

DISEÑO ELECTRÓNICO DE EQUIPO PARA EXPERIMENTOS DE MOVIMIENTO EN EL PLANO Y M.C.U CON BASE EN MICROCONTROLADORES (PICs)

RESUMEN

Teniendo en cuenta las ventajas que tienen los microcontroladores para el diseño y la construcción de toda clase de aplicaciones, queremos mostrar en esta oportunidad el desarrollo de dos prototipos didácticos para la enseñanza de la física, los cuales permiten corroborar y determinar leyes y ecuaciones cinemáticas de cada tema, facilitando al mismo tiempo el aprendizaje de unidades como el *movimiento circular uniforme* y el *plano inclinado*.

PALABRAS CLAVES: Física, microcontrolador, plano inclinado, equipo, experimentos, movimiento circular uniforme.

ABSTRACT

Considering the advantages that have the microcontrollers for the design and the construction of all class of applications, we want to show in this opportunity the development of two didactic prototypes for the education of the physics, which allow to corroborate and to determine laws and equations kinematics of each subject, facilitating at the same time the learning of units as the *circular movement uniform* and the *plane inclined*.

KEYWORDS: Physics, microcontroller, inclined plane, equipment, experiments, circular movement uniform.

HUGO ARMANDO GALLEGO

Profesor Auxiliar
Departamento de Física
Universidad Tecnológica de
Pereira
ugo@utp.edu.co

HOOVER OROZCO G

Profesor Auxiliar
Departamento de Física
Universidad Tecnológica de
Pereira
Hog1084@utp.edu.co

LUIS ENRIQUE LLAMOSA

Profesor Titular
Departamento de Física
Universidad Tecnológica de
Pereira
lellamo@utp.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe la necesidad prioritaria de diseñar y construir nuevos prototipos para la enseñanza de la física, ya que los laboratorios que se utilizan en estos momentos, para las instituciones educativas tiene problemas de:

- Dificil adquisición de equipos.
- Altos costos.
- Confiabilidad de los resultados.
- Manejo de los equipos

Por lo anterior, muchos cursos de física quedan incompletos, debido a que, en general, estos se manejan sólo desde el punto de vista teórico, generando de esta forma la desmotivación en el alumno y una gran cantidad de dificultades de carácter académico.

Es por eso que recurriendo a las bondades que nos permiten los microcontroladores en el diseño y la construcción de prototipos para experimentos de física, se pueden eliminar los problemas mencionados anteriormente, obteniéndose resultados más significativos en las prácticas, mejor comodidad en el manejo de equipos, retroalimentación técnica local en caso de problemas de mantenimiento o reparación, corroboración de ecuaciones y leyes de la física, etc.

Para este caso particular, recurrimos a la versatilidad y el fácil manejo que tiene un microcontrolador 16F84 con el cual construimos inicialmente un reloj o cronómetro cuyo objetivo es el de realizar las mediciones de tiempo en las

prácticas de movimiento circular uniforme y el plano inclinado.

Es importante tener en cuenta que este cronómetro se puede acoplar a cada uno de los módulos, los cuales serán explicados a continuación.

2. MARCO TEÓRICO

El comportamiento de una partícula en un plano inclinado y la trayectoria circular de la partícula exigen desde el punto de vista de la física un análisis matemático más objetivo, por tanto verificar este comportamiento a través de sus ecuaciones cinemáticas es una de las tareas que enfrenta la física, y para el estudio de estos fenómenos es necesario utilizar adecuadamente los siguientes elementos.

2.1 El plano inclinado

Es un buen ejemplo de movimiento uniformemente acelerado. Se presenta cuando un bloque o una partícula se desliza sobre un plano inclinado bajo la acción de la gravedad.

Sobre el bloque o partícula actúan la gravedad y los elementos de fricción que se consideren: en la figura se observa una caja de anchura b y altura h , de masa m , situada sobre un plano inclinado de ángulo θ .

