

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS CAMPINA GRANDE
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM TELEMÁTICA
DISCIPLINA: SISTEMAS DE COMUNICAÇÕES
PROFESSOR: JERÔNIMO SILVA ROCHA

Introdução ao *GNU Radio Companion*

1 Introdução

O GNU Radio é um conjunto de ferramentas de código aberto para desenvolvimento e implementação de rádios definidos por *software*. As aplicações GNU Radio são desenvolvidas em *scripts* Python, que utilizam funções básicas de processamento, desenvolvidos em C++. Mas, há Ambientes de Desenvolvimento Integrado, como o GNU Radio Companion, também conhecido como GRC, que permite o desenvolvimento de aplicações usando uma interface gráfica de usuário. Cada bloco no GRC tem entradas e saídas que podem ser ligadas a outros blocos formando um gráfico de fluxo. Além das entradas e saídas, cada bloco tem um conjunto específico de parâmetros que definem o seu comportamento.

O GNU Radio fornece centenas de blocos para os usos mais comuns, tais como operações matemáticas, conversão de tipo de dados, modulação e demodulação, entre outros. Além disso, novos blocos podem ser criados com base nas necessidades do usuário. Um ponto que deve ser destacado é o fato de que o GNU Radio é um projeto *open source*, permitindo a alteração do código de blocos existentes se necessário.

2 Objetivos

Neste tutorial o usuário vai aprender a criar um gráfico de fluxo no *GNU Radio Companion*, simulando geradores de sinais e sistemas de medidas nos domínios do tempo e da frequência, além de ouvir o som produzido a partir do sinal. O usuário também vai acrescentar alguns blocos para alterar o sinal gerado, como misturadores e filtros.

3 Passos Iniciais

O processo de instalação não é descrito neste tutorial, mas ao instalar o GNU Radio em uma distribuição Linux, O GNU Radio Companion é instalado automaticamente.

O *GNU Radio Companion* (GRC) é uma interface gráfica do usuário que permite a construção de gráficos de fluxo no *GNU Radio*. É uma excelente maneira de aprender as noções básicas de Rádios Definidos por *Software* (RDS) usando o *GNU Radio*.

Para abrir o GRC, o usuário pode digitar o seguinte comando no terminal

```
usuario@maquina$ gnuradio-companion
```

A janela que abrir deve ser semelhante à que é mostrada na Figura 1.

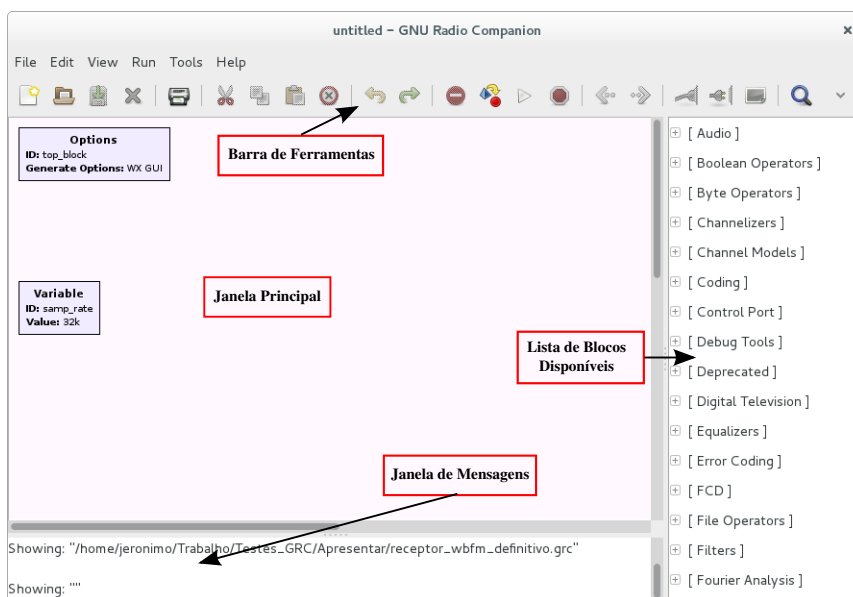


Figura 1: Tela inicial do GRC.

