

*А. А. Персичкин, С. Г. Шпилевая, Н. В. Персичкина*

## ОСОБЕННОСТИ СТЫКОВКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ С ПРОГРАММНЫМ ПАКЕТОМ MATLAB

108

*Описан алгоритм интеграции цифровых измерительных приборов с персональным компьютером в составе многофункционального приборного комплекса для использования ресурсов пакета прикладных программ Matlab при регистрации и обработке принимаемых сигналов. В качестве базового прибора выбран запоминающий осциллограф производства компании Tektronix, хорошо зарекомендовавший себя в лабораторных экспериментах по радиоспектроскопии. Предлагаемая процедура стыковки осциллографа с программным пакетом представляет собой последовательность вполне доступных любому пользователю действий. Вместе с тем она позволяет существенно повысить эффективность использования цифровых измерительных приборов в экспериментальной технике.*

*The paper describes an algorithm for integrating digital measuring devices with a personal computer as part of a multifunctional instrument complex for using the resources of the Matlab application software package for recording and processing received signals. The basic device is a memory oscilloscope manufactured by «Tektronix», which has proven itself in laboratory experiments on radio spectroscopy. The proposed procedure for connecting the oscilloscope to the software package is a sequence of actions that are quite accessible to any user. At the same time, it can significantly increase the efficiency of using digital measuring devices in experimental technology.*

**Ключевые слова:** цифровой измерительный комплекс, программные средства математического моделирования, обработка принимаемых сигналов, повышение точности измерений.

**Keywords:** digital measuring system, software for mathematical modeling, processing of received signals, improving the accuracy of measurements.

Современные измерительные приборы, в том числе осциллографы, предоставляют возможность высококачественного приема и оцифровки сигналов в широкой полосе частот [1]. Это относится в том числе к регистрации относительно слабых сигналов, наводимых в радиочастотных контурах при выполнении измерений по ядерному спиновому резонансу, возбуждаемому в образцах со сложной геометрией [2–4], а также при решении других прикладных задач из области радиоспектроскопии [5–7]. Однако ресурсы цифровых измерительных приборов по обработке и визуализации исследуемых сигналов значительно уступают возможностям программных средств математического моделирования (СММ), например пакета прикладных программ Matlab [8].

Важным преимуществом обработки информации с помощью СММ является более высокая точность конечных результатов, чем при оценке параметров сигнала, получаемых непосредственно с измерительного прибора [8] (в этом случае на точность измерений влияют погрешности, связанные с дополнительной оцифровкой сигнала перед выводом



его на экран и т.п.). Реализация преимуществ СММ в указанных случаях возможна при построении аппаратно-программных комплексов, включающих как измерительные приборы (блоки), интегрированные с персональным компьютером, так и специализированное программное обеспечение, выполняющее обработку информации. Существуют два основных принципа реализации таких комбинированных установок [1]: 1) объединение автономных измерительных приборов в систему, обеспечивающую необходимый обмен данными с персональным компьютером; 2) использование ПК, дополненного измерительными преобразователями в виде встроенных плат ввода/вывода, включенных в системную шину компьютера.

Основные компании-производители цифровых измерительных приборов (Tektronix, Agilent Technologies, LeCroy и др.) стали внедрять возможность стыковки своих приборов, прежде всего осциллографов, с СММ, используя для обмена информацией между прибором и компьютером порт универсальной последовательной шины USB. Однако материалов по практическому применению СММ совместно с конкретными измерительными средствами в свободном доступе встречается крайне мало.

В связи с этим мы поставили целью отработать процедуру интеграции измерительных приборов с программным пакетом Matlab, используя в качестве аппаратного средства цифровой запоминающий осциллограф TDS-2022C, выпускаемый компанией Tektronix (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид лицевой панели осциллографа TDS-2022C в комплексе с персональным компьютером

Выбранный нами прибор в значительной степени отвечает необходимым требованиям для его использования в качестве лабораторного средства регистрации данных в масштабе реального времени: полоса пропускания до 50 МГц, частота дискретизации 500 Мвыб/с, одинаковая длина памяти при всех значениях временной развертки, возможность выполнения быстрого преобразования Фурье (БПФ) и других математических функций, высокая надежность работы.



Стыкуемый с компьютером осциллограф Tektronix должен иметь USB-разъем Type-B, а также управляющее программное обеспечение OpenChoice, которое зачастую входит в комплект поставки либо его можно загрузить с сайта компании-производителя. Указанное программное обеспечение выполняет функции организации обмена информацией с прибором и вывода снимков изображения с экрана осциллографа на экран компьютера. Обмен информацией с Matlab поддерживает специальный пакет расширения Instrument Control Toolbox. При этом обеспечивается поддержка виртуальных инструментов стандартной архитектуры VISA (Virtual Instrument Standard Architecture).

Перейдем к описанию процедуры стыковки осциллографа с СММ Matlab.

**Шаг 1:** устанавливаем на компьютер программное обеспечение OpenChoice (рис. 2), подключаем осциллограф и проверяем его успешную совместную работу с ПК.

