



УДК:004.413.5:621.391.8:004.382.7

СТРУКТУРА И АЛГОРИТМ РАБОТЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ОТОБРАЖЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СИГНАЛА НА ЭКРАНЕ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА

SOFTWARE STRUCTURE AND ALGORITHM FOR DISPLAYING THE ELECTRIC SIGNAL ON THE PC

КАДЫРОВ И.Ш., ПОСТНОВ А.А.
BGTU_KG@MAIL.RU

В статье дается описание программного обеспечения процесса отображения сигнала на экране монитора персонального компьютера при измерении электрических сигналов с помощью приставки «Блока цифровой обработки сигналов».

This article describes the software how to display the signal on the screen of your PC monitor for the measurement of electrical signals by using the "Block of digital signal processing" developed by the authors.

Введение. В процессе пуска и эксплуатации автоматизированного электропривода, в котором используется двигатель постоянного или переменного тока, питаемый с выхода полупроводникового преобразователя, электронный осциллограф является практически незаменимым инструментом для наладчика. Поэтому при проектировании шестиканального осциллографа ставилась задача получить изображение измеряемых электрических сигналов не хуже чем в промышленных аналоговых светолучевых осциллографах.

В последние годы появились ряд промышленных цифровых запоминающих осциллографов, которые подключаются к персональному компьютеру (ПК), а изображения измеряемых сигналов отображаются на экране монитора. К ним в первую очередь относятся известные цифровые запоминающие осциллографы выпускаемые фирмами Tektronix или Fluke. Однако они по цене недоступны многим разработчикам, особенно специалистам, которые заняты проектированием и наладкой автоматизированного электропривода. Связано это низкочастотными сигналами, которые и определяют работоспособность электроприводов по системе «Управляемый преобразователь-двигатель», поэтому применение дорогостоящих цифровых осциллографов, предназначенных для измерения высокочастотных сигналов не всегда оправдано. Кроме того, существуют определенные проблемы при их подключении к ПК с помощью довольно дорогих дополнительных аксессуаров.

Цели и методы. В связи с этим представляет интерес проектирование, так называемых виртуальных осциллографов, выполненные в виде приставок «Блока цифровой обработки сигналов» (БЦОС) к ПК, которые, как будет показано в этой статье, имеют свои преимущества [1]. Их "виртуальность" проявляется лишь в том, что передняя панель осциллографа создается на экране дисплея ПК соответствующими программными средствами, а управление осциллографом осуществляется с помощью графического манипулятора – мыши.

Визуальное управление прибором и снятие осциллограмм производятся при помощи специально разработанной программы под управлением операционной системы Windows XP/7. Программное обеспечение (ПО) виртуального осциллографа осуществляет управление прибором во всех режимах, а также предоставляет ряд сервисных возможностей, например, экспорт/импорт данных, математическую обработку сигналов, производить расширение диапазона измеряемых сигналов и цифровую фильтрацию их и т. д.

Программа написана на языке Object Pascal в интегрированной среде разработки приложений Delphi Enterprise Edition (IDE) и построена на основе многопоточной технологии (Threads). Понятие многопоточная технология определяется свойством операционной системы и ее приложения разбивать процессы вычисления, порождённые в операционной системе на несколько параллельных потоков, выполняющихся без предписанной очередности во времени.



При выполнении некоторых задач такое разделение позволяет достичь более эффективного использования ресурсов вычислительной машины.

К достоинствам многопоточности в программировании можно отнести следующее:

- упрощение программы в некоторых случаях за счет использования общего адресного пространства;
- меньшие относительно процесса вычисления временные затраты на создание потока;
- повышение производительности процесса за счет распараллеливания процессорных вычислений и операций ввода/вывода.

В многопоточной среде часто возникают проблемы, связанные с использованием параллельно исполняемых потоками одних и тех же данных или устройств. Для решения подобных проблем используются такие методы взаимодействия потоков, как взаимное исключения (мьютексы), семафоры, критические секции и события.

