



## ▶ 专有信息说明，免责与免除担保

**ADI**演示文稿是**ADI**公司的财产。**ADI**演示文稿以及**ADI**提供或在此处使用的软件、文本、图片、设计元素、音频和所有其他资料（简称“**ADI**信息”）的所有版权、商标和其他知识产权和所有权均属**ADI**公司及其许可人所有。事先未经**ADI**书面许可，不得以任何方式、通过任何形式或媒介复制、出版、改编、修改、展示、分发或销售**ADI**信息。

**ADI**信息和**ADI**演示文稿均按“原样”提供。尽管**ADI**希望**ADI**信息和**ADI**演示文稿准确无误，但**ADI**不对**ADI**演示文稿和**ADI**信息作任何担保，包括但不限于关于准确性和完整性的担保。排字错误和其他失误都可能存在。**ADI**不保证**ADI**信息和**ADI**演示文稿能满足您的要求、准确、不会中断或不存在错误。**ADI**不对适销性、特定用途实用性或不侵犯任何第三方知识产权作任何明示或暗示的担保。对于因您使用**ADI**信息和**ADI**演示文稿而引起的或与其相关的任何损害或损失，包括但不限于数据丢失或损坏、电脑病毒、错误、遗漏、中断、缺陷或其他故障，无论此等责任属于侵权、合同或其他，**ADI**均不承担任何责任。使用其中提到的任何第三方参考软件须遵循与此等第三方签订的适用许可协议（若有）。

©2013 Analog Devices, Inc. 保留所有权利

# 今日议程



- ▶ 时钟和频率合成的应用领域
- ▶ 锁相环(PLL)的设计与应用
- ▶ 直接数字频率合成(DDS)的设计与应用
- ▶ 时钟产生与分配
- ▶ 数据转换器时钟的问题

# 五种类型的频率合成

## ▶ 模拟PLL

- 使用模拟乘法器作为鉴相器
- 未广泛使用

## ▶ 数字PLL

- 使用数字鉴频鉴相器(PFD)、模拟环路滤波器、电压控制振荡器(VCO)
- 架构简单
- 高性能和低噪声

## ▶ 全数字PLL

- 使用数字鉴频鉴相器(PFD)、数字环路滤波器、NCO
- 更高的灵活性、更快的锁定速度
- 出色的抖动净化功能
- 极其灵活

## ▶ 直接数字频率合成器

- 极其灵活的频率产生功能
- 极快的扫频和跳频功能
- 通常应用于军用和仪器仪表应用中

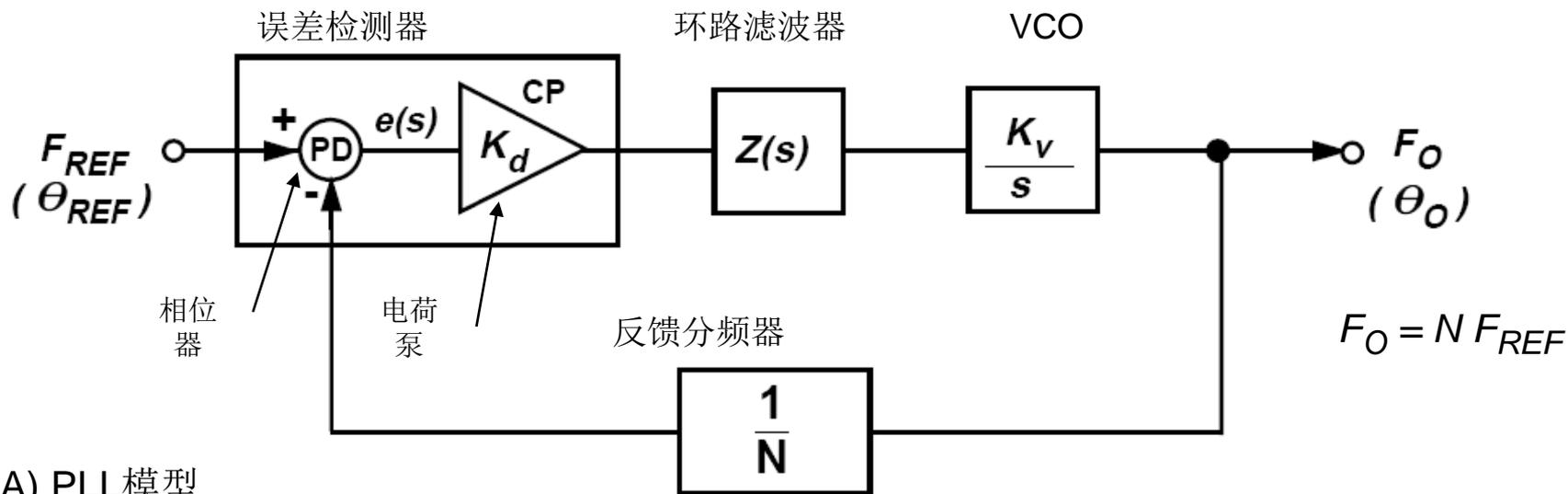
## ▶ 通用振荡器

- 晶振
- 电压控制振荡器(VCO)

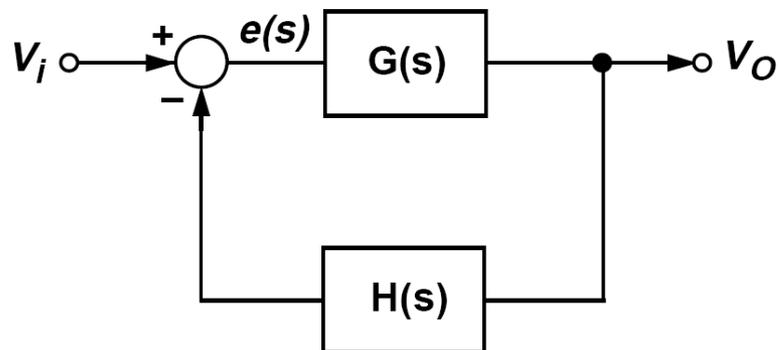
## 什么是时钟？ 常用频率是多少？

- ▶ 与数据波形不同，时钟信号是一个方波，其频率通常是恒定的。
- ▶ 常用频率包括：
  - GPS 使用 1 pps（脉冲/秒）
  - 有线通信常用8 kHz，一般将该频率称为BITS时钟
  - 同步光(SONET)网络的常用参考时钟是19.44 MHz，并且替代SONET的OTU（光纤传输单元）网络依然使用该时钟
  - 无线通信常用122.88 MHz
  - 以太网的常用参考时钟是125 MHz和156.25 MHz

# 锁相环(PLL)基本模型

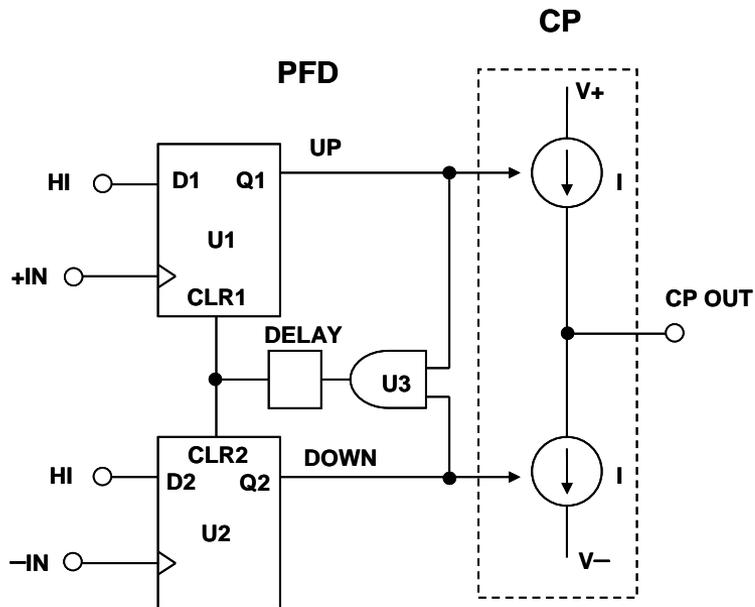


(A) PLL模型

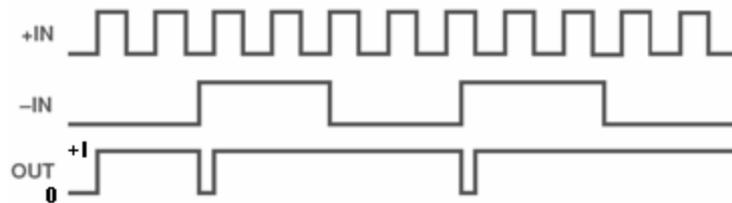


(B) 标准负反馈  
控制系统模型

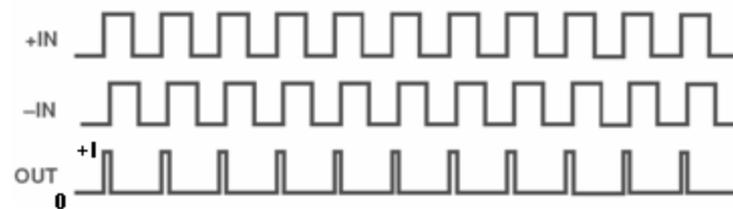
# 鉴频鉴相器(PFD) 驱动电荷泵(CP)



