

## EXPERIMENTO 6: MULTIPLEXAÇÃO DE SINAIS ANALÓGICOS

*Gustavo Fraidenraich, Levy Bocato, Max Henrique Machado Costa, Michel Daoud Yacoub*

*2º Semestre de 2018*

### Parte Teórica

#### 1 Taxa de Amostragem

Um sinal  $x(t)$ , limitado em faixa a  $f_0$ , é completamente determinado a partir de suas amostras  $x(nT_s)$ ,  $n \in \mathbb{Z}$ , tomadas a uma frequência  $f_s = \frac{1}{T_s} > 2f_0$  (Nyquist), como ilustrado na fig. 1.

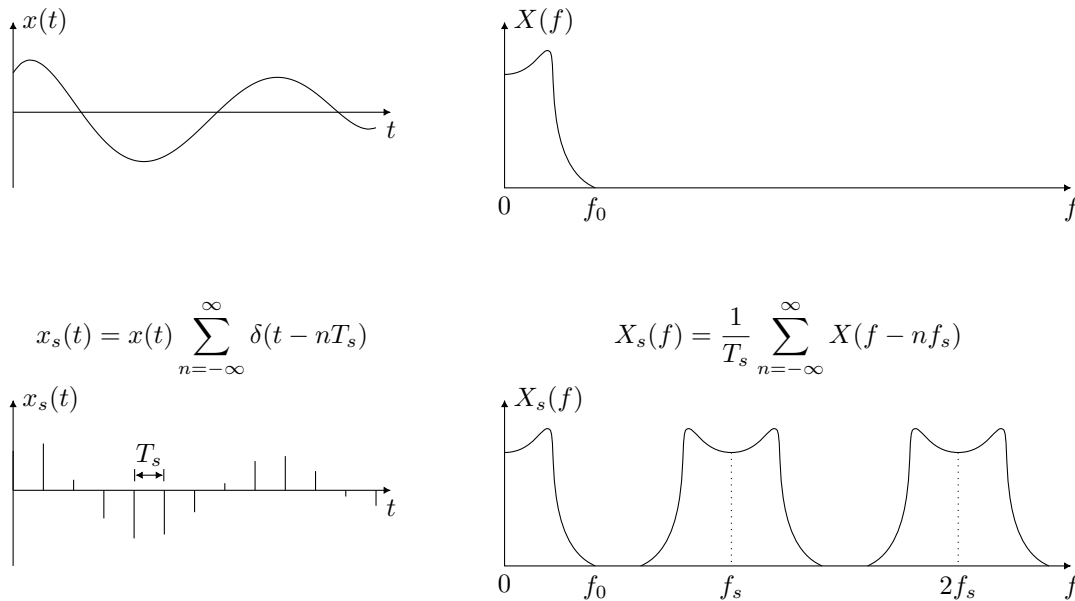


Figura 1: Amostragem do sinal  $x(t)$ .

#### 2 Circuito *Sample & Hold*

Um circuito *sample & hold* é empregado para adquirir a amostra do sinal num dado instante de tempo (*sample*) e armazená-la por um período (*hold*) para permitir, por exemplo, sua conversão A/D, como mostra a fig. 2.

A saída do sistema inclui um ruído de quantização  $n(t)$ , assim

$$x'(t) = x(t) + n(t) \tag{1}$$

Desconsiderando o ruído de quantização, o sinal  $y(t)$  na saída do conversor A/D pode ser

