



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS



## RESUMEN – TESIS DE GRADO

**AUTORES: EDWIN TORRES SILVA**

---

**FACULTAD: DE INGENIERIAS**

---

**PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA ELECTRÓNICA**

---

**DIRECTOR: DINAEL GUEVARA IBARRA**

---

**TITULO DE LA TESIS: DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN TRANSMISOR Y RECEPTOR EN LA FRECUENCIA DE MICROONDAS DECIMÉTRICAS DE 900 MHZ PARA UN SISTEMA DE MODULACIÓN EN FRECUENCIA (F.M) UTILIZANDO LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL “MICROWAVE OFFICE 2000”**

---

### **RESUMEN**

Este trabajo contiene el diseño, análisis y evaluación de los resultados de un circuito transmisor y un circuito receptor para la frecuencia de microondas de 900 Mhz aplicado en el sistema de modulación en frecuencia.

Para el diseño de estos circuitos se ha implementado la herramienta computacional “MICROWAVE OFFICE 2000”.

Además se presenta un contenido de los conceptos básicos y necesarios para diseños de circuitos de alta frecuencia.

### **CARACTERISTICAS**

**PAGINAS** 328 **PLANOS**        **ILUSTRACIONES**        **CD-ROM** 1

**DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN TRANSMISOR Y RECEPTOR EN LA  
FRECUENCIA DE MICROONDAS DECIMÉTRICAS DE 900 MHZ PARA UN  
SISTEMA DE MODULACIÓN EN FRECUENCIA (F.M) UTILIZANDO LA  
HERRAMIENTA COMPUTACIONAL “MICROWAVE OFFICE 2000”**

**EDWIN TORRES SILVA**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA ELECTRONICA  
SAN JOSE DE CÚCUTA  
2004**

**DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN TRANSMISOR Y RECEPTOR EN LA  
FRECUENCIA DE MICROONDAS DECIMÉTRICAS DE 900 MHZ PARA UN  
SISTEMA DE MODULACIÓN EN FRECUENCIA (F.M) UTILIZANDO LA  
HERRAMIENTA COMPUTACIONAL “MICROWAVE OFFICE 2000”**

**EDWIN TORRES SILVA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero  
Electrónico**

**Director:  
DINAEL GUEVARA IBARRA  
Ing. Electricista**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS  
PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERIA ELECTRONICA  
SAN JOSE DE CÚCUTA  
2004**



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERIA



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: Cúcuta, 10 de marzo de 2004

HORA: 16:00

LUGAR: Sala 1 Edificio CREAD

Plan de estudio: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Título de la tesis: "DISEÑO Y ANÁLISIS DE UN TRANSMISOR Y RECEPTOR EN LA FRECUENCIA DE MICROONDAS DECIMÉTRICAS DE 900 MHZ PARA UN SISTEMA DE MODULACIÓN EN FRECUENCIA (FM) UTILIZANDO LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL "MICROWAVE OFFICE 2000"

Jurados: LUIS ANTONIO HERRERA BARRERA  
GABRIEL SÁNCHEZ SUÁREZ  
JOSÉ ALEJO RANGEL ROLÓN

Director: DINAEL GUEVARA IBARRA

Nombre de los estudiantes	Código	Calificación	
		Letra	Número
EDWIN TORRES SILVA	160306	Cinco, cero	5,0

L A U R E A D A

LUIS ANTONIO HERRERA BARRERA

GABRIEL SANCHEZ SUAREZ  
GABRIEL SÁNCHEZ SUÁREZ

José Alejo Rangel  
JOSE ALEJO RANGEL ROLÓN

Vo.Bo. JOSÉ JOAQUÍN DUARTE GUATIBONZA  
Coordinador Comité Curricular  
Ingeniería Electrónica

Jeannette C.

