

ПРО-04

Модуль навигационный ГЛОНАСС/GPS/SBAS/Galileo

Руководство по эксплуатации

ИЛТА.464346.001РЭ

Содержание

Введение	4
1 Описание и работа	5
1.1 Назначение изделия	5
1.2 Технические характеристики (свойства).....	5
1.2.1 Выполняемые функции.....	5
1.2.2 Основные технические характеристики	6
1.2.3 Отличительные характеристики ПРО-04 от ПРО-04R.....	8
1.2.4 Нумерация, тип, обозначение и наименование выводов (выводных площадок)	8
1.2.5 Электрические параметры	9
1.2.6 Конструктивные параметры	12
1.2.7 Содержание драгоценных материалов	13
1.3 Состав ПРО-04	13
1.3.1 Структурная схема.....	13
1.3.2 Состав ПРО-04	14
1.4 Устройство и работа	14
1.4.1 RTC, резервное ОЗУ	14
1.4.2 Флэш-память	14
1.4.3 Напряжения питания	14
1.4.4 Питание активной антенны	15
1.4.5 Потребляемая мощность.....	16
1.5 Маркировка	26
1.6 Упаковка.....	26
1.7 Соответствие международным экологическим стандартам	26
2 Использование по назначению.....	27
2.1 Установка модуля на печатную плату	27
2.2 Типовая схема включения	28
2.3 Последовательность подачи напряжений питания	29
2.4 Рекомендации по формированию основного напряжения питания	30
2.5 Требования к антенне	30
2.6 Конфигурация и настройки встроенного ПО	30
2.7 Особенности работы в различных режимах	32
2.7.1 Старт модуля после включения	32
2.7.2 Особенности управления модулем по бинарному протоколу.....	33
2.7.3 Особенности управления модулем по NMEA протоколу.....	33
2.7.4 Автономный режим	34
2.7.5 Дифференциальные режимы	35
2.7.6 Дифференциальный режим RTCM.....	36
2.7.7 Дифференциальный режим SBAS.....	37
2.7.8 Режим с фиксацией координат (временные приложения)	38
2.8 Меры защиты от статического электричества	39

3 Техническое обслуживание	40
3.1 Общие указания	40
3.2 Обновление встроенного ПО	40
3.3 Контроль встроенного ПО	51
4 Текущий ремонт	52
5 Хранение	53
6 Транспортирование	54
7 Утилизация.....	55
Приложение А.....	56
Приложение Б.....	57

Введение

Настоящее руководство по эксплуатации (далее по тексту – РЭ) предназначено для ознакомления с техническими характеристиками, условиями эксплуатации, транспортирования и хранения модуля навигационного ГЛОНАСС/GPS/SBAS/Galileo – ПРО-04 ИЛТА.464346.001ТУ (далее по тексту – ПРО-04 или модуль) и его исполнения модуля навигационного ГЛОНАСС/GPS/SBAS/Galileo – ПРО-04R ИЛТА.464346.001ТУ (далее по тексту – ПРО-04R или модуль).

ПРО-04 является базовой модификацией модуля, которая не обеспечивает выдачу значений фазы несущей в составе измерительной информации в соответствии с бинарным протоколом обмена ИЛТА.464346.001Д16.

Особенность модулей ПРО-04R заключается в выдаче значений фазы несущей в составе измерительной информации в соответствии с бинарным протоколом обмена ИЛТА.464346.001Д16. Область применения данного типа модулей: аппаратура высокоточного позиционирования с использованием дифференциально-фазового режима.

По остальным параметрам, включая конструкцию, набор сигналов, электрические характеристики и информационные протоколы, модули ПРО-04R идентичны модулям базовой модификации. Поэтому далее по тексту будет дано описание ПРО-04, которое распространяется также на ПРО-04R.

Модуль предназначен для измерений текущих навигационных параметров по сигналам навигационных космических аппаратов ГНСС: ГЛОНАСС, GPS, Galileo, определения на их основе координат местоположения в системах координат ПЗ-90.11 и WGS-84, вектора скорости и синхронизации внутренней шкалы времени модуля с национальной шкалой координированного времени UTC(SU), шкалой координированного времени UTC(USNO), системной шкалой времени ГЛОНАСС, системной шкалой времени GPS при работе по сигналам ГНСС: ГЛОНАСС, GPS, Galileo.

ПРО-04 может использоваться в составе навигационных комплексов и систем различного назначения.

1 Описание и работа

1.1 Назначение изделия

1.1.1 Модуль навигационный ГЛОНАСС/GPS/SBAS/Galileo – ПРО-04 предназначен для вычисления текущих координат и скорости объекта в реальном масштабе времени в автономном и дифференциальных режимах, формирования секундной метки времени и обмена с внешним оборудованием по последовательным портам UART.

1.1.2 Принцип действия модуля основан на параллельном приеме и обработке 44-мя измерительными каналами сигналов частотного диапазона L1 ГНСС: ГЛОНАСС (СТ-код), GPS/SBAS (C/A код) и Galileo (коды E1 B/C).

1.1.3 Модуль предназначен для эксплуатации в условиях воздействия следующих климатических и механических факторов:

- синусоидальной вибрации в диапазоне частот от 10 до 200 Гц с амплитудой виброускорения до 50 м/с^2 (5 g);
- однократных механических ударов с пиковым ударным ускорением до 1000 м/с^2 (100 g) и длительностью действия ударного ускорения от 0,1 до 2 мс;
- многократных механических ударов с пиковым ударным ускорением до 150 м/с^2 (15 g) и длительностью действия ударного ускорения от 1 до 5 мс;
- пониженной рабочей температуры окружающей среды минус $40 \text{ }^\circ\text{C}$;
- повышенной рабочей температуры окружающей среды плюс $85 \text{ }^\circ\text{C}$;
- относительной влажности до 98 % при температуре плюс $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

1.2 Технические характеристики (свойства)

1.2.1 Выполняемые функции

1.2.1.1 Модуль обеспечивает выполнение следующих функций:

а) измерение псевдодальности до НКА ГНСС, радиальной псевдоскорости НКА ГНСС и фазы несущей частоты по сигналам ГЛОНАСС и GPS/SBAS, Galileo;

б) определение и выдачу привязанных ко времени текущих координат места и текущего вектора скорости движения;

в) прием и учет при решении навигационной задачи корректирующей информации в формате RTCM SC-104;

г) выдачу сигнала метки времени (синхронизирующего импульса (1PPS));

д) расчет, в соответствии с интерфейсным контрольными документами на системы GPS и Galileo, ионосферных поправок по данным, передаваемым в составе навигационных кадров GPS и Galileo, и их учет при решении навигационной задачи;

е) расчет модельных тропосферных поправок и их учет при решении навигационной задачи;

ж) автономный контроль достоверности навигационных измерений и исключение недостоверных измерений;

з) автономный контроль целостности ГНСС с использованием функции RAIM.

1.2.2 Основные технические характеристики

1.2.2.1 Основные технические характеристики модуля приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Основные технические характеристики ПРО-04

Параметр	Значение	Примечания
1 Количество каналов	44	-
2 Принимаемые сигналы ГНСС: - ГЛОНАСС - GPS - Galileo - SBAS	L1 (СТ) L1 C/A E1 B/C L1 C/A	-
3 Системы координат	ПЗ-90.11, WGS-84 пользовательские	-
4 Доверительные границы допускаемой абсолютной инструментальной погрешности (при доверительной вероятности 0,67) определения координат в диапазоне скоростей от 0 до 515 м/с, диапазоне линейных ускорений от 0 до 39,24 м/с ² (4 g) при работе по сигналам ГНСС при геометрическом факторе PDOP не более 3: а) В автономном режиме: ^{1), 2)} - в плане, м - по высоте, м б) В дифференциальных режимах в плане ^{1), 2)} - с использованием сигналов SBAS, м - с использованием поправок от контрольно-корректирующих станций, м	±2,5 ±4,0 ±2,0 ±1,5	-
5 Доверительные границы допускаемой абсолютной инструментальной погрешности (при доверительной вероятности 0,67) определения скорости в диапазоне скоростей от 0 до 515 м/с, диапазоне линейных ускорений от 0 до 39,24 м/с ² (4 g) при работе по сигналам ГНСС при геометрическом факторе PDOP не более 3, м/с ² ^{1), 2)}	± 0,03	-

Параметр	Значение	Примечания
6 Предел допускаемого среднеквадратичного отклонения случайной составляющей инструментальной погрешности синхронизации шкалы времени аппаратуры с национальной шкалой координированного времени UTC(SU), шкалой координированного времени UTC(USNO), системной шкалой времени ГЛОНАСС, системной шкалой времени GPS при работе по сигналам ГНСС ГЛОНАСС/GPS, нс ²⁾	30	-
7 Среднее значение времени до первого местоопределения, с: - холодный старт ²⁾ - холодный старт ³⁾ - теплый старт ²⁾ - горячий старт ²⁾ - повторный захват ^{2), 4)}	27 33 25 2 1	-
8 Чувствительность, дБВт, не менее: - обнаружение, холодный старт - обнаружение, горячий старт - слежение и навигация	-175 -185 -191	С внешним МШУ
9 Параметры движения, не более: - ускорение, м/с ² (g) - скорость, м/с - высота, м	39,24 (4) 515 18000	-
10 Темп выдачи выходных данных, Гц	1; 2; 5; 10	-
11 Протоколы обмена	бинарный NMEA 0183 RTCM SC-104	-
12 Интерфейсы	2×UART	-
13 Размеры (длина × высота × ширина), мм	14,3×13,7×2,6	-
14 Масса, г, не более	2	-
15 Средняя наработка на отказ, ч, не менее	50000	-

Параметр	Значение	Примечания
16 Параметры сигнал метки времени: - частота выдачи, импульс/с - длительность, мкс - полярность	1 10-2000 положительная или отрицательная	-
¹⁾ Условия максимальных параметров движения. ²⁾ Уровни сигналов -160дБВт, ГЛОНАСС+GPS+Galileo. ³⁾ Уровни сигналов -170дБВт, ГЛОНАСС+GPS+Galileo. ⁴⁾ Время отсутствия сигналов 10 с.		

1.2.3 Отличительные характеристики ПРО-04 от ПРО-04R

1.2.3.1 ПРО-04 является базовой модификацией, которая не обеспечивает выдачу значений фазы несущей в составе измерительной информации в соответствии бинарным протоколом обмена ИЛТА.464346.001Д16.

1.2.3.2 Особенность ПРО-04R заключается в выдаче значений фазы несущей в составе измерительной информации в соответствии с бинарным протоколом обмена ИЛТА.464346.001Д16. Область применения данного типа модулей: аппаратура высокоточного позиционирования с использованием дифференциально-фазового режима.

1.2.3.3 По остальным параметрам, включая конструкцию, набор сигналов, электрические характеристики и информационные протоколы, ПРО-04R идентичны ПРО-04 базовой модификации.

1.2.4 Нумерация, тип, обозначение и наименование выводов (выводных площадок)

1.2.4.1 Нумерация, тип, обозначение и наименование выводов (выводных площадок) ПРО-04 представлены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 – Нумерация, тип, обозначение и наименование выводов (выводных площадок) ПРО-04

Номер вывода	Тип	Обозначение вывода	Наименование вывода
1	Общий	GND	Общий (корпус)
2	Вход	ANT	Антенный вход
3, 4	Общий	GND	Общий (корпус)
5	Вход	WAKE	Вход сигнала на пробуждение модуля (не используется)
6	Выход	1PPS	Выход сигнала секундной метки времени

Номер вывода	Тип	Обозначение вывода	Наименование вывода
7	–	NC	Не подключен
8	Выход	ACT_SLP	Выход сигнала индикатора состояния «АКТИВЕН»
9	Выход	STATUS	Выход сигнала о статусе (состоянии) модуля
10	-	NC	Не подключен
11	Вход	RX1	Вход принимаемых данных UART, Порт #1
12	Выход	TX1	Выход передаваемых данных UART, Порт #1
13	Вход	RX0	Вход принимаемых данных UART, Порт #0
14	Выход	TX0	Выход передаваемых данных UART, Порт #0
15, 16	–	NC	Не подключен
17, 18	Общий	GND	Общий (корпус)
19	Вход	NRESET	Вход сигнала на внешнее обнуление
20	Вход	VDD	Основное напряжение питания
21	Питание	VBAT	Резервное напряжение питания
22	Вход	ON_OFF	Вход сигнала на включение/выключение модуля
23	Питание	VDD_IO	Напряжение питания ввода/вывода
24	Питание	V_ANT	Напряжение питания антенны

1.2.5 Электрические параметры

1.2.5.1 Электрические параметры ПРО-04 при приемке и поставке соответствуют значениям, приведенным в таблице 3.

Т а б л и ц а 3 – Электрические параметры ПРО-04 при приемке и поставке

Наименование параметра, режим измерения	Буквенное обозначение параметра	Значение			Примечание
		не менее	номинал	не более	
1 Выходное напряжение низкого уровня, В ¹⁾ при $U_{DD_IO} = 1,8$ В, при $I_{OL} = 3,6$ мА при $U_{DD_IO} = 3,3$ В, при $I_{OL} = 8$ мА	U_{OL}	–	–	0,4	–
2 Выходное напряжение высокого уровня, В ¹⁾ при $U_{DD_IO} = 1,8$ В, $I_{OH} = -3,6$ мА при $U_{DD_IO} = 3,3$ В, $I_{OH} = -8$ мА	U_{OH}	1,35	–	–	–
		2,40	–	–	

Наименование параметра, режим измерения	Буквенное обозначение параметра	Значение			Примечание
		не менее	номинал	не более	
3 Ток потребления по выводу VDD в режиме «Обнаружение», мА при $U_{DD} = 1,8$ В, ГЛОНАСС+GPS+SBAS при $U_{DD} = 1,8$ В, ГЛОНАСС+GPS+Galileo+SBAS	I_{DD_ACQ}	–	75	–	–
		–	110	120	
4 Ток потребления по выводу VDD в режиме «Слежение», мА при $U_{DD} = 1,8$ В, ГЛОНАСС+GPS+SBAS при $U_{DD} = 1,8$ В, ГЛОНАСС+GPS+Galileo+SBAS	I_{DD_TRQ}	–	42	–	–
		–	48	–	
5 Ток потребления по выводу VDD в состоянии «ВЫКЛЮЧЕН», мкА	I_{DD_OFF}	–	150	250	ON_OFF – лог. «0»
6 Ток потребления по выводу VDD в состоянии «ОБНУЛЕН», мА	I_{DD_RESET}	–	20	22	NRESET – лог. «0»
7 Ток потребления по выводу VDD_IO в состоянии «ВЫКЛЮЧЕН», мкА	I_{DD_IO}	–	–	5	Без нагрузки на выходных выводах
8 Ток потребления от резервной батареи, мкА	I_{BAT}	–	8	–	U_{DD} откл. при +25 °С
		–	28	–	U_{DD} откл. при +85 °С
9 Ток цепи антенны, мА	I_{ANT}	3	–	32	–
10 Выходной ток низкого уровня, мА ¹⁾ при $U_{DD_IO} = 1,8$ В при $U_{DD_IO} = 3,3$ В	I_{OL}	–	–	3,6	–
		–	–	8,0	
11 Выходной ток высокого уровня, мА ¹⁾ при $U_{DD_IO} = 1,8$ В при $U_{DD_IO} = 3,3$ В	I_{OH}	–	–	–3,6	–
		–	–	–8,0	

12 Сопротивление pull-up, кОм ²⁾	R_{PU}				
при $U_{DD_IO} = 1,8 \text{ В}$		–	200	–	–
при $U_{DD_IO} = 3,3 \text{ В}$		–	75	–	

1) На выходах: 1PPS, ACT_SLP, STATUS, TX0, TX1.
 2) На входах: NRESET, RX0, RX1, ON_OFF.

1.2.5.2 Предельно допустимые и предельные режимы эксплуатации ПРО-04 приведены в таблице 4.

ВНИМАНИЕ: ВОЗДЕЙСТВИЯ, ВЫХОДЯЩИЕ ЗА ПРЕДЕЛЫ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ПАРАМЕТРОВ, МОГУТ ПРИВЕСТИ К ВЫХОДУ МОДУЛЯ ИЗ СТРОЯ!

