

熱を制する：小型、マルチ規格デュアルUSBチャージャの作成

USBポートの自動車への搭載が広がっています。適切なケーブルを仲介として、多数のポータブル機器、スマートフォン、およびタブレットPCを出先で充電することが可能です。これらの機能を実装する電子モジュールは、過熱することなく小型のスペース内に収まる必要があります。

デュアルポートの専用充電ソリューション(図1)の場合、部品数とソリューションサイズの増大なしに2つのコネクタに対応する必要があります。問題が悪化します。デュアルUSBチャージャは、コネクタ当たり5Vで最大3Aの充電に対応する必要があります。AEC-Q100認定済みかつApple®およびUSB仕様に準拠する必要があります。サイズと温度の課題に加えて、このソリューションは2つのレガシーUSBエニュメレーション技術を内蔵し、EMI放射を最小限に抑え、40Vのロードダンブに耐え、車載フィールドリターンを防ぐための保護を備える必要があります。

このデザインソリューションでは、標準的な方式の欠点について概説し、これらの課題を克服する新しいソリューションを提案します。



図1. デュアルUSBソケットを備えた自動車

熱の問題

USBチャージャモジュールの温度仕様は単純明快です。周囲温度を40℃以上上回ってはいけません。

標準的なソリューションで、フリップチップパッケージの5Vチャージャの接合部一周間熱抵抗 $\Theta_{JA} = 20^{\circ}\text{C}/\text{W}$ 、14Vの車載バッテリーから電力を取得し、効率が91%で、ポータブル機器を6Aで充電する場合を考えてみます。出力電力は次のとおりです。

$$P_{\text{OUT}} = 5\text{V} \times 6\text{A} = 30\text{W}$$

効率が91%の場合、入力電力は次のとおりです。

$$P_{\text{IN}} = P_{\text{OUT}}/\eta = 30/0.91 = 32.92\text{W}$$

電力損失は次のとおりです。

$$P_D = P_{\text{IN}} - P_{\text{OUT}} = 32.92 - 30 = 2.92\text{W}$$

したがって、IC内の温度上昇は次のようになり、規定された制限を超えます。

$$\Delta T = \Theta_{JA} \times P_D = 20 \times 2.92 = 58.4^{\circ}\text{C}$$

明らかに、ここで要因となっているのはチャージャの効率と熱抵抗です。

図2に示すように、58.4℃の ΔT を25℃の周囲温度に加えると、ピーク温度は83.4℃に達します。

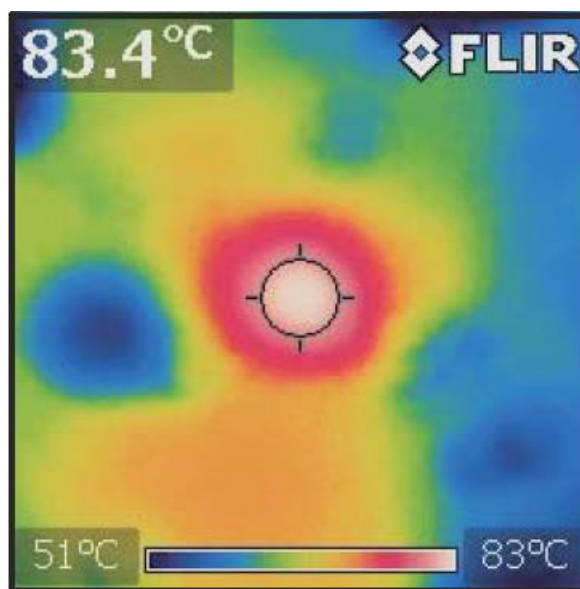


図2. 標準的なソリューションのピーク温度

サイズの問題

小型サイズの鍵は、高レベルの集積です。図3は標準的なソリューションを示しており、チャージャ制御と電力トレインは内蔵しているものの、バッテリーへの短絡および V_{BUS} への短絡を防ぐために2つの外付けTVSが必要です。そのため、チャージャICが占める面積はわずか25mm²ですが、TVSの面積を加えると総アクティブ占有面積は45mm²に増大します。

