



内容

1 引言.....	2
2 说明.....	3
2.1 典型应用.....	3
2.2 特性.....	3
3 电气性能规格.....	4
4 原理图.....	5
5 测试设置.....	6
5.1 测试和配置软件.....	6
5.2 测试设备.....	7
5.3 建议的测试设置.....	8
5.4 USB 接口适配器和电缆.....	9
6 采用 Fusion GUI 配置 EVM.....	11
6.1 配置步骤.....	11
6.2 Fusion GUI 屏幕截图.....	11
7 测试步骤.....	14
7.1 线路/负载调节和效率测量步骤.....	14
7.2 控制环路增益和相位测量步骤.....	14
7.3 测试点列表.....	15
7.4 设备关断.....	15
8 性能数据和典型特性曲线.....	16
8.1 效率.....	16
8.2 负载调节.....	16
8.3 负载瞬态 1.....	17
8.4 负载瞬态 2.....	17
8.5 负载瞬态 3.....	18
8.6 输入和输出纹波.....	18
8.7 开关节点和 HDRV.....	19
8.8 V_{IN} 开启.....	19
8.9 使能开/关.....	20
8.10 通过 92% (1.1V) 预偏置导通.....	21
8.11 TPS40400EVM-351 波特图 (20A 输出).....	21
9 EVM 装配图和 PCB 布局.....	22
10 物料清单.....	26
11 修订历史记录.....	27

1 引言

TPS40400EVM-351 评估模块 (EVM) 采用 TPS40400 器件。TPS40400 是一款同步降压控制器，可在标称电压为 3.0V 至 20V 的电源下工作。该控制器是一款模拟 PWM 控制器，可通过 PMBus 接口进行编程和监控。

2 说明

TPS40400EVM-351 设计成使用 12V 稳压总线在高达 20A 的负载电流下产生 1.2V 的稳压输出。

TPS40400EVM-351 用于在典型低电压应用中演示 TPS40400，并提供大量测试点来评估 TPS40400 的性能。

2.1 典型应用

- 智能电源系统
- 电源模块
- 通信设备
- 计算机设备

2.2 特性

TPS40400EVM-351 特性：

- 1.2V 稳压输出，可通过 PMBus 接口进行调整
- 20A 直流稳态输出电流
- 可通过 PMBus 接口对软启动进行编程
- 可通过 PMBus 接口对使能功能进行编程
- 可通过 PMBus 接口对过流警告和故障限制以及条件响应进行编程
- 可通过 PMBus 接口对过压警告和故障限制以及条件响应进行编程
- 可编程高和低输出裕度电压，以及标称输出电压 $\pm 25\%$ 的最大范围
- 便捷的测试点，用于探测关键波形

3 电气性能规格

表 3-1. TPS40400EVM-351 电气性能规格

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入特性					
电压范围	V _{IN}	8	12	14	V
最大输入电流	V _{IN} = 8V, I _O = 20A		3.5		A
空载输入电流	自动跳跃模式下 V _{IN} = 14V, I _O = 0A		50		mA
输出特性					
输出电压, V _{OUT}			1.2		V
输出电压调节	线路调节 (V _{IN} = 8V 至 14V)		0.5%		
	负载调节 (V _{IN} = 12V, I _O = 0A 至 20A)		0.5%		
输出电压纹波	V _{IN} = 12V, I _O = 20 A		30		mVpp
输出负载电流		0		20	A
输出过流			25		
系统特性					
开关频率			608		kHz
峰值效率	V _{IN} = 12V, 1.2V/12A, F _{SW} = 300kHz		89.6%		
满负载效率	V _{IN} = 12V, 1.2V/20A		88.2%		
工作温度			25		°C

4 原理图

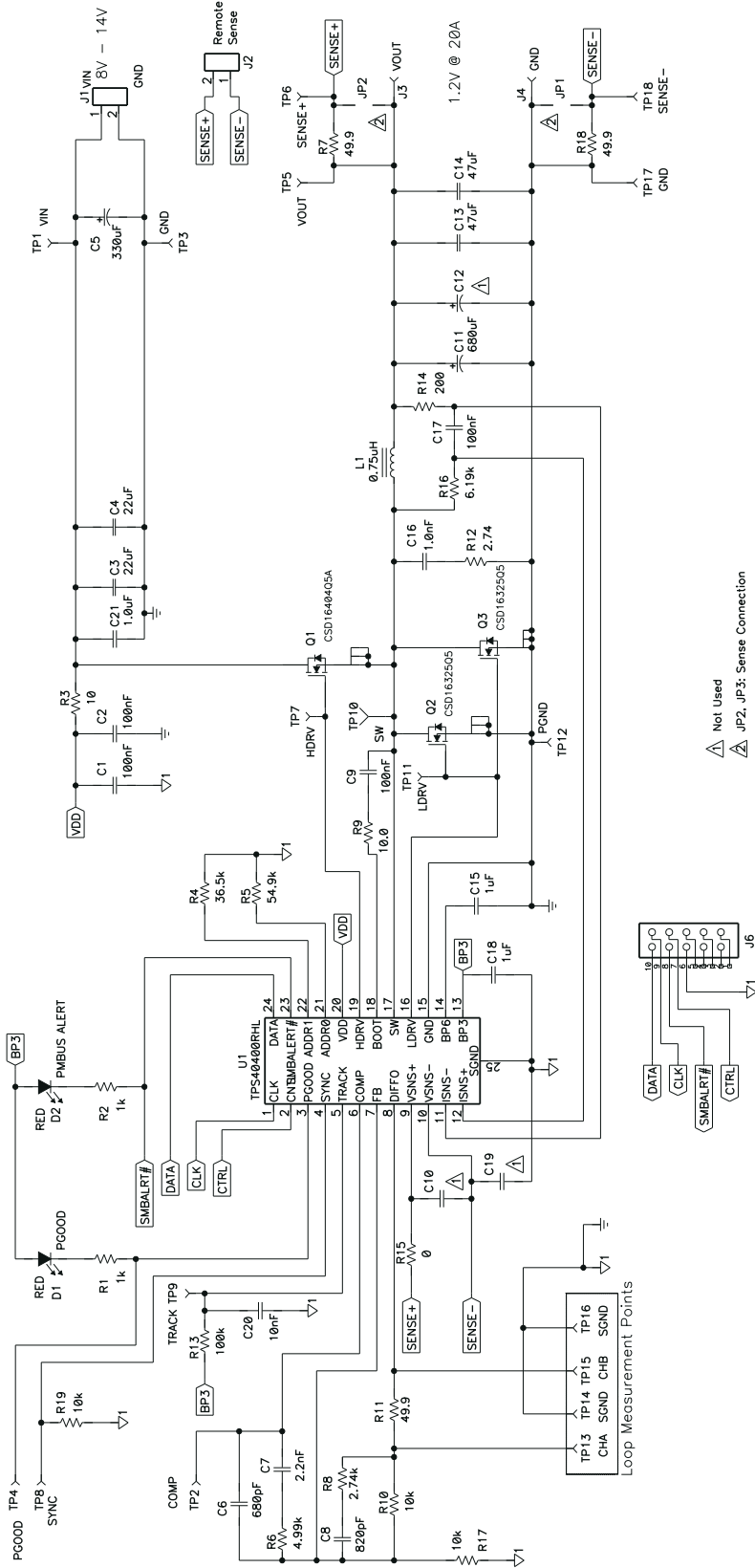


图 4-1. TPS40400EVM-351 电路原理图

5 测试设置

5.1 测试和配置软件

若要更改 EVM 上的任何默认配置参数，必须获取 TI Fusion Digital Power Designer 软件。

5.1.1 说明

Fusion Digital Power Designer 是用于配置和监视此评估模块 (EVM) 上的德州仪器 (TI) TPS40400 电源控制器的图形用户界面 (GUI)。此应用使用 PMBus 协议，通过 TI USB 适配器经由串行总线与控制器进行通信 (请参阅图 5-3)。

5.1.2 特性

用户可以使用 GUI 执行的一些任务包括：

- 通过硬件控制线路或 PMBus 操作命令打开或关闭电源输出。
- 监控实时数据。通过 GUI 持续监控和显示输入电压、输出电压、输出电流和警告/故障等项目。
- 配置常见的运行特性，例如 V_{OUT} 、警告和故障阈值以及开关频率。

此软件可从以下位置下载：http://focus.ti.com/docs/toolsw/folders/print/fusion_digital_power_designer.html

