

УПРАВЛЕНИЕ ГЕНЕРАТОРАМИ ПРОИЗВОЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ TEKTRONIX AFG3000 С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ ArbExpress

TEKTRONIX AFG3000 ARBITRARY/FUNCTION GENERATORS OPERATION WITH ArbExpress SOFTWARE

Дьяконов В. П. (V. Dyakonov), д.т.н., профессор, Смоленский государственный университет

Возможности генераторов сигналов произвольной формы генераторов Tektronix AFG3000 существенно расширяются при использовании поставляемой с ними программы ArbExpress, с помощью которой возможно дистанционное управление генераторами от персонального компьютера (ПК) класса IBM PC/AT и программное задание сигналов произвольной формы. Это позволяет реализовать автоматизированные измерения с практически любыми тестовыми сигналами.

Установка программы ArbExpress с компакт-диска (CD-ROM) самая обычная. Рассмотрим работу с программой после ее запуска.

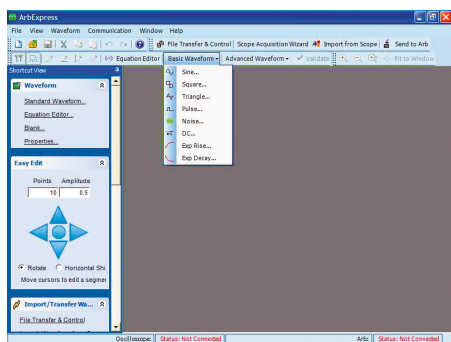


Рис. 1. Основное окно программы ArbExpress

На рис. 1 представлено основное окно программы ArbExpress.

Программа имеет обычный интерфейс — титульную строку, меню, панели инструментов и характерную панель Shortcut View. В ней сверху указаны основные режимы работы программы:

Standard Waveform... — вывод окна задания сигналов стандартной формы;

Equation Edition... — вывод окна редактора формул для аналитического задания сигналов;

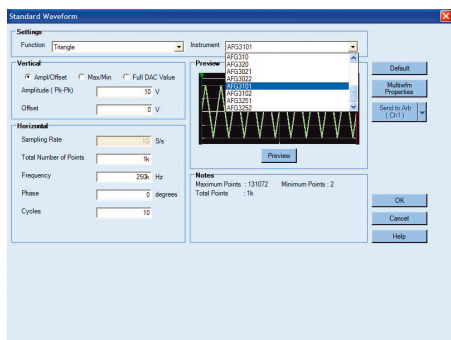


Рис. 2. Окно установки вида и параметров сигналов стандартной формы

Blank... — вывод окна-бланка для графического задания сигналов;

Properties... — вывод окна свойств сигналов.

Изначально большая часть окна программы пуста. Позиции меню и некоторые инструменты в инструментальной панели имеют выпадающие списки. Один из таких списков, Basic Waveform, показан в открытом состоянии на рис. 1. Он позволяет вывести окно с одной из стандартных форм сигналов. Если выбрать одну из позиций списка, например, Triangle... (треугольный сигнал), то появится окно установки вида и параметров сигналов стандартной формы (рис. 2).

В этом окне имеется ряд зон. В зоне Setting (Установка) имеется два списка: Function — установка функциональной зависимости сигнала и Instrument — для выбора генератора, с которым используется программа. Последний список представлен в открытом виде и из него видно, что программа поддерживает работу не только с приборами серии AFG3000, но и с рядом других приборов. Выбор позиций этих списков очевиден. Зоны Vertical и Horizontal служат для установки также достаточно очевидных амплитудных и временных параметров сигналов. Это окно является контекстно-зависимым и набор параметров в нем в общем случае различен для различных выбранных форм сигналов.

