

TI 参考设计

适用于可编程逻辑控制器 (PLC) 的 16 位模拟输出模块参考设计



TI 参考设计

TI 设计为您提供了所需的基础方法、测试和设计文件，以便您快速评估和定制系统。TI 设计可帮助您缩短产品上市时间。

设计资源

TIDA-00119	输入模块设计文件
TIDA-00123	I/O 控制器设计文件
DAC8760	产品文件夹
OPA188	产品文件夹
LM5069	产品文件夹
LM5017	产品文件夹
TPS7A4700	产品文件夹
TPS7A1650	产品文件夹
TPS7A3001	产品文件夹
TPS71533	产品文件夹
IS07141CC	产品文件夹
IS07221	产品文件夹



- [请咨询模拟专家](#)
- [WEBENCH® 设计中心](#)

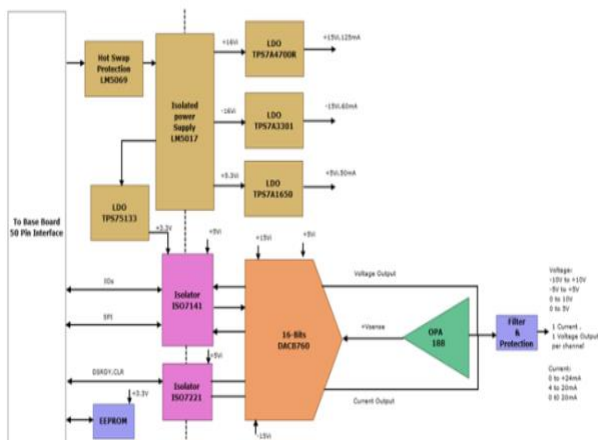
设计特性

- 设计符合 IEC61000-4 标准中关于静电放电 (ESD)、电压快速瞬变脉冲群 (EFT) 和浪涌的要求
- 基于 4 通道 16 位 DAC 的可配置模拟输出
- 可选电压输出：
 - $\pm 10V$ 、 $0 - 10V$ 、 $\pm 5V$ 、 $0 - 5V$
 - 电压输出精度： $\pm 0.2\%$ FSR
- 可选电流输出：
 - $0 - 20mA$ 、 $4 - 20mA$ 、 $0 - 24mA$
 - 电流输出精度： $\pm 0.2\%$ FSR
- 输出滤波、保护电路和集成式 $15kV$ ESD 保护
- 采用电流隔离的高速 SPI 接口，速度最高可达 $20MHz$
- 集成式过热、开路 and 短路保护特性
- 具有浪涌电流保护功能的板载隔离式 Flyback 电源
- 具有数字隔离功能的 I/O 控制 SPI 接口
- 纤薄外形 $95 \times 50 \times 10mm$ (长 \times 宽 \times 高)
- 可插接到 I/O 控制器，方便进行评估 ([TIDA-00123](#))

特色应用

- 可编程逻辑控制器 (PLC) 电流和电压输出模块
- 现场传感器和过程发送器

框图



目录

1	系统描述	3
2	设计规格	3
3	框图	4
4	电路设计和组件选择	5
4.1	数模转换器	5
4.2	电源	8
4.3	隔离	8
4.4	接口	9
5	软件描述	9
6	测试设置	10
6.1	硬件测试设置	10
6.2	软件测试设置	10
7	测试结果	11
7.1	精度测试	11
7.2	认证前测试	13
8	参考文献	20
9	设计文件	21
9.1	电路原理图	21
9.2	物料清单	32
9.3	PCB 布局布线	36
9.4	Altium 项目	47
9.5	光绘文件	47

1 系统描述

工业标准模拟输出 (AO) 电路专用于电压或电流输出。本参考设计采用 DAC8760，能够通过单个引脚完成标准工业电压和电流的输出，从而将所需引脚数量从三个降至两个。合并输出成功降低了接线成本、连接器数量并拓展了 AO 设计用途。

该智能模拟输出模块参考设计旨在为用户进行终端设备（例如 PLC、现场传感器和过程发送器）的开发提供评估模块。该隔离式模拟输出模块设计配有用于 SPI 接口的数字隔离器以及用于实现电源隔离的 FlyBuck 变压器。板载 EEPROM 可用于存储校准数据和模块配置。各输出通道均采用螺钉型引脚以便于接线。模块上还配有电源指示 LED。

本参考设计为您提供了一套全面设计指南，可帮助您设计一款可配置为电压或电流输出同时拥有多种输出范围和纤薄外形的模拟输出模块。该模块设计为可插接到 IO 控制器，方便快速测试和评估。该模块的设计符合工业环境的 EMC 标准。设计文件包括电路原理图、物料清单 (BOM)、板层图、Altium 文件、光绘文件和易用型图形用户界面 (GUI)。

已针对智能模拟输出模块的以下方面进行了测试：

- 隔离式 SPI 接口 (DAC 采用菊花链配置)。
- 电压和电流输出功能与精度 (包括允许超出范围的百分比)。
- 浪涌、EFT 和 ESD：符合 IEC61000-4 标准的认证前测试。

2 设计规格

4 种可编程的 16 位分辨率电压/电流模拟输出，输出范围可通过软件配置：

电压输出 * <ul style="list-style-type: none"> • -10V - 10V • -5V - 5V • 0 - 5V • 0 - 10V 	电流输出* <ul style="list-style-type: none"> • 0 - 20mA。 • 0 - 24mA。 • 4 - 20mA。
---	--

*可编程设定为允许超出范围 10%。

精度：

电压范围误差 <0.1%	电流范围误差 <0.2%
--------------	--------------

隔离：

电源： 1500 VAC	信号： 2500 VAC
--------------	--------------

EMC：

测试	等级
IEC61000-4-2： 静电放电。	+/- 8kV 空气放电， +/- 4kV 接触放电
IEC61000-4-4： 电压快速瞬变脉冲群	+/- 2kV， 5kHz/100kHz。
IEC61000-4-5： 浪涌	+/-1kV 共模

3 框图

此模拟输出模块由以下模块组成：

1. 数模转换器 (DAC)
2. 电源
3. 隔离
4. 接口

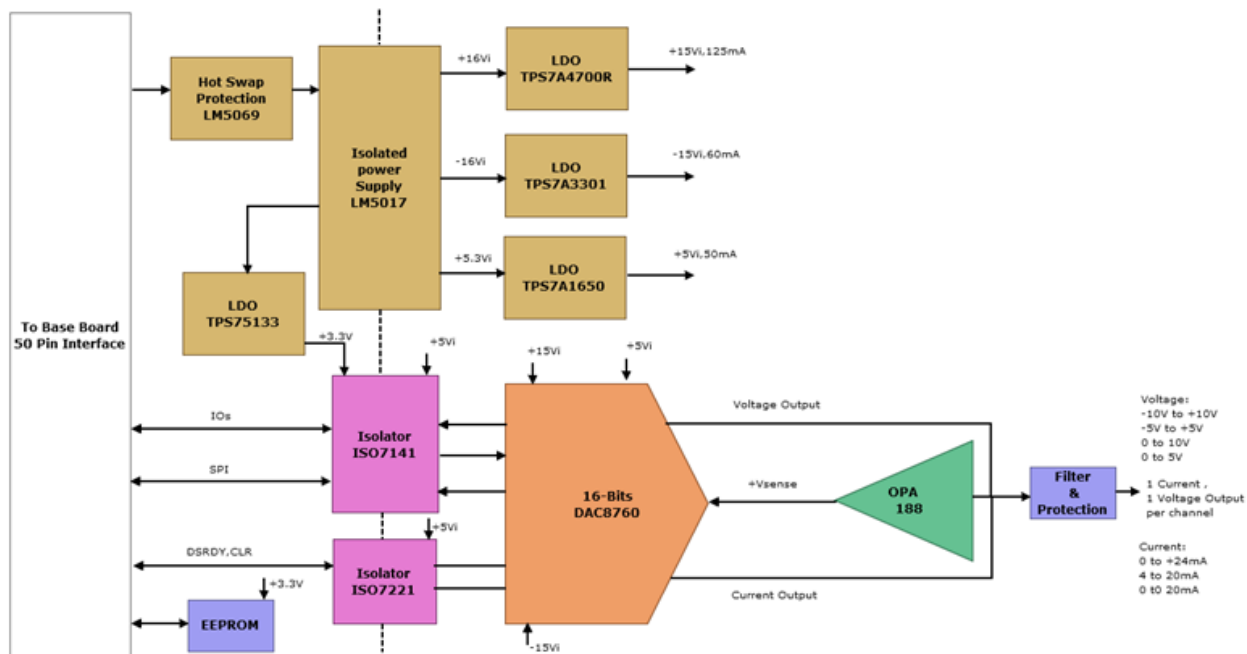


图 1 模块级设计

数模转换器 (DAC)

该模块采用德州仪器 (TI) 的 16 位分辨率 DAC DAC8760。本设计选择 DAC8760 的原因在于其集成度较高。DAC8760 的总未调整误差 (TUE) 最大值为满量程范围 (FSR) 的 0.1%，其中包括偏移误差、增益误差和积分非线性 (INL) 误差 (25° C 时)。0.1% FSR TUE 适用于所有电压和电流输出级，为确保最终系统精度奠定了基础。微分非线性 (DNL) 误差最大值为 ± 1 最低有效位 (LSB)，可确保 V_{OUT} 和 I_{OUT} 的完整单调性。

DAC8760 可通过软件选择电压和电流范围，并配有校准寄存器用于增益误差和零点误差校正。此外，还可以通过编程设定输出转换率。本模块使用了四个单独的输出 DAC。模拟输出通过 SPI 接口进行配置。SPI 配置为菊花链模式，以便能够对全部四个 DAC 执行写操作。此模拟输出模块配有 EEPROM，用于存储校准数据和配置。

电源

非隔离部分和隔离部分所需的电压轨采用 Flybuck 转换器拓扑在板上生成。电压轨由来自 I/O 控制器的 +24V 电压提供。DAC 和运算放大器需要 $\pm 15V$ 电源。DAC 另外还需要 5V 基准电压。电源部分通过线性稳压器来减少纹波。

隔离

大部分 A0 模块需要与背板以及其他 A0 模块隔离。这一般通过隔离主机处理器/控制器与 A0 电路中 DAC 之间的数字信号来实现。有多种拓扑可实现上述隔离作用，而电流（容性）隔离相较于其他拓扑拥有许多优势，因此本设计中选择了电流隔离。电源隔离由采用 Flybuck 配置的变压器实现。

接口

DAC 卡具有一个 50 引脚连接器，用于连接 IO 控制器。DAC 提供了 5 个双引脚连接器，用于输出和系统接地连接。

4 电路设计和组件选择

4.1 数模转换器

DAC8760 针对工业和过程控制应用而设计。DAC8760 可提供范围介于 4 至 20mA、0 至 20mA 或 0 至 24mA 的电流输出；或者范围介于 0 至 5V、0 至 10V、±5V 或 ±10V 的电压输出，并且允许超出范围 10% (0 至 5.5V、0 至 11V、±5.5V 或 ±11V)。图 2 给出了 DAC8760 的内部框图。

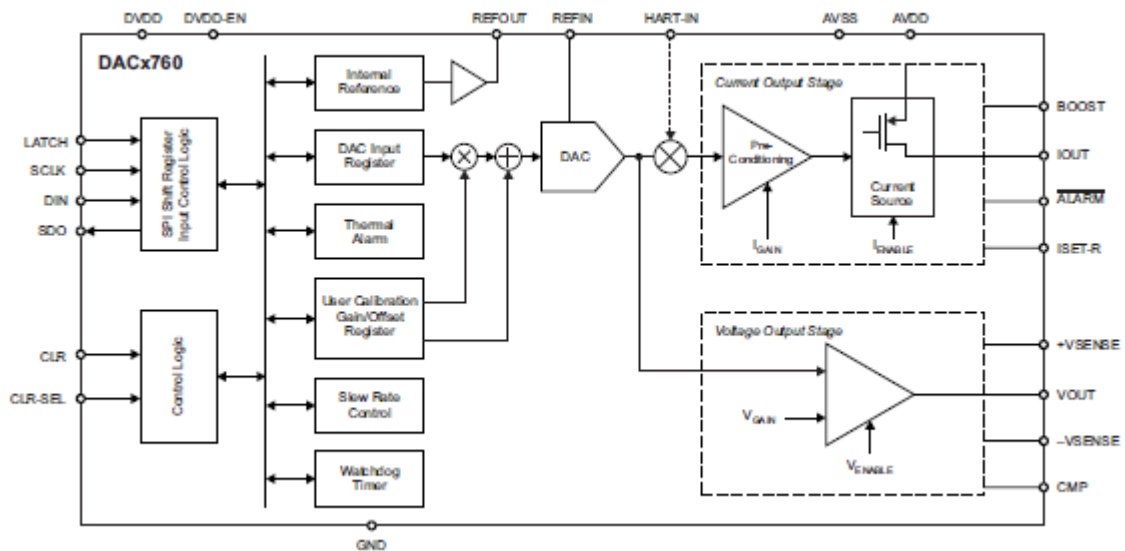


图 2 DAC 框图

注：

- 上电后，两输出级均默认为禁用状态。
- DAC8760 能够使用单个数据寄存器同时使能电流和电压输出。如果电路板配置为仅提供电流输入或电压输入，则无法使用上述功能。

4.1.1 电压输出

当 DAC8760 配置为电压输出时，10mA 下允许的最大负载为 1KΩ。对于电压输出，该模块使用 +15V 和 -15V 电源轨，因此 10mA/1KΩ 条件下的余量电压为 5V。

DAC8760 生成的 16 位编码与所需电压输出的换算公式如下：

For unipolar output mode:

$$V_{OUT} = V_{REF} \cdot GAIN \cdot \frac{CODE}{2^N}$$

For bipolar output mode:

$$V_{OUT} = V_{REF} \cdot GAIN \cdot \frac{CODE}{2^N} - GAIN \cdot \frac{V_{REF}}{2}$$

where

- *CODE* is the decimal equivalent of the code loaded to the DAC.
- *N* is the bits of resolution; 16 for DAC8760 and 12 for DAC7760.
- *VREF* is the reference voltage; for internal reference, *VREF* = +5.0 V.
- *GAIN* is automatically selected for a desired voltage output range as shown in Table 1.

4.1.2 电流输出

DAC8760 电流输出级包含一个预调节器和一个电流源。该级根据 DAC 编码提供电流输出。输出范围可编程设定为 0 - 20mA、0 - 24mA 或 4 - 20mA。此外，可选择使用外部升压晶体管来降低器件功耗。引脚 IOUT 上的最大合规电压等于 ($V_{DD} - 2.5V$)。在单电源模式下，最大 V_{DD} 为 36V，最大合规电压为 33.5V。上电后，IOUT 引脚呈高阻态而无电流输出。在当前设计中，ISET-R 引脚上连接了一个外部 15k Ω 0.1% 电阻。

DAC 16 位编码与电流输出的换算公式如下：

For a 0-mA to 20-mA output range:

$$I_{OUT} = 20mA \cdot \frac{CODE}{2^N}$$

For a 0-mA to 24-mA output range:

$$I_{OUT} = 24mA \cdot \frac{CODE}{2^N}$$

For a 4-mA to 20-mA output range:

$$I_{OUT} = 16mA \cdot \frac{CODE}{2^N} + 4mA$$

where

- *CODE* is the decimal equivalent of the code loaded to the DAC.
- *N* is the bits of resolution; 16 for DAC8760 and 12 for DAC7760.

