

最新電子システムへのハプティクス導入のための包括的ガイド



ON Semiconductor®

www.onsemi.jp

TECHNICAL NOTE

ハプティクスとはギリシャ語の‘haptikós’に由来する感触に関する専門用語です。電子工学における進歩のために、ますます重要かつ刺激的な分野となっています。ハプティクスの初期研究は1960年代にも前に遡りますが、このテクノロジーの大きな広がりが見られるようになったのは、(タッチスクリーン・ベースの制御が登場した)わずかこの十年ほどにしかありません。今日では、何らかの形態のハプティクス機能が電子機器を構成する幅広い様々な部品に搭載されています。このことを念頭に置いて、以下のホワイト・ペーパーは現在存在する各種ハプティクス機構の特徴や最適と思われる用途について詳細に説明することを目的としています。しっかりした展開と運用面でのメリットを実現するために、現在使用されている駆動型ハプティクスへの特定のアプローチについて説明します。

ヒューマン・マシン・インターフェース(HMI)とは、人間とテクノロジーの間に介在する多様な手法を総称する包括的な用語です。電子機器は時間の経過に伴い高性能化が進むため、HMI要素の重要性が高まってきました。多くの場合(例えば、スマートフォン・ハンドセットなど)、搭載されたHMIは、OEMが競合に打ち勝つことができる重要な差別化要因になり得ます。タッチ・ベースのHMIは、わずか数年前に比較的ニッチな機能から始まり、今日では確固たる携帯電子デザインへと変貌を遂げました。さらに、白物家電、POS端末、工場自動化基盤、その他の無数の分野において、かつてないほどの広がりを見せています。タッチ機能を搭載したHMIは、機械式スイッチや押しボタンに取って代わり、より直観的な操作が可能で、ユーザの使い勝手を向上させます。ハプティクス・テクノロジーは、タッチ制御の利用をさらに拡大し、単に一方ではなく二方向へと変化させます。ハプティクスを使用すると、HMIを操作している人に感覚による刺激を与えることが可能です。実行中の操作に関するフィードバックを、機械的振動や何らかの抵抗力の形で感じ取ることができます。これによって、ユーザが意図した操作が正常に完了したかどうかを判断できるようになります。ハプティクスへの参入機会は常に開放されており、ハプティクス・テクノロジーの世界市場は、現在から2020年までに25.39%の複合年成長率(CAGR)が期待されています。また、同期間の終わりまでに年間298.4億ドルの規模に達すると予測されます(Markets and Markets発行の研究資料による)。

ハプティクス機能の基礎

一般的に言えば、ハプティクスは次の原理で機能します。ユーザがタッチ・スクリーン・ディスプレイに表示されたボタンに指を置くと、タッチ・コントローラがタッチ・ポイントを登録し、続いて関連データがシステム・プロセッサに転送されます。プロセッサはそのデータを受信するとハプティクスをアクティブにし、それによってモータが始動します。振動運動を生成するのがこれです。もちろんモータは適切なドライバICで駆動する必要があります。

ハプティクスの実装例

ハプティクスが採用されている日常的な場面は多数あり、次のものが含まれます。

- スマートフォン・ハンドセットの振動を使用し、テキスト・メッセージ、電子メール、着信コール(それぞれに特定の振動プロフィールが設定されている場合)の受信をユーザに知らせます。
- ゲーム・コンソール・ゲームプレイがより現実的に感じられるように、様々な目的で振動を利用できます。例えば、戦争ゲームでは、銃発射時の反動や爆発音の衝撃波を模倣することが可能です。レース・ゲームでは、ドライバがステアリング操作を行っているときや車両が荒れた地面を走行しているときなどに、ドライバが感じる反応を模倣できます。
- 育児製品・幼児向け歯固めリングなど
- トレーニング機器/シミュレータ・医療、航空電子機器、軍事用途向け
- インジケータ・システム・テーブルの用意ができたときにレストランの顧客に通知する、または体験型展示で使用することを目的とする。
- ロボティクスおよびメカトロニクス
- タブレット・コンピュータ
- バーコード・リーダー
- 玩具
- ウェアラブル電子機器
- GPSユニット

主な設計考慮事項

現在、ハプティクスはあらゆる種類の多様な用途向けに利用されています。さらに、採用の範囲が絶えず拡大しています。電子システム設計の他の分野と同様に、適合する必要がある一連の厳格な基準があります。ハプティクスの実装には通常、以下が含まれます。

