

1.- Introducción

1.1.- Presentación

El objetivo del proyecto actual consiste en diseñar un dispositivo amplificador de bajo ruido para el tratamiento de cualquier tipo de señal que se adecue al ancho de banda del LNA que se implementará. La frecuencia central de dicho dispositivo ha sido seleccionada convenientemente por el Departamento de Teoría de la Señal y las Comunicaciones de la Universidad de Sevilla para que siga la línea de investigación en torno a esta frecuencia que dicha institución está realizando acerca de las nuevas generaciones de telefonía móvil. Esta frecuencia con la que se comenzó a realizar el proyecto fue de 1Ghz, aunque finalmente se consideró más adecuada una frecuencia de 5.5Ghz por los motivos comentados previamente.

La estructura de esta memoria se dividirá en diferentes apartados cuyos contenidos principales se muestran a continuación:

- **Introducción**, en la que se relata brevemente las aplicaciones actuales de los LNA y se describe el HEMT o MODFET, que se será el único transistor que utilizará nuestro amplificador y donde se ponen de manifiesto las condiciones iniciales del proyecto, las limitaciones, tecnologías a utilizar y objetivos que se persiguen.
- **Advanced design system**, es el apartado de la memoria en el que se detallan las características del programa de simulación ADS, eje central de diseño sobre el que se ha realizado el proyecto en cuestión.
- **Estudio de diferentes redes estabilizadoras**, apartado en el que se plantean diferentes circuitos estabilizadores, se comparan y finalmente se selecciona uno para nuestro diseño.

- **Diseño**, en primer lugar se presentan dos tipos de sustratos disponibles y se justifica la selección de uno. A continuación se detallan las fases de diseño de las redes de adaptación y se muestra el diseño de los circuitos de polarización que se utilizarán. Y finalmente se muestra el diseño definitivo del amplificador de bajo ruido de microondas y se indica la forma de haberlo implementado físicamente en la maquina de fabricación asistida por ordenador (CAM) del departamento de Teoría de la señal y las Comunicaciones de la Universidad de Sevilla.
- **Conclusiones y futuras líneas de investigación**, por último se comentan los resultados obtenidos y se presentan diferentes posibilidades de desarrollo de este proyecto.
- **Anexos**, se incluyen las especificaciones y catálogos de los componentes del diseño.

El uso amplificadores de bajo ruido o LNA está muy extendido en nuestros tiempos y se está viendo un incremento en su utilización en aplicaciones “wireless”, tales como Bluetooth, GSM o WLAN [1]. Este tipo de amplificador es utilizado en la primera etapa de recepción, debido a su buena relación SNR, a que presenta un bajo coeficiente de reflexión en el puerto de entrada y a su alta escala de integración. En la figura 1 podemos ver un ejemplo del uso de un LNA en la parte receptora de una estación terrena de comunicaciones por satélite [2].

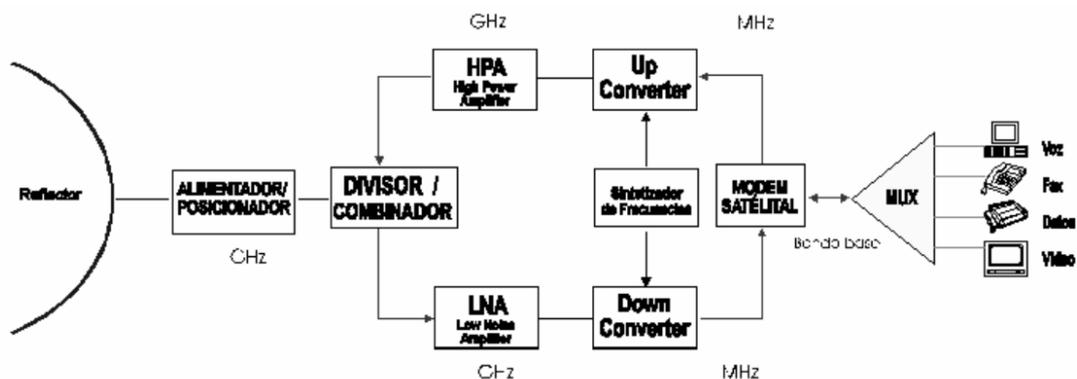


Figura 1.- Diagrama genérico de una estación terrena transmisora/receptora.