4.1.3 电压感测

+Vsense 和 -Vsense 可感测负载电压。理想情况下是直接连接到 Vout 引脚上。由于用作电流输出时 Vout 和 Iout 连接在一起，因此会由于 +Vsense 引脚的泄漏电流而产生增益误差。该泄漏电流会引入 -0.36% 的增益误差。利用高输入阻抗、低输入偏置电流的运算放大器可将这种误差降至最小。在当前设计中，+Vsense 与 Vout 通过缓冲器 OPA188 相连，该缓冲器的输入偏置电流典型值为 160pA。这样可以将增益误差降至 0.008% 以下。

4.1.4 HART 选项

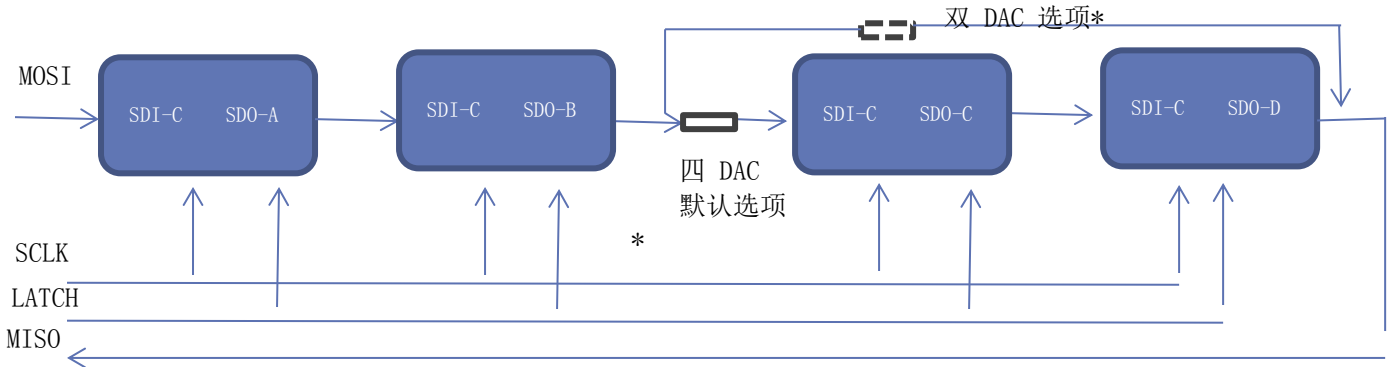
DAC8760 还可配置为提供 HART 输出。在本设计中，HART 引脚可作为测试点供用户使用。有关使用 HART 的详细信息，请参见 DAC8760 数据表。

4.1.5 SPI 和菊花链 DAC

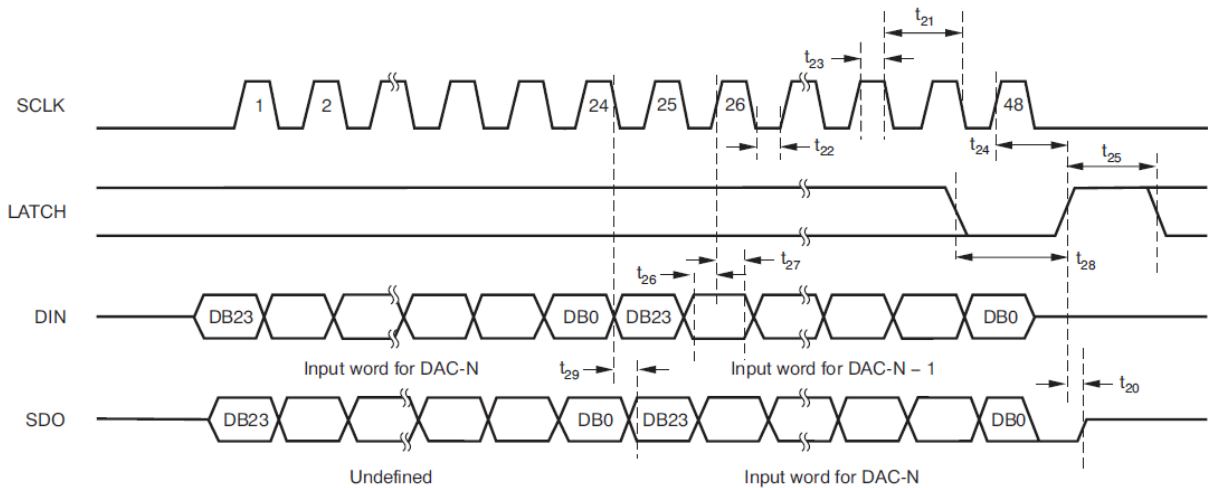
DAC8760 由通用四线制串行接口 (SDI、SDO、SCLK 和 LATCH) 控制，运行时钟速率高达 31MHz，并且与 SPI、QSPI™、Microwire™ 和数字信号处理 (DSP) 标准兼容。SPI 通信命令包含一个写地址字节和一个

数据字，共 24 位。如果有多个 SPI 从器件，可将各 DAC 以菊花链形式连接在一起。下面给出了四个 DAC 的排列方式。

本参考设计可通过 PCBA 上的跳线快速配置为两个或四个 DAC。切记每次只能安装一根跳线。



*每次只能安装其中一根跳线。相关实现请参见电路原理图和 BOM。

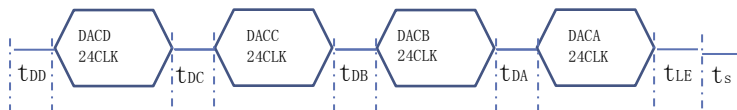


SDO 引脚用于将四个器件以菊花链的形式连接到一起。与 SPI 中一样，SCLK 的上升沿随时钟移入输入帧的 MSB，用于标识写周期的起始位置。完成所有器件的串行传输后，将使 LATCH 变为高电平。这操作会将 SPI 移位寄存器中的数据传输到相应 DAC 的器件内部寄存器。每个帧内的时钟数取决于器件数。每个帧有 $N \times 24$ 个时钟。

1. 双 DAC 帧大小 = 48 个时钟：前 24 个时钟用于 DACB，后 24 个时钟用于 DACA。
2. 四 DAC 帧大小 = 96 个时钟：前 24 个时钟用于 DACD，接下来的 24 个时钟用于 DACC，再接下来的 24 个时钟用于 DACB，最后 24 个时钟用于 DACA。

四 DAC 设计中的总写入时间估计值：

$$T = (24 \times 4 / Fs) + t_{DD} + t_{DC} + t_{DB} + t_{DA} + t_{LE} + t_s$$



其中:

F_S = SPI 时钟速率 (单位为 Hz)。

t_{Dx} = 用于将下一个 SPI 数据装载到下一个 DAC 时的主机侧软件开销。

t_{LE} = 用于更改 LATCH 线状态的主机软件开销 (作为 I/O 端口引脚)。

T_s = 模拟输出稳定时间 (请参见 DAC8760 的数据表)

4.1.6 针对浪涌、EFT 和 ESD 的滤波和保护

输出级经设计能够承受 8kV ESD、1kV EFT 和 1kV 浪涌。

每个通道都受到 TVS SMBJ18CA 保护。该电路会将过压输入钳位在 25V 左右。ESD 保护二极管还可以防止过压输入。请务必遵循布线准则以确保符合 EMC 标准。本设计中选用了保护器件来满足散热需求。

4.2 电源

模拟输出模块采用由 IO 控制器提供 24V DC 输入。

在可插拔模块插拔于带电 IO 控制器时, LM5069 浪涌电流控制器可对电源电流进行智能控制。LM5069 在负载接通期间限制浪涌电流, 并在负载正常运行期间监视负载电流以防止发生故障。其他功能包括欠压锁定 (UVLO) 和过压锁定 (OVLO), 可确保仅在系统输入电压在指定范围内时为负载供电。浪涌电流限值设为 2.75A。

DAC 和运算放大器电源均为 $\pm 15V$, 由低噪声 LDO 后的 Flybuck DC-DC 转换器 (LM5017) 提供。Flybuck DC-DC 转换器设计用于提供 $\pm 15V$ 和 3.3V 电压, 纹波电压峰值 $< 50mV$ 。LM5017 上实现了软启动功能以限制浪涌电流。

有关 Flybuck 设计的详细信息, 请参见 [AN-2292](#)。

4.3 隔离

4.3.1 电源隔离

基于 LM5017 的 Flybuck 隔离式电源为 IO 控制器提供电流隔离。本设计需要通过该隔离保护 IO 控制器免受模拟输出出现场连接中出现的任何意外过压损害。隔离等级取决于耦合电感的规格。本设计采用 1500VAC 的耦合电感 (隔离式)。

4.3.2 数字隔离

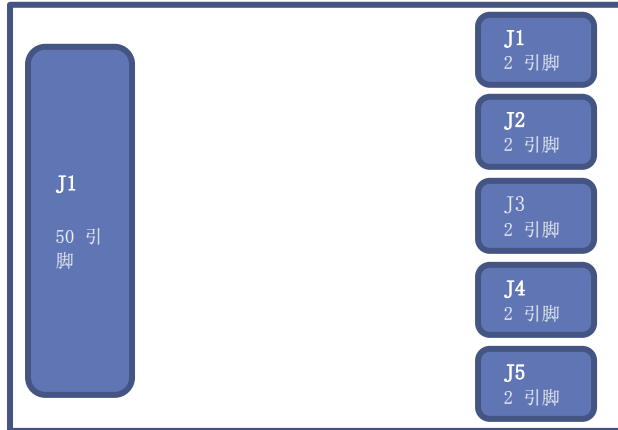
为保持与主机控制器隔离, 本设计通过数字隔离器来隔离数字信号。受隔离的 SPI 信号包括: SCLK、MISO、MOSI、CS0 (锁存)、CLR 和 SDRDY。

IO 控制器通过高速数字隔离器 IS07141CC 和 IS07221 与 DAC 连接。凭借上述数字隔离器, IO 控制器上的主机处理器可维持 2.5kVrms 的电流隔离。隔离器附近连有十欧姆端接电阻, 用于保持良好的信号完整性。

4.4 接口

此模拟输出模块具有以下连接器：

1. J1-J4： 2 引脚螺钉端子型 2.54mm 间距连接器，用于连接外部负载。
2. J5： 2 引脚螺钉端子型 2.54mm 间距连接器，用于连接接地参考。
3. J6： 50 引脚高速连接器，用于接入 IO 控制器的 SPI/电源。



5 软件描述

DAC8760 有多个 16 位寄存器。要实现所需功能，需配置/读取/写入这些寄存器。下方提供了简要概述。详细信息请参见 DAC8760 的数据表。

REGISTER / COMMAND	READ/WRITE ACCESS	DATA BITS (DB15:DB0)															
		15	14	13	12	11	10:9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	
Control	R/W	CLRSEL	OVR	REXT	OUTEN	SRCLK			SRSTEP			SREN	DCEN	RANGE			
Configuration	R/W	X ⁽¹⁾				IOUT RANGE	DUAL OUTEN	APD	Reserved	CALEN	HARTEN	CRCCEN	WDEN	WDPD			
DAC Data ⁽²⁾	R/W	D15:D0															
No operation ⁽³⁾	—	X															
Read Operation ⁽³⁾	—	X								READ ADDRESS							
Reset	W															RESET	
Status	R	Reserved										CRC-FLT	WD-FLT	I-FLT	SR-ON	T-FLT	
DAC Gain Calibration ⁽²⁾	RW	G15:G0, unsigned															
DAC Zero Calibration ⁽²⁾	RW	Z15:Z0, signed															
WATCHDOG TIMER ⁽³⁾	—	X															

(1) X denotes *don't care* bits.

(2) DAC8760 (16-bit version) shown. DAC7760 (12-bit version) contents are located in DB15:DB4. For DAC7760, DB3:DB0 are *don't care* bits when writing and zeros when reading.

(3) No operation, read operation, and watchdog timer are commands and not registers.

1. 控制和配置寄存器可供用户使用以选择 - 输出类型、范围（超出范围）和转换率。用户还可以设置以下各项：输出、看门狗、HART 和双路输出。
2. DAC 数据寄存器允许用户写入与所需模拟输出等效的数字量。
3. 读取、状态和看门狗定时器命令允许用户监视 DAC 功能。
4. 校准寄存器：允许用户写入用于零点误差和增益误差校正的校准值。
5. 上电时，需使用控制和配置寄存器对每个 DAC 进行初始化。
6. 然后，必须向 DAC 数据寄存器装载相关值以生成所需的模拟输出。

DAC 配置示例

示例 1： DAC 配置为 0 - 10V 电压输出。

要设置 0 - 10V 的电压输出范围（SSI 采用菊花链模式），需设置转换率和输出使能并且不允许超出范围，控制寄存器需按下表所示进行设置。

另外，必须写入配置寄存器以进行下列设置：无双路输出、无 HART、使能 10ms 看门狗、无 APD、无校准。

寄存器	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
控制	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
配置	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

示例 2: DAC 配置为 0mA - 24mA 电流输出

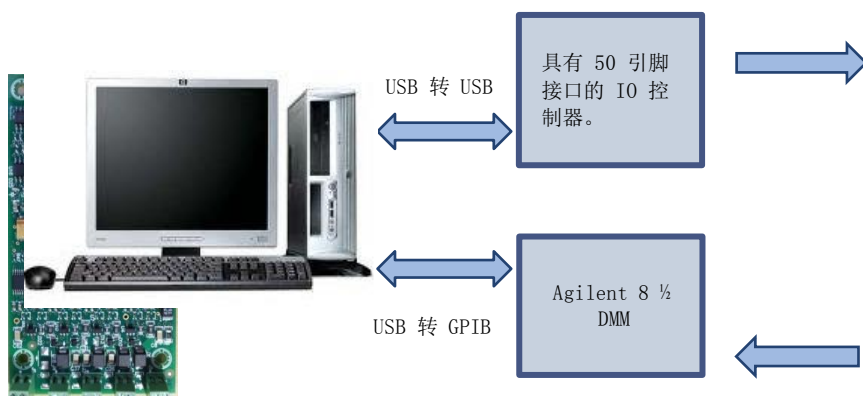
要设置 0 - 24mA 的电流输出范围 (SSI 采用菊花链模式)，需设置转换率和输出使能并且不允许超出范围，控制寄存器需按下表所示进行设置。

另外，必须写入配置寄存器以进行下列设置：无双路输出、无 HART、使能 51ms 看门狗、无 APD、无校准。

寄存器	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
控制	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
配置	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

6 测试设置

6.1 硬件测试设置



注：对于电压输出，负载阻抗 >10kΩ；对于电流输出，负载阻抗为 250Ω。

图 3 功能测试设置

6.2 软件测试设置

本设计验证设置采用的是基于 GUI 的测试设置。PC 上的 GUI 通过 USB 通信接口连接到 IO 控制器。之后，IO 控制器会通过 SPI 接口控制模拟输出卡，以使其按照 GUI 中选定的模拟输出电平进行输出。生成的模拟输出由 8 1/2 DMM 测量。GUI 执行结果计算。

GUI 是基于 LabView 的软件。其可以设置以下功能：

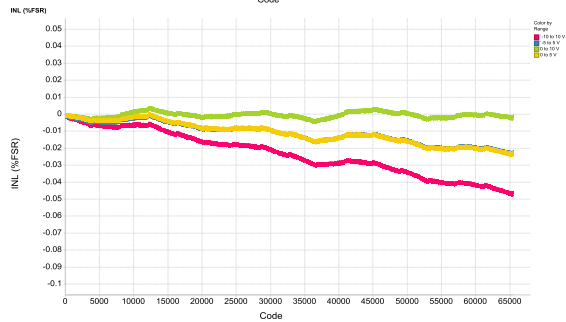
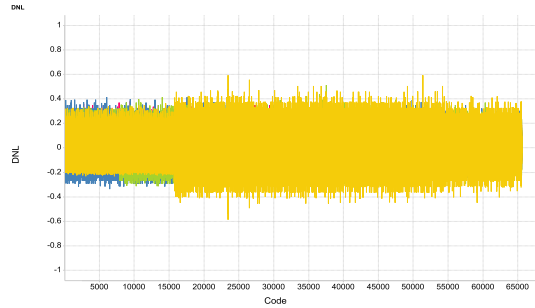
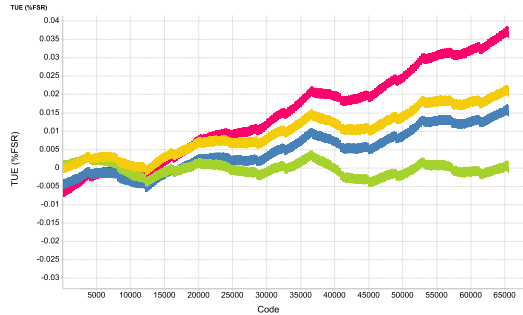
1. 模拟输出通道：每张模拟输出卡上有四个通道。
2. 模拟输出类型：每个模拟输出均可选择作为电压或电流类型。
3. 零点误差校正寄存器：
4. 增益校正寄存器。
5. 结果选项：DNL、INL 或 TUE。这在偏移/增益校正前后均可能出现。因此，结果中的误差并未得到补偿。

