

# UCC28070によるブリッジレス電力係数補正 (PFC) プリレギュレータ設計の実装

Liu XueChao, Wang ZhiHao

ブリッジレス電力係数補正 (PFC) トポロジは、新しい高効率要件を満足する手段として注目を集めています。このアプリケーション・レポートでは、UCC28070を使用したブリッジレスPFCの設計について考慮事項を述べます。ここ

で紹介するブリッジレス・ソリューションは、電流センス用に追加の回路を必要とせず、従来の連続導通モード (CCM) PFCと動作がよく似ているという点で、実装が比較的簡単です。

## 1. ブリッジレスPFC

スイッチング・モード電源の設計では、特に省エネルギーと環境保護の観点から、電力効率の向上が重要な課題となっています。例えば、NEEA (Energy Efficiency Alliance) の80 PLUSイニシアチブ (およびそのBronze, Silver, Goldの各基準) では、ATXデスクトップPCおよびサーバーの電源設計者に対して、全体の効率を向上させる革新的なソリューションの開発を求めています。PFCプリレギュレータ・ステージは、“Low” ラインの全負荷条件で出力電力の5%~8%を簡単に消費します。より高い効率とより優れた性能を得るために、ゼロ電圧スレッシュホールド (ZVT) PFCやインターリーブPFCなどが提案されています。その中で、ブリッジレスPFCは、入力整流ブリッジなしで導通損失を低減する能力によって、より多くの関心を集めています。

図1に、ブリッジレスPFCの古典的なソリューションの回路図を示します。図2に示すように、ハーフライン・サイクル毎に2つのスイッチング動作セルが存在します。各動作セルは、パワーMOSFETとダイオードから構成されます。Q1およびD1は、端子“L”のラインが“High”のとき、そのハーフライン・サイクルにわたってブースト・スイッチング・

モードで動作し、Q2のボディ・ダイオードが電流のリターン・パスとして導通します。もう一方のハーフライン・サイクルについては、端子“N”のラインが“High”のとき、Q2およびD2がブースト・スイッチング・モードで動作し、Q1のボディ・ダイオードが電流のリターン・パスとして導通します。

従来のブーストPFCトポロジと比較すると、ブリッジ整流器による損失はありませんが、非アクティブなMOSFETのボディ・ダイオードが導通してコイル電流となります。全体として見れば、従来のブーストPFCでは2つのダイオードからの導通損失があるのに比べて、ブリッジレスPFCでは1つのダイオードの導通損失しかないため、効率が向上し、ライン電流パスでの1つのダイオードの電圧降下を無視することができます。例えば、270WのPFCについて電力損失のMathCAD計算を行ってみます。従来のPFCでは、ブリッジ整流損失が5.5W、パワーMOSFET損失が2.26W、電力効率は約95.3%です。ブリッジレスPFCでは、ブリッジ整流損失がなく、5.18WのパワーMOSFET損失だけであるため、全体の効率は96.1%となり、ブリッジレスPFCの実装によって効率が1%~2%向上しています。

