
GNU Radio)))

Jaroslav Škarvada / OK2JRQ

jskarvad@redhat.com

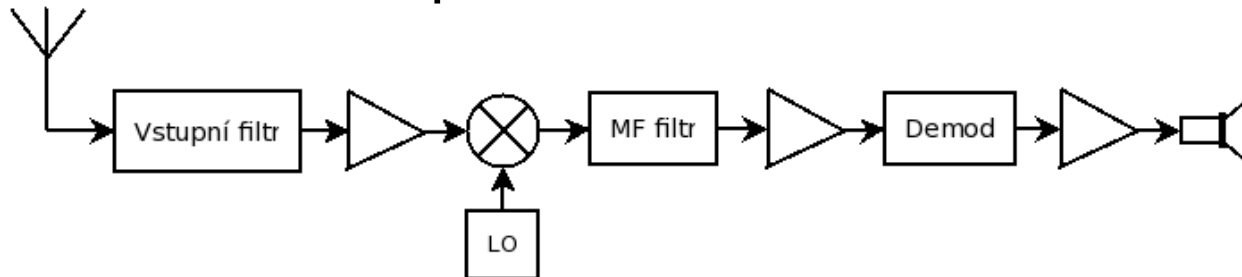


Obsah

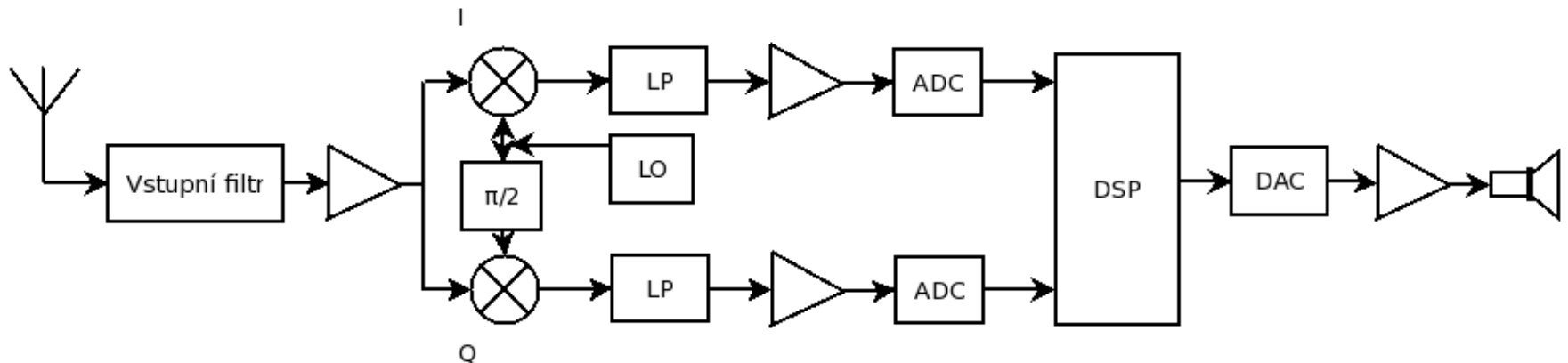
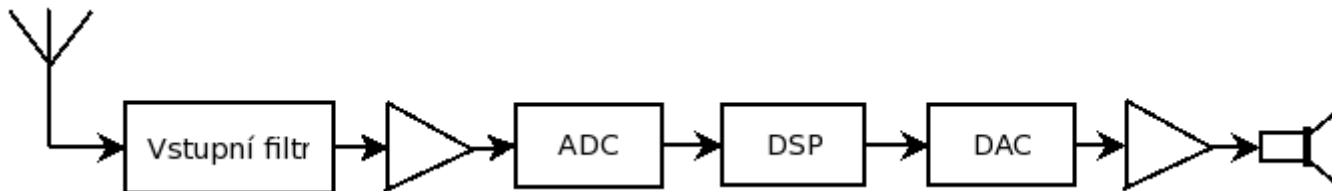
- Úvod
- Hardware
- Existující aplikace
- GNU Radio Companion
- Praktické příklady

Úvod I

- Klasické rádio, superhet:

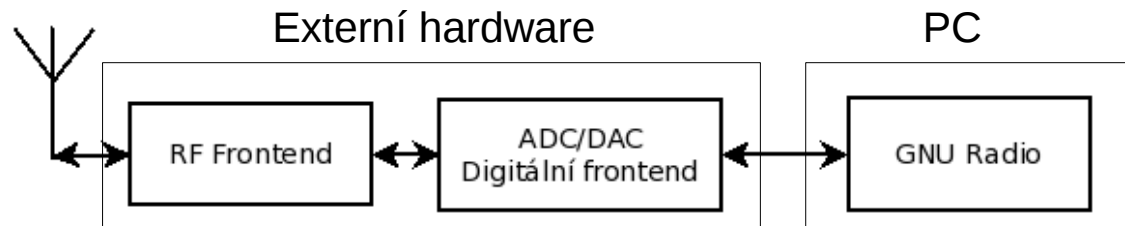


- Softwarově definované rádio (SDR):



Úvod II

- GNU Radio:



- Open-source toolkit, licence GPLv3,
- otevřená platforma pro vývoj SDR,
- modulární bloky pro zpracování signálu,
- rapidní prototypování v Python, výkonově kritické části v C++,
- použitelné s různým HW nebo i bez HW:
 - Simulace,
 - offline zpracování zaznamenaných dat.
- Využití:
 - vývoj / výzkum, analýza zabezpečení, produkční systémy.

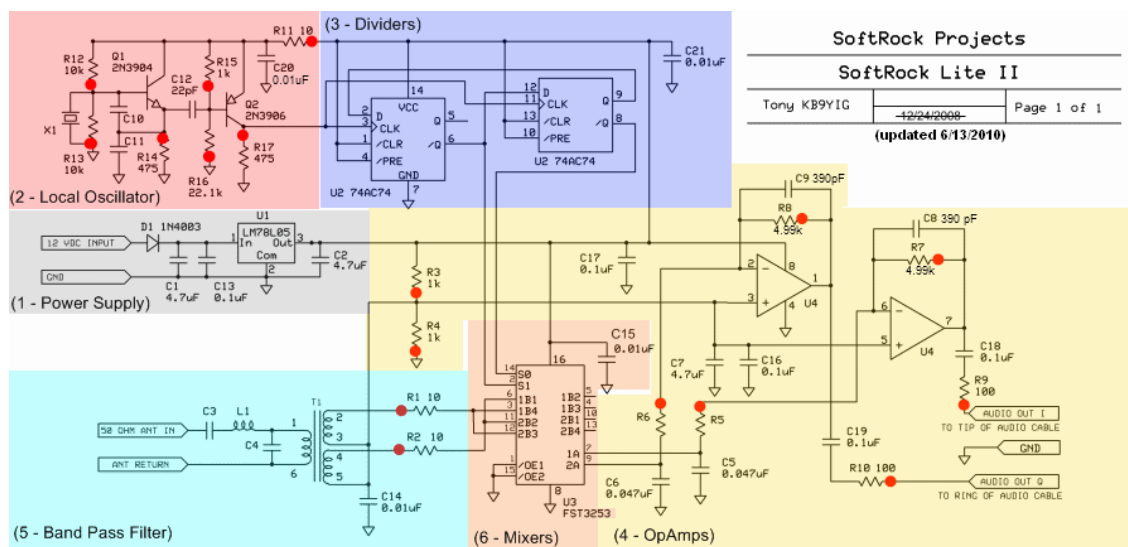
Hardware

- Ettus Research baseboards (<http://www.ettus.com>):
 - USRP1 (2xDB MIMO, USB 2.0, až 16 MHz pásmo) cca. \$700
 - USRP2 (MIMO, Gb ethernet, až 50 MHz pásmo) EOL
 - N2X0 (MIMO, Gb ethernet, až 50 MHz pásmo) od \$1500
- Ettus Research daughterboards:
 - WBX (TX/RX 50 MHz – 2,2 GHz, 30 MHz pásmo, výkon 30 – 100 mW), \$450
 - SBX (TX/RX 400 MHz – 4,4 GHz, 30 MHz pásmo, výkon 30 – 100 mW), \$475
 - XCVR2450 (TX/RX 2,4 GHz – 2,5 GHz, 4,9 – 5,9 GHz, 30 MHz pásmo, výkon 100 mW), \$400



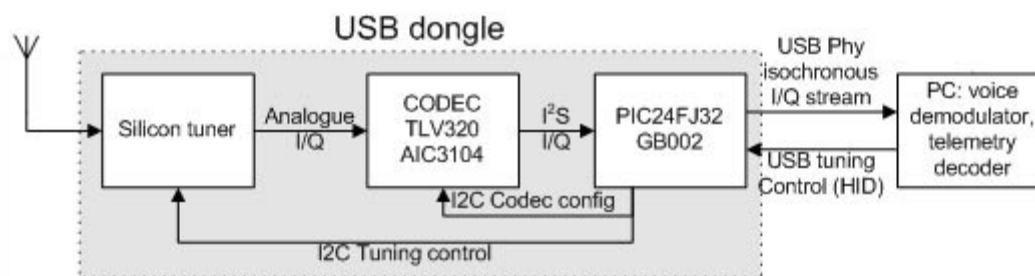
Alternativní hardware

- SDR Perseus (10 kHz – 40 Mhz, 1,6 Mhz pásmo) cca. \$1000, kvalitní přijímač pro DX,
- FUNcube USB dongle (64 Mhz – 1700MHz, 80 kHz), cca \$200,
- SoftRock, low cost cca. \$20 kit, zpracování zvukovou kartou.

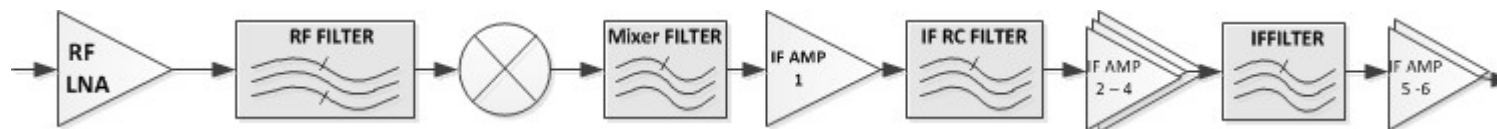


FUNcube Dongle Pro

- <http://www.funcubedongle.com/>
- 64 MHz – 1700 MHz SDR.
- Šířka pásma 80 kHz.
- USB:



- Integrovaný audio kodek digitalizuje I / Q složky,
- nastavování parametrů pomocí USB HID,
- upgrade firmware.



GNU radio aplikace

- Testování komerčních přístrojů:
 - simulování rušení, interference.
- Realizace přijímačů / vysílačů:
 - FM, AM, DRM, DVB-T, RFID / NFC, GPS, GSM ...
 - GSM, Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi, ...
- Magnetic Resonance Force Microscopy (MRFM)
 - Řízení zpětnovazební smyčky mikromechanického oscilátoru.
- BBN 802.11 stack

Další aplikace

- Výzkum:
 - Jitter – GNU ionospheric tomography receiver,
 - Otevřený systém pro pozemní stanice mise Agile,
- pasivní radar,
- sledování GSM terminálů:
 - Pasivní odposlech uplink,
 - vyhodnocování pohybu / chování osob, statistická analýza, nezvyklé vzorce chování, letiště, nákupní střediska, ...,
- Amatérské rádio
- Astronomie

gr-bluetooth

- <http://gr-bluetooth.sourceforge.net/>
- Implementace Bluetooth baseband vrstvy pro GNU Radio.
- Příjem dat pomocí USRP.
 - FHSS, rámeček 600 μ s, šířka pásma cca. 80 Mhz.
 - USRP přeladí do cca. 200 μ s.
- Patche pro Kismet a Wireshark.

