



# IC512-Procesamiento Digital de Señales

## Ingeniería en Computación

### Trabajo Practico N°4

#### Hardware y Formatos de Representación Numérica

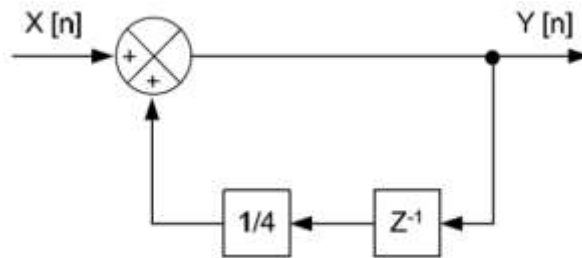
- 1) Los sistemas de procesamiento digital de señales (DSP) modernos son capaces de realizar enormes cantidades de cálculos en tiempo real, tanto en formatos de punto fijo como flotante. Describa con sus palabras cuáles son las ventajas del punto fijo respecto al flotante y viceversa en relación a:
  - Costo de hardware.
  - Eficiencia energética.
  - Facilidad de implementación de algoritmos.
  - Velocidad de cálculos.
- 2) Obtenga la cantidad de números distintos que es posible representar, la resolución y el rango de numeración para los siguientes formatos:
  - a)  $Q_{3,5}$
  - b)  $Q_{5,3}$
  - c)  $Q_{1,15}$
- 3) Durante las etapas previas a la implementación de una ecuación a diferencias en un procesador de señales, se obtuvieron los valores máximos y mínimos que las variables internas pueden tomar durante los cálculos. Estos valores fueron 11.2153 y -7.3408, con un promedio de valores de 3.7442. ¿Con qué formato Q es conveniente implementar el procesamiento en un DSP de 16 bits?

*Sugerencia:* Estudie el comando “fi” de Matlab o alternativas en otros lenguajes.
- 4) Dada la siguiente función de transferencia, analizar gráficamente que ocurre con los polos del sistema al implementarse en un DSP de 8 bits. Graficar en simulación el diagrama de polos y ceros original y el implementado en el DSP. ¿Es estable el sistema implementado?

$$H(z) = \frac{4}{(1 + 0.97z^{-1}) + (1 + 0.98z^{-1})(1 + 0.99z^{-1})}$$

*Sugerencia:* Comandos *tf*, *pzmap*, *pole*, *impz* en Matlab o alternativas en otros códigos.

- 5) El siguiente diagrama recursivo debe simularse para determinar el rango de valores posibles en sus variables internas, y así obtener la representación en 5 bits y formato Q de punto fijo que mejor resolución permita.



Suponiendo que la señal de entrada  $x(n)$  es un escalón causal de amplitud 0.5, se pide:

- Simular manualmente o en software las primeras 4 salidas del sistema utilizando punto flotante.
  - Hacer lo mismo que en el punto anterior solamente que en punto fijo (con el punto donde determine que mejor resolución permita) y utilizando 5 bits con signo y truncando el resultado de las multiplicaciones.
  - Grafique la salida ideal y la cuantificada ¿Qué error porcentual se produce?
- 6) La siguiente ecuación a diferencias debe ser implementada en un DSP de bajos recursos en memoria y cuya arquitectura solamente le permite trabajar en punto fijo de 12 bits. Analizar su implementación y determinar cuántas variables y estados internos se necesitan tener en cuenta para fijar un formato Q que no genere saturaciones o resoluciones numéricas bajas. ¿Cómo propone determinar el mejor formato en punto fijo para esta ecuación?

$$y(n) = 0.25*x(n) + 0.5*x(n-1) + 0.25*x(n-2) - 0.09375*y(n-1) - 0.28125*y(n-2)$$

- ¿Qué porcentaje de error de redondeo se producen al usar 12 bits?
  - ¿Con cuántos bits el error se reduce a cero?
- 7) El siguiente sistema digital debe implementarse en un Arduino Nano, cuyas capacidades de cómputo están limitadas a punto fijo de 16 bits. Si la señal de entrada proviene del muestreo de la señal de tensión de una red, y oscila entre los 16 y -16 voltios con un offset de 8 Voltios, se pide:
- Simular las señales  $x[n]$ ,  $y[n]$  y  $b[n]$  en un código de punto flotante de 32 bits.
  - Simular el mismo sistema y señales pero con una implementación en punto fijo de 16 bits.
  - Idem anterior pero en 8 bits.
  - Graficar la salida del sistema para cada uno de los formatos anteriores.
  - En caso de un sistema de 16 bits ¿Podría asegurar que para cualquier  $x[n]$  todas las señales internas del sistema están acotadas? ¿O existen posibles casos de saturación? En este último caso,

¿Qué podría hacer para asegurar que en ningún momento haya pérdida de información por saturación del formato utilizado?

$B_1=0,3$ ;  $B_2=0,4$ ;  $B_3=0,1$   $A_1=-0,1$ ;  $A_2=-0,8$ .

