

## TI Designs: TIDA-01493

# 熱最適化2層60WセンサレスBLDCモータ駆動のリファレンス・デザイン



### 概要

これは、DRV10987モータ・ドライバを使用するセンサレス・ブラシレスDC (BLDC)モータ正弦波駆動のリファレンス・デザインです。PCBはDRV10987の温度を下げるように設計されています。このリファレンス・デザインは、DRV10987が過熱する可能性がある場合や、DRV10987のケースに使用する防水材等のためにケース温度を低く保つ必要がある場合を対象としています。これを必要とする最終機器は、乾燥ファンや排水ポンプ、空気清浄機などです。

### リソース

TIDA-01493  
 DRV10987  
 GUI

デザイン・フォルダ  
 プロダクト・フォルダ  
 ソフトウェア



E2E™ エキスパートに質問

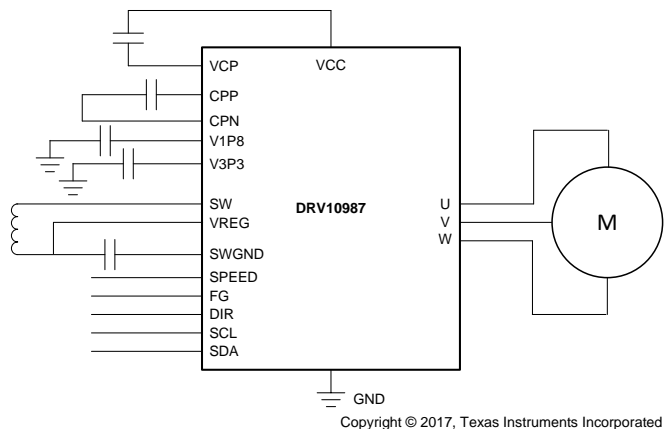


### 特長

- 正弦波整流によりBLDCモータを駆動できる12~24Vドライブ
- パワーMOSFETを内蔵したDRV10987三相センサレス・モータ・ドライバにより、最大2.5Aの連続駆動電流(ピーク3A)を供給
- DRV10987は独自のセンサレス制御方式を採用して、連続正弦波駆動を実現しているため、純音の音響効果が大幅に低減
- 統合された降圧レギュレータにより、電源電圧を5.0Vまたは3.3Vまで効率的に降圧して内部および外部回路に給電
- 基板の熱特性が向上し、より高い周囲温度で動作可能
- 基板により、DRV10987でモータ駆動効率の向上が可能に
- I<sup>2</sup>CインターフェイスとGUIを使用して、EEPROMにおけるモータ・パラメータ・レジスタのプログラミングが可能

### アプリケーション

- 乾燥ファン
- 排水ポンプ
- 空気清浄機
- 扇風機
- シーリングファン





使用許可、知的財産、その他免責事項は、最終ページにあるIMPORTANT NOTICE(重要な注意事項)をご参照くださいますようお願いいたします。英語版のTI製品についての情報を翻訳したこの資料は、製品の概要を確認する目的で便宜的に提供しているものです。該当する正式な英語版の最新情報は、www.ti.comで閲覧でき、その内容が常に優先されます。TIでは翻訳の正確性および妥当性につきましては一切保証いたしません。実際の設計などの前には、必ず最新版の英語版をご参照くださいますようお願いいたします。

## 1 System Description

This reference design is a thermally optimized, three-phase sinusoidal motor drive for brushless DC (BLDC) motors. The board accepts 12 to 24 V as input and provides the three motor phase outputs to drive the BLDC motor sinusoidally.

The PCB consists of two-sided copper with each having a thickness of 2 oz. The board dimensions are 2.5 inches by 2.3 inches with many thermal vias to effectively connect the two sides of the board.

The SPEED pin in the DRV10987 accepts either an analog or PWM input. The DRV10987 device provides motor speed measurement information on the frequency generator (FG) output or I<sup>2</sup>C, which can be used to implement the speed control loop. The I<sup>2</sup>C interface is also available as a header where an external graphical user interface (GUI) can be used to program the DRV10987 device. For this reference design, the GUI can be used to configure and tune the motor parameters.

The DRV10987 device is specifically designed for cost-sensitive, low-noise, low-external-component-count small motor applications. The DRV10987 device uses a proprietary sensorless control scheme to provide continuous sinusoidal drive, which significantly reduces the pure tone acoustics that typically occur as a result of commutation.

In applications such as drain pumps, air purifiers, and dryer fans, the PCB that drives these motors are typically covered in a sealant to protect the devices from being damaged in case of leakage or moisture accumulation. The sealant has a melting point that the case temperature of the device cannot exceed without making the board vulnerable. This reference design helps prevent the device from reaching that melting temperature through thermal optimization.

### 1.1 Key System Specifications

表 1 lists the key system specifications for the DRV10987 device.