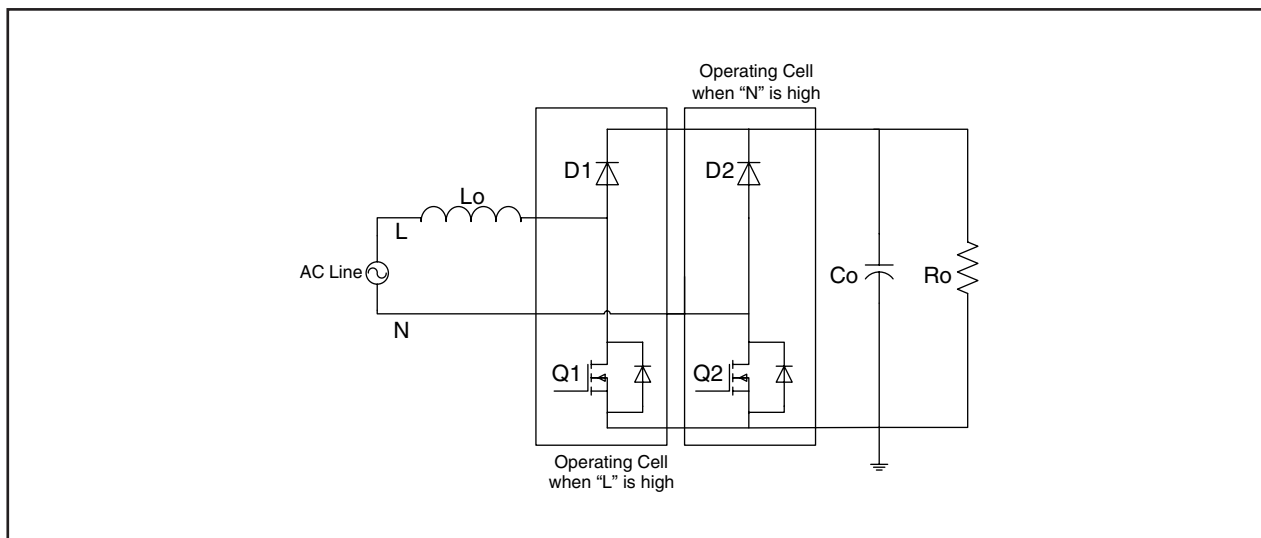


図 1. 古典的なブリッジレスPFCソリューション

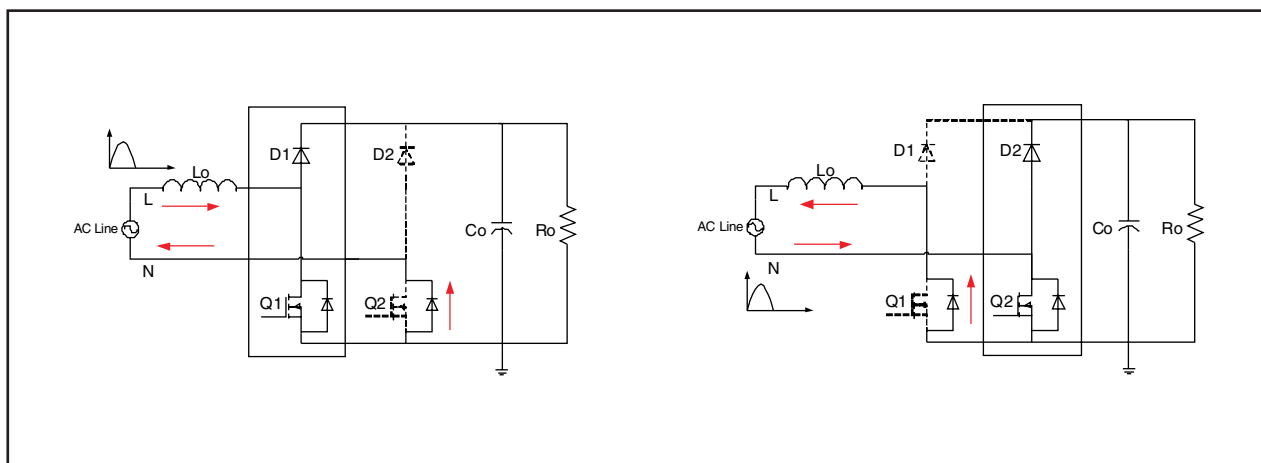


図 2. 異なるハーフライン・サイクルでのブリッジレスPFC動作モード

ブリッジレスPFCには多くの利点がありますが、乗り越えるべき障害もいくつかあります。

- ラインがPFCステージ・グラウンドを基準としてフローティングになるため、単純な回路では入力電圧をセンスできません。通常は、低周波トランスまたはフォトカプラを使用して、入力電圧をセンスします。
- 従来型のPFCの場合、電流センスは、単にインダクタ電流のリターン・パスにシャント・センス抵抗を挿入することで、簡単に監視できます。一方、ブリッジレスPFCでは、各ハーフライン・サイクルで電流パスが同じグラウンドを共有しません。パワーMOSFETとダイオードの電流をセンスする必要があるため、ブリッジレスPFCの電流センスは複雑で、監視が難しくなります。
- もう1つの問題として、EMIノイズがあります。ブリッジレスPFCでは、出力電圧グラウンドがACライン入力を基準として常にフローティングになります。そのため、MOSFETのドレインからグラウンド間、および出力端子からグラウンド間を含む、すべての寄生容量が、同相モード・ノイズに寄与します。各位相のスイッチング・ノードでのこの大きなdv/dtにより、同相モード・ノイズが増加してフィルタリングが困難になります。同時に、スイッチング・ノードMOSFET Q2とダイオードD2が入力ライン端子に直接接続されるため、高dv/dtの同相モード・ノイズが生じます。