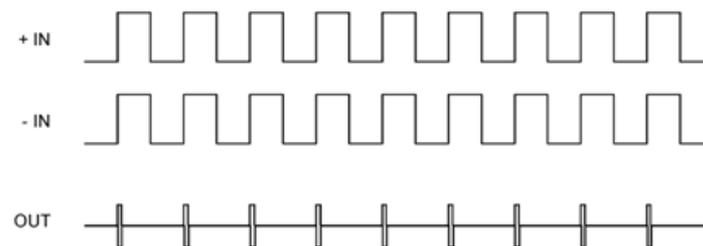
UP	DOWN	CP OUT
1	0	+I
0	1	-I
0	0	0



(A) 频率失锁, 相位失锁

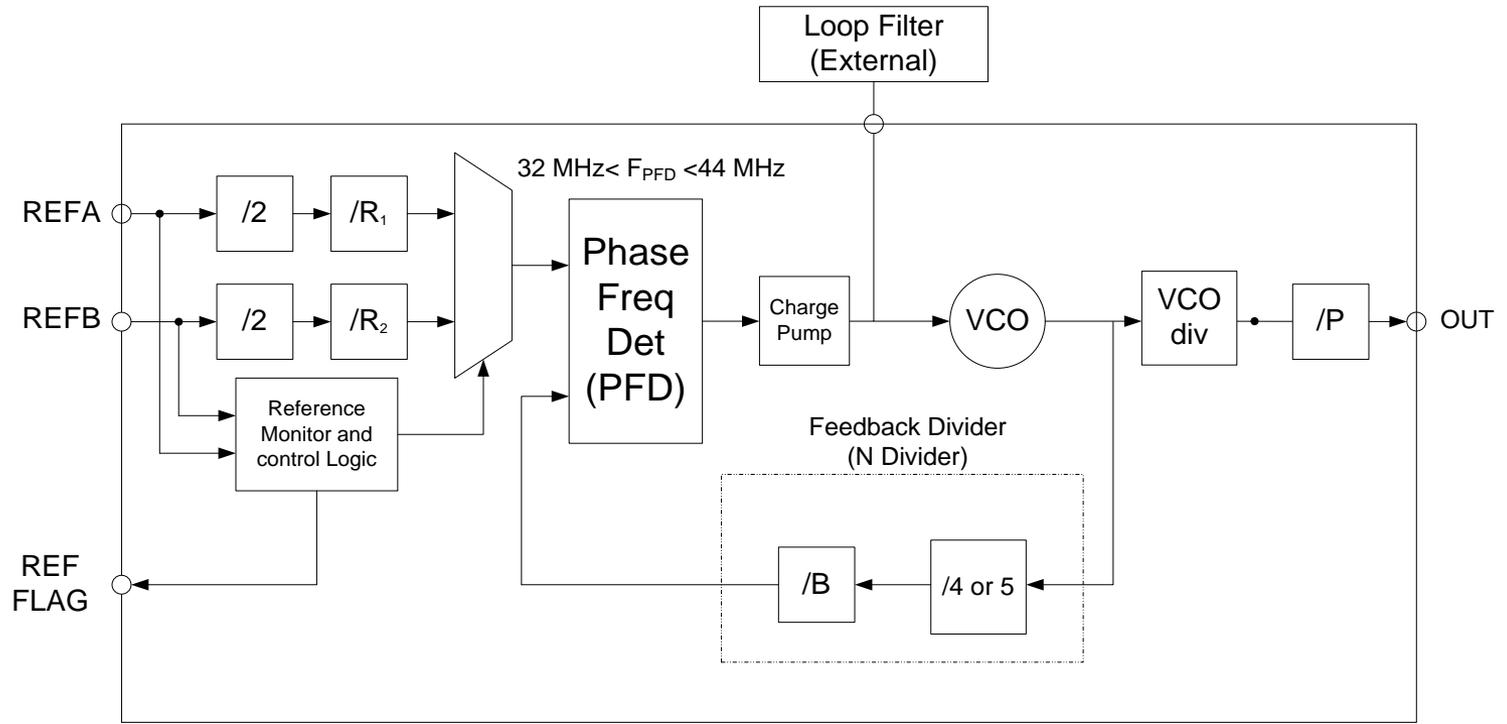


(B) 频率锁定, 相位失锁

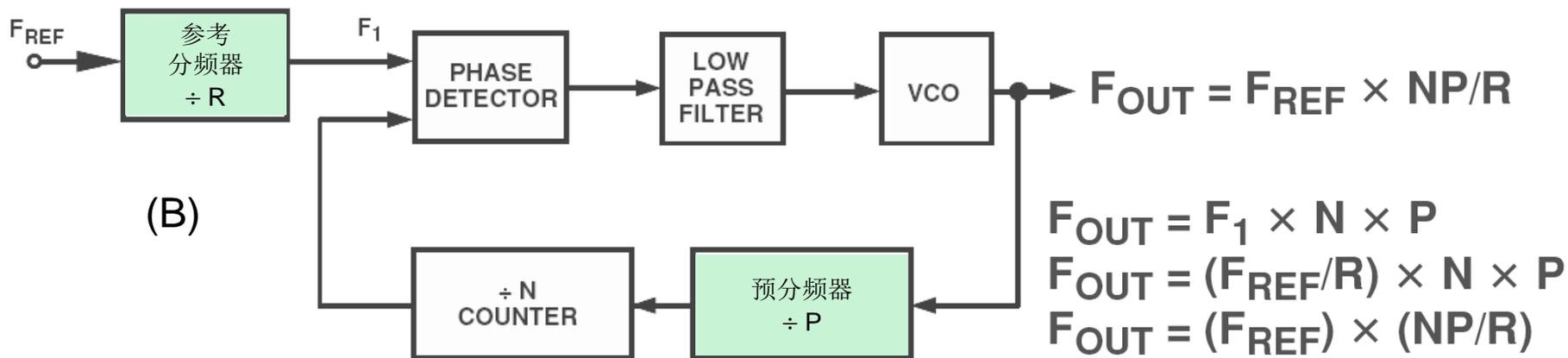
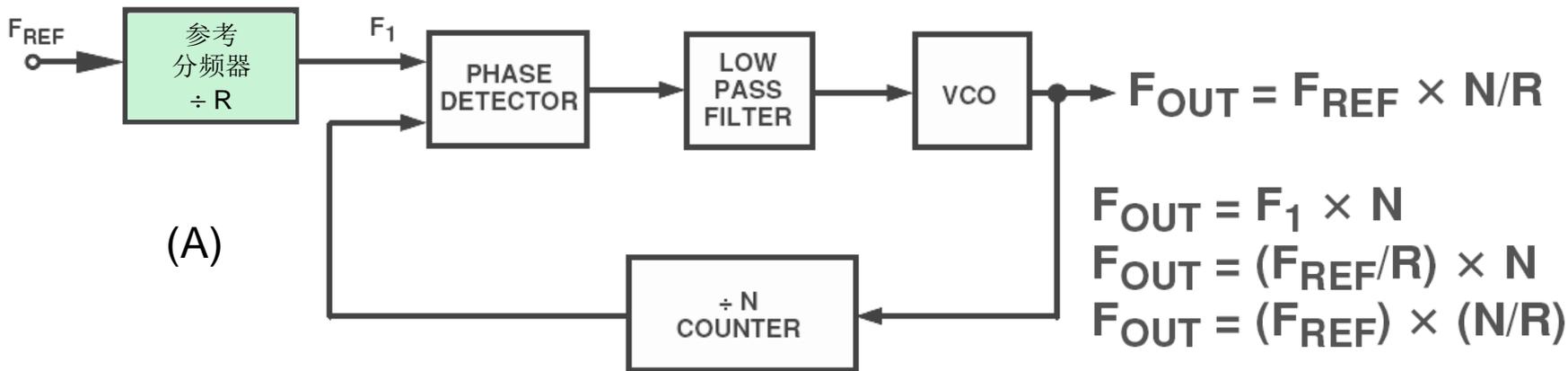


(C) 输入频率锁定和相位锁定

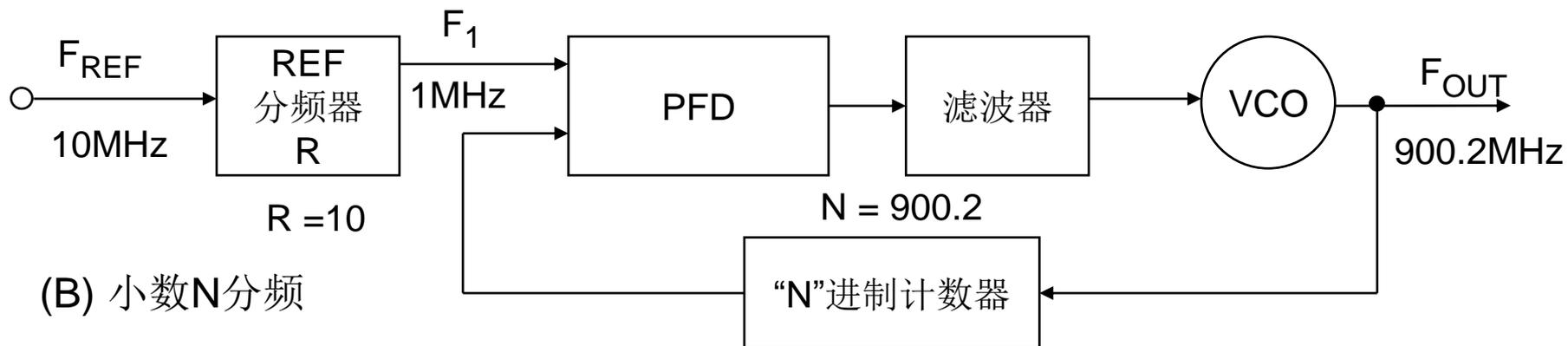
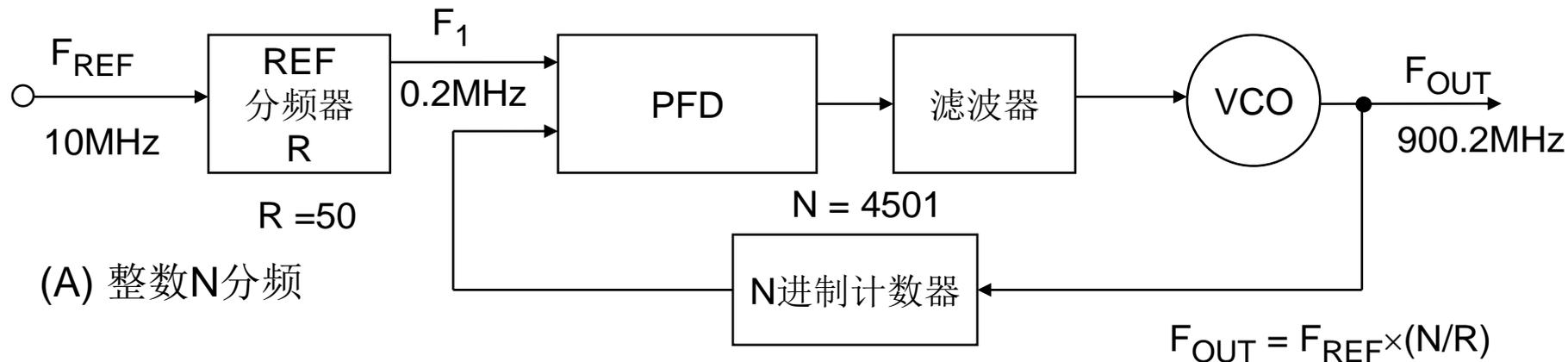
# 数字PLL框图 —— 分频器



# PLL中输入参考分频器和预分频器



# 整数N分频与 小数N分频频率合成器的比较

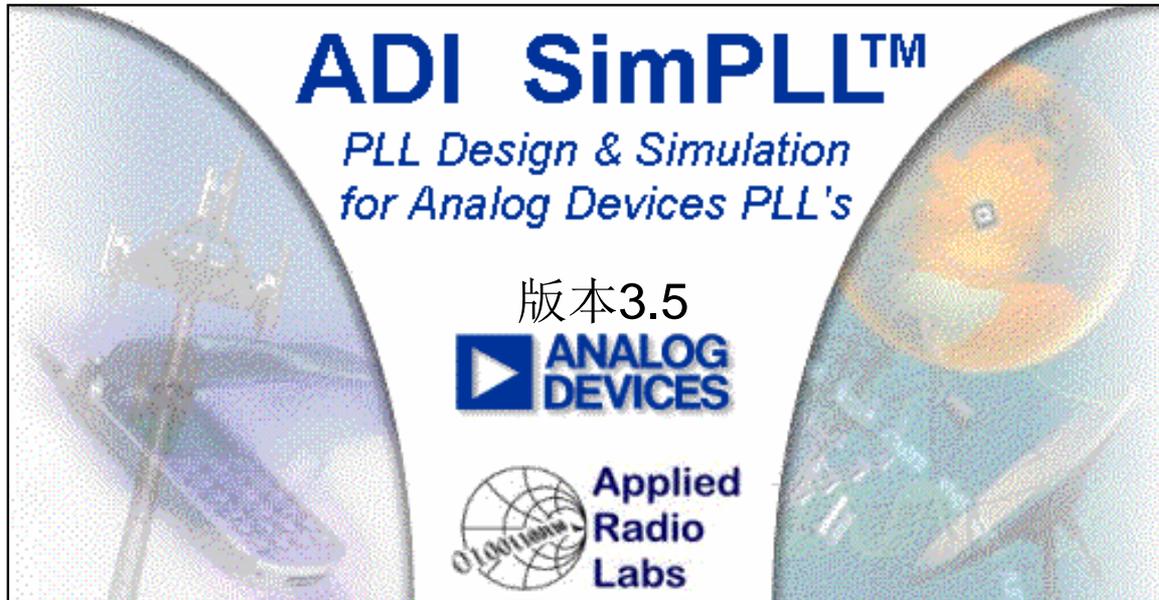


$$"N" = N_{INTEGER} + \frac{N_{FRACTION}}{N_{MODULUS}} = 900 + \frac{N_{FRACTION}}{5}$$

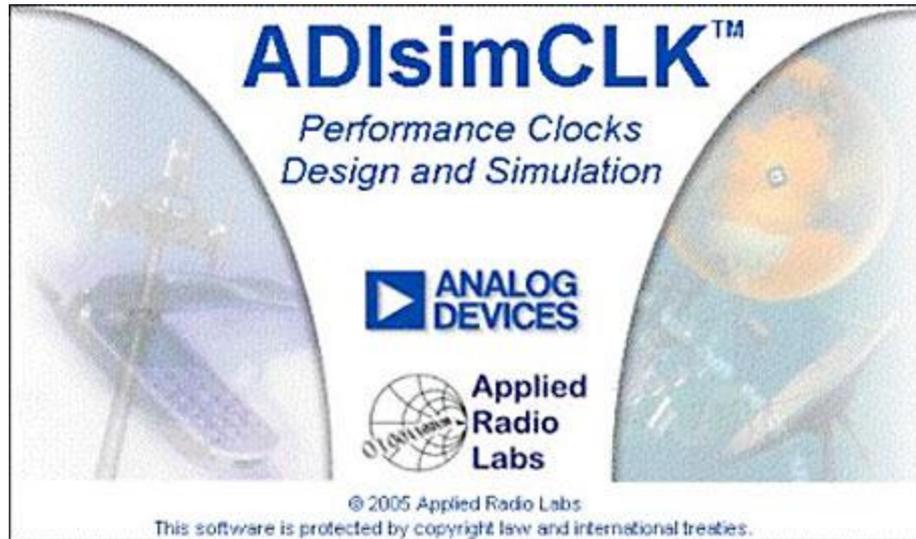


## PLL主要技术参数

- ▶ **RF**输入频率（最小值/最大值）
- ▶ 相位噪声和相位抖动
- ▶ 参考杂散
- ▶ 频率锁定时间
- ▶ 相位锁定时间
- ▶ 输出频率误差
- ▶ 输出相位误差
- ▶ 环路带宽和相位裕量



