



CCADET

CENTRO DE CIENCIAS APLICADAS Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Informe Técnico

Sensor Óptico Retroreflexivo con Capacidad de Medición de Intensidad del Haz

**Rafael Prieto Meléndez, Alejandro Padrón Godínez,
Alberto A. Herrera Becerra**

Noviembre 2008

Proyecto de Desarrollo Tecnológico

QMatic de México SA de CV

Financiamiento externo

Título: Sensor Óptico Retroreflexivo con Capacidad de Medición de Intensidad del Haz.

Autores: Rafael Prieto Meléndez, Alejandro Padrón Godínez, Alberto A. Herrera Becerra.

Afiliación: Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico, Universidad Nacional Autónoma de México.

Resumen

En este trabajo se presenta el diseño de un sensor óptico infrarrojo retrorreflexivo cuyo diseño fue solicitado por la empresa QMatic de México SA de CV para sustituir a los sensores comerciales de este tipo que actualmente utilizan. El sensor diseñado puede sustituir de manera transparente a los sensores comerciales ya cuenta con características similares a estos, pero adicionalmente cuentan con una funcionalidad que no se encuentra en los dispositivos comerciales, al integrarles un mecanismo para medir la intensidad del haz reflejado. Al contar con esta característica se puede evaluar las condiciones en que están operando los sensores dentro de un sistema, lo cual puede resultar útil en el proceso de instalación para lograr una correcta alineación con los reflectores, y en general para evaluar las condiciones del medio en que operan y así lograr obtener un sistema confiable.

Índice

Introducción	3
1. Diseño del sensor	4
2. Pruebas de Funcionamiento	8
Conclusiones	10
Anexo A	11
Referencias Bibliográficas	16

Introducción

En el presente reporte se muestran los resultados del diseño del sensor óptico para ser utilizado en el sistema de “Administración de Flujo de Clientes” solicitado por la empresa QMatic de México SA de CV, la cual pretende remplazar a los sensores ópticos que en la actualidad se utilizan debido a la cantidad de fallas que frecuentemente presentan, esto aunado al deseo de contar con tecnología propia para realizar una sustitución de importaciones y eliminar la dependencia tecnológica, de acuerdo al resultado de el estudio realizado previamente según se describe en Prieto (2007).

En el laboratorio de Modelado y Simulación de Procesos del CCADET nos encargamos de diseñar un modelo de sensor óptico que posea características de funcionamiento similares a las de los sensores comerciales para que sea compatible con el sistema actualmente en uso y permita la sustitución de los sensores de manera transparente, y que además contribuya a reducir los problemas que actualmente se presentan. Un aspecto adicional que se buscó con el desarrollo de este sensor fue el dotarlo de características adicionales que no están presentes en los sensores comerciales y que son de utilidad para el sistema. En este sentido, se implantó un mecanismo para dar una estimación de la alineación de los sensores con el reflector, por medio de una indicación luminosa que a través de señales intermitentes indica la calidad de la señal reflejada, partiendo del desarrollo de sensor óptico descrito en Prieto *et al.* (2007).

Para el diseño de sensor óptico se espera que cumpla con las características de operación que le permitan sustituir a los sensores comerciales, es decir, debe de operar con características eléctricas que sean compatibles con las de los sensores comerciales (voltajes de operación y niveles de las señales), y compatibles con la detección del paso de personas (sensibilidad y alcance de los sensores), de tal manera que la sustitución no afecte al resto del sistema. También el costo de los sensores es un factor importante a considerar, para que esta propuesta de sensores sea una opción competitiva con los sensores chinos (muy económicos pero de pésima calidad) y los brasileños (calidad y precio medio). En este trabajo se muestran los primeros resultados de la evaluación en campo del sistema desarrollado.

