

Digital Isolator
EMC アプリケーションノート

目次

目次	2
1. はじめに.....	5
2. アイソレーション製品について	5
2.1. フォトカプラー	5
2.2. 磁気結合方式のデジタルアイソレーター	6
2.3. 容量結合方式のデジタルアイソレーター	6
2.4. フォトカプラーとデジタルアイソレーター	6
3. デジタルアイソレーター	7
3.1. デジタルアイソレーターの製品分類	7
3.2. デジタルアイソレーター製品の選択方法	7
3.3. デジタルアイソレーター製品の採用例.....	9
4. PCB デザインガイド.....	10
4.1. 層構成.....	10
4.2. GND 設計	10
4.3. 電源設計	12
4.4. クロック配線設計	14
4.5. データバス配線設計	14
4.6. 一般信号配線設計	14
4.7. デジタルアイソレーターの絶縁部の影響.....	14
5. ノイズと EMC	15
5.1. ノイズとは	15
5.2. EMC とは	16
5.3. EMC 規格と標準化組織	16
5.4. 製品群に対する EMC 国際規格.....	17
5.5. 半導体に対する EMC 規格.....	18
6. EMC 測定結果.....	24
6.1. EMC 測定ボード	24
6.2. イミュニティ測定	25
6.3. エミッション測定 (IC レベル試験)	25
6.4. エミッション測定 (セットレベル試験)	26
変更履歴	29
製品取り扱い上のお願い.....	30

目次

図 1-1	アプリケーション例.....	5
図 2-1	フォトカプラー.....	5
図 2-2	磁気結合方式のデジタルアイソレーター.....	6
図 2-3	容量結合方式のデジタルアイソレーター.....	6
図 3-1	デジタルアイソレーター製品使用例.....	9
図 4-1	スリット有無時のリターン経路の違い.....	10
図 4-2	GND ビアの間隔例.....	11
図 4-3	細長いスタブ状の GND パターン例.....	11
図 4-4	連続したビアの配置制約.....	12
図 4-5	電源線の引き回し経路.....	12
図 4-6	電源間の干渉低減方法の一例.....	13
図 4-7	バイパスコンデンサの推奨レイアウト.....	13
図 4-8	基板上の電流分布.....	15
図 5-1	ノイズの種類.....	15
図 5-2	EMC の定義.....	16
図 5-3	EMC 規格体系.....	17
図 5-4	放射エミッション TEM セル法.....	20
図 5-5	伝導エミッション 1 Ω /150 Ω 法.....	20
図 5-6	放射エミッション IC ストリップライン法.....	21
図 5-7	放射イミュニティ TEM セル法.....	22
図 5-8	伝導イミュニティ DPI 法.....	22
図 5-9	放射イミュニティ IC ストリップライン法.....	23
図 5-10	IEC62132-8 試験中の電界と磁界の分布.....	23
図 5-11	Z 方向の磁界が照射されるパターン.....	23
図 6-1	各種測定ボード.....	24
図 6-2	放射イミュニティ IC ストリップライン法 測定結果.....	25
図 6-3	放射エミッション IC ストリップライン法 測定結果.....	25
図 6-4	放射エミッション 3m 法 測定結果.....	26

表目次

表 2-1	製品比較表	7
表 3-1	電気的特性	8
表 3-2	信号伝達方法	8
表 4-1	層構成の例	10
表 5-1	IEC 61326 で参照される EMC 試験規格例	17
表 5-2	IEC 61967 シリーズ 集積回路イミュニティ測定	18
表 5-3	IEC 62132 シリーズ 集積回路エミッション測定	19
表 5-4	IEC 62215 シリーズ 集積回路インパルスイミュニティ測定	19

1. はじめに

産業分野などで使用される機器では、高電圧で動作する部分と低電圧で動作する部分が混在しており、使用する環境によっては低電圧部に高電圧・大電流が印加される場合があります。そのため、低電圧の回路に高電圧が印加することにより回路が破損したり、機器を操作する人が感電したりする可能性があります。また、機器内部で発生する GND ループによって、想定しないルートで電流が流れてしまい、回路や機器の故障・破損を引き起こす事もあります。加えて、この GND ループが不要なノイズも発生させる事があります。これらの対策として、低電圧部と高電圧部の間に電流が流れないように直流的に分離、つまり「絶縁」を行う必要があります。一般的に「絶縁」が必要な装置は、商用電源・サーボ・計測器などの産業機器、ハイブリッド自動車 ECU などの車載機器、エアコンや冷蔵庫などの民生家電機器などが挙げられます。



図 1-1 アプリケーション例

長年、この絶縁を実現するために使われていたアイソレーション製品はフォトカプラーでしたが、より高速なデジタル信号の伝送を行いたい、システムの小型化を実現したい、製品寿命を延ばしたいという要求を背景にデジタルアイソレーターが開発されました。

2. アイソレーション製品について

前記のとおり、アイソレーション製品は伝送方式で 3 種類に分かれます。

2.1. フォトカプラー

フォトカプラーは、光信号を使って電気信号を伝送することで 2 点間を電氣的に分離します。送信側で電気信号を光信号に変換し、受信側でフォトトランジスタなどで受けた光信号を電気信号に戻す方式です。

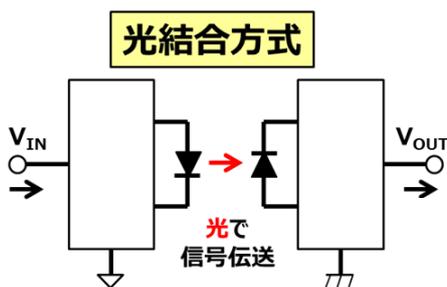


図 2-1 フォトカプラー

2.2. 磁気結合方式のデジタルアイソレーター

磁気結合方式のデジタルアイソレーターは、コイルに流れる電流によって発生する磁界を使って電気信号を伝送することで2点間を電氣的に分離します。送信側で電気信号を磁気エネルギーに変換し、受信側で磁気エネルギーを電気信号に戻す方式です。

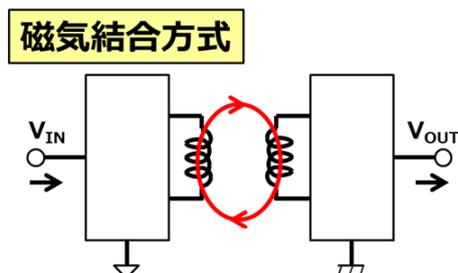


図 2-2 磁気結合方式のデジタルアイソレーター

2.3. 容量結合方式のデジタルアイソレーター

容量結合方式のデジタルアイソレーターは、コンデンサーの充放電を使って電気信号を伝送することで2点間を電氣的に分離します。送信側からの電気信号を、受信側でコンデンサーの充電・放電という形に変換して電気信号に戻す方式です。

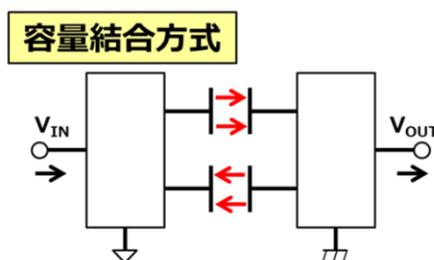


図 2-3 容量結合方式のデジタルアイソレーター

2.4. フォトカプラーとデジタルアイソレーター

フォトカプラーとデジタルアイソレーターの特徴比較を下記に記します。
デジタルアイソレーターはフォトカプラーと比べて製品寿命が長く、高速通信が可能、高いコモンモードノイズ耐性、かつ低消費電流という利点があります。また、製品構造上複数のチャンネルを1つのパッケージ内に構成することができるので、部品点数の削減も可能です。一方、フォトカプラーは、長年の豊富な市場実績を背景に多彩な商品ラインアップが用意されており、選択肢が多い事が利点です。また、EMCノイズ特性に優れている点も利点です。

表 2-1 製品比較表

	フォトカプラー	デジタルアイソレーター
製品寿命	△	○
伝送速度	×	○
消費電力	△	○
CMTI*	△	○
EMC ノイズ	○	△
多チャンネル化	×	○
アナログ伝送	○	×
ラインアップ数	○	×

*CMTI：コモンモード過渡耐性(Common Mode Transient Immunity) データ転送における高速過渡ノイズ信号を取り除く能力を表す。

3. デジタルアイソレーター

3.1. デジタルアイソレーターの製品分類

デジタルアイソレーター製品は、伝送する信号の目的に応じて主に3つに分かれます

- ・高速通信用 IC
絶縁層を介して高速のデジタル信号を伝送
- ・ゲートドライバー
MCUなどの外部コントローラーICからの制御信号を受けて、外部のパワーデバイス（MOSFET、IGBT、SiC、GaNなど）を制御する信号を出力
- ・アイソレーションアンプ
入力されたアナログ信号を送信側でデジタルデータに変換し、受信側で出力の仕様に合わせてアナログ信号、またはデジタル信号を出力する増幅器

3.2. デジタルアイソレーター製品の選択方法

多くのデジタルアイソレーターは、特定のアプリケーションで使われることを想定して仕様が決められております。よって、選択した製品が、アプリケーションの要求仕様に適しているかを確認する必要があります。その判断基準となるのが、電氣的仕様と信号の伝達方法です。それぞれを表3-1、および表3-2にまとめます。

