

按照IEC 61000-4-x和CISPR 11标准测试、采用AD5758、 适合工业过程控制应用的模拟输出设计

作者：李可

简介

AD5758 是一款单通道16位电压和电流输出数模转换器(DAC), 支持片内动态功率控制(DPC)和HART®连接。AD5758 设计用于工业过程控制应用的可编程逻辑控制器(PLC)和分布式控制系统(DCS)模块。

本应用笔记描述了一种用于工业过程控制的AD5758电压输出(V_{OUT})和电流输出(I_{OUT})电磁兼容(EMC)测试解决方案。IEC61000-4-x系列标准适用在系统层面评估电气和电子设备的电磁抗扰度。

AD5758 EMC测试板已经过一系列测试, 以确保电路性能不受射频电磁场辐射骚扰(RS)或射频场感应的传导骚扰(CS)的影响, 并具有足够的静电放电(ESD)抗扰度、电快速瞬变脉冲群(EFT)抗扰度和浪涌(Surge)抗扰度。该EMC测试板还根据CISPR 11标准进行了测试, 其电磁辐射骚扰水平远低于A类限值。

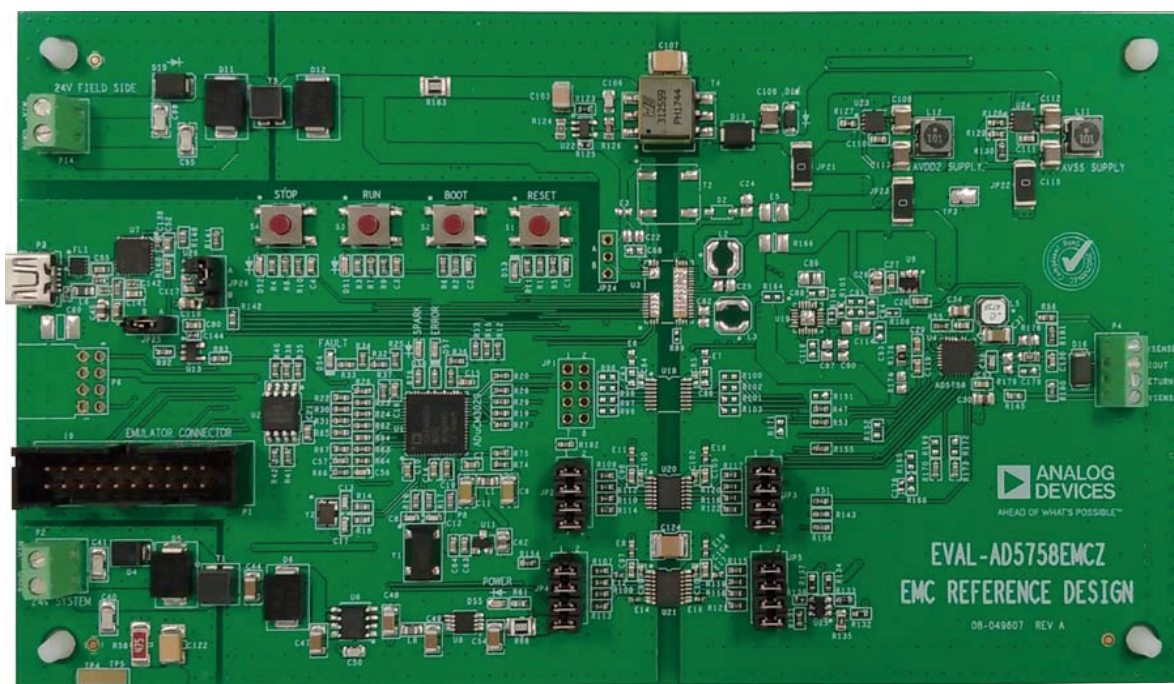


图1. AD5758 EMC测试板照片

目录

简介.....	1	AD5758 EMC 测试板的 EMC 和 EMI 测量结果.....	9
修订历史.....	2	射频场感应的传导抗扰度.....	9
系统设计.....	3	静电放电抗扰度.....	11
AD5758 DAC 说明.....	3	电快速瞬变脉冲群抗扰度.....	17
电路说明.....	3	浪涌(冲击)抗扰度.....	19
印刷电路板.....	5	射频电磁场辐射抗扰度.....	21
器件放置和布局注意事项.....	5	电磁辐射骚扰.....	24
电路评估与测试.....	6	EMC 板原理图与印刷电路板版图.....	27
软件要求.....	6	订购信息.....	34
设备要求.....	6	物料清单.....	34
标准和性能判据.....	7		

修订历史

2019年3月—修订版0：初始版

系统设计

AD5758 DAC说明

AD5758是一款单通道、电压和电流输出DAC， AV_{SS} 和 AV_{DD1} 供电轨之间的最大工作电压为60 V。片内动态功率控制(DPC)利用一个降压型DC-DC转换器，在5 V至27 V范围内将输出驱动器电路的电源电压(V_{DPC+})调节至 VI_{OUT} ，使封装功耗最小。 C_{HART} 引脚可将HART信号耦合到电流输出上。

该器件采用多功能四线式串行外设接口(SPI)，能够以最高50 MHz的时钟速率工作，并与标准SPI、QSPI™、MICROWIRE™、DSP和微控制器接口标准兼容。该接口还具有可选SPI循环冗余校验(CRC)和看门狗定时器(WDT)。

AD5758提供诊断功能，如输出电流监控，同时还集成12位诊断模数转换器(ADC)。通过在 VI_{OUT} 、 $+V_{SENSE}$ 和 $-V_{SENSE}$ 引脚上集成故障保护开关，提供额外的鲁棒性。

有关详细信息，请参阅AD5758数据手册。

电路说明

该电路是一个单通道、隔离式工业电压和电流输出模块，适用于恶劣的EMI/EMC环境，采用AD5758 DAC。该设计主要针对PLC和DCS应用。由于工业环境恶劣，AD5758 EMC测试板的设计旨在满足IEC6100-4-x和CISPR 11标准要求。

为设计供电

AD5758 EMC测试板由两个单独的电源供电。第一个24 V输入供应给LT8300，产生20 V隔离电压，并为AD5758 AVDD1供电。LT8300的输出还为两个ADP2360器件供电，后者为AD5758的AVDD2和AVSS引脚提供电压。第二个24 V电源

为系统侧的电路供电，包括微处理器和数字隔离器。

ADP7142将24 V电源电压降至5 V，为需要5 V逻辑或5 V电源的电路供电。低压差(LDO)稳压ADP124器进一步将5 V电源电压调节至3 V，供低功耗元器件使用，包括ADuCM3029。AD5758 EMC测试板用单个24 V电源供电即可工作。但在为了演示系统电源和现场电源是不同的电源的场合，两个24 V电源必须相互隔离。用这两个24 V电源来模拟典型的用例，其中系统电源和现场电源分别在系统中单独提供。

隔离注意事项

正确放置隔离栅通常是提高EMC鲁棒性的第一种方式。ADuM141D和ADuM142D在现场侧AD5758和系统侧微控制器单元(MCU)之间提供电气隔离。为了获得最佳的电磁兼容性和电磁干扰(EMI)性能，必须采取预防措施。为获得最佳电磁辐射骚扰性能，建议使用一个由铁氧体磁珠和100 nF||10nF电容组成的电感-电容(LC)滤波器分别连接到VDD1和VDD2引脚。隔离栅的两侧跨接一个0.001 μF陶瓷电容也有助于减少电磁辐射骚扰。更多信息参见应用笔记AN-1109。

LT8300隔离型反激式转换器驱动反激式变压器。在初级端和次级端上配置3.3 nF、3 kV电容为镜像电流提供返回路径。如果需要替换元件，LTspice®软件会模拟LT8300电路；您可从ADI公司网站的LTspice页面下载该软件。

ADuCM3029超低功耗Arm® Cortex®-M3 MCU为AD5758 EMC测试板提供本地控制和数据通信。在IEC 61000-4-x测试中，ADuCM3029具有可接受的发射特性和足够的抗扰度。

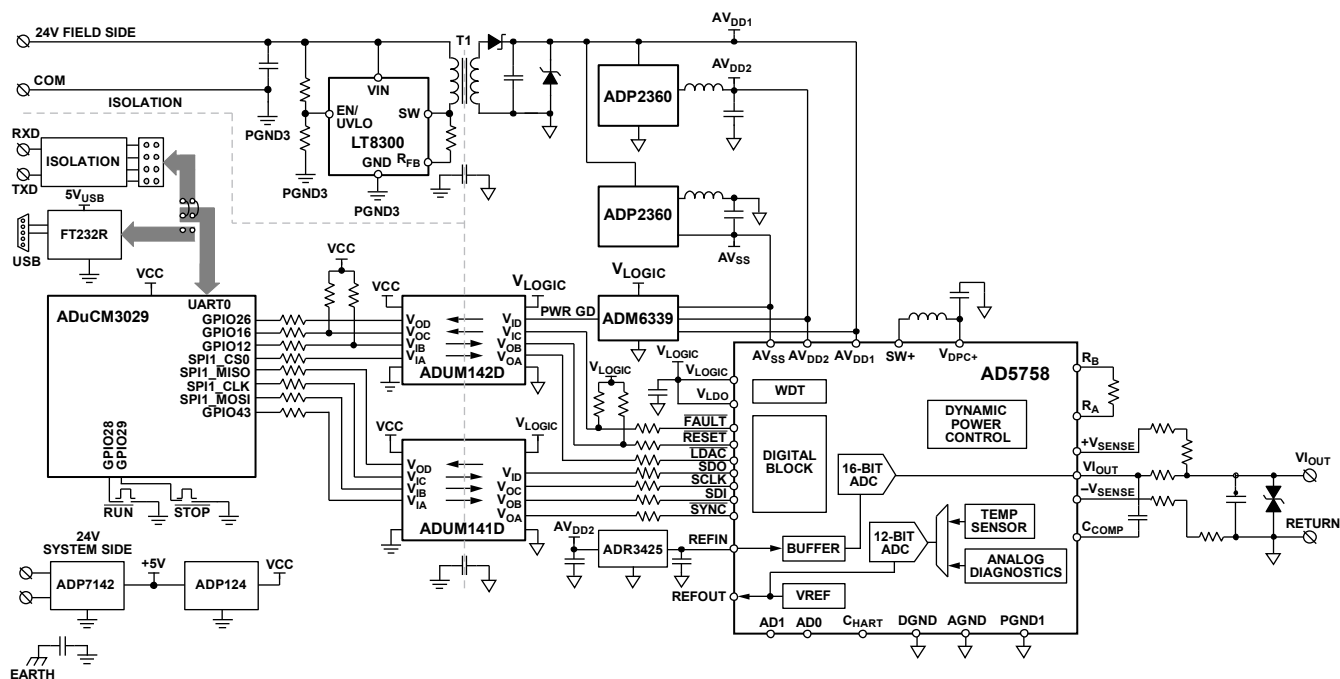


图2. AD5758 EMC测试板电路框图

17272-002

印刷电路板

AD5758 EMC测试板基于FR4 4层印刷电路板(PCB)而构建。PCB的主面和辅面均有0.5盎司铜箔，内层有1盎司铜箔。PCB叠层如图3所示。

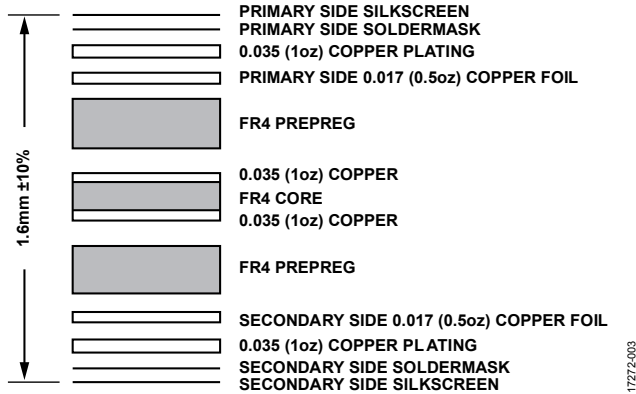


图3. PCB叠层

器件放置和布局注意事项

本节介绍采用最少必要元器件获得最佳**AD5758** EMC和EMI性能的设计注意事项（关于元器件布局和连接器距离的一般建议）。

将**AD5758**的数字接口侧放在靠近隔离器的位置。数字线路上的几十到几百欧姆的阻尼电阻会衰减互补金属氧化物半导体(CMOS)开关切换导致的电瞬态，帮助降低EMI。**AD5758**的 VI_{OUT} 侧必须靠近**AD5758** EMC测试板边缘的4引脚输出端子板。

其他器件注意事项

AD5758 EMC测试板采用0.1 μ F、50 V、X7R、10%、低ESR陶瓷电容，封装尺寸C0603，作为去耦电容，这是权衡性能、降额、成本和节省空间等因素的结果。在需要更紧密去耦的情况下，应使用C0402尺寸的1 nF、25 V、X7R电容。

电压源保护

EMC或EMI评估和演示的范围集中在**AD5758**及其配套芯片上。**AD5758** EMC测试板上的两个24 V电源电路用于为电路板的功能提供必要的电压。这些起演示作用的电源电路无意媲美用户自动化控制系统中的电源模块或背板电源的稳健性，因此，对这些供电电路仅实现了基本保护。在系统侧的24 V电源中，1 nF电容放置在电源输入端子的每个引脚旁，连接到受保护地，瞬态能量可通过3.3 nF、3 kV电容放电至地。4.7 M Ω 电阻将能量泄放到地，避免其在受保护地上积聚。插入一个瞬态电压抑制二极管(TVS)，以防止误接线到电源输入端。TVS二极管用于箝位瞬态电压，使之不高于33 V（标称值）。共模电感衰减从下游电路逸出的辐射。电感之后的第二个TVS二极管进一步箝位瞬态电压。现场侧的24 V电源也有类似的保护方案。

ESD保护

AD5758 EMC测试板必须具有适当的ESD保护电路。保护电路由限流电阻、瞬态电压箝位和瞬态能量转移电容组成。

AD5758 的EMC和EMI保护必须有三个最少必备元件。**AD5758** VI_{OUT} 引脚与端子板之间的走线上有一个10 Ω 电阻，用于限制进出器件的瞬态电流。在EMC事件期间，TVS二极管对于箝位电路板上的电瞬态至关重要。在**AD5758**和输出端子板之间插入TVS二极管。用短而粗的走线将TVS引脚直接连到 VI_{OUT} 和RETURN螺钉（在P4端子上）。旁边与TVS二极管并联的10 nF、50 V、X7R电容将少量高频瞬态转移到RETURN螺钉。 VI_{OUT} 线可以增加连接到 AV_{DD1} 和 AV_{SS} 的可选箝位二极管，以进一步提高稳健性。但是，这些二极管对**AD5758** EMC测试板是不必要的，因为没有这些二极管就能满足EMC和EMI性能目标。

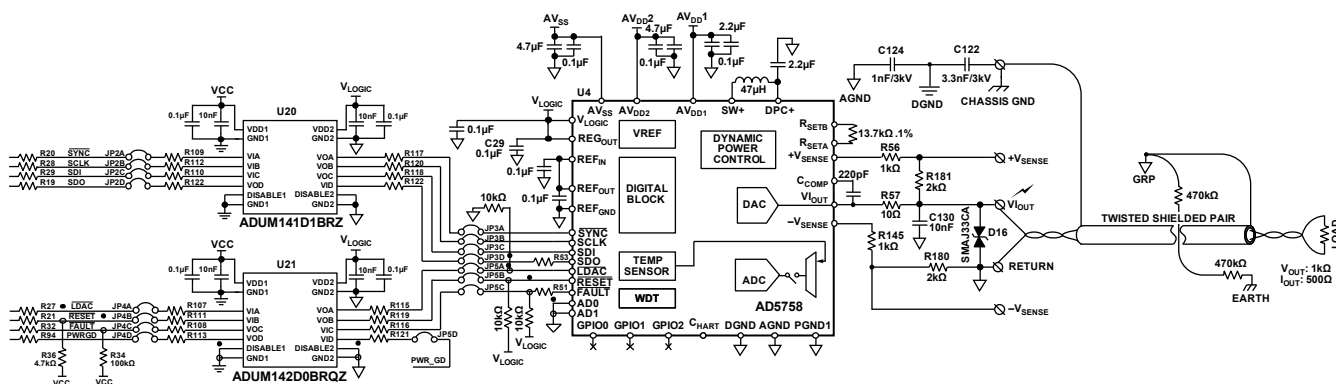


图4. AD5758旁路电容和外围电路

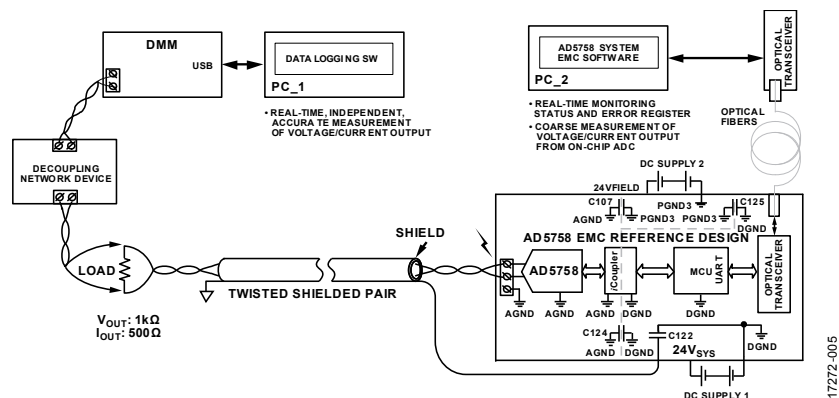


图5. 通用EMC测试设置

电路评估与测试

AD5758 EMC测试板既可通过连接到PC机来运行，也可在独立模式下运行。PC机上的图形用户界面(GUI)用于配置运行参数，如DAC输出范围、输出数字码和模数转换器(ADC)序列。GUI显示故障标志映射并根据AD5758片内诊断ADC节点的读数绘图。

在板载闪存中设置操作参数之后，该板便可与PC机或控制器板断开连接，而软件仍在运行。要操作该板，请先给电路板上电，然后按下AD5758 EMC测试板上的运行(RUN)或停止(STOP)按钮。

