

ПРИЕМНИК МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛЯ КОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Кузьмин С. Е.¹⁾, Овсянников Ю. В.¹⁾, Радзиховский В. Н.¹⁾, Пилипенко А. М.²⁾

¹⁾ Государственный научно-исследовательский центр «Айсберг»; e-mail: icbr@i.ua

²⁾ ОАО Научно-производственное предприятие «Сатурн», Киев, 03148, Украина

Аннотация – Приведены результаты разработки приемника в диапазоне 40,5 – 42,5 ГГц для коммуникационных сетей различного назначения. В приемнике осуществляется усиление входного сигнала с последующим преобразованием в стандартный диапазон промежуточных частот 0,95 – 2,15 ГГц. Основные функциональные узлы выполнены на монолитных интегральных схемах, что позволило миниатюризировать конструкцию. Коэффициент шума приемника не превышал 4,2 дБ.

I Введение

Перегруженность используемых частотных диапазонов в существующих коммуникационных сетях заставляет осваивать новые более высокие частоты. В этом направлении привлекательными оказываются частоты выше 40 ГГц. Прогресс в области полупроводниковой технологии привел к созданию в миллиметровом диапазоне монолитных интегральных схем (МИС) приемных устройств, таких как малошумящие усилители, смесители, умножители. Построение узлов приемника на базе МИС позволяет, реализуя достаточно высокую чувствительность приемника, повысить надежность его работы, а также уменьшить габариты конструкции, что особенно важно при интеграции приемника с антенной.

В этой связи была предпринята попытка создания высокочувствительного приемника в диапазоне 40,5 - 42,5 ГГц для телевизионных распределительных сетей.

II. Основная часть

На рис. 1. приведена структурная схема приемника, содержащая два каскада входных малошумящих усилителей (МШУ), сдвоенный субгармонический смеситель, предварительный усилитель промежуточной частоты, а также удвоитель частоты в тракте гетеродина. На входе и выходе смесителя включены гибридные мосты.

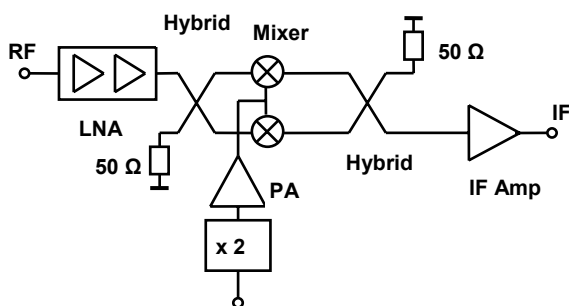


Рис. 1. Структурная схема приемника.

Fig. 1. Block-diagram of the receiver

Основные усилия разработчиков были направлены на достижение высокой надежности и технологичности изделия. С этой целью входные МШУ, смеситель, удвоитель частоты в цепи гетеродина и предварительный УПЧ были выполнены на МИСax [1].

Высокочастотные тракты приемника представляют собой 50-омную микрополосковую линию, выполненную на подложке из дьюриода толщиной 0,127 мм.

Все узла приемника смонтированы в общем металлическом корпусе, как показано на рис. 2. Монолитные схемы МШУ, смесителя и удвоителя представляют собой бескорпусные чипы, которые крепятся в корпусе приемника с помощью проводящего клея и включаются в микрополосковую линию с помощью золотых проводников. Микрополосковая линия с чипами располагается в специально сделанном желобе, запердедном для волн высшего типа.

Два каскада МШУ обеспечивают усиление входного сигнала не менее чем на 38 дБ с коэффициентом шума около 4,0 дБ. Благодаря высокому усилению практически устраняется вклад последующих цепей в общий коэффициент шума приемника.

Монолитная схема сдвоенного субгармонического смесителя содержит также гибридный мост в цепи входного сигнала и буферный усилителем в цепи гетеродина. Потери преобразования смесителя составляют 11 дБ. Сигнал ПЧ формируется гибридным мостом на выходе смесителя в полосе 0,95 - 2,15 ГГц, которая является стандартной для последующего приема. Гибридный мост в цепи ПЧ выполнен на поликоровой подложке толщиной 1 мм.

Предварительный УПЧ реализован на базе корпусированной МИС, обеспечивающей усиление сигнала ПЧ на 20 дБ с коэффициентом шума 2,6 дБ.

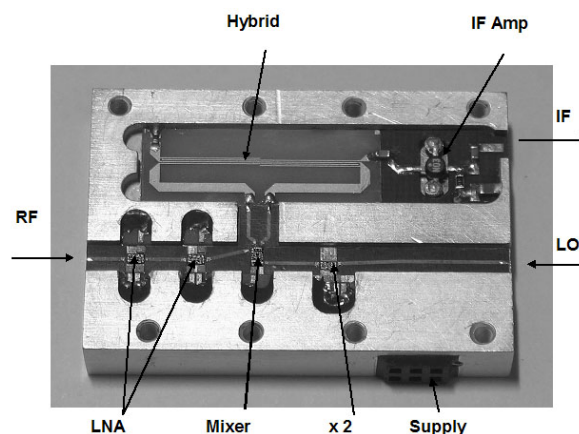


Рис. 2. Монтаж узлов приемника в корпусе.

Fig. 2. Packaging of the receiver components

МИС удвоителя частоты, используемого в гетеродинном тракте, содержит также усилитель мощности сигнала с удвоенной частотой. Применение в схеме приемника субгармонического смесителя с удвоителем частоты в гетеродинном тракте дает возможность в четыре раза снизить требуемую частоту гетеродина в сравнении с традиционным приемником. Это позволяет использовать более низкочастотный и дешевый внешний гетеродин.

