

A TECNOLOGIA DO PROCESSADOR DIGITAL DE SINAL (PDS) APLICADA AO RÁDIO DEFINIDO POR SOFTWARE (RDS) – 3G

RIVALDO GUEDES CORRÊA JÚNIOR
JANSEN CARLOS DE OLIVEIRA

Engenharia de Telecomunicações/Computação
Instituto de Educação Superior de Brasília - IESB

<http://www.iesb.br>

e-mails:

rivaldo.correa@ig.com.br / jans.c@terra.com.br

Resumo – Este artigo tem por objetivo conceituar a Tecnologia de Rádio Definido por Software (RDS), bem como os Processadores Digitais de Sinais (PDS) e as aplicações potenciais destes dispositivos nessa nova tecnologia de comunicações RF. Propõe-se uma breve descrição da tecnologia RDS, comparando o modelo de comunicações através do sistema convencional totalmente implementado por hardware (RDH) com a tecnologia RDS. Também neste artigo abordaremos o tratamento do sinal RF pela arquitetura RDS Ideal e os desafios a serem transpostos nos próximos anos.

Abstract – The goal of this article is to define the Technology of the Software Defined Radio (SDR), also the Digital Signal Processor (DSP) and the commercial applications of those devices for that new technology of RF communications. It is considered here a brief description of the SDR Technology, the model of communications across conventional system totally implemented by hardware (HDR) comparing to the SDR Technology. We also mention the RF signal treatment RF by the SDR ideal architecture and the challenges to be get over in the next years.

Keywords – Software Defined Radio, SDR, Digital Signal Processor, DSP.

1 Introdução

Durante os anos setenta, observou-se a proliferação dos semicondutores. Nos anos oitenta, veio a década das memórias dinâmicas (DRAM), caracterizada pelos fabricantes de semicondutores que aperfeiçoaram suas tecnologias para permitir o aumento na capacidade das memórias. Os anos noventa podem ser lembrados como a era dos microprocessadores. Agora, com o rápido crescimento de altas tecnologias, evolui-se cada vez mais para uma era digital e os Processadores Digitais de Sinal (PDS) estão no centro desta evolução [1].

Por outro lado, tanto os avanços referentes à microeletrônica quanto a arquitetura de redes vêm tendo conseqüências importantes para a tecnologia do rádio. A utilização da tecnologia digital promete trazer para a comunicação sem fio a mesma convergência já alcançada pela comunicação com fio. No caso do rádio, esta integração digital em grande escala

inclui a interoperabilidade entre sub-redes com e sem fio.

Rádio Definido por Software (RDS) é um exemplo de tecnologia de rádio que apresenta um grande potencial para os serviços de comunicações sem fios, sobretudo a 3G, havendo um grande interesse na implementação de arquiteturas de “Rádio Software” em projetos que necessitam de diferentes interfaces em sua infra-estrutura.

2 Conceitos RDS

O Rádio Definido por Software (RDS) utiliza dispositivos digitais programáveis para prover o processamento de sinal necessário para transmitir e receber informações em banda base de RF. Dispositivos como os PDS e também os FPGA (field programmable gate arrays) utilizam software para prover a capacidade necessária de processamento de sinais. Esta tecnologia oferece grande flexibilidade e longa vida potencial do produto, uma vez que o rádio pode ser atualizado por software [2].

Um grande desafio para o RDS, talvez o maior deles, é igualar a eficiência de soluções que apresentam somente

hardware e ao mesmo tempo prover a flexibilidade e inteligência que o software pode oferecer.

Assim, a próxima explosão em comunicações por rádio será provocada pela telefonia móvel celular, impulsionando grandes investimentos em RDS.