Т а б л и ц а 4 – Предельно допустимые и предельные режимы эксплуатации ПРО-04

Наименование параметра, режим измерения	обозначение параметра	Предельно допустимый режим		Предельный режим		Примечание
		не менее	не более	не менее	не более	
1 Основное напряжение питания, В	U_{DD}	1,71	1,89	–0,30	2,50	–
2 Напряжение питания ввода–вывода, В	U_{DD_IO}	1,7	3,6	–0,5	4,6	–
3 Резервное напряжение питания, В	U_{BAT}	1,6	3,7	–0,3	4,0	–
4 Напряжение питания антенны, В	U_{ANT}	1,80	3,60	–0,30	3,75	–
5 Входное напряжение низкого уровня, В ¹⁾ при $U_{DD_IO} = 1,8 \text{ В}$ при $U_{DD_IO} = 3,3 \text{ В}$	U_{IL}	–	0,54 0,80	–	–	–
6 Входное напряжение высокого уровня, В ¹⁾ при $U_{DD_IO} = 1,8 \text{ В}$ при $U_{DD_IO} = 3,3 \text{ В}$	U_{IH}	1,26 2,00	–	–0,50 –0,50	2,50 4,60	–
7 Ток короткого замыкания в выходных цепях, мА ²⁾ при $U_{DD_IO} = 1,8 \text{ В}$ при $U_{DD_IO} = 3,3 \text{ В}$	I_O	–	–	–12 –24	12 24	–

Наименование параметра, режим измерения	обозначение параметра	Предельно допустимый режим		Предельный режим		Примечание
		не менее	не более	не менее	не более	
8 Ток короткого замыкания в входной цепи антенны, мА ³⁾	I_{ANT}	–	–	–	50	–
9 Мощность ВЧ сигнала на входе антенны, дБВт	P_{ANT}	–	–	–	40	–

Примечание – Недопустимо одновременное воздействие нескольких предельных режимов.

- 1) На входах NRESET, RX0, RX1, ON_OFF.
 2) На выходах: 1PPS, ACT_SLP, STATUS, TX0, TX1.
 3) При питании антенны от модуля ПРО-04, ПРО-04R.

1.2.6 Конструктивные параметры

Конструктивно модуль выполнен в виде платы с односторонним монтажом элементов, закрытой экраном.

Габаритный чертеж и расположение контактных площадок модуля приведены на рисунках 1 и 2. Размеры: миллиметры.

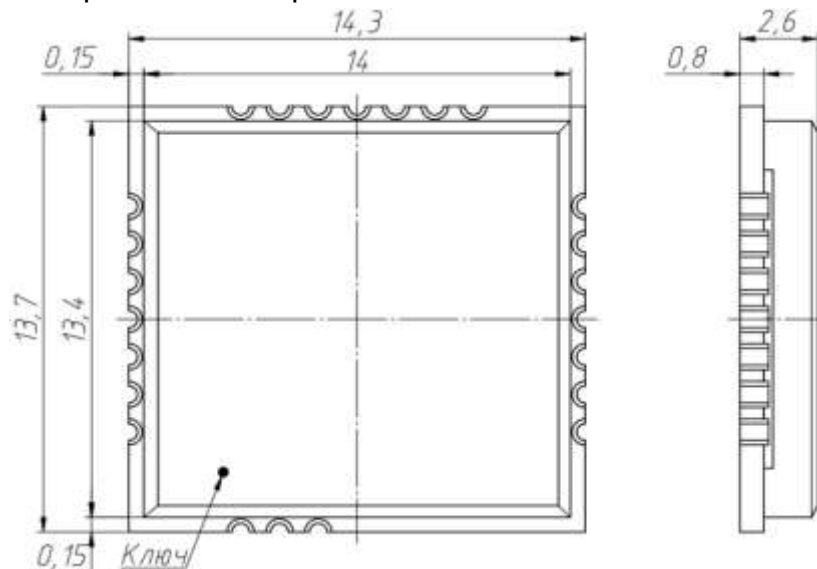
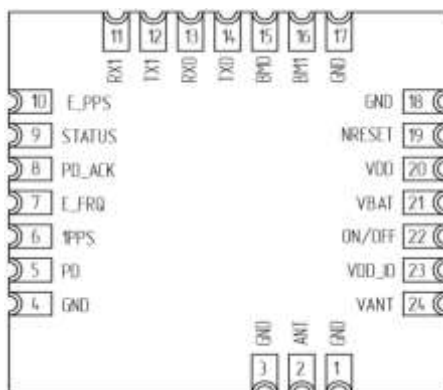


Рисунок 1 – Габаритный чертеж



Нумерация выводов (выводных площадок) по часовой стрелке (вид со стороны установочной плоскости ПРО-04). Нумерация и обозначения выводов показаны условно

Рисунок 2 – Расположение контактных площадок

1.2.7 Содержание драгоценных материалов

1.2.7.1 В модуле содержатся следующие драгоценные материалы:

- золото – _____ г.;
- серебро – _____ г.

1.3 Состав ПРО-04

1.3.1 Структурная схема

1.3.1.1 Структурная схема модуля приведена на рисунке 3.

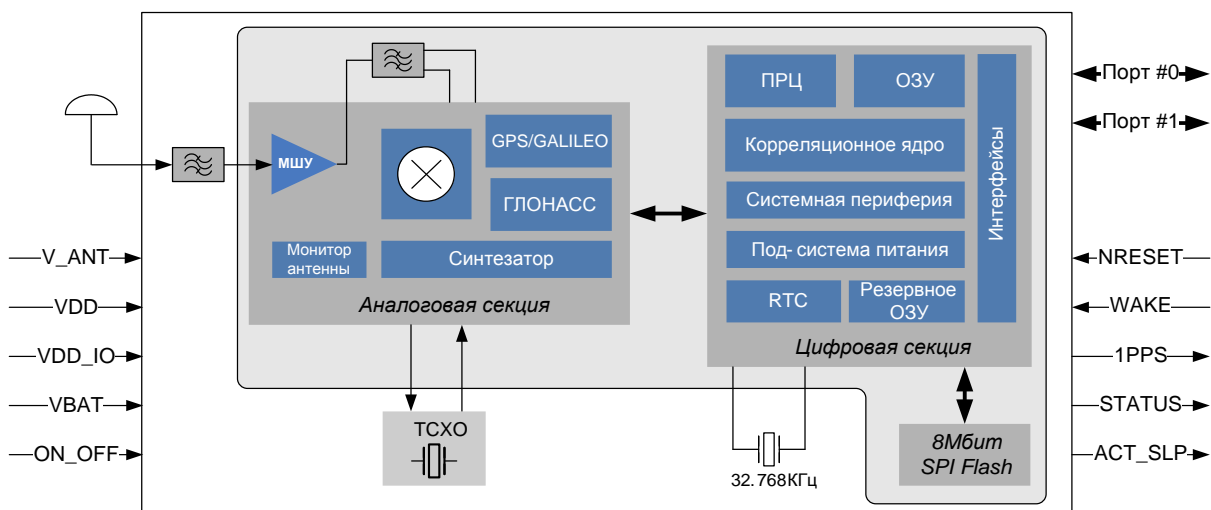


Рисунок 3 – Структурная схема ПРО-04

1.3.2 Состав ПРО-04

1.3.2.1 В состав модуля входят:

- аналоговая секция;
- цифровая секция;
- SPI флеш-память;
- два ВЧ ПАВ фильтра;
- опорный генератор (ТСХО);
- кварцевый резонатор 32,768 кГц;
- цепи защиты от электростатического разряда (не показаны).

1.4 Устройство и работа

1.4.1 RTC, резервное ОЗУ

1.4.1.1 Часы реального времени (RTC) и резервное ОЗУ, расположенные в зоне батарейного питания, – единственные блоки цифровой части, которые продолжают функционировать при отсутствии основного питания и обеспечивают дальнейший теплый/горячий старт модуля при его восстановлении. Часы реального времени тактируются частотой 32,768 кГц и осуществляют отсчет времени. В резервном ОЗУ сохраняются эфемериды КА и другие данные, необходимые для реализации теплого/горячего старта.

1.4.2 Флэш-память

1.4.2.1 Флэш-память используется для хранения:

- кода встроенного ПО;
- настроек и конфигурации модуля;
- альманахов ГНСС.

1.4.2.2 Модуль поддерживает обновление встроенного ПО в процессе эксплуатации в составе аппаратуры пользователя.

1.4.3 Напряжения питания

1.4.3.1 Модуль имеет два основных напряжения питания:

- основное (вывод VDD): параметры согласно таблице 4. Допустимый уровень пульсаций – 50 мВ пик-пик;
- ввода/вывода (вывод VDD_IO): параметры согласно таблице 4. Напряжение ввода/вывода задает уровни сигналов на следующих выводах: TX0, TX1, RX0, RX1, 1PPS, NRESET, ACT_SLP, STATUS, ON_OFF.

Для обеспечения работы модуля в теплом и горячем старте к выводу VBAT может подключаться внешний источник резервного питания. Если не используется вывод VBAT, то он может быть оставлен неподключенным.

1.4.4 Питание активной антенны

1.4.4.1 Питание активной антенны производится подачей постоянного напряжения на вывод V_ANT, которое проходит через встроенный монитор питания и приходит на вывод ANT. Если не используется, вывод V_ANT может быть оставлен неподключенным.

1.4.4.2 Монитор питания измеряет ток, потребляемый антенной. В зависимости от величины измеренного тока, формируется следующая телеметрия антенны:

- «Измерения не производятся», в случае, если напряжение питания антенны выключено;
- «Перегружена», в случае, если ток больше 32 мА;
- «Не подключена», в случае, если ток меньше 3 мА;
- «Норма», в случае, если ток находится в пределах от 3 до 32 мА.

1.4.4.3 Телеметрия антенны выдается в бинарном сообщении «0x20» («Слово состояние модуля», Телеметрия антенны – биты 6,7) или NMEA сообщении «RQUERY».

1.4.4.4 Напряжение в антенну может быть выключено бинарным сообщением «0xC7». По умолчанию, питание антенны включено.

1.4.4.5 Монитор питания антенны обеспечивает защиту от короткого замыкания путем ограничения тока на уровне 50 мА. Таким образом, короткое замыкание в антенне не вызывает выход модуля из строя, а сопровождается выдачей телеметрии антенны «Перегружена».

ВНИМАНИЕ:

1 ЕСЛИ НАПРЯЖЕНИЕ ПИТАНИЯ АНТЕННЫ НЕ ПОДАНО НА ВЫВОД V_ANT (НАПРИМЕР, ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПАССИВНОЙ АНТЕННЫ ИЛИ ВНЕШНЕЙ ЦЕПИ ПИТАНИЯ АКТИВНОЙ АНТЕННЫ), ТО РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ТОКА МОНИТОРОМ МОГУТ ОКАЗАТЬСЯ НЕКОРРЕКТНЫМИ. В ТАКИХ СЛУЧАЯХ РЕКОМЕНДУЕТСЯ ВЫКЛЮЧАТЬ ПИТАНИЕ АНТЕННЫ БИНАРНЫМ СООБЩЕНИЕМ «0xC7».

2 ЕСЛИ РАБОЧИЙ ТОК АНТЕННЫ МЕНЬШЕ 3 МИЛЛИАМПЕРА ИЛИ БОЛЬШЕ 32 МИЛЛИАМПЕРА, И ОБЕСПЕЧЕНЫ УСЛОВИЯ ДЛЯ НОРМАЛЬНОГО ПРИЕМА СИГНАЛОВ, ТО МОДУЛЬ БУДЕТ ВЫПОЛНЯТЬ ЦЕЛЕВУЮ ФУНКЦИЮ ПО ПОЛУЧЕНИЮ НАВИГАЦИОННЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ. В ТАКОМ СЛУЧАЕ СООБЩЕНИЯ ТЕЛЕМЕТРИИ АНТЕННЫ МОЖНО ИГНОРИРОВАТЬ.

1.4.4.6 Следует иметь в виду, что при питании антенны через вывод V_ANT постоянное напряжение на выводе ANT будет чуть ниже напряжения на выводе V_ANT за счет падения напряжения в мониторе. Величина падения напряжения тем больше, чем больше ток антенны: типовое значение составляет 100 мВ при токе 10 мА. Это следует учитывать при выборе активной антенны.

1.4.5 Потребляемая мощность

1.4.5.1 Для обеспечения требуемых характеристик чувствительности и времени первого определения координат модуль использует подсистему быстрого поиска сигналов. После включения питания модуль активизирует максимальное количество блоков быстрого поиска, в результате чего ток потребления становится максимальным. В таблице 3 значение тока потребления для таких условий указано в строке «Ток потребления по выводу VDD в режиме «Обнаружение».

1.4.5.2 По мере обнаружения и захвата спутников количество активных блоков быстрого поиска уменьшается, что приводит к снижению тока потребления. Модуль полностью отключает систему быстрого поиска после приема альманахов и обнаружения всех КА в расчетной зоне видимости. В таблице 3 значение тока потребления для таких условий указано в строке «Ток потребления по выводу VDD в режиме «СЛЕЖЕНИЕ».

1.4.5.3 На продолжительность и интенсивность работы подсистемы поиска и, как следствие, на величину потребляемого тока влияет ряд факторов:

- тип старта (холодный, теплый, горячий);
- уровни принимаемых сигналов (слабые сигналы требуют большего времени обнаружения и, следовательно, более продолжительной работы подсистемы);
- условия видимости КА (пропадания сигналов в результате затенений активизируют подсистему поиска);
- наличие в памяти модуля альманахов ГНСС.

1.4.6 Встроенный контроль напряжений питания

1.4.6.1 Модуль содержит встроенную схему контроля следующих напряжений питания:

- основного на выводе VDD (1,8 В);
- ядра цифровой секции (1,2 В);
- батарейной зоны (1,2 В).

1.4.6.2 Если хотя бы одно из первых двух напряжений ниже порога (1,6 В для основного напряжения на выводе VDD и 1,0 В для напряжения ядра цифровой секции), то формируется сигнал сброса, который удерживает цифровую часть модуля в состоянии обнуления. Если напряжение питания батарейной зоны ниже порога (0,9 В), то формируется сигнал сброса RTC.

1.4.7 Аппаратная телеметрия модуля

1.4.7.1 Модуль каждую секунду проводит самотестирование отдельных внутренних блоков и передает результаты в бинарном сообщении «0x20» («Слово состояния модуля») или NMEA сообщении «RQUERY».

1.4.7.2 Результаты тестирования включают следующие данные:

- биты 7, 6: Телеметрия антенны;
- бит 5: Телеметрия АРУ ГЛОНАСС;

- бит 4: Телеметрия АРУ GPS;
- бит 2: Телеметрия PLL;
- бит 1: Результат теста RTC (тест выполняется при включении питания);
- бит 0: Результат теста резервного ОЗУ (тест выполняется при включении питания).

1.4.7.2 Ошибка телеметрии может свидетельствовать о нарушении работы конкретных блоков, что может быть причиной неработоспособности модуля.

1.4.8 Последовательные порты

1.4.8.1 Модуль имеет два последовательных порта UART для организации обмена с внешними устройствами: Порт #0 и Порт #1.

1.4.8.2 Оба порта UART имеют следующие программируемые параметры (программируются индивидуально для каждого порта):

- скорость приема/передачи, бит/с: 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400, 460800, 921600;
- количество стоповых бит: 1 или 2;
- бит четности: не формируется, формируется как бит четности, формируется как бит нечетности, всегда лог. «0», всегда лог. «1».

1.4.8.3 По умолчанию параметры обоих портов: скорость 115200 бит/с, 1 стоповый, бит четности не формируется.

1.4.8.4 Настройка портов производится через бинарное сообщение «0x41» или через следующие NMEA сообщения:

- «BDR---»;
- «STOP--».

