

TI Designs: TIDA-01348

車載LEDライティング・システム用のCISPR 25 Class-5認定7.5W テール・ライトのリファレンス・デザイン



概要

TIDA-01348 TI Designでは、車載用テール・ライト・アプリケーション用のソリューションについて詳細を示しています。このデザインは、TPS92638-Q1リニアLEDドライバを同期降圧コンバータ(LM53601-Q1)で駆動し、電源は車載用バッテリーの電圧から直接供給されます。このデザインは、同相チョーク・コイル(CMCC)フィルタなしでCISPR 25 Class-5の伝導性エミッションおよび放射線エミッション要件に合格するため役立ち、ソリューションの効率も最適化されます。

リソース

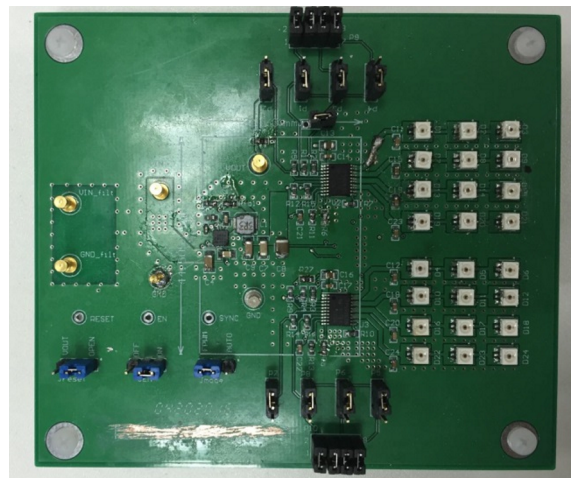
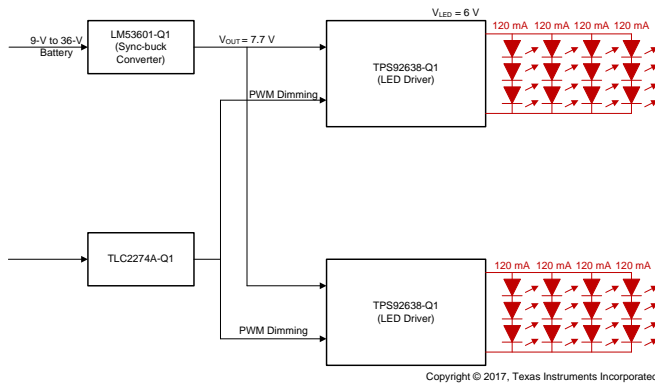
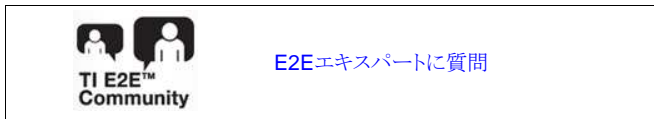
- TIDA-01348 デザイン・フォルダ
- LM53601-Q1 プロダクト・フォルダ
- TPS92638-Q1 プロダクト・フォルダ
- TLC2274A-Q1 プロダクト・フォルダ

特長

- 9V~36V入力、8チャンネルのLEDライティング、合計出力7.5W
- 2.1MHzの同期降圧コンバータ
- CISPR 25 Class-5の伝導性エミッション規格に準拠、CMCCフィルタなしでAMとFMの両方のラジオ・バンド・テストに合格
- 内部補償により使用が簡単
- ソリューション・サイズ: 42.5mmx32.6mm、4層基板、1オンスの銅層

アプリケーション

- 車載用LEDライティング



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

The TIDA-01348 is a CISPR 25 Class-5 rated 7.5-W tail-light reference design which features the TPS92638-Q1 linear light-emitting diode (LED) driver powered by a synchronous buck converter (LM53601) that is directly supplied from the automotive-battery voltage. This design applies to automotive high-brightness lighting such as headlights and taillights and also interior LED lighting systems. This design passes CISPR 25 Class-5 conducted emissions and radiated emissions without a CMCC filter and also optimizes the solution efficiency.

1.1 Key System Specifications

表 1. Key System Specifications

PARAMETER	COMMENTS	SPECIFICATION
V_{IN} minimum	Minimum input voltage	9-V DC
V_{IN} maximum	Maximum input voltage	36-V DC
V_{OUT_Buck}	Buck output voltage	7.7-V DC
V_{OUT_LED}	LED output voltage	6 V (max)
I_{OUT}	Output current	1 A
I_{LED}	LED drive current (per channel)	120 mA
f_s J5	Buck switching frequency	2.1 MHz
I_{Dim} J7	LED dimming	0 mA to 120 mA

2 System Overview

2.1 Block Diagram

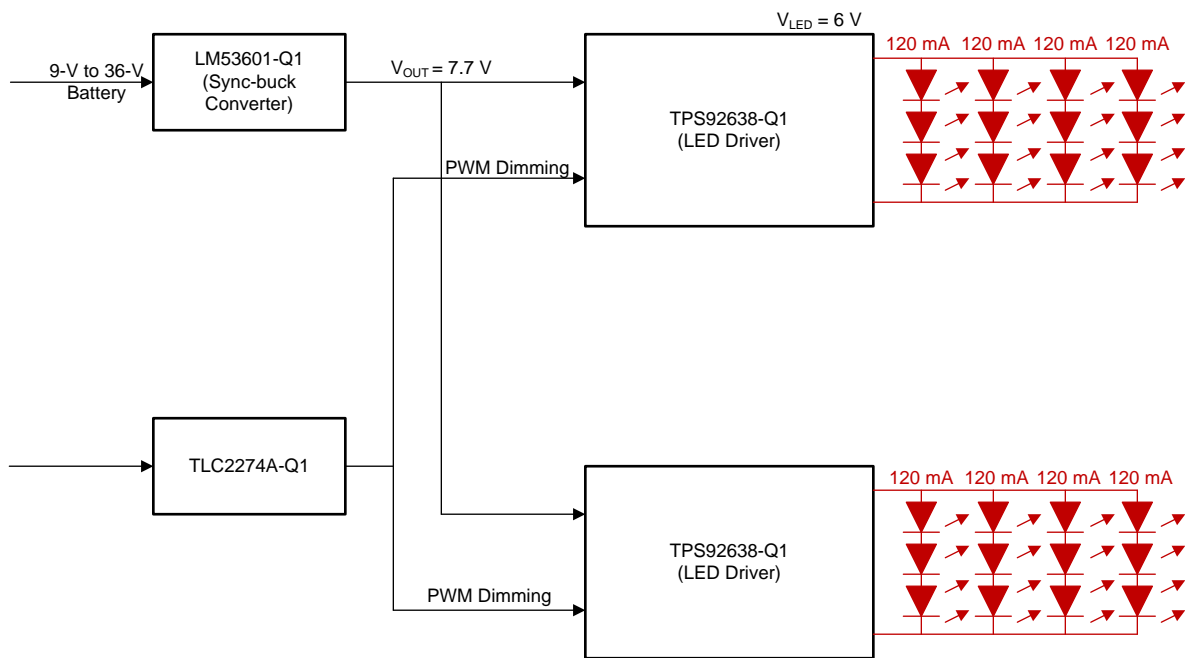


図 1. TIDA-01348 Block Diagram

2.2 Highlighted Products

2.2.1 LM53601-Q1

- AEC-Q100 qualified with -40°C to 125°C ambient operating temperature range
- Wide operating input voltage: 3.55 V to 36 V (with transient to 42 V)
- Spread spectrum option available
- 2.1-MHz fixed switching frequency
- Low output voltage noise: $25 \mu\text{V}_{\text{RMS}}$
- Pin-selectable forced pulse-width modulation (PWM) mode
- External frequency synchronization
- Internal compensation
- 10-lead, 3-mm x 3-mm SON package with wettable flanks

