

TI Designs: TIDA-01412

ゲートウェイおよび車体制御モジュールの車載マイクロコントローラ用電源のリファレンス・デザイン



概要

このディスクリート電源のリファレンス・デザインは、Freescale™ MPC5748Gマイクロコントローラ用の完全な電源ソリューションです。この単純なソリューションは5個のDC/DCコンバータしか使用せず、電源管理集積回路(PMIC)よりも柔軟で、スケラブルで、コスト効率の優れたソリューションを実現します。このデザインは、ゲートウェイや中央の車体制御モジュールなど、各種の車載用アプリケーションに対応しています。

リソース

TIDA-01412	デザイン・フォルダ
TPS6213013A-Q1	プロダクト・フォルダ
TPS62130A-Q1	プロダクト・フォルダ
TPS62133A-Q1	プロダクト・フォルダ
LM53603-Q1	プロダクト・フォルダ
TPS40210-Q1	プロダクト・フォルダ

特長

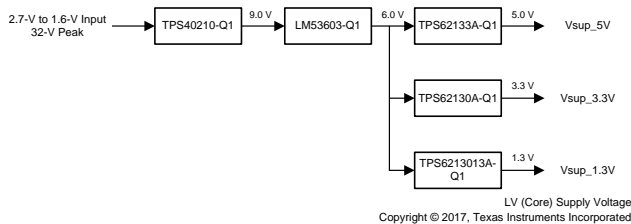
- 2.7V~16V、32Vピーク入力電圧をサポート
- 負荷およびスケーラビリティに関して、将来の世代のマイクロコントローラに対応できる柔軟性
- MCUのLVコア電源で1%未満の精度
- 最大効率80%
- わずか5個のDC/DCでコスト効率の優れた、単純な電源ソリューションを実現
- AEC-Q100認定済み

アプリケーション

- 車体制御モジュール(BCM)
- 車載用ゲートウェイ



E2Eエキスパートに質問



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 MPC5748G Microcontroller (MCU) is used in a wide variety of automotive applications, such as high-end gateway, combined body controller and gateway, central body, vehicle body controllers, smart junction box, and front module applications. These applications require a small, highly-efficient power supply. Compared to a PMIC solution, this power solution is more flexible in terms of load requirements for different end applications. Additionally, it has the advantage of being easily scalable to future generations of the MCU. The MPC5748G device has multiple supply pins for the core, input and output (I/O), flash, and analog supplies. This reference design provides a power solution to supply all of these components in different power configurations of the MCU. The design has three output rails: 1.3 V ($V_{sup_1.3V}$), 5 V (V_{sup_5V}), and 3.3 V ($V_{sup_3.3V}$).

- $V_{sup_1.3V}$ is used to supply the core logic (V_{DD_LV}).
- V_{sup_5V} can be used to supply the I/O pins ($V_{DD_HV_A}$, $V_{DD_HV_B}$, and $V_{DD_HV_C}$) and analog pins ($V_{DD_HV_ADC0}$, $V_{DD_HV_ADC1}$, and $V_{DD_HV_ADC1_REF}$), which are also called analog-to-digital converter (ADC) pins depending on the power configuration of the MCU.
- $V_{sup_3.3V}$ can be used to supply the I/O pins ($V_{DD_HV_A}$, $V_{DD_HV_B}$, and $V_{DD_HV_C}$), the flash ($V_{DD_HV_FLA}$), and analog pins ($V_{DD_HV_ADC0}$, $V_{DD_HV_ADC1}$, $V_{DD_HV_ADC1_REF}$, and $V_{IN1_CMP_REF}$), depending on the power configuration of the MCU.

For more details on how to choose the power configuration for each pin, see [MPC5748G Data Sheet](#) and [MPC5748G Hardware Design Guidelines](#).

This reference design provides a tested and documented power solution that is suitable for the MPC5748G MCU. The solution achieves high efficiency by using integrated DC/DC converters and no low dropout (LDO) linear regulators. High efficiency results in a low self-temperature rise and higher reliability.