- システムの応答性を最大化する
- 総合的ソリューションのサイズを最小限に抑える
- 部品コストを抑制する
- 電力バジェットを最小化する
- 高信頼性レベルを確保する

ハプティクス・モータのタイプ

HMI設計で現在採用されているハプティクス・モータ・アクチュエータ・システムには多くの種類があります。主なものは、以下のとおりです(Figure 1に要約)。

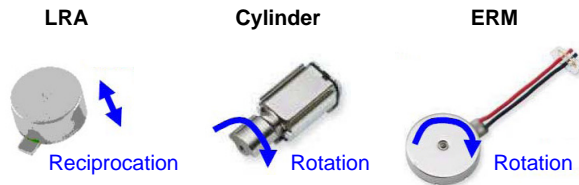


Figure 1. Different Haptic Motor Types

偏心モータ (ERM: Eccentric Rotating Mass、偏心回転質量) – このタイプのハプティクス・モータでは、バランスに偏りがある重りによって回転します。重りの動きによって、非対称求心力が生成され、モータの移動が生じます。

円筒型 – このタイプはERMモータに類似していますが、サイズがかなり大きくなります。円筒型モータは、サイズが大きいため、振動を起動するための応答が遅く、性能に影響を及ぼします。また、ERMタイプと同様、このようなモータは特に耐久性に優れているわけではありません。

リニア共振アクチュエータ (LRA: Linear Resonance Actuator) – これらはバネでケースに取り付けた磁石を利用します。コイルからの磁界によって振動動作が始まります。これは音響スピーカで振動を生み出して音を発生させる方法に類似しています。LRA内で生成される振動は単一周波数でのバイブレーションです。LRAハプティクスには、他のハプティクス・モータ・タイプ(円筒型またはERM)よりも多くの利点があります。これらのユニットは良好な応答性を有し(システム性能を改善)、小型のエンクロージャに収納でき(スペースが制約された設計に実装可能)、堅牢な構造となっており、それらを支持するための最小限の補完用外部構成品しか必要ありません。これらの属性は、LRAテクノロジーが特に最新携帯用機器の仕様に最適であることを意味します。

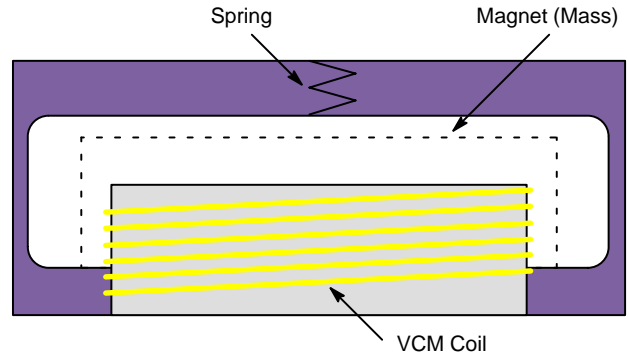


Figure 2. Schematic Showing Basic LRA Structure

ハプティクス・ドライバ・ソリューション

振動を起こすモータはドライバ電子回路で駆動する必要があります。もともと、ハプティクス・モータの駆動はディスクリット・デバイスを使用して行うことができました。一般的には、2個のバッファ・アンプを備えたクロック発生器ICやオーディオ・アンプICと正弦波発生器の組み合わせがこれに該当します。ハプティクス設計でクロック発生器ベースのハプティクス・ドライバを使用した場合、バッファ・アンプがクロック発生器と連動し、出力の振幅を増幅させます。加えて、これらのドライバはクロック発生器で印加された方形波電圧プロフィールの鋭いエッジを滑らかにするのに役立ちます。この円滑化を行わなかった場合、移動質量がケーシングに衝突するおそれがあります。衝突すると不要な可聴ノイズが発生し、エネルギーが無用に浪費され、ハプティクス機構に損傷を与える(それによって、動作寿命が短くなる)危険性があります。クロック発生器のドライバ・トポロジには、高い電力バジェットも必要になります。

その一方で、正弦波発生器ハプティクス・ドライバでは、クロック発生器ドライバに印加される鋭いエッジは磁化されないため、かなり滑らかな応答を供給します。移動質量はケーシングに衝突するリスクなしで振動を起こします。ただし、上述したとおり、関連外付部品点数の増加は、多くのボード・スペースが必要になることを意味します。

