

NI ELVIS II

Учебный курс



ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ	2
НЕОБХОДИМОЕ ПО И НАСТРОЙКА NI ELVIS II	4
НЕОБХОДИМОЕ ПО	4
НАСТРОЙКА NI ELVIS II.....	4
ГЛАВА 1. КОМПЛЕКТ ВИРТУАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ НА БАЗЕ NI ELVIS II.	6
РАЗДЕЛ 1.1 ЦИФРОВОЙ МУЛЬТИМЕТР (DIGITAL MULTIPLIER - DMM).....	7
<i>Основные характеристики</i>	<i>8</i>
<i>Цифровой мультиметр на базе NI ELVIS II.....</i>	<i>8</i>
Измерение сопротивления.	9
Измерение ёмкости.	10
Измерение индуктивности.....	11
Определение работоспособности диодов и определение их полярности	12
Проверка целостности электрических проводников	13
Измерение постоянной составляющей напряжения и силы тока.....	14
Измерение переменной составляющей напряжения и силы тока	15
РАЗДЕЛ 1.2 ГЕНЕРАТОР СТАНДАРТНЫХ СИГНАЛОВ (FUNCTION GENERATOR – FGEN)	17
РАЗДЕЛ 1.3 АНАЛИЗАТОР ИМПЕДАНСА (IMPEDANCE ANALYZER).....	22
РАЗДЕЛ 1.4 РЕГУЛИРУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ (VARIABLE POWER SUPPLIES).....	25
<i>Упражнение «Определение типа и формы сигнала на выходе регулируемого источника питания»...27</i>	
Использование цифрового мультиметра (DMM)	27
Использование осциллографа (scope).....	28
<i>Упражнение «Измерение вольтамперной характеристики двухполюсника».....</i>	<i>30</i>
РАЗДЕЛ 1.5 АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА (DYNAMIC SIGNAL ANALYZER).....	32
УПРАЖНЕНИЕ «ЭФФЕКТ НАЛОЖЕНИЯ ЧАСТОТ».....	36
РАЗДЕЛ 1.6 АНАЛИЗАТОРЫ ВОЛЬТАМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВУХ- И ТРЁХПОЛЮСНИКОВ (TWO-WIRE CURRENT-VOLTAGE ANALYZER; THREE-WIRE CURRENT-VOLTAGE ANALYZER).....	43
<i>Двухполюсники</i>	<i>43</i>
ИК источник	46
<i>Трёхполюсники.....</i>	<i>48</i>
РАЗДЕЛ 1.7 ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ (ARBITRARY WAVEFORM GENERATOR – ARB)	52
<i>Как работать с Waveform Editor?.....</i>	<i>54</i>
Особенности и возможности ВП Waveform Editor	54
Использование Waveform Editor.....	56
Создание нового шаблона сигнала с помощью Waveform Editor	58
<i>Упражнение «Анализ сигнала произвольной формы с помощью осциллографа и спектроанализатора».....</i>	<i>60</i>
РАЗДЕЛ 1.8 ЦИФРОВОЙ ВВОД/ВЫВОД (DIGITAL WRITER DIGITAL READER).	69
<i>Схема цифрового датчика времени.</i>	<i>73</i>
<i>4-Битный цифровой счётчик.</i>	<i>75</i>
<i>Ручное тестирование и управление работой стоп-сигналов на двунаправленном перекрёстке.</i>	<i>77</i>
РАЗДЕЛ 1.9 ОСЦИЛЛОГРАФ (OSCILLOSCOPE)	80
<i>Использование аналоговых линий Analog Input Signal AI<0..7></i>	<i>83</i>
Использование Scope CH 0 и Scope CH 0.....	84
<i>Упражнение «Тахометр».....</i>	<i>86</i>
<i>Упражнение «Определение колебательных характеристик цифрового датчика времени»</i>	<i>87</i>
<i>Упражнение «Частотный отклик базовой электрической схемы операционного усилителя»</i>	<i>90</i>
<i>Упражнение «Тестирование электрического пассивного RC-контура с помощью осциллографа»</i>	<i>92</i>
РАЗДЕЛ 1.10 АНАЛИЗАТОР АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ И ФАЗОЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК (АЧХ/ФЧХ) (BODE ANALYZER)	97

