

Recenze transceiveru SQUARE SDR (1)

ING. PAVEL MÍŠEK, OK7PM

To, co se děje u nás doma často ani nevíme. Ani nevíme, že se zde vyrábí malý transceiver, jehož obliba je ve světovém měřítku taková, že každá vyrobená série je okamžitě rozebraná. Popíšeme si transceiver vyráběný ve Strakonících firmou WIDE SERVIS.



SQUARE SDR je QRP transceiver na principu SDR DDC/DUC. Je určen pro provoz na pásmech 160 až 10 m všemi obvyklými módy. Výstupní výkon dosahuje 5 až 7W. Je určen jak pro lokální, tak i remote provoz. Tolik ke strohé definici. Transceiverů a stavebnic na principu desky Hermes a Hermes Lite bylo vyrobeno opravdu velké množství. O kvalitě a popularitě pak svědčí i klony, které se na trhu objevují.

Popisovaný transceiver vznikl na základě otevřeného systému (GNU licence) Hermes ve verzi Hermes Lite 2 (HL2). Autorem transceiveru je René OK1XTG a výrobce pak jeho WIDE SERVIS. Vznik konceptu Hermes je svázán s iniciativou openHPSDR™ [1], která vznikla jako sdružení SW a HW nadšenců pro moderní technologie mezi radioamatéry již v roce 2005.

To, že klon Hermes Lite [2] vznikl v OK, považuji za mimořádný úspěch a erudici autora. Pro mě je oslavou toho, že jsou mezi námi tací, kteří umí něco na takové úrovni realizovat. Tento typ transceiveru je velmi čisté a přímočaré SDR řešení, které nekopíruje nic z konceptu historických rádií.

Hardware poskytuje počítači (a přijímá od počítače) koncentrovanou digitální informaci o pásmu a provozu na zvolené frekvenci. Počítač odvádí minimál-

ně druhou půlku práce svým kompatibilním programem. A zde je veliká svoboda uživatele. Může se rozhodnout pro program složitější, který dovolí nastavit základní i velmi jemné detaily k vyžadovanému druhu provozu nebo pro jednodušší snadno ovladatelný program a konečně i pro program na levné, byť na méně obvyklé platformě operačního systému. Zkrátka, uživatel radioamatér, si může svůj transceiver (lokální i remote) konfigurovat podle svého. Software totiž konfiguruje i možnosti hardware.

Jak se tedy Square SDR [3] od svého předchůdce liší? Je vyroben na zcela přepracované desce s dalšími přidavnými obvody. Mezi ně jmenujme především plně osazené pásmové filtry a plynulou regulaci chladicího ventilátoru. Změn je však mnohem více [3]. To vše se ale vešlo na čtyřvrstvou čtvercovou desku plošných spojů o rozměru 100x100 mm a odtud pochází název „Square“. Oproti modelům Hermes se prodává jako plnohodnotný sestavený a otestovaný produkt připravený k provozu.

Vlastní hardware transceiveru je jen pouze část provozní realizace. Tak, jak u zařízení SDR tohoto formátu bývá, druhou část tvoří provozní software provozovaný lokálně anebo na remote stanovišti. Jak uvidíme dále, softwarových možností je více a je na rozhodnutí uživatele pro jakou platformu

a produkt se rozhodne. Jistě nejobvyklejší realizace je spuštění vhodného software na klasickém počítači. V případě remote umístění pak jeho připojení k síti a načtení na vzdáleném počítači.

Výrobce vyrábí transceiver po sériích a vzhledem k prodejnímu tempu je dobré si jej případně objednat předem [3]. Výroba byla zahájena koncem roku 2023 a následující série mají nebo mohou mít drobné úpravy a vylepšení. Současná výroba 50 kusů bude hotová a připravená k prodeji v květnu/červnu 2025. Postup výroby i případné změny lze sledovat na webu firmy.

