УТВЕРЖДЕН
М16.00380-01 13 01-ЛУ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА КПР-01М

Описание программы
М16.00380-01 13 01

Листов 12

Инв. №	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

2026

Аннотация

В настоящем документе приведено описание рабочей программы КПР-01М (далее – ПО КПР-01М), являющейся встроенным ПО и предназначенной для работы в микроконтроллерах приборов серии КПР-01М, применяемых для сбора, обработки и обмена технологической информацией.

ПО КПР-01М обеспечивает измерение параметров электрической сети через встроенный измеритель, обслуживание дискретных входов и выходов (ТС/ТУ), ведение журналов событий и передачу данных на верхний уровень управления по цифровым интерфейсам и радиоканалу.

Перечень сокращений и обозначений, принятых в документе, приведен в приложении А.

Перечень ссылочных документов приведен в приложении Б.

Содержание

1 Общие сведения 4
1.1 Обозначение и наименование ПО 4
1.2 Программное обеспечение, необходимое для функционирования ПО КПР-01М 4
1.3 Языки программирования 4
2 Функциональное назначение 5
2.1 Назначение ПО КПР-01М 5
2.2 Функциональные ограничения 5
3 Описание логической структуры 5
3.1 Алгоритм программы 5
3.2 Структура ПО КПР-01М с описанием функций составных частей 6
3.3 Архитектура памяти и структура директорий/файлов проекта 7
3.4 Связи ПО КПР-01М с другими программами 8
4 Используемые технические средства 8
5 Вызов, загрузка и обновление ПО 8
5.1 Установка ПО КПР-01М 8
5.2 Обновление ПО КПР-01М 8
6 Входные и выходные данные 9
Приложение А Перечень сокращений и обозначений 10
Приложение Б Перечень ссылочных документов 11

1 Общие сведения

1.1 Обозначение и наименование ПО

Обозначение: М16.00380-01.
Наименование: Рабочая программа КПР-01М.

Разработчик:
ООО «НПО «МИР», Россия, г. Омск, ул. Успешная, 51, 644105.
Тел. (3812) 354-710, Тел. (3812) 354-730.
E-mail: mir@mir-omsk.ru.
Сервисный центр: help@mir-omsk.ru.

1.2 Программное обеспечение, необходимое для функционирования ПО КПР-01М

ПО КПР-01М представляет собой низкоуровневое встроенное программное обеспечение (прошивку), функционирующее под управлением операционной системы реального времени (далее – ОСРВ) uC/OS-II на микроконтроллерной плате, построенной на базе ядра ARM Cortex-M4. Применение дополнительных операционных систем общего назначения не требуется.

1.3 Языки программирования

ПО КПР-01М реализовано на языках программирования высокого уровня C и C++, а также на языке низкого уровня – ассемблере. На ассемблере выполнены отдельные модули, обеспечивающие системный запуск ядра операционной системы и обработку аппаратных прерываний микроконтроллера.

Компилятор и среда разработки: IAR Embedded Workbench для ARM.

2 Функциональное назначение

2.1 Назначение ПО КПР-01М

ПО КПР-01М является встроенным ПО устройства измерительного многофункционального МИР КПР-01М конструктивного исполнения МИР КПР-01М-А М14.022.00.000 (в дальнейшем – устройство).

ПО КПР-01М предназначено для выполнения следующих функций:

- измерение параметров электрической сети (далее – ПКЭ): низкоуровневый опрос встроенного измерительного чипа ADE, расчет текущих и усредненных параметров сети;
- обслуживание каналов ТС/ТУ: определение состояний каналов дискретного ввода (телесигнализация) и управление состояниями дискретных выходов (телеуправление);
- ведение коммерческого/технического учета: вычисление расходов электроэнергии, ведение профилей мощности, суточных и месячных показаний (подсистема accounting);
- регистрация событий: формирование и сохранение архивных записей о событиях прибора с ведением энергонезависимых журналов;
- осциллографирование: фиксация мгновенных значений токов и напряжений в аварийных процессах;
- обмен данными с верхним уровнем: поддержка протоколов Modbus (Modbus RTU/Modbus TCP);
- работа по радиоканалу: поддержка обмена данными и организации беспроводной сети через RF-модуль;
- система единого времени: ведение системного времени, поддержка синхронизации от внешних источников;
- контроль работоспособности: обслуживание аппаратного и программного сторожевого таймера (WatchDog).

