**Описание устройства Клетка**

Электронная часть клетки построена на микроконтроллере STM32. Электроника работает, как исполнительное устройство, подключаемое к хосту кабелем USB и выполняя команды хоста через разработанный протокол передачи по интерфейсу UART. Контроллер управляет 2-мя кормушками для порционной выдачи корма, обрабатывает состояние 4-х педалей, осуществляет индикацию через 4 светодиода внутри клетки, а также управляет звуковым стимулом. Информация о статусе электронной части клетки и установка параметров ее работы доступна через коммуникационный протокол.

**Отображение устройства на ПК. Протокол.**

Взаимодействие ПК с Клеткой осуществляется через Виртуальный последовательный порт, реализуемый микропроцессором Клетки. При подключении к ПК на Windows установка дополнительных драйверов не требуется.

Рекомендуемые параметры подключения по последовательному порту:

* скорость: 115200 бод
* биты данных: 8
* стоповых битов: 1
* четность: нет+
* контроль передачи: нет

Для настройки параметров, а также управления исполнительными устройствами Клетки используется система команд, на транспортном уровне передающихся в составе пакетов, содержащих заголовок, длину пакета а также контрольную сумму. Микропрограмма Клетки, получая очередной пакет данных, анализирует корректность заголовка и длины пакета, а также контрольную сумму. Если все параметры корректные, происходит декодирование команды и добавление ее во внутренний стек команд Клетки, который позволяет ей работать асинхронно от ПК, получать последовательность команд, которые затем будут выполнены в соответствии с внутренним временем Клетки. Это позволяет более точно соблюдать временные интервалы между командами.

Пакет данных отправляемых от ПК к Клетке

| Заголовок | | | | | | Длина пакета | Payload | UUID команды | Контрольная сумма |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1-й байт  0x12 | 2-й байт  0x34 | 3-й байт  0x56 | 4-й байт  0x78 | 5-й байт  0x9A | 6-й байт  0xBC | 1 байт (сумма кол-ва байт пакета за исключением самого поля длины пакета) | Зависит от направления: от ПК к Клетке или от Клетки к ПК | Последовательный номер команды (0-255) | 0x100 минус восьмибитная сумма всех байт пакета, за исключением контрольной суммы) |

Формат Payload при отправке команд от ПК к Клетке:

| Payload | |
| --- | --- |
| Код команды (1 байт) | Параметры команды |

После каждой команды от ПК к Клетке следует ответ от клетки с кодом команды, кодом ошибки и меткой времени Клетки, когда данная команда была выполнена. Кроме того, для однозначного определения номера команды, на которую пришел ответ, в случае, если в Клетку было последовательно отправлено несколько одинаковых команд, в пакете добавлено поле, содержащее UUID команды.

Payload пакета от клетки к ПК

| Payload | | |
| --- | --- | --- |
| Код команды (1 байт) | Код ошибки (1 байт) | Данные от Клетки |

**Команды:**

1. **Прочитать статус устройства 0xA0**

Запрос: 1 байт код команды

| Payload | |
| --- | --- |
| Код команды | Параметры команды |
| 0xA0 | Нет |

Ответ 16 байт:

| Payload | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й | 4-й | 5-й | 6-й байт | 7-й байт | 8-й байт |
| Код команды | Код ошибки | Версия микропрограммы Клетки | | | Версия аппаратуры Клетки | | |
| 0xA0 | 0x00 - нет ошибок  0x01 - неверная длина команды  0x02 - заданные параметры вне допустимого диапазона | major | minor | patch | major | minor | patch |

…………………………………………………………………………………………………………………………..

| Payload | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 9-й байт | 10-й байт | 11-й байт | 12-й байт | 13-й байт | 14-й байт | 15-й байт | 16-й байт |
| 7-й бит:  1 - есть внешнее питание;  0 - нет внешнего питания;  6-й - 0-й биты: резерв | 7-й бит:  1 - педаль 1 нажата;  0 - педаль 1 не нажата;  6-й бит:  1 - педаль 2 нажата;  0 - педаль 2 не нажата;  5-й бит:  1 - педаль 3 нажата;  0 - педаль 3 не нажата;  4-й бит:  1 - педаль 4 нажата;  0 - педаль 4 не нажата; | 7-й и 6-й биты: состояние кормушки 1:  00 - ожидание;  01- идет выдача корма;  10 - пустая кормушка;  11 - резерв;  5-й и 4-й биты: состояние кормушки 2:  00 - ожидание;  01- идет выдача корма;  10 - пустая кормушка;  11 - резерв;  3-й - 0-й биты: резерв | Внутреннее время Клетки | | | | Статус внутреннего времени Клетки |
|  |  |  | Часы (0-23) | Минуты (0-59) | Секунды (0-59) | Миллисекунды с шагом 10 мс (0-99) | 0x00 - не синхронизировано  0x01 - синхронизировано |

