NSM lab for

Digit-EL Digital Electronics

www.digit-el.com

SG-642

Двухканальный генератор синусоидального сигнала

руководство пользователя

ver. 1.2

1. Описание устройства

1.1. Технические характеристики

- *диапазон генерируемых частот – 0.1…50000 Гц*
- *минимальный шаг установки частоты – 0.001 Гц*
- *диапазон установки фазового сдвига – ±360°*
- *шаг установки фазового сдвига – 0.1°*
- *амплитуда выходного сигнала – 0…10 В*
- *минимальный шаг установки амплитуды – 0.01 В*
- *ослабление аттенюатора – 0, -20, -40 дБ*
- *выходное сопротивление – 50 Ом*
- *коэффициент гармоник на частоте 1 КГц, не более – 0.01 %*
- *10 предустановок частоты*
- *режим выключения сигнала*
- *цифровая калибровка частоты*
- *цифровая калибровка амплитуды*
- *интерфейс – USB (гальваническая развязка)*
- *совместимость с ОС – Windows 98/ME/2000/XP/7*
- *питание – сеть 220 В*
- *потребляемая мощность – не более 10 Вт*
- *габариты – 160 x 140 x 60 мм*
- *вес – 0.5 кг*

1.2. Назначение устройства

Двухканальный генератор синусоидального сигнала SG-642 построен на основе прямого цифрового синтезатора частоты. Этот метод синтеза позволяет получить очень маленький шаг перестройки частоты. В данном генераторе он равен 0.001 Гц. Точность и стабильность выходной частоты обеспечена применением высокостабильного опорного кварцевого генератора. Начальное отклонение частоты устраняется процедурой цифровой калибровки. Благодаря применению 16-разрядного ЦАП достигается очень низкий коэффициент гармоник. Поскольку оба канала генератора работают от общего опорного генератора, отношение выходных частот остается постоянными в течение любого времени. Если оба канала запрограммированы на одну и ту же частоту, между ними можно задать любой фазовый сдвиг, который тоже будет оставаться постоянным в течение любого времени. Все эти качества, вместе с малыми габаритами и весом, выгодно отличают данный генератор от обычных аналоговых генераторов.

Прямой цифровой синтезатор частоты (DDS, Direct Digital Synthesizer) реализован программно на микроконтроллере ATmega88 фирмы "Atmel". Каждый канал синтезатора имеет 34-разрядный накопитель фазы, работающий на частоте 206 кГц. В памяти микроконтроллера содержится таблица 1/4 периода функции sin(), адресуемая накопителем фазы. Для полного использования разрешающей способности ЦАП на промежутках между табличными значениями производится линейная интерполяция функции sin(). Формирование синусоидального напряжения производится с помощью двухканального 16-разрядного ЦАП с шиной I^2S TDA1543 фирмы "Philips". Сформированный аналоговый сигнал подвергается низкочастотной фильтрации с помощью фильтра Чебышева 4-го порядка. Отфильтрованный сигнал поступает на электронный аттенюатор, затем на выходной усилитель, после которого установлен пассивный аттенюатор.

Управление генератором осуществляется с передней панели при помощи кнопок и энкодера. Поворот ручки энкодера вызывает изменение редактируемого параметра, а нажатие на ручку энкодера – переход к следующему пункту меню. Система меню отображается на встроенном графическом дисплее. Некоторые меню содержат цифровые значения параметров, другие меню позволяют выбрать желаемый режим работы. С помощью системы меню можно задать частоту выходного сигнала генератора, амплитуду выходного сигнала, фазовый сдвиг, значение ослабления аттенюатора, считать или записать предустановку частоты, а также выключить или включить выходной сигнал. Все параметры сохраняются в энергонезависимой памяти и восстанавливаются при следующем включении генератора. Кроме того, возможно управление генератором от компьютера. Для этого предусмотрен интерфейс USB с гальванической развязкой. Вместе с генератором поставляется библиотека в виде DLL, которая содержит все необходимые для управления устройством функции, а также специализированное ПО, которое позволяет в полном объеме осуществлять управление генератором. Функции DLL могут быть использованы из среды LabVIEW.

1.3. Внешний вид устройства

Генератор собран в пластмассовом корпусе размером 160 x 140 x 60 мм. На передней панели расположены входные и выходные разъемы, органы управления и дисплей. На задней панели генератора находится выключатель питания, сетевой шнур, разъем порта USB и клемма заземления. Внешний вид передней панели генератора показан на рис. 1.

