

3. Compatibilidad electromagnética (EMC)

3.1. Introducción a la EMC

3.2. EMC dentro del PCB

3.3. Componentes y EMC

3.4. Planos de imagen

3.5. Líneas de transmisión

3.6. Puesta a tierra

Definiciones fundamentales

Compatibilidad electromagnética (EMC). La capacidad de un sistema, equipo o dispositivo eléctrico o electrónico de operar en su entorno electromagnético de diseño con un determinado margen de seguridad, y dando la funcionalidad de diseño, sin sufrir o causar una degradación inaceptable como resultado de las interferencias electromagnéticas (ANSI C64.14-1992).

Interferencia electromagnética (EMI). La ausencia de EMC. La EMI es el proceso por el que la energía electromagnética destructiva se transmite de un dispositivo electrónico a otro.

Radio frecuencia (RF). Rango de frecuencia que contiene radiación electromagnética útil para la comunicación (10 kHz - 100 GHz). Transmitida por:

- Radiación.
- Conducción. Transmisión a través de una pista o cable.

Definiciones fundamentales

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Susceptibilidad. Propensión de un dispositivo o sistema a ser afectado por exposición a EMI.

Inmunidad. Capacidad de un dispositivo o sistema de soportar EMI manteniendo la funcionalidad:

- Radiada. Habilidad de soportar energía electromagnética que llega del espacio abierto.
- Conducida. Habilidad de soportar energía electromagnética que llega a través de cables, alimentación, conexiones E/S, etc.

Descarga electrostática (ESD). Transferencia de carga eléctrica entre cuerpos de distinto potencial electrostático en proximidad o a través de un contacto directo.

Contención. Método para evitar la salida de energía electromagnética desde un dispositivo. Consiste en instalar en una "caja" metálica conectada a masa (caja de Faraday). También se habla de contención cuando el objetivo es que entre la energía desde fuera. (Apantallamiento).

Definiciones fundamentales

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Supresión. Es el método por el que se limita o se **elimina la emisión** de la energía RF que existe sin utilizar otro método.

Temas a tener en cuenta en la EMC

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Regulación. Se establecen unas reglas en cuanto a niveles máximos de emisión de los dispositivos según tipos. El objetivo es tener un entorno electromagnético más "limpio".

RFI. (Radio frequency interference). Son provocadas por dispositivos cuya función es de transmisión (teléfonos móviles, unid. Control remoto,...). En estos dispositivos la regulación debe hacer un trabajo adicional.

Descarga electrostática (ESD).

- Los dispositivos con muchos transistores son muy sensibles a ESD
- Pueden causar daño permanente o latente.

Distorsiones en la alimentación

- Aumento del núm. De dispositivos electrónicos conectados a la red.
- Introducción de armónicos y transitorios (disp. Lógicos digitales)
- Estas alteraciones se transmiten por la red hacia otros dispositivos causando EMI.
- Caso típico son las interferencias en las líneas eléctricas en el tercer y quinto armónico (150 Hz y 250 Hz).

El entorno electromagnético

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Transformada de Fourier. Toda función periódica se puede representar por una suma de funciones seno y coseno con argumentos que son múltiplos de una frecuencia principal.

$$F = A + A1 \cos(\omega \cdot t + \varphi) + B1 \sin(\omega \cdot t + \varphi) \\ + A2 \cos(2 \cdot \omega \cdot t + \varphi) + B1 \sin(2 \cdot \omega \cdot t + \varphi) \\ + \dots$$

Una función periódica no senoidal, como una señal cuadrada tiene una representación en frecuencia que tiene una frecuencia fundamental y una serie de frecuencias múltiplos de la misma (armónicos).

Por tanto, una señal cuadrada con frecuencia 2MHz, tendrá contenido en energías RF que pueden causar interferencias con el espectro de radio (FM: 88 MHz - 108 MHz).

Un factor fundamental en la representación en frecuencia de una onda "cuadrada" es el tiempo de conmutación (de 0 a 1 y viceversa).

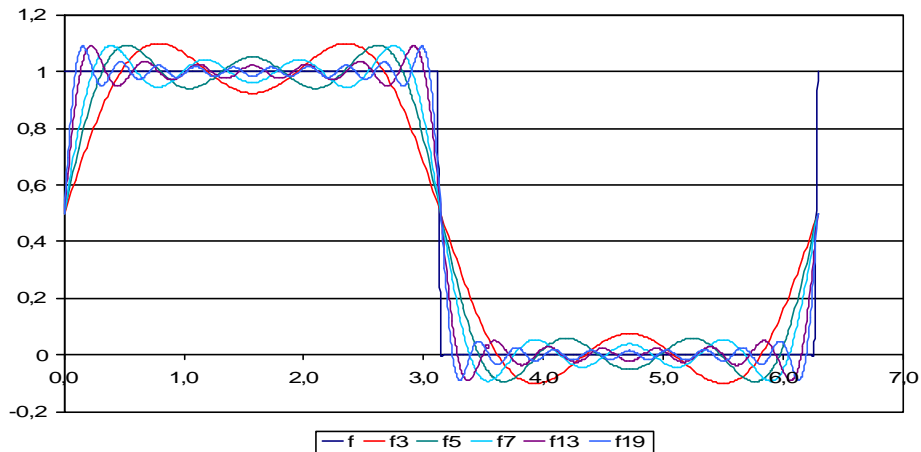
El entorno electromagnético

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Transformada de Fourier de una onda cuadrada:

$$f(t) = \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} (\sin(t) + \frac{\sin(3t)}{3} + \frac{\sin(5t)}{5} + \dots)$$



El entorno electromagnético

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Transformada de Fourier.

