

AD7780在电子秤应用中的辐射抗扰度性能

作者: Mary McCarthy和Li Ke

简介

AD7780是一款包含PGA的低噪声、低功耗、24位 Σ - Δ 型转换器。AD7780用于低端到中端的电子秤系统。作为发布过程的一部分,测试了电子秤系统的辐射抗扰度。本应用笔记介绍如何实现AD7780的最佳抗辐射性能,在设计印刷电路板(PCB)的过程中考虑了电路板布局和元件放置的影响。根据IEC 61000-4-3标准对整套系统(ADC、PCB和称重传感器)进行了辐射抗扰度测试。

辐射抗扰度

辐射抗扰度测试按照IEC 61000-4-3标准中的说明进行。磁场强度为10 V/m, RF频率从80 MHz扫至1 GHz。根据规范,器件的分类如下:

- A类: 在制造商、请求者或购买者指定的限制范围内性能正常。
- B类: 暂时丧失功能或性能暂时降低, 这种现象在干扰停止后消失, 然后受测设备就会恢复正常性能, 无需操作人员介入。

- C类: 暂时丧失功能或性能暂时降低, 需要操作人员介入才能解决此问题。
- D类: 因为硬件或软件损坏或者数据丢失而导致功能丧失或性能降低, 并且无法恢复。

ADC在频率扫描期间持续转换。本应用笔记中通篇提到的误差是指有RF频率和没有RF频率时的ADC转换之间的最大偏差。

要让一套电子秤系统算得上A类, 那么存在RF干扰时允许的误差 e 为

$$\frac{\pm \text{称重传感器的最大输出电压}}{(2 \times \text{计数次数})} = \frac{\pm \text{满量程输出}}{2n}$$

其中 n 为电子秤系统的计数次数。

目录

简介.....	1	印刷电路板.....	4
辐射抗扰度.....	1	结果.....	6
修订历史.....	2	结论.....	6
辐射抗扰度测试分析.....	3	评估板原理图与PCB布局图.....	7
设置.....	3	物料清单.....	10
误差.....	3		

修订历史

2013年3月—修订版0：初始版

辐射抗扰度测试分析

设置

图1是辐射抗扰度测试所用电路的框图。AD7780配置如下：

输出数据速率 = 10 Hz

增益 = 128

AD7780采用3.3 V电源供电。此电源还用于激励称重传感器。称重传感器采用6线，灵敏度为2 mV/V。有关采用AD7780的电子秤设计的更多详情，请参见Circuits from the Lab®参考电路(CN-0107)。

误差

正如“辐射抗扰度”部分所述，允许的误差 e 为

\pm 满量程输出

$2n$

其中 n 为计数次数。误差相当于 ± 0.5 次。

本应用笔记中的目标是设计一种次数为3000且归为A类的电子秤系统，并且在实现此目标时称重传感器的激励电压为3.3 V。在灵敏度为2 mV/V且激励电压为3.3 V的情况下，称重传感器的最大信号为6.6 mV。为了使用称重传感器最具线性的部分，常常仅使用此范围的三分之二。这样就将称重传感器的满量程输出电压降到了4.4 mV。

对于3000次的精度，1次为

$$1\text{次} = 4.4\text{ mV}/3000 = 1.46\text{ }\mu\text{V}$$

$$\pm 0.5\text{次} = \pm 1.46\text{ }\mu\text{V}/2 = \pm 0.73\text{ }\mu\text{V}$$

存在RF频率的情况下，误差必须小于 $\pm 0.73\text{ }\mu\text{V}$ 。应用中的称重传感器可接受的最大重量为2 kg，因此误差需要小于 $\pm 2\text{ kg}/(2 \times 3000) = \pm 0.33\text{ g}$ ，这样可以确保数字显示屏不受RF干扰的影响。

