



Prática computacional: código do diagrama de olho

Código

A execução dos códigos devem ser dados na seguinte forma:

As seguintes rotinas geram os sinais binários e quaternários, respectivamente e geram o diagrama de olho para os sinais livres de distorção.

```
>> eye_1.m  
>> eye_2.m
```

A aplicação das distorções pelo canal customizado só podem ser feitas após a execução das rotinas anteriores, pois elas fornecem as formas de onda para cada formatação de pulso.

```
>> apply_channel.m
```

O canal customizado possui as seguintes características:

- Aplicação de AWGN por meio de SNR fornecida;
- Aplicação de atraso temporal como uma fração aleatória do tempo de símbolo (o atraso se apresenta como um atraso único ou consecutivos atrasos para cada símbolo);
- Aplicação de desvio de frequência e fase aleatórios por meio de uma portadora complexa;
- Aplicação de um filtro que modela um canal telefônico, fornecido por Haykin ("Haykin, S., Moher, M., "Sistemas de Comunicação", 5a Edição, Editora Bookman, 2011.");
- Aplicação do modelo de canal de Rayleigh e Rician fornecido pela *toolbox* de comunicações do MATLAB com propriedades semi-aleatórias.

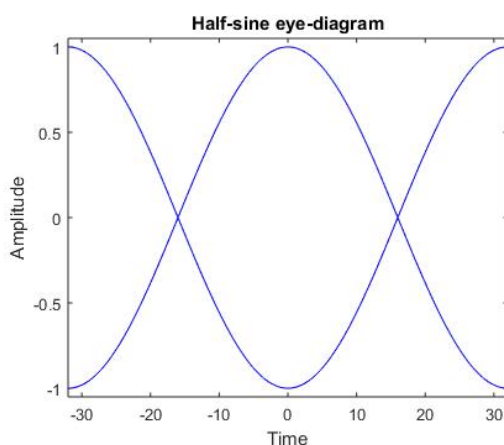
O código fonte permite que qualquer uma dessas características sejam implementadas facilmente e podem ser cumulativas. Vide abaixo alguns exemplos de aplicação (o código `apply_channel.m` possui algumas predefinições):

```
>> SNR = signal_to_noise_ratio; % [dB]
>> SPS = sample_per_symbol;
>> in = input_message;
>> out1 = kanal(in,SNR,SPS,'awgn','delay','jitter','shift','telephone','rayleigh','rician');
>> out2 = kanal(in,SNR,SPS);
>> out3 = kanal(in,SNR,SPS,'awgn','jitter');
>> out4 = kanal(in,SNR,SPS,'shift','rician','awgn');
>> out5 = kanal(in,SNR,SPS,'rayleigh');
>> out6 = kanal(in,SNR,SPS,'delay','jitter','telephone');
```

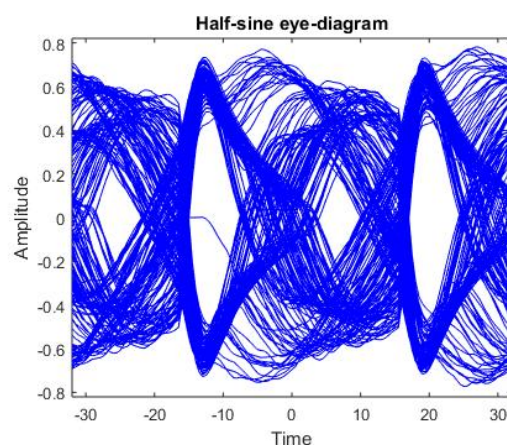
OBS: A ordem dos três primeiros argumentos deve ser respeitada, enquanto que os demais efeitos podem ser adicionados em qualquer ordem.

Comparação binária

A título de comparação dos diagramas gerados, serão utilizadas diferentes combinações de degradações para os diferentes formatos de pulso (RZ, NRZ, *half sine*, *raised cosine*). Para o AWGN, foi considerado uma SNR fixa de 30 dB e para os demais efeitos que geram um sinal complexo, foi considerada apenas a parte real para o traçado do diagrama de olho.



(a) Pura



(b) AWGN + delay + jitter + canal telefônico

Figura 1: Comparação entre diagrama de olho para um sinal formatado com pulso *half sine*.

Para o *half sine* observa-se que o instante ótimo de amostragem foi prejudicado, restando janelas curtas de tempo para uma boa amostragem. Mesmo assim o limite de amplitude foi prejudicado pelo ruído.

