



# **Применение модулей приемников ML8088sE Рекомендуемые схемы включения**

Рекомендации по применению

Редакция 1.1

Санкт-Петербург  
2014

## Оглавление

Оглавление.....	2
Введение .....	3
Схемы включения приемника .....	5
Линии связи приемника.....	5
Напряжения питания приемника.....	7
Основная схема включения .....	8
Минимальная схема включения .....	10
Особенности включения приемника.....	11
Диапазон питающих напряжений.....	11
Допустимые напряжения на выводах .....	11
«Фантомное питание».....	11
Батарейное питание RTC.....	12
Включение питания .....	12
Состояния выводов при включении (старте) приемника .....	12
Программная конфигурация приемника.....	12
Цепь питания активной антенны.....	13
Согласование уровней информационных, статусных и управляющих сигналов .....	13
Приложение 1.....	15
Приложение 2.....	18
Приложение 3.....	23

## **Введение**

Приемники НАВИА ML8088sE позволяют создать техническое решение для приема сигналов спутниковых навигационных систем с высокими характеристиками при небольших затратах.

В данном документе рассматриваются схемы включения приемника НАВИА ML8088sE и основные проблемы, возникающие у пользователей при применении этого приемника.

### История изменений

Номер редакции	Дата	Описание
1.0	Февраль 2014	Исходная версия документа
1.1	Февраль 2014	Незначительные правки документа

## Схемы включения приемника

### Линии связи приемника

Вывод		Сигнал	Статус	Назначение
№	Имя			
4	TX1	UART1 Tx NMEA Out	<b>обязательно</b>	Сигнальная линия предназначена для передачи в конечное изделие информации в виде сообщений NMEA и собственных служебных сообщений приемника, имеющих NMEA-подобный формат. <b>Основной выход приемника</b>
18	/RST	/RESET In	<b>очень желательно</b>	Сигнальная линия предназначена для осуществления аппаратного сброса приемника. Этот сигнал в некоторых случаях можно не подключать, однако в случае программных или аппаратных конфликтов между приемником и конечным устройством подача этого сигнала позволяет устранить последствия большинства конфликтов. <b>Вход сброса приемника.</b>
5	RX1	UART1 Rx NMEA In	желательно	Сигнальная линия предназначена для подачи на приемник команд и ввода данных. При помощи команд можно осуществлять управление приемником, изменять его программную конфигурацию, а также производить смену встроенного программного обеспечения приемника. <b>Основной вход приемника</b>
2	TX1	UART0 Tx Debug Out	опционально	Сигнальная линия предназначена для передачи приемником отладочной информации. Информация передается в текстовом виде, однако структура информации не раскрывается разработчиком. Данная линия может применяться для смены встроенного программного обеспечения приемника (совместно выходы 1 и 2).
1	RX1	UART0 Rx RTCM In	опционально	Сигнальная линия предназначена для подачи на приемник сообщений RTCM SC-104 (данных для дифференциальной коррекции принимаемых сигналов). Данная линия может применяться для смены встроенного программного обеспечения приемника (совместно выходы 1 и 2).
3	PPS	1PPS Out	опционально	Сигнальная линия предназначена для передачи в конечное устройство сигнала метки времени PPS. Сигнал может применяться для взаимной синхронизации нескольких устройств, находящихся в различных пространственных точках.

8	GNSS Status	GNSS Status Out	опционально	Сигнальная линия предназначена для передачи в конечное устройство информации о статусе решения навигационной задачи. Данный сигнал является опциональным и формируется не всеми вариантами встроенного программного обеспечения приемника. В состоянии заводской поставки сигнал GNSS Status не формируется, для получения приемников со встроенным ПО, формирующим этот сигнал, следует особо указать это при заказе приемников у поставщика.
---	-------------	-----------------	-------------	--

Обновление встроенного программного обеспечения приемника может быть произведено непосредственно заказчиком, как при помощи сервисной платы, так и непосредственно в конечном изделии (самостоятельное обновление встроенного ПО приемника требует двусторонней связи приемника с внешним компьютером, работающим под управлением Windows).

### Напряжения питания приемника.

Для работы приемника применяются два напряжения питания +3.3V\_main и +Vbat\_RTC.

Вывод		Сигнал	Статус	Назначение
№	Имя			
13	V_IN	+3.3V main	<b>обязательно</b>	<b>Основное напряжение питания приемника.</b> Пределы изменения 3,0В...3,6В. Ток потребления может достигать 120мА не включая ток потребления активной антенны, подключенной к приемнику.
12	V_RTC	+Vbat RTC	опционально	Питание встроенных часов реального времени приемника. Пределы изменения 2,0В...3,6В, ток потребления 50мкА. При напряжении +Vbat_RTC, превышающем +3.3V_main, ток потребления в данной цепи может возрасти до 2мА.

## Основная схема включения

Основная схема включения предполагает задействование всех интерфейсных сигналов приемника (кроме USB). Эта схема приведена на Рис.1.

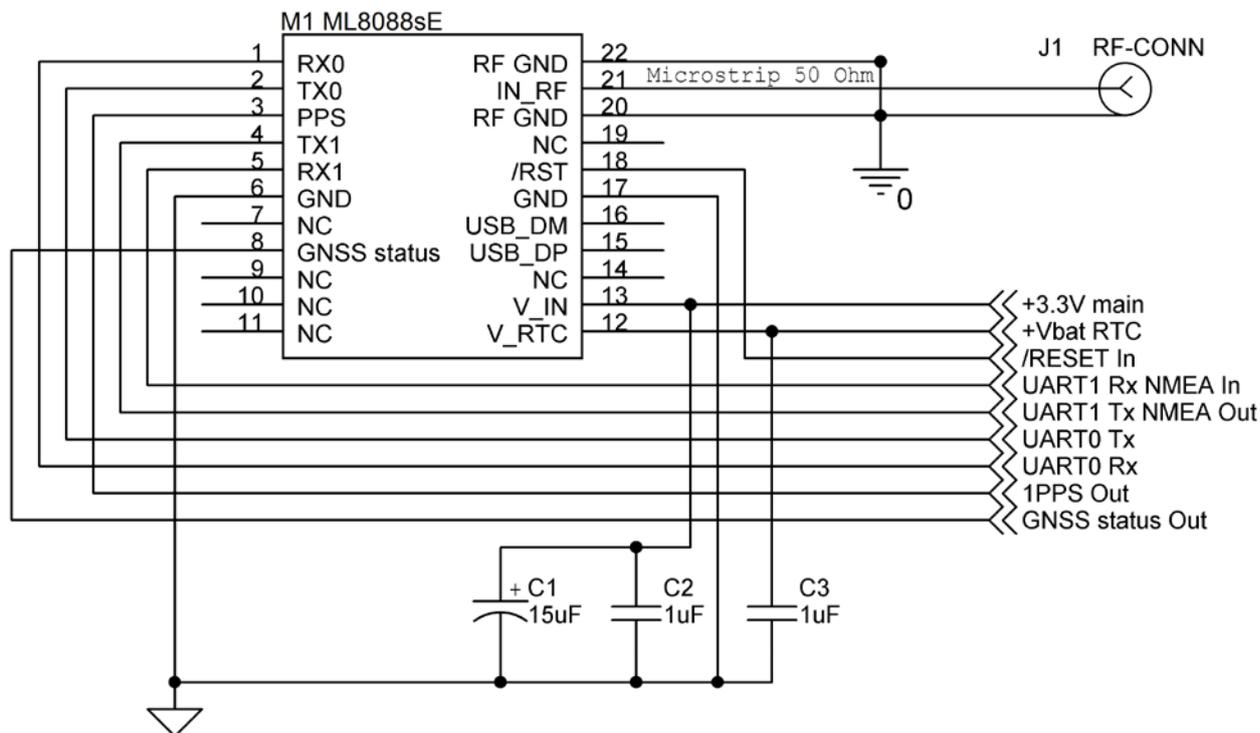


Рис.1 Основная схема включения приемника ML8088sE

На этой схеме показаны все управляющие и информационные линии приемника и линии питания.

В большинстве конечных устройств приемники применяются совместно с микроконтроллерами тех или иных моделей. Информационные линии между приемником и микроконтроллером показаны на рис.2. На нем же указана информационная направленность этих линий по отношению к приемнику.