<i>RC-контур</i>	97
<i>ФЧХ/АЧХ операционного усилителя</i>	99
<i>Фильтры высоких частот</i>	101
<i>Фильтры низких частот</i>	102
<i>Полосовой фильтр</i>	103
ГЛАВА 2. КОМПЛЕКТ ЭКСПРЕСС-VI LABVIEW ДЛЯ NI ELVIS II	106
УПРАЖНЕНИЕ «ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ»	107
УПРАЖНЕНИЕ «ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ»	115
<i>Использование осциллографа</i>	117
<i>Использование цифрового мультиметра</i>	120
<i>Использование анализатора импеданса</i>	121
КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЭКСПРЕСС-ВП (NI ELVISMX TWO-WIRE CURRENT-VOLTAGE ANALYZER, NI ELVISMX THREE-WIRE CURRENT-VOLTAGE ANALYZER, NI ELVISMX DIGITAL WRITER, NI ELVISMX DIGITAL READER, NI ELVISMX BODE ANALYZER, NI ELVISMX ARBITRARY WAVEFORM GENERATOR)	121
<i>NI ELVISmx Two-Wire Current-Voltage Analyzer</i>	121
<i>NI ELVISmx Three-Wire Current-Voltage Analyzer</i>	125
<i>NI ELVISmx Digital Writer u Ni Elvismx Digital Writer</i>	125
<i>NI ELVISmx Bode Analyzer</i>	126

НЕОБХОДИМОЕ ПО И НАСТРОЙКА NI ELVIS II

НЕОБХОДИМОЕ ПО

Для работы с **NI ELVIS II** нужно иметь в качестве программного обеспечения следующее:

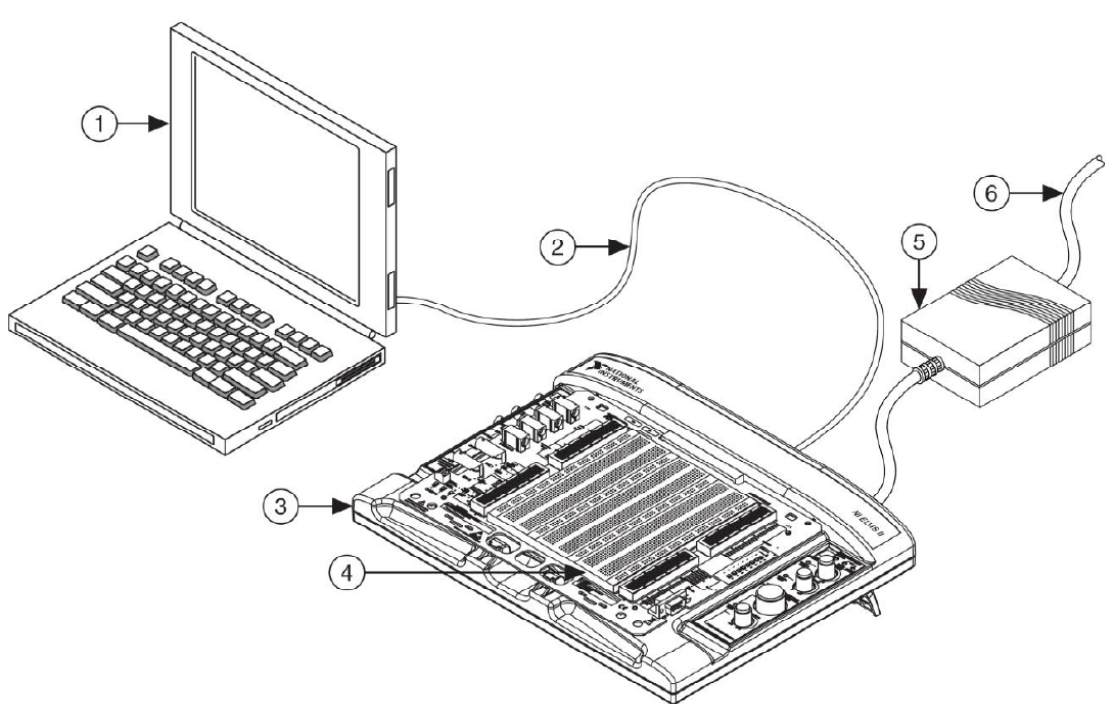
- LabVIEW 8.2 или более поздняя версия
- NI-DAQmx 8.7.1 или более поздняя версия
- NI ELVISmx 4.0 или более поздняя версия



Замечание. Поскольку некоторые инструменты NI ELVISmx используют **NI ELVIS II** на максимальной скорости, **NI ELVIS II** должен пользоваться высокоскоростным USB-интерфейсом (High Speed USB 2.0).

