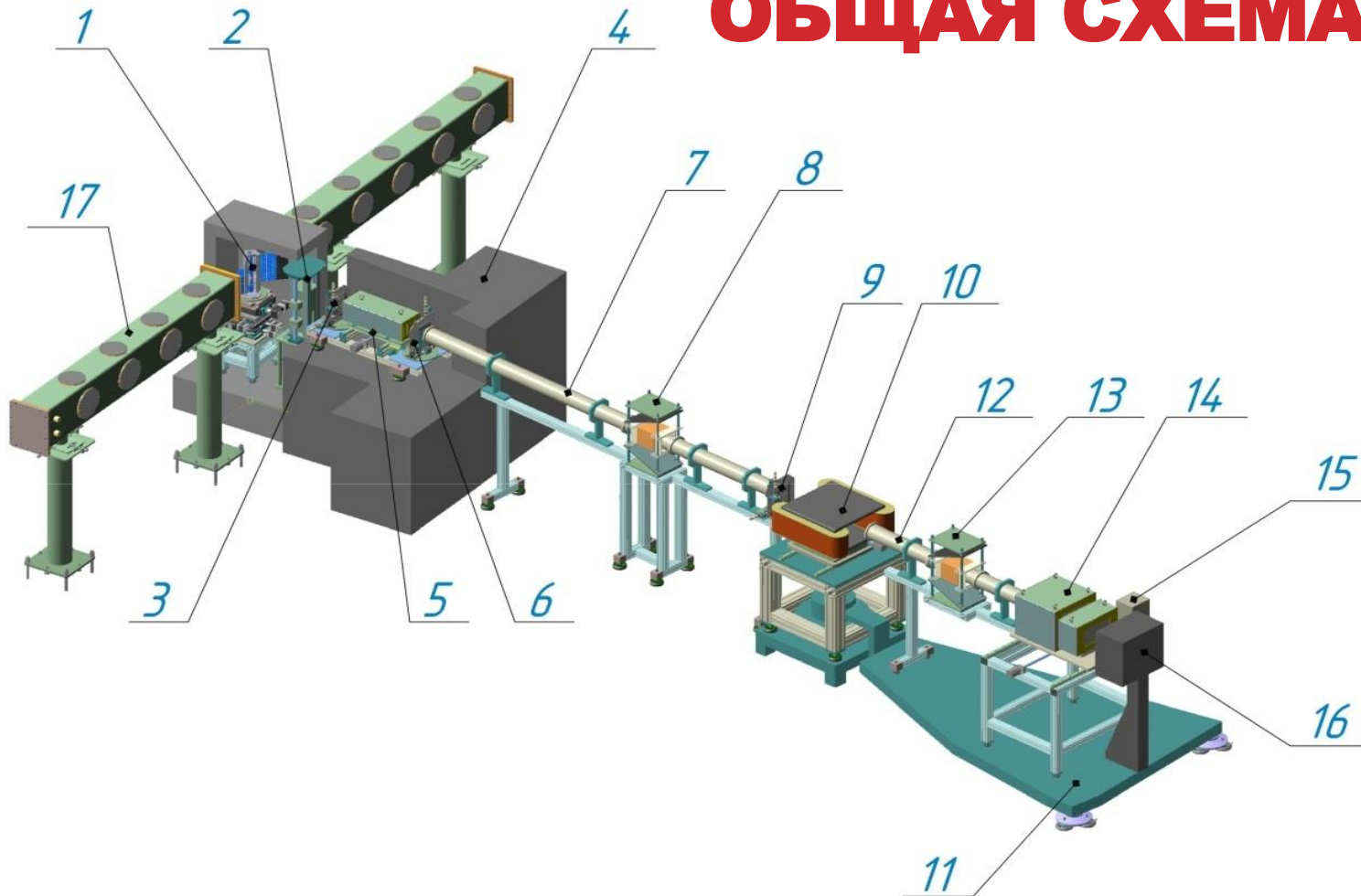




ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ УЗЛОВ РЕФЛЕКТОМЕТРА ПОЛЯРИЗОВАННЫХ НЕЙТРОНОВ ДЛЯ РЕАКТОРА ИР-8

**ГЛУШКОВА Т.И., КОЛХИДАШВИЛИ М.Р.
(ОПР), ГОЛУБЕВ М.А. (ОНИ)**

ОБЩАЯ СХЕМА РПН



1 – монохроматор; 2 – заслонка; 3, 6, 9 – диафрагмы; 4 – защита; 5 – формирователь пучка; 7, 12 – вакуумный тракт; 8, 13 – спин-флипперы; 10 – узел образца; 11 – детекторная платформа; 14 – векторный анализатор поляризации; 15 – одиночный гелиевый детектор; 16 – ловушка пучка; 17 – нейтроновод. Дополнительно: платформа векторного анализа поляризации, прерыватель пучка.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РПН

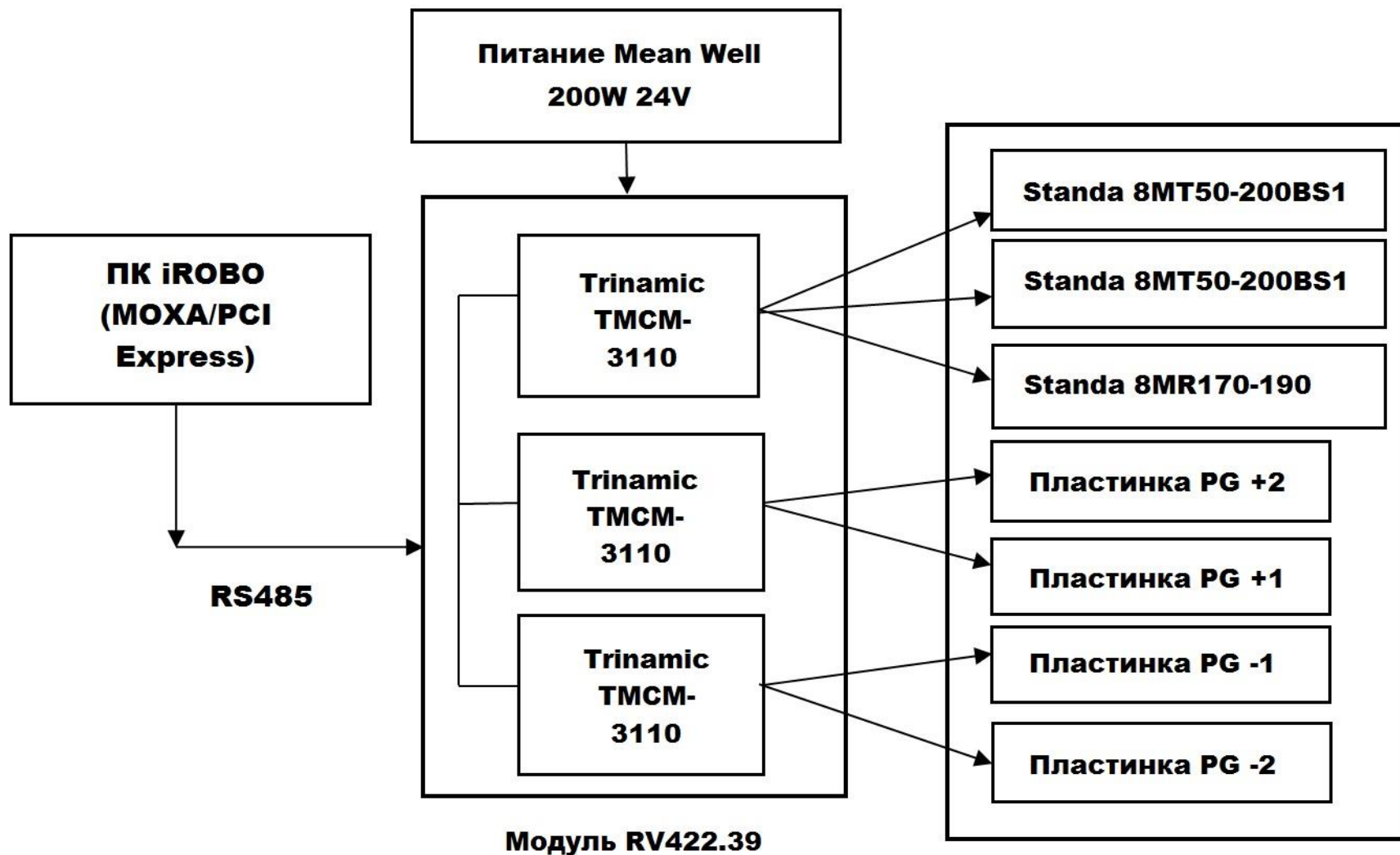
Поставлена задача – управление узлами рефлектометра с помощью программного обеспечения (ПО). ПО состоит из отдельных программ для монохроматора и узла прерывателя, а также общей управляющей программы для остальных узлов.