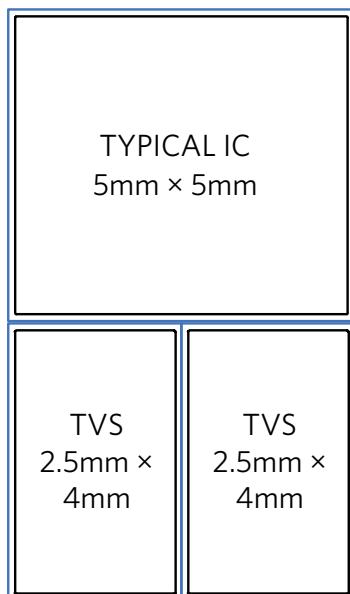


図3. 標準的なチャージャのチャージャICと保護IC

残りの受動部品を加えると、PCB側占有面積は333mm²に達します。明らかに、PCBサイズを最小化するにはより高レベルの集積が必要です。

高集積ソリューション

1つの例として、MAX20047(図4)は車載充電アプリケーション用に設計された車載グレード、小型実装面積デュアルポートチャージャICです。このデバイスは完全同期整流6Aステップダウンバックコンバータと内蔵ハイサイドおよびローサイドFETを組み合わせ、3.5V~36Vの入力電圧で動作して5.2Vの出力電圧を提供します。このICは、iPod®/iPhone® 1.0A、iPad® 2.1AおよびiPad® 2.4A専用充電モードを内蔵しています。また、このデバイスはApple®、USB-IF DCP、中国のYD/T 1591-2009、およびSamsung® 1.2Vなどの複数のモード間の自動的な遷移にも対応し、すべての機器で高速充電を実現します。

保護対象のHVBUS出力のグラウンドへの短絡保護および過電流保護も提供され、内部BUS電源レールを過電流フォルトから保護します。このICは最大+18Vのバッテリーへの短絡保護も提供し、EMI低減のためのスペクトラム拡散動作を備えたバージョンも注文可能です。バックコンバータのスイッチング周波数は0.4MHz~2.2MHzに設定可能です。このICはISO 10605およびIEC 61000-4-2 ESD規格に沿って試験済みです。

