



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



RESUMEN TESIS DE GRADO

AUTORES:

NOMBRE(S): EDINSON **APELLIDO(S):** CÁCERES PARRA

NOMBRE(S): SAID GONZALO **APELLIDO(S):** RODRÍGUEZ RAMÍREZ

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): JOSÉ ARMANDO **APELLIDO(S):** BECERRA VARGAS

TÍTULO DE LA TESIS: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VARIADOR DE VELOCIDAD CON ALGORITMO DE CONTROL ESCALAR MEDIANTE MODULACIÓN SPWM IMPLEMENTADO EN UN MICROCONTROLADOR.

RESUMEN

En este proyecto se diseñó y construyó un variador de velocidad para motores de inducción, utilizando el método de control escalar implementado en un microcontrolador con módulos especiales de hardware, se utilizaron drivers para controlar la conmutación de los interruptores del puente inversor trifásico. Los resultados se analizaron con las mediciones tomadas mediante osciloscopio.

PALABRAS CLAVES: CONTROL DE MOTORES, CONTROL ESCALAR, INVERSOR TRIFÁSICO, MODULACIÓN SPWM

PAGINAS: 71

PLANOS: 0

ILUSTRACIONES: 34

CD-ROM: 1

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VARIADOR DE VELOCIDAD CON
ALGORITMO DE CONTROL ESCALAR MEDIANTE MODULACIÓN SPWM
IMPLEMENTADO EN UN MICROCONTROLADOR

EDINSON CÁCERES PARRA
SAID GONZALO RODRÍGUEZ RAMÍREZ

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2013

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VARIADOR DE VELOCIDAD CON
ALGORITMO DE CONTROL ESCALAR MEDIANTE MODULACIÓN SPWM
IMPLEMENTADO EN UN MICROCONTROLADOR

EDINSON CÁCERES PARRA
SAID GONZALO RODRÍGUEZ RAMÍREZ

Proyecto de grado para optar el título de ingeniero electrónico

Director
JOSÉ ARMANDO BECERRA VARGAS
Msc. en ingeniería

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2013

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: San José de Cúcuta, Noviembre 25 de 2013

HORA: 07:00 A.M.

LUGAR: SALA DE JUNTAS DEL DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD Y
ELECTRÓNICA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Título de la Tesis: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VARIADOR DE VELOCIDAD
CON ALGORITMO DE CONTROL ESCALAR MEDIANTE
MODULACIÓN SPWM IMPLEMENTADO EN UN
MICROCONTROLADOR"

Jurados: IE. ESP. SERGIO IVÁN QUINTERO AYALA
IE. M.SC. SERGIO BASILIO SEPÚLVEDA MORA

Director: IE. M.SC. JOSÉ ARMANDO BECERRA VARGAS

Nombre de los Estudiantes	Código	Calificación	
		Letra	Número
EDINSON CÁCERES PARRA	0160951	Cuatro, cinco	4.5

MERITORIA



IE. ESP. SERGIO IVÁN QUINTERO AYALA



IE. M.SC. SERGIO BASILIO SEPÚLVEDA MORA



Vo.Bo. IE. DINAEL GUEVARA IBARRA, Ph.D.
Coordinador Comité Curricular
Ingeniería Electrónica

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: San José de Cúcuta, Noviembre 25 de 2013

HORA: 07:00 A.M.

LUGAR: SALA DE JUNTAS DEL DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Título de la Tesis: "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VARIADOR DE VELOCIDAD CON ALGORITMO DE CONTROL ESCALAR MEDIANTE MODULACIÓN SPWM IMPLEMENTADO EN UN MICROCONTROLADOR"

Jurados: IE. ESP. SERGIO IVÁN QUINTERO AYALA
IE. M.SC. SERGIO BASILIO SEPÚLVEDA MORA

Director: IE. M.SC. JOSÉ ARMANDO BECERRA VARGAS

Nombre de los Estudiantes	Código	Calificación	
		Letra	Número
SAID GONZALO RODRÍGUEZ RAMÍREZ	0160926	Cuatro, cinco	4.5

MERITORIA



IE. ESP. SERGIO IVÁN QUINTERO AYALA



IE. M.SC. SERGIO BASILIO SEPÚLVEDA MORA



Vo.Bo. IE. DINÁEL GUEVARA IBARRA, Ph.D.
Coordinador Comité Curricular
Ingeniería Electrónica

A mi madre María, su esfuerzo y sacrificio me permiten alcanzar este logro.

Edinson Cáceres Parra.

