

# EVM User's Guide: TPS7A78EVM-041

## TPS7A78EVM-041 评估模块



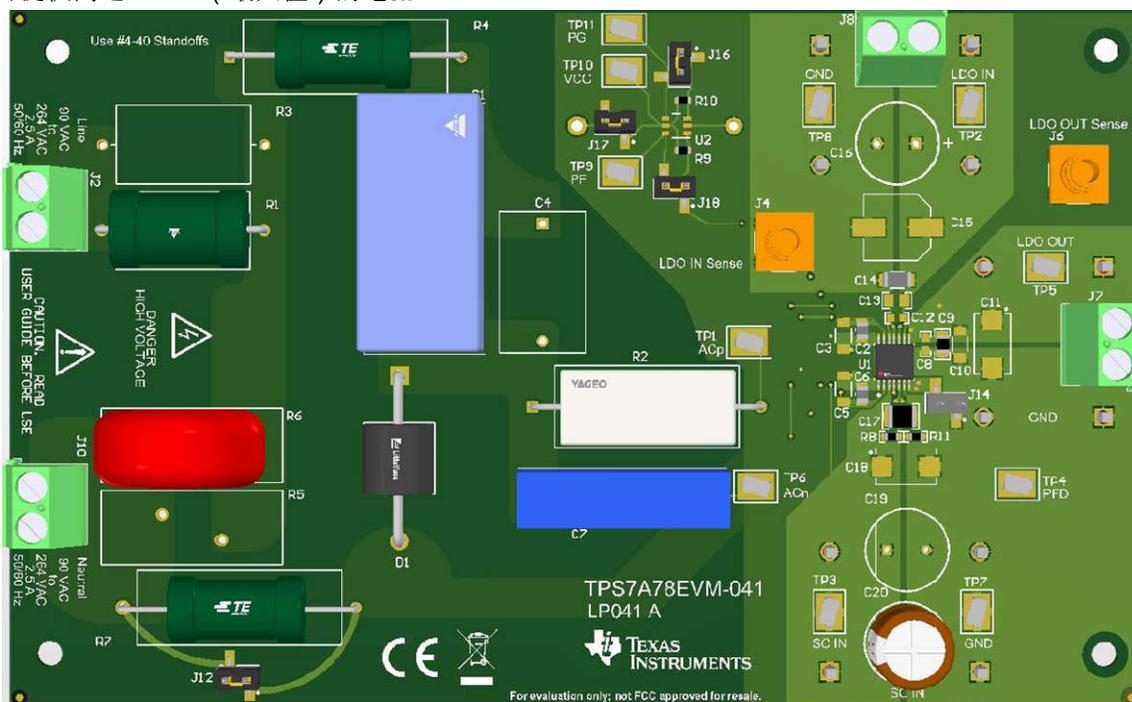
### 说明

德州仪器 (TI) 的 TPS7A78EVM-041 可帮助设计工程师评估可能用于其自身电路应用的 TPS7A78 智能线性稳压器的运行情况和性能。该特定 EVM 的用途是进行评估, 不是最终产品。EVM 配置包含一个针对电子计量应用进行了优化的 3.6V 输出稳压器。

TPS7A78EVM-041 将  $V_{AC}$  电源调节为 3.6V 直流电源, 并可提供高达 30mA (最大值) 的电流。

### 特性

- 适用于 90VAC 至 264VAC 的非隔离式电源器件
- 支持 1.25V 至 5V 的输出电压
- 电容压降电容器的尺寸可以达到传统器件尺寸的 1/4
- 电源正常状态指示



TPS7A78EVM-041 PCB

## 1 评估模块概述

### 1.1 引言

该 EVM 还具有电源故障检测信号和电源正常指示信号，以警告  $V_{AC}$  电源出现故障，并向微控制器 (MCU) 指示稳压直流电压大于目标稳压直流电压的 90%。

本用户指南介绍了 TPS7A78EVM-041 评估模块 (EVM) 的操作使用说明 (该模块可用于评估各种应用)，不得用作经过优化的最小尺寸器件的参考设计。该 EVM 旨在用于演示和评估 TPS7A78，这是一款非隔离式智能线性稳压器 (LDO)。本用户指南包含设置和操作说明、散热和布局指南、印刷电路板 (PCB) 布局、原理图、预合规性浪涌电压可承受数据和物料清单 (BOM)。

本文档中的所有演示套件、评估板和评估模块术语均与 TPS7A78EVM-041 具有相同的含义。

### 1.2 套件内容

该 EVM 套件在购买时包括 1 个 TPS7A78EVM-041 电路板、EVM 免责声明、高压自述文件，所有这些都用防静电泡沫包裹并置于纸板箱中。

### 1.3 规格

创建该评估模块是为了帮助在 TPS7A78 上进行工程测试。该器件并非作为经过优化的最小尺寸器件的参考设计而设计，因此不得用于此目的。用户可使用该模块测试全桥 (FB) 配置和半桥 (HB) 配置。有关设置的更多信息，请参阅节 2.2.12。EVM 预设为在 HB 配置下运行。