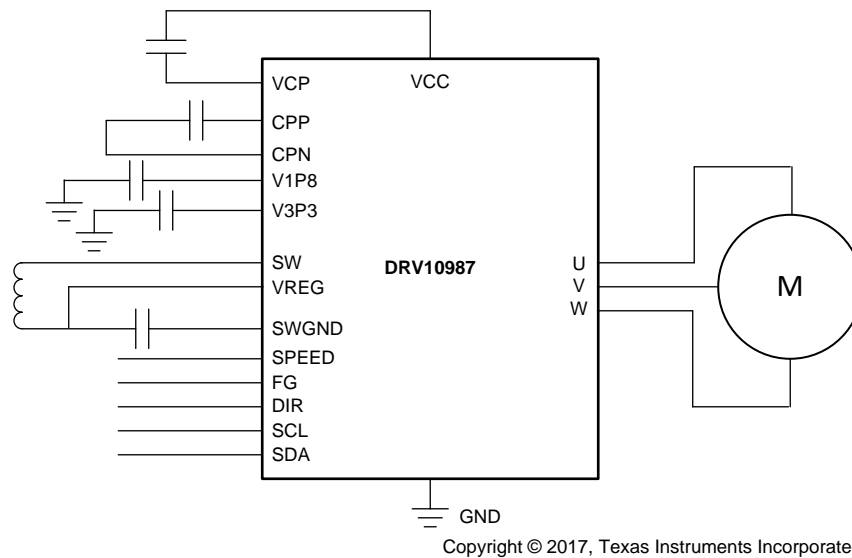
表 1. Key System Specifications

PARAMETER	SPECIFICATIONS
DC input voltage	12 V to 24 V
Current	2.5-A continuous
Power level	Thermal design for up to 60 W
Control method	Integrated 180° sinusoidal control
Protection circuits	Overcurrent, lock detection, voltage surge protection, undervoltage lockout (UVLO) protection, thermal shutdown
Operating ambient	-40°C to +125°C

## 2 System Overview

### 2.1 Block Diagram

Figure 1 shows the system block diagram for this reference design. The system is supplied with a motor supply voltage of 12 V to 24 V, which goes to the DRV10987 device. The SPEED pin controls the speed of the motor through a voltage input. The speed input can be an analog voltage between 0 V and 3.3 V or a PWM signal. I<sup>2</sup>C connections are used to program the registers onto the DRV10987 and tune the motor settings.



**Figure 1. Block Diagram of TIDA-01493**

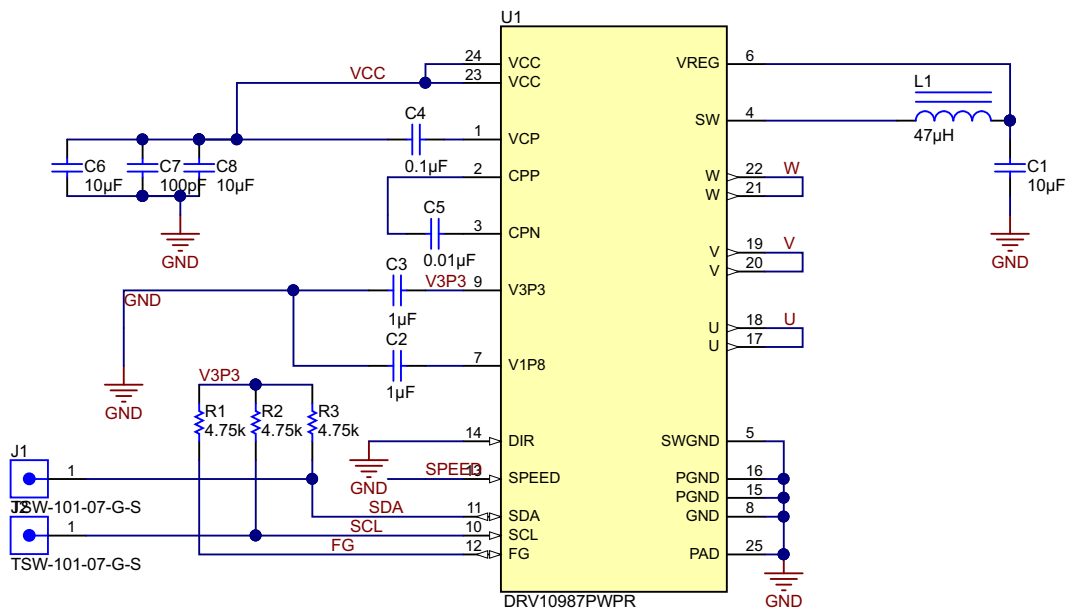
The DRV10987 driver can be configured through the external GUI with the header available onboard.

## 2.2 Design Considerations

表 2 shows the recommended components for the DRV10987 device to function as well as an addition capacitor in parallel with  $C_{VCC}$ . There are I<sup>2</sup>C headers are used for GUI connection and EEPROM register programming. For compact board layouts, it is sufficient to use a smaller inductor for the buck regulator to minimize board footprint. 図 2 and 図 3 shows the design schematic and layout. Additional layout guidelines can be found on the [DRV10987 datasheet](#).