1.4.9 Поддерживаемые протоколы обмена

1.4.9.1 Обмен с модулем производится по двум информационным протоколам: бинарному и NMEA. Кроме того, в дифференциальном режиме модуль обрабатывает дифференциальные поправки в соответствии со стандартом RTCM SC104 v. 2.3 – сообщения 1, 3, 31. Дифференциальные поправки принимаются по Порту #1.

1.4.9.2 Соответствие номера порта и типа информационного протокола устанавливается бинарным сообщением «0x50».

Возможны 5 комбинаций распределения информационных протоколов по Портam #0 и #1 (таблица 5).

Таблица 5 – Распределение протоколов по портам модуля

Номер комбинации	Порт #0	Порт #1
1	Бинарный	NMEA
2	NMEA	Бинарный
3	NMEA	NMEA
4	Бинарный	RTCM
5	NMEA	RTCM

По умолчанию, Порт #0 работает в бинарном протоколе, Порт #1 – в NMEA.

1.4.9.3 Для переключения в бинарный протокол из NMEA используется сообщение «SWPROT».

1.4.9.4 Детальное описание бинарных сообщений приведено в документе «Модуль навигационный ГЛОНАСС/GPS/SBAS/Galileo – ПРО-04. Бинарный протокол обмена ИЛТА.464346.001Д16».

1.4.9.5 Детальное описание сообщений протокола NMEA приведено в документе «Модуль навигационный ГЛОНАСС/GPS/SBAS/Galileo – ПРО-04. NMEA протокол обмена ИЛТА.464346.001Д17».

1.4.10 Вывод STATUS

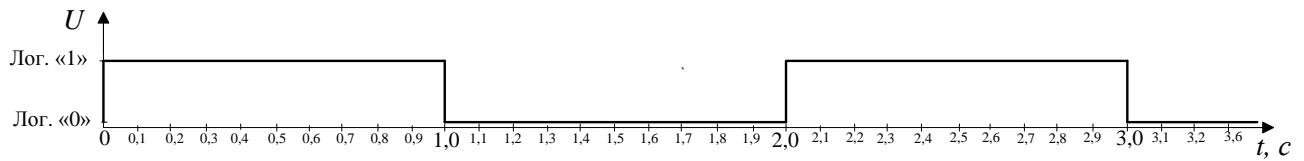
1.4.10.1 Периодический выходной сигнал на выводе STATUS, который выдается в состоянии «АКТИВЕН», является индикатором одного из трёх статусов (состояний) модуля: «ПОИСК», «НАВИГАЦИЯ», «НЕНОРМА» (рисунок 4):

а) «ПОИСК»: идет поиск спутников, аппаратная телеметрия в норме, нет решения НЗ, данные местоопределения недоступны. Характеристика сигнала на выводе STATUS: период - 2 с; длительность: лог. «1» - 1 с, лог. «0» - 1 с;

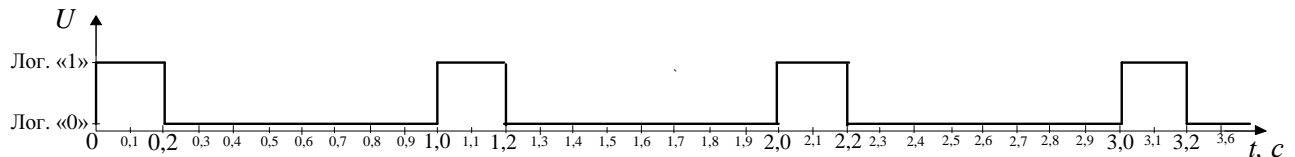
б) «НАВИГАЦИЯ»: спутники в слежении, решается НЗ, данные местоопределения выдаются. Характеристика сигнала на выводе STATUS: период – 1 с; длительность: лог. «1» - 0,2 с, лог. «0» - 0,8 с;

в) «НЕНОРМА»: ошибка хотя бы одного из параметров в аппаратной телеметрии: решения НЗ нет. Характеристика сигнала на выводе STATUS: период - 0,5 с; длительность: лог. «1» - 0,2 с, лог. «0» - 0,3 с.

Статус (состояние) «ПОИСК»



Статус (состояние) «НАВИГАЦИЯ»



Статус (состояние) «НЕНОРМА»

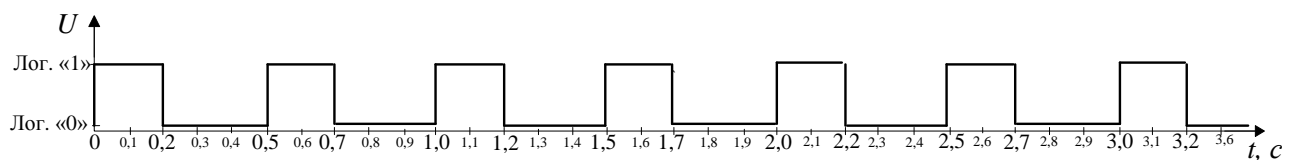


Рисунок 4 – Временные диаграммы сигнала на выводе STATUS

1.4.11 Вывод ACT_SLP

1.4.11.1 Выходной сигнал на выводе ACT_SLP представляет собой индикатор состояний «АКТИВЕН». Если модуль находится в состоянии «АКТИВЕН», то сигнал на выводе ACT_SLP равен лог. «1».

1.4.12 Вывод ON_OFF

1.4.12.1 Для управления включением/выключением модуля используется входной сигнал на выводе ON_OFF: лог. «1» включает модуль; лог. «0» – выключает (переводит модуль в состояние «Выключен»). Если не используется входной сигнал вывода ON_OFF, то вывод может быть оставлен неподключенным или подключенным к выводу VDD_IO.

При входном сигнале на выводе ON_OFF равном лог. «0» модуль переходит в состояние «ОБНУЛЕН» и выходные сигналы модуля переходят в следующие состояния на выводах:

- TX0, TX1: лог. «1»;
- 1PPS: лог. «0»;
- ACT_SLP, STATUS: лог. «1».

При выключении модуля (напряжение питания на выводе VDD отсутствует или сигнал на выводе ON_OFF равен лог. «0») питание антенны на выводе ANT отключается.

1.4.13 Вывод NRESET

1.4.13.1 Для обнуления модуля используется входной сигнал на выводе NRESET: лог. «1» – модуль сохраняет свое состояние; лог. «0» – модуль переходит в состояние «Обнулен».

При входном сигнале на выводе NRESET равном лог. «0» модуль переходит в состояние «Обнулен» и выходные сигналы переходят в следующие состояния на выводах:

- TX0, TX1: лог. «1»;
- 1PPS: лог. «0»;
- ACT_SLP, STATUS: лог. «1».

1.4.13.2 Если не используется вывод NRESET, он может быть оставлен неподключенным или подключен к VDD_IO.

1.4.14 Состояния модуля ПРО-04

1.4.14.1 Модуль ПРО-04 может находиться в одном из следующих четырех состояний – «ВЫКЛЮЧЕН», «РЕЗЕРВ», «ОБНУЛЕН», «АКТИВЕН» (таблица 6).

Т а б л и ц а 6 – Состояния модуля

Состояние	Описание	Условия на выводах	Ток потребления (тип.)
«ВЫКЛЮЧЕН»	Модуль обесточен. Целевая функция получения навигационных определений не выполняется. Обмен с модулем по последовательным портам невозможен. Часы реального времени продолжают отчет времени для поддержания ШВ, в резервном ОЗУ хранятся данные, что обеспечивает теплый или горячий старт после включения (на выводе ON_OFF сигнал – лог. «1»)	VDD – вкл. питание; VBAT – безразлично; ON_OFF сигнал – лог. «0»; NRESET сигнал – лог. «1»	150 мкА (по выводу VDD)
«РЕЗЕРВ»	Модуль обесточен. Целевая функция получения навигационных определений не выполняется. Обмен с модулем по последовательным портам невозможен. Часы реального времени продолжают отчет времени для поддержания ШВ, в резервном ОЗУ хранятся данные, что	VDD – выкл. питание; VBAT – вкл. питание; ON_OFF – безразлично NRESET –	8 мкА (по выводу VBAT)

Состояние	Описание	Условия на выводах	Ток потребления (тип.)
	обеспечивает теплый или горячий старт после включения (на выводе VDD – вкл. питание, на выводе ON_OFF сигнал – лог. «1»)	безразлично	
«ОБНУЛЕН»	Питание на модуль подано. Цифровая часть находится в состоянии сброса, аналоговая часть работает. Целевая функция получения навигационных определений не выполняется. Обмен с модулем по последовательным портам невозможен. Часы реального времени продолжают отчет времени для поддержания ШВ, в резервном ОЗУ хранятся данные, что обеспечивает теплый или горячий старт после подачи на вывод NRESET сигнала – лог. «1»	VDD – вкл. питание; VBAT – безразлично; NRESET сигнал – лог. «0»; ON_OFF сигнал – лог. «1»	20 мА (по выводу VDD)
«АКТИВЕН»	Питание на модуль подано. Модуль выполняет целевую функцию получения и выдачи навигационных определений.	VDD – вкл. питание; VBAT – безразлично; NRESET сигнал – лог. «1»; ON_OFF сигнал – лог. «1»	См. таблицу 3

1.4.15 Режимы работы

1.4.15.1 Модуль обеспечивает работу в следующих режимах:

- автономный;
- дифференциальный;
- фиксированных координат;
- усреднения координат.

1.4.15.2 В дифференциальном режиме модуль может работать:

- в дифференциальном режиме DGNSS (RTCM) по сигналам ГНСС и поправкам (коррекциям), формируемым и транслируемым внешней контрольно-корректирующей станцией в формате RTCM;
- в дифференциальном режиме SBAS по сигналам ГНСС и коррекциям, передаваемым КА SBAS.

1.4.15.3 Дифференциальный режим DGNSS (RTCM) имеет приоритет перед режимом SBAS.

1.4.15.4 Режимы фиксированных координат и усреднения координат используются для временных приложений. Эти режимы предполагают, что модуль неподвижен.

1.4.15.5 Если координаты установки антенны известны с требуемой точностью (не более 70 м), то используется режим фиксированных координат. Опорные ECEF координаты антенны для этого режима задаются пользователем. Если разница между опорными и рассчитываемыми координатами превышает 70 м, то модуль не сможет перейти в режим фиксированных координат.

1.4.15.6 Если координаты установки антенны не известны, то используется режим усреднения координат, который позволяет получить опорные координаты путем усреднения вычисляемых модулем координат на заданном временном интервале. По окончании интервала усреднения модуль автоматически записывает полученные координаты во Flash память и переходит в режим фиксированных координат.

1.4.16 Системы координат

1.4.16.1 Модуль поддерживает следующие системы координат, в которых производится расчет навигационных определений:

- WGS-84 (по умолчанию);
- ПЗ-90.11;
- пользовательская (параметры пользовательской системы задаются).

1.4.17 Используемые ГНСС

1.4.17.1 Модуль с одинаковым приоритетом принимает и обрабатывает сигналы всех поддерживаемых ГНСС. Возможны следующие конфигурации основных спутниковых систем:

- только по сигналам GPS;
- только по сигналам ГЛОНАСС;
- только по сигналам Galileo;
- совмещенное использование сигналов ГЛОНАСС, GPS и Galileo в любой комбинации (по умолчанию ГЛОНАСС, GPS и Galileo).

1.4.18 Дифференциальный режим DGNSS (RTCM)

1.4.18.1 В дифференциальном режиме DGNSS (RTCM) поддерживаются типы сообщений формата RTCM SC104 v2.3: 1, 3 и 31. Дифференциальные поправки принимаются по Порту #1. При использовании поправок модуль формирует дифференциально-кодированное решение.

1.4.18.2 При пропадании поправок RTCM модуль использует последние принятые поправки в течение заданного времени (DGNSS тайм-аут), после чего, если прием поправок не возобновился, переходит в режим SBAS, если он установлен, если не установлен режим SBAS, переходит в автономный режим.

1.4.19 Дифференциальный режим SBAS

1.4.19.1 Для передачи корректирующей информации в дифференциальном режиме SBAS используются геостационарные спутники. Передаваемая КА SBAS информация содержит данные о целостности, непосредственно коррекции, а также данные, позволяющие использовать спутники для навигации. Структура сигналов аналогична структуре сигнала GPS C/A, но скорость передачи информации составляет 500 бит/с.

1.4.19.2 Различаются следующие региональные подсистемы SBAS:

- WAAS;
- EGNOS;
- СДКМ;
- MSAS;
- GAGAN.

Спутникам каждой подсистемы присвоены свои номера псевдослучайных кодов (PRN).

1.4.19.3 Модуль имеет в своем составе три канала слежения, предназначенные для обработки сигналов SBAS. Модуль может быть установлен в режим либо автоматического поиска сигналов SBAS, либо ручного задания номеров PRN.

1.4.19.4 Дополнительные настройки работы в режиме SBAS позволяют:

- использовать принятые коррекции, даже если спутник передает признак тестового режима;
- использовать в решении НЗ только те КА, для которых приняты коррекции, или все КА, независимо от наличия коррекций.

1.4.19.5 При пропадании корректирующей информации приемник использует последние принятые коррекции в течение заданного времени (SBAS тайм-аут), после чего, если прием поправок не возобновился, переходит в автономный режим.

1.4.19.6 При наличии в составе передаваемых сообщений данных об эфемеридах спутников модуль использует измерения от этих спутников в решении НЗ.

1.4.20 RAIM

1.4.20.1 В модуле реализована концепция RAIM, предназначенная для автономной оценки целостности навигационных сигналов. Под целостностью понимается способность своевременно обнаруживать, идентифицировать и исключать из навигационных определений аномальные измерения, вызванные неисправностью или отказом навигационного КА.

Концепция RAIM использует принцип избыточности информации, получаемой от навигационных КА. Результаты работы RAIM выдаются модулем в выходных сообщениях.

1.4.21 Секундная метка времени

1.4.21.1 Модуль формирует секундную метку времени на выводе 1PPS. Секундная метка времени (сигнал «1PPS») представляет собой импульс, идущий с темпом 1 раз в секунду, со следующими параметрами:

- выдача сигнала «1PPS» разрешена/запрещена;
- шкала времени, с которой синхронизирован сигнал «1PPS»: GPS, ГЛОНАСС, UTC(USNO), UTC(SU);
- полярность сигнала «1PPS»: положительная или отрицательная. В первом случае выбранной шкале времени соответствует положительный фронт импульса (переход из лог. «0» в лог. «1»); во втором случае – отрицательный фронт импульса (переход из «1» в «0»);
- длительность: от 10 мкс до 2 мс.

1.4.20.2 Параметры программируются посредством сообщения «0x4C» бинарного протокола. Кроме того, сообщение «0x4C» предоставляет возможность сдвига метки времени на фиксированную задержку в пределах $\pm 0,5$ с.

1.4.20.3 Секундная метка времени формируется с временным разрешением 61 нс (определяется частотой опорного TCXO 16,369 МГц).

1.4.22 Поддержка сервиса Galileo SAR

1.4.22.1 КНС Galileo совместно с системой спасения КОСПАС-САРСАТ обеспечивает владельцам аварийных радиомаяков сервис обратной связи (RLS), который заключается в передаче в составе цифровой навигационной информации спутников Galileo сообщений RLM, подтверждающих прием сигналов бедствия системой КОСПАС-САРСАТ.

1.4.22.2 При работе по сигналам Galileo модуль выделяет сообщение RLM с уникальным номером радиомаяка (15HEX ID) и выдает принятую информацию в составе бинарных и NMEA сообщений. Максимальное количество сообщений с различными 15HEX ID в 1 секунду: 10.

1.4.23 Темп выдачи выходных данных

1.4.23.1 Темп выдачи выходных данных может быть установлен равным 1, 2, 5 или 10 Гц.

1.4.23.2 Установка темпа выдачи выходных данных производится через бинарное сообщение «0x44» или через NMEA сообщение «RATE--».

1.4.24 Холодный, теплый, горячий старт

1.4.24.1 В зависимости от наличия альманаха, времени, данных местоположения и интервала времени, в течение которого аппаратура ПРО-04 (модуль ПРО-04) находилась в выключенном состоянии, она автоматически стартует в холодном, теплом или горячем старте. Холодный старт подразумевает отсутствие в модуле ПРО-04 достоверных альманахов, эфемерид, времени и данных местоположения. По времени холодный старт – самый продолжительный. Теплый старт подразумевает, что модуль ПРО-04 имеет альманахи, известно его местоположение и время. Горячий старт подразумевает наличие альманахов, данных местоположения, времени, а также эфемерид, поэтому модуль ПРО-04 тратит в этом старте наименьшее количество времени.

