

API TECHNOLOGIES: ОДНА КОМПАНИЯ – МНОЖЕСТВО РЕШЕНИЙ

А.Дёмин demin@ranet.ru

В процессе разработки перед каждым инженером встает вопрос о выборе элементной базы. Как найти именно то, что нужно, среди предложений множества компаний? Простым решением может быть выбор производителя, выпускающего продукцию в широкой номенклатуре. Пример такой компании – API Technologies. В этой статье освещена ее деятельность в области ВЧ/СВЧ-устройств.

Весь спектр услуг API Technologies сосредоточен по шести направлениям: ВЧ/СВЧ-компоненты, микроэлектроника, комплексные электромагнитные решения, системы безопасности и защиты информации, комплексные решения для систем электропитания, контрактное производство электроники. Продукция компании используется военными и гражданскими заказчиками в таких областях как космос, беспроводная связь, медицина, нефте- и газодобыча, радиоэлектронная борьба, беспилотные системы, противоракетная оборона.

В подразделение ВЧ/СВЧ и микроэлектроники API Technologies входят в качестве дочерних компаний такие широко известные производители как Spectrum Microwave, CMT Filters и C-MAC Aerospace/Cobham. Предлагаемая продукция включает фильтры, фильтрующие системы, усилители, широкий спектр пассивных и активных компонентов, различные источники сигналов (www.micro.apitech.com, www.radiant.su).

УСИЛИТЕЛИ

Линейка усилителей компании достаточно обширна. Это и недорогие усилители широкого

применения, и усилители мощности, и маломощные усилители, и усилители-ограничители.

При производстве электронных изделий не всегда требуется применение компонентов в герметичном корпусе. К тому же, герметизация сильно увеличивает стоимость компонента. Для таких применений API Technologies предлагает линейку усилителей для поверхностного монтажа (рис.1а). У них хорошие характеристики: рабочая частота до 4000 МГц, выходная мощность до 2 Вт, коэффициент шума до 0,9 дБ.

Для частот выше 2 ГГц представлены усилители СВЧ-диапазона (табл.1), в металлическом корпусе с соединителями SMA (рис.1б). У данных усилителей достаточно широкая полоса частот – верхняя граница составляет 45 ГГц. Наличие моделей с различными параметрами позволяет перекрывать большинство применений.

Не секрет, что повышение уровня шумов системы приводит к уменьшению ее эффективности, а порой и к потере работоспособности. Поэтому при проектировании приемных устройств часто применяют маломощные усилители (МШУ). Коэффициент шума МШУ компании API Technologies составляет несколько децибел в широкой полосе рабочих частот (от 5–10 до 500–2000 МГц в зависимости

Таблица 1. Параметры усилителей СВЧ-диапазона

Модель	Частота, МГц	Усиление, дБ	Коэффициент шума, дБ	$P_{1дБ}$, дБм	IP3, дБм	IP2, дБм	Развязка, дБ	KCB	Напряжение питания, В	Ток потребления, мА
VXNF1058	2–8	22,5	2,5	20	25	33	30	1,5	12	230
VXNF1067	2–20	25	3,5	17	27	33	50	1,75	12–15	150
VXNF1064	2–10	15	4	20	27	34	35	1,5	12–15	200
VXNF1060	4–8	40	1,8	20	25	31	50	1,5	12–15	220
VXNF1083	5–15	12	3,8	26	40	46	45	1,5	12–15	370
VXNF1063	6–10	22	2	10	22	29	23	1,5	5	125
VXNF1068	19–27	45	4,5	28	36	40	–	1,8	12	800
VXNF1075	43–45	30	6	19	–	–	–	2	15	330

* $P_{1дБ}$ – мощность входного сигнала, при которой коэффициент передачи уменьшается на 1 дБ по сравнению со значением при малом сигнале; IP2, IP3 – точки пересечения характеристик интермодуляционных продуктов второго и третьего порядка, соответственно, с характеристикой основного тона.

от модели). При этом максимальный уровень фазового шума равен -156 дБн/Гц при отстройке от несущей на 100 кГц.

Усилители-ограничители компании представлены различными моделями с частотами от 5 до 12000 МГц, усилением от 7 до 50 дБ, коэффициентом шума 5–11 дБ.

ФИЛЬТРЫ

Одним из основных направлений деятельности компании является разработка и производство широкой номенклатуры фильтров. По применяемой технологии представленная продукция подразделяется на LC-фильтры, резонаторные, коаксиальные, керамические, волноводные фильтры, фильтры на поверхностных акустических волнах (ПАВ). Таким образом, для реализации проекта можно найти любое решение в области фильтрации сигнала.

