

Easy Net Everywhere

USER MANUAL

beta version 6.2

Оглавление

1. Назначение и область применения	6
Назначение	6
Область применения	6
2. Технические характеристики	7
3. Описание работы сети.....	8
4. Описание компонентов сети	10
Трансиверы	10
Антенны.....	10
Выбор оптимальных каналов для работы сети	11
5. Назначение и структура узлов сети	13
Узлы сети	13
Net Master	13
Net Controller.....	13
Net Node	14
Cluster Admin	15
Net Router.....	15
Net Monitor	16
Режимы работы узлов сети.....	16
6. Назначение выводов печатных плат узлов сети	17
Узел «Net Controller»	17
Узлы сети: «Net Node», «Cluster Admin», «Net Router», «Net Master»	17
7. Архитектура и масштабирование сети.....	18
Масштабирование сети.....	18
8. Адресация узлов в сети	24
Разделение адресного пространства сети	24
Пример адресации узлов сети	25
9. Подключение оборудования для работы в сети	26
10. Подготовка узлов сети к работе	27
Первое включение узла	27
11. Тестирование сети.....	28
Тест работоспособности узлов сети	28
Тест максимальной дистанции обмена данными между двумя узлами сети	29
Тест пропускной способности канала передачи данных.....	30
12. Передача команд и данных в сети. Примеры.....	32
Установка адреса узла-получателя.....	32

Отправка команд и данных пользователя узлу-получателю.....	33
13. Управление узлами сети	34
Назначения выводов узла “Net Controller”.....	34
Команды управления функциями узла «Net Controller»	34
Модуль PIO. Команды управления	35
Управление логическим уровнем пинов PIO.....	35
Модуль ADC. Команды управления модулем	37
Получение значений пинов ADC.....	37
Модуль DAC. Команды управления модулем	38
Установка уровня напряжения на пинах DAC	38
Модуль PWM. Команды управления модулем	39
Модуль SERVO. Команды управления модулем	40
Модуль GPS. Команды управления модулем.....	41
Контроль напряжения батареи.....	44
14. Программа «Serial Bluetooth Terminal». Базовые сведения	45
Настройка программы «Serial Bluetooth Terminal»	46
15. AT-команды управления параметрами узлов сети.....	49
Команда «AT+HELP»	49
Команда «AT+NET.config»	51
Команда «AT+NET.mode m»	51
Команда «AT+NOD.config»	52
Команда «AT+NET.addr a»	52
Команда «AT+NOD.addr a» «AT+NODE.addr a»	52
Команда «AT+TRG.addr a»	52
Команда «AT+SRC.show»	53
Команда «AT+SRC.hide»	53
Команда «AT+CLU.config»	53
Команда «AT+CLU.adm n»	53
Команда «AT+CLU.node n»	54
Команда «AT+CLU.targ n»	54
Команда «AT+ROUT.num n»	54
Команда «AT+CNL.main n»	54
Команда «AT+CNL.fixed»	54
Команда «AT+CNL.multi».....	55
Команда «AT+CNL.scan»	55
Команда «AT+CNL.view».....	55

Команда «AT+CNL.set s»	55
Команда «AT+POWER pwr»	56
Команда «AT+BITRATE br»	56
Команда «AT+BAUD bd»	56
Команда «AT+UART.flow+»	56
Команда «AT+UART.flow-»	56
Команда «AT+START.hide»	57
Команда «AT+START.show»	57
Команда «AT+DEFAULT»	57
Команда «AT+RESTART»	58
Команда «AT+LOGIN log»	58
Команда «AT+PASSW psw»	58
Команда «AT+HI»	58
Команда «AT+WHERE node»	59
Команда «AT+ERROR.log [node]»	59
Команда «AT+NOD.scan»	59
Команда «AT+NOD.view»	59
Команда [*addr*] «AT+GPS+»	60
Команда [*addr*] «AT+GPS-»	60
Команда [*addr*] «AT+GPS.fix»	60
Команда [*addr*] «AT+GPS.view»	60
Команда [*addr*] «AT+GPS.get_coordinate»	60
Команда [*addr*] «AT+GPS.get_data»	60
Команда [*addr*] «AT+GPS.change_notify_on threshold»	61
Команда [*addr*] «AT+GPS.change_notify_off»	61
Команда [*addr*] «AT+GPS.period_notify_on period»	61
Команда [*addr*] «AT+GPS.period_notify_off»	61
Команда [*addr*] «AT+BAT.get_state»	61
Команда [*addr*] «AT+BAT.state_notify_on low_value»	62
Команда [*addr*] «AT+BAT.state_notify_off »	62
Команда «AT+BLE+»	62
Команда «AT+BLE-»	62
Команда «AT+BLE.config»	62
Команда «AT+BLE.name n»	63
Команда «AT+BLE.psw psw»	63
Команда «AT+STOP»	63

Команда «AT+LINK target[,period]»	63
Команда «AT+HELLO target[,period]»	64
Команда «AT+HELLO.all [period]»	64
Команда «AT+STRING target[,period][,length]»	65
Команда «AT+ROLE.Net_Controller»	65
Команда «AT+ROLE.Net_Master»	66
Команда «AT+ROLE.Net_Node»	66
Команда «AT+ROLE.Net_Monitor»	66
Команда «AT+ ROLE.CLU_Admin»	66
Команда «AT+ ROLE.CLU_Node»	66
Команда «AT+ ROLE.Net_Router»	66
Команда «AT+ROLE.Drone_Rx»	67
Команда «AT+ROLE.Drone_Tx»	67
Команда «AT+ROLE.Drone_Tx_Rx»	67
Форматы AT-команд.....	68

1. Назначение и область применения

Назначение

Беспроводная сеть «Easy Net Everywhere» предназначена для применения в территориально-распределенных системах, требующих наличия беспроводной связи с объектами управления с гарантированной доставкой команд и данных со скоростью 250 Kbps в радиусе до 10 км (в зависимости от условий окружающей местности и состава оборудования).

Область применения

Сеть «Easy Net Everywhere» может быть использована для решения задач в проектах разной степени сложности, например:

- для использования в качестве платформы с целью построения различных систем и реализации проектов уровня “Internet Of Things”;
- для управления как отдельными объектами, так и роем объектов, например, дронами, роботами, роботизированными платформами и другими механизмами;
- для использования в системах внешней и внутренней охраны объектов и помещений, управления камерами видеонаблюдения, в системах тревожной сигнализации, в метеостанциях и системах мониторинга датчиков показателей окружающей среды;
- для получения и пересылки в сеть координат GPS, создание GPS трекеров и маячков;
- для удаленного управления состоянием объектов в коммунальных службах, например, водопроводными задвижками, кранами, клапанами и т.д.;
- для сбора и передачи информации с удаленных автономных датчиков, датчиков устройств автоматики, медицинских приборов и т.д.;
- для систем управления дозаторами, зерносушилками, теплицами и т.д.;
- для систем автоматического управления микроклиматом, поливом, освещением и т.д.;
- для систем управления городскими светофорами с целью повышения комфорта передвижения автомобильного транспорта, снижения уровня ДТП и т.д.;
- для систем управления класса «Smart Home», включения/выключения бытовых приборов и электроприводов, для управление мощностью в нагрузке и т.д.;
- для быстрой реализации территориально-распределенных DIY - проектов (Arduino и т.д.);
- для создания локальных текстовых мессенджеров и чатов.

Область применения сети ограничивается только ее техническими характеристиками.

2. Технические характеристики

Частотный диапазон: ISM.

Радиоканалы: 0-125 (от 2400 до 2525 MHz).

Полоса пропускания радиоканала – 1 MHz.

Трансиверы: NRF24L01+, NRF24L01+PA+LNA, E01-ML01DP5, E01-2G4M27D.

Расстояние приёма/передачи данных в пределах прямой видимости на высоте 1,5 м / 3,0 м на скорости 250 Kbps:

- трансивер NRF24L01 – 300 / 450 м;
- трансивер NRF24L01+PA+LNA, E01-ML01DP5 – 2 км / 6 км;
- трансивер E01-2G4M27D – 2 км / 10 км.

Скорость передачи данных: 250 Kbps, 1 Mbps и 2 Mbps.

Максимальная длина пакета: 256 байт.

Время передачи пакета 256 байт на скорости 250 Kbps - 50 ms.

Интерфейсы пользователя:

- UART 9600 - 921600 baud;
- Bluetooth: BLE.

Интерфейсы контроллера сети:

- I²C;
- SPI;
- GPS UART 921600 baud.

Количество пользовательских функциональных выводов контроллера - 9.

Функции выводов контроллера (назначаются пользователем):

- ADC - 9;
- DAC - 2;
- PWM - 8;
- Servo - 8;
- GPIO: output - 8, input - 9;
- GPIO interrupts - 9.

Архитектуры сети

Архитектура «много-ко-многим»:

- количество узлов - 254;

Кластерная архитектура:

- кластеров - 14;
- количество узлов в кластере - 15;
- количество роутеров - 30.

Напряжение питания узла: 3.0 ... 4.2 В;

Ток потребления узла сети:

- в активном режиме: 70 mA; в пассивном режиме: 25 µA.

Диапазон рабочих температур: -40°C...+85°C;

3. Описание работы сети

Сеть «Easy Net Everywhere» имеет кластерную архитектуру с маршрутизацией пакетов и возможностью масштабирования.

В узлах сети используются трансиверы небольшой мощности для обеспечения обмена данными только там, где это необходимо, не занимая эфир там, где это нежелательно.

Такое решение обеспечивает создание оптимальной топологии сети, повышение порога обнаружения работы трансиверов и уменьшение вероятности возникновения коллизий. Разрешение коллизий в сети реализуется проприетарным протоколом.

Узлы сети/кластера могут одновременно работать как в режиме точка-точка на небольшой дистанции в пределах прямой видимости до 10 км, так и в режиме ретрансляции пакетов, что позволяет устанавливать связь между объектами на расстоянии до 50 км.

Передача данных осуществляется по каналам, которые выбираются случайным образом из числа свободных. Теоретически доступно 125 каналов с шириной полосы пропускания 1 MHz. Практически – зависит от конкретных условий.

Все узлы сети равнозначны и могут иметь полный или ограниченный доступ к другим узлам сети/кластера в зависимости от использованной архитектуры.

Каждый узел сети/кластера сети может передавать команды и данные любому другому узлу.

Администратор сети может установить необходимые ограничения для каждого узла. Администрирование сети возможно с любого узла, наделенного полномочиями.

Каждая последующая транзакция не использует повторно канал предыдущей транзакции, что затрудняет обнаружение узла сканерами эфира. Длительность одной транзакции с битрейтом 250 Kbps не превышает 25 ms на одном канале.

Девиация каналов передачи данных может быть установлена администратором в пределах +/- 2..60 от частоты основного канала.

Администратор может установить ограниченный список рабочих каналов, при этом каждому адресату может быть поставлено в соответствие один или несколько фиксированных/сменных каналов.

Безопасность. Каждый узел сети имеет адрес сети, адрес узла, пароль и логин сети а также пароль доступа к узлу через Bluetooth.

Шифрование данных: проприетарный алгоритм маскировки данных.

Передача данных в сети может инициироваться:

- пользователем;
- узлом сети;
- событием;
- превышением/понижением значения параметра относительно заданного порога;
- по истечению времени таймера однократно или с заданной периодичностью.

Для передачи данных узлу-получателю через ретрансляторы (роутеры) используется маршрутизация отправителя. Для каждого узла-получателя можно указать свой маршрут прохождения пакетов и записать его в профиль адресата.

Такая маршрутизация детерминирована и для стационарных и малоподвижных объектов более оптимальна, чем стохастическая маршрутизация в mesh-сети.

Взаимодействие пользователя с любым узлом сети осуществляется с помощью последовательного интерфейса UART на скорости до 921600 baud, с помощью монитора сети или с помощью интерфейса Bluetooth (BLE).

Конфигурирование и установка параметров узлов сети осуществляется с помощью AT-команд через беспроводный интерфейс Bluetooth (BLE) планшета или смартфона или проводной интерфейс UART.

Все настройки сохраняются в памяти узла.

Ограничения:

- ограничение 1 обусловлено частотой работы трансивера - 2.4 GHz. Связь возможна в пределах прямой видимости;
- ограничение 2: при слишком большой дистанции между роутерами связь на данном участке может прерваться и сеть распадется на несколько самостоятельных сегментов.

Для исключения такой ситуации количество роутеров на единицу площади/объема ареала функционирования сети должно быть больше минимально необходимого количества. В этом случае существует больше вариантов выбора альтернативных маршрутов прохождения пакетов.

4. Описание компонентов сети

Трансиверы

Во всех узлах сети предусмотрено использование трансиверов разной мощности в зависимости от решаемых задач. Трансивер узла выбирается пользователем. Трансивер либо впаивается в плату узла (рекомендуется), либо вставляется в разъем (для тестирования).

Узлы сети работают со следующими трансиверами:

- трансиверы NRF24L01+, NRF24L01+PA+LNA (рис. 4.1);
- трансиверы E01-ML01DP5, E01-2G4M27D (рис. 4.2);



Рисунок 4.1 – Трансиверы NRF24L01+ и NRF24L01+PA+LNA



Рисунок 4.2 – Трансиверы E01-ML01DP5 и E01-2G4M27D

Антенны

С трансиверами могут использоваться различные антенны, как штатные, так и специальные, с коннектором SMA. От выбора антенны зависит расстояние, на котором трансиверы могут обеспечить надежную связь.

Штатная антenna SMA-K имеет коэффициент усиления 3 dBi и обеспечивает стабильную связь на расстоянии до 2 км на открытой местности на высоте 1,5 м, до 5 км на высоте 3.0 м с трансиверами NRF24L01+PA+LNA и E01-ML01DP5 и до 10 км с трансивером E01-2G4M27D (рис 4.3).



Рисунок 4.3 – Штатная антenna трансивера SMA-K 3 dBi

Антenna Yagi 10 dBi обеспечивает стабильную связь на расстоянии до 20 км на открытой местности на высоте 3.0 м с трансивером E01-2G4M27D (рис 4.4).

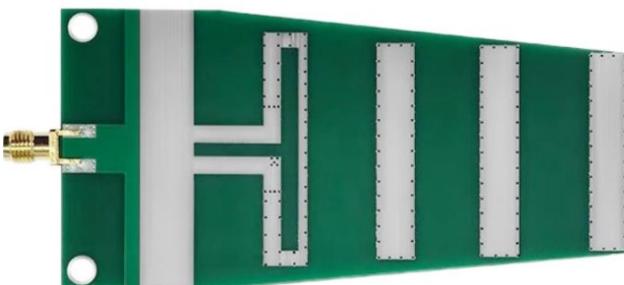


Рисунок 4.4 – Антenna Yagi 10 dBi

Антенна Yagi 25 dBi обеспечивает стабильную связь на расстоянии до 30 км и более на открытой местности на высоте 3.0 м с трансивером E01-2G4M27D (рис 4.5).



Рисунок 4.5 – Антенна Yagi 25 dBi

При выборе антенн следует учитывать диаграмму направленности, которая указывается в технических характеристиках конкретных антенн.

Управление трансиверами осуществляется микроконтроллером ESP32 фирмы Espressif, в управляющей программе которого реализован стек системных, сетевых и пользовательских протоколов. Совокупность контроллера и трансивера образует узел сети.

Выбор оптимальных каналов для работы сети

Диапазон частот, в котором работает сеть, обуславливает определенные требования к используемым антеннам и выбору оптимального канала (группы каналов) для работы узлов сети.

Антенны должна иметь минимальное значение SWR (*Standing Wave Ratio* или *KCB - коэффициент стоячей волны*) в выбранном диапазоне частот. Этот параметр определяет КПД антенн и напрямую влияет на дальность связи. Волновое сопротивление антенн для трансиверов составляет 50 Ом.

Для определения SWR антенн используются специальные приборы: SWR -метры. Например, в полевых условиях для измерения необходимых параметров антенн можно использовать LiteVNA (Portable Vector Network Analyzer).

Результаты измерения SWR штатной антенны трансивера SMA-K (рис. 3) с помощью прибора LiteVNA представлены на рис. 4.6.

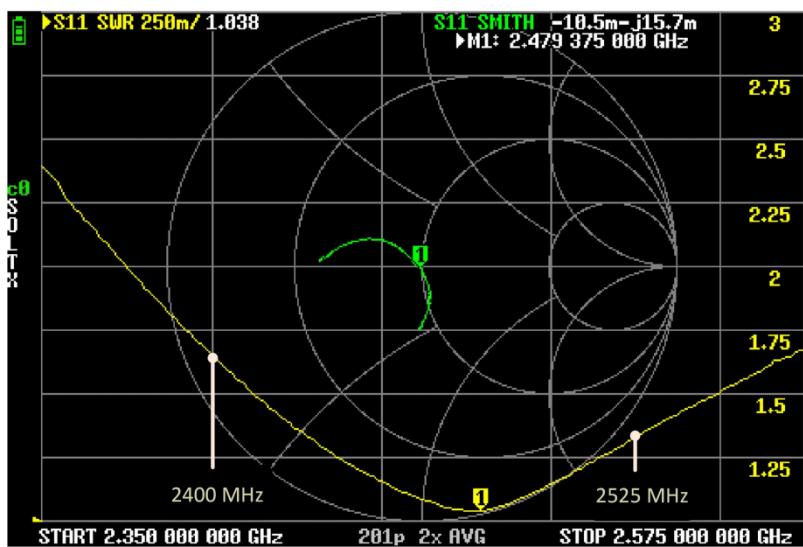


Рисунок 4.6 – Результаты измерения КСВ штатной антенны трансивера

Из графика следует, что антенна не является широкополосной. Минимальное значение SWR: 1.038 данного экземпляра антенны соответствует частоте 2479 MHz или каналу с номером 79.

Приемлемый SWR соответствует частотам 2450 MHz - 2500 MHz. Это означает, что основной канал для работы сети желательно выбирать в диапазоне от 50 до 100.

На рисунке 4.7 представлен скриншот экрана анализатора TSA ULTRA (Tiny Spectrum Analyzer) с результатами сканирования частот в диапазоне работы сети 2400 MHz – 2525 MHz (каналы 0 – 125) во время выполнения теста обмена данными между двумя узлами сети.

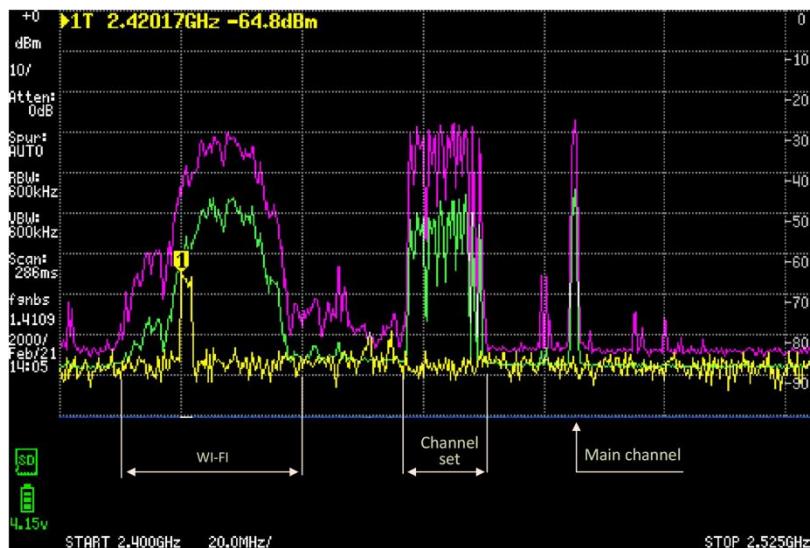


Рисунок 4.7 – Результат сканирования частот в диапазоне работы сети 2400 MHz – 2525 MHz

На скриншоте отображены частоты, на которых осуществляется обмен данными между беспроводными устройствами:

- в диапазоне частот 2400 MHz - 2440 MHz работают устройства WI-FI.
- в диапазоне частот 2458 MHz - 2468 MHz работают узлы сети, занимая каналы 58 - 68.
- частота 2485 MHz соответствует основному каналу с номером 85.

Таким образом, зная SWR антенны можно выбрать наиболее оптимальный диапазон частот (каналов) для работы сети.

В случае отсутствия прибора для измерения SWR антенны, рекомендуется выбирать каналы в середине рабочего диапазона ISM и в дальнейшем корректировать их на основании статистической информации об ошибках передачи данных по всем выбранным каналам (AT- команда AT+ERROR.log).

5. Назначение и структура узлов сети

Узлы сети

Для построения и организации работы сети используются сетевые функциональные узлы:

- "Net Master" (NM);
- "Net Controller" (NC);
- "Net Node" (NN);
- "Cluster Admin" (CA);
- "Net Router" (NR);
- "Net Monitor" (M).

Net Master

Узел «Net Master» является главным объектом сети и предназначен для администрирования сети, отправки команд и данных в сеть и получения данных из сети. Взаимодействует с сетью Internet посредством WI-FI роутера, посредством роутера Starlink и GSM-модема, имеющего подключение к UART.

Функции узла «Net Master» может выполнять как узел «Net Controller», так и внешний контроллер или компьютер.

Структурная схема узла «Net Master» на базе узла «Net Controller» представлена на рис. 5.1.