Open BTS

- První otevřená implementace GSM stacku:
 - <http://openbts.sourceforge.net/>
- směrování přes Asterisk
- permanentní instalace na ostrově Niue v roce 2010,
- OpenBTS/UHD pro novější HW:
 - <http://github.com/ttsou/openbts-uhd.git>
 - podpora pro single daughterboard, WBX,
 - podpora pro externí hodiny



GNU radio: „Hello world“

```
#!/usr/bin/python

from gnuradio import gr, audio

sample_f = 44100
tb = gr.top_block()

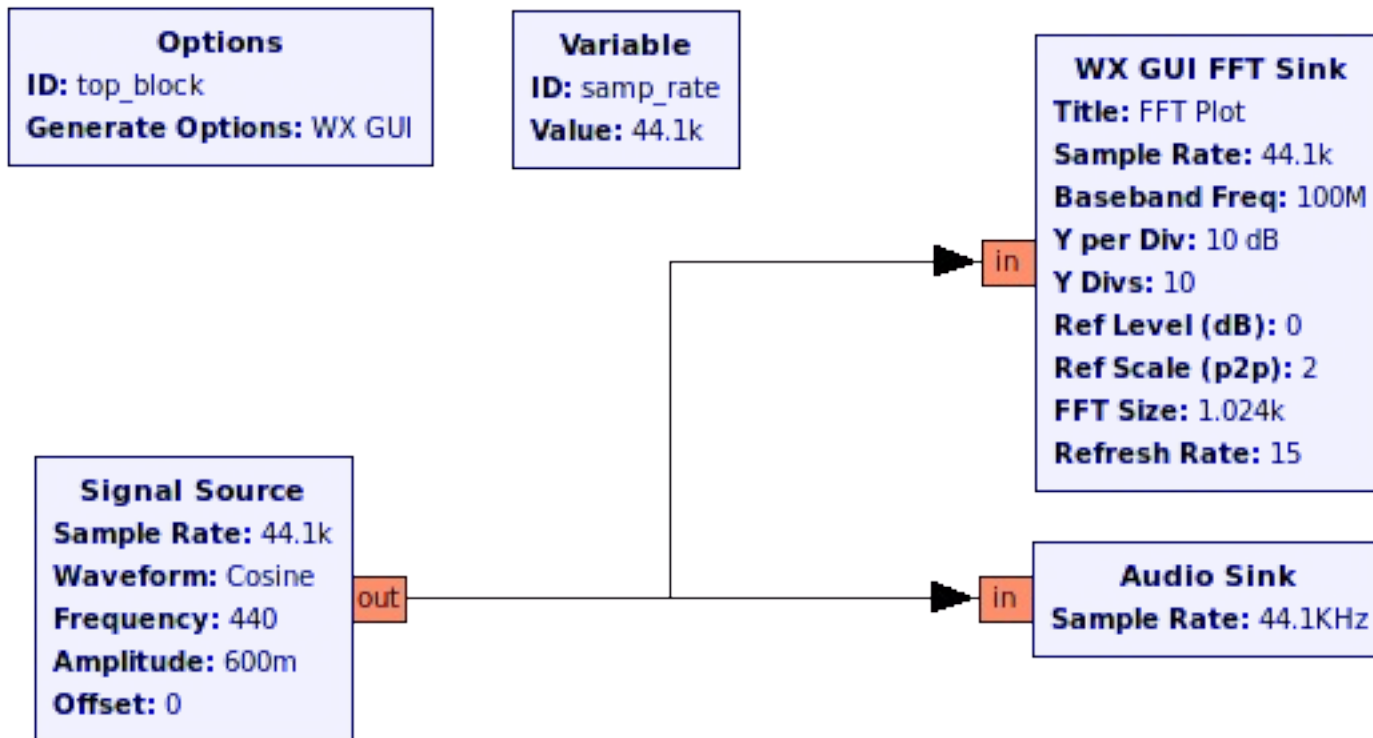
src = gr.sig_source_f(sample_f, gr.GR_SIN_WAVE, 440, 0.8)
dst = audio.sink(sample_f)

tb.connect(src, dst)
tb.start()
raw_input('Press Enter to quit.')
tb.stop()
```

GNU Radio Companion (GRC)

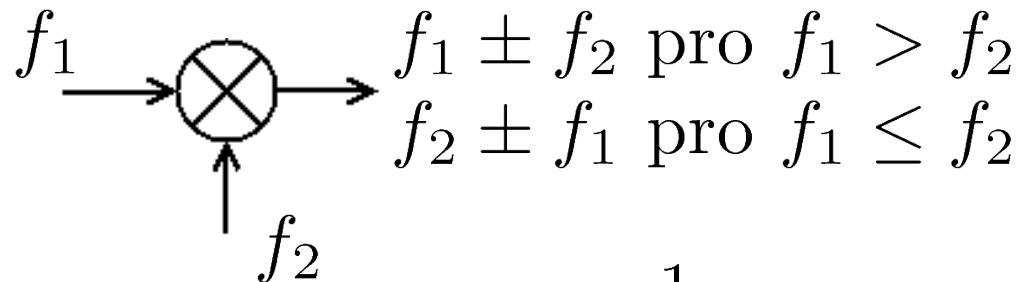
- Spuštění: `$ gnuradio-companion`
- GUI pro návrh grafu toku dat:
 - Rychlý návrh grafu toku dat.
 - Propojení definovaných stavebních bloků (XML).
 - Hierarchické, návrhy lze ukládat jako vlastní stavební bloky.
 - Návrh se ukládá ve formátu GRC (XML).
 - Návrh může obsahovat GUI prvky.
 - Bloky pro přístup k HW.
 - Návrh lze exportovat do zdrojového kódu Python.

GRC: „Hello world“



Frekvenční směšovač

- Produkuje součet a rozdíl vstupních frekvencí.

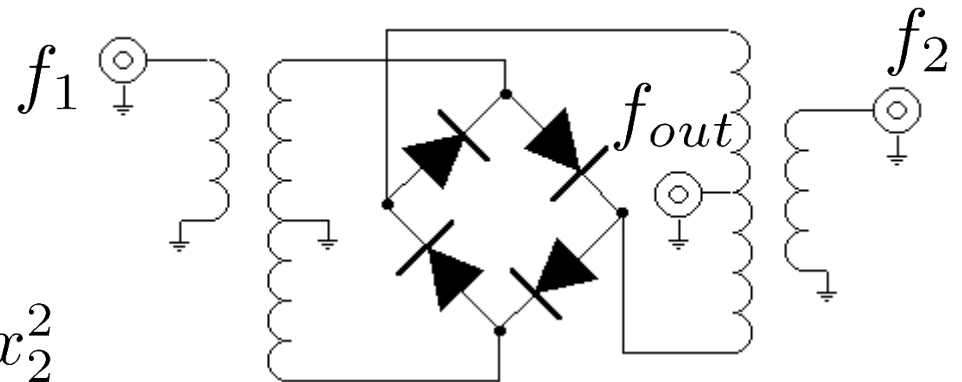


$$y(t) = \cos(\omega_1 t) \cos(\omega_2 t) = \frac{1}{2} \cos(\omega_1 - \omega_2)t + \cos(\omega_1 + \omega_2)t$$

- Analogová realizace:

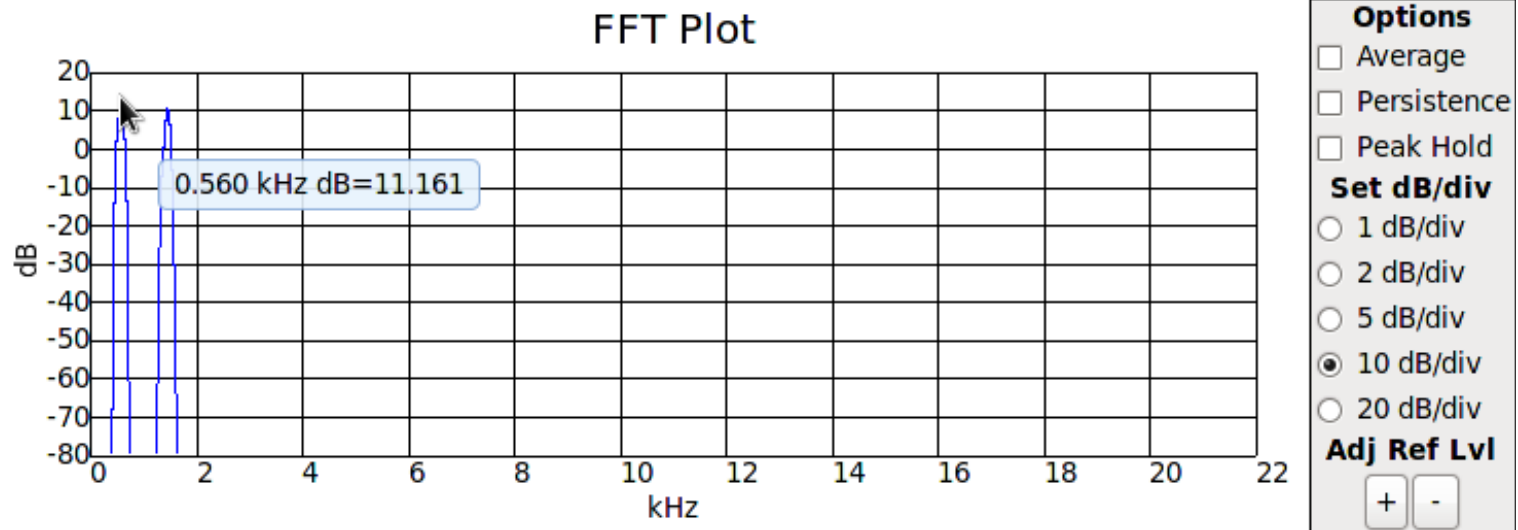
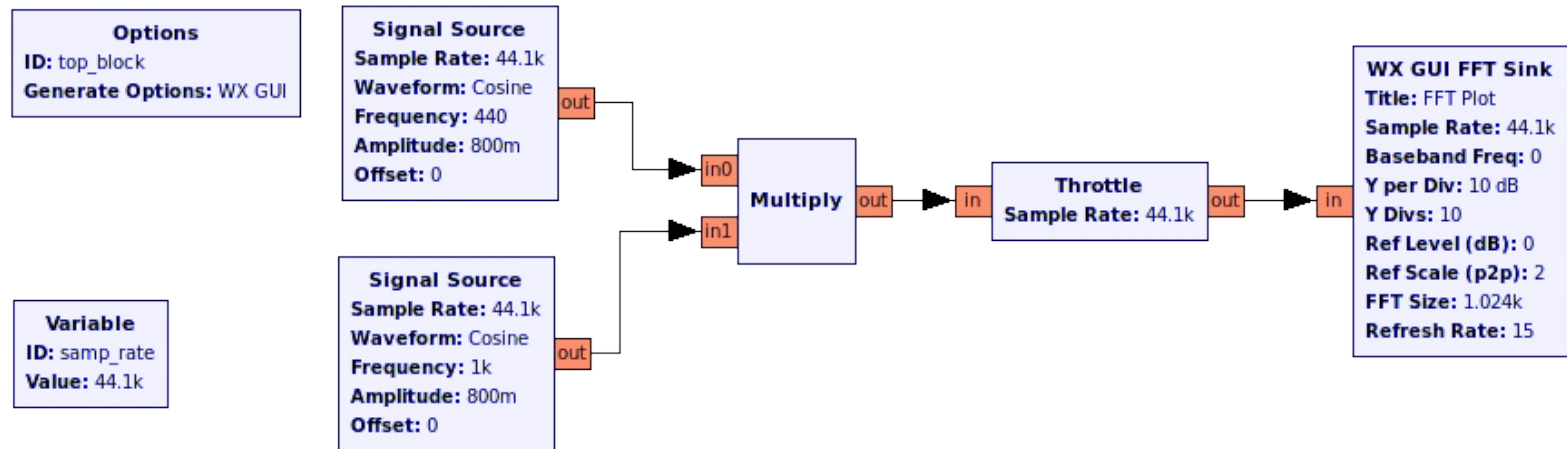
$$e^x = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^n}{n!}$$

$$(x_1 + x_2)^2 = x_1^2 + 2x_1x_2 + x_2^2$$



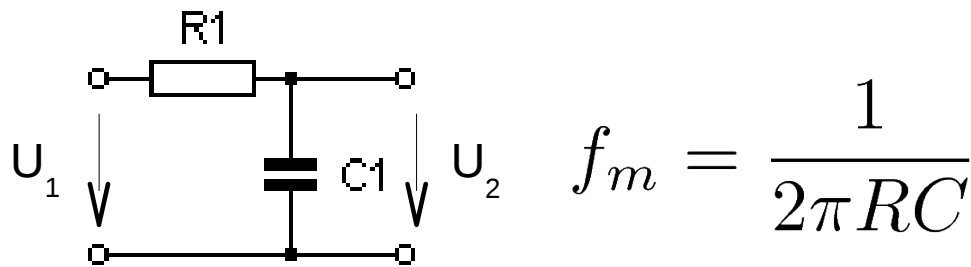
- Digitální realizace: $y[i] = x_1[i]x_2[i]$

