

Application Note

ソーラー **MLPE** アプリケーションでバイパス機能を実現するための
理想ダイオード コントローラ **LM746x0-Q1** の使用

Yang Wu, Abhijeet Godbole, Dilip Jain

概要

モジュールレベル電力電子機器 (MLPE) は、ソーラー発電 (PV) システムに組み込むことで、特に日陰がある場合の特定の条件下で発電性能を向上させ、システム上のいくつかの利点を実現できます。MLPE はかつて高価な特殊製品ですが、過去 10 年間で大きな進歩を遂げ、ソーラー業界で最も急成長している市場セグメントの 1 つになりました。ソーラー電力オプティマイザは、電力出力を最適化し、効率を向上させる MLPE の一種であり、MLPE に高い電力変換効率と低い自己発熱が要求されます。

従来型のソーラー電力オプティマイザは一般的に、バイパス回路に P-N 接合ダイオードまたはショットキー ダイオードを使用しています。ダイオードに大電流が流れると、比較的高い順方向電圧降下が原因で、高い電力損失によって熱に関する重大な問題が発生する可能性があります。改良版方式では、ダイオードより電圧降下が小さい MOSFET を使用することで、ダイオードに比べて電力損失が大きいという短所を克服しています。ただし、MOSFET はオン/オフを切り替えるために追加の制御が必要であり、制御回路には制御故障の可能性があります。これにより、回路の複雑さが増大し、モジュールの信頼性が低下します。このアプリケーション ノートでは、TI の理想ダイオード コントローラ **LM746x0-Q1** を使用して、これらの課題を解決する新しいバイパス回路設計について説明します。さらに、**LM746x0-Q1** の逆電圧範囲を拡張し、より広い出力電圧の PV パネルに対応するための、ディプリーション MOSFET を使用した注目すべきアイデアについても詳しく説明します。さらに、このバイパス回路設計は、MLPE の一種ともみなされる急速シャットダウン (RSD) や、従来はダイオードが使用されていた PV 接合ボックスにも使用できます。

目次

1 はじめに.....	2
1.1 MLPE とは.....	2
1.2 なぜ、いつ、どこで MLPE が必要なのか.....	2
1.3 ソーラー電力オプティマイザとは.....	5
1.4 ソーラー電力オプティマイザの動作原理.....	5
1.5 ソーラー電力オプティマイザの出力バイパス機能.....	6
2 バイパス回路の従来の設計.....	8
2.1 設計 1 - P-N 接合ダイオードまたはショットキー ダイオードの使用.....	8
2.2 設計 2 - MOSFET の使用.....	8
3 バイパス回路の新しい設計.....	9
3.1 バイパス回路の要件.....	9
3.2 理想ダイオード コントローラ LM746x0-Q1 の使用.....	9
3.3 理想ダイオード コントローラを使用する際の課題.....	10
3.4 LM746x0-Q1 逆電圧範囲拡張の動作原理.....	10
4 ベンチ テストと結果.....	13
5 まとめ.....	15
6 参考資料.....	16

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 はじめに

ソーラー太陽光 (PV) セルの出力特性は、光の放射強度や周囲温度によって大きく異なります。PV システムの基本的な要件の 1 つは、ソーラー エネルギーをより効率的に利用できるように、PV セルが常に最大の電力を供給できるようにすることです。したがって、ソーラー電力の最適化には、PV パネルの環境変化に応じて PV パネルの出力電圧と出力電流をこの予想最大電力点に動的に維持するための最大電力点追従 (MPPT) 回路およびアルゴリズムが使用されます。

ソーラー電力の最適化に広く用いられている従来の方法は、PV スtring レベルで行われます。実際、各 PV スtring は通常、複数の PV モジュール (PV パネルとも呼ばれ、各 PV モジュールは複数の PV セルで構成されている) で構成されています。PV スtring レベルで実行されるソーラー電力の最適化は、グローバル スtring MPPT のみを行います。モジュール レベルの MPPT は行いません。また、各 PV モジュールは MPP では動作しない可能性があり、PV スtring も MPP で動作します。この問題を解決するために、モジュール レベル電力電子機器 (MLPE) 技術が長年にわたって発展し、製品化されてきました。

1.1 MLPE とは

MLPE は、PV システムに組み込むことで、特に日陰がある場合の特定の条件下で発電性能を向上させ、システム上のいくつかの利点を実現できます。

MLPE はかつて高価な特殊製品ですが、過去 10 年間で大きな進歩を遂げ、太陽光発電業界で最も急成長している市場セグメントの 1 つになりました。

MLPE には、マイクロ インバータとソーラー電力オプティマイザが含まれています。マイクロ インバータおよびソーラー電力オプティマイザは、String インバータやセントラル インバータと同じ機能 (MPPT など) の一部を実行しますが、通常は多くの (PV スtring) ではなく 1 つ (または数本) の PV パネルに結合され、追加機能を提供します。

たとえば、MLPE は、パネルレベルでの MPPT の追加層です。これは、複数のパネルの String ごとに接続される String インバータ内の MPPT とは対照的です。

1.2 なぜ、いつ、どこで MLPE が必要なのか

図 1-1 から図 1-4 に、日陰ありと日陰なしの条件を比較した PV セルの I-V 曲線を示します。日陰なしの場合、String 特性曲線全体は、MPP と同様に各セルの曲線の合計と見なすことができます。セル 1 (赤) を日陰にすると、これを通過する最大許容電流は急速に減少し、セルが同じ電流と直列に接続されているため、String 電流も同じ値になります。全体的な String 特性曲線は、MPP と同様に日陰のセルによって引き下げられます。

