

## Два малошумящих усилителя

А.Н. Зикий<sup>1</sup>, П.Н. Зламан<sup>3</sup>,

С.О. Мамченко<sup>3</sup>, А.И. Пустовалов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт компьютерных технологий и информационной безопасности Южного федерального университета, Таганрог

<sup>2</sup>АО «Таганрогский НИИ связи», Таганрог

<sup>3</sup>Научно-конструкторское бюро МИУС  
Южного федерального университета, Таганрог

**Аннотация:** Проведено экспериментальное исследование двух малошумящих усилителей. Первый усилитель содержит один каскад на микросхеме НМС374, второй МШУ содержит два каскада на той же микросхеме. Получены амплитудные и амплитудно-частотные характеристики обоих усилителей, проведено сравнение с паспортными характеристиками. Усилители соответствуют паспортным данным по всем параметрам, кроме мощности насыщения на верхней граничной частоте.

**Ключевые слова:** Малошумящий усилитель, амплитудно-частотная характеристика, амплитудная характеристика, мощность насыщения.

Отечественная и зарубежная электронная промышленность выпускает значительное количество усилителей мощности на диапазон частот от единиц мегагерц до десятков гигагерц. [1-3]. Разнообразие предъявляемых требований к усилителям не позволяет использовать узкую номенклатуру микросхем и транзисторов, поэтому элементная база высокочастотных усилителей постоянно совершенствуется.

Целью настоящей работы является экспериментальное исследование основных характеристик двух малошумящих усилителей на микросхеме фирмы Analog Device НМС374. [5]. Первый усилитель содержит один каскад усиления на микросхеме НМС374. Его схема типовая и здесь не приводится. Второй усилитель состоит из двух микросхем того же типа. Его схема приведена на рисунке 1. Он содержит развязывающий аттенюатор 4,5 дБ между микросхемами усилителей.

В соответствии с указанными схемами были изготовлены макеты усилителей, фотография которых приведена на рисунке 2.