2.2 Функциональные ограничения

ПО КПР-01М жестко ориентировано на аппаратную архитектуру устройства, скомпилировано для конкретной модели микроконтроллера, построенного на ядре ARM Cortex-M4, и для заданной карты памяти (EEPROM, FRAM).

Установка ПО на сторонние контроллеры или персональные компьютеры не предусмотрена. ПО является неотъемлемой частью аппаратно-программной платформы устройства и не может функционировать в иной среде.

3 Описание логической структуры

3.1 Алгоритм программы

При подаче питания на устройство управление передается стартовому модулю, обеспечивающему инициализацию микроконтроллера. Выполняются базовая аппаратная настройка микроконтроллера и инициализация ОСРВ uC/OS-II, после чего создаются и запускаются системные и прикладные задачи ОСРВ с фиксированными приоритетами.

Блок-схема алгоритма запуска ПО КПР-01М приведена на рисунке 1.

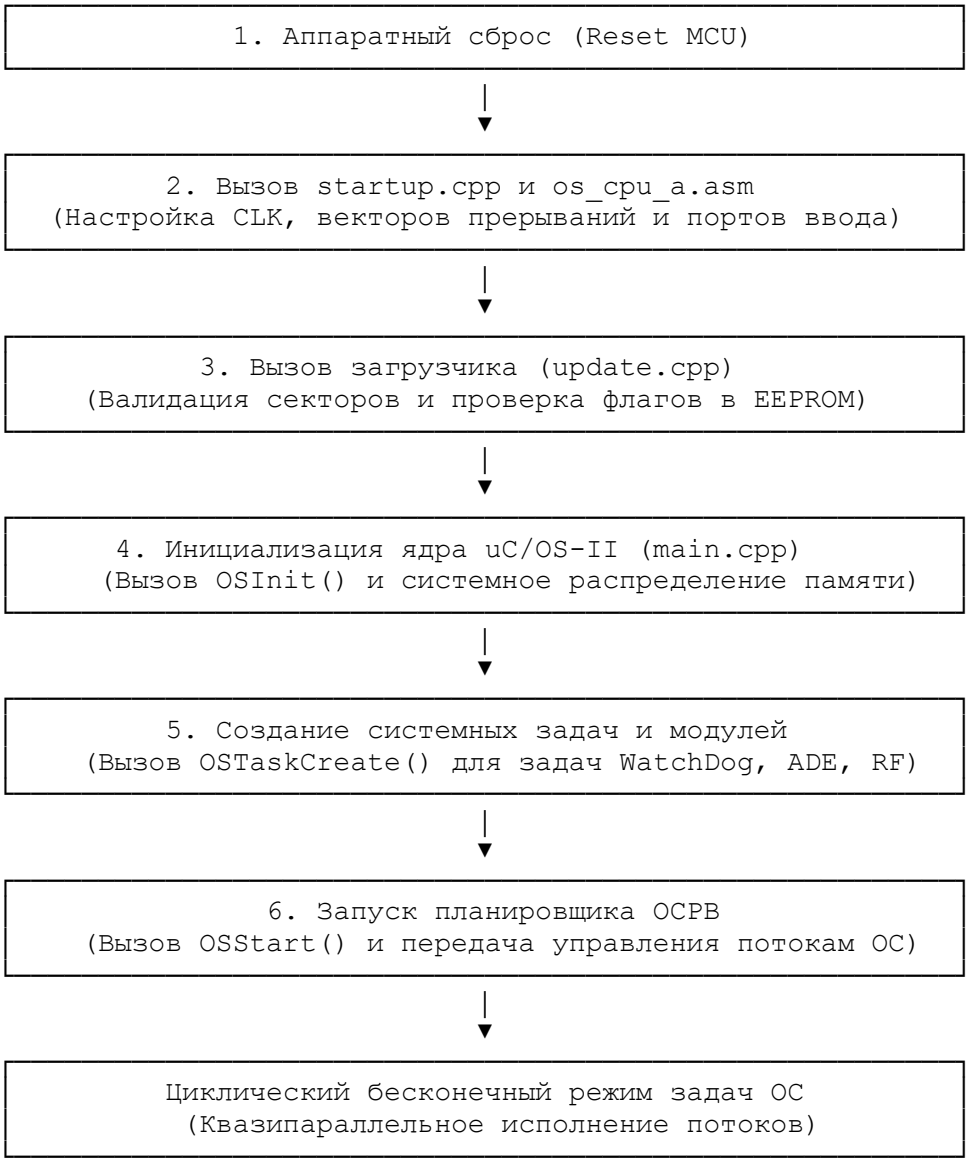


Рисунок 1

3.2 Структура ПО КПР-01М с описанием функций составных частей

ПО КПР-01М разделено на логические программные модули и задачи, функционирующие в среде uC/OS-II:

- ядро uC/OS-II (/uCOS/): обеспечивает планирование задач, механизмы синхронизации (семафоры, мьютексы) и управление памятью;
- модуль WatchDog (main.cpp, timeout.cpp): осуществляет перезапуск сторожевого таймера, контролирует зависание потоков;
- модуль обслуживания измерителя ADE (ade.cpp, modbus_ade.cpp): отвечает за инициализацию, калибровку и циклический опрос измерительных регистров микросхемы ADE;
- модуль учета (accounting.cpp): реализует алгоритмы расчета накопленной элек-

трической энергии, формирование профилей мощности;

