

# Новый GNSS-модуль u-blox ZED F9P

со встроенным блоком RTK

Мировой лидер в разработке и производстве GNSS-чипов и модулей для массового потребления, швейцарская фирма u-blox анонсировала новый GNSS-модуль со встроенным блоком RTK — ZED F9P, позволяющий определять координаты движущегося объекта с точностью до нескольких сантиметров. Модуль предназначен для использования в автомобильном транспорте, промышленных приложениях, беспилотных наземных и летательных средствах. Навигационный GNSS-модуль ZED F9P с размерами всего 17,0×22,0×2,4 мм поддерживает работу со спутниковыми навигационными системами GPS, GLONASS, Galileo и BeiDo. Программное обеспечение позволяет работать с высокоточными системами коррекции — такими, например, как RTCM v. 3.x, SSR, SBAS, PPP. Модуль выполнен в миниатюрном, ударопрочном, виброустойчивом корпусе в конструктиве 24-pin LGA.

Виктор Алексеев, к. ф.-м. н.

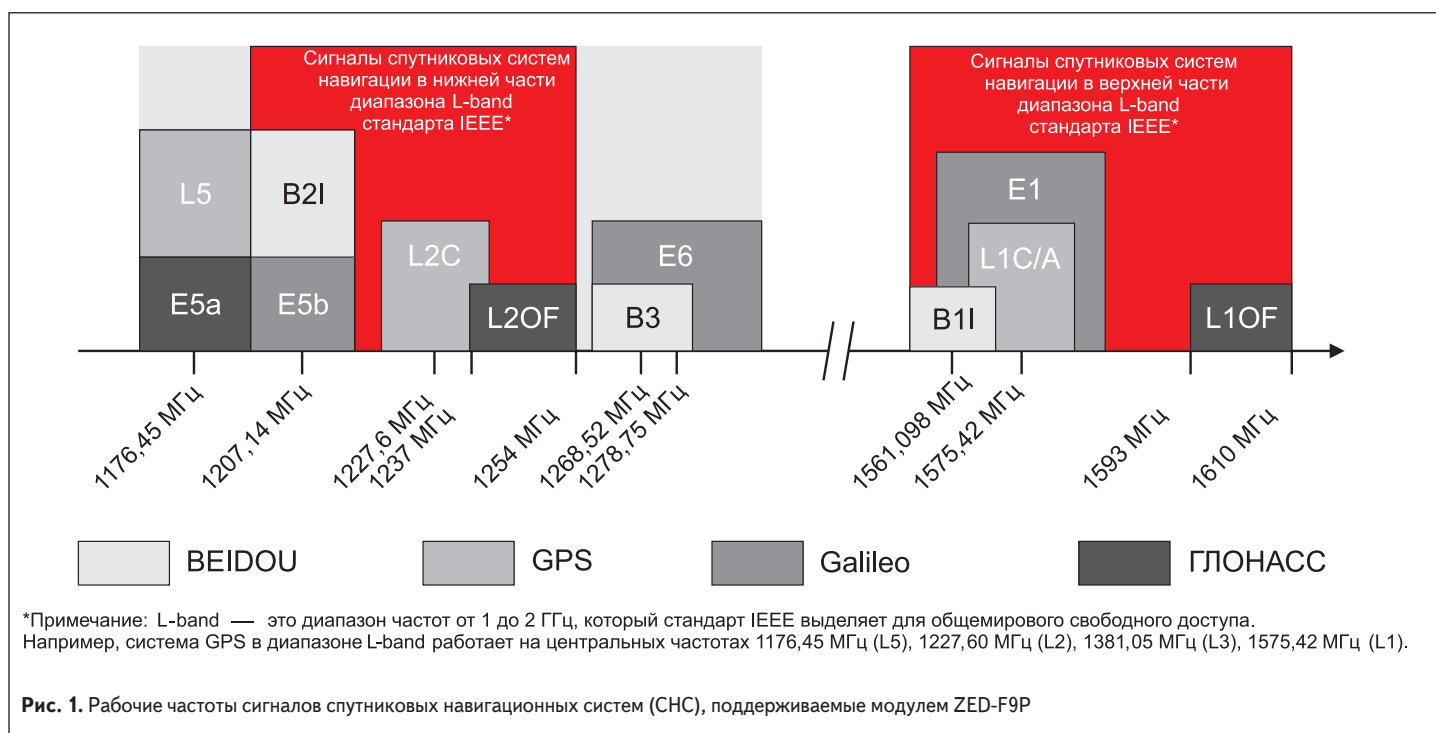
Мишуков Роман  
r.mishukov@microem.ru

В феврале 2018 года в Тальвиле (Швейцария) фирма u-blox впервые анонсировала свою новую разработку — технологическую платформу GNSS-позиционирования uBlox F9. В конце апреля состоялась презентация нового модуля ZED-F9P [1].

Приемник модуля, имеющий 184 рабочих канала, позволяет параллельно работать со всеми глобальными навигационными спутниковыми системами: GPS L1C/A и L2C; GLONASS L1OF и L2OF; Galileo E1B/C E5b, Beidou B1I B2I, Quasi-Zenith Satellite System (QZSS) L1C/A и L2C. На рис. 1 представлены рабочие частоты всех мировых спутниковых навигационных систем (СНС). ВЧ-тракт GNSS-модуля ZED-F9P поддерживает ра-

боту во всем диапазоне указанных частот (1176,45–1610 МГц).

В новом модуле для коррекции так называемых атмосферных ошибок определения координат используется многочастотный режим обработки сигналов GNSS с коррекцией фазовых сдвигов в реальном времени — RTK. Кроме того, реализована функция укороченного времени до первого местоопределения Fast time to first fix (Fast TTFF). Сочетание параллельной обработки сигналов всех спутников, сокращенное время TTFF и коррекция RTK позволяют модулю ZED-F9P за несколько секунд получать координаты движущихся объектов с точностью до 2 см.