Выходные сигналы приемника (Out):

- UART1 Tx NMEA – выходной поток сообщений NMEA приемника
- UART0 Tx – выходной поток сообщений Debug
- 1PPS – выходной сигнал синхронизации времени
- GNSS Status – выходной сигнал статуса навигационного решения (поддерживается не всеми версиями ПО приемника)

Входные сигналы приемника (In):

- UART1 Rx MNEA – входной поток команд приемника
- UART0 Rx – входной поток сообщений RTCM
- Reset – входной сигнал аппаратного сброса приемника

В различных устройствах от навигационного приемника требуются различные функции, однако в подавляющем большинстве приложений требуется информация о навигационном решении. Наиболее удобно получать эту информацию в формате NMEA сообщений.

Сигналы, обозначенные как «**опциональные**», задействуются в тех случаях, когда конечное устройство применяет или может применять эти сигналы.

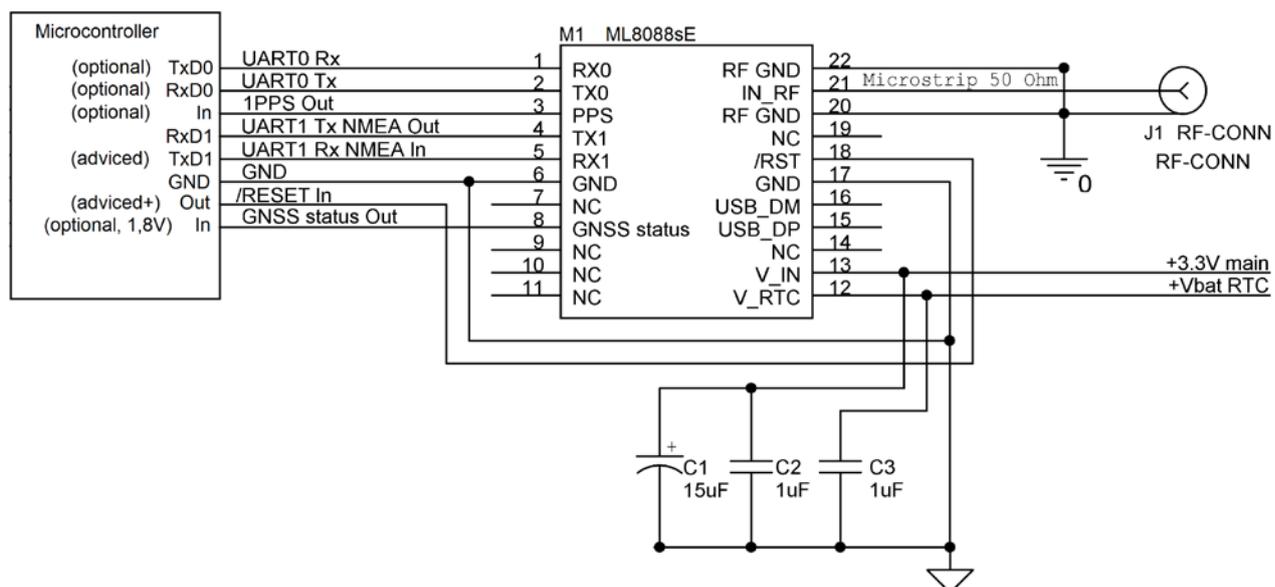


Рис.2 Подключение приемника ML8088sE к микроконтроллеру  
В большинстве реальных применений задействованы не все линии связи.

### Минимальная схема включения

Минимальная схема включения приемника приведена на Рис.3. В этой схеме задействованы один выходной сигнал UART1 Tx NMEA Out, один входной сигнал /Reset и одно напряжение питания +3.3V main. Данная схема включения применяется при минимальных требованиях потребителя – получение только NMEA потока информации без возможности управления приемником.

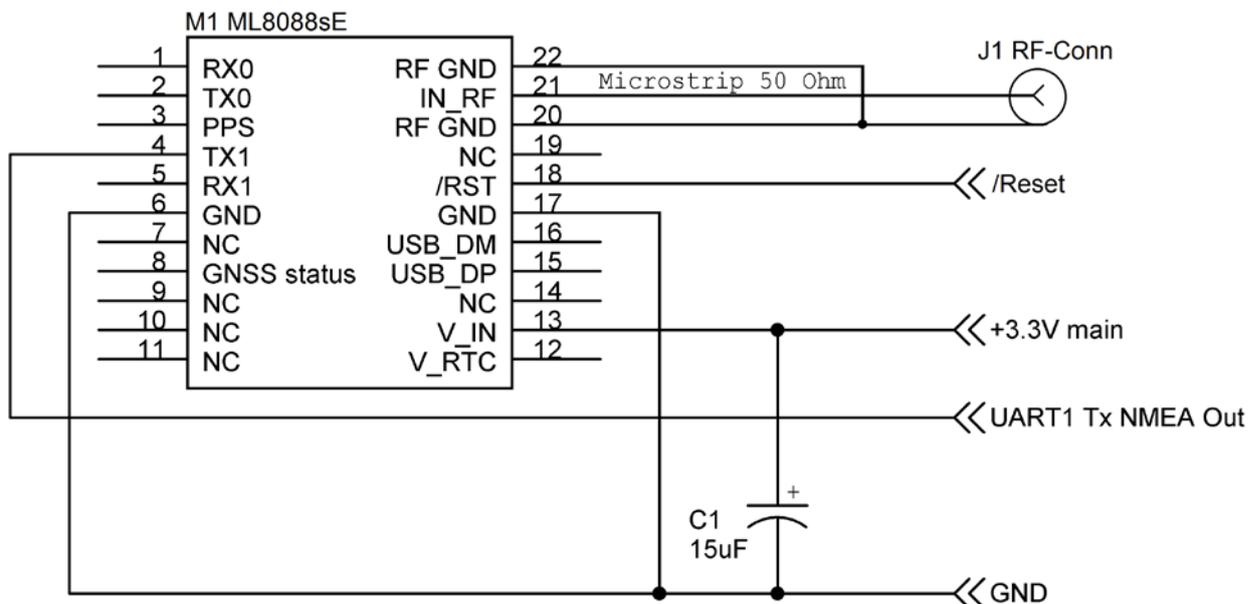


Рис.3. Минимальная схема включения приемника ML8088sE.

В некоторых схемах включения может быть опущен сигнал /Reset, что еще больше упрощает схему включения, до трех соединительных линий.

## Особенности включения приемника

Включение приемника имеет некоторые особенности, несоблюдение определенных несложных требований может привести к нестабильности работы или даже полной неработоспособности приемника.

Основные особенности могут быть разделены на несколько групп:

- Диапазон питающих напряжений
- Допустимые напряжения на выводах
- «Фантомное питание»
- Батарейное питание RTC
- Включение питания
- Состояния выводов при включении (старте) приемника
- Программная конфигурация приемника
- Цепь питания активной антенны
- Согласование уровней информационных, статусных и управляющих сигналов

Рассмотрим вышеуказанные особенности по порядку.

### Диапазон питающих напряжений

**НИКОГДА и НИ НА КАКОЕ ВРЕМЯ** напряжение питания приемника не должно превышать 3,6В. Превышение указанного уровня может вывести приемник из строя. Основной причиной подобных превышений являются переходные процессы в источнике питания приемника при резком изменении нагрузки, например, при включении питания, при переходе приемника из режима поиска (потребление до 120мА в режим сна (потребление менее 1,5мА), при выходе приемника из режима сна и так далее.

Нижняя граница питающего напряжения составляет 3,0В. Данное значение не является столь критичным, однако провалы ниже этого уровня могут приводить к перезапуску программного обеспечения приемника. Повреждение приемника при уменьшении питающего напряжения не происходит. В «Приложении 1» приведены некоторые рекомендации по построению цепей питания конечного устройства.

### Допустимые напряжения на выводах

**НИКОГДА и НИ НА КАКОЕ ВРЕМЯ** напряжение на любых выводах приемника не должно превышать 3,6В. Превышение этого уровня может вывести приемник из строя. Основными причинами подобных превышений являются переходные процессы в цепях связи приемник-конечное устройство, а также переходные процессы в цепях питания конечного устройства.

### «Фантомное питание»

**Ни на одном выводе приемника** (кроме вывода 12 V\_RTC и вывода 18 /RST) **напряжение не должно превышать 0,3В** при отсутствии основного напряжения питания +3.3V main. Иначе говоря, информационные линии связи конечное устройство-приемник ни в какой момент времени не должны быть источниками питания приемника.