表 2. External Components

COMPONENT	PIN 1	PIN 2	RECOMMENDED
C1	VREG	GND	10- $\mu$ F ceramic capacitor rated for 10 V
C2	V1P8	GND	1- $\mu$ F ceramic capacitor rated for 5 V
C3	V3P3	GND	1- $\mu$ F ceramic capacitor rated for 5 V
C4	VCP	V <sub>CC</sub>	0.1- $\mu$ F ceramic capacitor rated for 10 V
C5	CPP	CPN	10-nF ceramic capacitor rated for VCC x2
C6	V <sub>CC</sub>	GND	10- $\mu$ F ceramic capacitor rated for VCC
C7	V <sub>CC</sub>	GND	(DNP) 100-pF ceramic capacitor rated for VCC
C8	V <sub>CC</sub>	GND	10- $\mu$ F ceramic capacitor rated for VCC
R1	FG	V3P3	4.75-k $\Omega$ pullup to V3P3
R2	SCL	V3P3	4.75-k $\Omega$ pullup to V3P3
R3	SDA	V3P3	4.75-k $\Omega$ pullup to V3P3
L1	SW	VREG	47- $\mu$ H ferrite rated for 1.15 A (inductive mode)



Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated

図 2. Reference Design Schematic

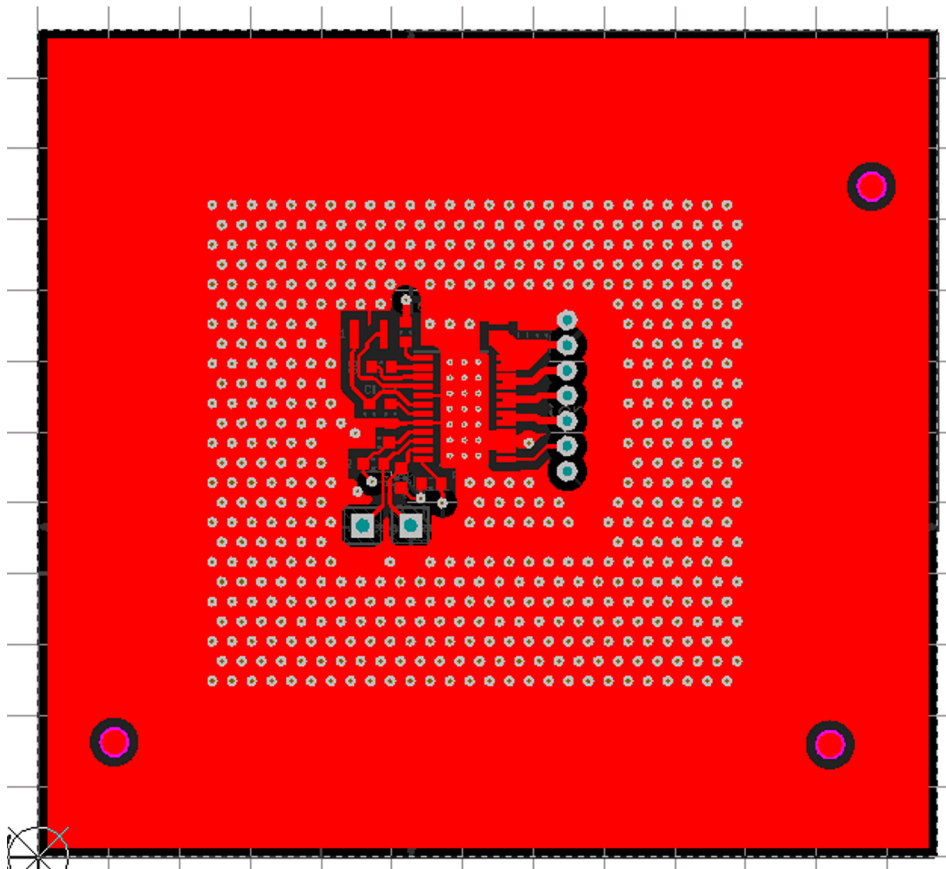


図 3. Reference PCB Layout

## 2.3 Highlighted Products

### 2.3.1 DRV10987

The DRV10987 device is a three-phase sensorless motor driver with integrated power MOSFETs, which can provide continuous drive current up to 2 A. The device is specifically designed for cost-sensitive, low-noise, low-external-component-count fan and pump applications.

The DRV10987 device preserves register setting down to 4.5 V and delivers current to the motor with supply voltage as low as 6.2 V. If the power supply voltage is higher than 28 V, the device stops driving the motor and protects the DRV10987 circuitry. This function is able to handle a load dump condition up to 45 V.

Device options include:

- DRV10987D: Sleep version
- DRV10987S: Standby version

The DRV10987 device uses a proprietary sensorless control scheme to provide continuous sinusoidal drive, which significantly reduces the pure tone acoustics that typically occur as a result of commutation. The interface to the device is designed to be simple and flexible. The motor can be controlled directly through PWM, analog, or I<sup>2</sup>C inputs. Motor speed feedback is available through both the FG pin and the I<sup>2</sup>C interface simultaneously.

