

РАЗРАБОТКА РЯДА МАЛОШУМЯЩИХШИРОКОПОЛОСНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ С МАЛЫМ ПОТРЕБЛЕНИЕМ МОЩНОСТИ

В.В. Репин, И.И. Мухин

ОАО «НИИМА «Прогресс», г. Москва

В настоящее время широкое распространение во входных цепях получили малошумящие усилители (МШУ) выполненные на основе арсенида галлия. Однако, применение этого материала ведет к росту стоимости изделий и увеличению потребляемой мощности. В работе представлен ряд спроектированных и изготовленных МШУ, выполненных на более дешевой Si или SiGe биполярной технологии, которая позволяет интегрировать данные блоки с КМОП процессами. Для частот до L диапазона возможно применение современных технологий на Si, для частот в S диапазоне и выше для обеспечения приемливого уровня шумов целесообразно использование технологии с применением SiGe.

При построении МШУ требуется одновременное решение следующих задач: выбор оптимальных размеров и тока смещения для входного транзистора с целью обеспечения минимального коэффициента шума, выбор цепей согласования и выбор оптимальной цепи смещения вносящих минимальный дополнительный шум. В зависимости от требований к коэффициенту усиления (K_u) МШУ выбирается оптимальная структура усилителя, поскольку при высоком K_u сложно выполнить усилитель на одном транзисторе и используются двух – или более каскадные схемы.

В таблице 1 представлены параметры разработанных МШУ для различных частотных диапазонов.

Таблица 1.

Параметр	МШУ1	МШУ2	МШУ3
Диапазон частот, ГГц	0,29 – 0,31	1 – 2	0,2 – 2,5
Коэффициент усиления, дБ	37,3	25	25
Коэффициент шума, дБ	1,8	1,75	2,2
Ток потребления, мА	3 ($U_{cc}=3$ В)	4	8

Малошумящий усилитель МШУ1 построен на основе двухкаскадной схемы с встроенными цепями установления статического режима на основе токового зеркала. Для развязки по постоянному току, каскады разделены между собой конденсатором, расположенном на кристалле. Согласование МИС осуществляется внешними цепями. Для обеспечения одновременно согласования по входу и малого значения коэффициента шума используется обратная связь в цепи эмиттера первого каскада в виде индуктивности, конструктивно представляющей собой индуктивность монтажной проволоочки. Требуемое значение индуктивности обратной связи подбирается путем варьирования числа монтажных проволок, для этих целей в цепи эмиттера предусмотрено несколько контактных площадок. Принципиальная МИС МШУ1 приведена на рисунке 1.