## Батарейное питание RTC

Напряжение питания встроенных часов реального времени должно находиться в диапазоне 2,0...3,6В. Превышение уровня 3,6В может привести к выходу приемника из строя, понижение ниже уровня 2,0В может привести к сбоям в работе часов и сбросу регистра конфигурации запуска приемника. Кратковременные (доли и единицы миллисекунд) провалы напряжения питания встроенных часов обычно не приводят к нарушениям в работе.

Не рекомендуется устанавливать величину напряжения питания часов реального времени выше напряжения основного питания приемника, так как в этом случае ток потребления по цепи часов может существенно возрасти и достигать 2мА.

Приемники НАВИА ML8088sE обладают возможностью работать без применения напряжения питания встроенных часов реального времени. Естественно, при этом в случае отключения электропитания часы прекращают работу, однако особенности схемотехники и программного обеспечения приемника позволяют ему осуществлять быстрый старт и определение координат и в такой ситуации. По этой причине во многих схемах включения питание V\_RTC на приемник можно не подавать.

## Включение питания

При включении питания требуется обеспечить правильное выполнение процедуры старта приемника.

Возможны несколько вариантов подключения источников питания к приемнику:

- основное питание и постоянно подключенная батарея питания часов реального времени;
- основное питание и перезаряжаемый источник питания часов (ионистор или аккумулятор);
- основное питание, подключенное и к Выводу 13 V\_IN, и к Выводу 12 V\_RTC, то есть основное питание и питание часов приемника осуществляются от одной цепи;
- основное питание, подключенное к Выводу 13 V\_IN, Вывод 12 V\_RTC не подключен.

Особенности временных диаграмм включения приемника в указанных вариантах включения приведены в Приложении 2.

## Состояния выводов при включении (старте) приемника

Во время включения и/или сброса (резета) приемника **конечное устройство не должно оказывать воздействий** на входы и выходы приемника. Это означает, что в момент старта приемника выводы конечного устройства находятся в состоянии «ВХОД» или «Высокоимпедансное состояние», резисторы «подтяжки» PULL UP или PULL DOWN отключены, питание конечного устройства установилось. Продолжительность старта приемника не превышает 20мс. Отсчет времени производится с момента подачи питания и/или положительного фронта сигнала /Reset. Остаточные токи утечки (не отключенное воздействие) не должны превышать 3мкА.

## Программная конфигурация приемника

**Программная конфигурация приемника должна соответствовать требованиям конечного изделия**, то есть набор функций, набор сообщений, скорость обмена, период

выдачи навигационных решений и прочие программные установки должны быть таковы, чтобы конечное устройство «понимало» их. Если конечное изделие изменяет программную конфигурацию приемника, то все действия должны быть выполнены корректно – передача новой конфигурации, если необходимо, то запись в память и перезапуск приемника. Все команды должны соответствовать применяемой версии программного обеспечения приемника.

### Цепь питания активной антенны

**Недопустимо перегружать цепь питания активной антенны** в штатном режиме работы приемника. При срабатывании встроенного предохранителя происходит резкое снижение чувствительности приемника, которая восстанавливается после снятия перегрузки. Кроме того, при срабатывании защиты существенно повышаются ток, потребляемый приемником (до 200...250мА, кратковременно на 1...3 секунды до 350...500мА), что ведет заметному нагреву приемника.

В случае, если применяется антенна с малым сопротивлением по постоянному току (например, короткозамкнутая печатная антенна) или антенна с напряжением питания, отличающимся от питания приемника, следует между антенным входом приемника и антенной установить высокочастотный конденсатор емкостью 100...220пФ. При этом цепи питания антенны, если оно требуется, должны быть установлены в конечном устройстве.

Подавать питание на антенный вход приемника запрещается.

### Согласование уровней информационных, статусных и управляющих сигналов

Применение приемника в устройствах, имеющих одно напряжение питания для микроконтроллера (или другого элемента, осуществляющего коммуникацию с приемником) и приемника, не вызывает никаких сложностей – выводы приемника напрямую подключаются к выводам микроконтроллера. Исключение составляет вывод 8 сигнал GNSS status. Этот сигнал имеет уровень логического «0» 0В, уровень логической «1» 1,8В. Если такие уровни пригодны для микроконтроллера, то вывод 8 приемника может быть подключен ко входу микроконтроллера напрямую, однако встроенный резистор PULL UP на данном входе должен быть отключен.

Если напряжения питания приемника и микроконтроллера отличаются более чем на 0,3В, следует применять стандартные способы согласования уровней. Общепринятым для входов являются правила «не перегружай» и «не работай близко к порогу срабатывания», то есть напряжение на входе не должно быть выше допустимого и ниже нижнего порога логической «1». Например, микроконтроллер, работающий от напряжения питания  $V_{cc}=2,6В$  и имеющий верхний порог допустимого напряжений на входах  $V_{cc}+0,3В$  (что дает 2,9В), требует применения преобразователя уровня, а другой микроконтроллер, имеющий верхний порог допустимого напряжения на входах  $V_{cc}+1,0В$  (что дает 3,6В) применения преобразователя не требует. Аналогично в иную сторону – напряжение логической «1» у приемника составляют обычные для LVCMOS логики значения: по выходу  $V_{IN}-0,4В...V_{IN}$  (при питании 3,3В это составляет 2,9...3,3В), по входу  $2,0...V_{IN}+0,3В$  (при питании 3,3В это составляет 2,0...3,6В). То есть при передаче сигнала от микроконтроллера к приемнику можно не производить согласования уровней при напряжении питания микроконтроллера от 2,4В до 3,3В.

Обычно уровни логического «0» согласования не требуют.

Выбор элементной базы для схемы согласования уровня в настоящее время очень велик и в основном определяется предпочтениями и опытом разработчика электронных схем.

Если уровни сигнала GNSS status не пригодны для микроконтроллера (обычно это уровень логической «1»), следует установить элемент преобразования уровня, например, транзисторный ключ, как показано на приведенном рисунке. На этом же рисунке показано подключение светодиода индикации статуса, если он необходим в конечном устройстве.

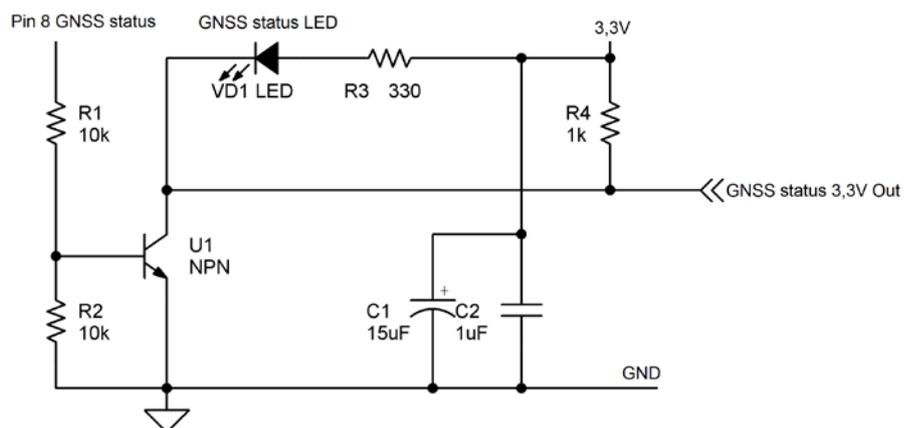


Рис.4. Схема согласования уровня сигнала GNSS status.

## Приложение 1

### Проблемы «простоты»

В последнее время нам на анализ были предоставлены несколько образцов изделий заказчиков, применяющих в своих приборах модули (приемники) НАВИА.

Хочется отметить общую ошибку, встречающуюся во многих приборах.