5.2 测试设备

5.2.1 电压源

输入电压源 V_{IN} 应是能够提供 $10A_{DC}$ 电流的 $0V$ 至 $14V$ 可变直流电源。将 V_{IN} 连接到 J1，如图 5-2 所示。

5.2.2 万用表

- DMM 1：TP1 (V_{IN}) 和 TP3 (GND) 处的 V_{IN} 。
- DMM 2：在分流器 1 上测得的输入电流。
- DMM 3：TP5 (V_{OUT}) 和 TP17 (GND) 处的 V_{OUT} 。
- DMM 4：在分流器 2 上测得的输出电流。

5.2.3 输出负载

输出负载应是能够在 $1.2V$ 条件下提供 $0A_{DC}$ 至 $25A_{DC}$ 电流的恒定电阻模式电子负载。恒定电流电子负载也是可接受的。

5.2.4 示波器

可以使用数字或模拟示波器来测量输出纹波。若要测量输出纹波，应针对 $1M\Omega$ 阻抗、 $20MHz$ 带宽、交流耦合、 $2\mu s/div$ 水平分辨率、 $50mV/div$ 垂直分辨率来设置示波器。测试点 TP5 和 TP17 可用于测量输出纹波电压，方法是将示波器探针尖端穿过 TP5 并将接地筒固定在 TP17 上，如图 5-1 所示。不建议使用引线接地，因为这可能在接地环路较大时引起额外的噪声。

若要测量其他波形，请根据需要调整示波器。

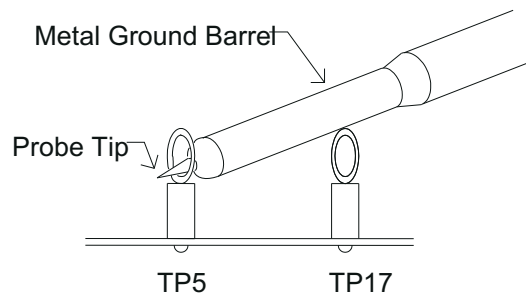


图 5-1. 使用尖端和接地筒测量 V_{OUT} 纹波

5.2.5 风扇

在运行过程中，此 EVM 上的某些元件温度可能会超过 60°C。建议使用一个 200LFM 至 400LFM 的小型风扇来降低 EVM 重负载运行时的元件温度。在风扇未运行的情况下接触 EVM 时，请保持谨慎，并且在接触任何可能带电或通电的电路时，请务必小心。

5.2.6 建议线规

输入线，VIN 到 J1 (12V 输入)：最低建议线规是每个输入连接 1 个 AWG #14，导线总长度小于 4 英尺 (2 英尺用于输入，2 英尺用于返回)。最大输入电流应该约为 3.5A。

输出线，J3 和 J4 到负载：最低建议线规是 2 个 AWG #14，导线总长度小于 4 英尺 (2 英尺用于输入，2 英尺用于返回)。最大输出电流应该约为 20A。

