

*Design Guide: TIDA-00236*

## PLC 用の 8 チャネル 0.5A ローサイド デジタル出力モジュール

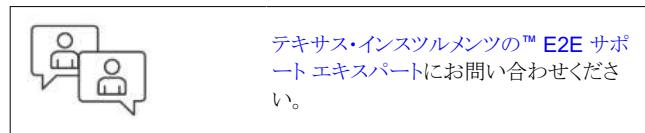


# 説明

TI リファレンス デザインは、システムの迅速な評価とカスタム化に必要な方法、試験結果、設計ファイルなどを提供しています。TI リファレンス デザインは、お客様の市場投入までの開発期間短縮に貢献します。

## リソース

TIDA-00236	デザイン フォルダ
TIDA-00123	デザイン フォルダ
DRV81646	プロダクト フォルダ
ISO6441	プロダクト フォルダ
ISO6421	プロダクト フォルダ
TLC5927	プロダクト フォルダ
LM5009	プロダクト フォルダ
LM2936	プロダクト フォルダ

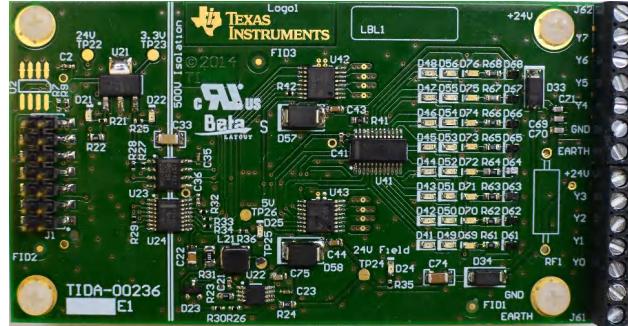
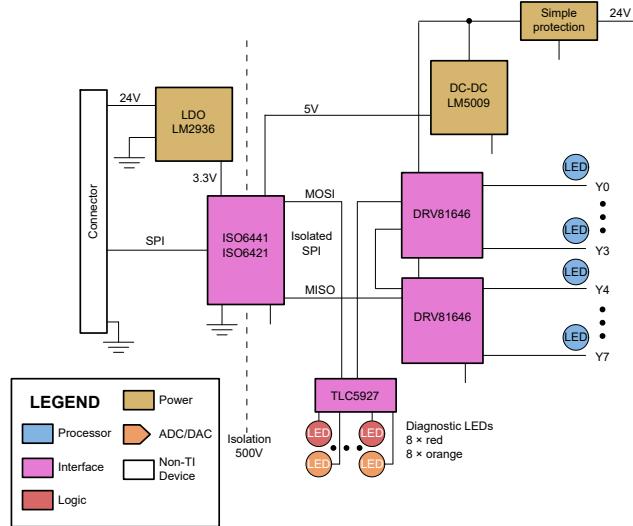


特長

- 高密度 8 チャネル 24V ローサイド デジタル出力
  - 500mA / チャネル非安定化 (20%)、2A ピーク
  - 絶縁チャネルの節約になるデータシリアルライザ
  - 誘導性負荷をスイッチング可能
  - 出力状態と故障を示す LED
  - スタンドアロンまたは [TIDA-00123](#) と組み合わせて使用可能

## アプリケーション

- プログラマブル ロジック コントローラ (PLC) I/O モジュール
  - 分散制御システム (DCS) の I/O モジュール
  - モーター制御の I/O モジュール
  - センサ コンセントレータ



## 1 主なシステム仕様

表 1-1. 主なシステム仕様

記号	パラメータ	条件	仕様			単位
			最小値	標準値	最大値	
$V_{IN}$	入力電圧	通常動作	10	24	33	V
$I_{IN}$	入力電流	通常動作	-	15	50	mA
$V_{LOAD}$	負荷電源電圧	通常動作	0	24	44	V
$I_{LOAD}$	負荷電流	チャネルあたり $T_A = 60^\circ\text{C}$	-	500	600	mA
		チャネルあたり $T_A = 25^\circ\text{C}$	-	700	1000	mA
$P_{LOSS}$	チャネルあたり電源損失	$R_L = 48\Omega, V_{LOAD} = 24V, T_A = 25^\circ\text{C}$	-	200	-	mW
$f_{SW}$	スイッチング周波数	抵抗性負荷		1000		Hz
		誘導性負荷、 0.1H すべてのチャネル		10		Hz
$t_{RISE}$	負荷電圧立ち上がり時間 10%..90%	$R_L = 48\Omega, V_{LOAD} = 24V, T_A = 25^\circ\text{C}$	-	600	-	ns
$t_{FALL}$	負荷電圧立ち下がり時間 90% .. 10%	$R_L = 48\Omega, V_{LOAD} = 24V, T_A = 25^\circ\text{C}$	-	120	-	ns
$t_{PD}$	伝搬遅延 (ラッチから出力変更まで)	$R_L = 48\Omega, V_{LOAD} = 24V, T_A = 25^\circ\text{C}$	-	150	-	ns
$I_{PEAK}$	ピーク電流 (1ms)		2.3		3.8	A
$P_{IND}$	チャネルの各グループの誘導電力 (1)				0.5	J/s

(1) 出力 Y0 ~ Y3 が 1 つのグループで、出力 Y4 ~ Y7 が 1 つのグループになります。

## 2 システムの説明

デジタル出力 (DO) モジュールは、PLC または DCS システムの標準モジュールです。DO モジュールは、抵抗性、容量性、または誘導性負荷の永続的なオン / オフ、またはパルス幅変調 (PWM) による負荷の制御に使用されます。

MOSFET を使用したデジタル出力は、ハイサイド スイッチまたはローサイド スイッチとして識別できます。このリファレンス デザインではローサイド スイッチの原理を使用しているため、出力に接続された負荷は、24V 電源とモジュール出力の間にあります。そのため、スイッチは 24V DC 電源での負荷を下回っています。

この原理を適用する利点は、MOSFET を NMOS タイプにすることができるためスイッチング MOSFET のコストが低くなることです。NMOS タイプは、同じ  $R_{DS(on)}$  を持つ PMOS FET と比較して小型であり、飽和領域で FET を動作させるために電源電圧を上回る電圧を必要としません。その一方で、ローサイド構成はオフ時でも負荷が 24V 電源に常時接続されるため、腐食しやすいという点もあります。この構成ではまた、グランドへの短絡が発生すると、意図せずに負荷をオンにします。

ほとんどの場合、デジタル出力は出力の制御からガルバニック絶縁されています。このリファレンス デザインでは、低消費電力デジタル アイソレータを使用して、24V のフィールド電源を SPI 制御信号から分離しています。SPI を制御インターフェイスとして使用することで、絶縁チャネル数を 8 チャネルから 4 チャネルに減らすことができます。フィールド側には 24V DC からの高効率電源もあり、デジタル アイソレータ、LED ドライバ、ステータス LED に電力を供給します。

基板とコネクタのフォーム ファクタにより、TIDA-00236 を TIDA-00123 と組み合わせて使用し、オンボード マイコン (MCU) を使用して出力を制御することができます。この基板は単独で使用することもでき、上部の標準コネクタを使用して、SPI 通信の処理能力を持つ任意のマイコンまたはマイクロプロセッサ (MPU) に接続することもできます。

### 3 ブロック図

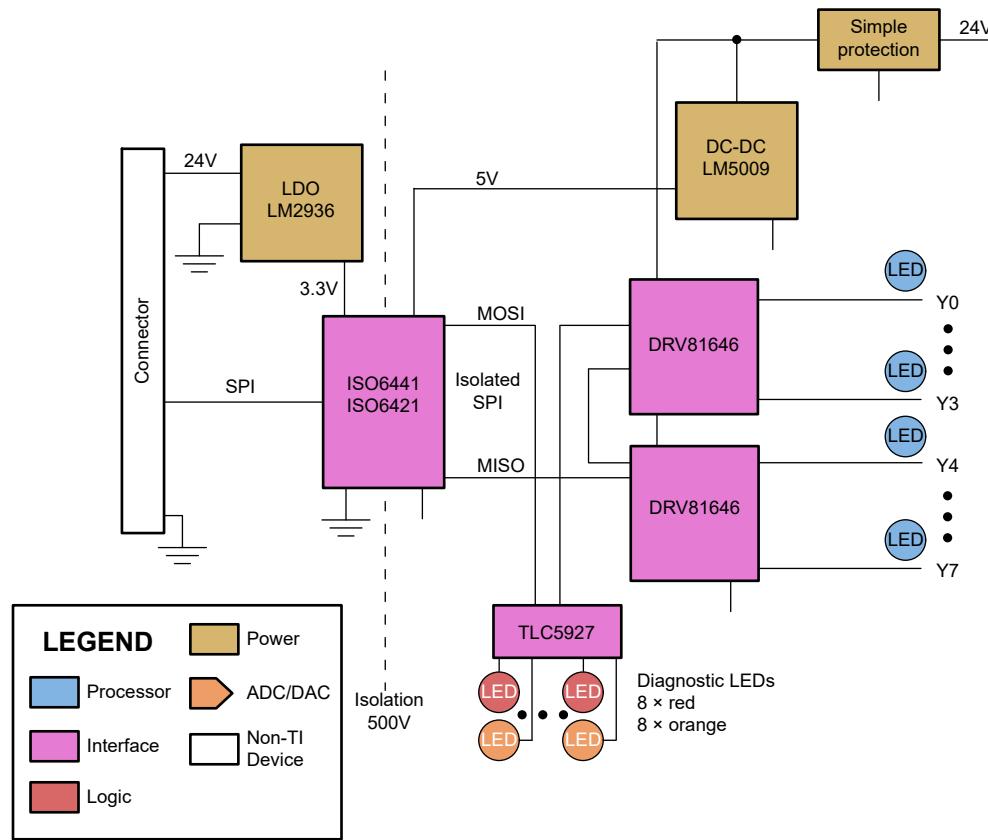


図 3-1. 概略ブロック図

### 3.1 主な使用製品

TIDA-00236 は、ローサイド ドライバとして構成された 8 個のデジタル出力を備えています。設計には、各デバイスに内蔵された 4 個の保護機能付きローサイド ドライバを備えた 2 つの **DRV81646** を使用しています。オンチップ シフトレジスタ制御ロジックにより、**SPI** 経由で出力を制御することや、複数のデバイス（この場合は 2 個）をデイジーチェーン接続することも可能です。並列で制御する場合と比較すると、1 つの **SPI** チャネル（4 本のライン）で 8 個以上の出力チャネルを制御できるため、絶縁チャネルの節減になります。**ISO6441** は、**SPI** チャネルにガルバニック絶縁を提供します。各 **DRV81646** にはグローバル フォルト ピンも備わっているため、4 つの出力チャネルのいずれかで発生した故障を示します。これらの信号は、**ISO6421** に接続され、信号をガルバニック絶縁します。**LM5009** は、低コストの降圧構成で使用され、**ISO6441** と **ISO6421** の 2 次側に 5V の電力を供給します。**LED** を含む **TLC5927** にも 5V が使用されます。**LED** ライティング ドライバ **TLC5927** は、出力あたり 2 つのプログラム可能なステータス **LED**、合計 16 個を駆動します。**DRV81646** の出力には 8 個のステータス **LED** が追加で接続されており、出力の物理的ステータスを示します。**LM2936** は、低コスト、低ドロップアウト（LDO）で、**ISO6441** および **ISO6421** の 1 次側に 3.3V を供給します。