1.4.24.2 Аппаратура ПРО-04 реализует теплый или горячий старт при одном из следующих условий:

- резервное батарейное питание U_{BAT} подключено;
- основное напряжение питания подключено.

1.4.24.3 Также имеется возможность организовать программный перестарт модуля. Для этого в бинарном протоколе используется сообщение «0xC2»: код «0» соответствует горячему старту, код «1» – теплому старту, код «3» – холодному. При работе по NMEA протоколу используются сообщения «CSTART» – холодный старт, «WSTART» – теплый старт, «HSTART» – горячий старт.

1.4.25 Профили динамики потребителя

1.4.25.1 Характеристики профиля параметров движения потребителя приведены в таблице 7.

Т а б л и ц а 7 – Характеристики профиля параметров движения потребителя

Профиль	Характеристики
Пешеходно-автомобильный	Максимальная скорость – 75 м/с. Максимальная вертикальная скорость – 15 м/с. Максимальная высота – 10000 м. Ускорение – до 0,49 м/с ² (0,5 g)
Морской	Максимальная скорость – 30 м/с. Максимальная вертикальная скорость – 5 м/с. Максимальная высота – 500 м. Ускорение – до 0,49 м/с ² (0,5 g)
Авиационный	Максимальная скорость – 515 м/с. Максимальная вертикальная скорость – 100 м/с. Максимальная высота – 18000 м. Ускорение – до 39,24 м/с ² (4 g), 2D режим запрещен

1.5 Маркировка

1.5.1 Маркировка включает:

- товарный знак предприятия - изготовителя АО «НИИМА «Прогресс»;
- дату изготовления в формате ггнн (год и неделя выпуска);
- обозначение типа (типоминала, типоразмера) или вида изделия – PRO-04 или PRO-04R (сокращённое наименование изделия, выполненное латинскими буквами);
- двухмерный штрих–код (QR-код);
- знак, необходимый для монтажа или эксплуатации – точка черного цвета диаметром не менее 1 мм (указатель первого вывода #1);
- индивидуальный (серийный номер) - PXXXXXXXX (девятизначный).

1.5.2 Транспортная маркировка производится по ГОСТ 14192-96 в соответствии с указаниями в конструкторской документации.

1.6 Упаковка

1.6.1 Упаковка обеспечивает защиту ПРО-04 от внешних воздействующих факторов при транспортировании:

- а) механический удар многократного действия:
 - 1) пиковое ударное ускорение – $150 (15) \text{ м/с}^2 (g)$;
 - 2) длительность действия ударного ускорения – от 5 до 10 мс.
- б) температура воздуха:
 - 1) верхнее значение – плюс $50 \text{ }^\circ\text{C}$;
 - 2) нижнее значение – минус $50 \text{ }^\circ\text{C}$.
- в) относительная влажность воздуха – 100 % при плюс $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

1.6.2 Упаковка ПРО-04 соответствует ГОСТ 23088-80.

1.6.3 Упаковка обеспечивает защиту ПРО-04 от зарядов статического электричества.

1.7 Соответствие международным экологическим стандартам

1.7.1 Модули ПРО-04 выпускаются с соблюдением норм директивы RoHS по ограничению использования вредных веществ в электронном оборудовании.

2 Использование по назначению

2.1 Установка модуля на печатную плату

2.1.1 Для установки модулей на печатную плату пользователя рекомендуется следующее посадочное место (рисунок 5). Размеры: миллиметры. Габариты модуля выделены штриховой линией.

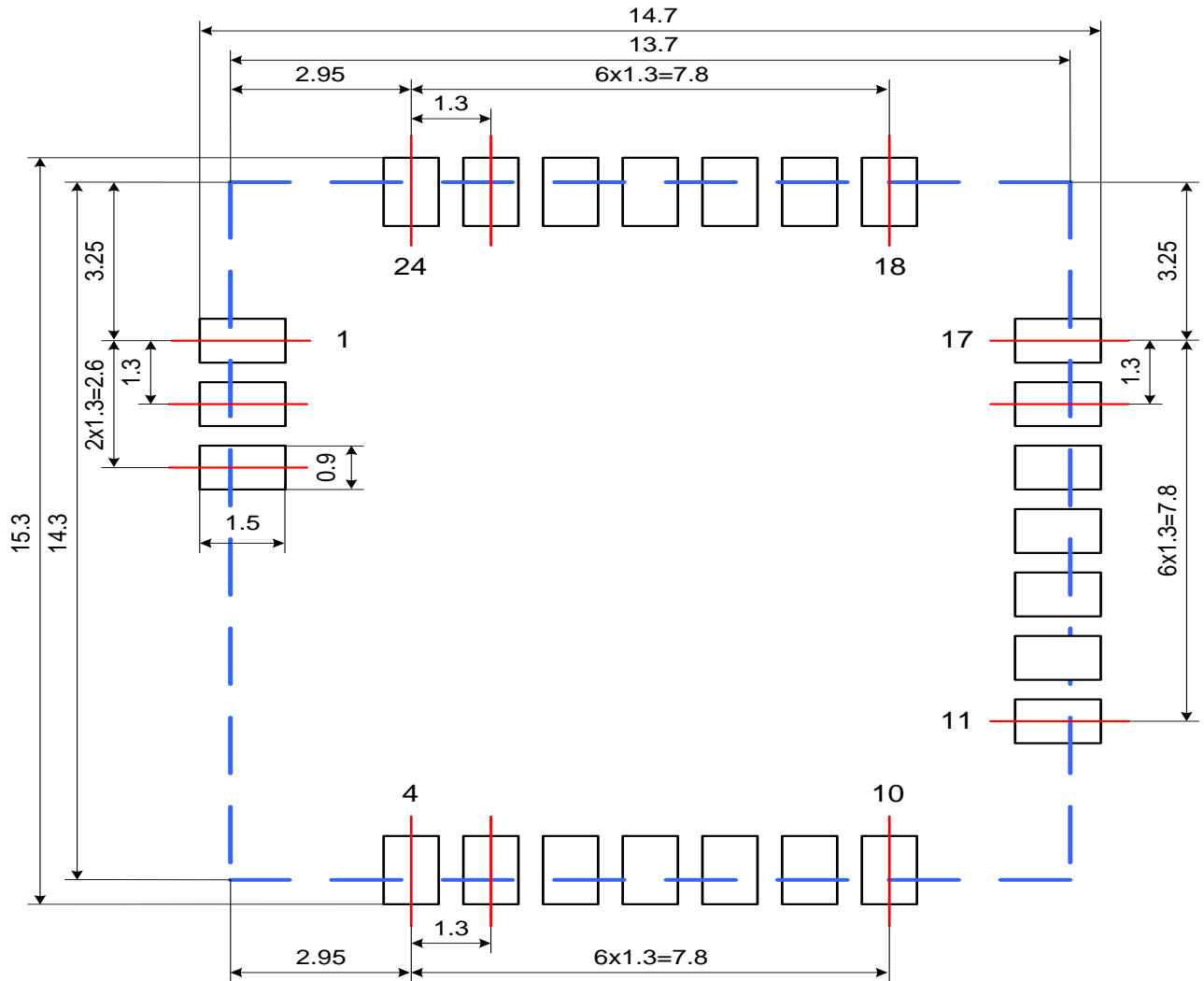


Рисунок 5 – Рекомендуемое посадочное место ПРО-04 (ПРО-04R)

2.1.2 При трассировке внешних цепей модуля на печатной плате необходимо учитывать следующее:

- радиосигнал от антенны подается на контакт ANT модуля по микрополосковой линии. Волновое сопротивление этой линии должно быть максимально приближено к 50 Ом, а ее длина - максимально короткой;
- контактные площадки GND должны быть соединены с корпусом ПП (цепь «земля» или «общий провод») линиями минимальной длины;
- сигнальные проводники на ПП должны быть отодвинуты от антенного входа ANT как можно дальше;

- необходимо исключить трассировку сигналов, особенно высокочастотных и тактовых, под платой модуля.

2.2 Типовая схема включения

2.2.1 Типовая схема включения модуля приведена на рисунке 6.

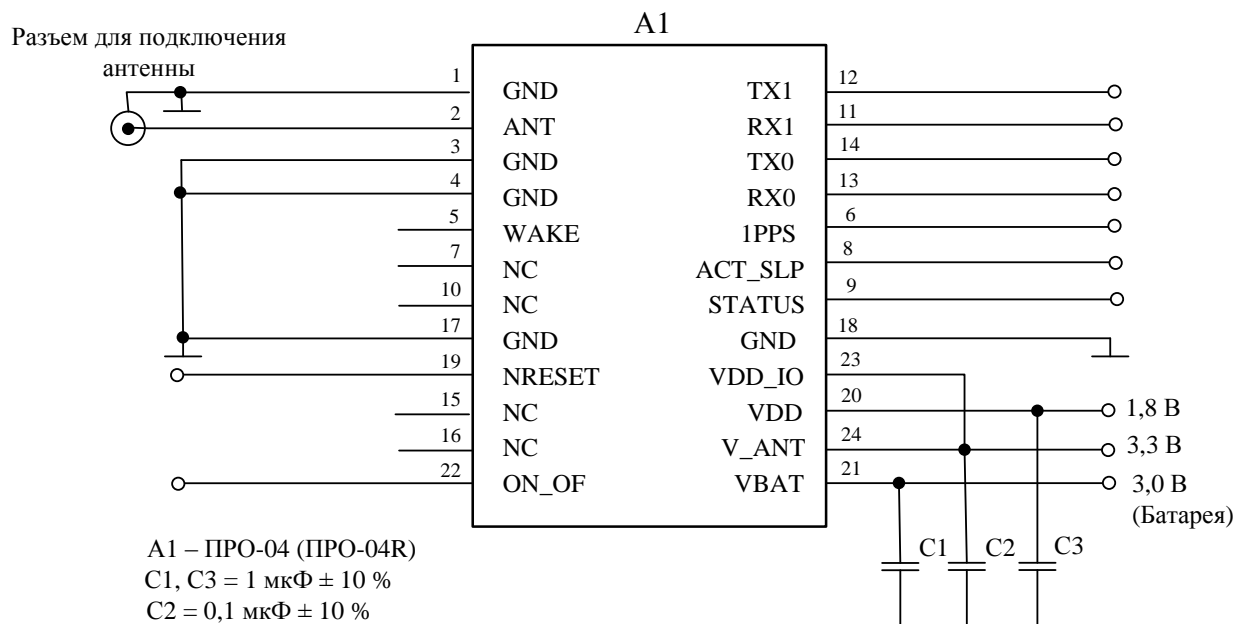


Рисунок 6 – Типовая схема включения модуля

2.2.2 На рисунке 7 приведена упрощенная схема включения, в которой резервное батарейное напряжение и напряжение питания антенны не подключены. Питание антенны производится отдельным напряжением через внешние цепи.

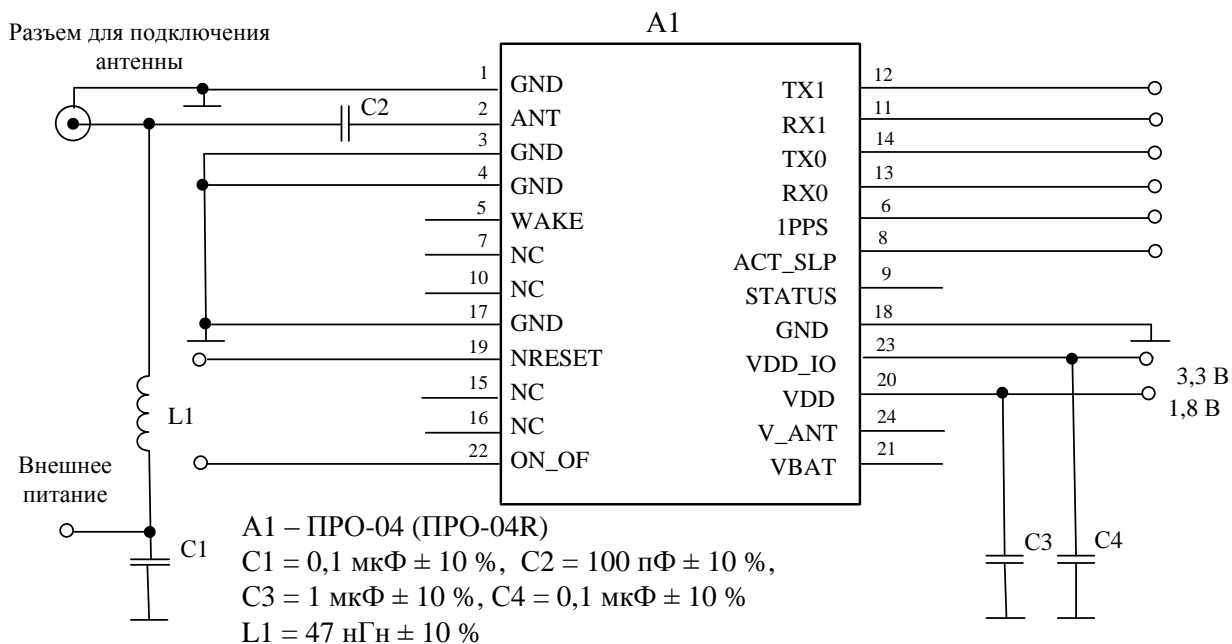


Рисунок 7 – Упрощенная схема включения модуля

2.3 Последовательность подачи напряжений питания

2.3.1 Напряжения питания на выводы VDD (UDD) и VDD_IO (UDD_IO) могут подаваться в любой последовательности при соблюдении следующего условия – лог. «1» на входных выводах модуля должна обеспечиваться одновременно с подачей напряжения питания на вывод VDD_IO. Пока на вывод VDD_IO не подано питание, входные сигналы модуля должны быть либо в лог. «0», либо в третьем состоянии.

2.3.2 Временные диаграммы, поясняющие положения 2.3.1, приведены на рисунке 8.

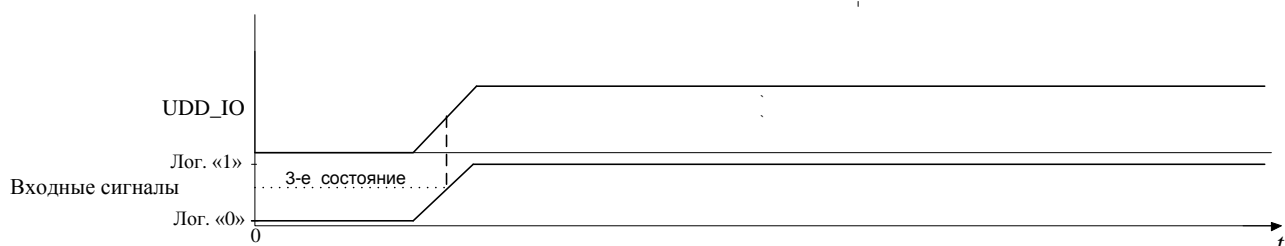


Рисунок 8 – Последовательность подачи напряжения питания: UDD_IO

2.4 Рекомендации по формированию основного напряжения питания

2.4.1 Ток потребления по выводу питания VDD варьируется в процессе работы модуля, достигая максимальных значений при поиске сигналов (таблица 3). Рекомендуется использование вторичного преобразователя (линейный стабилизатор или ШИМ регулятор) с максимальным током нагрузки не менее 200 мА.

2.5 Требования к антенне

2.5.1 Модуль предназначен для работы, как с пассивной, так и с активной антенной. Активная антенна должна обеспечивать дополнительное усиление не более 25 дБ. Дополнительное усиление определяется как усиление антенны минус потери в антенном кабеле (волновое сопротивление кабеля 50 Ом). Потери в кабеле зависят от его типа и длины. В общем случае, чем больше диаметр кабеля, тем меньшее удельное затухание и, соответственно, потери он имеет.

