

LMK0480X 产品供电电源设计指导

Anjin Du / Nick Dai

China Telecom Application Team

摘要

本文主要介绍了 TI 的新一代时钟产品 LMK0480X 系列芯片的供电设计以及对时钟性能的影响。通过合理的供电电源电路设计，可以有效地提高芯片性能，降低对供电电源纹波的要求。

目录

1	LMK0480X 供电电路介绍	1
2	LMK0480X 供电设计和 PSRR 性能测试	2
	2.1 LMK0480X 供电设计原则.....	2
	2.2 PSRR (Power Supplier Rejection Ratio) 性能分析	3
	2.2.1 测试设置	4
	2.2.2 不同供电管脚噪声对 LMK0480X 输出噪声的影响分析.....	5
3	总结	6
4	参考资料	6

图

Figure 1	LMK0480X 供电电源管脚分布	2
Figure 2	LMK0480X 测试环境设置	4
Figure 3	干扰电源应用到所有供电管脚的 PSRR 测试结果	5

1 LMK0480X 供电电路介绍

LMK0480X 系列时钟产品是 TI 近年推出的时钟抖动滤除芯片，采用了两级锁相环级联架构。第一级锁相环主要利用窄带环路滤波器，滤除参考输入 (CLKin) 的相位噪声和杂散，起到时钟去抖的作用，利用外部 VCXO 产生一个干净的系统参考时钟。第二级锁相环主要是利用第一级输出作为其参考时钟，生成系统所需要的各种时钟频点，同时满足系统设计所需要的相噪、抖动和杂散要求。

在实际应用中，外部 VCXO 的选取，环路滤波器的设计以及各种环路参数的优化，都对最终的时钟性能有很大的影响。除这些因素外，芯片的供电设计是应用中需要考虑的另外一个重要部分，不当的设计会直接导致输出时钟不能满足系统的需求，尤其是一些对抖动和毛刺要求较高的应用场景。

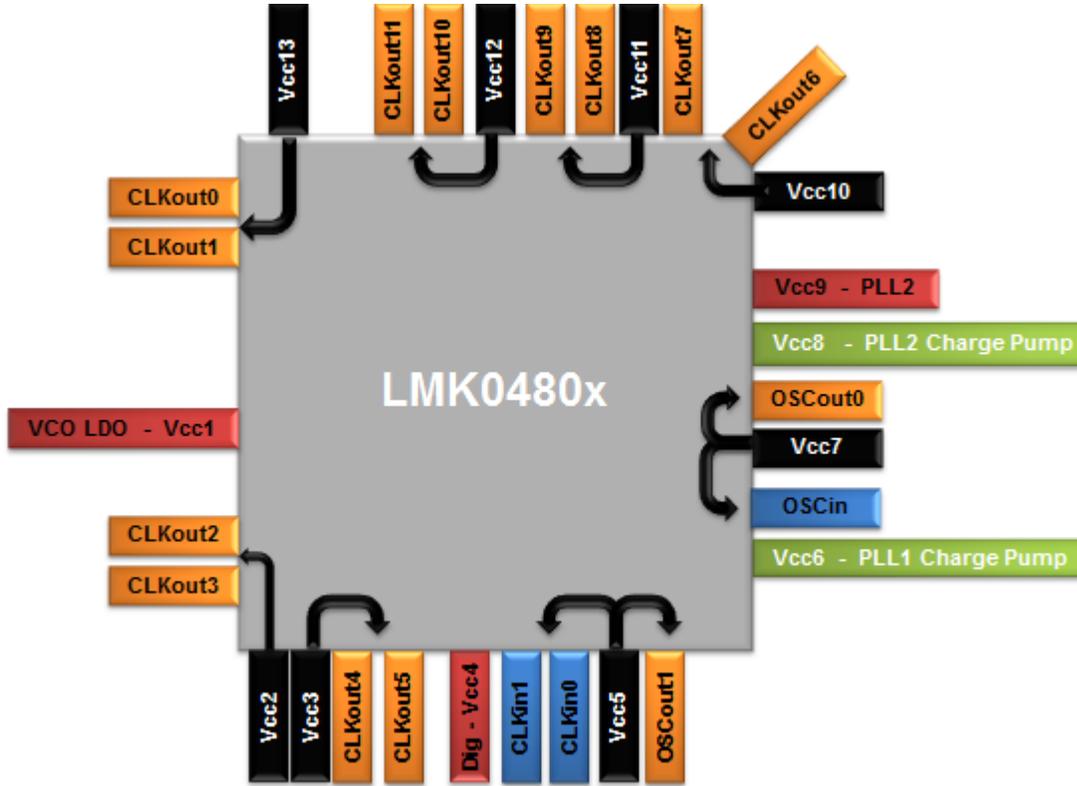


Figure 1 LMK0480X 供电电源管脚分布

LMK0480X 芯片的供电电源管脚的分布如上图所示，大致可以分为以下几类：

Function Block	VCC Pins
VCO	VCC1
PLL1 and Digital	VCC4
PLL2	VCC9
PLL1 Charge Pump	VCC6
PLL2 Charge Pump	VCC8
Clock output	VCC2,VCC3,VCC10,VCC11,VCC12,VCC13
CLKin and Oscin/Out	VCC5, VCC7

