

# VHF SSB RECEIVER WITH LOW CONSUMPTION

**Martin Matoušek**

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xmatou24@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Tomáš Urbanec

E-mail: urbanec@feec.vutbr.cz

**Abstract:** This work is focused on proposal of SSB receiver operating at 30 MHz. The design was primarily focused on simplicity and low power consumption. This work was realized for the transmission of audio signals. SSB modulation is far more efficient in terms of the radio spectrum used. First part of this thesis describes a block diagram of a receiver. Next parts are focused on proposal of individual blocks of the receiver, especially its most important parts. Finally, the overall evaluations of the design characteristics of SSB receivers are discussed.

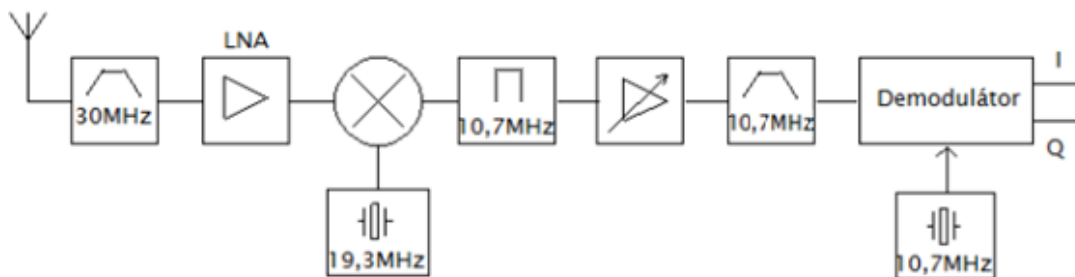
**Keywords:** SSB, low noise amplifier, automatic gain control, AD607.

## 1. ÚVOD

SSB přijímače slouží k příjmu jednoho z postranních pásem, buďto dolního postranního pásma LSB nebo horního postranního pásma USB. SSB modulace je velmi oblíbená u radioamatérů, jelikož využívá malou šířku pásma. Tato práce se zabývá návrhem SSB přijímače pracujícím na kmitočtu 30 MHz, u kterého je kladen důraz na jednoduchost a nízkou spotřebu. Velkou nevýhodou SSB modulace je však její nepoužitelnost pro vysoké přenosové rychlosti, proto je práce realizována pro přenos obecného audio signálu. Práce nejprve popisuje blokové schéma přijímače. Následně se věnuje nejdůležitějším částem návrhu jednotlivých bloků přijímače a celkovým zhodnocením vlastností navrženého SSB přijímače.

## 2. SSB PŘIJÍMAČ

SSB přijímač je realizován jako superheterodyn. Při návrhu byl kladen důraz na nízkou spotřebu celého přijímače a malé napájecí napětí, tak aby přijímač mohl být napájen baterií. Celé blokové schéma příjmače je uvedeno na obrázku 1.



**Obrázek 1:** Blokové schéma přijímače.

Přijímané signály z antény vstupují přímo do pásmové propusti, která vybere pásmo signálů se kterými chceme pracovat. Nejdůležitější funkce vstupní pásmové propusti je potlačení zrcadlového kmitočtu. Zrcadlový kmitočet v našem případě vychází na 8,6 MHz. Dalším důležitým parametrem je útlum v propustném pásmu. Útlum pásmové propusti přímo souvisí s šumovým číslem. Pásmo vybraných signálů je následně zesíleno v nízkoshumovém zesilovači (low noise amplifier, dále jen LNA). LNA je realizován pomocí tranzistoru BF840, který nejlépe splňoval

