

# Entrega final: Sistema de ventilación en FPGA

Andrés Esteban Sierra Sanchez , Cindy Juliana Ochoa Fonseca,  
{anesierrasa, cijochoafo}@unal.edu.co

## I. OBJETIVOS

- Desarrollar un sistema de ventilación con alarma de incendios a partir de la FPGA con un sensor de temperatura y teclado matricial como entradas y motor y pantalla VGA como salida.
- Establecer una temperatura adecuada para el bienestar de las personas que estén dentro del lugar.
- Dar una advertencia en la pantalla VGA o parlante en presencia de temperaturas elevadas que pueden conllevar a incendios.
- Implementar a través de una maqueta la solución propuesta del problema identificado.

## II. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El bajo rendimiento académico en las aulas es un tema de interés que atrae a expertos en el área, debido a que es un factor común en determinadas instituciones educativas. Es por esto que se encuentran diferentes investigaciones tratando de justificar éste factor, por ejemplo, se determina una relación con las enfermedades respiratorias y la ausencia de circulación de aire, ya que estas pueden transmitirse a través de la tos, estornudos o al conversar, principalmente en lugares cerrados y con aglomeración de personas como ocurre en las aulas de clase que entre los niños perjudica su crecimiento y desarrollo; y en los adultos afecta su productividad en su centro de trabajo.(1)

Otra consecuencia es el aumento o disminución de la temperatura al adecuado para el lugar de trabajo, esto conlleva a problemas de salud como desmayos, vómitos, mareos, obstrucción de vías sudoríparas e inflamación de ojos. Lo anterior se evidencia con la publicación del Sindicat de Treballadors y Treballadors de l'Ensenyament de València acerca de protestas por las altas temperaturas que se están registrando en los colegios e institutos valencianos, donde se han desarrollado concentraciones y manifestaciones de alumnos frente a estos problemas de salud.(2)

Otras investigaciones se han realizado referente a este factor de temperatura, universidades de Harvard, UCLA y del estado de Georgia han concluido que “Las altas temperaturas perjudican el desempeño escolar. Aunque para muchos estudiantes sea normal tomar clases en salones muy calurosos, los expertos afirman que los efectos negativos de esta situación han sido subestimados” (3), refiriéndose

con efectos negativos a que los estudiantes se encuentren distraídos y agotados a largas jornadas de estudio dentro un aula y afecte su crecimiento de aprendizaje. Para esto plantean como solución la implementación de aires acondicionados y así tener un control en los valores de temperatura óptimos para las aulas de clase disminuyendo las consecuencias descritas anteriormente.

## III. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

La motivación del desarrollo de este proyecto es la solución a problemas académicos presentes en los estudiantes o en los ambientes donde se desarrolla el crecimiento profesional como estudiante, este problema lo notamos por las condiciones térmicas presentes en las aulas, como se mencionó en el apartado anterior, generando problemas de salud y concentración. El desarrollo del sistema de regulación de temperatura se puede realizar a través de un dispositivo que permite describir un circuito digital como lo es la tarjeta FPGA, ésta puede activar el funcionamiento del sistema de ventilación y a la vez la implementación de sistema de alarma de incendio a temperaturas mayores.

## IV. ANTECEDENTES

Una vez definida la problemática se buscó información acerca del estado del arte del mismo y las posibles soluciones que se han implementado en diferentes lugares del mundo, en ésta búsqueda se encontraron principalmente tres entidades que se mencionan a continuación:

### A. Universidad Tecnológica de Pereira

Éste artículo trata sobre el desarrollo e implementación de un dispositivo digital para la medición de variables ambientales, específicamente la temperatura por medio del sensor LM35, tratados con un conversor análogo digital ADC0804 por medio de la FPGA y visualizado en el display de siete segmentos.

### B. Universidad de San Buenaventura

Éste artículo tiene como propósito principal el desarrollo de un controlador para un ventilador de computador dependiendo de la temperatura obtenida con el sensor LM35 haciendo uso del programa ISE con lenguaje de programación HDL.

### C. College of Engineering Technology, Bhubaneswar, Odisha, India

Este documento presenta el diseño y la implementación de un extintor de incendios inteligente con FPGA. En este diseño, se utilizan dos sensores de temperatura montados en un servomotor para ubicar la posición del incendio. El movimiento del servomotor se realiza a través de la modulación de ancho de pulso (PWM) que se ha escrito utilizando el código verilog. La implementación se realiza en una placa Spartan-6 FPGA. El resultado de la prueba muestra que el tiempo requerido para detectar el incendio es de aproximadamente 20 ms. El extintor de incendios se activa a 50 ms (aproximadamente) de la detección del incendio.

