

LM20143

Application Note 1691 LM20143 Evaluation Board



Literature Number: JAJA350

LM20143 評価ボード

National Semiconductor
Application Note 1691
Dennis Hudgins
2007年10月



はじめに

LM20143 は、最大 3A の負荷電流を駆動できる、必要な機能がすべて揃った降圧型スイッチング・レギュレータです。LM20143 のスイッチング周波数は外部抵抗を用いて 500kHz ~ 1.5MHz のため、高効率動作を実現すると同時にパワー段の部品のサイズを縮小できます。LM20143 は、2.95V ~ 5.5V の入力電圧を 0.8V という低出力電圧に変換できます。保護機能として、サイクル毎の電流制限、出力パワーゲットおよび出力オーバーボルテージ保護を備えています。ソフトスタートおよびトラッキング機能を使用することにより LM20143 の起動応答を制御でき、高精度イネーブル・ピンによりソース要件を持つアプリケーションにおける制御を容易にします。LM20143 は放熱特性を向上する露出パッドを組み込んだ eTSSOP-16 パッケージで供給されます。

LM20143 評価ボードは、全体の小型化とレギュレータの効率のバランスが取れるよう設計されています。評価ボードはわずか 1.3 インチ x 1.1 インチ以下の 2 層プリント基板で、上層にすべて部品が配置されています。LM20143 評価ボードのパワー段および補償部品は入力電圧 5V およびスイッチング周波数 1.5MHz で最適化されていますが、試験のために入力を動作範囲全体にわたって変更できます。評価ボードの出力電圧の公称値は 1.2V ですが、この値は帰還抵抗 (R_{FB1} または R_{FB2}) のいずれかを置き換えることにより簡単に変更できます。LM20143 評価ボードの制御ループ補償は、入出力電圧範囲全体にわたり適切な過渡応答による安定したソリューションが実現できるよう設計されています。スイッチングを開始するために、EN ピンはボード上で 1.18V (typ) 以上でなければなりません。EN 機能が不要な場合は EN ピンを基板上で V_{IN} に接続しておきます。