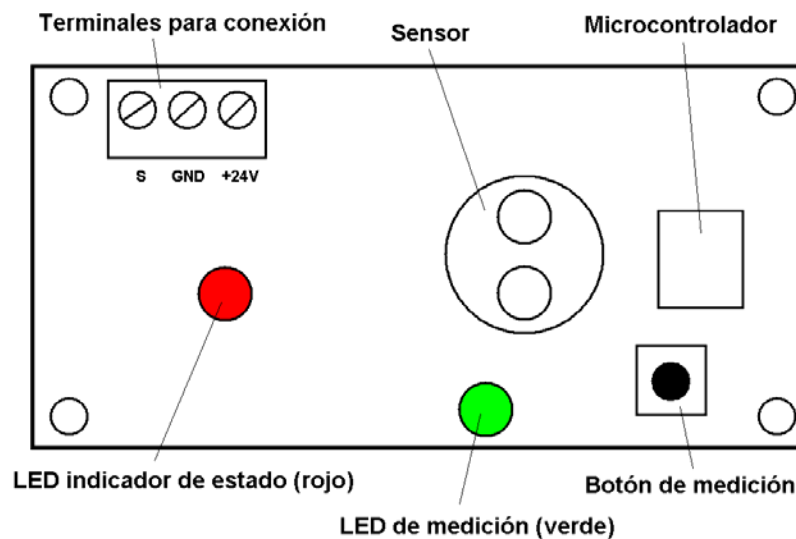
1. Diseño del Sensor

En términos generales, el diseño realizado está formado por un interruptor óptico infrarrojo reflexivo, cuya operación básica es similar a la de los sensores ópticos comerciales, al cual se le incorporó un mecanismo para medir la intensidad del haz reflejado.

El dispositivo diseñado cuenta con dos indicadores luminosos (LEDs) para indicar visualmente el estado de operación del sensor, y un bloque de terminales por donde se obtiene la señal de salida del sensor y se proporciona el voltaje de alimentación para que funcione el dispositivo. El sensor trabaja con un voltaje de alimentación nominal de 24 volts, aunque puede funcionar con voltajes desde 19 y hasta 35 volts, y tiene niveles de voltaje de salida nominales de 0 volts y del voltaje de alimentación. Las características eléctricas del sensor se detallan en Prieto *et al.* (2007).

La forma de la montura del interruptor diseñado no coincide con la forma de los sensores comerciales, ya que éste está montado en una placa plana que puede ser fijado sobre una superficie de apoyo que queda paralela a la superficie reflejante. La forma del soporte del interruptor se hizo de esta forma porque facilita su montaje, aunque ocupa mayor espacio que los comerciales. Sin embargo, es posible reacomodar los elementos que lo forman para poder introducirlo en una montura de las usadas comercialmente.

Se desarrollaron dos versiones de este sensor, el sensor sencillo y el sensor doble. En el caso del sensor doble, se integra en una misma montura dos dispositivos que operan independientemente aunque comparten algunos componentes. En la figura 1 se muestra la disposición de los principales componentes de los sensores.



a) interruptor sencillo

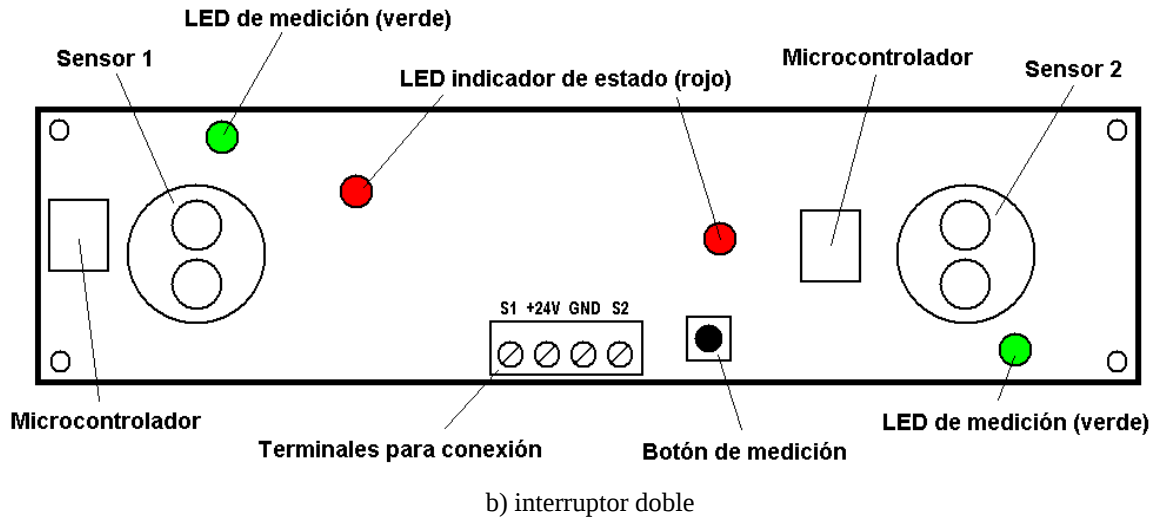


Figura 1. Ubicación de los principales componentes.

El funcionamiento del sensor es controlado por un microcontrolador PIC 12F629, que es quién se encarga de generar la señal que es enviada por el interruptor, recibe la señal captada por el sensor, la filtra, y determina si el haz luminoso ha sido interrumpido, generando en consecuencia la salida correspondiente. En la figura 2 se muestra el diagrama esquemático de la composición del interruptor óptico.