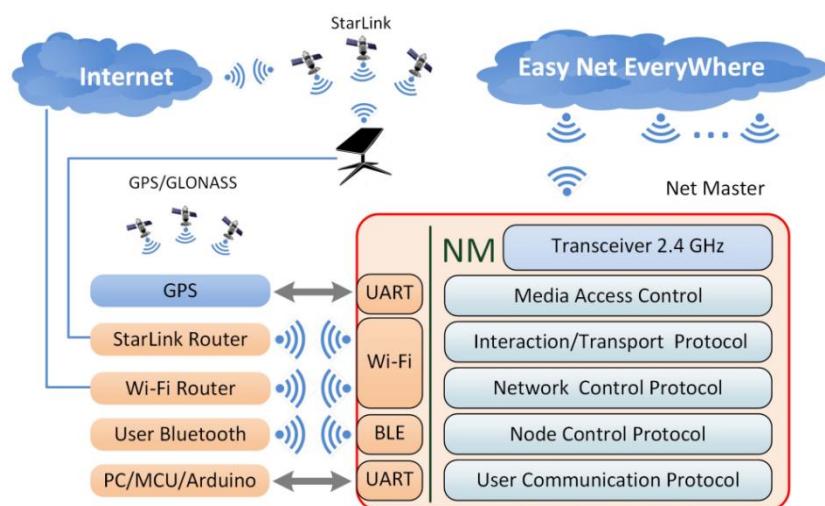


Рисунок 5.1 – Структурная схема узла «Net Master»

Net Controller

Узел «Net Controller» предназначен:

- для приема из сети и передачи в UART команд и данных пользователя, включая текстовые сообщения длиной до 256 байт;
- для установки режимов работы и состояния функциональных пинов контроллера;
- для сбора и передачи в сеть информации с функциональных пинов контроллера (телеметрия);

Команды пользователя представляют собой символьные или численные значения, которым поставлено в соответствие выполнение одного действия на стороне сетевого контроллера или последовательности действий, например:

- включить/выключить какое-либо устройство;
- увеличить/уменьшить мощность в нагрузке;

- повернуть вал одного или нескольких сервоприводов на заданный угол с заданной скоростью;
- установить на выводах DAC уровень постоянного напряжения;
- прочитать текущее значение напряжения на выводах ADC и передать их в сеть;
- установить тайм-аут таймера для периодической передачи пользователю состояний выводов и значений ADC и т.д.

Команды пользователя имеют две категории:

- детерминированные команды, которые подлежат выполнению сетевым контроллером;
- произвольные команды, которые определяются как текстовые сообщения и перенаправляются в UART.

Узел «Net Controller» имеет возможность подключения модуля GPS. Это позволяет в реальном масштабе времени определять координаты узла сети в пространстве, передавать координаты любому узлу сети с последующим отображением их на Google-карте (визуализация топологии сети на смартфоне/планшете или компьютере).

Очень полезная возможность для задания оптимального маршрута прохождения пакетов, отображения координат объектов, установки маячков, GPS-GSM трекеров, навигации дронов, роботизированных платформ и т.д.

Структурная схема узла «Net Controller» представлена на рис. 5.2.

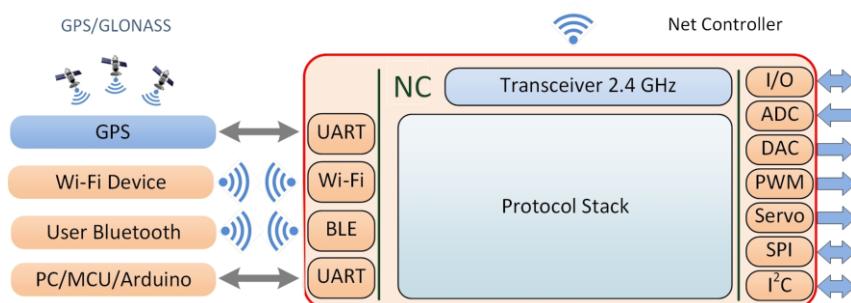


Рисунок 5.2 – Структурная схема узла «Net Controller»

На структурной схеме узла «Net Controller» с левой стороны представлены коммуникационные интерфейсы UART и Bluetooth для взаимодействия пользователя с контроллером сети.

С правой стороны представлены последовательные системные интерфейсы SPI, I²C, и модули контроллера для управления оборудованием и получения внешних сигналов.

Net Node

Узел «Net Node» предназначен для двустороннего обмена командами и данными между интерфейсом UART и сетью со скоростью до 921600 baud. Узел не содержит функциональных выводов.

Для взаимодействия с пользователем узел «Net Node» имеет интерфейсы UART, Bluetooth (BLE) и WI-FI.

Структурная схема узла «Net Node» представлена на рис. 5.3.

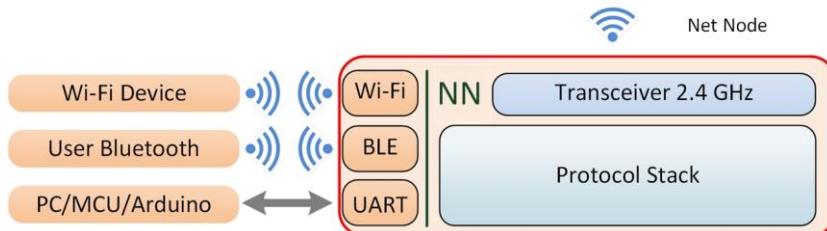


Рисунок 5.3 – Структурная схема узла «Net Node»

Cluster Admin

Узел «Cluster Admin» предназначен для двустороннего обмена командами и данными пользователя между узлами кластера и сетью. Узел осуществляет администрирование всех узлов кластера, выполняет системные и сервисные функции для обеспечения работы кластера.

Для взаимодействия с пользователем узел «Cluster Admin» имеет интерфейсы UART и Bluetooth (BLE).

Структурная схема узла «Cluster Admin» представлена на рис. 5.4.

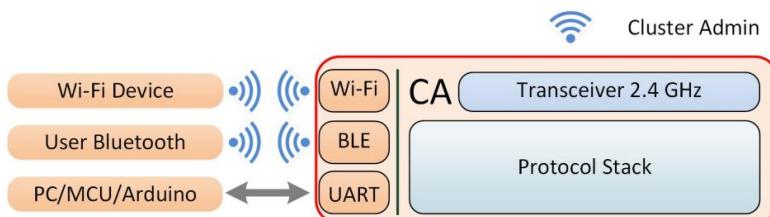


Рисунок 5.4 – Структурная схема узла «Cluster Admin»

Net Router

Узел «Net Router» предназначен для маршрутизации пакетов в сети в соответствии с установленным маршрутом. Освобождает другие узлы сети от участия в процессе маршрутизации и ретрансляции пакетов.

Реализация узла «Net Router» имеет два варианта: одиночный и сдвоенный. Одиночный роутер сначала принимает дейтаграмму, а затем передает. Общее время приема-передачи дейтаграммы составляет 50 мс с битрейтом 250 Kbps и 15 мс с битрейтом 2 Mbps.

В сдвоенном роутере /«Fast Router»/ один роутер принимает дейтаграмму, затем по интерфейсу UART пересыпает ее второму роутеру, который передает дейтаграмму в сеть. Время приема-передачи дейтаграммы составляет 27 мс битрейтом 250 Kbps.

Для взаимодействия с пользователем узел «Net Router» имеет интерфейсы UART и Bluetooth (BLE).

Структурная схема одиночного узла «Net Router» представлена на рис. 5.5.

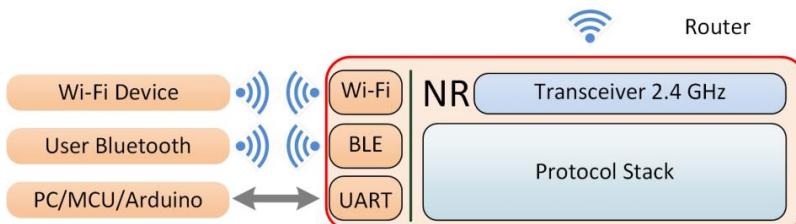


Рисунок 5.5 – Структурная схема одиночного узла «Net Router»

Сдвоенный роутер имеет два сетевых адреса и по два интерфейса UART и Bluetooth (BLE).

Структурная схема сдвоенного узла «Net Router» /«Fast Router»/ представлена на рис. 5.6.

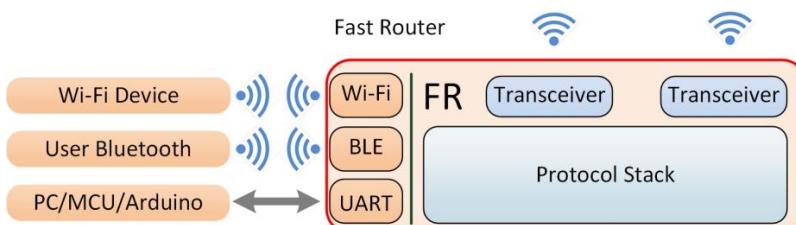


Рисунок 5.6 – Структурная схема сдвоенного узла «Net Router»

Net Monitor

Узел «Net Monitor» является сервисным инструментом администратора сети и предназначен для мониторинга состояния узлов сети и управления их режимами работы.

Структурная схема узла «Net Monitor» представлена на рис. 5.7.

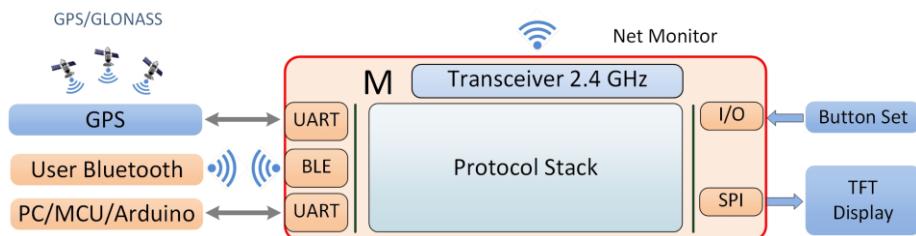


Рисунок 5.7 – Структурная схема узла «Net Monitor»

Режимы работы узлов сети

Узлы сети функционируют в режимах, которые устанавливаются посредством AT-команд. Для каждого узла сети поставлен в соответствие свой режим (табл 5.1).

Таблица 5.1 – Режимы работы узлов сети

Узел сети	Функция узла	AT-команда
«Net Controller»	Net Controller Net Master Net Node Net Monitor Drone Rx Drone Tx Drone Tx_Rx	AT+ROLE.Net_Controller AT+ROLE.Net_Master AT+ROLE.Net_Node AT+ROLE.Net_Monitor AT+ROLE.Drone_Rx AT+ROLE.Drone_Tx AT+ROLE.Drone_Tx_Rx
«Net Node»	Net Node Cluster Admin Net Router Drone Rx Drone Tx Drone Tx_Rx	AT+ROLE.Net_Node AT+ROLE.CLU_Admin AT+ROLE.Net_Router AT+ROLE.Drone_Rx AT+ROLE.Drone_Tx AT+ROLE.Drone_Tx_Rx

6. Назначение выводов печатных плат узлов сети

Узел «Net Controller»

Узел «Net Controller» имеет выводы для управления внешними устройствами и получения сигналов от них (ADC, DAC, PWM, Servo, I/O), а также коммуникационные интерфейсы UART, I²C, SPI.

Остальные узлы сети имеют в своем составе только интерфейсы UART и Bluetooth (BLE).

Все узлы питаются напряжением 3,3 В - 4,2 В.

Назначение выводов узла «Net Controller» представлено на рис. 6.1.

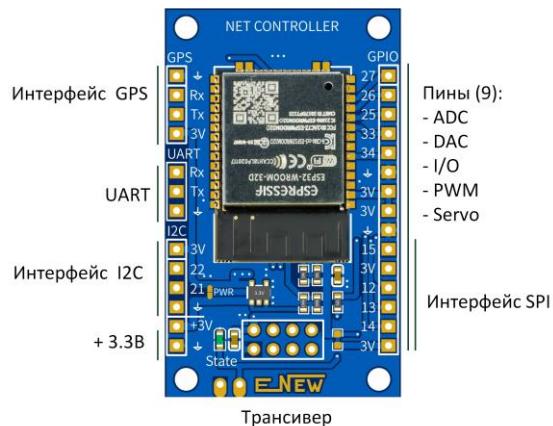


Рисунок 6.1 – Назначение выводов узла «Net Controller»

Узлы сети: «Net Node», «Cluster Admin», «Net Router», «Net Master»

Узлы сети: «Net Node», «Cluster Admin», и «Net Router» имеют идентичные печатные платы и назначение выводов. Различия имеются только в программном обеспечении и выполняемых функциях.

Назначение выводов вышеперечисленных узлов представлено на рис. 6.2.

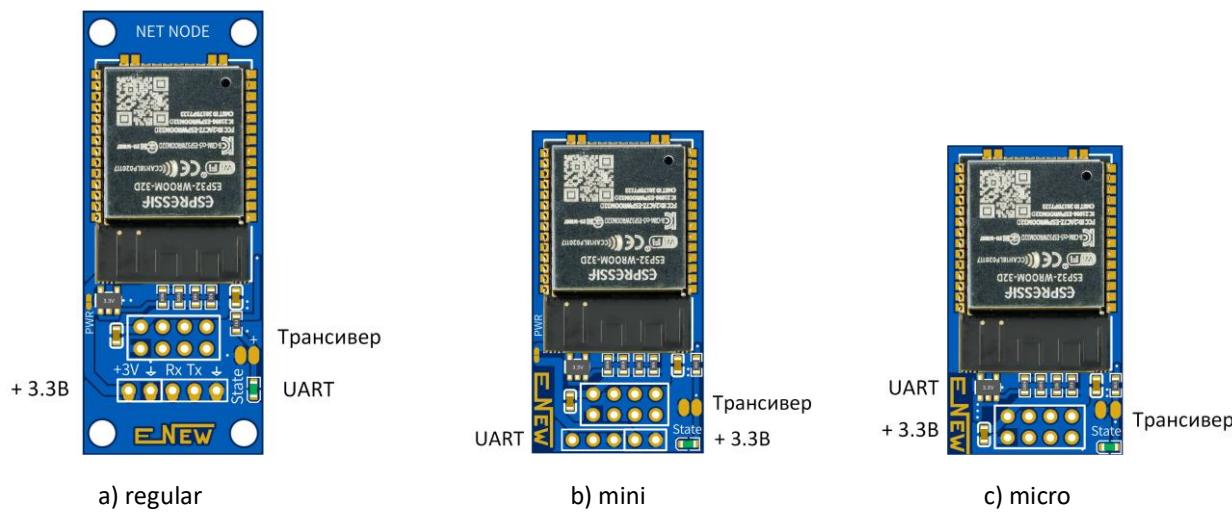


Рисунок 6.2 – Назначение выводов остальных узлов сети

7. Архитектура и масштабирование сети

Архитектура сети «Easy Net Everywhere» позволяет пользователю легко масштабировать и создавать сеть, оптимально подходящую для решения конкретной задачи.

В общем виде архитектура сети «Easy Net Everywhere» представлена на рис. 7.1.

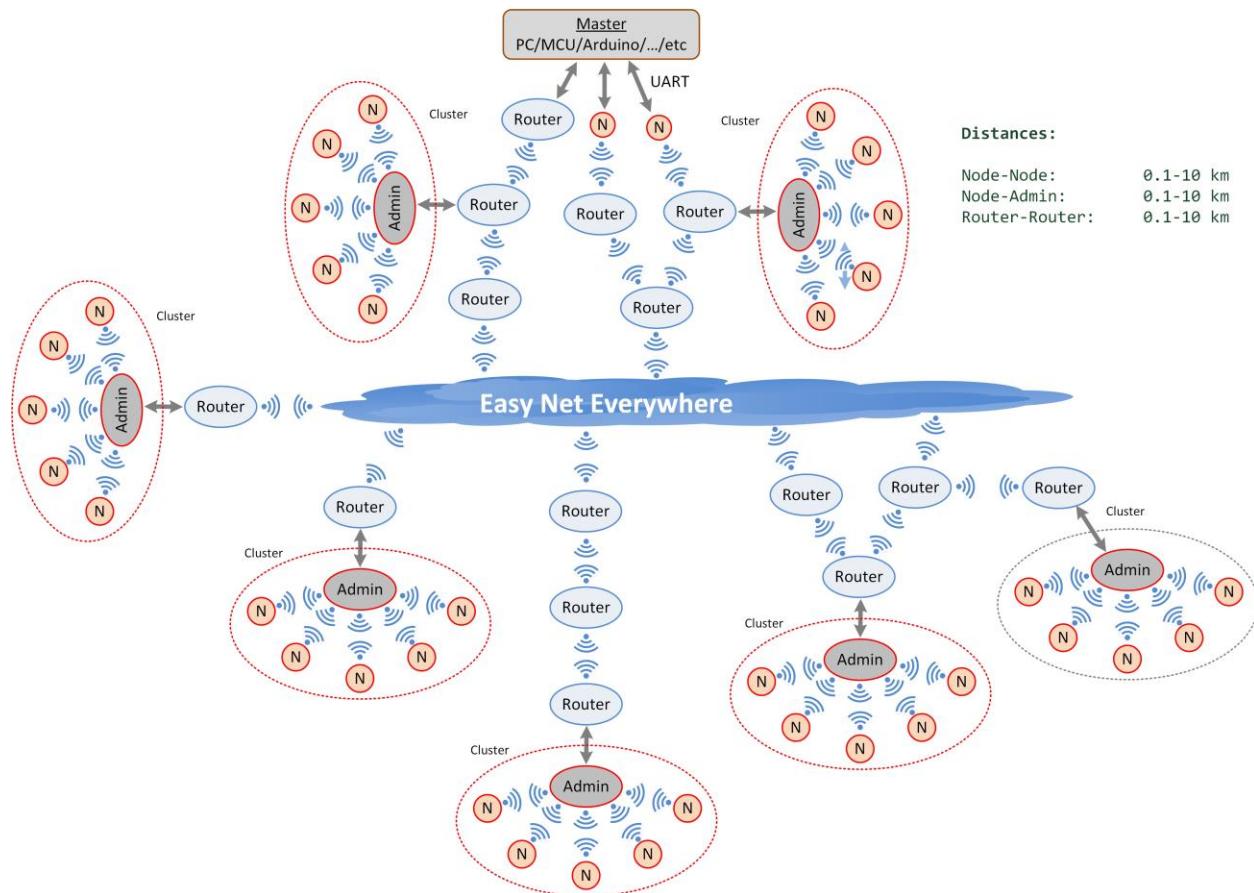


Рисунок 7.1 – Архитектура сети «Easy Net Everywhere»

Масштабирование сети

Архитектура сети «Easy Net Everywhere» является легко масштабируемой.

Например, для построения системы «Smart Home», которая содержит небольшое количество узлов на небольшой площади в условиях низкого трафика, применение роутеров и репитеров нецелесообразно.

Однако, в территориально распределенной системе со множеством узлов и расстояниями между узлами более 10 км, использование роутеров является необходимостью.

Масштабирование сети реализуется в соответствии со следующими моделями:

- Модель «Simple Net»;
- Модель «Light Cluster Net»;
- Модель «Medium Cluster Net»;
- Модель «Union Cluster Net».

Модель сети «Simple Net» устанавливает режим работы простой сети с аморфной архитектурой и аморфной топологией без использования роутеров и других узлов. В этой модели каждый узел сети имеет прямой доступ ко всем другим узлам сети, если это разрешено администратором.

Все узлы по умолчанию равнозначны. Мастером сети может стать любой узел, к которому в данный момент подключился пользователь. Поэтому сеть может иметь несколько Мастеров сети, если это разрешено администратором.

Такая модель рекомендуется для создания очень малых локальных сетей с небольшим трафиком.

Архитектура сети с одним Мастером сети на основе модели «Simple Net» представлена на рис. 7.2.

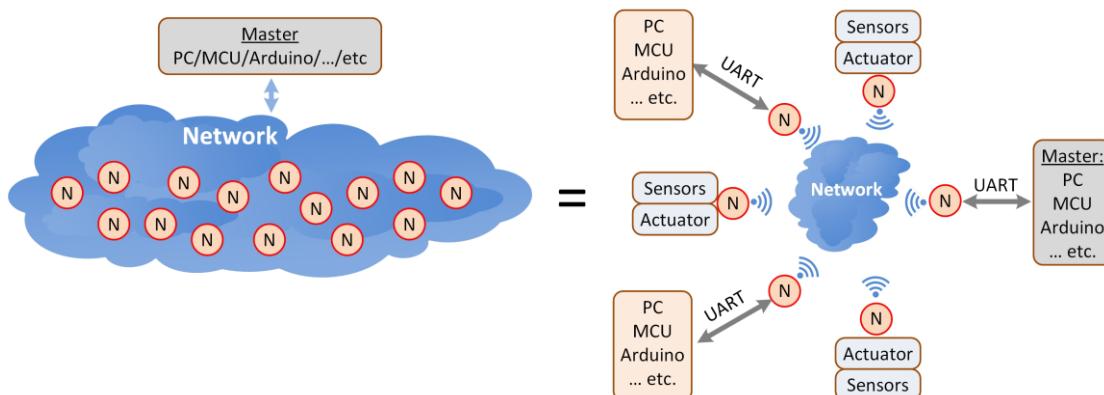


Рисунок 7.2 – Архитектура сети с одним Мастером сети на основе модели «Simple Net»

Физическая реализация архитектуры сети «Simple Net» представлена на рис. 7.3.