Разработанная программа состоит из следующих главных потоков:

- основная последовательность, написанная в виде модуля с именем *unit MUPosc*;
- работа с USB портом (обработка и вывод данных на экран представлен модулем *unit UConv*);
- служебный поток приема и буферизации данных в фоновом режиме с USB порта с помощью модуля *unit D2XXUnit*.

Рассмотрение работы программ следует начинать со второго потока *unit UConv*, так как именно здесь происходит интерпретация, преобразование и вывод данных на экран. Модуль *unit UConv*, управляющий работой этого потока относиться к классу потоков (TThread) и состоит из трех основных процедур:

1. *Procedure Input Data* – реализует прием данных в один из двух буферов данных (БД) с USB порта по сигналу готовности от потока драйвера *unit D2XXUnit*. Размер каждого из двух БД составляет 3 *кБайт*. Этот модуль реализуется в заранее принятом интерфейсе, в соответствии с которым происходит отделение полезных данных от флагов начала очередного пакета данных. Кроме этого происходит контроль окончания пакета и сверка контрольной суммы на наличие ошибок передачи. Каждый из пакетов данных имеет размерность длиной в 3 *кБайт*, т.е. в точности соответствует размеру двух БД. Пакеты посредством реализованного интерфейса направляются в БД в соответствии с их маркерами «1» и «2» для их заполнения. По факту заполнения каждого из БД происходит выставление специального флага (*flag*), который сигнализирует об окончании передачи очередного пакета и возможность модулю перейти к процессу обработки данных.

2. *Procedure CopyInit* – эта процедура одна из основных в контексте представления данных. В этой процедуре с большой скоростью в режиме близком к реальному времени происходит непрерывное представление данных по формуле:

$$tr := ((KU1[1]/400) \cdot ((256 \cdot dh) + dl)) + KA1[1], \quad (1)$$

где *dh* и *dl* – старший и младший байты, поступившие из прибора осциллографа и прошедшие буферизацию в описанных буферах; *KU1* – умножающий коэффициент приведения; *KA1* – прибавляющий коэффициент приведения.

В уравнении (1) байты *dh* и *dl* являются результатами преобразования АЦП прибора. В этих двух байтах храниться мгновенное значение исследуемого сигнала одного из каналов. Коэффициенты *KU1* и *KA1* введены для того чтобы привести данные к виду с плавающей запятой для дальнейшего вывода их на экран и представления в виде диаграмм. Кроме этого, эти коэффициенты выполняют роль «вертикальной развертки».

3. *Procedure UpdateScreen* – процедура дальнейшего представления данных на экране в виде построенных диаграмм, т.е. осциллограмм исследуемых сигналов. В этой процедуре происходит «горизонтальная развертка» исследуемого сигнала по формуле:

$$TX := 0.015125 / (1000 \cdot ttime), \quad (2)$$

где *ttime* – время развертки в сек, *TX* – значение временного коэффициента приращения.

В уравнении (2) значение 0.015125 введено из известного значения частоты дискретизации АЦП равное 66 кГц.

Если запуск развёртки никак не связан с наблюдаемым сигналом, то изображение на экране будет выглядеть «бегущим» или даже совершенно размазанным. Это происходит из-за того, что осциллограф отображает различные участки наблюдаемого сигнала на одном и том же месте. Для получения стабильного изображения осциллографы снабжаются системой, называемая система триггера. Для этой цели в программном обеспечении осциллографа предусмотрена специальная процедура синхронизации и захвата уровня исследуемого сигнала, чтобы обеспечить его стабильное отображение. При этом текущие значения массивов данных, сканируются в виде небольших участков кода в триггере, с петлей гистерезиса приблизительно равной в 0,1 В. При наступлении этого события происходит захват и вывод сигнала на экран именно с этой точки. Если синхронизация сигнала не требуется, то сигнал отображается подряд без захвата.