7 测试结果

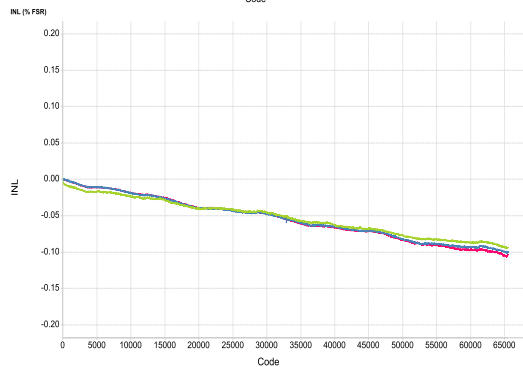
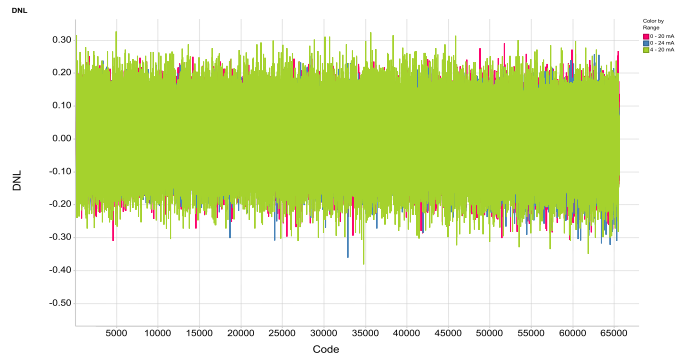
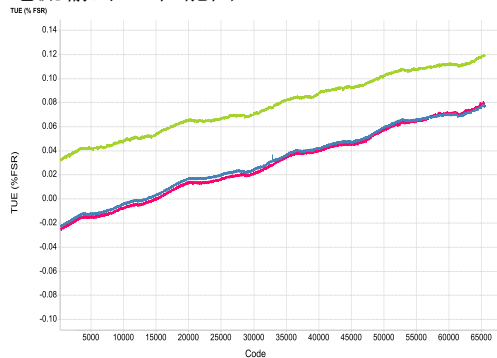
7.1 精度测试

整体精度取决于不同子系统的性能。以下结果针对包含 DAC、电源、滤波器和保护功能的集成模拟输出模块。

电压输出 - 性能图:



电流输出 - 性能图:



7.1.1 结果汇总 (25° C 时)

结果表明, 总 TUE 在 0.2% FSR 目标范围内 (参见第 2 部分)
25° C 时, 最大 DNL 在 1LSB 范围内, INL 在 0.2% FSR 范围内。

表 1 测量结果汇总 - 电压范围。

序号	参数	+/-10V	0V 至 10V	+/- 5V	0V 至 5V
1	TUE (%FSR) 最大值	+0.038	0.035%	0.017%	0.019%
2	TUE (%FSR) 最小值	-0.0083	-0.0019	-0.0064	-0.005
3	INL (%FSR) 最大值	-0.00045	0.00851	0.00039	0.0047
4	INL (%FSR) 最小值	-0.04845	-0.0249	-0.024	-0.0055
5	DNL 最大值	0.381	0.594	0.415	0.511
6	DNL 最小值	-0.555	-0.587	-0.473	-0.357

表 2 测量结果汇总 - 电流范围。

序号	参数	4 至 20mA	0 至 20mA	0 至 24mA
1	TUE (%FSR) 最大值	0.327	0.291	0.257
2	TUE (%FSR) 最小值	-0.532	-0.309	-0.361
3	INL (%FSR) 最大值	0	0.0007	0.0009
4	INL (%FSR) 最小值	-0.106	-0.106	-0.101
5	DNL 最大值	0.120	0.080	0.078
6	DNL 最小值	0.024	-0.024	-0.024

按照定义, 特定编码的 INL 为该编码前所有 DNL 的总和。DNL 以 LSB 为单位, INL 以 %FSR 为单位。

7.2 认证前测试

此模拟输出模块的设计符合工业 PLC 应用的标准 EMC 要求。

已执行以下 EMC 测试

测试	标准
静电放电	IEC 61000-4-2
电压快速瞬变脉冲群	IEC 61000-4-4
浪涌	IEC 61000-4-5

IEC61131-2 规定的标准和性能

标准	性能（通过）标准
A	模拟输出模块应按预期继续运行。测试过程中无功能或性能损失。
B	允许性能暂时下降。 测试完成后，模拟输出模块在无人工干预的情况下应能够按预期继续运行。
C	允许测试期间存在功能损失，但硬件或软件不得损坏。 测试完成后，模拟输出模块经手动重启或者掉电/上电后应能够自动按预期继续运行。

7.2.1 测试设置



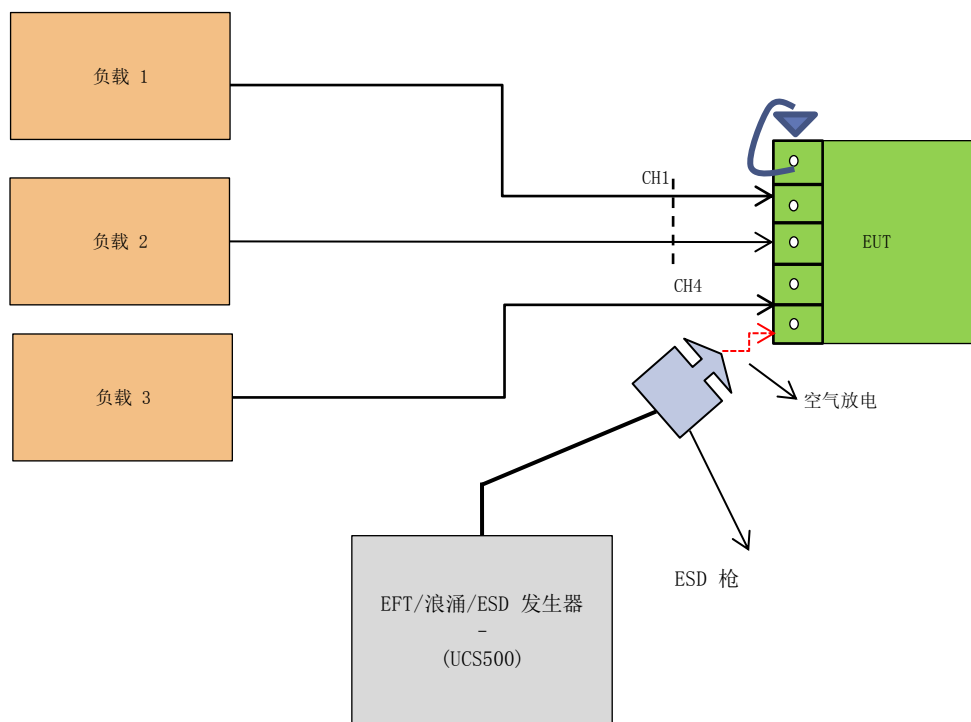
7.2.2 静电放电 (ESD): IEC 61000-4-2

I/O 连接器的 ESD 等级和预期性能标准如下:

通用测试标准	测试等级	性能 (合格标准)
ESD-IEC 61000-4-2	4kV 接触放电 - 2 级 8kV 空气放电 - 3 级	标准 B (测试前后均接受 监视)

设置说明

ESD 以**接触放电**或**空气放电**的方式注入 EUT。



在接地参考平面上方的 80cm 高木桌上放置一个 160cm × 80cm 的水平耦合板 (HCP)，然后将 EUT 放置在该板上。用一个厚度为 0.5mm 的绝缘支架将 EUT 及其连接电缆与 HCP 隔离。使用 ESD 枪（通过接触放电或空气放电）直接施加静电放电，或者（通过水平耦合板）间接施加静电放电。测试完成后监视 EUT 运行。在 IO 端口上连接非屏蔽 3m 电缆以对处于激活模式的 EUT 进行测试。

- 按测试设置图所示连接 EUT。屏蔽引脚按测试信号发生器那样连接到本地接地端。
- 为 EUT 上电
 - 测试软件配置为两秒内交替生成 2.5V 和 7.5V 输出。
 - 测试前后请检查相应通道。
- 按下表列出的测试等级执行 ESD 测试。
- 测试完成后，执行性能测试以检查性能是否下降。

结果

测试编号	测试模式	观察结果*
1	空气放电 +2kV	通过
2	空气放电 -2kV	通过
3	空气放电 +4kV	通过
4	空气放电 -4kV	通过
5	空气放电 +6kV	通过
6	空气放电 -6kV	通过
7	空气放电 +8kV	通过
8	空气放电 -8kV	通过
9	接触放电 +1kV	通过
10	接触放电 -1kV	通过
11	接触放电 +2kV	通过
12	接触放电 -2kV	通过
13	接触放电 +4kV	通过
14	接触放电 -4kV	通过
15	HCP +2kV	通过
16	HCP -2kV	通过
17	HCP +4kV	通过
18	HCP -4kV	通过
19	VCP +2kV	通过
20	VCP - 2kV	通过
21	VCP +4kV	通过
22	HCP -4kV	通过

*测试前后均检查功能性。

7.2.3 电快速瞬变脉冲群测试： EFT - IEC61000 - 4-4

测试等级和预期性能

I/O 连接器的 EFT 突发和预期性能标准如下：

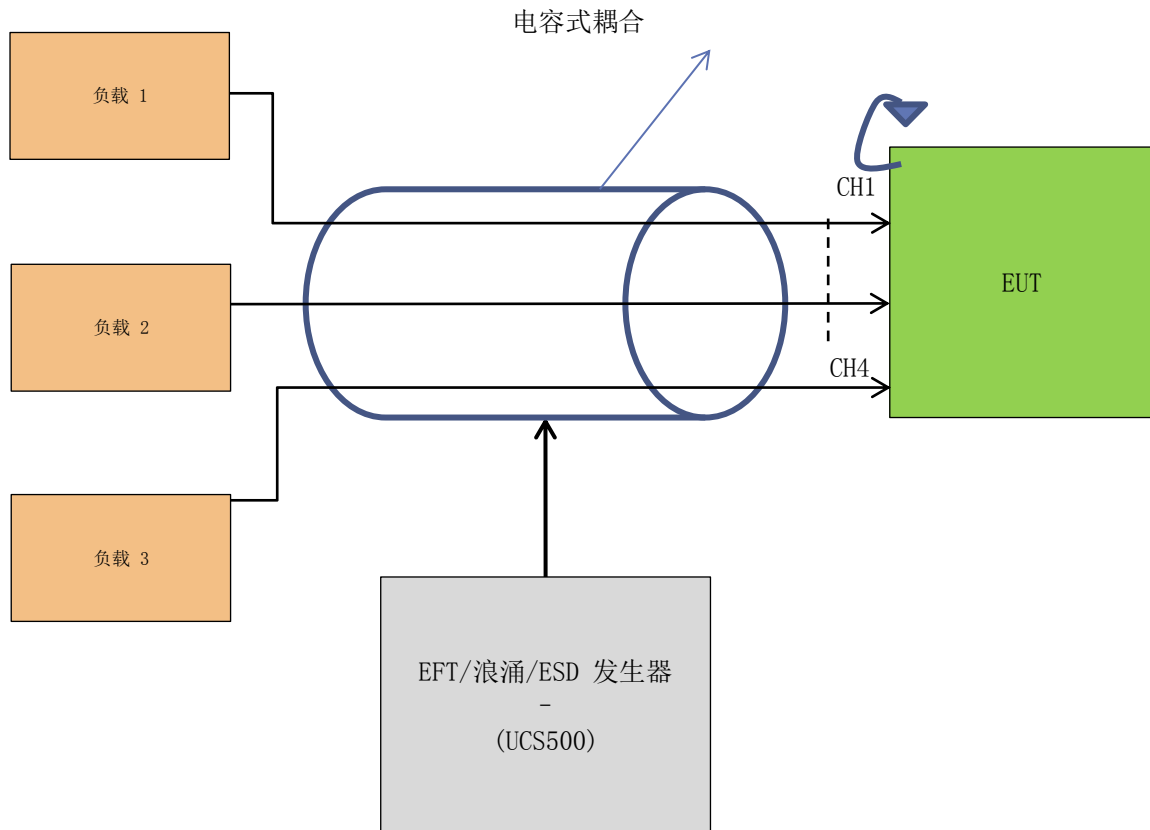
通用测试标准	测试等级	性能 (合格标准)
EFT - IEC 61000-4-4	5KHz、100KHz 时为 ± 2 KV (信号端口)	标准 B (测试前后均接受监视)

说明

设置：

使用电容耦合夹将 EFT 注入所有电缆。

使用非屏蔽电缆将 EUT 连接到辅助源。 将电缆长度设为 3m，并将电缆置于参考平面上方 10cm 的位置。 将 EUT 分别置于绝缘材料参考平面上方 10cm 的位置上以及参考平面上进行测试。



监视：

- 按测试设置图所示连接 EUT。屏蔽引脚按测试信号发生器那样连接到本地接地端。
- 为 EUT 上电
 - 测试软件配置为两秒内交替生成 2.5V 和 7.5V 输出。
 - 测试前后请检查相应通道。
- 按下表列出的测试等级执行 ESD 测试。

- 测试完成后，执行性能测试以检查性能是否下降。

结果

结果汇总将随观察结果更新。

测试编号	测试模式	观察结果*
1	+0.5kV, 5kHz	通过
2	-0.5kV, 5kHz	通过
3	+1kV, 5kHz	通过
4	-1kV, 5kHz	通过
5	+1.5kV, 5kHz	通过
6	-1.5kV, 5kHz	通过
7	+2kV, 5kHz	通过
8	-2kV, 5kHz	通过
9	+0.5kV, 100kHz	通过
10	-0.5kV, 100kHz	通过
11	+1kV, 100kHz	通过
12	-1kV, 100kHz	通过
13	+1.5kV, 100kHz	通过
14	-1.5kV, 100kHz	通过
15	+2kV, 100kHz	通过
16	-2kV, 100kHz	通过

*测试前后均检查功能性。

7.2.4 浪涌 - IEC61000-4-5

测试等级和预期性能

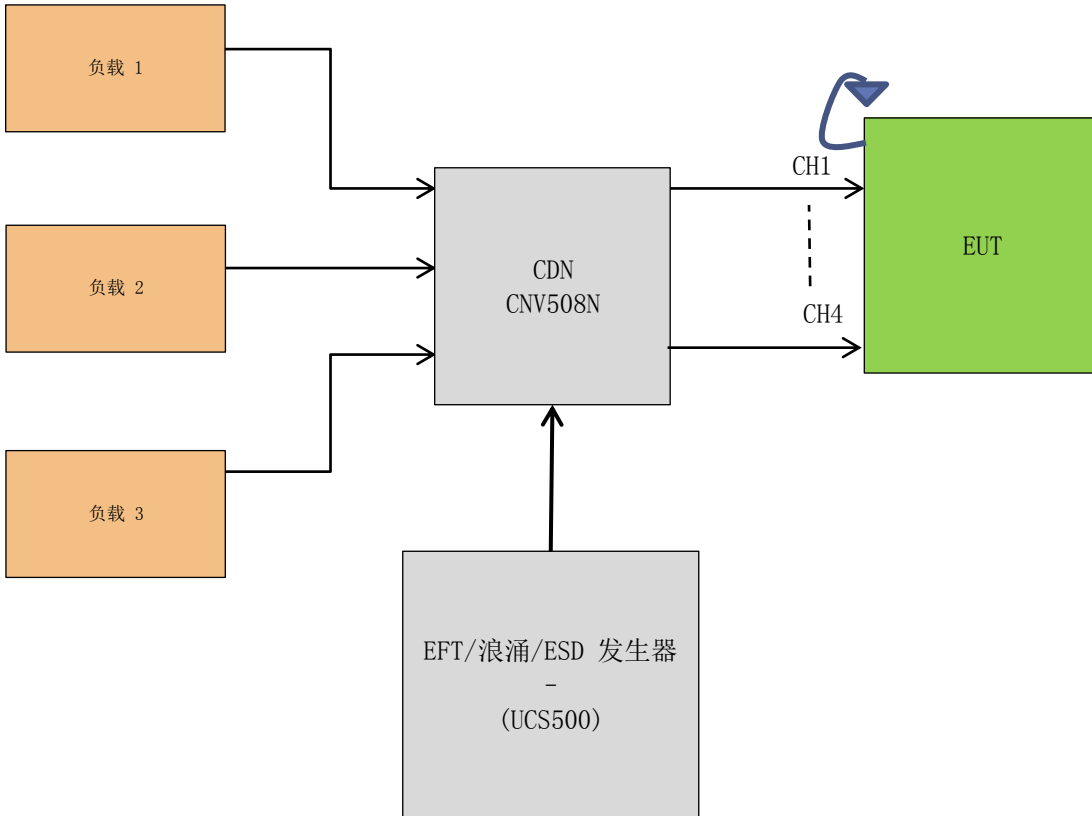
I/O 连接器的共模浪涌和预期性能标准如下：

通用测试标准	测试等级	性能 (合格标准)
浪涌 IEC 61000-4-5	±1kV CM (信号端口)	标准 B (测试前后均接受 监视)