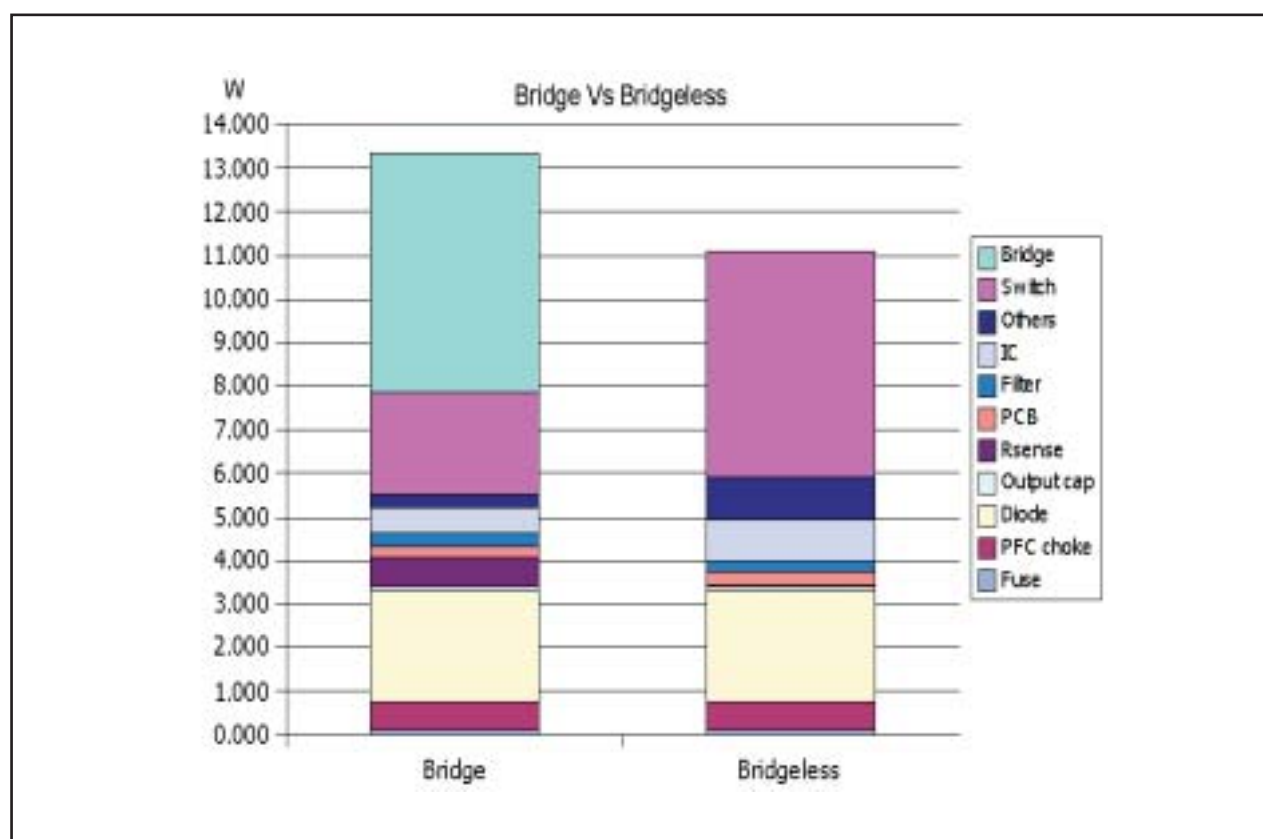


図 3. 従来型PFCとブリッジレスPFCの電力損失比較

## 2. 単純なセミブリッジレスPFC

前に述べたような古典的ブリッジレスPFCの欠点を克服するために、いくつかの改良された手法が提案されています。図4に、参考資料[3]で提案されている便利なセミブリッジレス回路を示します。このトポロジでは、PFCインダクタが2つの小さなインダクタに分割され、各スイッチング・ノードの入力ライン端子に接続されています。2つの分割インダクタを使用することで、スイッチング・ノードの高い $dv/dt$ が入力端子に直接印加されることがなくなり、基板のグランドに対するライン電位の安定性を高めることができます。また、2つのダイオード(DaおよびDb)によってPFCの出力グランドが入力ラインにリンクされ、DaとDbがリターン・パスを提供します。これにより、入力ライン電圧はフローティングではなく、通常グランド基準となります。したがって、PFCステージの入力電圧はグランド基準の整流された正弦波であり、入力電圧のセンスのために低周波トランスやフォトカプラは必要なくなります。単純な抵抗分圧回路を配置すれば入力電圧をセンスできます。さらに、ダイオードDaおよびDbを追加することで、入力ラインと出力パワー・グランドがダイオードを介して接続され、高いコモン・ノイズの発生が避けられます。

また、最初のスタートアップ中にコモンPFCブースト・コンデンサCoをピーク充電するために、2つの突入ダイオード(DcおよびDe)が必要です。ただし、コンデンサがピーク充電され、コンバータが動作し始めた後は、PFCコンバータの電力はDcおよびDeに印加されません。これは、2つのブリッジ整流ダイオードが常に導通している従来型のブーストPFCとは異なります。ブリッジレスPFC動作の分析に際しては、DcとDeの影響を無視できます。

ただし、電流センスの問題が残っています。図4のセミブリッジレスPFCに示されるように、電流はDaおよびDbを通じて戻る以外に、スイッチング・モードでない非アクティブなMOSFETのボディ・ダイオードも経由します。図5に示されるように、入力電圧の正弦波が正で“L”ラインが“High”のとき（入力電圧の正弦波が負で“N”ラインが“High”のときも同じ）は、MOSFET Q1がオンでもオフでも、電流の大半が非アクティブなMOSFET Q2を通じて流れます。ダイオードDbを流れる電流はわずかです。

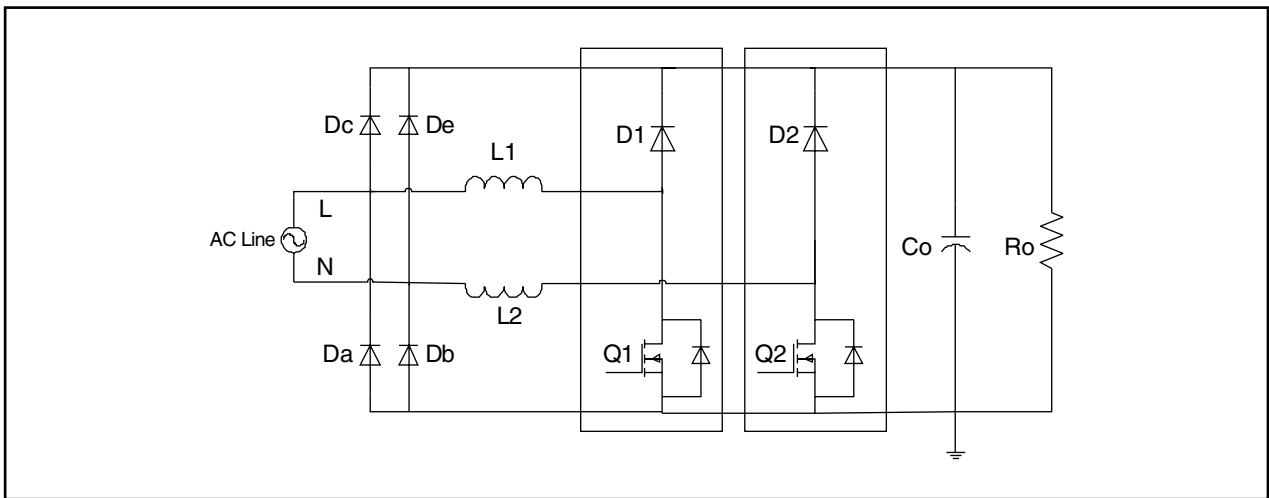


図 4. セミブリッジレスPFC

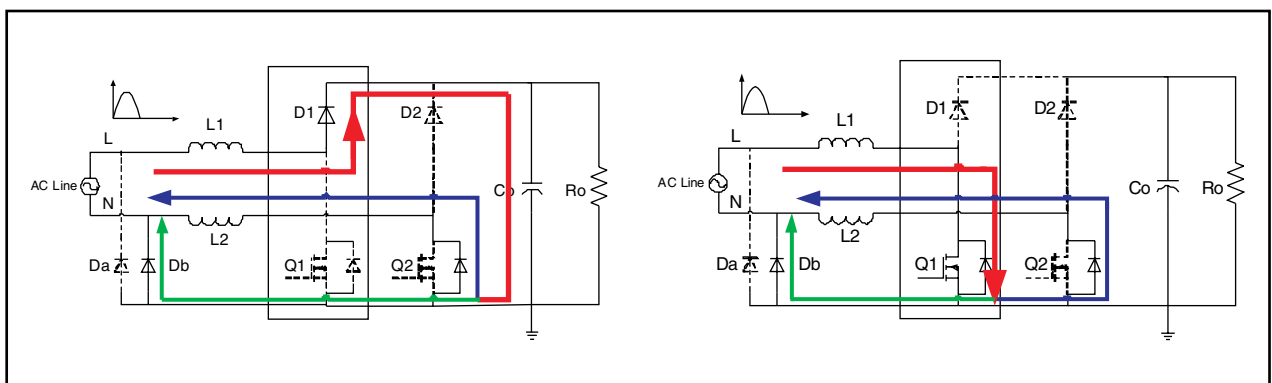


図 5. (a) MOSFET Q1がオフでD1が導通 (b) MOSFET Q1がオンでD1が逆電流パス(“L”ライン電圧が“High”のとき)