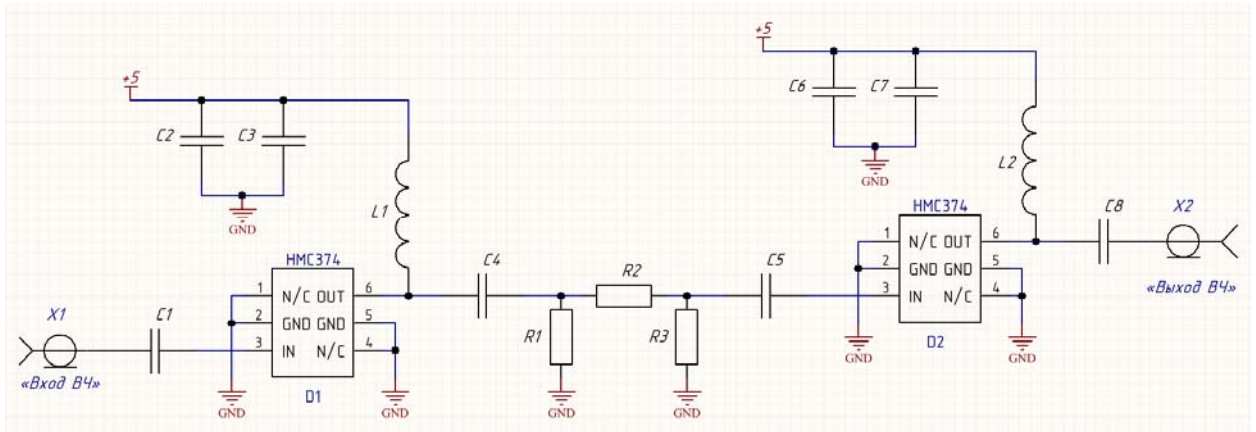


Рисунок 1 – Принципиальная схема двухкаскадного усилителя

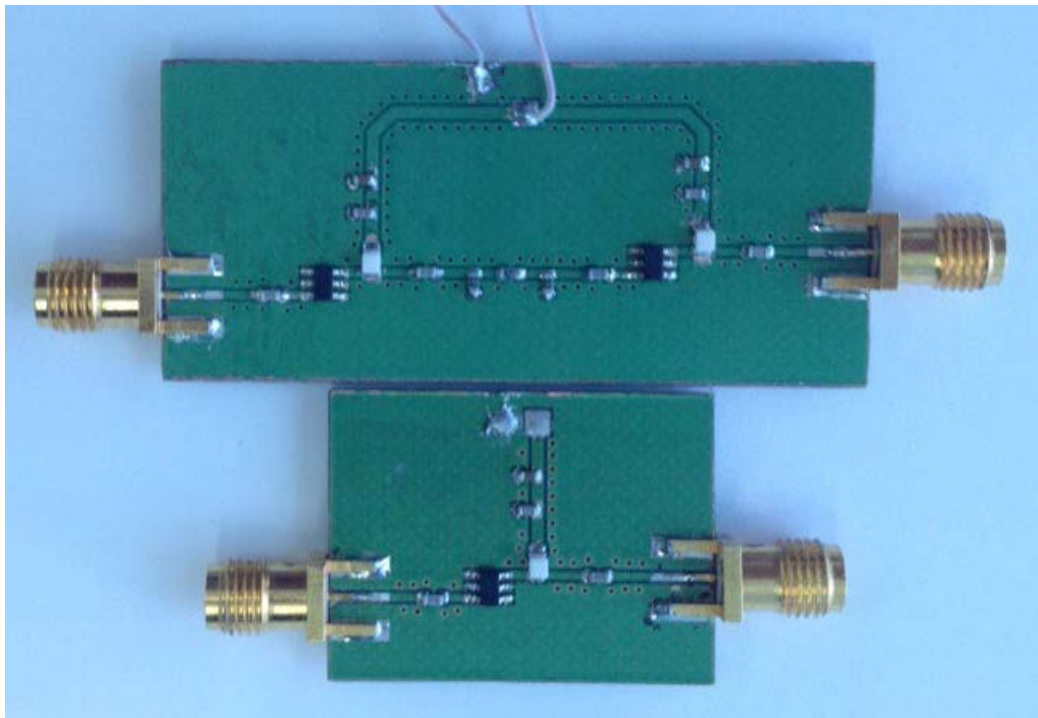


Рисунок 2 – Фото двух усилителей

Однокаскадный МШУ выполнен на трехслойной печатной плате из фольгированного диэлектрика размером 23,5x31x1,5мм. Все детали и проводники выполнены на одной стороне печатной платы. Другая сторона полностью металлизирована. Двухкаскадный МШУ собран на трехслойной печатной плате из фольгированного диэлектрика размером 26x56,5x1,5мм. Для включения в измерительный тракт оба МШУ снабжены гнездами типа SMA [4].

Эксперименты проводились на установке, содержащей векторный анализатор цепей типа N5230c, комплект кабелей, переходов и источник питания типа GPD-7303s.

В первом эксперименте снимались амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) однокаскадного МШУ. Результат измерений показан на рисунке 3 при входной мощности минус 20 дБм.

Во втором эксперименте исследовалась амплитудная характеристика однокаскадного МШУ на частоте 3 ГГц. Результат измерений изображен на рисунке 4.

В третьем эксперименте получена АЧХ двухкаскадного МШУ. Рисунок 5 отображает результат измерений при входной мощности минус 30 дБм.

В четвертом эксперименте была получена амплитудная характеристика двухкаскадного МШУ. На рисунке 6 можно видеть результат измерения на частоте 3 ГГц.