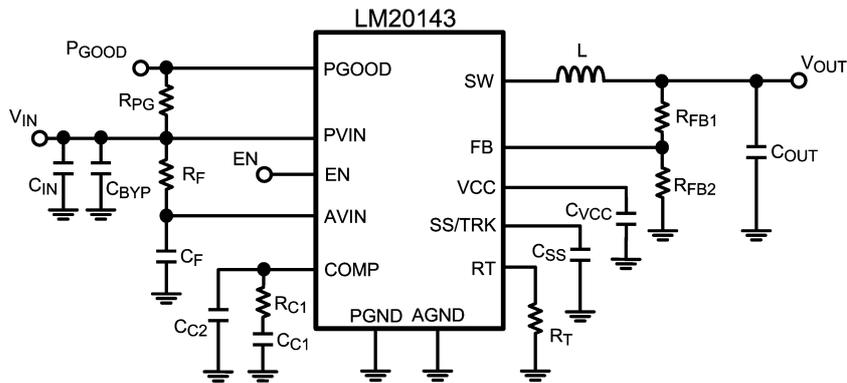


FIGURE 1. Evaluation Board Schematic

Bill of Materials

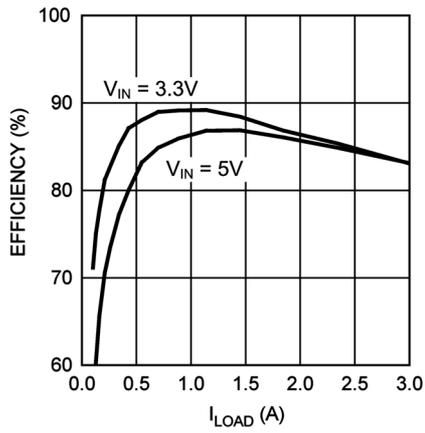
Designator	Description	Part Number	Qty	Manufacturer
U1	Synchronous Buck Regulator	LM20143MH	1	National Semiconductor
C _{IN}	47 μ F, 1210, X5R, 6.3V	GRM32ER60J476ME20	1	Murata
C _{BYP}	1 μ F, 0603, X5R, 6.3V	GRM188R60J105KA01	1	Murata
C _{OUT}	47 μ F, 1210, X5R, 6.3V	GRM32ER60J476ME20	1	Murata
L	1.2 μ H, 17 m Ω	DO1813H-122ML	1	Coilcraft
R _F	1 Ω , 0603	CRCW06031R0J-e3	1	Vishay-Dale
C _F	100 nF, 0603, X7R, 16V	GRM188R71C104KA01	1	Murata
C _{VCC}	1 μ F, 0603, X5R, 6.3V	GRM188R60J105KA01	1	Murata
R _{PG}	10 k Ω , 0603	CRCW06031002F-e3	1	Vishay-Dale
R _{C1}	1 k Ω , 0603	CRCW06031001F-e3	1	Vishay-Dale
C _{C1}	4.7 nF, 0603, X7R, 25V	VJ0603Y472KXXA	1	Vishay-Vitramon
C _{C2}	OPEN	OPEN	0	N/A
C _{SS}	33 nF, 0603, X7R, 25V	VJ0603Y333KXXA	1	Vishay-Vitramon
R _{FB1}	4.99 k Ω , 0603	CRCW06034991F-e3	1	Vishay-Dale
R _{FB2}	10 k Ω , 0603	CRCW06031002F-e3	1	Vishay-Dale
R _T	49.9 k Ω , 0603	CRCW06034992F-e3	1	Vishay-Dale
Test Points	Test Points	160-1026-02-01-00	7	Cambion

接続説明

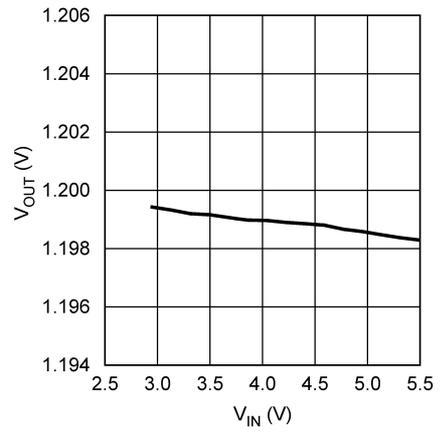
端子のシルクスクリーン	説明
VIN	この端子はデバイスの入力電圧です。デバイスは入力電圧 2.95V ~ 5.5V で動作します。このピンの絶対最大電圧定格は 6V です。
GND	この端子はデバイスのグラウンド接続です。PCB には 2 つの異なる GND 接続があります。1 つは入力電源用、もう 1 つは負荷用です。
VOUT	この端子は電源の出力電圧に接続されるため、負荷に接続してください。
EN	この端子はデバイスのイネーブル・ピンに接続されます。この端子は V _{IN} に接続するか、外部で駆動してください。外部で駆動する場合、通常 1.18V 以上の電圧を印加するとデバイスをイネーブルにできます。このピンの動作電圧は 5.5V を超えてはなりません。このピンの絶対最大電圧定格は 6V です。
SS/TRACK	この端子はデバイスの SS/TRK ピンにアクセスできます。一般的なアプリケーションでは、この端子への接続は不要です。基準電圧 0.8V 以下の外部電源電圧で制御される場合、デバイスのフィードバック・ピンは SS/TRK ピンの電圧に追従します。通常動作の場合、このピンの電圧は 5.5V を超えてはなりません。このピンの絶対最大電圧定格は 6V です。
PGOOD	この端子はデバイスのパワーグッド出力に接続されます。このピンと入力電圧の間に 10k のプルアップ抵抗があります。通常動作の場合、このピンの電圧は 5.5V を超えてはなりません。絶対最大電圧定格は 6V です。