El transistor que utilizaremos en este proyecto es un transistor de efecto campo de contaminación intencionada (MODFET, *modulation doped field effect transistor*) [3]. También es muy utilizado el calificativo de transistor de alta movilidad del electrón (HEMT, *high electron mobility transistor*) para este dispositivo. En las figura 2 y 3 pueden observarse diversas secciones de este tipo de dispositivo amplificador.

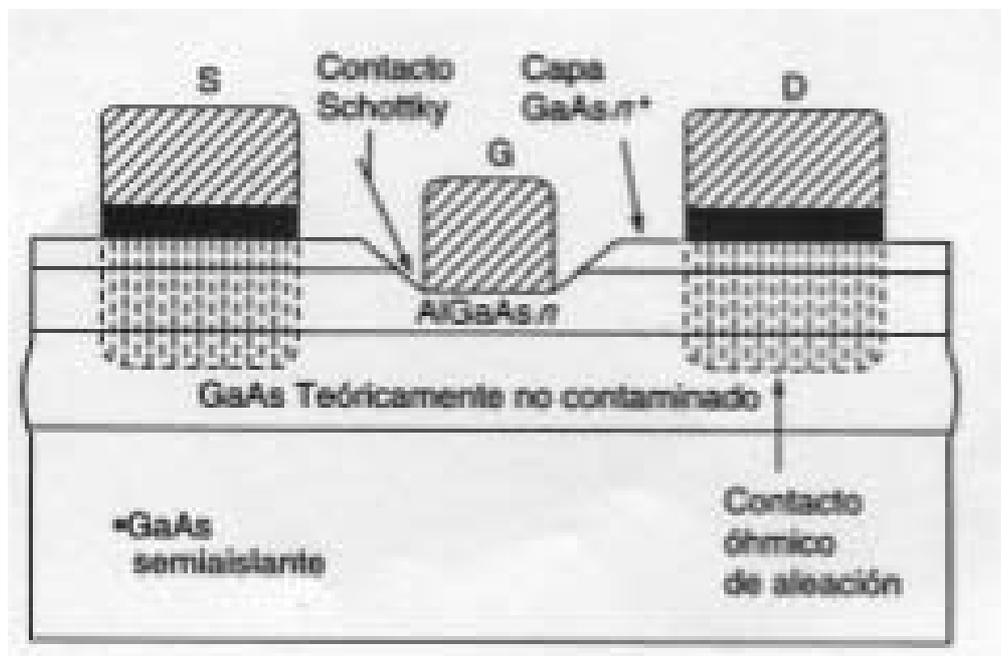


Figura 2.- Sección transversal simplificada de un HEMT.

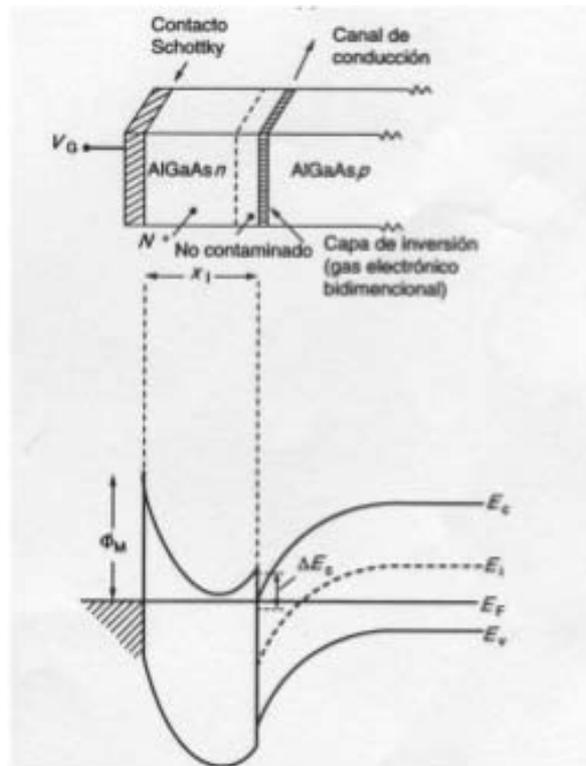


Figura 3.- Sección del transistor debajo de la compuerta y diagrama de bandas de energía asociado.[8]

