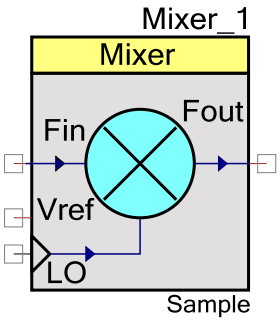
混频器
1.80

特性



- 单端混频器
- 连续时间上变频混频：
  - 输入频率高达 500 kHz
  - 采样时钟高达 1 MHz
- 离散时间、采样与保持下变频混频：
  - 输入频率高达 14 kHz
  - 采样时钟高达 4 MHz
- 可调功耗设置
- 可选参考电压

概述

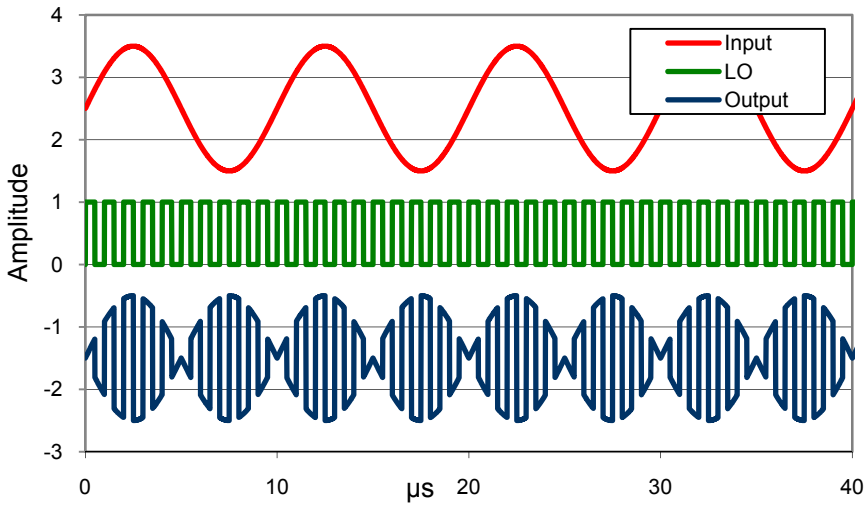
该混频器组件提供了一个单端调制器。通过使用固定的本地振荡器 (LO) 信号作为采样时钟，混频器组件可以用于输入信号的频率转换。混频器所执行的信号频率操作可以用于在频带之间移动信号，或编码和解码信号。混频器用于将一个频率的信号功率转换到另一个频率的信号功率，从而使信号处理更加容易，通常从高频段转移到基带。使用片外滤波器过滤所需信号的谐波，可以获得更好的混频器输出。另外，通过内部布线(routing)，输出还可用来驱动片上 ADC。该组件提供两种配置：

- 上变频混频器，连续时间平衡混频器，作为开关型乘法器工作。
- 下变频混频器，离散时间、采样与保持混频器。

该组件接受两个在不同频段的信号作为混频信号的输入，混频信号的输出包括输入信号与本地振荡器信号的和频(sum)和差频信号。通常，输出信号中不需要的频率成分可以通过滤波器去除。几个示例说明了混频器在不同模式下的操作。

上变频混频器：LO 频率大于信号频率

显示 100-kHz 正弦波输入，受 1.0-MHz 本地振荡器调制。

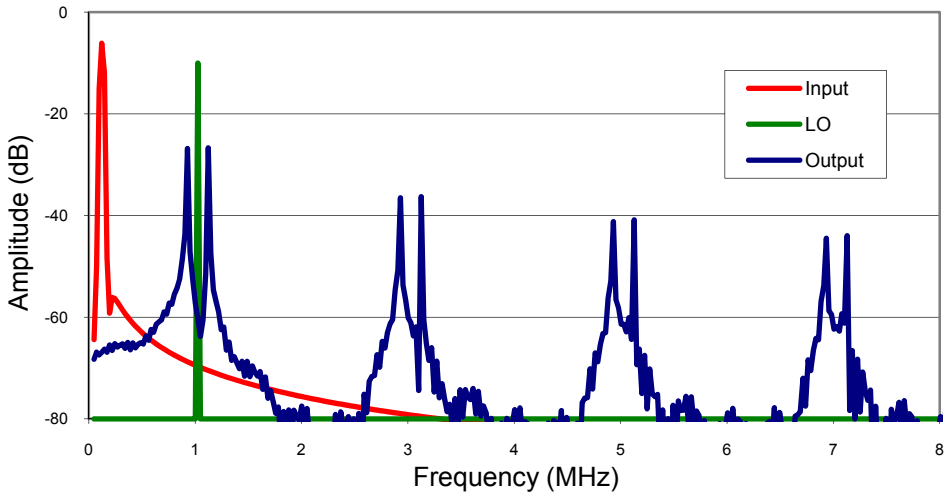


上变频混频器是一个乘法器。当信号频率处于 F_{SIG}，时钟处于 F_{LO} 时，上变频混频器生成一个调制信号，它是输入信号与 LO 的乘积。由于 LO 为方波，包含所需信号的所有谐波，输出具有波形

$$F_{MOD}(t) = \sin(2\pi F_{SIG}) \sum_{n=odd} \frac{1}{n} \sin(2\pi F_{LO} t)$$

$$F_{MOD}(t) = \frac{1}{2} \sum [\cos(2\pi(nF_{LO} - F_{SIG})) - \cos(2\pi(nF_{LO} + F_{SIG}))]$$