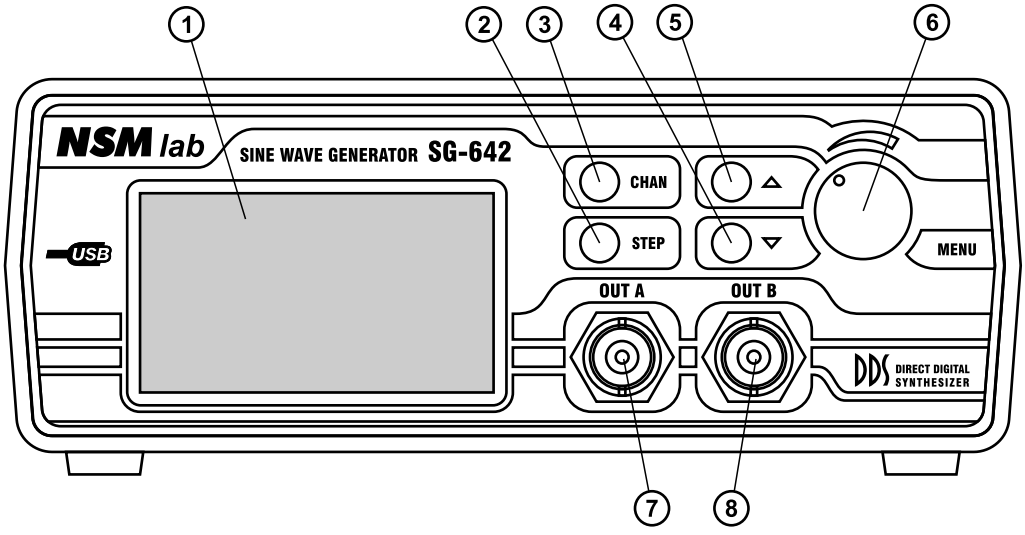

Рис. 1. Внешний вид передней панели генератора SG-642.

1 – дисплей; 2 – кнопка входа в меню установки шага; 3 – кнопка выбора канала; 4 – кнопка «вниз»; 5 – кнопка «вверх»; 6 – ручка энкодера; 7 –выходной разъем канала «А»; 8 – выходной разъем канала «В».

1.4. Выходные сигналы

Выходные разъемы «OUT A» и «OUT B» служат для подключения нагрузки генератора. Амплитуда выходного сигнала задается индивидуально для каждого канала в меню генератора. Максимальная амплитуда сигнала составляет 10 В. Каждый выход имеет индивидуальный аттенюатор со ступенями 0, –20 дБ и –40 дБ. Выходное сопротивление составляет 50 ом. Выходы также могут быть переведены в высокоимпедансное состояние.

1.5. Меню управления

Для управления генератором используется система меню. Меню генератора отображаются на дисплее. Для задания параметров выходного сигнала каналов A и B служат меню «OUT A» и «OUT B» соответственно. Шаг изменения редактируемых параметров задается в меню «STEP». Общие настройки генератора осуществляются из меню «SERVICE 1» и «SERVICE 2», а калибровка частоты и амплитуды – из меню «CALIB». Кроме того, имеется меню заставки и меню информации, где выводятся данные о производителе, модели генератора и версии встроенного ПО (firmware).

1.5.1. Меню заставки

При включении генератора на дисплее появляется меню заставки (рис. 2).

Рис. 2. Меню заставки.

Спустя 1.5 секунды появляется меню с информацией о названии модели генератора и номере версии firmware (рис. 3). Интервал времени индикации меню заставки можно сократить, если нажать любую кнопку.

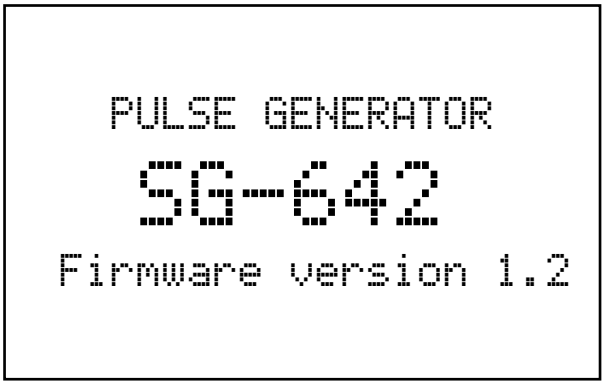

Рис. 3. Меню информации о генераторе.

Во время отображения меню заставки и информации выходы генератора отключены. После окончания индикации этих меню отображается меню параметров выходного сигнала канала «A» и включаются выходные сигналы, параметры которых соответствуют сохраненному пресету с номером 0.

1.5.2. Меню параметров выходных сигналов «OUT A» и «OUT B»

Меню параметров выходных сигналов показано на рис. 4. Это меню позволяет выбрать режим работы генератора, форму сигнала, частоту, фазу, уровень выходного сигнала и ослабление аттенюатора.

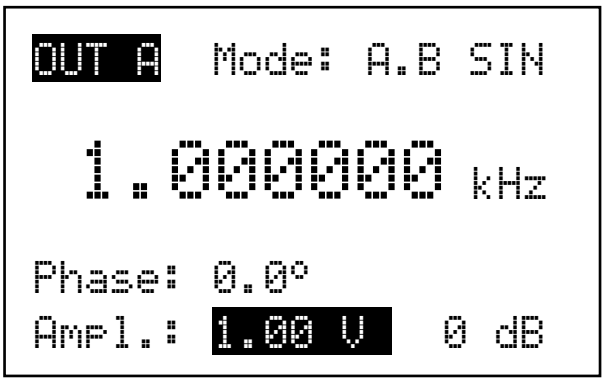

Рис. 4. Меню параметров выходных сигналов.

Уровень выходного сигнала может задаваться как в виде амплитудного значения (Ampl.), так и в виде среднеквадратического значения (V rms). Выбор желаемого варианта производится в меню «SERVICE 2» индивидуально для каждого канала.

