# 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 по USB к станции накопления навигационных данных, слежения и мониторинга.

**BaseNode** имеет несколько вариантов исполнения, с единой схемотехникой **NodeX Base Board Schematics** (Рис. 1):

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 не от автономного 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**

Классификация устройства **NodeX**

Рис. 1. Классификация устройств по схемотехнике, дизайну печатной платы и условиям эксплуатации

В зависимости от назначения устройств классификация подразумевает также различные исполнения корпуса и источника питания. На рис. 1. очерчен примерный круг применимости трех различных вариантов исполнения платы NodeX Base Board.

**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 NodeX Base Board.

## 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.

### Общие требования к навигационной системе

Минимальное количество устройств, устанавливаемых в помещение для 2D навигации более 3 маяков, для обеспечения 3D навигации устройства устанавливаются на пол или потолок. В случае установки устройств на потолок, в сервисной программе необходимо указать высоту установки устройств, либо оставить режим определения высоты по умолчанию (по альтиметру).

**Навигационные характеристики NodeX LPS**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Характеристика | Мин. | Ном. | Макс. | Примечание |
| Погрешность позиционирования | 6[[1]](#footnote-1) см | 10 см | 1 м | При использовании модуля DWM1000 |
| Дальность действия маяка | 50 см | 150 см | 10[[2]](#footnote-2) м | Большая дальность действия обеспечивается со значительным снижением точности позиционирования |
| Период опроса маяков в режиме сна | — | 1 с | — | Режим экономии заряда для автономных стационарных маяков |
| Период опроса маяков в активном режиме | 1 мс | 10 мс | 100 мс | В зависимости от уровня заряда батареи |

### 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 и перевода датчиков в режим Sleep
4. Wake-Up на события: WDT, external interrupt, USART interrupt, USB interrupt, Ethernet interrupt и движение.
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 (более подробно ниже)
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 для PLL 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)

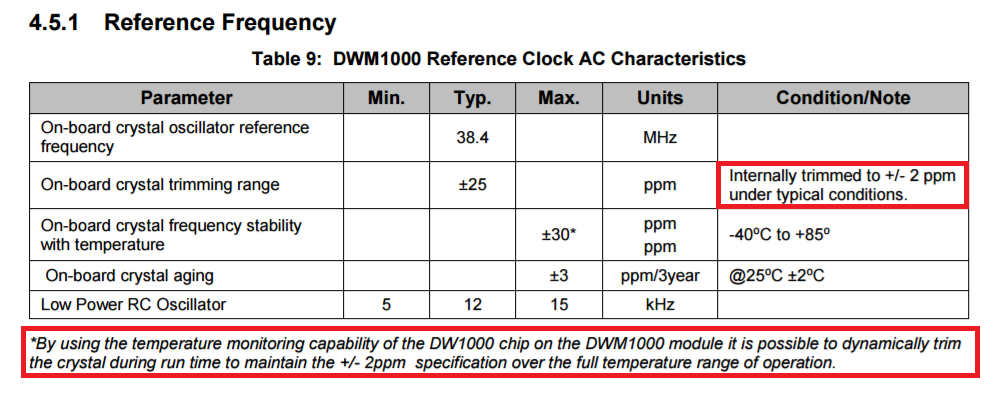
### Единая схемотехника **BaseNode**

**Базовые радио-комплектующие на все виды плат NodeX**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Назначение | Корпус | Кол-во | Библиотека Altium |
| STM32F767 | Ядро системы | BGA 176 24x24x1.4mm | 1 | Есть |
| DWM1000 | UWB трансивер | DWM1000 | 1 | В работе |
| MPU-9250 | 9 осевой датчик положения для **NodeX Nano** | LGA 3x3x1мм | 1 | В работе |
| **IMEMO-M1** | **9ти осевая навигационная система на плате** | **IMEMO-M1** | **1** | **В работе** |
| **BHA250** | **Концентратор датчиков, очень неплохое решение для избегания трудностей в написании сложной прошивки** | **LGA 2.2x2.2x0.95 мм** | **1** | **В работе** |
| MAX17222 | DC-DC конвертор **NodeX Base** | ? | 1 | В работе |
| TPS82084 | DC-DC конвертор **NodeX Mini** | uSIL-8 | 1 | В работе |
| LM3671 | DC-DC конвертор **NodeX Nano** | SOT223-3 | 1 | Есть |
| MCP2551 | CAN трансивер | SO-8 | 1 | Есть |
| MT29F2G08AACWP | NAND FLASH | TSSOP-48 | 1 | В работе |
| MT48LC32M16A2P | SDRAM | TSOP-54 | 1 | В работе |
| SD card slot | SDIO | SD card slot (8-pin) | 1 | Есть |
| ? | Кварц 8МГц | ? | 1 | Есть |
| ? | Аккумуляторная батарея | ? | 1 | В работе |
|  |  |  |  |  |