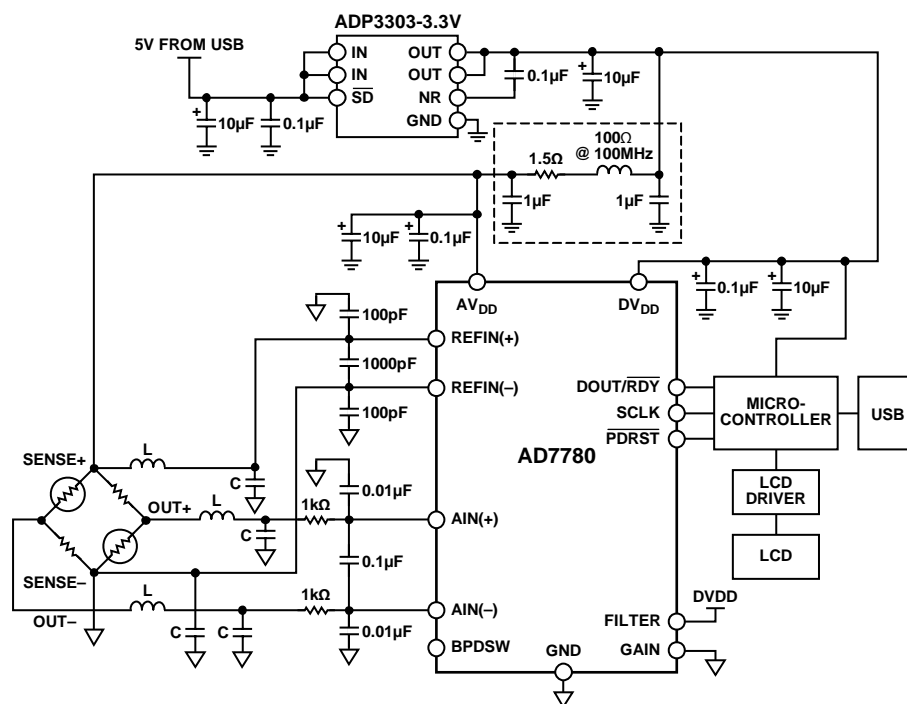


图1. AD7780的测试设置

11441-001

印刷电路板

标准AD7780评估板专用于提供最佳的模数转换性能。不过，它没有针对EMC进行优化。例如，标准AD7780评估板包含一些可容许不同电源选项的链路(垂直引脚)，可用于噪声测试连接；这些接头充当着天线的作用。此外，模拟和数字输入端并未针对位置和元件大小(采用0603元件)进行滤波优化。然而，将此评估板用作起点，展开的调查重点突出了EMC造成的不利影响。有关详情，请参见“结果”部分。对接地、元件位置和增加额外滤波进行了全面考察。所有阶段都维持ADC性能。

总而言之，取得以下重要发现

- 评估板上不应该包含接头选项(垂直引脚)。这些接头充当着天线的作用。因此，用焊接线替代这些接头选项。
- 印刷电路板应该为4层，模拟输入端和参考输入端埋入内层中。应该使用一个接地层。用地线填充电路板的顶面和底面。此外，也用地线填充内层。应该包含多个通孔，以便最大限度地降低整个电路板的电位差。对于所需通孔的密度，没有硬性规定。在AD7780评估板上，ADC以及模拟和参考输入端的滤波周围有一圈通孔。一般而言，评估板上的任何孤岛也都应该有通孔，通孔数量大于1即可。顶面和底面上的任何走线都应该尽可能短，因为走线也充当着天线的作用。
- 建议在模拟和参考输入端采用滤波。图1显示了通常对模拟和参考输入端建议的R和C值。这种滤波可在AD7780的采样频率(64 kHz)和多种其他采样频率下提供衰减。AD7780本身不在这些频率条件下提供任何衰减。电容需要尽可能接近AD7780的模拟输入端和参考输入端，这样可以最大限度地减小元件与ADC之间的走线长度。使用物理尺寸较小的元件让用户能够将元件放置得更靠近引脚。布局应该确保从引脚到元件的走线长度很好地匹配。
- 除了这些滤波器之外，如图1所示在R和L位置增加额外的滤波可以进一步增强抗扰度。此滤波器位于接至称重传感器的连接器上。为实现最佳结果，评估了各种形式的L(L2、L3、L4和L5)和C(C38、C39和C40)值组合。“物料清单”部分列出了最终选择的元件。
- 电源通过与0.1 μ F电容并联的10 μ F电容去耦。同样，这些元件应该尽可能靠近AD7780的电源引脚。模拟电源用作称重传感器的激励电压，称重传感器则用作ADC的基准。因此，电源走线也埋入内层中。