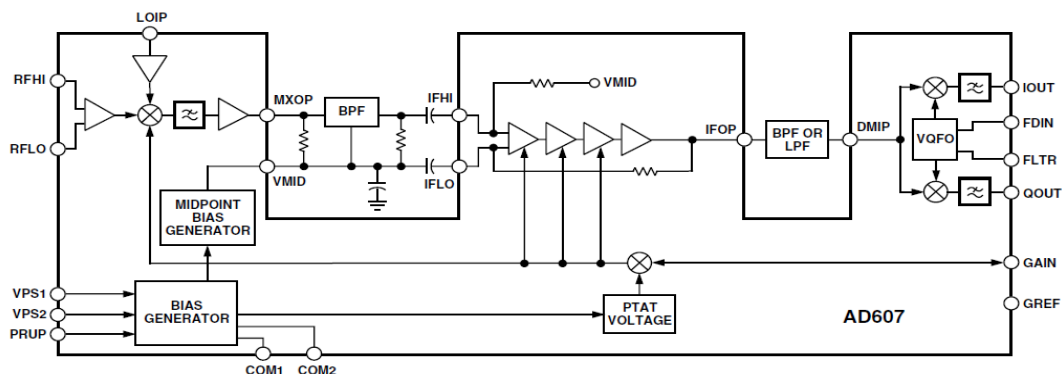
požadavky ze snadno dostupných tranzistorů pro návrh LNA. Pro zvolený tranzistor BF840 výrobce neuvádí S-parametry, proto byl návrh s výkonovým přizpůsobením vytvořen pomocí simulace v programu PSpice. Při návrhu přijímače je kladen důraz na nízkou spotřebu. Proto i při návrhu LNA bylo cílem dosažení nízké spotřeby. Spotřeba LNA byla zvolena na 2 mA, tak aby LNA bylo odolné proti rušení. Přičemž zvolení spotřeby vycházelo z katalogového listu tranzistoru. Důležitým úkolem LNA je dosáhnout dostatečného zesílení a malého šumového čísla, aby potlačil vliv šumových vlastností následujících bloků [1].

Dále signál směšujeme na mezifrekvenční kmitočet 10,7 MHz. Na mezifrekvenčním kmitočtu hned za směšovačem je selektivní pásmová propust. Selektivní pásmová propust je realizovaná čtyřpólovým krystalovým filtrem 10,7 MHz, s jehož pomocí vybereme přesnou šířku pásma, se kterou chceme pracovat. Signál v mezifrekvenci se následně zesiluje zesilovačem s řízeným ziskem. Za zesilovačem musí být pásmová propust, pro potlačení intermodulačních produktů vznikajících v zesilovači. Zesílený signál dále vstupuje do demodulátoru, kde se převádí do základního pásma. Výstup z demodulátoru je v I a Q rovině. Přijímač pracuje s audio signálem. Proto pracujeme jen s výstupem I [1].

Přijímač obsahuje dva oscilátory, 19,3 MHz pro získání mezifrekvence a 10,7 MHz pro získání základního pásma signálu. Oba oscilátory jsou realizovány v Colpittsově zapojení. Protože je třeba přesných kmitočtů, oba oscilátory jsou řízeny krystaly. Pro realizaci byly zvoleny tranzistory BFR92. Zvolená spotřeba každého oscilátoru je 1 mA, při zvolení spotřeby se vycházelo z katalogových listů tranzistorů, tak aby byla zaručena funkčnost a stabilita při dosažení nejmenší spotřeby [2].

## 2.1. INTEGROVANÝ OBVOD AD607

V přijímači je použit integrovaný obvod AD607. Jeho výhodou je malá spotřeba, která se pohybuje okolo 8,5 mA. Obvod obsahuje integrovaný aktivní řízený směšovač, řízený zesilovač (automatic gain control, dále jen AGC) a aktivní demodulátor. Regulace zesílení řízeného směšovače a AGC se provádí pomocí detektoru obálky. Zesílení můžeme regulovat pro směšovač od 1,5 do 21,5 dB a pro AGC od 7,5 – 67,5 dB, zesílení demodulátoru je pevné 18 dB. Mezi další výhody patří malé vstupní napětí signálu pro vybudzení směšovače, jehož maximální hodnota je  $\pm 54\text{mV}$  (-15 dBm). Při této hodnotě směšovač pracuje v bodu jednodécibellové komprese. Blokové schéma AD607 s typickým zapojením filtrů je na obrázku 2 [3].



Obrázek 2: Blokové schéma AD607 [3].

Obvod AD607 využívá stejnosměrný posun pro VF signál. Hodnota posunu VF složky se zpravidla volí na polovinu hodnoty napájecího napětí. Pomocí stejnosměrného posunu VF složky lze posunout rozsah řízení napětí, pro řízení zesílení. Závislost zesílení na řídicím napětí je lineární [3].