图5描述了用于EMC测试的AD5758 EMC测试板一般设置。在每次进行可能具有破坏性的EMC测试之前和之后，采用精密的台式数字万用表(DMM)对负载电阻上的AD5758输出实施500次测量。两组DMM测量结果之间的偏差必须保持在预定范围内才能满足性能标准。最大允许偏差为满量程的0.1%，这符合工业自动化应用的常见要求。

实施非破坏性EMC测试期间，台式DMM持续测量负载电阻上的AD5758输出。将EMC事件期间和之后的测量值与EMC事件之前DMM测量的平均值进行比较，以判断性能标准。

在电磁辐射骚扰测试中，AD5758配置为输出满量程电压或电流（在1 kHz下刷新），AD5758 EMC测试板则在独立模式下运行。此设置中的唯一辅助设备是两个24 V电池组，用于为AD5758 EMC测试板供电。假设这些电池组不会产生电磁辐射骚扰。

软件要求

要对AD5758执行EMC测试，需要以下软件：

- 固件，在AD5758 EMC测试板上，版本57-58-E0-01
- AD5758系统EMC GUI软件，版本1.0.0.1
- 是德科技 BenchVue™ 软件，版本2.6

设备要求

要对AD5758执行EMC测试，需要以下设备：

- 光电USB收发器板
- 工业光缆
- 运行微软Windows® 7（64位版本，映像V3.0.2011.10.14）的PC机
- 直流电源：安捷伦科技 3630A
- 数字万用表：是德科技 33470A
- 2根（一对双绞型）多芯导线电缆
- 夏弗纳 FN353Z-30-33

负载电阻通过2米电缆（Belden 8761，屏蔽双绞线）连接至AD5758。在电流输出模式下，负载是一个500 Ω 、 $\pm 0.005\%$ 、 $\pm 0.8\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 、600 mW、300 V的径向引线箔电阻。在电压输出模式下，负载是一个1 k Ω 、 $\pm 0.01\%$ 、 $\pm 0.8\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 、600 mW、300 V的径向引线箔电阻。

一对双绞线，后接一个低通滤波器，用于探测负载电阻两端的电压。滤波器输出通过一对双绞线连接到是德科技 33470A DMM。DMM积分时间设置为0.02工频周期（400 μs ）。USB线缆将DMM连接至PC机。AD5758 GUI软件通过电气隔离数据链路，以1 ms为间隔监测AD5758状态寄存器。

AD5758系统EMC GUI软件将参数发送至本地微处理器，用于写入AD5758。对于每个EMC和EMI测试项目，AD5758 EMC测试板在电压输出模式和电流输出模式下进行测试。在每个输出模式下检查两个输出条件。

第一个条件是每2秒交替向AD5758写入0xFFFF和0x8000，以验证在EMC测试期间是否根据输入数字码主动更新AD5758输出。第二个条件是每1 ms固定向AD5758写入0xFFFF，以便在进行EMC事件期间和之后，简化计算AD5758的输出偏差。

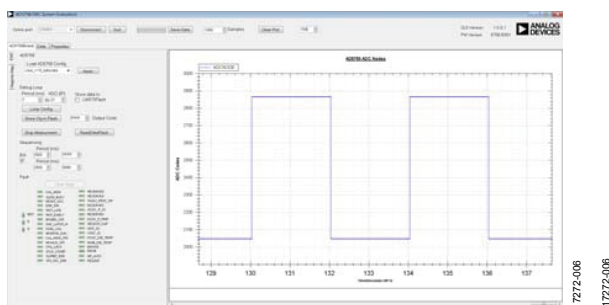


图6. AD5758系统EMC GUI，切换输出

表1. 电磁辐射骚扰性能概览

试验	基本标准	频率范围(MHz)	限值	实测最小裕量(dB $\mu\text{V}/\text{m}$)	结果
电磁辐射骚扰	CISPR 11, Class A	30至1000	参见表11和表12	13.70	通过

表2. 电磁抗扰度性能概览

试验	基本标准	测试级别	性能判据	实测最小裕量	结果
射频场感应的传导骚扰抗扰度	IEC 61000-4-6	10 V/m	A	见表4	通过
射频电磁场辐射抗扰度	IEC 61000-4-3	20 V/m	A	见表10	通过
静电放电抗扰度	IEC 61000-4-2	± 6 kV接触	B	见表5	通过
静电放电抗扰度	IEC 61000-4-2	± 12 kV空气	B	见表6	通过
静电放电抗扰度	IEC 61000-4-2	± 30 kV耦合	B	见表7	通过
电快速瞬变脉冲群抗扰度	IEC 61000-4-4	± 4 kV	B	见表8	通过
浪涌(冲击)抗扰度	IEC 61000-4-5	± 4 kV	B	见表9	通过

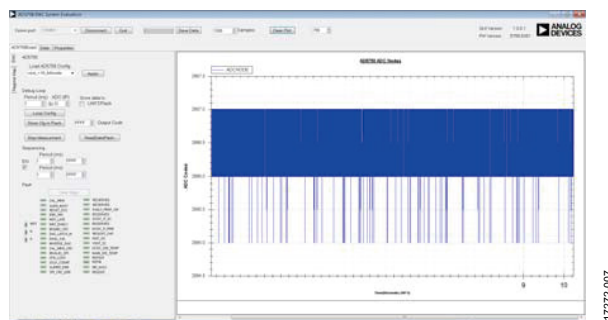


图7. AD5758系统EMC GUI，稳定输出

AD5758 EMC测试板经过测试，符合表1和表2中描述的CISPR 11和IEC 61000-4-x标准。

标准和性能判据

AD5758 EMC测试板设计所用的EMC和EMI测试项目、限制，以及性能判据都根据IEC 61131-2标准进行定义。根据该标准选择了以下六项适用的测试：

- IEC 61000-4-2
- IEC 61000-4-3
- IEC 61000-4-4
- IEC 61000-4-5
- IEC 61000-4-6
- CISPR 11

表3. 性能判据

性能判据	描述
A	在制造商指定的误差范围内正常工作。
B	功能暂时丧失或性能下降，骚扰消除后不复存在。受试设备(EUT)无需操作员干预即可恢复正常性能。
C	暂时丧失功能或性能下降，性能校正需要操作员干预，如手动重启、断电或上电等。
D	无法恢复的功能丧失或性能下降。硬件或软件永久性损坏，或者数据丢失。

AD5758 EMC测试板的EMC和EMI测量结果

射频场感应的传导抗扰度

根据IEC 61000-4-6,受试设备(EUT)放置在高于参考接地平面0.1米高的绝缘支架上。从受试设备接出的所有电缆都支撑在参考接地平面上方至少30 mm的高度。骚扰信号通过耦合/去耦网络(CDN) KEMZ 801A注入。电缆通过衰减箱位器KEMZ

801A去耦。扫描频率范围为150 kHz至80 MHz (10 V/m)，使用1 kHz正弦波调制的80%幅度的骚扰信号。以递增方式扫描频率，步长最初为起始频率的1%，然后是前一频率值的1%。每个频率下的调幅载波的驻留时间为1秒。

表4.61000-4-6试验电压和测试结果

输出模式	骚扰前的测量均值	骚扰期间		骚扰后的测量均值	满量程偏差 (ppm)	通过或失败
		测量最小值	测量最大值			
$V_{OUT} = 10\text{ V}$	10.006514 V	10.006716 V	10.006716 V	10.006529 V	-29, 20	通过, 判据A
$I_{OUT} = 20\text{ mA}$	19.969723 mA	19.969090 mA	19.970795 mA	19.969397 mA	-32, 54	通过, 判据A

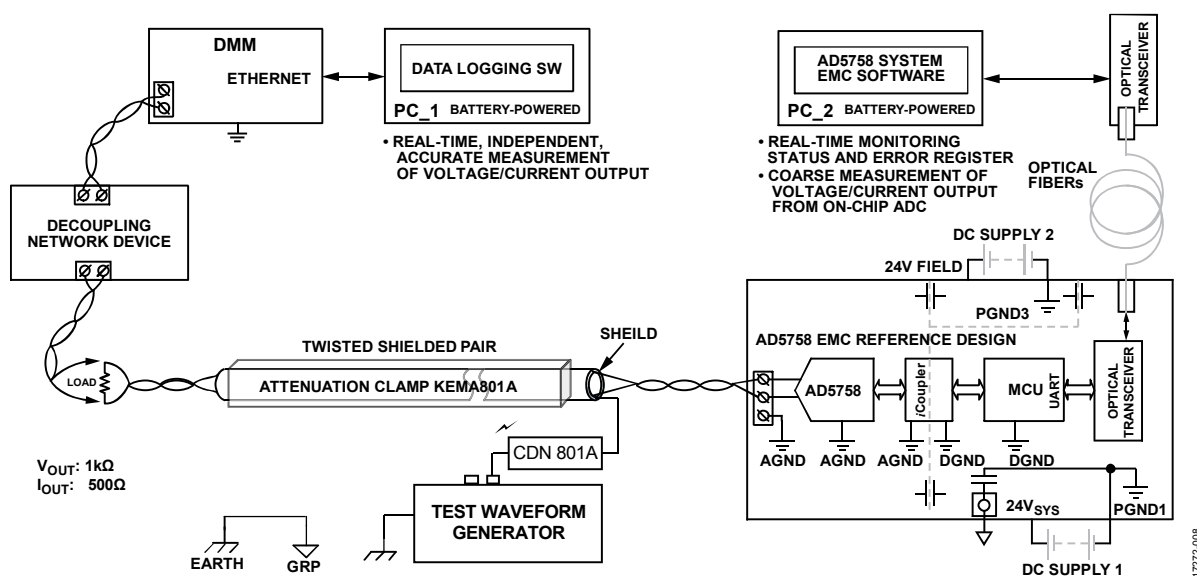


图8. IEC 61000-4-6测试设置连接图



图9. IEC 61000-4-6测试设置照片

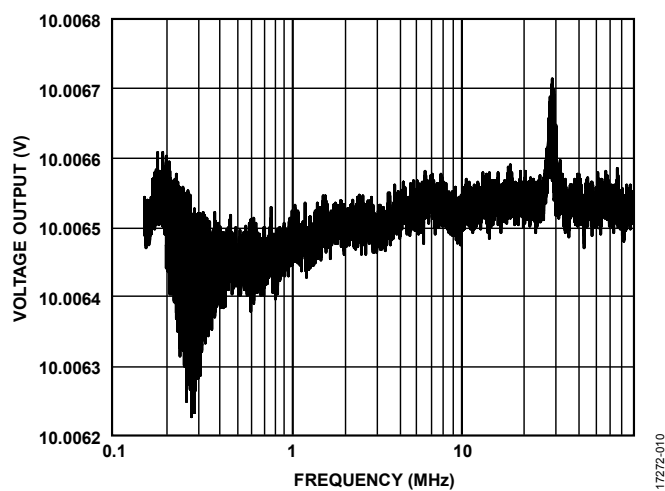


图10. 电压输出与频率的关系 (10 V/m)

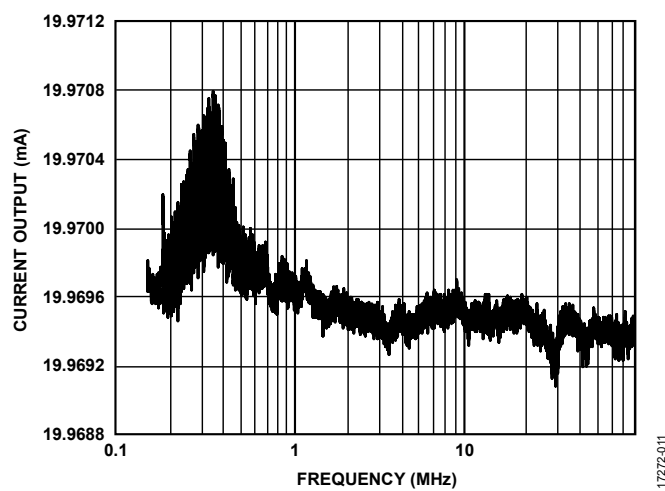


图11. 电流输出与频率的关系 (10 V/m)

静电放电抗扰度

测试设置包括一个0.8 m高的非导电工作台，其立在接地参考平面上。工作台上放置一个1.6 m × 0.8 m的水平耦合板(HCP)。受试设备及其电缆通过0.5 mm厚的绝缘垫与耦合板隔离。

对AD5758输出端子板(P4)的VIOUT和RETURN端电极螺丝进行接触放电。在每个额定值下，受试设备接受至少20次放电，正负极性各10次。以每秒1次的速率重复放电。

对AD5758输出端子板进行空气放电。在每个额定值下，受试设备接受至少20次放电：正负极性各10次。以每秒1次的速率重复放电。

对水平和垂直耦合板进行耦合放电。在每个额定值下，受试设备接受至少20次放电：正负极性各10次。以每秒1次的速率重复放电。耦合板有两个470 kΩ接地泄放电阻。

表5. IEC 61000-4-2试验电压和测试结果，±6 kV接触放电

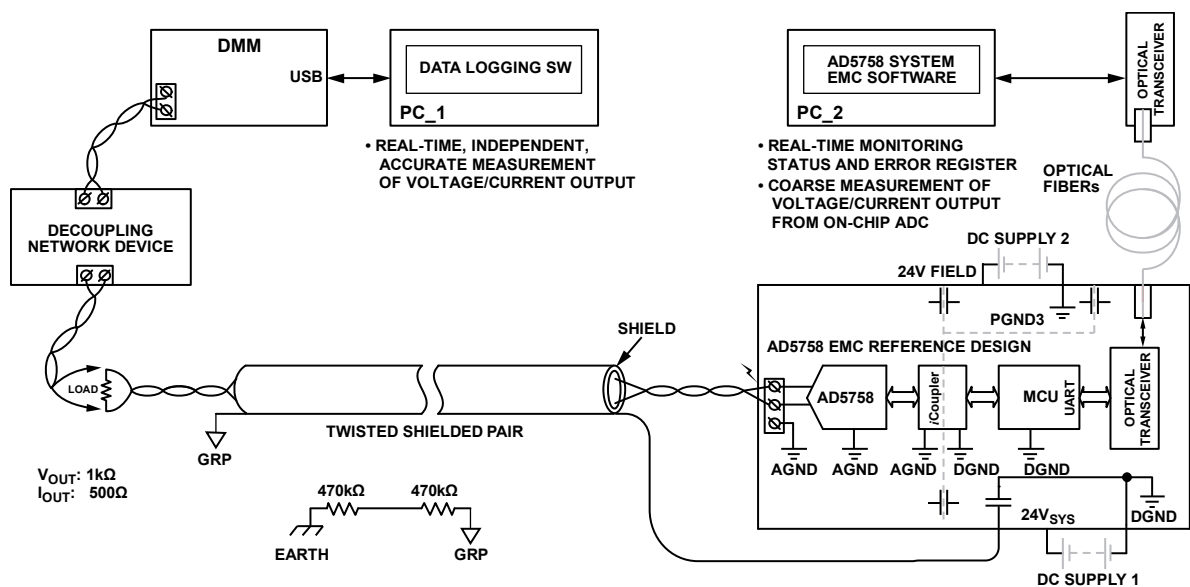
试验电压	输出模式	放电点	放电前的测量值	放电后的测量值	满量程偏差 (ppm)	通过或失败
6 kV接触放电	$V_{OUT} = 10\text{ V}$	VIOUT端电极螺丝	10.001216 V	10.001293 V	8	通过，判据B
	$V_{OUT} = 10\text{ V}$	RETURN端电极螺丝	10.001147 V	10.001239 V	9	通过，判据B
	$I_{OUT} = 20\text{ mA}$	VIOUT端电极螺丝	19.956612 mA	19.957161 mA	28	通过，判据B
	$I_{OUT} = 20\text{ mA}$	RETURN端电极螺丝	19.956419 mA	19.957038 mA	31	通过，判据B
-6 kV接触放电	$V_{OUT} = 10\text{ V}$	VIOUT端电极螺丝	10.000819 V	10.001363 V	54	通过，判据B
	$V_{OUT} = 10\text{ V}$	RETURN端电极螺丝	10.000869 V	10.001367 V	50	通过，判据B
	$I_{OUT} = 20\text{ mA}$	VIOUT端电极螺丝	19.956516 mA	19.957777 mA	63	通过，判据B
	$I_{OUT} = 20\text{ mA}$	RETURN端电极螺丝	19.956556 mA	19.957870 mA	66	通过，判据B

表6. IEC 61000-4-2试验电压和测试结果，±12 kV空气放电

试验电压	输出模式	放电点	放电前的测量值	放电后的测量值	满量程偏差 (ppm)	通过或失败
空气放电：12 kV	$V_{OUT} = 10\text{ V}$	VIOUT端子	10.001441 V	10.001436 V	-1	通过，判据B
	$I_{OUT} = 20\text{ mA}$	VIOUT端子	19.956336 mA	19.956245 mA	-5	通过，判据B
空气放电：-12 kV	$V_{OUT} = 10\text{ V}$	VIOUT端子	10.001404 V	10.001504 V	10	通过，判据B
	$I_{OUT} = 20\text{ mA}$	VIOUT端子	19.956207 mA	19.956125 mA	-4	通过，判据B