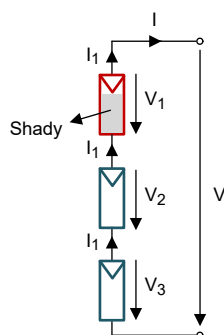


図 1-1. 日陰ありの回路

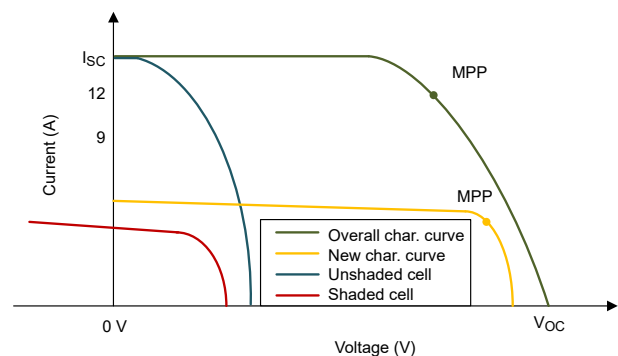


図 1-2. 日陰ありのグラフ

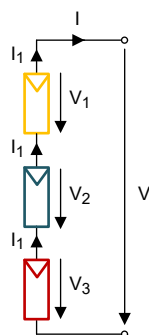


図 1-3. 日陰なしの回路

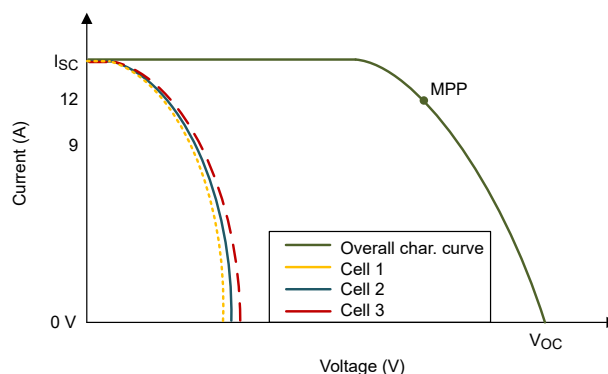


図 1-4. 日陰なしのグラフ

図 1-5 に、屋上 PV アプリケーションのシナリオ例を示します。日陰なしからほぼ完全な日陰まで、さまざまな日陰条件のいくつかの PV パネルがあります。これは、対応する I-V 曲線も MPP と同様に異なることを意味します。これは、日陰が徐々に大きくなるにつれて、PV パネルの発電能力も徐々に低下することがわかります。

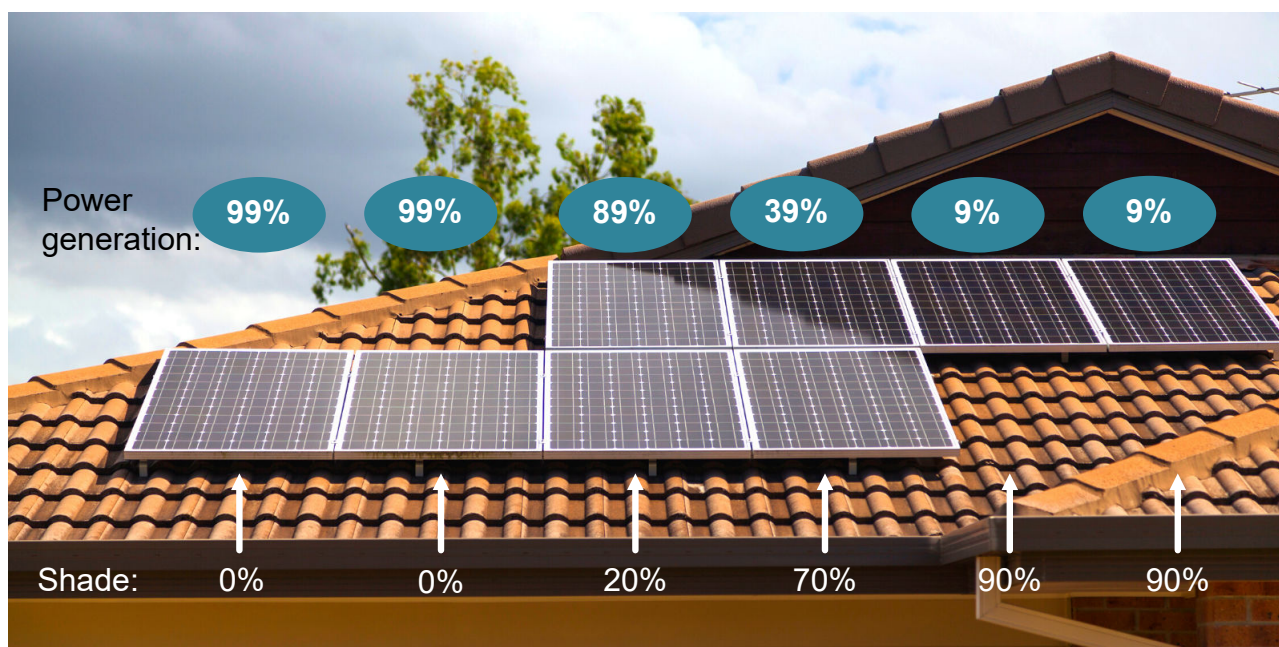


図 1-5. 屋上 PV アプリケーション シナリオの例

ただし、ストリング インバータでは、PV パネルが直列に接続されて同じストリング電流でストリングを形成するため、すべての PV パネルの発電能力は最も低いものによって制限されます。また、すべての PV パネルは、最も電流の少ないパネルと同じ電流になるよう強制されます。これはバケツ効果と呼ばれます。

