

EXPERIÊNCIA 5: Modulação Delta, Diagrama do Olho e Demodulação em Banda Passante

1 – Objetivos:

Entender o funcionamento da modulação delta através da análise das curvas obtidas no diagrama em blocos do Simulink.

Obter o diagrama do diagrama do olho para diferentes configurações.

Simular o demodulador em banda passante.

Modulação Delta

A modulação delta usa equipamentos simples para transmitir uma mensagem originalmente analógica através de uma técnica digital. Isto é obtido deliberadamente pela amostragem do sinal analógico para aumentar a correlação entre amostras adjacentes e em seguida empregar a quantização com complexidade mínima. Nessa forma simples, DM usa degraus para o sinal de mensagem ao longo da amostra. A diferença entre a entrada da mensagem analógica e a aproximação é então quantizada em apenas dois níveis de degraus $\pm \Delta V$ ou uma diferença de tensão negativa ou positiva representada por um bit de dados.

Se a aproximação do degrau somado retido no acumulador do transmissor cair abaixo do sinal de entrada analógica, um sinal binário verdadeiro é transmitido representando $+\Delta V$. Alternativamente, se a aproximação é abaixo do sinal de entrada, um sinal binário falso é transmitido representando $-\Delta V$. O sinal binário é um símbolo transmitido com um tempo de símbolo T_s . O receptor também usa um acumulador para somar o símbolo binário recebido representando os níveis de degraus $\pm \Delta V$ e gerar a aproximação dos degraus somados para a mensagem analógica original.

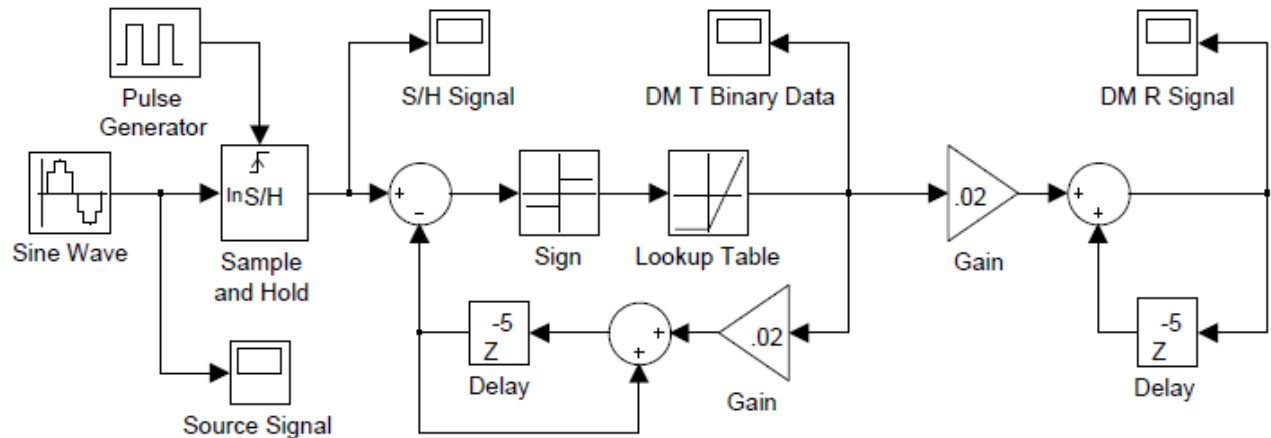
A DM é sujeita a dois tipos de erros de quantização descritos como ruído granular e distorção de inclinação de sobrecarga. Se a mensagem analógica é um nível de tensão constante, a modulação delta ainda envia uma sequência de sinais binários que causam, na saída do acumulador no receptor, o clock em torno do nível constante que produz o ruído granulado, uma vez que não existe qualquer símbolo sem alterações no nível do DM.

A distorção de inclinação de sobrecarga ocorre quando a mensagem analógica tem um segmento abrupto de forma que a soma dos degraus não são capazes de acompanhar adequadamente. A distorção de inclinação de sobrecarga pode ser evitada se a equação abaixo for satisfeita

$$\frac{\delta}{T_s} = \max \left| \frac{dm(t)}{dt} \right|$$

A relação do nível do degrau $\delta = \Delta V$ para o tempo de símbolo T_s deve ser maior do que ou pelo menos igual à inclinação máxima absoluta instantânea (derivativa) da mensagem analógica $m(t)$. O compromisso é que um grande valor de δ deve aumentar o ruído granular DM mas o tempo de símbolo T_s deve ser decrescente (taxa de símbolo r_s aumenta).

