

SCADA-СИСТЕМА В (OPEN, LIBRE) OFFICE CALC

А.О. Посевин (АО «ГНЦ НИИАР»)

Приводится описание мини-SCADA системы для работы в среде открытого ПО на базе ОС Linux. Разработанное ПО, доступное для бесплатного использования всеми желающими (в статье приводится ссылка для скачивания пакета), может быть использовано в учебном процессе по профильным специальностям, при проведении научно-исследовательских работ, а также для решения небольших практических задач диспетчеризации в системах, использующих протокол Modbus RTU¹.

Ключевые слова: промышленный протокол, SCADA-система, операционная система, свободно-распространяемое программное обеспечение, АСУТП.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время имеется весьма ограниченный выбор свободно распространяемого программного обеспечения (ПО) для автоматизации технологических процессов. Большинство из известных решений имеет ограничения для бесплатной/пробной версии или не работают под ОС Linux. Например, широко известный отечественный свободно распространяемый программный продукт RapidScada (<https://rapidscada.ru>) оснащен конфигуратором, который не работает под ОС Linux. Известная система OPENSADA (<https://ru.wikipedia.org/wiki/OpenSCADA>) с открытым исходным кодом — достаточно основательный инструмент в сфере АСУТП, однако многие ее функции сложны для освоения «с нуля» и избыточны при тестировании АСУ на начальной стадии развертывания.

В этих условиях возникла идея использовать в качестве SCADA-системы широко известный табличный процессор CALC [1] (<https://ru.libreoffice.org/>) (аналог MS EXCEL). В нем удобно делать различные преобразования входных величин (включая индикацию связанных формулами ячеек), отображать данные, добавлять

комментарии, работать с базой данных. Также CALC является практически неограниченной платформой для модернизации и оптимизации при использовании подпрограмм-макросов [2].

Представляемая SCADA-система позволяет максимально быстро автоматизировать практически любой технологический процесс. Причем для наблюдения состояния датчиков устройств и управления ими не требуются знания в области программирования макросов. Система может быть особенно полезна при апробировании работоспособности устройств экспериментальных стендов и технологических процессов (включая настройку преобразования входных величин в удобочитаемый вид и отработку аварийных режимов) в максимально кратчайшие сроки на начальной стадии развертывания.

Для управления оборудованием с персонального компьютера (ПК) необходимо выполнить всего два шага: 1) настроить MODBUS-устройства на единые параметры передачи данных (скорость передачи данных, число бит данных, стоповые биты, четность), назначить им уникальные адреса, согласно описанию протокола MODBUS²; 2) добавить строки с каналами (адресами устройств и их регистров) в таблицу OO CALC.

¹ Автор выражает благодарность Салахову Рифату и Ахметову Рафу за постановку задачи автоматизации технологического процесса рафинации подсолнечного масла и предоставленное для тестирования оборудование

² https://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b3.pdf

wao,3,3,3,592,592,452 rao,1,0,1 rhr,1,253,2 rdo,3,0,8 rao,3,0,9										8246+1+33+2+0=8289_ms (t_wfrf+t_r+t_form+t_w+t_delay)										Run			Stop			Присвоение нового значения			Интеграл		Тайминги		Log на лист «log»																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
-----------------------------------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-------------------------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	------	--	--	----------------------------	--	--	----------	--	----------	--	-------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

(записи) значения регистра в приведенном (удобочитаемом) виде — при необходимости легко можно ввести ограничения (допустимый диапазон) вводимых данных встроенными средствами ОО CALC (Данные->Проверка). Затем следует столбец с указанием единицы измерения приведенных значений («Единица измерения (V, mA, %, ...)»). Значение регистра для записи в «сыром» виде представляет собой число, которое будет записано непосредственно в регистр. «Интеграл» (S) — для отображения интегральных (накопленных) значений — вычисляется на каждом цикле опроса регистров по формуле:

$$S = S_0 + P \cdot t,$$

где S_0 — исходное значение интеграла, P — приведенное значение регистра в (необходимых) единицах (указаны в следующем столбце - «Единица измерения (л, м₃, ...)») в час (например, расход жидкости в л/ч), t — время опроса, ч. Следующий столбец «On/Off» предназначен для включения/выключения отображения «времени удержания значения регистра» — отображается время, прошедшее с момента изменения значения регистра.

Следующие два столбца («Интервал, с» и «Цикл, с») — параметры записи (логирования) исторических приведенных значений регистра и накопленных (интегральных) значений на отдельном листе с именем «log»: интервал записи и время цикла, по истечении которого начинается запись по кругу (число строк для записи будет ограничено значением «время цикла»/«интервал записи»).

Строки с выключенными регистрами/таймингами окрашиваются в серый цвет. Отключение неиспользуемых каналов приводит к увеличению скоростей опроса устройств, обработки и отображения данных.