図 1-6 から 図 1-9 に、日陰条件の有無にかかわらず、PV システムの発電効果のデモを示します。

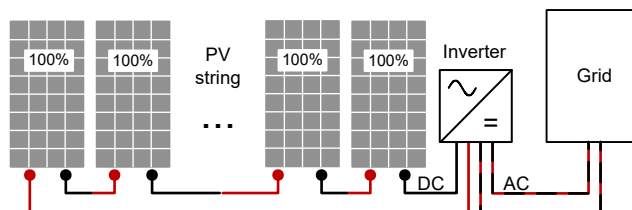


図 1-6. 日陰なしの条件で MLPE を使用しない PV システム

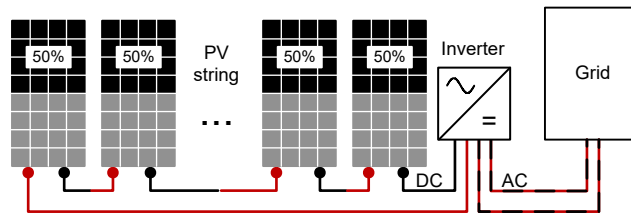


図 1-7. 日陰ありの条件で MLPE を使用しない PV システム

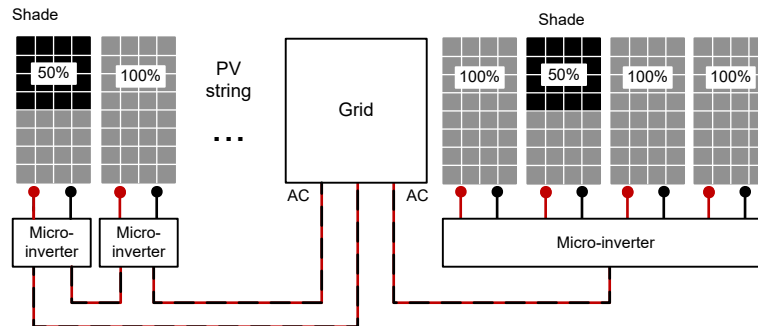


図 1-8. 日陰ありの条件でマイクロインバータを使用した PV システム

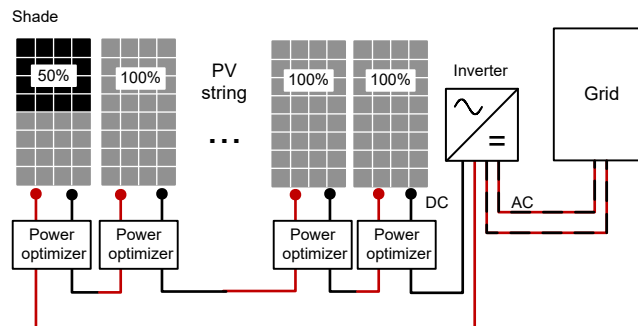


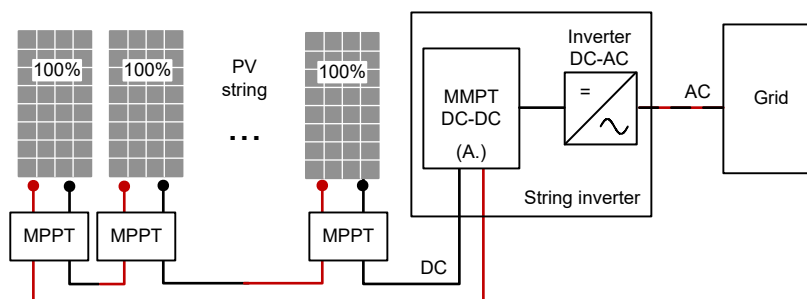
図 1-9. 日陰ありの条件でソーラー電力オプティマイザを搭載した PV システム

要約すると、従来のストリング インバータ PV システムの発電効率は、日陰 (周囲の建物、樹木、雲、落ち葉、鳥の糞など)、PV モジュールの不整合損失、PV パネルの向き不整合損失 (異なる向きの屋根に設置された PV パネル) などの要因の影響を受けます。

MLPE が必要な理由は、ストリング インバータはグローバル MPPT しか実現できないため、MLPE によりモジュールレベルの MPPT を実現し、発電量を向上させることができるからです。さらに、MLPE は、米国電気工事規定 (NEC) のモジュールレベルの急速遮断 (RSD) 要件への準拠、およびモジュールレベルの監視および診断機能を自然に提供します。そのため、発電効率が低い場合、または現地の法律で RSD が要求されている場合、PV システムでは MLPE 製品を検討する必要があります。一般的に、これは主に住宅用および小規模の商用 PV システム用に設計されています。また、RSD はマイクロインバータやソーラー電力オプティマイザから独立した製品であることにも注意してください。したがって、RSD は MLPE 製品の一種と見なされることもありますが、これはマイクロインバータやソーラー電力オプティマイザのように発電性能を向上させず、シャットダウン機能のみを提供します。

1.3 ソーラー電力オプティマイザとは

図 1-10 に、ソーラー電力オプティマイザを搭載した PV システムを示します。



A. ソーラー電力システムは、実際のニーズに基づいてオプティマイザを実装します。各 PV パネルに対してオプティマイザが必ずしも必要とは限りません。

図 1-10. ソーラー電力オプティマイザを搭載した PV システム

実際のニーズに基づいて、オプションのソーラー電力オプティマイザをソーラー電力システムに追加することができます。オプションのソーラー電力オプティマイザは、インバータの一種ではありません。これにより、モジュールレベルの MPPT によってソーラー システムを最大化することができ、既存のストリング インバータ (グローバル MPPT) との互換性を備えています。したがって、オプティマイザを搭載したソーラー電力システムでは、このオプションを使用しない場合よりも効率的な DC 出力を供給できます。これは、マイクロインバータとストリング インバータの妥協案と考えることができます。ソーラー電力オプティマイザは、マイクロ インバータのように個々のソーラー パネルに取り付けることができますが、この機能は DC から AC への変換とは何ら関係ありません。

1.4 ソーラー電力オプティマイザの動作原理

図 1-11 から 図 1-14 に、ソーラー電力オプティマイザの動作原理を示します。日陰 (青色の I-V 曲線上の MPP) がいないとき、PV パネルは最大 420W (35V、12A) を出力できると仮定します。

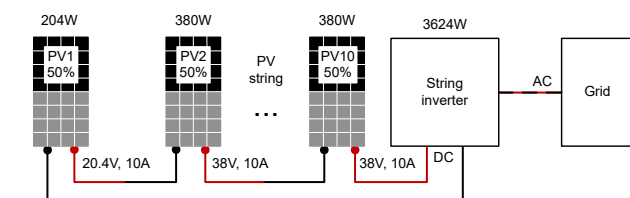


図 1-11. ソーラー電力オプティマイザを搭載していない PV システム

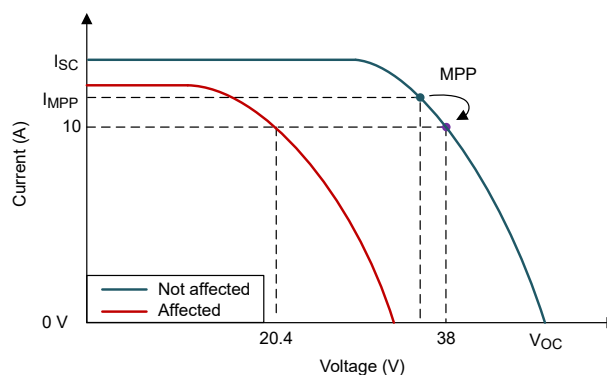


図 1-12. ソーラー電力オプティマイザを搭載していない PV 曲線の特性評価

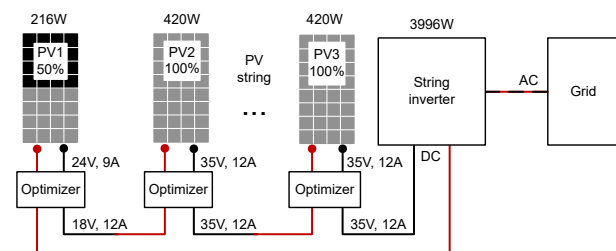


図 1-13. ソーラー電力オプティマイザを搭載した PV システム

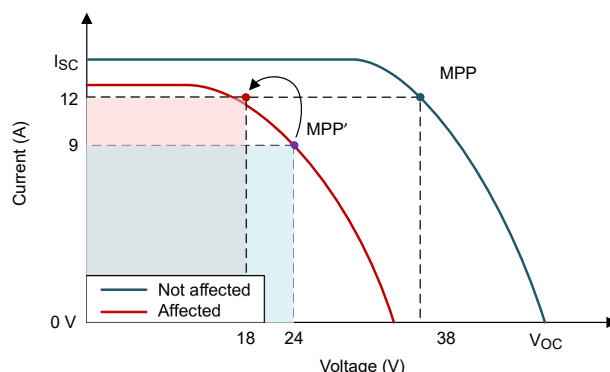


図 1-14. ソーラー電力オプティマイザを搭載した PV 曲線の特性評価

電力平衡: 2 つの共有領域は同じ大きさです。

上半分はオプティマイザなしの PV システムです。この例では、PV 1 が葉で部分的に遮られている場合、I-V 曲線は緑色で表示されます。PV 2 から PV 10 に日陰はなく、I-V 曲線は水色で表示されます。この場合、ストリング インバータは、最大出力電力が 10A のストリング電流の条件にあると判定します。PV 2 から PV 10 に日陰がないにもかかわらず、PV 2 から PV 10 の MPP が水色から紫色の点に変化することがわかります。ストリング インバータに流れ込む合計電力は 3624W です。