Citando la frase de aquel reconocido político y escritor colombiano, MARCO FIDEL SUÁREZ, “*más vale llegar a ser que haber nacido siendo*” hoy me doy cuenta que mis logros son el anhelo de muchos seres que desean lo mejor para mí. Por esto, el resultado de mis sacrificios, mis alegrías, mis tristezas, mis enojos, mis arrebatos y mi amor por el estudio se lo dedico desde el fondo de mi corazón:

A DIOS TODOPODEROSO, que aunque no soy el modelo ejemplar de ser humano se que soy uno de sus consentidos.

A Hector y Alba, mis padres, por quererme, apoyarme y ser el fundamento esencial de lo que soy hoy.

A Gloria Maria, mi amiga, mi confidente, mi eje intelectual.

A mis hermanas Shirley, Carmen Cecilia y Liliana, por comprenderme y soportarme.

A Yassmin, mi compañera fiel, quien me apoyó en esos momentos difíciles y transcendentales durante mi carrera.

**EDWIN TORRES SILVA**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ing. Dinael Guevara por brindarme su confianza, por sus observaciones y correcciones. Gracias por contaminar en mi ese espíritu investigador y recalcarme constantemente el amor por el conocimiento. Su falta de egoísmo es un ejemplo para muchos.

Al Ing. Armando Becerra que en un momento especial de mi carrera me hizo comprender que en la vida vale lo que aprendes medido como cualidad pero no como cantidad.

A los ingenieros German Gallego, Ricardo Bermúdez, Jhon Jairo Ramírez, Alejo Rangel, por ofrecerme sus conocimientos y saber aprovecharlos.

A Byron, Leonardo, Gabriel, Wilson y Victor Hugo, los hermanos que nunca tuve, por brindarme su amistad, compartir sus experiencias y ayudarme con sus consejos.

A Richar, Asdrúbal, Mario, Nelson, Diego, Freddy, por compartir sus alegrías conmigo en cada momento.

A Ana Rosa y Yesid, mis tíos, por ofrecerme su apoyo incondicional y entregarme su confianza.

A esta Universidad donde pude explotar mis habilidades y conocimiento.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	31
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	32
1.1 TÍTULO	32
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	32
1.3 JUSTIFICACIÓN	33
1.4 IMPACTO ESPERADO	35
1.5 OBJETIVOS	35
1.5.1 Objetivo General	35
1.5.2 Objetivos Específicos	36
2. MARCO DE REFERENCIA	37
2.1 ANTECEDENTES	37
2.2 BASES TEÓRICAS	38
2.2.1 Sistemas de microondas	38

2.2.2	Parámetros y conceptos en una red de dos puertos	41
2.2.3	Redes de acoplamiento y líneas de microtira	46
2.2.4	Análisis de estabilidad en un amplificador	52
2.2.5	Figura de ruido	56
2.2.6	Amplificadores de bajo ruido	59
2.2.7	Amplificadores de potencia	64
2.2.8	Osciladores	68
2.2.9	Mezcladores	84
3.	METODOLOGÍA	96
4.	RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES DE UN CIRCUITO TRANSMISOR Y UN CIRCUITO RECEPTOR QUE OPERAN EN FRECUENCIA DE MICROONDAS	98
5.	SOFTWARE “MICROWAVE OFFICE 2000”	100
5.1	AMBIENTE DE DISEÑO EN EL SOFTWARE MICROWAVE OFFICE 2000	100
5.2	CLASES DE GRÁFICAS PARA EL DESPLIEGUE DE DATOS EN EL SOFTWARE MICROWAVE OFFICE 2000	102
5.3	CLASES DE MEDICIONES CON EL SOFTWARE MICROWAVE OFFICE 2000	103