2.6 Конфигурация и настройки встроенного ПО

2.6.1 Перечень настроек и параметров конфигурации, включая заводские (по умолчанию) значения, приведен в таблице 8. Под термином «заводские» понимаются параметры, зашитые в ПО модуля на производстве.

Т а б л и ц а 8 – Список настроек и параметров конфигурации

Параметр	Значение по умолчанию
1 ГНСС созвездие	ГЛОНАСС+GPS+Galileo
2 2D	запрещен
3 Режим работы	автономный или дифференциальный
4 Продолжительность экстраполяции, с	5
5 Фильтр Калмана	включен
6 Дифференциальный режим	запрещен
7 Источник дифференциальных поправок	выбирается автоматически
8 PRN SBAS	выбирается автоматически
9 Темп выдачи выходных данных, Гц	1
10 Параметры Портов #0 и #1	115200, 1 стоповый, без четности
11 Информационные протоколы	Порт #0: бинарный
	Порт #1: NMEA

Параметр	Значение по умолчанию
12 Маска GDOP	50
13 Маска угла места, °	5
14 Маска уровня сигнала, дБГц	10
15 Порог статической навигации, м/с	0,3
16 Профиль динамики пользователя	пешеходно-автомобильный
17 Длительность усреднения координат, мин	60
18 Измерения псевдодальности, выдаваемые в сообщении 0x10	несглаженные
19 Система координат	WGS-84
20 Интервал сглаживания псевдодальности фазой несущей, с	100
21 RAIM (T-RAIM)	выключен
22 DGNSS тайм-аут, с	90
23 SBAS тайм-аут, с	120
24 Смещение локального времени относительно UTC	0
25 Опорные ECEF координаты, м	X=0.0, Y=0.0, Z=0.0
26 Параметры 1PPS	разрешен
	полярность: положительная
	привязка: к шкале времени GPS
	длительность, мс: 1
27 Напряжение питания антенны	включено
	сдвиг, нс: 0
28 Спутники	все разрешены
29 Стандартные NMEA сообщения	версия NMEA v2.x, выдаются сообщения GGA, GSA, GSV, RMC
30 Маскируемые бинарные пакеты 0x00...0x1F	не выдаются

2.6.2 После получения новых данных настройки или конфигурации модуль инициирует операцию их сохранения во Flash памяти. По окончании операции модуль выдает бинарное сообщение «0xC3» с кодом «3», если сохранение данных прошло успешно, и с кодом «0», если операция не была завершена. Код «0» может быть сформирован в случае, если модуль уже находится в процессе записи данных во Flash, например, при автосохранении альманахов или при сохранении предыдущих данных настройки.

2.6.3 Сохранение данных во Flash занимает время не более 1 с.

2.7 Особенности работы в различных режимах

2.7.1 Старт модуля после включения

2.7.1.1 После подачи питания модуль стартует автоматически, не требуя дополнительных команд для начала работы. По умолчанию, по Порту #0 выдаются данные в бинарном протоколе, по Порту #1 – в NMEA протоколе.

2.7.1.2 В процессе работы аппаратура ПРО-04 автоматически формирует и передает 1 раз в секунду в бинарном протоколе «Слово состояния приемника» (Слово состояния аппаратуры ПРО-04) в сообщениях «0x20» и «0x21», а также состояние «Регистра конфигурации приемника #1» и «Регистра конфигурации приемника #2» (Регистра конфигурации аппаратуры ПРО-04) в сообщении «0x21». «Слово состояния приемника» содержит результаты считывания аппаратной телеметрии в составе:

- бит 7, 6: Телеметрия антенны;
- бит 5: Телеметрия АРУ ГЛОНАСС;
- биты 4: Телеметрия АРУ GPS;
- бит 2: Телеметрия PLL;
- бит 1: Результат теста RTC (тест выполняется при включении питания);
- бит 0: Результат теста резервного ОЗУ (тест выполняется при включении питания).

2.7.1.3 Номер версии и дата ПО модуля выдаются в ответ на команду «0xC1» бинарного протокола.

2.7.1.4 В NMEA протоколе имеется нестандартное сообщение «RQUERY», которое передает следующие данные:

- наименование модуля;
- номер версии ПО;
- дату версии ПО;
- слово состояния модуля;
- регистр конфигурации модуля # 1;
- регистр конфигурации модуля # 2.

2.7.1.5 Сообщение «RQUERY» формируется:

- в ответ на запрос «RQUERY»;
- автоматически однократно при старте модуля;
- периодически один раз в секунду, если выдача всех NMEA сообщений запрещена.

2.7.1.6 При наличии в слежении достаточного количества спутников и выделенной из их сигналов эфемеридной информации модуль решает навигационную задачу и выдает навигационные данные, как в бинарном, так и в NMEA протоколах.

2.7.1.7 Признак достоверности решения НЗ формируется в слове 23 «Флаг достоверности решения НЗ», которое передается в бинарном сообщении «0x20».

2.7.1.8 В процессе работы при пропадании решения модуль выдает в NMEA сообщениях последние достоверные навигационные данные. При этом в GGA сообщении в поле «Тип решения» передается «0» (координаты недоступны или недостоверны).

2.7.1.9 В процессе работы модуль формирует на выводе STATUS сигналы, форма которых может быть использована для идентификации текущего статуса модуля.

2.7.1.10 После включения питания секундная метка «1PPS» выдается сразу, однако ее временное положение неопределенно до решения НЗ. Как только получено достоверное решение НЗ (слово Z3 «Флаг достоверности решения НЗ» не равно 0), метка времени начинает выдаваться синхронно с заданной шкалой времени. После потери связи со спутниками метка времени продолжает формироваться, при этом находясь без управления, и ошибка ее временного положения при этом будет определяться скоростью ухода шкалы времени аппаратуры ПРО-04 (модуля ПРО-04) (сдвигом частоты ТСХО). Временное положение метки времени учитывает задержку, вносимую аппаратурой ПРО-04, и не учитывает задержку, вызванную распространением сигналов в антенном кабеле. Учесть эту задержку можно, введя сдвиг секундной метки, что предусмотрено соответствующей командой бинарного протокола «0x4C». Здесь же можно установить параметры метки времени.

2.7.2 Особенности управления модулем по бинарному протоколу

2.7.2.1 Бинарный протокол предоставляет возможность установки всех настроек и параметров конфигурации модуля, перечисленных в таблице 8.

2.7.2.2 Переключение в NMEA протокол производится бинарной командой «0xC5» или бинарным сообщением «0x50». Бинарная команда «0xC5» также задает следующие настройки:

- маска выдаваемых NMEA сообщений;
- версия протокола NMEA 0183;
- скорость обмена, количество стоповых и формирование бит четности.

При переключении в NMEA протокол перестарта модуля не происходит.

2.7.3 Особенности управления модулем по NMEA протоколу

2.7.3.1 В отличие от бинарного, NMEA протокол предоставляет возможность ограниченного управления настройками в следующем объеме:

- установка параметров обмена по последовательным портам по сообщениям: «BDR---» – скорость обмена, «STOP--» – количество стоповых бит;
- включение/выключение конкретных NMEA сообщений по сообщениям: «GGA ON», «GGAOFF» – GGA/GNS; «GLL ON», «GLLOFF» – GLL; «GSA ON», «GSAOFF» – GSA; «GSV ON», «GSVOFF» – GSV; «RMC ON», «RMCOFF» – RMC; «VTG ON», «VTGOFF» – VTG; «ZDA ON», «ZDAOFF» – ZDA;
- выбор версии стандарта NMEA 0183 по сообщению NQUERY: поле «Версия стандарта NMEA»: 2 – v2.x; 4 – v4.10;
- установка темпа выдачи выходных данных: «RATE--».

2.7.3.2 Переключение в бинарный протокол производится сообщением «SWPROT».

2.7.4 Автономный режим

2.7.4.1 Для установки параметров решения НЗ предусмотрены два бинарных сообщения «0x42» и «0x43».

2.7.4.2 По умолчанию модуль работает в совмещенном ГЛОНАСС+GPS+Galileo режиме, однако может быть установлен в режим только ГЛОНАСС или только GPS или только Galileo, а также в совмещенных режимах: ГЛОНАСС+GPS, ГЛОНАСС+Galileo, GPS+Galileo (бинарное сообщение «0x42»). По умолчанию, модуль решает НЗ в режиме 3D. При недостаточном количестве спутников модуль может перейти в режим 2D (если это разрешено в бинарном сообщении «0x43»).

2.7.4.3 Если после решения НЗ произошла потеря связи со спутниками, модуль может в течение определенного времени (от 1 до 10 секунд) продолжать выдавать данные местоположения, основываясь на знании вектора скорости (режим экстраполяции). Установка разрешения использования экстраполяции и ее продолжительности производится через бинарное сообщение «0x43».

2.7.4.4 Сообщение «0x43» устанавливает также профиль динамики пользователя. При задании автоматического выбора (код «0») модуль автоматически производит подстройку параметров динамической фильтрации и системы оценки качества НЗ в зависимости от измеренной динамики потребителя. Пешеходно-автомобильный и морской профили динамики (коды «1», «2») рассчитаны на низкую динамику потребителя. И наоборот, авиационный профиль (код «3») рассчитан на высокую динамику.

2.7.4.5 Модуль может работать в режиме фиксированных координат (устанавливается бинарным сообщением «0x42»), который предполагает, что потребитель неподвижен. Такой режим может использоваться, в частности, для временных приложений.

2.7.4.6 Могут быть установлены три параметра маски: маска фактора ухудшения точности (GDOP), маска угла места и маска уровня сигнала («0x43»). Если при решении НЗ рассчитанное значение GDOP больше соответствующей маски, такое решение НЗ считается недостоверным. Спутники с углом места меньше заданной маски не используются в решении НЗ. Спутники с уровнями сигналов меньше заданной маски не используются в решении НЗ.

2.7.4.7 Порог статической навигации устанавливается сообщением «0x43». Модуль выдает нулевое значение скорости, если измеренное значение скорости не превышает этот порог.

2.7.4.8 Темп выдачи может быть установлен 1, 2, 5 или 10 Гц сообщением «0x44» (1 Гц по умолчанию).

2.7.4.9 Каждый спутник может быть исключен из решения НЗ путем выдачи соответствующей маски в бинарном протоколе («0x4D»). Информация о выключенных спутниках стирается после выключения питания, так что при новом старте все спутники будут вновь разрешены к использованию.

2.7.4.10 В «Слове состояния приемника» в составе сообщений «0x20» и «0x21» передается набор важных индикаторов состояний решения НЗ и аппаратуры ПРО-04 в целом.

2.7.4.11 Если все NMEA сообщения разрешены, они выдаются в последовательности в соответствии с рисунком 9.

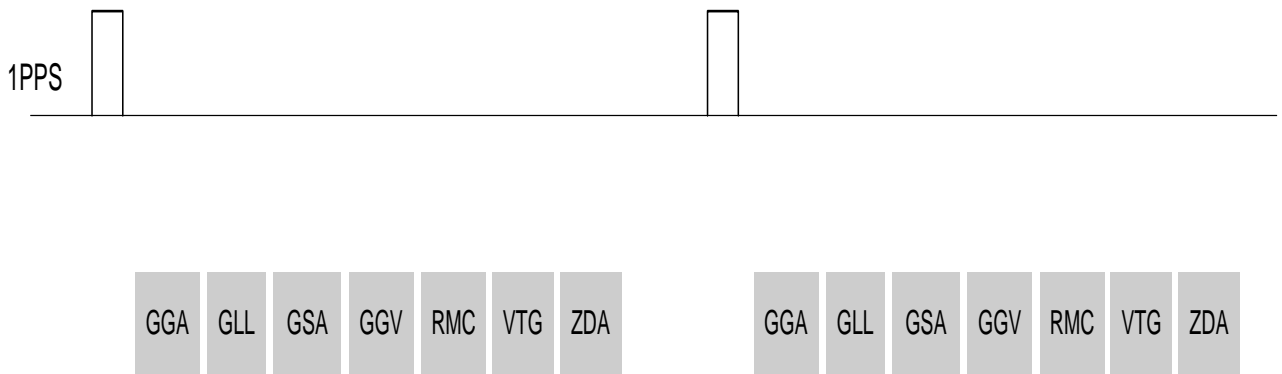


Рисунок 9 – Последовательность выдачи NMEA сообщений

2.7.4.12 В GGA сообщении передается поле «Тип решения», который в зависимости от режима работы модуля имеет следующие состояния:

- «0», если координаты недостоверны;
- «1», если координаты достоверны (автономный режим);
- «2», если координаты достоверны (дифференциальный режим);
- «6», если модуль находится в режиме экстраполяции координат;
- «7», если модуль работает в режиме фиксированных координат.

2.7.4.13 В сообщениях GNS, GLL, RMC, VTG передается поле «Индикатор режима», в котором передается: символ «A», если данные достоверны (автономный режим); символ «D», если данные достоверны (дифференциальный режим); символ «N», если данные недостоверны или отсутствуют; символ «E» – в режиме экстраполяции; символ «M» – в режиме фиксированных координат.

2.7.4.14 Дополнительно в сообщениях GLL и RMC передается поле «Статус», которое принимает значение «A» (достоверные данные) для всех значений поля «Индикатор режима», кроме значения N и значение «V» (недостоверные данные) для значения «N» поля «Индикатор режима».

2.7.5 Дифференциальные режимы

2.7.5.1 Устанавливается работа модуля в автономном и дифференциальных режимах сообщением «0x42», слово, биты: 15:0: равны 0.

2.7.5.2 Модуль работает в следующих дифференциальных режимах:

- DGNSS (RTCM): используются дифференциальные коррекции стандарта RTCM SC104 v2.3, формируемые контрольно-корректирующей станцией и поступающие на Порт #1 аппаратуры ПРО-04. Устанавливается режим бинарным сообщением «0x45», бит 0=0;

- SBAS: используются широкозонные дифференциальные коррекции, передаваемые КА SBAS. Устанавливается режим бинарным сообщением «0x45», бит 0=0 и бинарным сообщением «0x42», слово 1, бит 4=1 (разрешение SBAS).

2.7.5.3 DGNSS (RTCM) имеет приоритет по отношению SBAS.

2.7.5.4 При работе в режиме DGNSS (RTCM) и пропадании поправок RTCM аппаратура ПРО-04 использует последние принятые поправки в течение заданного времени (DGNSS тайм-аут), после чего, если прием поправок не возобновился, переходит в режим SBAS, если он установлен, а если не установлен режим SBAS, то в автономный режим. DGNSS таймаут устанавливается сообщением «0x45», биты 31:16.

2.7.5.5 При работе в режиме SBAS и пропадании корректирующей информации приемник использует последние принятые коррекции в течение заданного времени (SBAS тайм-аут), после чего, если прием поправок не возобновился, переходит в автономный режим. SBAS таймаут устанавливается сообщением «0x46», слово 1, биты 15:0.

2.7.6 Дифференциальный режим RTCM

2.7.6.1 Корректирующие поправки формируются контрольно-корректирующей станцией и предназначены для устранения ошибок измерений в модуле, вызванных задержкой распространения сигнала в тропосфере и ионосфере, неточностью оперативной информации, формируемой навигационными КА, и другими источниками ошибок.

2.7.6.2 Модуль принимает сообщения с номерами 1, 3 и 31. Ниже приведено краткое описание пакетов.

Сообщение 1. Дифференциальные коррекции сигналов GPS (Differential GPS corrections).

В данном сообщении передаются значения поправок (pseudorange corrections) и скорость изменения поправок (range-rate corrections), относящиеся к измерениям псевдодальности сигналов GPS. Также передается точность передаваемых коррекций (UDRE – User differential range error).

Сообщение 3. Параметры корректирующей станции GPS (GPS Reference Station Parameters).

Сообщение содержит координаты контрольно-корректирующей станции в геоцентрической системе координат WGS-84.

Сообщение 31. Дифференциальные коррекции сигналов ГЛОНАСС (Differential GLONASS corrections).

Содержание сообщения аналогично сообщению 1, но коррекции относятся к измерениям псевдодальности сигналов ГЛОНАСС.