Nesse sentido, todos os sistemas 3G são aplicações potenciais de RDS. Esta tecnologia oferece o potencial de solucionar muitos dos problemas provocados pela proliferação de novas interfaces aéreas. Estações base e terminais utilizando arquiteturas RDS poderão suportar múltiplas interfaces aéreas durante períodos de transição e poderão facilmente serem atualizadas via software. RDS's inteligentes poderão detectar e adaptar-se a interface aérea local. Tal capacidade poderá ser valiosa em viagens por diferentes regiões de um país de dimensões continentais, como Brasil, EUA, China e Rússia por exemplo, ou ainda em viagens por diversos países e continentes utilizando diferentes tecnologias de comunicação móvel.

2.1 A arquitetura Tradicional do Rádio Definido por Hardware

A figura 1 ilustra a arquitetura tradicional de rádio definido por hardware, a qual apresenta uma conversão dual utilizando "super-heterodyne transceiver". Este modelo foi criado na década de 30 do século passado e é certamente, ainda, a mais utilizada em muitas aplicações de comunicações tais como broadcast de rádio e de televisão [2].

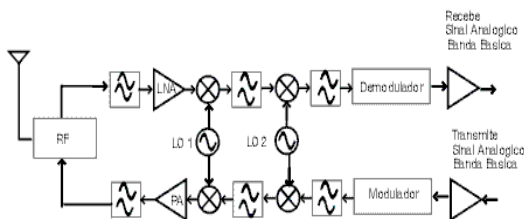


Figura 1 – Arquitetura tradicional de Rádio por Hardware

2.1.1 Como funciona o RDH?

A partir do recebimento do sinal RF através da antena é feita uma conversão para frequência intermediária mais baixa misturando ou multiplicando o sinal de entrada com um oscilador local, LO1. O

sinal é então filtrado e novamente abaixado para uma frequência de banda base pelo segundo oscilador, LO2. Esses osciladores são comumente implementados por PLL - "Phase-Locked Loop" [4]. O sinal de banda base modulado é então demodulado para produzir um receptor analógico e as funções recíprocas são implementadas no transmissor. O número de estágios de conversão executados depende da frequência de operação do RF, e, teoricamente, é possível adicionar estágios e 'puxar' para a banda base os sinais de alta frequência. O rádio super-heteródino analógico ainda é largamente utilizado com sucesso; ele foi utilizado nos sistemas de telefonia móvel 1G como o AMPS (Advanced Mobile Phone Systems), utiliza também "frequency modulation" (FM) e "frequency division multiplexing" (FDM) para permitir a múltiplos usuários o acesso a uma faixa específica de espectro. O sistema AMPS aloca uma faixa de espectro de 30 kHz para cada usuário.

2.2 A Arquitetura Ideal do Rádio Definido por Software

Na arquitetura ideal do RDS ilustrada na figura 2 visualiza-se a separação entre dois subsistemas distintos, um analógico e outro digital. As funções analógicas são restritas de tal forma que não podem ser executadas numa plataforma digital, e é formada por uma antena, um misturador de RF, um

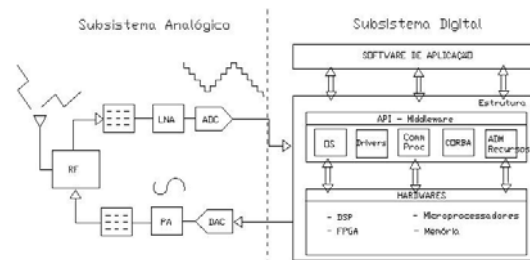


Figura 2 – Arquitetura do RDS Ideal implementado por hardware e software

amplificador de potência e outro de baixo ruído, além de conversores AD/DA [2].

2.2.1 Como funciona o RDS?

O subsistema analógico recebe um sinal RF da antena. Ele é encaminhado ao amplificador de baixo ruído LNA (Low Noise Amplificator), que regenera o sinal e o encaminha para o subsistema digital, onde ele é digitalizado e abaixado para

uma frequência intermediária. A separação das portadoras e a conversão das frequências altas e/ou baixas para a banda base são executadas pelos recursos de processamento digital do PDS implementado na solução. De forma similar, a codificação de canal e as funções de modulação são executadas digitalmente em banda base pelos mesmos recursos do PDS.