НАСТРОЙКА NI ELVIS II

NI ELVIS II подключается к **ПК** с помощью USB кабеля, а через блок питания, идущий в комплекте с устройством, к внешнему источнику питания 220 V. На задней панели **NI ELVIS II** переключатель необходимо перевести в положение «|». В этот момент на лицевой панели оранжевым цветом загорается индикатор **Active**. На рабочем столе появляется диалоговое окно **New Data Acquisition Device**, а на лицевой панели **NI ELVIS II** оранжевым цветом загорается индикатор **Ready**. Для работы с макетной платой необходимо перевести на лицевой панели **NI ELVIS II** переключатель **Prototyping Board** в положение «|», в этот момент индикатор **Power** загорается зелёным светом.



1 – ПК

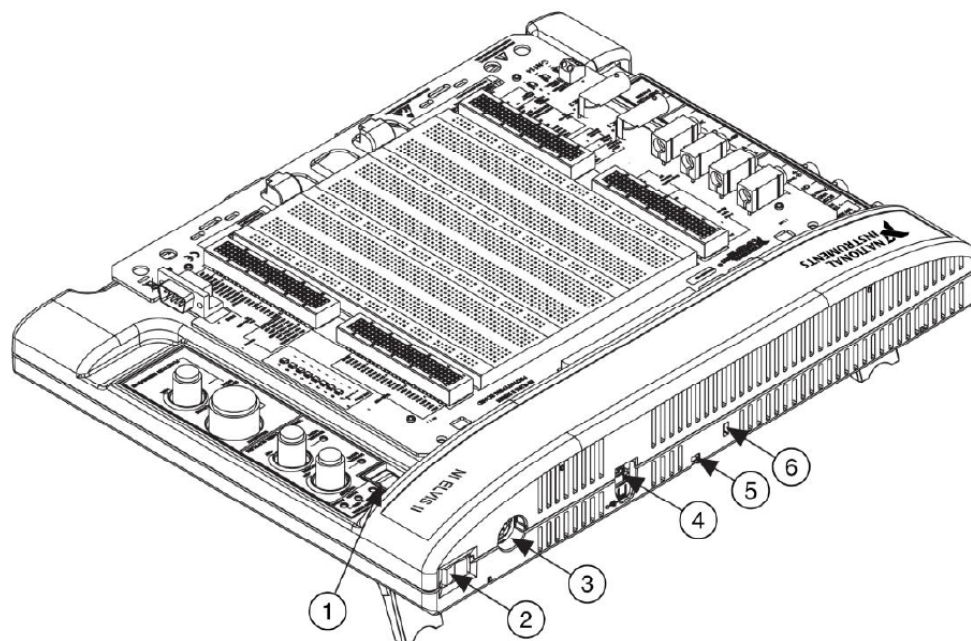
2 – USB кабель

3 – Настольная рабочая станция NI ELVIS II

4 – Макетная плата

5 – Блок питания (поставляется вместе с NI ELVIS II)

6 – Сетевой шнур питания



1. Выключатель питания

2. Выключатель питания рабочей станции

3. Разъём для подключения источника питания

4. Разъём USB

5. Гнездо для подключения кабеля безопасности (используется для защиты рабочей станции)

