

Описание устройства Клетка

Электронная часть клетки построена на микроконтроллере STM32. Электроника работает, как исполнительное устройство, подключаемое к хосту кабелем USB и выполняющая 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

2. 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)

3. 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)

4. 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)

5. 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)
------	---	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	--

6. 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)

7. 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	Целое число в диапазоне 0-23	Целое число в диапазоне 0-59	Целое число в диапазоне 0-59	Целое число в диапазоне 0 - 99

	0x02 - заданные параметры вне допустимого диапазона				(соответствует 0 - 990 мсек)
--	---	--	--	--	------------------------------

8. 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)

9. 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)
------	---	------------------------------	------------------------------	------------------------------	---

10. 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)

11. 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)

2) 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:

$$CRC = 0x100 - (\text{восьмибитная сумма значений всех байт пакета до контрольной суммы})$$

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

Заголовок						Длина пакета	Payload			UUID команд ы	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	0xB C	12 (кол-во байт в пакете) - 1 = 0x0B	0xA1	0x01 (для примера)	0xF0 (для примера)	0x01	$0x100 - (0x12 + 0x34 + 0x56 + 0x78 + 0x9A + 0xBC + 0x0B + 0xA1 + 0x01 + 0xF0 + 0x01) = 0x100 - 0x08 = 0xF8$