

オシロスコープを使用した 静電気放電 (ESD) 問題のトラブルシューティング

アプリケーション・ノート



はじめに

静電気放電 (ESD) は、EMCコンプライアンスでは放射エミッションに次いでデバッグが難しく、製品トラブルの原因となっています。放電は間欠的な現象であり、トラブルの理解および解決が最も難しいものの一つになっています。幸いにも、ESDシミュレータというものがあり、制御された放電を製品に注入することで障害の発生を確認できます。ほとんどの製品が参照している主な国際規格として、IEC 61000-4-2とU.S. ANSI C63.16があり、ESD試験のセットアップと実施方法を規定しています (参考文献を参照)。

人が筐体またはケーブルに触れることで発生するESDは、電子機器の回路を損傷させることがあります。一般的な人体によるESDでは、人の指が金属の物体に触れることで大きな電流放電を生じます。これによって生ずる電流パルスは、1ns未満の立ち上がり時間を持つ、非常にエッジの鋭い、数アンペア・レベルのものになることがあります (図1参照)。

理想的なESD波形を図1に示します。立ち上がりエッジは通常1ns未満であり、二番目のパルスは二次の指数関数で減衰します。

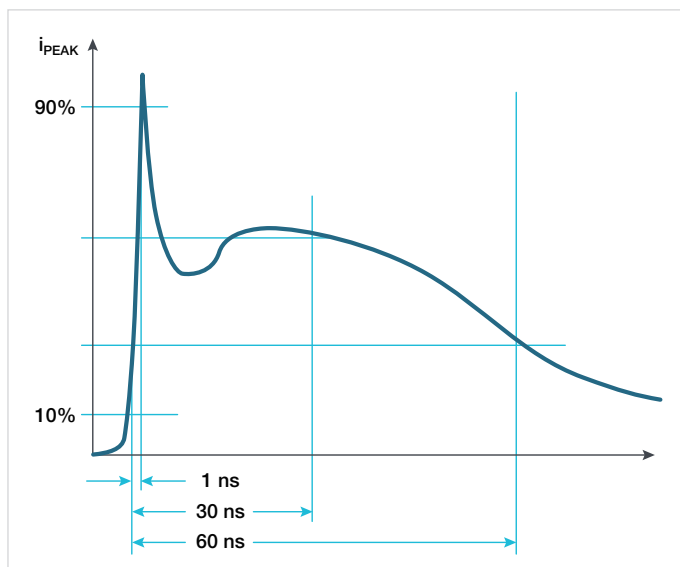


図1. ESDの電流の立ち上がり時間は1ns未満

通常、ほとんどの民生機器、家電では、ESDは4kV~15kVで試験され、放電波形は「人体モデル」に従います。シミュレータの電圧設定にもよりますが、ESDの電流はピークで30Aの瞬時電流になることもあります。

本アプリケーション・ノートの概要

- ESDの適合性試験で不合格になった場合、設計エンジニアが知っておくべきトラブルシューティングの手法
- ESDの基礎知識
- 近接界プローブ、オシロスコープ、ESDシミュレータを含む、ESDトラブルシューティングのための基本テスト・システムの概要
- 測定方法と、DUTにおけるESD電流の経路

このアプリケーション・ノートでは、ESDトラブルシューティングを説明するのに、6シリーズMSOオシロスコープと近接界プローブを使用しています。4シリーズ、5シリーズMSOも、6シリーズと同じ操作であるため、セットアップ、測定は同じ操作方法になります。実際にも、適切な性能を持ったオシロスコープであれば、ここで説明する同じ方法で対応できます。

制御されたテスト環境であっても、トラブルシューティングで回路のどの部分、またはどのシステムが影響を受けるのか、正確に知ることは困難です。また、どのような経路でESD電流が通過するかを知ることも困難です。中規模、大規模のシステムになれば、さらに困難になります。