GRC: směšovač



Filtr – Dolní propust (1. řádu)

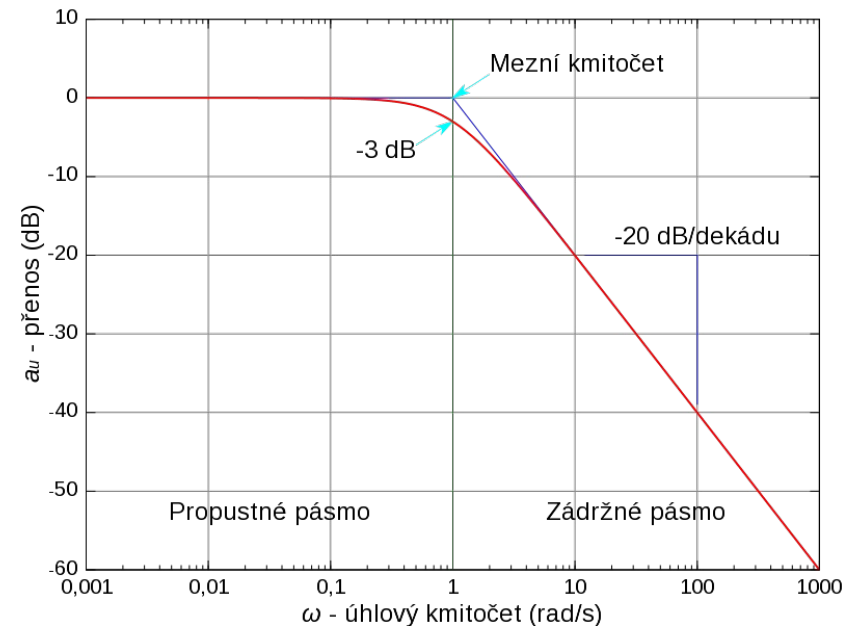
- Propouští frekvence nižší než je mezní kmitočet f_m .
- Analogová realizace:



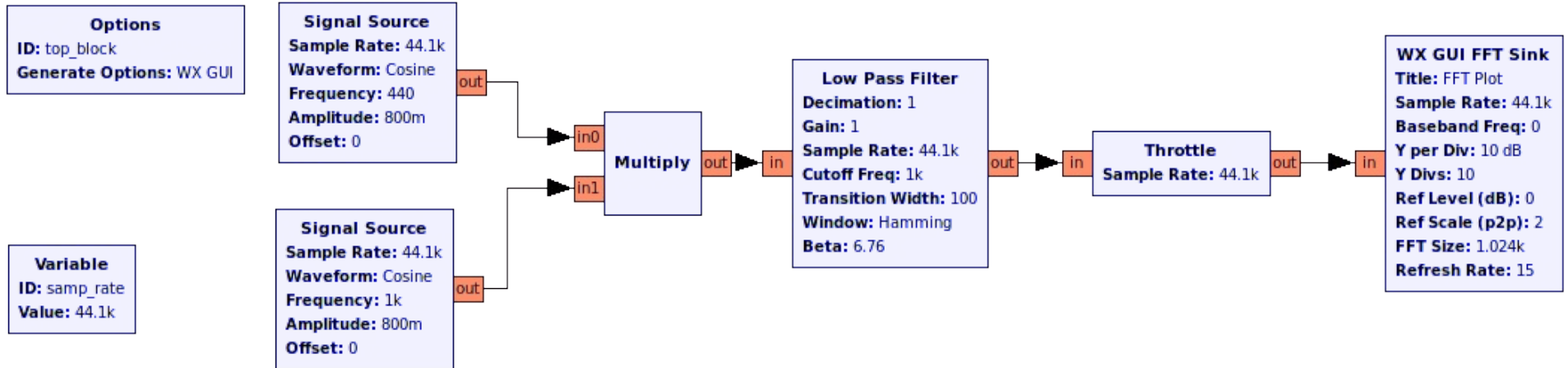
$$a_u = 20 \log \left(\frac{U_2}{U_1} \right)$$

- Digitální realizace (IIR):

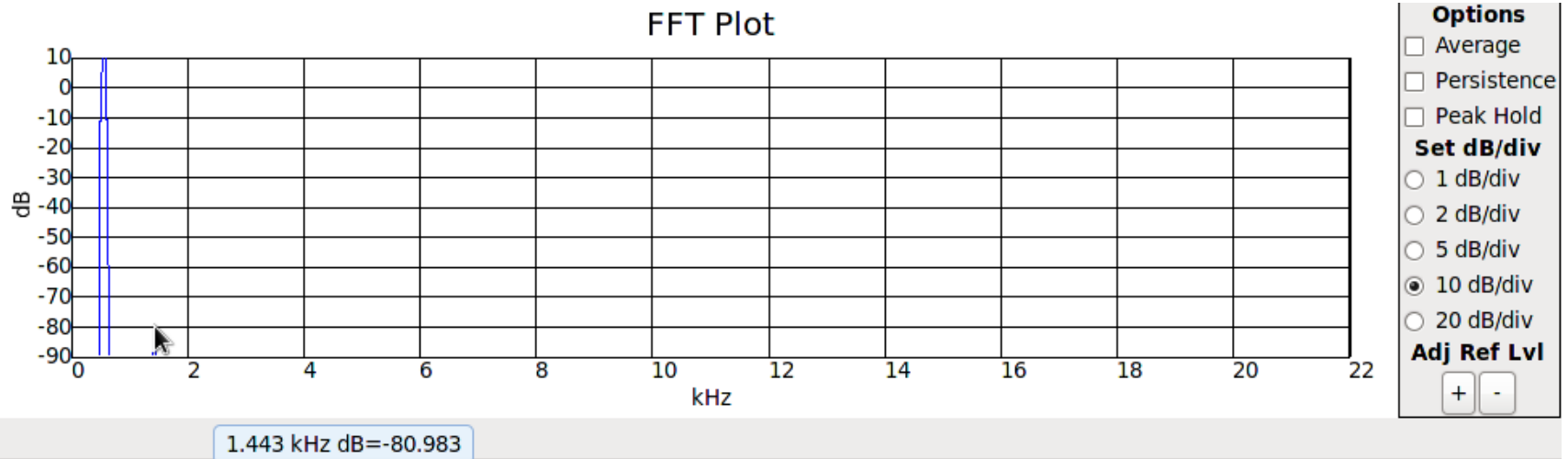
$$y[i] = y[i - 1] + \alpha(x[i] - y[i - 1]) \quad \alpha = \frac{1}{fRC + 1}$$



GRC: dolní propust

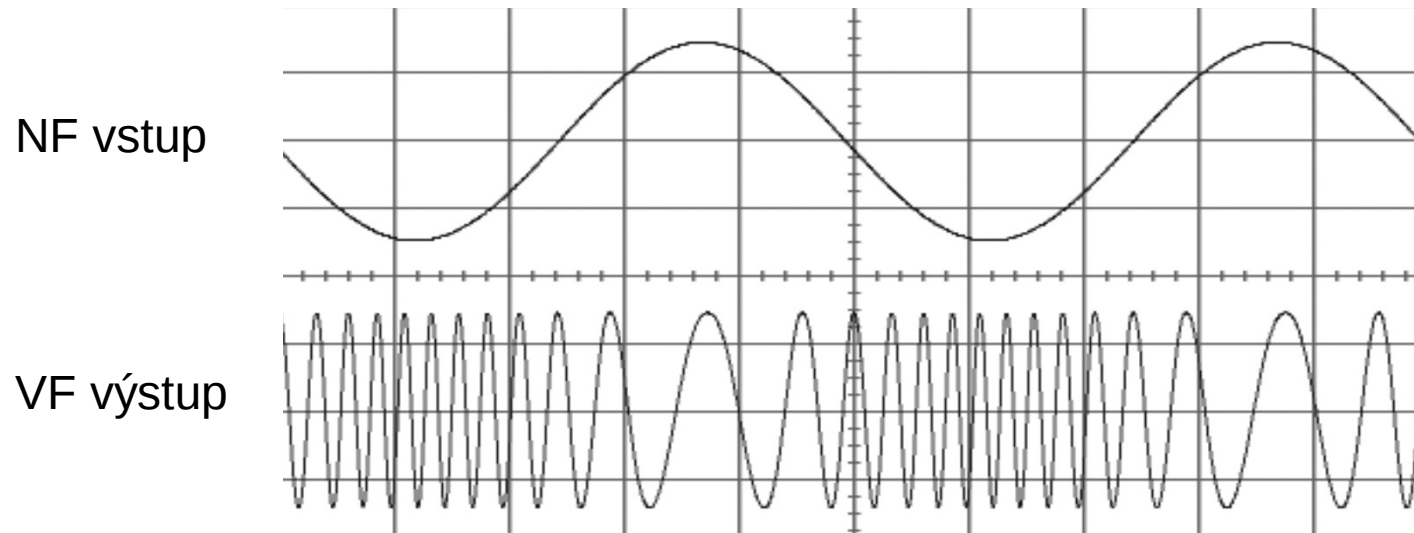


Variable
ID: samp_rate
Value: 44.1k

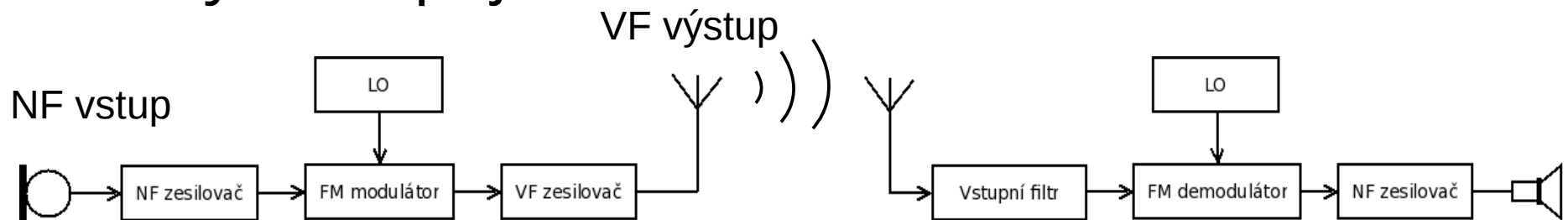


FM

- FM modulace:

