

Hands-on 2

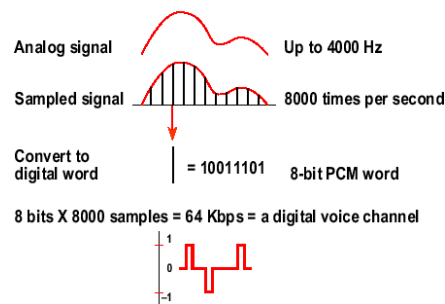
Manipulação de áudio e filtragem (arquivos e microfone)

Introdução Teórica

Arquivo WAV

O arquivo **wav** (**Waveform Audio File Format**) é um formato de arquivo de áudio criado pela Microsoft e IBM no ano de 1991. Ele é baseado no método de formatação **RIFF** (**Resource Interchange File Format**), que armazena arquivos de áudio através do **PCM** (**pulse code modulation**). Usuários profissionais podem usar o formato WAV para qualidade máxima de áudio. Um sinal **PCM** é obtido através de um processo de digitalização de um sinal analógico, o qual consiste de 3 etapas: (i) Amostragem; (ii) Quantização; e (iii) Codificação. A primeira etapa (amostragem) consiste na coleta de amostras em intervalos regulares, discretizando o sinal no tempo. A segunda etapa, quantização, visa a discretização dos valores de amplitude do sinal em um número finito de níveis. Finalmente, a codificação transforma os valores discretos de amplitude em códigos binários. A figura a seguir ilustra a geração de um sinal PCM típico de um sinal de voz usado em telefonia. Ao não ser pela taxa final, a mesma operação é realizada para gerar um arquivo WAV.

The 64-kbps voice channel from PCM



Como converter arquivos de som para Wav

Mostraremos dois meios para gerar arquivos no formato **WAV** através de arquivos no formato **MP3**.

1. Linux

- Instalar o software de processamento de audio SoX. Em um terminal, digite:

```
$ sudo apt-get install sox libsox-fmt-all
```

- Convertendo arquivos MP3. Em um terminal, digite:

```
$ sox arquivo.mp3 -b 16 -r 44100 arquivo.wav
```

2. Windows

- Instalar o programa format factory.

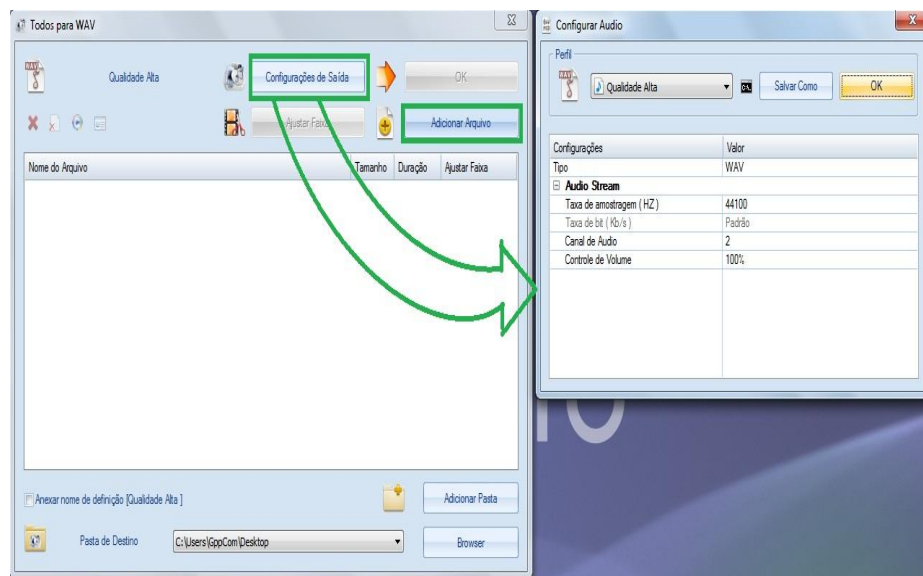
<http://www.baixaki.com.br/download/formatfactory.htm>

- Este software tem uma grande gama de codecs, sendo muito eficiente na conversão de arquivos. Convertendo arquivos em **wav**.

- Na coluna da esquerda, você deverá encontrar os tipos de arquivos. Clique no tipo *Audio* e depois em Todos para WAV.



- Em seguida abrirá outra janela onde você pode definir onde será a pasta de destino, e abrir os arquivos que deseja converter. Em opções de saída você poderá configurar a taxa de amostragem bem como a qualidade do som.



Filtros

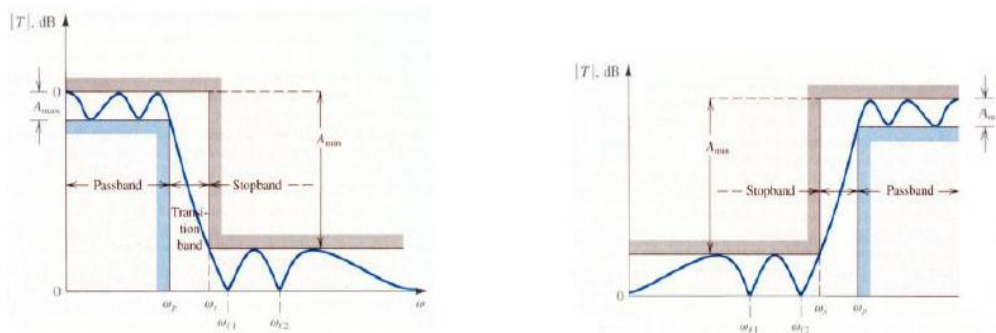
Filtros são circuitos especialmente projetados para fornecer sinais de saída com uma amplitude dependente da frequência do sinal aplicado na entrada. Esta definição pode ser aplicada a vários circuitos, como, por exemplo, a amplificadores de áudio com controle de tonalidade, amplamente difundidos no mercado (os equalizadores gráficos). A figura a seguir mostra um equalizador gráfico encontrado no mercado.