### 3.1.1 DRV81646

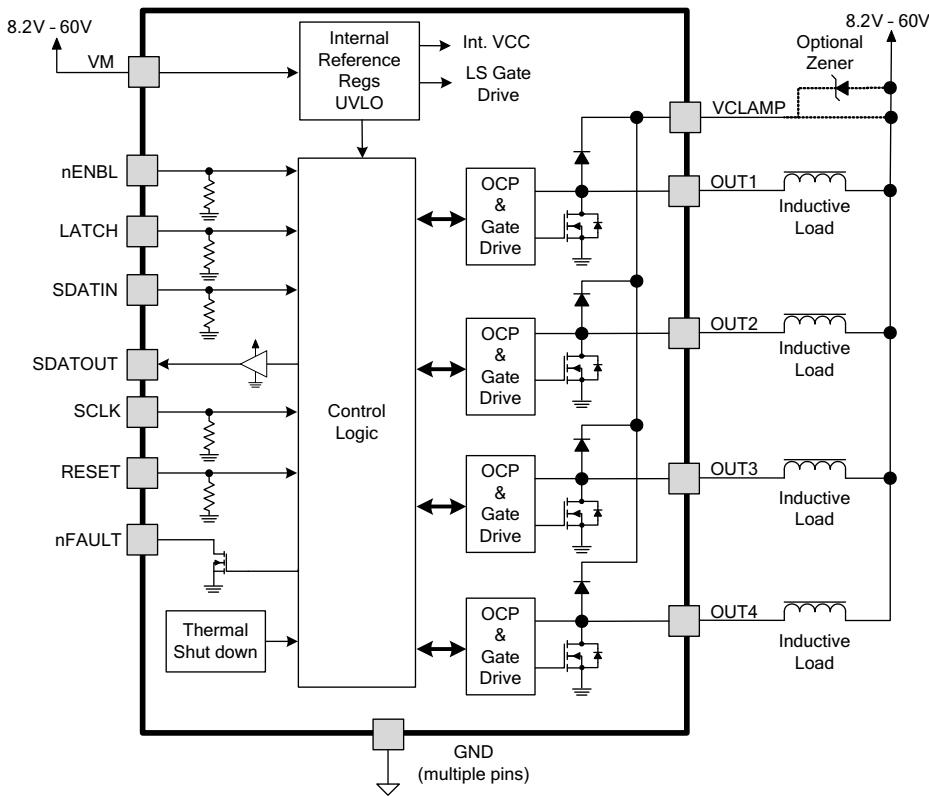


図 3-2. DRV81646 の機能ブロック図

DRV81646 は、過電流保護機能と内蔵のクランプダイオードを備えた 4 チャネルのローサイドドライバで、抵抗性、容量性、誘導性負荷の駆動に最適なデバイスです。制御ロジックは、複数のデバイスをデジ털接続できる SPI を提供します。DRV81646 は、パラレル (GPIO) インターフェイス制御もサポートしています。DRV8803 も類似の機能を備えていますが、SPI の代わりにパラレル インターフェイスを採用しているこのリファレンス デザインでは、デバイスの放熱性能と駆動性能の評価にも使用できます。

過電流保護、短絡保護、低電圧誤動作防止、および過熱保護のための内部シャットダウン機能が搭載されており、すべてが nFAULT ピンに接続されています。

### 3.1.2 ISO6441 および ISO6421

ISO6441 および ISO6421 は、UL 規格では  $5000\text{V}_{\text{RMS}}$  を 1 分間、VDE 規格では  $10400\text{V}_{\text{PK}}$  のガルバニック絶縁を提供します。ISO6441 には、正方向に 3 チャネル、逆方向に 1 チャネルあるため、SPI 通信の絶縁に最適なデバイスです。ISO6421 には 1 つの正方向チャネルと 1 つの逆方向チャネルがあり、/XFAULT 信号を絶縁するために使用されます。ISO6441 が動作可能な最大  $150\text{Mbps}$  はこのリファレンス デザインで使用される SPI 通信速度を十分上回っています。また、ISO6421 は十分に高速で、低速の信号 /XFAULT および RST をサポートできます。

### 3.1.3 LM5009

LM5009 は、FET を内蔵した、入力範囲の広い降圧型非同期コンバータです。このリファレンス デザインでは、 $24\text{V}$  のフィールド コネクタから  $5\text{V}$  の安定した出力を供給して、ISO6441、ISO6421、および LED を含む LED ドライバに電力を供給します。

### 3.1.4 TLC5927

TLC5927 は、開放負荷、短絡負荷、過熱検出、定電流制御機能を備えており、LED 照明アプリケーション向けに設計されています。TLC5927 には 16 ビットのシフトレジスタとデータラッチが搭載されており、シリアル入力データをパラレル出力形式に変換します。TLC5927 の出力段では、16 のレギュレーション電流ポートにより、LED を駆動するための均一かつ一定の電流を供給します。

## 4 システム設計理論

ISO6441 は、SPI 信号に対してフィールド側からホストを絶縁します。ISO6441 は非常にすばやく絶縁し、最大 1Mbps のデータ速度も問題なくサポートします。そのため、このインターフェイスで多くの出力を制御できます。1Mbps では、理論的には 4kHz のリフレッシュレートで最大 250 の出力信号を制御できます。この小型フォーム ファクタの設計には、8 つの出力と追加の 16 個の診断 LED を備え、合計 24 個の出力信号を必要とします。このような要件を考えると、同じ制御手法で最大 64 の出力が実現可能です。この設計は完全に静的であり、診断用にシリアル シフト クロックを DC レベルまで下げられます。

### 4.1 ローサイド ドライバの選択

小型フォーム ファクタであることを活かすために、このリファレンス デザインでは 2 つの DRV81646 デバイスを使用しています。これらのデバイスは、基板面積 5mm × 7mm の PWP パッケージに 4 つの電源出力を内蔵しており、PCB 冷却のみで各出力に 0.5A を同時に駆動できます。DRV81646 デバイスは、約 15cm<sup>2</sup> と十分な面積を有しており、85°C の周囲温度での動作に対応します。共通のクランプ ピンに内部ダイオードが内蔵されているため、動作電圧とは異なるクランプ電圧を設定して、高速な誘導性放電を実現できます。その後、外部のツェナーダイオード (D57 および D58) で放電します。ツェナーダイオードの電力能力により、モジュールが処理できる誘導性放電の量が決まり、アプリケーション固有の値が設定されます。TIDA-00236 は 48V のクランプを使用し、各ツェナーダイオードは 3W ずつ消費できます。したがって、出力ごとに 750mJ の誘導放電を毎秒 1 回発生させることができます。

### 4.2 熱管理

熱管理のバジェットは、以下の設計上の考慮事項に基づいて計算されます。

- 接合部温度は 150°C 未満に維持する
- パッケージの熱抵抗は、接合部からボトム プレートまで 2.3K/W
- サーマル ビアの内径は 8mil、容量は 170K/W
- 基板面積から算出した、空気に対する熱抵抗は 1cm<sup>2</sup>あたり約 900K/W (リファレンス 2 の式 23 を参照)

DRV8804 の  $R_{DS(on)}$  は最大 140mΩ で、0.5A で 4 つの出力がオンになったときの合計消費電力はデバイスあたり 0.28W ( $4 \times 0.5 \times 0.140$ ) になります。周囲温度が 60°C の場合、接合部温度は 8.5°C 上昇します ( $0.28W \times 30.6^{\circ}\text{C}/\text{W} = 8.5^{\circ}\text{C}$ )。TIDA-00236 にはデバイスごとに 15 のサーマル ビアがあるため、各 FET を十分に冷却する能力があります。TIDA-00236 は、1 つの DRV81646 あたり約 10cm<sup>2</sup> が利用可能です。

周囲温度が 85°C を超える場合は、4 層基板を使用してください。DRV81646 は、適切な PCB レイアウトとサーマル ビアの PWP パッケージにおいて 85°C でチャネルあたり 2.0A を供給できます。

#### 4.3 誘導性負荷のスイッチ オフ

TIDA-00236 は、モーター や バルブなどの誘導性負荷をオフにする際に使用できます。誘導性負荷にはエネルギーが蓄積されます。このエネルギーは、スイッチで誘導性負荷をオフにしたときに解放されます。インダクタは電流の流れを維持しようとします。その結果、スイッチの出力側で高い電圧スパイクが発生することがあります。スパイクの発生を防ぐには、フリー ホイール ダイオードを使用するのが一般的です。フリー ホイール ダイオードは、電圧がダイオードの順方向電圧（標準値 0.7V）を超えないように、インダクタの電圧を制限します。電源が 24V の場合、スイッチの出力電圧は 24.7V となります。この方法は簡単ですが、電流が一定期間流れ続けるという欠点があります。その時間はフリー ホイール 電圧に反比例します。プロセス制御システム内の注入バルブなど、高速 アクチュエータでは、これは望ましくありません。そのため、フリー ホイール 電圧をより高くできるようにツェナー ダイオードを使用する方法が推奨されます。このリファレンス デザインでは、フリー ホイール 電圧を 48V にクランプします。24V 電源では、クランプによってフリー ホイール 電圧が 24V になり、インダクタ電流が非常に速く減衰します。そのため、このリファレンス デザインはステッパ モーター や 注入バルブ の直接制御に最適です。

DRV81646 には、各出力ごとに 1 つのクランプ ダイオードが内蔵されており、ローサイド スイッチを保護します。すべてのクランプ ダイオードは、1 つの外部ツェナー ダイオードに対して 1 つのピンを接続します。このダイオードは、電圧を 65V にクランプします。

TIDA-0023 の外部ツェナー ダイオード (D57 と D58) は、3W の TVS ダイオードであり、冷却は 500mW を想定して計算されています。つまり、1 つの DRV81646 ですべての出力が 0.5J/s のエネルギーを吸収することができます。100mH の誘導性負荷は、0.5A の電流で約 12.5mJ ( $E = \frac{1}{2} \times L \times I^2$ ) を蓄積できます。そのため、1 つの出力では 40Hz、4 つの出力すべてがロードおよびスイッチされている場合は 10Hz の頻度で負荷を切り替えることができます。DRV81646 は最大 500kHz のスイッチング周波数をサポートしているため、高い周波数にはより大きなツェナー ダイオードを選択できます。

#### 4.4 電球のスイッチング

TIDA-00236 は、従来型の電球のスイッチングに使用できます。このような負荷は低温抵抗が非常に小さいため、初期電流は連続電流の 10 倍まで増加する可能性があります。24V、5W の電球は突入電流が 2A であるため、DRV81646 の動作範囲内にあります。大型の電球の場合、DRV81646 の過電流保護または ILIM アナログ電流制限機能がトリガされます。デバイスに害を与えることなく、電球が想定どおりに点灯しない場合があります。

## 5 ハードウェアの概要

TIDA-00236 は、TIDA-00123 PLC 評価プラットフォームのプラグインカードとして、または SPI 通信を処理できる任意のプロセッサと組み合わせたスタンドアロンカードとして使用できます。TIDA-00123 プラットフォームに接続する場合は、コネクタ J2 が通信を処理します。

