AND8352

NCV7341 CANトランシーバ

CANバスへの永続的短絡時の動作

ON Semiconductor®

www.onsemi.jp

APPLICATION NOTE

はじめに

このアプリケーションでは、バスで永続的短絡が生じた場合のHS−CAN (= high-speed CAN、高速CAN)ノードの動作を解析します。ノードに比較的近い場所で発生した短絡のみを考慮します。非常に長いバス・ワイヤ(例えば、20 m以上)を使用する場合は、複雑な動的動作が発生する可能性があります。信号はCANノードと短絡場所の間で反射され、トランシーバとコントローラ・インタフェースの間でわずかに異なる論理的動作を引き起こします。ただし、このアプリケーション・ノートで解析する簡素化されたケースも、特にバスの短絡がトランシーバの消費電流に及ぼす影響を定量化するときは、十分な近似として使用できます。

このアプリケーション・ノートの最初の部分では、HS−CANノードの基本構造と、トランシーバとCANコントローラ・インタフェース間の信号について、正常送信時と異常発生送信時の両方の状況を説明します。以降のセクションでは、実際のHS−CANノードでの信号と消費電流の測定方法を示します。最後に、トランシーバの消費電流に関するワーストケース時の見積もりを示します。

すべての例はNCV7341トランシーバを対象にしていますが、このアプリケーション・ノートに記載した結論とデータはオン・セミコンダクターの他のHS−CAN製品、つまりAMIS−30660とAMIS−42665にも同様な関連性があるものです。わずかに数値の違いのみ予期されます。

HS−CANノードのアーキテクチャとデータ・フレームのフォーマット

このアプリケーションでは、Figure 1に示すCANノードのアーキテクチャを検討します。この図では、解析の対象にするノードの基礎的な要素のみを示しています。バス終端の詳細を省略し、バス・ライン間に配置した等価60 Ω抵抗を使用してモデル化します。

バスで障害が発生していない場合のバス信号

使用するHS−CANノードのファームウェアは、500 kbpsのバス速度を想定して設定されています。他のノードをバス・ラインに接続し、障害が何も発生していない場合は、MCU(マイクロコントローラ・ユニット)はFigure 2に示す固定的なデータ・フレームを定期的に送信します。データ・フレームは73ビット・フレーム(1ビット・フレーム = 2 µs)ごとに送信され、32個のドミナント・ビットが含まれています。したがって、平均的なバス・トラフィックは、***44%のドミナント・シンボルと56%のリセッシブ・シンボル***で形成されます。対応するTxD信号をFigure 3に示します。

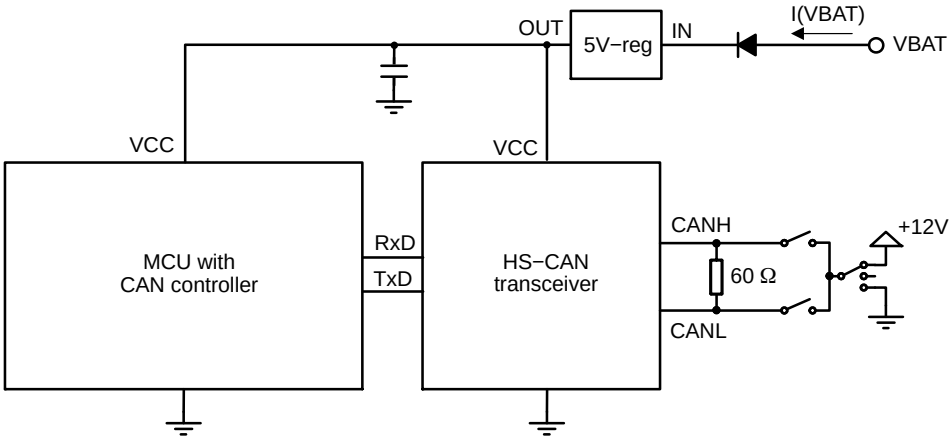

Figure 1. HS−CAN Node Architecture

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2015

Figure 2. Data Frame Periodically Sent by the HS−CAN Node – Yellow Trace = CANH; Blue Trace = CANL

