

Keysight EEsof EDA

Разработка РЧ-систем

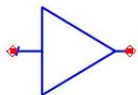
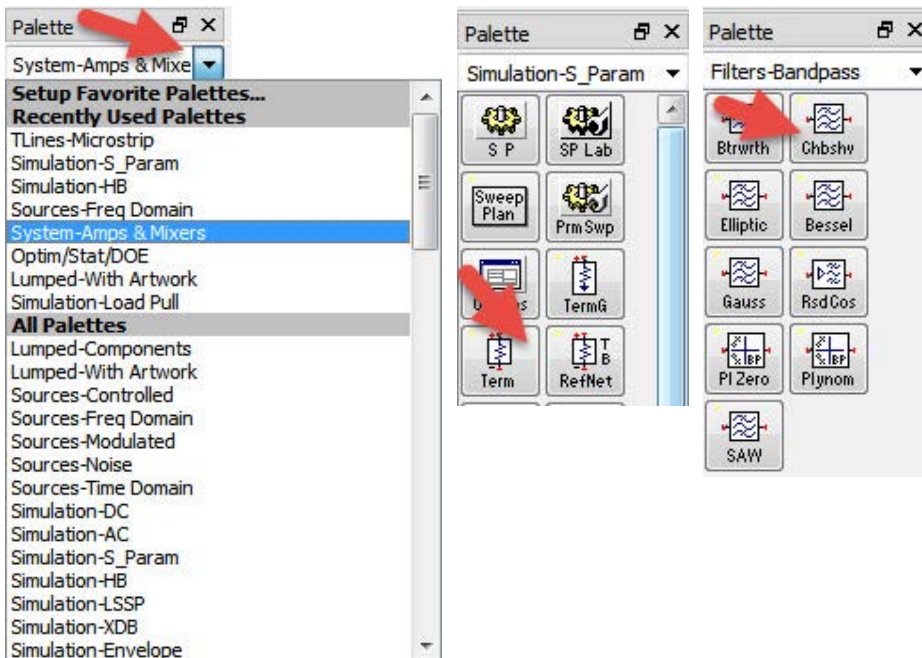
Руководство
с демонстрационными
примерами

Разработка РЧ-систем

САПР Keysight ADS содержит все необходимые возможности для разработки и симуляции РЧ-систем. Разработка РЧ-систем – важный и особо ответственный этап, направленный на подтверждение характеристик системы для достижения успеха с первого раза. Архитектуру РЧ-системы можно реализовать с помощью моделей РЧ-систем, имеющих в библиотеке Analog/RF (Аналоговые/РЧ-компоненты).

Разработка системы приемника

1. Создайте новую рабочую среду Lab5_RF_System_Design_wrk, откройте новую ячейку схемы и назовите ее Lab5a_RFSysDesign.
2. Вставьте компоненты Amp (Усилитель) и Mixer2 (Смеситель 2) из меню палитры библиотеки компонентов System-Amps & Mixers (Система-Усилители и Смесители) и задайте их характеристики, как показано ниже.



Amplifier2

AMP4

S21=dbpolar(20,0)

S11=dbpolar(-15,0)

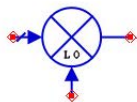
S22=dbpolar(-20,180)

S12=dbpolar(-35,0)

NF=1.1 dB

SOI=20

TOI=10



BPF_Chebyshev

BPF2

Fcenter=70 MHz

BWpass=20 MHz

Apass=0.1 dB

Ripple=0.1 dB

BWstop=40 MHz

Astop=40 dB

MaxRej=50 dB

IL=1 dB

Mixer2

MIX2

SideBand=BOTH

OutputSidebandSuppression=-35 dB

InputImageRejection=-35 dB

ConvGain=dbpolar(-8,0)

SP21=dbpolar(-35,0)

SP31=dbpolar(-35,0)

SP32=dbpolar(-35,0)

3. Установите на выход смесителя компонент Chebyshev Bandpass filter (полосовой фильтр Чебышева) из меню палитры библиотеки компонентов Filters-Bandpass (Фильтры-Полосовые) и задайте его характеристики, как показано на рисунке.
4. Скопируйте усилитель и вставьте его два раза после компонента полосового фильтра; измените следующие параметры (эти усилители будут использоваться как 2-каскадный усилитель ПЧ).
 - a. TOI=20
 - b. SOI=30
 - c. NF=3 dB (дБ)

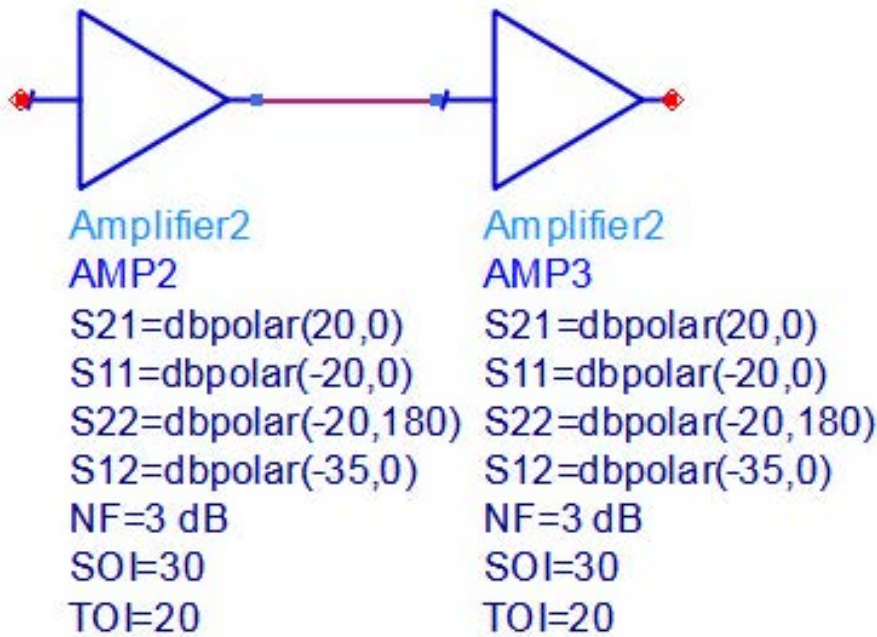


Рис. 113.

5. По завершении схема примет вид, подобный показанному ниже.

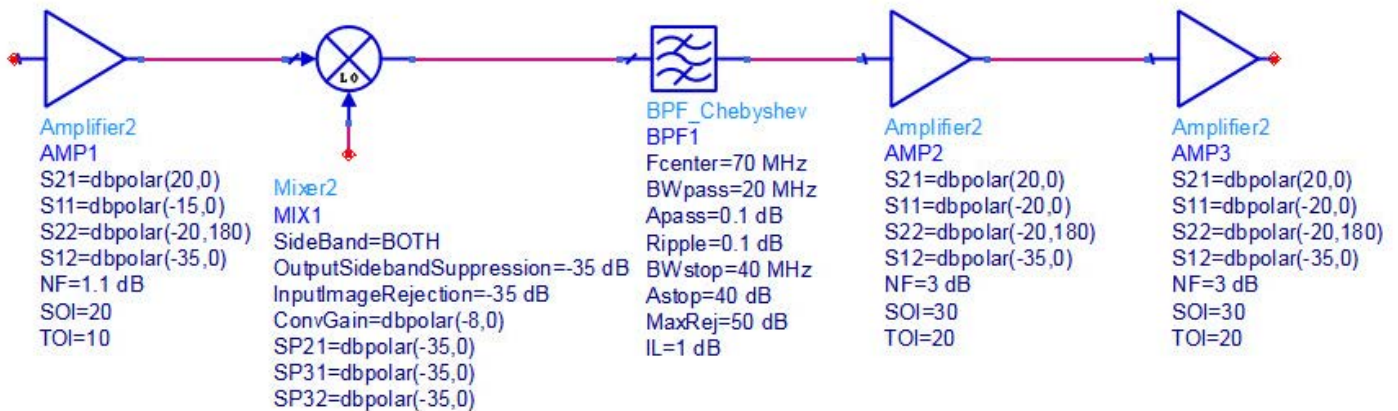


Рис. 114.