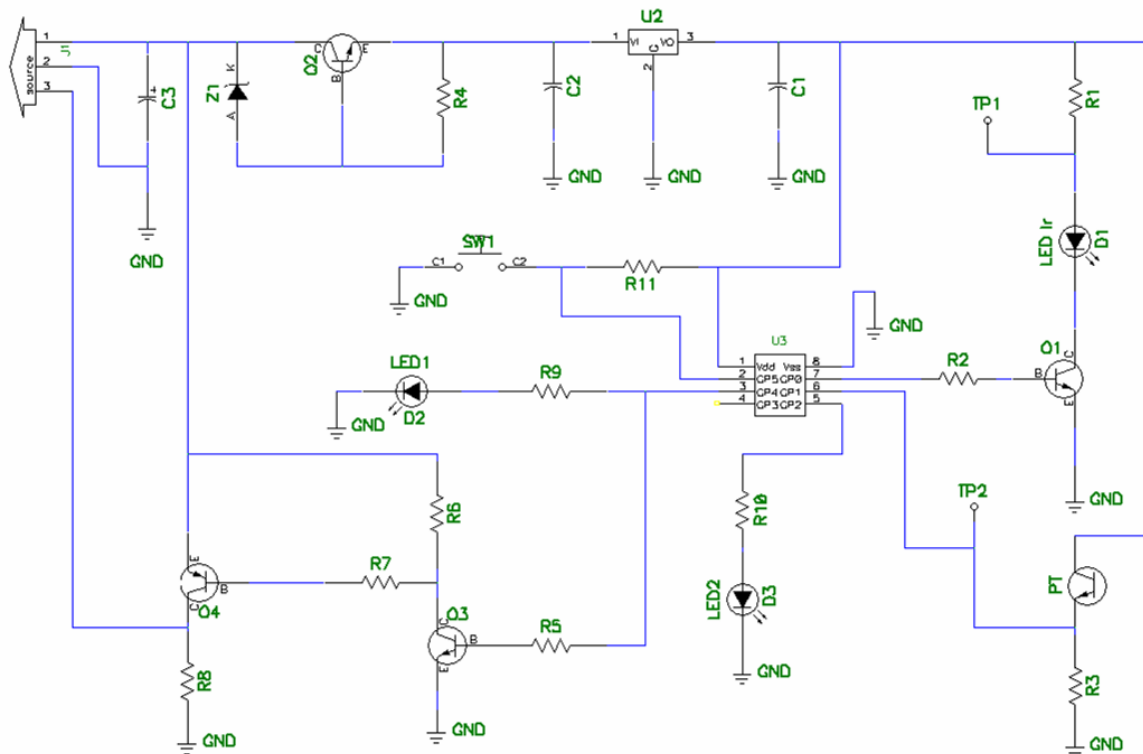


Figura 2. Diagrama esquemático del Interruptor Óptico Retrorreflexivo.

El diseño electrónico detallado del interruptor óptico retrorreflexivo se encuentra en Prieto *et al* (2007). Partiendo del diseño ahí mostrado se le hicieron las adecuaciones para incorporarle el mecanismo para

medir la intensidad del haz reflejado. El hecho de haber basado este diseño en un microcontrolador simplifica considerablemente el hacerle modificaciones o añadirle nuevas características, como en este caso, ya que el comportamiento del sensor depende de la programación del microcontrolador y únicamente hay que agregar algunos componentes en caso de que sea requerido para realizar las nuevas funciones. Para soportar la nueva funcionalidad aquí presentada se utilizan el botón y el LED de alineación, que no se utilizan en el interruptor simple; el resto se hace por medio de programación.

El dispositivo cuenta con dos modos de operación. En el modo de detección, que es su estado de operación normal, su funcionamiento es equivalente al de los dispositivos comerciales: el interruptor óptico envía un haz de luz infrarrojo y busca detectar el reflejo de este haz, con el fin de determinar si el haz es interrumpido. El resultado de esta detección es mostrado en el LED indicador y también es enviado por medio de una señal de voltaje a la terminal de salida del interruptor. Cuando se detecta el reflejo del haz el LED indicador permanece apagado y en la terminal de salida del sensor hay voltaje bajo (0 volts nominal). Cuando el haz de luz es interrumpido se enciende el LED indicador y se presenta un voltaje alto (24 volts nominal) en la terminal de salida.

El segundo modo de operación es el modo de medición de intensidad de haz reflejado. Para entrar en el modo de medición se debe presionar el botón de medición, con lo cual el dispositivo genera y envía un patrón de pulsos hacia el reflector y realiza una serie de mediciones para determinar y calificar la intensidad del haz reflejado.

