リニアレギュレータおよびトラッカー保護回路

本書について

適用範囲と目的

このアプリケーション ノートでは、予期せぬ事態が発生した場合に IC が破壊されるのを防ぐための保護回路が組み込まれた、インフィニオンの車載用リニア電圧レギュレータ、およびトラッカーについて説明します。

対象者

本書の対象は、電子システムの設計エンジニア、技術者、および開発者です。

目次

本書について 1
目次 2
1 はじめに 3
2 過熱保護機能 4
3 逆接保護機能 5
3.1 NPN バイポーラ電圧レギュレータ (TLE4x8x のみ) 5
3.2 PNP バイポーラ電圧レギュレータおよびトラッカー (TLE4xxx、TLE4x8x を除く) 5
3.3 NMOS 電圧レギュレータ (TLE7xxx) 7
4 過電圧保護 9
5 過電流制限 10
6 安全動作領域 11
7 まとめ 12
8 よくある質問 13
改訂履歴 14

1 はじめに

インフィニオンの車載用リニア電圧レギュレータ、およびトラッカーには、予期せぬ事態が発生した場合に IC が破壊されるのを防ぐための保護回路が組み込まれています。これらの保護機能には、以下が含まれます。

- 過電流制限
- 過電圧保護
- 逆接保護
- 過熱時のサーマル シャットダウン

ただし、シリコン技術とパワー段の素子の選択に応じて、異なる回路が実装されます。以下に、これらの保護機能とアプリケーション回路への影響を説明します。

2 過熱保護機能

ほぼすべての車載用リニアレギュレータは、最大 150 °C の接合部温度に耐えるように設計されています。どの動作条件でも最大接合部温度を超えないようにパッケージを選択する必要があります。パッケージの熱性能については、インフィニオンのパンフレット「Thermal Resistance – Theory and Practice」を参照してください。

ただし、異常状態 (出力の短絡など) で IC がすぐに破壊されるのを防ぐために、過熱保護機能がチップに統合されています。特に指定のない限り、回路は 151 °C ～ 200 °C のジャンクション温度範囲でパワー段をオフにします。チップの冷却後、レギュレータは再起動します。これにより、異常状態が解消されるまで、出力電圧のオン、オフの繰り返し動作が発生します。