Питание модуля НАВИА организовано по принципу (Рис.5)

**Основной источник питания → Трехвыводной стабилизатор напряжения → Ключ коммутации питания → Модуль НАВИА.**

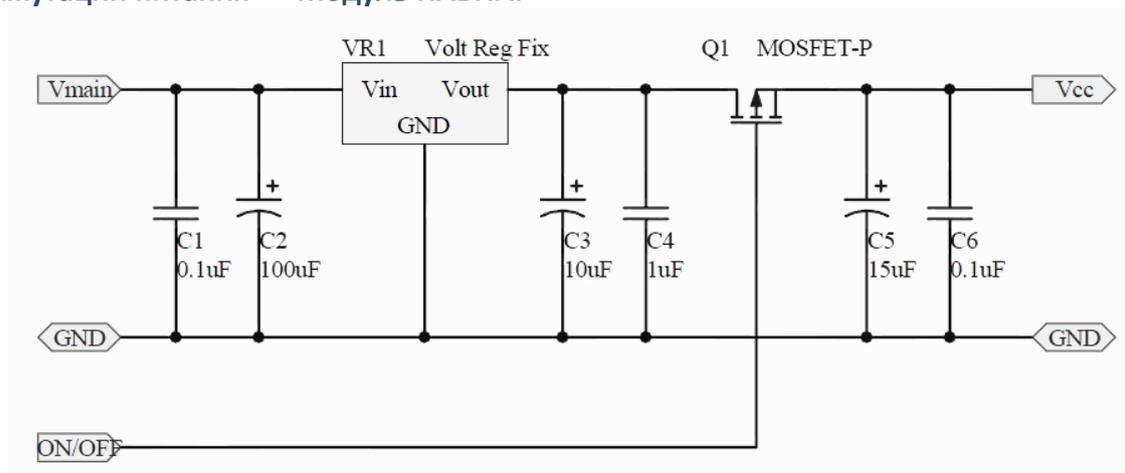


Рис.5. Часто встречающаяся схема формирования питания приемника.

На приведенной схеме показаны стабилизатор VR1, ключ Q1 и конденсаторы в цепях питания C1...C6. Конденсаторы C1 и C2 выбираются как **входные** для стабилизатора, конденсаторы C3...C6 – как **выходные**.

При этом разработчики забывают, что трехвыводные стабилизаторы (стабилизаторы с фиксированным значением выходного напряжения, имеющие выводы «ВХОД», «ВЫХОД» и «ЗЕМЛЯ», цепь делителя обратной связи находится внутри стабилизатора и недоступна извне) в своей массе спроектированы для работы на достаточно стабильную нагрузку. В нашем же случае нагрузка меняется от очень маленькой (вплоть до нулевой) на достаточно большую (стартовый ток модуля достигает 120мА). Кроме того, в момент включения ключа к выходу стабилизатора подключается несколько разряженных конденсаторов C5 и C6, имеющих достаточно большую емкость (не менее 15мкФ по РЭ модуля, больше – по усмотрению разработчика прибора), подключенных к цепи питания модуля. Стабилизатор в момент включения ключа оказывается сильно нагружен, вплоть до перегрузки по току, и выходит из линейного режима работы. Далее вступают в силу особенности конкретной микросхемы стабилизатора – как она спроектирована, как реагирует на импульсную нагрузку, как выходит из состояния перегрузки.

Кроме того, аналогичные процессы могут происходить и в моменты перехода приемника из режима «работа» в режим «сон» и обратно. При этом ток потребления практически скачком может измениться с 120мА до 1,2мА (сброс нагрузки источника питания) и с 1,2мА до 120мА (бросок нагрузки источника питания).

Описанная ситуация вызывает явно выраженный переходный процесс в цепи питания модуля НАВИА.

К сожалению, большинство трехвыводных стабилизаторов на импульсную нагрузку, особенно на подключение емкостной нагрузки, реагируют плохо, выходят на перерегулирование и выдают на выход импульс (импульсы) повышенного напряжения. Есть, безусловно, трехвыводные стабилизаторы, корректно обрабатывающие описанную ситуацию, например, стабилизаторы производства фирмы Analog Devices, однако они достаточно дорогие.

Достаточно часто на импульс перерегулирования в размере 5% от выходного напряжения не обращают внимания. Действительно, при работе модуля НАВИА при напряжении питания 3,3В эти 5% составляют 0,17В, что дает напряжение 3,47В – полностью укладываемое в допустимые границы. Даже при применении дешевых стабилизаторов с точностью 2% максимальное напряжение составляет 3,54В, что не выходит за рамки допустимого.

Однако выброс 5% характерен для работы стабилизаторов на резистивную (активную) нагрузку. При работе на емкостную (реактивную) нагрузку ряд стабилизаторов создает выбросы 10...15% (а иногда и более, у некоторых микросхем наблюдались выбросы до 40%), которые уже выходят из допустимого диапазона напряжений питания и могут нанести модулю НАВИА непоправимый ущерб. Прошу обратить внимание – это воздействие происходит при КАЖДОМ включении модуля, и модуль, который успешно выдержал заводские испытания, вполне может выйти из строя у конечного пользователя, непосредственно в процессе эксплуатации.

Кроме того, следует учитывать тот фактор, что амплитуда выброса при изменении условий эксплуатации может изменяться в нежелательную сторону, поэтому можно смело предполагать полуторакратное увеличение величины выброса в процессе эксплуатации (то есть, если мы «на столе» видим выброс 5%, то следует ожидать в процессе эксплуатации выбросы 7...8%).

Разумное решение возникающей проблемы – применение «четырёхвыводного» стабилизатора (стабилизатор с регулируемым значением выходного напряжения, Adjustable), у которого можно самостоятельно подключить цепь коррекции обратной связи (Рис.6). Понятно, что стабилизатор с внешней цепью регулировки выходного напряжения может иметь и иное количество выводов (5...7), но по существу он будет «четырёхвыводным», то есть у него будут «ВХОД», «ВЫХОД», «ЗЕМЛЯ» и «Вход внешнего делителя цепи обратной связи».

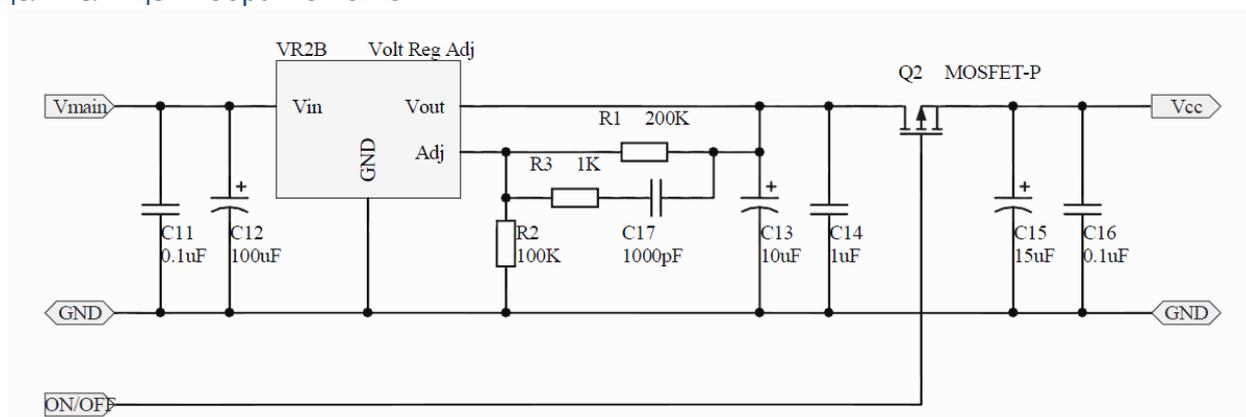


Рис.6. Рекомендуемая схема формирования питания приемника.

На схеме цепь регулировки выходного напряжения стабилизатора представлена резисторами R1 и R2. Номиналы резисторов указаны условно, они зависят от применяемого стабилизатора. Наиболее часто достаточно установить параллельно «верхнему» резистору делителя корректирующую цепь, состоящую из конденсатора C17 и резистора R3 (номиналы приведены условно, часто резистор R3 можно исключить), параметры которой легко подбираются при настройке опытного экземпляра прибора. Просто включаем прибор с имитатором полезной нагрузки (резистор вместо модуля, конденсаторы установлены), коммутируем ключ и смотрим осциллограммы. Добиваемся отсутствия выброса или «вгоняем» его в допустимые рамки. Если к выходу стабилизатора подключены еще какие-то узлы – контролируем не только замыкание ключа, но и его размыкание. После проверки на пассивной нагрузке (резистор) проверяем прибор с установленным модулем, уточняем параметры цепи коррекции при работе на реальную нагрузку.

И еще бонус – можно подобрать иное значение напряжения питания модуля, чем фиксированные значения выходного напряжения у трехвыводных стабилизаторов.

Цена вопроса – разница в стоимости между стабилизаторами трехвыводным и четырехвыводным (обычно примерно US\$0,3), два-три резистора и конденсатор. В среднем разница в цене составляет примерно в US\$0,4. Зато модули НЕ ВЫХОДЯТ из строя у конечного пользователя.

Следует отметить, что это касается не только приемников НАВИА, но и других устройств, в которых применяется подключение нагрузки ключом, либо резкое изменение тока, потребляемого нагрузкой.