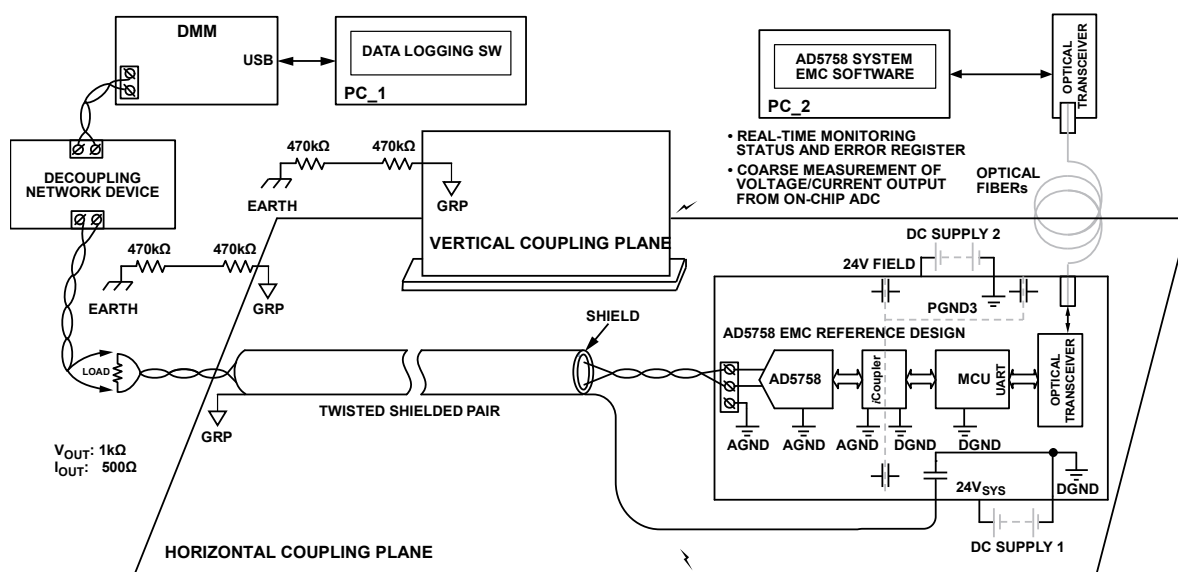
表7. IEC 61000-4-2试验电压和测试结果，±30 kV耦合放电

试验电压	输出模式	放电点	放电前的测量值	放电后的测量值	满量程偏差 (ppm)	通过或失败
耦合放电：30 kV	$V_{OUT} = 10\text{ V}$	水平耦合板	9.964192 V	9.964155 V	-4	通过，判据B
	$V_{OUT} = 10\text{ V}$	垂直耦合板	9.963320 V	9.963781 V	46	通过，判据B
	$I_{OUT} = 20\text{ mA}$	水平耦合板	19.824776 mA	19.824814 mA	2	通过，判据B
	$I_{OUT} = 20\text{ mA}$	垂直耦合板	19.824891 mA	19.824977 mA	4	通过，判据B
耦合放电：-30 kV	$V_{OUT} = 10\text{ V}$	水平耦合板	9.964175 V	9.964150 V	-3	通过，判据B
	$V_{OUT} = 10\text{ V}$	垂直耦合板	9.963687 V	9.963443 V	-48	通过，判据B
	$I_{OUT} = 20\text{ mA}$	水平耦合板	19.825065 mA	19.825120 mA	3	通过，判据B
	$I_{OUT} = 20\text{ mA}$	垂直耦合板	19.824974 mA	19.824703 mA	-14	通过，判据B



17272-012

图12. IEC 61000-4-2测试设置连接图, 接触放电或空气放电



17272-013

图13. IEC 61000-4-2测试设置连接图, 耦合放电

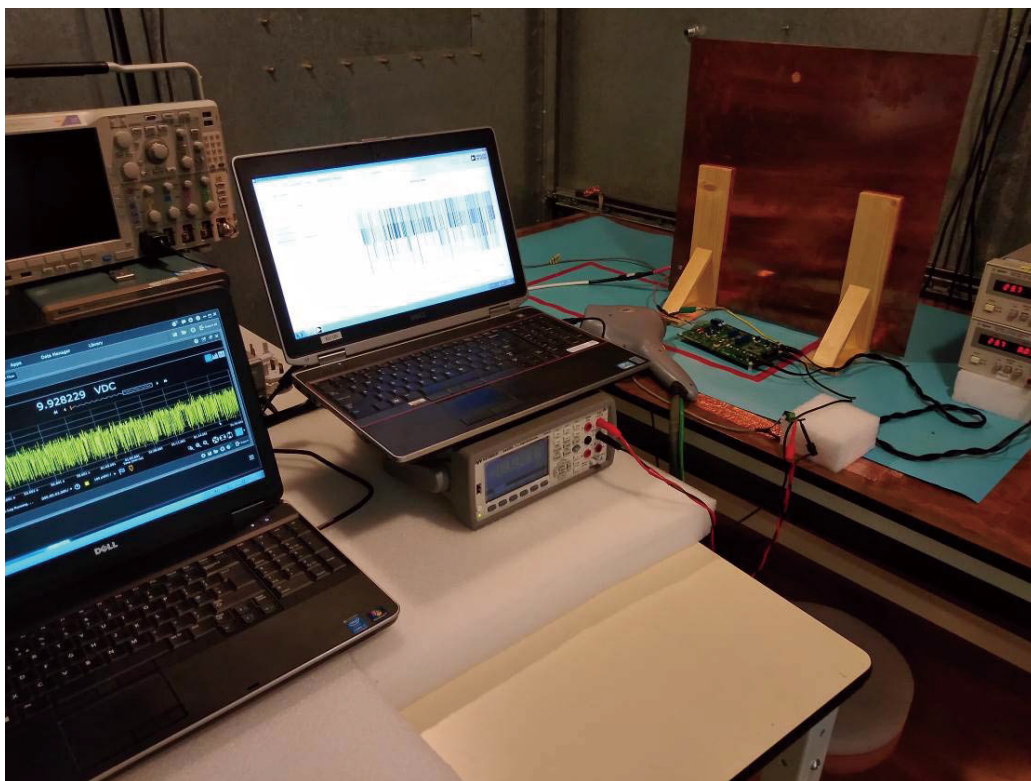
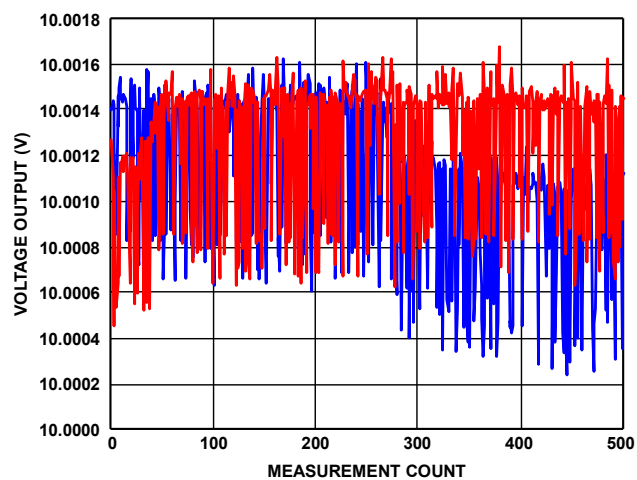
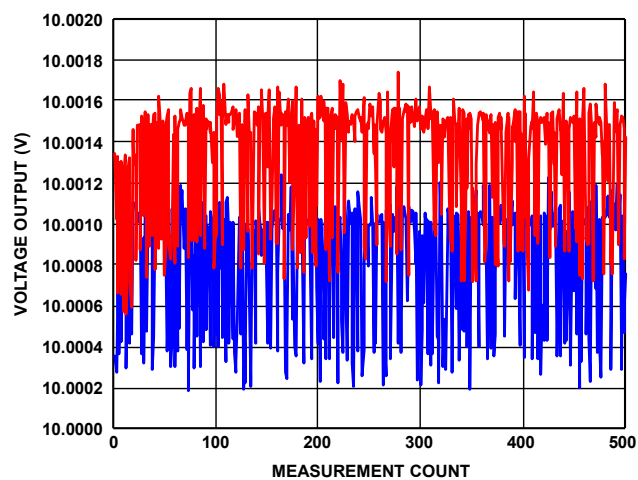


图14. IEC 61000-4-2测试设置照片

图15. 电压输出与DMM测量次数之间的关系,
VIOU端电极螺丝处进行6 kV ESD图16. 电压输出与DMM测量次数之间的关系,
VIOU端电极螺丝处进行-6 kV ESD

