

HoldOver of LMK04808 在 RRU 参考时钟切换中的应用

Chen Andy

MNC signal chain FAE

摘要

在射频拉远系统设计中通常会遇到需要切换参考时钟的场合，在切换过程中不希望板上时钟出现大的紊乱，否则会造成系统的崩溃，从而造成必须重启系统而造成链路长时间断链，LMK04808 HoldOver 功能可以保证参考切换时时钟系统的稳定从而大大缩短链路重新同步的时间。

内容

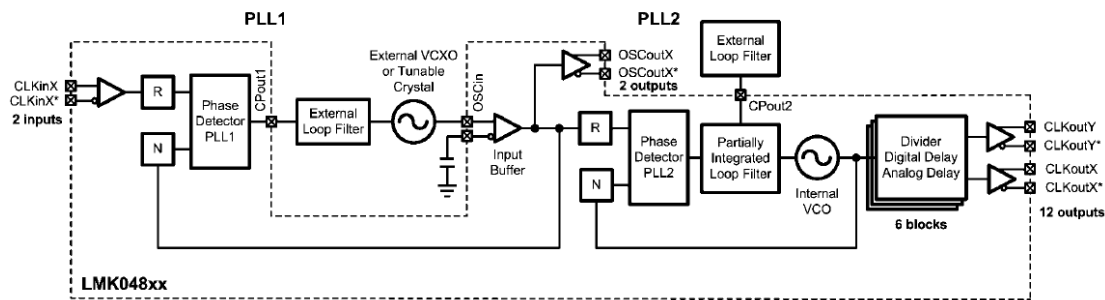
1. LMK04808 及其 HoldOver 功能介绍	1
1.1 LMK04808 功能简介	1
1.2 LMK04808 HoldOver 介绍	2
2. RRU 中参考频率的切换及 HoldOver 的应用	2
2.1 RRU 的时钟系统的要求	2
2.2 LMK04808 参考的切换及其 HoldOver 设置	3
2.3 HoldOver 模式下输出时钟的精度分析	4
3. HoldOver enter and Exit 对 RRU 系统的影响	5
参考文献:	5

1. LMK04808 及其 HoldOver 功能介绍

1.1 LMK04808 功能简介

LMK04808 是一款高性能带有双锁相环的时钟去抖芯片，其输出时钟的抖动性能为 RMS100fs@12k-20M, 其功能框图如下图所示：

Figure 1



上图中虚线部分为芯片内部，其它为芯片外部，不难看出其第一级 PLL 的 VCO 必须外置，第二级外内置 VCO，根据 PLL 的传递函数我们知道 PLL 的输出靠近目标频率近端的噪声主要取决于参考时钟信号，如果参考信号抖动和噪声很大，这时我们需要去除抖动信号而得到干净

的时钟信号，我们需要用滤波器滤除噪声，而在用 LMK04808 时第一级 PLL 的环路滤波器一般都会使用窄带环路滤波器，而第二级则相对宽很多。简而言之，LMK04808 的 PLL1 主要目的是去抖，PLL2 主要目的是倍频，通过两极 PLL 用户可以用较低的 VCXO（用作 PLL1）而得到高质量高频率的时钟信号，大大降低了时钟系统对高质量高频的 VCO 的依赖，从而降低了成本。

1.2 LMK04808 HoldOver 介绍

LMK04808 具有 HoldOver 功能，其目的是为了保持在参考输入时钟切换或丢失时能保持输出时钟在较小的误差范围内，从而保证系统能够继续运行，LMK04808 的 HoldOver 有两种模式，分别为跟踪模式 (tracking mode) 和手动模式 (forced mode)，其最终结果都是保证 VCO 的 Vtune 电压在参考丢失的时候为一恒定电压，从而保证频率输出具有最小的频率误差。顾名思义，跟踪模式即是 LMK04808 可以维持 Vtune 电压在参考时钟丢失前一刻的值，其工作原理为当锁相环锁住时（这里 HoldOver 主要指 PLL1），LMK04808 会周期性的存储 Vtune 的电压值，当参考丢失后芯片会把这个值输出到 CP 管脚从而保证 VCO 不会进入 Freerun 的状态。手动模式即为用户可以不管锁定之前的状态而手动设置一个值输出到 CP。在大部分情况下，用户都会选择跟踪模式，因为其输出频率能很好的跟踪失锁之前的频率值。前面介绍了 LMK04808 的 HoldOver 的目的及工作模式，下面详细介绍与 HoldOver 相关的寄存器的设置及说明：

