

DIGITALLY BASED RADIO FOR VHF FM BROADCAST RECEIVING

Petr Šrámek

Master Degree Programme (1), FEEC BUT
E-mail: xsrame06@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Aleš Prokeš

E-mail: prokes@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

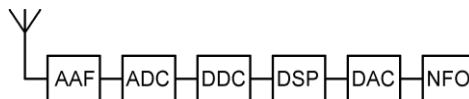
The realisation of a software radio for the VHF band with FM is described in this paper. Receiver is based on three basic parts, which are integrated circuits by Analog Devices and several other hardware components. The aim of realisation was system, which would be able to receive, demodulate and reproduce FM radio broadcasting.

1. ÚVOD

Základními prvky přijímače jsou A/D převodník AD6644, tzv. digitální down konvertor AD6620 a digitální signálový procesor ADSP-21161N. Všechny tři součástky z produkce firmy Analog Devices jsou umístěny na deskách plošných spojů, jež jsou propojeny adaptéry, které bylo při realizaci nutno navrhnout a poté i vyrobit. Pro příjem vysílání v pásmu 87,5 MHz až 108 MHz bylo nezbytné navrhnout a realizovat také příslušný filtr. Důležitou součástí práce představovala i volba parametrů down konvertoru a napsání programu pro signálový procesor.

2. STRUKTURA PŘIJÍMAČE

Blokové schéma znázorňující konstrukci přijímače je uvedeno na obrázku 1. V následujícím textu je uveden stručný popis jednotlivých bloků, jejich činnosti a samozřejmě také popis návrhu a realizace jejich propojení a konfigurace.



Obrázek 1: Blokové schéma realizovaného přijímače

2.1. ANTIALIASINGOVÝ FILTR - AAF

V uvedené aplikaci filtr slouží ke kmitočtovému omezení vstupního signálu na pásmo 87,5 MHz až 108 MHz. Prakticky se jedná o pasivní LC pásmovou propust navrženou na žádané frekvence. Z několika navržených a realizovaných variant tohoto filtru se jako nejlepší, zejména z hlediska útlumu v propustném pásmu, osvědčila sériová kombinace horní a dolní propusti 3. až 5. řádu podle Čebyševovy aproximace.

2.2. ANALOGOVĚ DIGITÁLNÍ PŘEVODNÍK – ADC A PODVZORKOVÁNÍ

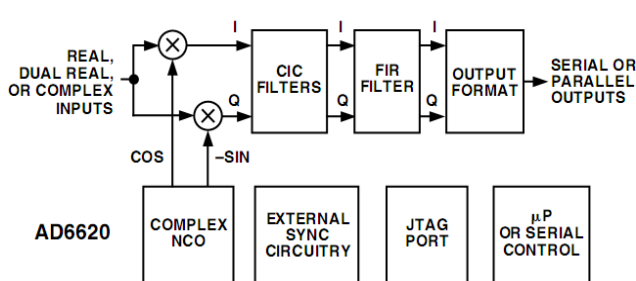
Použitý A/D převodník typu AD6644 je typickým představitelem odečítacích převodníků. Jeho maximální a současně i v aplikaci použitý vzorkovací kmitočet je 66 MHz, obvod disponuje paralelním 14 bitovým výstupem.

Použitý vzorkovací kmitočet umožňuje zpracovat uváděné pásmo díky postupu označovanému jako podvzorkování. Tento postup požaduje, aby byl vzorkovací teorém splněn pro šířku vzorkovaného pásma, proto musí být antialiasingový filtr realizován jako pásmová propust. Výhodou takového postupu je možnost použít vzorkovací kmitočet výrazně nižší než je dvojnásobek nejvyššího vzorkovaného kmitočtu.

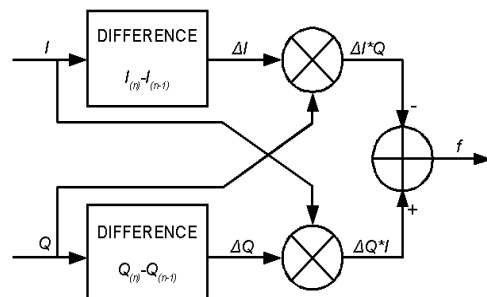
2.3. DIGITÁLNÍ DOWN KONVERTOR – DDC

Tento prvek je důležitou součástí přijímače, která představuje směšovač a následné dolní propusti. Je realizován obvodem AD6620, jehož blokové schéma je na obrázku 2. Přijímač je řešen jako homodyn, tedy se směšováním do základního pásma pomocí číslicového kvadrurního směšovače. V základním pásmu je signál decimován a filtrován filtry typu CIC (*Cascaded Integrator Comb*) a RCF (*Ram Coefficient Filter*) na potřebnou šířku pásma – pro FM rozhlas je požadováno 90 kHz, takže postačuje vzorkovací kmitočet kolem 200 kHz (odpovídající decimální faktor je např. 336). Pro návrh parametrů AD6620 se používá program FilterDesign, ovládání vývojové desky je možné pomocí portu LPT a příslušného software. Výstupem obvodu AD6620 je digitální komplexní signál v základním pásmu, mající omezenou šířku pásma a jí odpovídající vzorkovací kmitočet.