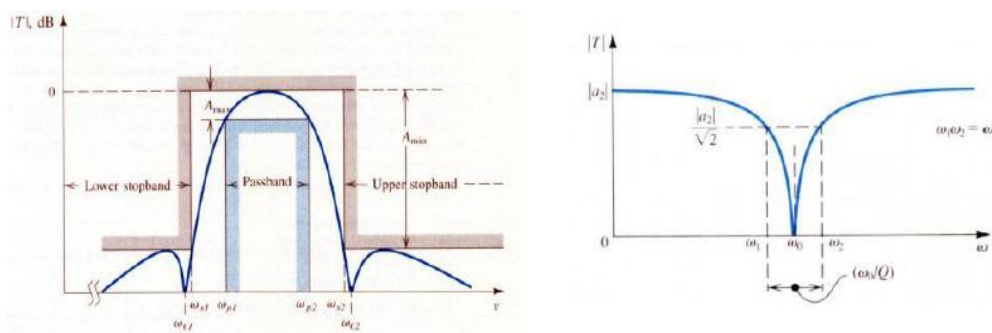
Esse exemplo de aplicação ressalta a principal característica de um filtro: sua sensibilidade à frequência do sinal. Esta característica permite que eles sejam utilizados para selecionar uma determinada faixa de frequências, ou para eliminar (sinais indesejáveis) ou para amplificar. Esta característica é chamada seletividade.

Tipos de filtros:

- **Filtro passa-baixa:** permite que os sinais com frequência abaixo de uma frequência determinada passem para a saída, eliminando todos os sinais com frequências superiores.
- **Filtro passa-alta:** funciona de maneira inversa ao filtro passa-baixa. Deixando passar para a saída apenas os sinais cujas frequências estejam acima de certo valor. A figura a seguir mostra a resposta em frequência de um filtro passa-baixa (a esquerda) e um filtro passa-alta (a direita).



- **Filtro passa-faixa:** permite a seleção de apenas uma faixa de frequências, ou seja, apenas essa faixa (intervalo) selecionada passará para a saída do filtro.
- **Filtro rejeita-faixa:** atua de forma inversa ao filtro passa-faixa, eliminando os sinais contidos em um determinado intervalo de frequências definido. A figura a seguir mostra a resposta em frequência de um filtro passa-faixa (a esquerda) e um rejeita-faixa (a direita).



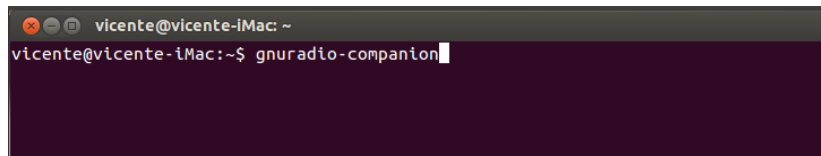
Referências

- [1] <http://www2.unid.br/telecom/fintel/VI-Fintel/feira/E2B2.html> - acesso em:15/11/2012
- [2] <http://es.wikipedia.org/wiki/Filtro> - acesso em:15/11/2012
- [3] Vicente A. de Sousa Jr.; Slide sobre Modulação AM unidade II - acesso em:15/11/2012
- [4] http://www.csun.edu/~skatz/katzpage/sdr_project/sdr/ - Acesso em:12/11/2012
- [5] http://lists.gnu.org/archive/html/discuss-gnuradio/2006-07/txtNbXJrpGud_.txt - Acesso em:12/11/2012
- [6] <http://en.wikipedia.org/wiki/wav> - Acesso em:12/11/2012
- [7] <http://support.microsoft.com/kb/89879> - Acesso em:12/11/2012
- [8] http://docentes.fam.ulusiada.pt/~d1207/docs/ps/PS_Cap5_0506.pdf - Acesso em: 30/11/2012

Exercício

OBJETIVO: Usar conceitos básicos e algumas dicas aprendidas em exercícios passados para manipular a saída e entrada de áudio provenientes de arquivos “.wav” e microfone, e com o uso de filtros, fazer o controle de tonalidade.

1. Caso ainda não esteja aberto, inicialize o GNU Radio Companion.
 - a. Abra um terminal digitando CTRL+ALT+t
 - b. Digite: gnuradio-companion e pressione ENTER

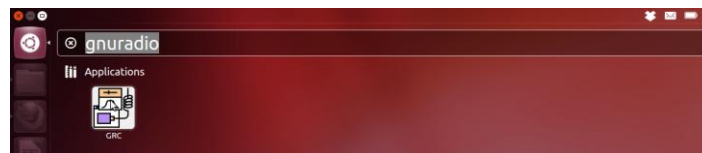


Alternativa:

