

PRINCÍPIO DO RDS E APLICAÇÃO NO DSP-10, DSPX E FPGA COM SISTEMA SEMI-EMBARCADO

FERNANDA BRANDI DA SILVA
FRANCISCO AUGUSTO DA COSTA GARCIA
IZUMI RENATA SANTOS TAKADA
MARCELLO GURGEL SASAKI

Engenharia Elétrica
Universidade de Brasília - UnB

<http://www.ene.unb.br>

[e-mail: sdr_unb@yahoogroups.com](mailto:sdr_unb@yahoogroups.com)

Resumo – A partir da década de 90, principalmente nessa primeira década do novo milênio, quando os recursos de comunicação sem-fio dos dispositivos eletrônicos e as inovações na telefonia móvel se tornaram não só inevitáveis, mas extremamente atraentes, o RDS tem-se apresentado como uma nova alternativa para a revolução dos dispositivos portáteis. Para se ter acesso a todos os serviços disponíveis, dever-se-ia carregar um ou dois celulares, um computador portátil, um *palm top*, um GPS...

A substituição dos circuitos, antes inflexíveis, por uma tecnologia de circuitos reconfiguráveis, certamente trará vantagens tanto para os usuários finais, que, com apenas um dispositivo, podem ter acesso a diversas interfaces aéreas, quanto para os desenvolvedores e empresas, por não precisarem investir em *hardwares* especializados que podem consumir muito dos orçamentos. A UnB, Universidade de Brasília, indo ao encontro desse panorama mundial, está criando um grupo de pesquisa dedicado a estudar essas aplicações. Este artigo pretende apresentar os trabalhos que estão sendo realizados nessa pesquisa, abordando os principais desafios e caminhos a serem seguidos no sentido de se obter uma plataforma de desenvolvimento de rádio definido por *software*.

Abstract - Since the 90's, especially at this first decade of the new millennium, when the advances in mobile communication grew and wireless communication resources became very attractive and even inevitable, SDR appears as a new alternative to this wave of portable devices. One carries not only one or two cell phones, but also a handheld computer, a palm top, GPS... just to have access to every service offered nowadays.

The substitution of the circuits before inflexible for a technology of reconfigurable circuits, brings, certainly, advantages to the final user that with only one device can have access to many wireless networks. As well as advantages to the companies and developers that can offer these services without having to invest in new hardware that can spend a lot of the monetary capital.

UnB, University of Brasilia, with a global view has a study group dedicated to Software Defined Radio and its applications. This article will present the work done so far as well as the barriers that has to be broken in the process of developing a Software Defined Radio.

Keywords – Software Defined Radio, SDR, Digital signal processor, DSP, Amateur radio.

1 Introdução

O Rádio Definido por *Software* (RDS) deve alterar progressivamente o paradigma do Rádio Definido por Hardware (RDH), já tão conhecido e usado no mundo inteiro. Em vista desse panorama, a UnB, Universidade de Brasília, possui hoje um grupo de estudos em RDS e dispositivos

reconfiguráveis, que tem como objetivo projetar e construir um protótipo e uma plataforma de desenvolvimento de um RDS a partir de um RDH. Esse trabalho envolve mais do que montar um rádio auto-reconfigurável, devendo se estender às aplicações dos dispositivos lógicos reconfiguráveis, antenas inteligentes e problemas de segurança relacionados ao

sistema. Esse rádio deve ser versátil, na medida em que pode ser atualizado por meio de um *software* recebido de um servidor ou criado localmente, para modificar toda a interface aérea do rádio, adaptando-o para uma melhor configuração ou simplesmente mudando o serviço disponível no terminal. Tal projeto conta com alunos de doutorado, mestrado e graduação, envolvendo as áreas de eletromagnetismo, comunicação digital, processamento de sinais, etc...

Como ponto de partida deste desenvolvimento, foi adquirido um *front-end* RF basicamente analógico. Trata-se de um COTS (*commercial off the shelf*) conjugado com um dispositivo de processamento digital de sinais, o DSP-10 [2]. De forma a permitir uma evolução com a introdução de novas interfaces aéreas, essa plataforma deve ser alterada para: acomodar outros dispositivos lógicos reconfiguráveis, como um DSP e um FPGA externos com maior capacidade; aproximação da digitalização do sinal da antena; definição de um projeto para o seu uso combinado com o *GNU-radio* [6]; permitindo que os modos definidos nestes dispositivos possam ser executados e a informação transmitida em uma arquitetura básica de RDS.

