

Petr Malý, OK1FIG, ok1fig@seznam.cz

Konvertor pro příjem 0–550 kHz

aneb příběh jednoho bastlení

Na přelomu století jsem pro práci v pásmu 136 kHz zprvu používal jako přijímač Icom IC-751A, později RFT EKD 300. „Ékádéčko“ nebyl špatný přijímač, ale nevýhodou byly veliké rozměry a velká váha. Protože normálně bydlím ve třetím patře bez výtahu, ale vysílal jsem prakticky výhradně z přechodného QTH, po neustálém stěhování zařízení ve mně uzrálo přesvědčení, že potřebuji přijímač nebo konvertor, který bude poslouchat stejně dobře nebo dokonce lépe než EKD 300, ale ze kterého nebudou bolet ruce ani záda.

Přijímač nebo konvertor?

K postavení se nabízely obě varianty. Postavit celý přijímač speciálně pro tyto frekvence je lákavá představa, hlavně kvůli možnosti zúžení pásma až na několik málo desítek Hz v nízkofrekvenční části, nicméně postavit pouze konvertor představuje mnohem méně práce. Volba nakonec padla na konvertor.

Odolejte pokušení, lad'te

Postavit neladěný konvertor je velké pokušení. Stačí TCXO a dobrý směšovač a je téměř hotovo. Návodů vyšla spousta. Takový jednoduchý konvertor ovšem prodlouží signálovou cestu mezi anténou a rozhodujícím prvkem selektivity a přidá další směšování. Tato koncepce pro příjem silných profesionálních stanic na dlouhých a středních vlnách určitě poslouží, ale pro vyzobávání titěrných amatérských signálů v pásmech 73, 136 a 505 kHz, které jsou právě v těsném sousedství extrémně silných profi stanic, to nebude to pravé ořechové.

EKD 300, i přes vychvalované mechanické filtry, nemá ani dostatečnou selektivitu a DCF39 ruší v pásmu 136 kHz [1]. Bude-li tedy konvertor laděný a bude-li mít vlastní krystalové filtry podílející se na celkové selektivitě, tím lépe. A pokud bude výstupem pevná mezifrekvence už vyfiltrovaná krystalovým filtrem, na kvalitě přijímače připojeného za konvertor už nebude tolik záležet.

VFO versus DDS

Na pásmech 136 kHz a 505 kHz, zejména pro pomalé úzkopásmové digitální módy, ale i pro QRSS, je nutná vysoká kmitočtová přesnost a stabilita. Proto jsem myšlenku postavit vlastní VFO zamítl hned na začátku. Druhá možnost, kterou jsem zvažoval, je použít existující VFO z nějakého starého rozebraného transceiveru. Taková VFO lze koupit za rozumný peníz na Internetu, na aukcích eBay. Všechna VFO, která jsem objevil, však pracovala v rozsahu 5,5 až 6 MHz. Pokud bych tedy chtěl, aby souhlasila stupnice na VFO a smysl ladění, mezifrekvenční kmitočet by musel být buď 5500 nebo 6000 kHz. Takové krystalové filtry ovšem běžně neexistují. Zbyla tedy poslední možnost – použít v konstrukci DDS.



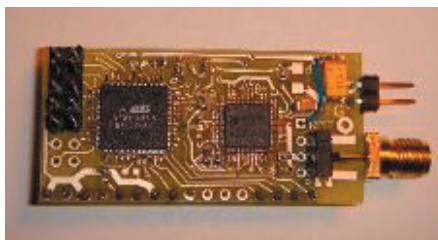
Obr. 1. Konvertor v sestavě s FT-897D. Transceiver slouží jako neladěná mezifrekvence na 5695 kHz.