2.2.2 TPS92638-Q1

- AEC-Q100 qualified with -40°C to 125°C ambient operating temperature range
- Eight-channel LED driver with analog and PWM
- Four-bank PWM dimming to control eight channels
- Open- and shorted-LED detection with deglitch
- Single resistor for stop-current set point
- Single resistor for tail-current set point
- Package: 20-pin thermally enhanced PWP package (PDSO)

2.2.3 TLC2274A-Q1

- AEC-Q100 qualified with -40°C to 125°C ambient operating temperature range
- Output swing includes both supply rails
- Low noise: $9 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ typical at $f = 1 \text{ kHz}$
- Fully specified for both single-supply and split-supply operation
- Common-mode input voltage range includes negative rail
- High-gain bandwidth: 2.2 MHz typical
- High slew rate: $3.6 \text{ V}/\mu\text{s}$ typical

3 System Design

3.1 Buck Converter Design

The LM53601 is available in 3.3-V or 5.0-V fixed and adjustable versions, which can be programmed using a resistor divider and feedback voltage. With a red LED, each maximum drop voltage is about 2.0 V. A 1.5-V drop out between V_{IN} and V_{OUT} of LED driver is required to deliver 120 mA per channel.

When setting the output voltage of the LM53601 device at 7.7 V and $R_{fb2} = 10 \text{ k}\Omega$, R_{fb1} can be derived using 式 1.

$$R_{fb1} = \left(\frac{V_{OUT_BUCK}}{V_{REF}} - 1 \right) \times R_{fb2} = 67 \text{ k}\Omega \quad (1)$$

where,

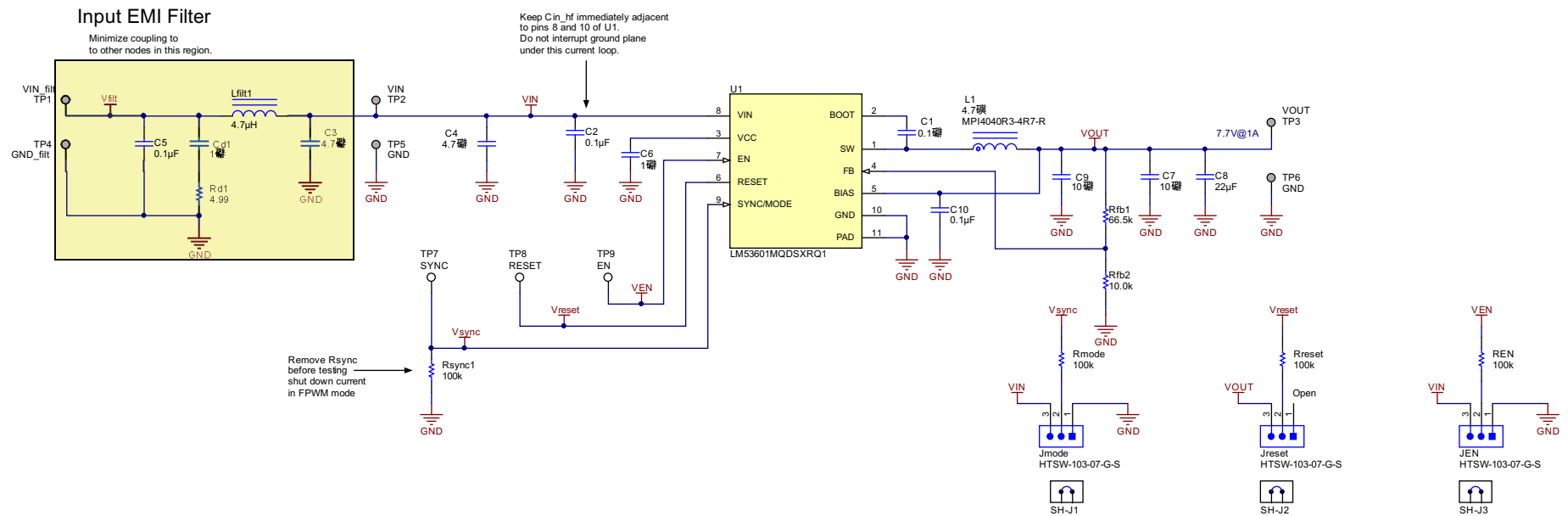
- V_{REF} is the reference voltage of LM53601 and is equal to 2 V.

In the buck converter, the ripple of the inductor enlarges with the input voltage rising. During a 7.7- V_{OUT} condition, the minimum ON time has not been triggered. Setting the ripple at a 36- V_{IN} is an 80% ratio of the output current, for which the inductance can be calculated using 式 2:

$$L_f = \frac{V_{OUT_BUCK} \times \left(1 - \frac{V_{OUT_BUCK}}{V_{IN_MAX}} \right)}{0.4 \times I_{OUT} \times f_s} = 3.6 \text{ }\mu\text{H} \quad (2)$$

Choose $L_f = 4.7 \text{ }\mu\text{H}$.

図 2 shows a schematic of the DC-DC converter.



Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated

図 2. Buck Converter LM53601 Schematic

3.2 LED Driver Design

The TPS92638-Q1 is an eight-channel linear LED driver with PWM dimming control. Independent linear current regulators control the eight LED output channels. Global external resistors set the current of each channel. The device also features two current levels, which are intended for stop and tail applications.

The internal current reference, I_{REF} , has two possible values depending on the state of the STOP input: When STOP is low, REF, which is the current drawn from the REF pin, controls the output current. When STOP is high, the sum of the currents drawn from the REFHI pin and REF pin controls the output current.

式 3 and 式 4 calculate values for the current-setting resistors.