Na transmissão, o sinal processado digitalmente é encaminhando novamente para o subsistema analógico, sua frequência é elevada à frequência de RF, passando pelo amplificador de potência e transmitido à antena.

No subsistema digital existe uma completa abstração do hardware que é feita de tal forma que se divide em três camadas:

- Hardware: PDS, FPGA, memórias, microprocessadores, etc.
- Middleware: Conjunto de aplicações onde todos possuem a mesma funcionalidade, formando a Interface de aplicação dos programas (API), composta pelo sistema operacional, "drivers", comunicação entre processos, CORBA (Common Object Request Broker Architecture) e administração dos recursos.
- Software de aplicação: é a camada que vai comunicar-se com a API, favorecendo o desenvolvimento de algoritmos complexos, sem preocupação com o hardware.

3 Conceitos PDS

PDS é um processador especialmente projetado para aplicações em processamentos digitais de sinais.

A maioria dos sinais na natureza são analógicos em sua forma, o que significa dizer que variam continuamente no tempo e representam as variações de quantidades físicas como ondas de som. Por outro lado, os sinais usados em PDS são derivados de formas analógicas, os quais foram previamente amostrados em intervalos de tempo e convertidos na forma digital.

Os PDS representam hoje o segmento que mais cresce no mercado de semicondutores, tornando-se um dos propulsores da Indústria microeletrônica [1], [3].

Sua grande eficiência para operações em tempo real, sua velocidade

superior aos microprocessadores para aplicações genéricas e a alta capacidade de processar números num curto período de tempo, mudou a visão do mercado, principalmente nas aplicações que envolvem a necessidade de tratamento digital de sinais analógicos, como som e imagem.

3.1 Aplicações dos PDS

Tradicionalmente, a infra-estrutura dos projetos sem fio para tecnologia de rádio é implementada com uma combinação entre os dispositivos ASIC (Application Specific Integrated Circuits), PDS e FPGA. Nestes projetos tanto o ASIC como o FPGA são utilizados para algoritmos de codificações avançadas tais como "Reed Solomon", "Viterbi" e com funcionalidades de receptor "rake", enquanto o PDS manipula o processamento do "vocoding" (transmissão de um conjunto de parâmetros característicos do sinal de voz que possibilitem a sua futura síntese no receptor) e executa outros processamentos de voz [3].

3.1.1 GSM – O PDS Na Telefonia Móvel 3G

O GSM, sistema global para comunicações móveis, é o padrão digital para telefonia móvel amplamente utilizada na Europa e cuja presença está aumentando na América Latina, inclusive no Brasil, onde foi adotado para os serviços das bandas C, D e E. Suas especificações são abertas e favorecem a mobilidade do usuário como "roaming" e "handover" entre células [3]. O padrão GSM está sendo desenvolvido para incorporar os serviços multimídia previstos no 3G.

A tecnologia GSM também utiliza a divisão por tempo, mas, ao contrário do TDMA, oferece um caminho para o 3G [2]. O GSM está começando a surgir na América Latina, sendo consolidada rapidamente e constitui o elemento central da estratégia global de várias operadoras de grande porte. Tanto aqui na América Latina quanto na América do Norte algumas operadoras importantes de TDMA seguiram o exemplo da AT&T, que está sobrepondo GSM à sua rede TDMA, nos Estados Unidos. No Brasil, a decisão da Anatel de reservar a faixa de 1.800 MHz para PCS (conhecida como SMP no Brasil)

deu maior dinamismo ao desenvolvimento do GSM. A trajetória de atualização ou migração de GSM para o 3G começa com GPRS (General Packet Radio Service), que agrega a transmissão de dados em pacotes às redes GSM existentes. As operadoras podem implementar GPRS acrescentando novos nós de comutação de pacotes e efetuando “upgrades” na infra-estrutura existente, para estabelecer redes de transportes de dados em pacotes.

