

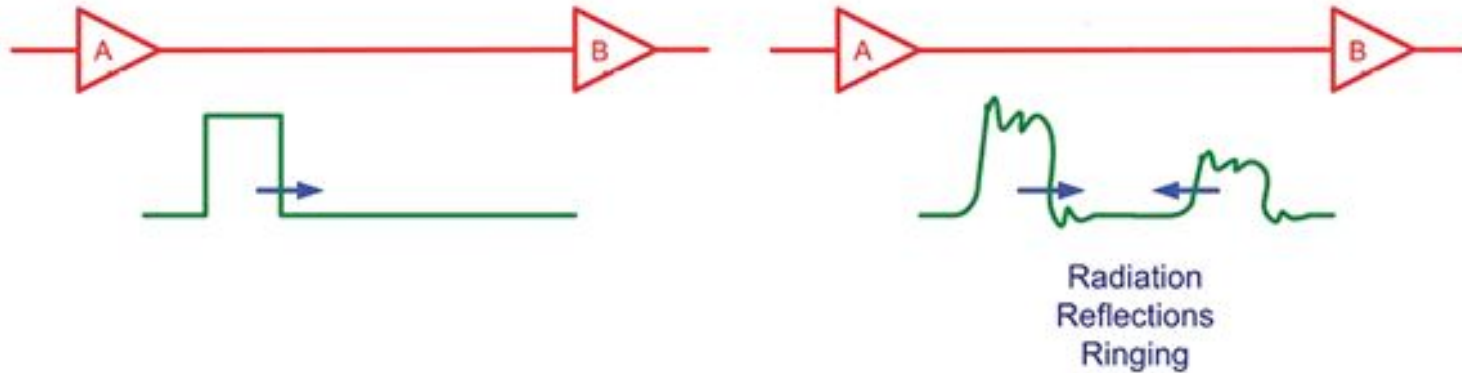
# Black Magic

# Temas

- **Integridad de Señales**
- **Compatibilidad Electromagnética**
- **Shielding y Absorbentes**
- **Líneas de Transmisión**
- **Mediciones**

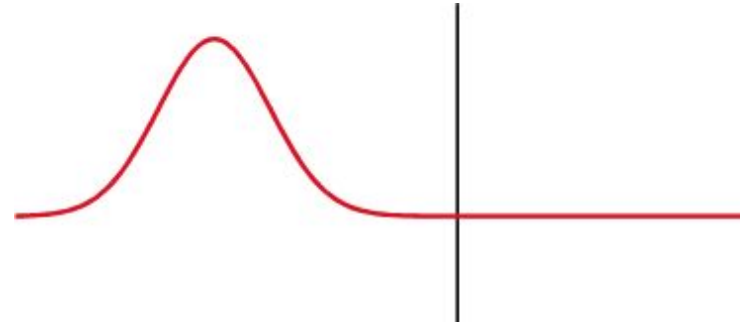
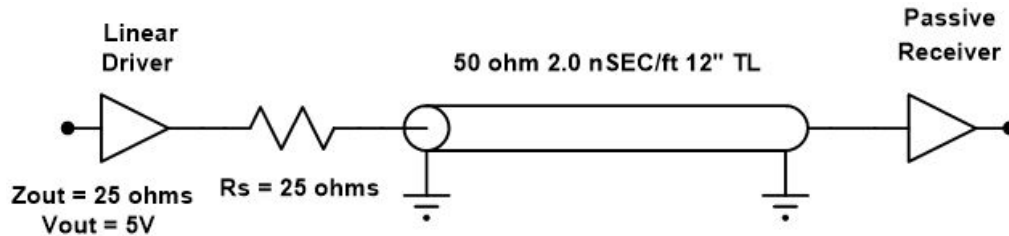
# Integridad de Señales (Concepto de Integridad de la Señal)

La integridad de señales SI, se refiere a la calidad y fidelidad de una señal eléctrica mientras se propaga a través de un sistema, como una PCB o un cable. Abarca fenómenos como reflexiones, diafonía, interferencias, pérdidas y distorsiones que pueden degradar la señal, afectando su forma o temporización. Es crucial en sistemas de alta velocidad y RF, donde pequeñas alteraciones pueden generar errores de transmisión, reducción de velocidad y fallos en el funcionamiento



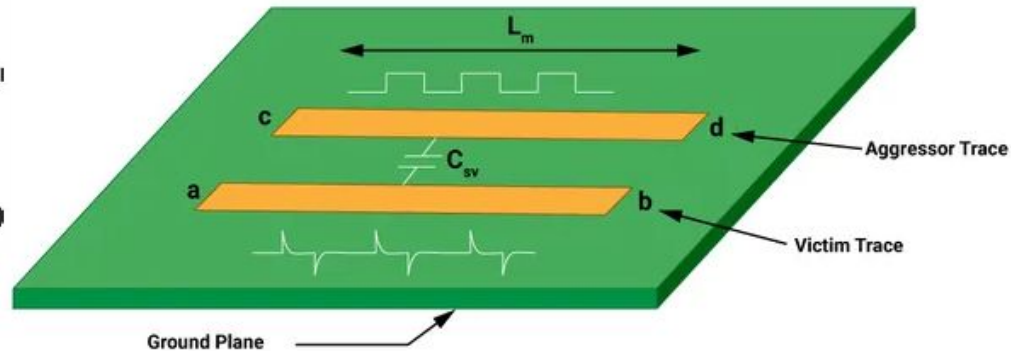
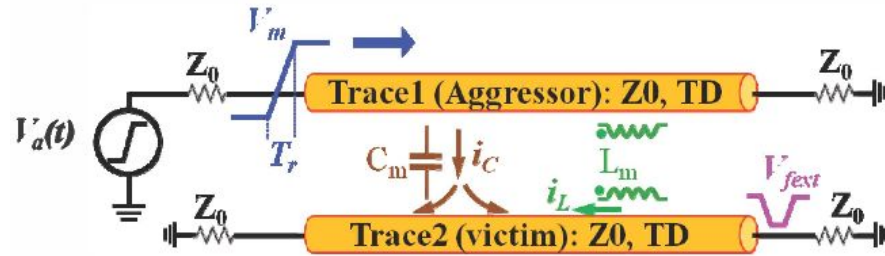
# Integridad de Señales (Impacto de las Impedancias)