5.3 建议的测试设置

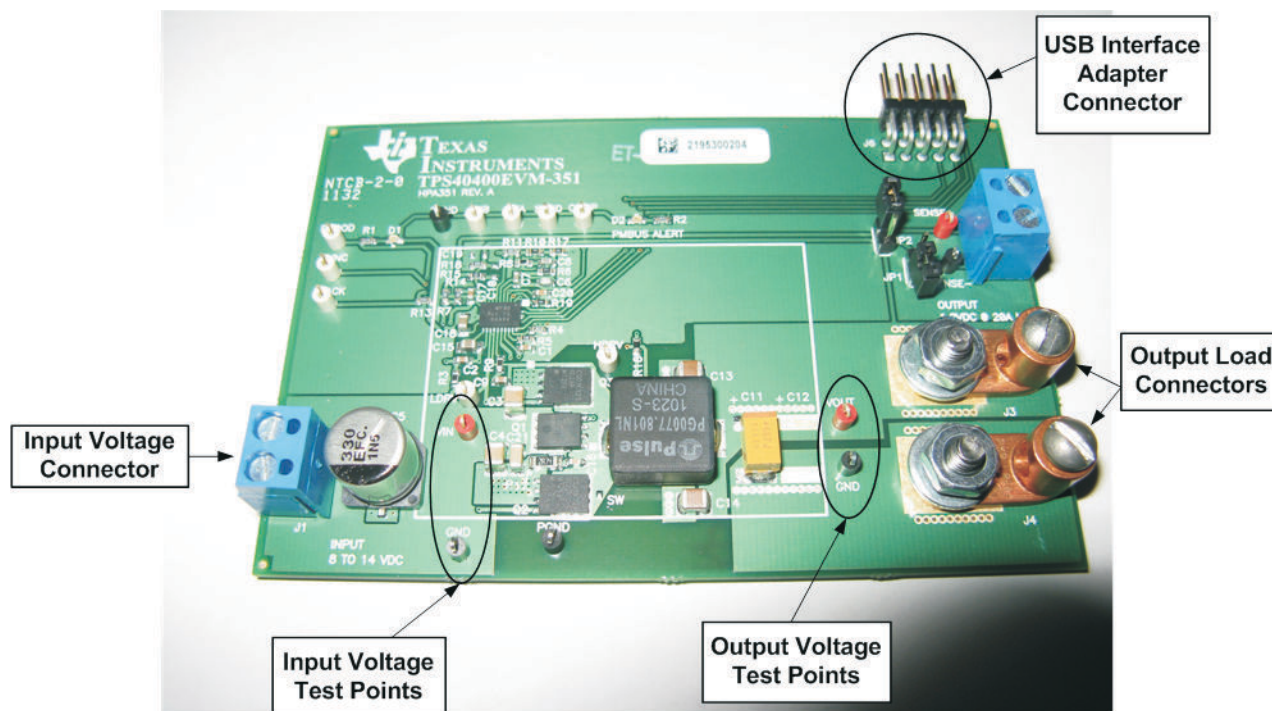


图 5-2. 建议用于 TPS40400EVM-351 的测试设置

图 5-2 是建议用于评估 TPS40400EVM-351 的测试设置。建议在防静电工作站上测试 EVM。

5.4 USB 接口适配器和电缆

USB 接口适配器和电缆的正确连接和极性。

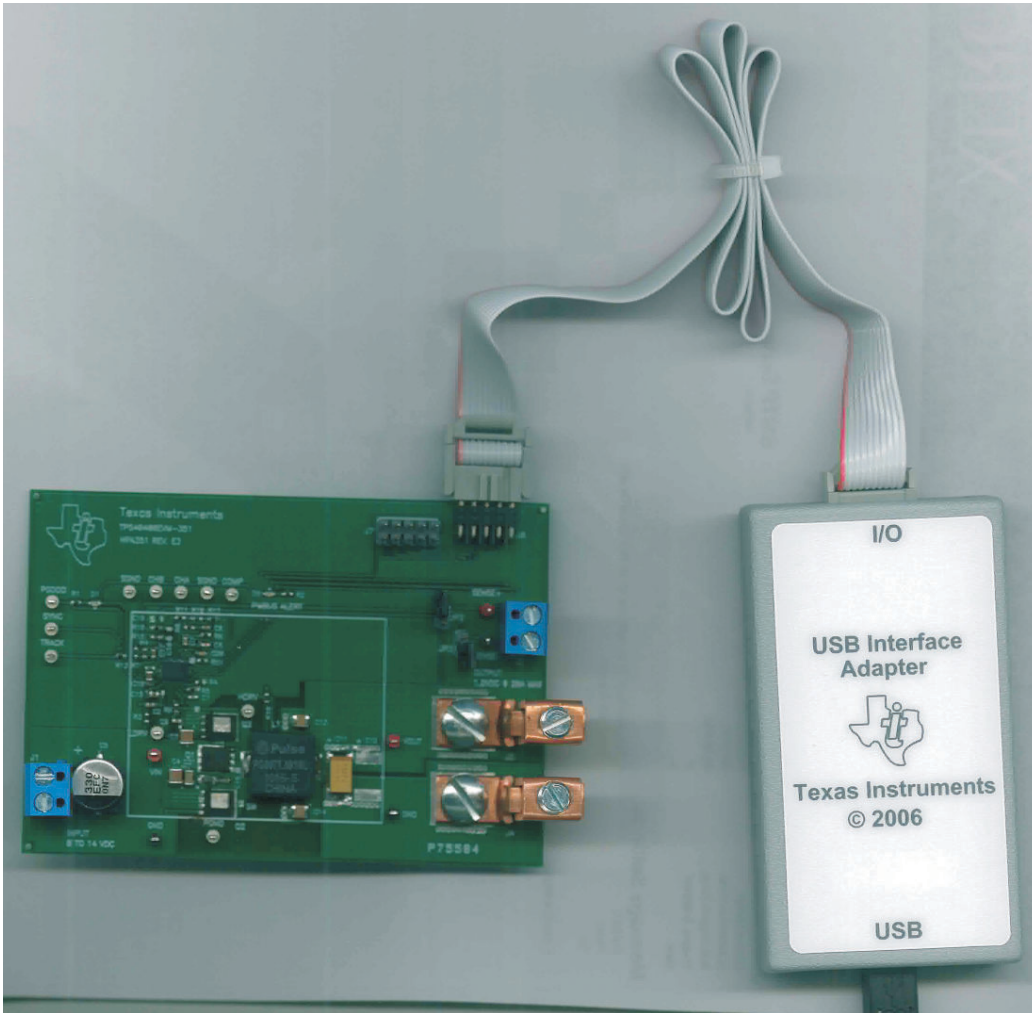


图 5-3. TPS40400EVM-351 USB 转 GPIO 接口适配器

5.4.1 输入连接

1. 在连接直流输入源 V_{IN} 之前，建议将来自 V_{IN} 的源电流限制为最大 10A。确保 V_{IN} 初始设置为 0V 并按图 5-2 所示进行连接。
2. 在 TP1 (V_{IN}) 和 TP3 (GND) 上连接电压表 DMM 1 以测量输入电压。
3. 在分流器上连接万用表 DMM 2 以测量输入电流。

5.4.2 输出连接

1. 在 J3 和 J4 之间连接负载；并将负载设置为恒定电阻模式，以便在施加 V_{IN} 之前吸收 $0A_{DC}$ 电流。
2. 在 TP5 (V_{OUT}) 和 TP17 (GND) 上连接 DMM 3 以测量输出电压。
3. 在分流器上连接万用表 DMM 4 以测量输出电流。

5.4.3 跳线连接 JP1 和 JP2

对于大多数测试，建议在相应的接头上安装跳线 JP1 和 JP2。这将导致遥感点（节点，转换器将在此调节输出电压）位于输出连接器 J3 和 J4 附近。此配置最适合大多数功能测试。

这些跳线可以根据所需的遥感位置以不同的方式排列。

备注

输出连接器 J3 和 J4 与遥感点之间压降的大小受限于内部遥感电阻器 R7 和 R18（请参阅原理图 [图 4-1](#)）上的功耗。

这些电阻器的额定值为 0.0625W 和 49.9Ω。这意味着，每个 +VE 和 -VE 感测线路上的遥感压降不会超过 1.7V。此 EVM 配置为 1.2V 输出电压，因此这不太可能是限制因素，但建议仍要保持谨慎，因为采用遥感技术时，EVM 将尝试调节有损耗的负载线路安装程序。

备注

根据可配置的过压设置，使用遥感技术时，EVM 可能会检测到过压 (OV) 状况。请参阅 [节 5.2.6](#) 以获取线规方面建议。

不使用遥感技术并且感测点默认为 EVM 的输出连接器时，负载线路的压降以及因此而造成的施加于电子负载的电压下降可能导致电子负载出现不稳定行为。这是因为很多负载都不能在输入电压小于 1V 时正常工作，这意味着结合负载线路（加减负载线路）的压降不得超过 0.2V。请参阅所用电子负载对应的文档。

5.4.4 跳线配置

应该在向 EVM 供电之前选择好所有跳线。用户可以按照以下方式配置此 EVM。

表 5-1. 跳线配置

跳线 JP1 和 JP2	分立式感测线	结果	用途
已安装	不使用	默认设置。感测点位于 EVM 的输出连接器附近。	大多数测试。
未安装	未安装	感测点位于 EVM 的输出连接器附近，但通过 R7 和 R18。调节将被忽略。	此配置中通常不需要。
未安装	安装并连接到需要调节处的输出电压	调节将位于所添加分立式感测线的远端位置，该处通常需要成为负载点。	远程位置处输出电压的严格调节，受到 5.4.3 中所述限制的影响。

6 采用 Fusion GUI 配置 EVM

若要配置 EVM 上的 TPS40400 控制器，需要使用 TI Fusion Digital Power Designer 软件。在启动软件之前，必须为 EVM 施加输入电压，这样 TPS40400 才能对 GUI 做出响应，GUI 才能识别 TPS40400。EVM 的默认配置在输入电压为 7V 时开始转换，因此，为了避免在初始配置期间发生任何转换器活动，应施加低于 7V 的输入电压。

6.1 配置步骤

1. 调整输入电源，提供 5V_{DC}，将电流限制为 1A。
2. 对 EVM 施加输入电压。请参阅图 3 和图 4，了解连接和测试设置。
3. 启动 Fusion GUI 软件。更多信息，请参阅第 6.2 小节中的以下屏幕截图。
4. 根据需要配置 EVM 工作参数。