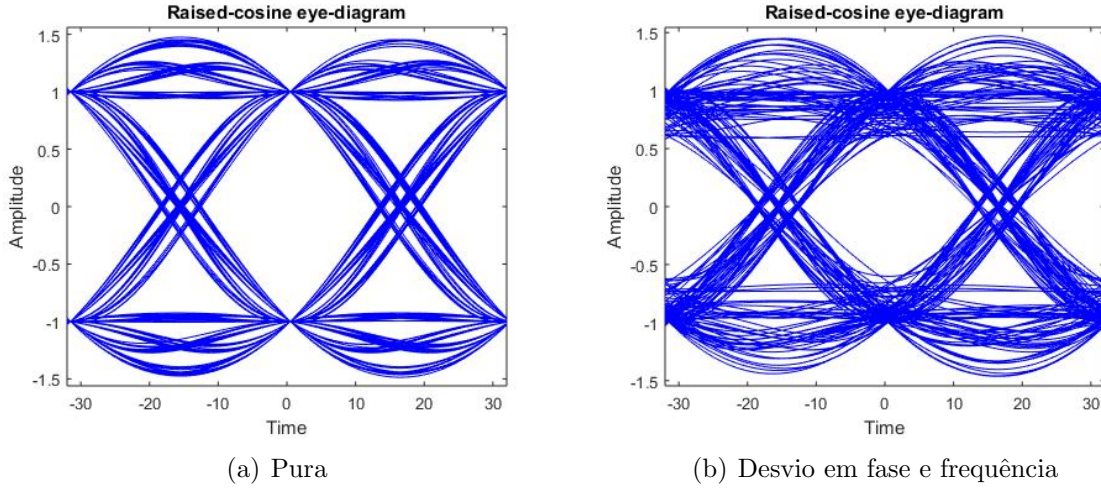


Figura 2: Comparação entre diagrama de olho para um sinal formatado com pulso *raised cosine*.

A inserção de um vetor girante no pulso *raised cosine* se mostrou extremamente prejudicial para a ISI. Apesar do vetor inserido possuir rotação de 0.1% da taxa de símbolo do sinal, valores maiores (e.g. 1%) podem comprometer completamente a detecção do sinal

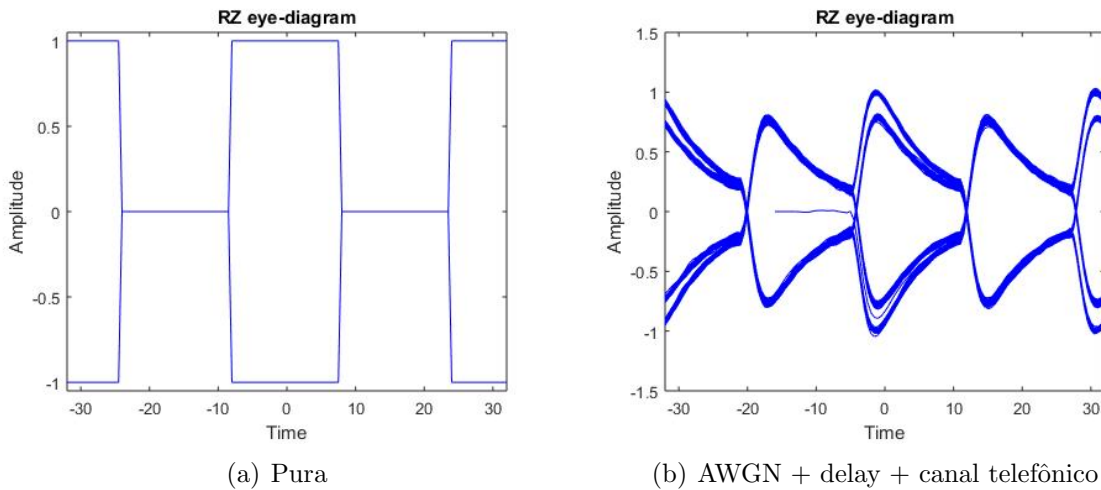


Figura 3: Comparação entre diagrama de olho para um sinal formatado com pulso RZ.

No caso RZ o canal telefônico possui características de atenuação, prejudicando o *slope* ideal do formato do pulso. Porém, mesmo com os efeitos, o sinal ainda possui uma

boa sensibilidade a amplitude, mas com certo cuidado no instante de amostragem, devido ao *slope*.

