

СЕРИЯ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ГИБРИДНЫХ ДВОЙНЫХ БАЛАНСНЫХ СМЕСИТЕЛЕЙ

Гунтер В.Я., Карев Е.В., Кондратенко А.В., Шевляков М.Л., Штраух А.А.
НПФ Микран, Вершинина, д.47, Томск – 634034, Россия
Тел.: +7(3822) 413403; e-mail: gvj@micran.ru, max@micran.ru

Опубликовано в сборнике трудов 15-ой Международной Крымской конференции "СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии" (КрыМиКо'2005). 12-16 Сентября, Севастополь, Крым, Украина.

Аннотация – Приведены результаты разработки и сравнения серии гибридно-интегральных схем (ГИС) широкополосных двойных балансных диодных смесителей, обеспечивающих широкую рабочую полосу частот сигнала и гетеродина при высокой развязке и малых потерях преобразования.

I. Введение

В преобразовательной технике широко применяются двойные балансные смесители, построенные по кольцевой схеме. Применение диодных смесителей, в данном случае, представляет собой компромисс между простотой реализации устройства и достижимыми параметрами в плане динамических характеристик и подавления не основных продуктов преобразования. В отечественной литературе практически отсутствуют публикации посвященные разработке диодных двойных балансных смесителей, построенных по схеме "звезда", а так же кольцевых смесителей с "U-коленом". Подобные схемы имеют существенные преимущества в сравнении с классической кольцевой схемой. Благодаря структурной развязке трактов гетеродина и промежуточной частоты, смесители, построенные по данным схемам, позволяют работать на "высоких" промежуточных частотах и достигать лучших развязок между трактами.

В докладе приводятся результаты разработки и сравнения по достигнутым параметрам диодных, широкополосных, двойных балансных смесителей, выполненных по трем различным схемам. Для каждой из схем спроектированы смесители в трех различных частотных диапазонах. Конструктивно все смесители выполнены по ГИС технологии на подложке из поликора.

II. Основная часть

Основным элементом, ограничивающим рабочую полосу частот двойных балансных смесителей, являются широкополосные противофазные делители мощности и их взаимосвязь с нелинейными элементами (диодами). При работе в СВЧ диапазоне в качестве противофазных делителей мощности используются четвертьволновые связанные линии. Возможности применения классических кольцевых смесителей ограничены в связи с невозможностью использования их для случаев, когда диапазон промежуточных частот (ПЧ) находится достаточно близко к диапазону частот сигнала (либо гетеродина). В результате цепь низкочастотного тракта смесителя может вносить существенный паразитный импеданс на частоте высокочастотного тракта. Для узкополосных устройств это не является препятствием [1], тогда как широкополосные устройства зачастую становятся нереализуемыми.

Для решения данной проблемы используются смесители с включением диодов по схеме "звезда". В

данных устройствах цепь ПЧ, включенная в общую точку соединения диодов, оказывается физически развязана с противофазными мостами высокочастотного тракта сигнала и гетеродина [2-6]. Несмотря на все рассмотренные достоинства смесителей выполненных по схеме "звезда", им присущи так же и некоторые недостатки. В первую очередь - развязка гетеродин-сигнал заметно хуже, чем полученная для кольцевого смесителя. Кроме того, для нормальной работы смесителя требуется несколько большая мощность гетеродина, так как противофазный трансформатор гетеродина в данном устройстве нагружен как на рабочую пару диодов, так и на трансформатор сигнала.

Дальнейшим продолжением разработки двойных балансных смесителей является схема модернизированного кольцевого смесителя с "U-коленом". Данная схема, так же как и описанный выше кольцевой смеситель, превосходит "звезду" в плане развязок по гетеродину. Кроме того, она в достаточной степени свободна от ограничения, связанного с применением данного устройства в случаях, когда требуется работа в диапазонах ПЧ близких к диапазону сигнала.

В докладе приводится пример расчета и результаты проектирования планарных двойных балансных смесителей для всех трех вышеописанных схем в X диапазоне, С диапазоне (см. Рис.1) и L диапазоне.

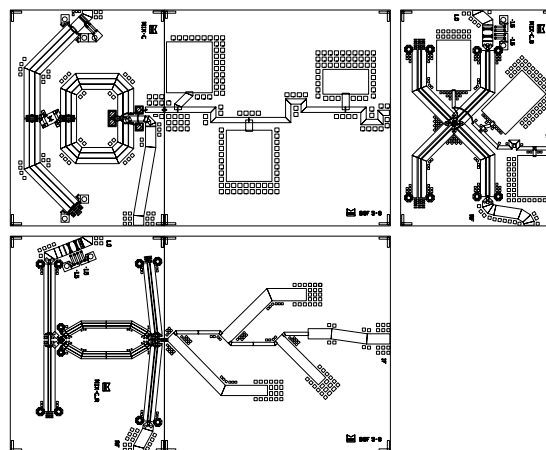


Рис. 1 – Различные варианты реализации смесителей в С диапазоне

Экспериментальные данные, полученные в результате проведенной работы, могут быть использованы для проведения сравнительного анализа оптимальности применения различных схем смесителей при различных соотношениях исходных параметров. Подобный анализ позволяет более гибко подходить к вопросу проектирования конверторов с использованием в их составе двойных балансных смесителей.

В макетах использовались опытные образцы GaAs кристаллов четверенной диодной сборки собственного производства. Основные технические характеристики разработанных смесителей для одного из частотных диапазонов (диапазон С) приведены в табл.1.

Таблица 1.