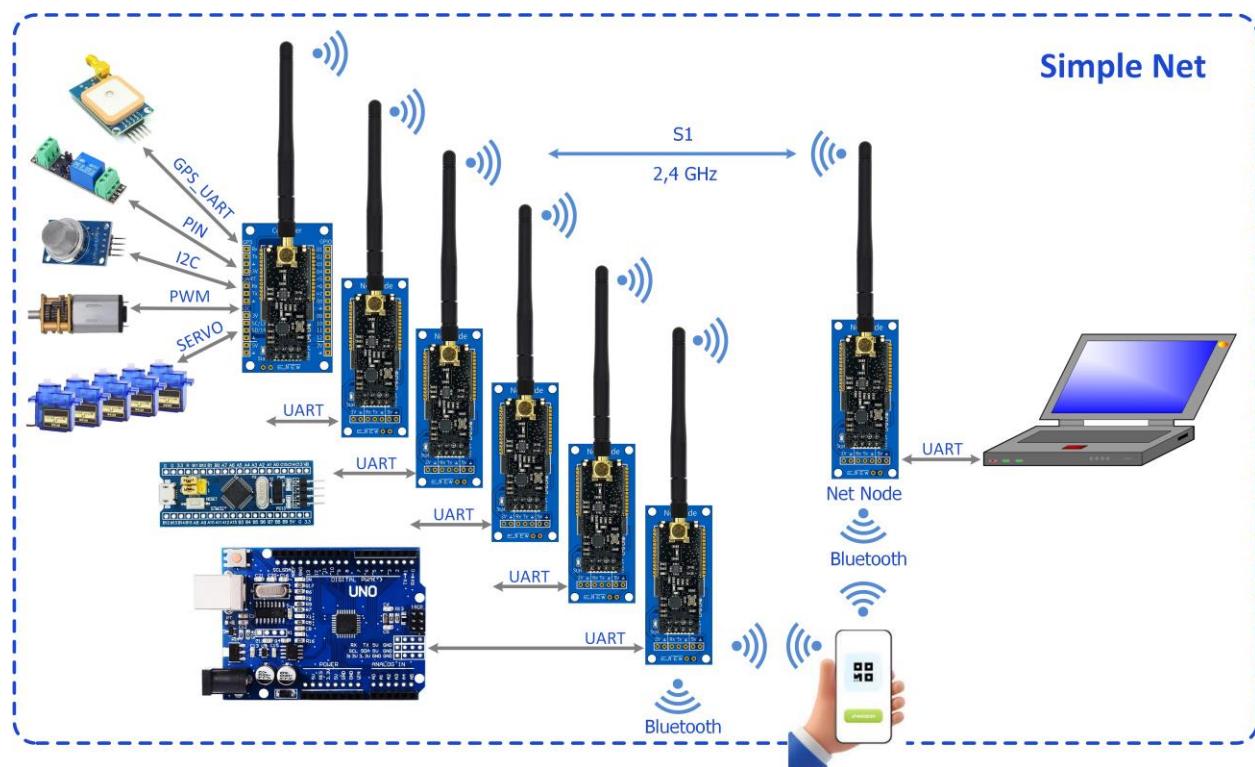


Рисунок 7.3 – Физическая реализация архитектуры сети «Simple Net»

Значение дистанции S_1 зависит от используемого трансивера и антенны. Например, при использовании штатной антенны и трансивера NRF24L01+PA+LNA дистанция S_1 составляет 1-5 км, а при использовании трансивера E01-2G4M27D – до 10 км.

Модель сети «Light Cluster Net» устанавливает режим работы сети с одним или несколькими кластерами без использования роутеров. В этом режиме доступ к узлам кластера осуществляется через узел «Cluster Admin», который инкапсулирует в кластер узлы сети и освобождает пользователя от работы по управлению узлами «Net Controller» и «Net Node».

Узлы «Cluster Admin» имеют прямую связь с узлом «Net Master» по интерфейсу UART со скоростью до 921600 baud.

Такая модель рекомендуется для создания небольших локальных сетей с небольшим трафиком. В этой модели каждый узел сети имеет прямой доступ ко всем другим узлам сети, если это разрешено администратором.

Архитектура сети на основе модели «Light Cluster Net» представлена на рис. 7.4.

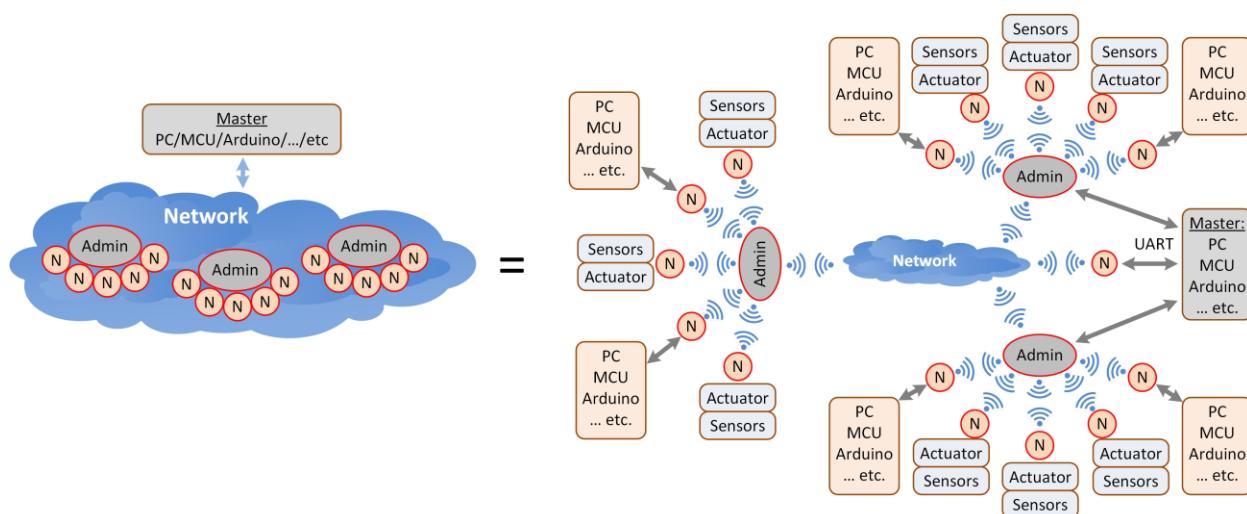


Рисунок 7.4 – Архитектура сети на основе модели «Light Cluster Net»

Физическая реализация кластера сети «Light Cluster Net» представлена на рис. 7.5.

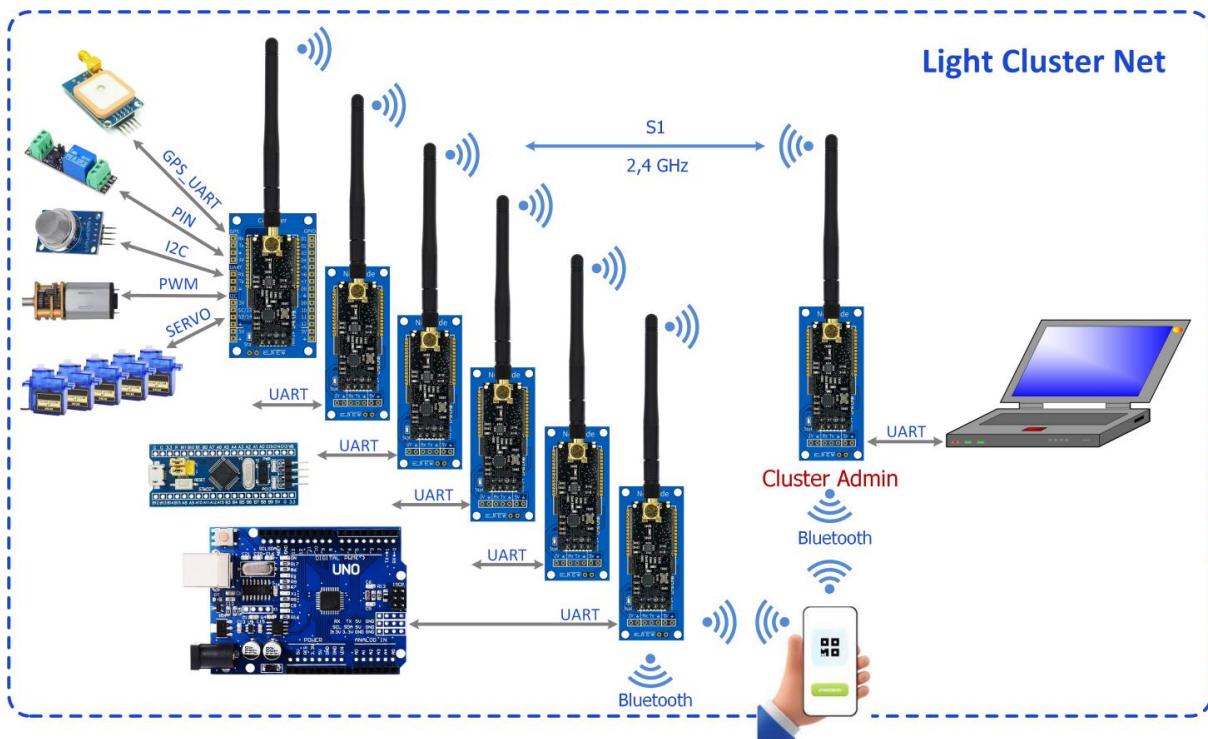


Рисунок 7.5 – Физическая реализация кластера сети «Light Cluster Net»

Модель «Medium Cluster Net» устанавливает режим работы сети с несколькими кластерами с использованием роутеров и относительно высоким трафиком в условиях наличия препятствий для прохождения сетевых пакетов.

Доступ к узлам сети также осуществляется через узел «Cluster Admin».

Такая модель рекомендуется для создания территориально-распределенных сетей с относительно высоким трафиком. В этой модели каждый узел сети имеет прямой доступ ко всем другим узлам сети, если это разрешено администратором.

Физическая реализация кластера сети «Medium Cluster Net» представлена на рис. 7.6.

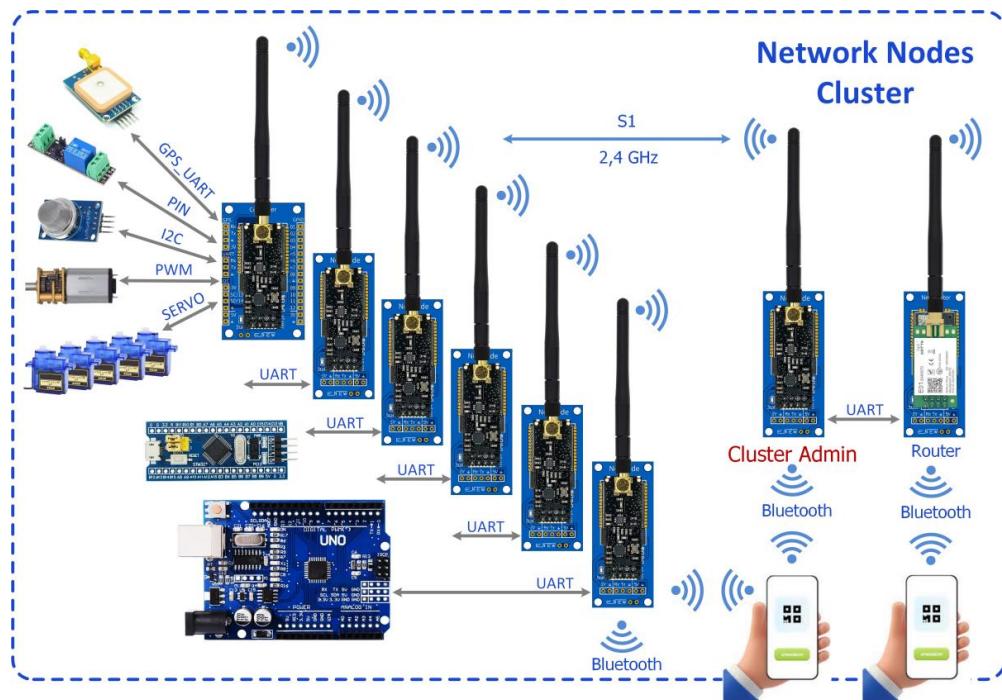


Рисунок 7.6 – Физическая реализация кластера сети «Medium Cluster Net»

Архитектура сети на основе модели «Medium Cluster Net» представлена на рис. 7.7.

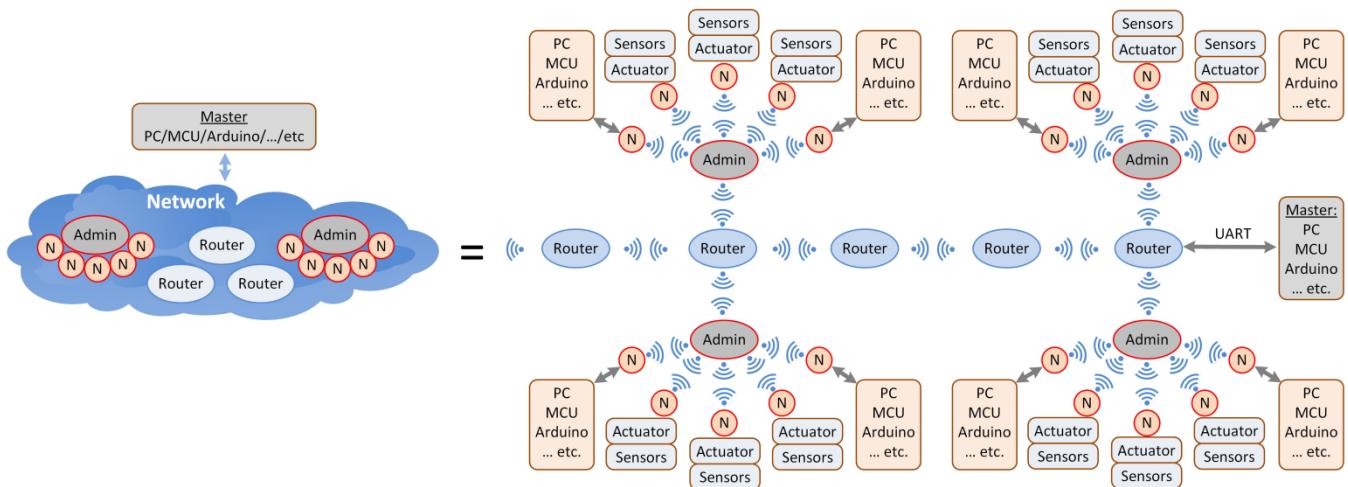


Рисунок 7.7 – Архитектура сети на основе модели «Medium Cluster Net»

Использование роутеров позволяет пользователю назначать и изменять маршруты прохождения пакетов, оптимально распределить сетевой трафик и обойти физические объекты (здания, лесополосы и т.д.), препятствующие обмену данными между объектами сети.

Физическая реализация сети «Medium Cluster Net» представлена на рис. 7.8.

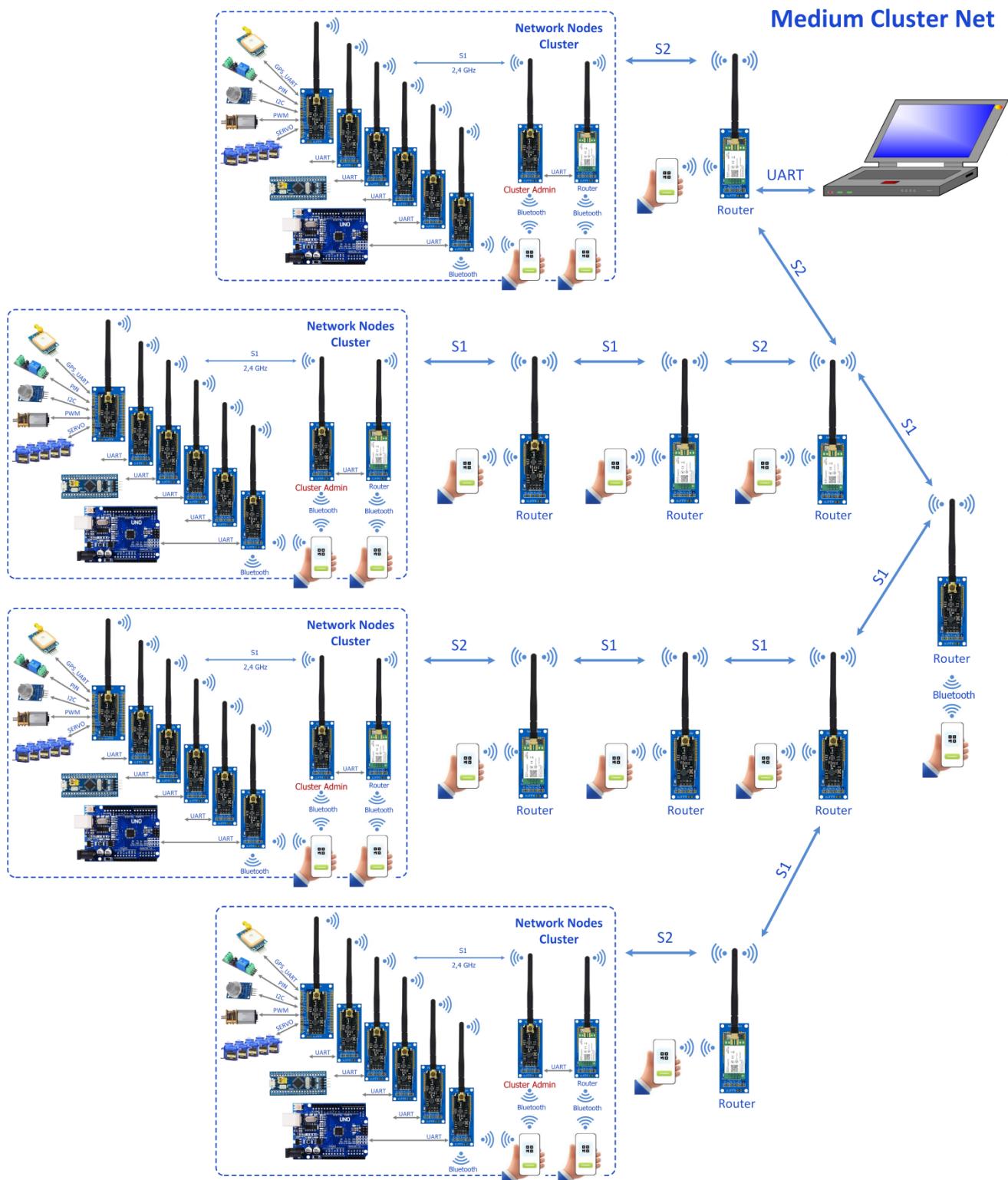


Рисунок 7.8 – Физическая реализация сети «Medium Cluster Net»

При построении сети следует учитывать, что при совместном использовании разных трансиверов дистанция стабильной связи **S2** будет равна наименьшему значению **S1**,

где: **S1** – дистанция для трансивера NRF24L01+PA+LNA (до 5 км);

S2 - дистанция для трансивера E01-2G4M27D (до 10 км).

Модель «Union Cluster Net» объединяет несколько локальных сетей Easy Net Everywhere с разной архитектурой в единую систему. Использование сетей Internet и GSM дает возможность построения глобальной сети Easy Net Everywhere с учетом определенных ограничений.

Архитектура сети на основе модели «Union Cluster Net» представлена на рис. 7.9.

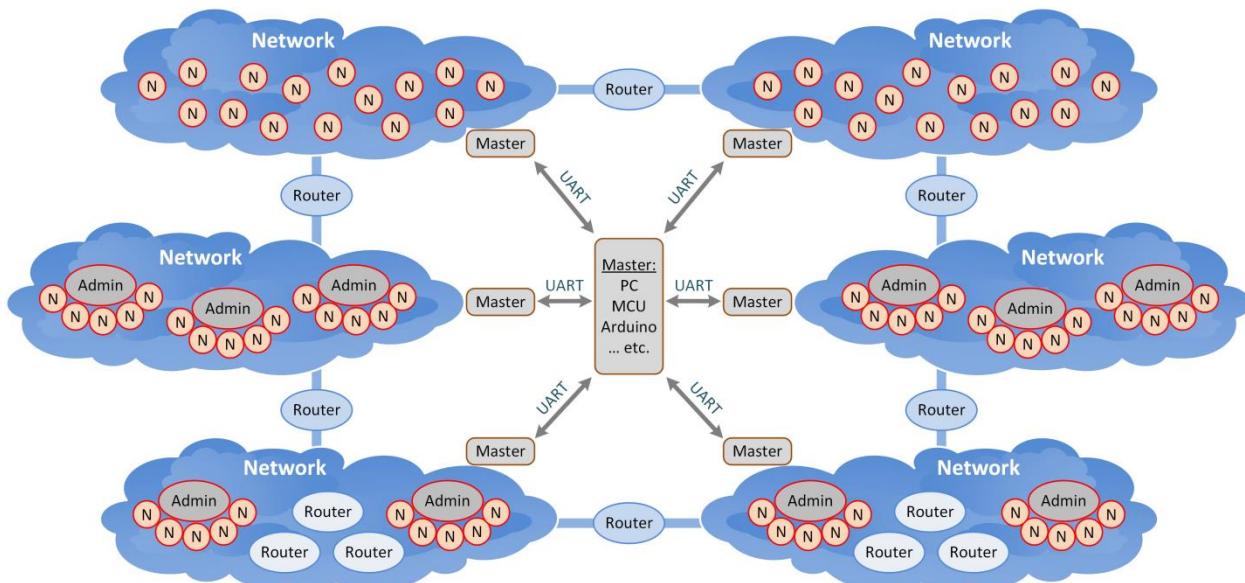


Рисунок 7.9 – Архитектура сети на основе модели «Union Cluster Net»

8. Адресация узлов в сети

Каждый узел сети имеет свой уникальный адрес. В модели сети «Simple Net» полный адрес узла состоит из двух компонентов: адреса сети и номера узла.