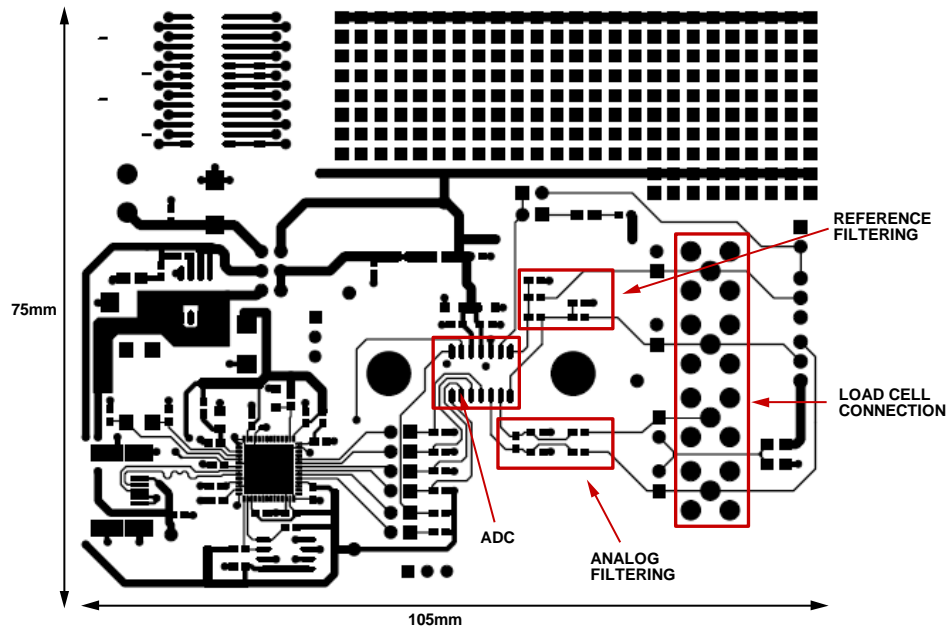


图2. 标准AD7780评估板的顶面

11441-002

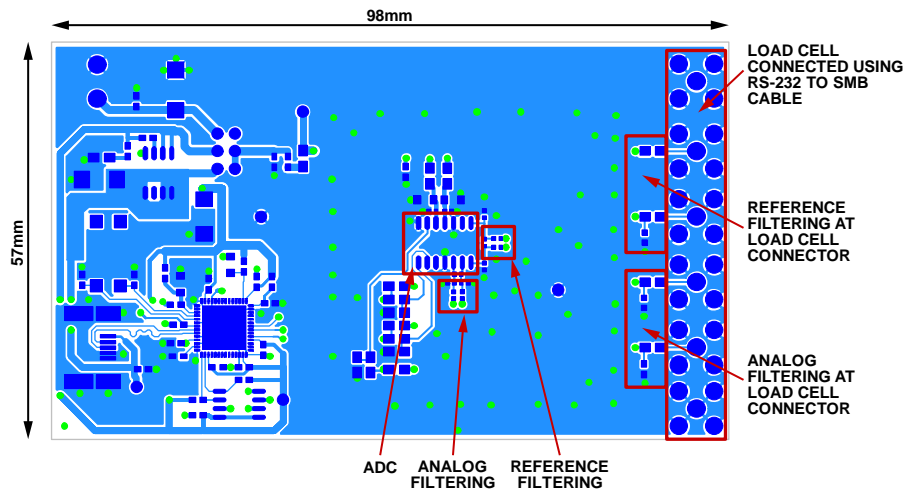


图3. AD7780 EMC板的顶面

11441-003

结果

在调研之后，我们开发了针对抗辐射干扰的优化印刷电路板(见图3)。本应用笔记的“评估板原理图与PCB布局图”部分提供了评估板的原理图和布局图。使用此评估板和物料清单所列的元件时，测得的最大误差超过了 e 。图4显示了RF频率从80 MHz扫至1 GHz的情况下从AD7780读取的转换。测试期间，对称重传感器施加的重量保持恒定。