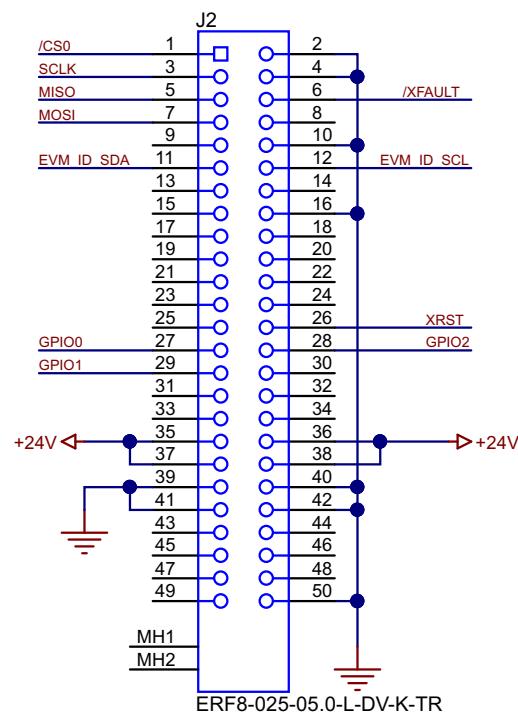


図 5-1. コネクタ J2 (底面)

基板上面にあるコネクタ J1 は 14 極コネクタで、標準のフラットケーブルを使用して基板を任意のプロセッサ プラットフォームに接続できます。

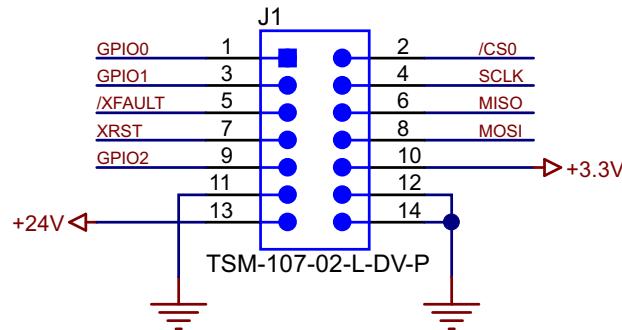


図 5-2. コネクタ J1 (上面)

表 5-1 に示すピンは、カードと通信するため、TIDA-00236 のコネクタ J1 に接続する必要があります。

表 5-1. ピンの説明 J1

J1	信号	説明
2	/CS0	チップ セレクト / ラッチ: 出力 Y0 ~ Y7 にデータを転送するための立ち上がりエッジ
4	SCLK	シリアル クロック
7	XRST	リセット: High で出力をリセットします
8	MOSI	マスター出力、スレーブ入力: デジタル出力カードに送信されるデータ
13	24V	5 ~ 24V のホスト側電源
14	GND	グランド信号

## 5.1 シリアル・ペリフェラル・インターフェイス (SPI)

実装されているシリアルは、4 つのチャネルすべてを実装した標準 SPI です。基板に接続されているプロセッサは、SPI ホストとして動作し、SCLK ピンにクロックを提供する必要があります。

表 5-2. SPI の信号接続

ピン	説明	J1 に配置	J2 に配置
SCLK	シリアル クロック (ホストから出力)	4	3
PICO	コントローラ出力、ペリフェラル入力	8	7
POCI	コントローラ入力、ペリフェラル出力	6	5
/CS0	チップ セレクトとラッチ (アクティブ Low、立ち上がりエッジで出力 Y0 ~ Y7 にデータを転送)。	2	1

## 5.2 フォルト信号

/XFAULT (J1 のピン 5 および J2 のピン 6) は、8 つの出力のいずれかに対するグローバル フォルト信号です。

DRV81646 のいずれかのチャネルで過電流イベントが発生すると、このピンが Low に駆動されます。同時に、過電流イベントの発生した出力がオフになります。出力は、COD ピンの抵抗値に応じて 15.5ms ~ 62ms の間オフ状態を維持した後、フォルト信号の開始とクリアを再試行します。24V フィールド電源 (J61 または J62) が取り外された場合にも、/XFAULT はクリアされます。

DRV81646 におけるダイ全体の温度が安全制限を超えると、すべての出力がオフになり、/XFAULT ピンは Low に駆動されます。温度が制限値を下回ると、動作が再開します。

## 5.3 電源

基板を動作させるには、コネクタ J2 のピン 35、36、37、または 38 もしくはコネクタ J1 のピン 13 に 24V 電源を供給する必要があります。グランドは、使用するコネクタに応じて、図 5-2 または 図 5-1 に従って接続する必要があります。この電源は、LM2936 上に ISO6441 と ISO6421 の 1 次側に電力を供給します。

## 5.4 出力およびフィールド電源コネクタ

コネクタ J61 および J62 で、24V とグランドをラベルの付いたネジ端子に接続します。8 つの負荷は、コネクタ J61 と J62 の Y7 ~ Y0 とラベル付けされた 8 つの出力と 24V の間に接続できます。J61 と J62 のアースは機械のアースに接続します。

## 6 フームウェアの概要

TIDA-00236\_demo\_code.c は c コードの SPI ドライバです。多少の変更を加えることにより、ほとんどの MCU および MPU プラットフォームでコンパイルできます。コードの最も重要なセクションを以下のセクションで説明します。

### 6.1 データビット

DB23:DB0 は、ソフトウェア制御 SPI を介してデジタル出力カードに送信されます。DB23:DB16 は、出力 **Y7-Y0** に対応します。DB15:DB0 は、表 6-1 に示すように、インターリーブされた 8 つの赤色 LED (D49 ~ D56) および 8 つのオレンジ色 LED (D41 ~ D48) に対応します。

表 6-1. 対応する機能を備えたデータビット (DB23:DB0)

データビット (DB23:DB0)																							
23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Y7	Y6	Y5	Y4	Y3	Y2	Y1	Y0	R7	O7	R6	O6	R5	O5	R4	O4	R3	O3	R2	O2	R1	O1	R0	O0

DB23:DB0 送信のシーケンスは次のとおりです。

1. XRST (J1 のピン 7 または J2 のピン 26) をアサートしてカードをリセットし、ピンをデアサートします。
2. /CS0 (J1 のピン 2 または J2 のピン 1) をアサートしてカードをイネーブルにします。
3. SCLK (J1 のピン 4 または J2 のピン 3) を Low に設定し、MOSI の DB23:DB0 (J1 のピン 8 または J2 のピン 7) を MSB (DB23) から順に設定して SCLK を High にします。DB23:DB0 に対して、これを合計 24 回繰り返して、すべてのデータビットをシフトアウトします。

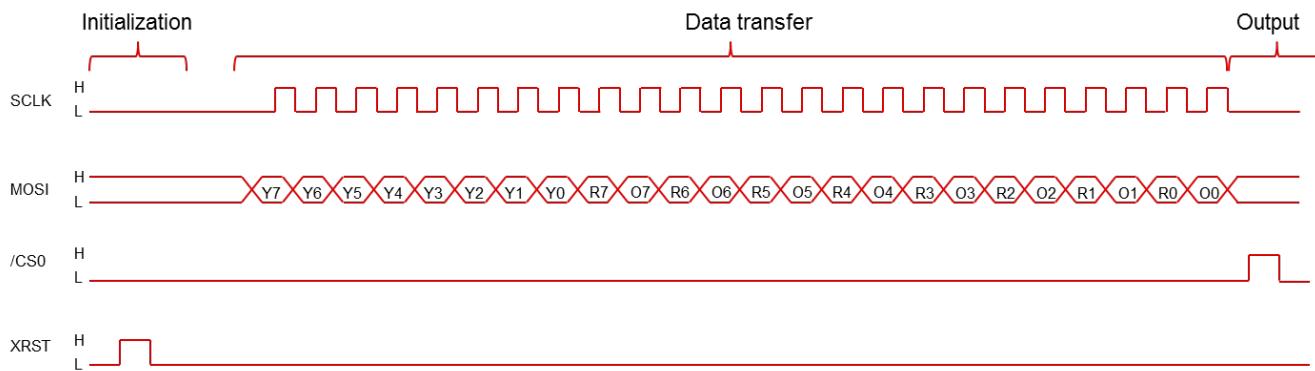


図 6-1. データビット転送パターン

### 6.2 SPI 用 GPIO

このコードでは、アドレス 0x100 (変数 IOPort) のポートを想定しています。SPI 通信の場合の GPIO を表 6-2 に示します。

表 6-2. SPI に使用する GPIO

SPI 信号	SCLK	MOSI	MISO	/CS	XRST	/XFAULT
PORt ピン	0	1	2	3	4	5

別のポートおよびピンを使用する場合は、変数 IOPort および Pin\_Masks のアドレスを適宜変更する必要があります。コード内で、出力 (Y7 ~ Y0) を 1 つずつ設定し、/XFAULT ピンを確認します。/XFAULT が High の場合、赤色 LED (D49 ~ D56) が点灯します。

このコード例では、MOSI が使用されていません。すなわち、カードからコントローラ側に SPI データが転送されません。

## 7 テスト設定

### 7.1 出力電流容量

GW inSTEK GPS-4303 クワッド出力 DC 電源は次のとおりです。

- 最大 3A での 0 ~ 30V が 2 系統
- 1A での 8 ~ 15V が 1 系統
- 1A での 2.2 ~ 5.5V が 1 系統

1 つのグループ (Y0 ~ Y3、または Y4 ~ Y7) の 4 つの出力はすべて、個別の  $48\Omega$ 、12W 抵抗を介して 24V 電源に接続されています。GND とアースは、電源の 0V に接続されています。そうすると、すべての出力がオンになるようプログラムされます。電源から抵抗への電流は、2A の読み取り値になります。駆動スイッチの温度が観測され、 $25^{\circ}\text{C}$  の室温において  $50^{\circ}\text{C}$  付近で安定化します。スイッチでの降下電圧は約 250mV です。