Известно, что СНС разных стран мира используют различные несущие частоты для передачи данных, отличающихся как по объему, так и по информативности. Например, в GPS индивидуальная информация каждого спутника передается на одних и тех же несущих частотах: L1 = 1575,42 МГц и L2 = 1224,60 МГц. Дополнительную служебную информацию в системе GPS передают на частоте L5 = 1176,45 МГц. Частота L1 получается путем умножения частоты задающего генератора на 154 и модулируется C/A- и P-кодами. Частота L2 — результат умножения частоты задающего генератора на 120, модулируемый P-кодом. Обе несущие частоты дополнительно модулируются навигационным сообщением. В процессе модуляции точного дальномерного P(Y)-кода одновременно формируются метки времени спутникового сигнала. Полностью открытыми для пользователей всего мира являются сигналы спутников GPS с кодами так называемого грубого захвата Coarse/Acquisition (C/A). Частоты L2 и L5 предназначены для специальных целей.

Спутники ГЛОНАСС передают первый сигнал в диапазоне частот L1OF 1593–1610 МГц, а второй — в диапазоне L2OF 1237–1254 МГц. На спутниках ГЛОНАСС серии К также введена дополнительная передача сигнала с кодовым разделением (ПКР), с центральной частотой L3OF 1,2 ГГц. Сигнал в диапазоне L1 в ГЛОНАСС аналогичен C/A-коду в GPS и доступен для всех потребителей в зоне видимости группировки спутников. Сигнал в диапазоне L2 закрыт для общего пользования.

Поскольку модуль ZED-F9P поддерживает систему коррекции реального времени RTC на всех, кроме полностью закрытых военных частот, то сфера применений этих ГНСС-приемников не ограничивается только бытовыми навигаторами. Эти модули могут также быть использованы в специальных приложениях.

Поскольку модуль ZED-F9P сохраняет действующие альманахи, время первой фиксации (TTFF) можно существенно сократить за счет уменьшения холодного старта (Cold Start), теплого старта (Warm Start), PVT (Position — Velocity — Time).

