

КРЕМНИЙ-ГЕРМАНИЕВЫЕ КВАДРАТУРНЫЕ МОДУЛЯТОРЫ И ДЕМОДУЛЯТОРЫ ДЛЯ ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ ДО 6 ГГц И ВЫШЕ

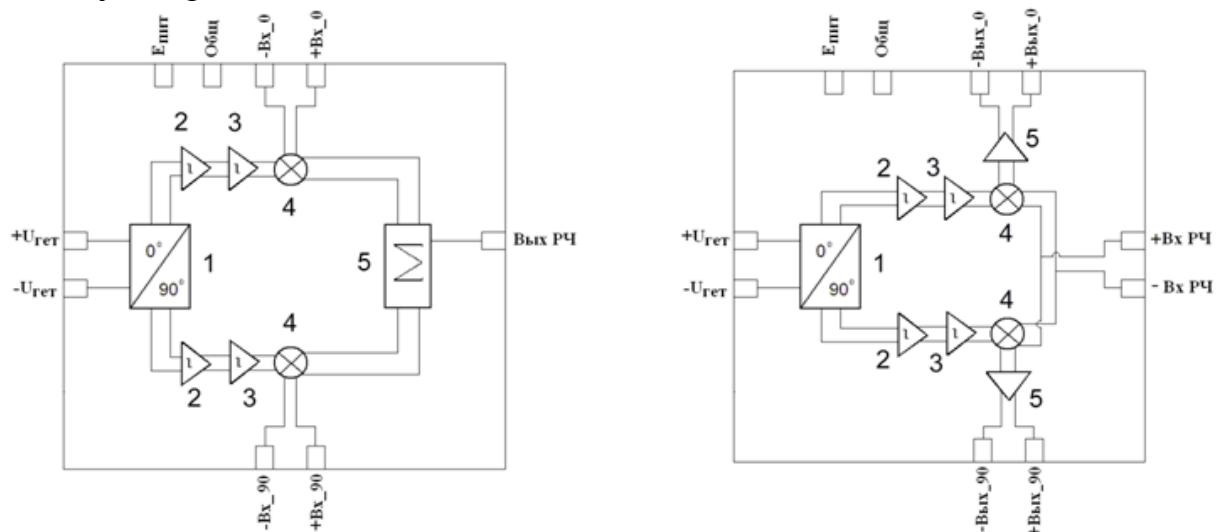
Шабардин Р.С., Шабардина Н.В., Бычков М.С.

ОАО «НИИМА «Прогресс», Москва

Квадратурные модуляторы и демодуляторы применяются:

- в приемопередающих трактах военной аппаратуры связи;
- в спутниковой навигации;
- в устройствах радиолокации;
- в аппаратуре радиоэлектронного противодействия;
- также в бытовых устройствах сотовой и беспроводной связи.

На рисунке 1 показаны структурные схемы модулятора и демодулятора.



Модулятор

Демодулятор

1 – полифазный фильтр; 2,3 – усилители-ограничители;
4 – смеситель; 5 – выходной буфер.

Рисунок 1 – Структура модуляторов и демодуляторов

Для расщепления сигнала несущей частоты на синфазную и квадратурную составляющие используется полифазный фильтр (ППФ) 1. Его преимуществами над другими способами генерации квадратуры являются:

- простота исполнения (каскад ПФФ содержит 4 сопротивления и 4 емкости);
- широкая полоса рабочих частот (используя 3-5 каскадов в ППФ);
- незначительная зависимость от разброса параметров при изготовлении.

ПФФ соединен с усилителями-ограничителями 2 и 3, на выходе которых формируются прямоугольные колебания. Усилители-ограничители компенсируют ослабление ПФФ и снижают разбаланс амплитуды между I и Q каналами, т.к. работают в режиме ограничения.

Основной элемент модулятора и демодулятора – это смеситель 4. В качестве базовой ячейки смесителя в модуляторе и демодуляторе используется перемножитель Джильберта.

Выходные буферы служат для суммирования, усиления и согласования устройств с нагрузкой.

