

Новые разработки АО «ПКК Миландр» в области генераторов частоты

А. Цветков¹

УДК 621.3.049 | ВАК 05.27.01

С 2009 года в центре проектирования интегральных микросхем компании «Миландр» ведутся разработки микросхем активной части тактовых генераторов и синтезаторов на основе ФАПЧ. За эти годы было разработано и запущено в серию несколько микросхем активной части тактовых однократно-программируемых и термокомпенсированных генераторов серии 1316ГН. Также созданы и запущены в производство микросхемы синтезатора частоты до 12 ГГц 1508АС015 и синтезатора частоты со встроенным генератором, управляемым напряжением, до 6 ГГц 1508МТ015. В 2019 году компания «Миландр» выпустила на рынок серию микросхем 1316ММ активной части генератора с диапазоном выходных частот 25–860 МГц и миниатюрный тактовый радиационно-стойкий генератор ГК385-П с диапазоном выходных частот 10–60 МГц. Об этих новых разработках рассказывается в статье.

Генератор ГК385-П (рис. 1) предназначен для применения в аппаратуре космического, специального и гражданского назначения для тактирования цифровых схем. Генератор работает в диапазоне температур от –60 до 85 °С, обладает высокой надежностью и повышенной стойкостью к специальным внешним воздействующим факторам (СВВФ). Устройство выпускается в стандартном 4-выводном металлокерамическом корпусе для поверхностного монтажа размером 7×5 мм. На данный момент освоено в производстве пятнадцать наиболее востребованных номиналов частоты в диапазоне от 10 до 60 МГц. По желанию заказчика может быть изготовлен генератор с любым номиналом частоты в указанном диапазоне.

В зависимости от исполнения генераторы могут формировать выходные сигналы различного типа: синус (SIN), КМОП, ТТЛ. В устройствах предусмотрены два режима энергосбережения: «дежурный» или «простоя». В «дежурном» режиме управляющий вывод OE / SHDN отвечает за

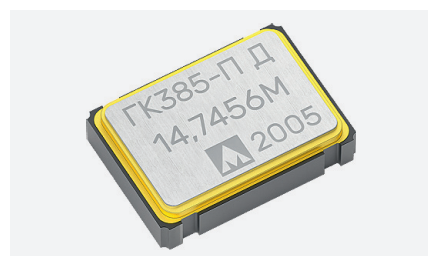


Рис. 1.
Внешний вид генератора ГК385-П

Таблица 1. Характеристики генератора ГК385-П

Параметр	Значение
Диапазон номинальных частот, МГц	От 10 до 60
Напряжение питания, В	3,3 ± 10% или 5,0 ± 10%
Рабочий температурный диапазон, °С	От –60 до +85
Размер корпуса, мм	7 × 5
Максимальный ток потребления, мА	35 (при 3,63 В) и 55 (при 5,5 В)
Тип выходного сигнала	SIN, КМОП, ТТЛ
Точность настройки номинальной частоты	Не хуже ±20 ppm (класс настройки 15)
Температурная нестабильность рабочей частоты во всём диапазоне рабочих температур	Не более ±50 ppm
Размах напряжения в режиме SIN, В	Не менее 0,15 (при нагрузке 50 Ом)
Длительность фронта в режимах КМОП, ТТЛ, нс	Не более 5
Интегральный частотный джиттер в полосе частот от 12 кГц до 20 МГц, пс	Не более 2 (типичное значение), не более 8 (максимальное значение)

¹ АО «ПКК Миландр», ведущий инженер отдела разработки радио-частотных ИС и преобразователей, tsvetkov.alexey@ic-design.ru.