O GSM é um sistema celular, com arquitetura aberta, que utiliza transmissão digital baseada na banda de 900 MHz, especificada pelo ETSI (European Telecommunications Standards Institute), com método de acesso TDMA.

O GSM utiliza um formato de modulação digital chamado de GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying).

O GMSK descreve a Banda do Filtro Gaussiano de pré-modulação utilizado para reduzir o espectro do sinal modulado.

MSK (Minimum Shift Keying) é um tipo especial de modulação FSK (Frequency Shift Keying) onde 1's e 0's são representados por deslocamentos na frequência da portadora de RF [5].

O GSM tem evoluído desde que foi introduzido:

- Fase 1 compressão de voz a 13 Kb/s.
- Fase 2 introduziu 5.6 Kb/s (half rate) e otimização do sistema de compressão de voz.

Na evolução do GSM, a implementação com ASIC tornou-se mais cara e arriscada, pois os sistemas evoluem rapidamente e muitas vezes é difícil especificar mudanças durante o projeto, existindo assim a necessidade de se ter um caminho para modificações de sistemas em fases futuras do projeto, ou seja, o ASIC não pode facilmente adaptar-se a diferentes “front-end” RF para se ajustar a

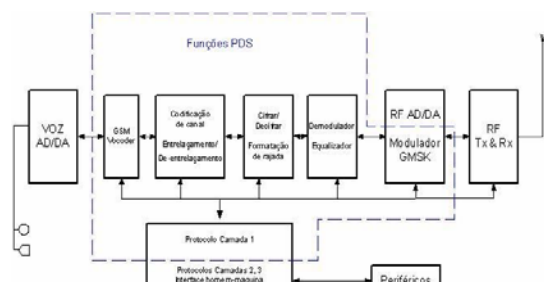


Figura 3 - Arquitetura GSM - handset padrão

diferentes mercados e padrões, o que favoreceu a utilização dos PDS. Os PDS também apresentam algumas vantagens quando se trata de retirar eco, ruído, reconhecimento de voz e melhor equalização.

A figura 3 representa o diagrama de blocos da arquitetura GSM. Podemos observar neste diagrama que muitas das funcionalidades dessa arquitetura podem ser implementadas via PDS (ver figura 4), com significativos ganhos de desempenho, flexibilidade e interoperabilidade. Adicionalmente poderíamos, teoricamente, agregar as funcionalidades do RDS à arquitetura GSM, implementando um subsistema digital composto por um middleware e software de aplicação interfaceado com o PDS onde as implementações GSM estariam incorporadas.

A figura 4 apresenta o modelo proposto para a implementação das funcionalidades RDS/PDS na

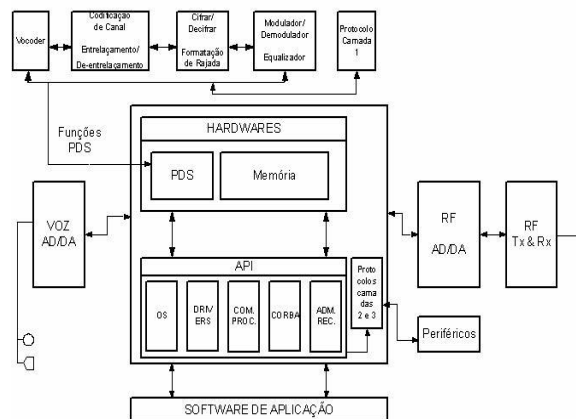


Figura 4 - Modelo proposto para implementação de RDS e PDS na arquitetura GSM.

implementação do handset GSM.

3.1.2 Como funcionaria este modelo?

Foi visto anteriormente que o núcleo do “handset” GSM poderia ser implementado dentro de um PDS customizado para consolidar as execuções dos processos de codificação de voz, codificação de canal, entrelaçamento, encriptação, formatação de sinalização do sistema (definição do tratamento da sinalização do sistema), modulador, demodulador e equalizador, conforme demonstrado na figura 3.