CAUTION

一些参数的值如果配置不当，会导致此 EVM 出现不稳定或异常行为。请参阅 TPS40400 数据表，以获取关于参数配置的指导信息。

6.2 Fusion GUI 屏幕截图

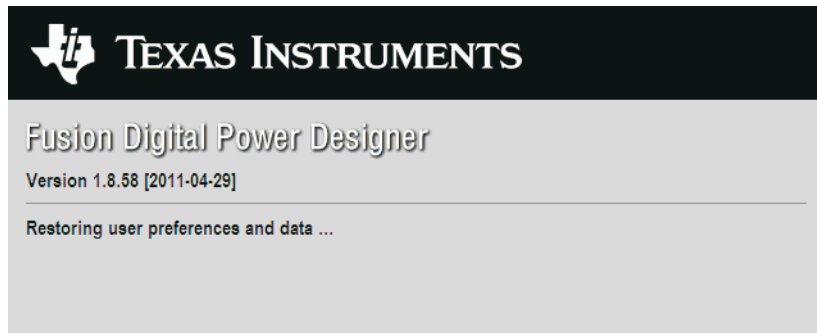


图 6-1. 屏幕截图 1：启动 Fusion 软件时的第一个屏幕（版本可能不匹配）

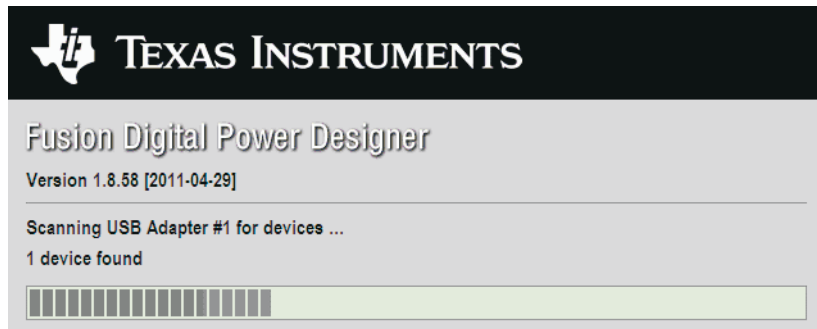


图 6-2. 屏幕截图 2：Fusion 成功识别 EVM 上的器件

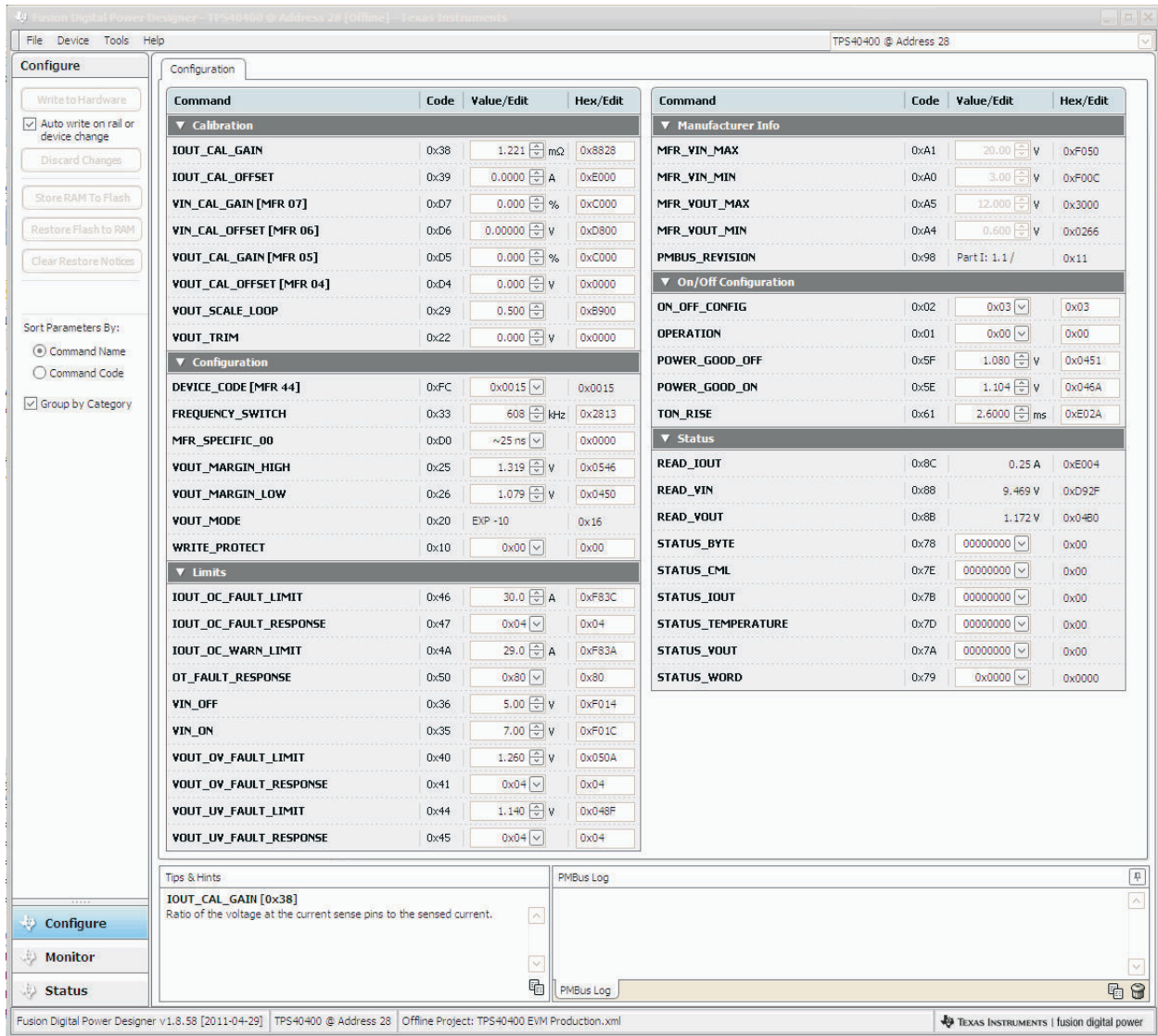


图 6-3. 屏幕截图 3：第一个功能屏幕，配置屏幕

备注

这些参数大部分都可以进行配置。请参阅 TPS40400 的数据表，以详细了解如何配置器件来实现所需的性能。

CAUTION

一些参数的值如果配置不当，会导致此 EVM 出现不稳定或异常行为。请参阅 TPS40400 数据表，以获取关于参数配置的指导信息。

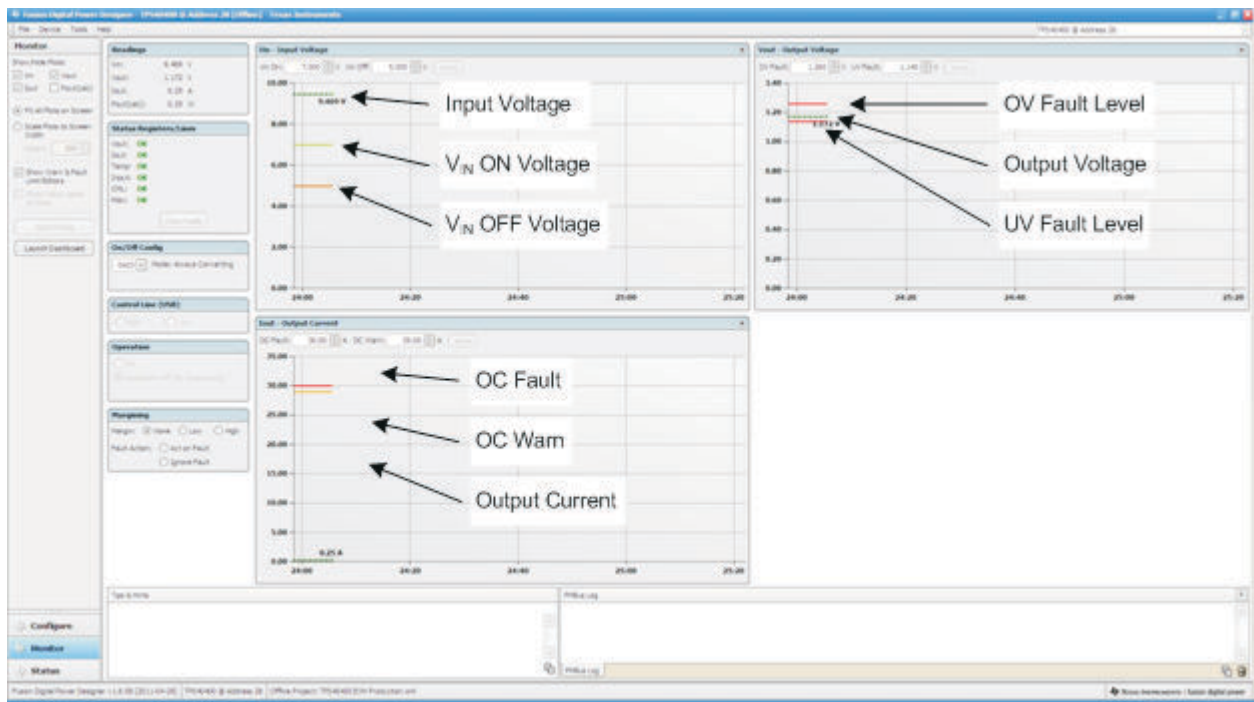


图 6-4. 屏幕截图 4：“监控器”屏幕

7 测试步骤

7.1 线路/负载调节和效率测量步骤

1. 按照节 5.3 和图 5-2 中所述设置 EVM。
2. 确保将负载设置为消耗 $0A_{DC}$ 电流。
3. 确保根据节 5.4.4 设置所有跳线配置。
4. 将 V_{IN} 从 0V 增至 12V。使用 DMM 1 测量输入电压。
5. 使用 DMM 3 测量输出电压 V_{OUT} 。
6. 将负载从 $0A_{DC}$ 改为 $20A_{DC}$ ； V_{OUT} 应当保持在负载调节范围内。
7. 将 V_{IN} 从 8V 改为 14V， V_{OUT} 应保持在线路调节范围内。
8. 将负载降至 0A
9. 将 V_{IN} 降至 0V。

7.2 控制环路增益和相位测量步骤

TPS40400EVM-351 的反馈环路中包含一个 49.9Ω 串联电阻用于进行环路响应分析。

1. 按照节 5.3 和图 5-2 中所述设置 EVM。
2. 将隔离变压器连接到标有 TP13 和 TP15 的测试点。
3. 将输入信号振幅测量探头 (通道 A) 连接到 TP13。将输出信号振幅测量探头 (通道 B) 连接到 TP15。
4. 将通道 A 和通道 B 的接地引线连接到 TP14 和 TP16。
5. 通过隔离变压器注入 40mV 或更低的信号。
6. 扫描频率从 100 Hz 到 1MHz，使用 10-0Hz 或更低的后置滤波器。可以测量控制环路增益和相位裕度。
7. 在进行其他测量之前，从波特图测试点断开隔离变压器 (信号注入反馈可能会干扰其他测量的准确性)。

7.3 测试点列表

表 7-1. TPS40400EVM-351 测试点功能

测试点	名称	说明
TP1	V _{IN}	输入电压
TP2	COMP	误差放大器输出
TP3	GND	接地
TP4	PGOOD	电源正常指示
TP5	VOUT	输出电压
TP6	SENSE +	正遥感
TP7	HDRV	高侧驱动器输出
TP8	SYNC	输入，用于将振荡器与外部频率同步
TP9	TRACK	误差放大器同相侧输入。
TP10	SW	开关节点
TP11	LDRV	低侧驱动器输出
TP12	PGND	电源接地
TP13	CHA	用于环路注入的输入 A
TP14	SGND	信号接地
TP15	CHB	用于环路注入的输入 B
TP16	SGND	信号接地
TP17	GND	接地
TP18	SENSE -	负遥感

7.4 设备关断

1. 将负载电流降至 0A。
2. 将输入电压降至 0V。
3. 关断 FAN。

8 性能数据和典型特性曲线

图 8-1 至图 8-12 显示了 TPS40400EVM-351 的典型性能曲线。

8.1 效率

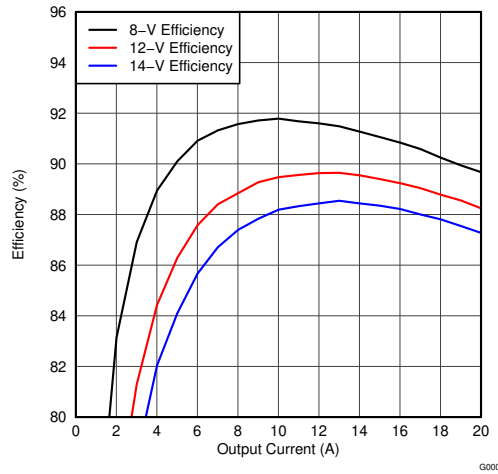


图 8-1.