表 3-1 電気的特性

パラメーター	説明	確認のポイント
入出力間 絶縁保障	入出力間の絶縁保障電圧	パッケージサイズ
最大入力消費電流	入力側の消費電流	システム側消費電力
最大出力電流	負荷への最大供給電流	負荷の仕様
入力電圧	入力信号の振幅	システム側 I/O 電圧
出力電圧	出力信号の振幅	負荷供給電圧
最小パルス幅	入力波形の最小パルス幅	スイッチング周波数
駆動周波数	負荷の駆動周波数	スイッチング周波数
伝搬遅延時間	入出力間の伝搬遅延時間	負荷制御タイミング
CMTI	コモンモードノイズ耐性	ノイズ耐性

表 3-2 信号伝達方法

	On-Off Keying (OOK)	Edge-Detection
方式概要	<ul style="list-style-type: none"> 入力されるデジタル信号の H/L を搬送波の振幅に変換して信号を伝達する方式 	<ul style="list-style-type: none"> 入力されるデジタル信号の立ち上がり/立ち下がりエッジを検出し、パルス信号に変換して信号を伝達する方式
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 単純な制御 入出力間の伝搬遅延が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ノイズ耐性が高い 消費電流が少ない
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> ノイズ影響を受けやすい 消費電流が多い 	<ul style="list-style-type: none"> 制御が複雑 リフレッシュパルスが必要 入出力間の伝搬遅延が多い
波形例		

3.3. デジタルアイソレーター-製品の採用例

インバーターを例に、各製品の採用事例を説明します。高速通信 IC は主にコントローラーと周辺ブロック間の通信信号に使われます。ゲートドライバーは、パワーデバイスのゲート制御に使われます。また、アイソレーションアンプは、各電圧、電流を監視し、コントローラーへ伝えます。

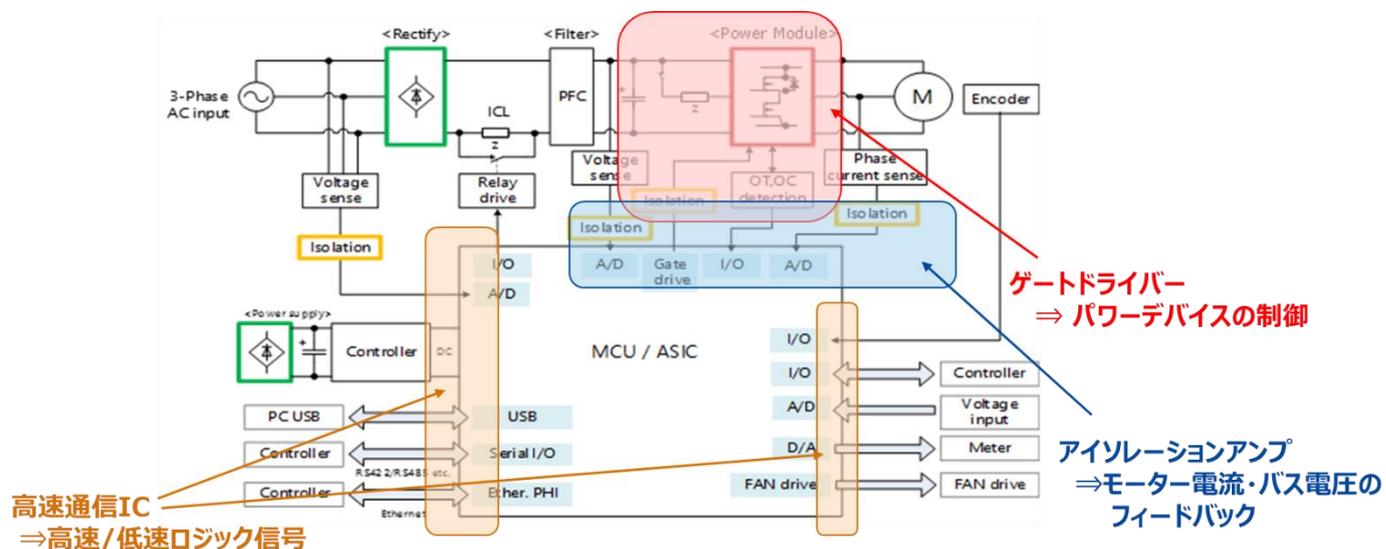


図 3-1 デジタルアイソレーター-製品使用例

4. PCB デザインガイド

EMC 性能を確保するためには、設計の早い段階から EMC 対策を盛り込み検討することが、重要です。この章では、EMC 性能を優先的に考慮した場合の、PCB(Printed Circuit Board)デザインガイドについて記載します。

*本 PCB デザインガイドは、遵守すれば EMC 試験規格で定められた基準値をパスできるというものではありませんが、製品での EMC リスクを下げるために必要な考え方です。また、設計時には、高速な信号線、電流量の大きな電源線など EMC リスクの高い配線から優先して検討していくことを推奨します。

4.1. 層構成

基板の層構成の例を表 4.1 に示します。対象アプリケーションによりさまざまな層構成が考えられますが、ここでは標準的な 4 層基板を対象に基本的な考え方を示します。L1 層にデジタルアイソレーターを配置することを想定しています。

表 4-1 層構成の例

L1	信号(主), GND
L2	GND
L3	電源, GND
L4	信号(副), GND

- (1) 信号線は L1 にメインで引きます。特に、クロック配線やバス配線、通信線などの重要度の高い配線は L1 側で引くことが望ましいです。L1 の信号線以外の空きスペースは GND 配線で埋め、L2 のベタ GND と十分な数のビアで接続します。(4.2 章 GND 設計の(2)、(3)を参照)
- (2) L2 はベタ GND 面とします。
- (3) L3 は電源線を引きます。電流量の大きい電源から優先し、最短距離で引くようにします。電源以外の空きスペースは GND 配線で埋め、L2 のベタ GND と十分な数のビアで接続します。(4.2 章 GND 設計の(2)、(3)を参照)
- (4) L4 には L1 で引ききれない信号線(重要度の低い配線)を引きます。隣接する L3 は複数の電源と GND でスリットが形成されますが、可能な限り L4 の信号配線の直下にスリットを作らないようにすることが望ましいです。(4.2 章 GND 設計(1)を参照)

4.2. GND 設計

GND 設計の指針としては以下が挙げられます。

- (1) 信号線直下の GND にはスリットを作らない。
高周波リターン電流は信号線直下の GND を流れることとなりますが、途中でスリットがあると、高周波リターン電流はスリットに沿って遠回りして戻って来るようになります。スリット部を遠回りすると電流のループ経路が大きくなり、EMI ノイズが増えることになるため、このようなスリットは避けるべきです。

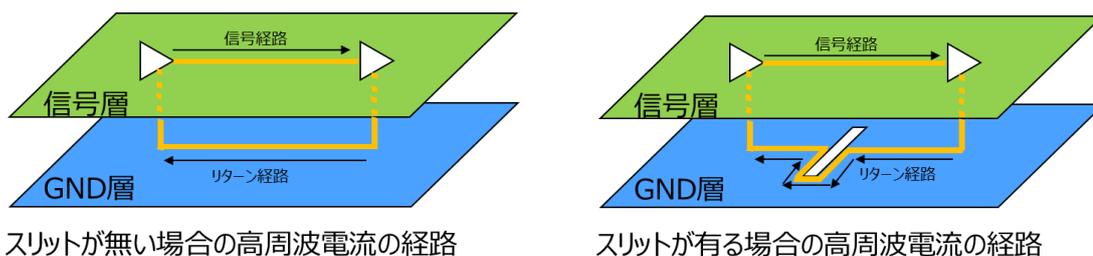


図 4-1 スリット有無時のリターン経路の違い

(2) GND ビアは最大でも 5 mm以内に配置する。

1GHz の信号の 1 波長は約 300mm ですが、基板上では誘電体の影響から波長短縮が発生し約半分程度になるため、約 150mm となります。したがって基板上に 150mm 程度の細長い GND パターン(GND ビア無し)が存在すると、その GND パターン上には 1 波長分の電位差が発生し安定的な電位とはなりません。GND 電位が安定しないと、EMI が発生しやすくなるため、基板全体に 5 mm以内の間隔(あるいは、1/30 波長以下)で GND ビアを配置して、これを避けることが望ましいです。

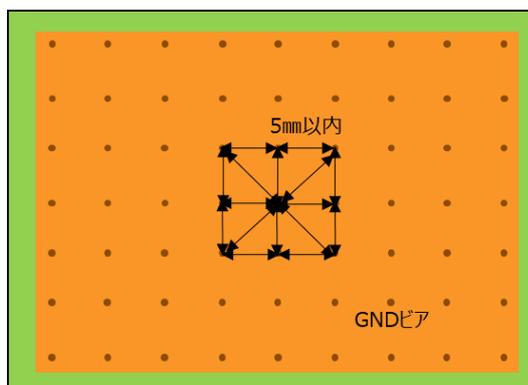


図 4-2 GND ビアの間隔例

(3) 細長い GND パターン、スタブ状の GND パターンは避ける。

(2)で説明した配線長と周波数の関係から、細長い GND パターン、スタブ状の GND パターンはアンテナ形状となり EMI を発生しやすくなります。そのため不必要な細長い GND パターンは削除すべきです。どうしても細長くなる場合には、GND ビアを密に配置する、パターン幅を太くするなどの修正を行います。

