

1 Обработка логов навигационного приемника

1.1 Задание первое

В неизвестной локации установлен навигационный приемник, принимающий сигналы GPS L1C/A и логирующий результаты этого приема в формате NVS BINR. Собранный на пятиминутном интервале файл приложен в архиве под именем BINR.bin. Файл содержит наблюдения псевдодальностей и прочих радионавигационных параметров, демодулированные и разобранные данные навигационного сообщения.

Данные демодулятора продублированы в текстовый файл in.txt. Каждая строка файла содержит данные одного сабфрейма одного навигационного сигнала в формате:

```
1 0 013 0R GpsL1CA # 13 212130404 29 125 53  
100010111010101010101000101001011100001100101001011111000101010101010
```

Рисунок 1 – Структура одного сабфрейма одного НКА

где # 13 - номер спутника, 212130404 - счетчик сабфреймов в сигнале, 53 - ID сабфрейма в навигационном сообщении, где в первых трех битах содержится номер сабфрейма в фрейме (5 в данном примере), а далее - номер фрейма в сообщении (6 в данном примере), 1000101110... символы с демодулятора в порядке возрастания времени слева направо.

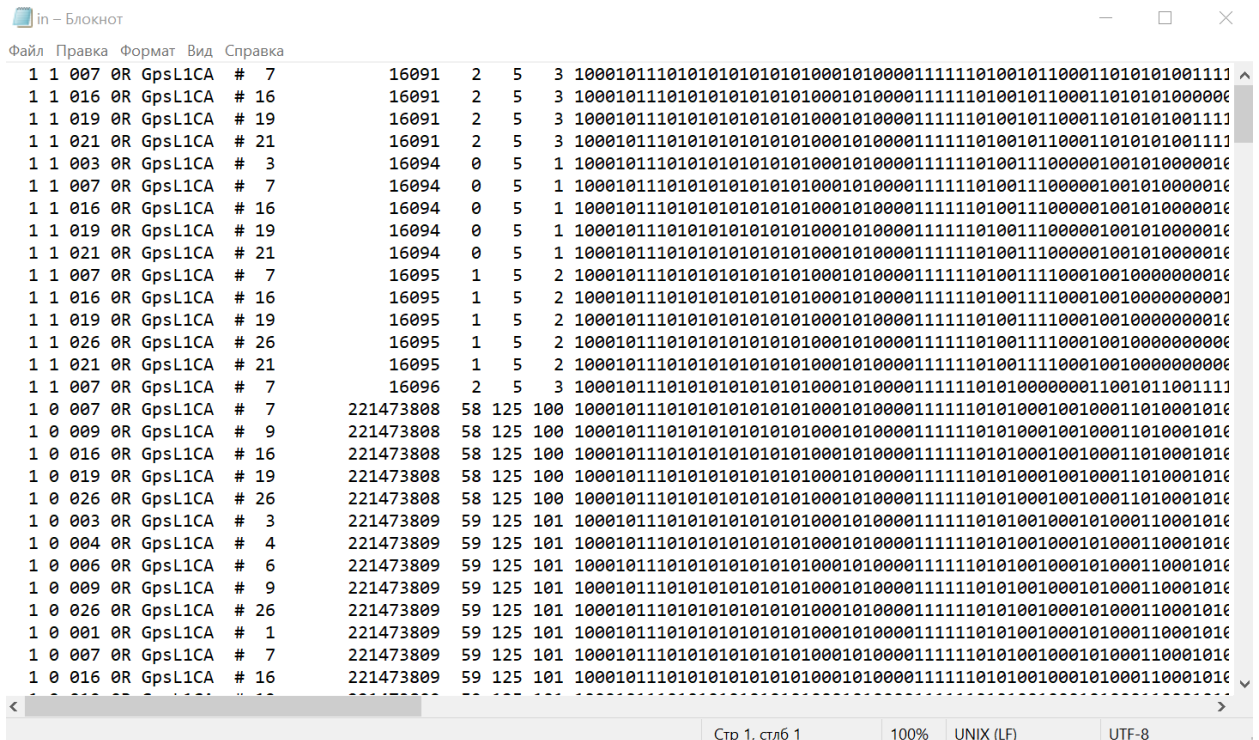
Требуется:

1. Разработать программу, обрабатывающую файл in.txt и выводящую в файл out.txt таблицу эфемерид для спутника согласно варианту в заданном формате.
2. Обработать файл BINR.bin с помощью программы RTKNAVI из состава RTKLIB. Определить день и место проведения наблюдений, значения эфемерид для спутника согласно номеру варианта.
3. Сравнить полученные таблицы.
4. Оформить код программы и разместить на Github.
5. Оформить отчет по этапу и разместить на Github.
6. Завести Pull Request.

