

# ПРОТОКОЛ ИНФОРМАЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СЕРВЕРА И СЧЁТЧИКА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

«СПБЗИП» (модели ЦЭ2726А и ЦЭ2727А-1) с радиointерфейсом LoRaWAN

---

Версия 2.25. 04.09.2019

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Настоящий документ описывает процедуры взаимодействия сервера и счётчика потребления электроэнергии производства «СПБЗИП» модели ЦЭ2726А и ЦЭ2727А-1 (далее, счётчик) и используемые при этом форматы данных.

Протокол обеспечивает передачу данных в сети LoRaWAN. Описываемые в данном документе пакеты сообщений являются полезной нагрузкой (payload) с точки зрения MAC-уровня LoRaWAN.

Документ состоит из двух крупных глав: транспортный и прикладной уровень.

Введение дополнительных правил транспорта поверх LoRaWAN обуславливается тем, что длины пакетов в LoRaWAN ограничены. При этом возможны случаи, когда объём данных, который требуется передать между сервером и счётчиком как единую посылку, больше размера пакета. В этом случае посылка при передаче разбивается на несколько пакетов, а приёмная сторона должна «склеить» пакеты в исходную посылку.

Прикладной уровень описывает кодирование команд и ответов, используемых счётчиками СПБЗИП.

*Префикс «0x» в записи чисел в данном документе означает, что число указано в шестнадцатеричной системе исчисления.*

## ТРАНСПОРТНЫЙ УРОВЕНЬ

Счётчик при передаче всегда использует пакеты с требованием подтверждения (Confirmed frame).

При передаче как от счётчика к серверу, так и от сервера к счётчику всегда используется порт 1 LoRaWAN.

Все поля пакетов, описанные в данном документе, кодируются в формате little-endian, то есть младший байт поля, состоящего из более, чем одного байта, располагается по младшему адресу.

Каждый пакет в посылке имеет следующий формат (см. рисунок Рисунок):

- **Байты 0-1:**  
 Поле «Номер пакета» содержит номер текущего пакета в посылке. В первом (нулевом) пакете поле содержит количество пакетов в посылке.  
 Поле «С» должно содержать 0, остальные значения зарезервированы.  
 Поле «П» - признак первого пакета — должно быть равно 1 для первого пакета в посылке; 0 для всех остальных пакетов.
- **Байт 2:** идентификатор посылки прикладного уровня.
- **Далее** следуют данные первого (нулевого) пакета, если таковые имеются.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	...								
Байт 0								Байт 1								Байт 2								Последующие байты									
Номер пакета																С	П	Ид. команды								Данные блока команды, соотв. номеру блока							

*Пример. Посылка с идентификатором 0xAA, содержащая блок данных длиной 100 байтов, при используемом максимальном размере пакета в 43 байта передаётся в виде посылки, состоящей из трёх пакетов:*

- 1) *Первый пакет, длина 43 байта: 0x03 0x80 0xAA, далее первые 40 байтов данных.*
- 2) *Второй пакет, длина 43 байта: 0x01 0x00 0xAA, далее следующие 40 байтов данных.*
- 3) *Третий пакет, длина 23 байта: 0x02 0x00 0xAA, далее оставшиеся 20 байтов данных.*

Первый пакет в посылке выдаётся по инициативе передающей стороны. Последующие пакеты запрашиваются приёмной стороной с помощью посылки «Дай следующий пакет», в которой указывается номер запрашиваемого пакета. Её формат указан в главе «Прикладной уровень».

Счётчик является устройством класса С с точки зрения спецификации LoRaWAN, поэтому возможны два способа передачи посылки от сервера:

- сервер выдаёт первый пакет по своей инициативе в любое время;
- сервер выдаёт первый пакет посылки в ответ на очередной пакет от модема (так же, как для устройств класса A).

