

Вот полный файл **README.md**, собранный из всех наших обсуждений. В нём описаны архитектура, установка, карта регистров и математические формулы в понятном текстовом виде.

Вы можете скопировать содержимое ниже целиком.

Markdown

```
# C_oteraciq: Система электрохимического анализа
```

****Платформа:**** Advantech ADAM-6717 (Linux ARM)

****Версии ПО:**** Server v9 / Worker v13

1. Описание системы

Программный комплекс предназначен для автоматизации процессов вольтамперометрии и титрования. Контроллер управляет напряжением поляризации, измеряет токи, рассчитывает электрохимические параметры (концентрация, pH, Redox) и сохраняет данные.

Ключевые возможности:

1. ****Автономность:**** Система автоматически запускается при подаче питания (скрипт автозапуска с защитой от сбоев драйверов).
2. ****Гибридная связь:****
 - * ****Ethernet (Modbus TCP, порт 1502):**** Для связи с верхним уровнем и локального взаимодействия.
 - * ****RS-485 (Modbus RTU, /dev/ttyAPO):**** Для связи с Панелью Оператора (HMI).
3. ****Надежность:****
 - * Автоматическое восстановление связи при обрыве кабеля.
 - * "Заморозка" таймера итерации при потере связи с модулем вывода.
4. ****Архивация:****
 - * ****Ротация файлов:**** На диске всегда хранятся два файла: `iter_current.csv` (текущий процесс) и `iter_prev_full.csv` (последний успешный цикл). Это предотвращает переполнение памяти.
5. ****Вычисления на борту (Edge Computing):**** Расчет концентрации и pH выполняется внутри контроллера.

2. Структура файлов проекта

Исполняемые файлы (папка `/home/root/`)

*** `iter_modbus_server_arm`:** Сервер данных. Хранит уставки, обеспечивает связь

Modbus TCP/RTU, сохраняет изменения параметров в файл.

** ***`adam_step`**: Ядро измерений. Выполняет итерацию напряжения, опрос датчиков, математические расчеты и запись логов.*

Скрипты

** ***`start_system.sh`**: Скрипт автозапуска. Настраивает пути к библиотекам ('LD_LIBRARY_PATH') и запускает сервер и ядро в правильном порядке.*

Данные

** ***`iter_params.txt`**: Файл конфигурации. Хранит параметры фаз и коэффициенты формул.*

** ***`iter_current.csv`**: Лог-файл текущего цикла.*

** ***`iter_prev_full.csv`**: Лог-файл предыдущего завершенного цикла.*

** ***`boot_diag.log`**: Лог диагностики запуска системы.*

** ***`worker_err.log`**: Лог ошибок программы измерений.*

3. Карта Регистров Modbus (Адреса)

***Формат данных:** Float (32-bit Real), занимает 2 регистра.*

***Порядок байт:** Big-Endian (на панели HMI: CDAB / Swap Words).*

***Адресация:** 0-based (Внимание: на панелях Weintek/Siemens часто нужно прибавлять 1, т.е. адрес 400 -> 40001 или 40401).*

3.1. Настройки Химии и pH (R/W - Чтение/Запись)

Диапазон 400+. Сохраняются в файл при изменении.

| Адрес | Переменная | Описание |

| :--- | :--- | :--- |

| **400** | `calc_k_sum` | Коэффициент (K) для суммы токов |

| **402** | `calc_b_sum` | Смещение (B) для суммы токов |

| **404** | `calc_filter_size` | Размер окна фильтра (от 1 до 20 измерений) |

| **406** | `calc_deadband_acid` | Порог нейтральной зоны для Кислоты (по модулю) |

| **408** | `calc_deadband_alkali` | Порог нейтральной зоны для Щёлочи |

| **410** | `calc_ph_neutral` | Значение pH в нейтральной зоне (обычно 7.0) |

| **412** | `calc_k_acid` | Коэффициент формулы pH для Кислоты |

| **414** | `calc_b_acid` | Константа формулы pH для Кислоты |

| **416** | `calc_k_alkali` | Коэффициент формулы pH для Щёлочи |

| **418** | `calc_b_alkali` | Константа формулы pH для Щёлочи |

| **420** | `calc_filter_redox1` | Размер фильтра для Redox 1 (Канал 2) |

| **422** | `calc_filter_redox2` | Размер фильтра для Redox 2 (Канал 3) |

3.2. Результаты Вычислений (Read Only)