La impedancia característica en un circuito impreso afecta directamente la integridad de señales al determinar cómo se propagan las señales de alta velocidad. Desajustes en la impedancia pueden causar reflexiones, lo que distorsiona la señal y genera interferencias, afectando la transmisión de datos. Un diseño adecuado de impedancia garantiza una mínima degradación y evita pérdidas de información.



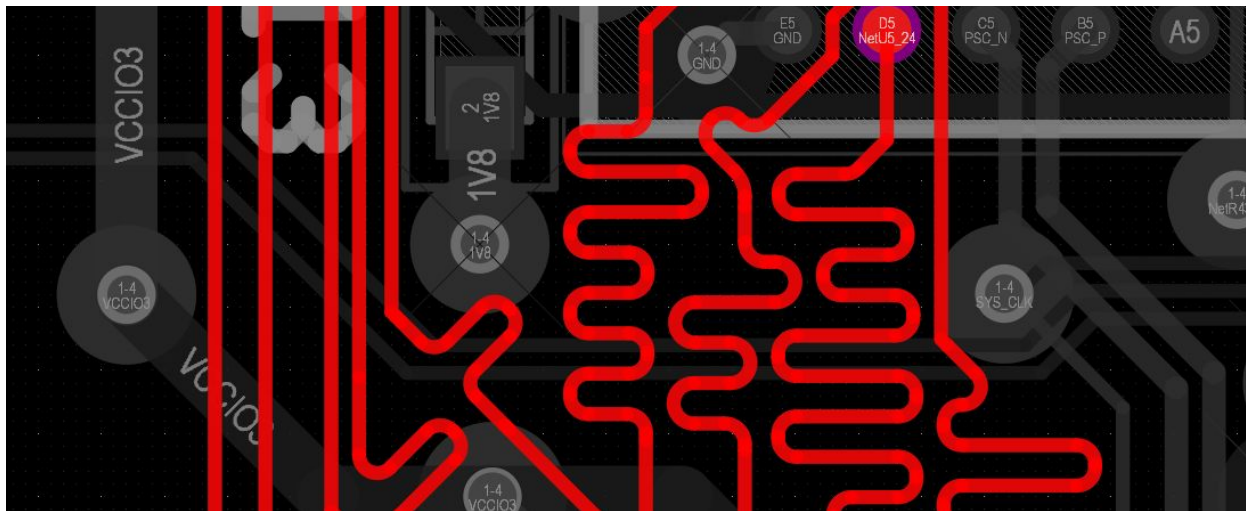
# Integridad de Señales (Concepto de Crosstalk)

El crosstalk, o diafonía, es la interferencia electromagnética entre trazas cercanas en un PCB, donde una señal en una línea afecta a otra adyacente. Ocurre debido a la capacitancia y el acoplamiento inductivo entre líneas, generando ruido que puede distorsionar las señales. Esto es crítico en sistemas de alta velocidad, donde una mala disposición de las trazas puede degradar la integridad de las señales.



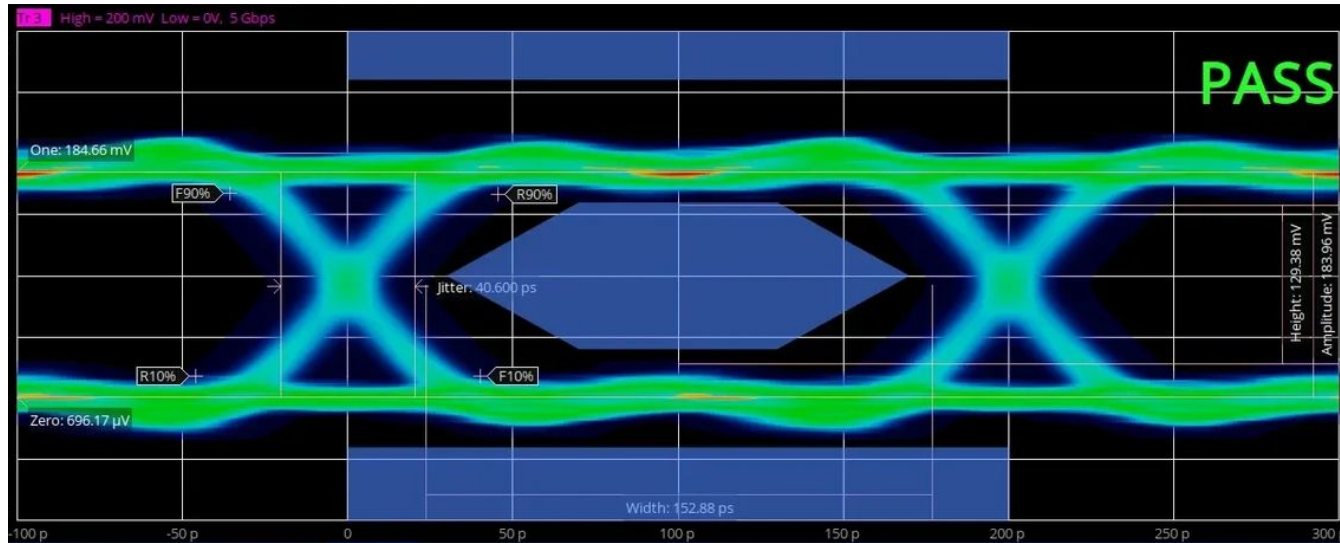
## Integridad de Señales (Meander en Pares Diferenciales)

El meander en pares diferenciales es una técnica de enrutamiento en la que las trazas de un par diferencial serpentean para igualar su longitud, asegurando que ambas señales lleguen al destino simultáneamente. Esta igualación es crucial para mantener la cancelación de ruido y preservar la integridad de la señal. El desbalance en las longitudes puede causar problemas de sincronización y aumentar el jitter en sistemas de alta velocidad.