2 Princípios de RDS e comparação com o RDH

Primeiramente, para apontar as diferenças entre os dois tipos de dispositivos, é aqui introduzido o funcionamento básico de cada um deles: o que é considerado Rádio Definido por Hardware e o que se diz de Rádio Definido por *Software*. Para aperfeiçoar o entendimento, apresenta-se a seguir uma explanação comparativa quanto ao RDS e ao RDH.

Uma observação inicial pode ser realizada em relação à antena e ao amplificador, necessários em ambas as arquiteturas, uma vez que os mesmos não podem ser realizados por meio de *software*, tanto na transmissão quanto na recepção, conforme se pode verificar nas Figuras 1 e 2, as quais ilustram, respectivamente, as arquiteturas de um Rádio Definido por *Hardware* e por *Software*.

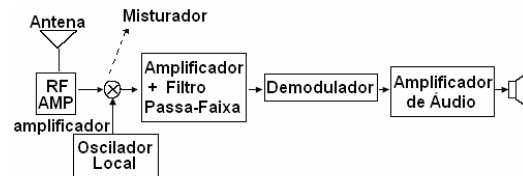


Figura 1 – Modelo simplificado de um Rádio definido por *Hardware* [11 modificado]

Em um RDH, Figura 1, seja com processamento analógico ou digital, como os celulares, tem-se uma estrutura para conversão do sinal modulado em um sinal com frequência menor, denominada frequência intermediária, até alcançar a banda básica, sendo filtrado, amplificado, demodulado e decodificado para, então, reconstruir a informação transmitida. Parte dessas funções pode ser realizada por um dispositivo de processamento digital de sinal, a partir de uma conversão Analógico-Digital.

Comparativamente, o RDS, Figura 2, apresenta as mesmas funções que o RDH. Entretanto, todas as funções, com exceção das funções de potência, são realizadas com um dispositivo de processamento digital. Esse dispositivo pode, inclusive, ter um sistema embarcado com funções complexas de filtragem e algoritmos para segurança. A grande vantagem trazida por esse processo está na portabilidade da informação.

Esse esquema de circuito, portanto, deve, além de digitalizar o sinal tão próximo da antena quanto possível, ser passível de alterações quanto ao tipo de modulação, largura de banda desejada, frequência de operação e tipos de filtragem. Para que esse diagrama responda de igual forma para todas as possibilidades de configuração, a antena também deve ser reconfigurável e multi-banda ou banda larga.

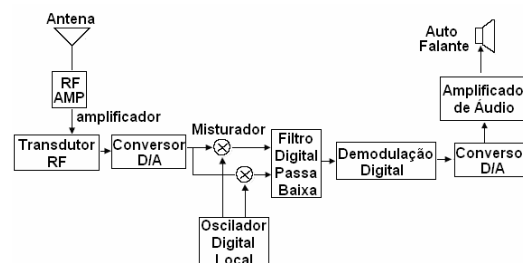


Figura 2 – Modelo de um Rádio definido por *Software*, com processamento e modulação digitais [11 modificado]

3 O DSP-10

O DSP-10 foi desenvolvido para uso em rádio amadorismo. Em sua criação, teve como principal preocupação a utilização de um computador pessoal ou um *notebook* como um *front panel* para um rádio transceptor de duas vias, e não a criação de um RDS ideal. A utilização do DSP, nesse caso, tem como objetivo criar uma versatilidade nos esquemas de modulação, filtragem e processamentos específicos, como análise do espectro da série de Fourier para o caso discreto. Alguns tipos de filtros usados são muito mais simples de serem implementados com o uso de DSP's. Acrescente-se a esse fato que o desenvolvimento de *hardware* analógico envolve mais trabalho e técnica que o desenvolvimento de um pequeno programa ou descrição de *hardware*. A esses fatores, alia-se o baixo custo dos DSP's atualmente, fato observado por Robert Larkin, projetista do *front-end* RF [2]. No futuro, com o avanço das tecnologias de conversão de sinal analógico para digital, esse tipo de protótipo pode vir a se tornar comercialmente uma placa PCI ou PCMCIA, para conexão direta com o computador, como uma placa de rede ou um modem. Entretanto, quando se fala de RDS, deve-se ter uma digitalização ainda na antena, em RF, e não em banda básica, conforme ocorre com o projeto DSP-10.