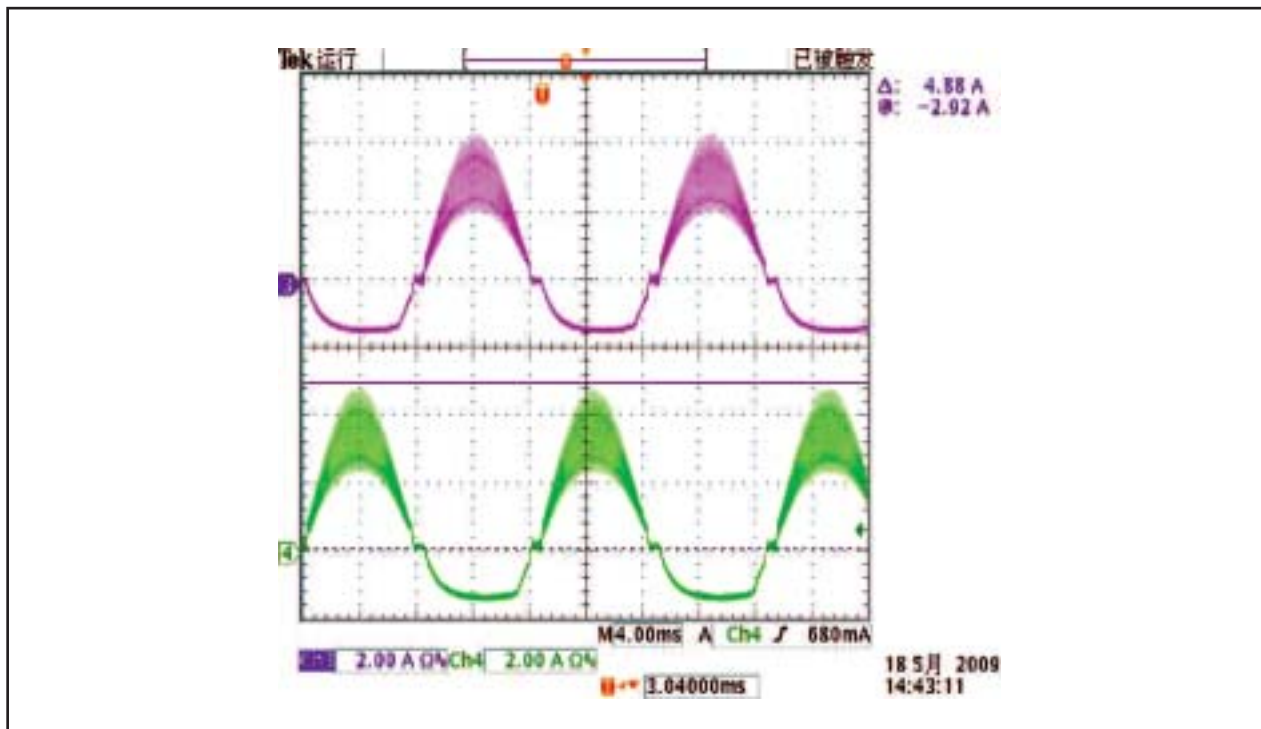


図 6. 入力90VAC、出力0.5A/390VDCでのインダクタ電流波形

図6に、入力が90V<sub>AC</sub>、出力が0.5A/390V<sub>DC</sub>のときのPFCインダクタ電流波形を示します。対応する動作セルが非アクティブモードのとき、MOSFETのボディ・ダイオードとPFCインダクタには大きな電流が流れます。これは、50Hz/60Hzの低いライン周波数ではPFCインダクタ・コイルのインピーダンスが低く、2個のダイオード (DbとQ2のボディ・ダイオード) が並列でリターン電流を共有していると見なせるためです。ボディ・ダイオードの電圧降下がダイオードDbよりも小さい場合、電流の大半がボディ・ダイオードに流れます。MOSFETのボディ・ダイオードの導通が効率に与える影響はわずかですが[1]、ブリッジレスPFCで電流をセンスするのは難しくなります。電流を監視するためにリターン・パスにシャント・センス抵抗を挿入しても効果がありません。

いくつかの方法が他の論文で紹介されています。例えば、4つの電流トランスを使用してMOSFET Q1およびQ2の電流および負荷時のコンデンサへの出力を監視する方法、差動モード・アンプを使用してPFCインダクタの前で電流をセンスする方法[1]などです。図7に示すこのブリッジレスPFCのための電流センス回路では、MOSFETおよびダイオードのチョッピング電流をセンスし、信号を加算して抵抗 $R_S$ に印加する必要があります。ただしこの方法では、制御回路が複雑になり、電流センス・トランスの消磁のためにリセット回路が必要となります。従来の平均CCM PFCコントローラを使用して単純なブリッジPFCを実現するのは簡単ではありません。変更されたブリッジレスPFCの電流をセンスするための革新的な方法を見つけ出す必要があります。TIのUCC28070は、制御回路やセンス回路を変更する必要なしに、ブリッジレスPFCトポロジに利用できます。