Запись числовых значений в регистры может осуществляться автоматически — на основе данных числовых значений других регистров, что удобно, например, для автоматической регулировки скорости вращения двигателя насоса в зависимости от показания датчика расхода жидкости.

Данная система была успешно протестирована на ОС Linux Debian 12 и Astra Linux SE v.1.8 с использованием RTU модулей следующих моделей: ADAM (4017+, 4024, 4055), датчик температуры NT38D01, модуль собственной разработки на микроконтроллере STM32. Модули были настроены для работы по протоколу MODBUS, скорость передачи данных — 9600 кбит/с, биты данных — 8 бит, стоповые биты — 1, четность отсутствует.

Параметры программы расположены в отдельной вкладке «params» (рис. 2), которая содержит следующие строки: путь к файлу порта; скорость порта в кбит/с; время задержки между опросами модулей, мс; таймаут опроса

Serial_port=	/dev/ttyUSB0
Baud_rate=	9600
t задержки м/у опросами модулей adam [мс]=	0
Timeout опроса [с]=	2
Вести файл журнала [да, нет]=	нет
Папка для временных файлов=	/dev/shm/modbus_srv/
t задержки м/у опросами регистров модулей [мс]=	20000
Путь к файлу modbus_srv=	/usr/bin/modbus_srv
Папка для log-файлов=	/dev/shm/modbus_srv/
Интервал записи log-файла [с]=	3

Рис. 2. Параметры во вкладке «params»

1,АО,0			3,АО,0		
03.03.2025 15:37:43	29,4	0	03.03.2025 15:39:15	2,94	304,50
03.03.2025 15:37:48	29,4	0	03.03.2025 15:39:19	2,95	304,50
03.03.2025 15:37:53	29,2	0	03.03.2025 15:39:21	2,94	304,50
03.03.2025 15:37:58	29,4	0	03.03.2025 15:39:23	2,93	304,50
03.03.2025 15:38:03	29,3	0	03.03.2025 15:39:27	2,92	304,51
03.03.2025 15:38:08	29,4	0	03.03.2025 15:39:29	2,95	304,51
03.03.2025 15:38:13	29,3	0	03.03.2025 15:39:31	2,96	304,51
03.03.2025 15:38:18	29,5	0	03.03.2025 15:39:35	2,95	304,51
03.03.2025 15:38:23	29,4	0			
03.03.2025 15:38:28	29	0			
03.03.2025 15:38:33	29,1	0			
03.03.2025 15:38:38	29,2	0			
03.03.2025 15:38:43	29,6	0			

Рис. 3. Запись числовых значений регистров на листе «log»

модулей, с (при превышении времени между запросом и ответом модуля ячейки с текущим значением регистра окрашиваются в красный цвет); необходимость ведения журнала (записи исторических данных в файл); путь для временных файлов (желательно указать /dev/shm/..., чтобы файловые операции производились только в ОЗУ); время задержки между опросами регистров модулей (по умолчанию — 20 мс, если ставить меньше, то модули могут не успевать отвечать на запросы — подбирается экспериментально); путь к файлу-приложению modbus_srv; папка для записи файлов журнала; интервал записи значений регистров в файл журнала.

Для наглядности выводятся строки запроса/записи данных регистров и времени выполнения каждого цикла чтения/записи/отображения регистров. Например, строка-запрос «wao,3,0,2,345,324 ga0,1,0,1» (рис. 1) означает — произвести запись в устройство с адресом №3, в регистры АО(analog output) с начальным номером равным 0, число регистров — 2, значения для записи — 345 в регистр 0, 324 в регистр 1; затем произвести чтение из устройства №1, адрес регистра - 0, число регистров — 1.

Расшифровка строки с временем выполнения цикла (рис. 1 сверху): t_wfrf [мс] — время ожидания ответа от modbus_srv; t_r [мс] — время чтения и отображения данных, полученных от modbus_srv; t_form [мс] — время формирования нового запроса; t_w [мс] — время записи данных запроса для modbus_srv; t_delay [мс] — время задержки, заданное пользователем во вкладке «params».