6. Гнездо для подключения замка Kensington

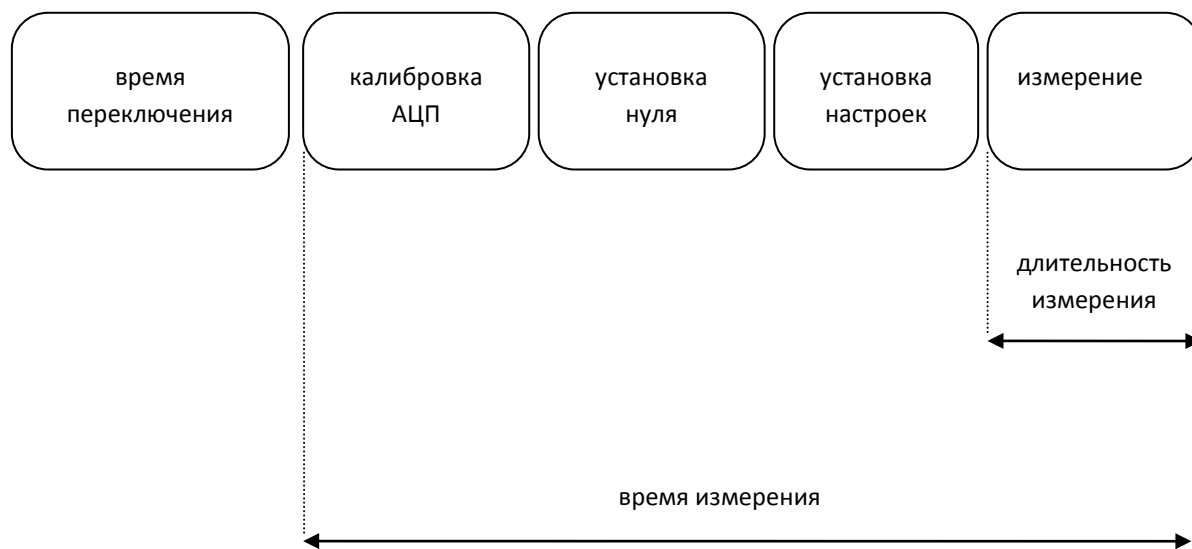
NI ELVIS II использует приборы, разработанные в программной среде **LabVIEW**, которые обладают функциональностью комплекта наиболее распространенных лабораторных приборов. Программное обеспечение **NI ELVISmx** используется для управления аппаратными средствами **NI ELVIS II** с помощью созданных в **LabVIEW** лицевых панелей (**Soft Front Panels – SFPs**) следующих измерительных приборов:

1. Генератора сигналов произвольной формы (**Arbitrary Waveform Generator – ARB**)
2. Анализатора амплитудно- и фазочастотных характеристик (**Bode Analyzer**)
3. Устройства чтения цифровых данных (**Digital Reader**)
4. Устройства записи цифровых данных (**Digital Writer**)
5. Цифрового мультиметра (**Digital Multimeter – DMM**)
6. Анализатора спектра (**Dynamic Signal Analyzer – DSA**)
7. Генератор стандартных сигналов (**Function Generator – FGEN**)
8. Анализатора импеданса (**Impedance Analyzer**)
9. Осциллографа (**Oscilloscope – Scope**)
10. Анализатора вольтамперной характеристики двухполюсников (**Two-Wire Current Voltage Analyzer**)
11. Анализатора вольтамперной характеристики трехполюсников (**Three-Wire Current Voltage Analyzer**)
12. Регулируемых источников питания (**Variable Power Supplies**)

РАЗДЕЛ 1.1 ЦИФРОВОЙ МУЛЬТИМЕТР (DIGITAL MULTIPLIER - DMM)

Мультиметр является одним из наиболее используемых приборов в радиотехнике. Это универсальное устройство поможет не только измерить напряжение в любой точке схемы, но и выяснить, нет ли короткого замыкания или разрыва в цепи.

Каждый раз, производя измерение, мультиметр выполняет набор шагов, который называется измерительным циклом.



Время переключения необходимо для настройки внутренних аналоговых схем мультиметра для следующего измерения.

Калибровка АЦП производится для исключения ошибок, связанных с усилением сигнала. Мультиметр считывает сигнал встроенного высокоточного источника напряжения перед каждым измерением и сравнивает с известным значением, после чего корректирует значение коэффициента усиления. Калибровка АЦП удлиняет процесс измерения, поэтому ее можно не проводить каждый раз.

Установка нуля перед измерением необходима для того, чтобы компенсировать существующие в мультиметре постоянное напряжение смещения измеряющих цепей. Прибор отключает внешний сигнал и проводит измерение, после чего вычитает полученное значение из всех последующих данных.

Установка настроек занимает определенное время, зависящее от типа измерения, его пределов, свойств соединяющих кабелей, входного сопротивления и других факторов.

