

Miroslav Šperlín, OK2BUH, visper@mbox.vol.cz

Přijímač SDR Perseus

Když jsem před 25 lety prohlásil, že jednou budeme připojovat anténu „do nohy“ procesoru, tak jsem byl označen za blázná. A je to tady! Přijímač Perseus pracuje na principu „direct sampling“, nemá tedy žádné oscilátory, směšovače ani mf zesilovače. Nepotřebuje dokonce ani zvukovou kartu jako jiné SDR přijímače. Autorem je italský radioamatér Nico Palermo IV3NWV, který se již v minulosti proslavil konstrukcí paketového modemu YAM.



Jak to může fungovat?

Doba dospěla tak daleko, že jsme schopni vyrobit rychlé AD (analog/digitální) převodníky, které dokáží vzorkovat celé krátké vlny naráz v reálném čase. Máme ale malý problém: Tisíce stanic, které pracují současně, vytvářejí tak obrovské množství dat, že je žádný dnešní počítač nedokáže v reálném čase zpracovat. Možná by i dokázal, existují přece superstroje s tisíci procesory, ale to by se nám do obýváku rozhodně nevešlo a elektrická přípojka by to neutáhla.

Dnešní moderní domácí počítač s dvoujádrovým procesorem 2,5 GHz zvládne zpracovat šířku pásma asi 800 kHz. Máme tedy dvě možnosti: Pomocí směšovače a mf filtru vybrat onu potřebnou šířku (to jsme ale nechtěli, to je návrat k superhetu), nebo použijeme revoluční metodu digitální

(třeba při analýze spektra). A konečně poslední dvě diody indikují zapnutí attenuátoru 10 dB a 20 dB, obě dohromady tedy 30 dB. Zadní stěna obsahuje jen vstupní konektor BNC, mini USB a konektor pro síťový adaptér. Ten pracuje jako spínaný zdroj a má označení 5 V, 1000 mA.

Po otevření přijímače se nám naskytne pohled podle obr. 1:

Vidíme, že většinu prostoru zabírají relátka vstupních filtrů, dále vidíme IO AD převodníku a hradlové pole Xilinx Spartan, do kterého je naprogramován DDC konvertor.

Podívejme se nyní na blokové schéma – viz obr. 2. Naše „hardwarová procházka“ bude tentokrát velmi krátká.

Signál z anténního konektoru přichází na obvod přepěťové ochrany. Následují dva attenuátory spínané relátky, potom řada vstupních filtrů. Ty jsou řešeny jako půloktávové, opět spínané relátky. Poslední relé všechny filtry vyřadí. To se používá např. při analýze spektra. Následuje dolní propust proti aliasingu (nežádoucí produkty vzorkování). Podle Nyquist-Shannon-Kotelnikova teorému nesmíme dopustit, aby se na vstup převodníku dostala frekvence vyšší, než je polovina vzorkovacího kmitočtu. Dále je zde vypínatelný předzesilovač se ziskem pouze 3 dB a další anti-aliasingový filtr. A nyní přichází nejdůležitější (a taky nejdražší) součástka: AD převodník LTC2206-14 od firmy Linear Technology. Převodník pracuje se vzorkovací frekvencí 80 MHz a je 14-bitový.

Obrovský datový tok pokračuje do obvodu DDC (Digital Down Converter). Ten naprogramoval Nico Palermo do hradlového pole FPGA Xilinx Spartan (klobouk dolu!). Redukovaný datový tok potom pokračuje přes standardní USB kontrolér do počítače. Poslední „krabička“ obsahuje jen stabilizátory zdroje.

Jaké to má parametry?

Velmi pěkné! Posuďte sami:

Frekvenční rozsah 10 kHz–30 MHz (jako analyzátor až 40 MHz)

Druhy provozu AM, synchro AM, CW, LSB, USB, RTTY, FM, DRM

Citlivost 0,39 μ V SSB pro 10 dB s/š

Selektivita softwarově definovaná (stopband >100 dB)

Potlačení zrcadla >90 dB (to jsem nepochopil, kde je jaké zrcadlo?)