Vimos ainda que o subsistema digital do RDS estabelece a comunicação do PDS com o software de aplicação por meio de um middleware e que o hardware implementado no RDS pode conter além do próprio PDS, outro microprocessador auxiliar e memória externa.

Nessa arquitetura hipotética o sinal RF recebido da antena é encaminhado ao conversor A/D, o sinal é demodulado, decifrado e encaminhado ao Vocoder. Estes processos são efetuados internamente no PDS em pacotes encapsulados num protocolo de camada 1. A partir daí o sinal é enviado a um conversor D/A e daí para a interface do usuário (alto falante e microfone).

A transmissão do sinal é feita no caminho inverso, passando pelo conversor A/D, deste ao "Vocoder", novamente cifrado, equalizado, modulado, convertido novamente em RF analógico e finalmente encaminhado à antena.

Os periféricos do aparelho comunicam-se com o núcleo do "handset" por meio de protocolos das camadas 2 e 3, que permeiam o "middleware", o qual contém o conjunto de aplicações (API) que dão ao aparelho as funcionalidades exigidas pela operadora do sistema e também pelo usuário.

O software de aplicação comunica-se com o hardware por meio do middleware implementado no sistema utilizando os mesmos protocolos camadas 2 e 3.

Esse modelo agregaria ao sistema GSM as funcionalidades do RDS tais como a flexibilidade para operação em qualquer espectro de frequência, a reconfiguração do aparelho sem a necessidade de intervenções técnicas, a interoperabilidade do modelo, operação em multi-banda e até mesmo a transmissão de imagens utilizando compressão implementada no PDS.

3.2 Arquiteturas PDS atuais

A figura 5 mostra o diagrama de bloco do C5509 da Texas Instruments. O núcleo da série C55X é comumente usado no GSM "Extended Full Rate Vocoder", no codificador convolucional e no CODEC "Viterbi", os três mais populares algoritmos para telefonia móvel celular do mercado [3].

O PDS suporta uma estrutura interna com seis barramentos, sendo três para leitura, dois para escrita e um adicional para periféricos e DMA (Direct

Memory Access). Esta estrutura permite mais de três leituras e duas escritas de dados num único ciclo. O controlador DMA pode atuar independentemente do núcleo da CPU e executar paralelamente mais de duas transferências de dados por ciclo. Existem duas unidades MAC com capacidade de executar adição, subtração e multiplicação com 17 bits (fracionária ou integral) em um único ciclo de relógio. O núcleo está conectado a uma ROM, uma DARAM (Dual Access RAM) e uma SARAM (Single Access RAM), todas com palavras de 32K.

O núcleo deste PDS da Texas Instruments é utilizado em larga escala na produção de outros modelos de PDS disponíveis no mercado.

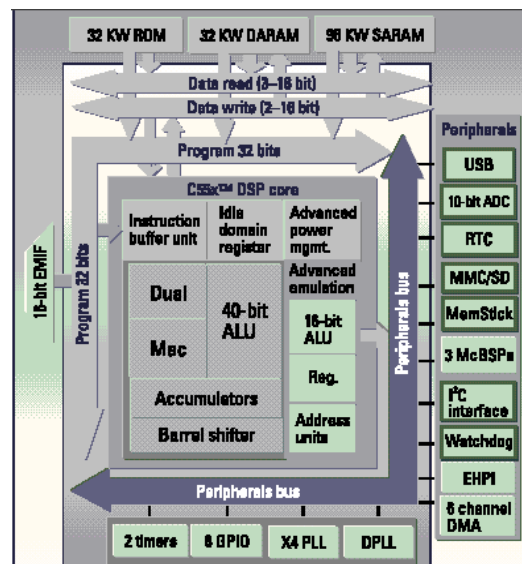


Figura 5 – Diagrama de bloco do PDS TMS320C5509

4 Conclusão

As proposições mais primitivas para a operação multi-padrão e mesmo algumas mais recentes (presentes atualmente em alguns terminais no mercado) são, na sua maioria, caracterizadas pelo uso de cadeias de transmissão/recepção distintas para cada um desses padrões ou mesmo pelo uso de uma cadeia de transmissão/recepção que opere numa ampla faixa de frequências, suportando, em ambos os casos, alguns padrões sem fio existentes. Entretanto, tais proposições não são flexíveis o suficiente para suportar uma operação

