



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA



David Maykon Krepsky Silva
João Luis Grizinsky de Brito

Modulação Delta, Diagrama do Olho e Demodulação em Banda Passante

Data de realização do experimento:
8 de dezembro de 2015
Série/Turma:
1000/1011
Prof. Jaime Laelson Jacob

22 de dezembro de 2015

Sumário

1	Introdução	2
2	Revisão da Teoria	3
2.1	Modulação Delta	3
3	Diagrama de olho	4
4	Metodologia Experimental	5
4.1	Materiais	5
4.2	Modulação Delta	5
4.3	Modulação Delta: erro de quantização	5
4.4	Modulação Delta: distorção de inclinação de sobrecarga	5
4.5	Modulação Delta: ruído granular	6
4.6	Diagrama de olho	6
4.7	Diagrama do olho:Redução da Largura de Banda, Jitter e Redução da Largura de Banda e Jitter	7
4.8	Receptor em Banda Passante Ótimo: O Receptor de Correlação	7
4.9	Receptor de Correlação para Sinais Assimétricos em Banda Passante	7
5	Resultados	9
5.1	Modulação Delta	9
5.2	Modulação Delta: erro de quantização	9
5.3	Modulação Delta: distorção de inclinação de sobrecarga	9
5.4	Modulação Delta: ruído granular	9
5.5	Diagrama de olho	9
5.6	Diagrama do olho:Redução da Largura de Banda, Jitter e Redução da Largura de Banda e Jitter	9
5.7	Receptor em Banda Passante Ótimo: O Receptor de Correlação	9
5.8	Receptor de Correlação para Sinais Assimétricos em Banda Passante	9
6	Discussão e Conclusão	25

1 Introdução

A modulação Delta foi introduzida nos anos de 1940 como uma forma simplificada da modulação PCM (*pulse code modulation*), a qual requeria um conversor A/D de difícil implementação. A saída de um modulador Delta é uma sequência de pulsos de amostra, em uma frequência relativamente alta (em torno de 100kbit/s para um sinal de áudio com banda de 4 kHz). O valor de cada bit é determinado de acordo com a variação da amplitude do sinal da mensagem, ou seja, se o sinal de mensagem aumentou ou diminuiu, em relação com a amostra anterior. A modulação Delta é um exemplo de modulação por código de pulso diferencial (DPCM) e seu uso é mais comum em sistemas de áudio, onde a qualidade do som não é o critério principal de design.

2 Revisão da Teoria

2.1 Modulação Delta

A modulação Delta usa $L=2$, ou seja, apenas 1 bit faz toda a codificação do sinal. Essa codificação é extremamente eficiente pois não necessita de bits de sincronismo, ou de framing para a transmissão, permitindo uma comunicação a uma taxa mais baixa ainda. O sinal Delta modulado, sendo uma série de “1” e “0”, é uma sequência de impulsos espaçados de T_s . Em DM usa-se um estimador de primeira ordem, que é, apenas um delay de T_s . Para demodular o sinal, necessita-se de um circuito integrador, sendo que o estimador é apenas um delay. A função do receptor é a de acumular o sinal recebido. O somador e a linha de delay mostradas na figura acima podem ser substituídos por um simples circuito integrador. O transmissor também é igual ao da figura 1, porém com um delay servindo como estimador. O circuito do transmissor também pode ser simplificado com o uso de simples integradores RC.

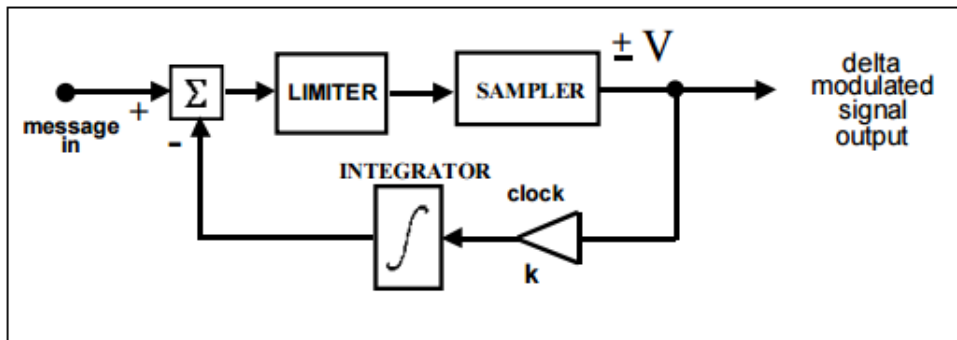


Figura 1: Modulador delta.