Отсутствие искажений при передаче одного пакета гарантируется протоколом LoRaWAN. В «длинных» посылках, состоящих из нескольких пакетов, появляется дополнительная возможная причина искажения данных, связанная с путаницей порядка следования пакетов. Это проблема устраняется в данном протоколе соблюдением следующих требований:

- Пакеты одной посылки должны запрашиваться строго по порядку, но возможны повторные запросы, то есть каждый следующий запрошенный номер блока должен быть больше на 1 или равен предыдущему номеру.
- Нарушение последовательности выдачи блоков в процессе приёма/передачи длинной посылки, состоящей из более чем одного пакета, является ошибкой. Передача в этом случае прерывается приёмной стороной выдачей посылки «Ошибка» с кодом «Нарушение последовательности».
- При получении пакета без признака первого пакета в случае, когда приёмная сторона не находится в состоянии приёма длинной посылки, приёмная сторона должна ответить посылкой «Ошибка» с кодом «Ошибка формата» и не начинать приём новой посылки.
- При получении первого пакета, у которого поле «Номер блока» содержит значение 0, приёмная сторона должна ответить посылкой «Ошибка» с кодом «Ошибка формата» и не начинать приём новой посылки.
- При получении посылки «Ошибка» с любым кодом ошибки передающая сторона должна сразу остановить передачу.
- При получении посылки «Ошибка» с любым кодом ошибки приёмная сторона должна сразу остановить приём.
- Получение пакета с другим идентификатором (кроме посылки «Ошибка») в процессе приёма/передачи длинной посылки, состоящей из более чем одного блока, является ошибкой. Передача в этом случае прерывается, а приёмная сторона выдаёт посылку «Ошибка» с кодом «Нарушение кода посылки». Новая посылка (из пакета с другим идентификатором) при этом игнорируется приёмной стороной.
- Модем должен отвечать посылкой «Ошибка» с кодом «Неподдерживаемая посылка» при получении от сервера посылки, не поддерживаемой в текущем состоянии.

Сервер имеет право отмены приёма или передачи текущей посылки с помощью посылки «Ошибка» с кодом «Прерывание».

## ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ СЧЁТЧИКА

Электросчётчик использует тип активации устройства АВР.

После включения счётчик выполняет три попытки передать первую посылку (до первой успешной передачи). Первая посылка передаётся в формате «Отчёт», но не содержит реальных данных, состоит только из одного пакета и служит для целей тестирования связи (приход посылки виден на сервере, как правило, как появление «нулей» в базе данных замеров).

Далее счётчик выполняет отправку регулярных посылок «Отчёт» с потарифными данными по накопленному потреблению электроэнергии. Период отправки отчётов и период выполнения замеров потребления устанавливаются в настройках счётчика (по умолчанию 1 раз в сутки).

## ПРИКЛАДНОЙ УРОВЕНЬ

Посылки данного протокола обмена «упаковываются» в посылки транспортного уровня, описанного в главе «Транспортный уровень».

Есть одна специальная посылка - «Дай следующий пакет» - которая, по существу, не является посылкой прикладного уровня, а является средством для обеспечения транспорта.

Посылка «Ошибка» служит для прерывания текущего действия и содержит коды как для транспортного уровня, так и для прикладного уровня.

### 1.1.1 Посылка «Дай следующий пакет»

Идентификатор посылки: 0x00.

Данные посылки:

- Байты 0-1: номер запрашиваемого пакета.

*Пример. Полностью пакет с посылкой «Дай следующий пакет», запрашивающей пакет номер 5 выглядит так: 0x01 0x80 0x00 0x05 0x00 (после упаковки в посылку транспортного уровня).*

### 1.1.2 Посылка «Управление счётчиком»

Идентификатор посылки: 0x0D.

Данные посылки:

- Байт 0: порядковый номер команды управления счётчиком, значение от 0 до 254.
- Байт 1: 0x01.
- Байт 2: код команды.
- Далее: параметры команды, если применимо.

