



ON Semiconductor®

[www.onsemi.jp](http://www.onsemi.jp)

## APPLICATION NOTE

# ESD保護の追加時にUSB信号インテグリティを維持する方法

### はじめに

ユニバーサル・シリアル・バス(USB)は、PCや携帯電話などの電子機器ではすでに一般的な機能となりました。USBを使用すれば、より速くより簡単に、電子機器同士でデータを伝送できます。USB 2.0のデータ伝送速度は最大480 Mbpsです。これほどデータ・レートが高いと、静電容量がわずかに増えただけでデータ信号が乱れます。信号を劣化させる静電容量を増やすことなく、これら感度の高い信号ラインを保護できるESD保護ソリューションを見つけるのは簡単ではありません。本資料では、USB 2.0について説明し、アイ・ダイアグラムを使用して静電容量の小さいESD保護デバイスの重要性について検討してみます。

### USB 2.0の概要

USBはシリアル・バス規格の1つです。USBは、標準化された1種類のインタフェース・ソケットで複数の周辺機器が接続できるよう設計されました。また、コンピュータをリブートしなくてもデバイスの接続、切断ができる、いわゆるホット・スワッピングでプラグアンドプレイ機能を改善することもUSBの目的でした。USBは4線構造です。データ伝送ラインであるデータ・ラインが2本(D+、D-)、電源(Vbus)、グランド(GND)が1本ずつです。USB 2.0に要求されるガイドラインを以下に示します。

- 1.5 Mbit/s、12 Mbit/s、480 Mbit/sをサポート
- バスとデータ伝送を制御するのにUSBコントローラが必要
- ケーブルは最長5 m
- 127デバイスまで接続可能
- 外部デバイスへの電力供給が可能 (500 mA/5 V、最大)
- USB 1.1デバイスと完全互換

### アイ・ダイアグラム

アイ・ダイアグラムは、アイ・パターンとも呼ばれ、デジタル信号の最大電圧レベル、最小電圧レベル、信号ジッタをグラフィカルに表示したものです。アイ・ダイアグラムを使用すると、信号の立ち上がり時間、立ち下がり時間、アンダーシュート、オーバーシュート、ジッタを計測できます。データ・ラインの静電容量と帯域幅がデータ伝送に及ぼす影響も評価できます。USBデータ・ラインに何か問題があればアイ・ダイアグラムに現れます。

アイ・ダイアグラムは、デジタル信号をオシロスコプの垂直軸上で繰り返しサンプリングしながら、データ・レートのタイミングで水平掃引をトリガすると生成されます。描画されたパターンは、Figure 1に示すようにアイ(目)のような形をしています。アイの開きが大きいほど、データの信号インテグリティが優れています。多くの場合、信号品質の合否はマスクを使用して規定されます。このマスクはアイの中央の六角形と、アイの上下の長方形で構成されます。測定したトレースがマスクに重なっている場合、信号品質は不合格と見なされます。USB 2.0信号のマスクに関する仕様は、USB Implementers Forum ([www.usb.org](http://www.usb.org)) (USB Specification Rev. 2.0, Section 7.1.2.2)に規定されています。Figure 1にアイ・ダイアグラムの例を示します。重要なポイントの詳細も示してあります。

