

Dispositivo de Despliegue Visual de Rayo de Persistencia de Visión

Reporte de proyecto

Ing. Fabián Guillermo Galván C., Dr. Juan Carlos Olivares G., M. C. Irvin López G., M. C. Roberto Alcántara R.

Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco
Av. San Pablo No. 180, Col. Reynosa Tamaulipas, México, D.F. 02200, México
Tel. 53189000, correo electrónico: fabian_galvan1@hotmail.com , jolivares@
correo.azc.uam.mx, raar@correo.azc.uam.mx, ilg@correo.azc.uam.mx

Resumen

En este artículo se presentan los fundamentos para la implementación de un dispositivo de despliegue visual de rayo de persistencia de visión, el cual pretende innovar la manera de proyectar imágenes, añadiendo características inexistentes en los displays actuales, tales como la proyección cilíndrica de una matriz de 16 x 360 píxeles, utilizando únicamente 16 LEDs (Diodo Emisor de Luz) y agregando propiedades cercanas a las características de un holograma, tales como la ilusión de flotabilidad y translucidez, gracias al principio de la persistencia de la visión.

El sistema que aquí se propone, pretende reducir en gran medida el material necesario para la construcción de un display y a su vez, obtener imágenes de gran calidad, con tan solo el 0.27% de los LEDs necesarios para formar una matriz de 16 x 360 píxeles.

Palabras clave: Persistencia de la visión, Matriz de LEDs, Rayo de persistencia de visión, dsPIC (Controlador digital de señal), LEDs (Diodo Emisor de Luz).

Abstract

In this paper we present the basis for implementing a lightning display of persistence of vision, which aims to innovate the way of projecting images, adding features unavailable in current displays, such as the cylindrical projection of a 16 x 360 pixel matrix, using only 16 LEDs (Light Emitting Diode) and adding properties related to the characteristics of hologram, such as the illusion of buoyancy and translucency through the principle of persistence of vision.

The system proposed here aims to greatly reduce the material needed to build a display and in turn, achieves high picture quality, with only 0.27% of the LEDs needed to form a matrix of 16 x 360 pixels.

Key words: Persistence of vision, LED Matrix, Sunbeam persistence of vision, dsPIC (Digital Signal Controller), LEDs (Light Emitting Diode).

Introducción

Durante los últimos treinta años, los displays se han vuelto comunes en la vida diaria, en entornos comerciales, de señalización e inclusive en el ámbito estético, no obstante las exigencias tecnológicas actuales, vuelven a cualquier sistema obsoleto en menos de un año, por ello es necesario innovar las técnicas en las que se basan los sistemas contemporáneos para proyectar imágenes.

Existen muchas aplicaciones en donde se ha experimentado con la persistencia de visión, tales como el disco de colores de Isaac Newton, el zoótropo, la estroboscopia y la cinematografía, pero a partir de 1990, se ha comenzado a estudiar este efecto como un método fiable de proyección de imágenes en displays.

Las principales características que componen a un display son, el número de píxeles que conforman la matriz y el control de encendido que provoca el movimiento de la imagen que se desea proyectar, en un arreglo de “n” columnas y “m” renglones de LEDs dispuestos en un plano como se menciona en [1]. El problema que se tiene en este tipo de displays, es que el mensaje o la figura que se desea proyectar se encuentra en un plano y por consecuencia, sólo puede ser visible en un ángulo menor a 120°. Otra gran dificultad de estos sistemas, es el número de píxeles que requieren, es decir, para una matriz de 16 x 360 píxeles, se requieren 5760 LEDs, lo cual significa un costo elevado de producción respecto a los 16 LEDs que utiliza el display descrito en este artículo.

El sistema aquí propuesto, mejora las características de los dispositivos anteriores, ya que se deforma el plano de proyección para crear una perspectiva cilíndrica, generando con esto que el campo de visión aumente de 120° a 360°. Asimismo, contrarresta el costo porque los puntos requeridos para la proyección de la imagen disminuyen drásticamente, ya que sólo se requiere de una columna de “n” LEDs (para este caso 16), rotando sobre un eje vertical a una velocidad conveniente donde la imagen sea visible sin dificultad [2]. Es importante mencionar que esta idea no es nueva, ya que se han reportado este tipo de Display [3-12], sin embargo

presentan varias limitaciones, como por ejemplo la detección y el control de sincronía son inexistentes.