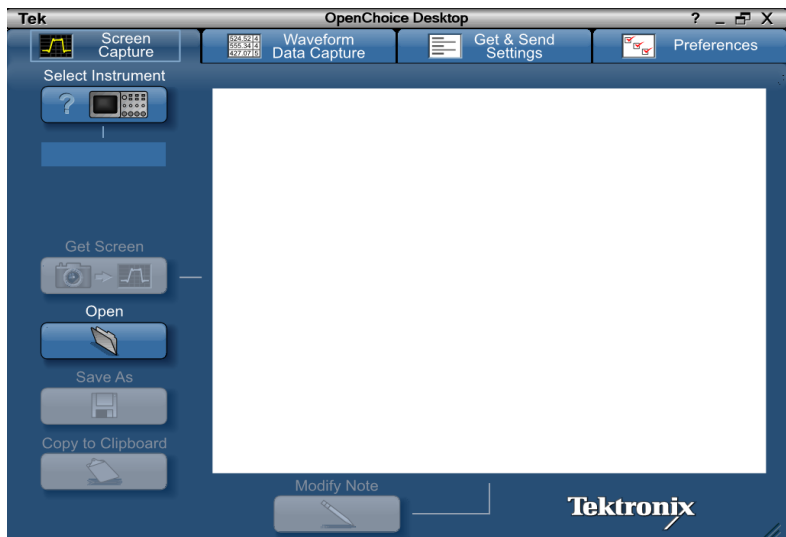


Рис. 2. Управляющее окно ПО OpenChoice

**Шаг 2:** устанавливаем драйвер работы Matlab с прибором (при следующей стыковке этот шаг можно пропустить). В последних версиях Matlab есть предустановленные драйверы для некоторых измерительных приборов. Они имеют расширение \*.mdd и находятся по пути: `\'корневой каталог Matlab\' \toolbox \instrument \instrument \drivers \*.mdd`

Чтобы узнать предустановленные в СКМ драйверы, можно воспользоваться командой `tmtool` Matlab, о которой будет рассказано ниже.

Если драйвер отсутствует, то его, как правило, можно найти на сайте производителя оборудования.

**Шаг 3:** инсталляция драйвера. В рабочем поле Matlab набираем команду `midedit`, которая вызывает окно утилиты инсталляции драйвера нового оборудования (рис. 3). Для этого открываем папку с драйвером устройства и сохраняем его в каталог.

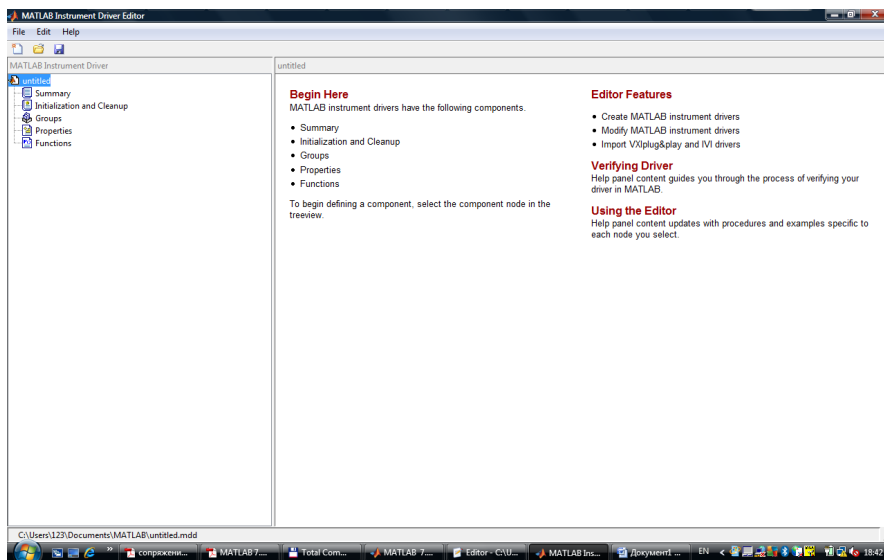


Рис. 3. Окно утилиты инсталляции драйвера

**Шаг 4:** подключение прибора к Matlab. Для этого можно использовать команду `tmtool` и вызываемое ею окно утилиты тестирования измерительных приборов (рис. 4).

В «дереве» левой части окна нужно последовательно обеспечить выбор USB-устройств, а также создание интерфейсного (*interface*) и приборного (*device*) объектов. После выбора необходимого объекта производим окончательную стыковку оборудования с Matlab активацией кнопки *Connect* в правом верхнем углу утилиты.