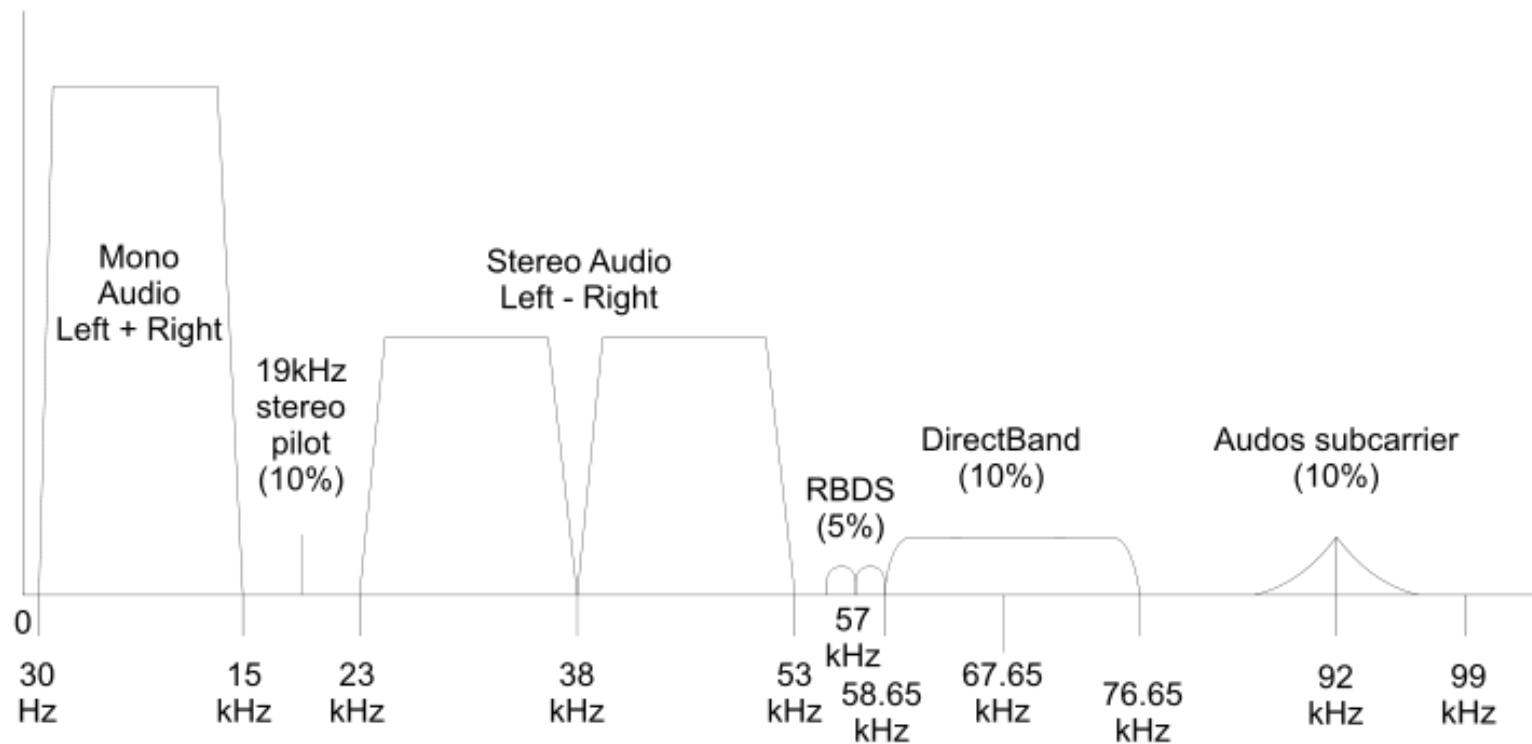


- FM vysílač / přijímač:

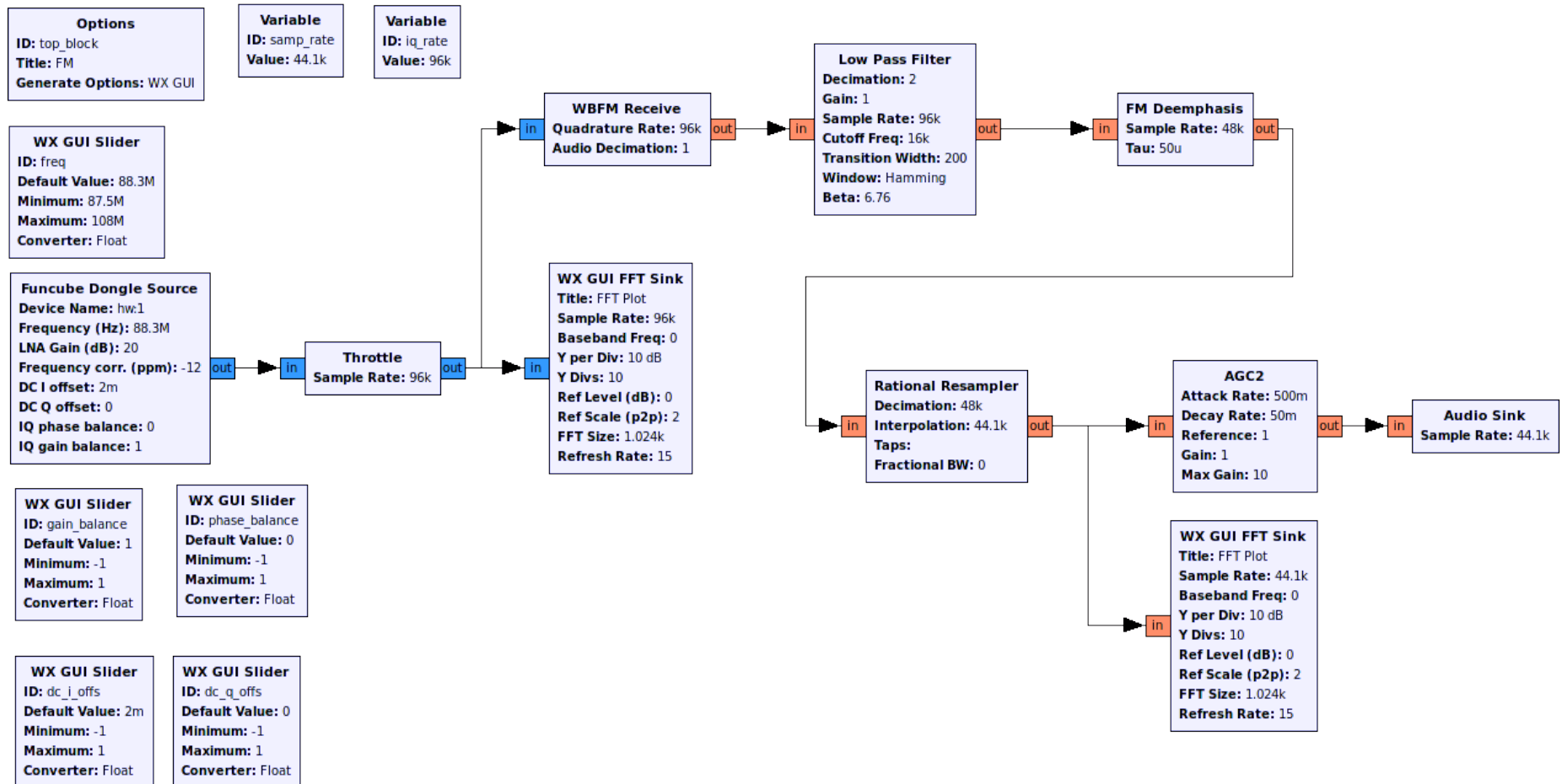


WFM (VKV rozhlas)

- Spektrum

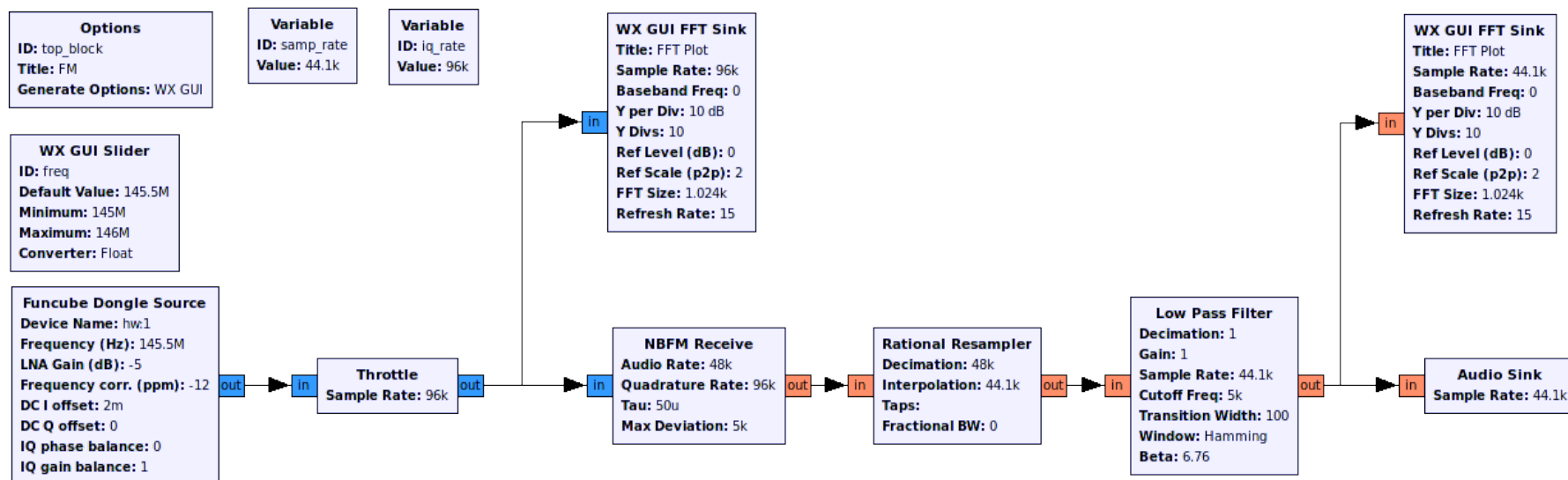


GRC: WFM



GRC: NFM

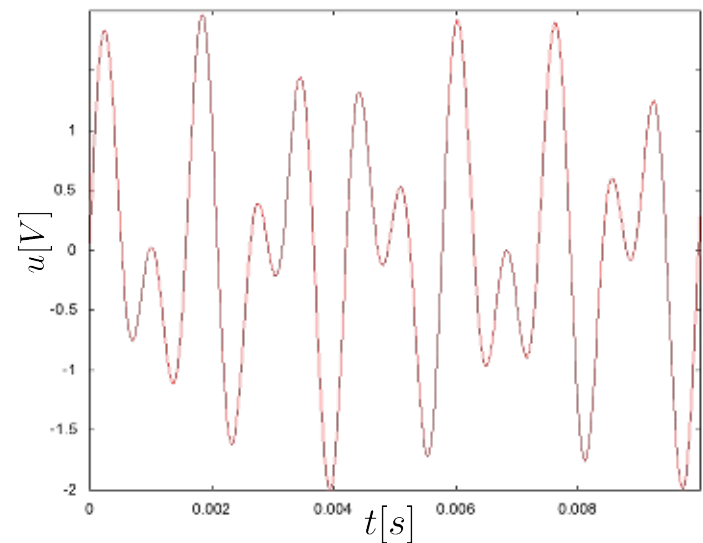
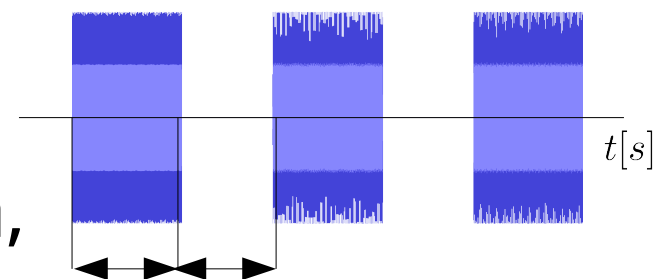
- VKV radioamatérská služba, různé telekomunikační služby.