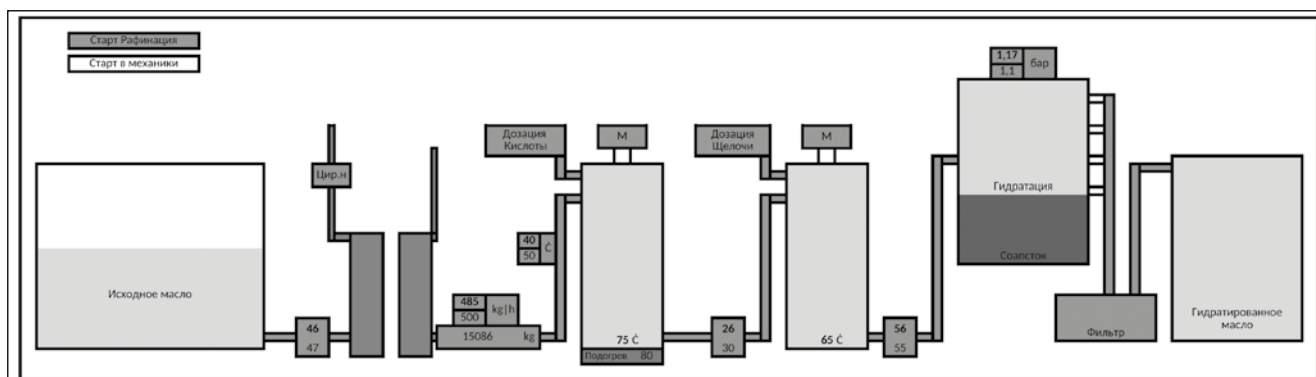


Рис. 4. Мнемосхема технологического процесса рафинации подсолнечного масла

Запись исторических данных. При указании значений записи исторических данных-логирования (интервал и цикл) отличных от нуля (или «-») в параметрах канала (рис. 1), на листе «log» будут записываться приведенные значения регистров и интегральные значения с указанием времени (рис. 3). Каждый канал занимает три столбца, в которые заносятся значения времени, приведенного значения регистра и его интегрального значения соответственно. В первой строке через запятую указаны номер модуля, тип регистра и его адрес.

На основе данных листа «log» возможно отслеживание изменения необходимого значения регистра на графике в реальном времени.

В текстовый log-файл записываются начальные значения регистров (сразу после нажатия кнопки «Run»), затем запись производится только измененных с момента начала предыдущей записи в log-файл регистров за интервал, указанный в параметрах (на листе «params»). При нажатии кнопки «Stop» в log-файле фиксируются текущие числовые значения регистров.

Мнемосхема. На мнемосхеме можно изменять цвет ячейки (ячеек) в зависимости от значения в необходимой ячейке (использование стандартной функции CALC — условное форматирование ячеек), например, для информирования о выходе значений канала (регистра) за границы уставок. Дополнительно реализованы следующие макрос-функции для графических объектов: поворот, изменение цвета контура и/или заливки, прозрачности, перемещения на передний план, изменения высоты. Для использования макрос-функций необходимо предварительно задавать имя графическому объекту (ПКМ→Имя). Пример мнемосхемы приведен на рис. 4.

Выполнение подпрограмм. Встроенный язык написания макросов ОО CALC не предусматривает параллельное выполнение потоков/процессов. Для выполнения подпрограмм технологических процессов возможен вызов отдельной функции из различных участков кода основной программы — непрерывного опроса состояния датчиков устройств.

Выполнение подпрограммы (скрипта) — сводится к манипуляции в заданной последовательности с данными,

Посевин Алексей Олегович — канд. техн. наук, старший научный сотрудник, лаборатория разработок поглощающих материалов, элементов активных зон и экспериментальных устройств, АО «ГНЦ НИИАР». E-mail: alexus_1982@mail.ru

представленными в таблице устройств и их регистров (рис. 1).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана SCADA-система в среде табличного процессора (Open, Libre) Office CALC, которая имеет возможность отображать числовые значения регистров MODBUS-устройств, задавать их значения. Построенные встроенными средствами CALC графические объекты мнемосхемы позволяют в реальном времени визуализировать процесс управления оборудованием в наглядном виде.

Система удобна при использовании в обучении, в качестве инструмента первичной апробации работоспособности устройств экспериментальных стендов и различного рода технологических процессов с последующим переходом, при необходимости, на более функциональные SCADA [3].

Открытость исходных кодов и широкая распространенность (Open, Libre)Office, включая описание встроенного языка программирования написания подпрограмм-макросов, открывают широкие возможности по модернизации данной системы и ее адаптации под конкретное применение.

Ссылка для скачивания системы, включающей исходные коды (файл .ods, и файлы modbus_srv.c и modbus_srv): <https://sourceforge.net/projects/scada-in-libreoffice-calc/>

Лицензия GNU GPL v3: <https://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.ru.html>

Список литературы

1. Хахаев И. А., Кучинский В. Ф. Технологии обработки табличной информации в LibreOffice: Уч. пособие - Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2016. - 177 с.
2. Смирнов Д.Е., Кишкович Ю.П., Никитина Е.С. Цифровая математика в LibreOffice Calc. Уч. пособие. Под ред. Д.Е. Смирнова. — М.: Прометей, 2024. — 244 с.
3. Колодников И.А., Лебедев В.О. К вопросу об архитектуре современных АСУТП // Автоматизация в промышленности». 2018. №8. С. 9-12.