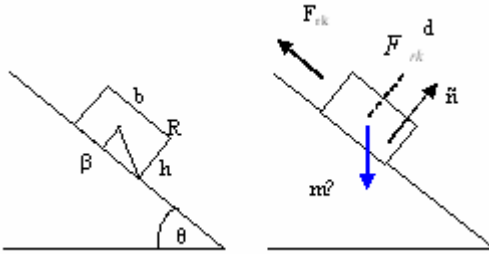


Figura 1. Plano inclinado.

En conclusión, la caja está caracterizada por dos parámetros, su anchura b y su altura h (se ignora la dimensión perpendicular al plano de la figura) o bien, por el ángulo β y por la distancia R de un vértice al centro de la caja. De esta manera:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{b}{h} \quad R = \frac{1}{2} \sqrt{b^2 + h^2}$$

Las fuerzas que actúan sobre la caja se muestran en la figura 1 y se describen a continuación:

- El peso mg , que actúa en el centro de masa.
- La reacción del plano N , que no pasa en general, por el centro de masa. La distancia entre la dirección de dicha fuerza la designamos como d y el centro de masa como $c.m.$
- Finalmente, la fuerza de rozamiento F_{rk} que actúa en la superficie de contacto entre la caja y el plano inclinado.

La fuerza de rozamiento F_{rk} es una incógnita en las ecuaciones del movimiento y adquiere su valor máximo cuando el cuerpo va a empezar a deslizarse. Como es habitual en los problemas con planos inclinados, establecemos un sistema de ejes de modo que el eje Y es perpendicular al plano inclinado, y el eje X es paralelo al plano inclinado, (dirección de movimiento de la partícula). Las ecuaciones del movimiento son las siguientes:

$$N - mg \cos \theta = m a_y = 0$$

$$mg \operatorname{sen} \theta - F_r = m a_x$$

2.2 Movimiento circular uniforme M.C.U: En este movimiento el camino recorrido por el móvil, es decir su trayectoria, es una circunferencia y el valor de la velocidad de giro permanece constante. El móvil gira uniformemente alrededor de un eje de giro, como lo hace un disco, la tierra o las agujas de un reloj.

Velocidad angular: Se denomina como el cociente entre el desplazamiento angular y el intervalo de tiempo Δt .

$$\bar{w} = \frac{\Delta \Theta}{\Delta t} \quad [1]$$

Mientras que la velocidad angular en un instante se obtiene calculando la velocidad angular media en un intervalo de tiempo que tiende a cero, por tanto:

$$w = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \theta}{\Delta t} = \frac{d \theta}{d t} \quad [1]$$

3. DISEÑO ELECTRÓNICO DE LOS EXPERIMENTOS DEL PLANO INCLINADO Y DEL MOVIMIENTO CIRCULAR UNIFORME.

Cada módulo tiene la característica de trabajar siempre con el mismo reloj o cronómetro por tanto, el diagrama electrónico lo describiremos a continuación. El cronómetro está constituido por dos displays dobles que permiten ver la información de tiempo requerida en la práctica.

Es un reloj electrónico que determina el tiempo (con resolución de centésimas de segundos) que demora un evento cualquiera. Internamente hay una fuente de poder, que genera 5 y 12 voltios de corriente directa. Los 5 voltios se utilizan para alimentar el microcontrolador, y los 12 voltios se requieren para alimentar el módulo o plano inclinado. En la figura 2 se puede observar como, RA_0, RA_1, RA_2, RA_3 , van a la base de los transistores que conmutan los displays, mientras que RA_4 se encarga de la señal de reset. Los pines del puerto B desde RB_0 hasta RB_6 se dirigen a display de ánodo común a través de una resistencia de 200Ω y RB_7 se lleva a inicio-stop a través de una resistencia de 2.7Ω . Ver figura 2. El reloj externamente consta de un cable de conexión, el display o pantalla y dos interruptores: uno de ellos sirve para resetear el valor obtenido en la práctica y el otro para el encendido y apagado del reloj.