ПО позволяет:

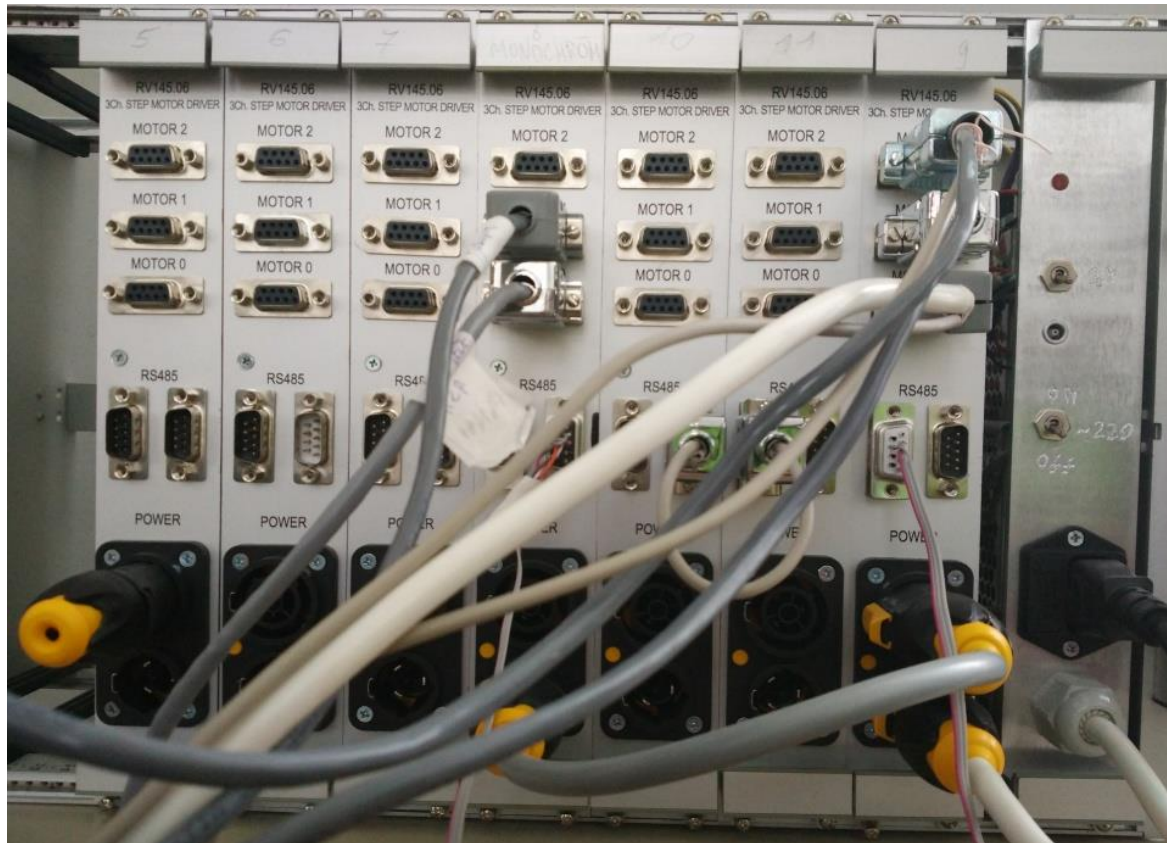
- ✓ **получить актуальную информацию о состоянии прибора с помощью цифровых и графических данных, выводимых в окно интерфейса;**
- ✓ **перемещать устройства по осям движения, программно управляя шаговыми двигателями и датчиками угла поворота;**
- ✓ **обрабатывать данные в режиме реального времени и сохранять их для дальнейшего использования;**
- ✓ **изменять параметры во время выполнения задания.**

Для взаимодействия устройств с компьютером используются контроллеры-драйверы Trinamic TMC2130.

СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ МОНОХРОМАТОРОМ

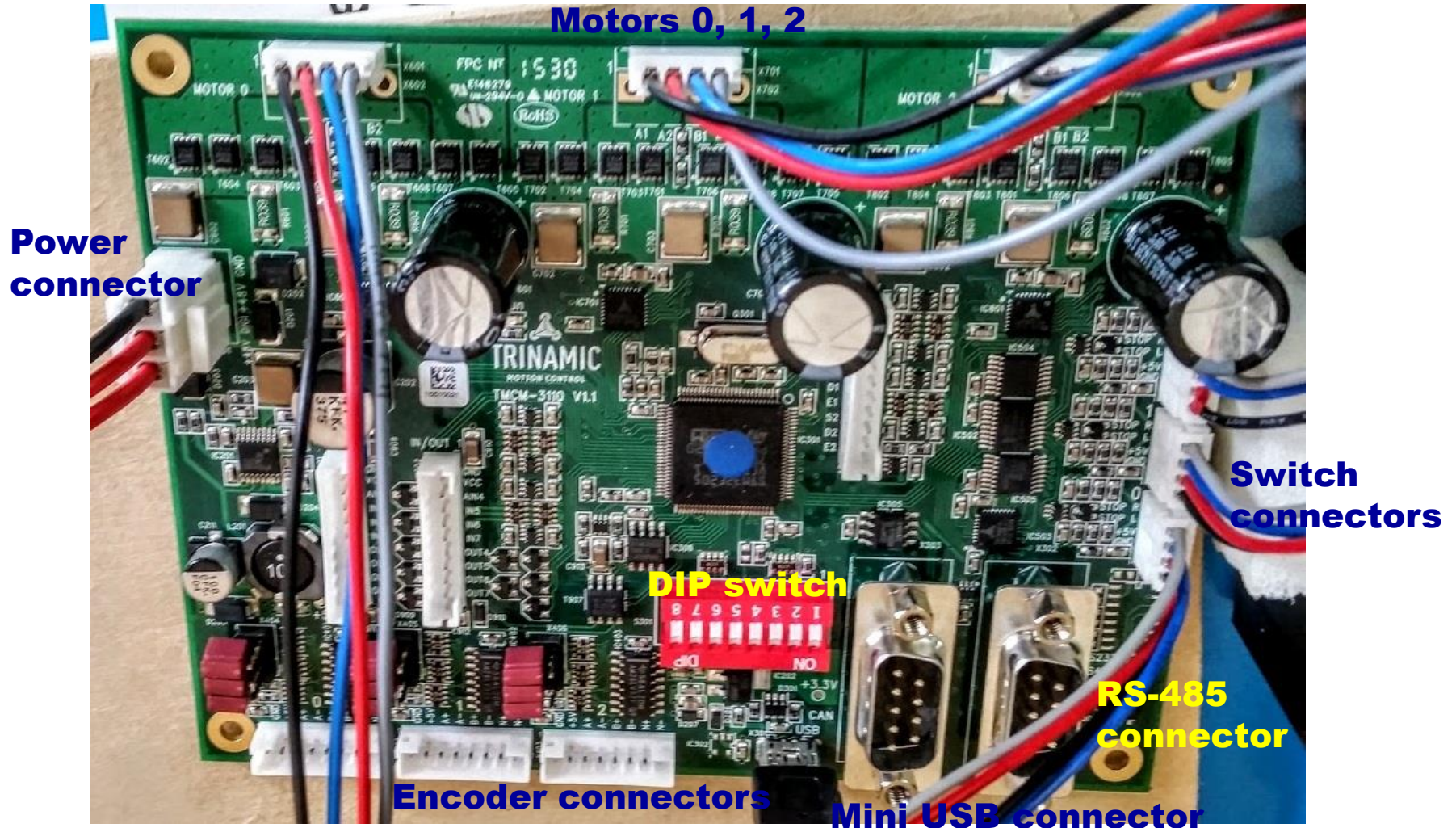


ПЛАТЫ TRINAMIC



10 контроллеров-драйверов Trinamic управляют двигателями на 28 осях рефлектометра. 8 плат установлены в модуль RV145.06, собранном в стандарте «Евромеханика». 2 платы установлены в модуль RV422.39 для обеспечения движения прерывателя и детектора. Для подключения устройств используется интерфейс RS-485.

КОНТРОЛЛЕР-ДРАЙВЕР TRINAMIC TMCM-3110



Плата управляет 3 двигателями, 3 энкодерами, 3 концевыми переключателями. Есть DIP переключатели (с помощью которых можно присвоить плате свой уникальный номер), разъемы для mini-USB, RS-485. К контроллеру прилагается список команд и параметров.

ОПИСАНИЕ И ФОРМАТ КОМАНД

Формат команды ROL (rotate left)

В мнемоническом (ASCII) коде команда записывается так: **ROL <motor> <velocity>**. Запись «**ROL 1, 1200**» задает движение двигателя, подключенного к Motor №1, влево на 1200 оборотов.