说明

设置:

将 EUT 和模拟输出电缆放置在参考接地层上方 10cm 的不导电支架上。通过耦合去耦网络将浪涌注入模拟输出电缆 (I/O 电缆) 以进行测试。测试前后监视 EUT 运行。



测试完成后监视 EUT 运行。经过 (I/O 控制器上的) MCU 测试后监视全部八个通道并与设定值 (等效于外部恒压源或恒流源) 进行比较。误差应满足第 6.3.1 节中所述的精度。

监视方法:

- 按测试设置图所示连接 EUT。屏蔽引脚按测试信号发生器那样连接到本地接地端。
- 为 EUT 上电
 - 测试软件配置为两秒内交替生成 2.5V 和 7.5V 输出。
 - 测试前后请检查相应通道。
- 按下表列出的测试等级执行 ESD 测试。
- 测试完成后, 执行性能测试以检查性能是否下降。

结果

结果汇总将随观察结果更新。

测试编号	测试模式	观察结果*
1	+0.5kV	通过
2	-0.5kV	通过
3	+1kV	通过

4	-1kV	通过
---	------	----

*测试前后均检查功能性。

8 参考文献

1. 德州仪器应用报《运算放大器电路噪声分析》（文献编号：SLVA043A），1999 年
2. 《运算放大器噪声理论与应用》（文献编号：SLOA082）

8.1.1 术语

总未调整误差 (TUE)

TUE 属于测量误差，未进行任何增益或偏移误差补偿。TUE 可准确测量系统级误差。选择合适的组件并进行适当的 PCB 布局可省去出厂校准过程。这样将能够在批量生产中节省大量时间和成本。

$TUE = \sqrt{\text{sq}(\text{偏移误差}) + \text{sq}(\text{增益误差}) + \text{sq}(\text{DNL}) + \text{sq}(\text{INL})}$ 。

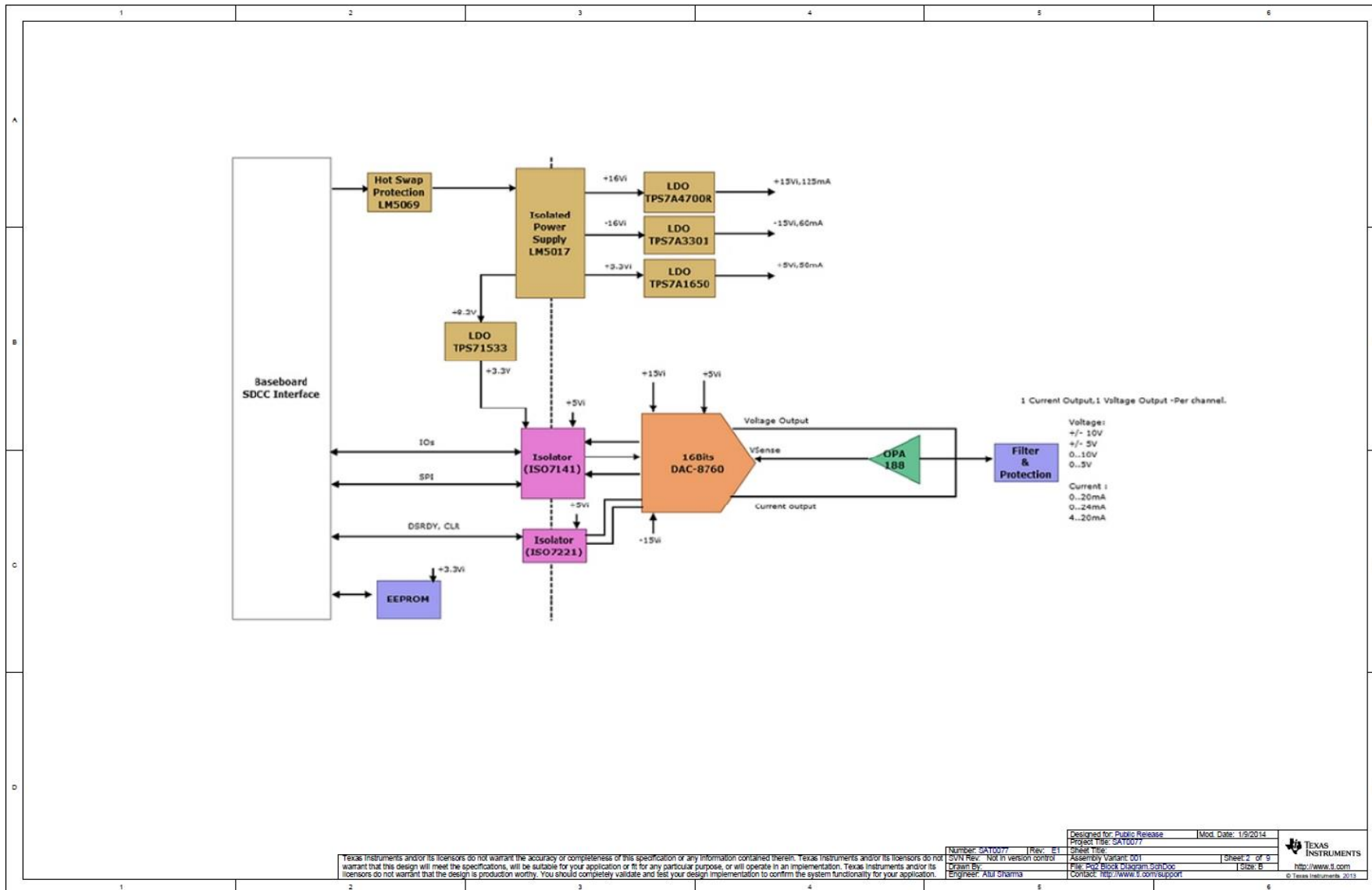
微分非线性 (DNL) 和积分非线性 (INL)

DNL 是相邻两数字值对应的模拟值之间的偏差。理想状态下，任意两相邻数字编码对应的输出模拟电压恰好相隔一个 LSB。与理想步长宽度 (LSB) 之间的偏差即为微分非线性误差。

9 设计文件

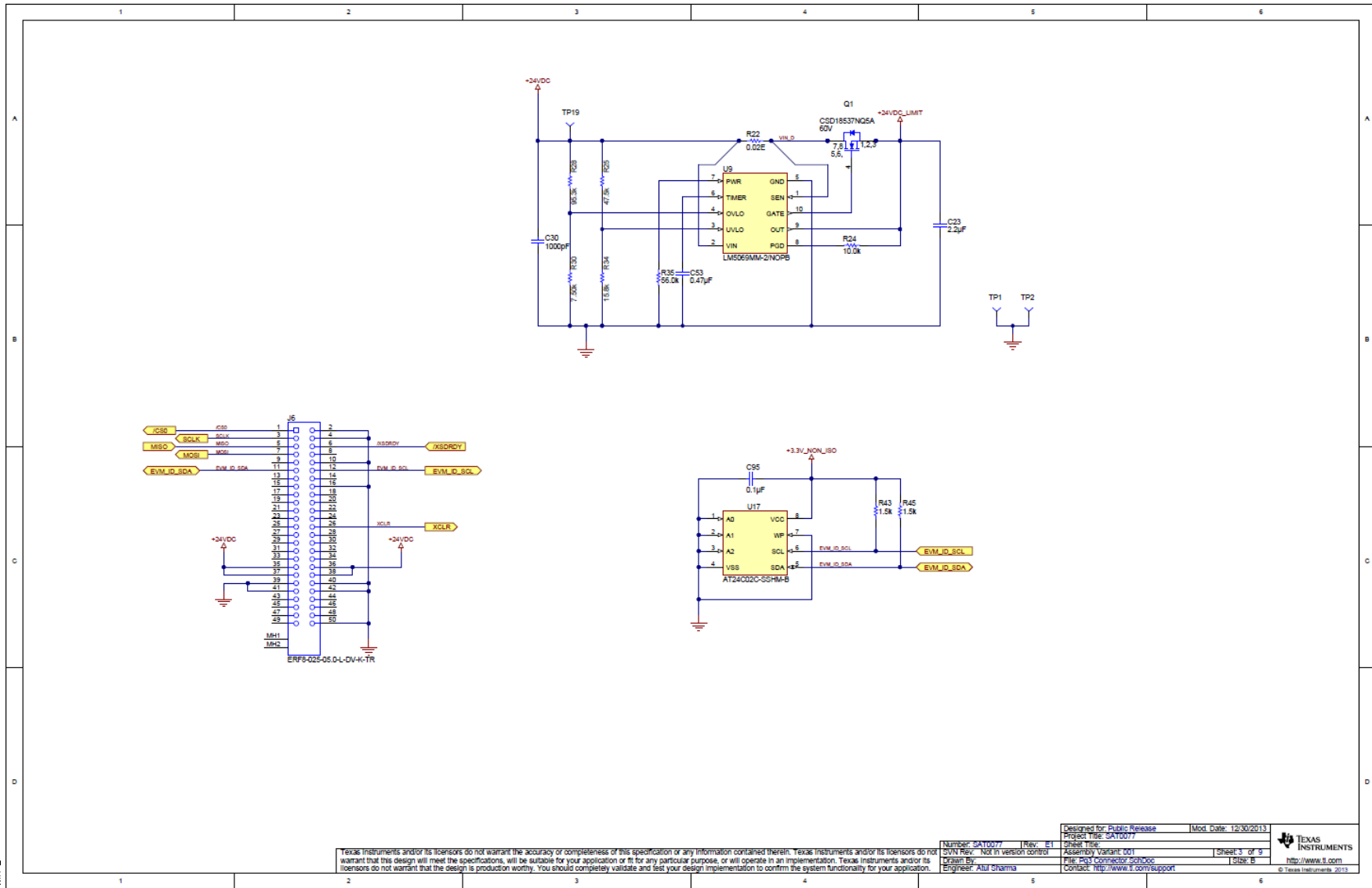
9.1 电路原理图

1	2	3	4	5	6																								
A	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>Page 2 Block Diagram</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>Page 3 50 Pin Connector to EVM Board, Hot Swap controller, EEPROM.</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>Page 4 Isolated SPI, Isolated Fly buck Power Supply for +15V_ISO, -15V_ISO, +5.3V_ISO and 8.2V_NON_ISO.</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>Page 5 LDO to generate +15V_ISO, -15V_ISO and +5V_ISO.</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>Page 6 DAC's for Analog outputs-1 and 2 Jumpers for 2/4 Analog output options</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>Page 7 DAC's for Analog outputs-3 and 4</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> <p>Page 8 Analog Output connectors for Field Devices, Connector for Earth connection, Protection components.</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>Page 9 Mounting holes, Fiducials Marking</p> </div>					B	C	D																					
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Revision History</th> </tr> <tr> <th style="width: 20%;">Revision</th> <th>Notes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		Revision History		Revision	Notes																				
Revision History																													
Revision	Notes																												
<p style="font-size: small;">Texas Instruments and/or its licensors do not warrant the accuracy or completeness of this specification or any information contained therein. Texas Instruments and/or its licensors do not warrant that this design will meet the specifications, will be suitable for your application or fit for any particular purpose, or will operate in an implementation. Texas Instruments and/or its licensors do not warrant that the design is production worthy. You should completely validate and test your design implementation to confirm the system functionality for your application.</p>				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: right;">Designed for: Public Release</td> <td colspan="2" style="text-align: right;">Mod. Date: 12/28/2013</td> </tr> <tr> <td colspan="4">Project Title: SA1007</td> </tr> <tr> <td>Number: SA1007</td> <td>Rev: 01</td> <td colspan="2">Sheet Title:</td> </tr> <tr> <td colspan="2">SVN Rev: Not in version control</td> <td colspan="2">Assembly Variant: 001</td> </tr> <tr> <td>Drawn By:</td> <td>File: P01 Index Page SCH00</td> <td colspan="2">Sheet 1 of 8</td> </tr> <tr> <td>Engineer: Anil Sharma</td> <td colspan="2">Contact: http://www.ti.com/support</td> <td>Size: B</td> </tr> </table>		Designed for: Public Release		Mod. Date: 12/28/2013		Project Title: SA1007				Number: SA1007	Rev: 01	Sheet Title:		SVN Rev: Not in version control		Assembly Variant: 001		Drawn By:	File: P01 Index Page SCH00	Sheet 1 of 8		Engineer: Anil Sharma	Contact: http://www.ti.com/support		Size: B
Designed for: Public Release		Mod. Date: 12/28/2013																											
Project Title: SA1007																													
Number: SA1007	Rev: 01	Sheet Title:																											
SVN Rev: Not in version control		Assembly Variant: 001																											
Drawn By:	File: P01 Index Page SCH00	Sheet 1 of 8																											
Engineer: Anil Sharma	Contact: http://www.ti.com/support		Size: B																										



