

Высокочастотные компоненты фирмы Tусо Electronics M/A-COM: широкополосные транзисторные усилители

Николай СКРИПНИК
info@otkcm.ru

Эта публикация продолжает серию статей, посвященных высокочастотным компонентам фирмы Tусо Electronics M/A-COM [1, 2]. В данной статье рассмотрены особенности широкополосных транзисторных усилителей.

Фирма Tусо Electronics M/A-COM является одним из ведущих производителей ВЧ и СВЧ компонентов для систем радиосвязи и навигации оборонного и космического комплексов, а также для специального промышленного оборудования. Одним из важных направлений в деятельности фирмы является разработка и производство широкополосных транзисторных усилителей для различных областей применения. Tусо Electronics M/A-COM производит более 500 типов широкополосных транзисторных усилителей для диапазона частот от 10 кГц до 36 ГГц. В этом широком диапазоне имеются поддиапазоны частот, для которых разработаны отдельные типы транзисторных усилителей (таблица). Разработчик новой аппаратуры может оценить пригодность усилителей фирмы Tусо Electronics M/A-COM для своих проектов в соответствии с требованиями на диапазон рабочих частот.

Широкополосные транзисторные усилители фирмы Tусо Electronics M/A-COM обеспечивают достаточно большие значения мощности сигнала на выходе ($P_{\text{ВЫХ}}$), большие коэффициенты усиления (G_p), малые коэффициенты шума (N_p). Многие усилители обладают высокой линейностью усиления и большим динамическим диапазоном, что позволяет эффективно использовать их для усиления сложных сигналов. Имеются транзисторные усилители с внутренними входными и выходными согласующими цепями, которые обеспечивают входной и выходной импедансы усилителей, близкими к 50 или 75 Ом. Это облегчает решение задач согласования отдельных каскадов при их последовательном соединении и создания усилительных трактов радиопередающих и радиоприемных устройств. Усилители фирмы Tусо Electronics M/A-COM отличаются разнообразием корпусов и способов их монтажа на плату.

Среди широкополосных транзисторных усилителей фирмы Tусо Electronics M/A-COM можно выделить следующие группы усилителей: усилители общего применения, усилители с регулируемым коэффициентом усиления, усилители сигналов промежуточных частот, малошумящие усилители.

Рассмотрим особенности некоторых групп усилителей.

Широкополосные усилители общего применения

В этой группе имеются усилители, которые используются в радарх различных диапазонов частот и различного применения, в наземных станциях системы VSAT, в системах радиочастотной идентификации, кабельного телевидения, телеметрии и ISM приложениях. Усилители этой группы применяются в промежуточных и выходных каскадах усилительных трактов радиопередатчиков различных диапазонов частот (от 0,01 МГц до 36 ГГц), в трактах принимаемой частоты радиоприемников. Выходная мощность усилителей находится в пределах от -3,5 до +43 дБм.

Для радаров различного применения можно использовать усилители типа MA01502D ($P_{\text{ВЫХ}} = 20$ дБм, $G_p = 14$ дБ) и MA01503D ($P_{\text{ВЫХ}} = 20$ дБм, $G_p = 19$ дБ) на диапазон частот 8,5–12 ГГц. Это двухкаскадные и трехкаскадные монолитные интегральные СВЧ-микросхемы на основе GaAs (рис. 1), входной и выходной импедансы которых равны 50 Ом. Микросхемы имеют защиту от воздействия непрерывного излучения мощностью 40 дБм (10 Вт) в течение 30 минут. Их параметры при этом практически не изменяются. Размеры микросхемы 4,58×3,08×0,125 мм. Для радаров используются также усилители типа MA03501D ($P_{\text{ВЫХ}} = 21$ дБм, $G_p = 18$ дБ) и MA03503D ($P_{\text{ВЫХ}} = 22$ дБм, $G_p = 18$ дБ) на

Таблица. Диапазоны рабочих частот (в МГц) широкополосных транзисторных усилителей фирмы Tусо Electronics M/A-COM