6. Теперь нам осталось подсоединить источники РЧ-сигнала и гетеродина и настроить симуляцию для наблюдения за откликом системы. Вставьте источники **P_1Tone** и **Osc** из библиотеки **Sources-Freq Domain** (Источники-Частотная область) и задайте их характеристики, как показано на рисунке (обратите внимание на список PhaseNoise (фазовый шум) в характеристиках источника Osc).

Подсоедините источник P_1Tone ко входу приемника, а источник Osc – к контакту L0 компонента смесителя.

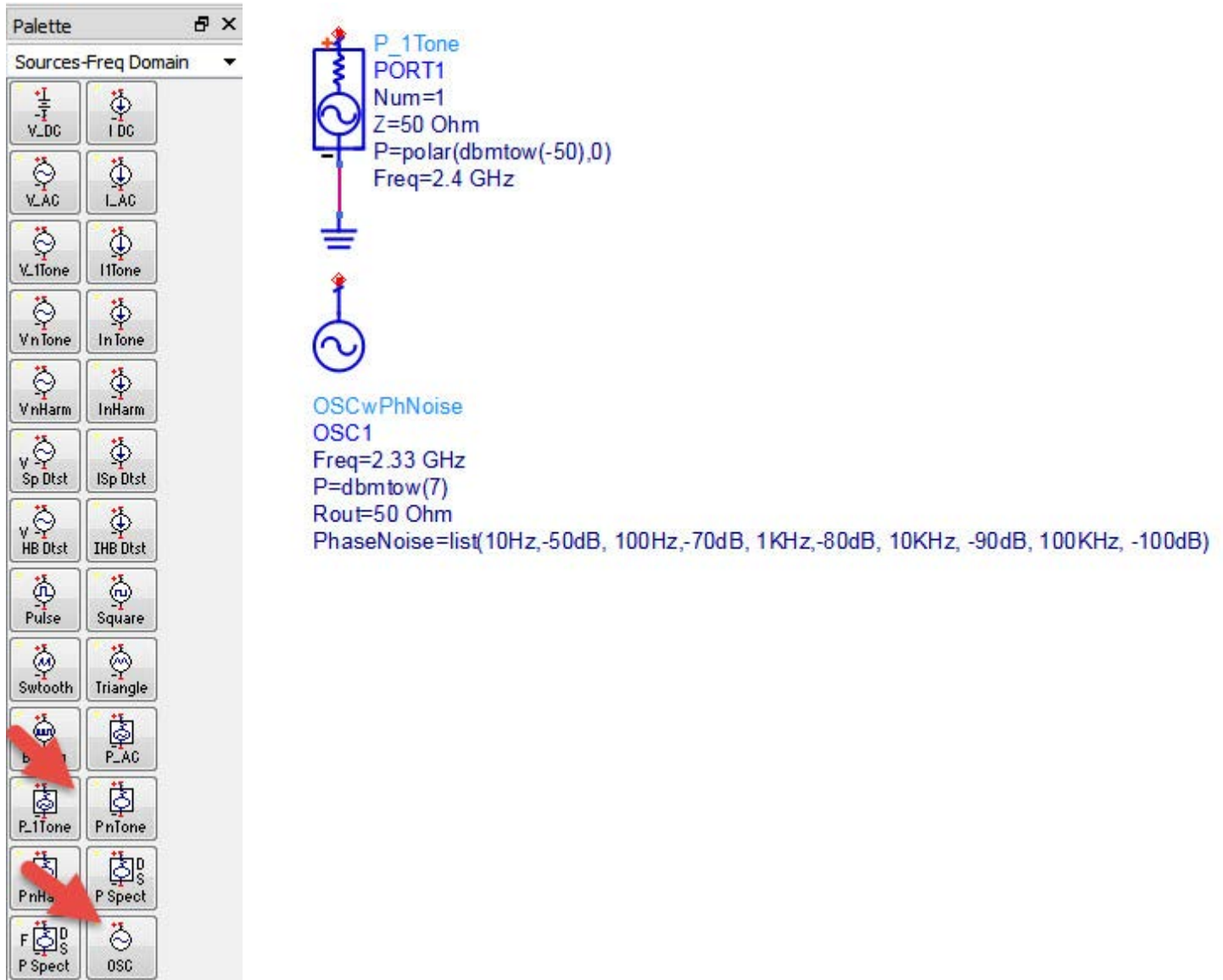


Рис. 115.

- Вставьте компонент **HB simulation controller** (Контроллер симуляции методом гармонического баланса) из библиотеки **Simulation-HB** (Симуляция-Гармонический баланс) и задайте его характеристики, как показано ниже.


Совет:

Следуйте общим рекомендациям в случае симуляции с более чем одним источником (или тоном): канал частоты с более мощным сигналом следует задавать первым, т. е. компоненты, относящиеся к различным частотам, должны располагаться в порядке убывания мощности. Если тоны или источники обладают одинаковой мощностью, разработчик может решить сам, какую частоту задавать первой.

HARMONIC BALANCE

HarmonicBalance
 HB1
 MaxOrder=7
 Freq[1]=2.33 GHz
 Freq[2]=2.4 GHz
 Order[1]=5
 Order[2]=5

Рис. 116.

- Установите на выход (после второго усилителя ПЧ) компонент **Term** (Нагрузка), нажмите на иконку **Wire Label** (Метка проводника) , в открывшемся окне введите "vout" и нажмите на контакт "+" компонента нагрузки.
- По завершении схема системы приемника должна выглядеть, как показано ниже.

HARMONIC BALANCE

HarmonicBalance
 HB1
 MaxOrder=7
 Freq[1]=2.33 GHz
 Freq[2]=2.4 GHz
 Order[1]=5
 Order[2]=5

Mixer2
 MIX 1
 SideBand=BOTH
 OutputSidebandSuppression=-35 dB
 InputImageRejection=-35 dB
 ConvGain=dbpolar(-8,0)
 SP21=dbpolar(-35,0)
 SP31=dbpolar(-35,0)
 SP32=dbpolar(-35,0)