### 1.4 器件信息

该 EVM 包含一个 TPS7A78 120mA 智能交流/直流 LDO 线性稳压器，可在不同的使用条件下进行评估。

以下相关文档可从德州仪器 (TI) 网站 ([www.ti.com](http://www.ti.com)) 获取。

表 1-1. 相关文档

器件	文献编号
<a href="#">TPS7A78</a>	<a href="#">SBVS343</a>

## 2 硬件

### 2.1 设置

按以下步骤运行测试设备：

1. 打开交流电源。
2. 根据需要改变相应的负载和输入电压，以进行测试。

#### 2.1.1 全桥 (FB) 测试设备连接

图 2-1 给出了 FB 连接图。

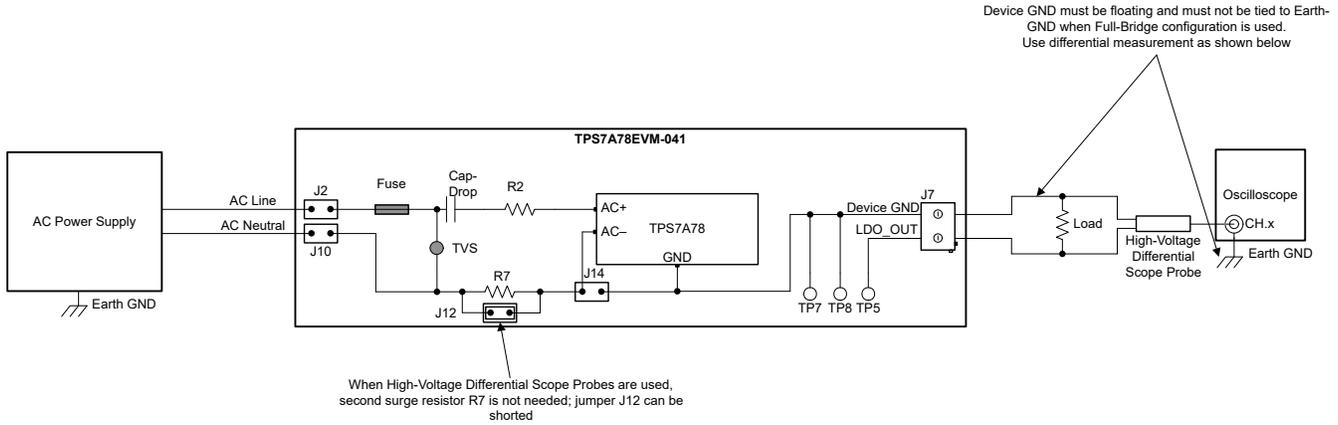


图 2-1. 通过正确的测试设备连接实现 FB EVM 配置

#### 2.1.2 半桥 (HB) 测试设备连接

图 2-2 给出了 HB 连接图。

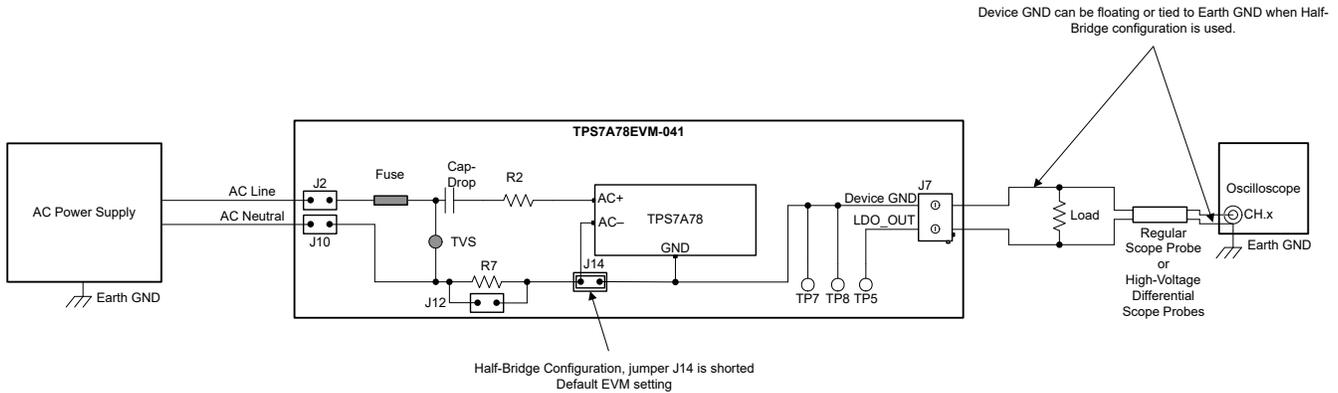


图 2-2. 通过正确的测试设备连接实现半桥 (HB) EVM 配置

要验证连接是否正确，请执行以下操作：

1. 将交流输入电源设置为  $120V_{AC}$  和  $60Hz$ ，然后关闭电源。
2. 将交流电源的线路引线连接到 EVM J2 连接器上的线路引脚。
3. 将交流电源的中性引线连接到 EVM J10 连接器上的中性引脚。
4. 在 EVM 的 J3 连接器 (连接至 LDO\_OUT) 和 J11 连接器 (连接至 GND) 之间连接一个  $0mA$  至  $30mA$  的负载。

## 2.2 跳线信息

### 2.2.1 J1 : LDO\_IN

LDO 输入跳线，将电源连接到该跳线可为 LDO\_IN 引脚提供输入电压。

### 2.2.2 J2 : 线路 VAC

J2 是一个螺纹接线端子，允许接入线路 VAC，从而为器件提供 VAC 电压。这些电源轨的供电电压为 90VAC 至 264VAC，电流可达 2.5A，频率可达 50/60Hz。输入交流电源连接器。在连接到 EVM 之前，请确保交流输入电源已关闭。交流电源线引线必须连接到 J2 连接器上的线路引脚，而中性引线必须连接到 J10 连接器上的中性引脚，以验证 TPS7A78 LDO 是否正常运行。

---

#### 备注

如果在连接到 J2 连接器时交流电源线和中性线发生翻转，则 TPS7A78 器件 GND 引脚以交流电源线为基准，并且只能使用浮动测量设备。

---

### 2.2.3 J3 : LDO\_OUT

J3 连接到 LDO 的 LDO\_OUT 信号。这是 LDO 稳压输出电源轨的负载连接位置。经稳压的输出可在最大电压 5.5V 时提供高达 300mA 的电流。

### 2.2.4 J4 : LDO\_IN 检测

J4 是 SMA 连接器，采用开尔文连接，用于检测 LDO\_IN 电源轨以进行测量。

### 2.2.5 J5 : SCIN

J5 是连接到器件 SCIN 引脚的香蕉插头，可有效驱动该引脚。

### 2.2.6 J6 : LDO\_OUT 检测

J6 是 SMA 连接器，采用开尔文连接，用于检测 LDO\_OUT 电源轨以进行测量。

### 2.2.7 J7 : LDO\_OUT/GND

J7 是螺纹接线端子，允许将负载交替连接到 LDO\_OUT 稳压输出电源轨。

### 2.2.8 J8 : LDO\_IN/GND

J8 是螺纹接线端子，允许交替连接到 LDO\_IN 输入电源轨和 GND。

### 2.2.9 J9、J11、J13 : GND

J9、J11 和 J13 都是连接到电路板和器件上的 GND 平面的香蕉连接器。

### 2.2.10 J10 : 中性 VAC

J10 是螺纹接线端子，可接入 VAC 的中性部分，从而为器件提供 VAC 电压。这些电源轨的供电电压为 90VAC 至 264VAC，电流可达 2.5A，频率可达 50/60Hz。