Ao dar um clique duplo sobre o bloco **Options**, o usuário verá a janela de propriedades do bloco como a que é mostrada na Figura 2. Nesse bloco são definidos alguns parâmetros gerais do gráfico de fluxo.

O usuário pode deixar o **ID** como *top_block*, digitar o título do projeto em **Title** (como *Tutorial 1*) e o nome do autor, em **Author**. Pode também definir **Generate Options** para *WX GUI*, **Run** para *Autostart* e em **Realtime Scheduling** selecionar *Off*. O usuário deve clicar em **Ok** para fechar a janela de propriedades.

O outro bloco que está presente é o bloco **Variable**, que é usado para definir a taxa de amostragem (**sample_rate**). Esse parâmetro é discutido nas próximas seções do tutorial.

No lado direito da janela há a lista dos blocos disponíveis. Ao expandir qualquer uma das categorias, pode-se identificar seus blocos. O usuário pode explorar cada uma das categorias para ter uma ideia do que está disponível no GRC.

Para usar um bloco fonte de sinal, o usuário deve abrir a categoria **Waveform Generators** e clicar duas vezes sobre *Signal Source*. Note-se que um bloco fonte de sinal aparece na janela principal. Ao dar um clique duplo sobre o bloco para abrir a janela de propriedades, pode-se ajustar as configurações para coincidirem com as que são mostradas na Figura 3.

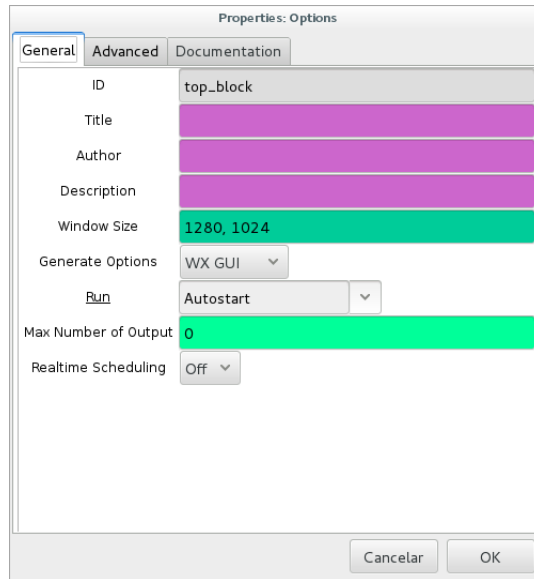


Figura 2: Propriedades do bloco **Options**.

Dessa forma, a fonte de sinal tem como saída uma senóide de valores reais, frequência de 1 kHz e amplitude de 0,5 V.

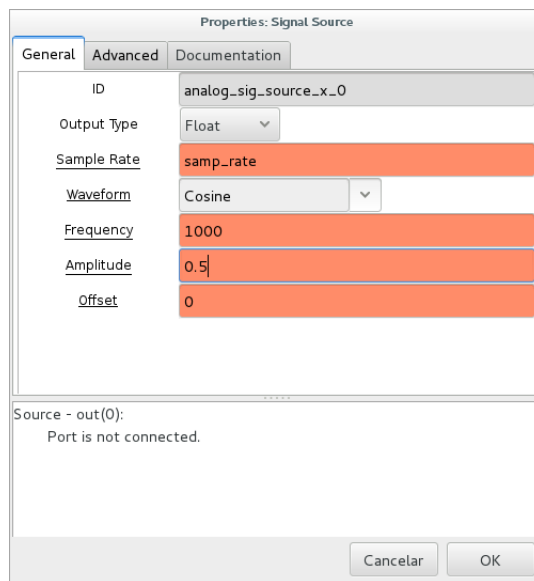


Figura 3: Propriedades do bloco **Signal Source**.

3.1 Visualização do Sinal no Domínio do Tempo

Para visualizar a forma de onda é necessário usar um dos blocos *Sink* gráficos. Para isso, o usuário deve expandir a categoria **Instrumentation** → **WX** e clicar duas vezes no **WX GUI Scope Sink**. O bloco deve aparecer na janela principal, e nas suas propriedades, o usuário deve alterar **Type**

para *float* e deixar os outros parâmetros com seus valores padrão. Esse bloco simula o funcionamento de um osciloscópio

A fim de conectar esses dois blocos, o usuário deve clicar uma vez na porta **Out** da fonte de sinal, e em seguida, clicar uma vez na porta **In** do **Sink Scope**. O gráfico de fluxo que deve ser exibido é mostrado na Figura 4.