0,01–2500	850–900 (960)	3300–3800	10 000–13 250 (13 500)
2–1500 (2400)	900–942 (2000)	3500–6500 (7000)	10 500–15 500
5–100 (200; 250; 300; 400; 500; 600; 700; 1000; 1200; 1500)	1000–4000 (15 000; 18 000)	3600–6500	11 000–15 000 (16 000)
6–600	1200–1750 (3200)	4000–8500 (18 000)	11 500–15 000 (16 000; 16 500)
10–100 (200; 250; 300; 400; 500; 600; 700; 800; 1000; 1005; 1200; 1500; 2000)	1300–2500	4500–9000	12 000–15 500 (16 000; 19 000)
15–100	1400–1450 (2000)	4800–6700	12 700–15 400
20–250 (500; 2700)	1435–1525	4900–6000	12 750–15 350
30–250	1500–1600 (1700; 2300)	5000–8000 (8500; 9000)	13 500–15 000
35–350 (500)	1550–1600	5500–7000	14 000–14 500
50–860 (870; 1000; 2000; 2500; 3300)	1700–2000 (2100; 2400; 2500)	5700–8500	15 500–18 000
70–3000	1710–1910	5900–7100	16 000–19 500
100–400 (600; 800; 1200; 2000; 2300; 2600; 3200)	1800–1900 (1930; 2000; 2200)	6500–9500 (13 000)	17 700–19 700
200–2000 (2600; 3000)	1880–1900 (1930)	7000–11 000 (15 000)	24 000–30 000
250–4000	2000–2200 (3000; 4000; 6000; 6500; 7000; 8000; 12 000; 13 000; 18 000)	7100–11 700	30 000–35 000
300–1000 (1800)	2200–2400 (2600)	7500–10 500 (12 000; 13 000; 13 500)	31 500–36 000
400–500	2300–2700 (2800)	8000–11 000 (12 000; 12 500)	32 000–36 000
500–2400 (2500)	2400–2500	8500–10 500 (11 500; 12 000)	
700–2500	2500–5500 (6000)	9500–11 000 (12 000; 13 000)	
800–960 (1000; 3300)	3000–6000	9800–13 000	

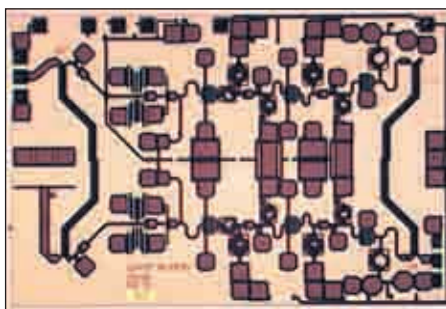


Рис. 1. Монолитная интегральная СВЧ-микросхема усилителя МА01503D (размеры 4,58×3,08×0,125 мм)

диапазон частот 8–11 ГГц. Монолитная интегральная СВЧ-микросхема таких усилителей кроме каскада усиления (используется как буферный усилитель) содержит 5-битный аттенуатор (0,75 дБ; 1,5 дБ; 3 дБ; 6 дБ; 12 дБ) и 6-битный фазовращатель (5,6°; 11,25°; 22,5°; 45°; 90°; 180°). Наличие таких элементов в трактах усиления позволяет менять затухание сигнала с шагом 0,75 дБ и фазу сигнала с шагом 5,6°. Входной и выходной импедансы микросхемы равны 50 Ом. Размеры микросхемы 5,994×3,987×0,076 мм. Для радаров и станций радиопомех может использоваться усилитель типа МААМ26100Р1 (диапазон частот 2–6 ГГц, $P_{\text{ВЫХ}} = 30$ дБм, $G_p = 18$ дБ). Это двухкаскадный усилитель, у которого входной и выходной импедансы равны 50 Ом. Корпус усилителя монолитный керамический. Размеры корпуса 17,28×8,33×2,286 мм.

Для диапазона частот 0,7–8 ГГц фирма Тусо Electronics M/A-COM начала выпуск усилителей типа МААРGM0074-DIE, МААРGM0076-DIE и МААРGM0078-DIE с выходными мощностями 8–16 Вт. Эти усилители можно использовать в высокочастотных трактах аппаратуры как промышленного, так и военного применения — связанное оборудование, наземные станции систем спутниковой связи, радары, аппаратура радиоэлектронного противодействия и т. д. Усилители данных типов являются двухкаскадными монолитными СВЧ инте-

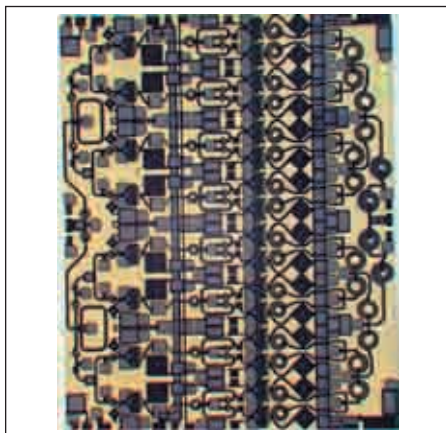


Рис. 2. Монолитная интегральная СВЧ-микросхема усилителя МААРGM0074-DIE (размеры 5,0×6,346×0,075 мм)

гральными схемами на основе GaAs с входным и выходным импедансами, близкими к 50 Ом. Питание усилителей 4–10 В. Допустимая температура перехода транзисторов усилителей 180 °С. Размеры корпуса 5,0×6,346×0,075 мм (рис. 2), у усилителя типа МААРG0074-DIE — 5,0×8,15×0,075 мм.

