

アナログ・デバイセズの RS-485/RS-422、CAN、および LVDS/M-LVDS トランシーバのジャンクション温度算出方法

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・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+負荷) の消費電力がきわめて重要です。総消費電力は、出力負荷によりトランシーバが消費する電力とトランシーバ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・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場合があります。

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、トランシーバのパラメータ性能を恒久的に変えてしまう場合があります。ジャンクション温度がより長い時間 150°C を超えた場合、機能を損なう恐れがあります。

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。最大動作条件を超えた状態でより長い時間動作させると、デバイスの信頼性に影響を与える恐れがあります。

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。

目次

はじめに	1	LVDS ドライバおよびレシーバ	3
ジャンクション温度	1	M-LVDS トランシーバ	4
熱抵抗	1	RS-485/RS-422 トランシーバ	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	iCoupler 技術と isoPower 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	3		

改訂履歴

2/14—Revision 0: 初版

デバイスのポートフォリオ

CAN トランシーバ

アナログ・デバイセズの CAN トランシーバは、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 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 トランシーバの ADM3052、ADM3053、ADM3054、ならびに非絶縁型 CAN トランシーバの 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」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。熱インピーダンス（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・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 トランシーバの消費電力とジャンクション温度

CAN 製品番号	ジャンクション温度 (°C)	最大 T _A (°C)	熱インピーダンス (°C/W)	消費電力 (W)
ADM3051	150	125	110	0.227
ADM3052	130	85	53	0.849
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。

$$P_{DISS} = VI = (5V)(3.0mA) + (5V)(75mA) = 0.39W \quad (2)$$

ここで、

V はトランシーバの電圧 (V)。

I はトランシーバの電流 (ロジック側、静止時、バス側) (mA)。

消費電力が 0.39W で熱インピーダンスが 53°C/W の場合、対応するジャンクション温度の上昇は 20.7°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 145.7°C になります。

LVDS ドライバおよびレシーバ

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。たとえば、ADN4663 LVDS ドライバは最大 600Mbps で動作し、ADN4664 LVDS レシーバは最大 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インピーダンス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/レシーバの消費電力とジャンクション温度

LVDS 製品番号	ジャンクション温度 (°C)	最大 T _A (°C)	熱インピーダンス (°C/W)	消費電力 (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 デバイスが所定の負荷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的なトランシーバ・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。

たとえば、ADN4664 のデータシートでは、無負荷時の最大電源電流は 9mA です。LVDS のアプリケーションで駆動する標準負荷 (R_L) は 100Ω 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。

$$P = VI + \frac{V^2}{R_L} = (3.3V)(9mA) + \frac{(3.3V)^2}{100\Omega} = 0.14W \quad (3)$$

ここで、

V はトランシーバ電圧 (2 乗) (V²)、

R_L は LVDS のアプリケーションで駆動する標準負荷です。

消費電力が 0.14W で熱インピーダンスが 149.5°C/W の場合、対応するジャンクション温度の上昇は 20.9°C です。式 1 より周囲動作温度が 85°C のとき、ジャンクション温度は 105.9°C になります。

M-LVDS トランシーバ

アナログ・デバイセズの M-LVDS トランシーバは、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さら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 パッケージの熱インピーダンス値を示します。

表 3. 100Mbps M-LVDS トランシーバの情報

M-LVDS 製品番号	最大 T _A (°C)	熱インピーダンス (°C/W)	SOIC パッケージ・タイプ	二重通信
ADN4690E	85	121	8 ピン	半二重
ADN4694E	85	121	8 ピン	半二重
ADN4692E	85	86	14 ピン	全二重
ADN4695E	85	86	14 ピン	全二重

ADN4690E/ADN4692E/ADN4694E/ADN4695E のデータシートでは、これらのトランシーバの静止時消費電力を 94mW と規定しています。式 4 を使って、標準のバス負荷 (R_L) 50Ω での総消費電力を算出します。

$$P = 94 \text{ mW} + \frac{V^2}{R_L} = 94 \text{ mW} + \frac{(3.3 \text{ V})^2}{50 \Omega} = 0.298 \text{ W} \quad (4)$$