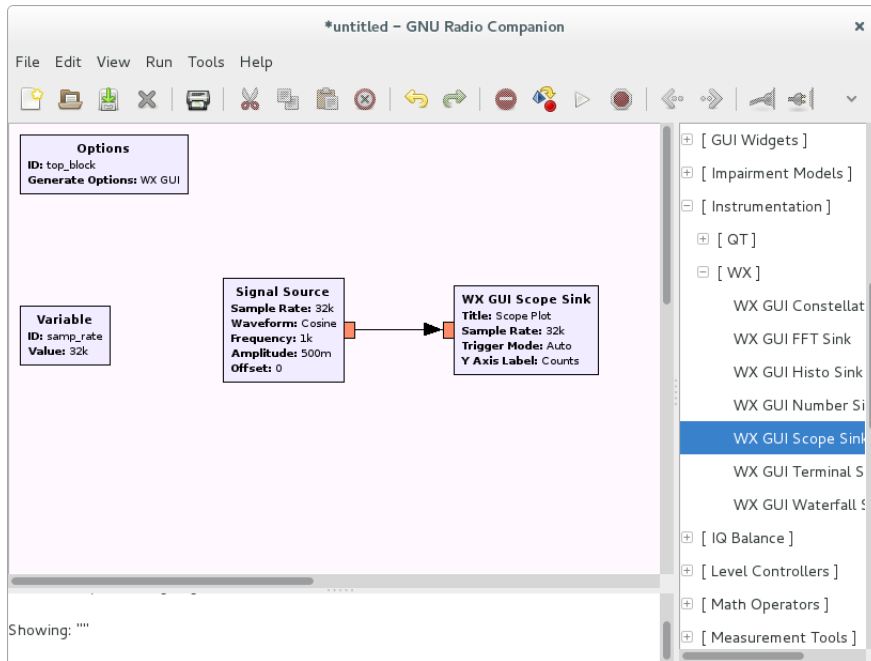


Figura 4: Gráfico de fluxo inicial.

A fim de observar o funcionamento do sistema simples que o gráfico de fluxo simula, o usuário deve executá-lo. Para isso, pode-se clicar no menu **Run** → **Execute**, ou clicar no ícone **Execute the flow graph** na barra de ferramentas. Uma caixa de diálogo deve aparecer para que o usuário salve o arquivo.

3.2 Controle do Fluxo

O usuário deve ter notado um aviso na janela de mensagem indicando que o sistema simulado não tem controle de fluxo, como mostrado na Figura 5.

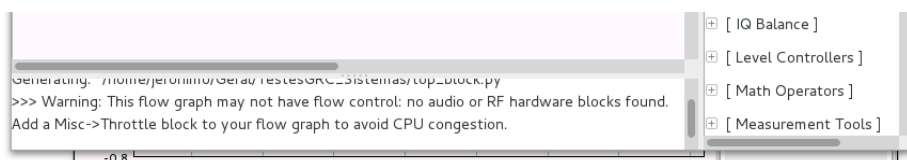


Figura 5: Mensagem sobre a falta de controle de fluxo.

Para resolver o problema, o usuário deve adicionar, entre os blocos **Source** e **Sink**, um bloco de aceleração (**Throttle**), como mostrado na Figura 6. Tal bloco é encontrado na categoria **Misc**.

