**Характеристики приемника**

Таблица 1 – Начальные данные

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметр | Значение | Размерность |
| Потери на входе тракта (Loss) | 3 | дБ |
| Чувствительность(REFSENS) | -108.2 | дБм |
| Максимальный уровень полезного сигнала на входе(MAX\_IN) | -28\* | дБм |
| Апертура АЦП | 3.98 | дБм |
| Полоса сигнала (BW) | 200.0 | кГц |
| SNR | 1.5 | дБ |

\*с учетом потерь на входе (Loss)

Таблица 2 – Основные интегральные характеристики

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Значение  Тест 1 | Значение  Тест 2 | Размерность |
| Коэффициент шума приемника | 8.29 | | дБ |
| Максимальное усиление приемника | 112.18 | | дБ |
| Минимальное усиление приемника | 31.98 | | дБ |
| Диапазон перестройки усиления | 80.2 | | дБ |
| Подавление на отстройке 85МГц(ВЧ) | 14.5 | | дБ |
| Фазовый шум на 0 Гц | -71.8 | -71.8 | дБн/Гц |
| Фазовый шум на частоте помехи | -118 | -130 | дБн/Гц |
| Подавление зеркального канала | 29.5 | | дБ |
| Точка пересечения IIP3 | -14.15 | | дБм |
| Точка компрессии по входу | -25 | | дБм |
| IIP3=P1dB+10 | -15 | | дБм |

**Out-of-band блокирующие сигналы**

Таблица 3 – Out-of-band блокирующие сигналы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Разм. | Частота | | |
| Диапазон 1 | Диапазон 2 | Диапазон 3 |
| Мощность сигнала | дБм | REFSENS+6 | | |
| Мощность помехи | дБм | -44 | -30 | -15 |
| Частоты помех | МГц | FL-15 до FL-60 | FL-60 до FL-85 | FL-85 до 1МГц |
| МГц | FH+15 до FH+60 | FH+60 до FH+85 | FH+85 до 12.75ГГц |

\*FL-нижняя граница спектра полезного сигнала, FH – верхняя граница полезного сигнала.



Рисунок 1 – Out-of-band блокирующие сигналы

**In-Band блокирующие сигналы**

Таблица 4 – In-band блокирующие сигналы

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **IBB1 Тест** | | Разм. |
| Мощность сигнала | REFSENS+6 | дБм |
| Помеха | E-UTRA |  |
| Мощность помехи | -56 | дБм |
| Полоса пропускания помехи | 5 | МГц |
| Смещение помехи относительно сигнала | ±7.5 | МГц |
| **IBB2 Тест** | |  |
| Мощность сигнала | REFSENS+6 | дБм |
| Помеха | E-UTRA |  |
| Мощность помехи | -44 | дБм |
| Полоса пропускания помехи | 5 | МГц |
| Смещение помехи относительно сигнала | ±(12.5..15) | МГц |



Рисунок 2 – In-band блокирующие сигналы

**Селективность по соседнему каналу (Adjacent channel selectivity (ACS))**

Таблица 5 – параметры ACS

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **ACS1 Тест** | | | Разм. |
| Помеха | GSM (GMSK) | E-UTRA |  |
| Мощность сигнала | REFSENS+14 | | дБм |
| Мощность помехи | REFSENS+42 | REFSENS+47 | дБм |
| Полоса помехи | 200кГц | 5МГц |  |
| Смещение помехи относительно сигнала | ±200кГц | ±2.5МГц |  |
| **ACS2 Тест** | | |  |
| Помеха | GSM (GMSK) | E-UTRA |  |
| Мощность сигнала | -53 | -58 | дБм |
| Мощность помехи | -25 | | дБм |
| Полоса помехи | 200кГц | 5МГц |  |
| Смещение помехи относительно сигнала | ±200кГц | ±2.5МГц |  |



Рисунок 3 – ACS1

**Расчет параметров приемного тракта**

1.Чувствительность приемника

Чувствительность приемника определяется как

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (1) |

где REFSENS – заданный уровень чувствительности, BW – полоса сигнала, NF- коэффициент шума приемника, SNR – минимальное значение сигнал/шум, Loss – потери на входе приемного тракта.