性能特性

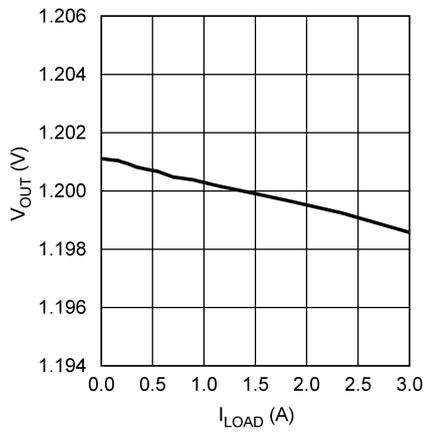
Efficiency vs Load



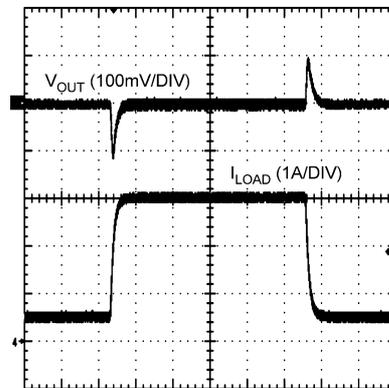
Line Regulation ($I_{LOAD} = 3A$)



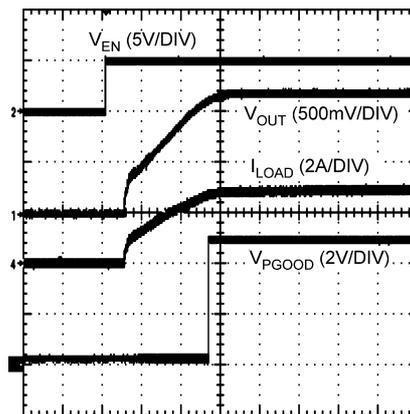
Load Regulation ($V_{IN} = 5V$)



0.5A to 3A Load Transient Response (200 μ s/DIV)



Startup Waveform



部品の選択

この項では、LM20143 評価ボードの設計プロセスを段階的に説明します。特記のない限り、すべての式において単位は電流をアンペア (A)、容量をファラッド (F)、インダクタンスをヘンリー (H)、電圧をボルト (V) とします。

入力コンデンサ

降圧型レギュレータの入力コンデンサに要求される許容リップル電流は、次式で求められます。

$$I_{CIN(RMS)} = I_{OUT} \sqrt{D(1-D)}$$

変数 D はデューティ・サイクルを示し、以下のように近似されます。

$$D = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

この式から、デューティ比 50% のシステム動作において、3A の負荷電流時に最大の $I_{CIN(RMS)}$ が要求されることが導き出されます。この条件において、最大の $I_{CIN(RMS)}$ は次式によって求められます。

$$I_{CIN(RMS)} = 3A \sqrt{0.5 \times 0.5} = 1.5A$$

セラミック・コンデンサは、小さな実装面積で非常に大きな I_{RMS} を実現できるという特長を持つため、このアプリケーションにはセラミック・コンデンサが最適です。村田製作所から発売されている 47 μ F セラミック・コンデンサ X5R は、評価ボードに必要な入力容量を備えています。バイパス特性を向上させるには、小型の 1 μ F 高効率コンデンサを 47 μ F バルク・コンデンサと並列に配置し、電源側の高周波ノイズ・パルスをフィルタリングします。

AVIN フィルタ

AVIN に接続された内部アナログ回路に PVIN のスイッチング・ノイズが干渉することを防止するために、RC フィルタを追加してください。これらは、回路図では R_F および C_F として示されています。起動時に AVIN ピンによって一度に 60mA の電流が流れるため、抵抗 R_F のサイズには実質的な制限が生じます。 R_F が大きすぎる場合、その結果発生する電圧降下によって UVLO コンパレータがトリガされる場合があります。デモ・ボードでは R_F に 1 抵抗を使い、デバイスのイネーブル後に UVLO がトリガされないようにします。推奨する 1 μ F の C_F コンデンサと 1 抵抗を一緒に使うと、スイッチング周波数 1.5MHz でおよそ 16dB 減衰します。