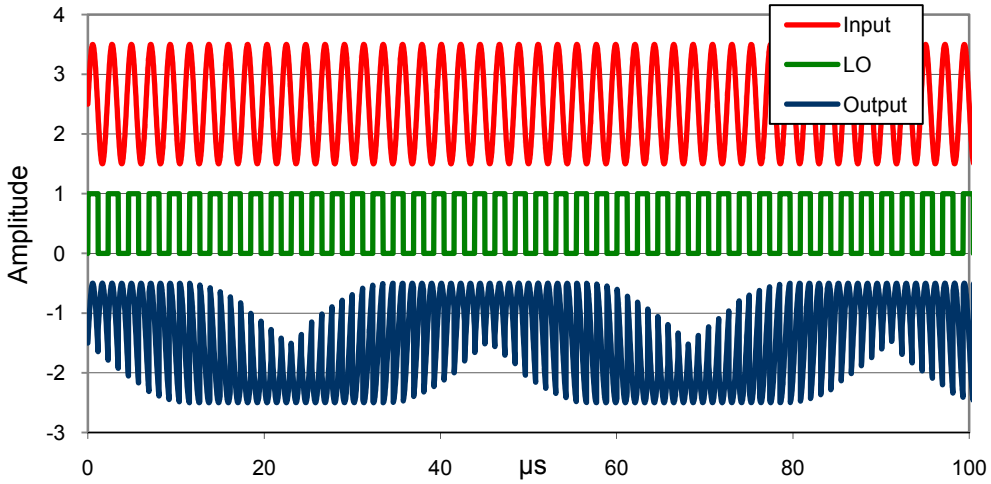
在此情况下，预计的输出频率为 $F_{LO} + F_{SIG}$ 和 $F_{LO} - F_{SIG}$，如以下 FFT 所示。



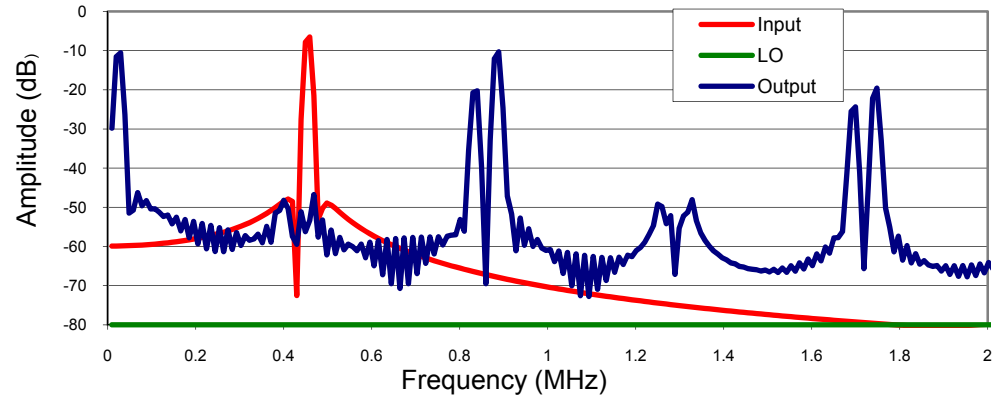
如果需要特定的边带，例如，$F_{LO} + F_{SIG}$，那么不需要的边带将通过使用板上运算放大器组成的有源 RC 滤波器滤除。还可以使用混频器输出波形数字化后的滤波器组件。

上变频混频器：LO 频率小于信号频率

显示输入频率为 455 kHz 和 430 kHz 的 LO 产生 25 kHz 的标定输出。在 25 kHz 正弦波是显而易见的，但并不明显，出现 455 kHz 与 430 kHz 的和频信号具有相同的强度。