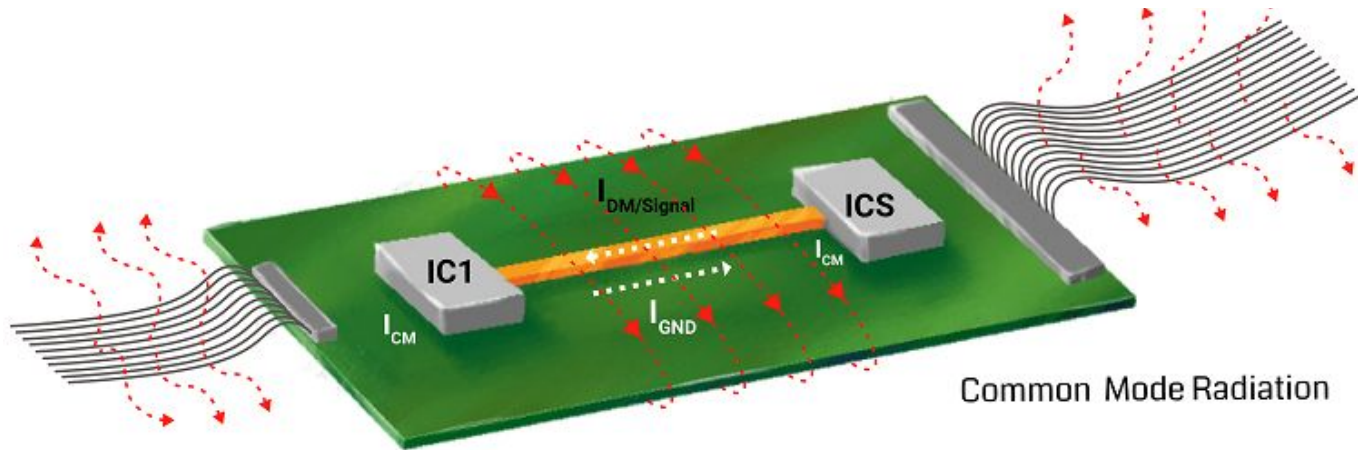
# Integridad de Señales (Eye Diagram)

El Diagrama de Ojo representa gráficamente la forma de la señal en función del tiempo, superponiendo múltiples ciclos de la señal para ilustrar cómo se comporta a través de un canal. Un ojo abierto indica un buen rendimiento, mostrando un margen adecuado para la detección de datos, mientras que un ojo cerrado sugiere problemas como distorsión, jitter o interferencias. Analizar el Diagrama de Ojo permite identificar y corregir problemas de calidad de señal.



# Compatibilidad Electromagnética (Introducción a EMC)

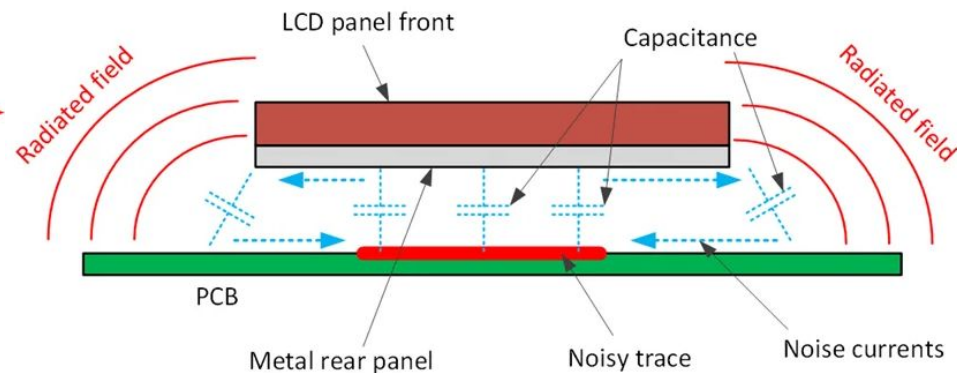
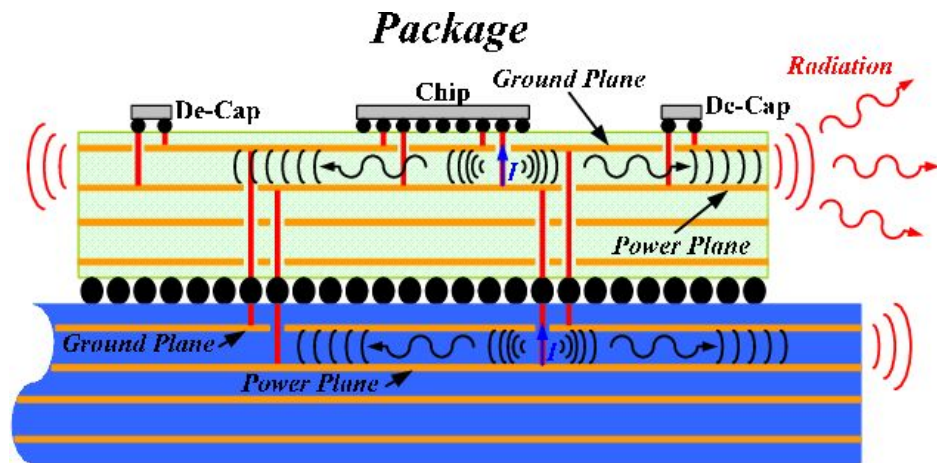
La Compatibilidad Electromagnética (EMC) se refiere a la capacidad de un circuito para operar sin generar interferencias electromagnéticas (EMI) que afecten a otros dispositivos y sin ser afectado por EMI externo. Es fundamental minimizar el ruido radiado y conducido, controlar las emisiones mediante técnicas como el uso de planos de tierra, filtros y apantallamientos. Un buen diseño EMC garantiza que el sistema cumpla con normativas y funcione de manera confiable en su entorno.