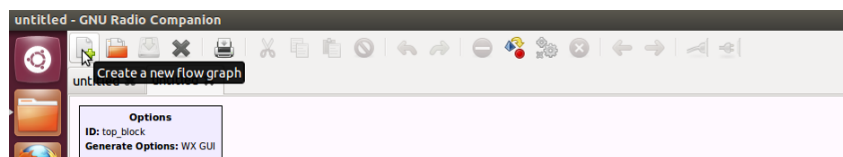
- a. Clique em Dash Home



- b. Digite gnuradio e clique no ícone correspondente ao GRC



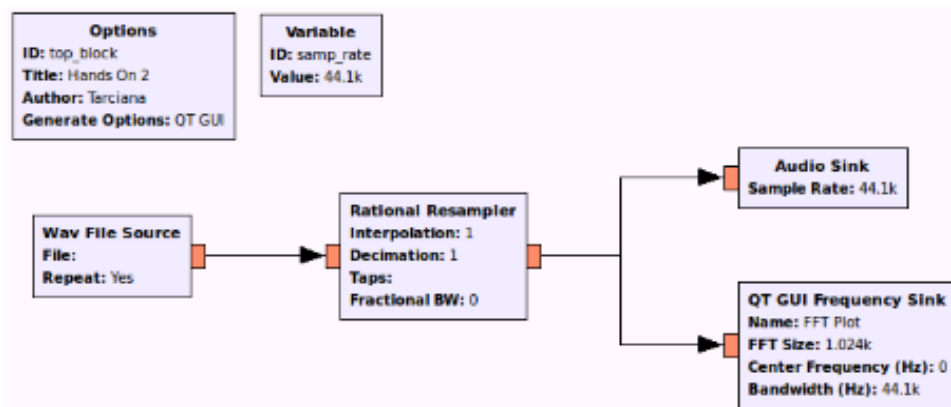
2. Com o GNU RADIO COMPANION aberto, crie um novo projeto



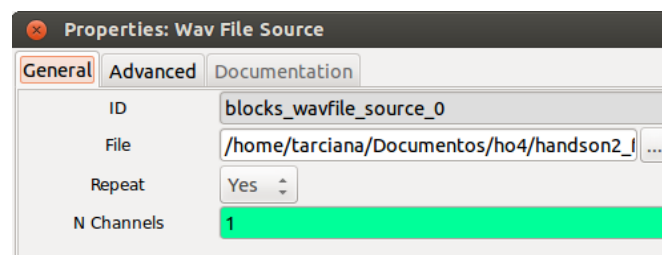
3. Clique duas vezes no Bloco **Options**. Esse bloco configura alguns parâmetros gerais do *flowgraph*. Mantenha o ID como *top_block*. Digite um título para o projeto e um autor. Selecione *Generate Options* como *QT GUI*, *Run* para *Autostart* e *Realtime Scheduling* para *Off*. Então, feche a janela de propriedades.



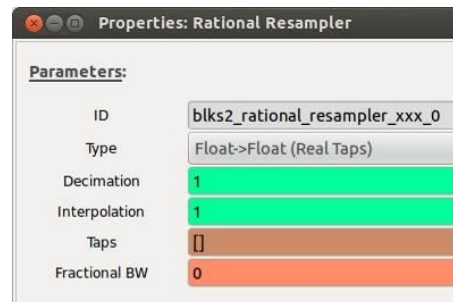
- Construa seu projeto utilizando os blocos **Wav File Source**, **Rational Resampler**, **QT GUI Frequency Sink** e **Audio Sink** que podem ser encontrados na lista de blocos à direita da área de trabalho. Clique duas vezes no bloco **Variable** e modifique o *Sample Rate* para 44100, que é geralmente uma taxa de amostragem padrão pela placa de som dos computadores. Altere em todos os blocos o campo *Type* para *Float*. No bloco **Audio Sink** é padrão deixar o campo *Device Name* em branco, pois é selecionado um dispositivo de saída de áudio automaticamente. Caso dê erro na compilação, é preciso alterar o campo *Device Name* para *hd:1,0* ou *pulse*. Una os elementos de forma que sua área de trabalho fique similar à figura a seguir.



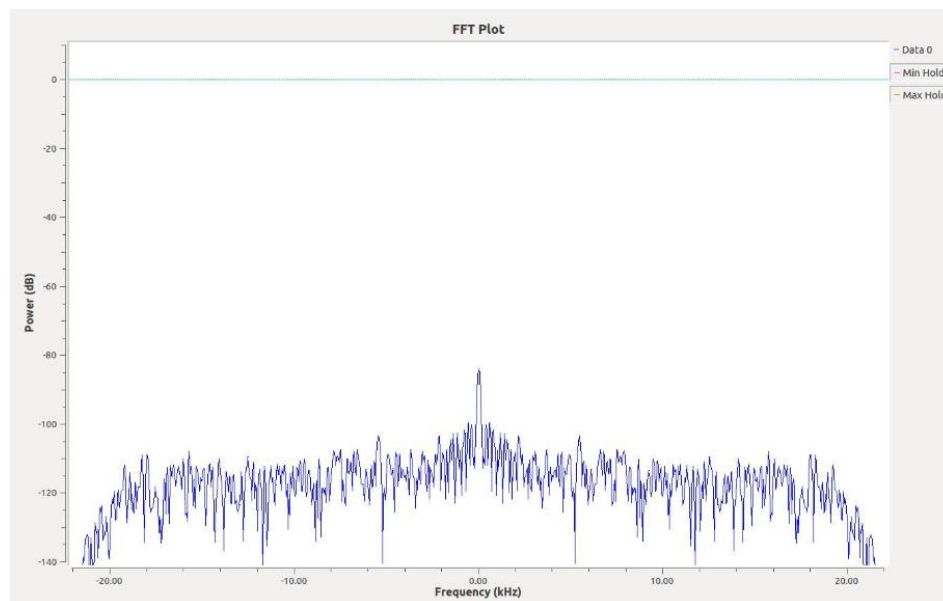
- Clique duas vezes no bloco **Wav File Source**. Clique nos “três pontinhos” no campo File. Localize a pasta “*Minicurso_files*” na área de trabalho do Ubuntu e selecione o arquivo “*handson2_file_minicurso*”, este arquivo **wav** possui uma taxa de amostragem de 44100Hz (para verificar a taxa de amostragem clique com o botão direito do mouse e vá em propriedades na aba audio). Modifique a opção *Repeat* para *Yes*. Isso fará com que o sinal do arquivo seja tocando continuamente.



