

Display de Persistencia de Visión Aplicado en Transportes Urbanos

Di Pietro, Franco, - Smitt, Claus
FCEIA, UNR.

Resumen—En este artículo se desarrolla la implementación de un display de persistencia de la visión haciendo uso de un microcontrolador. Este display ha sido pensado para ser montado en la rueda de una bicicleta. Se analizará el problema partiendo desde la propia física, y se contemplarán distintas alternativas para llevarlo adelante, optando finalmente por la utilización de un sensor de efecto Hall y un imán para detectar el movimiento de la rueda. Finalmente se muestra la implementación realizada, concluyendo con una demostración del dispositivo en pleno funcionamiento

Índice de términos—Display, Persistencia de la visión, Bicicleta, Microcontrolador.

I. INTRODUCCIÓN

SE plantea como proyecto de aplicación la implementación de un display de persistencia de la visión radial para montaje en ruedas de bicicleta. El presente informe describe la solución del proyecto de aplicación implementada con el microcontrolador MC9S08QE8 montado en la placa de desarrollo DEMOQE. Se desarrollará a continuación:

- Análisis Físico del problema.
- Posibles soluciones y selección de una de ellas.
- Cálculo y dimensionamiento de los recursos necesarios.
- Selección de los recursos del MC9S08QE8 a utilizar.
- Diseño de placas adicionales.
- Posibles aplicaciones del sistema.

Este proyecto ha sido desarrollado como trabajo final de la materia Informática Electrónica, materia electiva correspondiente al último año de la carrera de Ingeniería Electrónica, Universidad Nacional de Rosario. Por tanto, se ha contado con la supervisión de algunos de los docentes de dicha cátedra, entre ellos el Ing. Javier Belmonte y el Ing. Diego Alegrechi.

II. ANÁLISIS FÍSICO DEL SISTEMA

A. Persistencia de la visión

Un display de persistencia de la visión (POV: Persistence Of Vision) se basa en el fenómeno visual descubierto por Joseph Plateau que demuestra cómo una imagen permanece en la retina humana una décima de segundo antes de desaparecer por completo. Esto permite que veamos la realidad como una secuencia de imágenes ininterrumpidas.

Si no existiese, veríamos una sucesión de imágenes independientes y estáticas. Plateau descubrió que nuestro ojo ve con una cadencia de 10 imágenes por segundo. En virtud de dicho fenómeno, las imágenes se superponen en la retina y el cerebro las "enlaza" como una sola imagen visual, móvil y continua.

Aprovechando este fenómeno, si modificamos una imagen más rápida de lo que puede ser captada por el ojo humano, esta se verá como una imagen fija. Este efecto es análogo a cuando se se desplaza una luz rápidamente entre dos puntos, y en lugar de percibirse la luz desplazándose se percibe una línea luminosa que une ambos puntos.

Si se tiene una tira de LEDs, a la cual se le puede variar el patrón con el que cada uno se enciende instante a instante, y esta se desplaza rápidamente con respecto al observador, este percibirá una imagen fija en el espacio determinada por el patrón de control de los LEDs.

Ejemplo:

Suponiendo una tira de 4 LEDs y el siguiente patrón:



Figura 1: Patrones de LEDs.

Si se alterna el patrón de LEDs entre P1 y P2 a medida que se desplaza el dispositivo, para el observador el resultado será el siguiente:

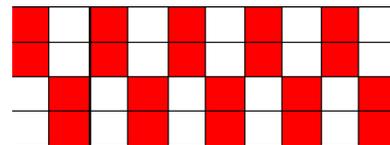


Figura 2: Bandera como resultado del patrón (figura 1) en movimiento.

Una bandera cuya longitud de los rectángulos respecto al eje de desplazamiento es proporcional a la velocidad con que el dispositivo se desplaza.

Con esta misma idea, se pretende colocar un dispositivo como el antes descrito en la rueda de una bicicleta para mostrar imágenes fijas en la misma, a medida que esta gira.