Измерение состоит в многократном снятии показаний и их усреднении. Чем больше время усреднения – тем лучше разрешение, но меньше скорость считывания.

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Максимальная частота оцифровки определяет скорость, с которой мультиметр может проводить последовательные измерения.

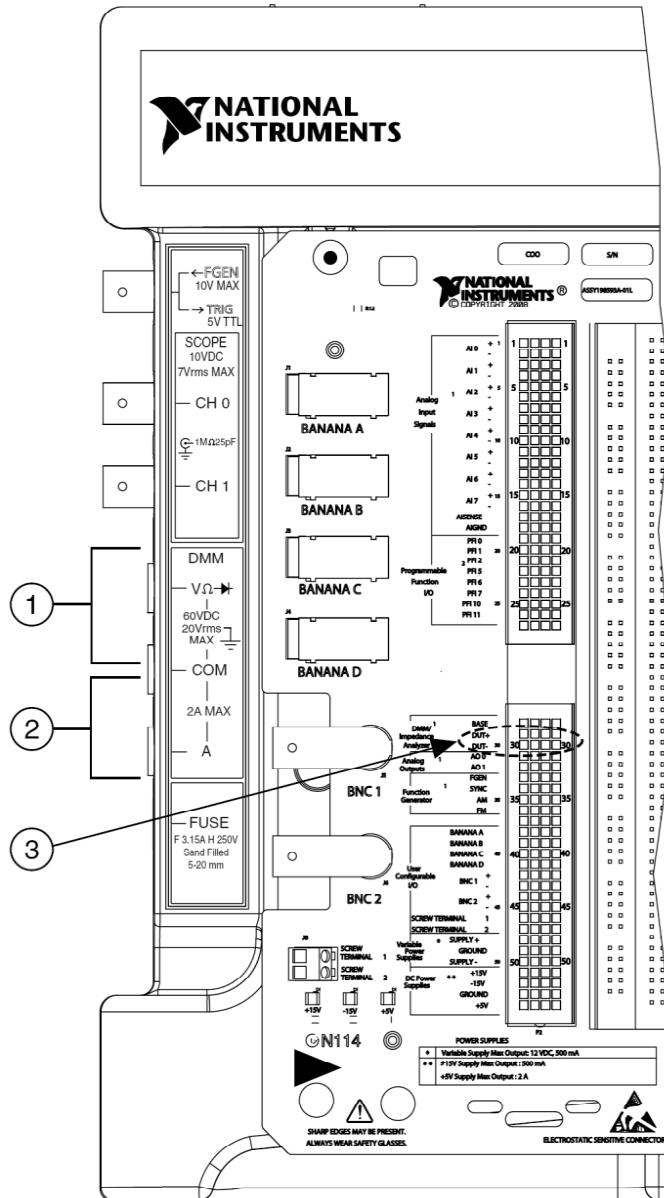
Разрешение определяет точность измерений. Для идеального мультиметра в отсутствии любых шумов разрешение – это наименьшее изменение входного сигнала, которое приводит к изменению показаний прибора. Разрешение выражается в битах или знаках.

Полоса пропускания определяет диапазон частот входного сигнала, в котором возможно корректное измерение его параметров.

ЦИФРОВОЙ МУЛЬТИМЕТР НА БАЗЕ NI ELVIS II

Три разъема штекерного типа (V Ω , A и COM) цифрового мультиметра на базе **NI ELVIS II** расположены сбоку на рабочей станции. Для измерения постоянного и переменного напряжения, сопротивления, характеристик диода, электропроводности используются разъемы V Ω и COM. Для измерения силы постоянного и переменного тока используйте разъемы A и COM. Для простоты подключения к макетной плате используйте кабели со штекерами, позволяющие передавать сигналы от пользовательских штекерных разъемов в разъемы мультиметра на рабочей станции.


Подключите ПК к **NI ELVIS II** с помощью USB кабеля. На задней панели NI ELVIS II переключатель переведите в положение «|». В этот момент на лицевой панели оранжевым цветом загорится индикатор **Active**. На рабочем столе появится диалоговое окно **New Data Acquisition Device**, а на лицевой панели **NI ELVIS II** оранжевым цветом загорится индикатор **Ready**. В диалоговом окне выберете пункт **NI ELVISmx Instrument Launcher**. Далее выбираем иконку с названием **DMM**.