En las siguientes secciones, se explicará detalladamente el funcionamiento del dispositivo, los cuatro bloques fundamentales para su construcción, la relación que guarda la sincronía del sistema con el sensor de efecto Hall y las rutinas que sigue el controlador para obtener una proyección completamente nítida.

Base teórica del funcionamiento

El funcionamiento de este dispositivo está completamente ligado al principio de “la persistencia de la visión”, que inicialmente, fue planteado en 1829 por el físico Joseph Plateau, donde afirmaba que las imágenes percibidas por el ojo humano, son retenidas por un corto lapso de tiempo, es decir, si un objeto está a la vista de un espectador y es retirado súbitamente, el espectador seguirá observando al objeto por algunos milisegundos. Este principio, puede aprovecharse para conseguir efectos visuales similares a los de un holograma, por medio de la superposición de dos imágenes en fase o ligeramente desfasadas, porque el cerebro humano puede retener una imagen entre 10 y 100 ms [13]. Sin embargo, si la exposición de la imagen es menor a este tiempo, entonces el cerebro distingue la alternancia entre la presentación de una imagen y la ausencia de ella, ocasionando que la imagen presentada no se vea de manera continua, por lo que no se estaría aprovechando el efecto.

Para tener una imagen completamente nítida, simplemente se repite el barrido para generar una superposición de imágenes a una frecuencia de 25Hz.

Metodología

El dispositivo que cumplirá con los requisitos de la base teórica, es completamente realizable mediante cuatro bloques fundamentales: a) Un motor eléctrico monofásico de corriente alterna: 120 Volts, 0.26A, 270 RPM y potencia nominal de 31W; b) una barra de 16 LEDs monocromáticos equidistantes; c) un controlador lineal de posición, compuesto por un dsPIC [14] o cualquier microcontrolador que cumpla con los tiempos requeridos que se mencionaran más adelante; d) un sensor de efecto Hall [15] y un imán permanente.

Interface de potencia para el motor

Debido a que el sistema de control que se menciona en el apartado de controlador, calcula una aproximación muy real del tiempo de giro de la barra de LEDs, el motor funciona independientemente del circuito y no necesita ninguna retroalimentación para poder trabajar

en conjunto con el encendido de los LEDs, por lo tanto, el motor puede girar a cualquier velocidad por encima de las 1200 RPM.

La interface de potencia, solo tiene el propósito de reducir la velocidad máxima del motor. Esta interface puede verse en la figura 1.

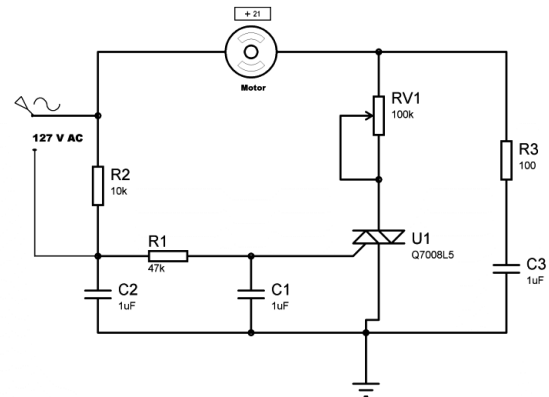


Figura 1. Interface de potencia del motor de CA.

Estructura mecánica

La barra de LEDs está constituida por medio de una estructura de aluminio en forma de “L”, la altura y el radio solo están delimitados por el número de LEDs que se desean utilizar, la cobertura radial del mensaje y la capacidad de carga del motor. Los materiales necesarios para la construcción, pueden verse claramente en la figura 2.