下半分はオプティマイザありの PV システムです。この例では、PV 1 が葉で部分的に遮られている場合、I-V 曲線は緑色で表示されます。PV 2 から PV 10 に日陰はなく、I-V 曲線は水色で表示されます。ソーラー電力オプティマイザを使用すると、ストリング インバータは PV 2 から PV 10 の MPP 電流と一致する 12A のストリング電流の状態において、最大出力電力を検出します。つまり、PV 2 から PV 10 は MPP に対応しています。PV 1 では、MPP は 24V 9A (暗青色の点) です。電力オプティマイザの単純な電力平衡原理 (理想的には損失を無視) により、この後の出力は 18V 12A (紫の点) に変更されます。ストリング インバータに流れ込む合計電力は 3996W です。図に示すように、電力オプティマイザを使用すると、ストリング インバータに流れ込む合計電力は 10.2% 増加します。

つまり、電力オプティマイザは各パネルの最大電力をリアルタイムで追跡し、出力電圧を安定化してからインバータに出力を送信します。インバータはより多くの電力を処理できます。その結果、太陽光に対する向きや日陰、1 枚または複数枚のパネルの損傷に影響されることなく、すべてのパネルで発電性能が最適化されます。

1.5 ソーラー電力オプティマイザの出力バイパス機能

図 1-15 は、オプティマイザが対応する PV パネルと並列に配置されていることを示しています。なお、PV スtring は、実際にはオプティマイザの出力によって接続されます。オプティマイザのパネルまたは電力段 (MPPT DC-DC) が損傷したとしたら、String はどのように引き続き動作しますか？ 図 1-15 に、オプティマイザの概略ブロック図を示します。この回路には、破損したパネルやオプティマイザの電力段の周囲に String 電流を流すことができるもう 1 つのパスを供給するバイパス回路があります。

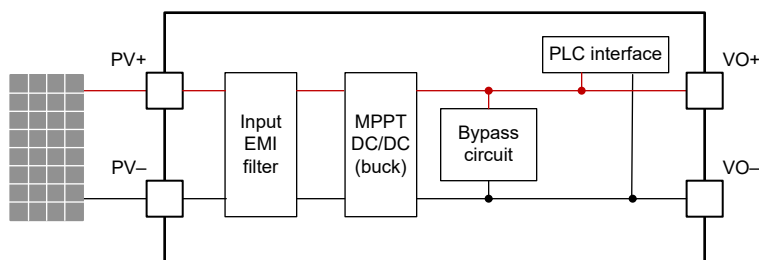


図 1-15. ソーラー電力オプティマイザの概略ブロック図

図 1-16 に、バイパス機能の仕組みを示します。この例では、2 番目の PV パネルが故障しているため、String 電流はこの PV パネルを通過せず、オプティマイザ内部のバイパス回路を通過します。

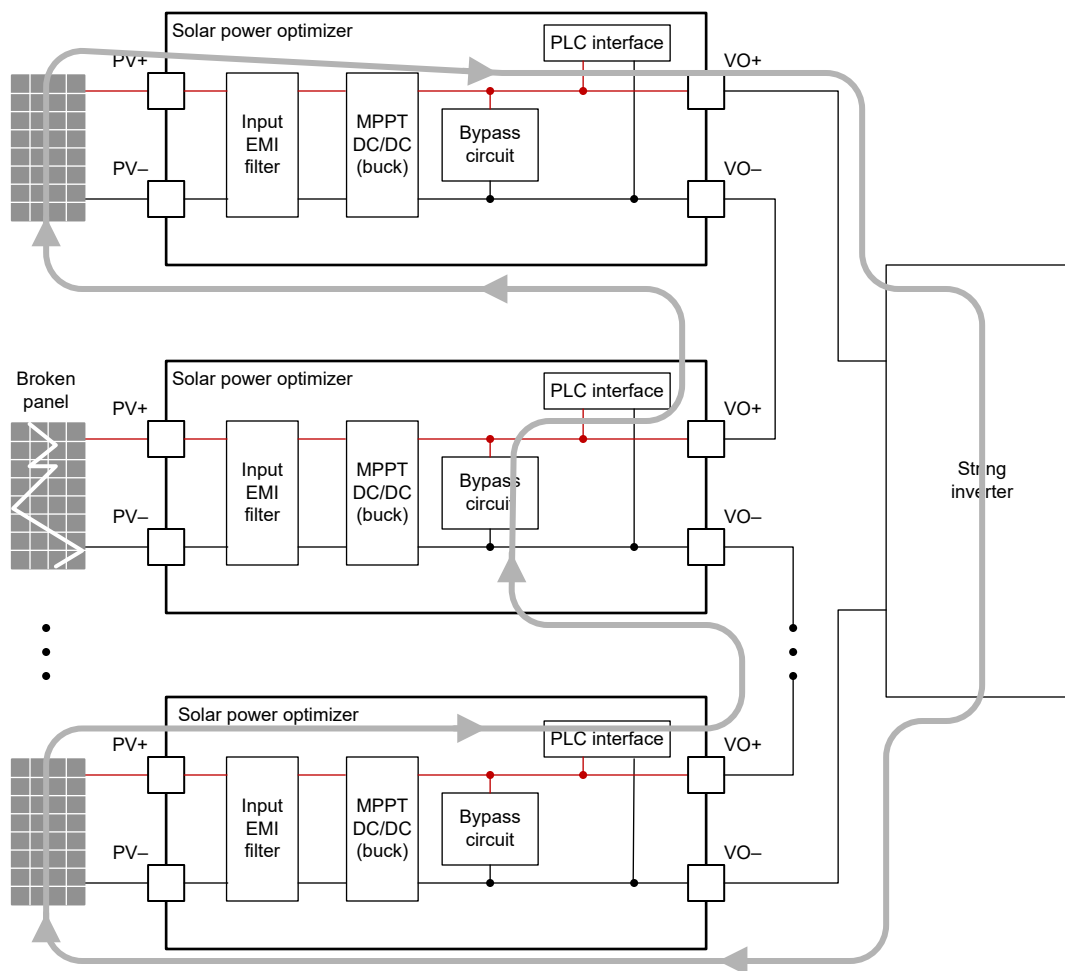


図 1-16. ソーラー電力オプティマイザの出力バイパス機能

2 バイパス回路の従来の設計

バイパス電流は最大数十アンペア (20A など) であり、バイパス回路には通常 2 種類の従来型の設計があります。

2.1 設計 1 - P-N 接合ダイオードまたはショットキー ダイオードの使用

図 2-1 に、P-N 接合ダイオードまたはショットキー ダイオードを使用してバイパス機能を実現する一般的で最も簡単な方法を示します。この方法は低コストで使いやすく、選択したダイオードで非常に高い逆電圧を得ることができます。ただし、以下の欠点が残ります。