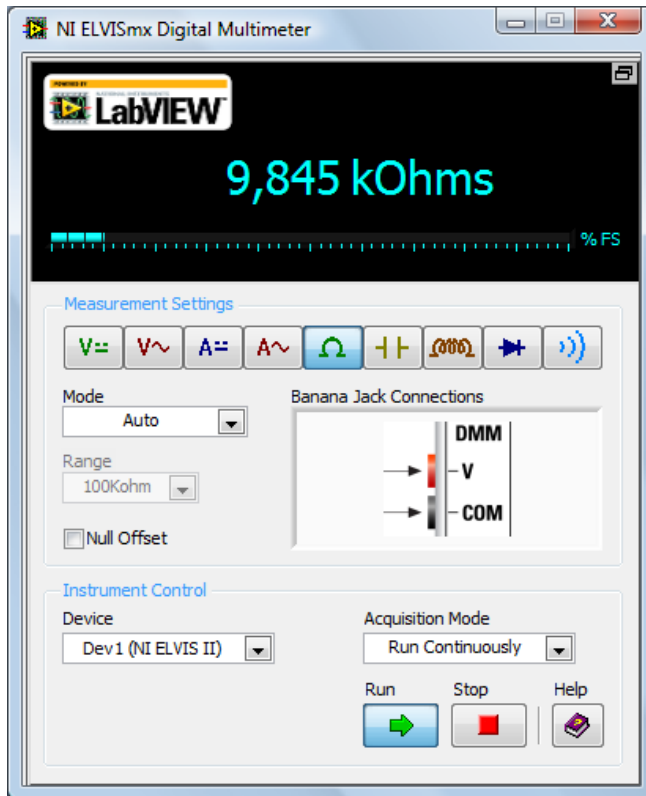


- 1 - Разъемы для измерения напряжения, сопротивления, характеристик диода и электропроводности
- 2 - Разъемы для измерения тока
- 3 - Разъемы для измерения емкости и индуктивности

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ.

Для измерения сопротивления будем использовать два щупа, один из которых подсоединяем на боковой панели **NI ELVIS II** к разъему «COM» (земля), а другой – к разъему «VΩ». Одним щупом цепляемся за одну ножку сопротивления, другим – за другую. Далее необходимо настроить виртуальный прибор **NI ELVISmx Digital Multimeter**. Для измерения сопротивления необходимо перевести виртуальный прибор в

соответствующий режим, нажав на кнопку . Мультиметр обретет вид, представленный на рисунке ниже.



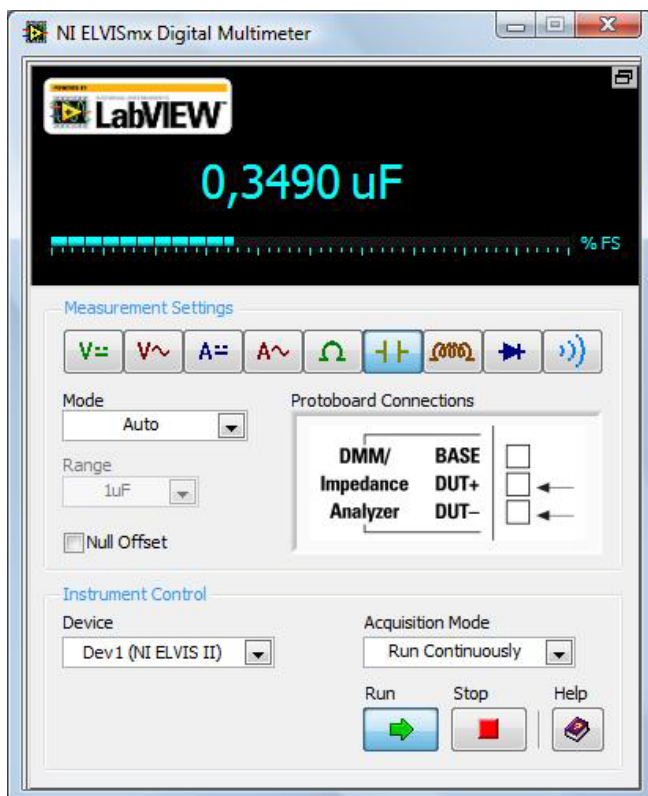
В выпадающем меню **Mode** вместо «Auto» можно выбрать режим «Specify range». В этом случае становится доступным поле «Range», с возможностью выбора диапазона для измерения сопротивления. Если оставить режим «Auto», то виртуальный прибор сам подберёт необходимый для измерения диапазон значений. В пункте «Acquisition Mode» есть возможность выбора двух режимов: непрерывного опроса (Run Continuously – в этом случае для начала измерения необходимо нажать на кнопку «Run») и однократного опроса (в этом случае для получения данных о величине сопротивления необходимо каждый раз нажимать на кнопку «Run»). Активация селектора «Null Offset»