Программа должна компилироваться gcc, все входные данные брать из in.txt, весь вывод осуществлять в out.txt.

1.2 Разработка программы для обработки исходного файла и вывод в файл таблицы эфемерид

Исходные данные в файле in.txt имеют следующий вид:



```
in - Блокнот
Файл Правка Формат Вид Справка
1 1 007 0R GpsL1CA # 7 16091 2 5 3 1000101110101010101010001010001111110100101100011010101001111
1 1 016 0R GpsL1CA # 16 16091 2 5 3 1000101110101010101010001010001111110100101100011010101000000
1 1 019 0R GpsL1CA # 19 16091 2 5 3 1000101110101010101010001010001111110100101100011010101001111
1 1 021 0R GpsL1CA # 21 16091 2 5 3 1000101110101010101010001010001111110100101100011010101001111
1 1 003 0R GpsL1CA # 3 16094 0 5 1 1000101110101010101010001010001111110100111000001001010000010
1 1 007 0R GpsL1CA # 7 16094 0 5 1 1000101110101010101010001010001111110100111000001001010000010
1 1 016 0R GpsL1CA # 16 16094 0 5 1 1000101110101010101010001010001111110100111000001001010000010
1 1 019 0R GpsL1CA # 19 16094 0 5 1 1000101110101010101010001010001111110100111000001001010000010
1 1 021 0R GpsL1CA # 21 16094 0 5 1 1000101110101010101010001010001111110100111000001001010000010
1 1 007 0R GpsL1CA # 7 16095 1 5 2 1000101110101010101010001010001111110100111100010010000000010
1 1 016 0R GpsL1CA # 16 16095 1 5 2 1000101110101010101010001010001111110100111100010010000000010
1 1 019 0R GpsL1CA # 19 16095 1 5 2 1000101110101010101010001010001111110100111100010010000000010
1 1 026 0R GpsL1CA # 26 16095 1 5 2 1000101110101010101010001010001111110100111100010010000000010
1 1 021 0R GpsL1CA # 21 16095 1 5 2 1000101110101010101010001010001111110100111100010010000000010
1 1 007 0R GpsL1CA # 7 16096 2 5 3 100010111010101010101000101000111111010100000011001011001111
1 0 007 0R GpsL1CA # 7 221473808 58 125 100 1000101110101010101010001010001111110101000100100011010001010
1 0 009 0R GpsL1CA # 9 221473808 58 125 100 1000101110101010101010001010001111110101000100100011010001010
1 0 016 0R GpsL1CA # 16 221473808 58 125 100 1000101110101010101010001010001111110101000100100011010001010
1 0 019 0R GpsL1CA # 19 221473808 58 125 100 1000101110101010101010001010001111110101000100100011010001010
1 0 026 0R GpsL1CA # 26 221473808 58 125 100 1000101110101010101010001010001111110101000100100011010001010
1 0 003 0R GpsL1CA # 3 221473809 59 125 101 1000101110101010101010001010001111110101001000101000110001010
1 0 004 0R GpsL1CA # 4 221473809 59 125 101 1000101110101010101010001010001111110101001000101000110001010
1 0 006 0R GpsL1CA # 6 221473809 59 125 101 1000101110101010101010001010001111110101001000101000110001010
1 0 009 0R GpsL1CA # 9 221473809 59 125 101 1000101110101010101010001010001111110101001000101000110001010
1 0 026 0R GpsL1CA # 26 221473809 59 125 101 1000101110101010101010001010001111110101001000101000110001010
1 0 001 0R GpsL1CA # 1 221473809 59 125 101 1000101110101010101010001010001111110101001000101000110001010
1 0 007 0R GpsL1CA # 7 221473809 59 125 101 1000101110101010101010001010001111110101001000101000110001010
1 0 016 0R GpsL1CA # 16 221473809 59 125 101 1000101110101010101010001010001111110101001000101000110001010
Стр 1, столб 1 100% UNIX (LF) UTF-8
```