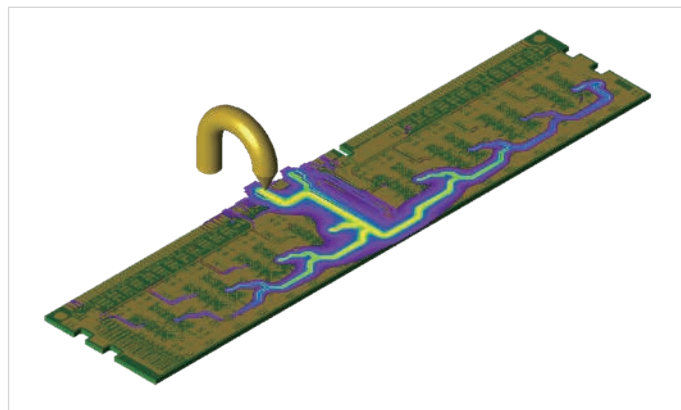


図2. 3次元電磁界シミュレータであるXFDTDを使用した、DDR RAMモジュールへのESD電流注入のシミュレーション。出典: Image courtesy Remcom Inc. Remcomの商品、サービスに関する、Remcomおよびその他のすべての商標、ロゴは、Remcom Inc.に独占的所有権があります。[参照3]。

図2に示すように、ESD電流の経路は、最も低いインピーダンスの、いくつかの経路をとることがあります。最終的に、電流はGNDを通じて人体、または放電した物体に戻ります。

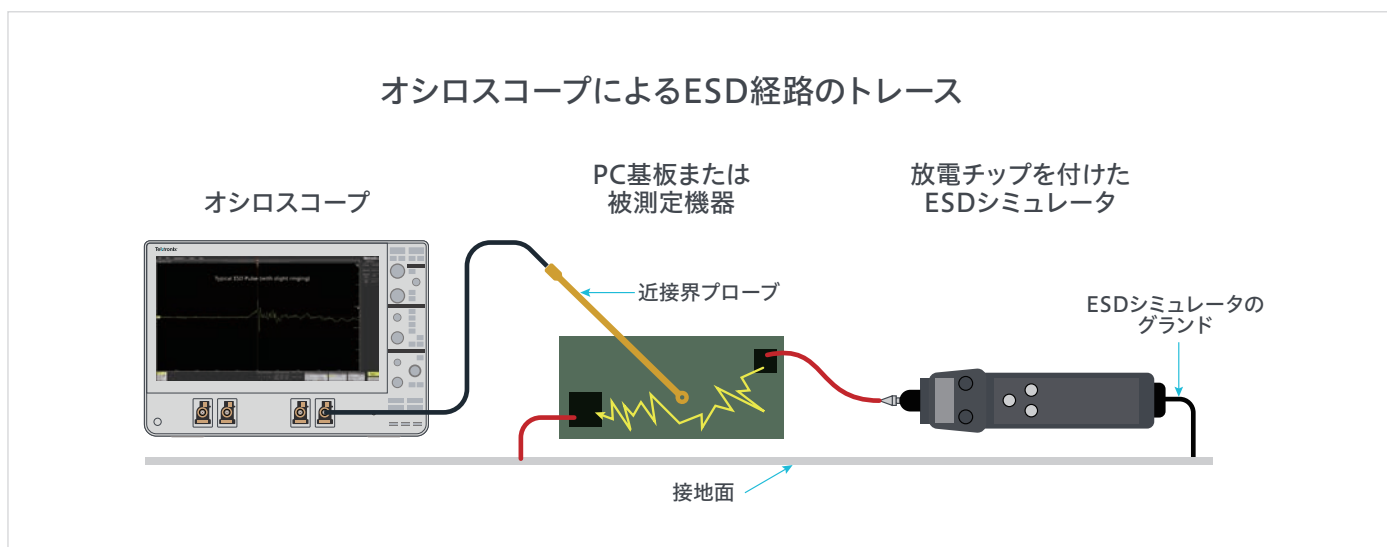


図3. ESD 電流パルスの注入、電流フローの経路をトレースするための、代表的なテスト・セットアップ

残念ながら、この電流経路は見ることはできません。どの部品またはアクティブ・デバイスが影響を受け、製品のテスト時の不良の原因になるかを推測することもできません。しかし、ESDシミュレータから製品またはシステムの不良ポイントに低電圧のパルスを注入することにより、放電経路をトレースすることができます。テクトロニクス社の4、5、6シリーズMSOなどの広帯域オシロスコープ、小型の近接界プローブを使用することで、電流の主な経路とその支線をたどることができます。

ESDの経路

一つの方法は、一人がシミュレータを持って不良ポイントの1ヶ所に繰り返し注入し、もう一人が注入電流が多く流れる経路をトレースします。シミュレータが1秒に1回パルスを出すように設定できる場合は、一人で作業できます。一般に、EUT（被測定機器）は、このテストで内部回路およびシステム配線がわかるようにオープンしておく必要があります。図3に、テスト・セットアップのブロック図を示します。