2 – Simulação da Modulação Delta



2.1-1 – Descrição dos blocos

A – Sine Wave – Simulink blockset; Sources

PARÂMETROS: - Sine type: Time based; Time(t): Use simulation time; Amplitude: 1; Bias: 0; Frequency: (rad/sec): 4π ; Phase (rad): 0; Sample time: $1e-4$.

B – Pulse Generator – Simulink Blockset; Sources

PARÂMETROS: Pulse type: Time based; Time (t): Use simulation time; Amplitude: 1; Period (secs): $5e-4$; Pulse Width(% of period): 20; Phase Delay(s): 0.

C – Sample and Hold – Signal Processing Blockset; Signal Operations

PARÂMETROS: Trigger type: Rising edge; Initial condition: 0.

D – Sum – Simulink blockset; Math Operations

PARÂMETROS: - Main: Icon shape: round; List of signs: I+-; Sample time (-1 for inherited): -1.

E – Integer Delay – Simulink blockset; Discrete

PARÂMETROS: - Number of delays: 5; Input processing: Inherited; Initial condition: 0.0; Sample time: -1.

F – Sign – Simulink blockset; Math Operations

PARÂMETROS: - Sample time (-1 for inherited): -1.

G – Lookup Table – Simulink blockset; Lookup Tables

PARÂMETROS: - Main: Vector of input values: [-1,0,1]; Table data: [-1,-1,1]; Lookup method: Interpolation-Extrapolation; Sample time (-1 for inherited): -1.

H – Sum – Simulink blockset; Math Operations

PARÂMETROS: - Main: Icon shape: round; List of signs: I++; Sample time (-1 for inherited): -1.

I – Gain – Simulink blockset; Math Operations

PARÂMETROS: - Main: Gain: 0.02; Multiplication: Element-wise(k.*u); Sample time (-1 for inherited): -1.

J – Gain – Simulink blockset; Math Operations

PARÂMETROS: - Main: Gain: 0.02; Multiplication: Element-wise(k.*u); Sample time (-1 for inherited): -1.

K – Sum – Simulink blockset; Math Operations

PARÂMETROS: - Main: Icon shape: round; List of signs: I++; Sample time (-1 for inherited): -1.

L – Integer Delay – Simulink blockset; Discrete

PARÂMETROS: - Number of delays: 5; Input processing: Inherited; Initial condition: 0.0; Sample time: -1.

2.1-2 – Simulações

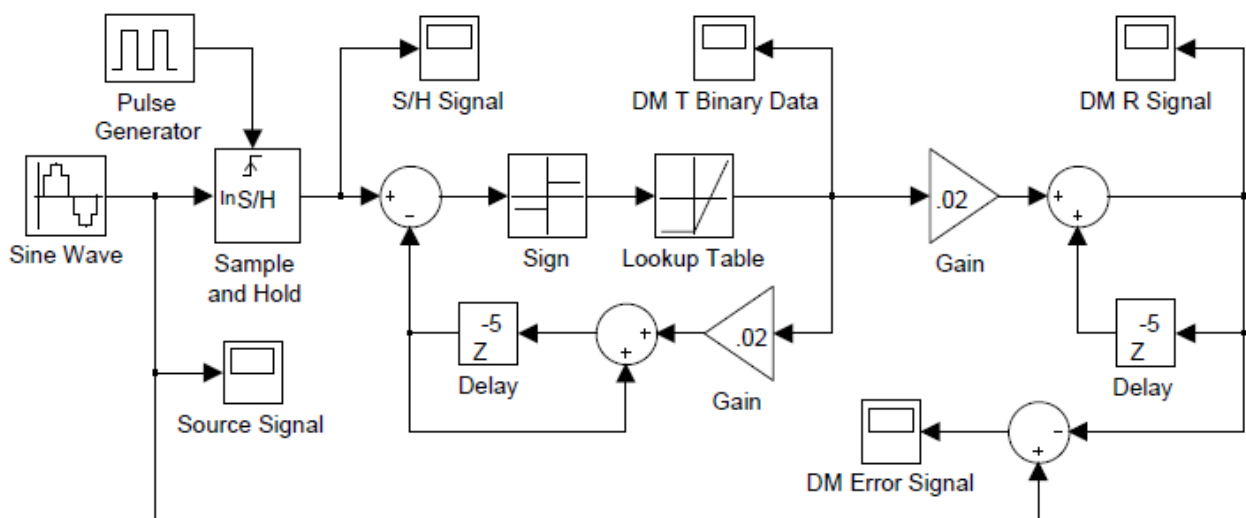
Configuration Parameters: Start time: 0; Stop time: 2; ; Type: Fixed-step; Solver: discrete; Fixed-step size: auto; Periodic sample time constraint: Unconstrained; Tasking mode for periodic sample times: Auto.

