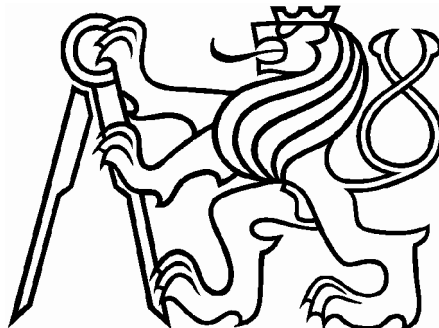


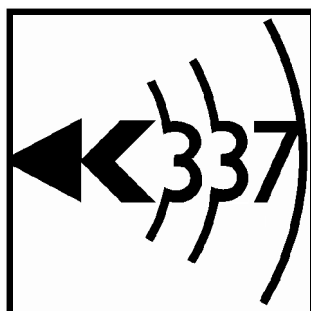
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

Fakulta elektrotechnická
katedra radioelektroniky



Směšovač pro příjem DRM

Semestrální projekt



Student: Jan Jareš

Vedoucí práce: Ing. Karel Mikuláščík

únor 2006

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že jsem semestrální projekt Směšovač pro příjem DRM vypracoval samostatně a použil k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k semestrálnímu projektu.

Nemám námitky proti půjčování, zveřejnění a dalšímu využití práce, pokud s tím bude souhlasit katedra radioelektroniky.

.....

podpis studenta

V Praze dne

Obsah

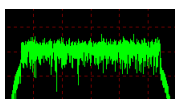
1.	Úvod	4
2.	Základní principy	4
3.	Softwarové rádio	6
4.	Konstrukce směšovače DRM	7
5.	Software Dream	11
6.	Ukázky příjmu	13
7.	Závěr	14
8.	Zkratky	15
9.	Použitá literatura a informační zdroje	16

1. Úvod



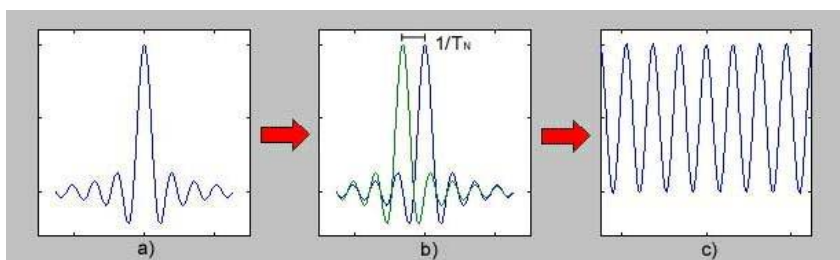
DRM (Digital Radio Mondiale) označuje systém digitálního rozhlasu, který je určen pro pásma dlouhých, středních a krátkých vln tj. pásma klasicky využívaná pro rozhlasové vysílání AM. Systém DRM je výsledkem několikaleté činnosti stejnojmenného konsorcia sdružující výrobce rozhlasových vysílačů a přijímačů, výzkumná pracoviště. V současné době je vývoj tohoto systému ukončen a DRM dosáhlo standardizace na mezinárodní úrovni. Stále však neexistují vhodné komerční přijímače pro příjem vysílání DRM přesto, že do vysílání DRM se dala celá řada velkých rozhlasových stanic. Proto je rozvoj DRM zastíněn jinými digitálními technologiemi pro šíření rozhlasového a TV vysílání, a to především DVB-T. V současnosti se pro příjem DRM používají převážně směšovače dodatečně zabudované do stávajících analogových přijímačů a dekodování signálu přes zvukovou kartu pomocí příslušného programu v počítači tzv. softwarové rádio. V této semestrální práci se budu dále zabývat právě jednou touto přestavbou.

2. Základní principy



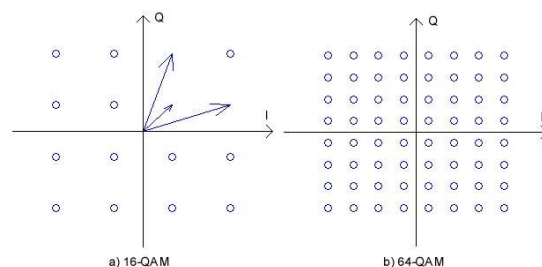
DRM je určený pro klasická AM pásma rozhlasu na dlouhých, středních a krátkých vlnách, kde je příjem AM rozhlasu rušen průmyslovým rušením a trpí úniky vlivem dálkového šíření ionosférou. Klasický AM rozhlas není pro současného náročného posluchače dostatečně kvalitní proti nyní již všude přítomnému VKV-FM rozhlasu. Tím jsou dány základní požadavky na DRM:

- Malá šířka pásma využívající stávající DV, SV a KV kanály 9 resp. 10 kHz nebo jejich násobky při použití dvou sousedních kanálů,
- slučitelnost se současným AM vysíláním,
- odolnost proti únikům,
- modulace a kódování s dostatečným datovým tokem pro dostatečnou kvalitu za omezujících podmínek – především velmi malá šířka pásma.



