

1. Описание функциональных характеристик программного обеспечения

Программное обеспечение представляет собой встроенную прошивку для микроконтроллера **ESP32-S3-WROOM-1**, установленного в специализированном устройстве для считывания RFID-меток стандарта 134 кГц и локального хранения/выгрузки результатов измерений.

ПО работает автономно, без подключения к внешним серверам, и обеспечивает следующий функционал:

1.1. Считывание RFID-меток и индикация

- перевод устройства в режим «ПОИСК»;
- активация RFID-считывателя и обработка поступающих пакетов;
- формирование цифрового кода метки (страна + идентификатор);
- запись каждого считанного кода в текстовый файл во внутренней памяти устройства;
- ведение счётчика всех считанных кодов в текущей сессии поиска;
- отображение на экране списка последних считанных кодов (нумерованный список, сверху — самый свежий код, выделенный цветом);
- световая индикация:
 - зелёный светодиод и надпись «**OK**» при успешной записи кода в файл;
 - красный светодиод и надпись «**ERROR**» при ошибке записи.

1.2. Работа с файлами данных

- использование внутренней энергонезависимой памяти (файловая система **LittleFS**) и/или карты памяти microSD;
- хранение данных в виде текстовых файлов в служебном каталоге (каждый файл содержит список считанных кодов);
- автоматическое создание файла с именем, сформированным по текущей дате и времени;

- страничный просмотр списка файлов на экране устройства (постраничная навигация, выделение выбранного файла);
- просмотр содержимого выбранного файла построчно, с выделением текущей строки;
- удаление выбранного файла пользователем с подтверждением через модальное окно (предупреждение и сообщение об успешном/неуспешном удалении).

1.3. Wi-Fi-точка доступа и веб-интерфейс

- работа в режиме точки доступа (**Wi-Fi AP**) без выхода в Интернет;
- формирование SSID точки доступа на основе серийного номера устройства;
- автоматическая генерация восьмизначного цифрового пароля при каждом включении Wi-Fi;
- отображение на экране SSID, пароля и IP-адреса точки доступа;
- запуск встроенного веб-сервера на порту 80:
 - главная страница — список файлов с данными, доступных для скачивания;
 - возможность загрузки файлов пользователем через браузер;
- отображение на экране количества подключённых клиентов Wi-Fi;
- автоматическое отключение точки доступа при длительном отсутствии подключённых клиентов;
- индикация состояния Wi-Fi в строке состояния (значок беспроводной сети).

1.4. Дата, время и модуль RTC

- взаимодействие с модулем реального времени **RTC DS1302**;
- автоматическая проверка корректности времени на RTC при запуске устройства;
- установка времени компиляции прошивки при сбое или потере питания модуля RTC;

- при необходимости — автоматический перевод пользователя в раздел «ВРЕМЯ» для корректировки даты и времени;
- использование текущей даты и времени при формировании названия файлов и при индикации на экране;
- экран «ВРЕМЯ»:
 - отображение текущих даты и времени;
 - поэлементное редактирование (день, месяц, год, часы, минуты) кнопками;
 - сохранение изменений в модуль RTC или во внутренние часы контроллера.

1.5. Управление питанием и батареями

- работа с двумя группами аккумуляторов (номинально ~8,4 В и ~21 В);
- измерение напряжения каждой группы через АЦП;
- вычисление процента заряда для каждой батареи и определение минимального процента;
- вывод индикатора заряда в строке состояния (цветовая индикация по уровню заряда);
- блокировка режима «ПОИСК» при критически низком напряжении батареи 21 В и вывод сообщения на экран («**АКБ 21В разряжена!**»);
- автоматическое отключение устройства при отсутствии активности пользователя в течение заданного времени (по умолчанию 3 минуты) с отображением на экране обратного отсчёта времени до выключения;
- управление питанием дисплея: включение/выключение контроллера и подсветки, переход в состояние «устройство выключено» с очисткой экрана и отключением внешних модулей (RFID, Wi-Fi, светодиоды).

1.6. Контроль памяти и ограничение записи

- поддержка работы как с внутренней памяти (ROM / LittleFS), так и с картой microSD (режим выбирается на уровне конфигурации);
- постоянный контроль общего и использованного объёма памяти;

- при заполнении памяти выше установленного порога (порядка 95 %) автоматическое ограничение режима поиска:
 - вывод предупреждения «Память заполнена! Удалите ненужные файлы»;
 - блокировка дальнейшей записи новых кодов до освобождения памяти;
- отображение в строке состояния графического индикатора памяти (микросхема «RAM») при недостатке свободного места.

1.7. Информационные и диагностические разделы

Раздел «Информация»:

- отображение серийного номера устройства;
- отображение информации о памяти (использовано/доступно в мегабайтах).

Программное обеспечение не устанавливает сторонние программы, не выполняет скрытых сетевых подключений к внешним ресурсам и не предусматривает удалённое управление устройством.

2. Информация, необходимая для установки программного обеспечения

2.1. Общие сведения

Прошивка поставляется **предустановленной** на микроконтроллер ESP32-S3-WROOM-1 в составе устройства.

Для конечного пользователя и для обычной эксплуатации **не требуется выполнять установку или обновление** программного обеспечения. Устройство готово к работе сразу после включения.

2.2. Восстановление и обновление прошивки (для сервисных организаций)

При необходимости восстановления работоспособности устройства или установки обновлённой версии прошивки операции выполняются уполномоченным сервисным персоналом в локальном режиме. Удалённая (сетевая) установка и обновление

прошивки **не предусмотрены**. Все действия по перепрошивке выполняются только авторизованными специалистами.

