

# Superhet

M. Valko

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1  
valkomar@fjfi.cvut.cz

## Abstrakt

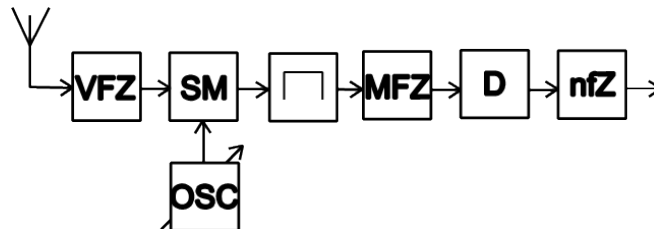
Tato práce se zabývá problematikou principu superheterodynu. Cílem práce bylo praktické sestavení přijímače v pásmu 40m pracujícího na principu superheterodynu, naměření jeho základních parametrů (citlivost, selektivita, zkreslení, stabilita) a porovnání tohoto přijímače s dnešními moderními přístroji.

## 1 Co to je?

Zkratka ze slova superheterodyn. Pracuje na principu heterodynu (je tedy jeho praktickým využitím). Heterodyne je myšlenka jak dělat ze dvou frekvencí, frekvenci třetí. Se superhety se setkáváme v běžném životě denně, aniž bychom si toho byly vědomi. Na tomto principu pracují např.: Rozhlasové přijímače, modemy, veškerá satelitní komunikace, Set top boxy, mobilní telefony, kabelové televize, mikrovlnná relé, detektory kovů, atomové hodiny a mnoho dalších.

## 2 Princip

Jde o přijímač s tzv. nepřímým zesílením. To znamená, že se přijímaný signál nezesiluje v původní frekvenční oblasti, nýbrž se přesouvá do jiné. Přesun do jiné frekvenční oblasti bývá realizován směšovačem.

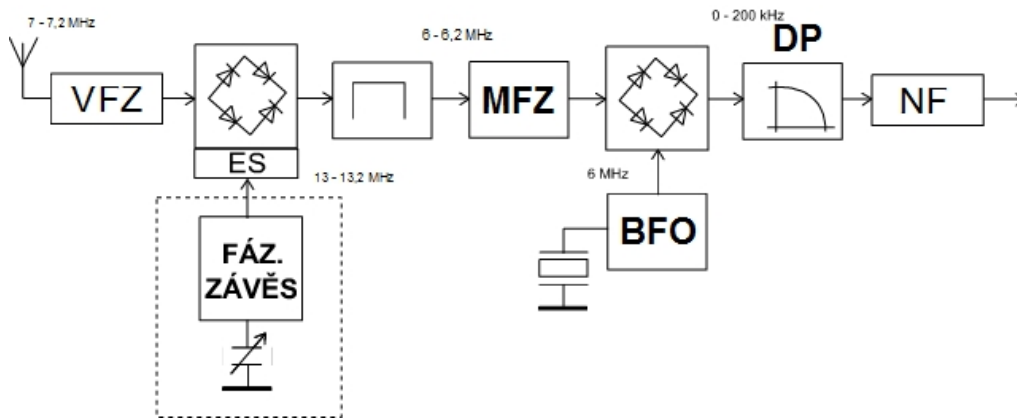


Obr. 1 Blokové schéma jednoduchého zapojení

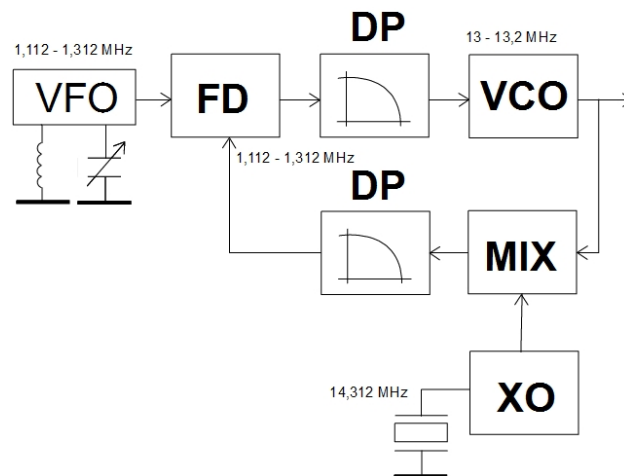
Princip superheterodynního přijímače spočívá v tom, že na vstup do směšovače (SM) jsou přivedeny dva signály z vysokofrekvenčního zesilovače (VFZ) a místního oscilátoru (OSC). Směšovač vytvoří směřováním dva produkty (mezifrekvence), součtovou a rozdílovou. Avšak pouze určitá frekvence projde filtrem a pokračuje dál na mezifrekvenční zesilovač. Mezifrekvenční zesilovač (MFZ) má nastavenou selektivitu na určitou frekvenci, tedy dochází k zesílení jen v určité frekvenční oblasti. Snahou je, aby jeden ze směšovacích produktů (většinou rozdílový) spadl do pásma propustnosti MFZ, mohl být zesílen a poslán dál ke zpracování.

## 2 Vlastní návrh

Navrhl jsem si blokové schéma tak aby přijímač zpracovával z antény frekvenční rozsah 7 - 7,2 MHz. Přijímač má také fázový závěs a dochází k dvojímu směšování. Modulaci jsem použil SSB.