Формат команды ROL в бинарном формате:

№ байта	0	1	2	3	4	5	6	7
Функция	Target-address	Instruction Number	Type	Motor/Bank	Operand Byte3	Operand Byte2	Operand Byte1	Operand Byte0
Значение (hex)	\$01	\$02	\$00	\$01	\$00	\$00	\$04	\$b0

Бинарный формат используется для прямой передачи команд от ПК контроллеру. Каждый из 8 байт команды имеет своё значение. Значение команд представлено в шестнадцатеричном виде. Девятый байт используется для подсчета контрольной суммы, чтобы проверить правильность передачи команды устройству. После окончания передачи, если контрольная сумма верна, устройство присылает ответ **STATUS 100 – ОК (64 – в hex-формате)** и выполняет команду.

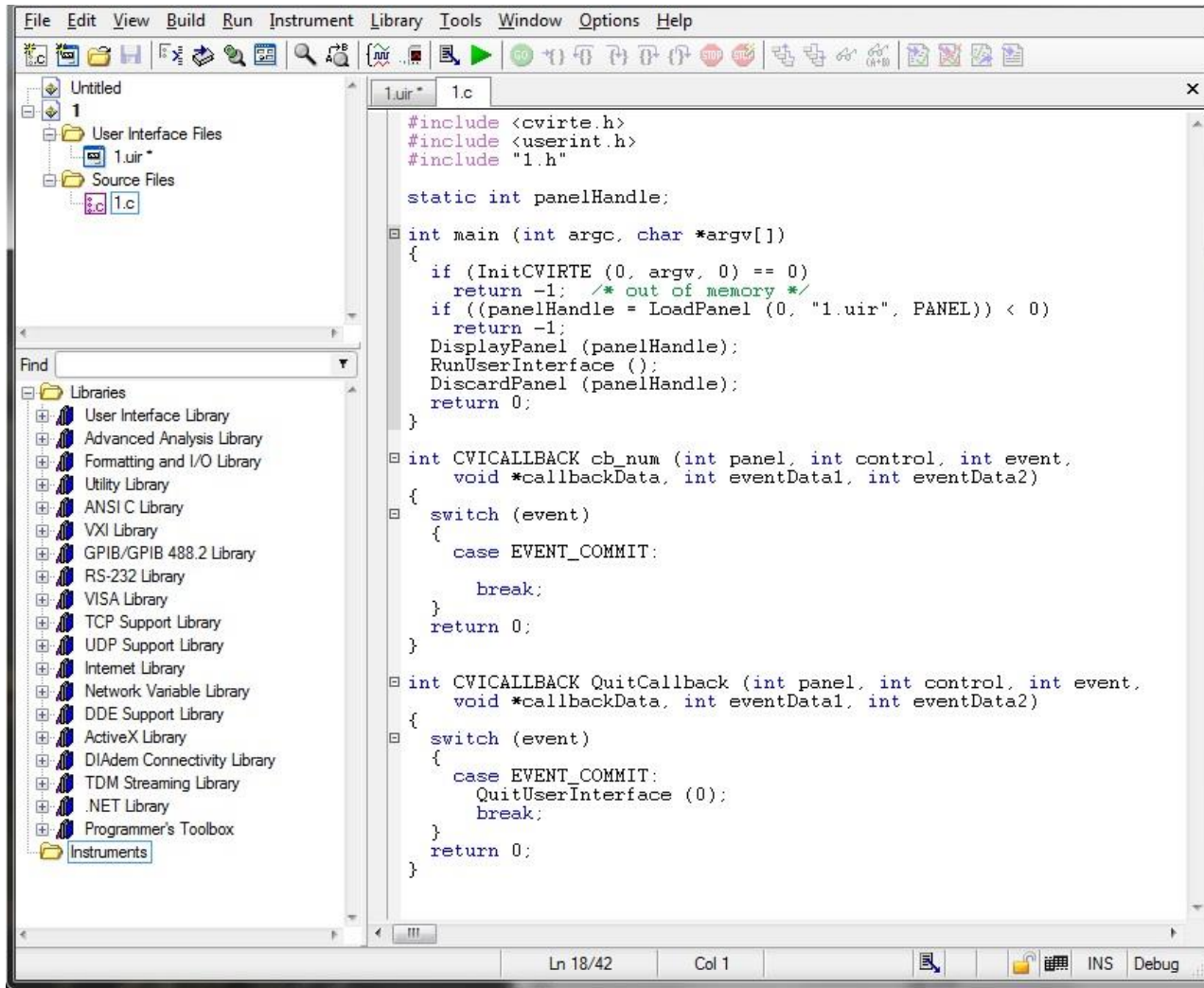
СРЕДА РАЗРАБОТКИ LAB WINDOWS

LabWindows/CVI фирмы **National Instruments** – это среда разработки программного обеспечения на языке ANSI C. Содержит большое количество разнообразных программных средств, которые можно использовать для создания приложений сбора данных и систем управления приборами.

Базовый набор библиотек LabWindows/CVI:

- 1. User Interface** – компоненты для создания пользовательского интерфейса: управляющие кнопки, индикаторы, графики, регуляторы, выпадающие меню и др.
- 2. Analysis/Advanced Analysis** – средства обработки полученных данных: анализ массивов, математическая обработка, генерация сигналов различной формы и др.
- 3. Formatting and I/O** – запись и считывание данных из файлов, манипулирование форматом данных в программе.
- 4. Utility** – выполнение различных операций: использование системного таймера, управление файлами на диске, запуск исполняемых файлов и включение многопоточности при выполнении программы.
- 5. Набор библиотек для управления измерительными и управляющими устройствами – VISA Library, VXI Library, RS-232 Library, GPIB/GPIB 488.2 Library** и др.
- 6. Средства для удаленного управления приложениями через сеть: Internet, TCP, ActiveX.**
- 7. Стандартная библиотека ANSI C.**

КОМПОНЕНТЫ ПРОГРАММЫ



Программа состоит из файлов, объединенных в один проект (-prj):

.c – файл исходного текста;

.uir – графический файл;

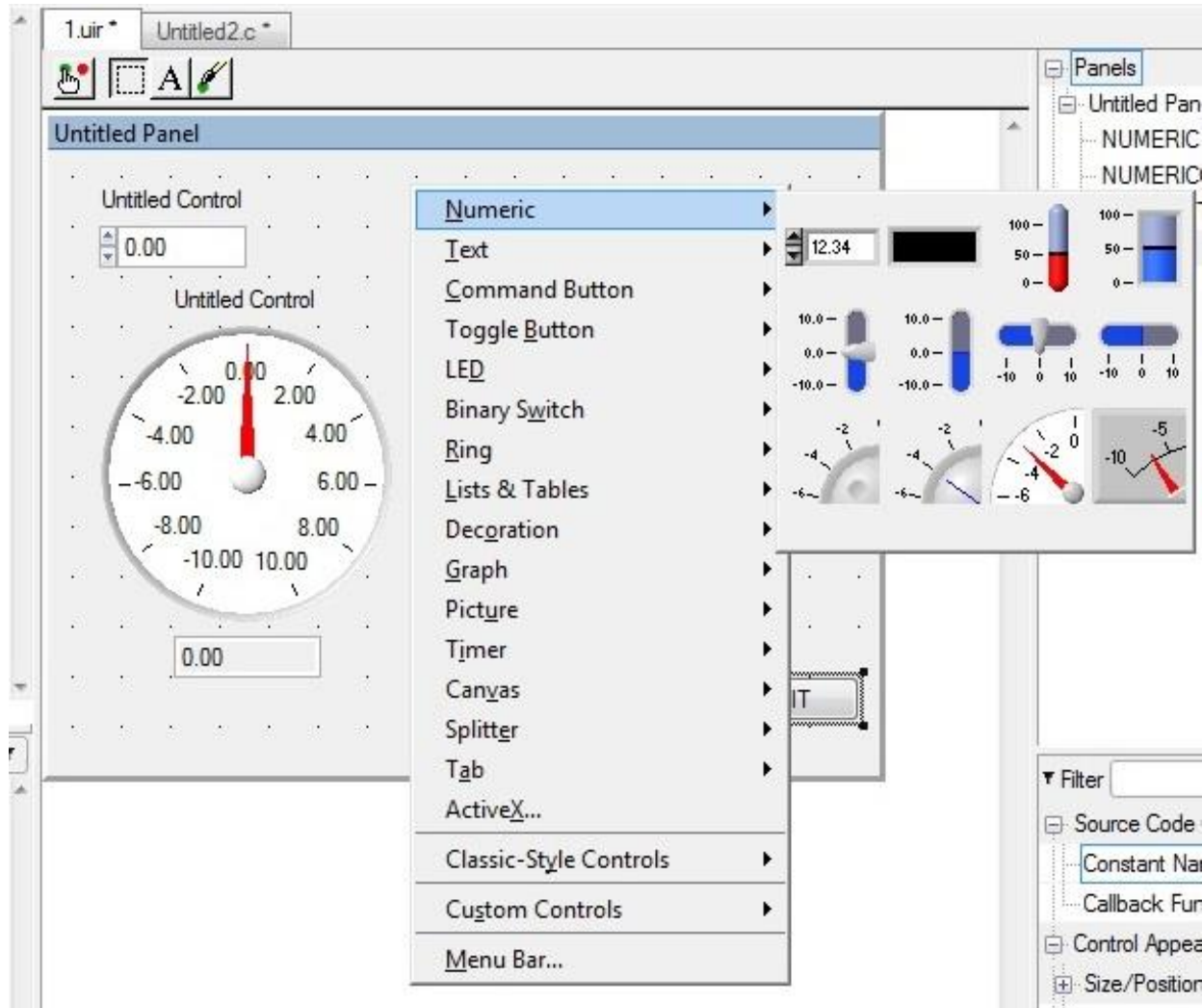
.h – файл с описанием констант и функций;

.cws – файл рабочего окна (конфигурационный);

.exe – файл запуска программы.