B. Movimiento circular

Como ya se explicó antes, es necesario desplazar el dispositivo a una cierta velocidad para que un punto luminoso se transforme en una línea, este dato será nuestro punto de

partida para analizar los límites físicos de nuestro problema. En nuestro caso se ensayó empíricamente el valor de dicha velocidad colocando un LED en la rueda de una bicicleta, y luego se la hizo girar hasta que solo se apreció una circunferencia luminosa. En dicho instante se tomaron varias medidas de la velocidad a partir de un velocímetro magnético y se promediaron. El resultado obtenido como la velocidad promedio a la que se logra una persistencia completa resultó:

$$V_{fullPOV} = 22.5 \frac{Km}{h} \quad (1)$$

Si se coloca más de un LED, este efecto se da a una velocidad mucho menor.

A partir de este valor y las ecuaciones de movimiento circular suponiendo una rueda de radio de 32cm se obtienen los siguientes datos:

$$\begin{aligned} V = \omega R = 2\pi f R \Rightarrow T_{fullPOV} &= \frac{1}{f_{fullPOV}} \\ &= \frac{2\pi R}{V_{fullPOV}} = 326 \text{ ms} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} a_r = \omega^2 R &= \left(\frac{V}{R}\right)^2 R = \frac{V^2}{R} \Rightarrow \\ \Rightarrow a_{r_{fullPOV}} &= \omega^2 R = \frac{V_{fullPOV}^2}{R} = 122.07 \frac{m}{s^2} = 12.46g \end{aligned} \quad (3)$$

III. POSIBLES SOLUCIONES

A. Acelerómetro

Si se coloca un acelerómetro con uno de sus ejes paralelo al radio de la rueda, este medirá la aceleración radial superpuesta con el vector gravedad que desplaza a la placa capacitiva. Como el movimiento circular es armónico, la aceleración medida resulta:

$$a_x = a_r + g \text{ sen}(\omega t) \quad (4)$$

En el otro eje del acelerómetro perpendicular al anterior y paralelo al plano de la rueda mide la aceleración tangencial a la cual también se le superpone el efecto del vector gravedad, sólo que en cuadratura con el caso anterior.

$$a_y = a_t + g \text{ sen}(\omega t) \quad (5)$$

De las ecuaciones de movimiento circular:

$$a_r = \omega^2 R \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{a_r}{R}} \quad (6)$$

$$\theta = \theta_0 + \int \omega dt = \int \sqrt{\frac{a_r}{R}} dt \quad (7)$$

Por lo que para poder calcular correctamente el ángulo a partir de la aceleración radial necesitamos de alguna forma obtener un θ_0 de referencia.

Si suponemos que la rueda está girando a velocidad constante, la rueda se encuentra en la posición en que el vector del gravedad es paralelo y opuesto a la velocidad tangencial (eje x paralelo al suelo) entonces:

$$a_y = g \quad (8)$$

Por ende se puede utilizar esta condición para detectar que la rueda se encuentra el ángulo cero y así, a partir de ese instante, integrar y calcular instantáneamente el ángulo.

Otra forma de calcular los instantes en los que se cambia el patrón de LEDs, usando estos mismos conceptos, es computar sólo ω y conocer n (número de patrones o rayos distintos de la imagen a mostrar). Luego, cuando se detecta la condición de ángulo cero se inicia un contador (CNT), que cuando alcanza un valor de cuenta

$$CNT_{ray} = T_{ray} = \frac{T_{rot}}{n} = \frac{1}{n f_{rot}} = \frac{2\pi}{\omega n} \quad (9)$$

el patrón cambia y el contador se reinicia para que luego se repita el proceso.

Estos procedimientos son válidos siempre y cuando la velocidad sea la suficiente para que $a_t \gg g$, lo cual podemos decir que se cumple para

$$V_{fullPOV} = 22.5 \frac{Km}{h} \quad \text{donde} \quad a_r = 12.46g$$

Esta solución tiene mucho potencial ya que este dispositivo podría montarse en cualquier elemento rotante, sin hacerle modificaciones al mismo, y funcionar siempre y cuando se culpan las condiciones antes mencionadas.

B. Sensor magnético

Si se coloca en el dispositivo un sensor o switch de efecto Hall y un imán en el cuadro de la rueda (ángulo cero), se puede detectar el instante en el que la rueda da una vuelta completa. Cada vez que la rueda da una vuelta se inicia un temporizador, y a la siguiente vuelta se lee el valor del mismo. Dicho valor es el período T con el que la rueda gira el cual se actualiza en cada vuelta. Ahora, si se tiene una imagen que cambia el patrón de la tira de LEDs en n ángulos distintos (n sectores circulares distintos p) y CNT es el valor actual del contador, entonces:

$$p = \frac{CNT}{\left(\frac{T}{n}\right)} \quad (10)$$

Por lo que se puede determinar fácilmente qué patrón de LEDs debe mostrarse en cada instante.