3.1 Plano inclinado. Es un dispositivo electrónico que a través de un plano inclinado, monitorea, utilizando tres fotodiodos, el desplazamiento de un bloque con diferentes superficies, de esta manera se puede determinar los coeficientes estáticos y dinámicos de rozamiento.

Esta parte del proyecto, como ya lo habíamos afirmado es acoplada al cronómetro a través de tres cables que involucran la fuente de alimentación y el sistema de control. Internamente está constituida por otro microcontrolador, que lleva la información de altura y tiempo a los respectivos displays.

Su forma física es en realidad un plano con una rampa-móvil en forma de canal en el cual se ubica un bloque rectangular de diferentes superficies. El dispositivo está diseñado de tal manera que cuando la rampa sube le

brinda información al usuario, sobre la altura y el ángulo de inclinación. De esta manera, a través de un diagrama de cuerpo libre y teniendo en cuenta que conocemos el ángulo, la altura y el tiempo de deslizamiento del bloque se pueden encontrar variables físicas como la aceleración, velocidad, etc.

En la rampa se colocan tres fotodiodos con el objetivo de poder conocer el tiempo que demora un bloque en recorrer una determinada trayectoria. Ver figura 3.

El simulador o plano inclinado está constituido por:

- a) Un canal provisto de tres sensores los cuales permiten conocer los valores del tiempo

transcurrido por el bloque en un punto de la trayectoria.

- b) Un sistema de display que cumple la función de visualizar los datos de ángulo y altura que el plano va adquiriendo a medida que se va inclinando.
- c) Una luz o piloto que indica cuando está el módulo para iniciar su función.

Una vez ubicado el bloque en el plano se inclina la rampa hasta un instante antes de que se mueva dicho bloque. En este momento se anotan las variables físicas y se aplica a las ecuaciones que resultan del diagrama de cuerpo libre.