8.2 负载调节

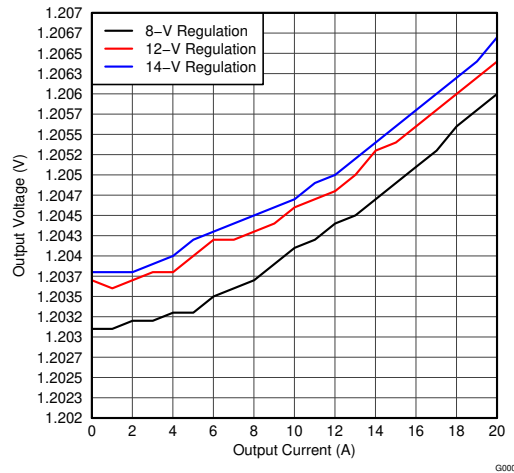


图 8-2.

8.3 负载瞬态 1

表 8-1. 负载瞬态 1

V_{IN}	瞬态	时基	CH2	CH4
8V	5A - 11A - 5A	100 μ s	V_{OUT}	I_{OUT} 5A/div

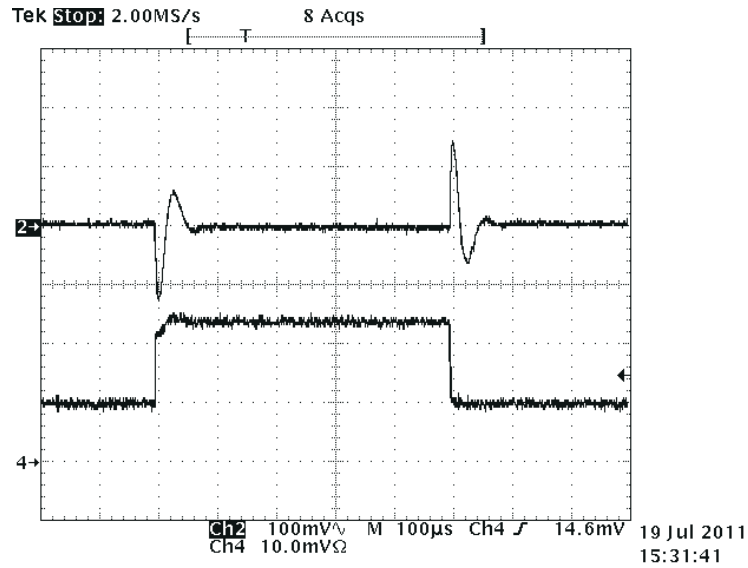


图 8-3.

8.4 负载瞬态 2

表 8-2. 负载瞬态 2

V_{IN}	瞬态	时基	CH2	CH4
8V	5 A - 11 A	10 μ s	V_{OUT}	I_{OUT} 5A/div

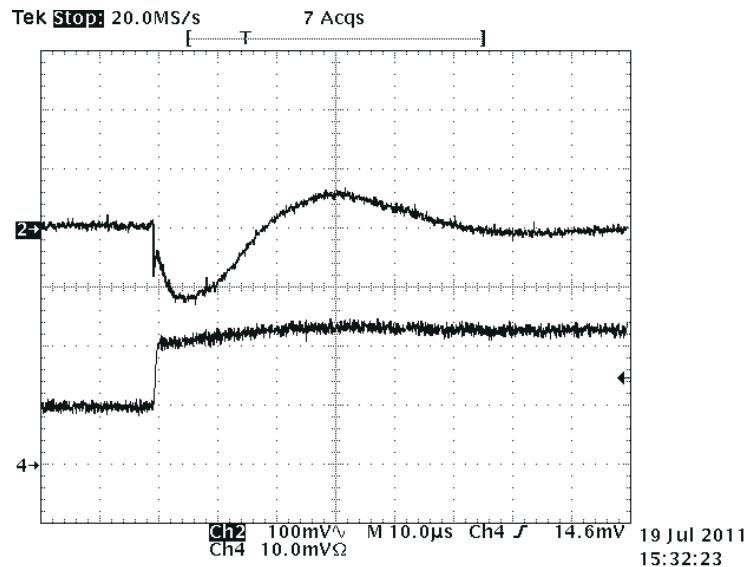


图 8-4.

8.5 负载瞬态 3

表 8-3. 负载瞬态 3

V_{IN}	瞬态	时基	CH2	CH4
8V	11A-5A	10 μ s	V_{OUT}	I_{OUT} 5A/div

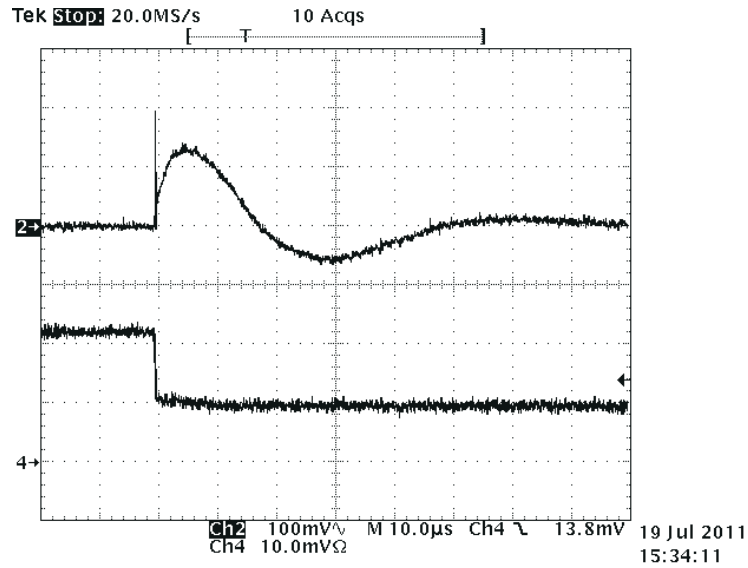


图 8-5.

8.6 输入和输出纹波

表 8-4. 输入和输出纹波

V_{IN}	瞬态	时基	CH1	CH2
14V	20 A	400ns	V_{IN}	V_{OUT}

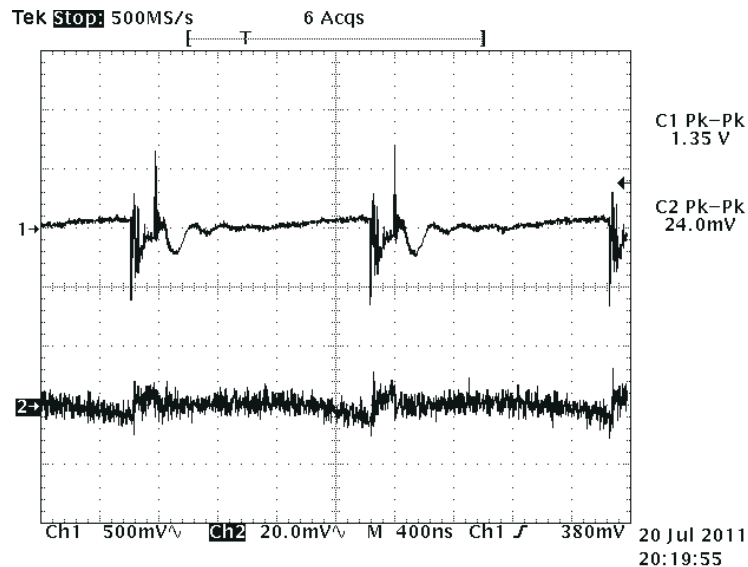


图 8-6.