1. **Установить яркость светодиода (0xA1)**

Запрос 3 байта:

| Payload | | |
| --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й байт |
| Код команды | Номер светодиода | Яркость |
| 0xA1 | Целое число в диапазоне от 1 до 4 | Целое число в диапазоне от 0 до 255 |

Ответ 6 байт:

| Payload | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й байт | 4-й байт | 5-й байт | 6-й байт |
| Код команды | Код ошибки | Внутреннее время Клетки (часы) | Внутреннее время Клетки (минуты) | Внутреннее время Клетки (секунды) | Внутреннее время Клетки (миллисекунды/10) |
| 0xA1 | 0x00 - нет ошибок  0x01 - неверная длина команды  0x02 - заданные параметры вне допустимого диапазона | Целое число в диапазоне 0-23 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0 - 99 (соответствует 0 - 990 мсек) |

1. **Включить звуковой сигнал с заданными параметрами (0xA2)**

Запрос 5 байт:

| Payload | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й байт | 4-й байт | 5-й байт |
| Код команды | Частота звука (Гц) | Громкость звука (дБ) | Длительность звукового сигнала (миллисекунды, младший байт)  пример: 0xF4 | Длительность звукового сигнала (миллисекунды, старший байт)  пример: 0x01 |
| 0xA2 | Целое число в диапазоне 1-45 (500-5000 Гц):  1: 500 Гц  2: 600 Гц  3: 700 Гц  ……  44: 4900 Гц  45: 5000 Гц | Целое число в диапазоне 40-85 | Целое число в диапазоне 0 (бесконечно) - 30000  пример: 0x01F4 = 500 мсек | |

Ответ 6 байт:

| Payload | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й байт | 4-й байт | 5-й байт | 6-й байт |
| Код команды | Код ошибки | Внутреннее время Клетки (часы) | Внутреннее время Клетки (минуты) | Внутреннее время Клетки (секунды) | Внутреннее время Клетки (миллисекунды/10) |
| 0xA2 | 0x00 - нет ошибок  0x01 - неверная длина команды  0x02 - заданные параметры вне допустимого диапазона | Целое число в диапазоне 0-23 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0 - 99 (соответствует 0 - 990 мсек) |

1. **Выключить звуковой сигнал (0xA3)**

Запрос: 1 байт

| Payload |
| --- |
| 1-й байт |
| Код команды |
| 0xA3 |

Ответ 6 байт:

| Payload | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й байт | 4-й байт | 5-й байт | 6-й байт |
| Код команды | Код ошибки | Внутреннее время Клетки (часы) | Внутреннее время Клетки (минуты) | Внутреннее время Клетки (секунды) | Внутреннее время Клетки (миллисекунды/10) |
| 0xA3 | 0x00 - нет ошибок  0x01 - неверная длина команды | Целое число в диапазоне 0-23 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0 - 99 (соответствует 0 - 990 мсек) |

1. **Задать скорость вентиляторов (0xA4)**

Запрос 2 байта:

| Payload | |
| --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт |
| Код команды | Скорость вращения вентиляторов |
| 0xA4 | Целое число в диапазоне 0 - 10 |

Ответ 6 байт:

| Payload | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й байт | 4-й байт | 5-й байт | 6-й байт |
| Код команды | Код ошибки | Внутреннее время Клетки (часы) | Внутреннее время Клетки (минуты) | Внутреннее время Клетки (секунды) | Внутреннее время Клетки (миллисекунды/10) |
| 0xA4 | 0x00 - нет ошибок  0x01 - неверная длина команды  0x02 - заданные параметры вне допустимого диапазона | Целое число в диапазоне 0-23 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0 - 99 (соответствует 0 - 990 мсек) |

1. **Задать скорости вращения моторов кормушек (0xA5)**

Запрос 3 байта:

| Payload | | |
| --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й байт |
| Код команды | Скорость вращения 1-й кормушки | Скорость вращения 2-й кормушки |
| 0xA5 | Целое число в диапазоне 0 - 10 | Целое число в диапазоне 0 - 10 |