150 °C を超える接合部温度は、最大定格の範囲外であるため、IC の寿命を大幅に短くします。

3 逆接保護機能

バッテリに負の電圧を印加すると、レギュレータのタイプとその負荷に応じて、さまざまな経路に意図しない電流が流れます (Figure 1 参照)。

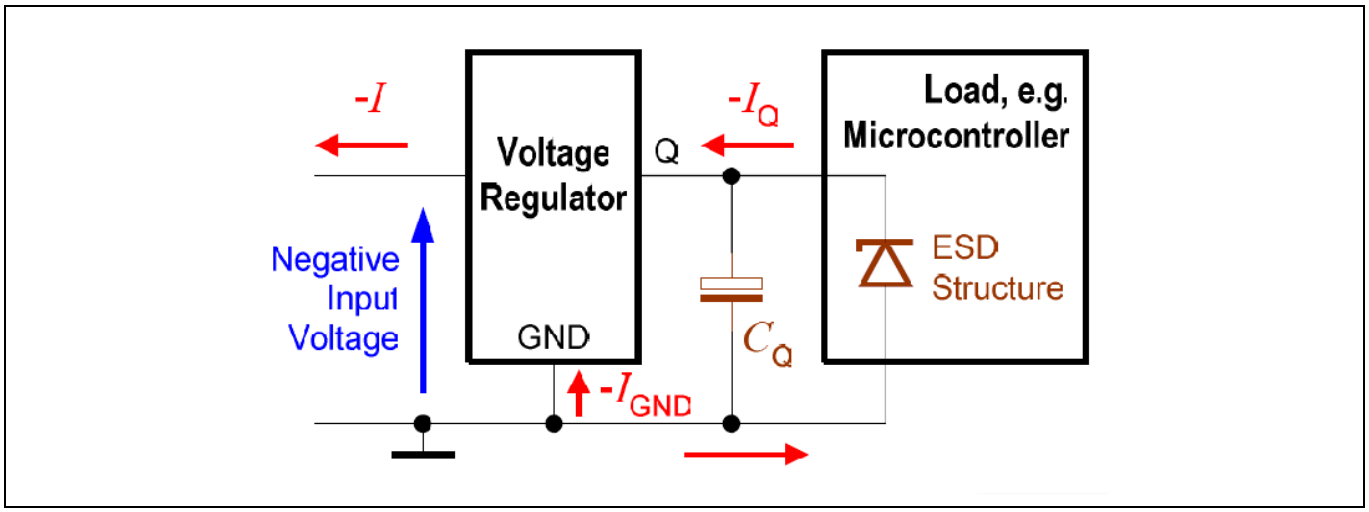


Figure 1 負電源の場合に流れる電流

電流はレギュレータの GND ピンと出力ピン Q に流れる可能性があります。IC に使用されるシリコン プロセスに応じて、さまざまな事項を考慮する必要があります。[1]

3.1 NPN バイポーラ電圧レギュレータ (TLE4x8x のみ)

NPN トランジスタをパワー段に備えたレギュレータには、逆接保護がありません。入力電圧が出力電圧よりも低い場合、寄生的な PN 接合を通して無制限に電流が流れます。したがって、バッテリの逆接条件でも定常状態で耐えるためには、入力側にブロッキング ダイオードが必要です。この直列ダイオードは、追加の電圧降下を加えます。また、システムの最大負電圧とレギュレータの最大出力電流を抑えるサイズにする必要があります。

3.2 PNP バイポーラ電圧レギュレータおよびトラッカー (TLE4xxx、TLE4x8x を除く)

PNP トランジスタをパワー段に備えたレギュレータは、負の電源電圧を許容します (最大値については、データシートを参照してください)。ただし、逆接状態により、IC にいくつかの小さな電流が流れ込み、接合部温度が上昇します。逆接状態では統合されたサーマル シャットダウン回路が機能しない為、熱設計では考慮しなければいけません。

PNP バイポーラ電圧レギュレータの典型的な逆電流を以下のグラフに示します (Figure 2)。車載環境では、次の状況が発生する可能性があります。

- 出力電圧が入力電圧より高い (例. V_I = 0 V、V_Q = 5 V)。
- 入力オープン、正の出力電圧が供給 (つまり、$V_I = V_Q$)。
- 入力電圧は負、出力は GND に接続 (負荷のクランプ構造に電流が流れることができる場合に適用)。

[1] 「バイポーラ」と「SPT」電圧レギュレータの特性と相違点については、アプリケーションノート「Silicon Technologies for Linear Regulators」を参照してください。