Intercept point IP3>31 dBm

Dynamický rozsah 100 dB SSB, 104 dB CW

SFDR (Spurious Free Dynamic Range) 110 dB

BDR (Blocking Dynamic Range) 125 dB (CW 500 Hz)

MDS (Min. Detectable Signal) –131 dBm CW, –124 dBm SSB, předzesilovač zapnut

Úroveň limitace ADC –4 dBm (–7 dBm s předzesilovačem)

Stabilita kmitočtu \pm 1 ppm (po kalibraci)

Spotřeba energie 5 V /650 mA

Přístroj má i další zajímavé vlastnosti. Např. S-metr je cejchovaný ve stupních S i v dBm. Rozsah je 130 dB (S1–S9+70 dB). Stupnice je naprosto lineární a výrobce zaručuje přesnost 1 dB v celém rozsahu! Digitální údaj je dokonce v desetínách dB. Je možno přepnout měření špičkové hodnoty i RMS. Takové přesnosti není možno u analogo-

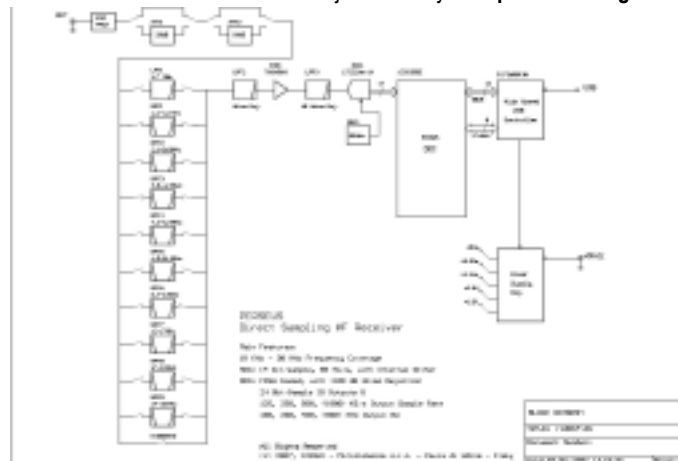


Obr. 1.

downkonverze. Nebudeme se zde zabývat principem této metody, to by přesáhlo rámeček článku (a asi bych to ani nedokázal). Spokojíme se s tím, že DDC (Digital Down Converter) je součástka, která zredukuje obrovský datový tok na asi 480 Mbitů/sec. Vypadá to pořád ještě hrůzostrašně, ale tuto rychlost už dnešní počítač vybavený portem USB2 zvládne.

Jak to vypadá zvenku a co je uvnitř?

Malá černě eloxovaná hliníková krabička rozměrů přibližně 105 x 165 x 35 mm má na čelní straně jen řadu pěti LED diod. Levá dioda indikuje připojení napájecího zdroje. Další dioda je označena „Clip“ a indikuje přebuzení AD převodníku. Dioda „WB“ (Wide Band) označuje vyřazení vstupních propustí



Obr. 2.

vých přístrojů nikdy dosáhnout, protože součástky stárnou a parametry se mění. Software může zestárnout pouze „morálně“, ale nikdy ne fyzicky.

Přístroj se při měření parametrů chová zcela odlišně, než jsme byli zvyklí. Např. IP3 se při zvětšujícím signálu zvyšuje! Při dvojtónovém měření je jedno, jak jsou kmitočty vzdáleny! Šum recipročního směšování žádný není, protože nemáme ani oscilátor, ani směšovač!

Tak si říkám, že je skoro škoda na to poslouchat, ale že by bylo vhodnější to spíše využít jako měřicí etalon pro kontrolu jiných zařízení.



Obr. 3.

Software

Nároky na počítač jsou trochu vyšší. Pro využití plného datového toku a možnosti nahrávat až 800 kHz široký úsek pásma je potřeba procesor dual-core 2,5 GHz. Pokud se spokojíme s poloviční šířkou pásma 400 kHz, vystačíme i s Pentiem IV na 2 GHz. To byl i můj případ. USB port musí být typu 2, ale to už je dnes samozřejmost. Paměť RAM stačí 512 MB. Nároky na zvukovou kartu nejsou, na rozdíl od jiných SDR, žádné, karta slouží jen pro konečný „přesun“ nf signálu do reproduktorů.

Instalace softwaru z příloženého CD proběhla bez problémů, stačí se držet instrukcí. Po připojení přijímače a napájecího zdroje lze program spustit. Bez přijímače to nejde, takže není možno si program „osahat“ před zakoupením, jak to šlo u jiných SDR rádií. Na obrázku 3 vidíme ovládací panel.

