**Оглавление**

[1 Перечень принятых сокращений 5](#_Toc480472656)

[2 Техническое описание 6](#_Toc480472657)

[2.1 Назначение 6](#_Toc480472658)

[2.2 Ключевые особенности 6](#_Toc480472659)

[2.3 Структурная схема 6](#_Toc480472660)

[2.3.1 RTC, резервное ОЗУ 7](#_Toc480472661)

[2.3.2 Flash память 7](#_Toc480472662)

[2.4 Варианты исполнения 7](#_Toc480472663)

[2.4.1 ПРО-04 7](#_Toc480472664)

[2.4.2 ПРО-04R 7](#_Toc480472665)

[2.5 Входные/выходные сигналы 8](#_Toc480472667)

[2.6 Напряжения питания 8](#_Toc480472668)

[2.7 Питание активной антенны 9](#_Toc480472669)

[2.8 Потребляемая мощность 9](#_Toc480472670)

[2.9 Встроенный контроль напряжений питания 10](#_Toc480472671)

[2.10 Последовательные порты 10](#_Toc480472672)

[2.11 Поддерживаемые протоколы обмена 10](#_Toc480472673)

[2.12 Вывод STATUS 11](#_Toc480472674)

[2.13 Выводы WAKE, ACT\_SLP 12](#_Toc480472675)

[2.14 Вывод ON\_OFF 12](#_Toc480472676)

[2.15 Состояния модуля 12](#_Toc480472677)

[2.16 Конфигурация и настройки встроенного ПО 13](#_Toc480472678)

[2.17 Требования к антенне 14](#_Toc480472679)

[3 Функциональные возможности 15](#_Toc480472680)

[3.1 Режимы работы 15](#_Toc480472681)

[3.2 Используемые ГНСС 15](#_Toc480472682)

[3.3 SBAS 15](#_Toc480472683)

[3.4 RAIM 16](#_Toc480472684)

[3.5 Секундная метка времени 16](#_Toc480472685)

[3.6 Темп выдачи выходных данных 16](#_Toc480472686)

[3.7 Профили динамики потребителя 16](#_Toc480472687)

[3.8 Продленные эфемериды 16](#_Toc480472688)

[3.9 Режимы энергосбережения 17](#_Toc480472689)

[4 Тактико-технические характеристики 18](#_Toc480472690)

[4.1 Электрические параметры 19](#_Toc480472691)

[5 Габаритный чертеж, расположение выводов, маркировка 21](#_Toc480472692)

[5.1 Конструкция 21](#_Toc480472693)

[5.2 Посадочное место на ПП пользователя 21](#_Toc480472694)

[5.3 Маркировка 22](#_Toc480472695)

[6 Рекомендации по хранению и монтажу 23](#_Toc480472696)

[6.1 Упаковка 23](#_Toc480472697)

[6.2 Меры защиты от статического электричества 23](#_Toc480472698)

[6.3 Соответствие международным экологическим стандартам 24](#_Toc480472699)

[7 Рекомендации по использованию в аппаратуре пользователей 25](#_Toc480472700)

[7.1 Типовая схема включения 25](#_Toc480472701)

[7.2 Последовательность подачи напряжений питания VDD и VDD\_IO 25](#_Toc480472702)

[7.3 Рекомендации по формированию напряжения VDD 26](#_Toc480472703)

# Перечень принятых сокращений

Ниже приведен перечень принятых сокращений:

**ВЧ**: высокочастотный

**КА**: космический аппарат

**КНС**: космическая навигационная система

**Лог. «0»**: логический «0» (низкий логический уровень)

**Лог. «1»**: логическая «1» (высокий логический уровень)

**МШУ**: малошумящий усилитель

**НЗ**: навигационная задача

**ОЗУ**: оперативное запоминающее устройство

**ПАВ**: поверхностные акустические волны

**ПО**: программное обеспечение

**ПП**: печатная плата

**СТ**: стандартной точности

**ШВ**: шкала времени

**ESD:** Electro Static Discharge (разряд статического электричества)

**HBM**: Human Body Model (модель электростатического заряда человеческого тела)

**RAIM**: Receiver Autonomous Integrity Monitoring (автономный контроль целостности)

**RTC**: Real Time Clock (часы реального времени)

**TCXO**: Thermo Compensated Crystal Oscillator (термокомпенсированный кварцевый генератор)

# Техническое описание

## Назначение

Приемное устройство КНС ГЛОНАСС/GPS/GALILEO/QZSS/SBAS ПРО-04 (далее по тексту – приемник, модуль) предназначено 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 RS232.

Принцип действия приемника основан на параллельном приеме и обработке 44-мя измерительными каналами сигналов частотного диапазона L1 КНС ГЛОНАСС (CТ-код), GPS/QZSS/SBAS (C/A код) и GALILEO (коды E1B/C).