6. O bloco **Rational Resampler** serve para sincronizar a frequência de amostragem da entrada com a saída. Por padrão, a frequência de amostragem adotada foi 44100Hz, pois a placa de som do computador exige esta taxa. Porém o sinal pode estar em uma taxa diferente necessitando ser reamostrado. Altere o campo *Type* para *Float->Float (Real Taps)*. O campo *Decimation* serve para decrementar o número de amostras que são processadas, ou seja, um valor dois em *decimation* significa dizer que você descartará metade das amostras que entram. O campo *Interpolation* serve para definir o número de pontos que serão interligados para realizar uma interpolação. Tais campos são essenciais para a reamostragem, mas como foi escolhido um sinal com taxa de amostragem igual à saída não é necessário fazer alterações.



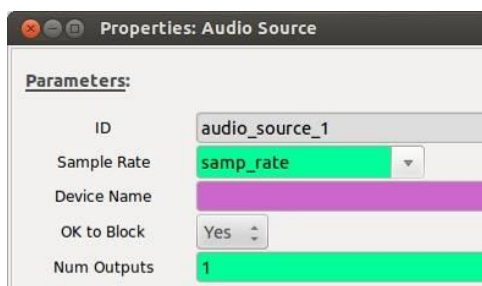
7. Agora que o sistema está pronto, clique no botão *Generate Flow Graph* e em seguida no *Execute the Flow Graph*. Observe o que irá sair das caixas de som de seu computador.



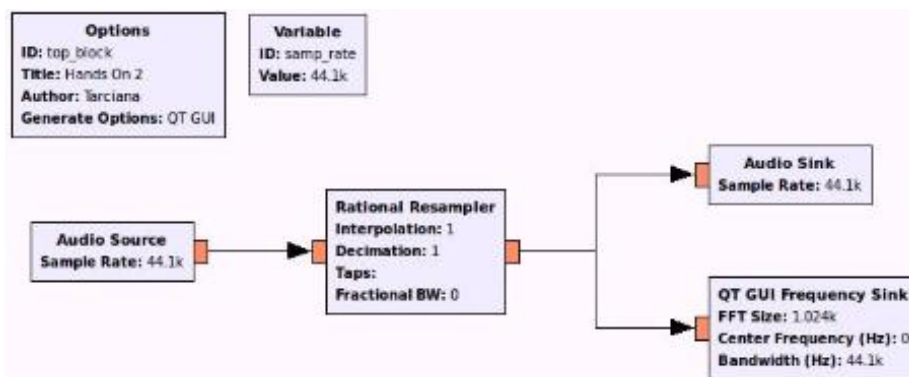
8. Selecione agora um novo arquivo **wav** no bloco **Wav File Source** com amostragem igual a 11025Hz. Com isso feito gere o novo projeto e execute-o. Perceba que o som que será reproduzido está acelerado.
9. Note que a taxa de amostragem do arquivo (10025 Hz) é quatro vezes menor que a taxa de amostragem da placa de som (44100 Hz), por isso o som parece acelerado. Para resolver esse

problema, vamos fazer alterações nos parâmetros do bloco **Rational Resampler**. Iremos alterar o campo *Decimation* para 1, ou seja, pegar o número de amostras igual ao que está entrando e em seguida mudaremos o campo *Interpolation* para o valor de 4, gerando quatro amostras para cada uma que passar pela decimação (por interpolação). Isso significa dizer que a taxa de amostragem do arquivo foi multiplicada por 4, se igualando à da placa de som. Com essa alteração realizada gere o projeto e execute-o. O que acontece com a qualidade do som?

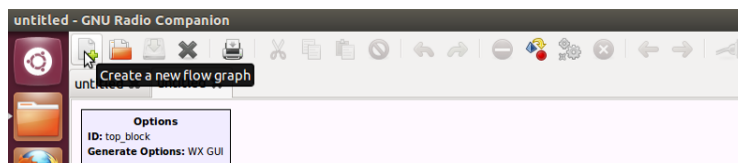
10. Agora vamos usar o microfone para nossa voz ser o sinal de entrada. Para isso iremos tirar o bloco **Wav File Source** e adicionar o bloco **Audio Source**. Dê dois cliques no bloco **Audio Source**. O campo *Device Name* é o destinado para o nome do dispositivo de entrada de som que você desejará usar. Ao deixar este campo em branco, o dispositivo padrão de entrada de voz do computador será selecionado.



11. Altere os campos *Interpolation* e *Decimation* do bloco **Rational Resampler** para o valor 1 (um). Com a inserção do bloco **Audio Source** e as devidas alterações feitas sua área de trabalho deverá estar igual à figura a seguir. Gere o projeto e execute-o. Ao aparecer a tela de execução, fale perto do microfone e veja a tela do analisador de espectro virtualizado.