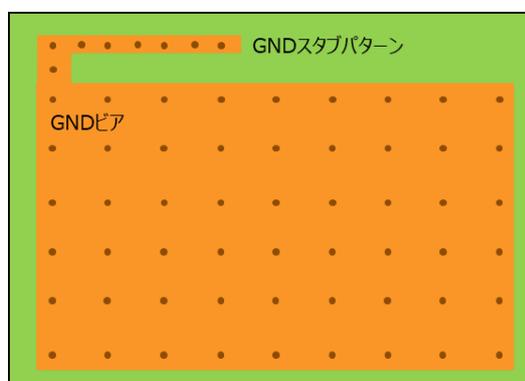


図 4-3 細長いスタブ状の GND パターン例

(4) 隙間なく連続したビアの配置は避ける

4.1 章で説明したように L2 は GND ベタであることが理想的ですが、L1-L4 間の信号ビアや L1-L3 間、L3-L4 間の電源ビアで GND ベタに穴が開くこととなります。ビアが 1 つ、2 つであれば問題ありませんが、図 4.4 のように複数のビアが連続して密集すると、密集したビアが複合してスリットのような形状となりリターンパスを分断し、EMI 悪化の原因となります。特に 4 つ以上の連続したビアは避けることが望ましいです。ビアを連続して配置することを避けて交互に配置する、ビア間にビア 1 個分以上の隙間を設けるなどの対応が有効です。

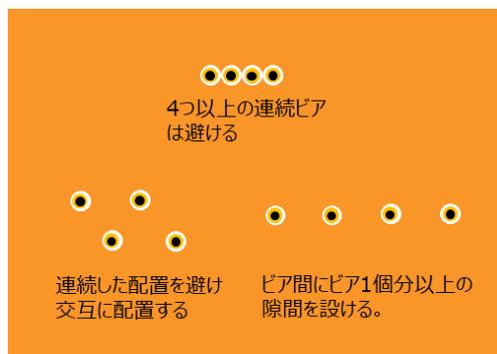


図 4-4 連続したビアの配置制約

4.3. 電源設計

電源設計の指針としては以下が挙げられます。

- (1) 電源配線は、電源層(L3)に面で太く配線することを推奨します。線で電源を引く場合には、配線幅は、最低でも消費電流 1A に対して配線幅 1mm 以上になるよう考慮します。
- (2) 電源配線は不用意に遠回りするような引き回しをせず、最短距離で引くことを推奨します。ただし上下層の信号線・電源線との干渉も重要となってくるため、一概に最短距離が最適とはならない点は注意が必要です。

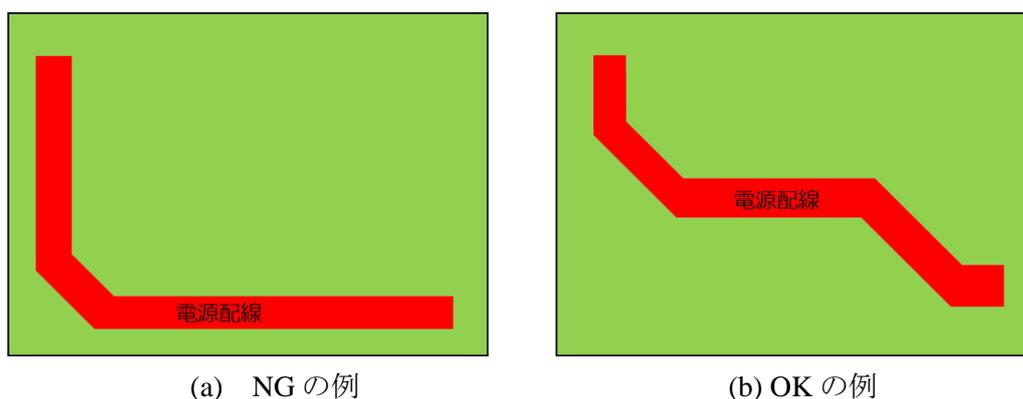


図 4-5 電源線の引き回し経路

- (3) 複数種の電源配線がある場合には、複数電源間のノイズ干渉を抑制する目的で電源間にガードGNDを設けます。ガードGNDの配線幅は1mm以上とすることを推奨します。また、ガードGNDには5mm以下の間隔でGNDビアを配置することを推奨します。図4.6(a)のように、電源間にガードGND無しで近接配置することは避け、(b)のように、電源間にガードGNDを配置します。

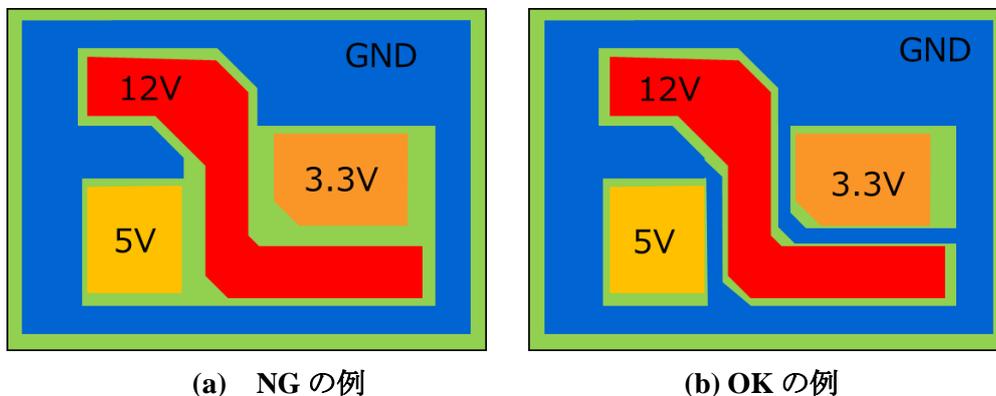


図 4-6 電源間の干渉低減方法の一例

- (4) 電源プレーン共振が発生すると、その共振周波数で EMC 性能が悪化するリスクが高くなります。これを避けるために、電源レイアウト設計後に、電源プレーン共振解析を行うことを推奨します。電位変動の大きい箇所に対して、適切な値のバイパスコンデンサーを配置するなどの対策を行います。
- (5) 電源バイパスコンデンサー実装のレイアウトについては、電源端子 – バイパスコンデンサー – バイパスコンデンサーGND – IC GND のループが最短となるように配置します。ループやICからコンデンサーまでの距離が長くなると、インダクタンス成分によってコンデンサーの効果が低減されてしまうためです。バイパスコンデンサー実装面が、デジタルアイソレーター実装面と反対の面になる場合は、図4.7に示すようにレイアウトします。L1については、ICの電源端子、GND端子の直近にスルーホールを配置し、L4については、スルーホールの直近にバイパスコンデンサーを配置することが望ましいです。

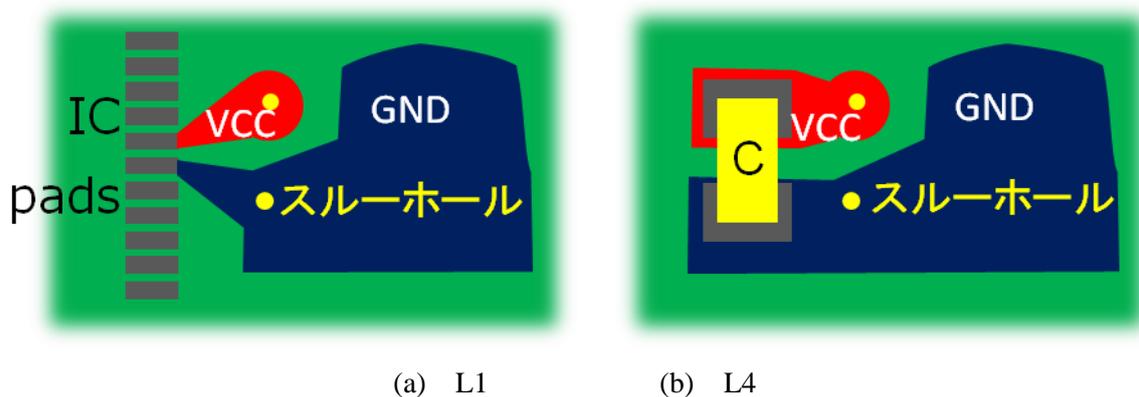


図 4-7 バイパスコンデンサーの推奨レイアウト

4.4. クロック配線設計

クロック配線は、最も EMI の問題発生しやすい配線であり、特に設計に注意が必要です。ここでのクロック信号とは、比較的高速（数十 MHz 以上）のシングルエンドの配線を指します。以下の事項は、差動通信線路設計にも有効な注意事項であり、可能な限り適用することを推奨します。

- (1) L1 にマイクロストリップ形状で配線します。
- (2) L4 での配線は可能な限り避けます。必要な場合には最短での配線とします。
- (3) 信号線の両側にガード GND を設けます。
- (4) 配線層を切り替える場合は、GND ビアを信号ビアの最短距離の位置に設けます。
- (5) リターン電流経路が途切れないよう注意して配線します。