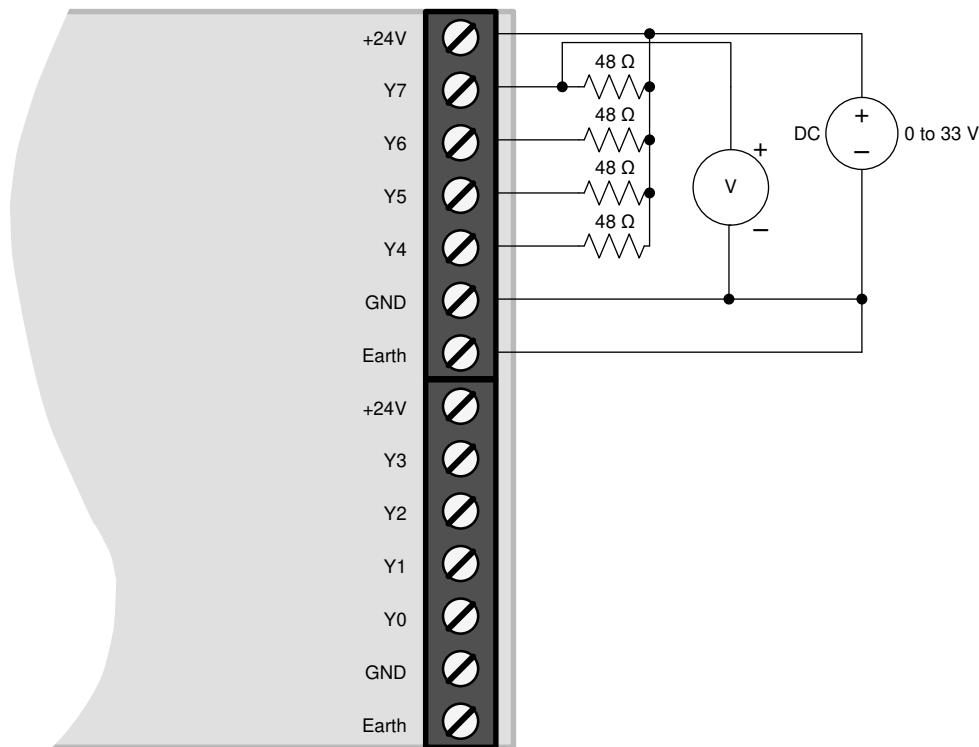


図 7-1. 過電圧および低電圧の誤動作防止の測定設定

## 7.2 立ち上がり / 立ち下がり時間、伝搬遅延

GW inSTEK GPS-4303 クワッド出力 DC 電源は次のとおりです。

- 最大 3A での 0 ~ 30V が 2 系統
- 1A での 8 ~ 15V が 1 系統
- 1A での 2.2 ~ 5.5V が 1 系統
- オシロスコープ: Tektronix TDS 3034

1 つのグループ (Y4 ~ Y7) の 4 つの出力はすべて、個別の  $48\Omega$ 、12W 抵抗を介して 24V 電源に接続されています。GND とアースは、電源の 0V に接続されています。オシロスコープはチャネル 1 をホスト側のラッチ入力に接続し、チャネル 2 を Y7 出力に接続します。オシロスコープを通常のトリガ立ち上がりエッジに設定して、トリガがチャネル 1 から送信されるようにします。トリガレベルは 1V です。そうすると、すべての出力がオンになるようプログラムされます。オシロスコープは、Y7 の立ち下がりエッジをキャプチャします。その後、すべての出力はオフになるようプログラムされ、オシロスコープは Y7 の立ち上がりエッジをキャプチャします。同じグループの他の 3 つの出力でも測定が繰り返されます。その後、出力の 2 番目のグループ (Y0 ~ Y3) に抵抗が接続され、その測定が行われます。

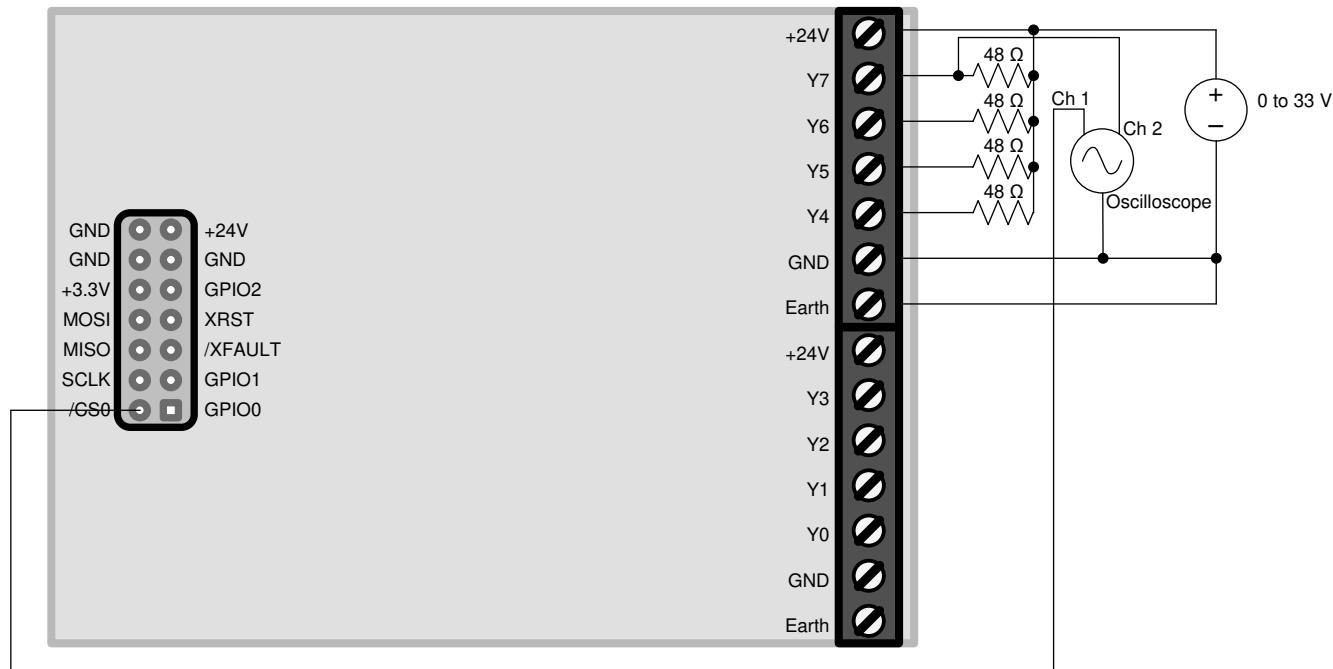


図 7-2. 立ち上がり / 立ち下がり時間と伝搬遅延の測定の設定

## 8 テスト データ

表 8-1. テスト結果

記号	パラメータ	条件	仕様			測定	単位
			最小値	標準値	最大値		
$V_{IN}$	入力電圧	通常動作	10	24	33	24.5	V
$I_{IN}$	入力電流	通常動作	-	15	50 <sup>(1)</sup>	14	mA
$V_{LOAD}$	負荷電源電圧	通常動作	0	24	44	24.5	V
$I_{LOAD}$	負荷電流	チャネルあたり $T_A = 60^\circ\text{C}$	-	500	600	- <sup>(2)</sup>	mA
		チャネルあたり $T_A = 25^\circ\text{C}$	-	700	1000	- <sup>(2)</sup>	mA
$P_{LOSS}$	チャネルあたり電源損失	$R_L = 48\Omega, V_{LOAD} = 24\text{V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	-	200	-	- <sup>(2)</sup>	mW
$f_{SW}$	スイッチング周波数	抵抗性負荷		1000		1000	Hz
		誘導性負荷、 0.1H すべてのチャネル		10		- <sup>(2)</sup>	Hz
$t_{RISE}$	負荷電圧立ち上がり時間 10%..90%	$R_L = 48\Omega, V_{LOAD} = 24\text{V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	-	600	-	550	ns
$t_{FALL}$	負荷電圧立ち下がり時間 90% ..10%	$R_L = 48\Omega, V_{LOAD} = 24\text{V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	-	120	-	125	ns
$t_{PD}$	伝搬遅延 (ラッチから出力変更まで)	$R_L = 48\Omega, V_{LOAD} = 24\text{V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	60	150	200	165	ns
$I_{PEAK}$	ピーク電流 (1ms)		2.3		3.8	- <sup>(2)</sup>	A
$P_{IND}$	チャネルの各グループの誘導電力 <sup>(3)</sup>				0.5	- <sup>(2)</sup>	J/s

(1) LED の数と通信アクティビティによって異なります

(2) DRV8804 のデータシートから導出された計算に基づきます。DRV81646 は、性能の向上と低温動作を実現します。

(3) 出力 Y0 ~ Y3 は 1 つのグループであり、出力 Y4 ~ Y7 は 1 つのグループです

図 8-1 および 図 8-2において、チャネル 3 (紫色) はホストコネクタの /CS0 信号に接続され、立ち上がりエッジでトリガします。このエッジにより、データが出力 Y0 ~ Y7 に転送されるため、出力遷移 (チャネル 4、緑) と伝搬遅延測定のタイミングをキャプチャするのに最適です。立ち下がり時間は、ドライバの出力トランジスタのスイッチング速度によって支配されます。オープンドレイン構成のため、立ち上がり時間は、リファレンス デザインのスイッチ出力に接続された 10nF のコンデンサによって形成される RC の組み合わせ、ドライバの出力容量、出力側の 48Ω 負荷抵抗に基づきます。

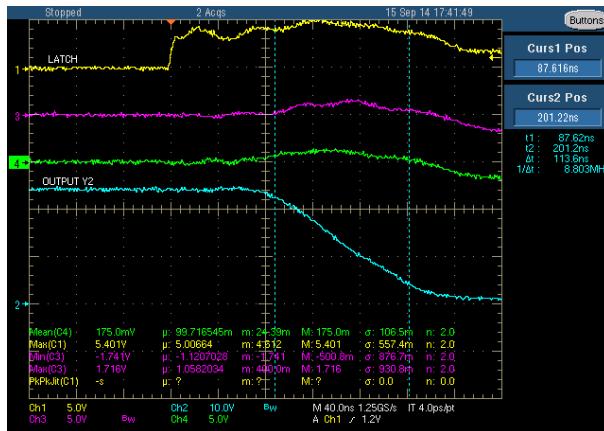


図 8-1. 立ち下がり時間

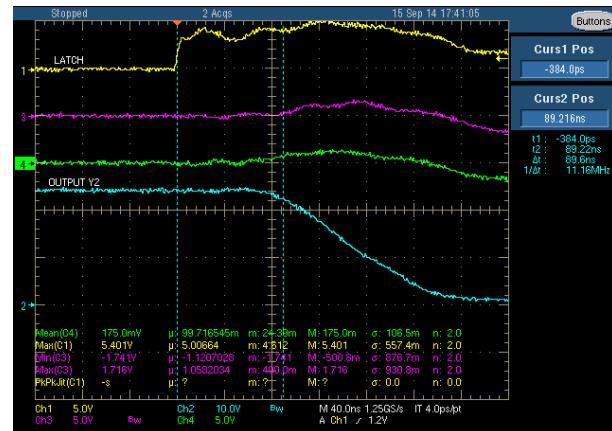
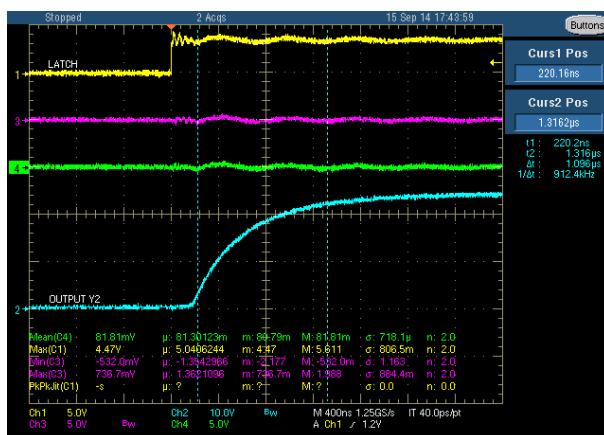