测得的误差为 $1.79\ \mu\text{V}$ ，高于 e 。这相当于 $0.81\ \text{g}$ 。但是，在有RF干扰的情况下，ADC会继续发挥作用，一旦干扰清除就会自动恢复到额定范围内。因此，就辐射抗扰度而言，该电子秤系统为B类。

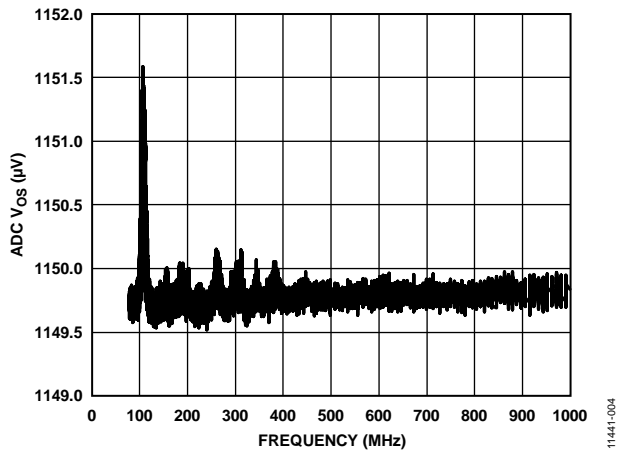


图4. AD7780 EMC板的误差与频率

为了对比，图5显示了测试辐射抗扰度时从标准AD7780评估板读取的转换。在有RF干扰的情况下，此评估板的误差为 $2101\ \mu\text{V}$ ，相当于 $955\ \text{g}$ 。

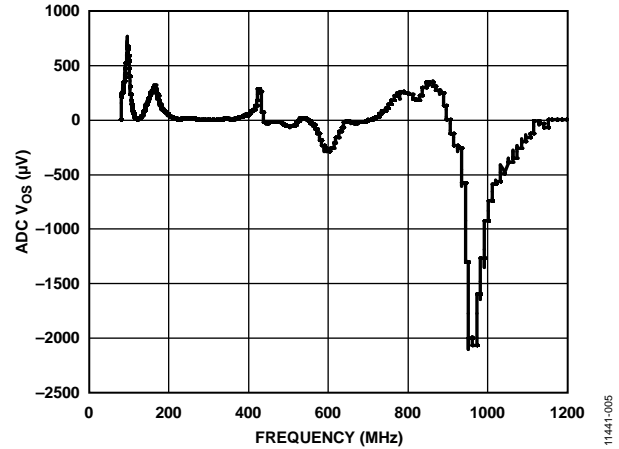


图5. AD7780评估板的辐射抗扰度

这种对比突出了布局、元件选择和元件放置的重要性，妥善考虑这些因素将能实现最佳的辐射抗扰度性能。

为了进一步增强器件的辐射抗扰度，可以在AD7780和辅助元件外装上一层铜制屏蔽罩。这样可将系统提升至A类。

结论

优化电子秤系统辐射抗扰度性能的关键因素是电路板布局以及元件的放置和选择。遵循本应用笔记中介绍的布局做法时，根据IEC 61000-4-3，电子秤系统将为B类。在有RF干扰的情况下，电子秤系统会继续工作，但系统精度会超出额定范围。清除RF干扰后，电子秤系统的精度会自动恢复到额定范围内。利用铜制屏蔽罩可将辐射抗扰度提升至A类。