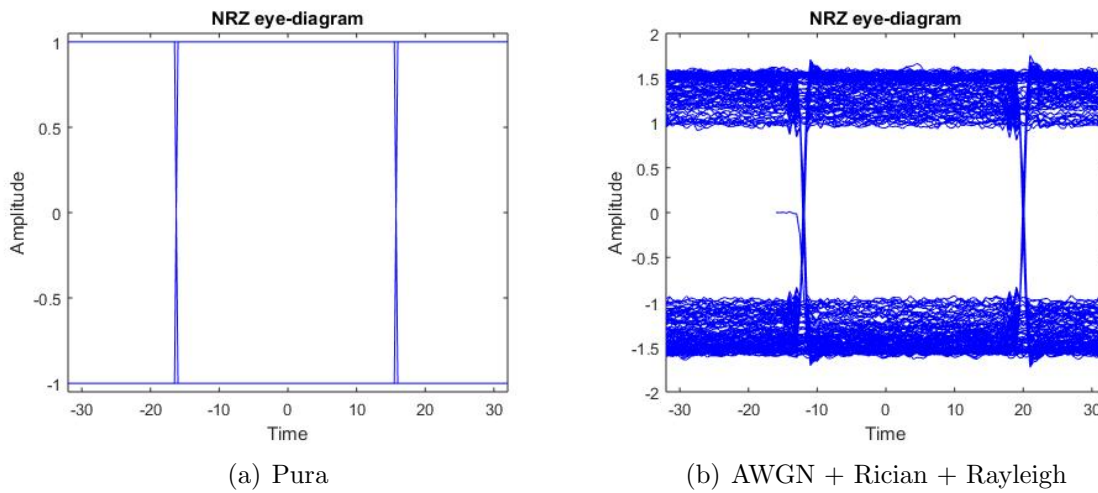
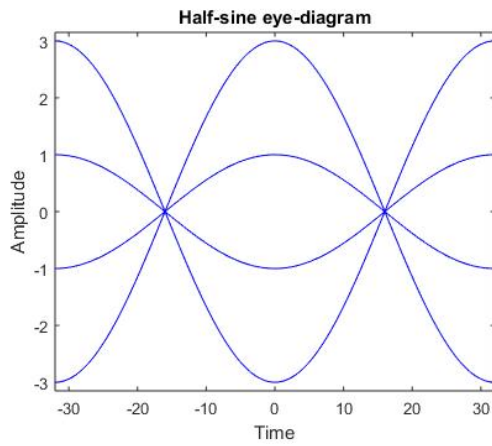


Figura 4: Comparação entre diagrama de olho para um sinal formatado com pulso NRZ.

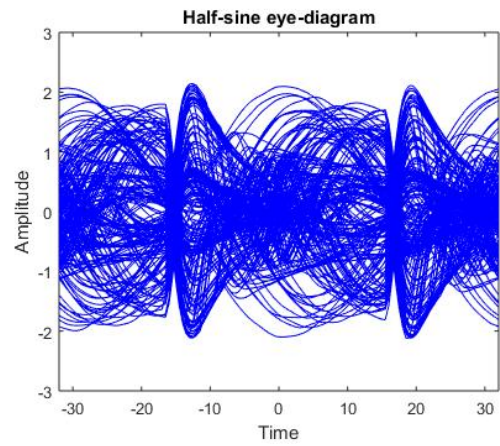
Para o sinal NRZ, as propriedades inseridas de desvanecimento de multi caminho dos canais Rayleigh e Rician contribuíram, juntamente com o leve AWGN, para reduzir a abertura máxima do olho. Porém, devido a uniformidade do NRZ, não será necessário ajustar o tempo de amostragem ideal.

Comparação quaternária

Repetindo os mesmos testes e com as mesmas condições para o caso M-ário ($M=4$), obtém-se condições ainda mais destrutivas devido ao acúmulo de diferentes símbolos.

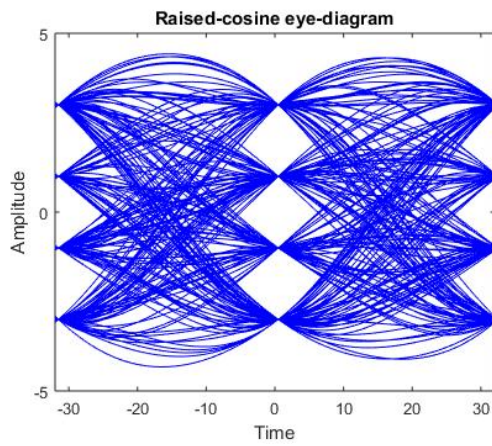


(a) Pura

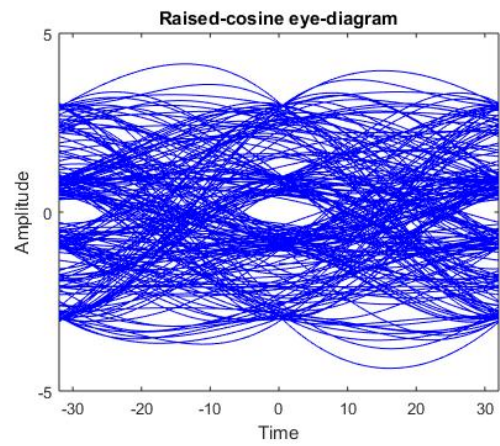


(b) AWGN + delay + jitter + canal telefônico

Figura 5: Comparação entre diagrama de olho para um sinal formatado com pulso *half sine* M-ário ($M=4$).