## 2.2. SIMULACE CELÉHO PŘIJÍMAČE

Celkové chování přijímače je simulováno v programu AppCAD od firmy Agilent. Na obrázku 3 jsou uvedeny významné parametry jednotlivých bloků přijímače a také celkové parametry. Ze si-

mulovaných hodnot jsou vidět celkové parametry přijímače. Celkové šumové číslo určuje pásmová propust a LNA.

		Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Stage 5	Stage 6	Stage 7
<b>Stage Data</b>	<b>Units</b>							
Stage Name:		Pásmová propust	LNA	Směšovač	Pásmová propust	AGC	Pásmová propust	Demodulátor
Noise Figure	dB	1	1,6	14	3	17	6	0
Gain	dB	-1	20	21,5	-3	67,5	-6	18
Output IP3	dBm	100	-15	3	100	18	100	100
dNF/dTemp	dB/°C	0	0	0	0	0	0	0
dG/dTemp	dB/°C	0	0	0	0	0	0	0
<b>Stage Analysis:</b>		0	0	0	0	0	0	0
NF (Temp corr)	dB	1,00	1,60	14,00	3,00	17,00	6,00	0,00
Gain (Temp corr)	dB	-1,00	20,00	21,50	-3,00	67,50	-6,00	18,00
Input Power	dBm	-30,00	-31,00	-11,00	10,50	7,50	75,00	69,00
Output Power	dBm	-31,00	-11,00	10,50	7,50	75,00	69,00	87,00
d NF/d NF	dB/dB	0,62	0,87	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00
d NF/d Gain	dB/dB	-0,38	-0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
d IP3/d IP3	dBm/dBm	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00

Enter System Parameters:			System Analysis:		
Input Power	-30	dBm	Gain =	117,00	dB
Analysis Temperature	25	°C	Noise Figure =	3,29	dB
Noise BW	1	MHz	Noise Temp =	328,33	°K
Ref Temperature	25	°C	SNR =	80,69	dB
S/N (for sensitivity)	0	dB	MDS =	-110,69	dBm
Noise Source (Ref)	290	°K	Sensitivity =	-110,69	dBm
			Noise Floor =	-170,69	dBm/Hz

Input IP3 =	-87,00	dBm
Output IP3 =	30,00	dBm
Input IM level =	84,00	dBm
Input IM level =	114,00	dBC
Output IM level =	201,00	dBm
Output IM level =	114,00	dBC
SFDR =	15,79	dB

Obrázek 3: Simulace přijímače.

### 3. ZÁVĚR

Celý přijímač je navržen pro bateriové napájení 3,3 V. Jeho celková spotřeba by neměla přesáhnout 17,5 mA. Přijímač byl navrhován postupně podle bloků v blokovém schématu. Vstupní pásmová propust byla navržena pro anténu s impedancí 50 Ω. Návrh LNA (nízkošumového zesilovače) se nepodařilo provést s optimálními parametry. Největší problém při návrhu LNA byl výběr vhodného tranzistoru z komerčně dostupných produktů. Právě tento blok nejvíce ovlivňuje šumové číslo celého přijímače. Důvodem použití obvodu AD607 je malé napájecí napětí. Tento obvod obsahuje směšovač, řízený zesilovač a demodulátor. Výhodou integrovaného směšovače je tedy malé vstupní napětí a řízené zesílení. Dle výsledků simulovaného přijímače je celkové šumové číslo 3,3 dB. Pro zmenšení šumového čísla by bylo možné použití jiného tranzistoru. Vhodný tranzistor by měl mít shodné, případně větší zesílení na 30 MHz a nižší šumové číslo.

### PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu projektu Ing. Tomáši Urbancovi, Ph.D. za metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a cenné rady při zpracování mého projektu.

### REFERENCE

- [1] VÁGNER, Petr. *Vysokofrekvenční technika* [online]. Skripta. Brno: FEKT: VUT v Brně, 2013 [cit. 2016-03-06].
- [2] PAVLOVEC, Josef a ŠRAMAR, Jaroslav. *Krystalové jednotky a oscilátory. Amatérské Rádio* [online]. 1987 [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: [http://www.krystal.cz/files/download/Amaterske\\_radio\\_1987-02-Krystal.pdf](http://www.krystal.cz/files/download/Amaterske_radio_1987-02-Krystal.pdf)
- [3] *AD607: Datasheet* [online]. In: Analog Devices, 2002 [cit. 2016-03-06]. Dostupné z: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/evaluation-documentation/AD607.pdf>