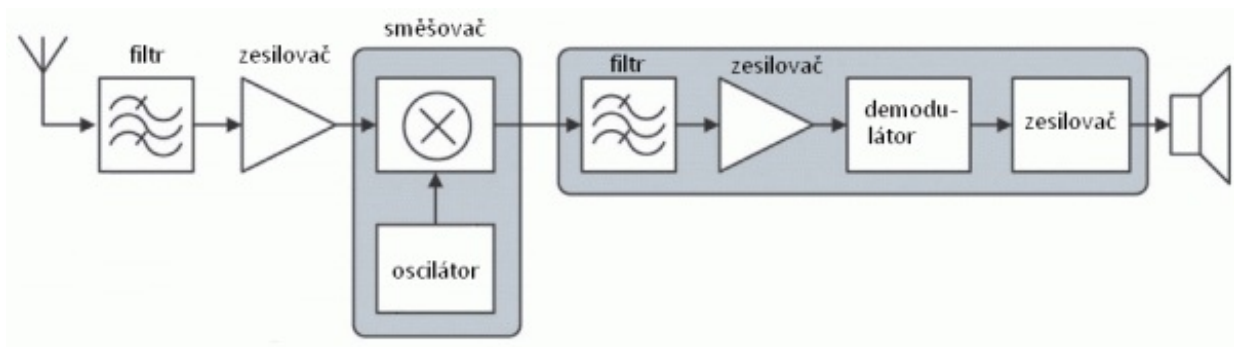


SDR přijímač - PSDR-1

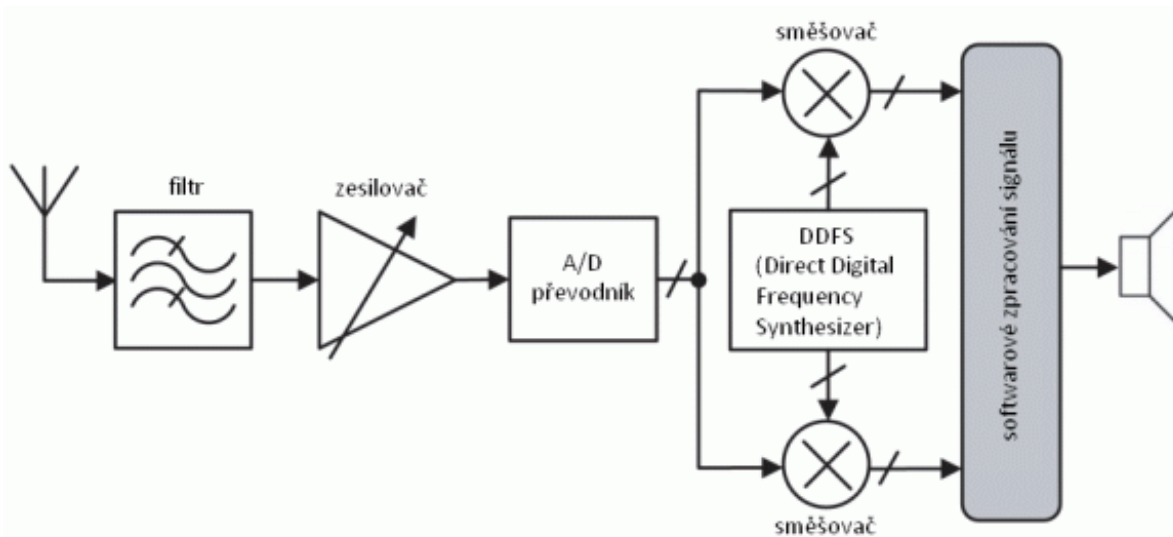
Konstrukce softwarově definovaného rádia a popis vzniku a základní funkce SDR přijímačů. Modul přijímače, nebo samostatnou desku s plošnými spoji je možné získat v našem eshopu.

Softwarově definované rádio, nebo zkráceně SDR (Software Defined Radio) je rádiový komunikační systém, ve kterém jsou obvyklé hardwarové prvky, jako jsou například směšovače, filtry, zesilovače, modulátory/demodulátory, detektory a další, vytvořeny prostřednictvím softwaru na počítač nebo firmware v embedded systému. Nejedná se samozřejmě o žádnou převratnou technologii. První zmiňku je možné nalézt již na konci sedmdesátých let, kdy Walter Tuttlebee popsal koncepci VLF rádia, využívajícího A/D převodník a mikroprocesor Intel 8085. Dále následoval projekt SpeakeEasy, zaměřující se na americký obranný systém. Jeho cílem bylo využít digitální zpracování signálu a v pásmu od 2 do 2.000 MHz nahradit až deset stávajících vojenských radiostanic. V historickém sledu nesmíme rovněž zapomenout na rok 1991, kdy Joseph Mitola vytvořil a o rok později publikoval rozsáhlejší práci na toto téma, určenou pro širokou oblast techniků. Více informací z historického vývoje SDR přijímačů je možné nalézt na internetu.