2.1-3 – Gráficos a serem obtidos:

1 – Nos pontos onde possui o osciloscópio.

2 – Verificar o atraso do sinal na saída.

2. 2 – Simulação da Modulação Delta: Erro de Quantização



2.2-1 – Descrição dos blocos

D – Sum – Simulink blockset; Math Operations

PARÂMETROS: - Main: Icon shape: round; List of signs: I-+; Sample time (-1 for inherited): -1.

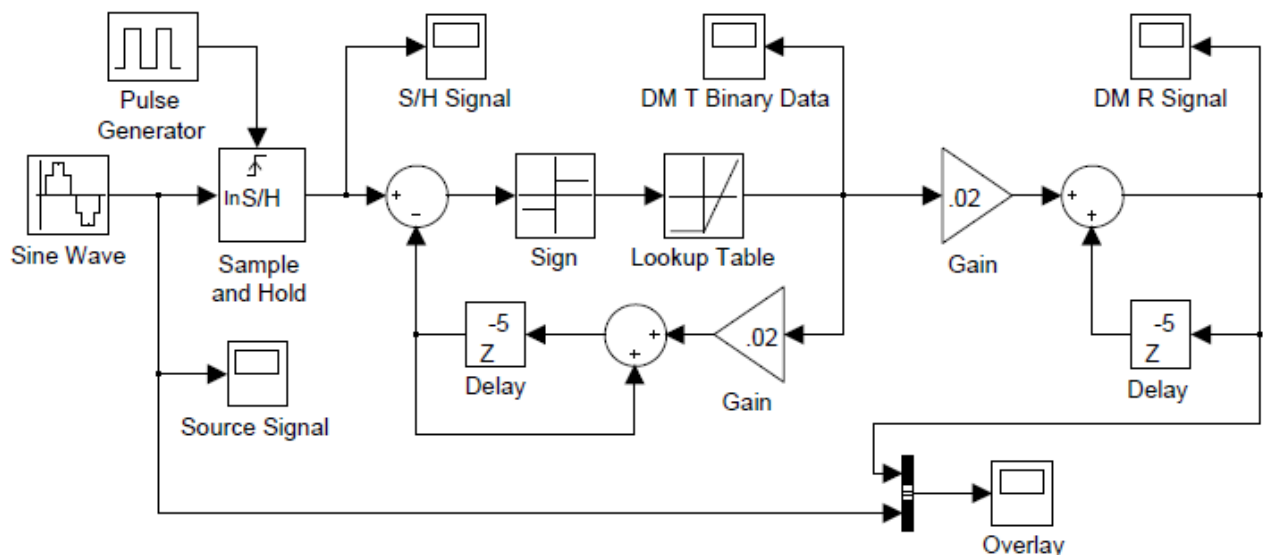
2.2-2 – Simulações

Configuration Parameters: Start time: 0; Stop time: 2; ; Type: Fixed-step; Solver: discrete; Fixed-step size: auto; Periodic sample time constraint: Unconstrained; Tasking mode for periodic sample times: Auto.

2.2-3 – Gráficos a serem obtidos:

1 – Nos pontos onde possui o osciloscópio.

2. 3 – Simulação da Modulação Delta: Distorção de Inclinação de Sobrecarga



2.3-1 – Descrição dos blocos

A – Sine Wave – Simulink blockset; Sources

PARÂMETROS: - Sine type: Time based; Time(t): Use simulation time; Amplitude: 1; Bias: 0; Frequency: (rad/sec): $20 \cdot \pi$; Phase (rad): 0; Sample time: $1e-4$.

B – Bus Creator – Simulink blockset; Signal Routing

PARÂMETROS: - Parameters: Inherit bus signal names from input ports; Number of inputs: 2; Output data type: Inherit: auto.