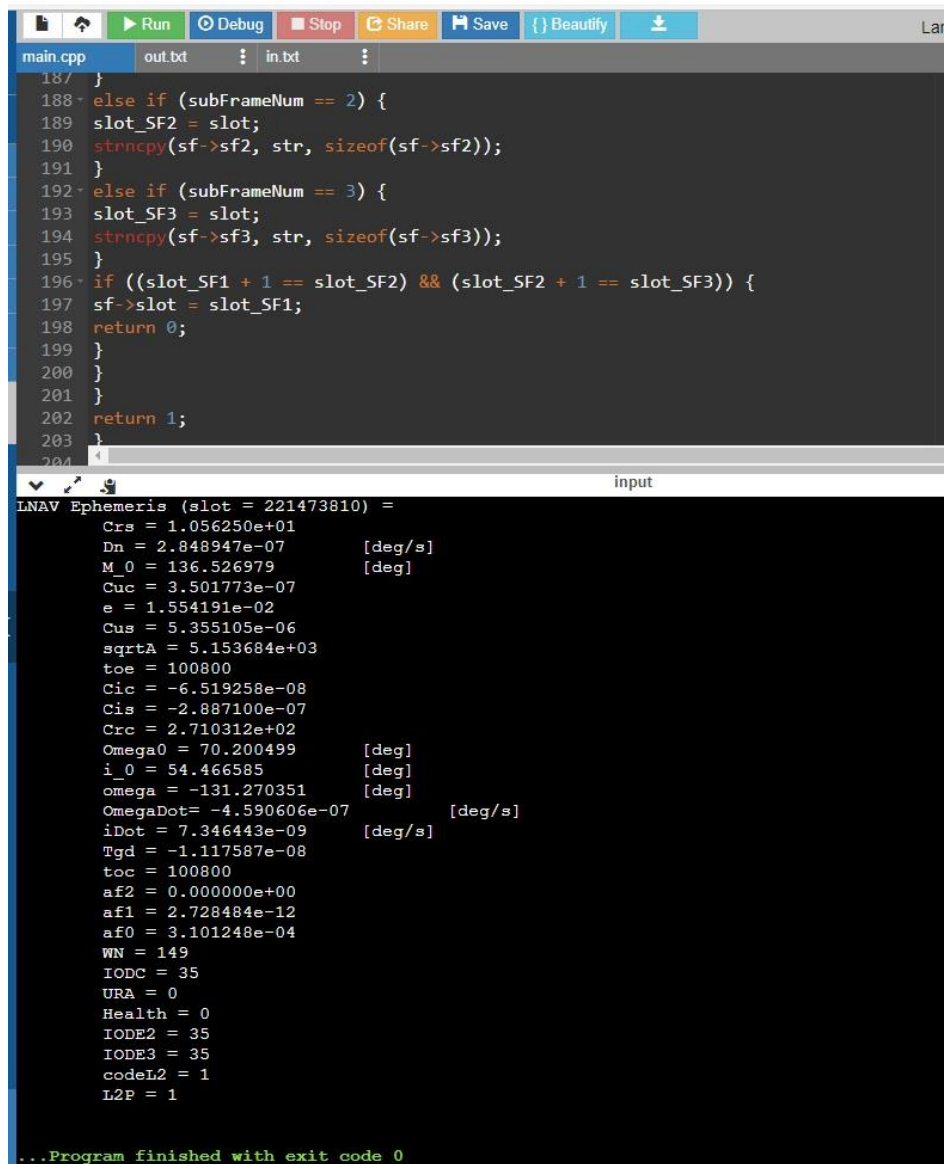
Рисунок 2 – Исходные данные файла in.txt

Согласно варианту задания необходимо обработать данные для 7 спутника, а именно: эфемеридная информация, содержащаяся в первых трёх сабфреймах структуры навигационного сообщения. В приложении А представлен листинг кода программы, реализующий обработку файла in.txt на языке C.

Функция в коде file2subFrames выделяет данные из первых трёх сабфреймов навигационного сообщения. Затем через функцию subFrames2Eph выделяет из сабфреймов необходимую эфемеридную информацию о Кеплеровских элементах орбиты, шкале времени часов спутника. Метод twoCompl2int вводит дополнение до двух, а именно позволяет получать данные из структуры сабфрейма с учётом знака. Функция printEmp выводит на экран таблицу эфемерид для заданного КА.

Сохранение таблицы эфемерид производится с помощью функции save в файл out.txt.

