

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:

- \*\*Автономность:\*\*** Система автоматически запускается при подаче питания (скрипт автозапуска с защитой от сбоев драйверов).
- \*\*Гибридная связь:\*\***
  - \*\*Ethernet (Modbus TCP, порт 1502):\*\*** Для связи с верхним уровнем и локального взаимодействия.
  - \*\*RS-485 (Modbus RTU, /dev/ttyAP0):\*\*** Для связи с Панелью Оператора (HMI).
- \*\*Надежность:\*\***
  - Автоматическое восстановление связи при обрыве кабеля.
  - "Заморозка" таймера итерации при потере связи с модулем вывода.
- \*\*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.
- \*\*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.

$$C_{filt} = \text{Среднее арифметическое буфера}$$

#### 3. \*\*Определение среды и расчет pH:\*\*

Программа сравнивает `C\_filt` с порогами мертвой зоны (Deadband):

\* \*\*Случай А: Кислота\*\* (Если  $C_{filt} < -Deadband_{acid}$ )

\*  $C_{acid} = |C_{filt}|$  (Берется модуль числа)

\*  $C_{alkali} = 0$

\*  $pH = K_{acid} * \log_{10}(C_{acid}) + B_{acid}$

\* \*\*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
```