

絶縁型 USB 2.0 On-The-Go ポートの実装

Manasa Gadiyar
Systems engineer

Anant Kamath
Systems engineer

概要

USB は、ヒューマン・マシンの相互作用、診断、ファームウェアのダウンロード、周辺機器の接続、データロギングのための産業用システム・インターフェイスとして、ますます普及しています。産業界で発生するノイズや過酷な過渡電流、同時に電気的な安全性を考慮して、システム設計者は USB ポートを絶縁したいと考えています。ホスト (ノート PC など) 接続とペリフェラル (USB ドライブなど) 接続が分離したポートにならず、そのどちらにも接続可能な USB ポートを搭載することで、柔軟性を高め、コストを削減します。

USB On-the-Go (OTG) は、この柔軟性を実現しながら、ホスト・ネゴシエーション・プロトコル (HNP) によりホストとペリフェラルの役割を交換することも可能です。ただし、現在 USB OTG ポートを絶縁するソリューションはありません。この記事では、絶縁型 USB リピータから HNP と関連する要件で絶縁型 USB OTG ポートを実現する場合の主な検討事項について説明します。また、テキサス・インスツルメンツの絶縁型 USB リピータ **ISOUSB211** を使用した絶縁型 USB OTG ポートを実装しているアプリケーション図とテスト結果も示します。

OTG USB アプリケーションの既存の実装

図 1 に示すように、絶縁型 USB プラットフォームを実装するための既存のアプローチとして、データリンクを確立するための専用のホストおよびペリフェラル・ポートを提供するという推奨事項があります。アップストリーム側 (ペリフェラル) のポートには、 $1.5\text{k}\Omega$ の抵抗を經由して D+ プルアップ (フルまたは高速ペリフェラルを表しています) または D- プルアップ (低速ペリフェラルを表しています) があります。ダウンストリーム側 (ホスト) のデバイスには、USB2.0 規格に準拠した $15\text{k}\Omega$ のプル

ダウン抵抗があります。ダウンストリーム側のポートは 5V VBUS レールに電力を供給し、アップストリーム側のポートからは電力供給されません。接続が確立されると、VBUS の存在が検出され、その後、プルアップの識別とパケット・トランザクションが発生します。そのため、ポートにホストかペリフェラルのどちらかの役割を担わせる必要のある絶縁型 OTG の実装では、アイソレータは接続に対して透明性を持つ必要があります。

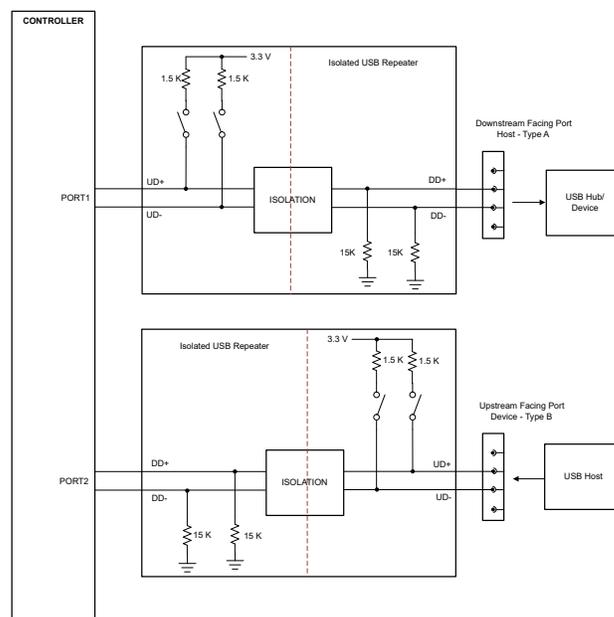


図 1. 分離したホストとペリフェラルの実装。

On-the-Go 動作

OTG ポートには、ID ピンとしてタグ付けされている 5 番目の追加ピンがあります。図 2 に示すように、この ID ピンのステータスにより、接続が発生したときのホストとペリフェラルの初期の役割が制御されます。ID がグランドに短絡したケーブル終端に接続されているポートは、初期のホスト (A デバイス)