The DRV10987 device features an integrated buck regulator to step down the supply voltage efficiently to 5 V for powering both internal and external circuits. The 3.3-V LDO also can be used to provide power for external circuits. The device is available in either a sleep mode or a standby mode version to conserve power when the motor is not running. The standby mode (8.5 mA) version (DRV10987S) leaves the regulator running and the sleep mode (48  $\mu$ A) version (DRV10987D) shuts off the regulator. Use the standby mode version in applications where the regulator is used to power an external microcontroller.

An I<sup>2</sup>C interface allows the user to reprogram specific motor parameters in registers and to program the EEPROM to help optimize the performance for a given application. The DRV10987 device is available in a thermally-efficient HTSSOP, 24-pin package with an exposed thermal pad. The operating ambient temperature is specified from -40°C to +125°C.

### 2.4 System Design Theory

The system design consists of only the DRV10987. The board is designed to maximize the heat dissipation of the device. The board is designed with 2-oz copper thickness and two layers. The board also uses thermal vias to effectively connect the GND planes and transfer heat between the layers.

式 1 shows how to calculate  $\theta_{JA}$ , which is the constant the board tries to minimize through good layout techniques and thicker copper layers.

$$\theta_{JA} = T_{JUNCTION} - T_{AMBIENT} / Power\ Dissipation \tag{1}$$

図 4 shows the thermal resistance model for a typical PCB. This reference design is designed to minimize these resistances in the model above by using 2-oz copper as well as thermal vias. Another way to minimize these thermal resistances is to make sure traces are parallel to the flow of heat as to not block the flow of heat. Heat will flow radially from the heat source. For this design the heat source will be the pins and power pad of the DRV10987. Traces from the pins should go in the same direction as the pins and should not make sharp turns. From the power pad you should have thermal vias underneath that flow through the layers of board.

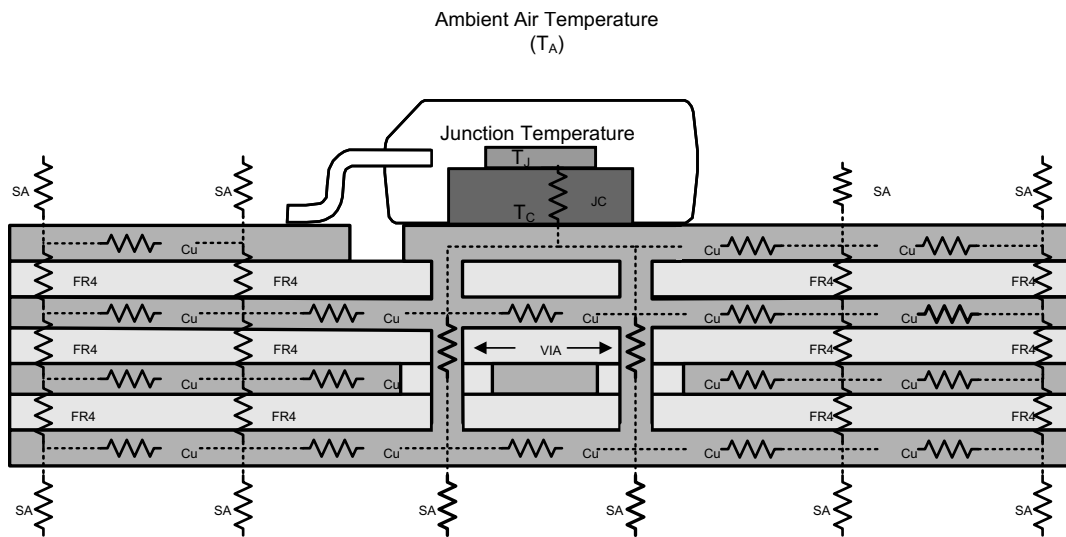


図 4. Thermal Model

Figure 5 shows examples of three different PCBs with either no breaks in the thermal path, traces cut perpendicular to the heat flow, and traces cut parallel to the heat flow. If there are no breaks in the thermal path, the PCB has a more even heat distribution, leading to a better heat dissipation than the other two PCBs. If the traces are cut perpendicular to the heat flow, the PCB has a less even heat distribution than the first case, leading to a reduced heat dissipation. If the traces are cut parallel to the flow of heat, the PCB has worse heat distribution than the first example but better than the second example, leading to heat dissipation that falls between the two. This reference design uses thermal vias to allow paths around traces that run perpendicular to the flow of heat.