Для вывода данных, подготовленных к отображению на экране, используют построение стандартной временной диаграммы с приращением ТХ, соединением соседних точек прямой линией. В самом общем случае такие действия равносильны методу кусочно-линейной аппроксимации исследуемого сигнала. Кроме того в алгоритм ПО введен метод экспоненциального сглаживания для еще более точного представления сигнала, однако в отдельных случаях он не имеет ценности и требует дополнительных вычислительных затрат персонального компьютера. Поэтому этот метод вводится опционально и в случае необходимости включается через конфигурационный файл ПО. Программное обеспечение осциллографа предусматривает также процедуру управления «толщиной луча» для каждого из каналов простым изменением числа точек на каждую выборку, а также видимостью канала на экране на тот случай, если потребуется отображать меньше шести исследуемых сигналов.

И наконец, программное обеспечение осциллографа обеспечивает синхронизацию потоков при помощи директивы *synchronize ()*, которая защищает фрагменты одновременного выполнения кода сразу по нескольким потокам. При этом директива *synchronize ()* выбирает язык указателя входа объекта (можно использовать для этой цели любой объект, в том числе и *self*), который играет роль так называемого мьютекса (*mutex*).

Началу работы алгоритма ПО осциллографа предшествует программа защиты от повторяемости фрагментов выполнения каким-либо другими потоками. Если повторяемость подтверждается, то сравниваются объекты, переданные этими потоками в *synchronize ()*. При этом совпадающие указатели потока, пытающиеся войти в защищенный блок, будут приостановлены (*suspended*) до тех пор, пока первый поток не выйдет из блока. После этого выполнение второго потока продолжится, и уже он «запретит» появление этого блока во всех остальных потоках. Наличие такой защиты заметно облегчает написание многопоточных приложений, когда необходимо отслеживать попытки одновременного изменения одних и тех же данных сразу несколькими потоками. В то же время в случае отсутствия или задержки данных в буфере поток автоматически приостанавливается служебной процедурой *Suspend*.

Главная последовательность выполняется модулем *unit MUPosc* и представляет собой визуальный интерфейс взаимодействия с пользователем.

Графический интерфейс (GUI) состоит из трех вкладок:

- реального времени;
- действующего значения;
- параметры сбора данных.

