

# Универсальные широкополосные усилители серии WBA производства ООО «Деловой Прогресс»

В статье рассмотрены широкополосные, линейные, с низким уровнем шумов усилители серии WBA, разработанные Лабораторией широкополосных сигналов ООО «Деловой Прогресс» [1] для диапазона частот от 3 МГц до 18 ГГц. Описаны их электрические и конструктивные характеристики. Проведено сравнение этой серии усилителей и близких по характеристикам усилителей других отечественных производителей.

Виктор БЕЗРУКОВ

## Характеристики усилителей серии WBA

Серия WBA — это ряд широкополосных СВЧ-усилителей, единных по структуре и конструкции, которые охватывают диапазон частот от 3 МГц до 18 ГГц; представлена тремя моделями: от 3 МГц до 3 ГГц, от 3 до 10 ГГц и от 9 до 18 ГГц. В таблице 1 приведены их основные характеристики:  $\Delta f$  — полоса частот по уровню  $-3$  дБ,  $K_u$  — коэффициент усиления для двух вариантов исполнения,  $K_{ш}$  — коэффициент шума,  $K_{СВН\text{вх/вых}}$  — коэффициенты стоячей волны по напряжению со стороны входа и выхода,  $\Delta K_u$  — неравномерность (размах) амплитудно-частотной характеристики (далее АЧХ),  $P_{1дБ}$  — выходная мощность в дБ/мВт при уменьшении коэффициента усиления на 1 дБ,  $I_{пит}$  — ток потребления при напряжении питания +5В для двух- и трехкаскадного вариантов изготовления.

Конструктивно усилители выполнены одинаково (рисунок). Они заключены в металлический корпус с двойной экранировкой. Такая экранировка позволяет использовать их в высококачественных устройствах при большом уровне внешних помех.

Обозначение усилителя: WBAчисло1Мчисло2Мчисло3буква1буква2, где число 1 — нижняя граница частотного диапазона в МГц,

число 2 — верхняя граница частотного диапазона в МГц, число 3 — коэффициент усиления в дБ (принимает значения 20 и 33), буква 1 и буква 2 обозначают тип входного и выходного разъемов (принимают значения N для розетки N-типа и S для розетки SMA).

На входе и выходе усилителей по желанию заказчика могут быть установлены радиочастотные разъемы N-типа или SMA. Разъемы N-типа устанавливаются при использовании усилителей в лабораторных условиях с большим количеством циклов подключения/отключения, SMA, как более компактные, — при использовании усилителей в составе блоков аппаратуры.

Корпус снабжен резиновыми ножками, которые могут быть сняты пользователем с получением четырех резьбовых отверстий для крепления на плоскость. Габариты корпуса без разъемов и ножек — 89×59×19,5 мм. Питание от +5В подается через USB-разъем, позволяющий питать усилители от компьютера, измерительных приборов или от сети 220 В/50Гц через USB-адаптер, который может поставляться в комплекте усилителя. Пример конструкции усилителей изображен на рисунке.

Усилители имеют единую структурную схему, включающую два или три, в зависимости от коэффициента усиления, каскада усиления и полный набор схем защиты по всем портам. Эта защита обеспечивает высокую надежность и возможность использования усилителей как отдельных приборов.

Защита по входу на основе p-i-n и детекторного СВЧ-диодов обеспечивает сохранение работоспособности усилителя при случайной подаче на его вход значительной СВЧ мощности. Это необходимо, поскольку максимальная допустимая мощность сигнала на входе составляет 10 мВт. Длительное воздействие большей мощности приводит к необратимому увеличению коэффициента шума усилителей. Время срабатывания защиты не превышает 1 мкс.

Защита по выходу необходима при использовании усилителя в качестве отдельного прибора. При подключении его к другим устройствам, имеющим плохое заземление, между ними возможна разность потенциалов, превышающая 100 В. Электрический импульс, возникающий при этом, может вывести из строя выходной транзистор усилителя. Поэтому на его выходе установлены небольшой аттенуатор и два обратно смещенных диода, гасящих этот импульс.

Защита по питанию на основе самовосстанавливающегося предохранителя и мощного импульсного стабилизатора срабатывает при превышении напряжения питания +15В или при ошибочной подаче питания обратной полярности. Защитный стабилизатор выдерживает 600 Вт импульсной мощности при длительности импульса 10 мкс. Подача питания восстанавливается после установки напряжения питания в интервале от +5 до +14 В.

В отношении электрических характеристик, прежде всего, следует отметить то обстоя-



Рисунок. Конструкция усилителей WBA

Таблица 1. Основные характеристики усилителей серии WBA

Наименование	$\Delta f$ , ГГц	$K_u$ , дБ	$\Delta K_u$ , дБ	$K_{ш}$ , дБ	$P_{1дБ}$ , дБм	$K_{СВН\text{ вх/вых}}$	$I_{пит}$ , мА
WBA3000M10000MXXNS	0,003–3	20/30	1,5	4	17	1,6/1,4	170/180
WBA3000M9000MXXNS	3–10	20/30	1,5	4	17	1,6/1,5	200
WBA3000M10000MXXNS	9–18	20/30	1,5	4	17	1,6/1,5	200

ательство, что усилители абсолютно устойчивы. Условий самовозбуждения не возникает при любом сочетании импедансов нагрузок на входе и выходе усилителей, включая короткое замыкание и холостой ход. Проведенные экспериментальные проверки и расчеты коэффициента устойчивости по измеренным параметрам рассеяния (S-параметрам) усилителя демонстрируют это. Абсолютная устойчивость очень важна, когда усилитель подключается к приборам, имеющим в общем случае неопределенные условия согласования по своим входам и выходам.