### 2.2.11 J12 : 第二个浪涌电阻跳线

J12 是一个 2 引脚接头，可绕过运行期间不需要的 R7 浪涌电阻。

### 2.2.12 J14 : 全桥 (FB) 和半桥 (HB) 配置

连接 J14 跳线后，该 EVM 配置为使用半桥 (HB) 配置。但是，要使用全桥 (FB) 配置，请将跳线 J14 保持开路状态。HB 配置是通过将 VAC 中性线连接到 TPS7A78 器件 GND 引脚来实现，而在 FB 配置中，VAC 中性线连接到 AC - 引脚，且器件 GND 引脚跟踪 VAC 中性线，因此必须悬空。

### 2.2.13 J15 : LDO 引脚测试接头

J15 包含一个连接到器件每个引脚的接头，用于在出现运行故障时进行测试和调试分析。

### 2.2.14 J16 和 J18 : 电源正常 (PG) 和电源故障 (PF) 信号

TPS7A78 器件具有两个开漏信号 ( 电源正常和电源故障 ) , 默认情况下这两个信号都上拉至 VLDO\_IN。由于存在高阻抗开漏逻辑, 当拉至高电平时, 这些信号上可能存在交流电源频率噪声。建议使用低阻抗数字缓冲器隔离电路 ( 例如默认 EVM 设置中未组装的 U2 器件 ) , 以获得无噪声 PG 和 PF 信号。跳线 J16 和 J18 将器件 PG 和 PF 信号直接连接到 TP11 和 TP9 测试点, 因为数字缓冲器电路未安装默认 EVM 设置。

### 2.2.15 J17 : 纽扣电池缓冲器 VCC 跳线

J17 包含一根跳线, 用于将缓冲器的 VCC 引脚连接到放置在此布局上的纽扣电池封装。这样, 电池就能为缓冲器提供清洁的稳压电源。

#### 备注

当使用外部直流电压上拉 PG 和 PF 引脚时, 如果使用 FB 配置, 则该外部电源必须是浮动电源。对于 HB 配置, 器件 GND 可以连接到接地 GND, 且外部上拉电源能够以器件 GND 为基准。

## 2.3 测试点

表 2-1. 测试点功能

测试点	名称	说明
TP1	AC+	交流电源线经过电容降压电容器和浪涌电阻器之后输入到器件。
TP2	LDO_IN	电荷泵输出引脚
TP3	SC_IN	整流后的直流电压引脚; 有关正确设置应用要求的信息, 请参阅 TPS7A78 的“应用和实施”部分。
TP4	PFD	电源故障检测引脚。
TP5	LDO_OUT	稳压直流输出引脚。
TP6	AC-	交流电源零线经过电容降压电容器和浪涌电阻器之后输入到器件。
TP7	GND	连接到散热焊盘的器件 GND。
TP8	GND	
TP9	PF	电源故障引脚。
TP10	缓冲器 VCC	缓冲器电路的 VCC 引脚。
TP11	PG	电源正常引脚。

### 3 实现结果

#### 3.1 性能数据和结果

表 3-1 列出了 TPS7A78EVM-041 评估模块的电气规格。

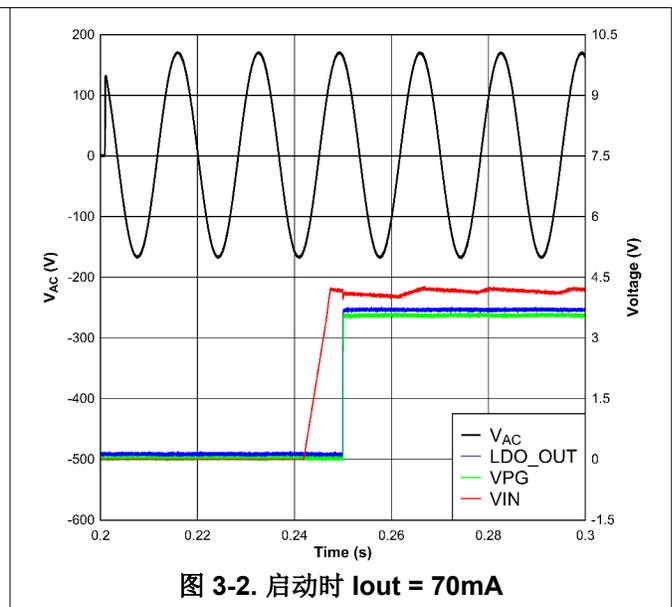
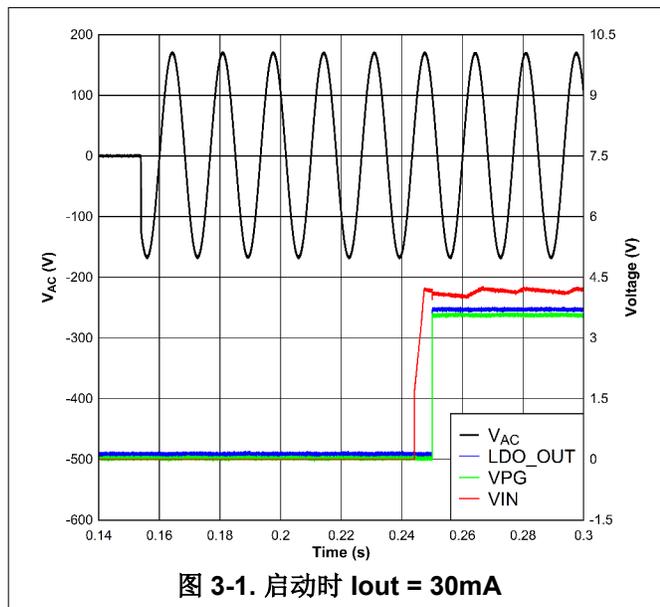
表 3-1. TPS7A78EVM-041 电气性能规格<sup>(1)</sup>

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>输入特性</b>					
$V_{AC}$	交流输入 (RMS)	90	120	264	V
$f_{AC}$	线路频率 HB/FB		30/60		Hz
<b>输出特性</b>					
$V_{LDO\_OUT}$	输出电压	$V_{AC} = 120V (60Hz)$	3.6	3.699	V
$V_{LDO\_OUT}$ 纹波	输出纹波电压	$V_{AC} = 120V (60Hz)$	10		mVpp
$I_{OUT}$	输出电流	$V_{AC} = 120V (60Hz)$	3	55 <sup>(3)</sup>	mA