Внешний вид GUI интерфейса представлен на рис. 1

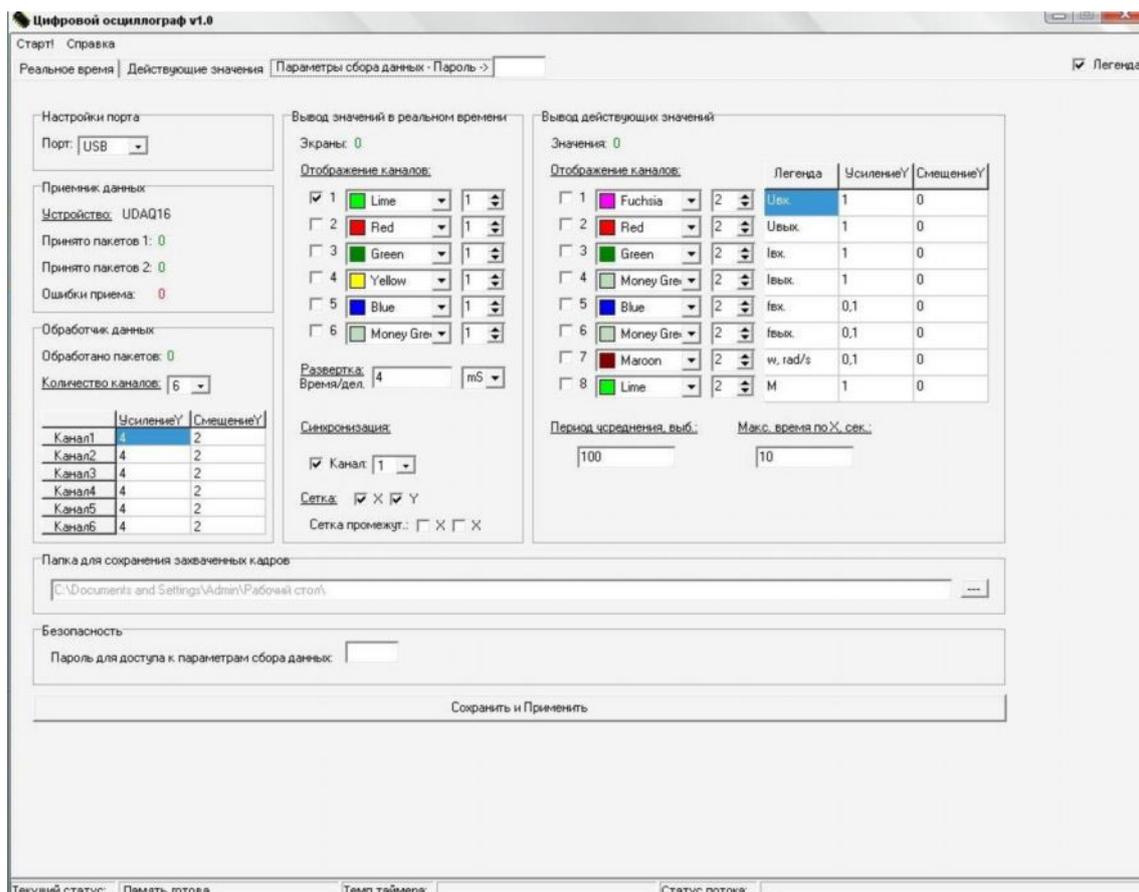


Рис.1 Внешний вид графического интерфейса

Вкладка «Реальное время» представляет собой экран осциллографа в котором отображаются исследуемые сигналы. Обновление экрана происходит с частотой от 10 до 30 Гц в зависимости от вычислительной мощности компьютера.

Вкладка «Действующие значения» предназначена для отображения действующих и средних (выпрямленных) значений исследуемых сигналов и используется она, когда измерения мгновенных значений сигналов не имеют смысла или сильно растянуты по времени.

Вкладка «Параметры сбора данных» используется для настройки режимов отображения для каждого из исследуемых сигналов, а именно:

- порт приема данных (по умолчанию USB);
- вертикальная развертка по амплитуде;
- горизонтальная развертка по времени;
- цвет, толщина луча и видимость канала;
- включение/выключение и уровень синхронизации;
- отображение основной и промежуточной сетки;
- захват, сохранение и папка для сохранения кадров снятых с экрана;
- установка/снятие пароля для защиты настроек от несанкционированного доступа;
- счетчики принятых пакетов данных и сигнализация наличия ошибок передачи.

Этот модуль состоит из множества процедур подчиненных описанному графическому интерфейсу. Так, например, каждая из кнопок или вкладок меню имеет свой простой обработчик, который вызывает необходимую процедуру или функцию. По сути, графический интерфейс это средство взаимодействия пользователя с модулем потока по приему и интерпретации данных *unit UConv*. Пользователь, производя определенное действие нажимая на клавишу или изменяя какой-то параметр, влияет на параметры этого потока и наблюдает на работу осциллографа близко к реальному времени.

Результаты исследований. Примеры осциллограмм (захваченные кадры) представлены на рис. 2, в котором цифрами 1,2,3 обозначены осциллограммы выходных напряжений генератора синусоидальных сигналов (ГСС) с регулируемой частотой и амплитудой. ГСС имеет встроенное

постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) в котором записан цифровой код сигнала, с максимальным спектральным приближением к форме синусоидального гармонического колебания. Цифрой 1 показана осциллограмма основного выходного сигнала ГСС, цифрой 2 отмечен сигнал уменьшенной амплитуды, полученной после прохождения через аттениатор, а цифрой 3 осциллограмма напряжения, прошедшая через блок выделения модуля отрицательной полярности. В точках смены полярностей осциллограмм 1 и 2 хорошо виден процесс перехода через ноль. Данный рисунок демонстрирует возможности осциллографа для отображения и изучения сигналов нескольких контрольных точек исследуемого объекта в режиме реального времени и применима для отображения быстрых временных процессов, фиксация которых с помощью обычных измерительных приборов невозможно. Например, осциллограммы мгновенных значений напряжения и тока якоря, а также напряжение тахогенератора, которое несет в себе информацию о текущем значении скорости на валу двигателя.