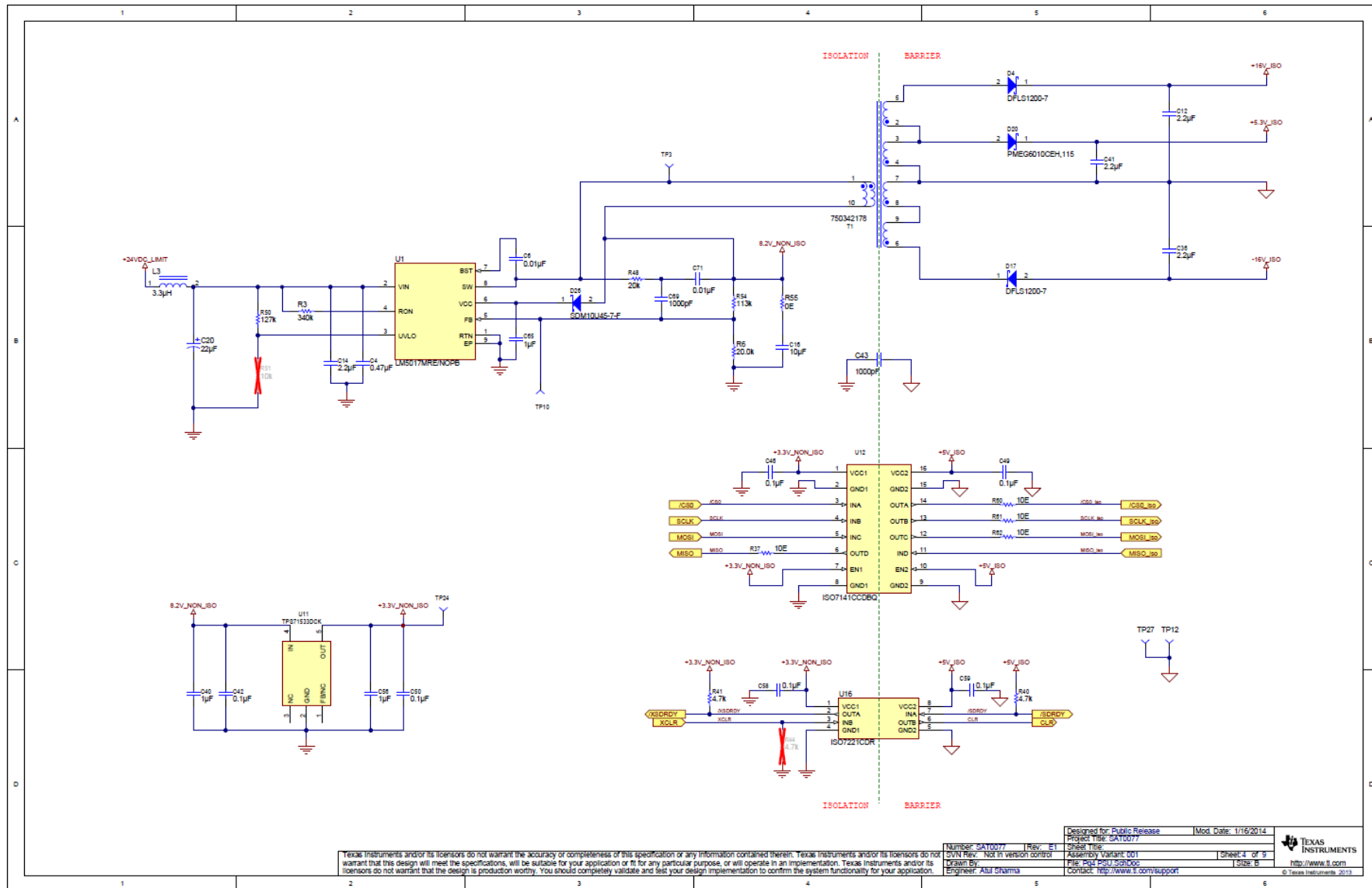
ZHCU112 - January 2014

适用于可编程逻辑控制器(PLC)的 16 位模拟输出模块参考设计



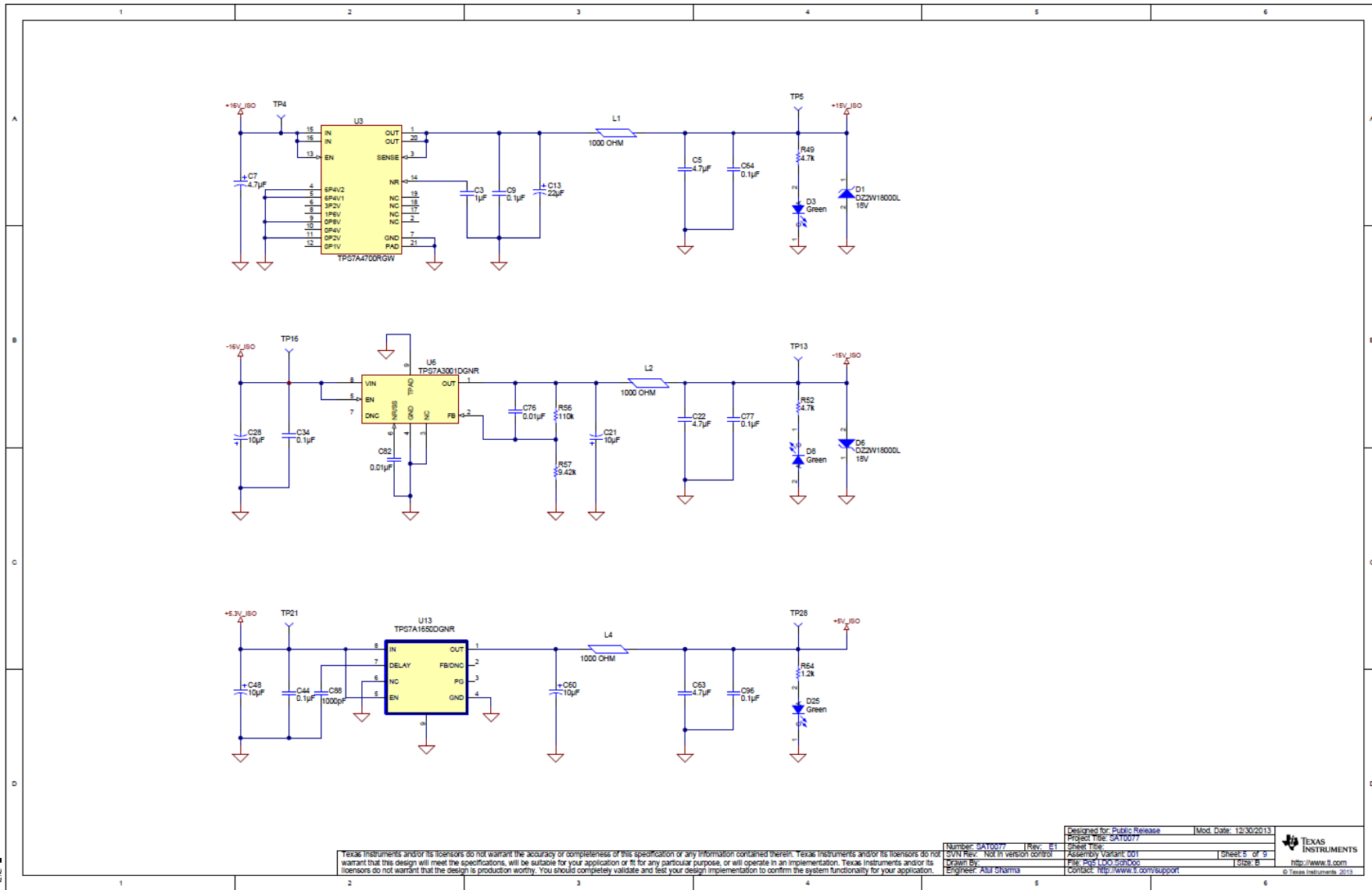
Texas Instruments and/or its licensors do not warrant the accuracy or completeness of this specification or any information contained therein. Texas Instruments and/or its licensors do not warrant that this design will meet the specifications, will be suitable for your application or fit for any particular purpose, or will operate in an implementation. Texas Instruments and/or its licensors do not warrant that the design is production worthy. You should completely validate and test your design implementation to confirm the system functionality for your application.

Number: SA1007	Rev: E1	Designed for: Public Release	Mod. Date: 12/30/2013
Project Title: SA1007	Sheet Title:	Assembly Variant: 001	Sheet 3 of 3
Created By: Engineer: Atul Sharma	File Path: connector_schematic	TSW: e	http://www.ti.com
Contact: http://www.ti.com/support			© Texas Instruments, 2013



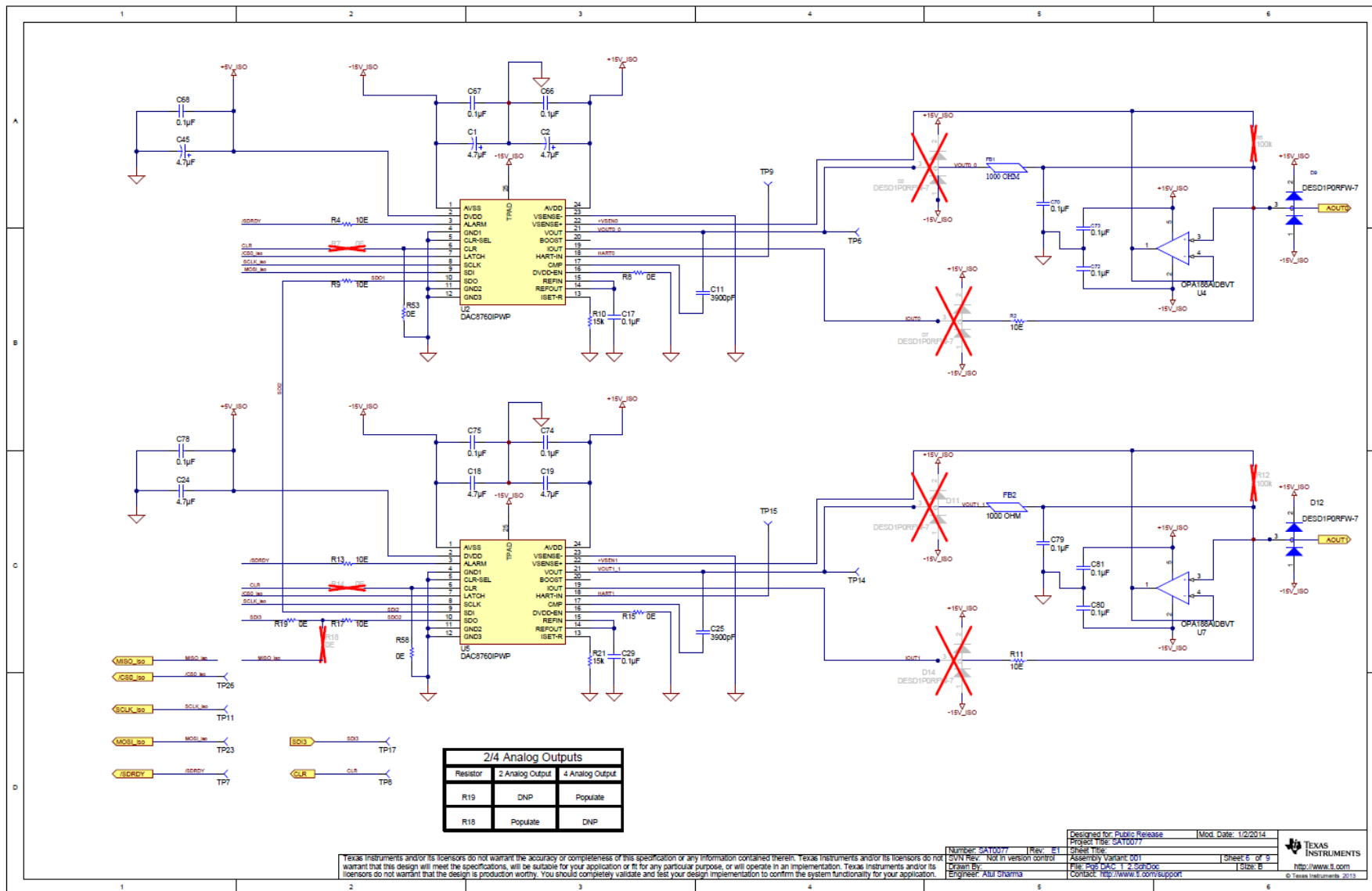
ZHCU112 - January 2014

适用于可编程逻辑控制器(PLC)的 16 位模拟输出模块参考设计



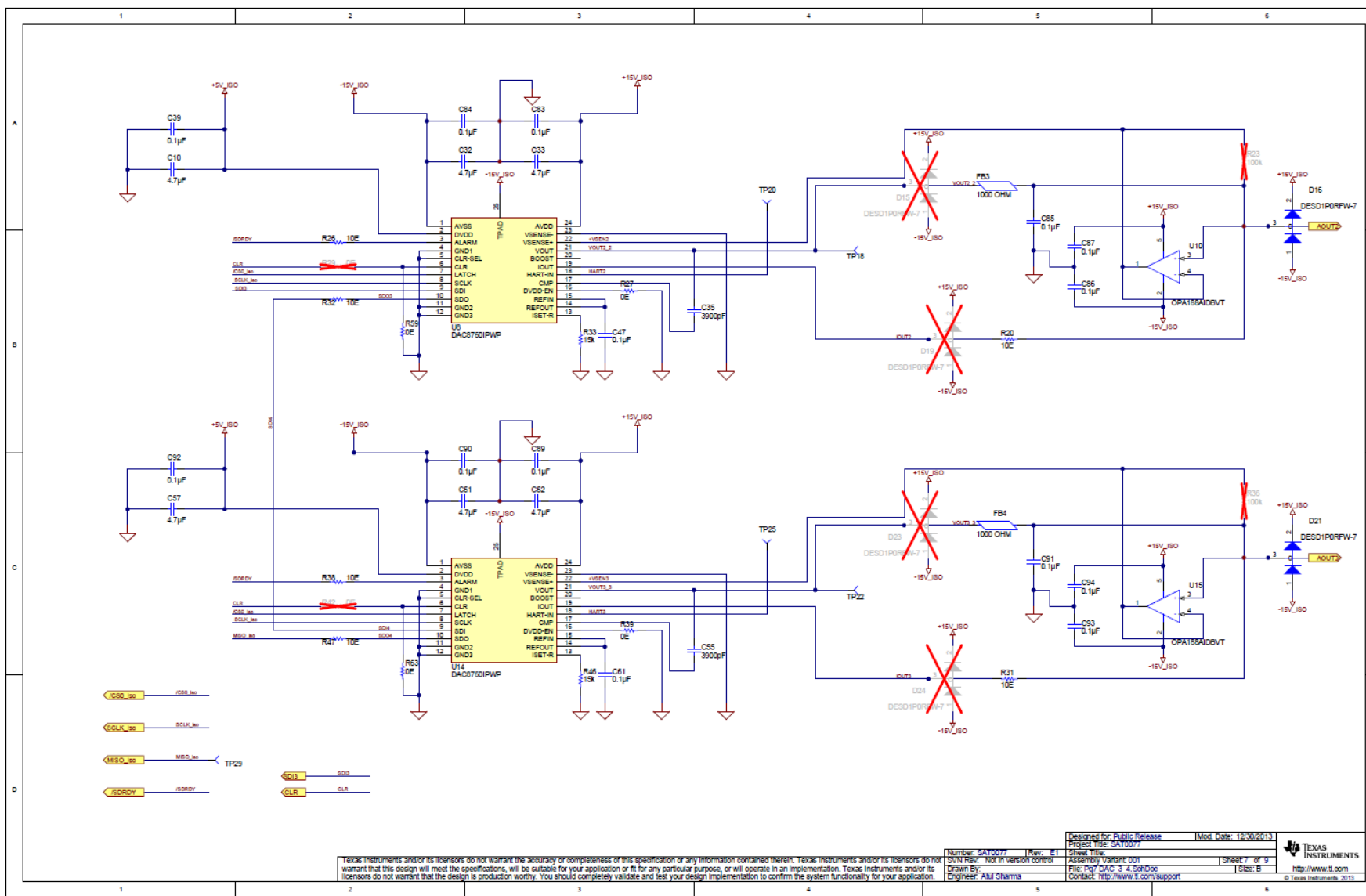
Texas Instruments and/or its licensors do not warrant the accuracy or completeness of this specification or any information contained therein. Texas Instruments and/or its licensors do not warrant that this design will meet the specifications, will be suitable for your application or fit for any particular purpose, or will operate in an implementation. Texas Instruments and/or its licensors do not warrant that the design is production worthy. You should completely validate and test your design implementation to confirm the system functionality for your application.

Designed for Public Release		Mod. Date: 12/30/2013	
Number: SAT0077	Rev: E1	Project Title: SAT0077	Sheet: 5 of 9
Drawn By: Engineer: Anil Sharma	Assembly Variant: 001	File: PDS_LDO_SCHDOC	Size: B
Contact: http://www.ti.com/support		http://www.ti.com	