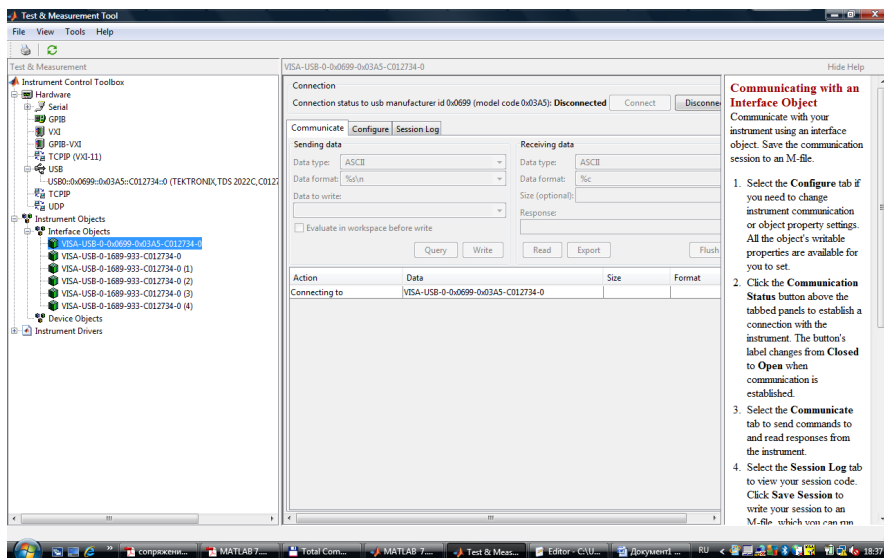


Рис. 4. Окно утилиты тестирования измерительных приборов



Далее можно переходить к разработке программы, обеспечивающей обработку сигналов, поступающих с осциллографа. Пакет расширения Instrument Control Toolbox предоставляет для этого следующие основные функции:

- `instrhwinfo` — возвращает информацию о подключенном к ПК устройстве;
- `visa` — конструирование VISA-объекта;
- `fopen` — подключение VISA-объекта к прибору;
- `query` — запись или чтение форматированных данных с прибора;
- `fprintf` — запись текста в прибор;
- `fclose` — отключает связь с прибором;
- `binblockread` — чтение поблочно данных с прибора.

Прежде чем приступить непосредственно к программированию, нужно сконструировать VISA-объект, который выглядит так:

```
ob = visa('производитель','спецификация оборудования производителя')
```

Перечень возможных 'производителей':

- 'ni' — National Instruments;
- 'agilent' — Agilent Technologies;
- 'tek' — Tektronix.

Информацию о спецификации оборудования можно получить в правой части окна утилиты тестирования измерительных приборов. В случае рассматриваемого осциллографа TDS-2022 компании Tektronix она будет иметь вид

```
Visa-usb-0-0x0699-0x03a5-c012734-0,
```

где **usb-0** — номер порта; **0x0699** — код производителя в шестнадцатеричной системе (в десятичной **1689**); **0x03a5** — код оборудования в шестнадцатеричной системе (в десятичной **933**).

Окончательно VISA-объект для TDS-2022 будет выглядеть следующим образом:

```
vu=visa('tek','USB0::1689::933::C012734::0::INSTR').
```

После создания VISA-объекта открываем его командой **fopen** и считываем данные, которые далее можно обрабатывать средствами Matlab [1].

Использование предлагаемого алгоритма позволяет максимально реализовать возможности СММ и повысить эффективность использования цифровых измерительных приборов в экспериментальной технике [1], предполагающей высокую точность измерений.

### Список литературы

1. Аминев А.В., Блохин А.В. Измерения в телекоммуникационных системах. Екатеринбург, 2015.
2. Бельй Ю.И., Поцения О.А., Семин Г.К. Аппаратура для борьбы с терроризмом на основе эффекта ЯКР // Специальная техника. 2002. № 2. С. 22 — 31.
3. Устройство контроля электромагнитного поля вторичных излучателей : пат. 2527315 Рос. Федерация. № 2013108753 ; заявл. 08.07.2014.
4. Устройство исследования электромагнитного поля вторичных излучателей : пат. 2538318 Рос. Федерация. № 2013114517 ; заявл. 19.11.2014.



5. Устройство обнаружения сигналов ядерного квадрупольного резонанса : пат. 2697023 Рос. Федерация. №2018142728 ; заявл. 08.08.2019.

6. Грецишкин В.С., Шпилевой А.А., Бурмистров В.И. О возможности применения ЯКР для обнаружения взрывчатых веществ на теле человека // Специальная техника. 2004. №5. С. 29–35.

7. Сиявский Н.Я., Шпилевой А.А. Особенности косвенной регистрации сигналов ядерного квадрупольного резонанса взрывчатых веществ // Радиотехника. 2009. №2. С. 131–134.

8. Дьяконов В. П. MATLAB 7.\* /R2006/R2007 : самоучитель. М., 2008.

#### Об авторах

Андрей Андреевич Персичкин – ст. преп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: a.persichkin@kgnic.ru

Светлана Геннадьевна Шпилевая – канд. пед. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: SSHpilevaya@kantiana.ru

Наталья Витальевна Персичкина – ст. преп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Россия.

E-mail: VPersichkina@kantiana.ru

#### The authors

Andrey A. Persichkin, Assistant Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: a.persichkin@kgnic.ru

Dr Svetlana G. Shpilevaya, Associate Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: SSHpilevaya@kantiana.ru

Natalia V. Persichkina, Assistant Professor, Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia.

E-mail: VPersichkina@kantiana.ru