Na **obr. 1** je srovnání koncepce klasického analogového přijímače (**obr. 1a**) a SDR přijímače (**obr. 1b**).

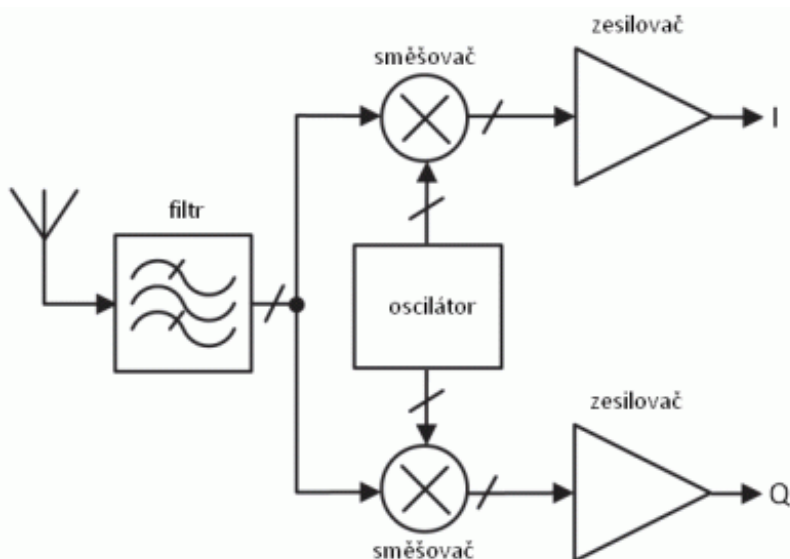


Obr. 1a: Blokové schéma klasického analogového přijímače



Obr. 1b: Blokové schéma digitálního SDR přijímače

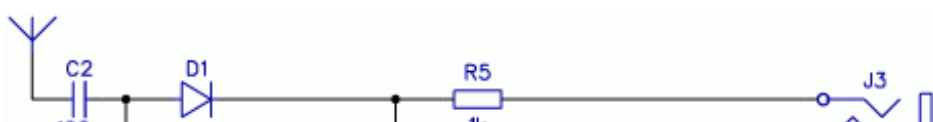
Dnes je však situace o poznání lepší, než byla v počátcích svého zrodu. Díky rychle se rozvíjejícím schopnostem digitálních systémů je dnes možné softwarové přijímače konstruovat s minimem prostředků a s minimálními náklady. Jelikož je SDR přijímač složen z několika obvykle i samostatně funkčních celků, je možné vytvořit celou řadu různých koncepcí. Od těch nejdražší, kdy je za vstupním filtrem umístěn jeden nebo i více rychlých A/D převodníků, následovaných konfigurovatelným hradlovým polem (FPGA), starajícím se o základní zpracování signálu, až po ty nejjednodušší, především radioamatérské konstrukce. Ty jsou obvodově velice jednoduché a pro digitalizaci signálu používají Line-In vstup zvukové karty (viz. blokové schéma na **obr. 2**). Vzorkovací frekvence se přitom rovná přijímaného rozsahu. Tzn. při použití zvukové karty se vzorkovací frekvencí například 192 kHz je i dostupný softwarově přeladitelný rozsah 192 kHz. Větší rozsah se pak zajišťuje laditelným oscilátorem, nebo výměnou krystalů v přijímači.



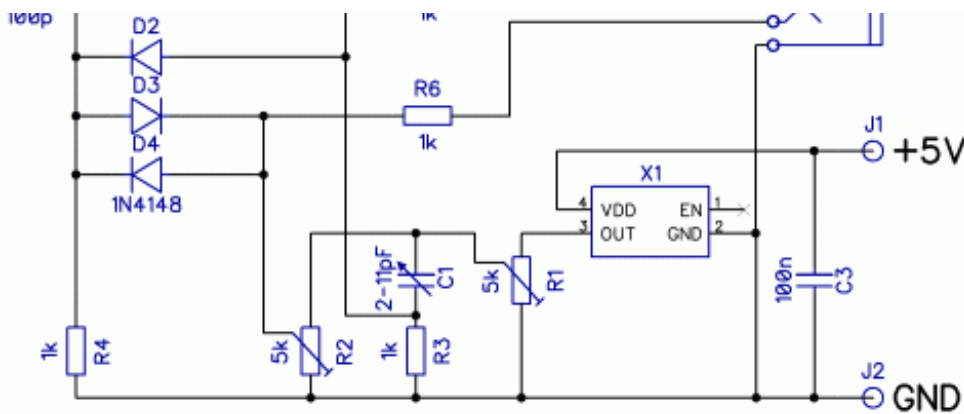
Obr. 2: Blokové schéma SDR přijímače, využívajícího zvukovou kartu počítače