インダクタ

データシートで推奨のとおり、インダクタの値を最初に選定し、リップル電流のピーク・ツー・ピーク値が最大出力電流のおよそ 30% になるようにしてください。インダクタ・リップル電流のピーク・ツー・ピーク値は次式により計算できます。

$$\Delta I_{P-P} = \frac{(V_{IN} - V_{OUT}) \times D}{L \times f_{SW}}$$

この式を変形しインダクタンスを導き出すと、このアプリケーション ($V_{IN} = 5V$, $V_{OUT} = 1.2V$, $f_{SW} = 1MHz$, $I_{OUT} = 3A$) ではインダクタンスの公称値がおよそ 0.68 μ H になることがわかります。最も近い標準インダクタの値に丸めると、最終的に 1.2 μ H のインダクタンスが選定されます。その結果、コンバータが 5V および 3.3V で起動している場合、リップル電流のピーク・ツー・ピーク値はそ

れぞれ 507mA および 623mA となります。インダクタンス値を計算した後、物理的なサイズ、効率、および電流容量のトレードオフに基づいて実際のインダクタを選定しなければなりません。LM20143 評価ボードは、Coilcraft DO1813H-122ML インダクタにより、効率 (17m DCR)、サイズ、および飽和電流定格 (5.3A I_{SAT} 定格) のバランスがよく取れています。

出力コンデンサ

降圧型レギュレータの出力コンデンサの値は、大信号の出力電圧応答が負荷変動に影響するのと同様に、出力電圧に生じる電圧リップルに影響します。インダクタ電流リップルのピーク・ツー・ピーク値 (I_{P-P}) を考慮し、出力電圧リップルは次式により近似されます。

$$\Delta V_{OUT} = \Delta I_{P-P} \times \left[R_{ESR} + \frac{1}{8 \times f_{SW} \times C_{OL}} \right]$$

変数 R_{ESR} は出力コンデンサの ESR を示します。上記の式に見られるように、出力のリップル電圧は 2 つの部分に分けられます。1 つは出力コンデンサの ESR を流れる AC リップル電流に起因し、もう 1 つは出力コンデンサを実際に充放電する AC リップル電流に起因します。出力コンデンサは負荷変動時に対応する出力電圧の低下量にも影響します。

評価ボードでは、出力コンデンサに村田製作所の 47 μ F セラミック・コンデンサを選択し、比較的小型のパッケージで適切な遷移および DC 性能を実現します。このコンデンサの技術仕様によると、ESR はおよそ 3m Ω 、有効な回路容量はおよそ 32 μ F (DC1.2V バイアスにより 47 μ F から低下) です。これらの値により、5V 入力動作時における出力側の電圧リップルのピーク・ツー・ピーク値は、3mV と計算されます。

C_{SS}

ソフトスタート・コンデンサを使って、LM20143 電圧レギュレータの起動時間を制御できます。ソフトスタート・コンデンサを使用した際のレギュレータ起動時間は、次式で求められます。

$$t_{SS} = \frac{0.8V \times C_{SS}}{I_{SS}}$$

LM20143 では、 I_{SS} は通常 5 μ A です。評価ボードでは、ソフトスタート時間はおよそ 5ms になるよう設計されているため、 C_{SS} コンデンサの値は 33nF になります。

C_{VCC}

内部の 2.7V サプレギュレータをバイパスするために、 C_{VCC} コンデンサが必要です。このコンデンサは、1 μ F 以上 10 μ F 未満にしてください。一般的なアプリケーションでは 1 μ F のコンデンサで充分です。