En la actualidad, las capas de GaAs y de AlGaAs de la estructura semiconductor suelen formarse utilizando el procedimiento de la epitaxia de haz molecular (MBE, *molecular beam epitaxy*), mediante el cual se hacen crecer las capas necesarias manteniendo la continuidad de la estructura cristalina en la entrefase.

Desde el punto de vista físico y funcional, el MODFET es un dispositivo del tipo MOSFET, donde el AlGaAs toma el lugar casi aislante. Como podemos ver en la figura 2, el AlGaAs tiene el ancho de banda (GAP) más amplio que el GaAs, lo que da lugar a una barrera de contención de electrones en la interfaz AlGaAs-GaAs. El AlGaAs está contaminado específicamente para crear una capa de inversión o de acumulación de electrones en la superficie de la GaAs (en la terminología MODFET, la capa conductora de electrones se conoce como gas bidimensional).

La capa de AlGaAs se hace también suficientemente delgada para que resulte vacía en su totalidad por el potencial de la barrera Schottky en la compuerta, en condiciones de equilibrio. La estructura resultante es electroestáticamente similar a un MOSFET con iones de sodio distribuidos en el óxido.

Es importante notar que, a diferencia de las estructuras MESFET, la capa activa de GaAs en el MODFET, en principio, no está contaminada. Entonces, tan solo hay una mínima dispersión con impurezas residuales en la superficie del canal de GaAs. Se observan movilidades de electrón muy altas a temperatura ambiente, e incluso un mayor aumento de movilidades en relación con los MESFET, a temperaturas de nitrógeno líquido.

El MODFET se consideró un fuerte contrincante para su aplicación en los circuitos de lógica de alta velocidad de la década de los 90. En la actualidad hay problemas de voltaje umbral, y no se ve que el proceso de MBE para el crecimiento de las capas de GaAs y AlGaAs sea una técnica válida. El desarrollo de este dispositivo continúa su curso, y el MODFET, al menos, parece ser un precursor del futuro.

1.2.- Consideraciones iniciales

El punto de partida del diseño es el catálogo del transistor seleccionado, en el que los datos más relevantes para nosotros son una tabla con los parámetros S o de scattering que presenta el chip desde 1Ghz hasta 26Ghz, para una tensión drenador-fuente de 2V y una intensidad en el canal de 15mA. A partir de dicha tabla elaboramos un archivo que entienda el ADS, para que el programa de simulación pueda obtener un modelo del dispositivo que pretendemos simular y así poder trabajar con el para obtener el amplificador LNA deseado.

El modelo obtenido de esta forma es un modelo lineal basado en los parámetros S medidos a determinadas frecuencias por un analizador vectorial y las frecuencias que no son proporcionadas en el archivo de datos son interpoladas por el programa, puesto que obviamente no es posible proporcionarle medidas a todas las frecuencias. Este modelo será aceptablemente válido para las simulaciones relacionadas con los parámetros S, no obstante no es posible realizar medidas de tensión o corriente en el dispositivo, puesto que no se le han proporcionado datos relacionados con estas características físicas.

Este modelo sobre el que se podrían realizar todo tipo de medidas físicas sería el modelo real de un transistor, que es no lineal (generalmente en el caso de los transistores). ADS incluye una extensa librería en la que se dispone de una gran variedad de modelos no lineales de HEMTs, el problema radica en que el FET que deseamos utilizar en nuestro diseño no está incluido en esta versión del ADS (2003A).