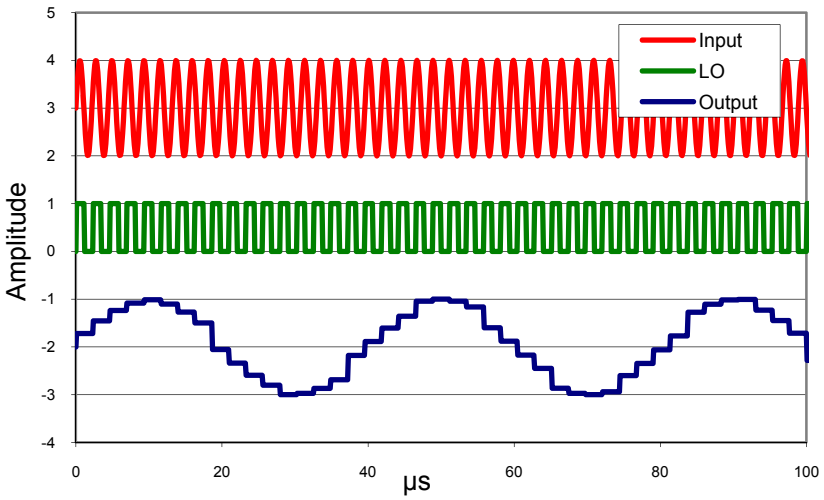


这些波形的 FFT 清楚地表明，输入在 455 kHz，差频信号输出在 25 kHz，而输入与一次 LO 谐波的和频信号输出在 885 kHz。在一次谐波和频输出之下出现的是 3 × F_{LO} – F_{SIG} 输出项或 835 kHz。该模式在 3 × F_{LO} + F_{SIG} 下面的 5 × F_{LO} -F_{SIG} 重复出现。在这些众所周知频谱线之间各种“填充”是 FFT 的 函数， 窗口计算过程和采样过程的 sin(x)/x 特性。这些信号的外观可能是不同的，取决于所用频谱分析仪的类型（扫描频谱与 FFT）。



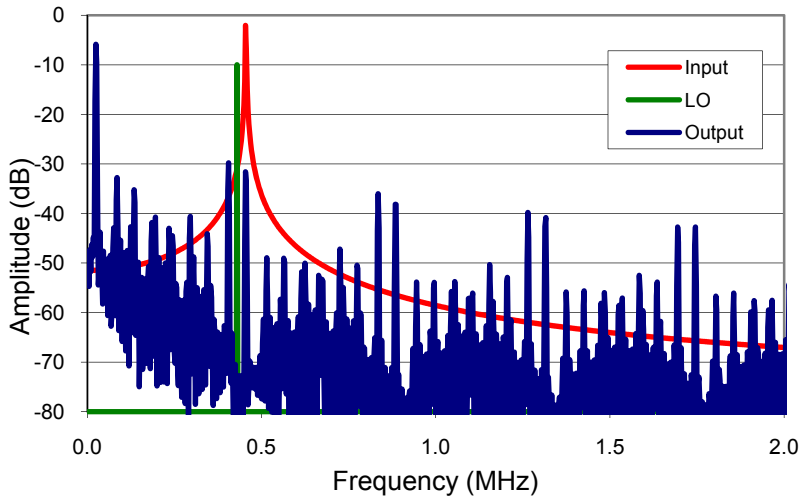
下变频混频器：LO 接近于 F_{SIG}

当 LO 频率接近于信号频率时，相比乘法混频器，采样混频器具有优势。时域图显示很少有混频器的高频谐波分量。在采样速率 LO 的步骤是显而易见的。LO 可以高于或低于信号频率，但 LO > F_{SIG} 频率分布为恰好与 LO < F_{SIG} 频率分布相反。



混频乘积项与 Sin(x)/x 是相关的，因此当采样频率 (LO) 接近于信号频率时，‘x’接近于 π。这些项与乘法混频器的 1/n 谐波特性截然不同。生成的谐波分量非常低，这意味着高次谐波项很容易过滤和去除。

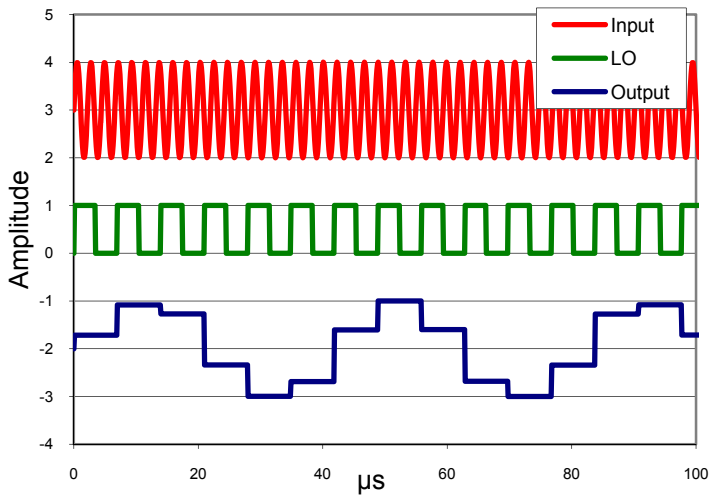
信号与 LO 之间的差频在 FFT 中显示清晰。接近于信号频率的混频乘积项比乘法混频器的略高，但所有高次谐波项也很大。