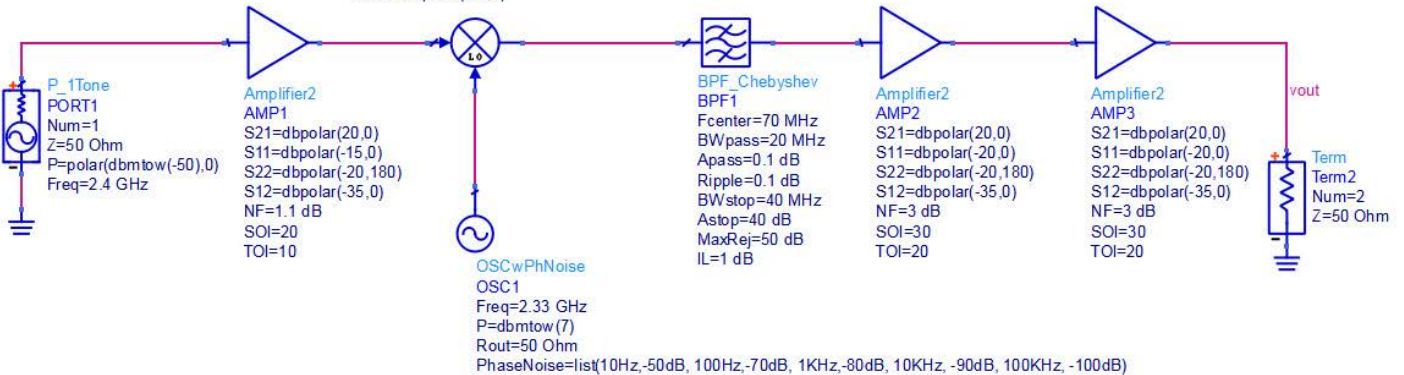


Рис. 117.

- Сохраните схему и нажмите на иконку **Simulate** (Симулировать). Вставьте в окно дисплея данных график в прямоугольной системе координат, из списка измерений добавьте "vout" и выберите "Spectrum in dBm" (Спектр в дБм) для просмотра выходного спектра.

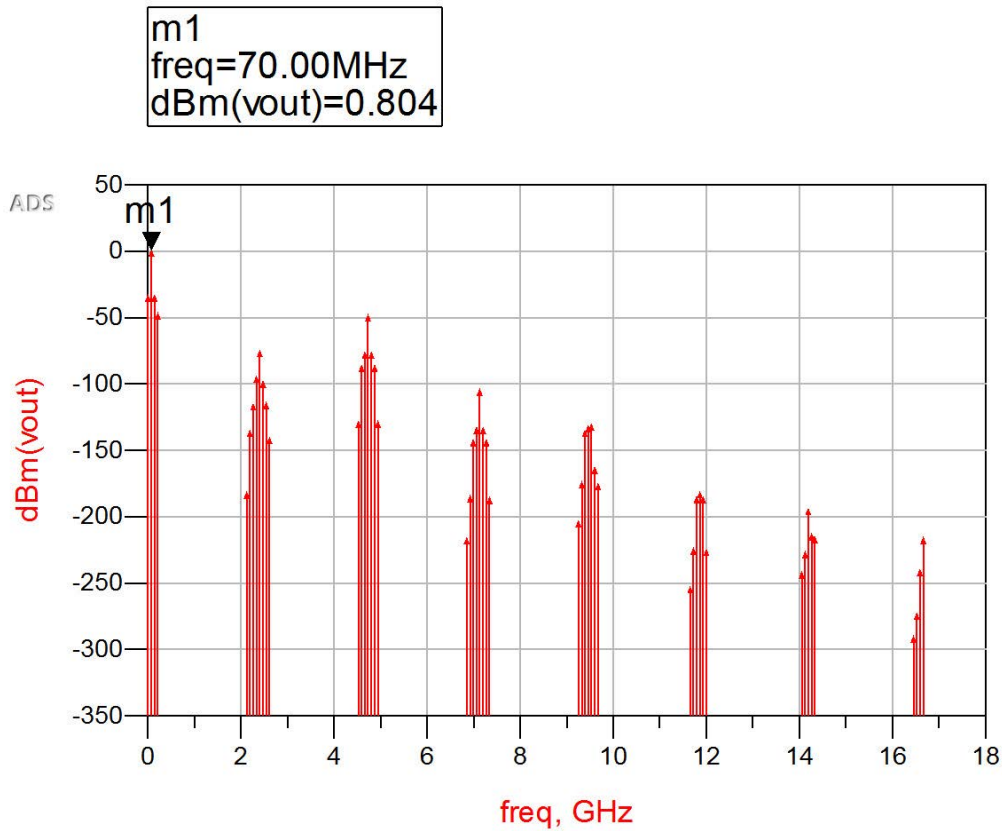


Рис. 118.

Дополнительное замечание:

Попробуйте разместить метку проводника в различных точках и просмотреть спектр в этих узлах.

Симуляция фазового шума

Симуляция фазового шума очень важна для систем приемников. В приведенном ниже примере показано, как выполнять анализ фазового шума с помощью симуляции методом гармонического баланса в системе ADS.

1. Нажмите правой кнопкой на **Lab5a_RFSystemDesign**, затем нажмите **Copy Cell** (скопировать ячейку).
2. В открывшемся окне задайте новое имя: Lab5b_RFSystemDesign_PhaseNoise.
3. Откройте схему этой только что скопированной ячейки и вставьте в нее блок NoiseCon (Контроллер шума) из библиотеки Simulation-HB (Симуляция-Гармонический баланс).
4. Двойным щелчком мыши откройте свойства блока NoiseCon и задайте следующие параметры:
 - a. Вкладка Freq (Частота):
 - i. Sweep Type = Log (Тип свипирования: логарифмический)
 - ii. Start = 10 Hz, Stop = 100 kHz (Начальная частота: 10 Гц, Конечная частота: 100 кГц)
 - iii. Параметр Num. of pts. (кол-во точек) автоматически примет значение 5, указывая на 5 частот анализа шума, а именно 10 Гц, 100 Гц, 1 кГц, 10 кГц и 100 кГц, что совпадает с тем, что мы задаем в генераторе, используемом в качестве источника сигнала гетеродина в системе
 - b. Вкладка Nodes (Узлы):
 - i. Из выпадающего списка выберите Pos Node = vout, что представляет собой выходной узел, на который мы установили метку в лабораторном упражнении ранее
 - ii. Нажмите **Add** (Добавить)
 - c. Вкладка Phase Noise (Фазовый шум):
 - i. Phase Noise Type = Phase Noise Spectrum (Тип фазового шума: Спектр фазового шума)
 - ii. В поле Specify Phase Noise Carrier (Задайте несущую фазового шума) задайте значение Frequency (Частота) равным 70 MHz. Вместо этого мы также можем задать Carrier mixing indices (Индексы смешения несущих) как {-1,1} и т. д.
5. Нажмите **OK**. Теперь наш контроллер шума настроен правильно. Нам осталось выполнить еще одно дополнительное действие, подсоединив этот контроллер шума к нашему контроллеру симуляции методом гармонического баланса.
6. Дважды нажмите на компонент **HB controller** (Контроллер симуляции методом гармонического баланса) и перейдите на вкладку **Noise** (Шум).
 - a. Проверьте опцию **Noise Cons** (Контроллеры шума)
 - b. Из выпадающего списка Edit (Редактирование) выберите NC1 (имя контроллера шума)
 - c. Нажмите **Add** (Добавить)
 - d. Нажмите **OK** и закройте окно свойств контроллера симуляции методом гармонического баланса
7. Запустите **симуляцию**. Откроется новое окно дисплея данных. Вставьте новый график в прямоугольной системе координат и выберите отображение "vout" в дБм, чтобы просмотреть тот же спектр, что и в лабораторной ранее.

