

Монолитные усилители мощности СВЧ:

от С-диапазона до миллиметровых волн

Рассматриваются современные монолитные GaAs микросхемы усилителей мощности СВЧ, предназначенные для работы в различных диапазонах частот от 3,4 до 32 ГГц. Представлены изделия ведущих мировых производителей (Toshiba, Fujitsu, M/A-Com, Hewlett-Packard, GaAsTEK, Teledyne Electronic Technologies), как серийно выпускаемые, так и готовящиеся к производству. Приведены основные параметры усилителей, их особенности и области применения.

Евгений Гордонов

elcotech@elnet.msk.ru

С тремительный рост во всем мире потребностей в услугах связи привел, в частности, к широкому распространению систем радиорелейной и спутниковой связи.

Радиорелейные станции самого различного назначения работают во всех отведенных для релейной связи диапазонах частот, причем ограниченность частотных ресурсов требует освоения все более высокочастотных диапазонов (десятки гигагерц).

Для спутниковой связи наиболее широко используются выделенные участки С-диапазона (4 / 6 ГГц) и Ku-диапазона (11 / 14 ГГц). Наряду со стационарными станциями бурное развитие получили системы, построенные по технологии VSAT (Very Small Aperture Terminal), имеющие терминалы с антеннами диаметром до 2,5 м, устанавливаемые непосредственно вблизи рабочих мест пользователей. В настоящее время в мире эксплуатируется более 150 тыс. таких терминалов.

Одним из наиболее ответственных и дорогих узлов рассматриваемых систем является усилитель мощности (УМ) СВЧ. К нему предъявляются высокие требования по надежности при работе в тяжелых условиях эксплуатации — рассеиваемая мощность может достигать десятков и сотен ватт. До недавнего времени УМ СВЧ выполнялись на дискретных полупроводниковых приборах, как правило, GaAs полевых транзисторах. Появление значительного рынка аппаратуры связи, работающей в СВЧ-диапазоне, наряду с достижениями полупроводниковой технологии способствовали внедрению монолитных микросхем УМ. На первом этапе они получили широкое применение в аппаратуре мобильной связи, работающей в диапазонах 900 и 1800 МГц. При этом изготовителям удалось добиться снижения габаритов и массы аппаратуры, а также трудоемкости ее настройки и стоимости. К нынешнему моменту развитие

рынка систем радиорелейной и спутниковой связи (и особенно систем VSAT) сделало экономически оправданным серийный выпуск монолитных ИС УМ для диапазонов С, X, Ku и Ka (то есть примерно от 3,4 до 32 ГГц).

Ведущими мировыми производителями таких ИС в настоящее время являются фирмы M/A-Com (принадлежит фирме AMP Inc.), Teledyne Electronic Technologies, Toshiba Semiconductors, GaAsTEK (подразделение фирмы ITT Industries), Fujitsu Semiconductor, Hewlett-Packard. Основные параметры изделий приведены в таблице.

Приведенные в таблице ИС УМ представляют собой усилительные модули, содержащие от 2 до 4 каскадов на GaAs полевых транзисторах и выполненные в металлокерамических корпусах или в виде кристаллов без корпуса. В обоих случаях условием надежной работы является хороший тепловой контакт ИС с теплоотводом.

Частичное или полное согласование по входу и выходу в рабочем диапазоне частот значительно упрощает применение УМ. Поскольку истоки всех транзисторов электрически соединены с корпусом, для смещения затворов необходим источник отрицательной полярности напряжением 3...5 В (в таблице не указан). Ток потребления от этого источника составляет порядка 5...20 мА. В некоторых УМ (MAAM26100, AM42-0015, TMD0305-2, TMD0507-2A, TMD0708-2) предусмотрены отдельные выводы питания всех каскадов, что позволяет контролировать их токи.

ИС TAG3210 и TAN3212 фирмы Teledyne содержат в одном корпусе два одинаковых усилителя с общими выводами питания. Входящие в состав ИС AM42-0002, AM42-0007, AM42-0015, TMD1415-2B, FMM5007VF, HMMC-5032 и HMMC-5033 детекторы обеспечивают возможность контроля выходной мощности УМ, а также ее стабилизации или регулировки (с внешним регулируемым атте-

нуатором и схемой управления). Преимуществом ИС УМ по сравнению с дискретными транзисторами является возможность достижения более широкой полосы рабочих частот, недостатком — более низкий К.П.Д.