5.4 ELEMENTOS PARA DISEÑOS DE ALTA FRECUENCIA	104
6. DISEÑO DEL CIRCUITO RECEPTOR DE MICROONDAS DE 900 MHZ	106
6.1 DISEÑO DEL BLOQUE AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO A 900 MHZ	107
6.1.1 Requerimientos del bloque de bajo ruido	109
6.1.2 Circuitos de polarización	112
6.1.3 Primera etapa amplificadora	115
6.1.4 Análisis de estabilidad para la primera etapa amplificadora	116
6.1.5 Segunda etapa amplificadora	121
6.1.6 Análisis de estabilidad para la segunda etapa amplificadora	123
6.1.7 Tercera etapa amplificadora	125
6.1.8 Análisis de estabilidad para la tercera etapa amplificadora	128
6.1.9 Requerimientos de las redes de acoplamiento de las etapas amplificadoras de bajo ruido	130
6.1.10 Diseño de las redes de acoplamiento del bloque amplificador de bajo ruido	137
6.1.11 Medida de los parámetros básicos para el bloque amplificador de bajo ruido	146

6.1.12	Figura de ruido total del bloque amplificador de bajo ruido	148
6.1.13	Análisis de ganancias para el bloque amplificador de bajo ruido	149
6.2	DISEÑO DEL FILTRO PASABANDA A 900 MHZ UTILIZANDO LÍNEAS DE MICROTIRAS	152
6.3	DISEÑO DEL CIRCUITO OSCILADOR DE 855 MHZ	161
6.3.1	Elección del transistor	162
6.3.2	Topología de polarización y punto de polarización	162
6.3.3	Requerimientos de inestabilidad para la oscilación	168
6.3.4	Cálculos de los elementos LC para el oscilador Colpitts	169
6.3.5	Análisis de la respuesta de oscilación	172
6.4	DISEÑO DEL CIRCUITO MEZCLADOR	176
6.4.1	Elección de la topología del circuito mezclador	176
6.4.2	Selección del transistor	176
6.4.3	Selección del punto de polarización	177
6.4.4	Circuito de polarización del transistor	179
6.4.5	Análisis de los armónicos a la salida del circuito mezclador	183

6.4.6 Diseño y análisis del filtro IF	185
6.4.7 Figura de Ruido del circuito mezclador	191
6.5 DISEÑO DEL AMPLIFICADOR DE FRECUENCIA INTERMEDIA A 45 MHZ	194
6.5.1 Selección del transistor	194
6.5.2 Circuito de polarización y selección del punto de polarización	194
6.5.3 Análisis de estabilidad	196
6.5.4 Diseño de las redes de acoplamiento para el amplificador I.F	199
7. SIMULACIÓN Y ANALISIS DEL CIRCUITO RECEPTOR DE MICROONDAS DE 900 MHZ	205
8. DISEÑO DEL CIRCUITO TRANSMISOR DE MICROONDAS A 900 MHZ	225
8.1 DISEÑO DEL AMPLIFICADOR DE FRECUENCIA INTERMEDIA PARA 45 MHZ	226
8.2 DISEÑO DEL CIRCUITO OSCILADOR DE 855 MHZ	228
8.3 DISEÑO DEL CIRCUITO MEZCLADOR	229
8.3.1 Armónicos de salida del circuito mezclador	229
8.4 DISEÑO DEL FILTRO PASABANDA DE 900 MHZ CON 232 LÍNEAS DE MICROTIRAS	233

8.5 DISEÑO DE LA ETAPA DE POTENCIA DE LA SEÑAL R.F DE 900 MHZ	234
8.5.1 Elección para la topología del amplificador de potencia	235
8.5.2 Selección del transistor	235
8.5.3 Elección del punto de polarización	235
8.5.4 Circuitos de polarización del transistor NE46134	238
8.5.5 Eficiencia del bloque amplificador de potencia (P.A)	249
8.5.6 Rango Dinámico para el bloque amplificador de potencia	250
8.5.7 Temperaturas y resistencias térmicas en los dispositivos de etapas de potencia	251
9. SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DEL CIRCUITO TRANSMISOR DE MICROONDAS DE 900 MHZ	255
10. PERSONAS QUE PARTICIPAN EN EL PROYECTO	266
11. PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN	267
12. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	268
13. RESULTADOS	269
14. CONCLUSIONES	274

BIBLIOGRAFÍA

277

ANEXOS

278