## V. DIAGRAMA PESTEL

Luego de un análisis del problema se encontraron los siguientes aspectos en un entorno global:

### A. Político

Propuesta de mantenimiento preventivo para centrales de aire acondicionado en un centro hospitalario (10) También la Universidad de San Carlos de Guatemala ha presentado informe acerca del análisis y diseño de propuestas para sistema de ventilación industrial para procesos industriales. (11)

### B. Económico

Para la realización de proyecto sociales y ambientales en Colombia se presenta la financiación de estos proyectos a través de la Agencia Presidencial de Cooperación Internacional.(12)

### C. Social

Principal enfoque, Estudiando el rendimiento académico o laboral presente en el aumento de la temperatura y los efectos colaterales que afecta la salud de las personas.(12)

### D. Tecnológico

Las innovaciones en la ingeniería para el desarrollo y mejoramiento del sistema de ventilación lo demuestra Samsung con su “Solution Roadshow 2016” . presentando diferentes modelos para cumplir a cabalidad el objetivo de optimizar, maximizar y perfeccionar la velocidad de enfriamiento.(13)

### E. Ecológico

El cambio climático que se presenta en los últimos años incrementando la temperatura fuera de la variabilidad natural provocado por el efecto invernadero dado por la actividad humana. (14)

### F. Legal

Elaboración de normas y leyes referente a las condiciones establecidas para el área de trabajo, como se muestra en la Resolución 2400 de 1979(15). Como se dice en el CAPÍTULO II. DE VENTILACIÓN y CAPÍTULO II. DE LA EXTINCIÓN DE INCENDIOS. También teniendo en cuenta la Normatividad Colombiana de Sistemas contra Incendios.

## VI. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Analizado el problema se consideraron tres alternativas, de las cuales se elige la tercera como base de nuestro proyecto:

- 1) Diseño de los salones con grandes ventanales y espacios de máxima apertura.
- 2) Reducir la cantidad de estudiantes por aula, de ésta forma no se elevaría abruptamente la temperatura en el recinto.
- 3) Implementación de sistema de refrigeración con control de temperatura a una deseada.

## VII. PRESUPUESTO

RUBROS	Recursos Propios	Contrapartida UN	Contrapartida Externa	Total
Personal	\$104000	\$0	\$0	\$104000
Equipos	\$0	\$360000	\$0	\$360000
Software	\$0	\$0	\$0	\$0
Materiales	\$40000	\$0	\$0	\$40000
Papelería	\$0	\$0	\$0	\$0
Fotocopias	\$1500	\$0	\$0	\$1500
Movilidad	\$40000	\$0	\$0	\$40000
Material bibliográfico	\$0	\$0	\$0	\$0
Servicios técnicos	\$0	\$0	\$0	\$0
Imprevistos	\$50000	\$0	\$0	\$50000
TOTAL	\$225000	\$360000	\$0	\$585000

TABLA I: Presupuesto del proyecto Sistema de refrigeración y alarma contra incendios.

## VIII. CRONOGRAMA

- Semana del 24-28 septiembre: Planteamiento del problema y correcciones de la solución.
- Semana del 01-05 octubre: Compra de los materiales, revisión de fichas técnicas y construcción de la maqueta.
- Semana del 08-12 octubre: Búsqueda de información e implementación de los sensores de temperatura.
- Semana del 15-19 octubre: Termómetro digital terminado con display de 7 segmentos.

- Semana del 22-26 octubre: Búsqueda de información e implementación de motores con aspás.
- Semana del 29 octubre - 02 de noviembre: Entrega de avances
- Semana 05-09 de noviembre: Controlador de temperatura funcionando.
- Semana 12-16 de noviembre: Implementación de bocina para alarma contra incendios.
- Semana 19-23 de noviembre: Entrega final del proyecto.