When STOP = low:

$$I_{OUT_TAIL} = \frac{V_{REF_LED} \times G_{(I)}}{R_{REF}}$$

$$R_{REF} = \frac{V_{REF_LED} \times G_{(I)}}{I_{OUT_TAIL}} = 9.76 \text{ k}\Omega$$

where

- $V_{REF_LED} = 1.222 \text{ V}$ is the internal reference voltage of TPS92638
- $G_{(I)} = 200$ is the ratio of output current to reference current
- $I_{OUT_TAIL} = 25 \text{ mA}$ is the tail current of each channel. (3)

When STOP = high:

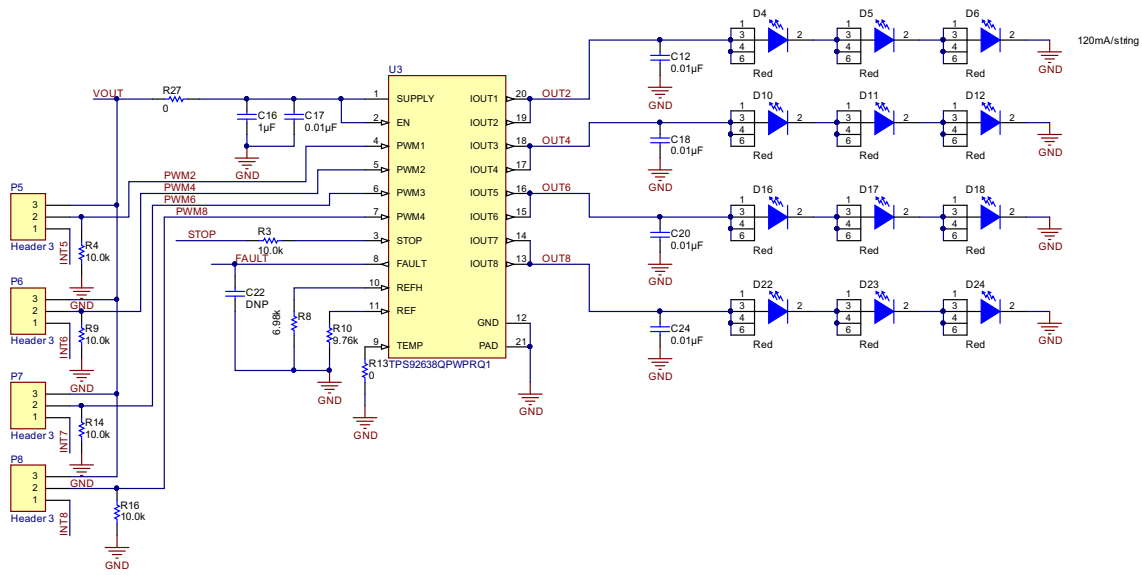
$$I_{OUT_STOP} = \frac{V_{REF_LED} \times G_{(I)}}{R_{REF}} + \frac{V_{REF_LED} \times G_{(I)}}{R_{REFHI}}$$

$$R_{REFHI} = \frac{V_{REF_LED} \times G_{(I)}}{I_{OUT_STOP} - \frac{V_{REF_LED} \times G_{(I)}}{R_{REF}}} = 6.98 \text{ k}\Omega$$

where

- $I_{OUT_STOP} = 60 \text{ mA}$ is the stop current of each channel. (4)

図 3 shows the schematic of the LED driver part.



Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated

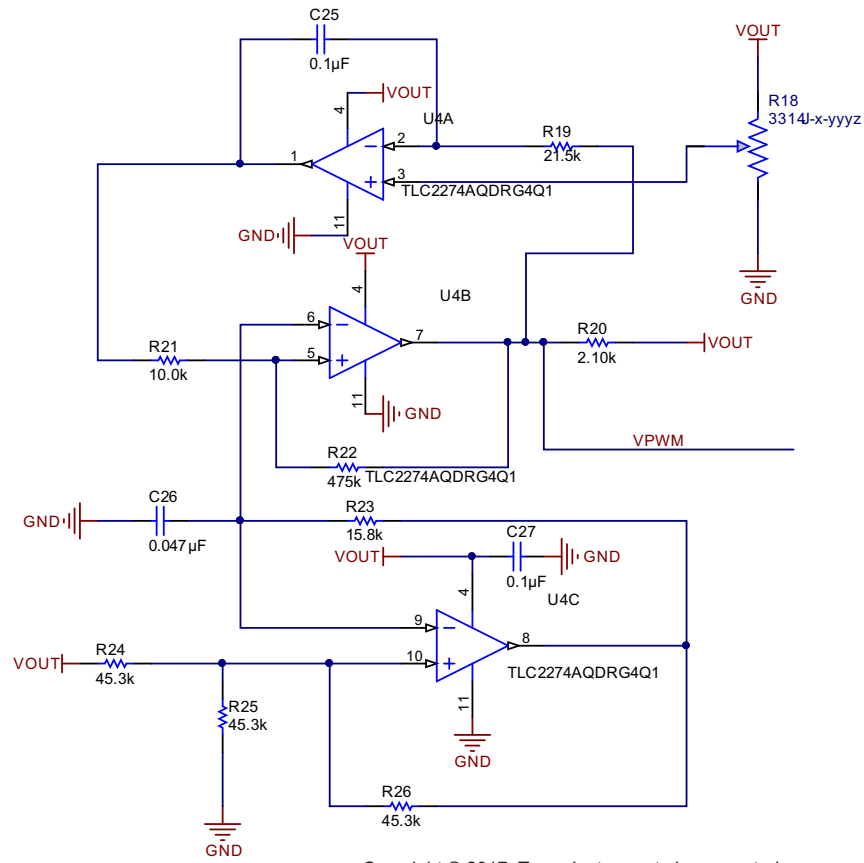
図 3. TPS92638 LED Driver Schematic

3.3 PWM Generation Design

This design uses the TLC2274A to generate PWM to control the LED driver dimming. 図 4 shows a schematic of the TLC2274A-Q1.

In this schematic, U4C works as an amplifier and is capable of generating a similar triangle waveform at pin 9. The minimum and maximum voltage is relatively $V_{OUT} / 3$ and $2V_{OUT} / 3$. The period is: $(2R_{23} \times C_{26} \times \ln 2)$. U4B works as a comparator: When pin 3 voltage rises, pin 1 voltage also rises, which generates a larger duty cycle PWM through U4B. As R19 and C25 work as an RC filter, the crossover frequency must be smaller than one-tenth of the PWM frequency, which means that R23, C26, R19, and C25 must be calculated as shown in 式 5.

$$\frac{1}{2\pi \times R_{19} \times C_{25}} \leq \frac{1}{10} \times \frac{1}{2R_{23} \times C_{26} \times \ln 2} \quad (5)$$



Copyright © 2017, Texas Instruments Incorporated

図 4. TLC2274A-Q1 PWM Generation Schematic

4 Test Results

4.1 Thermal Data

The infrared thermal images in [Fig 5](#) and [Fig 6](#) were taken at a steady state at STOP = high, duty cycle = 100%, and V_{IN} = 9 V and 24 V for two minutes with no airflow.

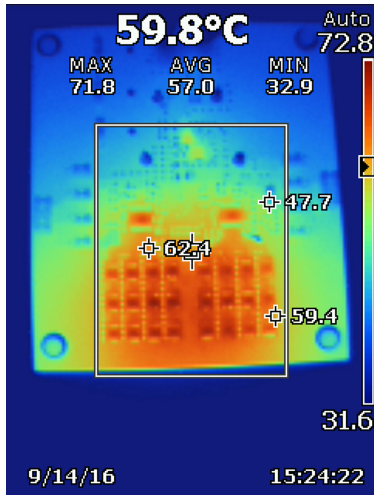


Fig 5. Thermal Data at 9 V_{IN}

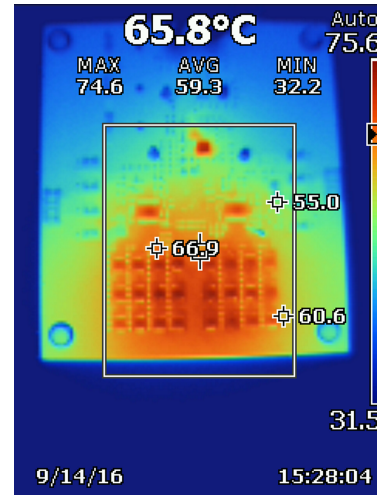


Fig 6. Thermal Data at 24 V_{IN}

4.2 Efficiency Data

[Fig 7](#) shows the efficiency at various input conditions.