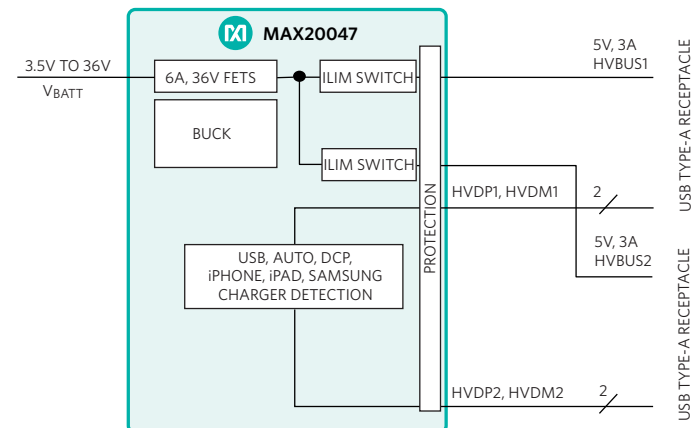


図4. 高集積ソリューションのブロック図

この高集積ICは、チャージャおよび保護を先ほどの例のほぼ1/3に相当するわずか17.5mm²の面積に内蔵することに成功しています(図5)。



図5. 保護を内蔵した高集積IC

残りの受動部品を含めると、総PCB面積はわずか170mm²で、先ほど説明した例の約半分です。

より高い効率

このICは、内蔵スイッチを介してポート当り高効率(図6)で最大3Aの充電電流を供給し、設定可能な電流制限とサーマルフォールドバック制御を備えています。

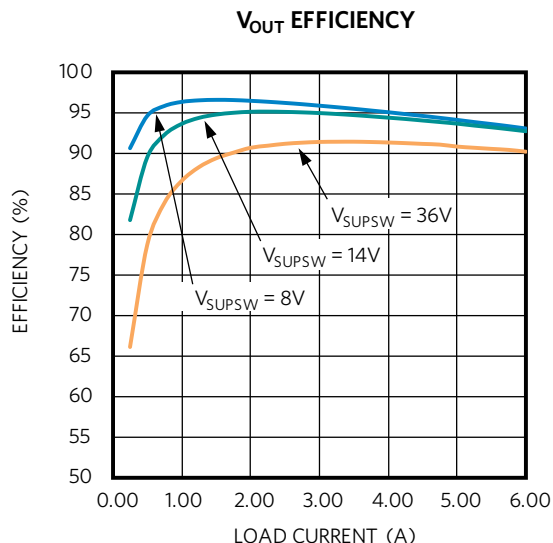


図6. 高効率のグラフ

このICは6Aでの効率が93%で、前述の標準的な例に対して2%の効率の優位性を備えています。

放熱特性に優れたソリューション

同様に重要な点として、放熱特性を高めたフリップチップパッケージは、最適化されたPCBレイアウトとの組み合わせで、4層2オンス/2オンス銅およびサーマルビアを利用します(図7)。この条件で接合部-周囲間熱抵抗(Θ_{JA})が36°C/Wから18°C/Wに低下します。これは前述の標準的な例より2°C/W低い値です。

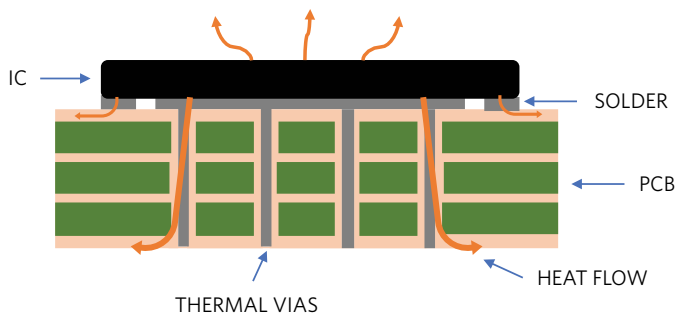


図7. 放熱特性に優れたPCBの図解

低い温度上昇

より高い6Aでの効率 (+2%)とより低い熱抵抗(-2°C/W)の組み合わせ効果によって、わずか39.6°Cの温度上昇 ΔT が実現します。この温度上昇は前述の例より32%低く、40°Cという制限以下です。

図8に示すように、39.6°Cの ΔT を25°Cの周囲温度に加えると、ピーク温度はわずか64.6°Cになります。

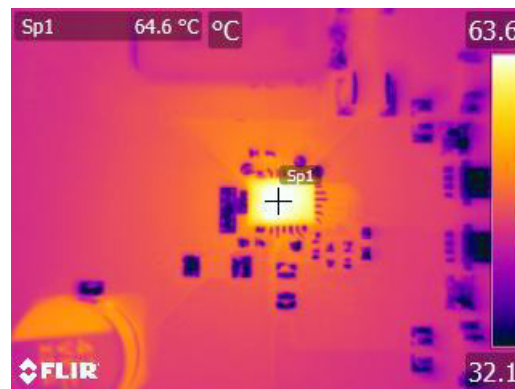


図8. 集積ソリューションによるピーク温度の低減

結論

車載充電アプリケーションのUSBポートは、過熱することなく小型スペースに収まる必要があります。デュアルポートの専用充電ソリューションの場合、部品数とソリューションサイズの増大なしに2つのコネクタに対応する必要があるため、問題が悪化します。このデザインソリューションでは標準的なソリューションの欠点について概説し、新しい車載グレード、小型実装面積デュアルポートチャージャICがサイズと発熱の課題をどのように克服するかを示しました。

さらに詳しく

MAX20047 デュアル 3A USB DCP チャージャ

この記事は最初にElectronic Designで発表されました。

デザインソリューションNo.145

Rev 0; February 2019

設計サポートが必要な場合は、Eメールにてお問い合わせください。
<https://www.maximintegrated.com/jp/support/overview.html/TechSupportFormJapan>

その他のデザインソリューションを探す

マキシム・ジャパン株式会社

〒141-0032 東京都品川区大崎1-6-4 大崎ニューシティ4号館20F maximintegrated.com/jp

© 2019 Maxim Integrated Products, Inc. All rights reserved. Maxim IntegratedおよびMaxim Integratedのロゴは、米国およびその他の国の管轄域におけるMaxim Integrated Products, Inc.の登録商標です。その他、記載されている会社名、製品名は各社の登録商標、または商標です。

