

電磁ノイズ発生メカニズム

第1章

電子機器の発生するノイズとその発生メカニズム

1. はじめに	15
2. 電子機器の発生するノイズ	16
2-1 デジタル回路と放射源	16
2-2 Maxwell の方程式	18
3. 電子回路から発生するノイズの特性	21
3-1 電磁ノイズの周波数特性	21
3-2 デジタル回路動作と電磁ノイズ	21
4. まとめ	24

第2章

ノイズ対策のための計測技術

1. はじめに	29
2. EMC 規格適合を評価するための規格で定められた計測手法 (EMC 試験)	30
2-1 エミッションの試験方法	31
2-2 エミッションレベルの限度値	34
2-3 イミュニティ試験	35
3. 製品の EMC 性能向上に貢献する計測手法	36
3-1 磁界プローブを用いた近傍磁界計測	36
3-2 近傍磁界分布の測定例	38
3-3 イミュニティ評価方法	42
4. まとめ	43
付録1 CISPR (国際無線障害特別委員会)	44

付録 2 放射エミッション測定用のアンテナ	45
付録 3 水平偏波、垂直偏波とグラウンドプレーン表面での反射の影響	46
付録 4 デシベル	47

第 3 章 ノイズ対策のためのシミュレーション技術

1. はじめに	51
2. 回路シミュレータとその応用	51
2-1 回路シミュレータの基本	51
2-2 回路シミュレータによるシグナルインテグリティ解析	53
2-3 回路シミュレータによる EMI 解析	54
3. 電磁界シミュレータ	57
3-1 電磁界シミュレータの基本原則	57
3-2 時間領域解析手法	60
3-3 周波数領域での解析手法	63
4. EMC 設計におけるシミュレーションの役割	67
5. むすび	68

第 4 章 電子機器におけるノイズ対策手法

1. はじめに	73
2. 基板を流れる電流	74
3. ディファレンシャルモード電流に起因するノイズ抑制対策 I —信号配線系—	76
4. ディファレンシャルモード電流に起因するノイズ抑制対策 II —電源供給系—	80
5. コモンモード電流に起因するノイズ抑制対策	83
6. むすび	86

電磁ノイズを克服する法

第 5 章 静電気 帯電人体からの静電気放電とその本質

1. はじめに	93
2. IEC 静電気耐性試験法と帯電人体 ESD	95
3. 放電特性の測定法	99
3-1 放電電流測定法と等価回路	99
3-2 数値計算法	102
4. 放電電流と放電特性	104
5. おわりに	109

第 6 章 電波暗室とアンテナ EMI 測定における試験場所とアンテナ

1. オープン・テスト・サイトと電波暗室	115
1-1 オープン・テスト・サイト	115
1-1-1 オープン・テスト・サイトの条件	116
1-2 電波暗室	119
1-3 放射妨害波測定における試験結果の相関問題	120
2. 放射妨害電界強度測定とアンテナ係数	123
2-1 アンテナ係数	123
2-2 アンテナ係数の地上高さへの依存性	126
2-3 アンテナ係数の校正方法	128
2-3-1 平均化アンテナ係数	132
3. 広帯域アンテナによる電界強度測定	134
3-1 広帯域アンテナの種類	134
3-2 広帯域アンテナの使用条件	135

4. サイト減衰量	139
4-1 NSA と CSA	139
4-2 ハイト・パターン	141
4-3 広帯域アンテナによるサイト減衰量の測定	143
5. アンテナ校正試験用サイト	144
5-1 CISPR 16-1-5 による CALTS の条件	144
5-2 標準ダイポール・アンテナ	145
5-3 サイト減衰量の測定	145
6. 放射妨害波測定における試験テーブルの影響	147
7. 1GHz 以上の周波数帯域での測定	148
7-1 1 GHz 以上の周波数帯域での試験場所	151
8. 磁界強度測定とループ・アンテナ	152
8-1 ループ・アンテナ	152
8-2 磁界強度測定の測定場所	154
9. ARP 958 による 1 m 距離でのアンテナ係数	158
9-1 CISPR 25 による 1 m 距離での電界強度測定	161

第 7 章 シールド

電磁波から守るシールドの基礎

1. はじめに	167
2. シールドの基礎	167
2-1 シールド効果	167
2-2 波動インピーダンス	168
3. 平面波シールド	171
3-1 シェルクノフの式	171
3-2 斜入射の場合	175
3-3 異方性媒質の場合	176
4. 電界および磁界シールド理論	181
4-1 シェルクノフの式の応用	181

4-2 金属板のシールド	181
4-2-1 反射損失	181
4-2-2 吸収損失	182
4-2-3 多重反射損失	183
5. 電磁界シミュレータの応用例	183
6. おわりに	186
付録 1 シールド効果の表現	188
付録 2 シェルクノフの式の導出 (その 1)	189
付録 3 シェルクノフの式の導出 (その 2)	190
付録 4 TE 波と TM 波の考え方	192
付録 5 異方性材料のシールド効果の計算	194
付録 6 三層シールドの場合	196
付録 7 電界シールドにおける波動インピーダンス	196

