

Presentación
Prólogo
Agradecimientos

PARTE I. EL PROBLEMA DE LAS INTERFERENCIAS ELECTROMAGNÉTICAS

1. Introducción al problema de las interferencias
 - 1.1. Introducción
 - 1.2. Definiciones de compatibilidad y susceptibilidad
 - 1.3. Fuentes, acoplamientos y receptores de interferencias
 - 1.4. Tipos de interferencias
 - 1.5. Métodos generales de solución
CUADRO-Pasos previos en el diagnóstico EMI fuera del laboratorio
CUADRO-Contenido del maletín de trabajo para resolver problemas de EMI/EMC
 - 1.6. Normativa
 - 1.7. Instrumentación y medidas
 - 1.8. Resumen

2. Fuentes de interferencia (I): Imperfecciones en componentes pasivos
 - 2.1. Introducción
 - 2.2. Resistencias
 - 2.3. Condensadores
CUADRO-Dieléctricos
 - 2.4. Inductores
 - 2.5. Núcleos de ferrita
 - 2.6. Transformadores
 - 2.7. Conductores
 - 2.8. Cables
 - 2.9. Circuitos impresos
 - 2.10. Resumen

3. Fuentes de interferencia (II): Transitorios, conmutaciones y descargas
 - 3.1. Introducción
 - 3.2. Transitorios de conmutación en circuitos R, L, C
 - 3.2.1. Transitorio de cierre
 - 3.2.2. Transitorio de apertura
 - 3.3. Fenómenos no lineales en contactos: rebotes y arcos
 - 3.3.1. Rebotes mecánicos
 - 3.3.2. Arco de apertura
 - 3.4. Conmutadores estáticos
 - 3.5. Representaciones temporal y frecuencial de las perturbaciones
 - 3.5.1. Espectro de frecuencias de las perturbaciones
 - 3.5.2. Espectro de frecuencias de los interruptores
 - 3.6. Perturbaciones e imperfecciones de la red
 - 3.6.1. Tipos de perturbaciones en la red

- 3.6.2. Armónicos en la red de alimentación
- 3.6.3. Perturbaciones de red por conexión y desconexión de cargas
- 3.7. Descargas atmosféricas
- 3.8. Impulsos electromagnéticos
- 3.9. Interferencias electromagnéticas de origen mecánico
- 3.10. Otras fuentes de interferencia
- 3.11. Resumen

4. Acoplamientos de las interferencias

- 4.1. Introducción
- 4.2. Acoplamientos por conducción (impedancia común)
Bucles de masa
- 4.3. Acoplamiento capacitivo o eléctrico
- 4.4. Acoplamiento inductivo o magnético
- 4.5. Acoplamiento electromagnético o por radiación EM
- 4.6. Resumen

5. Susceptibilidad de componentes y circuitos electrónicos

- 5.1. Introducción
- 5.2. Efectos de las interferencias de entrada en circuitos integrados analógicos
 - 5.2.1. Susceptibilidad frente a interferencias RF
 - 5.2.2. Susceptibilidad frente a interferencias en la banda de paso
 - 5.2.3. Índice de susceptibilidad
- 5.3. Efectos de las interferencias de entrada en circuitos integrados digitales
- 5.4. Susceptibilidad de los circuitos integrados analógicos a las interferencias en la alimentación
- 5.5. Susceptibilidad de los circuitos integrados digitales a las interferencias en la alimentación
- 5.6. Resumen

6. Descargas electrostáticas en semiconductores

- 6.1. Introducción
- 6.2. Generación de cargas electrostáticas
CUADRO-Resistividad superficial
- 6.3. Modelos de descarga electrostática
- 6.4. Daños en componentes por descargas electrostáticas
- 6.5. Materiales y equipos de protección
- 6.6. Programa de protección
- 6.7. Resumen