DTMF

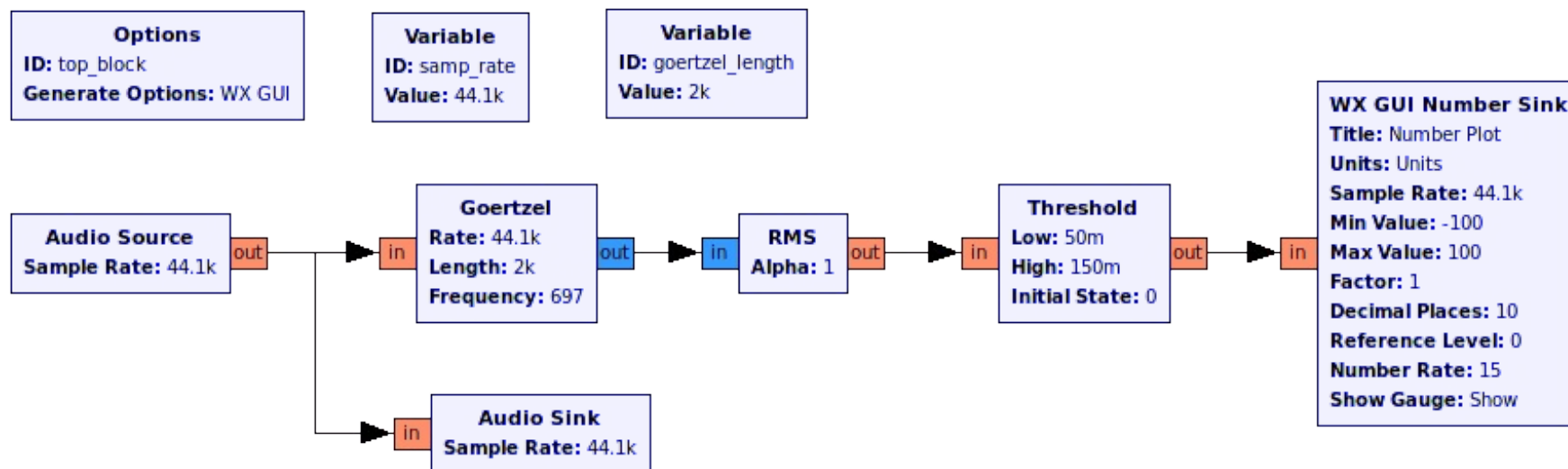
- Dual Tone Multi Frequency,
- signalizace (vytáčení, dálkové ovládání),
- 16 symbolů (0-9, A-D, *, #),
- min. 40 ms symbol, 40 ms mezera,
- ochrana proti „namluvení“.

	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz
697 Hz	1	2	3	A
770 Hz	4	5	6	B
852 Hz	7	8	9	C
941 Hz	*	0	#	D



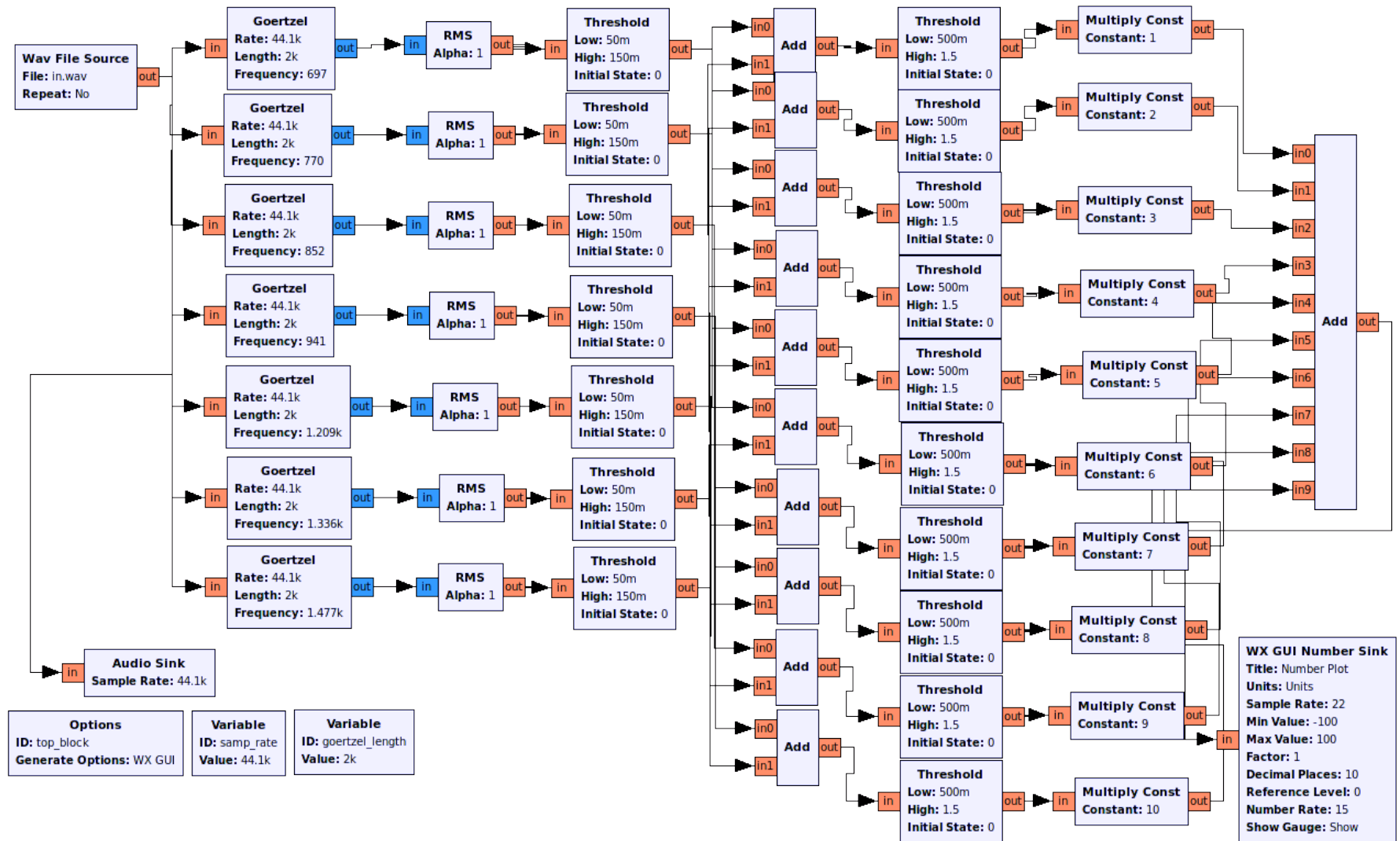
DTMF detekce

- Goertzelův algoritmus.
- Detekce jednoho tónu (697 Hz):

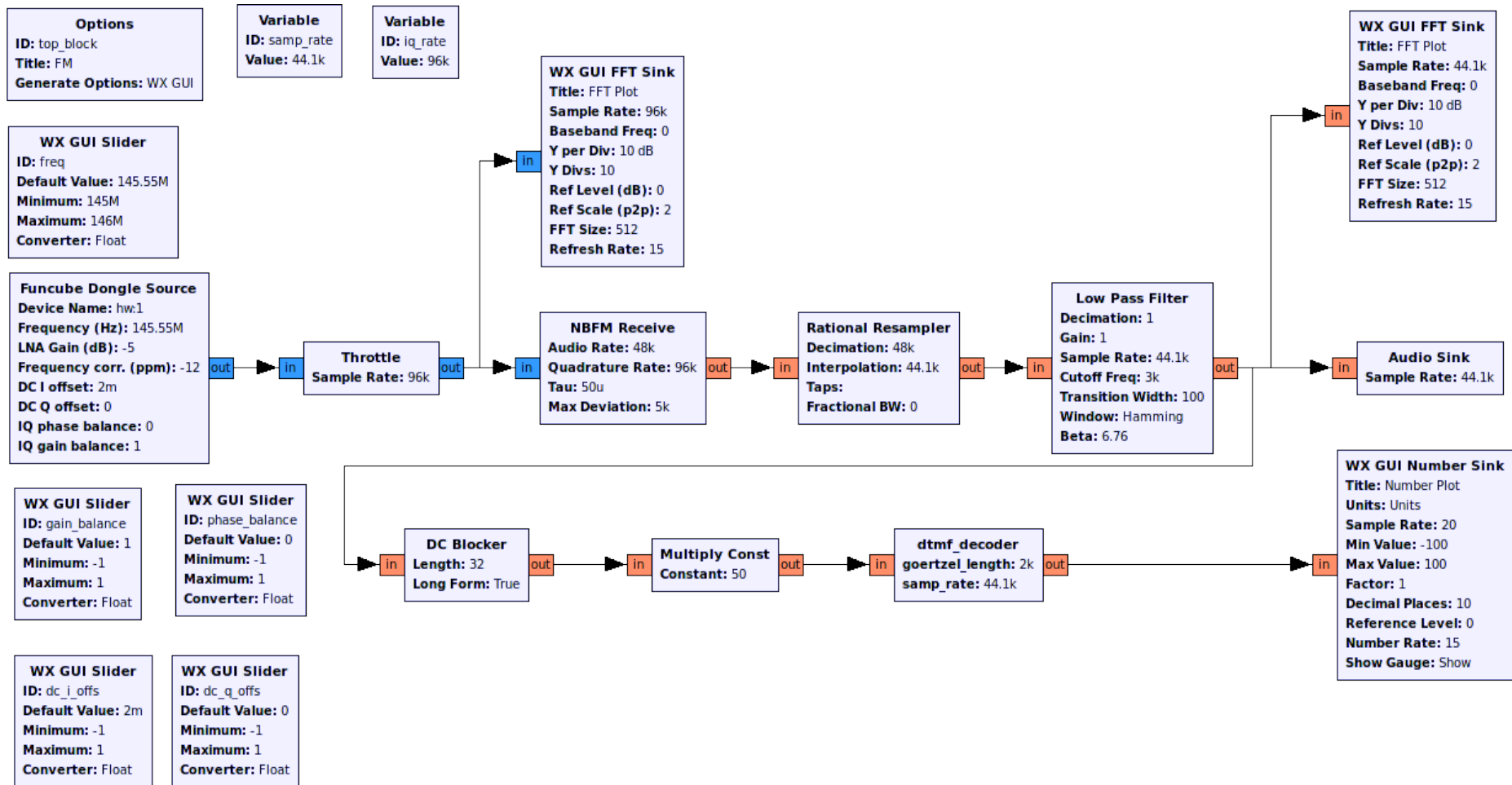


- Výstup: 0 / 1
- Detekce celé tabulky, dekodovací logika.

DTMF dekodér



NFM + dekodér DTMF



Legislativa

- Technické parametry:
 - § 4 odst. 6 nařízení vlády č. 426/2000 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na rádiová a na telekomunikační koncová zařízení.
- RX
 - Telekomunikační tajemství.
- TX
 - Všeobecná oprávnění ČTÚ, např. č. VO-R/10/09.2010-11 k využívání rádiových kmitočtů a provozování zařízení krátkého dosahu.
 - Pro využívání dalších pásem nebo vyšších výkonů jsou nutné licence.