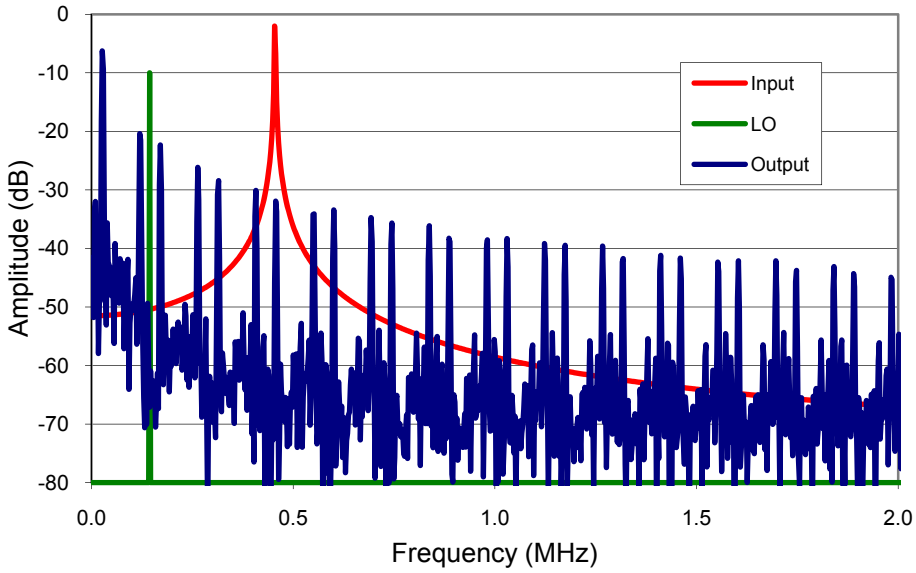
当 LO 频率高于 F_{SIG} ÷ 2 或低于 F_{SIG} × 1.5，混频乘积项分量较大，混频器失去实际效用，很难从混频乘积项中分离所需差频信号。

下变频混频器：LO 频率低于 $F_{SIG}/2$

这称为二次采样(subsampling)混频器。当 LO 频率小于 1/2 信号频率时，主输出频率为 $F_{SIG} – n × F_{LO}$，其中‘n’为最大整数，它是 n × F_{LO} 小于 F_{SIG}。F_{SIG} = 455 kHz 和 F_{LO} = 143.3 kHz (= 430 kHz ÷ 3) 的波形显示主输出频率为 25 kHz。与高频 LO 相比，该波形是“粗糙”，然而在信号采样频率较高时，输出频率与其相同。



二次采样混频器的优点是保持在允许的输入信号频率范围。通常用 4 作为二次采样因子，这样 13.57-MHz 频率可以采用 3.2 MHz 频率采样，以生成 770 kHz 的主输出频率。



过采样(oversampling)混频器（例如，F_{SIG} = 455 kHz 和 LO = 820 kHz）导致混频器乘积项类似于乘法混频器的乘积项。这些乘积项可能更难从所需波形中滤出。

输入/输出连接

本节介绍混频器组件的输入和输出连接。在 I/O 说明中列出的条件下，I/O 列表名单上的星号 (*) 表示该 I/O 可以隐藏在符号中。

Fin — 模拟

Fin 为输入信号端。Fin 信号与本地振荡器时钟信号混频生成 Fout 信号。Fin 频率限制如下：

- 乘法（上变频）混频器 Fin < 500 kHz
- 采样（下变频）混频器 Fin < 14 MHz

LO — 数字

LO 是本地振荡器信号端。此信号用作混频器的采样时钟。LO 信号与 Fin 信号混频生成 Fout 信号。对于乘法混频器模式而言，LO 时钟信号必须具有 50% 的占空比。

LO 频率限制如下：

- 乘法（上变频）混频器 LO < 1 MHz
- 采样（下变频）混频器 LO < 4 MHz

Vref — 模拟

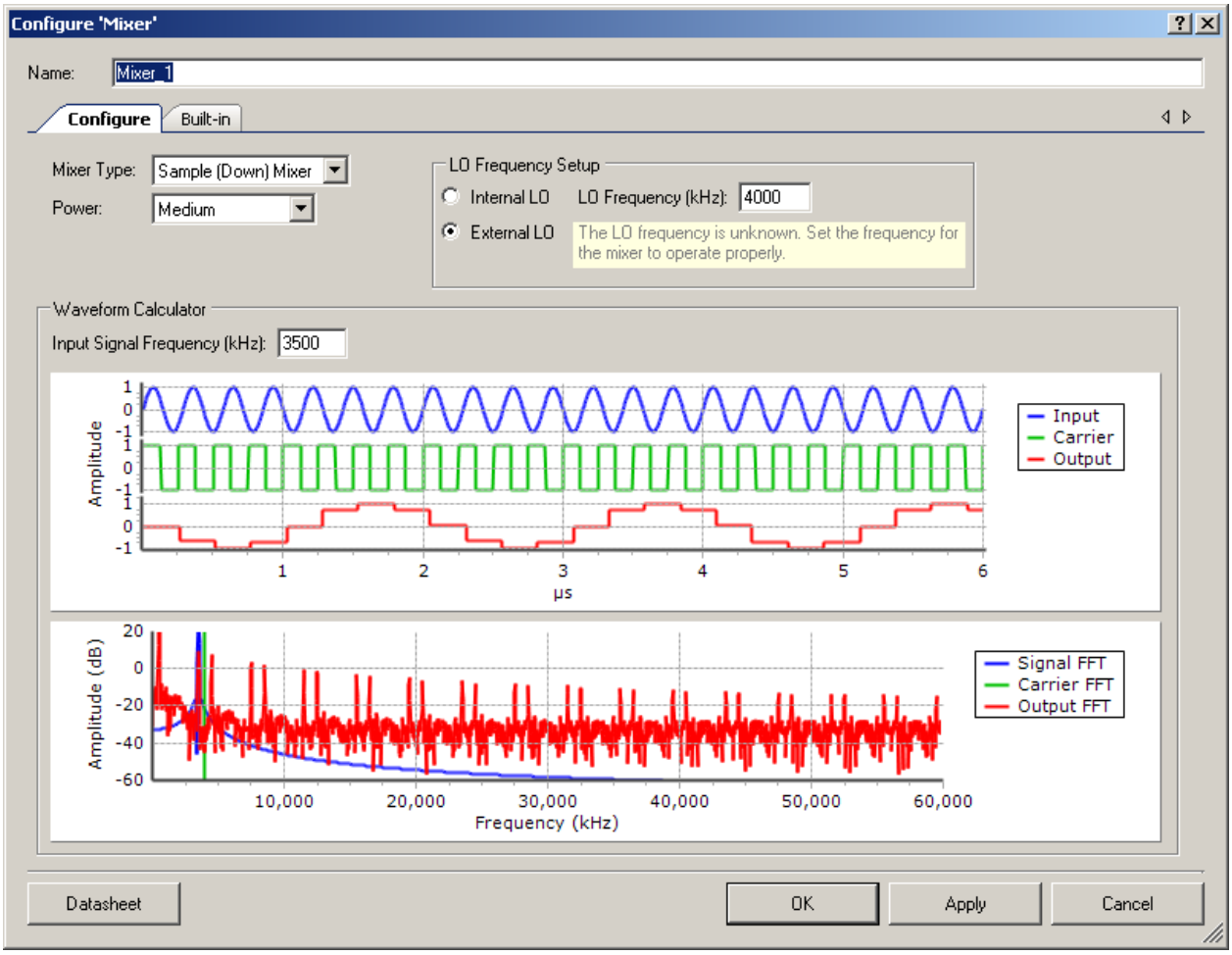
Vref 为参考电压的输入端。该参考电压可能是其中一个 PSoC 内部参考源、内部 VDAC 值或外部信号。

