



Применение монолитных интегральных схем в приемных устройствах РЛС



В.П. Марин

*д.т.н., профессор
МГТУ МИРЭА,
президент отделения
«Качество
и экология
производства
радиоэлектронной
техники» Академии
проблем качества*



В.К. Федоров

*д.т.н., профессор,
зав. кафедрой
«Управление
инновациями»
МАТИ – РГТУ
им. К.Э. Циолковского,
дейст. член Академии
проблем качества*



П.Ю. Петров

*аспирант МГТУ
МИРЭА,
менеджер
по проектам
в ООО «32кб»*



И.В. Андреев

*аспирант кафедры
«Управление
инновациями»
МАТИ – РГТУ
им. К.Э. Циолковского*

academquality.ru, ql-journal.ru

Современное производство радиолокационных станций (РЛС) представляет собой сложную организационно-технологическую структуру, определяемую технологическим инновационным потенциалом предприятия. При системном расчете РЛС определяются основные первичные активные каскады РЛС-устройств и их важнейшие параметры: чувствительность и коэффициент шума. Как правило, в общей структуре приемного устройства после входных цепей в качестве активных приборов используются маломощные усилители (МШУ), выполненные на специализированных полупроводниковых приборах.

Маломощные усилители могут выполняться в качестве отдельных модулей сверхвысокой частоты, а также входить в состав моноблочных конструкций приемного устройства, объединяющего весь приемный канал РЛС от волноводной части до аналого-цифрового преобразователя.

Рассмотрим использование монолитных маломощных интегральных схем усилителей с точки зрения обеспечения качественного эффективного серийного производства РЛС.

Очевидно, что качество технических характеристик маломощных усилителей определяется схемой построения и используемыми активными элементами, причем решающее влияние на характеристики оказывает конструкция модулей. При этом наиболее простые усилители — линейные, представляют собой активный прибор и цепи согласования (рис. 1).

В связи с тем, что такие усилители имеют малые значения коэффициента передачи, требуется построение каскадов усилителей и применение мер, исключающих самовозбуждение и генерацию.

До недавнего времени чаще всего в качестве активного прибора применяли дискретные полупроводниковые устройства — специализированные

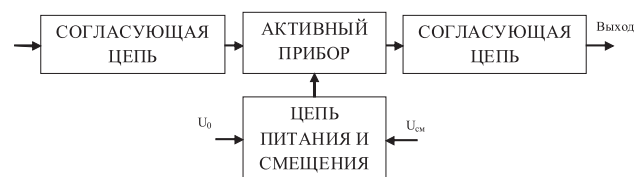


Рис. 1. Типовая функциональная схема усилителя



транзисторы или диоды. Эти элементы позволяют получать требуемые характеристики, однако возникает необходимость расчета и обеспечения режимов работы, нужны дополнительные элементы схемы, настройка и регулировка.

Достижения в области современной инновационной технологии создания электронных компонентов позволяют производить монолитные интегральные схемы (МИС) малошумящих усилителей СВЧ-диапазона. Основные технические характеристики интегральных схем обеспечивают возможность анализа МИС и выбора типов, отвечающих необходимым требованиям.

МИС включают в себя цепи питания и смещения и согласующие цепи и, как правило, не требуют согласования с микрополосковой линией, а значит, общее число используемых элементов сокращается, что в конечном итоге повышает общую надежность.

МИС МШУ производятся отечественными и зарубежными предприятиями в корпусах различного типа и бескорпусном исполнении, отличаются высокими эксплуатационными характеристиками.

Использование МИС имеет ряд существенных преимуществ:

- сокращение времени на разработку;
- уменьшение массогабаритных характеристик;
- повышение надежности.

Современные модули МШУ СВЧ в системе разработки РЛС могут быть построены на интегральных микросхемах в качестве активных приборов. Достижение требуемых технических характеристик модулей обеспечивается выбором схемотехнического решения и активного прибора (микросхемы). Конструктивное решение модуля аналогично определяется активным прибором.

Проведем анализ данных МИС МШУ отечественного и зарубежного производства с рабочими частотами, перекрывающими диапазон от 1 до 12 ГГц (таблицы), представленных на рынке.

Анализируя данные, приведенные в табл., можно отметить, что МИС МШУ перекрывают широкий диапазон частот от нескольких мегагерц до, по меньшей мере, 12 ГГц. В то же время, если заявлен широкий диапазон частот, то неравномерность характеристик в этом диапазоне достигает почти 100%. Соответственно, при заявленном более узком диапазоне неравномерность мала. Эта тенденция говорит, во-первых, о попытках разработчиков микросхем меньшим объемом номенклатуры перекрыть весь диапазон частот, а во-вторых, о том, что это скорее маркетинговые характеристики, и потребителям необходимо более тщательное рассмотрение типовых зависимостей, приводимых в информационных материалах фирм-изготовителей.

Характеристики продукции отечественных производителей «НПП Планета-Аргалл», «НПП Пульсар» и «НПФ Микран» в полной мере соответствуют общему уровню МИС МШУ. Микросхемы серии М421301 («НПП Планета-Аргалл») различных литер и М52125 перекрывают диапазон частот до 8 ГГц и имеют малую неравномерность характеристик. Микросхемы 1324УВ2 («НПП Пульсар») отличаются хорошим уровнем верхней границы линейности по выходу и могут служить оконечными усилителями в каскаде.

Все отечественные МИС нижней части диапазона СВЧ изготавливаются в корпусах, наиболее приспособленных для монтажа в аппаратуре приемных устройств РЛС. Это керамические и металлокерамические корпуса с выводами, согласованными с микрополосковой линией.