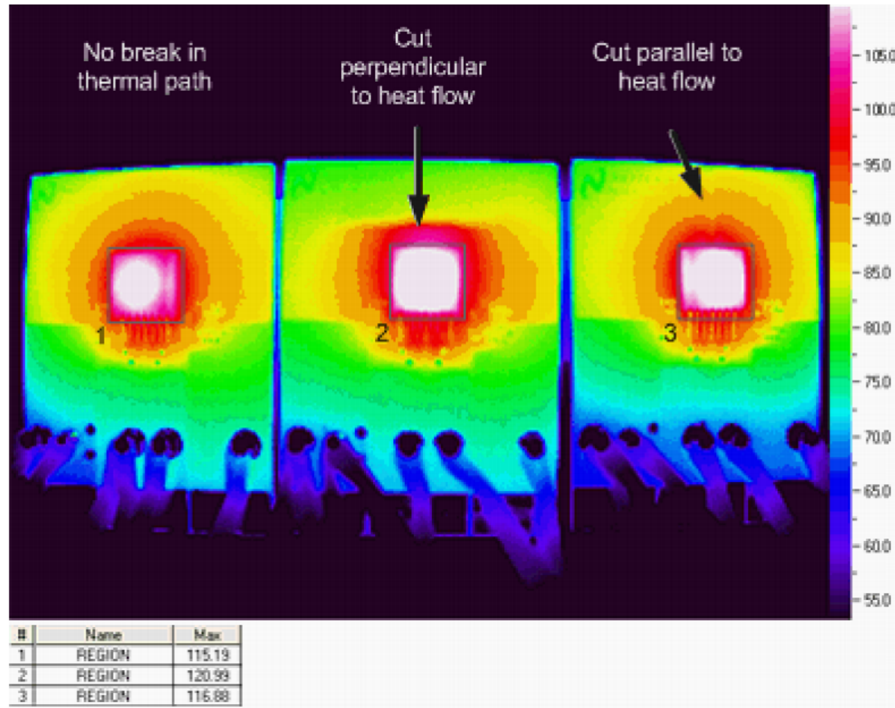


Figure 5. Effects of Blocked Thermal Path

### 3 Hardware, Software, Testing Requirements, and Test Results

#### 3.1 Required Hardware and Software

##### 3.1.1 Hardware

This reference design is powered through the VCC input via and controlled using the SP input via. The SP pin refers to the SPEED pin that accepts either an analog or PWM input to control the speed of the motor. The vias marked U, V, and W refer to the phase winding inputs of a three-phase BLDC motor. J1 (SCL) and J2 (SDA) are used for I<sup>2</sup>C communication with the motor driver.

To set up the system, connect a power supply capable of providing 12 to 28 V and 3 A using VCC. Note to turn on the power supply only when all connections are finalized. Then, connect another voltage source capable of providing 3.3 V using the SP pin. It is recommended to use a USB2ANY and the DRV10x Software GUI when communicating with the DRV10987 using I<sup>2</sup>C. See [Figure 6](#) and [Figure 7](#) for more information when connecting to the system through I<sup>2</sup>C.

