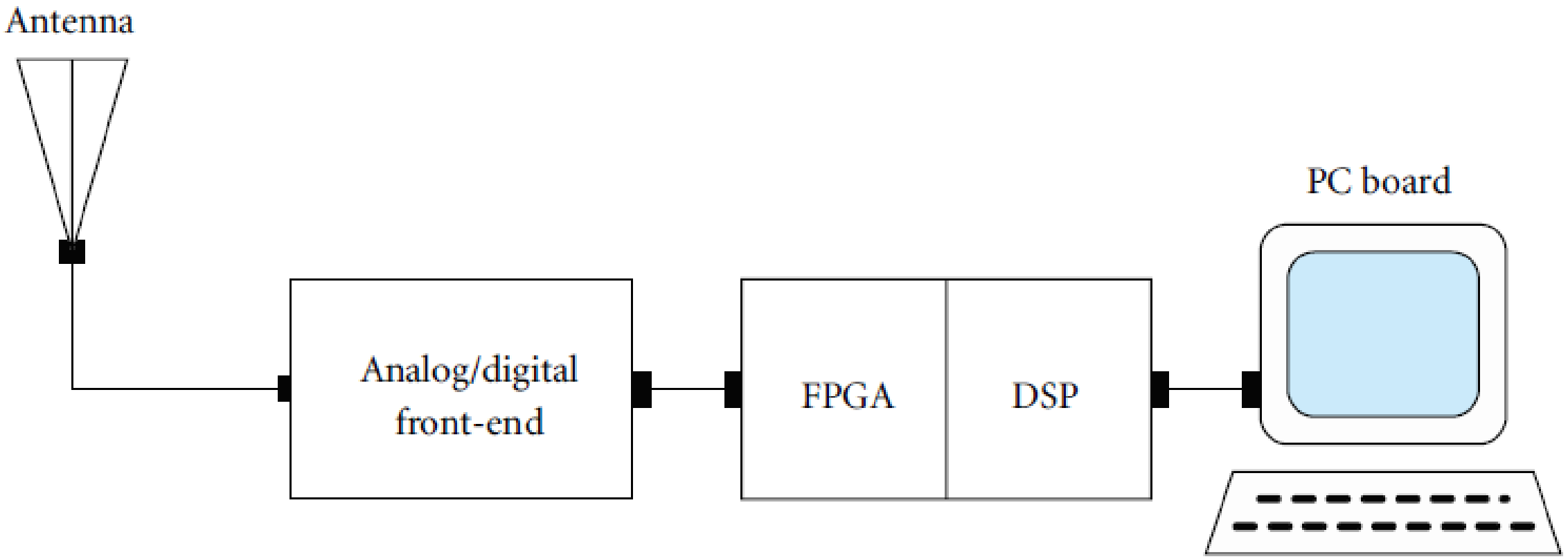
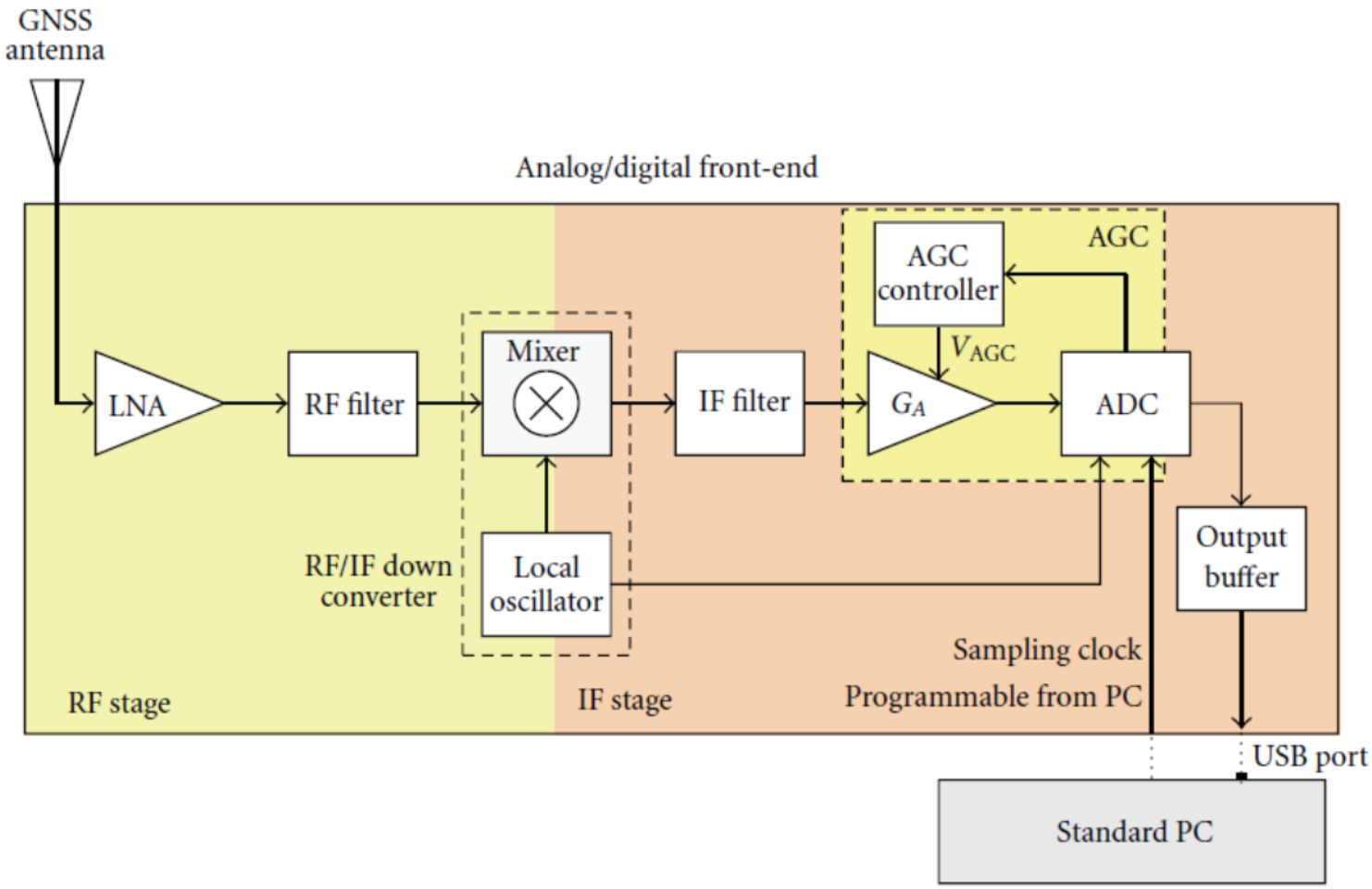
САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
SAMARA UNIVERSITY