En el caso de una onda "cuadrada" a mayor velocidad de conmutación, mayor contenido de altas frecuencias en su espectro de frecuencia, por tanto más probabilidad de interferencias.

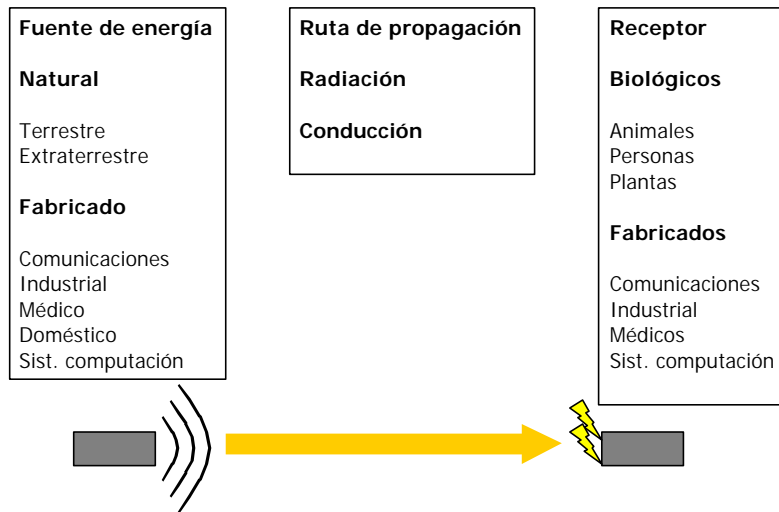
Análisis de la EMI.

Para que exista interferencia debe existir:

- Fuente de energía
- Receptor de esa energía y que cambia de la funcionalidad de diseño al recibirla
- Ruta de acoplamiento entre los dos anteriores para la transferencia de energía.

El entorno electromagnético

Análisis de la EMI.

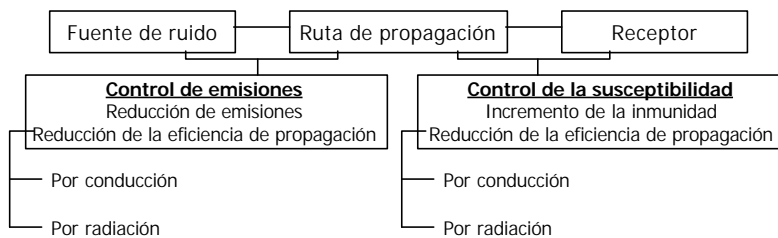


El entorno electromagnético

Niveles de emisión para dispositivos no protegidos.

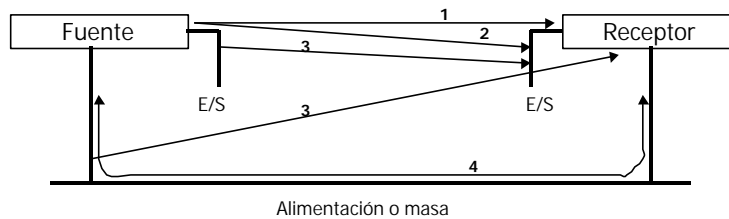
Emisión potencial		Nivel de complejidad		
		Bajo (PCB simple)	Medio (Placa madre)	Alto
Velocidad	<10 MHz	Baja	Media	Alta
	Media	Media	Media - alta	Alta - muy alta
	> 100MHz	Alta	Alta - muy alta	Muy Alta

Rutas para el acoplamiento del ruido



El entorno electromagnético

Posibles vías de acoplamiento.



- 1- Radiación directa de la fuente al receptor
- 2- Radiación desde la fuente hasta los cables de alimentación, señal o control
- 3- Radiación desde los cables de alimentación, señal o control de la fuente hasta el receptor.
- 4- Conducción a través de las líneas comunes de masa, alimentación, señal o control.

El entorno electromagnético

Mecanismos de acoplamiento.

Los mecanismos físicos para el acoplamiento son cuatro:

- Conductivo
- Campo electromagnético
- Campo magnético
- Campo eléctrico

NOTA: en realidad, el campo magnético y eléctrico siempre están acoplados en forma de campo electromagnético, pero hay veces que la EMI se realiza a través de uno o de otro.

El entorno electromagnético

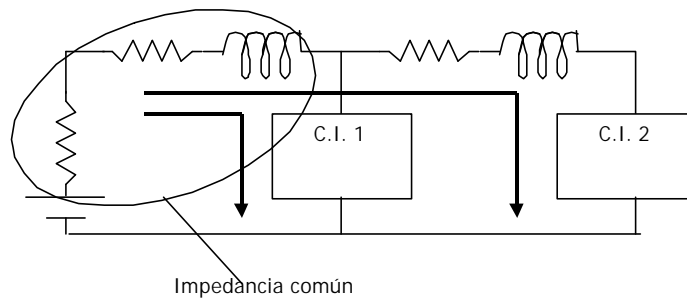
Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Acoplamiento conductivo.