Právě poslední jmenovaná koncepce softwarového rádia je přesně ten typ zařízení, kdy za málo peněz získáme hodně muziky. Všechny hardwarové části přijímače je totiž možné sestavit z běžně dostupných součástek a včetně desky s plošnými spoji a konektorů je možné celý přijímač získat v ceně řádově od několika desítek až stovek korun. To je proto, že i zde je možné prakticky většinu součástek vynechat, aniž by byl princip přijímače nějak ovlivněn. Co se však bude ovlivněno,

je nejen citlivost, ale také celková kvalita a odolnost přijímače. Navíc takové obvody nemají žádné zesílení a je tedy nutné použít zvukovou kartu, která má stereofonní mikrofonní vstup. Takových je však jen minimum.



Obr. 3: Snad nejjednodušší možné zapojení SDR



přijímače, využívajícího filtračních členů vstupu zvukové karty. Pro malou citlivost je nutné použít stereofonní mikrofonní vstup, který není běžný.

Z toho důvodu bych zapojení na **obr. 3** ani nedoporučoval stavět.

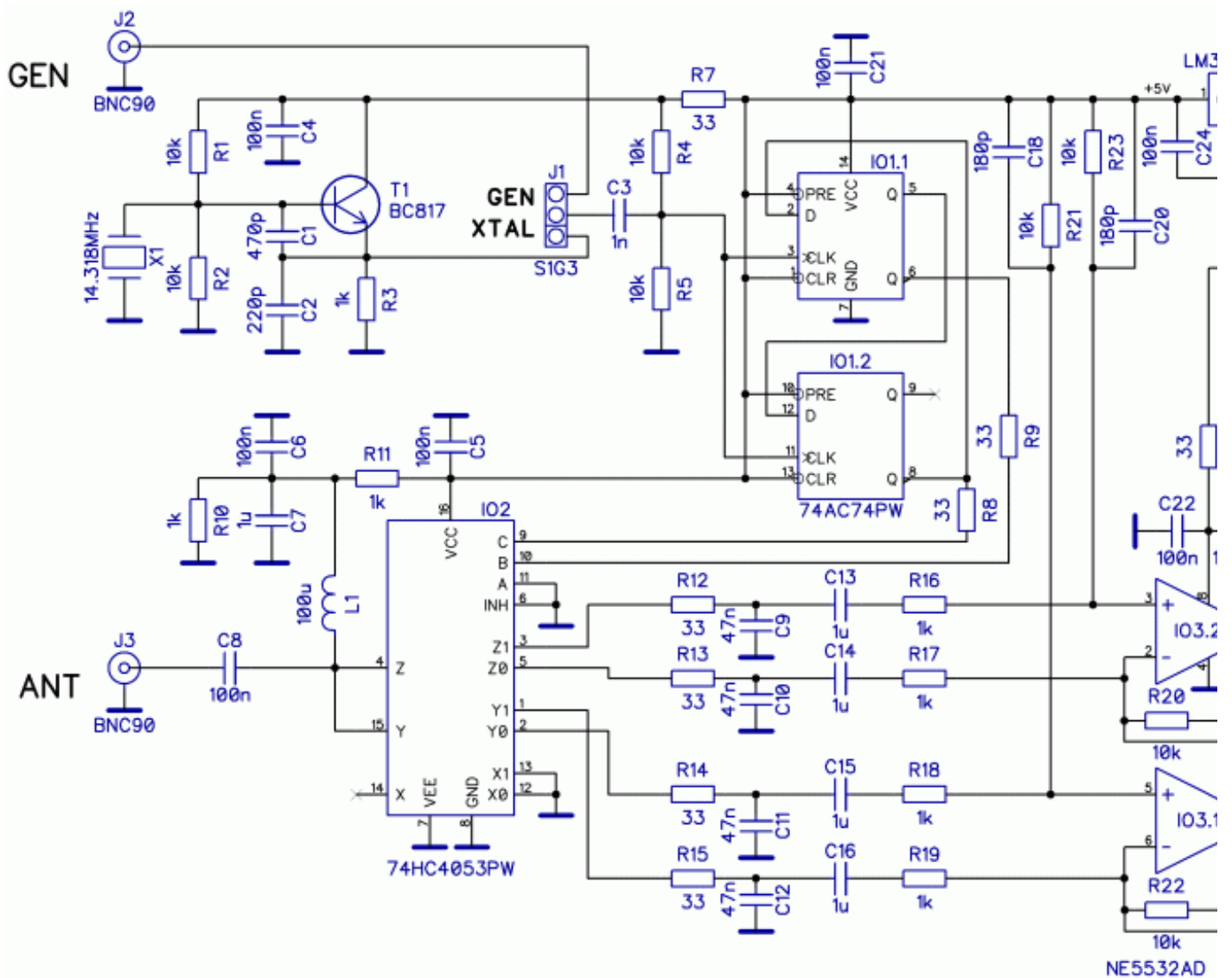
Absence jakýchkoliv filtrů a alespoň malého zesílení neumožňuje příjem vzdálenějších stanic. Jako principiální zapojení, pro pochopení funkce přijímače, je však ideální.