Технология Real Time Kinematics (RTK), разработанная в начале 1990-х годов, предназначена для коррекции искажений сигналов спутника, обусловленных атмосферными неоднородностями, помехами от стационарных и подвижных объектов, а также эффектами переотражения и многолучевости. Эта технология позволяет пользователю получать сантиметровую точность позиционирования в режиме реального времени. Суть метода RTK заключается в том, что в качестве опорной системы применен дополнительный GNSS-приемник базовой станции (base station), который размещен стационарно в пункте с предельно точно известными координатами. Второй GNSS-приемник, получивший название «ровер» (rover), устанавливается на объекте, координаты которого необходимо измерить (рис. 2) [2].

Одновременно на ровере и на базовой станции измеряются фазы несущей GNSS-сигналов. Базовая станция обрабатывает сигналы спутников и вычисляет координаты, сравнивая их с хорошо известными эталонными значе-

Таблица. Технические характеристики модуля ZED-F9P

Тип ГНСС-приемника	u-blox F9 engine
Количество каналов	184
Поддерживаемые СНС	GPS L1C/A L2C, GLO L1OF L2OF, GAL E1B/C E5b, BDS B11 B2I, QZSS L1C/A L2C
Частота обновления данных RTK	Перестраиваемая, макс. 20 Гц
Погрешность определения координат в режиме Standalone	2 м (СЕР)
Погрешность определения координат в режиме RTK	2 см (СЕР)
Время инициализации RTK	< 10 с
Холодный старт	26 с
Горячий старт	2 с
Повторный захват	1 с
Поддерживаемые системы коррекции	AssistNow, Online OMA SUPL & 3GPP compliant
Опорный генератор	TCXO
Тип RTC	Встроенный, программно-аппаратный, на кристалле
Подавление помех	Anti-Jamming — мультитональный активный подавитель помех (Active CW, встроенные полосовые фильтры)
Защита от несанкционированного доступа	Расширенный алгоритм anti-spoofing
Хранение данных	Flash
Поддерживаемый тип антенны	Активная антенна
Интерфейсы	2 UART, 1 SPI, 1 DDC (I <sup>2</sup> C-совместимый)
Интерфейс пользователя	Конфигурируемые входы/выходы
Управляющие сигналы	Импульсы в диапазоне частот 0,25 Гц — 10 МГц
Протоколы	NMEA, UBX binary, RTCM v. 3.3
Напряжение питания	2,7–3,6 В
Ток потребления	68 мА (при напряжении 3 В)
Питание периферийных устройств	Перестраиваемый выход 1,65–3,6 В
Конструктив	24-pin LGA (Land Grid Array)
Размеры	17×22×2,4 мм
Интервал рабочих температур	–40...+85 °С
Стандарты окружающей среды compliant	RoHS, Halogen-free, ETSI-RED
Сертификаты	ISO 16750, ISO/TS 16949
Изготовлено и полностью испытано	На сертифицированных производственных площадках

ниями. Специальное программное обеспечение определяет коэффициенты коррекции так, чтобы эталонные и расчетные данные координат базовой станции совпадали. Полученные корректирующие данные по каналам радиопередачи передаются на роверы. Эта

операция, в зависимости от используемого протокола, повторяется с определенной частотой. В модулях ZED-F9P поддерживается режим перестраиваемой частоты RTK с максимальным значением 20 кГц. Важно отметить, что ZED-F9P имеет встроенный блок многочастотной