の役割を担い、ID がフローティングのケーブルのもう一方の端に接続されたデバイスは、初期のペリフェラルの役割 (B デバイス) を担います。OTG モジュールの ID のプルアップは、接続時の ID ピンのステータスを決定するのに役立ちます。B デバイスがホストの役割を引き継ぐ状況では、OTG は HNP を定義します。これにより、ケーブル接続の取り外しや交換を行わずに、デバイスが役割をシームレスに交換できるようになります。HNP をシームレスに動作させるには、絶縁型 USB リピータが任意の側をアップストリームまたはダウンストリーム方向に即座に切り替える機能を備えている必要があります。VBUS にパルスを印加して A デバイス上でセッションを開始できるセッション要求プロトコルについては、この記事では説明しません。

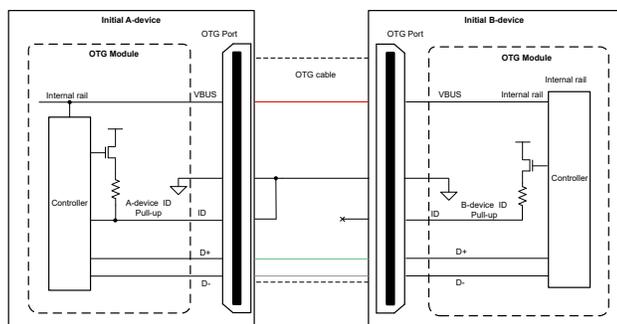


図2. ID ピンによって決定される初期のホストまたはペリフェラルの役割。

絶縁 OTG の実装

図3は、任意の側がホストまたはペリフェラルのどちらとしても動作できるよう、絶縁型リピータが柔軟性を持つ必要があることを示しています。動作中、絶縁型リピータは電源オン時に15kΩのプルダウンを発生させます。1.5kΩの外部プルアップを供給する側で接続が確立されます。もう一方の側はホストの役割を担い、リピータ内に1.5kΩの内部プルアップを発生させて、ダウンストリーム接続をミラーリングします。Micro-A プラグで接続された端子は初期の A デバイスの役割を引き継ぎ、Micro-B プラグで接続された端子は初期の B デバイスの役割を担います。初期の役割の割り当ての後、HNP には、デバイスが役割を交換しようとするシナリオで定義された一連の遷移があります。初期の A デバイスはバスを一時停止し、初期の B デバイスは1.5kΩのプルアップを切断して15kΩのプルダウンをイネーブルにすることで、接続待ち状態に遷移します。ラインが SE0 状態になると、A デバイスはペリフェラルの役割を引き継ぎ、内部の1.5kΩプルアップ抵抗を

有効にすることで接続を確立します。この段階で、バスには初期の B デバイスによってペリフェラル接続として検出された J-state が反映されており、ホスト状態とみなされています。5V VBUS は、HNP によって決定される役割に関係なく、A デバイスから供給されます。