- (1) 所有测量均在半桥 (HB) 默认 EVM 设置为 25Hz 或 30Hz 条件下完成 (除非另有说明)。50 和 50Hz 数字与全桥 (FB) 配置相关。  
(2) 输出电流电平由电容压降的大小 ( $C_{15}$ )、大容量电容的大小 ( $C_8$ ) 和器件配置决定。当  $V_{AC}$  为 70V (60Hz) 时, EVM 可提供 16mA (最大值) 的电流; 有关 EVM 配置和测试设备正确连接的信息, 请参阅节 2.1。  
(3) 当  $V_{AC}$  为 120V (60Hz) 时, EVM 可通过全桥配置提供 55mA (最大值) 的电流。

#### 启动

TPS7A78EVM-041 的典型启动行为的两个示例如下所示。图 3-1 展示了最大额定输出电流 30mA 下的启动。图 3-2 展示了 70mA 的启动和输出电流。虽然该 EVM 的设计电流最高仅为 30mA, 但第二次启动表明, 通过正确配置, 该 EVM 可用于覆盖 TPS7A78 器件的整个电流频谱。





## 4.2 PCB 布局

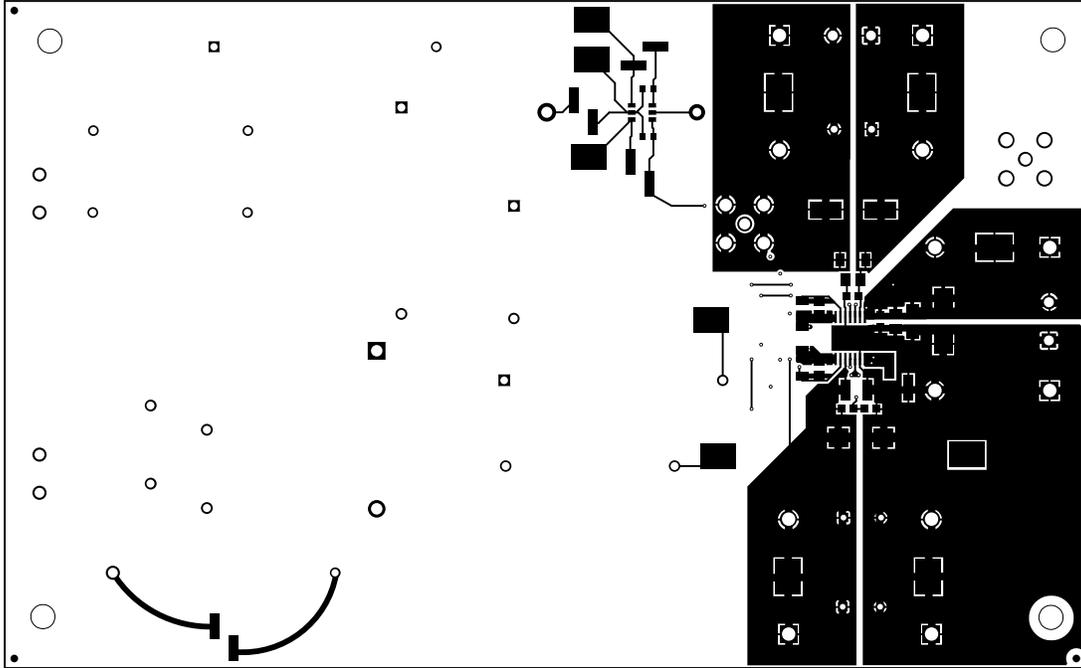


图 4-2. 顶层

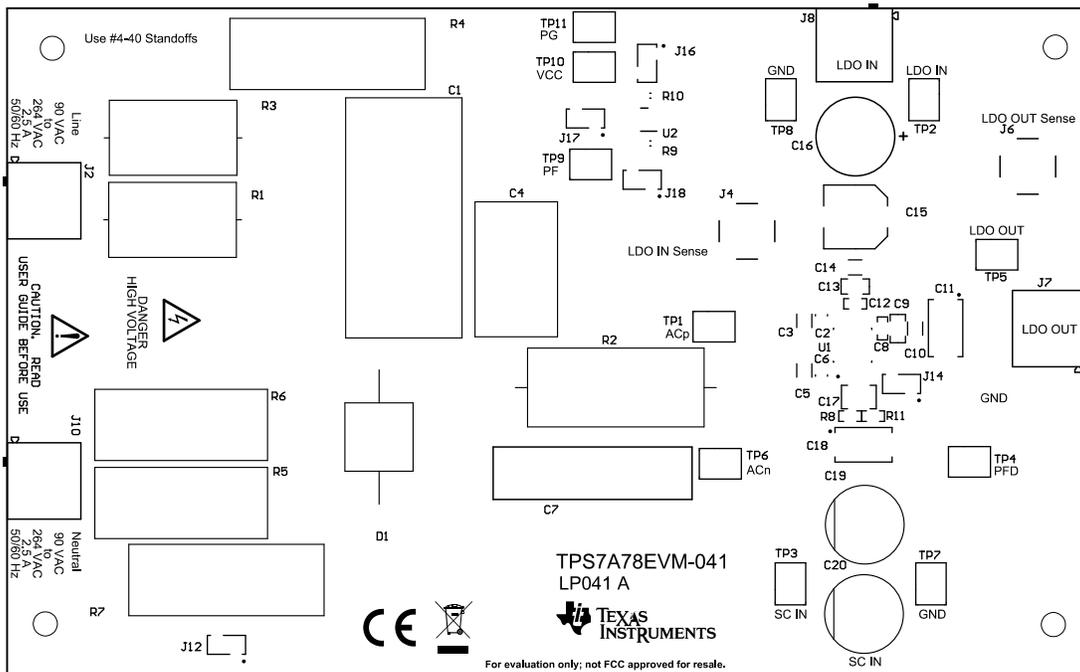


图 4-3. 顶层覆盖

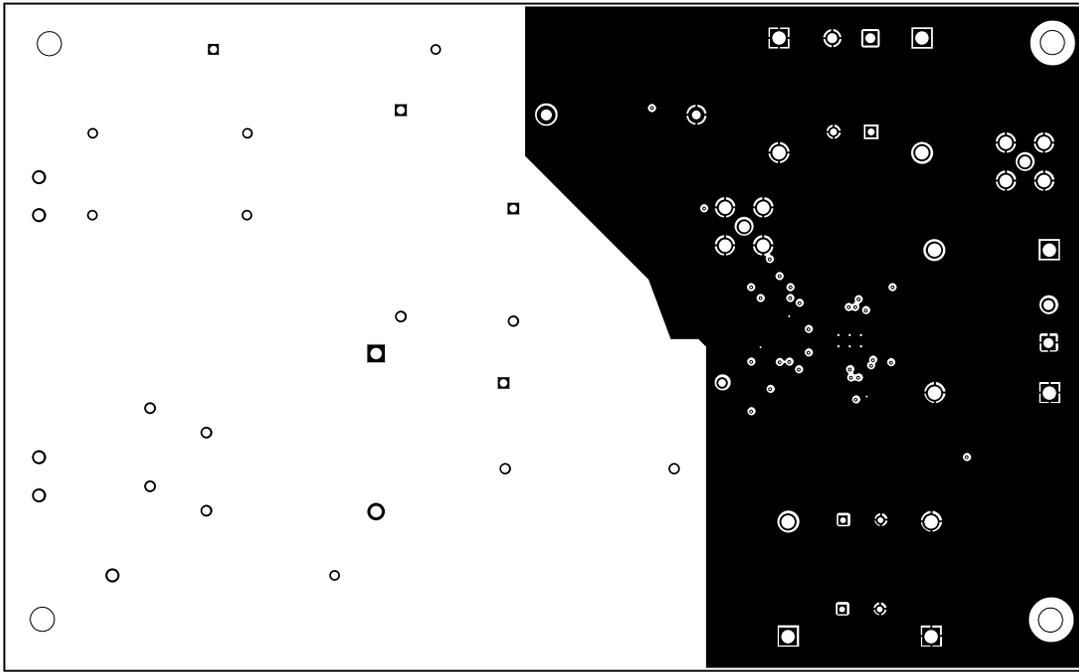


图 4-4. 信号层 2

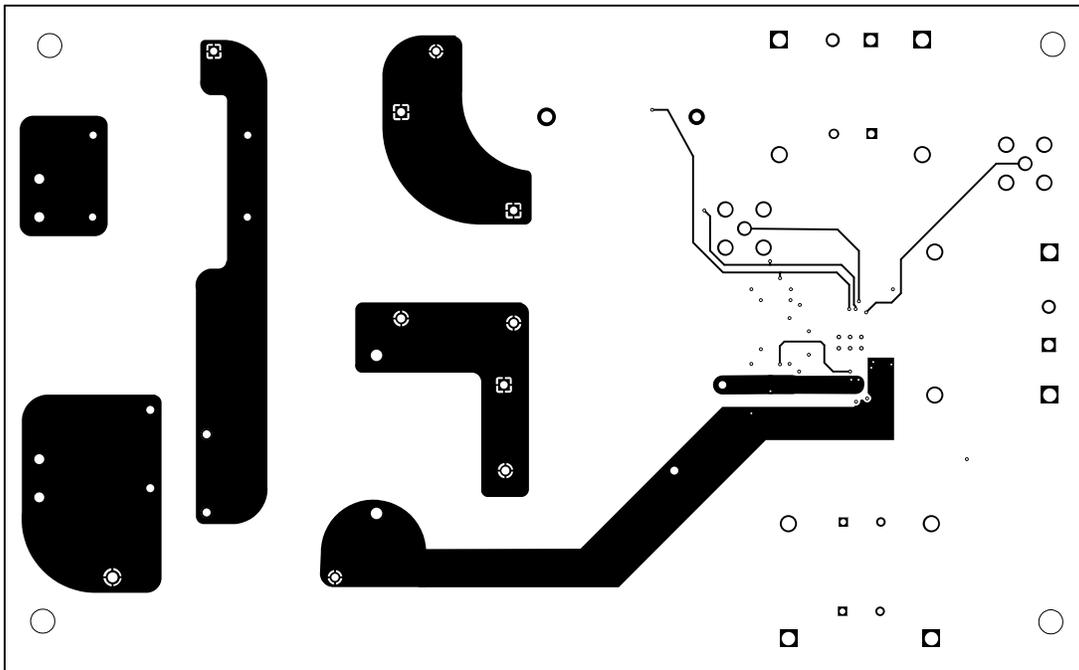


图 4-5. 信号层 3

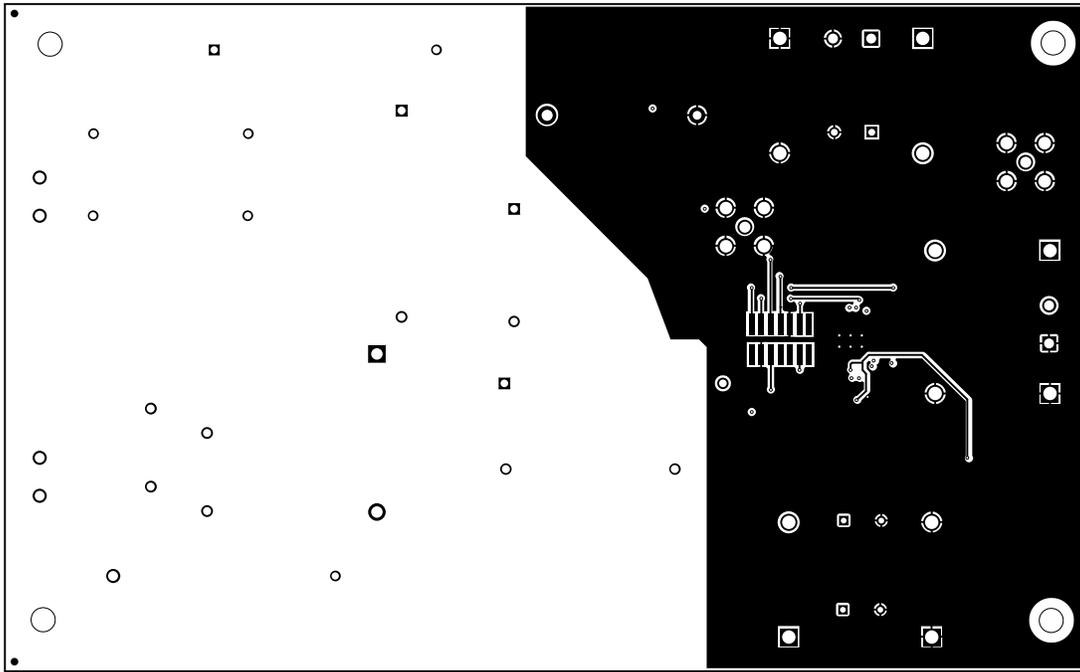


图 4-6. 底层

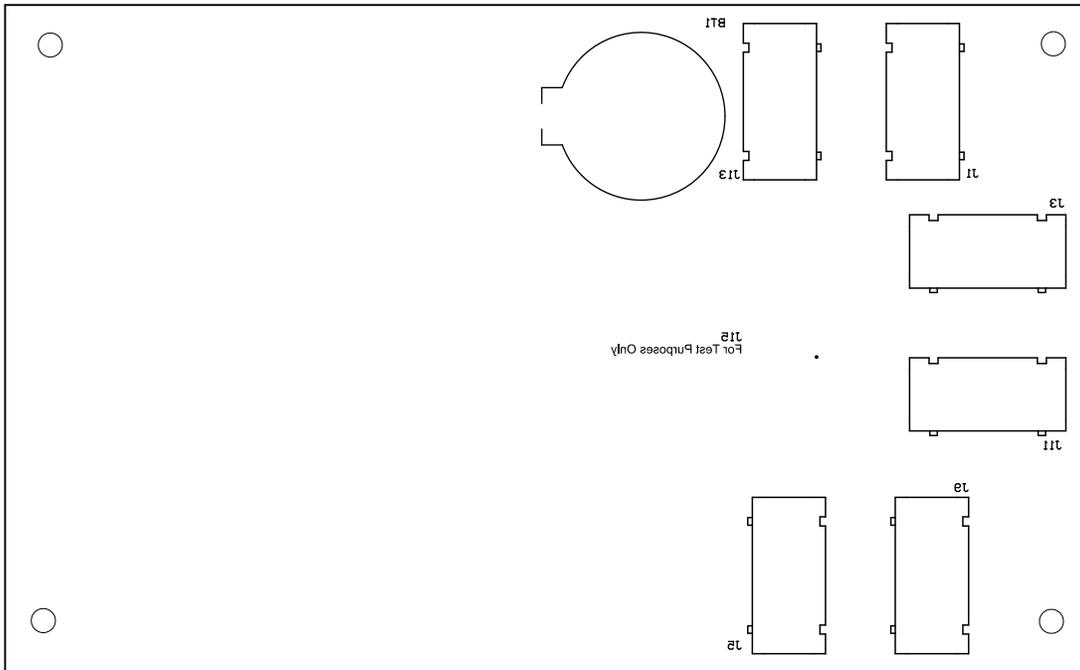


图 4-7. 底层覆盖

### 4.3 物料清单 (BOM)

**表 4-1. TPS7A78EVM-041 BOM**

编号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
!PCB1	1		印刷电路板		LP041	不限		
C1	1	1 $\mu$ F	电容, 薄膜, 1 $\mu$ F, 310VAC, PET, 10%, 31.5mm X 15mm X 25mm, RDL 27.5mm 大容量	径向	F17725102000	Vishay		