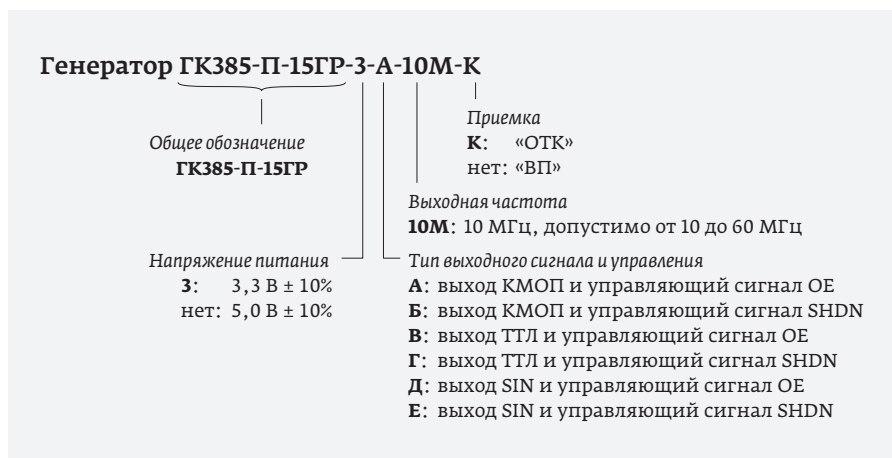


Рис. 2. Обозначение генератора ГК385-П при заказе

работу только выходного драйвера и при подаче на этот вывод логической единицы на выход генератора подается выходной сигнал. В режиме «простоя» генератор полностью выключается при подаче на вывод OE/SHDN логического нуля. При подаче логической единицы генератор запускается и время выхода на рабочий режим составляет не более 10 мс. Основные характеристики генератора ГК385-П приведены в табл. 1. Обозначение

генератора ГК385-П, которое необходимо указывать при заказе, представлено на рис. 2.

Одновременно с ГК385-П была выпущена серия бескорпусных микросхем 1316ММ, которые являются микросхемами активной части кварцевых генераторов с выходными частотами до 860 МГц. Серия состоит из шести микросхем. Их основные характеристики представлены в табл. 2.

Выбор режимов работы и типа выходного сигнала определяется комбинацией служебных площадок микросхемы.

В режиме КМОП можно только поделить частоту, для остальных типов выходного сигнала – только умножить.

Отличительной особенностью микросхем является блок умножителя частоты кварцевого генератора на 2 или на 4 (рис. 3). Для умножения частоты используются две внешние индуктивности, подключаемые к блоку через площадки. С помощью блока умножения из входной частоты (от 100 до 215 МГц) может быть сформирована