逆接保護機能

Figure 2 と Figure 3 に、インフィニオンのバイポーラ PNP 電圧レギュレータの例を示します。

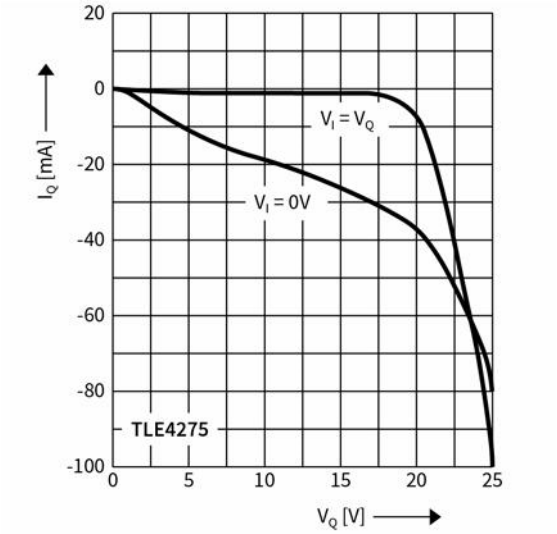


Figure 2　　逆電流の例 (TLE4275)、出力 Q に印加される正の電圧

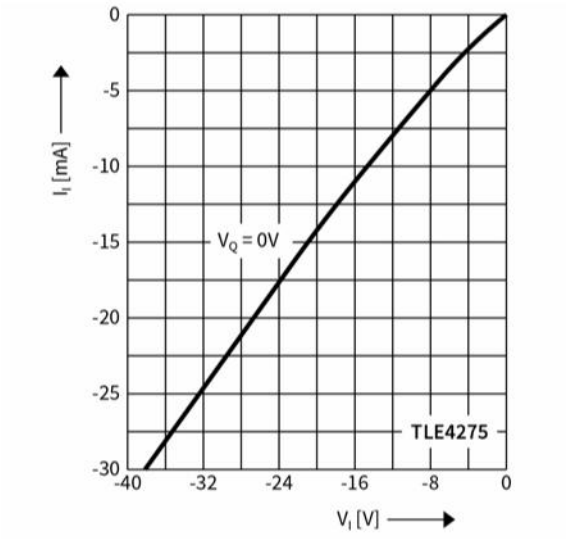


Figure 3　　逆電流の例 (TLE4275)、入力 I に印可される負電圧

3.3 NMOS 電圧レギュレータ (TLE7xxx)

TLE7xxx ファミリ電圧レギュレータは、入力からグランドへのパス要素とダイオード構造として N チャネル MOSFET を使用しています。負の入力電圧状態の場合、無制限の逆電流が MOSFET の寄生ダイオードを通って GND ピンに流れます。したがって、IC 入力への直列ダイオードは必須です (通常、バッテリラインのダイオードはボード上に存在します)。通常動作においては、ダイオードは順方向バイアスされ、システムに追加の電圧降下が加えられます。したがって、ショットキー ダイオードを推奨します。

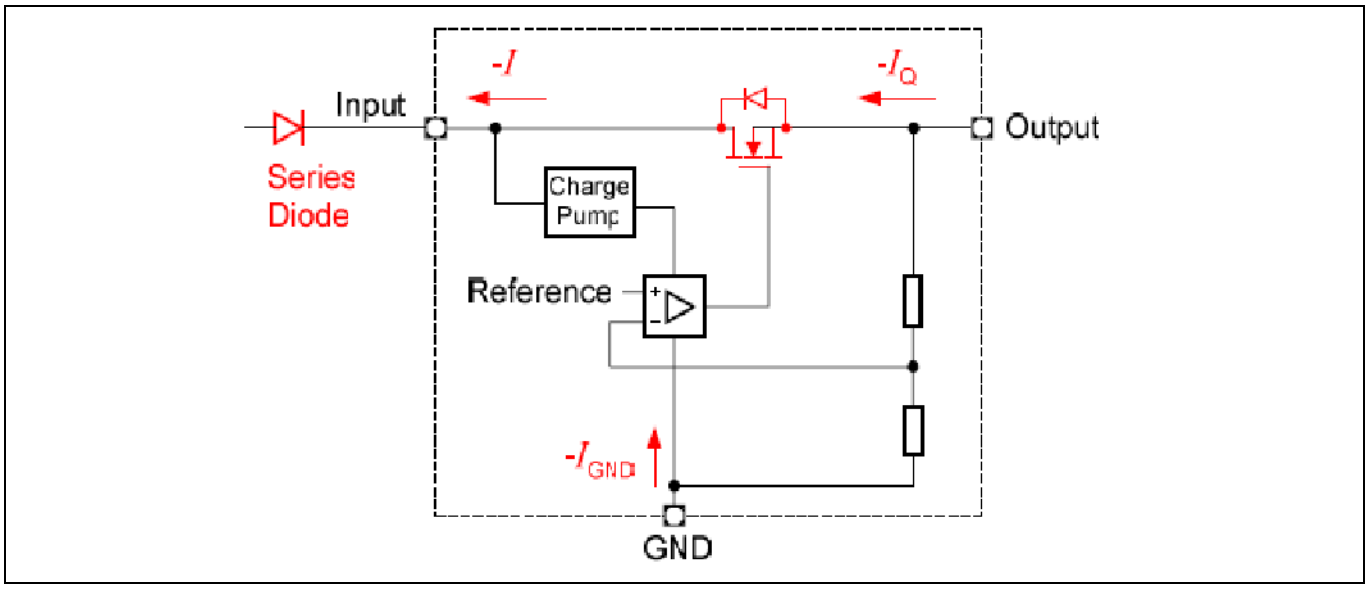


Figure 4 NMOS 電圧レギュレータ、逆電源条件下での電流の流れ

また、インヒビット (INH) 入力、イネーブル (EN) 入力には、負の電圧を印加しないでください。ただし、負の過渡現象を許容する目的で、入力構造を保護するために高抵抗の抵抗を直列に追加できます (Figure 5 参照)。負の最大電流は 0.5 mA を超えてはいけません。

