

# APS: Implementação de filtros digitais

Prof. Dr. Marcelo de Oliveira Rosa

30 de setembro de 2014

## 1 Introdução

Usando o dsPIC (parte do problema já foi estudada em microcontroladores) como base para programação e montagem, os alunos construirão um conjunto de quatro filtros digitais selecionáveis por DIP-SWITCH. O equipamento produzidos lerá constantemente uma porta de entrada, gerando um sinal de saída filtrado.

## 2 Projeto

O trabalho (em grupo de **DOIS** alunos) consiste em projetar e construir (em matriz de pontos) um equipamento para filtragem de sinais.

Preferencialmente adquirir um dos seguintes dsPICs:

- DSPIC30F4013-30I/P
- DSPIC33FJ128MC802-I/SP
- DSPIC33FJ128GP802-I/SP
- TI EK-TM4C123GXL\*
- TI EK-TM4C1294XL
- TI LAUNCHXL-F28027

Preferencialmente recomendo o uso do TI EK-TM4C123GXL visto que é usado em outras disciplinas (Controle) no departamento (os equipamentos da TI já são na forma de kit, dispensando a montagem da placa, bem como a facilidade de alteração do código a ser executado pelo microcontrolador).

As versões DSPIC33 possuem conversor D/A, mas para padronizar, usaremos as suas funções PWM, conforme veremos abaixo.

As seguintes faixas **FIXAS** de frequências serão usadas (sua escolha será na base **PRIMEIRO QUE CHEGAR, LEVA**):

Grupo	Faixas (em frequência normalizada $\omega$ )			
1	até 0.20	entre 0.20 e 0.6	entre 0.6 e 0.8	acima de 0.8
2	até 0.20	entre 0.20 e 0.5	entre 0.5 e 0.8	acima de 0.8
3	até 0.25	entre 0.25 e 0.5	entre 0.5 e 0.8	acima de 0.8
4	até 0.25	entre 0.25 e 0.5	entre 0.5 e 0.8	acima de 0.8
5	até 0.25	entre 0.25 e 0.5	entre 0.5 e 0.7	acima de 0.7
6	até 0.25	entre 0.25 e 0.5	entre 0.5 e 0.7	acima de 0.7
7	até 0.18	entre 0.18 e 0.4	entre 0.4 e 0.75	acima de 0.75
8	até 0.18	entre 0.18 e 0.4	entre 0.4 e 0.75	acima de 0.75

Tabela 1: Faixas de frequência

Os seguintes tipos de filtros deverão ser escolhidos para cada uma das 4 faixas (de acordo com o grupo escolhido):

Grupo	Tipos de filtro			
1	FIR	Chebyshev tipo 1	Chebyshev tipo 1	Butterworth
2	FIR	Chebyshev tipo 1	Chebyshev tipo 1	Butterworth
3	FIR	Butterworth	Butterworth	Chebyshev tipo 1
4	FIR	Butterworth	Butterworth	Chebyshev tipo 2
5	Butterworth	Chebyshev tipo 1	Chebyshev tipo 1	FIR
6	Butterworth	Chebyshev tipo 2	Chebyshev tipo 2	FIR
7	Chebyshev tipo 2	Chebyshev tipo 1	Butterworth	FIR
8	Chebyshev tipo 1	Chebyshev tipo 2	Butterworth	FIR

Tabela 2: Tipos de filtros

Note que as frequências de corte nos filtros são dadas em frequências normalizadas em relação a frequência de Nyquist do sistema. Essa depende da taxa de amostragem usada no conversor A/D do dsPIC. É necessário verificar essa taxa para poder realizar os cálculos, além de ser usada para programar a interrupção de tempo para leitura da porta de entrada do dsPIC.

O projeto de cada filtro pode ser realizado usando-se o MATLAB. Para evitar problemas numéricos, use filtros IIR com ordem  $N \leq 6$ . Tal restrição não precisa ser imposta ao filtro FIR, que pode ser construído usando-se qualquer janela (deve-se apenas indicar que janela usou na descrição do projeto).

Para todos os filtros, a zona de transição fica a critério da equipe. A atenuação na zona de rejeição deve ser no mínimo de 15dB (caso isso implique em ordem  $N > 6$  dos filtros IIR, restrinja a ordem, mesmo que a atenuação não seja mais de no mínimo 15dB).

### 3 Algoritmo

Uma vez definida as equações à diferenças dos filtros, elas serão implementadas em um algoritmo dentro do dsPIC.

A estrutura do algoritmo do dsPIC se assemelhará à:

- 1) a cada interrupção de tempo
  - 1.1) leia a porta de entrada do dsPIC ->  $x_n$
  - 1.2) salve  $x_n$  no vetor  $x[]$
  - 1.3) de acordo com o filtro selecionado:

- 1.3.1) filtro  $x[n]$  com filtro 1  $\rightarrow y$
- 1.3.2) filtro  $x[n]$  com filtro 2  $\rightarrow y$
- 1.3.3) filtro  $x[n]$  com filtro 3  $\rightarrow y$
- 1.3.4) filtro  $x[n]$  com filtro 4  $\rightarrow y$
- 1.4) escreva  $y$  na porta de saída do dsPIC

Como o dsPIC não possui um conversor D/A, usaremos a saída PWM do mesmo, com um filtro passa-baixa analógico para obter o sinal de saída  $y$ .

Para facilitar, as equipes devem escrever o esqueleto do algoritmo (sem a operação de filtragem) usando interrupções no dsPIC. Uma vez que o algoritmo esteja funcionando, as equipes o concluem com a implementação dos filtros (itens 1.3.1 até 1.3.4 do algoritmo apresentado).

Note que a escolha do filtro é feita externamente através do DIP-SWITCH. Os alunos devem definir como as combinações do DIP-SWITCH definem qual filtro estará rodando.

## 4 Relatório

Na apresentação, os alunos devem apresentar (em arquivo digital, sem impressão em papel):

- Equações à diferença dos filtros
- Esquema de decisão sobre filtro selecionado
- Código-fonte completo da implementação
- O circuito funcionando

Os testes de funcionamento serão realizados com gerador de funções e osciloscópios digitais. A nota do trabalho será zero ou 10, ou seja, depende do circuito funcionar com sucesso.