Pokud si na googlu vyhledáte slovní spojení „Software Defined Radio“, „SDR Radio“ a jiné, rychle zjistíte, že se po kladných zkušenostech radioamatérů z celého světa rozšířila především jedna koncepce. Jejím základem je tranzistorový krystalový oscilátor, Johnsonův čítač s obvodem skupiny 7474 a Tayloe detektor s obvodem řady 4053. Výsledkem jsou čtyři signály, posunuté o 0, 90, 180 a 270 stupňů, které se provedou dolnofrekvenčními propustmi a na operačních zesilovačích (typ. NE5532) z nich vzniknou signály I/Q. Ty se pak přivedou na stereofonní Line-In vstup zvukové karty a o vše ostatní se postará software. Výhodou je, že se jedná o zapojení použitelné ve velmi širokém frekvenčním pásmu a po případném doplnění o přepínatelné vstupní pásmové filtry se svými vlastnosti vyrovná i profesionálním, tzv. radioamatérským přijímačům.

Jelikož se jedná o ne příliš složité schéma, které je pro své velice dobré vlastnosti rozšířené opravdu po celém světě, rozhodl jsem se přesně tento typ SDR přijímače zkonstruovat. Zájemcům je pak na konci článku k dispozici odkaz na desku s plošnými spoji, případně i sestavený a oživený modul.

Modul SDR přijímače (PSDR-1)

Na následujícím obrázku je schéma zapojení modulu SDR přijímače.



Obr. 4: Schéma zapojení modulu PSDR-1

Obvod vychází z uvedené koncepce radioamatérských SDR přijímačů. Vstupní vysokofrekvenční signál je přiveden na konektor J3 typu BNC, odkud se po oddělení keramickým kondenzátorem vede přímo na Tayloe detektor. Ten tvoří obvod 74HC4053 (IO2), na modulu v provedení SSOP. Rezistory R10, R11 a blokovací kondenzátory vytvářejí pro obvod tzv. umělou zem, jejíž zdroj je od signálu oddělen indukčností L1. Obvod 74HC4053 je trojnásobný analogový přepínač, který je řízen dvěma, navzájem o 90 stupňů posunutými signály. Jejich zdrojem je v našem případě buď krystalový oscilátor s tranzistorem T1, nebo externí generátor, připojený ke konektoru J2 (BNC). Výběr zdroje se provádí propojkou J1 typu Jumper.

Zvolený signál se po oddělení kondenzátorem C3 přivede se na Johnsonův čítač s obvodem 74AC74 (IO1), na modulu rovněž v provedení SSOP. Jeho výstupem jsou právě dva signály, ovládající analogový přepínač IO2, které si jsou navzájem o 90 stupňů posunuté. Z toho již také plyne skutečnost, že vstupní signál na konektoru J2 nebo krystal musí mít čtyřnásobnou frekvenci, než jaká je požadovaná pro příjem. Při krystalu s frekvencí 14,318 MHz je tedy střední přijímaný kmitočet 3,58 MHz (80m).

Získané čtyři analogové signály jsou vedeny čtyřmi totožnými frekvenčními filtry a po oddělení 1uF kondenzátorem přivedeny na vstupy dvojitého operačního zesilovače NE5532 (IO3), na modulu v provedení SOIC. Ty zajistí jejich součet a zároveň je zhruba 10x zesílí.

Výstupní I/Q signály jsou přes další oddělovací kondenzátory vedeny na konektor J5 typu Jack 3,5 stereo. Odtud se klasickým stereo kabelem propojí s Line-In vstupem zvukové karty, přičemž jejich

propojení s levým a prvním kanálem není kritické a je možné jej softwarově přepnout.