Základní specifikace

- Napájecí napětí 11 – 15 VDC
- Kmitočtový rozsah RX 100 kHz– 30 MHz / TX 1,8 – 30 MHz (160 – 10 m amatérská pásma)
- Integrované HPF a LPF filtry (podle návrhu N2ADR)
- Výstupní výkon 5 W (–10 % +30 %)
- Příkon při příjmu bez zapnutého ventilátoru cca 4 W
- Příkon při vysílání (CW 5 W) bez zapnutého ventilátoru cca 18 W
- 12-bit ADC/DAC
- Regulace vstupního zesílení a útlumu, AGC
- Gigabit Ethernet
- External Clock I/O
- RX/TX přepíná relé
- SWR (PSV) metr
- Interní ventilátor 80x80 mm. Nezávislé řízení od gateway FPGA
- Integrované sériové rozhraní (TTL 3,3V). Možnost přímého připojení výkonového zesilovače Hardrock-50 (konektor ACC)
- Integrované analogové rozhraní „Band Voltage“. Možnost přímého připojení výkonového zesilovače Xiegu XPA125B (konektor ACC)
- Integrovaný konektor SMA (RX) pro připojení sondy „Pure Signal“ z externího zesilovače
- Ochrana a indikace nesprávného napájecího napětí (podpětí) nebo nesprávného připojení (přepólování)
- PCB 4 vrstvy, rozměr 100x100 mm
- Jednostranná SMD montáž
- Kompatibilita s Hermes-Lite 2
- Celkové vnější rozměry v krabici 126 (š) x 46 (v) x 110 (h) mm
- Doporučená provozní teplota okolí 5 – 28 °C
- Hmotnost cca 490 g

Rozdíly a vylepšení oproti HL2:

- Integrované HPF a LPF filtry (N2ADR)
- LED indikace relé na desce
- Interní ventilátor 80x80 mm. Nezávislé řízení od FPGA. Od verze PCB 05
- Integrované sériové rozhraní (TTL 3,3V). Možnost přímého připojení PA Hardrock-50 (konektor ACC)
- Integrované analogové rozhraní „Band Voltage“. Možnost přímého připojení PA Xiegu XPA125B (konektor ACC). Od verze PCB 07
- Integrovaný konektor SMA (RX) pro připojení sondy (útlumové odbočnice) „Pure Signal“
- Ochrana a indikace nesprávného napájecího napětí (podpětí) nebo nesprávného připojení (přepólování)
- Ochrana výstupu EXTTR (PTT) proti nadproudu a přepětí nad 30 V
- Ochrana vstupů KEY/PTT proti připojení nežádoucího napětí do 30 V. Od verze PCB 07
- ESD a EOS ochrana ethernetového připojení. Od verze PCB 07
- Jednostranná SMD montáž
- Náhrada a doplnění některých komponent pro snadnější vyrobitelnost v EU
- Náhrada pulsního zdroje napájecího napětí 1,2 V za lineární stabilizátor kvůli eliminaci rušení na dolních pásmech. Od verze PCB 06
- Náhrada separátních IC mikroprocesorem STM32 pro řízení ventilátoru, řízení relé pásmových propustí, ADC, BV. Od verze PCB 05
- Robustní hliníková krabice s lepším odvodem tepla s nožičkami
- Dodává se kompletně smontovaný a odzkoušený. Je to jednoúčelová konstrukce, nikoliv stavebnice.
- Kvůli odlišné mechanické konstrukci nelze v krabici použít rozšiřující desky pro HL2. Je ale zachován footprint původního pinového headeru DB1 a DB12 na PCB, P4 (PIO) a P3 (LINK).