Там, где малый вес и размер являются критическими показателями, используются LC-фильтры. API Technologies предлагает данные фильтры для полосы частот от 1 МГц до 3 ГГц. По типу режекции LC-фильтры реализованы как ФНЧ, ФВЧ, полосно-пропускающие и полоснозаграждающие, а также двух-, трех- и многополосные. Опционально можно выбрать тип соединения: коаксиальные, для поверхностного монтажа, со штыревыми выводами.

Резонаторные фильтры обладают преимуществом в малых вносимых потерях и высокой мощности

входного сигнала. Резонаторные фильтры, предлагаемые компанией, перекрывают полосу частот от 800 МГц до 20 ГГц. Однако использование данного типа фильтров как ФНЧ и ФВЧ невозможно.

Компромиссом по размерам и характеристикам между резонаторными и LC-фильтрами являются керамические фильтры. Компания производит данные фильтры в полосе частот от 400 до 2500 МГц. Так же как и резонаторные, керамические фильтры не могут быть реализованы как ФНЧ и ФВЧ.

У трубчатых фильтров много преимуществ по сравнению с другими конструкциями полосовых фильтров и ФНЧ. Для них характерны широкая полоса заграждения и большой уровень ослабления. В фильтрах применяются дисковые конденсаторы и намоточные индуктивности (рис.2а) для формирования резонансного контура. Использование

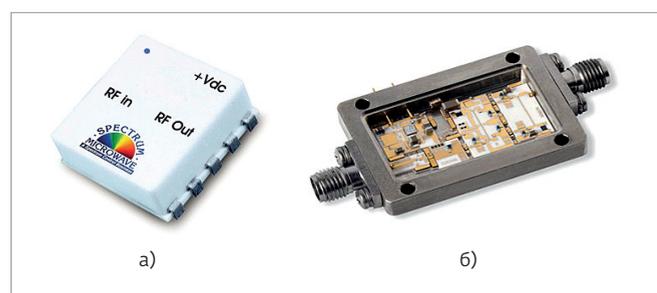


Рис.1. Корпуса усилителей для поверхностного монтажа (а) и СВЧ-диапазона (б)

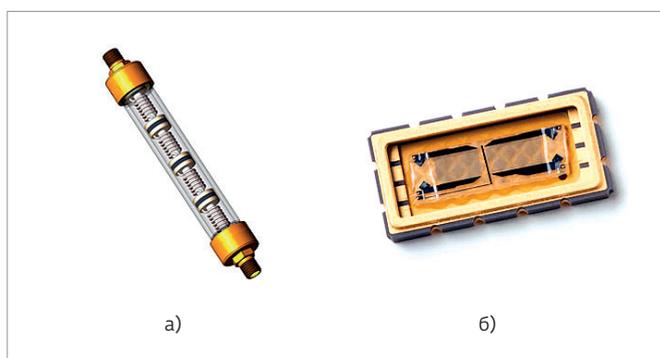


Рис.2. Фильтры: трубчатый (а) и на ПАВ (б)

рассредоточенных конденсаторов и индуктивностей обеспечивает данным фильтрам более низкие вносимые потери, чем у фильтров на сосредоточенных элементах. Трубчатые фильтры API Technologies рассчитаны на мощность до 5000 Вт.

API Technologies разрабатывает и производит высоконадежные ПАВ-фильтры (рис.2б) для военного и коммерческого применения. Линейка ПАВ-фильтров перекрывает частоты от 20 до 2600 МГц. Компания предлагает готовые решения для

различных высокочастотных сигналов, в том числе сигналов GPS и (опционально) ГЛОНАСС. У моделей для GPS центральная частота 1227 или 1575 МГц, полоса пропускания от 2,4 до 50 МГц, вносимые потери от 0,8 до 19,3 дБ. Они выпускаются в различных корпусах размерами от 1,4×1,1 до 3×3 мм.

Волноводные фильтры компания производит для частот до 40 ГГц с уровнем пиковой мощности до 50 кВт.