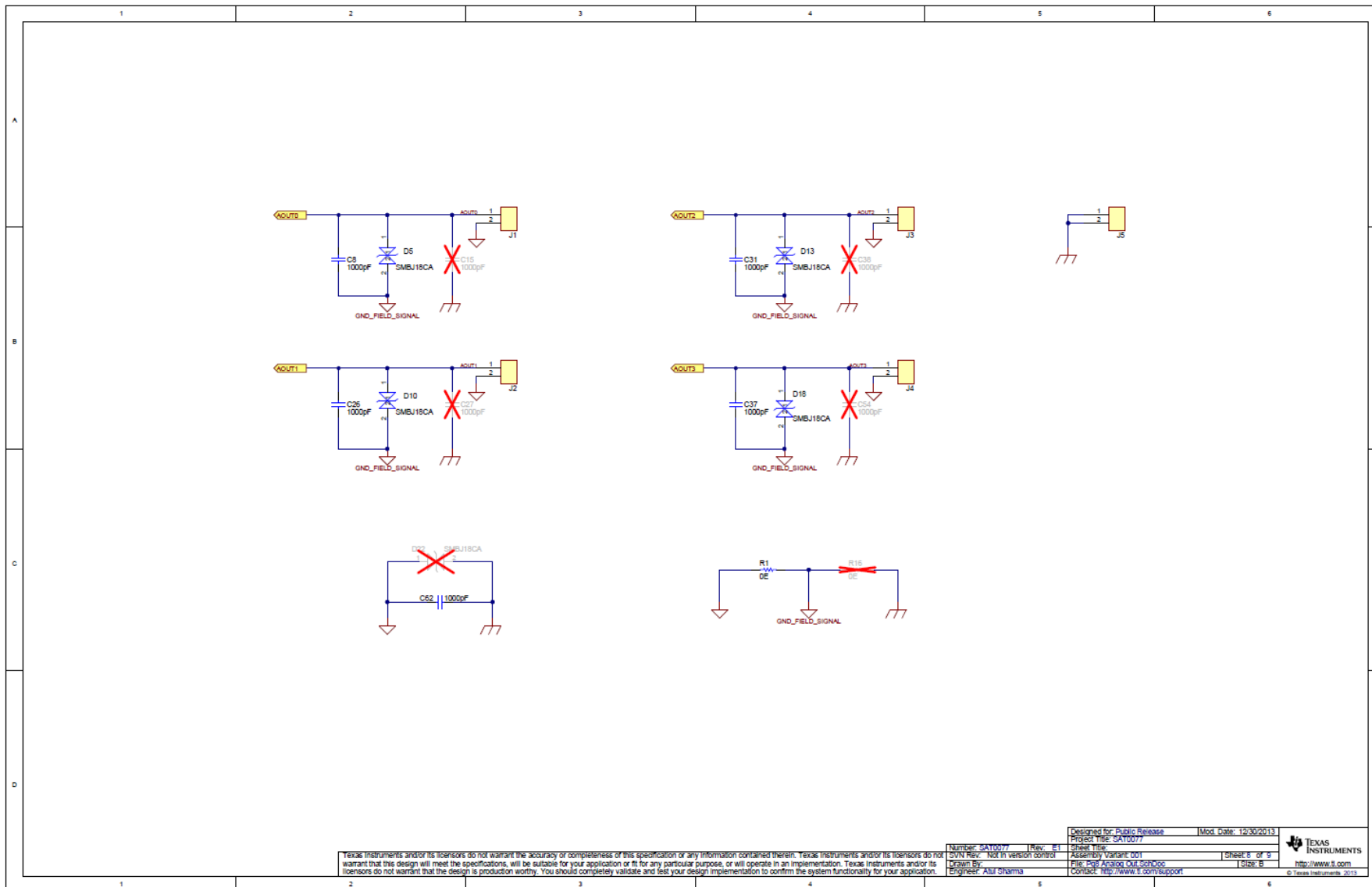


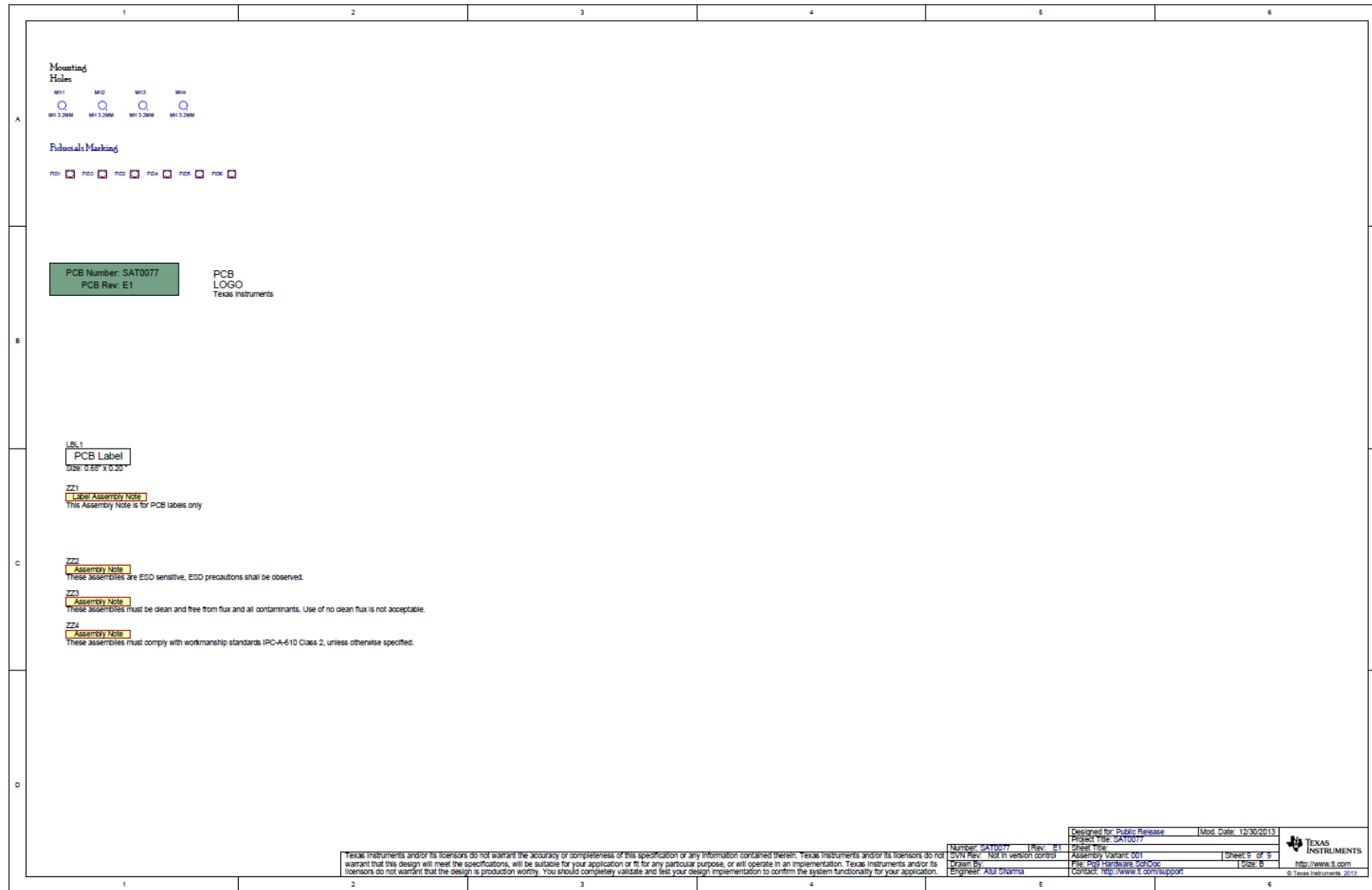
ZHCU112 - January 2014

适用于可编程逻辑控制器(PLC)的16位模拟输出模块参考设计



适用于可编程
28





适用于可编程逻辑器件 (FPGA) 的 PCB 设计指南

2014 年 1 月 20 日

9.2 物料清单

已安装	描述	标识符	制造商	部件号	数量	RoHS	封装参考
已安装	印刷电路板	!PCB	任何一家制造商	ISE-PLC-AOM-200	1	0	
已安装	电容, 钽, 4.7uF, 35V, +/-10%, 1.9Ω, SMD	C1, C2, C7, C45	威世斯普拉格 (Vishay-Sprague)	293D475X9035C2TE3	4	支持	6032-28
已安装	电容, 陶瓷, 1uF, 25V, +/-10%, X7R, 0603	C3, C40, C56, C65	TDK	C1608X7R1E105K080AB	4	支持	0603
已安装	电容, 陶瓷, 0.47uF, 100V, +/-10%, X7R, 1206	C4	TDK	C3216X7R2A474K	1	支持	1206
已安装	电容, 陶瓷, 4.7uF, 50V, +/-10%, X5R, 0805	C5, C10, C18, C19, C22, C24, C32, C33, C51, C52, C57, C63	TDK	C2012X5R1H475K125AB	12	支持	0805
已安装	电容, 陶瓷, 0.01uF, 100V, +/-5%, X7R, 0603	C6, C71, C76, C82	AVX	06031C103JAT2A	4	支持	0603
已安装	电容, 陶瓷, 1000pF, 2KV 10%, X7R, 1206	C8, C26, C31, C37, C43, C62	Johanson Dielectrics Inc	202R18W102KV4E	6	支持	1206
已安装	电容器, 陶瓷, 0.1uF, 50V, +/-10%, X7R, 0603	C9, C17, C29, C34, C39, C42, C44, C46, C47, C49, C50, C58, C59, C61, C64, C66, C67, C68, C70, C72, C73, C74, C75, C77, C78, C79, C80, C81, C83, C84, C85, C86, C87, C89, C90, C91, C92, C93, C94, C95, C96	AVX	06035C104KAT2A	41	支持	0603
已安装	电容, 陶瓷, 3900pF, 50V, +/-10%, X7R, 0805	C11, C25, C35, C55	AVX	08055C392KAT2A	4	支持	0805
已安装	电容, 陶瓷, 2.2uF, 25V, +/-10%, X5R, 0805	C12, C36, C41	村田 (Murata)	GRM219R61E225KA12D	3	支持	0805
已安装	电容, 钽, 22uF, 35V, +/-10%, 0.6Ω, SMD	C13	威世斯普拉格 (Vishay-Sprague)	293D226X9035D2TE3	1	支持	7343-31
已安装	电容, 陶瓷, 2.2uF, 100V, +/-10%, X7R, 1210	C14, C23	村田 (Murata)	GRM32ER72A225KA35L	2	支持	1210
已安装	电容, 陶瓷, 10uF, 16V, +/-20%, X5R, 0805	C16	AVX	0805YD106MAT2A	1	支持	0805
已安装	电容器, 铝制, 22uF, 50V, +/-20%, 0.88Ω, SMD	C20	松下 (Panasonic)	EEE-FK1H220P	1	支持	SMT 径向 D
已安装	电容, 钽, 10uF, 35V, +/-10%, 1.6Ω, SMD	C21, C28, C48, C60	威世斯普拉格 (Vishay-Sprague)	293D106X9035C2TE3	4	支持	6032-28
已安装	电容, 陶瓷, 1000pF, 100V, +/-5%, X7R, 0603	C30, C69, C88	AVX	06031C102JAT2A	3	支持	0603
已安装	电容器, 陶瓷, 0.47uF, 50V, 10%, X5R, 0603	C53	太阳诱电 (Taiyo Yuden)	UMK107ABJ474KA-T	1	支持	0603
已安装	二极管, 齐纳二极管, 18V, 1W, SOD-123	D1, D6	松下 (Panasonic)	DZ2W18000L	2	支持	SOD-123
已安装	LED SmartLED 绿色 570NM	D3, D8, D25	欧司朗 (OSRAM)	LG L29K-G2J1-24-Z	3		0603
已安装	二极管, 肖特基, 200V, 1A, PowerDI123	D4, D17	Diodes Inc.	DFLS1200-7	2	支持	PowerDI123
已安装	TVS, 18V, 600W, 双向, SMB	D5, D10, D13, D18	力特公司 (Littelfuse Inc)	SMBJ18CA	4		SMB
已安装	二极管, P-N, 70V, 0.2A, SOT-323	D9, D12, D16, D21	Diodes Inc	DESD1PORFW-7	4	支持	SOT-323

已安装	描述	标识符	制造商	部件号	数量	RoHS	封装参考
已安装	二极管, 肖特基, 60V, 1A, SOD-123F	D20	恩智浦半导体 (NXP Semiconductor)	PMEG6010CEH, 115	1	支持	SOD-123F
已安装	二极管, 肖特基, 45V, 0.1A, SOD-523	D26	Diodes Inc.	SDM10U45-7-F	1	支持	SOD-523
已安装	铁氧体芯片, 1000 Ω , 300MA, 0603	FB1, FB2, FB3, FB4	TDK 株式会社 (TDK Corporation)	MMZ1608Y102B	4	支持	0603
已安装	[无数值], [无数值], [无数值], [无数值], [无数值], [无数值], 安装孔, NPTH 钻孔 3.2mm, 安装孔, NPTH 钻孔 3.2mm, 安装孔, NPTH 钻孔 3.2mm	FID1, FID2, FID3, FID4, FID5, FID6, MH1, MH2, MH3, MH4			10		
已安装	引脚块, 4x1, 2.54mm, TH	J1, J2, J3, J4, J5	On Shore Technology Inc	OSTVN02A150	5	支持	TERM_BLK, 2pos, 2.54mm
已安装	插座, 0.8mm, 25x2, SMT	J6	申泰 (Samtec)	ERF8-025-05.0-L-DV-K-TR	1	支持	25x2 插排
已安装	铁氧体芯片, 1000 Ω , 300MA, 0603	L1, L2, L4	TDK 株式会社 (TDK Corporation)	MMZ1608B102C	3	支持	0603
已安装	电感, 芯片, $\pm 10\%$	L3	松下 (Panasonic)	ELJ-EA3R3MF	1		1210
已安装	热转印打印标签, 0.650" (宽) x 0.200" (高) - 10,000/卷	LBL1	布雷迪 (Brady)	THT-14-423-10	1	支持	PCB 标签 0.650" (高) x 0.200" (宽)
已安装	MOSFET, N 沟道, 60V, 50A, 5x6mm	Q1	德州仪器 (TI)	CSD18537NQE5A	1	支持	SON 5x6mm
已安装	电阻, 0 Ω , 5%, 0.25W, 1206	R1	威世达勒 (Vishay-Dale)	CRCW12060000Z0EA	1	支持	1206
已安装	电阻, 10 Ω , 5%, 0.25W, 1206	R2, R11, R20, R31	威世达勒 (Vishay-Dale)	CRCW120610R0JNEA	4	支持	1206
已安装	电阻, 340k Ω , 1%, 0.1W, 0603	R3	威世达勒 (Vishay-Dale)	CRCW0603340KFKEA	1	支持	0603
已安装	电阻, 10 Ω , 5%, 0.063W, 0402	R4, R9, R13, R17, R26, R32, R37, R38, R47, R60, R61, R62	威世达勒 (Vishay-Dale)	CRCW040210R0JNED	12	支持	0402
已安装	电阻, 20.0k Ω , 1%, 0.1W, 0603	R6	Yageo America	RC0603FR-0720KL	1	支持	0603
已安装	电阻, 0 Ω , 5%, 0.063W, 0402	R8, R15, R19, R27, R39, R53, R55, R58, R59, R63	威世达勒 (Vishay-Dale)	CRCW04020000Z0ED	10	支持	0402
已安装	电阻, 15k Ω , 1/10W, 0.1%, 0603	R10, R21, R33, R46	威世达勒 (Vishay-Dale)	RT0603BRB0715KL	4	支持	0603
已安装	电阻, 0.02 Ω , 1%, 1W, 1206	R22	Susumu Co Ltd	PRL1632-R020-F-T1	1	支持	1206
已安装	电阻, 10.0k Ω , 1%, 0.1W, 0603	R24	威世达勒 (Vishay-Dale)	CRCW060310K0FKEA	1	支持	0603
已安装	电阻, 47.5k Ω , 1%, 0.1W, 0603	R25	威世达勒 (Vishay-Dale)	CRCW060347K5FKEA	1	支持	0603

已安装	描述	标识符	制造商	部件号	数量	RoHS	封装参考
已安装	电阻, 95.3k Ω , 1%, 0.1W, 0603	R28	威世达勒 (Vishay-Dale)	CRCW060395K3FKEA	1	支持	0603
已安装	电阻, 7.50k Ω , 1%, 0.1W, 0603	R30	威世达勒 (Vishay-Dale)	CRCW06037K50FKEA	1	支持	0603
已安装	电阻, 15.8k Ω , 1%, 0.1W, 0603	R34	威世达勒 (Vishay-Dale)	CRCW060315K8FKEA	1	支持	0603
已安装	电阻, 56.0k Ω , 0.1%, 0.1W, 0603	R35	Susumu Co Ltd	RG1608P-563-B-T5	1	支持	0603
已安装	电阻, 4.7k Ω , 5%, 0.1W, 0603	R40, R41, R49, R52	威世达勒 (Vishay-Dale)	CRCW06034K70JNEA	4	支持	0603
已安装	电阻, 1.5k Ω , 5%, 0.063W, 0402	R43, R45	威世达勒 (Vishay-Dale)	CRCW04021K50JNED	2	支持	0402
已安装	电阻, 20k Ω , 5%, 0.1W, 0603	R48	威世达勒 (Vishay-Dale)	CRCW060320K0JNEA	1	支持	0603
已安装	电阻, 127k Ω , 1%, 0.1W, 0603	R50	威世达勒 (Vishay-Dale)	CRCW0603127KFKEA	1	支持	0603
已安装	电阻, 113k Ω , 1%, 0.1W, 0603	R54	威世达勒 (Vishay-Dale)	CRCW0603113KFKEA	1	支持	0603
已安装	电阻, 110k Ω , 1%, 0.063W, 0402	R56	威世达勒 (Vishay-Dale)	CRCW0402110KFKEA	1	支持	0402
已安装	电阻, 9.42k Ω , 1%, 0.063W, 0402	R57	威世达勒 (Vishay-Dale)	TNPW04029K42BEED	1	支持	0402
已安装	电阻, 1.2k Ω , 5%, 0.063W, 0402	R64	威世达勒 (Vishay-Dale)	CRCW04021K20JNED	1	支持	0402
已安装	变压器, 50uH, SMT	T1	Würth Elektronik e iSos	750342178	1	支持	17.75x12.7x13.46mm
已安装	测试点, 0.040 孔	TP1, TP2, TP12, TP19, TP27	标准	标准	5		
已安装	测试点, 40mil 焊盘, 20mil 钻孔	TP3, TP4, TP5, TP6, TP7, TP8, TP9, TP10, TP11, TP13, TP14, TP15, TP16, TP17, TP18, TP20, TP21, TP22, TP23, TP24, TP25, TP26, TP28, TP29	STD	STD	24		
已安装	100V、600mA 恒定导通时间同步降压稳压器, DDA0008B	U1	德州仪器 (TI)	LM5017MRE/NOPB	1	支持	DDA0008B
已安装	用于 4-20mA 电流回路应用的单通道、16 位、可编程电流/电压输出 DAC	U2, U5, U8, U14	德州仪器 (TI)	DAC8760IPWP	4	支持	HTSSOP (PWP) 24
已安装	36V、1A、4.17 μ V RMS、RF LDO 稳压器, RGW0020A	U3	德州仪器 (TI)	TPS7A4700RGW	1	支持	RGW0020A
已安装	低噪声、轨至轨输出、36V 零漂移精密运算放大器	U4, U7, U10, U15	德州仪器 (TI)	OPA188AIDBVT	4	支持	SOT-23 (DBV) 5