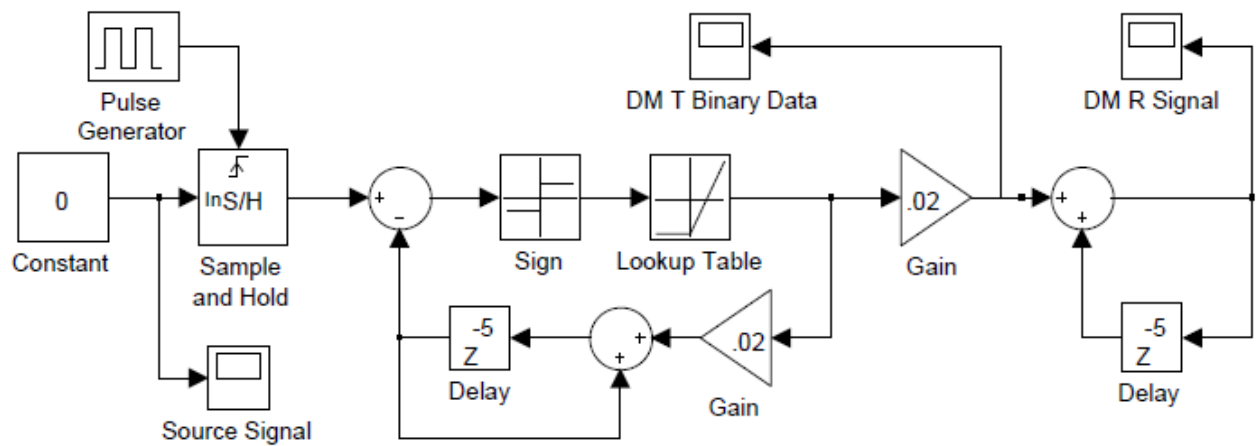
2.3-2 – Simulações

Configuration Parameters: Start time: 0; Stop time: 0.2; ; Type: Fixed-step; Solver: discrete; Fixed-step size: auto; Periodic sample time constraint: Unconstrained; Tasking mode for periodic sample times: Auto.

2.3-3 – Gráficos a serem obtidos:

1 – Nos pontos onde possui o osciloscópio.

2. 4 – Simulação da Modulação Delta: Ruído Granular



2.4-1 – Descrição dos blocos

A – Constant – Simulink blockset; Math Operations

PARÂMETROS: - Main: Constant value: 0; Sampling mode: Sample based; Sample time: inf.

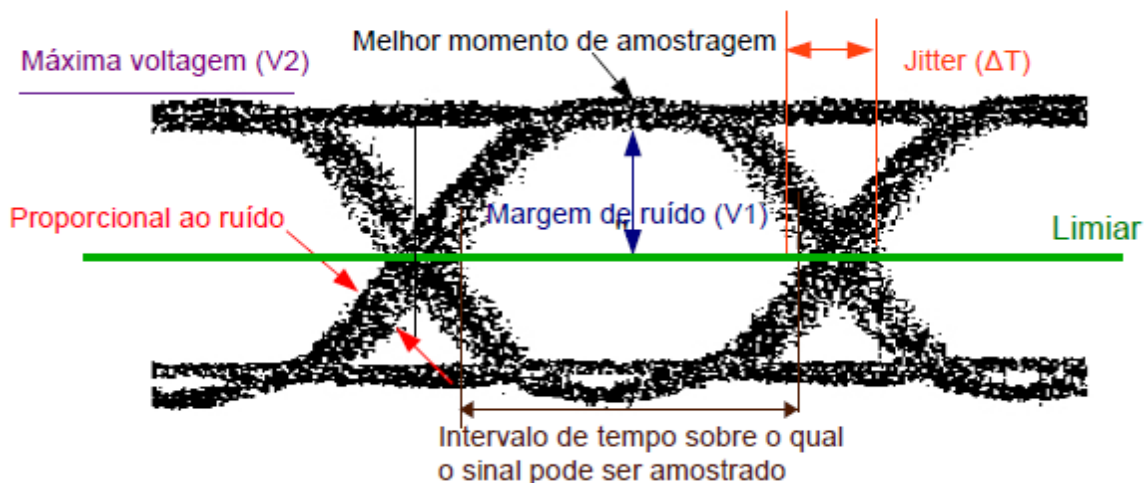
2.4-2 – Simulações

Configuration Parameters: Start time: -0.05; Stop time: 0.1; Type: Fixed-step; Solver: discrete; Fixed-step size: auto; Periodic sample time constraint: Unconstrained; Tasking mode for periodic sample times: Auto.

