

НОВЫЙ ПОДАВИТЕЛЬ ДЖИТТЕРА СО ВСТРОЕННОЙ ФАПЧ VFJA9591C ПРОИЗВОДСТВА CTS CORPORATION

Виктор Алексеев, к. ф.-м. н., victor.alexeev@telemetry.spb.ru



Американский концерн CTS Corporation (CTS), основанный в 1929 г., является одним из ведущих мировых производителей датчиков, аттенуаторов, синхронизирующих схем, переключателей, потенциометров, пьезоэлектрических изделий, подложек для микросхем и других электронных компонентов. Продукция компании предназначена прежде всего для производителей телекоммуникационных систем, аэрокосмической, авиационной отраслей, СВЧ-систем, медицинского оборудования и прецизионных контрольно-измерительных приборов. Филиалы фирмы расположены в Северной Америке, Азии и Европе.

В апреле CTS Corporation анонсировала новый Phase Lock Loop (PLL, ФАПЧ) подавитель джиттера (Jitter Attenuator) VFJA9591C.

Модуль VFJA9591C предназначен для систем, которые особо восприимчивы к дрожанию фазы (джиттеру) и фазовым шумам. Его важнейшими отличительными чертами являются рекордно малые габаритные размеры (9,5×9,1×3,6 мм) и очень низкий уровень фазовых шумов (< -160 дБн/Гц)¹. Этот PLL-модуль от CTS также подойдет для устройств, где необходимы исключительно чистые синхронизирующие сигналы.

Конкурентная борьба на рынке современных телекоммуникационных систем и услуг побуждает разрабатывать новые технологии и оборудование, обеспечивающие более высокую четкость скоростных видеопотоков и мультимедийный трафик большей емкости.

В результате производители систем фокусируются на увеличении пропускной способности канала и скорости транспортировки, стараясь при этом уменьшить уровень шума, обусловленного дрожанием фазы, до минимально возможного уровня.

Бурный рост «Интернета вещей» (IoT), различных наземных и воздушных беспилотных устройств и механизмов, а также развитие сервисов мобильного видео высокой четкости, в свою очередь, стимулируют разработки новых высокочастотных телекоммуникационных систем связи поколения 5G.

Однако одной из проблем таких сетей является возникновение различного рода шумов в процессе синтеза сигналов и на этапе восстановления тактового сигнала. При этом шумы могут распространяться через отдельные блоки и узлы системы и повреждать пакеты данных. Стандартный метод борьбы с шумами использует многоступенчатую синхронизацию с помощью стабильного низкочастотного источника опорных сигналов и классическую схему автоматической фазовой подстройки частоты (ФАПЧ, Phase Lock Loop). Данная схема с помощью отрицательной обратной связи регулирует фазу управляемого генератора таким образом, чтобы она была либо равна фазе опорного сигнала, либо определялась некоторой заданной функцией на основе времени.

Для систем синхронизации особую роль играет так называемый джиттер (Jitter), который представляет собой искажение импульса, обусловленного нестабильностью частоты и фазы задающих генераторов. Джиттер присутствует абсолютно во всех устройствах. Однако при превышении определенных значений для конкретного типа электроники джиттер начинает влиять на качество передачи информации.

Новый миниатюрный PLL-модуль от CTS позволяет свести к минимуму генерацию и распространение паразитных шумов различного типа и обеспечивает эффективную очистку сигналов от джиттера.

Данный подавитель джиттера оснащен двумя выходами с логикой LVCMOS, а также поддерживает функции включения/выключения и блокировки. Немаловажно и то, что миниатюрные размеры и упаковка в ленте позволяют использовать модуль в системах автоматической сборки.

Основные параметры модуля VFJA9591C:

- габаритные размеры 9,5×9,1×3,6 мм;
- диапазон входных частот 10–160 МГц;
- диапазон выходных частот 10–200 МГц;
- два вывода LVCMOS +3,3 В;

- фазовый шум при 100 кГц < –160 дБн/Гц (величина в децибелах относительно уровня несущей).

Области применения модуля VFJA9591C:

- беспроводная связь;
- транспортные сети мобильной связи;
- системы широкополосного доступа;
- микроволновые цифровые системы множественного радиодоступа;
- военные системы связи;
- базовые станции;
- беспилотные наземные и воздушные транспортные средства;
- цифровое видео;
- приборы измерения и контроля;
- радиолокационное оборудование.

Структурная схема модуля VFJA9591C представлена на рис. 1.

