

Control Automatizado de Cruces Ferroviarios

Luna, Cristian Omar - Masera, Nicolás Agustín - Salvay, Nicolás Martín, Estudiantes UTN, FRC

Resumen – Se realizará una modelización de un sistema de prevención contra accidentes en cruces ferroviarios producidos por la presencia de vehículos y/o personas sobre el mismo. Los accidentes pueden ocurrir debido a múltiples factores, como problemas de tránsito (que originan que un auto quede en un área insegura dentro de las vías al momento de bajarse la bandera), a la imprudencia de las propias personas, a las escasas señalizaciones en algunos cruces, etc.

Abstract – There will be a modeling of a system to prevent accidents at railway crossings caused by the presence of vehicles and / or people on it. Accidents can occur due to multiple factors such as traffic problems (which cause a car is in an unsafe area into the airways when lowered the flag), the recklessness of the people themselves, to the few signs in some crosses, etc.

Index Terms – system to prevent accidents, traffic problems, the recklessness of people.

I. INTRODUCCIÓN

La idea de realizar un control sobre un cruce ferroviario proviene de uno de los alumnos que aquí expone esta modelización, cuando viajaba a una localidad cercana a Córdoba. En su viaje pudo advertir la falta de señalización en un cruce ferroviario y pregunto al acompañante si por allí circulaba el tren, a lo cual le respondieron que si pasaba y que no se extrañara por la cantidad de accidentes ocurridos en ese lugar. Continuando con el viaje se encontró con otro cruce ferroviario, el cual también carecía de señalizaciones, solamente que este contaba con una particularidad: en un costado había varios automóviles destruidos, producto de accidentes con el tren.

Todo lo visto anteriormente se lo comento a sus compañeros y juntos tuvieron la idea de realizar un control sobre un cruce ferroviario, para intentar evitar estos accidentes.

II. FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento del sistema consiste en cuatro etapas: una que indicara cuando el tren esta lejos del cruce, otra cuando se esta acercando al mismo, la siguiente que informara al conductor del tren si en el cruce hay algún obstáculo presente y la ultima que sucede una vez que paso el tren por el cruce. Las cuatro etapas son explicadas de acuerdo a la figura siguiente, la cual modeliza un cruce ferroviario.

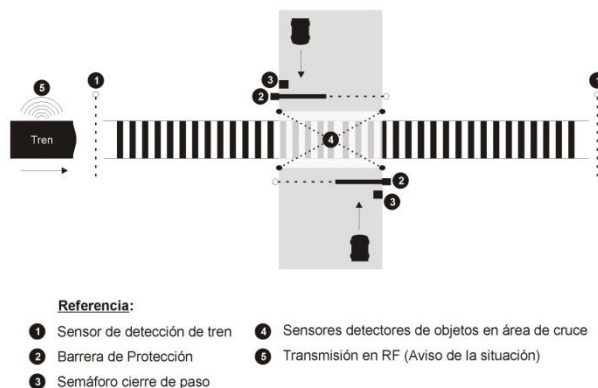


Fig. 1. Modelización de un cruce ferroviario

- A. *El tren esta fuera del cruce:* En esta etapa el tren se encuentra lejos del cruce, lo que indica que los sensores de detección de tren (1) no han detectado la presencia del tren, y el semáforo de cierre de paso esta en verde (3) indicando la libre circulación de automóviles. A su vez, el conductor del tren recibe por en un display LCD la información de que el tren se encuentra lejos del cruce (5). Dicha información es enviada y recibida por un sistema de comunicación de radiofrecuencia (RF).
- B. *El tren se encuentra cerca del cruce:* Cuando alguno de los dos sensores de detección de tren se ha activado inmediatamente se enciende con efecto intermitencia la luz amarilla del semáforo. Una vez completado un tiempo prudente de esta forma se enciende la luz roja del semáforo y se bajan las barreras de protección (2).
- C. *Modo detección de obstáculos:* Una vez completo el paso anterior, los sensores detectores de objetos en área de cruce (2 y 3) están permanentemente observando si algún vehículo y/o persona entró en la zona delimitada por el esquema (4).

Aquí pueden ocurrir tres situaciones posibles:

- 1) No hay presencia de obstáculos: Si ningún obstáculo fue detectado por los sensores detectores de objetos en área de cruce, el conductor del tren recibirá información en su display LCD indicándole que no hay obstáculos presentes.