已安装	描述	标识符	制造商	部件号	数量	RoHS	封装参考
已安装	-36V、-200mA、超低噪声。负线性稳压器	U6	德州仪器 (TI)	TPS7A3001DGNR	1	支持	MSOP-PowerPAD (DGN) 8
已安装	具有功率限制的正高电压热插拔/浪涌电流控制器, 10 引脚 MSOP, 无铅	U9	美国国家半导体公司 (National Semiconductor)	LM5069MM-2/NOPB	1	支持	MUB10A
已安装	50mA 24V 3.2mA 电源电流低压降线性稳压器, DCK0005A	U11	德州仪器 (TI)	TPS71533DCK	1	支持	DCK0005A
已安装	4242-VPK 小型封装低功耗四通道数字隔离器, DBQ0016A	U12	德州仪器 (TI)	IS07141CCDBQ	1	支持	DBQ0016A
已安装	具有使能和电源正常指示功能的 IC 60V、6 μ A IQ、100mA LDO 稳压器	U13	TI	TPS7A1650DGNR	1		HTSSOP8
已安装	25Mbps 双通道, 1/1, 数字隔离器, 3.3V/5V, -40 至 +125 °C, 8 引脚 SOIC (D), 绿色环保 (符合 RoHS & 无铅/无溴)	U16	德州仪器 (TI)	IS07221CDR	1		D0008A
已安装	IC, EEPROM, 2Kb, 1MHz, SOIC-8	U17	爱特梅尔 (Atmel)	AT24C02C-SSHM-B	1	支持	SOIC-8
未安装	电容, 陶瓷, 1000pF, 2KV 10%, X7R, 1206	C15, C27, C38, C54	Johanson Dielectrics Inc	202R18W102KV4E	0	支持	1206
未安装	二极管, P-N, 70V, 0.2A, SOT-323	D2, D7, D11, D14, D15, D19, D23, D24	Diodes Inc	DESD1P0R7V-7	0	支持	SOT-323
未安装	TVS, 18V, 600W, 双向, SMB	D22	力特公司 (Littelfuse Inc)	SMBJ18CA	0		SMB
未安装	电阻, 100k Ω , 1%, 0.125W, 0805	R5, R12, R23, R36	威世达勒 (Vishay-Dale)	CRCW0805100KFKEA	0	支持	0805
未安装	电阻, 0 Ω , 5%, 0.063W, 0402	R7, R14, R18, R29, R42	威世达勒 (Vishay-Dale)	CRCW04020000Z0ED	0	支持	0402
未安装	电阻, 0 Ω , 5%, 0.25W, 1206	R16	威世达勒 (Vishay-Dale)	CRCW12060000Z0EA	0	支持	1206
未安装	电阻, 4.7k Ω , 5%, 0.1W, 0603	R44	威世达勒 (Vishay-Dale)	CRCW06034K70JNEA	0	支持	0603
未安装	电阻, 10k Ω , 5%, 0.1W, 0603	R51	Yageo America	RC0603JR-0710KL	0	支持	0603

9.3 PCB 布局布线

此模拟输出模块采用四层 PCB 实现。为使此设计获得最优性能，请遵循标准 PCB 布局准则，包括靠近所有集成电路进行适当去耦以及利用大面积覆铜提供足够的电源和接地连接。另外，还需考虑提供稳定的 EMC 和 EMI 抗扰度。应将所有保护元件尽可能靠近输出连接器放置，以为瞬变电流提供可控的返回路径，防止其流过敏感组件。为实现最优电流量，应沿输出信号路径和保护元件使用低阻抗低电感走线。尽可能使用覆铜代替走线。覆铜可在 PCB 周围提供返回路径，有助于降低辐射干扰

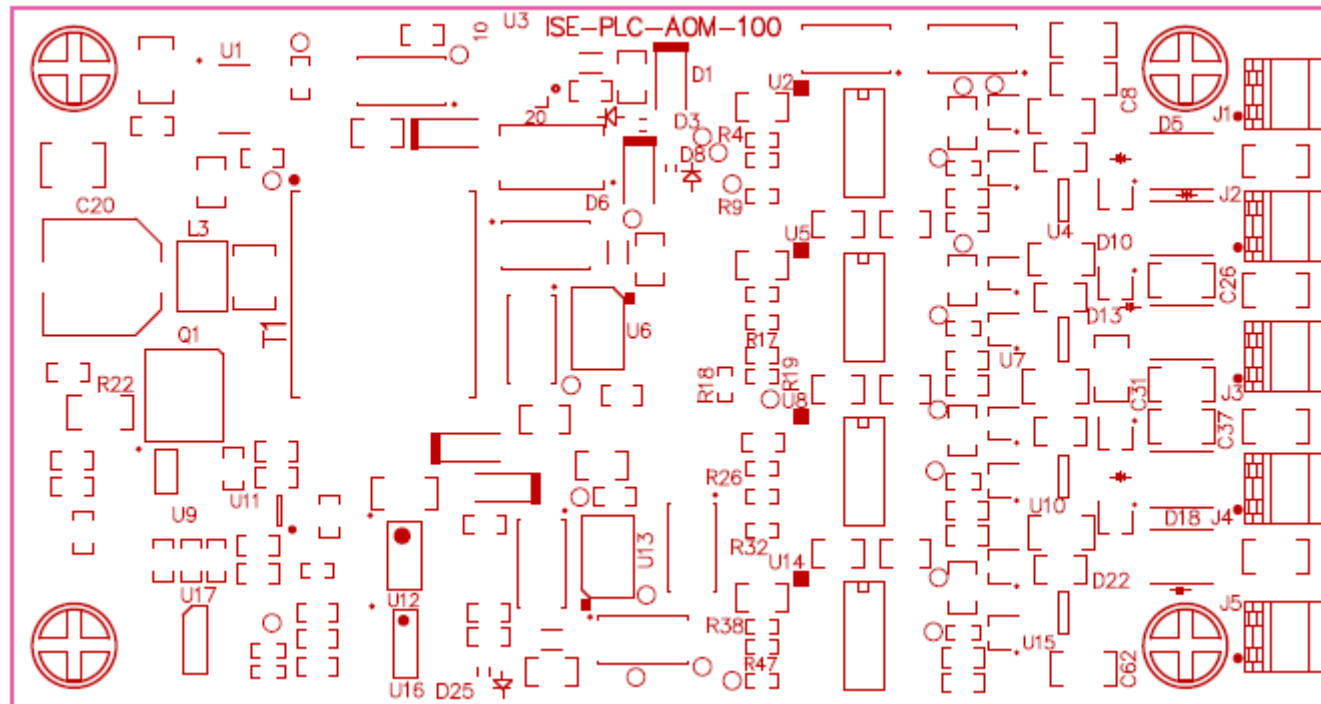
9.3.1 布局布线建议

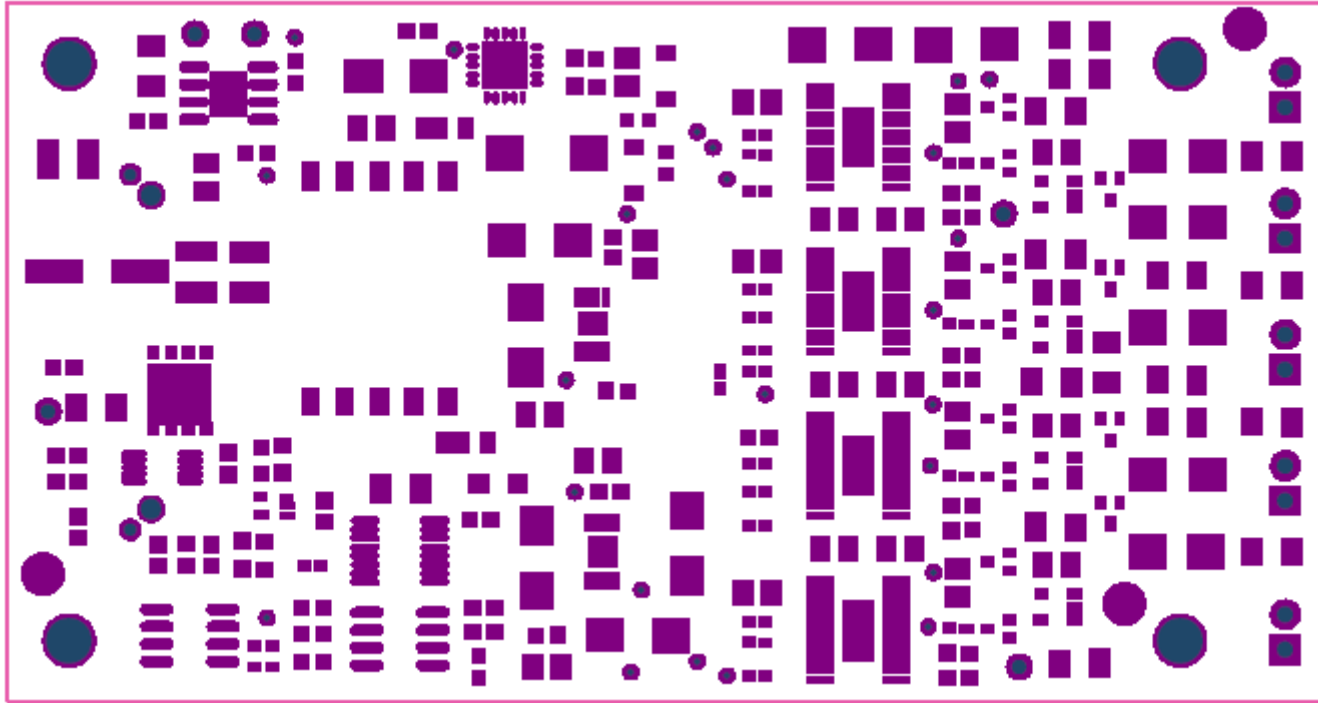
为确保高性能，建议遵循以下布局布线准则

1. 确保 TVS 二极管和电容之类的保护元件尽可能靠近连接器放置，防止返回的高能瞬变电流损坏敏感器件。另外，使用粗大走线以确保为高能瞬变电流提供低阻抗路径。
2. 将去耦电容靠近 IC 的电源引脚放置。
3. 建议使用多个过孔实现去耦电容供电和接地。
4. 必须采用开尔文感测连接方式连接电流感测电阻。
5. SPI 线路：为确保信号完整性，请将端接电阻放置在电源附近。
6. 每个 AVDD 和 AVSS 的对应引脚附近均应放置去耦电容。
7. 应将基准电容放在电压基准输入引脚附近。