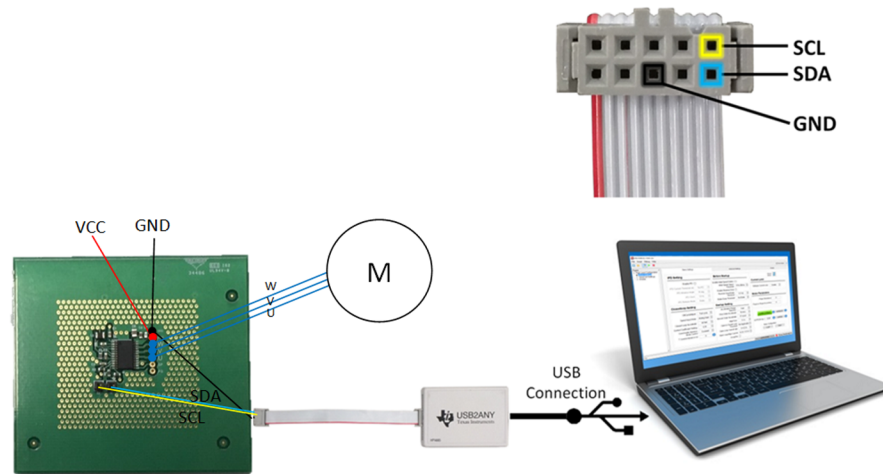


図 6. Setup for GUI—DRV10987 Programming



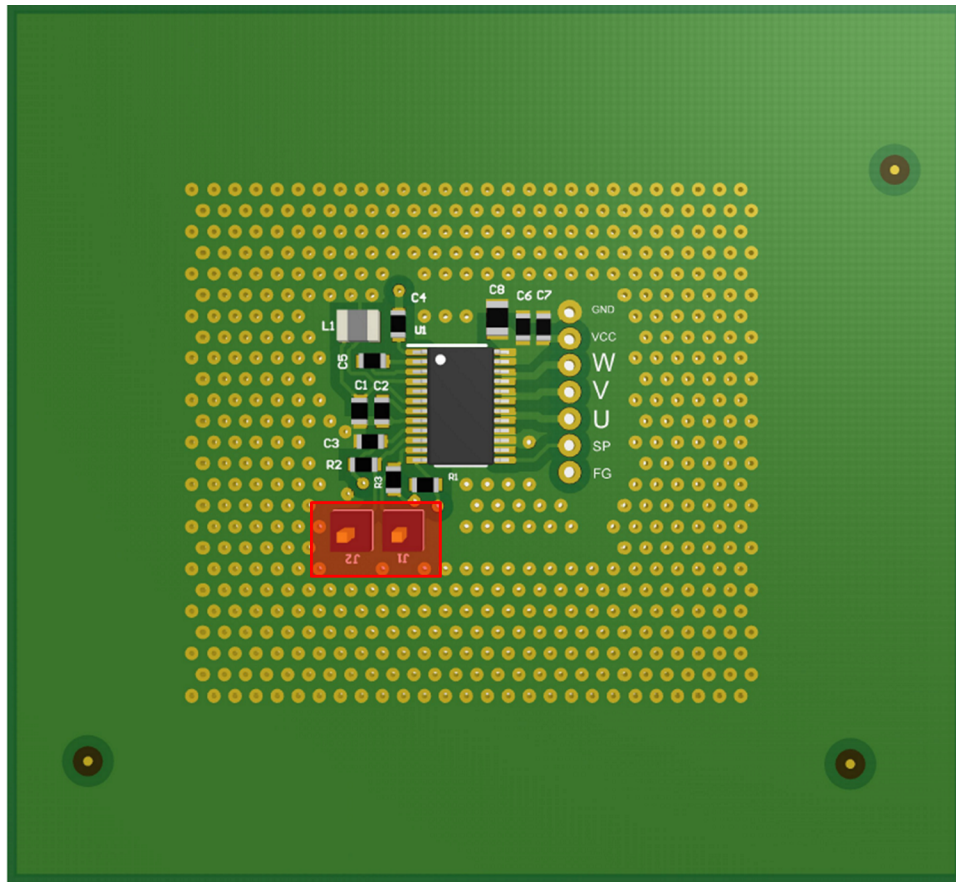


図 7. Hardware Setup for I<sup>2</sup>C Communication

### 3.1.2 Software

The DRV10983-Q1 GUI was developed to communicate with the device to configure different registers within the device, and to understand the response based on the configurations. See the *DRV10983-Q1 Evaluation Module User's Guide* <sup>[2]</sup> for installation and available feature configurations.

## 3.2 Testing and Results

### 3.2.1 Test Setup

- Functional test:
  - Uses the GUI to show the functioning device with the reference design
- Thermal test:
  - Compares thermal performance of this reference design to the EVM performance

### 3.2.2 Test Results

#### 3.2.2.1 Functional Test

図 8 shows the functional test of the DRV10987 device on the reference design during start-up. Channel 2 shows the phase voltage of the device, Channel 3 shows the VCC that the device is set to, and Channel 4 shows the phase current of the device.

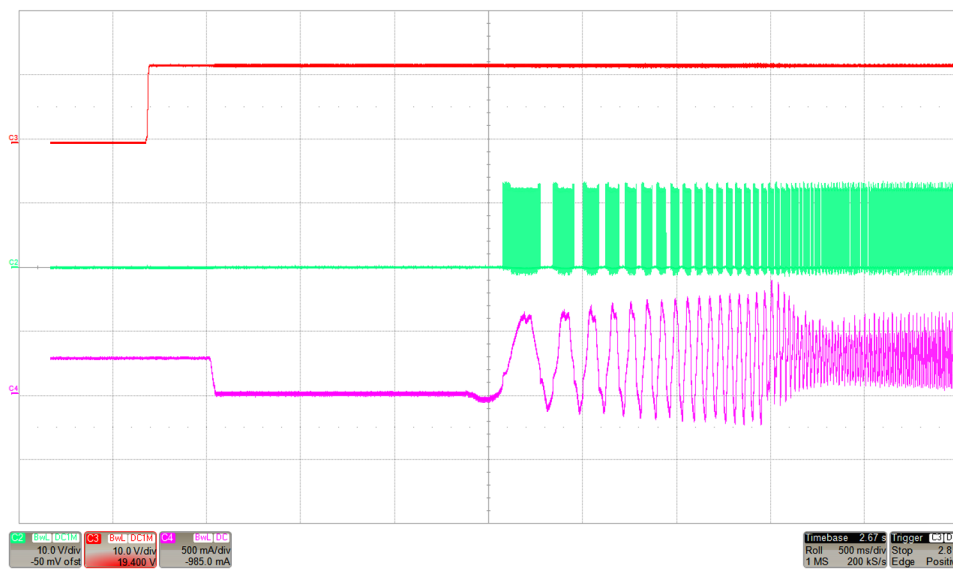


図 8. Driving Motor of TIDA-01493

### 3.2.2.2 Thermal Test

Figure 9, Figure 10, and Figure 11 show the thermal test results of the device running at 30 W, 32.5 W, and 50 W, respectively.