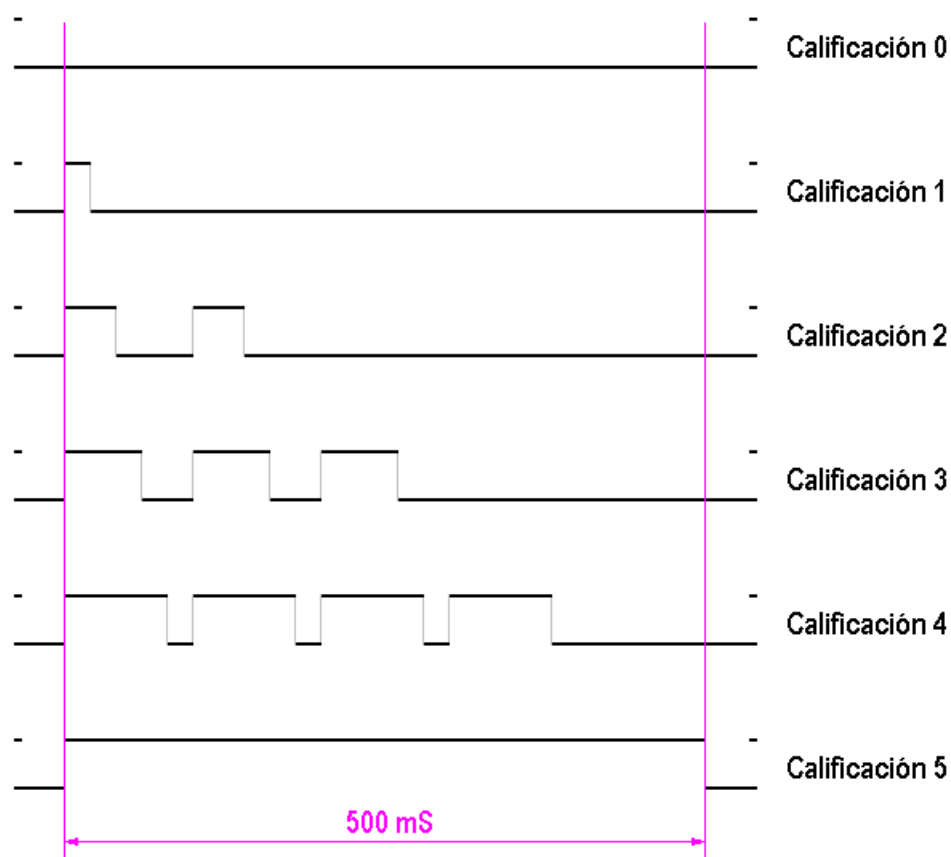


Figura 3. Diagrama de tiempos de la respuesta del LED de medición.

Al presionar el botón de medición, el interruptor entra al modo de medición y permanece en éste durante 30 segundos aproximadamente, durante los cuales realiza 60 mediciones de la cantidad de luz infrarroja

reflejada y la califica en un rango de cero a cinco, donde cero indica que no detecta el reflejo de la luz infrarroja y cinco representa la mayor cantidad de luz infrarroja reflejada. La calificación de la señal reflejada es expresada a través del LED de alineación, que parpadear una cantidad de veces equivalente a la calificación obtenida. Al término del tiempo de alineación el interruptor vuelve al modo de operación normal. Mientras el interruptor se encuentra en el modo de medición no se genera la señal de salida del interruptor para evitar que afecte al funcionamiento del resto del sistema. En la siguiente figura se muestra el diagrama de tiempos del encendido del indicador luminoso para cada calificación otorgada.

Además de parpadear tantas veces como la calificación obtenida, la duración de los pulsos se incrementa con la calificación, por lo que a simple vista y sin necesidad de contar los pulsos también se puede observar los cambios en la calificación como el cambio en la intensidad aparente del indicador, con lo que se facilita la interpretación del resultado al momento de estar realizando una medición de la intensidad del haz reflejado. El sistema de medición utilizado está calibrado para que la calificación 2 (dos) equivalga a la cantidad de luz reflejada mínima que el sensor puede detectar en operación normal, siendo la calificación 3 (tres) la calificación mínima recomendada para que el dispositivo opere de manera confiable.