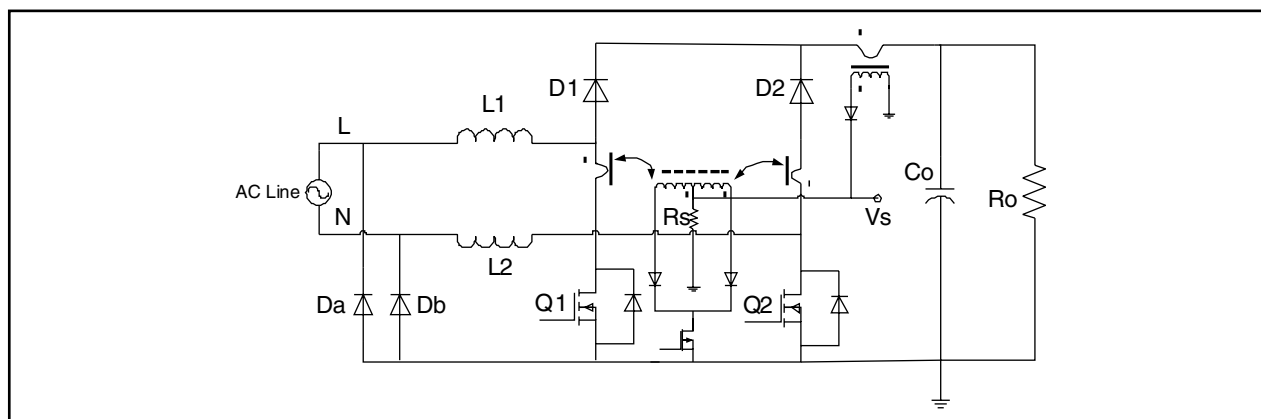


図 7. 変更されたブリッジレスPFCのための電流センス回路

### 3. UCC28070を使用する理由

TIのUCC28070は、180°の位相差で動作する2つのパルス幅変調を統合した、高度な力率補正 (PFC) デバイスです。このデバイスは、インターリーブ型平均連続電流モード (CCM) PFCに対して優れたソリューションを提供し、入力および出力リップル電流を大きく低減します。それにより、導通EMIフィルタリングがより容易に、より低コストで実現できるようになります。このデバイスは、テレコム用電力整流器や高効率AC/DC電源に適しています。

インターリーブ型CCM PFC制御に加えて、UCC28070は、ブリッジレスPFC設計を単純化する電流シンセサイザや量子化電圧フィードフォワード手法といった独自の革新的な機能により、セミブリッジレスPFCにも利用できます。図8は、UCC28070を使用したセミブリッジレスPFCの単純なアプリケーション図です。ここで、DcおよびDeは、単にスタートアップ期間中の突入電流を流すためにだけ追加されています。

前述のとおり、電流センスはブリッジレスPFCの重要な問題であるため、電流を監視するための回路を追加する必要があります。UCC28070の電流シンセサイザによって、電流のセンスは単純になります。この電流シンセサイザ回路は、オン時のサンプリングとオフ時の下降スロープのエミュレーションを組み合わせることで、MOSFETの瞬時電流を監視します。図8に示されるように、GDAまたはGDB出力のオン期間中は、各出力フェーズで電流トランス回路を介して、それぞれCSAまたはCSBピンでインダクタ電流がリコードされます。その際、VINACおよびVSENSEピンで入力および出力電圧を連続的に監視することで、UCC28070は、各出力のそれぞれのオフ期間中にインダクタ電流の下降スロープを内部で再生成できます。下記の式に基づいてRSYNTH抵抗 (RSYN) を選択することにより、内部応答を調整し、アプリケーションで求められる幅広い範囲のインダクタンスに対応できます。

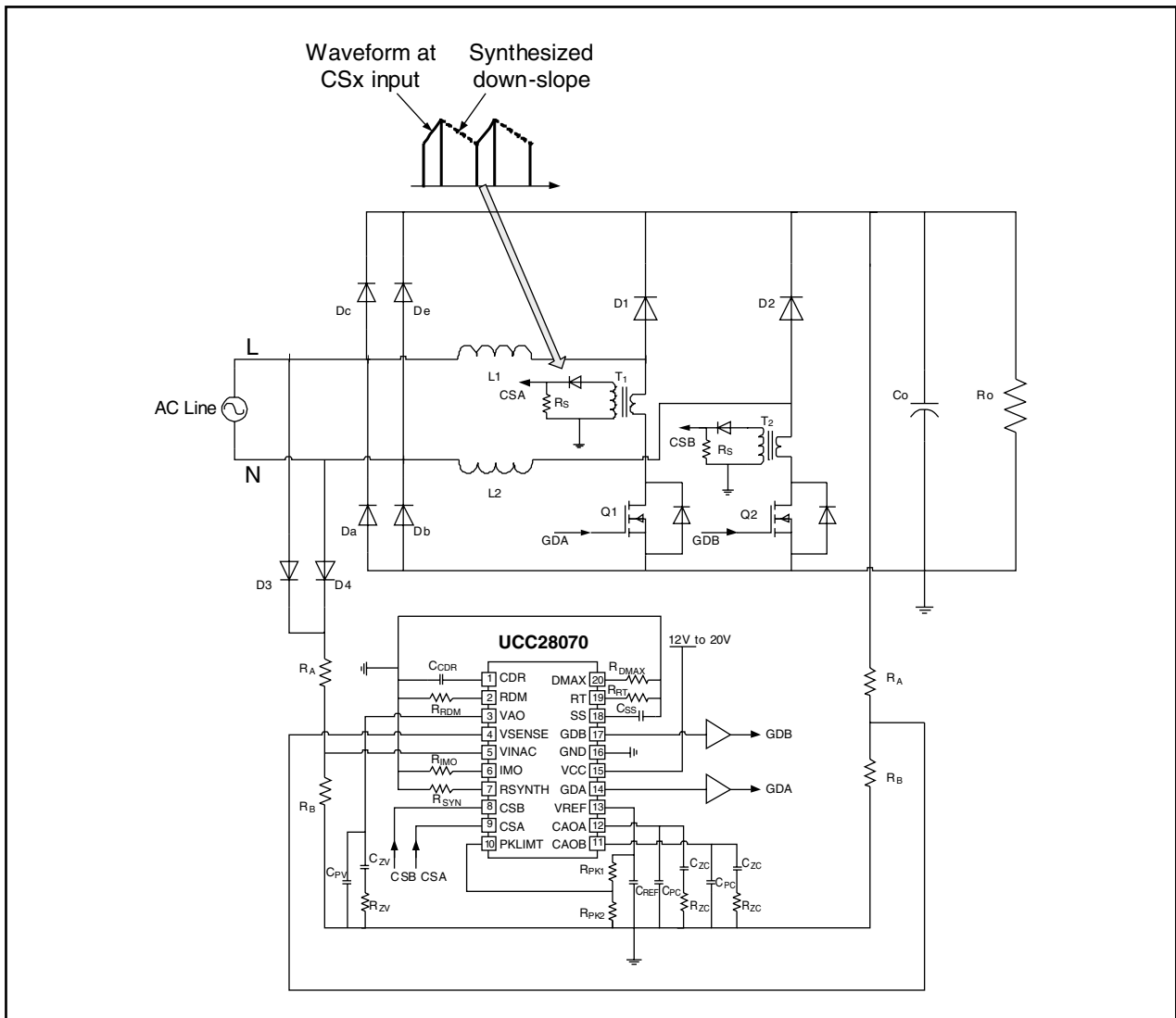


図 7. UCC28070ブリッジレスPFCの単純なアプリケーション図



$$R_{\text{SYN}}(\text{k}\Omega) = \frac{(10 \times N_{\text{CT}} \times L_{\text{B}} \times K_{\text{R}})}{R_{\text{S}}} \quad (1)$$

