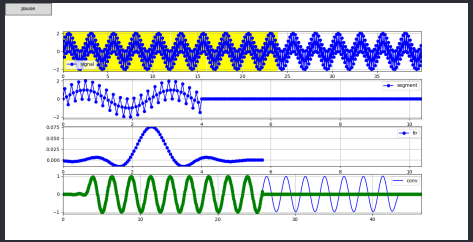
FACULTAD
DE INGENIERIA
Universidad de Buenos Aires

Procesamiento de señales, fundamentos

Maestría en sistemas embebidos
Universidad de Buenos Aires
MSE 5Co2020

Clase 6 - Filtrado con DFT



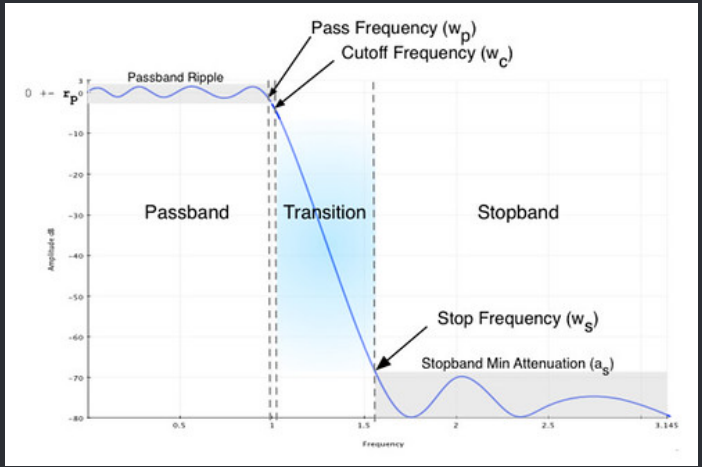
Ing. Pablo Slavkin
slavkin.pablo@gmail.com
wapp:011-62433453

Filtrado

Definición

07m25s

- Plantilla de diseño de un filtro
- En el ejemplo se aprecia un pasabajos pero se destacan las zonzas de interés y los niveles de la banda de paso y de rechazo
- Cuanto mas exigente se la plantilla del filtro, mas puntos tendrá nuestra h(n) y mas lenta y compleja su convolución
- El objetivo es llegar a un compromiso entre los requisitos y la performance

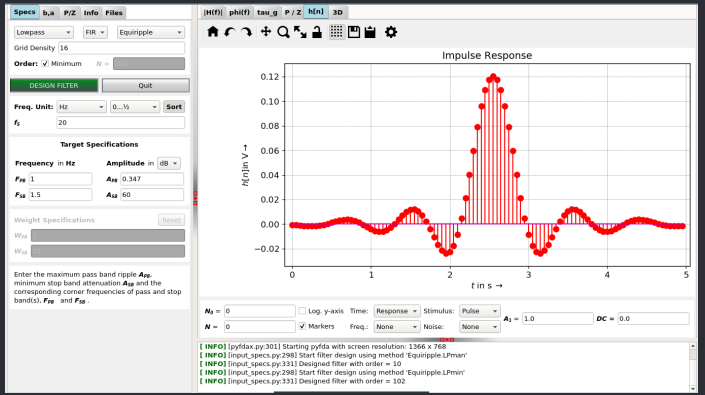


Filtrado

PyFDA /opt/anaconda3/bin/pyfdax

37m52s

- Uso de PyFDA como herramienta para diseño de filtros
- Inicialmente solo nos concentramos en la H(f) para visualizar de manera practica las zonas de paso y de rechazo

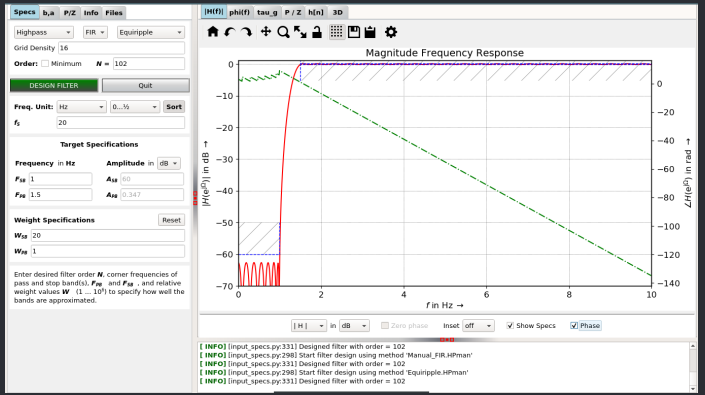


Filtrado

Pyfda /opt/anaconda3/bin/pyfdax

37m52s

- Uso de PyFDA como herramienta para diseño de filtros
- Inicialmente solo nos concentramos en la H(f) para visualizar de manera practica las zonas de paso y de rechazo
- Notar la variedad de opciones disponibles y la respuesta en fase en esta imagen