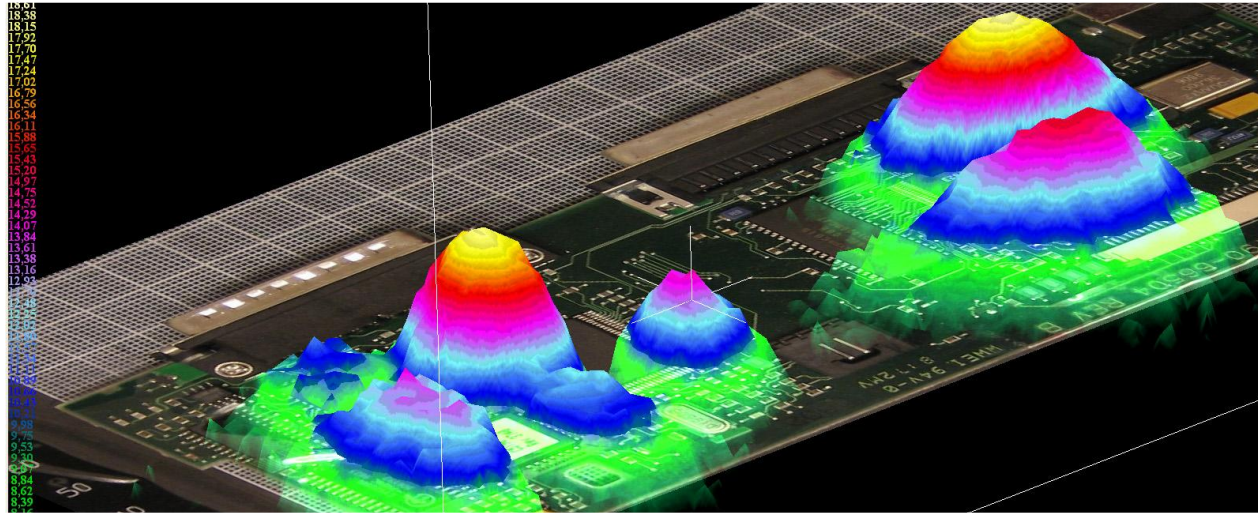
# Compatibilidad Electromagnética (Conducida y Radiada)

La EMC radiada se refiere a las emisiones electromagnéticas que un PCB genera y propaga a través del aire, afectando otros dispositivos cercanos. La EMC conducida, en cambio, involucra las interferencias que se transmiten a través de conductores como cables de alimentación o señales, afectando el sistema o sus alrededores.



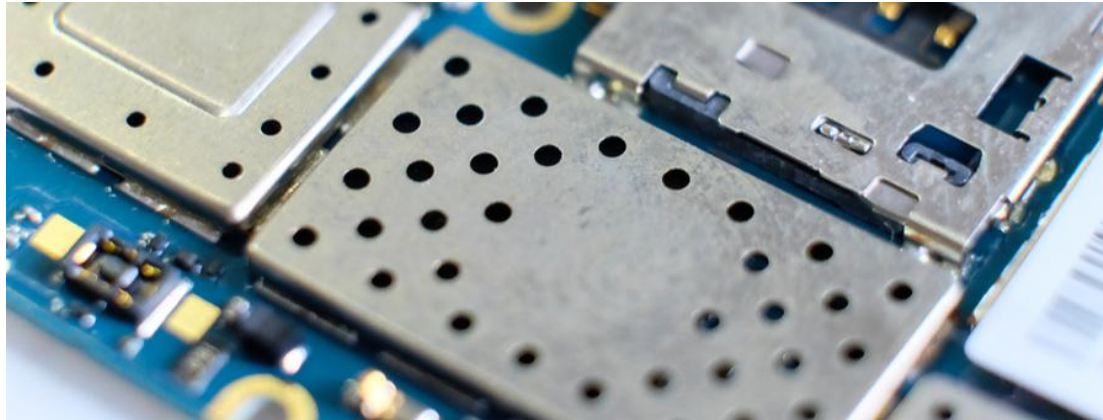
# Compatibilidad Electromagnética (Problemas)

Los problemas de EMC en un PCB pueden surgir entre diferentes etapas del dispositivo, como cuando una etapa de potencia genera ruido que afecta a una etapa de señal sensible, causando mal funcionamiento o errores. El acoplamiento de ruido puede ocurrir por EMI radiada o conducida, o a través de un plano de tierra compartido. Esto puede resultar en oscilaciones no deseadas, distorsión de señales o interferencias cruzadas entre etapas.