В качестве базового ядра системы выбран STM32F767 как самый высокопроизводительный контроллер для встраиваемого применения с оптимальной периферией и тактовой частотой.

Основная сложность навигация при использовании радиомаяков – синхронизация часов. Точность настройки частоты модуля DWM1000 в самом лучшем случае при решении сложной задачи калибровки во всем температурном диапазоне составляет +/- 2ppm.



Оценим насколько будут отставать часы радиомаяков, если время ретрансляции сигналов будет составлять 1 с. Ошибка оценки периода тактового сигнала будет получаться как разность минимальной частоты и максимальной частоты радиопередатчиков, отличающихся на +2ppm и -2ppm соответственно:

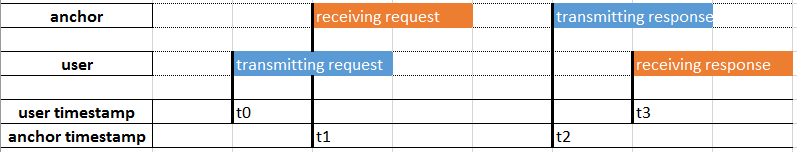
Следующим шагом будет оценка сколько периодов тактовой частоты радиопередатчиков пройдет во время ретрансляции сигнала. Так как тактовая частот 38,4 МГц, пройдет 38400000 периодов. Максимальное расхождение во времени между передатчиками составит:

Получаем примерную формулу зависимости интервала расхождения часов от времени ретрансляции:

Точность позиционирования от периода синхронизации:

Таким образом максимальное расхождение часов навигационных устройств и радиомаяка с временем ретрансляции 1 с будет составлять 4мкс, это соответствует погрешности позиционирования 1.19 км. Чтобы снизить погрешность позиционирования до 1см необходимо увеличить частоту синхронизации до 8 мкс. Отсюда вытекают особые требования к времени обработки радиосообщений на маяке и latency прерываний.

Ниже представлена диаграмма радиосообщений навигационного устройства и маяка.

****

Передатчик пользователя формирует запрос для конкретного радиомаяка и фиксирует timestamp t0, радиомаяк получает сигнал и фиксирует t1 по своим часам, отвечает радиоприемнику фиксируя timestamp t2 по своим часам. Приемник пользователя получает ответ фиксируя timestamp t3. Нас интересуют интервалы времени t3-t0 и t2-t1 по часам маяка и пользователя, при этом не важно синхронизированы эти часы или нет, важно точное измерение этих промежутков.

Исходя из данных timestamp легко оценить время распространения сигнала

Так как берутся разности timestamp по одним часам (пользователя или маяка) нет необходимости в синхронизации. Зная время распространения сигнала, мы получаем расстояние до маяка. Зная расстояние для 3-4 маяков легко получить координаты 2D-3D

Чем больше промежутки (t3-t0) и (t2-t1) тем хуже точность позиционирования. Исходя из вышеперечисленных особенностей работы навигационной системы выбран контроллер STM32 с нижеперечисленными особенностями:

* Постоянное время реакции на прерывание 12 циклов (низкий jitter прерывания, благодаря которому latency не влияет на точность позиционирования)
* 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 NodeX Base Board

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. 2. Архитектура NodeX Base Board

Модульность платы BaseNode должна основывается на микропроцессорном интерфейсе 8080 и шине CAN для автомобильных решений (Рис. 2):

* 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. К ней подключаются: модуль LCD, адаптер для Arduino, Ethernet плата для решения сетевых задач.