评估板原理图和PCB布局图

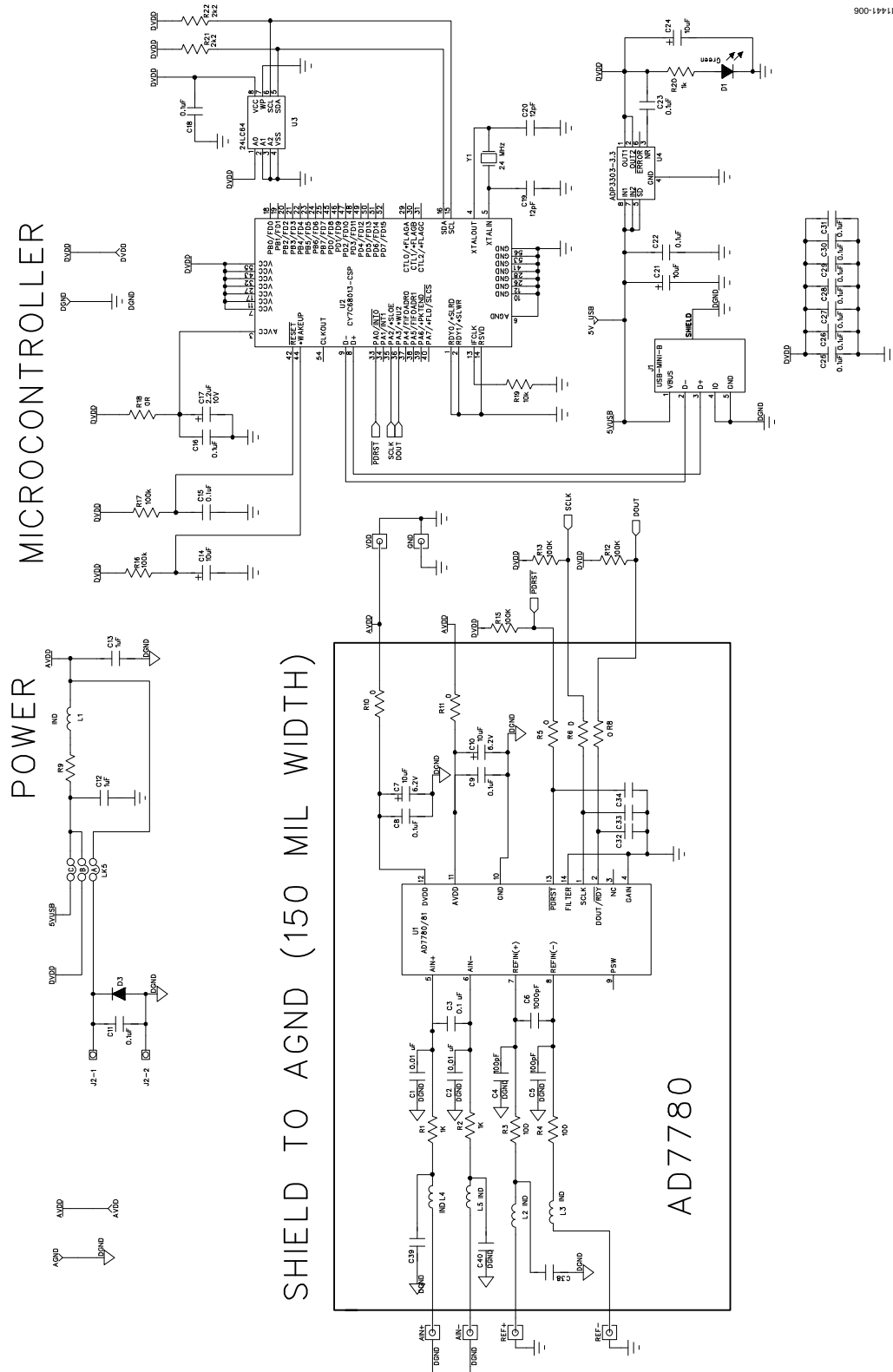
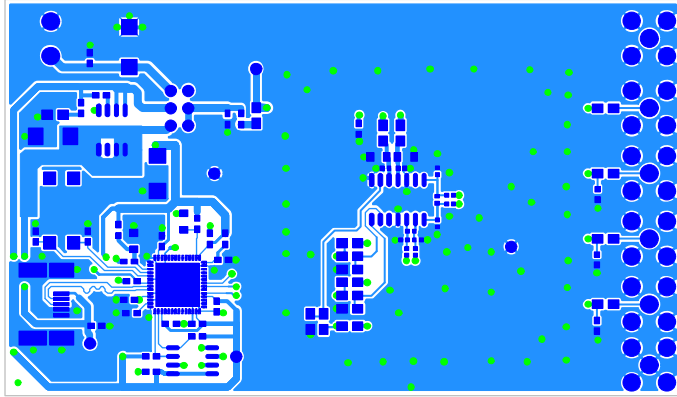
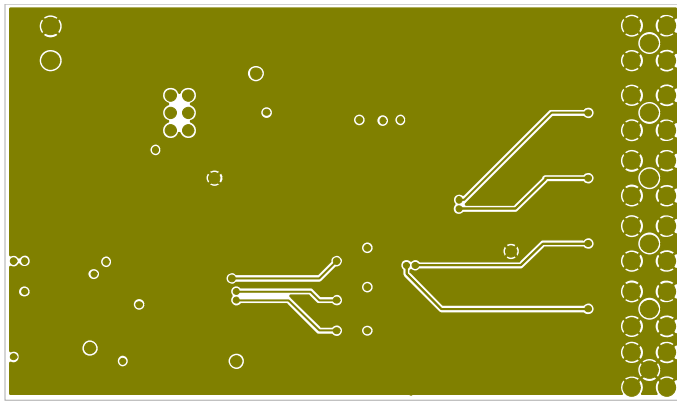