HOLD OVER_MODE in R12[7:6]: HoldOver 的使能与禁止，2 为使能；

EN_TRACK in R12[8]: 使能或禁止 DAC 跟踪 PLL1 Vtune 电压，1 为使能；

DIASABLE_DLD1_DET in R13[15]: 此比特置 1 可禁止在参考时钟切换时进入 HoldOver 模式；

DAC_HIGH_TRIP in R14[19:14]: HoldOver 的上门限；

DAC_LOW_TRIP in R14[11:6]: HoldOver 的下门限；

MAN_DAC in R15[31:22]: 手动模式的 Vtune 值；

EN_MAN_DAC in R15[20]: 使能手动模式的 Vtune 值；

FORCE_HOLD OVER in R15[5]: 使能手动模式；

DAC_CLK_DIV in R25[31:22]: DAC 的 Vtune 更新频率设置，PDFp111/DAC_CLK_DIV 为更新频率。

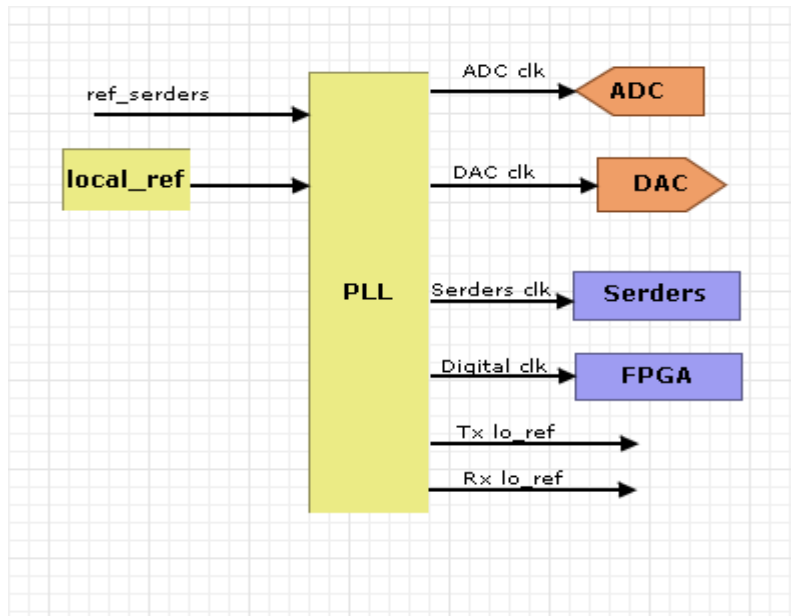
2. RRU 中参考频率的切换及 HoldOver 的应用

2.1 RRU 的时钟系统的要求

RRU 被称为射频拉远模块，是移动基站系统的射频部分，通过光纤和基带部分相连，其整个系统需要和远端的基带系统同步。一般 RRU 的参考时钟来自于 De-serders 恢复出来的时钟，而这个时钟经过光纤远距离传输后由于色散等因素会造成其质量急剧下降，抖动会很大，而 RRU 系统中会有大量的高速数模转换器，需要高质量的采样时钟，另外 RRU 不仅作为信号收发终端，同时也是数据转发器，将多个 RRU 级连起来可以实现更远距离的信号拉远，方便通信网络的建设和优化，因此串行传输也需要高质量的时钟信号。由此可见，RRU 需要抖动小，频率高，同时能和基带系统同步的时钟分配系统，我们需要带有去抖

功能而且输出带有分配器的锁相环芯片，而 LMK04808 成为了 RRU 设计时的不二选择，同时 LMK04808 有两个参考输入端，可以实现参考的自动切换。

Figure 2



上图中数模转换器的数量取决于 RRU 系统的收发数目，信号路径越多则需要的时钟路数也就越多，图中的每种时钟信号的名称代表了时钟的类型。LMK04808 就是特定应用在以上时钟系统的芯片，其输出为低抖动高频的时钟信号。

通常 RRU 系统上需要完成复杂的运算，因此会有复杂的 DSP 和 FPGA 系统，当参考时钟切换时希望 DSP 和 FPGA 系统仍能正常运行，而不希望系统瘫痪，因此在切换时需要保证 FPGA 或者 DSP 的输入时钟精度，因为大部分 DSP 或者 FPGA 系统通常都会对时钟的精度有要求，否则 DSP 或者 FPGA 系统会瘫痪，从而造成 RRU 不能被正常控制。

