

## Filtros Digitales sobre Sistemas Embebidos

Martin E. Paz<sup>1</sup>, Oscar A Rodriguez<sup>2</sup>, Christian L. Galasso<sup>3</sup>

Dpto. de Ing. Electrónica

Universidad Tecnológica Nacional – Fac. Reg. B. Blanca

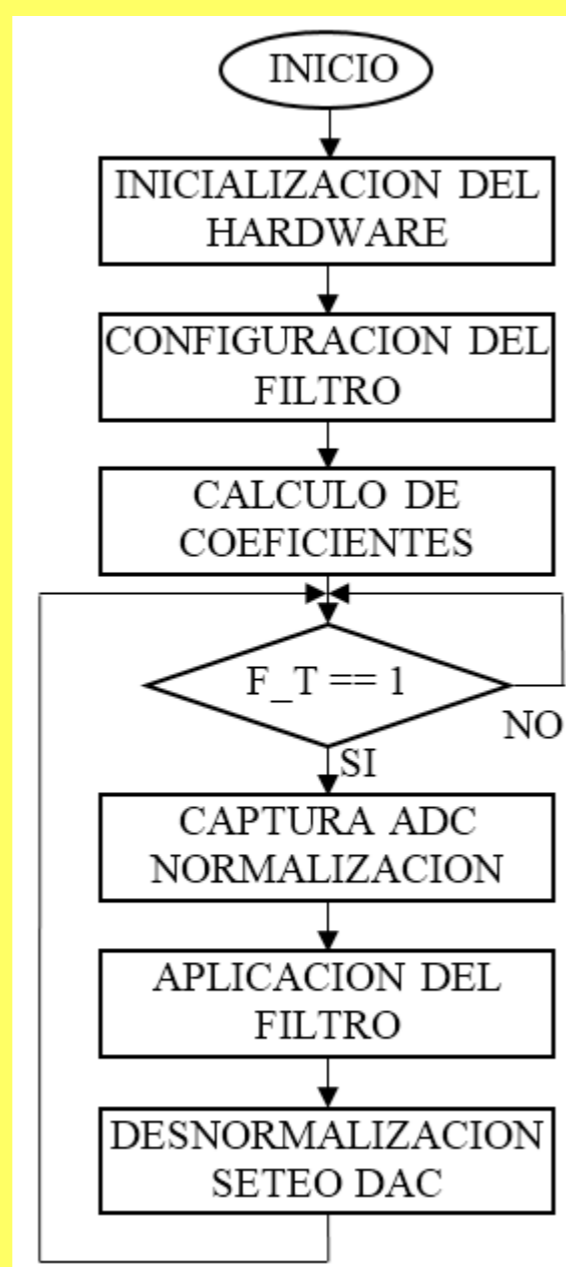
(1)pazmartin35@gmail.com, (2)arodrig@frbb.utn.edu.ar, (3)christian\_galasso81@yahoo.com.ar.

**Resumen**—En el presente trabajo se describe un sistema embebido que permite la implementación de distintos tipos de filtros digitales, calculando sus coeficientes a partir de configuraciones establecidas previamente por el usuario. Por medio de experimentos, se obtuvieron ecuaciones que permiten establecer en forma aproximada, valores máximos de frecuencia de muestreo para un valor determinado de orden del filtro, o un valor de orden máximo para una frecuencia de muestreo establecida, diferenciando si el filtro a utilizar es FIR o IIR.

El microcontrolador utilizado es el STM32F407VG montado sobre un kit DISCOVERY de la firma ST.