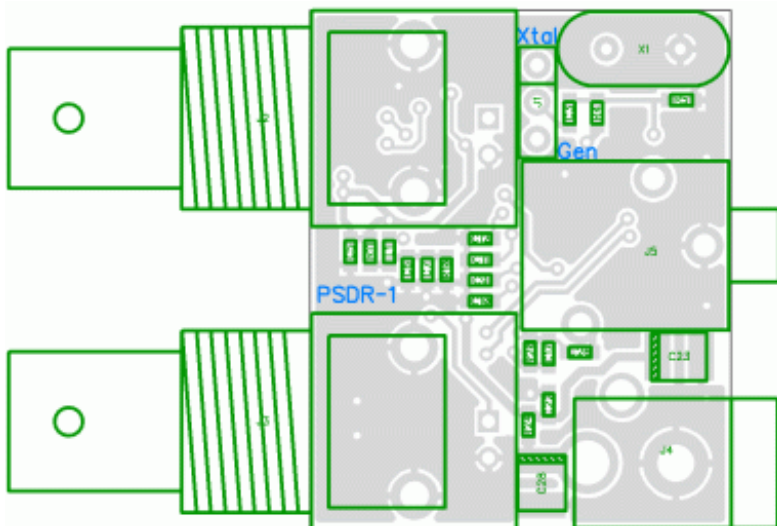
Napájecí napětí pro modul by mělo být 12 V, alespoň hrubě stabilizovaných, které se přivede na konektor J4 s kladným pólem na středním kolíku. Pro obvody přijímače se napětí stabilizuje LDO stabilizátorem IO4 na hodnotu +5V, v provedení SOT-23.

Základní vlastnosti:

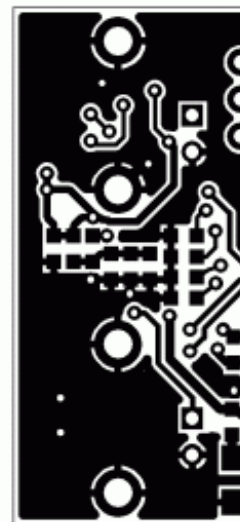
- Napájecí napětí je 12VDC
- Rozsah krystalů beze změny součástek oscilátoru je typ. 3 až 16 MHz
- Přijímaný rozsah od 50 kHz do 24 MHz typ. (s externím generátorem)
- Citlivost by měla být 0,6 uV (neměřeno)
- Podporované modulace: AM, FM, LSB, USB, CW, DRM, ECSS (Winrad)

Konstrukce:

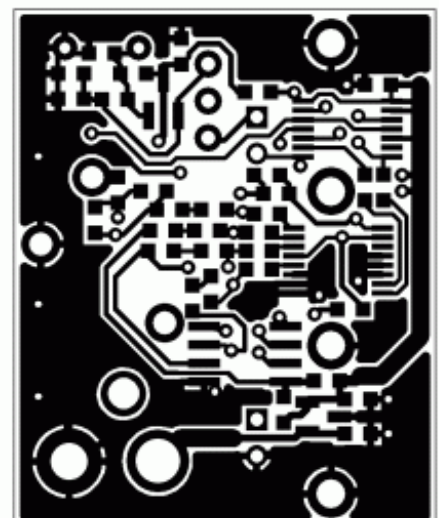
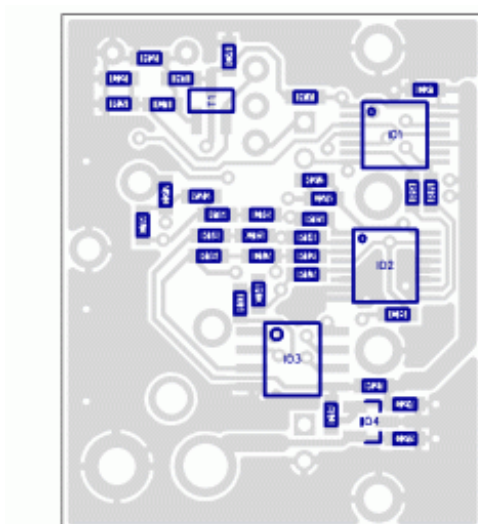
Celý přijímač je sestaven na oboustranné desce s plošnými spoji, dle následujících obrázků.



**Obr. 5: Rozmístění součástek PSDR-1
TOP**



**Obr. 6: Plošný spoj PSDR-1 (pro
klikněte)
TOP**



Obr. 8: Plošný spoj PSDR-1 (pro

Vyjma konektorů a krystalu jsou všechny součástky v SMD provedení, obvykle ve velikosti 0603. Všechny součástky jsou zcela běžné, žádná nedostupná specialita zde nebyla použita. Oscilátor je určen pro krystal o frekvenci zhruba 14 MHz (pro příjem 80m pásma) a místo pevného krystalu je na modulu umístěna jednoduchá patice, která umožní jeho rychlou výměnu.