Em PCM, o sinal analógico é quantizado em L níveis e essa informação é transmitida por n pulsos por amostra ($n = \log_2 L$). A diferença é que em DM o sinal modulado não carrega informação sobre o sinal $m(t)$ propriamente dito, mas sobre a sua derivada. Por isso dá-se este nome a essa modulação, delta modulation. A grande vantagem do DM é que a modulação é feita em apenas 1 bit por amostra. Enquanto em PCM, normalmente há a necessidade de mais bits para codificar a amostra. A figura 2 mostra um exemplo da modulação de um sinal senoidal.

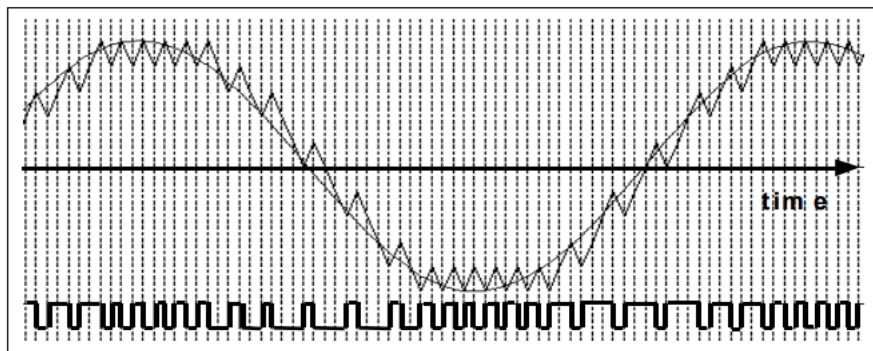


Figura 2: Sinal senoidal com modulação delta.

3 Diagrama de olho

A técnica de medida conhecida como ‘diagrama de olho’, feita no domínio do tempo, é uma ferramenta importante para se avaliar o desempenho de um sistema óptico digital, pois permite uma visualização da distorção na forma do sinal transmitido. Para se entender como o padrão do ‘olho’ é formado mostramos oito combinações de sinal NRZ com comprimento de 3-bit que, quando superpostas simultaneamente, formam um padrão de olho.

Algumas informações que podem ser obtidas com o diagrama do olho são (fonte: Mônica de Lacerda Rocha, Diagrama do olho. Projeto e avaliação Sistêmicos):

- A largura da abertura do olho (no eixo horizontal) define o intervalo de tempo sobre o qual o sinal recebido pode ser amostrado sem erro devido à interferência intersimbólica. O melhor momento de amostragem é o que corresponde ao de maior abertura vertical do olho.
- A altura da abertura do olho é reduzida quando ocorre distorção na amplitude do sinal. A distorção máxima é dada pela distância vertical entre o topo da abertura do olho e o máximo nível do sinal. Quanto mais fechado o olho se tornar, mais difícil é a detecção do sinal.
- A taxa na qual o olho se fecha, quando o instante de amostragem varia (i.e., proporcional à inclinação dos lados do diagrama de olho) determina a sensibilidade do sistema a erros de temporização. A probabilidade de ocorrência deste tipo de erro aumenta à medida que a inclinação torna-se mais acentuada.
- Jitter temporal (também conhecido como eixo de jitter ou ‘distorção de fase’) aparece devido ao ruído no receptor e à distorção do pulso na fibra. Se o sinal é amostrado no meio do intervalo de tempo de amostragem (i.e., equidistante entre os tempos de cruzamento do sinal com o nível de limiar), a distorção temporal, ΔT , no nível de limiar indica a quantidade de jitter presente no sinal.

A figura 3 mostra o formato do diagrama do olho.