**Требования к внешней периферии платы NodeX Base Board**

1. Поддержка внутрисхемной отладки via SWD port (Рис. 3)
2. Полноценная развязка аналогового и цифрового питания контроллера
3. Наличие энергонезависимой памяти NAND Flash
4. Наличие SRAM
5. Наличие SD card для обновления ПО и в качестве файловой системы встроенного Web сервера
6. USB
7. \*\*\*



Рис. 3. Pinout SWD порта для внутрисхемной отладки

**Требования к встроенной периферии ядра**

Список используемой периферии STM32F767:

1. Необходимо использовать USB 2.0 на основе дополнительной внешней микросхемы физического уровня.
2. Использовать SDIO встроенный в контроллер.
3. Использовать FMC настроенный для работы с NAND FLASH и SDRAM.
4. В случае платы NodeX Nano предусмотреть работу с LCD модулем.
5. Стандартный интерфейс SPI (для работы с модулем DWM1000) и шина TWI для работы с датчиками (датчик температуры, EEPROM, датчик освещенности, 9-axis Gyroscope+Accelerometer, Altimeter, датчик Холла).
6. Два модуля USART для работы с коммуникационными модулями (WiFi и GPS).
7. GPIO для управления ключами (software реализации интерфейсов для управления чем угодно).
8. PWM для регулирования тока мощных нагрузок через дополнительный модуль силовой платы (FAN, обогреватели, LED подсветка, система освещения).
9. Часы реального времени.
10. Схема сброса по снижению питания.
11. АЦП для мониторинга тока и напряжения батареи.
12. ЦАП для воспроизведения звуковых сигналов, в качестве аналогового выхода для силового модуля (может устанавливать значение тока обмотки для ШД или LED подсветки, осуществлять прочее аналоговое управление).



Рис. 4. Пример принципиальной схемы NodeX Base Board.

**Требования к развязки цифровой и аналоговой шины питания**

* Все выводы питания контроллера необходимо развязать керамической ёмкостью 0,01 мкФ, конденсаторы должны находиться под корпусом микросхемы, либо как можно ближе к выводам питания.
* Топология шин питания по схеме «звезда».
* Тех процесс печатной платы должен содержать специальные полигоны питания 3,3В, цифровой и аналоговой земли.
* Точка соединения цифровой и аналоговой земли должна находиться в единственном месте, под контроллером. Не допускается использовать контроллер как элемент, соединяющий аналоговую и цифровую землю.
* В качестве дополнительной развязки по питанию использовать танталовые конденсаторы большой емкостью.
* Развязка аналоговых 3,3В и цифровых 3,3В осуществляется «П» образным фильтром.



Рис. 5. Принципиальная схема развязки питания контроллера.



Рис. 6. SD card коннектор.

### Принципы работы сети радиомаяков NodeX

Радиосеть NodeX состоит из трех видов узлов:

* Стационарные радиомаяки
* Мобильные навигационные устройства
* Станции сбора навигационной информации

Ко всем трем элементам радиосети NodeX предъявляются следующие требования:

1. Ретрансляция радио сообщений сети NodeX с отметками времени момента приема и передачи.
2. Передача навигационной информации, текущие координаты, скорость и угловые координаты положения.
3. Фильтрация сообщений, не предназначенных для подчиненных подсетей.
4. Организация канального протокола по воздуху согласно стандарту CDMA.
5. Периодическое сканирование эфира для отслеживания радиомаяков с динамическим переподключением на новые маяки, наиболее подходящие, согласно условиям радиоприема.
6. Каждый узел сети использует минимальное необходимое количество соседних радо маяков (за некоторыми исключениями, когда некоторые радиомаяки нестационарные или являются мобильными устройствами)
7. Каждый узел сети кроме решения навигационной задачи может быть датчиком.
8. Каждый узел сети кроме решения навигационной задачи может выполнять определенную функцию (например, включение или отключения освещения при нахождении навигационного устройства в определенной области, также может выполнять функцию беспроводного замка).

## Условия эксплуатации

### Температурный режим

Base NodeX – расширенный температурный диапазон -20 … +75

Mini NodeX, Nano NodeX – диапазон для работы в помещении 0 … +55

### Влажность

Base Node – влажность в диапазоне 15-70% в диапазоне температур 12-28

Mini NodeX – влажность в диапазоне 30-50%

Nano NodeX – стойки к высокой влажности ~80%

## Отказоустойчивость

NodeX Base Board – наработка на отказ 6 месяцев в условиях жесткой эксплуатации 60% влажность? температура окружающей среды 30.

