

# Модуль приёмника спутниковых систем навигации

Олег Вальпа (Челябинская обл.)

В статье приведён обзор параметров современного приёмника спутниковых систем навигации GPS, ГЛОНАСС и Galileo, описаны схема его подключения к микроконтроллеру и особенности применения.

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших источников информации для разнообразных устройств и систем является спутниковая навигационная система. Вслед за GPS (Global Positioning System – глобальная система позиционирования), разработанной Министерством обороны США, начали появляться её аналоги в других странах. В нашей стране по заказу Министерства обороны была создана и запущена в эксплуатацию Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС). Совместным проектом спутниковой системы навигации Европейского союза и Европейского кос-

мического агентства стала система Galileo, которая должна заработать в 2014 г. Китай, Япония, Южная Корея и другие страны по известным причинам также заинтересованы в создании собственной, независимой системы навигации.

Спутниковая система навигации позволяет определить местоположение объекта и его скорость почти при любой погоде. Российская система ГЛОНАСС предназначена для оперативного навигационно-временного обеспечения неограниченного числа пользователей наземного, морского, воздушного и космического базирования. Доступ к гражданским сигналам ГЛОНАСС в любой точке земного шара, на основании указа Президента РФ, предоставляется российским и иностранным потребителям на безвозмездной основе и без ограничений. Доступ к гражданским сигналам GPS также осуществляется свободно.

Электронная промышленность уже освоила в производстве малогабаритные интегрированные компоненты, позволяющие принимать сигналы от систем спутниковой навигации. Рассмотрим один из таких компонентов – модуль ML8088s от компании НАВИА [1] – и особенности его использования с микроконтроллерами.

## ОПИСАНИЕ ПРИЁМНИКА

Модуль ML8088s является многоканальным приёмным устройством сигналов спутниковых навигационных систем, его внешний вид показан на рисунке 1. Модуль предназначен для вычисления текущих координат и скорости объекта в реальном масштабе времени в автономном и дифференциальном режимах, формирования секундной метки времени и обмена с внешним оборудованием по последовательным портам RS232 и USB.

Принцип действия приёмника основан на параллельном приёме и обработке 32 измерительными каналами навигационных сигналов КА КНС ГЛОНАСС в частотном диапазоне L1 (СТ-код), GPS на частоте L1 (С/А код) и Galileo на частоте E1. Результаты решения НЗ выдаются в формате сообщений NMEA.

Модуль ML8088s позволяет создавать компактные устройства и основан на новейшем специализированном наборе микросхем STA8088F компании STMicroelectronics [2]. Он обладает высокой чувствительностью, малым энергопотреблением и малым временем старта. Поскольку модуль имеет два канала захвата и 32 канала для сопровождения спутниковых сигналов, он способен осуществлять одновременный захват спутниковых сигналов группировок ГЛОНАСС и GPS.

Для первичного захвата спутниковых сигналов приёмник использует специально подготовленную информацию, хранящуюся в памяти, что позволяет выполнить холодный старт в условиях слабых сигналов от спутников. Кроме того, ML8088s имеет встроенные средства подавления помех, что позволяет ему работать в условиях сложной помеховой обстановки.

Управление работой приёмника осуществляется при помощи специальных команд ST GNSS NMEA. Приёмник оснащён двумя последовательными портами UART и одним портом USB. Для ознакомления с работой приёмника изготовитель предлагает демонстрационную плату и программное обеспечение. Плата может подключаться к компьютеру или другому оборудованию.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Основные технические характеристики приёмника ML8088s приведены в таблице 1. На рисунке 2 приведены габаритные и присоединительные размеры ML8088s. Контактные площадки показаны пунктирной линией. Номера контактов и метка первого вывода (ключ) показаны условно. Ключ пред-



Рис. 1. Внешний вид навигационного приёмника ML8088s

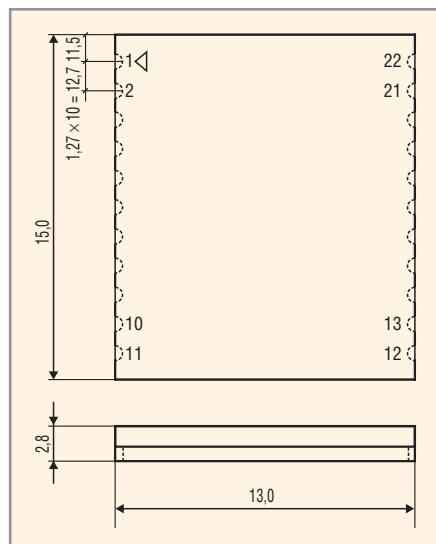


Рис. 2. Габариты приёмника ML8088s

ставляет собой чёрную точку на белом фоне и расположен в левом нижнем углу наклейки, рядом с серийным номером.