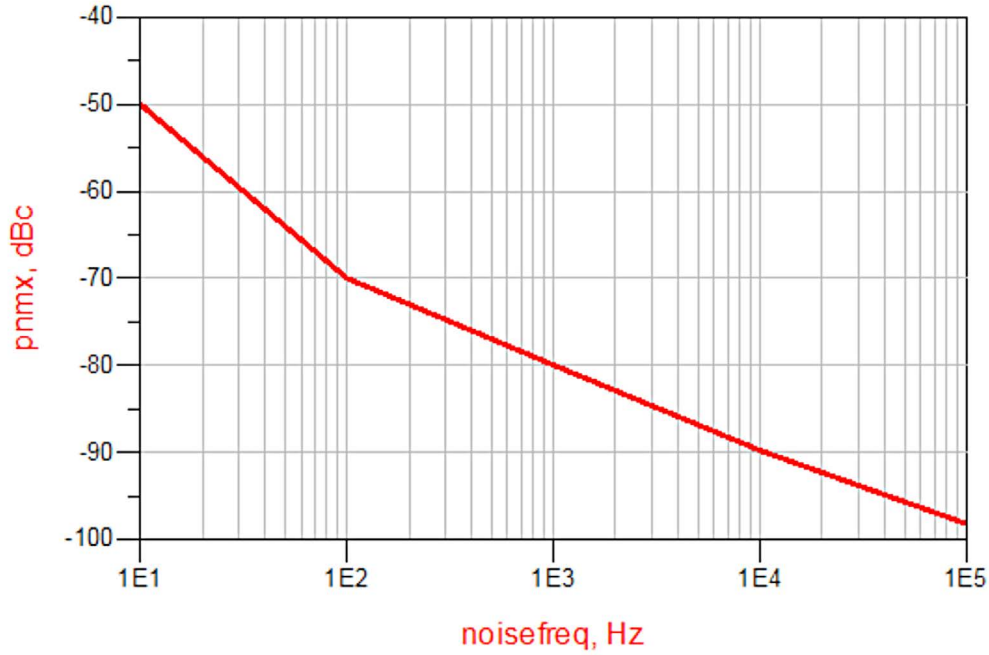



Рис. 119.

8. Вставьте новый график в прямоугольной системе координат, выберите для построения "pnmx" (т. е. фазовый шум) и в опциях графика измените настройку X-axis (Ось X) на Log (Логарифмическая). Нажмите ОК, чтобы просмотреть график фазового шума при различных смещениях.

Двухтональная симуляция системы приемника

Выполнение двухтональной симуляции также имеет особую важность для анализа на системном уровне. Приведенный здесь пример показывает, как выполнять двухтональную симуляцию систем на основе частотного преобразования.

1. Нажмите правой кнопкой на **Lab5a_RFSystemDesign**, затем нажмите **Copy Cell** (скопировать ячейку).
2. В открывшемся окне введите имя: Lab5c_RFSystemDesign_2Tone и нажмите ОК.
3. Откройте схему только что скопированной ячейки. Для выполнения двухтональной симуляции нам необходимо заменить источник P_1Tone, который сейчас используется в качестве РЧ-источника. Удалите однотональный источник и вставьте в схему источник **P_nTone** из библиотеки **Sources-Freq Domain** (Источники-Частотная область).
4. Дважды нажмите на источник P_nTone и отредактируйте свойства, как указано ниже:
 - a. Нажмите на **Freq[1]** (Частота 1) и введите частоту 2.399 GHz, нажмите **Apply** (Применить)
 - b. Нажав кнопку **Add** (Добавить), добавьте частоту 2-го тона с именем Freq[2] и введите значение частоты 2.401 GHz, нажмите **Apply** (Применить)
 - c. Нажмите на **P[1]**, что представляет собой мощность 1-го тона, введите `polar(dbmtow(-50),0)` и нажмите **Apply** (Применить)
 - d. Нажав кнопку **Add** (Добавить), добавьте мощность 2-го тона и введите такое же значение, как у 1-го тона. Обратите внимание, что для двухтонального тестирования мощности обоих тонов обязательно должны быть одинаковыми; в противном случае анализ будет недостоверным
5. Теперь, поскольку в схеме у нас есть три источника частот, мы должны изменить симулятор гармонического баланса, чтобы задать эти три частоты для правильного вычисления произведения смешения. Дважды нажмите на контроллер симуляции методом гармонического баланса и задайте три частоты в следующем порядке:
 - a. Freq[1] = 2.33 GHz
 - b. Freq[2] = 2.399 GHz
 - c. Freq[3] = 2.401 GHz
6. Нажав кнопку **Simulate** (Симулировать), запустите симуляцию, после чего увеличьте масштаб с помощью иконки увеличения графика  на дисплее данных примерно до 70 МГц, чтобы просмотреть результаты двухтональной симуляции, как показано ниже.

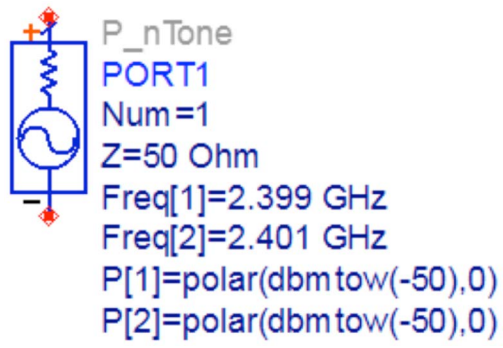


Рис. 120.

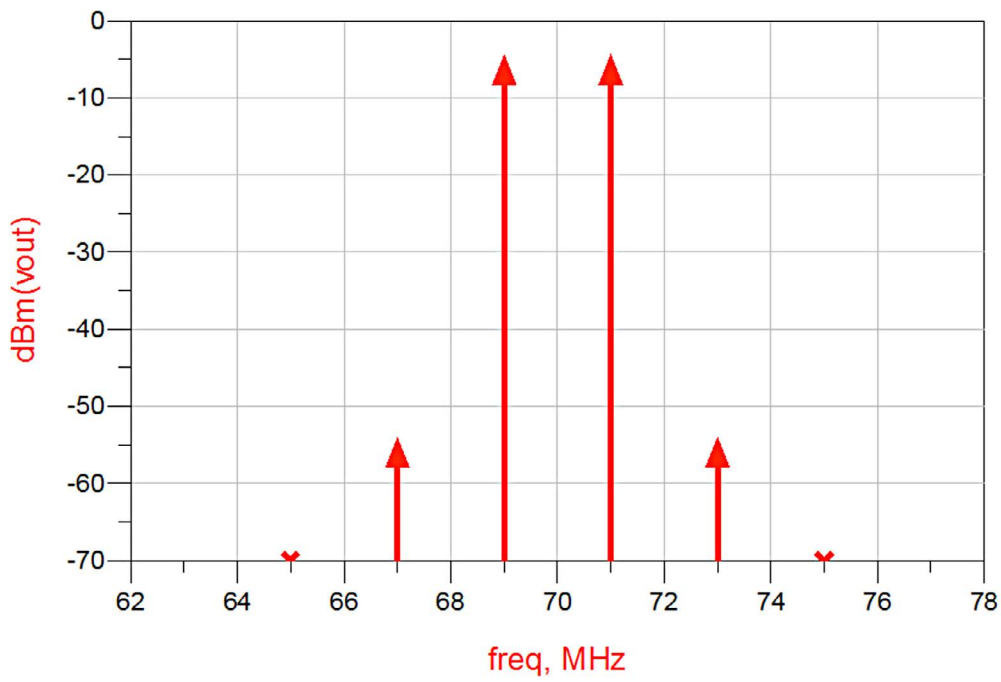


Рис. 121.