1.1 Key System Specifications

表 1. Key System Specifications

PARAMETERS		SPECIFICATIONS	DETAILS
Input voltage range		2.7-V to 16-V, 32-V peak input voltage	—
OUTPUTS PROVIDED			
V_{sup_5V}	Voltage setpoint	5.0 V	4.1
	Ripple	< 25 mV	
	Transient response	< 3%	
	Load regulation	< 1.5%	
$V_{sup_3.3V}$	Voltage setpoint	3.3 V	4.2
	Ripple	< 25 mV	
	Transient response	< 3%	
	Load regulation	< 1.5%	
$V_{sup_1.3V}$	Voltage setpoint	1.3 V	4.3
	Ripple	< 20 mV	
	Transient response	< 3%	
	Load regulation	< 1 %	

MPC5748G power requirements:

- $V_{DD_HV_ADC0}$: 3.3-V / 5.0-V ADC supply voltage
- $V_{DD_HV_ADC1}$: 3.3-V / 5.0-V ADC supply voltage
- $V_{DD_HV_ADC1_REF}$: 3.3-V / 5.0-V ADC1 high reference voltage
- $V_{DD_HV_A}$: 3.3-V / 5.0-V input/output supply voltage
- $V_{DD_HV_B}$: 3.3-V / 5.0-V input/output supply voltage
- $V_{DD_HV_C}$: 3.3-V / 5.0-V input/output supply voltage
- $V_{DD_HV_FLA}$: 3.3-V flash supply voltage (generated internally)
- V_{DD_LV} : 1.3-V internal core supply voltage

The I/O and HV ADCx supply voltages can be either in the 5-V range or in the 3.3-V range. When operating in the 3.3-V range, the HV flash supply voltage ($V_{DD_HV_FLA}$) must be externally supplied using a 3.3-V source. The 3.3-V flash supply is internally generated when the device operates in the 5-V range. The I/O voltages are all independent supplies that can be set to 3.3 V or 5 V. The core supply voltage (V_{DD_LV}) is set to a fixed voltage of 1.3 V. For more details, see [MPC5748G Data Sheet](#).