2.2 LMK04808 参考的切换及其 HoldOver 设置

在 RRU 和基带部分相连时，有时候为了更多的兼容性，其 RRU 的无线接口协议可能会有两种不同的协议或者多个基带，系统会根据客户的指令在不同协议或者不同基带之间可以进行切换，这时参考信号可能需要从主参考切换到第二路参考上，在参考切换中，希望整个 RRU 系统仍能正常工作，这就要求系统中的时钟不能出现大的频率偏差，否这会导致整个系统彻底断链，从而引起链路需要重新同步造成长时间的断链。而 LMK04808 提供两个参考输入，而且可以自动切换，当一个参考丢失，可以自动切换到另一个参考上，同时 HoldOver 功能可以很好的保证输出在切换时的频率稳定度。一般我们会选择跟踪模式，有关 HoldOver 的设置，前面都已做详细的解释，可根据需要选择，同时对参考的切换也需要进行设置，一般我们会设置成自动切换模式。

当参考切换时，LMK04808 自动进入 HoldOver 模式，必须对 LMK04808 进行正确的设置，前面的已经介绍了关键的设置，需要在相应得寄存器中完成设置，我们可以用 EVK 的设置软件 Codeloader4 完成设置，然后导出寄存器的值，写入到 LMK04808 就可以完成设置了。详细的设置如下图所示：

Figure 3

Figure 3 shows the LMK04808 configuration window. The parameters are organized into several sections:

- Mode Control:** Includes RESET, POWERDOWN, MODE (Dual PLL, Int VCO), PD_OSCin, EN_FEEDBACK_MUX, FEEDBACK_MUX, OSCin_FREQ (>63 to 127 MHz), VCO_MUX (VCO), uWire_LOCK, CLKin, CLKin_Select_MODE (Auto), EN_CLKin1, EN_CLKin0, CLKin1_BUF_TYPE (Bipolar), CLKin0_BUF_TYPE (Bipolar), EN_LOS, LOS_TIMEOUT (1200 ns, 420 kHz), and Crystal (EN_PLL2_XTAL, XTAL_LVL (2.05 Vpp)).
- IO Control:** Includes LD_MUX (PLL1 & PLL2 DLD), LD_TYPE (Output Enabled (push-pu)), HOLDOVER_MUX (Holdover Mode), HOLDOVER_TYPE (Output Enabled (push-pu)), Status_CLKin0_MUX (Active Low), Status_CLKin0_TYPE (Input Enabled w/ pull-do), Status_CLKin1_MUX (Active Low), Status_CLKin1_TYPE (Input Enabled w/ pull-do), and CLKin_Sel_INV.
- IO Control - Sync:** Includes SYNC_MUX (Active Low), SYNC_TYPE (Input Enabled w/ pull-up), SYNC_POL_INV, SYNC_PLL1_DLD, SYNC_PLL2_DLD, NO_SYNC_CLKout0_1, NO_SYNC_CLKout2_3, NO_SYNC_CLKout4_5, NO_SYNC_CLKout6_7, NO_SYNC_CLKout8_9, NO_SYNC_CLKout10_11, SYNC_QUAL, EN_SYNC, and SYNC_EN_AUTO.
- PLL1:** Includes PLL1_WND_SIZE (10 ns), PLL1_DLD_CNT (10000), CLKin0_PreR_DIV (1), CLKin1_PreR_DIV (1), PLL1_N_DLY (0 ps), and PLL1_R_DLY (0 ps).
- PLL2:** Includes PLL2_WND_SIZE (3.7 ns), PLL2_DLD_CNT (8192), EN_PLL2_REF_2X, PLL2_N_CAL (12), PLL2_R3_LF (200 ohms), PLL2_R4_LF (200 ohms), PLL2_C3_LF (10 pF), PLL2_C4_LF (10 pF), and PLL2_FAST_PDF.
- Program Pins:** Includes SYNC, Status_CLKin0, Status_CLKin1, and TRIGGER.

Red boxes highlight the following parameters in the DAC/Holdover section:

- EN_TRACK
- EN_VTUNE_RAIL_DET
- HOLDOVER_DLD_CNT (512)
- DAC_CLK_DIV (11)
- EN_MAN_DAC
- MAN_DAC (512)
- DAC_LOW_TRIP (0)
- DAC_HIGH_TRIP (0)

Blue boxes highlight the following parameters:

- CLKin_Select_MODE (Auto)
- CLKin1_BUF_TYPE (Bipolar)
- CLKin0_BUF_TYPE (Bipolar)