## Ключевые особенности

* Одновременная обработка всех видимых КА ГЛОНАСС, GPS, GALILEO и QZSS;
* Поддержка SBAS;
* Автономный и дифференциальный режимы;
* Чувствительность по слежению: до -163дБмВт;
* Потребляемая мощность: <200мВт (обнаружение), <80мВт (слежение);
* Улучшенная помехозащита;
* Встроенная Flash память для хранения альманахов и настроек приемника;
* Встроенная схема питания активной антенны с монитором состояния антенны и защитой от короткого замыкания;
* Широкий диапазон напряжения питания антенны: от 1,8В до 3,6В;
* Два режима энергосбережения: RELAXED FIX® и FIX-BY-REQUEST®.

## Структурная схема

Состав (Рис. 1):

* Аналоговая секция;
* Цифровая секция;
* SPI Flash память;
* Два ВЧ ПАВ фильтра;
* Опорный генератор (TCXO);
* Кварцевый резонатор 32.768КГц;
* Цепи защиты от электростатического разряда (не показаны).



Рис. . Структурная схема

### RTC, резервное ОЗУ

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 приемника при его восстановлении. Часы реального времени тактируются частотой 32,768КГц и осуществляют отсчет времени. В резервном ОЗУ сохраняются эфемериды КА и другие данные, необходимые для реализации теплого/горячего старта.

### Flash память

Flash память используется для хранения:

* Кода встроенного ПО;
* Настроек и конфигурации модуля;
* Альманахов КНС.

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

## Варианты исполнения

### ПРО-04

ПРО-04 является базовой модификацией модуля, которая не обеспечивает выдачу измерений полной фазы несущей в составе «сырой» измерительной информации.

### ПРО-04R

Особенность модулей ПРО-04R заключается в выдаче измерений полной фазы несущей в составе «сырой» измерительной информации. 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.

## Входные/выходные сигналы

Таблица 3. Входные/выходные сигналы

| **Номер** | **Тип** | **Имя** | **Описание** |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 |  | GND | Общий (корпус) |
| 2 | Вход | ANT | Антенный вход |
| 3, 4 |  | GND | Общий (корпус) |
| 5 | Вход | WAKE | Сигнал пробуждения |
| 6 | Выход | 1PPS | Выходная секундная метка времени |
| 7 |  | NC | Не подключен |
| 8 | Выход | ACT\_SLP | Индикатор состояния «АКТИВЕН»/«СОН» |
| 9 | Выход | STATUS | Состояние модуля |
| 10 |  | NC | Не подключен |
| 11 | Вход | RX1 | Принимаемые данные RS232, Порт #1 |
| 12 | Выход | TX1 | Передаваемые данные RS232, Порт #1 |
| 13 | Вход | RX0 | Принимаемые данные RS232, Порт #0 |
| 14 | Выход | TX0 | Передаваемые данные RS232, Порт #0 |
| 15, 16 |  | NC | Не подключен |
| 17, 18 |  | GND | Общий (корпус) |
| 19 | Вход | NRESET | Внешнее обнуление |
| 20 | Вход | VDD | Основное напряжение питания |
| 21 | Вход | VBAT | Резервное напряжение питания |
| 22 | Вход | ON\_OFF | Включение/выключение модуля |
| 23 | Вход | VDD\_IO | Напряжение питания ввода/вывода |
| 24 | Вход | V\_ANT | Напряжение питания антенны |

## Напряжения питания

Модуль имеет два основных напряжения питания:

* Основное (вывод VDD): 1,8В. Допустимый уровень пульсаций – 50мВ пик-пик.
* Ввода/вывода (вывод VDD\_IO): в диапазоне от 1,7В до 3,6В. Напряжение задает уровни следующих сигналов: TX0, TX1, RX0, RX1, 1PPS, WAKE, NRESET, ACT\_SLP, STATUS, ON\_OFF.

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

## Питание активной антенны

Питание активной антенны производится подачей постоянного напряжения на вывод V\_ANT, которое проходит через встроенный монитор питания и приходит на вывод ANT. Напряжение на выводе ANT может быть выключено. По умолчанию, питание антенны включено. Если не используется, вывод V\_ANT может быть оставлен неподключенным.

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»: ток больше 32мА;
* «Не подключена»: ток меньше 3мА;
* «Норма»: ток находится в пределах от 3 до 32мА.

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

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.

Если рабочий ток антенны меньше 3мА или больше 32мА, и обеспечены условия для нормального приема сигналов, то приемник будет выполнять целевую функцию по получению навигационных определений. В таком случае сообщения телеметрии антенны можно игнорировать.

Следует иметь в виду, что при питании антенны через вывод V\_ANT постоянное напряжение на выводе ANT 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 100мВ при токе 10мА. Это следует учитывать при выборе активной антенны.