В остальных моделях сети полный адрес узла состоит из трех компонентов: адреса сети, адреса кластера и номера узла в кластере.

Длина адреса сети составляет 1 байт и адресует 254 сети.

Длина адреса кластера составляет 4 бита и адресует 14 кластеров.

Длина номера узла составляет 4 бита и адресует 15 узлов.

Формат адреса узла представлен на рис. 8.1.

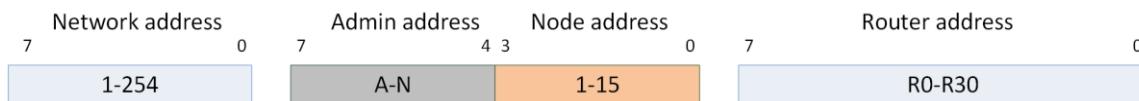


Рисунок 8.1 – Формат адреса узла сети

Разделение адресного пространства сети

Адресное пространство сети разделено на сегменты по функциональному признаку устройств:

- Администраторы кластера занимают диапазон адресов: A0-N0/0x00-0xD0.
- Узлы кластера имеют номера: A1-A15/0x01-0x0F ... N1-N15/0xD1-0xDF
- Роутеры занимают диапазон адресов: R0-R30/0xE0-0xFE/

Разделение адресного пространства сети на сегменты представлено на рис. 8.2.

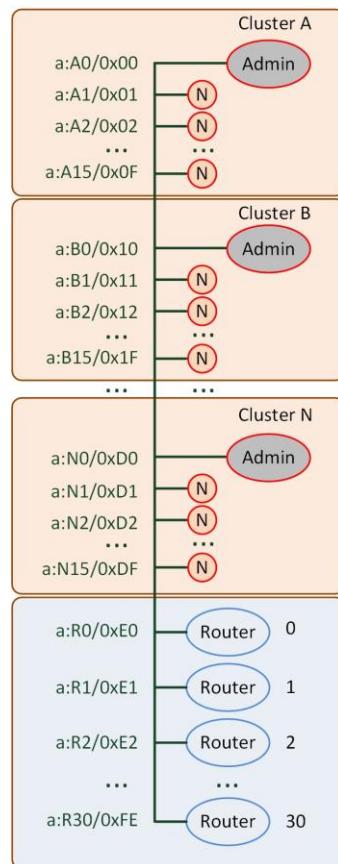


Рисунок 8.2 – Разделение адресного пространства сети на сегменты

Адреса узлов сети представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Адреса узлов сети

Cluster Admin address		Node address		Full Node address		Router address			
alias:	hex:	alias:	hex:	alias:	hex:	alias:	hex:	alias:	hex:
A	0x00	1	0x01	A1-A15	0x01-0x0F	R0	0xE0	R16	0xF0
B	0x10	2	0x02	B1-B15	0x11-0x1F	R1	0xE1	R17	0xF1
C	0x20	3	0x03	C1-C15	0x21-0x2F	R2	0xE2	R18	0xF2
D	0x30	4	0x04	D1-D15	0x31-0x3F	R3	0xE3	R19	0xF3
E	0x40	5	0x05	E1-E15	0x41-0x4F	R4	0xE4	R20	0xF4
F	0x50	6	0x06	F1-F15	0x51-0x5F	R5	0xE5	R21	0xF5
G	0x60	7	0x07	G1-G15	0x61-0x6F	R6	0xE6	R22	0xF6
H	0x70	8	0x08	H1-H15	0x71-0x7F	R7	0xE7	R23	0xF7
I	0x80	9	0x09	I1-I15	0x81-0x8F	R8	0xE8	R24	0xF8
J	0x90	10	0x0A	J1-J15	0x91-0x9F	R9	0xE9	R25	0xF9
K	0xA0	11	0x0B	K1-K15	0xA1-0xAF	R10	0xEA	R26	0xFA
L	0xB0	12	0x0C	L1-L15	0xB1-0xBF	R11	0xEB	R27	0xFB
M	0xC0	13	0x0D	M1-M15	0xC1-0xCF	R12	0xEC	R28	0xFC
N	0xD0	14	0x0E	N1-N15	0xD1-0xDF	R13	0xED	R29	0xFD
Address range		15	0x0F	Address range		R14	0xEE	R30	0xFE
A-N	0x00-0xD0			A1-N15	0x01-0xDF	R15	0xEF		

Пример адресации узлов сети

Если узлы принадлежат к одной сети, то адрес сети не указывается.

Пример адресации узлов сети представлен на рис. 8.3.

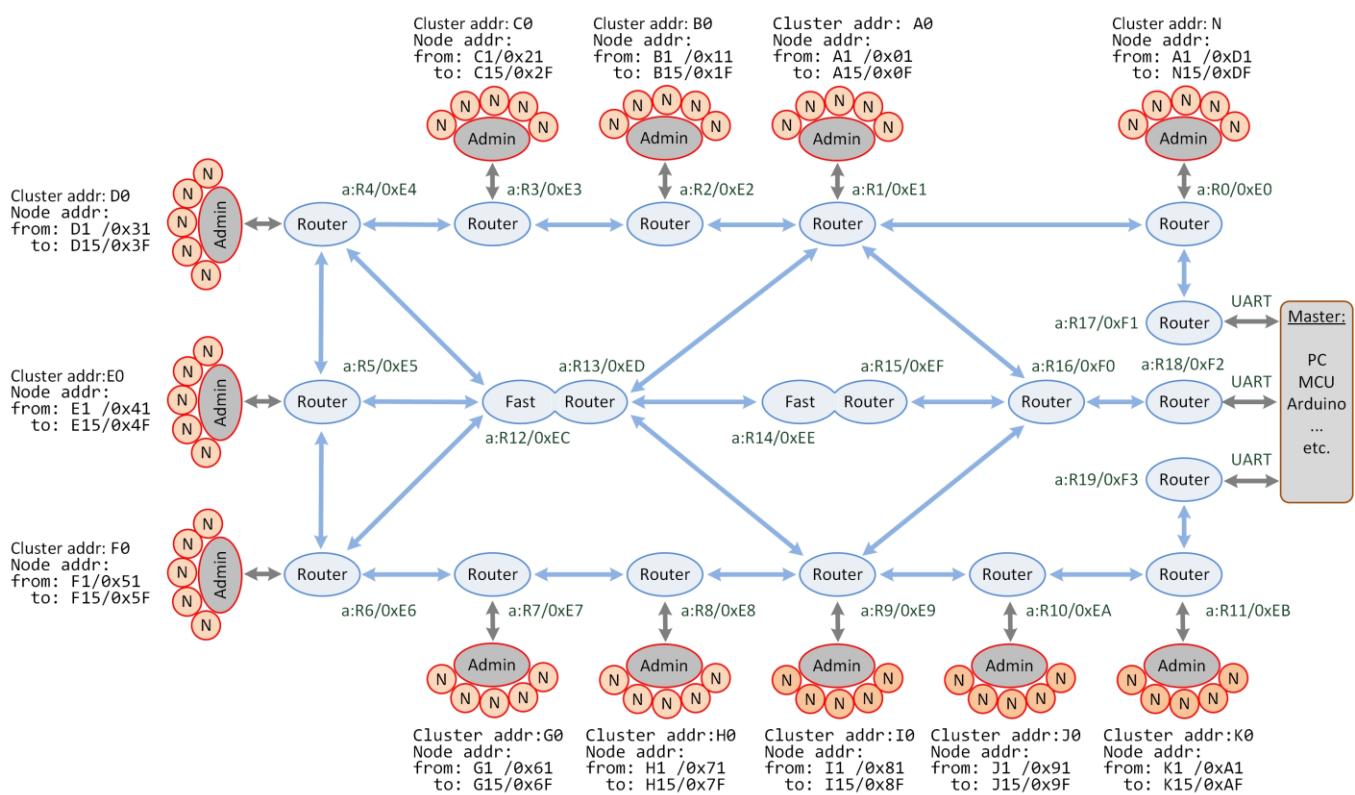


Рисунок 8.3 – Пример адресации узлов сети

9. Подключение оборудования для работы в сети

Подключение оборудования для обмена данными в сети является простой задачей.

Все устройства подключаются к узлам сети через последовательный интерфейс UART в соответствии с рис. 6.1 и 6.2.

Компьютеры и микроконтроллеры можно подключать к узлам сети в любой комбинации. Пример подключения компьютеров к узлам сети представлен на рис. 9.1.

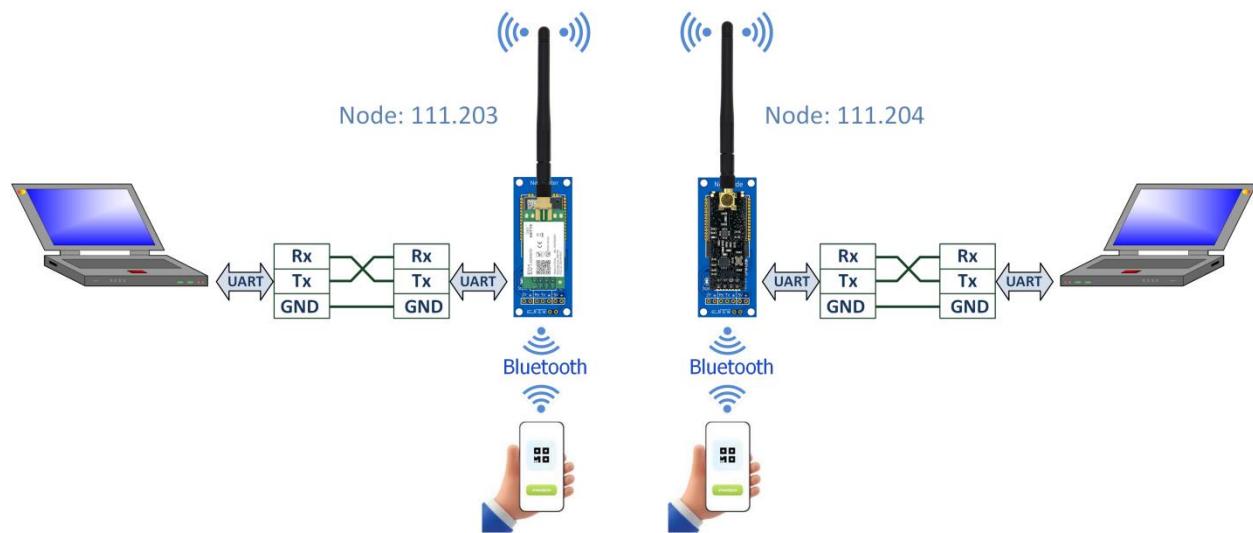


Рисунок 9.1 – Подключение компьютеров к узлам сети

Пример подключения контроллеров к узлам сети представлен на рис. 9.2.

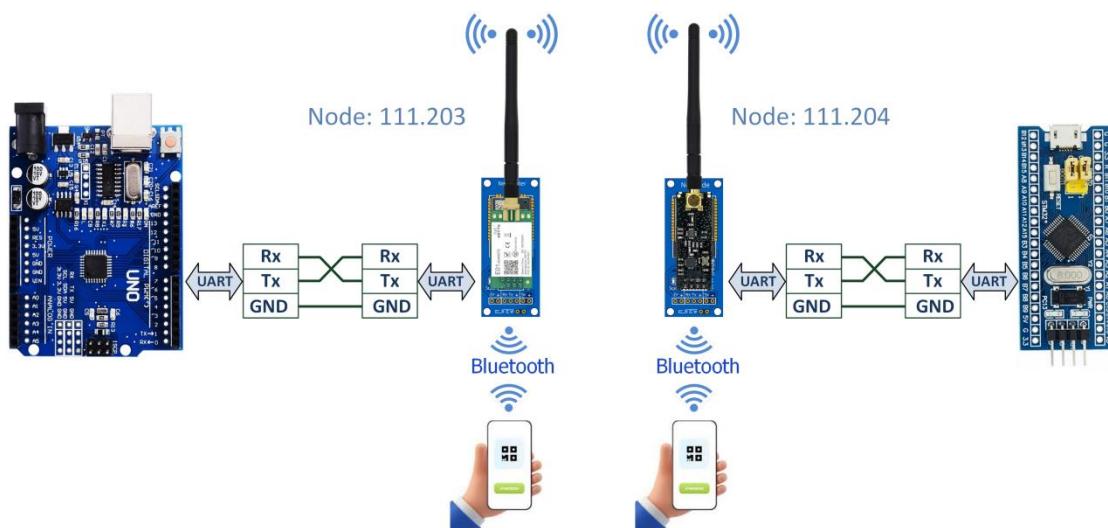


Рисунок 9.2 – Подключения контроллеров к узлам сети

Если параметры узлов сети установлены правильно, то сеть начинает функционировать. Перед началом эксплуатации сети рекомендуется:

1. Просканировать каналы и установить номер главного канала в середине самого большого участка доступных каналов.
2. Выполнить тестирование узлов сети с помощью набора встроенных тестов.

10. Подготовка узлов сети к работе

Для подготовки узла сети к работе необходимо подключить его к источнику питания 3,3 В - 4.2 В, как указано на рисунках 6.1 и 6.2.

Для взаимодействия пользователя с узлом сети через компьютер, микроконтроллер или через плату Arduino, необходимо разъем UART узла подключить к разъему UART соответствующего устройства и для первого сеанса работы установить скорость 115200 baud. В дальнейшем скорость UART можно установить 921600 baud.

Для подключения узла к компьютеру используется любой конвертор UART-USB. Через USB-Hub к компьютеру можно подключить несколько узлов сети.

После этого можно включить питание узла и выполнить соответствующие настройки узла с помощью любой терминальной программы.

Настройки узла можно выполнить через планшет/смартфон с помощью программы «Serial Bluetooth Terminal» (автор Kai Morich, Приложение 1).

Для этого достаточно соединиться с узлом по интерфейсу Bluetooth (BLE) и выполнить соответствующие настройки.

Эту процедуру необходимо выполнить для каждого узла сети.

Первое включение узла

Если все подключения выполнены правильно, то при включении питания в окне терминала появится следующее сообщение:

```
> Node 123 ready to start. Wait...
*****
*   Easy Net EveryWhere
* -----
*   Network.mode:    SIMPLE_NET
*   Radio.bitrate:  250Kb
*   UART.baud:      921600
*   Bluetooth:      ON 123 NET_NODE
*****
>> Net Controller 123 started
```

Это означает, что узел работоспособен и готов к работе. После этого необходимо выполнить настройку параметров узла.

Для настройки узла необходимо воспользоваться AT-командами, которые могут быть отправлены узлу из окна UART - терминала или с планшета/смартфона. (Приложение 2).

AT-команды выполняют функции интерфейса для взаимодействия пользователя с узлом сети.

Примечание:

Посмотреть текущие параметры узла можно с помощью команды: «AT+NOD.config»

11. Тестирование сети

Тест работоспособности узлов сети

Для проверки работоспособности узлов сети необходимо подключить узлы в соответствии с рис. 11.1. На компьютере должна быть установлена любая терминальная программа.



Рисунок 11.1 – Подключение узлов сети для тестирования

Тест качества связи между двумя узлами на установленном канале запускается AT-командой «AT+LINK target[,period]». Следует учесть, что AT-команда имеет обязательный параметр, который необходимо ввести и необязательный, который можно не указывать. Обязательным параметром является адрес узла-получателя, к которому будет обращение. Пример ввода со смартфона показан на рис. 11.2.а.

После правильного ввода команды запустится тест в котором значение инкрементного счетчика на стороне узла-отправителя будет передаваться узлу-получателю. Процесс выполнения теста будет отображаться в окне терминала на смартфоне, как показано на рис 11.2.б и в окне терминала на компьютере (рис 11.2.с).

Количество ошибок служит критерием для определения качества связи на выбранном канале.

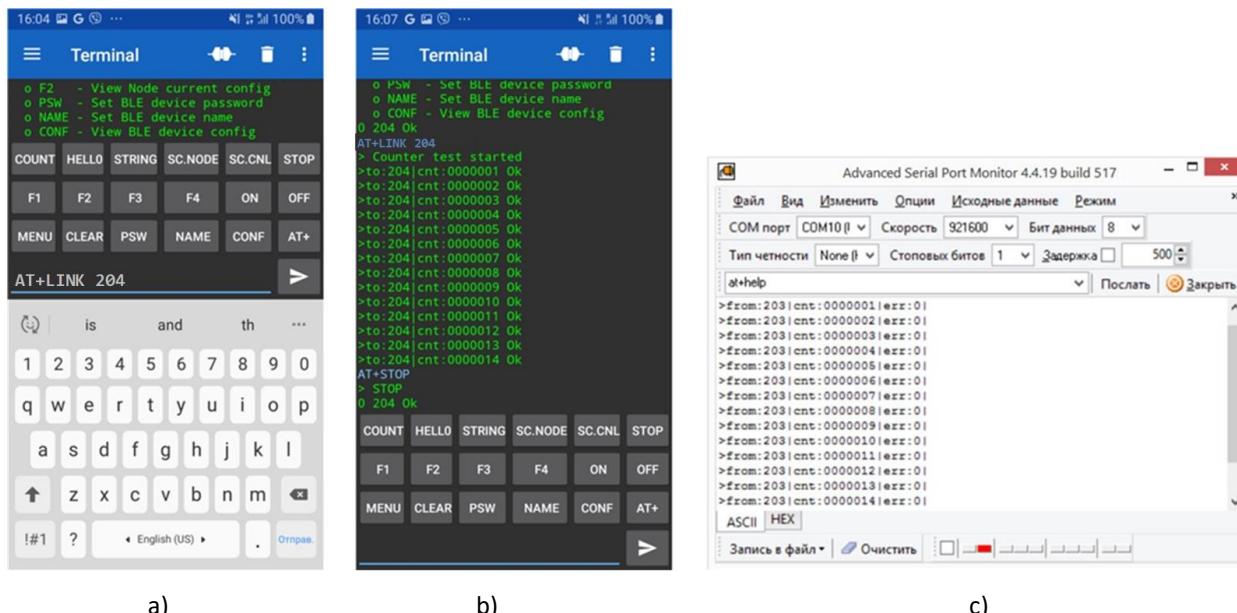


Рисунок 11.2 – Запуск и выполнение тестовой команды «AT+LINK target[,period]»

Тест максимальной дистанции обмена данными между двумя узлами сети

Для проверки максимальной дистанции обмена данными между двумя узлами сети с визуализацией данных теста необходимы два узла «Net Controller» для которых дополнительно нужно:

- впаять коннекторы PLS и PBD-8 (есть в комплекте);
- подключить TFT дисплей 128x160 (ST7735 SPI), кнопки для управления меню и модуль GPS (в комплекте отсутствуют) в соответствии с рис. 10.3.

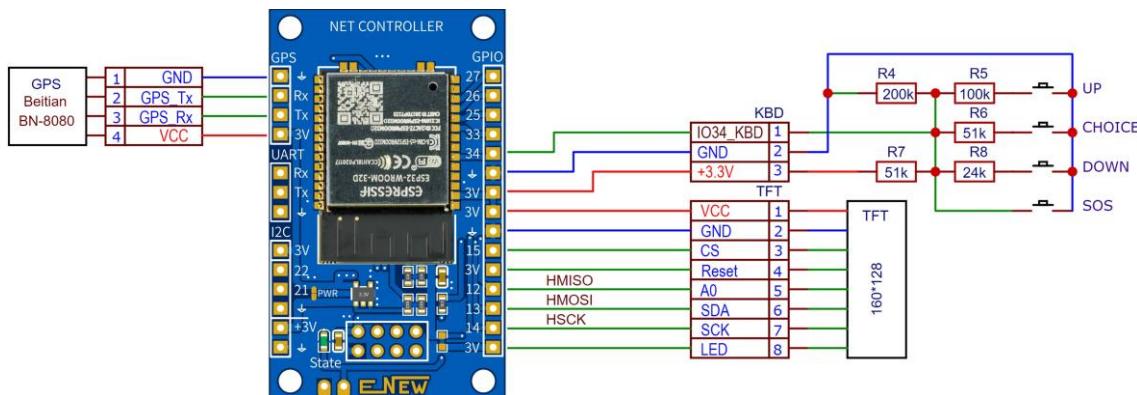


Рисунок 11.3 – Подключение внешних устройств к контроллеру для тестирования трансиверов

Для выполнения теста узлы «Net Controller» должны иметь разные сетевые адреса. Один узел будет отправителем, а второй – получателем тестовых пакетов со значениями инкрементного счетчика и данных GPS.