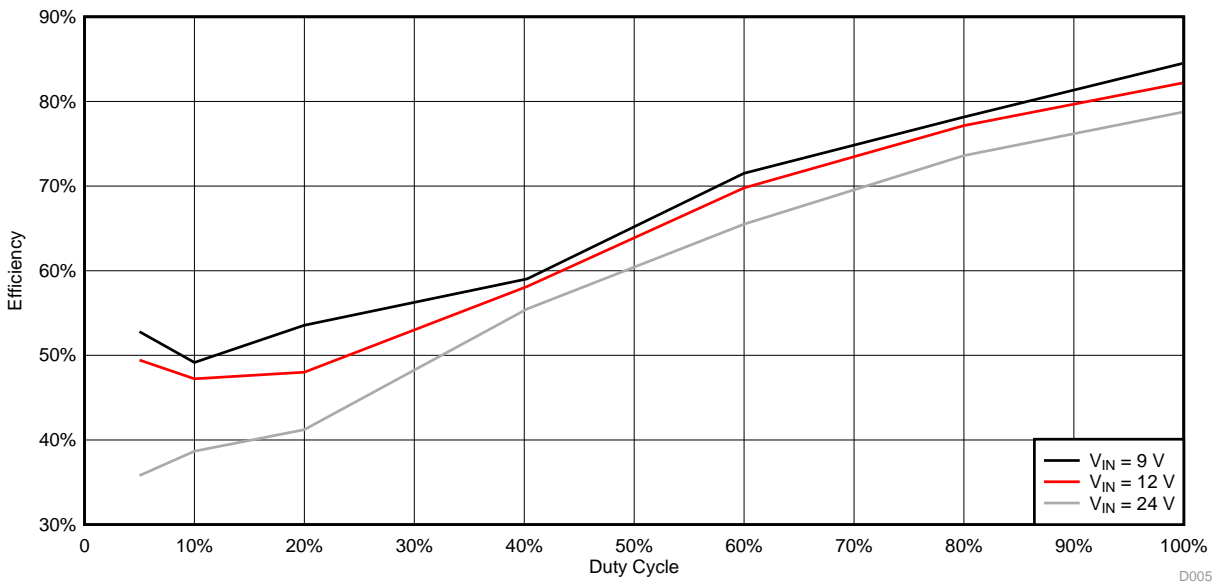


Fig 7. Efficiency versus Duty Cycle at Various Input Voltages

表 2. Efficiency Data Table at 9 V_{IN}

V _{IN} (V)	I _{IN} (A)	I _o (mA)	DUTY	V _o (V)	EFFICIENCY (%)
9.056	0.0693	17.7	0.05	2.34	52.80
9.045	0.1244	25.8	0.10	2.68	49.16
9.030	0.1834	36.0	0.20	3.08	53.56
9.098	0.3695	60.8	0.40	4.08	59.03
9.062	0.5472	89.8	0.60	4.94	71.51
9.029	0.7071	112.0	0.80	5.57	78.16
8.995	0.8701	139.0	1.00	5.95	84.52

表 3. Efficiency Data Table at 12 V_{IN}

V _{IN} (V)	I _{IN} (A)	I _o (mA)	DUTY	V _o (V)	EFFICIENCY (%)
12.012	0.0543	17.3	0.05	2.33	49.44
12.073	0.0974	26.0	0.10	2.67	47.23
12.063	0.1554	35.7	0.20	3.15	48.01
12.037	0.2852	61.2	0.40	4.08	58.13
12.011	0.4215	89.4	0.60	4.94	69.79
12.089	0.5403	113.0	0.80	5.57	77.15
12.065	0.6627	138.0	1.00	5.95	82.21

表 4. Efficiency Data Table at 24 V_{IN}

V _{IN} (V)	I _{IN} (A)	I _o (mA)	DUTY	V _o (V)	EFFICIENCY (%)
24.201	0.0382	17.6	0.05	2.35	35.79
24.197	0.0598	26.2	0.10	2.67	38.68
24.191	0.0885	35.1	0.20	3.14	41.22
24.180	0.1533	63.0	0.40	4.08	55.47
24.166	0.2210	88.4	0.60	4.95	65.49
24.154	0.2831	113.0	0.80	5.57	73.60
24.142	0.3462	138.0	1.00	5.96	78.77