Horní velké okno analyzuje spektrum. Šířka se mění podle zvolené rychlosti vzorkování. Tu je možno nastavit ve čtyřech stupních 125, 250, 500, 1000 kS/s. Tomu odpovídají šířky pásma 100, 200, 400 a 800 kHz. Poslední rychlost už můj počítač nezvládal. Tuto šířku pásma je možno nahrávat na disk a potom zpětně proladovat. Výborný důkaz na prohřešky v závodě!

Svislý světlejší pruh představuje šířku filtru a tedy poslouchanou frekvenci. Tu lze měnit několika způsoby: Je možno „uchopit“ pruh myší a posouvat ho, nebo ho necháme na místě a posouváme stupnici pod oknem. Tu můžeme posouvat i šipkami po stranách nebo kolečkem myši. Dvojklikem

do libovolného místa skočí frekvence v rastru 1 kHz. A konečně je možno kmitočty zadat numericky z klávesnice s přesností 1 Hz.

U spektrální analýzy lze nastavit vertikální posun i amplitudu. Je možno plynule nastavit průměrování. Pravým tlačítkem myši se dají umístit kamkoli ve spektru až 4 markery. V pravé části okna se potom zobrazí frekvence markerů s přesností na 1 Hz a jejich amplitudy na desetiny dBm! Po stisku tlačítka „Delta“ se zobrazují rozdíly kmitočtů i amplitud markerů 2, 3 a 4 vůči markeru 1.

Spektrální analýzu je možno přepnout i do režimu „Waterfall“ (vodopád). Potom lze regulovat rychlost, jas i kontrast vodopádu. Dolní menší okno zobrazuje spektrum uvnitř filtru. I zde se dá plynule měnit průměrování analýzy.

Filtry

Filtry hlavní selektivity jsou typu „Brick Wall“ (cihlová zeď), tedy v podstatě dokonalý obdélník. Filtr tohoto tvaru je z klasických krystalů nerealizovatelný. Pro měřicí účely je

to rozhodně dobře, ale pro příjemný poslech CW bych se přimlouval za možnost měnit strmost hran a „kulatost“ rohů. Jistě se časem objeví software, který to umožní. Filtrů je tak obrovské množství, že regulace šířky pásma je v podstatě plynulá v rozmezí 50 Hz až 25 kHz a mění se kolečkem myši nebo tlačítkovými předvolbami. Taky se dá levý nebo pravý bok filtru „uchopit myší“ a libovolně posunout. Stopband filtrů je vyšší než 100 dB, tedy prakticky neměřitelný.

Notchfiltr (výřezový filtr)

Obsluha notchfiltru je neuvěřitelně rychlá. Stačí na rušící stanici kliknout a je pryč. Kolečkem myši můžeme regulovat šířku výřezu. Potlačení je dokonalé.

NB Noise Blanker

Potlačovač impulsního rušení je nastavitelný plynule. Jeho účinnost se mi zdá mnohem vyšší než u klasických zařízení. Dokáže „zneškodnit“ značnou část rušení ze sítě a přitom nekazí modulaci.

NR Noise Reduction

DSP potlačovač šumu je plynule nastavitelný a jeho účinnost se mi zdá standartní.

AVC

má tři polohy FAST, MID a SLOW a je velmi účinné. Přístroj nemá samostatnou regulaci vř zesílení, ale při vypnutí AVC se jako vř zesílení začne

chovat prvek nf zesílení. Je to zajímavé řešení, ale použitelné absolutně bez problémů.

ATT vstupní attenuátor

je skokově nastavitelný 0, 10, 20 a 30 dB. Ve dne může být na nule, po setmění je potřeba na dolních pásmech s dobrou anténou zapnout útlum 10 dB, jinak již dochází k přebuzení AD převodníku. O přebuzení nás informuje blikání červené diody „Clip“ na předním panelu i na monitoru počítače, a to ještě dříve, než to začne být slyšet.

Front End

Obsahuje tři tlačítka. První označené „Presele“ vyřadí vstupní filtry. Přijímač po celý den pracuje bez filtrů naprosto bez problémů. Po setmění, kdy extrémně zesílí středovlnné stanice a taky KV rozhlasů na 49 a 41 m, již dochází k přebuzení převodníku a zapnutí filtrů nám pomůže. Druhé tlačítko je označeno „Preamp“ a slouží k zapnutí předzesilovače. Ten nám pomůže zvýšit citlivost na horních pásmech. Jeho zisk je jen 3 dB a je nízkošumový a vysoce odolný. Třetí tlačítko je označené „Dither“ a slouží k „vyhlazování“ převodníku. Tato funkce je přímo vlastností použitého obvodu. Žádný podstatný rozdíl jsem ale nezaznamenal ani při poslechu, ani při měření.