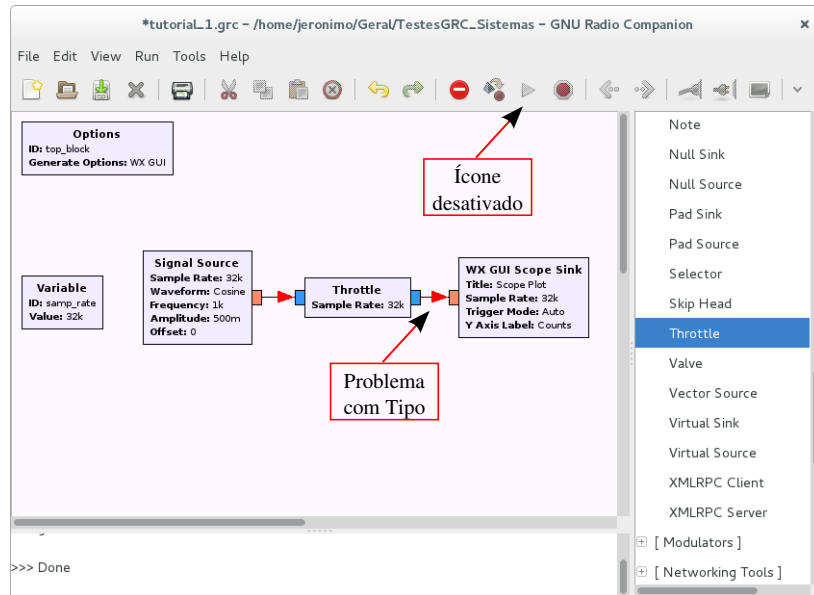


Figura 6: Gráfico de fluxo com bloco **Throttle**.

O usuário deve alterar o tipo do acelerador para *float*. Note-se que antes de fazer isso, o ícone na barra de ferramentas correspondente à execução do gráfico de fluxo não pode ser selecionado, como mostrado na Figura 6. Isso acontece porque existe um erro de conversão de tipos no gráfico de fluxo. Qualquer erro existente no gráfico de fluxo provoca esse efeito no GRC. Após a modificação, o usuário pode executar o gráfico de fluxo normalmente.

Ao executar o gráfico de fluxo, uma tela correspondente ao bloco **Scope** deve abrir, exibindo vários ciclos da senóide. O usuário deve confirmar que a frequência e amplitude correspondem aos valores configurados na fonte de sinal. Um bom exercício é experimentar os controles da tela do bloco **Scope**.

3.3 Taxa de Amostragem

Ao alterar as opções de canal do bloco **Scope** (enquanto executa o gráfico de fluxo), definindo o marcador (**Marker**) para *Dot Large*, pode-se identificar os valores reais das amostras. O usuário deve lembrar que o bloco **Variable** que define a taxa de amostragem está configurado para 32000 amostras/s ou 32 amostras/ms. Note-se que existem, de fato, 32 amostras em um ciclo da onda de frequência 1 kHz.

O usuário pode fechar a tela do **Scope** e reduzir a taxa de amostragem para 10000 com um clique duplo sobre o bloco **Variable**. Ao executar o gráfico de fluxo, pode-se observar que há menos pontos por ciclo. O usuário deve lembrar que o teorema da amostragem de Nyquist exige que a taxa de amostragem seja duas ou mais vezes a frequência mais elevada do sinal amostrado. O usuário deve experimentar valores diferentes da taxa de amostragem e verificar as mudanças no sinal gerado, inclusive valores abaixo da taxa de Nyquist.

3.4 Visualização do Sinal no Domínio da Frequência

O usuário deve fechar a tela do **Scope** e alterar a taxa de amostragem de volta para 32000. Então, adicionar um bloco **WX GUI FFT Sink** (encontrado na categoria **Instrumentation** → **WX**). Nas suas propriedades, alterar o tipo para *float* e deixar os demais parâmetros com seus valores iniciais.

Deve-se conectar o bloco **FFT** à saída do bloco **Throttle**, em paralelo ao bloco **Scope**. Ao executar o gráfico de fluxo, o usuário deve observar a tela do bloco **Scope** como antes, juntamente com a tela do bloco **FFT** mostrando corretamente a frequência da entrada em 1 kHz.

3.4.1 Saídas em Abas Diferentes

É possível separar em abas diferentes as telas de saída dos blocos **Scope** e **FFT**. Para isso, o usuário pode adicionar ao gráfico de fluxo o bloco **WX GUI Notebook** (encontrado na categoria **GUI Widget** → **WX** → **WX GUI Notebook**). Deve-se observar que o parâmetro **ID** está com o valor *notebook_0*. Este valor deve ser usado nas propriedades dos blocos **Scope** e **FFT**. No parâmetro **Notebook** do bloco **Scope**, colocar *notebook_0,0* (que corresponde à primeira aba). No parâmetro **Notebook** do bloco **FFT**, colocar *notebook_0,1* (que corresponde à segunda aba).