No obstante, para tener alguna idea de cómo sería la polarización del dispositivo amplificador, utilizaremos el modelo no lineal de un transistor de la librería de otro fabricante que se asemeje al Excelics EPB018A5-70 que será el que utilizaremos. Como podemos observar en la tabla 1, ambos modelos son parejos con respecto a la potencia disipada en el chip, en cuanto a la tensión de polarización y a la corriente de saturación:

Magnitud física	Mitshubitshi ph_mit_MGF491GC_19930915	Excelics EPB018A5-70
Pdiss(max)	200mW	240mW
Vds(típico)	2V	2V
Idss	44.6mA	45mA

Tabla 1.- Comparación entre HEMTs Mitshubitshi y Excelics.

A priori hay que decir que además de la fase de diseño, hay una etapa previa y muy importante de aprendizaje del programa de simulación “Advanced Design Systems” y de todo tipo de herramientas relevantes en el, con la dificultad añadida de que todo el programa y la documentación relacionada con él, está en inglés. Cabe destacar que el lenguaje anglosajón se presenta de forma especializada, por lo que su entendimiento no ha sido del todo sencillo.

Por otro lado, durante el proceso de diseño ha sido necesario retomar desde el inicio el problema en varias ocasiones debido a cambios en la frecuencia de funcionamiento del dispositivo impuestos por el Área de Teoría de la Señal y las Comunicaciones o a resultados que no son los esperados con respecto a un trazado del diseño en concreto, aunque este tipo de cambio se explicará y justificará en el desarrollo de la memoria.

Con respecto al diseño en concreto, decir que las tecnologías que se utilizarán para implementar el dispositivo están impuestas por las limitaciones de fabricación que posee el laboratorio del Área de Radiocomunicación, así que desde el principio se debe orientar la fase de diseño hacia estas tecnologías que se utilizarán finalmente para que el prototipo se ciña con la mayor exactitud posible al diseño realizado mediante el diseño asistido por ordenador (CAD).

El prototipo se implementará, aparte del más que obvio transistor necesario, con líneas de transmisión de tipo Microstrip y con los componentes discretos (resistencias, condensadores y bobinas) de montaje superficial o SMT. Hay que tener en cuenta también las limitaciones de la maquina de fabricación asistida por ordenador (CAM) de que dispone el Departamento de Teoría de la Señal y las Comunicaciones; en cuanto a las dimensiones de las líneas de transmisión su anchura no podrá ser inferior a 400 micras y será importante elegir en lo posible su longitud y anchura lo menor posible para obtener un modelo compacto (siempre superior al límite de 400micras); en cuanto a los componentes de montaje superficial, idealmente se elegirán los componentes más económicos que se ajusten a las tolerancias requeridas, de un tamaño en consonancia con las dimensiones del “layout” de la placa y el menor número posible de ellos para no complicar en exceso el diseño.

El problema radica en la dificultad de conocer los precios de cada uno de los componentes discretos de los que dispone en su librería el ADS, así como en que bastantes de estos componentes están obsoletos y no es sencillo hacerse con sus catálogos, puesto que ya no son fabricados. Así que hemos elegido aquellos componentes pertenecientes a grandes compañías y los mejores, pero sin pasarse, puesto que seguramente serán más económicos que los de máximas prestaciones o menores dimensiones.

En última instancia comentar que el proceso de dibujo del layout en la placa o de decir que parte será conductor y que parte no, sobre la placa del substrato seleccionado, se puede realizar de dos formas. La primera es diseñar a priori el esquemático del circuito y en último lugar introducir los componentes reales SMT y las líneas de transmisión (dibujar los “pads” sobre los que se montarán los componentes SMT, y los fragmentos de cobre que unirán los componentes y los interfaces con el exterior de la placa) y realizar los cambios necesarios para que ambos modelos se asemejen. La otra opción es realizar ambos diseños, esquemático y layout, en paralelo, ver como interaccionan y ajustarlos convenientemente.

En nuestro caso decir que inicialmente se trabajó del primer modo, debido al desconocimiento inicial del programa y al desconocimiento también de la influencia excesiva que tenían las líneas de transmisión en el comportamiento del circuito, aunque finalmente se realizó el diseño en paralelo debido al gran número de líneas de transmisión y de, como ya hemos comentado, la gran influencia de estas.