従来のハプティクス・ドライバ・ソリューションには、技術チームが意識する必要がある特定の否定的側面があることは明らかです。半導体業界は今日、ハプティクス実装向けに最適化されたICソリューションの販売を開始しています。これらは専用の高集積ハプティクス・モータ・ドライバであり、上述したディスクリット・ソリューションよりも高性能です。

TND6198/D

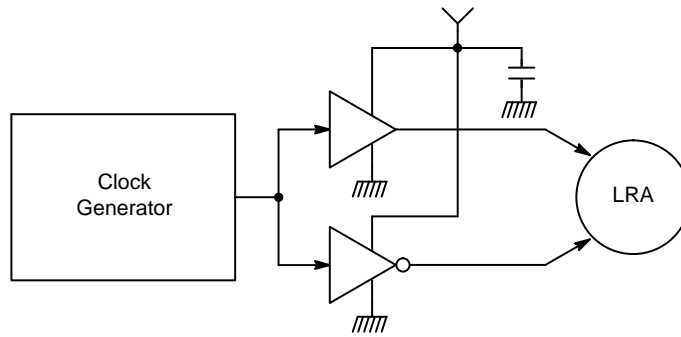


Figure 3. Schematic Describing Clock Generator Haptic Driver

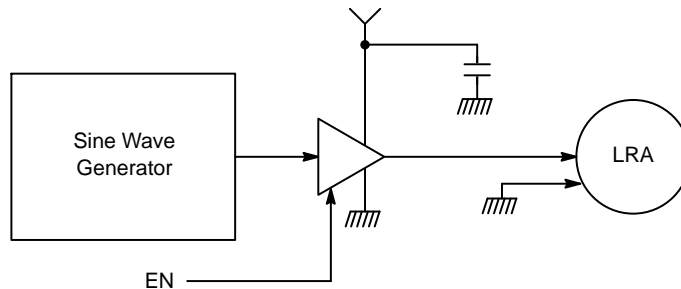


Figure 4. Schematic Describing Sine Wave Generator Haptic Driver

HMIのハプティクス機能は、LRAが使用中のモータ固有の共振周波数(F_R)に等しい周波数で駆動される場合、最高の応答性で動作します。 F_R の値は要因や動態が異なるので、実際には5 Hzだけ変動することがあります。それらは、LRAの方向、周囲温度、またはLRAが接触している材料などです。例えば、 F_R は、LRAを搭載した製品がユーザの手にある場合、硬い表面に置かれている場合、ユーザのポケットに入っている場合、ストラップからぶら下がっている場合など、それぞれの状況で異なります。

LRAが生成する振動が不十分な状況では、駆動力を大きくして振動力を増強するか、駆動周波数(F_D)を調整して新たな F_R 値に合わせることができます。したがって、 F_R に追従して、 F_D がこれに一致するよう調整すれば、より効率的になります。ただし、モータ・ドライバが自身をモータの F_R に合わせることができないと、結果的に得られる振動力が減少するため、これをカバーするために余分な電力を消費する必要があります。

