

DISEÑO DE UN APARATO EXPERIMENTAL DE BAJO COSTO PARA EL ESTUDIO DEL MOVIMIENTO OSCILATORIO UTILIZANDO HARDWARE LIBRE

Dennis Cazar ⁽¹⁾ ⁽²⁾, Nadiesda Arias ⁽¹⁾, Pedro Cadena ⁽¹⁾, Daniel Apolo ⁽¹⁾
⁽¹⁾ Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Panamericana Sur, Km 1,5; Riobamba, Ecuador

⁽²⁾ Grupo Ecuatoriano para el Estudio Experimental y Teórico de Nanosistemas GET-Nano Diego de Robles y Av. Interoceánica, Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador
 e-mail: dennis.cazar@gmail.com

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue el de diseñar un sistema de adquisición de señales de bajo costo basado en la tarjeta de hardware libre Arduino Uno. Se utilizó un sensor de movimiento simple que, después de una sencilla calibración, permite determinar el ángulo inicial de elongación de cada péndulo con precisión. Los datos recopilados por la tarjeta son enviados al computador para su posterior análisis. Como ejemplo de uso del sistema se estudia el movimiento de dos péndulos acoplados con un muelle, se muestran los resultados conseguidos con el sistema, y se los compara con simulaciones basadas sobre el modelo teórico.

Palabras clave: movimiento oscilatorio, Arduino, hardware libre

ABSTRACT

The aim of this work was to design a low cost signal acquisition system based on Free Hardware module Arduino Uno. A very cheap and simple movement sensor was used which allows after a calibration to measure the initial angle with high precision. Collected data from Arduino was sent to PC for further analysis. As an example of the usefulness of the system a two coupled pendulums system was studied, results were compared with simulations based on theoretical model.

Keywords: oscillatory movement, Arduino, free hardware

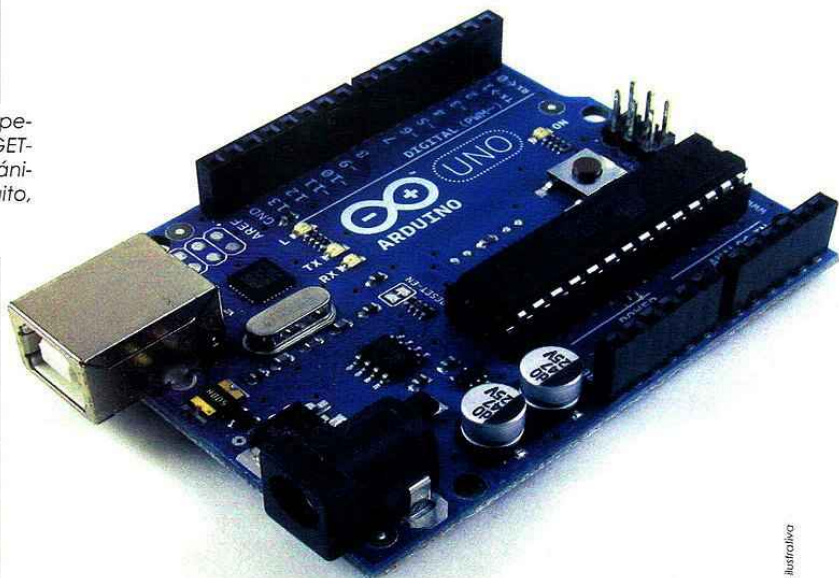


Imagen ilustrativa

INTRODUCCIÓN

Gracias al enorme desarrollo que la informática ha tenido en los últimos años, tanto desde el punto de vista del hardware como del software, en la actualidad los laboratorios didácticos de física cuentan con sistemas para realizar

experimentos donde los datos generados por el aparato experimental son adquiridos por sensores electrónicos y enviados a un computador para su almacenamiento y análisis. En la figura 1 se muestra un diagrama a bloques de tal sistema y a continuación se realiza una breve descripción de cada bloque.



Figura 1. Diagrama a bloques de un típico aparato experimental conectado a un PC mediante sensores, la tarjeta de adquisición de datos realiza en general tareas de conversión AD de las señales provenientes del aparato y se comunica con el PC mediante puerto USB

Como aparato experimental se entienden cualquier tipo de elementos que sirvan para recrear un fenómeno físico en laboratorio, este puede incluir una variedad de grandezas físicas como son desplazamiento, velocidad, aceleración, tiempo, etc.

Los sensores son circuitos electrónicos basados en transductores que convierten una grandezza física en una variación de corriente o de voltaje, para experimentos de tipo didáctico no es importante la precisión y la exactitud de los mismos, sino más bien la fiabilidad y la

facilidad de uso y conexión.