8.7 开关节点和 HDRV

表 8-5. 开关节点和 HDRV

V_{IN}	瞬态	时基	CH1	CH2
8V	20 A	40ns	HDRV	SW

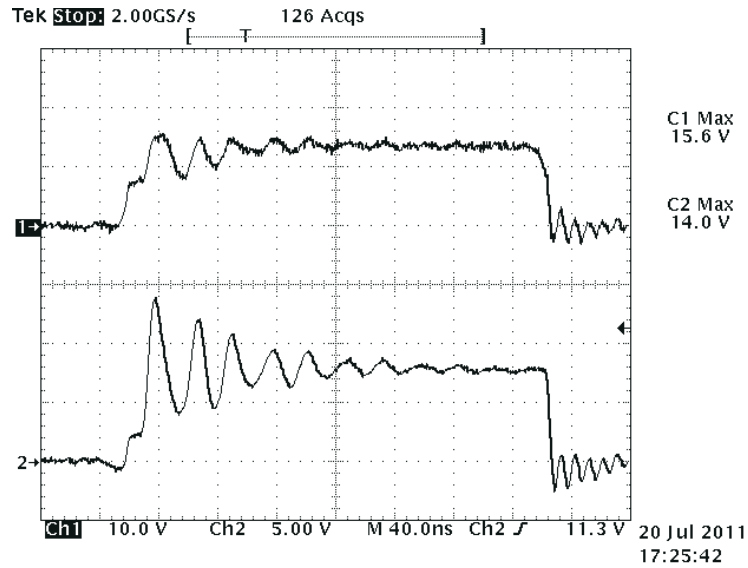


图 8-7.

8.8 V_{IN} 开启

表 8-6. V_{IN} 开启

V_{IN}	瞬态	时基	事件	CH1	CH2
8V	10A	1ms	V_{IN} 开启	V_{IN}	V_{OUT}

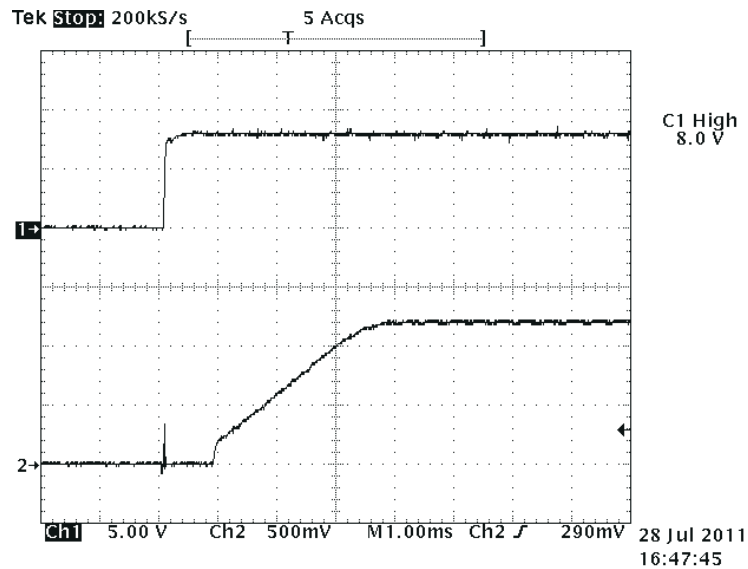


图 8-8.

8.9 使能开/关

表 8-7. 使能开/关 1

V_{IN}	I_{OUT}	时基	事件	CH1	CH2	CH3
8V	10A	400 μ s	CNTRL ON	V_{OUT}	CNTRL	V_{IN}

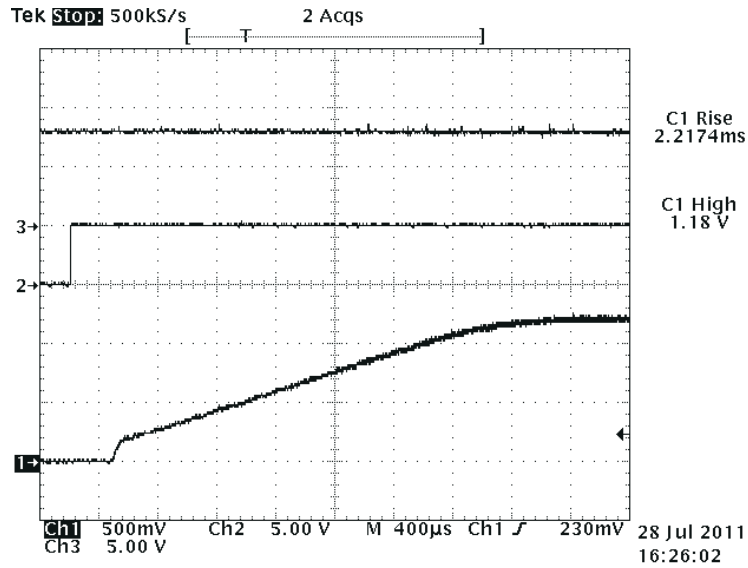


图 8-9.

表 8-8. 使能开/关 2

V_{IN}	I_{OUT}	时基	事件	CH1	CH2	CH3
8V	10A	20 μ s	CNTRL OFF	CNTRL	V_{IN}	V_{OUT}

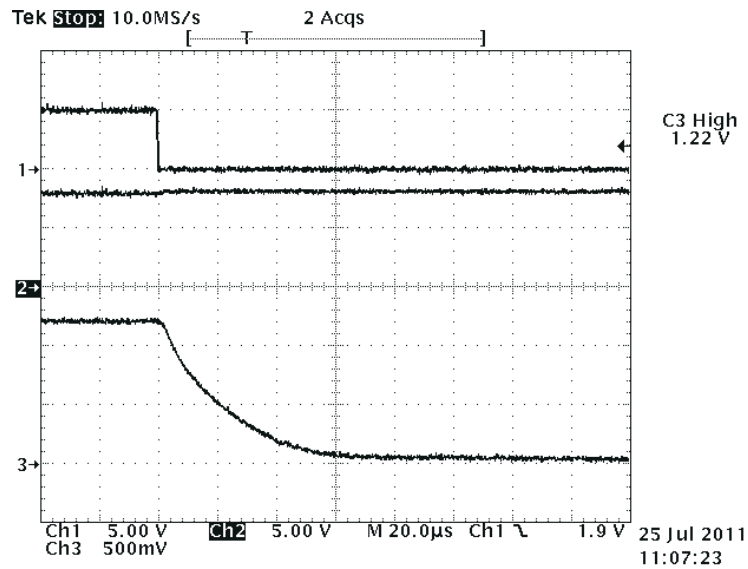


图 8-10.

8.10 通过 92% (1.1V) 预偏置导通

表 8-9. 通过 92% (1.1V) 预偏置导通

V_{IN}	I_{OUT}	时基	事件	CH1	CH2	CH3	预偏置电压
14V	0A	1ms	预偏置导通	CNTRL	V_{IN}	V_{OUT}	1.1V

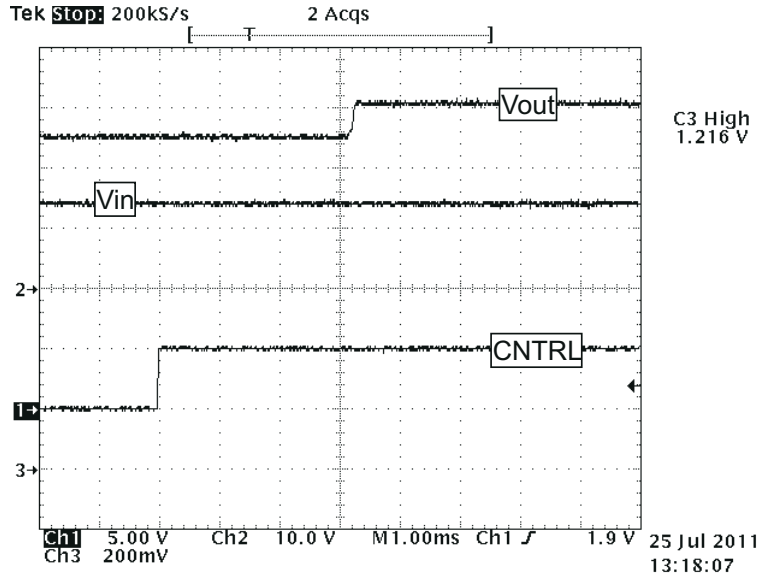


图 8-11.