2.7.7 Дифференциальный режим SBAS

2.7.7.1 Для передачи корректирующей информации в SBAS используются геостационарные спутники. Передаваемая КА SBAS информация содержит данные о целостности (integrity), непосредственно коррекции, а также данные, позволяющие использовать спутники для навигации. Структура сигналов аналогична структуре сигнала GPS C/A, но скорость передачи информации равна 500 бит/с.

2.7.7.2 Ниже приведено краткое описание принимаемых данных.

Сообщение 0. Прекратить использование системы (Do not use for safety application).

Сообщение передается во время тестирования системы. Прием данного сообщения сигнализирует о необходимости прекратить использование системы как минимум на одну минуту.

Сообщение 1. Маска PRN спутников (PRN Mask Assignment).

Номера КА, для которых передаются корректирующие данные.

Сообщение 2-5. Коррекции быстроменяющихся ошибок (Fast Corrections).

Сообщение содержит поправку к псевдодалности (pseudorange corrections), скорость изменения поправки (range-rate corrections), индикатор точности (UDREI – user differential range error indicator). В сообщении содержится информация для 13 КА (не более).

Сообщение 6. Целостность системы (Integrity Information).

Сообщение содержит индикатор точности для всех КА, отслеживаемых системой, а также признаки, указывающие, что не производится формирование коррекций для данного КА (Not monitored), или необходимо прекратить использование КА для навигации (Do not use).

Сообщение 25. Коррекции медленноменяющихся ошибок (Long-term Satellite Error Corrections).

Сообщение содержит оценку медленноменяющихся ошибок эфемерид и часов КА, в системе координат WGS-84.

Сообщение 24. Смешанные коррекции для быстро и медленноменяющихся ошибок (Mixed Fast Corrections/Long-term Satellite Error Corrections).

Сообщение содержит как коррекции быстроменяющихся ошибок, так и коррекции медленноменяющихся ошибок навигационных КА.

Сообщение 25. Маска точек сетки ионосферных коррекций (Ionospheric Grid Point Masks).

Сообщение содержит номера точек ионосферной сетки, которые используются при вычислениях задержки в ионосфере. При этом параметры модели ионосферы, передаваемые навигационными спутниками GPS, не используются.

Сообщение 26. Значения задержек для точек ионосферной сетки (Ionospheric Delay Corrections).

Сообщение содержит значения вертикальных задержек для точек ионосферной сетки, номера которых были переданы в сообщении 25. Имея значения задержек в ионосфере в определенных точках, можно с более высокой точностью, по сравнению с моделью Клобучара, вычислить задержку распространения сигнала в ионосфере.

2.7.7.3 Для приема и обработки сигналов КА SBAS в модуле используются 2 канала слежения. Настройка параметров режима SBAS производится сообщением «0x46».

2.7.7.4 Слова «Номер PRN» для первого/второго/третьего канала приема КА SBAS вручную устанавливают номер кодовой последовательности для первого, второго и третьего канала слежения аппаратуры ПРО-04 (модуля ПРО-04).

2.7.7.5 Принятые с КА SBAS декодированные информационные символы выдаются модулем в бинарном сообщении «0x16» (250 бит в секунду).

2.7.8 Режим с фиксацией координат (временные приложения)

2.7.8.1 Устанавливается работа аппаратуры ПРО-04 в автономном и дифференциальных режимах сообщением «0x42», слово 2, биты 15:0=0.

2.7.8.2 Режим с фиксацией координат предназначен для временных применений. Модуль использует XYZ координаты из состава инициализирующих данных в сообщении «0x40». В этом режиме:

- модуль вычисляет только смещение и скорость ухода своей ШВ с целью формирования секундной метки времени (1PPS);
- модуль выдает нулевую скорость и XYZ координаты, введенные в него в составе инициализирующих данных.

При этом важно помнить, что точность формирования метки времени в этом случае будет напрямую зависеть от точности введенных в модуль координат.

2.7.8.3 Специально для этого класса приложений предусмотрено бинарное сообщение «0x14», в котором передаются следующие параметры:

- время UTC, локальное время;
- оценка точности 1PPS;
- время GPS с начала недели, время ГЛОНАСС с начала суток;
- номер недели GPS;
- номер суток внутри четырехлетия ГЛОНАСС;
- номер четырехлетия ГЛОНАСС;
- расхождение UTC и времени GPS;
- признак планируемой коррекции UTC.

2.7.8.4 Временная привязка выдаваемых сообщений (бинарных и NMEA) к активному фронту (переход из лог. «0» в лог. «1») импульса 1PPS приведена на рисунке 10.

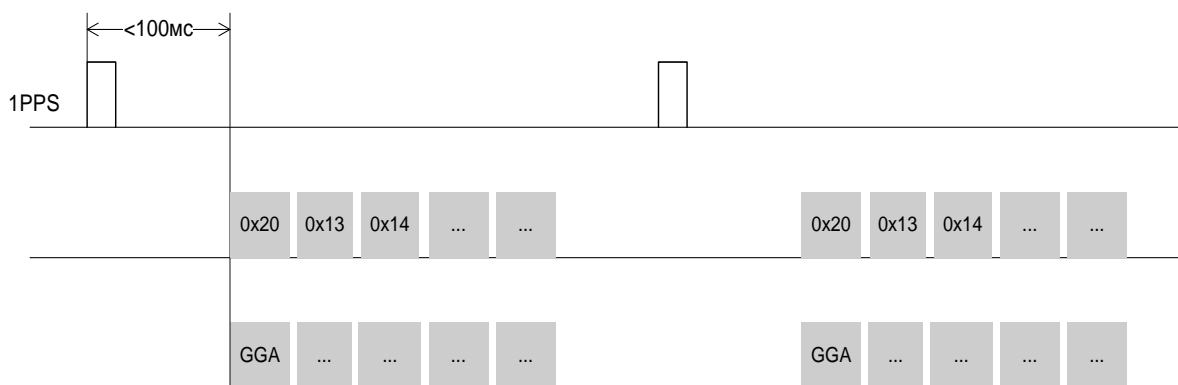


Рисунок 10 – Временная привязка сообщений к секундной метке времени

2.7.8.5 В бинарном протоколе начало выдачи сообщения «0x20» (немаскируемого) – не позднее 100 мс от активного фронта 1PPS.

2.7.8.6 В NMEA протоколе начало выдачи первого разрешенного сообщения (GGA на примере рисунка 10) – не позднее 100 мс от активного фронта «1PPS».

2.8 Меры защиты от статического электричества

ВНИМАНИЕ: МОДУЛИ ПРО-04, ПРО-04R ЧУВСТВИТЕЛЬНЫ К СТАТИЧЕСКОМУ ЭЛЕКТРИЧЕСТВУ!

2.8.1 Несмотря на то, что модули имеют встроенную защиту от статического электричества, при их транспортировке, хранении и монтаже следует соблюдать меры защиты от статического электричества в соответствии с ГОСТ Р 53734.5.1-2009 и ГОСТ Р 53734.5.2-2009.

В дополнение к общим требованиям к организации защиты необходимо учитывать следующее:

- рабочие места должны быть оборудованы заземленными электростатическими ковриками и браслетами. При монтаже/демонтаже использовать только полностью антистатические паяльные станции;
- во время проведения монтажных работ персонал должен быть одет в антистатическую одежду с надетым на руку браслетом. Не допускать контакта модулей с элементами одежды персонала;
- в аппаратуре, использующей модули, при подключении внешних устройств (например, высокочастотных антенных кабелей) в первую очередь должен быть обеспечен электрический контакт земляных цепей подключаемого устройства и модуля;
- в аппаратуре, использующей модули в комбинации с пассивной антенной, не допускать контактов человека с центральным контактом антенного элемента.

3 Техническое обслуживание

3.1 Общие указания

3.1.1 При использовании ПРО-04 в аппаратуре, не относящейся к области госрегулирования, специальных видов технического обслуживания не требует.

3.1.2 При использовании ПРО-04 в аппаратуре, относящейся к области госрегулирования в качестве средства измерения координат и времени, потребитель должен подвергать данную аппаратуру периодической поверке согласно её документам.

3.2 Обновление встроенного ПО

3.2.1 Общие положения

3.2.1.1 Обновление встроенного программного обеспечения модулей ПРО-04 (далее по тексту – ПО) и ПРО-04R осуществляется через последовательный порт, работающий по бинарному протоколу. Скорость обмена должна быть не менее 19200 бит/с. Рекомендованное значение скорости обмена – 115200 бит/с; при этом время обновления составляет порядка 30 с.

3.2.1.2 Бинарный файл прошивки имеет следующий вид: geos5_XXX.bin.

3.2.1.3 Размер файла прошивки может меняться. Максимальный размер файла составляет 81924 32-х разрядных слова, или 327696 байт.

3.2.2 Варианты подключения к модулю по последовательным портам

3.2.2.1 На рисунке 11 показаны варианты подключения управляющего микроконтроллера (МК) к модулю по последовательным портам.

Возможны три варианта подключения:

а) подключение по обоим последовательным портам. Один порт работает по бинарному протоколу, второй – по NMEA. Распределение портов модуля значения не имеет;

б) подключение к одному последовательному порту (порт может быть как #0, так и #1), работающему по бинарному протоколу;

в) подключение к одному последовательному порту (порт может быть как #0, так и #1), работающему по NMEA протоколу.

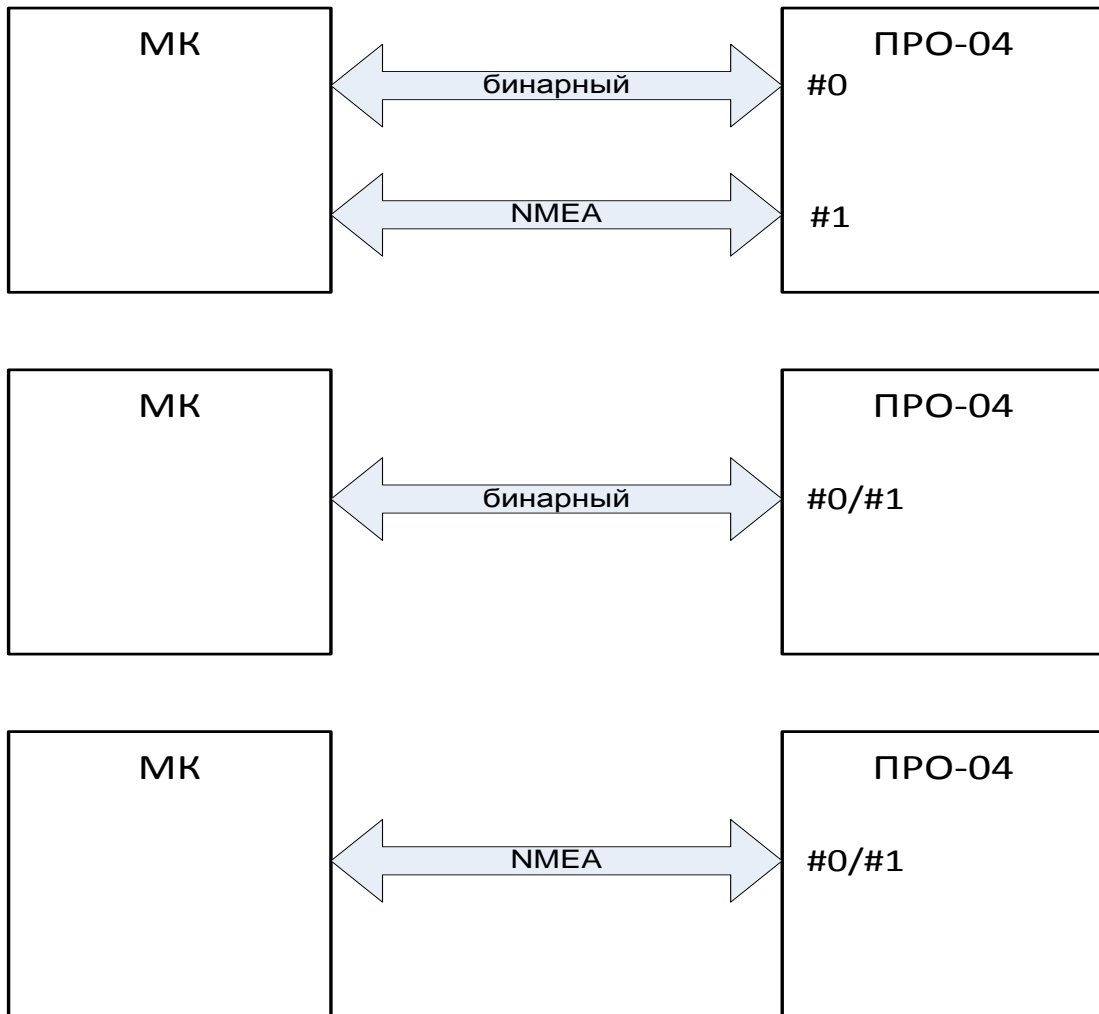


Рисунок 11 – Варианты аппаратного подключения МК к портам модуля

3.2.3 Последовательность операций

3.2.3.1 Для вариантов подключения 1 и 2 последовательность операций включает пять этапов:

- а) подготовка массива данных, контроль целостности;
- б) перевод модуля в режим обновления ПО;
- в) верификация стирания Flash памяти;
- г) передача в модуль блоков данных;
- д) активация обновленного ПО.

3.2.3.2 Для варианта подключения 3 добавляются два дополнительных этапа, связанные с переключением модуля из NMEA протокола в бинарный и обратно:

- а) переключение модуля из NMEA протокола в бинарный;
- б) подготовка массива данных, контроль целостности;
- в) перевод модуля в режим обновления ПО;
- г) верификация стирания Flash памяти;
- д) передача в модуль блоков данных;

- е) активация обновленного ПО;
- ж) переключение модуля обратно из бинарного протокола в NMEA.

3.2.4 Подготовка массива данных, контроль целостности

3.2.4.1 Блок-схема процедуры подготовки массива данных ПО приведена на рисунке 12. На блок схеме:

- ArDtUpd[0...81923]: массив данных файла прошивки максимального размера;
- ArDtUpd[0]: первое 32-х битное слово в файле содержит идентификатор ID (0x5F7D4BC2);
- ArDtUpd[1]: второе 32-х битное слово содержит размер массива в байтах без учета первых 4-х слов;
- ArDtUpd[3]: четвертое 32-х битное слово содержит контрольную сумму. Контрольная сумма является результатом побитового суммирования по модулю 2 (исключающее ИЛИ) элементов массива прошивки. Контрольная сумма считается с пятого элемента массива ArDtUpd[3] до длины, указанной в параметре ArDtUpd[1]. При этом надо учитывать, что значение, передаваемое в параметре ArDtUpd[1], соответствует количеству байт. Так как процедура работает с 32-х битными словами, то данное значение надо поделить на 4.

3.2.4.2 После заполнения массива данных из файла рассчитать контрольную сумму и сравнить ее со словом ArDtUpd[3]; кроме того, проверить первое слово ArDtUpd[0], которое должно быть равно 0x5F7D4BC2.

