

LMX2531 整数杂散优化的案例分析

徐宏泽 Ted Xu

East China OEM Application Team

摘 要

LMX2531 系列产品被广泛应用于无线通讯基站系统，相比较整数分频，采用小数分频可以获得更好的相位噪声性能，但是小数分频会导致杂散问题，特别是整数边界杂散尤为突出。本文介绍一种在尽可能保证相位噪声性能的基础上，改善整数边界杂散达 10dB。

目 录

1. 小数分频器整数边界杂散问题的提出	2
2. 小数分频器整数边界杂散的优化设计	2
3. 小结	5
4. 参考资料	5

1. 小数分频器整数边界杂散问题的提出

相对于整数分频频率合成技术而言，小数分频频率合成技术通过较小的 N 分频比进而产生一个较高的鉴相频率。在这其中，delta-sigma 小数分频技术得到最广泛的应用。根据下面的相位噪声公式 1.1 得知，较小的分频 N 可以改善输出信号的相位噪声性能，这也是最近几年小数分频频率合成技术大行其道的魅力所在。

$$PLLnoise_{flat} = \begin{cases} \approx PN1Hz + 10 \times \log|F_{comp}| + 20 \times \log|N| \dots\dots\dots \text{带内} \\ PN1Hz + 10 \times \log|F_{comp}| + 20 \times \log|CL(offset)| \dots\dots\dots \text{任意偏移频点} \end{cases} \quad (1.1)$$

在获得良好的相位噪声性能的基础上，小数分频技术的杂散相对于整数分频技术而言表现的更复杂。TI 公司 Dean Banerjee 执笔的应用文档 1879 《Fractional N Frequency Synthesis》中对杂散的产生原理以及相应的处理对策有着非常详尽的阐述，这里就不再做过多的阐述。对于小数杂散中最为严重的整数边界杂散，文中对此的处理方式是频点规避，这种处理方式增加了射频本振在移动通讯基站中的应用复杂度。本文以业内广泛使用的 LMX2531 系列为例，通过 LMX25312080EVAL 评估板，结合设计仿真软件 clock design tool 和寄存器配置软件 codeloader4，针对整数边界杂散在原有的设计中进行优化设计，最终获得 10dB 的改善。

2. 小数分频器整数边界杂散的优化设计

图 1 是利用 clock design tool 软件设计出来的原始设计，环路带宽为 11kHz，相位裕量为 42.4 度。图 2 是环路滤波器的拓扑结构，表 1 是该电路的相位噪声和杂散实测结果。

