# Область применения

**NodeX** – система локального позиционирования (LPS) на базе динамичной активной сети радиоустройств (Dynamic Radio Anchors Network) для позиционирования с высокой степенью точности. **NodeX** предназначена для локального позиционирования объектов внутри зданий в условиях сложного прохождения радиосигнала прямой видимости (толпа, строительные конструкции, деревья и пр. помехи).

В основу **NodeX** входит базовая плата **BaseNode** с возможностью подключения: модулей датчиков для уточнения пространственного положения (гироскоп, акселерометр, магнетометр, альтиметр и GPS), модулей связи (WiFi, GSM и Bluetooth) и радиотрансивера UWB для осуществления LPS. На основе **BaseNode** строятся радиомаяки и браслеты, устройства для подключения через USB к станции накопления навигационных данных, слежения и мониторинга.

**BaseNode** имеет несколько вариантов исполнения, без особых изменений в принципиальной схеме:

1. Плата со сверхплотным монтажом с использованием сверхминиатюрных компонентов (применяется для браслетов и часто обслуживаемых радиомаяков) в устройствах **Nano NodeX**
2. Плата устойчивая к механическим нагрузкам произведённая по типовому процессу с использованием монтажа малой плотности и питаемая от сетевого источника питания с гальванической изоляцией (предназначена для длительной эксплуатации с питанием от электросети, применяется для уличных радиомаяков редко обслуживаемых) в устройствах **Base NodeX**
3. Плата по типовому процессу с монтажом средней плотности с питанием от USB удовлетворяющая спецификации USB 2.0 (3.0) (для реализации станции мониторинга и слежения) в устройствах **Mini NodeX**

**NodeX** предназначена дополнить GPS и увеличить точность позиционирования для навигации в закрытой местности и внутри помещений, когда сигналы спутников использовать невозможно. **NodeX** может использоваться для строительно-монтажных работ, возведении мостов, как система навигации для беспилотных электромобилей благодаря своей достаточно высокой точности.

**NodeX** со всеми подключенными модулями можно классифицировать как:

* Устройство общего назначения с длительным сроком эксплуатации
* Радиоустройство, работающее в широком диапазоне радиочастот (2,85 — 10,6 ГГц)
* Автономное устройство с длительным разрядом аккумулятора
* Ремонтопригодное устройство
* Обслуживаемое устройство
* Устройство с возможностью обновления встроенного ПО через эфир
* Периодически контролируемое устройство
* Устройство, относящееся к «интернету вещей»
* Содержащее высокотехнологические радиокомпоненты со сверхплотным монтажом

Система **NodeX** подлежит сертифицированию на основании требований пункта 5 данного ТЗ, является изделием серийного производства.

# Техническое обоснование разработки

Глобальная система позиционирования GPS, используемая для решения навигационных задач, кроме ряда преимуществ, благодаря которым получила всеобщую востребованность, имеет ряд значительных недостатков:

* Низкая точность позиционирования, для решения строительных задач и прецизионного пилотирования
* Низкая точность позиционирования в плохих погодных условиях
* Обязательное требование прямой видимости сигналов спутников, как следствие невозможности решения навигационной задачи внутри помещения
* Малая скорость определения координат

**NodeX** использует сеть ретрансляторов в диапазоне частот UWB, которые могут находится внутри помещений и в строительных объектах на открытой пересеченной местности, это позволяет избавить систему от недостатков GPS. Навигаторы **NodeX** сами могут использоваться как радиомаяки расширяя навигационную сеть, таким образом снижая требования к количеству радиомаяков.

# Назначение

**NodeX** предназначена дополнить GPS для решения навигационных задач с высокой точностью и с высокой скоростью определения координат.

**NodeX** разрабатывается для решения следующих задач:

* Решение навигационных задач в закрытых помещениях
* Получение координат всех навигационных приборов без использования GPRS или GSM соединения
* Более точное определение координат для строительных задач и автопилота электромобилей (автоматическая парковка, совмещение мостов)
* Более точное определение положения на пересеченной местности
* В качестве системы стабилизации беспилотных летательных аппаратов, более точная посадка, более точный контроль высоты, коррекция курса, коррекция скорости
* В системах распознавания аварийных ситуаций на дороге
* Решение беспилотной задачи стыковки
* и. т. д.

# Ресурсы

Для разработки **NodeX** используются следующие ресурсы:

1. Стандарт CDMA
2. Стандарт IEEE 802.15.3a
3. Средства для визуального проектирования Firmware для NodeX MDK Keil
4. Библиотеки для ускоренной разработки CubeMX, SPL, HAL, CMSIS
5. Средства для разработки печатных плат Altium Designer
6. Требования к электромагнитной совместимости

# Технические требования

Поскольку условия эксплуатации для BaseNode устройства значительно меняются в зависимости от назначения (стационарный маяк, браслет, станция сбора данных, мобильный маяк со стационарной установкой), невозможно предусмотреть единый дизайн печатной платы. Однако требование к единой схемотехнике и общему встроенному ПО остаются обязательными.