- 2) Hay obstáculos en el cruce: Si algún obstáculo es detectado por los sensores detectores de objetos en área de cruce, el conductor del tren recibirá información en su display LCD indicándole que hay un objeto en el área de cruce y así pueda tomarse alguna prevención (frenar el tren a cero, o disminuir drásticamente la velocidad).
- 3) El obstáculo se ha retirado: Si el objeto detectado por los sensores detectores de objetos en área de cruce se retiró, el display LCD mostrará que el obstáculo se ha retirado y el conductor podrá acelerar nuevamente el tren.

D. *Modo detección del tren fuera del cruce:* Si los sensores de detección de tren no receptan que el mismo se está retirando se regresa al paso 3. Cuando los sensores de detección de tren indican el retiro del mismo se suben las barreras y el semáforo se activa en verde para una libre circulación de los vehículos, reiniciándose de este modo el sistema.

III. DESARROLLO

La siguiente modelización de un cruce ferroviario comprende dos partes: una que se encuentra en dicho cruce y otra que se ubicara dentro de la cabina del tren.

A continuación presentamos el diagrama en bloques de la primera parte de nuestra modelización, la cual estará ubicada en el cruce ferroviario.

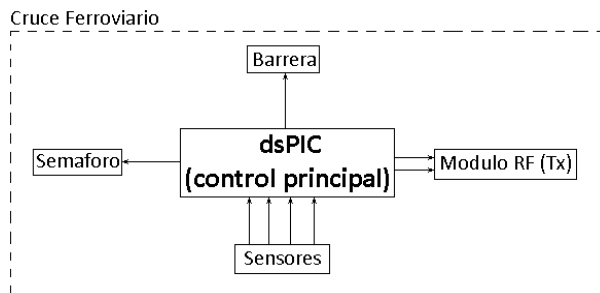


Fig. 2. Diagrama en bloques de la primera parte

Como podemos observar, el funcionamiento de esta parte esta basada en un microcontrolador de la firma Microchip, cuyo modelo es el 30FJ64802. El mismo comanda la barrera que impedirá la circulación de vehículos por el cruce cuando el tren se acerque. Además maneja el semáforo que estará en verde si el tren esta lejos, en rojo si esta cerca y en amarillo de forma intermitente cuando el tren se acerca al cruce. Toda esta información es recibida a través de cuatro sensores, donde dos estarán ubicados en el cruce para la detección de vehículos en el mismo, y los otros dos estarán uno a la izquierda y otro a la derecha del cruce (ubicados a una distancia considerable) para

avisar que el tren se acerca o se aleja.

Una vez procesada toda esta información, se envía por RF a la cabina del tren para que el conductor del mismo tome las acciones necesarias.

La segunda parte se representa a través de la siguiente figura.

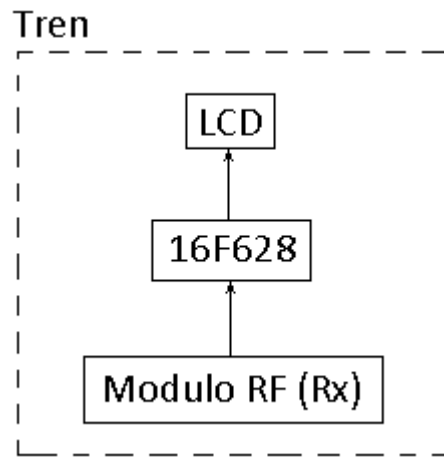


Fig. 3. Diagrama en bloques de la segunda parte

Esta parte ira colocada en la cabina del tren, y esta comandada por el integrado 16F628A [2] de la firma Microchip. Su funcionamiento consiste en recibir los datos enviados por la primera parte a través del modulo de RF, los cuales contendrán la información acerca del estado del cruce (mencionados anteriormente). Luego se hace una presentación en un LCD comandado por el mismo integrado.

IV. COMPONENTES UTILIZADOS

A. dsPIC30FJ64802 [1]

Este microcontrolador de la firma Microchip esta diseñado para trabajar en el procesamiento digital de señales (DSP). Si bien en nuestro circuito no es utilizado con dicho propósito, trabajar con el mismo nos permitió conocer alguna de sus características y comenzar a programarlo.