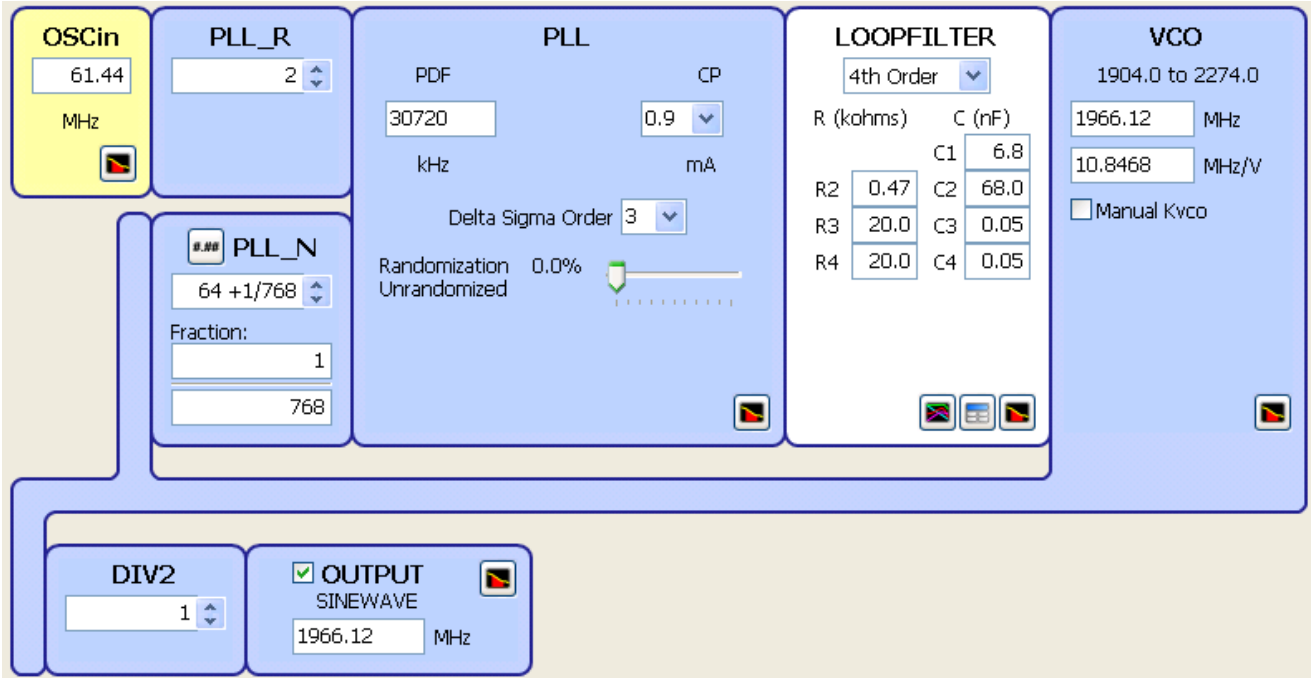


图 1 LMX2531LQ2080 原始设计

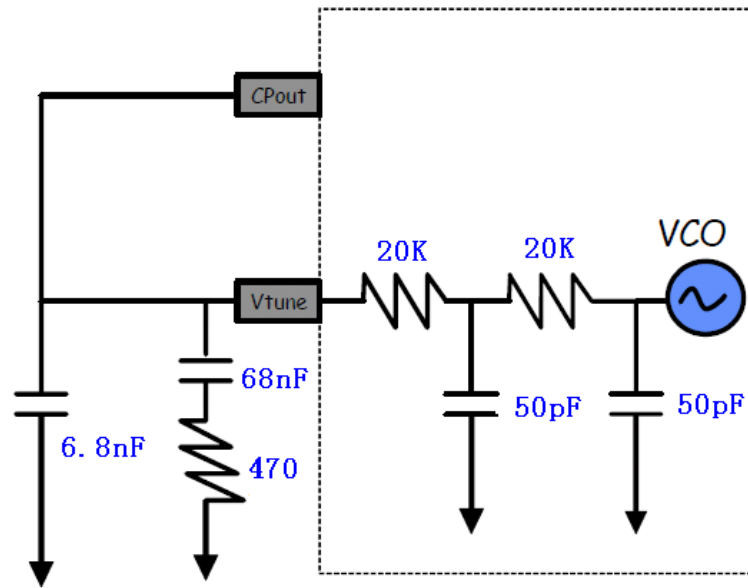


图 2 原始设计

相位噪声性能 (RMS 的积分带宽为 1kHz 到 1MHz)					杂散
@1kHz	@10kHz	@100kHz	@1MHz	RMS	dBc@40kHz
-83.3	-85.8	-112.7	-135.9	0.627 度	-49

表 1 原始设计性能测试结果

当分子为 1 或者 FDEN-1 的杂散，即整数边界杂散，是所有杂散中最为恶劣的情况，特别是作为 GSM 基站的发射本振，LMX2531 的这个杂散或者高次谐波杂散将会通过混频器或者 IQ 调制器发射出去，不能满足发射谱模版要求。通过减小环路带宽从而加强对@40kHz 杂散的抑制，但过小的环路带宽会严重影响锁相环的锁定时间。