Команды управления выдаются сервером, счётчик их исполняет и отвечает посылкой «Отчёт». Во избежание путаницы между командами и ответами на них введён байт 0 — порядковый номер команды управления, который копируется счётчиком в соответствующее поле ответа. Предполагается, что сервер увеличивает порядковый номер на 1 при отправке очередной команды, хотя может быть и какой-то другой алгоритм. Важно, чтобы байт 0 соседних по времени команд различались.

После выполнения команды счётчик сообщает о результате выполнения с помощью ответной посылки «Отчёт».

#### 1.1.2.1 Отключение тока в нагрузку

Код команды: 0x01.

Ответ счётчика: посылка «Отчёт», содержащая 2 байта: номер команды и код завершения.

*Пример. Команда: 0x01 0x08 0x0D 0x55 0x01 0x01*

Ответ (успешное выполнение): 0x01 0x08 0x03 0x55 0x00

#### 1.1.2.2 Включение тока в нагрузку

Код команды: 0x02.

Ответ счётчика: посылка «Отчёт», содержащая 2 байта: номер команды и код завершения.

Пример. Команда: 0x01 0x08 0x0D 0xAA 0x01 0x01

Ответ (успешное выполнение): 0x01 0x08 0x03 0xAA 0x00

#### 1.1.2.3 Запрос текущего потребления

Код команды: 0x03.

Ответ счётчика: посылка «Отчёт», содержащая данные о текущем потреблении (формат — см. «Посылки с накопленным потреблением по запросу»).

#### 1.1.2.4 Запрос текущего состояния нагрузки

Код команды: 0x04.

Ответ счётчика — сообщение в скрытом формате (см. см. «Ответ с данными скрытого формата»).

#### 1.1.2.5 Установка времени в виде структуры

Код команды: 0x05.

Время передаётся в следующем формате:

- Байт 0: число лет, прошедших с 2000-го года.
- Байт 1: месяц, 1 — январь, 2 — февраль, и т. д.
- Байт 2: день месяца, считая с 1.
- Байт 3: час.
- Байт 4: минута.
- Байт 5: секунда.
- Байт 6: признак зимнего времени (1 — зимнее время, 0 — летнее время).

Ответ счётчика: посылка «Отчёт», содержащая 2 байта: номер команды и код завершения.

Пример. Команда на установку в счётчике времени 22:41:32 21.08.2019 (летнее время):

0x01 0x08 0x0D 0xCC 0x01 0x05 0x13 0x08 0x15 0x16 0x29 0x20 0x00

#### 1.1.2.6 Установка времени в формате time\_t

Код команды: 0x06.

Время передаётся после кода команды в виде 4 байт в формате time\_t.

Ответ счётчика: посылка «Отчёт», содержащая 2 байта: номер команды и код завершения.

#### **1.1.2.7 Скрытый формат**

Структурно счётчик с интерфейсом LoRaWAN состоит из непосредственно прибора учёта, имеющего свою цифровую управляющую схему, и модема, выполняющего функции приёма/передачи по протоколу LoRaWAN.

Модем и прибор учёта соединены цифровым интерфейсом (UART в случае счётчика СПБЗИП). Взаимодействие с прибором учёта по этому интерфейсу описано в отдельном протоколе, поставляемом производителем прибора учёта.

Модем поддерживает собственные команды управления и форматы данных, но возможно его использование только в качестве передающего звена (транспорта). В этом режиме модем не пытается декодировать посылки к/от прибору(-а) учёта, а просто обеспечивает их доставку на сервер и от сервера.

В этом случае используется, так называемый, скрытый формат данных.

Посылка в этом формате имеет после идентификатора посылки (0x70) массив данных, который необходимо выдать в прибор учёта без анализа. Ответ серверу (в виде посылки «Отчёт») содержит массив байт, который прибор учёта выдал в ответ на этот массив данных. Подробнее о формате «Отчёта» со скрытыми данными — см. главу «Ответ с данными скрытого формата».

#### **1.1.3 Посылка «Запрос версии прошивки»**

Идентификатор посылки: 0x13.

Данные посылки — отсутствуют.

Ответ счётчика: посылка «Отчёт» с информацией о версии (см. главу «Ответ с версией прошивки»).