2 System Overview

2.1 Block Diagram

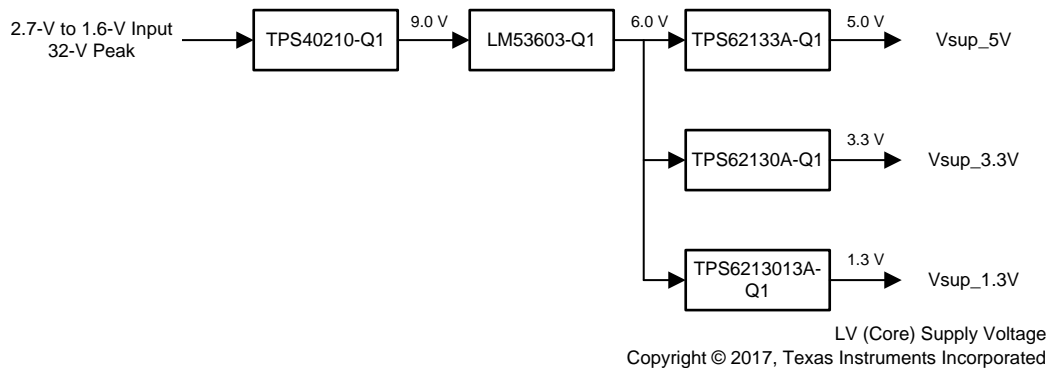


図 1. Block Diagram

2.2 Highlighted Products

2.2.1 TPS6213XA-Q1

The [TPS6213XA-Q1](#) devices are easy-to-use, synchronous, step-down DC/DC converters optimized for applications with high power density. A high switching frequency of typically 2.5 MHz allows the use of small inductors and provides fast transient response, as well as high output-voltage accuracy through the use of the DCS-Control™ topology (Direct Control with Seamless Transition into Power Save Mode). With a wide operating input-voltage range of 3 V to 17 V, the devices are ideally suited for systems that draw power from intermediate bus power rails. The devices support up to a 3-A continuous output current at output voltages between 0.9 V and 6 V (with 100% duty cycle mode). The output-voltage start-up ramp is controlled by the soft-start pin, which allows operation as either a standalone power supply or in tracking configurations. Power sequencing is also possible by configuring the enable and open-drain power-good pins. In power save mode, the devices show quiescent current of approximately 17 μ A from V_{IN} . Power save mode, which is entered automatically and seamlessly if the load is small, maintains high efficiency over the entire load range. In shutdown mode, the devices are turned off and shutdown current consumption is less than 2 μ A. The devices are packaged in a 16-pin VQFN package measuring 3 mm x 3 mm.

The TPS6213013A-Q1 has a higher precision and provides a precise supply to the core rail of the MCU.

表 2. Device Comparison Table

PART NUMBER	OUTPUT VOLTAGE	PACKAGE MARKING
TPS62130A-Q1	Adjustable	PA6IQ
TPS62133A-Q1	5 V	PA6JQ
TPS6213013A-Q1	1.3 V	13013Q

2.2.2 TPS40210-Q1

The [TPS40210-Q1](#) is a wide-input voltage (4.5 V to 52 V), nonsynchronous boost controller. This controller is suitable for topologies that require a grounded source N-channel field-effect transistor (FET) including boost, flyback, single-ended primary-inductor converter (SEPIC), and various light-emitting-diode (LED) driver applications. The device features include programmable soft-start, overcurrent protection with automatic retry, and programmable oscillator frequency. Current mode control provides improved transient response and simplified loop compensation.

2.2.3 LM53603-Q1

The [LM53603-Q1](#) buck regulator is specifically designed for automotive applications, providing an output voltage of 5 V or 3.3 V (with ADJ option) at 3 A or 2 A, from an input voltage of up to 36 V. Advanced high-speed circuitry allows the device to regulate from an input of up to 20 V, while providing an output of 5 V at a switching frequency of 2.1 MHz. The innovative architecture allows the device to regulate a 3.3-V output from an input voltage of only 3.5 V. All aspects of this product are optimized for the automotive customer. An input voltage range up to 36 V, with transient tolerance up to 42 V, eases input surge protection design. An open-drain reset output, with filtering and delay, provides an accurate indication of system status. This feature negates the requirement for an additional supervisory component, saving cost and board space. Seamless transition between PWM and PFM modes, along with a no-load operating current of only 24 μ A, ensures high efficiency and superior transient response at all loads.

2.3 System Design Theory

The power requirements of the microcontroller are a function of the specific functionality used in a given application. In most cases, the current drawn and the accuracy needed by each rail is not known precisely during the design phase. Only gross estimates are available when the power supply is designed. Therefore the TIDA-01412 reference design uses DC/DC converters to provide flexibility to the designer and scalability for future generations of the microcontroller. Additionally, this design has the advantage of providing high-precision voltage rails compared to the PMIC solution.

This reference design uses five DC/DC converters and provides three output rails to generate appropriate supply voltages for the MCU. Because of the large input range from 2.7 to 16 V, the TPS40210-Q1 was chosen to get a constant voltage of 9 V. The TPS40210-Q1 is capable of a wide input operating voltage range, and is qualified for automotive applications. The voltage is further decreased with a synchronous 2.1-MHz step down converter (LM53603-Q1) to 6 V. The TPS6213x-Q1 step down converters are then used to obtain the suitable I/O and high-voltage (HV) ADC supply voltage of 5 V or 3.3 V and the core supply voltage of 1.3 V. Due to the high switching frequency of the TPS6213x, small inductors can be used and the design can be kept small and efficient. In this design, the TPS6213x-Q1 DC/DC converter provides a precise output regulation; the TPS6213013A-Q1 provides an output load regulation accuracy less than 1% for the low-voltage (LV) core supply.