Figure 3. Data Frame Periodically Sent by the HS−CAN Node – Yellow Trace = TxD Signal Coming from the CAN Controller

送信が不可能な場合のバス信号

想定されるいくつかの障害モードでは、バスへの送信は不可能です(CANHがグランドに短絡、CANLが12 Vに短絡、CANHがCANLに短絡)。CANコントローラは引き続き、MCUアプリケーション・ソフトウェアから要求されたデータ・フレームを送信しようとしますが、どのドミナント・シンボルも送信できません。この状況で、CANコントローラからトランシーバに至るTxDピンで観察される信号を、Figure 4とFigure 5に示します。

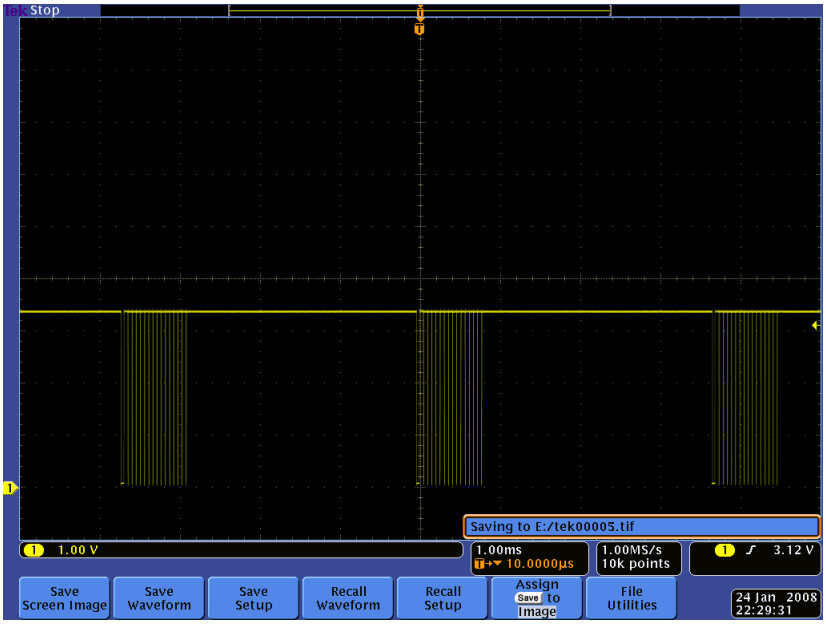

Figure 4. Signal on TxD Pin in Case No Transmission is Possible (Permanent Recessive on the Bus)

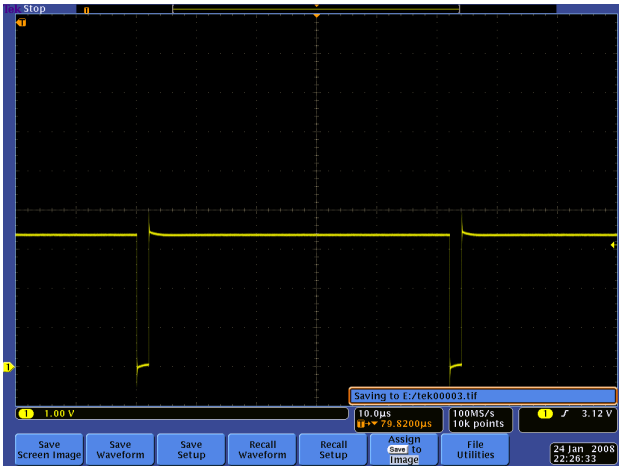

Figure 5. Signal on TxD Pin in Case No Transmission is Possible (Permanent Recessive on the Bus) – Zoomed to Different Parts of the Waveforms