尝试改变与杂散相关的环路参量，发现减小鉴相频率会明显改善@40kHz 的杂散，在原始设计中不改变其他参量，减小鉴相频率以及相应的小数分母以保证分子为 1 时仍输出 1966.12MHz 信号。表 2 是测试结果。

鉴相频率 (MHz)	小数分频部分	环路带宽 (kHz)	杂散 (dBc)
30.72	1/768	11	-49
15.35	1/384	6.5	-55
7.68	1/192	4.1	-59
3.84	1/96	2.8	-61
1.92	1/48	1.9	-63

表 2 杂散测试结果

通过上述测试结果发现，整数边界杂散有了非常明显的改善。图 3 是基于 3.84MHz 鉴相频率的重新设计优化设计，环路带宽为 11.5kHz，相位裕量为 39 度。

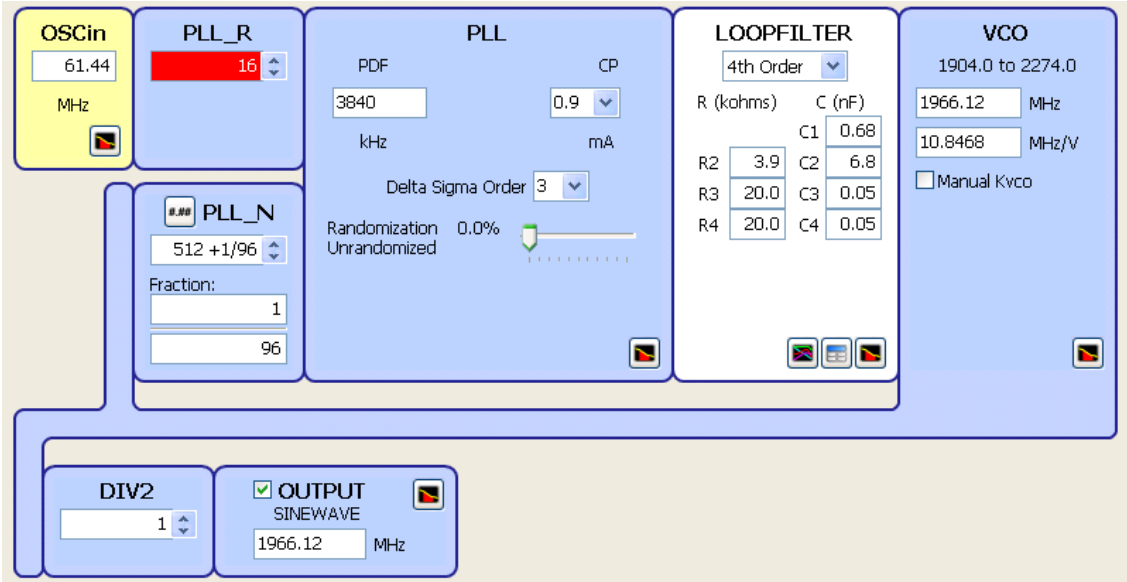


图 3 整数边界杂散优化设计 1

输出信号 1966.12MHz信号的性能测试结果如表 3 所示。

相位噪声性能（RMS 的积分带宽为 1kHz 到 1MHz）					杂散
@1kHz	@10kHz	@100kHz	@1MHz	RMS	dBc@40kHz
-79.4	-82.3	--111.9	-136.4	0.835 度	-58