КОНДЕНСАТОРЫ И ДИОДЫ

Компания API Technologies не осталась в стороне и от производства конденсаторов и диодов. Конденсаторы серии ML4M – это MNS (metal-nitride-silicon) чип-конденсаторы. Они обладают высокой надежностью и разработаны специально для применения в СВЧ-диапазоне. Конденсаторы ML4M прочнее аналогичных МОП-, МДП- и керамических конденсаторов. В серии ML4M представлены модели с емкостью от 1 до 600 пФ и рабочим напряжением 100 или 200 В. Конденсаторы этой серии – идеальный выбор для использования в СВЧ-устройствах до Ку-диапазона частот, где малые потери, высокая надежность, малый размер

Таблица 2. Параметры рpn-диодов

Модель	Напряжение пробоя, В		Емкость, пФ		Прямое сопротивление, Ом		Время жизни зарядов, нс	Время переключения, нс	Тепловое сопротивление, °С/Вт	
	мин.	тип.	тип.	макс.	тип.	макс.			тип.	макс.
Быстродействующие рpn-диоды										
ML4603	35	–	0,15	0,2	1,5	1,7	150	15	–	500
ML4606	100	–	0,15	0,2	1,5	1,7	350	35	–	500
ML4610	15	25	0,35	0,4	1,2	1,5	10	1	70	80
ML4611	40	60	0,3	0,35	1,3	1,5	20	2	60	70
ML4617	100	120	0,3	0,35	1,3	1,5	120	12	40	50
ML4627	200	250	0,3	0,35	1	1,3	400	40	35	40
Высокомощные рpn-диоды										
ML4640	300	350	0,3	0,35	1	1,3	0,5	50	25	30
ML4644	400	450	0,3	0,35	1	1,3	1	100	20	25
ML4648	500	550	0,3	0,35	1	1,3	1	100	20	25
ML4651	500	550	0,7	0,8	0,5	0,7	2	200	10	15
ML4652	600	650	0,3	0,35	1	1,3	1,5	150	15	25
ML4655	600	650	0,7	0,8	0,5	0,7	3	300	7	15

и температурная стабильность являются определяющими факторами.

Диодная линейка продукции API Technologies представлена следующими изделиями:

- диоды с накоплением заряда, применяемые в умножителях частоты, конверторах вверх/вниз, генераторах комбинационных частот;
- кремниевые варакторные диоды для перестройки частоты в диапазоне до 20 ГГц, применяемые в перестраиваемых фильтрах, фазовращателях, конверторах вверх/вниз;
- серия pin-диодов: быстродействующие (табл.2), высокоомощные (см. табл.2), широкополосные, ограничительные.

ИСТОЧНИКИ СИГНАЛОВ

Значительное место в деятельности компании занимает разработка и производство различных источников сигналов. Полный перечень изделий включает в себя синтезаторы, генераторы с фазовой автоподстройкой частоты (ФАПЧ), генераторы с диэлектрическим и коаксиальным резонатором, генераторы комбинационных частот, генераторы на ПАВ, генераторы управляемые напряжением (ГУН), генераторы с цифровым управлением, многоканальные генераторы, умножители частоты.

Синтезаторы частоты в зависимости от модели имеют рабочий частотный диапазон от 10 МГц до 14 ГГц и представлены в двух вариациях: с внешним и внутренним опорным генератором. Выходная мощность синтезаторов серий 44x и 45x составляет 13 дБм, уровень гармоник -25 дБн,

уровень паразитных составляющих -70 дБн, фазовый шум (при отстройке на 10 кГц) от -130 до -105 дБн/Гц. Управление синтезаторами выполняется с помощью данных в двоично-десятичном/десятичном формате, передаваемых через параллельный/последовательный интерфейс, или посредством традиционного дискового переключателя. Интересной является модель широкополосного синтезатора (от 2 до 18 ГГц) VXFS1045. Фазовый шум этой модели на частоте 18 ГГц при отстройке на 100 кГц составляет -81 дБн/Гц.

Широкая номенклатура генераторов с ФАПЧ (табл.3) также подразделяется на две линейки: с внутренним и внешним опорным генератором, выходная мощность которых равна 10 дБм.

Генераторы с диэлектрическим и коаксиальным резонатором компании API Technologies обладают малым фазовым шумом (от -143 до -113 дБн/Гц) и перекрывают частотный диапазон от 500 МГц до 21,5 ГГц. Выходная мощность этих генераторов 10 дБм, уровень гармоник от -20 до -25 дБн, уровень паразитных составляющих -80 дБн.

В генераторах комбинационных частот серии 95 используется диод с накоплением заряда для генерации очень узких импульсов. В результате формируется выходной сигнал с частотным спектром, богатым гармониками. Интервал между импульсами задает источник, которым в большинстве случаев является стабильный кварцевый генератор. Он, как правило, внутренний, однако, для управления диодом может быть использован и внешний сигнал. Интервал между гармониками