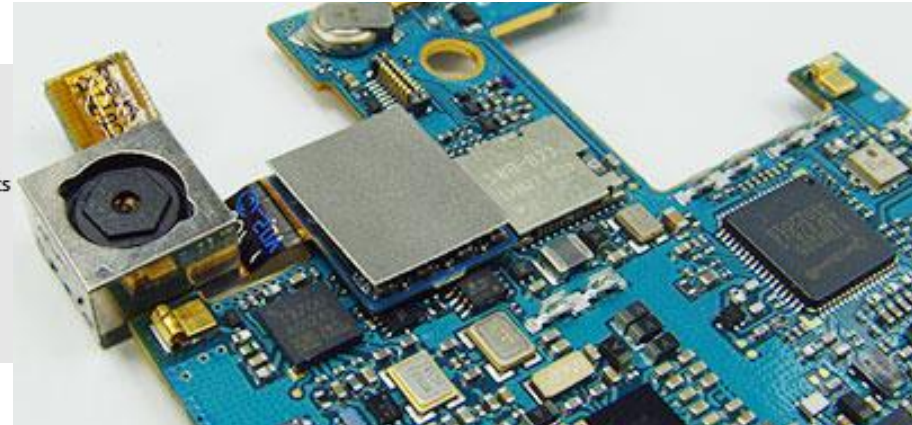
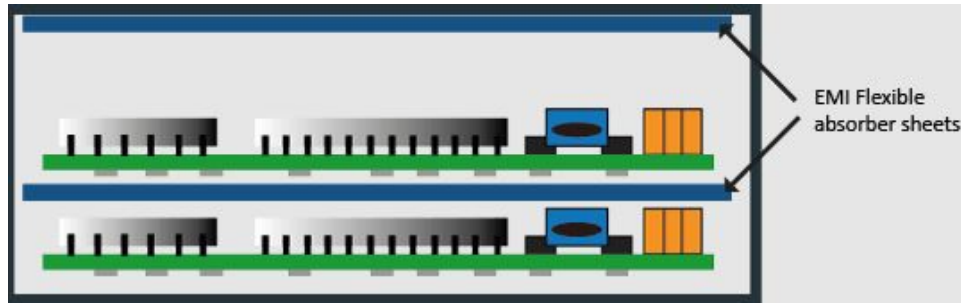
# Shielding & Absorbentes EM (Shielding)

Los shields en PCBs son barreras físicas, generalmente metálicas, que se colocan alrededor de componentes o áreas críticas para bloquear o contener emisiones electromagnéticas (EMI). Estos apantallamientos ayudan a evitar que las señales internas generen interferencias entre ellas y hacia el exterior o que las señales externas afecten los circuitos sensibles. En combinación con diseños adecuados de tierra y filtrado, los shields mejoran la EMC, protegiendo el dispositivo de perturbaciones electromagnéticas.



# Shielding & Absorbentes EM (Absorbentes)

Los materiales, pinturas y films absorbentes EM se utilizan en PCBs para reducir interferencias electromagnéticas (EMI) al absorber las ondas electromagnéticas en lugar de reflejarlas. Estos materiales, generalmente compuestos de ferritas o polímeros cargados con partículas conductoras, se aplican en áreas críticas del PCB o dentro de carcasas para minimizar emisiones radiadas.

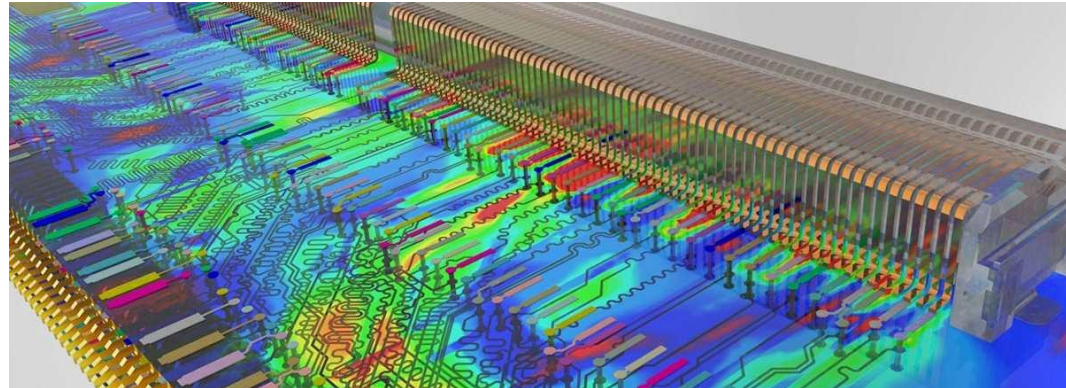
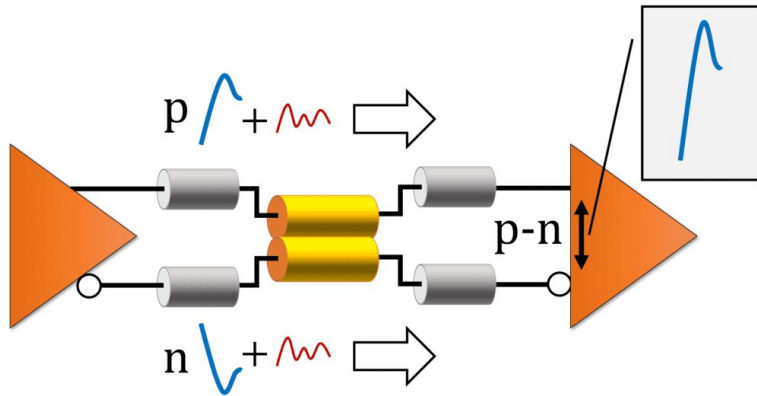