消費電力が 0.298W で熱インピーダンスが 121°C/W の場合、対応するジャンクション温度の上昇は 36.1°C です。式 1 で周囲動作温度が 85°C のとき、ジャンクション温度は 121.1°C になります。

消費電力が 0.298W で熱インピーダンスが 86°C/W の場合、対応するジャンクション温度の上昇は 25.6°C です。式 1 で周囲動作温度が 85°C のとき、ジャンクション温度は 110.6°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 パッケージの熱インピーダンス値を示します。

表 4. 200Mbps M-LVDS トランシーバの情報

M-LVDS 製品番号	最大 T _A (°C)	熱インピーダンス (°C/W)	SOIC パッケージ・タイプ	二重通信
ADN4691E	85	121	8 ピン	半二重
ADN4696E	85	121	8 ピン	半二重
ADN4693E	85	86	14 ピン	全二重
ADN4697E	85	86	14 ピン	全二重

ADN4691E/ADN4693E/ADN4696E/ADN4697E のデータシート記載情報より、トランシーバの消費電力が求められます。ドライバとレシーバ両方がイネーブルの場合、最大電源電流は 24mA になります。トランシーバが駆動する標準負荷 (R_L) は 50Ω です。式 5 を使って総消費電力を算出します。

$$P = VI + \frac{V^2}{R_L} = (3.3 \text{ V})(24 \text{ mA}) + \frac{(3.3 \text{ V})^2}{50 \Omega} = 0.287 \text{ W} \quad (5)$$

消費電力が 0.297W で熱インピーダンスが 121°C/W の場合、対応するジャンクション温度の上昇は 35.9°C です。式 1 で周囲動作温度が 85°C のとき、ジャンクション温度は 120.9°C になります。

消費電力が 0.297W で熱インピーダンスが 86°C/W の場合、対応するジャンクション温度の上昇は 25.5°C です。式 1 で周囲動作温度が 85°C のとき、ジャンクション温度は 110.5°C になります。

RS-485/RS-422 トランシーバ

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 トランシーバと iCoupler 絶縁型 RS-485/RS-422 トランシーバを豊富に提供しています。RS-485 トランシーバは、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 トランシーバのデータを示します（「iCoupler 技術と isoPower 技術」セクション参照）。

表 6 と表 7 は、ADM2587E と ADM2582E のデータシートから得た標準の負荷条件時のデータを使って、それぞれのデバイスの消費電力を算出した例です。静止動作時、これらのトランシーバには電源から通常 8mA の電流が流れます。ADM2587E (式 6) と ADM2582E (式 7) の消費電力を、バス負荷 120Ω と 5V 電源の場合で計算します。

$$P = VI = (5 \text{ V})(8 \text{ mA}) + (5 \text{ V})(120 \text{ mA}) = 0.64 \text{ W} \quad (6)$$

$$P = VI = (5 \text{ V})(8 \text{ mA}) + (5 \text{ V})(150 \text{ mA}) = 0.79 \text{ W} \quad (7)$$

ADM2587E では、消費電力が 0.64W で熱インピーダンスが 50°C/W のとき、対応するジャンクション温度の上昇は 32°C です。式 1 で周囲動作温度が 85°C のとき、ジャンクション温度は 117°C になります。ADM2582E について同様の計算を行います。

ADM2682E と ADM2687E のデータシートには、特定のデータ・レートでの電源電流が記載されています。消

消費電力の計算は ADM2587E および ADM2582E の場合と同様です。ADM2687E は、公称 5V 電源での最大電源電流を 140mA と規定しており、これは 0.7W の消費電力に相当します。ADM2682E は、公称 5V 電源での最大電源電流を 200mA と規定しており、これは 1W の消費電力に相当します。どちらのデバイスも、標準の静止時電流は 8mA です。消費電力を計算し、式 1 を使って、所定の熱インピーダンス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）。