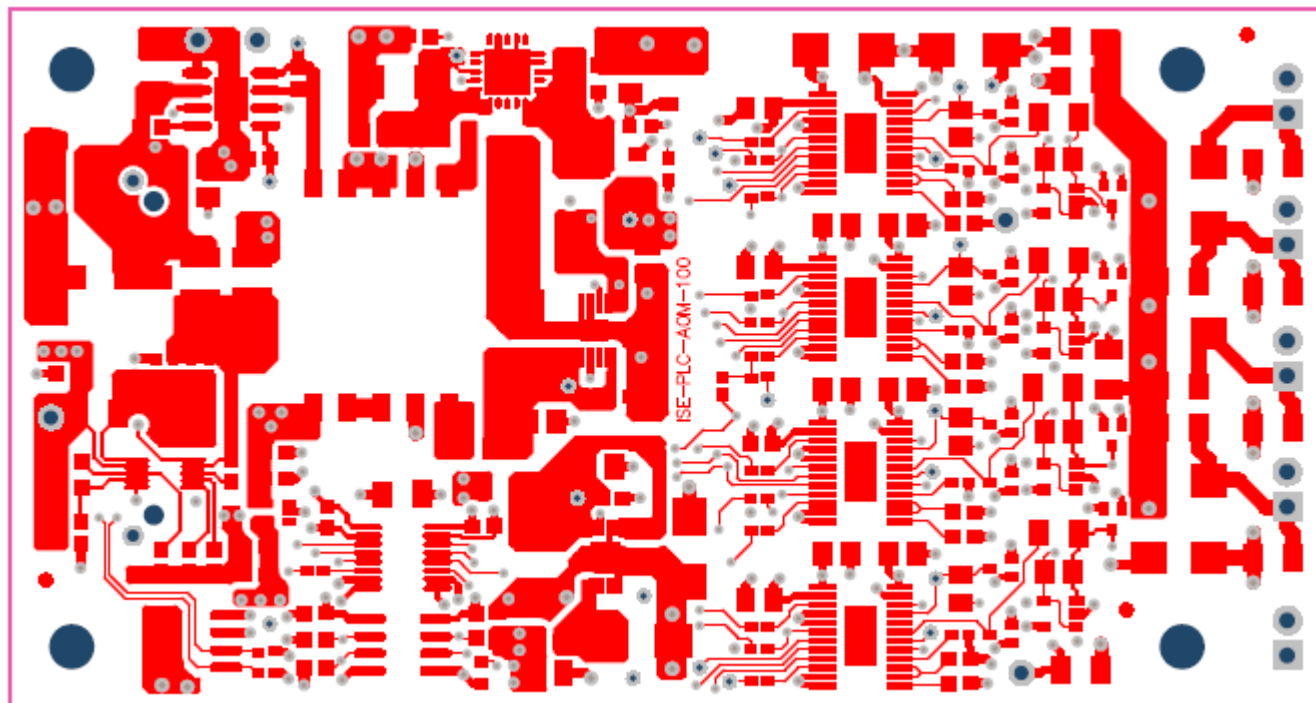
9.3.2 布局图

要下载板层图，请参见 www.ti.com/tools/TIDA-00118 的设计文件

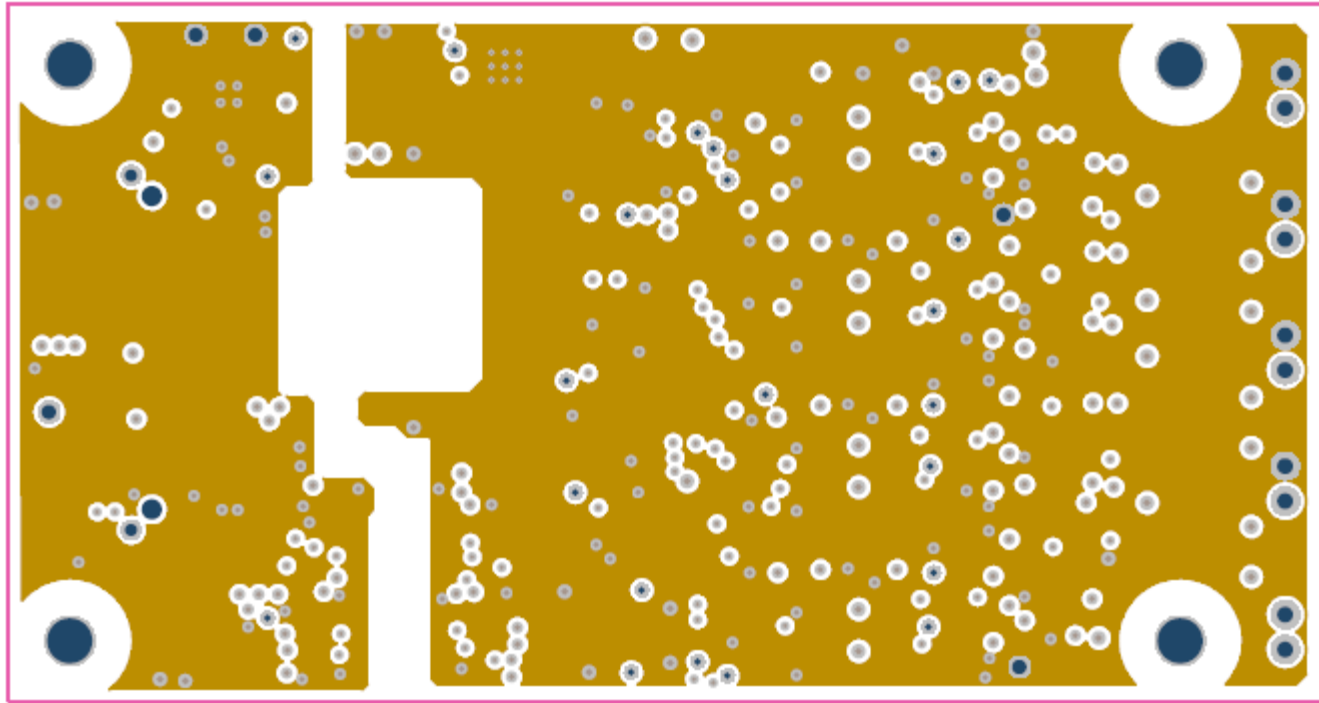




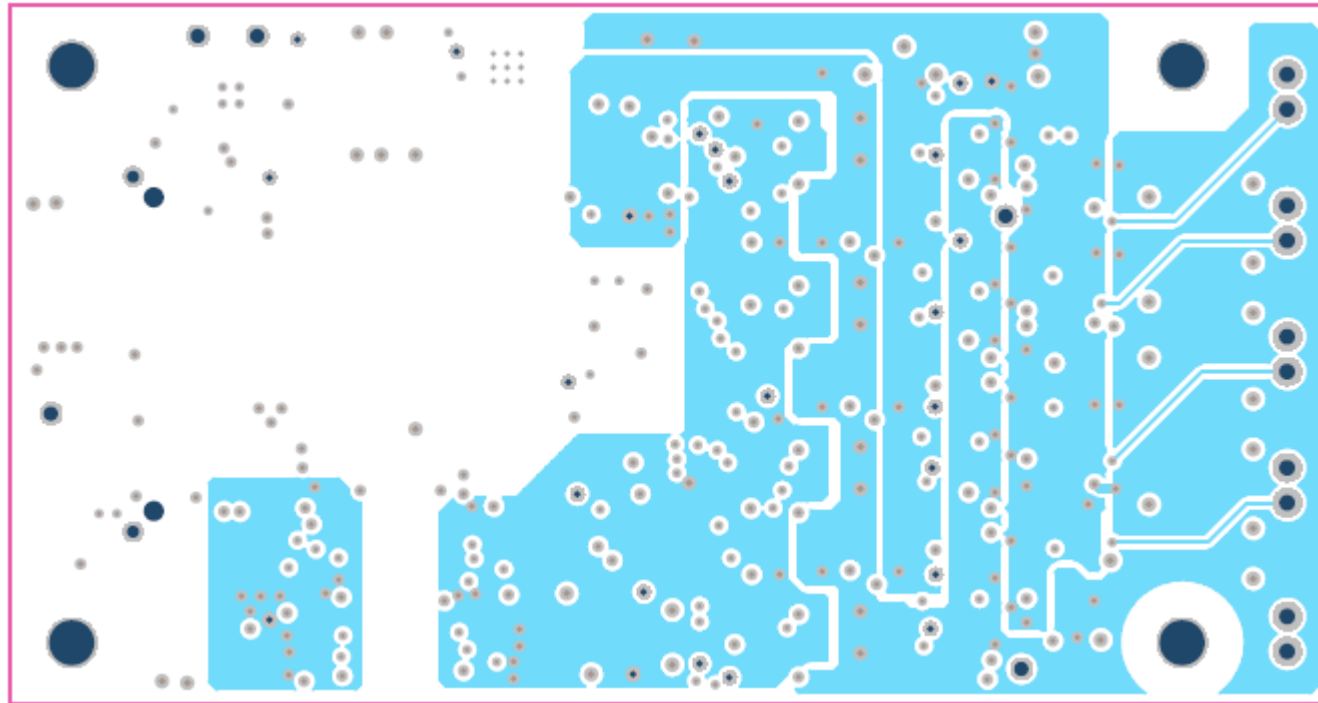
顶层

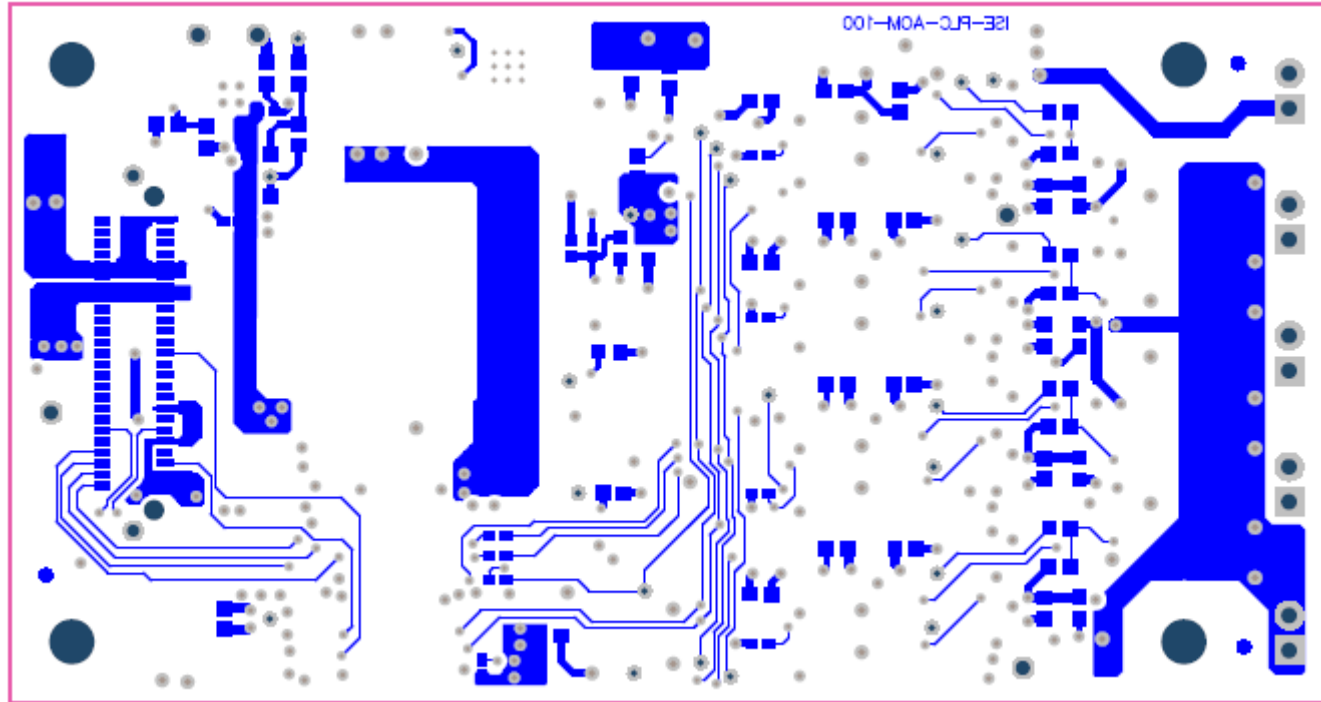


内部第 1 层接地层

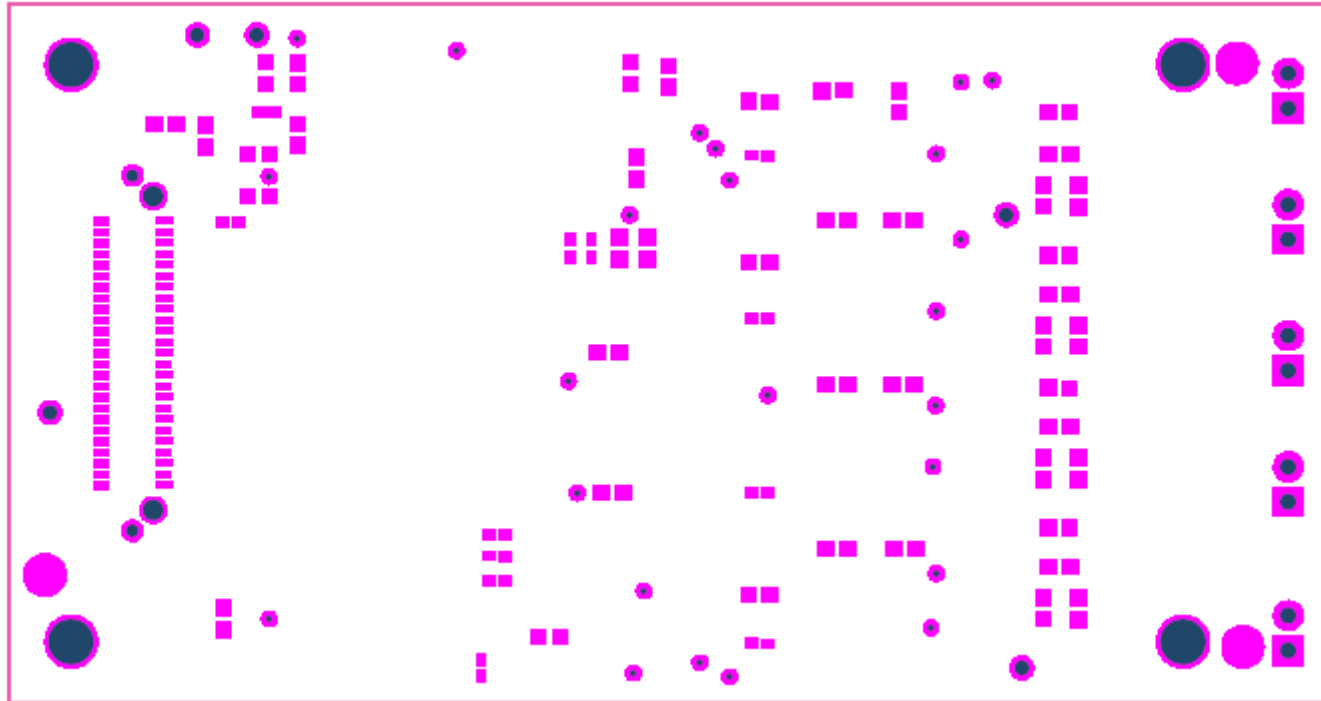


内部第 2 层电源层

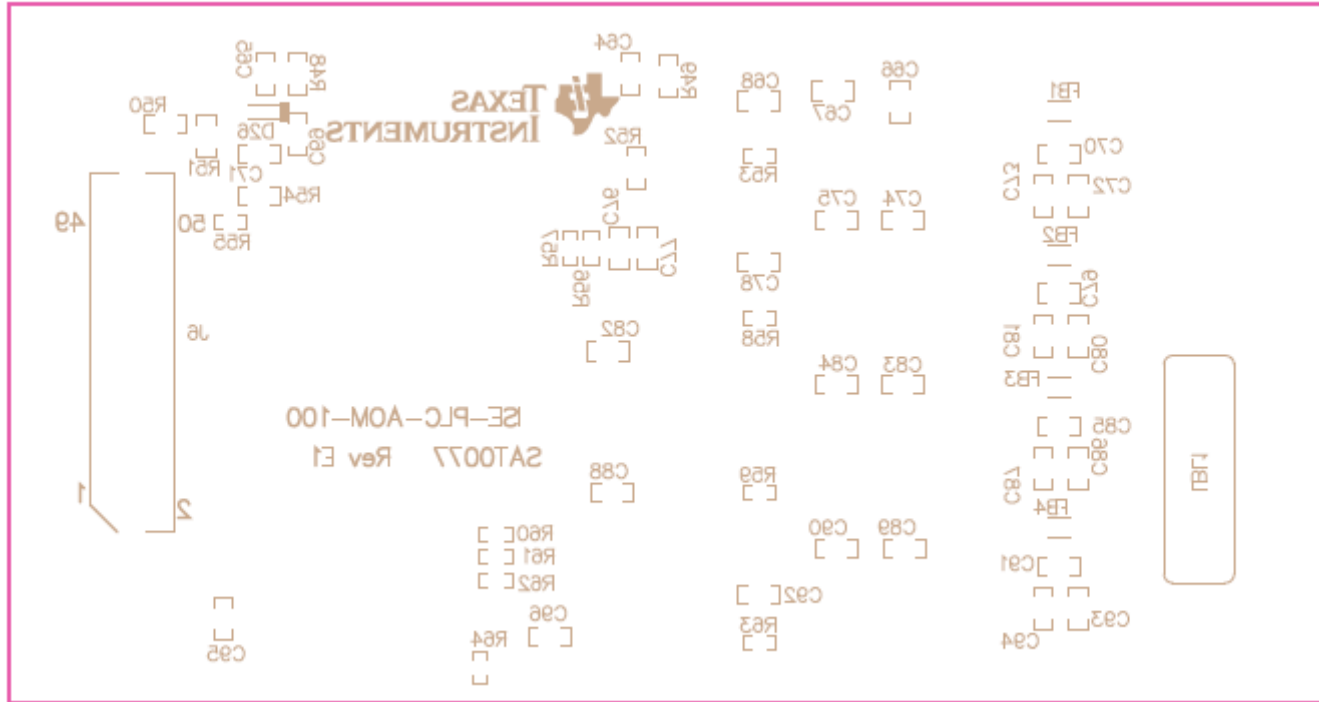




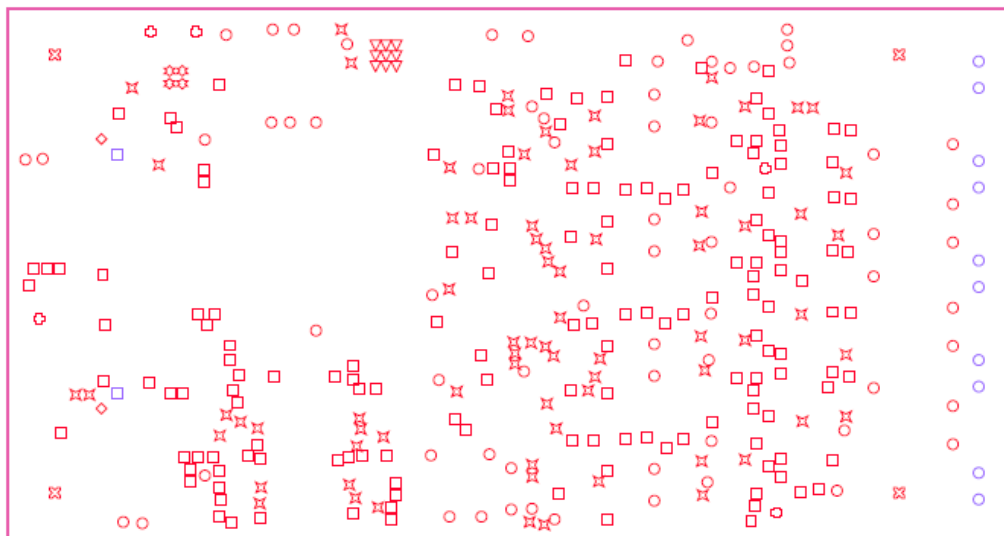
底部焊接



底部覆盖层



钻孔图



Symbol	Hit Count	Tool Size	Plated	Hole Type
▽	9	7.874mil (0.2mm)	PTH	Round
×	75	12mil (0.305mm)	PTH	Round
☆	4	12.992mil (0.33mm)	PTH	Round
□	159	16mil (0.406mm)	PTH	Round
○	68	20mil (0.508mm)	PTH	Round
◇	2	33mil (0.838mm)	PTH	Round
⊙	5	40mil (1.016mm)	PTH	Round
○	10	44mil (1.118mm)	PTH	Round
□	2	57.087mil (1.45mm)	NPTH	Round
⊗	4	128mil (3.251mm)	NPTH	Round
338 Total				

Drill Table

机械层



9.4 Altium 项目

要下载电路板的 Altium 项目文件，请参见 www.ti.com/tools/TIDA-00118 的设计文件

9.5 光绘文件

要下载电路板的光绘文件，请参见 www.ti.com/tools/TIDA-00118 的设计文件

重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准, 对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或间接版权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时, 如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分, 则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权, 且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独自负责满足与其产品及其应用中使用 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意, 对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独自负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 不承担任何责任。

	产品		应用
数字音频	www.ti.com.cn/audio	通信与电信	www.ti.com.cn/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/amplifiers	计算机及周边	www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com.cn/dataconverters	消费电子	www.ti.com.cn/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com	能源	www.ti.com.cn/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/dsp	工业应用	www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/clockandtimers	医疗电子	www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/interface	安防应用	www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/logic	汽车电子	www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/power	视频和影像	www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	www.ti.com.cn/microcontrollers		
RFID 系统	www.ti.com.cn/rfidsys		
OMAP应用处理器	www.ti.com.cn/omap		
无线连通性	www.ti.com.cn/wirelessconnectivity	德州仪器在线技术支持社区	www.deyisupport.com

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2016, Texas Instruments Incorporated