

Digital Communications and Signal Processing

An Introduction using Octave or Matlab

Aldebaro Klautau

Federal University of Pará (UFPA), Brazil

August 15th, 2013

Aldebaro Barreto da Rocha Klautau Junior
Ph.D. University of California at San Diego (UCSD), 2003
Professor at the Federal University of Pará (UFPA)
Belém – Pará – Brazil
Email: a.klautau@ieee.org

ISBN-13: 978-85-911100-2-5

©Aldebaro Klautau, Brazil

No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, recording, or otherwise, without written consent from the Publisher

Created in Brazil

Visit the book web site: <http://www.aldebaro.ufpa.br>

Prefácio

A era da informação trouxe novas possibilidades para a melhoria do processo de aprendizagem, as quais podem complementar as tradicionais aulas expositivas e exercícios de fixação. Com um visível impacto na engenharia, este é a era onde o ITU e outros organismos de padronização abriram o acesso a muitos dos seus documentos e também há vários interessantes projetos abertos de softwares e hardwares para ajudar a aprendizagem através da prática. Assim, este livro sugere várias aplicações práticas para as quais ferramentas de código aberto (Octave, GNU Radio, projetos GSM, etc.) e hardware de baixo custo (USRP, DVB-T dongle, periféricos HackRF, etc.) são elementos-chave.

Sistemas de comunicação atuais dependem fortemente do processamento digital de sinais (PDS) e este fato motivou o esforço para apresentar os dois. Desta forma o livro pode se beneficiar do uso da mesma nomenclatura, tanto para PDS quanto comunicações. Mas há relação de compromisso bem conhecida entre abrangência e profundidade ao se definir conteúdo de livro, especialmente tendo em conta que PDS e comunicações digitais são amplas áreas. Na verdade, quando as ensino, sinto-me como o guia de um grupo de turistas com sete dias para visitar a Europa e orçamento reduzido. Este livro é o resultado da minha crença de que, apesar de ser impossível visitar todos os lugares agradáveis, é realista aprender as noções básicas de dois importantes assuntos em engenharia e se divertir ao longo do processo, especialmente por meio de recursos disponibilizados por interessantes projetos abertos.

Devido ao fato de que existem tantos livros bons e abrangentes sobre os assuntos, tomei a rota alternativa de deixar de fora temas que muitas vezes são parte de cursos clássicos em favor da inclusão de tópicos que observo necessários para a construção de sistemas modernos como rádios definidos por software. As escolhas foram influenciadas pela minha experiência em projetos de pesquisa e desenvolvimento com empresas como Ericsson, Brasilsat e Comunix, que impactou substancialmente as minhas atividades de ensino. Assim, o livro pode ser mais eficaz para leitores autodidatas com tendência a favor de aspectos práticos. Não se alega que o mesmo seja o livro-texto ideal para aqueles que estejam se preparando para realizar provas.

Este livro se beneficia de código aberto e livre. Dessa forma, todos os softwares estão disponíveis em <http://www.aldebaro.ufpa.br>. Mesmo as figuras podem ser reproduzidas pelo leitor com o código fonte fornecido. Ambos Matlab (da Mathworks) e Octave são capazes de executar a maioria dos códigos. O recurso de programação orientada a objeto (POO) do Matlab foi evitado, assim como “toolboxes” específicos que ocultem detalhes importantes. A intenção é motivar o leitor a entender e desenvolver sua/seu próprio software, em contraste a se familiariza com uma biblioteca ou GUI. Esta estratégia também permitiu fazer código compatível com ambos Octave e Matlab. Os códigos que executam em apenas um dos dois foram organizados em diretórios específicos.

Como URLs mudam significativamente ao longo do tempo, em vez de listá-los nesta cópia impressa, todas as referências identificadas por *url*, como [ulrFMitu] (um identificador único seguindo o prefixo *url*), são organizadas (e mantidas atualizadas) no site do livro.

Adotei a estratégia de “self-publisher”, a qual permite o livro ser impresso em cores com um preço de venda próximo ao custo de impressão. Contudo, tive que executar várias tarefas que normalmente são

realizadas por uma editora especializada.¹ Não foi possível ter um revisor profissional para a revisão do texto e, portanto, peço desculpas por eventuais erros gramaticais.

Em 2008, o Governo do Estado do Pará, através da sua agência de pesquisa, FAPESPA, financiou meu primeiro livro e me propiciou iniciar nessa atividade. Reconheço aqui não só esse apoio, mas todo o trabalho que o Governo do Estado fez naquele ponto em favor da ciência e tecnologia no Pará, estado brasileiro imerso na magnífica Amazônia, conhecida por ter as maiores floresta tropical e bacia hidrográfica do mundo. A capa² deste livro retrata essa região e sua necessidade por tecnologias de informação e comunicação, para mover sua economia atualmente concentrada na exploração primária dos recursos naturais e estabelecer novas e sustentáveis indústrias.

O corrente livro foi finalizado na Universidade da Califórnia, San Diego (UCSD), durante licença sabática da Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil, patrocinada pela Fundação CAPES. Dez anos depois da conclusão do meu curso de doutorado, encontro-me mais uma vez muito grato ao meu sempre orientador, Professor Alon Orlitsky, por viabilizar minha estadia como professor visitante na UCSD.³

Também agradeço o apoio dos alunos e colegas da UFPA, pesquisadores da Ericsson e Brasilsat, amigos e familiares. O livro é dedicado aos meus pais, Aldebaro e Regina. Agora que minha esposa e eu tentamos educar três crianças, entendo melhor os maravilhosos pais que tenho. A sabedoria deles ainda me espanta quando recorro ensinamentos e discussões. Meu pai realizou tantas coisas incríveis, algumas de significativo benefício à população paraense, e ainda conseguiu fazer seus filhos orgulhosos por vencer jogos (de futebol, tênis de mesa, etc.), ser nosso treinador no esporte, professor de matemática, amigo, etc., enquanto minha mãe sempre me dá apoio incondicional, com amor tão intenso que é visível. No contexto, um exemplo de sua presença importante é que, quando eu estava perdendo o interesse pela engenharia ela me deu de presente o primeiro computador, o qual me fez indagar “-Como isso funciona?” e acabou definindo minha carreira. E para compartilhar a minha gratidão a Deus por me permitir desfrutar a escrita deste livro, uso trecho da segunda carta de São Paulo aos Coríntios: “Não que sejamos capazes, por nós, de pensar alguma coisa, como de nós mesmos; mas a nossa capacidade vem de Deus.”

¹ Com respeito à edição de texto no Latex, contei com a *expertise* de Martin Sievers - <http://www.schoenerpublizieren.de>.

² A arte da capa do livro foi feita por Bernardo Magalhães, da empresa Libra Projeto - <http://www.libradesign.com.br>.

³ Agradeço o amplo apoio dos funcionários da biblioteca da UCSD, especialmente a Sra. Deborah Kegel.