ADM2486 のデータシートでは、5.5V 電源時のロジック側電流を 4mA と規定しています。対応するバス側電流は 58mA、バス側電圧は 5.5V なので（データ・レート 20Mbps 時）、消費電力値は 0.341W となります（式 8 参照）。

$$P = VI + VI = (5.5V)(4mA) + (5.5V)(58mA) = 0.341W \quad (8)$$

ADM2486 では、消費電力を 0.341W、熱インピーダンスを 73°C/W と規定しています。対応するジャンクション温度の上昇は 25.9°C です。式 1 で周囲動作温度が 85°C のとき、ジャンクション温度は 109.9°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 トランシーバの標準負荷に対するジャンクション温度

製品番号	ジャンクション温度 (°C)	最大 T _A (°C)	熱インピーダンス (°C/W)	消費電力 (W)
ADM2481	118.2	85	65	0.51
ADM2482E	97.3	85	61	0.202
ADM2483	122.2	85	73	0.51
ADM2484E	96	85	73	0.15
ADM2485	117.9	85	73	0.45
ADM2486	109.9	85	73	0.341
ADM2487E	94.6	85	61	0.158
ADM2490E	124.8	105	60	0.33
ADM2491E	103.6	85	60	0.31
ADM2582E	124.5	85	50	0.79
ADM2587E	117	85	50	0.64
ADM2682E	139.8	85	52	1.04
ADM2687E	123.5	85	52	0.74

ADM2482E、ADM2487E、ADM2485、ADM2490E、ADM2491E の静止電流とバス負荷による消費電力は、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、所定の熱インピーダンス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）。

ADM2487E がロジック側電源電流を 4mA と規定しているのに対し、ADM2482E は 6mA です。ADM2487E のバス側電源電流は、電源電圧が 3.6V の場合 40mA です。ADM2482E のバス側電源電流は、電源電圧が 3.6V の場合 50mA です。ADM2482E と ADM2487E の消費電力は、このデータを使って計算します。

ADM2485 のロジック側電源電流は 6.5mA（最大）で、電源電圧 5.5V 時のバス側電源電流は 75mA です。総消費電力は 0.45W になります。ADM2490E のロジック側電源電流は 6.0mA（最大）で、電源電圧 5.0V 時のバス側電源電流は 60mA です。総消費電力は 0.33W になります。ADM2491E のロジック側電源電流は 6.0mA（最大）で、電源電圧 5.5V 時のバス側電源電流は 50mA です。総消費電力は 0.31W になります。

ADM2483 と ADM2481 のロジック側電源電流は、バス側の標準負荷 (R_L) が 50Ω のとき 2.5mA です。標準の電源電圧は 5V です。総消費電力は 0.51W になります。

$$P = VI + \frac{V^2}{R_L} = (5V)(2.5mA) + \frac{(5V)^2}{50\Omega} = 0.51W \quad (9)$$

ADM2484E のロジック側電源電流は、バス側電源電流が 40mA（電源電圧 3.6V）で終端抵抗が 120Ω のとき 2.0mA です。総消費電力は 0.15W になります。

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」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安全性が高まります。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」セクション参照）。技術記事 MS-2155 に、ADM2587E RS-485 トランシーバに採用されている、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 Tutorial : *Thermal Design Basics*. Analog Devices, Inc., 2009.

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 ウェブページ	LVDS ドライバ、レシーバ、M-LVDS トランシーバの製品ページおよびリソースへのリンク
RS-485/RS-422 ウェブページ	絶縁型/非絶縁型 RS-485/RS-422 トランシーバの製品ページおよびリソースへのリンク
CAN ウェブページ	絶縁型/非絶縁型 CAN トランシーバの製品ページおよびリソースへのリンク
アナログ・デバイセズの絶縁型トランシーバのポートフォリオ	絶縁型トランシーバ・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