Seznam součástek

R1, R2, R4, R5, R20, R21, R22, R23	10k	0603
R3, R10, R11, R16, R17, R18, R19	1k	0603
R7, R8, R9, R12, R13, R14, R15, R24	33R	0603
C1	470p	0603
C10, C11, C12	47n	0603
C13, C14, C15, C16, C7	1u	0603
C17, C18, C19, C20	180p	0603
C2	220p	0603
C21, C22, C24, C25, C26, C27, C4, C5, C6, C8	100n	0603
C23, C28	10u/16	B
C3	1n	0603
C9	47n	0603
L1	100uH	0603
T1	BC817	SOT23
IO1	74AC74PW	SSOP
IO2	74HC4053PW	SSOP
IO3	NE5532AD	SOIC
IO4	LM3480IM3-5.0	
X1	14.318MHz	
J1	S1G3	
J2, J3	BNC90	
J4	DJK02	2,1 mm
J5	Jack	3,5 st.

Oživení a nastavení přijímače:

Jelikož se jedná o softwarové rádio, ve kterém zpracování signálu zajišťuje počítač, není zde nic k nastavování. Celý modul je sestaven z logických obvodů, krystalového oscilátoru a jednoduchých filtrů, které nepotřebují žádné přesné nastavení.

Jak bylo uvedeno v konstrukci, krystalový oscilátor s tranzistorem T1 je určen pro krystal s frekvencí v okolí 14 MHz (pro příjem 80 m pásma). Pro jiné krystaly jsou v následující tabulce uvedeny hodnoty součástek, které je třeba změnit.

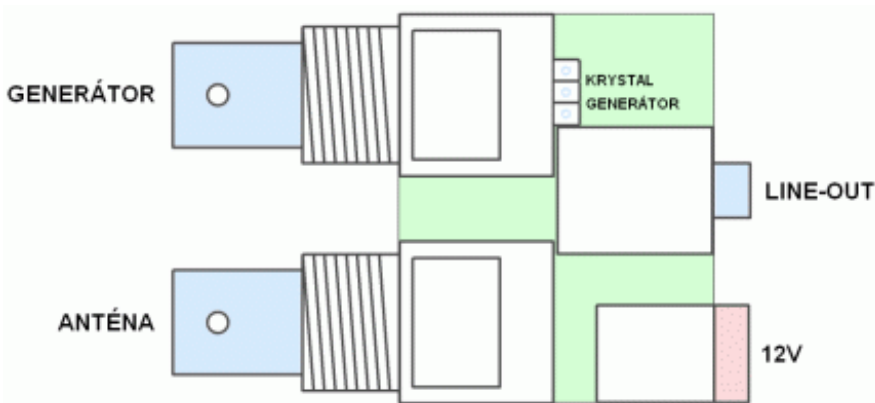
f [MHz]	C1 [pF]	C2 [pF]	C3 [pF]
2 - 4	680	330	220
2 - 15	470	220	100
10 - 30	220	100	56

Tab. 1: Hodnoty součástek pro různé frekvence krystalu X1

Při praktických pokusech však bylo zjištěno, že oscilátor s hodnotami dle schématu velice dobře kmitá s krystaly v rozmezí zhruba od 3 do 15 MHz. Hodnoty v tab. 1 jsou tedy pouze informativní.

Rozsah frekvence z generátoru, který se připojuje ke konektoru J2, je omezen především obvodem IO1 a pak samozřejmě i dalšími součástkami v okolí. Podle dokumentace by měl obvod zvládat až

95 MHz, což by představovalo maximální přijímanou frekvenci necelých 24 MHz. Naopak nejnižší frekvence je určena především kapacitami v obvodu přijímače a měla by být vyšší než alespoň 200 kHz. Maximální napětí, přivedené na konektor J2, nesmí přesáhnout hodnotu 3 V_{šš}.



Obr. 9: Rozmístění a význam konektorů na modulu PSDR-1

Ale zpět k oživení k přijímače. Jak jsme si již řekli, přijímač neobsahuje žádné nastavovací prvky a musí tedy pracovat ihned po prvním zapojení. Ke konektoru J3 tedy připojíme příslušnou anténu, případně doplněnou o přepínatelné pásmové propusti. Konektorem J5 propojíme

přijímač s Line-In vstupem zvukové karty a k J4 připojíme napájecí napětí 12V. Pokud je krystal X1 na svém místě, můžeme na kondenzátoru C3 osciloskopem naměřit jeho aktuální frekvenci. Na rezistorech R8 a R9 pak bude frekvence krystalu dělená čtyřmi a zde je již možné měřit logickým analyzátozem. Zde bych také rád upozornil na to, že pokud si v PC zapneme Line-In vstup, neuslyšíte z reproduktorů prakticky žádný šum a to ani tehdy, kdy přijímač přijímá nějakou stanici.