[www.analog.com/adisimpll](http://www.analog.com/adisimpll)



[www.analog.com/adisimclk](http://www.analog.com/adisimclk)



<http://www.analog.com/en/rf-tools/topic.html>

## ADIsimCLK

ADIsimCLK is the design tool developed specifically for Analog Devices' range of ultra-low jitter clock distribution and clock generation products. Whether your application is in wireless infrastructure, instrumentation, networking, broadband, ATE or other areas demanding predictable clock performance, ADIsimCLK will enable you to rapidly develop, evaluate and optimize your designs.

## ADIsimPLL

ADIsimPLL enables the rapid and reliable evaluation of new high performance PLL products from ADI. It is the most comprehensive PLL Synthesizer design and simulation tool available today. Simulations performed include all key non-linear effects that are significant in affecting PLL performance. ADIsimPLL removes at least one iteration from the design process, thereby speeding the design- to-market.

## ADIsimDDS

The purpose of this tool is to assist a user in selecting and evaluating Analog Devices' Direct Digital Synthesis (DDS) IC's. It allows a user to select a device, enter the desired operating conditions and evaluate its general performance.



<http://ez.analog.com/welcome>

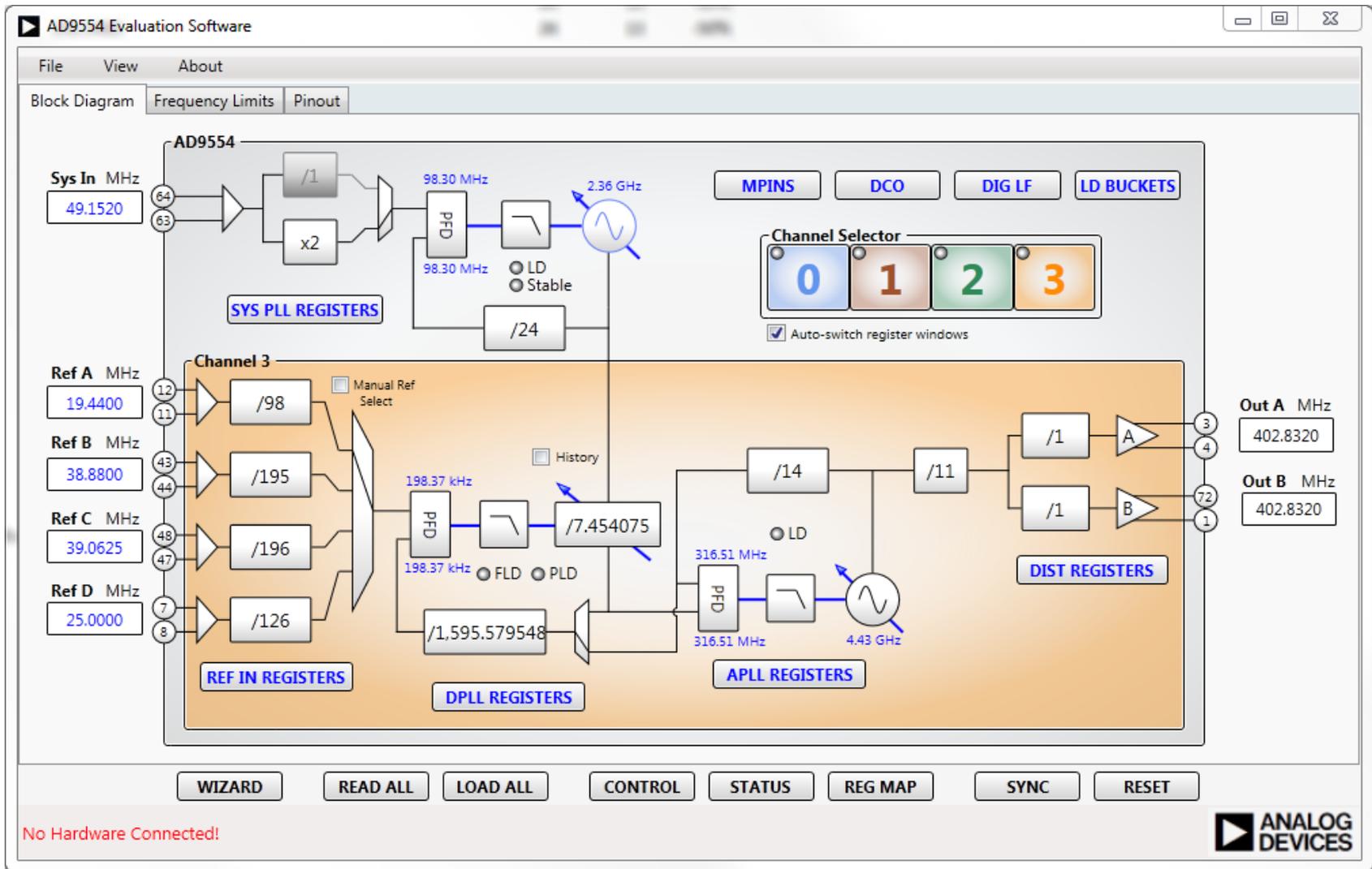
提供针对DDS、时钟产生和分配、PLL的全系列评估板。提供全套兼容Windows的软件

<http://www.analog.com/en/evaluation-boards-kits/resources/index.html>





...并且加载寄存器。



<http://ezchina.analog.com/community/rf>

[http://ezchina.analog.com/community/clock\\_and\\_timing](http://ezchina.analog.com/community/clock_and_timing)

WORLD LEADER IN HIGH PERFORMANCE SIGNAL PROCESSING English | 日本語

ANALOG DEVICES 在线技术支持 欢迎, 访客 | 登录 | 注册

主页 网站动态 站内通信 待发事项 浏览 搜索EngineerZone 搜索 高级

engineerzone™ 中文技术论坛 搜索 搜索EngineerZone 搜索 使用提示

**本周热点**

- ADXL345 中断清零问题
- 关于AD8343的S参数仿真
- ADT7420读取异常
- 求助ADRF6702的REFIN
- 关于ADA4899-1芯片设计的缓冲器的问题?

**浏览论坛**

	发贴数	常见问题
放大器专区	225	66
数据转换器专区	163	4
音频专区	10	0
时钟和DDS专区	22	1

**版主推荐**

- 又一期论坛小活动来袭! ADI亚洲总部在哪里?
- 第三批获奖得主已产生! 请盡快提供邮寄地址!
- 2013年10月10日论坛将公布活跃用户排行榜, 大家积极参与吧!
- ADI中文技术论坛征文活动 **NEW**
- ADI设计峰会2013 北京站深圳站现开始报名喽! **NEW**
- ADI设计峰会讨论专区 **HOT**
- 5月31日前完成注册就有机会获得ADI的奖品, 赶快行动! 🎉
- 最新中文资料更新

**ADI亚洲技术支持中心**

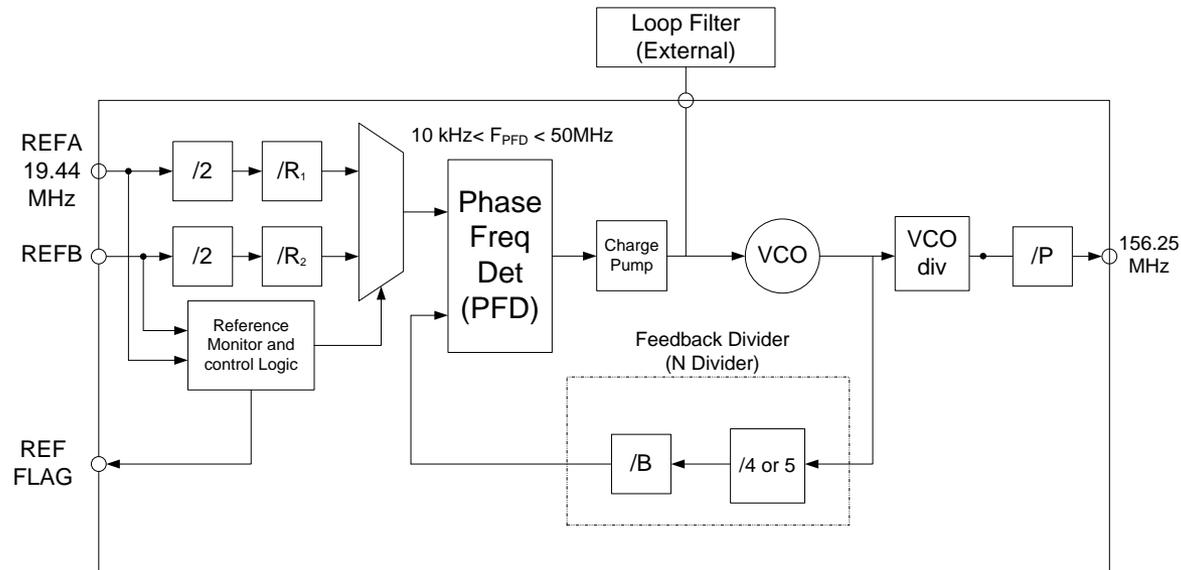


免费热线电话: 4006-100-006

## PLL的常见用途

- ▶ 频率转换
- ▶ 抖动清除
- ▶ 冗余时钟
- ▶ 保持
- ▶ 时钟分配

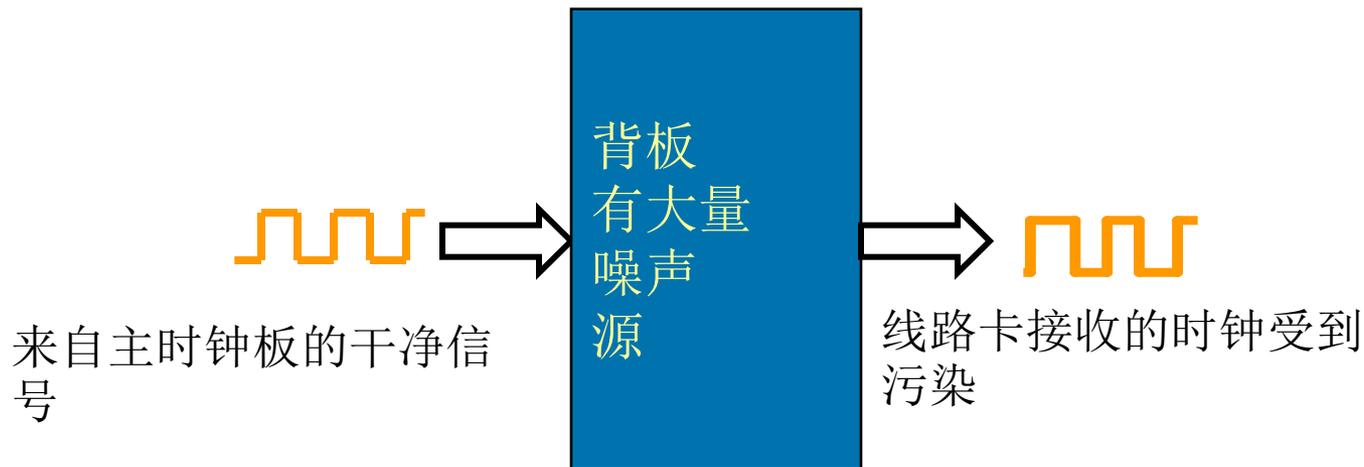
## 频率变换示例:



### ► 19.44 MHz (SONET) 至 156.25 MHz (10 Gb/s以太网):

- R分频器=162, B=15625, VCO分频器 = 3, P分频器 = 4
- 鉴相器频率: 120 kHz
- VCO频率: 1875 MHz

# 抖动清除



从背板接收的时钟用于建立输出的相位和频率

输出信号纯度取决于所用的本振（晶振、TCXO或OCXO）



如何实现？

## 保持:

保持是指，在参考输入消失的情况下提供输出信号。保持功能既可以由系统中的控制器/处理器元件启动，也可以通过监控功能启动，监控功能在参考输入消失时会自动切换到保持模式。

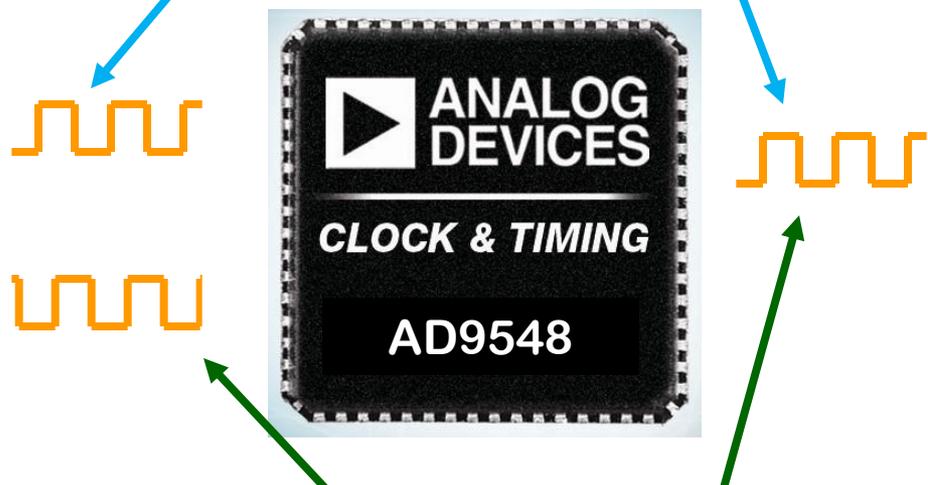
## 切换:

切换功能比保持功能可提供更多的安全性。如果一个参考发生故障，时钟器件将转而使用一个替代参考。ADI公司时钟器件提供的所有切换功能的一个重要特点是：这种切换不会产生不良脉冲或额外的长脉冲。后级PLL不会因为时钟切换或在切换期间失锁，即使不同参考输入信号的相位之间不存在任何预定义关系也无妨。切换功能既可以由系统中的控制器/处理器元件启动，也可以通过监控功能启动，监控功能在有效参考输入消失时会自动实施切换。

# 切换、同步和保持

注意  
输出与主参考同步

但是，当主参考消失时会发生什么？



PLL将以保持模式保持输出时钟，直到另一个参考输入可用。输出相位可能摆动，也可能不摆动（取决于应用），因此要么保持输入-输出相位，要么输出时钟相位不摆动。

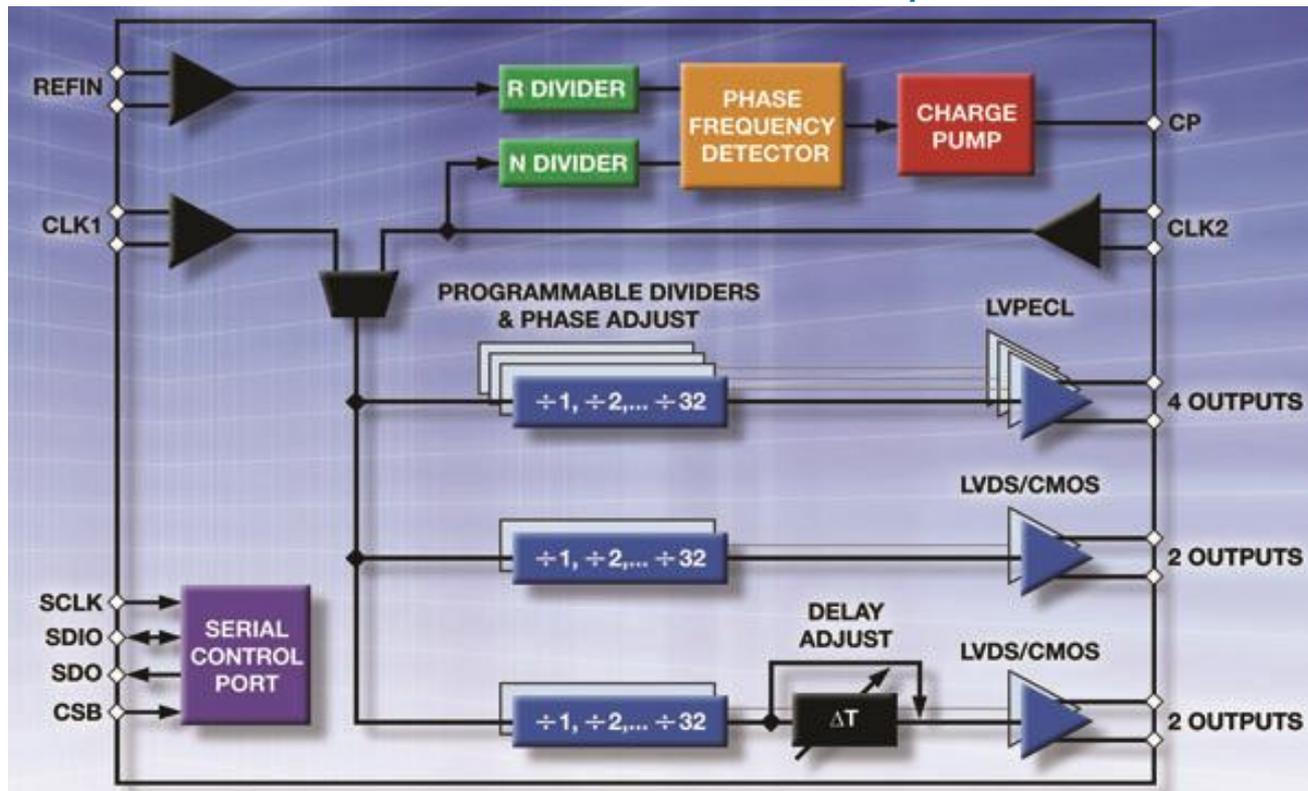


# 锁相环(PLL)的 时钟应用



# AD9516系列1.5 -3.0 GHz、8/5通道时钟分配IC

下图所示为AD9510，其宽带RMS抖动<1ps



**PLL内核**  
250 MHz REFIN  
1.6 GHz PLL  
抖动清除

**时钟输出**  
1.2 GHz LVPECL  
800 MHz LVDS  
250 MHz CMOS

**可编程分频器**

1至32之间的任意整数  
相位偏移控制  
每个分频器都独立工作

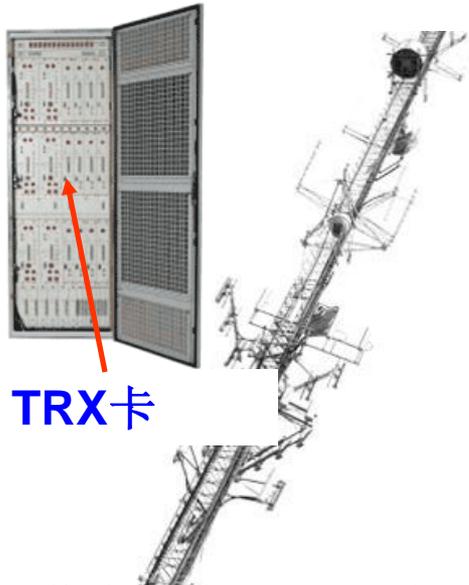
**可编程延迟调节**

1ns至10ns满量程  
32个延迟步进



64 - LFCSP  
通常可代替  
5个分立IC器件

# 应用 – 无线收发器卡



TRX卡

用户的  
参考时钟



收发器  
时钟分配IC

## 收发器卡的重要时钟功能:

- 净化用户参考输入的抖动
- 将用户参考频率上变频到所需的最高频率，通常根据DAC时钟要求决定
- 产生供RX和TX使用的多个频率
- 为转换器提供低抖动时钟
- 产生LVPECL、LVDS、CMOS混合时钟
- 调整时钟通道之间的相位或延迟关系
- 提供时钟通道间的隔离

时钟提供给模数转换器

ADC

ADC

ADC

ADC

DDC或  
ASIC

时钟提供给数字芯片

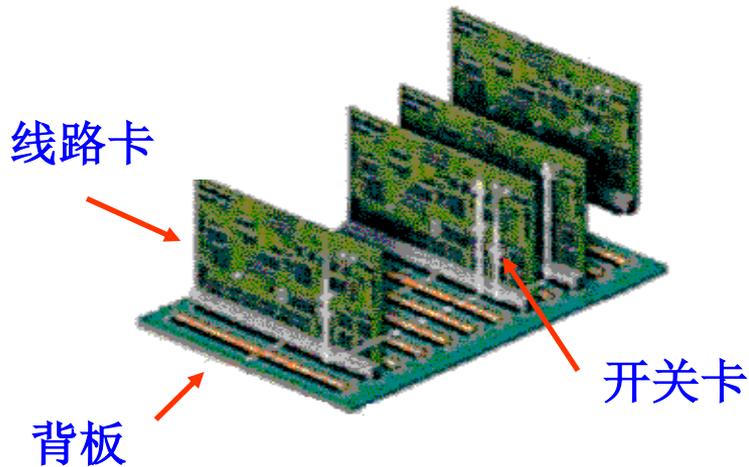
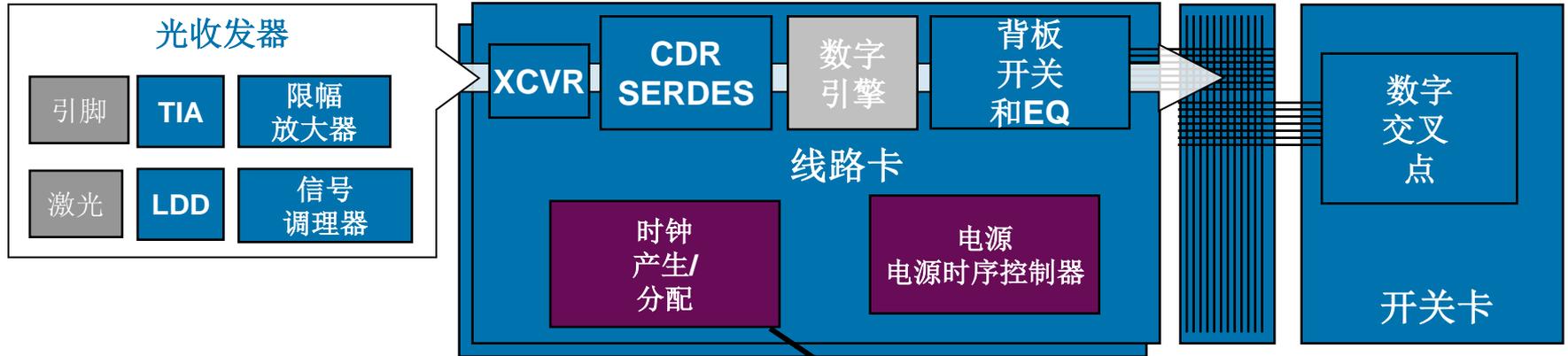
DUC或  
FPGA