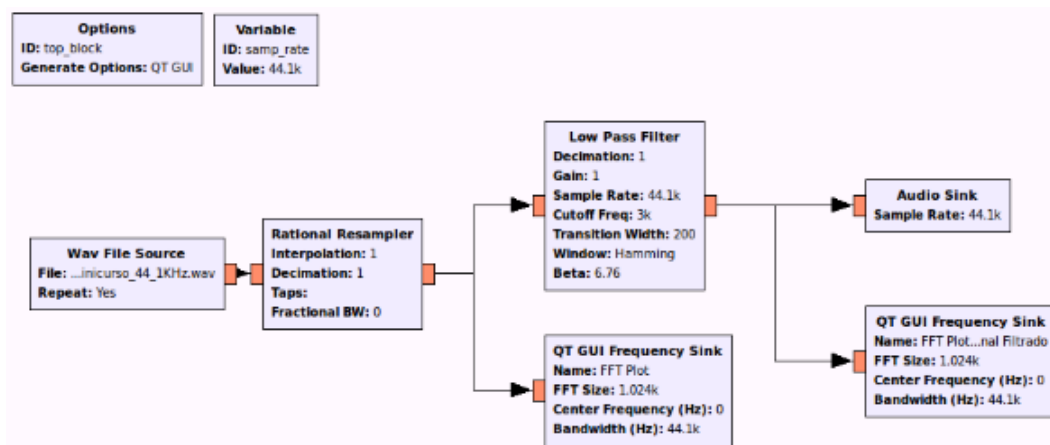


12. Agora crie um novo projeto ou edite o primeiro projeto criado neste hands-on.

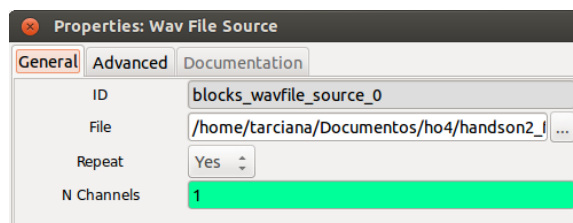


13. Construa (edite) este novo projeto utilizando os blocos **Wav File Source**, **Rational Resampler**, dois

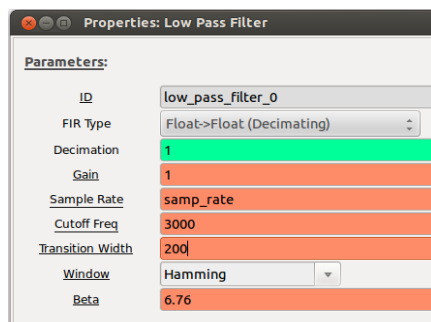
QT GUI Frequency Sink, **Audio Sink** e **Low Pass Filter** que podem ser encontrados na lista de blocos à direita da área de trabalho. Clique duas vezes no bloco **Variable** e modifique o *Sample Rate* para 44100. Como de costume altere o campo *Type* de todos os blocos para *Float*. Conecte os elementos de forma que sua área de trabalho fique igual à figura a seguir.



14. Clique duas vezes no bloco **Wav File Source**. Clique nos “três pontinhos”. Localize a pasta “Minicurso_files” na área de trabalho do Ubuntu e selecione o arquivo “handson2_file_minicurso”, este arquivo **wav** possui uma taxa de amostragem de 44100Hz. O caminho para o arquivo será mostrado no campo *File*. Modifique a opção *Repeat* para Yes. Isso fará com que o sinal do arquivo seja tocado continuamente.



15. O bloco **Low Pass Filter** serve para eliminar frequências acima da frequência de corte, como foi explicado na teoria. Altere o campo FIR *Type* para um dos parâmetros *Float->Float(Decimating)* ou *Float->Float(Interpolation)*, pois para nosso objetivo não será necessário nenhuma alteração no valor de *Decimation* ou *Interpolation*. No campo *Cutoff Freq* define-se o valor da frequência de corte do filtro, configure com 3000Hz. Por fim no campo *Transition Width*, que indica a largura da janela de transição, coloque 200Hz.



16. Configure os blocos **QT GUI Frequency Sink** com os parâmetros a seguir. Os valores de Y_{max} e Y_{min} são respectivamente -5 e -140 e foram escolhidos para melhorar a visualização. Já o campo **GUI Hint** é utilizado para escolher a posição do gráfico na janela. Neste caso, definimos que a janela será composta por duas colunas, ficando o espectro do sinal original (posição 2,0) à esquerda do filtrado (posição 2,1).

Properties: QT GUI Frequency Sink

General Config Advanced Documentation

ID: qtgui_freq_sink_x_0_0

Type: Float

Name: "FFT Plot"

FFT Size: 1024

Window Type: Blackman-harris

Center Frequency (Hz): 0

Bandwidth (Hz): samp_rate

Grid: No

Autoscale: No

Average: None

Y min: -140

Y max: -5

Number of Inputs: 1

Update Period: 0.10

GUI Hint: 2,0

Properties: QT GUI Frequency Sink

General Config Advanced Documentation

ID: qtgui_freq_sink_x_0

Type: Float

Name: "FFT Plot - Sinal Filtrado"