## Приложение 2

### Питание часов реального времени приемника.

В данном приложении рассматриваются несколько вариантов подключения питания часов реального времени приемника и связанные с ними **процедуры старта** приемника при включении питания.

Следует иметь в виду, что данные в канале NMEA начинают поступать на выход с некоторой задержкой относительно сигнала /Reset и/или включения питания. Задержка может достигать 4 секунд.

Кроме того, следует учесть, что во время старта приемника **конечное устройство НЕ ДОЛЖНО ОКАЗЫВАТЬ ВЛИЯНИЯ** на информационные выводы приемника, подключенные к нему.

### *Постоянно подключенная батарея питания часов реального времени;*

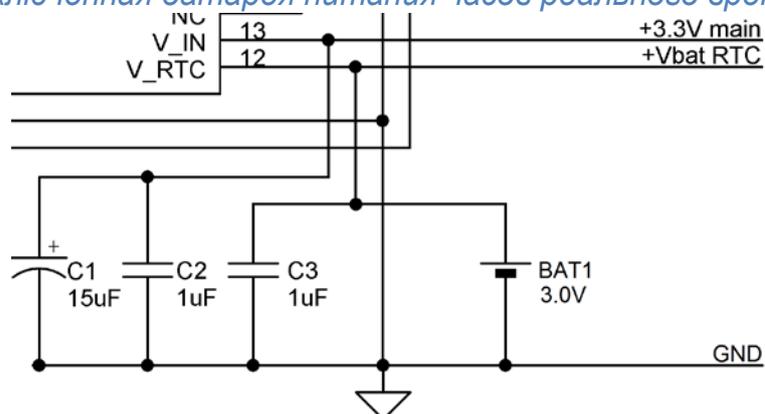


Рис.7. Постоянно подключенная батарея. Фрагмент схемы.

Особенностью данной схемотехники является то, что источник питания часов реального времени приемника подключается **ДО** первого включения приемника и присутствует **ВСЕ ВРЕМЯ**.

Соответственно предполагается, что емкости батареи достаточно на все время эксплуатации конечного устройства. Также к этой категории схемотехники может быть отнесено применение высокоемкого аккумулятора для питания часов реального времени, при этом емкость аккумулятора достаточна для поддержания напряжения не ниже 2,0В в цепи +Vbat RTC при любых перерывах в работе прибора, возможных по условиям эксплуатации.

В этом случае при первом включении приемника **ОБЯЗАТЕЛЬНО должен быть подан сигнал /Reset**. При последующих включениях подача сигнала /Reset не обязательна, если время нарастания основного напряжения питания приемника (обозначено Vcc на временной диаграмме) до уровня 3В не превышает 5мс (желательно не более 2мс).

Сигнал /Reset может быть подан как **ДО** включения основного напряжения питания приемника, так и после него, основным является то, что его положительный фронт (переход с низкого уровня на высокий) произошел не ранее окончания переходных процессов и достижения основным напряжением питания уровня 3,0В.

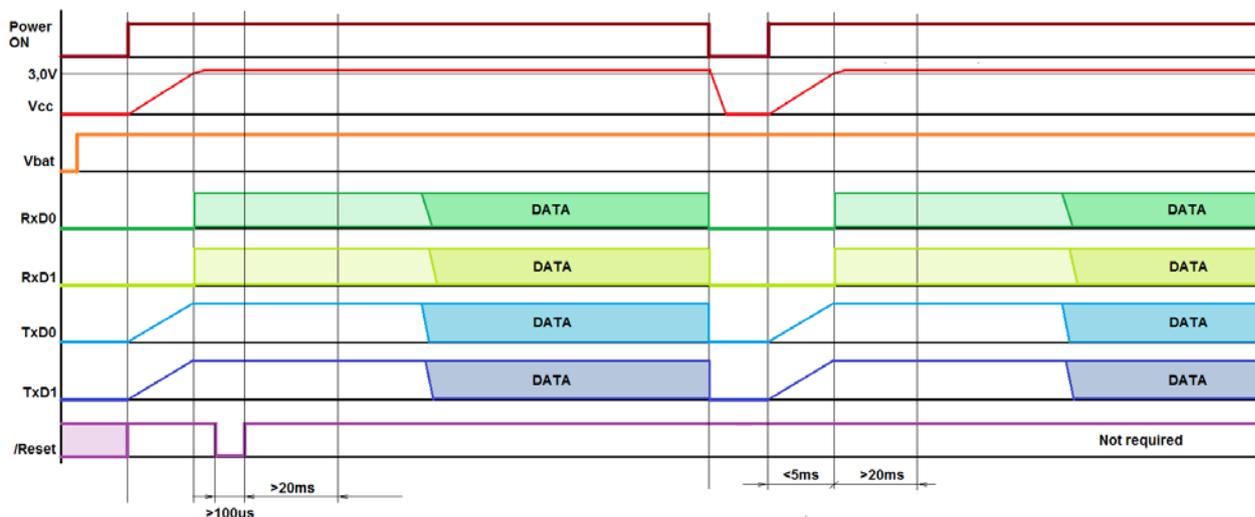


Рис.8. Постоянно подключенная батарея. Временная диаграмма.

Продолжительность сигнала /Reset должна быть не менее 0,1мс при нагрузочной способности не менее 8мА. При меньшей нагрузочной способности длительность сигнала /Reset следует увеличить (следует разрядить конденсатор емкостью 1мкФ через последовательно включенные диод Шоттки и резистор 100 Ом). Минимальная нагрузочная способность источника сигнала /Reset составляет 1мА.

*Перезаряжаемый источник питания часов (ионистор или аккумулятор);*

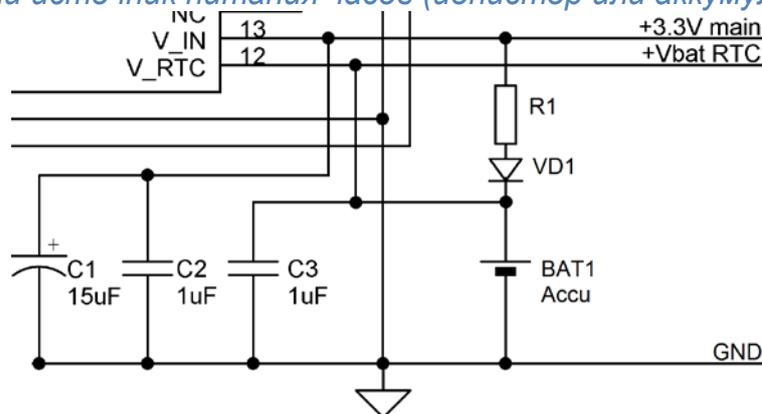


Рис.8. Перезаряжаемая батарея. Фрагмент схемы.

Особенностью данной схмотехники является то, что источник питания часов реального времени приемника физически подключается ДО первого включения приемника, однако к моменту первого включения приемника напряжение на источнике питания отсутствует или является недостаточным для работы (ниже 1,5В). При кратковременных перерывах в работе конечного устройства питание часов приемника присутствует, после длительных перерывов в работе оно может отсутствовать.

В данной версии схмотехники напряжение питания часов приемника в момент включения может быть как ниже минимально допустимого (сигнал /Reset обязателен), так и выше минимально допустимого (сигнал /Reset не обязателен). По этой причине возможны два варианта выполнения процедуры старта приемника:

- сигнал /Reset формируется при каждом включении;
- сигнал /Reset формируется «по требованию», только если приемник не стартовал корректно.

Второй вариант процедуры старта предпочтительней, так как при подаче сигнала /Reset сбрасывается значения времени и даты в часах приемника.

Естественно, цепи заряда перезаряжаемого источника питания часов реального времени приемника следует разрабатывать исходя из технических характеристик данного источника. Так, например, перезаряжаемые литиевые батареи (Rechargeable Lithium Coin Battery) имеют номинальное напряжение от 1,5В до 3,0В при напряжении заряда от 1,5В до 3,55В соответственно. Разряд до напряжений, меньших 0,5 от номинального, хоть и допустим, однако снижает количество циклов заряд-разряд. Ионисторы (Supercap) имеют свои особенности – максимально допустимое напряжение на один элемент, достаточно высокое внутреннее сопротивление и т.д.

Все эти особенности перезаряжаемых источников питания следует иметь в виду при разработке конечного устройства.