DRM využívá výhod OFDM modulace. Metoda modulace OFDM spočívá ve využití několika stovek (93-468) nosných

kmitočtů, které jsou dále modulovány různě robustními modulacemi QPSK (4-QAM), 16-QAM nebo 64-QAM. Jednotlivé nosné jsou vzájemně ortogonální, takže se vzájemně neruší, protože minimum jedné nosné se překrývá s maximem jiné nosné, viz obrázek nahoře. QAM je vícestavová modulace (16-QAM = 16 stavů), kde každý stav je určen amplitudou a fází. Čím více stavů máme k dispozici tím více bitů je možné přenést v jednom okamžiku. Tím jsou stavy blíže u sebe a vlivem rušení může dojít k špatnému dekódování. Jelikož jsou dílčí toky



na jednotlivých nosných malé, je možné vkládat ochranný interval, tedy čas kdy se nevysílá žádná informace. Umožňuje to na straně příjmu nerušeně přijmout daný symbol i v případě, že přichází z různých cest s různým zpožděním. To může být způsobeno mnohacestným šířením nebo šířením z různých vysílačů na stejné frekvenci. Vzhledem ke vzdálenostem, na které se signál šíří na krátkých a středních vlnách, se jednofrekvenční sítě u DRM na rozdíl od DVB-T nepoužívají.

Datový tok DRM obsahuje tři typy logických kanálů modulované QAM s různým počtem stavů (od nejmenšího):

- FAC (Fast Access Channel) obsahující informace o parametrech přenášeného kanálu (multiplexu),
- SDC (Service Description Channel), v němž jsou údaje pro přijímač jak dekódovat data v hlavním kanálu,
- MSC (Main Service Channel) přenáší data rozhlasového programu.

Výsledná přenosová rychlost je určena typem modulace MSC, kódového poměru a šířkou pásma. Kódový poměr určuje kolik informace se vysílá navíc, aby bylo možné na straně přijímače odhalit a opravit chybu přenosu. Na některých nosných kmitočtech se pak vysílá referenční sinusový signál, aby mohlo dojít k synchronizaci a následnému správnému

dekódování.

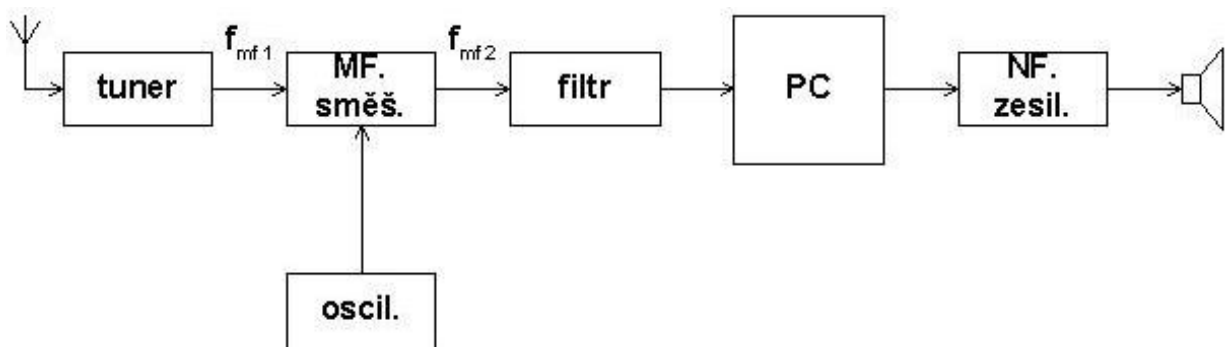
V současné době na KV vysílají stanice se šířkou pásma 10 kHz a přenosovými rychlostmi okolo 20 kbit/s při modulaci 64-QAM v MSC a cca 12 kbit/s při modulaci 16-QAM v MSC.

Pro dosažení přijatelné zvukové reprodukce při takto nízké bitové rychlosti se používá účinné zdrojové kódování MPEG-4 AAC (SBR).

3. Sofrwarové rádio



Největším problémem DRM je nedostatek komerčně vyráběných přijímačů. Nejsnadnější a nejpoužívanější varianta je použít pro dekódování DRM počítač se zvukovou kartou a vhodný software. Do zvukové karty přivedeme signál v rozsahu 0-20 kHz, který je schopná běžná zvuková karta bez problémů zpracovat. Signál lze získat z přijímače několika způsoby. Méně běžný způsob je volba SSB modulace s dostatečnou šířkou pásma. Ovšem běžné přijímače jsou při SSB modulaci osazeny úzkými filtry bez možnosti přepínání, běžně 1,9-2,7 kHz. Do takto úzkého filtru se signál DRM nevejde. Máme však druhou možnost. Najít v obvodech přijímače mezifrekvenční signál (o rozhlasových přijímačů 455 kHz nebo 10,7 MHz), ten vysměšovat se signálem posunutým o 10 kHz a získat tak požadovaný signál v základním pásmu, který je možné přivést do zvukové karty.



Blokové schéma DRM přijímače

Pro dekódování signálu jsou k dispozici volně dostupné programy. Nejpoužívanější je Dream vyvinutý na německé univerzitě v Darmstadtu.