#### **1.1.4 Посылка «Отчёт»**

Идентификатор посылки: 0x03.

Данные посылки:

- Байт 0: порядковый номер команды управления модемом.
- Байт 1: статус выполнения команды.
- Далее: данные, формат - см. ниже.

Посылка используется счётчиком для передачи сведений о накопленном потреблении (регулярные посылки и по запросу), оповещения о срочных событиях и передачи данных скрытого формата.

#### **1.1.4.1 Регулярные посылки с накопленным потреблением**

Передача сведений о накопленном потреблении происходит с заданной в настройках счётчика периодичностью. Формат данных следующий:

- Байт 0: 0xFF.
- Байт 1: 0x00.
- Байт 2: 0x03.
- Байт 3: 0x01.
- Байты 4-7: время в формате time\_t (количество секунд, прошедших с полуночи 1 января 1970 года по UTC), соответствующее первым замерам потребления электроэнергии в посылке.
- Байты 8-9: временной интервал между замерами,
  - биты 0-14: интервал в секундах, если бит 15 сброшен; в часах, если установлен.
- Байт 10: количество замеров потребления электроэнергии по каждому тарифу (N).
- Байты замеров: сначала следует массив замеров по первому тарифу, затем по второму, третьему, четвёртому и, наконец, суммарное потребление по всем тарифам. Каждый массив должен содержать начальное значение соответствующего замера (4 байта), за которым должно следовать (N-1) приращений по 2 байта. Каждое приращение показывает увеличение параметра относительно его предыдущего (а не первого!) значения. Размер всего блока данных составляет  $(5 * (4 + 2 * (N-1)))$  байт.
- Байт M: 0x04, где M — номер байта, следующего за массивами замеров;  $M = 10 + (5 * (4 + 2 * (N-1)))$ .
- Байт M+1: 0x01.
- Байт M+2 — M+5: заводской номер счётчика.
- Байт M+6: 0x02.
- Байт M+7: 0x00.
- Байты M+8 — M+11: время пребывания радиопередатчика в активном состоянии в миллисекундах.
- Байт M+12: уровень заряда батареи в относительных единицах, где 1 соответствует полному разряду батареи, а 254 — полному заряду.

#### **1.1.4.2 Срочные оповещения о возникновении события**

Данные посылки отправляются счётчиком в случае возникновения нештатной ситуации, требующей срочного оповещения сервера.

Формат данных:

- Байт 0: 0xFF.
- Байт 1: 0x00.
- Байт 2: 0x00.
- Байт 3: 0x00 или 0x01, не имеет принципиального значения.
- Байты 4-7: время в формате time\_t (количество секунд, прошедших с полуночи 1 января 1970 года по UTC) возникновения события.
- Байт 8: код события.

Возможны следующие коды событий:

- 0x0B — отказ линии связи;
- 0x0C — ошибка самоконтроля прибора.

#### ***1.1.4.3 Ответ на команду управления***

Данные посыпки отправляются как отчёт о выполнении команды.

Формат данных:

- Байт 0: порядковый номер команды.
- Байт 1: код завершения команды.
- Далее могут содержаться дополнительные данные, в зависимости от кода выполненной команды.

Возможные коды завершения команд:

- 0x00 — успешное выполнение;
- 0x01 — команда не поддерживается;
- 0x02 — ошибка формата;
- 0x03 — аппаратный отказ;
- 0x04 — алгоритмическая ошибка в ПО модема.

Если код завершения отличен от 0x00, то «Отчёт» состоит только из 2 байтов, дополнительные данные в этом случае никогда не выдаются.

#### ***1.1.4.4 Посылки с накопленным потреблением по запросу***

Данные посыпки осуществляются счётчиком в ответ на команду управления счётчиком с кодом 0x03 «Запрос текущего потребления», полученную с сервера. Формат данных команды «Отчёт» в этом случае аналогичен регулярным посылкам, но:

- в байте 0 содержится номер команды управления счётчиком, на которую выдаётся данный ответ;

- N (байт 10) всегда равно 1;
- посылка не содержит «хвоста», начинающегося с байта M.