A configuração de fábrica do DSP-10 considera um rádio de baixa potência com digitalização na última frequência intermediária (FI). A interface com o usuário é feita por meio de um computador que permite monitorar quase todas as operações para a transmissão e recepção. Potencialmente, essa configuração já prevê a transmissão para UHF e transmissão de microondas. A configuração original especifica transmissão na banda de VHF alta. Os esquemáticos das Figuras 3 e 4 mostram como o sinal se comporta no *front-end* RF do DSP-10.

A antena capta um sinal de baixa potência na faixa de 144-148MHz. Após a recepção na antena, o sinal passa por um filtro passa-faixa, Figura 4, selecionando essa banda desejada. Após passar pelo amplificador RF, o sinal passa pelo primeiro misturador com oscilador local (OL) de 124,3-129MHz que desloca a frequência de 146MHz para 19,665MHz, a primeira FI. O segundo misturador, com OL de

19,680MHz, é responsável por abaixar o sinal para 15 kHz.

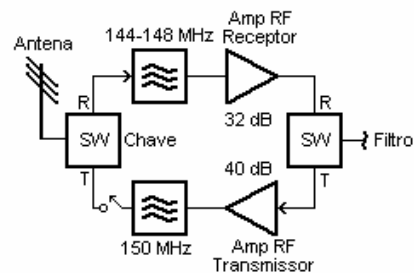


Figura 3 – Esquemático básico com diagrama de blocos do sistema de recepção e transmissão amplificador do *front-end* RF [2 modificado]

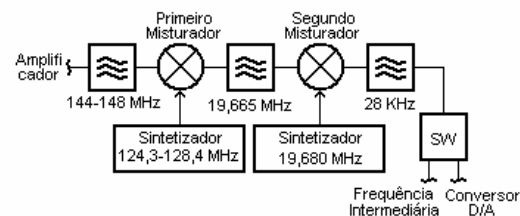


Figura 4 - Esquemático básico com diagrama de blocos do sistema de sintonia e FI do *front-end* RF [2 alterado]

O último filtro, com frequência de corte de 28 kHz, logo após o segundo OL, é o último estágio antes da amplificação final e digitalização. O sinal é amplificado em 50 dB e digitalizado em banda básica, a 15 kHz. Digitalizado, o sinal passa pelo detector de FM, SSB ou CW, demodulado e processado digitalmente (Figura 5).

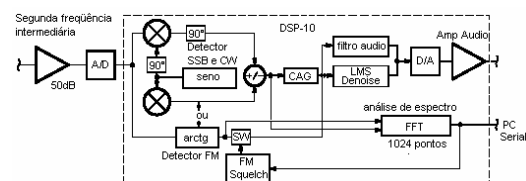


Figura 5 – Diagrama de blocos referente à parte de processamento digital [2]

A potência irradiada na transmissão é da ordem de miliwatts. Amplificadores externos podem ser utilizados para incrementar esse valor. Na transmissão, o sinal é gerado no DSP a 15 kHz e sofre um processo que é, em tudo, equivalente ao descrito para a recepção. A potência máxima é alcançada em um processo de três fases, a fim de evitar

ruídos na amplificação direta, realizando uma filtragem em cada etapa.

Dado esse panorama do *front-end* RF do DSP-10, percebe-se que várias etapas são necessárias para adaptá-lo a um RDS. O primeiro passo é obter o sinal modulado e digitalizá-lo mais próximo da antena. A exclusão da segunda frequência intermediária, simplificando o *front-end* resultante, pode ser realizada modificando-se o conversor digital analógico por outro, que ainda atenda ao critério de Nyquist. Para o caso do COTS adquirido pela Universidade, com a segunda frequência intermediária em 15 kHz, o conversor analógico-digital de 48 kHz utilizado pelo DSP-10 é suficiente para esta função, considerando o critério de Nyquist, que postula que para um sinal com banda de B Hz, a menor taxa de amostragem para que a conversão de sinal possa ser recuperada sem perda é de, no mínimo, $2 \cdot B$ Hz. O DSP-10, processador incluso no rádio em estudo, está capacitado para alterar a sua taxa de amostragem de acordo com comandos do programador. Essa alteração no programa pode inclusive fazer uma superamostragem em 96 kHz.