PARTE II. SOLUCIONES AL PROBLEMA DE LAS INTERFERENCIAS

7. Blindajes o pantallas

- 7.1. Introducción
- 7.2. La efectividad de los blindajes
- 7.3. Pérdidas por absorción
- 7.4. Pérdidas por reflexión

- 7.5. Blindajes contra el acoplamiento capacitivo (eléctrico)
- 7.6. Blindajes contra el acoplamiento inductivo (magnético)
- 7.7. Blindajes contra el acoplamiento por radiofrecuencia
- 7.8. Las descargas electrostáticas y los blindajes
- 7.9. Efecto de las aperturas en los blindajes
- 7.10. Comparación de materiales
- 7.11. Otras técnicas de apantallado
 - 7.11.1. Juntas elásticas conductoras
 - 7.11.2. Blindaje de cajas de plástico
 - 7.11.3. Galvanizado selectivo (electrodepósito)
 - 7.11.4. Pinturas conductoras
 - 7.11.5. Láminas conductoras
 - 7.11.6. Otras técnicas de depósito de capas conductoras
- 7.12. El blindaje de los cables apantallados
CUADRO-Selección de cables apantallados
 - 7.12.1. Blindajes trenzados
 - 7.12.2. Blindajes en forma de espiral
 - 7.12.3. Blindajes laminados
 - 7.12.4. Blindajes combinados
- 7.13. Selección de cables apantallados
 - 7.13.1. El acoplamiento capacitivo en los cables apantallados
 - 7.13.2. El acoplamiento por conducción en los cables apantallados
 - 7.13.3. El acoplamiento inductivo en los cables apantallados
 - 7.13.4. El efecto de las descargas electrostáticas en los cables apantallados
- CUADRO-Métodos de prueba de cables apantallados
- 7.14. Resumen

8. Masas y tierras

- 8.1. Introducción
- 8.2. La toma de tierra y la masa
- 8.3. La toma de tierra de seguridad
- 8.4. La masa en las señales de baja y alta frecuencia
- 8.5. Masa centralizada: conexión en serie
- 8.6. Masa centralizada: conexión en paralelo
- 8.7. Masa distribuida
- 8.8. Masas híbridas
- 8.9. La conexión a masa de los cables blindados
- 8.10. Comparación entre varias conexiones de cables blindados
- 8.11. Puesta a masa de subsistemas
- 8.12. Resumen

9. Equilibrado y medidas diferenciales

- 9.1. Introducción
CUADRO-Acondicionamiento de señales
- 9.2. Medidas unipolares
- 9.3. Medidas flotantes
- 9.4. Medidas diferenciales
- 9.5. Líneas de transmisión unipolares
- 9.6. Líneas de transmisión diferenciales
- 9.7. Resumen

10. Aislamiento

Métodos magnéticos y ópticos

- 10.1. Introducción
- 10.2. Métodos magnéticos
- 10.3. Transformadores de aislamiento
- 10.4. Métodos ópticos para el aislamiento de señales
- 10.5. Optoacopladores
- 10.6. Aislamiento mediante condensador
- 10.7. Otros métodos de aislamiento
- 10.8. Instrumentos con guarda
- 10.9. Circuitos de guarda
- 10.10. Resumen

11. Filtrado (I): técnicas de desacoplamiento y distribución de alimentación

- 11.1. Introducción
- 11.2. Reducción de la inductancia
CUADRO-Influencia del encapsulado y la disposición de patillas de alimentación en la reducción de la inductancia y las interferencias
- 11.3. Características de la fuente de alimentación
- 11.4. Impedancia de una pista y de un plano de masa en una tarjeta de circuito impreso
- 11.5. Distribución de las líneas de alimentación
- 11.6. El condensador de desacoplamiento
CUADRO-Influencia de la capacidad y la inductancia en una línea de alimentación
- 11.7. Desacoplamiento a distintos niveles
- 11.8. Localización de componentes
- 11.9. Comparación de las familias lógicas frente al desacoplamiento y la radiación
- 11.10. Desacoplamiento en circuitos analógicos
- 11.11. Resumen