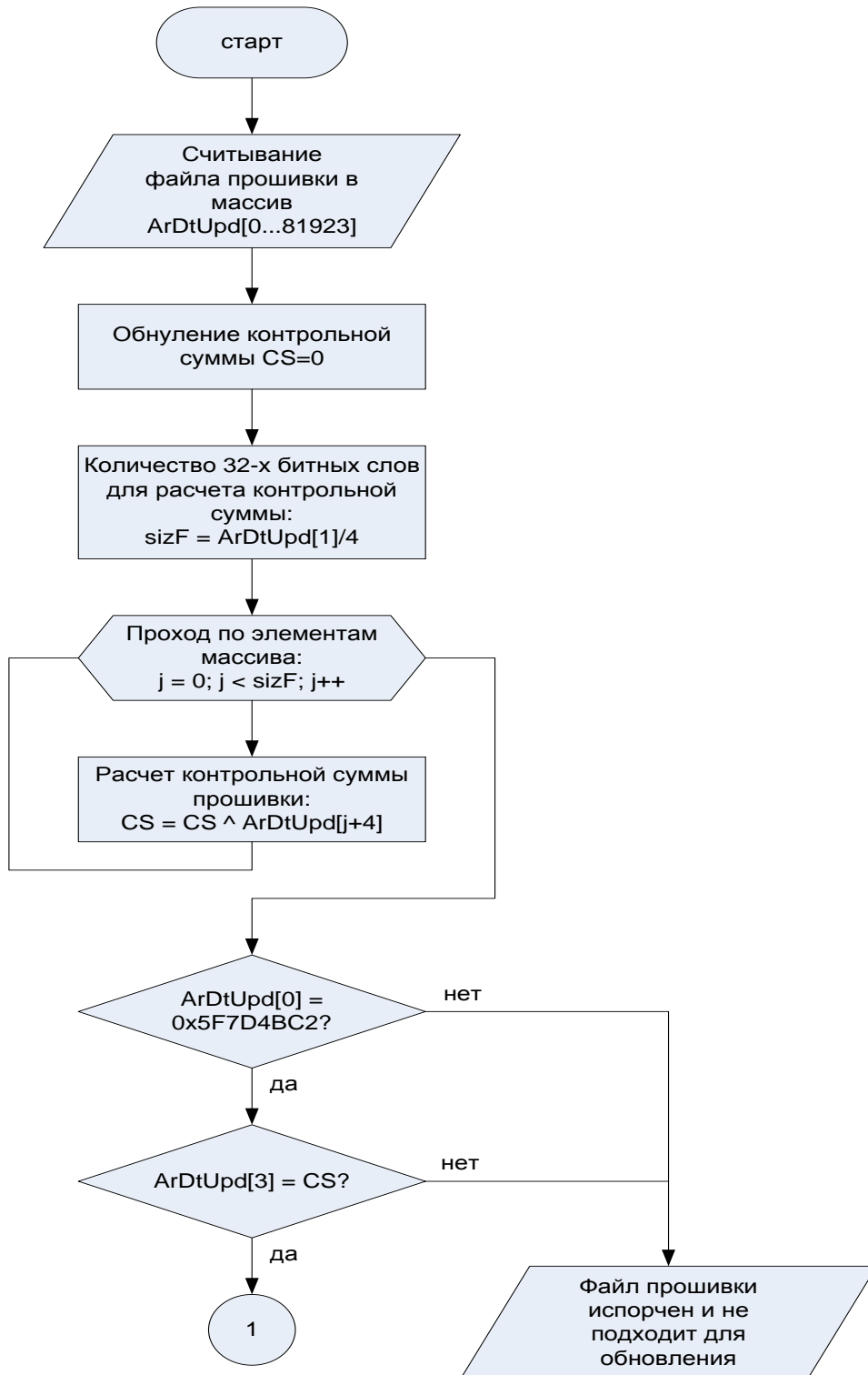


Рисунок 12 – Процедура подготовки массива данных

3.2.5 Перевод модуля в режим обновления ПО

Блок-схема процедуры перевода модуля в режим обновления ПО приведена на рисунке 13.

Для перевода модуля в режим обновления ПО послать в модуль сообщение «0xС0» с кодом 0x2. В течении 5 с ожидать получение сообщения «0xС0» с кодом 0x2. Получение сообщения подтверждает, что модуль переведен в режим обновления ПО. Если в течение 5 с ответ не получен, то вновь передать в модуль сообщение «0xС0». Если подтверждения нет после 3-х попыток, процедуру остановить и проверить правильность аппаратных соединений.

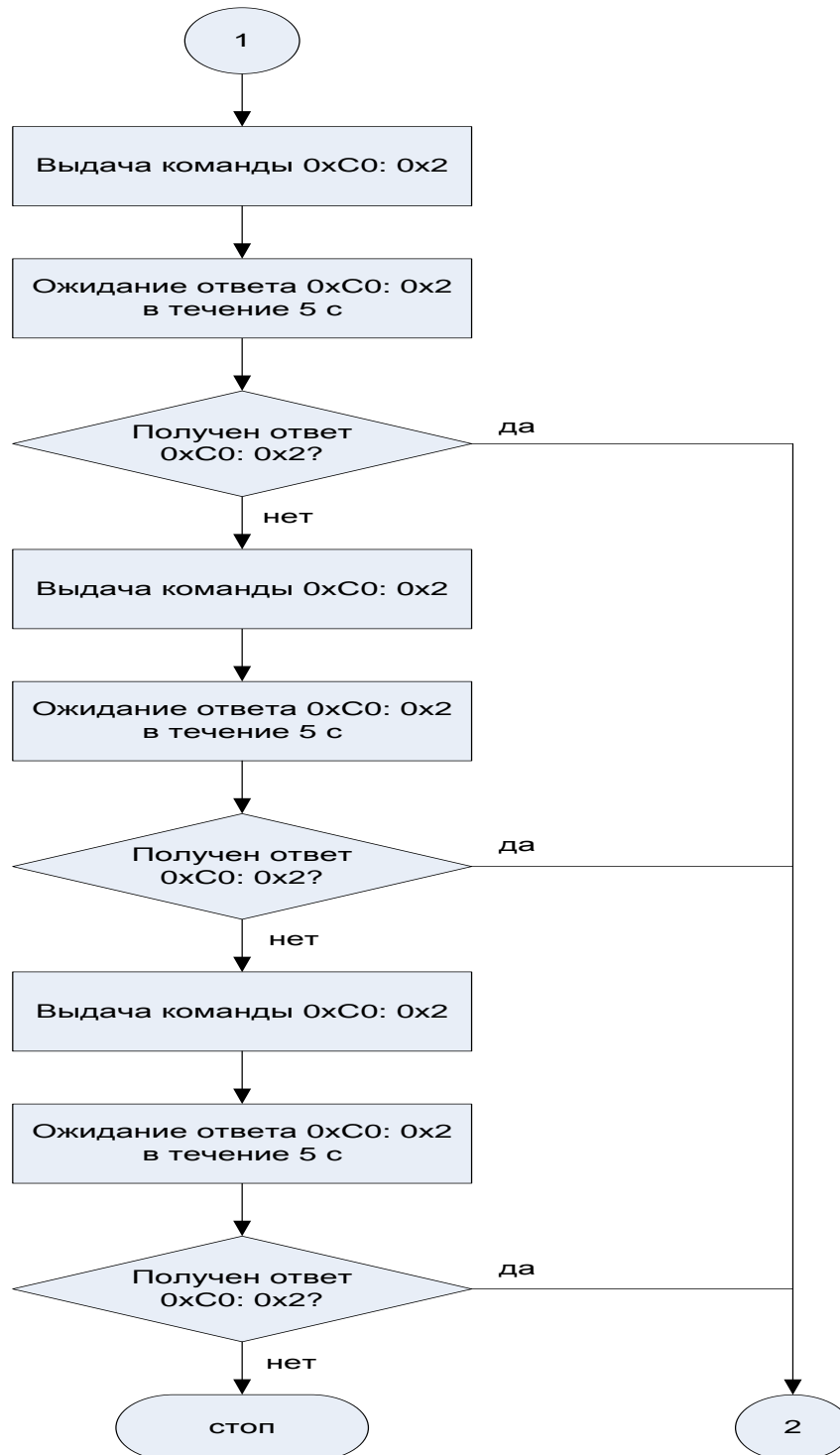


Рисунок 13 – Процедура перевода модуля в режим обновления ПО

3.2.6 Верификация стирания Flash памяти

3.2.6.1 Блок-схема процедуры верификации стирания Flash памяти приведена на рисунке 14.

3.2.6.2 Для верификации послать в модуль бинарное сообщение «0xD6» с кодом 0x2. В течение 1 с ожидать получение сообщения «0xD6».

3.2.6.3 Получение сообщения «0xD6» с кодом 0xA693C502 подтверждает, что требуемая область Flash памяти стерта.

3.2.6.4 Если получено сообщение «0xD6» с кодом 0x596C3AFA, то это означает, что требуемая область Flash памяти не стерта. МК, приняв такой ответ, инициирует вновь процедуру стирания (с использованием команды «0xC0») и верификации, которая, в случае повторного обнаружения ошибок стирания, повторяется 3 раза. Если все 3 попытки неудачны, принимается решение «Ошибка Flash», и модуль считается бракованным.

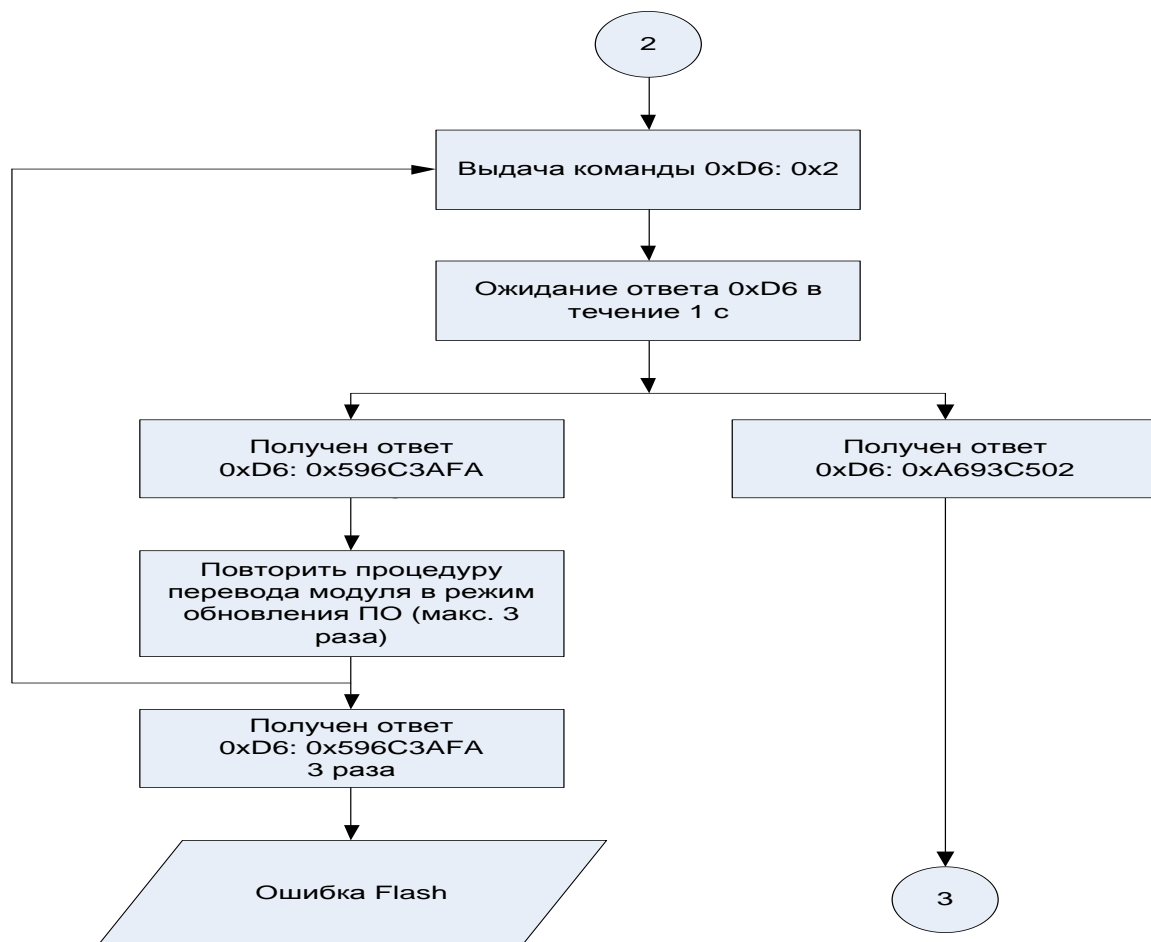


Рисунок 14 – Процедура верификации стирания Flash памяти

3.2.7 Передача в модуль блоков данных

3.2.7.1 Блок-схема процедуры передачи в модуль блоков данных приведена на рисунке 15.

3.2.7.2 Данные передаются в модуль блоками по 128 32-х битных слов (512 байт). Максимальное количество блоков – 640. Для передачи блоков в модуль используется сообщение 0xD1. Начальный адрес для первого блока данных равен 0x4000, каждый последующий блок увеличивает значение начального адреса на 0x200. Если последний блок данных оказывается неполным, то неиспользуемые слова заполняются 0xFFFFFFFF.

3.2.7.3 Передача каждого последующего блока данных возможна после получения подтверждения об успешном получении и программировании текущего блока.

3.2.7.4 Выдача модулем ответного бинарного сообщения «0xD1» означает, что блок данных принят, контрольная сумма совпала, и данные успешно запрограммированы в соответствующий блок Flash памяти. Если контрольная сумма не совпала, модуль выдает сообщение 0x3F с кодом 0x1, после чего повторить передачу текущего блока.

3.2.7.5 Если в течение 2 с МК не получает ответ от модуля, то повторить передачу текущего блока. Если ответа нет после 3 попыток, произвести аппаратный перестарт модуля и начать процедуру обновления заново.

3.2.7.6 После получения от модуля бинарного сообщения «0xD1» в ответ на последний блок данных процедура обновления ПО считается успешно завершённой.

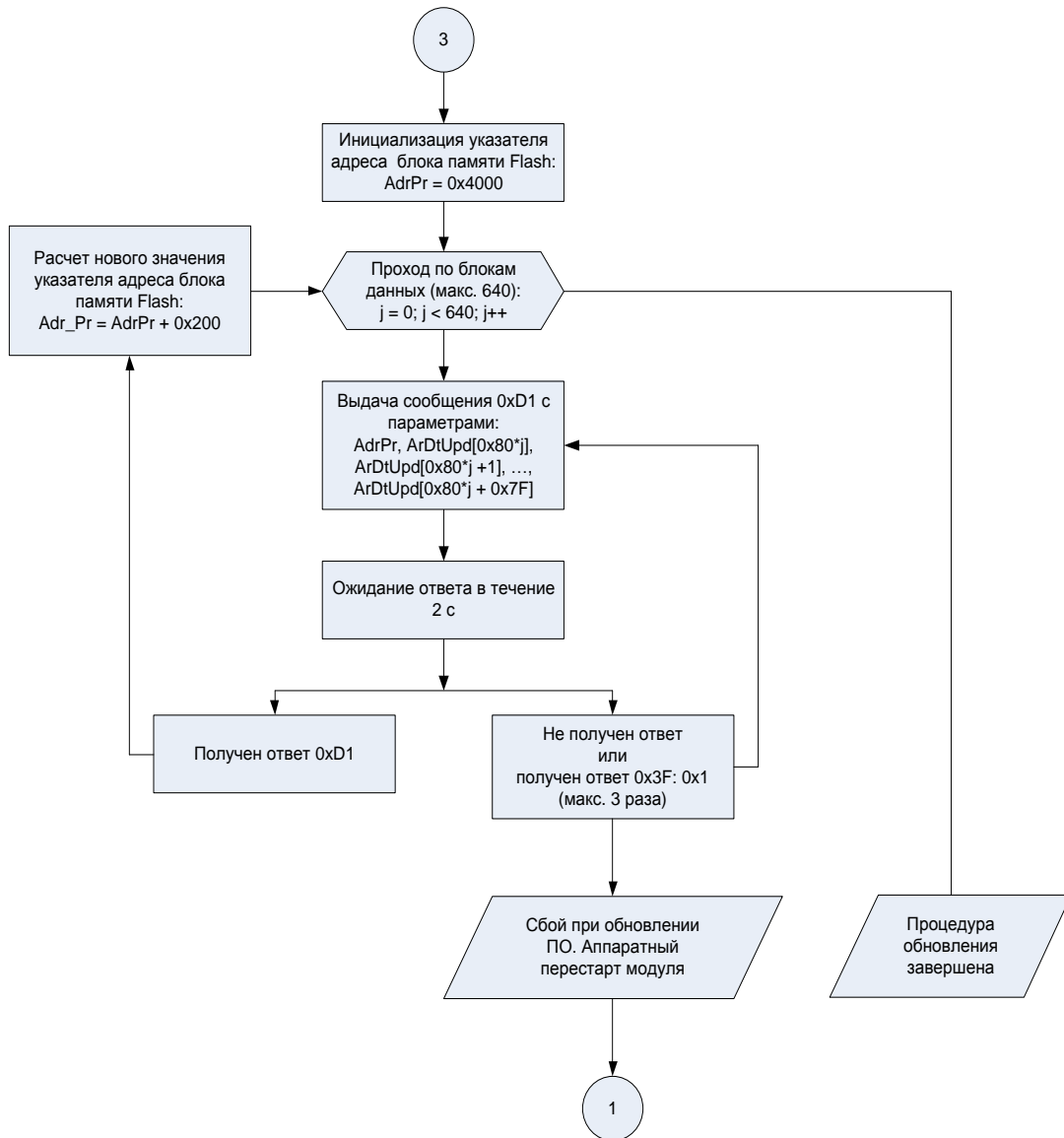


Рисунок 15 – Процедура передачи в модуль блоков данных

3.2.8 Активация обновленного ПО

3.2.8.1 Активация загруженной прошивки производится одним из следующих способов:

- аппаратный перестарт модуля;
- выдача в модуль команды «0xC2» (перестарт модуля).