1.5.3. Выбор канала

Переход между меню параметров выходного сигнала «A» и «B» осуществляется кнопкой «CHAN». Оба меню выходных каналов полностью идентичны.

1.5.4. Выбор параметра для редактирования

Параметр, который в данное время может редактироваться, выделяется инверсным шрифтом. Переход к другому параметру осуществляется кнопками «▲» и «▼». При достижении самого верхнего или самого нижнего параметра перебор продолжается «по кругу». При удержании кнопки «▲» или «▼» спустя некоторое время начинается автоматический перебор параметров.

1.5.5. Установка режима работы генератора

Имеются два режима работы генератора (Mode):

- каналы функционируют независимо (A.B)
- каналы перестраиваются по частоте совместно (A+B)

Если выбран режим независимого функционирования каналов, то все параметры, включая частоту, устанавливаются для каждого канала индивидуально. В этом режиме регулировка фазы остается доступной, что может быть полезным при установке кратных значений частоты.

Если выбран совместный режим работы каналов, то оба канала перестраиваются по частоте синхронно. При включении режима канал «B» автоматически перестраивается на частоту канала «A» и между каналами устанавливается заданный сдвиг фазы. Этот режим может быть использован для генерации сигналов с регулируемым фазовым сдвигом.

1.5.6. Управление формой выходного сигнала

Имеется возможность установить одну из следующих форм выходного сигнала:

- синусоидальный сигнал (SIN)
- меандр (SQR)

1.5.7. Редактирование параметров

Редактирование параметров осуществляется поворотом ручки энкодера. Список числовых параметров выходных сигналов приведен в таблице 1.

Таблица 1. Список параметров выходных сигналов.

Параметр	Минимум	Максимум	Название
Frequency	0.1 Гц	50.000000 кГц	Частота сигнала
Phase	-360.0°	360.0°	Сдвиг фаз
Ampl.	0.0 мВ	10.00 В	Амплитуда
V rms	0.0 мВ	7.07 В	Среднеквадратическое значение

Изменение значения параметра происходит с заданным шагом. Значение параметра выравнивается на значение установленного шага. Например, если величина шага равна 1.00, текущее значение параметра равно 120.34 и делается несколько шагов вверх, то получится следующая последовательность: 120.34 → 121.00 → 122.00 и т.д. При уменьшении значения получится: 120.34 → 120.00 → 119.00 и т.д. Поэтому если требуется установить какое-то нецелое значение параметра, нужно начинать с большого шага и заканчивать минимальным.

1.5.8. Установка шага

Установка шага изменения редактируемых параметров производится в специальном меню (рис. 5). Переход в меню установки шага и обратно осуществляется кнопкой «STEP». Если в меню «STEP» в течение 7.5 сек. не производится никаких регулировок, выход из меню осуществляется автоматически.

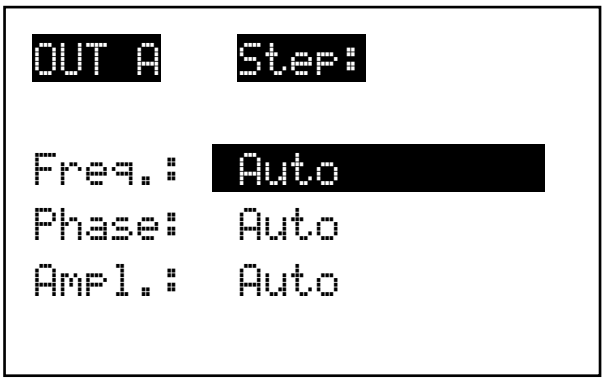

Рис. 5. Меню установки шага.

Величина шага изменяется следующим образом: Auto → 0.01 → 0.10 → 1.00 → 10.00 и т.д. Если установить значение шага Auto, то шаг будет автоматически изменяться в зависимости от значения редактируемой величины. При этом всегда будет редактироваться цифра параметра, расположенная на дисплее правее старшей. Например, при увеличении значения с шагом Auto получится следующая последовательность: 9.80 → 9.90 → 10.00 → 11.00 → 12.00 и т.д.

1.5.9. Меню сервиса

Меню сервиса содержит две страницы: «SERVICE 1» и «SERVICE 2».

Первая страница меню позволяет отключить генерацию звуковых сигналов, считать или сохранить набор всех параметров генератора в виде одного из 10 пресетов, а также вызвать меню калибровки (рис. 9).

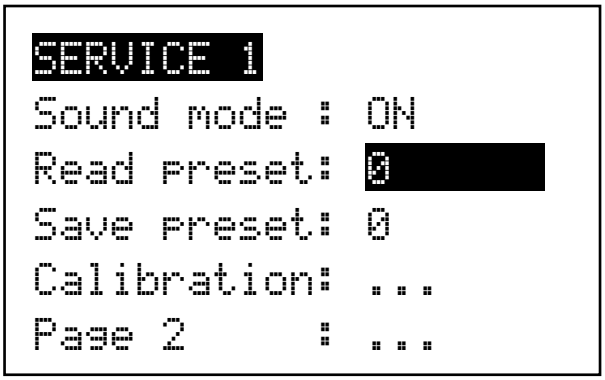

Рис. 9. Страница 1 меню сервиса.

Параметр «Sound Mode» служит для включения или отключения звуковых сигналов. Выбор режима «ON» или «OFF» осуществляется поворотом ручки энкодера.

