

DEPARTAMENTO DE BIOINGENIERIA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGIA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN

Introducción a la Bioingeniería
Procesamiento Digital de Señales Biomédicas



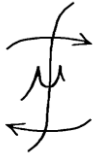
Dirección postal: Av. Independencia 1800
(4000) S.M. de Tucumán, Argentina
Tel-fax: (54)-9-381-436-4120

gruiz@herrera.unt.edu.ar
mgsorrentino@herrera.unt.edu.ar

TRABAJO PRÁCTICO N° 2

Tema: Muestreo

- I. Una señal analógica contiene frecuencias hasta 10 kHz.
 - a) ¿Qué rango de frecuencias de muestreo permite una reconstrucción exacta de esta señal a partir de sus muestras?
 - b) Supón que se muestrea la señal a una frecuencia de 8kHz. Analiza qué sucede con la frecuencia de 5kHz.
 - c) Repite el análisis del punto anterior para el caso de la frecuencia de 9kHz.
- II. Dada la señal analógica $x_a(t) = 3\cos(2000\pi t) + 5\sin(6000\pi t) + 10\cos(12000\pi t)$
 - a) ¿Qué frecuencia tomaría para muestrear la señal y por qué?
 - b) Suponga que se muestrea la señal con una frecuencia de muestreo $f_s = 5000\text{Hz}$, ¿cuál será la señal discreta en el tiempo $x(n)$ obtenida luego del muestreo.
 - c) ¿Qué señal analógica $y_a(t)$ se podrá reconstruir a partir del muestreo?
 - d) Grafique $x_a(t)$, $x(n)$ y $y_a(t)$.
- III. ¿Cuál es la frecuencia de Nyquist de una señal analógica de ECG? Se muestrea con una $F_s = 250\text{ Hz}$, ¿cuál es la más alta frecuencia que se puede ser representada sin ambigüedad?
- IV. Una señal analógica $x_a(t) = \sin(480\pi t) + 3\sin(720\pi t)$ es muestreada a 600 veces por segundo.
 - a) Determina la frecuencia de Nyquist para esta señal y la frecuencia de plegado (folding frequency).
 - b) ¿Cuáles son las frecuencias relativas en la señal de tiempo discreto resultante $x(n)$?
 - c) Si $x(n)$ pasa a través de un conversor D/A , ¿cuál es la señal $y_a(t)$ reconstruida?
- V. Un link de comunicación digital transporta palabras en código binario que representan muestras de una señal de entrada $x_a(t) = 3\cos(600\pi t) + 2\cos(1800\pi t)$. El link se opera a 10000 bits s^{-1} y cada muestra de entrada es cuantizada en 1024 diferentes niveles de voltaje.
 - a) ¿Cuáles son la frecuencia de muestreo y la frecuencia de folding?



**DEPARTAMENTO DE BIOINGENIERIA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGIA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN**

**Introducción a la Bioingeniería
Procesamiento Digital de Señales Biomédicas**



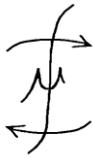
Dirección postal: Av. Independencia 1800
(4000) S.M. de Tucumán, Argentina
Tel-fax: (54)-9-381-436-4120

gruiz@herrera.unt.edu.ar
mgsorrentino@herrera.unt.edu.ar

TRABAJO PRÁCTICO N° 2

Tema: Muestreo

- b) ¿Cuál es la frecuencia de Nyquist para la señal $x_a(t)$?
- c) ¿Cuáles son las frecuencias en la señal de tiempo discreto resultante $x(n)$?
- d) ¿Cuál es la resolución Δ ?



DEPARTAMENTO DE BIOINGENIERIA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGIA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN

Introducción a la Bioingeniería
Procesamiento Digital de Señales Biomédicas



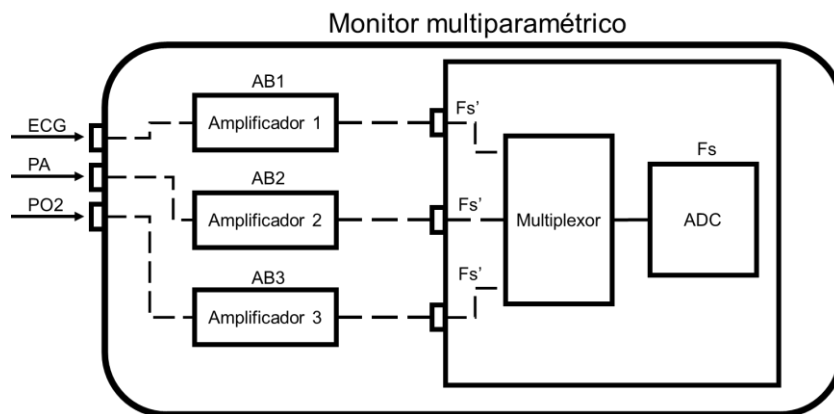
Dirección postal: Av. Independencia 1800
(4000) S.M. de Tucumán, Argentina
Tel-fax: (54)-9-381-436-4120

gruiz@herrera.unt.edu.ar
mgsorrentino@herrera.unt.edu.ar

TRABAJO PRÁCTICO N° 2

Tema: Muestreo

- VI. En el diseño de un monitor multiparamétrico de uso médico de 3 canales se implementaron amplificadores biológicos específicos de cada parámetro a medir (ECG, presión arterial invasiva y oximetría de pulso). Luego, en una segunda etapa se implementó un solo módulo de adquisición el cual debe registrar los 3 canales.