ここで：

- $L_{\text{B}}$  = 公称ゼロバイアス・ブースト・インダクタンス ( $\mu\text{H}$ )
- $R_{\text{S}}$  = センス抵抗 ( $\Omega$ )
- $N_{\text{CT}}$  = 電流センス・トランスの巻線比
- $K_{\text{R}} = R_{\text{B}} / (R_{\text{A}} + R_{\text{B}}) = \text{VSENSE}$ および $\text{VINAC}$ ピンでの抵抗分圧回路による減衰

ブリッジレスPFC設計におけるUCC28070の主な利点の1つが、電流シンセサイザ機能であり、これはスイッチングのオフ期間中にインダクタの下降スロープを内部で再生成するものです。これにより、ブリッジレスPFCに対して追加の電流トランスやシャント抵抗が不要になります。1個の抵抗でシンセサイザの下降スロープをプログラミングすることで、外部部品を追加せずにブリッジレス平均CCM PFCの電流センスを簡単に実現できます。電流トランスに対しては、飽和を避けるためにボルト秒のバランスが非常に重要であり、リセット回路が必要になる場合もあります。また、ノイズ耐性を向上させるために、電流センス・オフセット回路が追加されます。リセット回路やオフセット回路の設計の詳細については、UCC28070データシートを参照してください。

電流シンセサイザ機能に加えて、UCC28070は独自のマルチプライヤ・アーキテクチャを用いてVRMSフィードフォワード(QVFF)回路を量子化します。これにより、VINAC信号の外部フィルタリングが不要になり、それに続く過渡ライン変動への低速応答を避けることができます。独自の回路アルゴリズムにより、7つのスレッシュホールドを通してVVINACのピークの遷移を検出し、8つのQVFF範囲の中央となる等価なVFFレベルを生成します。8つのQVFFレベルは、86V~265VRMSの“ユニバーサル”ライン範囲が完全に収まるよう設定されています。

まとめると、UCC28070は以下のメリットを通じてブリッジレスPFCの設計を単純化します。

- 電流シンセサイザにより、追加部品なしで電流センス回路を単純化し、平均CCMブリッジレスPFCを単純な制御方法で実現できます。
- リニア・マルチプライヤ・アーキテクチャにより、VINACの外部フィルタリングとライン変動時の低速な過渡応答を解消します。入力センス電圧回路も単純化されます。
- 周波数ディザリングにより、導通EMIノイズを、ライン・フィルタだけでは達成できないレベルにまで低減します。RRDMおよびCCDRを調整することで、EMIノイズの低減に必要なディザの大きさとレートを設定できます。EMIノイズもブリッジレスPFCの重要な問題の1つです。
- UCC28070は、追加の変更なしで、インターリーブPFCとブリッジレスPFCのいずれも制御できます。

## 4. 実験結果

このアプリケーション設計では、TIの300W UCC28070インターリーブPFC EVM (SLUU312) を200WブリッジレスPFCに変更して比較を行いました。この比較は、同じ基板上で、他のパラメータや部品を一切変更せずに行っています。入力電圧RMSは85V<sub>AC</sub>~265V<sub>AC</sub>、出力電圧は390V<sub>DC</sub>、ライン周波数は47Hz~63Hz、スイッチング動作周波数は200kHzです。

ブリッジレスPFCの部品選択については、TIの300Wインターリーブ・アプリケーション・レポート (SLUA479) [6]を参照できます。ただし、インターリーブPFCではインダクタのリップル電流が本質的に相殺されるため、各インダクタのリップル電流は、本稿に記載されたブリッジレスPFCより大きくてもかまいません。一方、ブリッジレスPFCの場合は、RMS電流とインダクタンスの計算時にリップル相殺比K(D)が含まれません。最大入力電流が“Low”ラインのピーク公称入力電流の30%に設定されていると仮定した場合、RMS電流およびインダクタンスは式(3)で計算されます。

$$D_{\text{PLL}} = \frac{V_{\text{OUT}} - V_{\text{IN\_MIN}}\sqrt{2}}{V_{\text{OUT}}} \\ = \frac{390 - 85\sqrt{2}}{390} \approx 0.69 \quad (2)$$

入力RMS電流は式(3)で計算され、インダクタ・リップル電流は式(4)で計算されます。

$$I_{\text{IN\_RMS}} = \frac{P_{\text{OUT}}}{V_{\text{IN\_MIN}} \times \eta} \times \frac{200\text{W}}{85\text{V} \times 0.9} \\ = 2.6\text{A} \quad (3)$$

$$\Delta I_{\text{L}} = \frac{P_{\text{OUT}} \times \sqrt{2} \times 0.3}{V_{\text{IN\_MIN}} \times \eta} \times \frac{200\text{W} \times \sqrt{2} \times 0.3}{85\text{V} \times 0.9} \\ \approx 1.1\text{A} \quad (4)$$

図5に示されるように、“Low”ラインでの最小インダクタンスは、式(5)で計算できます。

$$L1 = L2 = \frac{V_{\text{IN\_MIN}} \times \sqrt{2} \times D_{\text{PLL}}}{\Delta I_{\text{L}} \times f_{\text{s}}} \\ = \frac{85\text{V} \times \sqrt{2} \times 0.69}{1.1\text{A} \times 200\text{kHz}} \gg 370\mu\text{H} \quad (5)$$