4.5. データバス配線設計

データバス配線も同様に以下の設計を行うことを推奨します。データ線 1 つ 1 つに対して、ガード GND 設置は不可能であるので、4bit 置きにガード GND を設けることを推奨します。

- (1) L1 にマイクロストリップ形状で配線します。
- (2) L4 での配線は可能な限り避けます。必要な場合には最短での配線とします。
- (3) 4bit 置きにガード GND を設けます。
- (4) 配線層を切り替える場合は、GND ビアを信号ビアの最短距離の位置に設けます。
- (5) リターン電流経路が途切れないよう注意して配線します。

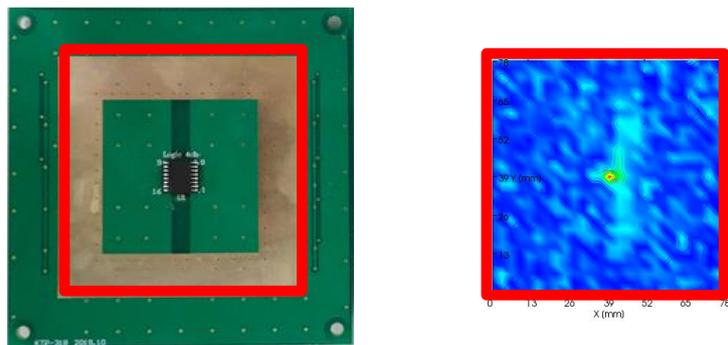
4.6. 一般信号配線設計

その他、信号配線設計も同様に以下の設計を行うことを推奨します。

- (1) L1 にマイクロストリップ形状で配線します。
- (2) L4 での配線は可能な限り短くします。
- (3) リターン電流経路が途切れないようにします。

4.7. デジタルアイソレーターの絶縁部の影響

デジタルアイソレーターは、信号および電源の 1 次側と 2 次側を分離した構造にする必要があります、必ず基板上にスリットが生じる構造となります。このような細長いスリット形状は周波数によってスリットアンテナとなり EMI を悪化させる要因となりえます。図 4-8 にキャリア周波数でのデジタルアイソレーターおよびスリット周りでの電流分布を示します。キャリア周波数では、電流はチップ内に集中しており、スリットの影響は受けていません。ただしより高い周波数帯域では 5cm 程度のスリットが、スリットアンテナとなる場合があります、スリット部周りに強い電流が流れ、電磁波として空間に放射される場合があります、注意を要します。



赤枠内が測定箇所

キャリア周波数での電流分布

図 4-8 基板上的電流分布

5. ノイズと EMC

5.1. ノイズとは

電子機器が動作する際に、さまざまな要因で不要な成分が、電圧・電流・信号などに含まれます。これらの多くは、設計者が期待する理想とは異なり、製品の特性劣化や誤動作を引き起こすものが少なくありません。

ノイズには、落雷や静電気といった自然ノイズと、モーターや蛍光灯などの人工ノイズの 2 種類に分類され、人工ノイズは、通信機器・放送塔など、意図的に電磁波を出しているものもあります。

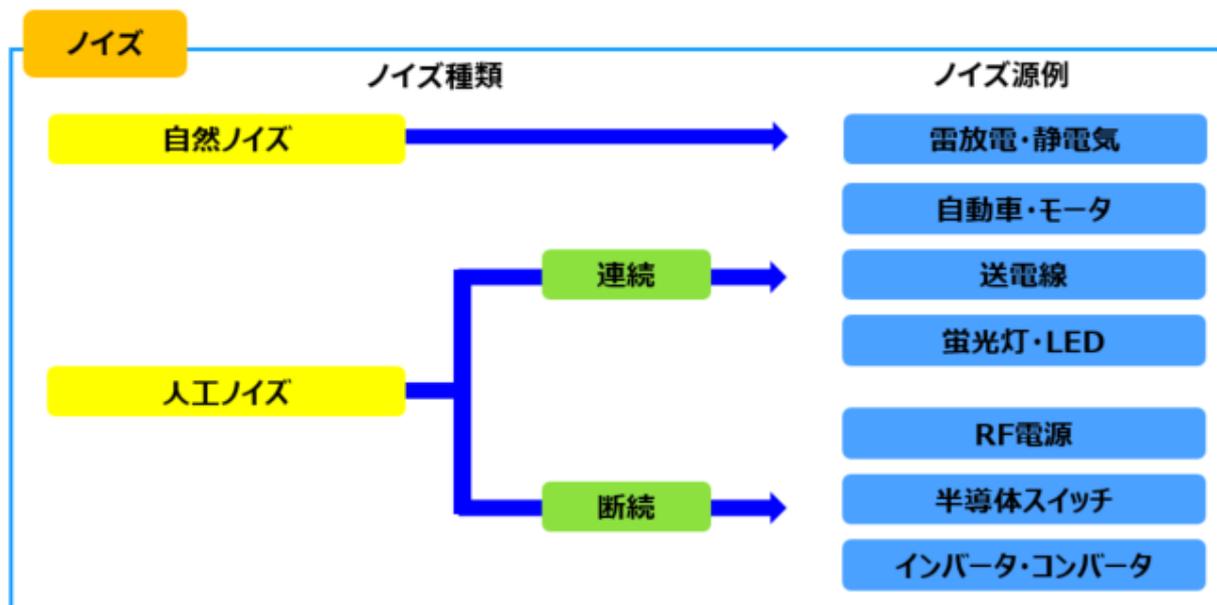


図 5-1 ノイズの種類

また、ノイズの伝搬経路によって、基板パターンやハーネスなどを伝わる伝導ノイズ、電流が流れているライン（電線やパターン）に周辺機器の電源線や信号線が近づくことで、電磁誘導や静電誘導により発生する誘導ノイズ、パッケージや基板パターンがアンテナとなり、空間を伝搬する放射ノイズに分類されます。

5.2. EMC とは

近年、ますます進むシステムの高性能化・高度化・小型化に伴って、システムに使われる半導体自身も多機能化により大電流化、低電圧化、動作スピードの高速化が進み、電子機器のノイズ特性への要求は厳しくなる傾向にあります。

厳しいノイズ障害環境でもシステムが誤動作を起こさないために、その機器が他者または自身に対して電磁的な妨害源とならないエミッション (EMI: Electromagnetic Interference、電磁気妨害) と電磁的な干渉を受けても誤動作を起こさないイミュニティ (EMS : Electromagnetic Susceptibility、電磁気妨害感受性) が要求されるようになってきています。

これら2つの性能を満たすことが EMC (Electro Magnetic Compatibility、電磁環境適合性) と定義されています。

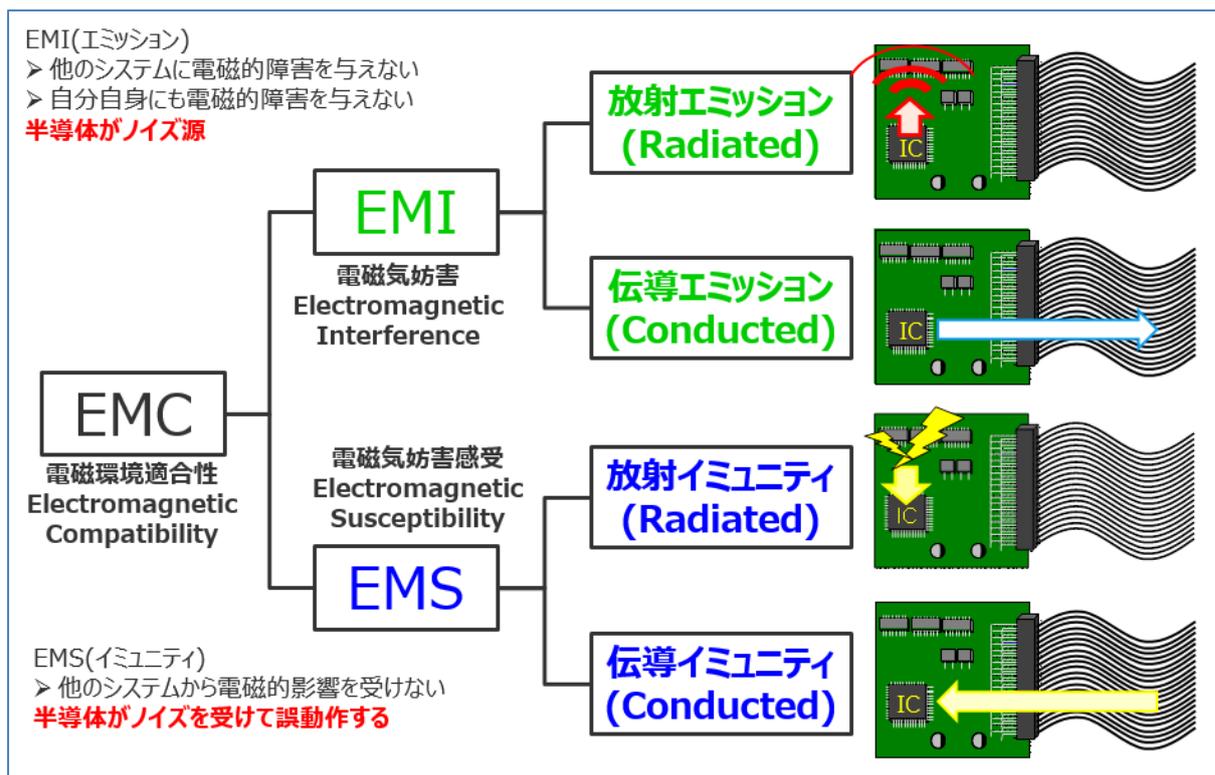


図 5-2 EMC の定義

5.3. EMC 規格と標準化組織

製品の EMC 性能を担保するために、多くの国や地域で EMC 規制の法制化が進んでいます。製品を販売するためには、この EMC 規制を満足し認証を取る必要があります。EMC 規制では、EMC 性能を測る試験方法として、多くの国際規格が参照されています。