4. Konstrukce směšovače DRM



Pro svojí konstrukci směšovače jsem si vybral radioamatérský transceiver Yaesu FT-817. Jedná se o malý přenosný transceiver napájený z baterií pro příjem a vysílání na radioamatérských pásmech od 160 m po 70 cm (1,8 MHz – 430 MHz). Je určen převážně pro provoz na portable (přechodném stanovišti), což je vhodné i pro DRM, který je určen především pro dálkový příjem. Umožňuje příjem i mimo amatérská pásma v celém rozsahu středních a krátkých vln (300 kHz – 30 MHz). Modulace CW, SSB, AM, FM, a jejich modifikace. Obsahuje slot pro přídavný MF filtr při příjmu CW nebo digitálních provozů. Tento slot, kde je přímo k dispozici mezifrekvenční signál 455 kHz, jsem využil pro zabudování DRM směšovače, abych co nejméně zasáhl do obvodů transcieveru. V menu 38 OP FILTER je potřeba nastavit CW. Dále pak přepnout na provoz DIG a zapnout úzký filtr tlačítkem NAR. V případě potřeby je nutné vypnout předzesilovač IPO a zapnout attenuátor ATT.

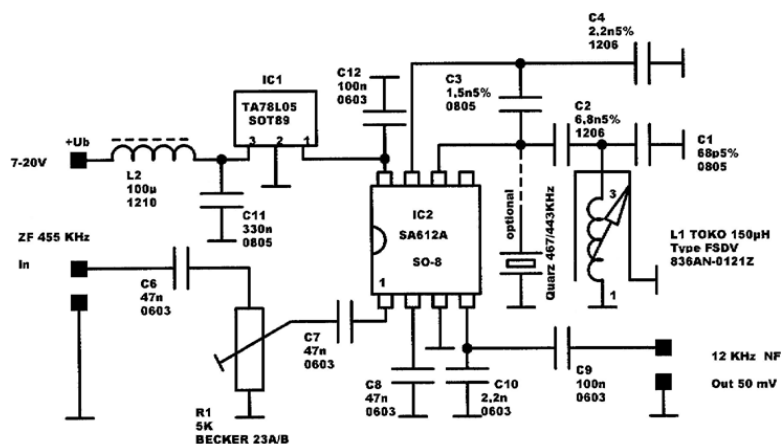
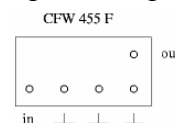
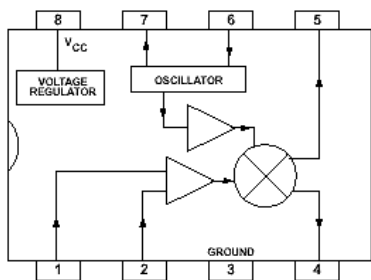


Schéma směšovače pro DRM

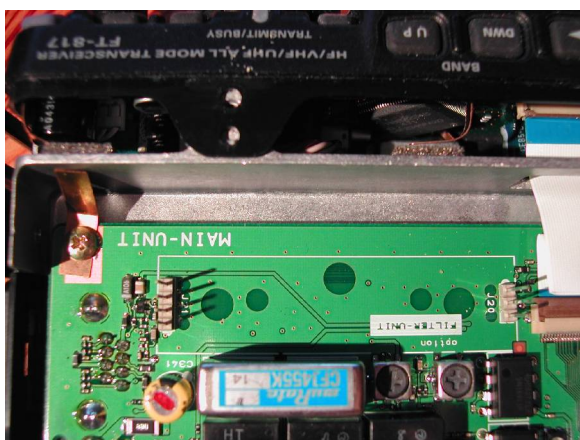
Uvedené schéma jsem v důsledku miniaturizace do rozměru MF filtru upravil vypuštěním vstupního trimru a jednoho z konedzátorů na vstupu. Trimr slouží k regulaci zisku na vstupu a v mém případě byl stejně při prvních pokusech vytočený na maximum. Jako oscilátor jsem použil krystalový rezonátor 470 kHz, který se vlivem okolních kapacit rozladí na cca 465 kHz. Hodnotu kapacit je nutné snížit z jednotek nF na stovky pF. Může se totiž stát, že se rezonátor vůbec nerozkmitá. Jelikož mezifrekvenční signál je odebírán na vstupu slotu pro MF filtr přijímače, je dobré před směšovač zařadit miniaturní keramický filtr 455 kHz. V mém případě jsem použil filtr CFW 455 F, ale stejně dobře lze použít obyčejný SFE filtr 455 kHz, který jsem též vyzkoušel.



