

アプリケーションノート 3825

USB コンプライアンステストを考慮したポータブル機器の電源設計

この記事は、ポータブル機器の電源設計に関連する内容、特に USB インタフェースを内蔵し、USB 経由で充電可能な機器の電源設計手法および USB コンプライアンステスト対応の注意事項について説明する。

最近、製品化されるポータブル機器では、多くの製品がパソコンとの接続を考慮して USB インタフェースを搭載する例が非常に多い。既存のパソコンでは、USB は標準のシリアルインタフェースとなっている。USB ケーブルで接続するだけで容易にパソコンから制御が可能であり、また給電も可能であるため、二次電池を搭載したアプリケーションでは、USB 経由で充電することができる。実際にポータブルオーディオアプリケーションでは、USB 充電機能を搭載した製品が多く見受けられる。メーカーとしても、USB インタフェースを内蔵するだけで、機器側の AC ジャックを不要にして、AC アダプタの削除、もしくはオプション化が可能になるため、そのメリットは大きい。

USB 規格の概要

ここでは、USB の信号と電源に関して簡単に説明する。USB 規格は、電源ラインの VBUS と GND および差動信号の D+と D-の 4 本の信号を用いて、ホストコントローラとペリフェラル間で 1.5/12/480Mbps の転送速度でデータ通信を行うほか、上位側のデバイスが下位側のデバイスに対して給電が可能で、100mA/500mA の電流を VBUS 経由で供給可能である。ペリフェラルには、電源を内蔵し、VBUS 経由で給電が不要なセルフパワーデバイスと電源を持たずホストコントローラもしくは Hub から電源の供給を受けるバスパワーデバイスが存在する。バスパワーデバイスには、必要となる電流の値に応じて分類されており、100mA まで必要となるローパワーデバイスと最大 500mA を必要とするハイパワーデバイスがある。ハイパワーデバイスでも、機器が接続されて VBUS から電源が供給されても、機器がホストコントローラから認識されるまでの間、100mA の消費電流を維持しなければならない。これらの情報は、USB デバイスが保持しているディスクリプタ情報に定義されており、ホストコントローラが接続された機器のディスクリプタ情報を読み取ることによって認識される。その他、接続される構成によって電源供給の制限があり、バスパワー Hub のダウンストリームポートには、セルフパワーもしくはローパワーデバイスしか接続が許されない。これは、バスパワー Hub のダウンストリームポートの供給可能な電流値が USB の規格によって 100mA に制限されていることによる。これら接続構成の問題については、ユーザ側にて管理する内容となる。接続の問題については、ホストコントローラがペリフェラルのディスクリプタ情報を読み取ることによって、その機器が必要とする電源電流を確認した結果で判断されるか、もしくは回路的な過電流の状態によって障害として検出される。

USB コンプライアンステストの概要

USB コンプライアンステストとは、接続性の検証のために USBIF が規定した評価方法であり、この試験に合格することによって Integrators List に掲載されるとともに USB ロゴ使用の権利を取得することができる。コンプライアンステストの方法に関しては、USB IF (<http://www.usb.org/home>) のウェブサイトで確認することができる。試験の内容としては、D+/D- の差動信号の品質および USB 規格で定義されている電気的特性を満足しているかを確認することになる。コンプライアンステストを受けるためには、USB IF 主催の Compliance Workshop に参加するか、USB IF 認定のテストラボで評価を受けることになる。Workshop については、四半期に 1 回しか実施されず、場所も米国やその他の地域で開催されるため、参加することは時間および費用の点で容易ではない。一般的には、テストラボで評価を実施することになると思うが、ただし、テストラボでの評価費用も高額となる。プライベートで予備試験を実施するのであれば、Agilent 社、Tektronix 社、または Lecroy 社などの計測機器メーカーが提供する高額な評価システムの準備が必要である。いずれにせよ、USB IF の認証を受ける必要があるのであれば、当然のことながら設計の段階でコンプライアンステストに合格するように回路設計することが重要となる。信号品質については、使用する USB デバイスが認証を取得しているかを確認し、それぞれのメーカーが推奨するパターンに基づいてレイアウトするのが最善である。差動信号の品質に関しては、USB デバイスおよびコネクタ間の信号の反射を考慮したパターンレイアウト、および差動信号それぞれを等長配線し、インピーダンス整合を確保するなどの一般的な注意事項に気を付けることが必要であるが、使用するデバイスのトランシーバ特性に大きく依存するため、推奨パターンなど、デバイスメーカーのアドバイスを受けるべき内容である。その他の電気的特性については、システム的设计によって合否を分ける可能性がある部分であるため、システム検討の段階で USB 規格を考慮しておく必要がある。USB IF より、コンプライアンスのチェックリストを入手可能であるが、その一部を以下に抜粋する。チェックリスト 4 項では、「Operating Voltage and Power Consumption」として定義されており、Low power もしくは Self power デバイスと High power デバイスの 2 つに分類され、以下のような項目について、チェックを実施しなければならない。

