistor amplifiers, analysis and design. *Prentice Hall publishing* 1997.
- [2] Vendelin, G. D. Design of amplifiers and oscillators by the S-parameters. *John Wiley & sons publishing* 1982.
- [3] Hoffmann, K., Hudec, P., Sokol, V. Aktivní mikrovlnné obvody. *Skriptum ČVUT Praha* 2004.
- [4] Hoffmann, K. Planární mikrovlnné obvody. *Skriptum ČVUT Praha* 2003.
- [5] Hanus, S., Svačina, J. Vysokofrekvenční a mikrovlnná technika, *Skriptum VUTB Ústav radioelektroniky* 1996.
- [6] Škvor, Z. CAD pro VF techniku 1 a 2, *Skriptum ČVUT Praha* 2001.
- [7] Benoit, H. Satellite television technique of analogue and digital television, *Arnold publishers* 1999.
- [8] Pokorný, M. DiSEqC (Digital Satellite Equipment Control). *Elektrotechnika a informatika. Část 2., Elektronika*. V Plzni : Západočeská univerzita , 2003. s. 104-108. ISBN: 80-7082-992-3.
- [9] DiSEqC bus functional specifications, *Application note. Eutelsat* 1998.
- [10] Application information for LNBs and switchers, *Application note. Eutelsat* 1998.
- [11] Pokorný, M., Hajčiar, P.: Univerzální multipřepínačová jednotka – řídicí obvod. *Elektrotechnika a informatika. Část 2., Elektronika*. V Plzni : Západočeská univerzita , 2004. s. 81-84. ISBN: 80-7043-299-3.
- [12] Pokorný, M., Hajčiar, P.: Univerzální multipřepínačová jednotka – řídicí obvod. *Elektrotechnika a informatika. Část 2., Elektronika*. V Plzni : Západočeská univerzita , 2004. s. 81-84. ISBN: 80-7043-299-3.
- [13] Pokorný, M.: *Universal Multiswitch Unit. Conference on microwave techniques COMITE, Česká Technická Univerzita, Praha* 2005. s. 183-186. ISBN: 80-86582-16-7.
- [14] Pokorný, M.: Solution of dynamical expanded satellite TV distributions. *Elektrotechnika a informatika. Část 2., Elektronika*. V Plzni : Západočeská univerzita , 2005. s. 101-104, ISBN 80-7043-374-4.
- [15] Pokorný, M., Hajčiar P. Přepínač vnějších jednotek fixních antén pro satelitní příjem signálů. *Zápis užitého vzoru 2005-16699, Úřad průmyslového vlastnictví Praha* 2005.

[16] ČSN EN 50083-3 Kabelové sítě pro televizní a rozhlasové signály a interaktivní služby – část 3: Aktivní širokopásmové díly pro koaxiální kabelové sítě: *Český normalizační institut 2002*.

[17] Pokorný, M., Hajčiar P. A change – over switch of external units of fixed aerials for satellite signal receivers, *US patent WO2006131082 2006*.

11 Seznam zkratk a specifických názvů

LNA – (Low Noise Amplifier) - Nízko šumový zesilovač

LNB – (Low noise block) - Nízkošumový blok, alternativní název pro satelitní konvertor

LNC – (Low noise converter) - Nízko šumový konvertor

DBS – (Direct Broadcast Satellite) – Přímý příjem satelitního televizního vysílání

SMATV – (Satellite Master Antenna TV) – Skupinová televizní instalace, určená pro příjem satelitní televize

SCD – (Single Cable Distribution) – Distribuce k více účastníkům prostřednictvím jediného kabelu

FTA – (Free TV Access) – Příjem volných televizních programů

DVB-S - (Digital Video Broadcasting – Satellite) - Systém digitální televize – satelitní verze

QPSK – (Quadrature Phase Shift Keying) – Čtyřstavová fázová modulace

8PSK- (8 Phase Shift Keying) – Čtyřstavová fázová modulace

COFDM – (Coded Orthogonal Division Multiplex) – modulace terestriálního vysílání televize

UMJ – Univerzální Multipřepínačová Jednotka

DiSEqC – (Digital Satellite Equipment Controll) – komunikační protokol a sběrnice pro ovládání komponentů a příslušenství satelitní televize a rozhlasu

Tone Burst - Analogový signál pro přepínání dvou konvertorů v multipřepínači nebo satelitním relé

AWR MWO – Microwave Office – obvodový lineární a nelineární simulátor vysokofrekvenčních a mikrovlnných obvodů.

