

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Electrónica



Fundamentos de las Comunicaciones Eléctricas

Trabajo Práctico N° 2

Modulación Delta

Autor:

José L. Coronel

coronel@cifasis-conicet.gov.ar

jcoronel@fceia.unr.edu.ar

Abril
2024

Trabajo Práctico N° 2

Modulación Delta

1.- Objetivos

Aplicar los conocimientos teóricos de modulación por pulsos, en particular, caso DPCM (Differential Pulse Code Modulation).

Interpretar los resultados obtenidos (en el entorno de simulación) e identificar las formas de ondas características.

2.- Introducción

Comparar los métodos de modulación conocidos como Mod. Delta Lineal y Adaptada.

3.- Desarrollo:

El modelo propuesto se basa en el Experimento 3.16 (Haykyn) de Modulación Delta Adaptable. En el cual se utiliza como "señal de entrada" una onda senoidal y se evalúa el desempeño del algoritmo ADM (Modulación Delta Adaptada) basado en la ecuación (3.84), y se lo compara contra el modelo LDM (Modulador Delta Lineal).

Datos del experimento:

Señal de entrada:

$m(t)=A \sin(2\pi f_m t)$, donde la amplitud $A=10$, la frecuencia $f_m=f_s/100$ y f_s = frec de muestreo.

Modulación delta lineal (LDM):

tamaño del escalón $\Delta[n]=1$ para todo n

Modulación delta adaptable (ADM): $\Delta_{min}=1/8$

El script **tp2_dpcm.m** es una "posible solución" al problema planteado. Modificar los parámetros del mismo e interpretar las curvas obtenidas como respuesta.

Se aceptan sugerencias de mejora !!!

Parámetros:

$A=10$; % A: amplitud de la Sx Senoidal, **ej 5 10 y 20 (default 10)**
 $ciclos=1$; % periodos de la Sx Senoidal, default 1
 $M=100$; % M: muestreo de la Sx Senoidal, **ej. 50 100 y 200 (default 100)**
 $\delta=1$; % D: escalón de la modulación DPCM y ADPCM, **ej 1 y 3 (default 1)**
 $mindelta=1/8$; % ADM minDelta, default 1/8
 % Sy: cantidad de símbolos PCM

Procedimiento:

Modificar parámetros, analizar las formas de ondas y explicar resultados obtenidos.

Actividad:

1. Explicar brevemente como trabaja el sistema ADPCM (según teoría).
2. Comparar las respuestas obtenidas para LDM y ADM (analizar tasa de bits, errores de cuantización, distorsión por sobrecarga de pendiente y ruido granular)
3. Propuesta de mejora (opcional)

Observación: el título de las curvas obtenidas informa los valores

M: cantidad de muestras,
A: amplitud,
D: escalón, y
Sy: cantidad de símbolos.

4.- Scripts:

```
%-----  
tp2_dpcm.m  
% Experiment Cap 3, CSBOOK: Haykin  
% Edit: Coronel Jose, EIE-FCEIA, Nov 2011  
  
clear all clc  
  
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  
% Params  
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  
A=10;           % A: amplitud de la Sx Senoidal, 5 a 20, default 10  
ciclos=1;       % periodos de la Sx Senoidal, default 1  
M=100;         % M: muestreo de la Sx Senoidal, 50 a 200, default 100  
  
delta=1;       % D: escalon de la modulacion DPCM y ADPCM, 1 a 3, default 1  
mindelta=1/8;  % ADM minDelta, default 1/8  
               % Sy: cantidad de simbolos PCM  
  
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  
% Sx: generating sinwave  
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  
P=2*pi;  
t=(0 : P/M : P*ciclos);  
a=A*sin(t);  
n=length(a);  
x(1:n)=a;  
  
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  
% Linear Delta Modulation - LDM  
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  
% init  
xhat_d(1:n-1) = 0;  
d_d(1:n) = 0;  
sb_d = 0;  
  
for k=1: n  
    if (x(k)-xhat_d(k)) > 0           % error de la modulacion  
        d_d(k)=1;  
    else  
        d_d(k)=-1;  
    end %if  
  
    if(k>1 && d_d(k-1) ~= d_d(k))    % contador de simbolos  
        sb_d = sb_d+1;  
    end  
  
    xhat_d(k+1) = xhat_d(k) + d_d(k) * delta;    % modulacion LDM  
  
end  
xhat_d = xhat_d(1:n);  
  
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  
% Adaptive Delta Modulation - ADM  
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%  
% init  
xhat(1:n-1)=0;  
p_md= 1+mindelta;  
  
% ADPCM  
d(1:n)=0;  
sb=0;  
for k=2:n  
  
    if ((x(k)-xhat(k-1)) > 0 )      % error del modulador  
        d(k)=1;  
    else  
        d(k)=-1;  
    end  
  
    if(d(k-1) ~= d(k))              % Contador de simbolos  
        sb = sb+1;  
    end  
  
    if k==2                          % 1ros valores para k=1 k=2  
        xhat(k) = d(k) * delta + xhat(k-1);  
    end  
  
    delta_k = abs(xhat(k)-xhat(k-1)); % escalon del instante k  
  
    if (d(k-1) == -1 && d(k) == 1)    % modo granular >> prox esc +50%  
        xhat(k+1) = xhat(k) + 0.5 * delta_k;  
    end  
end
```

```

elseif (d(k-1) == 1 && d(k) == 1) % modo sobrecarga ce pendiente >> prox esc + p_md
    xhat(k+1) = xhat(k) + p_md * delta_k;
elseif (d(k-1) == 1 && d(k) == -1) % modo granular >> prox esc -50%
    xhat(k+1) = xhat(k) - 0.5 * delta_k;
elseif (d(k-1) == -1 && d(k) == -1) % modo sobrecarga ce pendiente >> prox esc - p_md
    xhat(k+1) = xhat(k) - p_md * delta_k;
end
end
xhat = xhat(1:n);

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Plots
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
figure()

%LDM
subplot(1,2,1)
hold on;
y2=A+5;

str = sprintf('LDM, M:%3d, A:%2d, D:%d y Sy:%2d', M, A, delta, sb_d);
title(str)
plot(t, a, 'Color','red' , 'LineWidth',2)
plot(t, xhat_d);
plot(t, d_d-y2, 'Color','green' , 'LineWidth',2);
axis([0 t(n) -y2-2 A+2])

%ADM
subplot(1,2,2)
hold on;

str = sprintf('ADM, M:%3d, A:%2d, D:%d y Sy:%3d', M, A, delta, sb);
title(str)
plot(t, a, 'Color','red', 'LineWidth',2);
plot(t, xhat);
plot(t, d-y2, 'Color','magenta' , 'LineWidth',2)
axis([0 t(n) -y2-2 A+2])

```

5.- Bibliografía Recomendada

- Guía de usuario de *MatLab*.
- Simon Haykin. *Communication Systems 4/e*. Ed. John Wiley & Sons, Inc. (2001).
- Leslie Murray. *Apuntes de Clase. En particular: Modulación Delta y Sistemas Digitales*.
- Tesys, Juan C. Gómez. *et al. Guía para la escritura de trabajos prácticos*.
www.fceia.unr.edu.ar/tesys/trabajos_practicos_index.html
- Tesys, Juan C. Gómez. *et al. Guía TP N°1 - Intro. MatLab*.
www.fceia.unr.edu.ar/tesys/trabajos_practicos_index.html