- модуль ТС/ТУ (TU_TS.cpp, jevent_TU_TS.cpp): осуществляет фильтрацию дребезга контактов дискретных входов, формирование событий ТС и исполнение команд телеуправления выходов;
- модуль журналов и событий (journal.cpp, modbus_jrn.cpp): организует структуру хранения событий в энергонезависимой памяти;
- модуль протоколов Modbus (modbus.cpp, modbus_func.cpp): реализует логику работы прибора в качестве Modbus-сервера;
- модуль радиоканала (rf.cpp): отвечает за инициализацию трансивера, прием и передачу пакетов по радиоканалу;
- сетевой стек (/enet/, tcpip.cpp): встроенный облегченный стек для организации обмена данными по интерфейсу Ethernet.

3.3 Архитектура памяти и структура директорий/файлов проекта

Вся постоянная и энергонезависимая информация распределяется по физическим адресам микросхем памяти прибора. Описание распределения приведено в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Карта распределения энергонезависимой памяти FRAM.

Область/Структура	Описание	Зависимые модули
`SIGNATURE`	Сигнатура валидности структуры памяти FRAM	`main.cpp`, `startup.cpp`
`SYS_CONFIG`	Текущие системные настройки прибора (сетевые параметры, ID)	`config.cpp`, `tcpip.cpp`
`ADE_CALIBRATION`	Калибровочные коэффициенты аналоговых каналов измерителя	`ade.cpp`, `modbus_ade.cpp`
`TS_TU_STATE`	Текущие зафиксированные состояния ТС и маски команд ТУ	`TU_TS.cpp`
`ACCOUNTING_DATA`	Профили мощности, суточные и месячные срезы накопленной энергии	`accounting.cpp`
`JOURNAL_EVENT_BUF`	Кольцевой буфер основного журнала событий прибора	`journal.cpp`, `modbus_jrn.cpp`
`JOURNAL_TIME_BUF`	Журнал корректировок времени и синхронизации	`datetime.cpp`, `sntp.cpp`

Таблица 2 – Карта распределения памяти EEPROM.