Las características principales del mismo son las siguientes:

- 28 terminales
- 64 KB de memoria Flash
- 16 KB de memoria RAM
- 5 temporizadores de 16 bits
- 4 modos captura
- 4 módulos PWM
- 2 UART
- 2 SPI
- 1 ECAN
- 3 interrupciones externas
- 1 RTCC
- 1 I2C
- 10 canales de conversión AD
- 1 modulo comparador
- 21 terminales de entrada/salida

Aquí mencionamos solo algunas características de este

microcontrolador, para más información consultar su hoja de datos.

B. MOTOR PASO A PASO

Empleamos un motor paso a paso extraído de una lectora de CD para simular el movimiento de las barreras. Como no obtuvimos información específica (datasheet) de las tensiones y corrientes para manejarlo, logramos hacerlo funcionar con el driver de la figura 5, el cual fue empleado debido a que el microcontrolador posee una tensión de salida de cada puerto de 3,3V y una corriente máxima de salida de 25 mA, lo cual era muy poco para el manejo del motor. De un foro de internet obtuvimos que el motor es del tipo unipolar y que se alimenta con una tensión de 6 V, consumiendo una corriente de 1 A.

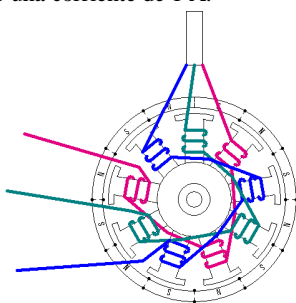


Fig. 4. Motor paso a paso utilizado para el accionamiento de las barreras

De acuerdo a las condiciones anteriores y realizando una secuencia como la siguiente logramos mover el motor:

A – 100100100100...
B – 010010010010...
C – 001001001001...

El driver empleado para el accionamiento del motor es el siguiente.

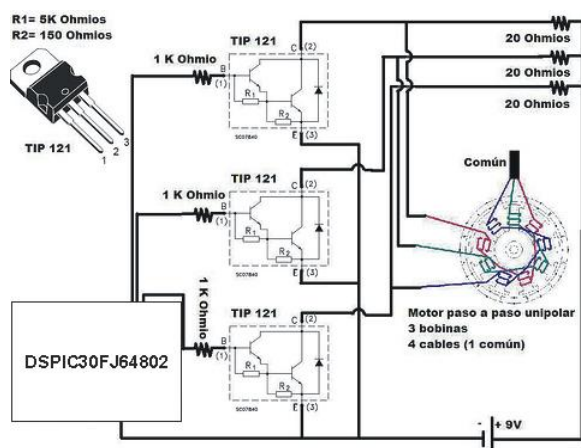


Fig. 5. Driver utilizado para el manejo del motor paso a paso

C. SENSORES INFRARROJOS

El sistema de sensores consta de un circuito emisor y un circuito receptor.

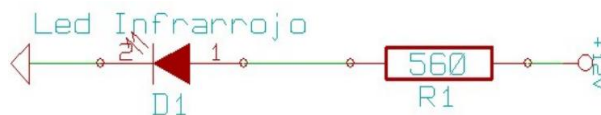


Fig. 6. Circuito Emisor

El circuito emisor es bastante simple, como muestra la figura 6 consta de una resistencia en serie con un foto emisor infrarrojo (del tipo L34F3BT) alimentado en forma positiva de modo de que siempre quede emitiendo.

Las características del foto emisor son las siguientes:

Peak Wavelength $\lambda_p = 940\text{nm}$.

View Angle: $2\phi = 25^\circ$.

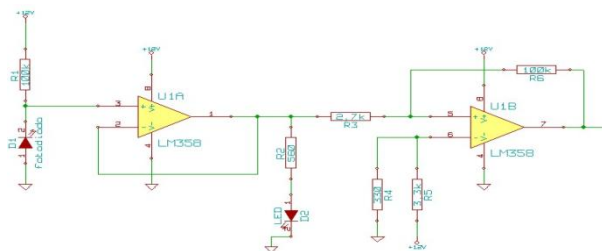


Fig. 7. Circuito Receptor

El circuito receptor esta constituido por un foto receptor del tipo TSOP1156 cuyas características se presentan a continuación:

Peak Wavelength $\lambda_p = 940\text{nm}$

View Angle: $\phi = \pm 45^\circ$.

