

AN-1179
アプリケーション・ノートアナログ・デバイセズの RS-485/RS-422、CAN、および
LVDS/M-LVDS トランシーバーのジャンクション温度算出

著者：Richard Anslow

はじめに

半導体の信頼性はジャンクション温度によって決まり、この温度はデバイスの消費電力、パッケージの熱抵抗、プリント回路基板 (PCB) のレイアウト、ヒートシンク・インターフェース、周囲動作温度などの要素に依存しています。このアプリケーション・ノートでは、これらの考慮すべき事項について説明し、アナログ・デバイセズの絶縁型/非絶縁型 RS-485 および RS-422、CAN (コントローラ・エリア・ネットワーク)、LVDS (低電圧差動伝送)、M-LVDS (マルチポイント低電圧差動伝送) トランシーバーの最大ジャンクション温度と最大消費電力を求めるための指針を提供します。

ジャンクション温度

ジャンクション温度とは、IC 内の半導体ダイの温度のことです。ジャンクション温度を低く維持することにより、デバイスの長期信頼性が高まります。式 1 を使ってジャンクション温度を求めます。

$$T_J = T_A + \theta_{JA} P_{DISS} \quad (1)$$

ここで、
 T_J はジャンクション温度 (°C)。
 T_A は周囲温度 (°C)。
 θ_{JA} はジャンクション温度と周囲温度間の熱抵抗 (°C/W)。
 P_{DISS} はデバイスの総消費電力 (W)。

最大周囲動作条件は、アナログ・デバイセズのすべてのデータシートに記載されています。ジャンクション温度、熱抵抗、消費電力は明記されているか、または計算可能です。

式 1 はジャンクション温度を求める 1 つの方法です。複雑な 3 次元有限要素法解析、熱電対を使って IC の温度を直接測定する方法などがあります。

熱抵抗

ジャンクション温度と周囲温度間の熱抵抗 θ_{JA} (°C/W) は、IC の熱くなったジャンクション部から周囲の空気に熱が伝わる際の抵抗と定義されます。

アナログ・デバイセズのデータシートに記載されている熱抵抗値は、冷却用エアフローやボード上にヒートシンクがない JEDEC 標準 4 層基板を想定しています。IC パッケージにエアフローを使用すると、パッケージの熱抵抗が小さくなり、最大定格ジャンクション温度に至る消費電力の増加が可能となります。ヒートシンクは、デバイスから PCB および筐体への導電経路を提供することにより、熱を除去してデバイスの熱抵抗を小さくすることができます。

最大消費電力

トランシーバー・デバイスの熱特性と信頼性特性を評価する際、バス・インターフェース (トランシーバー+負荷) の消費電力が極めて重要です。総消費電力は、出力負荷によりトランシーバーが消費する電力とトランシーバーの静止時消費電力の合計値です。

個々のデバイスの最大安全消費電力は、ダイのジャンクション温度が消費電力に伴って上昇することにより制限されます。通常、最大定格ジャンクション温度は 150°C です。周囲温度動作条件と熱抵抗が分かれば、対応する最大消費電力を計算できます。この最大消費電力は、場合によっては標準のトランシーバー・アプリケーションでの消費電力よりはるかに大きくなることがあります。

ジャンクション温度が 150°C になると、デバイス・パッケージのプラスチック特性が変化します。この温度上限値を一時的にでも超えると、パッケージがダイに加える応力が変化して、トランシーバーのパラメータ性能を恒久的に変えてしまうことがあります。ジャンクション温度がより長い時間 150°C を超えた場合、機能を損なうおそれがあります。

絶対最大定格

アナログ・デバイセズのデータシートに、絶縁型/非絶縁型 RS-485 および RS-422、CAN、LVDS/M-LVDS トランシーバーの絶対最大定格が記載されています。絶対最大定格に記載されている以上のストレスを加えると、デバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。デバイスを長時間にわたり絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性に影響を与えることがあります。

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、それぞれの所有者の財産です。※日本語版資料は REVISION が古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。

©2014-2015 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

Rev. A

アナログ・デバイセズ株式会社

本 社	〒105-6891	東京都港区海岸 1-16-1	ニューピア竹芝サウスタワービル 10F
電話	03 (5402) 8200		
大 阪営業所	〒532-0003	大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36	新大阪トラストタワー 10F
電話	06 (6350) 6868		
名古屋営業所	〒451-6038	愛知県名古屋市中区牛島町 6-1	名古屋ルーセントタワー 38F
電話	052 (569) 6300		

