

Квадратурные демодуляторы

с высокой степенью интеграции

Схемы с высокой степенью интеграции, производимые по усовершенствованной кремниво-германиевой технологии BiCMOS, объединяют в себе квадратурный демодулятор, синтезатор с ФАПЧ, ГУН и стабилизаторы с малым падением напряжения, обеспечивая уменьшение размеров печатной платы при одновременном поддержании высоких показателей.

Ашраф Элгамрави
(Ashraf Elghamrawi)

Задача повышения степени интеграции для уменьшения габаритов систем при сохранении уровня показателей, обеспечиваемых дискретными решениями, уделяется повышенное внимание во многих отраслях. Недавно компанией Analog Devices было разработано семейство квадратурных

демодуляторов с высокой степенью интеграции, которые содержат в компактном 40-выводном корпусе LFCSP с размерами посадочного места 6×6 мм синтезатор с фазовой автоподстройкой частоты (ФАПЧ) с дробным коэффициентом деления, генератор, управляемый напряжением (ГУН), и несколько стабилизаторов с малым падением напряжения. Добиться столь малых размеров, не жертвуя электрическими характеристиками, позволяет используемая при производстве данных компонентов кремниво-германиевая (SiGe) технология BiCMOS.

Компоненты семейства ADRF680X включают в себя высококачественное ядро смесителя, которое обеспечивает превосходные показатели интермодуляционных искажений (IP3) и компрессии (P1dB) по входу, а также очень низкий шумовой порог по выходу, что позволяет добиться превосходного динамического диапазона, и ГУН с низким уровнем шума. Благодаря этим особенностям компонент обеспечивает превосходное значение модуля вектора ошибки

Таблица. Характеристики квадратурных демодуляторов семейства ADRF680X

	ADRF6806	ADRF6807	ADRF6801
Дифференциальный вход сигнала ВЧ	+		
Диапазон сигналов гетеродина, МГц	50–525	700–1050	750–1150
Погрешность рассогласования фаз, °	менее 0,5		0,3
Погрешность рассогласования амплитуд, дБ	менее 0,1		0,05
Формирование сигналов			
В основной полосе частот или на комплексной ПЧ до 120 МГц			
P1dB, дБм	Обычный режим	12,2	12,8
	Пониженное энергопотребление	10,6	11,7
IP3 по входу, дБм	Обычный режим	28,5	26,7
	Пониженное энергопотребление	25,2	24,0
Кoeffициент шума (двухполосный), дБ	Обычный режим	12,2	13,1
	Пониженное энергопотребление	11,4	12,4
Кoeffициент усиления по напряжению, дБ	Обычный режим	1,0	
	Пониженное энергопотребление	4,2	4,3
Полоса выходного каскада (по уровню 3 дБ), МГц	Обычный режим	170	
	Пониженное энергопотребление	135	