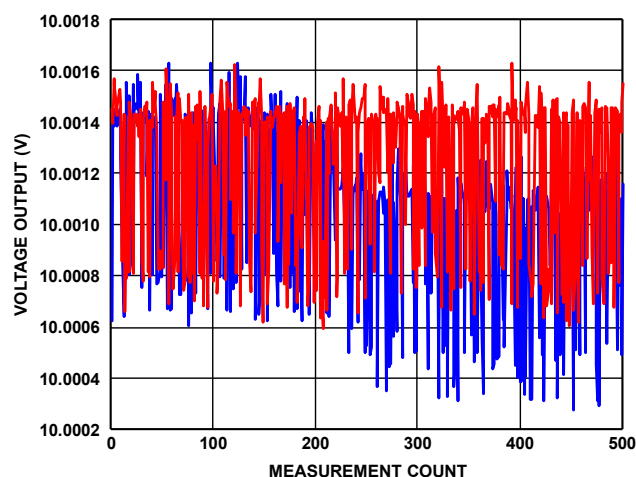


图17. 电压输出与DMM测量次数之间的关系,
RETURN端电极螺丝处进行6 kV ESD

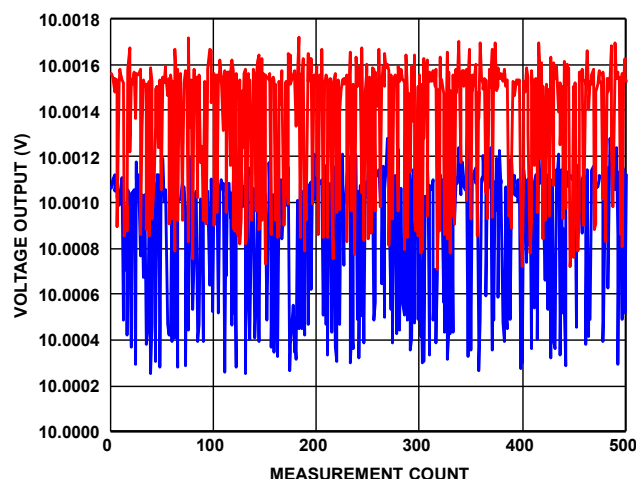


图18. 电压输出与DMM测量次数之间的关系,
RETURN端电极螺丝处进行-6 kV ESD

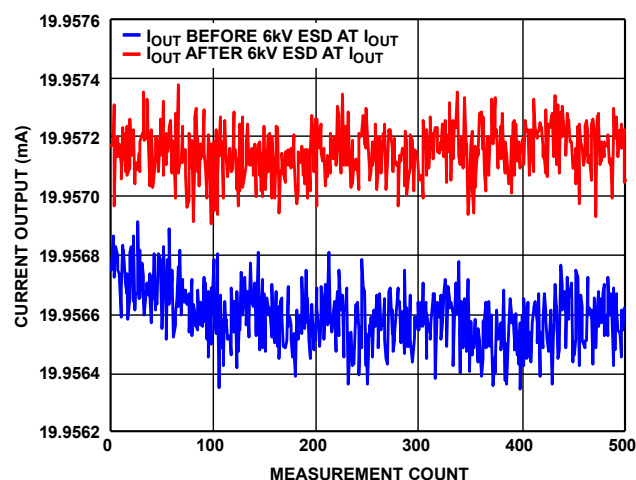


图19. 电流输出与DMM测量次数之间的关系,
VIOUT端电极螺丝处进行6 kV ESD

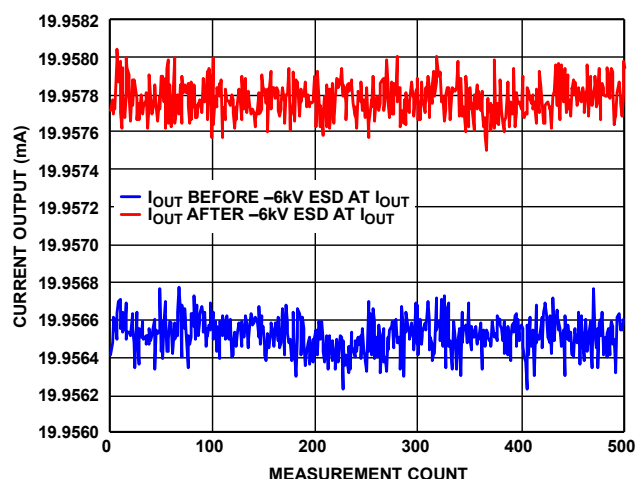


图20. 电流输出与DMM测量次数之间的关系,
VIOUT端电极螺丝处进行-6 kV ESD

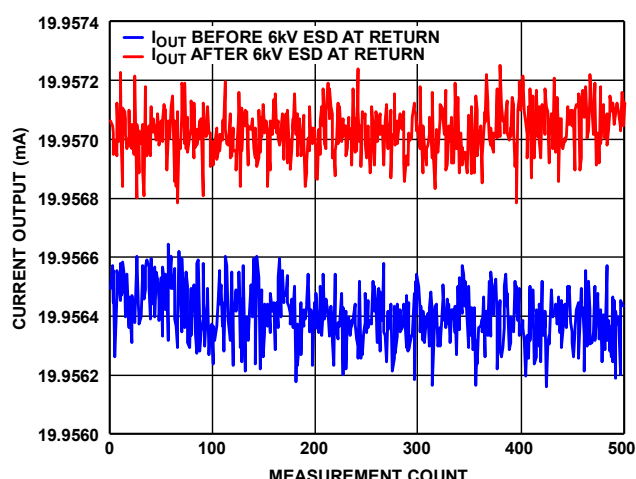


图21. 电流输出与DMM测量次数之间的关系,
RETURN端电极螺丝处进行6 kV ESD

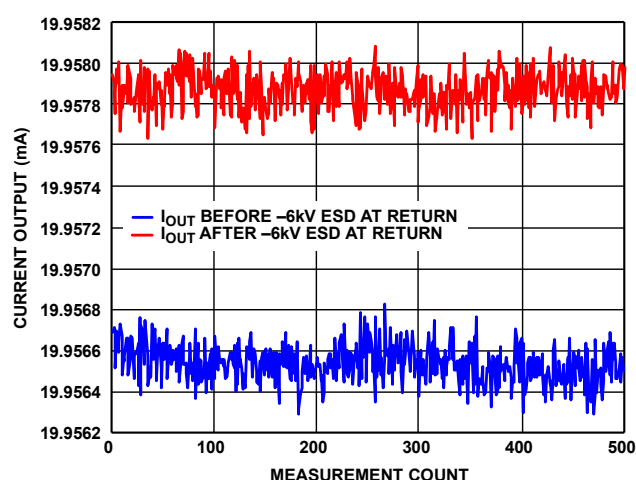


图22. 电流输出与DMM测量次数之间的关系,
RETURN端电极螺丝处进行-6 kV ESD

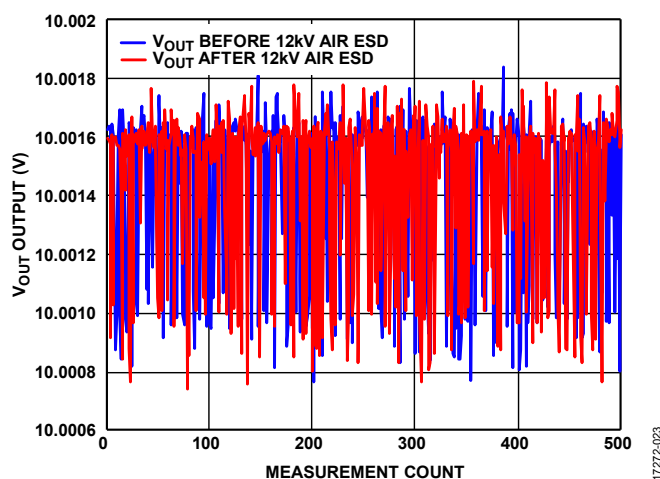


图23. 电压输出与DMM测量次数之间的关系, 12 kV 空气ESD

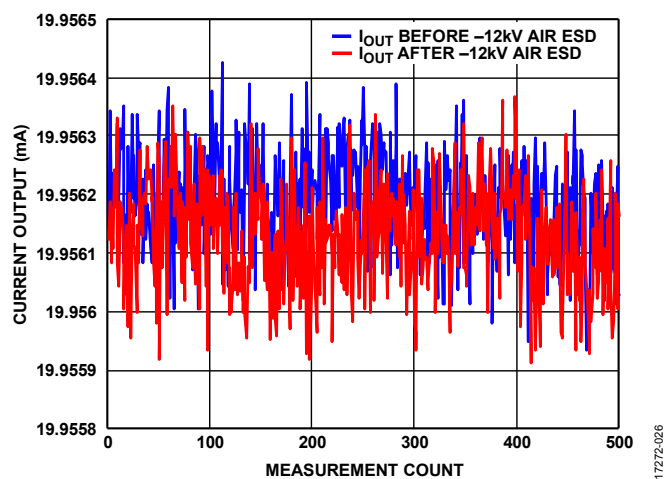


图26. 电流输出与DMM测量次数之间的关系, -12 kV 空气ESD

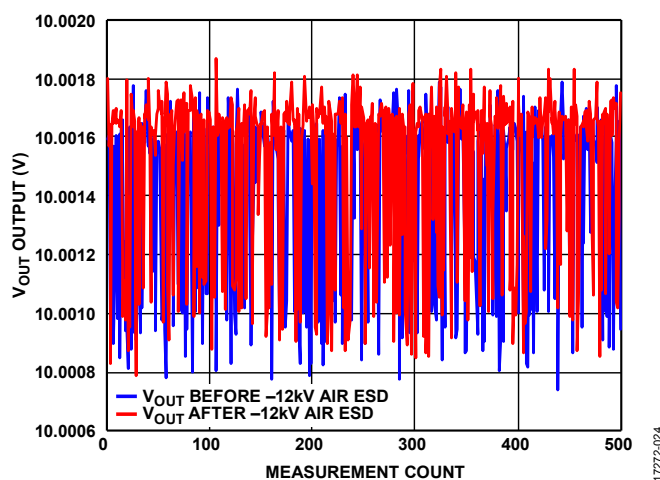


图24. 电压输出与DMM测量次数之间的关系, -12 kV 空气ESD

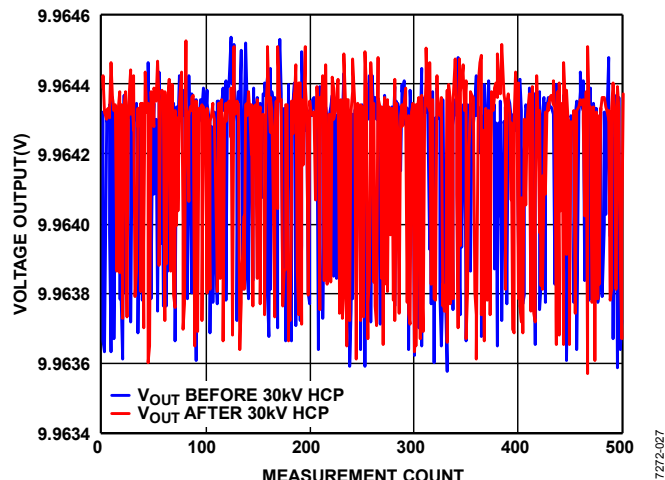
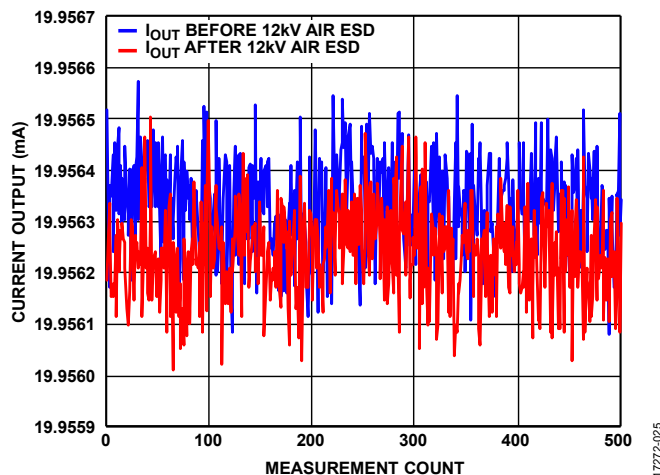
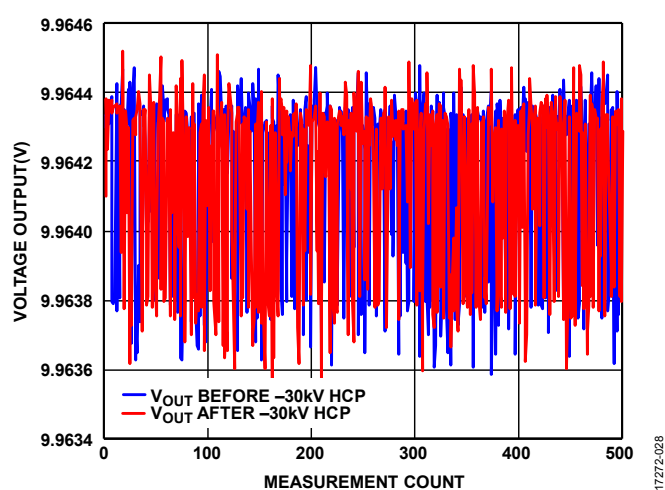
图27. 电压输出与DMM测量次数之间的关系,
对水平耦合板进行30 kV ESD

图25. 电流输出与DMM测量次数之间的关系, 12 kV 空气ESD

图28. 电压输出与DMM测量次数之间的关系,
对水平耦合板进行-30 kV ESD

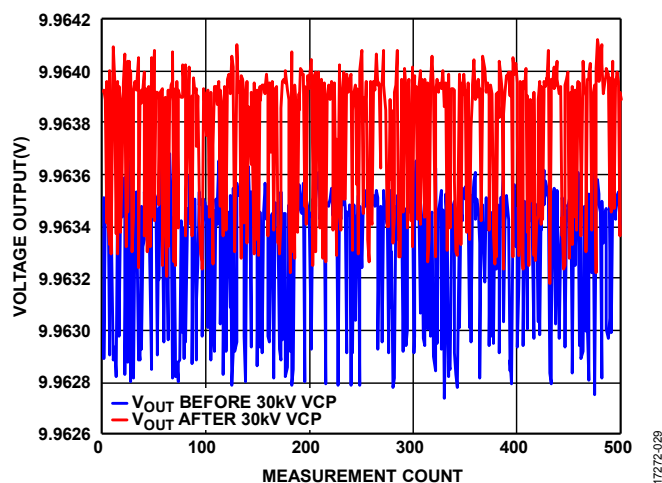


图29. 电压输出与DMM测量次数之间的关系，
对垂直耦合板进行30 kV ESD

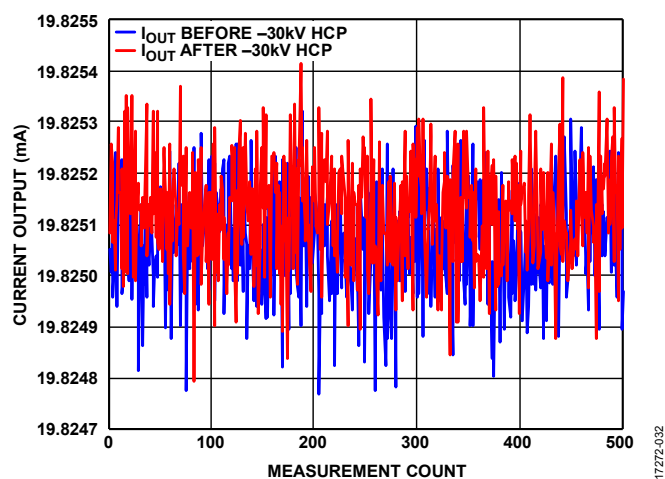


图32. 电流输出与DMM测量次数之间的关系，
对水平耦合板进行-30 kV ESD

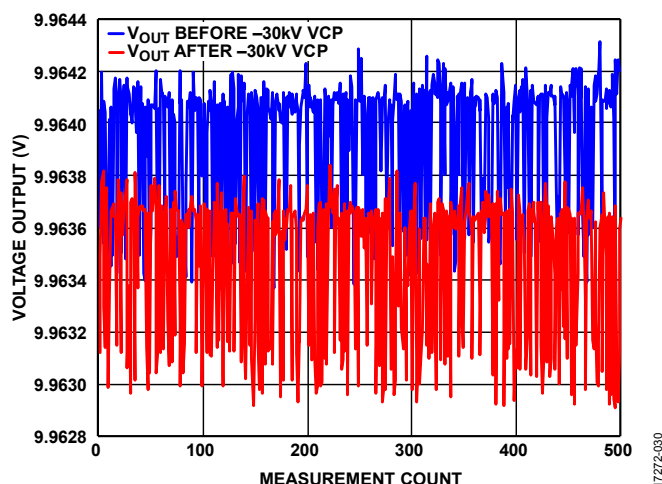


图30. 电压输出与DMM测量次数之间的关系，
对垂直耦合板进行-30 kV ESD

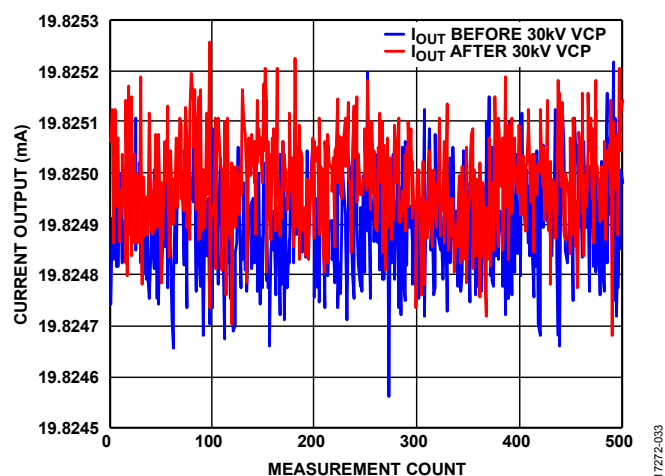


图33. 电流输出与DMM测量次数之间的关系，
对垂直耦合板进行30 kV ESD

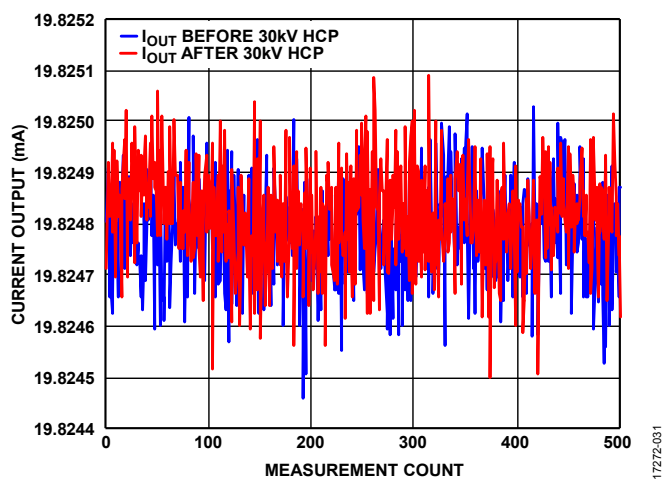


图31. 电流输出与DMM测量次数之间的关系，
对水平耦合板进行30 kV ESD

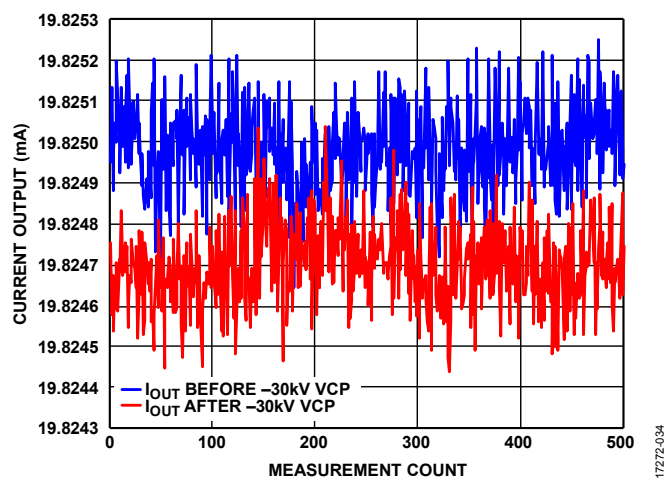


图34. 电流输出与DMM测量次数之间的关系，
对垂直耦合板进行-30 kV ESD

电快速瞬变脉冲群抗扰度

根据IEC 61000-4-4标准，在模拟输入电缆上进行2000 V放电来测试受试设备。采用正负极放电。从EFT发生器的同轴输出端到受试设备端子的带电导线长度不得超过1米。每个测试序列的持续时间为1分钟。瞬态和突发波形依据IEC 61000-4-4，持续5 ns或50 ns。

该配置包括一个0.8米高的木桌，上面覆盖着至少0.25毫米厚的铜板，连接到保护接地系统。受试设备(EUT)放置在0.1米厚的绝缘支架上。受试设备和实验室墙壁之间的最小距离为0.5米。

表8. IEC-61000-4-4 试验电压和测试结果，±4 kV EFT

试验电压	输出模式	骚扰前的测量值	骚扰后的测量值	满量程偏差(ppm)	通过或失败
4 kV EFT	$V_{OUT} = 10\text{ V}$	9.964647 V	9.964702 V	6	通过，判据B
	$I_{OUT} = 20\text{ mA}$	19.825442 mA	19.825494 mA	3	通过，判据B
-4 kV EFT	$V_{OUT} = 10\text{ V}$	9.964628 V	9.964722 V	9	通过，判据B
	$I_{OUT} = 20\text{ mA}$	19.825397 mA	19.825398 mA	1	通过，判据B

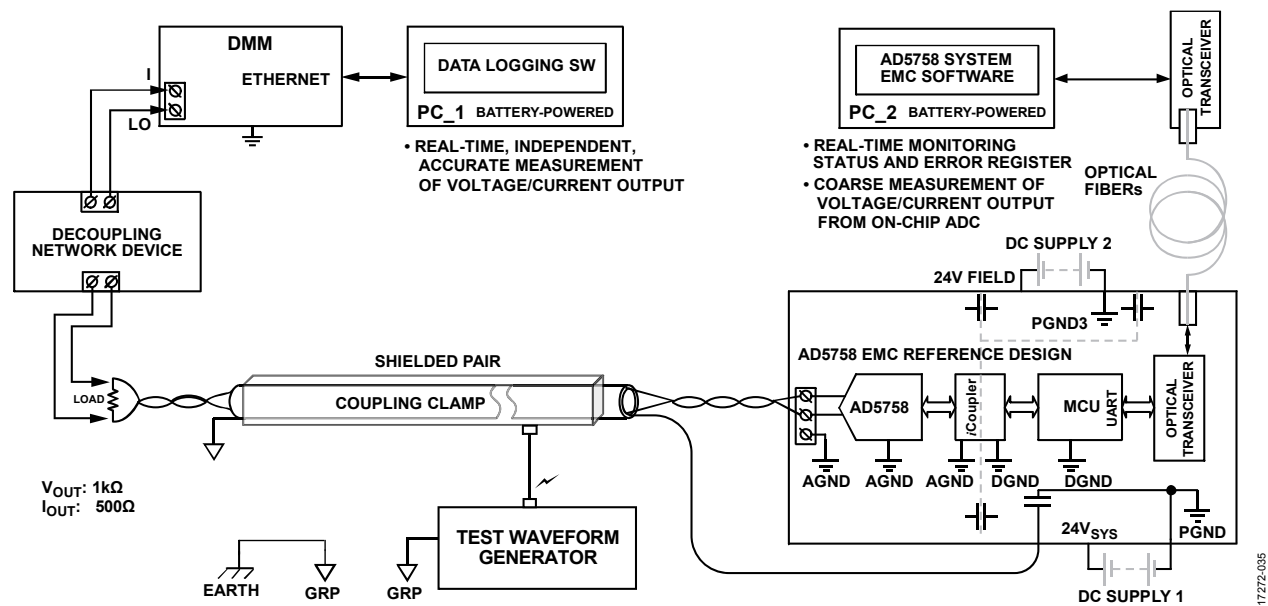


图35. IEC 61000-4-4测试设置连接图



图36. IEC 610004-4测试设置照片

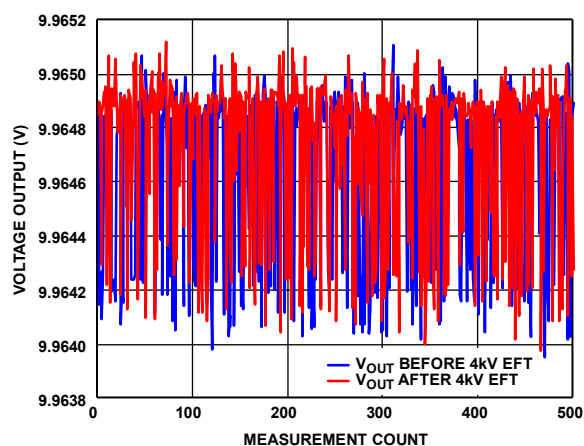


图37. 电压输出与DMM测量次数之间的关系, 4 kV EFT

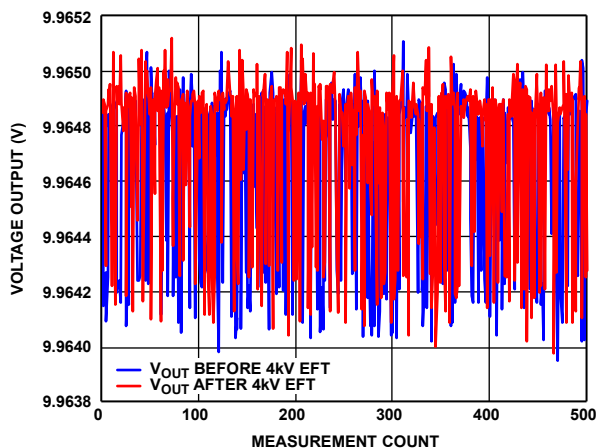


图38. 电压输出与DMM测量次数之间的关系, -4 kV EFT

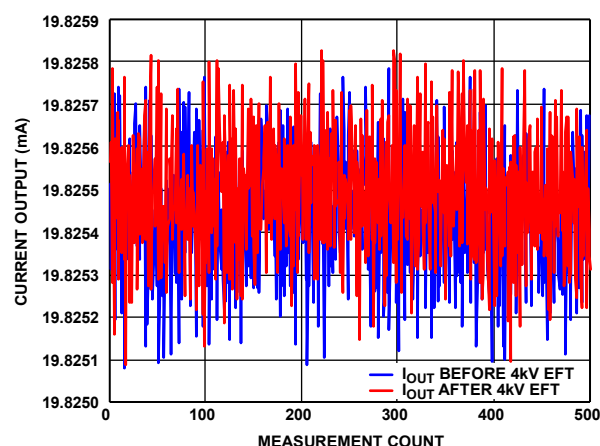


图39. 电流输出与DMM测量次数之间的关系, 4 kV EFT

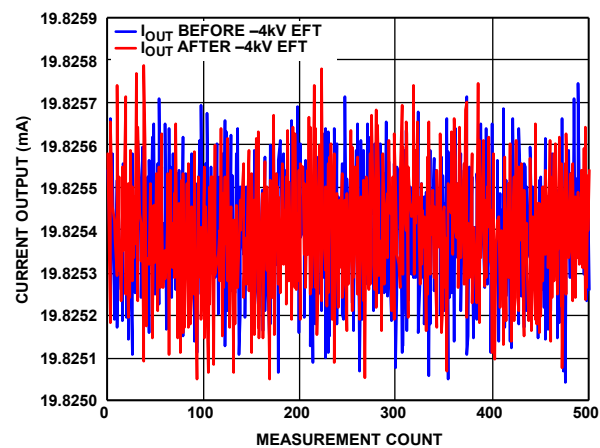


图40. 电流输出与DMM测量次数之间的关系, -4 kV EFT

浪涌(冲击)抗扰度

根据IEC 61000-4-5工业环境标准，浪涌是 $1.2\ \mu\text{S}/50\ \mu\text{S}$ 开路电压和 $8\ \mu\text{S}/20\ \mu\text{S}$ 短路电流的组合波。在每个额定值下，受试设备接受五次正浪涌和五次负浪涌。每次浪涌之间的间隔为1分钟。浪涌通过AD5758输出电缆进行测试，将该电缆视为受