8.11 TPS40400EVM-351 波特图 (20A 输出)

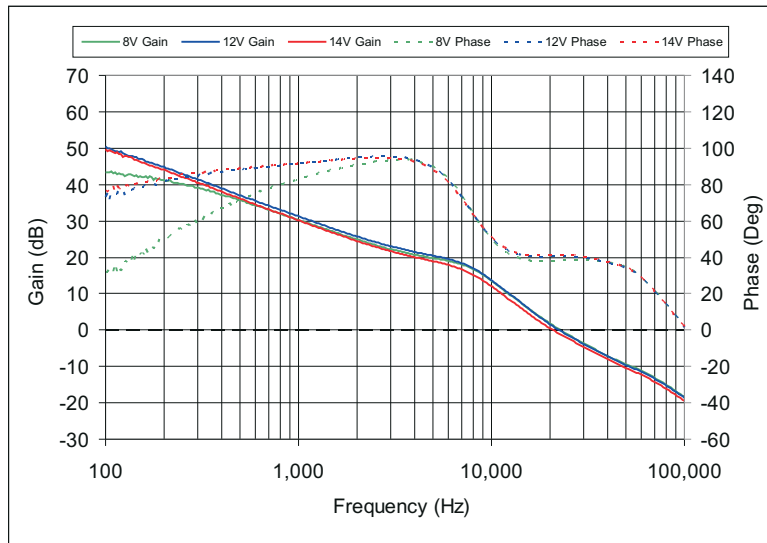


图 8-12.

