



UNIVERSIDAD DE SEVILLA  
Escuela Superior de Ingenieros



Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones

PROYECTO FIN DE MASTER  
Máster en Electrónica, Tratamiento de Señal y Comunicaciones



*Diseño de  
amplificadores de potencia de RF  
en la tecnología de GaN*

**TUTOR:** Dr. D. Carlos Crespo Cadenas

**AUTOR:** Daniel Castaño del Castillo

Sevilla, Noviembre de 2010



## **Agradecimientos:**

Quisiera expresar aquí mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han hecho posible la realización de este proyecto, y a quienes este memoria va expresamente dedicada.

Primero al Profesor Carlos Crespo Cadenas, quien generosamente me ofreció la posibilidad de entrar en el mundo de la investigación, y sin quien no podría haber tenido esta experiencia.

Al Profesor Javier Reina Tosina, quien se hizo cargo ejemplarmente de mi formación, por su gentileza, su amabilidad y su generosidad. Y por ser responsable del proyecto que aquí presentamos.

A la Profesora M<sup>a</sup> José Madero Ayora, por su cercanía en el trato, y su desinterés y dedicación cada vez que le solicité ayuda.

A todos mis compañeros del Departamento de Teoría de la Señal y las Comunicaciones, porque hicieron que el día a día durante mi estancia allí fuera un ejemplo de convivencia y entendimiento.

A todos vosotros, gracias.



# Índice

Capítulo 1: Introducción al proyecto.....	7
1.1. Motivación y justificación del proyecto.....	7
1.2. Objetivos.....	10
1.3. Estructura de la memoria del proyecto.....	11
1.4. Bibliografía.....	12
Capítulo 2: Estado del arte de la tecnología de GaN.....	17
2.1. Introducción.....	17
2.2. Crecimiento de capas epitaxial de GaN.....	19
2.3. Diseño de dispositivos y tecnologías de procesado avanzados.....	23
2.3.1. HEMTs de GaN con placas de campo.....	25
2.3.2. HEMTs de GaN empotrados en profundidad.....	28
2.3.3. HEMTs Metal-Óxido-Semiconductor (MOSHEMT).....	31
2.3.4. Caso de HEMTs de GaN para ondas milimétricas.....	33
2.3.5. Linealidad en HEMTs de GaN.....	36
2.3.6. Desafíos en fiabilidad y fabricación.....	39
2.4. Aplicaciones.....	41
2.5. Resumen y conclusiones.....	44
2.6. Bibliografía.....	45
Capítulo 3: Diseño de amplificadores.....	61
3.1. Introducción.....	61
3.2. Diseño teórico de amplificadores en pequeña señal.....	62
3.2.1. Ecuaciones de ganancia de potencia.....	63

3.2.2. Consideraciones de estabilidad.....	65
3.2.3. Círculos de ganancia constante: Caso unilateral.....	70
3.2.4. Adaptación conjugada simultánea: Caso bilateral.....	75
3.2.5. Círculos de ganancia de potencia operativa y disponible.....	77
3.2.6. Redes de polarización DC.....	79
3.3. Diseño teórico de amplificadores de potencia.....	83
3.3.1. Amplificadores de potencia lineales.....	85
3.3.2. Ejemplo de diseño de un amplificador de potencia Clase A.....	89
3.3.3. Amplificadores de potencia de alta eficiencia.....	94
3.3.4. Ejemplo de diseño de un amplificador de potencia Clase B.....	98
3.4. Resumen y conclusiones.....	105
3.5. Bibliografía.....	106
Capítulo 4: Diseños realizados.....	108
4.1. Introducción.....	108
4.2. Herramienta de diseño ADS y transistor CGH35015F.....	109
4.3. Diseño de un amplificador de microondas en pequeña señal.....	111
4.4. Diseño de un amplificador de potencia de microondas.....	126
4.4.1. Diseño de amplificador Clase A.....	127
4.4.2. Diseño de amplificador Clase B.....	135
Capítulo 5: Resultados.....	142
5.1. Montaje experimental.....	142
5.2. Resultados de simulación.....	149
5.3. Resultados experimentales.....	154
Capítulo 6: Conclusiones del proyecto.....	159
Anexo 1: Data Sheet CGH35015F.....	163