试设备的非屏蔽非对称操作互连线。浪涌通过电容耦合施加到线路上。耦合和去耦网络不能影响受试设备的额定工作条件。受试设备与耦合和去耦网络之间的互连线路长度为2米或更短。

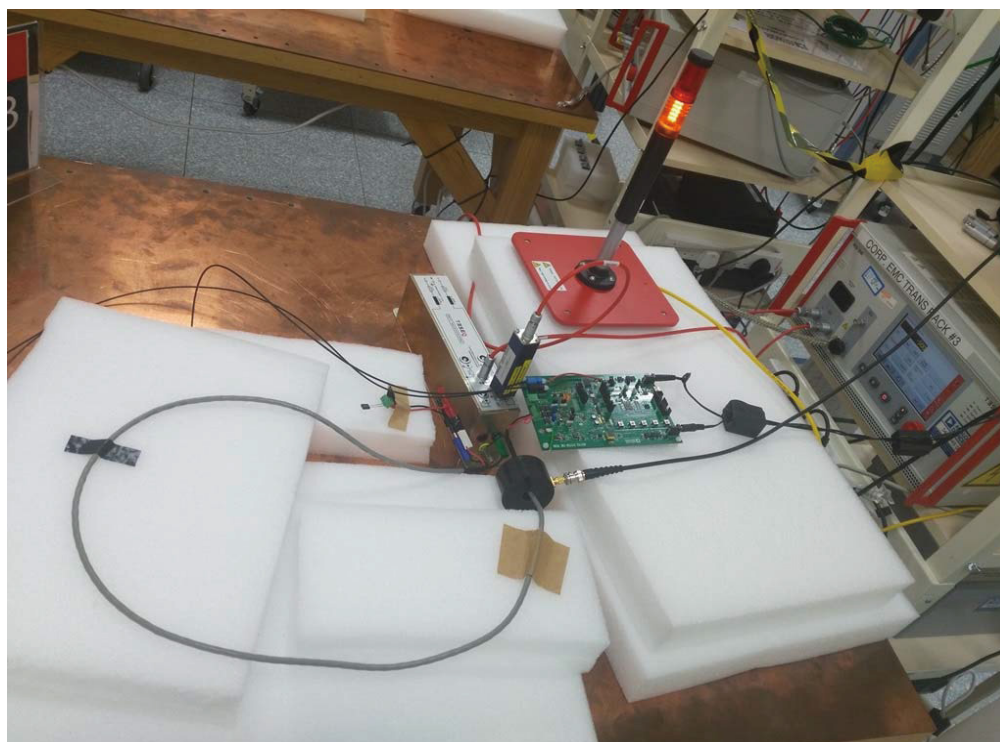
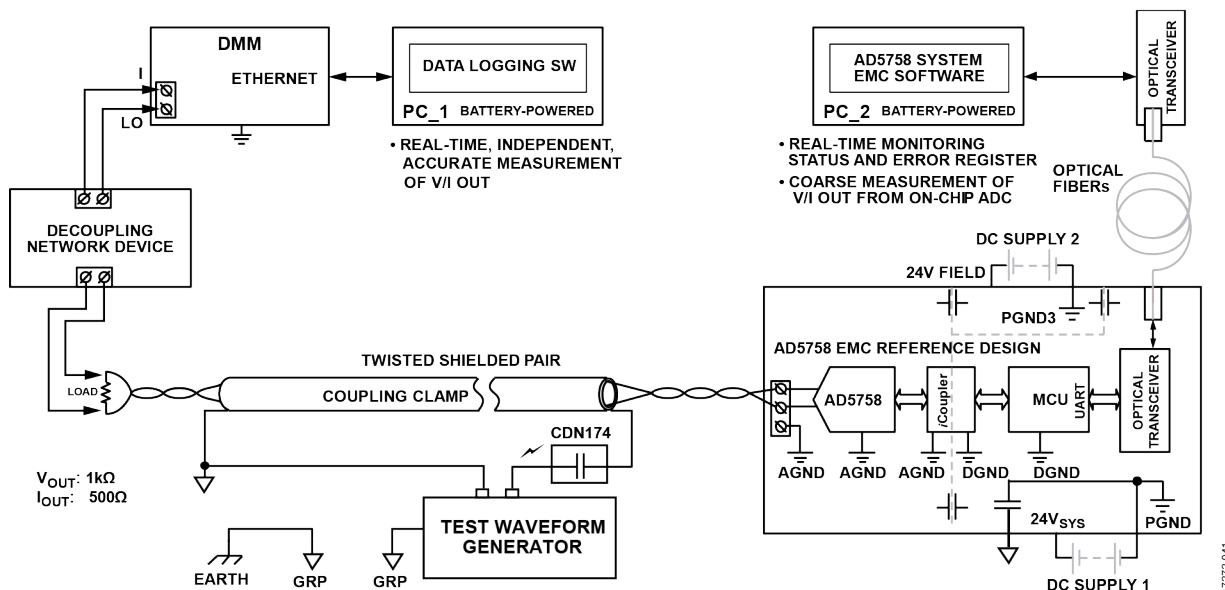


表9. IEC 61000-4-5试验电压和测试结果

试验电压	输出模式	骚扰前的测量值	骚扰后的测量值	满量程偏差(ppm)	通过或失败
4 kV浪涌	$V_{OUT} = 10\text{ V}$ $I_{OUT} = 20\text{ mA}$	9.965415 V 19.825555 mA	9.965475 V 19.825508 mA	6 -2	通过, 判据B 通过, 判据B
-4 kV浪涌	$V_{OUT} = 10\text{ V}$ $I_{OUT} = 20\text{ mA}$	9.965426 V 19.825489 mA	9.965486 V 19.825532 mA	6 2	通过, 判据B 通过, 判据B

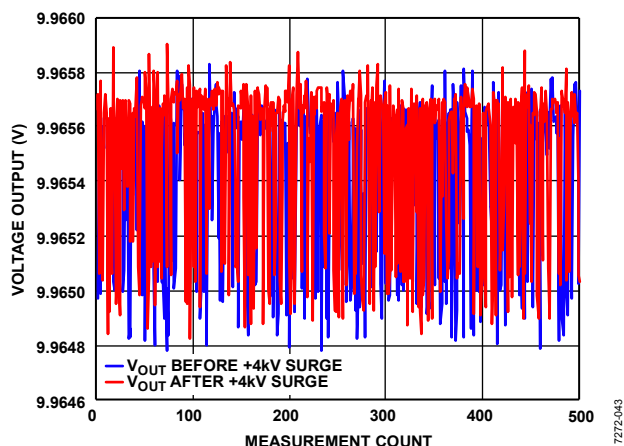


图43. 电压输出与DMM测量次数之间的关系，4 kV浪涌

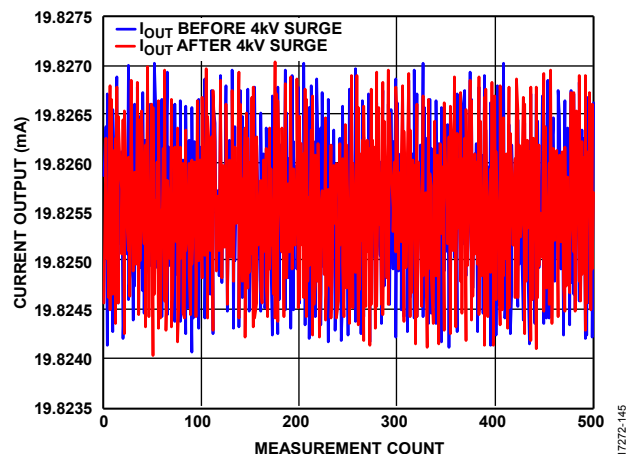


图45. 电流输出与DMM测量次数之间的关系，4 kV浪涌

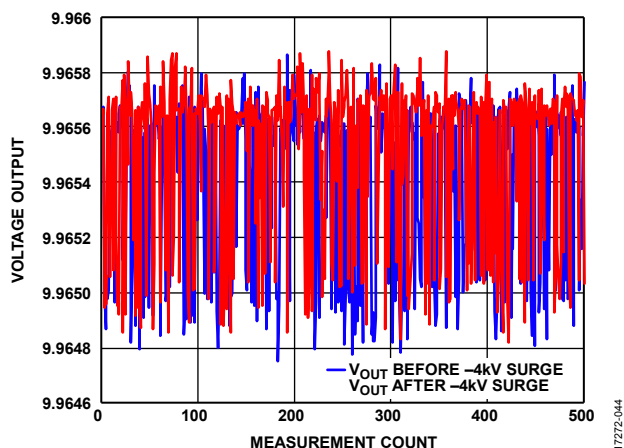


图44. 电压输出与DMM测量次数之间的关系，-4 kV浪涌

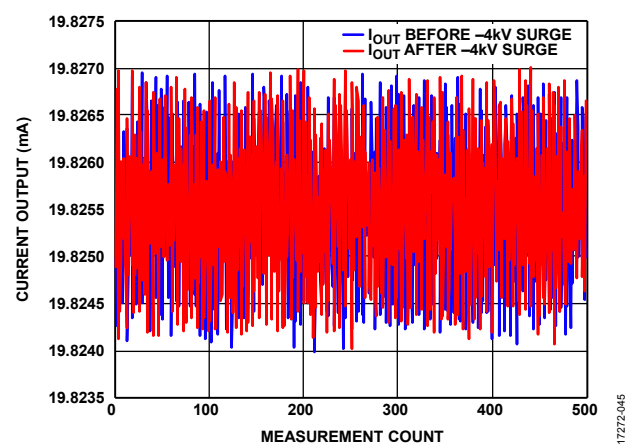


图46. 电流输出与DMM测量次数之间的关系，-4 kV浪涌

射频电磁场辐射抗扰度

根据IEC 61000-4-3工业环境标准，测试在全电波暗室中进行。受试设备(EUT)放置在0.8米高的非导电工作台上。DMM作为辅助设备，置于工作台下方的屏蔽箱内，在负载电阻处探测AD5758输出。DMM测量数据通过以太网电缆发送到室外的PC机上。发射天线距离受试设备3米。扫描频率范围为80 MHz至1000 MHz，使用1 kHz正弦波调制的80%幅度信号时为

1000 MHz至6000 MHz。以递增方式扫描整个频率范围，步长为前一频率值的1%。每个频率的停留时间为1秒，并且不能小于受试设备响应所需的时间。在80 MHz至1000 MHz范围内，场强为20 V/m。在1000 MHz至6000 MHz范围内，场强为10 V/m。测试在受试设备暴露于垂直和水平极化场的情况下进行。

表10. IEC 61000-4-3试验电压和测试结果

频率范围	试验电压	天线极化	输出模式	平均值	骚扰期间 (最大值)	骚扰期间 (最小值)	满量程偏差 (%)	通过或失败
80 MHz至 1000 MHz	20 V/m	水平方向	$V_{OUT} = 10\text{ V}$	9.967239 V	9.968194 V	9.964191 V	-0.03, +0.01	通过, 判据A
	20 V/m	垂直方向	$V_{OUT} = 10\text{ V}$	9.9672123 V	9.968163 V	9.965935 V	-0.01, +0.01	通过, 判据A
	20 V/m	水平方向	$I_{OUT} = 20\text{ mA}$	19.879439 mA	19.881228 mA	19.873851 mA	-0.03, +0.01	通过, 判据A
	20 V/m	垂直方向	$I_{OUT} = 20\text{ mA}$	19.879657 mA	19.881962 mA	19.877793 mA	-0.01, +0.01	通过, 判据A
1000 MHz至 6000 MHz	10 V/m	水平方向	$V_{OUT} = 10\text{ V}$	9.967296 V	9.968218 V	9.966069 V	-0.01, +0.01	通过, 判据A
	10 V/m	垂直方向	$V_{OUT} = 10\text{ V}$	9.967441 V	9.968302 V	9.966203 V	-0.01, +0.01	通过, 判据A
	10 V/m	水平方向	$I_{OUT} = 20\text{ mA}$	19.879407 mA	19.881070 mA	19.877572 mA	-0.01, +0.01	通过, 判据A
	10 V/m	垂直方向	$I_{OUT} = 20\text{ mA}$	19.879212 mA	19.880868 mA	19.877303 mA	-0.01, +0.01	通过, 判据A

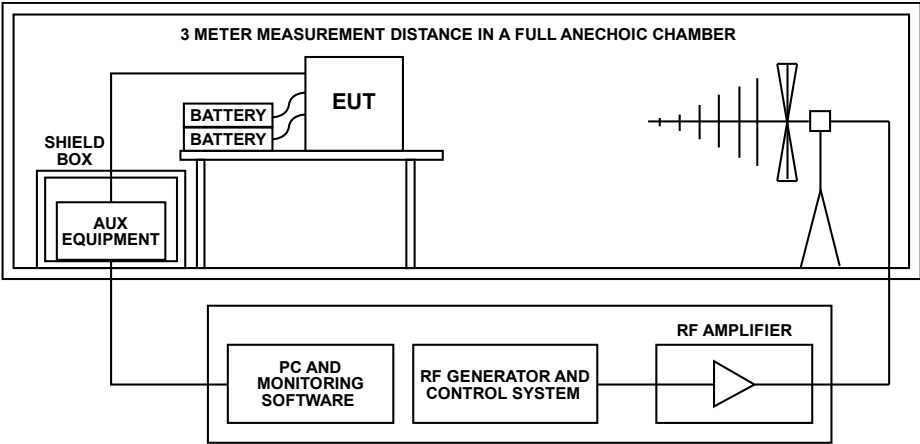


图47. IEC 61000-4-3测试设置配置图

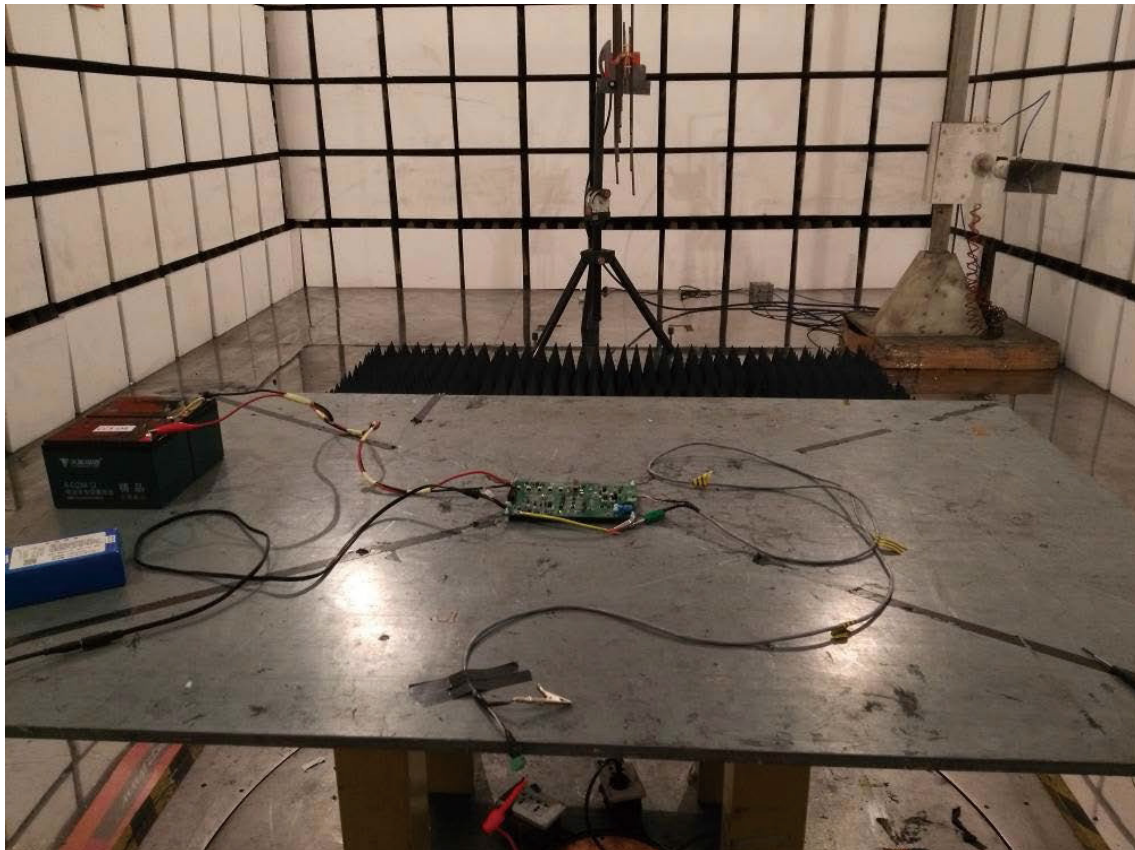
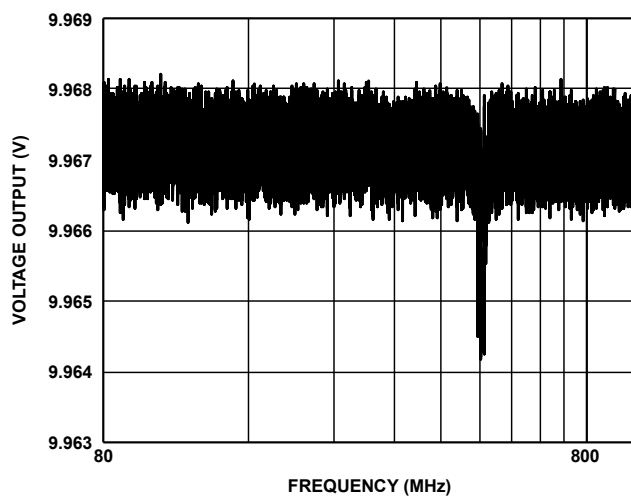
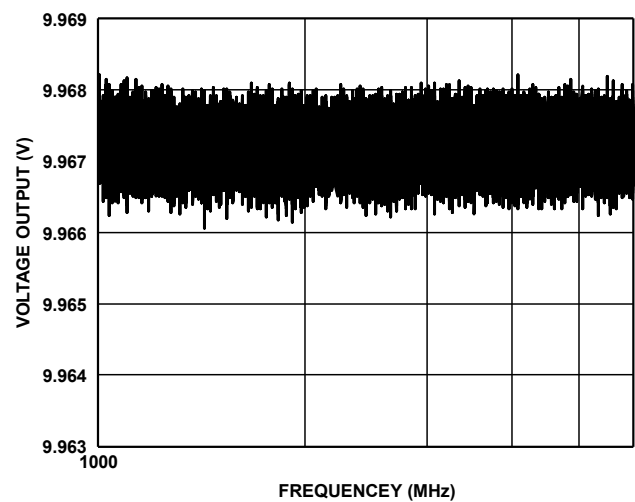