Одним из важнейших параметров является скорость дискретизации Sampling Rate (измеряется числом отсчетов в секунду — S/s). Она должна иметь значения, допустимые для используемой модели генератора. Если какой-то параметр сигнала задан неверно, в конце его строки появляется красный мигающий восклицательный знак в кружочке. Окно Preview при активизации мышью одноименной кнопки обеспечивает просмотр формы сигнала. В правой части окна имеется шесть кнопок со следующим назначением:

Default — установка параметров по умолчанию;

Multiwfm Properties — установка свойств файлов .wfm (с генераторами AFG не используется);

Send to Arb — пересылка заданного сигнала на генератор (с выбором из списка канала CH1 или CH2);

Ok — завершение установок и закрытие окна;

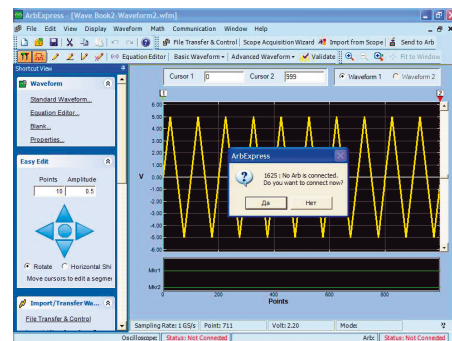


Рис. 3. Окно программы ArbExpress с окном заданной осциллограммы

Cancel — закрытие окна без внесенных изменений;

Help — вывод справки.

Если нажать кнопку Ok, то окно Standard Waveform закроется, и в основном окне появится окно с осциллограммой заданного сигнала (или с двумя осциллограммами в случае работы с двухканальным генератором серии AFG3000). В начале и в конце окна с осциллограммой (рис. 3) имеются два курсора (1 и 2), которые можно перемещать мышью, выделяя часть осциллограммы.

В нижней строке статуса отображаются данные о цифровом осциллографе и генераторе, с которыми может работать команда. Красная надпись «Status: Not Connected» означает, что пока связь с

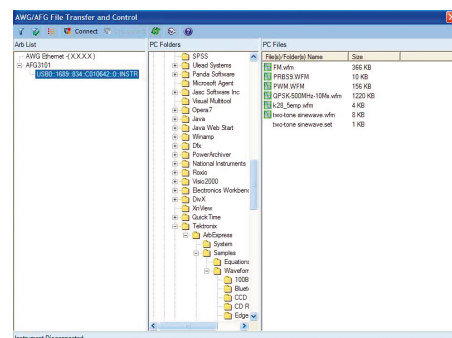


Рис. 4. Окно перемещения и контроля файлов до подключения генератора AFG3000

этим устройствами отсутствует. Программа позволяет преобразовать осциллограмму цифрового осциллографа в сигнал, который будет генерироваться генератором сигналов. Для отправки данных созданного сигнала в окнах программы имеется кнопка Send to Arb. Если генератор не подключен, то ее активизация вызывает появление информационного окна, показанного в центре осцил-

лограммы сигнала (см. рис. 3) с запросом о подключении генератора. Ответив на него «ДА» можно обеспечить подключение генератора, при условии, разумеется, что он включен и физически подключен к компьютеру. При этом появится окно перемещения и контроля файлов AWG/AFG File Transfer and Control, показанное на рис. 4.

В разделе Arb List имеется дерево подключаемых приборов. В нем должен быть представлен генератор серии AFG3000. В окне на рис. 4 ветвь генератора выделена. Для подключения генератора достаточно нажать кнопку Connect на панели инструментов. Будет осуществлено подключение генератора к программе, а окно, показанное на рис. 4, превратится в окно, показанное на рис. 5.

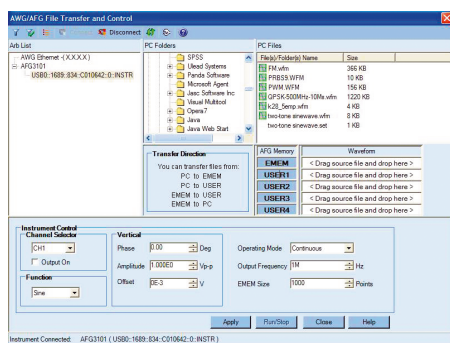


Рис. 5. Окно преобразования и контроля файлов после подключения генератора AFG3000

В окне (рис. 5) появились две важные зоны. Одна из зон, Transfer Direction, указывает на направления перемещения файлов из компьютера в систему памяти генератора. Последняя содержит редактируемую область внутренней памяти EMEM, 4 файла пользователя USER1-4 и внешнюю память на флэш-карте, которая вставляется в разъем USB Memory на передней панели генератора. Перенос файлов в том или ином направлении (из памяти генератора в ПК или наоборот) осуществляется перетаскиванием мышью.