A Dios, por el inmenso regalo de la existencia, su incondicional presencia en los momentos difíciles de mi vida, por regalarme mi familia y poner a mi lado las personas idóneas que han contribuido a mi formación.

A mi madre, por su incondicional amor y cariño, por toda una vida dedicada a mi formación, su entrega desmedida y su apoyo, por inculcarme valores y principios que han regido mi vida por el camino de la felicidad y tranquilidad.

A mi padre por su apoyo en todos estos años de estudio.

A mi esposa, por su comprensión y apoyo en todos estos semestres, por su incondicionalidad y por ser un motivo más que me impulsa a ser cada día mejor.

A mis hermanos, por su apoyo y colaboración durante estos años de arduo trabajo y dedicación.

A toda mi familia, por el deseo inmenso de que se cumpla mi objetivo, por el apoyo y por brindarme el ambiente propicio de felicidad y unión, fundamentales en todo este tiempo de gran esfuerzo y dedicación.

Said Gonzalo Rodríguez Ramírez

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud:

Al ingeniero José Armando Becerra Vargas, el director de este proyecto, por sus valiosos aportes, su orientación y la confianza depositada en nosotros.

Al ingeniero Freddy Rengifo Bolaños en CEMEX, mi tutor de pasantía, gracias a él pude realizar la investigación preliminar de este proyecto.

Edinson Cáceres Parra

Al Ingeniero Armando Becerra, director de tesis. Por su gran apoyo y colaboración en estos meses, por brindarnos las herramientas necesarias para la realización del proyecto.

Said Gonzalo Rodríguez Ramírez

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	18
1.1 TÍTULO	18
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.3 JUSTIFICACIÓN	19
1.3.1 Beneficios académicos	19
1.3.2 Beneficios tecnológicos	19
1.3.3 Beneficios sociales	19
1.3.4 Beneficios institucionales	20
1.4 OBJETIVOS	20
1.4.1 Objetivo general	20
1.4.2 Objetivos específicos	20
1.5 DELIMITACION	20
1.5.1 Tipo de proyecto	21
2. MARCO REFERENCIAL	22
2.1 ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO	22

2.2 MARCO TEÓRICO	23
2.2.1 Motor eléctrico de inducción	23
2.2.1.1 Principio de funcionamiento	23
2.2.1.2 Modelo del motor asíncrono	24
2.2.2 Rectificación de voltaje	27
2.2.3 Inversores trifásicos	27
2.2.3.1 Inversores trifásicos modulados	30
2.2.4 Mosfet de potencia	30
2.2.4.1 Disipación de potencia	31
2.2.5 Drivers de compuerta	32
2.2.6 Circuitos integrados programables	32
2.2.7 Programación en lenguaje C	32
2.3 MARCO LEGAL.	33
3. METODOLOGÍA	35
4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL HARDWARE	38
4.1 EL MICROCONTROLADOR	39
4.1.1 Selección del microcontrolador	39
4.1.2 El módulo PCPWM del PIC18F4431	41
4.1.2.1 Frecuencia de la salida PWM	41
4.1.2.2 Ciclo activo de la salida PWM	43

4.1.2.3 Tiempo muerto entre pares complementarios	43
4.1.3 El Timer0	43
4.1.4 El Timer1	43
4.1.5 El módulo MFM	43
4.1.5.1 Medición de velocidad	43
4.1.6 El módulo timer5	45
4.2 El ENCODER	45
4.3 El LCD	46
4.4 El RECTIFICADOR	47
4.5 El MOSFET	47
4.5.1 Selección del mosfet	47
4.5.2 Cálculo del disipador de calor para el IRF840	48
4.5.3 Cálculo del circuito Snubber	50
4.6 EL CONTROLADOR DE COMPUERTA	52
4.6.1 Selección del controlador de compuerta	52
4.6.2 Componentes auxiliares del controlador de compuertas IR2110	54
4.6.2.1 El diodo de bootstrap	54
4.6.2.2 El condensador de bootstrap	54
4.7 EL OPTOACOPLADOR	55
4.7.1 Selección del optoacoplador	55
4.8 DISEÑO DE LAS TARJETAS DE CIRCUITO IMPRESO	55

5. DESARROLLO DEL SOFTWARE	60
5.1 FUNCIONES DEL COMPILADOR PIC C	60
6. RESULTADOS	65
6.1 PRUEBAS DE LAS SEÑALES DE CONTROL	65
6.2 PRUEBAS DEL VARIADOR CON CARGA RESISTIVA	67
6.3 PRUEBAS DEL VARIADOR CON MOTOR	68
7. CONCLUSIONES	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71