 図 8-2.  $t_{PD}$  立ち下がりエッジ


図 8-3. 立ち上がり時間


 図 8-4.  $t_{PD}$  立ち上がりエッジ

## 9 デザイン ファイル

### 9.1 回路図

回路図をダウンロードするには、[TIDA-00236](#) のデザイン ファイルを参照してください。

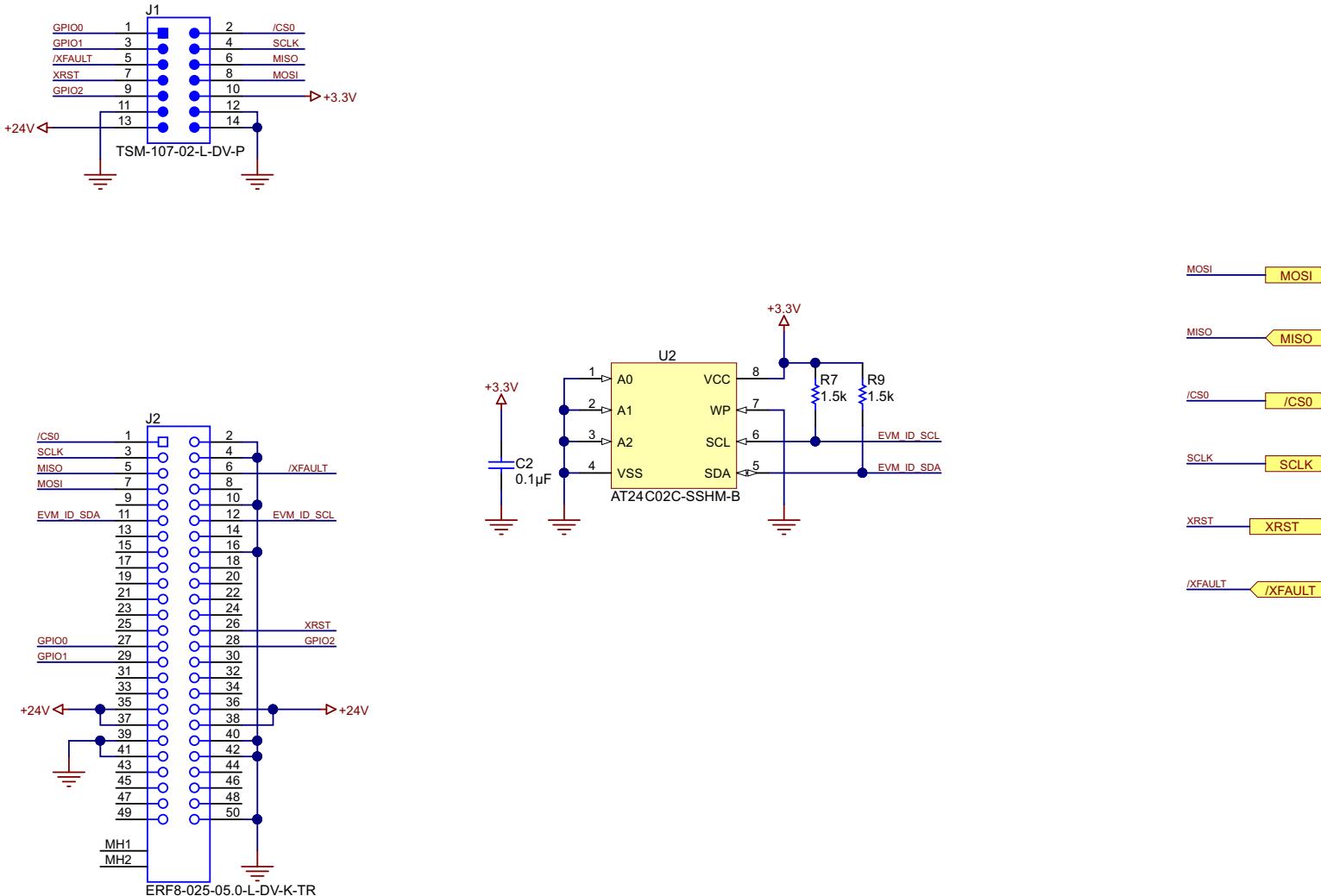


図 9-1. コネクタの回路図

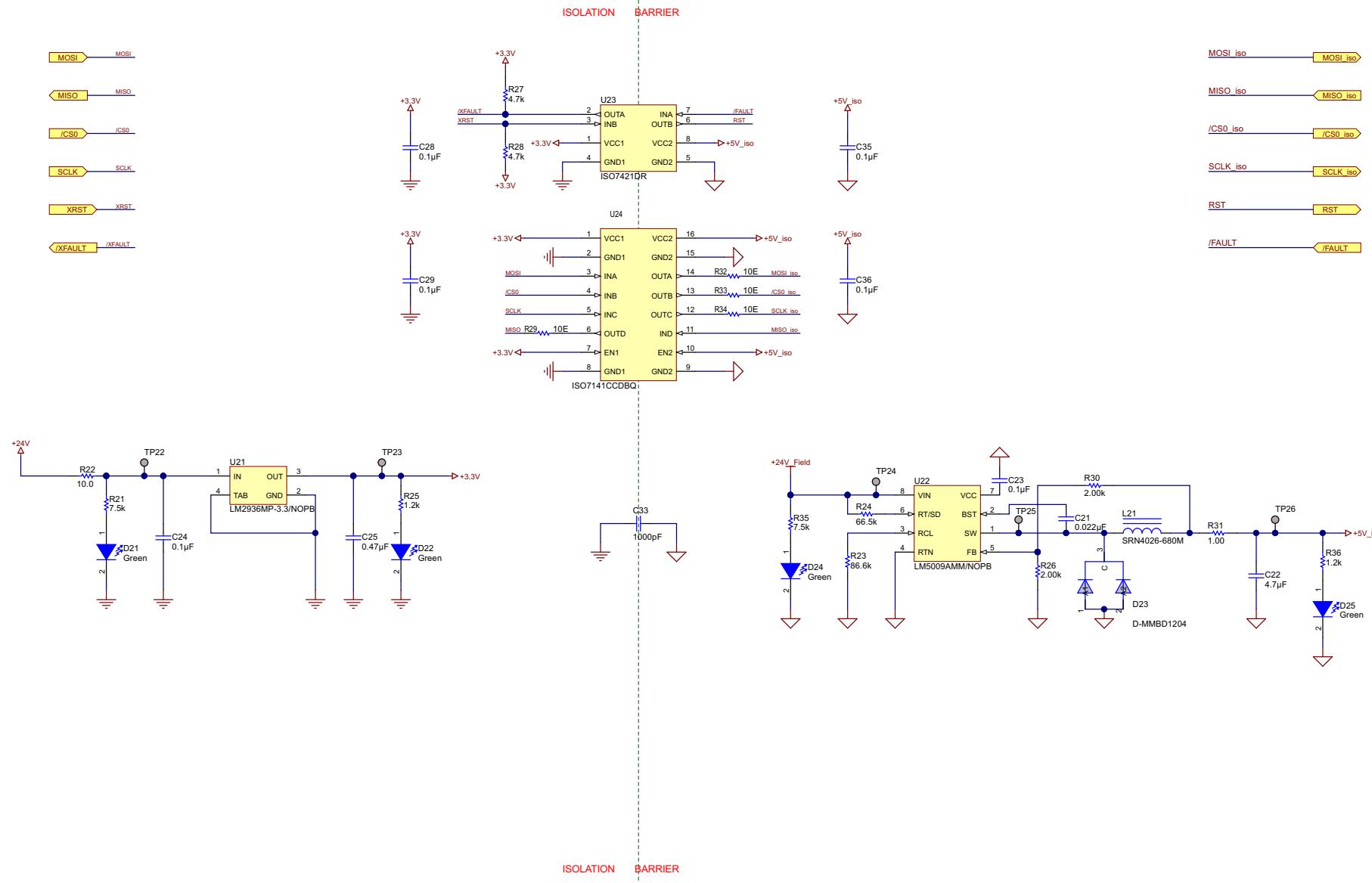


図 9-2. PSU 回路図

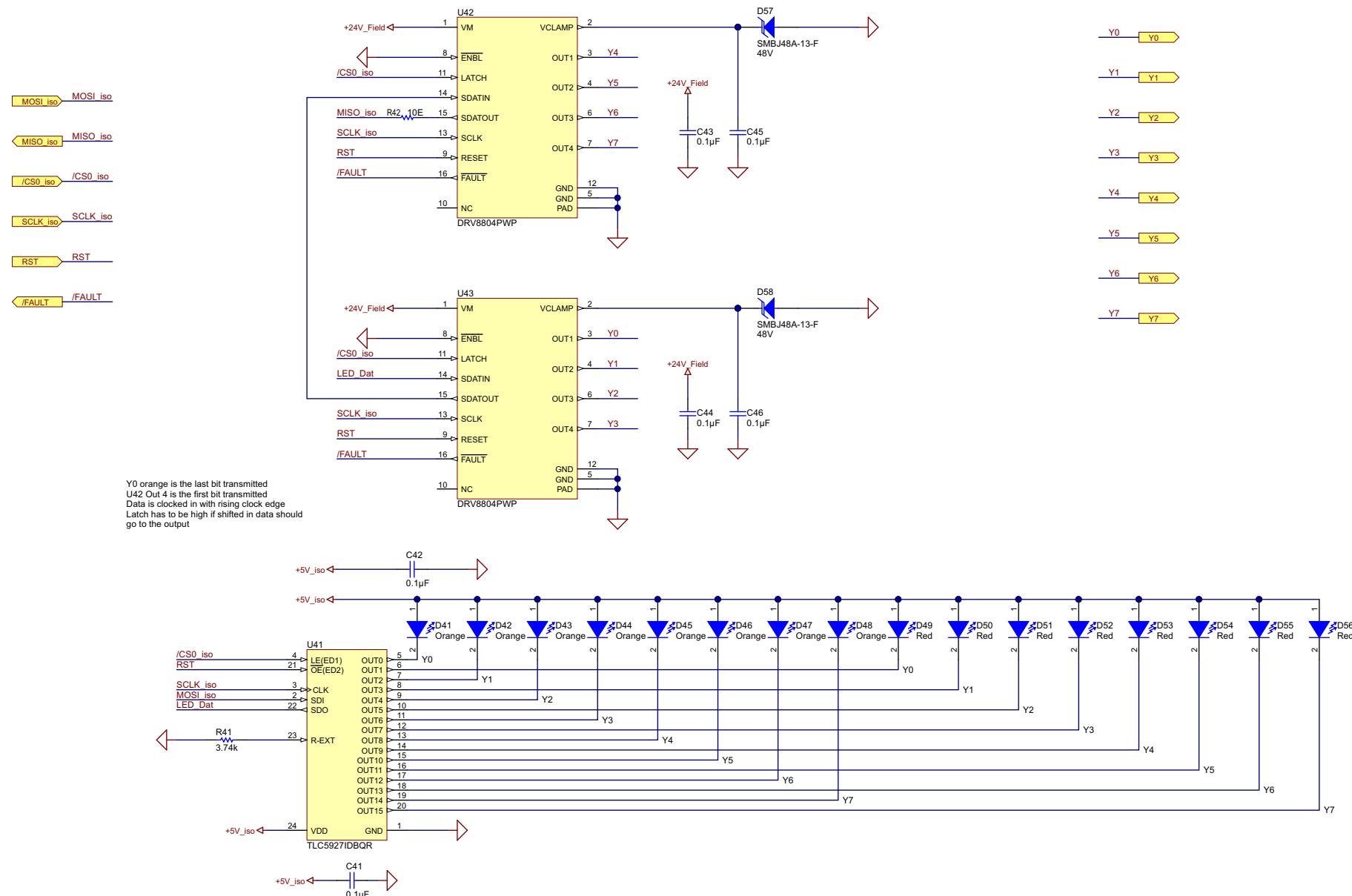


図 9-3. LED ドライバおよび出力段の回路図

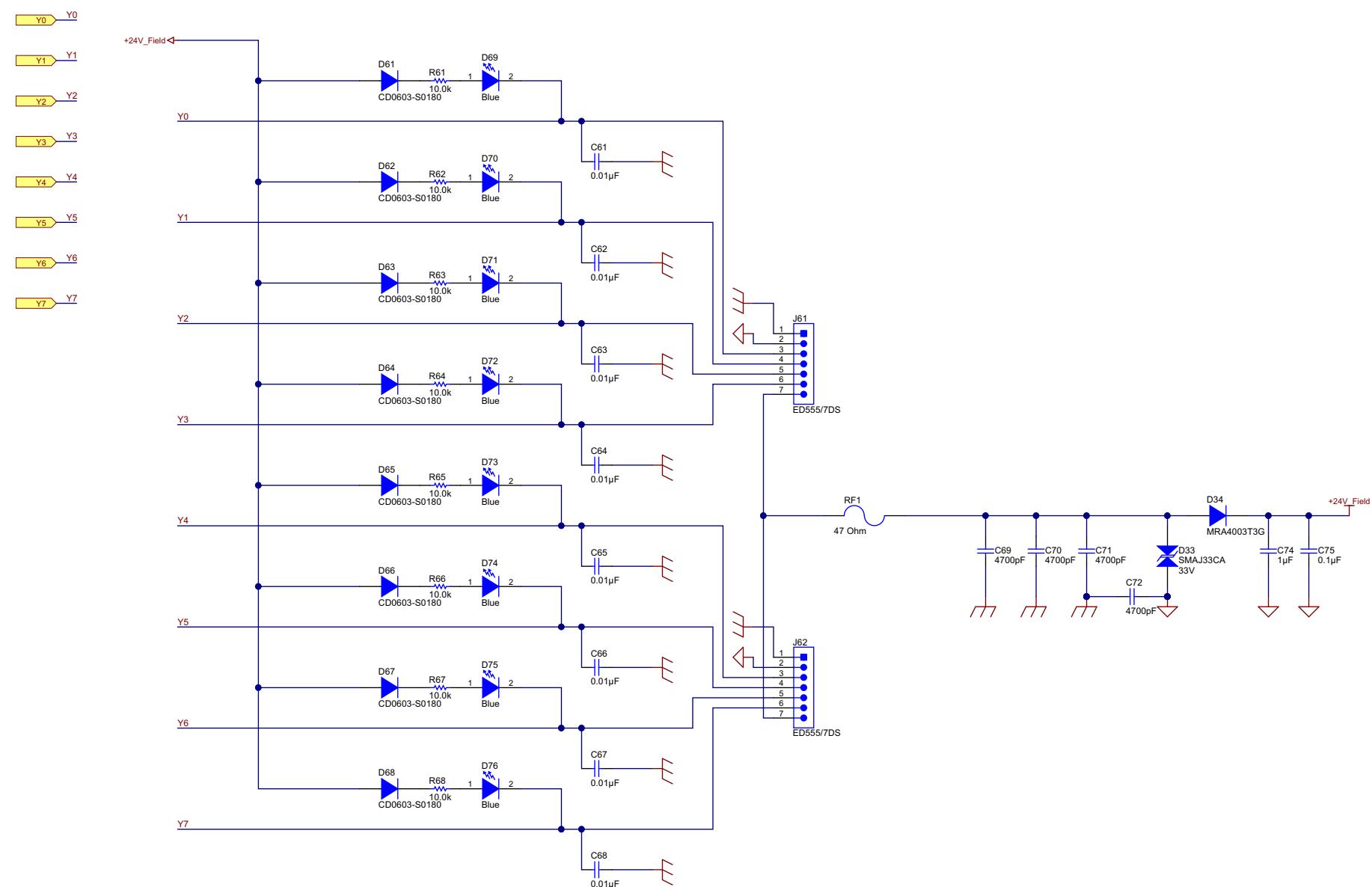


図 9-4. 出力コネクタと保護回路図

## 9.2 部品表

部品表 (BOM) をダウンロードするには、[TIDA-00236](#) のデザイン ファイルを参照してください。

表 9-1. BOM

項目	数量	リファレンス	値	部品の説明	製造元	メーカー 部品番号	PCB フットプリント	注
1	1	IPCB1		プリント基板	任意	PCB		プリント基板
2	7	C2, C23, C28, C29, C35, C36, C41	0.1μF	コンデンサ、セラミック、0.1μF、25V、±10%、X5R、0402	MuRata	GRM155R61E104KA87D	0402	GRM155R61E104KA87D
3	1	C21	0.022μF	コンデンサ、セラミック、0.022μF、50V、±10%、C0G/NP0、0402	MuRata	GCM155R71H223KA55D	0402	GCM155R71H223KA55D
4	1	C22	4.7μF	コンデンサ、セラミック、4.7μF、16V、±10%、X7R、0805	MuRata	GRM21BR71C475KA73L	0805_HV	GRM21BR71C475KA73L
5	1	C24	0.1μF	コンデンサ、セラミック、0.1μF、50V、±10%、X7R、0603	MuRata	GCM188R71H104KA57D	0603	GCM188R71H104KA57D
6	1	C25	0.47μF	コンデンサ、セラミック、0.47μF、6.3V、±10%、X5R、0402	MuRata	GRM155R60J474KE19D	0402S	GRM155R60J474KE19D
7	1	C33	1000pF	コンデンサ、セラミック、1000pF、2KV、±10%、X7R、1206	Johanson Dielectrics Inc	202R18W102KV4E	1206	202R18W102KV4E
8	3	C42, C43, C44	0.1μF	コンデンサ、セラミック、0.1μF、50V、±10%、X7R、0603	AVX	06035C104KAT2A	0603	06035C104KAT2A
9	2	C45, C46	0.1μF	コンデンサ、セラミック、0.1μF、100V、±10%、X7R、0805	Samsung	CL21B104KCFSFNE	0805_HV	CL21B104KCFSFNE
10	8	C61, C62, C63, C64, C65, C66, C67, C68	0.01μF	コンデンサ、セラミック、0.01μF、50V、±10%、X8R、0603	TDK	C1608X8R1H103K	0603	C1608X8R1H103K
11	4	C69, C70, C71, C72	4700 pF	コンデンサ、セラミック、4700pF、50V、±10%、X5R、0603	MuRata	GRM188R61H472KA01D	0603	GRM188R61H472KA01D
12	1	C74	1μF	コンデンサ、セラミック、1μF、50V、±10%、X7R、1206	TDK	C3216X7R1H105K	1206	C3216X7R1H105K