Es un acoplamiento por impedancia común.

Es necesario al menos dos conexiones para que circule corriente.



El entorno electromagnético

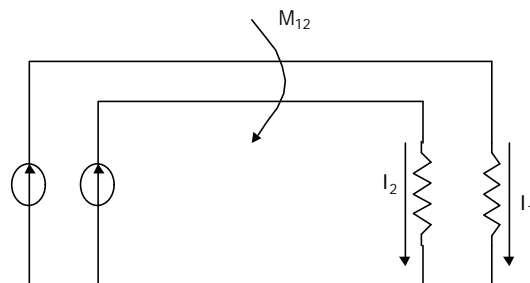
Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Acoplamiento magnético (o inductivo).

Parte del flujo magnético creado por un lazo de corriente atraviesa otro lazo de corriente.

$$V_2 = M_{12} \frac{dI_1}{dt}$$



El entorno electromagnético

Universidad Antonio de Nebrija

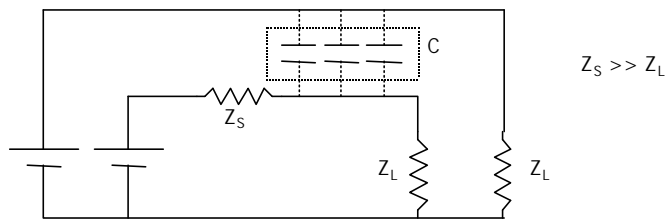
Tecnología electrónica II. Tema 3

Acoplamiento por campo eléctrico (o capacitivo).

Circuitos de baja impedancia

Parte del flujo eléctrico creado por un circuito termina en un conductor de otro circuito.

$$I = C \, dV/dt$$



El entorno electromagnético

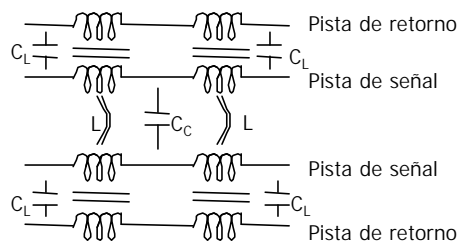
Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Acoplamiento por campo electromagnético

Combinación de los dos anteriores

Por ejemplo: acoplamiento entre pistas



Naturaleza de la interferencia

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Interna

- Degradación de la señal. Pérdidas de señal, rebotes, "ringing"
- Influencia de señales cercanas (Crosstalk), circuitos cercanos (fuente de alimentación...).

Externa

- Emisiones. Armónicos de relojes y otras señales periódicas, en principio.
Solución: aislar al máximo estas señales
- Susceptibilidad. Ocurre principalmente en líneas de alta velocidad.

Naturaleza de la interferencia

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Consideraciones principales:

Frecuencia. Lugar del espectro de frec. Donde se detecta el problema

Amplitud. Nivel de energía y potencial de causar daño

Tiempo. El problema es continuo o sólo en determinados momentos (E/S de disco)

Impedancia. Del emisor, receptor y camino de transferencia de energía.

Dimensiones. Del emisor que pueden causar problemas.

PCBs y antenas

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

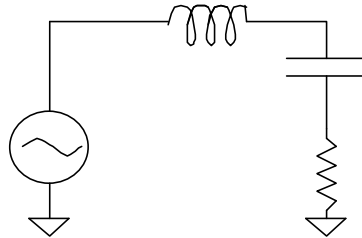
Antena. Dispositivo que a determinada frecuencia es un emisor eficiente de energía.

A esa frecuencia entra en resonancia porque L y C se cancelan.

Un PCB puede funcionar como antena y radiar energía RF.

Podemos evitarlo:

- En el diseño, para que no emita energía a las frecuencias a las que va a trabajar
- Si no es posible lo anterior debemos usar técnicas de contención



Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

3. Compatibilidad electromagnética (EMC)

3.1. Introducción a la EMC

3.2. EMC dentro del PCB

3.3. Componentes y EMC

3.4. Planos de imagen

3.5. Líneas de transmisión

3.6. Puesta a tierra

Esquema "oculto" de los componentes

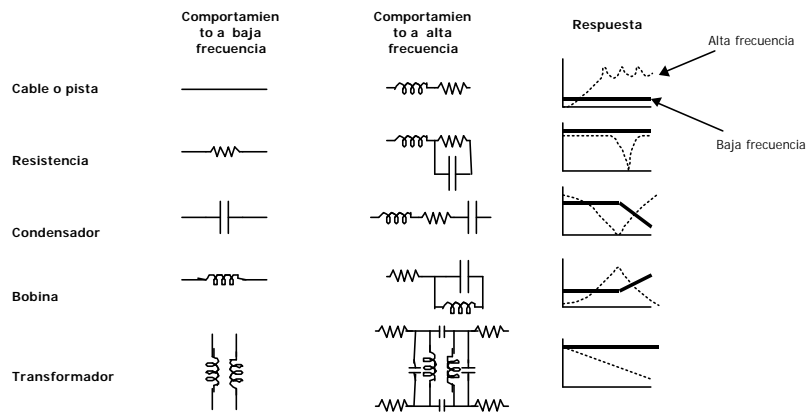
Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

El comportamiento real de los componentes es distinto del ideal.