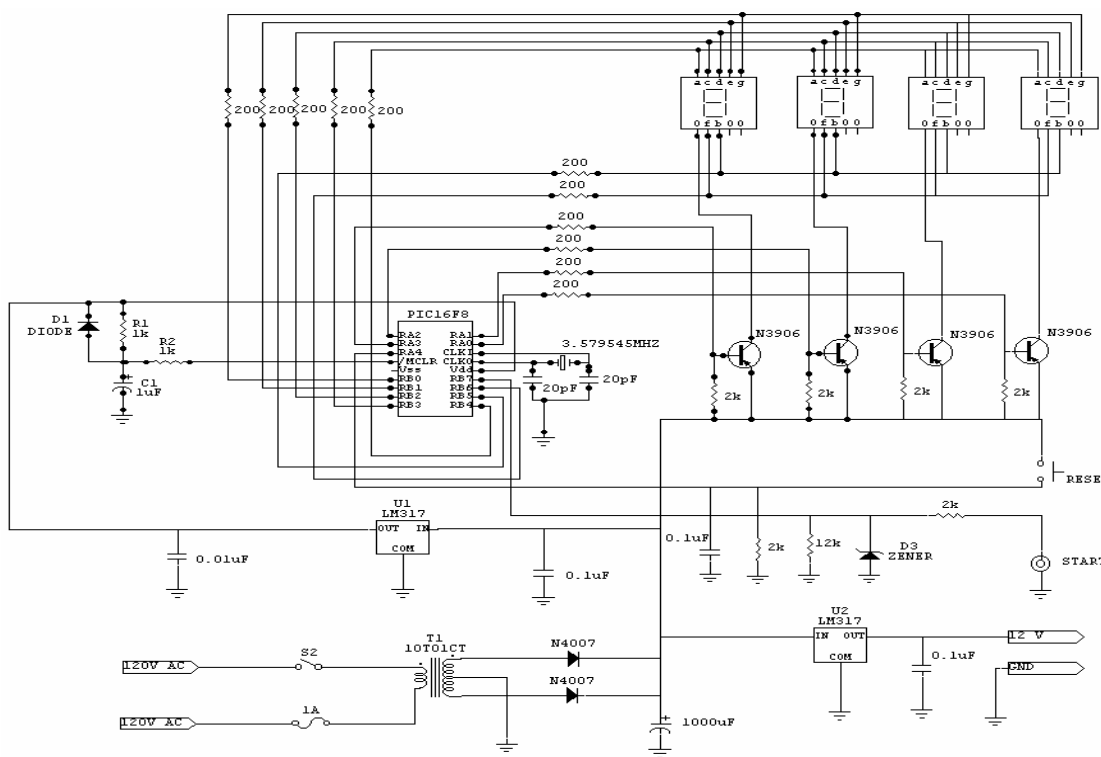


Figura 2. Diagrama electrónico del reloj.

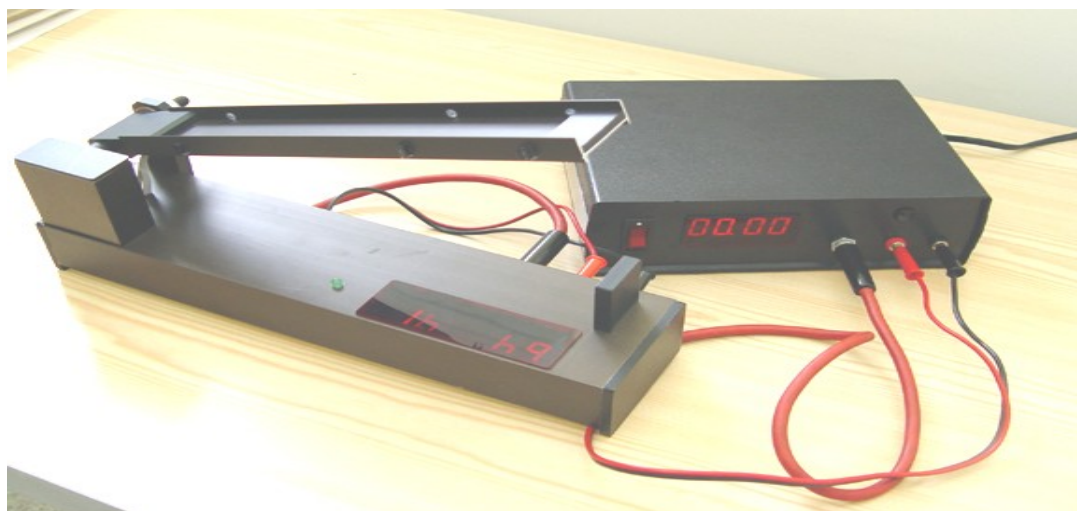


Figura 3. Plano inclinado acoplado al reloj

Para el diseño y la construcción del cronómetro y de cada uno de los módulos se recurrió al microcontrolador 16F84 cuyas características mencionaremos a continuación.

3.1 El PIC16F84: Es un microcontrolador de dimensiones muy reducidas, consta solamente de 18 pines y además se puede programar de acuerdo a las limitaciones dadas por el fabricante y las precauciones que se tengan en su uso.

Este microcontrolador tiene memoria de programa **FLASH**, lo que representa gran facilidad en el desarrollo del prototipo, así como versatilidad para programarlo, ya que no es necesario borrar un programa previo para grabar el actual. [4] y [5]

Su fabricación es basada en la tecnología **CMOS**, lo que lo caracteriza como un componente con muy bajo consumo de potencia, alta rapidez de respuesta, además tiene la ventaja de que los datos no se pierden de la memoria aunque su reloj interno se detenga o se interrumpa la alimentación en el circuito. Dentro de sus características de funcionamiento podemos resumir lo siguiente