C_{C1}

コンデンサ C_{C1} を使い、LM20143 制御ループのクロスオーバー周波数を設定します。このボードは入出力電圧範囲すべてにわたって良好に動作するよう最適化されているため、 C_{C1} の値は 4.7nF に選定されています。デバイスの動作条件を確認した後、 C_{C1} の値を下げ、 R_{C1} の値を次のセクションで説明するとおりに計算することにより、過渡応答を最適化できます。

R_{C1}

C_{C1} の値を確認した後、抵抗 R_{C1} を使って制御ループにゼロを作成し、出力フィルタ・ポールをキャンセルします。この抵抗の大きさは、次式によって計算できます。

$$R_{C1} = \left[\frac{C_{C1}}{C_{OUT}} \times \left[\frac{I_{OUT}}{V_{OUT}} + \frac{1-D}{f_{SW} \times L} + \frac{15 \times D}{V_{IN}} \right] \right]^{-1}$$

安定性を確保するために、デバイスはアプリケーションで予想される最大出力電流に補償してください。

C_{C2}

2番目の補償コンデンサ C_{C2} を使い、高周波ポールを作成できる場合があります。出力コンデンサの ESR により生じる可能性のあるゼロをキャンセルするのに有効です。LM20143 評価ボードでは、出力側に使用する ESR の低いセラミック・コンデンサがクロスオーバー周波数の前の制御ループにゼロを与えないため、 C_{C2} は未実装です。評価ボードのセラミック・コンデンサを ESR の大きな別のコンデンサに置き換えた場合、コンデンサ C_{C2} に必要な値は次式で計算されます。

$$C_{C2} = \frac{C_{OUT} \times R_{ESR}}{R_{C1}}$$

R_T

抵抗 R_T を使用してデバイスの動作周波数を設定します。選択された評価ボードの値は 49.9 で発振周波数 1.5MHz で設定されます。 R_T の値は動作周波数 500kHz ~ 1.5MHz で調整され次式で表されます。

$$R_T = \left(\frac{154750}{f_{SW}} \right) - 55$$

ここで f_{SW} はスイッチング周波数 (単位 kHz)、 R_T は周波数調整抵抗 (単位 k) です。

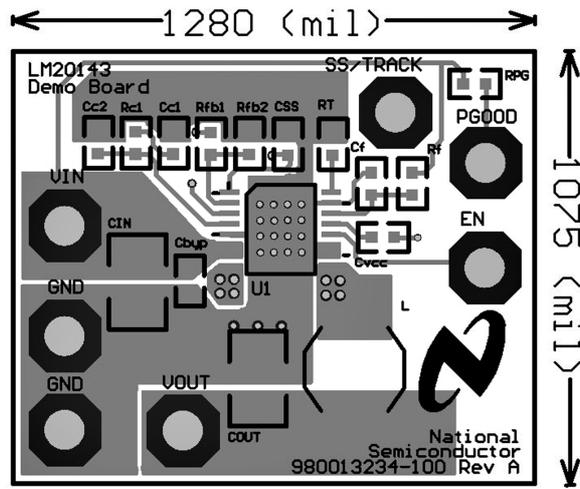
R_{FB1} および R_{FB2}

抵抗 R_{FB1} および R_{FB2} は、電圧レギュレータの出力設定に使用する V_{OUT} からフィードバック・ピンの分圧抵抗となります。通常、LM20143 評価ボードの出力は 1.2V に設定され、抵抗値は $R_{FB1} = 4.99k$ および $R_{FB2} = 10k$ となります。異なる出力電圧が必要な場合、次式により R_{FB1} の値を調節できます。