Volba mezifrekvenčního kmitočtu

Bude-li pro směšování použita DDS, mám poměrně volné ruce v návrhu kmitočtového plánu. Vhodný mezifrekvenční kmitočet pro přijímač na dlouhé vlny by mohl být 455 kHz, přinejmenším pro dostupnost a široký výběr krystalových i mechanických filtrů; bylo by možno i případně použít celý mezifrekvenční modul z nějakého rozebraného zařízení. Můj konvertor však měl poslouchat spojitě až do 550 kHz, mezifrekvence musela tedy být vyšší. Výběr kmitočtu nakonec padl na 5695 kHz. Je to dostatečně vysoko pro potlačení zrcadlového příjmu a pro tento kmitočet existuje bohatý výběr krystalových filtrů od firmy Inrad. Je to také nejvyšší kmitočet, na kterém nabízejí ještě neužívanou šířku, a to 125 Hz [2]. Tyto filtry jsou původně určeny jako „optional“ pro legendární přijímač Drake R-4C a mají i další výhodu – vstupní i výstupní impedance je 50 Ω. Použité se dají také koupit na eBay.

Hledání vhodné DDS

Hledáním na Internetu jsem narazil na malý DDS modul, který je nastrčen zezadu přímo na dvouřádk-



Obr. 2. Jednotka DDSv4

kový LCD displej a ovládá se rotačním enkodérem a dvěma tlačítky [3]. Stabilita je zajištěna TCXO, výstupní úroveň je +7 dBm. Ano, to je to, co potřebuji! Objednal jsem jej a za pár dní dorazil. Vyzkoušel jsem jej v prototypu konvertoru a došel ke dvěma poznáním: Dobrá zpráva byla, že konvertor začal poslouchat, zdá se, že modul produkuje dostatečně silný a čistý signál. Špatná zpráva byla, že obslužný program DDS byl napsán, řekněme... neprofesionálně. Asi bych se byl smířil s tím, že LCD display zobrazuje některé nedůležité informace a že ovládání je poněkud... nepřímocará. Hlavní problém ovšem byl v tom, že obsah informace na LCD byl obnovován po každém impulsu od enkodéru. Pokud se tedy k DDS připojil optický enkodér asi s 50 impulsy na otáčku a otáčelo se jím asi tak rychle, jak se otáčí ladicím knoflíkem, informace na LCD (zejména kmitočet) poblikávala a byla prakticky nečitelná.

Přeprogramování DDS jednotky

Začal jsem si emailovat s autorem DDSky. Komunikace nebyla nejsvižnější, na odpověď jsem vždy čekal asi týden, někdy i déle, ale nakonec jsem dostal vše, co jsem potřeboval – originální obslužný program DDS jednotky psaný v jazyku podobném Visual Basicu a popis, jak jím přeprogramovat jednotku. Co budu ještě potřebovat? Budu potřebovat vývojové prostředí, tedy editor, ve kterém se takový program dá psát, a pak programátor se softwarem, tedy zařízením, kterým se „vypálí“ program do Atmel čipu na jednotce.

Jako vývojové prostředí jsem použil BASCOM-AVR [4]. Editor není až tak komfortní, jak jsme zvyklí, ale kromě toho, že umí zkompileovat zdrojový Visual Basic do souboru, který přijde vypálit do jednotky, obsahuje i emulátor Atmel procesoru včetně emulace řádkového LCD displeje a tlačítek připojených na porty procesoru. Celý program lze tak napsat a vyzkoušet na PC a není nutno po každé změně programovat jednotku.

Jako programátor jsem použil ATAVRISP2. Program, kterým se programuje DDS jednotka (přesněji Atmel procesor na ní), se jmenuje AVR Studio a lze jej stáhnout zadarmo ze stránek firmy Atmel [5].

Nový program pro DDS

Všechno špatné je pro něco dobré. Pokud si tedy budu muset napsat obslužný program sám, mám alespoň šanci jej „ušít“ přesně pro potřeby mého konvertoru [6]. Dvouřádkový LCD displej bude zobrazovat na prvním řádku číslo pásma resp. číslo paměťového místa, pak symbol vybraného krystalového filtru, pak symbol ladícího kroku (rychlé/pomalé) a nakonec frekvenci. Dolní řádek pak bude zobrazovat význam tlačítek, která budou umístěna pod ním, vlevo a vpravo.