- 大きな電力損失 ($0.7V/0.4V \times 20A = 8 \sim 14W$ の損失)
- 重大な熱問題
- 太陽光発電効率の低下
- 高電流ダイオードが必要であるため、大きな PCB サイズが必要

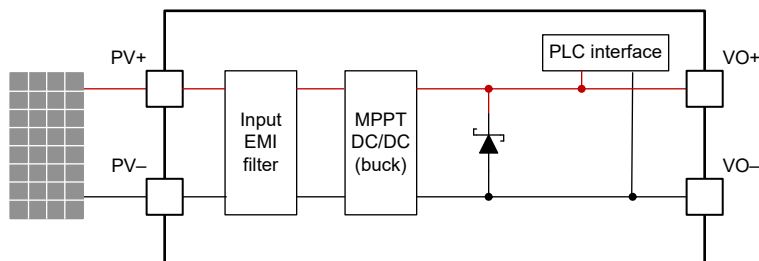


図 2-1. バイパス回路のダイオード方式

注

P-N 接合ダイオードまたはショットキー ダイオードを使用したバイパス回路。

2.2 設計 2 - MOSFET の使用

図 2-2 に示すように、ダイオード設計の電力損失が大きいという欠点を克服するために、(RDSON が小さいため) 電圧降下または電力損失がかなり小さい MOSFET を使用することもできます。ただし欠点は依然として存在します。

- MOSFET はスタンドアロンの設計ではないため、オンまたはオフには MCU 制御が必要です。
- MCU 制御には PV パネルからの電力が必要です。PV パネルが著しく損傷しているか、完全に日陰になっている場合、MCU が動作できないため、MOSFET を正常にオンにすることができなくなります。
- MCU が動作しない場合、または制御できない場合、MOSFET はオンにならず、バイパスパスは寄生ダイオードとなります。しかし、寄生ダイオードは大きな電流を扱うことができず、大量の熱を蓄積する可能性があり、結果として火災を引き起こすリスクがあります。

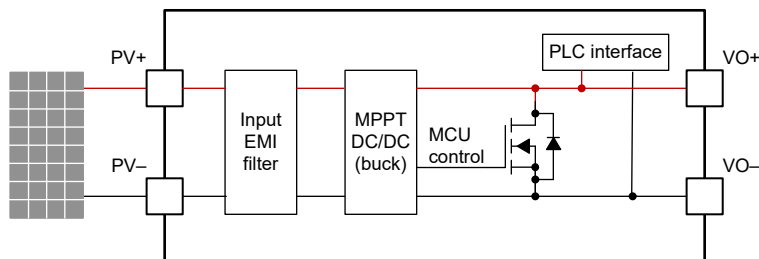


図 2-2. バイパス回路の MOSFET 設計

3 バイパス回路の新しい設計

従来のバイパス回路設計の課題を解決する方法は？このセッションでは、TI の低電圧理想ダイオード コントローラ **LM746x0-Q1** を使用した新しいバイパス回路の設計について説明します。

3.1 バイパス回路の要件

バイパス回路には、従来の設計よりも優れた設計を行うための 3 つの要件があります。

- **高い入力電圧:** 最大 80V の定格入力電圧 (+20V のマージン) に対応する、一般的な単一ソーラー パネルに対応する最小 100V 定格の設計。最大 125V の定格入力電圧 (25V のマージン) に対応する、直列接続された 2 枚のソーラー パネルに対応する最小 150V 定格の設計。
- **低い電力損失:** P-N 接合ダイオードやショットキー ダイオードの代わりに、より電力損失の小さい MOSFET を使用する必要があります。
- **スタンドアロン:** バイパス回路は他の回路から独立している必要があります。つまり、他の回路で障害が発生しても、バイパス回路には影響しません。

3.2 理想ダイオード コントローラ LM746x0-Q1 の使用

新バイパス回路ソリューションでは、フローティング ゲートドライブ アーキテクチャを採用した理想ダイオード コントローラ (**LM74610-Q1** など) を使用し、外付け MOSFET を駆動して理想ダイオードをバイパス回路としてエミュレートすることで、他の回路から独立させます。そのフローティング ゲートドライブ アーキテクチャは、ゲートドライブが **GND** を基準としないため、汎用入力範囲を実現できます。さらに、この方式には、グランドを基準としないために、 I_q がゼロであるという独自の利点があります。

この動作原理を 図 3-1 と 図 3-2 に示します。PV パネルまたはソーラー機器が故障すると、バイパス回路が機能します。サイクルごとに、外部 MOSFET のボディダイオードが負荷電流を流し、ボディダイオードの両端の電圧がデューティ サイクル **D** で内部でチャージ ポンプを構築し、その後デューティ サイクル **1-D** で FET をオンにします。ソーラー パネルとソーラー機器が正常に動作している場合、バイパス回路は導通せず、理想ダイオード コントローラの陰極から陽極に逆電圧 (**VO+** から **VO-**) が発生します。

