

Construcción de un prototipo para experimentos de mecánica



Carlos Andrés Collazos Morales^{1,2}

¹Laboratorio de Física, Universidad Manuela Beltrán,
Avenida Circunvalar No. 60-00, Bogotá D. C., Colombia.

²Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional, Av. Legaria 694, Col. Irrigación, C. P. 11500, México D. F.

E-mail: cacollazos@gmail.com

(Recibido el 16 de Diciembre de 2009; aceptado el 24 de Abril de 2010)

Resumen

La medición del tiempo y el espacio recorrido por un móvil permiten desde el ámbito de la cinemática determinar magnitudes como el desplazamiento, velocidad y aceleración; estas magnitudes tienen directa relación con la dinámica y el teorema de conservación de energía. Este artículo presenta un sistema mecánico que consta de una base y un eje vertical que sostiene un riel. En los extremos del riel se han acondicionado dos fotocpuertas para medición de intervalos de tiempo. Las fotocpuertas han sido diseñadas y construidas a nivel electrónico. El prototipo es de bajo costo y es utilizado para mediciones o a nivel de cinemática y dinámica de traslación, teorema de conservación de energía y dinámica de rotación en laboratorios de mecánica y proyectos de mecánica. El propósito de este trabajo es dar a conocer el prototipo e indicar los diferentes ámbitos a nivel laboratorio y proyectos donde puede ser utilizado.

Palabras clave: fotocpuertas de bajo costo, experimentos de mecánica.

Abstract

The measurement of the time and the space crossed by a moving body allow from the scope of the kinematics to determine magnitudes like the displacement, speed and acceleration; these magnitudes have direct relation with dynamics and theorem of energy conservation. This article shows a mechanical system that consists of a base and a vertical axis that a rail maintains. In the ends of the rail have been prepared two Photogates for measurement of time intervals. The Photogates have been designed and constructed electronically. The prototype is of low cost and is used for measurements in kinematics and dynamics of translation, theorem of energy conservation and rotation dynamics in laboratories and projects of mechanics. The intention of this work is to give to know the prototype and to indicate the different scopes from level laboratory and projects where it can be used.

Keywords: Photogates of low cost, mechanics experiments

PACS: 01.40.Fk, 01.40.gb, 01.50.My, 01.50.Pa

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Dentro de los laboratorios y proyectos que desarrollan los estudiantes a nivel Mecánica, la medida de intervalos de tiempo del orden de centésimas de segundo es prioritaria para obtener registros aceptables en cinemática y dinámica de traslación. Los cronómetros y sistema de adquisición de datos comerciales son costosos como en [1] y no están al alcance de muchas instituciones universitarias. En [2, 3, 4] se presentan temporizadores de bajo costo con diversos enfoques a nivel de mecánica. Este trabajo presenta un prototipo de bajo costo que consiste de un sistema mecánico con base y un eje vertical que sostiene un riel al cual se le puede variar el ángulo de inclinación respecto a la vertical. En los extremos de riel se han acondicionado dos compuertas que permiten medir intervalos de tiempo de

sólidos rígidos que se desplazan entre las compuertas. Las compuertas son dos circuitos eléctricos idénticos que permiten medir tiempo. Las compuertas se conforman por un sensor infrarrojo de proximidad que recibe un haz proyectado por un diodo infrarrojo. Cuando el haz es interrumpido por el paso de un sólido rígido (esfera, cilindro, aro) que se traslada sobre el riel, se activa un cronómetro el cual mide el tiempo que el sólido emplea en recorrer la distancia entre las compuertas. Las compuertas se pueden movilizar sobre el riel y permite variar la distancia entre ellas. A nivel electrónico las compuertas consisten en dos circuitos idénticos ubicados en cada uno de los extremos del riel. Cada circuito va conectado a una batería (caja de pilas) y al cronómetro.

El artículo se ha estructurado de la siguiente manera. En la sección II se indica cada una de las partes que conforman el prototipo. En la sección III se presenta el procedimiento realizado para construir la parte eléctrica del prototipo.

En la sección IV se hace referencia a las prácticas de laboratorio y proyectos donde se puede usar el prototipo. Además se incluye los resultados experimentales obtenidos en una práctica de laboratorio a nivel de caída libre. En la sección V se indican las conclusiones de este trabajo.

II. ELEMENTOS, USO Y COSTO DEL PROTOTIPO

La Tabla I presenta los elementos empleados, su uso y el costo respectivo en dólares americanos, el cual puede variar dependiendo del país y proveedor.

TABLA I. Elementos, uso y costo.

