

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO**

EE882 – LABORATÓRIO DE COMUNICAÇÃO I

EXPERIÊNCIA 6

MULTIPLEXAÇÃO DE SINAIS ANALÓGICOS

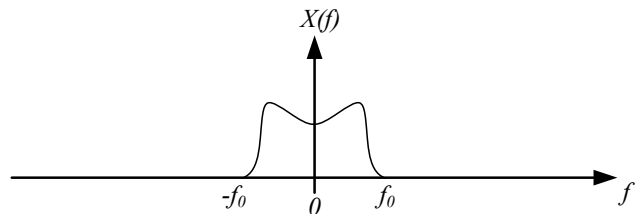
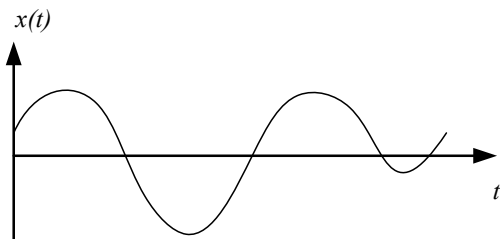
Profs. Bruno Masiero, Michel Yacoub

Segundo Semestre de 2016

Parte Teórica

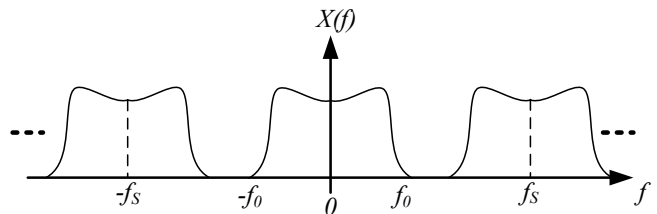
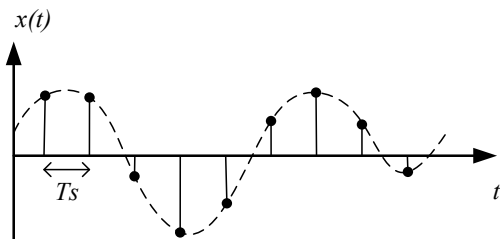
1. TAXA DE AMOSTRAGEM

Um sinal $x(t)$, limitado em faixa a f_0 Hz, é completamente determinado a partir de suas amostras $x(nT_s)$, tomadas a uma frequência $f_s = 1/T_s > 2f_0$.



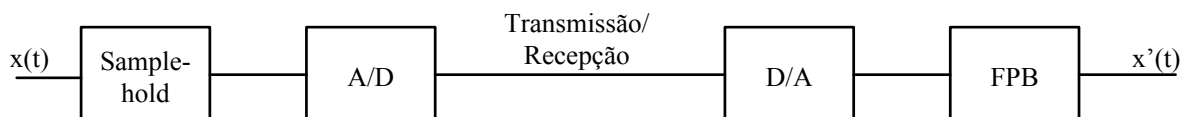
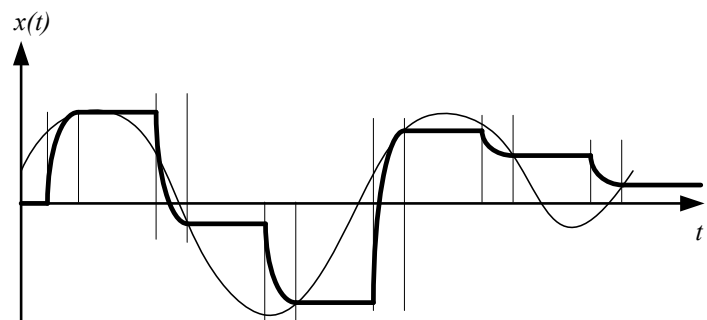
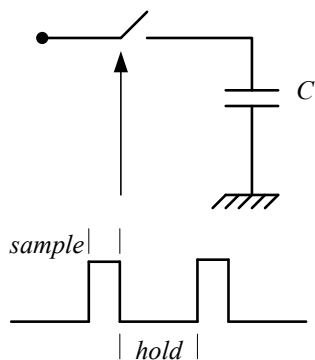
$$x_s(t) = x(t) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_s)$$

$$X_s(f) = \frac{1}{T_s} \sum_{n=-\infty}^{\infty} X(f - nf_s)$$



2. CIRCUITO SAMPLE-HOLD

Um circuito *sample-and-hold* é empregado para adquirir a amostra do sinal num dado instante (*sample*) e armazená-la por um período (*hold*) para permitir, por exemplo, sua conversão A/D.