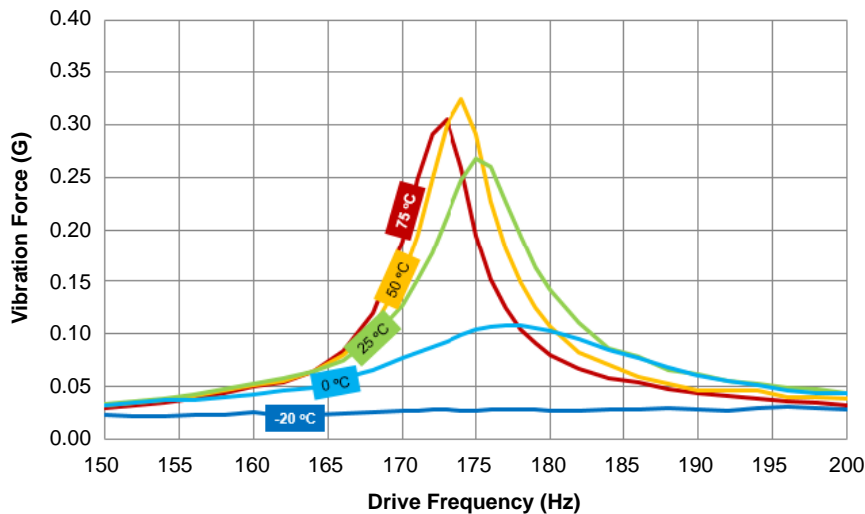


Figure 5. Relationship between F_R & Temperature

TND6198/D

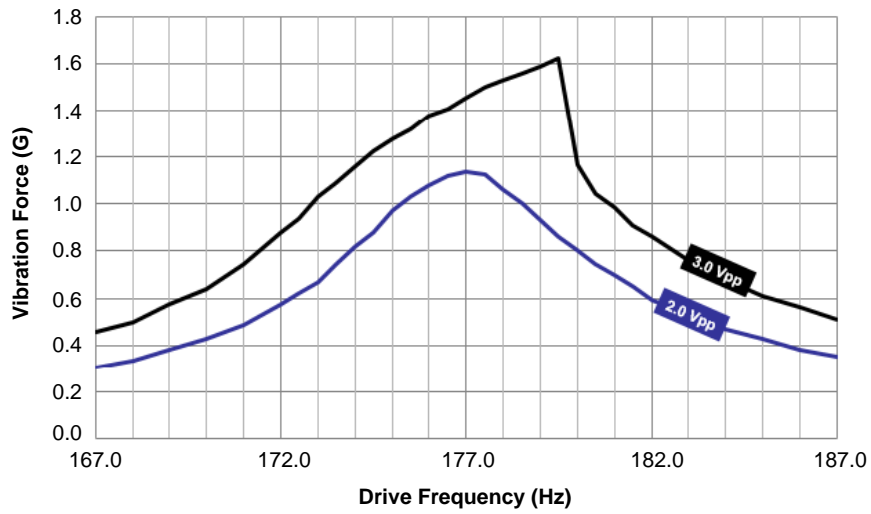


Figure 6. Relationship between F_R & Drive Amplitude

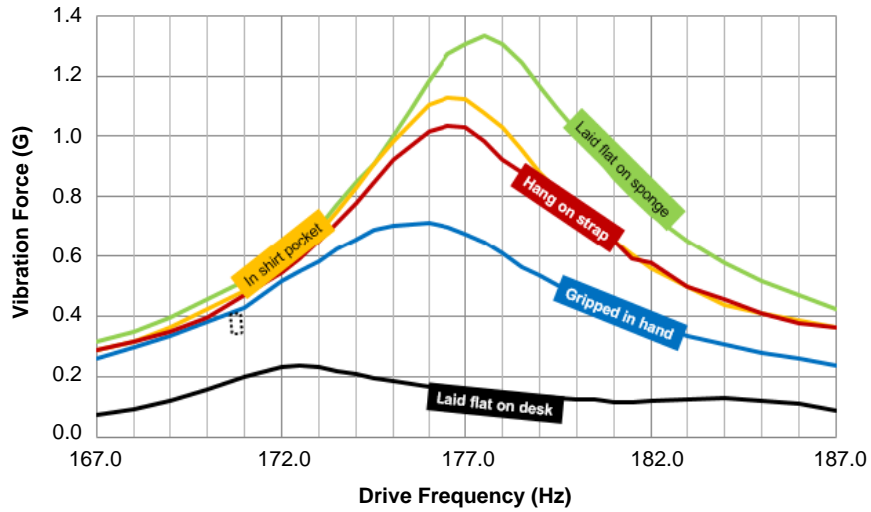


Figure 7. Relationship between F_R & Orientation

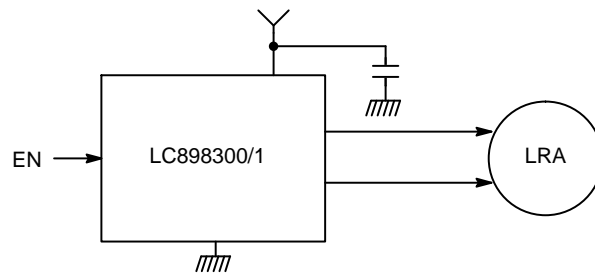


Figure 8. Schematic Detailing High Efficiency Haptic Driven by an ON Semiconductor LC89830x

オン・セミコンダクターは、 F_D をチューニングするための能力は、ハプティクス設計の将来にとってきわめて重要であることを十分に認識しています。オン・セミコンダクターは高効率LRAドライバ・シリーズを開発しました。このシリーズのメンバは1個のイネーブル端子で制御できます。LC898300、LC898301、およびLC898302は、革新的な自動チューニング機能のおかげで、モータの F_R の変化を反映