图48. IEC 61000-4-3测试设置照片

图49. 电压输出与频率的关系 (20 V/m),
水平方向天线图50. 电压输出与频率的关系 (10 V/m),
水平方向天线

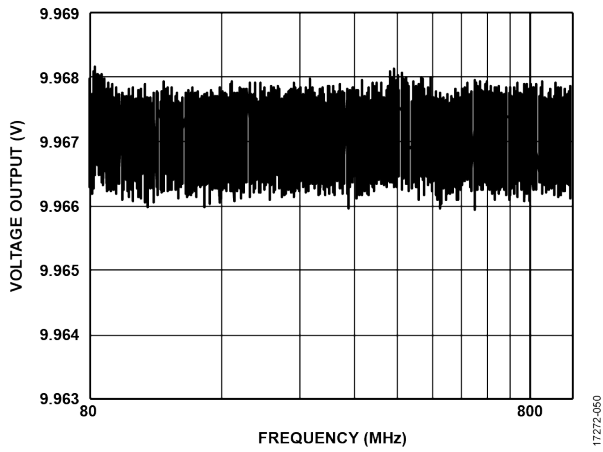


图51. 电压输出与频率的关系 (20 V/m), 垂直方向天线

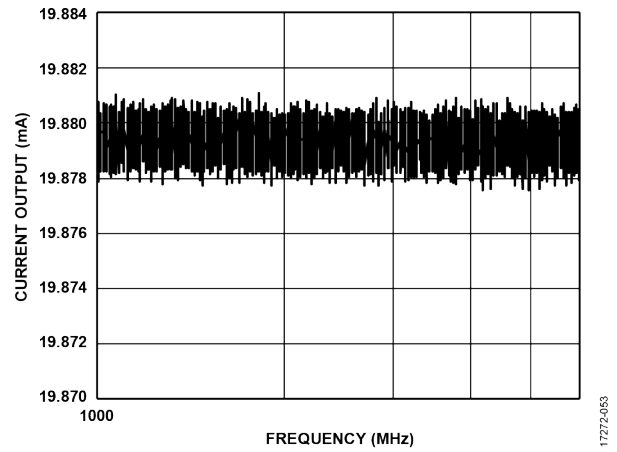


图54. 电流输出与频率的关系 (10 V/m), 水平方向天线

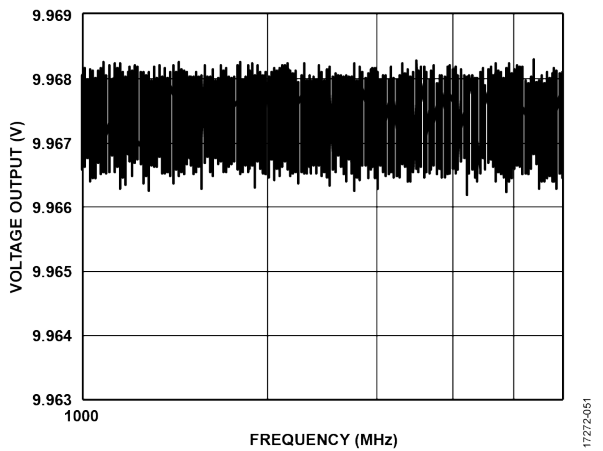


图52. 电压输出与频率的关系 (10 V/m), 垂直方向天线

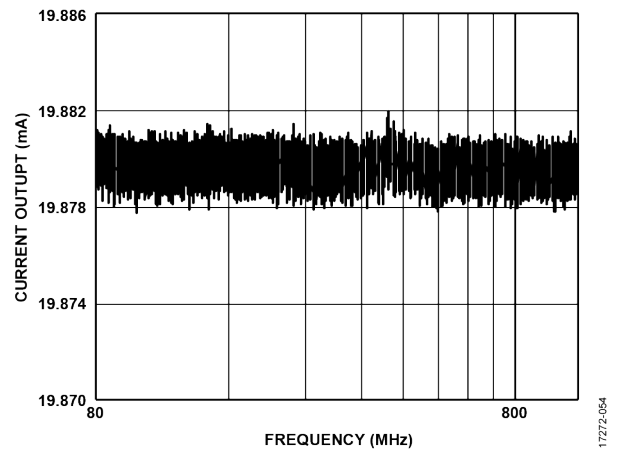


图55. 电流输出与频率的关系 (20 V/m), 垂直方向天线

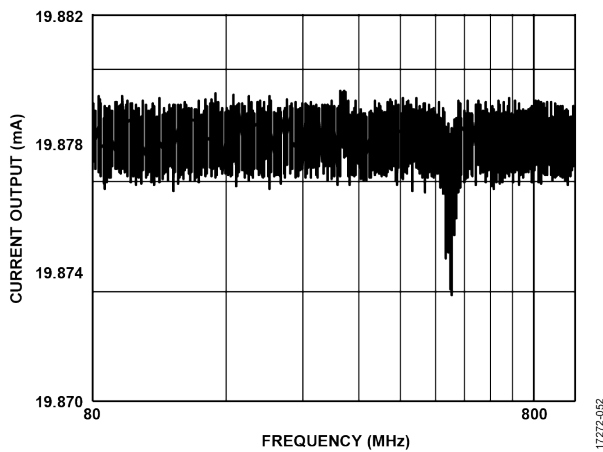


图53. 电流输出与频率的关系 (20 V/m), 水平方向天线

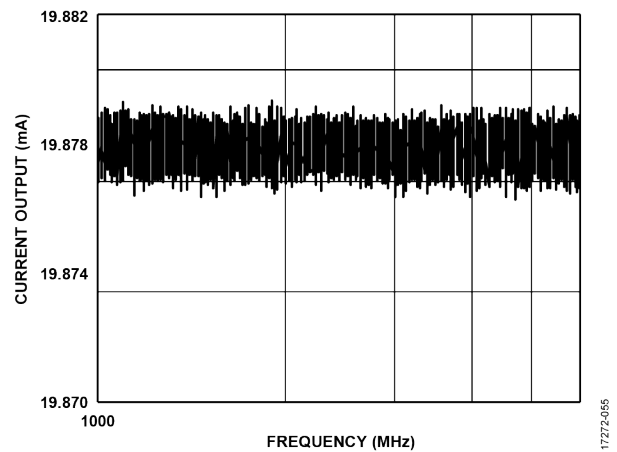


图56. 电流输出与频率的关系 (10 V/m), 垂直方向天线

电磁辐射骚扰

根据CISPR 11，受试设备放置在10米半电波暗室内离地面0.8米高的旋转工作台上。工作台旋转360°，找出辐射最高的位置。受试设备放在距离骚扰接收天线10米处，可以将其设置为水平或垂直极化位置。天线安装在可变高度天线塔顶部。天线高度在地面以上1米到4米之间变化，以找出场强最大值。

受试设备配置为典型的最坏情况，天线调谐到1米至4米的高度，工作台从0度转到360度以找出最大读数。对于受试设备来说，典型的最坏情况就是AD5758在满量程电压或电流输出时，以1 kHz的速度刷新。测试接收器系统设置为准峰值检测模式。受试设备由2个24 V直流电池组供电。无需考虑来自辅助电源的电磁辐射骚扰。

表11. 显著频率下的CISPR 11电磁辐射骚扰，AD5758 $V_{OUT} = 10\text{ V}$

频率(MHz)	结果(dBμV)	限值(dBμV)	裕量(dB)	高度(cm)	度(°)	天线极化	说明
32.9100	23.16	40	-16.84	100	20	垂直方向	峰值检测
82.3800	19.84	40	-20.16	200	155	垂直方向	峰值检测
204.6000	22.42	40	-17.58	400	216	垂直方向	峰值检测
642.0700	28.49	47	-18.51	300	0	垂直方向	峰值检测
817.6400	30.31	47	-16.69	400	0	垂直方向	峰值检测
928.2200	29.78	47	-17.22	300	112	垂直方向	峰值检测
32.9100	26.94	40	-13.06	400	360	水平方向	峰值检测
33.2600	23.03	40	-16.97	400	115	水平方向	准峰值
100.8100	19.75	40	-20.25	200	68	水平方向	峰值检测
204.5100	24.18	40	-15.82	300	66	水平方向	准峰值
204.6000	25.98	40	-14.02	300	294	水平方向	峰值检测
689.6000	30.45	47	-16.55	100	360	水平方向	峰值检测
825.4000	29.66	47	-17.34	400	44	水平方向	峰值检测
932.1000	30.08	47	-16.92	100	195	水平方向	峰值检测

表12. 显著频率下的CISPR 11电磁辐射骚扰，AD5758 $I_{OUT} = 20\text{ mA}$

频率(MHz)	结果(dBμV)	限值(dBμV)	裕量(dB)	高度(cm)	D度(°)	天线极化	说明
32.7300	21.80	40	-18.20	100	332	垂直方向	准峰值
32.9100	25.32	40	-14.68	100	82	垂直方向	峰值检测
205.5700	23.42	40	-16.58	400	222	垂直方向	峰值检测
639.1600	28.16	47	-18.84	100	0	垂直方向	峰值检测
732.2800	29.64	47	-17.36	300	360	垂直方向	峰值检测
911.7300	29.59	47	-17.41	100	106	垂直方向	峰值检测
977.6900	29.94	47	-17.06	400	0	垂直方向	峰值检测
32.7650	24.90	40	-15.10	400	265	水平方向	准峰值
32.9100	28.14	40	-11.86	400	21	水平方向	峰值检测
205.5700	27.62	40	-12.38	400	298	水平方向	峰值检测
205.7300	26.30	40	-13.70	400	214	水平方向	准峰值
224.9700	23.66	40	-16.34	400	59	水平方向	峰值检测
699.3000	30.96	47	-16.04	100	0	水平方向	峰值检测
870.0200	30.22	47	-16.78	300	360	水平方向	峰值检测
928.2200	30.16	47	-16.84	200	38	水平方向	峰值检测