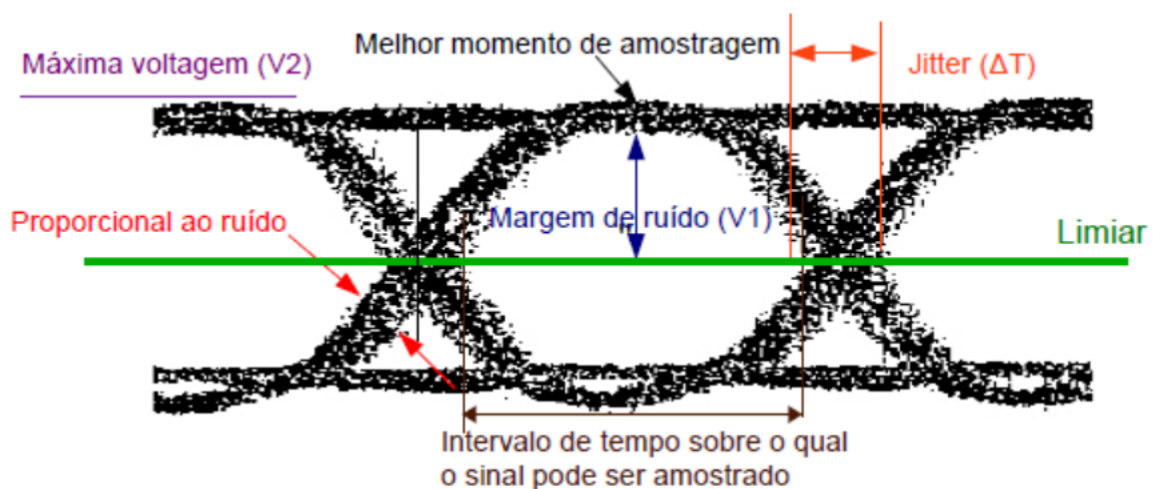


Figura 3: Diagrama do olho.

4 Metodologia Experimental

4.1 Materiais

Para a realização do experimento foi utilizado o software Simulink do pacote Matlab.

O experimento foi realizado em três partes. De início, foi estudado o comportamento da modulação Delta. Em seguida, foi analisado o diagrama de olho e por ultimo, a recepção com detector coerente.

4.2 Modulação Delta

Na primeira atividade, foi montado o circuito da figura 4 com ajuda do roteiro que continha todos os parâmetros necessários para configurar os blocos.

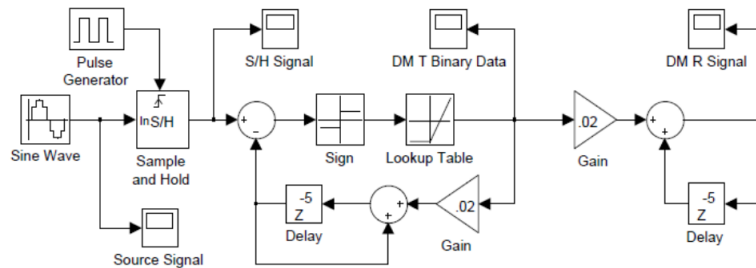


Figura 4: Diagrama do sistema com modulação delta.

Foram obtidos os gráficos em todos os osciloscópios e foi verificado o atraso na saída.

4.3 Modulação Delta: erro de quantização

Na segunda atividade, foi montado o circuito da figura 5 com ajuda do roteiro que continha todos os parâmetros necessários para configurar os blocos.

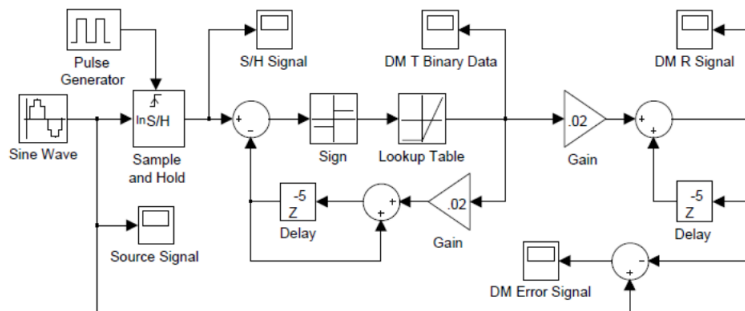


Figura 5: Diagrama do sistema com modulação delta para capturar o erro de quantização.

Foi obtido o gráfico que mostra o erro de quantização.

4.4 Modulação Delta: distorção de inclinação de sobrecarga

Na terceira atividade, foi montado o circuito da figura 6 com ajuda do roteiro que continha todos os parâmetros necessários para configurar os blocos.

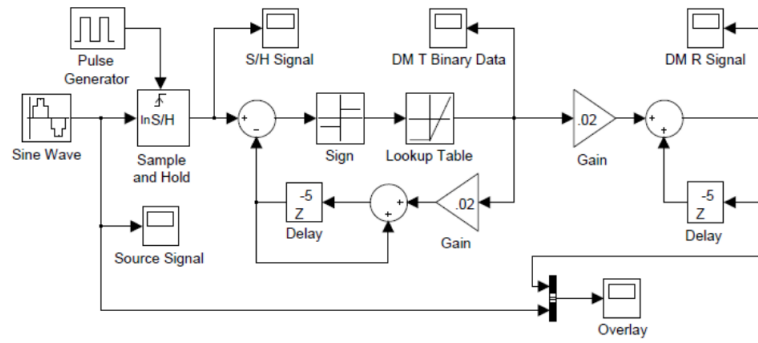


Figura 6: Diagrama do sistema com modulação delta para capturar a distorção.