Este método es muy simple pero implica agregar elementos al medio donde se va a instalar el dispositivo.

IV. SELECCIÓN DE UNA SOLUCIÓN

En un principio se podría elegir, a pesar de su complejidad de calculo, el sistema con acelerómetro debido a su independencia con el medio para funcionar, pero el factor determinante en esta elección, dados los recursos del kit de

desarrollo DEMOQE, resulta ser la aceleración máxima que debe poder medir el acelerómetro.

El acelerómetro del kit tiene un alcance de:

$$R_{acc} = 6g < 12.46g \quad (11)$$

Por lo que no tienen el rango necesario para que el sistema funcione correctamente. Por lo que en nuestro caso la solución del acelerómetro queda descartada y se recurre al sensor magnético.

V. SELECCIÓN DE RECURSOS DEL MC9S08QE8

A. Recursos para el sensor

El sensor de efecto Hall a utilizar se obtuvo del motor brushless de una disquetera de 5_{1/4}, el cual se alimenta con al menos 5V para obtener una buena señal.

En nuestro caso la alimentación es de 3V, por lo que al pasar por el imán la variación de tensión no es lo suficientemente grande como para que el micro la reconozca como una señal digital. Por ende se conecta el sensor al canal 0 del convertor analógico-digital (CAD) del micro, y para detectar el imán se le pone una condición de umbral, la cual se obtuvo empíricamente a través de mediciones por terminal.

Por otro lado, para que el sistema responda rápidamente el CAD se configura en 8 bits y con frecuencia de conversión máxima.

B. Recursos para la tira de LEDs

Se propone tener una resolución de 16x128 sectores circulares (256 Bytes, ya que el MCU sólo dispone de 512 bytes de RAM), por lo que se necesitan 16 puertos independientes que manejen en paralelo a una tira de 16 leds.

VI. DISEÑO DE LA PLACA DE LEDs Y SENSOR

La placa está compuesta de 16 circuitos idénticos con transistores que trabajan en corte y saturación, conectados a un bus de datos que se conecta al MCU Expansion port. Los LEDs se encienden con lógica positiva.

El circuito es el siguiente:

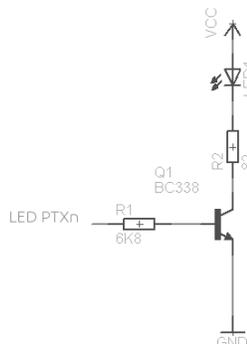


Figura 3: Circuito para cada LED.

El circuito está diseñado para consumir aproximadamente 10mA por LED, por lo que para 2 pilas de 1000mAh, y despreciando el consumo del micro, el sistema podría funcionar durante:

$$t_{max} = \frac{2 \cdot 1000 \frac{mA}{h}}{16 \cdot 10 \frac{mA}{h}} = 12.5 h \quad (12)$$

Para el sensor magnético se conecta su salida al bus y se le polariza como se muestra en la figura 4.

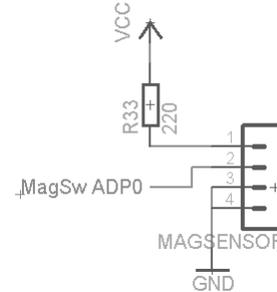


Figura 4: Circuito para el sensor.

VII. RESULTADOS OBTENIDOS

Para poder probar el sistema se fijó con precintos el kit a la rueda de una bicicleta, luego la placa de LEDs con el sensor y se conectaron mediante el bus antes mencionado.

Por último se tomaron fotos con una cámara con diafragma abierto para poder apreciar el efecto de persistencia de la visión.



Figura 5: Foto del display en funcionamiento.

VIII. APLICACIONES DEL SISTEMA

- Velocímetro para espectadores de carrera de bicicletas.
- Dispositivo de seguridad, actuando de baliza durante la noche.
- Uso estético.
- Medio de expresión artística.
- Display de variables cotidianas como temperatura y horario.
- Sistema de publicidad ambulante

REFERENCIAS

- [1] Barbara Anderson, *Journal of Film and Video*, Vol. 45, No. 1. Universidad de Wisconsin (Madison)