CANコントローラがデータ・フレームを送信するための1回の試行全体は、17個のドミナント・ビット(Figure 2を参照)で始まり、その後に合計25個のリセッシブ・ビットというインタリーブをはさんで15個のシングル・ビット・ドミナントが続きます。したがって、Figure 4に示す「バースト」の長さは407ビットですが、そのうち32ビットはドミナント・ビットです。

試行が1回失敗した後、CANコントローラはすべての通信を停止します。このアプリケーション・ノートで考慮するHS−CANノードでは、MCUソフトウェアはできるだけ早急に試行を繰り返すように明示的に要求します。ただし、CANコントローラは少なくとも11個のリセッシブ・ビットからなる128回のシーケンスを待機してから(CANプロトコル要件)、通信を再開する必要があります。これはFigure 4に示し

た「バースト」に、128 × 11ビット時間分のリセッシブ・ビットのインタリーブが含まれていることを意味します。

平均すると、送信が不可能な場合は、***TxDが“L”になるのはわずか2%の時間のみ***です。

CANプロトコルとの関連

Figure 4とFigure 5に示すTxDの波形は、考慮している試験セットアップに固有のものではなく、障害が原因でバスが永続的にリセッシブにとどまっているという想定の下で、ISO11898−1 (data-link layer)で定義されるCANプロトコルのエラー処理機能により説明できます。CANコントローラは、以下の一連の状態を遷移します(Figure 6を参照)。

1. トランスミッタは最初に「error active state」(エラー・アクティブ状態)になります。この状態でトランスミッタは連続した6個のドミナント・ビットにより、エラー・フラグを立てることができます。
   a. トランスミッタは最初にSOF (Start Of Frame、フレーム開始)ビットを送信しますが、どのドミナント・ビットも送信できないので、この送信は失敗します。
   b. トランスミッタは次に一連のドミナント・ビットを使用して失敗SOFビットをセットしようとしますが、最初の1ビットでこのフラグ設定は直ぐに失敗します。
   c. トランスミッタは最終的に、各エラー・フラグの最初の数ビットの直後に「errors on errors」(エラー通知時にエラー発生)を通知します。これはTxDピンが“L”レベルになっているどの時点でもバスでドミナント・シンボルが観察されなくなるためです。エラーが発生するごとに、内部「transmit error counter」(送信エラー・カウンタ)の値が8大きくなります(CANに関するISOの規定を参照)。
   d. TxDで合計17ビットの“L”レベル(SOFビット＋エラー通知のための16回の試行)が発生した後、内部カウンタは128を上回るレベルに達し、この時点でノードは「error passive」(エラーによるパッシブ)になり、これ以上ドミナント・ビットを使用してエラーを通知することができなくなります。
2. トランスミッタは「error passive state」(エラーによるパッシブ状態)になります。
   a. 一連の6個のリセッシブ・ビット、およびその後に続く8個のリセッシブ・ビットというエラー・デリミッタと1つのフレーム間スペースによってエラーが通知されます。フレーム間スペースは、3ビットの休止時間フィールドと8ビットの「suspend transmission」(送信の一時停止)ビットによって形成されますが、これらすべてはリセッシブです。同様に、一連の25個のリセッシブ・ビット(TxDは“H”レベル)によってエラーになります。
   b. 最初のパッシブ・エラー・フラグとそれに続くリセッシブ・フィールドの組み合わせが終了した後、トランスミッタはもう一度、1ビットのSOFビットで形成されるフレームの送信を開始しようとします。そのフレームの失敗は、パッシブな形で通知されます。したがって、SOFビット送信を新しく試行するたびに、25個のリセッシブ・ビットが続きます。SOFビットの送信に失敗するたびに、内部「transmit error counter」(送信エラー・カウンタ)の値が8大きくなります。
   c. 内部カウンタが255を上回る値に達した後、CANコントローラは「bus off」(バス・オフ)状態になり、すべての通信が停止します。
3. CANコントローラの設定で許容されている場合は、ノードはもう一度通信を開始することができますが、最早の場合でも11個のリセッシブ・ビットからなる128回のシーケンスがバスで検出された後、という条件が付きます。この期間経過後、CANコントローラはもう一度「error active」(エラー・アクティブ)になります。