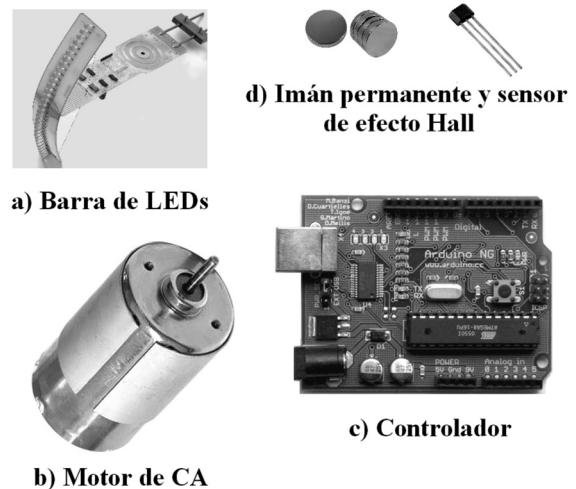


Figura 2. Localización de todas las piezas del display mediante sus correspondientes puntos. a) Ángulo que contiene 16 LEDs equidistantes, b) Motor de corriente alterna, c) Controlador, d) Imán permanente, e) Sensor de efecto Hall.

Una vez que todos los materiales se disponen en un lugar inamovible, se realizan pruebas para verificar el balance que presenta el sistema al girar, y el funcionamiento del detector síncrono [16], si no se logra estabilizar el sistema cuando el motor empieza a operar, se agregan contrapesos con el fin de normalizarlo, evitando que las vibraciones hagan colapsar al sistema. La estructura mecánica y los contrapesos de prueba, pueden observarse en la figura 3.

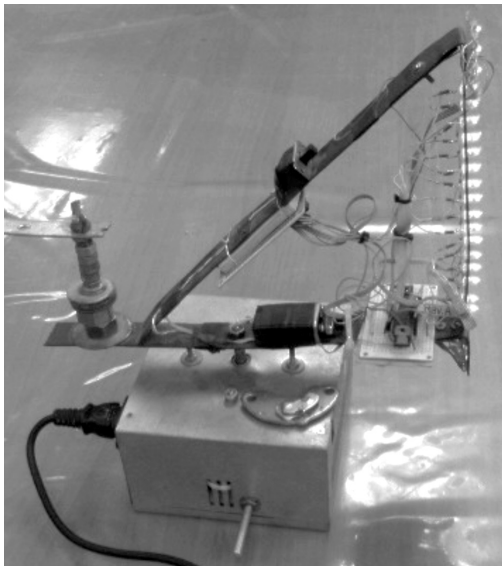


Figura 3. Estructura mecánica y contrapesos de prueba para el balance del sistema.

Sincronía

Los sistemas patentados que se describen en las referencias [3-12], no contienen un detector de posición, por lo tanto es muy fácil que la imagen que proyectan se distorsione. La clave para sincronizar este sistema, es detectar el tiempo en que la barra de LEDs tarda en completar un ciclo [17]. Este tiempo puede ser detectado de una manera muy sencilla a través de la coincidencia de un sensor de efecto Hall y un imán permanente sobre un eje vertical como lo muestra la figura 4.

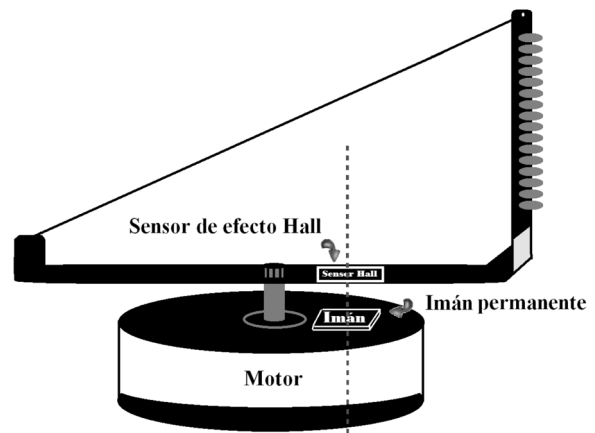


Figura 4. Sensor de efecto Hall unido a la parte móvil (brazo) e imán permanente colocado en la parte fija, útiles para la detección del tiempo de giro.