C2、C6	2	2.2 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 2.2 $\mu$ F, 25V, +/-10%, X7R, 0805	0805	08053C225KAT2A	AVX		
C7	1	0.22 $\mu$ F	电容, 薄膜, 0.22 $\mu$ F, X1 330VAC, +/-10%, TH	26.5mm x 7mm	B32913A3224K000	TDK		
C9	1	1 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 1 $\mu$ F, 50V, +/-10%, X7R, AEC-Q200 1 级, 0805	0805	GCM21BR71H105KA03K	MuRata		
C14	1	10 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 10 $\mu$ F, 25V, +/-10%, X7R, 1206	1206	C3216X7R1E106K160AB	TDK		
C17	1	10 $\mu$ F	电容, 陶瓷, 10 $\mu$ F, 50V, +/-10%, X7R, 1210	1210	CL32B106KBJNNWE	Samsung Electro-Mechanics		
C20	1	220 $\mu$ F	220 $\mu$ F 35V 铝制电解电容, 径向, Can - 7000 小时, 105°C	径向	EKY-350ELL221MJC5S	United Chemi-Con		
D1	1		30.9V 钳位 488.7A Ipp TVS 二极管穿孔 P600	轴向	15KPA18CA	Littelfuse Inc		
FID1、FID2、FID3、FID4、FID5、FID6	6		基准标记。没有需要购买或安装的元件。	不适用	不适用	不适用		
J1、J3、J5	3		标准香蕉插孔, 绝缘, 10A, 红色	571-0500	571-0500	DEM Manufacturing		
J2、J7、J8、J10	4		端子块, 5.08mm, 2x1, TH	2 位端子块	1715721	Phoenix Contact		
J4, J6	2		SMA 直式插孔, 金, 50 $\Omega$ , TH	SMA 直式插孔, TH	901-144-8RFX	Amphenol RF		