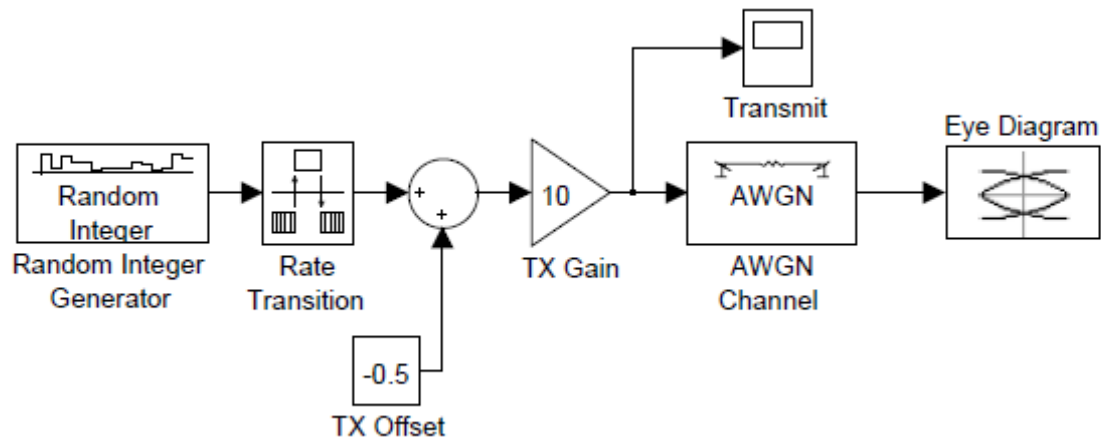
2.4-3 – Gráficos a serem obtidos:

1 – Nos pontos onde possui o osciloscópio.

3 – Simulação do Diagrama do Olho



Os efeitos de ruído Gaussiano aditivo branco (AWGN), instabilidade na taxa de bit (jitter), largura de banda e distorção no canal de comunicação, interferência entre símbolos (ISI) podem ser avaliados pelo diagrama do olho. Um diagrama do olho é uma visualização temporal sobreposta do sinal binário em banda base ou um sinal PAM M-ário sincronizado com a taxa de bit r_b .



3.1-1 – Descrição dos blocos

A – Random Integer Generator – Communications Blockset; Comm Sources.

PARÂMETROS: M-ary number: 2; Initial seed: randseed; Sample time: 1e-3; [x] Interpret vector parameters as 1-D; Output data type: double.

B – Rate Transition Block – Simulink Blockset; Attributes.

PARÂMETROS: Parameters: selecionar [x] Ensure data integrity.....[x] Ensure deterministic.....; Initial conditions: 0; Output ort samples time options: Specify; Output port sample time: 2e-5.

C – Constant – Simulink blockset; Source

PARÂMETROS: - Main: Constant value: -0.5; [x] Interpret vector parameters as 1-D; Sample time: inf.

D – Sum – Simulink blockset; Math Operations

PARÂMETROS: - Main: Icon shape: round; List of signs: I++; Sample time (-1 for inherited): -1.

E – Gain – Simulink Blockset; Math Operations

PARÂMETROS: Main: Gain: 10; Multiplication: Element-wise; Sample time: -1.

F – AWGN – Communications Blockset; Channels

PARÂMETROS: Input processing: Inherited; Initial seed: randseed; Mode: Variance from mask; Variance: 0.

G – Discrete-Time Eye Diagram Scope – Communications Blockset; Comm sinks

PARÂMETROS: Plotting Properties: Samples per symbol: 50; Offset (samples): 0; Symbols per trace: 2; Traces displayed: 50; New traces per display: 50. Rendering Properties: Markers: None; Line style: -; Line color: b; [x] Duplicate points at trace boundary; [x] Color fading; [x] High quality rendering; [x] Show grid. Axes Properties: Y axis minimum: -8; Y axis maximum: 7; In-phase Y-axis label: In-phase Amplitude; Quadrature Y-axis label: Quadrature Amplitude.

