

AD7192在电子秤应用中的辐射抗扰度性能

作者：Mary McCarthy和Li Ke

简介

AD7192是一款包含PGA的超低噪声、低漂移、24位 Σ - Δ 型转换器。AD7192用于高端电子秤系统。作为发布前的认证过程的一部分，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AD7192的最佳辐射抗扰度性能，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	11
误差	3		

修订历史

2013年4月一修订版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。AD7192配置如下：

Sinc⁴滤波器

斩波关闭

输出数据速率 = 10 Hz

增益 = 128

AD7192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AD7192的电子秤设计的更多详情，请参见Circuits from the Lab®参考电路(CN-0119)。

误差

正如“辐射抗扰度”部分所述，A类系统允许的误差 e 为

$\frac{\pm \text{满量程输出}}{2n}$

2n

其中 n 为计数次数。误差相当于 ± 0.5 次。

本应用笔记的目标是设计一种显示次数为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

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

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

存在RF频率的情况下，误差必须小于 $\pm 0.73 \mu\text{V}$ 。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。

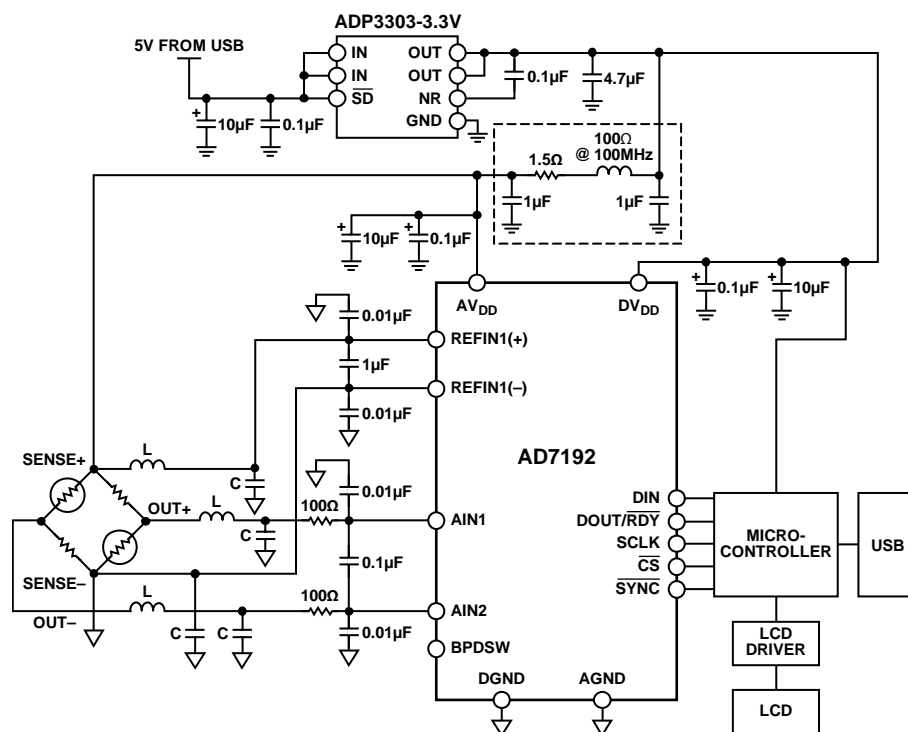


图1. AD7192的测试设置

印刷电路板

标准AD7192评估板设计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AD7192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，以此评估板为起点进行调查，可突出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)。这些链路充当着天线的作用。因此，用焊接线路替代这些接头选项。
- 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AD7192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AD7192的采样频率(307.2 kHz)和多倍采样频率下提供衰减。AD7192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AD7192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。为获得最佳结果，评估了各种L(L2、L3、L4和L5)和C(C1、C9、C12和C13)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 μF 电容并联的10 μF 电容去耦。同样，这些元件应该尽可能靠近AD7192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。