逆接保護機能

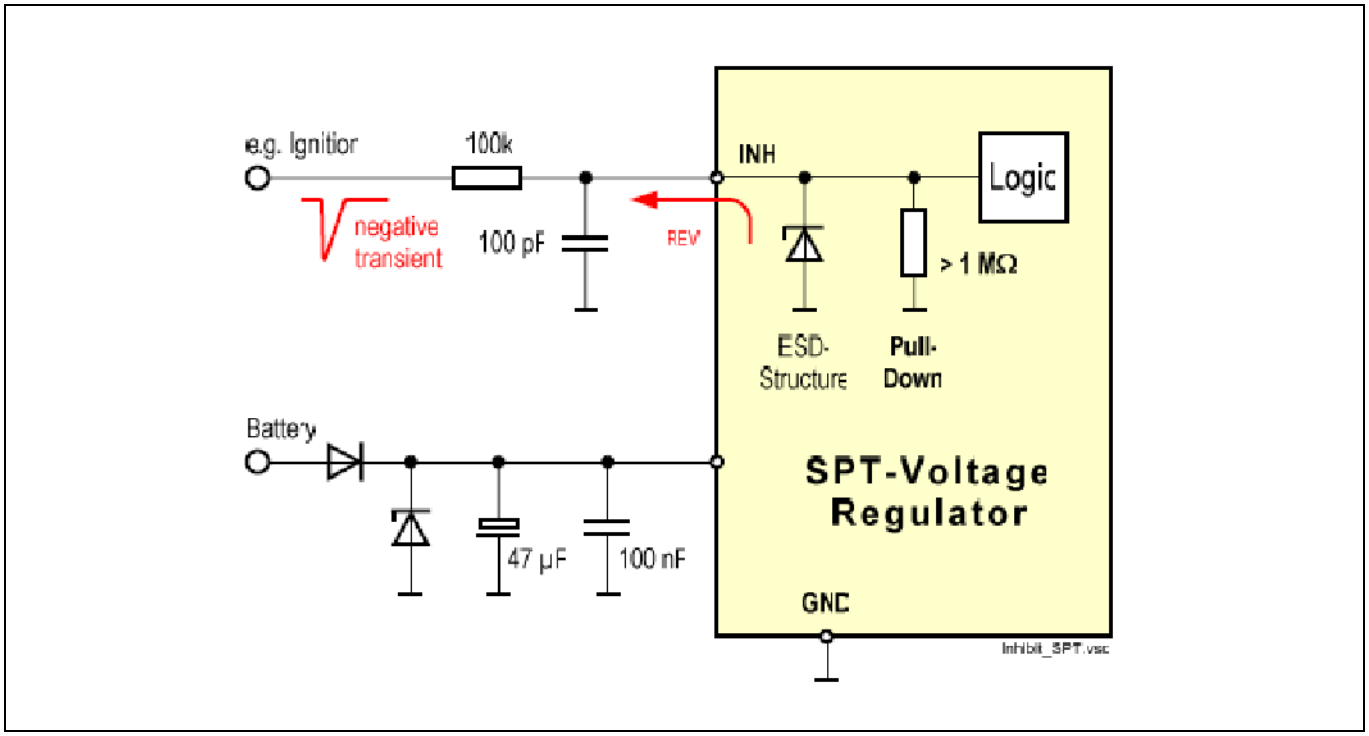


Figure 5　　NMOS 電圧レギュレータの禁止 (INH) 端子への負の過渡現象

4 過電圧保護

過渡的な高電圧は、モータの巻線や長いワイヤー ハーネスなどの誘導負荷によって発生します。車載環境で十分な保護を提供するために、インフィニオンは最大 V_I = 45 V の DC 電圧に耐えるトランジスタ構造を使用しています。さらに、いくつかの IC は最大 65 V のロード ダンプ パルスに対する保護をもっています (例：TLE4270、TLE4271-2)。詳細については、データシートの「絶対最大定格」の表を参照してください。これらの値のいずれかを超えると、パルスの長さに関係なく IC が破壊される可能性があります。したがって、過電圧から保護するためにサプレッサー ダイオードを推奨します。さらに、過渡的な電圧変化は、エネルギーの全部もしくは一部を取り込む入力コンデンサで緩衝ができて、IC の入力ピン I でのサージを減衰させます。