Este circuito consta de dos amplificadores operacionales, uno que funciona como buffer para evitar la carga a la salida del foto receptor. El otro se utiliza como restador, el cual resta la salida del buffer con otro foto receptor del mismo tipo que captura la luz que hay en el ambiente. Esto es necesario debido a que el receptor transmite una señal de offset equivalente a la luz ambiente que recibe, pudiendo activar de esta forma a la salida del buffer provocando que el circuito diera una salida errónea.

A la salida del restador tendremos un '1' o un '0' lógico, dependiendo si se esta iluminando el foto receptor con el foto emisor. Para ello se dota al restador de una ganancia suficientemente alta como para tener a la salida 0V ó +Vcc.

D. TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN DE DATOS POR RF

1) MODULO TRANSMISOR

Este módulo estará ubicado en el cruce del ferrocarril. Su objetivo es indicarle al tren si esta cerca o lejos del cruce, y en el caso de que este cerca le indicara si hay algún obstáculo presente en las vías, para que pueda tomar las acciones correspondientes (frenar el tren).

Este modulo se conecta con 2 cables al dsPIC, de esta forma tenemos 4 estados lógicos posibles:

- 00 → Indica que el tren está lejos del cruce
- 01 → Ha salido el obstáculo del cruce

- 10 → Indica que no hay obstáculos en las vías
 11 → Hay un obstáculo presente en las vías.

Debido a la flexibilidad de este modulo con respecto a la tensión de alimentación, se utiliza la misma fuente de 3,3 Vcc que alimenta al dsPIC.

Para que se efectúe la transmisión se utiliza un codificador, el cual permite enviar hasta 4 bits diferentes. Nosotros utilizamos solamente 2 (como mencionamos anteriormente). Además permite la codificación a través de 8 terminales, los cuales irán conectados a masa o se los deja sin conexión (tomando el valor lógico 1).

Las características principales del Transmisor son:

- Marca: Wenshing
- Modelo: TWS-BS-3
- Frecuencia de Transmisión: 433,92 MHz
- Tipo de Modulación: ASK
- Velocidad de Datos: 8 KBPS
- Tensión de Alimentación: de 3 a 12 Vcc
- Rango de Temperatura: de -20 °C a +85 °C
- Temperatura de Soldado (por 10 segundos): +230 °C

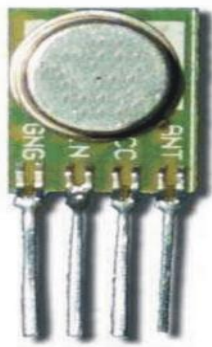


Fig. 8. Modulo Transmisor

Las características principales del Codificador son:

- Marca: Holtek
- Modelo: HT12E
- Tensión de Alimentación: de 2,4 a 12 Vcc
- Tecnología: C-MOS
- Oscilador: Incorporado (solo necesita una resistencia)

El esquema eléctrico del modulo transmisor completo utilizado en nuestro circuito es el siguiente:

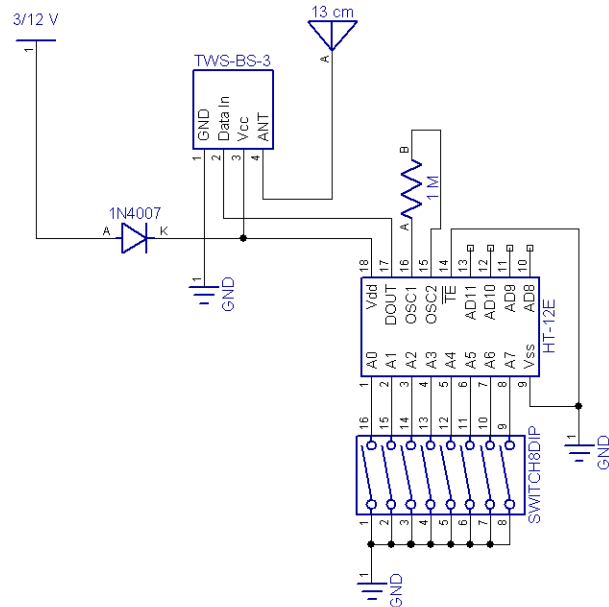


Fig. 9. Esquema eléctrico completo del circuito transmisor

2) MODULO RECEPTOR

Este modulo estará ubicado en el interior de la cabina del tren. Su objetivo es indicarle al conductor del tren el estado en el cual se encuentra el cruce del ferrocarril en ese momento (tal cual se detallo en el modulo transmisor).