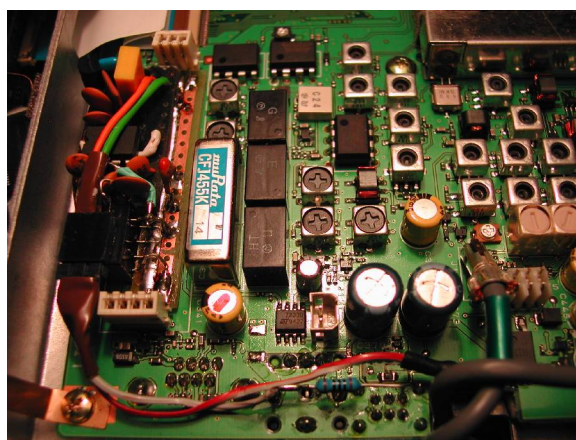


Jádrum zapojení je integrovaný obvod SA612. Jedná se o obvod nízkopříkonového dvojitě vyváženého směšovače, který je schopný pracovat až do frekvence 500 MHz.

První zapojení jsem realizoval na nepájivém kontaktním poli, kde je možné jednoduše ozkoušet zapojení a doladit vhodné hodnoty součástek. Zde především hodnoty kapacit u keramického rezonátoru. Po ozkoušení jsem vše zapojil na univerzální desce plošných spojů, kterou jsem vyřiznul do rozměrů doplňkového MF filtru a osadil příslušnými konektory.

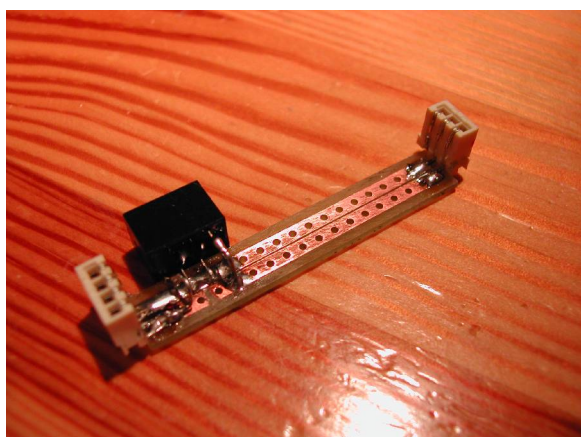


Pohled na slot přidavného filtru

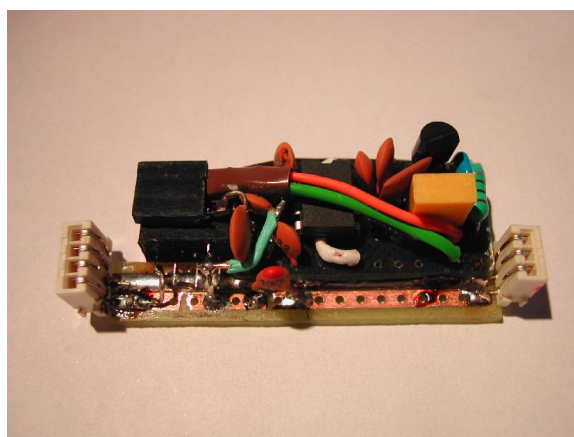


Kompletní instalace DRM směšovače

Zde je pohled do odkrytovaného transceiveru FT-817 na konektory přidavného filtru. Na dalším obrázku je celkový pohled na instalaci DRM směšovače. Kabely vedoucí z černého konektoru (dole) jsou napájecí a nf výstup.



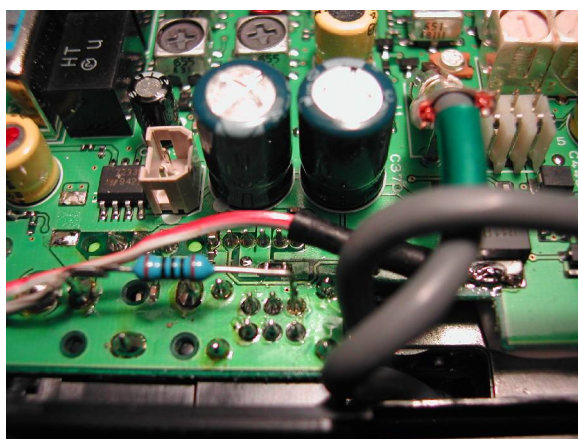
Nosná deska s filtrem a konektory



Kompletní modul DRM směšovače

Vlevo je vidět nosná deska propojující vstupní a výstupní konektor. Osazen je již mezifrekvenční filtr CFW455. Vpravo je kompletně osazený modul DRM směšovače.

Když už jsem měl hotový DRM modul, bylo potřeba vyřešit dva docela zásadní problémy. A to: Jak budu modul napájet a kudy vyvést nf signál pro zvukovou kartu. Najít vhodné místo pro připojení napájecího kabelu nebyl až tak veliký problém. V místě vyříznuté desky plošných spojů pro koaxiální kabely je na desce umístěn stabilizátor 9 V. Identifikovat se dá snadno podle ustříženého středního vývodu (na fotografii vpravo dole). Funkci tohoto vývodu plní větší ploška, za kterou je stabilizátor připájen k desce a slouží jako chladič. Přesně na toto místo jsem připojil kabel pro napájení směšovače. Pro ochranu stabilizátoru v případě zkratu jsem hned k stabilizátoru zařadil odpor 330 Ohm.