# Shielding & Absorbentes EM (Problemas)

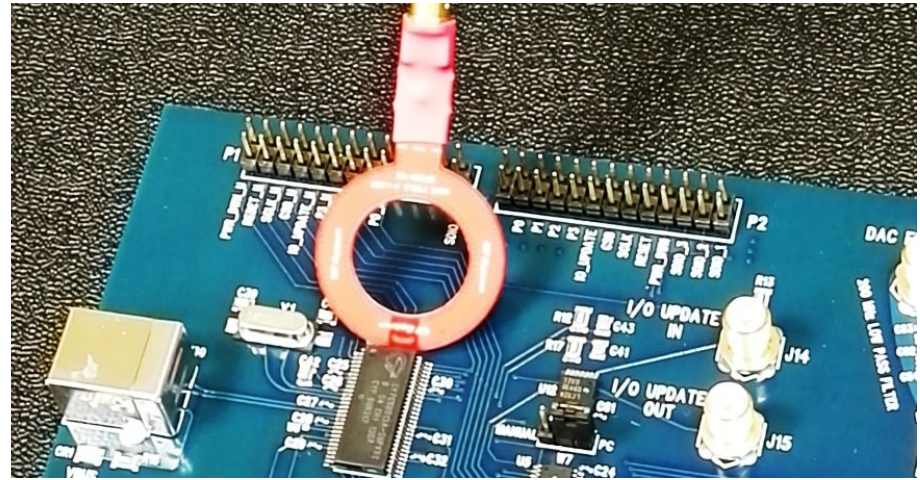
Eliminar los shields o materiales absorbentes en PCBs puede resultar en un aumento significativo de las emisiones electromagnéticas, lo que podría causar interferencias con otros subsistemas del PCB o hacia el exterior.

El Problema más complejo es silencioso, la deformación de las señales de alta velocidad puede reducir la performance y velocidad de transferencia entre subsistemas, lo que puede reducir la velocidad del dispositivo.



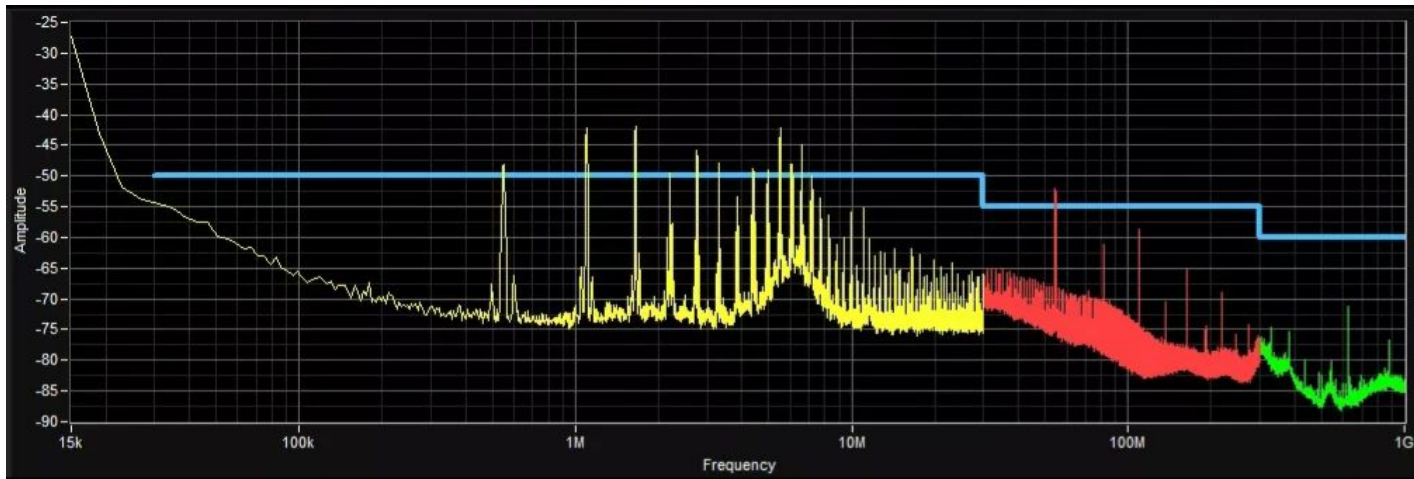
# Mediciones (EMC E&H Probes)

Las mediciones de EMC en el campo cercano se realizan utilizando puntas específicas para campos eléctricos (E) y magnéticos (H) que permiten evaluar la radiación EMI generada por los circuitos en PCBs. Estas puntas se emplean para capturar las intensidades de los campos en diversas frecuencias y ubicaciones, proporcionando datos sobre la distribución del campo alrededor de componentes críticos.



# Mediciones (Spectrum Analyzer)

Al utilizar un analizador de espectro para mediciones de EMC, se visualizan las emisiones electromagnéticas en función de la frecuencia, lo que permite identificar las frecuencias problemáticas donde se generan picos de radiación. Las puntas de campo cercano (E y H) capturan estas emisiones, que luego se representan como espectros en el analizador, facilitando la identificación de fuentes de EMI y su intensidad.





# Mediciones (Cámara Anecoica)

Son entornos para realizar mediciones de emisiones radiadas en condiciones controladas, aislando la interferencia externa. Están recubiertas con materiales absorbentes que minimizan las reflexiones de ondas electromagnéticas, simulando un espacio libre ideal. Estas cámaras permiten evaluar la compatibilidad electromagnética (EMC) de dispositivos y cumplimiento de estándares.



