



**UNIVERSIDAD DEL MAR  
CAMPUS PUERTO ESCONDIDO**

**ARQUITECTURA FPGA PARA LA ADQUISICIÓN DE  
DATOS TÉRMICOS**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADA EN INFORMÁTICA**

**PRESENTA  
MARÍA ALEJANDRA MENÉNDEZ ORTIZ**

**DIRECTOR DE TESIS  
M. EN C. CHRISTIAN AYALA ESQUIVEL**

**PUERTO ESCONDIDO, OAXACA**

**2010**



# Universidad del Mar

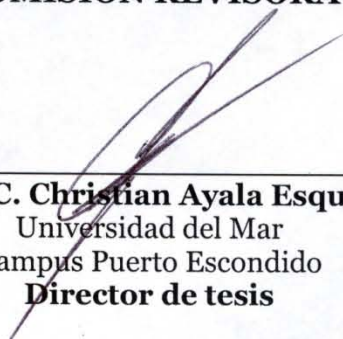
Puerto Escondido ~ Puerto Angel ~ Huatulco  
O A X A C A

Puerto Escondido, Oax., septiembre de 2010

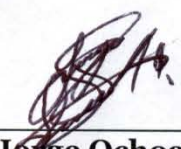
## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Después de realizar una revisión detallada de la Tesis titulada “**Arquitectura FPGA para la adquisición de datos térmicos**”, presentada por la pasante de la Licenciatura en Informática **María Alejandra Menéndez Ortiz**, se considera que cumple con los requisitos y la calidad necesarios para ser defendida en el examen profesional.


### COMISIÓN REVISORA

  
\_\_\_\_\_  
**M. en C. Christian Ayala Esquivel**  
Universidad del Mar  
Campus Puerto Escondido  
**Director de tesis**

  
\_\_\_\_\_  
**I.S.C. Saúl Gómez Carreto**  
Universidad del Mar  
Campus Puerto Escondido  
**Revisor**

  
\_\_\_\_\_  
**M. en C. Jorge Ochoa Somuano**  
Universidad del Mar  
Campus Puerto Escondido  
**Revisor**

  
\_\_\_\_\_  
**M. en C. Manuel Alejandro Valdés Marrero**  
Universidad del Mar  
Campus Puerto Escondido  
**Revisor**

  
\_\_\_\_\_  
**M. en C. José Francisco Delgado Orta**  
Universidad del Mar  
Campus Puerto Escondido  
**Revisor**



# UNIVERSIDAD DEL MAR

*Puerto Escondido - Puerto Angel - Huatulco*

O R X A C A

Vice-Rectoría Académica  
Jefatura de Carrera de Informática

Asunto: Autorización de Impresión de Tesis

Puerto Escondido, Oax., a 9 de septiembre de 2010

**María Alejandra Menéndez Ortiz**  
Egresada de la Licenciatura en Informática  
Universidad del Mar campus Puerto Escondido

Después de haber atendido las indicaciones sugeridas por la Comisión Revisora en relación a su trabajo de tesis cuyo título es: **“Arquitectura FPGA para la adquisición de datos térmicos”**, me es grato comunicarle que conforme a los lineamientos establecidos para la obtención del Título de Licenciado en Informática en esta Universidad, se le concede la autorización para que proceda con la impresión de su tesis.

Para los datos de clasificación de la tesis, el año de impresión deberá indicar **2010** y el número de tesis será el **No. 3**.