12. Filtrado (II): filtros antiparasitarios y otras técnicas

- 12.1. Introducción
- 12.2. Función de transferencia de los filtros
- 12.3. Adaptación de impedancias fuente-filtro-carga
- 12.4. Filtros de red
 - 12.4.1. Configuración de los filtros de red
 - 12.4.2. Corrientes de fugas y aislamiento de filtros de red
 - 12.4.3. Emplazamiento y montaje de filtros de red
 - 12.4.4. Redes con múltiples filtros
- 12.5. Filtros de salida en fuentes de alimentación
- 12.6. Filtros para líneas de datos y control
- 12.7. Conectores para EMC
- 12.8. Filtrado mediante técnicas de software
 - 12.8.1. Métodos de control de fallos basados en hardware
 - 12.8.2. Métodos de control de fallos basados en software
- 12.9. Resumen

- 13. Protección de contactos y relés
- 13.1. Introducción
- 13.2. Protección de contactos
- 13.3. Protección de cargas resistivas
- 13.4. Protección de cargas capacitivas
- 13.5. Protección de cargas inductivas
- 13.6. Limitación de sobretensiones en bobinas de relés
- 13.7. Protección de relés de estado sólido
- 13.8. Resumen

- 14. Protección contra descargas atmosféricas y otras sobretensiones
- 14.1. Introducción
- 14.2. Origen de las sobretensiones
- 14.3. Características de las descargas atmosféricas
- 14.4. Daños y efectos en equipos no protegidos
- CUADRO-Climatología de las descargas atmosféricas
- CUADRO-Efectos de la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano
- CUADRO-Cómo protegerse personalmente de las descargas atmosféricas
- 14.5. Tomas de tierra de protección
- 14.6. Protecciones primarias
- 14.7. Limitadores de sobretensión
- CUADRO-Criterios de selección de limitadores de sobretensión
- CUADRO-Comparación cualitativa de los limitadores de sobretensión
- CUADRO-Dispositivos supresores
- 14.8. Circuitos de protección secundaria y terciaria
- 14.9. Resumen

PARTE III. APLICACIONES

- 15. Interferencias electromagnéticas en subsistemas analógicos
- 15.1. Introducción
- 15.2. Amplificadores diferenciales y de instrumentación
- 15.3. Amplificadores de aislamiento
- 15.4. Amplificadores de alterna
- 15.5. Derivas y ruido en componentes pasivos
- 15.6. Derivas y ruido en componentes activos
- 15.7. Fuerzas termoelectromotrices
- 15.8. Aplicación: puentes de transductores resistivos
- 15.9. Aplicación: puentes de transductores capacitivos
- 15.10. Aplicación: amplificadores para termopares
- 15.11. Aplicación: amplificadores para fotodiodos
- 15.12. Protecciones de entrada y salida
- 15.13. Diseño de circuitos impresos para sistemas analógicos
- 15.14. Resumen

- 16. Interferencias electromagnéticas en subsistemas digitales
- 16.1. Introducción
- 16.2. Diafonía en tarjetas de circuito impreso
- CUADRO-Líneas de transmisión

Ecuaciones generales

Ondas viajeras

CUADRO-Modos de transmisión

CUADRO-Cálculo de la diafonía entre dos pistas de circuito impreso

16.3. La diafonía y las familias lógicas

16.4. Interferencias radiadas en tarjetas de circuito impreso

16.5. Diseño de tarjetas de circuito impreso

16.6. Conexiones E/S

16.7. Supresión de rebotes en contactos

16.8. Distribución de la alimentación en la instalación de equipos informáticos

16.9. Resumen

17. Interferencias electromagnéticas en instalaciones de potencia

17.1. Introducción

17.2. Clasificación de señales y ambientes

17.3. Red de alimentación en equipos e instalaciones

17.3.1. Principios generales de diseño de la red de alimentación

17.3.2. Reducción de acoplamientos por impedancia común

(Interferencias conducidas)