国際規格は、EMC 性能を正確かつ再現性をもって測定するために標準化が行われ、それに準じて試験を行うことにより、再現性や安定性を確保することで、共通の指針として使用されることが想定されています。

電気・電子システムの EMC 国際規格は、以下の国際標準化団体で審議と標準化が行われています。これらの規格に準拠することにより、各国や地域で製品の EMC 特性として測定結果を受け入れることを可能としています。また、試験条件や設定などが定義されている為、どのような試験が行われているかを理解することが可能です。

IEC (International Electrotechnical Commission 国際電気標準会議)

CISPR (Comite International Special des Peturbations Radio-electriques 国際無線障害特別委員会)

ISO (International Organization for Standardization 国際標準化機構)

また、IEC では EMC 規格の作成にあたり、下記のような分類を設けています。

- 基本規格** 用語、電磁気環境分類、エミッション・イミュニティの一般要求事項、共通の測定・試験法などを規定
- 共通規格** 特定の環境で、全ての製品を対象にしたエミッション・イミュニティに関するレベル値などを規定
- 製品群規格** 情報機器装置、家電などの特定の製品群に関して、固有の EMC 試験法およびレベル値を規定
- 製品規格** 特定の製品に関して、固有の EMC 試験法およびレベル値を規定。

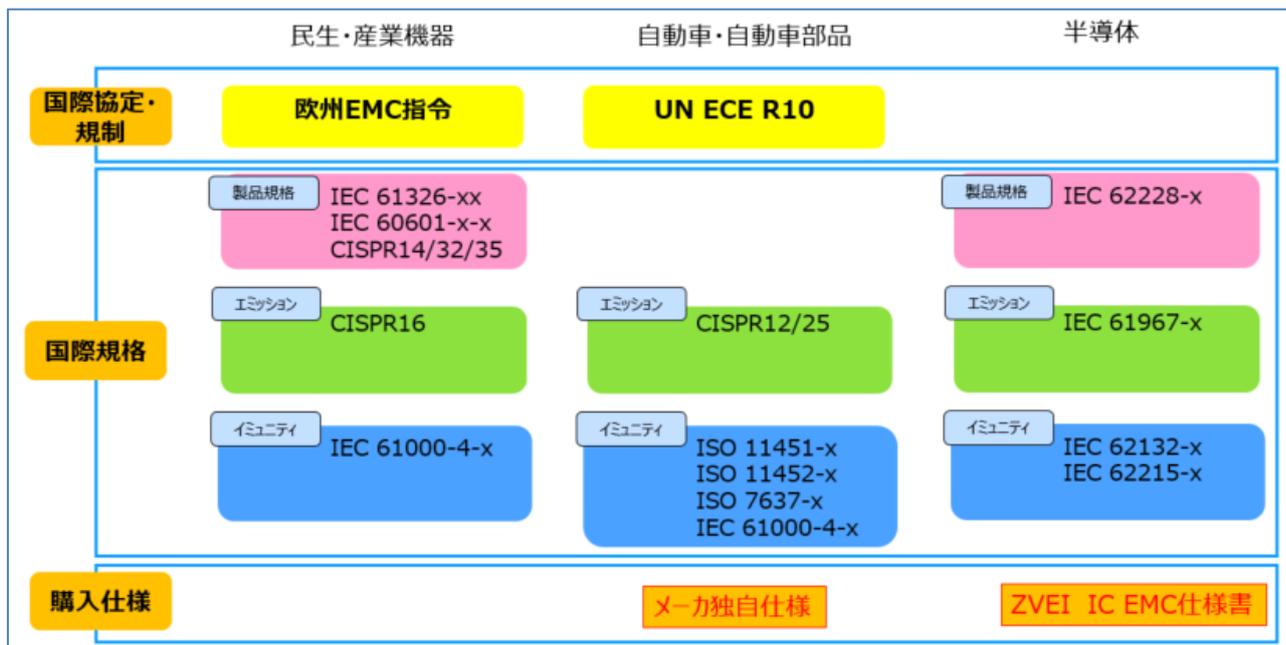


図 5-3 EMC 規格体系

5.4. 製品群に対する EMC 国際規格

例えば、計測用、制御用および試験室用の電気装置（FA 機器など）に対する EMC 要求は、IEC 61326-1 が、適用範囲・試験項目・試験レベル・性能評価基準などを規定しています。この規格の中で、実際に適用されるイミュニティの測定方法の基本規格が参照されています。

また、エミッション要求は、CISPR 32 で規格化されており、測定法や限度値が規定されています。

表 5-1 IEC 61326 で参照される EMC 試験規格例

Part	分類	規格名
IEC 61000-3-2 :2018	限度値	高調波電流発生限度値 一相当たりの入力電力 16A以下
IEC 61000-3-3 :2013	限度値	電圧変化・電圧変動・フリッカ 定格16A以下
IEC 61000-3-11 : 2017	限度値	電圧変化・電圧変動・フリッカ 定格75A以下
IEC 61000-3-12 : 2011	限度値	電源高調波 定格16A以上 一相当たり75A以下
IEC 61000-4-2 :2008	ESD	試験及び測定技術 静電気イミュニティ試験
IEC 61000-4-3 :2006	放射	試験及び測定技術 放射、無線周波数、電磁界イミュニティ試験
IEC 61000-4-4 :2012	伝導	試験及び測定技術 電氣的ファストトランジェント・バーストイミュニティ試験
IEC 61000-4-5 :2014	伝導	試験及び測定技術 サージイミュニティ試験
IEC 61000-4-6 :2013	伝導	試験及び測定技術 無線周波数磁界による誘導伝導妨害に対するイミュニティ試験
IEC 61000-4-8 :2009	伝導	試験及び測定技術 電源周波数磁界イミュニティ試験
IEC 61000-4-11 :2020	伝導	試験及び測定技術 電圧ディップ、瞬停、及び電圧変動に対するイミュニティ試験 一相当たり最大16A
CISPR11:2015	限度値	工業用、化学用及び医療機器 無線周波数妨害特性限度値及び測定方法

5.5. 半導体に対する EMC 規格

電子機器の EMC 対策が年々困難となるなかで、半導体がノイズ源・誤動作要因となることから、半導体単体の性能・良し悪しを定量化し比較するというニーズに対して、半導体単体での EMC 測定方法も標準化が行われています。

半導体 EMC 規格では、試験の限度値などは規定されていません。また直接法規制などでの要求もありません。これら規格の目的が、半導体単体での EMC 性能測定の再現性や安定性を確保するための条件や測定方法の定義であり、複数の半導体の性能を比較する物差しとしての役割を想定しているためです。

一方で、顧客のセット EMC は、最終製品で各国規制や国際規格への適合可否を評価することになり、最終段階で評価を行い、課題が発見された場合に、その原因の解析・対策検討・基板再設計が必要になり、量産・上市日程の遅延を発生させる要因でした。

しかしながら、セット設計の初期段階で、半導体単体での EMC 特性を知ることで、あらかじめ EMC 対策を検討しながら設計を進めるなど、半導体単体の試験結果の活用も進んできています。あらかじめノイズ特性が分かっている半導体を使う場合に、それをセット設計に考慮することにより、セット開発時の EMC リスクを大幅に減少させることができます

ただし、実セットとは異なる条件（試験ボードや測定法）の結果であること、また、セット全体の EMC 特性は、ノイズ源またはノイズを受ける半導体やセットの特性とノイズ伝搬経路の組み合わせで決まることに留意する必要があります。

- ・ エミッション測定法（IEC 61967 シリーズ（表 5-2））
- ・ イミュニティ測定法（IEC 62132 シリーズ（表 5-3））
- ・ インパルスイミュニティ測定法（IEC 62215 シリーズ（表 5-4））

表 5-2 IEC 61967 シリーズ 集積回路イミュニティ測定

Part	分類	規格名称	状況
1	一般	General conditions and definitions	IS, Ed2.0, 2018
1-1	一般	General conditions and definitions -Near-field scan data exchange format	TR, Ed2.0, 2015
2	放射	TEM cell and wideband TEM cell method (150kHz to 1GHz)	IS, Ed1.0, 2005
3	放射	Surface scan method	TS, Ed2.0, 2014
4	伝導	1Ω/150Ω direct coupling method	IS, Ed2.0, 2021
4-1	一般	1Ω/150Ω direct coupling method (150kHz to 1GHz) - Application guidance to IEC 61967-4	TR, Ed1.0, 2005
5	伝導	Workbench Faraday Cage method (150kHz to 1GHz)	IS, Ed1.0, 2003
6	伝導	Magnetic probe method (150kHz to 1GHz)	IS, Ed1.1, 2008
8	放射	IC stripline method	IS, Ed1.0, 2011