Ovládání bude rozděleno do dvou menu. Do prvního, systémového, se lze dostat jen tak, že se podrží obě tlačítka a konvertor se zapne. Toto menu obsahuje nastavení mezifrekvenčního kmitočtu, přepínání injekce oscilátoru zeshora/zespoda a počtu paměťových míst. Druhé menu je provozní a lze do něj kdykoliv vstoupit pravým tlačítkem. V něm lze uložit/vyvolat frekvence paměťových míst, zamknout/odemknout ladící knoflík, vybrat krystalový filtr (125 Hz, 500 Hz, žádný), vybrat ladící krok (1, 2, 5, 10 Hz, ... 10 kHz) a násobek ladícího kroku, když je zapnuto rychlé ladění (x2, x5, x10, ... x10000).

```
1 1 * 60.00
FAST/MEM MENU+
```

Základní displej po zapnutí konvertoru: naladěno 60 kHz, zvolen filtr 125 Hz, normální ladění

```
SAVE ALL FREQ'S
OK/ NEXT+
```

Menu 1. Volby SAVE CURR FREQ, SAVE ALL FREQ'S, SAVE ALL, RECALL CURR FREQ, nebo LOCK FREQ DIAL

```
FILTER: 1 125 Hz
OK/ NEXT+
```

Menu 2. Volba filtru, 125 Hz, 500 Hz, nebo WIDE

```
TUNE STEP: 10
OK/ NEXT+
```

Menu 3. Volba ladícího kroku: 1, 2, 5, 10, ... 10000 Hz

```
FAST TUNE: x100
FINISH+
```

Menu 4. Volba násobku ladícího kroku při rychlém ladění: x2, x5, x10, x20, ... x10000

Obr. 3. Vzhled jednotlivých menu displeje LED

Ne, opravdu nechci programovat mezikontinální střely

Autor jednotky mi doporučil použít programátor ATAVRISP2. Objednal jsem si jej u Digi-Key [7]. V té chvíli jsem ovšem ještě netušil, co mě čeká. Následovala dlouhá výměna emailů, ve kterých jsem byl opakovaně dotazován, do jakého zařízení to bude zabudováno a kdo je cílový uživatel (Digi-Key prodává hlavně součástky). No, vysvětlíte té americké paní, co je to ten můj konvertor... Tak jsem té loajální pracovnici musel obšírně vysvětlit, že to, co jsem si objednal, je „o samotě stojící“ kra-

bička a nepřijde do čehosi zašroubovat. Používat ho budu já, tedy Petr Malý, a opravdu ho nedám z ruky. A bude ležet v pravém zadním rohu mého



Obr. 4. Programátor ATAVRISP2

pracovního stolu. Jako projev vstřícnosti jsem nabídl zjistit buď výrobce mého dřevěného stolu, nebo přesné GPS souřadnice pravého zadního rohu...

Už jsem ani moc nepočítal s tím, že něco přijde, ale programátor během pár dní nakonec dorazil. Na faktuře byla vypsána celá ta naše komunikace i s daty. Programátor je doma a já se holt musím smířit s tím, že moje jméno a adresa teď koluje někde v databázích americké vlády. Pokud bych snad měl ještě někdy letět do Ameriky, musím si dát pozor a na letišti se tvářit nenápadně.

Přeprogramování jednotky pak proběhlo vcelku bez problémů. Z nejhoršího jsme tedy venku. Tedy přinejmenším z celé té digitální šlamastyky.

Zapojení konvertoru

Vstup jsem vyřešil poměrně odvážně širokopásmově – dolnofrekvenční propustí se zlomovým kmitočtem kolem 550 kHz. Předpokládal jsem, že pro seriózní práci bude konvertor tak jako tak připojen na vyladěnou a přizpůsobenou anténu. Za propustí následuje diodový směšovač Tesla QN75601. Směšovač dostává oscilátorovou injekci z DDS přes dolnofrekvenční propust se zlomem kolem 5,7 MHz. Vstupní signál (tedy kmitočty 0 až 550 kHz) je připojen na směšovač na vývod 3, tedy tam, kam by byl připojen nízkofrekvenční signál, kdyby byl směšovač použit jako SSB modulátor.