13	1	C75	0.1μF	コンデンサ、セラミック、0.1μF、50V、±10%、X7R、0603	Kemet	C0603C104K5RACTU	0603	C0603C104K5RACTU
14	4	D21, D22, D24, D25	緑	LED、緑、SMD	Lite-On	LTST-C190KGKT	LED_LTST-C190_G	LTST-C190KGKT
15	1	D23	MMBD1204	ダイオード、小信号、100V、200mA	Fairchild	D-MMBD1204	SOT-23	D-MMBD1204
16	1	D33	33V	ダイオード、TVS、Bi、33V、400W、SMA	Littelfuse	SMAJ33CA	SMA	SMAJ33CA
17	1	D34	300V	ダイオード、標準回復整流器、300V、1A、SMA	ON Semiconductor	MRA4003T3G	SMA	MRA4003T3G
18	8	D41, D42, D43, D44, D45, D46, D47, D48	オレンジ	LED、オレンジ、SMD	Lite-On	LTST-C190KFKT	LED_LTST-C190	LTST-C190KFKT
19	8	D49, D50, D51, D52, D53, D54, D55, D56	赤	LED、赤、SMD	Lite-On	LTST-C190CKT	LED_LTST-C190_Red	LTST-C190CKT
20	2	D57, D58	48V	ダイオード、TVS、Uni、48V、600W、SMB	Diodes Inc.	SMBJ48A-13-F	SMB	SMBJ48A-13-F
21	8	D61, D62, D63, D64, D65, D66, D67, D68	90V	ダイオード、スイッチング、90V、0.1A、0603 ダイオード	Bourns	CD0603-S0180	Diode_0603	CD0603-S0180
22	8	D69, D70, D71, D72, D73, D74, D75, D76	青	LED、青、SMD	OSRAM	LB Q39G-L2N2-35-1	LB Q39G_BLUE	LB Q39G-L2N2-35-1
23	1	J1		ヘッダ、100mil、7×2、垂直、金、SMT	Samtec	TSM-107-02-L-DV-P	SAMTEC_TSM-107-02-L-DV-P	TSM-107-02-L-DV-P
24	1	J2		レセプタクル、0.8mm、25×2、SMT	Samtec	ERF8-025-05.0-L-DV-K-TR	CONN_ERF8-025-05_0-L-DV-L-TR	ERF8-025-05.0-L-DV-K-TR
25	2	J61, J62		端子ブロック、6A、3.5mm ピッチ、7 極、TH	On-Shore Technology	ED555/7DS	On-Shore_ED555-7DS	ED555/7DS
26	1	L21	68μH	インダクタ、巻線、フェライト、68μH、0.35A、0.852Ω、SMD	Bourns	SRN4026-680M	SRN4026	SRN4026-680M
27	1	LBL1		熱転写プリンタブル ラベル、幅 0.650 インチ × 高さ 0.200 インチ、ロールあたり 10,000	Brady	THT-14-423-10	Label_650x200	サイズ: 0.65 インチ × 0.20 インチ
28	2	R7, R9	1.5k	抵抗、1.5kΩ、5%、0.063W、0402	Vishay-Dale	CRCW04021K50JNED	0402	CRCW04021K50JNED
29	2	R21, R35	7.5k	抵抗、7.5kΩ、5%、0.063W、0402	Vishay-Dale	CRCW04027K50JNED	0402S	CRCW04027K50JNED

表 9-1. BOM (続き)