2023年1月現在

表 5-3 IEC 62132 シリーズ 集積回路エミッション測定

Part	分類	規格名称	状況
1	一般	General conditions and definitions	IS, Ed2.0, 2015
2	放射	TEM cell and wideband TEM cell method	IS, Ed1.0, 2010
4	伝導	DPI (Direct RF Power injection) method (150kHz to 1GHz)	IS, Ed1.0, 2006
5	伝導	Workbench Faraday Cage method (150kHz to 1GHz)	IS, Ed1.0, 2005
8	放射	IC stripline method	IS, Ed1.0, 2012
9	放射	Surface scan method	TS, Ed1.0, 2014

2023年1月現在

表 5-4 IEC 62215 シリーズ 集積回路インパルスイミュニティ測定

Part	分類	規格名称	状況
2	伝導パルス	Synchronous transient injection method	TS, Ed1.0, 2007
3	伝導パルス	Non-synchronous transient injection method	IS, Ed1.0, 2013

IS: International Standard (国際規格)
TS: Technical Specification (技術仕様書)

2023年1月現在

主な、集積回路エミッション測定について以下に解説します。

IEC 61967-2 TEMセル法

◆名称

IEC 61967-2; Measurement of electromagnetic emissions
-TEM cell and wideband TEM cell method

◆目的

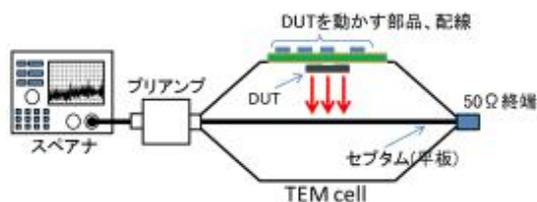
・ICからの放射エミッションを測定する手法

◆概要

・小型のTEMセルの側面に評価基板を搭載できるようにし、測定対象のICのみがTEMセルの内側に向かうようにすることで、ICからの直接放射を測定することができる



Gigahertz TEM-cell(GTEM)



© 2023 Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation 2

図 5-4 放射エミッション TEM セル法

IEC 61967-4 1Ω/150Ω法

◆名称

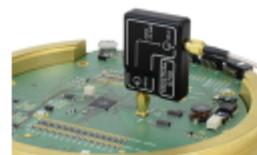
IEC 61967-4; Integrated circuits, Measurement of Electromagnetic Emissions
-1Ω/150Ω direct coupling method

◆目的

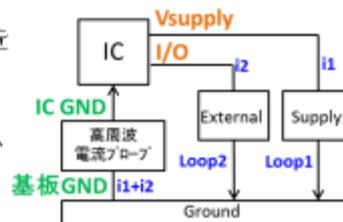
・ICからの伝導エミッションを測定する手法。
・各ピンのエミッション測定が可能であり、再現性が高い

◆概要

・1Ω法 : ICのGroundに1Ωを挿入し、高周波電流を測定する。ループ1、2の共通のリターンパスである基板のGroundに流れる合計の高周波電流を測定できる
・150Ω法 : ICの出力信号の高周波ノイズを150Ω結合ネットワークを用いて測定できる
・規格を提案したドイツを始め欧州では広く採用されている手法である
・ループ1、2がPCB上の導体及びケーブルを通るループに相当しており、アプリケーションにおけるエミッションの主要な原因となりやすい



測定プローブ例 : LANGER社 S603



© 2023 Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation 1

図 5-5 伝導エミッション 1Ω/150Ω法

IEC 61967-8 ICストリップライン法

◆名称

IEC 61967-8; Measurement of electromagnetic Emissions
-IC stripline method

◆目的

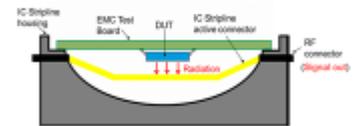
- ・ ICからの放射エミッションを測定する手法

◆概要

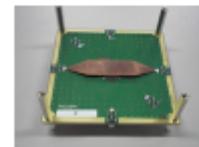
- ・ ストリップラインを用いて放射エミッションを測定する
- ・ ストリップラインはその幅、基板（Ground面）との高さにより特性インピーダンスが 50Ω に整合されており、評価基板上のIC上面に配置することにより、ICの放射エミッションを測定することができる
- ・ 試験治具として、クローズドタイプとオープンタイプの2タイプがある



クローズドタイプ



クローズドタイプ（断面）



オープンタイプ

© 2021 Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation 3

図 5-6 放射エミッション IC ストリップライン法

主な、集積回路電磁イミュニティ測定法について以下に解説します。

IEC 62132-2 TEMセル法

◆名称

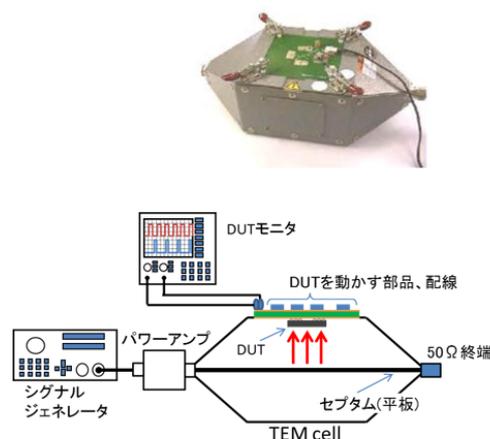
IEC 62132-2; Measurement of Electromagnetic Immunity
-TEM cell and wideband TEM cell method

◆目的

・ICへの放射イミュニティを測定する手法

◆概要

・小型のTEMセルの側面に評価基板を搭載できるようにし、測定対象のICのみがセルの内側に向けることで、ICへの放射イミュニティを測定することができる



© 2021 Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

図 5-7 放射イミュニティ TEM セル法

IEC 62132-4 DPI法

◆名称

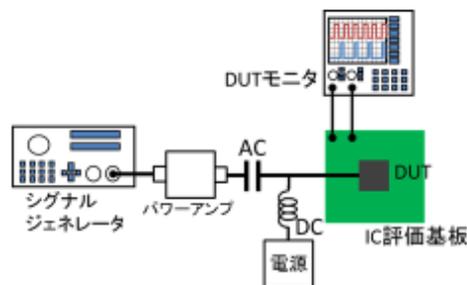
IEC 62132-4; Measurement of electromagnetic Immunity
-Direct Power Injection (DPI) method

◆目的

・容量結合で妨害信号を印加し、ICの誤動作の有無を確認する手法
・各ピンのイミュニティ耐量測定が可能であり、再現性が高い

◆概要

・広く普及している伝導イミュニティ評価手法
・各ピンへの正弦波および変調波を直接印加し、誤動作発生限界値を試験する。
・信号印加だけでなく、差動モードシステム端子に対しても適用可能である



© 2021 Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation 4

図 5-8 伝導イミュニティ DPI 法

IEC 62132-8 ICストリップライン法

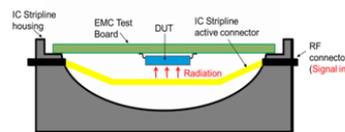
◆名称
IEC 62132-8; Measurement of Electromagnetic Immunity
-IC strip line method

◆目的
・ICへの放射免疫性を測定する手法

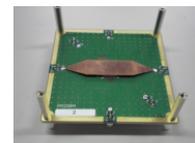
◆概要
 ・ストリップラインを用いて放射免疫性を測定する
 ・ストリップラインはその幅、基板（Ground面）との高さにより特性インピーダンスが50Ωに整合されており、評価基板上のIC上面に配置することにより、ICに対して妨害信号を与えることによりICの誤動作を確認する
 ・試験治具として、クローズドタイプとオープンタイプの2タイプがある



クローズドタイプ



クローズドタイプ（断面）

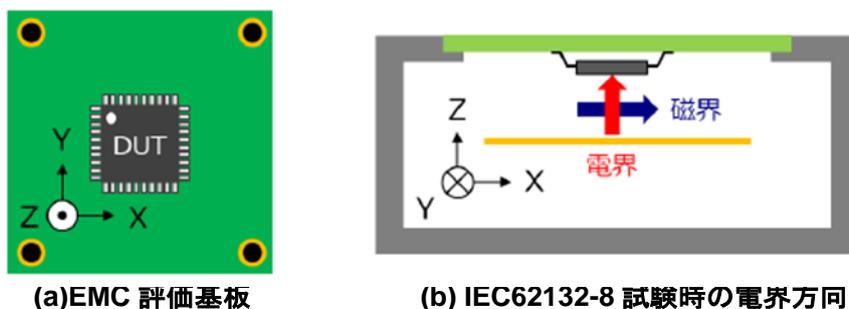


オープンタイプ

© 2021 Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation

図 5-9 放射免疫性 IC ストリップライン法

ここで紹介しました IEC62132-8 記載の放射免疫性試験では、図 5-10 のように Z 方向に電界が照射される環境下での評価となっております。しかし、図 5-11 のように IC が基板に実装され製品内に組み込まれた場合、IC に隣接する電源パターンやハーネスに流れる電流が起因で発生する磁界が、IC に照射されることも想定する必要があります。そのため、Z 方向の磁界照射に対する放射免疫性特性の評価も重要となります。