合計インダクタRMS電流は、式(6)で求められます。

$$I_{L1\_RMS} = I_{L2\_RMS} = \sqrt{\left(\frac{P_{OUT}}{V_{IN\_MIN} \times \eta}\right)^2 + \left(\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \frac{V_{IN\_MIN} \sqrt{2} \sin(\theta)}{L1 \times fs} \times \frac{V_{OUT} - V_{IN\_MIN} \sqrt{2} \sin(\theta)}{V_{OUT}} d\theta\right)^2} \approx 2.7A25A \times 0.2 = 5A \tag{6}$$

MOSFETおよびダイオードに関する他の計算については、参考資料[6]を参照できます。ブリッジレスPFCの場合、電流値を計算するときに電力定格がインターリーブPFCと比較してPOUTの半分とはならないことに注意してください。

図9は、110V<sub>AC</sub>および220V<sub>AC</sub>での従来型PFCとブリッジレスPFCの効率比較を示しています。一般に、ブリッジレスPFCでの効率の向上は、従来型ブリッジレスPFCと比較して約1%~2%です。図11~図16は、90V<sub>AC</sub>、110V<sub>AC</sub>、および265V<sub>AC</sub>でのテスト波形であり、UCC28070が簡単な電流センスによって追加の複雑な回路なしでブリッジレスPFCを実現している事実を示しています。

### 5. 結論

電流シンセサイザおよび量子化された電圧フィードフォワードを備えたUCC28070は、ブリッジレスPFCの実現に適しています。このアプリケーション・レポートでは、TIの300W UCC28070インターリーブPFCデモ基板を使用し、単純なセミブリッジレスPFCに変更しました。実験の結果、UCC28070は追加回路なしで、より高い効率と高い電力係数のブリッジレスPFCの設計に利用できることがわかりました。

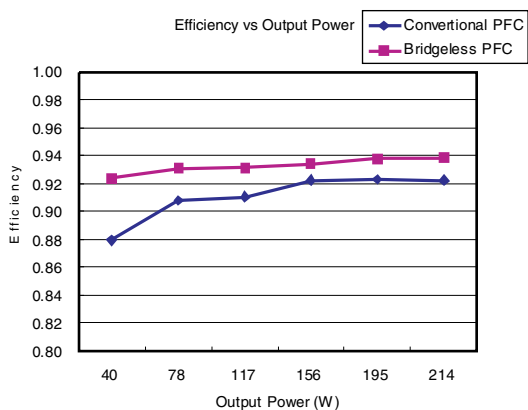


図 9. V<sub>IN</sub> = 110V<sub>AC</sub>での効率

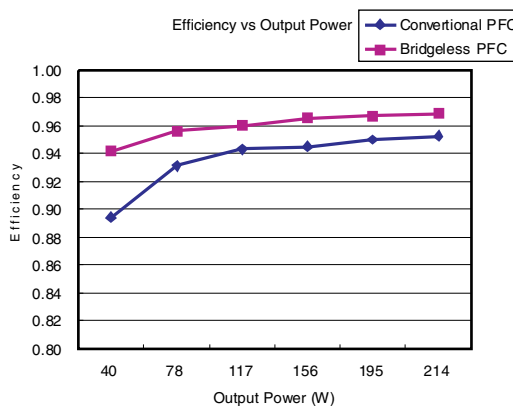


図 10. V<sub>IN</sub> = 220V<sub>AC</sub>での効率

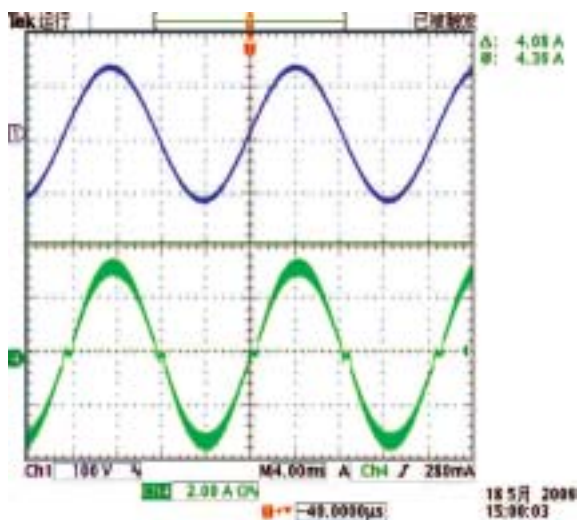


図 11. 入力電圧V<sub>IN</sub> = 90V<sub>AC</sub>およびI<sub>OUT</sub> = 0.5A

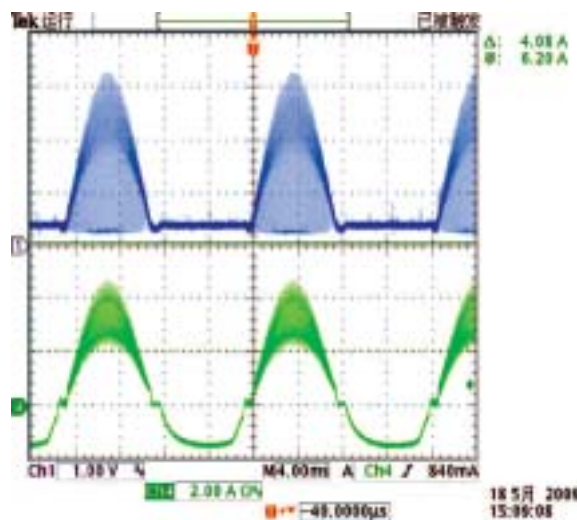


図 12. 入力電圧V<sub>IN</sub> = 90V<sub>AC</sub>およびI<sub>OUT</sub> = 0.5Aでの電流センスCSA電圧とPFCインダクタ電流