HFCC a EIBI

Tato tlačítka zapínají databáze rozhlasových stanic – to se bude velmi líbit vyznavačům rozhlasového DXingu. Po naladění jakékoliv „vzácnosti“ ihned vidíme, co to je. Na třetí tlačítko označené „User“ si můžeme umístit databázi vlastní.

S-metr

To není S-metr, to jsou přímo varhany – dokonalý měřicí přístroj. Stupnice je naprosto lineární, cejchovaná ve stupních S i přímo v dBm. Rozsah 130 dB a výrobce zaručuje přesnost 1 dB! Digitální zobrazení je dokonce na desetiny dB – to nemá ve světě obdoby ani u profi měřicích přístrojů. Zapnutí attenuátoru a předzesilovače nemá na údaj S-metru žádný vliv, software to automaticky kompenzuje. A na co je to dobré, na reporty? To určitě ne, ale třeba na měření antén. Pověsíme si generátor na plot, přidáme na anténě direktor a odečteme 1,8 dB. Není to paráda?

Nahrávání

Program dokáže nahrávat na disk až 800 kHz široké pásmo a potom ho zpětně proladovat. S tím musíme vyhrát každý posluchačský závod (je to ale podvod). Soubory mají klasickou příponu .wav, ale samozřejmě to nepřehraje nic jiného než program Perseus a ten bez přístroje spustit nejde. Nemůžeme tedy nahrávku nikde publikovat. Je zde ale možnost použít software Winrad (viz další text). Nahrávání je samozřejmě náročné na kapacitu disku. Při šířce pásma 800 kHz zabere 1

minuta nahrávky 360 MB na disku, při 100 kHz asi 45 MB. Nahrávat lze libovolně dlouho (pokud stačí kapacita disku). Soubory se rozdělují na 900 MB velké úseky, které se automaticky číslovají.

Módy CW, SSB, RTTY a FM

se chovají zcela standartně, jak jsme zvyklí. Za-

selektivním únikem. Osobně jsem něco tak dokonalého pro příjem AM ještě neviděl. Škoda, že to přišlo až teď, v době rozmachu AM vysílání by to byla „strašná zbraň“.

Přijem DRM

DRM (*Digital Radio Mondiale*) je nový druh provozu rozhlasových stanic na SV a KV. Jedná se o digitální přenos pomocí modulační QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) s více nosnými kmitočty (většinou 16 nebo 64). Je možno vysílat hi-fi mono i stereo, přenášet textové informace nebo i obrázky. Evropské stanice se dají přijímat běžně (včetně pokusů Českého rozhlasu na KV), při dobrých podmínkách jsou slyšet i jiné kontinenty. Na běžném radiu slyšíme jen ostrý šum. Co je potřeba k dekódování? Jen volně šiřitelný program *Dream*, který můžeme stáhnout třeba na <http://drm.sourceforge.net/>.

Je zde ale problém: *Dream* potřebuje k dekódování zvukovou kartu a na tu už je připojen výstup programu *Perseus*. My bychom potřebovali cestu přerušit a vložit do ní virtuální „krabičku“ programu *Dream*. Nebojte se, nebudeme potřebovat štiपाčky ani páječku, ale stáhneme si program *Virtual Cable* třeba z adresy <http://software.muzychenko.net/eng/vac.html>.

muset z tabulky do *Persea* zapisovat ručně. Kmitočty *Persea* je možno ovládat přes USB jako virtuální COM10, jenomže *Dream* umí ovládat jen COM1 až 5. Nevadí, uděláme si virtuální kabel „nulmodem“ a COMy si propojíme. (Nebylo té virtuality už moc? Virtuální rádio, virtuální kabely, už nám chybí jen virtuální ženské). Stáhneme si program *com0com* třeba z <http://com0com.sourceforge.net/> a nastavíme ho podle obr. 6.