Скомпилируем программу с помощью онлайн-сервиса [Online C++ Compiler - online editor \(onlinegdb.com\)](https://onlinegdb.com) и выведем на экран полученную таблицу эфемерид:



The image shows a code editor window with a toolbar at the top containing icons for Run, Debug, Stop, Share, Save, Beautify, and a download icon. The editor has three tabs: main.cpp, out.txt, and in.txt. The main.cpp tab is active, displaying C++ code from line 187 to 204. The code defines a function that checks subFrameNum values (2 and 3) to set slot_SF2 and slot_SF3, then checks for a transition between slots and returns a status. Below the code editor, an 'input' window shows the output of the program. The output is a table of LNAV Ephemeris data for slot 221473810, listing various orbital and timing parameters in scientific notation and units. The program ends with the message '...Program finished with exit code 0'.

```
187 }
188 else if (subFrameNum == 2) {
189     slot_SF2 = slot;
190     strncpy(sf->sf2, str, sizeof(sf->sf2));
191 }
192 else if (subFrameNum == 3) {
193     slot_SF3 = slot;
194     strncpy(sf->sf3, str, sizeof(sf->sf3));
195 }
196 if ((slot_SF1 + 1 == slot_SF2) && (slot_SF2 + 1 == slot_SF3)) {
197     sf->slot = slot_SF1;
198     return 0;
199 }
200 }
201 }
202 return 1;
203 }
204 }
```

input

```
LNAV Ephemeris (slot = 221473810) =
  Crs = 1.056250e+01
  Dn = 2.848947e-07 [deg/s]
  M_0 = 136.526979 [deg]
  Cuc = 3.501773e-07
  e = 1.554191e-02
  Cus = 5.355105e-06
  sqrtA = 5.153684e+03
  toe = 100800
  Cic = -6.519258e-08
  Cis = -2.887100e-07
  Crc = 2.710312e+02
  Omega0 = 70.200499 [deg]
  i_0 = 54.466585 [deg]
  omega = -131.270351 [deg]
  OmegaDot = -4.590606e-07 [deg/s]
  iDot = 7.346443e-09 [deg/s]
  Tgd = -1.117587e-08
  toc = 100800
  af2 = 0.000000e+00
  af1 = 2.728484e-12
  af0 = 3.101248e-04
  WN = 149
  IODC = 35
  URA = 0
  Health = 0
  IODE2 = 35
  IODE3 = 35
  codeL2 = 1
  L2P = 1
...Program finished with exit code 0
```

Рисунок 3 – Результат компиляции программы

Запишем в файл out.txt таблицу эфемерид:

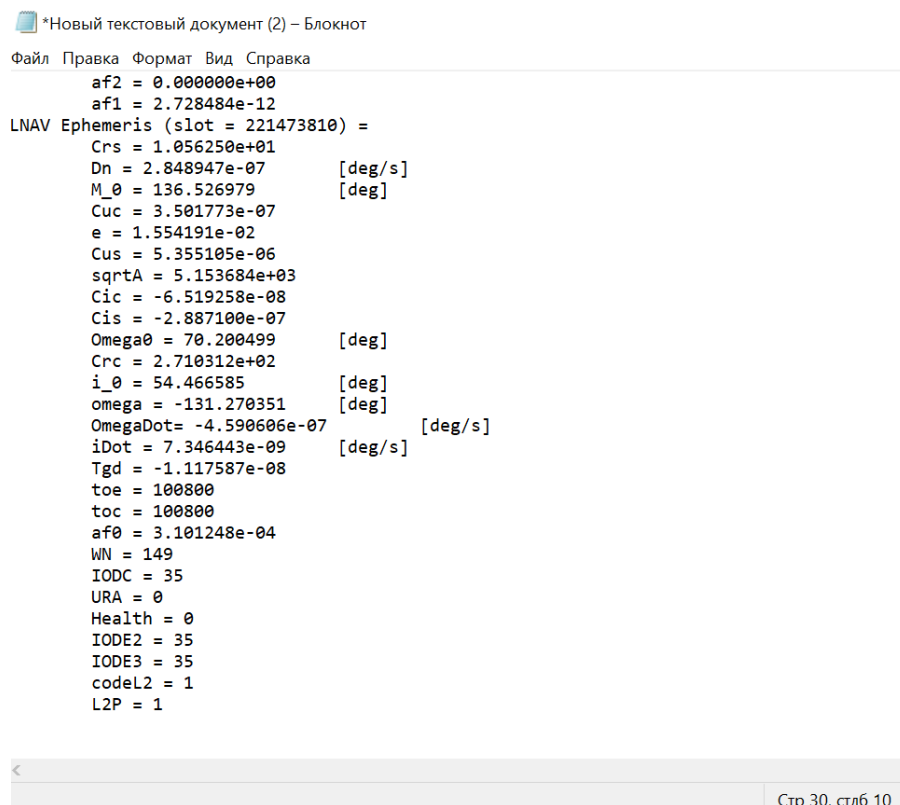


Рисунок 4 – Запись таблицы эфемерид в файл out.txt

1.3 Сравнение результатов разработанной программы и программы RTKNAVI

Эфемеридная информация также была представлена в файле BINR.bin. После обработки файла BINR.bin с помощью программы RTKNAVI из состава RTKLIV получим таблицу эфемерид и сравним с рисунком 4 п.1.2:

RTKNAVI ver.2.4.3 b34 (3): RTK Monitor																					Close
Nav Data		GPS		ALL		Current 1															Close
SAT	PRN	Statu	IODE	IODC	URA	SVH	Toe	Toc	Ttrans	A (m)	e	i0 (°)	Ω0 (°)	ω (°)	M0 (°)	Δn (°/s)	Qdot (°/s)	IDOT (°/s)	Af0 (ns)	Af1 (ns)	
G01	1	-	5911	23	0	000	2022/02/14 00:00:00	2022/02/14 00:00:00	2022/06/04 21:08:07	26560304.325	0.01137974	56.53057	-109.43551	50.51432	54.55674	2.4630E-07	-4.8124E-07	-6.7735E-09	432151.82	-0.00	
G02	2	-	-	0	000	-	-	-	-	0.000	0.00000000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.00	0.00	
G03	3	OK	2827	11	0	000	2022/02/14 01:59:44	2022/02/14 01:59:44	2022/06/04 21:08:07	26560504.265	0.00389213	55.72485	-50.10616	54.89203	48.47481	2.3572E-07	-4.5681E-07	-1.7149E-08	-120342.71	-0.01	
G04	4	OK	1953	588	0	000	2022/02/14 02:00:00	2022/02/14 02:00:00	2022/06/04 21:08:07	26560157.291	0.00169565	55.09149	11.82685	-175.59716	-142.99015	2.4548E-07	-4.4271E-07	2.9324E-08	-189689.92	0.00	
G05	5	-	-	0	000	-	-	-	-	0.000	0.00000000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.00	0.00	
G06	6	OK	2210	86	0	000	2022/02/14 02:00:00	2022/02/14 02:00:00	2022/06/04 21:08:07	26560290.249	0.00269551	56.49500	-109.91291	-55.01959	133.64356	2.4669E-07	-4.7165E-07	-7.1623E-10	200809.45	0.01	
G07	7	OK	8995	35	0	000	2022/02/14 04:00:00	2022/02/14 04:00:00	2022/06/04 21:08:07	26560462.036	0.01554191	54.46659	70.20050	-131.27035	136.52698	2.8489E-07	-4.5906E-07	7.3464E-09	310124.81	0.00	
G08	8	OK	1028	4	0	000	2022/02/14 01:59:44	2022/02/14 01:59:44	-	26560852.794	0.00728541	55.29557	-171.29829	5.90629	-115.58396	2.4679E-07	-4.5104E-07	9.9453E-09	-56090.30	-0.00	
G09	9	OK	7710	30	0	000	2022/02/14 02:00:00	2022/02/14 02:00:00	2022/06/04 21:08:07	26559848.321	0.00225987	54.69112	8.79464	107.10939	-94.65112	2.5565E-07	-4.4940E-07	2.5354E-08	-354265.81	0.00	
G10	10	OK	1182	46	0	000	2022/02/14 02:00:00	2022/02/14 02:00:00	-	26560464.021	0.00750119	55.71486	-50.26591	-144.08942	-1.69731	2.3953E-07	-4.6279E-07	-1.7312E-08	-319812.92	-0.01	
G11	11	-	-	0	000	-	-	-	-	0.000	0.00000000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.00	0.00	

Рисунок 5 – Эфемериды, полученные из программы RTKNAVI

Комментарий к рисункам 4 – 5:

По полученным таблицам можно отметить, что эфемеридная информация для заданного спутника была выделена корректно.

Вывод:

На первом этапе курсового проекта была разработана программа, обрабатывающая данные демодулятора из файла in.txt и выводящая в файл out.txt таблицу эфемерид требуемого спутника.