Table 1 LMK0480X 供电电源管脚分类

本章中主要整体介绍了 LMK0480X 芯片内部模块电路的供电设计。下一章节中将结合实际实验，详细介绍 LMK0480X 的供电电源噪声对实际性能的影响。

2 LMK0480X 供电设计和 PSRR 性能测试

2.1 LMK0480X 供电设计原则

针对不同种类的供电管脚，对外部的供电电路的需求不同，一般需要遵循的原则如下：

- LMK048XX 所有的供电管脚内部都有一个集成的高频去耦电容，由于这个电容更加靠近芯片，可以排除封装 bonding 线的寄生电感的影响，去耦的效果比外部的高频去耦电容 ($< 1\text{nF}$) 更有效。同时外部的去耦电容容易将地平面的一些高频干扰引入到芯片的供电管脚，所以一般不建议在 LMK0480X 的所有供电管脚增加 $< 1\text{nF}$ 的去耦电容。
- VCC1, VCC4, VCC9 所负责的芯片内部电路不会产生噪声，所以这三个供电管脚可以连接在一起，共享供电电路；也不需要增加磁珠隔离管脚和总的供电电路，因为磁珠容易影响 VC0 的供电 (VCC1)，在输出形成鼓包。
- VCC6 和 VCC8 是给前后两级锁相环的电荷泵供电，这对芯片的最终性能至关重要，建议独立的供电支路。对于 VCC6，由于是给第一级锁相环供电，一般第一级锁相环的鉴相频率都比较低，所以供电支路的磁珠可以省去，同时也可直接把 VCC6 直接接入 VCC1/4/9 的电路。而对 VCC8 而言，由于为了增加环路带宽，第二级锁相环的鉴相频率比较高 ($> 50\text{MHz}$)，为了防止鉴相频率泄露到其他供电管脚，要求 VCC8 具有独立的供电支路，同时应当增加磁珠以隔离 VCC8 和主供电电路的干扰。当鉴相频率较低时，可以考虑去掉这个磁珠。
- VCC5 和 VCC7 主要是给芯片的参考和 VCX0 的输入输出提供电源，同时也给 PLL2 的锁定指示电路提供电源。对于这些管脚，不需要外部的大去耦电容和磁珠，以防止一些地平面的干扰串入电源管脚，从而影响 PLL2 的锁定指示。
- VCC2, VCC3, VCC10, VCC11, VCC12, VCC13 是给芯片的 12 路输出提供电源（一个供电管脚负责两路输出）。如果其中几路输出相同的频点时，这几路的供电可以连接到一起，共享供电支路，简化设计。由于输出频率都比较高，所以对于这几路供电管脚建议增加磁珠，以降低芯片开关噪声对于芯片整体供电的影响，同时提高通道间的隔离。同时如前面提到，由于芯片内部已经集成了高频去耦电容，所以不需要外部的去耦电容。
当输出的频率较低时 ($< 10\text{MHz}$)，或者输出单端 LVCMOS 或者高摆幅的 LVPECL 信号时，为了降低供电环路的阻抗，建议去掉磁珠或在管脚处增加一个大一点的去耦电容，提供开关电流。
- 当输出时钟类型是 LVPECL 时，应防止输出到地有电容。因为这样很容易形成到地的短路环路，不仅需要电源管脚提供很大的开关电流，同时将频率噪声引入到地平面，给系统带来了干扰。

2.2 PSRR (Power Supplier Rejection Ratio) 性能分析

为了表征各类不同供电管脚的电源噪声对 LMK0480X 输出噪声的影响，通常采用电源噪声抑制比 PSRR 来表征锁相环芯片的抗电源噪声能力，本节通过实际测试样例评估 LMK0480X 的供电噪声抑制性能。