表 3 优化设计 1 的性能结果

为了满足 10dB 的杂散优化目标，再次重新设计图 4 所示的参量，环路带宽为 8kHz，相位裕量为 43 度。

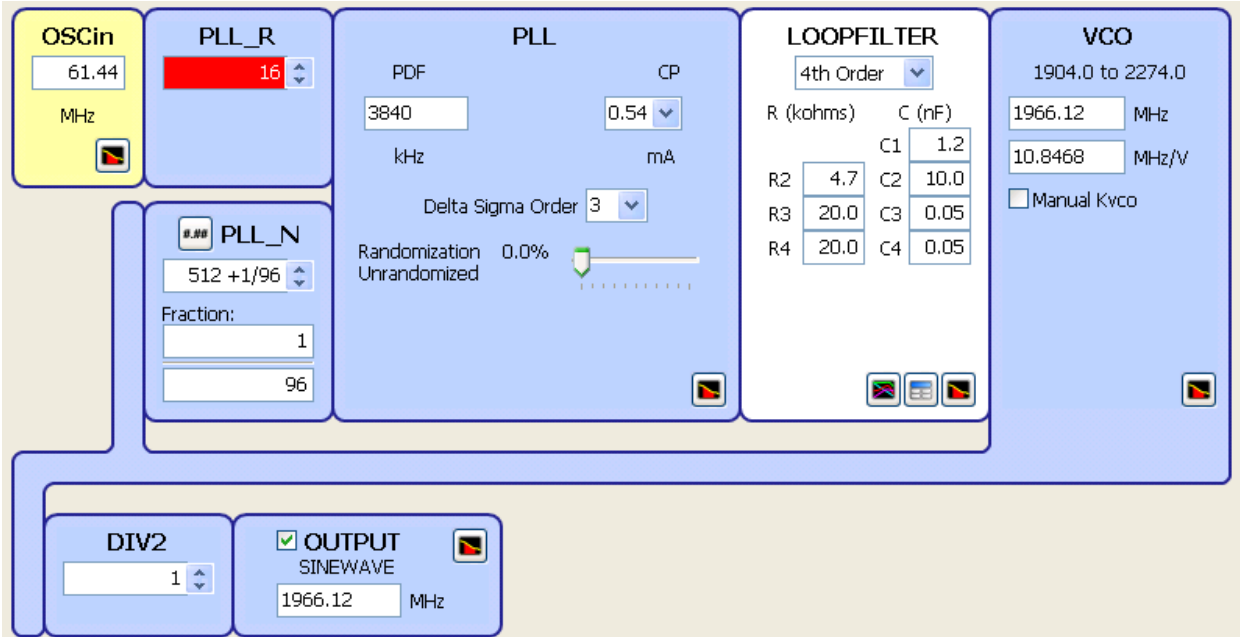


图 4 整数边界杂散优化设计 2

性能测试结果如表 4 所示。

相位噪声性能 (RMS 的积分带宽为 1kHz 到 1MHz)					杂散
@1kHz	@10kHz	@100kHz	@1MHz	RMS	dBc@40kHz
-81	-81.3	-113.8	-137.5	0.887 度	-59

表 4 优化设计 2 的性能结果

3. 小结

本文以 LMX2531LQ2080E 为例，提供了一种优化小数分数中最为恶劣的整数边界杂散，而不是采用频率规避的方法。在付出了 0.26 度相位噪声恶化的代价下，获得了高达 10dB 的整数边界杂散性能改善。当然降低电荷泵电流、减小环路带宽等方法也会适当改善整数边界杂散，但是通过实验验证发现，减小电荷泵电流改善的程度非常有限，而且小的电荷泵电流也会对相噪性能有着较大的影响；过窄的环路带宽会带来较长的环路锁定时间，对锁相环技术的应用有着限制作用。所以如果相位噪声性能要求不是异常苛刻的情况下，可以尝试较小的鉴相频率从而获得不错的杂散性能。

4. 参考资料

1. LMX2531 datasheet
2. LMX2531LQ2080E Evaluation Board Operating Instructions
3. AN-1879 Fractional N frequency synthesis, Dean Banerjee

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 的直接或隐含权限制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在应用中使用的 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 and 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 特别标示了符合 ISO/TS16949 要求的特定组件, 此类组件主要针对汽车用途。凡未做如此标示的组件则并非设计或专门用 于汽车用途; 如果客户在汽车应用中使用任何未被指定的产品, 则 TI 对未能满足应用要求不承担任何责任。

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/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 © 2012 德州仪器 半导体技术(上海)有限公司