## Поддержка и обслуживание

Base NodeX – обслуживание раз в месяц для стационарных станций с аккумуляторным питанием (полный осмотр и диагностика), для станций с сетевым питанием диагностика дистанционная, ТО раз в 3 месяца.

Mini NodeX – обслуживание раз в 2 года, только для коммерческих организаций, в остальных случаях через сервисный центр производителя.

Nano NodeX – по заявкам в службу поддержки (гарантия 3 года).

## Маркировка, упаковка и комплектация

Упаковка в картонные коробки.

Комплектация NodeX Base Board: сетевой блок питания, кабель USB, модуль Wi-Fi.

\*\*\*

## Транспортировка и хранение

Хранение устройств NodeX требует сухого и прохладного места 20-25 температура 30% влажность.

При транспортировке указываются знаки бережного обращения, не мочить.

## Электромагнитная совместимость

Электромагнитная совместимость устройства Base Node должна соответствовать общим требования стандарта EN 61000-6-3, устройство Mini NodeX должно соответствовать требованиям стандарта EN 55022 по классу B, устройство Nano NodeX также должно соответствовать международному стандарту EN 55022 по классу A.

## Ремонтопригодность

Nano NodeX – не восстанавливается в месте применения. Ремонт осуществляется изготовителем.

Mini NodeX – ремонт осуществляется изготовителем.

Base NodeX – ремонт на месте осуществляется сервисным инженером изготовителя.

## Эргономические требования

\*\*\*

# Себестоимость производства

# План разработки

## Первый этап, подготовка технической документации на принципиальную схему плат NodeX

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| # | Вид работ | Часов | Ресурс | Должность | Начало | Конец |
| 1 | Разработка библиотеки компонентов | 20 часов | 2 человека | Инженер схемотехник | 01.xx.2017 | 03.xx.2017 |
| 2 | Разработка принципиальной схемы ядра платы NodeX | 8 часов | 1  человек | Инженер схемотехник | 03.xx.2017 | 04.xx.2017 |
| 3 | Разработка принципиальных схем периферии платы NodeX | 15 часов | 2 человека | Инженер схемотехник | 05.xx.2017 | 06.xx.2017 |
| 4 | Компоновка чертежей в единый проект | 2 часа | 1  человек | Инженер схемотехник | 06.xx.2017 | 07.xx.2017 |
| 5 | Подготовка технической документации по принципиальной схеме | 5 часов | 1 человек | Инженер схемотехник | 07.xx.2017 | 08.xx.2017 |
| 6 | Отчет по первому этапу |  | 2 человека | Инженер схемотехник | 09.xx.2017 | |
|  |  |  |  |  |  | |

## Второй этап, подготовка проекта печатной платы на прототип NodeX

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| # | Вид работ | Часов | Ресурс | Должность | Начало | Конец |
| 1 | Подборка вида монтажа и плотности, выбор корпусов компонентов | 4 часа | 4  человека | Разработка в режиме совещания | 09.xx.2017 | 10.xx.2017 |
| 2 | Заказ радио комплектующих | 0 | 1 человек |  | 10.xx.2017 | |
| 3 | Изготовление макета печатной платы | 30 часов | 2 человека | Схемотехник, монтажник | 10.xx.2017 | 17.xx2017 |
| 2 | Контур печатной платы и размещение компонентов | 8 часов | 4 человека | Разработка в режиме совещания | 10.xx.2017 | 11.xx2017 |
| 3 | Разводка шин питания и сигнальных линий внутри отдельных цепей на печатной плате | 8 часов | 2 человека | PCB технолог, схемотехник | 11.xx.2017 | 12.xx2017 |
| 4 | Окончательная разводка печатной платы, с учетом ЭМС и влияний межканальных помех, наводок, тепловых полей | 12 часов | 2 человека | PCB технолог,  схемотехник | 12.xx.2017 | 14.xx.2017 |
| 5 | Подготовка технической документации для производства | 2 часа | 1 человек | PCB технолог | 14.xx.2017 | |
| 6 | Отчет по второму этапу |  | 3  человека | PCB технолог, схемотехник, монтажник | 15.xx.2017 | |