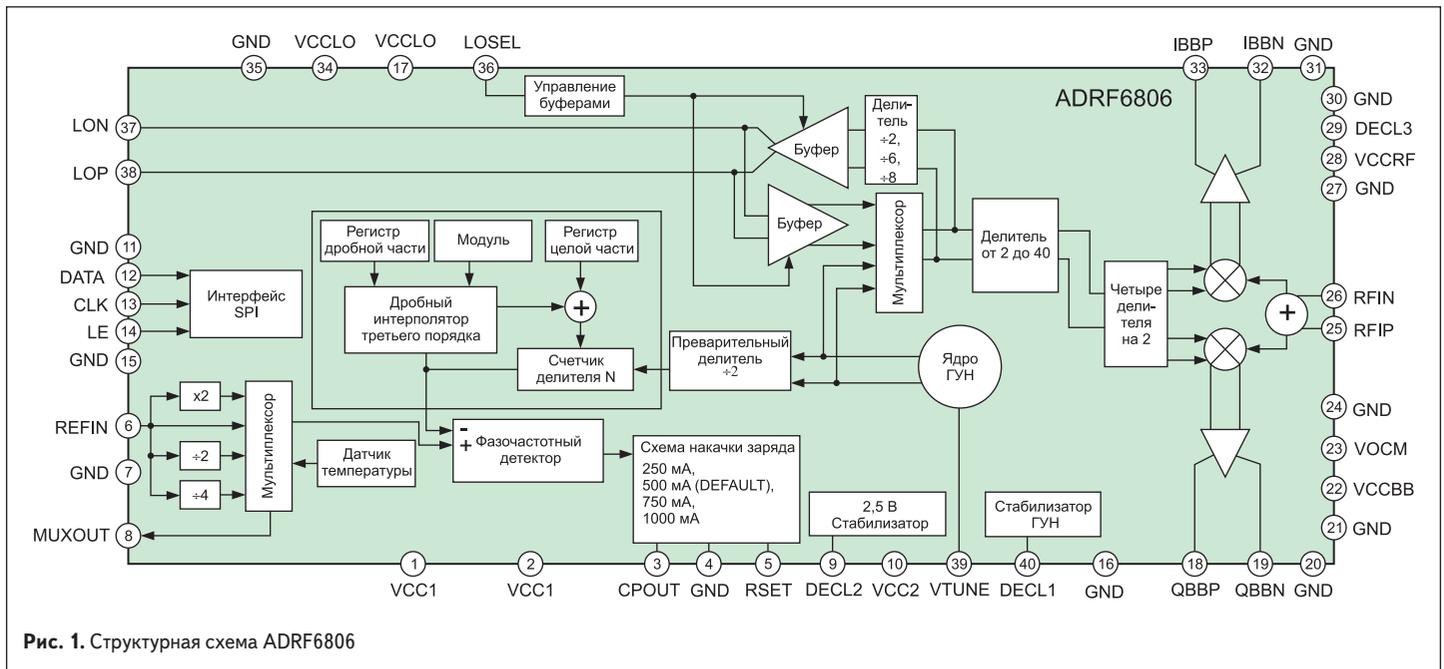
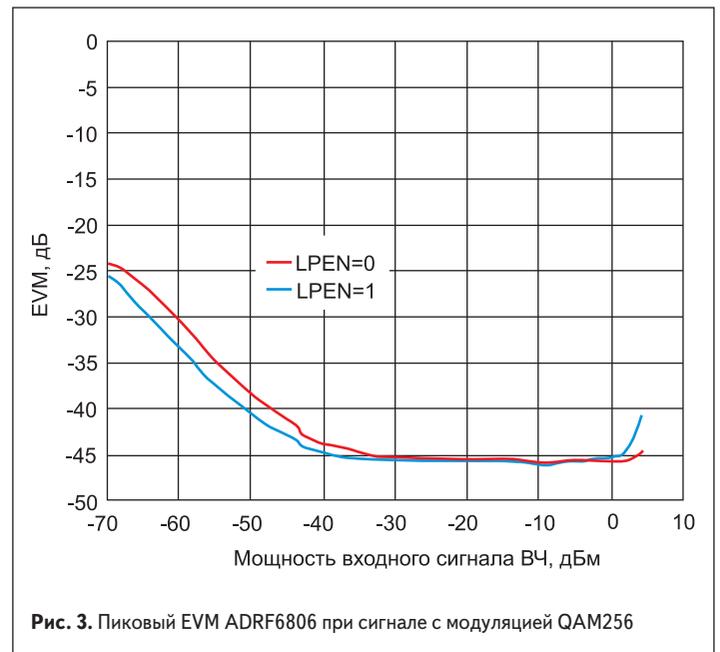
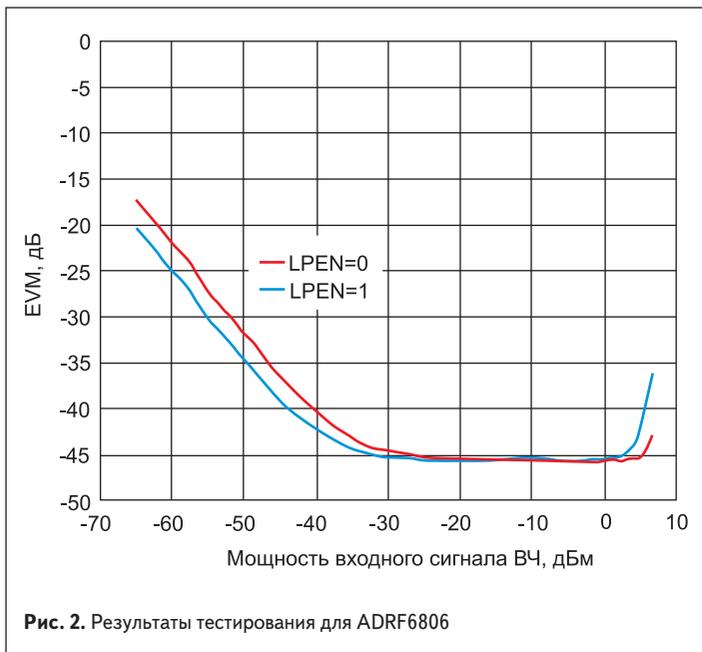