1. **El pin número tres:** Corresponde al puerto A y se puede programar como in/out o entrada del temporizador/contador.
2. **El oscilador externo:** Para el 16F84 se recurre a un oscilador 4,000 Mhz, con el objetivo de garantizar un tiempo de procesamiento de instrucción equivalente a un microsegundo.
3. **Reset:** Se utiliza para reiniciar el equipo en caso de fallas en el programa.
4. **Temporizador de encendido:** Genera una señal de reset al conectar la fuente de alimentación.
5. **Modo sleep:** Accion que se realiza cuando el componente entra en estado pasivo.
6. **Vector de reset.** La logística de fabricación del componente ubica al sistema en esta posición de memoria (0000H).
7. **Vector de interrupción.** Sitio donde se requiere un programa para atender la interrupción.
8. **Registro Option:** Registro que permite controlar las señales de interrupción, la preescala para el temporizador/contador y el origen de la señal entre otros.
9. **Contador de programa:** Se caracteriza por tener una palabra e 13 bits.
10. **Registro de estados:** Sirve para guardar la información de la última operación ejecutada.[4]

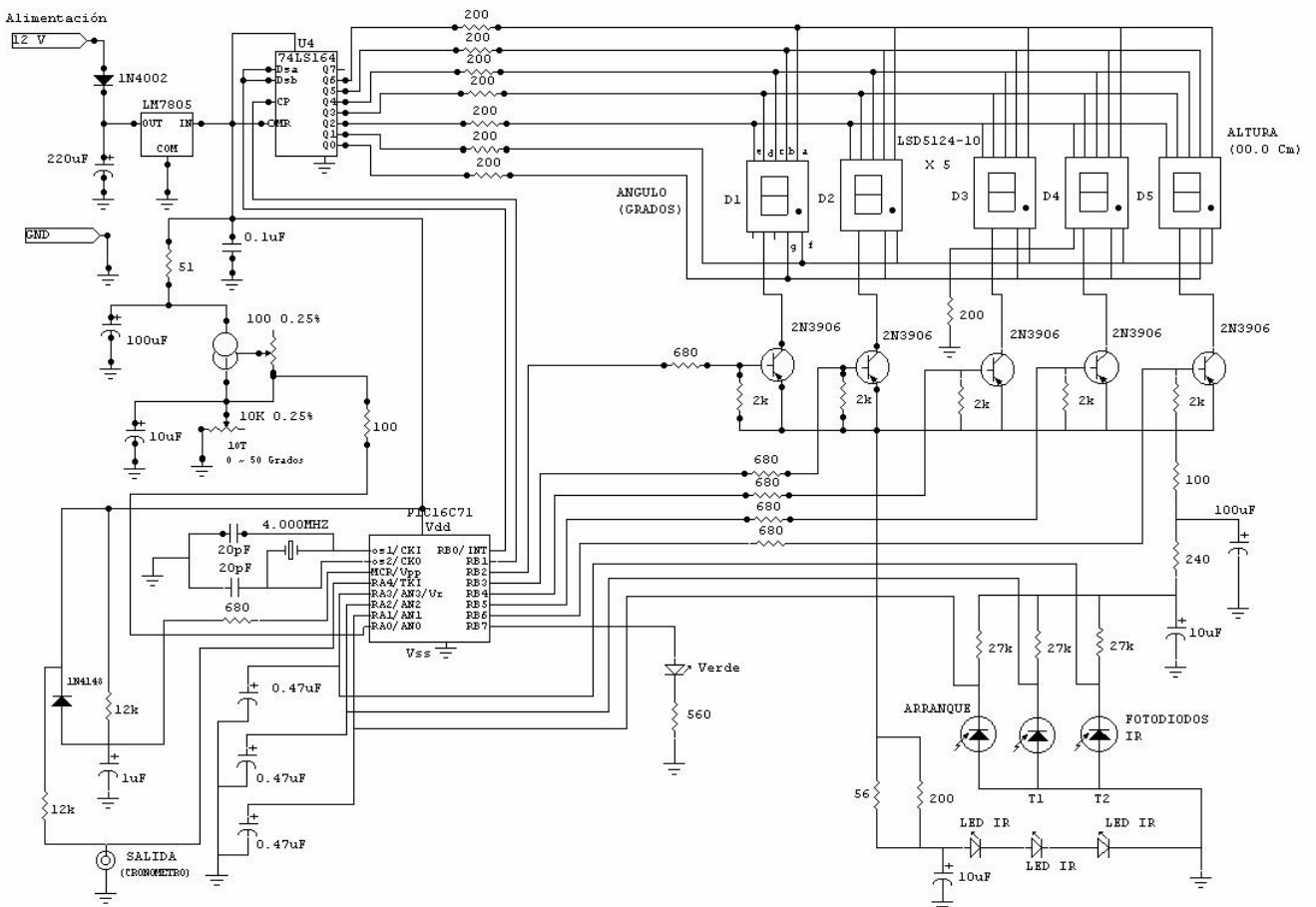


Figura 4. Diagrama electrónico del plano inclinado

3.2 Diagrama electrónico del módulo para el plano inclinado: El plano inclinado consta de un microcontrolador PIC16C71, un registro de desplazamiento 74LS164, cinco displays, tres fotodiodos y los componentes básicos para su implementación electrónica.

Utiliza también un registro de desplazamientos tipo **SIPO** de 8 bits. (Entrada de datos en serie /salida de datos en paralelo), cuya función es la de convertir información serie a paralelo, permitiendo reducir el número de alambres de interconexión para transferir una información de un sistema a otro. [3]

No podemos olvidar que estos registros de desplazamiento también se requieren para retardar información, convertir datos en disposición serie o paralela, producir efectos sonoros, realizar operaciones aritméticas o como en el caso de este módulo generar secuencias de códigos binarios.