## Третий этап, разработка встроенного программного обеспечения (ведется параллельно со вторым этапом)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| # | Вид работ | Часов | Ресурс | Должность | Начало | Конец |
| 1 | Разработка прошивки для диагностики макета | 21 часов | 2 человека | Программист, схемотехник | 10.xx.2017 | 12.xx.2017 |
| 2 | Диагностика FMC (NAND FLASH, SRAM, SDIO) | 12 часов | 2 человека | Программист, схемотехник | 12.xx.2017 | 13.xx.2017 |
| 3 | USB device | 8 часов | 1 человек | Программист | 13.xx.2017 | 13.xx.2017 |
| 4 | Bootloader (без шифрования) | 4 часа | 1 человек | Программист | 14.xx.2017 | 14.xx.2017 |
| 5 | Диагностика DWM1000 via SPI (базовый функционал) | 12 часов | 2 человека | Программист, схемотехник | 15.xx.2017 | 16.xx2017 |
| 6 | Диагностика WiFi via USART |  |  |  |  |  |
| 7 | HTTP parser |  |  |  |  |  |
| 8 | FTP parser |  |  |  |  |  |
| 9 | Диагностика GPS via USART |  |  |  |  |  |
| 10 | NMEA parser |  |  |  |  |  |
| 11 | Диагностика 9-axis accelerometer, gyroscope и altimeter |  |  |  |  |  |
| 12 | Работа над открытым сервисным навигационным протоколом, для тестирования сети NodeX |  |  |  |  |  |
| 13 | Отладка всех сервисных функций и компоновка в единый проект |  |  |  |  |  |
| 14 | **Dead line.** Отчет по третьему этапу. |  |  |  | 30.xx.2017 | |
| 15 | CAN шина для работы с автомобильными датчиками |  |  |  |  |  |
| 16 | Модуль для работы с часами реального времени |  |  |  |  |  |
| 17 | Режимы энергосбережения |  |  |  |  |  |
| 18 | Единый проект прошивки |  |  |  |  |  |
| 19 | Работа над навигационным протоколом |  |  |  |  |  |

## Четвертый этап, стендовые испытания навигационных устройств (ведется параллельно со вторым и третьим этапом)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| # | Вид работ | Часов | Ресурс | Должность | Начало | Конец |
| 1 | Испытание алгоритма определения расстояния до маяка | 8 часов | 3 человека | Схемотехник, программист, монтажник | 16.xx.2017 | 17.xx.2017 |
| 2 | Исследование точности измерения расстояния до маяка в различных диапазонах | 8 часов | 3 человека | Схемотехник,  программист, монтажник | 17.xx.2017 | 18.xx.2017 |
| 3 | Испытание итерационного алгоритма для определения местоположения | 8 часов | 3 человека | Схемотехник,  программист, монтажник | 18.xx.2017 | 19.xx.2017 |
| 4 | Испытание комбинированной системы LPS и GPS | 8 часов | 3 человека | Схемотехник,  программист, монтажник | 19.xx.2017 | 20.xx.2017 |
| 5 | Испытание алгоритма сканирования эфира для обнаружения маяков и навигационных устройств | 8 часов | 3 человека | Схемотехник,  программист, монтажник | 20.xx.2017 | 21.xx.2017 |
| 6 | Испытание всех навигационных протоколов в одной системе | 40 часов | 3 человека | Схемотехник,  программист, монтажник | 21.xx.2017 | 26.xx.2017 |
| 7 | Испытание NodeX в полевых условиях, на объектах. Замеры точности, уровней сигалов. | 32 часа | 3 человека | Схемотехник,  программист, монтажник | 26.xx.2017 | 30.xx.2017 |
| 8 | Отчет по проекту прототипа, полная комплектация, полная техническая документация |  |  |  |  |  |

# Отчет

1. При времени ретрансляции сигнала на стороне маяка равном 100 мкс [↑](#footnote-ref-1)
2. При использовании удаленных радио маяков, точность позиционирования падает до 20 – 30 см на расстоянии 10 м, до 50 см-1 м на расстоянии 150-300 м [↑](#footnote-ref-2)