Debido a las ausencias académicas, el cronograma se modificó como se muestra en el siguiente apartado:

#### IX. CRONOGRAMA ACTUALIZADO

- Semana del 08-12 octubre: Búsqueda de información e implementación de los sensores de temperatura.
- Semana del 22-26 octubre: Caracterización sensor de temperatura LM35.
- Semana 05-09 de noviembre: Caracterización de teclado matricial.
- Semana 19-23 de noviembre: Montaje motor DC con optoacopladores y señal PWM.
- Semana 26-30 de noviembre: Barrido de filas y columnas del teclado.
- Semana 03-07 de diciembre: Motor DC desarrollado con opción de diferentes porcentajes de PWM.
- Semana 21-25 de enero: Reconocimiento de un dígito del teclado matricial visualizado en display de 7 segmentos.
- Semana 28 de enero-01 de febrero: Visualización de texto en pantalla VGA.
- Semana 04-08 de febrero: Obtención de temperatura por medio del conversor análogo digital.
- Semana 11-15 de febrero: Registro de teclado con ingreso de dos dígitos, controlador ON-OFF.
- Semana 18-22 de febrero: Visualización en pantalla VGA de las temperaturas, sistema de refrigeración funcionando en prototipo.

#### X. ESTRUCTURA DE DESGLOCE DEL TRABAJO

Objetivo 1: Desarrollar un sistema de ventilación con alarma de incendios a partir de la FPGA con un sensor de temperatura y teclado matricial como entradas y motor y

pantalla VGA como salida.

Para llevar a cabo éste objetivo en primer lugar se debe efectuar la compra de materiales, la cual se lista a continuación:

- Compra de sensor LM35: Fecha: 23 de septiembre de 2018, Responsable: Juliana Ochoa.
- Compra de conversor A/D0808: Fecha: 16 de noviembre de 2018, Responsable: Juliana Ochoa
- Préstamo teclado matricial: Fecha: 03 de octubre de 2018, Responsable: Juliana Ochoa.
- Préstamo motor e integrados necesarios para su uso: Fecha: 20 de octubre de 2018, Responsable: Juliana Ochoa.
- Recuperación prototipo de maqueta: Fecha: 20 de septiembre de 2018, Responsable: Juliana Ochoa.
- Compra de bocina: Fecha: 13 de febrero de 2019, Responsable: Juliana Ochoa

Después de esto se caracterizó cada uno de los elementos y se programaron según la necesidad del proyecto, el desarrollo de los mismos tiene determinadas tareas que fueron efectuadas por los diseñadores y que se especifican en los siguientes objetivos.

Objetivo 2: Establecer una temperatura adecuada para el bienestar de las personas que estén dentro del lugar.

Para poder establecer la temperatura en el recinto se requiere del uso de tres periféricos: teclado matricial, sensor LM35 y conversor A/D por medio de los cuales se tratará la información requerida por el usuario en el entorno de la FPGA, las tareas realizadas con éstos periféricos se listan a continuación:

Teclado matricial:

- Caracterización del teclado matricial: Fecha: Septiembre 26 de 2018, Responsable: Esteban Sierra, Juliana Ochoa.
- Divisor de frecuencia para el barrido: Fecha: Octubre 17 de 2018, Responsable: Esteban Sierra, Juliana Ochoa.
- Máquina de estados: Fecha: Octubre 17 de 2018, Responsable: Esteban Sierra, Juliana Ochoa.
- Multiplexor: Fecha: Noviembre 07 de 2018, Responsable: Esteban Sierra.
- Divisor de frecuencia para almacenamiento de datos: Fecha: Noviembre 28 de 2018, Responsable: Esteban Sierra.

- Creación de registro: Fecha: Enero 23 de 2019, Responsable: Esteban Sierra.
- Temperatura ingresada: Fecha: Febrero 13 de 2019, Responsable: Esteban Sierra.

#### Sensor LM35:

- Caracterización de sensor LM35: Fecha: Septiembre 26 de 2018, Responsable: Esteban Sierra, Juliana Ochoa.
- Curva característica: Fecha: Septiembre 26 de 2018, Responsable: Esteban Sierra, Juliana Ochoa.

#### ADC 0808:

- Consulta de datasheet: Fecha: Enero 23 de 2019, Responsable: Juliana Ochoa.
- Montaje: Fecha: Enero 30 de 2019, Responsable: Juliana Ochoa.
- Divisor de frecuencia: Fecha: Febrero 01 de 2019, Responsable: Juliana Ochoa.
- Máquina de estados: Fecha: Febrero 01 de 2019, Responsable: Juliana Ochoa.
- Decodificador BCD: Fecha: Febrero 06 de 2019, Responsable: Juliana Ochoa.
- Visualización en display 7 segmentos: Fecha: Febrero 06 de 2019, Responsable: Juliana Ochoa.