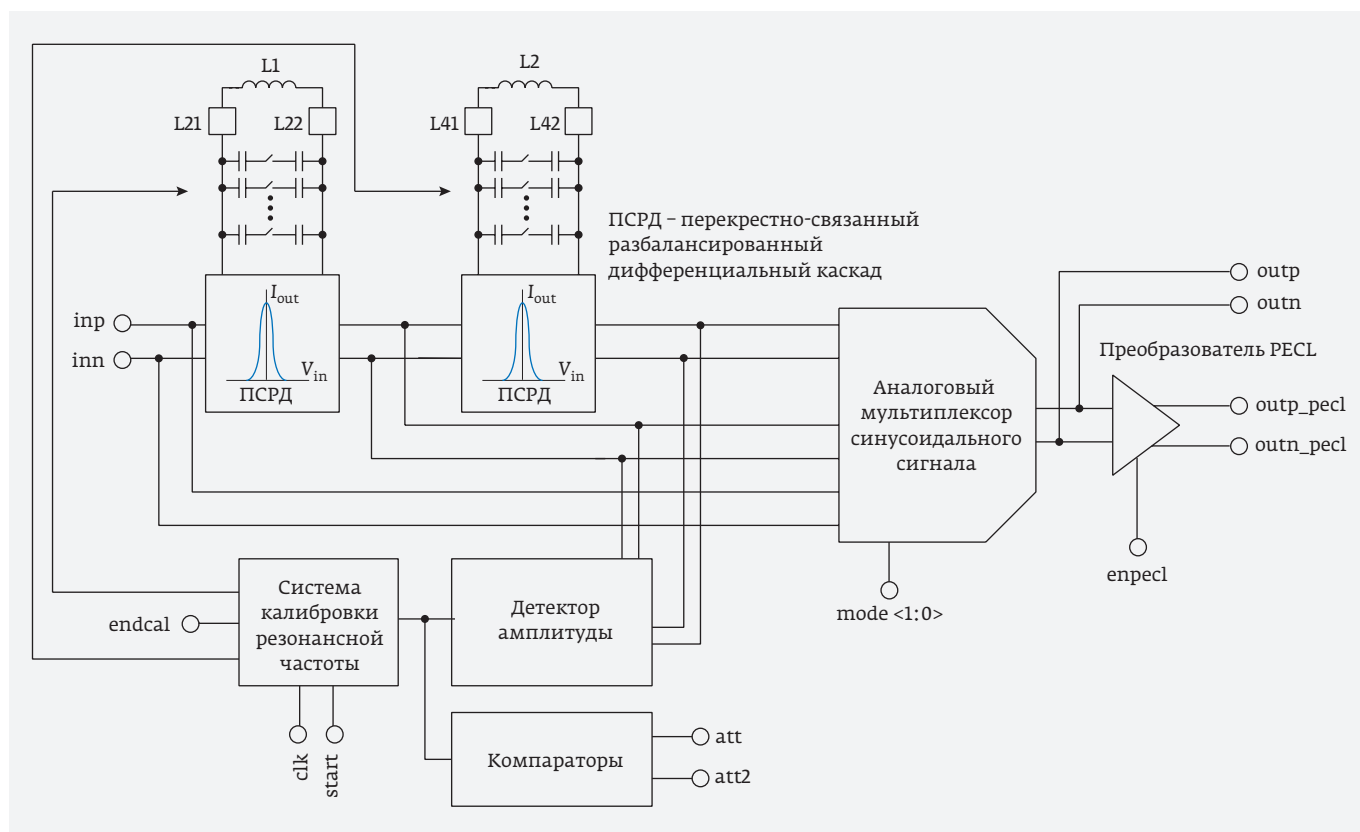


Рис. 3. Структурная схема блока умножителя

выходная частота до 860 МГц. Также блок имеет режим прямого транслирования входной частоты на выход без умножения.

Блок состоит из двух каскадов умножения частоты на 2. При умножении на 4 происходит последовательное умножение на 2, затем еще раз на 2.

В зависимости от выбранного режима работы аналоговый мультиплексор выбирает точку съема синусоидального сигнала. Каждый из каскадов умножения частоты представляет собой перекрестно-связанный разбалансированный дифференциальный каскад (ПСРД), проходная

ВАХ которого имеет ярко выраженный максимум вблизи нулевого входного дифференциального напряжения. В результате, выходной ток ПСРД имеет явные пики при прохождении входного сигнала через 0. Поскольку за один период входной сигнал проходит через 0 дважды, спектр выходного тока ПСРД имеет хорошо выраженную составляющую второй гармоники входного сигнала. В качестве нагрузки для ПСРД выступает резонансный контур, образованный внешней индуктивностью и конденсаторами на кристалле. Резонансная частота контура настраивается на удвоенную частоту входного сигнала ПСРД.

Таблица 2. Параметры микросхем серии 1316MM

Название параметра	1316MM02	1316MM03	1316MM04	1316MM05	1316MM06	1316MM07
Тип выходного сигнала	КМОП LVDS LVPECL SIN	КМОП LVDS	SIN LVPECL	КМОП LVDS LVPECL SIN	КМОП LVDS	SIN LVPECL
Выходная частота, МГц	12,5–100	50–860	100–860	0,78–100	50–860	100–860
Тип схемы	Активная часть генератора (ГУН)			Активная часть генератора (тактовый)		
Диапазон управляющего напряжения (ГУН), В	1,65±1,65			-		
Перестройка частоты (ГУН)	Не менее $\pm 100 \times 10^{-6}$			-		
Рабочая гармоника резонатора	1-я гармоника			3-я гармоника		
Частота гармоники кварца, МГц	25–100	100–215	100–215	25–100	100–215	100–215
Коэффициенты умножения (блок умножения частоты)	-	1, 2, 4	1, 2, 4	-	1, 2, 4	1, 2, 4
Коэффициенты деления в режиме КМОП	1, 1/2	1, 1/2	-	1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1, 1/2	-
Размер кристалла, мкм	1700×1700					
Размер контактной площадки, мкм	80×80					
Диапазон питающего напряжения, В	2,5±10%; 3,0±10%; 3,3±10%					
Размах выходного напряжения в режиме SIN, мВ	Не менее 800	-	Не менее 800	Не менее 800	-	Не менее 800
Коэффициент заполнения в режиме КМОП, %	50±5	50±5	-	50±2	50±5	-
Динамический ток потребления, мА (не более):						
в режиме SIN	43	-	80	43	-	80
в режиме КМОП	40	40	-	40	40	-
в режиме LVPECL	80	-	80	80	-	80
в режиме LVDS	80	80	-	80	80	-

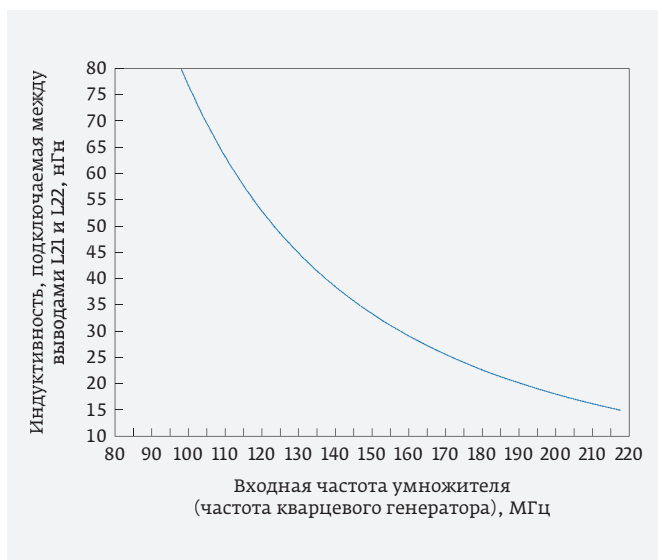


Рис. 4. Зависимость номинального значения индуктивности, подключаемой к выводам L21, L22, от входной частоты умножителя