Fout — 模拟

Fout 为输出信号端。Fout 信号是 Fin 和 LO 信号混频操作的结果信号。

组件参数

将混频器组件拖入设计中，双击该组件，打开 **Configure**（配置）对话框。



混频器类型

此参数用来确定混频器 SC/CT 模块的配置模式。该组件支持两种混频器模式：**乘法（上变频）混频器**和**采样（下变频）混频器**。

功耗

这用于设置混频器的初始驱动功耗。功耗决定混频器根据输入信号变化而作出的响应速度。功耗设置共有四种：**最低**、**低**、**中**（默认值）和**高**。**低**功耗设置导致最慢响应时间；**高**功耗设置则导致最快响应时间。

LO 频率设置

混频器可以连接到组件外部时钟源（**外部 LO**），或自己可配置的（**内部 LO**）。如果 LO 是外部信号，必须提供 50%占空比信号给上变频混频器（下变频混频器没有这个要求）。如果 LO 是内部信号，则组件衍生出占空比为 50% 的所需时钟频率给上变频混频器。这会影响时钟变频器计算。当改变一个混频器自上变频到下变频，或相反，你需要改变时钟参数，从而保持混频器在上变频模式下的正常工作。

LO 频率

当 **LO 频率设置**为**内部 LO** 时，此参数设置时钟频率。在上变频模式，混频器终端电阻值的切换取决于工作频率，可以优化其性能。较低的 **LO 频率**值允许使用较高的内部电阻值，从而产生更好的调制器性能。

当 **LO 源**设置为**外部 LO** 时，必须在外部时钟中设置频率（无论时钟源或数字模块源）。

资源

	数字模块					API 存储器（字节）		
模拟模块	数据通道	Macro cells（宏单元）	Status Registers（状态寄存器）	Control Registers（控制寄存器）	Counter7（计数器 7）	Flash（闪存）	RAM	引脚（每个外部 I/O）
1 个 SC/CT 固定模块	不可用	不可用	不可用	不可用	不可用	297	2	4

混频器使用一个 SC/CT 模块。

应用程序编程接口

应用程序编程接口 (API) 子程序允许你使用软件配置组件。下表列出各个子程序，并提供简要的功能描述。后面章节更详细地介绍每个函数。

默认情况下，PSoC Creator 将实例名称“Mixer_1”分配给指定设计中组件的第一个实例。你可以将其重命名为遵循标识符语法规则的任何值。实例名称成为关联组件的每个全局函数名称、变量和常量符号的前缀。出于可读性考虑，下表中使用的实例名称为“Mixer”。

函数	说明
Mixer_Start()	混频器上电。
Mixer_Stop()	混频器断电。
Mixer_SetPower()	将驱动功耗设置为四个等级中的一个。
Mixer_Sleep()	停止并保存用户配置。
Mixer_Wakeup()	恢复并启用用户配置。
Mixer_Init()	初始化或恢复默认的混频器配置。
Mixer_Enable()	使能混频器。
Mixer_SaveConfig()	空函数。供将来使用。
Mixer_RestoreConfig()	空函数。供将来使用。