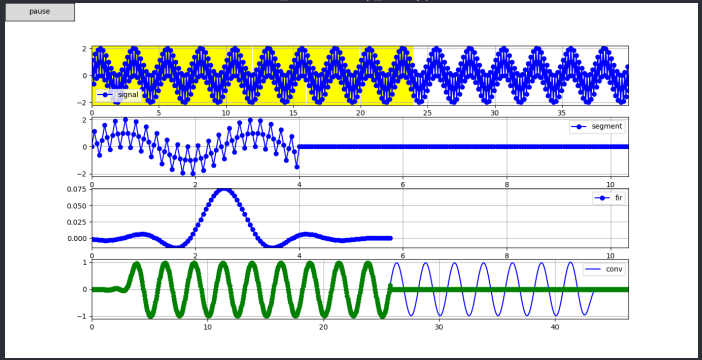
Convolución

Superponer y sumar en t

40m30s

- Ejemplo de como particionar la x(n) en tramos y filtrar usando convolucion en tiempo
- Se convoliciona x(n) con h(n) ambas con zero padding hata que cada una tenga N+M-1 puntos
- Notar el efecto del inicio del filtrado en cada tramo como se corrige con el siguiente
- Esto es equivalente a tomar la x(n) completa y convolucionar con la h(n)
- Si x(n) es una señal muy larga o en tiempo real, convolucionar de una sola vez se vuelve impracticable
- Con este metodo podemos mostrar cada cierto tiempo como va evolucionando la salida

6_clase/overlap_add1.py



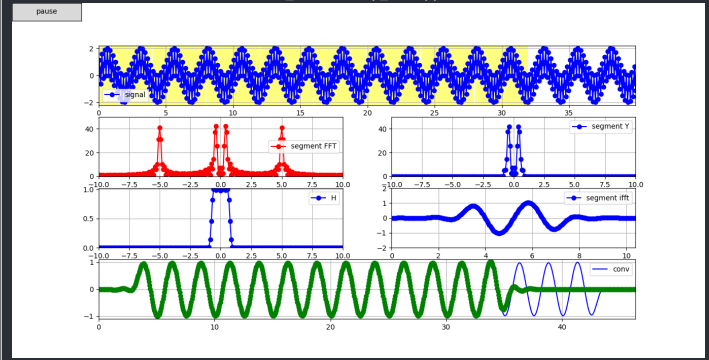
Convolución con FFT

Superponer y sumar en f

45m25s

- Ejemplo de como particionar la x(n) en tramos y filtrar usando IFFT(fft(x-padd)*fft(h-padd))
- Se hace zero padding a x(n) y h(n) hasta que ambas tengan N+M-1 datos
- Se denera elegir N de modo tal que N+M-1 sea potencia de 2 para que la eficiencia del algoritmo FFT sea maxima
- Se calcula DFT(x)=X y DFT(h)=H
- Se calcular Y=X multiplicado H
- Se antitransforma Y y se obtiene y(n)

6_clase/overlap_add2.py



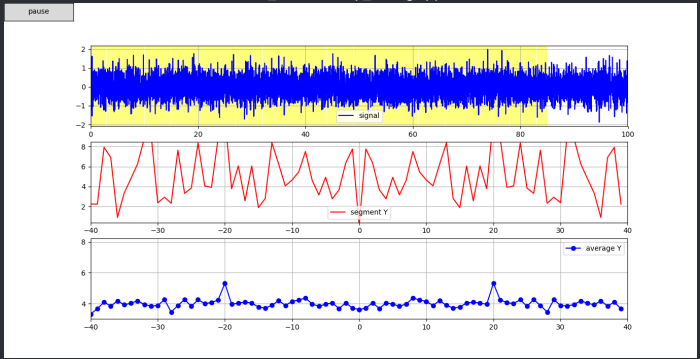
Promedio en magnitud de FFT

Superponer y promediar en f

49m00s

- Ejemplo de como particionar la x(n) en tramos luego calcular fft(x) y promediar
- Se hace un promedio de la lagnitud de los espectros de cada segmento
- Se logra promediar el ruido y destacar las componentes con informacion incluso sumergidas en ruido

