



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Centro Tecnológico
Departamento de Engenharia Elétrica

Princípios de Comunicações I COD: ELE8541

Prof. Responsável: Jair Silva (jair.silva@ufes.br)

Laboratório # IV – Multiplexação FDM

1. Objetivos

Nesta aula o aluno terá a oportunidade de multiplexar sinais em FDM (*Frequency Division Multiplexing*), entre os quais um sinal de áudio, transmiti-los em um canal que insere ruído aditivo do tipo AWGN, e posteriormente demultiplexá-los e recuperá-los através de filtros passa-faixa e demodulação coerente.

2. Conceitos Envolvidos

- Multiplexação por Divisão de Frequências (FDM)
- Modulação de Amplitude AM-SSB e Detecção Coerente
- Ruído Gaussiano Branco Aditivo (AWGN) e Relação Sinal-Ruído (SNR)
- Filtragem passa-banda

3. Experimento

O experimento desta aula envolve a compreensão do código **multiplex_FDM** que pode ser encontrado no **moodle** do sítio <http://ava.ufes.br/>. A função **triangl** chamada pelo programa principal também pode ser acessado no moodle. O código principal simula o funcionamento de um sistema de multiplexação/demultiplexação de três sinais conforme ilustra a Figura abaixo.

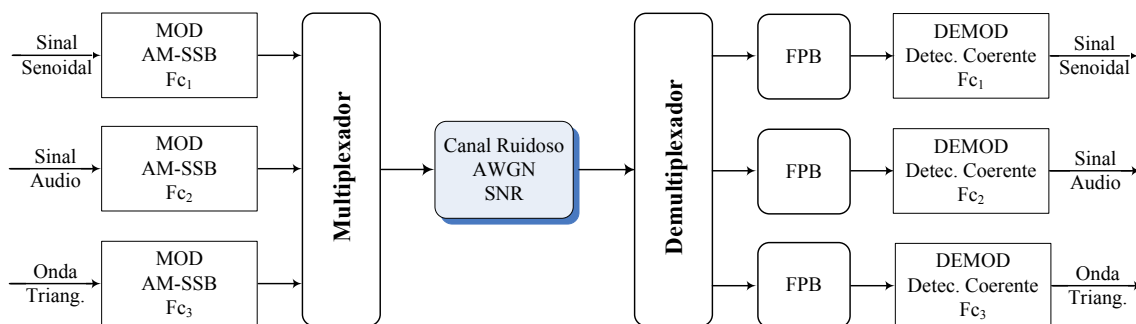


Figura - Multiplexação FDM.

Após o entendimento do código e sua associação às diferentes etapas do multiplexador da Figura acima, execute as seguintes tarefas:

- Observe os sinais de mensagem mostrados na Figura 1 gerada após rodar o programa principal. Faça um zoom no sinal senoidal para melhor averiguação.
- Faça zoom também nos espectros mostrados na Figura 2. Identifique o espectro de cada um dos sinais ilustrados na Figura 1.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Centro Tecnológico

Departamento de Engenharia Elétrica

- Faça zoom em cada um dos sinais modulados mostrados na Figura 3 para identificar, ainda que no domínio do tempo, os sinais moduladores e as portadoras. Os espectros da Figura 4 ajudarão no entendimento das frequências (portadoras) de variação a serem identificadas.
- Preste bem atenção ao sinal multiplexado mostrado na Figura 5. O mesmo corresponde à soma dos três sinais de mensagem após modulação? Identifique as componentes principais de cada sinal no espectro comum ilustrado na mesma Figura.
- Interprete o espectro mostrado na Figura 7 obtido após o processo de filtragem necessário na demultiplexação. O mesmo corresponde ao espectro de qual sinal multiplexado? O espectro é DSB ou SSB? Está em banda base ou banda passante? E o espectro mostrado na Figura 8?
- Compare o sinal de áudio gerado e o sinal recuperado tanto no domínio tempo quanto no domínio da frequência ilustrados na Figura 9. Faça um zoom nos gráficos para melhor comparação.
- Fique atento aos sons “jogados” na saída da placa de som de seu computador com o auxílio de um escuta. Compare os dois sinais de áudio.
- “Descomente” o comando que permite escutar o sinal multiplexado, escute-o e compare-o com o sinal de áudio gerado.

4. Análises

Após a execução das tarefas acima analise as seguintes situações, variando os parâmetros designados na primeira parte do código (Dados de Simulação):

- Varie o valor de SNR e faça as comparações acima citadas
- Varie os valores das frequências de corte do filtro (por exemplo, iguale a primeira frequência de corte para 0.1) e atente à diferença no áudio. Observe as diferenças também no espectro do sinal detectado
- Varie as frequências de operação dos sinais modulados de modo a causar interferência entre os sinais e observe os efeitos no áudio e no espectro dos sinais.
- Varie a banda do filtro passa faixa de forma a detectar o primeiro sinal multiplexado e posteriormente o segundo sinal multiplexado.