El sensor de efecto Hall produce un pulso al coincidir con el imán permanente, que genera una interrupción en el dsPIC, la separación entre cada pulso, proporcionará exactamente el tiempo de giro (T_g) descrito en la figura 5. Una vez que el pulso interrumpe en el dsPIC, comenzará una rutina de temporizador mediante un contador interno del microcontrolador y sólo se detendrá el conteo al ocurrir otro pulso del sensor, es decir cuando coinciden nuevamente en el eje vertical el sensor y el imán [17].

Pulsos generados por el sensor de efecto Hall

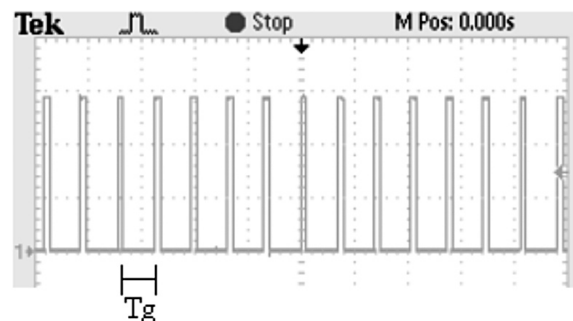


Figura 5. Pulsos generados por el sensor de efecto Hall y definición de T_g mediante la separación de los mismos.

El tiempo de posición T_p (tiempo durante el cual se mantiene encendida una parte del carácter que se desea formar) simplemente indica a la barra de LEDs su situación en cuanto a espacio-tiempo, lo cual permite tener un carácter sin deformaciones y sin corrimientos como lo muestra la figura 6. Para calcular el tiempo de posición se utiliza:

$$T_p = \left(\frac{T_g(t-1) + T_g(t)}{720} \right) \quad (1)$$

La ecuación anterior, describe exactamente el tiempo en el que la columna de LEDs estará encendida, para que una vez recorridas las 360 posiciones, la imagen o el carácter pueda ser percibido. El cálculo se basa en un promedio entre el tiempo de giro anterior y el tiempo de giro actual, lo cual ayuda a minimizar drásticamente el error en el tiempo estimado de posición T_p .

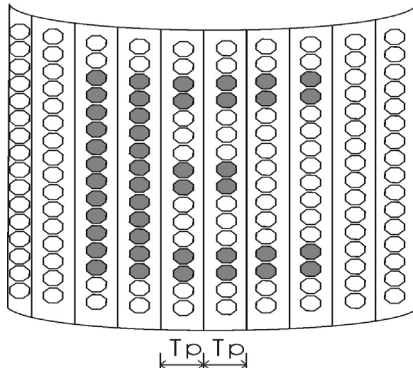


Figura 6. T_p indicando la posición de encendido para formar el carácter “E”.

Controlador

El controlador tiene dos propósitos fundamentales, el primero consiste en tomar el tiempo de giro en cada ciclo para mantener la sincronía. Tras la coincidencia del imán con el sensor Hall, se genera un pulso que activa una rutina por interrupción en el microcontrolador, la cual obtiene el tiempo de giro T_g y el tiempo de posición T_p como lo muestra en la figura 7a y 7b. El segundo propósito consiste en controlar la conmutación de encendido en la barra de LEDs, la manera más sencilla de hacerlo, es tomando el dato que se encuentra en la dirección “posición” de la memoria e inmediatamente después, desplegarlo tal como lo hace la figura 7a y 7c. Una vez que se han recorrido las posiciones de memoria que contienen el mensaje, se inicializa de nuevo o se cambia a una nueva posición (un mensaje distinto). Las rutinas más importantes del dsPIC, pueden verse en el apéndice I.