J9、J11、J13	3		标准香蕉插孔, 绝缘, 10A, 黑色	571-0100	571-0100	DEM Manufacturing		
J12、J14、J16、J17、J18	5		接头, 100mil, 2x1, 锡, SMD	SMD, 2 引线, 主体 200mil x 100mil	TSM-102-01-T-SV-P-TR	Samtec		
R1	1	33	33 $\Omega$ $\pm$ 5% 5W 穿孔电阻器轴向阻燃耐火涂层, 易熔, 可承受脉冲, 安全线绕	轴向	AC050000B3309J6BCS	Vishay		
R2	1	75	75 $\Omega$ $\pm$ 5% 5W 穿孔电阻器, 轴向防电弧, 防火, 防潮, 安全线绕	轴向	SQP500JB-75R	Yageo		

**表 4-1. TPS7A78EVM-041 BOM (continued)**

编号	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商	备选器件型号	备选制造商
R4、R7	2	100	100Ω ±5% 7W 穿孔电阻器轴向阻燃耐火涂层，可承受脉冲，安全线绕	轴向	EP7WS100RJ	TE		
R6	1		430V 10kA 压敏电阻 1 电路穿孔圆盘 20mm	径向	TMOV20RP275 E	Littelfuse		
R8	1	1.00Meg	电阻，1.00MΩ， 1%，0.1W，0603	0603	RC0603FR-071 ML	Yageo		
R9，R10	2	100k	电阻，100k，1%， 0.1W，AEC-Q200 0 级，0603	0603	CRCW0603100 KFKEA	Vishay-Dale		
R11	1	90.9k	电阻，90.9kΩ， 1%，0.1W，0603	0603	RC0603FR-079 0K9L	Yageo		
SH-J1、SH-J2、SH-J3、SH-J4	4	1x2	分流器，100mil，镀 金，黑色	分流器	SNT-100-BK-G	Samtec	969102-0000 -DA	3M
TP1、TP2、TP3、TP4、TP5、TP6、TP7、TP8、TP9、TP10、TP11	11		测试点，紧凑型， SMT	Testpoint_Keystone_Compact	5016	Keystone		
U1	1		线性稳压器 IC 1 输出 120mA 14-HTSSOP	HTSSOP14	TPS7A7836PW PT	德州仪器 (TI)		