するように、 F_D を自動調整する能力を備えています。これによって、触感振動の力を20%以上増大させることができるため、従来式のハプティクス駆動ソリューションよりもはるかに効率的になります。これらのデバイスは最小電力で高レベルの振動を維持できます。他のソリューションでは4個とか5個の追加部品が必要であるのに対して、これらのICは1個のバイパス・コンデンサしか必要ありません。

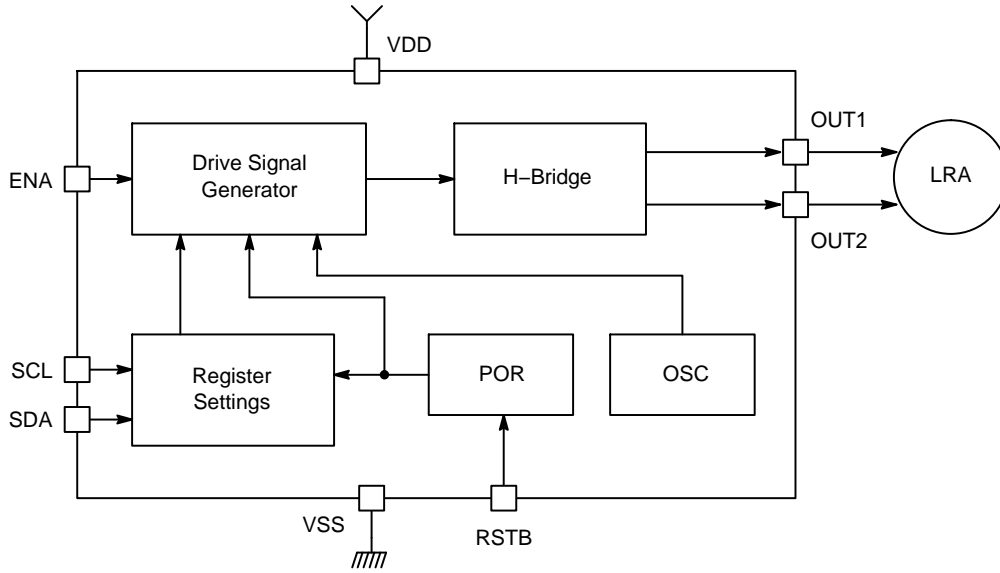


Figure 9. Functional Block Diagram of LC898300

これらのデバイスは、正弦波駆動法と同レベルの振動力を得ることができますが、使用する電流はわずか80%です。駆動電流のオン/オフ期間を半分に短縮してこれを行います。出力のコーナに丸みをつけると、対処が必要な可聴ノイズはなくなります。加えて、ブレーキ機能を使用して振動をより迅速にターンオフできます。これはハプティクス効果の幅広いスペクトルを供給するのに使用できることを意味しており、HMI設計者に新たな可能性を示すものです。Figure 11に、ピーク電流を90 mAから85 mAに低

減し、より効率的な波形にすることによって、正弦波に対する平均電流を57.3 mAではなく45.8 mAにすることが可能なことを示します。さらに、これらのデバイスは1個の外部バイパスしか必要ないためボード・スペースの占有面積が少なくすみ、総部品コストも削減できます。そのため、スペースが制約され、コストに敏感な家電設計にはきわめて重要です。これらのドライバは、I²Cインターフェイスを使用するように初期設定されており、完成すると1本のワイヤでそれらをターンオン/オフできます。

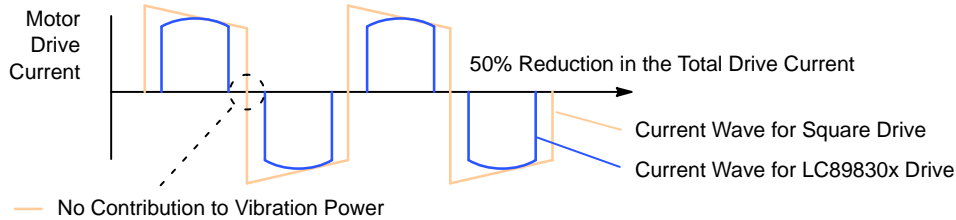


Figure 10. Drive Profile Comparison – Square Wave & LC89830x

オン・セミコンダクターは、技術者が特定の用途に最適なICを判断するのを支援するために、様々な種類の評価ボードを提供しています。これらのボードの多くは改造できます。これにより、技術者はボ