Um bom exercício é explorar os outros blocos Sink da categoria **Instrumentation**, por exemplo, **WX GUI Number Sink**, que apresenta os valores numéricos do sinal que entra no bloco, e o **WX GUI Waterfall**, que apresenta os dados em um gráfico do tipo *Waterfall*.

3.5 Reprodução do Sinal na Saída de Áudio

O próximo passo é explorar outro tipo de bloco *Sink*, por exemplo o **Audio Sink**, que direciona o sinal para a placa de som do computador. A entrada do bloco **Audio Sink** deve ser conectada à saída do bloco **Throttle**. Dependendo da taxa de amostragem da placa de áudio do computador, o usuário pode receber uma mensagem de erro na janela de mensagem do GRC como a seguinte

```
Audio_alsa_sink[hw:0,0]: unable to support sampling rate 32000,  
card requested 44100 instead.
```

Ao ver uma mensagem semelhante a esta, o usuário deve parar a execução e dar um clique duplo sobre o bloco **Variable** para alterar a taxa de amostragem para 44100 (ou qualquer que seja a taxa que a mensagem de erro indica). Ao executar o gráfico de fluxo novamente, a mensagem de erro deve desaparecer.

4 Operações com Sinais

O usuário pode acrescentar outro bloco **Signal Source**, idêntico ao primeiro, exceto a frequência que deve ser 800 Hz. Acrescentar também um bloco **Add** (da categoria **Math Operators**). Conectar as saídas dos blocos geradores de sinais às entradas do bloco **Add**.

A saída do bloco **Add** deve ser conectada à entrada do bloco **Throttle**, como mostrado na Figura 7. O usuário deve lembrar de modificar o parâmetro **Type** do bloco **Add**.