## Потребляемая мощность

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 10 значение тока потребления для таких условий указано в строке «Ток потребления по цепи VDD, обнаружение».

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 10 значение тока потребления для таких условий указано в строке «Ток потребления по цепи VDD, слежение».

На продолжительность и интенсивность работы подсистемы поиска и, как следствие, величину потребляемого тока, влияют 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 КНС.

## Встроенный контроль напряжений питания

Модуль содержит встроенную схему контроля следующих напряжений питания:

1. VDD (1,8В);
2. Ядра цифровой секции (1,2В);
3. Батарейной зоны (1,2В).

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

## Последовательные порты

Приемник имеет два последовательных порта RS232 для организации обмена с внешними устройствами – Порт #0 и Порт #1.

Оба порта RS232 – со следующими программируемыми параметрами (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 «0», всегда «1».

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

## Поддерживаемые протоколы обмена

Обмен с приемником производится по двум информационным протоколам: бинарному и NMEA. Кроме того, в дифференциальном режиме приемник обрабатывает дифференциальные поправки в соответствии со стандартом RTCM SC104 v2.3 - сообщения 1, 3, 31. Дифференциальные поправки принимаются по Порту #1.

Возможны 5 комбинаций распределения информационных протоколов по Портам #0 и #1 (Таблица 4).

Таблица 4. Распределение протоколов по портам приемника

| **Номер** | **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.

## Вывод STATUS

Выходной вывод STATUS представляет собой индикатор статуса модуля (**ПОИСК**, **НАВИГАЦИЯ**, **НЕНОРМА**). Сигнал на выводе STATUS представляет собой чередование уровней лог. «0» и лог. «1» с разными периодом и длительностью:

1. **ПОИСК**: идет поиск спутников, аппаратная телеметрия в норме, нет решения НЗ, данные местоопределения недоступны. Сигнал на выводе: меандр с периодом 2с (длительность лог. «1» - 1с, лог. «0» - 1с);
2. **НАВИГАЦИЯ**: спутники в слежении, решается НЗ, данные местоопределения выдаются. Сигнал на выводе: период 1с (длительность лог. «1» - 0,2с, лог. «0» - 0,8с);
3. **НЕНОРМА**: ошибка хотя бы одного из параметров в аппаратной телеметрии, решения НЗ нет. Сигнал на выводе: период 0,5с (длительность лог. «1» - 0,2с, лог. «0» - 0,3с).



Рис. . Временные диаграммы на выводе STATUS

В режимах энергосбережения поведение вывода следующее: в состоянии «СОН» (ACT\_SLP=0) на выводе формируется лог. «0»; в состоянии «АКТИВЕН» (ACT\_SLP=1) управляется, как описано выше.

## Выводы WAKE, ACT\_SLP

Входной вывод WAKE используется для пробуждения модуля в режиме энергосбережения FIX-BY-REQUEST**®**. Активным является положительный фронт сигнала (переход из лог. «0» в лог. «1»). Длительность лог. «1» должна быть не менее 100мкс.

Выходной вывод ACT\_SLP представляет собой индикатор состояний «АКТИВЕН» и «СОН». Если модуль находится в состоянии «АКТИВЕН», то ACT\_SLP=1. Если модуль находится в состоянии «СОН», то ACT\_SLP=0.

## Вывод ON\_OFF

Для управления включением модуля используется сигнал ON\_OFF: лог. «1» включает приемник, лог. «0» – выключает. Если не используется, вывод ON\_OFF может быть оставлен неподключенным или подключен к VDD\_IO.

При ON\_OFF=0 выходные сигналы модуля переходят в следующие состояния:

* TX0, TX1: лог. «1»;
* 1PPS: лог. «0»;
* ACT\_SLP, STATUS: лог. «1».

При выключении модуля (VDD=0 или ON\_OFF=0) питание антенны на контакте ANT отключается.

## Состояния модуля

Модуль может находиться в одном из следующих пяти состояний – «ВЫКЛЮЧЕН», «РЕЗЕРВ», «ОБНУЛЕН», «АКТИВЕН», «СОН» (Таблица 5).