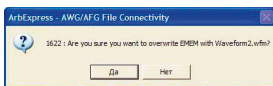


Рис. 6. Окно с предупреждением о замене файла в текущей области памяти генератора

Вторая зона — Instrument Control — содержит достаточно очевидные установки генератора: селектор канала, функция генерируемого сигнала, амплитудные параметры сигнала и его смещение, режим работы (по умолчанию — непрерывный), частоту сигнала и число точек сигнала. Кнопка Apply позволяет применить текущие установки, а кнопка Cancel закрывает окно, при этом происходит возврат в основное окно.

Команда Send Waveform to Arb в позиции меню Communication и в панели инструментов окон обеспечивает передачу установок выбранного сигнала (из текущего окна) в генератор AFG3000.

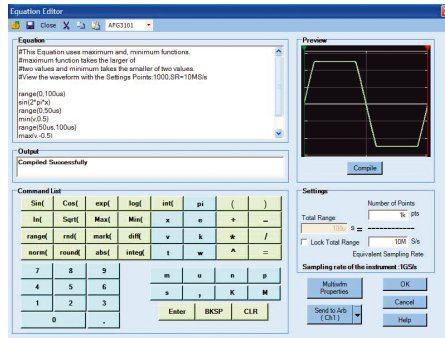


Рис. 7. Окно редактора формул программы ArbExpress

Это начинается с вывода окна (рис. 6) с предупреждением о замене файла в текущей области файлов генератора. Если ответить утвердительно, то начнется перенос файлов. Он продолжается несколько секунд и сопровождается выводом окна с линейным индикатором.

Программа ArbExpress может работать как совместно с генератором серии AFG3000, так и автономно, например, для подготовки файлов с сигналами нужной формы, которые в дальнейшем будут использованы для загрузки в генератор. Наряду с созданием сигналов стандартных форм программа ArbExpress обеспечивает создание сигналов, временная зависимость которых задается математическим выражением. Для этого служит редактор

Текст программы	Комментарий
range(0,100us)	Задается общий отрезок времени от 0 до 100 мкс
sin(2*pi*x)	Задается вычисление функции $\sin(2\pi x)$ с периодом 100 мкс
range(0,50us)	Задается частный отрезок времени от 0 до 50 мкс
min(v,0.5)	Формируется положительный полупериод обрезанной синусоиды
range(50us,100us)	Задается частный отрезок времени от 50 до 100 мкс
max(v,-0.5)	Формируется отрицательный полупериод обрезанной синусоиды

математических формул, окно которого (рис. 7) вызывается активизацией гиперссылки Equation Editor....

В окне редактора Equation можно составить простую программу, используя символы и функции, вводимые кнопками в окне Command List. Основные математические функции и операторы, которые можно использовать для записи программ в окне Equation:

- Sin(— синус выражения;
- Cos(— косинус выражения;
- exp(— вычисление экспоненты выражения;
- log(— вычисление десятичного логарифма выражения;
- int(— вычисление целой части значения выражения;
- pi — вычисление числа «пи»;
- ln(— вычисление натурального логарифма выражения;
- Sqrt(— вычисление квадратного корня из выражения;
- Max(— вычисление максимального из значений;
- Min(— вычисление минимального из значений;
- range(— задает пределы изменения аргумента для последующих выражений;

- rnd(— возвращает случайное число с заданной базой;
- diff(— вычисляет значения производной выражения;
- norm(— нормализует выражение, приводя его размах к 1;
- round(— округляет значение выражения;
- abs(— вычисляет абсолютное значение выражения;
- integ(— вычисляет значения интеграла выражения.

Помимо указанных кнопок задания функций в зоне Command List имеются кнопки для ввода имен переменных, скобок и арифметических операторов. При использовании функции надо ввести аргумент (или аргументы) и закрывающую круглую скобку. Все это и позволяет задавать сигналы в аналитическом виде с помощью простого языка программирования. Программа вводится в окне Equation, причем в одной строке допустимо применение одного математического или программного выражения. Компиляция программы и вывод графика заданной временной зависимости сигнала осуществляется кнопкой Compile. Компиляция проходит успешно только при правильном выборе параметров дискретизации сигнала. В противном случае выводится сообщение об ошибке и график временной зависимости сигнала не строится.