3. Информация, необходимая для эксплуатации программного обеспечения

3.1. Включение и общая навигация

При подаче питания устройство автоматически загружает предустановленную прошивку и отображает главное меню.

Управление осуществляется кнопками:

- **кнопка питания:**
 - короткое нажатие при включённом устройстве — быстрый переход в режим «ПОИСК»;
 - длительное нажатие (примерно 1 секунда и более) — включение/выключение устройства;
- **«Вверх» / «Вниз»** — перемещение по пунктам меню и спискам;
- **«Войти»** (кнопка с символом «>») — выбор пункта меню, подтверждение действия;
- **«Назад»** (кнопка выхода) — возврат в предыдущее меню или отмена действия.

В верхней части экрана отображаются:

- текущая дата и время;
- индикатор заряда батарей (по более разряженной из двух);
- при включённом Wi-Fi — значок беспроводной сети;
- при недостатке свободного места — индикатор памяти.

3.2. Режим «ПОИСК» (считывание меток)

1. Выбрать пункт меню **«ПОИСК»** и нажать **«Войти»** либо кратко нажать кнопку питания при включённом устройстве.

2. На экране отображается сообщение о начале поиска; при нормальном уровне напряжения батареи 21 В включается RFID-считыватель и зелёный светодиод.
3. Поднести RFID-метку к считывателю:
 - при успешном считывании код сохраняется в текущий текстовый файл, под экраном отображается зелёная надпись «**OK**», загорается соответствующий светодиод;
 - при ошибке записи отображается сообщение «**ERROR**» и красная индикация;
 - список последних считанных кодов выводится на экране с нумерацией (последний код сверху).
4. В правой части нижней области экрана отображается обратный отсчёт времени «**До выключения**» (минуты и секунды) до автоматического отключения устройства при отсутствии действий пользователя.
5. При критически низком напряжении батареи 21 В функция поиска блокируется и выводится сообщение о разряженной батарее; при этом доступ к остальным разделам меню сохраняется.
6. Для выхода из режима «ПОИСК» нажать кнопку «Назад». При выходе завершённая сессия сохраняется в файл, дальнейшее считывание осуществляется уже в новый файл при следующем заходе в режим поиска.

3.3. Работа с файлами (раздел «ФАЙЛЫ»)

1. Выбрать пункт меню «ФАЙЛЫ» и нажать «Войти».
2. На экране отображается список файлов с данными (по дате/времени создания). Навигация по списку выполняется кнопками «Вверх»/«Вниз», текущий файл выделен цветом.
3. Нажатие «Войти» по выбранному файлу открывает его содержимое:
 - выводится построчный список считанных кодов, с возможностью пролистывания;
 - текущая строка списка выделяется цветом.
4. Повторное нажатие «Войти» в режиме просмотра файла вызывает модальное окно с подтверждением удаления:

- при подтверждении файл удаляется, выводится сообщение об успешном или неуспешном удалении;
 - при отмене никаких изменений не происходит.
5. Нажатие «Назад» возвращает пользователя к списку файлов, затем — в главное меню.

При переполнении памяти (индикатор «RAM» в строке состояния и предупреждение «Память заполнена!») пользователю рекомендуется удалить ненужные файлы через данный раздел для возобновления работы режима поиска.

3.4. Раздел «Wi-Fi»

1. Выбрать пункт меню **«Wi-Fi»** и нажать «Войти».
2. На экране отображается переключатель «ВКЛ/ВЫКЛ»:
 - нажатие «Войти» включает или выключает точку доступа;
 - при включении автоматически формируются:
 - SSID точки доступа (на основе серийного номера устройства);
 - новый восьмизначный пароль.
3. В рамке под переключателем отображаются:
 - SSID и пароль;
 - инструкция по подключению;
 - IP-адрес устройства для входа через браузер;
 - текущий счётчик подключённых клиентов.
4. Для доступа к данным:
 - на компьютере или мобильном устройстве подключиться к указанной сети Wi-Fi;
 - в браузере открыть указанный IP-адрес;
 - на появившейся веб-странице выбрать нужный файл и скачать его.
5. При отсутствии подключённых клиентов в течение заданного времени точка доступа автоматически выключается, о чём сообщается в журнале и по

состоянию переключателя.

3.5. Раздел «ВРЕМЯ»

1. Выбрать пункт «**ВРЕМЯ**» и нажать «Войти».
2. На экране отображаются дата и время, а также подсказки по управлению:
 - кнопка «Вправо» — переход между редактируемыми полями (день, месяц, год, часы, минуты);
 - кнопки «Вверх»/«Вниз» — изменение значения выбранного поля;
 - кнопка «Назад» — сохранение изменений и возврат в главное меню.
3. При наличии рабочего модуля RTC сохранённые значения записываются непосредственно в часы реального времени.

3.6. Раздел «Информация»

- вывод серийного номера устройства;
- отображение информации о памяти: объём занятого и доступного пространства в мегабайтах.

Раздел используется для идентификации устройства и контроля ресурса памяти.

3.8. Автоматическое отключение и общие рекомендации

- При отсутствии действий пользователя в течение заданного времени (по умолчанию 3 минуты) устройство автоматически выключается. Перед отключением в режиме поиска на экране отображается обратный отсчёт времени.
- Для экономии заряда аккумуляторов рекомендуется:
 - при отсутствии необходимости в передаче данных отключать Wi-Fi в соответствующем разделе;
 - регулярно контролировать уровень заряда по индикатору в строке состояния;

- при появлении предупреждения о заполнении памяти удалять старые файлы.

Обновление программного обеспечения пользователем не предусматривается и выполняется, при необходимости, только уполномоченными специалистами.