電圧レギュレータの出力を、バッテリへの短絡から保護するために、出力 Q で許容される最大電圧は公称出力電圧よりもはるかに高くなります。したがって、すべてのトラッカーと多くの電圧レギュレータは、最大 V_Q = 45 V の出力電圧を許容します。詳細については、データ シートを参照してください。逆電流に関する情報は、そのドキュメントの「逆接保護」のセクションに記載されています。

5 過電流制限

出力が GND に短絡した場合、または過負荷状態の場合、レギュレータの出力電流は非常に大きくなります。アプリケーションとレギュレータ自体の破壊を防ぐために、IC は出力電流をデータシートで明示された妥当な値に制限します。

短絡電流を制御するために、チップ上の 2 つのタイプの保護 (定電流制限またはフォールドバック電流制限) が一般的です。インフィニオンのリニア レギュレータの多くは、定電流制限方式を採用しています。フォールドバック制限方式では、異常状態から復帰後、フォールドバック曲線に沿って負荷が電流を引き込んだ際、出力電圧が元の電圧に戻らないためです。

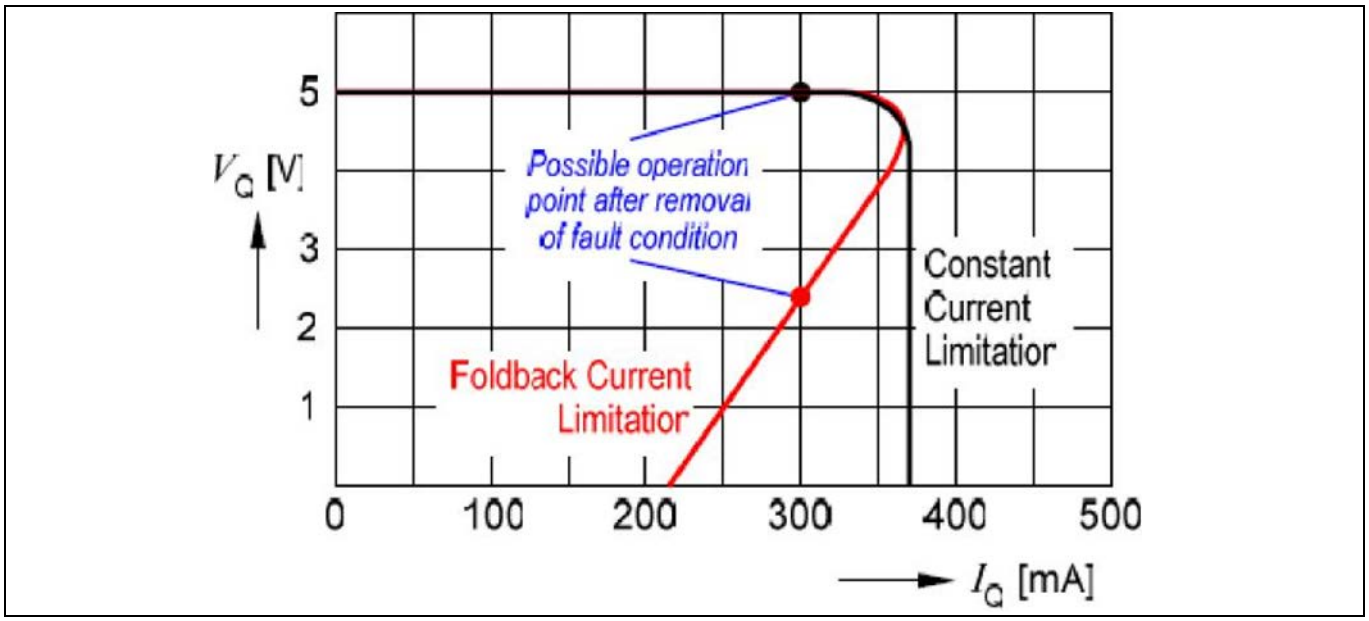


Figure 6 定電流およびフォールドバック電流制限

スタートアップ時、出力コンデンサは最大出力電流で充電されます。したがって、IC をオンにしてから公称出力電圧に達するまでの時間は、それぞれ入力電圧を印加すると、次のように計算されます。