**ATENTAMENTE**  
**MARE NOSTRUM VERITABILE FACIENDUM**  
**JEFE DE CARRERA DE INFORMÁTICA**

**M. EN C. MANUEL ALEJANDRO VALDÉS MARRERO**



c.f.p. M. en C. Gerardo Esteban Leyte Morales. Vice-Rector Académico. Para su conocimiento  
Ing. Ruth Cruz Ríos. Jefa del Departamento de Servicios Escolares. Mismo fin  
Archivo

## ***Dedicatoria***

*Con especial amor dedico este trabajo a mis padres: **Angélica Ortiz Cabrera** y **Miguel Ángel Menéndez López**, quienes con su amor, comprensión, apoyo incondicional y ejemplo me han ayudado a ser la persona que hasta el día de hoy soy. A pesar de las vicisitudes que la vida ha traído, su simple presencia en este mundo me ha dado las fuerzas para poder alcanzar este anhelado logro.*

*A mis **abuelas**, **hermanos** y **sobrinos**, quienes han sido guía, inspiración, profesores y amigos de toda la vida.*

*Aunque el Creador del universo no necesita nada pues todo le pertenece, le dedico esta victoria a mi Salvador **Cristo Jesús**; así como mi vida, este trabajo es suyo.*

## **Agradecimientos**

Agradezco a la **Universidad del Mar** y a todo el personal que allí labora, por haberme brindado la oportunidad de terminar mi formación profesional. Me enorgullece pertenecer al sistema **SUNEO** que acertadamente fundó el **Dr. Modesto Seara Vásquez**, pues la educación aquí recibida no la habría encontrado en ninguna otra institución.

A **Dios**, porque Él me ha permitido llegar hasta este momento de mi vida. Las palabras no me alcanzarían para terminar de reconocer lo que me ha dado, espero que mis hechos lo demuestren mejor.

Al jefe de carrera, **M. en C. Manuel Alejandro Valdés Marrero**, quien no sólo me ha apoyado en esta tesis, sino durante toda mi formación universitaria.

A mi director de tesis, **M. en C. Christian Ayala Esquivel** y revisores de la misma: **M. en C. Jorge Ochoa Somuano**, **Ing. Saúl Gómez Carreto** y **M. en C. José Francisco Delgado Orta**.

A la familia Lara Estudillo, pero muy especialmente a los maestros **José Edgar Lara Ramírez** y **María de Jesús Estudillo Ayala**. Su apoyo, orientación, amistad, ejemplo y sobre todo confianza, han sido las inspiraciones que me impulsan a seguir buscando el conocimiento.

A toda mi familia, pues su ayuda incondicional ha sido la piedra angular de mi vida.

A mi familia adoptiva, mis amigos y compañeros de carrera: **Brisa**, **Darwin**, **Elí**, **César**, **Alan**, **Iris**, **Zuly**, **Eber**, **Daniel**, **Cirenio**, **Eder** y tantos otros. Porque vivimos incontables desvelos, aventuras, locuras, logros, fracasos, risas, enojos y un sinfín de experiencias. Gracias por compartir conmigo esos momentos.

## Resumen

La temperatura incide en gran cantidad de fenómenos cotidianos, por lo que existen varios dispositivos que hacen mediciones de dicha variable, aunque no todos son óptimos. Este trabajo presenta una arquitectura FPGA que permite realizar mediciones de temperatura, cuyo costo es 36% menor que el precio comercial de un equipo adquirido por la Universidad del Mar. Esta tesis servirá como base a otros proyectos que realicen el control automático de temperaturas.

Por la naturaleza del trabajo, éste puede ser dividido en tres secciones: los componentes electrónicos, la arquitectura FPGA y la aplicación en MATLAB. Los dispositivos electrónicos más importantes son el sensor LM35, que captura las temperaturas y genera voltajes de salida digitales; y el convertidor analógico-digital ADC0808CCN, que toma los voltajes y los convierte a señales entendibles por un equipo digital.

La arquitectura FPGA fue modelada en un lenguaje de descripción de hardware denominado VHDL. Mediante la arquitectura se controla el funcionamiento del convertidor analógico-digital, se obtienen los datos de este convertidor y estos últimos son interpretados por la arquitectura, para finalmente ser mostrados en un display de siete segmentos y cuatro caracteres. Esta arquitectura fue implementada y probada en una tarjeta Xilinx Spartan 3.