17.3.3. Reducción de EMI acopladas por la red

17.3.4. Reducción de acoplamiento por radiación

17.4. EMC en convertidores estáticos

17.4.1. Problemática de los disipadores de calor

17.5. EMC en convertidores de conmutación asistida por red

17.5.1. Conmutadores en paralelo

17.5.2. Conmutadores en serie con la carga

17.6. EMC en convertidores de conmutación forzada

17.7. EMC en convertidores de conmutación resonante

17.8. EMI en algunos tipos de cargas industriales y domésticas

17.8.1. Máquinas eléctricas rotativas

17.8.2. Equipos de arco

17.8.3. EMI en equipos domésticos

17.8.4. Otras cargas

17.9. EMC en instalaciones de alta tensión

17.9.1. Origen y espectro de frecuencias de las perturbaciones

17.9.2. Propagación

17.9.3. Medidas de protección

17.10. EMC en grandes instalaciones

17.10.1. Partición de la instalación por zonas y tipos de señal

17.10.2. Instalación en zonas de tipo A

17.10.3. Instalación en zonas de tipo B

17.10.4. Instalación en zonas de tipo C

17.10.5. Instalación en zonas de tipo D

17.10.6. Instalación en zonas de tipo E

17.10.7. Resumen de precauciones en grandes instalaciones

17.11. EMC en automóviles y sistemas de ignición por chispa

17.11.1. EMI originadas en los circuitos de baja tensión

17.11.2. EMI originadas en el circuito de ignición

17.11.3. Supresión en la bobina

17.11.4. Sistemas de ignición blindados

- 17.11.5. Resumen de técnicas de supresión en vehículos
- 17.12. Resumen

18. Interferencias electromagnéticas en fuentes de alimentación

- 18.1. Introducción
- 18.2. Generadores, cargas e interruptores
 - 18.2.1. Reglas básicas en la concepción de un convertidor
 - 18.2.2. Representación genérica de interruptores
 - 18.2.3. Configuración de convertidores
- 18.3. El transistor en conmutación y las EMI
- 18.4. El comportamiento de los diodos y las EMI
 - 18.4.1. Los diodos en la conmutación a conducción
 - 18.4.2. Los diodos en la conmutación a bloqueo
- 18.5. Los transformadores de las fuentes conmutadas y las EMI
- 18.6. Generación de interferencias en las fuentes conmutadas
 - 18.6.1. Las interferencias y los convertidores CC/CC
 - 18.6.2. Las interferencias y los reguladores de tensión conmutados
- 18.7. Técnicas de supresión de los dv/dt y los di/dt
- CUADRO-Las sobretensiones y las conexiones
- 18.8. La conexión y desconexión de las fuentes conmutadas
- 18.9. Las redes de ayuda a la conmutación
 - 18.9.1. Red de ayuda a la conmutación a bloqueo
 - 18.9.2. Red de ayuda a la conmutación a conducción
- CUADRO-Cálculo de las redes de ayuda a la conmutación
- 18.10. Los filtros en las fuentes conmutadas
- 18.11. La carcasa y la disposición de componentes
- CUADRO-Normas de conexiónado y localización de componentes en fuentes de alimentación conmutadas
- 18.12. Susceptibilidad de las fuentes de alimentación conmutadas
- 18.13. Interferencias en fuentes de alimentación lineales
- CUADRO-Protecciones activas y pasivas de los transistores de una fuente de alimentación conmutada
- contra las perturbaciones internas y externas
- 18.14. Resumen

PARTE IV. NORMAS Y MEDIDAS

19. Normativa

- 19.1. Introducción
- 19.2. Normas y reglamentos
- Certificación y homologación
 - 19.2.1. Definiciones
- 19.3. Organismos relacionados con la EMC
- 19.4. Normas relativas a EMC
- 19.5. Normas y HD de CENELEC relativos a EMC
- 19.6. Normas IEC relativas a EMC
 - 19.6.1. Normas del comité CISPR (IEC)
- 19.7. Normas UNE relativas a EMC
- 19.8. Normas VDE relativas a EMC