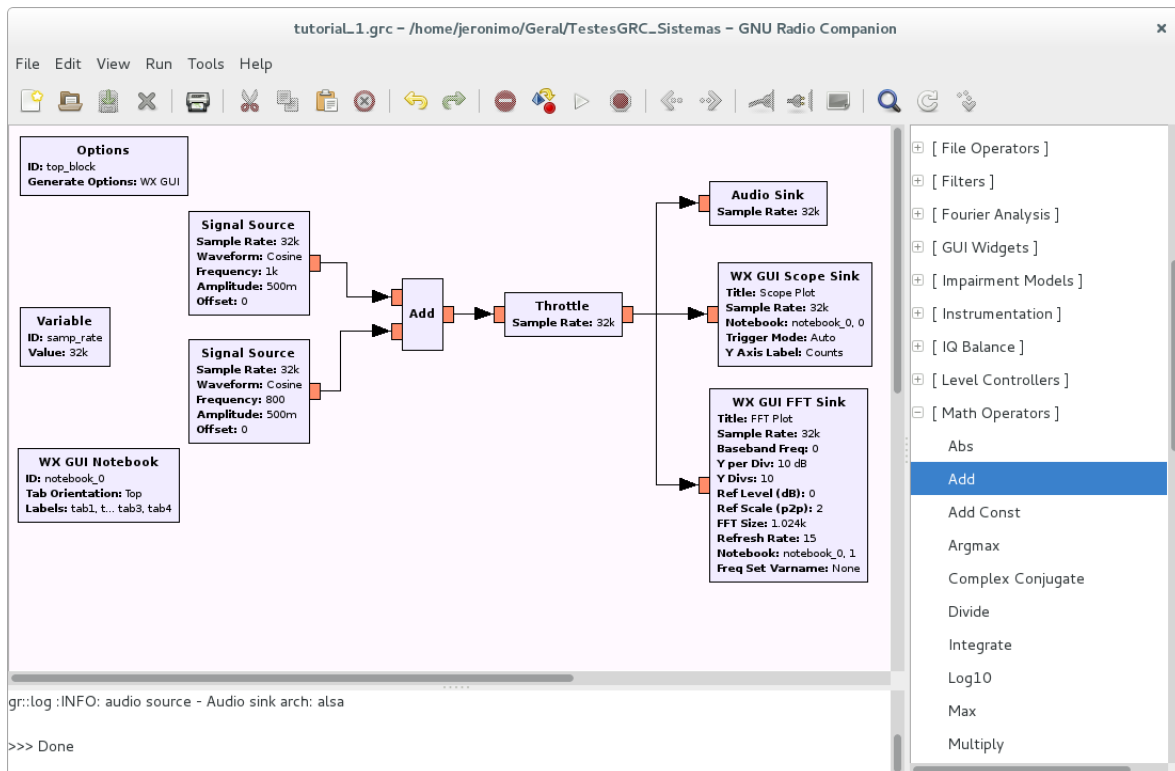


Figura 7: Gráfico de fluxo com bloco **Add**.

Ao executar o gráfico de fluxo, o usuário pode observar, na tela do bloco **Scope**, uma forma de onda correspondente à soma das duas senóides. Na tela do bloco **FFT**, pode-se observar as componentes de sinal em 800 e em 1000 Hz. Porém, a tela FFT não tem resolução suficiente para apresentar claramente as duas componentes de sinal distintas. Note-se que a frequência máxima exibida na tela é 16 kHz, que é metade da taxa de amostragem de 32 kHz. A fim de obter uma melhor resolução, pode-se diminuir a taxa de amostragem, para 10 kHz, por exemplo.

O usuário pode substituir o bloco **Add** por um bloco **Multiply**. Para isso, é possível acrescentar o novo bloco, fazer as conexões necessárias e desabilitar o bloco **Add**, com um clique com o botão direito do *mouse*, selecionando **Disable**. O gráfico de fluxo resultante é mostrado na Figura 8. Pode-se observar que o resultado, nas telas dos blocos **Scope** e **FFT**, corresponde a uma senóide em 200 Hz e outra em 1800 Hz.

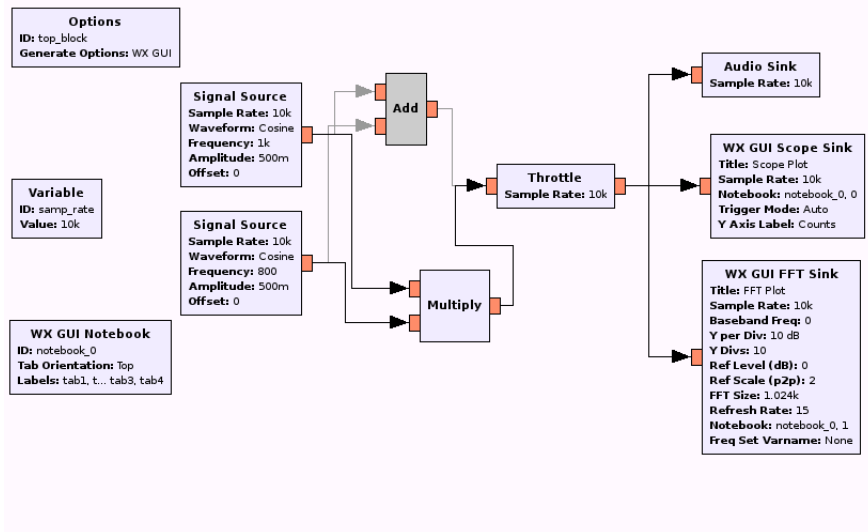


Figura 8: Gráfico de fluxo com bloco **Multiply**.

4.1 Filtragem de Sinais

Pode-se incluir um filtro passa-baixa (bloco **Low Pass Filter**), como mostrado na Figura 9. Esse bloco é encontrado na categoria **Filters**. Caso o usuário configure o filtro com frequência de corte (**Cutoff Freq**) de 1 kHz, então passa a componente de 200 Hz e é bloqueada a de 1,8 kHz. O filtro pode ser configurado com uma faixa de transição (**Transition Width**) de 200 Hz, com uma janela (**Window**) retangular.