Чертёж посадочного места для установки ML8088s на печатную плату пользователя показан на рисунке 3. Все размеры приведены в миллиметрах. Под модулем не допускается проведение сигнальных цепей. Место под модулем на печатной плате рекомендуется заполнить медным полигоном, подключенным к шине нулевого потенциала (GND).

### НАЗНАЧЕНИЕ ВЫВОДОВ И ТИПОВАЯ СХЕМА ВКЛЮЧЕНИЯ

В таблице 2 приведено назначение выводов ML8088s, с нумерацией и условным обозначением. На рисунке 4 приведена типовая схема включения приёмника ML8088s с передачей данных NMEA по каналу UART1.

Обозначения In (вход) и Out (выход) условно показывают направления распространения сигналов. Напряжение питания модуля  $V_{dd} = 3,0...3,6$  В подаётся на контактную площадку 13 ( $V_{IN}$ ). На схеме подключения данная цепь обозначена +3.3 V main. Напряжение от резервной батареи ( $V_{bat} = 2,0...3,6$  В) должно быть подано на контактную площадку 12 ( $V_{RTC}$ ). На схеме подключения данная цепь обозначена +Vbat RTC. Рекомендуется поддерживать  $V_{bat}$  для обеспечения работы встроенных часов и памяти модуля. Кроме того, напряжение резервной батареи обеспечивает питание регистра хранения признака активации внутреннего программного обеспечения модуля. Не рекомендуется использовать резервную батарею с напряжением, превышающим напряжение питания приёмника.

При первом включении напряжения питания модуля  $V_{dd}$  после подключения  $V_{bat}$  следует подать импульс лог. 0 на контактную площадку 18 (вход /RST). Это необходимо для выбора режима работы встроенного микроконтроллера модуля (работа или загрузка программы во встроенную флэш-память), для активации внутреннего программного обеспечения модуля и записи признака его активации в регистр хранения. Длительность импульса должна быть не менее 10 мс, напряжение на входе не должно превышать 0,1 В при токе не менее 8 мА. При последующих включениях напряжения питания  $V_{dd}$  по-

дача импульса на вход /RST необязательна (при подаче этого сигнала происходит стирание информации о текущем времени, что увеличивает продолжительность поиска и захвата спутников). Временная диаграмма состояний и уровней сигналов на выводах модуля при включении  $V_{bat}$  и  $V_{dd}$  приведена на рисунке 5. Сигнал сброса /RST для модуля рекомендуется формировать при помощи каскада с открытым коллектором/истоком с повышенной нагрузочной способностью.

Состояния и сигналы на приведённой диаграмме описываются относительно управляющей системы (например, управляющего микроконтроллера MCU). Таким образом, данные на выходе TX0 модуля являются входными для управляющей системы, а данные на входе RX0 модуля – выходными данными управляющей системы. Состояние высокого импеданса Z описывает выводы управляющей системы (входы и выходы), подключенные к соответствующим выводам модуля.

Напряжения на выводах PPS, GNSS status, TX0, RX0, TX1 и RX1 не должны

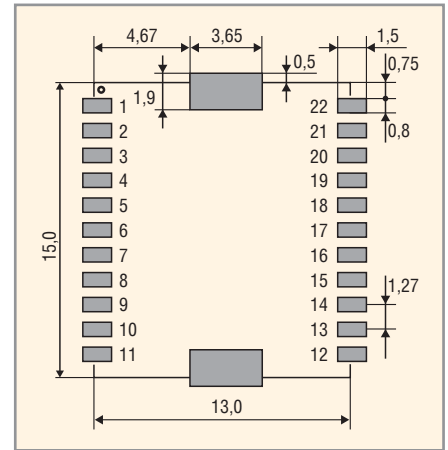


Рис. 3. Посадочное место для установки ML8088s

превышать напряжение питания модуля в любой момент времени. Естественно, при отключенном  $V_{dd}$  напряжение на указанных выводах должно отсутствовать, т.е. выводы должны быть переключены в Z-состояние, режим входа или лог. 0. На выводах не допускается установка резисторов «подтяжки» к напряжению питания.