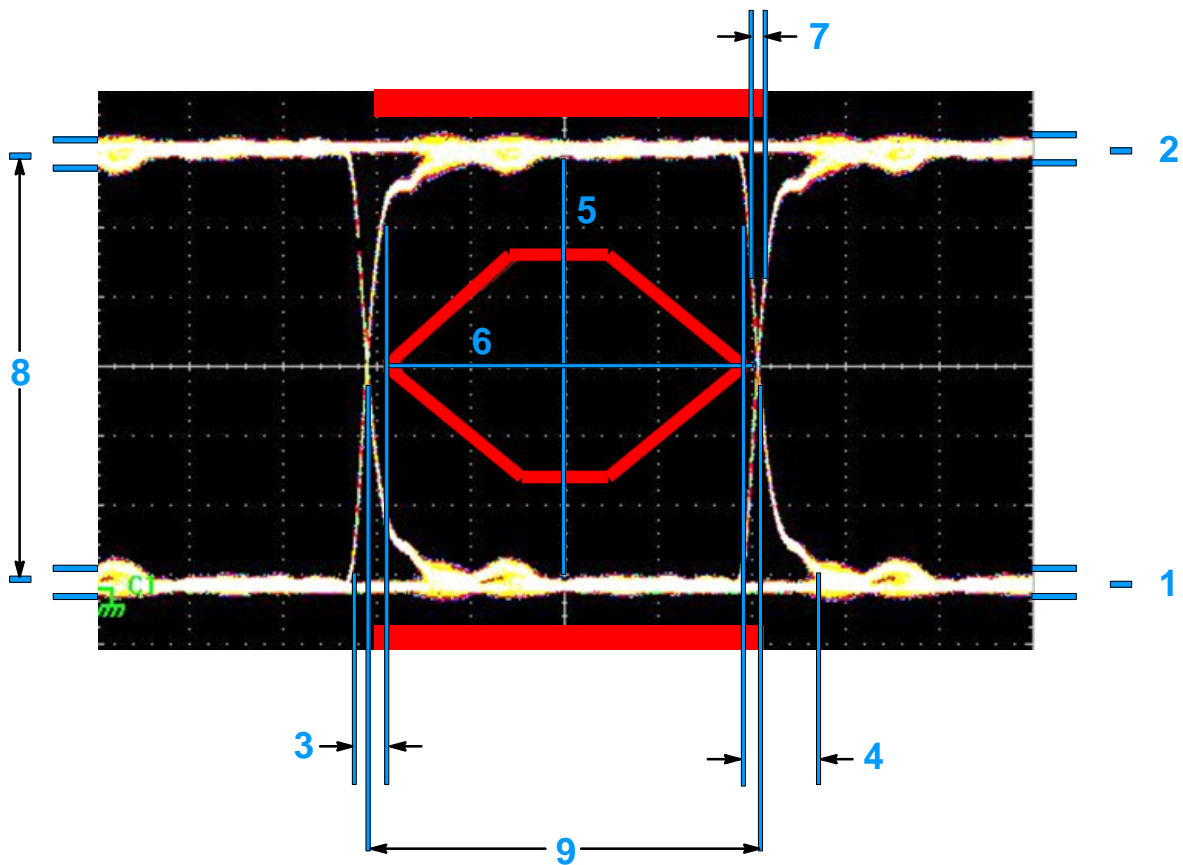


Figure 1. USB 2.0 Eye Diagram

1. 0レベル : ロジック“0”の平均値
2. 1レベル : ロジック“1”の平均値
3. 立ち上がり時間 : データが10%レベルから90%レベルまで上昇するのにかかる遷移時間
4. 立ち下がり時間 : データが90%レベルから10%レベルまで下降するのにかかる遷移時間
5. アイの高さ : 開口部の垂直方向の長さ。ノイズによるアイの閉じ具合を測定する。
6. アイ幅 : 開口部の水平方向の長さ。アイが開き始める部分の波形変化およびロジック“1”レベルのヒストグラムの平均値に及ぼすジッタの影響を測定する。
7. 確定的ジッタ : ある信号の遷移が他の信号の遷移に対する反射によって理想的なタイミングからずれること
8. アイ振幅 : ロジック“0”レベルとロジック“1”レベルのヒストグラム平均値の差
9. ビット・レート : ビット周期の逆数

### 測定結果

以下の実験では、USB 2.0ハイ・スピード信号 (480 Mb/s)を使用しました。静電容量が異なる3種類の保護デバイスを使用したときのアイ・ダイアグラムを測定し、USB 2.0用マスクと比較しました。比較および基準用として、保護デバイスを実装しない基板についても評価しました。異なる保護デバイスを使用したときのアイ・ダイアグラムと保護デバイスを使用しないときのダイアグラムを比較すると、保

護デバイスによる信号劣化の度合いが分かります。本資料では、ESD保護ダイオードの静電容量とそれがUSB 2.0ハイ・スピード信号に及ぼす影響しか考慮していないことに注意してください。実際の設計では、伝送ラインに配置された他の部品や基板自体によっても静電容量が増加することがあります。Figure 2に、保護デバイスを使用しないテスト信号を示します。