Таблица 5. Состояния модуля

| **Состояние** | **Описание** | **Условия** | **Ток потребления (тип.)** |
| --- | --- | --- | --- |
| «ВЫКЛЮЧЕН» | Приемник обесточен. Целевая функция получения навигационных определений не выполняется. Обмен с приемником 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 (ON\_OFF=1) | VDD – вкл,  VBAT – безразл,  ON\_OFF=0  NRESET=1 | 150мкА  (по цепи VDD) |
| «РЕЗЕРВ» | Приемник обесточен. Целевая функция получения навигационных определений не выполняется. Обмен с приемником 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 (VDD – вкл, ON\_OFF=1) | VDD – выкл,  VBAT – вкл,  ON\_OFF= безразл  NRESET= безразл | 8мкА  (по цепи VBAT) |
| «ОБНУЛЕН» | Питание на приемник подано. Цифровая часть находится в состоянии сброса, аналоговая часть работает. Целевая функция получения навигационных определений не выполняется. Обмен с приемником 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 NRESET=1 | VDD – вкл,  VBAT – безразл,  NRESET=0  ON\_OFF=1 | 20мА  (по цепи VDD) |
| «АКТИВЕН» | Питание на приемник подано. Приемник выполняет целевую функцию получения и выдачи навигационных определений. | VDD – вкл,  VBAT – безразл,  NRESET=1  ON\_OFF=1 | См. Таблицу 10 |
| «СОН» | Питание на приемник подано. Аналоговая часть и большая часть цифровых блоков выключены. Приемник поддерживает ШВ из частоты TCXO, выдает некоторые сообщения по последовательным портам и ожидает пробуждения. Целевая функция получения навигационных определений не выполняется. | VDD – вкл,  VBAT – безразл,  NRESET=1  ON\_OFF=1 | См. Таблицу 10 |

## Конфигурация и настройки встроенного ПО

Перечень настроек и параметров конфигурации, включая заводские (по умолчанию) значения, приведен в Таблице 6.

Таблица 6. Список настроек и параметров конфигурации

| **#** | **Параметр** | **Значение по умолчанию** |
| --- | --- | --- |
| 1 | Режим (GPS, ГЛОНАСС, ГЛОНАСС+GPS) | ГЛОНАСС+GPS |
| 2 | Разрешение использования 2D | да |
| 3 | Разрешение использования 2D для первого решения | да |
| 4 | Работа с фиксированными координатами | нет |
| 5 | Продолжительность экстраполяции | 5с |
| 6 | Фильтрация | динамическая |
| 7 | Дифференциальный режим | запрещен |
| 8 | Источник дифференциальных поправок | выбирается автоматически |
| 9 | PRN SBAS | выбирается автоматически |
| 10 | Темп выдачи выходных данных | 1Гц |
| 11 | Параметры Портов #0 и #1 | 115200, 1 стоповый, без четности |
| 12 | Соответствие протоколов портам | Порт #0 – бинарный, Порт #1 – NMEA |
| 13 | Маска GDOP | 50 |
| 14 | Маска угла места | 5° |
| 15 | Маска уровня сигнала | 10дБГц |
| 16 | Порог статической навигации | 0,3м/с |
| 17 | Профиль динамики пользователя | Пешеходно-автомобильный |
| 18 | Режимы энергосбережения | Выключены |
| 19 | Разрешенный режим энергосбережения | RELAXED FIX® |
| 20 | Минимальная продолжительность состояния «АКТИВЕН» | 2с |
| 21 | Максимальная продолжительность состояния «АКТИВЕН» | 5с |
| 22 | Временной интервал между переходами в состояние «АКТИВЕН» для режима RELAXED FIX® | 60с |
| 23 | Продолжительность состояния «АКТИВЕН» после получения первого решения | 3с |
| 24 | Начальные параметры | Координаты пользователя, м: X=0.0, Y=0.0, Z=0.0  Сдвиг местного времени относительно UTC, с: 0  Скорость ухода ШВ приемника, м/с: 0  Сдвиг ШВ ГЛОНАСС относительно ШВ GPS, м: 0 |
| 25 | Параметры 1PPS | Разрешен, полярность – положительная, привязка – к шкале времени GPS, длительность – 1мс, сдвиг – 0нс |
| 26 | Напряжение питания антенны | Включено |
| 27 | NMEA сообщения | GGA, GSA, GSV, RMC – выдаются; GNS, VTG, GLL, ZDA – не выдаются; соответствие версии NMEA – v2.x |
| 28 | Маскируемые бинарные пакеты 0x00…0x1F | не выдаются |

После получения новых данных настройки или конфигурации приемник сохраняет их во Flash памяти. Сохранение данных во Flash занимает время не более 1с.

## Требования к антенне

Приемник предназначен для работы как с пассивной, так и с активной антенной. Активная антенна должна обеспечивать дополнительное усиление не более 25дБ. Дополнительное усиление определяется как усиление антенны минус потери в антенном кабеле. Потери в кабеле зависят от его типа и длины. В общем случае, чем толще кабель, тем меньшее удельное затухание и, соответственно, потери он имеет.

# Функциональные возможности

## Режимы работы

Модуль обеспечивает работу как в автономном, так и в дифференциальном (дифференциально-кодовом) режимах.

В дифференциальном режиме коррекции могут либо приниматься по Порту #1 в виде сообщений стандарта RTCM SC104 v2.3, формируемых и транслируемых внешней контрольно-корректирующей станцией, либо выделяться из сигналов, передаваемых КА SBAS.

