

Prólogo

Para la ingeniería de microondas, la puesta a tierra significa mucho más que seguridad, tal y como se podría entender en los circuitos de bajas frecuencias. A altas frecuencias, la corriente de un circuito podría transmitir energía a las corrientes de otros circuitos físicamente separados. Si no se realiza un correcto diseño de la puesta a tierra en ellos, podrían desarrollar comportamientos no esperados e interferir sobre otros circuitos.

Como a bajas frecuencias, los electrones suelen circular desde las fuentes hacia las cargas, volviendo a través de un camino de baja impedancia hacia tierra. Conforme la frecuencia sube, el incremento de la inductancia inherente a dichos caminos provoca serios problemas en el comportamiento de los circuitos de microondas. Además, dado que el tamaño de los circuitos es del orden de la longitud de onda, la longitud del camino de tierra se antojará decisiva para una correcta puesta a tierra.

Alcance y Objetivos

El documento pretende dar al lector una visión general y exhaustiva del problema existente en la puesta a tierra de circuitos que funcionan a frecuencias de microondas. Para ello se comenzará realizando un estudio bastante profundo de la teoría electromagnética y de los componentes necesarios para llegar a una serie de conclusiones importantes en cuanto al “grounding” se refiere.

Más tarde se pasará a simular un circuito de microondas en concreto. Se trata de un circuito en el que aparecerán dos dispositivos activos (amplificadores de microondas). En ningún caso se tratará la fabricación de dicho circuito. Destacar que en las simulaciones llevadas a cabo se ha tratado de hacer corresponder las características de la placa de circuito impreso y de los dispositivos, con modelos que se puedan implementar en la realidad, con vistas a un posterior proceso de fabricación.

El objetivo final será comprobar mediante la práctica (en nuestro caso la simulación) que se cumplen las predicciones lanzadas en el estudio teórico, acerca del problema del “grounding”. Además, la clara visualización de los resultados obtenidos tras la aplicación de ciertas técnicas correctivas como solución de dicha problemática.

Estructura de la memoria

El documento se va a dividir en dos partes principales: una parte teórica, en la que se detallarán los fundamentos necesarios para la posterior comprensión de los fenómenos descendientes de una puesta a tierra poco cuidadosa, y una parte práctica, en la que se estudiará un caso en concreto de circuito de microondas: una cadena de amplificadores sobre una placa de circuito impreso microstrip.

1 Parte Teórica

1.1 Capítulo-1: Introducción a Las Técnicas de Puesta a Tierra (“Grounding”)

En este capítulo se revisarán los fundamentos de las puestas a tierra en circuitos de baja frecuencia, además de la definición de los siguientes términos: tierra, camino de tierra, y puesta a tierra. Se compararán los circuitos de baja frecuencia y los de alta frecuencia, además de las diferencias existentes entre las técnicas de puesta a tierra en ambos tipos de circuitos.

1.2 Capítulo-2: Teoría Electromagnética

En este capítulo se realizará el estudio de las soluciones de las ecuaciones de Maxwell, las cuales describen matemáticamente la interacción a través de la distancia entre fuentes electromagnéticas (cargas y corrientes) y los materiales (dieléctricos, semiconductores, y conductores) en espacio y tiempo. Las ecuaciones de Maxwell nos ayudarán a entender con precisión el comportamiento de las corrientes de tierra en las estructuras conductoras. Se verán aspectos de electrostática, magnetostática, y electromagnetismo.

1.3 Capítulo-3: Líneas de Transmisión, Guías de Onda, y Circuitos Pasivos

En este capítulo se realizará un estudio de las diversas formas de conducir la energía a través del uso de conductores. Conforme subimos la frecuencia tendremos que sustituir los cables convencionales por líneas de transmisión o guías de ondas, permitiendo el transporte de las ondas electromagnéticas entre generadores y cargas. Se revisará la teoría de las líneas de transmisión y guías de ondas, además de examinar las características de los circuitos planares. También se realizará una comparación entre los cortocircuitos DC y RF para la terminación de las líneas de transmisión y otros circuitos pasivos. Se acabará con una discusión de las técnicas para la puesta a tierra en circuitos multicapas.