Нетрудно заметить, что среди операторов и функций нет широко распространенных конструкций условного оператора-функции if и циклов. Однако оператор range позволяет задавать интервалы времени как глобальные, так и частичные. Кроме того, операторы выбора минимума Min(и максимума Max(позволяют просто осуществить выбор сигналов как с постоянными значениями, так и меняющимися. Поясним их применение на ряде примеров.

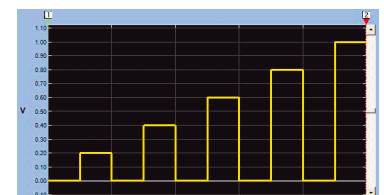


Рис. 8. Сигнал в виде 5 столбцов с нарастающей амплитудой

Следующий пример программы с подробным комментарием обеспечивает задание синусоиды, ограниченной сверху и снизу (см. таблицу).

Эта же программа во вступительном комментарии (задается после знаков #) представлена в окне Equation на рис. 7. Подготовленная программа (если она

верна) компилируется без ошибок и в окне предварительного просмотра Preview можно наблюдать график созданной зависимости. Кнопка Send to Arb позволяет направить созданный сигнал в указанный канал генератора. Эта операция уже была описана выше. Тот же результат с уровнями ограничения 0,8 и -0,8 дает следующая, более простая, программа:

```
range(0,100us)
min(sin(2*pi*x),0.8)
range(50us,100us)
max(-sin(pi*x),-0.8)
```

Далее рассмотрим программу, которая формирует пять столбцов с нарастающей линейно амплитудой (рис. 8):

```
range(10us,20us)
max(v,0.2)
range(30us,40us)
max(v,0.4)
range(50us,60us)
max(v,0.6)
range(70us,80us)
max(v,0.8)
range(90us,100us)
max(v,1.0)
```

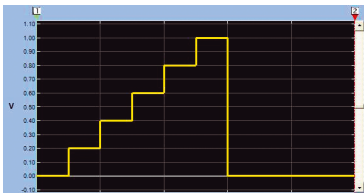


Рис. 9. Лестничный сигнал с пятью ступеньками

Другая программа задает построение лестничного импульса, содержащего пять ступенек (рис. 9):

```
range(10us,20us)
max(v,0.2)
range(20us,30us)
max(v,0.4)
range(30us,40us)
max(v,0.6)
range(40us,50us)
max(v,0.8)
range(50us,60us)
max(v,1.0)
```

Следующая программа описывает более сложный сигнал: последовательно задается период синусоиды, период меандра, период треугольного импульса и участок шума (рис. 10):

```
range(0us,20us)
sin(2*pi*x)
range(20us,30us)
max(1,1)
range(30us,40us)
min(0,-1)
range(40us,50us)
x
```

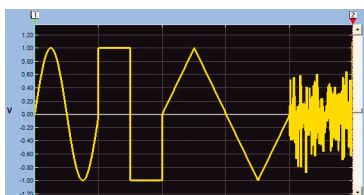


Рис. 10. Сложный сигнал в виде отрезков (по одному периоду) синусоиды, меандра, треугольного импульса и шума

```
range(50us,70us)
1-x*2
range(70us,80us)
-1+x
range(80us,100us)
rnd(100)
```

Приведенные примеры наглядно демонстрируют технику программирования сигналов самой разнообразной формы, задаваемой математическими зависимостями на различных участках времени. Но есть еще и возможность генерации любых нарисованных зависимостей. Для этого можно вызвать пустой бланк временной зависимости и с помощью электронного карандаша с различными функциями нарисовать от руки произвольную временную зависимость сигнала (рис. 11).

При рисовании формы сигнала применяется простой графический редактор. Он позволяет представлять форму сигналов по точкам и осуществлять протяжку линий карандашом произвольным образом, по вертикали или горизонтали, а также линейную или сплайновую интерполяцию формы сигналов в промежутке между точками. Соответствующие типы карандашей можно найти в панели инструментов и в позиции Edit меню.