Байт 1 содержит значение 0x00 в случае успешного выполнения команды управления. В случае возникновения ошибки, он содержит код ошибки (подробнее это описано в главе про команды управления) и остальных байтов не передаётся, то есть прикладная часть посылки состоит только из 2 байтов.

#### **1.1.4.5 Ответ с данными скрытого формата**

Данные посылки отправляются в качестве ответа на команду управления скрытого формата.

Формат данных:

- Байт 0: порядковый номер команды.
- Байт 1: код завершения команды.
- Байт 2: 0xFF.
- Байт 3: 0x01.
- Байты 4-5: длина массива байтов, следующих за данным полем.
- Далее: массив байтов скрытого формата.

Данные посылки предусмотрены для ответа на команду управления 0x70 скрытого формата. Подробнее о командах и скрытом формате — см. главу «Команда «Управление счётчиком».

Но ответ на команду управления 0x04 «Выдать текущее состояние нагрузки» так же выдаётся в скрытом формате. Байт 6 содержит 0, если подача тока в нагрузку отключена; 1, если включена.

#### **1.1.4.6 Ответ с версией прошивки**

Версия прошивки задаётся 3 десятичными числами в формате: X.Y.Z, где

- X — старший номер версии;
- Y — средний номер версии;
- Z — младший номер версии.

Передача сведений о версии прошивки происходит в ответ на «Запрос версии прошивки» от сервера. Формат данных следующий:

- Байт 0: 0xFF.
- Байт 1: 0x00.
- Байт 2: 0x03.
- Байт 3: 0x00.

- Байт 4: младший номер версии (Z).
- Байт 5: средний номер версии (Y).
- Байт 6: старший номер версии (X).

*Пример. Посылка с номером версии 2.5.21 выглядит следующим образом:*

*0x01 0x08 0x03 0xFF 0x00 0x03 0x00 0x15 0x05 0x02*

#### 1.1.5 Посылка «Ошибка»

Идентификатор посылки: 0x0C.

Данные посылки:

- Байт 0: код ошибки.

Возможны следующие коды ошибок:

- 0x01 — (FAIL\_SEQ) нарушение последовательности;
- 0x02 — (FAIL\_CMD\_ID) нарушение кода посылка;
- 0x03 — (INTERRUPT) прерывание;
- 0x04 — (BAD\_FORMAT) ошибка формата;
- 0x11 — (NOT\_SUPP) неподдерживаемая посылка;
- 0x12 — (FAIL\_PARAM) неверное значение параметра посылки.

## УПРОЩЕНИЯ

1. Протокол обмена существенно упрощается, если посылки помещаются в один пакет. Максимальный размер одного пакета на коэффициентах расширения 10-12 составляет 51 байт, из которых 3 байта занимает заголовок (номер пакета и идентификатор команды). Таким образом, если размер пользовательских данных не превышает 48 байтов, то посылка состоит только из одного пакета. В таком пакете поле «Номер пакета» (точнее, первые два байта) всегда равно 0x8001 и отсутствует необходимость запроса/посылки команды «Дай очередной пакет». Посылки из нескольких пакетов, как правило, используются в двух случаях: при передаче регулярных данных и при передаче команд скрытого формата и ответов на них. Если эти команды не используются (или используются только те, которые сами помещаются в один пакет, и ответы на них — тоже) и регулярные данные помещаются в 48 байтов (а это зависит от настроек счётчика — от количества замеров в одном пакете; должно быть не более 2 замеров в одной посылке), то на сервере можно не реализовывать поддержку передачи и получения длинных посылок.
2. Если команды скрытого формата не используются, не обязательно их поддерживать на сервере. Счётчик выдаёт данные скрытого формата только в ответ на команду скрытого формата. (Есть исключение — ответ на команду 0x04, но в ней необходимо лишь проанализировать байт 6).