В момент подачи импульса на вход /RST без подачи  $+V_{bat}$  необходимо обеспечить Z-состояние или лог. 0 для

Таблица 1. Основные технические характеристики приёмника ML8088s

Параметр	Значение
Количество каналов сопровождения	32
Количество каналов захвата	2
Частотный диапазон GPS, МГц	1575,42 ± 0,5
Частотный диапазон ГЛОНАСС, МГц	1597,5...1605,9
Погрешность определения координат*, не более, м	3 в плане
<b>4 по высоте</b>	
Погрешность определения плановой скорости*, не более, м/с	0,05
Погрешность синхронизации секундной сетки времени к шкалам времени GPS, ГЛОНАСС, UTC, TC(SU)*, не более, нс	±20
Среднее время до первого определения места при уровне сигнала -130 дБм, с	35, холодный старт 34, теплый старт 4, горячий старт 1, повторный захват
Чувствительность по обнаружению, не хуже, дБм	-145, холодный старт -145, теплый старт -152, горячий старт
Система подавления помех	3-уровневая, встроенная
Частота выдачи данных, Гц	0,1...1,5
<b>Динамика, не более</b>	
Ускорение, g	3
Скорость изменения ускорения, g/c	1
Максимальная скорость, м/с	515
Максимальная высота, м	18 000
Вычислительное ядро	ARM946
Интерфейс обмена	2×RS232 3,3 В LVCMOS, USB
<b>Параметры секундной метки времени</b>	
Уровень, В	3,3 LVCMOS
Длительность, мс	500
<b>Сигнал GNSS status</b>	
Уровень, В	1,8 LVCMOS
Длительность, с	2
Период, с	4
Основное напряжение питания, В	3,0...3,6
Резервное напряжение питания, В	2,0...3,6
Ток потребления по цепи 3,3 В, типовой, мА	Поиск 55 (GPS), 75 (ГЛОНАСС+GPS) Слежение 35 (GPS), 55 (ГЛОНАСС+GPS)
Ток потребления по цепи внешней резервной батареи, типовой, мкА	50
Размеры (длина × ширина × высота), мм	15 × 13 × 2,8
Масса, не более, г	2
Диапазон рабочих температур, °С	-40...+85

\*При доверительной вероятности 0,67

Таблица 2. Назначение выводов ML8088s

Номер контакта	Обозначение	Описание сигнала	Тип
20, 22	RF GND	Общий высокочастотной части	Power
6, 17	GND	Общий цифровой части	Power
21	IN RF	Вход антенны	Analog
13	V_IN	Питание +3,3 В	Power
12	V_RTC	Питание цепи резервной батареи	Power
4	TX1	Выход UART1 (NMEA)	In/Out
5	RX1	Вход UART1 (NMEA)	In/Out
2	TX0	Выход UART0	In/Out
1	RX0	Вход UART0	In/Out
15	USBDP	Вывод USB D+	In/Out
16	USBDM	Вывод USB D-	In/Out
3	PPS	Сигнал метки времени	In/Out
8	GNSS status	Статус приёма	In/Out
18	/RST	Аппаратный сброс модуля	In
7, 9, 10, 11, 14, 19	NC	Не подключено	-

Жирным шрифтом выделены состояния двунаправленных выводов в рабочем режиме.

цепей, подключенных к контактам TXD0 и TXD1. Недопустимы утечки через цепи защиты подключенных выводов от перенапряжений при напряжениях, меньших значения  $V_{dd}$ . Несоблюдение этого требования приведёт к некорректному запуску встроенного программного обеспечения модуля. Указанные состояния следует удерживать не менее 20 мс после снятия низкого уровня на входе /RST или включения напряжения питания  $V_{dd}$  (в отсутствие  $V_{bat}$ ).

