

Comunicación serial FPGA Cámara CMOS para lectura y escritura de datos mediante el protocolo SCCB

J. C. Delgado Vazquez^{1*}, M. A. García Martínez¹, J. J. A Flores Cuautle^{1,2}

¹. Maestría en Ingeniería Electrónica. Instituto Tecnológico de Orizaba, AV. Instituto Tecnológico de Orizaba No 852 Colonia Emiliano Zapata CP94320 Orizaba Veracruz., México

²Cátedras Conacyt, CONACYT, Mex. D.F.

Jc_04z@hotmail.com

Área de participación: Electrónica

Resumen

En este artículo se presenta la comunicación entre un sensor de imagen CMOS y FPGA, mediante el protocolo SCCB de OMNIVISION, el cual realiza la lectura y escritura de datos en registros del sensor. Esta comunicación permite configurar dicho sensor para obtener imágenes con características específicas. Para este caso la configuración deseada es obtener una imagen con una resolución de 640 pixeles por 480 pixeles, formato RGB de dos Bytes por pixel, el cual se conforma de 5 bits de Rojo, 6 Bits de verde y 5 Bits de Azul. Para llevar a cabo esta comunicación entre estos dispositivos, se realizó el código del software en lenguaje VHDL (*Very high digital*).

Se muestran los resultados de las simulaciones de las señales del protocolo SCCB, que permiten la comunicación para lectura y escritura de datos en los registros del sensor de imagen. Se observaron las señales en el osciloscopio generados por el software implantado en la tarjeta NEXYS3. Los datos leídos por este sistema son mostrados en los LEDs que contiene la propia tarjeta NEXYS3.

Palabras clave: CMOS, FPGA, comunicación SCCB, lectura, escritura.

Abstract

In this article the communication of a CMOS sensor and FPGA is presented, using the SCCB protocol of Omni-Vision, which performs reading and writing data in sensor register. This communication allows to configure the sensor to obtain image characteristics to be acquired. For this case the desired configuration is obtained an image of size 640X480, RGB format two bytes per pixel, which is made up of 5 bits for red, 6 bits for green, and 5 bits for blue. To perform this communication, a system was made in VHDL language.

The results show simulations SCCB signals protocol permitting communication for reading and writing data in the image sensor. Signals were observed on the oscilloscope NEXYS3 generated by the card. The data read by this system are shown in the LEDs which containing the NEXYS3 card.

Introducción

En la actualidad el uso de cámaras de visión nos ha facilitado la vida al hacerla más cómoda [1], por ejemplo en algunos autos para la recepción de la vista trasera, para prevención de accidentes, sin embargo, no sólo es de interés para visualizar las imágenes sino que también ha ayudado a realizar su procesamiento digital, la cual ha sido utilizada en campos de la investigación y en aplicaciones industriales y militares[2]. Los sistemas de visión tienen cada vez mayor demanda de un mayor rendimiento, menor necesidad de potencia y se puede adquirir imagen en tiempo real [3]. Estos sistemas también tienen que procesar y gestionar una gran cantidad de datos dentro de la limitación[4].

La configuración del sensor es una parte importante para adquirir imagen, ya que permite seleccionar las características deseadas. Sin embargo, en su configuración es necesario saber si el sensor se está configurando correctamente, por ese motivo en este artículo se realiza además de la escritura de datos en los registros, la lectura de los mismos.

Metodología

El sensor de imagen OV7670 proporciona funciones de una cámara VGA, es controlado a través de la interfaz del protocolo SCCB. Para la manipulación del sensor a utilizar es necesario comunicarse con el dispositivo, la comunicación y configuración del sensor de imagen (CMOS) es una de las partes importantes para adquirir imagen ya que es necesario llevar a cabo una configuración para tener el formato de salida de las imágenes, incluyendo el control de exposición, gamma, balance de blancos, saturación de color, control de tono entre otras características.

Para obtener imagen es necesario seleccionar que características que se desean, por ejemplo, el tamaño con un máximo de 640 pixeles por 480 pixeles o un mínimo de 40 pixeles por 30 pixeles, el formato de salida RGB (565/555/4444) o YUV (422).

