

# Transmissão e recepção FM utilizando rádio definido por software USRP

Marcele O. K. de Mendonça, Tadeu N. Ferreira e Paulo S. R. Diniz

**Resumo**— Este trabalho apresenta dois experimentos práticos de transmissão e recepção de sinais FM utilizando USRP e Gnuradio. O primeiro consiste em receber e escutar uma estação de rádio FM. Já no segundo experimento identificamos uma frequência adequada para a transmissão de um sinal de áudio via wide band frequency modulation (WBFM) e recebemos o sinal modulado através de um rádio FM de um aparelho celular.

**Palavras-Chave**— Transmissão FM, Recepção FM, USRP, rádio definido por software, gnuradio.

**Abstract**— This work presents two experimental examples of transmission and reception of FM signals with USRP. The first experiment consists of receiving an FM radio station. In the second experiment we identify an adequate frequency for transmitting an audio signal via wide band frequency modulation (WBFM) and we receive it in a smart-phone FM radio.

**Keywords**— FM transmitter, FM receiver, USRP, software-defined-radio, gnuradio.

## I. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a família de equipamentos da Ettus Research, *universal software radio peripher* (USRP), se tornou uma popular plataforma de testes utilizada em pesquisa tanto no campo de *software defined radios* (SDR) quanto no campo de *cognitive radios* (CR). A grande vantagem dos SDRs é que todo processamento banda básica do sinal é realizado em *software*, permitindo um alto grau de customização [1], [2]. Por exemplo, a USRP pode operar como um transmissor *frequency modulation* (FM) ou até mesmo como um transmissor/receptor *orthogonal frequency division multiplexing* OFDM [4]. Já os CR são SDRs com um certo grau de inteligência. O sistema com CR possui capacidade de estar consciente do ambiente a sua volta, como por exemplo através de sensoriamento espectral e de tomar decisões, como por exemplo decidir sobre o uso de uma faixa de frequência mais adequada [3].

A arquitetura básica de uma USRP é ilustrada na Figura 1, sendo composta por uma placa *motherboard* e uma ou mais placas *daughterboards*. A *motherboard* inclui os conversores analógico-digital e digital-analógico, uma FPGA e controlador de clock. Já as placas *daughterboards* funcionam como *front-end*, realizando a conversão de frequência intermediária para frequência de transmissão e vice versa e as antenas transmissoras/receptoras. Essa etapa é fundamental para a arquitetura do SDR ser viável na prática [5]. O restante do processamento do

sinal é realizado em *software*, como por exemplo o *software* livre *gnuradio companion*. O gnuradio possui um conjunto de bibliotecas para programação utilizando diagrama de blocos em C++. Ao se ligarem os blocos, forma-se um diagrama de fluxo que é salvo no padrão do gnuradio, e também gera um arquivo executável em python.

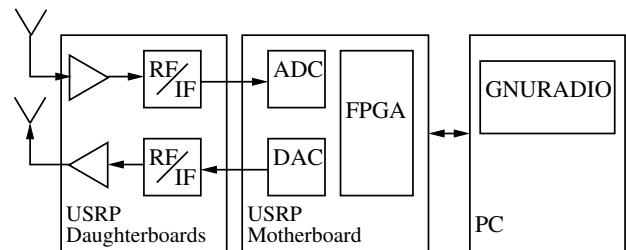


Fig. 1. Diagrama em blocos da USRP.

## II. METODOLOGIA

O presente trabalho visa aproximar a teoria da prática de processamento de sinais através de sistemas WBFM projetados com USRP e gnuradio. A transmissão/recepção de sinais de áudio via FM é escolhida por ser uma aplicação que boa parte das pessoas se familiariza e que ainda faz parte de seus smartphones. Unindo USRP e gnuradio, analisamos etapa por etapa os sistemas de transmissão e recepção FM e validamos seu funcionamento através da recepção do sinal ora no próprio computador hospedeiro conectado à USRP, ora no rádio FM de um smartphone.

## III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção apresentamos dois experimentos com sistema FM utilizando Gnuradio e a USRP2 da Figura 2. O primeiro experimento consiste em captar a estação de rádio FM 102.9 MHz através da USRP e ouvir no próprio gnuradio. A recepção, que tem seu *flow-graph* exposto na Figura 3, começa no bloco *USRP Source* que representa a própria USRP operando na parte superior da Figura 1. Neste bloco podemos configurar a frequência de recepção da portadora, o ganho do rádio, qual placa *daughterboards* será ativada, entre outros parâmetros.

O bloco auxiliar *throttle* funciona como um limitador de processamento para que o computador hospedeiro não tenha seu funcionamento prejudicado. O filtro passa-baixa é utilizado de modo a obter apenas a faixa de frequência da estação de rádio FM selecionada, tal como ilustrado na Figura 4. Agora que temos o sinal em mãos, basta demodulá-lo utilizando o



Fig. 2. USRP2 utilizada nos experimentos.