目次

はじめに	1	LVDS ドライバおよびレシーバー	3
ジャンクション温度	1	M-LVDS トランシーバー	4
熱抵抗	1	RS-485/RS-422 トランシーバー	4
最大消費電力	1	ヒートシンクと熱設計	5
絶対最大定格	1	<i>i</i> COUPLER 技術と <i>iso</i> POWER 技術	5
改訂履歴	2	参考資料	6
デバイスのポートフォリオ	3	関連リンク	6
CAN トランシーバー	3		

改訂履歴

3/15—Rev. 0 to Rev. A

Changes to Title and Junction Temperature Section	1
Changes to CAN Transceivers Section, Table 1, Equation 2, LVDS Drivers and Receivers Section, and Equation 3	3
Deleted Equation 4; Renumbered Sequentially	4
Changes to M-LVDS Transceivers Section, Equation 4, RS-485/ RS-422 Transceivers Section, Equation 5, Equation 6, and Equation 7	4
Changes to Table 5	5
Deleted Equation 9	5

11/14—Revision 0: Initial Version

デバイスのポートフォリオ

CAN トランシーバー

アナログ・デバイセズの CAN トランシーバーは、データ層リンク、ハードウェア・プロトコラ、CAN バスの物理配線間に差動物理層インターフェースを提供します。AN-1123 アプリケーション・ノートには、CAN の実装ガイドが記載されています。アナログ・デバイセズは絶縁型 CAN トランシーバーの [ADM3052](#)、[ADM3053](#)、[ADM3054](#)、ならびに非絶縁型 CAN トランシーバーの [ADM3051](#) を提供しています。絶縁型 CAN デバイスには、アナログ・デバイセズの *iCoupler*®および *isoPower*®絶縁技術が搭載されています（*iCoupler*技術と *isoPower*技術のセクション参照）。

これらの製品のデータシートでは、絶対最大定格表で最大ジャンクション温度を 130°C または 150°C と規定しています。熱抵抗（ジャンクションから周囲）と周囲温度動作条件も記載されています。所定の周囲温度動作条件（ここでは 85°C または 125°C）での最大許容消費電力を式 1 で求めます。

表 1 に、最大許容消費電力を示します。これとは別に、消費電力に対応するジャンクション温度の算出に使用した式 1 を使って、所定の負荷条件における CAN デバイスの消費電力を算出できます。前述したように、表 1 の最大消費電力は標準的なトランシーバー・アプリケーションでの消費電力よりも大きい場合があります。

表 1. アナログ・デバイセズ CAN トランシーバーの消費電力とジャンクション温度

CAN Part Number	Junction Temperature (°C)	T _A Max (°C)	Thermal Impedance (°C/W)	Power Dissipation (W)
ADM3051	150	125	110	0.227
ADM3053	130	85	53	0.849
ADM3054	150	125	53	0.472

ADM3054 のデータシートには、所定の負荷条件におけるロジック側とバス側の電流値を記載しています。出力負荷抵抗が 60Ω のとき、ロジック側最大電流は 3.0mA、バス側最大電流は 75mA です。電源電圧 5V の場合の消費電力を式 2 で求めます。

$$P_{DISS} = VI - I^2 R_L$$

$$= (5V)(3.0mA) + (5V)(75mA) - (25mA)^2(60\Omega) = 352.5mW \quad (2)$$

ここで、
V はトランシーバーの電圧 (V)。
I はトランシーバーの電流（ロジック側、静止時、バス側）(mA)。

R_L は CAN のアプリケーションで駆動する標準負荷です。

バス側の電流が負荷抵抗 R_L に流れることはありません。したがって、通常 R_L に流れる電流部分だけが減じられます。

消費電力が 352.5mW で熱抵抗が 53°C/W の場合、対応するジャンクション温度の上昇は約 18°C です。式 1 で周囲動作温度を 125°C とすると、ジャンクション温度は 143°C になります。