verdadeiramente multi-padrão, multi-banda e reconfigurável, uma vez que o surgimento e a incorporação de um novo padrão implicariam na substituição do terminal.

Desta forma, a aplicação de um novo conceito no desenvolvimento de circuitos e dispositivos em altas frequências, RDS, tem sido largamente explorada por pesquisadores em todo o mundo, conforme foi demonstrado neste artigo. Baseados nesta nova tecnologia, os novos equipamentos, dispositivos e terminais poderão agregar as características de flexibilidade e adaptabilidade requeridas, permitindo assim uma maior interoperabilidade entre os sistemas sem fio existentes.

Contudo as implementações do RDS e dos PDS requerem o estudo dos problemas e desafios inerentes a essa nova tecnologia, dentre eles:

- Segurança na atualização do software, a fim de evitar códigos maliciosos.
- Monitoração e controle do uso não autorizado do espectro.
- Velocidade e custo:
PDS podem se tornar economicamente inviáveis quando sinais de banda larga são envolvidos no processamento. Os custos com conversores ADC e DAC são muito elevados e em geral o seu desempenho é degradado em aplicações PDS banda larga (Gigahertz).
- Tempo de desenvolvimento, maturação e implementação do projeto.
- Problemas com limitações de representação da informação.
Em situações de tempo real, contextos econômicos muitas vezes fazem com que os algoritmos PDS sejam implementados com o uso de um número limitado de bits. Isto pode degradar substancialmente o desempenho do sistema e o seu resultado.
- A implementação de hardware adicional no sistema GSM requer o desenvolvimento de baterias com maior capacidade de armazenamento de energia e ao mesmo tempo mais compactas.

Alguns países, como a Índia, não apostam na terceira geração (3G), visto que o desempenho desse sistema nos países usuários não vem tendo os resultados esperados. Assim, ao contrário, podem aguardar a chegada dos sistemas

4G e até lá continuar a utilizar os sistemas GSM e GRPS já consolidados.

Acredita-se que a evolução da tecnologia PDS e RDS nos próximos dez anos permitirão a implementação efetiva dos serviços multi-banda, multi-padrão e reconfiguráveis, devido a crescente demanda por flexibilidade tecnológica, o que impulsionará o desenvolvimento tecnológico e viabilizará a comercialização desses serviços a partir do ganho de escala na industrialização.

Referencias Bibliográficas

- [1] P. Lapsley, J. Bier, A. Shoham, and E. A. Lee, PDS Processor Fundamentals: Architectures and Features. Berkeley Design Technology, Inc., Fremont, CA, 1996.
- [2] P. Burns, Software Defined Radio for 3G. Artech House, 2003
- [3] White. Digital Signal Processing. Delmar, 2001.
- [4] Lathi, B.P. Modern Digital and Analog Communications Systems. Oxford, 1998.
- [5] Proakis, J. Communications Systems Engineering. McGraw-Hill, 2001.

Biografias



Jansen Carlos de Oliveira, atualmente cursando o 8º Semestre de Engenharia de Computação no IESB, Brasília/DF. Desenvolvedor de sistemas pela empresa Montreal Informática, Brasília/DF.



Rivaldo Guedes Corrêa Júnior, formado em Ciência da Computação pela UNICEB-Santos/SP, atualmente cursando o 8º Semestre de Engenharia de Telecomunicações no IESB, Brasília/DF. Especialista na área Gestão de Ativos Tecnológicos da CAIXA ECONÔMICA FEDERAL.