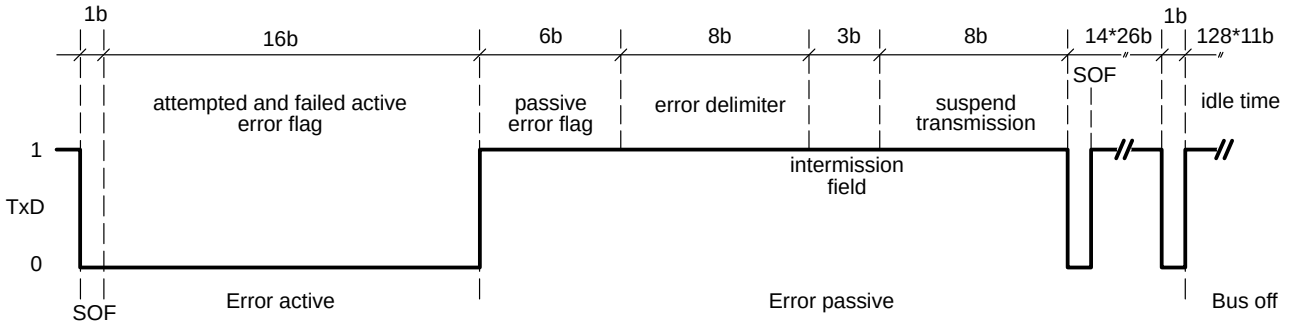

Figure 6. Activity of a Transmitting Node in Case No Transmission is Possible

HS−CANノード全体での測定結果

CANバスでさまざまな障害モード(さまざまな種類の短絡)を発生させて、Figure 1に示すノードを測定しました。測定結果とそれに関連する図との組み合わせの要約をTable 1に示します。この表では、ノード全体の消費電流をマルチメーターを使用してノード・ボード・コネクタで直接測定した値で示しています。電源フィルタを使用しているため、消費電流値が算術平均を表しているとみなすことができます。いくつかの短絡をモデル化するのに使用した12 Vの電源電流は消費電流に含まれていません。

Table 1. OVERVIEW OF THE CAN BUS SHORTS AND THE MEASURED NODE CONSUMPTIONS

Bus Failure Mode	Consumption of the CAN Node I(VBAT) [mA]	Note
No Failure	64.75	Transmission Works; Normal Voltage Levels on the Bus; see Figure 2
CANH Shorted to Ground	49.68	Transmission Not Possible
CANL Shorted to Ground	71.56	Transmission Works; Disturbed Voltage Levels on the Bus; see Figure 7
CANH Shorted to 12 V	49.80	Transmission Works; Disturbed Voltage Levels on the Bus; see Figure 8
CANL Shorted to 12 V	47.94	Transmission Not Possible
CANH Shorted to CANL	46.71	Transmission Not Possible

多くの場合、CANノードの全消費電流は減少します。送信がそれ以上成功しない場合、消費電流はTxDの“L”レベル・ビット数が減る(消費電流が発生する時間割合が44%から2%に減少)ために減少します。TxD = “L”の場合は、通常動作時に比べてトランシーバの消費電流が増える可能性もありますが、平均消費電流への寄与は小さくなります。

CANHを12 Vに短絡した場合、送信は引き続き実行できますがドミナント・ビット数は変化しません。ただし、バス上での差動信号は純粋にローサイド・ドライバによって駆動されており、ハイサイド・ドライバの電流は0なので、トランシーバの消費電流は減少します。

CANLをグランドに短絡した場合のみ、送信が継続されるだけでなくトランシーバの消費電流も増加します。これはハイサイド・ドライバの電流が増加する(ハイサイド・ドライバが2番目の端子を通じてグランドに接続された60Ω終端抵抗も駆動する)ためです。