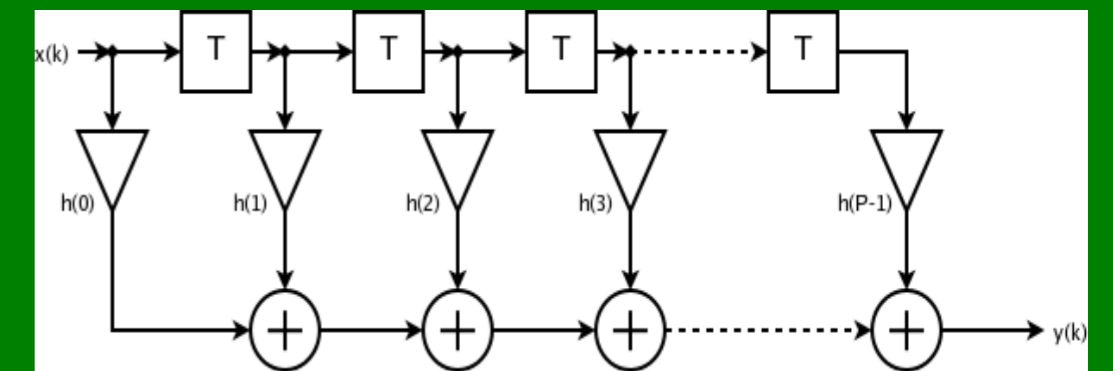


En el software de programación se definen los parámetros del filtro a implementar y luego se graba en el microcontrolador para que calcule los coeficientes y aplique el filtro.



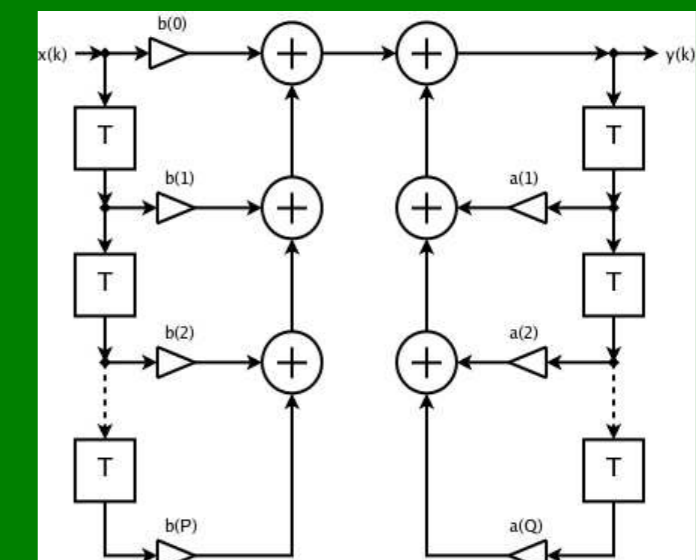
### Filtro FIR

$$H(z) = \sum_{n=0}^{N-1} b_n * z^{-n}$$



### Filtro IIR

$$H(z) = \frac{\sum_{k=0}^{N-1} b_k * z^{-k}}{1 + \sum_{k=0}^{M-1} b_k * z^{-k}}$$



Los experimentos se realizaron utilizando un generador de señal Keysight y un osciloscopio digital Tektronix. El microcontrolador se configuro de manera tal que, un pin de testeo indica el tiempo requerido para aplicar el filtro a la señal muestreada. De esta manera se obtuvieron distintos tiempos de calculo para distintos ordenes de filtro, y a su vez formulas que permiten determinar el mayor número de orden del filtro para una frecuencia de muestreo deseada.