В позиции Math меню (на рис. 11 она открыта) есть команды математических операций и нормализации кривых. Команда Waveform Math... позволяет выполнять ряд математических операций с заданной формой сигнала и

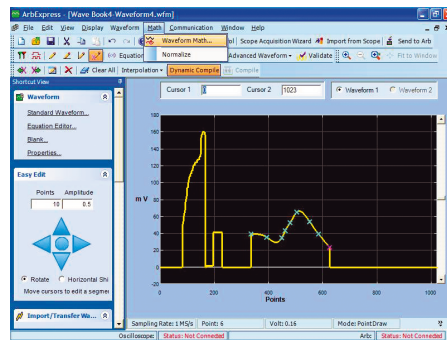


Рис. 11. Пример создания сигнала произвольной формы с помощью графического редактора программы ArbExpress (использованы карандаши разного типа)

вспомогательной зависимостью. Это делается в открываемом окне математических операций (рис. 12). Окно справа содержит три окна с графиками сигналов: основным, вспомогательным и результирующим. В левой части представлена зона Math Source выбора вспомогательного сигнала (из библиотеки или в виде скалярного сигнала), операций (сложения, вычитания, умножения и деления), окна задания опции работы только с областями сигнала, выделенными курсорами и, наконец, кнопки завершения работы OK, выхода Cancel и справки Help. При нажатии кнопки OK обработанный сигнал переносится в основное окно программы.

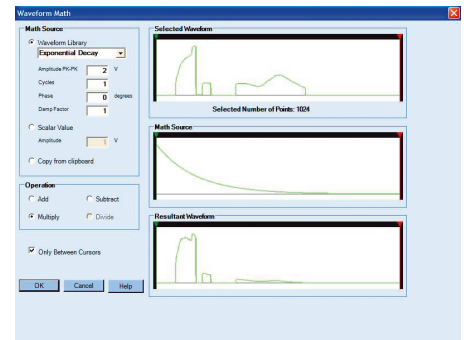


Рис. 12. Пример математической обработки сигнала, представленного на рис. 11

В заключении стоит отметить еще одну возможность задания сложных сигналов — с помощью матричной лаборатории MATLAB 6 [3]. Для этого в программе ArbExpress определено несколько функций MATLAB, позволяющих связать ArbExpress с MATLAB и задавать временные зависимости сигналов по данным массивов (матриц), которые создаются в MATLAB. К сожалению, работа с более поздними реализациями MATLAB [4] не гарантируется, а с последними версиями MATLAB R2006a,b не обеспечивается. Однако пользователь с навыками программирования в MATLAB может самостоятельно разработать интерфейс связи между этими программами и воспользоваться указанной возможностью. Она полезна, поскольку возможности MATLAB в обработке сигналов (в том числе цифровых) весьма обширны.

Следует отметить, что при наличии цифрового осциллографа фирмы Tektronix есть возможность использовать его осциллограммы в качестве шаблона для задания формы сигнала, редактируемого и загружаемого в память генераторов серии AFG3000 и генераторов ряда других серий. Эта уникальная возможность требует отдельного обсуждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяконов В. П. Современная осциллография и осциллографы. — М.: СОЛОН-Пресс, 2005, 320 с.
2. Дьяконов В. П. Функциональные генераторы. — Схемотехника, № 9, 2006, с. 10-12.
3. Дьяконов В. П. MATLAB 6. Учебный курс. — СПб.: Питер, 2001, 592 с.
4. Дьяконов В. П. MATLAB 6.5 SP1/7.0 + Simulink 5/6. Основы применения. — М.: СОЛОН-Пресс, 2005, 800 с.

Tektronix ArbExpress is an application for creating waveforms for Tektronix's signal sources. It allows creating and editing waveforms, transferring waveforms to and from Arbitrary/Function Generators (AFG), and remotely controlling AFGs. In this article, the author tells how easy it is to use ArbExpress to operate with Tektronix AFG3000 Series arbitrary function generators for creating and editing waveforms.