3 Getting Started Hardware

To test this reference design, apply an input voltage between 2.7 V and 16 V to the J1 input connector. Then, set the enable pins of connector J8 to ON by using a jumper. All DC/DC converters will start working; check the expected output-voltages at the appropriate connectors. J4 should provide a 5-V output, J5 the 3.3-V output, and J6 the 1.3-V output-voltage. To test the design sufficiently, apply certain loads to observe the behavior of the output voltage.

4 Testing and Results

This section includes the relevant test results to power the MPC5748G MCU. Unless otherwise noted, all testing was conducted at room temperature with 14 V for V_{IN} simulating the main supply from the car battery.

Conducted tests:

- Efficiency
- Load regulation
- Load transient
- Output ripple

4.1 V_{sup_5V}

Measurements were performed on the 5-V rail (J4). A load of 300 mA was continuously applied at J6 ($V_{sup_1.3V}$) to measure a real case behavior of the circuit. 表 3 lists the test conditions.

表 3. Test Conditions

VOLTAGE RAIL	OUTPUT VOLTAGE	LOAD
V_{sup_5V}	5 V	—
$V_{sup_3.3V}$	3.3 V	0 mA
$V_{sup_1.3V}$	1.3 V	300 mA

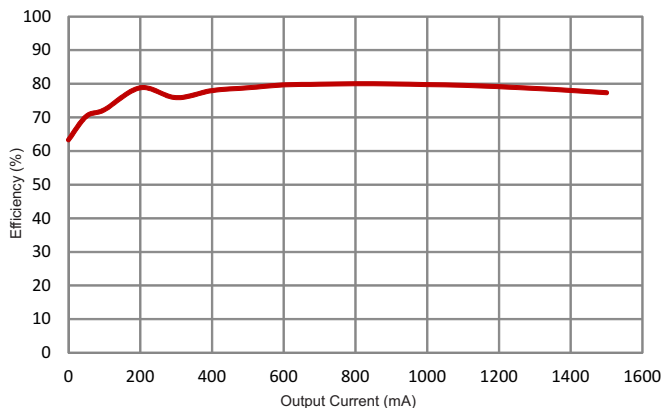


図 2. V_{sup_5V} Efficiency (14 V_{IN} , Measured at J4)

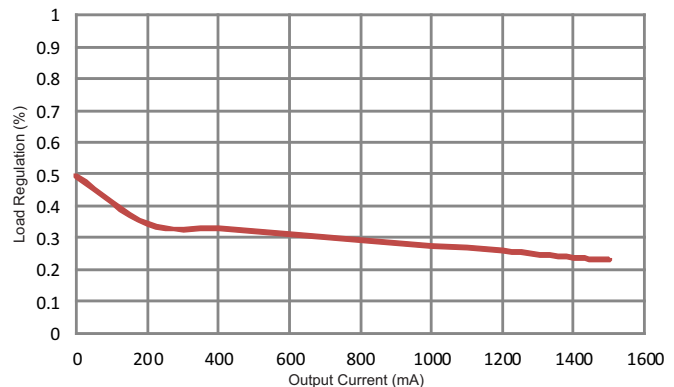
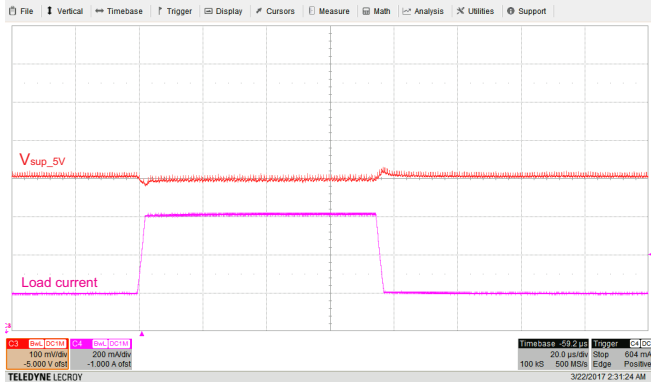
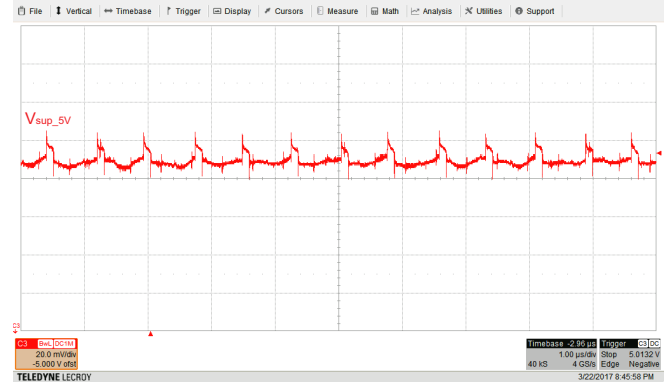