Согласно этой идее выдвигаются отдельные требования к каждому варианту исполнения платы BaseNode.

## Требования к дизайну

Базовая схемотехника всех вариантов исполнения устройства BaseNode должна быть единой. Firmware должно быть совместимо со всеми вариантами исполнения NodeX с обязательной перенастройкой макросами под нужную плату. Необходимо разработать ПО на ПК для генерации прошивки с исходным кодом для различных разновидностей плат **NodeX.** Требуется разработка SDK совместимого с CubeMX и HAL.

Ниже приведены технические требования к плате **BaseNode** для всех вариантов исполнения:

### Общие требования к дизайну стационарного маяка с батарейным питанием **Mini NodeX**

**Требования к режимам питания устройства и конструкции встроенных источников питания:**

1. Поддержка Deep Sleep режима по технологии PicoPower с периодическим выходом из режима через каждые 1-10 сек для анализа эфира
2. Использовать Low power версию высокопроизводительного микроконтроллера STM32F7xx
3. Возможность управления режимом энергосбережения всех внешних модулей, возможность отключения питания трансивера UWB DWM1000
4. Wake-Up на события: WDT, external interrupt, USART interrupt, USB interrupt, Ethernet interrupt.
5. Использование высокоэффективных импульсных DC-DC конверторов на базе индуктивности для питания цепей с высоким током потребления
6. Использование линейных LDO преобразователей для питания цепей с низким током потребления
7. Использование Li-Ion батарейки на 3,3В, возможность подзарядки от USB

**Изготовление печатной платы:**

1. Монтаж средней плотности
2. Широкие дорожки для шин питания
3. Исполнение теплоотводящих экранов непосредственно на печатной плате
4. Использование LQFP корпуса STM32
5. Резисторы и конденсаторы для развязки питания типоразмера 0805
6. Танталы типоразмера D
7. Производство платы по типовому процессу

**Схемотехника**

Дизайн платы должен предусматривать:

1. Полноценную развязку шин питания управляющего контроллера
2. Отдельные элементы питания для модулей связи и UWB
3. Независимое батарейное питания для часов реального времени и backup сегмента памяти
4. Внешний часовой кварц (1.024Гц или 8.192Гц)
5. Внешний прецизионный источник тактового сигала (2ppm)
6. Внешний кварцевый резонатор дляPLL ядра ARM на 8-25 МГц
7. Защитные схемы по всем портам на устройстве
8. Безопасное сохранение настроек и некоторых данных при снижении электропитания (использование внутреннего компаратора STM32 для отслеживания просадки питания)

### Общие требования к дизайну стационарного маяка с сетевым электропитанием **Base** **NodeX**

**Требования к режимам питания устройства и конструкции встроенных источников питания:**

1. Не использовать Sleep режим микроконтроллера
2. Использование высокоэффективных импульсных DC-DC конверторов питания на базе трансформатора, формирующих несколько шин питания
3. Использование совмещенной платы питания и цифровой части с радиоузлами для компактного исполнения
4. Монтаж устройства на потолок, с возможностью клемного крепления сетевой питающей проводки
5. Интегрирование функций PWM управления питания светодиодных светильников для контроля освещения.
6. Поддержка питания от переменного сетевого напряжения 220В

**Изготовление печатной платы:**

1. Монтаж малой плотности
2. Широкие дорожки для шин питания 2.5 – 3 мм
3. Крепления для радиаторов, обеспечивать теплоотвод не в плату а в радиаторы, кулерное охлаждение
4. Использование TQFP корпуса STM32 в крайнем случае DIP корпус
5. Резисторы и конденсаторы для развязки питания типоразмера 0805
6. Танталы типоразмера E
7. Производство платы по типовому процессу

**Схемотехника**

Дизайн платы должен предусматривать:

1. Полноценную развязку шин питания управляющего контроллера
2. Общий блок питания для всех узлов
3. Независимое батарейное питания для часов реального времени и backup сегмента памяти
4. Внешний часовой кварц (1.024Гц или 8.192Гц)
5. Внешний прецизионный источник тактового сигала (2ppm)
6. Внешний кварцевый резонатор дляPLL ядра ARM на 8-25 МГц
7. Защитные схемы по всем портам на устройстве
8. Гальваническая изоляция от сетевого напряжения
9. Гальванически изолированные схемы управления напряжением с использованием изолирующего DC-DC конвертора напряжения
10. Защита по цепям питания, варисторы, супрессоры, самовосстанавливающиеся предохранители

### Общие требования к дизайну автономного мобильного компактного навигационного прибора (браслета) **Nano NodeX**

**Требования к режимам питания устройства и конструкции встроенных источников питания:**

1. Поддержка Deep Sleep режима по технологии PicoPower с периодическим выходом из режима через каждые 1-10 сек для анализа эфира
2. Использовать Low power версию высокопроизводительного микроконтроллера STM32F7xx
3. Возможность управления режимом энергосбережения всех внешних модулей, возможность отключения питания трансивера UWB DWM1000
4. Wake-Up на события: WDT, external interrupt, USART interrupt, USB interrupt, Ethernet interrupt.
5. Использование линейных LDO преобразователей для питания всех цепей
6. Использование Li-Ion батарейки на 3,3В, возможность подзарядки от USB