DAC

时钟提供给数模转换器

DAC

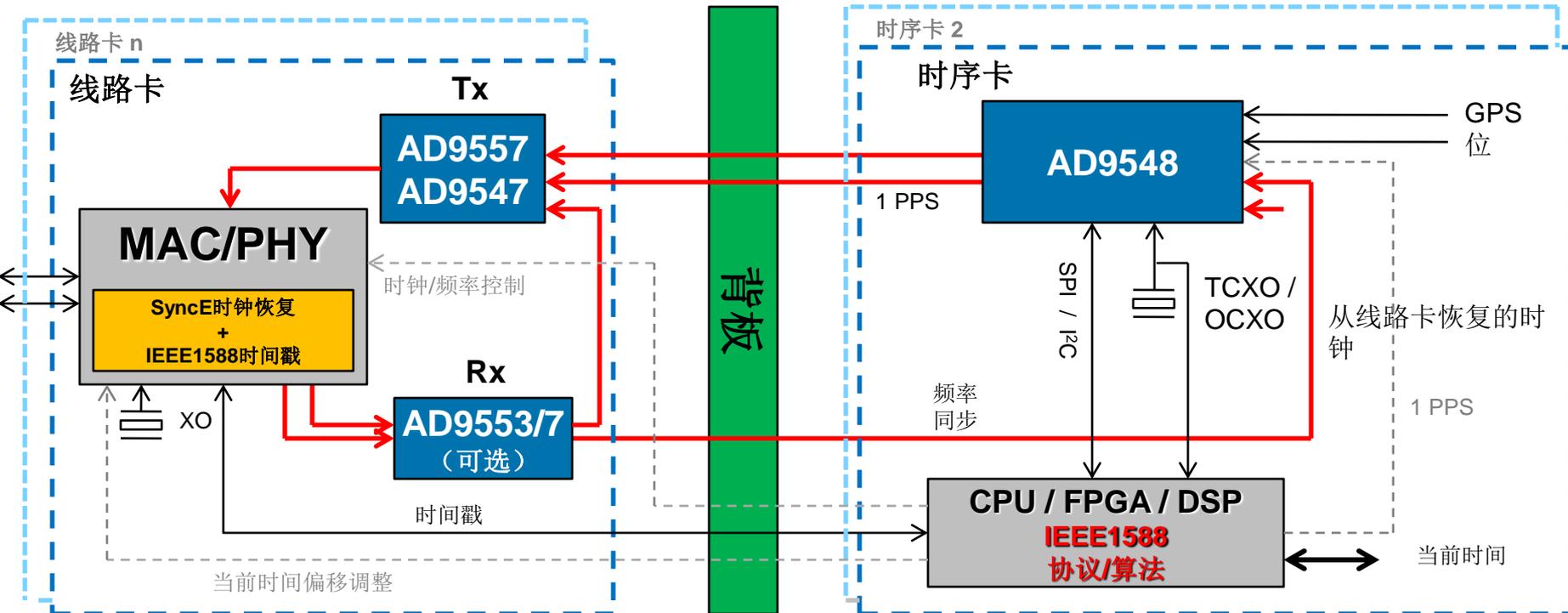
# 应用 - 线路卡



ADI公司的AD9557和AD9548等新型时钟产品针对网络应用而推出。

AD9548具体示例见下页

# SyncE / IEEE1588 混合 (含支持纯IEEE1588的连接)

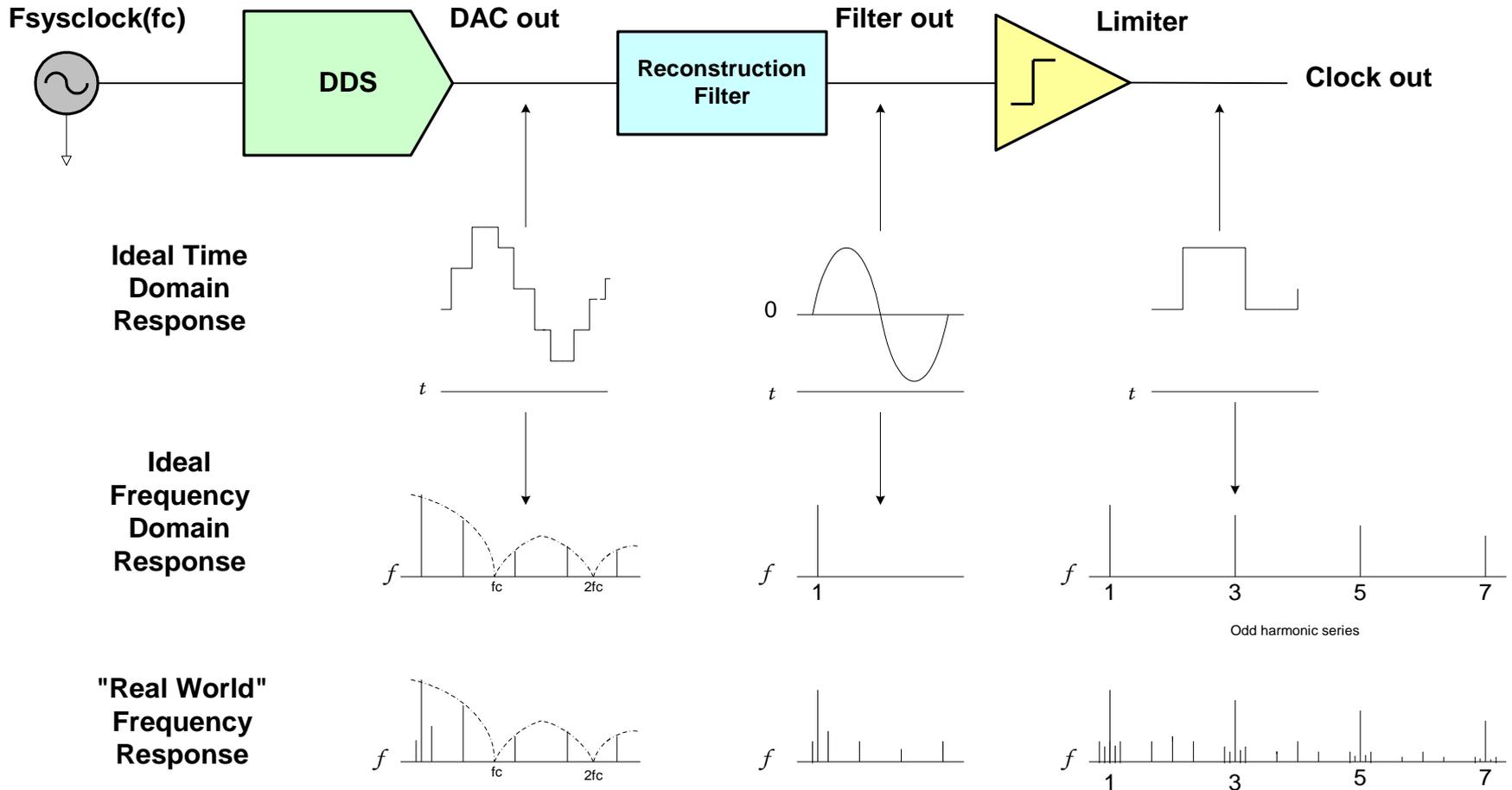




DDS用于时钟产生

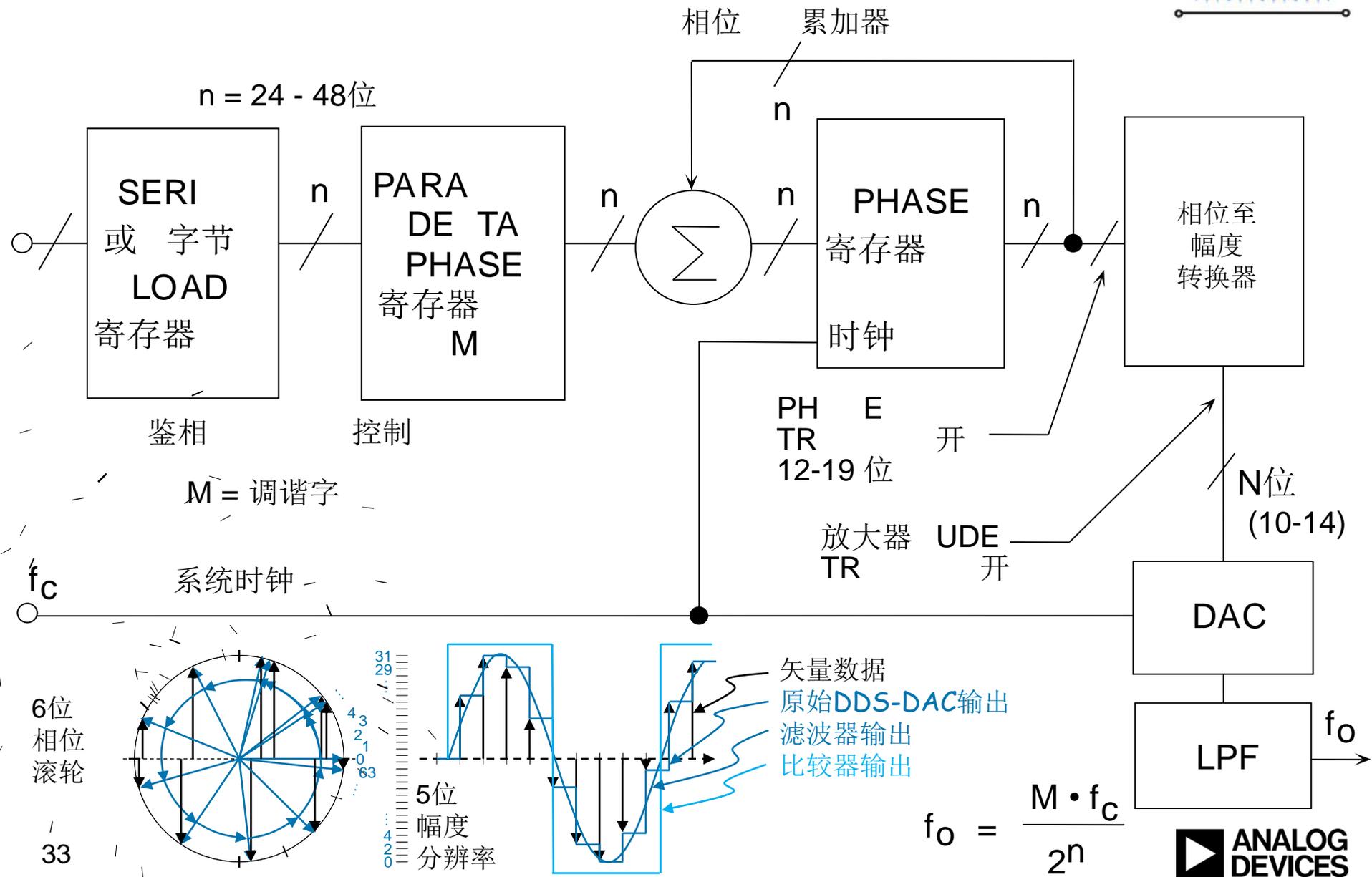


# 利用DDS产生时钟

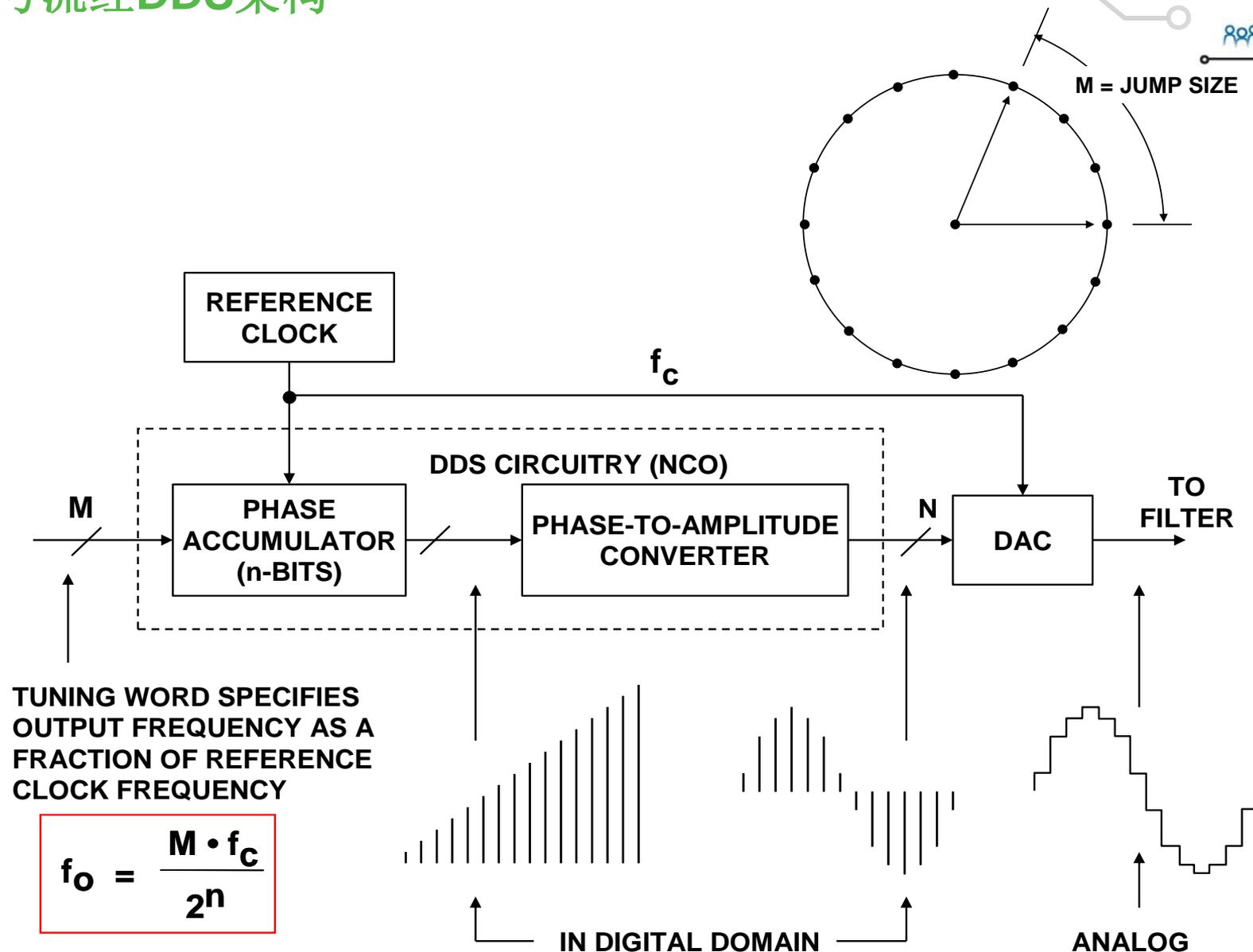


DDS芯片可以与用户参考同步。片内时钟倍频器可以产生NCO/DAC所需的快速时钟。可以写入频率调谐字，以便设置输出时钟速率。外部滤波消除不需要的镜像。然后，平方功能将正弦波转换为方波。