При небольшой неравномерности АЧХ возможно изготовление партии усилителей с идентичными амплитудными и фазовыми характеристиками. Два варианта изготовления усилителей, отличающихся по величине коэффициента усиления, дополняют друг друга, делая крен либо в сторону коэффициента усиления, либо динамики сигнала. Обратный коэффициент передачи не более –35 дБ. Температурная нестабильность коэффициента передачи усилителей в рабочем диапазоне температур — не более 0,2–0,5 дБ благодаря температурной компенсации.

Усилители демонстрируют хорошую линейность. Например: уровень интермодуляционных искажений третьего порядка IM3 усилителя WBA3M3000M20NN. Для двухчастотного сигнала при выходной мощности усилителя –1,2 дБм каждого из сигналов с частотами 78 и 80 МГц, IM3 равны –53 дБс. При выходной мощности –8,2 дБм уровень искажений составляет –67 дБс.

## Сравнительный анализ и область применения

Сравнительный анализ усилителей серии WBA и усилителей других отечественных производителей удобно провести, опираясь на [2]. В статье дан достаточно полный обзор СВЧ-усилителей, выпускаемых двенадцатью производителями этого вида продукции. В таблице 2 приведены характеристики наиболее близких по параметрам усилителей этих производителей. Таблица сделана на основе статьи [2].

По широте охвата частотного диапазона к усилителям серии WBA близки усилители трех производителей: ФГУП «НПП «Исток»», имеющего очень широкую номенклатуру широкополосных усилителей, НПФ «Микран» и ФГУП «ННИПИ «Кварц»».

Проанализировав таблицы 1 и 2, можно сделать следующие выводы.

- По величине коэффициента шума усилители WBA находятся в ряду аналогичных усилителей других производителей. (Более низкий коэффициент шума демонстрируют только усилители НПФ «Микран».) Такой коэффициент шума позволяет использовать их во входных малошумящих каска-

Таблица 2. Характеристики усилителей, наиболее близких по параметрам к усилителям серии WBA

Наименование	$\Delta f$ , Гц	Кш, дБ	Ку, дБ	$\Delta Ku$ , дБ	P1дБ, дБм	КСВН вх/вых
Усилители НПФ «Микран»						
MAW00130-01	0,1–3,0	2,0	25	–	13	2,0/2,0
MAW1550-01/02	1,5–5,0	2,0	25/35	–	13	2,5/2,5
MANW050200-01	5,0–20,0	2,5	20	–	10	2,5/2,5
Усилители ФГУП «ННИПИ «Кварц»»						
	0,1–2	4	30	3	17	2,0/2,0
	2–8	5	30	3	20	2,0/2,0
	8–18	6	30	3	17	2,0/2,0
Усилители ФГУП «НПП «Исток»»						
AM0003480	0,00003–4,8	5	48	2,5	20	2,0/2,3
AM112*	1–12	4,5	24/36	3	17	2,5/2,0
AM818*	8–18	4,5	20/30	2/2,5	15/17	2,0/2,0

Примечание. \* Платы с микрополосковыми выводами на основании.

дах, в том числе и приемных устройств. Для подобных приложений наличие защиты от перегрузки по входу часто бывает необходимо, учитывая все возрастающую сложность по электромагнитной совместимости.

- По величине неравномерности АЧХ представленные усилители лучше приведенных аналогов. Такая неравномерность позволяет легко каскадировать их. Можно получить суммарный коэффициент усиления до 70 дБ при неравномерности АЧХ, сравнимой с указанными аналогами.
- По величине P1дБ представленные усилители ближе к лучшим. Есть усилители с P1дБ на 3 дБ больше. Но, учитывая другие параметры, по величине динамического диапазона входных сигналов они оказываются лучшими. Это расширяет возможности их использования в приложениях, где требуется большой динамический диапазон, в частности для последующей цифровой обработки сигналов.
- По величине КСВН входа и выхода представленные усилители лучше приведенных аналогов. Более низкий КСВН приводит к улучшению линейности тракта усиления, упрощению каскадирования усилителей, расширению возможностей обработки широкополосных сигналов. Например, КСВН входа/выхода 2 и более может приводить к чрезмерным переходным процессам при усилении импульсов с короткими фронтами.

Таким образом, сочетание радиочастотных характеристик усилителей WBA делает их универсальными. Среди приведенных аналогов есть усилители, у которых отдельно взятый параметр по значению лучше. Но превосходство одного параметра усилителя за счет других параметров сильно сужает диапазон его использования.

Относительно области применения усилителей можно сказать следующее.

Для встраиваемых приложений усилители серии WBA подойдут в тех случаях, когда массо-габаритные характеристики не играют решающей роли. Это относится к экспериментальным или серийным, но ста-

ционарным изделиям. Например, установив на входе формирующий полосу частот фильтр, можно получить входной усилитель приемного тракта с защитой по входу от перегрузки. Далее, благодаря достаточно низким неравномерности АЧХ и КСВН их легко каскадировать, набирая нужное усиление, как в приемном тракте, так и в тракте гетеродина или промежуточной частоты. Некоторая структурная и конструктивная избыточность при этом сказывается практически только на массо-габаритных характеристиках.

Усилители WBA полностью готовы для использования в качестве лабораторного оборудования, учитывая приведенные выше конструктивные, структурные и электрические характеристики, а также возможности их комплектования. Они могут использоваться при проведении физических экспериментов, создании измерительных стендов для настройки и испытаний различных радиотехнических устройств, с целью повышения чувствительности или увеличения динамики измерительных приборов. ■

## Литература

1. Лаборатория широкополосных сигналов, ООО «Деловой Прогресс» ([www.wbsl.ru](http://www.wbsl.ru)).
2. Карпов Ю. Отечественные транзисторные усилители СВЧ // Компоненты и технологии. 2007. № 1.