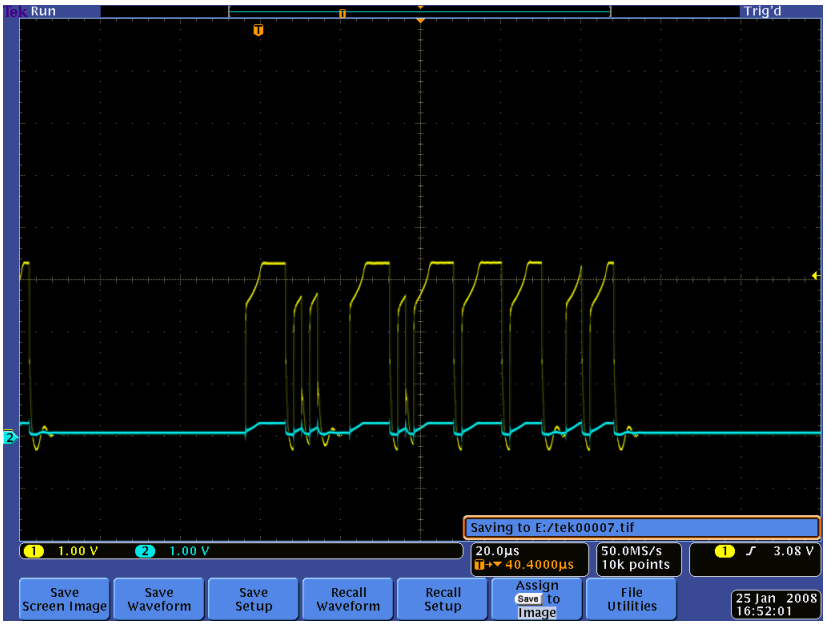

Figure 7. Data Frame Periodically Sent by the HS−CAN Node when CANL is Shorted to Ground – Yellow Trace = CANH; Blue Trace = CANL

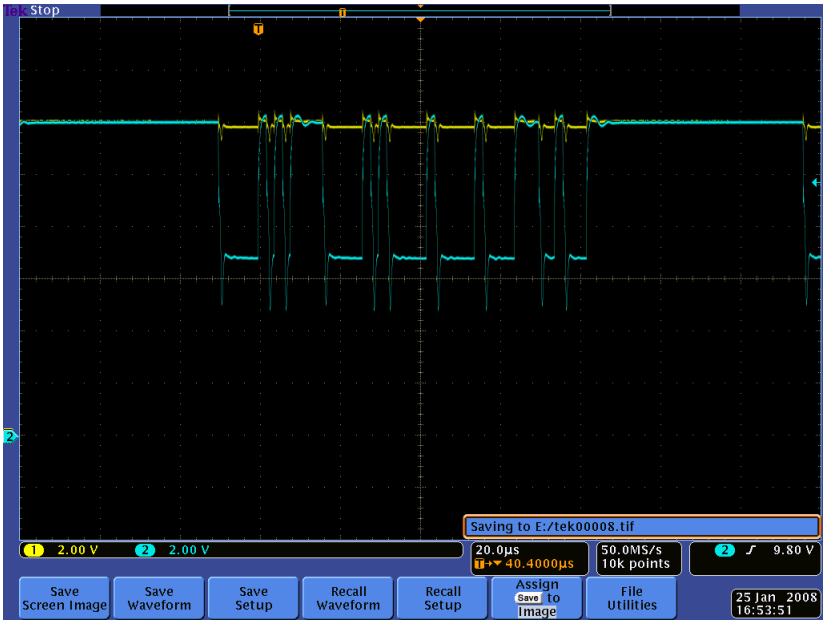

Figure 8. Data Frame Periodically Sent by the HS−CAN Node when CAHL is Shorted to 12 V – Yellow Trace = CANH; Blue Trace = CANL