ローパワーもしくはセルフパワーデバイスのチェックリストからの抜粋

項目	内容
LP1	デバイスディスクリプタの Max Power フィールドが 100mA またはそれ以下で定義されているか？
LP2	4.35V~5.25V の Vbus 電圧範囲ですべての状態において動作することができるか？
LP3	4.02V の一時的な Vbus 電圧ですべての状態において動作することができるか？
LP4	4.02V~5.25V の範囲の Vbus 電圧を供給された状態で MaxPower フィールドで定義された電流以下に常時なっているか？
LP5	サスペンド時の平均電流は 500 μ A 以下か？

ハイパワーデバイスのチェックリストからの抜粋

項目	内容
HP1	ディスクリプタの MaxPower フィールドが 500mA またはそれ以下になっているか。
HP2	VBUS の電圧が 4.35~5.25V の範囲で安定して構成されていない状態でデバイスが動作するか。
HP8	デバイスがリモートウェイクアップに対応していない、デバイスが構成されていない、もしくはリモートウェイクアップが禁止されている場合、デバイスの平均サスペンド電流が 500 μ A 以下か。
HP9	デバイスがリモートウェイクアップに対応している、デバイスが構成されている、そしてリモートウェイクアップが許可されている場合、デバイスの平均サスペンド電流が 2.5mA 以下か。
HP12	デバイスが 10 μ F 以下のコンデンサ、もしくはソフトスタート機能を使用して突入電流を制限しているか、何デバイスがホットプラグされた時、電流が 100mA 以上になるか。デバイスがコンフィギュレーションもしくは動作モードに移行している時、電流が MaxPower フィールドで定義されている値より高くなるか。

USB ペリフェラルの電源設計に関して

上記の制限があるため、システムの電源を設計するには、規格の理解、デバイスの選定および回路構成/制御方法の検討が必要である。設計段階で検証しなければならない点は、インラッシュ電流の制限、動作時およびサスペンド時の電流制限への適合が可能かを見極める。また、USB 充電機能を搭載するのであれば、バッテリー充電機能に関しても検討する必要がある。

VBUS から供給される電圧は理想的には 5V であるが、USB 仕様では、ハイパワーポート: 4.75V~5.25V、ローパワーポート: 4.40~5.25V の電圧範囲で変動する可能性があることを考慮して設計する。それぞれの機器で必要とする電流値については、コンフィギュレーションディスクリプタのデバイスステータスに定義することになるが、その値は状況に応じて変更することができる。前述したが、機器の接続によって VBUS の供給可能な電流値が 100mA に制限される場合がある。ペリフェラル機器側では、どの様な接続になっているのか判断することができないため、電源の設計としては 100mA/500mA の設定を切り替えられるように設計し、それぞれの電流に対応可能なようにハードウェアおよびソフトウェアを設計する。

サスペンド時の消費電流は、ハイパワーデバイスでは 2.5mA 以下、ローパワーデバイスでは 500 μ A 以下に抑えなければならない。不要な回路への電源供給を遮断し、消費電流を抑える必要がある。また、USB 接続時もしくはシャットダウンから復帰する際、インラッシュ電流が定格電流を超えないように制御する必要がある。システムが複雑で規模が大きい場合は、USB 経由で