Навигационные приемники на базе технологии SDR

Самара, 2020

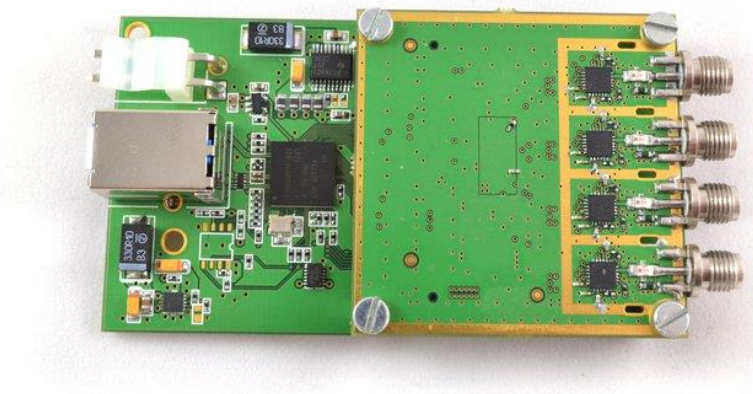

Antenna
Analog/digital front-end
FPGA
DSP
PC board

Модуль Front-End



Отладочные платы Front-End

SDRNAV



NUT4NT (на базе NT1065)

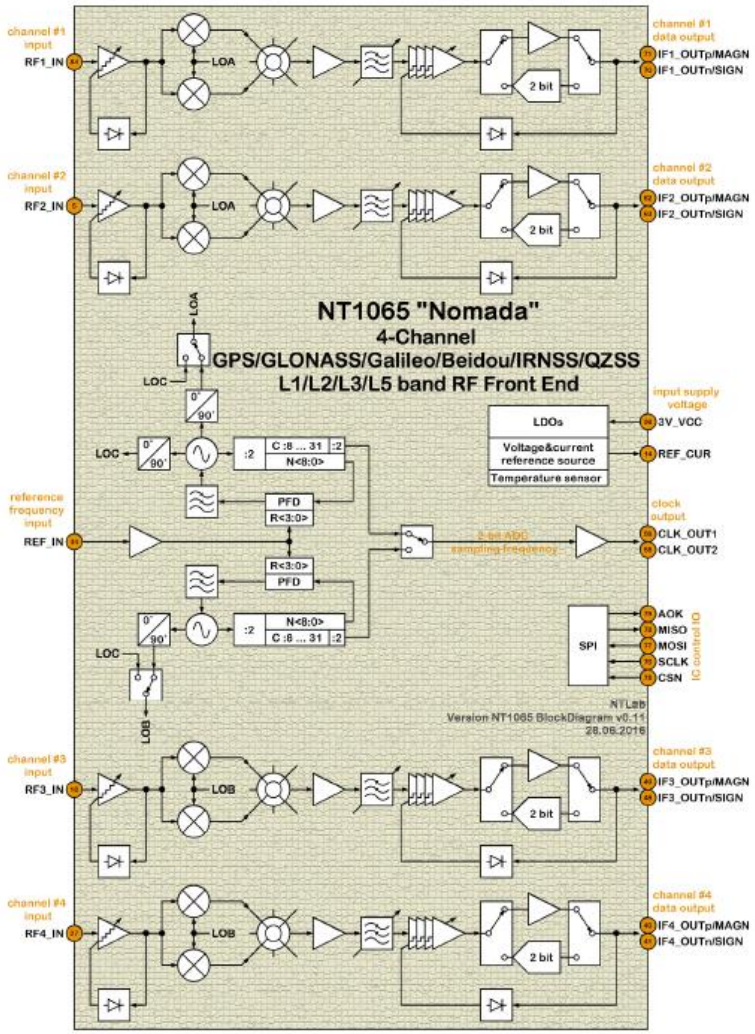
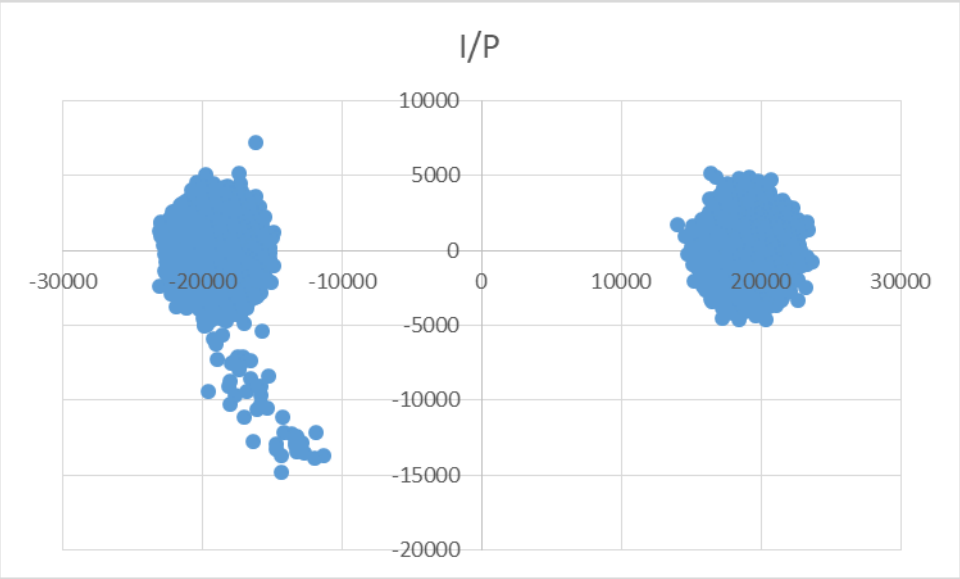


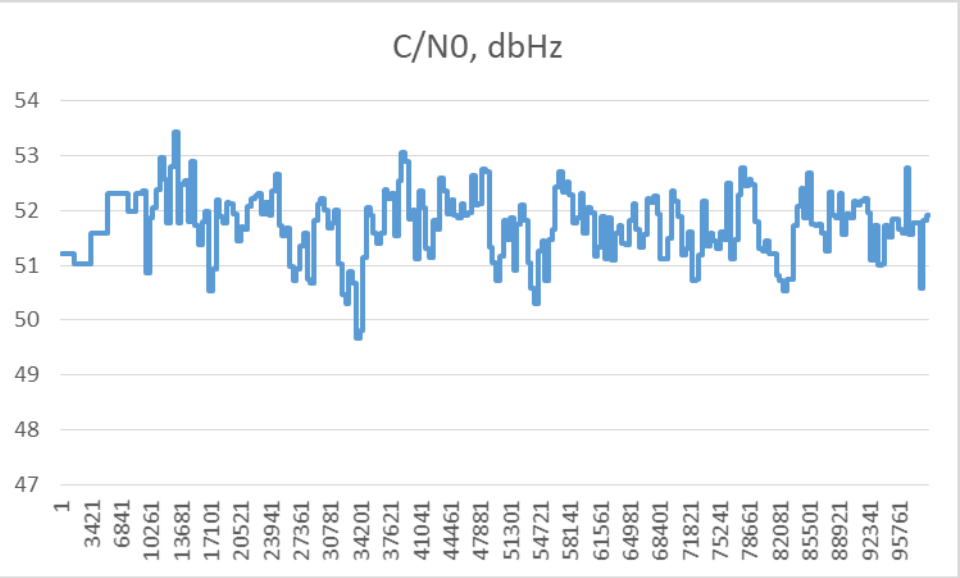
Figure 4.1: NT1065 "Nomada" Block diagram