Odkazy

- GNU Radio:
 - <http://gnuradio.org/>
- Ettus Research, (USRP):
 - <http://ettus.com>
- Funcube dongle:
 - <http://www.funcubedongle.com/>
- Fedora Amateur Radio SIG:
 - <http://fedoraproject.org/wiki/SIGs/AmateurRadio/>

Dotazy?

Děkuji za pozornost.

GNU Radio

Jaroslav Škarvada / OK2JRQ

jskarvad@redhat.com



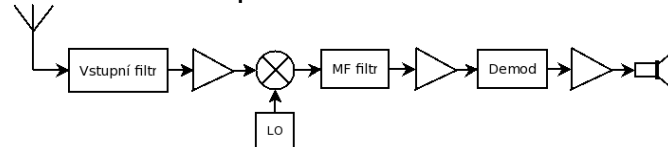
About me: Fedora GNU Radio co-maintainer. Fedora Amateur Radio Special Interest Group member.

Obsah

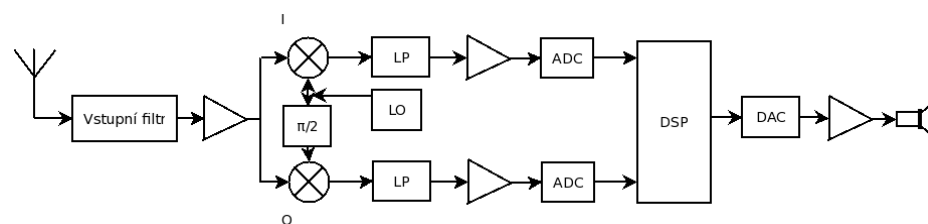
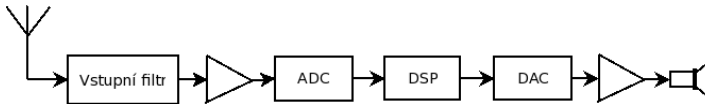
- Úvod
- Hardware
- Existující aplikace
- GNU Radio Companion
- Praktické příklady

Úvod I

- Klasické rádio, superhet:



- Softwarově definované rádio (SDR):

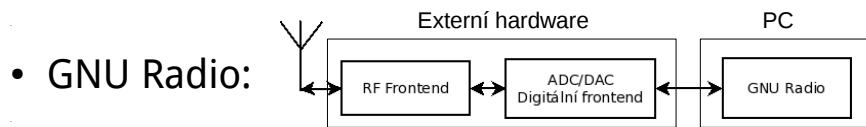


Nejpoužívanější mezifrekvenční kmitočty 455 kHz pro AM, 10,7 MHz pro FM.

Přímé zpracování, zpracování signálu v mezifrekvenčním pásmu, zpracování signálu v základním pásmu.

I přímá větve (In-phase synfázní), Q kvadrurní
Softwarově definované antény, kognitivní rádio,
adaptování se provozními podmínkám, autonomní
přeladování na výhodnější kmitočty, ideálně i
změna modulace a protokolu, propojování
systémů...

Úvod II



- Open-source toolkit, licence GPLv3,
- otevřená platforma pro vývoj SDR,
- modulární bloky pro zpracování signálu,
- rapidní prototypování v Python, výkonově kritické části v C++,
- použitelné s různým HW nebo i bez HW:
 - Simulace,
 - offline zpracování zaznamenaných dat.
- Využití:
 - vývoj / výzkum, analýza zabezpečení, produkční systémy.

Hardware

- Ettus Research baseboards (<http://www.ettus.com>):
 - USRP1 (2xDB MIMO, USB 2.0, až 16 MHz pásmo) cca. \$700
 - USRP2 (MIMO, Gb ethernet, až 50 MHz pásmo) EOL
 - N2X0 (MIMO, Gb ethernet, až 50 MHz pásmo) od \$1500
- Ettus Research daughterboards:
 - WBX (TX/RX 50 MHz – 2,2 GHz, 30 MHz pásmo, výkon 30 – 100 mW), \$450
 - SBX (TX/RX 400 MHz – 4,4 GHz, 30 MHz pásmo, výkon 30 – 100 mW), \$475
 - XCVR2450 (TX/RX 2,4 GHz – 2,5 GHz, 4,9 – 5,9 GHz, 30 MHz pásmo, výkon 100 mW), \$400

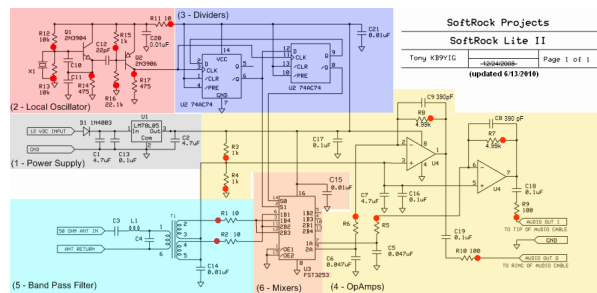


USRP – open hardware, schémata jsou k dispozici. USRP1 sloty pro dva daughterboardy, ostatní mají jen jeden, má nejmenší FPGA Altera Cyclone, Ostatní Xilinx Spartan. N2X0 jsou varianty N200 a N210 za cca \$1700. Pro N210 je třeba placená verze Xilinx ISE Design Studio, FPGA v N200 lze programovat i přes Xilinx ISE WebPack, který je k dispozici zdarma.

UHD (Universal Hardware Driver), ovladač a API pro všechny Ettus produkty, nahrazuje libusrp.

Alternativní hardware

- SDR Perseus (10 kHz – 40 Mhz, 1,6 Mhz pásmo) cca. \$1000, kvalitní přijímač pro DX,
- FUNcube USB dongle (64 Mhz – 1700MHz, 80 kHz), cca \$200,
- SoftRock, low cost cca. \$20 kit, zpracování zvukovou kartou.



Softrock lowcost, výměna oscilátoru pro jednotlivá amaterská pásma, nebo PLL přes USB I2C, existuje i verze s vysílačem, šířka pásma je určena zvukovou kartou.

FUNcube Dongle Pro

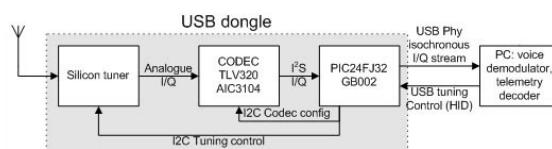
• <http://www.funcubedongle.com/>

• 64 MHz – 1700 MHz SDR.

• Šířka pásma 80 kHz.

• USB:

- Integrovaný audio kodek digitalizuje I / Q složky,
- nastavování parametrů pomocí USB HID,
- upgrade firmware.



GNU Radio)))

Jaroslav Škarvada / OK2JRQ

7/29

Projekt UK AMSAT, vytvoření amatérského satelitu Cubesat. V rámci tohoto projektu vznikl Funcube Dongle, původně přijímač telemetrie. Má však univerzální použití a lze použít i s GNU rádiem. Rozšířitelné na rozsah 50 MHz – 2000 MHz (horší vlastnosti). Mezera přijímače mezi 1100 – 1270 MHz. V současné době trochu horší citlivost na 2m VKV pásmu, snad vyřeší upgrade firmware.

GNU radio aplikace

- Testování komerčních přístrojů:
 - simulování rušení, interference.
- Realizace přijímačů / vysílačů:
 - FM, AM, DRM, DVB-T, RFID / NFC, GPS, GSM ...
 - GSM, Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi, ...
- Magnetic Resonance Force Microscopy (MRFM)
 - Řízení zpětnovazební smyčky mikromechanického oscilátoru.
- BBN 802.11 stack

Simulování interference při testování komerčních přijímačů (např. GPS).

Nejrůznější vysílače a přijímače.

MRFM – mikroskopická technologie využívající magnetické rezonance pro měřítka v řádu nanometrů, v budoucnu i pro snímání jednotlivých atomů. UW Quantum System Engineering Laboratory napsali ovladač pro řízení zpětnovazební smyčky, vývoj sponzorovalo. Army Research Office. Při použití zpětnovazební smyčky se dosahuje lepších parametrů a větší šířky pásma.

Wi-Fi stack – vývoj kódu sponzorovalo DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency)

Další aplikace

- Výzkum:
 - Jitter – GNU ionospheric tomography receiver,
 - Otevřený systém pro pozemní stanice mise Agile,
- pasivní radar,
- sledování GSM terminálů:
 - Pasivní odposlech uplink,
 - vyhodnocování pohybu / chování osob, statistická analýza, nezvyklé vzorce chování, letiště, nákupní střediska, ...,
- Amatérské rádio
- Astronomie

Jitter – příjem signálu ruských LEO (Low Earth Orbital) satelitů, z fázového rozdílu dvou signálů se statisticky určuje elektronová hustota ionosféry.

Mise Agile – LEO satelity osazené detektory záření gama, použití GNU rádio pro uplink/downlink na pozemních stanicích.

Pasivní radar – využití FM a TV vysílačů, vyhodnocování odrazů od objektů (letadel) pomocí sítě více přijímačů (MIMO), snaha o výpočet vzdálenosti, rychlosti pohybu.

Pasivní odposlech uplink GSM, není nutná spolupráce jednotlivých operátorů.

Použití také pro amatérské rádiové a v astronomii.

gr-bluetooth

- <http://gr-bluetooth.sourceforge.net/>
- Implementace Bluetooth baseband vrstvy pro GNU Radio.
- Příjem dat pomocí USRP.
 - FHSS, rámeček 600 μ s, šířka pásma cca. 80 Mhz.
 - USRP přeladí do cca. 200 μ s.
- Patche pro Kismet a Wireshark.

Implementace Bluetooth stacku.

ISM band (Industrial, scientific, medical), 2,402 GHz – 2,480 GHz, 79 kanálů, GFSK modulace, topologie hvězda. Master a až 7 slaves. Frequency Hopping Spread Spectrum (FHSS), 1600 hops/s, pseudo-random, sekvence odvozena z master Bluetooth Device Address (BDA). BDA není v normálním režimu operace viditelné. Pro sledování FHSS nutná znalost BDA a dva daughterboardy – jeden přijímá aktuální rámeček a druhý ladí na další frekvenci.

Open BTS

- První otevřená implementace GSM stacku:

- <http://openbts.sourceforge.net/>

- směrování přes Asterisk

- permanentní instalace na ostrově Niue v roce 2010,

- OpenBTS/UHD pro novější HW:

- <http://github.com/ttsou/openbts-uhd.git>

- podpora pro single daughterboard, WBX,

- podpora pro externí hodiny



Open source implementace GSM stacku.

Až 2 souběžné hovory

Niue [njuej], odlehlý ostrov v Jižním Pacifiku, 260km², 1400 obyvatel, experimentální pokrytí GSM pomocí GNU radio po dobu cca 1 rok.

Podpora SMS, nutná znalost IMSI, programování vlastních SIM, dvě daughterboards (nutná izolace min 160 dB, dosah cca. 25 m), s jednou daughterboard horší parametry (dosah cca. 10 m), Pro vyšší stabilitu nutné externí hodiny 10 Mhz (GPS).

Oficiálně podporuje pouze USRP1 2xRFX daughterboard, OpenBTS/UHD pro podporu novějšího HW přes UHD, více typů daughterboards a i single daughterboard.