(a) EMC 評価基板

(b) IEC62132-8 試験時の電界方向

図 5-10 IEC62132-8 試験中の電界と磁界の分布

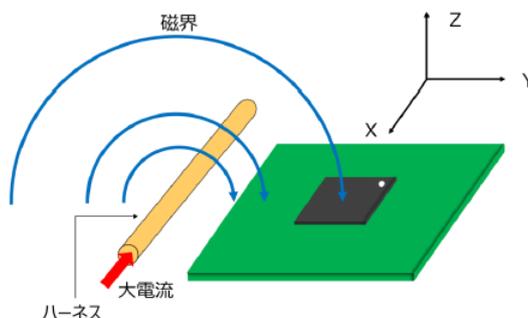


図 5-11 Z 方向の磁界が照射されるパターン

磁界を照射する試験としては、IEC 61000-4-8（電源周波数磁界イミュニティ試験）があります。こちらは最終製品を前提とした試験であり、磁界を照射するコイルのサイズが大きいなど、半導体単体への磁界照射試験としては最適な評価方法ではありません。最終製品における更なるノイズ耐性の向上のためには、今後半導体単体で磁界照射に対する特性を評価できる環境を構築し、その特性を把握することが大事です。

6. EMC 測定結果

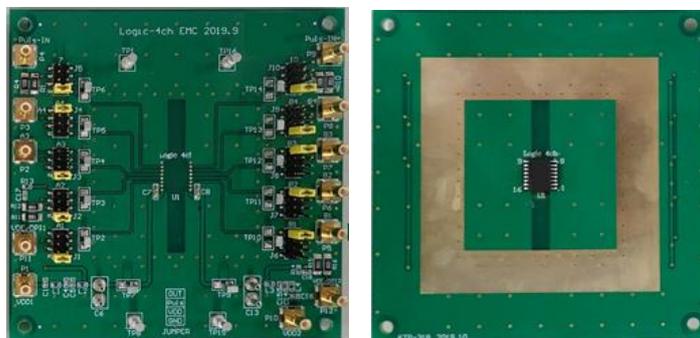
5章で紹介した EMC 国際規格に準拠した測定結果を示します。

6.1. EMC 測定ボード

図 6.1 は、EMC 測定基板の例です。半導体レベルの試験である IC ストリップライン法では、デジタルアイソレーター IC の放射を評価するため、IC 以外の部品や配線は IC 非搭載面に配置し、これらの影響を排除して、IC 単体の特性が得られるような構成としています。これは、半導体レベルの EMC 規格である IEC 61967-1 および IEC 62132-1 に準拠しています。ただし、4.7 章で言及した通り、デジタルアイソレーターを採用する場合、絶縁特性を確保するために IC 部品下にパターンを配置しないことが一般的です。そのため、デジタルアイソレーターの評価に使用する EMC 評価基板は、IC 部品下にスリットを入れる仕様で作成致しました。周波数によっては、このスリットがアンテナとして機能する場合がありますため、IEC 61967-1 および IEC 62132-1 に準拠した基板よりも厳しい条件で評価することになります。

一方、電波暗室で実施する CISPR 32 評価で使用する基板は、セットレベル試験であることを考慮し、基板全体からの特性を評価することを前提に、IEC 61967-1 および IEC 62132-1 で規定されている仕様にはなっておりません。

<IEC 61967-8/IEC 62132-8 IC ストリップライン評価基板>



< CISPR 32 評価基板 >

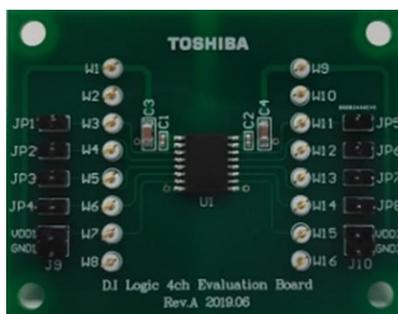


図 6-1 各種測定ボード

6.2. イミュニティ測定

IEC 62132-8 IC stripline method (放射イミュニティ) に準拠して測定した結果を図 6-2 に示します。イミュニティ結果は、各周波数における誤動作が発生しない最大ノイズ印加レベルをプロットします。すなわち、プロットがグラフの上にあるほど、イミュニティ特性が良いことを示します。

東芝デバイス&ストレージ社の DCL54xx01 では、150kHz~1GHz の周波数範囲では、BISS 記載の限度値 Class III * レベルである 800V/m のノイズを照射しても誤動作は発生しません。

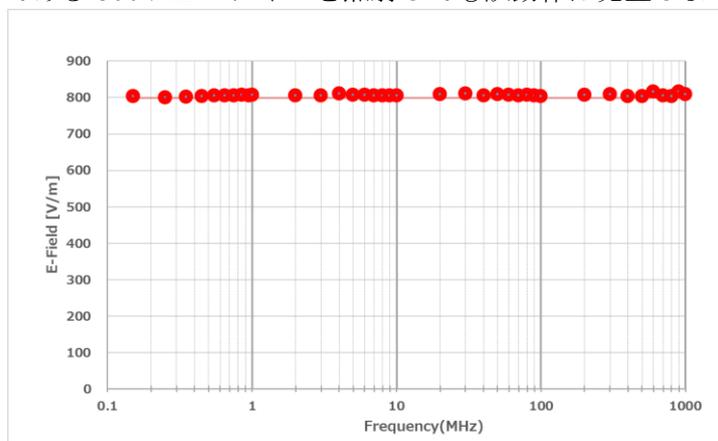


図 6-2 放射イミュニティ IC ストリップライン法 測定結果

※Bosch 社、Infineon 社、Siemens 社 (現 Continental 社) が策定した半導体 EMC 試験に関する共通仕様書に示される、車載半導体に要求される最も厳しいイミュニティ要求レベル。

6.3. エミッション測定 (IC レベル試験)

IEC 61967-8 IC stripline (放射エミッション) 法に準拠して測定した結果を、図 6-3 に示します。エミッション結果は、各周波数のノイズレベルを表します。すなわちピーク値が低いほどエミッション特性が良いことを示します。

東芝デバイス&ストレージ社の DCL54xx01 の放射レベルは、150kHz~1GHz の周波数範囲では、BISS 記載の限度値 Class I * レベル以下です。

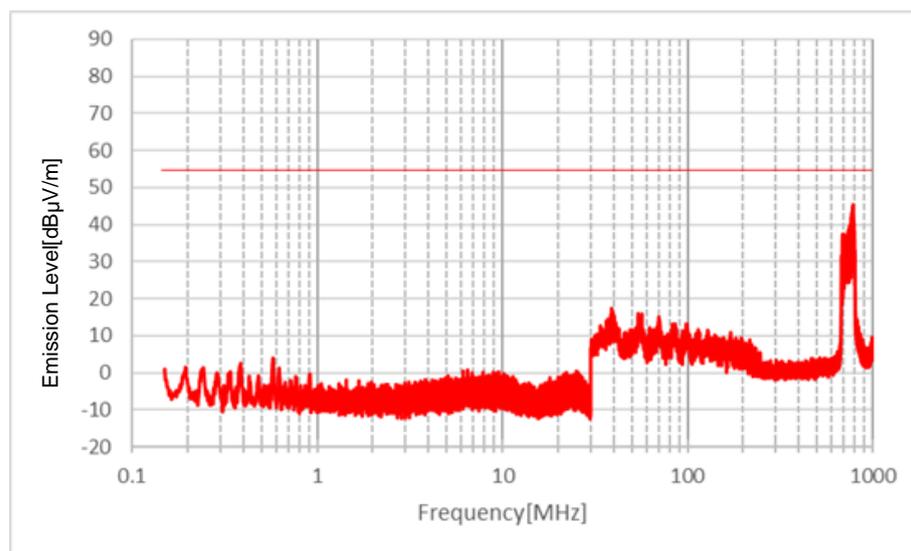


図 6-3 放射エミッション IC ストリップライン法 測定結果

※Bosch 社、Infineon 社、Siemens 社 (現 Continental 社) が策定した半導体 EMC 試験に関する共通仕様書に示される、車載半導体に要求されるエミッション要求レベル例。

6.4. エミッション測定（セットレベル試験）

CISPR 32（放射エミッション）に準拠して測定した結果を、図 6-4 に示します。

東芝デバイス&ストレージ社の DCL54xx01 の放射レベルは、30MHz～1GHz の周波数範囲では、Class B 限度値に対して、10dB 以上のマージンを確保しております。