LVDS ドライバおよびレシーバー

アナログ・デバイセズの LVDS ドライバ（トランスミッタ）およびレシーバーは、ポイント to ポイント・アプリケーション向けにシングルエンドから差動への高速シグナリング・ソリューションを提供します。例えば、[ADN4663](#) LVDS ドライバは最大 600Mbps で動作し、[ADN4664](#) LVDS レシーバーは最大 400Mbps で動作可能です。アナログ・デバイセズの LVDS ポートフォリオは、±15kV の強い ESD 耐性を特長とします。AN-1177 アプリケーション・ノートに、LVDS と M-LVDS の回路実装ガイドが記載されています。

LVDS のデータシートでは、最大ジャンクション温度を絶対最大定格表に記載しています。どの LVDS デバイスも最大ジャンクション温度は 150°C です。絶対最大定格表に熱抵抗と最大周囲動作温度を規定しています。式 1 を使って消費電力を算出します。最大周囲温度動作条件における LVDS デバイスごとの最大許容消費電力を、表 2 に示します。

表 2. アナログ・デバイセズ LVDS ドライバ/レシーバーの消費電力とジャンクション温度

LVDS Part Number	Junction Temperature (°C)	T _A Max (°C)	Thermal Impedance (°C/W)	Power Dissipation (W)
ADN4661	150	85	149.5	0.435
ADN4662	150	85	149.5	0.435
ADN4663	150	85	149.5	0.435
ADN4664	150	85	149.5	0.435
ADN4665	150	85	150.4	0.432
ADN4666	150	85	150.4	0.432
ADN4667	150	85	150.4	0.432
ADN4668	150	85	150.4	0.432
ADN4670	150	85	59	1.102

表 2 に記載された最大消費電力の代わりに、LVDS デバイスが標準的な条件で消費する電力を計算し、式 1 を使ってそれに対応するジャンクション温度を求めてみます。前述のように、最大消費電力は標準のトランシーバー・アプリケーションでの消費電力よりはるかに大きい場合があります。例えば ADN4664 のデータシートに記載されている 2 チャンネル・スイッチング時の電源電流は、代表値で 47mA です。式 3 を使って電源電圧 3.3V での消費電力を算出します。

$$P_{DISS} = VI = (47mA)(3.3V) = 155mW \quad (3)$$

ここで、
V はレシーバーの電圧 (V)。
I はレシーバーの電流。

消費電力が 155mW で熱抵抗が 149.5°C/W の場合、対応するジャンクション温度の上昇は 23°C です。式 1 で周囲動作温度を 85°C とすると、ジャンクション温度は 108°C になります。

M-LVDS トランシーバー

アナログ・デバイセズの M-LVDS トランシーバーは、複数のノード間での双方向通信を可能にすることにより、実績ある LVDS シグナリング方式を更に進化させています。ADN4690E、ADN4692E、ADN4694E、ADN4695E は、M-LVDS を高速（データ・レート最大 100Mbps）で送受信するトランシーバーです。ADN4691E、ADN4693E、ADN4696E、ADN4697E は、最大 200Mbps のデータ・レートで動作可能です。M-LVDS トランシーバーは全二重および半二重モードで使用可能で、8 ピンおよび 14 ピンの SOIC パッケージに収容されています。AN-1177 アプリケーション・ノートに、LVDS と M-LVDS の回路実装ガイドが記載されています。

ADN4690E/ADN4692E/ADN4694E/ADN4695E のデータシートに、消費電力とジャンクション温度のパッケージ・タイプ別の算出方法を記載しています。表 3 に、8 ピンおよび 14 ピン SOIC パッケージの熱抵抗値を示します。

表 3. 100Mbps M-LVDS トランシーバーの情報

M-LVDS Part Number	T _A Max (°C)	Thermal Impedance (°C/W)	SOIC Package Type	Duplex
ADN4690E	85	121	8-lead	Half
ADN4694E	85	121	8-lead	Half
ADN4692E	85	86	14-lead	Full
ADN4695E	85	86	14-lead	Full

ADN4690E/ADN4692E/ADN4694E/ADN4695E のデータシートに仕様規定されているトランシーバーの消費電力は 94mW です。

消費電力が 94mW で熱抵抗が 121°C/W の場合、対応するジャンクション温度の上昇は 11°C です。式 1 で周囲動作温度を 85°C とすると、ジャンクション温度は 96°C になります。消費電力が 94mW で熱抵抗が 86°C/W の場合、対応するジャンクション温度の上昇は 8°C です。式 1 で周囲動作温度を 85°C とすると、ジャンクション温度は 93°C になります。