Практический пример 4: Анализ бюджета РЧ-системы

Выполнение анализа бюджета РЧ-системы очень полезно для определения характеристик поведения системы и анализа того, как она ведет себя по мере передачи сигнала из каждого компонента. Самый простой способ выполнения анализа бюджета РЧ-системы – применение контроллера анализа бюджета, который содержит более 40 видов встроенных измерений бюджета, обеспечивая простоту использования.

Одним из фундаментальных правил, которые необходимо выполнять при применении контроллера анализа бюджета, является то, что следует помнить, что система должна включать в себя только компоненты с двумя портами за исключением файлов S2P и усилителя с АРУ (автоматической регулировкой усиления). Библиотека системы ADS Simulation-Budget (Симуляция-Бюджет) содержит специальный смеситель с внутренним гетеродином, так что становится возможным выполнять анализ супергетеродинных систем.

Шаг 1 - Модификация проекта РЧ-системы

1. Скопируйте ячейку **Lab5a_RFSystemDesign**, нажав на нее правой кнопкой мыши и выбрав Copy Cell (Скопировать ячейку), и задайте новое имя: **Lab5d_RFSystemDesign_Budget**.

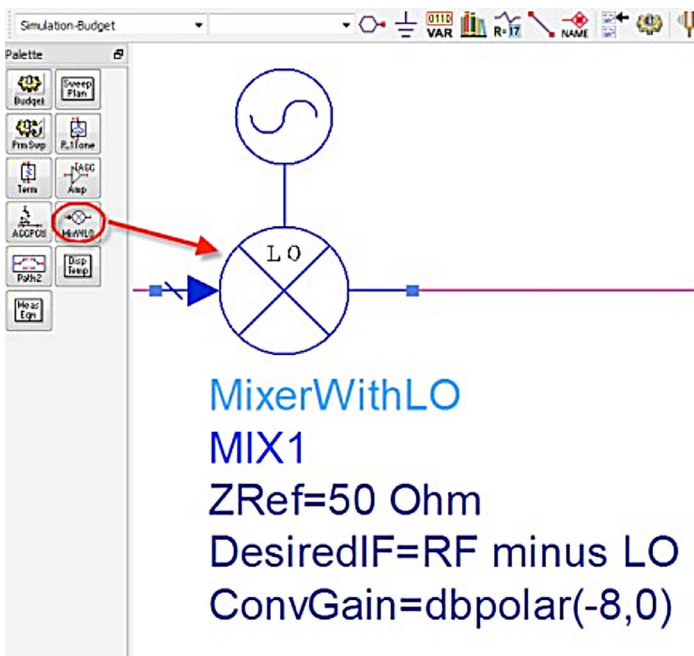


Рис. 122.

2. Для выполнения анализа бюджета нашей системы приемника, нам необходимо заменить смеситель и компонент источника сигнала гетеродина на компонент смесителя с гетеродином из библиотеки Simulation-Budget (Симуляция-Бюджет), как показано здесь.
 - Измените следующие параметры:
 - ConvGain=dbpolar(-8,0)
 - Desired IF = RF minus LO
3. Удалите контроллер симуляции методом гармонического баланса и вставьте контроллер Budget (Бюджета) из библиотеки Simulation-Budget (Симуляция-Бюджет), дважды нажмите на него и измените параметры в вкладке Setup (Настройка), как показано ниже. В вкладке Measurements (Измерения) выберите измерения, как показано ниже (а именно: Cmp_NF_dB, Cmp_OutP1 dB_dBm, NF_RefIn_dB, OutTOI_dBm, OutSOI_dBm).

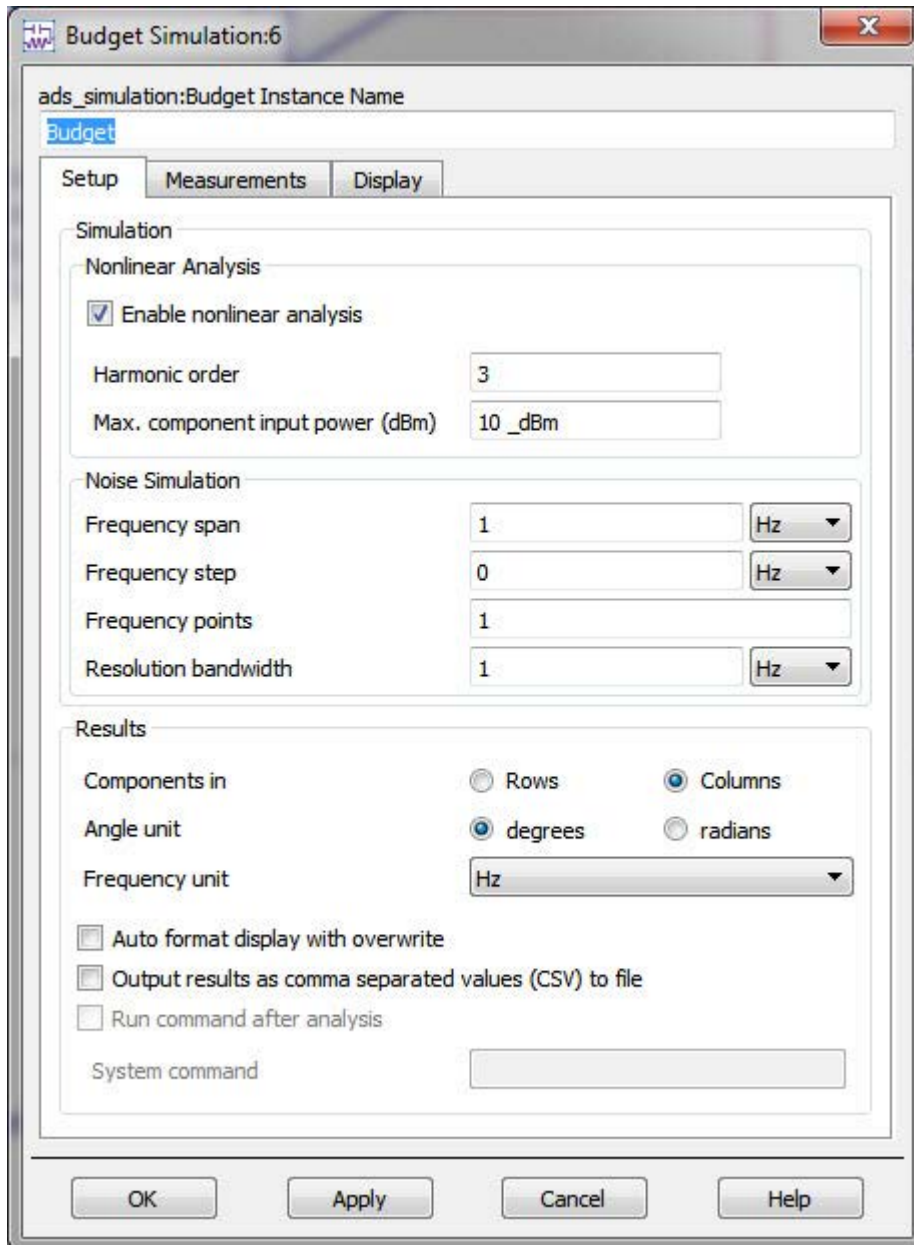


Рис. 123.