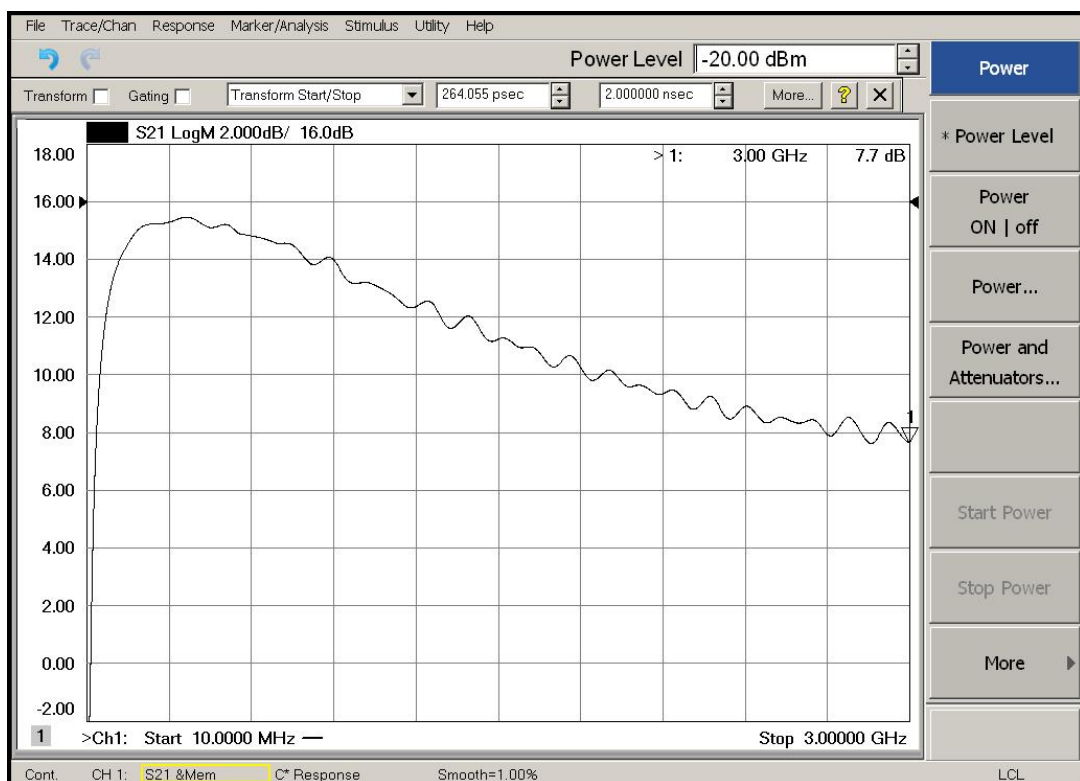


Рисунок 3 – АЧХ однокаскадного усилителя

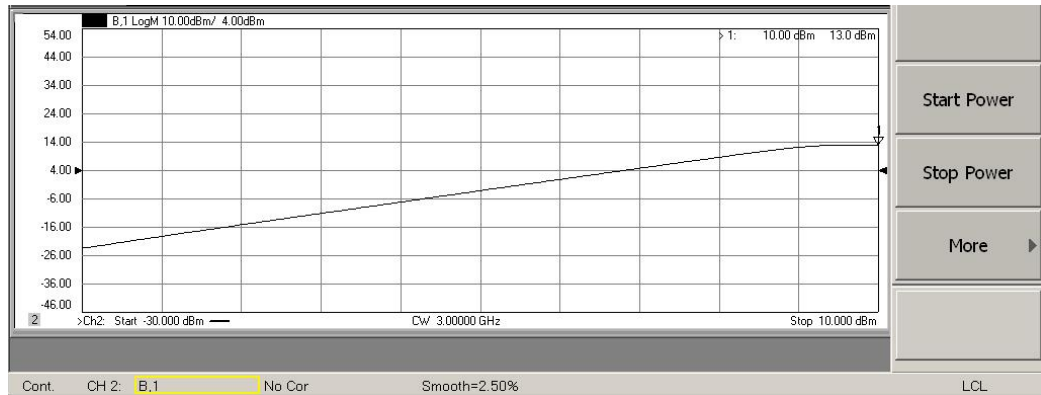


Рисунок 4 – Амплитудная характеристика однокаскадного усилителя на частоте 3 ГГц.