Acquisition

Tracking

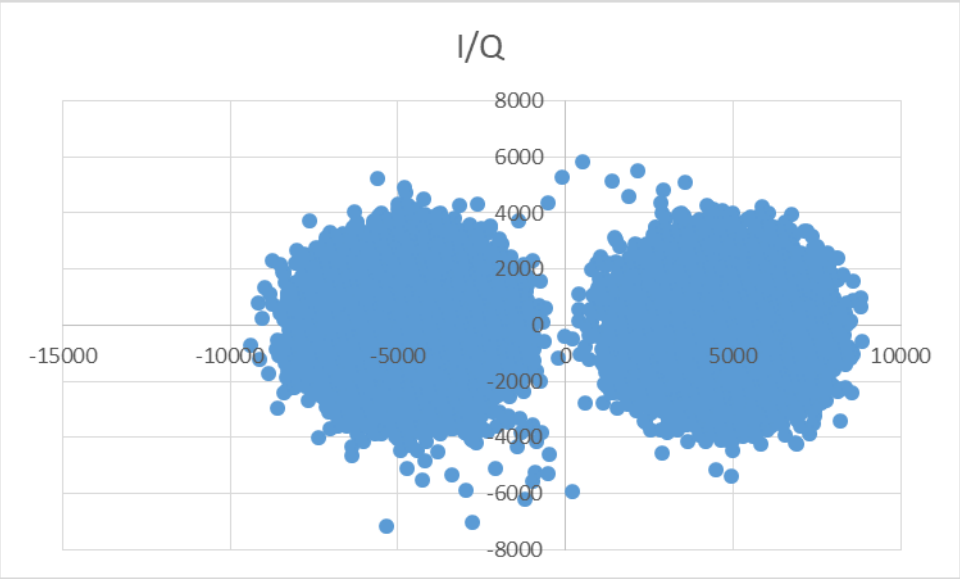

I/P
10000
5000
0
-5000
-10000
-15000
-20000
-30000
-20000
-10000
0
10000
20000
30000

Навигационные данные
25000
20000
15000
10000
5000
0
-5000
-10000
-15000
-20000
-25000
0
50
100
150
200
250
300
350
400
450

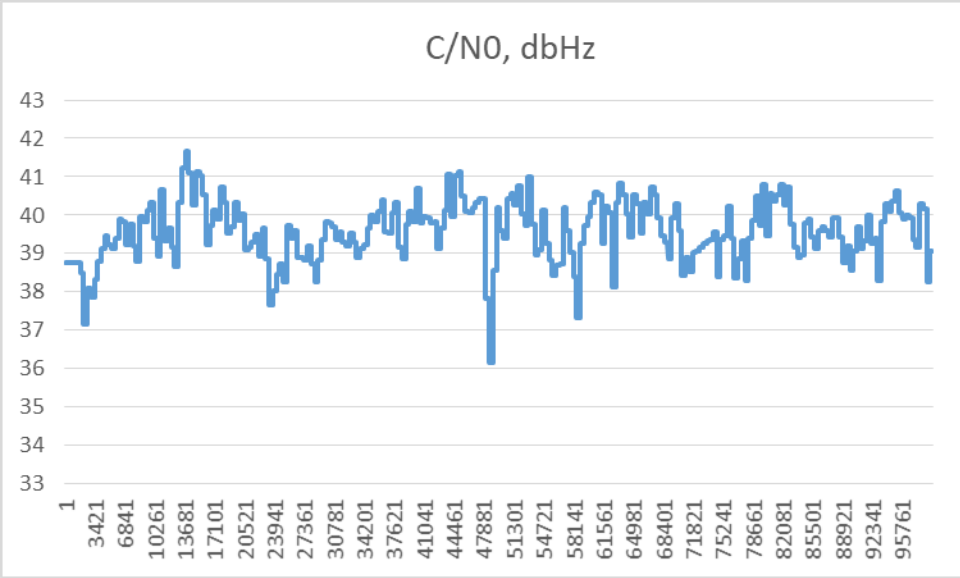

C/N0, dbHz
54
53
52
51
50
49
48
47
1
3421
6841
10261
13681
17101
20521
23941
27361
30781
34201
37621
41041
44461
47881
51301
54721
58141
61561
64981
68401
71821
75241
78661
82081
85501
88921
92341
95761

Объем используемой памяти, байт
350000000
300000000
250000000
200000000
150000000
100000000
50000000
0
1
3969
7937
11905
15873
19841
23809
27777
31745
35713
39681
43649
47617
51585
55553
59521
63489
67457
71425
75393
79361
83329
87297
91265
95233
99201

Tracking

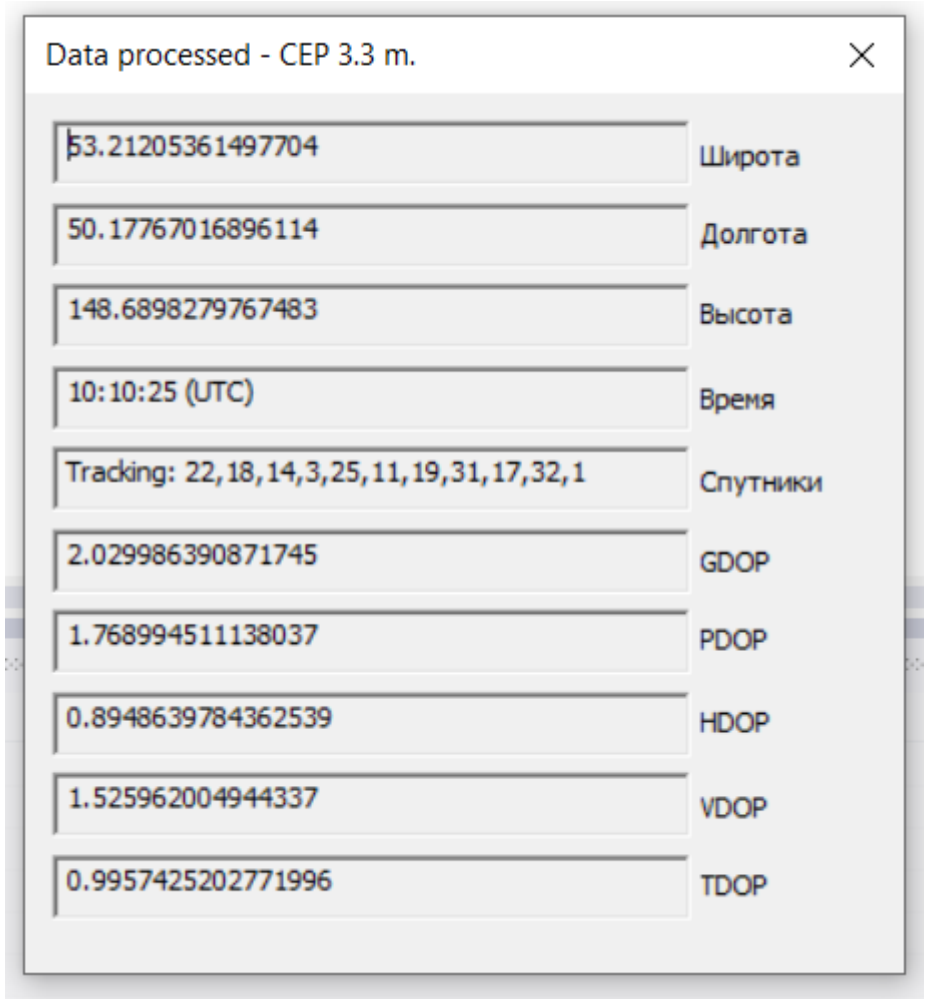

I/Q
8000
6000
4000
2000
0
-2000
-4000
-6000
-8000
-15000
-10000
-5000
0
5000
10000

Навигационные данные
10000
8000
6000
4000
2000
0
-2000
-4000
-6000
-8000
-10000
1
22
43
64
85
106
127
148
169
190
211
232
253
274
295
316
337
358
379
400
421
442
463
484
505
526
547