Дополнительные файлы: **.fp** – файл панели функции;
.lib – файл библиотеки; **.obj** – объектный файл.

ОКНО РАЗРАБОТКИ ИНТЕРФЕЙСА



Разработка программы начинается с построения интерфейса. Элементы управления добавляются на панель из сгруппированного по типам списка. У каждого элемента есть свойства, определяемые в окне редактирования.

ТЕСТОВАЯ ПРОГРАММА

The image displays the 'TEST TCMC 3110' software interface. The main window features a control panel with various settings and a 'CONNECT' button. An 'Edit Command Button' dialog box is open, showing the configuration for the 'CONNECT' button. The dialog box includes fields for 'Source Code Connection' (Constant name: COMMANDBUTTON_3, Callback function: cb_connect), 'Control Settings' (Control mode: Hot, Initially dimmed, Initially hidden), 'Shortcut Key' (Modifier key: None, Key: No shortcut key), and 'Label Appearance' (Label: CONNECT, Auto sizing: Grow Only). The main interface also shows a 'Timer' section with a 'Rotate' button, current and velocity settings, and a 'CLEAR POSITION' button.

TEST TCMC 3110

CONNECT Protocol

SETTINGS =>

COM PORT

N° DEVICE 1

N° MOTOR 1

ACCELERATION 500 0

TARGET VELOCITY 500 0

LEFT SWITCH STOP RIGHT SWITCH

CYCLE

ACTIVE POSITION 0

TARGET POSITION 0 **START**

ADD DEVICE **QUIT**

Timer

Rotate

Run current (0..255) Peak(A) RMS(A)
0 0.00 0.00

Standby current (0..255) Peak(A) RMS(A)
0 0.00 0.00

RAMP DIVISOR 1

PULSE DIVISOR 1

MICROSTEPS 256

Left limit swith disable

Right limit swith disable

CLEAR POSITION

Axis Parameter Value
0 0 **Get parameter**

Edit Command Button

Source Code Connection
Constant name: COMMANDBUTTON_3
Callback function: cb_connect

Control Settings
Control mode: Hot
 Initially dimmed
 Initially hidden

Shortcut Key
Modifier key: None
Key: No shortcut key

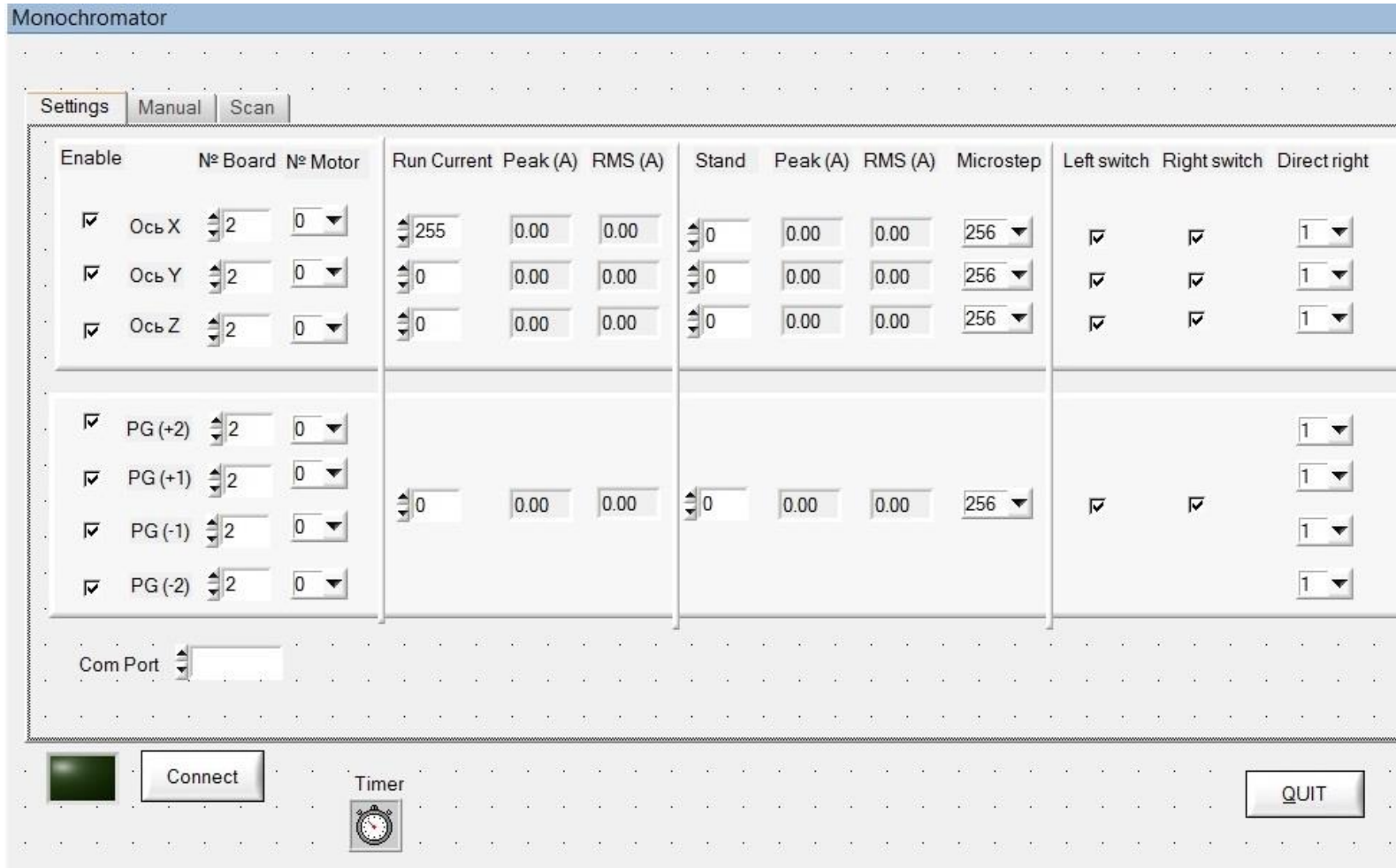
Label Appearance
Label: CONNECT
Auto sizing: Grow Only

CONNECT

OK **Cancel**

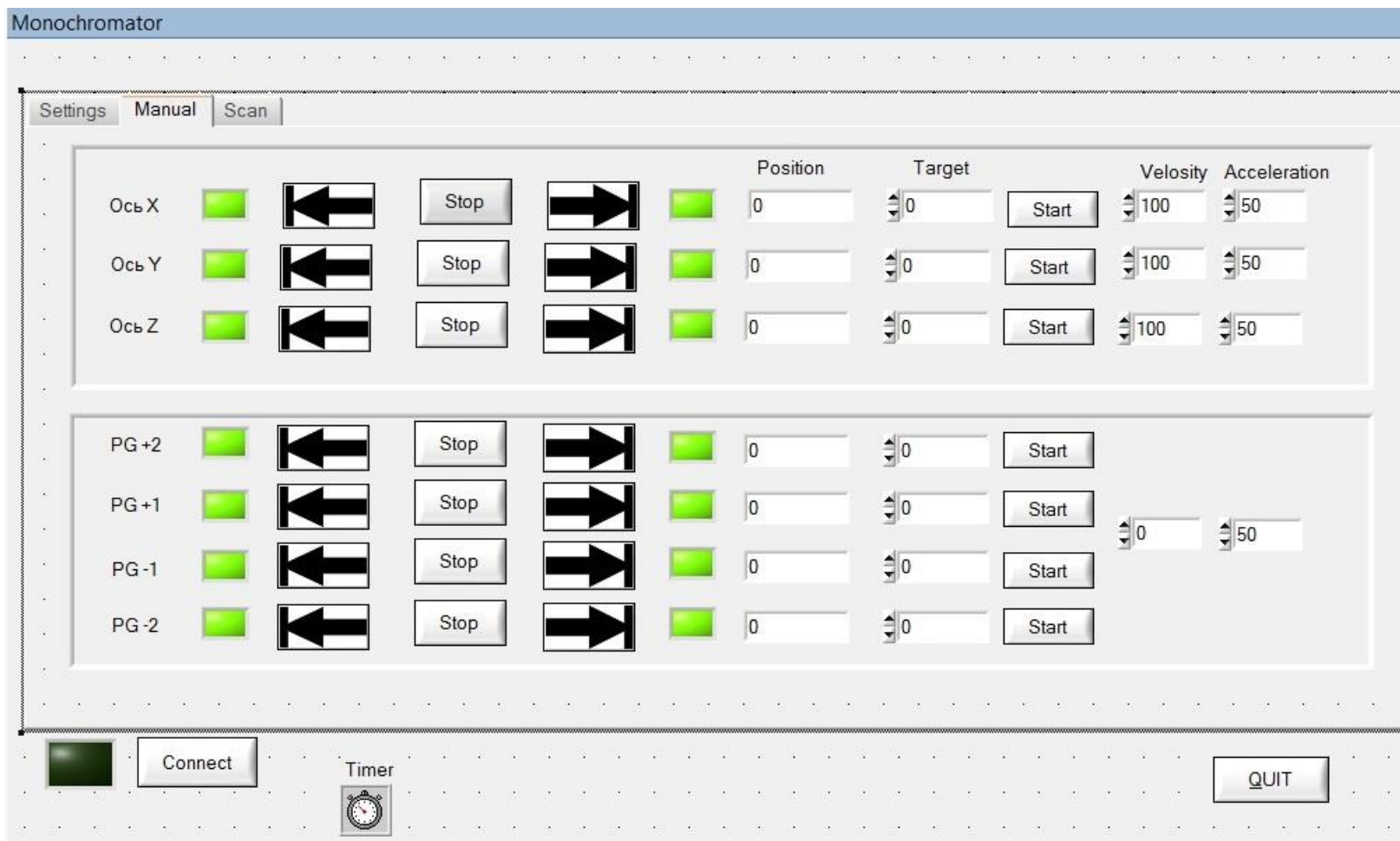
После создания интерфейса управляющим элементам назначаются функции обратного вызова (callback functions), выполняющие определенные действия, указанные пользователем. Есть элементы-индикаторы, которые отображают данные.