En el diagrama de la figura 4. se puede observar cómo la línea RA0 va acoplada al potenciómetro que maneja el ángulo del plano, mientras que RA1, RA2 y RA3 van los respectivos fotodiodos para que a través de ellos se pueda hacer el control de tiempo por programa.

Todos los pines del puerto B a excepción de RB0 que va a la entrada del registro y RB7 que se dirige al LED indicador de inicio de trabajo, van a la base de los transistores que manejan cada uno de los display.

3.3 Módulo para movimiento circular uniforme. Es un dispositivo electrónico que simula con base a 32 LED's, el movimiento circular uniforme de una partícula. El módulo tiene las siguientes características:

Una caja rectangular en la cual se adaptan los LED's y los tres displays que permiten visualizar la información de velocidad y número de vueltas del sistema. Ver fig. 5.

En esta figura se pueden observar cuatro interruptores donde el tercero permite seleccionar, si lo que queremos cambiar es la velocidad o número de vueltas del simulador: el primero y segundo interruptor aumenta o disminuye estas variables y el cuarto activa la simulación del sistema. Con el cronómetro obtenemos el tiempo que demora la simulación.

De esta manera se pueden conocer las ecuaciones cinemáticas que caracteriza a este tipo de movimiento.

Internamente está constituido por un microcontrolador 16F84 dos registros de desplazamiento 74LS164 y un decodificador 74LS154.

Para el Movimiento Circular Uniforme utilizamos un decodificador de 4 a 16 Líneas (74LS154) que permiten direccionar los 32 LED's que se encuentran en módulo y

cuyo objetivo es el de simular el movimiento. En otras palabras es un decodificado de N a M líneas con salidas activas en bajo.

Por esta razón las salidas desde Q0 hasta Q15 se llevan al cátodo de cada uno de los LEDs ubicados para la simulación del movimiento.