Za směšovačem následuje zesilovač s FETem J310 se společným gatem a pak sekce filtrů. Filtry jsou přepínány diodami a přepínání je ovládáno ovládací prvek – přepínač, který by jinak musel být na předním panelu. Pokud je potřeba přepnout filtr, zvolí se příslušná položka v provozním menu a ladícím knoflíkem se zvolí buď 125 Hz, 500 Hz nebo WIDE (útlumový článek 6 dB). Za filtry následuje zesilovač opět s J310 se společným gatem. Výstupem je pevná mezifrekvence 5695 kHz.

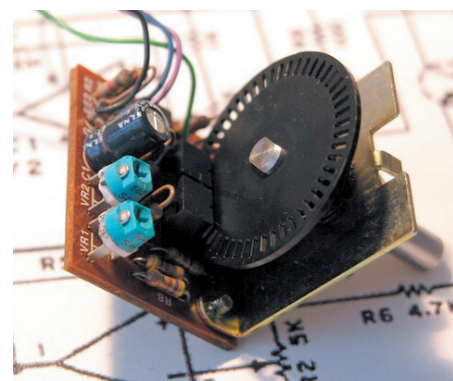
Konvertor směšuje netradičně „odspodu“, tedy přijímanému kmitočtu 0 až 550 kHz odpovídá kmitočet DDS 5695 až 5145 kHz. Tím se nepatrně zhorší podmínky pro potlačení zrcadlového příjmu, výhodou je ovšem, že konvertor nepřevrací postranní pásma. Jinými slovy, vyššímu kmitočtu

na vstupu odpovídá vyšší kmitočet na výstupu a opačně. Tak nevznikají potíže při příjmu RTTY a jiných digitálních módů.

Další podrobnosti a obrázky v plném rozlišení, a to i ostatních částí konvertoru (síťový zdroj, deska s relátký, deska s tlačítky, ...) viz [12].

Ladící knoflík a optický enkodér

Na předním panelu musí být veliký ladící knoflík s důlčkem pro prst, to je jasné. Koupit? Prakticky nemožné. Jediné, co lze u nás sehnat, je plastová placička vysoká asi 5 mm, která jakousi prohlubeň pro prst má, ale do pořádného ladícího knoflíku má hodně daleko. Na eBay.com lze koupit ladící knoflíky z rozebraných transceiverů, od starých bakelitových Drake a Collins až po současné výrobky, bohužel cena bývá neúměrně vysoká. Zajímavé



Obr. 5. Optický enkodér z rozebraného přijímače Kenwood

knoflíky vyrábí např. firma Rogan [8], ale pokud jich nechcete vyrobit vagon, ani jim nepište. Nakonec jsem objevil web s výprodejem všeho možného, kde bylo za relativně přijatelný peníz možno koupit hlavní ladící knoflík z přijímače Collins KWM-380 [9].

Ladí se enkodérem, který dodává do DDS jednotky informaci (pulsy) o otáčení a jeho smyslu. Velcí známí prodejci součástek u nás nemají rotační enkodéry v nabídce vůbec, mechanický enkodér lze za pár korun koupit třeba v PS electronic [10]. Mechanický enkodér (cvrček) ale mívá maximálně 20 až 30 impulsů na otáčku a zřejmě by ani dlouho nevydržel mechanicky. Mně se podařilo koupit na eBay optický enkodér z rozebraného přijímače Kenwood R-2000. Dává kolem 50 impulsů na otáčku, což se zdá být právě postačující.