Диапазон 4000+. Обновляются в конце каждого цикла.

| Адрес | Переменная | Описание |

| :--- | :--- | :--- |

```
| **4000** | `Res_Raw_Conc` | Сырая концентрация (до фильтрации) |
| **4002** | `Res_Filt_Conc` | Отфильтрованная общая концентрация |
| **4004** | `Res_Acid_Conc` | Итоговая концентрация Кислоты |
| **4006** | `Res_Alkali_Conc` | Итоговая концентрация Щёлочи |
| **4008** | `Res_pH` | **Финальное значение pH** |
| **4010** | `Res_Redox1_Raw` | Сырой Redox 1 (Канал 2, конец цикла) |
| **4012** | `Res_Redox1_Avg` | Усредненный Redox 1 |
| **4014** | `Res_Redox2_Raw` | Сырой Redox 2 (Канал 3, конец цикла) |
| **4016** | `Res_Redox2_Avg` | Усредненный Redox 2 |
```

3.3. Масштабирование каналов (R/W)

Диапазон 200+. Индивидуальная настройка каждого канала AI.

*Формула: Значение = Измерение * K + B*

```
* **200/202**: Ch0 (K / B)
* **204/206**: Ch1 (K / B)
* ...
* **230**: Ch7 (B)
```

3.4. Управление и Итерация (R/W)

* **0 ... 131**: Параметры фаз (Start mV, End mV, Step, Period, Settle, Pause).

* **132**: Командный регистр (1.0 = START, 2.0 = STOP, 3.0 = RESTART).

4. Алгоритмы и Формулы

4.1. Расчет Концентрации и pH

Источник данных: Канал AI1 (Ток).

Момент измерения: Середина паузы после Фазы 1 (`I_ph1`) и Фазы 2 (`I_ph2`).

1. **Расчет сырой концентрации:**

Сумма токов двух фаз приводится к условным единицам:

`C_raw = (I_ph1 + I_ph2) * K_sum + B_sum`

2. **Фильтрация:**

Значение `C_raw` добавляется в буфер скользящего среднего.

`C_filt = Среднее арифметическое буфера`

3. **Определение среды и расчет pH:**

Программа сравнивает `C_filt` с порогами мертвых зон (Deadband):

```
* **Случай А: Кислота** (Если `C_filt < -Deadband_acid`)
* `C_acid = |C_filt|` (Берется модуль числа)
* `C_alkali = 0`
* `pH = K_acid * log10(C_acid) + B_acid`
```

* **Случай Б: Щёлочь** (Если `C_filt > Deadband_alkali`)

```
* `C_alkali = C_filt`  
* `C_acid = 0`  
* `pH = K_alkali * log10(C_alkali) + B_alkali`  
  
* **Случай В: Нейтраль** (Внутри зоны нечувствительности)  
* `C_acid = 0`  
* `C_alkali = 0`  
* `pH = pH_neutral` (фиксированное значение, уставка 410)
```

4.2. Расчет Redox (ОВП)

Источники: Канал AI2 (Redox 1) и Канал AI3 (Redox 2).

Момент измерения: Середина паузы после последней Фазы 5.

* Значения проходят независимую фильтрацию (скользящее среднее).
* Размеры фильтров задаются в регистрах 420 и 422.

5. Установка и Обслуживание

Установка автозапуска

В файл `/etc/rc.local` добавить строку перед `exit 0`:

```
```bash  
/home/root/start_system.sh &
```

## Команды для диагностики (SSH)

### 1. Проверка, работает ли система:

Bash

```
ps | grep adam
```

Должно быть два процесса: *iter\_modbus\_server\_arm* и *adam\_step*.

### 2. Перезапуск вручную (если нужно обновить ПО):

Bash

```
killall iter_modbus_server_arm adam_step
/home/root/start_system.sh &
```

**3. Просмотр логов запуска:**

Bash

```
cat /home/root/boot_diag.log
```

**4. Просмотр ошибок:**

Bash

```
cat /home/root/worker_err.log
```

**5. Просмотр текущих данных CSV:**

Bash

```
cat /home/root/iter_current.csv
```