Если резервная батарея не установлена, подача импульса на вход /RST не обязательна. Временная диаграмма состояний и уровней сигналов на выводах модуля при включении  $V_{dd}$  без использования  $V_{bat}$  приведена на рисунке 6. Импульс на вход /RST может быть подан для перезапуска встроенной программы модуля.

Антенна (активная или пассивная) подключается к контакту 21 (IN\_RF). На схеме подключения антенный разъём обозначен J1. Проводник, соединяющий контакт 21 приёмника и антенну, должен быть выполнен в виде микрополосковой линии с волновым сопротивлением 50 Ом. Контакты 20 и 22 (RF GND) модуля представляют собой цепь высокочастотной «земли» для контакта 21 (на схеме обозначены символом «заштрихованной» земли). Питание на активную антенну подаётся через встроенные цепи модуля. Цепь питания активной антенны защищена самовосстанавливающимся предохранителем с током срабатывания 100 мА. Нагрузочные характеристики источника питания модуля должны учитывать потребление активной антенны.

Выходной сигнал в виде последовательности сообщений NMEA выдаётся через последовательный порт UART1 (сигнал TX1, площадка 4; сигнал RX1, площадка 5). На данном порте сообщения NMEA присутствуют в состоянии заводской поставки и обозначены UART1 Tx NMEA и UART1 Rx NMEA соответственно.

Настройка скорости обмена по последовательному порту UART, выбор группировок спутников ГЛОНАСС, ГЛОНАСС/GPS или GPS и прочие установки выполняются путём ввода в модуль специальных сообщений NMEA.

На контакты 1 и 2 приёмника выведены сигналы порта UART0 (сигнал

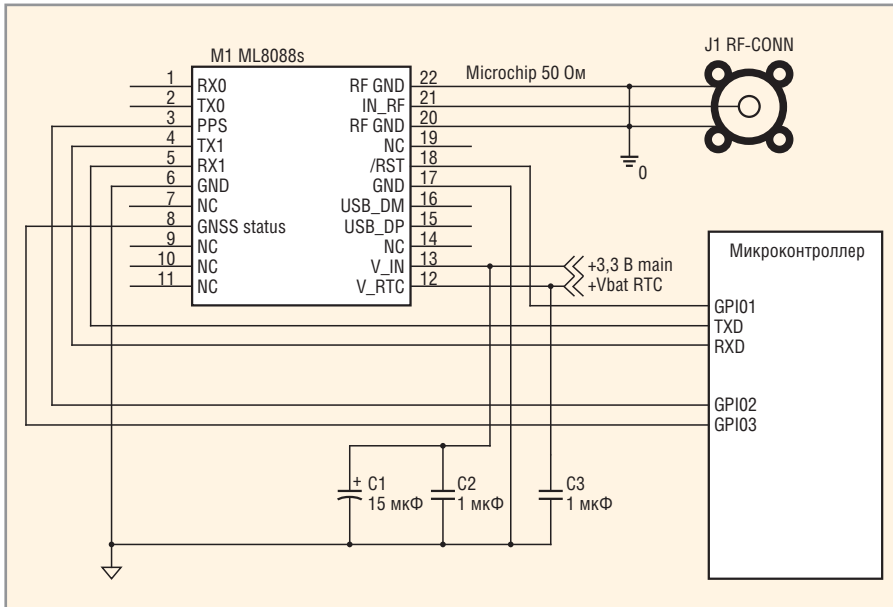


Рис. 4. Типовая схема включения приёмника ML8088s

TX0, площадка 2 и сигнал RX0, площадка 1). Данный порт в состоянии заводской поставки предназначен для программирования внутренней флэш-памяти приёмника. В зависимости от программных установок модуля, данный порт может использоваться для передачи в приёмник информации о дифференциальных поправках, получения сообщений NMEA, загрузки информации о спутниковой обстановке и т.п. Эти сигналы на схеме обозначены UART0 Tx и UART0 Rx соответственно. Сигнал метки времени PPS выведен на площадку 3 и может использоваться аппаратурой потребителя для осуществления точной привязки времени прибора к стандартному времени UTC. На схеме подключения этот выходной сигнал обозначен 1PPS Out.