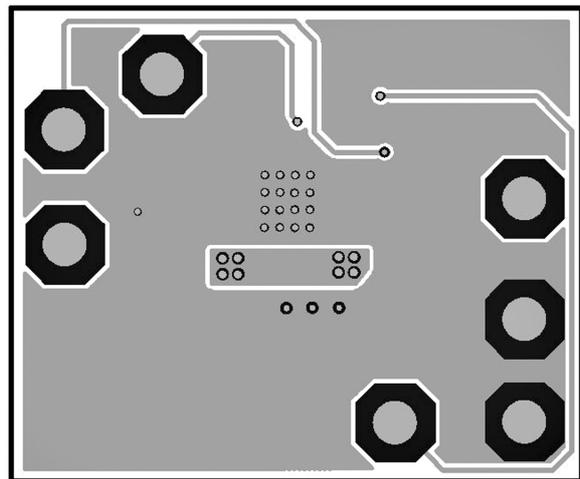
$$R_{FB1} = \left(\frac{V_{OUT}}{0.8} - 1 \right) \times R_{FB2}$$

R_{FB2} は 10k から変更する必要はありません。

プリント基板レイアウト



Top Layer



Bottom Layer

このドキュメントの内容はナショナル セミコンダクター社製品の関連情報として提供されます。ナショナル セミコンダクター社は、この発行物の内容の正確性または完全性について、いかなる表明または保証もいたしません。また、仕様と製品説明を予告なく変更する権利を有します。このドキュメントはいかなる知的財産権に対するライセンスも、明示的、黙示的、禁反言による惹起、またはその他を問わず、付与するものではありません。

試験や品質管理は、ナショナル セミコンダクター社が自社の製品保証を維持するために必要と考える範囲に用いられます。政府が課す要件によって指定される場合を除き、各製品のすべてのパラメータの試験を必ずしも実施するわけではありません。ナショナル セミコンダクター社は製品適用の援助や購入者の製品設計に対する義務は負いかねます。ナショナル セミコンダクター社の部品を使用した製品および製品適用の責任は購入者にあります。ナショナル セミコンダクター社の製品を用いたいかなる製品の使用または供給に先立ち、購入者は、適切な設計、試験、および動作上の安全手段を講じなければなりません。

それら製品の販売に関するナショナル セミコンダクター社との取引条件で規定される場合を除き、ナショナル セミコンダクター社は一切の義務を負わないものとし、また、ナショナル セミコンダクター社の製品の販売か使用、またはその両方に関連する特定目的への適合性、商品の機能性、ないしは特許、著作権、または他の知的財産権の侵害に関連した義務または保証を含むいかなる表明または黙示的保証も行いません。

生命維持装置への使用について

ナショナル セミコンダクター社の製品は、ナショナル セミコンダクター社の最高経営責任者 (CEO) および法務部門 (GENERAL COUNSEL) の事前の書面による承諾がない限り、生命維持装置または生命維持システム内のきわめて重要な部品に使用することは認められていません。

ここで、生命維持装置またはシステムとは (a) 体内に外科的に使用されることを意図されたもの、または (b) 生命を維持あるいは支持するものをいい、ラベルにより表示される使用方法に従って適切に使用された場合に、これの不具合が使用者に身体的障害を与えると予想されるものをいいます。重要な部品とは、生命維持にかかわる装置またはシステム内のすべての部品をいい、これの不具合が生命維持用の装置またはシステムの不具合の原因となりそれらの安全性や機能に影響を及ぼすことが予想されるものをいいます。

National Semiconductor とナショナル セミコンダクターのロゴはナショナル セミコンダクター コーポレーションの登録商標です。その他のブランドや製品名は各権利所有者の商標または登録商標です。

Copyright © 2007 National Semiconductor Corporation
製品の最新情報については www.national.com をご覧ください。

ナショナル セミコンダクター ジャパン株式会社

本社 / 〒 135-0042 東京都江東区木場 2-17-16 TEL.(03)5639-7300

技術資料 (日本語 / 英語) はホームページより入手可能です。

www.national.com/jpn/

ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社（以下TIJといいます）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といいます）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ー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、保証もしくは是認するという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ーと異なる、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 © 2011, 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。）

- 直射日光が当たる状態で保管・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