5 Waveform

5.1 Start-Up

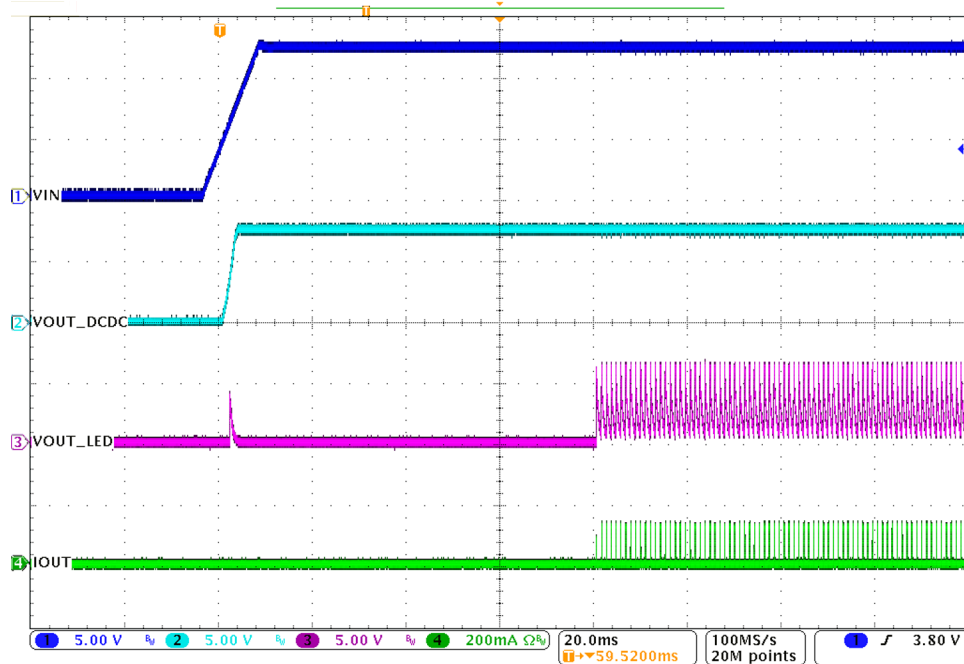


図 8. Start-Up: $V_{IN} = 12\text{ V}$, Duty Cycle = 5%

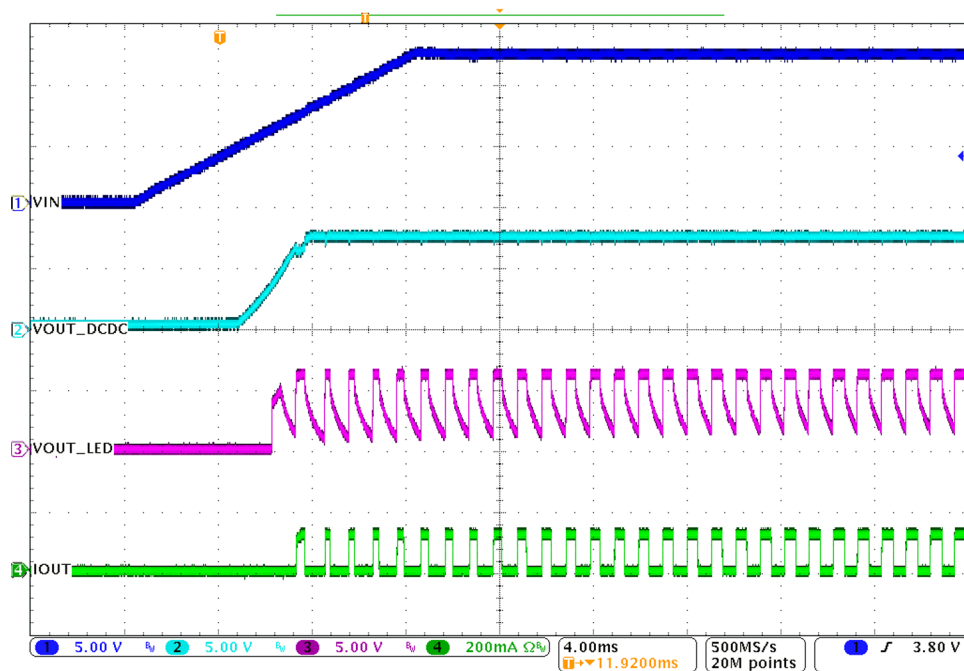


図 9. Start-Up: $V_{IN} = 12\text{ V}$, Duty Cycle = 50%

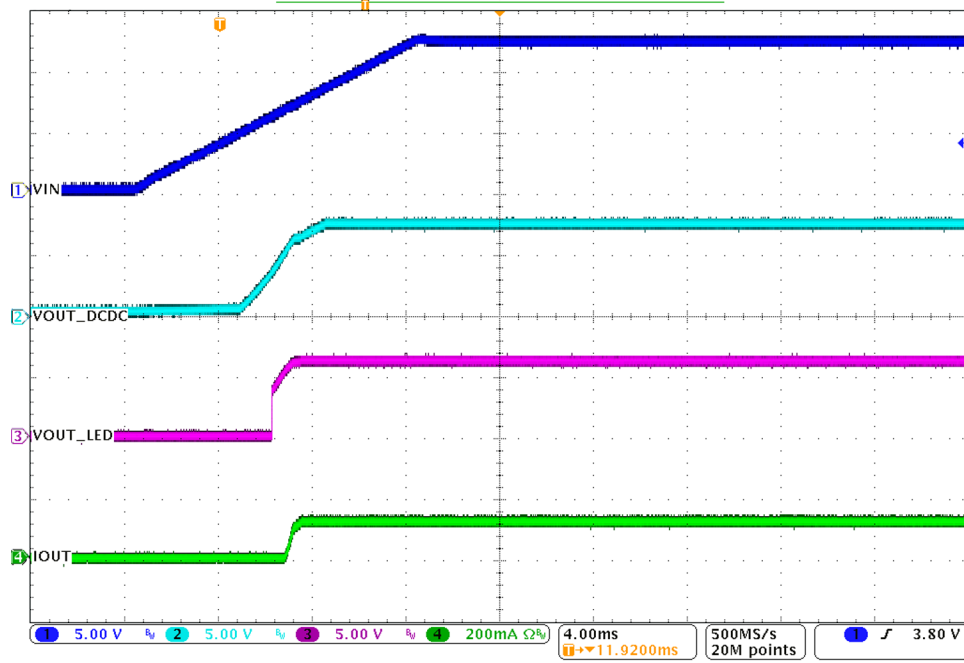


図 10. Start-Up: $V_{IN} = 12\text{ V}$, Duty Cycle = 100%

5.2 Shut Down

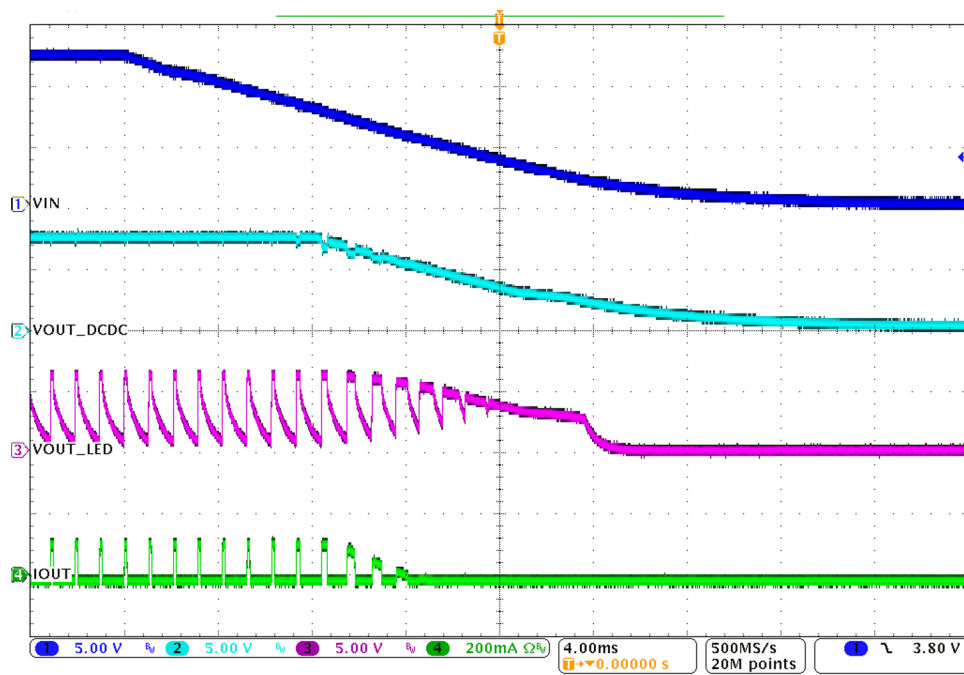


図 11. Shut Down: $V_{IN} = 12\text{ V}$, Duty Cycle = 5%

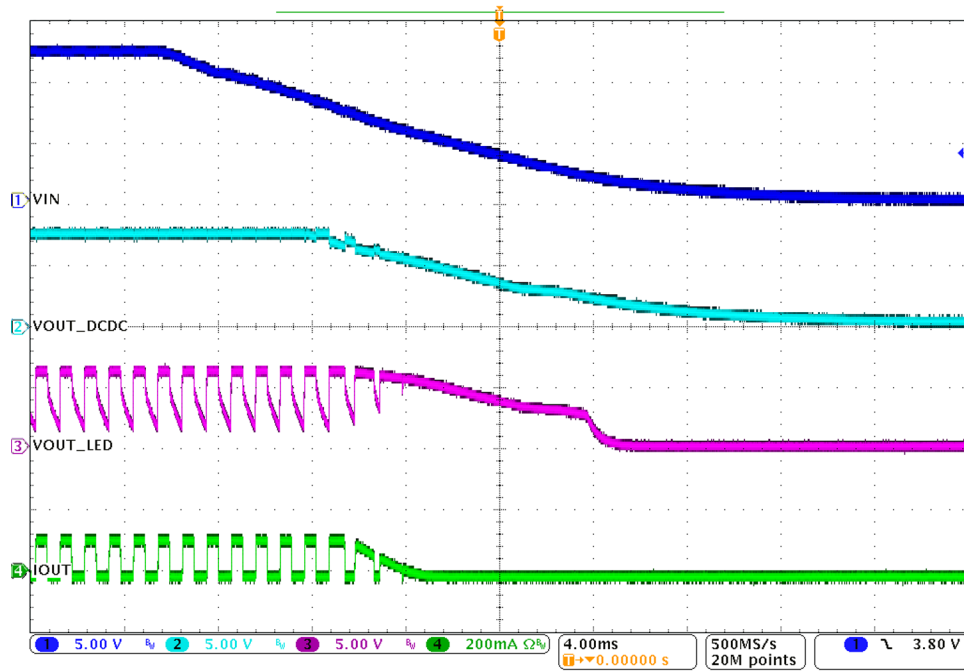