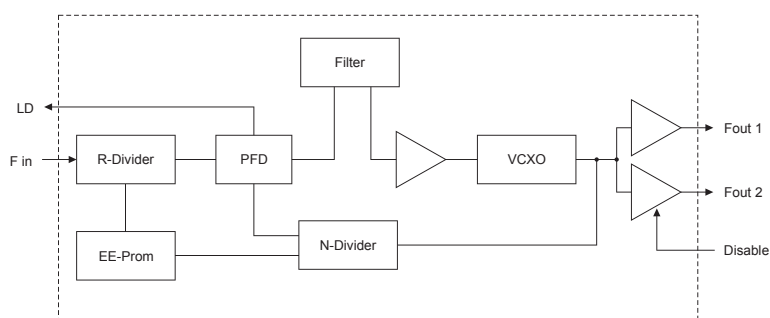


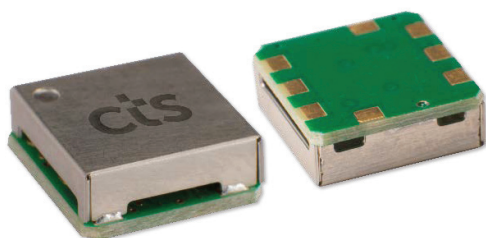
Рис. 1.
Структурная схема модуля VFJA9591C

Принцип работы модуля основан на использовании пересинхронизации входных сигналов другой тактовой частотой, которая вырабатывается с помощью схемы ФАПЧ из первоначальной входной частоты. Эта дополнительная частота должна иметь существенно меньшее значение джиттера.

Выходная частота схемы ФАПЧ отслеживается и преобразуется частотным делителем (R-Divider). Он распределяет опорную частоту и фазу кристалла в соответствии с заданным алгоритмом. Встроенный кварцевый генератор, управляемый напряжением (Voltage Controlled Crystal Oscillator, VCCO), формирует частоту выходного сигнала импульсного фазочастотного детектора (Phase Frequency Detector, PFD), который сравнивает входную частоту с выходной. Делитель тактовой частоты (N-Divider) обеспечивает необходимую тактовую частоту на выходах модуля. Петлевой фильтр (Filter, ФНЧ) предусматривает плавную регулировку выходной частоты. Поступающие данные записываются в память (EE-Prom). Запись и чтение данных памяти EE-Prom позволяют отслеживать отклонения тактовой частоты и эффективно подавлять



Рис. 2.
Внешний вид модуля
VFJA9591C



джиттер. Модуль VFJA9591C может работать с входной тактовой частотой вплоть до 200 МГц и выходной тактовой частотой 160 МГц.

Внешний вид модуля VFJA9591C показан на рис. 2.

Технические характеристики модуля приведены в табл. 1², а предельные эксплуатационные данные — в табл. 2.

Таблица 1.
Технические характеристики подавителя джиттера VFJA9591C

ПАРАМЕТР	ОБОЗНАЧЕНИЕ	УСЛОВИЯ И ПРИМЕЧАНИЯ	МИНИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ	ТИПОВОЕ ЗНАЧЕНИЕ	МАКСИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ	ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ
Напряжение питания	V_{cc}		3,15	3,3	3,45	В
Входная частота	F_{in}	Скорость нарастания фронта 1 В/нс	10	–	200	МГц
Входной уровень сигнала		Вход по напряжению	0,4	–	3,3	В (в размахе)
Выходная частота	F_{out}		10	–	160	МГц
Уровень выходного напряжения	V_{OH}	$RL = 10K \Omega // 10pF$	$0,9 V_{cc}$	–	V_{cc}	В
Уровень выходного напряжения	V_{OL}	$RL = 10K \Omega // 10pF$	0	–	$0,1V_{cc}$	В
Коэффициент заполнения		@ 50% V_{out} (p-p)	45	–	55	%
Время нарастания/спада	T_r/T_f	20–80%	–	–	0,5	нс
Полоса синхронизации	APR		–	± 150	–	ppm
Частота модуляции в полосе пропускания	MBW		–	15	–	Гц
Диапазон рабочих температур	T_a			–40	+85	°С
Джиттер в диапазоне 12 кГц – 20 МГц		$FO < 50$ МГц	–	190	300	фс
Джиттер в диапазоне 12 кГц – 20 МГц		$FO < 100$ МГц	–	85	100	фс
Фазовый шум на боковой частоте 100 Гц	Φ_n	@ 25 МГц		–115	–	дБн/Гц
Фазовый шум на боковой частоте 1 кГц	Φ_n	@ 25 МГц		–135		дБн/Гц
Фазовый шум на боковой частоте 10 кГц	Φ_n	@ 25 МГц		–153		дБн/Гц
Фазовый шум на боковой частоте 100 кГц	Φ_n	@ 25 МГц		–160		дБн/Гц
Фазовый шум на боковой частоте 1 МГц	Φ_n	@ 25 МГц		–161		дБн/Гц
Время включения	–			2	3	с
Входной ток	–			60	100	мА
Функции «Включение/Выключение»		«Включение» < 0,5 В «Выключение» > 2,2 В				LVC MOS
Время выполнения «Включение/Выключение»	–	–			100	нс