Рис. 1. Структурная схема ADRF6806



(error vector magnitude, EVM). В совокупности три компонента, входящие в состав семейства ADRF680X, поддерживают работу с сигналами гетеродина в диапазоне частот 50–1150 МГц, что позволяет перекрыть широкий диапазон промежуточных частот, используемых в приемниках QAM/QPSK, стандартах сотовой связи, таких как W-CDMA/CDMA2000/LTE, и микроволновых линиях радиосвязи типа «точка–точка» и «точка–много точек». Компоненты семейства ADRF680X имеют множество программируемых функций, управление которыми осуществляется через порт SPI. Пользователь может управлять настройками синтезатора с ФАПЧ с дробным коэффициентом деления, делителем частоты гетеродина демодулятора, различными параметрами оптимизации и режимом пониженного энергопотребления. Также доступна возможность выбора режима работы с внешним источником сигнала гетеродина или формированием сигнала на выходе делителя частоты ГУН для внешнего использования. Компоненты семейства ADRF680X — это единственные в отрасли квадратурные демодуляторы, в которых интегрированы три функциональных блока каскадов ВЧ, за счет чего упрощается проектирование, сокращаются размеры платы и уменьшается общая стоимость компонентов (таблица).

Самый новый представитель семейства — ADRF6806, структурная схема которого изображена на рис. 1. Следующий представитель семейства — ADRF6807, предназначенный для более высокого диапазона частот. Еще один представитель семейства — это ADRF6801 с несимметричным 50-Ом входом, который работает с сигналами гетеродина в диапазоне частот 750–1150 МГц.

Для оценки совокупного качества демодуляторов был проведен анализ зависимости их EVM от мощности входного сигнала ВЧ. EVM — это мера, используемая для количественного описания показателей цифрового радиопередатчика или радиоприемника. У сигнала, принимаемого приемником, все точки фазового созвездия должны совпадать

с идеальными положениями. Однако различные неидеальности в сигнальном тракте, например дисбаланс амплитуд, шум и фазовый дисбаланс, вызывают отклонение реальных точек созвездия от идеальных.

В общем случае EVM демодулятора, в зависимости от мощности входного сигнала, имеет три основных ограничивающих фактора. По мере увеличения мощности сигнала начинают расти составляющие искажений. При достаточно больших уровнях сигнала, когда составляющие искажений, вызванные нелинейностями в устройстве, попадают в рабочую полосу, EVM ухудшается с увеличением мощности. При умеренных уровнях сигналов, когда демодулятор работает в линейном режиме и сигнал значительно превышает шумы, EVM обычно достигает оптимального значения, которое определяется преимущественно либо погрешностью формирования квадратур и согласованием их коэффициентов усиления, либо точностью измерительного оборудования. По мере уменьшения уровня сигнала, когда основной вклад начинает вносить шум, характеристика EVM убывает линейно в децибелах. При низких уровнях сигнала, когда доминирующим ограничивающим фактором является шум, значение EVM в децибелах становится прямо пропорциональным отношению сигнал–шум.

Измерение EVM ADRF6806 производилось на оценочной плате компонента при подаче модулированного сигнала с частотой 140 МГц. По результатам тестирования ADRF6806 продемонстрировал превосходные значения EVM при различных типах модуляции. Как показывает рис. 2, ADRF6806 поддерживает EVM ниже –45 дБ в широком диапазоне мощностей входных сигналов ВЧ (примерно 35 дБ) для сигнала с модуляцией 16 QAM при частоте следования символов 5 МГц и ПЧ 5 МГц. EVM измерялся в обоих режимах питания: в нормальном (LPEN = 0) и пониженного энергопотребления (LPEN = 1). В режиме пониженного энергопотребления EVM компонента при низких уровнях вход-

ного сигнала ВЧ улучшается из-за меньшего шума. В нормальном режиме EVM сохраняет низкое значение при большем уровне входного сигнала ВЧ.

Рис. 3 иллюстрирует пиковый EVM ADRF6806 при сигнале с модуляцией QAM256. Как следует из графика, результаты не ухудшаются по сравнению с приведенными выше результатами для QAM16. В данном тесте также были использованы частота следования символов 5 МГц и ПЧ 5 МГц. Как и в предыдущем случае, EVM был измерен в обоих режимах питания и составил не хуже –45 дБ в широком диапазоне мощностей входного сигнала ВЧ, равном 35 дБ.

Компоненты семейства ADRF680X обеспечивают беспрецедентные уровни интеграции и характеристик благодаря комбинации ядра смесителя с широким динамическим диапазоном, универсального синтезатора с ФАПЧ с дробным коэффициентом деления, ГУН с низким шумом и нескольких стабилизаторов с малым падением напряжения в одном компактном 40-выводном корпусе LFCSFP с габаритами посадочного места 6×6 мм. Они обладают превосходным динамическим диапазоном и отличными показателями EVM, удовлетворяя повышенным требованиям современных приемников. ■