图6. 原理图



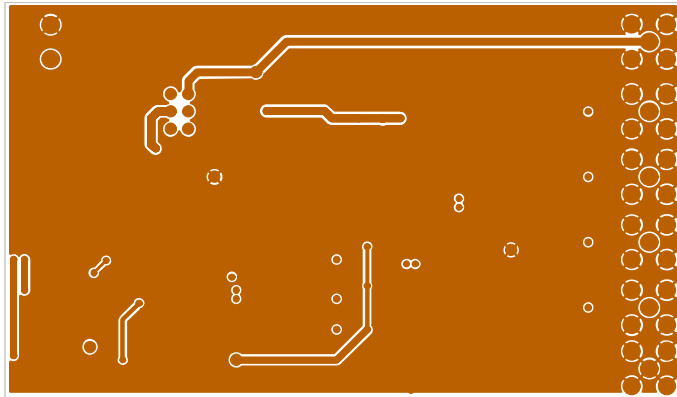
11441-007

图7. 第1层



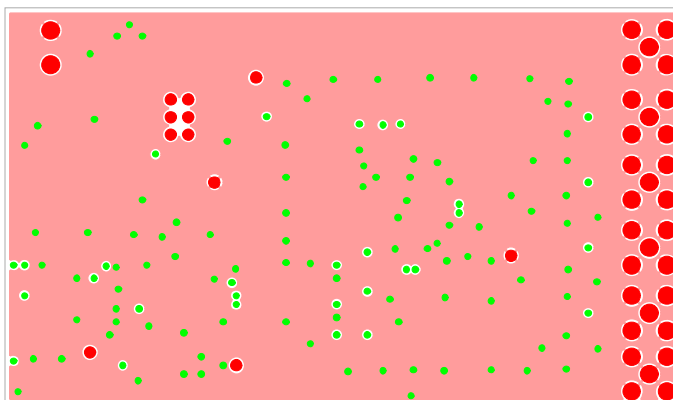
11441-008

图8. 第2层



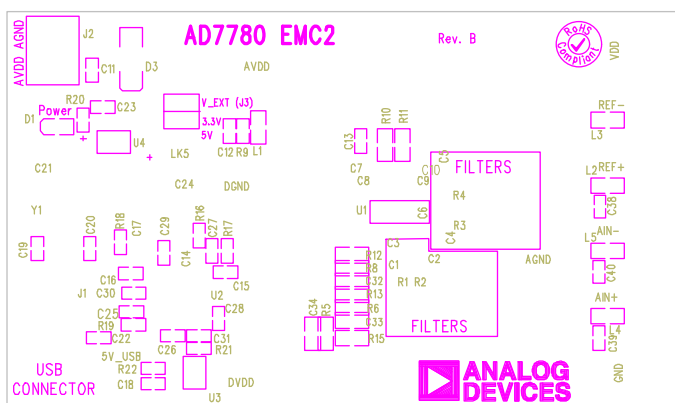
11441-009

图9. 第3层



11441-010

图10. 第4层



11441-011

图11. 顶层丝印

AN-1187

物料清单

表1. AD7780-EMC BOM

名称	值	容差	PCB封装	器件描述	制造厂商	产品型号	库存代码
ADC							
U1	AD7780		SO14NB	AD7780, Σ - Δ 型ADC	ADI公司	AD7780BRZ	
ADC参考输入端(滤波)							
C4	100 pF	10%	C0402	陶瓷电容, 50 V, NPO	AVX		FEC 1327627
C5	100 pF	10%	C0402	陶瓷电容, 50 V, NPO	AVX		FEC 1327627
C6	1000 pF	10%	C0402	陶瓷电容, 50 V, X7R	AVX		FEC 1327646
R3	100 Ω		R0402	电阻			FEC 1697307
R4	100 Ω		R0402	电阻			FEC 1697307
ADC模拟输入端(滤波)							
C1	0.01 uF		C0402	陶瓷电容	Kemet		FEC 1650807
C2	0.01 uF		C0402	陶瓷电容	Kemet		FEC 1650807
C3	0.1 uF		C0402	陶瓷电容, 16 V, X7R	AVX		FEC 1833861
R1	1 k Ω		R0402	电阻			FEC 1174154
R2	1 k Ω		R0402	电阻			FEC 1174154