FFT Size: 1024

Window Type: Blackman-harris

Center Frequency (Hz): 0

Bandwidth (Hz): samp_rate

Grid: No

Autoscale: No

Average: None

Y min: -140

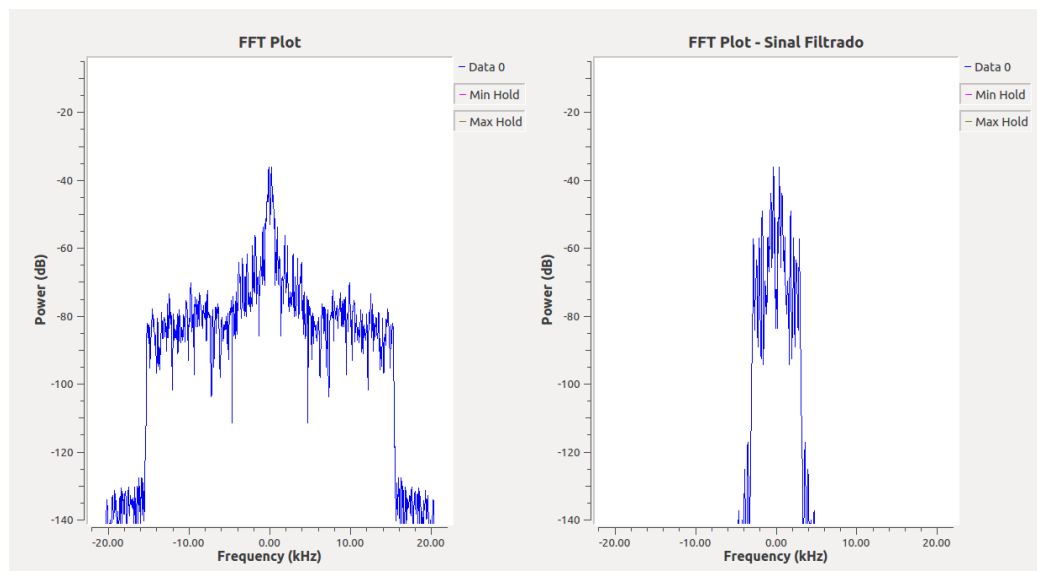
Y max: -5

Number of Inputs: 1

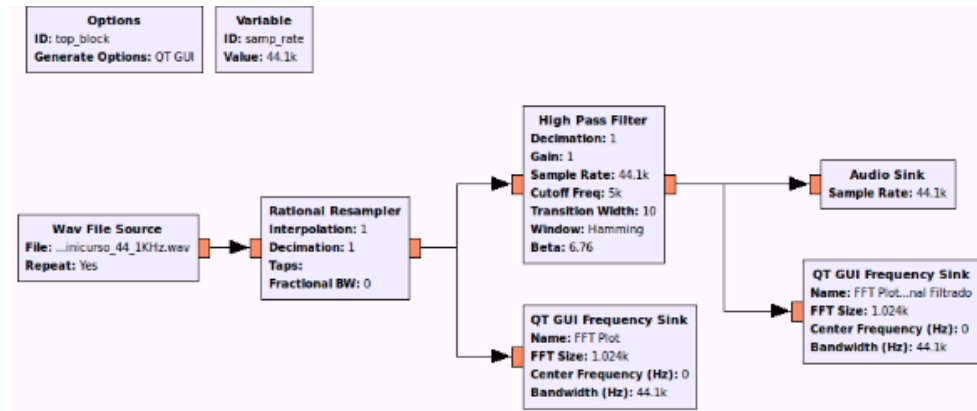
Update Period: 0.10

GUI Hint: 2,1

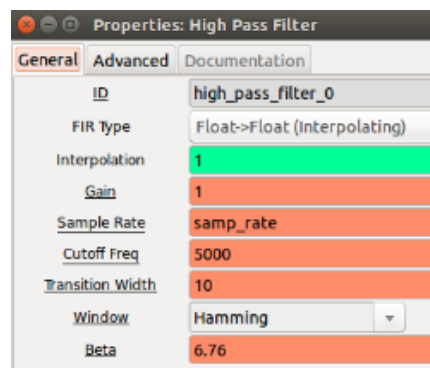
17. Feito isso gere o gráfico e execute-o. Observe o plot das FFT's. O que acontece com o som?



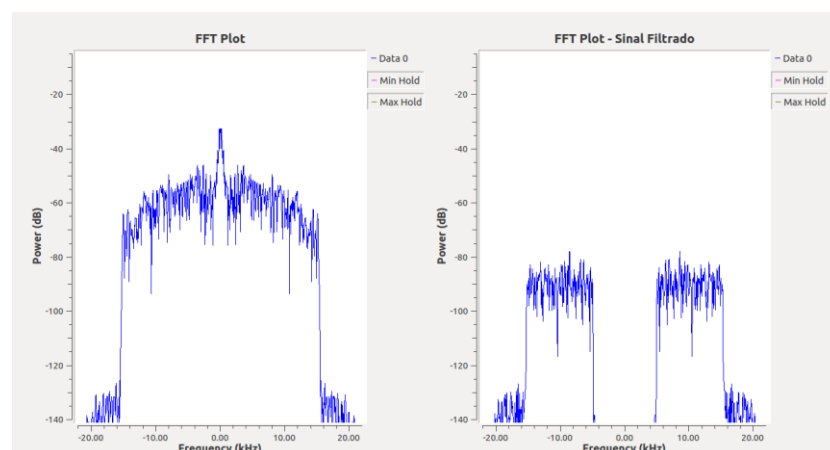
18. Usando o mesmo procedimento para definir a frequência de corte do filtro mostrado anteriormente, mude a frequência de corte para 1900Hz, gere e execute novamente o flow graph. Ouça o efeito sonoro. É perceptível o "corte" nas frequências mais agudas, enquanto os sons mais graves são mantidos.
19. Agora apague o bloco **Low Pass Filter**. Em seguida selecione o bloco **High Pass Filter** na lista de blocos à direita e coloque-o no lugar onde estava o bloco **Low Pass Filter**. Sua área de trabalho deverá ficar igual à figura a seguir.



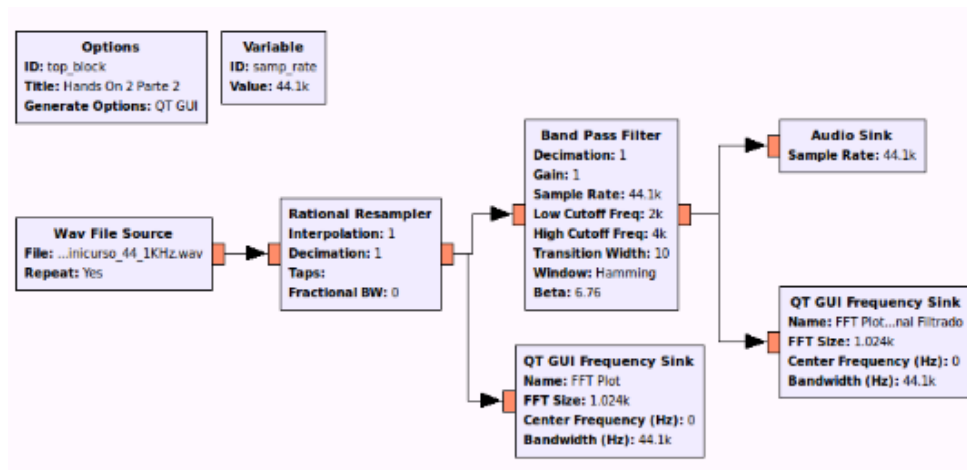
20. Vamos configurar o bloco **High Pass Filter**, este irá filtrar as frequências acima da frequência de corte. Altere o campo FIR Type para *Float->Float(Decimation)*. No campo *Cutoff Freq* define-se o valor da frequência de corte, coloque uma frequência de 5000Hz e *Transition Width* para 10Hz.