Foi obtido o gráfico que mostra a distorção de sobrecarga.

4.5 Modulação Delta: ruído granular

Na quarta atividade, foi montado o circuito da figura 7 com ajuda do roteiro que continha todos os parâmetros necessários para configurar os blocos.

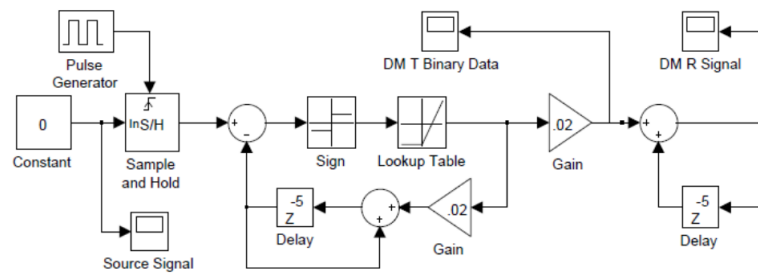


Figura 7: Diagrama do sistema com modulação delta para capturar o ruído granular.

Foi obtido o gráfico que mostra o ruído granular.

4.6 Diagrama de olho

Na quinta atividade, foi montado o circuito da figura 8 para os valores de variância de $\sigma = 0V^2$, $\sigma = 0.5V^2$ e $\sigma = 6V^2$, com ajuda do roteiro que continha todos os parâmetros necessários para configurar os blocos.

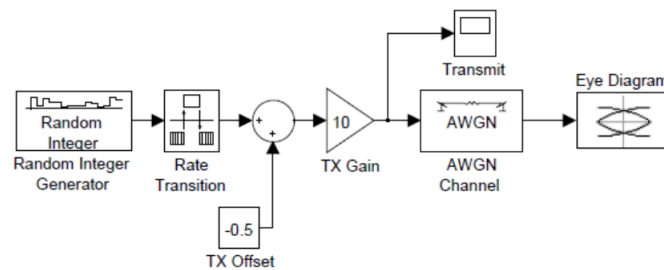


Figura 8: Diagrama para obter o diagrama de olho.

Foi obtido o gráfico que mostra o diagrama de olho.

4.7 Diagrama do olho: Redução da Largura de Banda, Jitter e Redução da Largura de Banda e Jitter

Na sexta atividade, foi montado o circuito da figura 9, variando o parâmetro Maximum no Uniform Random Number de 0.0005 para 0.000075.

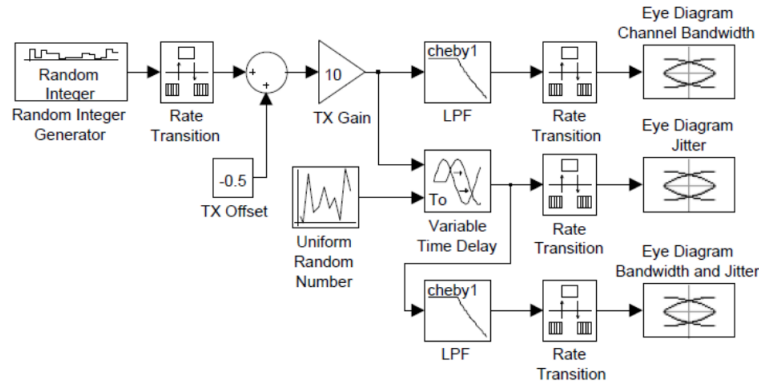


Figura 9: Diagrama para obter o diagrama de olho com variação do Jitter e da largura de banda.

Foi obtido o gráfico que mostra o diagrama de olho para cada uma das saídas.

4.8 Receptor em Banda Passante Ótimo: O Receptor de Correlação

Na sétima atividade, foi montado o circuito da figura 12 com ajuda do roteiro que continha todos os parâmetros necessários para configurar os blocos.

