

Национальный Исследовательский Университет

«МЭИ»

Институт Радиотехники и Электроники

Кафедра Радиотехнических Систем

Курсовой проект

по дисциплине

«Аппаратура потребителей спутниковых радионавигационных систем»

Студент: Дворецкий И.А.

Группа: ЭР-15-16

Вариант: №1

Преподаватель: Корогодин И.В.

Москва, 2021

## **ВВЕДЕНИЕ.**

Спутниковые радионавигационные системы время являются неотъемлемой частью нашей жизни. Они используются в различных сферах начиная от телефона до ракет. Наиболее распространенными являются системы ГЛОНАСС (Россия), GPS (США), Galileo (Евросоюз), Beidou (Китай).

**Цель проекта** - добавление в программное обеспечение приемника функции расчета положения спутника Beidou на заданное время по данным его эфемерид.

Требования к разрабатываемому программному модулю:

- требования назначения;
- отсутствие утечек памяти;
- малое время выполнения;
- низкий расход памяти;
- корректное выполнение при аномальных входных данных.

Для достижения цели выполняется ряд задач, соответствующих этапам проекта и контрольным мероприятиям:

- обработка данных от приемника, работа со сторонними сервисами для подготовки входных и проверочных данных для разрабатываемого модуля;
- моделирование модуля в Matlab/Python;
- реализация программного модуля на C/C++, включая юнит-тестирование в Check.

Конечная цель всего курсового проекта - получить библиотеку функций на «C++», позволяющую рассчитывать положение спутника Beidou по его эфемеридам.

## ЭТАП 1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОРОННИХ СРЕДСТВ.

### 1.1. Описание задания.

Дан номер спутника BEIDOU, вариант – C06, значения эфемерид для спутников указаны в бинарном и текстовом файлах. Значения получены от антенны Narxон HX-CSX601A, установленной на крыше корпуса Е МЭИ. Она через 50-метровый кабель, сплиттер, bias-tee и усилитель подключена к трем навигационным приемникам:

- Javad Lexon LGDD,
- SwiftNavigation Piksi Multi,
- Clonicus разработки ЛНС МЭИ.

Эти приемники осуществляют первичную обработку сигналов Beidou B1I, выдавая по интерфейсам соответствующие потоки данных - наблюдения псевдодальностей и эфемериды спутников. Данные от приемника Clonicus, записанные вечером 16 февраля 2021 года.

C06	36828	IGSO-1	BDS-2	01.08.10	3867	Используется по ЦН
-----	-------	--------	-------	----------	------	--------------------

Рисунок 1 – Состояние 6-го спутника BEIDOU с «Информационно-аналитического центра координатно-временного и навигационного обеспечения»

5	Компас IGSO-1	C06	31.07.2010, 20:50	CZ-3A	2010-036A	36828	Геосинхронная, накл. 55°; 118° в. д.	действующий
---	---------------	-----	-------------------	-------	-----------	-------	---	-------------

Рисунок 2 – Состояние 6-го спутника BEIDOU с сайта Википедия.

По рисункам 1 и 2 видно номер спутника – 36828, название спутника – «Компас IGSO-1».

## 1.2. Определение орбиты и положения спутника на ней с помощью сервиса CelesTrak.

Для выполнения данного пункта нужно перейти на сайт CelesTrak (<https://celestrak.com>), настроить параметры и выбрать нужный спутник, после чего будет определена орбита и его положение.