Шаг 2 - Выполнение анализа бюджета

1. Схема в целом должна выглядеть подобно показанной ниже. Нажмите кнопку **Simulate** (Симулировать).

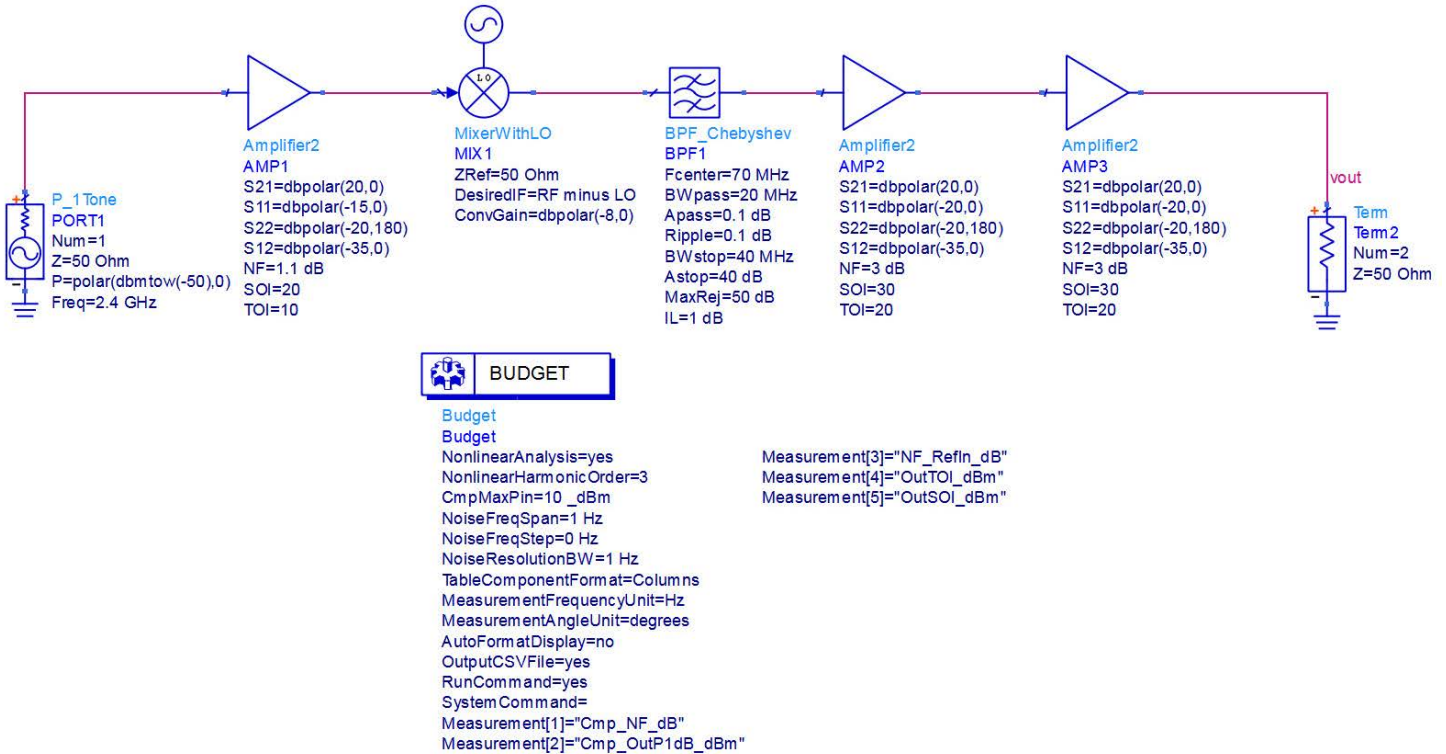


Рис. 124.

Вставьте на страницу дисплея данных график в прямоугольной системе координат. Из списка измерений выберите **OutTOI_dBm**, нажмите кнопку **Add Vs>>** (Добавить аргумент) и выберите **Cmp_RefDes** для отображения измерений бюджета по отношению к именам компонентов, так чтобы было проще просматривать результаты, относящиеся к компонентам с определенными именами, применяемыми в схеме проекта РЧ-системы. (Обратите внимание на ось X, на которой должны отображаться имена компонентов системы).

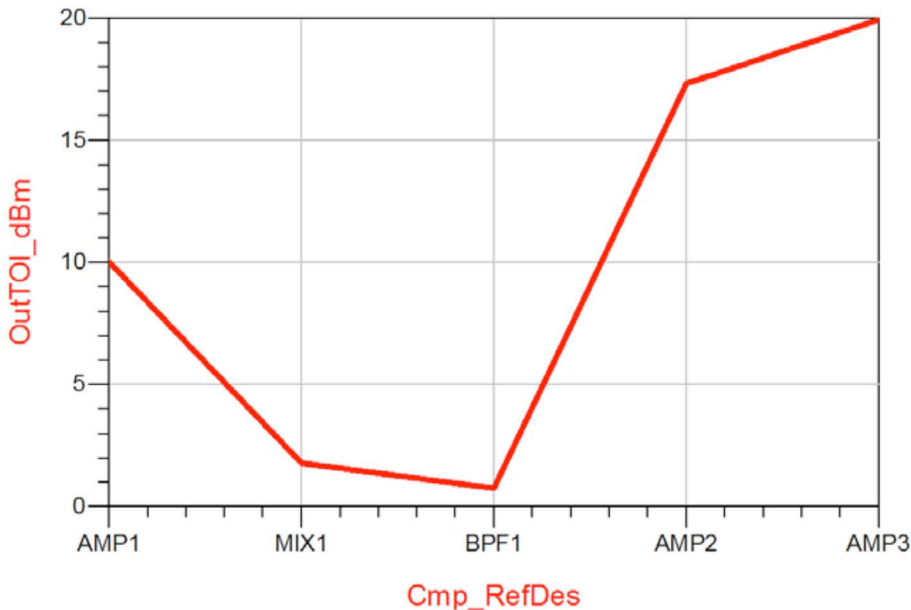


Рис. 125.

2. Аналогично, добавьте OutSOI_dBm, Cmp_OutP1 dB_dBm, NF_Refln_ dB по отношению к Cmp_ResDes, чтобы просмотреть другие измерения бюджета, как показано на рисунках.