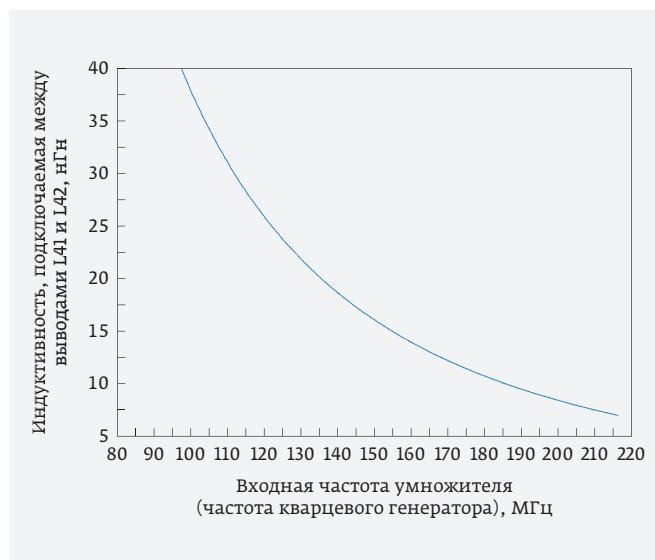


Рис. 5. Зависимость номинального значения индуктивности, подключаемой к выводам L41, L42, от входной частоты умножителя

Для компенсации технологического разброса емкости конденсаторов в микросхеме, а также разбросов величин внешних индуктивностей L1, L2 в блок встроена система калибровки резонансной частоты (СКРЧ). Подстройка резонансной частоты осуществляется подключением необходимого числа конденсаторов в контур при помощи встроенных ключей и матрицы конденсаторов. Для заданной входной частоты

и установленной индуктивности СКРЧ выбирает необходимый код управления матрицей конденсаторов по критерию максимальной амплитуды на резонансном контуре. Система калибровки запускается при каждом включении микросхемы. Для детектирования амплитуды на резонансном контуре используется встроенный детектор амплитуды. По окончании работы СКРЧ в регистры хранения записываются выбранные коды управления матрицами конденсаторов

и выдается флаг готовности, по которому частота поступает на выход микросхемы.

При работе в режиме умножения на 4 необходима установка обеих индуктивностей L1 и L2. При работе в режиме умножения на 2 достаточно установки индуктивности L1. При работе в режиме транслирования частоты установка индуктивностей не обязательна. Номинальные значения индуктивностей в зависимости от входной частоты умножителя представлены на рис. 4 и 5.

Микросхемы серии 1316ММ уже применяются АО «Завод «Метеор» в производстве современных генераторов ГК380-П и ГК381-УН для поверхностного монтажа размером 7×5 мм (обозначение генератора ГК381-УН, которое необходимо указывать при заказе, представлено на рис. 6).

Генератор ГК381-УН-7ДН2-80М-3,3С-А

Общее обозначение ГК381-УН	Упаковка А: для автоматической сборки нет: для ручной сборки
Точность настройки, $\times 10^{-6}$ 5: ± 10 6: ± 15 7: ± 20 8: ± 30	Тип выходного сигнала и управления С: выход SIN СМ: выход КМОП DS: выход LVDS PE: выход LVPECL
Интервал температур, $^{\circ}\text{C}$ Ш: $-10 \dots +85$ П: $-20 \dots +70$ Б: $-30 \dots +60$ В: $-40 \dots +60$ С: $-40 \dots +85$ Д: $-60 \dots +85$	Напряжение питания 3,3: $3,3 \text{ В} \pm 10\%$ 3,0: $3,0 \text{ В} \pm 10\%$ 2,5: $2,5 \text{ В} \pm 10\%$
Нестабильность частоты, $\times 10^{-6}$ Н: ± 15 П: ± 20 С: ± 30 Т: ± 40 У: ± 50	Выходная частота 80М: 80 МГц
	Предел перестройки, $\times 10^{-6}$ 1: ± 80 2: ± 90 3: ± 100

Рис. 6. Обозначение генератора ГК381-УН при заказе