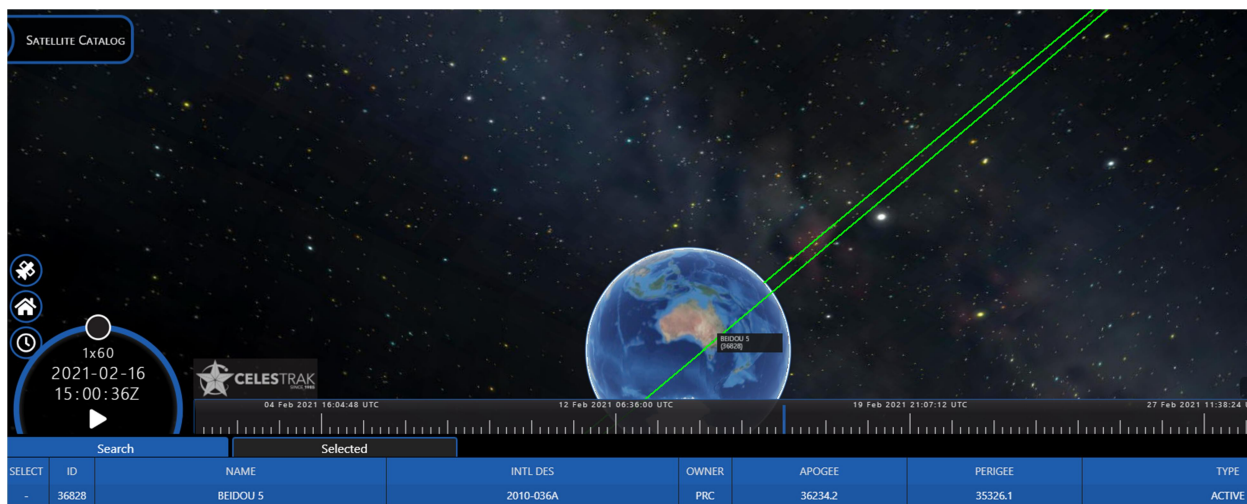


Рисунок 3 – Моделирование с помощью CelesTrak.

Значения совпадают, значит это действительно нужный нам спутник, проведем моделирование на момент времени 15:00, 16 февраля 2021, так как на данном сервисе отсчет времени происходит по UTC(0).

## 1.3. Расчёт графика угла места собственного спутника от времени по данным Trimble GNSS Planning Online.

Введём параметры для моделирования GNSS Planning Online, координаты установим в соответствии с расположением антенны соответственно значению корпуса Е МЭИ, также начальное время будет соответствовать 18:00, временной пояс +3 (UTC +3) на всем этапе моделирования в сервисе GNSS Planning Online, высота выбирается из суммы высоты над уровнем моря (146 м) и примерной высотой здания (25 м) и округляется до сотен.

Satellite Selection

Change selection

Satellites: 1/131

System: active	Satellites	
	Selected	Healthy
GPS	<input type="checkbox"/>	32
GLONASS	<input type="checkbox"/>	23
Galileo	<input type="checkbox"/>	22
BeiDou	<input checked="" type="checkbox"/>	49
QZSS	<input type="checkbox"/>	4

My Settings

Time of almanac:

2021-02-16

Time zone:

UTC +03:00

Visible period:

2021-02-16 18:00 - 2021-02-17 06:00

Latitude:

N 55° 45' 23.5491"

Longitude:

E 37° 42' 13.4571"

Height:

200 m

Elevation cutoff:

10 °

Settings

Latitude:

N 55° 45' 23.5491"

Longitude:

E 37° 42' 13.4571"

Height:

200 m

Elevation cutoff:

10 °

Day:

16.02.2021

Today

Start time:

18:00

UTC +03:00

Period [hours]:

12

Time zone:

(UTC+03:00) Moscow, St. Petersburg

Apply

Рисунок 4 – Моделирование с помощью сервиса Trimble GNSS Planning.

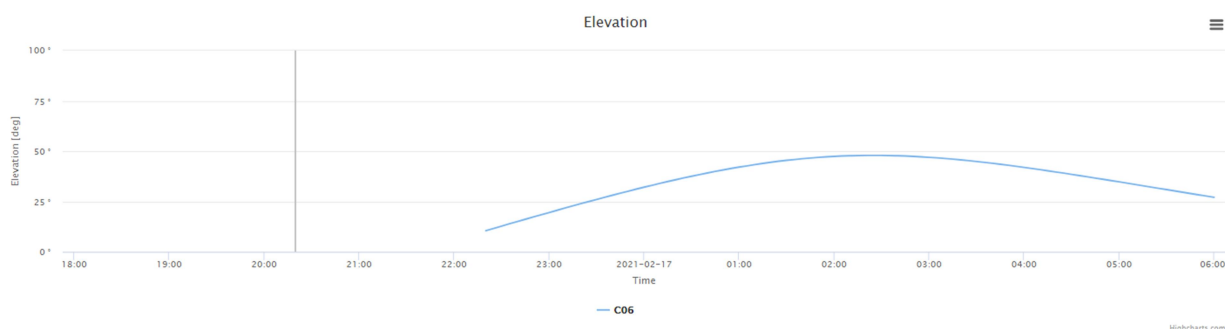


Рисунок 5 – График угла места собственного спутника от времени.