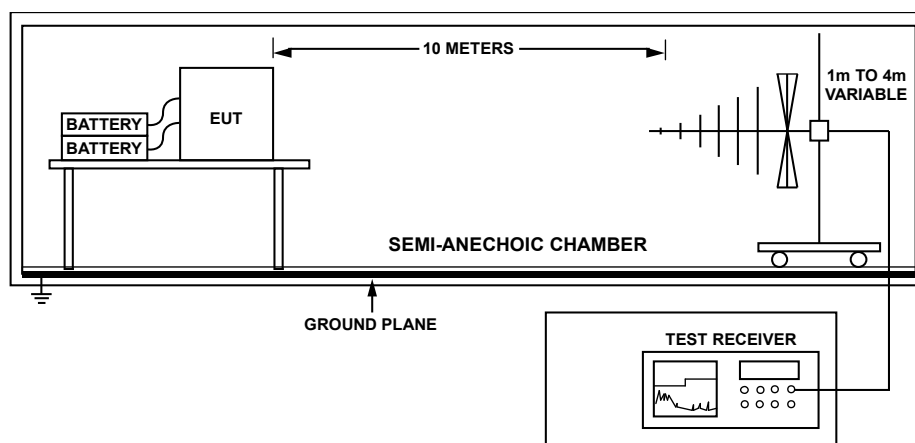


图57. CISPR 11测试设置配置图



图58. CISPR 11电磁辐射骚扰测试设置照片

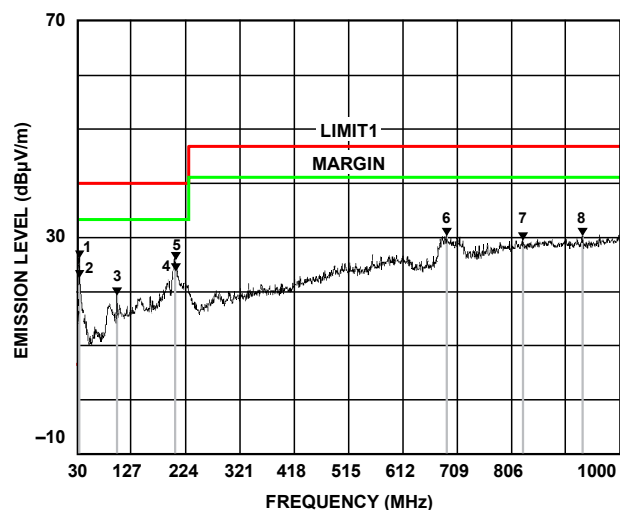


图59. 电磁辐射骚扰水平与频率之间的关系，
水平天线极化，AD5758 $V_{OUT} = 10\text{ V}$

17272-056

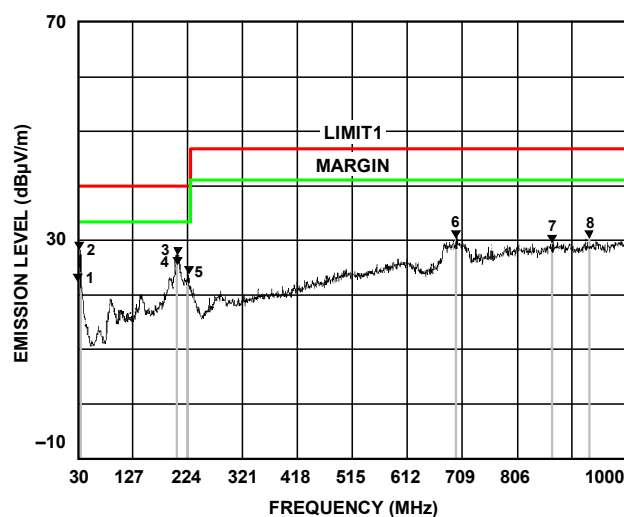


图61. 电磁辐射骚扰水平与频率之间的关系，
水平天线极化，AD5758 $I_{OUT} = 20\text{ mA}$

17272-058

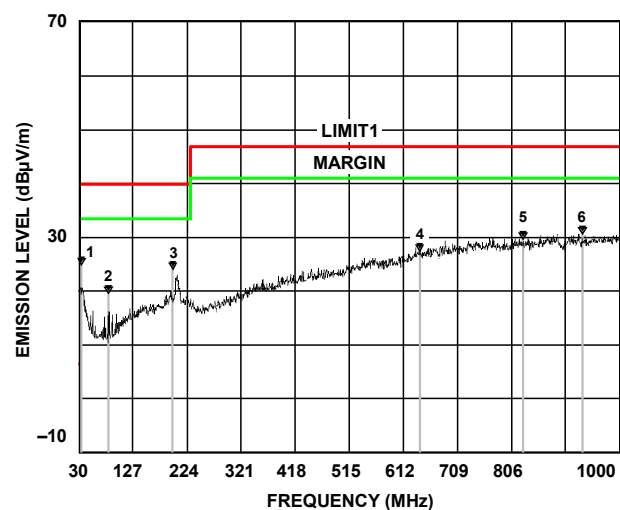


图60. 电磁辐射骚扰水平与频率之间的关系，
垂直天线极化，AD5758 $V_{OUT} = 10\text{ V}$

17272-057

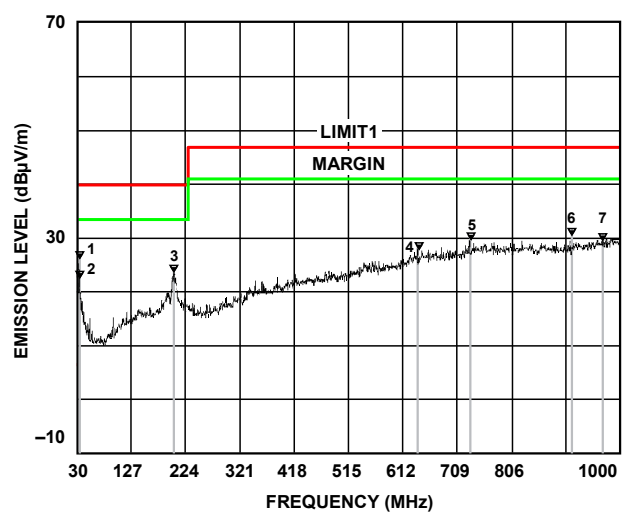


图62. 电磁辐射骚扰水平与频率之间的关系，
垂直天线极化，AD5758 $I_{OUT} = 20\text{ mA}$

17272-059

EMC板原理图与印刷电路板版图

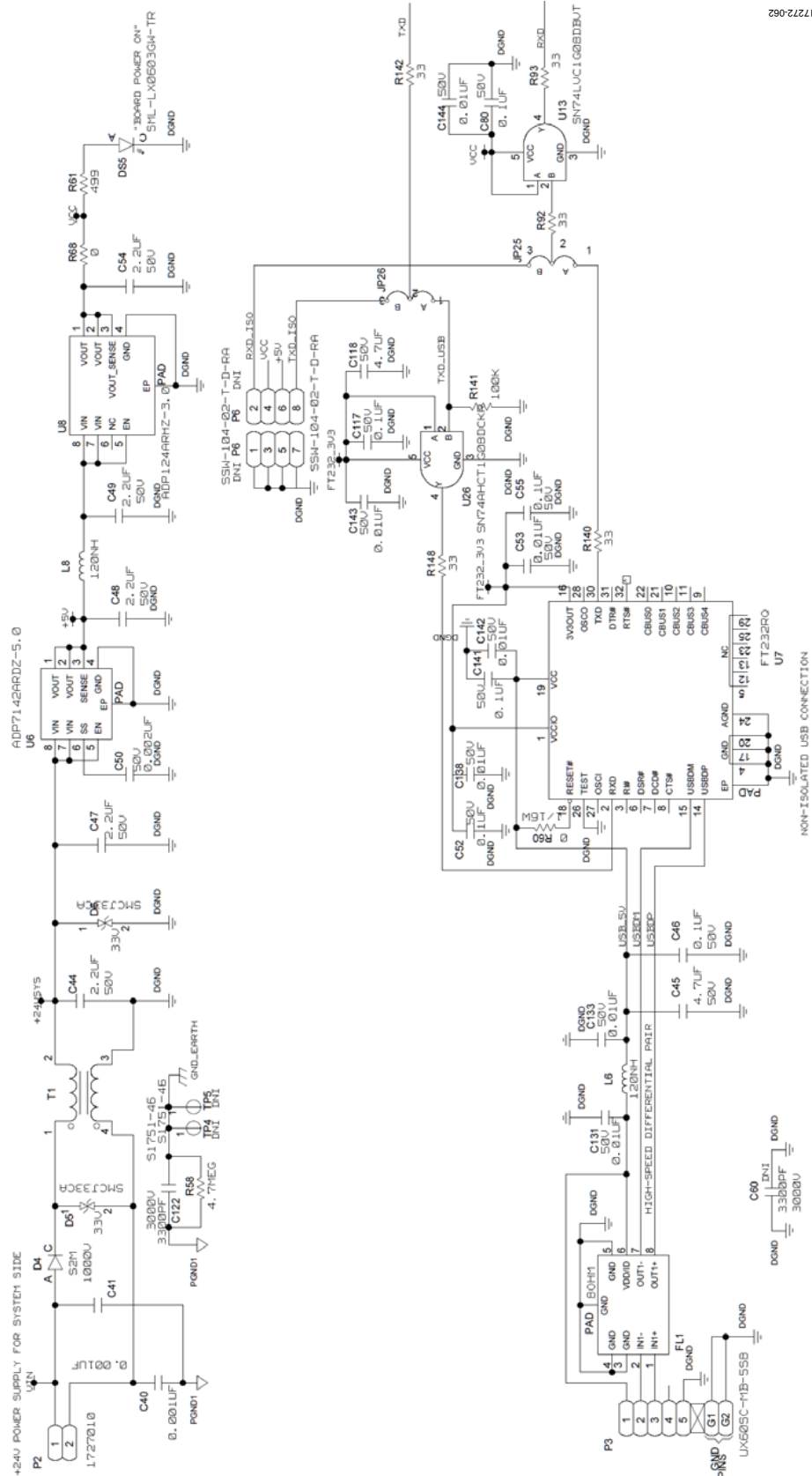


图63. AD5758 EMC测试板原理图，系统电源和USB通信端口

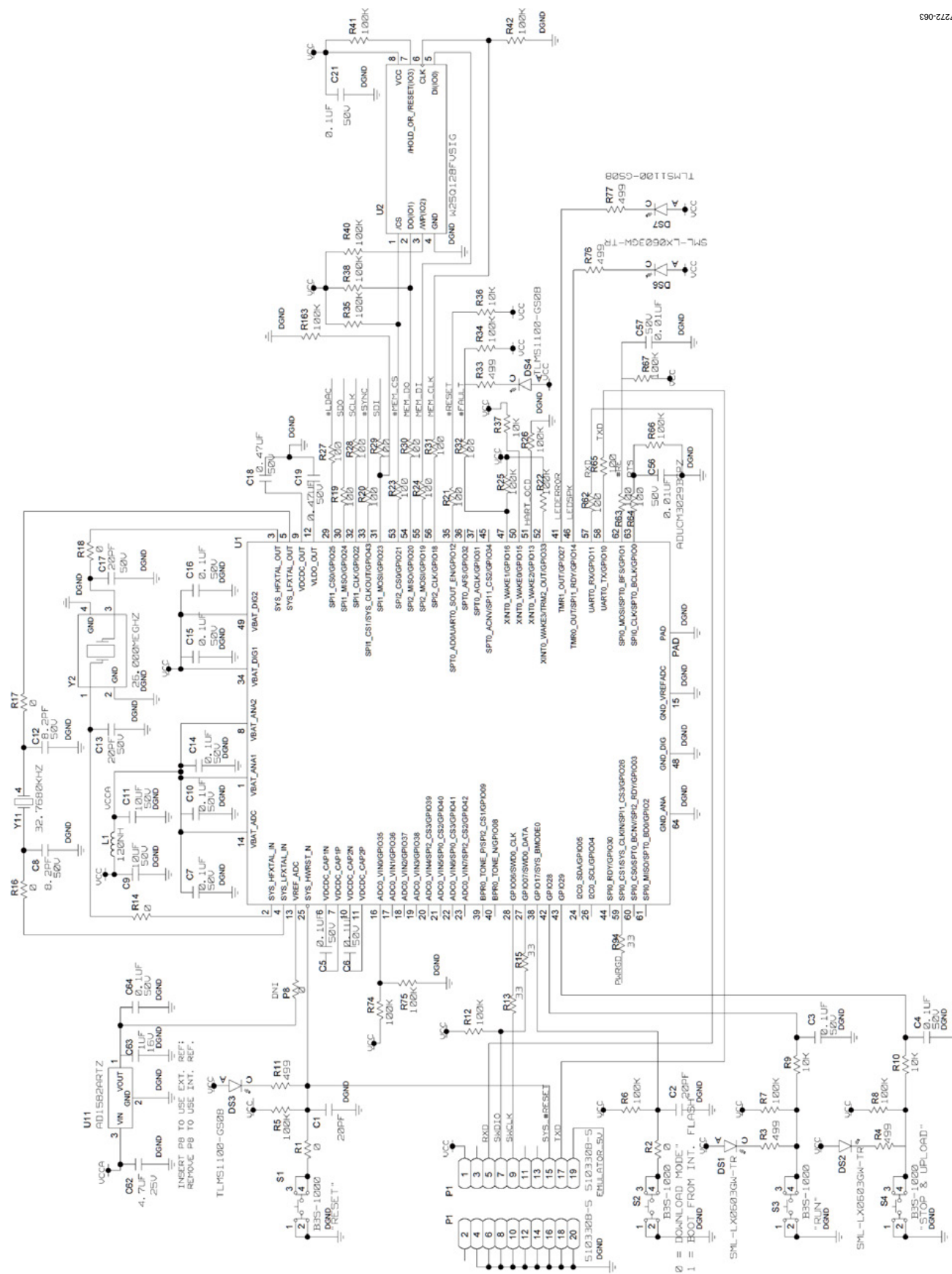


图64. AD5758 EMC测试板原理图，MCU和外围电路

17272-065

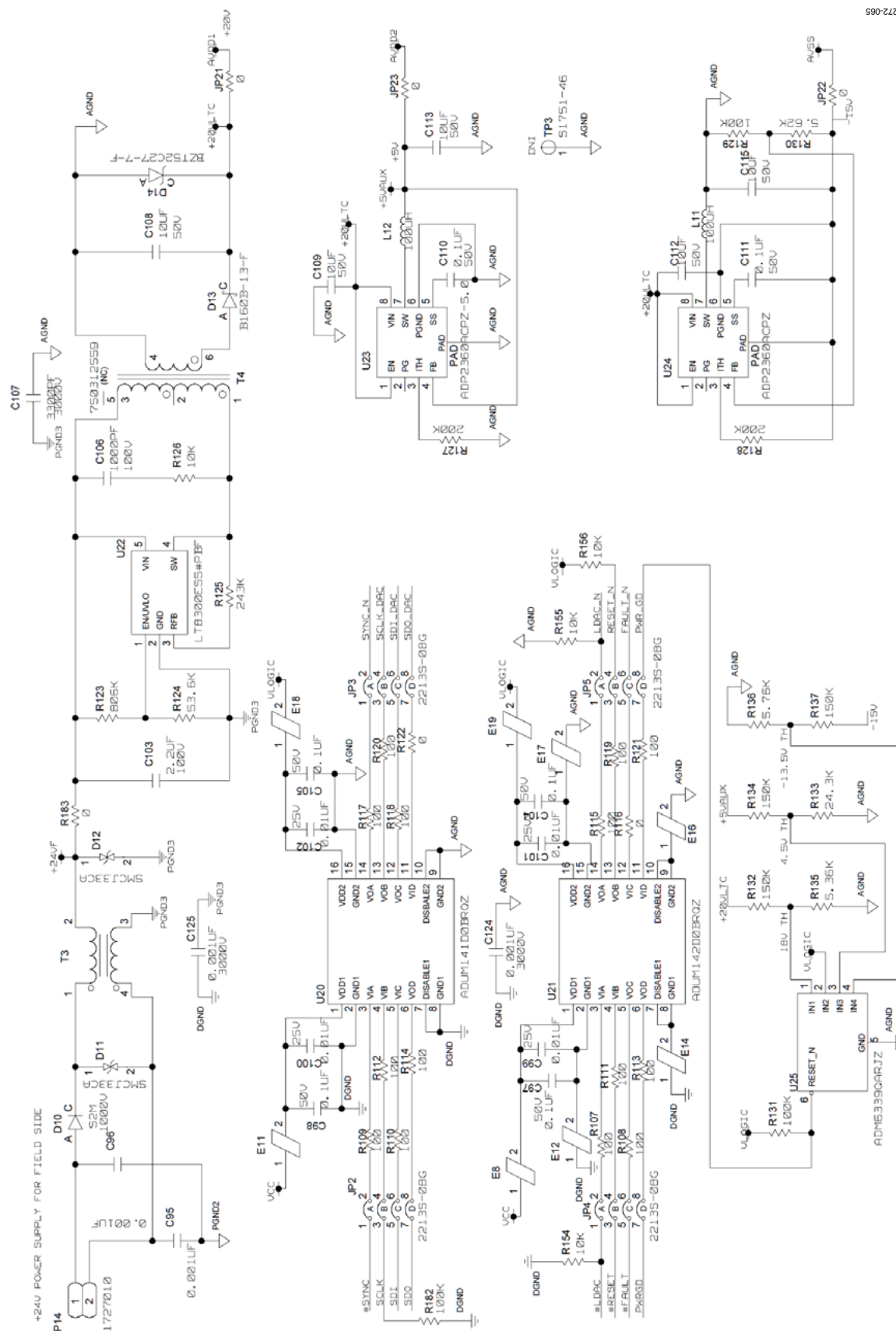


图65. AD5758 EMC测试板原理图，现场电源和数字隔离

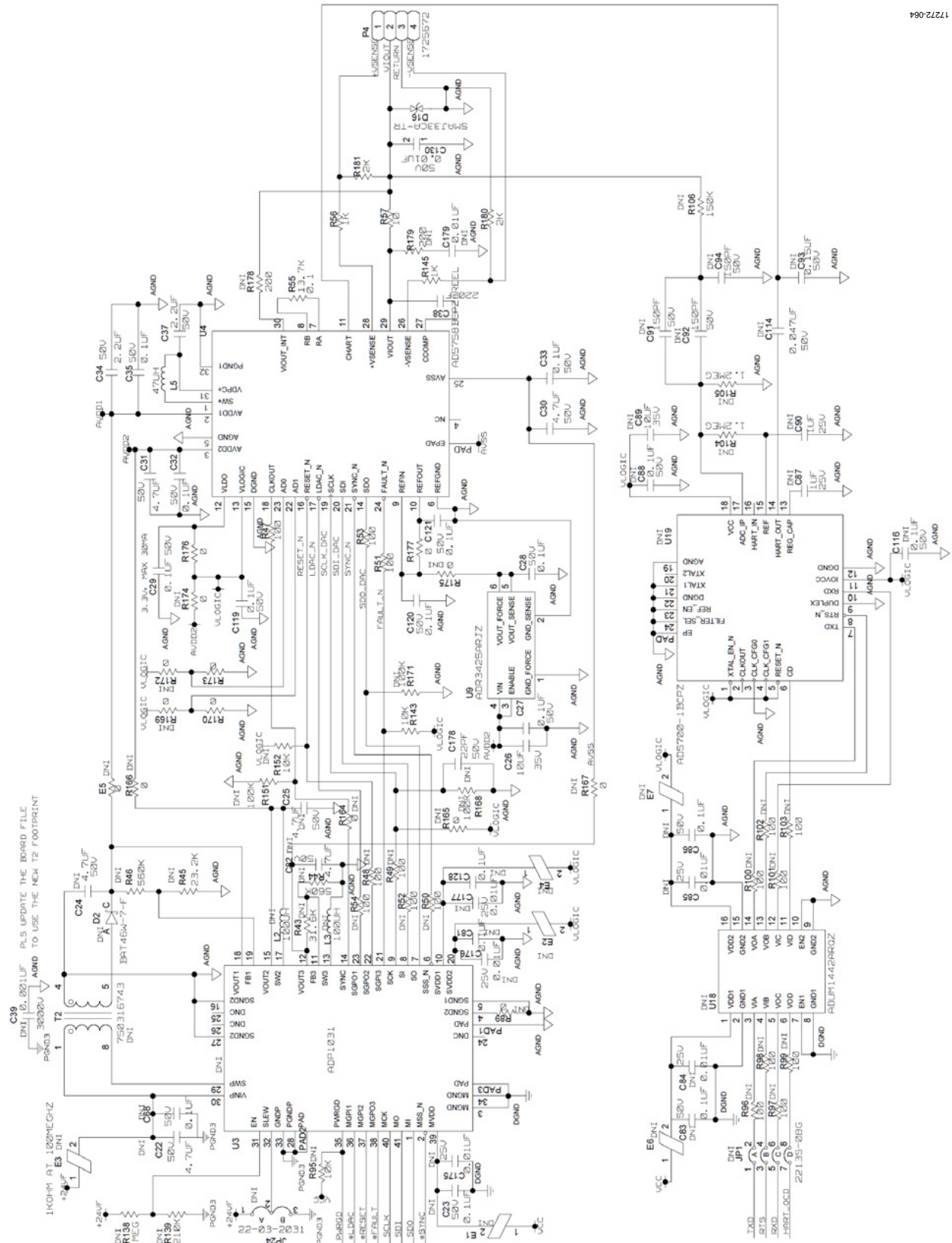


图66. AD5758 EMC测试板原理图, AD5758外围电路

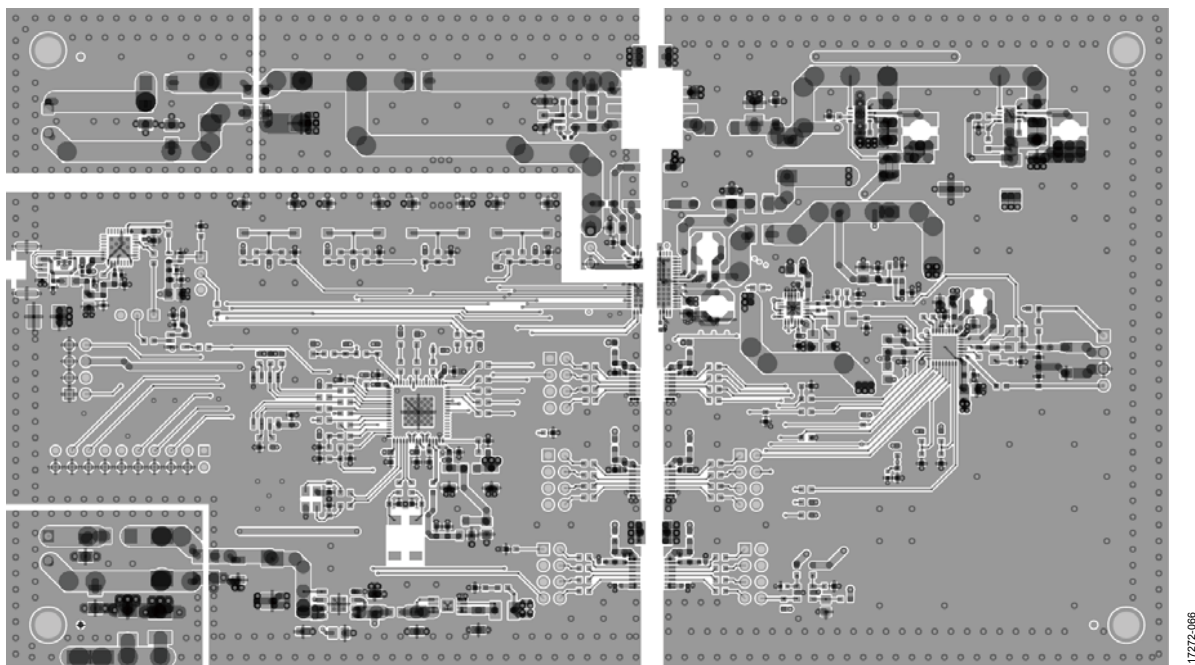


图67. 第1层, 正面

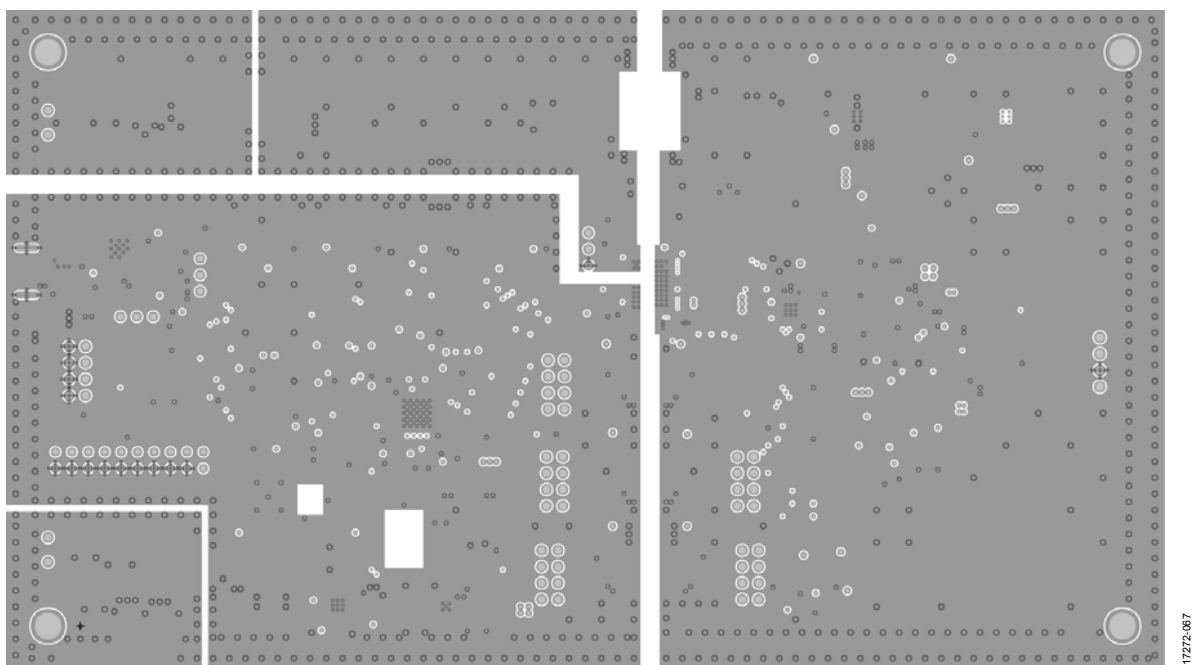


图68. 第2层, 内接地层



图69. 第3层, 内电源层

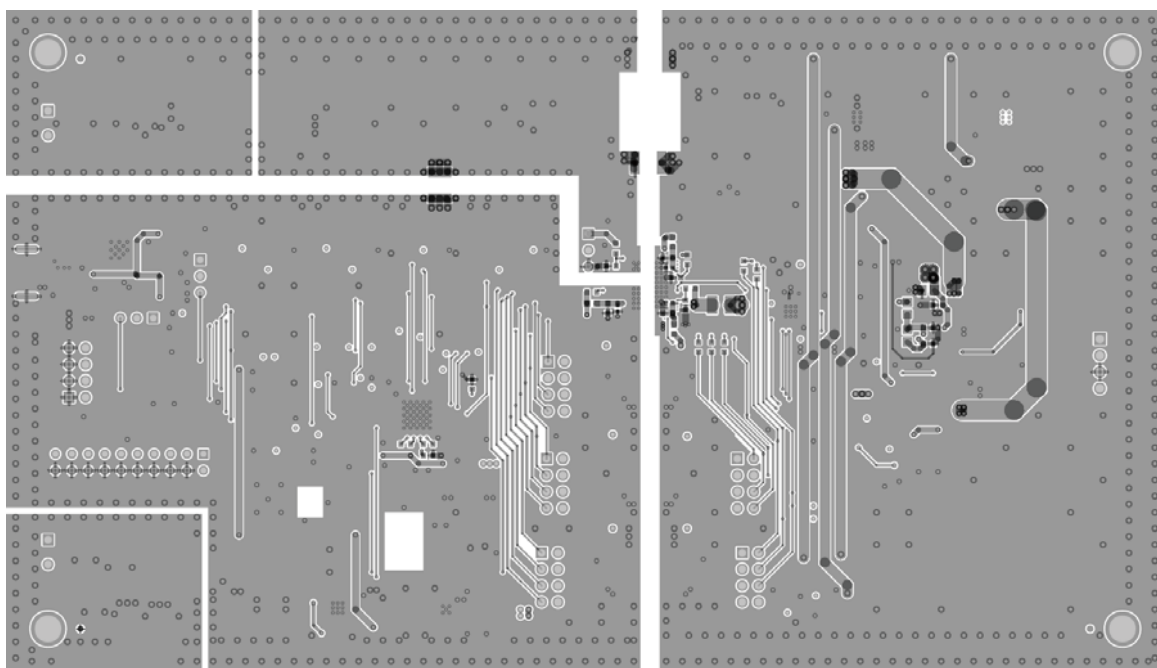
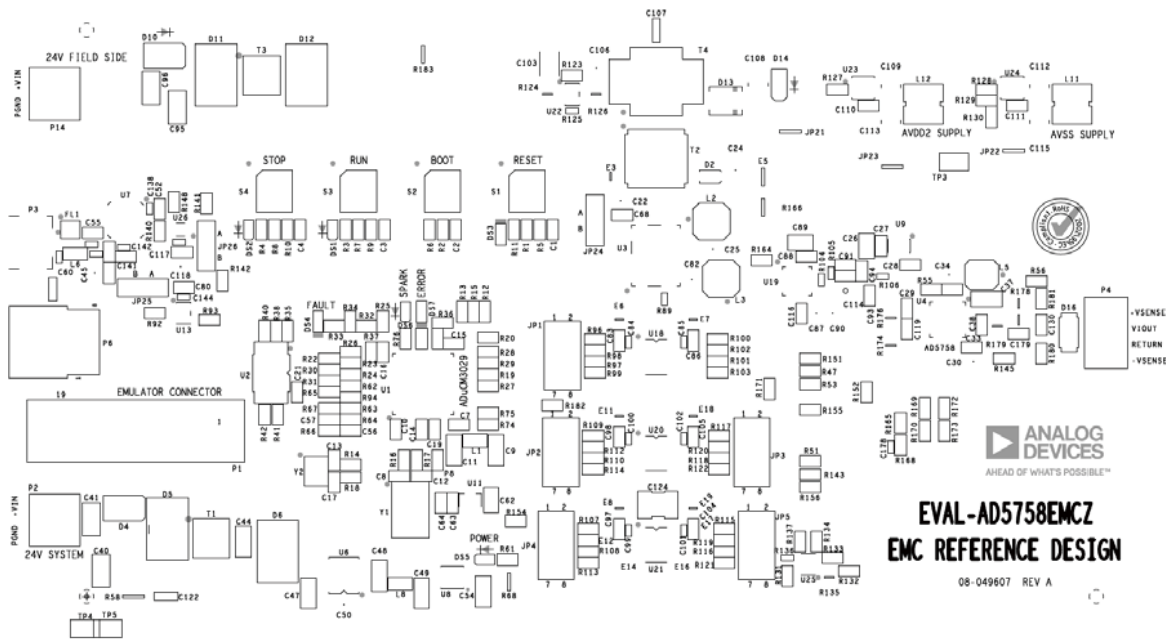
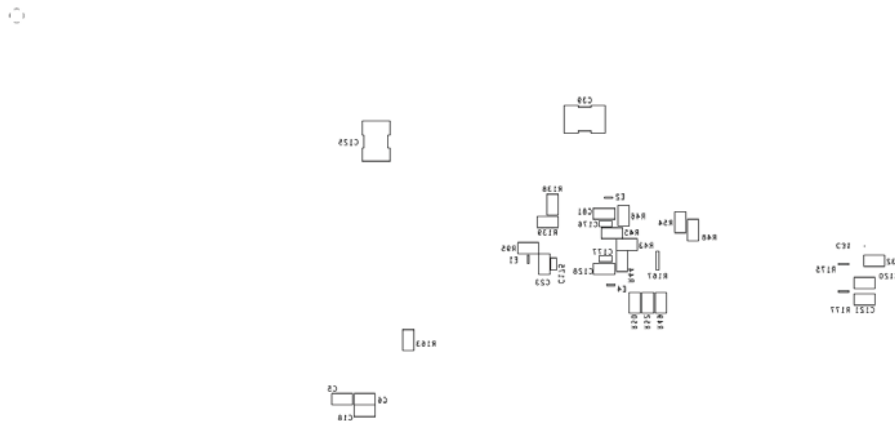


图70. 第4层, 底面



17272-070

图1. 丝网正面



17272-071

图2. 丝网底面

订购信息

物料清单

表13.

器件位号	器件描述	产品型号	制造厂商
C1、C2、C13、C17 C3至C7、C10、C14至C16、C21、C27 至C29、C32、C33、C35、C46、C52、 C55、C64、C80、C97、C98、C104、 C105、C117、C119、C120、C121、 C141 C99至C102 C103 C106 C107、C122 C108、C109、C112、C113、C115 C9、C11 C110、C111 C30、C31、C45、C118 C8、C12 C124、C125 C130 C53、C131、C133、C138、C142至 C144 C18、C19 C26 C34 C37、C44、C47至C49、C54 C38 C40、C41、C95、C96 C50 C56、C57 C62 C63 D4、D10 D5、D6、D11、D12、D16 D13 D14 DS1、DS2、DS5、DS6 DS3、DS4、DS7 E8、E11、E18、E19 E12、E14、E16、E17 FL1 JP2至JP5 JP21至JP23 JP25、JP26 L1、L6、L8 L11、L12 L5 P1 P2、P14 P3	电容, 陶瓷, COG (NP0), 通用, 20 pF 电容, 陶瓷, X7R, 0603, 0.1 μ F 电容, 陶瓷, X7R, 通用, 0.01 μ F 电容, 陶瓷, X7R, 2.2 μ F 电容, 陶瓷, X7R, 芯片, 1000 μ F 高压多层陶瓷电容(MLCC), X7R, 3300 pF 电容, 陶瓷, X7R, 通用, 10 μ F 电容, 陶瓷, X5R, 通用, 10 μ F 电容, 陶瓷, X7R, 通用, 0.1 μ F MLCC, X5R, 4.7 μ F 电容, 陶瓷, 8.2 pF 电容, 陶瓷, X7R, 高压, 0.001 μ F 电容, 陶瓷, X7R, 软端接, 0.01 μ F 电容, 陶瓷, X7R, 0.01 μ F 电容, 陶瓷, X7R, 0.47 μ F MLCC, X5R, 10 μ F 电容, 陶瓷, X7R, 2.2 μ F 电容, 陶瓷, X7R, 通用, 2.2 μ F 电容, 陶瓷, NP0, 220 pF 电容, 陶瓷, NP0, 0.001 μ F 电容, 陶瓷, COG (NP0), 通用, 0.002 μ F 电容, 陶瓷, X7R, 通用, 0.01 μ F 电容, 陶瓷, X5R, 通用, 4.7 μ F 电容, 陶瓷, X7R, 1 μ F 二极管、通用、整流器 二极管、TVS、双向 二极管、肖特基 二极管、齐纳、商业级 LED、SMD、0603、绿色 LED、SMD、0603、红色 电感、铁氧体磁珠、1 k Ω 、100 MHz 电感、铁氧体磁珠、2.2 Ω 、最大直流电阻、 0.2 A、1.8 k Ω 、100 MHz 滤波器、EMI、共模、30 dB、0.1 A、8 Ω 连接器, PCB, 头, 跳线, 4 $\times$ M000385 电阻, 厚膜, 芯片, 2512, 0 Ω 连接器, PCB, 头, 跳线、1 $\times$ M000385 铁氧体磁珠, SMD, 120 Ω , 120 nH 电感, 扼流器, 100 μ F 电感, 绝缘电源, 47 μ F 连接器, PCB, 头, 薄型 连接器, PCB, 端子板, 两位, GRN 连接器, PCB, 接收器, 微型USB 2.0	GRM1885C1H200JA01D 06035C104KAT2A GRM155R71E103KA01D C1210C225K1RACTU 08051C102KAT2A HV1812Y332KXHATHV GRM32ER71H106KA12L GRM31CR61H106KA12L GRM188R71H104KA93D C2012X5R1H475K125AB 06035A8R2CAT2A C1812C102KHRACU C1608X7R1H103K080AE GCM155R71H103KA55D C1608X7R1H474MT C2012X5R1V106K085AC UMK212BB7225KG-T GRM31CR71H225KA88L CC0603JRNPO9BN221 12065A102JAT2A GRM2165C1H202JA01D GCG188R71H103KA01D GRM21BR61E475KA12L 0603YC105KAT2A S2M SMCJ33CA-TR B160B-13-F BZT52C27-7-F SML-LX0603GW-TR TLMS1100-GS08 BLM18HK102SN1D BLM15HD182SN1D EMI2121MTTAG 2213S-08G CRCW25120000Z0EG 22-03-2031 LI0805H750R-10 744043101 LPS4018-473MRB 5103308-5 1727010 UX605C-MB-5S8	Murata AVX Murata Kemet AVX Vishay Murata Murata Murata TDK AVX Kemet TDK Murata TDK TDK Taiyo Yuden Murata Yageo AVX Murata Murata Murata AVX ON Semiconductor ST Microelectronics Diodes Incorporated Diodes Incorporated Lumex Vishay Murata Murata ON Semiconductor Multicomp Vishay Molex Laird Würth Elektronik Coilcraft TE Connectivity LTD Phoenix Contact Hirose