21. Tendo feito os passos anteriores, gere o gráfico e execute-o. Observe novamente o plot das FFT's e o efeito sonoro do corte das frequências mais graves.



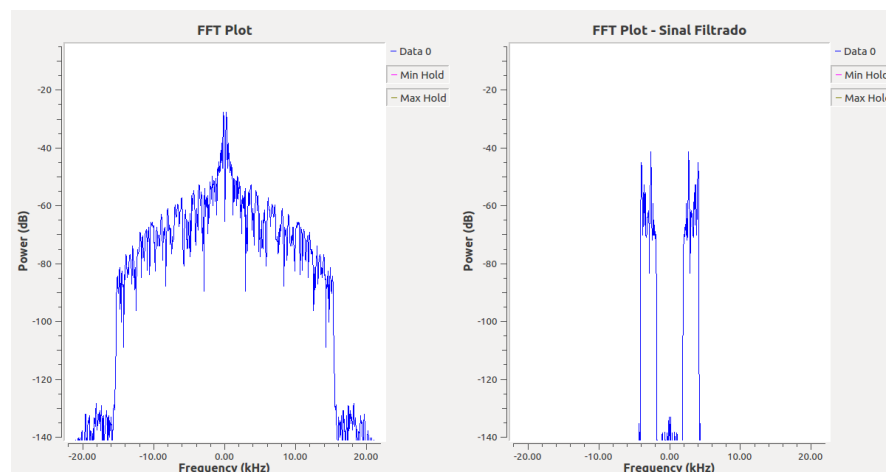
22. Agora desative o bloco **High Pass Filter**. Em seguida selecione o bloco **Band Pass Filter** na lista de blocos à direita e coloque-o no lugar onde estava o bloco **High Pass Filter**. Sua área de trabalho deverá ficar igual à figura a seguir.



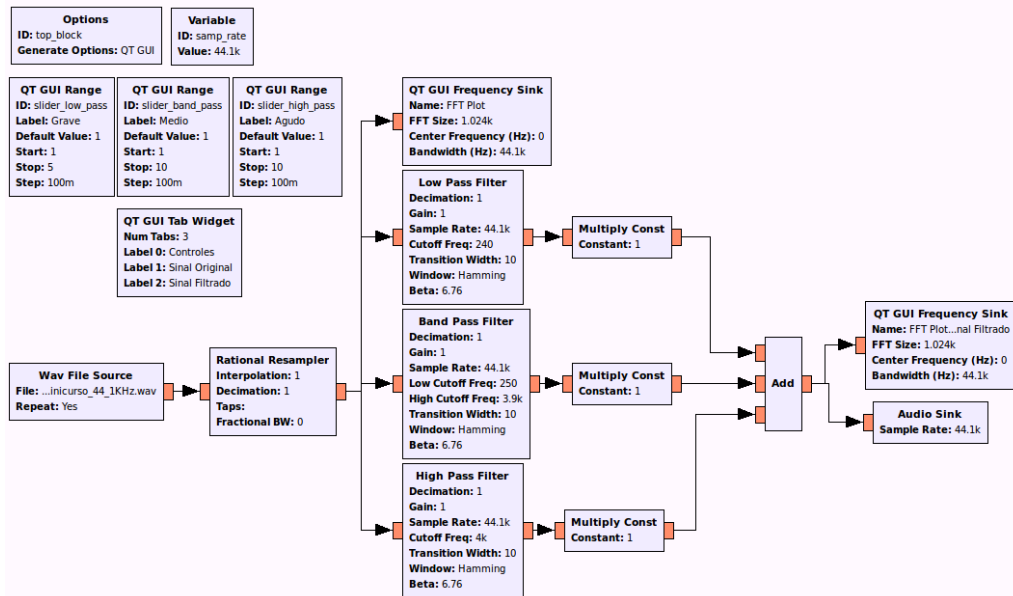
23. Este bloco irá filtrar frequências de uma faixa determinada. Altere o campo *FIR Type* para *Float->Float (Real Taps)(Decimation)*. No campo *Low Cutoff Freq* define-se o valor da frequência de corte menor e no campo *High Cutoff Freq* define-se o valor da frequência de corte maior, altere para 2000Hz e 4000Hz, respectivamente. Por fim no campo *Transition Width* coloque 10Hz.



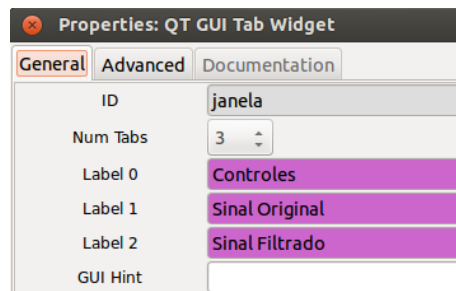
24. Tendo feitos os passos anteriores, gere o gráfico e execute-o. Observe novamente o plot das FFT's e o desaparecimento dos graves e agudos, restando apenas os sons de frequências médias!