全局变量

变量	说明
Mixer_initVar	表示混频器是否已初始化。变量初始化为 0，并在第一次调用 Mixer_Start() 时设置为 1。这样，第一次调用 Mixer_Start() 子程序后，组件不用重新初始化即可重启。 如果需要重新初始化组件，那么在调用 Mixer_Start() 或 Mixer_Enable() 函数前，调用 Mixer_Init() 函数。

void Mixer_Start(void)

说明： 执行组件所有必需的初始化，并开启模块电源。第一次执行子程序时，针对设计中选择的工作模式配置输入和反馈电阻值。在调用 Mixer_Stop() 之后重启混频器，当前组件的参数设置会保留。

参数： None（无）

Return Value（返回值）： None（无）

Side Effects（副作用）： None（无）

void Mixer_Stop(void)

说明： 关闭混频器模块。

参数： None（无）

Return Value（返回值）： None（无）

Side Effects（副作用）： 不影响混频器类型或功耗设置。

void Mixer_SetPower(uint8 power)

说明： 将驱动功耗设置为四种设置之一：最低、低、中等或高。

参数： uint8 power：有关有效功耗设置，请参见下表。

功耗设置	注
Mixer_MINPOWER	最低功耗和最慢反应时间
Mixer_LOWPOWER	低功耗和速度
Mixer_MEDPOWER	中等功耗和速度
Mixer_HIGHPOWER	最高功耗和最快反应时间

Return Value（返回值）： None（无）

Side Effects（副作用）： None（无）

void Mixer_Sleep(void)

说明： 这是准备组件进入睡眠选用的API。Mixer_Sleep() API 保存当前组件状态。随后调用 Mixer_Stop() 函数和调用 Mixer_SaveConfig() 以保存硬件配置。

调用 CyPmSleep() 或 CyPmHibernate() 函数前调用 Mixer_Sleep() 函数。有关电源管理功能的详细信息，请参考 PSoC Creator *System Reference Guide*（《系统参考指南》）。

参数： None（无）

Return Value（返回值）： None（无）

Side Effects（副作用）： None（无）

void Mixer_Wakeup(void)

说明： 这是用来将组件恢复到调用 Mixer_Sleep() 时状态的选用API。Mixer_Wakeup() 函数调用 Mixer_RestoreConfig() 函数来恢复该配置。如果在调用 Mixer_Sleep() 前启用该组件，则 Mixer_Wakeup() 函数还将重新启用该组件。

参数： None（无）

Return Value（返回值）： None（无）

Side Effects（副作用）： 如果调用 Mixer_Wakeup() 函数前未调用 Mixer_Sleep() 或 Mixer_SaveConfig() 函数，可能会产生意想不到的行为。

void Mixer_Init(void)

说明： 根据定制的“配置”对话框设置来初始化或恢复组件。无需调用 Mixer_Init()，因为 Mixer_Start() API 会调用此函数，这是开始组件操作的选用方法。

参数： None（无）

Return Value（返回值）： None（无）

Side Effects（副作用）： 根据定制的“配置”对话框，将设置所有寄存器的值。

void Mixer_Enable(void)

说明： 激活硬件并开始组件的操作。无需调用 Mixer_Enable()，因为 Mixer_Start() API 会调用此函数，这是开始组件操作的选用方法。

参数： None（无）

Return Value（返回值）： None（无）

Side Effects（副作用）： None（无）

void Mixer_SaveConfig(void)

说明：	空函数。供将来使用。
参数：	None（无）
Return Value（返回值）：	None（无）
Side Effects（副作用）：	None（无）

void Mixer_RestoreConfig(void)

说明：	空函数。供将来使用。
参数：	None（无）
Return Value（返回值）：	None（无）
Side Effects（副作用）：	None（无）

固件源代码示例

PSoC Creator 提供了许多示例项目，包括在“Find Example Project (查找示例项目)”对话框中的原理图和代码示例。对于特定的组件示例，请打开组件目录中的对话框或原理图中的组件实例。对于通用的示例，请打开 Start Page（开始页）或 **File**（文件）菜单中的对话框。根据需要，使用对话框中的 **Filter Options**（滤波器选项）可缩小可选项目的列表。