Al aumentar la frecuencia este comportamiento se separa más del real

La EMI del PCB es causada principalmente por este fenómeno



Esquema "oculto" de los componentes

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Cables y pistas. $Z = R + j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$

- Distinto comportamiento por diferente sección
- A alta frecuencia, la inductancia supera a la resistencia y emite radiofrecuencia
- Valores típicos: $R = 5 \text{ m}\Omega/\text{cm}$, $L = 8 \text{ nH}/\text{cm}$.

Resistencias.

- Distinto funcionamiento dependiendo del material (carbono, bobinado, lámina de carbono).
- No se pueden usar resistencias bobinadas (demasiada inductancia)
- El efecto capacitivo de la resistencia es de menor importancia que el inductivo

Esquema "oculto" de los componentes

Condensadores. $X_C = 1/(j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C)$

- El efecto capacitivo disminuye al aumentar la frecuencia
- Existe un frec. de resonancia en el que es un cortocircuito
- A partir de la frec. de resonancia se comporta como una bobina

Bobinas. $X_L = j \cdot 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$

- A partir de una determinada frecuencia es un circuito abierto
- Existe una capacidad parásita entre los hilos del bobinado que limita la frecuencia.
- Si queremos una bobina a altas frecuencias, usaremos materiales de ferrita, que tienen menor efecto capacitivo

Transformadores.

- Objetivo: aislar galvánicamente, y transmitir en modo diferencial
- Pierden esa capacidad a altas frecuencias (efectos capacitivos)

Campo eléctrico y magnético

Corrientes que varían con el tiempo generan:

- **Campo magnético.** Si forman un bucle.
- **Campo eléctrico.** Dipolo (dos cargas cercanas variables).

El **campo magnético** generado en el primer caso depende de:

- Amplitud de corriente
- Orientación del bucle respecto del receptor de campo
- Tamaño de bucle. A mayor tamaño, menor frecuencia de radiación
- Distancia.

El **campo eléctrico** generado en el segundo caso depende de:

- Amplitud de la corriente.
- Orientación del dipolo respecto del elemento afectado por el mismo
- Tamaño del dipolo. Los campos son proporcionales a la long del dipolo siempre que sea pequeña en relación a la long de onda de la emisión.
- Distancia.

Cancelación (minimización) de flujo

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

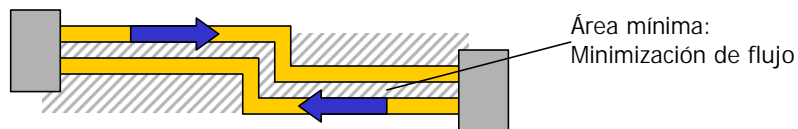
Una corriente (constante o variable) que circula a través de una impedancia origina un campo magnético a su alrededor.

Si la corriente es variable tiene la capacidad de originar una corriente inducida en otro conductor cercano.

La corriente debe ir desde un punto A a otro B y después volver por algún camino hasta A.

El camino A-B-A es un lazo, si las líneas A-B y B-A son muy cercanas, o paralelas, el campo magnético originado total es mínimo por cancelación mutua.

El concepto es sencillo pero su implementación no.



Cancelación (minimización) de flujo

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Algunas **técnicas** para conseguirlo:

- Control de impedancia de PCB multicapa
- Enrutar la pista de reloj adyacente a su camino de vuelta o usar pista de guarda o masa
- Captura de líneas de flujo internas de un componente mediante encapsulado a 0V
- Utilizar familias lógicas lo más lentas posible (mínimo "edge rate")
- Reducción de ruido de fondo de plano de masa y tensión
- Desacoplar componentes para evitar problemas en momentos de máxima carga capacitiva y máxima conmutación
- Terminar adecuadamente las pistas para evitar rebotes, "ringing"
- Protección de componentes que radian RF

Corrientes modo común y diferencial

Corrientes en modo diferencial:

- Llevan información útil
- Causan mínima interferencia: los campos generados se cancelan
- Campo causado: $E = 263 \cdot 10^{-16} \cdot (f^2 \cdot A \cdot I_S) \cdot (1/r)$; en (V/m)

Ejemplo:

Area de bucle $A = 4 \text{ cm}^2$
Frecuencia $f = 100 \text{ MHz}$
 $I_S = 5 \text{ mA}$

calcular el campo a 10 m:

$E = 52.6 \text{ } \mu\text{V}$ que es mayor que el permitido por la norma EN55022 c para clase B (aparatos domésticos)

Corrientes modo común y diferencial

Corrientes en modo común:

- Llevan información inútil
- Son la mayor fuente de radiación
- Campo causado: $E \approx (f \cdot L \cdot I_{CM}) \cdot (1/r)$; en (V/m)

Son el resultado de la mezcla de corrientes en una estructura metálica común (planos de alimentación o masa). Se generan transitorios RF que provocan EMI en otros componentes conectados.