позволяет проводить относительные измерения сопротивления, установив определённое значение сопротивления за начало отсчёта. Этот режим можно использовать для получения информации о разбросе значений измеряемого сопротивления с помощью виртуального прибора «NI ELVISmx Digital Multimeter», т.е., фактически, об ошибке измерения.

ИЗМЕРЕНИЕ ЁМКОСТИ.

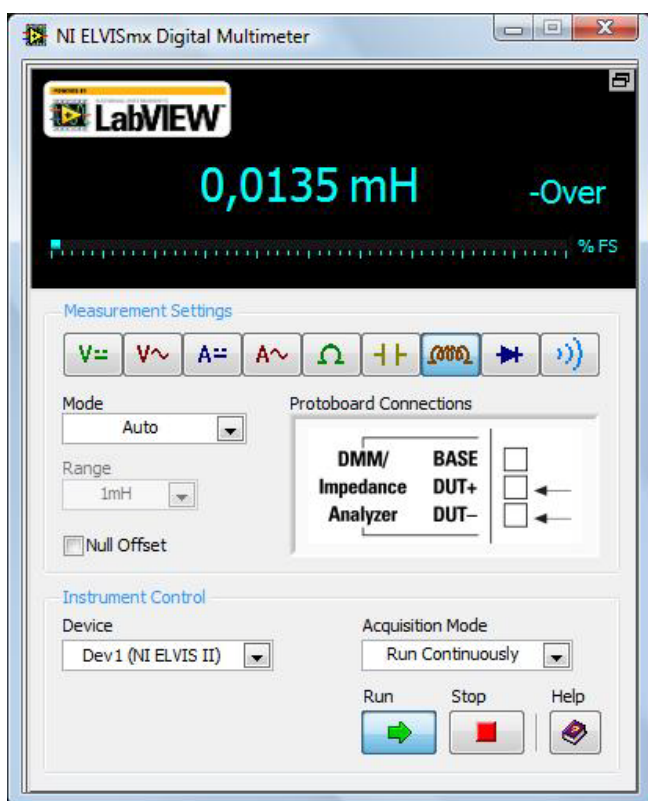
Для проведения измерений ёмкости необходимо, чтобы было подано напряжение на макетную плату NI ELVIS II (выключатель на лицевой панели NI ELVIS II справа вверху должен быть в положении «|», а индикатор «Prototyping power» должен гореть зелёным цветом). Далее необходимо найти на макетной плате поле DMM/Impedance Analyzer. Правее располагается контактная полоса макетной платы: три ряда по 4-е контакта в каждом напротив надписей Base, DUT+, DUT- соответственно. Для измерения ёмкости её «ножки» необходимо воткнуть в контакты DUT+ и DUT-, находящихся на одной вертикальной прямой. Контактная полоса позволяет измерять суммарную ёмкость 4-х параллельно расположенных ёмкостей произвольного номинала. Для измерения ёмкости необходимо перевести виртуальный прибор в соответствующий режим, нажав на кнопку






В выпадающем меню «Mode», вместо режима «Auto», можно выбрать режим «Specify range». В этом случае становится доступным поле «Range» с возможностью выбора диапазона измерения ёмкости. Если оставить режим «Auto», то виртуальный прибор сам подберёт удобный для измерения диапазон. В пункте «Acquisition Mode» есть возможность выбора двух режимов опроса: непрерывный (Run Continuously) и однократный.