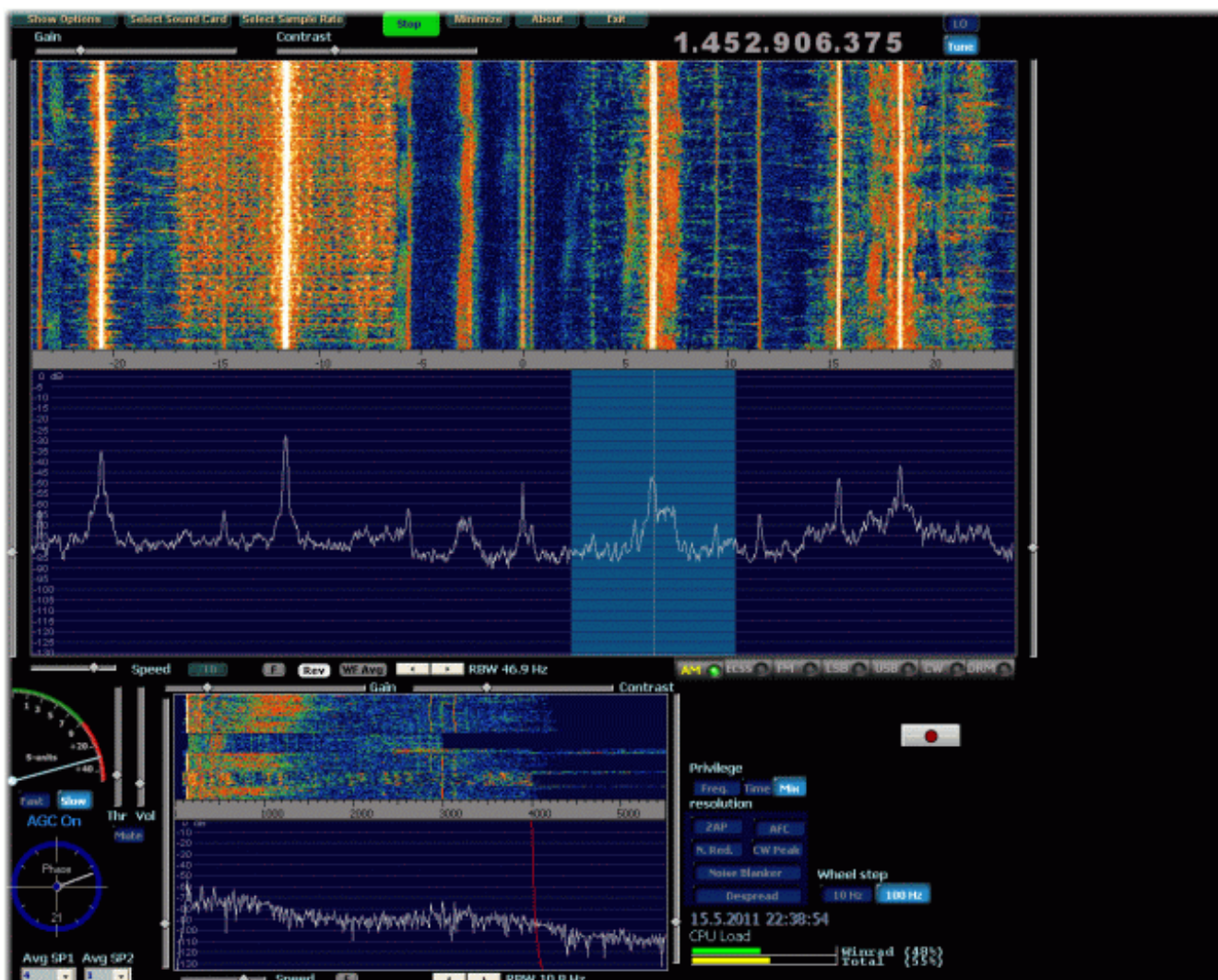
Pro příjem je k dispozici celá řada různých programů. Jedním z nejrozšířenějších a zároveň dostupných zdarma je Winrad (odkaz ke stažení je uveden na konci článku).



Obr. 10: Základní okno programu Winrad

V něm po prvním zapnutí zvolíme tlačítkem Select Sound Card zvukovou kartu pro vstup a výstup signálu, hned vedle vzorkovací frekvenci a zároveň nesmíme zapomenout na nastavení Line-In vstupu jako aktivního vstupu pro záznam. To je ve Windows možné provést poklikáním na ikonku reproduktoru na hlavním panelu, volbou Možnosti – Vlastnosti - Záznam a zde zatržením vstupu, obvykle pojmenovaného jako Stereo směšovač. To by mělo pro základní nastavení stačit a po stisku tlačítka Start v programu Winrad bychom již

měli vidět spektrum signálu. Jeho šíře představuje maximální přeladitelnou oblast beze změny například krystalu na modulu a odpovídá maximální (nebo aktuálně zvolené) vzorkovací frekvenci.