Elemento	Uso	Costo(\$US)
Cronómetro	Mide el tiempo recorrido por el sólido que se desplaza entre las compuertas	US\$3
Dos sensores infrarrojos de proximidad (IS471F)	Reciben la señal enviado por los diodos	US\$12
Rieles en aluminio	Estructura en la que van colocados las fotocpuertas	US\$10
Lámina de acrílico	Se uso para fabricar la carcasa de los circuitos	US\$9
Baquelas y ácido para circuitos	Se uso para diseñar y construir los circuitos	US\$3
Leds de chorro e infrarrojos	De chorro para indicar el buen funcionamiento del circuito e infrarrojos para emitir la señal	US\$2
4m de cable	Se usa para hacer la conexión entre componentes	US\$2
Condensadores, diodos, compuertas lógicas, resistencias, transistores, trimers,...	Componentes electrónicos necesarios para construir los circuitos.	US\$3
Tornillos, tuercas, arandelas, brocas, sockets para pilas	Piezas necesarias para el prototipo	US\$3
TOTAL		US\$47

El prototipo armado es indicado en la Figura 1. En el prototipo se distingue la base, el cronómetro, batería (caja de pilas) y el eje vertical inclinable donde se ubican las compuertas.

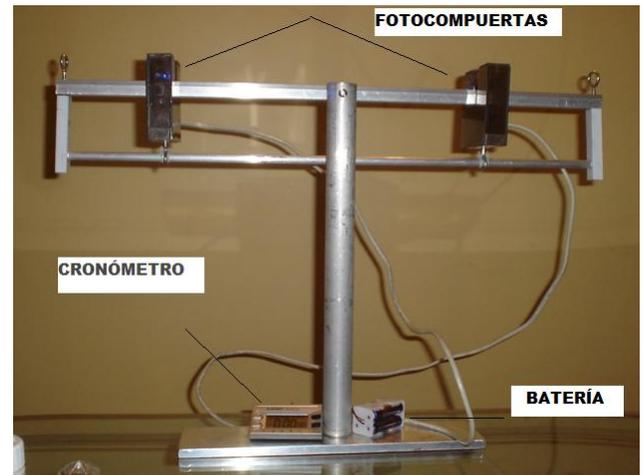


FIGURA 1. Prototipo del experimento.

III. CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

En lo que respecta a la construcción de la parte eléctrica del prototipo se pueden referenciar varias etapas para la su construcción. Estas etapas son el control del cronómetro, la alimentación del circuito y del cronómetro, la recepción de señales y la conmutación de las mismas para la activación del cronómetro. En seguida se describen con mayor detalle cada uno de los aspectos anteriormente mencionados.

A. Control del Cronómetro

Para el control del cronómetro se partió de utilizar uno que consta de dos pads, en cada uno de ellos hay dos pulsadores que activan cada una de las funciones de este, la manipulación del cronómetro se centro en el pad izquierdo y específicamente en el pulsador de la parte inferior presentado en la Figura. 2.

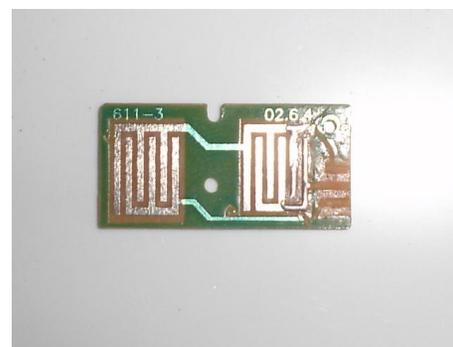


FIGURA. 2. Plano del cronómetro.

Como se puede ver cada pad tiene dos caminos diferentes que no están conectados entre sí. Algo muy importante dentro de este sistema es que tanto la tierra del circuito como la del cronómetro tienen que ser comunes, de lo contrario el sistema no conmutaría y no se podrían mandar niveles altos o bajos de potencial al cronómetro. De esta manera para que el cronómetro se active es importante que

por una de las entradas de los caminos entre un nivel bajo y por la otra un nivel alto de potencial.

B. Alimentación del sistema

El sistema está alimentado con 4.8 voltios los cuales los proveen una caja de de 4 baterías AA de 1.2 V cada una. Es importante que las baterías sean de este voltaje específico debido a que el cronómetro tiene que ser alimentado con poco voltaje (1.2V a 1.5V máx.) y este voltaje lo brinda una sola de estas baterías de la cual se saca el terminal positivo y se conecta al cronómetro. Además el sensor infrarrojo de proximidad (IS471F) debe ser alimentado con 5V, en el caso en que se le pusieran baterías AA de las comunes de 1.5V podría ocasionar un malfuncionamiento. Por otra parte el voltaje de alimentación del cronómetro y el del sistema (compuertas) deben ir a las terminales de un transistor para poder hacer la conmutación y controlar si la salida va a ser un nivel bajo o uno alto de potencial.