この経路は通常、システムの配線、PC基板、キーボード、ディスプレイを含んでいます。一定の値に制御された放電電流は、近接界プローブをケーブルに接近させるか、回路基板周辺でプローブを動かすことで電流経路をトレースします。電流パルスがICまたはアクティブ・デバイスに到達していることがわかれば、製品または被測定システムが障害を引き起こす原因を突き止める手掛かりになります。

例えば、ESDテストで、EUTの特定のI/Oコネクタのシェルに放電すると回路に障害が発生する場合を考えてみます。このコネクタのグラウンド・シェルに放電チップを接続して、ESD電流の経路をトレースしてみます。

この方法では、デモ基板を使用し（図4、5）、短いワニ口クリップを使ってシミュレータの接触放電チップをI/Oコネクタのシェルに接続します。ドレイン線はテスト台のグラウンド面に接続し、ESD電流の放電経路を作ります。AC電源に接続した、商用電源で動作するEUTでは、ESD電流はセーフティ・グラウンド経由で大地に戻るため、このドレイン線は必要ありません。

まず、4/5/6シリーズMSOの垂直軸確度を200mV/divに、時間軸を8ns/divに設定し、AUTOで取込みます。近接界プローブをCH1に接続し、入力インピーダンスを50Ωに設定します。各パルスを取り込めるように、トリガ設定をややプラス側に設定します。この初期設定は重要ではなく、テスト中に設定しなおすこともできます。

ESDシミュレータを1秒に1回の自動放電レートに設定し、近接界プローブで基板の周囲をスキャンし、相対的なパルス振幅を観測することで経路を特定します。このテストでは、基板に電源を入れる必要はありません。しかし、商用電源の場合は電源を入れ、ESD電流がアースに戻るようにします。

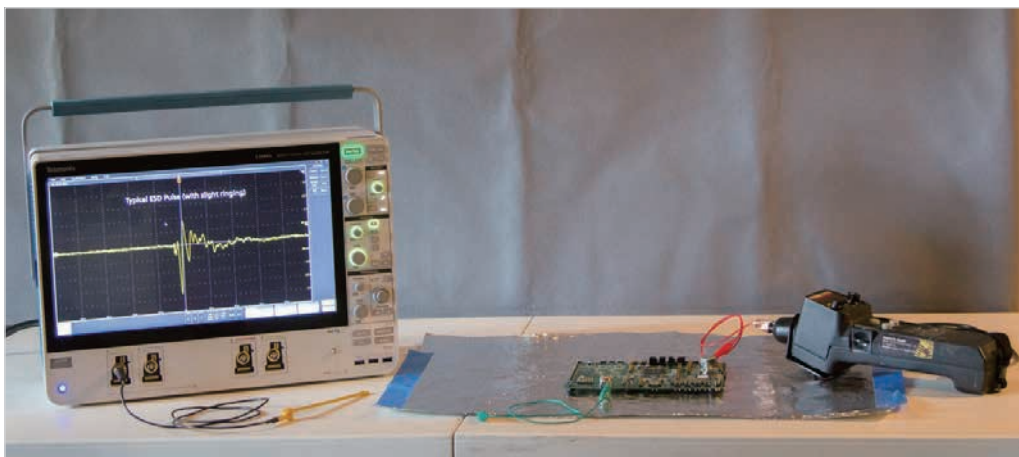


図4. テスト・セットアップ例。6シリーズMSO、CH1に接続した近接界プローブ、被測定基板、500Vに設定したESDシミュレータ

基板、システム・ケーブルの周囲をプロービングすることで、注入した電流の主な経路を見つけ出します。測定されるものにはリングングがありますが、重要なことは、パルスの相対振幅を観測することです。これにより、支配的な電流経路がわかります。



図5. ESDシミュレータを、500V程度の電圧に調整し、接触放電チップを使って被測定デモ・ボードに接続する。近接界プローブで基板周囲をスキャンし、最も大きな振幅の電圧ピークを観測する

図6に、近接プローブによる代表的なリングング・パルスを示します。リングングは、主にEUTに接続した長いクリップ・リードによるものであり、基板とGND間の容量によって共振していますが、重要な要素はパルスの振幅であり、リングングには大きな意味はありません。