2.2.1 测试设置

PSRR 测试基于 LMK0480X 评估板，在这些测试中，测试框图如 Figure2，设置如下：

1. 外部 VCXO 使用独立的干净电源供电，排除 VCXO 对测试结果的影响。
2. 去掉芯片外部的去耦电容和磁珠，排除这些器件对芯片 PSRR 的影响。
3. 干扰源通过信号发生器产生合路进入测试的电源管脚。干扰源的频率从 50KHz 到 2 MHz 连续扫描，测试干扰信号在环路带宽内外，对于芯片 PSRR 性能的不同影响。
4. 干扰源输入信号的摆幅固定在 $V_{in} = 100mV$ ；测量输出端口载波两侧的对应的干扰源带来的杂散（偏移对应的干扰源频率）的功率 P_s dBm，将 P_s 转换为电压幅度 V_s ，转换公式以及 PSRR 计算公式如 Equation 1。

$$V_s = \sqrt{10^{\frac{P_s}{10}} * 400} \text{ mV} \tag{Equation 1}$$

$$PSRR = 20\text{Log}(V_{in}/V_s) \text{ dBc}$$

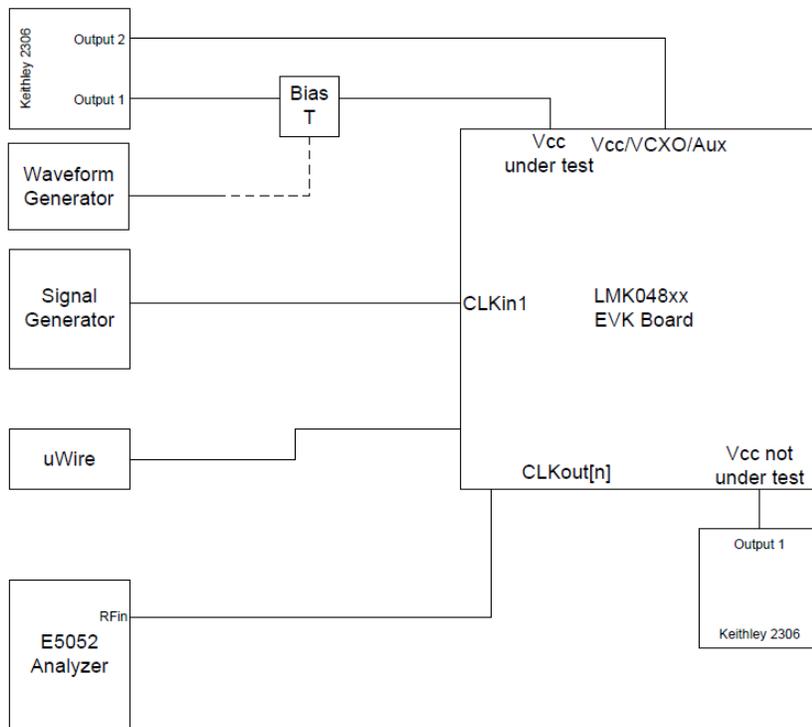


Figure 2 LMK0480X 测试环境设置

2.2.2 不同供电管脚噪声对 LMK0480X 输出噪声的影响分析

1. 当干扰电源输入到所有的供电管脚，测试所有输出管脚的 PSRR。如下图所示，几乎所有输出端口的 PSRR 大约是 25dBc。

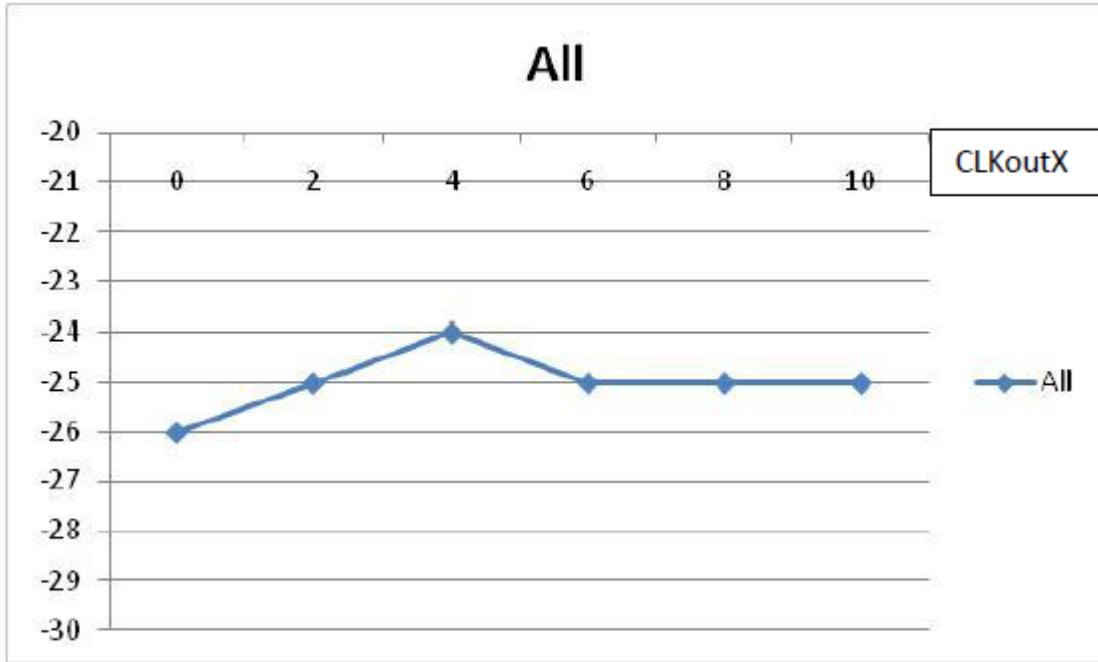


Figure 3 干扰电源应用到所有供电管脚的 PSRR 测试结果

2. 只将干扰源输入到 LMK0480X 其中一路输出管脚供电，其它供电管脚都使用干净的电源，PSRR 测试结果如下图；可以看到，只有使用干扰电源的那一路 PSRR 结果比较差，其它输出受到干扰电源的影响不大，都可以达到 60dBc 以上。

ClockOut	Corrupted Supply that corresponds to CLKoutX/Y					
	CLKout0/1	CLKout2/3	CLKout4/5	CLKout6/7	CLKout8/9	CLKout10/11
0	-34	-70	-77	-122	-122	-122
2	-60	-45	-80	-122	-82	-122
4	-60	-50	-53	-122	-67	-122
6	-60	-72	-78	-49	-122	-122
8	-60	-72	-78	-122	-52	-122
10	-60	-70	-78	-122	-64	-40

Table 2 一路输出使用干扰电源，其它供电管脚使用干净电源

在没有使用干扰电源的端口加上去耦电容，继续上面的实验发现，可以发现受到电源干扰的输出端口的 PSRR 也略有改善，但仍然是最差。

Clock Out	Corrupted Supply that corresponds to CLKoutX/Y					
	CLKout0/1	CLKout2/3	CLKout4/5	CLKout6/7	CLKout8/9	CLKout10/11