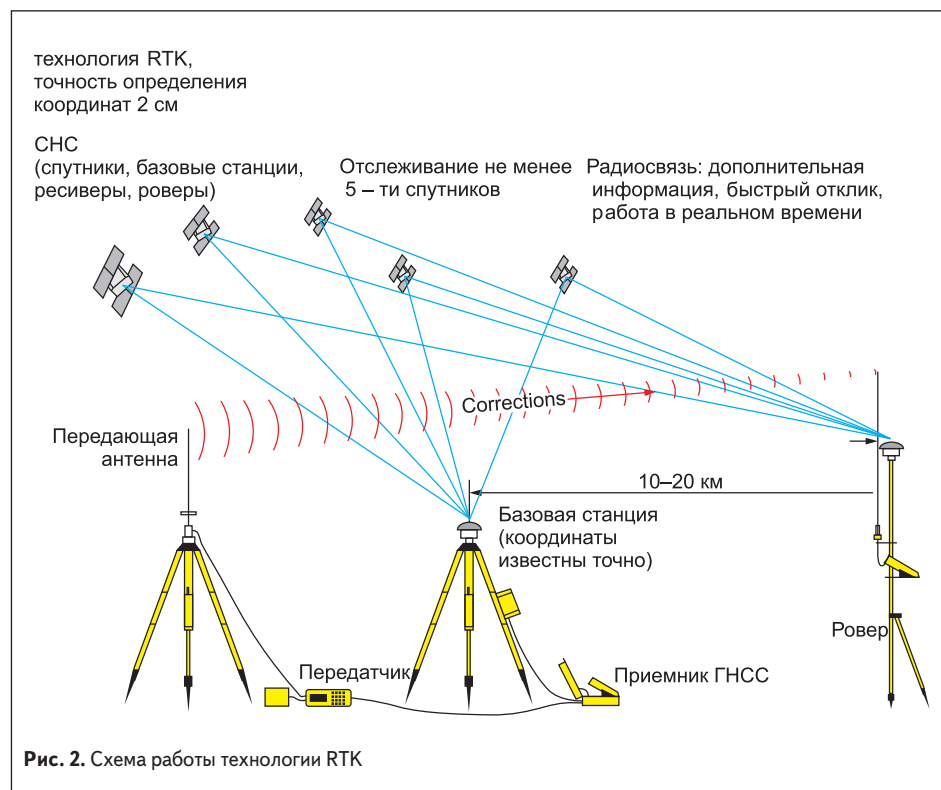


Рис. 2. Схема работы технологии RTK

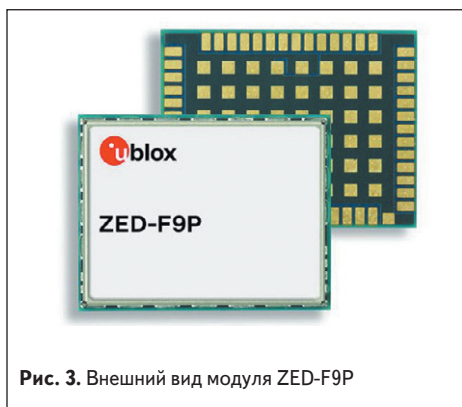


Рис. 3. Внешний вид модуля ZED-F9P

коррекции реального времени Multi Real Time Kinematics (MRTK). Поэтому для реализации режима коррекции RTK не требуются дополнительные аппаратные и программные средства, а также сторонние библиотеки Real Time Kinematics libraries. Следует отметить и достаточно небольшое время инициализации RTK — меньше 10 с.

Модуль ZED-F9P поддерживает ряд услуг коррекции, позволяющих каждому приложению оптимизировать производительность в соответствии с конкретными задачами. Встроенные библиотеки содержат набор стандартных корректирующих функций RTCM, что предусматривает работу как с локальными базовыми станциями, так и с виртуальными опорными станциями virtual reference stations (VRS). В следующих моделях uBlox предполагается опционно организовать поддержку новых типов коррекции, таких, например как SSR.

Программное обеспечение модуля ZED-F9P позволяет рассчитывать траекторию для геозон, в которых наблюдается слабый или пропадающий сигнал спутников, например, в зонах городской застройки (функция Dead-reckoning). При этом недостающие координаты

вычисляются с использованием оценки скорости и направления движения, полученных из предыдущих отсчетов. Необходимо, однако, обратить внимание, что в этом случае точность определения координат будет значительно превышать величины, представленные в технической документации.

Технические характеристики модуля ZED-F9P приведены в таблице [3].

В модуле ZED-F9P предусмотрен ряд мер, обеспечивающих безопасную работу и защиту от помех — например, anti-jamming и anti-spoofing. Защита от помех реализована с помощью мультитонального активного подавителя помех, (Active CW). Кроме того, в модуле имеются встроенные полосовые фильтры.