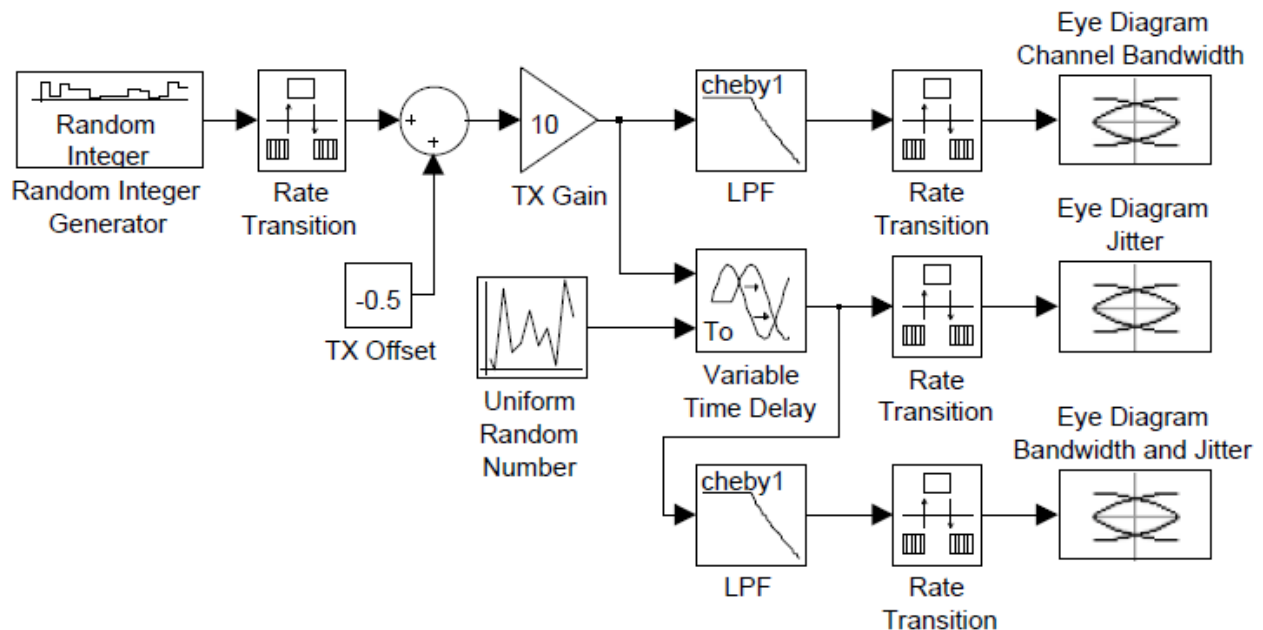
3.1-2 – Simulações

Configuration Parameters: Start time: 0; Stop time: 1; ; Type: Fixed-step; Solver: ode3; Fixed-step size: 2e-5; Periodic sample time constraint: Unconstrained; Tasking mode for periodic sample times: Auto.

3.1-3 – Gráficos a serem obtidos:

1 – Nos pontos onde possui o osciloscópio para os seguintes valores de variância do ruído: $\sigma^2 = 0 \text{ V}^2$; $\sigma^2 = 0.5 \text{ V}^2$ e $\sigma^2 = 6 \text{ V}^2$.

3.2 – Diagrama do Olho: Redução da Largura de Banda, Jitter e Redução da Largura de Banda e Jitter.



3.2-1 – Descrição dos blocos

A - Analog Filter Design – Signal Processing Blockset; Filters Designs

PARÂMETROS: Design method: Chebyshev I; Filter type: Lowpass; Filter order: 9; Passband edge frequency (rad/s): $2 \cdot \pi \cdot 1200$; Passband ripple in dB: 0.1.

B – Uniform Random Number – Simulink Blockset; Sources

PARÂMETROS: Minimum: 0.00002; Maximum: 0.0005; Seed: 0; Sample Time: 0; [x] Interpret vector parameters as 1-D.

C – Variable Time Delay – Simulink Blockset; Continuous

PARÂMETROS: Select delay type: Variable time delay; Maximum delay: 0.0025; Initial output: 0; Initial buffer size: 1024; [x] Handle zero delay; [x] Direct feedthrough of input during linearization; Pade order (for linearization): 0.

D – Rate Transition – Simulink Blockset; Signal Attributes

PARÂMETROS: [x] Ensure data; [x] Ensure deterministic...; Initial Conditions: 0; Output port sample time options: Specify; Output port Sample time: 2e-5.

PARÂMETROS: Plotting Properties: Samples per symbol: 50; Offset (samples): 0; Symbols per trace: 2; Traces displayed: 50; New traces per display: 50. Rendering Properties: Markers: None; Line style: -; Line color: b; [x] Duplicate points at trace boundary; [x] Color fading; [x] High quality rendering; [x] Show grid. Axes Properties: Y axis minimum: -8; Y axis maximum: 7; In-phase Y-axis label: In-phase Amplitude; Quadrature Y-axis label: Quadrature Amplitude.

3.2-2 – Simulações

Configuration Parameters: Start time: 0; Stop time: 1; ; Type: Fixed-step; Solver: ode3; Fixed-step size: 2e-5; Periodic sample time constraint: Unconstrained; Tasking mode for periodic sample times: Auto.