Таблица 2.
Предельные эксплуатационные данные модуля VFJA9591C

ПАРАМЕТР	МИНИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ	МАКСИМАЛЬНОЕ ЗНАЧЕНИЕ
Предельно допустимое напряжение питания	-0,5 В	+4 В
Предельно допустимая температура хранения	-50 °С	+95 °С

Таблица 3.
Устойчивость к механическим и термическим кратковременным нагрузкам модуля VFJA9591C

Механические нагрузки	В соответствии с MIL-STD-202, Method 213, Condition E
Термические нагрузки	В соответствии с MIL-STD-883, Method 1011, Condition A
Вибрации	В соответствии с MIL-STD-883, Method 2007, Condition A
Условия пайки	+260 °С в течение 10 с
Герметизация кристалла	Утечки гелия меньше чем 5×10^{-8} атм/с

Устойчивость к механическим и термическим кратковременным нагрузкам показана в табл. 3.

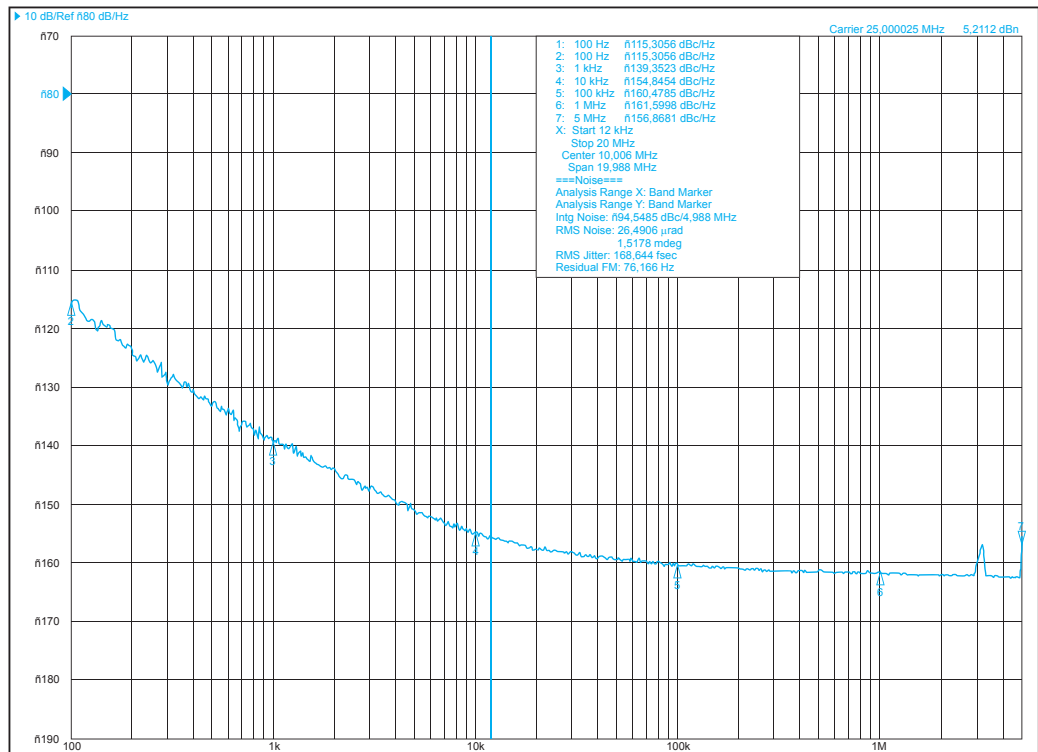
На рис. 3 представлены значения фазовых шумов модуля VFJA9591C для разных частот, по-

лученные экспериментально с помощью анализатора Agilent E5052B (Signal Source Analyzer).