Návrh a výroba plošných spojů

Vzhledem k tomu, že většinu plochy hlavní desky s plošnými spoji budou tak jako tak zabírat dva krystalové filtry (filtry 5695 kHz jsou stejně velké jako standardní krystalové filtry 455 kHz), ani jsem neuvažoval o SMD montáži. Desku jsem navrhoval v softwaru SprintLayout [11]. Software je opravdu intuitivní a práce v něm příjemná. Výsledek se vytiskne na laserové tiskárně na modrou fólii, zažehlí na cuprexitu a vyleptá chloridem. Celá deska je

uzavřena v krabici z pocínovaného plechu kvůli stínění.

Mechanická konstrukce

Původně jsem chtěl vestavět konvertor do ploché hliníkové krabčky ze starých zásob, ale veliký ladicí knoflík se nevešel na přední panel. Volba nakonec padla na MGE 2208 (GES). Rozměrově krabčka odpovídala potřebám konvertoru a umožnila zabudovat také síťový zdroj a malou desku se dvěma relátký, která přemostí vstupní a výstupní konektor, když je konvertor vypnut. Tím odpadá neustálé přešroubovávání konektorů, chceme-li transceiver používat i na „normální“ vysílání.

Na zadním panelu je síťový konektor, dva SO239 konektory a navíc nezapojený patnáctipinový D-SUB konektor pro případná externí příslušenství v budoucnu. Zevnitř je na zadním panelu také rezervováno místo pro malou desku, třeba vypínatelný attenuátor nebo předzesilovač, případně preselektor. Na procesoru zůstaly ještě některé porty nevyužity, takže pro ovládání této desky by nebylo nutno přidávat na přední panel ovládací prvek, ale stačilo při přidat do menu jednu položku a přeprogramovat DDS jednotku.

Přední a zadní panel je překryt samolepicím laminem s popisky ovládacích prvků. Výroba není složitá. V nějakém jednoduchém grafickém editoru (stačí třeba Malování ve Windows) se nakreslí panel i s obrysy otvorů a popiskami a vytiskne se na laserové tiskárně na papír. Ten se nechá zalaminovat do samolepicího lamina (pouze celé A4, za asi 25 Kč v každém kopírovacím centru). Nutno samozřejmě udělat několik pokusů jen s papírem a upravovat pozice a rozměry zejména otvorů pro ovládací prvky tak, aby to přesně „sedlo“. Otvory pro ovládací prvky lze vyřezávat odlamovacím nožem. Lamino je poměrně tuhé, překryje i zapuštěné hlavy šroubů, takže odpadá nutnost subpanelu. Bohužel můžeme použít pouze ovládací prvky, které vyžadují obdélníkové otvory v panelu. Kruhovou díru bychom bez speciálního nástroje těžko kvalitně vyřizli.