称重传感器连接器							
AIN+	SMB		SMB	连接器, 50 Ω , 直式	Amphenol	SMB1251B1-3GT30G-50	FEC 111-1349
AIN-	SMB		SMB	连接器, 50 Ω , 直式	Amphenol	SMB1251B1-3GT30G-50	FEC 111-1349
REF+	SMB		SMB	连接器, 50 Ω , 直式	Amphenol	SMB1251B1-3GT30G-50	FEC 111-1349
REF-	SMB		SMB	连接器, 50 Ω , 直式	Amphenol	SMB1251B1-3GT30G-50	FEC 111-1349
AVDD	SMB		SMB	连接器, 50 Ω , 直式	Amphenol	SMB1251B1-3GT30G-50	FEC 111-1349
GND	SMB		SMB	连接器, 50 Ω , 直式	Amphenol	SMB1251B1-3GT30G-50	FEC 111-1349
称重传感器连接器参考线路(滤波)							
C38	1 nF	10%	C0603	陶瓷电容, COG, 50 V	Murata	GRM1885C1H102 JA01	FEC 8819920
L2	100 Ω		R0402	电阻			FEC 1127365
L3	100 Ω		R0402	电阻			FEC 1127365
称重传感器连接器模拟输入线路(滤波)							
C39	1 nF	10%	C0603	陶瓷电容, COG, 50 V	Murata	GRM1885C1H102 JA01	FEC 8819920
C40	1 nF	10%	C0603	陶瓷电容, COG, 50 V	Murata	GRM1885C1H102 JA01	FEC 8819920
L4	100 Ω		R0402	电阻			FEC 1127365
L5	100 Ω		R0402	电阻			FEC 1127365