Из графика видно, что спутник на указанном временном интервале с 18:00 до 06:00 был в области видимости с 22:20 до 06:00.

#### 1.4. Расчет диаграммы угла места и азимута спутника (SkyView, он же SkyPlot) по данным Trimble GNSS Planning Online.

Проведем моделирование Sky Plot во временном интервале 18:00-06:00 и зафиксируем положение спутника в критических точках, то есть когда он находился в области видимости - в 22:20, 00:50, 03:30 и 06:00.

4 графика положения спутника:

- 16 февраля 2021 в 22:20:

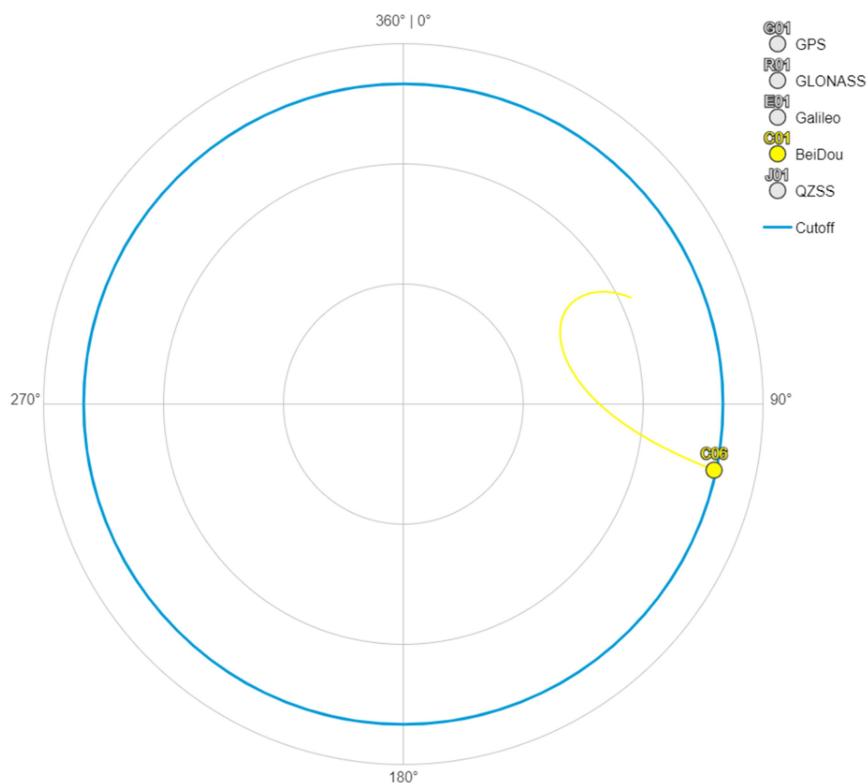


Рисунок 7 - Моделирование с помощью сервиса Trimble GNSS Planning.

- 17 февраля в 00:50:

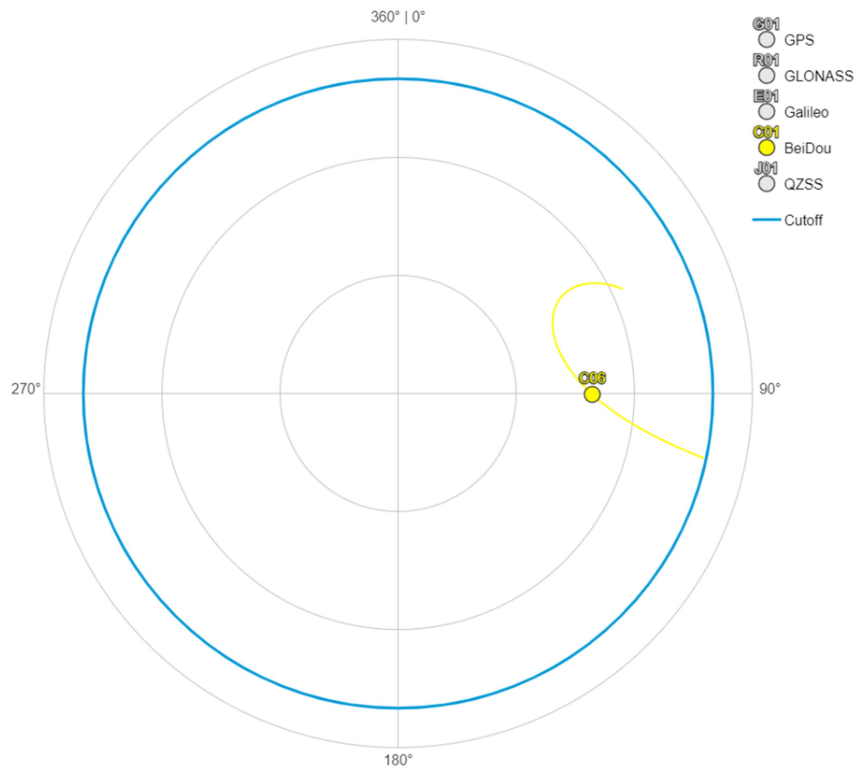


Рисунок 8 - Моделирование с помощью сервиса Trimble GNSS Planning.

- 17 февраля в 03:30:

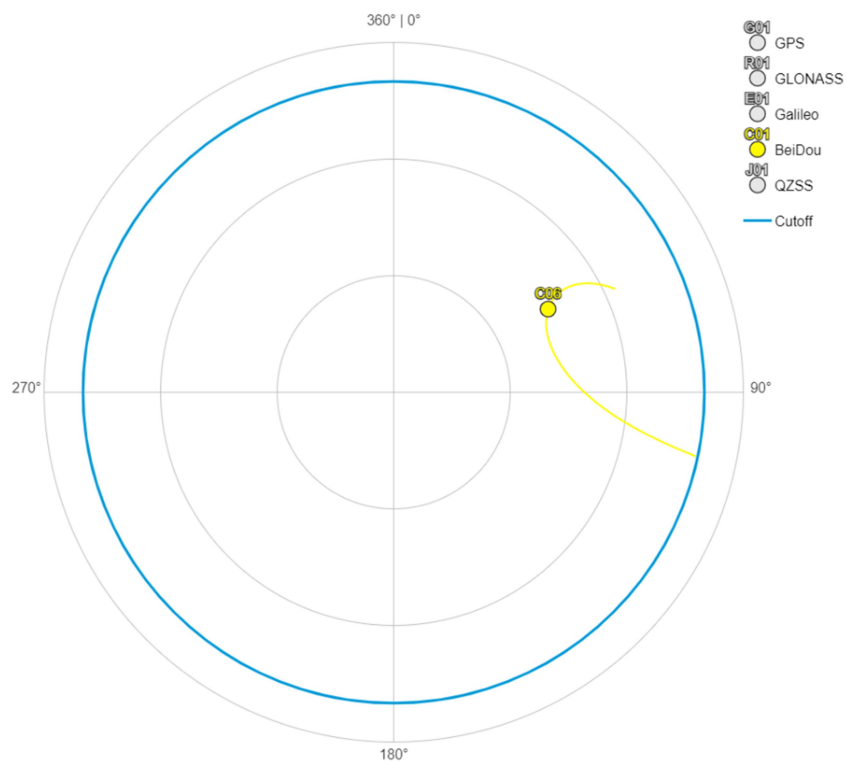


Рисунок 9 - Моделирование с помощью сервиса Trimble GNSS Planning.