A partir del diseño descrito se armaron prototipos de laboratorio en sus dos versiones (sencillo y doble) y se realizaron pruebas para evaluar su funcionamiento y se realizaron los ajustes necesarios para obtener el funcionamiento deseado del sensor. Durante las pruebas realizadas con los prototipos de laboratorio se observó que el diseño electrónico obtenido cumple con las condiciones de funcionamiento esperadas (equivalencia eléctrica y operativa con los sensores comerciales), aunque al final el desempeño del sensor depende en gran medida de los elementos ópticos involucrados en el sistema (específicamente en lo que al alcance se refiere). La adecuada selección de la óptica utilizada para enfocar el haz infrarrojo puede ser determinante para el adecuado funcionamiento del sensor, ya que aún que el alcance usando los lentes plásticos integrados en la cubierta plástica (que es la configuración con menor alcance, de 1.80 m, según se detalla en Prieto *et al.* (2007)), la incorrecta alineación de los lentes y el uso de cubiertas parcialmente transparentes al infrarrojo pueden llevar el alcance a valores cercanos a los 0.80 m de distancia existente entre los postes en una instalación típica, lo que comprometería la operación confiable del sensor desarrollado.

En la figura 4 se muestra la implantación realizada para el sensor sencillo, y en la figura 5 la correspondiente al sensor doble.

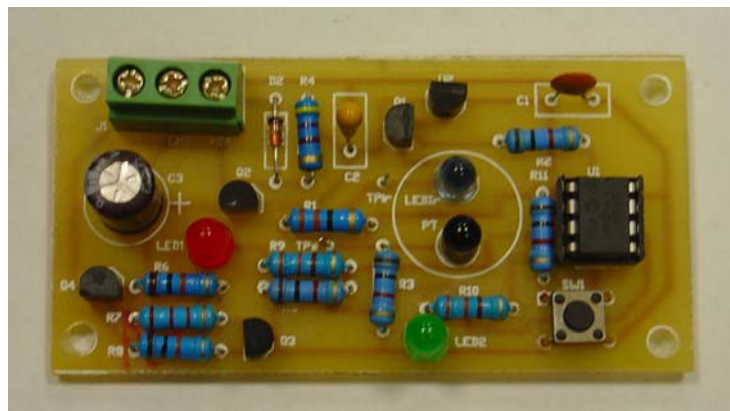


Figura 4. Implantación electrónica del Sensor Sencillo.

Para las pruebas de funcionamiento en campo se decidió utilizar el sensor doble debido a la facilidad para montarlo en el soporte del pedestal.



Figura 5. Diseño del Sensor Doble.

2. Pruebas de Funcionamiento

Para las pruebas en campo se decidió utilizar los lentes con sus monturas tomados de los sensores chinos que utiliza QMatic, debido a que se puede recuperar una gran cantidad de ellos de los sensores dañados, y con esto abatir el costo de los sensores, aunque esta no sea la mejor opción para la óptica del sistema. Además, como en la instalación en los bancos es necesario colocar las cubiertas, se hicieron mediciones con esta configuración total del sistema y se determinó que la distancia máxima a la que puede funcionar el sensor con una buena alineación es de aproximadamente 1.10 metros, lo que supera lo requerido, pero al estar cerca del límite de operación deja al sistema susceptible a alguna perturbación externa mayor.

Tomando en cuenta estas observaciones se procedió a realizar la evaluación en campo, para lo cual se entregaron cuatro sensores dobles para ser instalados en una sucursal bancaria, con la intención de dejarlos operando de manera continua para evaluar su funcionamiento en condiciones reales.

Durante el proceso de instalación se detectaron algunos problemas. El problema más importante que se presentó fue el lograr una correcta alineación de los sensores con los reflectores. El problema de lograr una buena alineación tiene dos orígenes, uno asociado al montaje de los sensores en el soporte y el otro asociado con el armado de los sensores. Durante el montaje de los sensores, no se cuenta con un mecanismo para realizar ajustes en su alineación; los sensores están diseñados para que cada haz se proyecte perpendicularmente a la superficie del sensor, y si este se monta adecuadamente en la base y los dos pedestales están bien alineados, el sistema debe quedar automáticamente bien alineado, pudiéndose hacer ligeros ajustes en dirección vertical por medio del movimiento que se puede hacer en la base en que se monta el sensor. El problema surgió al montar la tarjeta con los sensores, ya que las perforaciones en la tarjeta y en la base no quedaron perfectamente alineados, por lo que al montar la tarjeta con los sensores esta se deformó ligeramente y los haces no salían perpendiculares a la superficie ni paralelos entre sí, por lo que no era posible ajustar la alineación con el reducido rango de ajuste de la base. La otra razón por la que se dificultó la alineación fue porque al momento de montar el cabezal sobre el que se colocan los lentes, estos no quedaron perfectamente alineados para enviar el haz infrarrojo perpendicularmente a la superficie del sensor. Esto se debió a que estos cabezales junto con los lentes se recuperaron de los sensores chinos dañados, y tras el proceso de quitarlos éstos quedan ligeramente dañados de la base (como se muestra en la figura 6), además que al no coincidir las perforaciones que tienen con el tamaño de los componentes utilizados, los cabezales no se mantienen por sí solos en la posición adecuada, por lo que al pegarlos a la tarjeta del sensor pueden quedar mal alineados.