図 12. Shut Down: $V_{IN} = 12\text{ V}$, Duty Cycle = 50%

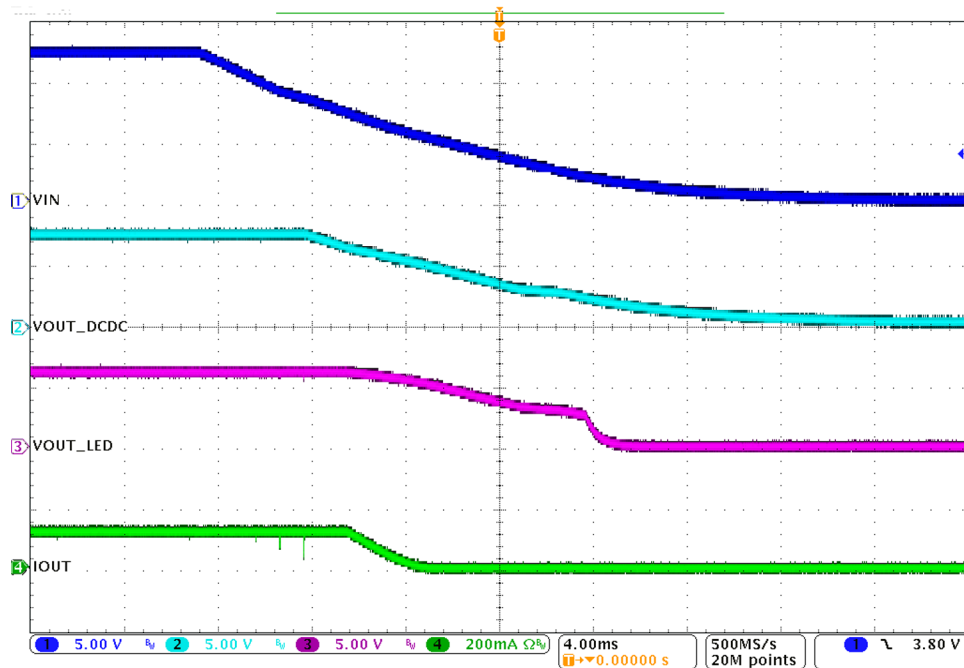


図 13. Shut Down: $V_{IN} = 12\text{ V}$, Duty Cycle = 100%

5.3 Steady State

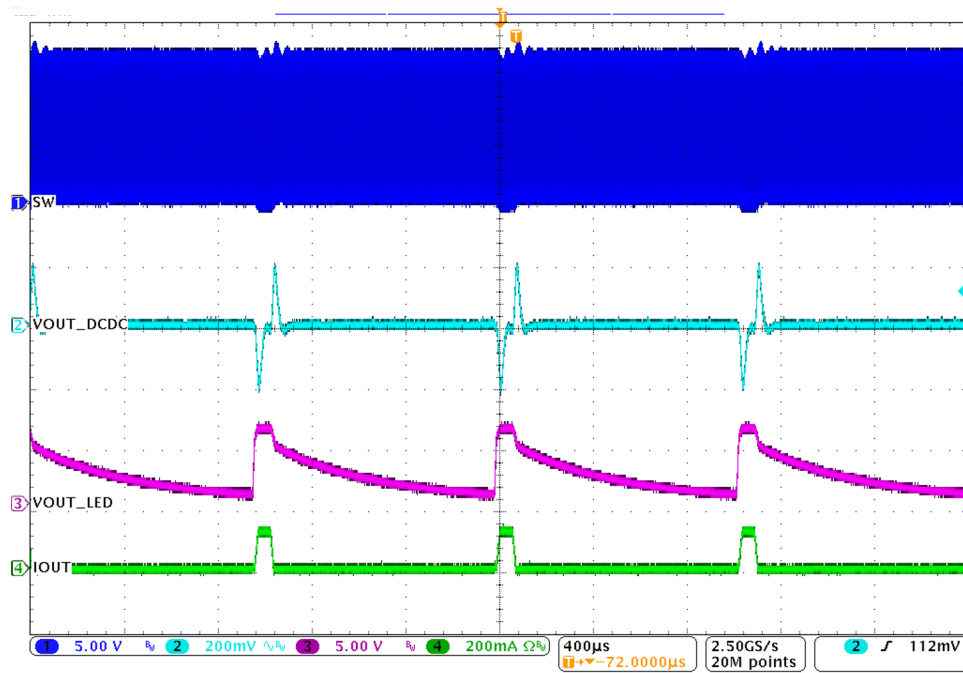


図 14. Steady State: $V_{IN} = 12\text{ V}$, Duty Cycle = 5%

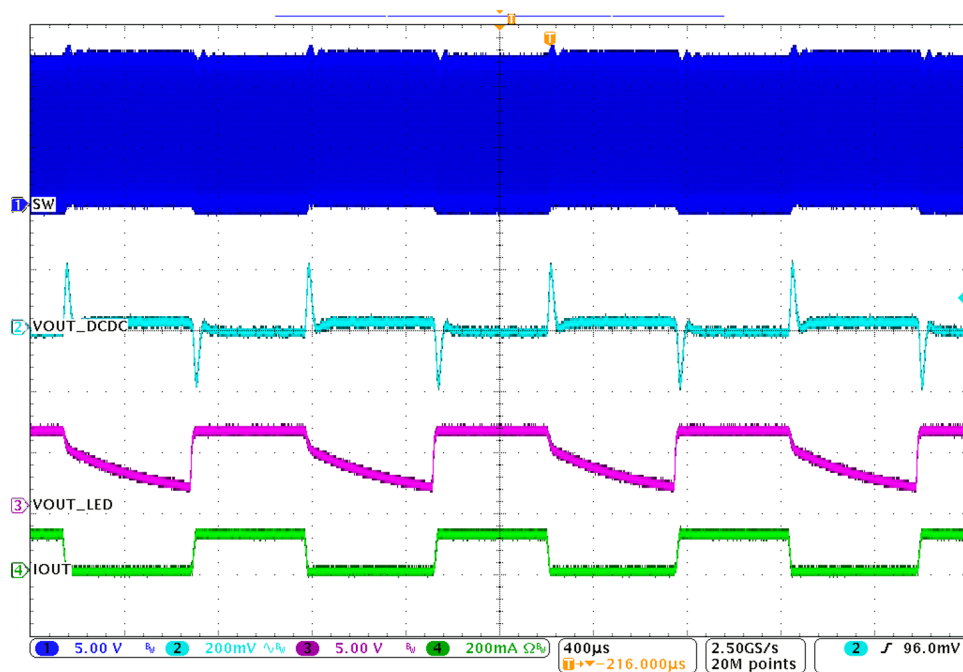


図 15. Steady State: $V_{IN} = 12\text{ V}$, Duty Cycle = 50%

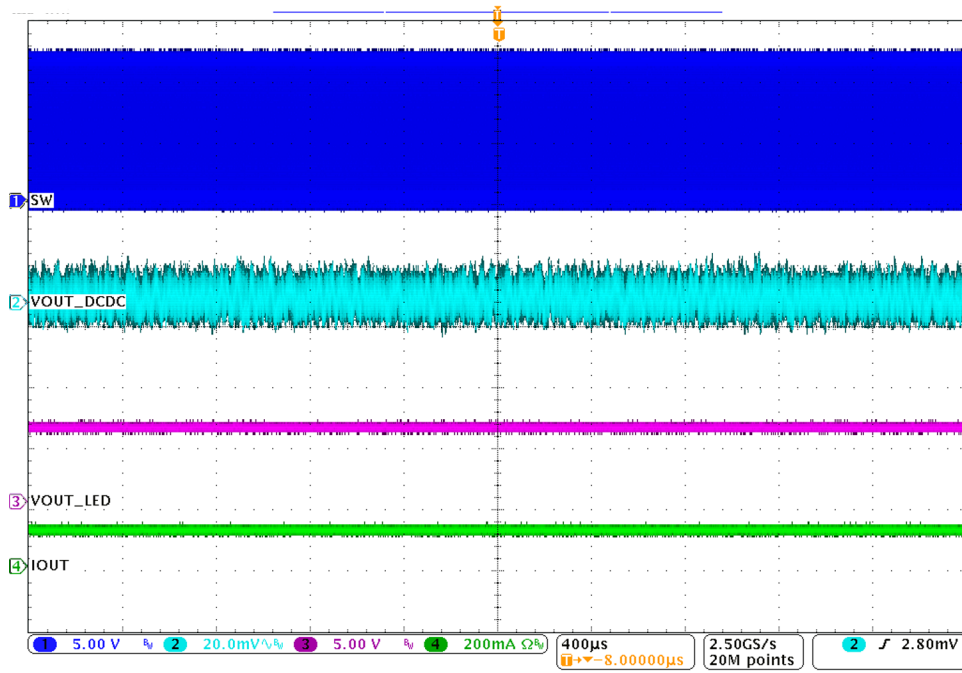
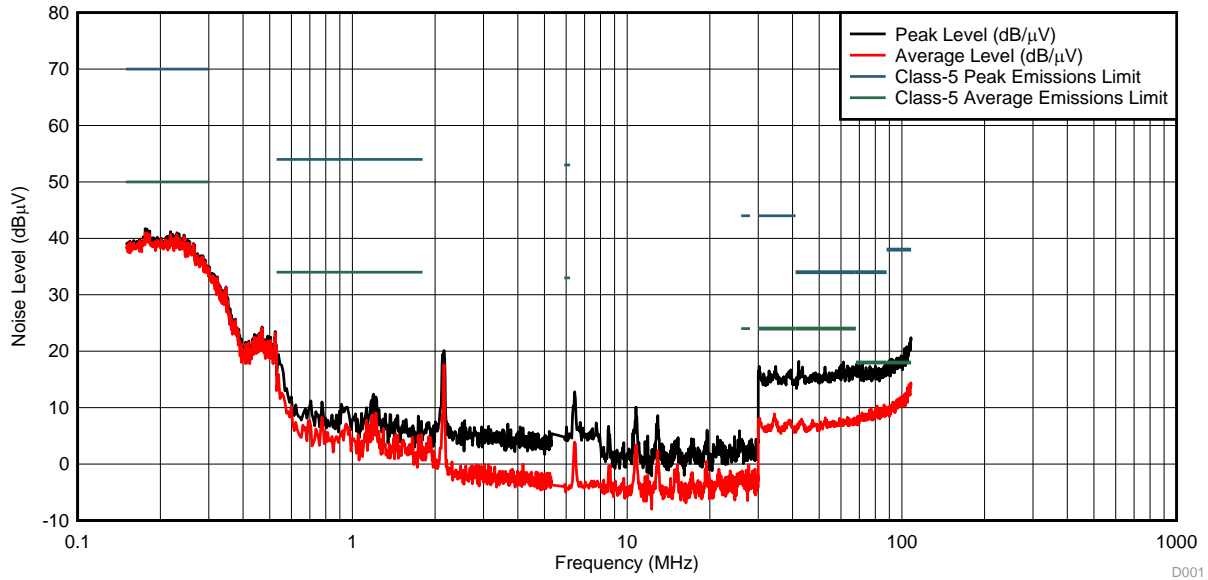


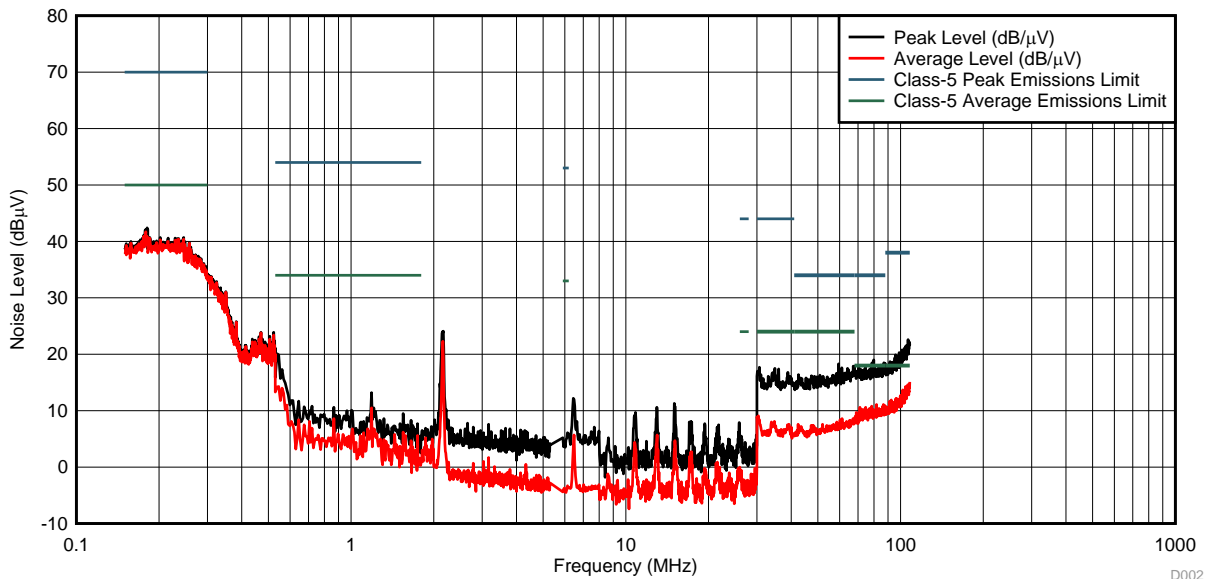
図 16. Steady State: $V_{IN} = 12\text{ V}$, Duty Cycle = 100%

6 EMI Test Results

CISPR 25-EMI testing is completed at a third-party facility. Both conducted and radiated emissions tests are completed. When viewing the results, the blue lines are Class-5 limits for the peak emissions limits and the green lines are the average emissions limits. The following graphs show that the TIDA-01348 design can pass CISPR 25 Class-5 specifications without requiring a CMCC filter.