Ответ 6 байт:

| Payload | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й байт | 4-й байт | 5-й байт | 6-й байт |
| Код команды | Код ошибки | Внутреннее время Клетки (часы) | Внутреннее время Клетки (минуты) | Внутреннее время Клетки (секунды) | Внутреннее время Клетки (миллисекунды/10) |
| 0xA5 | 0x00 - нет ошибок  0x01 - неверная длина команды  0x02 - заданные параметры вне допустимого диапазона | Целое число в диапазоне 0-23 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0 - 99 (соответствует 0 - 990 мсек) |

1. **Задать максимальное время вращения моторов кормушек - таймаут выдачи корма (0xA6)**

Запрос 3 байта:

| Payload | | |
| --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й байт |
| Код команды | Максимальное время работы 1-й кормушки (секунд) | Максимальное время работы 2-й кормушки (секунд) |
| 0xA6 | Целое число в диапазоне 0 - 30 | Целое число в диапазоне 0 - 30 |

Ответ 6 байт:

| Payload | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й байт | 4-й байт | 5-й байт | 6-й байт |
| Код команды | Код ошибки | Внутреннее время Клетки (часы) | Внутреннее время Клетки (минуты) | Внутреннее время Клетки (секунды) | Внутреннее время Клетки (миллисекунды/10) |
| 0xA6 | 0x00 - нет ошибок  0x01 - неверная длина команды  0x02 - заданные параметры вне допустимого диапазона | Целое число в диапазоне 0-23 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0 - 99 (соответствует 0 - 990 мсек) |

1. **Задать чувствительность датчиков кормушек (0xA7)**

Запрос 3 байта:

| Payload | | |
| --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й байт |
| Код команды | Чувствительность 1-й кормушки | Чувствительность 2-й кормушки |
| 0xA7 | Целое число в диапазоне от 1 до 5 | Целое число в диапазоне от 1 до 5 |

Ответ 6 байт:

| Payload | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й байт | 4-й байт | 5-й байт | 6-й байт |
| Код команды | Код ошибки | Внутреннее время Клетки (часы) | Внутреннее время Клетки (минуты) | Внутреннее время Клетки (секунды) | Внутреннее время Клетки (миллисекунды/10) |
| 0xA7 | 0x00 - нет ошибок  0x01 - неверная длина команды  0x02 - заданные параметры вне допустимого диапазона | Целое число в диапазоне 0-23 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0 - 99 (соответствует 0 - 990 мсек) |

1. **Выдать корм** **(0xA8)**

Запрос 3 байта:

| Payload | | |
| --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й байт |
| Код команды | Номер кормушки | Резерв |
| 0xA8 | Целое число в диапазоне от 1 до 2 | 0x00 |

Если требуется выдать несколько порций корма, то необходимо отправить данную команду нужное количество раз. При этом, благодаря наличию в Клетке стека команд, их можно отправлять последовательно, не дожидаясь события о том, что кормушка выдала корм (см. раздел События). При этом важно наращивать UUID команды для однозначного определения из ответов Клетки, какие из последовательных команд были выполнены успешно, а какие нет (например, закончился корм). Выполнение каждой команды выдачи корма будет сопровождаться соответствующим событием.

Ответ 6 байт:

| Payload | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й байт | 4-й байт | 5-й байт | 6-й байт |
| Код команды | Код ошибки | Внутреннее время Клетки (часы) | Внутреннее время Клетки (минуты) | Внутреннее время Клетки (секунды) | Внутреннее время Клетки (миллисекунды/10) |
| 0xA8 | 0x00 - нет ошибок  0x01 - неверная длина команды  0x02 - заданные параметры вне допустимого диапазона | Целое число в диапазоне 0-23 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0 - 99 (соответствует 0 - 990 мсек) |

1. **Установить задержку до следующей команды (0xA9)**

Запрос 3 байта:

| Payload | | |
| --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й байт |
| Код команды | Задержка (миллисекунд, младший байт) | Задержка (миллисекунд, старший байт) |
| 0xA9 | Целое число в диапазоне 0-255 | Целое число в диапазоне 0-255 |