Popis řešení

Na předním panelu (výše) vidíme konektor pro připojení napájecího napětí, konektor Ethernet pro připojení k počítači, routeru anebo obecně k datové síti. Pět LED kontrolky udává případnou chybu napájecího napětí, chod systému, přechod do TX a následují dvě důležité indikace zatížení A/D převodníku. Tyto diody upozorní obsluhu k zařazení vstupního atenuátoru, aby nedošlo k přebuzení přijímače. Konektory CL1 a CL2 jsou pro připojení externího hodinového signálu, případně jeho



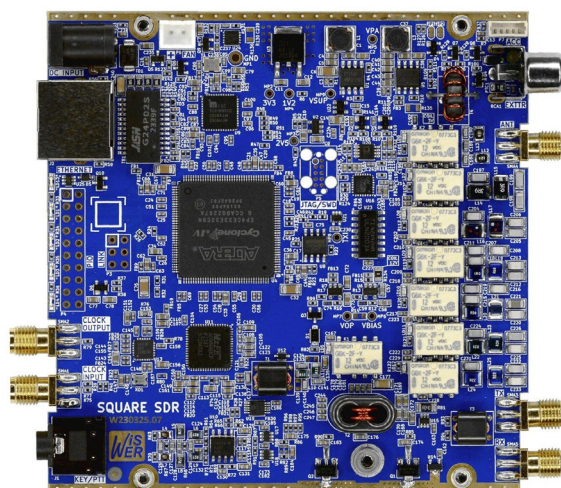
Zadní panel SQUARE SDR

výstupu. Konektor TRS 3.5 slouží k připojení telegrafního klíče (nikoliv pastičky) (kontakty T-R) a PTT (kontakty T-S).

Zadní panel obsahuje konektory přímého vstupu RX a výstupu TX 40 mW. Vstup RX lze použít pro vstup signálu pro funkci adaptivního předzkreslení z odbočnice výkonového zesilovače. RX a TX dvojici lze využít pro připojení transvertoru. Konektor ACC se využije pro komunikaci s externím výkonovým zesilovačem pro automatické přepínání pásem. Následuje anténní konektor a RCA konektor pro ovládání koncového stupně signálem PTT.

Konstrukce je příkladně robustní. Celý transceiver je umístěn na čtyřvrstvé desce plošných spojů bez funkčních kabelových propojek, což je významný příspěvek ke spolehlivosti.

Základní deska o rozměrech 100 x 100 mm (SQUARE) je umístěna ve skříni z hliníkového profilu s tloušťkou stěny 4 mm, na níž jsou vyvedeny přechodky na odvod tepla z tepelně namáhaných součástek. Na horní stěně je tichý ventilátor s lineárně řízeným chodem.

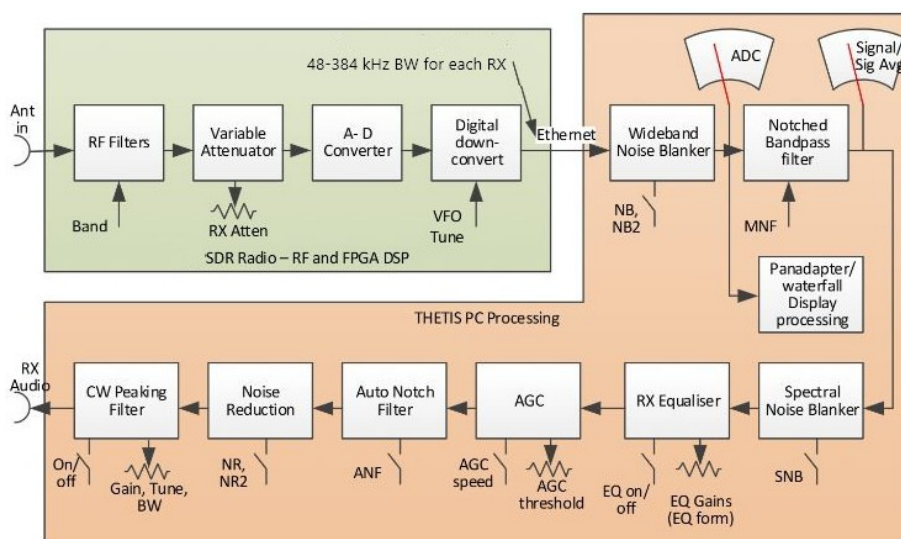


Základní deska, rozměry 100 x 100 mm

Popis obvodového řešení

Obvodové řešení nejlépe pochopíme na zjednodušených systémových blokových schématech přijímače, vysílače a ovládacího programu. Ve výkladu je použit princip programu *Thetis*.