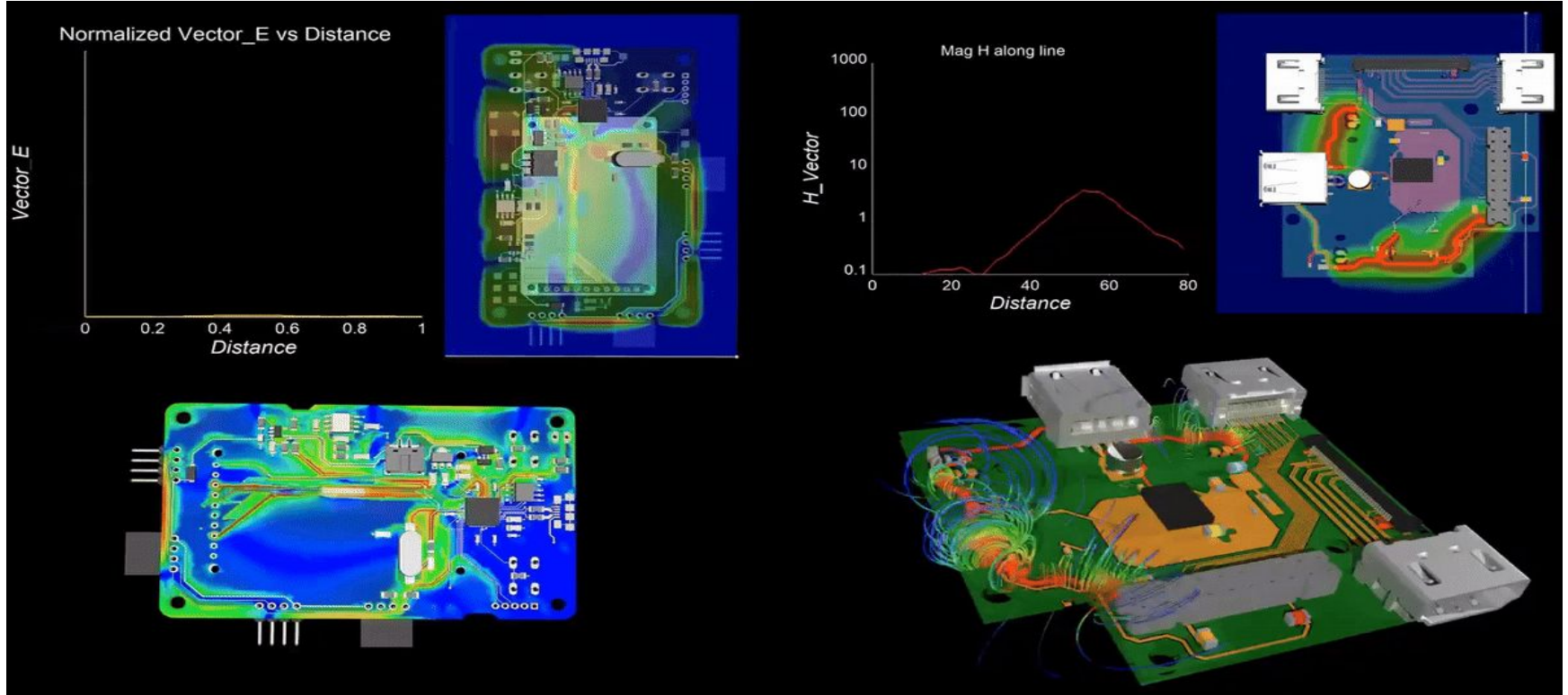


# Mediciones (Celda TEM)

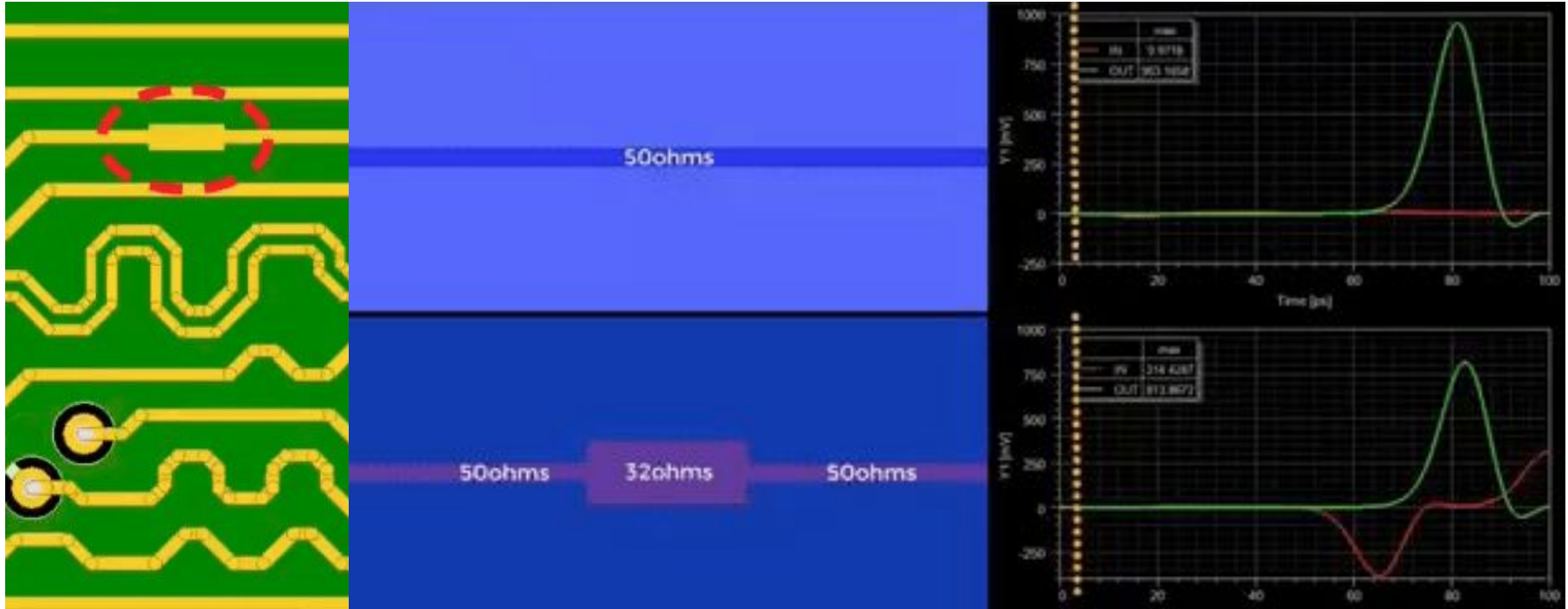
Celdas TEM (Transversal Electromagnético) son utilizadas para mediciones EMC, se comporta como un corte de cable coaxial donde pondremos nuestro DUT dentro de él. Permiten evaluar emisiones radiadas e inmunidad de dispositivos electrónicos frente a señales de RF. A diferencia de las cámaras anecoicas, las celdas TEM son compactas y manejables, adecuadas para pruebas en laboratorio.