3.2-3 – Gráficos a serem obtidos:

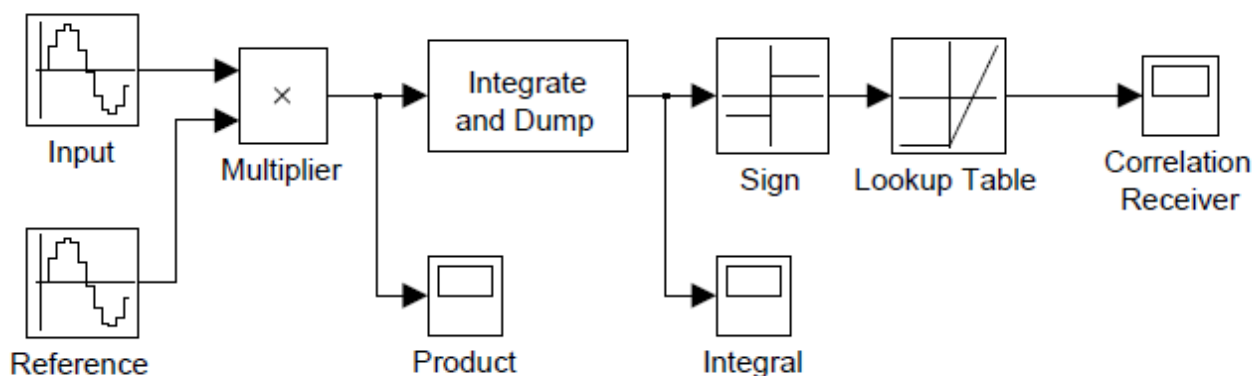
1 – Nos pontos onde possui o osciloscópio.

2 – Mudar o parâmetro Maximum no Uniform Random Number de 0.0005 para 0.000075 e rever os resultados (com isso o jitter muda de 50% para 7,5%).

4 – Receptor em Banda Passante Ótimo: O Receptor de Correlação

Demodulação em sistemas de comunicação em banda passante pode ser realizado de forma coerente, onde o receptor produz internamente o sinal de referência na mesma frequência e fase do sinal de entrada. Ou ainda, de forma não coerente onde o receptor não usa um sinal de referência, mas usa codificação diferencial da informação ou utiliza um filtro de banda passante. O receptor ótimo para modulação em banda passante é essencialmente a mesma configuração utilizada para modulação de sinais em banda base.

4.1 – Receptor de Correlação para Sinais Simétricos em Banda Passante



O receptor ótimo para sinais em banda passante pode ser implementado como um receptor de correlação para sinais simétricos e assimétricos. O tempo de bit é T_b e sinais simétricos são definidos pela equação abaixo

$$s_1(t) = -s_0(t) \quad (i-1)T_b \leq t \leq iT_b$$

O sinal banda passante $s_1(t)$ representa o binário 1 e $s_0(t)$ representa o binário 0. Os sinais são definidos durante um tempo de bit (i é um inteiro) e ocorrem com igual

probabilidade (igual probabilidade a priori). O receptor ótimo para sinais simétricos em banda passante é o receptor de correlação, mostrado na figura logo acima.

4.1-1 – Descrição dos blocos

A – Sine Wave – Simulink blockset; Sources

PARÂMETROS: - Sine type: Time based; Time(t): Use simulation time; Amplitude: 1; Bias: 0; Frequency: (rad/sec): 3141.59; Phase (rad): 0; Sample time: 20e-6.

B – Sine Wave – Simulink blockset; Sources

PARÂMETROS: - Sine type: Time based; Time(t): Use simulation time; Amplitude: 1; Bias: 0; Frequency: (rad/sec): 3141.5926; Phase (rad): 0; Sample time: 20e-6; [x] Interpret vector parameter as 1-D.

C – Product – Simulink blockset; Math Operations

PARÂMETROS: - Main: Number of inputs: 2; Multiplication: Element-wise(.*); Sample time (-1 for inherited): -1.

D – Integrate and Dump – Communications blockset; Comm Filters

PARÂMETROS: - Main: Integration period (number of samples): 50; Offset (number of samples): 0.

E – Sign – Simulink blockset; Math Operations

PARÂMETROS: - Sample time (-1 for inherited): -1.

F – Lookup Table – Simulink blockset; Lookup Tables

PARÂMETROS: - Main: Vector of input values: [-1,0,1]; Table data: [-1,-1,1]; Lookup method: Interpolation-Extrapolation; Sample time (-1 for inherited): -1.