Figura 6. Cabezales recuperados para el montaje de los lentes, donde se observa el daño en la base.

Este problema se resolvió utilizando cabezales nuevos que permitan un montaje adecuado en la tarjeta de los sensores. Para esto, se diseñó un cabezal para montar los lentes el cual tiene las dimensiones adecuadas para los componentes que se utilizan y se sujetan por abajo por medio de dos tornillos que aseguran que queden bien montados y asentados sobre la superficie de la tarjeta del sensor, con lo que se logra que el haz proyectado salga perpendicular al sensor. Estos cabezales se diseñaron en dos versiones, una para montar en ellos un lente individual de vidrio, que sería utilizado en la solución recomendada, y otra versión para montar la cubierta con dos lentes integrados, que se utilizaría cuando se reutilicen los lentes recuperados de los sensores dañados. En la figura 7 se muestran los cabezales diseñados para sustituir a los recuperados.

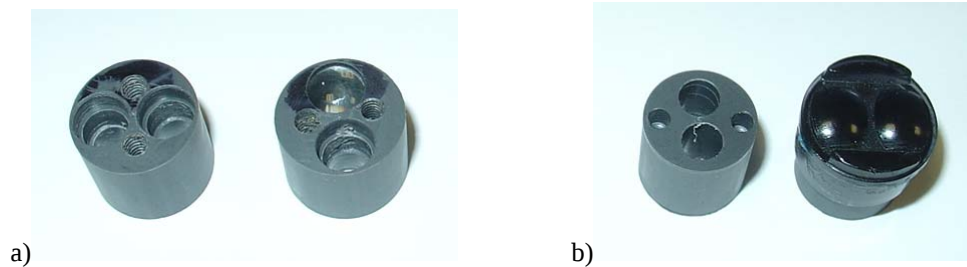


Figura 7. Cabezales propuestos para sustituir a los recuperados.

a) Versión para montar lente de vidrio. b) Versión para montar cubierta plástica con lentes.

El problema del montaje en la base puede ser resuelto de dos maneras, La primera es utilizando tornillos con resorte para el montaje, lo que permitiría ajustar por medio de los mismos tornillos de sujeción la alineación de la tarjeta, aunque habría que añadir un tornillo más en la parte central de la tarjeta para evitar la deformación de la misma, o en su caso, corregir este problema. La otra opción es cambiar el modo de sujeción de la tarjeta a la base, en lugar de utilizar tornillos, se podrían montar dos rieles para que al insertar la tarjeta esta no quede forzada en su posición evitando que esta se deforme.

Conclusiones

Como resultado de las pruebas realizadas en el laboratorio y de las pruebas en campo realizadas a los sensores instalados en la sucursal bancaria se determinó lo siguiente:

- El diseño electrónico de los sensores cumple con los requerimientos necesarios para remplazar a los sensores comerciales, contando con las características que garantizan una operación confiable, con un tiempo de vida útil mayor que el de los sensores que se utilizan actualmente.
- El mecanismo para medir la calidad del haz reflejado resultó de utilidad al momento de instalar los sensores al proveer de un medio para conocer si estos fueron colocados en la posición correcta y con ello garantizar un funcionamiento del sistema confiable.
- Es necesario evaluar cual es la mejor manera para montar los sensores en su base en el pedestal, con el fin de que la alineación de los sensores no represente un problema durante la instalación.

De lo anterior, consideramos que los sensores diseñados serán apropiados para ser utilizados en el sistema de “Administración de Flujo de Clientes” una vez que se determine cual es la mejor manera para hacer el montaje. Con el fin de cumplir este objetivo, y en general de que el sistema opere de mejor manera, se hacen las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda utilizar los cabezales de plástico diseñados para el montaje de los sensores, independientemente de si se decide adquirir lentes de vidrio o utilizar los lentes recuperados de los sensores dañados con el fin de abatir costos, ya que garantizan la correcta alineación de los haces y pueden ser maquilados a un costo muy bajo.
- Evaluar cual es la mejor manera para el montaje de la tarjeta de los sensores en su base, ya que de ello depende su correcta instalación y en consecuencia el correcto funcionamiento del sistema.

Consideramos que siguiendo estas recomendaciones, los sensores diseñados representan una opción viable y confiable para sustituir los sensores del sistema de “Administración de Flujo de Clientes”, con lo que se lograría contar con sensores con tecnología propia, a un precio razonable, y que contribuyan a reducir sensiblemente la incidencia de fallas en las sucursales bancarias donde se utilizan.