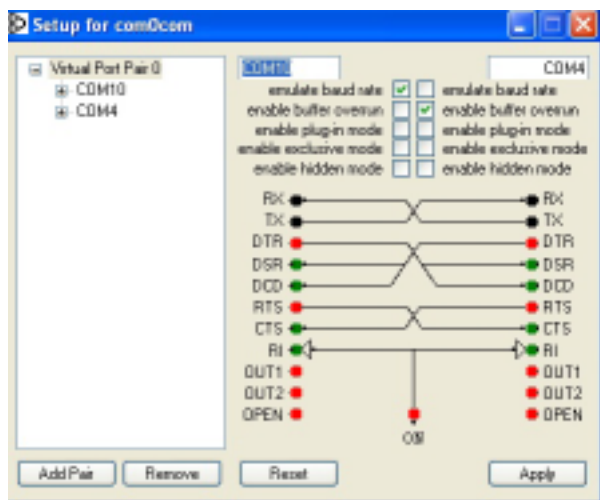
Máme tedy „do kříže“ propojen výstup ovládaní z programu *Dream*, který nastavíme na COM4, a vstup programu *Perseus* na virtuálním COM10. *Perseus* reaguje na stejné ovládací kódy, jaké mají všechny ICOMY. Nastavíme tedy v programu *Dream* ovládaní libovolného zařízení ICOM, třeba IC-756. A nyní už stačí klikat na stanice DRM v seznamu *Dreamu* a *Perseus* se nám bude sám přeladovat.

Naprostě stejným způsobem se nám podaří přesvědčit i jiné programy pro spolupráci s *Perseem*, včetně populárního *HRD* (*Hamradio de Luxe*) nebo programů pro digimódy včetně *CODE 300*. Dokonce je možno s *Perseem* provozovat i *CW Skimmer* (tomuto zajímavému programu se budeme věnovat v samostatném článku). Zde ale nevystačíme se samotným virtuálním kabelem, protože *CW Skimmer* a *Perseus* používají rozdílné vzorkovací rychlosti. Nezoufejme a použijme program *Ratemonkey*, který dokáže datový tok převzorkovávat v reálném čase. Návod, jak na to, nalezneme zde: http://docs.google.com/Present?docid=dg36sg3j_14d2b5dzc&skipauth=true.

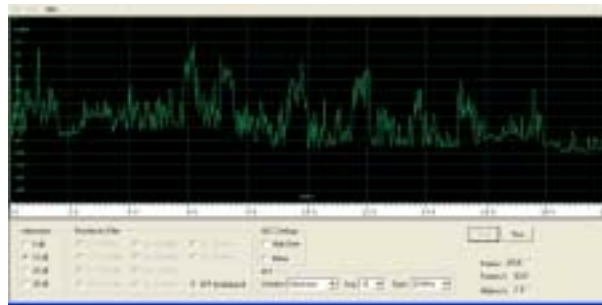


Obr. 5.

íjímavý je mód AM. Klasický přijímač AM má nehlubší přednes při naladění nosné vlny do středu filtru a na obě strany se zabarvení zvyšuje a narůstá zkreslení. Zde se můžeme pohybovat jakkoliv, pokud jsme uvnitř filtru, je modulace stále stejná. Dokonce je možno „uchopit myší“ jednu stranu filtru a zrušit horní nebo dolní postranní pásmo, aniž by se v poslechu něco změnilo. To je výborná věc pro lovce rozhlasových DX. Pokud je jedno postranní pásmo zarušené, tak ho „amputujeme“ a vystačíme si s tím druhým bez sebemenší ztráty kvality. Synchro AM se chová podobně, navíc dokáže regenerovat nosnou vlnu poškozenou třeba



Obr. 6.



Obr. 7.

Analýzér spektra

Na příloženém CD najdeme ještě jeden zajímavý program s názvem *HFSpan*. Je to dokonalý analyzátor spektra, pracující v rozsahu 0–40 MHz. Analýza je okamžitá, žádné postupné skanování. Je možno volit analýzu podle pánu Blackmana, von Hanna, Hamminga i Kaisera. Rovněž je možno nastavit průměrování až 1:256. Rozsah je možno snížit na 20 nebo 10 MHz a oknem lze potom pohybovat v rozmezí 0–40 MHz.

Na obrázku 7 je skan signálů krátkých vln do kmitočtu 20 MHz. Vidíme dominující amplitudy KV rozhlasových pásem. Je zajímavé sledovat, jak se situace mění v různou denní dobu v závislosti na MUF.

software.muzychenko.net/eng/vac.html. Program nainstalujeme do Windows a zůstane tam trvale. Ve všech slušně napsaných programech se v menu pro zvukové karty ukáže nová položka „Virtual Cable“. Objeví se např. v programech pro digimódy a tím je zpřístupní *Perseovi*. Nejinak tomu bude i v *Dreamu*. Ukázka činnosti *Dreamu* s *Perseem* je na obrázku 5 a doporučuji shlédnout i video <http://www.youtube.com/watch?v=45KbUsLSnqk>.