Производимые «НПФ Микран» бескорпусные кристаллы МР531 в диапазоне частот свыше 8 ГГц имеют характеристики, несколько превосходящие зарубежные аналоги, и на их основе возможно построение высокотехнологичных микросборок различного назначения.

Среди зарубежных производителей МИС МШУ следует отметить компании *TriQuint*, *MACOM*, *Avago Technologies*. Номенклатура микросхем, производимых этими фирмами, чрезвычайно обширна, поэтому мы ограничимся несколькими характерными примерами.

Микросхемы компании *Avago Technologies* *MGA-684P8* и *MGA-638P8*, выбранные для рассмотрения, отличаются высоким уровнем верхней границы линейности, аналогично 1324УВ2, и в целом отечественная микросхема по своим характеристикам сравнима с ними, но ее коэффициент шума существенно уступает зарубежным аналогам. Однако значение уровня верхней границы линейности говорит о перспективе применения данных микросхем в оконечных каскадах МШУ, где значение собственно коэффициента шума микросхемы не является определяющим, и применение как 1324УВ2, так и *MGA-684P8* или *MGA-638P8* становится равнозначным.

В качестве примера усилителей, применимых в первых активных каскадах приемного канала, приведены две микросхемы: *MAAL-011078* (*MACOM*) и *TGA2611-SM* (*TriQuint*). Обе они отличаются большим усилением и малым коэффициентом шума, однако неравномерность коэффициента усиления в заявленном диапазоне частот достигает 50...100%. Это говорит о том, что они обладают высокими характеристиками в очень малом диапазоне частот.

TGA2612 (*TriQuint*), (отечественным аналогом которой можно считать *MP531*) по совокупности своих характеристик сопоставимы, за исключением

Таблица параметров МИС МШУ

Название	Диапазон рабочих частот, ГГц	Коэффициент усиления наилучший, K_v , дБ	Изменение K_v в рабочем диапазоне частот, дБ	Коэффициент шума наилучший, $K_{ш}$, ед.	Изменение $K_{ш}$ в рабочем диапазоне частот, ед.	Верхняя граница линейности по выходу, P_{1dB} , дБм	Т. пересечения интермодуляции третьего порядка по выходу, $OIP3$, дБм	Напряжение питания, В, ток потребления, мА	Конструктивное исполнение
M421301A	1,5...3,5	18	3	1,4	–	2	–	6 В, 60 мА	керамика с мпл
M52125	0,8...3,5	16	4	2,2	1	17	–	9 В, 150 мА	керамика с мпл
MP531	8...12	24	2	1,7	0,3	–	–	5 В, 60 мА	Бескорпусное кристалл
TGA2612	6...12	22	6	1,5	0,1	20	29	10 В, 100 мА	Бескорпусное кристалл
1324УВ2	0,01...3,1	12	8	2,2	0,4	20,8	–	5 В, 100 мА	QLCC6/8-1
MAAL-011078	0,7...6	15	13	1,2	0,1	17,5	33	5 В, 100 мА	PDFN
TGA2611-SM	2...6	22	7	1,2	0,1	18	30	10 В, 100 мА	QFN
MGA-684P8	1,5...4	10	8	1,3	0,2	22	29	5 В, 35 мА	QFN
MGA-638P8	1,9...3,5	13	6	1,5	0,3	22,2	22,6	5 В, 125 мА	DFN
Параметры дискретных транзисторов									
ATF-551M4	2...6	12	9,8	1,22	0,15	14,3	22,1	–	MiniPak
TFG2021-04-SD	0...4	10	17,5	1,15	–	26,5	39,5	5 В, 125 мА	SOT89

того, что напряжение питания и потребляемая мощность изделия «НПФ Микран» значительно ниже.

Для сравнения в табл. приведены два дискретных малошумящих транзистора иностранного производства: ATF-551M4 (Avago Technologies) и TFG2021-04-SD (TriQuint). Очевидно, при построении усилителей на этих транзисторах их характеристики будут мало отличаться от МИС, в то время как затраты на разработку будут существенно больше.

Таким образом, характеристики МИС МШУ не уступают малошумящим усилителям, построенным на дискретных элементах.

Применение монолитных интегральных схем малошумящих усилителей в структуре производства систем РЛС позволяет:

- сократить время на разработку, исключить расчеты режима работы активных приборов;
- снизить габариты платы за счет меньшего числа требуемых дополнительных элементов;
- повысить надежность.

В заключение необходимо отметить, что отечественные МИС МШУ по своим техническим характеристикам не уступают зарубежным и могут активно применяться в перспективных моделях РЛС.

Литература

1. СВЧ усилители [Электронный ресурс] Научно-производственное предприятие «Планета – Аргалл»: [сайт]// <http://www.argall.ru/pustaay2.html>.
2. GaAs Монолитно-интегральные схемы [Электронный ресурс] Научно-производственная фирма «Микран»: [сайт]// <http://www.micran.ru/productions/MIS/>.
3. Серия 1324 – СВЧ монолитные интегральные схемы [Электронный ресурс] ОАО «НПП «Пульсар»: [сайт]// <http://pulsarnpp.ru/index.php/integralnye-mikroskhemy/seriya-1324>.
4. Low Noise Amplifiers [Электронный ресурс] Avago technologies: [сайт]// http://www.avagotech.com/pages/en/rf_microwave/amplifiers/low_noise_amplifiers/.
5. Low Noise Amplifiers [Электронный ресурс] MACOM: [сайт]// <http://www.macom.com/LNA>.
6. Low Noise Amplifiers [Электронный ресурс] TriQuint: [сайт]// <http://www.triquint.com/products/all/amplifiers/low-noise-amplifiers>.