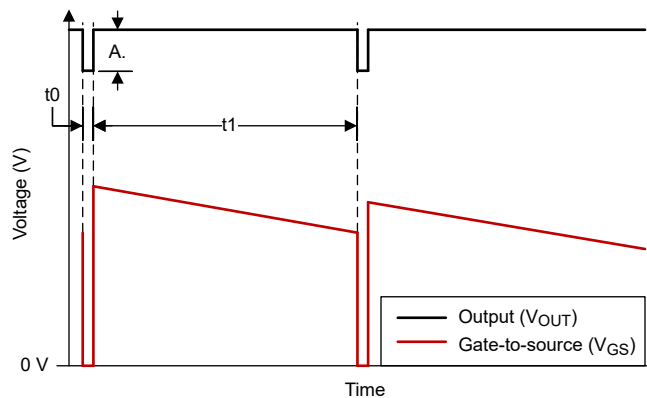


図 3-1. LM746x0-Q1 の出力電圧および VGS 動作例

LM746x0-Q1

t0: FET オフ、デューティ サイクル = D

A: ボディダイオードの電圧降下

t1: FET オン、デューティ サイクル = 1-D

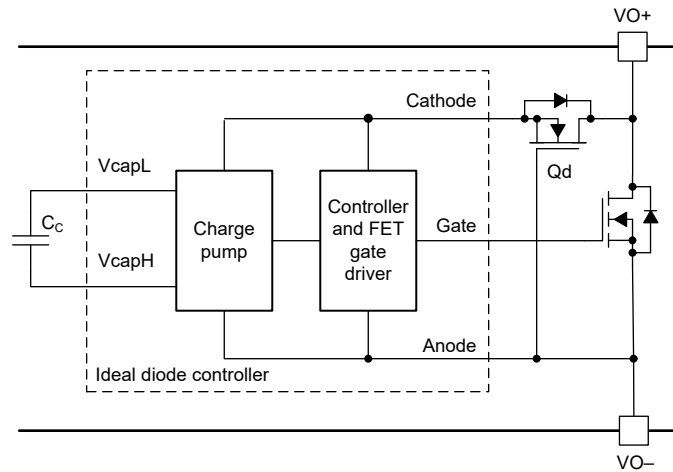


図 3-2. バイパス回路の理想ダイオード コントローラの設計

3.3 理想ダイオード コントローラを使用する際の課題

ただし、理想ダイオード コントローラのカソードからアノードへの逆電圧 ($VO+$ から $VO-$) は、PV パネルまたはストリングの過渡電圧として非常に高くなる可能性があります。特に PV パネルが非常に大きな入力電圧範囲で直列に使用される場合、バイパス回路の最大入力電圧範囲を設計するのは困難です。

LM74610-Q1 の最大逆電圧は、 $45V_{max}$ (過渡) の電圧に制限されています。そのため、現在利用可能な理想ダイオード コントローラ デバイスは、最大定格入力電圧 $80V$ または $125V$ のソーラー パネル向けには設計されていません。

低電圧の理想ダイオード コントローラの任意の範囲に対してこの高電圧を維持するため、ディプリーション MOSFET Q_d (図 3-2 を参照) を理想ダイオード コントローラの逆電圧範囲のみに使っています。 Q_d のドレインは出力 $VO+$ に接続し、ソースはカソードに接続し、ゲートは理想ダイオード コントローラのアノードに接続します。ここでカソード-アノード間の逆電圧はディプリーション MOS によって決定されますが、LM74610-Q1 では制限されません。

3.4 LM746x0-Q1 逆電圧範囲拡張の動作原理

まず、ディプリーション MOSFET について理解しましょう。通常、ゲートに何らかの電圧が印加されてオンになる、一般的に使用されている拡張 MOSFET とは異なり (N チャネル MOSFET の場合、 $V_{GS} > V_{GS(th)}$)、ディプリーション モード MOSFET は通常、ゲート電圧が印加されずにオンになります。これは、 $V_{GS} > 0$ 、 $V_{GS} = 0$ 、または $V_{GS} < 0$ のときに MOSFET がオンになることを意味します。なぜなら、ディプリーション MOSFET は拡張 MOSFET に基づいており、正のイオンが FET の絶縁層に注入されるからです。そのため、自然に導電性チャネルが存在します。

枯渇した N チャネル MOSFET の場合、元の正のイオン磁界をオフセットできるのは、 V_{GS} (負の値) が負の方向にさらに増加して $V_{GS(OFF)}$ のピンチオフ モードに達するか、または $V_{GS(th)}$ と呼ばれる場合のみです。この場合、導電性チャネルを閉じることができます。

図 3-3 に、既存の理想ダイオード コントローラ回路にディプリーション MOSFET Q_d を追加した場合の動作モードを示します。

$V_{CATHODE} \leq V_{ANODE}$ の場合、 $V_{IN} \geq V_{OUT}$ となる通常動作。この場合、ソーラー電力オプティマイザのバイパス回路は動作します。MOSFET Q_1 および Q_d がオン、 $V_{CATHODE} \cong V_{ANODE}$ 。

$V_{CATHODE} > V_{ANODE}$ では、逆極性または逆電流保護動作中、 $V_{IN} < V_{OUT}$ となる。このとき、ソーラー電力オプティマイザのバイパス回路は動作しません。MOSFET Q_1 はオフで、MOSFET Q_d はソース フォロウとしてレギュレーション モードにあり、 $V_{CATHODE}$ を V_{ANODE} より高く維持します $V_{CATHODE} = V_{IN(VANODE)} + Abs(V_{GS(th)})$ 。そのため、 $V_{CATHODE}$ から V_{ANODE} にかかる電圧は、 Q_d の絶対最大定格 $V_{GS(th)}$ (通常 $< 5V$) の範囲内であり、LM74610-Q1 の最大逆電圧 $45V_{MAX}$ の過渡電圧よりもはるかに低くなっています。高い逆電圧 ($V_{OUT} - V_{IN}$) は、 Q_d のドレイン ソース間電圧 V_{DS} によって維持されます。

適切なディプリーション MOSFET を選択する方法は、主に 2 つの要因によって決まります。

- $Q_d \geq V_{IN(max)}$ (最大ピーク入力電圧) の V_{DS} 定格を選択します。

- $R_{DS(on)}$ は数百 Ω の範囲になる可能性があります (LM746x0-Q1 のフローティング ゲートドライブ アーキテクチャは、カソード ピンのグラウンドに対するインピーダンスが大きく、コントローラの $I_{CATHODE}$ は μA の範囲です)。

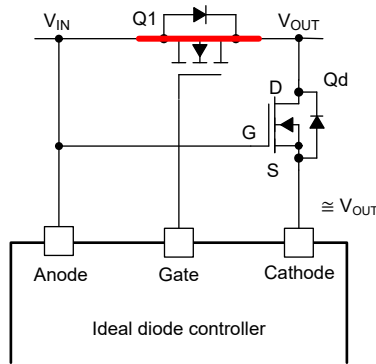


図 3-3. ディプリーション MOSFET 追加時の動作モード
($V_{CATHODE} \leq V_{ANODE}$)

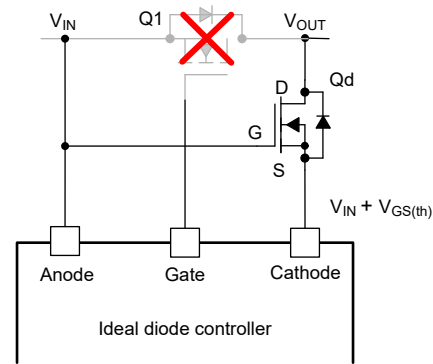


図 3-4. ディプリーション MOSFET 追加時の動作モード
($V_{CATHODE} > V_{ANODE}$)

図 3-5 と 図 3-6 に、LM74610-Q1 とディプリーション MOSFET を使用したバイパス回路のシミュレーション回路と結果を示します。シミュレーション結果から、ディプリーション MOSFET を使うことが、電流の低電圧理想ダイオードコントローラの逆電圧範囲をできるだけ広げる効果的な方法であることが分かり、PV パネルまたはストリングの非常に広い入力電圧範囲という課題を解決できます。

