

Конвертер сигналов ISM-диапазонов

Виктор Безруков (г. Пушкино, Московская обл.)

Частотные ISM-диапазоны часто перегружены мешающими сигналами различного происхождения. Это приводит к необходимости перехода из одного ISM-диапазона в другой, менее загруженный. В настоящей статье и описана разработка такого частотного конвертера.

Разработанный конвертер частотного диапазона предназначен для переноса спектра частот сигналов от модема ISM, работающего в режиме передачи в диапазоне 902–928 МГц, в ISM-диапазон 2400–2483 МГц. В режиме приёма осуществляется обратное преобразование.

Разработка этого конвертера имела свою специфику. Дело в том, что производитель модема даёт на своё изделие крайне скудную информацию. Это только рабочий диапазон частот, выходная мощность на передачу, режим работы – полудуплекс. Неизвестен ни тип модуляции, ни длительность преамбулы, ни то, какую её часть можно безболезненно потерять при переключении с приёма на передачу. Также неизвестны требования к стабильности и точности установки частоты синтезированного гетеродина конвертера. Кроме того, выходная мощность модема не регулируется и составляет около 200 мВт. Из-за сжатых сроков (не более трёх месяцев) на разработку и изготовление партии конвертеров получить у производителя модемов ответы на все неясные вопро-

сы не было возможности. Поэтому при разработке конвертера выбиралась такая его структура, которая позволила полностью исключить потерю длительности сигнала при работе на передачу, в частности полностью передать его преамбулу.

Упрощённая структурная схема конвертера приведена на рисунке 1. Рассмотрим кратко его работу. Как только модем начинает работать на передачу, от его СВЧ-сигнала срабатывает пороговый детектор, формирующий команды на отключение питания малошумящего усилителя (МШУ) и включение питания усилителя мощности (УМ). И пока СВЧ-сигнал проходит через аттенуатор с двумя фильтрами на поверхностно-акустических волнах (ПАВ), через двунаправленный смеситель, через делитель Вилкинсона и через два фильтра на ПАВ на входе усилителя мощности, успевают включиться сам усилитель мощности. Таким образом, никакой потери по длительности СВЧ-сигнала (преамбулы) от модема не происходит. За это же время происходит выключение малошумящего усилителя, а ключ на

его входе отключает МШУ от антенного входа.

Для сокращения времени переключения с приёма на передачу нам пришлось отказаться от применения микросхемы антенного переключателя. Чтобы антенный переключатель не вносил существенных интермодуляционных искажений в проходящий через него СВЧ-сигнал с мощностью более 500 мВт, уровень мощности при компрессии коэффициента передачи на 1 дБ (P1dB) такого переключателя должен составлять несколько ватт. Такие переключатели существуют, но время их переключения превышает 50 нс, что для нас было неприемлемо, так как это привело бы к потере части преамбулы. Поэтому была применена следующая схема (см. рисунок). Выход УМ и вход МШУ соединяются в одной точке «А» с помощью 50-Ом микрополосковых линий МПЛ1 и МПЛ2. Длина МПЛ1 выбиралась таким образом, чтобы трансформировать низкий выходной импеданс УМ в выключенном состоянии в высокое сопротивление в точке «А». При этом коэффициент шума МШУ ухудшается на величину около 0,5 дБ. Длина МПЛ2 выбиралась так, чтобы трансформировать низкий входной импеданс ключа на входе МШУ в выключенном состоянии в высокое сопротивление в точке «А». МПЛ2 закорачивается ключом на землю.