Způsob napájení a úpravy výstupu

Druhý problém je umístění konektoru pro nf signál. Jedna varianta je vyvrtat do zadního panelu příslušně velikou díru a do ní umístit konektor jack 3,5. To však nevypadá vkusně. Vzal jsem do ruky schéma tranceiveru a hledal možnost jak využít zabudovaného jacku pro sluchátka vedle kterého je miniaturní spínač pro přepínání phones/speaker. Nakonec jsem vymyslel variantu jak co nejméně zasáhnout do stávajících spojů, zachovat funkčnost konektoru v módu phones (sluchátka) a při přepnutí na speaker (reproduktor) využít alespoň levý kanál pro výstup nf signálu DRM. Je to však určitý kompromis takže oddělení obou signálů není 100%, ale zásadě si nepřekáží.

Funkce přepínače je následující:

- *Normální provoz:* přepínač v poloze PH, při příjmu CW,SSB,AM,FM nejde do směšovače DRM žádný signál a tedy ani žádný nevychází. Při poslechu na zabudovaný reproduktor je výstup ze směšovače úplně odpojen.
- *Příjem DRM:* přepínač v poloze SP, při které je odpojen levý kanál od audio výstupu a jde do něj pouze signál DRM. V pravém kanálu je slyšet původní audio signál. Buďto tedy použijeme pro propojení trancieveru a zvukové karty speciální kabel nebo jednoduše

stáhneme hlasitost aby audio signál nerušil dekódování DRM signálu.

Úprava se provede následujícím způsobem. Odstraněním SMD propojky 0 Ohm, označené jako 000 a umístěné vedle jack konektoru a nf zesilovače (8pin SMD), se přeruší původní cesta levého audio kanálu. Mezi cestičku, kde byla odstraněna 0 Ohm propojka a jedním ze vzdálenějších vývodů přepínače, se zapojí rezistor 100 Ohm, který je nyní novou audio cestou pro levý kanál. Do bodu spojení nového rezistoru a jack konektoru se připojí výstup ze směšovače DRM. Tím je celá úprava hotova a vše funguje, jak jsem popsal výše. Pro větší přehlednost je na následujícím obrázku schéma této modifikace.

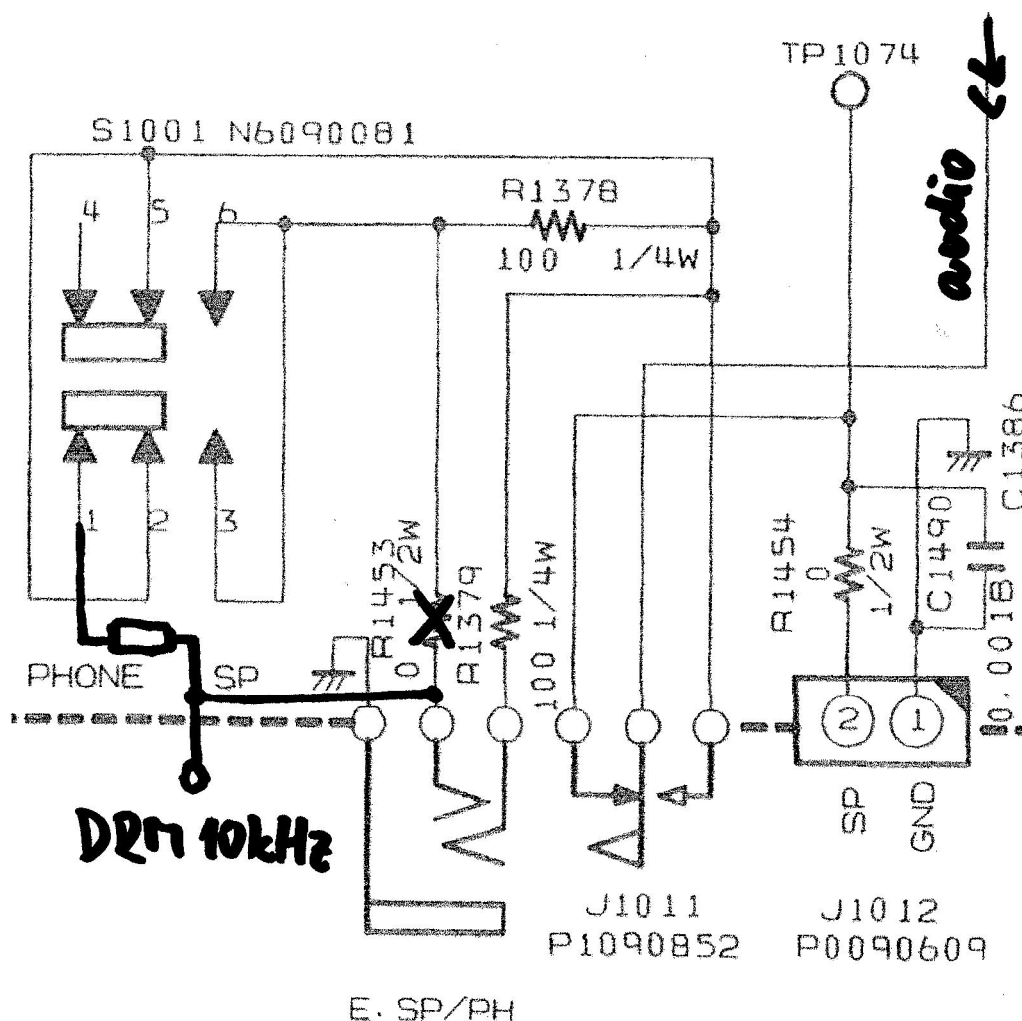
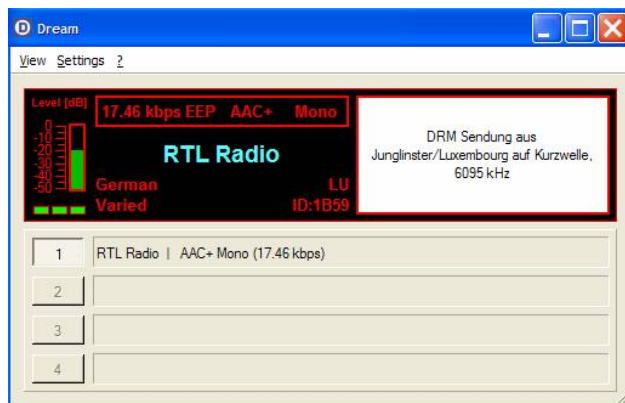