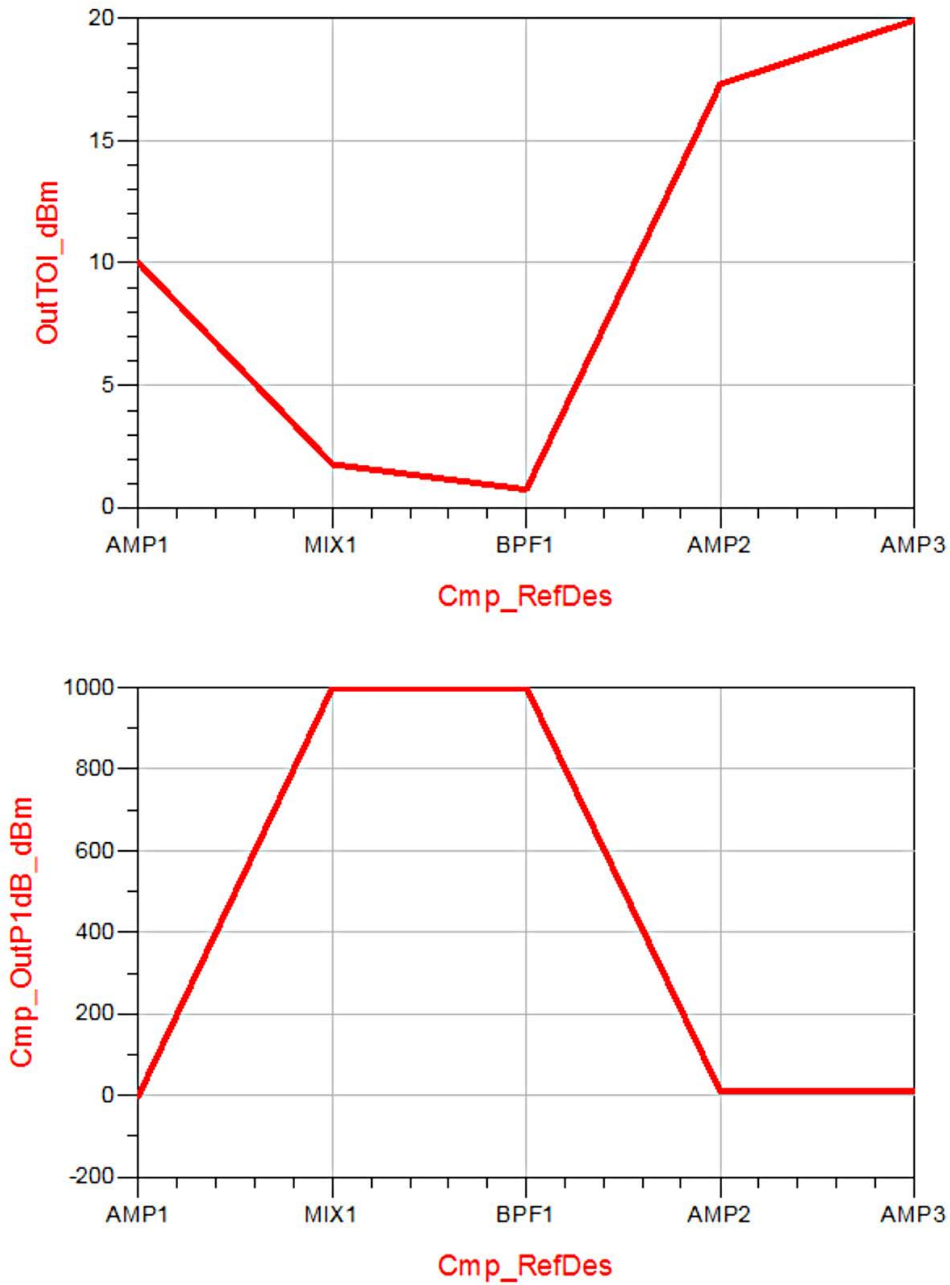


Рис. 126.

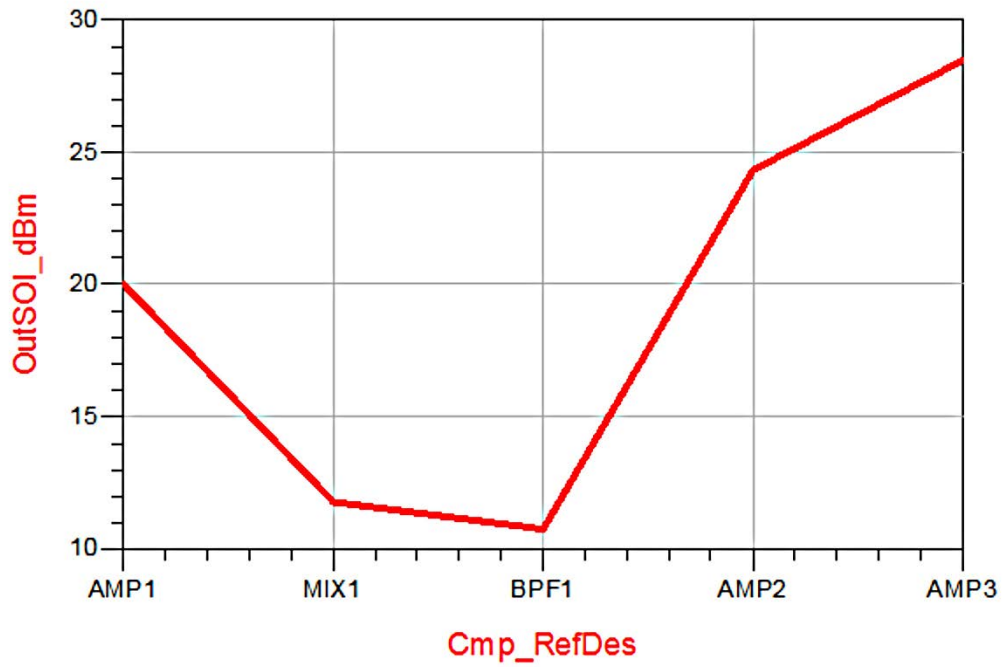


Рис. 127.

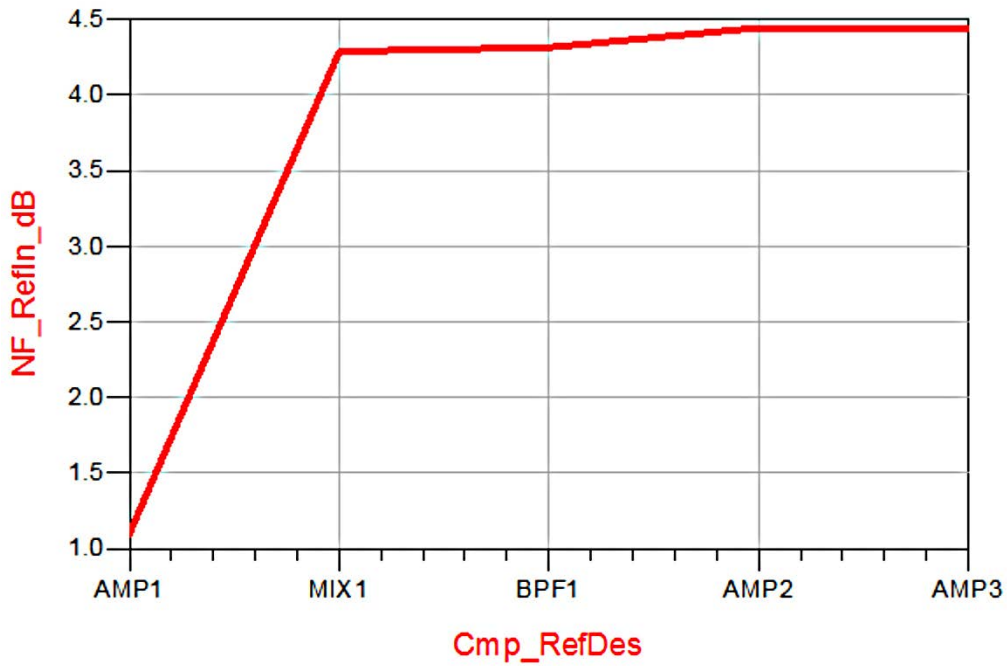



Рис. 128.

Вопрос: Почему коэффициент шума приемника составляет около 4,5 дБ? Это слишком много или соответствует ожиданиям?