Защита anti-spoofing предоставляет возможность бороться с подслушкой (sniffing) процесса инициализации соединения и дальнейшего использования полученных данных для установления несанкционированного соединения (spoofing). Программное обеспечение также способно предотвратить работу с вирусными командами, позволяющими начать процесс инициализации с устройством злоумышленника.

Нужно обратить внимание на времена до первого местоопределения, которые у данного модуля значительно лучше, чем у аналогичных моделей других фирм. Например, горячий старт занимает около 2 с, а на операцию повторного захвата требуется меньше 1 с.

Флэш-память модуля используется для хранения кодов встроенного ПО, настроек и конфигурации модуля, для альманахов КНС.

Модуль имеет два последовательных порта UART, предназначенных для организации обмена с внешними устройствами. Оба порта программируются индивидуально.

Модулем поддерживаются протоколы NMEA, UBX binary, RTCM v. 3.3. Имеется возможность записи лога в формате RINEX.

Внешний вид модуля ZED-F9P показан на рис. 3.

Модуль выполнен в ударопрочном виброустойчивом корпусе в конструктиве 24-pin LGA.

В целом, из основных преимуществ модуля ZED-F9P можно выделить следующие:

- возможность одновременной, параллельной работы с основными мировыми спутниковыми навигационными системами: GPS, GLONASS, Galileo и BeiDou;
- многочастотный RTK с малым временем инициализации и высокой степенью надежности;
- малые времена до первого местоопределения;
- погрешность определения координат движущегося объекта в режиме RTK: 2 см;
- миниатюрный, ударопрочный, виброустойчивый корпус в конструктиве 24-pin LGA;
- высокая степень интеграции, обеспечивающая минимум внешних компонентов;
- встроенный RTK с поддержкой широкого круга библиотек;
- возможность работы с большинством современных технологий коррекции сигналов ГНСС — RTCM v. 3.x, SSR, SBAS, PPP;
- функция расчета траектории в зонах с пропадающим сигналом.

Перечисленные достоинства модуля позволяют использовать его в самых разнообразных приложениях, таких, например, как системы наблюдения за перемещением автомобилей, грузов, детей и пожилых людей, животных; автоматизированные производственные линии; карьерные и сельскохозяйственные, беспилотные машины и механизмы с удаленным управлением; дроны и многие другие приложения.

Особенно следует отметить новое, бурно развивающееся направление малогабаритных беспилотных летательных аппаратов (рис. 4). По данным Goldman Sachs, к 2020 году оборот продаж дронов превысит \$100 млрд [4].

Легкий, малогабаритный, высокоточный модуль ZED-F9P является оптимальным решением для современных беспилотных летательных средств.

Модули uBlox изготавливаются на сертифицированном по ISO/TS 16949 оборудовании и полностью протестированы на системном уровне. Квалификационные испытания проводятся в соответствии со стандартом ISO16750.

Образцы модулей ZED-F9P будут доступны во второй половине 2018 года. ■

## Литература

1. [www.gpsworld.com/u-blox-high-precision-gnss-module-based-on-its-f9-technology](http://www.gpsworld.com/u-blox-high-precision-gnss-module-based-on-its-f9-technology)
2. [www.goodreads.com/topic/show/19172511-download-gps-for-land-surveyors-fourth-edition-pdf-audiobook-by-jan-van](http://www.goodreads.com/topic/show/19172511-download-gps-for-land-surveyors-fourth-edition-pdf-audiobook-by-jan-van)
3. [www.u-blox.com/en/product/zed-f9p-module](http://www.u-blox.com/en/product/zed-f9p-module)
4. [www.u-blox.com/en/drone-navigation-high-precision-rtk-gnss-technology](http://www.u-blox.com/en/drone-navigation-high-precision-rtk-gnss-technology)
5. [www.dronezone.com/wp-content/uploads/2014/10/what-is-drone-technology-and-how-does-it-work.jpg](http://www.dronezone.com/wp-content/uploads/2014/10/what-is-drone-technology-and-how-does-it-work.jpg)



Рис. 4. Беспилотный летательный аппарат с видеочкамерой высокого разрешения [5]