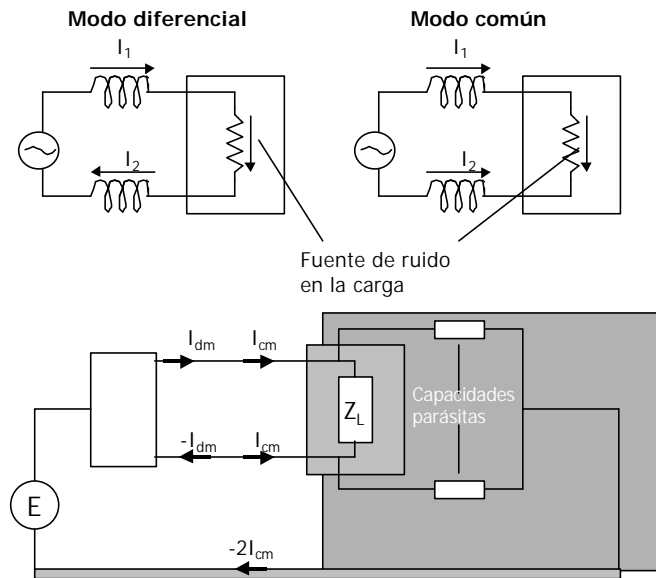
Formas de evitarla:

- Control de la posición de planos de tensión y masa
- Buena puesta a tierra
- Filtrado (condensadores) del modo común

Corrientes modo común y diferencial

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3



Supresión de energía RF

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Objetivo: eliminar las emisiones de ruido en modo común RF

Estas emisiones se originan en todo el circuito, no sólo en planos de masa o alimentación.

- Componentes: si aumenta la frecuencia, los componentes deben ser más rápidos, pero siempre lo más ajustado posible.
- Layout. Optimización de: posición de componentes y suministro, para asegurar un retorno eficiente de la energía RF.
- Desacoplar componentes que conmutan: minimizamos rebotes y ruidos en el plano de masa
- Terminación apropiada de las líneas
- Sistema de referencia de masa óptimo

Supresión de energía RF

Conceptos fundamentales.

Minimización de emisiones radiadas: minimización de corrientes en modo común y su distribución en el circuito.

Minimización de flujo: se produce flujo por combinación de:

- Señales de alta frecuencia
- Caminos de retorno inadecuados

IMPORTANTE:

- No todos los componentes se comportan igual en sus transiciones de '1' a '0' y viceversa, (p.ej. 15 mA pull-up/65mA pull down).
- En conmutación habrá consumo asimétrico: ruido en los planos de masa y alimentación
- solución: trazar pistas de señal adyacentes a masa o alimentación si es posible

3. Compatibilidad electromagnética (EMC)

- 3.1. Introducción a la EMC
- 3.2. EMC dentro del PCB
- 3.3. Componentes y EMC**
- 3.4. Planos de imagen
- 3.5. Líneas de transmisión
- 3.6. Puesta a tierra

Edge Rate

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Las corrientes de conmutación crean energía RF

Cada transición de estado lógico crea transitorios con sobretensiones

Si la velocidad del flanco es muy alta, se producen emisiones RF, por el contenido en altas frecuencias del espectro de la señal

Existen componentes con puertas lógicas que tienen flancos más rápidos de lo necesario para su funcionalidad

El fabricante da el valor máximo del "edge rate", por ejemplo 2 ns, pero podemos tener en este caso un componente con 1 ns o menos de "edge rate"

El pico de tensión en conmutación es un valor que no dan los fabricantes

Por tanto podemos tener problemas de emisiones sin saberlo de antemano

Edge Rate

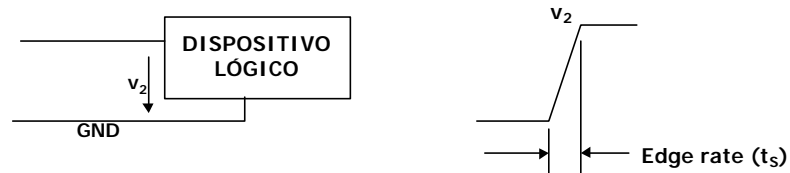
Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

La fuente principal de EMI en la operación de un dispositivo lógico no es la frecuencia de las señales, es el "edge rate", indirectamente relacionado con la frecuencia.