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

* WGS-84 (по умолчанию);
* ПЗ-90.11;
* Пользовательская.

Приемник поддерживает работу в режиме фиксированных координат, который может использоваться, в частности, для временных приложений. Этот режим предполагает, что приемник неподвижен. Опорные координаты для этого режима задаются пользователем или рассчитываются автономно приемником в результате усреднения на заданном временном интервале.

## Используемые ГНСС

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

* Только GPS;
* Только ГЛОНАСС;
* Только GALILEO;
* Совмещенное использование ГЛОНАСС, GPS и GALILEO в любой комбинации (по умолчанию).

Работа в режиме только QZSS не предусмотрена. QZSS может быть использована только в комбинации с основными КНС.

## SBAS

Для передачи корректирующей информации в 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.

Различаются следующие региональные подсистемы SBAS:

* WAAS;
* EGNOS;
* СДКМ;
* MSAS;
* GAGAN.

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

Приемник имеет в своем составе три канала слежения, предназначенные для обработки сигналов SBAS. Приемник может быть установлен в режим либо автоматического поиска сигналов SBAS, либо ручного задания номеров PRN. При наличии в составе передаваемых сообщений данных об эфемеридах спутников модуль использует измерения от этих спутников в решении НЗ.

## RAIM

В ПО модуля 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.

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

## Секундная метка времени

Приемник формирует секундную метку времени на выводе 1PPS. Секундная метка времени представляет собой импульс, идущий с темпом 1 раз в секунду, со следующими параметрами:

* Выдача 1PPS разрешена/запрещена;
* Шкала времени, с которой синхронизирован 1PPS: GPS, ГЛОНАСС, UTC(USNO), UTC(SU);
* Полярность: 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 10мкс до 2мс.

Кроме того, метка времени может быть сдвинута на фиксированную задержку в пределах ±0,5с.

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

## Темп выдачи выходных данных

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

## Профили динамики потребителя

Таблица 7. Характеристики профиля динамики потребителя

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

## Режимы энергосбережения

Приемник поддерживает два режима энергосбережения: RELAXED FIX® и FIX-BY-REQUEST®.

В режиме RELAXED FIX® приемник самостоятельно чередует по внутренней циклограмме состояния «СОН» и «АКТИВЕН» и выдает данные навигационных определений с темпом ниже стандартного 1Гц.

Режим FIX-BY-REQUEST® характеризуется переходом из состояния «СОН» в состояние «АКТИВЕН» (пробуждение) по запросу пользователя.

# Тактико-технические характеристики

Если не оговорено иное, технические характеристики приведены для условий стандартной динамики.

Таблица 8. Основные технические характеристики

| **#** | **Параметр** | **Значение** | **Примечания** |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 | Количество каналов | 44 |  |
| 2 | Сигналы | L1 GPS C/A, ГЛОНАСС СТ, GALILEO E1B/C, QZSS, SBAS |  |
| 3 | Погрешность определения плановых координат, м, не более   * Автономный режим(1, 2) * SBAS(1, 2) * Дифференциальный режим(2) | 2,5  2,0  1,5 | CEP 50%  HDOP<2, VDOP<3 |
| 4 | Погрешность определения высоты, автономный режим, м, не более(1, 2) | 4,0 | СКО  HDOP<2, VDOP<3 |
| 5 | Погрешность определения плановой скорости, м/с, не более(2)   * Автономный режим | 0,02 | СКО  HDOP<2, VDOP<3 |
| 6 | Погрешность секундной метки времени, нс, не более | 30(2) | СКО  HDOP<2, VDOP<3 |
| 7 | Время 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 | Среднее значение |
| 8 | Чувствительность, дБмВт, не хуже   * Обнаружение, холодный старт * Обнаружение, горячий старт * Слежение и навигация | -147  -155  -163 | С внешним МШУ |
| 9 | Динамика, не более   * Ускорение, g * Максимальная скорость, м/с * Максимальная высота, м | 4  515  18000 |  |
| 10 | Темп выдачи выходных данных, Гц | 1/2/5/10 |  |
| 11 | Интерфейсы | 2хRS232, LVCMOS |  |
| 12 | Размеры (длина х ширина х высота), мм | 14,3х13,7х2,6 |  |
| 13 | Масса, г, не более | 1,5 |  |
| 14 | Диапазон рабочих температур, °С | -40…+85 |  |

*Примечания:*

*1. Условия максимальной динамики*

*2. Уровни сигналов -130дБмВт, ГЛОНАСС+GPS*

*3. Уровни сигналов -140дБмВт, ГЛОНАСС+GPS*

*4. Время отсутствия сигналов 10с.*

## Электрические параметры

|  |  |
| --- | --- |
|  | Воздействия, выходящие за пределы предельно-допустимых параметров, могут привести к выходу приемника из строя |