Selección de características de la imagen a adquirir del sensor

Para seleccionar estas características, el sensor cuenta con 201 registros, en los cuales se puede ser configurada con diferentes características deseadas de imagen, esta configuración se realiza mediante el protocolo SCCB que es compatible con el protocolo I2C[5].

El sensor de imagen puede ser utilizado sin configurar, ya que contiene en sus registros valores por default, sin embargo, es recomendado recetar el sensor de imagen para asegurar esta acción. En la adquisición imágenes con características específicas, es necesario configurar ciertos registros como se muestra en la Tabla 1, como primera configuración se resetean todos los registros para que contengan sus valores por default.

Tabla 1. Direcciones y datos a enviar para la selección de características deseadas de imagen a adquirir

Dirección de registro en Hexadecimal	Dirección de registro en Decimal	Dato en Hexadecimal	Dato en Binario	Acción
0x12	00010010	0x80	10000000	Resetea todos los registros y regresa sus datos a sus valores por default.
0x12	00010010	0x04	00000100	Salida de formato RGB
0x40	01000000	0xD0	11010000	Rango de salida RGB565

En las últimas dos filas de la Tabla 1, se muestran las configuraciones para la adquisición de imagen de tamaño 640 pixeles por 480 pixeles con un formato de salida RGB de 2 Bytes que contiene 5 bits de Rojo, 6 bits de Verde y 5 bits de Azul. La tabla contiene las direcciones de los registros y valores de los datos en valor Hexadecimal como en valor Binario.

Fases de transmisión para lectura y escritura de datos mediante el protocolo SCCB de OMNIVISION

Ciclos de escritura

Para realizar cada una de estas configuraciones se utiliza el Ciclo de transmisión 3-Fases de escritura como se muestra en la Figura 1, el cual cuenta con el Inicio de Transmisión, Dirección del esclavo indicando que se va a escribir (0x42), Dirección del Registro, Dato a Escribir y Final de la transmisión. Por cada dato enviado se recibe un pulso de reconocimiento por parte del esclavo.

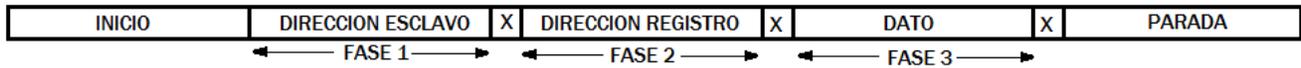


Figura 1. Ciclo de transmisión 3-Fases de escritura Interfaz SCCB

Las fases para la última transmisión de 3-fases solo es utilizada para escritura de datos en los registros, no es posible utilizar para lectura de datos según las especificaciones del protocolo SCCB de OMNIVISION[6].

Ciclos de lectura

Una vez realizada las configuraciones anteriores se hace la lectura de datos mediante dos tipos de ciclos de fases. Se selecciona el esclavo por medio de su dirección, seguido de la dirección del registro de acceso para hacer la lectura de datos. Se hace el uso de “Ciclo de transmisión 2 Fases de escritura” como se muestra en la Figura 2, esto permite identificar el registro del esclavo específico de la que el maestro tenga previsto para leer los datos. La dirección del esclavo en modo escritura es el 0x42.

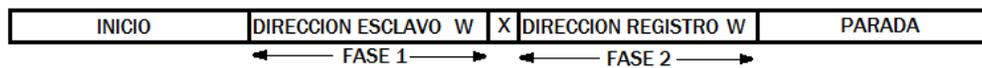


Figura 2. Ciclo de transmisión 2-Fases de escritura Interfaz SCCB

Para la lectura de datos sobre el registro que anteriormente ya se ha ingresado, se hace uso de “Ciclo de transmisión 2-Fases de Lectura”, Figura 3, en la segunda fase de este ciclo se lee el dato que contiene el registro direccionado. La dirección del esclavo en modo lectura es el 0x43.