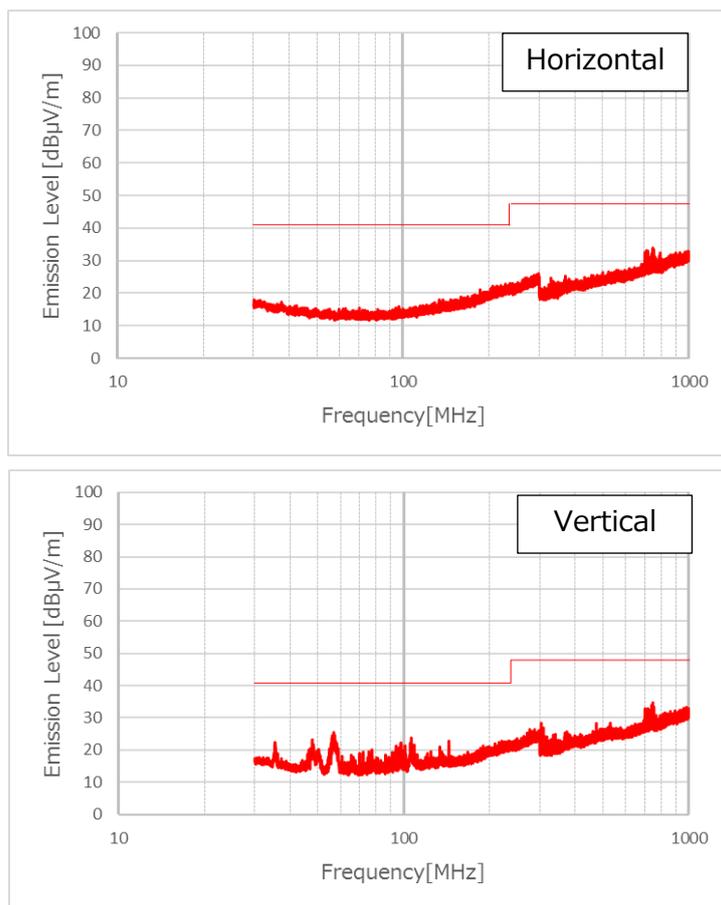


図 6-4 放射エミッション 3m 法 測定結果

※主に住宅環境での使用が意図された機器に対する要求で、より厳しい限度値を規定。

参照国際規格

IEC 61326-1: 2020, Electrical equipment for measurement, control and laboratory use - EMC requirements -Part1: General Requirements

IEC 60050 (all parts), International Electrotechnical Vocabulary

IEC 61000-3-2:2005, Electromagnetic compatibility (EMC)-Part 3-2: Limits-Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase), Amendment 1:2008 および Amendment 2:2009

IEC 61000-4-2:2008, Electromagnetic compatibility (EMC)-Part 4-2: Testing and measurement techniques-Electrostatic discharge immunity test

IEC 61000-4-3:2006, Electromagnetic compatibility (EMC)-Part 4-3: Testing and measurement techniques-Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test, Amendment 1:2007 および Amendment 2:2010

IEC 61000-4-4:2004, Electromagnetic compatibility (EMC)-Part 4-4: Testing and measurement techniques-Electrical fast transient/burst immunity test および Amendment 1:2010

IEC 61000-4-5:2005, Electromagnetic compatibility (EMC)-Part 4-5: Testing and measurement techniques-Surge immunity test

IEC 61000-4-6:2008, Electromagnetic compatibility (EMC)-Part 4-6: Testing and measurement techniques-Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields

IEC 61000-4-8:2009, Electromagnetic compatibility (EMC)-Part 4-8: Testing and measurement techniques-Power frequency magnetic field immunity test

IEC 61000-4-11:2004, Electromagnetic compatibility (EMC)-Part 4-11: Testing and measurement techniques-Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests

CISPR 11:2009, Industrial, scientific and medical equipment-Radio-frequency disturbance characteristics-Limits and methods of measurement および Amendment 1:2010

IEC 61967-1:2018, Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions - Part1: General conditions and definitions

IEC/TR 61967-1-1:2015, Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions - Part: General conditions and definitions -Near field scan data exchange format

IEC 61967-2:2005, Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions, 150 kHz to 1GHz - Part 2: Measurement of radiated emissions - TEM cell and wideband TEM cell method

IEC 61967-3:2014, Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions - Part3: Measurement of radiated emissions - Surface scan method

IEC 61967-4:2021, Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions - Part4: Measurement of conducted emissions - 1ohm/150ohm direct coupling method

IEC/TR 61967-4-1:2005, Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions, 150 kHz to 1 GHz - Part4-1: Measurement of conducted emissions -1ohm/150ohm direct coupling method - Application guidance to IEC 61967-4

IEC 61967-5:2003, Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions, 150 kHz to 1GHz - Part5: Measurement of conducted emissions - Workbench Faraday Cage method

IEC 61967-6:2008, Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions, 150 kHz to 1GHz - Part6: Measurement of conducted emissions - Magnetic probe method

IEC 61967-8:2011, Integrated circuits - Measurement of electromagnetic emissions - Part8: Measurement of radiated emissions - IC stripline method

IEC 62132-1:2015, Integrated circuits - Measurement of electromagnetic immunity - Part1: General conditions and definitions

IEC 62132-2:2010, Integrated circuits - Measurement of electromagnetic immunity - Part 2: Measurement of radiated immunity - TEM cell and wideband TEM cell method

IEC 62132-4:2006, Integrated circuits - Measurement of electromagnetic immunity - Part4: Measurement of conducted immunity - Direct RF power injection method

IEC 62132-5:2005, Integrated circuits - Measurement of electromagnetic immunity, 150 kHz to 1GHz - Part5: Measurement of conducted immunity - Workbench Faraday Cage method

IEC 62132-8:2012, Integrated circuits - Measurement of electromagnetic immunity - Part8: Measurement of radiated immunity - IC stripline method

IEC 62132-9:2014, Integrated circuits - Measurement of electromagnetic immunity - Part9: Measurement of conducted emissions - Surface scan method

IEC/TS 62215-2:2007, Integrated circuits - Measurement of impulse immunity - Part2: Synchronous transient injection method

IEC 62215-3:2013, Integrated circuits - Measurement of impulse immunity - Part3: Non-synchronous transient injection method

変更履歴

バージョン情報	日付	変更内容
Rev. 1.0	2022-1-28	初版
Rev. 2.0	2023-3-24	5-5 半導体に対する EMC 規格 磁界照射に関する記載追記 6-1 EMC 測定ボード 評価基板説明追記

製品取り扱い上のお願ひ

株式会社東芝およびその子会社ならびに関係会社を以下「当社」といいます。

本資料に掲載されているハードウェア、ソフトウェアおよびシステムを以下「本製品」といいます。

- 本製品に関する情報等、本資料の掲載内容は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。
- 文書による当社の事前の承諾なしに本資料の転載複製を禁じます。また、文書による当社の事前の承諾を得て本資料を転載複製する場合でも、記載内容に一切変更を加えたり、削除したりしないでください。
- 当社は品質、信頼性の向上に努めていますが、半導体・ストレージ製品は一般に誤作動または故障する場合があります。本製品をご使用頂く場合は、本製品の誤作動や故障により生命・身体・財産が侵害されることのないように、お客様の責任において、お客様のハードウェア・ソフトウェア・システムに必要な安全設計を行うことをお願いします。なお、設計および使用に際しては、本製品に関する最新の情報（本資料、仕様書、データシート、アプリケーションノート、半導体信頼性ハンドブックなど）および本製品が使用される機器の取扱説明書、操作説明書などをご確認の上、これに従ってください。また、上記資料などに記載の製品データ、図、表などに示す技術的な内容、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例などの情報を使用する場合は、お客様の製品単独およびシステム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。
- 本製品は、特別に高い品質・信頼性が要求され、またはその故障や誤作動が生命・身体に危害を及ぼす恐れ、膨大な財産損害を引き起こす恐れ、もしくは社会に深刻な影響を及ぼす恐れのある機器（以下“特定用途”という）に使用されることは意図されていませんし、保証もされていません。特定用途には原子力関連機器、航空・宇宙機器、医療機器（ヘルスケア除く）、車載・輸送機器、列車・船舶機器、交通信号機器、燃焼・爆発制御機器、各種安全関連機器、昇降機器、発電関連機器などが含まれますが、本資料に個別に記載する用途は除きます。特定用途に使用された場合には、当社は一切の責任を負いません。なお、詳細は当社営業窓口まで、または当社 Web サイトのお問い合わせフォームからお問い合わせください。
- 本製品を分解、解析、リバースエンジニアリング、改造、改変、翻案、複製等しないでください。
- 本製品を、国内外の法令、規則及び命令により、製造、使用、販売を禁止されている製品に使用することはできません。
- 本資料に掲載してある技術情報は、製品の代表的動作・応用を説明するためのもので、その使用に際して当社及び第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。
- 別途、書面による契約またはお客様と当社が合意した仕様書がない限り、当社は、本製品および技術情報に関して、明示的にも黙示的にも一切の保証（機能動作の保証、商品性の保証、特定目的への合致の保証、情報の正確性の保証、第三者の権利の非侵害保証を含むがこれに限らない。）をしておりません。
- 本製品、または本資料に掲載されている技術情報を、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的、あるいはその他軍用途の目的で使用しないでください。また、輸出に際しては、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」等、適用ある輸出関連法令を遵守し、それらの定めるところにより必要な手続を行ってください。
- 本製品の RoHS 適合性など、詳細につきましては製品個別に必ず当社営業窓口までお問い合わせください。本製品のご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制する RoHS 指令等、適用ある環境関連法令を十分調査の上、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は一切の責任を負いかねます。

東芝デバイス&ストレージ株式会社

<https://toshiba.semicon-storage.com/jp/>