Přijímací cesta je zobrazena na zeleném a růžovém poli. Zelená cesta je tvořena hardware. Konstrukce front-endu je odlišná od obvyklé konvence a plně využívá možností použitého A/D převodníku. Na vstupu přijímače je kaskáda filtrů. Za anténním vstupem následuje horní propust (HPF) se silným potlačením spektra pod 160m pásmo. Za ní následují pásmové filtry (BPF) přepínané relé pro jednotlivá nebo sdružená pásma (160, 80, 60/40, 30/20, 17/15 a 12/10 m) HPF i BPF jsou 5. řádu a lze je v software vypnout. Za těmito filtry je odbočen pomocný vstup RX, který je využíván mj. pro vstup vzorku signálu pro účely funkce adaptivního předzkreslení (pure-signal). Spolu s vedlejším terminálem TX (40 mW) mohou tvořit pár pro transvertor.



Blokové schéma přijímací části

V přijímací cestě následuje oddělení stejnosměrné složky a sada speciálních antiparalelních diod pro ochranu proti přepětí. Následuje dolní propust s mezní frekvencí cca 34 MHz (ve funkci anti-aliasing filtru), širokopásmový napěťový balun a vstup do A/D převodníku.

Použitý A/D převodník o délce 12 bitů je typu AD9866 [4]. Ten přináší výhodu možnosti řízení úrovně vstupujícího do zpracování. O decimaci spektra se stará zpracování v obvodu FPGA. Pro každý RX lze nastavit šířku pásma zpracovávaného spektra v rozmezí 48 až 384 kHz.

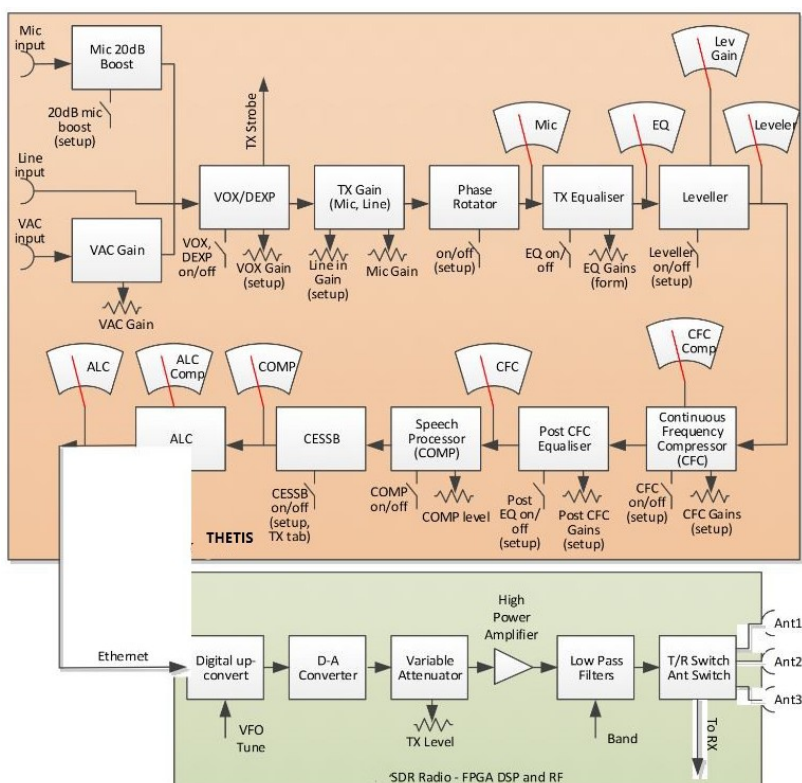
S funkcí převodníku samozřejmě souvisí i VFO a jeho kvalita zásadně ovlivňuje dynamické vlastnosti přijímače. Zde je použit TCXO čip Seiko Epson TG2016SMH. Pracuje na frekvenci 38,4 MHz a má stabilitu 0,5 ppm. Má výborné parametry fázového šumu ($-140 \text{ dBc/Hz}@1 \text{ kHz}$ a $-156 \text{ dBc/Hz}@10 \text{ kHz}$). Kromě tohoto frekvenčního standardu lze použít i obvyklý externí standard 10 MHz.

