



Laboratório de Princípios de Comunicações

Período 2021.2

Guia de Experimentos 5

Tema(s): Comunicações digitais.

Professor(es): Edmar Candeia Gurjão

1 Introdução

O presente guia descreve atividades experimentais a serem realizadas na disciplina Laboratório de Princípios de Comunicações do curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

Os experimentos propostos deverão ser realizados no Laboratório de Princípios de Comunicações – LPC, localizado na Central de Laboratórios da Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da UFCG, empregando:

- Computador com software GNU Radio Companion – GRC (<http://gnuradio.org/>) instalado;
- Módulo USRP (do inglês *Universal Software Radio Peripheral*) para transmissão e recepção de sinais numa abordagem conhecida como Rádio Definido por Software – RDS.

Na seção 3 deste guia, propõe-se um conjunto de atividades de preparação a serem desenvolvidas pelo aluno antes da aula em que serão realizadas as práticas experimentais. Sem a realização prévia destas atividades pelo aluno, as práticas experimentais propostas ficarão comprometidas, tanto no tempo necessário para sua realização quanto no aproveitamento pelo aluno. Por essa razão, **o aluno só poderá realizar os experimentos em laboratório se apresentar ao professor no início da aula os resultados da preparação proposta.**

A aula terá duração de duas horas e o aluno deverá entregar ao seu término, por escrito, respostas às questões referentes aos experimentos realizados propostas na Folha de Respostas (parte final do guia).

2 Objetivos

As práticas experimentais aqui propostas têm por objetivos:

- Analisar diagrama de olho de sinal digital;
- Observar efeito de ruído de canal em BER e SNR em sinal modulado digital transmitido.

3 Preparação

3.1 Estudo

Revise e pesquise sobre os conceitos:

- Diagrama de olho;
- Equalizador de zero forçado (*zero-forcing equalizer*);
- Código duobinário;
- Modulações M-PAM e M-QAM.

4 Experimentos

A seguir são descritas práticas experimentais a serem realizadas pelo aluno em aula de laboratório.

4.1 Experimento 1 – Diagrama de olho

O objetivo deste experimento é identificar os elementos de um diagrama de olho de um sinal 2-PAM e observar seu comportamento mediante adição de ruído.

1. Antes de iniciar as atividades com o GRC, crie uma pasta para guardar os arquivos de seus experimentos e copie nela os modelos de diagrama (arquivos .GRC) disponibilizados pelo professor para esta aula. **Não deixe de realizar isso, pois o computador deste laboratório não é para seu uso pessoal e os arquivos que você utilizará serão alterados por você durante o experimento;**
2. Execute o software GRC e abra o arquivo **Labo5-1.grc**. A Figura 1 ilustra o diagrama deste experimento. Ele consiste na transmissão de um sinal 2-PAM e recepção do mesmo acrescido de ruído de canal. O gráfico apresentado permite observar o diagrama de olho construído a partir da parte real do sinal recebido;
3. Para conseguir visualizar o diagrama de olho, marque a opção **Persistence** no canto superior do painel, à direita do gráfico, ajuste o valor **Analog Alpha** (pequena régua deslizante que surge sob a opção **Persistence**) para seu valor mínimo (0.01000) e aguarde a transmissão de vários pulsos para que o diagrama de olho seja desenhado.
4. Um régua deslizante localizada sob o painel do diagrama de olho permite alterar a potência do ruído de canal e observar seu efeito sobre o diagrama de olho e sobre a relação sinal-ruído (SNR) no sinal recebido. Após alterar o nível de ruído, desmarque a opção **Persistence** para limpar o gráfico e volte a marcá-la para que novo diagrama de olho seja desenhado para o novo nível de ruído;
5. Execute o diagrama e responda às questões propostas na Folha de Respostas.

4.2 Experimento 4 – Modulação digital

O objetivo deste experimento é mostrar o conceito de um receptor FM usando detecção por inclinação.

1. Abra o arquivo **Labo5-4.grc** disponibilizado pelo professor. A Figura 2 ilustra o diagrama deste experimento. Ele consiste de um sistema de transmissão digital modulada, que permite monitorar as constelações dos sinais transmitidos e recebidos, o espectro do sinal recebido, além da taxa de erro de bits (BER) e da relação sinal-ruído (SNR) obtidas na recepção.
2. Execute o experimento e responda as questões propostas na Folha de Respostas.