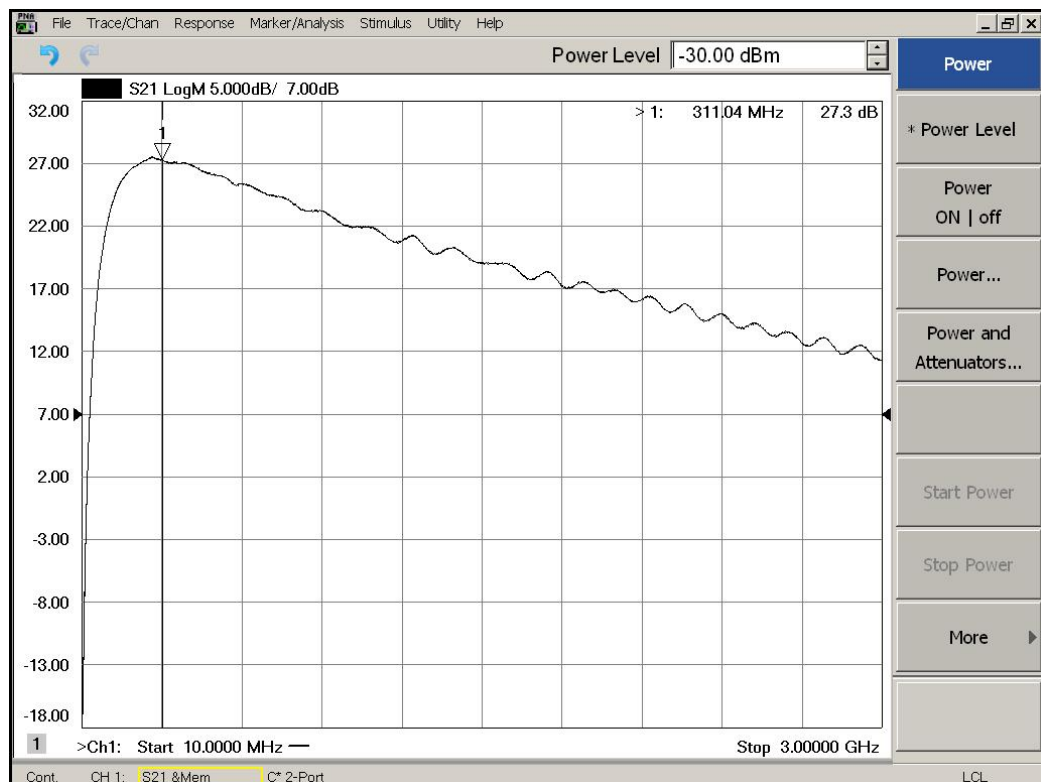


Рисунок 5 – АЧХ двухкаскадного усилителя

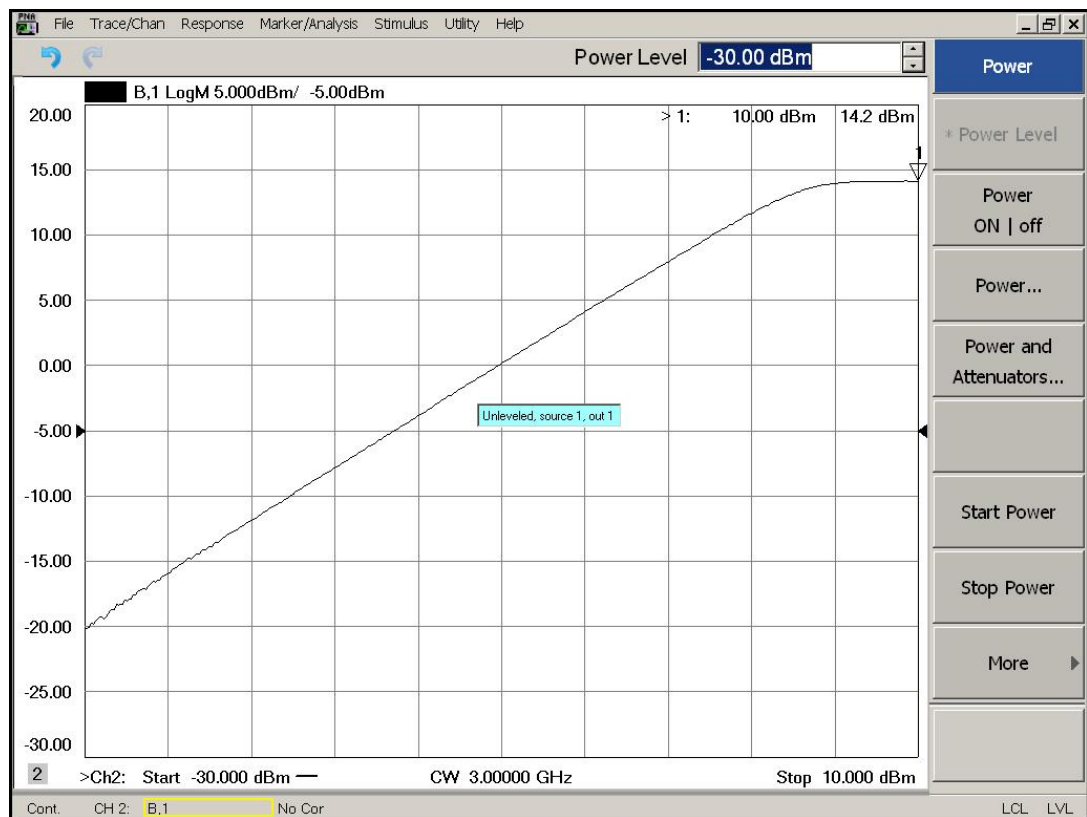


Рисунок 6 – Амплитудная характеристика двухкаскадного усилителя на частоте 3 ГГц.

В пятом эксперименте была проведена дополнительная проверка мощности насыщения в связи с тем, что на частоте 3 ГГц мощность насыщения не соответствует паспортным данным. Для этого был использован измерительный стенд, содержащий генераторы стандартных сигналов Г4-76А (0,4 -1,2 ГГц) и Г4-80 (2,56 – 4 ГГц), анализатор спектра GSP-827 и источник питания GPD-7303. На частоте 2,7 ГГц при  $P_{вх}=6$  дБм была получена выходная мощность 15 дБм. На частоте 1,2 ГГц при  $P_{вх}=0$  дБм получена выходная мощность 16...17 дБм. На частоте 0,4 ГГц при  $P_{вх}=0$  дБм получена выходная мощность 20 дБм.