Schéma zapojení úpravy audio výstupu FT-817

Nyní již stačí propojit jack u FT-817 a jack mikrofonního vstupu zvukové karty příslušným kabelem, spustit program Dream a naladit příslušnou frekvenci DRM vysílání. Pro první pokusy jsou vhodné 6095 kHz RTL Radio, 5990 kHz RTL DRM 2, ve večerních hodinách pak 3995 kHz Deutsche Welle. Příjem je možný i na krátkou anténu typu kabel od multimetru. Je však potřeba dát si pozor na rušení od počítače nebo jeho spínaného zdroje.

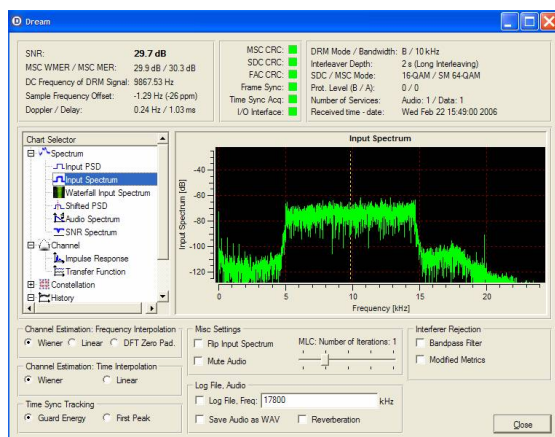
5. Software Dream

Software Dream DRM receiver je možné stáhnout volně z internetu ze stránek uvedených v [4]. Jak již jsem uvedl, program vznikl na univerzitě v Darmstadtu v Německu. Zdrojové kódy jsou volně k dispozici na [4] a jsou chráněny licencí GPL. Problém je najít již zkompileovaný program, který je možné bez zbytečných komplikací spustit. Jeden odkaz se mi též podařilo najít viz [4].



Po spuštění programu se objeví základní informační okno. Sloupec vlevo ukazuje sílu signálu přicházejícího do zvukové karty. Tu je potřeba nastavit tak, aby ukazatel v zeleném poli. Regulace se provádí přes nastavení hlasitosti zvukové karty pro záznam. V horním rámečku je údaj o datovém toku a kódování. Uprostřed

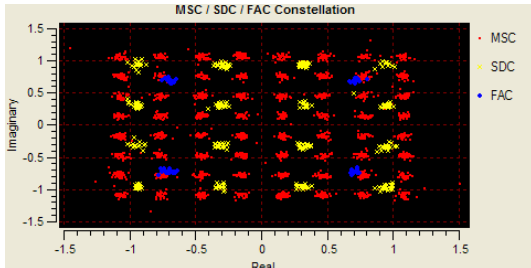
se zobrazí název stanice, pod ním jazyk, ve kterém se vysílá a identifikační číslo stanice/vysílače. Ve větším rámci vpravo jsou dodatkové textové informace. Ve spodní části je výběr z kanálů vysílaných v naladěném multiplexu. Většinou tam bývá jeden, a to audio kanál. Občas tam je další kanál, kde bývá slide show, která se zobrazí v dalším okně po kliknutí na tlačítko kanálu. Přes menu View se dostaneme na další nabídku.