По выражению (1) было определено значение коэффициента шума, значение внесено в таблицу 2.

2. Усиление приемного тракта

Максимальное усиление приемника определяется как разница между апертурой АЦП и уровнем чувствительности. Минимальное усиление определяется как разница между апертурой АЦП и максимальным сигналом на входе. Диапазон перестройки определяется как разница между максимальным и минимальным усилением.

Полученные значения внесены в таблицу 2.

3. Подавление внеполосных помех

Для корректной работы требуется подавить внеполосные помехи до уровня, не превышающего значение максимального уровня полезного сигнала (MAX\_IN), c учетом требуемого значения сигнал/шум.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (2) |

где Pout – значение внеполосной помехи.

Полученные значения подавления приведены в таблице 2.

4. Требования к фазовым шумам синтезатора

При переносе высокочастотного (ВЧ) сигнала на низкую частоту на полезный сигнал также переносятся фазовые шумы, при наличии рядом с сигналом блокирующего сигнала его фазовые шумы внесут дополнительный шум в полезный сигналю. Величина такого шума определяется как

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (3) |

где Pb – мощность помехи, PN- фазовые шумы синтезатора

Для определения величины фазового шума, при котором будет минимальное значение вносимых шумов необходимо приравнять значение NFB к нулю и определить величину фазовых шумов. Расчеты требуется вести для in-band блокирующих сигналов.

Результаты расчета приведены в таблице 2.

5. Подавление зеркального канала

Подавление зеркального канала определяется по данным соседнего канала. Необходимо обеспечить подавление зеркального канала до уровня

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (4) |

Полученное значение приведено в таблице 2.

5. Определения IIP3 и P1dB

Точка интермодуляции третьего порядка определяется как

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | (5) |
|  |  | (6) |

где Pb – мощность помех (-46 дБм на частоте ±2.2МГц и ±4.4МГц).

Результаты расчета приведены в таблице 2.

Точка компрессии по входу определяется по максимальному уровню сигнала на входе плюс некоторый запас. Так, при максимальном входном сигнале минус 28 дБ и запасом 3 дБ точка компрессии должна быть не менее минус 25 дБ. Полученное значение внесено в таблицу 2.

Принимая во внимание тот факт, что в линейной системе точка пересечения интермодуляции третьего порядка расположена на 10 дБ выше точки компрессии, то IIP3 должен быть не менее минус 15 дБм. Результат внесен в таблицу 2.

Литература

1. Darabi, H. (2015). Radio Frequency Integrated Circuits and Systems. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9781139026642

2. Manganaro G, (ed.), Leenaerts DMW, (ed.). Advances in analog and RF IC design for wireless communication systems. 1st ed. ed. Boston: Academic Press Inc., 2013. 320 p.

Приложение А – Скрипт расчета

import numpy as np  
from docx import Document  
##---------------------------------##  
## Initial data ##  
##---------------------------------##  
Loss = 3  
  
Sens = -108.2  
Max\_Input\_Sig = -25 - Loss  
ADC\_FS\_Vpp = 1  
ADC\_FS\_Vrms = ADC\_FS\_Vpp/(2\*2\*\*0.5)  
ADC\_FS\_dBm = 20\*np.log10(ADC\_FS\_Vrms\*1e6)-10\*np.log10(50)-90  
  
BW = 200e3  
SNR = 1.5  
  
#--Tests number  
IBB\_Test=1  
ACS\_Test=1  
  
#out of band blockers  
  
out\_band\_value = [Sens+6, -44, -30, -15]  
out\_band\_freq\_offset = [0, 15e6, 60e6, 85e6]  
  
#in band blockers  
if IBB\_Test==1:  
 in\_band\_value = [Sens + 6, -56 ]  
 in\_band\_freq\_offset = [0, 7.5e6]  
 in\_band\_band = [200e3, 5e6]  
elif IBB\_Test==2:  
 in\_band\_value = [Sens + 6, -44 ]  
 in\_band\_freq\_offset = [0, 12.5e6]  
 in\_band\_band = [200e3, 5e6]  
else:  
 print('Enter correct test number for IBB(IBB\_Test[1,2])')  
  