項目	数量	リファレンス	値	部品の説明	製造元	メーカー部品番号	PCB フットプリント	注
30	1	R22	10.0	抵抗、10.0Ω、1%、0.1W、0603	Vishay-Dale	CRCW060310R0FKEA	0603	CRCW060310R0FKEA
31	1	R23	86.6k	抵抗、86.6kΩ、1%、0.1W、0603	Vishay-Dale	CRCW060386K6FKEA	0603	CRCW060386K6FKEA
32	1	R24	66.5k	抵抗、66.5kΩ、1%、0.1W、0603	Vishay-Dale	CRCW060366K5FKEA	0603	CRCW060366K5FKEA
33	2	R25, R36	1.2k	抵抗、1.2kΩ、5%、0.063W、0402	Vishay-Dale	CRCW04021K20JNED	0402S	CRCW04021K20JNED
34	2	R26, R30	2.00k	抵抗、2.00kΩ、1%、0.063W、0402	Vishay-Dale	CRCW04022K00FKED	0402	CRCW04022K00FKED
35	2	R27, R28	4.7k	抵抗、4.7kΩ、5%、0.063W、0402	Vishay-Dale	CRCW04024K70JNED	0402S	CRCW04024K70JNED
36	5	R29, R32, R33, R34, R42	10 E	抵抗、10Ω、5%、0.063W、0402	Vishay-Dale	CRCW040210R0JNED	0402S	CRCW040210R0JNED
37	1	R31	1.00	抵抗、1.00Ω、1%、0.125W、0805	Vishay-Dale	CRCW08051R00FKEA	0805_HV	CRCW08051R00FKEA
38	1	R41	3.74k	抵抗、3.74kΩ、1%、0.1W、0603	Vishay-Dale	CRCW06033K74FKEA	0603	CRCW06033K74FKEA
39	8	R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68	10.0k	抵抗、10.0kΩ、1%、0.1W、0603	Vishay-Dale	CRCW060310K0FKEA	0603	CRCW060310K0FKEA
40	1	RF1	47	抵抗、47Ω、10%、2W、ヒューズ、TH	TT Electronics / IRC	EMC2-47RKI	EMC2	47Ω
41	1	U2		IC、EEPROM、2KB、1MHz、SOIC-8	Atmel	AT24C02C-SSHM-B	SOIC-8M	AT24C02C-SSHM-B
42	1	U21		超低静止電流 LDO 電圧レギュレータ、4 ピン SOT-223、鉛フリー	National Semiconductor	LM2936MP-3.3/NOPB	MP04A_N	LM2936MP-3.3/NOPB
43	1	U22		100V、150mA、一定オン時間の降圧スイッチングレギュレータ、8 ピン MSOP、鉛フリー	テキサス・インスツルメンツ	LM5009AMM/NOPB	MUA08A_N	LM5009AMM/NOPB
44	1	U23		150Mbps デュアル チャネル、1/1、デジタル アイソレータ、2.25V / 5V、-40°C ~ 125°C、8 ピン SOIC (D)、グリーン (RoHS 対応、Sb/Br 不使用)	テキサス・インスツルメンツ	ISO6421DR	D0008A_N	ISO6421DR
45	1	U24		10400-VPK 小型、低消費電力クワッド チャネル デジタル アイソレータ、DBQ0016A	テキサス・インスツルメンツ	ISO6441DBQR	DBQ0016A_N	ISO6441DBQR
46	1	U41		16 ビット、定電流 LED シンクドライバ、3 ~ 5.5V、-40°C ~ 85°C、24 ピン SOP (DBQ24)、グリーン (RoHS 対応、Sb/Br 不使用)	テキサス・インスツルメンツ	TLC5927IDBQR	DBQ0024A_N	TLC5927IDBQR
47	2	U42, U43		クワッドシリアルインターフェイス内蔵ローサイド ドライバ IC、PWP0016D	テキサス・インスツルメンツ	DRV8804PWPR	PWP0016D_N	DRV8804PWPR
48	2	U42, U43 代替		ハードウェア、SPI、構成可能なスルーレート、カットオフ期間を備えた 4 チャネルローサイド ドライバ、PWP-20	テキサス・インスツルメンツ	DRV81646PWPR	PWP0020AC	DRV81646PWPR

## 9.3 PCB レイアウト

### 9.3.1 レイヤプロット

レイヤプロットをダウンロードするには、[TIDA-00236](#) のデザイン ファイルを参照してください。

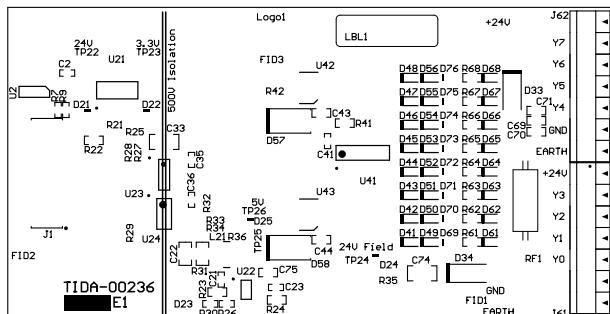


図 9-5. 上面シルクスクリーン

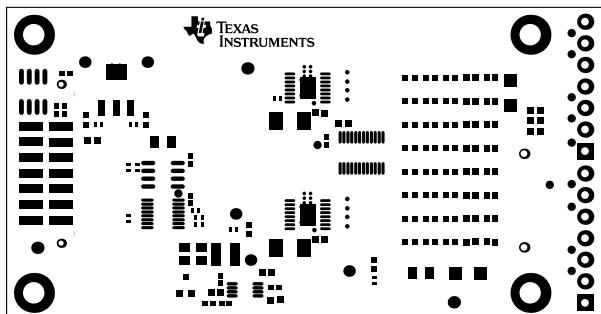


図 9-6. 上面はんだマスク

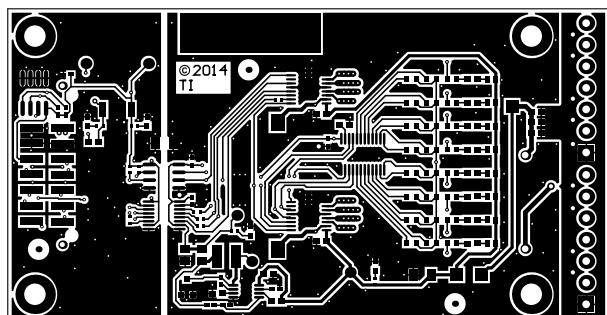


図 9-7. 上層

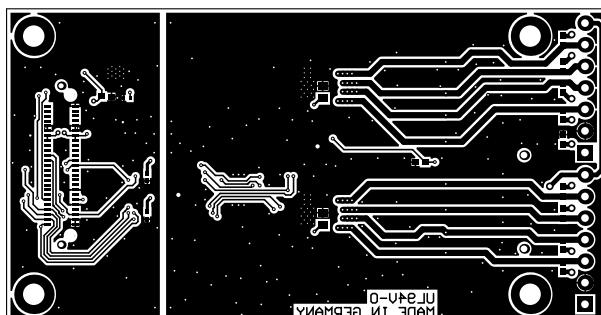


図 9-8. 下層

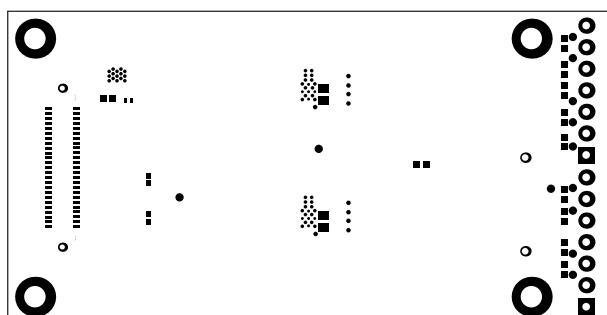


図 9-9. 裏面はんだマスク

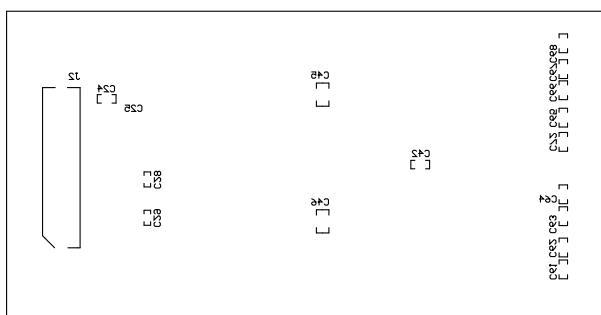


図 9-10. 下面シルクスクリーン

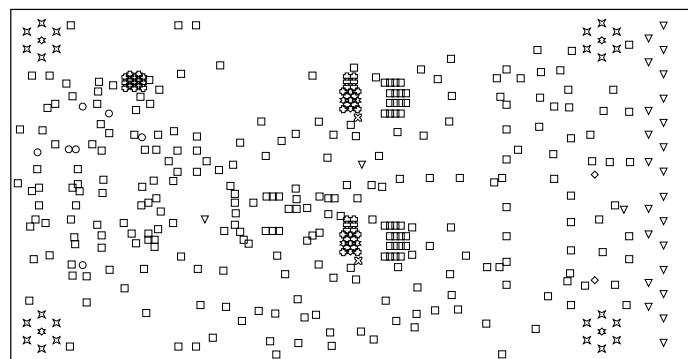


図 9-11. ドリル図面

Symbol	Hit Count	Tool Size	Plated	Hole Type
◊	10	7.874mil (0.2mm)	PTH	Round
○	43	8mil (0.203mm)	PTH	Round
☒	2	10mil (0.254mm)	PTH	Round
□	274	12mil (0.305mm)	PTH	Round
○	5	16mil (0.406mm)	PTH	Round
☒	24	19.685mil (0.5mm)	PTH	Round
▽	12	28mil (0.711mm)	PTH	Round
□	2	33mil (0.838mm)	PTH	Round
◊	2	43.307mil (1.1mm)	PTH	Round
▽	14	50mil (1.27mm)	PTH	Round
○	2	57.087mil (1.45mm)	NPTH	Round
◊	4	137.795mil (3.5mm)	PTH	Round
394 Total				



図 9-12. 機械的寸法

### 9.3.2 推奨レイアウト

ISO6441 および ISO6421 は高速動作用に設計されています。反射、ビット エラーの可能性を最小限に抑えるため、すべてのデータ出力とクロック出力に直列抵抗が追加されています。図 9-13 では、対応する領域が黄色の丸で囲まれています。

DRV81646 を効果的に冷却するには、デバイスの下にサーマルビア (緑色の丸) が必要です。図 9-14 に示すように、底面では、連続した大きな銅の領域がヒートシンクとして機能します。不用意にトレースで熱フローをブロックしてしまわないよう注意してください。レイアウトガイドラインおよびベスト プラクティスの詳細については、『モータードライバーの基板レイアウトのベスト プラクティス』アプリケーション ノートを参照してください。

