



CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

A través del trabajo realizado y de los resultados obtenidos en el estudio del transistor y del amplificador, todo ello con el programa de simulación Advanced Design System, se han ido apreciando ciertos aspectos de importancia a tener en cuenta a la hora de futuros desarrollos similares.

En primer lugar, con cada uno de los dispositivos que se adquieren a un fabricante, como el transistor usado, éste proporciona una hoja de datos en la que resume los principales parámetros que caracterizan el comportamiento del dispositivo. Esta información, aunque viene facilitada con un margen de variación, no describe de forma exacta el comportamiento del dispositivo que llega a las manos del usuario, pudiendo diferir de forma considerable. La causa de esta diferencia es que para la elaboración de esos resultados se evalúan varias series de todos los elementos que se fabrican, haciendo una media del comportamiento de todos ellos. Por lo tanto, el resultado de este muestreo no caracteriza de forma exacta a todos los dispositivos fabricados.

Otro factor a tener en cuenta respecto a los datos de la hoja de catálogo es que representan la respuesta del transistor en todo el rango de frecuencia para el que se considera válido su funcionamiento. Por ese motivo, los valores de los elementos del circuito equivalente de pequeña señal representan al transistor en todo el rango completo de funcionamiento. Si únicamente se va a usar en una zona de frecuencia más reducida, se ha comprobado como los resultados de la simulación de parámetros S del circuito de pequeña señal difieren del listado ofrecido por el fabricante. Ese problema ha podido ser solventado mediante la optimización con el ADS de los valores de los componentes del modelo del circuito equivalente, que permite una aproximación muy válida entre los parámetros S. Por lo tanto, puede concluirse que si se va a usar el modelo de pequeña señal del transistor, es mejor realizar primero una optimización de los elementos para que se ajusten lo máximo posible en el rango de frecuencias cercano a la frecuencia de operación.

Se ha podido comprobar como la adición de una red de estabilización al transistor no siempre proporciona una solución adecuada. Si es cierto que mejora notablemente las características de estabilidad, pero a costa de empeorar otros factores como ganancia y ruido. Por lo tanto, será necesario estudiar para cada caso concreto si este tipo de redes proporciona una solución buena al problema de estabilidad. Se puede decir que cada diseño de amplificador es un "mundo" distinto de los demás que debe ser estudiado individualmente.

En siguiente lugar, tras realizar el estudio para el diseño del amplificador necesario con el programa de simulación ADS se concluye que esta herramienta informática ofrece una gran ayuda para el diseñador, ya que dispone de plantillas para las principales técnicas de diseño de amplificadores. Según el objetivo principal a buscar para el diseño entre todas las especificaciones, ofrece la mejor elección posible para los coeficientes de reflexión tanto de la entrada como de la salida. Es en la guía de diseño de amplificadores donde además se ofrecen hojas de datos para la representación de los resultados en el formato adecuado. Por lo tanto, puede concluirse que el empleo de este programa de simulación facilita enormemente las labores del diseño del amplificador.

Otra facilidad que proporciona este programa de simulación es el hecho de disponer de una gran cantidad de modelos predefinidos para la caracterización de los dispositivos. Así, por ejemplo, a la hora de caracterizar al transistor con el modelo de Curtice-3 (o Curtice-Ettenberg) simplemente fue necesario introducir los valores de los parámetros, estando ya definida las relaciones entre ellos.

Además de todo lo mencionado, el empleo de las plantillas para las hojas de datos predefinidas del ADS ha permitido visualizar la evolución de la señal de salida con respecto al tiempo tras realizar una simulación de balance armónico al amplificador y no sólo visualizar el espectro. También ofrece directamente los resultados de la distorsión provocada por la intermodulación, al estar las ecuaciones de cálculo predefinidas, y permite representar los contornos de Load-Pull en los que se ha considerado los efectos no lineales del transistor.

Hay que destacar la importancia de poder implementar los dispositivos como elementos definidos de forma simbólica, ya que le proporciona una gran libertad al diseñador para variar como desee las ecuaciones que representan el comportamiento del dispositivo. De esta manera, el modelo podrá ajustarse si lo considera necesario a la respuesta real que se ha obtenido de forma empírica del dispositivo, siendo a partir de ese momento los estudios realizados con el programa de simulación mucho más parecidos a la realidad.

En conclusión, considero la herramienta de simulación Advanced Design System (ADS) como de gran ayuda y prácticamente indispensable para hacer el estudio de dispositivos como transistores y el diseño, a partir de ellos, de amplificadores de microondas, gracias a las facilidades que pone a disposición del usuario.

6.1. LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

La primera vía de ampliación de la investigación realizada en este proyecto consistiría en la implementación física del amplificador diseñado en el Laboratorio de Radiocomunicación de la Universidad de Sevilla. Para ello, previamente sería necesario hacer un estudio de cual sería el “layout” óptimo del circuito a implementar. Esta labor puede realizarse, de nuevo, con la ayuda del ADS, ya que permite la creación de layouts a partir de los circuitos creados anteriormente con bloques, y pasar de nuevo al circuito. Mediante el uso de esta herramienta pueden hacerse los pasos anteriores a la implementación física de estudio de la configuración del circuito con las pistas, los componentes, su ubicación física o estudio de simetría del modelo.

Tras haber realizado el diseño definitivo habría que fabricar la placa impresa del circuito previa comprobación de la adecuación del diseño y corrección de fallos si existieran. Una vez se disponga del amplificador, sería interesante estudiar su respuesta de funcionamiento para contrastar estos resultados con los obtenidos de forma teórica en el programa de simulación. Para realizar esta fase es necesario disponer de equipamiento para realizar las medidas que opere de forma adecuada en el rango de frecuencias de trabajo, en torno a los 5.25 GHz.

Otra futura línea de investigación es el diseño óptimo del amplificador considerando las características no lineales. En los procedimientos de diseño de amplificadores descritos y posteriormente utilizados se consideraban únicamente los efectos lineales del transistor. Sería interesante hacer un diseño que considerara desde el principio las no linealidades de los dispositivos. El programa de simulación ADS ofrece unos simuladores distintos de los usados que consideran efectos no lineales, como el simulador “LSSP” o “Transient”.

Para solucionar el problema de la no linealidad del amplificador existen soluciones que podrían ser estudiadas, como la predistorsión, realimentación cartesiana, alimentación hacia delante, o polarización dinámica [23]. De estas variadas técnicas que han sido desarrolladas para linealizar, la predistorsión es la más usada. Se basa en deformar de cierta manera la señal en la entrada del circuito para que le afecte en menor medida los efectos no lineales como la intermodulación, reduciéndose el valor de éstos a la salida. Esto se consigue insertando un módulo no lineal entre la señal de entrada y el amplificador que genera una distorsión de intermodulación que es de fase contraria a la generada por el amplificador, consiguiendo por tanto reducir las emisiones fuera de banda. Esta predistorsión puede basarse en técnicas de RF, que ofrece una reducción de la intermodulación razonable en anchos de banda

moderados, o en técnicas digitales, que proporcionan mayor grado de eliminación de la intermodulación pero son más complejas y los anchos de banda son menores por la limitada potencia computacional de los procesadores digitales de señales. Por lo tanto, sería muy interesante diseñar una red de predistorsión para acoplarla al diseño realizado para el amplificador.