第 8 章 イミュニティ向上

機器のイミュニティ試験の概要

1. 高周波イミュニティ試験規格について	201
2. 静電気放電イミュニティ試験	203
2-1 概論	203
2-2 試験方法	204
3. 放射無線周波 (RF) 電磁界イミュニティ試験	205
3-1 概論	205
3-2 試験方法	207
4. 電気的高速過渡現象/バースト (EFT/B) イミュニティ試験	209
4-1 概論	209
4-2 試験方法	210
5. サージイミュニティ試験	212
5-1 概論	212
5-2 試験方法	213

6. 無線周波数電磁界で誘導された伝導妨害に対する イミュニティ試験	215	2—2 コンデンサ、コイルによる EMI 除去フィルタの一般特性	251
6—1 概論	215	2—3 コンデンサとコイルを組み合わせた LC フィルタ	251
6—2 試験方法	216	2—4 コンデンサやコイルの高周波での振る舞い	253
		2—4—1 コンデンサの周波数特性	254
		2—4—2 コイルの周波数特性	255
第 9 章 電波吸収体		3. EMI 除去フィルタ	256
電磁波から守る電波吸収体の基礎		3—1 3 端子コンデンサ	256
1. はじめに	223	3—2 フェライトビーズ	258
2. 電波吸収材料	223	3—3 LC 複合 EMI 除去フィルタ	260
2—1 抵抗性吸収材料	223	3—4 コモンモードチョークコイル	261
2—2 誘電性吸収材料	224	4. フィルタを上手に使う	266
2—3 磁性吸収材料	225	4—1 グラウンドへの接続が適切でない場合	266
3. 電波と伝送線路	226	4—2 装着箇所が適切でない場合	267
3—1 基礎事項	226	4—3 フィルタ装着箇所よりも他の箇所のノイズが強い場合	268
3—2 1 層の吸収材の場合	228	5. フィルタを上手に選ぶ	268
3—3 2 層以上の吸収材の場合	229	5—1 ノイズ除去効果の観点でフィルタを選ぶ	269
3—4 抵抗皮膜の場合	231	5—2 信号品位の観点でフィルタを選ぶ	269
4. 具体的な設計法	231	5—3 電源品位の観点でフィルタを選ぶ	271
4—1 設計の考え方	231	6. まとめ	272
4—2 誘電性吸収材	235		
4—3 $\lambda/4$ 型電波吸収体	237	第 11 章 伝導ノイズ	
5. おわりに	242	電源高調波と電圧サージ	
第 10 章 フィルタ		1. はじめに	277
フィルタの動作原理と使用方法		2. 電源高調波	277
1. はじめに	247	2—1 電源高調波とは	277
2. EMI 除去フィルタの構成	249	2—2 高調波の発生原因	284
2—1 挿入損失特性	250	2—3 高調波の共振問題	290
		2—4 高調波障害事例	295
		2—5 対策	297

3. 電圧サージ	302
3-1 電圧サージとは	302
3-2 電圧サージの発生原因	303
3-3 ノイズ事例	310
3-4 障害と対策	313
4. あとがき	316

第12章 パワエレ

パワーエレクトロニクスにおける EMC の勘どころ

1. はじめに	323
2. ノイズ・EMC に関して	323
3. ノイズの種類	324
3-1 伝導ノイズ	324
3-1-1 ノーマルモードノイズと対策	325
3-1-2 コモンモードノイズと対策	326
3-2 空間ノイズ	326
3-2-1 静電誘導ノイズと対策	327
3-2-2 電磁誘導ノイズと対策	327
3-2-3 放射ノイズと対策	328
4. インバータのノイズ	329
4-1 インバータの耐ノイズ設計手順	329
4-2 インバータのノイズ対策	330
5. 「発生源」でのノイズ低減	332
5-1 スイッチングノイズ	332
5-2 IGBT のターンオン	333
5-3 IGBT のターンオフ	334
6. 「影響を受ける回路」のノイズ耐量向上	334
6-1 電源回路	335
6-2 パルス受信回路	336

6-3 ドライバ回路のノイズ対策	336
7. 「伝達経路」でのノイズ低減	337
7-1 IGBT 素子での高インピーダンス化	337
7-2 直流電源での高インピーダンス化	339
7-3 ゲート線・電源線での高インピーダンス化	339
7-4 コモンモードノイズの測定	340
8. ノイズ耐量の向上	340
8-1 接地極と接地配線	341
8-2 インバータの内外配線	342
8-3 金属の電位固定	342
8-4 部分放電	343
9. おわりに	343