ADN4691E/ADN4693E/ADN4696E/ADN4697E のデータシートに、消費電力とジャンクション温度のパッケージ・タイプ別の算出方法を記載しています。表 4 に、8 ピンおよび 14 ピン SOIC パッケージの熱抵抗値を示します。

表 4. 200Mbps M-LVDS トランシーバーの情報

M-LVDS Part Number	T _A Max (°C)	Thermal Impedance (°C/W)	SOIC Package Type	Duplex
ADN4691E	85	121	8-lead	Half
ADN4696E	85	121	8-lead	Half
ADN4693E	85	86	14-lead	Full
ADN4697E	85	86	14-lead	Full

ADN4691E/ADN4693E/ADN4696E/ADN4697E のデータシートに記載されている最大電源電流は、ドライバとレシーバーの両方をイネーブルした場合で 25mA です。トランシーバーが駆動す

る標準負荷（R_L）は 50Ω です。式 4 を使って総消費電力を算出します。

$$P_{DISS} = VI - I^2 R_L = (3.3V)(25mA) - (10mA)^2(50\Omega) = 77mW \quad (4)$$

バス側の電流が負荷抵抗 R_L に流れることはありません。したがって、通常 R_L に流れる電流部分だけが減じられます。

消費電力が 77mW で熱抵抗が 121°C/W の場合、対応するジャンクション温度の上昇は 9°C です。式 1 で周囲動作温度を 85°C とすると、ジャンクション温度は 94°C になります。

消費電力が 77mW で熱抵抗が 86°C/W の場合、対応するジャンクション温度の上昇は 7°C です。式 1 で周囲動作温度を 85°C とすると、ジャンクション温度は 92°C になります。

RS-485/RS-422 トランシーバー

アナログ・デバイセズは、多くのアプリケーションに適合する標準の RS-485/RS-422 トランシーバーと iCoupler 絶縁型 RS-485/RS-422 トランシーバーを豊富に提供しています。RS-485 トランシーバーは、ノイズ耐性を高める差動伝送ラインを使用することにより、長距離の双方向通信が可能です（最大 1.22km）。AN-960 アプリケーション・ノートに、RS-485/RS-422 回路の実装ガイドが記載されています。表 5 に、iCoupler および isoPower 絶縁技術を内蔵したアナログ・デバイセズの絶縁型 RS-485 トランシーバーのデータを示します（iCoupler 技術と isoPower 技術のセクション参照）。

式 5 と式 6 は、ADM2587E と ADM2582E のデータシートから得た標準的な負荷条件である 54Ω のデータを使って、それぞれのデバイスの消費電力を算出した例です。

$$P_{DISS} = VI - I^2 R_L = (5V)(98mA) + (3.3V)(35mA) - (27mA)^2(54\Omega) = 567mW \quad (5)$$

$$P_{DISS} = VI - I^2 R_L = (5V)(200mA) + (3.3V)(50mA) - (27mA)^2(54\Omega) = 1.13W \quad (6)$$

バス側の電流が負荷抵抗 R_L に流れることはありません。したがって、通常 R_L に流れる電流部分だけが減じられます。

ADM2587E では、消費電力が 0.567W で熱抵抗が 50°C/W のとき、対応するジャンクション温度の上昇は 28°C です。式 1 で周囲動作温度を 85°C とすると、ジャンクション温度は 113°C になります。ADM2582E について同様の計算を行います。

ADM2486 のデータシートでは、5V 電源時のロジック側電流を 4mA と仕様規定しています。対応するバス側電流は 58mA、バス側電圧は 5V なので（データ・レート 20Mbps 時）、消費電力値は 271mW となります（式 7 参照）。

$$P_{DISS} = VI - I^2 R_L = (5V)(4mA) + (5V)(58mA) - (27mA)^2(54\Omega) = 271mW \quad (7)$$

バス側の電流が負荷抵抗 R_L に流れることはありません。したがって、通常 R_L に流れる電流部分だけが減じられます。

ADM2486 では、消費電力が 271mW で熱抵抗が 73°C/W のとき、対応するジャンクション温度の上昇は 19.8°C です。式 1 で周囲動作温度を 85°C とすると、ジャンクション温度は 105.4°C になります。