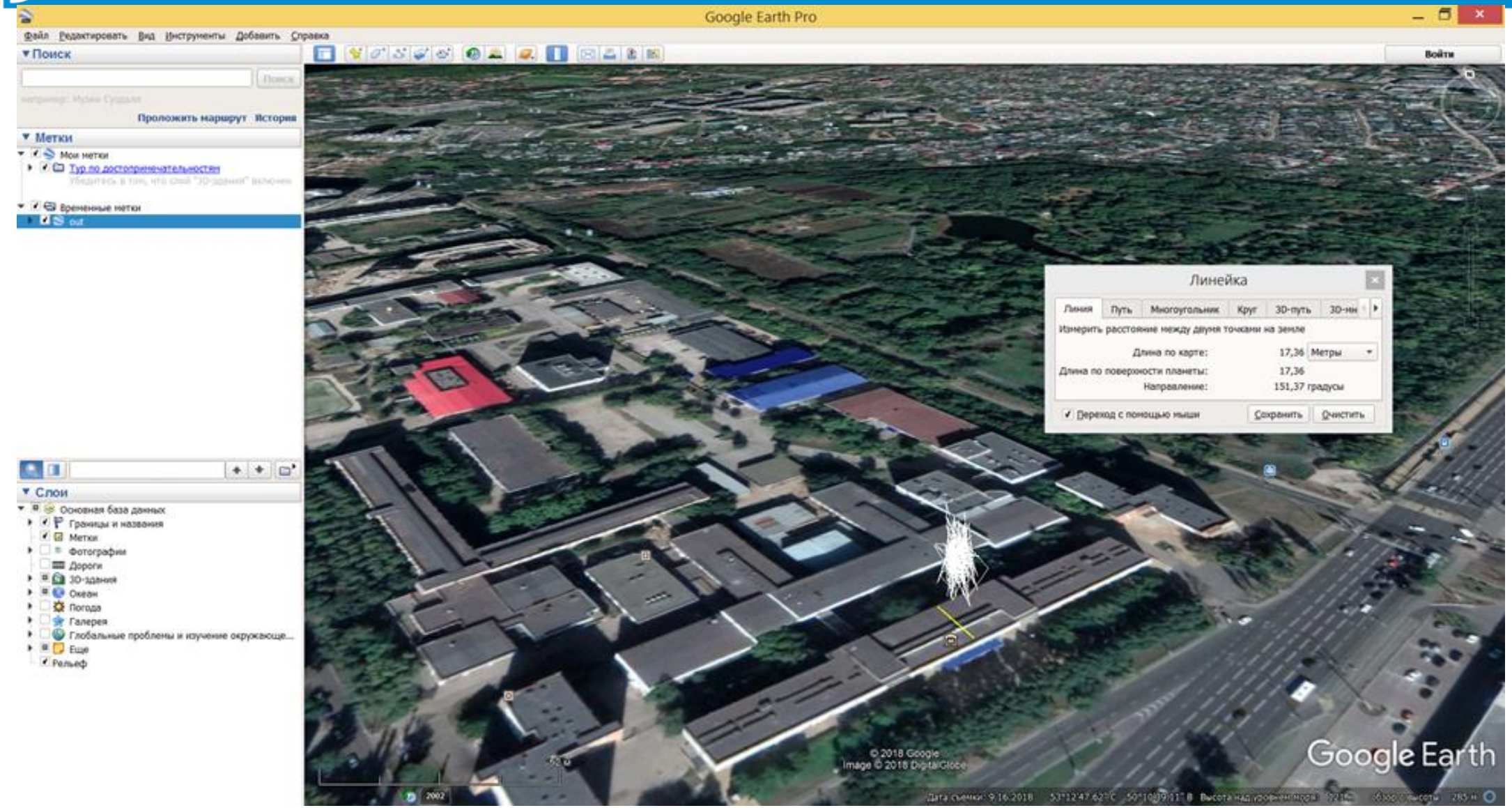

C/N0, dbHz
43
42
41
40
39
38
37
36
35
34
33
1
3421
6841
10261
13681
17101
20521
23941
27361
30781
34201
37621
41041
44461
47881
51301
54721
58141
61561
64981
68401
71821
75241
78661
82081
85501
88921
92341
95761

Метрика захвата, отн. ед.
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
1
3559
7117
10675
14233
17791
21349
24907
28465
32023
35581
39139
42697
46255
49813
53371
56929
60487
64045
67603
71161
74719
78277
81835
85393
88951
92509
96067
99625