1.4 Capítulo-4: Transiciones entre Líneas de Transmisión

Las transiciones entre líneas de transmisión son necesarias en la mayoría de los sistemas de microondas. Una transición es la interconexión entre dos líneas de transmisión diferentes, con bajas pérdidas de inserción y altas pérdidas por retorno. El diseño del camino de tierra y de

señal en una transición se antoja de gran importancia. Para que una transición funcione correctamente los caminos deben ser continuos, y estar lo suficientemente juntos para evitar radiaciones parásitas.

1.5 Capítulo-5: Dispositivos y Circuitos Activos de Microondas

En este capítulo nos vamos a centrar, dentro de la cantidad de dispositivos activos de microondas, en los dos más comunes: el diodo de estado sólido, y el transistor efecto campo. Se revisarán las características operacionales más importantes de estos dos. Se plantearán también diversas técnicas de puesta a tierra para estos dispositivos activos. El capítulo concluirá con una discusión acerca de la puesta a tierra de circuitos en los que aparece más de un dispositivo activo (que será el objetivo principal de estudio en la parte práctica del documento).

1.6 Capítulo-6: Antenas

La gran diferencia entre este capítulo y los anteriores radica en el hecho de que las corrientes que fluyen en la superficie de las antenas deben radiar, para poder interactuar con otras antenas. La fuente de estas corrientes es a veces, una línea de transmisión, por lo que de este modo, se podría ver una antena como una carga excitada por una corriente que fluye a través de los conductores que la componen, y que toma la vuelta a través del camino de tierra. Normalmente las antenas están junto a otros objetos conductores. Las corrientes que fluyen en la antena podrían interactuar con otras corrientes que fluyen en esos otros conductores, influyendo de esta manera en el comportamiento de la misma.

1.7 Capítulo-7: Momentum

En este capítulo se revisará de una manera selectiva los aspectos más importante que se van a tomar en uso en las simulaciones pertinentes. Se hará una pequeña introducción general a la herramienta (características generales, modo de operación, etc.), pasando a un análisis más en detalle de los componentes de “momentum” como: bloque simulador, generador de rejilla, puertos, etc.

2 Parte Práctica

2.1 Capítulo-8: Simulación de una Placa de Circuito Impreso

Este primer capítulo práctico está enfocado a un profundo estudio de las puestas a tierra en las placas de circuito impreso que se utilizan como base en la construcción de los circuitos de microondas. El método elegido para ello pasa por la colocación de vías en la estructura (o perforaciones), para la interconexión de la microtira y el plano de tierra. Se hará un estudio de cómo influye el número de vías, junto a la separación entre ellas a lo largo del circuito, acabando el capítulo con la elección del método que se seguirá en adelante para la puesta a tierra en los circuitos a analizar.

2.2 Capítulo-9: Simulación del Circuito de Microondas con Amplificadores Ideales

Se continuará el estudio práctico con la preparación del circuito de microondas a utilizar. Para ello se comenzará realizando el diseño de la línea de transmisión necesaria para llevar la señal a la cadena de amplificadores que posteriormente se monta en la placa. En primera instancia, a modo de estudio preliminar, se estudiará el comportamiento global de circuito mediante la colocación de un solo amplificador ideal. Más tarde se volverá a realizar el estudio con una cadena de estos amplificadores, realizando una comparación entre ambos casos.

2.3 Capítulo-10: Simulación del Circuito de Microondas con Amplificadores Reales

Se concluirá el documento con el estudio práctico de la estructura diseñada en el anterior capítulo, pero con la colocación de un modelo comercial de amplificador. Se realizará un seguimiento de las especificaciones del fabricante y el comportamiento observado del amplificador en conjunción con la placa de circuito impreso. Concluiremos comentando las diferencias observadas, evaluando de esta manera la bondad de los resultados. Llegaremos a la conclusión de que la puesta a tierra propuesta en capítulos anteriores es lo suficientemente correcta como para ser la que se tome en un futuro proceso de fabricación del circuito.