Параметр	Значение
Частота ВЧ сигнала, ГГц	4.7-6.5
Частота гетеродина, ГГц	4.7-6.5
Частота сигнала ПЧ, ГГц	2.7-3.6
Классическая кольцевая схема включения диодов	
Потери преобразования для схемы "кольцо" ($R_{г} = +15$ дБм), дБ	7.2 – 8.1
Развязка тракта гетеродина и ВЧ для схемы "кольцо", дБ	≥ 27
Звездобразная схема включения диодов	
Потери преобразования для схемы "звезда" ($R_{г} = +18$ дБм), дБ	6.4 – 7.5
Развязка тракта гетеродина и ВЧ для схемы "звезда", дБ	≥ 21
Кольцевая схема включения диодов с U-коленом	
Потери преобразования для схемы "кольцо с U-коленом" ($R_{г} = +16$ дБм), дБ	6.2 – 6.6
Развязка тракта гетеродина и ВЧ для схемы "кольцо с U-коленом", дБ	≥ 24

Представленный смеситель можно использовать в качестве преобразователя сигнала как вверх, так и вниз. Рабочая полоса частот для всех устройств может быть расширена до значений порядка октавы, однако при этом потери преобразования ухудшатся до значений 9 – 10 дБ.

III. Заключение

Разработанные смесители представляют собой широкополосные устройства. Полученные экспериментальные данные, а так же результаты сравнения различных схем, могут служить для выбора оптимальной схемы построения смесителей в зависимости от требуемых соотношений исходных параметров и в частности в зависимости от соотношения частот гетеродина ВЧ и ПЧ.

IV. Список литературы

- [1] Аржанов С.Н., Баров А.А., Вавилин В.Н. и др. Гибридные интегральные функциональные устройства СВЧ. Электронная промышленность, №1-2, 1998г., с.137-144.
- [2] R.B. Mouw. "A Broad-Band Hybrid Junction and Application to the Star Modulator." 1968 Transactions on Microwave Theory and Techniques 16.11 (Nov. 1968 [T-MTT]): 911-918.
- [3] R. Knochel, B. Mayer and U. Goebel. "Unilateral Microstrip Balanced and Doubly Balanced Mixers." 1989 MTT-S International Microwave Symposium Digest 89.3 (1989 Vol. III [MWSYM]): 1247-1250.
- [4] J. Staudinger and M. Friesen. "Fully Integrated Double Balanced MMIC Mixer Using a Star Arrangement of Diodes for Extended IF Performance." 1992 MTT-S International Microwave Symposium Digest 92.3 (1992 Vol. III [MWSYM]): 1163-1166.
- [5] S.A. Maas and K.W. Chang. "A Broadband, Planar, Doubly Balanced Monolithic Ka-Band Diode Mixer (Dec. 1993 [T-MTT])." 1993 Transactions on Microwave Theory and Techniques (Dec. 1993 [T-MTT] (1993 Symposium Issue)): 2330-

2335.

- [6] Chi-Yang Chang, Ching-Wen Tang and Dow-Chih Niu. "Broadband, planar, doubly balanced star mixers." 2000 MTT-S International Microwave Symposium Digest 00.1 (2000 Vol. I [MWSYM]): 513-516.

BROADBAND HYBRID DOUBLY-BALANCED MIXERS FAMILY

Gunter V.J., Karev E.V., Kondratenko A.V.,
Shevliakov M.L. Shtraukh A.A.
Micran Co., 47, Vershinina, Tomsk - 634034, Russia
phone: +7(3822) 413403
e-mail: gvj@micran.ru, max@micran.ru

Abstract - there are the design and comparison results for hybrid-integrated circuits of the broadband double-balanced diode mixers family that provides broad operating frequency band of a signal and heterodyne at the high decoupling and low conversion loss.

I. Introduction

In the report one uses the design and comparison results of the reached diode, broadband, double-balanced mixers parameters, made in 3 different circuits. For every circuit there were designed the mixers at 3 different frequency bands. Designed on Al_2O_3 wafer.

II. Main part

The main element restricting an operating frequency band of double-balanced mixers is anti-phase broadband power divider and their interconnection with nonlinear elements (diodes). Operating in microwave band the quarter-wave fixed lines are used as anti-phase power divider. Using abilities of classical ring mixers are limited because of impossibility to use them for the cases when an intermediate frequency band is quite near a frequency band of a signal (or LO). As a result low frequency channel circuit of a mixer can give significant parasitic impedance at the frequency of microwave channel. For narrow-band devices it isn't a restriction (1), whereas broadband devices often cannot be used.

To decide this problem one uses mixers with diode connection according to "star" circuit. In these devices intermediate frequency (IF) circuit included in common diode connection point is turned out physically decoupled one with anti-phase bridges of microwave LO, as an anti-phase LO transformer in this device is loaded both at operating diode couple and at signal transformer.

The further design continuation of double-balanced mixers is a circuit of updated "U"-section ring mixer.

This circuit as well as above-mentioned ring mixer exceeds "star" in decoupling at LO. Besides it quite free from a limit, connecting with practical usage of this device in cases of operating at intermediate frequency (IF) bands near signal band. In the report there is a computation example and the results of design planar double-balanced mixers for all 3 above-mentioned circuits at X band, C band (pic.1) and L band.

III. Conclusion

Designed mixers are broadband devices. Both given experimental data and comparison results of different circuits can serve to choose an optimal circuit of mixer construction according to required proportions of original parameters and in particular according to LO frequency proportion microwave frequency (MF) and intermediate frequency (IF).