A substituição do conversor analógico-digital por outro, com o objetivo de amostrar o sinal na primeira frequência intermediária, suprimindo a segunda, deve, em contrapartida, alterar o *software* do DSP-10. Dado essa alteração, o processamento deve ficar extremamente lento causando interrupções e/ou inoperância no sistema. Observa-se ainda que a simples substituição do conversor por outro, com as devidas alterações no *software* no DSP-10, a fim de realizar uma superamostragem, não indica um passo adiante no desenvolvimento do proposto RDS se essa amostragem estiver ainda sendo feita com o sinal banda básica do circuito posterior ao segundo OL.

Entretanto, considerando uma frequência intermediária em, aproximadamente, 19MHz, e uma taxa de amostragem de, no mínimo, 40MHz, o sistema exige uma resposta rápida à entrada do sinal. Estudos com outros DSP's, como o caso do DSPX, mostram que os modos implementados podem ter uma resposta mais satisfatória devido à robustez do segundo. Este passo configura uma primeira evolução no sentido de amostrar o sinal ainda na antena.

A implementação de modulações digitais de fase, FM digital, no DSPX já foi assunto de vários estudos, podendo ser

adaptada e introduzida no kit do DSP-10 [9].

A próxima frequência intermediária, em 146 MHz, impõe restrições, tanto orçamentárias quanto físicas. Um circuito que faça aquisição em tão alta frequência, principalmente se comparado com os conversores usuais, é de difícil construção, devido à própria física dos semicondutores, e por isso apresenta um orçamento inviável dentro dos recursos disponíveis.

Outros objetivos que se pretendem alcançar relacionam as antenas e a segurança da informação.

A antena ideal para o protótipo em estudo deve ser multi-banda ou banda larga e reconfigurável. Estudos teóricos na área de antenas inteligentes estão sendo realizados, pretendendo-se implementar um protótipo no futuro. Por hora, faz-se uso de uma antena comercial de VHF, de 134MHz até 174MHz, com diagrama de radiação descrito pelas Figuras 6 e 7, as quais mostram os diagramas de irradiação da antena no plano horizontal e vertical.

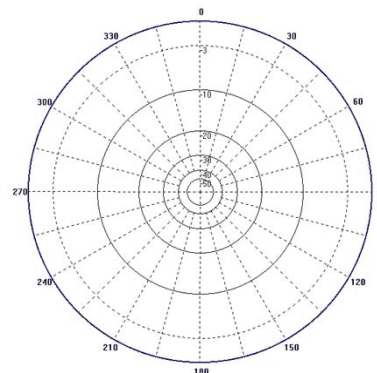


Figura 6 – Diagrama de radiação azimutal da antena [10]

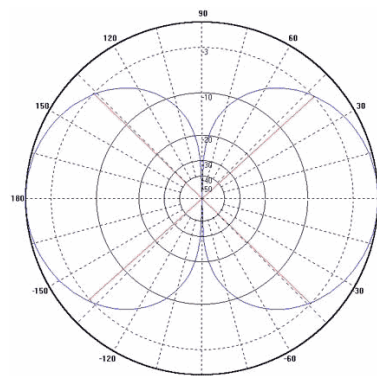


Figura 7 – Diagrama de radiação da antena – Elevação [10]

Numa etapa posterior, será utilizado o *GNU-radio*. Esse é um *software* de código livre, em plataforma linux, que implementa funções de tratamento de

sinais de rádio. O propósito será a aplicação dessas funções nos sinais recebidos pelo DSP-10, a fim de, utilizando um sistema embarcado, tornar o conjunto mais robusto. O *GNU-radio* já possui algoritmos para demodulação de sinal de TV analógica e digital, Radio FM, exemplificando a vantagem de um dispositivo reconfigurável.