Осциллограммы 4, 5 на рис.2 являются действующими значениями предыдущих осциллограмм и построены осциллографом в результате измерения их мгновенных значений и расчета по заданному алгоритму. Этот пример наглядно демонстрирует возможности прибора не только отображать нескольких длительных во времени процессов, но и производить соответствующие вычисления и построения диаграмм по результатам расчета. Такие возможности прибора очень удобны, например, в процессе наладки электропривода по системе ТП-Д, когда требуется исследовать динамические процессы изменения тока в цепи якоря и скорости двигателя в процессе пуска, останова и приложения скачком к валу двигателя нагрузки. Каждая из осциллограмм соответствующих каналов осциллографа может быть отображено на экране монитора или записана на принтере отдельным цветом.

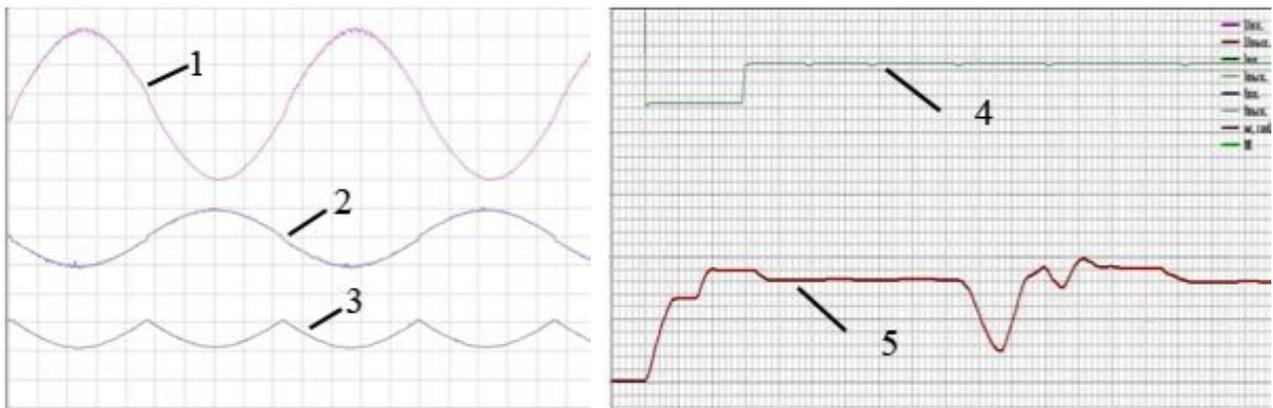


Рис. 2. Пример осциллограммы прибора «Реальное время»



Выводы. Разработанный осциллограф на базе ПК, кроме сферы по наладке автоматизированного электропривода, может использоваться для очень широкого спектра измерений, в частности, при разработке и обслуживании радиоэлектронной аппаратуры, в сферах телекоммуникаций и связи, при производстве компьютерной техники, при диагностике автотранспортных средств на станциях техобслуживания и многих других, в которых необходимо тестировать и оценивать происходящие переходные, неустойчивые процессы. Учитывая ключевые преимущества, а именно, высокое быстродействие, малые габариты, легкость в использовании и невысокую стоимость, можно утверждать, что данные приборы – достойная альтернатива традиционным цифровым запоминающим осциллографам. Недостатком прибора является невозможность использования без наличия персонального компьютера или ноутбука.

Литература

Кадыров И.Ш., Постнов А.А. Разработка шестиканального электронного осциллографа на базе современных микроконтроллеров. Известия КГТУ им. Раззакова, № 22 – Б.: 2011. С. 18-24