器件位号	器件描述	产品型号	制造厂商
P4	连接器, PCB, 四位端子板, 单行, 直的, 2.54 mm间距, 3.5 mm尾长	1725672	Phoenix Contact
P8、R1、R2、R14、R16至R18、R60、R116、R122、R170、R173	电阻, 膜, SMD, 0603, 0 Ω	MC0603WG00000T5E-TC	Multicomp
R9、R10、R36、R37、R143、R154至, R156	电阻, 厚膜, 芯片, 0603, 10 kΩ	MC0100W0603110K	Multicomp
R19至R21、R23、R24、R2至R32、R47、R51、R53、R62至R65、R107至R115、R117至R121	电阻, 精密, 厚膜, 芯片, 0603, 100 Ω	MC0.063W06031100R	Multicomp
R3、R4、R11、R33、R61、R76、R77	电阻, 精密, 厚膜, 芯片, 0603, 499 Ω	ERJ-3EKF4990V	Panasonic
R5至、R8、R12、R22、R25、R26、R34、R35、R38、R40至R42、R66、R67、R74、R75、R131、R141、R163、R182	电阻, 精密, 厚膜, 芯片, 100 kΩ	ERJ-3EKF1003V	Panasonic
R123	电阻, 膜, SMD, 0603, 806 kΩ	9C06031A8063FKHFT	Yageo
R124	电阻, 芯片, SMD, 0805, 53.6 kΩ	9C08052A5362FKHFT	Yageo
R125	电阻, 厚膜, 芯片, 243 kΩ	RCW0402243KFKED	Vishay
R126	电阻, 厚膜, 芯片, 10 kΩ	CRCW080510K0FKEAHP	Vishay
R127、R128	电阻, 厚膜, 芯片, 200 kΩ	ERJ-3EKF2003V	Panasonic
R129	电阻, 厚膜, 芯片, 100 kΩ	MC0.063W06031100K	Multicomp
R13、R15、R92至R94、R140、R142、R148	电阻, 膜, SMD, 0603, 33 Ω	MC0.063W0603133R	Multicomp
R130	电阻, 膜SMD 0603, 5.62 kΩ	9C06031A5621FKHFT	Yageo
R132、R134、R137	电阻, 精密, 厚膜, 芯片, 0603, 150 kΩ	ERJ-3EKF1503V	Panasonic
R133	电阻, 精密, 厚膜, 0603, 24.3 kΩ	ERJ-3EKF2432V	Panasonic
R135	电阻、防浪涌/防脉冲、高功率、厚膜、芯片、5.63 kΩ	ERJ-P06F5361V	Panasonic
R136	电阻, 精密, 厚膜, 芯片, 5.67 kΩ	ERJ-2RKF5761X	Panasonic
R56、R145	电阻, 厚膜, 芯片, 1 kΩ	MC0063W060311K	Multicomp
R176、R177	电阻, 薄膜, 芯片, 0 Ω	MC0.1W08050R	Multicomp
R180、R181	电阻, 厚膜, 芯片, 2 kΩ	MC0.063W060312K	Multicomp
R68、R183	电阻、高功率、厚膜、芯片、0 Ω	CRCW12100000Z0EAHP	Vishay
R55	电阻, 精密, 薄膜, 13.7 kΩ	RN73C1J13K7BTG	TE Connectivity
R57	电阻, 精密, 厚膜, 芯片, 10 Ω	ERJ-6ENF10R0V	Panasonic
R58	电阻, 厚膜, 高电压, 芯片, 4.7 MΩ	CHV2010-JW-475ELF	Bourns
S1至S4	开关, 表贴, SMT	B3S1000	Omron
T1、T3	共模扼流圈, DLW5BS系列, 190 Ω, 5 A	DLW5BSN191SQ2L	Murata
T4	反激式变压器	750312559	Würth Elektronik
U1	IC, 超低功耗, Arm Cortex-M3, MCU	ADuCM3029BCPZ	ADI公司
U11	IC, 低功耗, 精密, 串联模式, 基准电压源	AD1582ARTZ	ADI公司
U13	IC, TTL, 单个, 两个正输入和栅级	SN74LVC1G08DBVT	Texas Instruments
U2	C, 3 V, 128 Mb, 带两个/四个SPI和OPI的串联闪存	W25Q128FVSI	Winbond
U20	IC, 3 kV rms, 四重数字隔离器	ADuM141D0BRQZ	ADI公司
U21	IC, 3.0 kV rms/3.75 kV rms, 四重数字隔离器	ADuM142D0BRQZ	ADI公司
U22	IC, 100 V输入电压, 低功耗隔离, 带150 V/0.26 A开关的反激式隔离器	LT8300ES5#PBF	ADI公司
U23	IC, 高效率降压调节器, 5 V电压输出	ADP2360ACPZ-5.0-R7	ADI公司
U24	IC, 高效率降压调节器	ADP2360ACPZ-R7	ADI公司
U25	IC, 四, 电压微处理器, 监控电路	ADM6339QARJZ-RL7	ADI公司
U26	IC, TTL, 单个, 两个, 正输入和栅级	SN74AHCT1G08DCKR	Texas Instruments
U4	IC, 单通道, 16位, 电流/电压输出DAC, 动态功率控制, HART连接	AD5758BCPZ-REEL	ADI公司
U6	IC, 低噪声, CMOS, LDO, 5 V电压输出	ADP7142ARDZ-5.0	ADI公司
U7	IC, USB, 串行UART	FT232RQ	FTDI

器件位号	器件描述	产品型号	制造厂商
U8	IC, 低静态电流, CMOS线性稳压器, 3.0 V电压输出	ADP124ARHZ-3.0-R7	ADI公司
U9	IC, 低功耗基准电压源, 2.5 V电压输出	ADR3425ARJZ-R7	ADI公司
Y1	IC, 晶振, SMD, 12.5 pF, 32.7680 kHz	MC-306-32.7680K-A0:ROHS	Seiko
Y2	IC, 晶振, 超小型陶瓷密封, 10 pF, 26.000 MHz	ABM8G-26.000MHZ-B4Y-T	Abracon