Для чтения пресета нужно выбрать пункт «Read preset», вращением энкодера задать нужный номер пресета от 0 до 9, затем нажать ручку энкодера. Если выбранный пресет существует (был ранее сохранен), прозвучит короткий звуковой сигнал, и значения всех параметров, сохраненных в пресете, вступят в силу. Если же выбранный пресет не существует, прозвучит длинный звуковой сигнал ошибки, и текущие параметры генератора не будут изменены. Если вместо ручки энкодера нажать кнопку «CHAN», то произойдет выход из меню без чтения пресета.

Для сохранения пресета нужно выбрать пункт «Save preset», вращением энкодера задать нужный номер пресета от 0 до 9, затем нажать и удерживать ручку энкодера. Если вместо ручки энкодера нажать кнопку «CHAN», то произойдет выход из меню без сохранения пресета.

Пресет с номером 0 является основным. Это пресет всегда загружается автоматически при включении генератора. Существует быстрый способ сохранения пресета 0. Это можно сделать из любого меню, достаточно нажать ручку энкодера и удерживать ее нажатой в течение одной секунды. Прозвучит короткий звуковой сигнал, и пресет 0 будет сохранен.

Пункт меню «Calibration» служит для входа в меню калибровки (см. рис. 11).

Для перехода на вторую страницу меню служит пункт «Page 2».

Вторая страница позволяет выбрать способ задания выходного уровня для каждого канала генератора (амплитуда или RMS), а также вызвать меню информации о генераторе и меню заставки (рис. 10).

Пункты меню «Level A» и «Level B» служат для выбора способа задания выходного уровня для канала A и B соответственно.

Пункт меню «Show info» служит для отображения меню информации о генераторе и меню заставки. Выбрав этот пункт, необходимо нажать ручку энкодера. На дисплее появится меню информации о генераторе (см. рис. 3). Следующее нажатие любой кнопки, поворот

энкодера или нажатие ручки энкодера выводит на дисплей меню заставки (см. рис. 2). Еще одним нажатием любой кнопки осуществляется выход из меню.

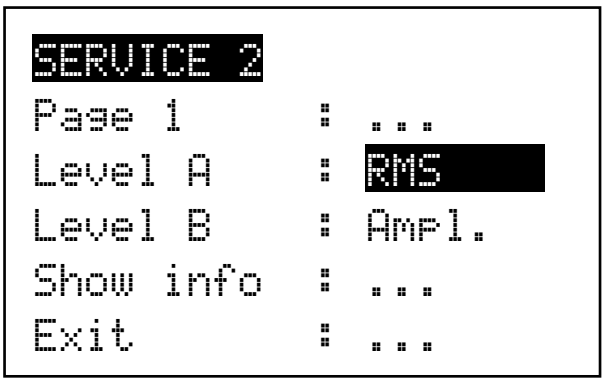

Рис. 10. Страница 2 меню сервиса.

Выход из меню сервиса осуществляется нажатием кнопки «CHAN» или с помощью пункта меню «Exit». При входе в меню активным всегда является первый пункт.

1.5.10. Меню калибровки

Меню калибровки (рис. 11) позволяет устранить начальную погрешность частоты и амплитуды генератора.

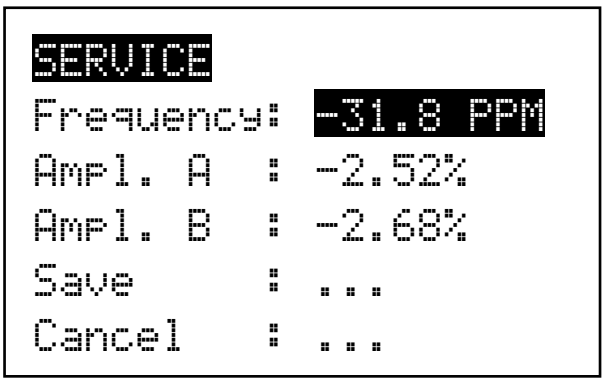

Рис. 11. Меню калибровки.

Пункт меню «Frequency» позволяет окалибровать частоту. Вращая ручку энкодера, можно менять частоту в пределах ±99.99 PPM. Калибровка проходит на той частоте и амплитуде генератора, которая была установлена перед входом в меню калибровки. При этом нужно контролировать выходную частоту генератора внешним частотомером.

Пункты меню «Ampl. A» и «Ampl. B» позволяют откалибровать амплитуду выходного сигнала для канала A и B соответственно. Калибровка амплитуды проводится отдельно для каждой формы выходного сигнала. Калибровка проходит на той частоте и амплитуде генератора, которая была установлена перед входом в меню калибровки. При калибровке амплитуды генератора в режиме генерации синусоидального сигнала нужно контролировать выходной уровень генератора внешним вольтметром среднеквадратического или средневыпрямленного значения. При калибровке амплитуды генератора в режиме генерации меандра нужно использовать импульсный вольтметр или осциллограф.

2. Программное обеспечение

2.1. Описание управляющей программы

Вместе с генератором SG-642 поставляется управляющая программа SG642.exe (работает под Win98SE/ME/NT/2000/XP). Программа позволяет в полном объеме осуществлять управление генератором.