$x'(t) = x(t) + n(t)$, onde $n(t) \Rightarrow$ ruído de quantização

Desconsiderando o ruído de quantização, temos:

$$y(t) = (x(t) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_s)) * p(t)$$

$$Y(f) = \frac{\tau}{T_s} \left[\sum_{n=-\infty}^{\infty} X(f - nf_s) \right] S_a(\pi f \tau) \exp(-j\pi f \tau) \quad (1)$$

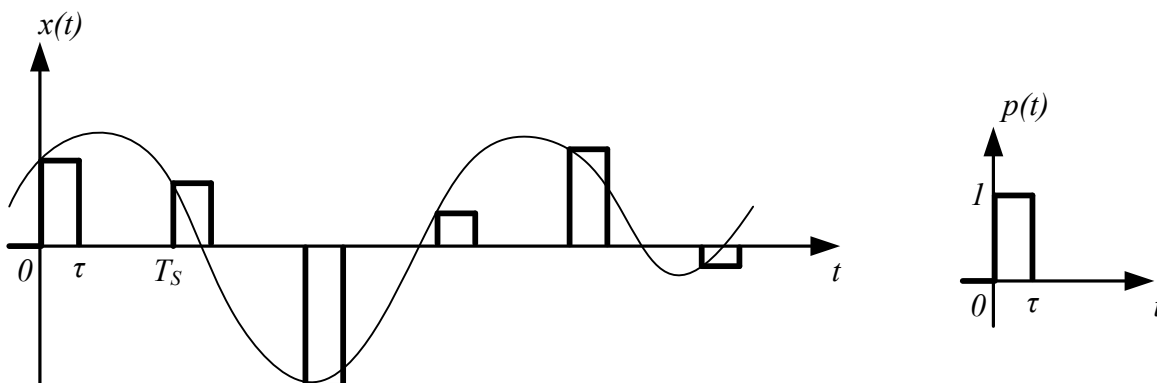


Figura - Sinal à saída do conversor D/A

Para um conversor A/D linear de N bits e excursão $\pm V_0$ Volts, a relação Sinal/Ruído de quantização é dada por:

$$\text{SNR} = \frac{P_{\text{Sinal}}}{\Delta^2/12} \quad (2)$$

onde

$$\Delta = \frac{V_0}{2^N}$$

Parte Prática

Multiplexação Temporal e *Aliasing*

1. Utilizando o módulo 2960E, ajuste o *internal clock frequency* em 16 kHz, o que gera uma frequência de amostragem $f_s = 8$ kHz, e conecte o *internal clock output* ao *clock input*. Verifique a fase dos sinais de amostragem *pulse 1* e *pulse 2*. Varie sua largura e anote os valores mínimo e máximo dessa largura. Quais os valores de amplitude do *pulse 1* que tornam a chave analógica “ON” e “OFF”? Injete uma senóide de $1,5 V_p$ (nunca ultrapasse esse limite) e 1 kHz em *input 1* e, variando o *sample pulse width*, examine o sinal amostrado no capacitor e em *multiplexed output*. Varie a frequência do sinal de entrada

na faixa de 0 a 3,4 kHz e o *sample pulse width* entre seus valores mínimo e máximo. Que conclusão você tira dessas observações?

2. Empregando o valor máximo do *sample pulse width*, mantenha agora uma senóide de 1,5 V_p em *input 1* e uma onda triangular de 3 V_{pp} e frequência de 200 Hz em *input 2*. Examine a saída *multiplexed output*. Conecte o *multiplexed output* ao *multiplexed input*, a saída *output 1* a um banco de 2 filtros em cascata e a saída *output 2* a outro banco de 2 filtros em cascata. Varie a frequência dos sinais de entrada na faixa de 0 a 3,4 kHz e examine os pontos *multiplexed output*, *output 1* e *output 2* e as saídas dos filtros.
3. Desconecte agora a entrada *input 2*, fixe a frequência da entrada *input 1* em 1 kHz e verifique o sinal em *output 1* e na saída dos 2 filtros em cascata, anotando a amplitude resultante. Altere agora a frequência da entrada *input 1* para 7 kHz e refaça as medidas. Justifique o que está ocorrendo fazendo uso da Eq. (1). Note que $f_s = 1/T_s = 8 \text{ kHz}$ e $\tau = T_s/2$. Repita o procedimento com a frequência de 9 kHz. Comente o fato de, na prática, se colocar também um filtro passa-baixa antes da amostragem temporal.
4. Altere o *clock frequency* para 32 kHz, o que resulta em uma frequência de amostragem $f_s = 16 \text{ kHz}$. Examine a forma de onda na saída do banco de filtros, para uma entrada senoidal de 1 kHz em *input 1*. Altere o sinal de entrada para triangular e quadrada. Comente o resultado.
5. Utilize um sinal de áudio (celular, por exemplo) como uma das entradas do referido módulo. Multiplixe, então, áudio com um outro sinal qualquer. Com um auto-falante ouça os sinais nos diversos pontos dos circuitos. Altere a frequência de amostragem e repita o procedimento. Idem para a largura dos pulsos de amostragem.
6. Faça uma conexão de uma bancada para outra (transmissão em uma, recepção em outra).