La tarjeta de adquisición de datos es la encargada de muestrear, filtrar y convertir las señales generalmente analógicas en digitales, y enviarlas al computador. Los datos presentes en el computador se pueden analizar usando diferentes herramientas informáticas para poder estudiar en detalle los fenómenos físicos reproducidos mediante el aparato experimental.

Las diferentes empresas del sector [1] producen y venden una gran variedad de sistemas. Estos sistemas tienen sus ventajas y desventajas, algunas de ellas se detallan en la Tabla 1.

Ventajas	Desventajas
Fácil instalación	Poca flexibilidad para realizar nuevos experimentos
Asistencia técnica	Versiones de SW solo para Windows o Mac
Venta de paquete completo HW -SW	Alto costo de licencias y actualizaciones

Tabla 1. Ventajas y desventajas de los sistemas comerciales para la realización de experimentos didácticos

Para obviar estas desventajas se pueden desarrollar sistemas de medida basados en Software (SW) y Hardware (HW) Libres. La primera ventaja del uso de SW y HW Libres es que no se tienen que pagar licencias para el uso de SW [2] y se cuenta con una comunidad de técnicos y científicos que ponen a disposición sus conocimientos y desarrollos a la comunidad, sin costo alguno.

El sistema que se ha desarrollado usa Linux (distribución Ubuntu [3]) como sistema operativo, GNU Plot [4] como software para el análisis de datos y la tarjeta Arduino Uno [5] para la adquisición de datos y la comunicación con el PC.

Los sensores han sido desarrollados poniendo como principios básicos la simplicidad de construcción y el bajo costo. A continuación se presenta un ejemplo de este sistema con el desarrollo de un aparato experimental para el estudio del movimiento de dos péndulos acoplados con un muelle.

El sistema de dos péndulos acoplados por un muelle es un modelo físico de muy gran utilidad porque puede explicar fenómenos físicos de diversa índole, desde los sistemas biológicos, mecánicos hasta la transmisión de ondas [6]. Por esta razón se ha escogido este experimento para demostrar la validez del sistema de adquisición y análisis.

En lo que sigue se detalla la implementación del sistema así como se discuten los resultados obtenidos y se los compara con simulaciones basadas en el modelo teórico.

MÉTODOS Y MATERIALES

La Figura 2 muestra un esquema del sistema; el aparato experimental está formado por un bastidor metálico donde se montan dos péndulos idénticos formados por una varilla metálica y una esfera de cobre en la cual se atornilla una aguja metálica, los dos péndulos se encuentran acoplados por un muelle de baja constante elástica debidamente aislado eléctricamente.

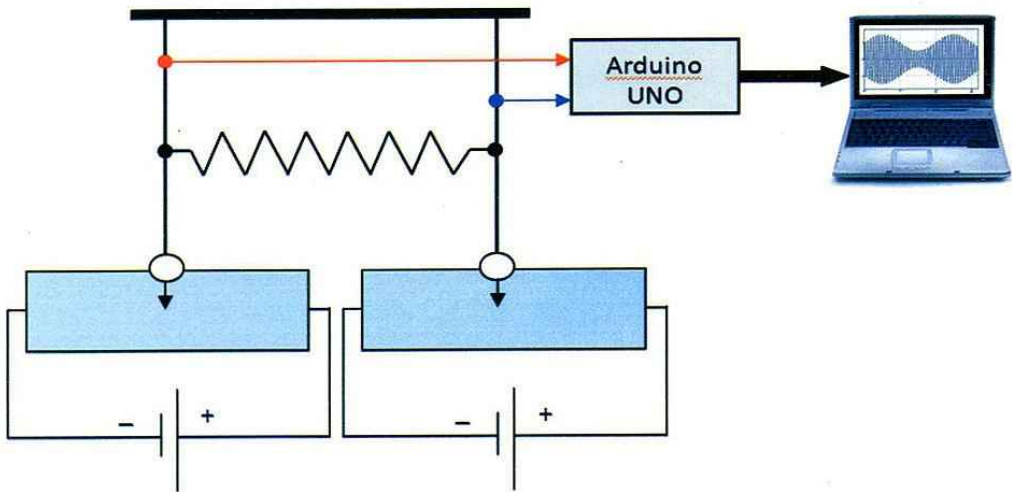


Figura 2. Esquema del aparato experimental con la conexión a la tarjeta Arduino Uno, el resorte y los péndulos fueron aislados eléctricamente para evitar contactos eléctricos que anularían la señal proveniente de las agujas.

El transductor está formado por un recipiente de agua al que se ha conectado una fuente de tensión continua (5 Vdc), la aguja del péndulo está inmersa en el agua de modo que el movimiento oscilatorio del mismo se traduce en una variación de tensión entre 0 y 5 V, de este modo se utiliza todo el rango dinámico de los ingresos analógicos de la tarjeta Arduino Uno.