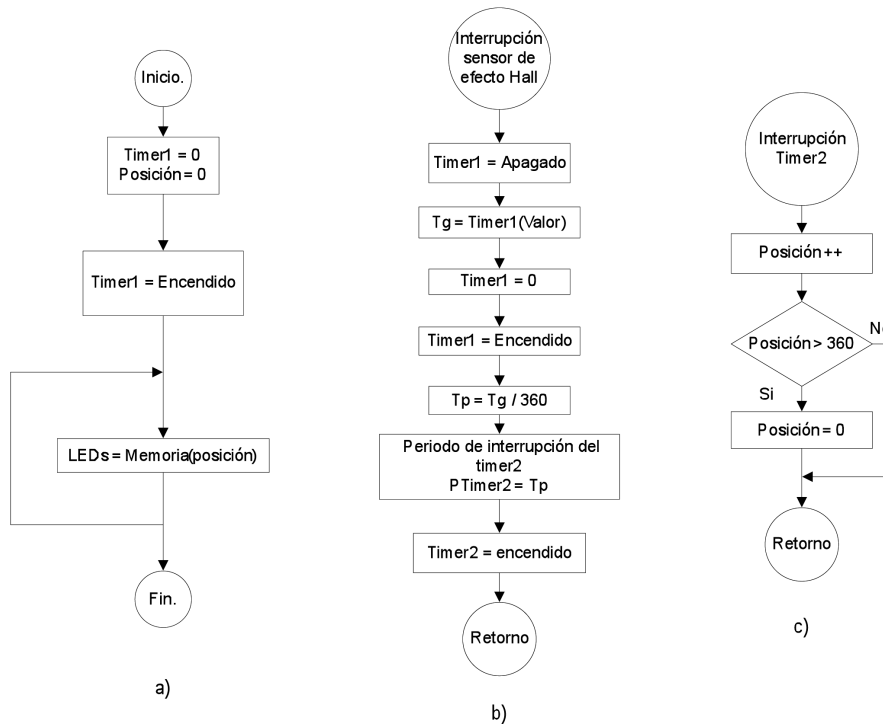


Figura 7. Diagrama de flujo del proceso que realiza el DSP. a) Programa principal, b) Interrupción por pulso del sensor de efecto Hall con retorno al programa principal, c) Interrupción del timer2 cada T_p segundos con retorno al programa principal.

Almacenamiento y recuperación de datos

Es necesario saber qué tipo de animación se va a desplegar en la matriz, para ello, se debe tener el diseño del mensaje, el cual se puede crear en cualquier editor de imágenes. Las únicas restricciones que debe tener este diseño, son que la imagen tenga un tamaño de 16 x 360 píxeles y que se encuentre con extensión BMP (BitMap). Una vez que se tiene el archivo con extensión BMP, se extraen bloques de 8 bits a través de un editor hexadecimal y se almacenan en la memoria del microcontrolador o en una memoria serial [18]. La elección del tipo de memoria que se utilizará, simplemente depende del número de mensajes que se deseen exhibir. Los datos que se almacenaron en memoria, son recolectados por el DSP, mediante comunicación I2C y son procesados para que sean proyectados en el tiempo T_p que les corresponde. Actualmente la memoria se graba mediante un programador USB, pero como trabajo futuro en este proyecto, se utilizará un transmisor de FM para que la memoria sea escrita inalámbricamente y así, puedan ser mostrados los mensajes que se dibujen en una PC en tiempo real.

Resultados y discusión

Se confirma que a partir de la persistencia de visión y un fino sistema de control secuencial, es posible generar matrices de alta calidad con barridos de hasta 978 columnas y resoluciones de $n \times 978$, con n que depende de los expansores digitales y de su número de salidas que estos utilicen.

Se efectuaron dos pruebas para la detección del tiempo de giro: la prueba de sensado por efecto Hall, ofreció mejores resultados que la prueba por infrarrojo, ya que al enviar el rayo infrarrojo, en ocasiones la refracción puede ser un inconveniente cuando existe movimiento.

La figura 8 muestra el funcionamiento del display a 25 revoluciones por segundo, los mensajes dispuestos rotan para que cualquier espectador pueda leer el mensaje.



