

Rádio Definido por Software

Plano de Ensino – 2017.2

1 Informações gerais

- Professor: Danilo Silva (danilo@eel.ufsc.br) – LCS (2º piso, prédio EEL)
- Horário/Local: Terças 08:30–11:50 / LATEP
- Oferecimento:
 - EEL7126 – Rádio Definido por Software (Engenharia Eletrônica)
 - EEL7824 – Projeto Nível II em Telecomunicações (Engenharia Elétrica)¹
- Pré-requisitos:
 - EEL7062 – Princípios de Sistemas de Comunicação
 - EEL7521 – Processamento Digital de Sinais **ou** EEL7065 – Sinais e Sistemas Discretos
- Requisitos:
 - Dedicção de pelo menos 4 horas semanais além da carga horária de aulas

2 Introdução

O termo **rádio definido por software** (*software-defined radio*, SDR) refere-se a um transmissor e/ou receptor de rádio que possui parte de suas funções (como demodulação, filtragem e detecção) implementadas em software. Ao contrário de dispositivos tradicionais inteiramente implementados em hardware, rádios definidos por software possuem a grande vantagem de ser facilmente reprogramados. Isso permite que sejam reutilizados em diferentes sistemas, faixas de frequência e modos de operação, inclusive de forma *cognitiva*, adaptando-se às condições e disponibilidade do meio. Além disso, o reuso de tecnologias possibilita uma drástica redução nos custos de projeto, desenvolvimento, manutenção e atualização.

Devido aos seus inúmeros benefícios, o paradigma do rádio definido por software tem despertado interesse crescente nas últimas décadas, em todo o mundo, por parte da academia, indústria e forças armadas, assim como de uma vasta comunidade de desenvolvedores e hobistas—estes últimos, impulsionados pela disponibilidade de dispositivos de preço acessível (como o receptor Realtek RTL2832U, entre outros), possibilitando o rápido desenvolvimento de aplicações poderosas, flexíveis e de baixo custo. Exemplos incluem recepção de sinais de radiodifusão, radioastronomia e radionavegação, comunicação via satélite, implementação de rede de telefonia celular, entre outras (ver links abaixo).

Nesta disciplina, rádios definidos por software serão usados para por em prática, em tempo real, conceitos e técnicas da teoria de comunicações empregados em sistemas modernos, permitindo assim ao aluno um contato mais próximo com os sinais transmitidos e recebidos, assim como uma perspectiva mais concreta dos desafios envolvidos na comunicação e suas possíveis soluções. Neste contexto, uma grande vantagem do processamento em software é que modelos de simulação podem ser reutilizados, quase que diretamente, como forma de implementação.

3 Ementa

Arquitetura de um transceptor de rádio definido por software (SDR). Plataformas de hardware e software para SDR. Processamento digital em banda base de sinais modulados. Transmissão e recepção em tempo real de modulações analógicas e digitais. Técnicas de sincronização de portadora, de símbolo e de quadro. Desenvolvimento de projetos.

¹Também pode ser validada como Projeto Nível I ou optativa da área de Telecomunicações

4 Objetivos

4.1 Geral

Estudo e implementação em software de técnicas de comunicação utilizadas em sistemas da atualidade, com transmissão e recepção em tempo real através de dispositivos de SDR comerciais.

4.2 Específicos

- Conhecer a evolução da arquitetura de um transceptor de rádio digital e os principais benefícios e desafios envolvidos na sua implementação.
- Compreender e descrever os fundamentos matemáticos do processamento digital em banda base de sinais modulados, bem como os efeitos do sincronismo imperfeito entre transmissor e receptor.
- Compreender e descrever os principais problemas práticos que afetam os dispositivos de SDR e como estes podem ser contornados ou amenizados através de processamento em software.
- Configurar e utilizar uma plataforma de software para SDR, tanto em ambiente de programação gráfica quanto através de linguagem de *script*.
- Analisar e otimizar, por meio de técnicas de processamento digital de sinais, a implementação de um sistema de SDR para viabilizar seu funcionamento em tempo real.
- Projetar, simular, implementar e avaliar técnicas de transmissão e recepção aplicáveis a sistemas de SDR, incluindo técnicas de sincronização de portadora, de símbolo e de quadro.
- Ganhar experiência e intuição sobre o funcionamento de sistemas de comunicação sem fio, através de demonstrações práticas em tempo real.
- Estimular a criatividade e o fortalecimento de habilidades de expressão, planejamento e estudo independente.