$$t_{STARTUP} = V_Q \times C_Q / (I_{Q,MAX} - I_{LOAD})$$

式 1

6 安全動作領域

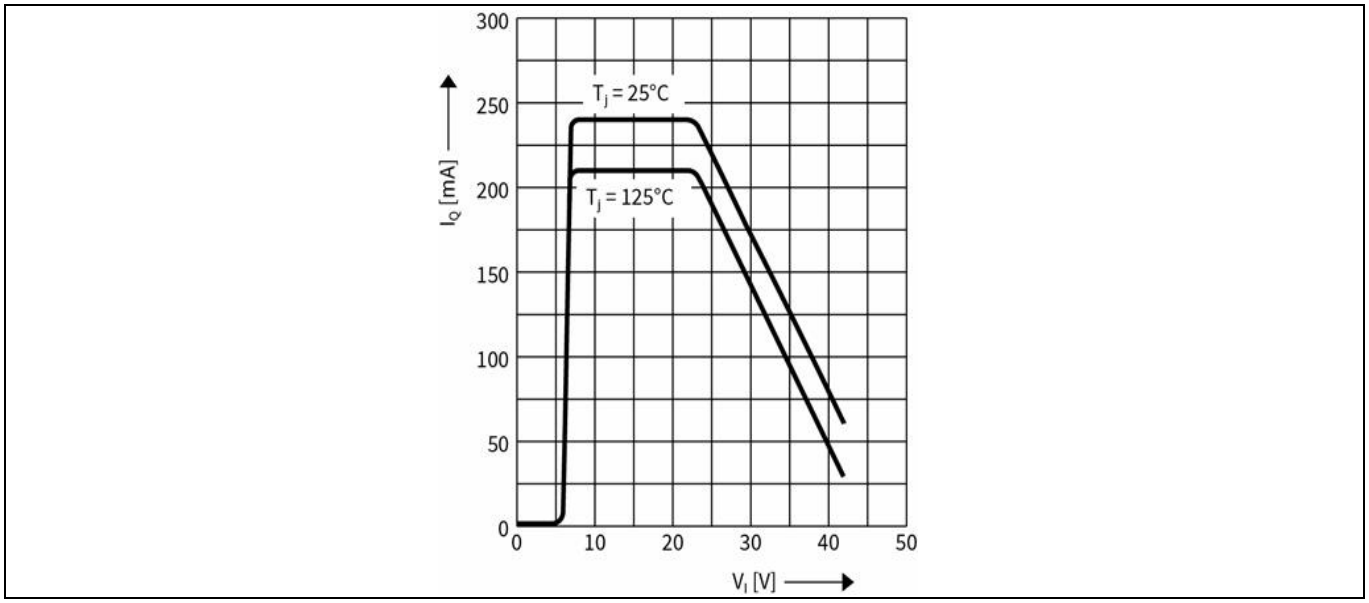


Figure 7 最大出力電流と入力電圧 (安全動作領域)。バイポーラレギュレータの典型的なグラフ

インフィニオンのバイポーラ電圧レギュレータは、パワー段の素子とパッケージでは処理できない過度な電力損失を回避するために、22 V を超える入力電圧での最大出力電流 (短絡電流) を低減します。これは、レギュレータの定格出力電流が、非常に高い入力電圧では到達しないことを意味します。詳細は Figure 7 を参照してください。

7 まとめ

インフィニオンのリニア レギュレータは、一般的な車載環境でアプリケーションと IC 自体を保護するために必要な保護回路を提供します。実装された回路により、外付け部品が最小限に抑えられるため、インフィニオンのレギュレータの費用対効果が大幅に向上します。