5 Conclusão

O estudo com o DSP-10 é apenas o começo de um projeto que promete ter contribuições significativas para o estado da ciência.

Os dispositivos de comunicação definidos por *software*, que possuem diversas possibilidades de aplicação, devem, no entanto, esperar que os desafios relacionados com a tecnologia dos componentes envolvidos sejam vencidos. Um longo caminho de pesquisas e testes ainda deve anteceder a implementação comercial dessa nova tecnologia. Estima-se que, dentro de 10 anos, a maioria dos dispositivos de rádio tenha sido substituída por sistemas definidos por *software*. A camada de aplicação mais alta deve conter restrições acerca de alterações maliciosas e/ou fora da regulamentação. Isso requer normatização por parte dos órgãos governamentais e de gestão. Como frutos desse sistema, surgirão novas antenas inteligentes, compostas por vários elementos reconfiguráveis que possam também ser alterados via *software*.

A implementação desses modos em uma plataforma RDS favorece desenvolvedores ao redor do mundo, ainda que não possuam domínio sobre a tecnologia de criação do *hardware*, como é o caso dos países em desenvolvimento.

Agradecimentos

Aos professores André Gustavo Monteiro Lima e Eduardo Wolski pela oportunidade de escrever sobre o tema e apresentar os resultados da pesquisa para a comunidade científica, ao Prof. Leonardo Menezes, pelo apoio e pela iniciativa do projeto.

Referências Bibliográficas

[1] BOUTIN, Paul, Acabando com a sobrecarga dos portáteis, disponível online em: <http://br.wired.com/wired/tecnologia/0,1155,13321,00.html>

[2] LARKIN, Robert, DSP-10 Project, <http://www.proaxis.com/~boblark/dsp10.htm>

[3] LARKIN, Robert, The DSP-10: An All-Mode 2-Meter Transceiver Using a DSP IF and PC-Controlled Front Panel – Part I, disponível online em: <http://www.arrl.org/tis/info/pdf/9909033.pdf>

[4] LARKIN, Robert, The DSP-10: An All-Mode 2-Meter Transceiver Using a DSP IF and PC-Controlled Front Panel – Part II, disponível online em: <http://www.arrl.org/tis/info/pdf/9910034.pdf>

[5] LARKIN, Robert, The DSP-10: An All-Mode 2-Meter Transceiver Using a DSP IF and PC-Controlled Front Panel – Part III, disponível online em: <http://www.arrl.org/tis/info/pdf/9911042.pdf>

[6] Project: Linux DSP-10, disponível online em: <http://sourceforge.net/projects/linux-dsp-10/>

[7] Fórum sobre Rádio Definido por Software www.sdrforum.org

[8] LARKIN, Robert, REED, Mike, On-line User's Manual DSP-10 2 Meter Transceiver, disponível online em <http://members.ispwest.com/kd7ts/ver3/Man2.html>

[9] SCHNYDER, Franz, Haller, Implementation on FM Demodulator Algorithms on a High Performance Digital Signal Processor, Diploma Theses, Nanyang – Technological University

[10] Antenas Aquário, <http://antenas.aquario.com.br>

[11] HOSKING, Rodger, Digital Receiver Handbook: Basics of Software Radio, disponível online em: www.pentek.com/Products/GetOTD.CFM/DgtlRcvrHbk43.pdf?Filename=DgtlRcvrHbk43.pdf

Biografias



Fernanda Brandi da Silva é estudante de Engenharia Elétrica na UnB, Universidade de Brasília, onde cursa o 6º semestre. Aluna de IC-PIBIC/UnB



Francisco Augusto da Costa Garcia é estudante de Engenharia Elétrica na UnB, Universidade de Brasília, onde cursa o 6º semestre. Bolsista de Iniciação Científica – PIBIC – UnB/CNPq



Izumi Renata Santos Takada é estudante de Engenharia Elétrica na UnB, Universidade de Brasília, onde cursa o 6º semestre. Aluna de IC-PIBIC/UnB



Marcello Gurgel Sasaki é estudante de Engenharia Elétrica na UnB, Universidade de Brasília, onde cursa o 6º semestre.

Trabalho desenvolvido com o apoio do
CNPq/PIBIC - UnB