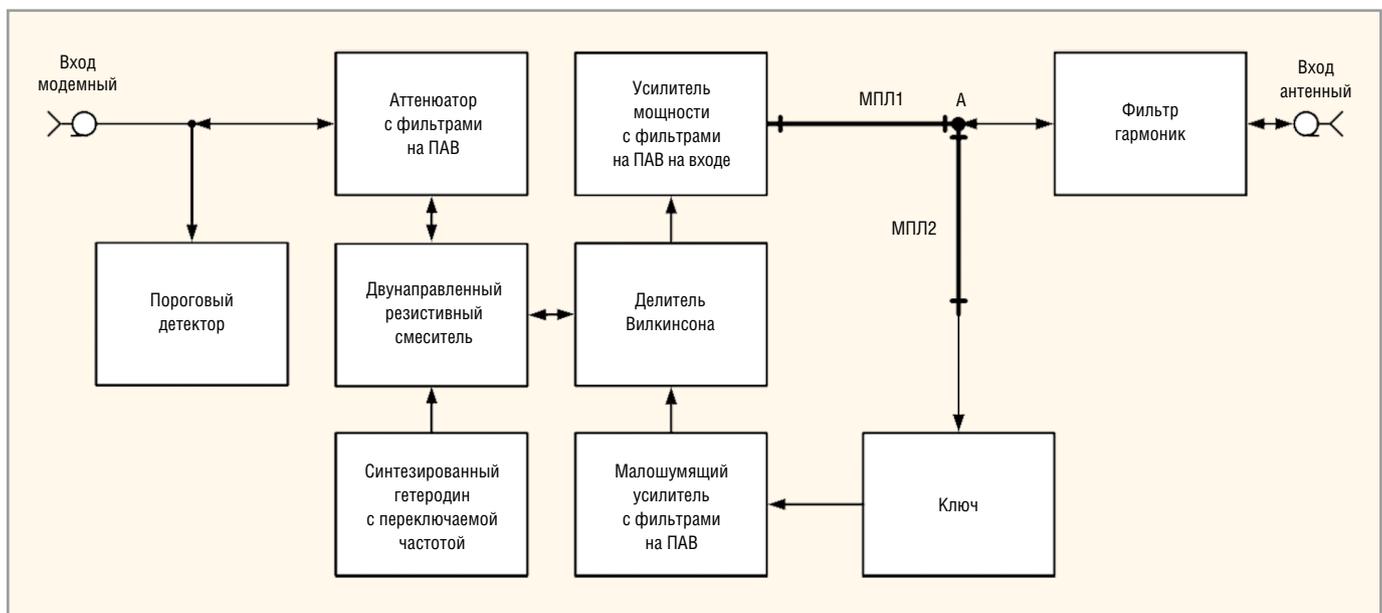


Рис. 1. Упрощённая структурная схема конвертера сигналов ISM-диапазонов

Как только СВЧ-сигнал от модема прекратится, и модем переключится в режим работы на приём, снова срабатывает пороговый детектор, который формирует команды на отключение питания УМ и включение питания МШУ. Но на этот раз детектор срабатывает с задержкой немного большей, чем время распространения СВЧ-сигнала от модемного входа конвертера до его антенного входа. Такая задержка исключает ложное срабатывание порогового детектора при сигналах от модема с QAM-модуляцией, когда в передаваемом пакете может оказаться так называемая «просечка».

Полоса частот в 26 МГц из диапазона 902–928 МГц может переноситься в любую часть диапазона 2400–2483 МГц, поскольку частота гетеродина конвертера может переключаться по команде от внешнего управления. Точность установки частоты гетеродина конвертера – не хуже ± 2 ppm, фазовые шумы гетеродина при отстройке от несущей на 10 кГц – не превышают – 80 дБс.

Основные каскады конвертера выполнены на следующих компонентах:

- пороговый детектор построен на СВЧ диодах HSMS-2865 и сдвоенном компараторе TLV3502AIDCN, характеризующемся малым временем переключения, около 5 нс. Это уменьшает требования к величине задержки в тракте распространения ВЧ- и ПЧ-сигналов;
- аттенуатор с двумя фильтрами – на ПАВ типа TA1042A, с входной допустимой мощностью 250 мВт и суммарным временем задержки около 60 нс. Фильтры на ПАВ, кроме фильтрации сигнала с частотой модема, обеспечивают задержку в тракте распространения ВЧ- и ПЧ-сигналов;
- двунаправленный резистивный смеситель ADL5350ACPZ с входной мощностью компрессии коэффициента передачи на 1 дБ (P1dB) около 80 мВт. Этот смеситель производства Analog Device, на базе pHEMT, обладая двунаправленностью, упрощает структуру конвертера, а встроенный усилитель входа гетеродина снижает требования к величине мощности гетеродина;
- синтезированный гетеродин с переключаемой частотой на микросхеме ADF4360-4VCP объединяет в себе цифровой синтезатор и управляемый напряжением генератор;

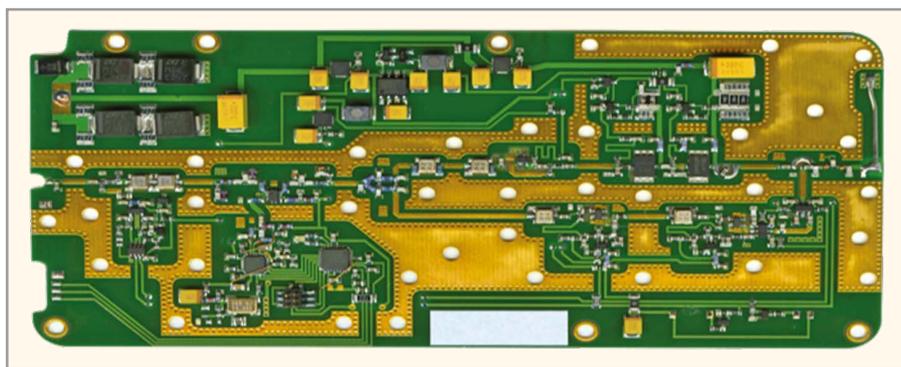


Рис. 2. Фотография печатной платы конвертера сигналов ISM-диапазонов

- делитель Вилкинсона – на RLC-компонентах видоразмера 0603;
- малощумящий усилитель – на транзисторах ATF-54143 с выключением их питания по затворам с помощью микросхемы FSA66P5X с временем переключения около 8 нс (в состав МШУ входят два фильтра на ПАВ типа TA0223A с суммарным временем задержки около 20 нс);
- ключ на входе МШУ на двух микросхемах HMC221A со временем переключения около 10 нс;
- усилитель мощности выполнен на микросхеме MGA-81563, транзисторах MGF0951P и MGF0952P с выключением их питания по затворам (на входе УМ расположены два фильтра на ПАВ типа TA0223A с суммарным временем задержки около 20 нс);
- фильтр гармоник – на LC-компонентах видоразмера 0603, который подавляет гармоники выходного сиг-

нала ещё дополнительно на величину около 30 дБ.

Питание конвертера осуществляется от двух последовательно соединённых литиевых аккумуляторов, при этом выходная мощность конвертера составляет 600 мВт. Если увеличить напряжение питания до 12 В и изменить номиналы резисторов в цепях питания по постоянному току, то можно существенно увеличить выходную мощность конвертера, поскольку последний каскад УМ выполнен на транзисторе MGF0952P с P1dB 4 Вт. Печатная плата двухслойная, из FR4 толщиной 0,5 мм, фотография платы приведена на рисунке 2. Плата располагается в герметичном корпусе из дюрала.

Партия в несколько десятков конвертеров, изготовленная по результатам разработки, показала хорошую повторяемость характеристик. ©