Obr. 11: Spektrum signálu se zvolenou amplitudovou modulací

Zkušenosti z provozu:

Jelikož se jedná o velice zajímavé zapojení, uvedl bych své zkušenosti s několika frekvencemi v samostatném článku. Nyní jen tolik, že přijímač je i bez vstupního filtru a při použití integrované zvukové karty velice dobře citlivý a svými vlastnostmi se vyrovná profesionálním přijímačům, jako je kupříkladu Eton E5. Pouze náš SDR přijímač má díky digitální demulaci velice přesně dané aktuálně přijímané pásmo, kdežto na Etonu je obvykle slabě slyšet i několik stanic v okolí. To samozřejmě platí především při příjmu SSB nebo CW modulací, kde je vhodnější použít užší filtry.

Záznam jedné stanice, který byl pořízen přijímačem Eton E5:

Získat [Flash Player](#) pro tento přehrávač.

[download](#)

Záznam téže stanice, avšak pořízený uvedeným SDR přijímačem ([záznam celého spektra je zde](#)):

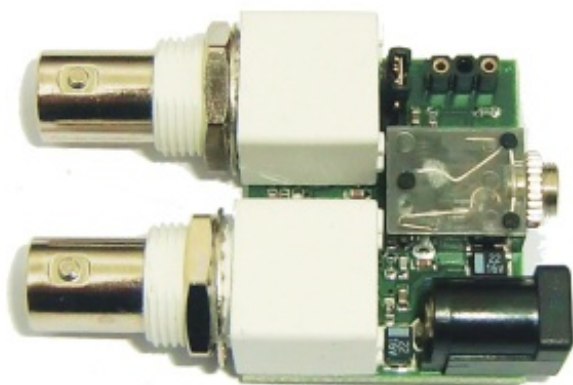
Získat [Flash Player](#) pro tento přehrávač.

[download](#)

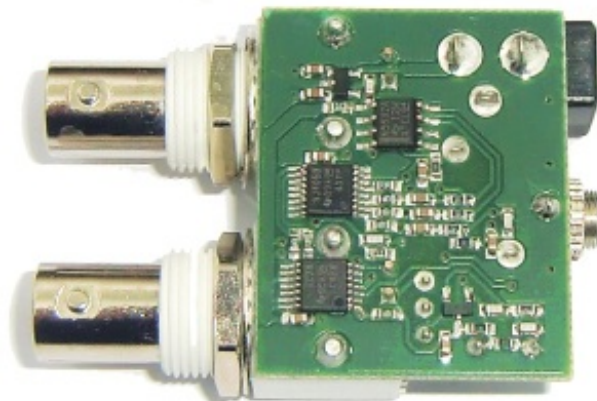
Pokud si chcete příjem signálů programem Winrad sami vyzkoušet, můžete si zde stáhnout

[ukázkový soubor](#), zaznamenávající celé přijímané pásmo v oblasti 1,1 MHz. Po rozbalení stačí ve Winrad zvolit Options – Select Input – WAV file a tento soubor načíst a spustit tlačítkem Play. Pak jen vyberete příslušný typ modulace a na spektru požadovaný signál. Případně můžete vyzkoušet i záznam ve [druhém ukázkovém souboru](#), kde je český rozhlas na dlouhých vlnách.

Raději však ještě jednou opakuji, že se jedná o záznam celého spektra a soubor je nutné otevřít v programu Winrad. Při jeho přehrávání například v Mediaplayeru není nic slyšet.



**Obr. 12: Foto modulu PSDR-1
TOP**



**Obr. 13: Foto modulu PSDR-1
BOTTOM**

Závěr:

Uvedený SDR přijímač je velmi kvalitní a po doplnění o generátor je schopen příjmu signálů téměř do konce krátkovlnného pásma. Dosažitelné vlastnosti však samozřejmě závisí i na použité zvukové kartě a anténě, případně doplněné o přepínatelné pásmové filtry. Jako anténu je možné s výhodou použít například MiniWhip.

Uvedený sestavený a oživený modul, nebo samostatné desky s plošnými spoji, naleznete v našem elektronickém obchodě na adrese shop.pandatron.cz.

Odkazy & Download:

[Domovská stránka Winrad](#)

[Software-defined radio](#)

[HF SDR \(Software Defined Radio\) receivers](#)

[WebSDR](#)

[PSDR - SDR přijímač, modul](#)

[PSDR - deska s plošnými spoji](#)

[Ukázkový soubor záznamu spektra](#)

[Ukázkový soubor záznamu spektra](#)

[Ukázkový soubor záznamu spektra](#)