有关更多信息，请参见 PSoC Creator 帮助中的“Find Example Project（查找示例项目）”主题。

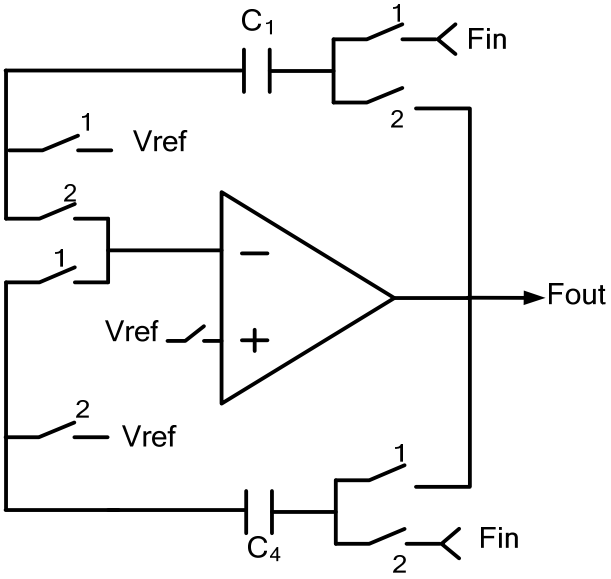
功能描述

使用 PSoC SC/CT 模块实现混频器功能。使用开关电容模式实现离散时间下变频混频器。乘法（上变频）混频器使用连续时间模块模式。

离散时间下变频混频器

离散时间混频器内部配置原理图如图 1 所示。

图 1. 离散时间采样与保持混频器原理图



通过在两个电容器之间切换积分电容来实现非归零采样与保持功能。在图 1 中，C_1 或 C_4 始终采样输入信号，而另一个在放大器上进行积分。Fin 信号进行采样的频率低于 F_{IN} 信号频率。配置混频器组件 使得F_{OUT} 在输入时钟上升沿积分为新值。

当 LO 采样时钟频率大于 1/2 F_{IN} 信号频率时，输出为输入频率与 LO 频率之差，再加上混叠分量。当采样时钟频率小于 1/2 F_{IN} 信号频率时，输出为输入频率减去 LO 频率最大整数的倍数（它小于 F_{IN} 信号频率）之差。

对于指定的输入载波频率 F_{IN}，采样 LO 时钟频率，可以选择 F_{CLK} 为系统提供所需输出频率 F_{OUT}。

假定 F_{CLK} 小于 4 MHz，F_{IN} 小于 14 MHz：

如果 $\frac{2N-1}{2}F_{CLK} < F_{IN} < N \times F_{CLK}$，则 $F_{OUT} = N \times F_{CLK} - F_{IN}$ 公式 1

如果 $N \times F_{CLK} < F_{IN} < \frac{2N+1}{2}F_{CLK}$，则 $F_{OUT} = F_{IN} - N \times F_{CLK}$ 公式 2

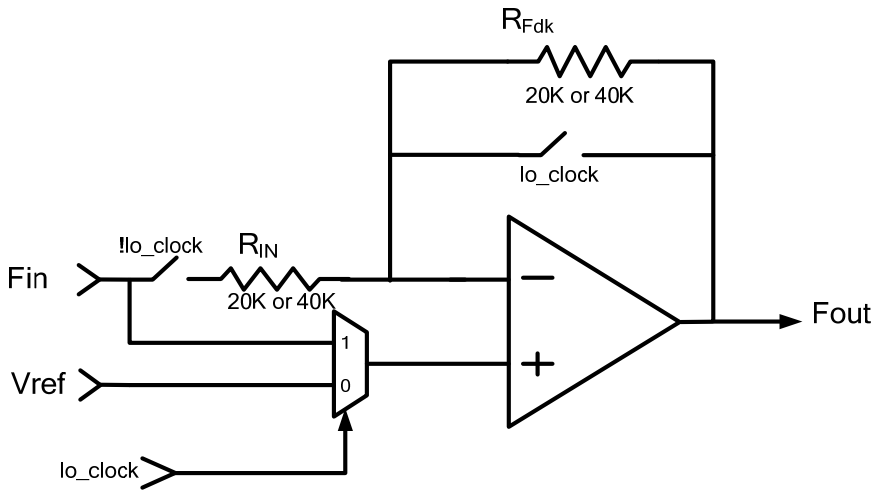
公式 1 和公式 2 可以概括为：

$$F_{OUT} = \text{abs}(N \times F_{CLK} - F_{IN}) \quad \text{公式 3}$$

连续时间上变频混频器

连续时间混频器内部配置原理图如图 2 所示。

图 2. 连续时间混频器配置原理图



在此模式下，运算放大器配置为 PGA，从而可以使用 LO 输入信号在反相 PGA 增益 1 与非反相单位增益缓冲器之间来回切换。输出信号包括频率分量 $F_{CLK} \pm F_{IN}$ 加上 LO 频率奇数谐波 ± 输入信号频率：$3 \times F_{CLK} \pm F_{IN}$，$5 \times F_{CLK} \pm F_{IN}$，$7 \times F_{CLK} \pm F_{IN}$ 等。

$$F_{OUT} = N \times F_{CLK} \pm F_{IN}$$ N 保持奇数值 公式 4

频率规划

需要适当的频率规划以实现所需的 F_{OUT}。在设置范围资源中谨慎控制时钟。

PSoC 3 直流和交流电气特性

下列值表示期望的性能，它们基于初始特性数据。除非下表中另外指定，否则条件均全部为：T_A = 25 °C, V_{DD} = 5.0 V、功耗 = 高、运算放大器偏压 = 低、输出基准电压 = 1.024 V。

混频器直流规范

参数	说明	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{OS}	输入偏移电压		-	-	10	mV
	静态电流		-	0.9	2	mA