12 Životopis

Jméno: Michal Pokorný

Narozen: 3.11. 1979 v Sušici

Kontakt: mpokorny@kae.zcu.cz

Vzdělání:

- 1998 – 2003 Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická, obor Elektronika a sdělovací technika, promoce červen 2003
- 2003 – Doktorské studium programu Elektronika na FEL ZČU v Plzni
- 2004 – Zaměstnanec firmy EMP Centauri Klatovy
- 2008 – Zaměstnanec Katedra aplikované elektroniky a telekomunikací FEL ZČU v Plzni na částečný úvazek

Jazykové znalosti:

Angličtina aktivně, Němčina pasivně

Zapojení do odborné komunity:

- 2004 – Členství v České elektrotechnické společnosti
- 2004 – Člen řešitelského týmu Amatérské družice czCUBE
- 2005 – Členství ve Společnosti pro radioelektronické inženýrství

Seznam vykonaných zkoušek:

Signály a soustavy – Prof. Ing. Jaroslav Jerhot, DrSc. 18.2.2004

Teorie elektromagnetického pole – Prof. Ing. Zdeňka Benešová, CSc. 17.5.2004

Technika vysoce citlivých přijímačů – Prof. Ing. Miloš Mazánek, CSc. (ČVUT Praha) 21.9.2004

Antény a šíření vln v moderních komunikacích – Prof. Ing. Miloš Mazánek, CSc. (ČVUT Praha) 3.7.2005

Mikrovlnná technika – Prof. Ing. Karel Hoffmann, CSc. (ČVUT Praha) 7.7.2005

Radiotechnika – Doc. Ing. Jiří Masopust, CSc. 5.9.2005

Anglický jazyk – 27.9.2005

Výuka v předmětech:

Radioelektronické konstrukce a měření (KAE/RKM)

Publikace:

[1] Pokorný, M. DiSEqC (Digital Satellite Equipment Control). *Elektrotechnika a informatika. Část 2., Elektronika*. V Plzni : Západočeská univerzita , 2003. s. 104-108. ISBN: 80-7082-992-3.

[2] Pokorný, M., Hajčiar, P.: Univerzální multipřepínačová jednotka – řídicí obvod. *Elektrotechnika a informatika. Část 2., Elektronika*. V Plzni : Západočeská univerzita , 2004. s. 81-84. ISBN: 80-7043-299-3.

[3] Pokorný, M.: *Universal Multiswitch Unit. Conference on microwave techniques COMITE, Česká Technická Univerzita, Praha 2005*. s. 183-186. ISBN: 80-86582-16-7.

[4] Pokorný, M.: Solution of dynamical expanded satellite TV distributions. *Elektrotechnika a informatika. Část 2., Elektronika*. V Plzni : Západočeská univerzita , 2005. s. 101-104, ISBN 80-7043-374-4.

[5] Pokorný, M., Hajčiar P.: Přepínač vnějších jednotek fixních antén pro satelitní příjem signálů. *Zápis užitečného vzoru 2005-16699, Úřad průmyslového vlastnictví Praha 2005*.

[6] Pokorný, M.: Maticový přepínač pro malé distribuce satelitní a terestriální televize, *Elektrotechnika a informatika. Část 2., Elektronika*. V Plzni : Západočeská univerzita, 2006. s. 81-84. ISBN 80-7043-473-2.

[7] Pokorný, M., Hajčiar P. A change – over switch of external units of fixed aeriels for satellite signal receivers, *US patent WO2006131082 2006*.

[8] Hruška, J., Pokorný, M.: Satelitní příjem televize a rozhlasu, *Sborník seminář CES Praha 29.10. 2008*. ISBN 978-80-02-02067-7.

[9] Holas, D., Linhart, R., Pokorný, M.: Radiokomunikační systém české amatérské družice czCUBE, *Sborník seminář CES Praha 29.10. 2008*. ISBN 978-80-02-02067-7.

Projekty:

Spoluřešitel: FRVŠ F1 a 1415/2006 (rok řešení 2006) – Inovace předmětu Radiotechnika zavedením technických prostředků pro ukázky a měření v oblasti moderních radiokomunikačních systémů.

Spoluřešitel: GAČR 102/09/0455 (rok řešení 2009 až 2011) - Energeticky úsporná platforma pro experimentální výzkum na bázi pikosatelitů.

Spoluředitel: NBÚ ST20082009010 (rok řešení 2009) Vývoj hřebenového generátoru pro verifikaci systému pro EMC měření

Řešitel: FRVŠ F1 2429/2011 - Modernizace výuky v oblasti vysokofrekvenční a mikrovlnné techniky)

Nejvýznamnější firemní projekty:

Řešitel:

- Firmware pro řízení satelitních relé a multipřepínačů s podporou DiSEqC v 2.0, 2.1 a 2.2 pro kompletní produkci (v EMP Centauri)
- Multiprotokolární DiSEqC generátor – hardware i software (v EMP Centauri)
- Unicable přepínače (4, 8 vstupů pro 8 a 6 účastníků) (v EMP Centauri)
- Univerzální DiSEqC multiprotokální přepínač – hardware+software (v EMP Centauri)
- Převodník čtyř polarizací konvertoru na optický kabel a naopak (řešeno v současné době) (v EMP Centauri)
- Převodník ethernetu na koaxiální kabel (řešeno v současné době) (v EMP Centauri)

Spoluředitel:

- Přepínač vnějších jednotek fixních antén pro satelitní příjem signálů (patentováno). (v EMP Centauri)
- Vývoj TV modulátoru (rok řešení 2009) - Obrazová a modulační část s frekvenčním konvertorem (pro LASAT GmbH)