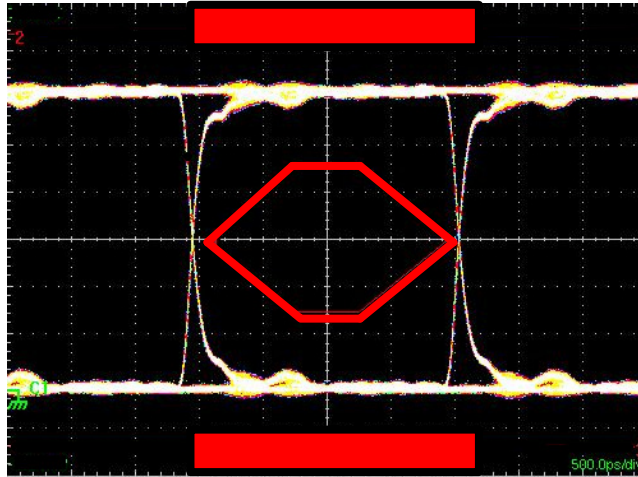


Figure 2. Test Without Device

伝送ラインに静電容量が追加されないため、このテスト信号は歪みのない純粋なUSB 2.0ハイ・スピード信号です。

Figure 3に、オン・セミコンダクターの超低容量ESDデバイスESD9L (0.5 pFの静電容量)を使用したときのUSB 2.0ハイ・スピード信号のアイ・ダイアグラムを示します。データ信号に大きな変化もばらつき

も生じていないことが分かります。ロジック“1”、ロジック“0”の平均値、および立ち上がり時間、立ち下がり時間にも乱れは見られません。ESD9Lは、静電容量が非常に低いため、データ信号の完全性に対する悪影響はまったくありません。他の部品を追加できるだけ静電容量に余裕があるので、きわめて柔軟にESD保護対策を講じることができます。

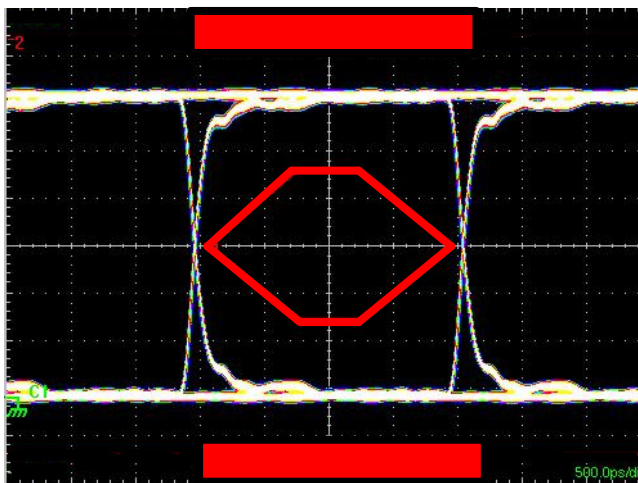


Figure 3. ESD9L 0.5 pF ESD Device

## AND8319/D

次のテストでは、オン・セミコンダクター製ESD9C 5.0ST5G (6 pFの静電容量)を使用しています。Figure 4を参照してください。保護デバイスを使用しないときのアイ・ダイアグラムと比較すると、静電容量が追加されたことで明らかに信号が劣化していることがわかります。目立つのは立ち上がり時間と立ち下がり時間が長くなっていることです。Figure 4

のパターンを見る限り問題なさそうですが、静電容量バジェットの大きな部分を保護デバイスが消費していることがわかります。大部分の設計では、他の部品から大きな静電容量が追加され、それによって信号がさらに劣化するため、このデータ・レートでは6 pFのESD保護デバイスでも許容できません。