Внешний вид основного окна программы показан на рис. 11. Внизу главного окна программы отображается состояние связи с генератором: «ON-Line», если связь установлена, или «OFF-Line», если связи нет.

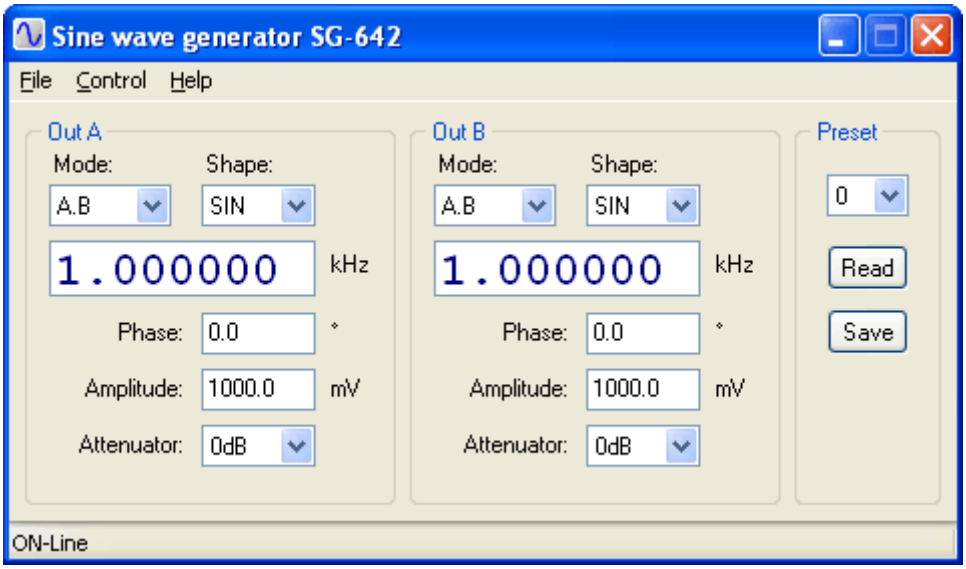

Рис. 11. Основное окно управляющей программы.

В группах «Out A» и «Out B» находятся элементы управления параметрами выходных сигналов генератора для каналов «A» и «B» соответственно. Элементы управления полностью повторяют соответствующие пункты меню генератора.

Значения параметров автоматически передаются в генератор при нажатии кнопки Enter или при переходе в поле ввода другого параметра.

Группа «Preset» содержит необходимые элементы управления для сохранения и считывания пресетов.

Набор параметров генератора можно загрузить из файла или сохранить в файл, для этого в меню «File» имеются пункты «Open...» и «Save As...». Для сохранения параметров служат файлы .par, которые имеют структуру обычных ini-файлов.

При управлении от компьютера местное управление генератора может быть заблокировано. Для этого в меню «Control» нужно отметить пункт «Lock».

Выбор нового редактируемого параметра со стороны компьютера сопровождается звуковым сигналом. Этот сигнал можно отключить, если в меню «Control» отметить пункт «Mute». Не следует путать этот пункт с пунктом «Sound mode» из меню «SERVICE». «Mute» отключает звук только при управлении от компьютера, а «Sound mode» отключает звук вообще и доступен только из меню генератора.

В меню «Control» можно выбрать способ задания амплитуды для каждого из каналов:

амплитудное значение или RMS.

Программа на компьютере может работать в режиме отображения текущих значений параметров генератора. При этом управление осуществляется с передней панели генератора. Для включения такого режима в меню «Control» нужно отметить пункт «Review Mode». При этом все элементы управления на основном окне управляющей программы запрещаются.

Считать текущие значения параметров генератора и отобразить их в окне управляющей программы можно с помощью пункта «Recall» в меню «Control».

Записать в генератор все значения параметров, которые отображаются в окне управляющей программы, можно с помощью пункта «Reload» в меню «Control». Это действие выполняется автоматически при загрузке параметров из файла.

При подключении генератора к порту USB может автоматически выполняться либо загрузка параметров в генератор, либо считывание параметров из генератора. Для этого в меню «Control» нужно отметить пункт «Auto Reload» или «Auto Recall» соответственно.

2.2. Дополнительные настройки генератора

Генератор имеет ряд дополнительных настроек, с помощью которых можно отрегулировать контрастность дисплея и откалибровать частоту и амплитуду.

Открыть окно дополнительных настроек можно с помощью пункта «Settings...» меню «Control». Внешний вид окна дополнительных настроек показан на рис. 12.