ードのレイアウトや設計をプロトタイプ作成または製造前ソリューションに委ねる前に、最終ソリューションに非常に近いものを得ることができます。

TND6198/D

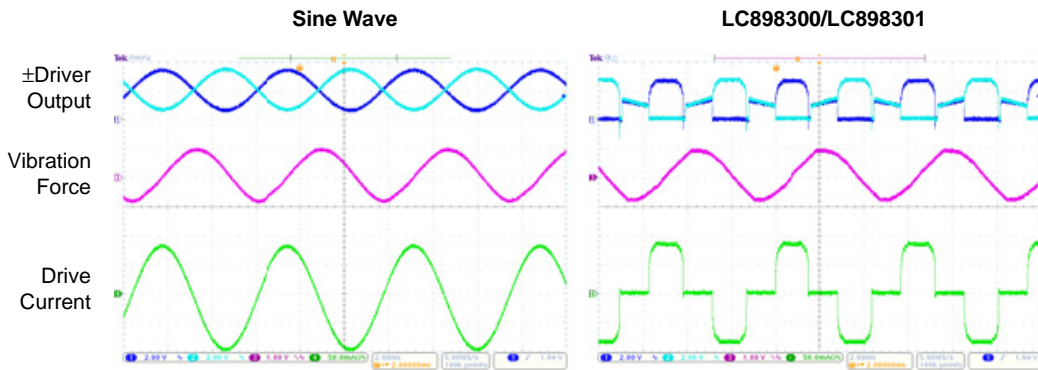


Figure 11. Oscilloscope Plots Showing How LC898300/LC898301 Devices Can Deliver Vibrational Force Equal to Sine Wave Drive Using Much Lower Current

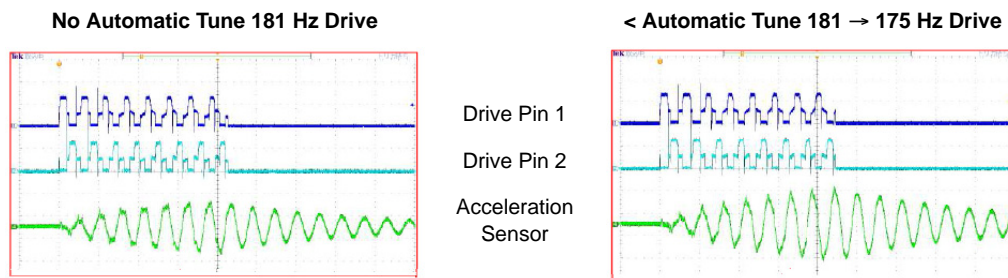


Figure 12. Improvements to LRA Performance via Automatic Tuning Function

結論として、ハプティクスは多くの携帯用家電製品、工業用制御機器、家庭用ゲーム機器、およびホーム・オートメーション・システムに組み込まれています。これらは動作中の電子機器が希望の入力を受信し、発生している潜在的なエラーから保護するように、そのシステムにフィードバックを供給します。あるいは、格段に優れたユーザー体験が得られるよう、特定のアクションを模倣するのもも使用できます。最適化駆動技術で支援される機能を搭載する

ことによって(特に駆動周波数のチューニングが可能 な場合)、より高度なタッチ・ベースHMIソリューションを作成でき、高レベルの連動を実現することで、標準的なタッチ対応HMIからの差別化を図ることができます。オン・セミコンダクター独自のハプティクス駆動技術は、市場の競合ソリューションよりも大幅に電力効率が高く、省スペース、かつ機能豊富です。

ON Semiconductor及びONのロゴはSemiconductor Components Industries, LLC (SCILLC) 若しくはその子会社の米国及び/または他の国における登録商標です。SCILLCは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。SCILLCの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。 www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf。SCILLCは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。SCILLCは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておらず、また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。SCILLCデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあり、実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願いいたします。SCILLCは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許しません。SCILLC製品は、人体への外科的移植を目的とするシステムへの使用、生命維持を目的としたアプリケーション、また、SCILLC製品の不具合による死傷等の事故が起こり得るようなアプリケーションなどへの使用を意図した設計はされておらず、また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にSCILLC製品を購入または使用した場合、たとえ、SCILLCがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、また未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、SCILLCとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとします。SCILLCは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:
 Literature Distribution Center for ON Semiconductor
 19521 E. 32nd Pkwy, Aurora, Colorado 80011 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free
 USA/Canada
Europe, Middle East and Africa Technical Support:
 Phone: 421 33 790 2910
Japan Customer Focus Center
 Phone: 81-3-5817-1050

ON Semiconductor Website: www.onsemi.com
Order Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>
 For additional information, please contact your local Sales Representative