8 よくある質問

- レギュレータは、どの温度で正確にオフになりますか？

  シャットダウン温度は、製造ばらつきの影響を受けますが、Tj = 150°C の接合部温度まで適切に動作するように選別されています。保護機能は、IC が即座に破壊されるのを防ぐことを目的とします。したがって、シャットダウン回路は 151 °C から 200 °C の間でレギュレータがオフになります。熱設計では、すべての動作条件で最大接合部温度いないに納める必要があります。150 °C を超える温度で繰り返し動作すると、IC の寿命が大幅に短くなります。

- 高出力電流で出力電圧が周期的に切り替わるのはなぜですか？

  レギュレータは、パッケージと熱設計が処理できる以上の電力損失が原因で、高負荷および高入力電圧で過熱保護機能が機能します。パワー段をオフにした後、通常 40 ケルビンのヒステリシスの下限の温度閾値を温度が下回ると、チップが冷却され再起動します。この「過熱、冷却の繰り返し」は、過負荷状態が解消されるまで現れます。

- 電源ラインに最大 100V の過渡電圧を印加したいと考えています。レギュレータはこの電圧に短期間耐えることができますか？

  入力ピンの最大電圧は、データシートに記載されている「最大定格」に準拠する必要があります。値を超えると、パルスの長さに関係なく IC が破壊される可能性があります。したがって、過電圧から保護するためにサプレッサー ダイオードを推奨します。さらに、過渡現象は、IC 入力ピン I でのサージを減衰させるエネルギーの全部または一部を取り込む入力コンデンサで緩衝できます。

- 「逆接耐性」とは逆電流が流れないという意味ですか？

  「逆接耐性」とは、IC をすぐに破壊することなく、PNP レギュレータに負の電源電圧を印加できることを意味します。ただし、制限された逆電流が入力に流れます。入力電圧に応じて、この電流により、IC を加熱する電力損失が発生します。逆電流が望ましくない場合は、入力にブロッキングダイオードが必要です。

- 負の入力電圧が印加されたとき、電圧レギュレータの出力にはどの位の電圧が発生しますか？

  入力電圧が負の場合は逆電流が流れるため、逆電流と負荷に応じて出力にも負電圧が発生します。これは、基板上のクランプ回路にいくらかの電流が流れる可能性があることを意味します。

改訂履歴

版数	発行日	変更内容
1.11	2021-09-16	本版は英語版 Z8F52274292 Rev. 1.11 2015-04-20 について、CYPRESS DEVELOPER COMMUNITY の参画者によって日本語に翻訳されたドキュメントです。
1.12	2025-07-23	これは英語版 Z8F52274292 Rev. 1.12 2024-08-27 を翻訳した日本語版 Rev. 1.12 です。 日本語版番号の変更: Z8F80194263 --> Z8F80826848

Trademarks
All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

Edition 2025-07-23
Published by
Infineon Technologies AG
81726 Munich, Germany

© 2025 Infineon Technologies AG. All Rights Reserved.

Do you have a question about this document?
Email: erratum@infineon.com

Document reference
Z8F80826848

重要事項
本文書に記載された情報は、いかなる場合も、条件または特性の保証とみなされるものではありません（「品質の保証」）。本文に記された一切の事例、手引き、もしくは一般的価値、および／または本製品の用途に関する一切の情報に関し、インフィニオンテクノロジーズ（以下、「インフィニオン」）はここに、第三者の知的所有権の不侵害の保証を含むがこれに限らず、あらゆる種類の一切の保証および責任を否定いたします。

さらに、本文書に記載された一切の情報は、お客様の用途におけるお客様の製品およびインフィニオン製品の一切の使用に関し、本文書に記載された義務ならびに一切の関連する法的要件、規範、および基準をお客様が遵守することを条件としています。

本文書に含まれるデータは、技術的訓練を受けた従業員のみを対象としています。本製品の対象用途への適合性、およびこれら用途に関連して本文書に記載された製品情報の完全性についての評価は、お客様の技術部門の責任にて実施してください。

警告事項
技術的要件に伴い、製品には危険物質が含まれる可能性があります。当該種別の詳細については、インフィニオンの最寄りの営業所までお問い合わせください。

インフィニオンの正式代表者が署名した書面を通じ、インフィニオンによる明示の承認が存在する場合を除き、インフィニオンの製品は、当該製品の障害またはその使用に関する一切の結果が、合理的に人的傷害を招く恐れのある一切の用途に使用することはできないこと予めご了承ください。