ПРОГРАММА ДЛЯ МОНОХРОМАТОРА



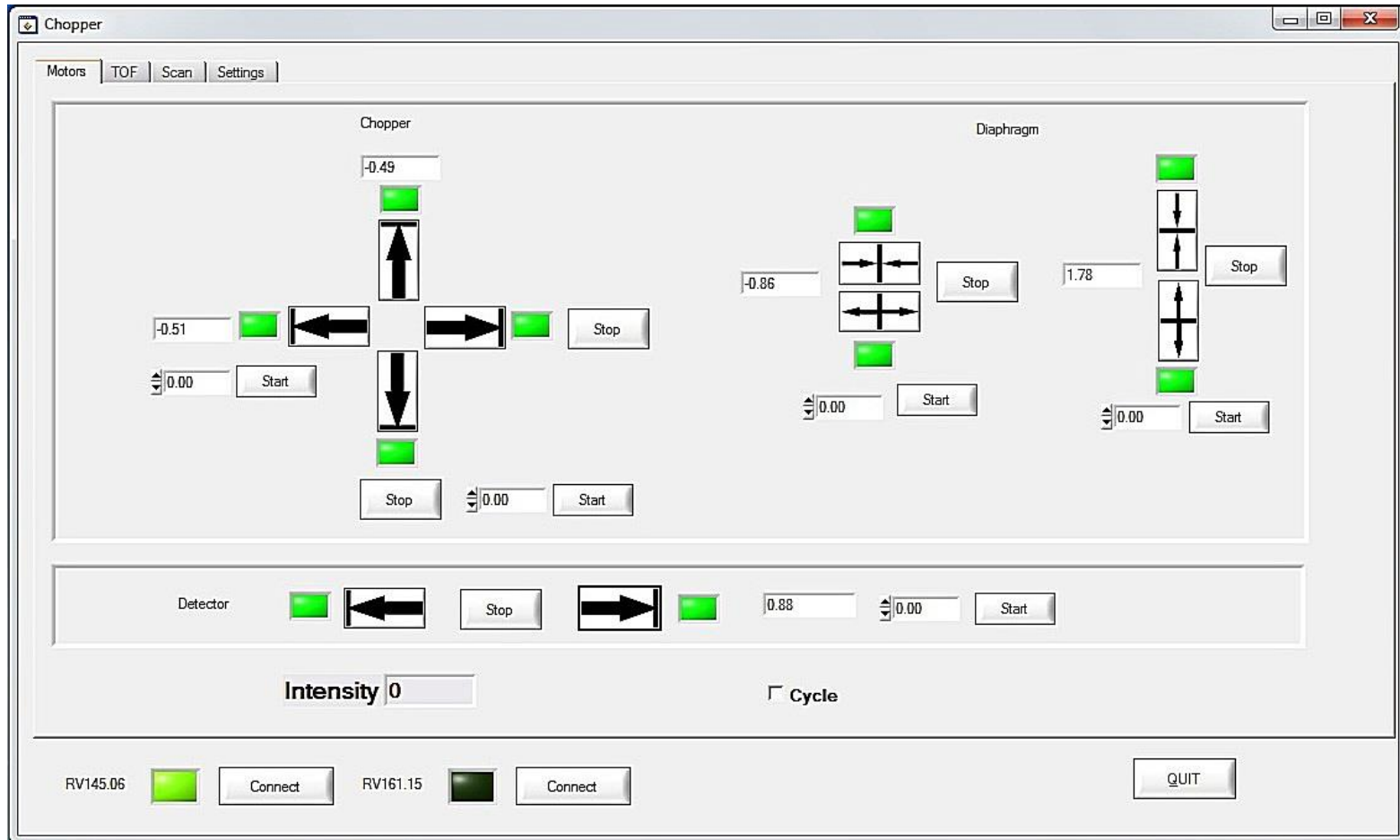
Вкладка «Settings» программы управления монохроматором содержит настройки и параметры: выбор движения по осям, ток, дробление шага, направление движения к концевикам. Для PG-пластинок выставляются одинаковые настройки. Установленные параметры можно записать в файл, при последующем запуске программы они сохранятся.

ПРОГРАММА ДЛЯ МОНОХРОМАТОРА



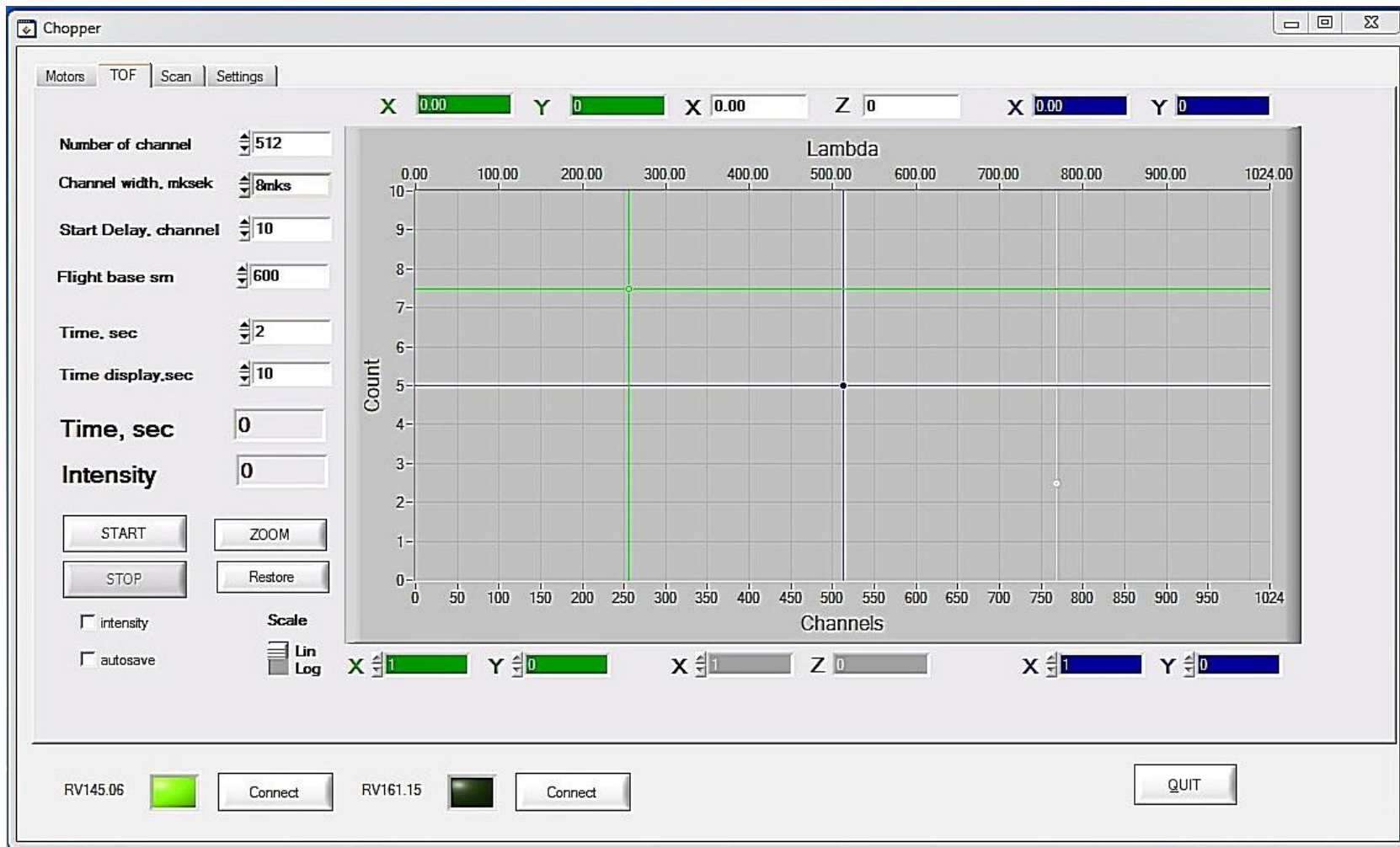
Вкладка «Manual» программы для монохроматора – это окно ручного управления. Каждая ось имеет свои кнопки выбора направления движения. Можно задать перемещение к указанной позиции, скорость и ускорение. В любой момент можно остановить двигатели, нажав кнопку «Stop» для соответствующей оси.