この設計の場合、ソーラー電力オプティマイザシステムには以下のようなシステム上の利点もあります。

- 非常に低い電力損失により、ホット スポットの問題を解決する。
- ソーラー機器の安全性を高め、火災リスクを減らす。
- ソーラー発電効率を改善する。

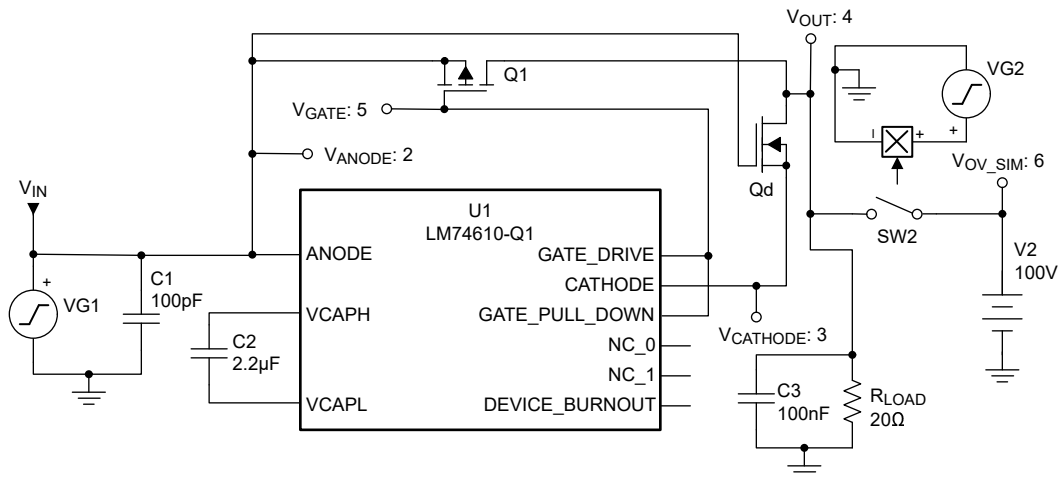


図 3-5. LM74610-Q1 とディプリーション MOSFET を使用したバイパス回路のシミュレーション回路

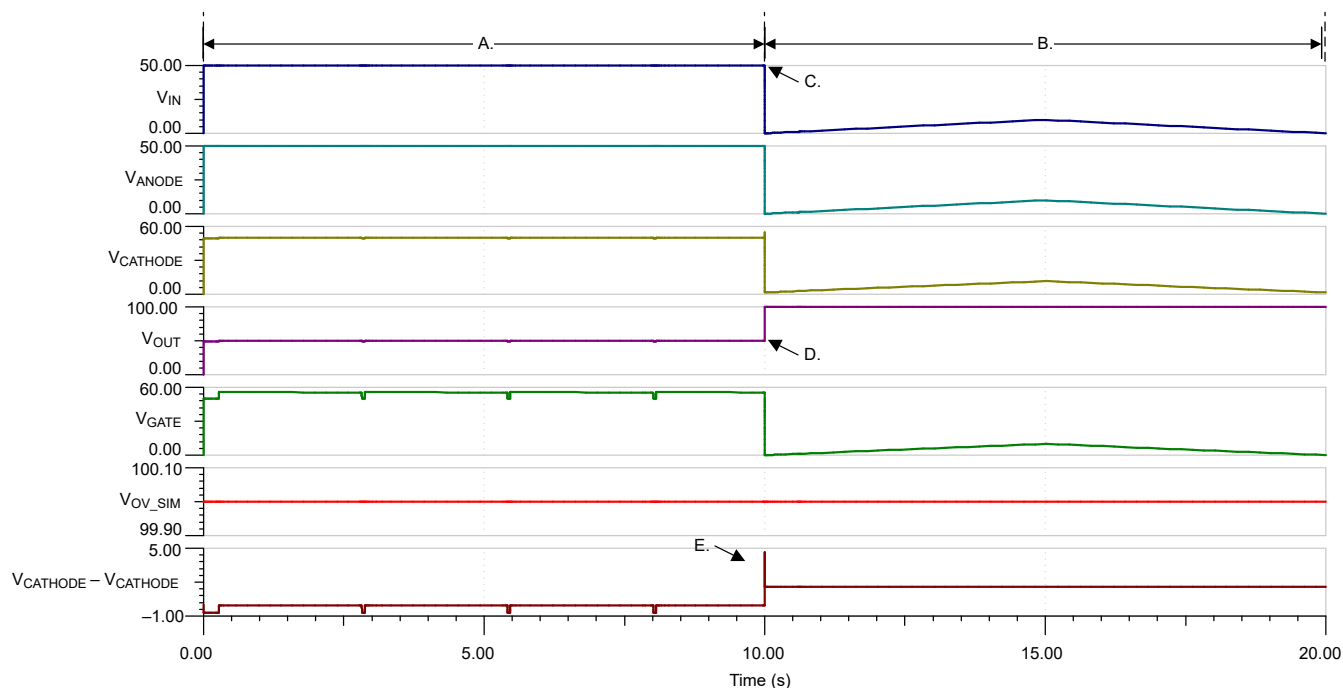


図 3-6. LM74610-Q1 とディプリーション MOSFET を使用したバイパス回路のシミュレーション結果

注

- バイパス回路動作中、 $V_{IN} \geq V_{OUT}$
- バイパス回路非動作中、 $V_{IN} < V_{OUT}$
- 入力電圧の変動をシミュレート
- V_{OV_SIM} ソースによって生成された V_{OUT} に現れる高い過渡電圧をシミュレート
- Q_d はソース フォロワとして動作し、 $V_{CATHODE} - V_{ANODE} = |V_{GS(th)}| \cong 1.6V$ を維持

4 ベンチ テストと結果

ディプリーション MOSFET を使用した LM74610-Q1 バイパス機能アプリケーションの回路図を 図 4-1 に、テストの変更と設定を行ったデモ ボードの上面図を 図 4-2 に示します。