- ¿Qué ancho de banda debe tener cada uno de los tres amplificadores biológicos?
- ¿Cuál es la mínima frecuencia de muestreo necesaria para poder registrar las señales de cada uno de los tres canales?
- Si el módulo de adquisición solo permite configurar una sola frecuencia de muestreo para los tres canales (F_s') ¿qué frecuencia deberíamos usar?
- ¿Cuál es la mínima frecuencia de muestreo (F_s) a la que debe trabajar el módulo de adquisición (ADC) considerando que se usen los tres canales simultáneamente?
- Si la frecuencia de muestreo máxima del submódulo de adquisición (F_s) es de 6KHz ¿Cuál es la máxima frecuencia de muestreo que se puede configurar por canal para que funcionen todos simultáneamente? ¿Es suficiente para el correcto funcionamiento del equipo?
- Si en vez de ser un equipo de uso médico, se trata de un dispositivo para investigación científica ¿qué cambios le haría?



DEPARTAMENTO DE BIOINGENIERIA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGIA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN

Introducción a la Bioingeniería
Procesamiento Digital de Señales Biomédicas



Dirección postal: Av. Independencia 1800
(4000) S.M. de Tucumán, Argentina
Tel-fax: (54)-9-381-436-4120

gruiz@herrera.unt.edu.ar
mgsorrentino@herrera.unt.edu.ar

TRABAJO PRÁCTICO N° 2

Tema: Muestreo

Laboratorio de Muestreo (Adquisición de Señales)

En la primera práctica de laboratorio de la asignatura vamos trabajar con el registro de 4 señales biológicas en forma simultánea. Las mismas fueron obtenidas haciendo uso de un sistema de adquisición de señales biológicas formado por un módulo adquisidor (Biopac MP30) y un software de configuración y manejo (Biopac Student). Este sistema cuenta con 4 canales multipropósito que nos permitirá realizar los registros.

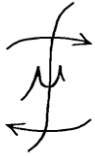
Las señales registradas:

- De electrocardiografía
- De electromiografía
- De fuerza
- De oximetría de pulso

Para la adquisición se realizaron las siguientes tareas en orden secuencial:

1. Selección el tipo de sensor/transductor a utilizar.
2. Conexión el módulo adquisidor a una PC y encenderlo.
3. Ejecución del software Biopac Student.
4. Conexión de los sensores/transductores seleccionados el módulo adquisidor.
5. Determinar la frecuencia de muestreo necesaria para realizar correctamente los registros. Configurar el software para que trabaje a dicha frecuencia.
6. Configuración las frecuencias de trabajo de cada uno de los canales (filtros).
7. Configuración el software para realizar registros de 20 segundos.
8. Colocación, en un voluntario, de los sensores/transductores seleccionados.
9. Ejecución del registro haciendo clic en el botón "Start".
10. Guardado el registro realizado con un nombre representativo.
11. Nuevo registro intentando contaminar la señal con ruido.
12. Guardado el nuevo registro realizado con un nombre representativo.
13. Reconfiguración de la frecuencia de muestreo en el software de tal manera que los registros de las señales sean submuestreados.
14. Ejecución un nuevo registro haciendo clic en el botón "Start".
15. Guardado el nuevo registro realizado con un nombre representativo.

Deberán analizar visualmente (importando y graficando las señales en Python) las diferencias que existen entre registros y realizar un breve informe detallando lo que puedan observar y el script en Python. Se recomienda hacer uso de herramientas gráficas. Los registros de este trabajo de laboratorio deberán ser conservados para las siguientes prácticas de laboratorio de la asignatura.



DEPARTAMENTO DE BIOINGENIERIA
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGIA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMAN

Introducción a la Bioingeniería
Procesamiento Digital de Señales Biomédicas



Dirección postal: Av. Independencia 1800
(4000) S.M. de Tucumán, Argentina
Tel-fax: (54)-9-381-436-4120

gruiz@herrera.unt.edu.ar
mgsorrentino@herrera.unt.edu.ar

TRABAJO PRÁCTICO N° 2

Tema: Muestreo

Nota: Para poder importar los archivos generados por el software de Biopac, deberán investigar como hacerlo. Les recomendamos iniciar por una búsqueda de Google e ingresando a la base de paquetes "Python Package Index" (<https://pypi.org>).

Pista: Es más fácil trabajando en Python desde la consola.