Таблица 3. Параметры генераторов с ФАПЧ

Модель		Частота, ГГц	Фазовый шум при отстройке на 10 кГц, дБн/Гц		Уровень гармоник, дБн	Уровень паразитных составляющих, дБн	Питание, В/мА	
внутр. ОГ	внеш. ОГ		внутр. ОГ	внеш. ОГ			внутр. ОГ	внеш. ОГ
611208	621499	0,5	-133	-138	-25	-70	15/150	15/120
611218	621509	1	-127	-132	-25	-70	15/150	15/120
611238	621529	2	-121	-126	-25	-70	15/150	15/120
613070	623115	5	-113	-118	-25	-70	15/150	15/120
MDR5100-10000	MDR6100-10000	10	-110	-110	-20	-80	15/275	15/150
MDR5100-15000	MDR6100-15000	15	-105	-105	-20	-80	15/275	15/120
MDR5100-20000	MDR6100-20000	20	-100	-100	-20	-80	15/275	15/120
MDR5100-21000	MDR6100-21000	21	-95	-95	-20	-80	15/275	15/120

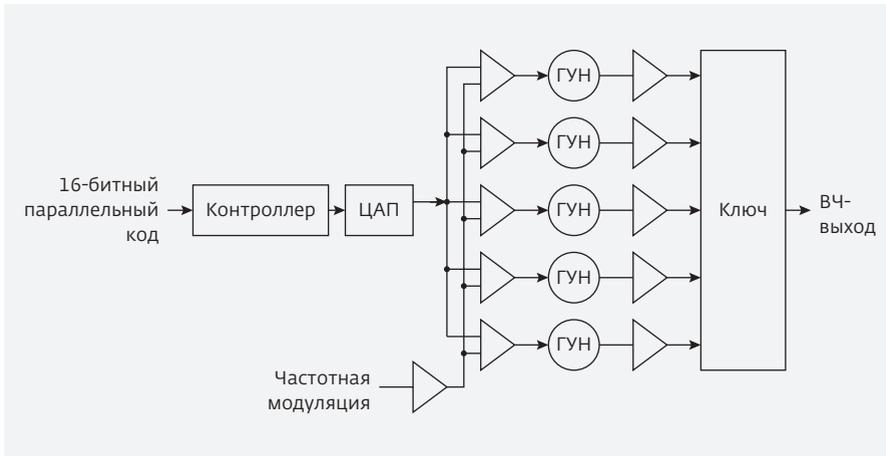


Рис.3. Функциональная схема генератора с цифровым управлением

в генераторах серии 95 составляет от 1 до 1000 МГц, стабильность частоты – 5 или 15 ppm/°C в зависимости от модели.

Генераторы с цифровым управлением состоят из набора ГУНов с различными диапазонами перестройки (рис.3). Выходы ГУНов с помощью переключателя выборочно подключаются к общему высокочастотному выходу. Таким образом, небольшими диапазонами отдельных генераторов достигается общая полоса частот от 2 до 18 ГГц. Управление выполняется 16-битным параллельным кодом. Несколько бит используется для выбора нужного поддиапазона и от 12 до 14 бит – для настройки частоты.

Номенклатура ГУН компании API Technologies очень обширна. Она охватывает частотный диапазон от десятков мегагерц до единиц гигагерц и предусматривает всевозможные вариации по диапазону перестройки частоты, управляющему

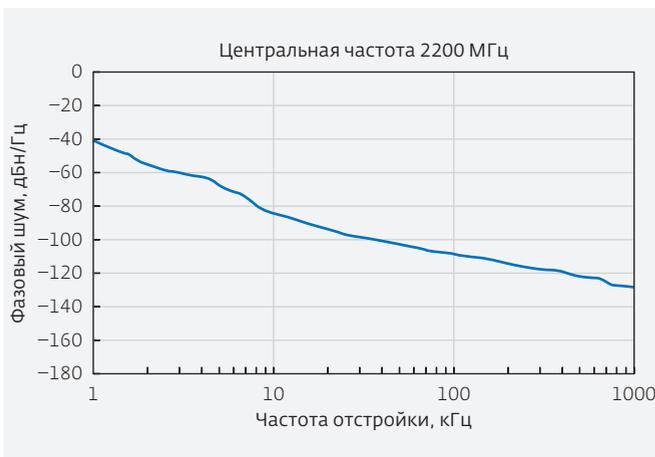


Рис.4. График шумовой зависимости модели TOM9111

напряжению, выходной мощности и др. Так, у модели TOM9111 с управляющим напряжением от 0 до 20 В и диапазоном частот 1500–2750 МГц, при отстройке от частоты на 100 кГц значение фазового шума менее -100 дБн/Гц (рис.4). При этом гармонические составляющие подавлены на 20 дБ, а паразитные – более чем на 80 дБ.