На предприятии ОАО «НИИМА «Прогресс» были разработаны следующие микросхемы:

- модулятор М44305 (аналог AD8346 «Analog Devices») и демодулятор М44304 с автоматической регулировкой усиления (функциональный аналог AD8347 «Analog Devices») с диапазоном рабочих частот 0,8-2,7 ГГц (совместно с «ОКБ-Планета»).

- модулятор К1327МФ1У (аналог НМС497 «Hittite») и демодулятор К1327ДФ1У с диапазоном рабочих частот 0,1-5 ГГц (совместно с ОАО «Вега»);

- модулятор К1327МА015 (аналог ADL5375 «Analog Devices») и демодулятор К1327МВ015 (аналог ADL5375 «Analog Devices») с диапазоном рабочих частот 0,1-6 ГГц;

- модулятор К1327МА025 и демодулятор К1327МВ025 с диапазоном рабочих частот 0,1-6 ГГц (совместно с ОАО «НПП «Пульсар») с меньшим разбалансом фаз и амплитуд I/Q каналов по технологии SiGe 0.18 мкм.

Основные параметры разработанных модуляторов (и их аналогов) сведены в таблице 1, демодуляторов - в таблице 2.

Все разработанные микросхемы не уступают по характеристикам своим аналогам, а в дальнейшем планируется выйти в более высокочастотную область (X диапазона), с возможным применением технологии SiGe 0.13 БиКМОП.

Таблица 1 — Основные параметры модуляторов.

Обозначение микросхем	M44305	AD8346	K1327 MФ1У	HMC497	K1327 MA015	AD5375	K1327 MA025 *
нормы SiGe технологии, мкм	0.25		0.25		025		0.18
Диапазон рабочих частот (-3 дБ), ГГц	0.8 ... 2.7	0.8... 2.7	0.1 ... 5	0.1 ... 4	0.1 ... 6	0.4 ... 6	0.8 ... 7
Уровень сигнала гетеродина, дБм	-13 ... -6	-13 ... -6	-10 ... 0	-6 ... +6	-7 ... +5	-6 ... +6	-7 ... +6
Полоса входных частот (-3дБ), МГц	0 ... 100	0 ... 70	0 ... 500	0 ... 700	0 ... 800	0 ... 750	0 ... 800
P _{1dB} по выходу, дБм	-2	-3	+4	+6	+4	+5	+6
КСВ	≤1.5	≤1.9	≤1.9	≤1.9	≤2	≤2.2	≤2
Коэфф. шума, дБ	-	-	24	-	20	15,5	20
U _{пит}	3 ... 5	3 ... 5	5	5	5	5	5
I _{ПОТР}	40	55	160	168	160	203	160

* - расчетные параметры микросхемы, с учетом паразитных элементов топологии и корпусирования.

Таблица 1 — Основные параметры демодуляторов.

Обозначение микросхем	M44304 (с АРУ)	AD8347 (с АРУ)	K1327 ДФ1У	Демод. (с актив. балуном на входе)	K1327 MB015	AD5380	K1327 MB025 ****
нормы SiGe технологии, мкм	0.25		0.25	0.25	025		0.18
Диапазон рабочих частот (-3 дБ), ГГц	0.8 ... 2.7	0.8... 2.7	0.1 ... 5	0.1 ... 6	0.1 ... 6	0.4 ... 6	0.8 ... 7
Уровень сигнала гетеродина, дБм	-13 ... -6	-13 ... -6	-10 ... 0	-10 ... 0	-7 ... +5	-6 ... +6	-7 ... +6
Полоса входных частот (-3дБ), МГц	0 ... 60	0 ... 65	0 ... 1200	0 ... 1200	0 ... 1000	0 ... 390	0 ... 1000
P1dB по входу, дБм	+5 *	-2 *	+5.5	+6	+4	+8	+6
Коэфф. преобразования, дБ	-30 ... +40	-30 ... +40	4	16		6	
КСВ	≤ 1.5	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2.2	≤ 18
Коэфф. шума, дБ	11 **	11 **	24	11.5	20	15,5	
U _{пит}	3 3 / 5 ***	3 ... 5	5	5	5	5	
I _{ПОТР}	70	80	190	210	160	245	

* - при минимальном усилении;

** - при максимальном усилении;

*** - питание выходных каскадов микросхемы;

**** - расчетные параметры микросхемы, с учетом паразитных элементов топологии и корпусирования.