Nótese también, como en el PIC 16F84, RA0 va a la entrada de cada registro de desplazamiento, RA1 se alambra para hacer el control del modo de operación, es decir, para cambiar la velocidad o el número de vueltas en el sistema. RA2, RB5 y RB6 son llevados para visualizar la información a través de los displays.

4. PROGRAMA. Este programa Fue diseñado en lenguaje de máquina para realizar los respectivas funciones de acuerdo a las diferentes necesidades de cada uno de los módulos.

En el caso de manejar el encendido de cada uno de los LED's con su adecuada secuencia, fue necesario recurrir a las rutinas de temporización y los respectivos cálculos de operaciones que involucran al microcontrolador. Esta secuencia de encendido de los LED's se hace teniendo en cuenta que los incrementos de intervalos de tiempo son iguales, ya que el movimiento en la simulación es constante.

El 74LS164 se utiliza trabajando en el modo multiplexado, por tanto se debe hacer un refresco de memoria para disimular el parpadeo en los display.

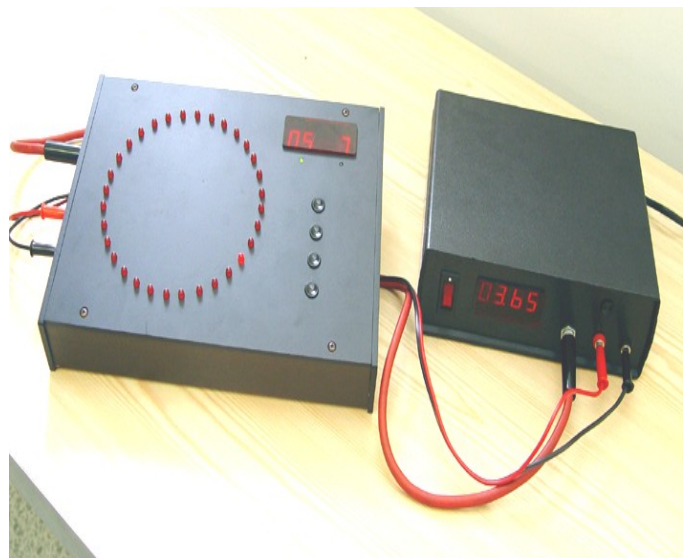


Figura 5. Módulo M.C.U acoplado al cronómetro

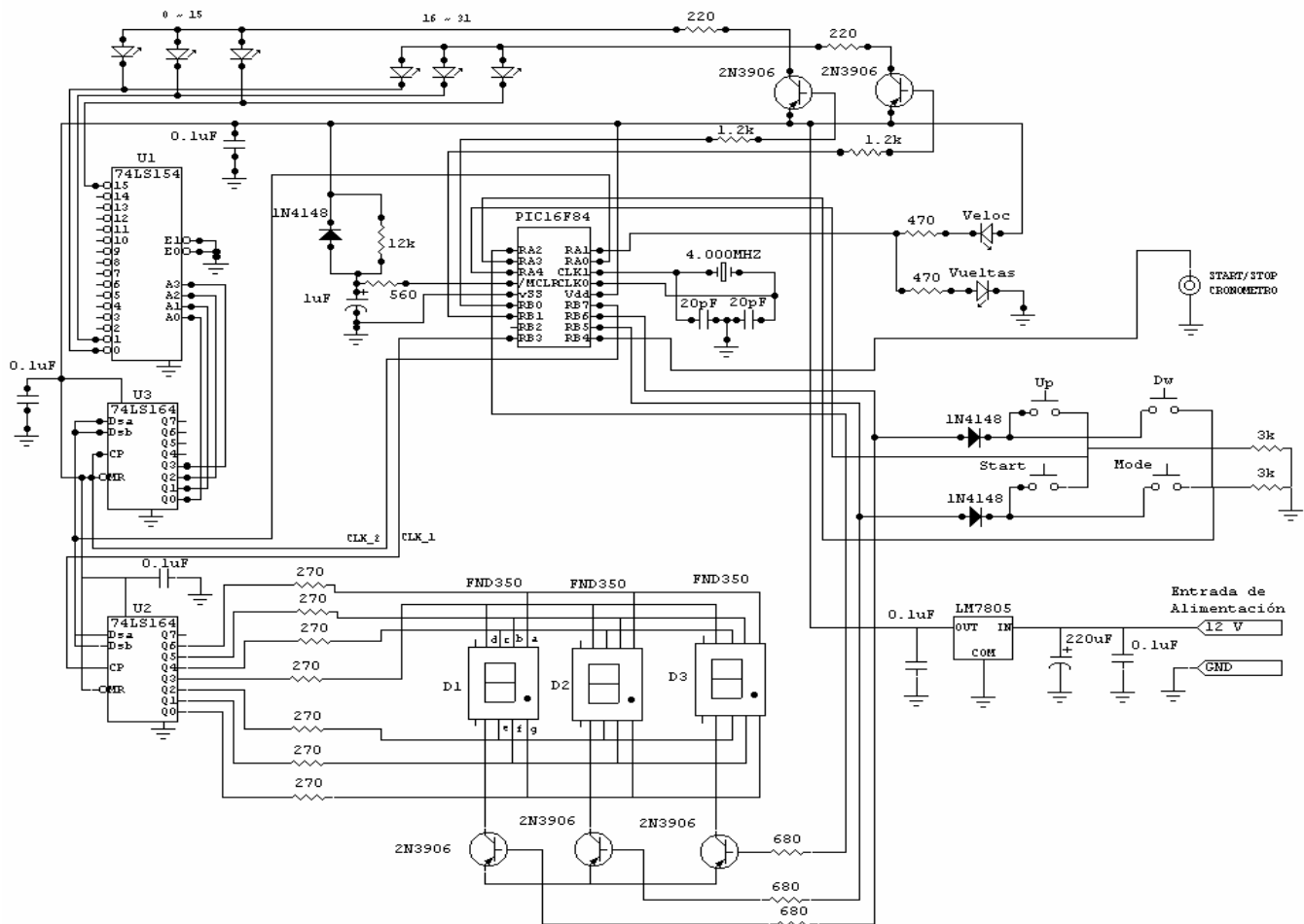


Figura 7. Diagrama electrónico movimiento circular uniforme

5. CONCLUSIONES