A mayor edge rate, mayor es la intensidad que hay que inyectar, por lo que se produce más interferencia

**NO SE DEBEN USAR DISPOSITIVOS MÁS RÁPIDOS DE LO
ESTRICTAMENTE NECESARIO**



Edge Rate

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Familia lógica	Tiempos de subida y bajada publicados (t_r / t_f)	Principal armónico $F = (1/\pi t_r)$	Frecuencias típicas observadas como EMI. $F_{\max} = 10 \cdot F$
74Lxxx	31 – 35 ns	10 MHz	100 MHz
74Cxxx	25 – 60 ns	13 MHz	130 MHz
74HCxxx	13 – 15 ns	24 MHz	240 MHz
74xxx	10 – 12 ns	32 MHz	320 MHz
74LSxxx	9.5 ns	34 MHz	340 MHz
74Hxxx	4 – 6 ns	80 MHz	800 MHz
74Sxxx	3 – 4 ns	106 MHz	1.1 GHz
74HCTxxx	5 – 15 ns	64 MHz	640 GHz
74ALSxxx	2 – 10 ns	160 MHz	1.6 GHz
74ACTxxx	2 – 5 ns	160 MHz	1.6 GHz
74Fxxx	1.5 – 1.6 ns	212 MHz	2.1 GHz
GaAs	0.3 ns	1.1 GHz	11 GHz
GTL+	0.3 ns	1.1 GHz	11 GHz

Edge Rate

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Familia lógica	Cambio brusco de tensión (V)	Capacitancia de entrada (pF)	Margen de ruido (V)	Resistencia de salida (Ω) Bajo/alto
CMOS 5V	5	5	1.2	300 / 300
CMOS 3.3V	3.3	5	0.4	300 / 300
TTL-LS	3.3	5.5	0.4	30 / 150
HCMOS	5	4	0.7	30 / 160
S-TTL	3.3	4	0.3	160 / 160
FAST & AS-TTL	3.3	4.5	0.3	15 / 50
ECL	0.8	3	0.1	15 / 40
GaAs	1	1	0.1	7 / 7

$I = C \, dV/dt$, siendo C la suma de las capacidades de la pista y de entrada de la puerta

Para 3.5V, $t_s = 2 \text{ ns}$, una línea de 7 cm de un PCB de una capa (0.3 pF/cm), con fanout de 5 puertas:

$$I_t = (7 \cdot 0.3 \cdot 10^{-12} + 5 \cdot 5 \cdot 10^{-12}) \cdot 3.5/2 = 47 \text{ mA}$$

Encapsulado de componentes

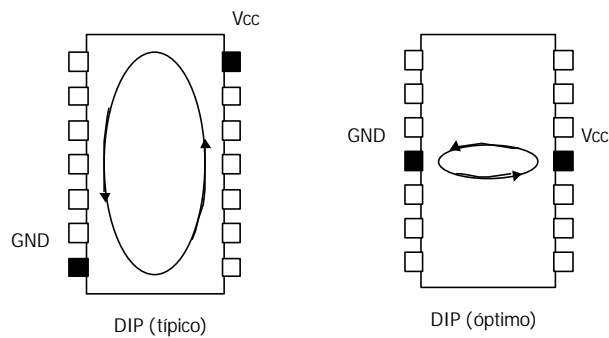
Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

En una pequeña área de silicio tenemos millones de puntos que cambian de carga millones de veces por segundo (dipolos).

Además existen cables internos que unen a los pins externos que pueden funcionar como antenas emitiendo energía RF (VLSI)

Es necesario controlar el área de bucles de corriente internos al encapsulado



Encapsulado de componentes

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Siempre que sea posible hay que utilizar componentes con pins de masa y alimentación localizados en el centro y adyacentes entre sí.

Los componentes SMT son mejores que los THT ya que son más pequeños, emiten menos energía:

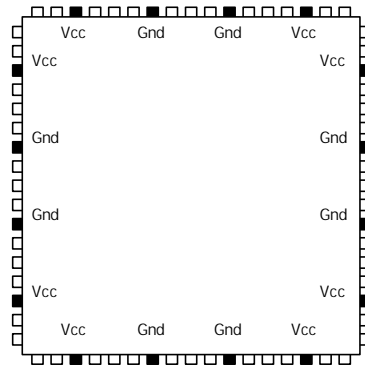
- menor tamaño de los bucles
- "antenas" más pequeñas

Si tenemos componentes THT en zócalos el problema se agrava, ya que los zócalos son fuentes potenciales de emisión de energía RF, ya que sus patas pueden actuar de antenas.

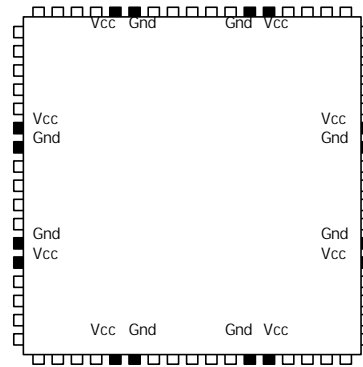
Encapsulado de componentes

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3



Configuración típica para encapsulados de 68 pins



Configuración óptima para encapsulados de 68 pins

Rebotes de masa

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Situación en la que el valor de la tensión del plano de masa no es 0V (ideal)

Hay oscilaciones en el valor de la tensión

Causa:

- conmutación simultánea de muchos componentes
- mal diseño del plano de masa o sistema de masa

Consecuencia: los transistores de los circuitos pueden conmutar y perderse la integridad de la(s) señal(es) (deja de tener el valor que debería tener con un funcionamiento correcto)

Rebotes de masa

Los rebotes aumentan si:

- Carga capacitiva aumenta (entrada de transistores), mayor consumo en conmutación
- Resistencia de la carga disminuye. La corriente aumenta.
- Inductancias de pins y pistas aumentan. Se producen sobretensiones
- Muchos dispositivos conmutan simultáneamente. Mayor consumo

Otros temas importantes

Capacidad entre pins internos:

Existe una capacidad parásita entre los pins internos de un encapsulado.