V oranžovém poli vidíme tok digitálního signálu programem *Thetis*. Do programu vstupuje spektrum decimované na požadovanou šířku pásma. Tím se podstatně omezuje mohutnost toku dat mezi hardware a programem. Až na panadapter se ukázané schéma příliš neliší od nám známé historické konvence, až na to, že pracujeme s digitální reprezentací signálu. Mějme však na paměti, že *Thetis*

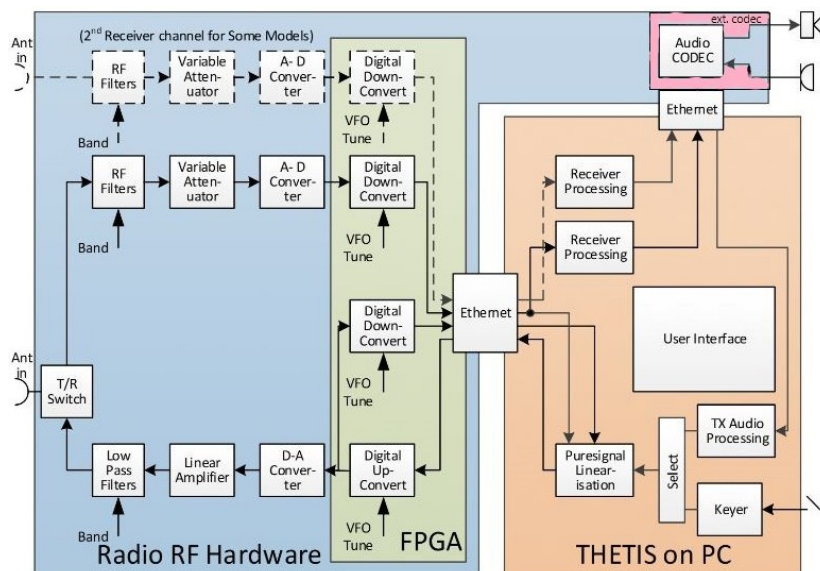
obsahuje opravdu široké možnosti nastavení. Všimněme si ovládacích prvků pod políčky. Nastavovací prvky korespondují s nastavováním audio cesty pro RX a obdobně i pro TX (voltmetr pro nastavení můžeme vybrat v ukazateli výstupního výkonu).

V TX cestě je barevné dělení obdobné. Je třeba si uvědomit, že transceiver neobsahuje kodek pro mikrofon ani pro elektronický klíč. Jako mikrofon a sluchátka připojí bez problémů jakékoliv zařízení nebo zvukový kanál vytvořený počítačem. Součástí programu je i pár virtuálních audiokabelů VAC, které využijeme pro práci s digitálními módy. Vstup pro telegrafní klíč akceptuje klasický nebo externí elektronický klíč. Pro klíčování maker a z klávesnice je možné použít i CWX formulář v *Thetis* software. Odposlech musí poskytnout externí elektronický klíč.

Hardware opět používá D/A sekci již zmíněného převodníku. Analogový signál generovaný D/A převodníkem prochází 7-pólovou pásmovou propustí do prvního budiče. Za budičem je výstup nízkourovňového TX signálu. Ten je od konektoru TX oddělený napěťovým balunem. Koncový stupeň je dvojčinný osazený dvojicí LDMOS tranzistorů typu AFT05MS004. Mezi koncový stupeň a sekci filtrů je vložen reléový přepínač RX/TX. Následující sada pásmových propustí je tedy společná pro RX i TX. Před konektor antény je ještě vložen měřicí můstek.