Генераторы на ПАВ также представлены широкой линейкой. Среди них есть как модели с фиксированной частотой, так и ГУНЫ. Например, в серии MN725 есть генераторы с центральной частотой от 400

до 2500 МГц и диапазоном перестройки 700 МГц. Уровень гармонических и негармонических составляющих у них равен -30 и -50 дБн соответственно, фазовый шум при отстройке 100 кГц лежит в диапазоне от -152 до -140 дБн/Гц.

Интересная разработка API Technologies – ответвители, запатентованные под названием Wirepac и Wireline (рис.5). Они состоят из пары проводов в окружении сплошного диэлектрического изолятора с внешней оболочкой и обладают физическими свойствами полужесткого кабеля. Отличительные особенности этих компонентов – очень низкие вносимые потери (0,3 дБ у Wireline и 0,2 дБ у Wirepac) и большая рабочая мощность (100–200 Вт у Wireline и 500 Вт у Wirepac).

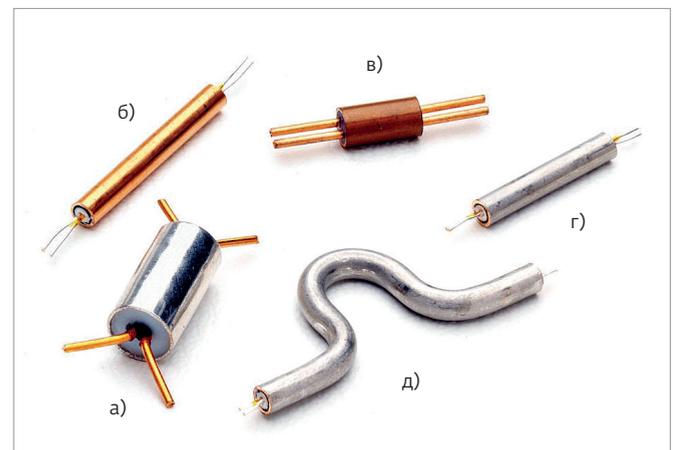


Рис.5. Ответвители Wireline и Wirepac: а) Wirepac KCT, б) Wireline HCB, в) Wirepac KCB, г) и д) Wireline HCS в разных конфигурациях

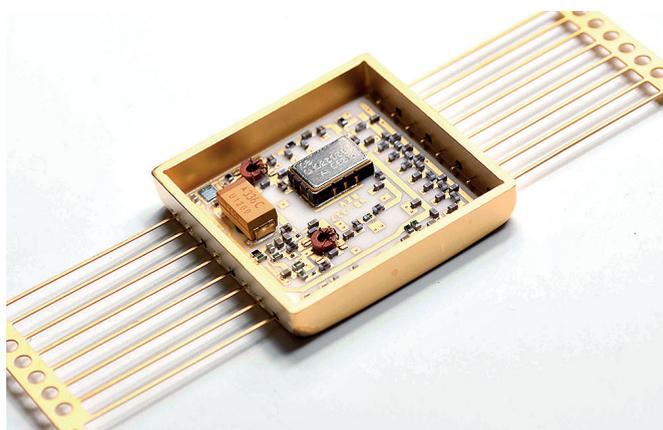


Рис.6. ГУН серии API725

КОМПОНЕНТЫ ДЛЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ ПРИМЕНЕНИЙ

API Technologies разрабатывает и производит ВЧ/СВЧ-компоненты для космических систем, спутников, ракет-носителей и различных коммуникаций. Начиная с 1976 года, компания участвует в многочисленных космических программах, в том числе изучения дальнего космоса (Mars Curiosity Rover, Mars Phoenix, Galileo, Cassini),

научных исследований (SAOCOM, Hershel Plank Aquarius, Juno, Meteosat), и некоторых проектах спутниковой связи (Sirius Radio, Direct TV, Olympus, Intelsat). Располагая несколькими производственными центрами, компания может проводить тесты и сертификационные испытания по стандартам IECQ, MIL-STD-833 и MIL-STD-202 практически всей линейки своей продукции.

Яркий пример высоконадежных элементов – ГУНы на ПАВ серии API725 (рис.6) в радиационно-стойком корпусе (до 200 кРад). Рабочий частотный диапазон этой серии от 350 до 4000 МГц. Фазовый шум при отстройке на 1 кГц составляет -109 дБн/Гц, а подавление гармонических составляющих – не менее 30 дБ.

В рамках данной статьи удалось лишь поверхностно описать продукцию API Technologies – основной целью было познакомить разработчиков радиоэлектронных средств с этой компанией и дать возможность оценить ее технологический потенциал. Номенклатура компонентов API Technologies настолько обширна, что позволяет реализовывать различные устройства повышенной степени сложности и ответственности, используя продукцию одного производителя. ●