- 19.9. Normas FCC
- 19.10. Normas militares relativas a EMC
 - 19.10.1. Normas MIL-STD (USA)
 - 19.10.2. Normas VG (R.F. Alemania)
- 19.11. Directivas europeas sobre EMC
- 19.12. Disposiciones reglamentarias en España
- 19.13. Otras normas relativas a EMC
- 19.14. Resumen

- 20. Instrumentos de simulación y medida de interferencias
 - 20.1. Introducción
 - 20.2. Esquema general de simulación y medidas de EMC
 - 20.3. Medida de interferencias
 - 20.3.1. Medidas en el dominio temporal y el frecuencial
 - 20.3.2. Tipos de interferencias a efectos de medida
 - 20.3.3. Adaptadores de respuesta para medidas EMI
 - 20.3.4. Unidades de medida de interferencias
 - 20.3.5. Medidas en decibelios
 - 20.4. Resumen de métodos de ensayo de EMI
 - 20.4.1. Tipos de ensayos y categorías
 - 20.4.2. Ensayos de emisión
 - 20.4.3. Emplazamientos para ensayos de radiación
 - 20.4.4. Ensayos de susceptibilidad
 - 20.5. Instrumentos de medida de EMI
 - 20.5.1. Medidor estándar
 - 20.5.2. Complementos del medidor estándar
 - 20.6. Empleo del analizador de espectros para medidas EMI
 - 20.7. Redes de estabilización de impedancias (LISN)
 - 20.8. Antenas
 - 20.9. Sondas de absorción
 - 20.10. Simuladores de perturbaciones
 - 20.10.1. Generadores de sobretensiones
 - 20.10.2. Generadores de perturbaciones de red
 - 20.10.3. Generadores para ensayo de acoplamientos
 - 20.11. Simulación de interferencias radiadas
 - 20.12. Generadores de descargas electrostáticas (IEC 801-2)
 - 20.13. Resumen

APÉNDICES

- Apéndice 1. El campo eléctrico
 - A.1.1. Ley de Coulomb
 - Cargas eléctricas
 - A.1.2. El campo eléctrico y su representación
 - A.1.3. Potencial electrostático
 - A.1.4. Ley de Gauss
 - A.1.5. Representación de algunos campos eléctricos
 - A.1.6. Sistemas de conductores
 - Pantalla electrostática
 - A.1.7. Capacidad

Apéndice 2. El campo magnético

A.2.1. Inducción magnética

A.2.2. Ley de Biot y Savart

A.2.3. Ley de Ampère

A.2.4. Flujo magnético

A.2.5. Inducción electromagnética

A.2.6. Autoinductancia e inductancia mutua

A.2.7. Propiedades magnéticas de la materia

Apéndice 3. Radiación de energía electromagnética

A.3.1. Ondas electromagnéticas en medios no conductores

A.3.2. Absorción y reflexión de ondas electromagnéticas

Apéndice 4. El decibelio

Apéndice 5. Resumen de métodos generales de reducción de interferencias electromagnéticas

A.5.1. Recomendaciones para reducir las interferencias electromagnéticas en la utilización de los equipos

A.5.1.1. Normas Prácticas de interconexión

A.5.1.2. Separación de cables

A.5.1.3. Acoplamiento por impedancias comunes

A.5.1.4. Técnicas de supresión

A.5.1.5. Filtrado

A.5.1.6. Actuación sobre el equipo receptor

A.5.1.7. Blindajes

A.5.2. Recomendaciones para reducir las interferencias electromagnéticas en el diseño de los equipos

A.5.2.1. Diseño de circuitos

A.5.2.2. Blindaje de los conductores

Apéndice 6. Unidades de medida relacionadas con las interferencias

Glosario

Índice alfabético

Los autores