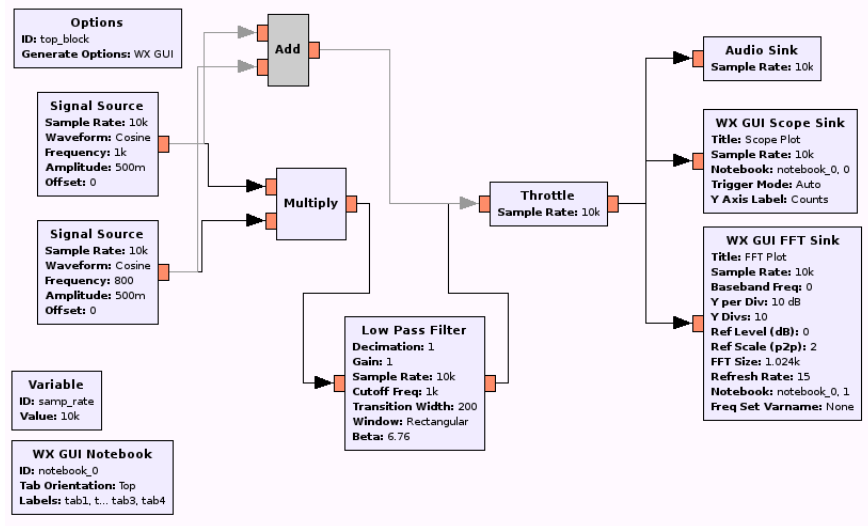


Figura 9: Gráfico de fluxo com bloco **Low Pass Filter**.

No bloco **FFT Sink**, os parâmetros **Ref Level** e **Y per Div** devem ser alterados para -15 e 5 dB, respectivamente, para melhor observação do sinal. Ao executar o gráfico de fluxo, o usuário deve observar que apenas a componente de 200 Hz passa através do filtro. Um bom exercício é

experimentar outros filtros, como o filtro passa-alta (**High Pass Filter**).

5 Subamostragem dos Sinais

Usando o mesmo gráfico de fluxo, o usuário deve alterar a variável taxa de amostragem para 20000. E ao alterar a Decimação (parâmetro **Decimation**) no bloco **Low Pass Filter** para 2, apenas metade do número de amostras são processadas. Assim, o filtro alterado faz uma subamostragem do sinal.

Um fator de decimação de dois significa que a saída do filtro terá uma taxa de amostragem igual à metade da taxa de amostragem de entrada, ou neste caso, apenas a 10000 amostras/s. Esta é uma taxa de amostragem suficiente para as frequências utilizadas neste exemplo. Ao executar o gráfico de fluxo, pode-se passar cursor sobre o pico da componente observada, para medir com precisão, o usuário deve ter observado uma componente de sinal de cerca de 400 Hz, em vez dos 200 Hz esperados.

Tal erro é causado pela taxa de amostragem no bloco **FFT**, que não foi ajustada para medir devidamente o sinal que está na sua entrada. O usuário deve alterar a taxa de amostragem do bloco **WX GUI FFT Sink** para *samp_rate/2*. Ao executar o gráfico de fluxo, deve-se agora observar a frequência correta.

6 Manipulando o Script Python

Ao abrir um navegador de arquivos no sistema operacional, no diretório que contém o arquivo do GRC usado neste tutorial, o usuário pode observar que além de salvar um arquivo “.grc” com o seu gráfico de fluxo, há também um arquivo intitulado “top_block.py”. É possível executar ou mostrar esse arquivo. Isto é, o arquivo Python que é gerado pelo GRC. Esse é o arquivo que de fato é executado quando se executa o gráfico de fluxo no GRC.

O usuário pode modificar esse arquivo e executá-lo a partir de um terminal. Isso permite usar recursos que não estão incluídos no GRC.

Cada vez que se executa o gráfico de fluxo do GRC, o script Python é substituído. Então, para manter alterações feitas diretamente no script Python, o usuário deve salvá-lo com outro nome.

O escopo deste tutorial não abrange a linguagem Python, portanto, fica a cargo do usuário aprender como implementar mudanças diretamente no script.

Mas, a todos quantos o receberam, deu-lhes
o poder de serem feitos filhos de Deus,
aos que crêem no seu nome;
Jo 1:12