#### Питание часов от основного питания приемника;

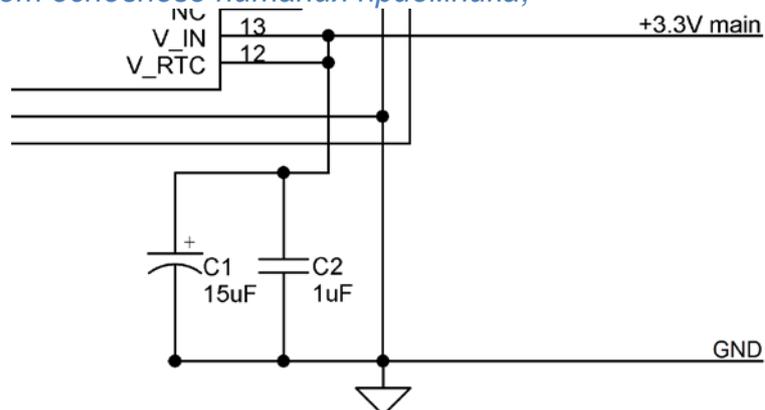


Рис.9. Единое питание. Фрагмент схемы.

Схема включения приемника с питанием часов реального времени от основного напряжения питания применяется очень часто.

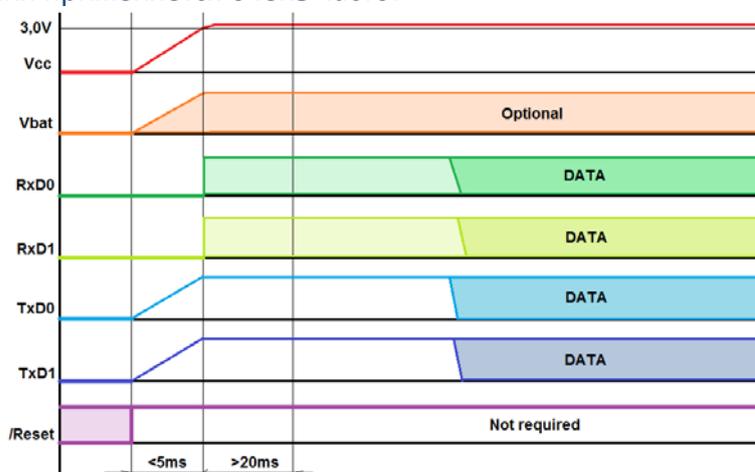


Рис.10. Единое питание. Временная диаграмма.

Особенностью приемника НАВИА ML8088sE является то, что приемник сохраняет в энергонезависимой памяти большую часть информации, необходимой для последующих стартов. Так, сохраняются альманах, эфемериды, последняя известная позиция, последнее определенное время – то есть при последующем старте (даже при отключенном питании часов!) неизвестным будет только текущее время. Таким образом, при небольших перерывах в работе приемника, при которых не успевают устареть эфемериды, решение навигационной задачи осуществляется достаточно быстро – примерно за 7 секунд. Эта особенность приемника позволяет рекомендовать схему включения приемника без постоянно присутствующего напряжения питания часов реального времени.

В случае, если время нарастания напряжения основного питания приемника до уровня 3,0В не превышает 5мс, подача сигнала /Reset не обязательна. Если время нарастания превышает 5мс, следует сформировать сигнал /Reset после окончания переходных процессов и установления напряжения основного питания выше уровня 3,0В.

Порог срабатывания в цепи /Reset составляет примерно 0,5...0,6В.

Допускается формирование сигнала /Reset при помощи установки внешнего конденсатора в цепи сброса приемника («затягивание»). На нижеприведенной схеме это C5. В этом случае обязательно следует поставить диод Шоттки между линиями /Reset и +3.3V main. Этот диод нужен для принудительного разряда конденсатора при выключении питания приемника. Приблизительно продолжительность формируемого сигнала /Reset при установке конденсатора C5 может быть определена как

$$T_{reset} = 5 \dots 20 (C5 + 1)$$

где  $T_{reset}$  измеряется в миллисекундах, C5 – в микрофарадах.

Например, при необходимости сформировать сигнал /Reset длительностью не менее 50мс следует применить конденсатор C5 емкостью 10мкФ. Не рекомендуется применение электролитических конденсаторов в качестве C5.

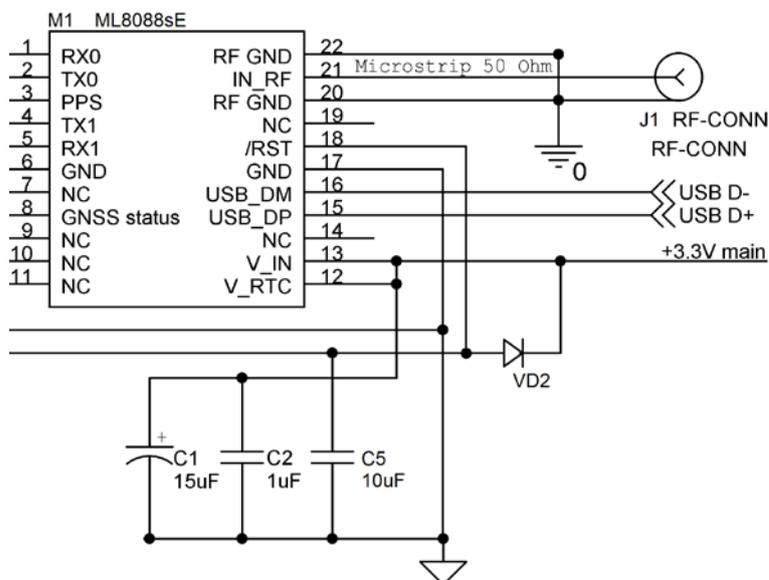


Рис.11. Единое питание. Удлинение сигнала сброса. Фрагмент схемы.

*Выход питания часов не подключен.*

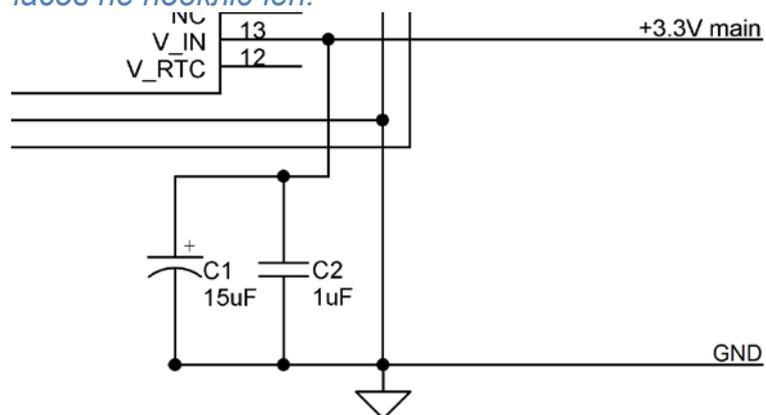


Рис.12. Питание часов не подключено. Фрагмент схемы.

Полный аналог предыдущей схемотехники, так как внутри приемника питание встроенных цепей часов реального времени подключено через диодный коммутатор как к V\_RTC, так и к V\_IN.

## Приложение 3

### Поиск неисправностей

Данное приложение составлено по результатам анализа неработоспособных образцов изделий заказчиков, применяющих в своих приборах модули (приемники) НАВИА.

Рассмотрим основную методику поиска и устранения неисправности «приемник не работает».

Встречаются несколько основных разновидностей неисправности «приемник не работает»:

1. Приемник выдает последовательность NMEA сообщений, однако нет навигационного решения
2. Приемник выдает последовательность какой-то информации на выход, однако конечное устройство не может расшифровать ее
3. Приемник не выдает на выход никакой информации
4. Приемник работает нормально «на проводах», но впаянный в конечное устройство – не работает
5. Приемник нормально работает «на столе», но не работает в широком диапазоне температур

**Внимание! При любых действиях с приемником и/или конечным устройством следует соблюдать меры защиты от ESD (электростатического разряда).**

*Приемник выдает последовательность NMEA сообщений, однако нет навигационного решения*

Следует проверить наличие напряжения питания активной антенны на выводе 21 IN\_RF. Это напряжение должно быть примерно равно напряжению основного питания приемника +3.3V main (разница не должна превышать 0,5В). Если напряжение не соответствует – следует найти и устранить причину. Чаще всего это замыкание в цепи антенны, что приводит к срабатыванию самовосстанавливающегося предохранителя и очень сильному снижению чувствительности приемника.