Position computation

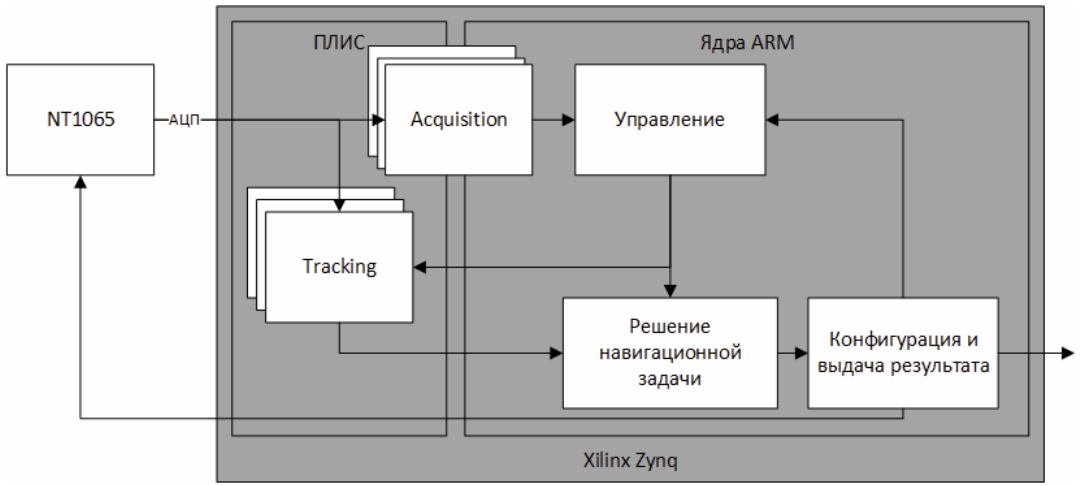


Результаты позиционирования экспериментального образца



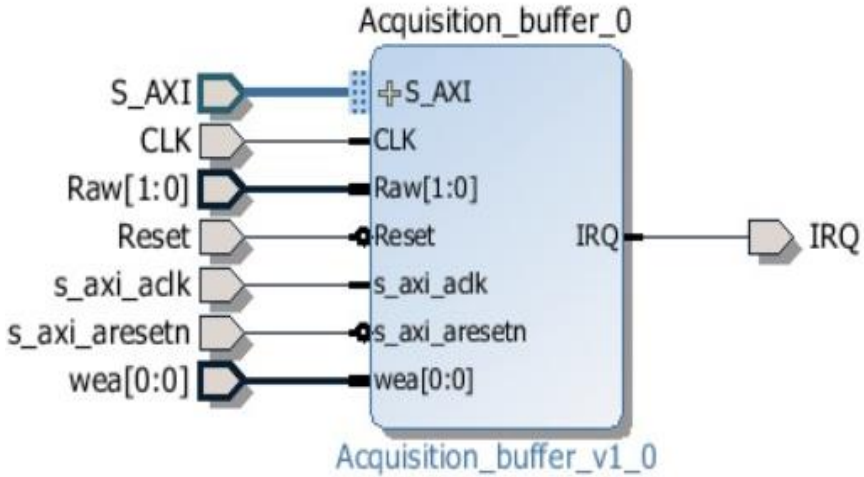
Применение SIMD - инструкций

```
ICOS = _mm256_set_epi32(OUTCOS[Index3][0], OUTCOS[Index3][1], OUTCOS[Index2][0], OUTCOS[Index2][1], OUTCOS[Index1][0], OUTCOS[Index1][1], OUTCOS[Index][0], OUTCOS[Index][1]);
Index = i;
IV = _mm256_set_epi32(Datt[Index + 3], Datt[Index + 3], Datt[Index + 2], Datt[Index + 2], Datt[Index + 1], Datt[Index + 1], Datt[Index], Datt[Index]);
TauCode += CodeTau;
Tx = TauCode - Spacing;
if (Tx < 0) Tx = 1023.0 + Tx;
ICP = _mm256_mullo_epi32(ICOS, IV);
if (C_A[(unsigned int)Tx] == 1) IEE = _mm256_add_epi32(IEE, ICP);
else IEE = _mm256_sub_epi32(IEE, ICP);
Tx = TauCode + Spacing;
if (Tx >= 1023.0) Tx -= 1023.0;
if (C_A[(unsigned int)Tx] == 1) ILL = _mm256_add_epi32(ILL, ICP);
else ILL = _mm256_sub_epi32(ILL, ICP);
if (C_A[(unsigned int)TauCode] == 1) IPP = _mm256_add_epi32(IPP, ICP);
else IPP = _mm256_sub_epi32(IPP, ICP);
TauCode += CodeTau * 3;
```



В качестве вычислительного устройства используется система-на-кристалле Xilinx Zynq 7000 XC7Z020, состоящая из двух процессорных ядер ARM Cortex A9 и ПЛИС части.

Для реализации распределения задач между вычислительными ядрами используется вытесняющий планировщик задач.

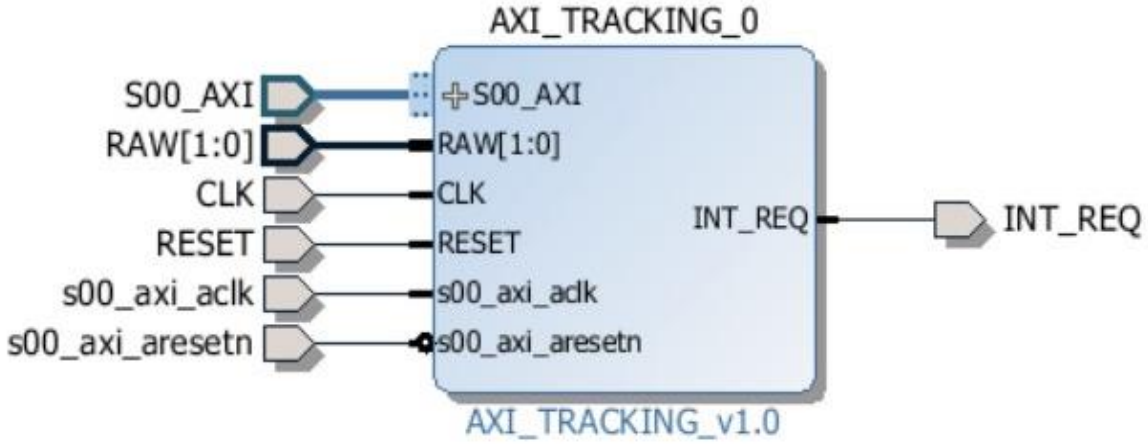


ПЛИС часть:

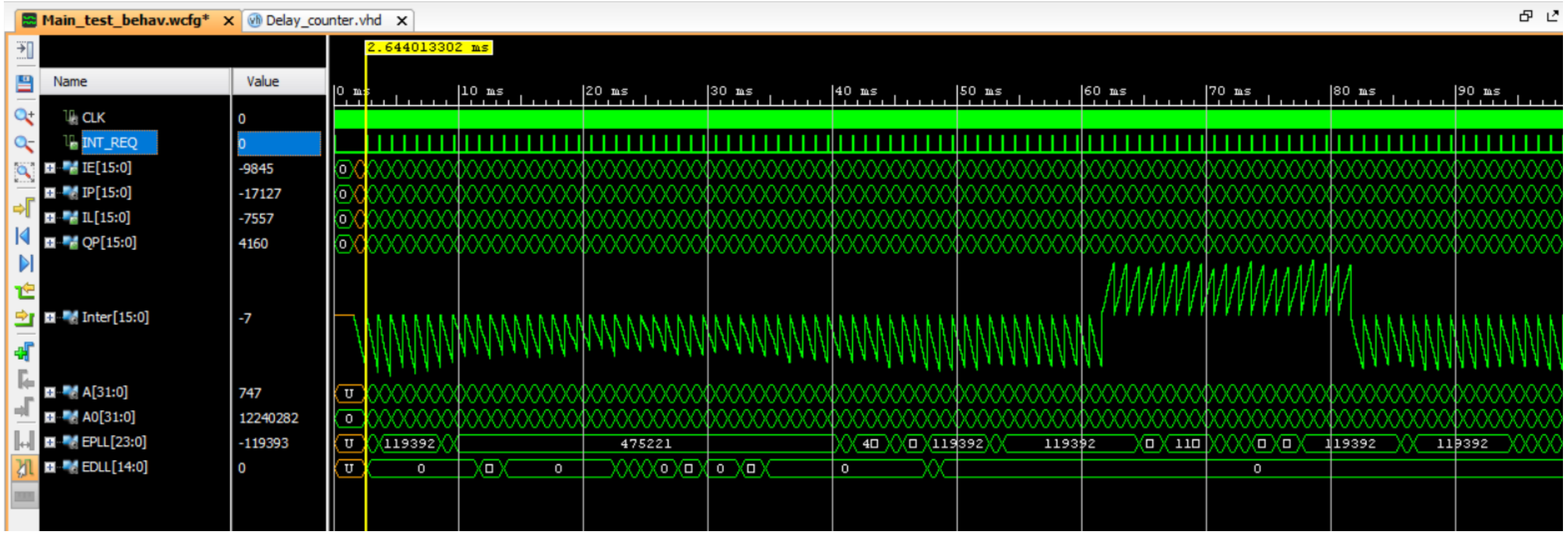
- приём отсчётов с АЦП, их буферизация для модуля поиска навигационных сигналов;
- сопровождение навигационного сигнала.