Область памяти	Назначение	Зависимые модули
`BOOT_SECTOR`	Параметры и контрольные суммы для загрузчика (Bootloader)	`update.cpp`, `startup.cpp`
`FACTORY_SETTINGS`	Заводские неизменяемые параметры, серийный номер, MAC-адрес	`main.cpp`
`BACKUP_CONFIG`	Резервная копия системной конфигурации (при сбое FRAM)	`config.cpp`
`RF_MESH_CFG`	Настройки топологии беспроводной радиосети	`rf.cpp`

3.4 Связи ПО КПР-01М с другими программами

Конфигурирование КПР-01М осуществляется с помощью внешних программ: КОНФИГУРАТОР ПРИБОРОВ УЧЕТА М12.00327-02 (далее – КПУ) или КОНФИГУРАТОР КПР-01 М11.00321-02 (далее – конфигуратор КПР). Указанные программы обеспечивают чтение и запись калибровочных коэффициентов. Связь с ПО верхнего уровня сторонних производителей осуществляется по протоколам Modbus RTU и Modbus TCP.

Описание применения КПУ приведено в документе [1].

4 Используемые технические средства

ПО поддерживает работу со следующими интерфейсами устройства:

- интерфейсы RS-485/RS-232 (uart.cpp): обмен данными по протоколу Modbus RTU со скоростями до 115200 бод;
- интерфейс Ethernet (emac.cpp, /enet/): подключение к сети, обмен по протоколу Modbus TCP, синхронизация времени по SNTP;
- радиоканал (RF-модуль): беспроводной обмен данными в разрешенном частотном диапазоне;
- энергонезависимая память FRAM/EEPROM: хранение конфигурации, калибровок, профилей учета и журналов при пропадании оперативного питания.

5 Вызов, загрузка и обновление ПО

5.1 Установка ПО КПР-01М

Первичная установка (прошивка) ПО КПР-01М в микроконтроллер осуществляется на заводе-изготовителе с помощью внутрисхемного программатора-отладчика (например, J-Link).

5.2 Обновление ПО КПР-01М

В процессе эксплуатации обновление ПО КПР-01М выполняется удаленно или на месте эксплуатации через загрузчик (Bootloader) по проводным интерфейсам (update.cpp). Программа автоматически запускается сразу после подачи питания.

Для обновления ПО КПР-01М необходимо установить конфигуратор КПР и подключиться к устройству. Порядок подключения подробно описан в руководстве по эксплуатации М14.022.00.000 РЭ [2] (раздел 6.1.1).

В конфигураторе КПР следует выбрать пункт *Дополнительно => Обновление ПО => Обновить прикладное ПО*, указать путь к файлу с обновленной версией ПО КПР-01М и нажать кнопку *Открыть* (рисунок 1).