Перед запуском теста AT-командой «AT+ROLE.MONITOR» для каждого узла необходимо установить режим работы «Net Monitor» :

```
AT+ROLE.MONITOR
ответ:
> Node role: Net Monitor
```

Запуск теста осуществляется выбором пункта меню «Main Menu» -> «Service» -> «Data Transfer Test».

На дисплеях узлов будет отображаться синхронизированные значения инкрементного счетчика, значение счетчика ошибок передачи данных и дистанция между узлами сети.

Примечание: пакет тестовых данных содержит значение инкрементного счетчика и текущие данные GPS. Значение инкрементного счетчика увеличивается только по событию получения квитанции от получателя на отправленный пакет. Событие получения квитанции свидетельствует о том, что данные гарантированно доставлены.

Если дистанция между узлами будет большой или между узлами отсутствует прямая видимость, то пакеты данных узла-отправителя могут не поступать к узлу-получателю или квитанция узла-получателя на принятый пакет может быть не принята узлом-отправителем.

В этом случае значение инкрементного счетчика остается без изменений. Текущие данные GPS передаются всегда. Дистанция между узлами определяется как разница координат узла-отправителя и узла-получателя.

Дистанция между узлами отображается на TFT дисплее, на смартфоне и выводится в UART.

В случае возобновления сеанса связи узел-получатель без потерь получит те данные, которые не были получены.

Тест пропускной способности канала передачи данных

Для тестирования пропускной способности канала передачи данных используется тест «*HELLO*». Тест запускается на нескольких узлах, которые посылают сообщение «Hello from node» одному узлу.

Тест запускается командой «*AT+HELLO target[,period]*». Процесс выполнения теста будет отображаться в окне терминала на смартфоне, как показано на рис. 11.4.а и в окне терминала на компьютере (рис. 11.4.б). Количество возникающих коллизий служит критерием определения пропускной способности канала.

На рис. 11.4.с отображен вывод в окно терминала смартфона результата выполнения команды сканирования каналов «*AT+CNL.scan*». Из результата сканирования следует, что занятыми каналами являются каналы 0-34, а каналы 37-126 можно использовать. Символ « # » в списке каналов обозначает главный канал сети.

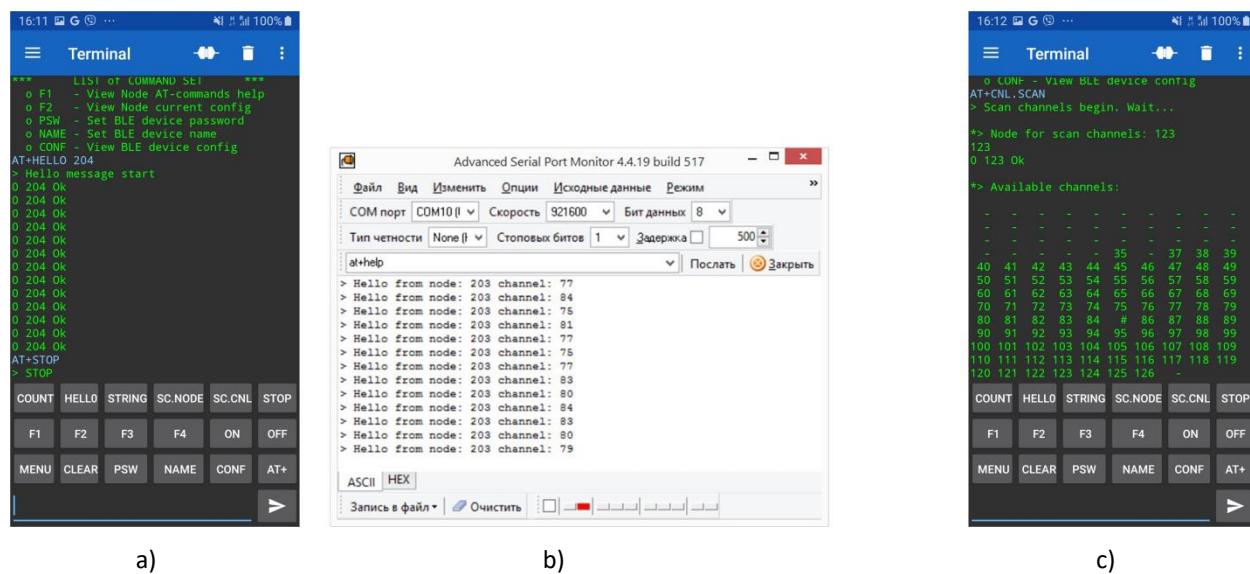


Рисунок 11.4 – Выполнение тестовой команды «*AT+HELLO target[,period]*»

На рисунке 11.5 представлен вывод в окно терминала планшета сообщений тестовой команды «*AT+HELLO target[,period]*» в процессе выполнения. В teste участвуют 6 узлов.

Узел 203 – получатель, а узлы 204, 205, 206, 207, 208 – отправители.

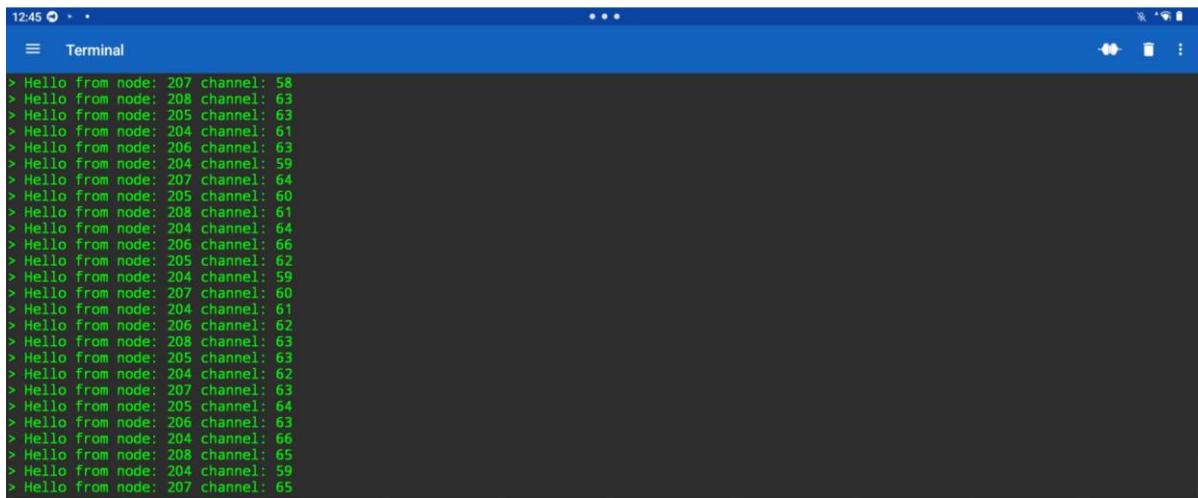


Рисунок 11.5 – Выполнение тестовой команды «*AT+HELLO target[,period]*» на 6 узлах

На рисунке 11.6 представлен вывод сообщений того же теста в окна терминалов на компьютере через порты UART.

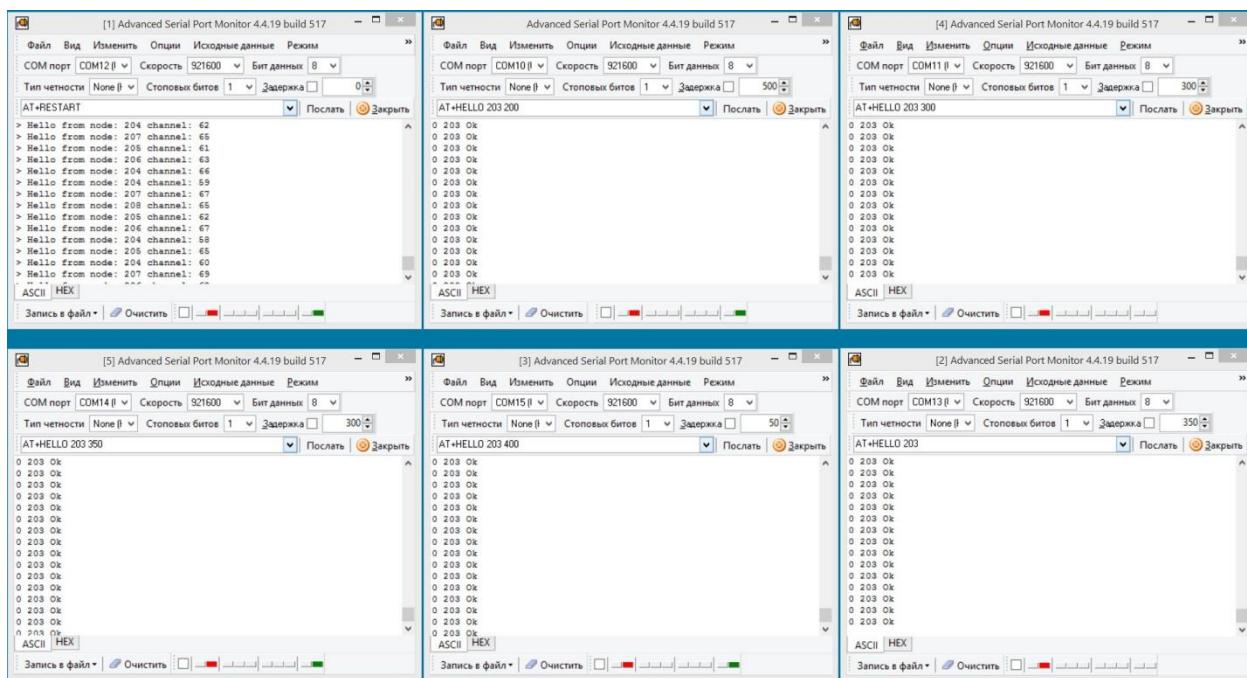


Рисунок 11.6 – Выполнение тестовой команды «AT+HELLO target[,period]» на 6 узлах

Примечание:

Строка «0 203 Ok» в окне терминала (рис. 11.6) обозначает:

0 – код квитанции успешной доставки пакета;

203 – адрес узла-получателя;

Ok – символьный эквивалент кода квитанции.

12. Передача команд и данных в сети. Примеры

Порядок следования байтов в передаваемом сообщении не изменяется. Узел-получатель принимает данные из сети и выводит их в порт UART в том же порядке, в котором они поступили в порт UART узла-отправителя.

То есть, для пользователя процесс передачи данных является прозрачным, как показано на рис. 12.1.

Скорость портов UART узлов устанавливается пользователем с учетом особенностей приемных и передающих устройств.

Например, скорость порта UART узла-отправителя может быть 921600 baud, а скорость порта UART узла-приемника – 115200 baud.



Рисунок 12.1 – Порядок следования байтов в передаваемом сообщении

Установка адреса узла-получателя

Для отправки данных необходимо установить адрес узла-получателя в символьном или цифровом формате.

Установка адреса узла-получателя осуществляется тремя способами:

Способ 1: Использование AT-команды `AT+TRG.addr addr` или `AT+CLU.targ num`

В EEPROM узла-отправителя будет сохранен адрес узла-получателя. Все последующие транзакции по умолчанию будут осуществляться только с этим узлом.

Пример:

```
AT+TRG.addr 203          //target address = 203
Hello! This is a simple message //message to node 203
AT+CLU.targ A5           //target address: A5(Cluster = A, node = 5)
Hello! This is a simple message //message to node A5
```

Способ 2: Установка адреса узла-получателя в начале сообщения. Адрес в EEPROM не сохраняется. Все последующие транзакции будут осуществляться только с этим узлом.

Пример:

Символьный формат:

```
*203*Hello! This is a simple message //message to node 203
*205*Hello! This is a simple message //message to node 205
//
*A5*Hello! This is a simple message //message to node A5
*B7*Hello! This is a simple message //message to node B7
```

Цифровой формат:

```
#CB#Hello! This is a simple message      //message to node 203 = 0xCB
#CD#Hello! This is a simple message      //message to node 205 = 0xCD
```

Способ 3: Установка адреса узла-получателя в отдельном сообщении. Адрес в EEPROM не сохраняется. Все последующие транзакции будут осуществляться только с этим узлом.

Пример:**Символьный формат:**

```
*203*                                //target address = 203
Hello! This is a simple message        //message to node 203
//
*B7*
Hello! This is a simple message        //message to node B7
```

Цифровой формат:

```
#CB#                                //target address = 203/0xCB
Hello! This is a simple message        //message to node 203
```

Отправка команд и данных пользователя узлу-получателю

Узлу-получателю могут быть отправлены любые данные в символьном и цифровом формате.

Данные могут быть форматированы, если данные являются командной строкой со списком параметров или быть простой текстовой строкой.

Задача формирования пакета отправляемых данных и задача парсинга принятых данных лежит на пользователе. Узел-получатель выводит в UART данные в том же порядке, в каком они были отправлены узлом-отправителем.

Пример 1:

Передача узлу 203 произвольной команды пользователя !XXXX! с параметрами в символьном формате.

```
char DATA_OUT[] = "**203*!XXXX!12,12345,234567,345.678";
printf(DATA_OUT);    //send data to network
```

Передача узлу 01.05 команды !XXXX! с параметрами в символьном формате.

```
char DATA_OUT[] = "*A5*!XXXX!12,12345,234567,345.678";
printf(DATA_OUT);    //send data to network
```

На стороне узла-получателя данные можно принять следующим образом (пример):

```
#include "Parser.h"
enum package{_cmd,_parm_1,_parm_2,_parm_3,_parm_4}; //data format
byte DATA_IN[150];
char* command;
int8 var_8; int16 var_16;
int32 var_32; float var_fl;

//== input data parsing
parse_data(DATA_IN);
//== get parameters
command = get_param_string(_cmd);           // command = !XXXX!
var_8 = get_param_byte(_parm_1);             // var_8 = 12
var_16 = get_param_short(_parm_2);           // var_16 = 12345
var_32 = get_param_int32(_parm_3);           // var_32 = 234567
var_fl = get_param_float(_parm_4);           // var_fl = 345.678
```

13. Управление узлами сети

Управление локальными узлами сети осуществляется посредством AT - команд через интерфейс UART, через Bluetooth (BLE) и через другой узел сети.

Управление удаленными узлами сети также осуществляется посредством AT – команд но с указанием адреса узла перед AT-командой.

AT – команды позволяют удаленно конфигурировать узлы сети и управлять пинами узла «Net Controller».

Назначения выводов узла «Net Controller»

На печатной плате узла «Net Controller» пользователь может использовать 9 pinов: GPIO_27, GPIO_26, GPIO_25, GPIO_33, GPIO_34, GPIO_15, GPIO_12, GPIO_13 и GPIO_14. Каждый pin может выполнять несколько функций. Функции pinов представлены в табл.13.1.

Таблица 13.1 - Узел «Net Controller». Функции pinов

GPIO	Канал ADC	DAC	PWM, SERVO
27	2		1
26	2	2	2
25	2	1	3
33	1		4
34*	1		
15	2		6
13	2		7
12	2		8
14	2		9

* - pin только для чтения.

Команды управления функциями узла «Net Controller»

Работа узла «Net Controller» заключается в выполнении AT-команд, поступающих из сети, bluetooth (BLE) и UART.

Для управления узлом «Net Controller» предусмотрены AT-команды: «GET», «SET», «ON» и «OFF».

Команды «GET» и «SET»

По команде «GET» узел «Net Controller» передает в сеть информацию, указанную в команде. Команда «SET» устанавливает пины узла «Controller» в состояние, указанное в команде.

Команды «ON» и «OFF»

Команда «ON» устанавливает режим работы узла «Controller», указанный в команде.

Команда «OFF» отменяет режим работы узла «Controller», указанный в команде.

AT -команды имеют два формата: полный и краткий. Полный формат удобно использовать при ручном вводе команд, а краткий - для передачи команды в сеть из программы.

Форматы AT - команды представлены в Приложении 3.

Модуль PIO. Команды управления

Управление логическим уровнем пинов PIO

Модуль PIO может устанавливать на пинах узла состояние логической «1» или логического «0», а также отправлять в сеть текущее логическое значение одного или нескольких пинов узла, указанных в команде.

Задача: Узлу 203 установить pin GPIO_27 в состояние «1», pin GPIO_26 в состояние «1», pin GPIO_25 в состояние «0»:

AT-команда [*addr*] AT+PIN.SET pin:state[,pin:state][,pin:state]...[,pin:state]
Возврат addr, result, 0 cmd_Ok |1 cmd_Error
Пример *203* AT+PIN.SET 27:1,26:1,25:0
описание:
203 0 cmd_Ok //команда узлом 203 выполнена успешно
203 1 cmd_Error //команда узлом 203 не выполнена

Задача: Получить состояние пинов 27, 26, 25 узла 203:

AT-команда [*addr*] AT+PIN.GET pin[,pin][,pin]...[,pin]
Возврат addr pin:state[,pin:state][,pin:state]...[,pin:state] |cmd_Error
Пример *203* AT+PIN.GET 27,26,25
Возврат 203 27:0,26:1,25:0
описание:
203 //номер узла-отправителя
27:0,26:1,25:0 //номер пина и его состояние
203 1 cmd_Error //команда не выполнена

Установка режима передачи сообщений о состоянии пинов PIO при изменении их логического состояния

Узел “Net Controller” может отправлять сообщения другому узлу при каждом изменении логического состояния одного или нескольких пинов.

Задача: Установить для узла 203 режим передачи сообщения при изменении логического состояния пинов:

AT-команда [*addr*] AT+PIN.CHANGE_NOTIFY_ON pin[,pin][,pin]...[,pin]
Возврат addr 0 cmd_Ok |1 cmd_Error
Пример *203* AT+PIN.CHANGE_NOTIFY_ON 27,26,25
Возврат 203 0 cmd_Ok //команда выполнена
203 1 cmd_Error //команда не выполнена

После установки режима узел будет отсылать в сеть сообщение при каждом изменении логического уровня указанных пинов:

Пример 203 27:0>1 //изменение логического состояния пина 27 с 0 на 1
 203 26:0>1 //изменение логического состояния пина 26 с 0 на 1
 203 25:1>0,27:0>1 //изменение логического состояния пинов 25 и 27

Примечание: Сообщение передается любому узлу, адрес которого указан в поле “NODE.TRG” узла или (по умолчанию) тому узлу, который установил режим.

Отмена режима передачи сообщений о состоянии пинов PIO при изменении их логического состояния

Задача: Отменить для узла 203 режим передачи сообщения при изменении логического состояния пинов:

AT-команда	[*addr*]AT+PIN.CHANGE_NOTIFY_OFF
Возврат	addr 0 cmd_Ok 1 cmd_Error
Пример	*203* AT+PIN.CHANGE_NOTIFY_OFF
Возврат	203 0 cmd_Ok 203 1 cmd_Error

Установка режима передачи сообщений о состоянии пинов PIO с указанным периодом

Узел “Net Controller» может отправлять сообщения другому узлу о состоянии пинов PIO с заданным периодом **period**.

Задача: Установить для узла 203 режим передачи сообщений о состоянии пинов с указанным периодом. Период в миллисекундах 1-10000 или в секундах 1-1000:

AT-команда	[*addr*]AT+PIN.PERIOD_STATE_NOTIFY_MS_ON period,pin[,pin][,pin]...[,pin]
	[*addr*]AT+PIN.PERIOD_STATE_NOTIFY_SEC_ON period,pin[,pin][,pin]...[,pin]
Возврат	addr 0 cmd_Ok 1 cmd_Error
Пример	*203*AT+PIN.PERIOD_STATE_NOTIFY_MS_ON 300,27,26,25 //период: 300 ms
	*203*AT+PIN.PERIOD_STATE_NOTIFY_SEC_ON 600,27,26,25 //период: 10 min.
Возврат	203 0 cmd_Ok 203 1 cmd_Error

После установки режима узел будет отсылать в сеть сообщение о состоянии пинов с периодом 300 ms/10 min:

Пример	203 27:0,26:1,25:0
	203 27:0,26:1,25:0
	203 27:0,26:1,25:1

Отмена режима передачи сообщений о состоянии пинов PIO с указанным периодом

Задача: Отменить для узла 203 режим передачи сообщений о состоянии пинов с указанным периодом:

AT-команда	[*addr*]AT+PIN.PERIOD_STATE_NOTIFY_OFF
Возврат	addr 0 cmd_Ok 1 cmd_Error
Пример	*203*AT+PIN.PERIOD_STATE_NOTIFY_OFF
Возврат	203 0 cmd_Ok 203 1 cmd_Error

Модуль ADC. Команды управления модулем

Контроллер ESP32 имеет два канала ADC: ADC_1 и ADC_2. Канал ADC_2 можно использовать только тогда, когда модуль Wi-Fi выключен.

Получение значений пинов ADC

Модуль ADC может отправлять в сеть текущее значение в милливольтах одного или нескольких пинов узла, указанных в команде.