ПРОГРАММА ДЛЯ ПРЕРЫВАТЕЛЯ



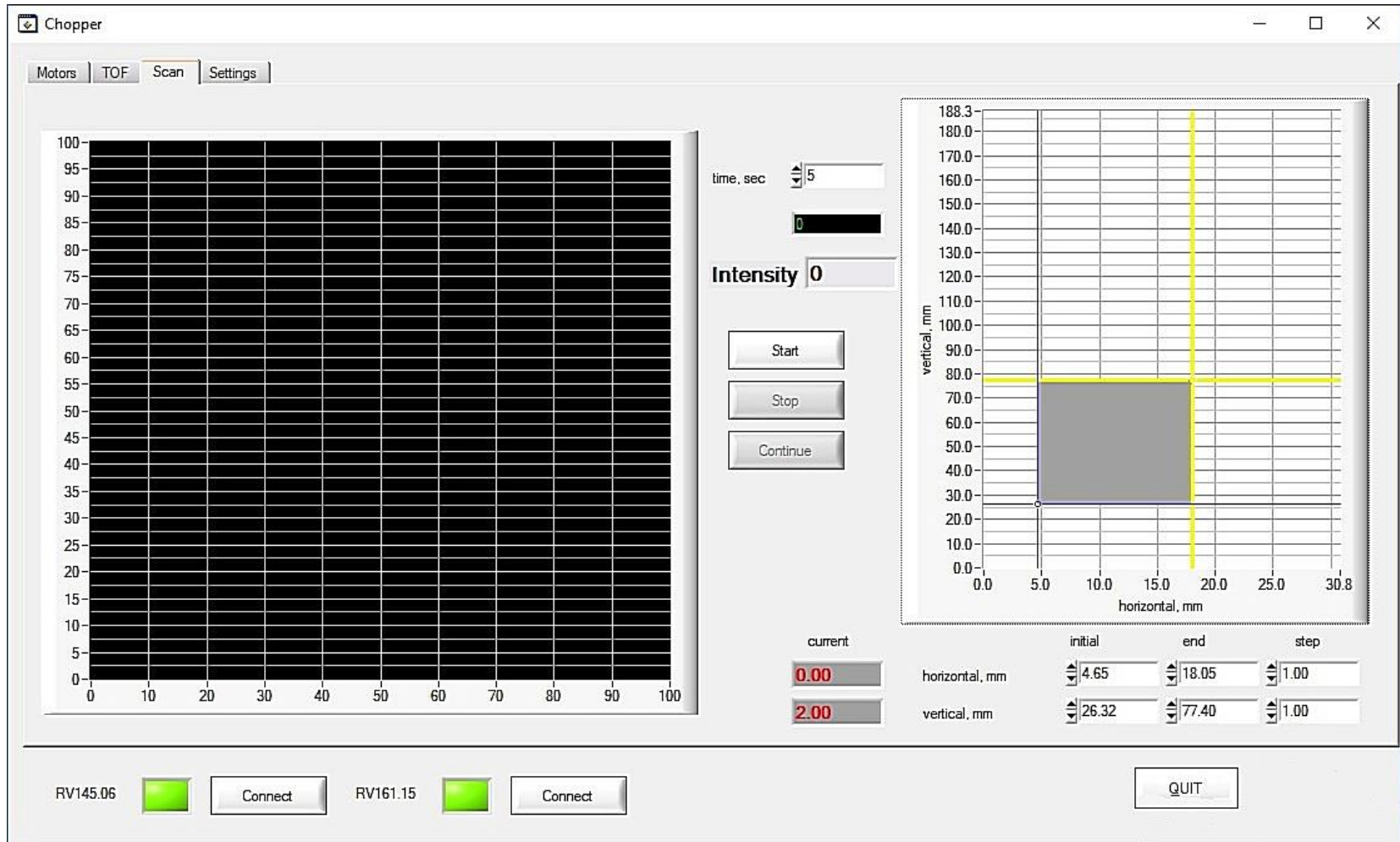
Программа «Chopper» разработана для управления узлами измерителя спектров и получения спектров. Вкладка «Motors» содержит элементы перемещения диска прерывателя (вертикально и горизонтально), изменения зазора шторок диафрагм, перемещения детектора (по горизонтали). В каждой вкладке есть индикаторы связи с контроллером ШД и многоканальным преобразователем детекторной системы .

ВКЛАДКА «ТОФ»



Вкладка «ТОФ» предназначена для измерения спектра нейтронов в текущей позиции диска прерывателя. Определяется количество временных каналов и их ширина, время измерения спектра, время обновления спектра, времяпролетная база. По «Start» запускается измерение спектра с заданными параметрами. Строится график, который можно масштабировать курсорами или кнопкой «Zoom».

ВКЛАДКА «SCAN»





Вкладка «Scan» нужна для измерений с построением картограмм интенсивностей нейтронов. Задаются шаги сканирования, начальное и конечное значения для осей перемещения диска, время измерения в каждой точке. По «Start» открывается окно с местом сохранения файла и начинается построение диаграммы по значениям интенсивности.

ВКЛАДКА «SETTINGS»

	Nº Board	Nº Motor	Run Current	Peak (A)	RMS (A)	Standby Current	Peak (A)	RMS (A)	Microstep	Acceleration	Velocity	Max code	Max position, mm		
C H O P P E R	Горизонталь	4	1	75	1.18	0.82	8	0.13	0.09	256	10	100	2120224	30.80	Zero
	Вертикаль	4	0	75	1.18	0.82	8	0.13	0.09	64	10	400	65061241	188.35	Zero
D I A F R A G M	Горизонталь	3	0	26	0.41	0.29	8	0.13	0.09	128	5	100	545985	9.55	Zero
	Вертикаль	3	1	26	0.41	0.29	8	0.13	0.09	128	5	100	825770	67.40	Zero
D E T E C T O R		4	2	75	1.18	0.82	8	0.13	0.09	128	10	100	1843260	70.60	Zero

Com Port: COM9

RV145.06  RV161.15 

Вкладка «Settings» содержит параметры для управления шаговыми двигателями диска прерывателя, диафрагмы и детектора. Определяется номер порта контроллера ШД, ток, микрошаги, ускорение, скорость, Max позиции двигателя в кодах и мм. Можно установить текущее положение двигателя или зазора как нулевое.

УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА

Enter Command

Command Group

- SETUP
- SAMPLE
- ANALYZER
- BEAM FORMER
- MONOCHROMATOR
- MEASUREMENTS
- PROCEDURES (SAMPLE)
- PROCEDURES (ANALYZER)
- DATA FILES
- GRAPHICS
- HARDWARE SETUP

Command

- CURRENT POSITION
- CURRENT CODE
- DETECTOR
- ROTATE
- SHIFT Y
- MOVE ALL
- INTENSITY
- DIAPHRAGM1 CURRENT POSITION
- DIAPHRAGM1 SHIFTY
- DIAPHRAGM1 SHIFTZ
- DIAPHRAGM1 SHIFTTABLE
- DIAPHRAGM1 MOVE_ALL
- DIAPHRAGM2 CURRENT POSITION

Parameters

DISPLAY TIME, SEC

program

```
P 20  
D_SAMPLE 0.0[1] 100
```

CURRENT POSITION (beam_former)

Axis	Status	Current	Set	Limits	Init
Detector, mrad	Stop <input type="checkbox"/>	0.0000 <input type="text"/>	0.0000 <input type="text"/>	0.00 - 1000.00 <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Rotation, mrad	Stop <input type="checkbox"/>	0.0000 <input type="text"/>	0.0000 <input type="text"/>	0.00 - 80.60 <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>
Shift Y, mm	Stop <input type="checkbox"/>	0.0000 <input type="text"/>	0.0000 <input type="text"/>	0.00 - 144.53 <input type="text"/>	<input type="checkbox"/>

Setting Flipper 1 Intensity/sec

Mirror Flipper 2 Time, sec

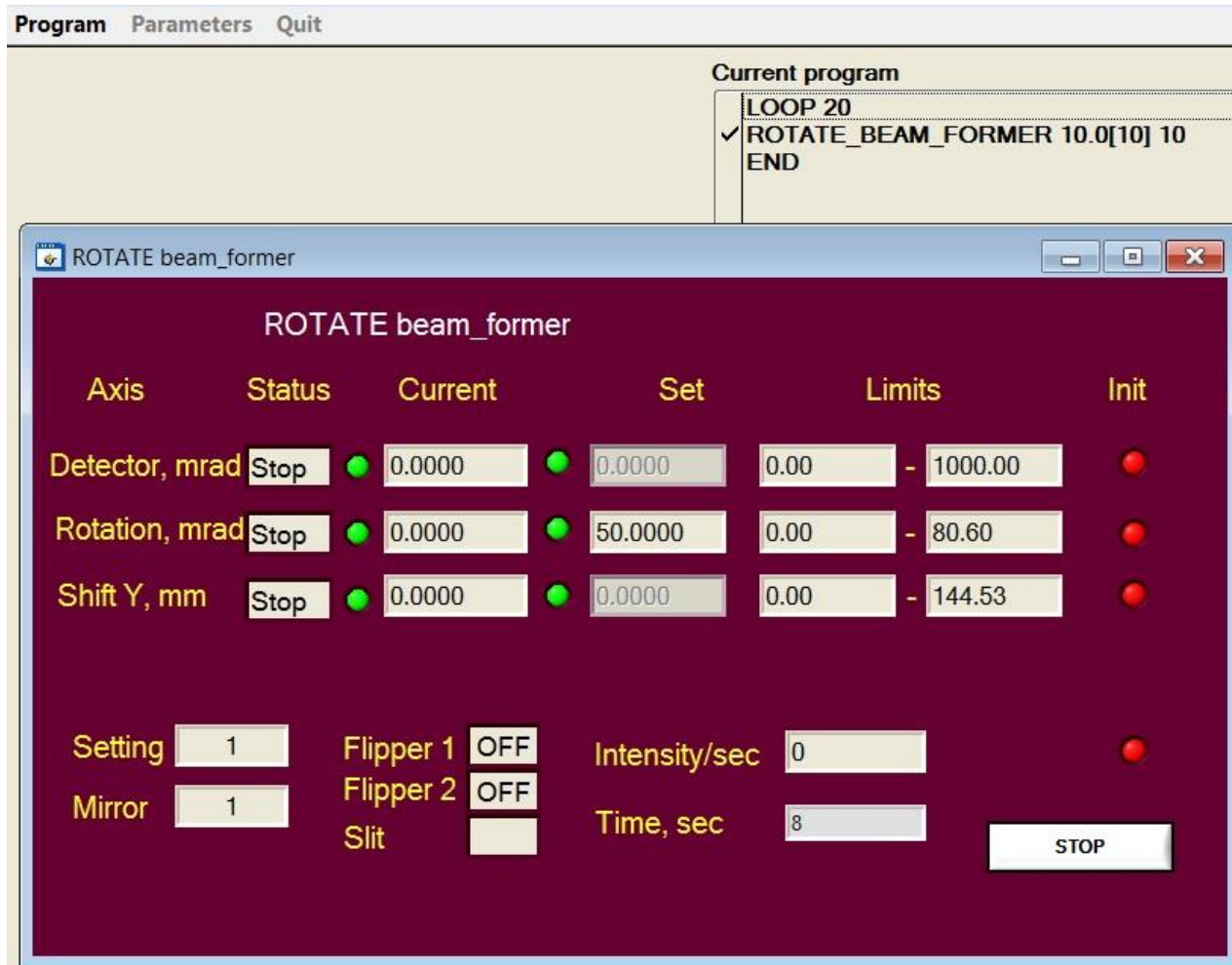
Slit

STOP

Execute Set as default Help Close

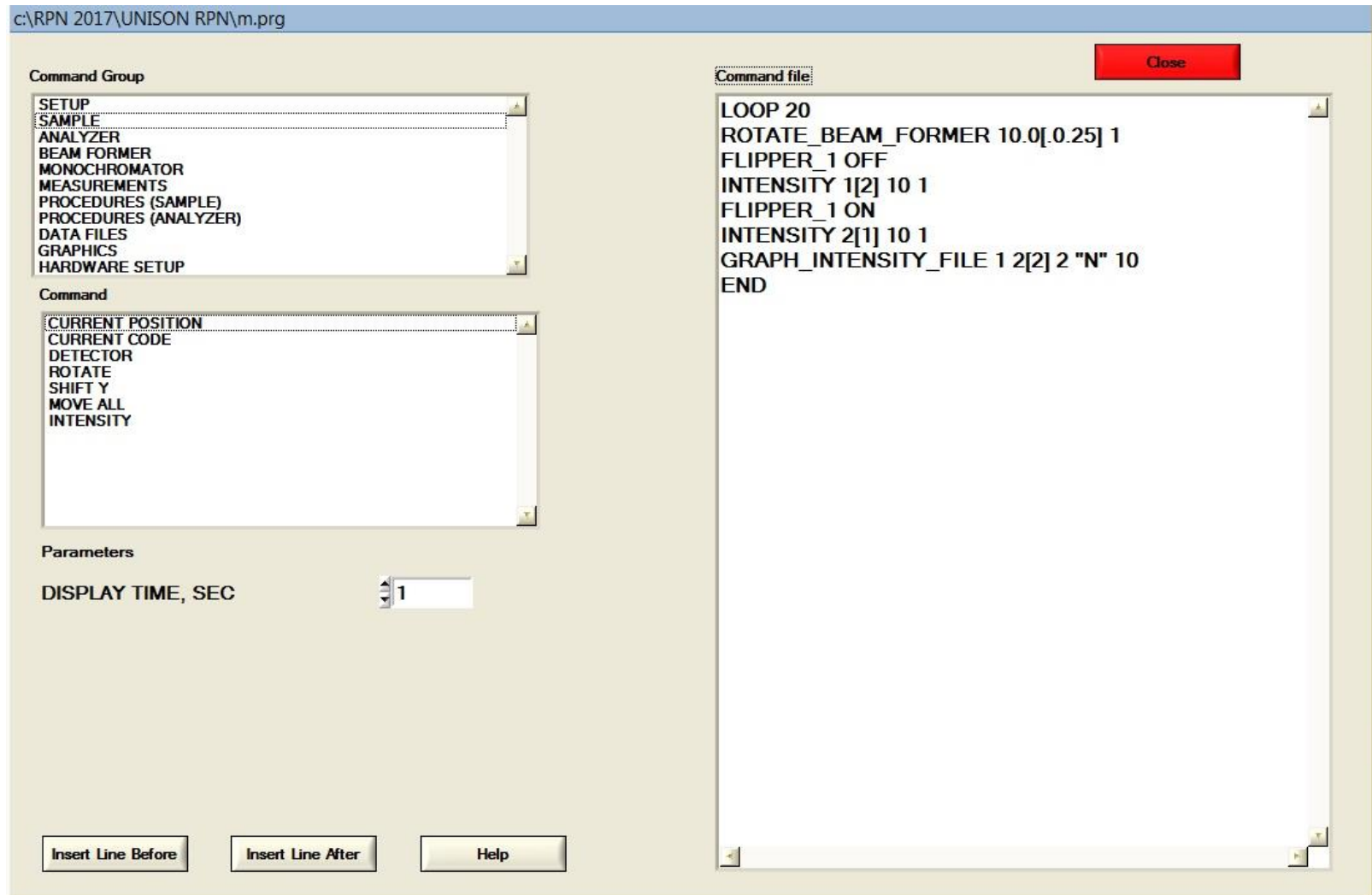
Программа обеспечивает работу с набором команд, управляющих узлами РПН и реализующих необходимые функции. Например: поворот образца, перемещение анализатора, измерение интенсивности, установка магнитного поля и др. Есть 2 режима работы программы. Режим Command запускает любую команду с заданием необходимых параметров.