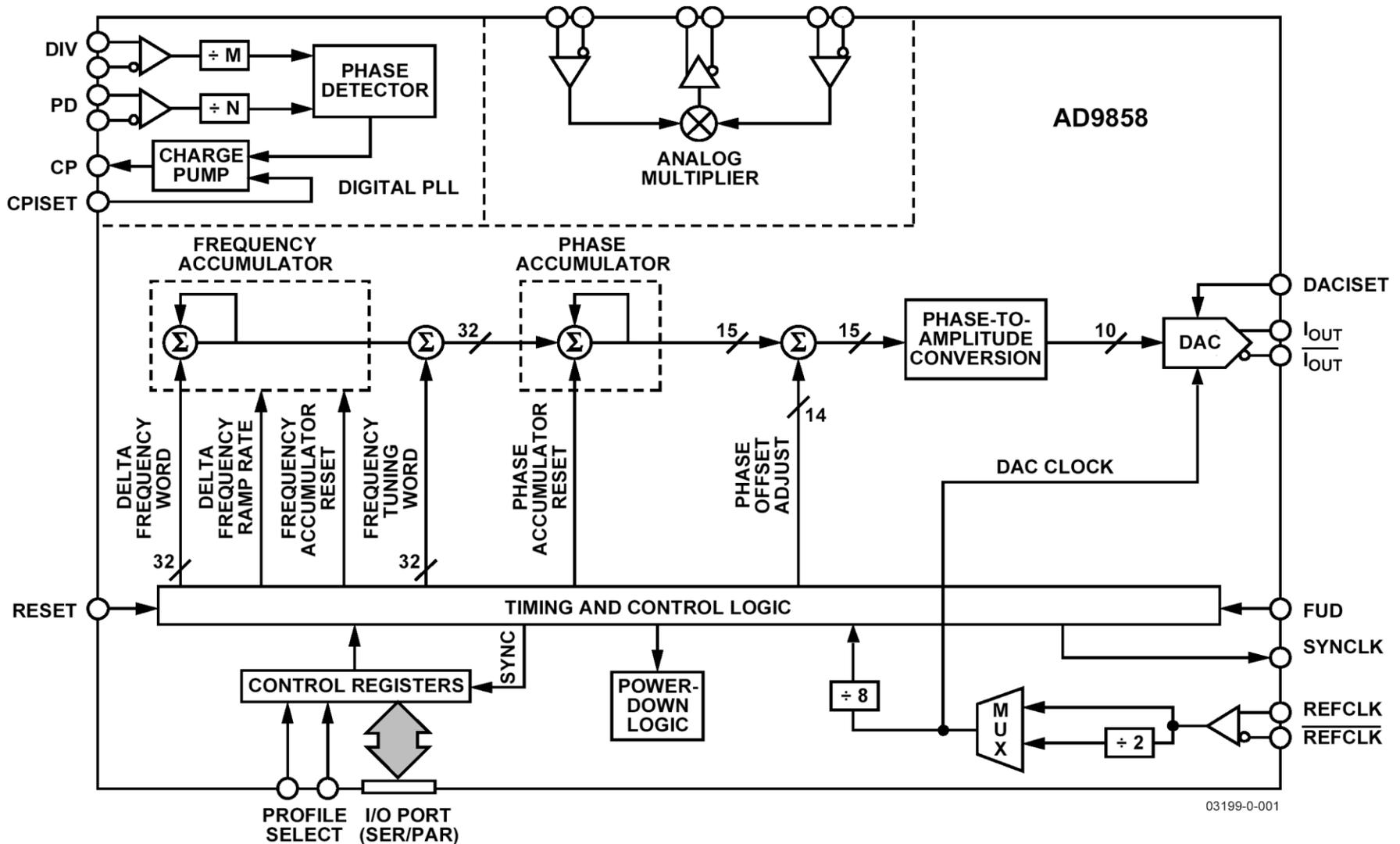
# 灵活的DDS系统



# 信号流经DDS架构

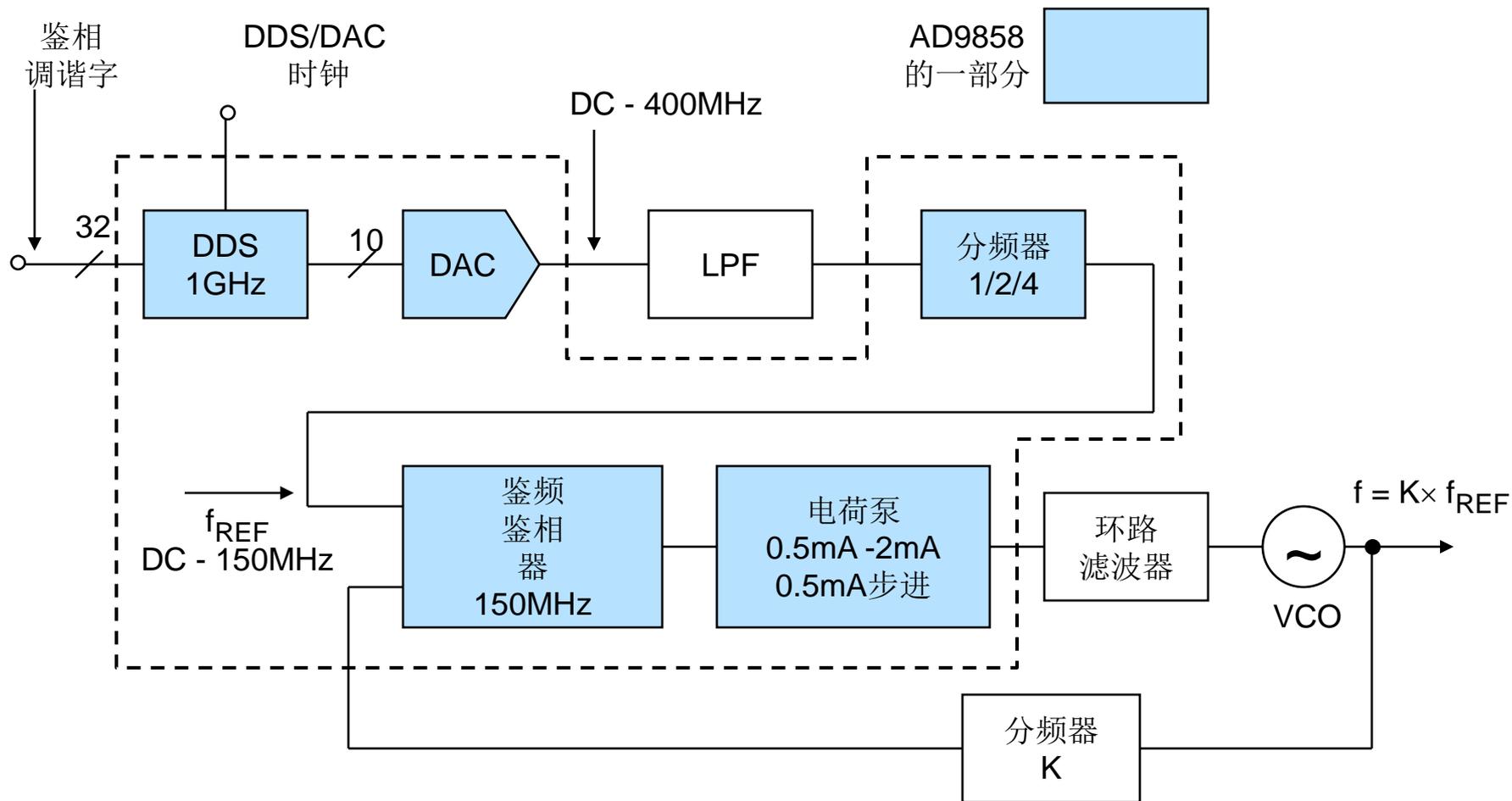


# AD9858 1GSPS DDS, 集成鉴相器和乘法器



03199-0-001

# 使用AD9858实现 DDS单环路上变频



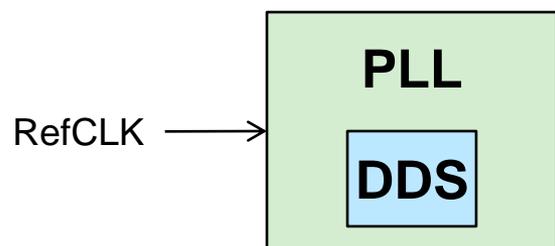




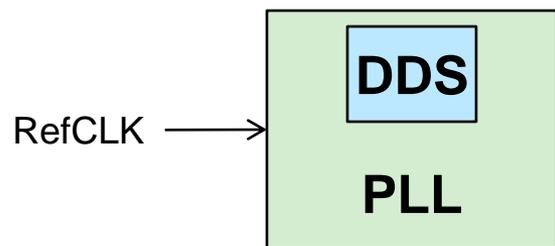
上变频PLL



RefCLK乘以PLL



反馈路径上的DDS



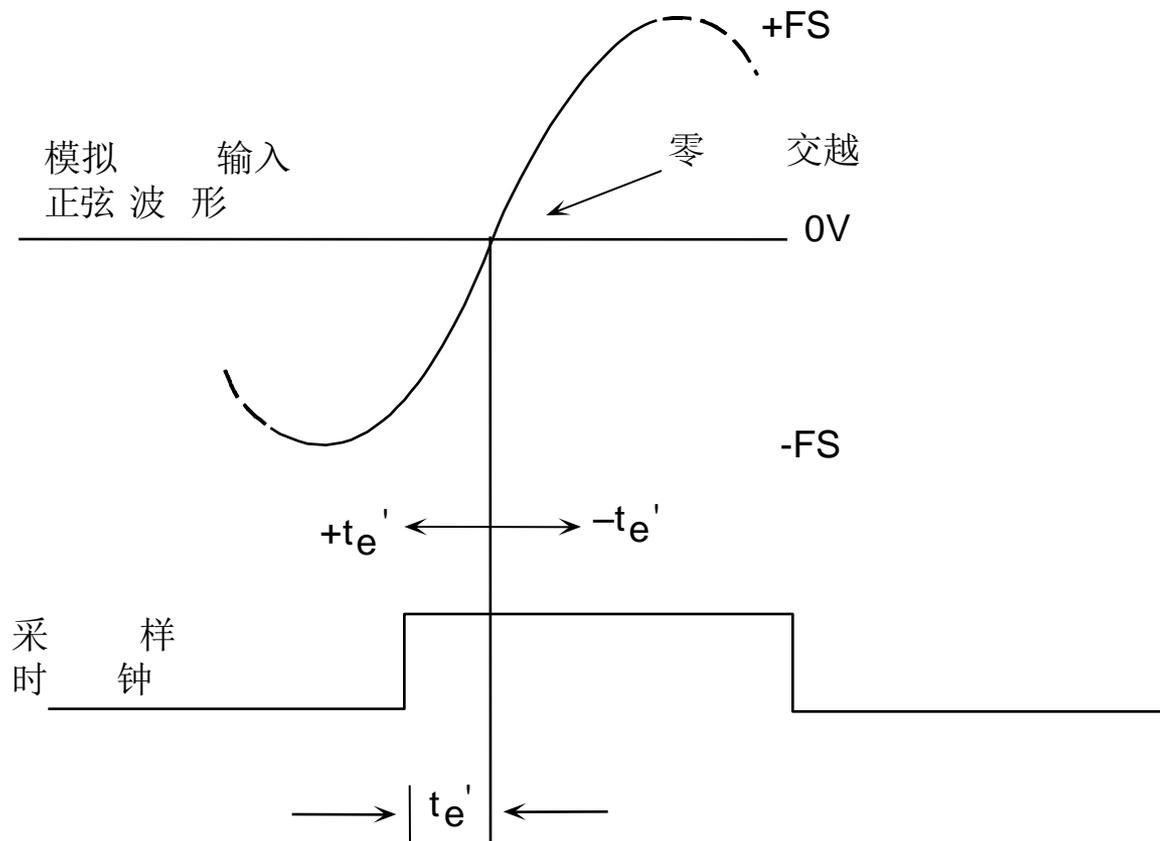