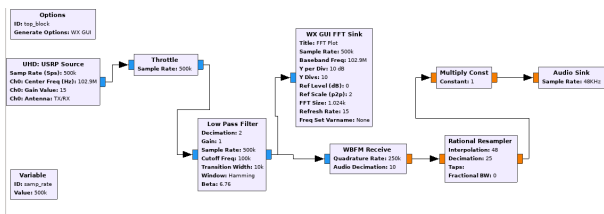


Fig. 3. Diagrama em bloco do Receptor WBFM no gnuradio.

bloco *WBFM Receive*. Após realizar uma conversão de taxa de amostragem, através do bloco *Rational resampler*, podemos finalmente ouvir a estação de rádio FM desejada com o bloco *Audio sink*.

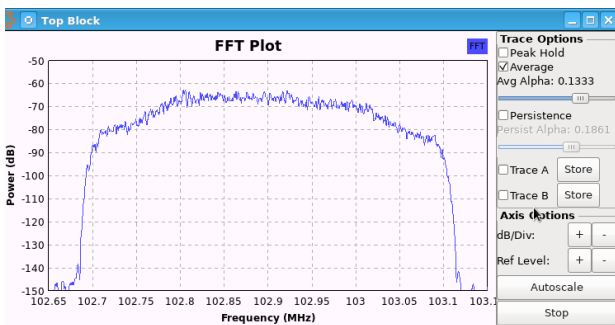


Fig. 4. Estação de rádio 192.9 MHz selecionada.

O segundo experimento consiste em transmitir um sinal de áudio utilizando modulação WBFM através da USRP, cujo diagrama de blocos pode ser visto na Figura 5. Primeiramente, é preciso identificar uma frequência para a portadora, que irá carregar a informação. Esta etapa é feita manualmente pelo usuário. A frequência escolhida é configurada no bloco *USRP sink*. O áudio desejado para transmissão é importado através do bloco *wav file source*. Assim como o caso do receptor, é necessário fazer algumas mudanças de taxa de amostragem com o auxílio do bloco *Rational resampler*, pois os blocos operam em diferentes taxas. O áudio por exemplo é amostrado à 48 kHz e o modulador WBFM opera à 250 kHz. Já a USRP trabalha em faixas mais altas, por exemplo, 500 kHz a 5 MHz. O sinal a ser transmitido pode ser visto na Figura 6. O sinal é então recebido através de um aparelho celular com rádio FM.

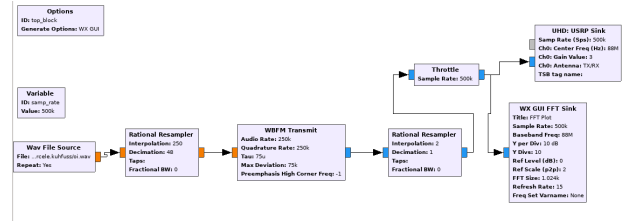


Fig. 5. Diagrama em bloco do Transmissor WBFM no gnuradio.

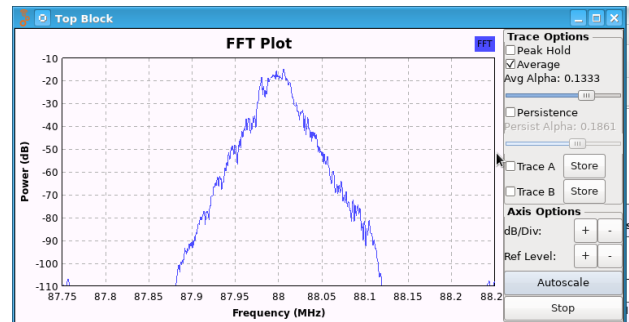


Fig. 6. Sinal modulado WBFM.

#### IV. CONCLUSÕES

Utilizando o hardware USRP e o *software* Gnuradio foi possível receber e transmitir sinais de áudio modulados na frequência. A validação foi realizada a partir da própria percepção sonora tanto no computador hospedeiro quanto em rádio FM de um aparelho celular. Os resultados ilustram como pode ser simples a implementação de sistemas de Telecomunicações com SDR e indicam sua facilidade para realização de testes de novos sistemas/aplicações.

#### AGRADECIMENTOS

Esse trabalho foi parcialmente financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

#### REFERÊNCIAS

- [1] MITOLA, J. *The software radio architecture*. Communications Magazine, IEEE, 1995. v. 33. p. 26-38.
- [2] REED, J. H. *Software radio: a modern approach to radio engineering*. Prentice Hall Professional, 2002.
- [3] MITOLA, J. *Cognitive radio for flexible mobile multimedia communications*. Mobile Multimedia Communications, 1999. (MoMuC'99) 1999 IEEE International Workshop. p. 3-10.
- [4] MENDONÇA, M. O. K. ; FERREIRA, T. N. ; DINIZ, P. S. R. *Transmissão de Sinais de Telecomunicações utilizando o USRP*. In: Simpósio Brasileiro de Telecomunicações, 2015, Juiz de Fora. Proceedings of the SBRT2015, 2015. v. 1. p. 261-262.
- [5] JOHNSON JR, C. Richard; SETHARES, William A.; KLEIN, Andrew G. *Software Receiver Design: Build Your Own Digital Communication System in Five Easy Steps*. Cambridge University Press, 2011.