Общая цепь GND (контакты 6 и 17) должна быть подключена к общей цепи GND внешнего устройства, в которое установлен модуль. Цепи RF GND объединены внутри модуля и не должны быть связаны вне модуля во избежание снижения качества приёма.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРФЕЙСА USB

На рисунке 7 приведена схема включения приёмника ML8088s с передачей данных NMEA через канал связи USB. В этой схеме включения данные NMEA через порт UART1 не передаются, и требуется загрузить в модуль соответствующее программное обеспечение модуля либо переключить модуль в данный режим

при помощи программы «НАВИА ГЛОНАСС + GPS». Цоколёвка разъёма USB J2 соответствует кабелю miniUSB. Резисторы R11 и R12 предназначены для согласования выводов модуля с шиной USB и для большинства применений могут иметь номинал 22 Ом.

Сигнал GNSS status (контакт 8) предназначен для аппаратной индикации успешного решения навигационной задачи (координаты определены). В противном случае сигнал удерживается в состоянии лог. 0. После определения координат сигнал на контакте 8 раз в 2 с изменяет своё состояние с лог. 0 на лог. 1 и обратно. На рисунке 8 приведена типовая схема преобразования выходного уровня сигнала и подключения светодиода индикации VD1.

Сигнал GNSS status имеет размах 1,8 В. Для согласования уровней применён ключ, собранный на транзисторе U1 и резисторах R1 и R2. Резистор R4 служит нагрузкой транзистора U1. Сигнал GNSS status Out с выхода транзисторного ключа может быть подан на другие элементы устройства, в котором применяется модуль (например, на микроконтроллер). На схеме подключения данная цепь обозначена GNSS status 3,3V Out.

Выводы модуля, обозначенные как NC (не подключены), не должны иметь электрического контакта как между собой, так и с любыми цепями и элементами устройства, в которое установлен приёмник.