Для диапазона частот 7,5–10,5 ГГц, в котором возможна работа радаров, систем авионики и космической связи, пригоден усилитель типа МААР-000079-PRG001. Этот трехкаскадный усилитель в заданном диапазоне частот обеспечивает мощность на выходе 16 Вт (42 дБм) при коэффициенте усиления 29 дБ, напряжении питания 8–10 В, КПД = 30%. В диапазоне частот 8–10 ГГц данный усилитель обеспечивает выходную мощность 20 Вт (43 дБм).

В аппаратуре систем кабельного телевидения, в том числе и цифрового, можно использовать широкополосные транзисторные усилители фирмы Тусо Electronics M/A-COM типа:

- МАМУSS0007 — диапазон частот 50–660 МГц, коэффициент усиления 5 дБ, коэффициент шума 5,7 дБ, согласование с 50 Ом, корпус PQFN. Реализована возможность деления выходного сигнала усилителя на три выхода с изоляцией между выходами 24 дБ.
- МААМSS0001 — диапазон частот 50–870 МГц, коэффициент усиления 12 дБ, $P_{\text{ВЫХ}} = 23$ дБм, коэффициент шума 3,3 дБ, согласование с 75 Ом. В одном корпусе типа SOICN размещены 2 усилителя.
- МААМSS0003 — диапазон частот 50–1000 МГц, коэффициент усиления 12,2 дБ, $P_{\text{ВЫХ}} = 24$ дБм, коэффициент шума 3,3 дБ, согласование с 75 Ом. В одном корпусе типа PQFN размещены 2 усилителя.
- МААМSS0031 — диапазон частот 50–1000 МГц, коэффициент усиления 14,8 дБ, $P_{\text{ВЫХ}} = 23$ дБм, коэффициент шума 2,7 дБ, согласование с 75 Ом, корпус SOT-89.
- МААМSS0042 — диапазон частот 50–1000 МГц, коэффициент усиления 15 дБ, $P_{\text{ВЫХ}} = 21$ дБм, коэффициент шума 2,7 дБ, согласование с 75 Ом, корпус SOT-89.

В усилительных трактах радиопередатчиков базовых станций сотовой связи, а также WiBro и WiMax в диапазоне частот 250–4000 МГц можно использовать широкополосные усилители типа МААМSS0048, МААМSS0049 и МААМSS0050 с выходными мощностями 27; 28,5 и 30 дБм соответственно. С помощью внешних согласующих устройств усилители можно оптимизировать для специфических диапазонов частот, например, для 300, 900, 1900, 2140 МГц. Транзисторные усилители выполнены в пластмассовом корпусе SOT-89, предназначенном для поверхностного монтажа. Диапазон рабочих температур от –40 до +85 °С.

В промежуточных каскадах радиопередатчиков базовых станций сотовой связи и ретрансляторах можно использовать ультралинейные усилители серии РА2000 (рис. 3) мощностью 1 Вт (усилитель типа РА2001) и 2 Вт (усилитель типа РА2003). Усилители предназначены для диапазона частот 1800–2000 МГц,

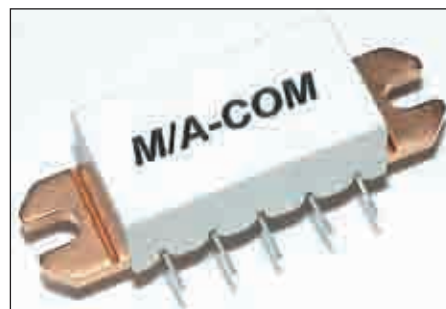


Рис. 3. Внешний вид усилителей типа РА2001 и РА2003

Коэффициент усиления 21 дБ, коэффициент шума 2 дБ, напряжение питания 12 В. Типовое значение интермодуляционных составляющих третьего порядка (IP3) равно 46,5 дБм.

