



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
DIVISIÓN BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): JESÚS ALVEIRO APELLIDOS: ALFONSO GERENA

NOMBRE(S): DIEGO ARMANDO APELLIDOS: ALBARRACÍN ORTEGA

FACULTAD: DE INGENIERIAS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA ELECTRÓNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): DINAEEL APELLIDOS: GUEVARA IBARRA

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): _____

TRANSMISOR DE MICROONDAS EN LA BANDA DE 2.5GHz.

RESUMEN

El presente documento contiene las bases teóricas necesarias para el diseño y simulación de un transmisor de microondas en la banda de 2.5GHz con una potencia de 500mW para pruebas de propagación e investigación en la predicción de la onda electromagnética, utilizando la herramienta computacional Microwave Office AWR (Applied Wave Research), que trabaja con diseño de circuitos en radio frecuencia, sistemas de comunicaciones inalámbricas, simulador electromagnético en 3D, que fue parte fundamental en el diseño de las líneas de microtiras, acople de impedancias y el diseño del amplificador de potencia con transistores de Nitruro de Galio (GaN) de alta movilidad de electrones (HEMT), que ofrecen alta potencia y ganancia en comparación con otras tecnologías de transistores.

PALABRAS CLAVES: TRANSMISOR, MICROONDAS, TELECOMUNICACIONES, MICROTIRAS, TRANSISTORES.

CARACTERÍSTICAS:

PAGINAS: 163 PLANOS: ILUSTRACIONES: 83 CD ROOM: 1

TRANSMISOR DE MICROONDAS EN LA BANDA DE 2.5 GHZ

**JESUS ALVEIRO ALFONSO GERENA
DIEGO ARMANDO ALBARRACIN ORTEGA**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2014**

TRANSMISOR DE MICROONDAS EN LA BANDA DE 2.5 GHZ

**JESUS ALVEIRO ALFONSO GERENA
DIEGO ARMANDO ALBARRACIN ORTEGA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de
Ingenieros Electronicos**

**Director
DINAEL GUEVARA IBARRA
Ph.D. en Ingeniería**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA ELECTRÓNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2014**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: San José de Cúcuta, 19 de Noviembre de 2014

HORA: 10:00 A.M.

LUGAR: AULA LG 112

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Título de la Tesis: "TRANSMISOR DE MICROONDAS EN LA BANDA DE 2.5 GHz".

Jurados: IE. JOSÉ ALEJO RANGEL ROLÓN
IE. Esp. KARLA CECILIA PUERTO LÓPEZ

Director: IE. PhD DINAEL GUEVARA IBARRA

Nombre de los Estudiantes	Código	Calificación	
		Letra	Número
JESÚS ALVEIRO ALFONSO GERENA	1160350	Cuatro, siete	4.7
DIEGO ARMANDO ALBARRACÍN ORTEGA	1160349	Cuatro, siete	4.7

MERITORIA



IE. JOSÉ ALEJO RANGEL ROLÓN



IE. Eps. KARLA CECILIA PUERTO LÓPEZ



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

DEDICATORIA

A Dios, porque desde mis primeros años de estudio ha guiado mi aprendizaje.

A mis padres, Pablo Antonio Alfonso y Betty Gerena por enseñarme la importancia del estudio, a ellos corresponde toda mi gratitud porque su esfuerzo y compañía han sido mi fortaleza a lo largo de mi vida.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar mis metas y proyectos.

Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

Jesus Alveiro Alfonso Gerena

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis padres Ricardo Albarracín y María Irma Ortega por dame la vida y apoyo, creando de mi un ser digno y útil a la sociedad.

A mis hermanos que por ser mi motivación para salir adelante y ser una mejor persona para brindarles un futuro mejor.

A mis abuelos Lucinda Jaimes y Silverio Albarracín por llenarme de consejo y virtudes que me ayudaron a soportar el duro golpe de la pérdida de mi padre.

A mi tío Gerardo Albarracín por enseñarme que en la vida nada es fácil y necesario.