Con el valor de temperatura deseado ingresado por medio del teclado matricial y la temperatura actual del recinto procesado con el ADC, se puede realizar un módulo de control ON-OFF haciendo uso de un motor para crear circulación de aire, así:

#### Motor:

- Divisor de frecuencia: Fecha: Noviembre 14 de 2018, Responsable: Juliana Ochoa.
- Señal PWM: Fecha: Noviembre 14 de 2018, Responsable: Juliana Ochoa.
- Montaje: Fecha: Noviembre 21 de 2018, Responsable: Juliana Ochoa.
- Multiplexor: Fecha: Febrero 13 de 2019, Responsable: Juliana Ochoa.

#### Controlador:

- Creación de rangos: Fecha: 11 de febrero de 2019, Responsable: Juliana Ochoa.
- Simulación del sentido de giro: Fecha: 11 de febrero de 2019, Responsable: Juliana Ochoa.

Objetivo 3: Dar una advertencia en la pantalla VGA o parlante en presencia de temperaturas elevadas que pueden conllevar a incendios.

Para llevar a cabo éste objetivo se hace uso de una señal PWM con frecuencia audible para la alarma y la visualización en la pantalla VGA se lleva a cabo con una sincronización de las señales vertical y horizontal y el uso de fonts para los caracteres, así:

#### Alarma:

- Divisor de frecuencia: Fecha: Febrero 16 de 2019, Responsable: Juliana Ochoa.
- Señal PWM: Fecha: Febrero 16 de 2019, Responsable: Juliana Ochoa.
- Multiplexor: Fecha: Febrero 17 de 2019, Responsable: Juliana Ochoa.
- Montaje: Fecha: Febrero 17 de 2019, Responsable: Juliana Ochoa.

#### Pantalla VGA:

- Sincronización horizontal: Fecha: Noviembre 21 de 2019, Responsable: Esteban Sierra.
- Señales R,G,B: Fecha: Enero 16 de 2019, Responsable: Esteban Sierra.
- Representación de caracteres (fonts): Fecha: Febrero 18 de 2019, Responsable: Esteban Sierra.

Objetivo 4: Implementar a través de una maqueta la solución propuesta del problema identificado.

Para cumplir con éste objetivo tuvimos el apoyo de proyectos previos realizados en otras asignaturas, por lo cual se nos facilitó adaptar las maquetas anteriores para la presentación final del sistema de refrigeración. En principio la maqueta es una caja cuadrada en la cual adentro tiene un bombillo que es alimentado por medio de un variac, éste nos provee la temperatura de la caja. aparte, en la parte superior se encuentra sujeto un motor con un aspa el cual hace de ventilador y en uno de los extremos de la caja se encuentra ubicado el sensor de temperatura. Se llevaron a cabo las tareas que se comentan a continuación:

- Recuperación caja con bombillo: Fecha: Septiembre 15 de 2018, Responsable: Juliana Ochoa.
- Clavija: Fecha: Febrero 16 de 2019, Responsable: Juliana Ochoa.

- Adaptación motor: Fecha: 17 de febrero de 2019, Responsable: Juliana Ochoa.

## XI. DIAGRAMA DE BLOQUES PROPUESTO

Para llevar a cabo la solución propuesta a nuestro problema se plantea implementar el sistema a través de sensores de temperatura que nos permitan identificar la temperatura actual y compararla entre el rango de temperatura adecuado para el aula, la cual se aproxima entre 14 y 25 °C, en locales en los que se realizan trabajos ligeros(4) y mantenerla a partir de la activación del aire acondicionado. Esta implementación de un control de temperatura nos permite a la vez la implementación de un sistema de alarma de incendios, que por Normatividad Colombiana de Sistemas contra Incendios dice “ Las edificaciones deben contar con sistemas de alarma de incendio, que se puedan activar de forma manual, por medio de detectores, o por medio de un sistema de extinción automática, de acuerdo con el grupo de ocupación en el que se clasifique. Las edificaciones según su uso, deben estar protegidas por un sistema de detección y alarma de incendio diseñado tomando como referencia la norma NFPA 72.”(5) La temperatura a la cual se considera como incendio es de 273°C (para efectos de la implementación esto será un limitante), donde a partir de aquí se desarrolla el llamado fuego equivalente o normalizado que es al que se refieren todas las reglamentaciones y las resistencias al fuego de materiales utilizados para la edificación(6).