DDS用作DCO



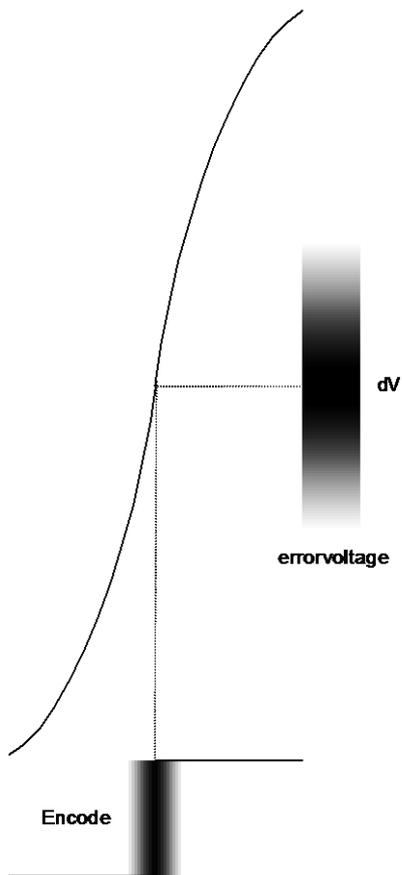
## 数据转换器时钟的问题



# 相对于ADC输入测量 有效孔径延迟时间



# 抖动 – ADC中的SHA引入的常见噪声源



▶ 时钟抖动是编码时钟的样本间变化（包括外部抖动和内部抖动）。

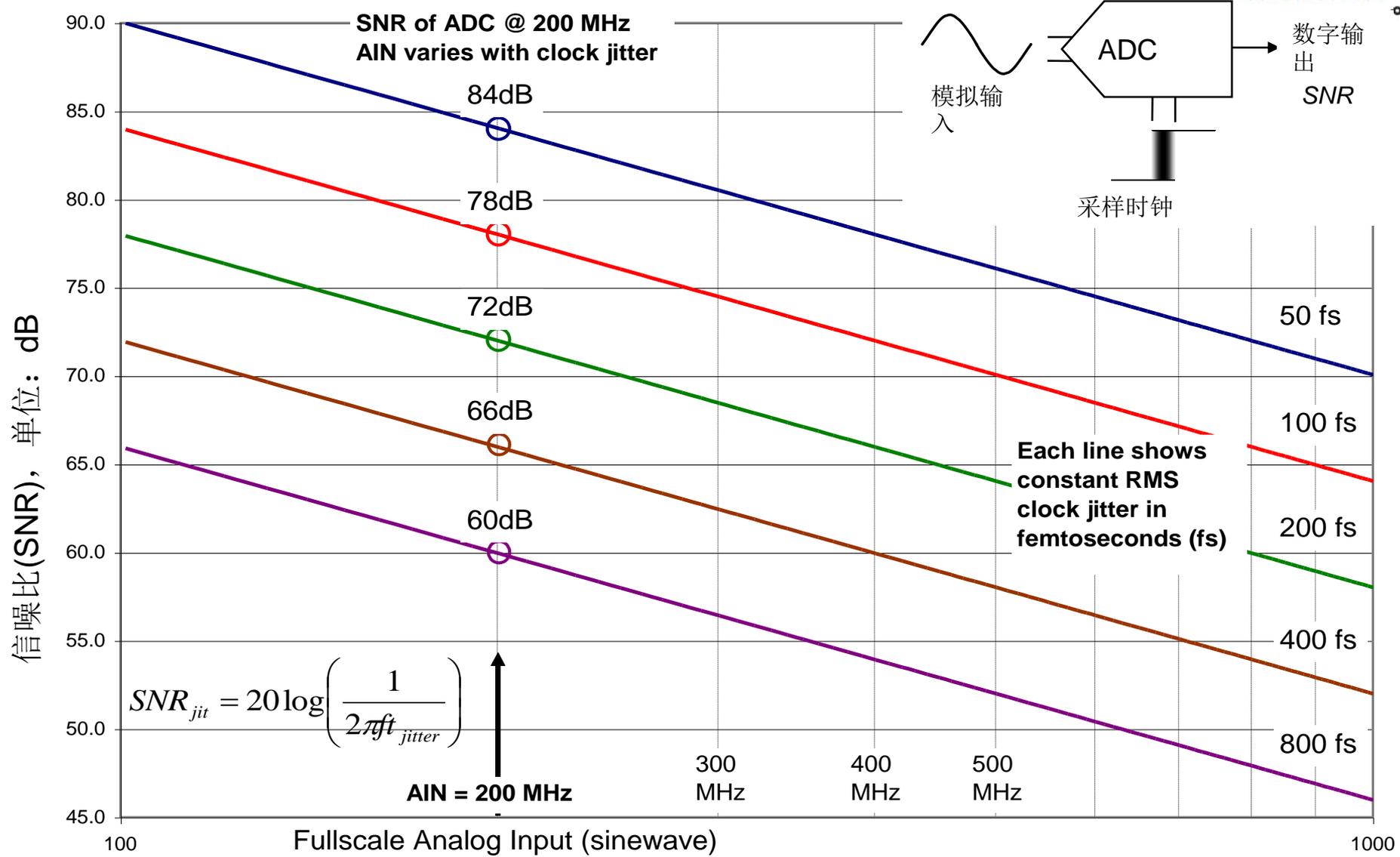
▶ 抖动引起的满量程信噪比由以下公式得出：

$$SNR_{jitter} = 20 \log \left( \frac{S_{rms}}{N_{rms}} \right) = 20 \log \left( \frac{1}{2\pi f t_{jitter}} \right)$$