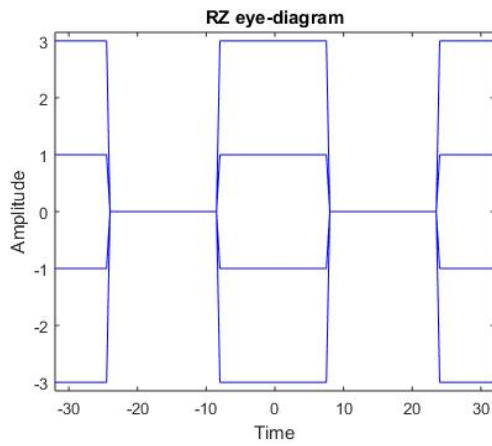


(a) Pura

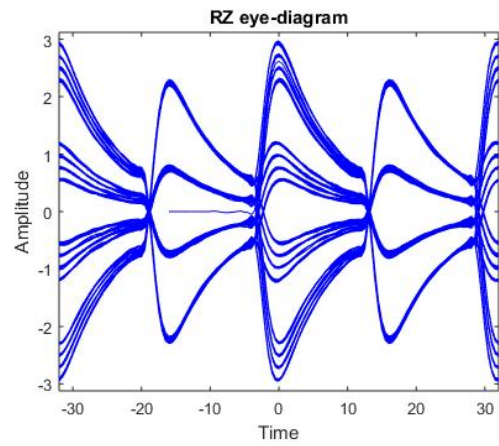


(b) Desvio em fase e frequência

Figura 6: Comparação entre diagrama de olho para um sinal formatado com pulso *raised cosine* M-ário ($M=4$).

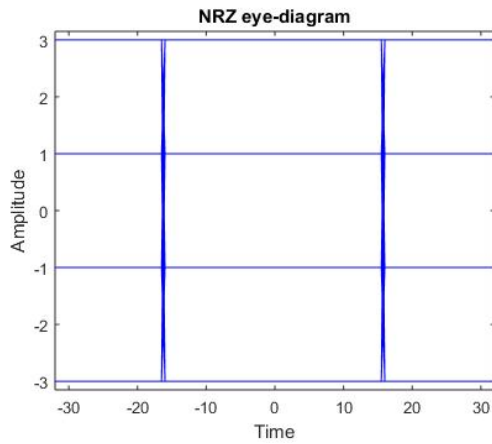


(a) Pura

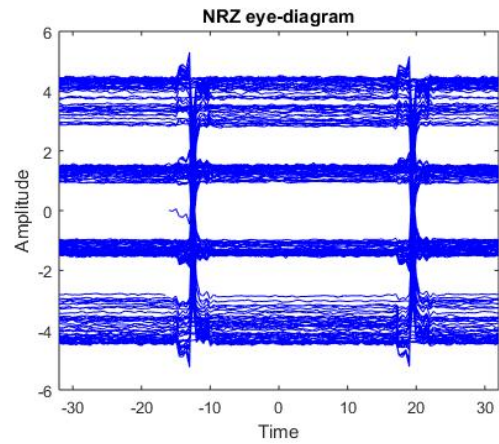


(b) AWGN + delay + canal telefônico

Figura 7: Comparação entre diagrama de olho para um sinal formatado com pulso RZ M-ário ($M=4$).



(a) Pura



(b) AWGN + Rician + Rayleigh

Figura 8: Comparação entre diagrama de olho para um sinal formatado com pulso NRZ M-ário ($M=4$).

Os detalhes que podem ser discutidos são:

- No caso do *raised cosine* o sinal foi quase que em sua totalidade prejudicado, restando apenas um estreito olho, com um curto intervalo de amplitude e tempo de amostragem;
- Para o RZ, o canal telefônico gerou padrões de ISI mais complexos para maiores amplitudes, podendo prejudicar uma pouco mais a detecção dos símbolos do que no caso binário;

- O sinal NRZ possui um olho mais fechado devido ao AWGN e desvanecimento, mas isso só foi acentuado devido à interferência dos símbolos de diferentes amplitudes entre si;
- Finalmente o *half sine* se mostrou bastante degradado para as mesmas condições que o caso binário.

Os efeitos que os sinais estão submetidos no canal são diversos e variam de acordo com o tipo de canal. Esses exemplos não procuram estabelecer um modelo de canal real, mas apenas combinar diversas degradações que podem ou não ocorrer juntas, com o objetivo de prejudicar o diagrama de olho e buscar um melhor entendimento da sua premissa.