C. Recepción y envío de señal

La recepción y envío de señal se realiza por el principal componente del sistema, el cual es circuito integrado IS471F, este integrado cumple las funciones de oscilación, modulación, filtro y demodulación de las señales que recibe, lo que simplifica el proceso en comparación con temporizadores que involucran el integrado 555, el cual cumple solo una parte de todo el procesamiento de la señal. Para este montaje es importante que el diodo infrarrojo este apuntando directamente al centro del integrado para que la recepción de la señal sea la correcta. Adicionalmente para el montaje anterior es necesario enviar la salida del integrado a una compuerta lógica NOT (74LS04) para que esta sea inicialmente negada y posteriormente hacerle otra negación con el transistor en saturación o corte de tal forma que la salida del integrado mientras no esté sensando sea 5V y al pasar por la compuerta lógica NOT se convierta en 0V y con el montaje del transistor su salida sea 1.2V lo que activaría el cronómetro. Por otra parte entre el transistor y el diodo infrarrojo se debe colocar un trimer para que varíe la caída de potencial y por consiguiente la intensidad del haz de luz que el diodo emite y tener la posibilidad de variar el alcance de la señal.

D. Transistor en Conmutación

El transistor es el componente que conmuta las señales recibidas y permite el paso de un nivel alto o bajo de voltaje dependiendo del propósito, para este circuito se utilizó un transistor npn 2N2222 y se hizo el montaje del transistor en saturación o corte. El procedimiento ejecutado fue mediante la obtención de las ecuaciones de los lazos cerrados del transistor es posible obtener los valores de las resistencias de base y colector, debido a que las corrientes de base y colector son conocidas. La resistencia de base debe tener un valor grande para que la mayor parte de la corriente se disipe en esta.

E. Fotocompuertas

El primer paso para el montaje del sistema fue hacer las rutas de los caminos del circuito, esto se realizó con el software Eagle y las pistas son presentadas en la Fig. 3.

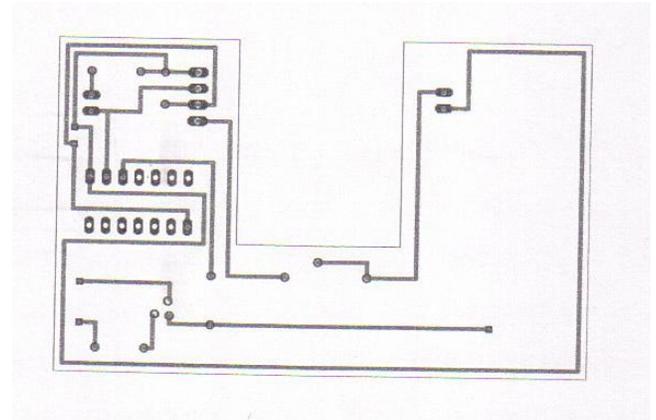


FIGURA 3. Ruta de caminos del circuito.

Una vez se obtuvo el esquema de las rutas, se imprimió en acetato y se pasó a la baquela. Las baquelas tuvieron que ser cortadas en forma de U para que se pudieran colocar en el riel. Posteriormente se soldaron cada uno de los componentes que componen la compuerta como se indica en la Figura. 4.

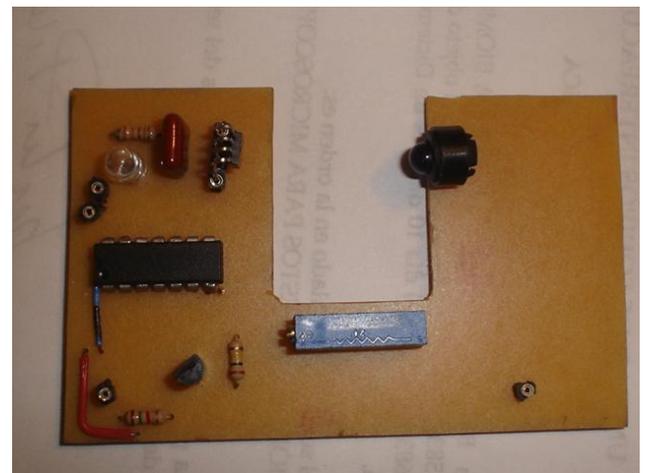


FIGURA 4. Compuerta y sus componentes.