Задача: Получить значение ADC на пинах 27,26,25,33 узла 203:

AT-команда	[*addr*]AT+ADC.GET_ADC pin[,pin][,pin]...[pin]
Возврат	addr pin:val[,pin:val][,pin:val]...[pin:val] cmd_Error
Пример	*203*AT+ADC.GET_ADC 27,26,25,33
Возврат	203 27:105,26:2700,25:1350,33:3200 //напряжение на входах пина в mv 203 1 cmd_Error //команда не выполнена

Установка режима передачи сообщений при изменении уровня напряжения на пинах ADC

Узел «Net Controller» может отправлять сообщения другому узлу при каждом изменении уровня напряжения на входе одного или нескольких пинов.

Задача: Установить для узла 203 режим передачи сообщения при изменении уровня напряжения на входе одного или нескольких пинов при превышении заданного порога **threshold**:

AT-команда	[*addr*]AT+ADC.CHANGE_NOTIFY_ON threshold_mv, pin[,pin][,pin]...[pin]
Возврат	addr 0 cmd_Ok 1 cmd_Error
Пример	*203*AT+ADC.CHANGE_NOTIFY_ON 50,27,26,25,33 //порог 50 mv
Возврат	203 0 cmd_Ok 203 1 cmd_Error

После установки режима узел будет отсылать в сеть сообщение при каждом изменении уровня напряжения на входе указанных пинов:

Пример	203 27:105>170 //изменение уровня напряжения пина 27 203 26:2700>21750 //изменение уровня напряжения пина 26 203 25:3100>3200 //изменение уровня напряжения пина 25
--------	---

Отмена режима передачи сообщений при изменении уровня напряжения на пинах ADC

Задача: Отменить для узла 203 режим передачи сообщения при изменении уровня напряжения на пинах ADC:

AT-команда	[*addr*]AT+ADC.CHANGE_NOTIFY_OFF
Возврат	addr 0 cmd_Ok 1 cmd_Error
Пример	*203*AT+ADC.CHANGE_NOTIFY_OFF
Возврат	203 0 cmd_Ok 203 1 cmd_Error

Установка режима передачи сообщений об уровнях напряжения на пинах ADC с заданным периодом

Узел “Net Controller» может отправлять сообщения об уровнях напряжения на пинах ADC другому узлу с заданным периодом **period**.

Задача: Установить для узла 203 режим передачи сообщений об уровнях напряжения на пинах ADC с заданным периодом. Период в миллисекундах 1-10000 или в секундах 1-1000:

AT-команда	[*addr*]AT+ADC.PERIOD_VALUE_NOTIFY_MS_ON period,[pin],[pin]...,[pin]
	[*addr*]AT+ADC.PERIOD_VALUE_NOTIFY_SEC_ON period,[pin],[pin]...,[pin]
Возврат	addr 0 cmd_Ok 1 cmd_Error
Пример	*203*AT+ADC.PERIOD_VALUE_NOTIFY_MS 300,27,26,25 //период: 300 ms
	*203*AT+ADC.PERIOD_VALUE_NOTIFY_SEC 600,27,26,25 //период: 10 min.
Возврат	203 0 cmd_Ok 203 1 cmd_Error

После установки режима узел будет отсылать в сеть сообщение об уровнях напряжения на пинах ADC с периодом 300 ms/10 min:

Пример	203 27:105 //уровень напряжения пина 4
	203 26:2700 //уровень напряжения пина 5
	203 25:3200 //уровень напряжения пина 7

Отмена режима передачи сообщений об уровнях напряжения на пинах ADC с заданным периодом

Задача: Отменить для узла 203 режим передачи сообщений об уровнях напряжения на пинах ADC с указанным периодом:

AT-команда	[*addr*]AT+ADC.PERIOD_VALUE_NOTIFY_OFF
Возврат	addr 0 cmd_Ok 1 cmd_Error
Пример	*203*AT+ADC.PERIOD_VALUE_NOTIFY_OFF
Возврат	203 0 cmd_Ok 203 1 cmd_Error

Модуль DAC. Команды управления модулем

Узел “Net Controller» имеет два пина DAC: DAC_1/GPIO_25 и DAC_2/GPIO_26. На пинах устанавливается значение заданного напряжения с разрядностью 8 бит.

Установка уровня напряжения на пинах DAC

Модуль DAC может устанавливать на пинах GPIO_25 и GPIO_26 заданный в команде уровень напряжения в милливольтах.

Задача: Узлу 203 установить на пине DAC1/GPIO_25 напряжение 1500 mV, а на пине DAC2/GPIO_26 напряжение 2500 mV:

AT-команда	[*addr*]AT+DACx value
Возврат	addr 0 cmd_Ok 1 cmd_Error
Пример	*203*AT+DAC.SET 25:1500
	*205*AT+DAC.SET 26:2500
	203 0 cmd_Ok 203 1 cmd_Error

Модуль PWM. Команды управления модулем

Узел “Net Controller» имеет 9 pinов PWM. Для инициализации модуля PWM необходимо установить следующие параметры:

- pin **pin** для вывода сигнала PWM.
- частоту **frequency** в диапазоне **20-5000 Hz**;
- разрядность **resolution** в диапазоне **8-12 bit**;

Управление работой модуля PWM на указанном пине осуществляется установкой параметра **duty** в диапазоне 0-1000, где 1000 = 100%.

Инициализация модуля PWM

Задача: Инициализировать модуль PWM узла 203 с параметрами:

- **pin** = GPIO_25;
- **frequency** = 1000;
- **resolution** = 8.

AT-команда [*addr*]AT+PWM.ON pin, frequency, resolution

Возврат addr 0 cmd_Ok | 1 cmd_Error

Пример *203*AT+PWM.ON 25,1000,8
 203 0 cmd_Ok | 203 1 cmd_Error

Управление скважностью на пинах модуля PWM

Задача: На пине GPIO_25 узла 203 установить скважность 25%:

AT-команда [*addr*]AT+PWM.DUTY pin:duty_value

Возврат addr 0 cmd_Ok | 1 cmd_Error

Пример *203*AT+PWM.DUTY 25:250
 203 0 cmd_Ok | 203 1 cmd_Error

Отмена режима PWM

Задача: Отменить для узла 203 режим PWM

AT-команда [*addr*]AT+PWM.OFF

Возврат addr 0 cmd_Ok | 1 cmd_Error

Модуль SERVO. Команды управления модулем

Узел "Net Controller" имеет 9 pinов для управления сервоприводами. Для инициализации модуля SERVO необходимо установить следующие параметры:

- pin **pin** для управления сервоприводом.

Управление работой модуля SERVO на указанном пине осуществляется установкой параметров:

- **degree** = 0 - 180; //угол установки вала сервопривода в градусах
- **time** = 0 - 10000 ms или 1-1000 sec. //время установки

Инициализация модуля SERVO

Задача: Инициализировать модуль SERVO узла 203 для pinов 27,26,25,33:

AT-команда [*addr*]AT+SERVO.ON pin[,pin][,pin]...[,pin]
Возврат addr 0 cmd_Ok | 1 cmd_Error
Пример *203*AT+SERVO.ON 27,26,25,33
203 0 cmd_Ok | 203 1 cmd_Error

Установка угла поворота вала сервоприводов на пинах модуля SERVO

Задача: Вал сервопривода пина 27 установить в положение 90 градусов,
Вал сервопривода пина 26 установить в положение 30 градусов за время 1500 ms,
Вал сервопривода пина 25 установить в положение 120 градусов за время 2000 ms,
Вал сервопривода пина 33 установить в положение 180 градусов за время 500 ms:

AT-команда [*addr*]AT+SERVO.SET_DEGREE
pin:degree:time[,pin:degree:time]...[,pin:degree:time]
Возврат addr 0 cmd_Ok | 1 cmd_Error
Пример *203*AT+SERVO.DEGREE 27:900,26:300:1500,25:1200:2000,33:1800:500
203 0 cmd_Ok | 203 1 cmd_Error

Установка режима сканирования сервоприводов на пинах модуля SERVO

В режиме сканирования вал сервопривода циклически перемещается от начального значения угла поворота **beg_degree** до конечного значения угла поворота **end_degree** за время **time** в секундах с остановками в конечных точках на время **pause** в секундах.

Задача: Установить режим сканирования для двух сервоприводов на pinах 27 и 33 с параметрами:

Сервопривод 27: **beg_degree** = 0, **end_degree** = 1800, **time** = 10, **pause** = 0;
Сервопривод 33: **beg_degree** = 450, **end_degree** = 1350, **time** = 30, **pause** = 5;

AT-команда [*addr*]AT+SERVO.SCAN_ON pin:beg_degree:end_degree:time:pause...
Возврат addr 0 cmd_Ok | 1 cmd_Error
Пример *203*AT+SERVO.SCAN 27:0:1800:10,33:450:1350:30:5
203 0 cmd_Ok | 203 1 cmd_Error

Отмена режима сканирования сервоприводов на пинах модуля SERVO

Задача: Отменить для узла 203 режим сканирования

AT-команда [*addr*]AT+SERVO.SCAN_OFF
Возврат addr 0 cmd_Ok | 1 cmd_Error

Отмена режима SERVO

Задача: Отменить для узла 203 режим SERVO

AT-команда [*addr*]AT+SERVO.OFF
Возврат addr 0 cmd_Ok | 1 cmd_Error

Модуль GPS. Команды управления модулем

Модуль GPS является внешним модулем и подключается к соответствующему коннектору узла «Net Controller».

Модуль GPS управляет с помощью AT-команд.

Включение модуля GPS

Задача: Включить модуль GPS:

AT-команда	[*addr*]AT+GPS+
Возврат	addr 0 cmd_Ok 1 cmd_Error
Пример	*203*AT+GPS+
Возврат	203 0 cmd_Ok 203 1 cmd_Error

Выключение модуля GPS

Задача: Выключить модуль GPS:

AT-команда	[*addr*]AT+GPS-
Возврат	addr 0 cmd_Ok 1 cmd_Error
Пример	*203*AT+GPS-
Возврат	203 0 cmd_Ok 203 1 cmd_Error

Получение текущих координат GPS

Задача: Получить краткие текущие координаты модуля GPS узла 203:

AT-команда	[*addr*]AT+GPS.GET_COORDINATE
Возврат	ret_val addr 0 cmd_Ok 1 cmd_Error
Пример	*203*AT+GPS.GET_COORDINATE
Возврат	//Latitude,Longitude N48.09'47.6574",E17.08'11.2991" 203 0 cmd_Ok 203 1 cmd_Error

Получение расширенных координат модуля GPS

Задача: Получить расширенные координаты модуля GPS узла 203:

AT-команда	[*addr*]AT+GPS.GET_DATA
Возврат	ret_val addr 0 cmd_Ok 1 cmd_Error
Пример	*203*AT+GPS.GET_DATA
Возврат	//Latitude,Longitude,Distance (m),Altitude (m),Speed (m/s) N48.09'47.6574",E17.08'11.2991",3500,160,3 203 0 cmd_Ok 203 1 cmd_Error

Фиксация текущих координаты модуля GPS

Задача: Зафиксировать текущие координаты модуля GPS узла 203:

AT-команда	[*addr*]AT+GPS.FIX
Возврат	ret_val addr 0 cmd_Ok 1 cmd_Error
Пример	*203*AT+GPS.Fix
Возврат	//Latitude,Longitude N48.09'47.6574",E17.08'11.2991" 203 0 cmd_Ok 203 1 cmd_Error

Установка режима передачи в сеть сообщений об изменении координат GPS

Узел "Net Controller" может отправлять сообщения другому узлу при изменении координат GPS, превышающих указанное значение.

Задача: Установить для узла 203 режим передачи сообщения при изменении координат GPS при превышения заданного значения **threshold** (10-500 м):

AT-команда	[*addr*]AT+GPS.CHANGE_NOTIFY_ON threshold
Возврат	addr 0 cmd_Ok 1 cmd_Error
Пример	*203*AT+GPS.CHANGE_NOTIFY_ON 20 //порог = 20 метров
Возврат	203 0 cmd_Ok 203 1 cmd_Error

После установки режима узел будет отсылать в сеть сообщение при каждом изменении координат GPS, превышающих указанное значение:

Пример	N48.09'47.6574",E17.08'11.2991" N48.09'47.6751",E17.08'11.5622" N48.09'47.6751",E17.08'11.7988" N48.09'47.6554",E17.08'12.0528"
--------	--

Отмена режима передачи в сеть сообщений об изменении координат GPS

Задача: Отменить для узла 203 режим передачи сообщения при изменении координат GPS:

AT-команда	[*addr*]AT+GPS.CHANGE_NOTIFY_OFF
Возврат	addr 0 cmd_Ok 1 cmd_Error
Пример	*203*AT+GPS.CHANGE_NOTIFY_OFF
Возврат	203 0 cmd_Ok 203 1 cmd_Error

Установка режима передачи в сеть координат GPS с заданным периодом

Узел "Net Controller" может отправлять сообщения с координатами GPS другому узлу с заданным периодом **period**.

Задача: Установить для узла 203 режим передачи сообщений с координатами GPS с заданным периодом. Период в миллисекундах 100-10000 (0.1-10 sec):

AT-команда	[*addr*]AT+GPS.PERIOD_NOTIFY_ON period
Возврат	addr 0 cmd_Ok 1 cmd_Error
Пример	*203*AT+GPS.PERIOD_NOTIFY_ON 200 //период: 200 ms
Возврат	203 0 cmd_Ok 203 1 cmd_Error

После установки режима узел будет отсылать в сеть сообщение с координатами GPS с периодом 200 ms:

Пример	N48.09'47.6574",E17.08'11.2991" N48.09'47.6574",E17.08'11.2991" N48.09'47.6574",E17.08'11.2991"
--------	---

Отмена режима передачи в сеть координат GPS с заданным периодом

Задача: Отменить для узла 203 режим передачи сообщений с координатами GPS с заданным периодом:

AT-команда	[*addr*]AT+GPS.PERIOD_NOTIFY_OFF
Возврат	addr 0 cmd_Ok 1 cmd_Error
Пример	*203*AT+GPS.PERIOD_NOTIFY_OFF
Возврат	203 0 cmd_Ok 203 1 cmd_Error

Контроль напряжения батареи

В процессе работы узлов сети с питанием от батарей есть необходимость в контроле напряжения на батарее для ее своевременной замены.

Контроль состояния батареи осуществляется с помощью AT/RT-команд или с помощью установленного режима.

Получение напряжения батареи узла сети

Пример использования AT/RT-команды для получения напряжения батареи в милливольтах:

AT-команда	[*addr*]AT+BAT.GET_STATE
Возврат	addr bat_value_mV 0 cmd_Ok 1 cmd_Error
Пример	*203*AT+BAT.GET_STATE
Возврат	203 3800 0 cmd_Ok 203 1 cmd_Error //напряжение на батарее 3.8 вольт

Установка режима передачи в сеть уведомления о разряде батареи узла сети

Пример использования AT/RT-команды для установления режима уведомления о разряде батареи до установленного значения:

AT-команда	[*addr*]AT+BAT.STATE_NOTIFY_ON low_value
Возврат	addr 0 bat_value_mV cmd_Ok 1 cmd_Error
Пример	*203*AT+BAT.STATE_NOTIFY_ON 3200
Возврат	203 3800 0 cmd_Ok 203 1 cmd_Error //напряжение на батарее 3.8 вольт

При разряде батареи до установленного значения заданному узлу придет уведомление:

203 3200 Battery discharged //напряжение на батарее 3.2 вольта

Отмена режима передачи в сеть уведомления о разряде батареи узла сети

Отмена режима уведомления о разряде батареи узла сети осуществляется коман

AT-команда	[*addr*]AT+BAT.STATE_NOTIFY_OFF
Возврат	addr 0 cmd_Ok 1 cmd_Error
Пример	*203*AT+BAT.STATE_NOTIFY_OFF
Возврат	203 0 cmd_Ok 203 1 cmd_Error

Приложение 1

14. Программа «Serial Bluetooth Terminal». Базовые сведения

Администрирование сети, обмен информацией в сети и настройка параметров узлов сети осуществляется не только через порт UART компьютера/микроконтроллера, но и через планшет/смартфон с помощью программы «Serial Bluetooth Terminal» (автор Kai Morich).

Примечание: Пользователь может использовать любую другую аналогичную программу.

Программа скачивается из Internet и устанавливается на смартфон/планшет с помощью приложения Google Play.

Программа «Serial Bluetooth Terminal» позволяет выполнять задачи:

1. Управления доступом к модулю Bluetooth (BLE) узла сети.
2. Установки режимов и параметров узла сети с помощью AT-команд.
3. Приема и отображения данных от узла сети.
4. Передачу данных узлу сети.
5. Администрирование сети.

Базовый набор функциональных кнопок

Программа «Serial Bluetooth Terminal» используется для управления несколькими различными устройствами с помощью функциональных кнопок. Пользователь может присвоить каждой кнопке имя и поставить в соответствие имени определенную команду, которая отсылается управляемому устройству при нажатии кнопки.

Каждое устройство выполняет свои функции со своими параметрами. Поэтому для управления каждым устройством необходимо иметь отдельный набор кнопок с командами управления, что не всегда удобно.

С целью упрощения интерфейса пользователя, в соответствии с парадигмой: "Много устройств - один интерфейс", функциональные кнопки интерфейса именуются «F1», «F2» и т.д., а команды кнопок начинаются с символа '~' (тильда).

Таким образом формируется прокси-меню, которое в каждом конкретном устройстве имеет свою реализацию, что позволяет без изменения интерфейса пользователя управлять функциями разных устройств.

Базовый набор функциональных кнопок содержит кнопки управления доступом к модулю Bluetooth (BLE) устройства.

Расширенный набор функциональных кнопок

Если базового набора функциональных кнопок недостаточно, то пользователь имеет возможность создания дополнительных кнопок, присвоения кнопкам имен и назначения им в соответствие нужных AT-команд.

Настройка программы «Serial Bluetooth Terminal»

После первого включения программы появится окно с набором кнопок, как показано на рис. 14.1.a. Пользователю необходимо настроить интерфейс взаимодействия программы с узлами сети. Для этого во вкладках «Terminal», «Send» и «Misc.» установить параметры программы, как показано на рис. 14.1.b, c, d.

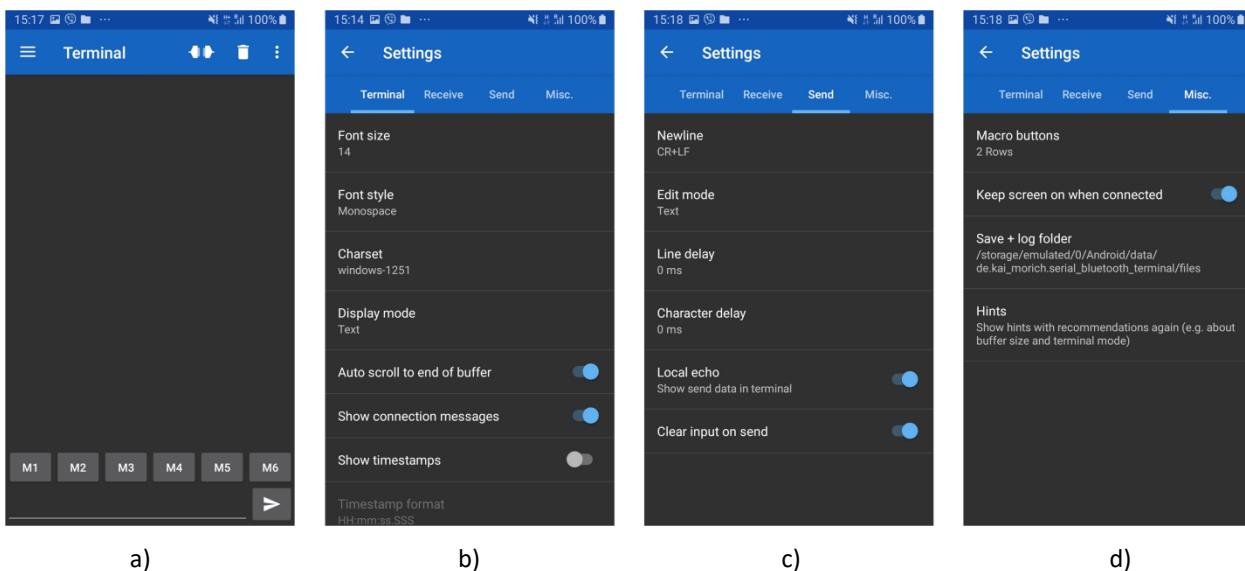


Рисунок 14.1 – Установка параметров программы

Затем необходимо присвоить кнопкам имена и поставить им в соответствие команды управления, как показано на рис. 14.2.a, b, c, d.

Порядок назначения имени кнопки и команды управления для нее:

- Нажимать на кнопку до появления окна, как показано на рис. 14.2.a, b, c, d;
- В верхней строке установить имя кнопки, а в нижней установить команду управления.

Если команда не содержит параметров, то радиокнопку «Action» следует установить в положение «Send» (рис. 14.2.a, b), а если есть параметры, то в положение «Insert» (рис. 14.2.c, d).