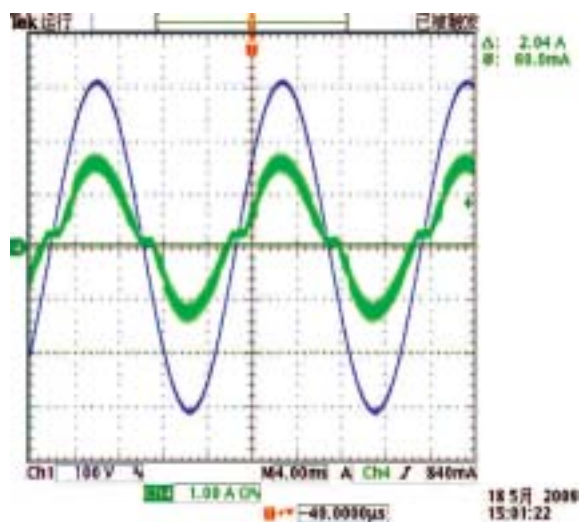


図 13. 220V<sub>AC</sub>入力およびI<sub>OUT</sub>=0.5Aでの  
入力電圧V<sub>IN</sub>と入力電流波形

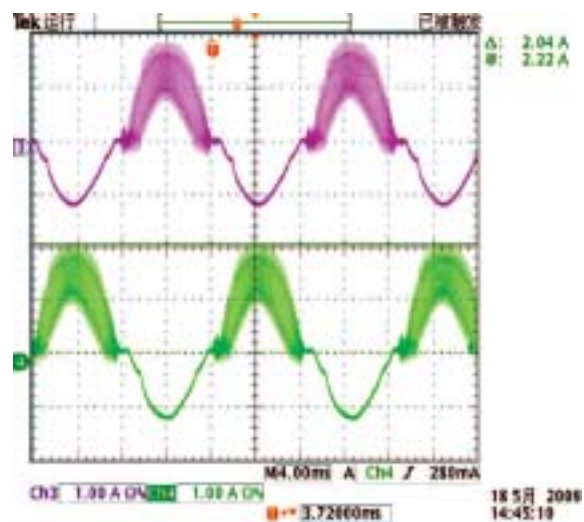


図 14. V<sub>IN</sub> = 220V<sub>AC</sub>およびI<sub>OUT</sub> = 0.5Aでの  
各動作セルのPFCインダクタ電流

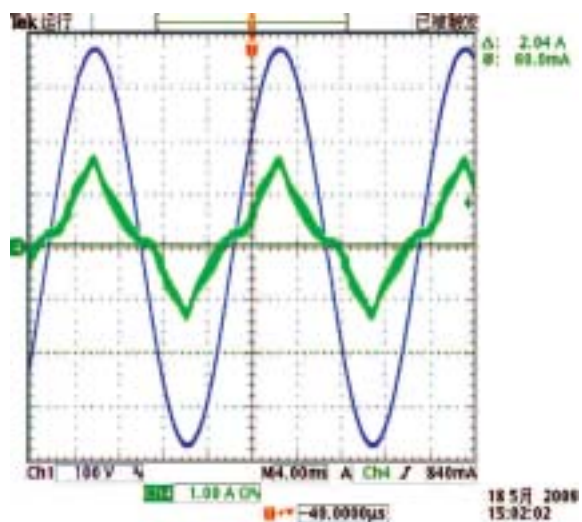


図 15. 265V<sub>AC</sub>入力およびI<sub>OUT</sub> = 0.5Aでの  
入力電圧V<sub>IN</sub>と入力電流波形

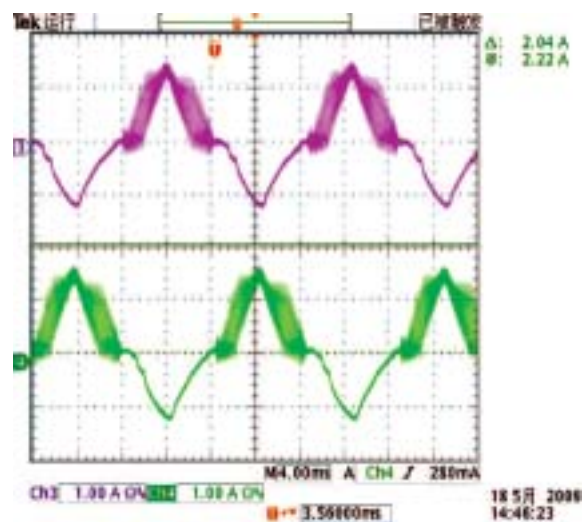


図 16. 265V<sub>AC</sub>入力およびI<sub>OUT</sub> = 0.5Aでの  
各動作セルのPFCインダクタ電流

## 6. 参考資料

1. Lu Bing, Ron Brown, Macro Soldano, Bridgeless PFC Implementation using one cycle control technique, APEC 2005
2. Lu Bing, Dong, W., Zhao, Q., Fred Lee, Performance evaluation of CoolMOSTM and SiC diode for single-phase power factor correction applications, APEC 2003
3. Alexandre Ferrari de Souza and Ivo Barbi, High Power Factor Rectifier with reduced conduction and commutation losses, Intelec, 1999.
4. UCC28070 datasheet, Texas Instruments.
5. UCC28070 300-W interleaved PFC Pre-Regulator User's Guide-SLUU321 2008, Texas Instruments.
6. UCC28070 300-W Interleaved PFC Pre-Regulator Design Review-SLUA479 Application Report, Texas Instruments.

# ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社(以下TIJといひます)及びTexas Instruments Incorporated(TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといひます)は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかをご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間に取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメータに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしていません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証もしくは承認をすることを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメータと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション(例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの)に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されていません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されていません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2009, Texas Instruments Incorporated  
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

## 弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

### 1. 静電気

素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。

弊社出荷梱包単位(外装から取り出された内装及び個装)又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で(導電性マットにアースをとったもの等)、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。

マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

### 2. 温・湿度環境

温度: 0~40、相対湿度: 40~85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。(但し、結露しないこと。)

直射日光があたる状態で保管・輸送しないこと。

### 3. 防湿梱包

防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。

### 4. 機械的衝撃

梱包品(外装、内装、個装)及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。

### 5. 熱衝撃

はんだ付け時は、最低限260以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。(個別推奨条件がある時はそれに従うこと。)

### 6. 汚染

はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質(硫黄、塩素等ハロゲン)のある環境で保管・輸送しないこと。はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。(不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。)

以上