При низких частотах (100 Гц – 1 кГц) фазовый шум на выходе модуля меняется в диапазоне



Рис. 3.
 Значения фазовых шумов модуля VFJA9591C для разных частот



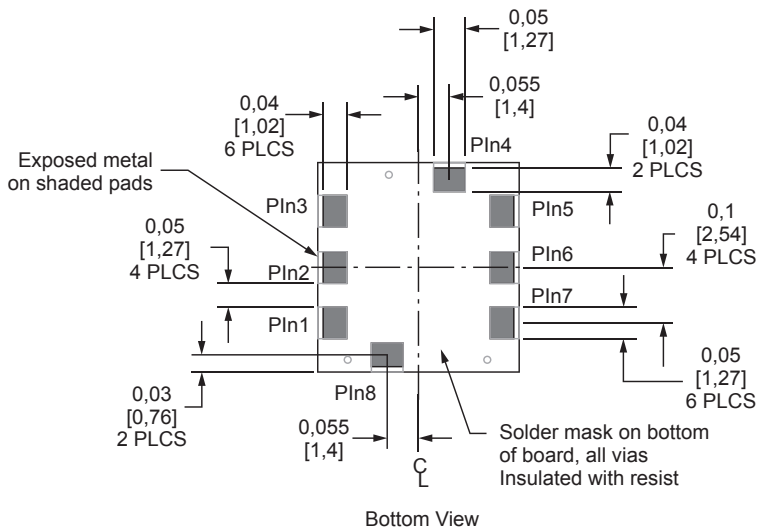


Рис. 4. Размеры контактных площадок и их расположение на корпусе модуля VFJA9591C

Рис. 5. Типовая схема включения модуля VFJA9591C и наименование выводов

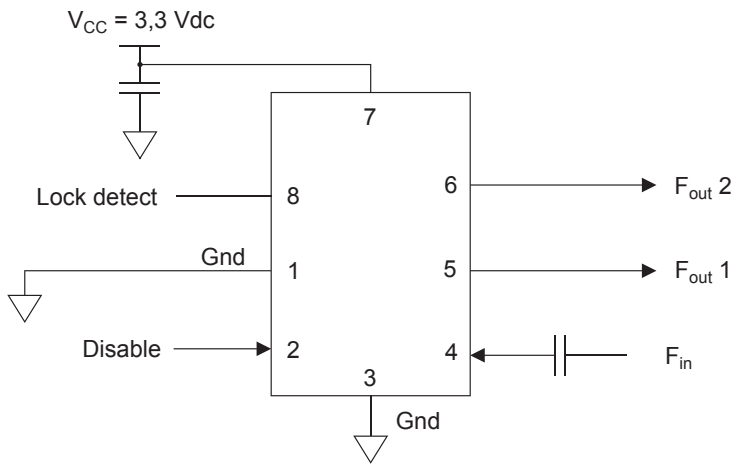


Таблица 4. Стандартные модели подавителя джиттера VFJA9591C

НАИМЕНОВАНИЕ МОДЕЛИ	ВЫХОДНАЯ ЧАСТОТА	ВХОДНАЯ ЧАСТОТА
VFJA9591C-25.000M-25.000M	25 МГц	25 МГц
VFJA9591C-25.000M-40.000M	25 МГц	40 МГц
VFJA9591C-40.000M-25.000M	40 МГц	25 МГц
VFJA9591C-40.000M-40.000M	40 МГц	40 МГц

-115...-140 дБн/Гц. На высоких частотах (100 кГц – 1 МГц) фазовый шум остается примерно на одном уровне, в районе 160 дБн/Гц.

Таким образом, с помощью модуля VFJA9591C можно достичь существенного подавления джиттера. Следует отметить, что для ряда беспроводных систем связи при этом увеличится чувствительность приемника.

Модуль VFJA9591C выполнен в герметичном пластиковом корпусе, на поверхность которого выведено восемь площадок для поверхностного монтажа. Размеры контактных площадок и их расположение на корпусе модуля VFJA9591C показаны на рис. 4.

Типовая схема включения модуля и наименование выводов представлены на рис. 5.

В настоящее время выпускаются четыре стандартные модели подавителя джиттера VFJA9591C, рассчитанные на наиболее популярные входные и выходные частоты (табл. 4). Модули с другими диапазонами входных и выходных частот доступны по специальным заявкам.



¹ www.ctscorp.com/new-ultra-small-low-noise-pll-module-solution

² www.ctscorp.com/wp-content/uploads/VFJA9591C.pdf