При проведении данной работы был использован предыдущий опыт авторов [3,6,9], а также других исследователей [7,8].

## Выводы

1. Результаты измерений сведены в таблицу, из которой видно, что оба усилителя соответствуют паспортным данным или приближены к ним.

Таблица

Наименование параметра, размерность	1 каскад		2 каскада	
	измерено	паспортные данные	измерено	паспортные данные
Коэффициент усиления на частоте 0,3 ГГц, дБ	15,3	12 - 15	27,3	24 - 30
Коэффициент усиления на частоте 3 ГГц, дБ	7,7	6 - 9	11	12 - 18
Мощность насыщения, дБм, при $P_{вх}=10$ дБм, $f=3$ ГГц	13	23	14,2	23
Мощность насыщения, дБм, при $P_{вх}=0$ дБм, $f=0,4$ ГГц	20	23	20	23
Входная мощность в точке перегиба амплитудной характеристики, дБм	+8	-	+4 ... 5	-
Неравномерность АЧХ в полосе от 0,3 до 3 ГГц, дБ	7,1	9	16,3	18
Ток потребления, мА	71	90	142	180

2. Исследованные усилители могут найти применение в радиоприёмных устройствах СВЧ [9,10].

## Литература

1. Белов Л.А. Устройства формирования СВЧ-сигналов и их компоненты. Учебное пособие. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. -320 с.
2. Карпов Ю. Отечественные транзисторные усилители СВЧ. Компоненты и технологии, 2007, №1, с. 86-92.
3. Зикий А.Н., Сальный И.А., Пустовалов А.И. Ограничительные свойства серийных малошумящих усилителей. Инженерный вестник Дона, 2016, №4 URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3774
4. Джуринский К.Б. Миниатюрные коаксиальные радиокомпоненты для микроэлектроники СВЧ. – М.: Техносфера, 2006. – 2016 с.
5. HMC374/HMC374E. SMT PHEMT Low Noise Amplifier 0,3 – 3,GHz. Analog Device, v.00.0045. – 6 p.
6. Зикий А.Н., Зламан П.Н., Власенко Д.В. Экспериментальное исследование усилителя мощности сантиметрового диапазона. Вопросы специальной радиоэлектроники, серия общие вопросы радиоэлектроники. 2013, №1, с.136 -139.
7. Pieter L.D. Abrie. Design of RF and Microwave Amplifiers and Oscillators. Boston, London. Artech House Publishers. 2009. -480 p.
8. Devendra K. Misra. Radio-Frequency and Microwave Communication Circuits: Analysis and Design. John Wiley & Sons, Inc. 2001. -632 p.
9. Пустовалов А.И. Двухканальное приемное устройство СВЧ диапазона. // Инженерный вестник Дона, 2010, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2010/195
10. Receiving Products: Amplitude and Frequency measurement. Elisra Microelectronics, 77 p.



## References

1. Belov L.A. Ustroystva formirovaniya SVCh-signalov i ikh komponenty. Uchebnoe posobie [Devices for the formation of microwave signals and their components]. M.: Izdatel'skiy dom MEI, 2010. 320 p.
2. Karpov Yu. Otechestvennyye tranzistornyye usiliteli SVCh. Komponenty i tekhnologii, 2007, №1, p. 86-92.
3. Zikiy A.N., Sal'nyy I.A., Pustovalov A.I. Inženernyy vestnik Dona (Rus), 2016, №4. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3774](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3774).
4. Dzhurinskiy K.B. Miniaturnyye koaksial'nye radiokomponenty dlya mikroelektroniki SVCh [Miniature coaxial radio components for microwave microelectronics]. M.: Tekhnosfera, 2006. 2016 p.
5. HMC374/HMC374E. SMT PHEMT Low Noise Amplifier 0,3 – 3,GHz. Analog Device, v.00.0045. 6 p.
6. Zikiy A.N., Zlaman P.N., Vlasenko D.V. Voprosy spetsial'noy radioelektroniki, seriya obshchie voprosy radioelektroniki. 2013, №1, p.136 -139.
7. Pieter L.D. Abrie. Design of RF and Microwave Amplifiers and Oscillators. Boston, London. Artech House Publishers. 2009. 480 p.
8. Devendra K. Misra. Radio-Frequency and Microwave Communication Circuits: Analysis and Design. John Wiley & Sons, Inc. 2001. 632 p.
9. Pustovalov A.I. Inženernyy vestnik Dona (Rus), 2010, №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2010/195](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2010/195).
10. Receiving Products: Amplitude and Frequency measurement. Elisra Microelectronics, 77 p.