Таблица 9. Предельно-допустимые электрические параметры

| **Параметр** | **Значение** | | **Ед. изм.** | **Примечания** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Мин** | **Макс** |
| Диапазон напряжения VDD | -0,3 | 2,5 | В |  |
| Диапазон напряжения ввода-вывода VDD\_IO | -0,5 | 4,6 | В |  |
| Диапазон напряжения VBAT | -0,3 | 4,0 | В |  |
| Диапазон напряжения VANT | -0,3 | 3,75 | В |  |
| Диапазон уровней на входных выводах (VI)(1) | -0,5 | 2,5 | В | VDD\_IO=1,8В |
| -0,5 | 4,6 | VDD\_IO=3,3В |
| Ток короткого замыкания выходных выводов (IO)(2) | -12 | 12 | мА | VDD\_IO=1,8В |
| -24 | 24 | VDD\_IO=3,3В |
| Ток короткого замыкания в антенне (IANT) | - | 50 | мА |  |
| Максимально допустимый уровень ВЧ сигнала | - | 10 | дБмВт | На выводе ANT |
| Максимально допустимый уровень электростатического разряда |  | 2000 | В | HBM |
| Температура хранения (TSTG) | -40 | +85 | °С |  |

*Примечания:*

1. *Выводы WAKE, NRESET, RX0, RX1, ON\_OFF*
2. *Выводы 1PPS, ACT\_SLP, STATUS, TX0, TX1*

Таблица 10. Рабочие электрические параметры

| **Параметр** | **Обозначение** | **Значение** | | | **Ед. изм.** | **Примечания** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Мин** | **Ном** | **Макс** |
| Основное напряжение питания | VDD | 1,7 | 1,8 | 1,9 | В |  |
| Напряжение питания ввода/вывода | VDD\_IO | 1,7 | - | 3,6 | В |  |
| Резервное напряжение питания | VBAT | 1,6 | - | 3,7 | В |  |
| Напряжение питания антенны | VANT | 1,8 | - | 3,6 | В |  |
| Ток потребления по цепи VDD, обнаружение | IDD\_ACQ | - | 75 | - | мА | VDD=1,8В  ГЛОНАСС+GPS+QZSS+SBAS |
| - | 110 | - | VDD=1,8В  ГЛОНАСС+GPS+QZSS+GALILEO+SBAS |
| Ток потребления по цепи VDD, слежение | IDD\_TRQ | - | 42 | - | мА | VDD=1,8В  ГЛОНАСС+GPS+QZSS+SBAS |
| - | 48 | - | VDD=1,8В  ГЛОНАСС+GPS+QZSS+GALILEO+SBAS |
| Ток потребления по цепи VDD, состояние «ВЫКЛЮЧЕН» | IDD\_OFF | - | 150 | 250 | мкА | ON\_OFF=0 |
| Ток потребления по цепи VDD, состояние «ОБНУЛЕН» | IDD\_RESET | - | 20 | 22 | мА | NRESET=0 |
| Ток потребления по цепи VDD, состояние «СОН» | IDD\_TRQ | - | 5,5 | - | мА |  |
| Ток потребления по цепи VDD, режим энергосбережения | IDD\_SLEEP | - | 10,5 | - | мА | Скважность «АКТИВЕН»:«СОН»=1:10 |
| Ток потребления по цепи VDD\_IO | IDD\_IO | - | - | 5 | мкА | Без нагрузки на выходных выводах |
| Ток потребления от резервной батареи | IBAT | - | 8 | - | мкА | VDD отключено  При +25°C |
| - | 28 | - | VDD отключено  При +85°C |
| Падение напряжения в цепи питания антенны (между контактами V\_ANT и ANT) | VANT\_DROP | - | 100 | 150 | мВ | IANT=10мА |
| 200 | 240 | IANT=20мА |
| 300 | 340 | IANT=30мА |
| Рабочий диапазон токов антенны | IANT | 3 | - | 32 | мА |  |
| Выходное напряжение низкого уровня (1) | VOL | - | - | 0,4 | В | VDD\_IO=1,8В, IOL=3,6мА |
| 0,4 | VDD\_IO=3,3В, IOL=8мА |
| Выходное напряжение высокого уровня (1) | VOH | 0,75\*VDD\_IO | - | - | В | VDD\_IO=1,8В, IOH=-3,6мА |
| 2,4 | VDD\_IO=3,3В, IOH=-8мА |
| Выходное напряжение низкого уровня (1) | VOL | - | - | 0,1 | В | VDD\_IO=1,8В, IOL=0,1мА |
| 0,1 | VDD\_IO=3,3В, IOL=0,1мА |
| Выходное напряжение высокого уровня (1) | VOH | VDD\_IO-0,1 | - |  | В | VDD\_IO=1,8В, IOH=-0,1мА |
| VDDIO-0,1 | VDD\_IO=3,3В, IOH=-0,1мА |
| Выходной ток низкого уровня (1) | IOL | - | - | 3,6 | мА | VDD\_IO=1,8В |
| 8 | VDD\_IO=3,3В |
| Выходной ток высокого уровня (1) | IOH | - | - | -3,6 | мА | VDD\_IO=1,8В |
| -8 | VDD\_IO=3,3В |
| Входное напряжение низкого уровня (2) | VIL | - | - | 0,3\*VDD\_IO | В | VDD\_IO=1,8В |
| 0,8 | VDD\_IO=3,3В |
| Входное напряжение высокого уровня (2) | VIH | 0,7\*VDD\_IO | - | - | В | VDD\_IO=1,8В |
| 2,0 | VDD\_IO=3,3В |
| Сопротивление pull-down (3) | RPD | - | 210 | - | КОм | VDD\_IO=1,8В |
| 75 | VDD\_IO=3,3В |
| Сопротивление pull-up (4) | RPU | - | 200 | - | КОм | VDD\_IO=1,8В |
| 75 | VDD\_IO=3,3В |
| **ВЧ параметры** | | | | | | |
| Эквивалентный коэффициент шума | NF | - | 5 | - | дБ |  |