▶ 参见AN-501和AN-756

SHA = 采样保持放大器

# 时钟抖动随模拟信号增大而限制信噪比



# 逻辑门/驱动器的加性RMS抖动

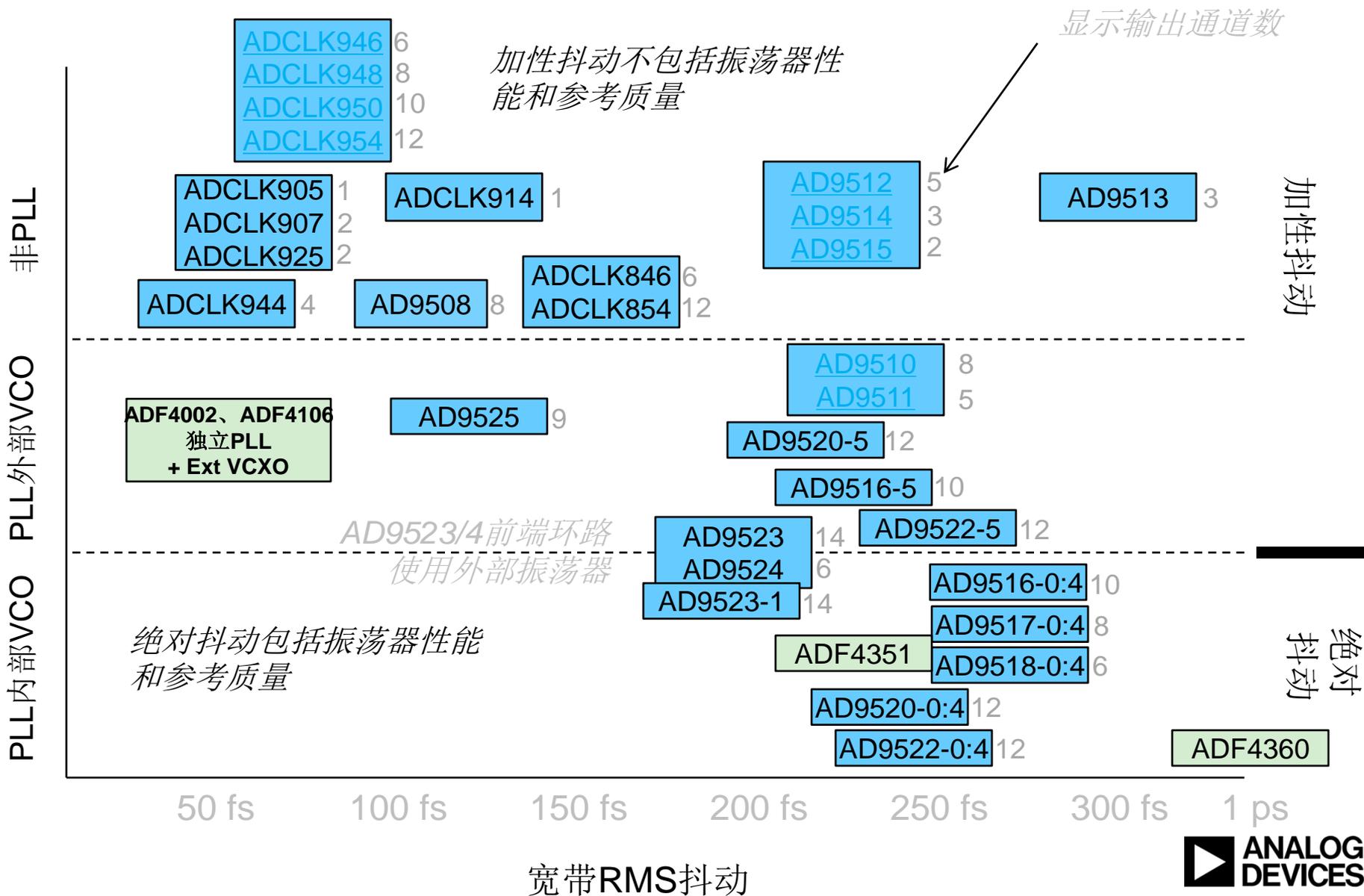


- ▶ **FPGA (仅驱动门)** 33-50 ps\*\*
- ▶ **74LS00** 4.94 ps \*
- ▶ **74HCT00** 2.20 ps \*
- ▶ **74ACT00** 0.99 ps \*
- ▶ **MC100EL16 PECL** 0.7 ps \*\*
- ▶ **AD951x系列** 0.22 ps \*\*
- ▶ **NBSG16, 小摆幅ECL (0.4V)** 0.2 ps \*\*
- ▶ **ADCLK9xx, ECL时钟驱动器系列** <0.1 ps\*\*

\* 基于ADC SNR性能下降而计算

\*\* 厂商规格

# 根据架构与性能分类



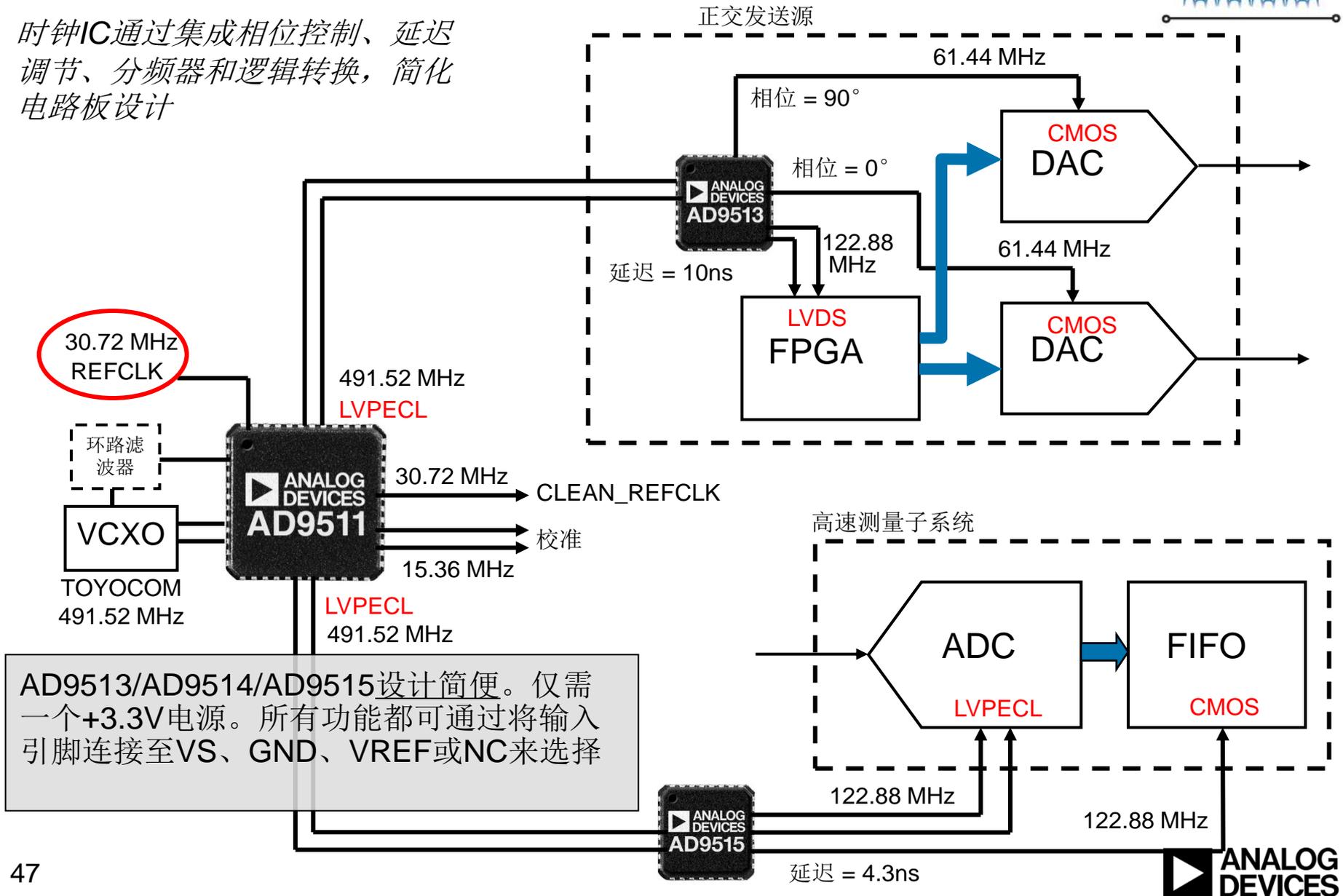
## 电压控制振荡器

- ▶ 提供易用性和功能多样性
- ▶ 用于普通应用的简单**RC**可调振荡器
- ▶ 高频率要求进行专门设计



# 系统时钟分配示例

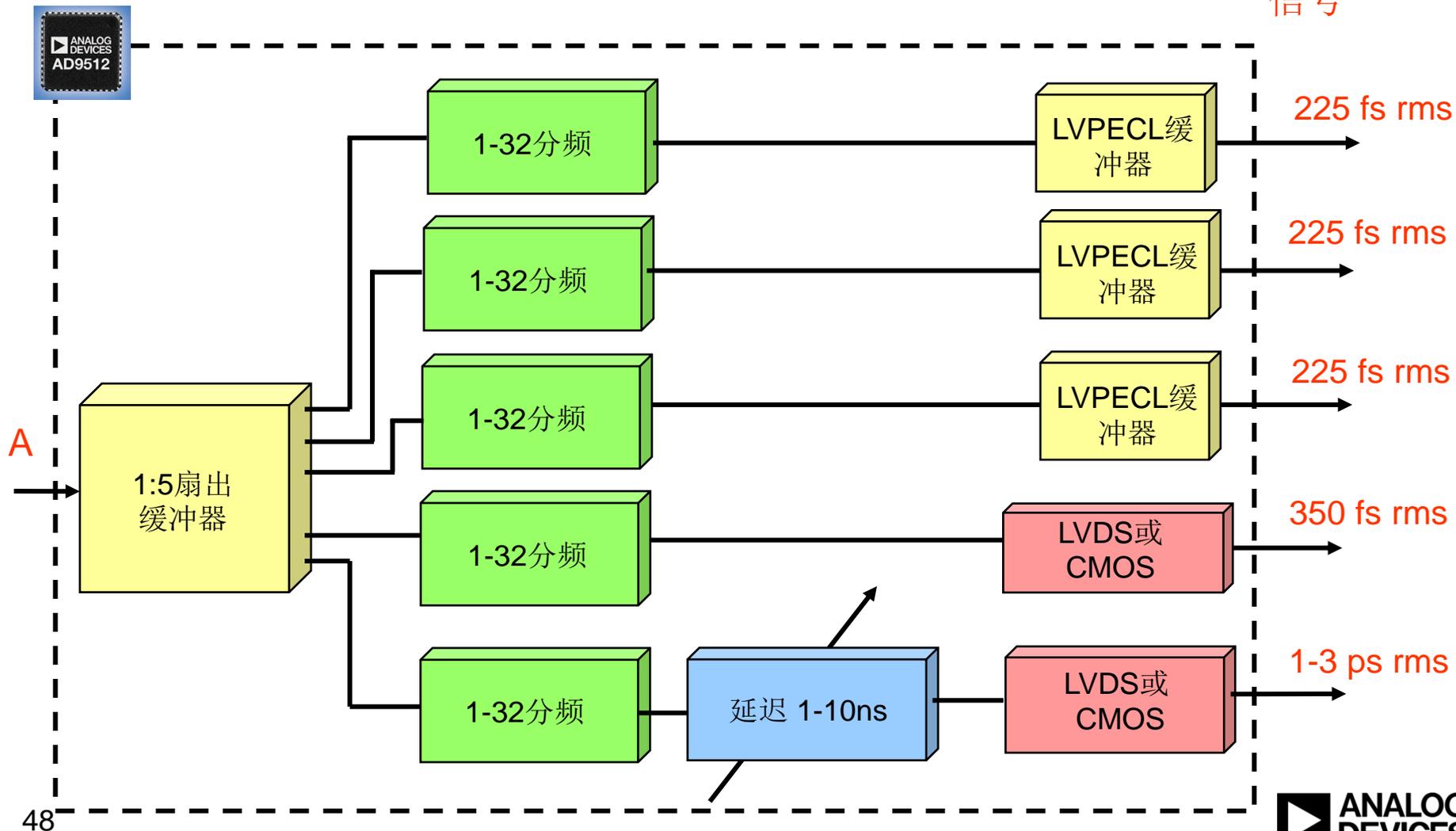
时钟IC通过集成相位控制、延迟调节、分频器和逻辑转换，简化电路板设计



# AD9512 1.2GHz时钟分配IC

$$\text{总抖动} = \sqrt{J_1^2 + J_2^2 + J_3^2 + \dots + J_N^2}$$

rms抖动加至A端  
信号



# ADI公司的完整时钟产品组合

- ▶ **数字和全数字PLL**
  - 用于频率倍乘/转换
  - 冗余时钟和保持
  
- ▶ **频率合成器**
  - 用于时钟产生
  
  
- ▶ **时钟分配**
  - 用于将相同时钟发送到多个芯片
  - 也用于逻辑电平转换（即LVPECL转LVDS）
  - 可能包括分频器（2/4分频等）
  - 可能包括偏斜调整功能
  
- ▶ **电压控制振荡器**

- ▶ 随着系统复杂度和性能要求的提升，频率合成器件必须满足更高的性能和功能多样性要求
- ▶ 锁相环(PLL)的设计与应用
- ▶ 直接数字频率合成(DDS)的设计与应用
- ▶ 软件工具极大地简化了复杂频率合成器件的设计和配置
- ▶ 数据转换器时钟需要具有低抖动性能，以使失真程度最低
- ▶ 专用时钟产生和分配支持精密的频率调谐和相位控制

- ▶ **ADIsimCLK、ADIsimPLL和ADIsimDDS**能够快速配置复杂的寄存器和频率合成器件设置，以提供最佳性能





# 谢谢!

ADI中国地区技术支持热线: 4006 100 006

ADI中国地区技术支持信箱: [china.support@analog.com](mailto:china.support@analog.com)

ADI中文技术论坛: [ezchina.analog.com](http://ezchina.analog.com)

ADI样片申请网址: <http://www.analog.com/zh/sample>

