



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD Y COMPUTACIÓN**

“Aplicaciones de un acelerómetro para la medición de inclinaciones horizontales y verticales utilizando microcontroladores avanzados y comunicación serial datalogger e interfaz gráfica. Fuente de energía 4 pilas recargables”

### **TESINA DE SEMINARIO**

Previa la obtención del Título de:

#### **INGENIERO EN**

#### **ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

#### **INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

#### **ESPECIALIZACIÓN EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

Presentado por:

Nelson Fabián Quizhpe Quishpe

Luis Alberto Brito Torres

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO 2010

## **AGRADECIMIENTOS**

Primeramente a Dios quien me ha guiado y supo darme fuerzas en los momentos más difíciles.

A mis padres y hermanos quienes me infundieron la ética y el rigor que guían mi transitar por la vida.

A mi director de seminario, por su asesoramiento científico y estímulo para seguir creciendo intelectualmente.

Nelson Quizhpe Quishpe.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres quienes me dieron el apoyo incondicional, a mi madre en especial quien siempre estuvo en todo momento.

A mi director de seminario, por inculcar en mi vida profesional, la ética y el conocimiento, estimulándome para seguir creciendo intelectualmente.

A Dios por darme esta bendición tan grande de haber tenido esta excelente experiencia.

Luis Brito Torres.

# TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

---

Ing. Carlos Valdivieso A.  
PROFESOR DE SEMINARIO DE GRADUACIÓN

---

Ing. Hugo Villavicencio V.  
DELEGADO DEL DECANO

## **DECLARACION EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de esta  
Tesina de Grado, nos corresponde  
exclusivamente; y el patrimonio intelectual de  
la misma a la ESCUELA SUPERIOR  
POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

-----  
Nelson Quizhpe Q.

-----  
Luis Brito Torres.

## RESUMEN

El módulo que presentamos en este trabajo se basa en un sensor que mide la inclinación del objeto al cual está sujeto, es un dispositivo de parallax, que lo importamos de Estados Unidos, es un sensor muy útil ya que tiene muchas aplicaciones, como para detectar vibraciones o diversas aplicaciones en los celulares, las cuales están descritas detalladamente en este trabajo. El sensor MX2125 trabaja sin ninguna entrada externa ya es un dispositivo que internamente está compuesto de un receptáculo cuadrado con un elemento calorífico que calienta una burbuja de gas, y cuatro sensores de temperatura, los cuales varían de temperatura dependiendo que tan cerca estén de la burbuja de gas.

Este proyecto lo abordamos porque es muy interesante encontrar aplicaciones y demostrar que estos dispositivos se pueden controlar con microcontroladores en varios lenguajes de programación, en nuestro caso mikrobasic Pro. Tuvimos que usar dos microcontroladores por que usamos cuatro módulos CCP, dos por cada microcontrolador.

La salida del sensor son señales PWM es decir anchos de pulso, para lo cual tuvimos que hacer un programa que mida el ancho de pulso por medio de dos interrupciones, una en flaco ascendente y la otra en flaco descendente, así pudimos tomar en ancho de pulso positivo que es lo que necesitábamos.

La implementación no fue muy complicada, solo tuvimos que tomar en cuenta las recomendaciones del fabricante y las seguridades de la alimentación para no averiar ningún elemento electrónico de nuestro proyecto.

# ÍNDICE GENERAL

## Capítulo 1

1	ANÁLISIS Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	
1.1	Objetivo general y justificación del proyecto.....	1
1.2	Información General del Proyecto .....	3
1.3	Estrategia Implementada .....	7
1.4	Limitaciones del Proyecto .....	10
1.5	Aplicaciones del acelerómetro .....	11
1.5.1	Aplicación del Acelerómetro en la Tecnología móvil de celulares.....	14
1.5.2	Aplicación del Acelerómetro en el Análisis de Vibraciones.....	16
	en Maquinas y Estructuras	

## Capítulo 2

2	FUNDAMENTACION TEORICA	
2.1	Descripción general de un acelerómetro .....	18
2.1.2	Tipos de Acelerómetros.....	24
2.2	Descripción del microcontrolador 18f4431 .....	31
2.3	Descripción del acelerómetro MX2125 .....	33
2.4	Características del acelerómetro MX2125 .....	36
2.5	Especificaciones y Aplicaciones .....	36
2.6	Funcionamiento del sensor MX2125 .....	37
2.7	Encapsulado del sensor MX2125 .....	38
2.8	Protocolo de Comunicación del sensor MX2125 .....	39



2.9 Cálculo del ángulo de inclinación del sensor MX2125 .....	40
---	----

### Capítulo 3

#### 3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

3.1 Características del Sistema .....	42
3.2 Diseño del hardware y software del proyecto .....	42
3.3 Descripción de los Bloques Funcionales .....	43
3.4 Sensor MX2135 .....	44
3.5 Microcontrolador 18F4431 .....	45
3.6 Programa desarrollado en el microcontrolador PIC 18F4431.....	46
3.7 Pantalla LCD .....	46
3.8 Programa desarrollado para el microcontrolador principal PIC 18F4431.....	47
3.9 Programa desarrollado para el segundo microcontrolador PIC 18F4431....	58
3.10 Placas elaboradas en PROTEUS 7.5 .....	61
3.11 Gráficos de las salidas del Sensor MX2125 .....	62