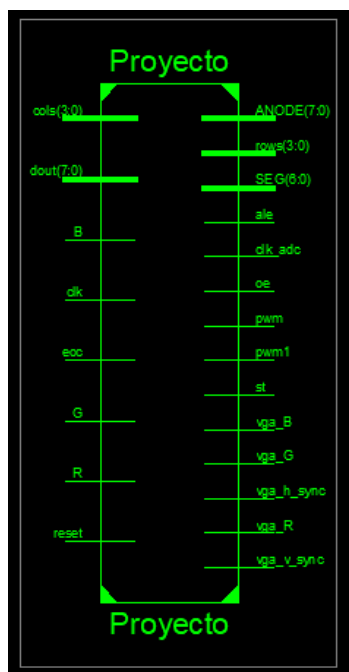


Fig. 1: Diagrama de Bloques - Proyecto

Para poder llevar a cabo un sistema de ventilación se necesitan diferentes partes en el proyecto, primero, un termómetro digital, luego el sistema de ventilación como tal y por último la aplicación de la alarma contra incendios. A continuación se describe cada uno de los módulos utilizados:

### A. Sensor LM35-Convertor Análogo-Digital 0808

El sensor LM35 tiene dos entradas y una salida, las entradas son la referencia (5V y tierra) y la salida es una medición en milivoltios que tiene una sensibilidad de 10mV/°C. El convertor análogo-digital funciona con un reloj de 500kHz, una señal start, EOC, ALE, OutputEnable las cuales deben tener una sincronización para que el dispositivo comience a analizar los datos de las entradas. En total pueden convertirse 8 entradas (0-7) y se hace uso de una combinación para definir cuál entrada se desea leer, para nuestro caso al tener un solo sensor, lo conectamos al pin IN(0) y los tres pines ADD los mandamos a tierra para indicarle al convertor que ésta es la entrada que necesitamos. El principio de funcionamiento radica en una señal de referencia (1V), y una salida del convertor de 8 bits, por lo que se puede contar hasta 255, se determina una resolución de 4mV, la salida del convertor consiste en la cantidad de veces que la entrada analógica divide a ésta resolución. Para obtener el valor de la temperatura basta con realizar una corrección de la escala, por lo que a la variable contadora del convertor se multiplica por 4 y se divide entre 10, aparte se visualiza la temperatura arrojada por el sensor en el display de 7 segmentos.

Para poder llevar a cabo la descripción anterior se hizo uso de un módulo divisor de frecuencia, un módulo de separación BCD, un módulo de decodificación en 7 segmentos y en el principal se lleva a cabo la sincronización de las variables y la escalización de la temperatura. En la siguiente figura se muestra el módulo principal con sus entradas y salidas:

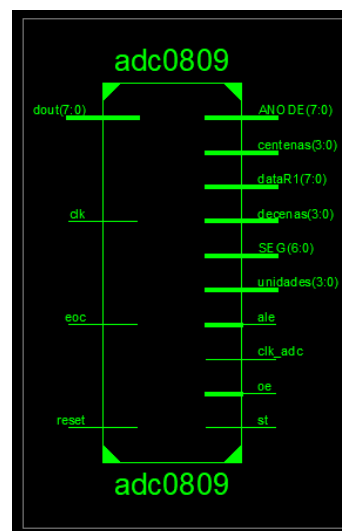


Fig. 2: Diagrama de Bloques - ADC 0808

### B. Motor DC y Controlador

El funcionamiento del motor se basa en una señal PWM, para obtener ésta señal se realiza un conteo hasta determinado número el cuál va a variar el ciclo útil de la señal teniendo como referencia un valor, el cuál determinará la frecuencia de la señal, en el programa se implementa un case con una variable de 2 bits, por lo que se obtienen 4 revoluciones

del motor diferentes, ésto se hace con el fin de implementar el controlador on-off del motor. Hay que tener ciertas precauciones con la conexión del motor con la FPGA por las corrientes que puede producir, es por ésto que en el montaje se hace uso de optoacopladores.

El controlador ON-OFF se realiza definiendo rangos de temperatura, haciendo una comparación entre el valor adquirido con el teclado (temperatura deseada) y valor de temperatura actual determinado por el ADC. En cada uno de éstos rangos se define una variable giro, la cuál determinará la velocidad del motor en cada caso, se manejan cuatro ciclo útiles, 0 %, 40%, 70% y 100%.