Porovnání s přijímačem RFT EKD 300

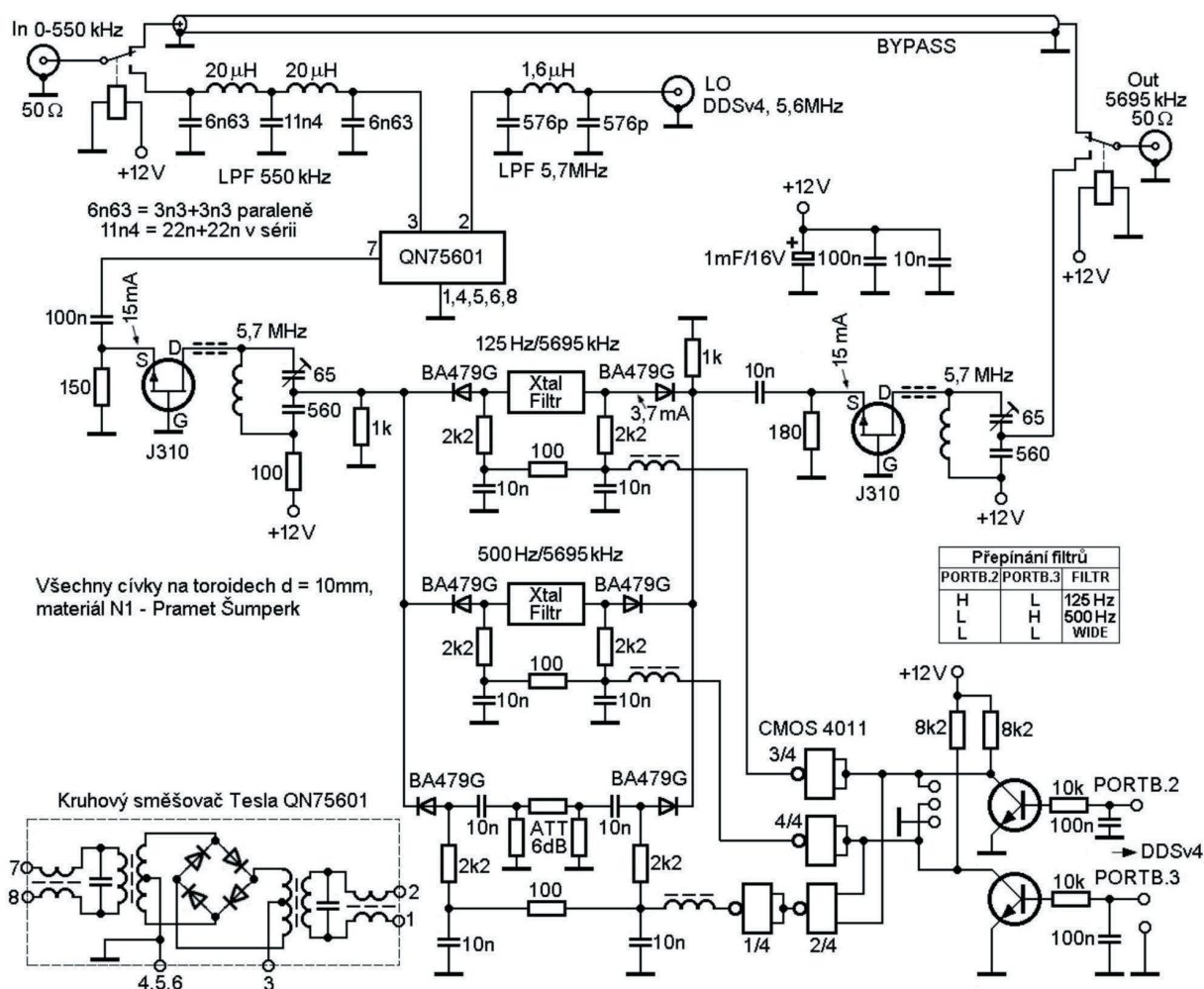
Nemám možnost konvertor profesionálně proměřit, takže jsem se uchýlil k prostému porovnání s existujícím profesionálním přijímačem. Stejná anténa, stejný čas, stejný stůl. Výsledek byl docela povzbuzující. Na frekvencích kolem 500 kHz oba

přijímače poskytovaly přibližně stejný příjem, nebyl patrný žádný rozdíl. Čím nižší frekvence, tím byl ovšem rozdíl větší. Na 136 kHz byl konvertor již zjevně lepší. Na 100 kHz přijímal konvertor Loran-C (klusající koně) zcela zřetelně, na EKD 300 byl signál navigačního systému sotva znatelný. Signál MSF Rugby na 60 kHz (časový signál z Anglie) přijímaný konvertorem by docela zřetelný a jasně čitelný, EKD 300 už o něm neměl ani tušení.

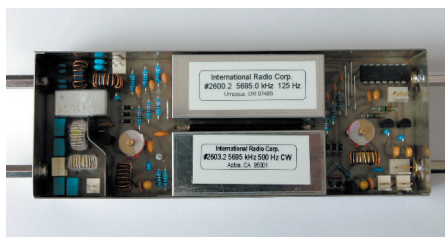
Podstatně lepší byla také selektivita sestavy v porovnání s EKD 300, obzvláště pak kombinace filtru 125 Hz v konvertoru a filtru 250 Hz v transceiveru (FL-53A). Stačilo se odlatit o několik málo desítek Hz od DCF39, abyste o tomto strašáku dlouhovláků nevěděli.