ワースト・ケースでのトランシーバの消費電流

HS−CANノードで測定した信号波形に基づき、トランシーバ自体の消費電流を推定できます。Table 3に、NCV7341トランシーバのVCで生じたワースト・ケースの消費電流を示します。これはデータシートのパラメータとノード全体で測定したTxD信号から計算した値です。関連するデータシートのパラメータをTable 2に示します。

Table 2. NCV7341: DATASHEET PARAMETERS USED FOR THE WORST-CASE CURRENT CONSUMPTION CALCULATION

			Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{VCC}	V_{CC} Current Consumption	Normal Mode V_{TxD} = 0 V, i.e. Dominant	25	55	80	mA
		Normal Mode V_{TxD} = V_{IO}, i.e. Recessive or Receive-Only Mode	2	6	10	mA
$V_{o(dom)\ (CANH)}$	Dominant Output Voltage at Pin CANH	V_{TxD} = 0 V	3.0	3.6	4.25	V
$I_{o(sc)\ (CANH)}$	Short Circuit Output Current at Pin CANH	V_{CANH} = 0 V; V_{TxD} = 0 V	−45	−70	−120	mA

TxD = “H”(リセッシブが必須)でのトランシーバの消費電流は、バスで障害が発生していない場合も、バスで短絡が発生している場合も同じ値のままです。これはバスで生じる大きなコモンモード電圧範囲がトランシーバの影響を受けないためです。

TxD =“L”(ドミナントが必須)での消費電流はバスの状態に大きく依存します。障害が発生していない場合、消費電流はI_{VCC}で規定される値に対応します。CANHまたはCANLを12 Vに短絡した場合は、ハイサイド・ドライバを通じて電流が流れないため、ドミナント中の消費電流はリセッシブ消費電流に等しいとみなすことができます。両方のバス・ワイヤを互いに短絡した場合やCANHをグランドに短絡した場合は、追加消費電流が電流上限まで達する可能性があるため、リセッシブ消費電流が増加します。

CANLをグランドに短絡した場合は、CANHは規定ドミナント電圧レベルVo(dom)(CANH)にまで達する可能性があります。この電圧は60 Ωの終端インピーダンス両端で発生し、追加消費電流を決定します。

リセッシブ状態とドミナント状態の消費電流は、CANコントローラでTxDが“L”に駆動される平均時間に応じて平均化されます。送信が成功している場合は44%、送信が不能な場合はわずか2%です。

Table 3. NCV7341: WORST CASE TRANSCEIVER CONSUMPTION IN CASE FOR DIFFERENT TYPES OF SHORTS ON THE BUS

Bus Failure Mode	Duty Cycle of TxD Low	Worst Case Transceiver Consumption I(VCC) [mA]			Explanation of I(VCC) During TxD = Low
		for TxD = High	for TxD = Low	Average	
No Failure	44%	10	80	40.8	Normal Consumption
CANH Shorted to Ground	2%	10	130	12.4	Recessive Consumption + CANH Current Limitation
CANL Shorted to Ground	44%	10	81	41.2	Recessive Consumption + CANH Voltage Divided by 60 Ω
CANH Shorted to VBAT	44%	10	10	10	Equal to Recessive Consumption
CANL Shorted to VBAT	2%	10	10	10	Equal to Recessive Consumption
CANH Shorted to CANL	2%	10	130	12.4	Recessive Consumption + CANH Current Limitation

結論

高速(HS)CANバスで短絡が発生している場合は、トランシーバのTxDピンでのビット・ストリームは、CANプロトコルの特性のために相当変化する可能性があります。したがって、個別ビットにおけるトランシーバの消費電流を考慮するだけでは不十分で、消費電流の平均化についても考慮する必要があります。測定とその解析の両方を通じて、各種のバス短絡によって生じる平均消費電流が、トランシーバのデータシートのパラメータのみから予測可能な消費電流を下回る形で、差異が生じる可能性があることが明らかになりました。

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致します。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諾しません。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
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 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