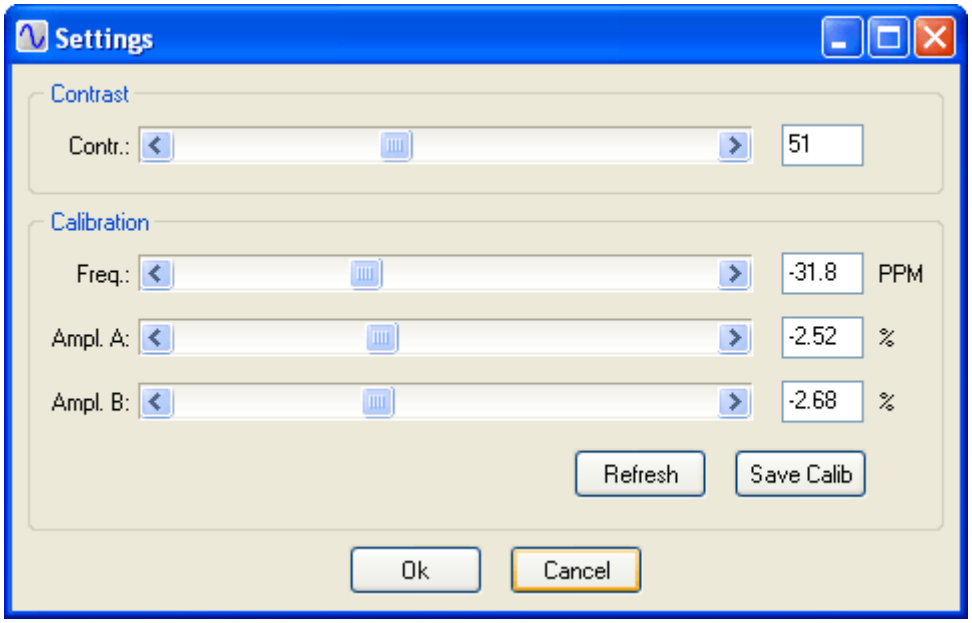

Рис. 12. Окно дополнительных настроек.

Контрастность регулируется с помощью скроллера, который находится в группе «Contrast», или набирается в соответствующем поле ввода. После установки оптимальной контрастности нужно нажать кнопку «Ok», при этом новое значение будет записано в EEPROM. Если нажать кнопку «Cancel», будет восстановлено прежнее значение.

В группе «Calibration» находятся три скроллера и три поля ввода, с помощью которых можно осуществить калибровку частоты генератора и выходной амплитуды для каналов «A» и «B» соответственно. При регулировке калибровочных коэффициентов параметры сигнала на выходе генератора будут меняться. После достижения нужных значений калибровку

можно сохранить, для этого необходимо нажать кнопку «Save Calib». Если этого не сделать, то при нажатии кнопок «Ok» или «Cancel» будут восстановлены старые значения калибровочных коэффициентов. Если во время калибровки коэффициенты менялись с передней панели генератора, их можно считать нажатием кнопки «Refresh».

2.3. Установка драйвера USB

Для нормального функционирования устройства должен быть установлен драйвер USB. При первом подключении устройства Windows выведет сообщение «Обнаружено новое устройство: Sine wave generator SG-642». После этого нужно указать путь файла ftd2xx.inf, который находится в папке Soft\Driver поставляемого программного обеспечения. После успешной установки драйвера можно запустить управляющую программу SG642.exe.

3. Описание динамической библиотеки sg642usb.dll

Для реализации управления генератором SG-642 используется динамическая библиотека sg642usb.dll. В ней каждая из команд протокола реализована в виде отдельной функции. Кроме того, библиотека содержит дополнительные функции, предназначенные для настройки порта.

3.1. Функции DLL

Список функций библиотеки sg642usb.dll приведен ниже:

3.1.1. Функция SG642_OpenDevice

Открывает USB-устройство с именем “SG-642”.

bool SG642_OpenDevice(void)

В случае успешного выполнения возвращает **true**.

3.1.2. Функция SG642_CloseDevice

Закрывает открытое ранее USB-устройство.

bool SG642_CloseDevice(void)

В случае успешного выполнения возвращает **true**.

3.1.3. Функция SG642_GetLastError

Чтение строки с информацией о последней ошибке обмена с устройством.

void SG642_GetLastError(LPCSTR &lpcStr)

Возвращает указатель на строку, которая содержит информацию о последней ошибке. Если предыдущая операция обмена с устройством прошла без ошибок, возвращается указатель на пустую строку.

3.1.4. Функция SG642_GetInfo

Чтение информации об устройстве.

bool SG642_GetInfo(LPCSTR &lpcStr)

Возвращает указатель на строку, которая содержит информацию об устройстве. В данном случае строка выглядит следующим образом: “SG-642 V1.0”, где “ SG-642” – тип генератора, “V1.0” – версия firmware 1.0.

В случае успешного выполнения возвращает **true**.

3.1.5. Функция SG642_SetMode

Установка режима управления генератором.

bool SG642_SetMode(int mode)

Функция имеет следующие параметры:

mode – режим управления генератором, содержит набор управляющих битов.

Бит **mode.0** – блокировка местного управления. Если бит равен единице, местное управление отключено. Если бит равен нулю, местное управление работает.

Остальные биты параметра не используются.

В случае успешного выполнения возвращает **true**.

3.1.6. Функция SG642_GetMode

Чтение режима управления генератором.

bool SG642_GetMode(int &mode)

Возвращает режим управления генератором **mode**, формат аналогичен параметру функции **SG642_SetMode**.

В случае успешного выполнения возвращает **true**.

3.1.7. Функция SG642_SetPar

Установка значения параметра генератора.

bool SG642_SetPar(int ch, int par, int val)

Функция имеет следующие параметры:

ch – номер канала

par – номер параметра

val – значение параметра

В случае успешного выполнения возвращает **true**.