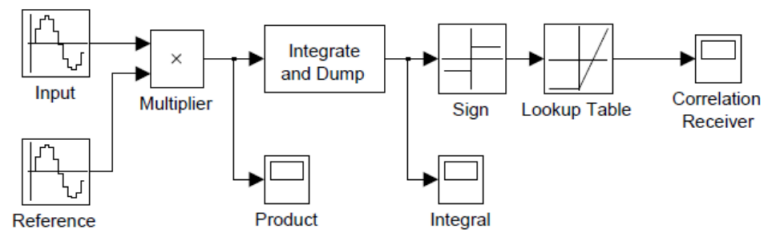


Figura 10: Diagrama do receptor de correlação simples.

Foram obtidos os gráficos onde possui osciloscópio.

4.9 Receptor de Correlação para Sinais Assimétricos em Banda Passante

Na oitava atividade, foi montado o circuito da figura 11 com ajuda do roteiro que continha todos os parâmetros necessários para configurar os blocos.

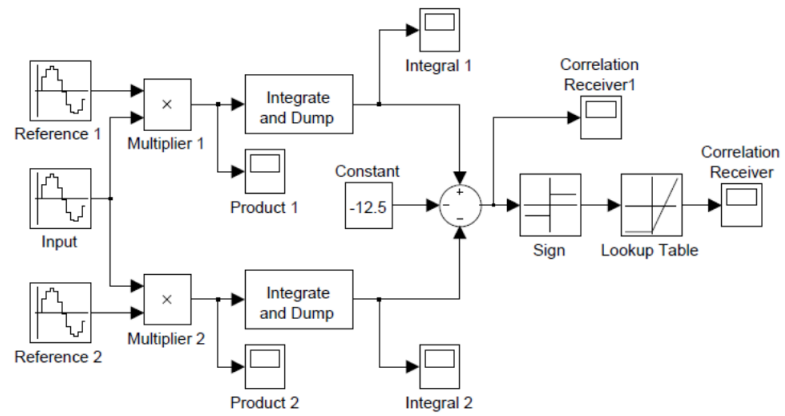


Figura 11: Diagrama do receptor de correlação com sinais assimétricos.

Foram obtidos os gráficos onde possui osciloscópio.

5 Resultados

Nesta seção serão apresentados e discutidos os resultados obtidos pelas simulações realizadas.

5.1 Modulação Delta

Abaixo temos os gráficos obtidos.

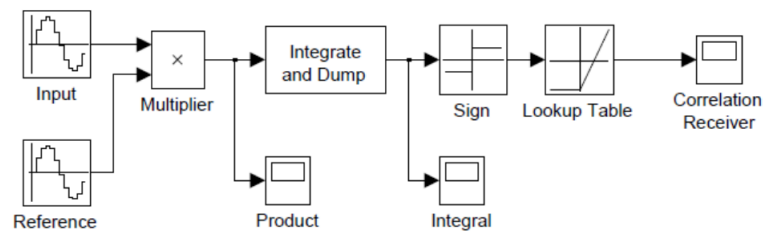


Figura 12: Diagrama do receptor de correlação simples.

5.2 Modulação Delta: erro de quantização

5.3 Modulação Delta: distorção de inclinação de sobrecarga

5.4 Modulação Delta: ruído granular

5.5 Diagrama de olho

5.6 Diagrama do olho: Redução da Largura de Banda, Jitter e Redução da Largura de Banda e Jitter

5.7 Receptor em Banda Passante Ótimo: O Receptor de Correlação

5.8 Receptor de Correlação para Sinais Assimétricos em Banda Passante

asd

asd

asd

asd

asd

asd

asd

asd

asd

asd

asd

asd

asd

asd

asd

6 Discussão e Conclusão

As simulações tiveram resultados condizentes com a teoria, comprovando na prática, as características de operação da modulação Delta. É super interessante observar essa modulação na prática para ter convicção e compreensão de seus funcionamentos. As primeiras imagens de cada item na parte experimental provam todos esses funcionamentos.

Sobre o diagrama de olho, o mesmo se mostra uma ferramenta muito útil na análise do sinal transmitido, possibilitando verificar a qualidade do sinal obtido e até mesmo error de design no projeto.

Quanto aos receptores, foi possível observar que o receptor de correlação para sinais assimétricos em banda passante se mostrou com melhor desempenho em relação ao receptor de correlação simples, porém, o mesmo é mais complexo e, sendo assim, mais caro de se implementar na prática, sendo que a determinação de qual receptor utilizar se dará de acordo com as características do projeto em desenvolvimento.