При работе приёмника с источником сигнала, имеющим низкое выход-

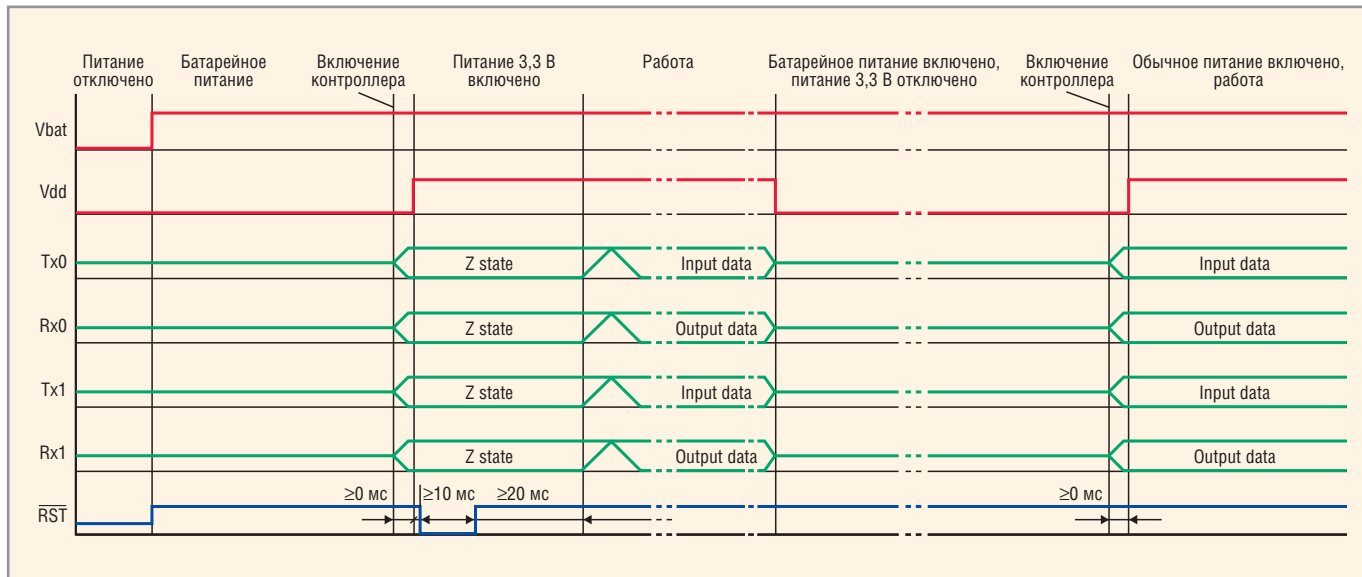


Рис. 5. Временная диаграмма состояний и уровней сигналов с Vbat

ное сопротивление по постоянному току, следует установить разделительный конденсатор в разрыв микрополосковой линии. В противном случае возможна перегрузка по току источни-

ка сигнала или срабатывание самовосстанавливающегося предохранителя и перегрев приёмника, что может привести к сокращению срока его службы.

**УПРАВЛЕНИЕ ПРИЁМНИКОМ**

Управление работой приёмника осуществляется как при помощи аппаратных средств, так и при помощи специальных команд, подаваемых на приёмник. При помощи аппаратных средств осуществляется включение и выключение приёмника при постоянно присутствующем напряжении питания, аппаратный сброс и выбор режима работа/программирование.

Аппаратный сброс приёмника выполняется подачей импульса лог. 0 на вход RST. Параметры импульса приведены выше. Выбор режима работа/программирование осуществляется логическими уровнями на выводах TX0 и TX1 во время формирования импульса аппаратного сброса. Для обеспечения рабочего режима приёмника следует во время формирования импульса аппаратного сброса и не менее 20 мс после его окончания удерживать выводы TX0 и TX1 в состоянии «вход» или Z. Для перевода приёмника в режим программирования необходимо во время формирования импульса аппаратного сброса и не менее 20 мс после его окончания удерживать вывод TX0 в состоянии «вход» или Z, а вывод TX1 – в лог. 0. Для управления программными режимами и параметрами приёмника предназначен набор специальных команд, имеющий NMEA-подобный формат. Команды подаются на вход RX1 или порт USB. Описание команд приведено в электронном документе «Набор NMEA-команд приёмника ML8088s», который предоставляется по запросу.