Z nabídky je nejdůležitější Evaluation Dialog, který zobrazuje podrobnější informace o naladěném multiplexu. V menu nalevo je možné vybrat si několik grafů zobrazovaných uprostřed. Vpravo nahoře jsou údaje o multiplexu, především druh modulace SDC a MSC kanálů, šířka pásma a další. Nejdůležitější v tomto okně jsou zbarvovací okénka nahoře uprostřed. Svítí-li

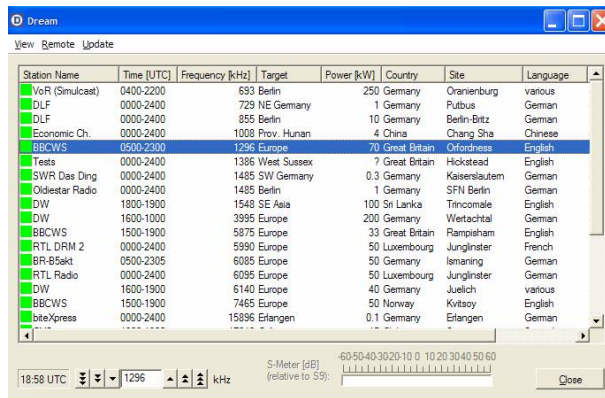
všechny zeleně, indikuje to bezproblémový příjem. Červená barva indikuje problém. Při popisu od spodu ve: Zvukové kartě, časové synchronizaci, rámcové synchronizaci, FAC, SDC, MSC. Při slabším signálu se stává, že se zobrazí zelené indikátory až po MSC, přičemž se zobrazí název stanice a technické údaje, ale zvuk nejde. Je to právě proto, že zvuk je přenášen v MSC kanálu, který je modulován robustnější modulací než SDC a je náchylnější na chyby v přenosu. Vlevo nahoře je údaj SNR (signal noise ratio) – poměr signálu a šumu.

Při modulaci 64-QAM v MSC kanálu je dobré mít SNR nad 18 dB pro bezvýpadkový poslech. Může se stát, že při hlubokém úniku dojde k výpadu zvuku i při vyšších hodnotách SNR. Údaj SNR je totiž průměrován přes jistý časový okamžik a nestačí reagovat na rychlé změny. Graf změny SNR a počtu správně dekodovaných rámců lze najít v levém menu History -> SNR/Audio. V hlavním okně lze pak zobrazit spektrální hustotu výkonu (PSD),



spektrum vstupního signálu po rychlé Fourierově transformaci (FFT), vodopád spektra – změna spektra v čase, frekvenčně posunutou PSD, spektrum výstupního audio signálu, SNR jednotlivých nosných. Další zajímavé grafy jsou konstelace jednotlivých FAC / SDC / MSC kanálů.

Ve spodní části okna je pak nastavení způsobu dekódování, logování, záznam zvuku a další.



Přes menu View se dá dále zobrazit seznam stanic, který lze aktualizovat z internetu. Je zde možnost výběru právě aktivních stanic nebo všech stanic. Údaje o čase jsou v UTC (světový čas). UTC = SEČ (zimní čas) – 1 nebo SELČ (letní čas) – 2. Dále je zde velký výběr komunikačních přijímačů a tranceiverů, které lze ovládat přes

sériový port s speciální interface. FT-817 toto CI-V rozhraní má. Je tedy možné naladit stanici pouhým kliknutím myši na seznam.

Program má další a další možnosti, které je díky GPL licenci možné kdykoli modifikovat nebo přidat další dle schopností a znalostí programátora.

6. Ukázky příjmu

UTC	kHz	stanice	SDC/MSC	datový tok	SNRdB	decod.	vysílač
11:50	17700	Deutsche Welle	16-QAM/64-QAM	19,96 kbps EPP ACC+ P-Stereo	21-25	100 %	Portugal/Sines
11:52	15440	Deutsche Welle	16-QAM/64-QAM	19,96 kbps EPP ACC+ P-Stereo	21-28	100 %	Portugal/Sines
11:56	9470	BBC World Service	16-QAM/64-QAM	20,42 kbps EPP ACC+ Mono	18-25	100 %	Norway/Kvitsoy
12:05	7240	RNW	4-QAM/64-QAM	17,46 kbps EPP ACC+ Mono	18-22	90 %	Netherlands/Flevo
12:15	12060	Voice of Russia	4-QAM/64-QAM	17,46 kbps EPP ACC+ Mono	16-25	95 %	Russia/Taldom
12:20	7320	BBD World Service	16-QAM/64-QAM	20,42 kbps EPP ACC+ Mono	15-18	20 %	GB/Rampisham
12:31	6095	RTL Radio	16-QAM/64-QAM	17,46 kbps EPP ACC+ Mono	17-20	80 %	Lux./Junglinster
12:35	5990	RTL DRM 2	16-QAM/64-QAM	19,08 kbps UEP ACC+ P-Stereo	11-17	10 %	Lux./Junglinster
12:40	13620	Radio Kuwait	4-QAM/16-QAM	11,64 kbps EPP acc Mono	7-15	50 %	Kuwait/Sulaibiyah
14:06	9750	VT Digital	16-QAM/64-QAM	19,42 kbps UEP ACC+ P-Stereo	23-25	100 %	GB/Rampisham
14:09	6130	Deutsche Welle	4-QAM/16-QAM	14,56 kbps EEP ACC+ Mono	18-23	99 %	Germ./Wertachtal
14:15	17800	Deutsche Welle	16-QAM/64-QAM	17,26 kbps EEP ACC+ P-Stereo	17-20	50 %	Portugal/Sines
14:22	6085	BR-B5akt	16-QAM/64-QAM	17,46 kbps EEP ACC+ Mono	15-20	100 %	Germany/Ismaning
18:08	3995	Deutsche Welle	4-QAM/16-QAM	14,56 kbps EEP ACC+ Mono	10-20	100 %	Germ./Wertachtal
19:00	1296	BBC World Service	16-QAM/64-QAM	21,60 kbps EEP ACC+ Mono	20-25	100 %	GB/Orfordness