Blokové schéma vysílací části



Celkové systémové schéma s programem *Thetis*

V softwarové cestě *Thetis* opět vnímáme pod políčky nastavovací prvky, kterými lze perfektně nastavit audio. Účinný je i TX (i RX) ekvalizér. Nastavení budící cesty od mikrofonu k modulátoru není nikde příliš popsáno, tak odkazují na starší, ale správný postup z programu *PowerSDR* – předchůdce *Thetis*. [5].

Není rovněž od věci zmínit blok CESSB. Tato zkratka znamená SSB s řízenou obálkou. Je dána nedávným patentem Davida Hershbergera, W9GR. Použití této metody efektivně zvyšuje výkonovou hustotu SSB signálu bez přídavného zkreslení (jako činí kompresor) tak, že výstupní výkon, resp. síla signálu na RX straně, roste o 80% (2,56 dB). [6]

Řídící jednotka je osazena mikrokontrolerem ArmCortex typu STM32G031. Srdcem zpracování dat je FPGA čip z řady Altera Cyclone IV typu EPC4CE22E22. Port Ethernet o rychlosti až 1000 Mbps obsluhuje inteligentní čip KSZ9031.

Vstup napájecího napětí je chráněn proti přepólování i přepětí. Jeho stav je indikován LED diodou.

Na závěr se ještě podíváme na celkové systémové schéma s programem *Thetis*.

Jak již bylo řečeno, SQUARE SDR + *Thetis* v této verzi neobsahují elektronický klíč. Jak bylo uvedeno, hardware má pouze vstup pro kontakt klíče. Je třeba užít externí klíč s vlastním monitorem klíčování. Totéž platí pro audio kodek (vpravo nahoře růžově). Software komunikuje s kodekem počítače (vstup mikrofon sluchátka) anebo s libovolným zvukovým zařízením připojeným k počítači. O tom si řekneme dále v provozní části. Co zde není znázorněno je fakt, že *Thetis* obsahuje konfigurovatelné virtuální

audiokabely (VAC) a virtuální COM porty.

Z obrázku je rovněž patrné, že SQUARE SDR je na remote straně připojen přímo k síti Ethernet a počítač s programem a internetovým připojením jsou (či mohou být) na vzdáleném místě.

Na stránkách výrobce najdeme i dobře pochopitelné podrobné schéma transceiveru [3]. To, co vidíme, je jen hardware, kouzlo je skryto ve firmware mikrokontroleru a FPGA.

Jakkoliv je zařízení malé, je přiměřeně složité. Velmi záleží na porozumění a nastavení ovládacího programu, jen tak se využije kvalita přístroje. Je to do značné míry otevřený systém a umožňuje uživateli nejen rutinní provoz, ale i další zajímavé experimenty. Proto je tak oblíben. Výhodou pro uživatele je objemné znalostní fórum [7], [8] a [9].

V další části vyzkoušíme obvyklý provoz a provozní parametry transceiveru změříme. Bude to zajímavý poznatek, neboť si nevzpomínám, že by byly měřené údaje konceptu Hermes někde uceleně uvedeny.

Odkazy:

- [1] <https://openhpsdr.org/hermes.php>
- [2] <http://hermeslite.com/>
- [3] <https://www.wideservis.cz/square-sdr/>
- [4] <https://tinyurl.com/fkz3hhtb>
- [5] <https://tinyurl.com/5bj5n7tr>
- [6] <https://tinyurl.com/2cchewwe>
- [7] <https://tinyurl.com/5c5yuvfs>
- [8] <https://tinyurl.com/yybr55jb>
- [9] <https://tinyurl.com/ycmn57kx>