図 3. V_{sup_5V} Load Regulation (14 V_{IN} , Measured at J4)



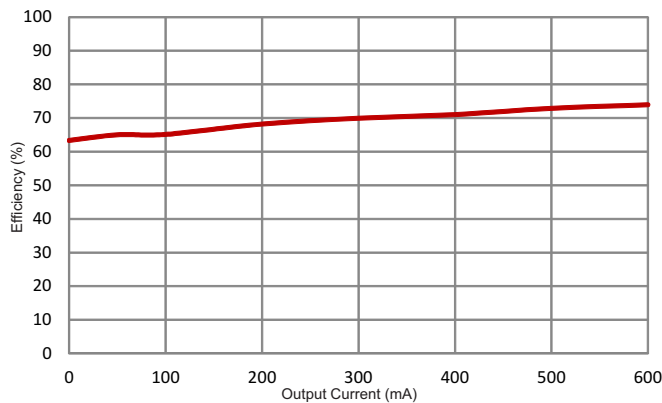
4. V_{sup_5V} Transient Response (14 V_{IN} , 400-mA to 800-mA Load Step, Measured at J4)



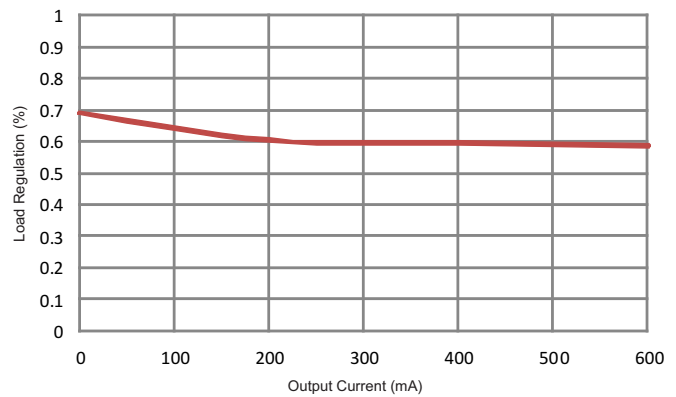
5. V_{sup_5V} Ripple (14 V_{IN} , 500-mA load at V_{sup_5V} , 300-mA load at $V_{sup_1.3V}$, Measured at J4)