Для систем телеметрии используются транзисторные усилители типа АМ42-0054 ($P_{\text{ВЫХ}} = 30$ дБм, $G_p = 26$ дБ), АМ59-0028 ($P_{\text{ВЫХ}} = 24$ дБм, $G_p = 32$ дБ), МА05515D ($P_{\text{ВЫХ}} = 24$ дБм, $G_p = 32$ дБ) на диапазон частот 1,435–1,525 ГГц и АМ42-0055 ($P_{\text{ВЫХ}} = 33$ дБм, $G_p = 29$ дБ), АМ59-0029 ($P_{\text{ВЫХ}} = 24$ дБм, $G_p = 29$ дБ), МА05535D ($P_{\text{ВЫХ}} = 24$ дБм, $G_p = 29$ дБ) на диапазон частот 2,2–2,4 ГГц. Это двухкаскадные усилители, входной и выходной импеданс которых равен 50 Ом. Усилители выполнены в монолитных керамических корпусах размером 17,28×8,33×2,286 мм с фланцем (усилители типа АМ42-0054 и АМ42-0055), в корпусах типа FQFP-16 размером 4,0×4,0×0,335 мм (усилители типа АМ59-0028 и АМ59-0029) и в виде кристалла размером 1,76×1,5×0,102 мм (усилители типа МА05515D и МА05535D).

Для усилительных трактов станций системы VSAT (наземные станции, работающие с узконаправленным лучом спутника связи) применяются усилители типа АМ42-0039 ($P_{\text{ВЫХ}} = 33$ дБм, $G_p = 33$ дБ), АМ42-0046 ($P_{\text{ВЫХ}} = 36$ дБм, $G_p = 20$ дБ) для диапазона частот 5,9–7,1 ГГц и АМ42-0002 ($P_{\text{ВЫХ}} = 31,5$ дБм, $G_p = 22$ дБ), АМ42-0007 ($P_{\text{ВЫХ}} = 33$ дБм, $G_p = 22$ дБ) для диапазона частот 14–14,5 ГГц. Это трехкаскадные усилители, входной и выходной импеданс которых равен 50 Ом. В составе усилителей имеется детектор выходной мощности. Эти усилители можно использовать в качестве промежуточных и выходных каскадов усилительных трактов. Корпус усилителей монолитный керамический размером 17,28×8,33×2,286 мм с фланцем.

Для радаров и спутниковой связи в диапазоне частот 31,5–36 ГГц находят применение усилители типа МААРGM0012-DIE ($P_{\text{ВЫХ}} = 17$ дБм, $G_p = 16$ дБ, размеры 3,801×1,524×0,075 мм) и МААРGM0013-DIE (диапазон частот 32–36 ГГц, $P_{\text{ВЫХ}} = 23$ дБм, $G_p = 13$ дБ, размеры 3,799×2,997×0,075 мм). Это трехкаскадные усилители, входной и выходной импедансы которых равны 50 Ом.

Особым классом усилителей являются распределенные усилители типа МААМGM0002-DIE (диапазон частот 1–18 ГГц, $P_{\text{ВЫХ}} = 21$ дБм,

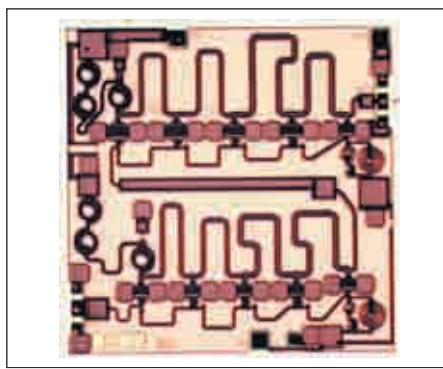


Рис. 4. Монолитная интегральная СВЧ-микросхема усилителя МААРGM0052-DIE (размеры 3,0×3,0×0,075 мм)

$G_p = 9$ дБ, размеры 2,98×1,98×0,075 мм), МААМGM0007-DIE (диапазон частот 2–18 ГГц, $P_{\text{ВЫХ}} = 23$ дБм, $G_p = 8$ дБ, размеры 3,0×1,67×0,075 мм) и МААРGM0052-DIE (диапазон частот 4–18 ГГц, $P_{\text{ВЫХ}} = 26$ дБм, $G_p = 13$ дБ, размеры 3,0×3,0×0,075 мм). Это монолитные интегральные СВЧ-микросхемы (рис. 4), входной и выходной импедансы которых равны 50 Ом. Такие усилители используются для радаров различного применения, в тестирующем оборудовании.