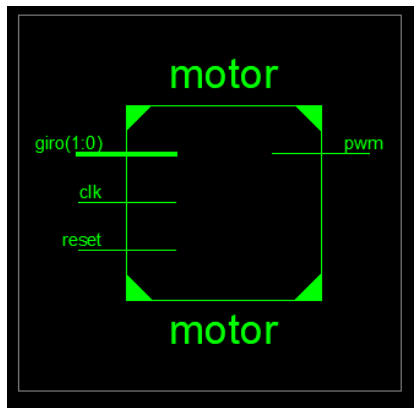


Fig. 3: Diagrama de Bloques - Motor

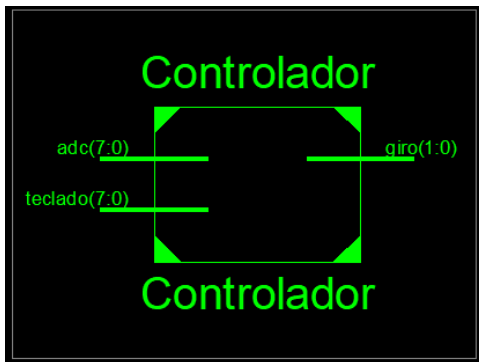


Fig. 4: Diagrama de Bloques - Controlador

### C. Alarma

Para la implementación de la alarma se decidió establecer una temperatura de 60 C dentro del recinto como la máxima permisible, por lo que después de ésta temperatura la alarma estará activada. Ésta se desarrolla principalmente por un módulo de señal PWM con una frecuencia audible y un multiplexor que tiene como condición la temperatura arrojada por el conversor análogo digital.

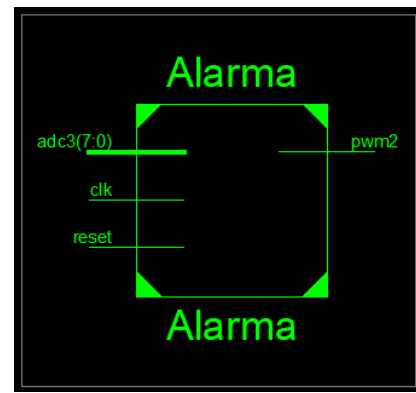


Fig. 5: Diagrama de Bloques - Alarma

Físicamente se pone la bocina en serie con la señal PWM que se genera con la FPGA.

### D. Teclado Matricial 4x4

Entradas: Columnas del teclado, clock, reset.

Salidas: Display de 7 segmentos, filas del teclado y registro del dato obtenido.

Para esto contará con submódulos llamados: Divisor, FSM, Mux, Registro, Display. Este módulo consiste en el ingreso de datos a través del teclado matricial el cual realiza un barrido de las filas a una frecuencia obtenida por el módulo Divisor como salida del módulo FSM (máquina de estados), al momento de pulsar un dígito, envía el vector de columnas como entrada al módulo Mux, la cual se encarga que dependiendo de la columna y fila que este activo, genera una señal de registro. Esta señal de registro, si es un dato válido genera una señal enable que es entrada también como la señal de registro al módulo Registro, en la cual se almacena el registro ingresado y lo almacena hasta cuando se ingresa otro dígito válido. La salida del registro entra al módulo Display para mostrar el número en el display de 7 segmentos que ofrece la tarjeta Nexys. El diagrama de bloque del teclado se muestra en la siguiente figura:

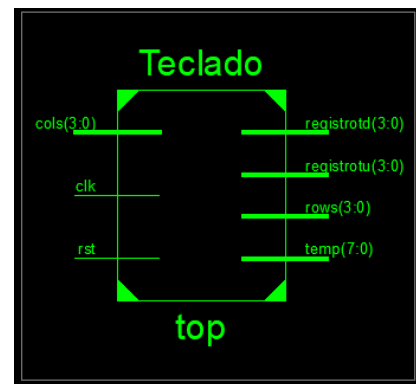


Fig. 6: Diagrama de Bloques - Teclado

A continuación se muestra la simulación del teclado en la que se muestra la señal de registro (sald), el barrido de las filas (rows), la selección de columna (cols) la cual se selecciona la primera columna, se suelta, la segunda columna y se suelta.

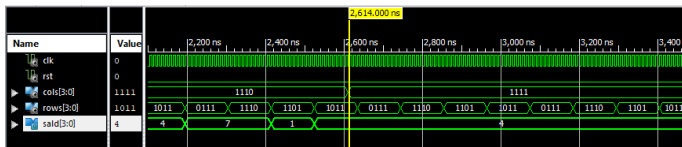


Fig. 7: Simulación Módulo Teclado Matricial 4x4

### E. VGA

Entradas: Registro del convertor ADC, registro del teclado matricial, valores RGB, clock y reset.