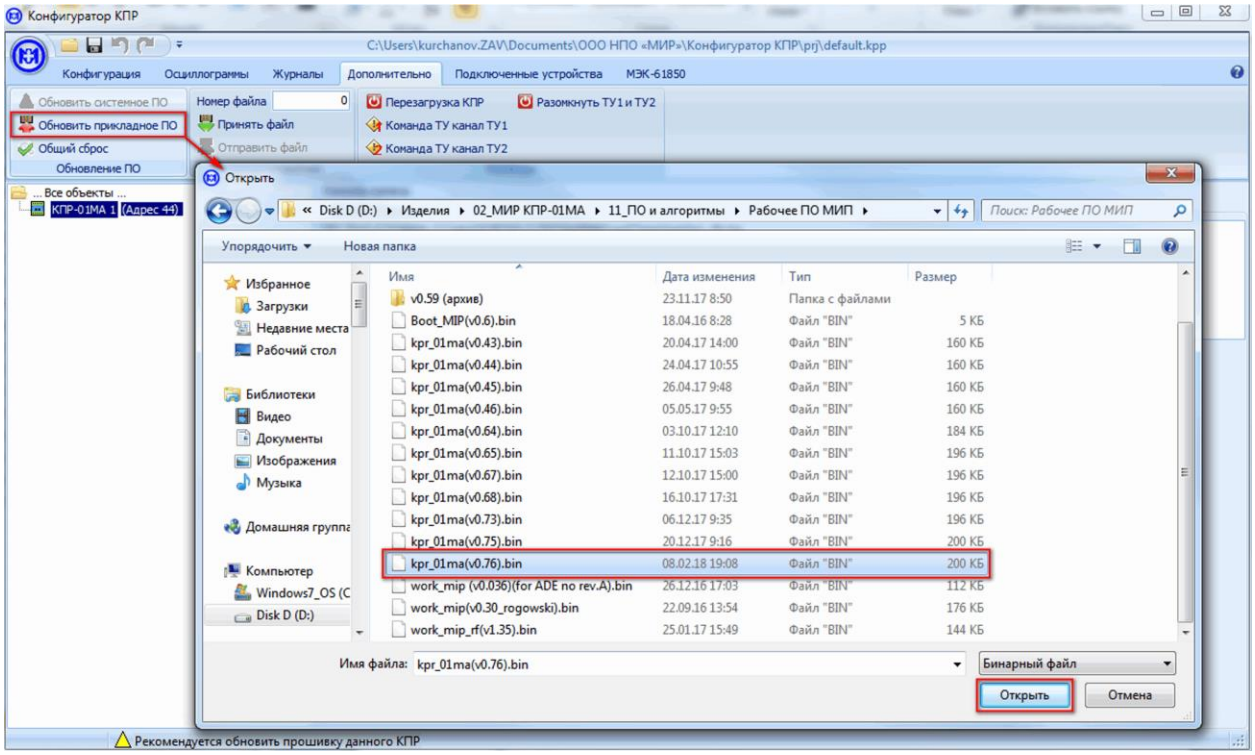


Рисунок 1

В процессе обновления ПО КПР-01М отображается информационное окно, приведенное на рисунке 2. После завершения обновления информационное окно закрывается.

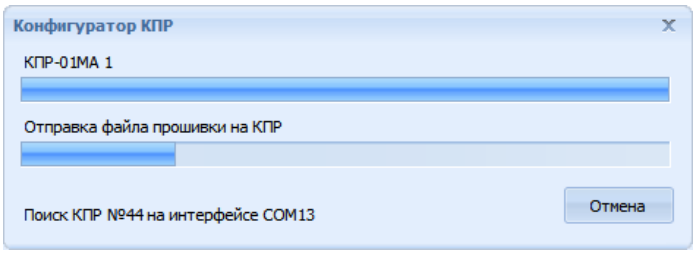


Рисунок 2

6 Входные и выходные данные

Входные данные ПО КПР-01М: аналоговые сигналы измерительного чипа ADE, дискретные сигналы на входах ТС, запросы от верхнего уровня по протоколам Modbus RTU/Modbus TCP, конфигурационные параметры.

Выходные данные ПО КПР-01М: измеренные текущие значения параметров сети (напряжение, ток, частота, мощность), данные коммерческого учета электроэнергии (энергия, профили мощности), состояния входов ТС и управляющие сигналы реле ТУ, массивы архивных записей журналов событий.

Приложение А

Перечень сокращений и обозначений

АИИС КУЭ – автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии.

ОС – операционная система.

ПО – программное обеспечение.

ТС – телесигнализация (дискретный ввод).

ТУ – телеуправление (дискретный вывод).

EEPROM – энергонезависимая память.

FRAM – сегнетоэлектрическая оперативная память.

RF – радиочастотный канал связи.

Приложение Б

Перечень ссылочных документов

1 М12.00327-02 31 01 «Программа КОНФИГУРАТОР ПРИБОРОВ УЧЕТА. Описание применения».

2 М14.022.00.000 РЭ «Устройство измерительное многофункциональное МИР КПР-01М. Конструктивное исполнения МИР КПР-01М-А. Руководство по эксплуатации».

Лист регистрации изменений

Изм.	Номера листов (страниц)				Всего листов (страниц) в докум.	№ докум.	Входящий № сопроводительного документа и дата	Подпись	Дата
	изменённых	заменённых	новых	аннулированных					