Ještě ale musíme vyřešit jeden problém: Bude to sice fungovat, ale kmitočty DRM stanic budeme



Obr. 8.

Alternativní software

Perseus je možno provozovat i s jiným softwarem, např. se známým programem *Winrad* autorů I2-PHD a WA6KBL. Je ale nutno nainstalovat plugin pro spolupráci s *Perseem*. Program i plugin stáhneme zdarma na adrese <http://www.winrad.org/winrad/> (viz obr. 8).

Winrad poslouchá rovněž velice dobře. Jeho výhoda spočívá v tom, že ho lze spustit i bez připojeného přijímače. Nahrávku pásma pořízenou *Winradem* si tedy mohou poslechnout a proladovat i ti, kteří *Perseus* nevládní. Nahrávky pořízené programem *Perseus* a *Winrad* ale nejsou vzájemně kompatibilní.

Zkušební z provozu

Po prvním zapnutí jsem z toho moc nadšen nebyl – zdálo se mi, že rádio příliš šumí. Až po několika dnech jsem si povšiml, že při zapnutí *Persea* značnou šumět i ostatní rádia v místnosti. A už jsem byl „doma“ – vyzáhuje USB kabel. Je potřeba použít kvalitní kabel a nešetřit na něm ferity. Velmi pomohl proudový balun na koaxiálu co nejbližší vstupnímu konektoru. Provedeme jednoduchou zkoušku: Koaxiál asi 5 metrů dlouhý volně pohodíme v místnosti, na konci bude rozpojený. Zapneme předzesilovač, vypneme attenuátor, přepneme na SSB. S-metr by měl ukazovat při prázdném vstupním konektoru přibližně -125 dBm vlastního šumu. Nyní připojíme náš prázdný koax a hodnota se nesmí zhoršit. Pokud se zhorší, tak vylepšujeme proudový balun, protože se jedná o šum indukovaný z USB do pláště koaxu. Při použití „klapacích“ feritů je třeba si uvědomit, že indukčnost stoupá s mocninou závitů. Jedna feritová „klapačka“ třikrát protažená USB kabelem nahradí 9 „klapaček“ protažených přímo. Koaxiál od antény je nejlépe namotat na střední sloupek E jádra. Tuto činnost prosím nepodceňujte, je nutno si uvědomit že přijímáme signály několik mikrovoltů v těsné blízkosti USB s úrovní 5 V. Rozdíl šumu bez feritů je až 6 dB a to je pro DX poslech ztraceně mnoho.

Po těchto úpravách jsou vlastnosti přijímače excelentní. Žádné parazitní příjmy, vysoká citlivost i odolnost. Pokud nás něco ruší, je vina vždy na straně vysílače.

Zahlcení převodníku je indikováno červenou LED diodou dříve, než to začne být slyšet. Obsluha přijímače pomocí počítačové myši je poněkud nezvyklá, ale dá se na to zvyknout a některé možnosti jsou dokonce výhodnější, než u klasických knoflíků. U klasického rádia jsme zvyklí točit ladicím knoflíkem, až něco uslyšíme. Zde vidíme naráz celé pásmo a klikáním na stanice zjišťujeme, co to je. Je možno zakoupit i klasický ladicí knoflík. Já jsem ho sice neměl, ladil jsem jen knoflíkem na myši, ale pokud se oprostíme od zažitého zvyku, že u rádia je nutno něčím kroutit, velmi brzo zjistíme, že klikání je rychlejší. Ale potřebujeme k tomu oči a ty zase v závodě zaměstnáváme jinak, takže těžko říct, nechám to rozhodnout povolanejší.

Přijímač je možno využít i jako přesný měřicí přístroj pro analýzu spektra a měření úrovní. Přesný a hlavně časově a teplotně stabilní, protože neobsahuje žádné nastavitelné prvky, vlastnosti jsou dány pouze AD převodníkem a softwarem.

Redakce i autor děkují firmě *DD-Amtek Praha* za zapůjčení přístroje k dlouhodobému testování.

<8413>