

EL68B - Comunicações Digitais

Sincronismo de Símbolo

Professor: Bruno Sens Chang

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR
Departamento Acadêmico de Eletrônica - DAELN

Introdução

- Comunicação digital requer sincronismo entre TX e RX
- Três tipos de sincronismo costumam ser necessários:
 - 1 Sincronismo de portadora (frequência e/ou fase)
 - 2 Sincronismo de símbolo
 - 3 Sincronismo de frame

Introdução

- Comunicação digital requer sincronismo entre TX e RX
- Três tipos de sincronismo costumam ser necessários:
 - 1 Sincronismo de portadora (frequência e/ou fase)
 - 2 Sincronismo de símbolo
 - 3 Sincronismo de frame

Sincronismo de Portadora

Sincronismo de frequência: geração de uma portadora no receptor com mesma frequência que a portadora usada no transmissor.

Sincronismo de fase: geração de uma mesma fase de referência no receptor para a demodulação.

Em geral esta tarefa é executada por um PLL (phase-lock-loop) e costuma ser implementada em hardware em RF.

Sincronismo de Frame

Tem como objetivo determinar os instantes de começo e fim da mensagem, sem deslocamento de bits.

Em geral realizada digitalmente com o auxílio de uma sequência com posição e conteúdo conhecidos.

O receptor faz a correlação entre a mensagem recebida com a sequência conhecida, de modo a identificar a posição da sequência conhecida dentro da mensagem recebida.

Sincronismo de Símbolo

Determina o instante ótimo de amostragem

$$t_k = kT_s + \tau[k]$$

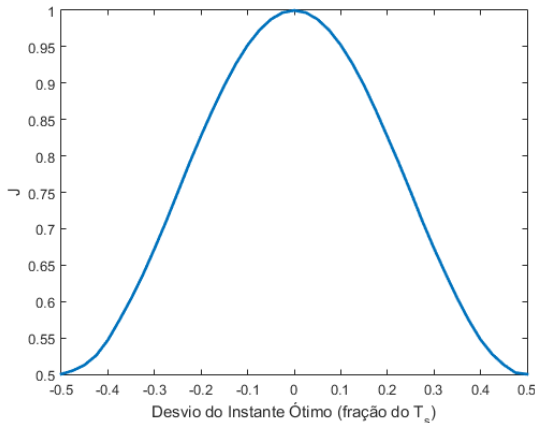
na saída do filtro casado, onde $\tau[k]$ é um ajuste no instante que supostamente seria o correto (kT_s).

Necessário para maximizar a relação sinal ruído.

Pode ser com ou sem o auxílio de uma sequência de treinamento.

Sincronismo de Símbolo: Objetivo

O objetivo é maximizar a energia de sinal na saída do filtro casado. Seja $y(t_k)$ a k -ésima amostra do filtro casado, o k -ésimo símbolo. Queremos maximizar a função $J = \mathbb{E}\{y^2(t_k)\}$



Early-Late Detection

Um método simples e eficiente para Sincronismo de Símbolo.

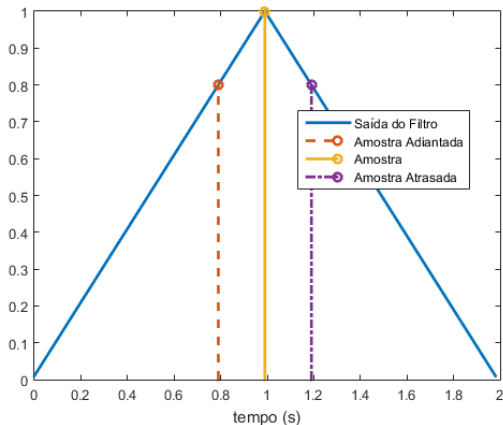
Utiliza três amostras por símbolo na saída do filtro casado:

- 1 no instante de amostragem suposto ideal no momento
- 2 num instante adiantado de δ ao considerado ideal no momento
- 3 num instante atrasado de δ ao considerado ideal no momento

onde δ é em geral pequeno perto de T_s .

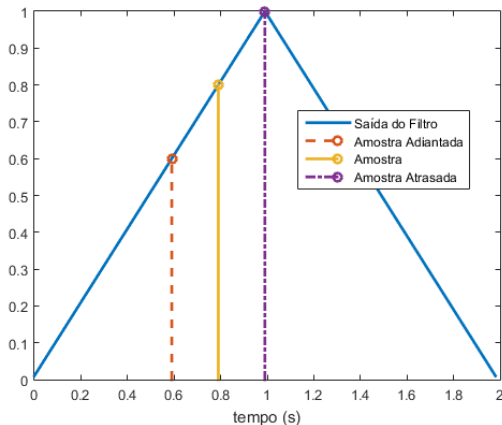
A seguir exemplos supondo pulsos retangulares.

Early-Late Detection: Exemplo



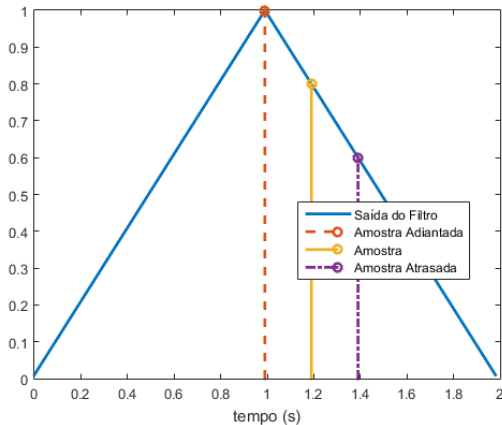
Ideal, amostras atrasada e adiantada são idênticas

Early-Late Detection: Exemplo



Adiantado, amostra atrasada é maior do que a adiantada

Early-Late Detection: Exemplo



Atrasado, amostra adiantada é maior do que a atrasada

Early-Late Detection: Algoritmo

A maximização de $J = \mathbb{E}\{y^2(t_k)\}$ pode ser obtida por um algoritmo adaptativo do tipo gradiente

$$\tau[k+1] = \tau[k] + \phi \frac{dJ(\tau)}{d\tau}$$

onde a ideia é modificar o instante de amostragem dos próximos símbolos numa direção que aumente a função objetivo J .