6_clase/overlap_average.py



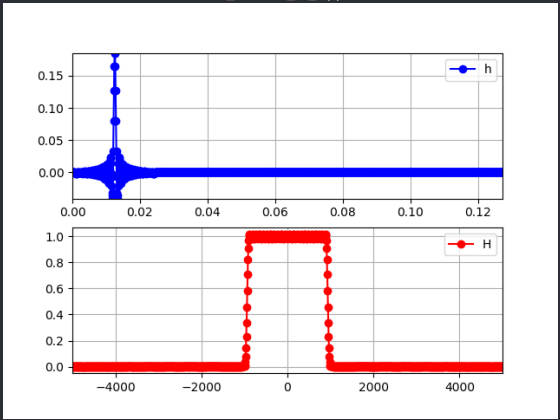
Filtrado con CIAA

Conversor PyFDA a fir.h para C

0h29m00s

- Código en Python para convertir los coeficientes del fir extendidos en Q1.15 en C
- Util para pasar de PyFda a los codigos de C

6_clase/fir_to_c.py



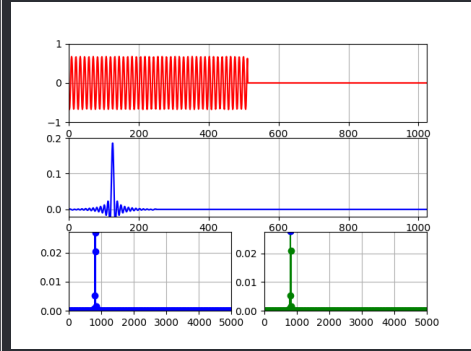
Filtrado con CIAA

Convolución en tiempo con padding

59m10s

```
#include "sapi.h"
#include "arm_math.h"
#include "arm_const_structs.h"
#include "fir.h"
#define MAX_FFT_LENGTH 2048
int16_t fftLength = 512;
int16_t hLength = h_LENGTH;
int16_t adc   [ MAX_FFT_LENGTH];
q15_t x       [ MAX_FFT_LENGTH]        ;
q15_t fftOut [ ( MAX_FFT_LENGTH)*2 ]  ;
q15_t fftMag [ ( MAX_FFT_LENGTH)/2+1 ];

uint32_t maxIndex   = 0;
q15_t maxValue      = 0;
arm_rfft_instance_q15 S;
uint16_t convLength = 0;
uint16_t sample     = 0;

int calcFftLength(int N,int M) {
   int convLength=N+M-1,i;
   for(i=MAX_FFT_LENGTH;i>=convLength;i>>=1)
      ;
   return i<<1;
}
int sendStr(char A[],int N) { uartWriteByteArray (
        UART_USB ,A ,N ); }
int sendBlock(q15_t A[],int N) { uartWriteByteArray
         ( UART_USB ,(uint8_t* )A ,2*N ); }

int main ( void ) {
   boardConfig         (                        );
   uartConfig          ( UART_USB, 460800       );

   cyclesCounterInit  ( EDU_CIAA_NXP_CLOCK_SPEED );
   while(1) {
      convLength=calcFftLength(fftLength,hLength);
      for(sample=0;sample<fftLength;sample++) {
         cyclesCounterReset();
         adc[sample] = ((int16_t )adcRead(CH1)-512)
                  <<6;
         gpioToggle( LEDB);
         while(cyclesCounterRead()< 20400)
            ;
      }
      for(sample=fftLength;sample<convLength;sample
            ++)
         adc[sample]=0;
      sendStr   ( "header"    ,6    );
      sendBlock ( &fftLength ,1     );
      sendBlock ( &convLength   ,1 );
      sendBlock ( adc ,convLength  );
      sendBlock ( h ,convLength    );
      arm_conv_fast_q15 ( adc,fftLength,h,
               convLength-fftLength+1,x );
      arm_rfft_init_q15 ( &S ,convLength ,0 ,1 );
      arm_rfft_q15      ( &S ,x          ,fftOut  );
      arm_cmplx_mag_squared_q15 ( fftOut ,fftMag ,
               convLength/2+1       );
      arm_max_q15             ( fftMag ,
            convLength/2+1 ,&maxValue ,&maxIndex
               );
      sendBlock ( fftOut    ,convLength );
      sendBlock ( &maxValue  ,1 );
      sendBlock ( (q15_t* )&maxIndex ,1 );
      gpioToggle( LEDR);
   }
}
```