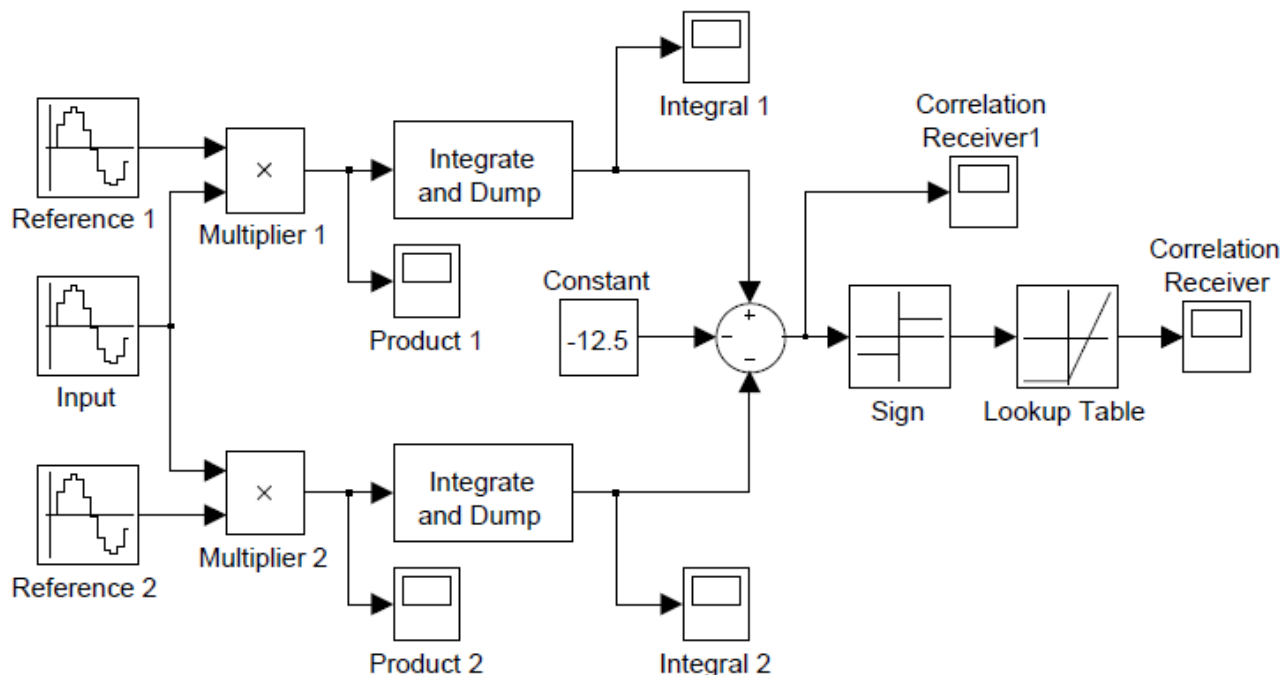
4.1-2 – Simulações

Configuration Parameters: Start time: 0; Stop time: 0.005; Type: Fixed-step; Solver: ode3; Fixed-step size: 2e-5; Periodic sample time constraint: Unconstrained; Tasking mode for periodic sample times: Auto.

4.1-3 – Gráficos a serem obtidos:

1 – Nos pontos onde possui o osciloscópio.

4.2 – Receptor de Correlação para Sinais Assimétricos em Banda Passante



4.2-1 – Descrição dos blocos

A – Sine Wave – Simulink blockset; Sources

PARÂMETROS: - Sine type: Time based; Time(t): Use simulation time; Amplitude: 1; Bias: 0; Frequency: (rad/sec): 3141.59; Phase (rad): 0; Sample time: 20e-6.

B – Sine Wave – Simulink blockset; Sources

PARÂMETROS: - Sine type: Time based; Time(t): Use simulation time; Amplitude: 1; Bias: 0; Frequency: (rad/sec): 3141.5926; Phase (rad): 0; Sample time: 20e-6; [x] Interpret vector parameter as 1-D.

A – Sine Wave – Simulink blockset; Sources

PARÂMETROS: - Sine type: Time based; Time(t): Use simulation time; Amplitude: 1; Bias: 0; Frequency: (rad/sec): 3141.59; Phase (rad): 0; Sample time: 20e-6.

4.2-2 – Simulações

Configuration Parameters: Start time: 0; Stop time: 0.005; Type: Fixed-step; Solver: ode3; Fixed-step size: 2e-5; Periodic sample time constraint: Unconstrained; Tasking mode for periodic sample times: Auto.

4.2-3 – Gráficos a serem obtidos:

1 – Nos pontos onde possui o osciloscópio.