Salidas: Señales de sincronización horizontal y vertical, señales RGB.

Para esto contará con submódulos llamados: HSync, RGB font. Este módulo consiste en mostrar en pantalla una interfaz en la que el usuario pueda observar la temperatura actual captada por los sensores y la temperatura deseada por el usuario, para eso primero se realiza el barrido de pixeles tanto horizontal como vertical, esto se hace en el módulo HSync que se encarga también dependiendo del tamaño de pantalla definir los bordes, el display de trabajo y las sincronización vertical y horizontal. Ya de obtener el barrido, entra un contador de pixeles X y Y al módulo RGB que se encarga de definir el espacio dentro del display en la cual aparecerá los caracteres y del escalamiento de éstos si es necesario, también recibe los valores RGB obtenidos por tres interruptores para variar el color del texto.

Lo importante de este módulo RGB es que recibe las señales de registro del ADC y Teclado como una señal de character\_selectn de salida para la elección del carácter de acuerdo al dígito. Esta señal de character\_selectn es entrada de 4 bits al módulo Font y se encarga de elegir el carácter o número de acuerdo el valor de character\_selectn.

A continuación se muestra el diagrama de bloques realizado a través del software ISE para los módulos Teclado y VGA.

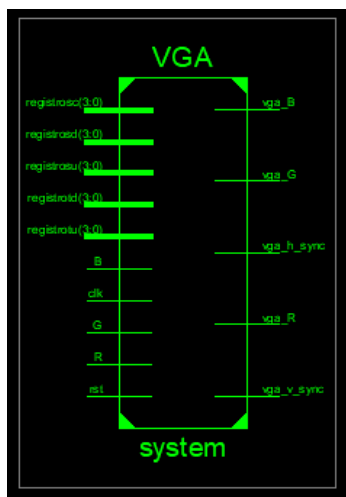


Fig. 8: Diagrama de Bloques - VGA

Para la simulación de este módulo que se muestra en la figura 10, se muestra las señales de sincronización horizontal y vertical (vga\_h\_sync y vga\_v\_sync), la señal de selección de

carácter (character\_selectn) y la señales de selección de área para escribir (Y, Y1, Y2)

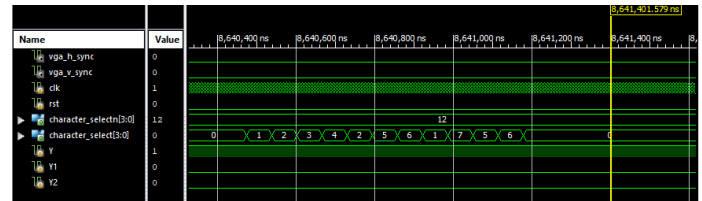


Fig. 9: Simulación Módulo VGA - Texto Temperatura

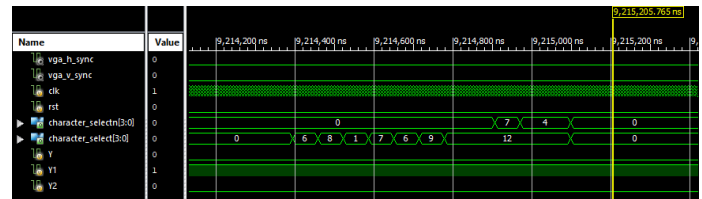


Fig. 10: Simulación Módulo VGA - Texto Actual 74

Para finalizar se muestra el diagrama de bloques con la interconexión de cada uno de los módulos en la siguiente figura