3.2.8.2 Для аппаратного перестарта необходимо выполнить одно из следующих действий:

- снять и затем восстановить основное питание на выводе VDD;
- на вывод NRESET подать лог. «0», после подать лог. «1»;
- на вывод ON_OFF подать лог. «0», после подать лог. «1».

3.2.9 Переключение информационных протоколов

3.2.9.1 Последовательность переключения из NMEA протокола в бинарный протокол приведена на рисунке 16.

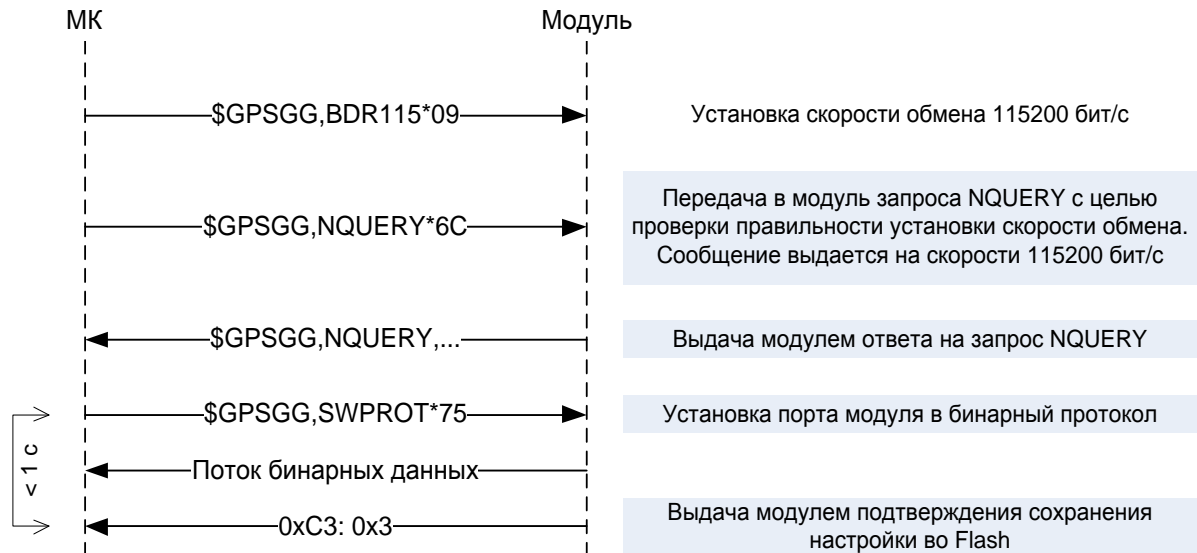


Рисунок 16 – Последовательность переключения из NMEA протокола в бинарный

3.2.9.2 Для установки скорости порта 115200 бит/с используется сообщение «BDR115». Для контроля правильности установки новой скорости обмена можно послать в модуль запрос «NQUERY». В ответ модуль формирует сообщение «NQUERY» с информацией о составе и темпе выдачи NMEA сообщений. Выдача запроса и прием ответного сообщения «NQUERY» являются опциональными, так как проверка новой скорости обмена может быть проведена путем приема разрешенных NMEA посылок.

3.2.9.3 Если текущая рабочая скорость порта – 115200 бит/с, то установка нужной скорости может быть пропущена. Переключение в бинарный протокол производится сообщением «SWPROT». Ответ на это сообщение не формируется, и модуль сразу же начинает выдавать бинарные пакеты. В течение временного интервала не более 1 с от момента выдачи команды на переключение в бинарный протокол модуль сформирует бинарное сообщение «0xC3» с кодом 0x3, подтверждая, что данная настройка сохранена во Flash. Прием данного сообщения является признаком успешного переключения в бинарный протокол.

3.2.9.4 Последовательность переключения из бинарного протокола в NMEA приведена на рисунке 17.

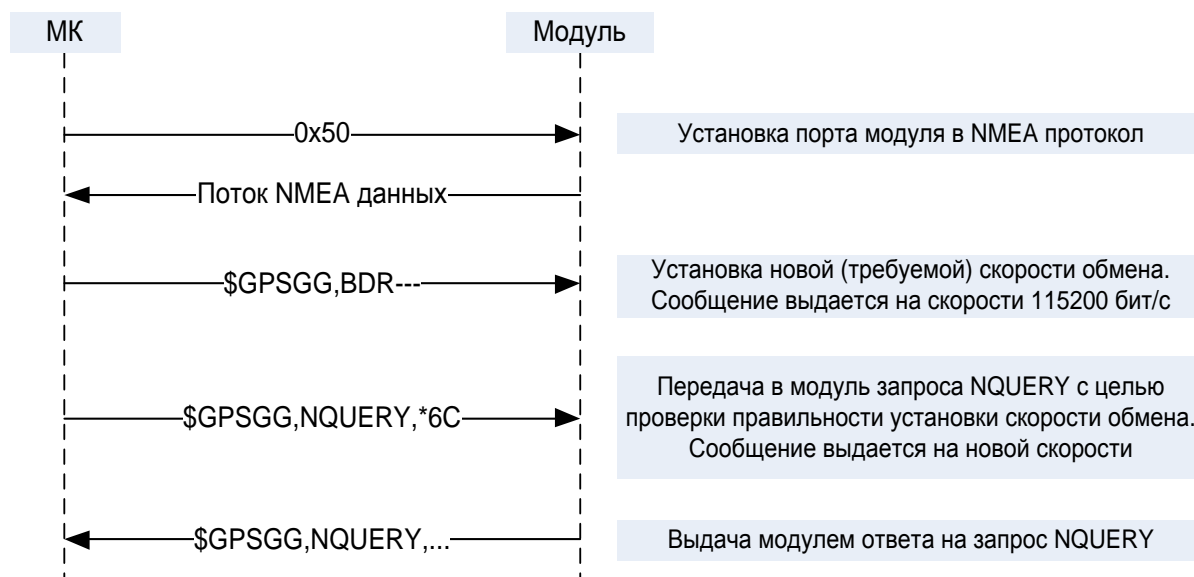


Рисунок 17 – Последовательность переключения из бинарного протокола в NMEA

3.2.9.5 Переключение в NMEA протокол производится бинарным сообщением «0x50» с кодом 0x0, если обмен ведется по Порту #1, или с кодом 0x1, если обмен ведется по Порту #0. Квитанция в ответ на это сообщение не формируется, модуль сразу же начинает выдавать разрешенные NMEA посылки на скорости 115200 бит/с.

3.2.9.6 Для установки требуемой (первоначальной) скорости порта используется сообщение «BDR---», где в поле «---» задается кодировка скорости обмена. Сообщение должно быть сформировано на скорости 115200 бит/с.

3.2.9.7 Для контроля правильности установки новой скорости обмена можно послать в модуль запрос «NQUERY». В ответ модуль формирует сообщение «NQUERY». Выдача запроса и прием ответного сообщения «NQUERY» являются опциональными, так как проверка новой скорости обмена может быть проведена путем приема разрешенных NMEA посылок.

3.3 Контроль встроенного ПО

3.3.1 Контроль встроенного ПО выполняется посредством запроса/сообщения «0xC1: Тип модуля и версии ПО» бинарного протокола. Сообщение имеет формат согласно таблице 9.

Т а б л и ц а 9 – Формат сообщения бинарного протокола «0xC1: Тип модуля и версии ПО»

Слово	Тип	Ед. измер.	Параметр
1	u_short	-	биты 31:16: Старшее слово номера версии ПО
	u_short	-	биты 15:0: Младшее слово номера версии ПО
2	u_int	-	Дата версии ПО: биты 23:9: год; биты 8:5: месяц; биты 4:0: день
3	u_int	-	Тип модуля: 0xFFFF: ПРО-04; 0xFFFE: ПРО-04R
4	u_int	-	Контрольная сумма ПО

3.3.2 Данные из сообщения «0xC1»: номер версии ПО, дата версии ПО, контрольная сумма должны соответствовать данным, приведённым в этикетке ИЛТА.464346.001ЭТ серии ПРО-04, которой принадлежит проверяемый экземпляр.

4 Текущий ремонт

4.1 Текущий ремонт модуля в условиях эксплуатации не предусмотрен.

4.2 Отказавший модуль следует вернуть на предприятие-изготовитель для последующего ремонта.

4.3 На модуль, подвергшийся ремонту потребителем и получивший механические повреждения, приведшие к выходу из строя, гарантии производителя не распространяются и ремонт осуществляется за счет эксплуатирующей организации.

5 Хранение

5.1 Модуль должен храниться в штатной таре в хранилище с регулируемой температурой окружающей среды от плюс 5 до плюс 35 °С и относительной влажностью воздуха до 80 % при температуре плюс 25 °С в течение всего гарантийного срока. Наличие в воздухе паров агрессивных веществ не допускается.

5.2 Гарантийный срок хранения модуля в заводской упаковке составляет не менее 15 лет.

6 Транспортирование

6.1 Транспортирование модуля производят в штатной упаковке или в составе прибора, в котором предусматривается его использование, при температуре окружающей среды от минус 50 до плюс 50 °С автомобильным, железнодорожным, воздушным или водным транспортом без ограничения скоростей, расстояний, а также высоты полета.

7 Утилизация

7.1 В составе модуля не содержатся вещества, которые могут оказать вредное воздействие на окружающую среду в процессе и после завершения эксплуатации изделия.

7.2 Содержание драгоценных материалов в модуле приведено выше.

7.3 В составе модуля не содержатся цветные металлы в количествах, пригодных для сдачи.

7.4 После окончания срока службы модуль подвергается мероприятиям по подготовке и отправке на утилизацию в соответствии с нормативно-техническими документами, принятыми в эксплуатирующей организации по утилизации черных, цветных металлов и электронных компонентов.

Приложение А
(обязательное)
Перечень прилагаемых документов

Обозначение документа	Наименование документа
ИЛТА.464346.001Д16	Модуль навигационный ГЛОНАСС/GPS/SBAS/Galileo – ПРО-04. Бинарный протокол обмена
ИЛТА.464346.001Д17	Модуль навигационный ГЛОНАСС/GPS/SBAS/Galileo – ПРО-04. NMEA протокол обмена

Приложение Б
(обязательное)

Перечень принятых сокращений и аббревиатур

АРУ	– Автоматическая регулировка усиления
Бинарный протокол ВЧ	– Модуль навигационный ГЛОНАСС/GPS/SBAS/Galileo – ПРО-04. Бинарный протокол обмена ИЛТА.464346.001Д16
ГЛОНАСС	– Глобальная навигационная спутниковая система РФ
ГНСС	– Глобальная навигационная спутниковая система;
ИКД	– Интерфейсно – контрольный документ
КА	– Космический аппарат
КОСПАС-САРСАТ	– Международная спутниковая поисково-спасательная система. При аварийных ситуациях на судах и самолётах оповещает о бедствии и местоположении персональных радиобуев, установленных на них.
Лог. «0»	– Уровень напряжения входного/выходного сигнала логический «0», равный напряжению низкого уровня входного/выходного сигнала
Лог. «1»	– Уровень напряжения входного/выходного сигнала логическая «1», равный напряжению высокого уровня входного/выходного сигнала
МК	– Микроконтроллер
МШУ	– Малошумящий усилитель
НЗ	– Навигационная задача
НКА	– Навигационный космический аппарат
ОЗУ	– Оперативное запоминающее устройство
ПАВ	– Поверхностные акустические волны
ПЗ-90.11	– Государственная геоцентрическая система координат «Параметры Земли 1990 года»;
ПК	– Персональный компьютер
ПО	– Программное обеспечение
ПП	– Печатная плата
ПРО-04	– Модуль навигационный ГЛОНАСС/GPS/SBAS/Galileo – ПРО-04 ИЛТА.464346.001
Протокол NMEA	– Модуль навигационный ГЛОНАСС/GPS/SBAS/Galileo – ПРО-04. NMEA протокол обмена ИЛТА.464346.001Д17

РЭ	– Руководство по эксплуатации
СИ	– Сценарий имитации сигналов ГНСС
СКДМ	– Система дифференциальной коррекции и мониторинга РФ
СТ	– Стандартная точность
ТУ	– Технические условия
УХЛ	– Умеренно-холодный климат
ШВ	– Шкала времени
ШИМ	– Широтно-импульсная модуляция
1PPS	– Pulse per second (толчок в секунду) - секундная метка времени
C/A (L1)	– Открытые сигналы с модуляцией BPSK(1) в диапазоне L1
CT (L1)	– Сигнал стандартной точности ГЛОНАСС в диапазоне L1
EGNOS	– (European Geostationary Navigation Overlay Service) – система дифференциальной коррекции поддерживается Европейским космическим агентством
ESD	– Electro Static Discharge (разряд статического электричества)
GPS	– Global positioning system (система глобального позиционирования) - спутниковая система навигации разработана, реализована и эксплуатируется Министерством обороны США
GAGAN	– (GPS Aided Geo Augmented Navigation) – спутниковая система дифференциальной коррекции предоставляется Индией
Galileo	– Совместный проект спутниковой системы навигации Европейского союза и Европейского космического агентства, является частью транспортного проекта Трансъевропейские сети
HDOP	– Horizontal Dilution of Precision (вертикальное снижение точности) - геометрический фактор точности определения местоположения потребителя ГНСС по горизонтали
HBM	– Human Body Model (модель электростатического заряда человеческого тела)
MSAS	– (Multi-functional Satellite Augmentation System) – спутниковая система дифференциальной коррекции поддерживается Японским Министерством земли, инфраструктуры, транспорта и туризма
NMEA 0183	– (National Marine Electronics Association) - стандарт определяющий текстовый протокол связи морского (как правило, навигационного) оборудования
PDOP	– Position Dilution of Precision (снижение точности по место положению) - геометрический фактор точности определения координат потребителя ГНСС по местоположению

RAIM	– Receiver autonomous integrity monitoring (Автономный Контроль Целостности Модуля)
RTCM SC104	– (Radio Technical Commission for Maritime Services - Радиотехническая комиссия морских сервисов) – протокол передачи информации в системах дифференциальной коррекции
RTC	– Real Time Clock (часы реального времени)
RLS	– Сервис обратной связи аварийных радиомаяков Коспас-Сарсат
SBAS	– Satellite based augmentation system (спутниковая система дифференциальной коррекции США)
TCXO	– Thermo Compensated Crystal Oscillator (термокомпенсированный кварцевый генератор)
UART	– Universal asynchronous receiver/transmitter (универсальный асинхронный приемопередатчик) – протокол передачи данных
UTC	– (Coordinated universal time, фр. temps universel coordonné) - всемирное координированное время
UTC(SU)	– национальная шкала времени Российской Федерации
UTC(USNO)	– Шкала времени Военно-морской обсерватории США
WAAS	– (Wide area augmentation system) – система распространения поправок к данным, передаваемым навигационной системой GPS
VDOP	– Vertical Dilution of Precision (вертикальное снижение точности) - геометрический фактор точности определения местоположения потребителя ГНСС по вертикали
WGS-84	– World Geodetic System 1984 (всемирная географическая система) всемирная система геодезических параметров Земли 1984 года