名称	值	容差	PCB封装	器件描述	制造厂商	产品型号	库存代码
ADC电源							
C7	10 μ F		CAP\TAJ_A	钽电容, TAJ系列	AVX		FEC 197130
C8	0.1 μ F		C0402	陶瓷电容, X7R, 16V	AVX		FEC 1833861
C9	0.1 μ F		C0402	陶瓷电容, X7R, 16V	AVX		FEC 1833861
C10	10 μ F		CAP\TAJ_A	钽电容, TAJ系列	AVX		FEC 197130
C11							未插入
C12	1 μ F		C0603	陶瓷电容, 16V	Yageo		FEC 3188840
C13	1 μ F		C0603	陶瓷电容, 16V	Yageo		FEC 3188840
R10	0 Ω		C0805	0.063W电阻			FEC 9331662
R11	0 Ω		C0805	0.063W电阻			FEC 9331662
R9	1.5 Ω	1%	R0603	电阻	Phycomp	RC0603FR-071R5L	FEC 923-8140
L1	0 Ω		R0603	0.063W电阻	Multicomp		FEC 1193418
ADC SPI线路							
C32	-	-	C0805	陶瓷电容, 50V, X7R			未插入
C33	-	-	C0805	陶瓷电容, 50V, X7R			未插入
C34	-	-	C0805	陶瓷电容, 50V, X7R			未插入
R5	0 Ω		R0805	电阻			FEC 9331662
R6	0 Ω		R0805	电阻			FEC 9331662
R8	0 Ω		R0805	电阻			FEC 9331662
R12	100 k Ω		R0805	电阻	Multicomp		FEC 9330402
R13	100 k Ω		R0805	电阻	Multicomp		FEC 9330402
R15	100 k Ω		R0805	电阻	Multicomp		FEC 9330402
稳压器							
U4			SO8NB	稳压器3.3V	ADI公司	ADP3303ARZ-3.3	
C21	10 μ F		CAP\TAJ_C	钽电容	AVX		FEC 9753907
C22	0.1 μ F		C0603	陶瓷电容, 50V, X7R	AVX		FEC 1216538
C23	0.1 μ F		C0603	陶瓷电容, 50V, X7R	AVX		FEC 1216538
C24	10 μ F		CAP\TAJ_C	钽电容	AVX		FEC 9753907
R20	1 k Ω			0.063W电阻	Multicomp		FEC 9330380
D1			LED-0805	发光二极管	Avago	HSMG-C170	FEC 579-0852
USB接口/微控制器							
U2	CY7C68013		LFCSP-56_RP	微控制器, EZ-USB FX2LP	Cypress	CY7C68013-56LFXC	FEC 126-9133
U3	24LC64		DFN-8	EEPROM, I ² C, 64k	Microchip	24LC64-I/MC	FEC 133-1336
C14	10 μ F		CAP\TAJ_A	钽电容, TAJ系列	AVX		FEC 197130
C15	0.1 μ F		C0603	陶瓷电容, 16V, X7R	AVX		FEC 1216538
C16	0.1 μ F		C0603	陶瓷电容, 16V, X7R	AVX		FEC 1216538
C17	2.2 μ F		CAP\TAJ_A	外壳A, 10V	Kemet		FEC 9753796
C18	0.1 μ F		C0603	陶瓷电容, 16V, X7R	AVX		FEC 1216538
C25	0.1 μ F		C0603	陶瓷电容, 16V, X7R	AVX		FEC 1216538
C26	0.1 μ F		C0603	陶瓷电容, 16V, X7R	AVX		FEC 1216538
C27	0.1 μ F		C0603	陶瓷电容, 16V, X7R	AVX		FEC 1216538
C28	0.1 μ F		C0603	陶瓷电容, 16V, X7R	AVX		FEC 1216538
C29	0.1 μ F		C0603	陶瓷电容, 16V, X7R	AVX		FEC 1216538
C30	0.1 μ F		C0603	陶瓷电容, 16V, X7R	AVX		FEC 1216538

AN-1187

名称	值	容差	PCB封装	器件描述	制造厂商	产品型号	库存代码
C31	0.1 μ F		C0603	陶瓷电容, 16 V, X7R	AVX		FEC 1216538
D3				二极管			未插入
J1	微型USB		USB-OTG	连接器, USB	Molex	565790576	FEC 9786490
J2	1 \times 2引脚		CON\POWER	2引脚端子板 (5 mm间距)	Phoenix Contact	17 25 67 2	未插入(采用 焊接短路)
R16	100 k Ω	1%	R0603	电阻	Multicomp		FEC 933-0402
R17	100 k Ω	1%	R0603	电阻	Multicomp		FEC 933-0402
R18	0 Ω		R0603	电阻			FEC 9331662
R19	10 Ω	1%	R0603	电阻	Multicomp		FEC 933-0399
R21	2.2 k Ω	1%	R0603	电阻	Multicomp		FEC 923-8727
R522	2.2 k Ω	1%	R0603	电阻	Multicomp		FEC 923-8727
微控制器晶振							
Y1	24 MHz		XTAL_CM309S	晶振	AEL Crystals		FEC 9509658
C19	12 pF	5%	C0603	陶瓷电容, 50 V, COG	Phycomp	CC0603JRNPO9B N120	FEC 721979
C20	12 pF	5%	C0603	陶瓷电容, 50 V, COG	Phycomp	CC0603JRNPO9B N120	FEC 721979