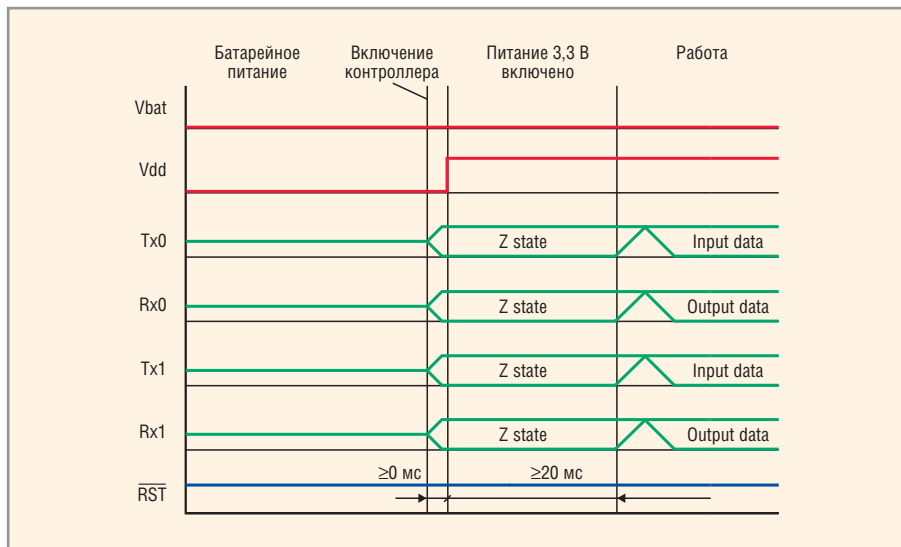


Рис. 6. Временная диаграмма состояний и уровней сигналов без Vbat

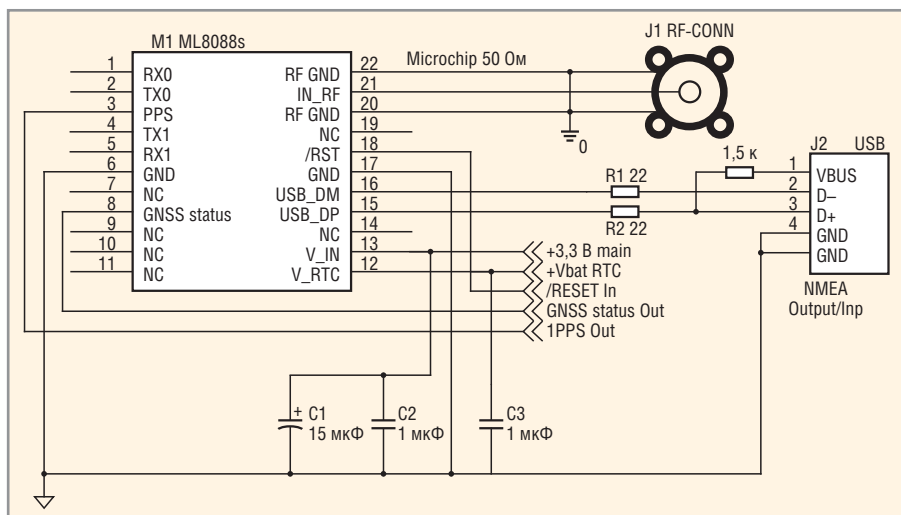


Рис. 7. Типовая схема включения приёмника с передачей данных по USB

## РЕЖИМЫ РАБОТЫ ПРИЁМНИКА

Модуль ML8088s способен функционировать в трёх различных режимах:

- комбинированный режим (ГЛОНАСС+GPS), даёт максимальную точность и устойчивость приёма, особенно в условиях плотной городской застройки;
- режим только ГЛОНАСС;
- режим только GPS.

Переключение между режимами осуществляется двумя способами.

*Способ 1* («на лету»), без изменения установок в конфигурационном блоке энергонезависимой памяти путём выдачи команды \$PSTMSETCONSTMASK:

- режим «только ГЛОНАСС»: послать \$PSTMSETCONSTMASK,2;
- режим «только GPS»: послать \$PSTMSETCONSTMASK,1;
- возврат в комбинированный режим: послать \$PSTMSETCONSTMASK,3.

Этот самый быстрый вариант перехода между группировками спутников не требует аппаратного сброса и ожидания. Однако при повторном вклю-

чении питания устанавливается режим, записанный в энергонезависимой памяти.

*Способ 2*, путём записи кодового слова в конфигурационный блок памяти модуля через вход NMEA специальными командами типа \$PSTMxxxx с последующим обязательным аппаратным сбросом модуля импульсом лог. 0 на контакте 18. Невыполнение этого условия приводит к некорректной работе устройства или его «зависанию».

Наборы команд для переключения:

- комбинированный режим: \$PSTMSETPAR,1200,00630000,1\*, \$PSTMSAVEPAR;
  - только ГЛОНАСС: \$PSTMSETPAR,1200,00410000,2\*, \$PSTMSETPAR,1200,00220000,1\*, \$PSTMSAVEPAR;
  - только GPS: \$PSTMSETPAR,1200,00220000,2\*, \$PSTMSETPAR,1200,00410000,1\*, \$PSTMSAVEPAR.
- В отличие от способа 1, результат изменения режимов в конфигурационном блоке сохраняется после выключения питания и аппаратного сброса.

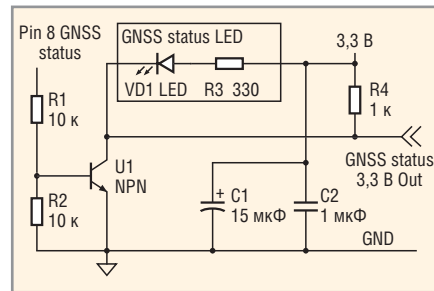


Рис. 8. Типовая схема преобразования выходного уровня сигнала и подключения светодиода индикации

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанный в статье модуль приёмника позволяет быстро начать эксперименты по созданию микроконтроллерных устройств с использованием систем спутниковой навигации. Одним из простейших устройств, построенных с применением ML8088s, может быть прибор, отображающий текущее время (с синхронизацией от спутников) и координаты своего местоположения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <http://naviaglonass.ru>.
2. <http://www.st.com>.