El circuito consta del modulo Receptor RWS-374-6, el cual es decodificado por el integrado HT-12D. La información recibida se la proporcionamos al microcontrolador PIC16F628, el cual maneja un LCD que indica el estado del cruce en ese momento. Todos estos integrados requieren de una tensión de alimentación de +5 Vcc por lo cual le añadimos un regulador de tensión fijo L7805. Además, consta de un diodo para evitar la inversión de polaridad y como consecuencia la destrucción de los dispositivos.

Las características principales del Receptor son:

- Marca: Wenshing
- Modelo: RWS-374-6
- Frecuencia de Recepción: 433,92 MHz
- Tipo de Modulación: ASK
- Velocidad de Datos: 4,8 KBPS
- Selectividad: -108 dBm
- Separación entre Canales: ±500 KHz
- Tensión de Alimentación: 5 Vcc

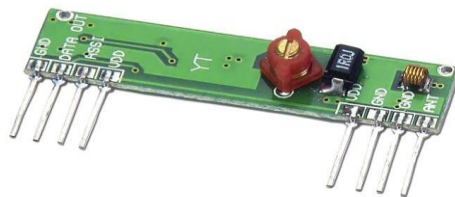


Fig. 10. Modulo Receptor

Las características principales del Decodificador son:

- Marca: Holtek
- Modelo: HT12D
- Tensión de Alimentación: de 2,4 a 12 Vcc
- Tecnología: C-MOS
- Oscilador: Incorporado (solo necesita una resistencia)

El esquema eléctrico del modulo receptor completo utilizado en nuestro circuito es el siguiente:

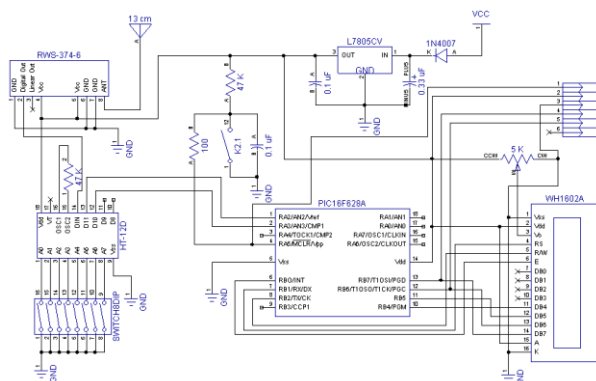


Fig. 11. Esquema eléctrico completo del circuito receptor

V. MEDICIONES

Las mediciones realizadas fueron en torno a los fotodiodos (donde evaluamos la curva Corriente Inversa vs Radiación) y a los módulos de RF (para saber que alcance tienen los mismos).

A. Ensayos realizados en el fotodiodo:

- Reverse Light Current vs. Irradiance (Para un valor fijo de polarización inversa)
- Corriente inversa del fotodiodo en función de tensión de polarización inversa

1) Reverse Light Current vs. Irradiance

La medición consistió en observar la corriente inversa emitida por el fotodiodo cuando era expuesto a distintos niveles de irradiación. Para ello utilizamos del panel del laboratorio de la facultad el Luxómetro TM-201 para medir la irradiación que llegaba al fotodiodo. Como el fotodiodo emite una corriente inversa del orden de los uA colocamos una resistencia en serie de $1M\Omega$, para de esta forma medir el voltaje y así determinar la corriente.

Como mencionamos anteriormente, utilizamos para la medición un Luxómetro TM-201, disponible en la facultad, y el cual posee las siguientes características:

- Compatible con unidades de nivel de iluminación LUX y FC (foot candle o candelas por pie).
- Visor digital de 3,5" para una cómoda y fácil lectura de los valores con un máximo de 2000 unidades.
- Indicador de sobrecarga y batería baja.
- Cumple JISC 1609:1993 y CNS 5119 clase A genérica.
- Respuesta espectral CIE.