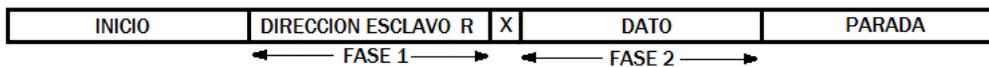


Figura 3. Ciclo de transmisión 2-Fases de lectura Interfaz SCCB

La figura 4 indica el último ciclo de transmisión de 2-Fases de lectura, este ciclo es utilizado para escritura de datos con la única condición de que la dirección del esclavo es en modo escritura (0x42)[5]. Para llevar a cabo este ciclo es necesario llevar a cabo el Ciclo de transmisión 2-Fases de escritura.

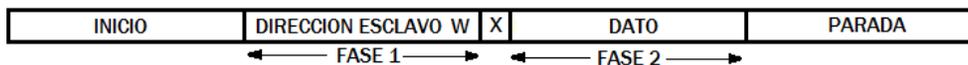


Figura 4. Ciclo de transmisión 2-Fases de escritura interfaz SCCB

Diseño de software de comunicación en código VHDL para la manipulación del sensor

El diseño principal para la configuración del sensor de imagen como se muestra en la Figura 5, contiene los pines SDA y SCL para la comunicación con el sensor, este diseño está basado en el protocolo SCCB (Serial Camera Control Bus) de OmniVision. Este diseño cuenta con el puerto de entrada SEL (2:0) para la selección de las configuraciones deseadas del sensor de imagen,

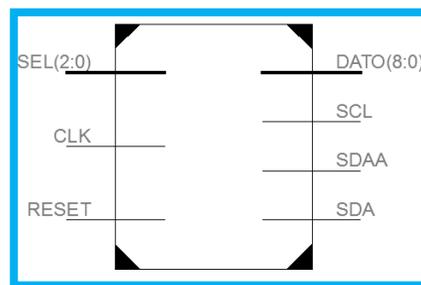


Figura 5. Diseño esquemático del sistema de configuración del sensor de imagen.

El diseño cuenta con las salidas SDA y SCL, además de un vector de salida nombrada DATOS (8:0) para mostrar la lectura de datos que son de 8 bits más un bit de reconocimiento.

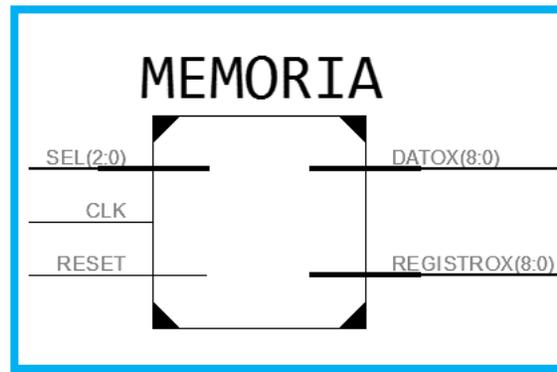


Figura 6. Bloque que contiene los registros y datos

El bloque memoria Figura 6, cuenta con registros y datos a enviar al sensor de imagen para su configuración, los datos y registros enviados son de 7 bits más la señal de reconocimiento. Como entrada tiene un selector de registros y datos almacenados en la memoria.

Resultados y discusión

Señales para escritura de datos en registros del sensor ov7670

Para la escritura de datos en registros, se utilizó el Ciclo de transmisión 3-Fases de escritura, Figura 1, Interfaz SCCB[6]. Este primer diseño mostrado la simulación (Figura 9) contiene la primera configuración deseada para el sensor de imagen mostrada en la Tabla 1, la cual es el reseteo de todos los registros y regresando a sus valores por default.