## 5 合规信息

TPS7A78EVM-041 已通过 ESD、浪涌和传导发射的预合规性测试，并已通过节 5.1 中规定的测试。

### 5.1 合规性和认证

#### EMI 和传导发射预合规性

TPS7A78EVM-041 已使用两种不同的输入滤波器完成了传导发射的预合规性测试。第 5.1.1 节仅使用 TPS7A78 输入端的电阻器和电容器来提供通过测试结果。第 5.1.2 节使用 TPS7A78 输入端的电阻器、电容器和电感器提供通过测试结果。

以下是从示波器获取的预合规性数据。黄色曲线是 EVM 的准峰值；该曲线需要保持在顶部红线以下，顶部红线是准峰值电压值通过测试的限值。绿色曲线是 EVM 的平均电压值；该曲线需要保持在底部红线以下，底部红线是平均电压值通过测试的限值。以下各小节介绍了通过测试的条件。

#### 5.1.1 在输入滤波器中使用电容器和电阻器通过预合规性传导发射测试结果

在预合规性测试中，EVM 已通过 FCC 第 15 部分和 CISPR 22 B 类传导 EMI 限制测试。利用电路板配置（在输入滤波器中使用电容器和电阻器）通过标准的 EVM 如下所示。

第 5.1.1 节曲线均进行如下配置： $T_J = 25^\circ\text{C}$ ， $LDO\_OUT = 3.6\text{V}$ ， $V_{AC} = 120\text{V}$ ， $R_4 = 100\Omega$ ， $C_7 = 100\text{nF}$ ， $R_2 = 75\Omega$ ， $I_{OUT} = 60\text{mA}$ （除非另有说明）