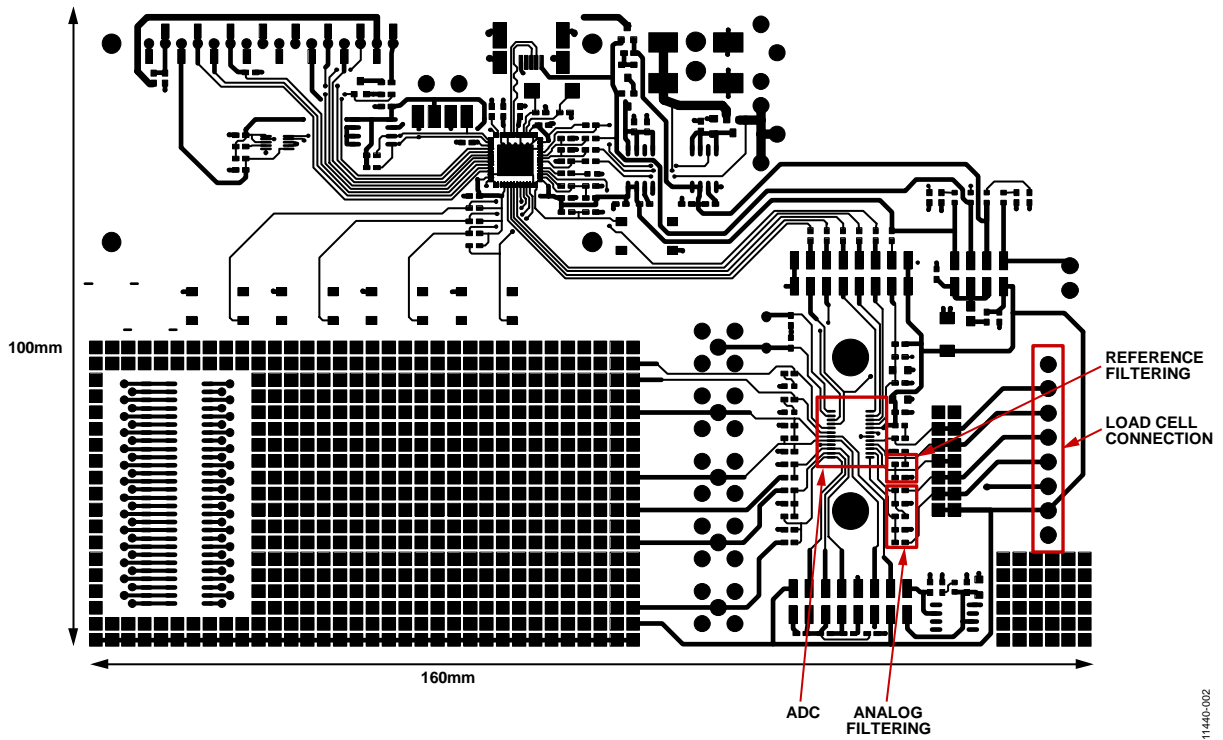


图2. 标准AD7192评估板的顶面

11440-002

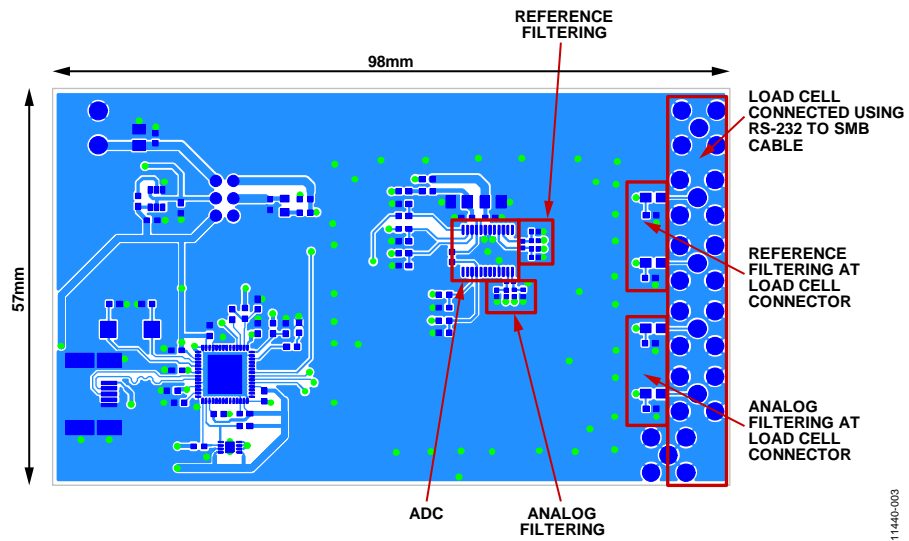


图3. AD7192 EMC板的顶面

11440-003

结果

在调研之后，我们开发了针对抗辐射扰度优化印刷电路板(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，辐射抗扰度测试期间测得的最大误差小于 e 。图4显示了RF频率从80 MHz扫至1 GHz的情况下从AD7192读取的转换结果。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 $0.45 \mu\text{V}$ ，小于 e 。这相当于 0.2 g 。