Процессорная часть:

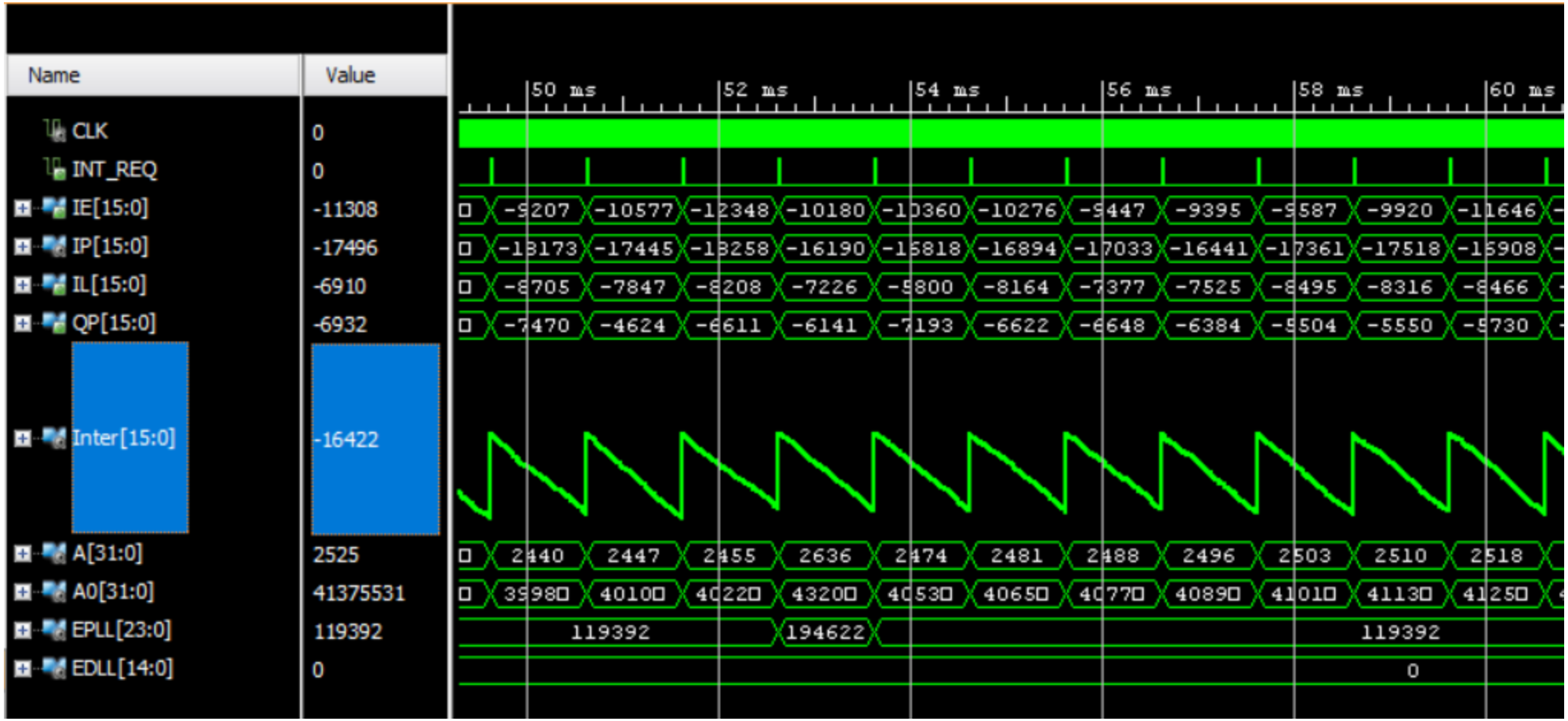
- периодический поиск навигационных сигналов;
- вычисление псевдодальностей до навигационных спутников;
- решение навигационной задачи;
- определение углов курса;
- управление радиочастотным трактом.