Гибридные мосты на входе и выходе смесителя обеспечивают фазовое подавление зеркального канала без применения специального фильтра.

Внешний вид приемника приведен на рис. 3.

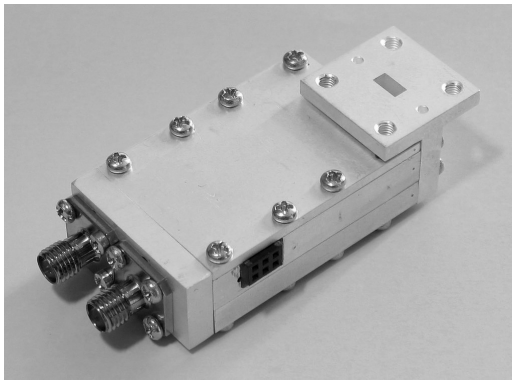


Рис. 3. Внешний вид приемника.

Fig. 3. External appearance of the receiver

Приемник имеет волноводный вход с сечением канала 5,2 x 2,6 мм. Конструкция содержит два коаксиальных SMA разъема, через один из которых подается сигнал гетеродина, а через другой снимается сигнал с выхода УПЧ.

Для питания узлов приемника используются три напряжения: +6 В, +4 В, и -9 В. Потребляемая мощность не превышает 1 Вт.

Измерение параметров приемника проводилось в верхнем и нижнем участках входного диапазона 40,5 - 42,5 ГГц в зависимости от используемой частоты внешнего гетеродина. Частотные характеристики приемника исследовались с помощью панорамного измерителя АЧХ, для чего использовалась специальная схема для детектирования выходного сигнала в диапазоне ПЧ. Полный коэффициент передачи приемника составлял не менее 45 дБ, с неравномерностью не более 2 дБ во всем измеряемом диапазоне.

Насыщение приемника, т.е. уменьшение коэффициента передачи на 1 дБ происходило при уровне мощности входного сигнала около 50 мкВт.

Измерения шумов приемника осуществлялось методом двух нагрузок: холодной при азотной температуре 78 К и теплой при комнатной температуре. Измеренный интегральный коэффициент шума приемника в обоих участках частотного диапазонах не превышал 4,2 дБ.

Минимальный уровень подавления зеркального канала составлял 18 дБ.

III. Заключение

В диапазоне 40,5 – 42,5 ГГц был разработан приемник для телевизионных распределительных сетей с выходом на стандартный частотный диапазон 0,95 – 2,15 ГГц. Применение монолитных интегральных схем при проектировании позволило реализовать высокую чувствительность, малые габариты приемника и улучшить надежность его работы.

IV. Список литературы

[1] United Monolithic Semiconductors: <http://ums.opencast.com>

MILLIMETER WAVE RECEIVER FOR COMMUNICATION CIRCUITS

Kuzmin¹⁾ S. E., Ovsiannikov¹⁾ Y. V.
Radzikhovsky¹⁾ V. N., Pylypenko²⁾ A. M.

¹⁾ State Research Center "Iceberg"

²⁾ OJS "Scientific-Production Enterprise "Saturn"

Abstract – The results of the receive development in 40.5 – 42.5 GHz for communication circuits are presented. The receiver realized accomplished an amplification of input signal and following conversion in standard frequency band 0.95 – 2.15 GHz. The main functional units are designed on base of microwave monolithic integrated circuits (MMIC). Noise factor of the receiver was not more than 4.2 dB.

I. Main Part

Block-diagram of the receiver is shown in Fig. 1. It contains two stages of input low-noise amplifiers (LNA), a binary subharmonic mixer, an intermediate frequency (IF) amplifier and a frequency doubler in a heterodyne channel. 90 degree hybrid couplers are inserted at input and output of the mixer.

The microstrip circuits of the receiver were fabricated on 0.127 mm Duroid. All receiver components are mounted in the common case, as shown in Fig. 2. The monolithic chips of LNA, mixer, and doubler are fixed in case with help of the conductive glue and connected to microstrip line with help of the golden wires. Microstrip line with chips is located in special below-cutoff waveguide.

Two stages of LNA provide amplification of input signals not less than 38 dB with noise factor about 4.0 dB. Due to high amplification the contribution of the following circuits in total noise factor of the receiver become negligible.

Conversion loss of the mixer average out 11 dB. Hybrid coupler at mixer output forms IF signal in band 0.95 – 2.15 GHz. The amplifier is realized on base MMIC and provides gain of the signal 20 dB with noise factor 2.6 dB.

MMIC of the frequency doubler in heterodyne channel contains output power amplifier. Using of subharmonic mixer and frequency doubler in receiver circuit gives opportunity to reduce four time required heterodyne frequency in compare with ordinary receiver.

Hybrid couplers provide phase rejection of the image channel without using special filter.

Appearance of the receiver is shown in Fig. 3.

The voltages +6 V, +4 V and –9 V are used to feed the receiver. Power consumption does not exceed 1 W.

Measuring of the receiver characteristics were carried out in upper and under parts of input frequency band 40.5 – 42.5 GHz depending on used heterodyne frequency. Total transfer constant gain factor of the receiver was not less than 45 dB with ripple not more than 2 dB in measured band. Noise factor of the receiver not exceed 4.2 dB.

Minimum rejection level for image channel was 18 dB.

II. Conclusion

In frequency band 40.5 - 42.5 GHz was developed receiver for TV distributive circuits with output to standard frequency band 0.95 – 2.15 GHz. Using of the MMIC's in design allowed realizing high sensitivity of the receiver, small sizes, and its reliable operation.