Consecuencia: "Crosstalk": el valor de una señal es afectado por el de otra adyacente que se ha acoplado.

El "crosstalk" aumenta con el "Edge Rate"

Filtrado de alimentación para relojes:

El reloj es la señal más importante, de ella dependen el resto.

Es necesario asegurarse de su integridad

técnicas: filtros de alimentación, no son simples, normalmente llevan núcleos de ferrita

Otros temas importantes

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Radiadores puestos a tierra:

Los dispositivos VLSI que operan a alta frecuencia suelen tener radiadores

El área de silicio y las conexiones con los pins generan energía RF

El radiador puede funcionar como una "antena" eficiente para RF

Debemos tener una buena conexión a tierra del radiador (4 esquinas)

Conseguimos:

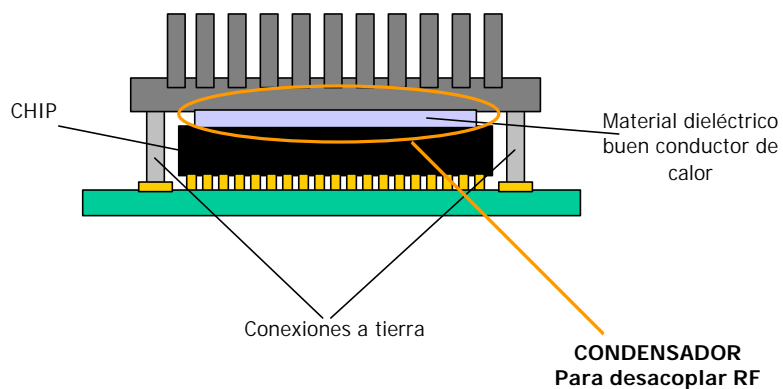
- Evacuación del calor
- Escudo de Faraday para evitar emisión de energía RF
- El radiador elimina energía RF en modo común (opera como condensador)

Otros temas importantes

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Radiadores operando como condensador:



Recomendaciones generales

Para reducir la energía RF:

- Selección de dispositivos que consumen menos corriente de entrada
- Selección de la lógica más lenta posible.
- Dispositivos con pins de masa y alimentación en el centro
- Utilizar dispositivos (principalmente osciladores) con encapsulados protegidos por paredes metálicas conectadas a masa
- Si hay radiadores, conectarlos a masa

3. Compatibilidad electromagnética (EMC)

- 3.1. Introducción a la EMC
- 3.2. EMC dentro del PCB
- 3.3. Componentes y EMC
- 3.4. Planos de imagen**
- 3.5. Líneas de transmisión
- 3.6. Puesta a tierra

Concepto

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Una corriente variable en un conductor genera un campo magnético variable que puede inducir una corriente en un conductor cercano

Este fenómeno (necesario en los transformadores), es pernicioso en los PCB, pero puede ser minimizado mediante el uso de planos de imagen

Los planos de imagen son planos dentro del PCB muy cercanos al plano de señal. En este plano se generan estas corrientes inducidas evitando:

- que la energía RF vuelva por otro lugar (no controlado)
- minimizar el área de bucle que se crea

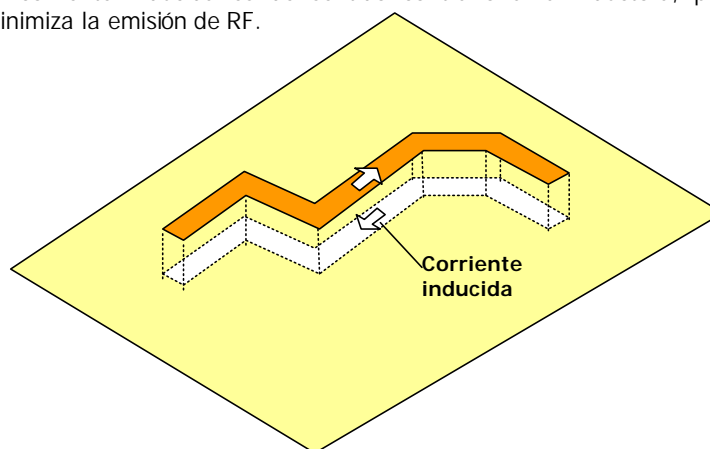
Concepto

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Se llaman "planos imagen" porque se crea una imagen de la pista que lleva la corriente en el plano.

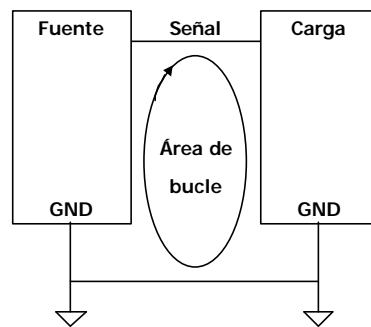
La corriente inducida es de sentido contrario a la inductora, por lo que minimiza la emisión de RF.