Если напряжение на выводе 21 в норме, следует проверить уровень сигнала на входе приемника. Проще всего это сделать подстановкой другого источника сигнала с заведомо известным уровнем, достаточным для получения навигационного решения. Например, перерезается сигнальная дорожка между приемником и антенной конечного устройства, и непосредственно к контактам приемника припаивается отрезок кабеля с разъемом, к которому подключается источник сигнала. Если при этом приемник начинает выдавать навигационное решение – следует найти неисправность в антенном тракте конечного устройства.

Если при подаче заведомо достаточного сигнала приемник не может решить навигационную задачу, то наиболее вероятной причиной этого является поражение антенного входа приемника электростатическим разрядом. Наиболее вероятными причинами такого поражения являются некорректные действия обслуживающего персонала (саботаж). В этом случае приемник не может быть восстановлен силами пользователя и подлежит ремонту у изготовителя.

*Приемник выдает последовательность какой-то информации на выход, однако конечное устройство не может расшифровать ее*

Сначала следует проверить при помощи осциллографа (осциллографа) форму сигнала на выходе приемника. Сигнал должен иметь резкие фронты и четкие уровни логических «0» и «1». Уровень логического «0» должен быть от 0В до 0,5В, уровень логической «1» должен быть от 2,8В до 3,3В. Недопустимо наличие в сигнале посторонних «примесей», например, дополнительных колебаний на логическом «0», промежуточных «полок» на фронтах и так далее. Если сигнал имеет неправильную форму – следует найти причину воздействия. Наиболее вероятны неправильное подключение «земли» приемника и/или короткое замыкание между различными сигналами. Следует устранить замыкания, правильно подключить «землю» и питание приемника.

Иногда в аппаратуре конечного пользователя может образоваться короткое замыкание между выводами приемника, например RX1 и TX1. В таком случае на выходе приемника могут формироваться сообщения, которые конечная аппаратура не сможет идентифицировать. Правильные сообщения при этом не формируются.

Пример сообщений при замыкании RX1 и TX1:

```
$PSTMSBASMCHGNSS_ERROR,2*4f
```

```
$PSTMSBASMCHGNSS_ERROR,2*4f
```

Следует найти и устранить короткое замыкание.

Если форма сигналов соответствует требуемой, следует определить скорость передачи данных. Если скорость передачи данных не соответствует конечному устройству – следует или изменить скорость передачи данных в приемнике, или изменить установки скорости принимаемых данных в конечном устройстве.

Иногда в конечном устройстве в качестве информационных линий используются выводы 1 RX0 и 2 TX0 приемника. В состоянии штатной поставки эти линии предназначены для работы со специальной информацией – линия RX0 предназначена для передачи в приемник сигналов дифференциальной коррекции в формате RTCM SC-104, линия TX0 предназначена для вывода отладочной информации Debug. В случае, если в конечном устройстве физически подключены только эти линии приемника, следует произвести программное переключение каналов выдачи данных в приемнике. Для этого следует или поменять встроенное программное обеспечение приемника на соответствующее (запросить его можно у изготовителя приемника), или изменить программную конфигурацию приемника при помощи соответствующих команд, подаваемых через линии RX1 и TX1. Подробнее о методике измерения встроенного ПО приемника («перепрошивке») можно узнать у изготовителя приемника.

Если скорость передачи данных приёмником и приема данных конечным устройством совпадают, следует проверить набор сообщений, выдаваемых приемником. Набор должен соответствовать конечному устройству. Проверить набор сообщений можно, подключившись к линии TX1 приемника цифровым осциллографом, имеющим функцию дешифровки сигналов в текстовый вид (Le Croy, Agilent и другие) или компьютером через соответствующий адаптер (UART-RS232, UART-USB...). Если набор сообщений не совпадает с тем, который требуется конечному устройству, набор следует изменить или адаптировать конечное устройство к существующему – в зависимости от того, что окажется проще. Так, можно изменить набор сообщений, выдаваемых приемником, либо при помощи команд от внешнего компьютера, либо при помощи команд от конечного устройства, либо целиком

поменять встроенное ПО приемника на версию, полностью соответствующую конечному устройству.

### *Приемник не выдает на выход никакой информации*

Ни на одном выводе приемника не наблюдается сигналов с ожидаемыми характеристиками. Нет ни потоков данных на выводах 2 TX0 и 4 TX1, ни импульсов на выводе 3 PPS.

В качестве самого первого шага следует проверить временные диаграммы переходных процессов на выводах модуля на предмет выхода напряжений за допустимые пределы. **Превышение уровня 3,6В или снижение ниже -0,3В недопустимо ни по какому из выводов и ни на какое время. Если подобные превышения обнаружены, следует сначала устранить их, а потом уже переходить к следующим действиям.** Далее предполагается, что в схеме конечного устройства опасных для приемника напряжений и/или переходных процессов нет.

Сначала следует проверить напряжения на выводах приемника (предполагается, что напряжение основного питания приемника составляет +3,3В).

– вывод 2	3,0...3,3В
– вывод 4	3,0...3,3В
– вывод 13	3,3В
– вывод 18	1,6...3,3В
– вывод 21	3,0...3,3В

Напряжения на остальных выводах не должны быть вне диапазона 0...3,3В.

Если какое-то из напряжений не укладывается в указанный диапазон – следует устранить причину.

Далее следует подать на приемник сигнал /Reset. Это можно сделать, например, кратковременно закоротив вывод 18 /RST приемника на вывод 17 GND. Приемник должен стартовать, на 3 и 4 должны появиться импульсы. Также должны появиться импульсы на выводе 2, если программно не отключен вывод информации Debug.

Если на выводах 3 и 4 не появились импульсы, следует убедиться, что приемник был заказан со стандартным встроенным программным обеспечением и настройки приемника не были изменены. Дело в том, что возможны варианты настройки приемника, при которых сигнал PPS программно выключен, вывод информации Debug запрещен, а данные с UART1 перенаправлены на канал USB. В этом случае без корректного подключения приемника к USB интерфейсу компьютера увидеть активность на выводах приемника невозможно. Единственный путь убедиться, что приемник успешно стартовал, это проконтролировать ток потребления приемника по цепи основного напряжения питания.

Если потребление тока по цепи питания составляет 5...20мА, то это означает, что старт приемника не произошел. Если потребление составляет 90...120мА, то это означает, что старт осуществлен успешно. Данные по току потребления приведены для приемника, не получающего сигналы от спутников и не подключенного к активной антенне.

Приемник, нормально стартующий при помощи поданного вручную сигнала /Reset в уже предварительно запущенном конечном устройстве, следует проверить на корректность старта в режиме автоматического запуска. Для этого следует проверить временные диаграммы сигналов и питания на приемнике в процессе запуска.

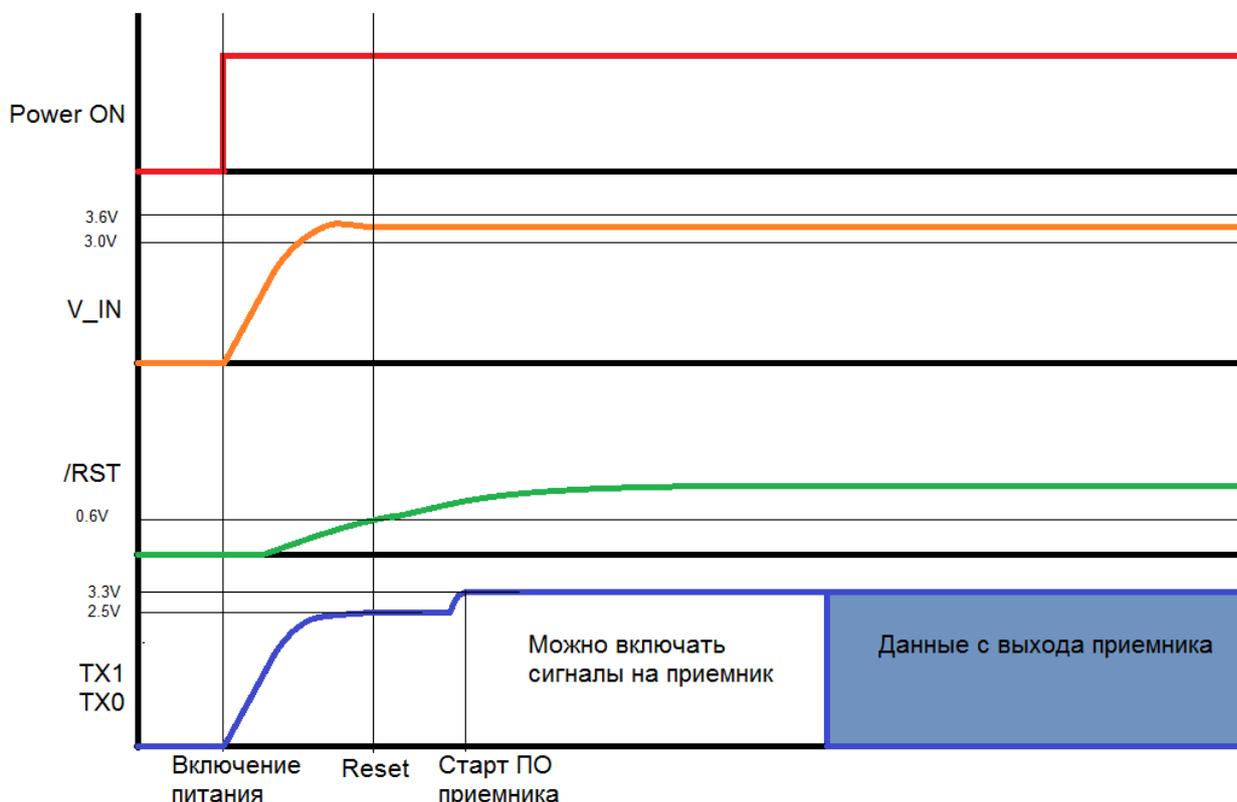
Конечное устройство **НЕ ДОЛЖНО ОКАЗЫВАТЬ ВЛИЯНИЯ на сигналы** на выводах приемника 1, 2, 3, 4, 5. Это означает, что в момент старта приемника подключенные к