Protože vývojová deska AD6620 není pinově kompatibilní s dostupnou verzí vývojové desky AD6644, bylo nutno k propojení obou desek vytvořit adaptér.



Obrázek 2: Zjednodušené blokové schéma obvodu AD6620, obrázek převzat z [2]



Obrázek 3: Principiální schéma použitého digitálního FM demodulátoru

2.4. DIGITÁLNÍ SIGNÁLOVÝ PROCESOR - DSP

V aplikaci použitý 32 bitový signálový procesor ADSP-21161N s plovoucí řádovou čárkou disponuje výkonem 100 MIPS a je vybaven programem provádějícím demodulaci signálu v základním pásmu a poté filtraci. Proces frekvenční demodulace lze číslicově řešit více způsoby. Jednou z možností je výpočet úhlu z aktuálního komplexního vzorku a výpočtu difference oproti vzorku předchozímu, čímž získáme okamžitý kmitočet. Tento postup je poměrně náročný díky funkci arkustangens, kterou je možné vypočítat například algoritmem CORDIC. Druhá metoda, použitá při realizaci, je výpočetně méně náročná, protože obsahuje pouze součty a součiny. Princip této metody je zobrazen na obrázku 3. Po demodulaci následuje filtrace signálu jednoduchou FIR dolní propustí tak, aby byly potlačeny vyšší kmitočty, zejména pilotní kmitočet, v demodulovaném signálu.

Vstupní data jsou do signálového procesoru přenášena pomocí sběrnice SPI. Tato sběrnice sice není plně kompatibilní s výstupním sériovým portem obvodu AD6620, ale pomocí hardwarového adaptéru tvořeného několika hradly NOR a klopným obvodem D je možno tuto rozhraní přizpůsobit. Přenos pak probíhá tak, že 32 bitové slovo přijaté procesorem obsahuje jeden komplexní vzorek – složka I má přiděleno horních 16 bitů, složka Q dolních 16 bitů. Program obě složky oddělí a provede demodulaci a filtraci signálu.

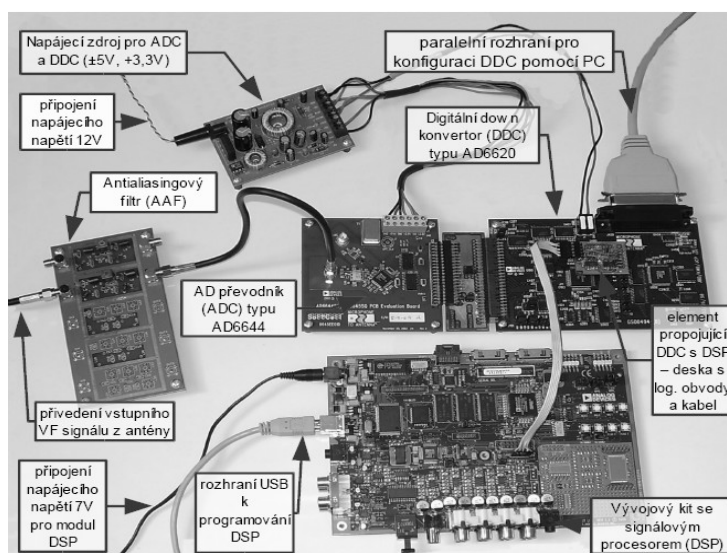
2.5. DIGITÁLNĚ ANALOGOVÝ PŘEVODNÍK – DAC A NÍZKOFREKVENČNÍ OBVODY - NFO

Demodulovaný a filtrovaný nízkofrekvenční signál je potřeba také převést zpět do analogové podoby, což v navrhovaném systému zajišťuje převodník AD1836, jenž je součástí vývojové desky a komunikace s procesorem je tedy pouze otázkou programu. Z D/A převodníku je signál přes NF zesilovače přiveden na výstupní konektory desky.

3. ZÁVĚR

Rádiový přijímač pro FM rozhlas byl realizován a oživen. V oblastech silného signálu je dosažitelná kvalita příjmu dobrá i s drátovou anténou, při slabším signálu je vhodné zařadit přímo za anténu vysokofrekvenční zesilovač. V současnosti probíhá příprava přijímače pro experimentální provoz v rámci laboratorní výuky.

Výhodou uvedené koncepce přijímače jsou některé obecné výhody softwarového rádia. Jde především o možnost měnit parametry přijímače jako jsou šířky pásma filtrů, případně typ modulace pouhou změnou programu při zachování stejné hardwarové konfigurace. Příkladem je provedené rozšíření o příjem SSB signálu. Další výhodou může být fakt, že anténa přijímače je připojena na vstup A/D převodníku pouze přes antialiasingový filtr a tedy že prakticky celé zpracování signálu je realizováno digitálně – toto se přibližuje myšlence tzv. ideálního softwarového rádia.



Obrázek 4: Fotografie všech součástí přijímače včetně popisek

LITERATURA

- [1] Analog Devices: *AD6644 14-bit, 40 MSPS / 65 MSPS A/D Converter Data Sheet* (Rev. C, 5/03)., [online]
- [2] Analog Devices: *AD6620 65 MSPS Digital Receive Signal Processor Data Sheet* (Rev. A, 6/01)., [online]
- [3] Analog Devices: *ADSP-21161N SHARC DSP Microcomputer Data Sheet* (Rev. A)., [online]