GNU radio: „Hello world“

```
#!/usr/bin/python

from gnuradio import gr, audio

sample_f = 44100
tb = gr.top_block()

src = gr.sig_source_f(sample_f, gr.GR_SIN_WAVE, 440, 0.8)
dst = audio.sink(sample_f)

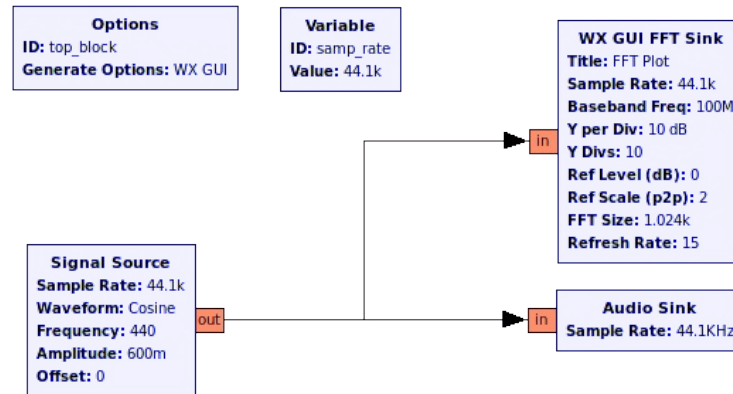
tb.connect(src, dst)
tb.start()
raw_input('Press Enter to quit.')
tb.stop()
```

Jednoduchý „hello world“ kód pro GNU radio, tón 440 Hz.

GNU Radio Companion (GRC)

- Spuštění: \$ gnuradio-companion
- GUI pro návrh grafu toku dat:
 - Rapidní návrh grafu toku dat.
 - Propojení definovaných stavebních bloků (XML).
 - Hierarchické, návrhy lze ukládat jako vlastní stavební bloky.
 - Návrh se ukládá ve formátu GRC (XML).
 - Návrh může obsahovat GUI prvky.
 - Bloky pro přístup k HW.
 - Návrh lze exportovat do zdrojového kódu Python.

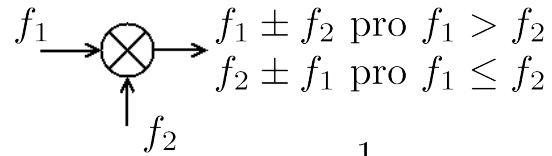
GRC: „Hello world“



Při simulaci, pokud není audio sink, je nutné použít throttle blok pro omezení rychlosti zpracování vzorků.

Frekvenční směšovač

- Produkuje součet a rozdíl vstupních frekvencí.

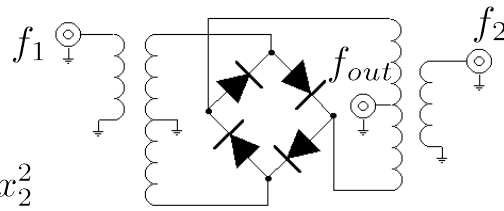


$$y(t) = \cos(\omega_1 t) \cos(\omega_2 t) = \frac{1}{2} \cos(\omega_1 - \omega_2)t + \cos(\omega_1 + \omega_2)t$$

- Analogová realizace:

$$e^x = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{x^n}{n!}$$

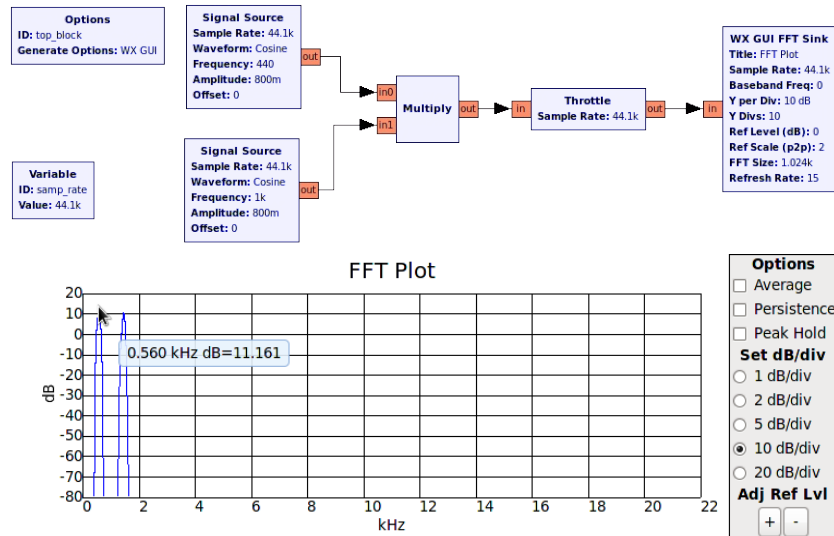
$$(x_1 + x_2)^2 = x_1^2 + 2x_1x_2 + x_2^2$$



- Digitální realizace: $y[i] = x_1[i]x_2[i]$

Jeden ze základních stavebních prvků DSP. Rozdíl analogová a digitální realizace.

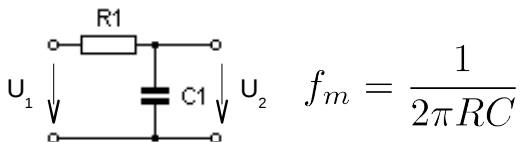
GRC: směšovač



Realizace v GRC. Lze vidět, že na výstupu směšovače dostáváma součet a rozdíl vstupních kmitočtů.

Filtr – Dolní propust (1. řádu)

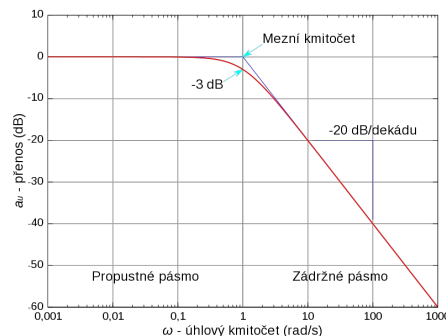
- Propouští frekvence nižší než je mezní kmitočet f_m .
- Analogová realizace:



$$a_u = 20 \log \left(\frac{U_2}{U_1} \right)$$

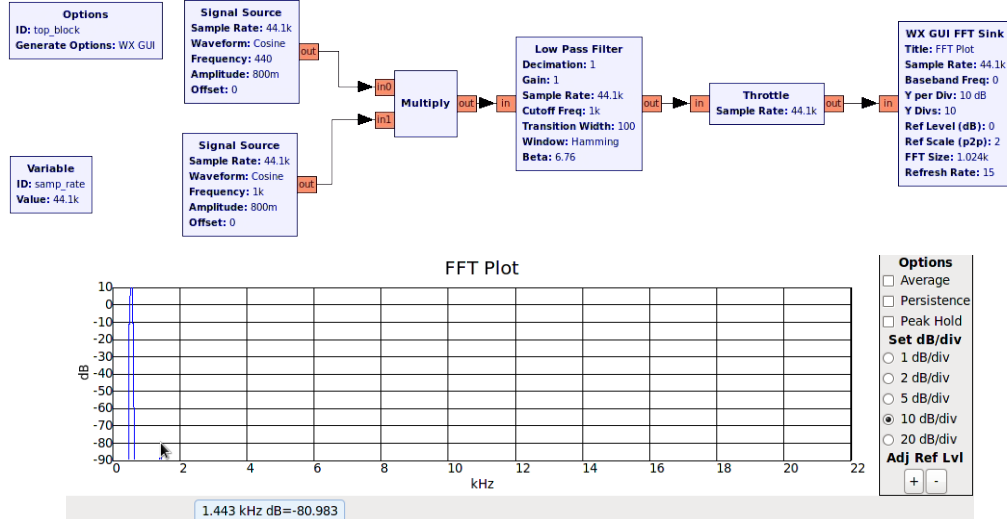
- Digitální realizace (IIR):

$$y[i] = y[i - 1] + \alpha(x[i] - y[i - 1]) \quad \alpha = \frac{1}{fRC + 1}$$



Další základní stavební prvek. Pro demonstraci je zobrazena analogová a digitální realizace dolní propusti jako IIR (Infinite Impulse Response) filtr, nicméně dolní propust v GNU radio je implementována jako FIR (Finite Impulse Response) filtr. GNU radio používá 6 dB na mezním kmitočtu. Transition width je šířka pásma od mezního kmitočtu, kde bude útlum 40 dB.

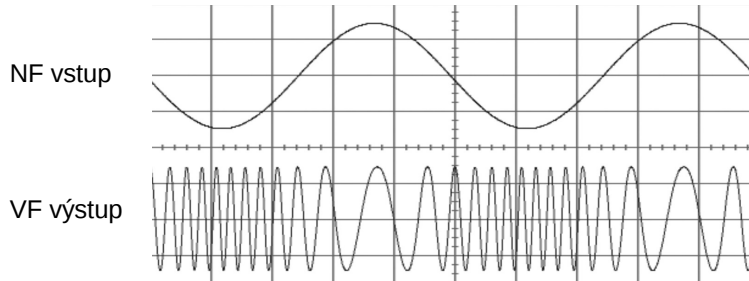
GRC: dolní propust



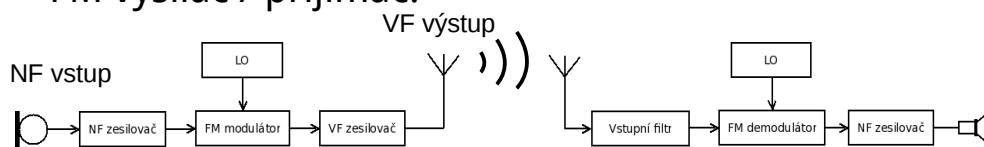
Realizace v GRC. Vyšší produkt směšování je výrazně potlačen pomocí dolní propusti.

FM

- FM modulace:



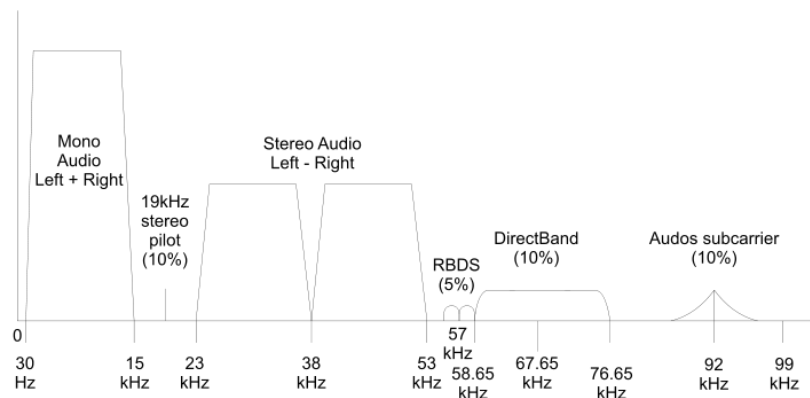
- FM vysílač / přijímač:



Princip FM modulace: vysoký kmitočet nosné vlny je modifikován v závislosti na úrovni vstupního nízkofrekvenčního signálu. Např. vyšší úroveň signálu na vstupu znamená vyšší frekvenci na výstupu.

WFM (VKV rozhlas)

- Spektrum



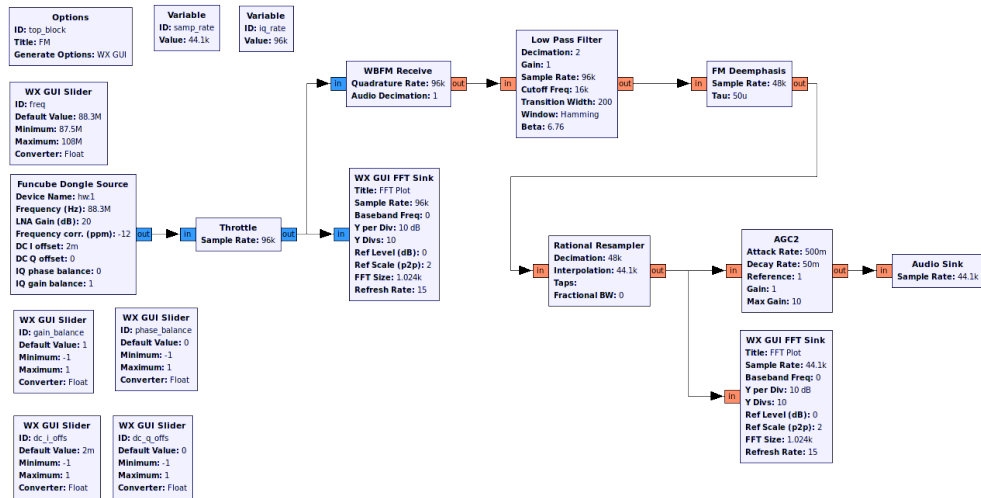
Spektrum základního pásma VKV rozhlasu po FM demodulaci.