Zbrojíme na 505 kHz

Toto pásmo, na rozdíl od pásma 136 kHz, není pro nás zatím obecně povoleno. Průkopníkem je Luboš OK2BVG, který z lokátoru JN88KS provozuje svůj maják OK0EMW na kmitočtu 505,060 kHz. Jeho 1W ERP vyzářený anténou napnutou mezi paneláky byl slyšet i za Atlantikem, dostal QSL lístek za poslech od stanice AA1A. Congrats!



Obr. 6. Celkové schéma konvertoru. Krystalové filtry INRAD: 125 Hz/5695 kHz: #2600.2, 500 Hz/5695 kHz: #2603.2. Další podrobnosti viz text.

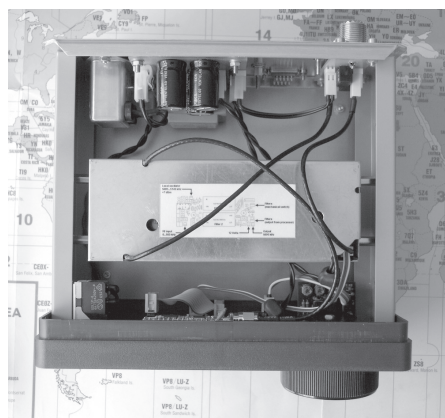


Obr. 7. Hlavní jednotka konvertoru. Zleva: vstupní dolnofrekvenční propusti a diodový směšovač, zesilovač s J310, kryštalové filtry 125 a 500 Hz, CMOS hradla – logika přepínání filtrů, zesilovač s J310.

Toto pásmo má také svoje kouzlo pro nás, bývalé „rádiáky“ z lodí. V rámci služebních povinností jsme museli poslouchat na tísňovém kmitočtu 500 kHz osm hodin denně.

Snad se ledy hnou po radioamatérské konferenci (ITU World Radio Conference) v lednu a únoru 2012, kde by se mělo o povolení tohoto pásma jednat. Zatím je povolen rozsah 501 až 504 kHz jen v některých zemích (G, ON) a s různými

omezeními výkonu a šířky pásma. Již teď lze však poslouchat řadu radioamatérských majáků, např.



Obr. 8. Pohled na odkrytovaný konvertor shora. Na zadním panelu je síťový zdroj, D-SUB konektor a dva konektory SO239 s destičkou s relátký. Uprostřed hlavní jednotka v krabičce z pocínovaného plechu. Na předním panelu je síťový vypínač, DDS jednotka s dvouřádkovým LCD zobrazovačem a optický enkodér.

z Německa či Švédska. Jakmile bude ale pásmo uvolněno obecně, lze očekávat podobný „boom“, jako byl před deseti lety na 136 kHz. Budme na to připraveni!

- [1] <http://ok1fig.nagano.cz/EKD300.htm>
- [2] <http://www.inrad.net/product.php?productid=179&cat=4&page=4>
- [3] <http://www.rmt-tech.com/Products.html>
- [4] <http://www.mcselec.com>
- [5] http://www.atmel.com/dyn/products/tools_card.asp?tool_id=2725
- [6] <http://ok1fig.nagano.cz/UC5695/MenuSystem.htm>
- [7] <http://search.digikey.com/scripts/DkSearch/dksus.dll?Detail?name=ATAVRISP2-ND>
- [8] http://www.rogancorp.com/rb_dimple_turn.html
- [9] <http://www.surplussales.com/ShaftHardware/Knobs-5.html>
- [10] <http://www.pselectronic.cz/k5108-251-vyp-d-re30.html>
- [11] <http://www.abacom-online.de/uk/html/sprint-layout.html>
- [12] <http://ok1fig.nagano.cz/UC5695/Uc5695.htm>

<9100>