La aplicación en MATLAB permite la interacción con los datos de forma sencilla. Gracias a su interfaz gráfica, es posible capturar los datos generados por el convertidor analógico-digital, usando el puerto paralelo de una computadora personal como medio de comunicación. Asimismo, el usuario puede almacenar la información obtenida en una base de datos, que es gestionada por el manejador de base de datos MySQL.

Con este trabajo, se abre el camino dentro de la Universidad del Mar para el desarrollo de proyectos que ocupen las tecnologías reconfigurables para la solución de problemáticas cotidianas. Asimismo, de forma muy general se ha podido demostrar que estos prototipos son económicamente más viables de construir, en lugar de adquirir equipos comerciales que realicen tareas similares.

## Abstract

Temperature affects many everyday phenomena; therefore various devices measure such variable, though not all of them are optimal. This work presents a FPGA architecture that measures temperature, which cost is 36% less expensive than the commercial device owned by Universidad del Mar. This thesis will be the base for other projects that will perform temperature automatic control.

Because of the project's nature, it can be described in three main sections: the electronic devices, the FPGA architecture and the MATLAB application. The most important electronic devices are the LM35 sensor, which acquires the temperatures and generates digital output voltages. The other one is the analog to digital converter ADC0808CCN, which takes the voltages and makes them understandable for a digital device.

The FPGA architecture was modeled in a hardware description language called VHDL. The analog to digital converter (ADC) is controlled through the FPGA architecture, the data from the ADC is obtained and then interpreted by the architecture, to finally be showed in a seven-segment and four-character display. This architecture was implemented and tested in a Xilinx Spartan 3.

The MATLAB application allows the interaction with data in a simple manner. Due to the graphic interface, the data generated by the digital to analog converter is acquired through the parallel port of a personal computer. Also, the user can store the information in a database that is managed by the MySQL database management system.

With this work, a new path has been opened at Universidad del Mar. Reconfigurable technologies can be used in the development of projects to solve daily problems. Also, in a very general way, it has been shown that such prototypes are a lot more viable, economically speaking, than commercial devices that perform similar tasks.





# CONTENIDO

LISTADO DE FIGURAS.....	v
LISTADO DE TABLAS .....	ix
LISTADO DE ECUACIONES .....	xi
LISTADO DE CÓDIGOS FUENTE.....	xiii
GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	xv
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 2. ANTECEDENTES .....	11
2.1. Estado del arte y trabajos relacionados .....	11
2.2. Justificación .....	15
2.3. Planteamiento del problema.....	16
2.4. Objetivos .....	18
2.5. Alcances y límites del estudio .....	19

CAPÍTULO 3. MARCO TEÓRICO .....	25
3.1. Desarrollo histórico del diseño digital moderno .....	25
3.2. Dispositivos programables .....	29
3.3. Arreglos de Compuertas Programables de Campo .....	41
3.4. Lenguajes de Descripción de Hardware (HDL).....	52
3.5. MATLAB.....	62
CAPÍTULO 4. DESARROLLO DEL TEMA.....	65
4.1. Arquitectura FPGA .....	66
4.2. Componentes electrónicos .....	85
4.3. Aplicación MATLAB .....	86
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.	95
ANEXO A. DIAGRAMA DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS .....	103
ANEXO B. CONFIGURACIÓN DEL ENTORNO GRÁFICO PARA LA APLICACIÓN MATLAB .....	135
ANEXO C. INSTALACIÓN DE MYSQL .....	139
ANEXO D. CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS EN MYSQL .....	153

ANEXO E. CONFIGURACIÓN DE LA CONEXIÓN ENTRE MATLAB Y LA BASE DE DATOS.....	163
ANEXO F. CÓDIGOS VHDL.....	167
ANEXO G. DESCARGA DE LOS CÓDIGOS VHDL AL FPGA .....	191
ANEXO H. CÓDIGOS MATLAB.....	211
REFERENCIAS .....	221