0	-47	-68	-122	-80	-122	-62
2	-60	-54		-80		-62
4			-54		-122	
6	-60			-53		
8		-68	-80	-80	-52	-62
10	-60					-48

Table 3 一路输出使用干扰电源，其它供电管脚使用干净电源并增加去耦电容

3. 将干扰电压源分别输入到除输出管脚电压以外的其它管脚，例如 digital 电路部分，charge pump 电流供电部分等，测试结果如下。可以发现，PDCP1 和 VCO 对于干扰电源的滤除非常明显。PDCP1 管脚主要是因为环路滤波器非常窄，对于电源干扰加以滤除；VCO 供电管脚内部集成了 LDO，所以也对外部的电源干扰不敏感。通过实验可以发现，对于外部供电最为敏感的是 PDCP2 和 DIV 的电源管脚，PSRR 分别是-23dBc 和-30dBc。所以在实际应用当中，一定需要着重考虑 PDCP2 和 DIV 的供电设计，供电电路上要增加磁珠，同时要确保没有< 1nF 的去耦电容，防止鉴相频率泄露到地上从而耦合到输出管脚，这对输出的杂散非常重要。

Clock Out	Corrupted Supply Pin				
	Digital	DIV	PDCP1	PDCP2	VCO
0	-35	-30	-122	-23	-122
2	-35	-30	-122	-23	-122
4	-35	-30	-122	-23	-122
6	-35	-30	-122	-23	-122
8	-35	-30	-122	-23	-122
10	-35	-30	-122	-23	-122

Table 4 非输出端口供电管脚使用干扰电源

3 总结

本文主要介绍了 LMK0480X 系列时钟供电部分主要的设计需求和 PSRR 性能分析。通过实验证明，对芯片供电电源管脚的去耦设计，尤其是 PLL2 供电管脚的设计和芯片内部不同电源模块的电源隔离设计，可以显著降低 LMK0480X 系列产品的输出噪声性能，提供超低抖动的时钟输出。

4 参考资料

LMK0480X Datasheet

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隐含权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, 但他们将独力负责满足与其产品及其应用中使用的 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, 并且由客户独力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

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道 1568 号, 中建大厦 32 楼 邮政编码: 200122
Copyright © 2013 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司