*Примечания:*

1. *Выводы 1PPS, ACT\_SLP, STATUS, TX0, TX1*
2. *Выводы WAKE, NRESET, RX0, RX1, ON\_OFF*
3. *Выводы WAKE*
4. *Выводы NRESET, RX0, RX1, ON\_OFF*

# Габаритный чертеж, расположение выводов, маркировка

## Конструкция

Конструктивно приемник выполнен в виде платы с односторонним монтажом элементов, закрытой экраном. Габаритный чертеж и чертеж контактных площадок модуля приведены на Рис. 3, 4 (не в масштабе). Размеры: миллиметры.

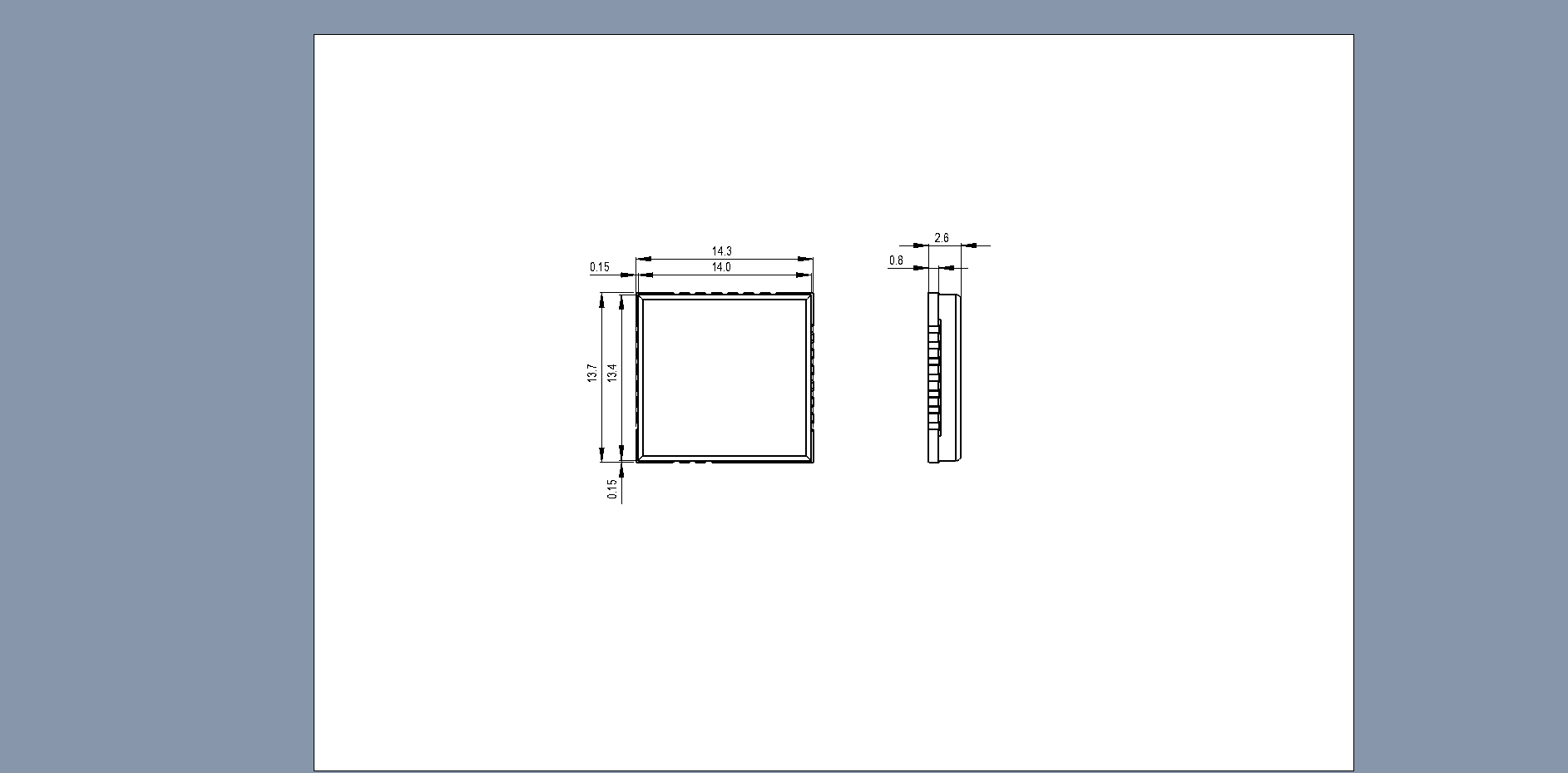


Рис. . Габаритный чертеж



Рис. . Чертеж контактных площадок

## Посадочное место на ПП пользователя

Для установки модулей на печатную плату пользователя рекомендуется следующее посадочное место (Рис. 5). Размеры: миллиметры. Габариты модуля выделены голубым цветом.



Рис. . Рекомендуемое посадочное место

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

1. 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;
2. Контактные площадки GND должны быть соединены с корпусом ПП (цепь «земля» или «общий провод») линиями минимальной длины;
3. Сигнальные проводники на ПП должны быть отодвинуты от антенного входа ANT как можно дальше;
4. Исключить трассировку сигналов, особенно высокочастотных и тактовых, под платой модуля.

## Маркировка

Маркировка включает (Рис. 6):

Рис. . Пример маркировки

# Рекомендации по хранению и монтажу

## Меры защиты от статического электричества

|  |  |
| --- | --- |