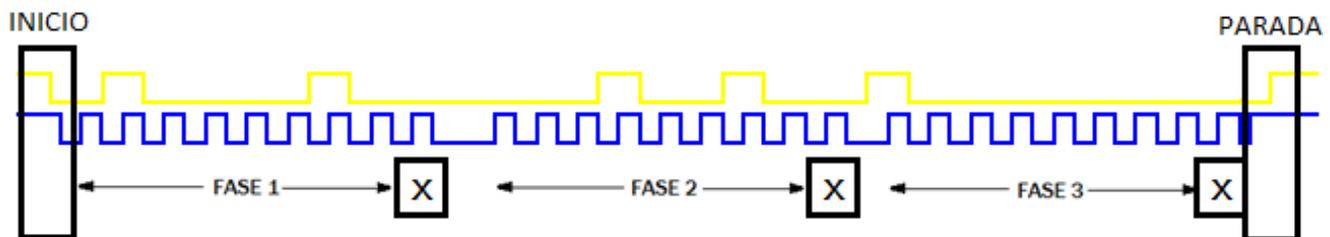


Figura 9. Simulación de las señales SDA y SCL del Ciclo de transmisión 3-Fases de escritura Interfaz SCCB

Esta simulación muestra las señales de los bloques antes mencionados, condición inicio, dirección del esclavo, señal de reconocimiento, dirección de registro, señal de reconocimiento, dato a escribir, señal de reconocimiento y finalmente la condición de parada.

En la figura 10 se muestran las señales generadas por la tarjeta NEXYS3 de DIGILENT[7], la cual tiene implantado el código que realiza dichas señales.

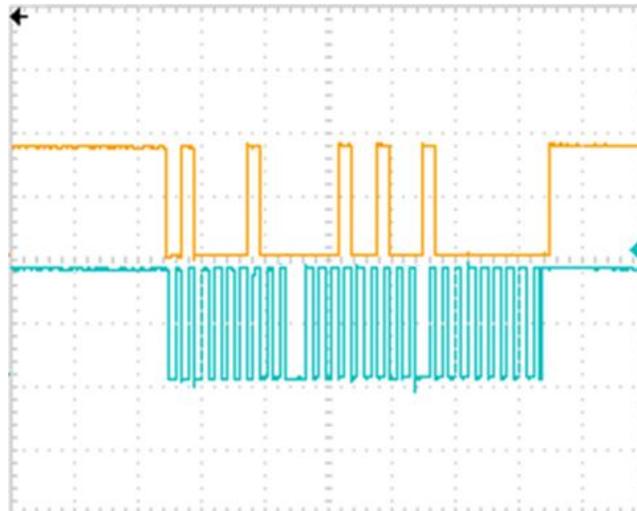


Figura 10. Vista de osciloscopio de las señales SDA y SCL del Ciclo de transmisión 3-Fases de escritura, Interfaz SCCB

Señales de lectura de datos en registros del sensor ov7670

Para la lectura de registros como se muestra en la Figura 11 en la simulación del Ciclo de transmisión 2-Fases de escritura, en la selección del registro a leer, seguido de la transmisión 2-Fases de lectura, para lectura del dato que contiene el registro direccionado. En su realización para la lectura de registros, la recomendación es llevar a cabo primero la configuración de escritura de datos en los registros[6].

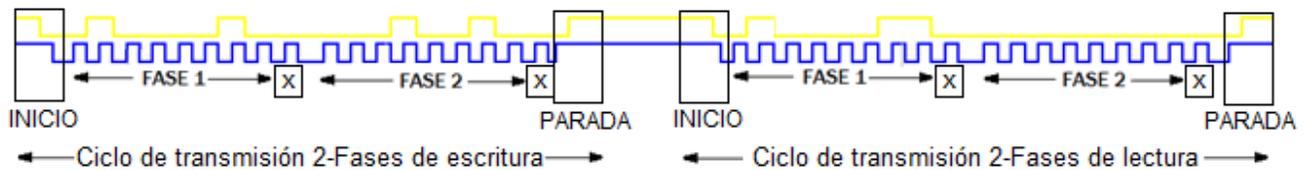


Figura 11. Simulación de Ciclos de transmisión para la lectura de datos.

En la Figura 11 se muestra la simulación de los ciclos de transmisión para la lectura del dato a leer en el registro seleccionado. En esta simulación se pretende leer el dato que contiene el registro 0x12 como se muestra en la Tabla 1.