混频器交流规范

参数	说明	条件	最小值	典型值	最大值	单位
F_{LO}	本地振荡器频率	下变频混频器模式	–	–	4	MHz
F_{IN}	输入信号频率	下变频混频器模式	–	–	14	MHz
F_{LO}	本地振荡器频率	上变频混频器模式	–	–	1	MHz
F_{IN}	输入信号频率	上变频混频器模式	–	–	1	MHz
SR	转换速率(slew rate)		3	–	–	V/µs

PSoC 5 直流和交流电气特性

下列值表示期望的性能，它们基于初始特性数据。除非下表中另外指定，否则条件均全部为：T_A = 25 °C, V_{DD} = 5.0 V、功耗 = 高、运算放大器偏压 = 低、输出基准电压 = 1.024 V。

混频器直流规范

参数	说明	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{OS}	输入偏移电压		–	–	26	mV
	静态电流		–	0.9	2	mA
G	增益		–	0	–	dB

混频器交流规范

参数	说明	条件	最小值	典型值	最大值	单位
F_{LO}	本地振荡器频率	下变频混频器模式	–	–	4	MHz
F_{IN}	输入信号频率	下变频混频器模式	–	–	14	MHz
F_{LO}	本地振荡器频率	上变频混频器模式	–	–	1	MHz
F_{IN}	输入信号频率	上变频混频器模式	–	–	1	MHz
SR	转换速率		3	–	–	V/µs

组件更改

本节列出与以前版本相比组件的主要更改。

版本	更改说明	更改/影响原因
1.80	更新定制避免配置窗口标签和不同的 DPI 设置控制相互交叠。	在旧版本的混频器中，标签与文本发生交叠。
	更新定制以防止用户输入无效的 LO 和信号频率值。	当提供无效的 LO 和信号频率时，定制程序不响应用户输入。
1.70	PSoC 5 的 ADC_Stop() API 变更。	当配合 PSoC 5 使用时，为防止组件停止时影响无关模拟信号，所需的更改。
	混频器响应 GUI 实现	指导用户了解混频器的性能。
	向数据手册中添加了 PSoC 5 特性数据	
1.60	从组件定制程序中删除了 VDDA 参数	组件中的 VDDA 设置对于多个组件而言冗余且没有必要。此参数删除后，组件会查询 DWR 中最低 VDDA 的全局设置，并且在必要时自动启用泵。
	添加了 GUI 配置编辑器	以前的配置窗口没有提供足够的易于使用的信息。
	LO - 正确启用本机振荡器	在该组件以前的版本中，本机振荡器未能正确启用。
	向数据手册中添加了特性数据	
	对数据表进行了少量编辑和更新	
1.50	添加了睡眠/唤醒和初始化/启用 API。	为支持低功耗模式并提供常用接口，以单独控制大多数组件的初始化和启用。
	更新了符号和 Configure（配置）对话框。	为符合公司标准。

© 赛普拉斯半导体公司，2012。此处所包含的信息如有更改，恕不另行通知。除赛普拉斯产品的内嵌电路之外，赛普拉斯半导体公司不对任何其他电路的使用承担任何责任。也不根据专利或其他权利以明示或暗示的方式授予任何许可。除非与赛普拉斯签订明确的书面协议，否则赛普拉斯产品不保证能够用于或适用于医疗、生命支持、救生、关键控制或安全应用领域。此外，对于可能发生运转异常和故障并对用户造成严重伤害的生命支持系统，赛普拉斯不授权将其产品用作此类系统的关键组件。若将赛普拉斯产品用于生命支持系统中，则表示制造商将承担因此类使用而招致的所有风险，并确保赛普拉斯免于因此而受到任何指控。

PSoC® 是赛普拉斯半导体公司的注册商标，PSoC Creator™ 和 Programmable System-on-Chip™ 是赛普拉斯半导体公司的商标。此处引用的所有其他商标或注册商标归其各自所有者所有。

所有源代码（软件和/或固件）均归赛普拉斯半导体公司（赛普拉斯）所有，并受全球专利法规（美国和美国以外的专利法规）、美国版权法以及国际条约规定的保护和约束。赛普拉斯据此向获许可者授予适用于个人的、非独占性、不可转让的许可，用以复制、使用、修改、创建赛普拉斯源代码的派生作品、编译赛普拉斯源代码和派生作品，并且其目的只能是创建自定义软件和/或固件，以支持获许可者仅将其获得的产品依照适用协议规定的方式与赛普拉斯集成电路配合使用。除上述指定的用途之外，未经赛普拉斯的明确书面许可，不得对此类源代码进行任何复制、修改、转换、编译或演示。

免责声明：赛普拉斯不针对此材料提供任何类型的明示或暗示保证，包括（但不仅限于）针对特定用途的适销性和适用性的暗示保证。赛普拉斯保留在不做出通知的情况下对此处所述材料进行更改的权利。赛普拉斯不对此处所述之任何产品或电路的应用或使用承担任何责任。对于可能发生运转异常和故障并对用户造成严重伤害的生命支持系统，赛普拉斯不授权将其产品用作此类系统的关键组件。若将赛普拉斯产品用于生命支持系统中，则表示制造商将承担因此类使用而招致的所有风险，并确保赛普拉斯免于因此而受到任何指控。

产品使用可能受适用的赛普拉斯软件许可协议限制。