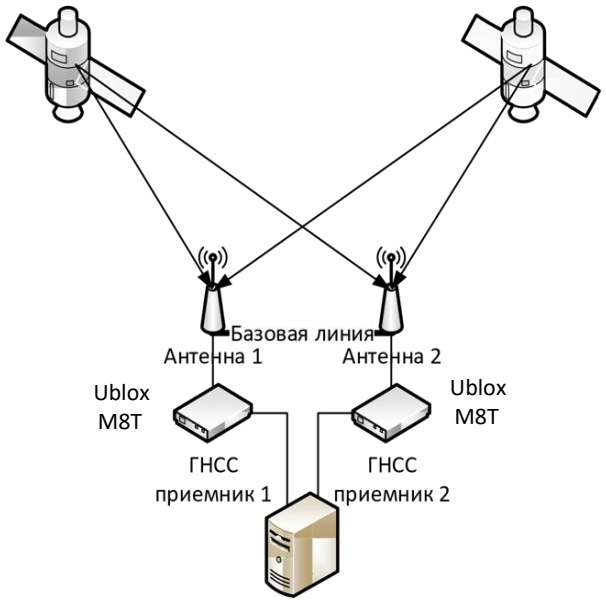
Тестирование FPGA-реализации

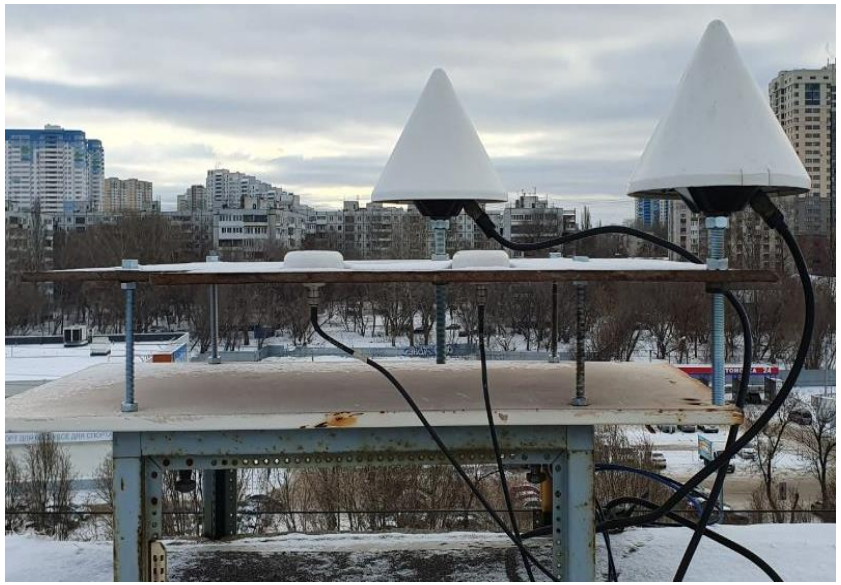


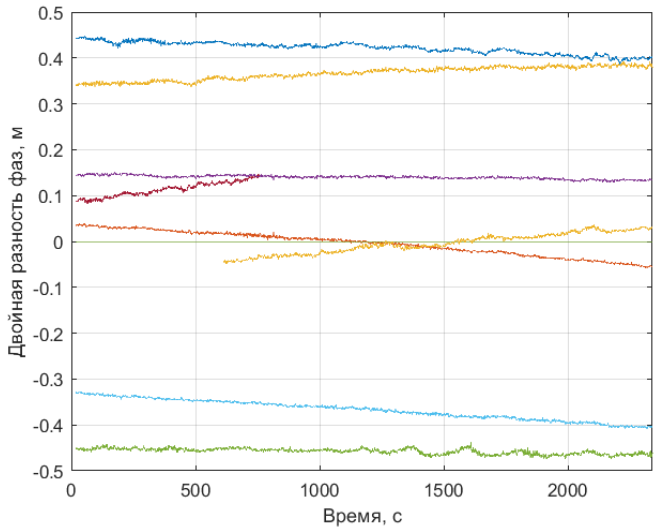
Тестирование FPGA-реализации

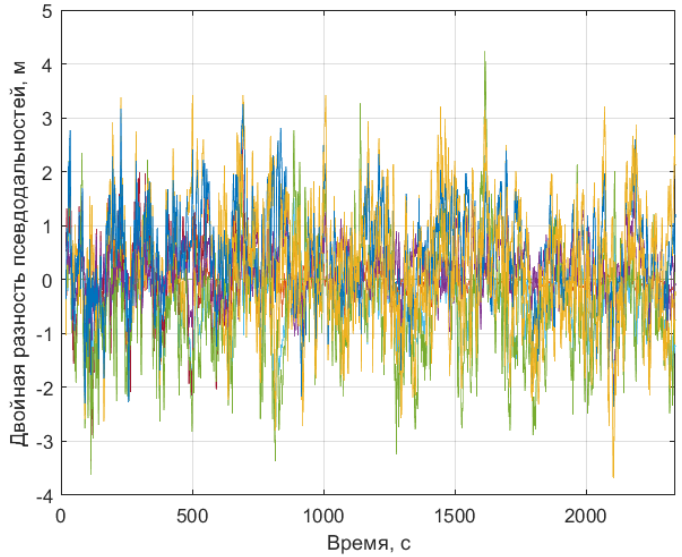


ПРИНЦИПЫ ИЗМЕРЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ОРИЕНТАЦИИ НАВИГАЦИОННЫХ ПРИЁМНИКОВ С ПОМОЩЬЮ ДВОЙНОЙ РАЗНОСТИ ФАЗ