#adjasted blockers  
if ACS\_Test==1:  
 adj\_value = [Sens+14, Sens+42, Sens+47]  
 adj\_freq\_offset = [0, 200e3, 2.5e6]  
 adj\_band = [200e3, 200e3, 5e6]  
elif ACS\_Test==2:  
 adj\_value = [-53, -25, -25]  
 adj\_freq\_offset = [0, 200e3, 2.5e6]  
 adj\_band = [200e3, 200e3, 5e6]  
else:  
 print('Enter correct test number for ACS(ACS\_Test[1,2])')  
  
#intermodulation characteristics  
Pb\_value = -46  
  
doc = Document('DATA/Receiver\_characteristics/Characteristics.docx')  
doc.tables[0].cell(1,1).text = str(Loss)  
doc.tables[0].cell(2,1).text = str(Sens)  
doc.tables[0].cell(3,1).text = str(Max\_Input\_Sig) + '\*'  
doc.tables[0].cell(4,1).text = str(round(ADC\_FS\_dBm,2))  
doc.tables[0].cell(5,1).text = str(BW/1e3)  
doc.tables[0].cell(6,1).text = str(SNR)  
doc.save('DATA/Receiver\_characteristics/Characteristics.docx')  
  
  
##---------------------------------##  
## Calculate characteristics ##  
##---------------------------------##  
  
#receiver noise figure  
receiver\_noise = 174+Sens-SNR-10\*np.log10(BW)-Loss  
  
#receiver minimum/maximum gain  
receiver\_gain\_max = ADC\_FS\_dBm-Sens  
receiver\_gain\_min = ADC\_FS\_dBm-Max\_Input\_Sig  
receiver\_gain\_dynamic = receiver\_gain\_max-receiver\_gain\_min  
  
doc = Document('DATA/Receiver\_characteristics/Characteristics.docx')  
doc.tables[1].cell(1,1).text = str(round(receiver\_noise,2))  
doc.tables[1].cell(2,1).text = str(round(receiver\_gain\_max,2))  
doc.tables[1].cell(3,1).text = str(round(receiver\_gain\_min,2))  
doc.tables[1].cell(4,1).text = str(round(receiver\_gain\_dynamic,2))  
doc.save('DATA/Receiver\_characteristics/Characteristics.docx')  
  
#Out of band attenuation  
#out power must be less or equal in band power  
out\_of\_band\_att=[]  
for i in range(len(out\_band\_value)):  
 out\_of\_band\_att.append(out\_band\_value[i]-Max\_Input\_Sig+SNR)  
for i in range(len(out\_band\_value)):  
 if out\_of\_band\_att[i]>=0:  
 print(f'1.Out attenuation {out\_of\_band\_att[i]} dB at'  
 f'freq +-{out\_band\_freq\_offset[i]/1e6} MHz\n'  
 f'from carrier frequency')  
  
#in band blockers and characteristics  
in\_band\_phase\_noise = []  
for i in range(len(in\_band\_value)):  
 in\_band\_phase\_noise.append(-174-in\_band\_value[i])  
 print(f'2.In Band Phase Noise {in\_band\_phase\_noise[i]} dBc/Hz'  
 f' at freq {in\_band\_freq\_offset[i]/1e6} Mhz')  
  
  
#adjasted channel calculation  
IMRR = (adj\_value[1]-adj\_value[0])+SNR  
print(f'3.IMRR Value {IMRR} db with IF<=200kHz')  
  
#calculate IIP3  
IIP3 = (3\*Pb\_value-Sens+SNR)/2  
print(f'4.Calculated IIP3 = {round(IIP3,2)} dBm')  
  
#Clculate compression point  
P1dB = Max\_Input\_Sig+3  
print(f'5.Calculated P1dB = {round(P1dB,2)} dBm')  
print(f'5.Calculated IIP3 = P1dB+10 = {round(P1dB+10,2)} dBm')