|  | **Модули ПРО-04 чувствительны к статическому электричеству** |

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.

## Соответствие международным экологическим стандартам

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

# Рекомендации по использованию в аппаратуре пользователей

## Типовая схема включения

Типовая схема включения приведена на Рис. 8.

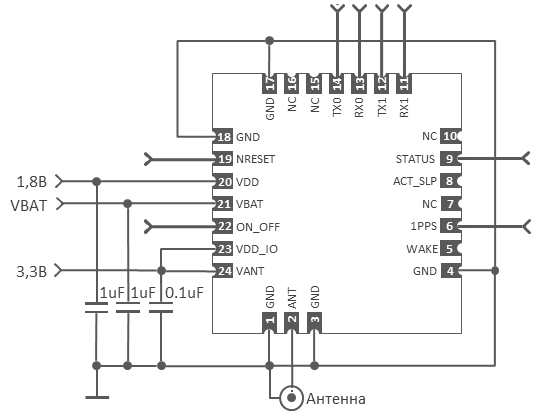


Рис. . Типовая схема включения модуля

На Рис. 9 приведена упрощенная схема включения, в которой резервное батарейное напряжение и напряжение питания антенны не подключены. Питание антенны производится отдельным напряжением через внешние цепи.

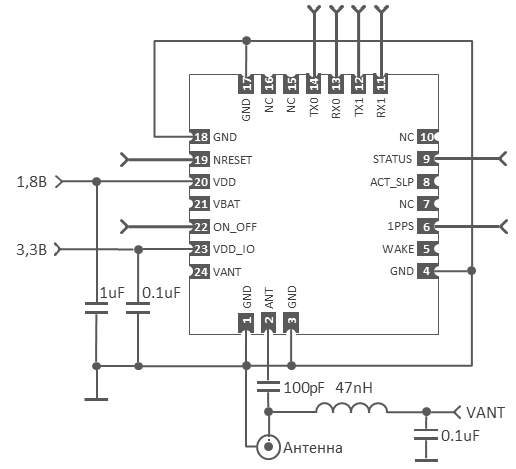


Рис. . Упрощенная схема включения модуля

## Последовательность подачи напряжений питания VDD и VDD\_IO

Напряжения питания VDD и VDD\_IO могут подаваться в любой последовательности при соблюдении следующего условия:

* Лог. «1» на входных выводах модуля должна обеспечиваться одновременно с подачей VDD\_IO. Пока VDD\_IO=0, входные сигналы модуля должны быть либо в лог. «0», либо в третьем состоянии.

## Рекомендации по формированию напряжения VDD

Ток потребления по цепи питания VDD варьируется в процессе работы приемника, достигая максимальных значений при поиске сигналов (Таблица 10). Рекомендуется использование вторичного преобразователя (линейный стабилизатор или ШИМ регулятор) с максимальным током нагрузки не менее 200мА.