Figura 8. Display en funcionamiento mostrando el mensaje “2009”

Conclusiones

El display de mensajes rotatorio con secuencias de caracteres sincronizados por efecto Hall desarrollado en este trabajo tiene las siguientes características: implementación sencilla, el material utilizado es de bajo costo, y alta calidad en las imágenes proyectadas con efectos visuales muy similares a los de la proyección de un holograma. La alimentación del sistema se realiza a través de una fuente de voltaje de 9 volts.

Debido a que la proyección es en 360° , y que T_p mantiene los ciclos de encendido, el mensaje fue probado con distintos radios de proyección prolongando ó disminuyendo el brazo que sostiene la barra de LEDs y en ningún caso hubo deformación de los caracteres, por lo tanto, se puede tener una imagen en donde el radio, solo es limitado por la capacidad de carga del motor.

Uno de los problemas que presentó este sistema durante su fase de prueba, es que en cada ciclo el letrero proyectado se recorría lentamente sin distorsionar la imagen, pero este error fue estudiado y aprovechado para desplazar la proyección a una velocidad deseada y así cada carácter recorra los 360° .

Referencias

- [1] Palazzesi. A., (2008), *Rev. Ucontrol*, volumen 3, p.21-32.
- [2] Heong H. “A new velocity measurement using linear type hall-effect sensor for an electro-mechanical fin actuator”, (2007), *IEEE*.
- [3] Paul S. (2007), “Rotatable flexible disk toys”, U.S. Patent No. 0281581
- [4] William G., (2009), “Messaging device and system”, U.S. Patent No. 0254623.

- [5] Avery R., (1995), "Footwear display device", U.S. Patent No. 5457900.
- [6] Toyotaro Y., (1996), "Manual rotation type display device", U.S. Patent No 5548300.
- [7] Masuo O., Sako Y., (2002), "LED display apparatus", U.S. Patent No 5444456.
- [8] Toyotaro Y., (1995), "Swing type aerial display system" U.S. Patent No 5406300.
- [9] Engstrom E., (2005), "Luminescent signaling displaysutilizingawirelessmobilecommunication device" U.S. Patent No 6954908.
- [10] Feng I., (2007), "Automatic power generation light-image fan device", U.S. Patent No 7161256.
- [11] Li C., (2005), "Wheel rim device with patterned light capable of automatically generating", U.S. Patent No 6936980.
- [12] Yung Y., (2000), "Bicycle spoke warning light device capable of setting and displaying characters", U.S. Patent No. 6072386.
- [13] Anderson J., (1993), "*The Myth of Persistence of Vision*", Journal of Film and video, Vol.45, No. 1, p. 3-12.
- [14] Controlador digital de señal (dsPIC30F3013) Datasheet, Microchip Technology Inc.
- [15] DN6851 Switch type, Wide operating supply voltage range (VCC = 3.6 V to 16 V) Datasheet, <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/panasonic/SPC00005CEB.pdf>, visitado el 5 enero 2010.
- [16] Harold G. (2007), "Temperature displaying fan", U.S. Patent No. 0166148.
- [17] Gary P., (2007), "Position and Level Sensing Using Hall Effect Sensing Technology", Application Information AN295044, Rev. 1, Allegro MicroSystems.
- [18] EEPROM (24LC512) Datasheet, Microchip Technology Inc.

```
paso=0;
```

```
goto inicio;
```

Interrupción del sensor de efecto Hall

```
void __attribute__((interrupt, no_auto_psv))
_INT2Interrupt(void)
{
    if(unavta==0)
    {
        while(delay<0x00300000)
        {
            delay++;
        }
        unavta=1;
    }
}
```

Artículo recibido: 19 de agosto de 2010

Aceptado para publicación: 18 de abril de 2011

Apéndice I. Rutinas importantes en C30 para el sistema de control implementado en el dsPIC30F3013.

Rutina de división de las 360 posiciones a partir del tiempo de vuelta "tv"

inicio:

```
while(unavta==0)
{
    tvg= __builtin_divud(tv,360);
    configleds(msg[j]); //configura el //
encendido de la columna en la posición j.
    while(paso==0)
    {
```