Рассматривая параметры серийных и перспективных изделий, нетрудно заметить тенденцию к повышению выходной мощности. Несмотря на то что дискретные приборы в настоящее время достигли уровней 60 Вт в

C-диапазоне и 15 Вт в Ku-диапазоне, монолитные микросхемы весьма привлекательны для создания простых, компактных и надежных усилителей мощности СВЧ.

Монолитные ИС УМ СВЧ

Тип	Фирма-производитель	Полоса Гц	P1дБ (Pнас.), дБм ¹	G лин., дБ	IP3 ² , ДБм	Uп., В/Ip., мА	KCB вх./вых.	Корпус
C - диапазон								
MAAM26100	M/A-Com	2-6	+27 (+29)	18	+39	+8/600	2,2/2,2	м/к, чип
AM42-0015	M/A-Com	5,9-6,4	+33 (+35)	18	-	+9/1700	2,3/3,0	м/к
TAG-1035 (1037)	Teledyne	5,8-6,4	+27,5 29,2 (+30)	16	-	+7/600	< 1,4	м/к
TAH-1036	Teledyne	6,7-7,1	+28	23	-	+7 / 600	< 3,5	м/к
TAH-3212 ³								
TMD0305-2	Toshiba	3,4-5,1	+33	224)	-	+10/1600	< 3	м/к
TMD0507-2A	Toshiba	5,1-7,2	+33	224)	-	+10/1600	< 3	м/к
TMD0708-2	Toshiba	7,1-8,5	+33	224)	-	+10/1700	< 3	м/к
TMD5872-2	Toshiba	5,8-7,2	+34	284)	-	+10/1200	2	м/к
IT6401FM/D	GaAsTEK	4,5-7,1	+32 (+34)	12	+43	+8/660	2,1	м/к, чип
IT338403D	GaAsTEK	5,5-7,5	+35 (+37)	18	-	+10/-	-	чип
IT338404D	GaAsTEK	5,5-7,5	+39 (+40)	17	-	+10/-	-	чип
IT338405D	GaAsTEK	5,5-8,5	+38 (+40)	22	-	+10/-	-	чип
IT8401FM	GaAsTEK	6,0-9,0	+37	12	-	+10/1400	2	м/к
IT8402FM	GaAsTEK	6,0-7,6	+39	12	-	+10/2300	2	м/к
X-диапазон								
MAAM71100	M/A-Com	7-11	+28 (+31)	18	+38	+8/750	2,0/4,5	чип
IT338501D	GaAsTEK	7,5-10,5	+36 (+37,5)	14	+45	+10/-	3	чип
IT338504D	GaAsTEK	8,0-11,0	+38 (+39)	25	-	+10/-	-	чип
IT338509D	GaAsTEK	8,0-11,0	+39 (+40,7)	25	-	+10/3400	4	чип
IT338510D	GaAsTEK	8,0-11,0	+40 (+40,7)	20	-	+10/3400	1,5	чип
IT338508D	GaAsTEK	8,5-11,0	+40 (+41)	15	-	+10/-	-	чип
IT338506D	GaAsTEK	9,5-11,0	+40 (+41)	15	-	+10/-	-	чип
IT338505D	GaAsTEK	9,5-10,5	+38 (+39)	25	-	+10/-	-	чип
TMD1013-1	Toshiba	10,0-13,3	+33	22)	-	+10/1400	2	м/к
Ku-диапазон								
AM42-0002	M/A-Com	14,0-14,5	+29,5 (+31,5)	22	+39	+9/800	2,5/2,7	м/к, чип
AM42-0007	M/A-Com	14,0-4,5	+32 (+33)	22	+41	+9/850	2,5/2,7	м/к, чип
FMM5010VF	Fujitsu	14,0-14,5	+21	25	-	+10/100	1,7/2,0	м/к
FMM5007VF	Fujitsu	14,0-14,5	+31	20	-	+10/1000	2,0/2,3	м/к