表 5. アナログ・デバイセズの絶縁型 RS-485/RS-422
トランシーバーの標準負荷に対するジャンクション温度

Part Number	Junction Temperature (°C)	T _A Max. (°C)	Thermal Impedance (°C/W)	Power Dissipation (W)
ADM2481	102	85	65	0.256
ADM2482E	95	85	61	0.156
ADM2483	104	85	73	0.256
ADM2484E	93	85	73	0.103
ADM2485	104	85	73	0.266
ADM2486	105	85	73	0.271
ADM2487E	91	85	61	0.103
ADM2490E	102	105	60	0.291
ADM2491E	100	85	60	0.241
ADM2582E	141	85	50	1.13
ADM2587E	113	85	50	0.567
ADM2682E	143	85	52	1.13
ADM2687E	114	85	52	0.567

ADM2682E と ADM2687E のデータシートには、標準的なバス負荷条件での電源電流が記載されています。消費電力の計算は ADM2587E および ADM2582E の場合と同様です。

ADM2482E、ADM2487E、ADM2485、ADM2490E、ADM2491E、ADM2481、ADM2483、および ADM2484E の場合、標準的バス負荷時のトランシーバーの消費電力は、ADM2486 と同様の方法で算出します。消費電力を計算し、式 1 を使って、所定の熱抵

抗と周囲動作温度でのジャンクション温度を求めることができます（表 5 参照）。

ヒートシンクと熱設計

ヒートシンク、PCB レイアウトなど、熱設計を適切に実施する方法のガイドラインについては、アナログ・デバイセズの MT-093 チュートリアルを参照してください（参考資料のセクション参照）。このチュートリアルには、消費電力の考慮が必要なアプリケーションでの PCB レイアウトの指針が記載されています。

iCOUPLER 技術と isoPOWER 技術

標準のカスタム・アプリケーションにおいて回路部品間を絶縁することで、システムの安全性とデータの保全性が高まります。一般に、高電圧デバイスはバス側に配置されますが、絶縁により、このバス側に生じる危険な電圧レベルからシステム側の敏感な回路部品を保護することができます。また、絶縁は、システムでのデータ・アクイジションの精度に影響を及ぼす同相ノイズとグラウンド・ループを低減させ、除去できることさえあります。

絶縁した RS-485 ノードで電源を絶縁するためのオプションとソリューションについては、アナログ・デバイセズの技術記事 MS-2155 を参照してください（参考資料のセクション参照）。技術記事 MS-2155 に、ADM2587E RS-485 トランシーバーに採用されている、アナログ・デバイセズの isoPower 絶縁型 DC/DC コンバータ技術についての説明があります。ADM2587E には、アナログ・デバイセズの iCoupler データ絶縁技術も搭載されています。

iCoupler 技術を使用した絶縁型 RS-485 および CAN トランシーバーを使えば、設計者はフォトカプラで問題となるコスト、サイズ、消費電力、性能、信頼性上の制約を受けずに、絶縁を実施した設計が可能です。

参考資料

MT-093 チュートリアル *Thermal Design Basics*. Analog Devices, Inc., 2009.

Ronan, Colm. 技術記事 MS-2155 : 絶縁した RS-485 ノードのための絶縁した電源を分割する選択方法と回路
Analog Devices, Inc., 2011.

関連リンク

リソース	説明
LVDS/MLVDS Webpage	LVDS ドライバ、レシーバー、M-LVDS トランシーバーの製品ページおよびリソースへのリンク
RS-485/RS-422 Webpage	絶縁型／非絶縁型 RS-485／RS-422 トランシーバーの製品ページおよびリソースへのリンク
CAN Webpage	絶縁型／非絶縁型 CAN トランシーバーの製品ページおよびリソースへのリンク
Isolated Transceiver Portfolio from Analog Devices	絶縁型トランシーバー・ポートフォリオのリソースへのリンク
AN-960	アプリケーション・ノート、RS-485/RS-422 回路の実装ガイド
AN-1123	アプリケーション・ノート、CAN アプリケーションの実装ガイド
AN-1177	アプリケーション・ノート、LVDS/M-LVDS 回路の実装ガイド