# Ansys EMC Simulación



# Consecuencias de Deformación en Track de PCB



## Tips & Tricks

Es crucial inspeccionar visualmente los filtros y shields, ya que su deterioro puede permitir emisiones no deseadas que interfieren con otras etapas. Asegúrate de revisar las conexiones a tierra y los planos de referencia, ya que un mal contacto puede aumentar la susceptibilidad a EMI. Además, considera realizar mediciones con un analizador de espectro para identificar fuentes de interferencia y verificar que los componentes absorbentes y las trazas estén correctamente posicionados y funcionando. La falta de colocación del material absorbente sobre una sección del PCB de alta velocidad, puede provocar deformaciones en las señales que podrían llevar a reintentos de envío, reducciones en las tasas de transferencia y, en algunos casos, aumento de la corriente de bias en buffers de salida para compensar estas deformaciones.

# Glosario

**Integridad de Señales:** La capacidad de una señal eléctrica para mantener su forma y calidad a lo largo de su recorrido en un circuito. Problemas de integridad pueden causar errores de transmisión, deformación de las señales, y ruido.

**EMC (Compatibilidad Electromagnética):** Es la capacidad de un dispositivo o sistema para funcionar correctamente en su entorno electromagnético sin causar interferencias a otros dispositivos. Los problemas de EMC pueden generar fallos en el funcionamiento de equipos electrónicos.

**Shields Metálicos:** Son estructuras físicas colocadas sobre áreas críticas de un PCB para bloquear o reducir la interferencia electromagnética (EMI). Estos shields también protegen componentes sensibles de ruido externo.

**Material Absorbente:** Materiales diseñados para absorber energía electromagnética en lugar de reflejarla, minimizando interferencias de señales en dispositivos de alta velocidad o RF. Su uso es crucial en zonas de alta frecuencia para evitar degradación de la señal.

**Pinturas Absorbentes:** Son revestimientos especializados que se aplican sobre componentes electrónicos para absorber y disipar radiaciones electromagnéticas. Son utilizadas en áreas sensibles de alta frecuencia y comunicación.

**Trazas de Alta Velocidad:** Son rutas en un PCB por donde viajan señales de datos a frecuencias elevadas. El diseño de estas trazas debe tener en cuenta aspectos como la impedancia controlada y la reducción de pérdidas por interferencia o ruido.

**jitter:** Es la variabilidad en el tiempo de llegada de las señales, afectando la precisión en la detección de bits. Este fenómeno puede ser causado por interferencias, fluctuaciones en el reloj o errores en la temporización del sistema.

# Glosario

**Buffers de Salida:** Son circuitos utilizados para fortalecer una señal antes de que se envíe a otros componentes o dispositivos. Si las señales están deformadas por problemas de integridad, los buffers pueden aumentar su consumo de corriente para compensar.

**Tasas de Transferencia:** La velocidad a la que los datos son transmitidos entre dispositivos o componentes. Problemas de integridad de señales pueden reducir significativamente estas tasas, afectando el rendimiento de los dispositivos.

**Impedancia Controlada:** El diseño preciso de trazas de PCB para asegurar que la impedancia se mantenga dentro de un rango específico, lo cual es crucial para minimizar la reflexión de señales y mantener la integridad en circuitos de alta velocidad.

**Capa de Blindaje EMI:** Una capa adicional, generalmente hecha de material metálico o absorbente, diseñada para prevenir la interferencia electromagnética (EMI) que puede afectar el rendimiento de los circuitos dentro de un dispositivo electrónico.

**Antena:** Componente que permite la transmisión y recepción de señales de radiofrecuencia en un dispositivo. Las interferencias en la integridad de la señal pueden afectar gravemente su rendimiento en dispositivos de comunicación como smartphones.

**Deformación de Señales (Signal Skew):** Es el fenómeno donde una señal llega desfasada o distorsionada, lo que afecta la sincronización entre señales digitales en un sistema. Esto puede causar errores de datos y reducir las tasas de transferencia.

**Reintentos de Envío:** Ocurre cuando una señal enviada a través de un canal de comunicación es tan distorsionada que el receptor no puede interpretarla correctamente, obligando a reintentar la transmisión, lo que afecta la eficiencia y rendimiento.

# BLACK MAGIC - HIGH SPEED & EMC

**E**lectgpl

Muchas Gracias  
por su Atencion!

## Contacto & Social

YouTube: <https://www.youtube.com/electgpl>

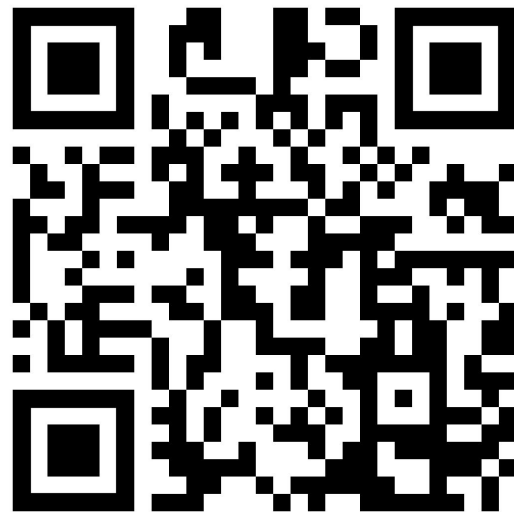
Instagram: <https://www.instagram.com/electgpl>

LinkedIn: <https://ar.linkedin.com/in/caccavallo>

GitHub: <https://github.com/electgpl>

Web: <https://electgpl.github.io/>

Email: [electgpl@gmail.com](mailto:electgpl@gmail.com)



**E**lectgpl