Se ha desarrollado un software para la adquisición de datos que lee el valor de tensión de los dos péndulos cada 250 ms y los escribe en un archivo de texto para su posterior análisis. Antes de empezar el experimento es necesario calibrar el sistema para poder determinar el ángulo inicial de elongación de los péndulos; este procedimiento es muy simple:

1. Se centra el recipiente de agua de modo que la lectura del software sea 2,5V (valor de DAC 512)
2. Se mantiene uno de los péndulos en el máximo ángulo de elongación conocido, tanto en un sentido como en el otro, se mide el ángulo con un goniómetro y se asocia este valor en grados al valor de DAC

De este modo se obtiene una configuración inicial conocida.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Basándose en la solución matemática del modelo desarrollada por Quintero Salazar *et. al.* [7] se desarrollaron simulaciones con GNU Plot considerando el caso en el cual uno de los péndulos está en reposo y el otro se desplaza de la

condición de equilibrio de un ángulo de 10 grados. La Figura 3 muestra el resultado de las simulaciones, se puede observar que la energía cinética del péndulo 1 se transmite mediante el muelle al péndulo 2 produciendo el patrón de movimiento característico de una señal de amplitud modulada.

Los resultados de la simulación se comparan con los obtenidos mediante el sis-

tema de adquisición y se los muestra en la Figura 4

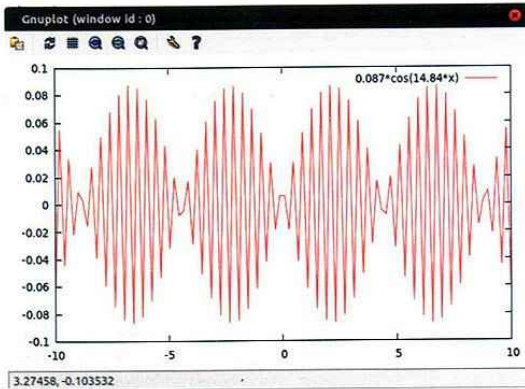


Figura 3. Grafico de la solución de la ecuación de movimiento para un sistema de péndulos acoplados con un muelle

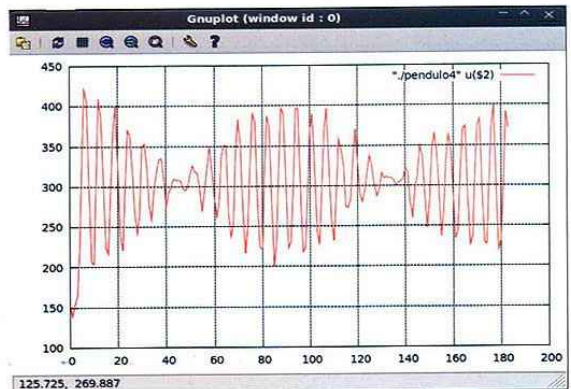


Figura 4. Gráfico de los datos obtenidos mediante el sistema de adquisición con 10 grados de elongación inicial y 250 msec de tiempo de muestreo

Como se puede observar, las dos figuras coinciden en los resultados, el tiempo de muestreo es tal que se obtiene una buena resolución gráfica sin aumentar muchísimo el tamaño del archivo. Se pueden realizar ulteriores análisis para estudiar otros casos con diferentes condiciones iniciales, estudiar las relaciones entre la fase relativa de los péndulos, y la constante elástica del muelle. Este

simple ejemplo muestra la potencialidad del sistema de adquisición, la simplicidad de su manejo e instalación. En el futuro se prevé implementar un software que pueda mostrar los resultados en tiempo real de modo que el sistema pueda funcionar como un graficador de movimiento. El sistema de adquisición puede registrar cualquier tipo de gran-
deza física, se necesita solamente de-

sarrollar sensores que conviertan esta grandeza en una variación de tensión entre 0 y 5Vdc por lo que puede servir para una variedad de experiencias de física.

BIBLIOGRAFÍA

- 1 PASCO Catalog and experiment guide www.pasco.com
- 2 Free Software Foundation www.fsf.org
- 3 Ubuntu distribution based on Linux www.ubuntu.org
- 4 Gnuplot user's manual www.gnuplot.org
- 5 Arduino Uno user's manual www.arduino.cc
- 6 A. R. Ticona Bustillos, G. M. Ramírez Avila "Simulación de Péndulos Acoplados" *Revista Boliviana de Física* 14, 121-126 (2008)
- 7 E. A. Quintero Salazar, J. A. Chaves Osorio "Simulación con circuitos electrónicos de la práctica de laboratorio de Física III: Péndulos Acoplados" *Scientia et Technica* Año XVI, No 44, (2010). Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701

Revisión técnica por: Jenny Orbe