### Capítulo 4

#### 4 SIMULACIÓN IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

4.1 Implementación del Hardware. ....	65
4.2 Coordenadas de la posición del sensor mostradas en el LCD .....	67
4.3 Angulo de inclinación del sensor mostrado en el LCD .....	68
4.4 Simulación en proteus .....	70
4.5 Simulación en proteus de la posición y ángulo mostrado en el LCD.....	71

### Conclusiones y Recomendaciones

### Bibliografía

# ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 Módulo Acelerómetro MX2125.....	2
Fig 1.2 Chip Acelerómetro MX2125.....	2
Fig. 1.3 Movimiento del Acelerómetro Uniaxial .....	7
Fig. 1.4 Movimiento del Acelerómetro .....	10
Fig. 1.5 Tarjeta electrónica del Acelerómetro Dos ejes MX2125 .....	13
Fig 1.6 Tarjeta electrónica del Acelerómetro Tres ejes MMA7455.....	13
Fig. 1.7 Aplicación del Acelerómetro en la Tecnología Móvil de celulares.....	14
Fig. 1.8 Aplicación del Acelerómetro en el Análisis de Vibraciones .....	16
Fig. 1.9 Acelerómetro Piezo Eléctrico Modelo 101.01 VibraSens .....	17
Fig 2.1 Estructura del Acelerómetro Masa Sísmica .....	23
Fig. 2.2 Estructura del Acelerómetro Vapor Interno .....	23
Fig. 2.3 Estructura del Acelerómetro Tipo Capacitivo .....	26
Fig. 2.4 Aspecto físico del Acelerómetro Tipo Capacitivo .....	27
Fig 2.5 Estructura física del Acelerómetro piezo eléctrico .....	27
Fig 2.6 Estructura física del Acelerómetro piezo eléctrico .....	29
Fig. 2.7 Capsulado del Microcontrolador PIC 18F4431 .....	32
Fig. 2.8 Figura que muestra grados de inclinación del sensor MX2125 .....	35
Fig. 2.9 Direcciones del Movimiento del sensor MX2125 .....	35
Fig 2.10 Estructura del sensor MX2125 .....	37
Fig 2.11 Encapsulado MX2125 .....	38

Fig. 2.8.1 Gráfica que muestra la señal PWM de salida del sensor MX2125 .....	39
Fig. 2.9.1 Gráfica que muestra el cálculo del ángulo de inclinación del sensor ..	40
Fig. 2.9.2 Cálculo del ángulo de inclinación del sensor MX2125 .....	41
Fig 2.9.3 Plano cartesiano que muestra el rango de movimiento del sensor.....	41
Fig. 3.1 Esquema general del sistema.....	43
Fig. 3.2 Gráfica que muestra las señales de salida del sensor MX2125.....	44
Fig. 3.3 Pantalla LCD.....	46
Fig 3.4 Gráfica de simulación en Proteus del proyecto.....	61
Fig. 3.5 Gráfica de señal de salida medida en el osciloscopio Sensor en Reposo .....	62
Fig. 3.6 Gráfica de señal de salida medida en el osciloscopio cuando hay un movimiento máximo en el eje positivo .....	63
Fig. 3.7 Gráfica de señal de salida medida en el osciloscopio cuando hay un movimiento máximo en el eje negativo... ..	64
Fig. 4.1 Gráfica del proyecto simulado en el PROTO BOARD .....	65
Fig. 4.2 Gráfica del proyecto simulado en el PROTO BOARD .....	66
Fig. 4.3 Gráfica del proyecto simulado en el PROTO BOARD Muestra las señales medidas en el eje X e Y .....	67
Fig. 4.4 Gráfica del proyecto simulado en el PROTO BOARD Muestra la señal del ángulo de inclinación.....	68
Fig. 4.5 Gráfica del proyecto terminado simulado en el PROTO BOARD Muestra la señales medidas en el eje X e Y del ángulo de inclinación.... ..	69

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características Principales del Microcontrolador PIC 18F4431.....	33
Tabla 2 Características Principales del sensor MX2125 .....	39

# INTRODUCCIÓN

El presente trabajo describe el estudio para la implementación de un acelerómetro que contiene el sensor MX2125, en el cual vamos a programar dos microcontroladores 18F4431 para controlar y modificar las señales para luego mostrarlas en una pantalla LCD.

En el capítulo 1 de este documento, se describe la justificación del proyecto, las herramientas utilizadas en el desarrollo del presente proyecto, así como el alcance y las limitaciones en la elaboración del mismo.

En el capítulo 2 se muestra una perspectiva general de los fundamentos teóricos utilizados para la elaboración del acelerómetro y específicamente el funcionamiento del sensor MX2125.

En el capítulo 3 se describe el diseño y la implementación del proyecto que está compuesto por tres partes, la primera que es la conexión del sensor donde se realiza la toma de datos, la segunda que corresponde al microcontrolador que es la parte principal ya que es el intermediario entre el sensor MX2125 y el LCD y la tercera parte que es la conexión del LCD para mostrar las coordenada de X, Y , y el ángulo de inclinación dadas por el sensor MX2125 y procesadas por el PIC.

En el capítulo 4 se observan las simulaciones del circuito, y además las pruebas realizadas con el hardware y software funcionando.