3.1.8. Функция SG642_GetPar

Чтение значения параметра генератора.

bool SG642_GetPar(int ch, int par, int & val)

Функция имеет следующие параметры:

ch – номер канала

par – номер параметра

Возвращает значение параметра **val**.

В случае успешного выполнения возвращает **true**.

3.1.9. Функция SG642_GetSelPar

Чтение значения параметра, выбранного в меню генератора.

bool SG642_GetSelPar(int &ch, int & par, int & val)

Возвращает следующие значения:

ch – номер выбранного канала

par – номер выбранного параметра

val – значение выбранного параметра.

В случае успешного выполнения возвращает **true**.

3.2. Описание параметров

Функции управления генератором SG642_SetPar, SG642_GetPar и SG642_GetSelPar используют номер канала, номер параметра и значение параметра.

Управление логически разделено на несколько каналов:

ch = OUT_A (0) – канал управления выходом «A»

ch = OUT_B (1) – канал управления выходом «B»

ch = CALIB (2) – канал калибровки генератора

ch = SETUP (3) – канал настроек генератора

Для каждого из каналов имеется свой набор параметров.

3.2.1. Параметры каналов OUT_A и OUT_B

Для управления выходными сигналами генератора (ch = OUT_A или ch = OUT_B) используются следующие параметры:

par = PAR_M (0) – управление режимом работы генератора

val = MD_SPLIT (0) – каналы генератора работают независимо

val = MD_COMBO (1) – каналы генератора работают на одной частоте

par = PAR_S (1) – управление формой выходного сигнала

val = SH_S (0) – генерация синусоидального сигнала

val = SH_M (1) – генерация меандра

par = PAR_F (2) – установка выходной частоты

val = 0…50000000 [x0.001Hz]

par = PAR_P (3) – установка сдвига фазы для канала «A» или «B»

val = ±3600 [x0.1°]

par = PAR_A (4) – установка амплитуды выходного сигнала

Допустимый диапазон значений параметра зависит от положения аттенюатора.

val = 0…100000 [x0.1 mV], аттенюатор «AUTO» (PAR_R = -1)

val = 0…1000 [x0.1 mV] , аттенюатор «-40 dB» (PAR_R = 1)

val = 0…10000 [x0.1 mV], аттенюатор «-20 dB» (PAR_R = 2)

val = 0…100000 [x0.1 mV] , аттенюатор «0 dB» (PAR_R = 3)

par = PAR_R (5) – управление аттенюатором

val = -1 – аттенюатор «AUTO»

val = 0 – реле аттенюатора выключены

val = 1 – аттенюатор «-40 dB»

val = 2 – аттенюатор «-20 dB»

val = 3 – аттенюатор «0 dB»

3.2.2. Параметры канала CALIB

Для осуществления калибровки генератора (ch = CALIB) используются следующие параметры:

par = CAL_F (0) – калибровка частоты

val = ±999 [x0.1 PPM]

par = CAL_A (1) – калибровка амплитуды канала «A»

val = ±999 [x0.01%]

par = CAL_B (2) – калибровка амплитуды канала «B»

val = ±999 [x0.01%]

par = CAL_S (3) – сохранение калибровочных коэффициентов в EEPROM

val – любое значение

3.2.3. Параметры канала SETUP

Для осуществления общего управления генератором используется специальный код канала (ch = SETUP). Для общего управления используются следующие параметры:

par = SAVE_P (0) – команда сохранения пресета (только запись)

val = 0…9 – номер пресета

par = READ_P (1) – команда чтения пресета (только запись)

val = 0…9 – номер пресета

par = LCD_C (2) – установка контраста LCD (только запись)

val = 0…127 – контраст LCD

par = SAVE_S (5) – команда сохранения настроек (только запись)

val – игнорируется

Команда SAVE_P требует для своего выполнения до одной секунды. Ответ на эту команду передается генератором сразу же, но одновременно запускается процесс записи данных в EEPROM, поэтому генератор в течение некоторого времени не воспринимает команды компьютера.

Команда READ_P производит считывание всех параметров из EEPROM в память генератора, но в компьютер новые значения не передаются. Поэтому после выполнения команды READ_P следует считать все параметры из генератора.

3.2.4. Модификаторы кода номера параметра

При записи в генератор значений параметров можно применять модификаторы кода номера параметра. При этом выполняются дополнительные функции.

DRAW = 0x80 – требование перерисовки меню

BEEP = 0x40 – требование генерации звукового сигнала

Модификаторы добавляют к коду номера параметра с помощью функции «логическое или».

Если добавлен модификатор DRAW, то при получении генератором команды от компьютера производится перерисовка меню. Это используется для получения соответствия

выбранных параметров между компьютером и генератором. Нужно учитывать, что перерисовка всего дисплея генератора занимает около 20 мс.

Если добавлен модификатор BEEP, то при получении генератором команды от компьютера производится генерация короткого звукового сигнала.

4. Описание протокола обмена

4.1. Команды протокола

Генератор SG-642 подключается к компьютеру с помощью интерфейса USB. Команды передаются в виде пакетов согласно протоколу WAKE, скорость обмена 38400 бод. Инициатором обмена всегда выступает компьютер. В ответ на каждую команду устройство передает пакет, который содержит тот же номер команды, а в качестве первого байта данных передается код ошибки (за исключением команд CMD_ECHO и CMD_INFO). Код ошибки 00h означает успешное выполнение команды. Любой отличный код – наличие ошибки (см. описание кодов ошибок ниже). В поле данных каждой команды передаются параметры. Для разных команд число параметров может быть разным, есть команды, которые не имеют параметров вообще.