Попробуйте сравнить его с теоретическими расчетами с применением выражения коэффициента каскадного шума.

Практический пример 5: Экспорт результатов PC анализа бюджета в Excel

Контроллер анализа бюджета системы ADS позволяет экспортировать результаты симуляции бюджета в программу Microsoft Excel. Для доступа к данной функции дважды нажмите на блок **Budget Controller** (Контроллер анализа бюджета)  BUDGET и выберите опции, как показано ниже. Также нам необходимо ввести путь к программе Excel.exe в соответствии с параметрами установки.

В показанном ниже случае путь представляет собой **C:\Program Files (x86)\Microsoft Office\Office12\Excel.exe**

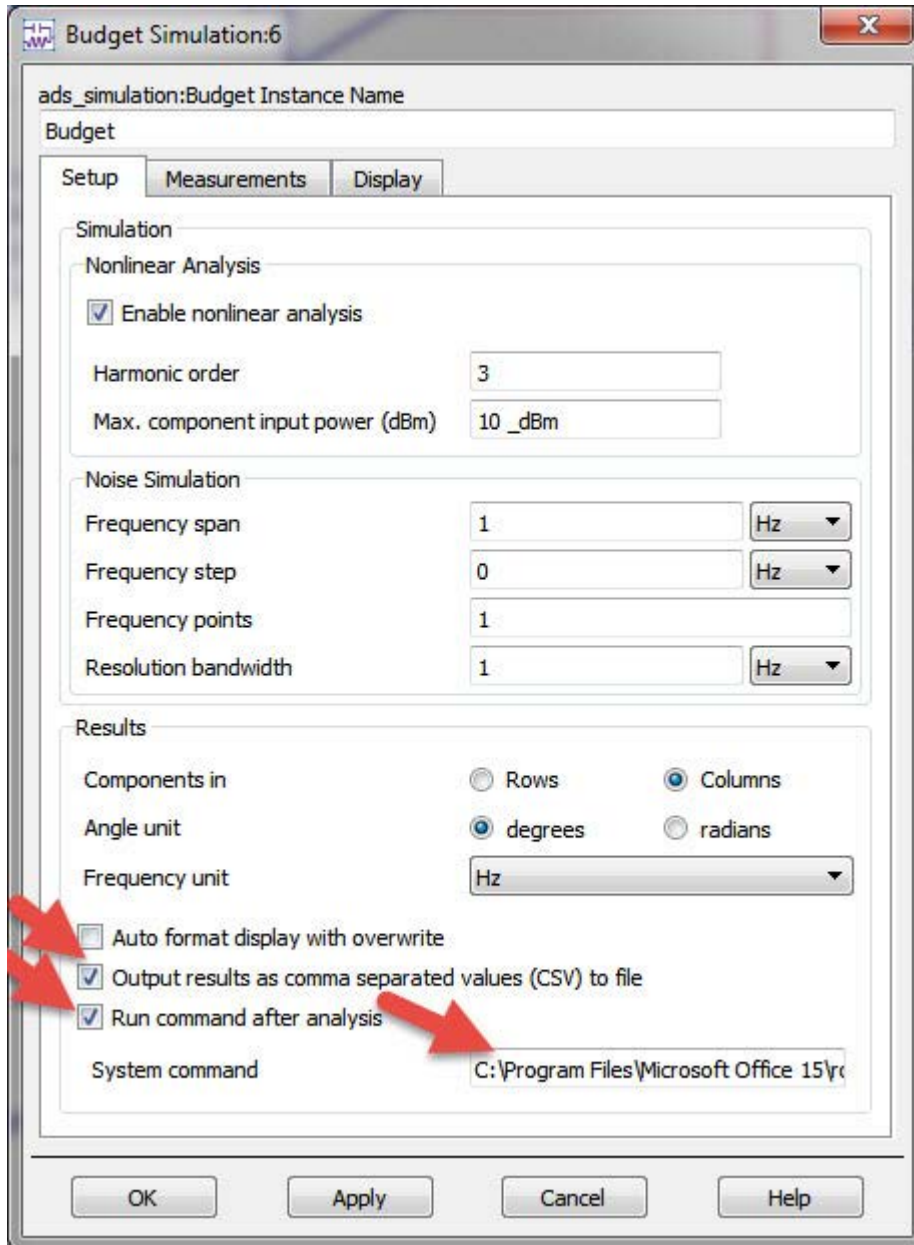


Рис. 129.

При нажатии на иконку **Simulate** (Симулировать) вы увидите, как откроется программа Excel с результатами нашей симуляции бюджета. Прокрутите вниз страницу Excel и обратите внимание на результаты симуляции бюджета, показанные ниже на снимке с экрана.

42	Meas_Name	AMP1	MIX1	BPF1	AMP2	AMP3
43	Cmp_NF_dB	1.131617	8.036397	1.021553	3.021827	3.021827
44	Cmp_OutP1dB_dBm	-0.63804	1000	1000	9.366897	9.366965
45	NF_RefIn_dB	1.1	4.285689	4.312709	4.441894	4.443175
46	OutTOI_dBm	10	1.755889	0.729914	17.30733	19.91895
47	OutSOI_dBm	20	11.75589	10.72991	24.30329	28.46084
48						

Рис. 130.

Поздравляем! Вы завершили раздел «Разработка РЧ-систем». Дополнительные примеры вы найдете здесь:

www.Keysight.com/find/eesof-ads-rfmw-examples

Download your next insight

Программное обеспечение компании Keysight является воплощением профессионального опыта и знаний ее сотрудников. Мы готовы обеспечить вас инструментами, которые помогут сократить сроки сбора первичных данных и принятия решения на всех этапах – от предварительного моделирования изделия до отгрузки готового продукта заказчику.

- Системы автоматизированного проектирования (САПР) радиоэлектронных устройств
- Прикладные программы
- Среды программирования
- Программные утилиты



Более подробная информация:

www.keysight.com/find/software

Бесплатная пробная лицензия на 30 дней:

www.keysight.com/find/free_trials

Российское отделение Keysight Technologies

115054, Москва, Космодамианская наб., 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 7973954,

8 800 500 9286 (Звонок по России бесплатный)

Факс: +7 (495) 7973902

e-mail: tmo_russia@keysight.com

www.keysight.ru

Сервисный Центр Keysight Technologies в России

115054, Москва, Космодамианская наб., 52, стр. 3

Тел.: +7 (495) 7973930

Факс: +7 (495) 7973901

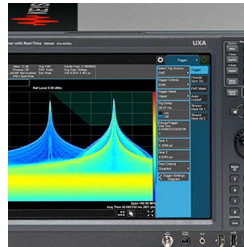
e-mail: tmo_russia@keysight.com

(BP-02-10-16)

От Hewlett-Packard и Agilent к Keysight

Более 75 лет мы вкладываем весь наш опыт и знания, всю нашу энергию в разработку измерительных решений нового поколения. Уникальное сочетание передового контрольно-измерительного оборудования, программных решений и опыта наших сотрудников способствует рождению революционных технологий.

Мы разрабатываем измерительные технологии с 1939 года.



1939

БУДУЩЕЕ

myKeysight

myKeysight

www.keysight.com/find/mykeysight

Персонализированное представление наиболее важной для Вас информации



Unlocking Measurement Insights

Информация может быть изменена без уведомления.

© Keysight Technologies, 2016

Published in USA, May 13, 2016

5992-1488RURU

www.keysight.com