FMM5223GJ	Fujitsu	14,0-14,5	+35	26 ⁴	-	+10/1750	2,0/3,0	м/к
FMC141501-01	Fujitsu	14,4-15,3	+31	18 ⁴	-	+10/850	2,0/2,3	м/к
TBQ-3017	Teledyne	14,0-14,5	+28 (+28,5)	29	+35	+8/550	3/3	м/к
TBQ-3018	Teledyne	14,0-14,5	+31 (+33)	35	+37	+8/900	3/3	м/к
TBQ-3019	Teledyne	14,0-14,5	+33 (+34)	35	+39	+8/1600	< 1,8	м/к
IT338503D	GaAsTEK	13,5-14,5	+36 (+37)	17	+43	+10/-	3	чип
IT338502D	GaAsTEK	13,5-14,5	+33 (+34)	19	+40	+10/-	2	чип
IT338507D	GaAsTEK	13,5-15,5	+35 (+38)	20	-	+10/-	-	чип
IT338601D	GaAsTEK	16,0-18,0	+35 (+37)	18	-	+10/-	2	чип
TMD1414-02	Toshiba	13,75-14,5	+22	36 ⁴	-	+7/180	2/2	м/к
TMD1414-1	Toshiba	13,75-14,5	+31,5	26 ⁴	-	+7/700	-	м/к
TMD1414-2	Toshiba	13,75-14,5	+34,5	26 ⁴	+40	+7/1400	2/2	м/к
TMD1415-2B	Toshiba	14,4-15,4	+34	25 ⁴	+40	+7/1400	2/2	м/к
Ka-диапазон								
FMC1718C6-02	Fujitsu	17,7-18,7	+18	14,5 ⁴	-	+8/70	2,5/3,0	м/к
FMC1718P1-01	Fujitsu	17,7-18,7	+21	13,5 ⁴	-	+8/120	2,5/3,0	м/к
FMC1819C6-02	Fujitsu	18,7-19,7	+18	14,5 ⁴	-	+8/70	2,5/3,0	м/к
FMC1819P1-01	Fujitsu	18,7-19,7	+21	13,5 ⁴	-	+8/120	2,5/3,0	м/к
FMC2122C6-03	Fujitsu	21,2-22,4	+18	13 ⁴	-	+8/70	2,5/3,0	м/к
FMC2122P1-02	Fujitsu	21,2-22,4	+21	12 ⁴	-	+8/120	2,5/3,0	м/к
FMC2223C6-03	Fujitsu	22,4-23,6	+18	13 ⁴	-	+8/70	2,5/3,0	м/к
FMC2223P1-02	Fujitsu	22,4-23,6	+21	12 ⁴	-	+8/120	2,5/3,0	м/к
JS9766-AS	Toshiba	21,2-23,6	+25	14 ⁴	-	+6/510	1,7/1,7	чип
JS9768-AS	Toshiba	24,5-26,5	+25	13 ⁴	-	+6/510	1,7/1,7	чип
JS9770-AS	Toshiba	27,5-29,5	+25	13 ⁴	-	+6/510	1,7/1,7	чип
FMM5804X	Fujitsu	17,5-31,5	+23 25	18 ⁴	-	+6/300	1,4/2,3	чип
FMM5802X	Fujitsu	27,5-31,5	+25,5	9 ⁴	-	+6/280	1,7/2,3	чип
HMMC-5032	HP	17,7-31,5	+22 (+24)	7	-	+4,5/250	1,5/1,25	чип
HMMC-5033	HP	17,7-31,5	+26 (+28)	18	-	+3,5/240	1,7/1,25	чип
						+5/460		

Указаны типовые значения выходной мощности и тока потребления.

Желтым фоном выделены изделия, готовящиеся к производству.

Примечания

1) Приведена выходная мощность в точке 1 дБ компрессии (P1дБ) и в режиме насыщения (Pнас.).

2) Интермодуляционная точка пересечения 3-го порядка.

3) Содержит два усилительных канала с указанными параметрами.

4) В точке 1 дБ компрессии.