5 Conteúdo Programático

1. Introdução
 - 1.1. Motivação
 - 1.2. Arquitetura de um rádio definido por software (SDR)
 - 1.3. Plataformas de hardware e software para SDR
 - 1.4. Primeiro contato com SDR: visualização de espectro em tempo real
2. Fundamentação teórica
 - 2.1. Equivalente complexo em banda base para sinais modulados
 - 2.2. Revisão de processamento digital de sinais: filtros digitais, processamento multi-taxa, transformada discreta de Fourier, estimação espectral
 - 2.3. Familiarização com a plataforma de software e processamento em tempo real
3. Modulações analógicas
 - 3.1. Revisão de modulações AM, DSB-SC, SSB e FM
 - 3.2. Demodulação de DSB-SC e SSB via multiplicação por exponencial complexo
 - 3.3. Demodulação de AM via detector de envoltória complexo
 - 3.4. Demodulação de FM via discriminador complexo
4. Sincronização de portadora
 - 4.1. Estimação do desvio de frequência de receptores RTL-SDR
 - 4.2. *Phase-Locked Loop* (PLL)
 - 4.3. Malha de Costas

5. Comunicação digital
 - 5.1. Revisão de modulações digitais, detecção e formatação de pulso
 - 5.2. Sincronização de portadora
 - 5.3. Sincronização de símbolo
 - 5.4. Resolução de ambiguidade de fase
 - 5.5. Sincronização de quadro

6 Metodologia

As aulas terão um formato que alterna entre exposição da teoria, exercícios de implementação e simulação, e demonstrações práticas em tempo real. A implementação e a simulação serão realizadas em plataforma MATLAB/Simulink, com validação experimental utilizando dispositivos de SDR, como RTL2832U (receptor) e USRP (transmissor e receptor). Os alunos também terão oportunidade de desenvolver um projeto final, podendo optar entre realizar um projeto padrão definido pelo professor (implementação de um enlace de comunicação digital sem fio robusto a imperfeições de canal) ou propor um projeto alternativo de seu interesse, sob orientação do professor.

O cronograma da disciplina é dividido em duas partes:

1. Fundamentação teórica e familiarização com as ferramentas de software e hardware, com realização de exercícios em laboratório e demonstrações utilizando transmissor e receptor;
2. Execução e acompanhamento dos projetos.

Além da assiduidade, participação nas aulas e realização de exercícios semanais, durante a primeira parte da disciplina, a avaliação consistirá da entrega de relatório parcial, apresentação de slides, e relatório final do projeto desenvolvido.

Bibliografia

Básica

- [1] R. W. Stewart, K. W. Barlee, D. S. W. Atkinson, and L. H. Crockett, *Software Defined Radio using MATLAB & Simulink and the RTL-SDR*. Strathclyde Academic Media, 2015.
(Disponível online: <http://www.desktopsdr.com>)

Complementar

- [2] J. C. Richard Johnson, W. A. Sethares, and A. G. Klein, *Software Receiver Design: Build Your Own Digital Communication System in Five Easy Steps*. Cambridge University Press, 2011.
- [3] B. Sklar, *Digital Communications: Fundamentals and Applications*, 2nd ed. Prentice Hall, 2001.
- [4] S. Haykin and M. Moher, *An Introduction to Analog and Digital Communications*, 2nd ed. Wiley, 2007.
- [5] B. P. Lathi and Z. Ding, *Sistemas de Comunicações Analógicas e Digitais Modernos*, 4th ed. LTC, 2012.
- [6] W. Tuttlebee, *Software Defined Radio*. Wiley, 2002.
- [7] A. V. Oppenheim and R. W. Schaffer, *Discrete-time signal processing*, 3rd ed. Upper Saddle River: Pearson, 2010.
- [8] MATLAB and Simulink Tutorials, www.mathworks.com/academia/student_center/tutorials/.

Links interessantes (com exemplos de projetos e aplicações)

- <http://bit.do/sdr-applications>
- http://www.wirelessinnovation.org/what_is_sdr
- <http://www.rtl-sdr.com/about-rtl-sdr>
- <http://sdr.osmocom.org/trac/wiki/rtl-sdr>
- <http://www.desktopsdr.com>
- <http://rtlsdr.org>
- <http://www.rtlsdr.com>
- <http://www.ettus.com>
- <http://gnuradio.org>
- <http://hackaday.com/tag/rtl-sdr/>
- <http://hackaday.com/tag/sdr/>