Después que se tuvieron los circuitos montados, se hizo una carcasa para las compuertas en acrílico para protegerlos y tener de donde soportarlos en el riel.

IV. USO DEL PROTOTIPO A NIVEL DE ENSEÑANZA

El uso del prototipo se extiende a laboratorios de mecánica y algunos proyectos desarrollados por estudiantes. En la sección A se hace una descripción más específica de cada uno de los laboratorios donde se usa el prototipo, en la

sección B se presenta los resultados de la experimentación con el prototipo en un fenómeno de caída libre.

A. Laboratorios donde se usa el Prototipo

La Tabla II indica el laboratorio y hace una breve descripción de la práctica de laboratorio donde puede usarse el prototipo.

TABLA I. Nombre del laboratorio y descripción del laboratorio.

Laboratorio	Breve Descripción
Cinemática de Traslación	Encontrar experimentalmente las curvas cinemáticas para un sólido que se mueve con aceleración constante sobre un plano inclinado y en Caída Libre.
Dinámica de Traslación	Verificar experimentalmente la segunda ley de Newton para un cuerpo con movimiento unidireccional bajo la acción de fuerza neta externa
Conservación de Energía	Validar experimentalmente que la energía mecánica es constante en ausencia de fricción.
Dinámica Rotacional	Observar la rodadura en sólidos rígidos (aro, cilindro, esfera)

B. Experimentación con el prototipo (Caída Libre)

Utilizando el riel en forma vertical donde se puede medir el tiempo t que emplea una esfera metálica en desplazarse verticalmente una distancia fija entre las fotocpuertas Δy .

Por medio de la conocida ecuación (1).

$$y = y_o + v_o t - \frac{1}{2} g t^2. \quad (1)$$

Después de un proceso algebraico de la ecuación (1) es posible determinar la gravedad experimental por la ecuación (2).

$$g_{\text{exp}} = \frac{2 \cdot \Delta y}{t^2}. \quad (2)$$

Se realizaron 5 observaciones experimentales indicadas en la tabla III.

Por medio de la ecuación (3) se determino el error porcentual respecto al valor teórico de gravedad.

$$\% E = \left| \frac{g_{\text{teo}} - g_{\text{exp}}}{g_{\text{teo}}} \right| \cdot 100\%. \quad (3)$$

Se obtuvo un error del 1,22%, lo que indica que el prototipo es adecuado para la experimentación.

TABLA III. Datos Experimentales de gravedad.

Experimento	$g_{\text{exp}} (m/s^2)$
Experimento1	9,72
Experimento2	9,71
Experimento3	9,62
Experimento4	9,61
Experimento5	9,82
promedio	9,69
Desviación estándar	0,082

V. CONCLUSIONES

El prototipo construido es económico y de fácil implementación a nivel mecánico y electrónico; permite medir con exactitud tiempos en el orden de las centésimas de segundo en varios experimentos de física a nivel de cinemática unidimensional (movimiento uniforme acelerado en un plano inclinado, caída libre), dinámica de traslación (Segunda Ley de Newton), Conservación de Energía Mecánica y dinámica rotacional (Segunda Ley de Newton y rodadura de sólidos rígidos). El prototipo puede ser empleado en proyectos propuestos a estudiantes como los indicados [5, 6, 7] y minimiza gastos que ocasionan los sistemas de adquisición de datos y los sensores de movimiento o rotación los cuales puede resultar bastantes costosos. El prototipo ha sido empleado con estudiantes de cursos de mecánica de varias universidades en Bogotá-Colombia.

REFERENCIAS

- [1] Pasco, 2008-2009 *Catalog and Experiment Guide*.
- [2] Blackburn, J. A., *Precision Falling Body Experiment*, American Journal of Physics **44**, 855-857(1976).
- [3] Mink, L. A., *Low-cost easily Constructed Dual-Photogate Timer*, American Journal of Physics **61**, 951-953(1993).
- [4] Peterson, F. C., *Timing the Flight of the Projectile in the Classical Ballistic Pendulum Experiment*, American Journal of Physics **51**, 602-604 (1983).
- [5] Collazos, C. A., *Prototipo para la Enseñanza de la dinámica rotacional (conservación del momento angular)*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **3**, 446-448 (2009).
- [6] Collazos, C. A., *Enseñanza de la conservación del momento angular por medio de la construcción de prototipos y el aprendizaje basado en proyectos*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **3**, 428-432 (2009).
- [7] Collazos, C. A., *Prototipo para la Enseñanza de la dinámica rotacional (Momento de Inercia y Teorema de Ejes Paralelos)*, Lat. Am. J. Phys. Educ. **3**, 446-448 (2009).