Early-Late Detection: Algoritmo

Além disso, vamos usar a aproximação

$$\frac{dJ(\tau)}{d\tau} \approx \text{avg} \left\{ \frac{dy^2(t_k)}{d\tau} \right\} = 2 \text{ avg} \left\{ y(t_k) \frac{dy(t_k)}{d\tau} \right\}$$

Ainda nos falta determinar $\frac{dy(t_k)}{d\tau}$, o que aproximamos como

$$\frac{dy(t_k)}{d\tau} \approx \frac{y(kT_s + \tau[k] + \delta) - y(kT_s + \tau[k] - \delta)}{2\delta}$$

Por fim, vamos substituir a operação de média `avg` pelo valor instantâneo. Agora estamos prontos para definir o algoritmo.

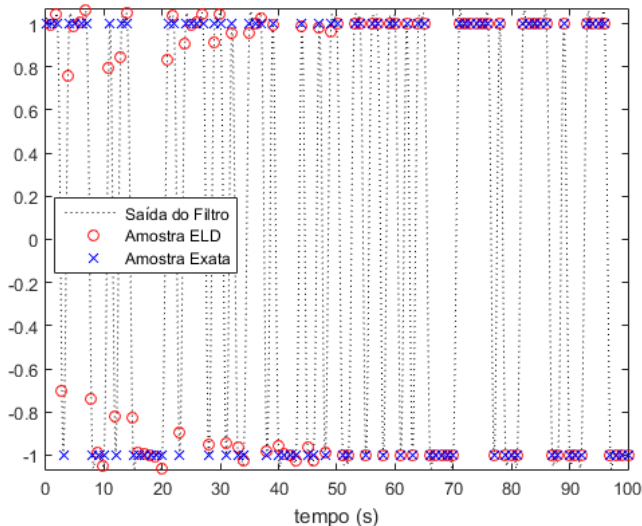
Early-Late Detection: Algoritmo

O ajuste, $\tau[k]$, no instante de amostragem é:

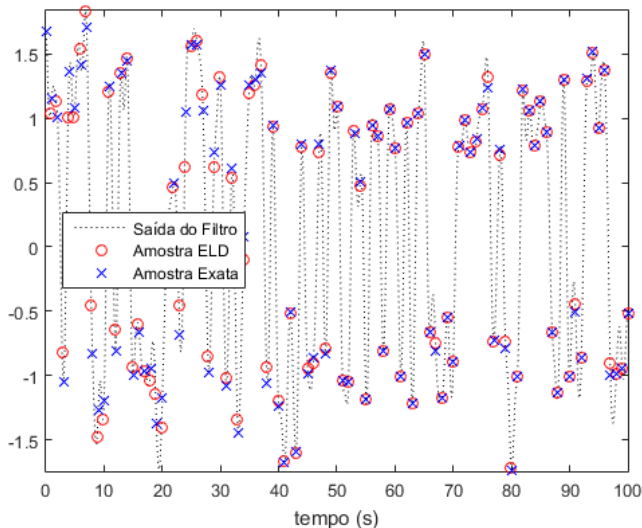
$$\tau[k+1] = \tau[k] + \mu y(t_k)(y(t_k + \delta) - y(t_k - \delta))$$

- $t_k = kT_s + \tau[k]$
- $\mu = \phi/\delta$ é um passo de adaptação (suaviza a atualização de τ)
- y é a saída do filtro casado
- δ é o deslocamento em relação à amostra central

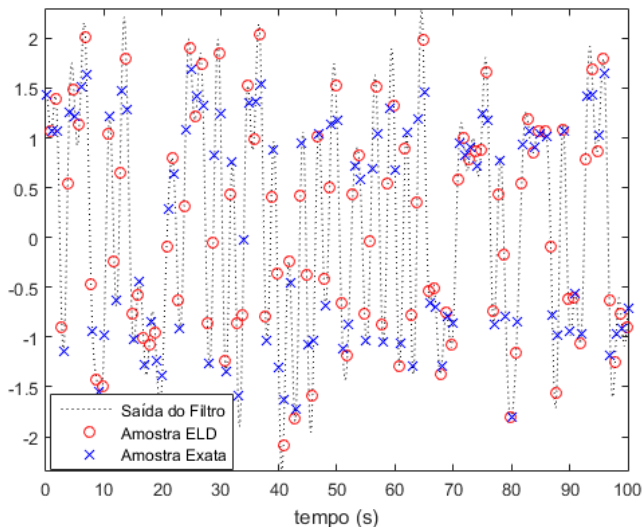
Sem Ruído, RCOS $\alpha = 1$



$$E_b/N_0 = 10 \text{ dB}, \text{RCOS } \alpha = 1$$



$$E_b/N_0 = 10 \text{ dB}, \text{RCOS } \alpha = .1$$



Tarefas

Simulação

Script no Moodle. Variar parâmetros e tirar conclusões.

Ler sobre sincronismo

Livro do Sklar ou Telecommunications Breakdown.