Obr. 2 Blokové schéma přijímače



Obr. 3 Blokové schéma fázového závěsu

Přijímač rozdělíme na dva hlavní obvody: Hlavní obvod (I) a Fázový závěs (II).

(I): Přes vysokofrekvenční laděný zesilovač (VFZ) přijde signál na kruhový směšovač, kde se mísí s frekvencí přicházející přes emitorový sledovač (ES) z fázového závěsu (FÁZ. ZÁVĚS). Tím vzniká tzv. mezifrekvence, jež je přivedena na krystalový filtr kde se odfiltruje součtová složka a pokračuje dál na mezifrekvenční laděný zesilovač (MFZ). Takto upravený a zesílený signál pokračuje na poslední kruhový směšovač (demodulační), kde se mísí s frekvencí přicházející z lokálního krystalového oscilátoru (BFO). Tím opět vzniklá mezifrekvence je přivedena na dolní propust [integrační článek](DP), která odfiltruje součtovou složku. Výstup z DP je přiveden přes nízkofrekvenční zesilovač (NF) na reproduktor.

(II): Zde nejdůležitější prvek tvoří napětím řízený oscilátor (VCO). Výstup z VCO je připojen na první kruhový směšovač v obvodu (I.) a současně je připojený na směšovač tvořený dual gate mosfetem (MIX), kde se mísí s frekvencí z lokálního krystalového oscilátoru (XO). Ze vzniklé mezifrekvence je přes dolní propust (DP) odfiltrována součtová složka. Ta je přivedena na fázový detektor (FD). Druhý vstup do FD je tvořen laditelným LC oscilátorem (VFO). Výstup z fázového detektoru je přes dolní propust (DP) přiveden na VCO.

Funkce: Ladícím kondenzátorem, měním frekvencí (VFO), tak je porovnávána s rozdílovou frekvencí jdoucí z VCO, pokud se rovnají, nic se neděje, ale pokud FD zjistí rozdíl, pošle napěťový impuls do VCO který na tuto změnu reaguje zvýšením/snížením frekvence. Tento

postup se opakuje, dokud se frekvence nerovnjají. Takto nově vzniklá frekvence se dál odčítá v obvodu (I.) od frekvence jdoucí z antény a tím vzniká jiný produkt směšování, který projde krystalovým filtrem a je tak upravován dál až je nakonec dopraven na reproduktor. Můžeme tedy říct, že pomocí VFO přeladíme celý obvod přijímače. Díky této konstrukce máme dosažení veliké stability. Citlivost přijímače nám zajišťuje obvod (VFZ) a selektivitu krystalový filtr.

### 3 Měření

K měření jsme používali jak měřicí přístroje, tak i měřicí přípravky které jsem si musel sestavit. Kompletní protokol měření je k dispozici na <[http://corpus.ic.cz/merici\\_protokol.pdf](http://corpus.ic.cz/merici_protokol.pdf)>[cit. 5.6.2012].

### 4 Výsledky

Při měření jsme zjistili, že stabilita přístroje při 24°C je 0,00004368. Citlivost přijímače je ~10  $\mu$ V (odhad je však okolo 3  $\mu$ V (-83,47 dBm), to však nemohlo být změřeno kvůli nedostatečným rozsahům měřících přístrojů). Selektivita je 1,62 kHz a díky vlastnostem krystalového filtru je charakteristika propusti téměř obdélníková. Odstup signál/šum je:

- 10dB 150  $\mu$ V
- 3dB 98  $\mu$ V

Přístroj pracuje správně od napětí 12V do 8V. S takovými výsledky může konkurovat i dnešním profesionálním přístrojům (zejména pak WIFI routerům). Nutno, ale podotknout, že díky nákladům na výrobu mého přístroje by na pultech obchodů neobstál. Kompletní dokumentace k přijímači je na webu <<http://corpus.ic.cz/protokol.pdf>>[cit. 5.6.2012].

### 5 Reference

Typ reference	Ukázka	Poznámka
Kniha	[1] Ing. J. Havlíček, <i>Ročenka sdělovací techniky 1966</i> , Státní nakladatelství technické, Praha (1966)	
Internetový článek	[2] kol. autorů, Český radioklub - šíření rádiových signálů <a href="http://www.crk.cz/CZ/SIRENIC">http://www.crk.cz/CZ/SIRENIC</a> [3] kol. autorů, Crystal parameters calculators <a href="http://www.giangrandi.ch/electronics/crystalfilters/xtaltest.html">http://www.giangrandi.ch/electronics/crystalfilters/xtaltest.html</a> [4] kol. autorů, Přijímače s přímým směšováním- kruhový směšovač <a href="http://ok1ike.c-a-v.com/soubory/dil1.htm">http://ok1ike.c-a-v.com/soubory/dil1.htm</a> [5] kol. autorů, ALL DATA SHEET – CD4046BC <a href="http://html.alldatasheet.com/html-pdf/50851/FAIRCHILD/CD4046BC/819/2/CD4046BC.html">http://html.alldatasheet.com/html-pdf/50851/FAIRCHILD/CD4046BC/819/2/CD4046BC.html</a> [6] kol. autorů, AADE Filter design and analysis V 4.5 <a href="http://www.aade.com/filter32/download.htm">http://www.aade.com/filter32/download.htm</a>	