25. Agora com o uso desses blocos de filtros e alguns blocos de operação vamos criar o projeto de um equalizador gráfico simples. Para esse novo projeto selecione os blocos: **Wav File Source**, **Rational Resampler**, três **QT GUI Frequency Sink**, três **QT GUI Range**, **Low Pass Filter**, **High Pass Filter**, **Band Pass Filter**, três **Multiply Const**, um **Audio Sink** e um **QT GUI Tab Widget**. Organize de forma similar a figura a seguir. Apenas una os blocos como na figura e padronize todos os campos *Type* para *Float*. Mantenha a configuração dos blocos como nos passos passados alterando apenas o que serão explicados nos próximos passos.

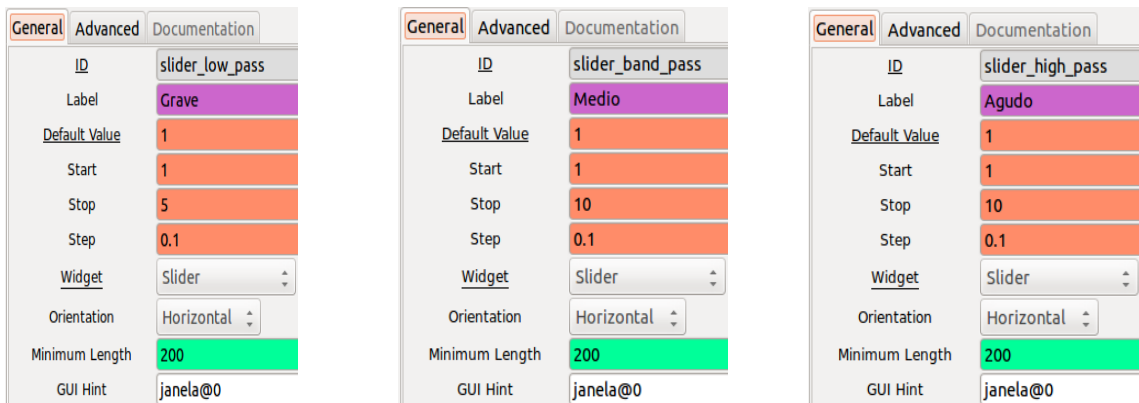


26. Para facilitar a visualização dos efeitos de cada filtro no espectro, iremos utilizar uma aba para cada gráfico e outra para os controles. Sendo assim, iremos necessitar de um bloco **QT GUI Tab Widget**. Configure-o como demonstrado abaixo, alterando o *ID* do bloco para janela, o *Num Tabs* para 3 e os *Labels* 0, 1 e 2 para, respectivamente, “Controles”, “Sinal Original” e “Sinal Filtrado”.

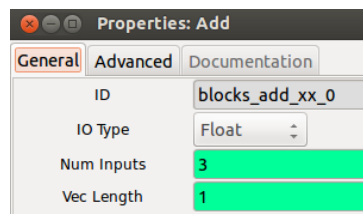


27. O bloco **QT GUI Range** serve para manipular, durante a execução do projeto, os valores das variáveis dos diversos blocos existentes. Dê dois cliques em um dos blocos **QT GUI Range**. Altere os campos *ID*, *Label* e *Default Value* para *slider_low_pass*, Grave e 1, respectivamente. Faça as mesmas alterações nos outros dois blocos **QT GUI Range**, onde apenas o campo *Default Value* permanecerá igual, os outros dois parâmetros serão *slider_band_pass*, Medio e *slider_high_pass*,

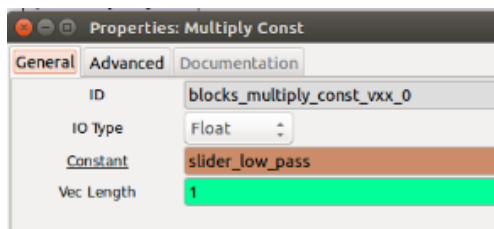
Agudo. Configure o campo *Start* para 5, 10 e 10, para Grave, Medio e Agudo, respectivamente. Configure o campo *GUI Hint* para janela@0, indicando que os controles ficarão na primeira aba, além de definir os campos *Step* e *Widget* para 0.1 e *Slider* em todos os **QT GUI Range**. Sua área de trabalho deverá ficar igual à figura a seguir.



28. Dê dois cliques no bloco **Add** e altere o campo *Num Inputs* para 3. Assim, será possível ser somado três entradas.



29. Agora dê dois cliques no bloco **Multiply Const** que está conectado ao **Low Pass Filter**. Altere o campo *IO Type* para Float. Em seguida, altere o campo *Constant* para slider_low_pass. Faça as mesmas alterações nos outros dois blocos **Multiply Const**, definindo o campo *Constant* dependendo do filtro ao qual o bloco está conectado. Adicione slider_band_pass para **Band Pass Filter** e slider_high_pass para **High Pass Filter**. Este bloco serve para multiplicar por um valor determinado a amplitude do sinal de entrada e, com a ajuda do **QT GUI Range**, este valor poderá ser alterado em tempo de execução. A figura a seguir mostra como deve ficar um dos blocos.



30. Altere o campo *Cutoff Freq* do bloco **Low Pass Filter** para 240Hz, Altere os campos *Low Cutoff Freq* e *High Cutoff Freq* do bloco **Band Pass Filter** para 250Hz e 3900Hz, respectivamente. Finalmente altere o campo *Cutoff Freq* do bloco **High Pass Filter** para 4000Hz.

31. Dê dois cliques no bloco **Wav File Source** e procure um arquivo **wav** para execução. Feito isso gere e execute o gráfico. Observe o plot das FFT's, note que você pode alterar o ganho das faixas de frequências.