Monofonní signál (součet levého a pravého kanálu) je do cca. 15 kHz. Od 23 kHz do 53 kHz je amplitudově modulovaný rozdíl pravého a levého kanálu.

Pro příjem monofonního signálu postačí odfiltrovat dolní propustí signál nad cca. 15 kHz.

Direct band, push technologie, používá Microsoft v USA, preemphasis (vysílač) – zesílení vyšších kmitočtů před modulací, protože spektrální hustota výkonu rušivého signálu je úměrná druhé mocnině pracovního kmitočtu, de-emphasis časová (RC) konstanta Tau 0.5 v EU, 0.75 v USA.

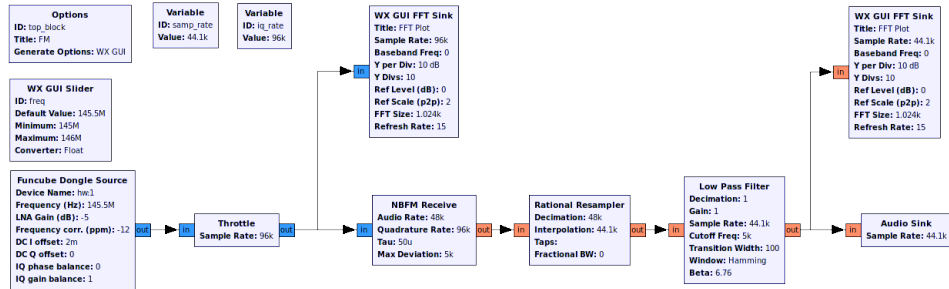
GRC: WFM



Kompletní VKV rozhlasový přijímač s využitím Funcube Dongle. Kmitočet můžeme ladit pomocí GUI.

GRC: NFM

- VKV radioamatérská služba, různé telekomunikační služby.

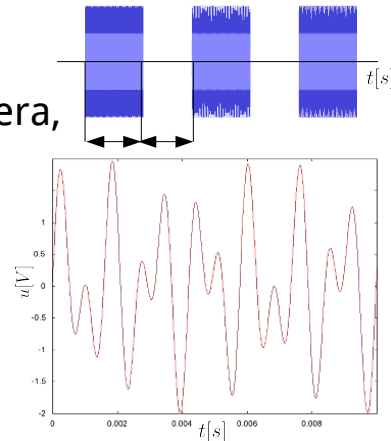


Modifikace pro příjem úzkopásmové FM, různé služby (např. taxi, trunk, ...), radioamatéři na VKV.

DTMF

- Dual Tone Multi Frequency,
- signalizace (vytáčení, dálkové ovládání),
- 16 symbolů (0-9, A-D, *, #),
- min. 40 ms symbol, 40 ms mezera,
- ochrana proti „namluvení“.

	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz
697 Hz	1	2	3	A
770 Hz	4	5	6	B
852 Hz	7	8	9	C
941 Hz	*	0	#	D

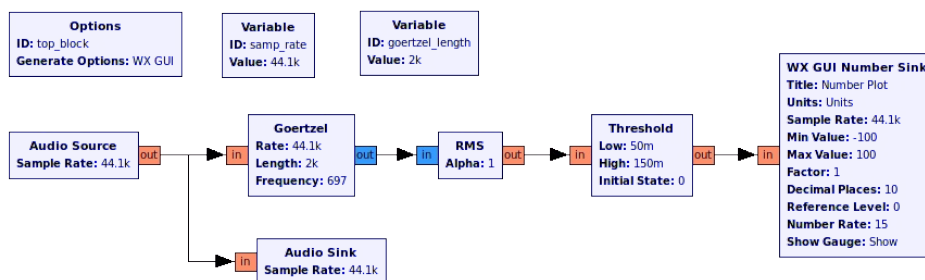


System pro in-band signalizaci. Používá se např. pro dálkové ovládání, řízení, ... Nejznámější použití: vytáčení u telefonu.

Kódování symbolů pomocí dvojtónů. Frekvence jsou voleny tak, aby byla omezena možnost „namluvení“.

DTMF detekce

- Goertzelův algoritmus.
- Detekce jednoho tónu (697 Hz):



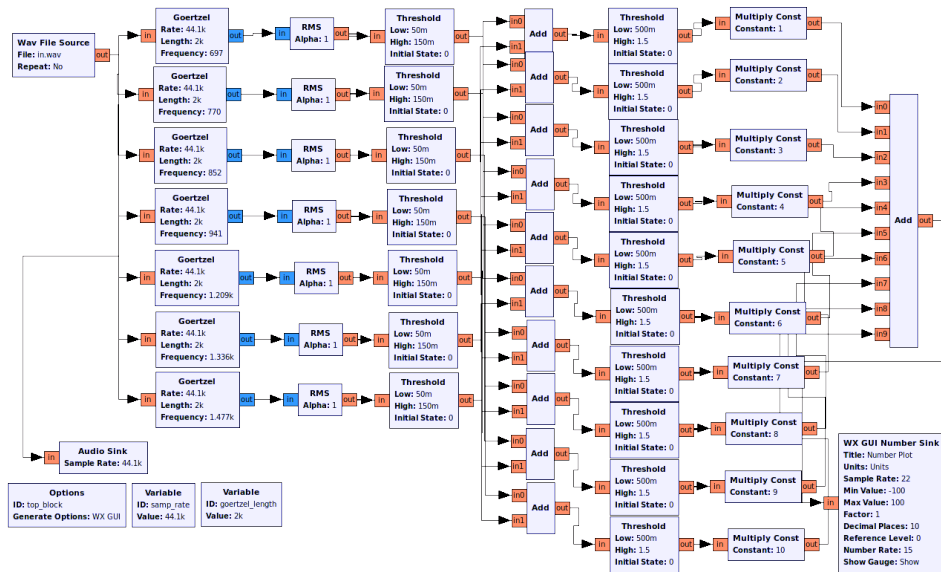
- Výstup: 0 / 1
- Detekce celé tabulky, dekodovací logika.

Pro detekci není třeba počítat celou FFT, můžeme použít Goertzelův algoritmus, který umožňuje detekci tónu. Pomocí parametru délka volíme přesnost rozlišení frekvence (vzorkovací frekvence / délka). Zároveň se sníží datový tok. Větší délka znamená taktéž větší zpoždění detekce. GNU radio navrhne filtr tak, aby se detekoval tón co nejlíže požadované frekvenci (krok definovaný rozlišením).

Dále spočítáme efektivní hodnotu signálu na výstupu a přidáme úroňový treshold, na výstupu bude 1 v případě detekce tónu, jinak 0.

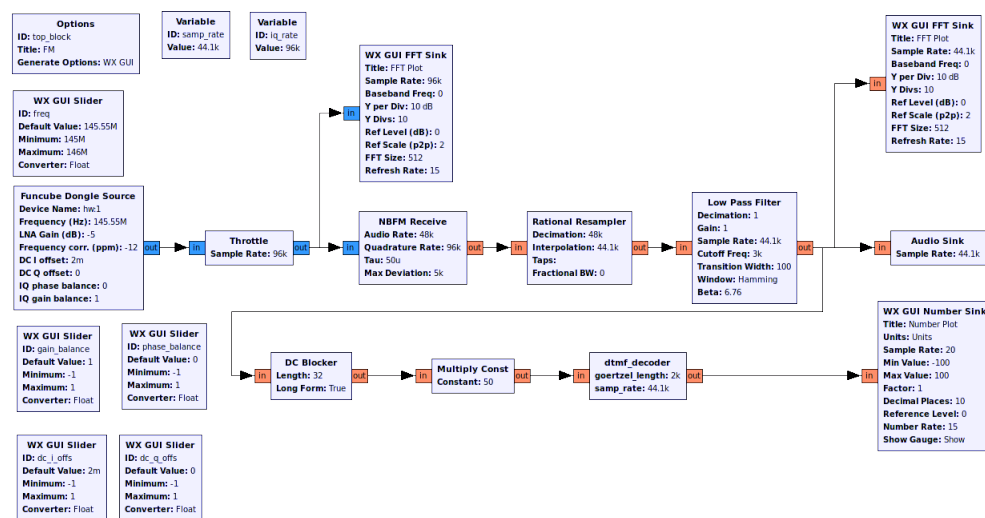
Pro detekci DTMF musíme přidat bloky pro detekci ostatních tónů a dekodovací logiku, dle tabulky výše.

DTMF dekodér



GRC realizace DTMF dekodéru. Pro zjednodušení tento dekodér nedekóduje speciální symboly (A, B, C, D, *, #). Místo definování dekodovací logiky pomocí data flow diagramu v GRC, můžeme část dekodéru napsat přímo v jazyce Python, čímž se celý příklad zjednoduší.

NFM + dekodér DTMF



V GRC můžeme námi vytvořený DTMF dekodér uložit jako stavební blok a dále jej používat na vyšší úrovni návrhu. V tomto příkladu vytvořený DTMF dekodér zapojíme na výstup dříve vytvořeného NFM přijímače. Výsledkem bude VKV přijímač radioamatérské služby, který nám bude v GUI dekódovat přijaté DTMF tóny (pokud budou na dané frekvenci vysílány).

Legislativa

- Technické parametry:
 - § 4 odst. 6 nařízení vlády č. 426/2000 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na rádiová a na telekomunikační koncová zařízení.
- RX
 - Telekomunikační tajemství.
- TX
 - Všeobecná oprávnění ČTÚ, např. č. VO-R/10/09.2010-11 k využívání rádiových kmitočtů a provozování zařízení krátkého dosahu.
 - Pro využívání dalších pásem nebo vyšších výkonů jsou nutné licence.

USRP se prodává jako zařízení pro testování / vývoj. Snaha o zakázání ze strany Federal Communications Commission.

Je to koncové zařízení?

Nařízení vlády definuje požadavky (rádiové zkoušky) za jejichž provedení je zodpovědná osoba, která uvádí zařízení na trh, neplatí pro radioamatéry.

Telekomunikační tajemství definoval telekomunikační zákon 151/2000, již neplatí, nový zákon 127/2005 již nedefinuje. Nicméně vyplývá z článku 13 listiny základních práv a svobod a zákon o ochraně osobních údajů.

Nelicencované využití dle všeobecných oprávnění. Není zaručena ochrana proti rušení a nesmí rušit primární (licencované) uživatele. Další všeobecná oprávnění, PMR, 2.4 GHz ISM Wi-Fi/Bluetooth. Pro OpenBTS je nutná testovací licence.

Odkazy

- GNU Radio:
 - <http://gnuradio.org/>
- Ettus Research, (USRP):
 - <http://ettus.com>
- Funcube dongle:
 - <http://www.funcubedongle.com/>
- Fedora Amateur Radio SIG:
 - <http://fedoraproject.org/wiki/SIGs/AmateurRadio/>

Dotazy?

Děkuji za pozornost.