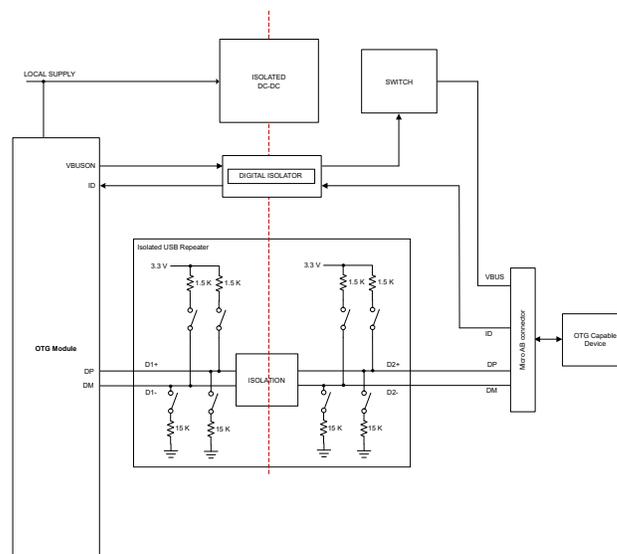


図3. セルフ・パワー絶縁型 On-the-Go モジュールのブロック図。

ISOU211 EVM を使用した OTG のデモ

図4に、オンボード・コンポーネントを使用した絶縁型 USB-OTG の実装を示します。この回路には、絶縁型高速 USB リピータ ISOU211、5W プッシュプル・トランス・ドライバ SN6505、デュアル・チャネル・デジタル・アイソレータ ISO6721 が含まれており、絶縁型 USB-OTG 動作を実現しています。前のセクションで説明したように、USB-OTG アプリケーションでは、絶縁型 USB ソリューションは任意の側をアップストリームまたはダウンストリームにできるようにする必要があります。この柔軟性は、ISOU211 によって実現されます。自動ロール検出機能を搭載しているため、1.5kΩのプルアップ抵抗を最初に検出したほうに基づいて、どちらの側でもアップストリームまたはダウンストリームの役割を容易に担うことができます。ISO6721 は、絶縁バリアを通して、コネクタから OTG モジュールに ID 情報を転送します。VBUS2 が利用可能かどうかを示す ISOU211 からの V2OK 信号は、OTG モジュールの USB_DET ピンに供給されます。USB2.0 規格では、VBUS が存在しない限り、デバイスは DP/DM ラインにプルアップを導入しないことが要求されています。OTG モジュールは、USB_DET ステータスに基づいて内部プルアップ

プを制御します。電力供給を制御するための、2 次側の低ドロップアウト・レギュレータ (LDO) 出力とコネクタの VBUS との間のパワーパス内のスイッチは、モジュールに接続されているデバイスのタイプに基づいています。OTG モジュールは、オフチップ・ソースが接続されたデバイスの電源をオンにする必要がある場合に、VBUSON 信号を駆動します。これにより、2 次側の LDO の出力とコネクタの VBUS との間スイッチが制御されます。

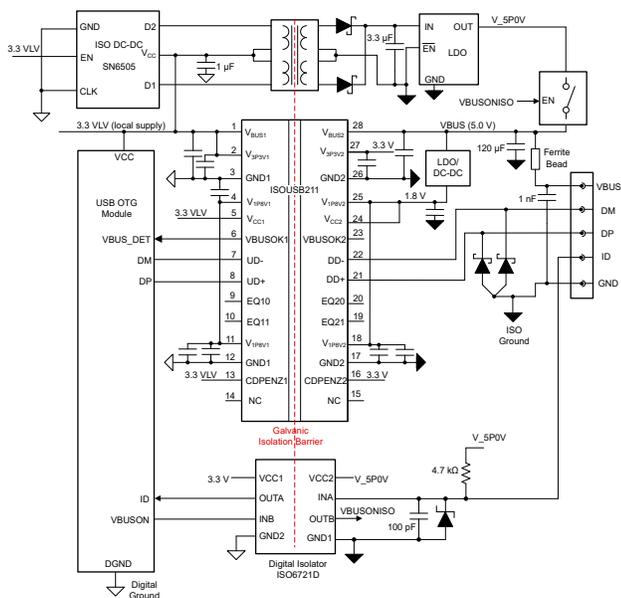


図 4. ISOUSB211 と ISO6721D を使用した絶縁型 USB OTG ポートの実装。

シナリオ A: USB ドライブ (バス電源) に接続された絶縁型 OTG モジュール

絶縁型 OTG モジュール (A デバイス) に接続された ID ピンがグランドに短絡しています。この情報は、ISO6721 の逆チャンネルを経由し、絶縁バリアを通して送信されます。次に、OTG モジュールは VBUSON に High になるよう信号を送信します。この信号は、スイッチをオンにする制御を行い、フラッシュドライブ (B デバイス) に電力を供給します。このステージ V2OK が Low に保持されるまで、OTG モジュールは D+ / D- プルアップ制御を開始しません。デバイス側の電源がオンになると、V2OK は High になり、OTG モジュールは USB2.0 規格に準拠してプルアップを制御できます。

シナリオ B: ノート PC (ホスト) に接続された絶縁型 OTG モジュール

絶縁型 OTG モジュール (B デバイス) に接続された ID ピンはフローティング状態であり、ISO6721 の逆方向チャンネルを経由して High として送信されます。OTG モジュールは VBUSON のステータスを Low に維持し、接続されているホストは電源を内蔵しているため、スイッチの状態をオフに維持します。ホストに内蔵電源が供給されると、接続が確立されたからすぐに V2OK は High になり、USB2.0 規格に準拠してプルアップが開始されます。

デモ

次のセグメントでは、ISOUSB211EVM 評価基板を使用した OTG の実装について説明します。

A-type のデバイスから B-type のデバイスへの電力供給がどちらの方向にもできることを示すため、SN6505EVM を追加で導入します。

スマートフォンとノート PC の接続

図 5 では、OTG 機能付きスマートフォン (Micro-B コネクタ (メス)、デュアル・ロール・ポート付き) は、ISOUSB211EVM を介して Type-A (オス) と Micro-B (オス) を繋いで、ノート PC に接続されています。実験として、スマートフォンからノート PC にファイルをコピーします。