4.2 $V_{sup_3.3V}$

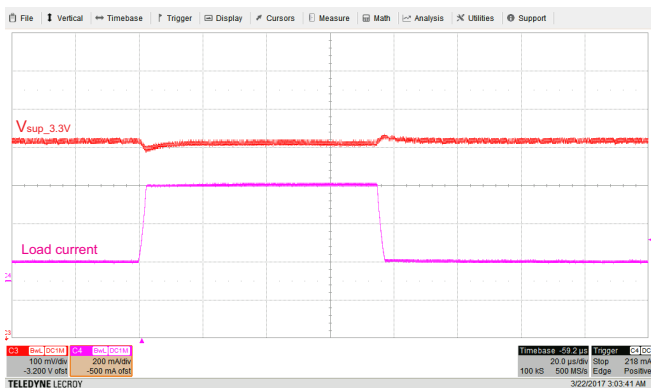
The same measurements were performed on the 3.3-V rail (J5). A load of 300 mA was continuously applied at J6 ($V_{sup_1.3V}$) to measure a real case behavior of the circuit.



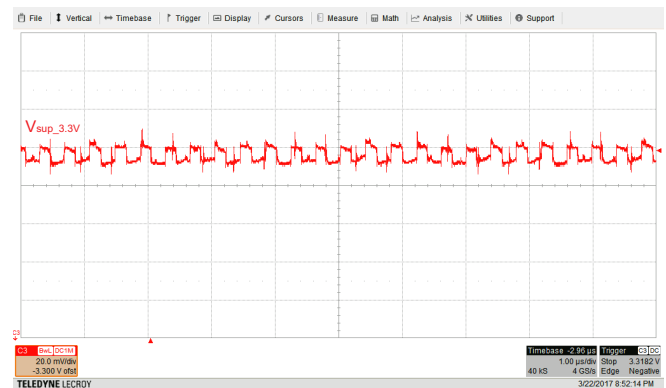
6. $V_{sup_3.3V}$ Efficiency (14 V_{IN} , Measured at J5)



7. $V_{sup_3.3V}$ Load Regulation (14 V_{IN} , Measured at J5)



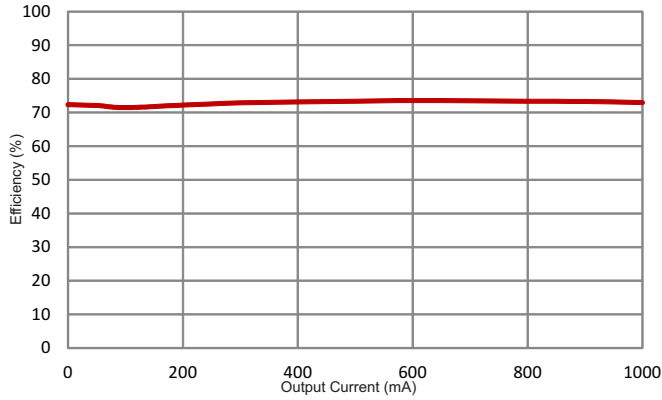
8. $V_{sup_3.3V}$ Transient Response (14 V_{IN} , 100-mA to 500-mA Load Step, Measured at J5)



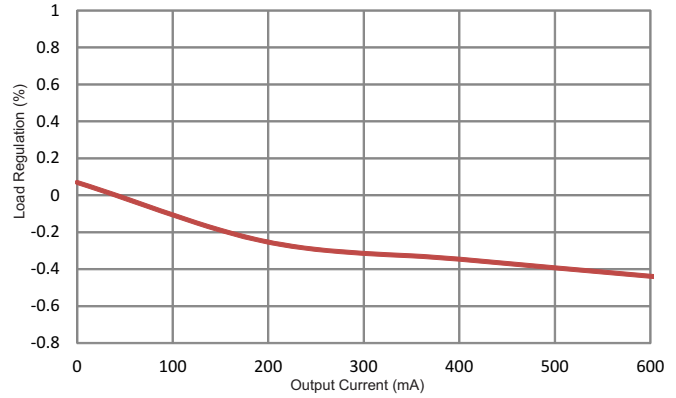
9. $V_{sup_3.3V}$ Ripple (14 V_{IN} , 500-mA load on $V_{sup_3.3V}$, 300-mA load on $V_{sup_1.3V}$, Measured at J5)