**Изготовление печатной платы:**

1. Многослойная плата
2. Сверхплотный монтаж
3. Полигоны питания, земли и отдельные слои для сигнальных линий
4. Исполнение теплоотводящих экранов непосредственно на печатной плате
5. Использование VQFN, QFN или BGA корпуса STM32
6. Резисторы и конденсаторы для развязки питания типоразмера 0402
7. Танталы типоразмера 0506
8. Высокотехнологичное производство с высокой степенью сложности сложностью (класс сложности III)
9. Совмещение с гибкой печатной платой для LCD, и кнопочного управления
10. Все разъемы под шлейф
11. Весь монтаж поверхностный

**Схемотехника**

Дизайн платы должен предусматривать:

1. Полноценную развязку шин питания управляющего контроллера
2. Отдельные элементы питания для модулей связи и UWB
3. Независимое батарейное питания для часов реального времени и backup сегмента памяти
4. Внешний часовой кварц (1.024Гц или 8.192Гц)
5. Внешний прецизионный источник тактового сигала (2ppm)
6. Внешний кварцевый резонатор дляPLL ядра ARM на 8-25 МГц
7. Защитные схемы по всем портам на устройстве
8. Безопасное сохранение настроек и некоторых данных при снижении электропитания (использование внутреннего компаратора STM32 для отслеживания просадки питания)

### Базовая схемотехника систем на основе **BaseNode**

Система **NodeX** проектируется на основе ядра Cortex F7 и радиотрансивера UWB DWM1000. Исходя из модульности и наращиваемости сформирован список радиокомплектующих для платы **BaseNode.**

**Радио комплектующие**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Назначение | Корпус | Кол-во |
| STM32F767 | Ядро системы | BGA 176 24x24x1.4mm | 1 |
| DWM1000 | UWB трансивер |  | 1 |
|  | DC-DC конвертор |  | 1 |
|  | CAN трансивер |  | 1 |
|  | USB PHY |  | 1 |
|  | NAND FLASH |  | 1 |
|  | SRAM |  | 1 |
|  | SDIO |  | 1 |
|  | Кварц 8МГц |  | 1 |
|  | Аккумуляторная батарея |  | 1 |

В качестве базового ядра системы выбран STM32F767 как самый высокопроизводительный контроллер для встраиваемого применения с оптимальной периферией и тактовой частотой. Архитектура STM32 для решения задачи прецизионного позиционирования выбрана по следующим критериям:

* Постоянное время реакции на прерывание 12 циклов (низкий jitter прерывания)
* Tail chaining – при одновременном возникновении двух и более прерываний одного приоритета, выталкивание и заталкивание регистров в стек не происходит. В конце обработчика первого прерывания без задержек на служебные операции вызывается следующее прерывание.
* Late arrival – при возникновении прерывания во время выполнения предыдущего (прерывание одного приоритета), выталкивание и заталкивание регистров в стек не происходит, как только текущее прерывание завершается без дополнительных задержек на служебные прерывания вызывается следующий обработчик.
* Pop pre-emption – при выполнении восстановления регистров из стека в конце любого прерывания, вызов нового прерывания может прервать этот процесс для обеспечения постоянной latency и low jitter реакции на прерывание контроллера.

Ниже представлена базовая архитектура BaseNode

STM32F767 Kernel

Cortex F7

8080

TWI

9-Axis Gyro Accelerometer

WiFi via USART

DWM1000 via SPI

Altimeter

Hole sensor

LCD

Arduino

adapter

Ethernet

PHY

CAN

Transceiver

BaseNode board

Рис. 1. Архитектура BaseNode Board

Модульность платы BaseNode основывается на микропроцессорном интерфейсе 8080 и шине CAN для автомобильных решений (Рис. 1).

В случае использования CAN интерфейса, все модули вешаются на витую пару CAN вспомогательного трансивера, подключение к автомобильной шине CAN осуществляется отдельным портом (в этом случае бортовой компьютер автомобиля имеет возможность получать навигационные данные).

Высокоскоростной интерфейс 8080 используется для наращивания мощности платы BaseNode и расширения ее периферии. По ней подключаются: модуль LCD, адаптер для Arduino, Ethernet плата для решения сетевых задач.

**Для внутрисхемной отладки NodeX на плате необходимо установить интерфейс SWD**



Примерная схема подключения контроллера



Схема развязки питания



SD card коннектор для сервисной информации



## Условия эксплуатации

## Отказоустойчивость

## Поддержка и обслуживание

## Маркировка, упаковка и комплектация

## Транспортировка и хранение

## Электромагнитная совместимость

## Ремонтопригодность

## Эргономические требования

# Себестоимость производства

# План разработки

# Отчет