電源投入された場合、電源回路およびバイパスコンデンサに流れる電流が無視できなくなる。この様なシステムでは、ソフトスタート機能付きの電源回路を利用する、またはそれぞれの回路への電源投入のシーケンスに時間差を設けるなどの工夫が必要となる。静止時もしくはシャットダウン時の電流を抑える方法についても、使用するデバイスの消費電流およびどのように消費電流を抑えるかの検討が必要となる。USB デバイスに関しても、エニュメレーションが完了するまで、もしくは動作が必要となるまで、出力をオフすることができるように工夫されたデバイスを選択することを勧める。多くのメーカーから様々な電源 IC が提供されているが、ここでは USB 充電に対応した Li+ バッテリーチャージャ製品を紹介する。

MAX8606 を利用した L+ バッテリー充電制御

この製品は、USB 入力の場合は 100mA/500mA、AC アダプタ入力の場合は最大 1A までの充電電流を制御可能で、外部コントローラから EN1/EN2 端子を制御することによって充電電流もしくはサスペンドモードの選択が可能である。また、USB の VBUS からの供給電圧の変動にも対応した幅広い入力電圧でも動作するように設計されている。バッテリーの充電機能については、CCCVCT 制御を備えており、充電時間の制御に関しても内蔵の制御アルゴリズムによる管理、もしくは外部コントローラからの入力によって制御することもできる。システム側に供給する電圧出力については、VL/SYS 出力端子の 2 つがサポートされている。VL 端子は 3.3V、500 μ A の供給能力があり、サスペンドモードでは出力がオフする。SYS 端子は、3.5V~4.2V、1A までの供給能力があり、サスペンドモードではシステムに対する電源供給をバッテリーから取り出せるように SYS 端子と BAT 端子が内部的に 50m Ω の抵抗を介して接続される。通常動作時でも、バッテリーの電圧 3.5V 以上になると SYS 端子と BAT 端子が接続される。MAX8606 のシステム概要については図 1 を参照。

まとめ

システムの消費電流を抑えることが最も重要だが、L+ バッテリーを搭載し、USB 充電機能をサポートするアプリケーションにおいて、MAX8606 などの充電コントローラを使用すると USB コンプライアンステストに対応することが容易となり、回路を標準化することによって、設計工数を削減することができる。

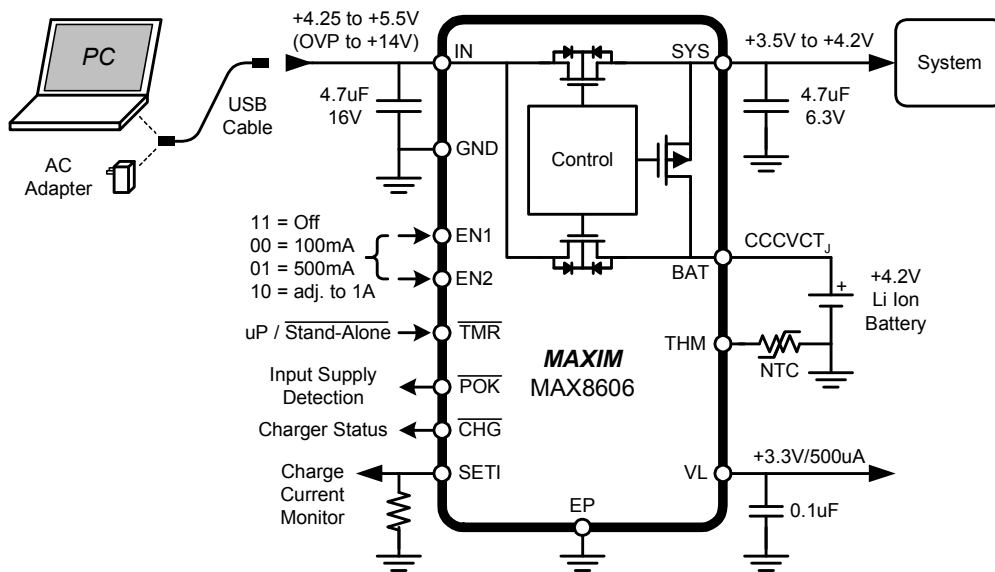


図1. MAX8606を用いたUSBまたはACアダプタからの入力
Li+バッテリーを充電制御する回路例

この記事と同様の内容が EDN Japan 2005 年 11 月号別冊に掲載されました。