4.3 $V_{sup_1.3V}$

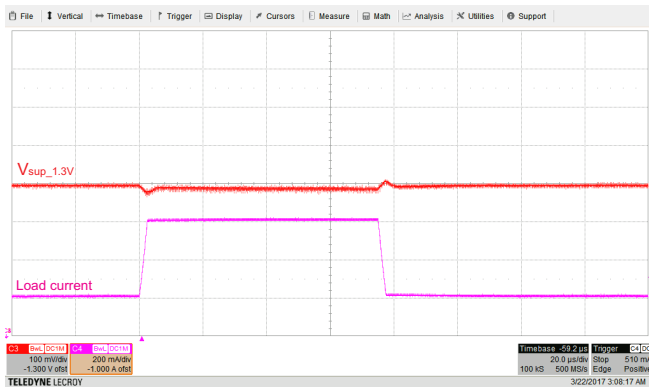
The same measurements were performed for the 1.3-V rail (J6). A load of 500 mA was continuously applied at J5 ($V_{sup_3.3V}$) to measure a real case behavior of the circuit.



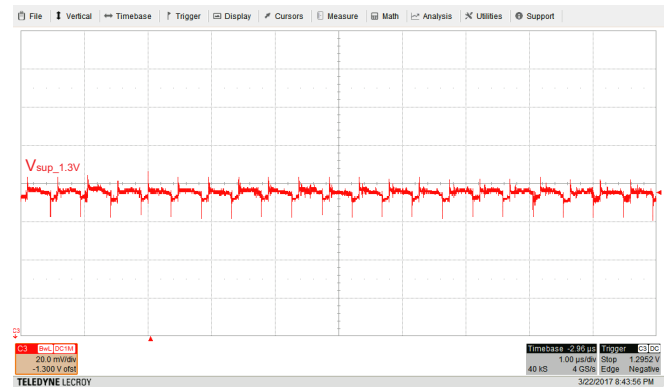
10. $V_{sup_1.3V}$ Efficiency (14 V_{IN} , Measured at J6)



11. $V_{sup_1.3V}$ Load Regulation (14 V_{IN} , Measured at J6)



12. $V_{sup_1.3V}$ Transient Response (14 V_{IN} , 400- to 800-mA Load Step, Measured at J6)



13. $V_{sup_1.3V}$ Ripple (14 V_{IN} , 500-mA load on $V_{sup_1.3V}$, 500-mA load on V_{sup_5V} , Measured at J6)

5 Design Files

5.1 Schematics

To download the schematics, see the design files at [TIDA-01412](#).

5.2 Bill of Materials

To download the bill of materials (BOM), see the design files at [TIDA-01412](#).

5.3 PCB Layout Recommendations

5.3.1 Layout Prints

To download the layer plots, see the design files at [TIDA-01412](#).

5.4 Gerber Files

To download the Gerber files, see the design files at [TIDA-01412](#).

5.5 Assembly Drawings

To download the assembly drawings, see the design files at [TIDA-01412](#).

6 Related Documentation

1. Texas Instruments, [TPS6213xA-Q1 3-V to 17-V 3-A Step-Down Converter with DCS-Control™](#)
2. Texas Instruments, [TPS4021x-Q1 4.5-V to 52-V Input, Current-Mode Boost Controllers](#)
3. Texas Instruments, [LM53603-Q1 \(3 A\), LM53602-Q1 \(2 A\) 3.5 V to 36 V Wide-V_{IN} Synchronous 2.1 MHz Step-Down Converters for Automotive Applications](#)
4. NXP Semiconductors, [MPC5748G One Pager](#)
5. NXP Semiconductors, [MPC5748G Data Sheet](#)
6. NXP Semiconductors, [MPC5748G Hardware Design Guidelines](#)

6.1 商標

DCS-Control is a trademark of Texas Instruments.
Freescale is a trademark of Freescale Semiconductor, Inc..
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。

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係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の、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、もしくは、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/sampterms.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。