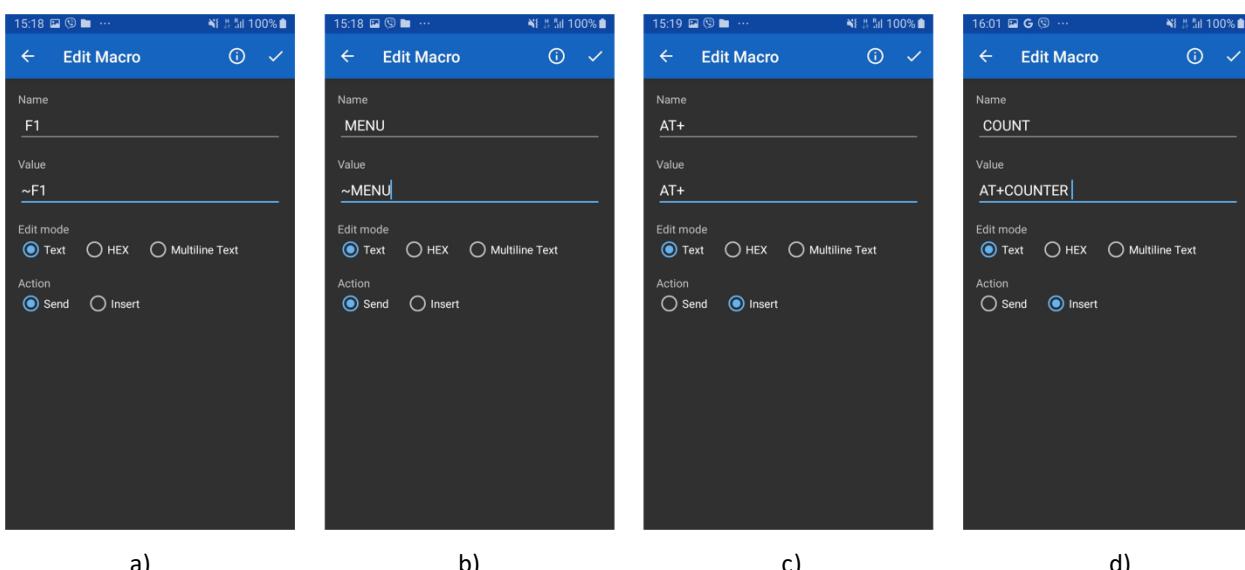


Рисунок 14.2 – Присвоение кнопкам имен и команд

После присвоения кнопке имени и команды необходимо нажать галочку в верхнем правом углу экрана программы. Присвоить имена и команды всем кнопкам, как показано на рис. 14.3.b.

При нажатии на вкладку «Scan» программа просканирует эфир и найдет устройства Bluetooth (BLE) и отобразит на экране в виде списка, как показано на рис. 14.3.a.

Для подключения к узлу сети нужно нажать соответствующую строку в списке устройств.

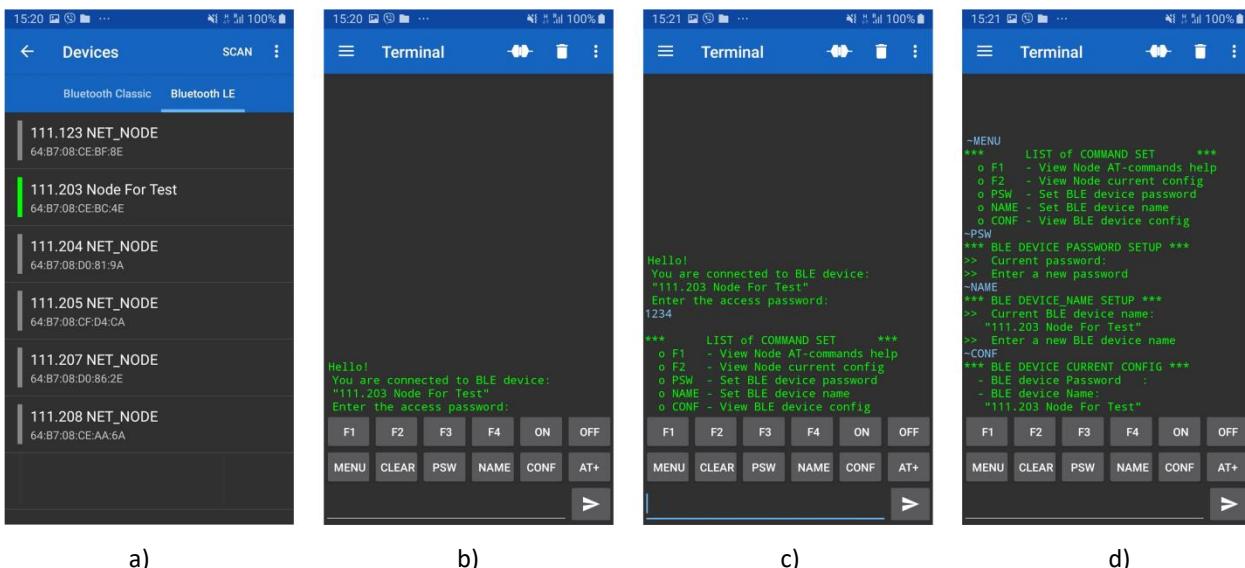


Рисунок 14.3 – Пример адресации узлов сети

В окне терминала появится сообщение о подключении к узлу сети и запрос пароля доступа, как показано на рис. 14.3.b. Пароль по умолчанию: «1234». После ввода пароля в окне терминала появится список кнопок и выполняемых команд, как показано на рис. 14.3.c.

На рис. 14.3.d показан вывод в окно терминала меню командных кнопок.

На рис. 14.4.а и б показан вывод в окно терминала результата нажатия кнопок «F1» и «F2».

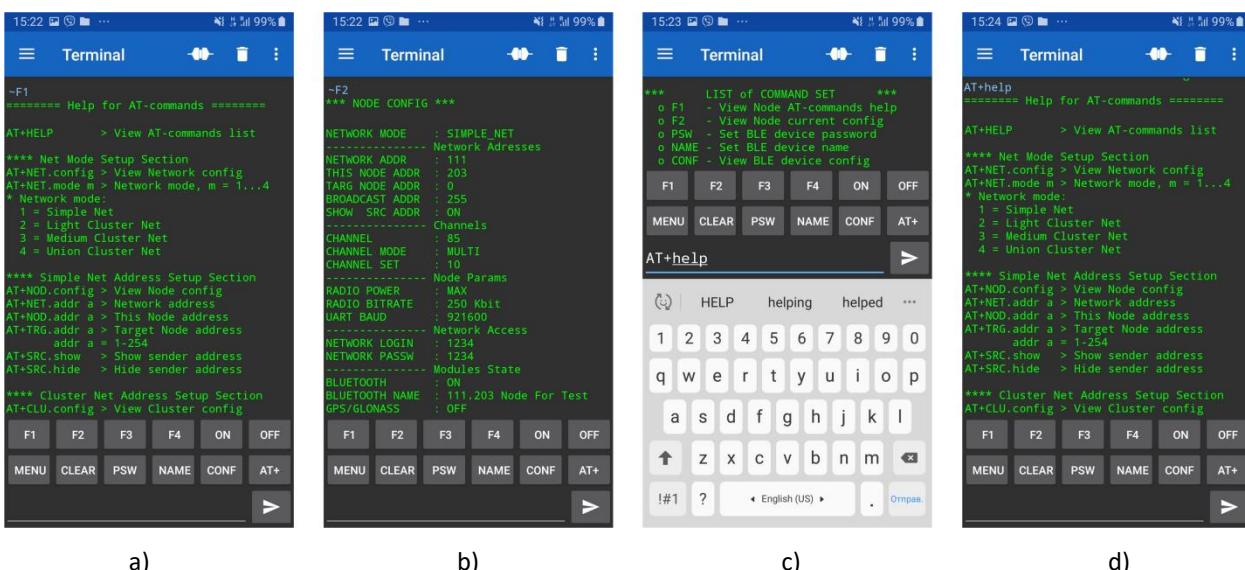


Рисунок 14.4 – Выполнение команд при нажатии кнопок

AT-команды имеют префикс «AT+», который для удобства ввода присвоен соответствующей кнопке. При нажатии кнопки «AT+» в строке ввода появится префикс «AT+».

Для формирование команды необходимо ввести оставшуюся часть AT-команды (например: «AT+HELP») как показано на рис. 14.4.c и нажать кнопку «>».

Результат выполнения AT-команды «AT+HELP» представлен на рис. 32.d. Аналогичным образом работают все остальные командные кнопки.

Примечание:

Описанные выше настройки командных клавиш носят рекомендательный характер.

Пользователь по своему усмотрению может устанавливать имена и команды для существующих командных кнопок а также создавать дополнительные кнопки для построения удобного интерфейса управления узлами сети.

Приложение 2

15. AT-команды управления параметрами узлов сети

AT-команды являются инструментом для взаимодействия пользователя с узлами сети. С помощью AT-команд осуществляется настройка параметров узлов, управление функциями узла «Net Controller», администрирование сети и выполняются другие системные и сервисные функции.

AT-команды имеют два формата: полный и краткий. Полный формат удобно использовать при ручном вводе команд, а краткий - для передачи команды в сеть, например:

Полный формат	Краткий формат:
AT+NET.config	AT+012

Команда «AT+HELP»

Назначение: показать список AT-команд. Регистр ввода не имеет значения.

Пример:

AT+HELP

В окне терминала отобразится список AT-команд:

```
===== Help for AT-commands =====

AT+HELP      > View AT-commands list

***** Net Mode Setup Section
AT+NET.config > View Network config
AT+NET.mode m > Network mode, m = 1...4
    Network mode:
        1 = Simple Net
        2 = Light Cluster Net
        3 = Medium Cluster Net
        4 = Union Cluster Net

***** Simple Net Address Setup Section
AT+NOD.config > View Node config
AT+NET.addr a > Network address
AT+NOD.addr a > This Node address
AT+TRG.addr a > Target Node address
    addr a = 1-254
AT+SRC.show   > Show sender address
AT+SRC.hide   > Hide sender address

***** Cluster Net Address Setup Section
AT+CLU.config > View Cluster config
AT+CLU.adm n > This Admin number: 0-13
AT+CLU.node n > This Node number: 1-15
AT+CLU.targ n > Target Node number: 1-15
AT+ROUT.num n > Router number, n:R0-R30

***** Channel Mode Setup Section
AT+CNL.main n > Main channel number
    n = 1-125
AT+CNL.fixed > Use one fixed channel
AT+CNL.multi > Use many channels
AT+CNL.set s > Channel set, s:1-50
AT+CNL.scan   > Scan and view channels
AT+CNL.view   > View available channels
```

```
***** Node Params Setup Section
AT+POWER pow > Radio power,
    pow:1/2/3 = MIN/AVR/MAX
AT+BITRATE br > Radio bitrate,
    br:1/2/3 = 250Kb/1Mb/2Mb
AT+BAUD bd > UART baud,
    bd:9600/115200/230400/460800/921600
AT+UART.flow+ > UART flow control ON
AT+UART.flow- > UART flow control OFF

***** Node Control Section
AT+START.hide > Hide start message
AT+START.show > Show start message
AT+DEFAULT > Reset to default settings
AT+RESTART > Node restart

***** Network Access Setup
AT+LOGIN log > Login, log:1-8 chars
AT+PASSW psw > Password, psw:1-8 chars

***** Network Service Section
AT+HI > Flash BLE connected node
AT+WHERE node > Flash node looking for
AT+ERROR.log > View Error log
AT+NOD.scan > Scan and view Net nodes
AT+NOD.view > View available Net nodes

***** GPS Module Control Section
AT+GPS+ > GPS switch ON
AT+GPS- > GPS switch OFF
AT+GPS.fix > Fix GPS coordinates
AT+GPS.view > View GPS coordinates

***** BLE Module Control Section
AT+BLE+ > BLE switch ON
AT+BLE- > BLE switch OFF
AT+BLE.config > View BLE config
AT+BLE.name n > Set BLE name, n:name
AT+BLE.psw p > Set BLE password, p:passw

***** Tests Mode Section
AT+STOP > Test stop

AT+LINK target[,period]
    target = target_addr,
    period = 50...10000 ms, default: 500

AT+HELLO target[,period]
    target = target_addr,
    period = 50...10000 ms, default: 500

AT+HELLO.all [period]
    period = 50...10000 ms, default: 500

AT+STRING target[,period][,length]
    target = target_addr,
    period = 50...1000 ms, default: 500
    length = 1...150 bytes, default: 50

***** Message Format Section
*target addr* message 1...256 bytes
```

Примечание:

Список АТ-команд может отличаться от приведенного выше в зависимости от версии прошивки.

Net Mode Setup Section

Команда «AT+NET.config»

Назначение: показать конфигурацию сети.

Будет отображен список узлов сети в соответствии с текущей моделью сети.

Пример:

AT+NET.config

В окне терминала отобразится конфигурация сети:

```
===== Network Configuration =====

> CLUSTER    ADDR      NODE_TYPE   STATE
  0          0.0        Admin       ON
  0          0.1        Lite Node   ON
  0          0.2        Lite Node   ON
  0          0.3        Controller  ON
  0          0.4        Controller  ON
  0          0.5        Controller  ON
  0          0.6        Lite Node   OFF
-----
> CLUSTER    ADDR      NODE_TYPE   STATE
  1          1.0        Admin       ON
  1          1.1        Controller  ON
  1          1.2        Controller  ON
  1          1.3        Controller  ON
  1          1.4        Controller  ON
  1          1.5        Controller  ON
-----
> ROUTER     ADDR      NODE_TYPE   STATE
  1          R0         Single      ON
  2          R1/R2     Fast        ON
  3          R3/R4     Fast        ON
  4          R5         Single      ON
-----
```

Команда «AT+NET.mode m»

Назначение: установить конфигурацию сети.

Параметр **m** принимает значения:

```
1 = Simple Net
2 = Light Cluster Net
3 = Medium Cluster Net
4 = Union Cluster Net
```

Пример:

AT+NET.mode 2

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно.

```
> mode LIGHT_CLUSTER_NET: Ok
```

Если параметр AT-команд введен неправильно, то будет отображено сообщение об ошибке.

Пример:

AT+NET.mode 5

```
> Error: Incorrect value: 5
```

Simple Net Addresses Setup Section

Команда «AT+NOD.config»

Назначение: показать конфигурацию узла.

Пример:

AT+NOD.config

В окне терминала отобразится текущая конфигурация узла:

```
*** NODE CONFIG ***

NETWORK MODE      : SIMPLE_NET
----- Network Adresses
NETWORK ADDR     : 111
THIS NODE ADDR   : 203
TARG NODE ADDR   : 0
BROADCAST ADDR   : 255
SHOW SRC ADDR    : ON
----- Channels
CHANNEL          : 85
CHANNEL MODE     : MULTI
CHANNEL SET      : 10
----- Node Params
RADIO POWER      : MAX
RADIO BITRATE    : 250 Kbit
UART BAUD        : 921600
----- Network Access
NETWORK LOGIN    : 1234
NETWORK PASSW    : 1234
----- Modules State
BLUETOOTH        : ON
BLUETOOTH NAME   : 111.203 Node For Test
GPS/GLONASS       : OFF
```

Команда «AT+NET.addr a»

Назначение: присвоить узлу адрес сети.

Параметр **a** принимает значения: 1-254.

Пример:

AT+NET.addr 234

В окне терминала отобразится сообщение о том, что АТ-команда выполнена успешно:

```
> Network Address 234: Ok
```

Команда «AT+NOD.addr a» | «AT+NODE.addr a»

Назначение: присвоить адрес узлам «Net Master», «Net Controller» и «Net Node».

Параметр **a** принимает значения: 1-254.

Пример:

AT+NOD.addr 204 | AT+NODE.addr 204

В окне терминала отобразится сообщение о том, что АТ-команда выполнена успешно:

```
> This Node Address 204: Ok
```

Команда «AT+TRG.addr a»

Назначение: присвоить адрес узлу-получателю.

Параметр **a** принимает значения: 1-254.

Пример:

AT+TRG.addr 127

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

> Target Node Address 127: Ok

Команда «AT+SRC.show»

Назначение: разрешает вывод адреса узла-отправителя в UART узла-приемника. Сервисная функция. Служит для визуальной идентификации пользователем узла-отправителя.

Пример:

AT+SRC.show

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

> Sender address put to UART: Ok

Адрес узла-отправителя будет выводится в UART узла-приемника.

Команда «AT+SRC.hide»

Назначение: отменяет вывод в UART узла-приемника адреса узла-отправителя.

Пример:

AT+SRC.hide

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

> Sender address don't put to UART: Ok

Адрес узла-отправителя не будет выводится в UART узла-приемника.

Cluster Net Addresses Setup Section**Команда «AT+CLU.config»**

Назначение: показать конфигурацию текущего кластера В.

Пример:

AT+CLU.config

В окне терминала отобразится текущая конфигурация кластера В:

```
> Cluster Admin address: B0
  Node addresses:
    B1
    B2
    B3
    B4
```

Команда «AT+CLU.adm n»

Назначение: присвоить номер узлу «Cluster Admin».

Параметр **n** принимает значения: A-N.

Пример:

AT+CLU.adm B

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

> This Cluster Admin number B0: Ok

Команда «AT+CLU.node n»

Назначение: присвоить номер узлам кластера “Net Controller» или “Net Node».

Параметр **n** принимает значения: A1-N15.

Пример:

AT+CLU.node D15

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

> This Cluster Node number D15: Ok

Команда «AT+CLU.targ n»

Назначение: присвоить номер узлам кластера-получателя “Net Controller» или “Net Node».

Параметр **n** принимает значения: A1-N15.

Пример:

AT+CLU.targ C15

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

> Target Cluster Node number C15: Ok

Команда «AT+ROUT.num n»

Назначение: присвоить номер узлу «Net Router».

Параметр **n** принимает значения: R0-R30.

Пример:

AT+ROUT.num R15

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

> This Router number R15: Ok

Channel Mode Setup Section

Команда «AT+CNL.main n»

Назначение: установить для сети номер основного канала.

Параметр **n** принимает значения: 1-125.

Пример:

AT+CNL.main 85

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

> Main channel #85: Ok

Команда «AT+CNL.fixed»

Назначение: установить для сети один фиксированный номер канала.

Пример:

AT+CNL.fixed

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

> Fixed channel mode: Ok

Команда «AT+CNL.multi»

Назначение: разрешить узлам сети использовать множество каналов.

Пример:

AT+CNL.multi

В окне терминала отобразится сообщение о том, что АТ-команда выполнена успешно:

> Multi channels mode: Ok

Команда «AT+CNL.scan»

Назначение: сканировать и отобразить все каналы сети с целью определения свободных и занятых каналов.

Пример:

AT+CNL.scan

В окне терминала отобразится результат сканирования каналов:

Команда «AT+CNL.view»

Назначение: показать доступные каналы.

Пример:

AT+CNL.view

В окне терминала отобразится список доступных каналов:

*> Available Channels:91

Команда «AT+CNL.set s»

Назначение: выделить для сети множество рабочих каналов s .

Параметр **s** принимает значения: 1-60.

Пример:

AT+CNL.set 10

В окне терминала отобразится сообщение о том, что АТ-команда выполнена успешно:

> Installed set of 10 channels: Ok

Node Params Setup Section

Команда «AT+POWER pwr»

Назначение: установить мощность трансивера.

Параметр **pwr** принимает значения: 1/2/3 = MIN/AVR/MAX.

Пример:

AT+POWER 3

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

> RF power MAX: Ok

Команда «AT+BITRATE br»

Назначение: установить скорость передачи данных трансивера.

Параметр **br** принимает значения: 1/2/3 = 250 Kbps/1 Mbps/2 Mbps.

Пример:

AT+BITRATE 1

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

> RF bitrate 250 Kbps: Ok

Команда «AT+BAUD bd»

Назначение: установить скорость передачи данных порта UART.

Параметр **bd** принимает значения: 9600/115200/230400/460800/921600 baud.

Пример:

AT+BAUD 921600

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

> UART baud 921600: Ok

Don't forget to switch to installed baud

Команда «AT+UART.flow+»

Назначение: включить управление потоком данных UART XON/XOFF. Отправитель будет приостанавливать передачу данных в UART при получении байта XOFF и возобновлять при получении байта XON.

Управление потоком данных предотвращает переполнение входного буфера UART.

Пример:

AT+UART.flow+

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

> UART flow control ON: Ok

Команда «AT+UART.flow-»

Назначение: отключить управление потоком данных UART XON/XOFF.

Пример:

AT+UART.flow-

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

> UART flow control OFF: Ok

Node Control Section

Команда «AT+START.hide»

Назначение: запретить вывод сообщения с параметрами узла при старте.

Пример:

AT+START.hide

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

```
> Start message hide: Ok
```

При старте узла в окне терминала отобразится сообщение:

```
>> Node 203 started
```

Команда «AT+START.show»

Назначение: разрешить вывод сообщения с параметрами узла при старте.

Пример:

AT+START.show

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

```
> Start message show: Ok
```

При старте узла в окне терминала отобразится сообщение:

```
> Node 203 ready to start. Wait..  
*****  
* Easy Net EveryWhere  
* -----  
* Network.mode: SIMPLE_NET  
* Radio.bitrate: 250Kb  
* UART.baud: 921600  
* Bluetooth: ON  
* Bluetooth name: 111.203 Node For Test  
*****  
>> Node 203 started
```

Команда «AT+DEFAULT»

Назначение: сбросить настройки параметров узла к начальным значениям.

Пример:

AT+DEFAULT

Узел установит параметры по умолчанию.