9 EVM 装配图和 PCB 布局

下图 (图 9-1 至图 9-4) 显示了 TPS40400EVM-351 印刷电路板的设计。该 EVM 采用 2 层 2 盎司铜电路板设计。

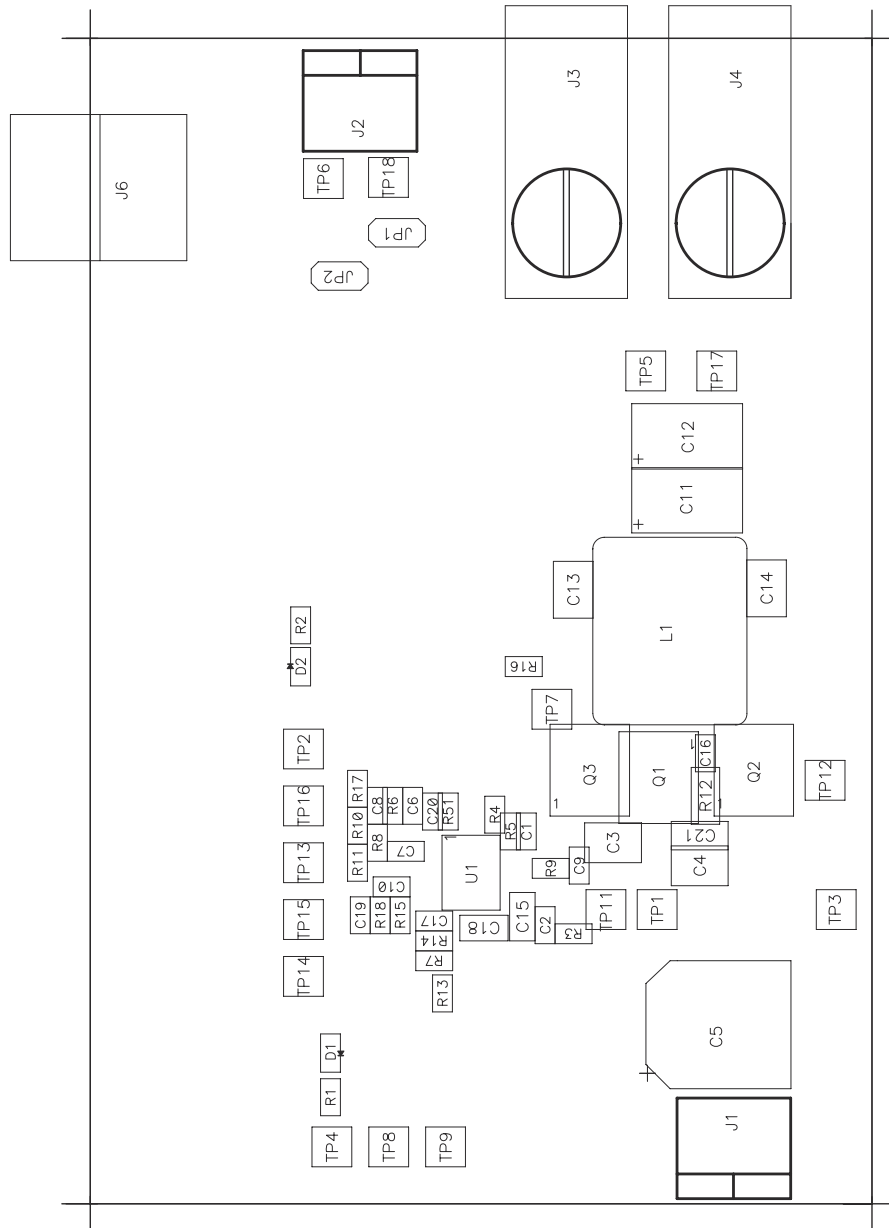


图 9-1. 顶层装配图

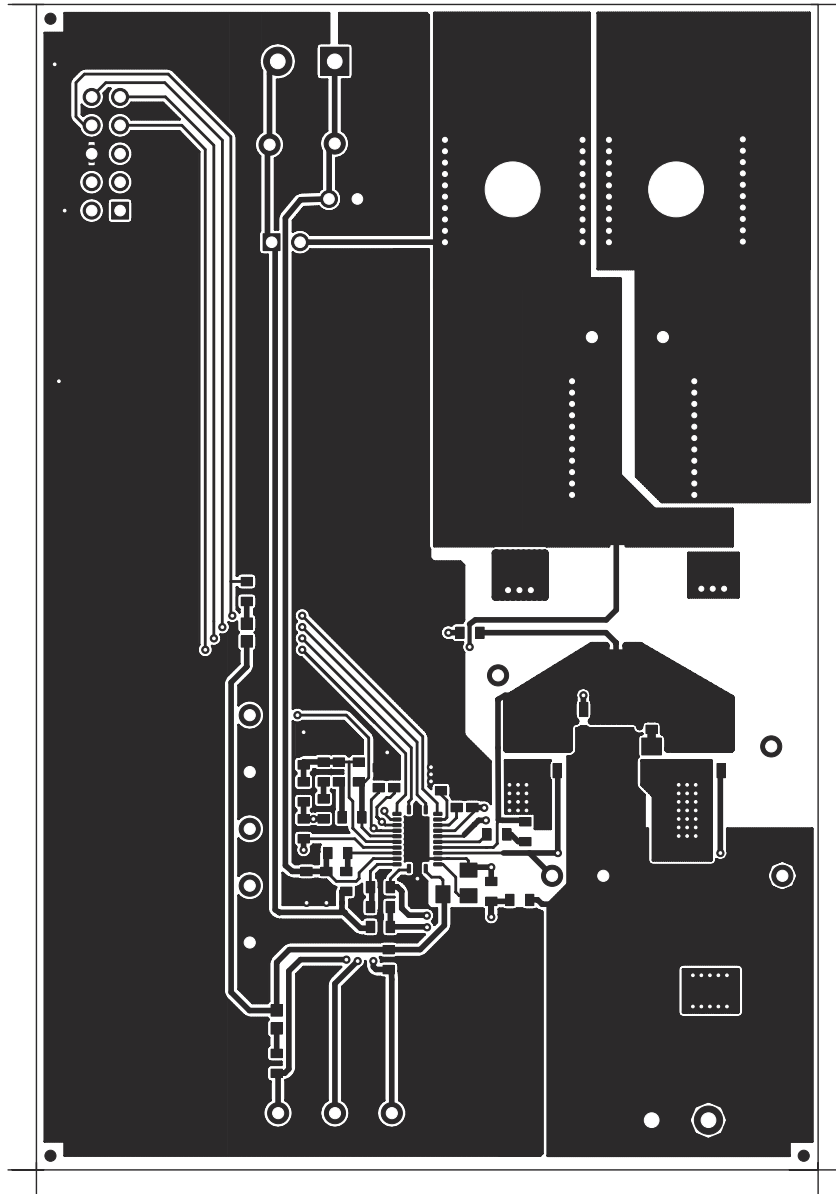


图 9-3. 底部铜

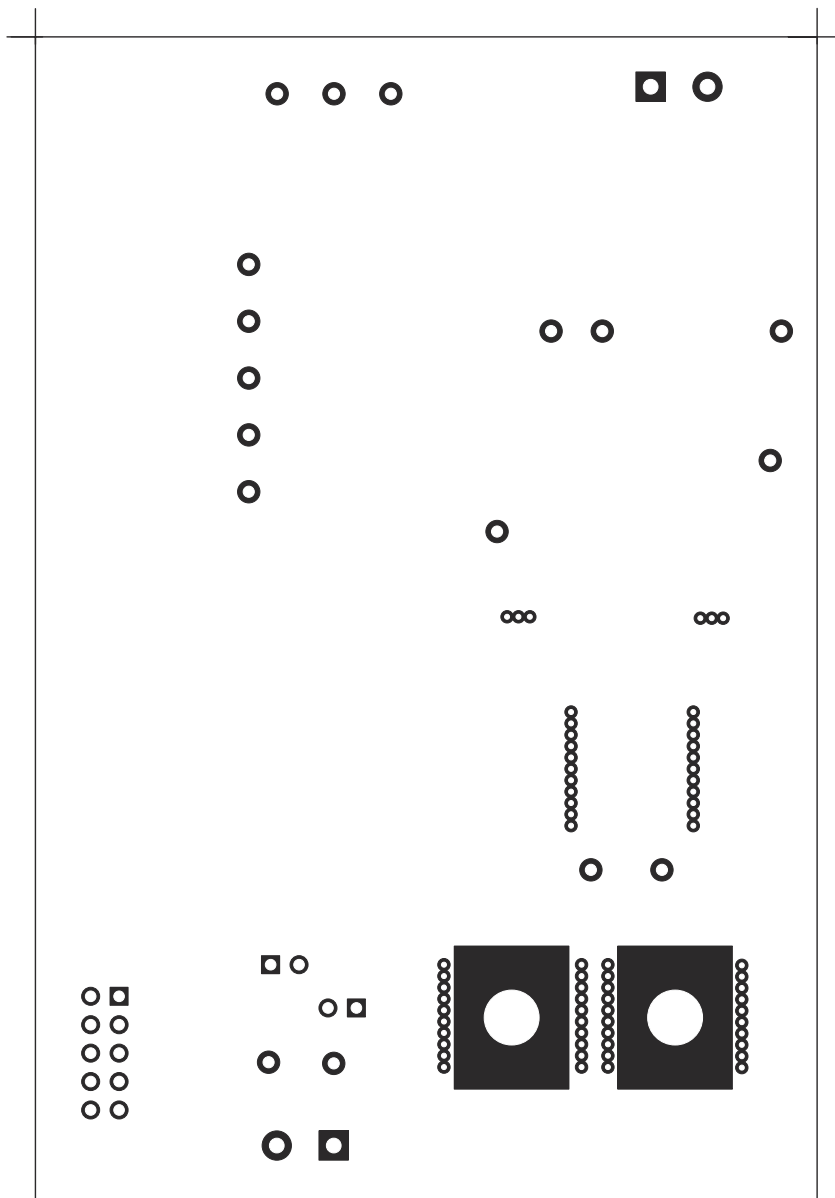


图 9-4. 顶部丝网

10 物料清单

基于原理图的 EVM 元件列表如图 4-1 所示。

表 10-1. TPS40400EVM-351 物料清单

数量	参考标识符	说明	器件型号	制造商
4	C1、C2、C9、C17	电容器, 陶瓷, 25V, X7R, 10%, 100nF, 0603	std	std
0	C10	电容器, 陶瓷, 开路式, 0603		
1	C11	电容器, 钽, 6.3V, 10%, 680 μ F, 7343 (D)	TPSE687K006R0045	AVX
0	C12	电容器, 钽, 开路式, 7343 (D)		
2	C13、C14	电容器, 陶瓷, 6.3V, X7R, 10%, 47 μ F, 1210	std	std
2	C15、C18	电容器, 陶瓷, 16V, X7R, 10%, 1 μ F, 0805	std	std
1	C16	电容器, 陶瓷, 25V, X7R, 10%, 1.0nF, 0603	std	std
0	C19	电容器, 陶瓷, 开路式, 0603		
1	C20	电容器, 陶瓷, 50V, X7R, 10%, 10nF, 0603	std	std
1	C21	电容器, 陶瓷, 25V, X7R, 10%, 1.0 μ F, 1206	std	std
2	C3, C4	电容器, 陶瓷, 25V, X7R, 10%, 22 μ F, 1210	std	std
1	C5	电容器, 铝, SM, 330 μ F, 25V, 150m Ω , FC 系列, 10mm x 12mm	EEVFC1E331P	Panasonic (松下)
1	C6	电容器, 陶瓷, 50V, X7R, 10%, 680pF, 0603	std	std
1	C7	电容器, 陶瓷, 50V, X7R, 10%, 2.2nF, 0603	std	std
1	C8	电容器, 陶瓷, 50V, X7R, 10%, 820pF, 0603	std	std
2	D1, D2	二极管, LED, 红色, 2.1V, 20mA, 6 mcd, 0603	LTST-C190CKT	Lite On (建兴电子)
2	J1, J2	端子块, 2 引脚, 15A, 5.1mm, D120/2DS, 0.40 英寸 x 0.35 英寸	ED120/2DS	On Shore Technology (岸上科技)
2	J3, J4	L 类 - 单个镀铜导体, 单孔安装, L35, 0.813 英寸 x 0.375 英寸	L35	Thomas and Betts (美国通贝)
1	J6	连接器, 公头直角 2 x 5 引脚, 100mil 间距, 4 墙壁, 0.607 英寸 x 0.484 英寸	86479-3	AMP
2	JP1, JP2	接头, 2 引脚, 100mil 间距, 0.100 英寸 x 2 英寸	PTC36SAAN	Sullins (赛凌思)
1	L1	电感器, SMT, 0.75 μ H, 1.2m Ω , 31A, 0.512 英寸 x 0.571 英寸	PG0077.801	Pulse (普思)
1	Q1	MOSFET, N 沟道, 25V, 20A, 4.1m Ω , QFN 5mm x 6mm	CSD16404Q5A	TI
2	Q2, Q3	MOSFET, N 沟道, 25V, 33A, 1.7m Ω , QFN-8 POWER	CSD16325Q5	TI

表 10-1. TPS40400EVM-351 物料清单 (continued)

数量	参考标识符	说明	器件型号	制造商
2	R1, R2	电阻器, 贴片, 1/16W, 5%, 1k Ω , 0603	std	std
3	R10、R17、R19	电阻器, 贴片, 1/16W, 1%, 10k Ω , 0603	std	std
1	R12	电阻器, 贴片, 1/8W, 1%, 2.74 Ω , 1206	std	std
1	R13	电阻器, 贴片, 1/16W, 1%, 100k Ω , 0603	std	std
1	R14	电阻器, 贴片, 1/16W, 1%, 200 Ω , 0603	std	std
1	R15	电阻器, 贴片, 1/16W, 1%, 0 Ω , 0603	std	std
1	R16	电阻器, 贴片, 1/16W, 1%, 6.19k Ω , 0603	std	std
2	R3、R9	电阻器, 贴片, 1/16W, 1%, 10 Ω , 0603	std	std
1	R4	电阻器, 贴片, 1/16W, 1%, 36.5k Ω , 0603	std	std
1	R5	电阻器, 贴片, 1/16W, 1%, 54.9k Ω , 0603	std	std
1	R6	电阻器, 贴片, 1/16W, 1%, 4.99k Ω , 0603	std	std
3	R7、R11、R18	电阻器, 贴片, 1/16W, 1%, 49.9 Ω , 0603	std	std
1	R8	电阻器, 贴片, 1/16W, 1%, 2.74k Ω , 0603	std	std
1	U1	3.0V 至 20V PMBus 同步降压控制器, QFN-24	TPS40400RHL	TI
1	--	PCB, 4.1 英寸 x 2.75 英寸 x 0.062 英寸	HPA351	不限

11 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision * (September 2011) to Revision A (January 2022)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式。.....	2
• 更新了用户指南标题.....	2

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2022，德州仪器 (TI) 公司