- 17 февраля в 06:00:

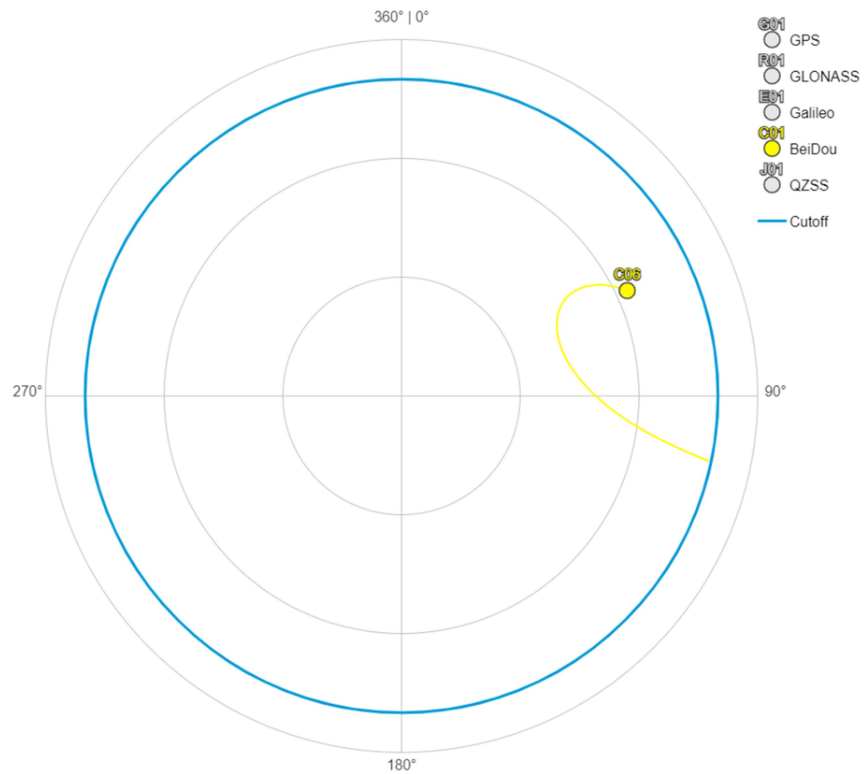


Рисунок 10 - Моделирование с помощью сервиса Trimble GNSS Planning.

### 1.5. Формирование списка и описание параметров, входящих в состав эфемерид.

Таблица 1 – Значения эфемерид спутника C06

Параметр	Значение	Размерность
SatNum	6	-
$t_{oe}, t_{oe}$	241200000.000	мс
$C_{rs}, C_{rs}$	-9.2875000000000000e+01	м
$D_n, \Delta n$	8.71107710704449589e-13	рад/мс
$M_0, M_0$	2.32726368913121773e+00	рад
$C_{uc}, C_{uc}$	-2.62074172496795654e-06	рад
$e$	1.05765871703624725e-02	-



Cus, $C_{us}$	2.34702602028846741e-05	рад
sqrtA, $\sqrt{A}$	6.49287138557434082e+03	м <sup>1/2</sup>
Cic, $C_{ic}$	-1.12690031528472900e-07	рад
Omega0, $\Omega_0$	6.36759199965142852e-01	рад
Cis, $C_{is}$	3.25962901115417480e-09	рад
i0, $i_0$	9.46015118241178121e-01	рад
Crc, $C_{rc}$	-4.82140625000000000e+02	м
Omega, $\omega$	-2.20504767262928070e+00	рад
OmegaDot, $\Omega$	-1.77328815028356074e-12	рад/мс
iDot, $IDOT$	-2.00008331149807446e-14	рад/мс
Tgd, $T_{GD}$	8.70000000000000000e+04	мс
toc, $t_{oc}$	2.41200000000000000e+08	мс
af2, $a_{f2}$	0.00000000000000000e+00	мс/мс <sup>2</sup>
af1, $a_{f1}$	3.37445626996668580e-11	мс/мс
af0, $a_{f0}$	9.76731553673744202e-02	мс
URA	0	-
IODE	257	-
IODC	0	-
codeL2	0	-
L2P	0	-
WN	789	-