Anexo A

El programa del sensor

El programa **SensOp.c** tiene como función el controlar la operación del sensor óptico infrarrojo retrorreflexivo. Está diseñado para operar en un microcontrolador de 8 bits de la familia PIC12 MCU de Microchip. Específicamente se evaluó su funcionamiento en los microcontroladores PIC12F629 y PIC12F683. Para su implantación, el programa fue desarrollado en la plataforma de diseño MPLAB IDE y compilado utilizando el compilador CCS C PCHW Compiler.

El interruptor óptico envía una señal pulsada por medio de un LED infrarrojo y la detecta al ser reflejada por medio de un fototransistor. Este programa se encarga de generar la señal pulsada que es enviada y recibe la señal detectada, la filtra, y determina si el haz fue interrumpido; el resultado que se determine como consecuencia es mostrado en un LED indicador y es enviado al exterior en una señal de voltaje a la salida del sensor. El programa cuenta con una rutina para auxiliar en el proceso de alineación del sensor con el reflejante, al recibir la señal que lo coloca en el modo de alineación, el programa genera una serie de mediciones para determinar la calidad de la señal recibida, mostrando el resultado en otro LED indicador.

El programa se compone del programa principal (main) y de dos funciones (inicio y verifica). Al conectar el dispositivo (o tras ser reiniciado) comienza la ejecución del programa en el microcontrolador con la configuración del mismo, para posteriormente llamar a la función inicio, la cual tiene como objetivo indicar al usuario que el sistema se encuentra listo a través del LED indicador de la alineación que enciende y apaga cinco veces en 2.5 segundos. Durante el proceso inicial la señal de salida permanece inactiva. Una vez terminado el proceso de inicialización, el microcontrolador entra en el ciclo principal de funcionamiento, el cual se repite aproximadamente 500 veces por segundo. En este ciclo se envía un pulso de 20 microsegundos por el LED infrarrojo, tiempo durante el cual determina si se detecta el reflejo de la señal. La señal detectada es filtrada para eliminar ruido, y si se determina que los pulsos enviados se están reflejando entonces se activa la señal de salida; en caso contrario la señal de salida permanece inactiva. El programa se mantendrá en este ciclo de operación indefinidamente mientras se mantenga funcionando al dispositivo en las condiciones normales de operación.

La función verifica se encarga de realizar la rutina de apoyo a la correcta alineación del sensor con el reflejante. Esta función es invocada cuando se detecta que fue activado un interruptor que tiene el dispositivo para este fin. La verificación del estado de dicho interruptor se realiza en el ciclo principal. Dentro de esta función se desactiva la salida del interruptor óptico y se envía un aviso al usuario de que se está entrando en el modo de alineación dejando encendido el LED indicador de la alineación durante medio segundo y apagándolo otro medio segundo, para posteriormente realizar en 60 ocasiones una prueba de medición de la calidad de la señal reflejada. La calidad de la señal detectada se califica en una escala de 0 a 5 y se muestra este resultado en el LED indicador por medio de una señal intermitente que parpadea tantas veces como la calificación asignada a la señal recibida. El ciclo de trabajo de los pulsos con que se da la calificación es proporcional a la calificación asignada, con lo que la intensidad aparente con que enciende el LED indicador aumenta conforme a la calificación obtenida. El proceso de envío de la calificación dura medio segundo. Al término de las pruebas de la calidad de la señal se envía un aviso al usuario de que la prueba de alineación ha terminado encendiendo el LED indicador durante medio segundo y apagándolo otro medio segundo, tras lo cual el interruptor óptico regresa al ciclo de operación principal. El tiempo que dura en total la prueba de alineación es de aproximadamente 32 segundos.