図6. 近接プローブをESD電流の経路に近づけた時の代表的なリングング・パルス

一つまたは複数のESD電流経路が特定されたならば、次に対策を実行します。通常、ESD電流をブロックするか、迂回させます。回路基板上をESD電流が流れないようにする必要があります。商用電源で動作する製品のほとんどはセーフティGND経由で大地に接続されているため、しっかりとシャーシに接続することで、ESD電流をシャーシまたは緑色の接地線につながるセーフティGNDに迂回させます。この迂回経路はあらゆる電気回路からみて“上流”である必要があります。通常は、I/Oと電源コネクタ、またはESDをテストする出口のポイントで行います。ポータブル・デバイスでは、ESD電流は基板のI/Oと電源コネクタのデジタル・リターン・プレーンで迂回させます。

もう一つの方法は、ESD電流が流れるケーブルに、フェライト・チョークなどのブロック・インピーダンスを付けます。通常、ESDによるコンプライアンス障害の対策としては、ブロックと迂回の手法で十分です。この対策手法を、製品またはシステム的设计のはじめから取り入れることが望ましいのは当然です。

まとめ

製品発表、市場投入が近くなってからのESDイミュニティ適合は、困難になることがあります。4/5/6シリーズMSOなどの広帯域オシロスコープ、シンプルなプロービング・ツール、ESDシミュレータがあれば、ESDの電流を迅速に特定し、最終段階における障害を解決するためのESD対策に役立ちます。

参考文献

IEC 61000-4-2, “Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test,” International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland, 2001, www.iec.ch.

ANSI C63.16-1993, “American National Standard Guide for Electrostatic Discharge Test Methodologies and Criteria for Electronic Equipment,” American National Standards Institute, New York, NY. www.ansi.org.

The ESD simulation was done using XFtdtd, <https://www.remcom.com>.

詳細情報については、当社Webサイト (jp.tek.com) をご覧ください。

お問い合わせ先：

オーストラリア 1 800 709 465
オーストリア 00800 2255 4835
バルカン諸国、イスラエル、南アフリカ、その他ISE諸国 +41 52 675 3777
ベルギー 00800 2255 4835
ブラジル +55 (11) 3759 7627
カナダ 1 800 833 9200
中央／東ヨーロッパ、バルト海諸国 +41 52 675 3777
中央ヨーロッパ／ギリシャ +41 52 675 3777
デンマーク +45 80 88 1401
フィンランド +41 52 675 3777
フランス 00800 2255 4835
ドイツ 00800 2255 4835
香港 400 820 5835
インド 000 800 650 1835
インドネシア 007 803 601 5249
イタリア 00800 2255 4835
日本 81 (3) 6714 3086
ルクセンブルク +41 52 675 3777
マレーシア 1 800 22 55835
メキシコ、中央／南アメリカ、カリブ海諸国 52 (55) 56 04 50 90
中東、アジア、北アフリカ +41 52 675 3777
オランダ 00800 2255 4835
ニュージーランド 0800 800 238
ノルウェー 800 16098
中国 400 820 5835
フィリピン 1 800 1601 0077
ポーランド +41 52 675 3777
ポルトガル 80 08 12370
韓国 +82 2 6917 5000
ロシア +7 (495) 6647564
シンガポール 800 6011 473
南アフリカ +41 52 675 3777
スペイン 00800 2255 4835
スウェーデン 00800 2255 4835
スイス 00800 2255 4835
台湾 886 (2) 2656 6688
タイ 1 800 011 931
イギリス、アイルランド 00800 2255 4835
アメリカ 1 800 833 9200
ベトナム 12060128

2017年4月現在



jp.tek.com

テクトロニクス／ケースレーインストルメンツ

お客様コールセンター：技術的な質問、製品の購入、価格・納期、営業への連絡

TEL: 0120-441-046 ヨク良い オシロ 営業時間／9：00～12：00・13：00～18：00
(土日祝日および当社休日を除く)

サービス・コールセンター：修理・校正の依頼

TEL: 0120-741-046 なんと良い オシロ 営業時間／9：00～12：00・13：00～17：00
(土日祝日および当社休日を除く)

〒108-6106 東京都港区港南2-15-2 品川インターシティB棟6階

記載内容は予告なく変更することがありますので、あらかじめご了承ください。

Copyright © 2020, Tektronix. All rights reserved. TEKTRONIX およびTEK はTektronix, Inc. の登録商標です。
記載された製品名はすべて各社の商標あるいは登録商標です。

2020年12月 48Z-73759-0