☒ 17. Conducted Emissions Positive



☒ 18. Conducted Emissions Negative

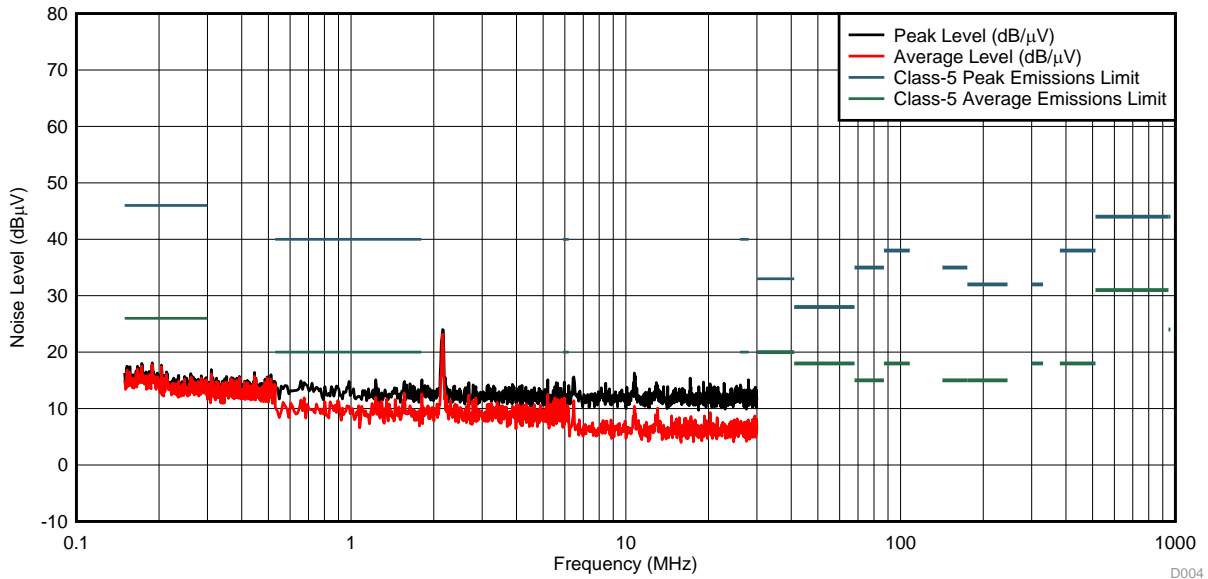


図 19. Radiated Emissions of 150 kHz to 30 MHz

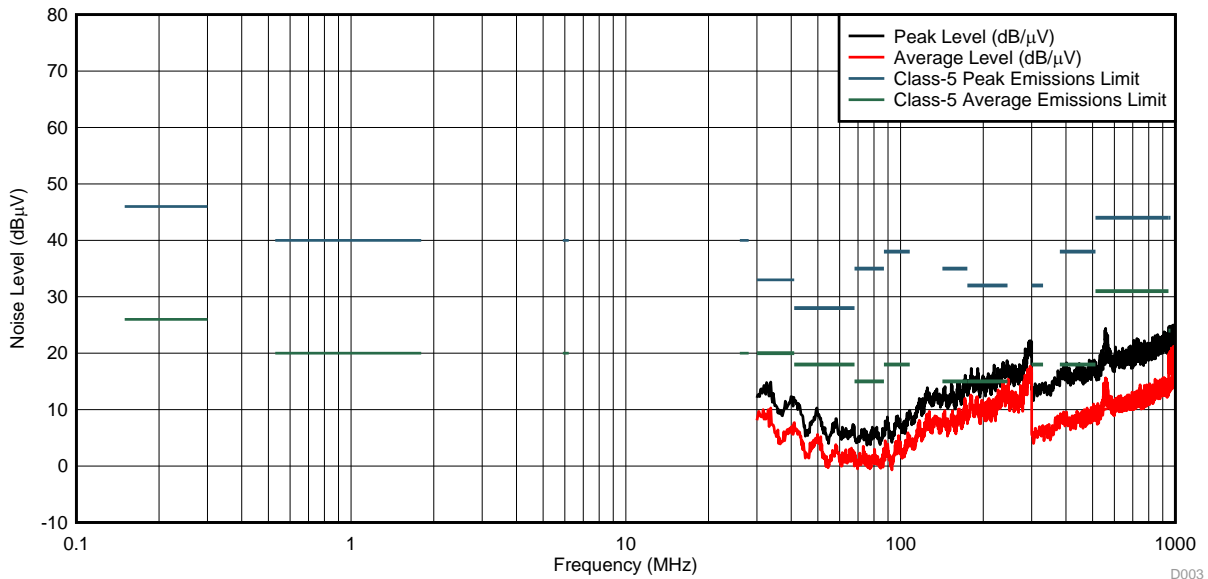


図 20. Radiated Emissions of 30 MHz to 1000 MHz

7 Design Files

7.1 Schematics

To download the schematics, see the design files at [TIDA-01348](#).

7.2 Bill of Materials

To download the bill of materials (BOM), see the design files at [TIDA-01348](#).

7.3 PCB Layout Recommendations

7.3.1 Layout Prints

To download the layer plots, see the design files at [TIDA-01348](#).

7.4 Altium Project

To download the Altium project files, see the design files at [TIDA-01348](#).

7.5 Gerber Files

To download the Gerber files, see the design files at [TIDA-01348](#).

7.6 Assembly Drawings

To download the assembly drawings, see the design files at [TIDA-01348](#).

8 Related Documentation

1. Texas Instruments, [LM53600/01-Q1, 0.65A/1A, 36V Synchronous, 2.1MHz, Automotive Step Down DC-DC Converter](#), LM53600-Q1/LM53601-Q1 Data Sheet (SNAS660)
2. Texas Instruments, [TPS92638-Q1 8-Channel Linear LED Driver With PWM Dimming](#), TPS92638-Q1 Data Sheet (SLVSC5)
3. Texas Instruments, [TLC227x-Q1 Advanced LinCMOS™ Rail-To-Rail Operational Amplifiers](#), TLC227x-Q1/TLC227xA-Q1 Data Sheet (SGLS007)

8.1 商標

All trademarks are the property of their respective owners.

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。