- Longitud del cable del sensor de 1,5 m.
- Sensor basado en foto-diodo y filtro.
- Rango de medida: 200, 2000, 20000 o 200000 LUX o bien 20, 200, 2000 o 20000 FC.
- Precisión: $\pm 3\%$ (calibrado a una lámpara incandescente estándar de 2856°K) o bien $\pm 8\%$ (otro tipo de fuente lumínica visible).
- Ángulo de desviación de características del coseno: 30° a $\pm 2\%$, 60° a $\pm 6\%$ y 80° a $\pm 25\%$.
- Funciones: Bloqueo de la muestra, bloqueo de valor máximo y ajuste a cero.
- Tamaño unidad central: 130 x 55 x 38 mm.
- Tamaño del sensor: 80 x 55 x 25 mm.
- Peso con pila de 9V instalada: 250 g.
- Se suministra con estuche de transporte.

El gráfico obtenido de la medición fue el siguiente:

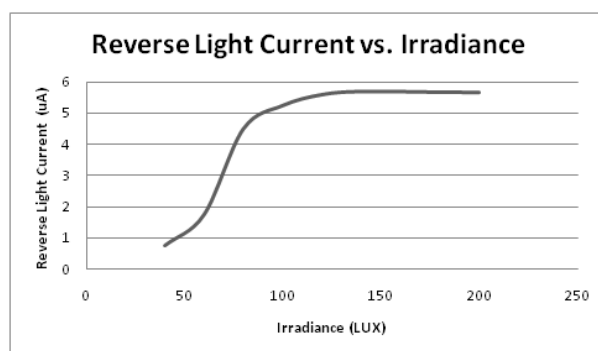


Fig. 12. Corriente Inversa vs. Radiación

2) Corriente inversa del fotodiodo en función de tensión de polarización inversa

Para esta medición colocamos un valor fijo de radiación de 172 LUX y variamos la tensión de polarización inversa del mismo hasta 18V.

La curva observada fue la siguiente:

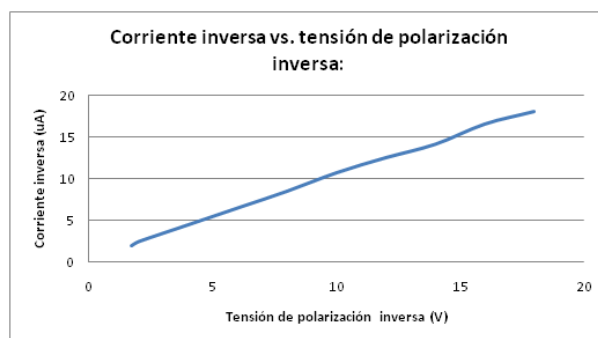


Fig. 13. Corriente Inversa vs. Tensión Inversa

Podemos observar que la respuesta del fotodiodo frente a una radiación fija y una variación en la tensión inversa de polarización es prácticamente lineal.

B. Ensayos en el transmisor RF:

Para la medición del alcance del transmisor RF, alimentamos el receptor y el transmisor con baterías y medimos las distancias aproximadas de transmisión al aire libre y con obstáculos alejando los módulos.

Al aire libre nos dio que alcanzaba aproximadamente 63m y con obstáculos aproximadamente 39 m.

Las antenas empleadas para la transmisión fueron de alambre de cobre de 15 cm. y 0,5 mm de espesor.

VI. CONCLUSIÓN

Al finalizar el proyecto propuesto hemos podido hacer una correcta modelización del control efectivo de un cruce ferroviario, teniendo en cuenta los elementos que participan en él y que no haya errores para el accionamiento de cada uno de ellos lo que podría ocasionar un accidente grave.

Si bien el proyecto tiene muchas limitaciones para ser implementado en la realidad, se ha abarcado también los componentes y condiciones para elegir los mismos en la elaboración de un sistema de este tipo en los cruces de nuestro país, aunque cabe destacar que la lógica de programación implementada sería la misma que en la modelización como en la realización del proyecto a gran escala.

Así también se ha respetado la normativa aprobada por ley, a cumplir por nosotros (los desarrolladores), y los requisitos de la misma, los cuales deben estar incluidos para que el sistema sea aprobado por la Comisión Nacional de Transporte.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Microchip Technology Inc., *dsPIC33FJ32GP302/304, dsPIC33FJ64GPX02/X04, and dsPIC33FJ128GPX02/X04 Data Sheet*, DS70292D, 2009.
- [2] Microchip Technology Inc., *PIC16F627A/628A/648A Data Sheet*, DS40044G, 2009.