6_clase/ciaa/psf1/src/conv1.c



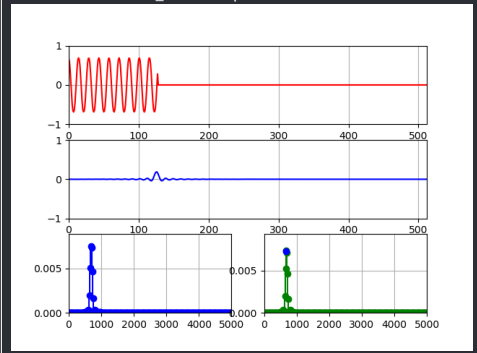
Filtrado con CIAA

Multiplicacion en frecuencia con padding

1h18m38s

```
#include "sapi.h"
#include "arm_math.h"
#include "arm_const_structs.h"
#include "fir.h"
#define MAX_FFT_LENGTH 1024
int16_t fftLength = 128;
int16_t hLength = h_LENGTH;
int16_t adc [ MAX_FFT_LENGTH    ];
q15_t x     [ MAX_FFT_LENGTH    ];
q15_t fftOut[ 2* MAX_FFT_LENGTH ];
q15_t H     [ 2* MAX_FFT_LENGTH ];
q15_t hTemp [ 2* MAX_FFT_LENGTH ];

uint32_t maxIndex   = 0;
q15_t maxValue      = 0;
arm_rfft_instance_q15 S;
uint16_t convLength = 0;
uint16_t sample     = 0;

int calcFftLength(int N,int M) {
   int convLength=N+M-1,i;
   for(i=MAX_FFT_LENGTH;i>=convLength;i>>=1)
      ;
   return i<<1;
}
int sendStr(char A[],int N) { uartWriteByteArray ( UART_USB ,A
         ,N ); }
int sendBlock(q15_t A[],int N) { uartWriteByteArray ( UART_USB
         ,(uint8_t* )A ,2*N ); }

int main ( void ) {
   boardConfig         (                       );
   uartConfig          ( UART_USB, 460800      );
   adcConfig           ( ADC_ENABLE            );
   cyclesCounterInit   ( EDU_CIAA_NXP_CLOCK_SPEED );

   while(1) {
      convLength=calcFftLength(fftLength,hLength);
      for(sample=0;sample<fftLength;sample++) {
         cyclesCounterReset();
         adc[sample] = ((int16_t )adcRead(CH1)-512)<<6;
         gpioToggle( LED0 );
         while(cyclesCounterRead()< 20400)
            ;
      }
      for(sample=fftLength;sample<convLength;sample++)
         adc[sample]=0;
      sendStr           ( "header"   ,6         );
      sendBlock         ( &fftLength ,1         );
      sendBlock         ( &convLength   ,1      );
      sendBlock         ( adc ,convLength       );
      sendBlock         ( h ,convLength         );
      arm_rfft_init_q15 ( &S ,convLength ,0 ,1 );
      arm_rfft_q15      ( &S ,adc     ,fftOut   );
      for(int i=0;i<convLength;i++)
         hTemp[i]=h[i];
      arm_rfft_init_q15 ( &S ,convLength ,0 ,1 );
      arm_rfft_q15      ( &S ,hTemp     ,H    );
      for(int i=0;i<convLength;i++)
         H[i]=H[i]*convLength;
      arm_cmplx_mult_cmplx_q15(fftOut,H,H,convLength);
      sendBlock ( H    ,convLength );
      arm_cmplx_mag_squared_q15 ( H ,H ,convLength/2+1
                                 );
      arm_max_q15               ( H ,convLength/2+1 ,&maxValue
                  ,&maxIndex );
      sendBlock ( &maxValue  ,1 );
      sendBlock ( (q15_t* )&maxIndex ,1 );
      gpioToggle( LED0 );
   }
}
```

6_clase/ciaa/psf2/src/conv1.c



Enuestas

Encuesta anónima clase a clase

Propiciamos este espacio para compartir sus sugerencias, criticas constructivas, oportunidades de mejora y cualquier tipo de comentario relacionado a la clase.

Encuesta anónima

https://forms.gle/1j5dDTQ7qjVfRwYo8

Link al material de la material

https://drive.google.com/drive/u/1/folders/1TlR2cgDPchL_4v7DxdpS7pZHtjKq38CK

Bibliografía

Libros, links y otro material

[1] *ARM CMSIS DSP*. https://arm-software.github.io/CMSIS_5/DSP/html/index.html

[2] Steven W. Smith. *The Scientist and Engineer's Guide to Digital Signal Processing*. Second Edition, 1999.

[3] *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/wiki/Convolution_theorem