РЕЖИМ «PROGRAM»



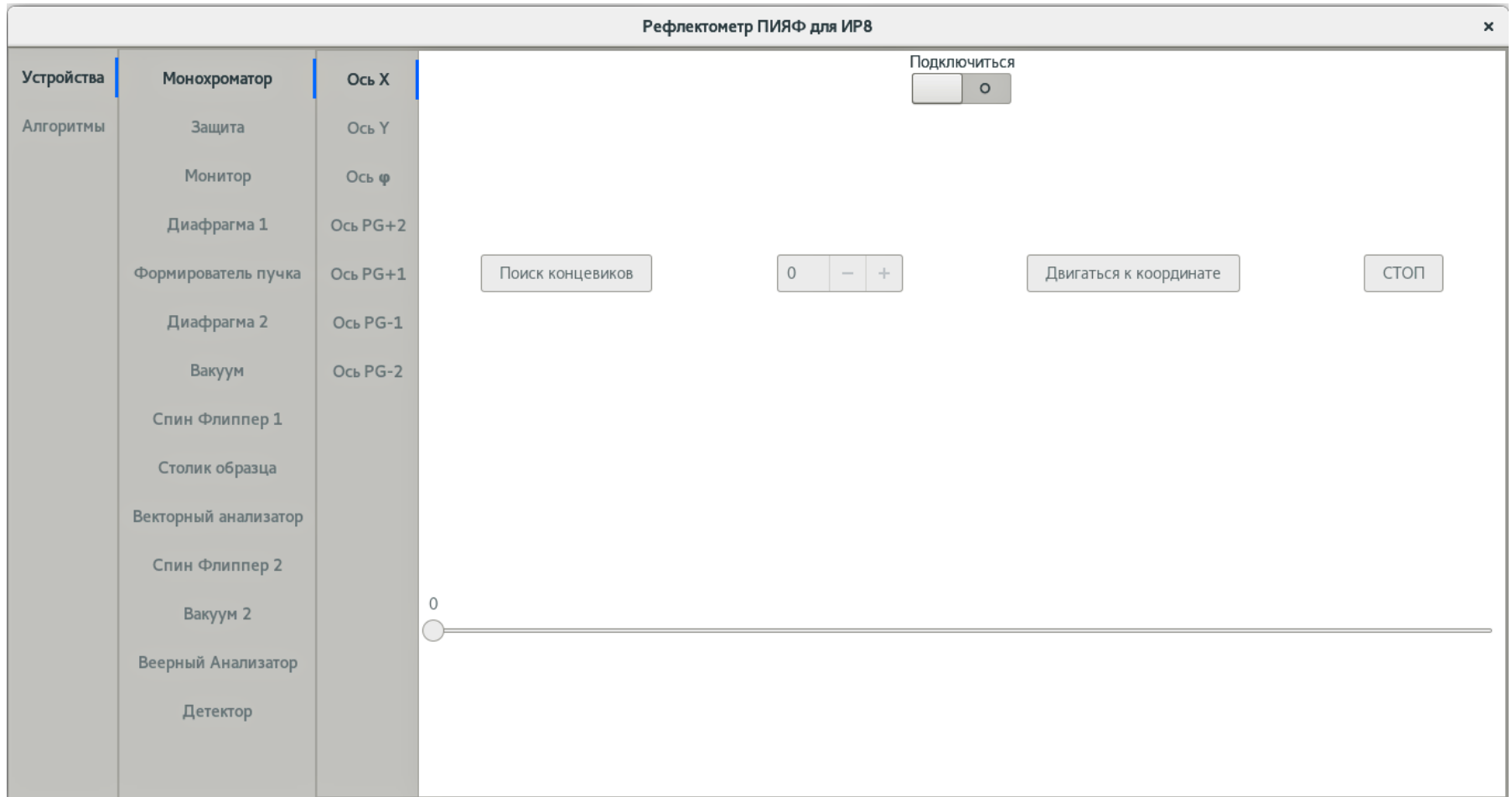
Режим Program обеспечивает создание, редактирование, сохранение, запуск, остановку и продолжение выполнения командного файла (программы). В текст программы можно включать не только исполняемые команды, но и команды цикла, комментарии. Количество вложенных циклов неограниченно.

КОМАНДНЫЙ ФАЙЛ



Командный файл – это список команд, выполняемых в цикле (Loop N End), т.е. несколько раз подряд. Можно записать команды, сохранить их, а затем запускать файл для выполнения. Значения параметров команд могут меняться в каждом шаге цикла, если задается шаг его изменения.

ПРОГРАММА РПН ДЛЯ LINUX



В качестве эксперимента также была разработана программа РПН для ОС GNU/Linux. Управляющая система основана на свободном программном обеспечении и написана на языке Python 3.5 с использованием современной библиотеки GTK3 для разработки пользовательского интерфейса.

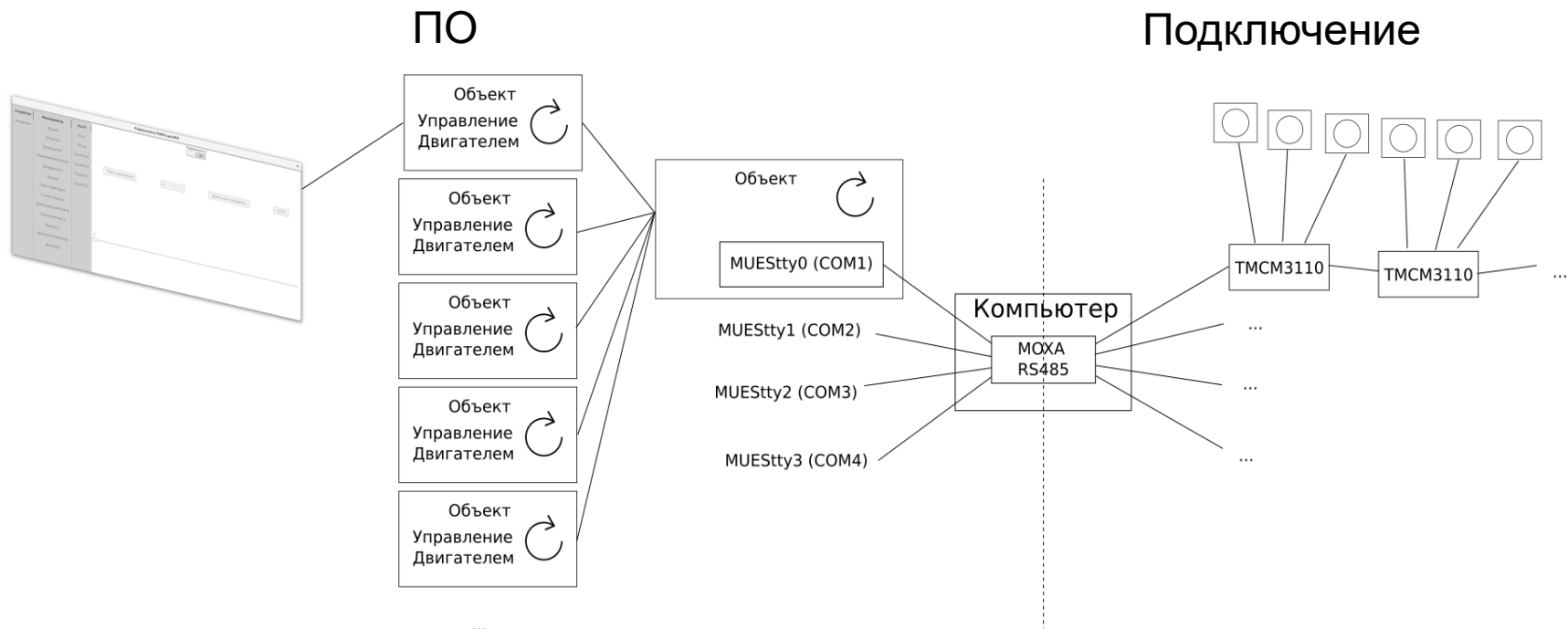
ПРОГРАММА НА PYTHON

Система управления построена с использованием нескольких уровней:

- 1. Уровень, отвечающий за общение с драйверами шин (например, подключение по RS-485);**
- 2. Уровень, обеспечивающий управление отдельными подключаемыми устройствами (например, контроллерами шаговых двигателей);**
- 3. Уровень реализации алгоритмов для проведения полноценных измерений на приборе.**

Пользовательский интерфейс строится с использованием шаблона MVC. Данный шаблон проектирования предполагает разделение данных приложения, пользовательского интерфейса и управляющей логики на три отдельных компонента. Каждый компонент – это часть кода, модификация которого может осуществляться независимо.

СХЕМА РАБОТЫ СИСТЕМЫ



Обработчики управления устройствами и обработчики команд последовательного порта работают в асинхронных циклах (не блокируя друг друга). «Бутылочным горлышком» является пропускная способность последовательного порта.

ДЕМОНСТРАЦИЯ



VID_20170822_152941.mp4

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На данный момент разработано и протестировано программное обеспечение для операционных систем Windows и Linux, позволяющее успешно управлять отдельными узлами рефлектометра. В стадии разработки программы управления для обеих систем, которые будет обеспечивать работу всех узлов рефлектометра.

БЛАГОДАРНОСТИ:

Соловью В.А., зав. ЛЭПО ОПЯФ ОПР

Ульянову В.А., зам. зав. ОИТОЭР ОНИ

Дьячкову М.В., инж.-электрон. ОИТОЭР

**Спасибо
за
внимание!**