Control del área de bucle

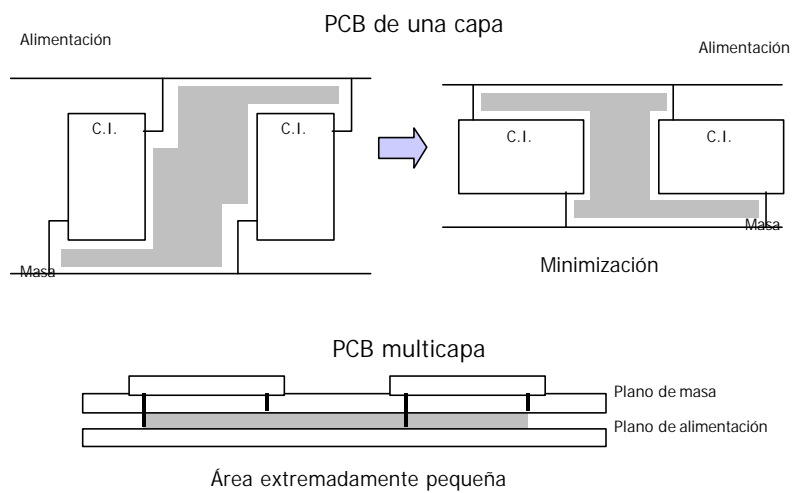
Es necesario **minimizar el área de bucle, tanto de señal-masa, como alimentación-masa**

Bucle señal-masa. Hay que tener en cuenta que es una fuente potencial de EMI



Control del área de bucle

Bucle alimentación-masa.



3. Compatibilidad electromagnética (EMC)

3.1. Introducción a la EMC

3.2. EMC dentro del PCB

3.3. Componentes y EMC

3.4. Planos de imagen

3.5. Líneas de transmisión

3.6. Puesta a tierra

Conceptos fundamentales

Alta tecnología, alta velocidad -> las líneas de transmisión son un factor limitador de la operación de un circuito.

Una línea de transmisión sirve para transmitir potencia o señal.

Los PCB (multicapa) deben:

- Reducir el retardo de propagación entre dispositivos
- Gestionar las reflexiones y "crosstalk" en líneas
- Reducir las pérdidas de señal
- Permitir interconexiones de alta densidad

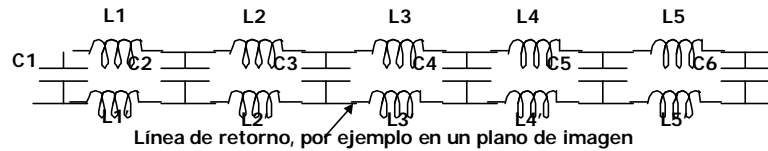
LA ENERGÍA ELÉCTRICA SE TRANSMITE POR CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS ADEMÁS DE POR EL MOVIMIENTO DE ELECTRONES.

Conceptos fundamentales

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Circuito equivalente de una línea de transmisión



La señal no se transmite idealmente

Hay un tiempo de transmisión

A mayor longitud de la línea y capacidad del dispositivo que ataca, mayor tiempo de transmisión

Conclusión: es necesario tener en cuenta estos tiempos porque pueden limitar la frecuencia de funcionamiento

Conceptos fundamentales

Universidad Antonio de Nebrija

Tecnología electrónica II. Tema 3

Otros efectos:

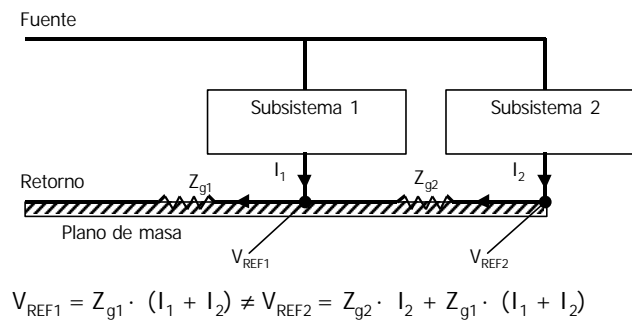
- Rebotes de la señal, si no está terminada la línea adecuadamente (resistencia), se producen rebotes que pueden tener importancia si el tiempo de ida y vuelta (round trip) es del orden del periodo de la señal
- Ringing, transitorios oscilatorios en la señal, se produce por alta inductancia en la carga
- Sobretensiones, pueden afectar a los componentes conectados a la línea, provocado por alta inductancia de la carga
- Infratensiones, tiempo de establecimiento mayor, se produce por alta capacitancia en la carga.

Puesta a tierra

Masa: punto equipotencial que sirve como referencia entre dos o más elementos.

No se consigue normalmente: distintos puntos del plano de masa estarán a distintas tensiones.

Este efecto es causado por corrientes que circulan por el plano de masa (que no tiene admitancia infinita: tiene una determinada impedancia)



Puesta a tierra

Este comportamiento no deseado debe ser controlado, ya que disponer de un plano con una buena tensión de referencia es necesario para el funcionamiento correcto de cualquier circuito

Existen métodos como el de puesta a tierra en un punto único, que ayudan a que esto no ocurra.