En este artículo se ha hablado sobre el diseño y la construcción de prototipos didácticos para la enseñanza de la Física, con base a microcontroladores, recurso electrónico que ha permitido que en los últimos años la tecnología haya avanzado de una forma rápida y veraz, no sólo en el campo de la física sino en todas las áreas del conocimiento.

Con base a estos microcontroladores y a su capacidad de trabajo podemos hacer mediciones de variables como el tiempo, la altura, los ángulos etc para poder recurrir a las ecuaciones cinemáticas de estos movimientos y de esta manera encontrar leyes o resultados prácticos.

Por tanto, esta clase de tecnología nos permitirá posteriormente no solamente manejar temas como el plano inclinado y el movimiento circular uniforme sino también poder abarcar todos los temas que se tratan en las instituciones educativas en una asignatura tan importante como la Física.

6. BIBLIOGRAFÍA.

- [1] SERWAY Raymond A. Editorial Mc Graw Hill. Tomo 1. 2000
- [2] M. MORRIS, Mano. Diseño Digital. Editorial Prentice mayo 1987.
- [3] Curso Práctico de Electrónica Digital. Editorial CEKIT SA. 1993
- [4] DUQUE, Edison. Curso Básico de Microcontroladores PIC. Editorial CEKIT S.A. 1997.
- [5] TOKHEIM. Arquitectura de computadoras. Colección Schaum. 2001
- [6] ANGULO, José María. Microcontroladores PIC. Diseño práctico de aplicaciones. McGraw Hill. 2000.