Diego Albarracín Ortega

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	11
1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	12
1.1 TITULO	12
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
1.4 JUSTIFICACIÓN	13
1.5 OBJETIVOS	14
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	14
1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	14
1.6 ALCANCES	15
1.7 LIMITACIONES	15
2 MARCO REFERENCIAL	16
2.1 ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE	16
2.1.1 TESIS N° 1	16
2.1.2 TESIS N° 2	16
2.1.3 TESIS N° 3	17
2.1.4 TESIS N° 4	17
2.2 MARCO TEORICO.	18
2.2.1 DEFINICIONES Y PROPIEDADES BÁSICAS DE MICROONDAS	18
2.2.2 VENTAJAS DE LA COMUNICACIÓN EN MICROONDAS	18

2.2.3	PARÁMETROS DE SCATTERING	18
2.2.4	REDES DE DOS PUERTOS	19
2.2.5	SUBSTRATOS DE MICROONDAS	20
2.2.6	CARACTERISTICAS DE LOS SUBTRATOS	22
2.2.7	CARACTERÍSTICAS Y TIPOS DE SUBSTRATOS	22
2.2.8	DISEÑO DE MICROTIRAS	24
2.2.9	PÉRDIDAS EN LA MICROTIRA	25
2.2.10	METODO PRACTICO PARA DISEÑO DE UNA MICROTIRA	26
2.2.11	CONSIDERACIONES PARA ESPESOR DE LA METALIZACION t	26
2.2.12	ESTIMACION DEL PARAMETRO ϵ_r PARA CARACTERIZAR SUSTRATOS DE MICROONDAS CON LAS ECUACIONES DE DISEÑO	27
2.2.13	TRANSISTORES RADIO FRECUENCIA	29
2.2.13.1	TRANSISTORES BJTs, HBTs, MOSFETs y MESFETs	29
2.2.13.2	ANALISIS TEORICO DE LA POTENCIA, GANANCIA Y EFICIENCIA TRANSISTOR	29
2.2.14	RED DE POLARIZACIÓN T	31
2.2.15	CONDICIONES NECESARIAS Y SUFICIENTES PARA LA ESTABILIDAD	31
2.2.16	CLASES DE AMPLIFICADORES DE POTENCIA	32
2.2.17	AMPLIFICADOR DE POTENCIA	33
2.3	MARCO LEGAL	34
3	DISEÑO METODOLOGICO	36
3.1	METODOLOGIA PARA DISEÑO DE TRANSMISOR DE RF	36
3.1.1	ESPECIFICACIONES DEL TRANSMISOR DE RF	36

3.1.2	TECNOLOGIA DEL TRANSISTOR DE RF	38
3.1.3	SELECCIÓN DEL TRANSISTOR	39
3.1.4	CARACTERIZACIÓN DEL TRANSISTOR CON LA HERRAMIENTA AWR	40
3.1.5	SELECCIÓN DEL PUNTO DE POLARIZACIÓN Q	43
3.1.6	POLARIZACIÓN DE UN HEMT DE GAN CON ELEMENTOS DISCRETOS	48
3.1.7	SELECCIÓN DEL INDUCTOR DE CHOKES	49
3.1.7.1	CARACTERIZACION DEL INDUCTOR DE CHOKES	50
3.1.8	SELECCIÓN DEL CAPACITOR DE BYPASS	52
3.1.8.1	CARACTERIZACION CAPACITOR BYPASS DE RF	53
3.1.9	SELECCIÓN DEL SUBSTRATO	56
3.1.9.1	CALCULO MICROTIRA UTILIZANDO SOFTWARE TXLINE MICROSTRIP	57
3.1.9.2	SIMULACIÓN DEL TIPO DE SUBSTRATO	59
3.1.10	ANALISIS DEL BIASTEE CON Y SIN LINEAS DE MICROTIRAS	60
3.1.11	ANALISIS DE ESTABILIDAD DEL AMPLIFICADOR	63
3.1.12	REDES ADAPTADORAS ENTRADA Y SALIDA	68
3.1.12.1	ANALISIS DISEÑO FILTRO PASABANDA	73
3.1.13	SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN OSCILADOR CONTRALADO POR VOLTAJE (VCO)	75
3.1.14	ANALISIS DE RESULTADOS PROTOTIPO FINAL	78
3.1.15	TRAZADO FISICO CIRCUITOS LAYOUT	87
4	TABLA DE RESULTADOS TRANSMISOR	98
5	COSTOS DEL PROYECTO	99
6	CONCLUSIONES	100

TRABAJOS FUTUROS	101
BIBLIOGRAFIA	102
ANEXOS	104