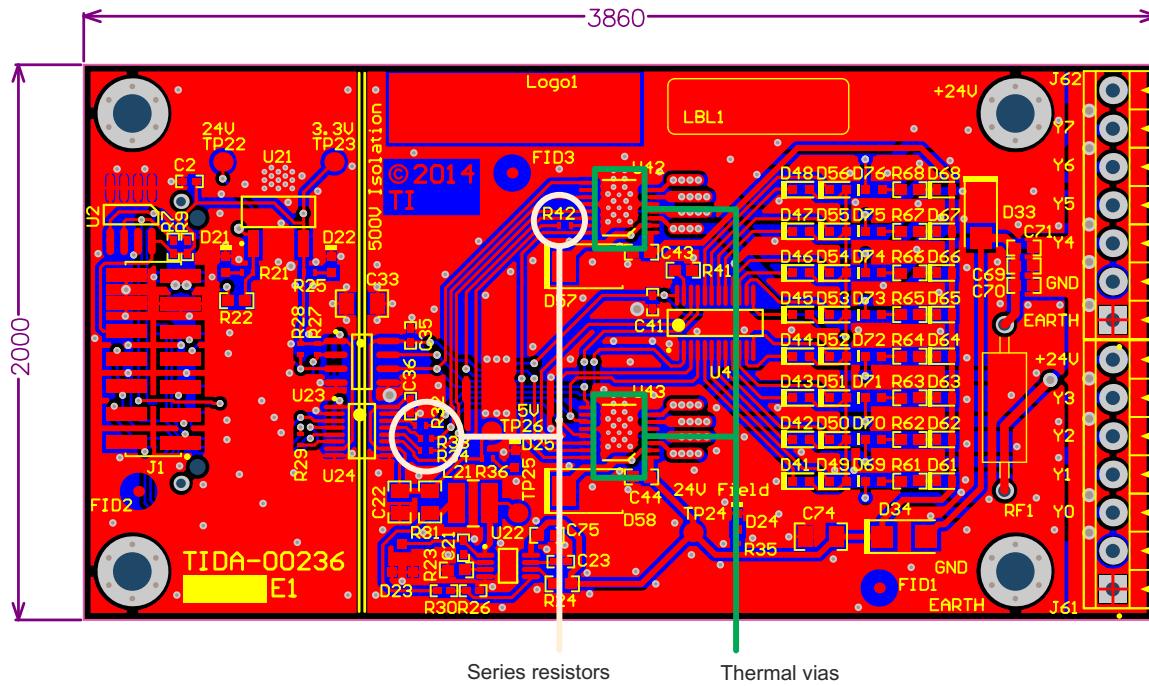


図 9-13. レイアウトのガイドライン 1

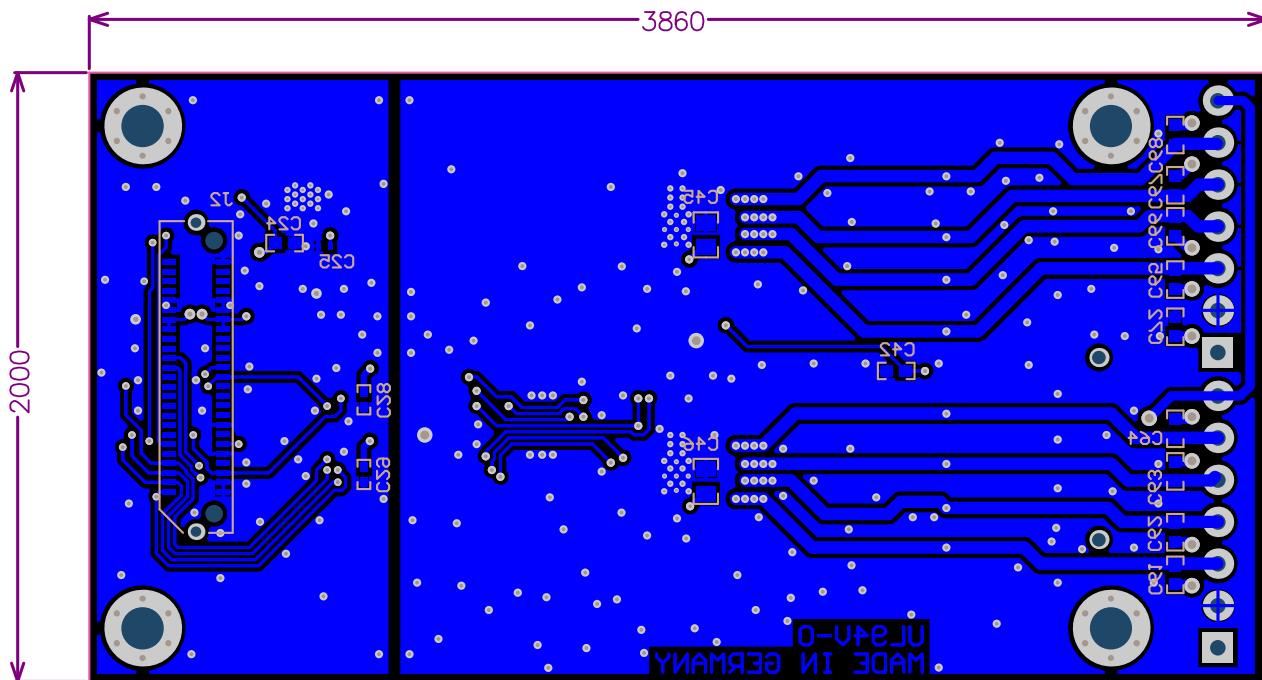


図 9-14. 下層

## 9.4 Altium プロジェクト

Altium プロジェクトファイルをダウンロードするには、[TIDA-00236](#) のデザインファイルを参照してください。

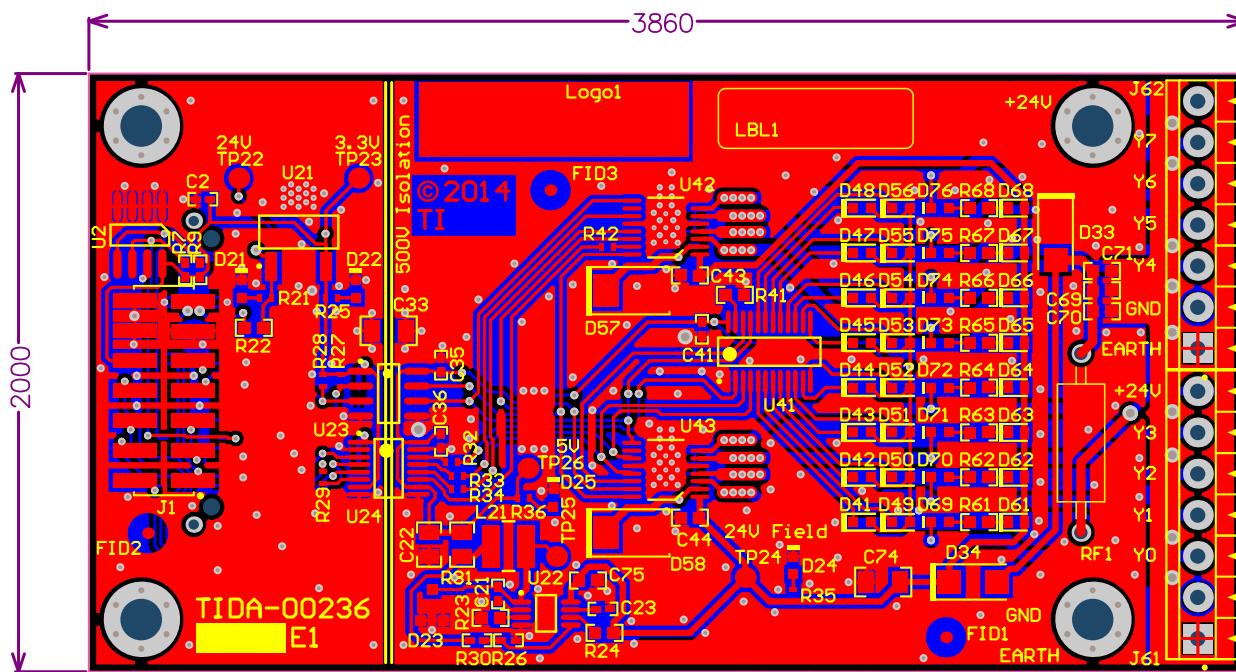


図 9-15. すべての層

## 9.5 ガーバー ファイル

ガーバー ファイルをダウンロードするには、[TIDA-00236](#) のデザインファイルを参照してください。

## 9.6 アセンブリの図面

アセンブリの図面をダウンロードするには、[TIDA-00236](#) のデザインファイルを参照してください。

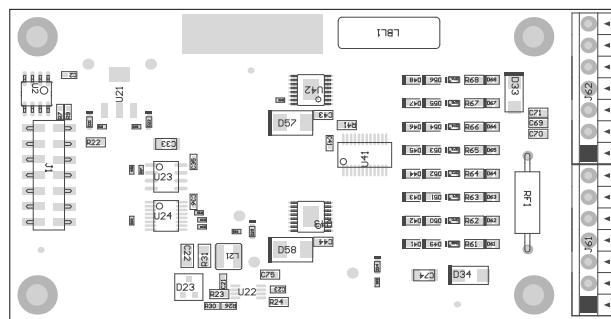


図 9-16. アセンブリの上面図

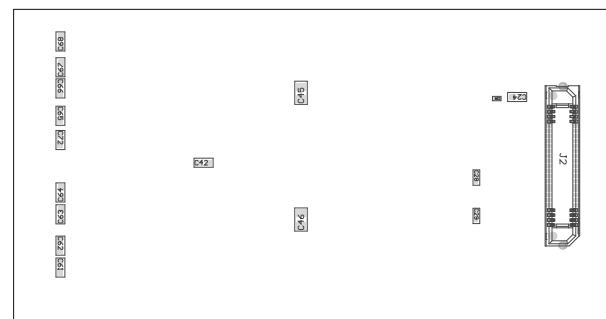


図 9-17. アセンブリの底面図

## 9.7 ソフトウェア ファイル

ソフトウェア ファイルをダウンロードするには、[TIDA-00236](#) のデザインファイルを参照してください。

## 10 参考資料

1. テキサス インスツルメンツ、『[Tiva C シリーズ ARM Cortex-M4 マイコンを使用する PLC I/O モジュール フロント エンド コントローラ](#)』設計ガイド
2. テキサス インスツルメンツ、『[表面実装レイアウトの熱に関する考慮事項](#)』セミナー

## 11 著者について

**INGOLF FRANK** は、テキサス インスツルメンツのファクトリ オートメーションおよび制御チームのシステム エンジニアとして、主に PLC I/O モジュールに従事しています。Ingolf は、複数の製品ファミリや技術に関する業務につき、システム レベルのアプリケーション設計にできる限り最良の設計を活用しています。Ingolf は、電気工学の学位 (Dipl.Ing.(FH)) を 1991 年にドイツの University of Applied Sciences Bielefeld (ビーレフェルト専門大学) の情報技術分野で取得しました。

**ANUPAM MAJJAGI** は、テキサス インスツルメンツのファクトリ オートメーションおよび制御チームで修士論文を執筆しています。その一環として、TIDA-00236 のテストや設計との通信を行うためのテスト プログラムやファームウェアを作成しています。彼はドイツの Hochschule Darmstadt (ダルムシュタット工科大学) で組み込みおよびマイクロエレクトロニクスの修士号の取得に向けて取り組んでいます。

**HENRIK MANNESSON** は、テキサス インスツルメンツでファクトリ オートメーションおよび制御チームのシステム エンジニアとして勤務しています。Henrik はスウェーデン、ルンドにある Lunds University of Technology (ルンド技術大学、LTH) で電気工学 (MSEE) の学士号を取得しています。

## 12 改訂履歴

資料番号末尾の英字は改訂を表しています。その改訂履歴は英語版に準じています。

Changes from Revision * (September 2014) to Revision A (January 2026)	Page
• ドキュメント全体にわたって表、図、相互参照の採番方法を更新。.....	1
• ドキュメント全体で、サポート対象デバイスを ISO7141 と ISO7421 から ISO6441 と ISO6421 に変更。また、DRV8804 を DRV81646 に変更。.....	1

## 重要なお知らせと免責事項

TI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默示保証、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、明示的または默示的にかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 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、(1)お客様のアプリケーションに適した TI 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、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 TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI 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。TI 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、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](#) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI 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。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月