Команда «AT+RESTART»

Назначение: перезагрузить узел.

Пример:

AT+RESTART

В окне терминала отобразится сообщение о перезагрузке, после чего узел будет перезагружен.

```
> The node will reboot now
*****
*   Easy Net EveryWhere
* -----
*   Network.model: SIMPLE_NET
*   Radio.bitrate: 250Kb
*   UART.baud:      115200
*   Bluetooth:      ON
*   Bluetooth name: 111.203 NET_NODE
*****
>> Node 203 started
```

Network Access Setup Section

Команда «AT+LOGIN log»

Назначение: установить сетевой логин.

Параметр **log** принимает значения: любые символы и цифры длиной до 8 байт.

Пример:

AT+LOGIN 12345678

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

```
> Network Login Ok: 12345678
```

Команда «AT+PASSW psw»

Назначение: установить сетевой пароль.

Параметр **psw** принимает значения: любые символы и цифры длиной до 8 байт.

Пример:

AT+PASSW 876954321

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

```
> Network Password Ok: 876954321
```

Network Service Section

Команда «AT+HI»

Назначение: найти узел, с которым установлено соединение по Bluetooth (BLE).

Светодиод “State” искомого узла будет мигать в течение двух секунд.

Пример:

AT+HI

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

```
> The node you are connected is flashing
```

Команда «AT+WHERE node»

Назначение: найти узел с указанным адресом.

Параметр **node** принимает значения: 1-254/A1-N15

Светодиод “State” искомого узла будет мигать в течение двух секунд.

Пример:

AT+WHERE 205 или: AT+WHERE K14

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

> The node you are looking for is flashing

Команда «AT+ERROR.log [node]»

Назначение: показать журнал с ошибками сети и статистикой.

Пример:

AT+ERROR.log B

В окне терминала отобразится содержимое журнала ошибок кластера В. Если параметр **node** не указывать, то узел “Net Master” отобразит содержимое журнала ошибок всей сети.

```
===== Network Channel Error =====  
> SENDER TARG CNL ERROR QUALITY  
  B1      B2    62     12      ***  
  B1      B3    62      9      ****  
  B3      B5    62     14      **  
  B5      B1    63     16      **
```

Из записей журнала следует, что каналы 62 и 63 имеют ошибки.

При достижении порога ошибок в 20% сеть автоматически исключает канал из списка доступных.

Команда «AT+NOD.scan»

Назначение: сканировать узлы сети.

Пример:

AT+NOD.scan

В окне терминала отобразится список найденных узлов сети:

```
> Scan nodes begin. Wait...  
*> Nodes found: 14  
  20  21  22  23  24  25  26  27  28  29  
 123 204 207 208
```

Команда «AT+NOD.view»

Назначение: показать все узлы в сети.

Пример:

AT+NOD.view

В окне терминала отобразится список всех узлов сети:

```
*> Nodes found: 15  
  20  21  22  23  24  25  26  27  28  29  
 123 204 205 207 208
```

GPS Module Control Section

Команда [*addr*] «AT+GPS+»

Назначение: включить функцию работы с GPS модулем.

Пример:

AT+GPS+

В окне терминала отобразится сообщение о результате выполнения команды:

> GPS state: ON

Команда [*addr*] «AT+GPS-»

Назначение: выключить функцию работы с GPS модулем.

Пример:

AT+GPS-

В окне терминала отобразится сообщение о результате выполнения команды:

> GPS state: OFF

Команда [*addr*] «AT+GPS.fix»

Назначение: зафиксировать текущие координаты GPS модуля.

Пример:

AT+GPS.fix

В окне терминала отобразится сообщение о результате выполнения команды:

> GPS coordinates fixed: зафиксированные координаты широты и долготы

Если зафиксировать текущие координаты GPS не удалось, то появится сообщение:

> GPS fix error

> GPS Coordinates NOT fixed

Команда [*addr*] «AT+GPS.view»

Назначение: показать текущие координаты GPS модуля.

Пример:

AT+GPS.view

В окне терминала отобразится сообщение о результате выполнения команды:

> GPS current coordinates: текущие координаты широты и долготы

Команда [*addr*] «AT+GPS.get_coordinate»

Назначение: получить краткие текущие координаты модуля GPS.

Пример:

AT+GPS.get_coordinate

В окне терминала отобразится сообщение о результате выполнения команды:

> GPS current coordinates: текущие координаты широты и долготы

Команда [*addr*] «AT+GPS.get_data»

Назначение: получить расширенные координаты модуля GPS.

Пример:

AT+GPS.get_data

В окне терминала отобразится сообщение о результате выполнения команды:

> GPS data: расширенные координаты широты и долготы, дистанции, высоты и скорости.

Команда [*addr*] «AT+GPS. change_notify_on threshold»

Назначение: установка режима передачи в сеть сообщений об изменении координат GPS.

Параметр **threshold** принимает значения: 10-40000

Пример:

AT+GPS.change_notify_on 20 //порог = 20 метров

В окне терминала отобразится сообщение о результате выполнения команды:

> addr 0 cmd_Ok | 203 1 cmd_Error

Команда [*addr*] «AT+GPS. change_notify_off»

Назначение: отмена режима передачи в сеть сообщений об изменении координат GPS.

Пример:

AT+GPS.change_notify_off

В окне терминала отобразится сообщение о результате выполнения команды:

> addr 0 cmd_Ok | 203 1 cmd_Error

Команда [*addr*] «AT+GPS.period_notify_on period»

Назначение: установить режим передачи в сеть координат GPS с заданным периодом.

Параметр **period** принимает значения: 100-60000 ms

Пример:

AT+GPS. period_notify_on 200 //период: 200 ms

В окне терминала отобразится сообщение о результате выполнения команды:

> addr 0 cmd_Ok | 203 1 cmd_Error

Команда [*addr*] «AT+GPS.period_notify_off»

Назначение: отменить режим передачи в сеть координат GPS с заданным периодом.

Пример:

AT+GPS. period_notify_off

В окне терминала отобразится сообщение о результате выполнения команды:

> addr 0 cmd_Ok | 203 1 cmd_Error

Команда [*addr*] «AT+BAT. get_state»

Назначение: получить напряжения батареи узла сети в милливольтах.

Пример:

AT+BAT. get_state

В окне терминала отобразится сообщение о результате выполнения команды:

> addr val_mV 0 cmd_Ok | 203 1 cmd_Error

Команда [*addr*] «AT+BAT. state_notify_on low_value»

Назначение: установить режим передачи в сеть уведомления о разряде батареи узла сети.

Параметр **low_value** принимает значения: 3000-4000 mV

Пример:

```
AT+BAT.state_notify_on 3200 //mV
```

В окне терминала отобразится сообщение о результате выполнения команды:

```
> addr val_mV 0 cmd_Ok | 203 1 cmd_Error
```

Команда [*addr*] «AT+BAT. state_notify_off »

Назначение: отменить режим передачи в сеть уведомления о разряде батареи узла сети.

Пример:

```
AT+BAT.state_notify_off
```

В окне терминала отобразится сообщение о результате выполнения команды:

```
> addr 0 cmd_Ok | 203 1 cmd_Error
```

BLE Module Control Section

Команда «AT+BLE+»

Назначение: включить функцию работы с Bluetooth (BLE) модулем.

Пример:

```
AT+BLE+
```

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

```
> Bluetooth state: ON
```

Команда «AT+BLE-»

Назначение: выключить функцию работы с Bluetooth (BLE) модулем.

Пример:

```
AT+BLE-
```

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

```
> Bluetooth state: OFF
```

Команда «AT+BLE.config»

Назначение: посмотреть текущие установки BLE модуля узла.

Пример:

```
AT+BLE.config
```

В окне терминала будут отображены текущие установки BLE модуля:

```
*** BLE DEVICE CURRENT CONFIG ***
BLE device Password: 12345678
BLE device Name:
111.203 Node For Test
```

Команда «AT+BLE.name n»

Назначение: присвоить имя BLE модулю узла.

Параметр **n** принимает значения: любые символы и цифры длиной до 24 байт.

Пример:

AT+BLE.name Node For Test

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

> BLE Node name: Ok 111.203 Node For Test

Команда «AT+BLE.psw psw»

Назначение: установить пароль доступа к BLE модулю узла.

Параметр **psw** принимает значения: любые символы и цифры длиной до 8 байт.

Пример:

AT+BLE.psw 12345678

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

> BLE password: Ok 12345678

Test Mode Section

Команда «AT+STOP»

Назначение: остановить текущий тест.

Пример:

AT+STOP

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

> STOP

Текущий тест будет остановлен.

Команда «AT+LINK target[,period]»

Назначение: запустить тест для проверки передачи данных между двумя узлами.

В teste узлом – отправителем отправляется текущее значение счетчика узлу-получателю.

Если узел-получатель получил значение счетчика без ошибок, то узлу-отправителю отправляется квитанция ACK и узел-отправитель инкрементирует значение счетчика.

Узел-приемник фиксирует количество ошибок счетчика, выводит на экран терминала текущие значения и отправляет значение счетчика ошибок узлу-отправителю.

Параметр **target** – адрес узла-получателя.

Параметр **period** – период отправки тестовых пакетов: 50...10000 ms. По умолчанию: 500 ms.

Пример:

AT+LINK 203,100

В окне терминала узла-отправителя отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно, отправленное текущее значение счетчика и значение счетчика ошибок, переданное узлом-получателем.

Если к узлу подключен и активирован модуль GPS, то расстояние между узлами также будет отображаться с погрешностью 2 метра:

```
> Counter test started
>to:203|cnt:0000001|err:0|s=623 м|
>to:203|cnt:0000002|err:0|s=623 м|
```

```
>to:203|cnt:0000003|err:0|s=623 м|
>to:203|cnt:0000004|err:0|s=623 м|
```

В окне терминала узла-получателя будет выводится полученное значение счетчика:

```
>from:204|cnt:0000001|err:0|
>from:204|cnt:0000002|err:0|
>from:204|cnt:0000003|err:0|
>from:204|cnt:0000004|err:0|
```

Команда «AT+HELLO target[period]»

Назначение: запустить тест для проверки передачи данных между двумя узлами.

В тесте узлом–отправителем отправляется сообщение «Hello from node».

Если узел-получатель получил сообщение, то в окне терминала узла-получателя будет отображаться сообщение, адрес узла-отправителя и номер канала, по которому было принято сообщение.

Параметр **target** – адрес узла-получателя.

Параметр **period** – период отправки тестовых пакетов: 50...10000 ms. По умолчанию: 500 ms.

Пример:

```
AT+ HELLO 203,300
```

В окне терминала узла-отправителя с адресом 204 отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

```
> Hello message start
0 203 Ok
0 203 Ok
0 203 Ok
```

В окне терминала узла-получателя с адресом 203 будет выводится сообщение:

```
> Hello from node: 204 channel: 61
> Hello from node: 204 channel: 59
> Hello from node: 204 channel: 58
```

Команда «AT+HELLO.all [period]»

Назначение: запустить тест для проверки передачи данных между несколькими узлами.

В тесте узлом –отправителем всем узлам сети по очереди отправляется сообщение «Hello from node».

Если узел-получатель получил сообщение, то в окне терминала узла-получателя будет отображаться сообщение, адрес узла-отправителя и номер канала, по которому было принято сообщение.

Параметр **target** – адрес узла-получателя.

Параметр **period** – период отправки тестовых пакетов: 50...10000 ms. По умолчанию: 500 ms.

Пример:

```
AT+HELLO.all 100
```

В окне терминала узла-отправителя отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

```
> Hello to all message start
0 28 Ok
1 29 NO_CONNECTION
0 123 Ok
```

В окне терминала узлов-получателей будет выводится сообщение:

```
> Hello from node: 203 channel: 76
> Hello from node: 203 channel: 80
> Hello from node: 203 channel: 79
```

Команда «AT+STRING target[,period][,length]»

Назначение: запустить тест для проверки передачи данных между двумя узлами.

В тесте узлом-отправителем узлу-получателю отправляется текстовая строка длиной, заданной пользователем.

Если узел-получатель получил сообщение, то в окне терминала узла-получателя будет отображаться принятая строка.

Параметр **target** – адрес узла-получателя.

Параметр **period** – период отправки тестовых пакетов: 50...10000 ms. По умолчанию: 500 ms.

Параметр **length** – длина строки: 1-150 байт. По умолчанию: 50 байт.

Пример:

AT+STRING 203

В окне терминала узла-отправителя отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

```
> Test Sequence start
0 203 Ok
0 203 Ok
0 203 Ok
0 203 Ok
```

В окне терминала узлов-получателей будет выводится сообщение:

```
123456789_123456789_123456789_123456789_123456789_
123456789_123456789_123456789_123456789_123456789_
123456789_123456789_123456789_123456789_123456789_
123456789_123456789_123456789_123456789_123456789_
```

Node Functions Section

Каждый узел сети может быть сконфигурирован пользователем для выполнения необходимых ему функций, что позволяет пользователю изменять архитектуру и топологию сети без необходимости приобретения дополнительного оборудования.

Режим работы узлов сети устанавливается соответствующей AT-командой.

Команда «AT+ROLE.Net_Controller»

Назначение: установить режим **Net_Controller** для узла «Net Controller».

Пример:

AT+ROLE.Net_Controller

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

```
> Node role: Net Controller: Ok
```

Команда «AT+ROLE.Net_Master»

Назначение: установить режим **Net_Master** для узла «Net Controller».

Пример:

AT+ROLE.Net_Master

В окне терминала отобразится сообщение о том, что АТ-команда выполнена успешно:

```
> Node role: Net Master: Ok
```

Команда «AT+ROLE.Net_Node»

Назначение: установить режим **Net_Node** для узла «Net Controller» или «Net Node».

Пример:

AT+ROLE.Net_Node

В окне терминала отобразится сообщение о том, что АТ-команда выполнена успешно:

```
> Node role: Net Node: Ok
```

Команда «AT+ROLE.Net_Monitor»

Назначение: установить режим **Net_Monitor** для узла «Net Controller».

Пример:

AT+ROLE.Net_Monitor

В окне терминала отобразится сообщение о том, что АТ-команда выполнена успешно:

```
> Node role: Net Monitor: Ok
```

Команда «AT+ ROLE.CLU_Admin»

Назначение: установить режим **Cluster_Admin** для узла «Net Node».

Пример:

AT+ROLE.CLU_Admin

В окне терминала отобразится сообщение о том, что АТ-команда выполнена успешно:

```
> Node role: Cluster Admin: Ok
```

Команда «AT+ ROLE.CLU_Node»

Назначение: установить режим **Cluster_Node** для узла «Net Controller» или «Net Node».

Пример:

AT+ROLE.CLU_Node

В окне терминала отобразится сообщение о том, что АТ-команда выполнена успешно:

```
> Node role: Cluster Node: Ok
```

Команда «AT+ ROLE.Net_Router»

Назначение: установить режим **Net_Router** для узла «Net Node».

Пример:

AT+ROLE.Net_Router

В окне терминала отобразится сообщение о том, что АТ-команда выполнена успешно:

```
> Node role: Net Router: Ok
```

Drone Tranceiver Functions Section

Команда «AT+ROLE.Drone_Rx»

Назначение: установить режим **Drone_Rx** для узла «Net Controller» или «Net Node».

Пример:

AT+ROLE.Drone_Rx

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

```
> Node role: Drone Rx: Ok
```

Команда «AT+ROLE.Drone_Tx»

Назначение: установить режим **Drone_Tx** для узла «Net Controller» или «Net Node».

Пример:

AT+ROLE.Drone_Tx

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

```
> Node role: Drone Tx: Ok
```

Команда «AT+ROLE.Drone_Tx_Rx»

Назначение: установить режим **Drone_Tx_Rx** для узла «Net Controller» или «Net Node».

Пример:

AT+ROLE.Drone_Tx_Rx

В окне терминала отобразится сообщение о том, что AT-команда выполнена успешно:

```
> Node role: Drone Tx_Rx: Ok
```

Приложение 3

Форматы AT-команд

Полный формат	Code
AT+HELP	011
Net Mode Setup Section	
AT+NET.config	012
AT+NET.mode <i>mode</i>	013
Simple Net Addresses Setup Section	
AT+NOD.config	014
AT+NET.addr <i>addr</i>	015
AT+NOD.addr <i>addr</i>	016
AT+TRG.addr	017
AT+SRC.show	018
AT+SRC.hide	
Cluster Net Addresses Setup Section	
AT+CLU.config	021
AT+CLU.adm <i>alias</i>	022
AT+CLU.node <i>num</i>	023
AT+CLU.targ <i>num</i>	024
AT+ROUT.num <i>num</i>	
Channel Mode Setup Section	
AT+CNL.main <i>num</i>	025
AT+CNL.fixed	026
AT+CNL.multi	027
AT+CNL.scan	028
AT+CNL.view	029
AT+CNL.set <i>channel_set</i>	02A
Node Params Setup Section	
AT+POWER <i>power</i>	031
AT+BITRATE <i>bitrate</i>	032
AT+BAUD <i>baud</i>	033
AT+UART.flow+	034
AT+UART.flow-	035
AT+START.hide	036
AT+START.show	037
AT+DEFAULT	038
AT+RESTART	039
Network Access Setup	
AT+LOGIN <i>login</i>	03A
AT+PASSW <i>password</i>	03B
Network Service Section	
AT+HI	041
AT+WHERE <i>node</i>	042
AT+ERROR.log [<i>node</i>]	043
AT+NOD.scan	044
AT+NOD.view	045
GPS Module Control Section	

AT+GPS+	051
AT+GPS-	052
AT+GPS.FIX	053
AT+GPS.VIEW	054
AT+GPS.GET_COORDINATE	055
AT+GPS.GET_DATA	056
AT+GPS.CHANGE_NOTIFY_ON <i>threshold</i>	057
AT+GPS.CHANGE_NOTIFY_OFF	057
AT+GPS.PERIOD_NOTIFY_ON <i>period</i>	059
AT+GPS.PERIOD_NOTIFY_OFF	05A
Battery Control Section	
AT+BAT.GET_STATE	061
AT+BAT.STATE_NOTIFY_ON <i>low_value</i>	062
AT+BAT.STATE_NOTIFY_OFF	063
Net Controller: PIN Command Section	
AT+PIN.SET <i>pin:state[,pin:state][,pin:state]...[,pin:state]</i>	071
AT+PIN.GET <i>pin[,pin][,pin]...[,pin]</i>	072
AT+PIN.AT+PIN.CHANGE_NOTIFY_ON <i>pin[,pin][,pin]...[,pin]</i>	073
AT+PIN.CHANGE_NOTIFY_OFF	074
AT+PIN.PERIOD_STATE_NOTIFY_MS_ON <i>period,pin[,pin][,pin]...[,pin]</i>	075
AT+PIN.PERIOD_STATE_NOTIFY_OFF	076
Net Controller: ADC Command Section	
AT+ADC.GET_ADC <i>pin[,pin][,pin]...[,pin]</i>	081
AT+ADC.CHANGE_NOTIFY_ON <i>threshold_mv, pin[,pin][,pin]...[,pin]</i>	082
AT+ADC.CHANGE_NOTIFY_OFF	083
AT+ADC.PERIOD_VALUE_NOTIFY_MS_ON <i>period,pin[,pin][,pin]...[,pin]</i>	084
AT+ADC.PERIOD_VALUE_NOTIFY_SEC_ON <i>period,pin[,pin][,pin]...[,pin]</i>	085
AT+ADC.PERIOD_VALUE_NOTIFY_OFF	086
Net Controller: DAC Command Section	
AT+DACx <i>value</i>	087
Net Controller: PWM Command Section	
AT+PWM.ON <i>pin, frequency, resolution</i>	091
AT+PWM.DUTY <i>pin:duty_value</i>	092
AT+PWM. AT+PWM.OFF	
Net Controller: SERVO Command Section	
AT+SERVO.ON <i>pin[,pin][,pin]...[,pin]</i>	093
AT+SERVO.SET_DEGREE <i>pin:degree:time[,pin:degree:time]...[,pin:degree:time]</i>	094
AT+SERVO. SCAN_ON <i>pin:beg_degree:end_degree:time:pause</i>	095
AT+SERVO. SCAN_OFF	096
AT+SERVO. OFF	097
BLE Module Control Section	
AT+BLE+	0A1
AT+BLE-	0A2
AT+BLE.config	0A3
AT+BLE.NAME <i>name</i>	0A4
AT+BLE.psw <i>password</i>	0A5
Test Mode Section	

AT+STOP	OB1
AT+LINK <i>target[,period]</i>	OB2
AT+HELLO <i>target[,period]</i>	OB3
AT+HELLO.ALL [<i>period</i>]	OB4
AT+STRING <i>target[,period][,length]</i>	OB5
Node Functions Section	
AT+ROLE.Net_Controller	OC1
AT+ROLE.Net_Master	OC2
AT+ROLE.Net_Node	OC3
AT+ROLE.Net_Monitor	OC4
AT+ROLE.CLU_Admin	OC5
AT+ROLE.CLU_Node	OC6
AT+ROLE.Net_Router	OC7
Drone Tranceiver Functions Section	
AT+ROLE.Drone_Rx	OC8
AT+ROLE.Drone_Tx	OC9
AT+ROLE.Drone_Tx_Rx	OC1A