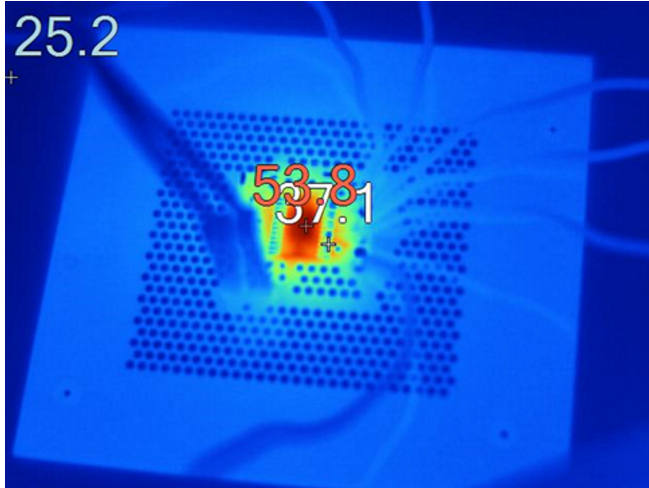


Figure 9. 53.8°C Top of Case Temperature Driving 30-W Load

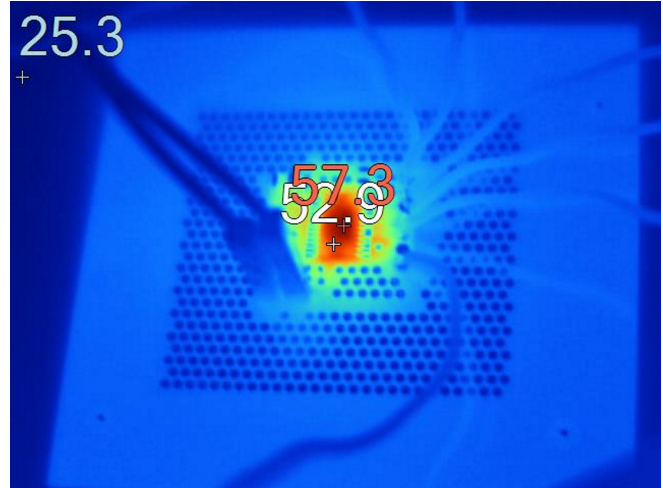


Figure 10. 57.3°C Top of Case Temperature Driving 32.5-W Load

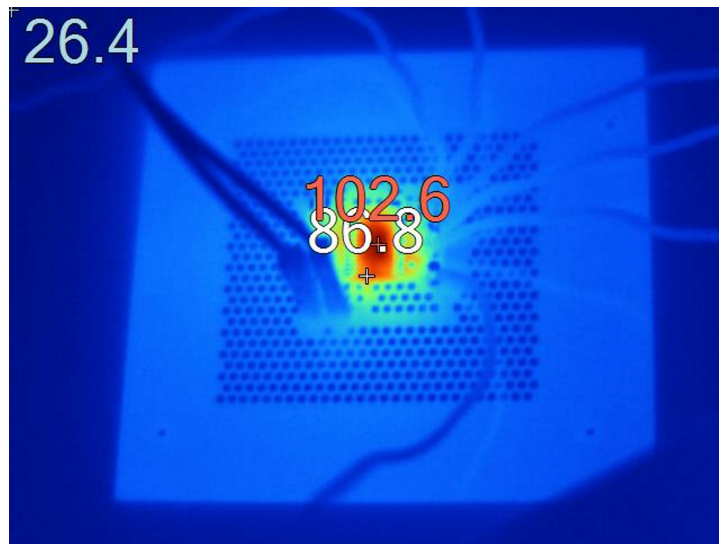


Figure 11. 102.6°C Top of Case Temperature Driving 50-W Load

表 3 shows the thermal test results driving the motor at different speeds.

**表 3. Thermal Test Results**

SPEED (RPM)	I RMS (A)	VOLTAGE (V)	TOP OF CASE TEMPERATURE (°C)	POWER (W)
6150	1.52	19.57	54.5	29.7464
6540	1.66	19.64	57.6	32.6024
6930	1.824	19.63	61.9	35.80512
7230	1.975	19.55	67.6	38.61125
7650	2.12	19.56	75.3	41.4672
8010	2.24	19.57	82	43.8368
8220	2.38	19.57	92.6	46.5766
8490	2.54	19.55	103.5	49.657
8820	2.65	19.5	116.5	51.675
9150	2.78	19.43	124.6	54.0154
9330	2.953	19.41	139.7	57.31773
9570	3.075	19.41	145.7	59.68575

## 4 Design Files

### 4.1 Schematics

To download the schematics, see the design files at [TIDA-01493](#).

### 4.2 Bill of Materials

To download the bill of materials (BOM), see the design files at [TIDA-01493](#).

### 4.3 PCB Layout Recommendations

#### 4.3.1 Layout Prints

To download the layer plots, see the design files at [TIDA-01493](#).

### 4.4 Altium Project

To download the Altium project files, see the design files at [TIDA-01493](#).

### 4.5 Gerber Files

To download the Gerber files, see the design files at [TIDA-01493](#).

### 4.6 Assembly Drawings

To download the assembly drawings, see the design files at [TIDA-01493](#).

## 5 Software Files

To download the software files, see the design files at [TIDA-01493](#).