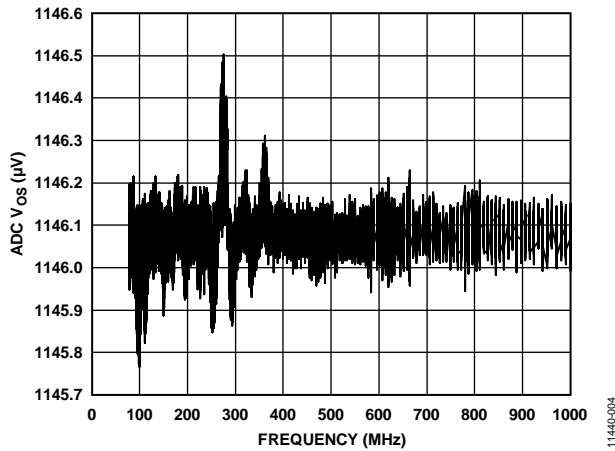


图4. AD7192 EMC板的误差与频率关系

为了对比，图5显示了测试辐射抗扰度时从标准AD7192评估板读取的转换结果。存在RF干扰的情况下，此评估板的误差为 $356 \mu\text{V}$ ，相当于 161 g 。

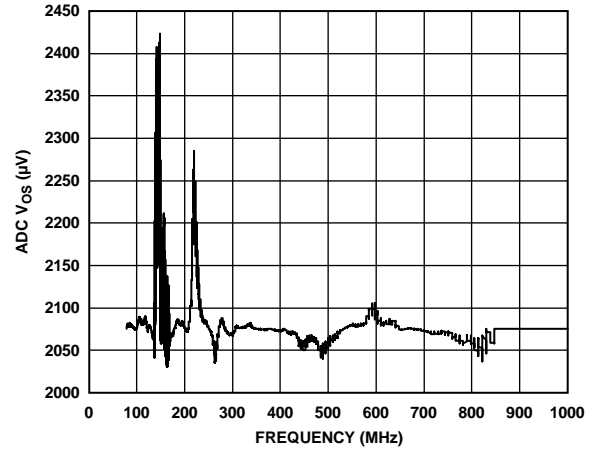


图5. AD7192评估板的辐射抗扰度

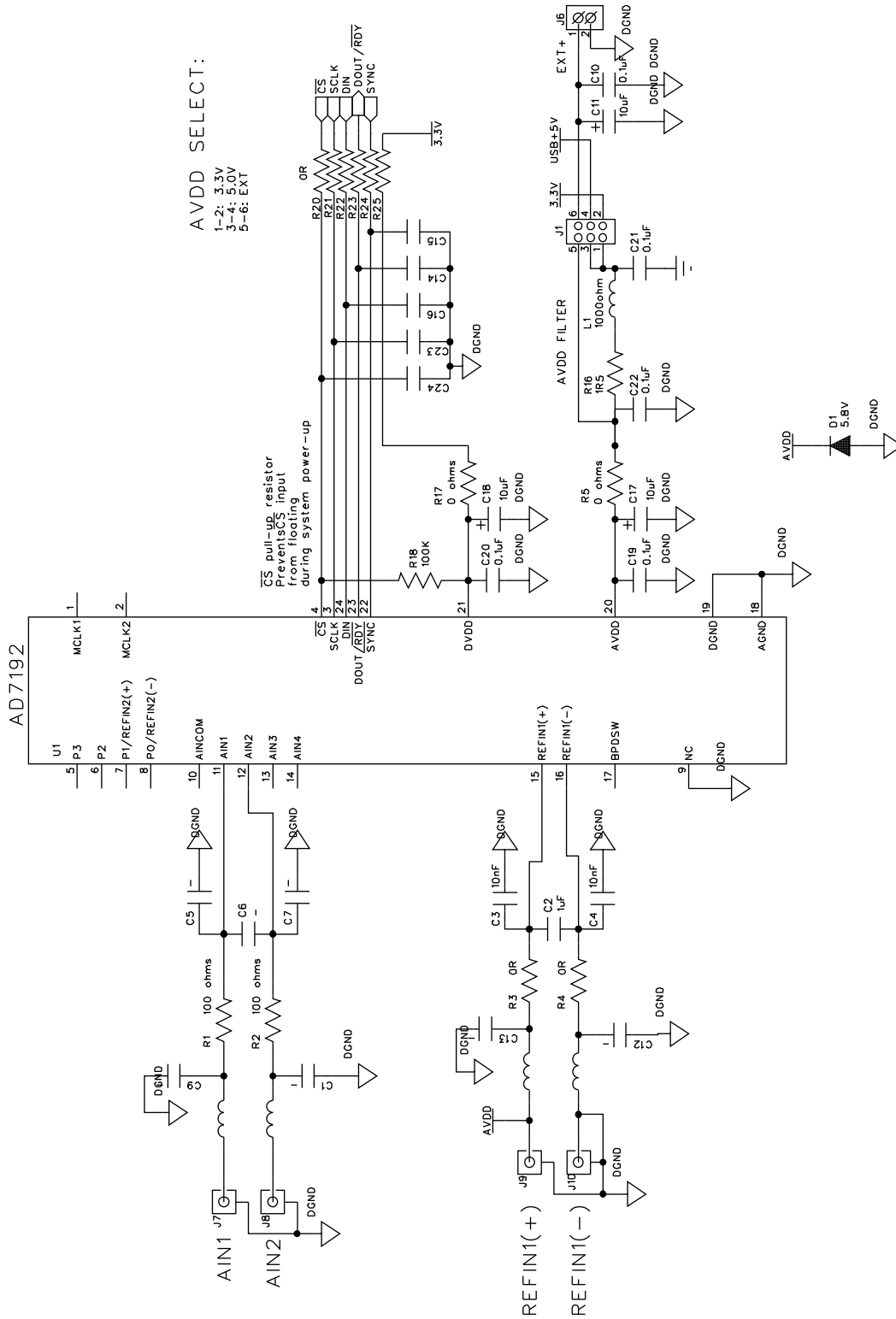
这种对比突出了布局、元件选择和元件放置的重要性，妥善考虑这些因素将能实现最佳的辐射抗扰度性能。

为了进一步增强器件的辐射抗扰度，可以在AD7192和辅助元件外装上一层铜制屏蔽罩。

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A类。因此，具备辐射抗扰度的情况下，精度为3000次的电子秤会继续正常工作，也就是说，电子秤不会对于干扰做出反应。

评估板原理图和PCB布局图



11440-006

图6. EMC板原理图, 第1页

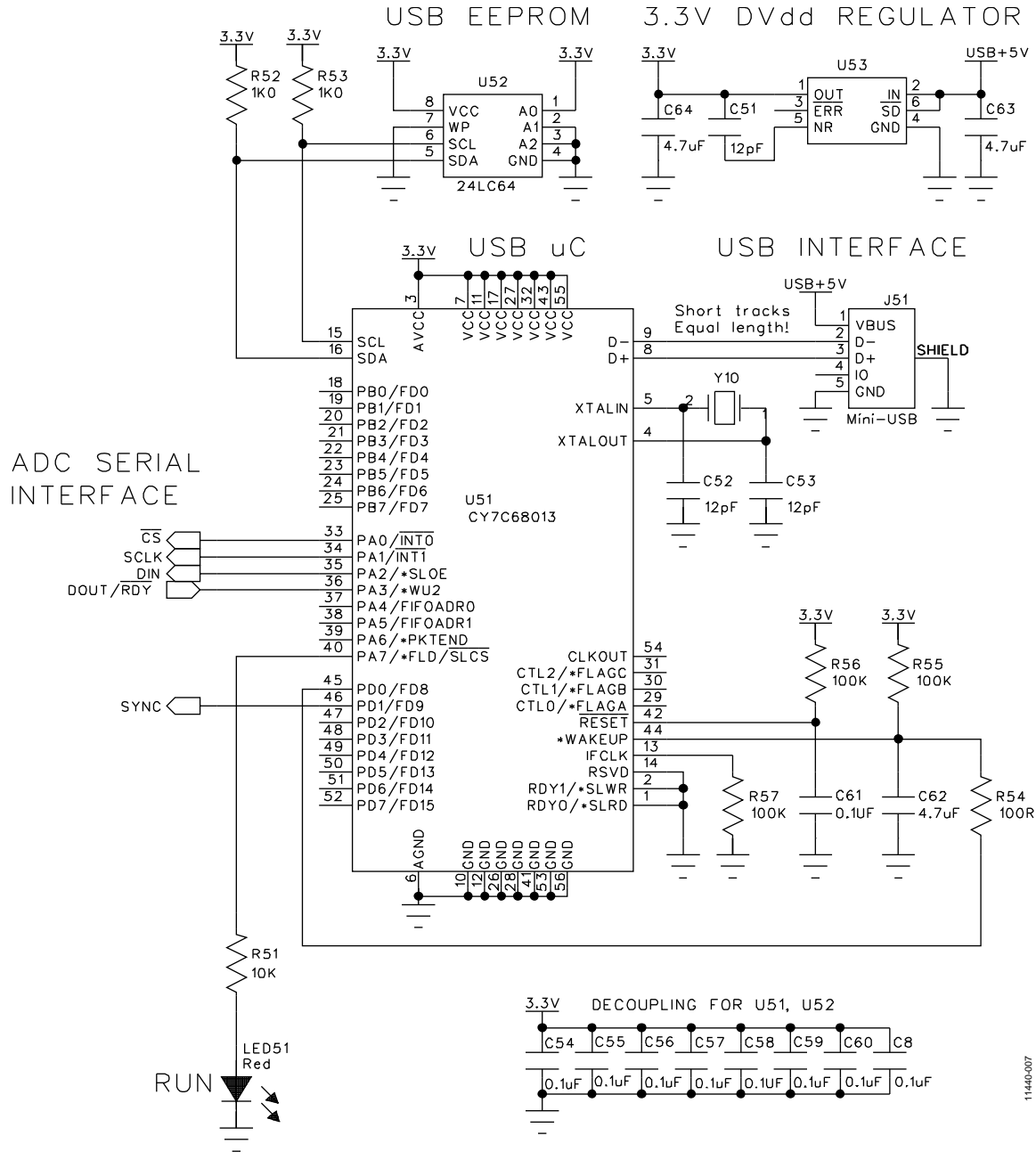
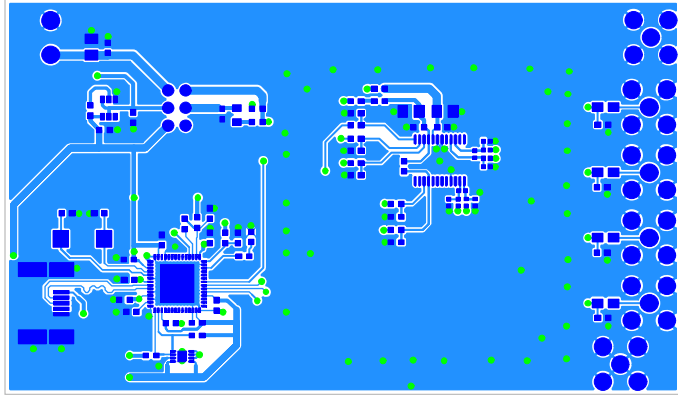
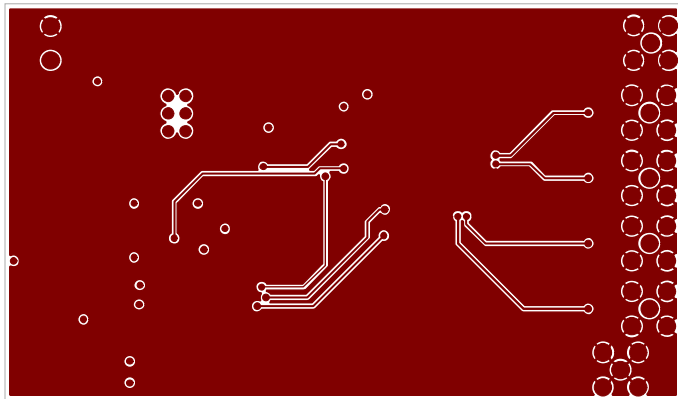


图7. EMC板原理图，第2页



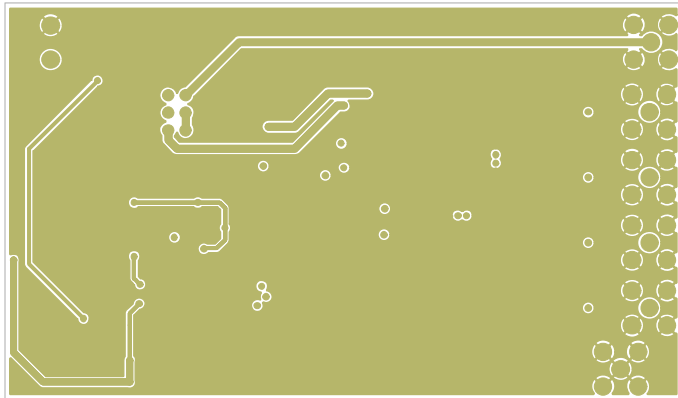
11440-008

图8. 第1层(AD7192 EMC板)



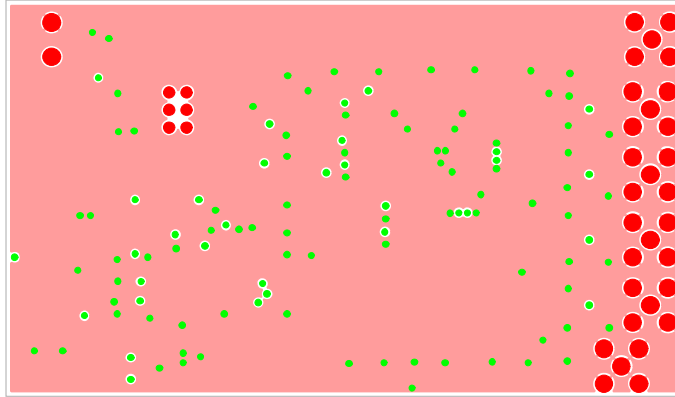
11440-009

图9. 第2层(AD7192 EMC板)



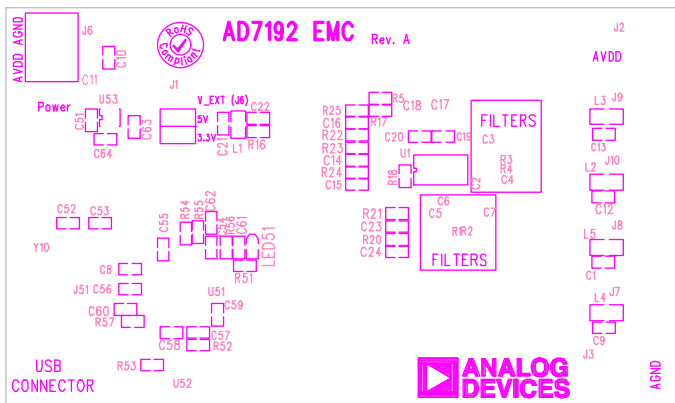
11440-010

图10. 第3层(AD7192 EMC板)



11440-011

图11. 第4层(AD7192 EMC板)



11440-012

图12. 顶层丝印(AD7192 EMC板)

物料清单

表1. AD7192-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	AD7192		TSSOP24	AD7192, Σ - Δ 型ADC	ADI公司	AD7192BRUZ	
ADC参考输入端(滤波)							
C2	1 μ F	10%	C0402	陶瓷电容, 6.3 V, X5R	Kemet	2238 246 13663	FEC 1310153
C3	10 nF	10%	C0402	陶瓷电容, 50 V, X7R	Murata		FEC 1828887
C4	10 nF	10%	C0402	陶瓷电容, 50 V, X7R	Murata		FEC 1828887
R3	0 Ω	1%	R0402	电阻	Phycomp		FEC 9232516
R4	0 Ω	1%	R0402	电阻	Phycomp		FEC 9232516
ADC模拟输入端(滤波)							
C5	0.01 μ F		C0402	陶瓷电容	AVX		FEC 1650807
C6	0.1 μ F		C0402	陶瓷电容	AVX		FEC 1833861
C7	0.01 μ F		C0402	陶瓷电容	AVX		FEC 1650807
R1	100 k Ω	1%	R0402	电阻	Phycomp		FEC 1697307
R2	100 k Ω	1%	R0402	电阻	Phycomp		FEC 1697307
称重传感器连接器							
J2	SMB		SMB	连接器, 50 Ω , 直式	Amphenol	SMB1251B1-3GT30G-50	FEC 111-1349
J3	SMB		SMB	连接器, 50 Ω , 直式	Amphenol	SMB1251B1-3GT30G-50	FEC 111-1349
J7	SMB		SMB	连接器, 50 Ω , 直式	Amphenol	SMB1251B1-3GT30G-50	FEC 111-1349
J8	SMB		SMB	连接器, 50 Ω , 直式	Amphenol	SMB1251B1-3GT30G-50	FEC 111-1349
J9	SMB		SMB	连接器, 50 Ω , 直式	Amphenol	SMB1251B1-3GT30G-50	FEC 111-1349
J10	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)							
C12	1 nF	10%	C0603	陶瓷电容, X7R, 50 V	Murata	GRM188R71H10 2KA01	FEC 8819955
C13	1 nF	10%	C0603	陶瓷电容, X7R, 50 V	Murata	GRM188R71H10 2KA01	FEC 8819955
L2	300 k Ω		805	A型铁氧体	TE Connectivity/ Siga Inductors	BMB2A0300AN1	FEC 1193418RL
L3	300 k Ω		805	A型铁氧体	TE Connectivity/ Sigma Inductors	BMB2A0300AN1	FEC 1193418RL
称重传感器连接器模拟输入线路(滤波)							
C1	1 nF	10%	C0603	陶瓷电容, X7R, 50 V	Murata	GRM188R71H10 2KA01	FEC 8819955
C9	1 nF	10%	C0603	陶瓷电容, X7R, 50 V	Murata	GRM188R71H10 2KA01	FEC 8819955
L4	300 k Ω		805	A型铁氧体	TE Connectivity /Sigma Inductors	BMB2A0300AN1	FEC 1193418RL
L5	300 k Ω		805	A型铁氧体	TE Connectivity /Sigma Inductors	BMB2A0300AN1	FEC 1193418RL

AN-1186

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							
C10	0.1 μ F	10%	C0603	陶瓷电容, 16 V, X7R	Phycomp	CC0603KRX7R7B B104	FEC 432-210
C11	10 μ F	10%	RTAJ_A	钽电容, 6.3 V	AVX	TAJA106K006R	FEC 197-014
C17	10 μ F	10%	RTAJ_A	钽电容, 6.3 V	AVX	TAJA106K006R	FEC 197-014
C19	0.1 μ F	10%	C0603	陶瓷电容, 16 V, X7R	Phycomp	CC0603KRX7R7B B104	FEC 432-210
C21	0.1 μ F	10%	C0603	陶瓷电容, 16 V, X7R	Phycomp	CC0603KRX7R7B B104	FEC 432-210
C22	0.1 μ F	10%	C0603	陶瓷电容, 16 V, X7R	Phycomp	CC0603KRX7R7B B104	FEC 432-210
C18	10 μ F	10%	RTAJ_A	钽电容, 6.3 V	AVX	TAJA106K006R	FEC 197-014
C20	0.1 μ F	10%	C0603	陶瓷电容, 16 V, X7R	Phycomp	CC0603KRX7R7B B104	FEC 432-210
R5	0 k Ω	1%	R0603	电阻			FEC 923-3130
R16	1.5 k Ω	1%	R0603	电阻	Phycomp	RC0603FR- 071R5L	FEC 923-8140
R17	0 Ω	1%	R0603	电阻			FEC 923-3130
L1	1000 k Ω		L0805	铁氧体磁珠, 1000 Z, 300 mA	Tyco	BMB2A1000LN2	FEC 119-3421
ADC SPI线路							
C14			C0603	陶瓷电容, 50 V, X7R			未插入
C15			C0603	陶瓷电容, 50 V, X7R			未插入
C16			C0603	陶瓷电容, 50 V, X7R			未插入
C23			C0603	陶瓷电容, 50 V, X7R			未插入
C24			C0603	陶瓷电容, 50 V, X7R			未插入
R20	0 Ω	1%	R0603	电阻			FEC 923-3130
R21	0 Ω	1%	R0603	电阻			FEC 923-3130
R22	0 Ω	1%	R0603	电阻			FEC 923-3130
R23	0 Ω	1%	R0603	电阻			FEC 923-3130
稳压器							
U53			SOT23-6	稳压器, 3.3 V	ADI公司	ADP3330ARTZ-3.3	
C51	12 pF	5%	C0603	陶瓷电容, 50 V, COG	Phycomp	CC0603JRNPO9B N120	FEC 721-979
C63	4.7 μ F	10%	C0603	陶瓷电容, 6.3 V, X5R	Phycomp	CC0603KRX5R5B B475	FEC 940-2110
C64	4.7 μ F	10%	C0603	陶瓷电容, 6.3 V, X5R	Phycomp	CC0603KRX5R5B B475	FEC 940-2110
USB接口/微控制器							
U51	CY7C68013		LFCSP-56_RP	微控制器, EZ-USB FX2LP	Cypress	CY7C68013- 56LFXC	FEC 126-9133
U52	24LC64		DFN-8	EEPROM, I2C, 64k	Microchip	24LC64-I/MC	FEC 133-1336
C8	0.1 μ F	10%	C0603	陶瓷电容, 16V, X7R	Phycomp	CC0603KRX7R7B B104	FEC 432-210
C54	0.1 μ F	10%	C0603	陶瓷电容, 16V, X7R	Phycomp	CC0603KRX7R7B B104	FEC 432-210
C55	0.1 μ F	10%	C0603	陶瓷电容, 16V, X7R	Phycomp	CC0603KRX7R7B B104	FEC 432-210
C56	0.1 μ F	10%	C0603	陶瓷电容, 16V, X7R	Phycomp	CC0603KRX7R7B B104	FEC 432-210
C57	0.1 μ F	10%	C0603	陶瓷电容, 16V, X7R	Phycomp	CC0603KRX7R7B B104	FEC 432-210

名称	值	容差	PCB封装	器件描述	制造厂商	产品型号	库存代码
C58	0.1 μ F	10%	C0603	陶瓷电容, 16 V, X7R	Phycomp	CC0603KRX7R7B B104	FEC 432-210
C59	0.1 μ F	10%	C0603	陶瓷电容, 16 V, X7R	Phycomp	CC0603KRX7R7B B104	FEC 432-210
C60	0.1 μ F	10%	C0603	陶瓷电容, 16 V, X7R	Phycomp	CC0603KRX7R7B B104	FEC 432-210
C61	0.1 μ F	10%	C0603	陶瓷电容, 16 V, X7R	Phycomp	CC0603KRX7R7B B104	FEC 432-210
C62	4.7 μ F	10%	C0603	陶瓷电容, 6.3 V, X5R	Phycomp	CC0603KRX5R5B B475	FEC 940-2110
J1			JUMPER_3_N OTEXT	6引脚(3 \times 2) 0.1"间距 SMD接头	Tyco	1241050-3	未插入
J6	1 \times 2-pin		CON\POWER	螺丝端子板, 3.81 mm 间距	Phoenix Contact	1727010	未插入(采用 焊接短路)
J51	Mini-USB		USB-MINI-B	连接器, USB微型B	Molex	548190572	FEC 978-6473
LED51	Red		LED- 0603HSML- C191	LED, 高强度(> 90 mCd)	Avago Tech.	HSMC-C191	FEC 855-4528
R51	10 k Ω	1%	R0603	电阻	Phycomp	RC0603FR- 0710KL	FEC 923-8603
R52	1 k Ω	1%	R0603	电阻	Phycomp	RC0603FR- 071KL	FEC 923-8484
R53	1 k Ω	1%	R0603	电阻	Phycomp	RC0603FR- 071KL	FEC 923-8484
R54	100 k Ω	1%	R0603	电阻	Phycomp	RC0603FR- 07100RL	FEC 923-8360
R55	100 k Ω	1%	R0603	电阻	Phycomp	RC0603FR- 07100KL	FEC 923-8727
R56	100 k Ω	1%	R0603	电阻	Phycomp	RC0603FR- 07100KL	FEC 923-8727
R57	100 k Ω	1%	R0603	电阻	Phycomp	RC0603FR- 07100KL	FEC 923-8727
微控制器晶振							
Y10	24 MHz		XTAL-CSM-8A	晶振, 12 pF负载, SMD, 5 \times 3.2 mm	AVX	CX5032GB24000 H0PESZZ	FEC 136-8770
C52	12 pF	5%	C0603	陶瓷电容, 50 V, COG	Phycomp	CC0603JRNPO9 BN120	FEC 721-979
C53	12 pF	5%	C0603	陶瓷电容, 50 V, COG	Phycomp	CC0603JRNPO9 BN120	FEC 721-979

注释

注释

注释