上图中红色部分是需要设置成合适的值的，然后将寄存器的值导出就可以得到寄存器的值了。注意，如果系统中有两个参考输入，我们可以设置成 Auto 模式，上图蓝色部分。

2.3 HoldOver 模式下输出时钟的精度分析

当 LMK04808 运行在 HoldOver 模式时，输出时钟的频率精度主要取决于第一级 VCO 的精度，而第一级 VCO 频率主要有 CPout1 决定，因此 DAC 的输出误差就决定了输出的频率误差，而 LMK04808 内部的 DAC 输出误差为 $\pm 2\text{LSB}$ (约 $\pm 6.4\text{mV}$)，结合 VCO 的增益我们就可以得到 LMK04808 HoldOver 模式下时钟输出的频率精度：

$$\text{HoldOverAccuracy(ppm)} = \frac{\pm 6.4\text{mV} \times K_v \times 1e6}{V_{\text{cxoFrequency}}} \quad \text{公式 1}$$

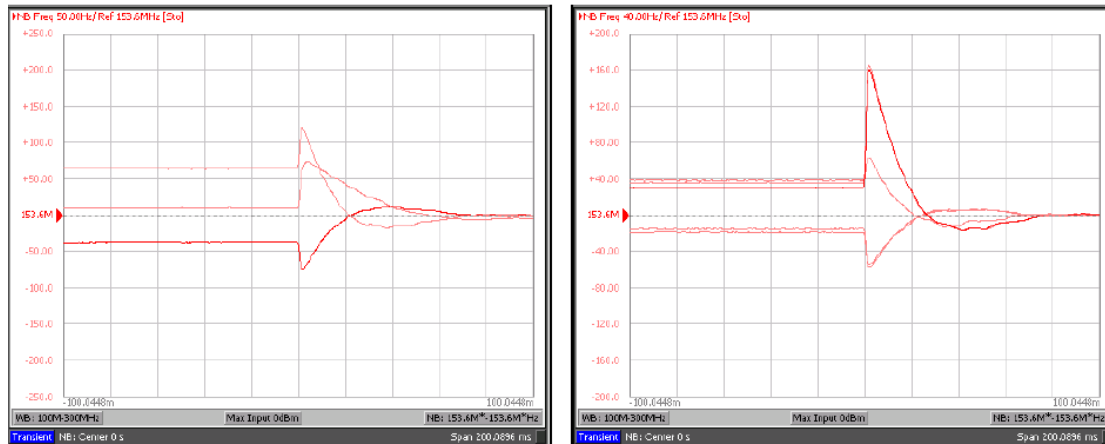
正常情况下 LMK04808 的输出时钟精度应在 1ppm 以内。

以上的频率精准度对于 HoldOver Exit 的响应时间非常关键，由于 LMK04808 的锁定指示是数字锁定指示，因此需要设置 Window size 和 count，实际这几个参数就决定了当 LMK04808 锁定时输出频率的精度：

$$ppm = \frac{2e6 \times PLL1_WND_SIZE \times f_{pd1}}{HOLDOVER_DLD_CNT} \quad \text{公式 2}$$

当参考输入恢复后或者切换到另外一个输入参考，参考信号和 VCO 的反馈信号的相位关系仍在 WND_SIZE 内，也即仍然能满足锁定的条件，因此 exit 时间就会很快，否则，LMK04806 需要重新跟踪，则 Exit 时间会比前者略长。正因为如此，设置长的 WND_SIZE 和小的 Count 可以增加锁定的概率，但是长的 WND_SIZE 会带来大的 Glitch。

Figure 4



以上两图的 count 都是 10，左图的大小是 5ns，右图是 10ns，则可以看到小的 size 设置可以得到小的频率 glitch。在 HoldOver 应用中，大部分客户希望能得到尽可能短的 Exit 时间，因为当 Exit 时间短时其输出的频率的相位波动会小。

3. HoldOver enter and Exit 对 RRU 系统的影响

前面我们用了大量篇幅介绍的 HoldOver 下 LMK04808 输出时的频率精准度及其响应时间，当在 RRU 系统中使能 HoldOver 功能时，当参考需要完成切换时，其频率精度可以维持在 1ppm 以内，因此系统还是能正常工作，由于相位变化也较小，因此整个系统还是可以完成和 BBU 之间的命令传递，但是当 HoldOver 返回时可能会造成短暂的断链，因为 Exit 时间可能远远长于 Enter 时间，这是因为当 HoldOver 的输出精度达不到数字检测的精度时，这时 LMK04808 需要完成重新跟踪锁定的过程，因此 exit 时间会长。为了解决这个问题，我们可以设置的合适的大小和 count 来规避。

参考文献:

- LMK04808 Datasheet : <http://www.ti.com/product/lmk04800>
- CodeLoader4 Operating Instruction User' Guide:
<http://www.ti.com/tool/codeloader>

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 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/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