## 6 Related Documentation

1. Texas Instruments, [DRV10983-Q1 Tuning Guide](#)
2. Texas Instruments, [DRV10983-Q1 Evaluation Module User's Guide](#)

### 6.1 商標

E2E is a trademark of Texas Instruments.

すべての商標および登録商標はそれぞれの所有者に帰属します。

## 7 Terminology

**BLDC**— Brushless DC

**FETs, MOSFETs**— Metal-oxide-semiconductor field-effect transistor

**PWM**— Pulse width modulation

**UVLO**— Undervoltage lockout

## TIの設計情報およびリソースに関する重要な注意事項

Texas Instruments Incorporated ("TI")の技術、アプリケーションその他設計に関する助言、サービスまたは情報は、TI製品を組み込んだアプリケーションを開発する設計者に役立つことを目的として提供するものです。これにはリファレンス設計や、評価モジュールに関する資料が含まれますが、これらに限られません。以下、これらを総称して「TIリソース」と呼びます。いかなる方法であっても、TIリソースのいずれかをダウンロード、アクセス、または使用した場合、お客様(個人、または会社を代表している場合にはお客様の会社)は、これらのリソースをここに記載された目的にのみ使用し、この注意事項の条項に従うことに合意したものとします。

TIによるTIリソースの提供は、TI製品に対する該当の発行済み保証事項または免責事項を拡張またはいかなる形でも変更するものではなく、これらのTIリソースを提供することによって、TIにはいかなる追加義務も責任も発生しないものとします。TIは、自社のTIリソースに訂正、拡張、改良、およびその他の変更を加える権利を留保します。

お客様は、自らのアプリケーションの設計において、ご自身が独自に分析、評価、判断を行う責任がお客様にあり、お客様のアプリケーション(および、お客様のアプリケーションに使用されるすべてのTI製品)の安全性、および該当するすべての規制、法、その他適用される要件への遵守を保証するすべての責任をお客様のみが負うことを理解し、合意するものとします。お客様は、自身のアプリケーションに関して、(1) 故障による危険な結果を予測し、(2) 障害とその結果を監視し、および、(3) 損害を引き起こす障害の可能性を減らし、適切な対策を行う目的で、安全策を開発し実装するために必要な、すべての技術を保持していることを表明するものとします。お客様は、TI製品を含むアプリケーションを使用または配布する前に、それらのアプリケーション、およびアプリケーションに使用されているTI製品の機能性を完全にテストすることに合意するものとします。TIは、特定のTIリソース用に発行されたドキュメントで明示的に記載されているもの以外のテストを実行していません。

お客様は、個別のTIリソースにつき、当該TIリソースに記載されているTI製品を含むアプリケーションの開発に関連する目的でのみ、使用、コピー、変更することが許可されています。明示的または黙示的を問わず、禁反言の法理その他どのような理由でも、他のTIの知的所有権に対するその他のライセンスは付与されません。また、TIまたは他のいかなる第三者のテクノロジーまたは知的所有権についても、いかなるライセンスも付与されるものではありません。付与されないものには、TI製品またはサービスが使用される組み合わせ、機械、プロセスに関連する特許権、著作権、回路配置利用権、その他の知的所有権が含まれますが、これらに限られません。第三者の製品やサービスに関する、またはそれらを参照する情報は、そのような製品またはサービスを利用するライセンスを構成するものではなく、それらに対する保証または推奨を意味するものでもありません。TIリソースを使用するため、第三者の特許または他の知的所有権に基づく第三者からのライセンス、あるいはTIの特許または他の知的所有権に基づくTIからのライセンスが必要な場合があります。

TIのリソースは、それに含まれるあらゆる欠陥も含めて、「現状のまま」提供されます。TIは、TIリソースまたはその仕様に関して、明示的か暗黙的にかかわらず、他のいかなる保証または表明も行いません。これには、正確性または完全性、権原、続発性の障害に関する保証、および商品性、特定目的への適合性、第三者の知的所有権の非侵害に対する黙示的保証が含まれますが、これらに限られません。

TIは、いかなる苦情に対しても、お客様への弁済または補償を行う義務はなく、行わないものとします。これには、任意の製品の組み合わせに関連する、またはそれらに基づく侵害の請求も含まれますが、これらに限られず、またその事実についてTIリソースまたは他の場所に記載されているか否かを問わないものとします。いかなる場合も、TIリソースまたはその使用に関連して、またはそれらにより発生した、実際の、直接的、特別、付随的、間接的、懲罰的、偶発的、または、結果的な損害について、そのような損害の可能性についてTIが知らされていたかどうかにかかわらず、TIは責任を負わないものとします。

お客様は、この注意事項の条件および条項に従わなかったために発生した、いかなる損害、コスト、損失、責任からも、TIおよびその代表者を完全に免責するものとします。

この注意事項はTIリソースに適用されます。特定の種類の資料、TI製品、およびサービスの使用および購入については、追加条項が適用されます。これには、半導体製品(<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>)、評価モジュール、およびサンプル(<http://www.ti.com/sc/docs/sampterm.htm>)についてのTIの標準条項が含まれますが、これらに限られません。