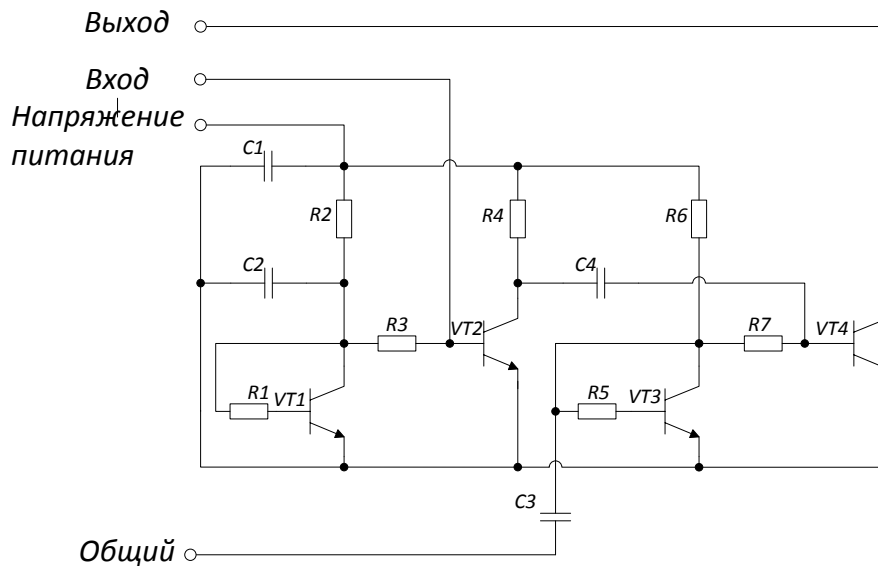


Рисунок 1 – Схема усилителя МШУ1

Для усилителей типа МШУ2 выбрана схема двух-транзисторного усилителя с последовательной ОС по напряжению в первом каскаде, рисунок 2, приведены значения паразитных индуктивностей на выводах микросхемы, которые могут быть элементами корпуса или специально введенными на плату. Основной особенностью схемы является то, что обратная связь снимается не полностью с резистивно-индукционной нагрузки, а лишь с ее части, позволяя более эффективно устанавливать коэффициент передачи и обеспечивать согласование с источником сигнала. Предварительный анализ, проведенный с учетом экстракции паразитных параметров, выполненный для технологии 0,25 мкм (при ширине эмиттера биполярного транзистора 0,42 мкм), позволил получить представленные результаты.

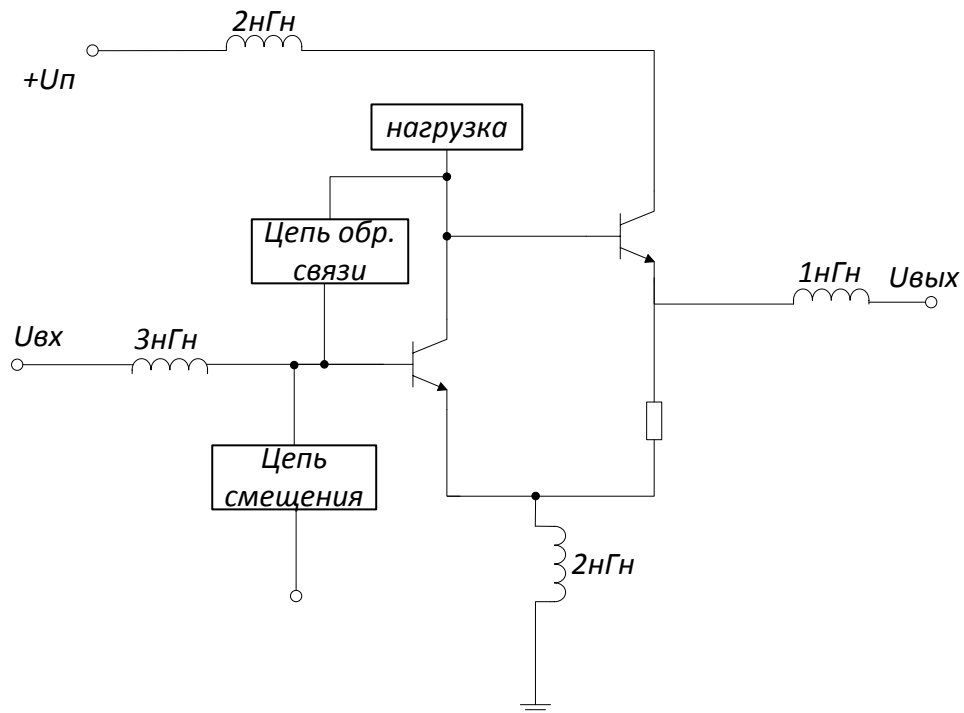


Рисунок 2 – Структурная схема МШУ2.

В МШУЗ применена двухкаскадная схема усилителя. Для обеспечения широкополосного согласования применяется местная обратная связь, что позволяет расширить полосу согласования по сравнению с использованием комплексно сопряженных реактивных элементов. Выходное согласование также осуществлено с помощью резистивного делителя, хотя при этом возникают потекри коэффициента усиления, что требует определенного запаса по параметру S_{21} .

1. B.Kang, J. Yu, H. Shin, S.Yang, W. Choo, B. Park. Design and Analysis of a Cascode Bipolar Low-Noise Amplifier With Capacitive Shunt Feedback Under Power-Constraint, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 59, № 6, June 2011, 1539-1551 pp.
2. A. Goel, H. Hashemi. Toward a Sub-Decibel Noise Figure Broadband Monolithic LNA in Silicon, IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 56, № 11, November 2008, 2389-2398 pp.