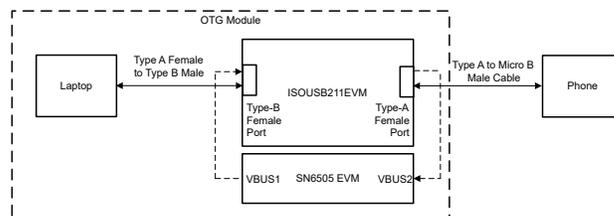


図 5. ホストに接続された ISOUSB211+Pendrive (OTG モジュール)。

最初の接続時、スマートフォンに接続されたケーブルの端は、ハイ・インピーダンス (B-type デバイス) に設定された ID と接続されています。スマートフォンがハイ・インピーダンスに設定された ID ピンを認識すると、B-type の役割とみなします。ISOUSB211EVM の SN6505 経路を経由して、ノート PC からスマートフォンに電力が供給されます。スマートフォンは DP ライン上でプルアップをアサートし (B-type の役割を表しま

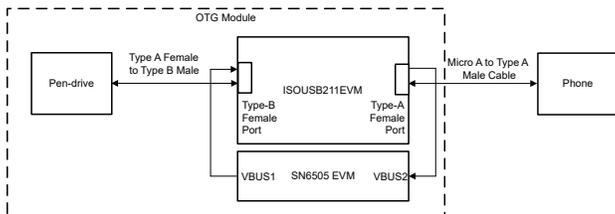
す)、ISOUSB211 は 1.5k Ω の内部プルアップをサイド 1 に取り込みます。その後、A-type と B-type デバイス間の通信が、USB2.0 規格で開始されます。

ペリフェラルは通信が可能になり、データ転送が成功しました。

スマートフォンの USB ドライブへの接続

図 6 では、OTG 対応の電話 (Micro-B メス型コネクタ、デュアル・ロール・ポート付き) を、Type-A メス型から Micro-A オス型へのコネクタ (EVM に接続するには Type-A オス型コネクタを使用) を経由してフラッシュ・ドライブ (Type-A ポート付き) に接続しています。実験として、フラッシュ・ドライブからスマートフォンにファイルをコピーします。

図 6. ホストに接続された ISOUSB211+Pendrive (OTG モジュール)。



接続中、スマートフォンに接続されているケーブル終端の ID ピンはグラウンド (A-type のデバイス) に短絡しています。このスマートフォンは、ID ピンが Low に設定されていることを認識し、A-type の役割を担います。SN6505 から確立された逆パワー・パスがアクティブになり、フラッシュ・ドライブの電源がオンになります。フラッシュ・ドライブは DP ライン上でプルアップをアサートし (B-type の役割を表します)、ISOUSB211 は 1.5k Ω の内部プルアップをサイド 2 に取り込みます。その後、A-type と B-type デバイス間の通信が、USB2.0 規格で開始されます。

ペリフェラルは通信が可能になり、データ転送が成功しました。

まとめ

絶縁型 USB OTG アプリケーションは、ホスト側とペリフェラル側がフレキシブルなアイソレータを使用して簡単に確立できます。これらのアイソレータは、DP/DM ラインの外部で 1.5k Ω のプルアップが最初に検出された側に基づいて動作中に構成されます。このような構成により、ハードウェアを変更することなく、プリントの小型化、コネクタの削減、完全に切り替え可能な役割を実現することができます。

重要なお知らせ:ここに記載されているテキサス・インスツルメンツ社および子会社の製品およびサービスの購入には、TI の販売に関する標準の使用許諾契約への同意が必要です。お客様には、ご注文の前に、TI 製品とサービスに関する完全な最新情報のご入手をお勧め致します。TI は、アプリケーションに対する援助、お客様のアプリケーションまたは製品の設計、ソフトウェアのパフォーマンス、または特許の侵害に対して一切責任を負いません。ここに記載されている他の会社の製品またはサービスに関する情報は、TI による同意、保証、または承認を意図するものではありません。

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス・デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとし、

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる TI 製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所 : Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2023, Texas Instruments Incorporated