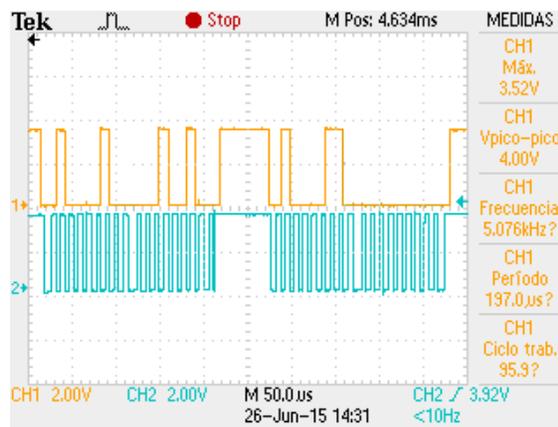


Figura 12. Imagen de osciloscopio de las señales SDA y SCL, para lectura de datos, Interfaz SCCB

En la figura 12 se muestra primero el Ciclo de transmisión 2-Fases de escritura, para selección del registro a leer que contiene el sensor de imagen, y en seguida se realiza el ciclo de transmisión 2-Fases de lectura para adquirir el dato que contiene el registro que anteriormente se ha seleccionado.

Trabajo a futuro

Como trabajo futuro, se pretende obtener imagen del sensor, con las propiedades que se ha configurado y hacer uso de este trabajo y demostrando que efectivamente el sensor es configurado. También se pretende usar este trabajo para configurar otros sensores que utilicen la comunicación I2C, ya que menciona que el protocolo SCCB es compatible con el protocolo I2C[5].

Conclusiones

En las simulaciones anteriores se muestra la lectura y escritura de datos que contienen los registros. A grandes rasgos, funciona de la siguiente manera:

“Se inicia la transmisión con la condición START, se escribe la dirección del esclavo en modo escritura, se indica el registro a leer y se finaliza la transmisión con la condición STOP”, ya abierto el registro se procede a leer el dato, se “inicia la transmisión con la condición START, se escribe la dirección del esclavo en modo lectura, se lee el Dato y se Finaliza la transmisión con la condición STOP” para cada dato enviado se recibe una señal de reconocimiento.

Este trabajo dio el conocimiento necesario para que en trabajos futuros pueda ser implantado en otros dispositivos que utilicen la comunicación I2C, la cual es compatible con SCCB por sus siglas en ingles *Serial Camera Control Bus*.

Referencias

- [1] I. Bravo, J. Baliñas, A. Gardel, J. L. Lázaro, F. Espinosa, and J. García, “Efficient smart CMOS camera based on FPGAs oriented to embedded image processing,” *Sensors*, vol. 11, no. 3, pp. 2282–2303, 2011.
- [2] S. Akram, M.-U.-D. Dar, and A. Quyoum, “Document Image Processing - A Review,” *International Journal of Computer Applications*, vol. 10, no. 5, pp. 35–40, 2010.
- [3] J. G. Pandey, A. Karmakar, C. Shekhar, and S. Gurunarayanan, “Platform-Based Design Approach for Embedded Vision Applications,” *J. Image Graph.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2013.
- [4] J. G. Pandey, S. Purushottam, A. Karmakar, and C. Shekhar, “Platform-Based Extensible Hardware-Software Video Streaming Module for a Smart Camera System,” vol. 2, no. 4, pp. 482–487, 2012.
- [5] G. Description, A. Information, P. Datasheet, and K. Specifications, “OV7670/OV7171 CMOS VGA (640x480) CAMERACHIPTM Sensor with OmniPixel® Technology,” *Converter*, pp. 1–32, 2004.
- [6] H. V Floating and M. D. Ics, “OmniVision Serial Camera Control Bus (SCCB) Functional Specification,” *Int. Rectifier*, pp. 1–24, 2003.
- [7] P. Port, “N e x y s 3™ B o a r d R e f e r e n c e M a n u a l,” vol. 99163, no. 509, pp. 1–22, 2013.