Ответ 6 байт:

| Payload | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й байт | 4-й байт | 5-й байт | 6-й байт |
| Код команды | Код ошибки | Внутреннее время Клетки (часы) | Внутреннее время Клетки (минуты) | Внутреннее время Клетки (секунды) | Внутреннее время Клетки (миллисекунды/10) |
| 0xA9 | 0x00 - нет ошибок  0x01 - неверная длина команды  0x02 - заданные параметры вне допустимого диапазона | Целое число в диапазоне 0-23 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0 - 99 (соответствует 0 - 990 мсек) |

1. **Установить внутренние часы клетки (0xAA)**

В Клетке нет энергонезависимых часов, поэтому чтобы внутреннее время Клетки было актуально, его необходимо синхронизировать с временем ПК с помощью специальной команды в формате ЧЧ.ММ.СС.мсек. Причем миллисекунды считаются с шагом в 10 мс. При запросе статуса устройства всегда можно прочитать внутреннее время Клетки а также флаг его синхронизации (выполнялась ли синхронизация после подачи питания на Клетку).

Запрос 5 байт:

| Payload | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й байт | 4-й байт | 5-й байт |
| Код команды | Внутреннее время Клетки (часы) | Внутреннее время Клетки (минуты) | Внутреннее время Клетки (секунды) | Внутреннее время Клетки (миллисекунды/10) |
| 0xAA | Целое число в диапазоне 0-23 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0 - 99 (соответствует 0 - 990 мсек) |

Ответ 6 байт:

| Payload | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й байт | 4-й байт | 5-й байт | 6-й байт |
| Код команды | Код ошибки | Внутреннее время Клетки (часы) | Внутреннее время Клетки (минуты) | Внутреннее время Клетки (секунды) | Внутреннее время Клетки (миллисекунды/10) |
| 0xAA | 0x00 - нет ошибок  0x01 - неверная длина команды  0x02 - заданные параметры вне допустимого диапазона | Целое число в диапазоне 0-23 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0 - 99 (соответствует 0 - 990 мсек) |

**События:**

**Помимо подтверждения выполнения команд путем ответа на них, следующие события отправляются на ПК автоматически с максимальным приоритетом:**

1. **Нажата педаль (0xB0)**

Payload 7 байт:

| Payload | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й байт | 4-й байт | 5-й байт | 6-й байт | 7-й байт |
| Код события | Код ошибки | Номер педали | Внутреннее время Клетки (часы) | Внутреннее время Клетки (минуты) | Внутреннее время Клетки (секунды) | Внутреннее время Клетки (миллисекунды/10) |
| 0xB0 | 0x00 - нет ошибок | Целое число в диапазоне 1-4 | Целое число в диапазоне 0-23 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0 - 99 (соответствует 0 - 990 мсек) |

1. **Кормушка отработала (0xB1)**

Payload 7 байт:

| Payload | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й байт | 4-й байт | 5-й байт | 6-й байт | 7-й байт |
| Код события | Код ошибки | Номер кормушки | Внутреннее время Клетки (часы) | Внутреннее время Клетки (минуты) | Внутреннее время Клетки (секунды) | Внутреннее время Клетки (миллисекунды/10) |
| 0xB1 | 0x00 - корм выдан успешно  0x01 - вышло время на выдачу корма | Целое число в диапазоне 1-2 | Целое число в диапазоне 0-23 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0-59 | Целое число в диапазоне 0 - 99 (соответствует 0 - 990 мсек) |

Приложение

Контрольная сумма рассчитывается по формуле:

CRC = 0x100 - (восьмибитная сумма значений всех байт пакета до контрольной суммы)

Ниже приведен пакет с примером расчета длины пакета и контрольной суммы для команды установки яркости светодиода (код команды 0xA1).

| Заголовок | | | | | | Длина пакета | Payload | | | UUID команды | Контрольная сумма  (CRC) |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1-й байт | 2-й байт | 3-й байт | 4-й байт | 5-й байт | 6-й байт | 7-й байт | 8-й байт | 9-й байт | 10-й байт | 11-й байт | 12-й байт |
| 0x12 | 0x34 | 0x56 | 0x78 | 0x9A | 0xBC | 12 (кол-во байт в пакете) - 1 = 0x0B | 0xA1 | 0x01 (для примера) | 0xF0 (для примера) | 0x01 | 0x100 - (0x12 + 0x34 + 0x56 + 0x78 + 0x9A + 0xBC + 0x0B + 0xA1 + 0x01 + 0xF0 + 0x01) =  0x100 - 0x08 = 0xF8 |