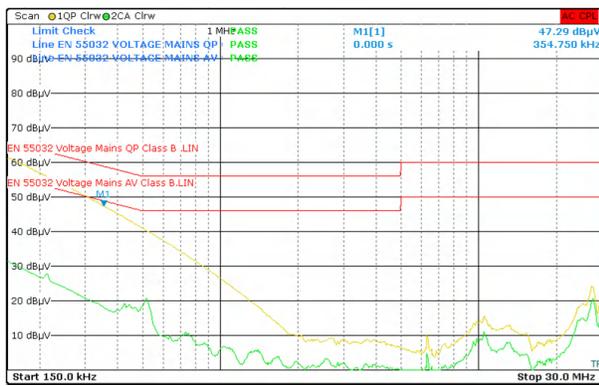


图 5-1. FB ,  $C_7 = 220\text{nF}$

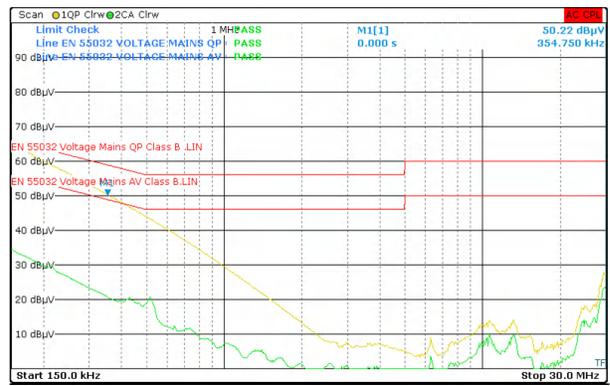


图 5-2. FB ,  $V_{AC} = 240\text{V}$

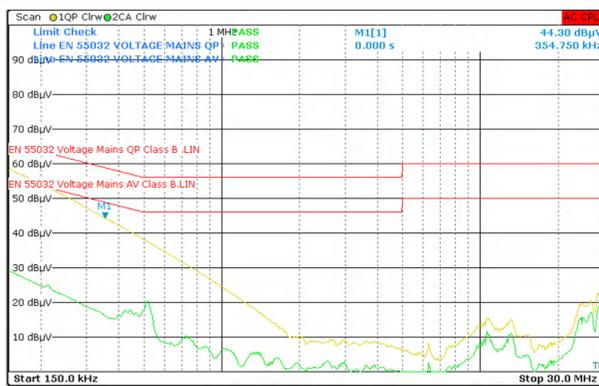


图 5-3. FB ,  $V_{AC} = 240\text{V}$  ,  $C_7 = 220\text{nF}$

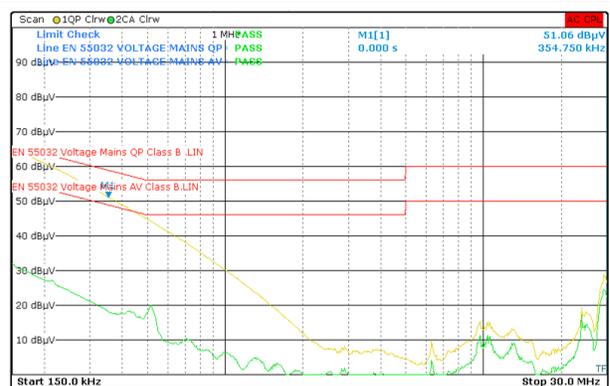


图 5-4. HB ,  $I_{out} = 30\text{mA}$

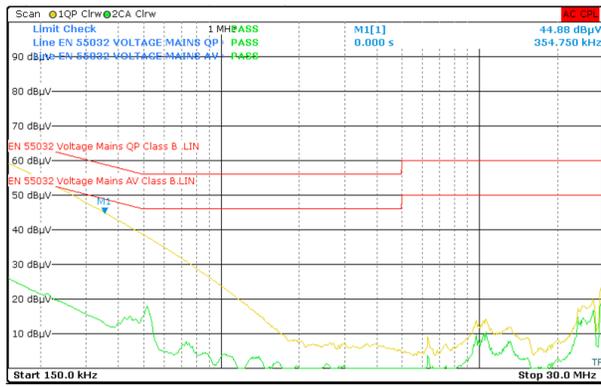


图 5-5. HB , Iout = 30mA , C7 = 220nF

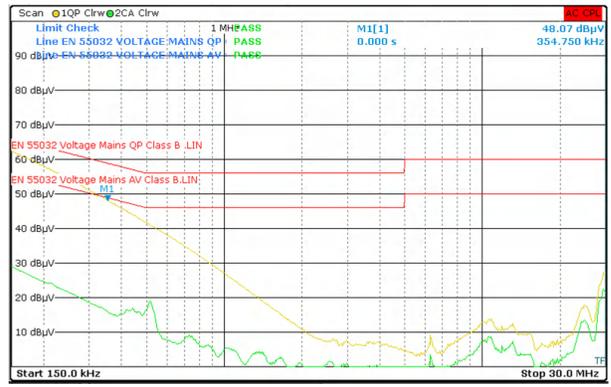


图 5-6. HB , V<sub>AC</sub> = 240V , Iout = 30mA

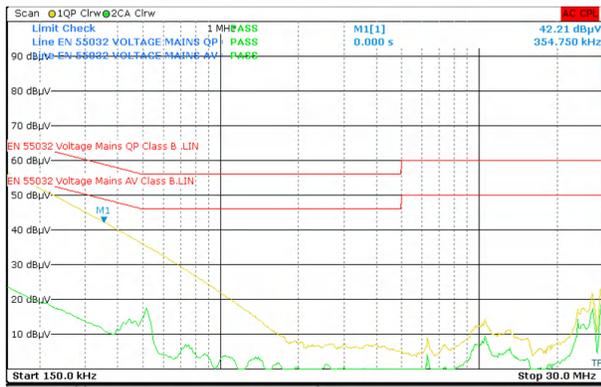


图 5-7. HB , V<sub>AC</sub> = 240V , Iout = 30mA , C7 = 220nF

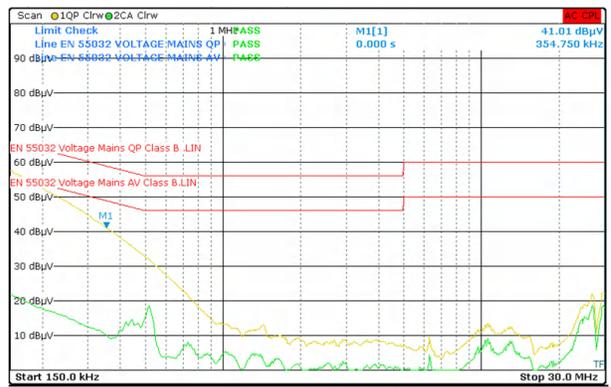


图 5-8. HB , LDO\_OUT = 5V , IOU = 30mA

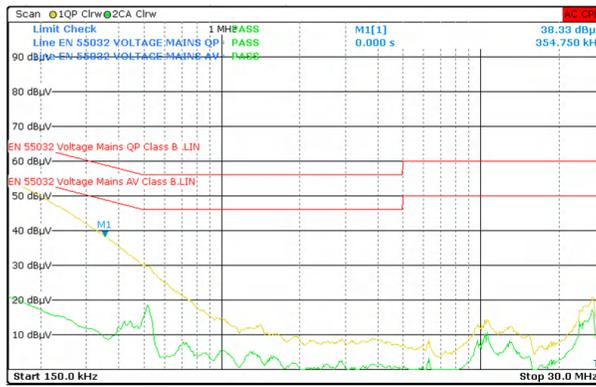


图 5-9. HB , V<sub>AC</sub> = 240V , LDO\_OUT = 5V , IOU = 30mA

### 5.1.2 在输入滤波器中使用电容器、电阻器和电感器通过预合规性传导发射测试结果

在预合规性测试中，EVM 已通过 FCC 第 15 部分和 CISPR 22 B 类传导 EMI 限制测试。利用 R4 电阻器封装环路中引入的电感通过标准的 EVM 如下所示。

第 5.1.2 节曲线均进行如下配置： $T_J = 25^\circ\text{C}$ ， $LDO\_OUT = 3.6\text{V}$ ， $V_{AC} = 120\text{V}$ ， $R4 = 100\Omega$ ， $C7 = 100\text{nF}$ ， $R2 = 75\Omega$ ， $I_{OUT} = 60\text{mA}$ （除非另有说明）

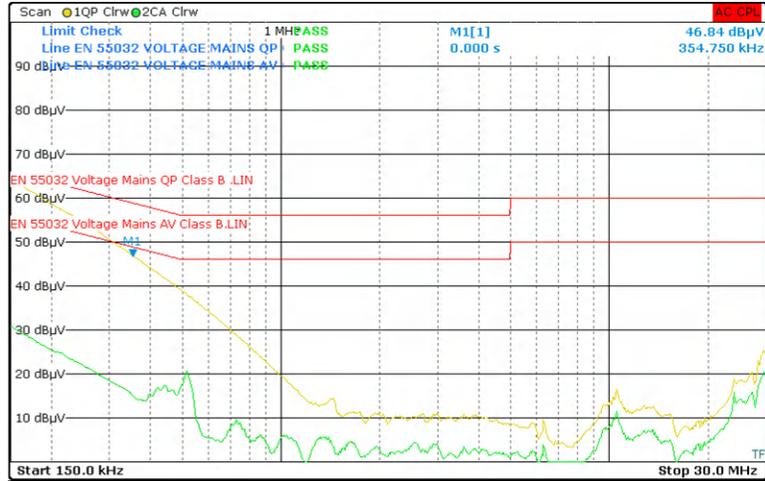


图 5-10. FB， $I_{out} = 30\text{mA}$ ， $R4 = 100\mu\text{H}$

## 5.2 浪涌测试

按照 IEC 61000-4-5 执行了预合规性浪涌测试。在执行预合规性测试之前和之后对 EVM 进行了适当的功能测试，以确认 LDO 正常运行。在每次浪涌测试中，EVM 均通过 4 级测试限制。

## 5.3 EFT 合规性

按照 IEC 61000-4-4 执行了预合规性 EFT 测试。在执行预合规性测试之前和之后对 EVM 进行了适当的功能测试，以确认 LDO 正常运行。在每次 EFT 测试中，EVM 均通过 4 级测试限制。

## 5.4 ESD 合规性

按照 IEC 61000-4-2 执行了预合规性 ESD 测试。在执行预合规性测试之前和之后对 EVM 进行了适当的功能测试，以确认 LDO 正常运行。在每次 ESD 测试中，EVM 均通过 3 级测试限制。

## 6 其他信息

### 6.1 商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

## 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 © 2023，德州仪器 (TI) 公司