

Introducción

La compatibilidad electromagnética estudia los problemas de interconexión entre los equipos electrónicos y desarrolla métodos para controlar, predecir y resolver los efectos de diferentes perturbaciones:

- la emisión de perturbaciones en los cables de alimentación y de conexión;
- las emisiones radiadas de otros equipos;
- la inmunidad a las perturbaciones que se producen en los cables de alimentación y de conexión;
 - la inmunidad a las perturbaciones radiadas;
 - la inmunidad a las descargas electrostáticas.

La integridad de la señal se ocupa de las perturbaciones en el propio equipo: las distorsiones de las señales a medida que se propagan a través de las interconexiones, desde el cable hasta el circuito integrado, los conectores, las placas de circuito impreso (PCB) y los encapsulados.

Las aplicaciones de audio y vídeo requieren actualmente velocidades cada vez mayores de transmisión y procesamiento de señales, lo que conduce a una ocupación espectral cada vez mayor y, por lo tanto, a la transmisión de frecuencias más altas. Al mismo tiempo, la presencia de varios fenómenos parasitarios limita el ancho de banda del canal de transmisión, por ejemplo:

- las conexiones inductivas o capacitivas;
- los fenómenos de desajuste en las líneas de transmisión;
- la diafonía (*crosstalk*);

– el ruido relacionado con la conmutación de fuentes de alimentación y otros circuitos.

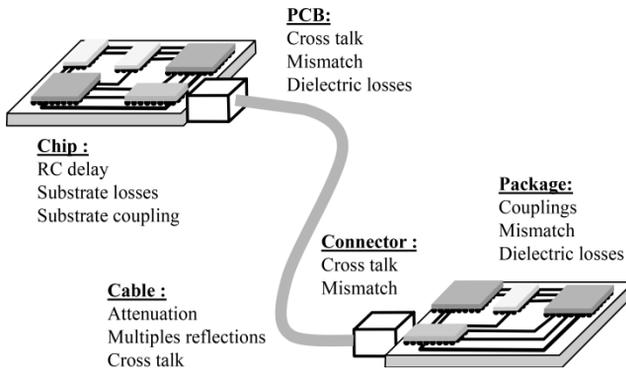


Figura I.1. Fenómenos que deben abordarse en las interconexiones de transmisión de alta velocidad (USBx, HDMI, etc.) entre dos circuitos impresos

Por lo tanto, la transmisión de la señal a través de un canal de transmisión de ancho de banda limitado, compuesto por cajas, conectores y líneas, produce distorsiones que pueden causar errores de transmisión, disminución en el rendimiento de la señal y, por lo tanto, un deterioro general del rendimiento del sistema.

Para el control de la integridad de la señal, los principales fenómenos para tener en cuenta en función de los niveles de interconexión pueden resumirse en la tabla I.1.

	Circuitos integrados	Cajas y conectores	Circuitos impresos	Cables y buses de datos
Degradación del tiempo de subida	***	**	*	
Pérdidas conductoras y dieléctricas	***	**	**	*
Capacidades e inductancias	**	***	*	
Interferencias y diafonía	**	**	***	***
Impedancia de línea		*	**	***

Tabla I.1. Fenómenos clave para la integridad de la señal en las interconexiones (***: mucha importancia, **: mediana importancia, *: poca importancia)

Se utilizan herramientas específicas de análisis y medición para comprender y optimizar los circuitos, con el fin de considerar los distintos puntos resumidos anteriormente:

- la técnica de la reflectometría de dominio temporal;
- el concepto de los parámetros S.

Estos son los temas que se abordarán en este libro; primero, mediante observaciones prácticas, y luego, con la introducción de los principios básicos que permitan al lector dominar los conceptos más complejos y entender los problemas de integridad.

El primer capítulo está dedicado a la degradación del tiempo de subida de las señales digitales, en relación con la transmisión en un canal con ancho de banda limitado y las consecuencias de las perturbaciones en los parámetros de la señal digital. Se presenta la influencia que ejerce la velocidad de la señal y el tiempo de subida en la ocupación espectral, ilustrada con ejemplos de aplicaciones de alta velocidad.

El segundo capítulo trata la modelización de las interconexiones. Se presentan los modelos ICEMe IBIS que se utilizan para la modelización global de los circuitos activos y las interconexiones, con el fin de definir los requisitos del modelo en los diferentes niveles de un sistema. Se aborda la selección de los modelos, compuesta de asociaciones de resistencias, inductancias y capacitancias según el tipo de interconexiones. Tomar en consideración las pérdidas en los conductores y sustratos es un punto crítico de los modelos de circuitos de interconexión. Determinar estos parámetros permite predecir el rendimiento de los circuitos. Este capítulo trata el caso específico de los encapsulados, que implica matrices de inductancia y capacidad para tomar en cuenta la proximidad de los pines.

El tercer capítulo expone la impedancia controlada, la inadaptación y las múltiples reflexiones asociadas. Se tratan los conceptos de líneas de transmisión y de adaptación, esenciales para los buses de datos, ilustrados con casos típicos de buses o líneas impresas. Al mismo tiempo, este capítulo presenta los métodos de análisis de dominio temporal y frecuencia, los cuales son ampliamente utilizados en la integridad de la señal.

El cuarto capítulo introduce el concepto de las líneas de transmisión, las cuales son necesarias para manejar las interconexiones controladas por impedancia. Se presenta la propagación en las líneas y los diversos parámetros asociados, como la impedancia de entrada de una línea, con el fin de anticiparse a las técnicas de medición de los capítulos 5, 6 y 7.

El quinto capítulo explica el concepto de los parámetros S, los cuales se utilizan para determinar el rendimiento de los circuitos y sistemas en el dominio de la frecuencia. Los parámetros S permiten analizar el comportamiento espectral de las interconexiones y validar su desempeño para señales de alta velocidad cuyo espectro se extiende hasta las radiofrecuencias. En particular, se discuten algunas técnicas de caracterización de materiales para el diseño de líneas controladas por impedancia.

El sexto capítulo expone las técnicas de medición del dominio temporal mediante reflectometría temporal (TDR). Este método permite tanto calificar el rendimiento de las interconexiones como localizar defectos, discontinuidades y fuentes de desajuste en circuitos de alta velocidad.

El séptimo capítulo aborda el fenómeno de acoplamiento en la fuente de interferencia y la diafonía en los circuitos integrados, encapsulados y buses de datos. Se presentan los parámetros críticos para el rendimiento del cable y del bus de datos y se explica su impacto.

Este libro se basa en la formación profesional impartida por el autor en el marco del programa de formación continua de la Universidad de Grenoble. Puede ser útil como formación básica para técnicos o ingenieros que deseen abordar con confianza el diseño de circuitos de alta velocidad o sistemas mixtos digitales y de radiofrecuencia.