Усилители с регулируемым коэффициентом усиления

К этой группе относятся широкополосные усилители, в которых предусмотрена возможность регулировки усиления сигнала. Например, усилитель типа АМ55-0024 содержит в одном корпусе типа PBGA два отдельных усилителя с 6-битными аттенюаторами на входе каждого усилителя. Такие аттенюаторы позволяют регулировать затухание сигнала на входе усилителей с шагом 0,5 дБ до 31,5 дБ в диапазоне частот 100–400 МГц. В усилителе типа МААМGM0003-DIE, который является усилителем с распределенным усилением, имеется возможность плавно регулировать усиление сигнала в широких пределах в диапазоне частот 1–15 ГГц.

Фирма Tусо Electronics M/A-COM производит многие высокочастотные компоненты для систем радиочастотной идентификации (RFID). Среди этих компонентов следует выделить усилитель типа МААРSS0095. Это трехкаскадный усилитель в корпусе PQFN-16 (3 мм) для поверхностного монтажа на диапазон частот 850–960 МГц с выходной мощностью 32,5 дБм при КПД = 55 % и напряжении питания 3,3 В.

Усилители сигналов промежуточных частот

Эта группа содержит более 50 усилителей для диапазонов частот от 5 МГц до 2 ГГц с коэффициентом усиления до 30,3 дБ и мощностью до 25 дБм. Усилители находят приме-

нение в высоконадежных усилительных трактах радиопередатчиков и радиоприемников. В качестве примера рассмотрим усилитель типа АМ-134 для диапазона частот 5–200 МГц ($P_{\text{ВЫХ}} = 23$ дБм, $G_p = 14$ дБ). Усилитель обладает высокой температурной стабильностью: при изменении температуры от –55 до +85 °С его коэффициент усиления изменяется не более чем на 0,5 дБ. Корпус усилителя плоский с фланцем. Размеры корпуса 30,15×15,87×3,8 мм. В некоторых усилителях сигналов промежуточных частот входной и выходной импедансы равны 50 Ом.

Малошумящие усилители

Эти усилители обеспечивают усиление сигналов в диапазоне частот от 10 МГц до 8 ГГц. В группу малошумящих усилителей входят более 40 типов усилителей с коэффициентом шума менее 2 дБ. Коэффициент усиления таких устройств находится в пределах от 8 до 31,7 дБ при выходной мощности от 0 до 27,5 дБм. Для приемных устройств системы GPS можно использовать усилитель типа АМ50-0002, у которого коэффициент шума не более 1,15 дБ на частоте 1,575 ГГц при $G_p = 27$ дБ и $P_{\text{ВЫХ}} = 1$ дБм. Для аппаратуры спутниковой связи и аппаратуры, работающей в диапазоне частот ISM (5,8 ГГц), рекомендуется использовать усилитель типа МААЛGM0003-DIE с коэффициентом шума не более 2 дБ при $G_p = 14$ дБ и $P_{\text{ВЫХ}} = 13$ дБм в диапазоне частот 5–8 ГГц. Это двухкаскадный усилитель, у которого входной и выходной импедансы равны 50 Ом. Напряжение питания 3–5 В. Размеры монолитной интегральной СВЧ-микросхемы этого усилителя равны 2,708×1,232×0,125 мм. В группу малошумящих усилителей входит усилитель типа РА1152 с коэффициентом шума менее 0,5 дБ в диапазоне частот 1,8–2 ГГц при G_p более 16,5 дБ и $P_{\text{ВЫХ}}$ более 10 дБм. Размеры керамического корпуса с фланцем равны 43,18×14,224×10,668 мм.

Все усилители проходят контроль на соответствие заявленным характеристикам.

Производство высокочастотных компонентов фирмы Tусо Electronics M/A-COM соответствует нормам ISO9001, ISO14001 и QS9000.

Дополнительную информацию по широкополосным транзисторным усилителям фирмы Tусо Electronics M/A-COM можно получить на сайтах www.macom.com, www.otkcm.ru.

Литература

1. Скрипник Н. Высокочастотные компоненты фирмы Tусо Electronics M/A-COM: мощные высокочастотные транзисторы и транзисторные модули // Компоненты и технологии. 2003. № 9.
2. Скрипник Н., Петров А. Высокочастотные компоненты фирмы Tусо Electronics M/A-COM для специальных применений // Вестник Электроники. 2005. № 2.