Archivo: **SensOp.c**

```
#include "SensOp.h"

# define TPREC 250
# define TPCAL 40

void inicio (void)
{
    int i;
    for (i=0;i<10;i++)
    {
        delay_ms( 250 );
        output_toggle(PIN_A2);
    }
    output_low (PIN_A2);
}

void verifica (void)
{
    int i,j;
    int1 x;
    output_high (PIN_A2);
    delay_ms( 500 );
    output_low (PIN_A2);
    delay_ms( 500 );
    for (i=0;i<60;i++)
    {
        j=0;
        setup_vref(VREF_LOW|1);      // Prueba 1
        output_high (PIN_A0);
        delay_cycles( 12 );
        x=C10UT;
        output_low (PIN_A0);
        if (!x)
            j=1;
        delay_cycles( TPREC );

        setup_vref(VREF_LOW|2);      // Prueba 2
        output_high (PIN_A0);
        delay_cycles( 12 );
        x=C10UT;
        output_low (PIN_A0);
        if (!x)
            j=2;
        delay_cycles( TPREC );

        setup_vref(VREF_LOW|4);      // Prueba 3
        output_high (PIN_A0);
        delay_cycles( 12 );
        x=C10UT;
        output_low (PIN_A0);
        if (!x)
            j=3;
        delay_cycles( TPREC );

        setup_vref(VREF_LOW|6);      // Prueba 4
```

```

output_high (PIN_A0);
delay_cycles( 12 );
x=C10UT;
output_low (PIN_A0);
if (!x)
    j=4;
delay_cycles( TPREC );

setup_vref(VREF_LOW|8);      // Prueba 5
output_high (PIN_A0);
delay_cycles( 12 );
x=C10UT;
output_low (PIN_A0);
if (!x)
    j=5;
delay_cycles( TPREC );

switch (j)
{
    case 0:
        output_high (PIN_A2);
        output_low (PIN_A2);
        delay_ms( 500 );
        break;
    case 1:
        output_high (PIN_A2);
        delay_ms( 20 );
        output_low (PIN_A2);
        delay_ms( 480 );
        break;
    case 2:
        output_high (PIN_A2);
        delay_ms( 40 );
        output_low (PIN_A2);
        delay_ms( 60 );
        output_high (PIN_A2);
        delay_ms( 40 );
        output_low (PIN_A2);
        delay_ms( 360 );
        break;
    case 3:
        output_high (PIN_A2);
        delay_ms( 60 );
        output_low (PIN_A2);
        delay_ms( 40 );
        output_high (PIN_A2);
        delay_ms( 60 );
        output_low (PIN_A2);
        delay_ms( 40 );
        output_high (PIN_A2);
        delay_ms( 60 );
        output_low (PIN_A2);
        delay_ms( 240 );
        break;
    case 4:
        output_high (PIN_A2);
        delay_ms( 80 );

```

```

        output_low (PIN_A2);
        delay_ms( 20 );
        output_high (PIN_A2);
        delay_ms( 80 );
        output_low (PIN_A2);
        delay_ms( 20 );
        output_high (PIN_A2);
        delay_ms( 80 );
        output_low (PIN_A2);
        delay_ms( 20 );
        output_high (PIN_A2);
        delay_ms( 80 );
        output_low (PIN_A2);
        delay_ms( 120 );
        break;
    case 5:
        output_high (PIN_A2);
        delay_ms( 500 );
        output_low (PIN_A2);
        break;
    }
}
delay_ms( 500 );
output_high (PIN_A2);
delay_ms( 500 );
output_low (PIN_A2);
setup_vref(VREF_LOW|2);
}

void main()
{
    int cuenta = 1;
    int1 x;

    output_low (PIN_A4);
    output_low (PIN_A2);

    setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_1);
    setup_timer_1(T1_DISABLED);
    setup_comparator(A1_VR);
    setup_vref(VREF_LOW|2);

    inicio ();

    disable_interrupts(GLOBAL);

    while (1)
    {
        output_high (PIN_A0);
        delay_cycles( 12 );
        x=C10UT;

        output_low (PIN_A0);

        if (!x)
            cuenta++;
        else

```

```

        cuenta--;
    if (cuenta < 1)
        cuenta = 1;
    if (cuenta > 8)
        cuenta = 8;
    if (cuenta > 4)
        output_low (PIN_A4);
    else
        output_high (PIN_A4);
    delay_us( 2000 );

    if ( !input(PIN_A5) )
        verifica ();
}
}

```

Archivo: **SensOp.h**

```

#include <12F629.h>
#define adc=8

#FUSES WDT           //Watch Dog Timer
#FUSES INTRC_IO      //Internal RC Osc, no CLKOUT
#FUSES NOCPD         //No EE protection
#FUSES PROTECT       //Code protected from reading
#FUSES NOMCLR        //Master Clear pin used for I/O
#FUSES NOPUT         //No Power Up Timer
#FUSES BROWNOUT      //Reset when brownout detected
//#FUSES IESO        //Internal External Switch Over mode enabled
//#FUSES FCMEN       //Fail-safe clock monitor enabled

#use delay(clock=4000000,RESTART_WDT)

```

Referencias

Prieto Meléndez, R. (2007): *Evaluación de Funcionamiento del Sistema "Administración del Flujo de Clientes", reporte final de proyecto desarrollado para QMatic de México SA de CV*, UNAM-CCADET, México D.F., 19 pp.

Prieto Meléndez, R., A. A. Herrera Becerra, y A. Padrón Godínez (2007): *Diseño de un Interruptor Óptico Reflexivo (RTMSP-0703)*, UNAM-CCADET, México D.F., 10 pp.