/// 22.2.2006, FT-817 (IPO off + ATT on), anténa: dipól 14 MHz SE-NW 4m AGL, QTH Průhonice



Vysílač Junglinster Lucembursko



Vysílač Juelich Německo



Vysílač Flevo Holandsko



Vysílač Sines Portugalsko

7. Závěr



Téma práce „Směšovač pro příjem DRM“ jsem si vybral především proto, že je blízké mému radioamatérskému hobby. Obdivuji technologii DRM, která je schopná vtěsnat do tak úzkého přenosového kanálu dostatek informací k přenosu celkem kvalitního rozhlasového signálu. Kvalita DRM je proti klasickému AM vysílání neporovnatelně lepší. Ovšem konkurovat VKV-FM nebo dokonce DVB-T nebo T-DAB nemůže. To však ani účel DRM není. Myslím, že DRM je vhodným oživením KV rozhlasových pásem, která v době internetu už málo kdo poslouchá. Bude příjemné si na zahraniční dovolené naladit domácí rozhlasové vysílání přímo na pláži v solidní kvalitě. Některým zastáncům klasického AM vysílání nástup DRM vadí. Dle mého názoru je to cesta jak přitáhnout na tak vyjímečná KV pásma více posluchačů. Rozvoji však překáží nedostatek, vlastně neexistence, komerčně vyráběných a dostupných DRM přijímačů. Doufejme, že krátkovlnná pásma neohrozí ani technologie jako PLC/BPL a jakožto přírodní bohatství budou využívána šetrně.

8. Zkratky

AM	- amplitudová modulace
DRM	- Digital Radio Mondiale (digitální rozhlas pro DV,SV,KV)
DV	- dlouhé vlny
SV	- střední vlny
KV	- krátké vlny
VKV	- velmi krátké vlny
DVB-T	- Digital Video Broadcasting Terrestrial (digitální televizní vysílání)
T-DAB	- Digital Audio Broadcasting Terrestrial (digitální rozhlasové vysílání – VKV)
TV	- televize (vysílání)
OFDM	- Orthogonal Frequency Division Multiplex (ortog. frekv. dělený multiplex)
QAM	- kvadrurně amplitudová modulace
AAC	- Advanced Audio Coding
SBR	- Spectral Band Replication
FAC	- Fast Access Channel
SDC	- Service Description Channel
MSC	- Main Service Channel
SSB	- Single Side Band (modulace s jedním postranním pásmem)
CW	- přerušovaná nosná vlna (telegrafie)
FM	- frekvenční modulace
SMD	- Surface Mounted Device (povrchová montáž součástek)
nf.	- nízkofrekvenční
VKV-FM	- rozhlasové pásmo 87,5-108 MHz
BPL	- Broadband over Power Line (širokopásmová komunikace po silových vedeních)
PLC	- Power Line Communication (totéž co BPL)

9. Použitá literatura a informační zdroje

- [1] Digital Radio Mondiale, <http://www.drm.org>
- [2] České Radiokomunikace, <http://www.cra.cz/main.php?pageid=302>
- [3] K. Mikuláščík: DRM - budoucnost zahraničního rozhlasového vysílání, Portál radioTV, 2005
<http://www.radiotv.cz/text/text.phtml/3175/drm---budoucnost-zahranicniho-rozhlasoveho-vysilani>
K. Mikuláščík: Pozemní digitální vysílání - princip OFDM, Portál radioTV, 2004
<http://www.radiotv.cz/text/text.phtml/3050/pozemni-digitalni-vysilani---princip-ofdm>
- [4] Dream DRM Receiver, <http://drm.sourceforge.net>
Dream pro Windows v. 1.6.1cvs, <http://pessoal.onda.com.br/rjamorim/dream.zip>
knihovna qt-mt230nc.dll, <http://prdownloads.sourceforge.net/netclipboard/qt-mt230nc.dll?download>
- [5] Stefan Mahn: DRM - Die Technik, DRM Info, <http://www.drm-info.de/tech.htm>, 2002
- [6] Philips: SA612 Datasheet, <http://www.ges.cz/sheet/s/sa612a.pdf>, 1997
- [7] Wikipedie, otevřená encyklopedie, <http://cs.wikipedia.org>
- [8] vyhledávač Google, <http://www.google.com>
- [9] Yaesu: FT-817ND Operating Manual + Circuit diagram, 2004
- [10] DRM Schedule <http://www.drm-dx.de/>