приемнику выводы конечного устройства должны находиться в состоянии «ВХОД» или «Высокоимпедансное состояние», резисторы «подтяжки» PULL UP или PULL DOWN должны быть отключены, питание конечного устройства должно быть установившимся. Остаточные токи утечки (не отключенное воздействие) не должны превышать 3мкА.

В некоторых устройствах цепи конечного устройства, подключенные к приемнику, получают питание от отдельного источника. В этом случае к моменту старта приемника напряжение питания этого источника должно установиться на уровне не менее 3,0В – в противном случае возможна ситуация, когда входы конечного устройства будут нагружать выводы приемника в момент старта через элементы встроенной ESD защиты.

До подачи питания на вывод основного питания приемника вывод 13 V\_IN недопустима подача на приемник никаких напряжений и/или сигналов, кроме напряжения на выводе 12 V\_RTC и сигнала на выводе 18 /RST. **Напряжения на всех выводах приемника, кроме выводов 12 и 18, при отсутствии питающего напряжения на выводе 13, не должны быть выше 0,3В.** Наличие напряжений выше 0,3В может вызвать коллизию «фантомное питание». Устранение последствий коллизии производится полным снятием всех напряжений и сигналов со ВСЕХ выводов приемника (напряжения должны быть ниже 0,1В).

Приемник, корректно выполняющий процедуру старта, должен иметь временные диаграммы сигналов на выводах, аналогичные приведенным ниже. На данном рисунке приведена форма временных диаграмм при включении приемника без подачи напряжения на вход питания встроенных часов.



Продолжительность процедуры старта приемника не превышает 20мс. Отсчет времени производится с момента подачи питания и/или положительного фронта сигнала /Reset.

Промежуток времени между моментом «Reset» (достижение сигналом /RST уровня 0,6В) и моментом «Старт ПО приемника» составляет примерно 1мс (на рисунке

длительность увеличена для наглядности). С момента «Старт ПО приемника» на приемник можно подавать сигналы, подключать резисторы PULL UP и/или PULL DOWN, переключать выводы микроконтроллера в режим «Выход».

Напряжение на выводе /RST следует контролировать при помощи щупа осциллографа, имеющего высокое входное сопротивление и малую емкость. Следует отметить, что напряжение на выводе /RST начинает расти только после достижения входным напряжением уровня 1,6...1,8В.

Если приемник не стартует в составе платы конечного устройства, следует извлечь (выпаять) его из платы и очистить от излишков припоя, следов флюса и прочих загрязнений. Далее следует подключить к плате устройства только «землю» GND и питание V\_IN приемника, после чего проверить старт приемника при включении питания. Если приемник не стартует в «схеме включения по двум проводам» при корректной продолжительности и форме нарастания напряжения питания – приемник подлежит ремонту.

### *Приемник работает нормально «на проводах», но выпаянный в конечное устройство – не работает*

Эта ситуация выглядит примерно следующим образом – приемник не работает в конечном устройстве (чаще всего, после достаточно длительной эксплуатации в жарких условиях), однако сразу после сборки все работало. Приемник, выпаянный из устройства, работает как отдельно (в составе, к примеру, сервис-платы), так и подключенный к конечному устройству на проводниках.

Наиболее частая причина такого поведения – наличие остатков флюса и/или промывочного раствора между платой приемника и платой конечного устройства. Некоторые флюсы и пары флюс + промывочный раствор образуют после высыхания мастикоподобные следы, которые в условиях повышенных температур начинают разлагаться под действием электрического поля. В результате сначала появляются токи утечки, затем они приводят к электрокоррозии печатных плат, в результате происходит резкое повышение проводимости этих участков и, естественно, приемник (а иногда и конечное устройство) прекращают работу.

Чаще всего выпайвание приемника из конечного устройства «возвращает к жизни» оба изделия, однако бывают ситуации, что к моменту снятия устройства с эксплуатации и демонтажа приемника одно или оба изделия получают непоправимые повреждения.

Общие правила предотвращения подобных ситуаций – не располагать переходные отверстия под приемником и не применять химические составы, которые могут вызвать утечки и электрокоррозию. Следует применять только заведомо проверенные составы, особенно промывке и при ручной пайке. Основное правило – применение безотмывных неактивных флюсов и паяльных паст. Изготовитель приемника не несет никакой ответственности за неисправности, вызванные применением неподходящих промывочных составов и флюсов.

Если без переходных отверстий под приемником не обойтись, следует располагать их так, чтобы они заведомо не могли наложиться на переходные отверстия в плате приемника. Для этого следует запросить у изготовителя приемника информацию о конструкции нижнего слоя печатной платы приемника (доступна по запросу). Переходные отверстия в плате приемника закрыты двойным слоем маски, однако всегда следует предполагать, что может попасться одно «лысое» переходное отверстие, и именно оно наложится на столь же «лысое» переходное отверстие в плате конечного устройства.

Способами защиты от данного явления в уже готовых платах конечного устройства могут быть:

- исключение применения потенциально проводящих составов флюса и/или промывочного раствора;
- нанесение защитного покрытия на плату конечного устройства (например, плотную маркировочную шелкографию) под приемник;
- нанесение защитного покрытия на плату приемника;
- установка изолирующих прокладок между платами приемника и конечного устройства.

#### *Приемник нормально работает «на столе», но не работает в широком диапазоне температур*

Наиболее частая причина этой неисправности заключается в том, что в широком диапазоне температур временные диаграммы и значения напряжений не совпадают с требуемыми. Следует учитывать, что температурный коэффициент емкости конденсаторов достаточно велик, и отклонение значения емкости на краях диапазона рабочих температур может достигать  $\pm 50\%$ . Это означает, что при температуре  $-50^{\circ}\text{C}$  временные диаграммы должны быть «укорочены», при температуре  $+85^{\circ}\text{C}$  – «удлинены». В целом указываемых диапазон длительности процесса запуска  $5\text{...}20\text{мс}$  перекрывает возможные значения длительности во всем диапазоне температур. Для уверенности, что во всем диапазоне температур приемник будет уверенно стартовать, следует обеспечивать гарантированное выполнение требований по временным диаграммам при включении приемника. Это означает, что время нарастания напряжения питания должно быть меньше  $5\text{мс}$  (желательно примерно  $2\text{мс}$ ), на протяжении  $30\text{...}50\text{мс}$  от момента включения питания приемника конечное устройство не должно оказывать влияния на уровни сигналов на выводах приемника.

В целом описанные способы устранения неисправностей полностью совпадают с стандартными способами поиска и устранения неисправностей в любых электронных устройствах.

**Основной способ борьбы с неисправностями – в изделии должны быть правильная схемотехника, грамотная конструкция, надежное программное обеспечение, тщательная отладка изделия и хорошее производство.**