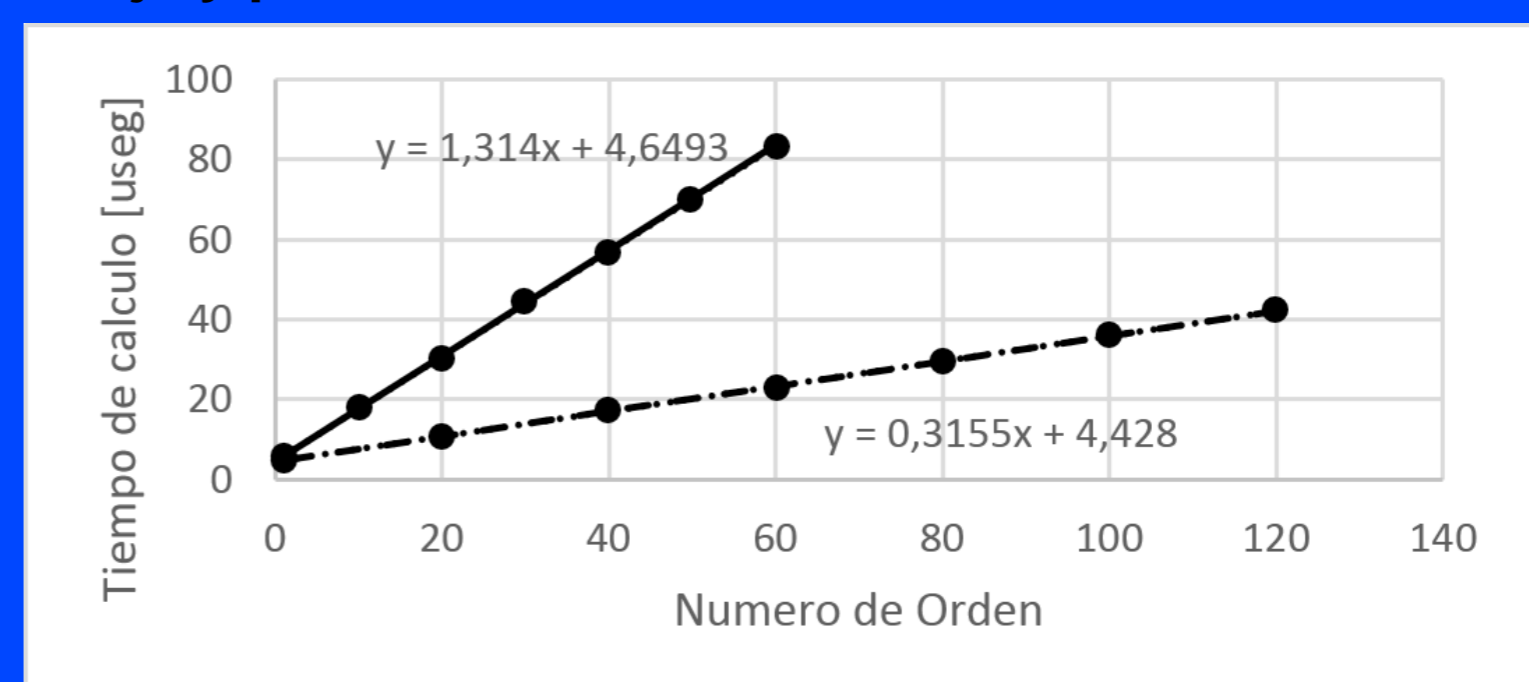
#### Filtro FIR

Número de Orden	Tiempo de cálculo [useg]	Máxima Fs (aprox) [Hz]
120	42,3	23641
100	36	27778
80	29,6	33784
60	23,3	42918
40	17	58824
20	10,7	93458
1	4,74	210815

#### Filtro IIR

Número de Orden	Tiempo de cálculo [useg]	Máxima Fs (aprox) [Hz]
60	83,5	11976
50	70,33	14219
40	57,2	17483
30	44,1	22676
20	30,9	32362
10	17,8	56180
1	5,9633	167692

Las pruebas se realizaron configurando el microcontrolador con los dos tipos de filtros, FIR e IIR y en comportamiento pasa bajo y pasa alto.



Aplicar un filtro IIR requiere de mas tiempo a medida que aumenta el orden del filtro (linea solida) en comparacion con el filtro FIR (linea solida)

#### Filtro FIR

$$T_c = 0,3155 * N_c + 4,428$$

$$N_c = 3,1636 * T_c - 13,772$$

#### Filtro IIR

$$T_c = 1,314 * N_c + 4,6493$$

$$N_c = 0,761 * T_c - 3,5383$$

**Conclusion**—La utilización de filtros digitales otorga ventajas en cuanto a facilidad de diseño y configuración. Un incremento del orden del filtro no requiere aumentar la complejidad del circuito. Todos los cambios en el diseño del filtro son por software. La desventaja que presentan es el incremento del tiempo que requiere el procesamiento de datos en la medida que aumenta orden. A modo de ejemplo, un filtro pasa bajo FIR de orden 100 implementado sobre el kit usado, solo puede ser utilizado con una frecuencia de muestreo menor a 25 KHz, y si se desee utilizar un filtro IIR a la misma frecuencia de muestreo, el máximo número de orden es 26. Otro resultado que arrojaron los experimentos es la gran diferencia que existe entre un filtro FIR con respecto a un IIR en función del número de orden y el tiempo de calculo que requiere el microcontrolador. En el caso del filtro FIR, el número de orden es igual a la cantidad de coeficientes del filtro, no sucede así en el caso de los filtros IIR, en donde la cantidad de coeficientes es 5 (cinco) veces mayor que el número de orden. El ancho de banda de este tipo de filtros también es una variable a considerar, ya que la máxima frecuencia a la que trabaja el filtro es la frecuencia de Nyquist, equivalente a la mitad de la frecuencia de muestreo. Este es un impedimento en los filtros de tipo pasa alto o elimina banda, ya que éstos deben dejar pasar frecuencias altas a la frecuencia de corte y no comportarse como filtros pasa banda.