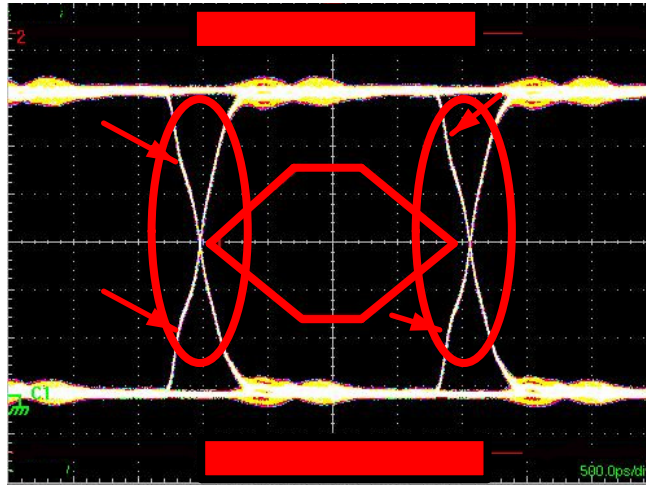


Figure 4. ESD9C 6 pF Device, the Arrows Highlight the Distortion Starting to Appear with Higher Capacitance Device

最後のテストは静電容量が65 pFのオン・セミコンダクター製ESD9X5.0ST5Gで行いました(Figure 5を参照)。アイ・ダイアグラムを見ると、信号が大きく劣化し、立ち上がり時間と立ち下がり時間が著しく長くなっています。静電容量が大きいデバイスを使用

すると、高速データ・ラインに歪みと劣化が生じます。信号波形がUSB 2.0用マスクに重なっているので、この保護デバイスはUSB 2.0向けには使用できないことがわかります。

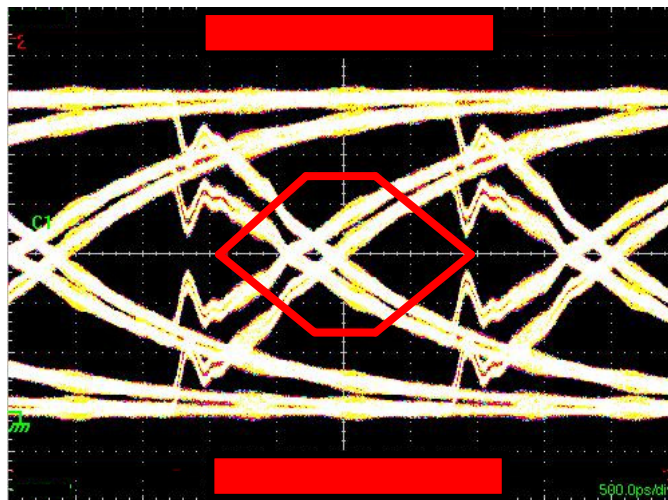


Figure 5. High Capacitance Device

## AND8319/D

### まとめ

ESD9Lには超低容量(0.5 pF)という特長があり、USB 2.0ハイ・スピード・アプリケーション用半導体デバイスとして使用するには最適です。上記のアイ・ダイアグラムの実験から分かるように、ESD9Lはロジック・レベルにわずかな影響しか与えず、立ち

上がり時間と立ち下がり時間に歪みは生じません。ESD9Lを使用することで、USBラインのシグナル・インテグリティを維持しながら、伝送ライン上の他の部品が静電容量をいくらか追加できる余裕が生まれることとなります。

ON Semiconductor及びONのロゴはSemiconductor Components Industries, LLC (SCILLC) 若しくはその子会社の米国及び/または他の国における登録商標です。SCILLCは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。SCILLCの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。[www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf](http://www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf)。SCILLCは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。SCILLCは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておらず、また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。SCILLCデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあり、実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願い致します。SCILLCは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許諾しません。SCILLC製品は、人体への外科的移植を目的とするシステムへの使用、生命維持を目的としたアプリケーション、また、SCILLC製品の不具合による死傷等の事故が起こり得るようなアプリケーションなどへの使用を意図した設計はされておらず、また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にSCILLC製品を購入または使用した場合、たとえ、SCILLCがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、また未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、SCILLCとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとします。SCILLCは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。

### PUBLICATION ORDERING INFORMATION

#### LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor  
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA  
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada  
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada  
Email: [orderlit@onsemi.com](mailto:orderlit@onsemi.com)

**N. American Technical Support:** 800-282-9855 Toll Free  
USA/Canada  
**Europe, Middle East and Africa Technical Support:**  
Phone: 421 33 790 2910  
**Japan Customer Focus Center**  
Phone: 81-3-5817-1050

**ON Semiconductor Website:** [www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)

**Order Literature:** <http://www.onsemi.com/orderlit>

For additional information, please contact your local Sales Representative