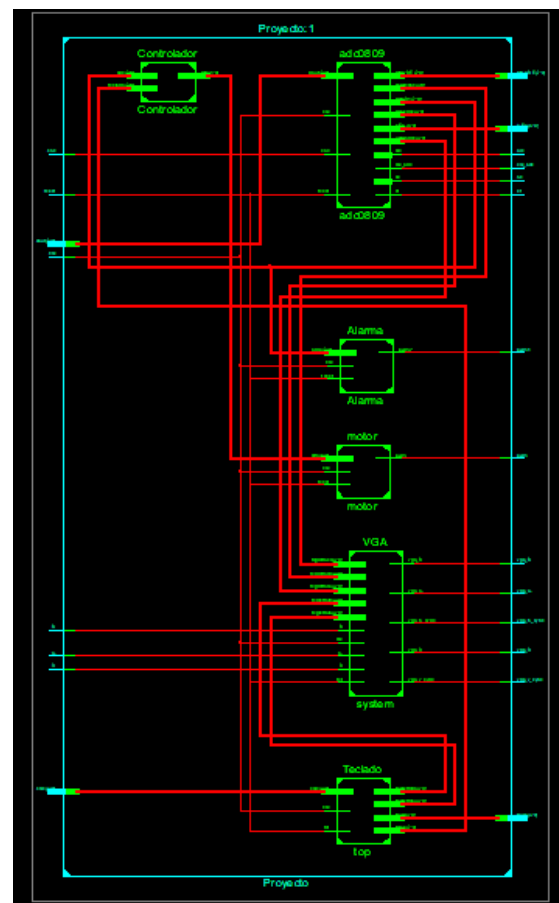


Fig. 11: Diagrama de Bloques proyecto

## REFERENCIAS

- [1] Renzo Alvarez. “Poca ventilación en buses puede provocar enfermedades respiratorias”. [online] Available at: <https://vital.rpp.pe/expertos/poca-ventilacion-en-buses-puede-provocar-enfermedades-respiratorias-noticia-362635>. [Accessed 21 Sep. 2018].
- [2] EL MUNDO. “Se extienden las protestas por el calor en las aulas valencianas” [online] Available at: <https://www.elmundo.es/comunidad-valenciana/2014/09/11/541179bd22601d17158b4583.html> [Accessed 21 Sep. 2018].
- [3] METRO. “Así afecta el calor el rendimiento escolar en los exámenes” [online] Available at: <https://www.metro.pr/pr/bbc-mundo/2018/05/31/asi-afecta-el-calor-el-rendimiento-escolar-en-los-examenes.html> [Accessed 21 Sep. 2018].
- [4] Espacios Saludables. “La batalla de la temperatura en la oficina” [online] Available at: <http://entornosaludable.com/11/04/2013/la-batalla-de-la-temperatura-en-la-oficina/> [Accessed 21 Sep. 2018].
- [5] INMA. “Normatividad Colombiana de Sistemas contra Incendios”. [online] Available at: <https://www.inma.com.co/index.php/blog/9-blog-general/164-normatividad-colombiana-en-sistemas-contra-incendio> [Accessed 21 Sep. 2018].
- [6] Asefa Seguros. “Efectos de incendios en estructuras de hormigón armado”. [online] Available at: <https://www.asefa.es/comunicacion/patologias/efectos-de-incendios-en-estructuras-de-hormigon-armado> [Accessed 21 Sep. 2018].
- [7] Universidad tecnológica de Pereira. “DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO DIGITAL PARA LA MEDICIÓN DE VARIABLES AMBIENTALES UTILIZANDO UN ARREGLO DE COMPUERTAS PROGRAMABLE EN CAMPO”. [Online], Consulted sep 21, 2018 <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article>
- [8] Universidad San Buenaventura. “VENTILADOR CONTROLADO POR TEMPERATURA” [Online], Consulted sep 21, 2018 <http://sistdig.wikidot.com/wiki:ventilador-temptoc0>
- [9] College of Engineering Technology, Bhubaneswar, Odisha, India. “Design and Implementation of a Smart Fire Extinguisher using FPGA” [Online], Consulted sep 21, 2018 <https://bit.ly/2DTLHqy>
- [10] Ministerio de Trabajo y Seguridad Social . “Cambio climático y efecto invernadero” [Online], Consulted oct 7, 2018 <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/081925IN.pdf>
- [11] APC-COLOMBIA . “Financiación para proyectos sociales” [Online], Consulted oct 7, 2018 <https://bit.ly/2EgSMTz>
- [12] Observatorio de Salud y Cambio Climático . “Altas temperaturas” [Online], Consulted oct 7, 2018 <https://bit.ly/2Eeh6Y>
- [13] Mundo HVACR . “La mejor tecnología y eficiencia en aire acondicionado” [Online], Consulted sep 21, 2018 <https://www.mundohvacr.com.mx/2016/10/mejor-tecnologia-en-aire-acondicionado/>
- [14] CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL MEDIO AMBIENTE . “Cambio climático y efecto invernadero” [Online], Consulted oct 7, 2018 <https://bit.ly/2fpMS3n>
- [15] Ministerio de Trabajo y Seguridad Social . “Resolución 2400 de 1979” [Online], Consulted sep 21, 2018 <https://bit.ly/2Gy4hbw>