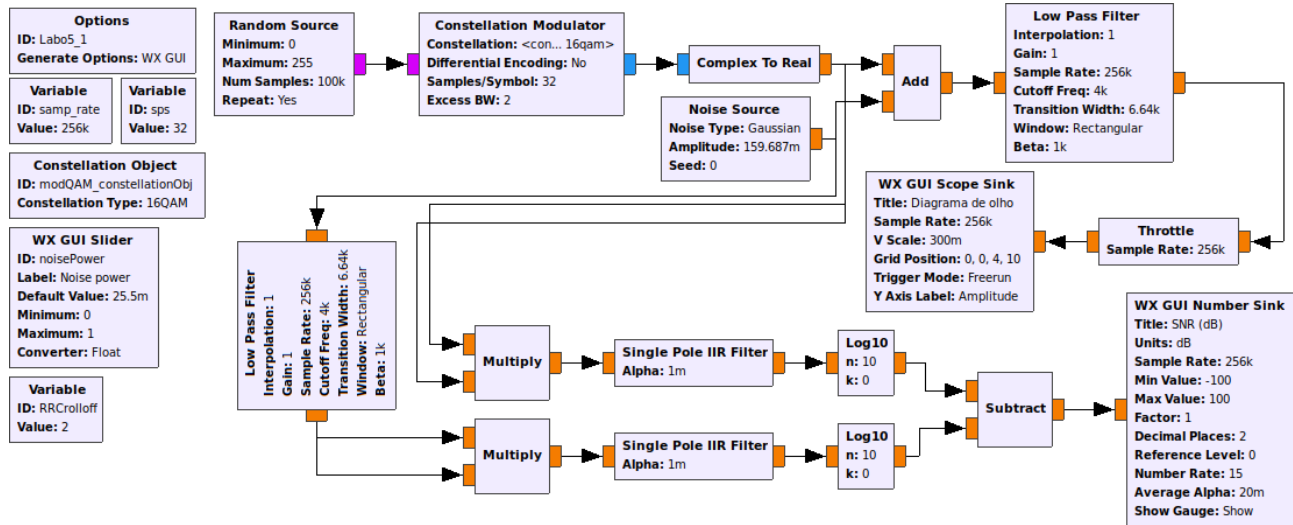


Figura 1: Diagrama de blocos para análise de diagrama de olho de sinal 2-PAM.

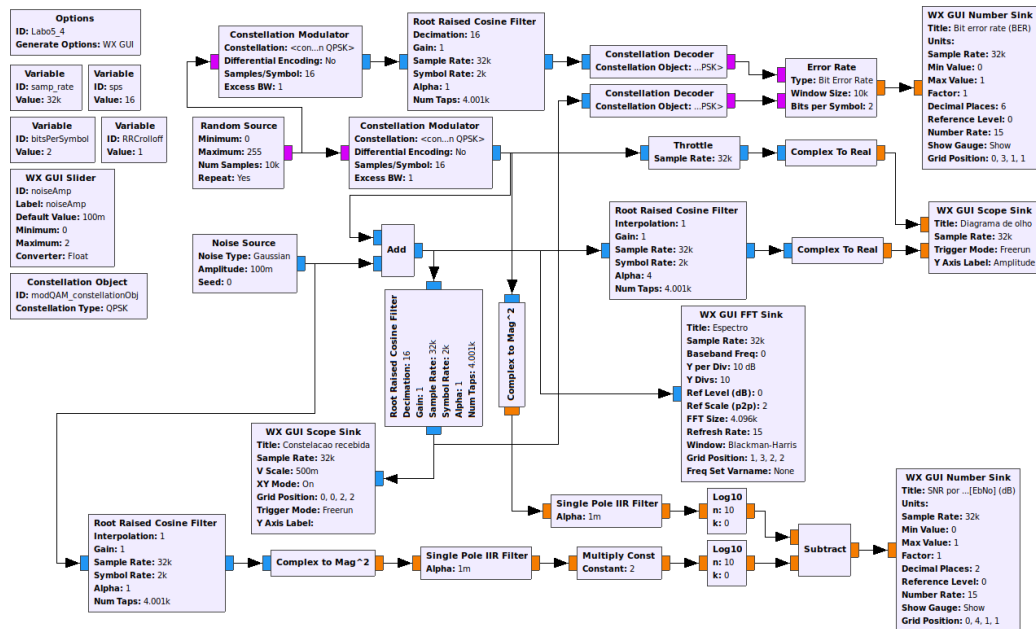


Figura 2: Diagrama de blocos de sistema de transmissão digital modulada.



Laboratório de Princípios de Comunicações

Período 2021.2

Guia de Experimentos 5 – Folha de Respostas

Tema(s): Comunicações digitais.

Professor(es): Edmar Candeia Gurjão

Aluno: _____

Data: _____

Experimento 1 – Diagrama de olho

1. Observe o diagrama de olho desenhado para o sinal 2-PAM recebido sob baixo ruído (SNR de 30 dB). Esboce esse diagrama e identifique suas componentes (período, amplitude de abertura, etc.).

2. Aumente o nível de ruído até obter SNR de ≈ 20 dB. Qual o efeito observado no diagrama de olho?

3. Retorne a SNR para 30 dB. Em seguida, altere a variável M de 2 para 4, para mudar a modulação de 2-PAM para 4-PAM. Explique porque o diagrama de olho agora apresenta mais níveis de amplitude e o que cada nível representa.

Experimento 2 – Modulação digital

1. Qual a SNR_b (SNR por bit) e a BER observadas? Varie o nível de ruído do canal através da régua deslizante. O que ocorre com a SNR_b e a BER quando o nível de ruído é aumentado ou diminuído.

2. A que nível de SNR_b obtém-se uma BER de aproximadamente 10^{-4} , ou seja, um erro em cada 10 kbits transmitidos?

3. Altere a variável M de 4 para 16 de forma a gerar o formato de modulação 16-QAM. Para esta modulação, a que nível de SNR_b obtém-se uma BER de aproximadamente 10^{-4} ? Compare com o valor obtido para 4-QAM e apresente razões para a diferença. Repita o mesmo para $M = 64$.