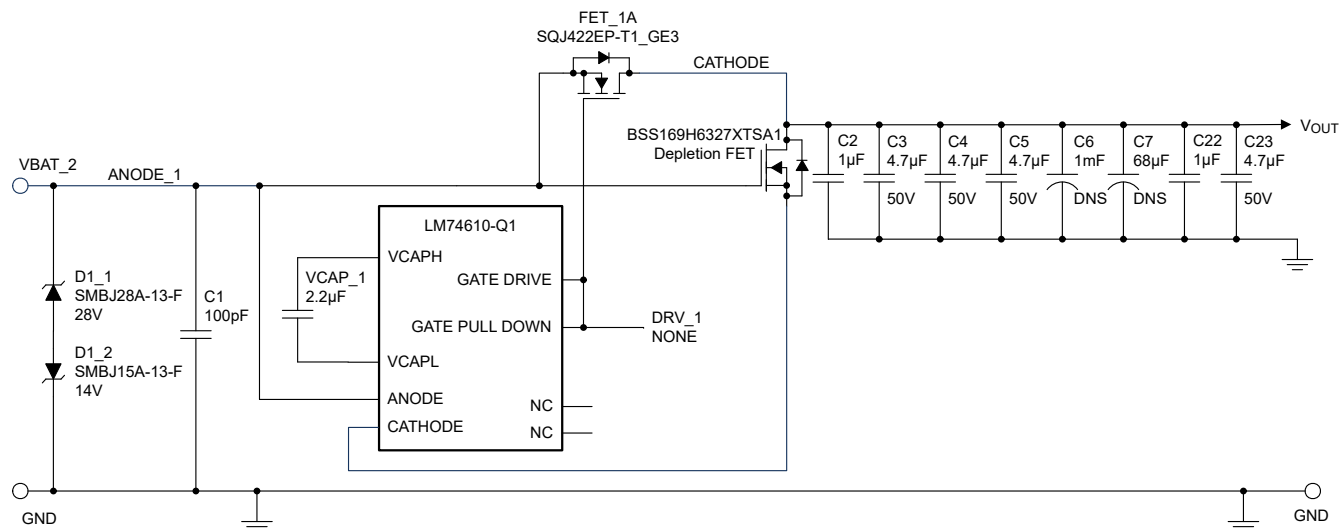
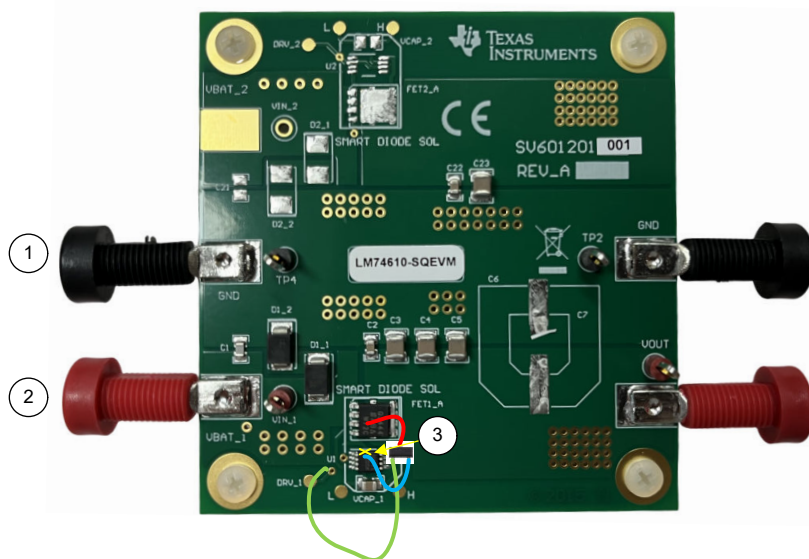


図 4-1. LM74610-Q1 ディプリーション MOSFET を使用したバイパス機能アプリケーションの回路図



- ① Chroma programmable DC power supply Model 62012P-600-8
- ② PVIN Setup
V = 60V, I_MAX = 1A
V_IN ramped from 60V to 0V
- ③ Cut off the copper between the drain pin of FET1_A and cathode pin of LM74610

図 4-2. LM74610-Q1 ディプリーション MOSFET を使用したバイパス機能のデモ ボード

図 4-3 に、40V の LM74610-Q1 コントローラを使用した 60V バイパス スイッチ設計のテスト結果を示します。適切にスケールリングされた MOSFET (Q1 と QD) を使用すると、入力電圧範囲は FET の VDS 定格まで拡張できます。これにより、同じ低電圧コントローラを使用した高電圧設計が可能になります。また、入力電圧範囲を広げることは、エンタープライズ、通信、電動工具、高電圧バッテリー管理の各アプリケーションにも有用です。

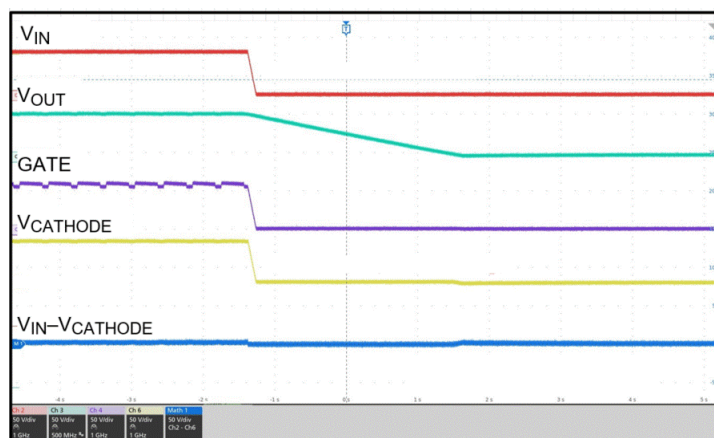


図 4-3. LM74610 とディプリーション MOSFET による 60V バイパス回路のテスト結果

60V バイパス

ディプリーション MOSFET ありの LM74610-Q1

60V から 0V に降圧された V_{IN}

デバイスのカソード ピンは $(V_{IN} + V_{T_QD})$ に従います

FET QD の V_T にクランプされた有効な $V_{ANODE} - V_{CATHODE}$

5 まとめ

直列接続された PV パネルやソーラー機器が損傷したり故障したりした場合、ホットスポットや電圧供給の中断を避けるための設計が重要です。一般的にこれらは、ソーラー電力オプティマイザや緊急遮断機能が担っています。標準的な整流ダイオードやショットキー ダイオードは、損傷したパネルをバイパスする最も簡単な設計ですが、ダイオードは熱効率が良くないのであまり推奨されません。このアプリケーション ノートでは、バイパス スイッチ設計よりも単独損失が少ない N チャネル MOSFET と組み合わせたフローティング ゲート型理想ダイオード コントローラについて説明します。さらに、PV パネルの広範な入力電圧範囲 (数ボルトから 150V まで) に対応するため、ディプリーション MOSFET を用いた追加のシステム ワークアラウンドを提案し、バイパス スイッチ アプリケーション向けのプラグ アンド プレイ設計を実現します。

6 参考資料

- テキサス・インスツルメンツ、[『LM74610-Q1 ゼロ IQ 逆極性保護スマートダイオードコントローラ データシート』](#)
- ソノマ郡許可ソノマ、[『住宅屋上システムのためのソーラー許可証』](#)
- El-Pro-Cus、[『ディブリーション モード MOSFET とは: 作業とそのアプリケーション』](#)

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した テキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている テキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる テキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated

重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ (データシートを含みます)、設計リソース (リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適したテキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されているテキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかるテキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated