

使用纳芯微内置片上变压器，集成隔离DC-DC电源的 NSIP8xxx系列数字隔离芯片进行低EMI设计

AN-13-0003

作者：Hongjie Deng, Neal Zhang



使用纳芯微内置片上变压器，集成隔离 DC-DC电源的NSIP8xxx系列数字隔离芯片进行低EMI设计

摘要

NSIP8xxx 系列是纳芯微推出的国内首款内置片上变压器，集成隔离DC-DC 电源的数字隔离芯片，实现在宽体SOW16的封装内集成3.3/5V 输入，3.3V /5V 输出可选的DCDC 转换模块，外加4个数字隔离通道，为系统的小型化和简单化生产提供了便利。为了实现片内集成小型变压器，必须提高电源开关频率，带来的主要困扰便是辐射问题。NSIP8xxx系列通过内部电路设计减少芯片辐射噪声，只需要外部简单的PCB 设计即可实现CISPR 32 CLASS B 的标准。

目录

1. EMI的产生原因	2
2. 降低EMI的方法	2
2.1. 在原副边之间使用PCB产生拼接电容	2
2.2. 使用磁珠减小辐射天线长度	4
3. 参考设计	6
3.1. 参考设计	6
3.2. 测试结果	7
4. 修订历史	8

使用纳芯微内置片上变压器，集成隔离DC-DC电源的NSIP8xxx系列数字隔离芯片进行低EMI设计

1. EMI的产生原因

隔离电源模块产生的辐射主要为共模辐射，即小型变压器的寄生电容带来的偶极子辐射。隔离电源芯片正常工作时，变压器原边的共模电压与变压器副边的共模电压之差是在高频变化的。高频变化的共模电压差通过原副边线圈间的寄生电容形成电流。该电流从原边流到副边或从副边流到原边后，没有返回路径，只能通过天线向外辐射，即产生共模辐射。共模辐射的模型如图1.1所示，其中：

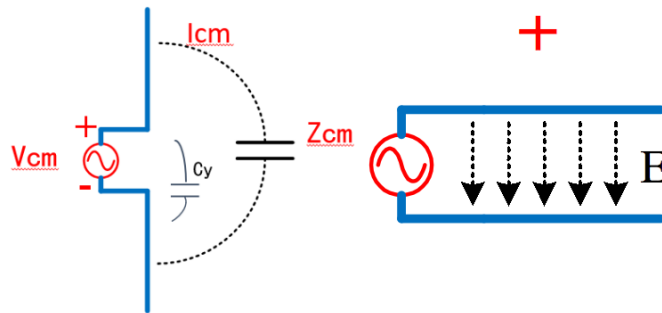


图1.1 共模辐射模型

- V_{cm} 为原副边电源（地）之间的共模电压差（对于高频交流噪声而言，电源和地是同一电位）。
- I_{cm} 指流入天线，进行辐射的电流。
- 双边天线主要是隔离的原副边地（因为地线一般较长）。

2. 降低EMI的方法

针对以上EMI产生原因，降低共模噪声EMI主要有以下途径。

2.1. 在原副边之间使用PCB产生拼接电容

将耦合到副边的噪声通过电容旁路回原边的大地，可以减少传输线上的共模干扰电流。

由于安规电容引脚的寄生电感及其自身的感性，会使得拼接电容阻抗较大，耦合到副边的噪声通过电容旁路回原边大地的效果很差，所以不建议使用安规电容。

使用PCB两层金属平面交叠时，可以产生拼接电容。该类拼接电容具有寄生电感低的优点。

使用纳芯微内置片上变压器，集成隔离DC-DC电源的NSIP8xxx系列数字隔离芯片进行低EMI设计

以4层PCB为例，由于表层有安全间隙要求，因此选用第二层和第三层形成拼接电容。相对于高频交流噪声而言，同侧电源和地的电位相同，所以用于产生拼接电容的延伸的PCB金属平面既可以是电源层，也可以是地层。以第二层电源层和第三层地层为例，产生的拼接电容如图2.1所示。

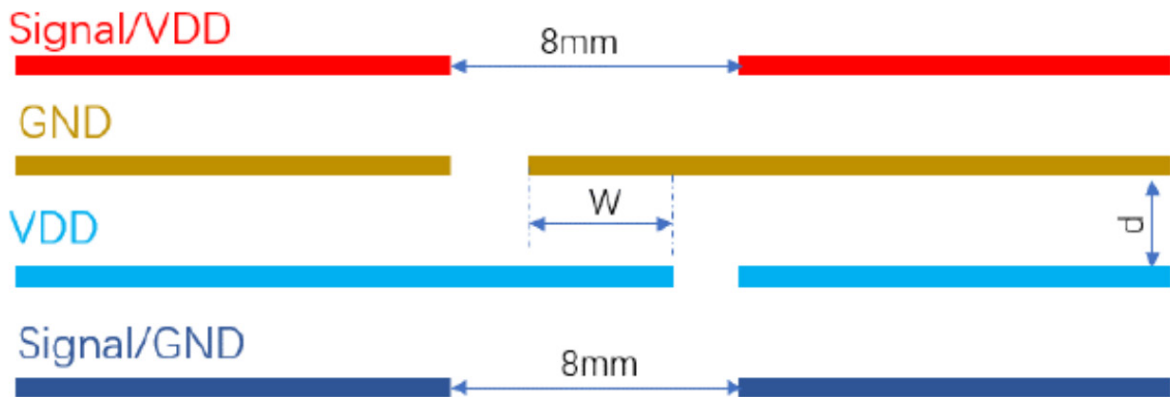


图2.1 拼接电容产生原理示意

原副边延伸的PCB金属平面产生的等效电容值的表达式：

$$C_i = \frac{A\varepsilon}{d}$$

其中：

$\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$ ， ε_0 为自由空间的介电常数8.854pF/m， ε_r 为PCB绝缘材料的相对介电常数（FR4材质约为4.2）。

C_i 为拼接电容的容值。

A为延伸PCB的交叠面积。

d为地平面和电源平面的绝缘材料厚度。

注意，拼接电容到芯片pin脚的走线上也存在寄生电感，所以产生拼接电容的金属平面末端到芯片pin脚的走线距离不应过长，否则拼接电容的天线效应会比导流效应更强，使得共模辐射增大。在其他条件均相同，但拼接电容金属平面末端到芯片pin脚距离不同的条件下测试结果如表2.1。测试条件为输入电压5V，输出电压5V，输出电流100mA。

使用纳芯微内置片上变压器，集成隔离DC-DC电源的NSIP8xxx系列数字隔离芯片进行低EMI设计

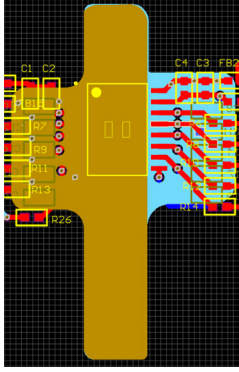
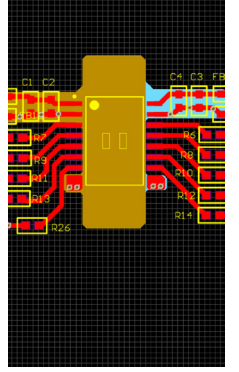
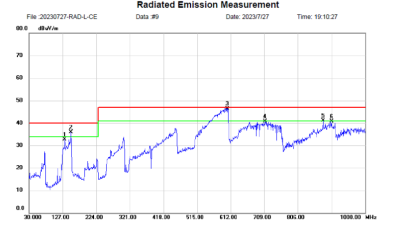
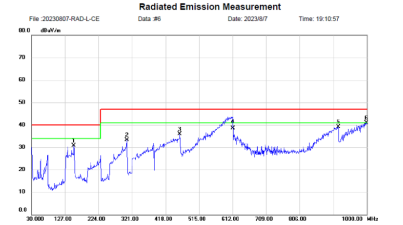
	末端长	末端短																																																																																																																																																																
PCB板																																																																																																																																																																		
EMI测试结果	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>Mk.</th> <th>Freq.</th> <th>Reading</th> <th>Correct</th> <th>Measure-</th> <th>Limit</th> <th>Margin</th> <th>Detector</th> <th>Comment</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>MHz</th> <th>dBμV</th> <th>Factor</th> <th>ment</th> <th>dBμV/m</th> <th>dB</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td>152.8200</td> <td>48.83</td> <td>-18.17</td> <td>32.66</td> <td>40.00</td> <td>-7.34</td> <td>peak</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td>151.2500</td> <td>50.05</td> <td>-14.79</td> <td>35.26</td> <td>40.00</td> <td>-4.74</td> <td>peak</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>*</td> <td>602.7850</td> <td>53.98</td> <td>-7.44</td> <td>46.52</td> <td>47.00</td> <td>-0.48</td> <td>peak</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td>710.9400</td> <td>49.52</td> <td>-5.79</td> <td>40.73</td> <td>47.00</td> <td>-6.27</td> <td>peak</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td>879.2350</td> <td>44.61</td> <td>-3.51</td> <td>41.10</td> <td>47.00</td> <td>-5.90</td> <td>peak</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>*</td> <td>903.9700</td> <td>43.83</td> <td>-3.12</td> <td>40.71</td> <td>47.00</td> <td>-6.29</td> <td>peak</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	No.	Mk.	Freq.	Reading	Correct	Measure-	Limit	Margin	Detector	Comment			MHz	dBμV	Factor	ment	dBμV/m	dB			1		152.8200	48.83	-18.17	32.66	40.00	-7.34	peak		2		151.2500	50.05	-14.79	35.26	40.00	-4.74	peak		3	*	602.7850	53.98	-7.44	46.52	47.00	-0.48	peak		4		710.9400	49.52	-5.79	40.73	47.00	-6.27	peak		5		879.2350	44.61	-3.51	41.10	47.00	-5.90	peak		6	*	903.9700	43.83	-3.12	40.71	47.00	-6.29	peak		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>Mk.</th> <th>Freq.</th> <th>Reading</th> <th>Correct</th> <th>Measure-</th> <th>Limit</th> <th>Margin</th> <th>Detector</th> <th>Comment</th> </tr> <tr> <th></th> <th></th> <th>MHz</th> <th>dBμV</th> <th>Factor</th> <th>ment</th> <th>dBμV/m</th> <th>dB</th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td>152.7050</td> <td>45.50</td> <td>-14.78</td> <td>30.72</td> <td>40.00</td> <td>-9.28</td> <td>peak</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td></td> <td>305.9650</td> <td>40.96</td> <td>-13.70</td> <td>27.26</td> <td>47.00</td> <td>-13.76</td> <td>peak</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td>458.7400</td> <td>45.94</td> <td>-9.99</td> <td>35.95</td> <td>47.00</td> <td>-11.05</td> <td>peak</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td>612.0000</td> <td>45.67</td> <td>-7.07</td> <td>38.60</td> <td>47.00</td> <td>-8.40</td> <td>QP</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td>918.0350</td> <td>41.80</td> <td>-2.68</td> <td>39.12</td> <td>47.00</td> <td>-7.88</td> <td>peak</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>*</td> <td>999.0300</td> <td>43.12</td> <td>-2.16</td> <td>40.96</td> <td>47.00</td> <td>-6.04</td> <td>peak</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	No.	Mk.	Freq.	Reading	Correct	Measure-	Limit	Margin	Detector	Comment			MHz	dBμV	Factor	ment	dBμV/m	dB			1		152.7050	45.50	-14.78	30.72	40.00	-9.28	peak		2		305.9650	40.96	-13.70	27.26	47.00	-13.76	peak		3		458.7400	45.94	-9.99	35.95	47.00	-11.05	peak		4		612.0000	45.67	-7.07	38.60	47.00	-8.40	QP		5		918.0350	41.80	-2.68	39.12	47.00	-7.88	peak		6	*	999.0300	43.12	-2.16	40.96	47.00	-6.04	peak	
No.	Mk.	Freq.	Reading	Correct	Measure-	Limit	Margin	Detector	Comment																																																																																																																																																									
		MHz	dBμV	Factor	ment	dBμV/m	dB																																																																																																																																																											
1		152.8200	48.83	-18.17	32.66	40.00	-7.34	peak																																																																																																																																																										
2		151.2500	50.05	-14.79	35.26	40.00	-4.74	peak																																																																																																																																																										
3	*	602.7850	53.98	-7.44	46.52	47.00	-0.48	peak																																																																																																																																																										
4		710.9400	49.52	-5.79	40.73	47.00	-6.27	peak																																																																																																																																																										
5		879.2350	44.61	-3.51	41.10	47.00	-5.90	peak																																																																																																																																																										
6	*	903.9700	43.83	-3.12	40.71	47.00	-6.29	peak																																																																																																																																																										
No.	Mk.	Freq.	Reading	Correct	Measure-	Limit	Margin	Detector	Comment																																																																																																																																																									
		MHz	dBμV	Factor	ment	dBμV/m	dB																																																																																																																																																											
1		152.7050	45.50	-14.78	30.72	40.00	-9.28	peak																																																																																																																																																										
2		305.9650	40.96	-13.70	27.26	47.00	-13.76	peak																																																																																																																																																										
3		458.7400	45.94	-9.99	35.95	47.00	-11.05	peak																																																																																																																																																										
4		612.0000	45.67	-7.07	38.60	47.00	-8.40	QP																																																																																																																																																										
5		918.0350	41.80	-2.68	39.12	47.00	-7.88	peak																																																																																																																																																										
6	*	999.0300	43.12	-2.16	40.96	47.00	-6.04	peak																																																																																																																																																										

表2.1 拼接电容末端长度对EMI结果的影响

2.2.使用磁珠减小辐射天线长度

- 磁珠将增大辐射路径上的阻抗，抑制辐射的产生。对于共模噪声VDD和GND同电位，所以需要在VDD和GND上都加磁珠。
- 由于辐射在1/4波长处达到最大能量，要求磁珠距离辐射源的距离小于辐射波长的1/4。
- 磁珠距离辐射源的距离越小越好。
- 注意磁珠和pin脚间不应当有接到没有磁珠保护电路的电容。
- 芯片的所有pin脚都会成为天线，VDD/GND1、VISOOOUT/GND2、output口磁珠较重要。

使用纳芯微内置片上变压器，集成隔离DC-DC电源的NSIP8xxx系列数字隔离芯片进行低EMI设计

表.2.2展示了不同位置磁珠对EMI结果的影响。测试条件为输入电压5V，输出电压5V，输出电流100mA。

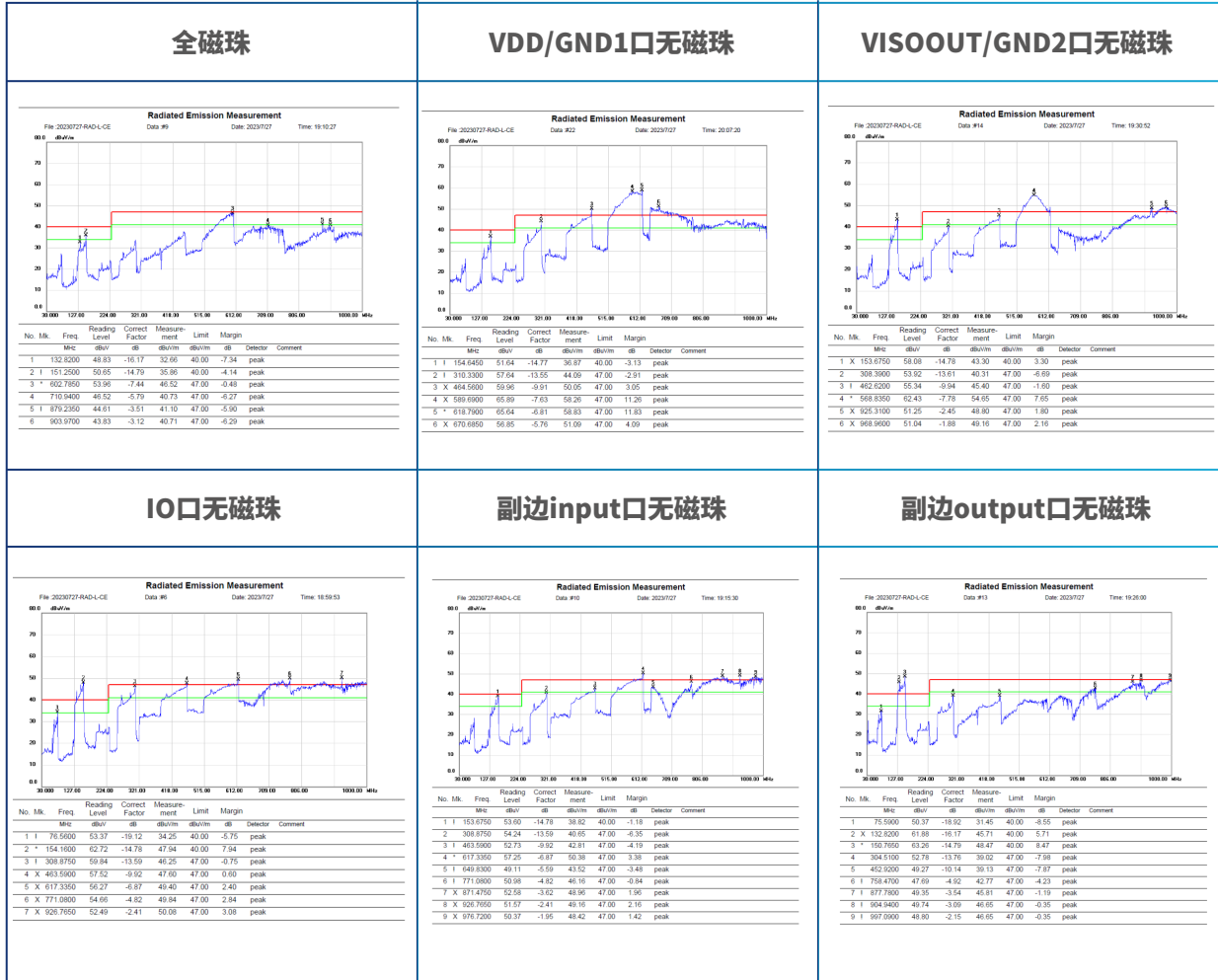


表.2.2 不同位置磁珠对EMI结果的影响

使用纳芯微内置片上变压器，集成隔离DC-DC电源的NSIP8xxx系列数字隔离芯片进行低EMI设计

3. 参考设计

3.1. 参考设计

参考PCB设计如图3.1所示，红色为顶层，黄色为原边地层，浅蓝色为副边地层，蓝色为底层，拼接电容相关参数见表3.1:

表3.1 拼接电容相关参数

W(mm)	L(mm)	(pF/m)	d(mm)	Ci(pF)
7.5	20.6	37.18	1.13	5

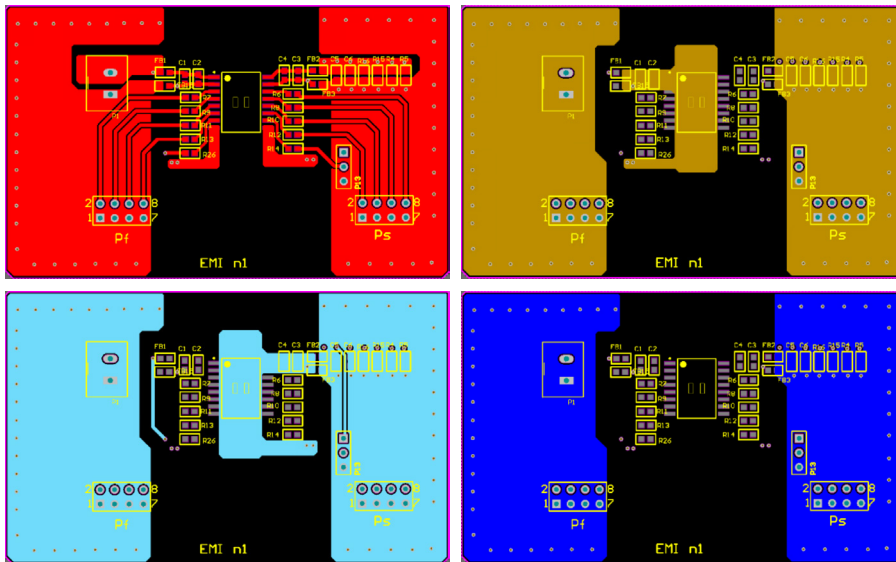


图3.1 EMI优化板参考PCB设计

选用的磁珠需要在关注的EMI超标频段上有较大阻抗，可根据实际EMI测试结果做调整。本示例中选用磁珠为BLM18AG102SH1D，BLM18AG102SH1D的阻抗分配图如图3.2，在30M-700MHz频段区间内都有较大阻抗，可以有效滤除干扰噪声。且由于磁珠在低频的阻抗较小，对电源功耗产生的影响较小。

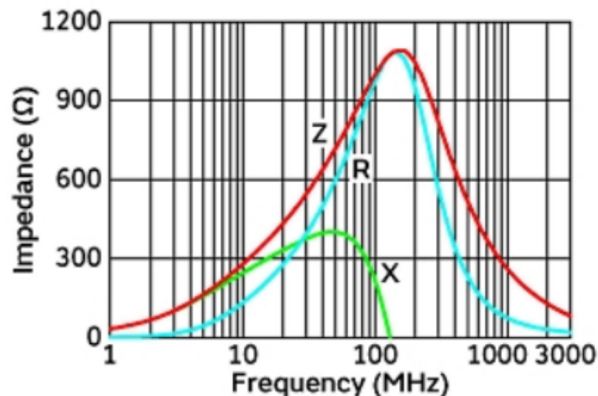


图3.2 BLM18AG102SH1D阻抗分配图

使用纳芯微内置片上变压器，集成隔离DC-DC电源的NSIP8xxx系列数字隔离芯片进行低EMI设计

3.2. 测试结果

经过PCB级EMI防护后，测得NSIP8xxx系列可通过CISPR 32 CLASS B标准。

在VDD为5V，VISO为5V，负载电流60mA的条件下，为了保证距CISPR32有6dB裕量，需要在所有端口都添加磁珠。测试得到的EMI情况如图3.3所示。

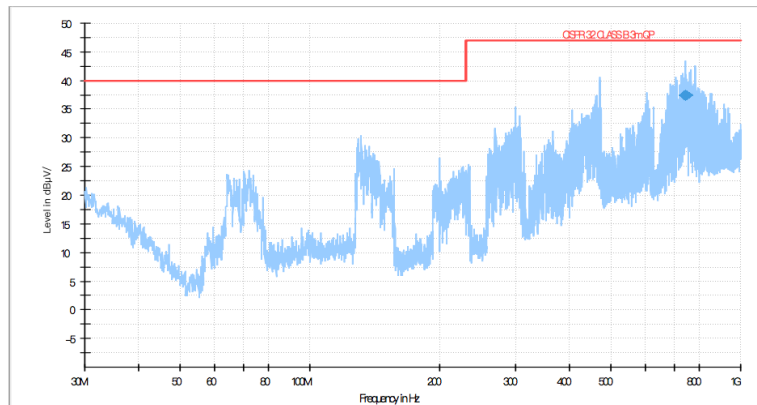


图3.3 5V/5V，60mA下EMI优化结果

Frequency	QuasiPeak	Limit	Margin	Height	Pol	Azimuth
744.065500	37.47	47.00	9.53	100.0	H	0.0

在VDD为3.3V，VISO为3.3V，负载电流40mA的条件下，为了保证距CISPR32有6dB裕量，需要在除sel、数字隔离器input口之外的端口添加磁珠。测试得到的EMI情况如图3.4所示。

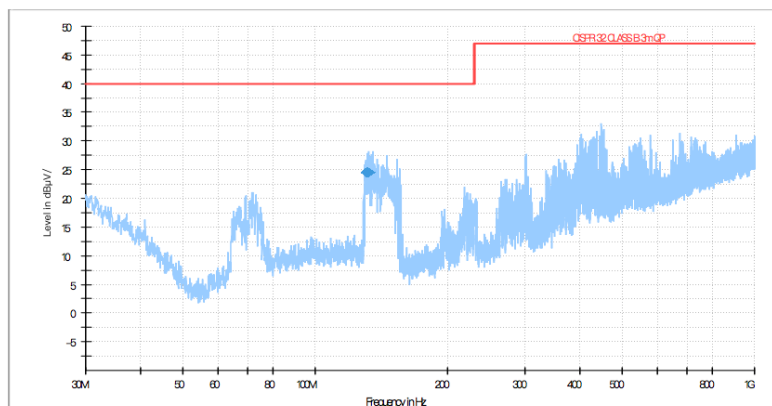


图3.4 3.3V/3.3V，40mA下EMI优化结果

Frequency	QuasiPeak	Limit	Margin	Height	Pol	Azimuth
131.268000	24.55	40.00	15.45	200.0	H	0.0

使用纳芯微内置片上变压器，集成隔离 DC-DC电源的NSIP8xxx系列数字隔离芯片进行低EMI设计

4. 修订历史

版本	描述	作者	日期
1.0	创建应用笔记	Hongjie Deng, Neal Zhang	2024/3/15

销售联系方式: sales@novosns.com; 获取更多信息: www.novosns.com

重要声明

本文件中提供的信息不作为任何明示或暗示的担保或授权，包括但不限于对信息准确性、完整性，产品适销性、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陈述或保证。

客户应对其使用纳芯微的产品和应用自行负责，并确保应用的安全性。客户认可并同意：尽管任何应用的相关信息或支持仍可能由纳芯微提供，但将在产品及其产品应用中遵守纳芯微产品相关的所有法律、法规和相关要求。

本文件中提供的资源仅供经过技术培训的开发人员使用。纳芯微保留对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其他更改的权利。纳芯微仅授权客户将此资源用于开发所设计的整合了纳芯微产品的相关应用，不视为纳芯微以明示或暗示的方式授予任何知识产权许可。严禁为任何其他用途使用此资源，或对此资源进行未经授权的复制或展示。如因使用此资源而产生任何索赔、损害、成本、损失和债务等，纳芯微对此不承担任何责任。

有关应用、产品、技术的进一步信息，请与纳芯微电子联系（www.novosns.com）。

苏州纳芯微电子股份有限公司版权所有