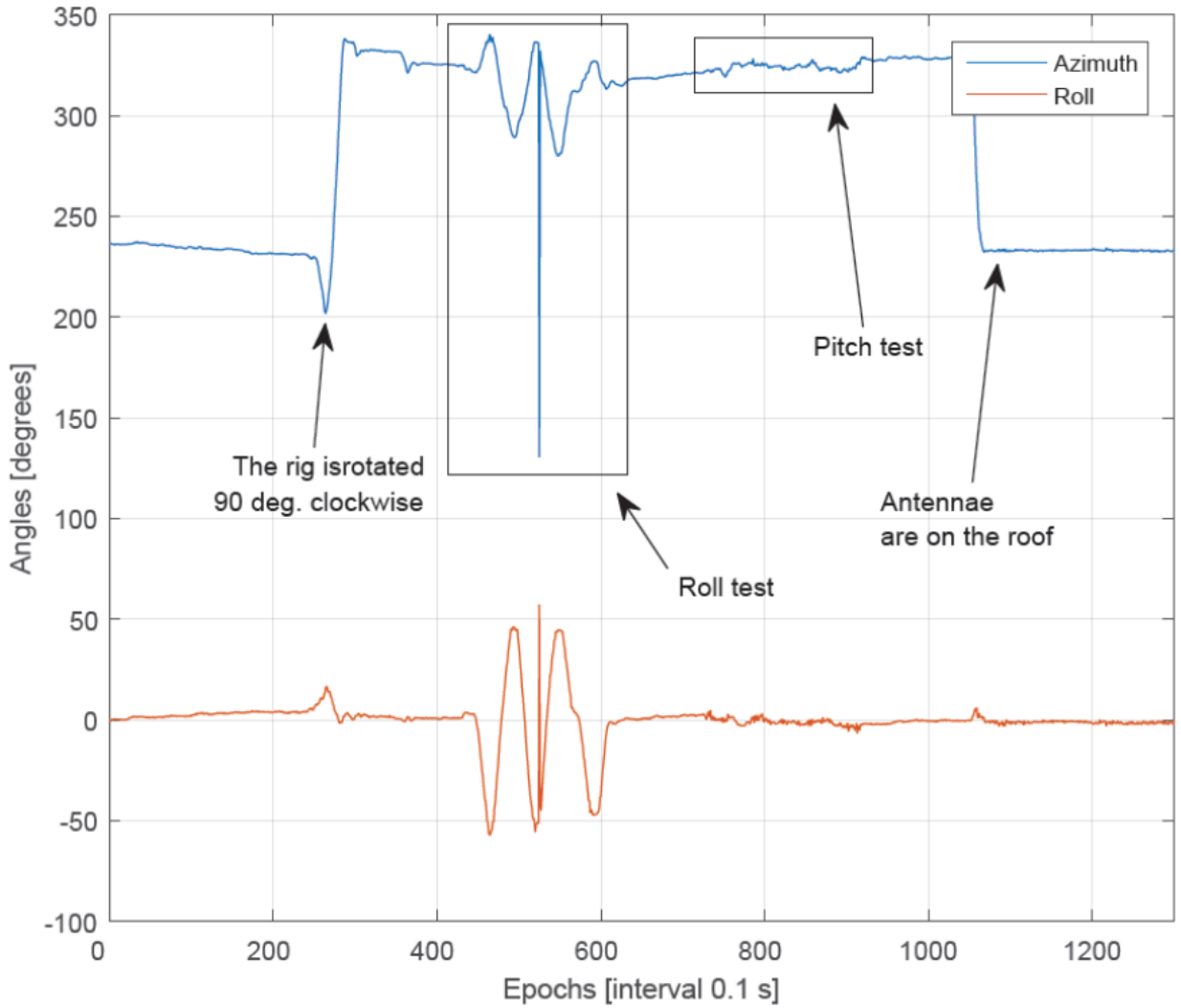




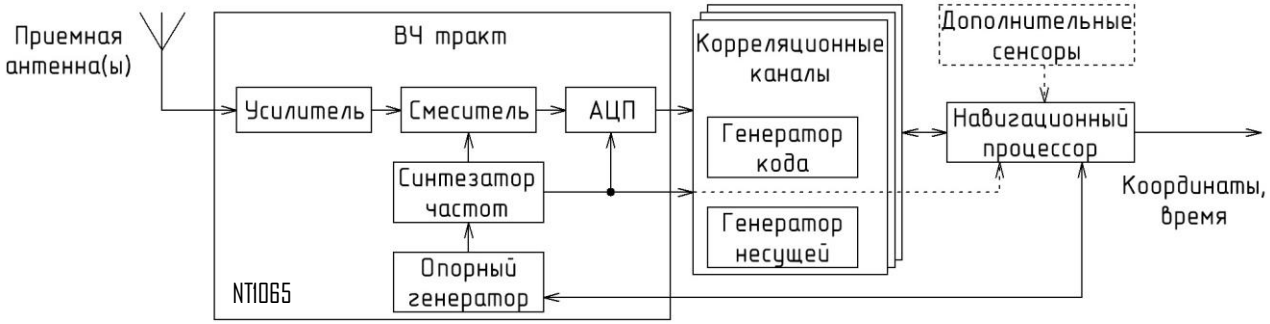


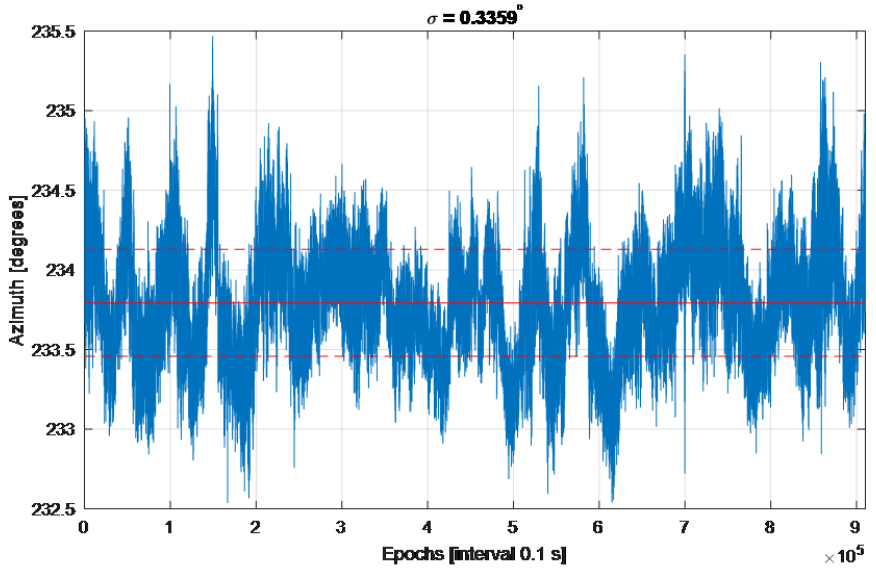
В фазовых измерениях навигационных приёмников может наблюдаться эффект пропуска фазы (cycle slip). При его появлении происходит разрыв непрерывности фазовых измерений, появляется дополнительная неопределённость, связанная с инверсией данных и возможного поворота фазы на 180°.

ДИНАМИЧЕСКИЙ ТЕСТ



ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЗИМУТА

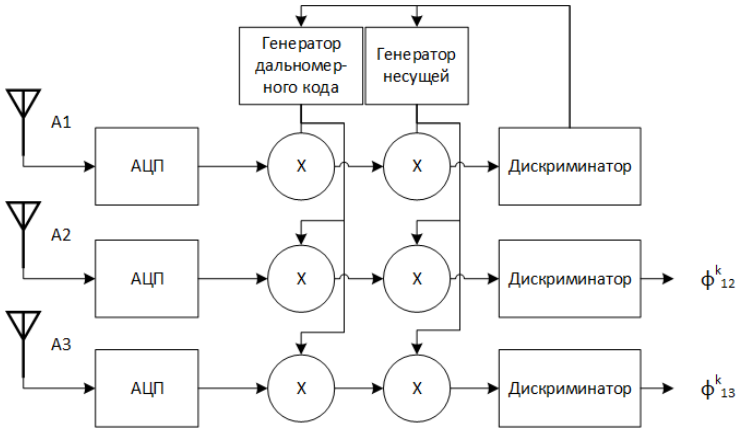


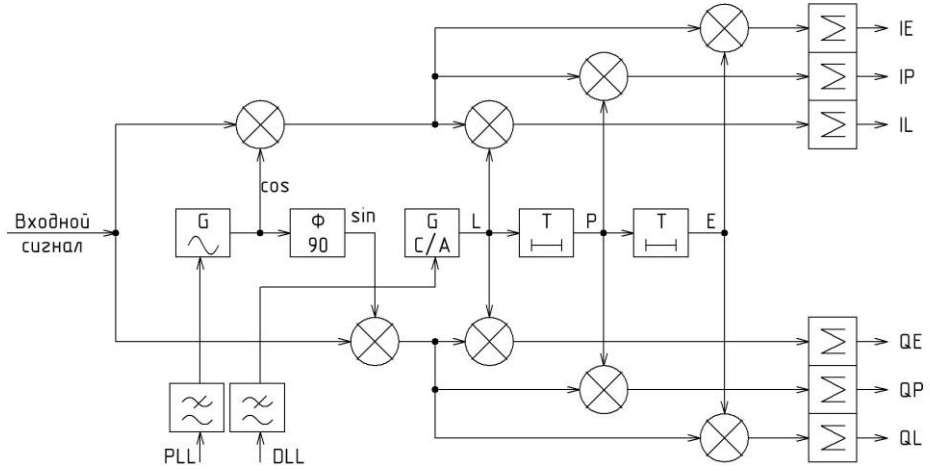


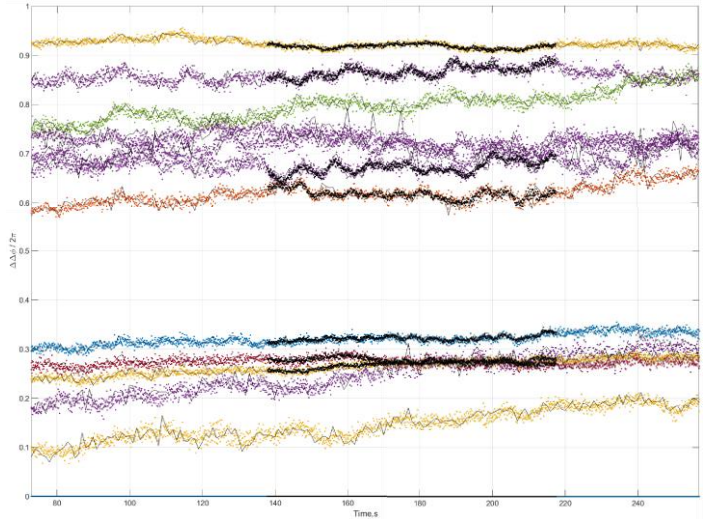
$$\Phi_{12}^{kl} = \varphi_{12}^{kl} + \varphi_{13}^{kl}\frac{b_{12}}{b_{13}}$$

Максимальное отклонение координат:
- в горизонтальной плоскости 8 м;
- по высоте 30 м.

СКО угла азимута: 0,34°







САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
SAMARA UNIVERSITY

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