4.1.1. Команда Cmd_Nop

Команда CMD_NOP не выполняет никакой операции. Она используется для внутренних целей и никогда не передается в устройство или компьютер.

TX

CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
00h	0	-							

RX

CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
00h	0	-							

4.1.2. Команда Cmd_Err

Устройство передает команду CMD_ERR в качестве ответа на любую команду, если произошла ошибка приема пакета. Параметр Error Code для этой команды всегда равен ERR_TX.

TX

CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
01h	0	-							

RX

CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
01h	1	Error Code							

4.1.3. Команда Cmd_Echo

Команда CMD_ECHO используется для запроса возврата пакета. Пакет может содержать до 16 байт произвольных данных. В ответ на эту команду устройство передает пакет в неизменном виде обратно. Команда используется для проверки связи с устройством.

TX

CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
02h	X	Byte1							
		…							
		ByteN							

RX

CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
02h	X	Byte1							
		…							
		ByteN							

4.1.4. Команда Cmd_Info

Команда CMD_INFO представляет собой запрос информации о типе устройства и версии встроенного программного обеспечения (firmware). В ответ передается пакет, содержащий 12 байт данных, которые представляют собой строку в коде ASCII: “SG-642 V1.2”, где “SG-642” – тип устройства, “V1.2” – версия firmware 1.2. В качестве разделителей используются пробелы (код 20h). Строка заканчивается байтом 00h.

TX

CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
03h	0	-							

RX

CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
03h	12	String: “SG-642 V1.2”, 00h							

4.1.5. Команда Cmd_SetMode

Команда CMD_SETMODE служит для установки режима управления генератором.

Команда имеет единственный параметр mode, который содержит битовые поля:

- Если бит L = 1, местное управление отключено. Если L = 0, местное управление работает.

TX

CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
06h	1	-	-	-	-	-	-	-	L

RX

CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
06h	1	Error Code							

4.1.6. Команда Cmd_GetMode

Команда CMD_GETMODE служит для считывания текущего режима управления генератором.

Команда возвращает значение mode, аналогичное по формату параметру команды CMD_SETMODE.

TX

CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
07h	0	-							

RX

CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
07h	2	Error Code							
		-	-	-	-	-	-	-	L

4.1.7. Команда Cmd_SetPar

Команда CMD_SETPAR служит для установки значения параметра генератора.

Команда имеет следующие параметры:

ch – номер канала генератора

par – номер параметра генератора

val – значение параметра, представляющее собой 32-разрядное целое число. Первым передается младший байт (byte 1).

TX

CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
08h	6	ch							
		par							
		val (byte 1)							
		val (byte 2)							
		val (byte 3)							
		val (byte 4)							

RX

CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
08h	1	Error Code							

4.1.8. Команда Cmd_GetPar

Команда CMD_GETPAR служит для считывания значения параметра генератора.

Команда имеет следующие параметры:

ch – номер канала генератора

par – номер параметра генератора

Команда возвращает следующие значения:

val – значение выбранного параметра генератора, которое полностью аналогично

параметру команды CMD_SETPAR.

TX

CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
09h	2	ch							
		par							

RX

CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
09h	5	Error Code							
		val (byte 1)							
		val (byte 2)							
		val (byte 3)							
		val (byte 4)							

4.1.9. Команда Cmd_GetSelPar

Команда CMD_GETSELPAR служит для считывания значения параметра, выбранного в меню генератора.

Команда возвращает следующие значения:

ch – номер выбранного канала генератора

par – номер выбранного параметра генератора

val – значение выбранного параметра генератора, которое полностью аналогично параметру команды CMD_SETPAR.

TX

CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0Ah	0	-							

RX

CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0Ah	7	Error Code							
		ch							
		par							
		val (byte 1)							
		val (byte 2)							
		val (byte 3)							
		val (byte 4)							

4.1.10. Коды ошибок

При выполнении команд могут возникать ошибки. Код ошибки возвращается в виде параметра Error Code в ответе на каждую команду. Если при выполнении команды, которая должна возвращать некоторое количество значений, произошла ошибка, то возвращается всего один байт – код ошибки. Коды стандартных ошибок, определенных для протокола WAKE, приведены в таблице 2.

Таблица 2. Коды ошибок.

Имя ошибки	Код ошибки	Название ошибки
Err_No	00h	Нормальное завершение команды
Err_Tx	01h	Ошибка обмена с устройством
Err_Bu	02h	Устройство занято
Err_Re	03h	Устройство не готово
Err_Pa	04h	Ошибка значений параметров
Err_Nr	05h	Нет ответа
Err_Nc	06h	Нет несущей

5. Информация о разработчике и производителе

5.1. Разработчик

***NSM** lab*

e-mail: wubblick@yahoo.com

5.2. Производитель

Частное предприятие «Диджит-ЭЛ»,
пр. Независимости 44, ком. П7,
220005, г. Минск, Республика Беларусь

Тел./факс: (017) 284-79-41
e-mail: info@digit-el.com
www.digit-el.com