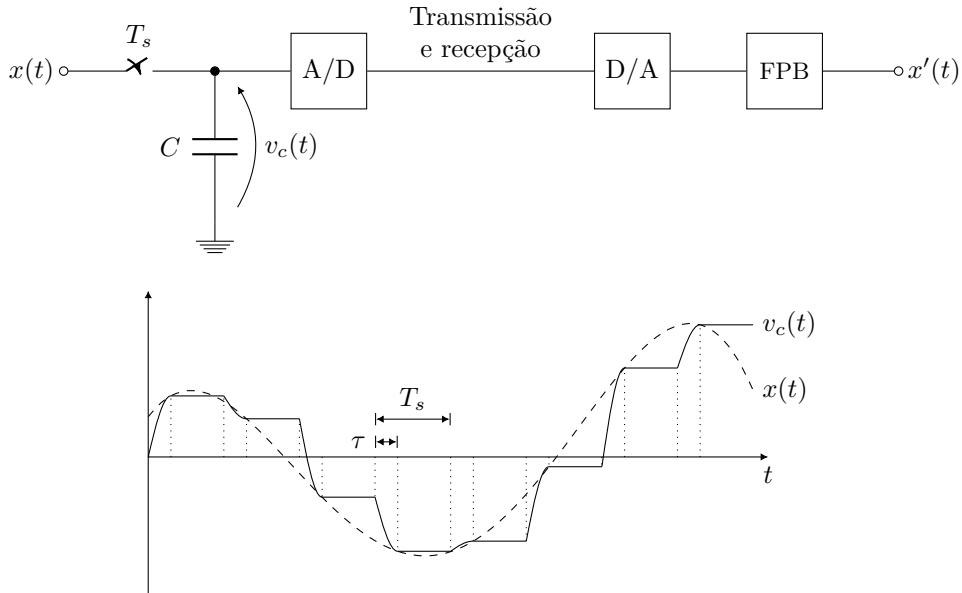


Figura 2: Circuito *sample & hold* usado em conversor A/D.

escrito como

$$y(t) = \left[ x(t) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_s) \right] * p(t) \quad (2)$$

$$Y(f) = \frac{\tau}{T_s} \left[ \sum_{n=-\infty}^{\infty} X(f - nf_s) \right] S_a(\pi f \tau) e^{-j\pi f \tau} \quad (3)$$

em que  $p(t)$  é um pulso retangular unitário de duração  $\tau$ . Esses sinais estão ilustrados na fig. 3.

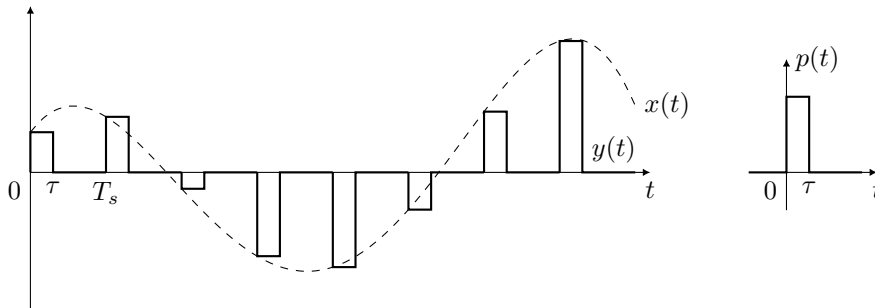


Figura 3: Sinal observado na saída do conversor A/D.

Para um conversor A/D linear de  $N$  bits e excursão  $\pm V_0$ , a relação sinal/ruído de quantização é dada por

$$\text{SNR} = \frac{P_{\text{sinal}}}{\frac{\Delta^2}{12}} \quad (4)$$

$$\Delta = \frac{V_0}{2^N} \quad (5)$$

# 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. Conecte o INTERNAL CLOCK OUTPUT ao CLOCK INPUT. Verifique a fase dos sinais de amostragem PULSE 1 e PULSE 2. Varie sua largura e conjecture sobre os efeitos de se ter um pulso estreito e um pulso largo. Injete um sinal senoidal de amplitude 1,5 V e frequência 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 onda senoidal de 1,5 V em INPUT 1 e uma onda triangular de mesma amplitude 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, observando as amplitudes resultantes. Altere agora a frequência da entrada INPUT 1 para 7 kHz e refaça as medidas. Justifique o que está ocorrendo. Repita o procedimento com a frequência de 9 kHz. Comente o fato de, na prática, ser utilizado também um filtro passa-baixas antes da amostragem temporal.
4. Altere o CLOCK FREQUENCY para 32 kHz, o que resulta em uma frequência de amostragem  $f_s = 16$  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 como uma das entradas do referido módulo. Multiplexe, então, áudio com outro sinal qualquer. Se utilizar um gerador de sinais, ajuste a tensão de saída para em torno de 200 mV. Com um autofalante 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). Utilize dois sinais de áudio.