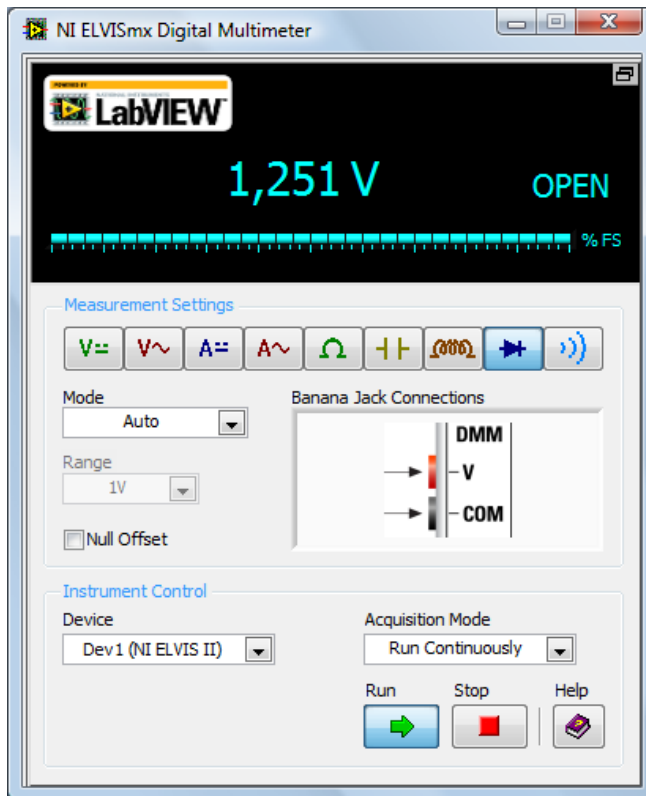
ИЗМЕРЕНИЕ ИНДУКТИВНОСТИ




Для измерения индуктивности необходимо перевести виртуальный прибор в соответствующий режим, нажав на кнопку . Индуктивность измеряется в единицах Гн (Генри). Появление сообщения «-Over» в правом верхнем углу лицевой панели виртуального прибора свидетельствует о том, что либо нижняя граница выбранного диапазона измеряемых индуктивностей «Range» в режиме **Mode→Specify Range** больше, чем измеряемое значение индуктивности, либо такой номинал индуктивности просто не предусмотрен для измерения с помощью данного виртуального прибора, если виртуальный прибор находится в режиме **Mode→Auto**. Функциональность работы виртуального прибора **NI ELVISmx Digital Multimeter** в режиме измерения

индуктивности аналогична рассмотренным упражнениям выше.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДИОДОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ПОЛЯРНОСТИ



Полупроводниковый диод это двухполюсник, один полюс которого называется катодом, а другой – анодом. Существует много способов определения полярности диода, но сам принцип единый и заключается в следующем. Подведение положительного напряжения к аноду диода приводит к тому, что начинает течь ток. Для определения полярности диода необходимо использовать виртуальный прибор **NI ELVISmx Digital Multimeter**.

Для перехода в режим проверки работоспособности диода необходимо перевести виртуальный прибор в соответствующий режим, нажав на кнопку . Для проверки состояния

диода, необходимо воспользоваться контактными клеммами, одну из которых надо подключить к разъему «COM» (земля), а другую к – «VΩ» на боковой панели **NI ELVIS II**. В этом режиме на дисплее виртуального прибора могут отображаться два варианта сообщений: либо **GOOD**, либо **OPEN**, отражающие состояние измеряемого диода. Сообщение **GOOD** – означает, что в этом направлении (т.е. при таком расположении контактных клемм) от «COM» до «VΩ» ток потечёт, т.е. в этом направлении диод находится в незапертом состоянии. Сообщение **OPEN** означает, что в этом направлении диод находится в запертом состоянии либо диод отсутствует в электрической цепи. Параллельно измеряется скачок напряжения через диод, что также отображается на дисплее виртуального прибора.

Подсоединим светодиод к контактными клеммам. Если диод блокирует протекание тока через него, то на дисплее виртуального прибора будет отображаться то же самое значение напряжения, как если бы не было подсоединено никакого диода (открытый контур). Когда диод пропускает через себя ток, светодиод загорается светом, при этом считываемый виртуальным прибором уровень напряжения через диод меньше, чем в случае открытого контура. Протестируйте красный светодиод в обоих направлениях. В случае свечения диода подсоединённая к разъему «COM» на боковой панели **NI ELVIS II** контактная клемма определяет анод светодиода.

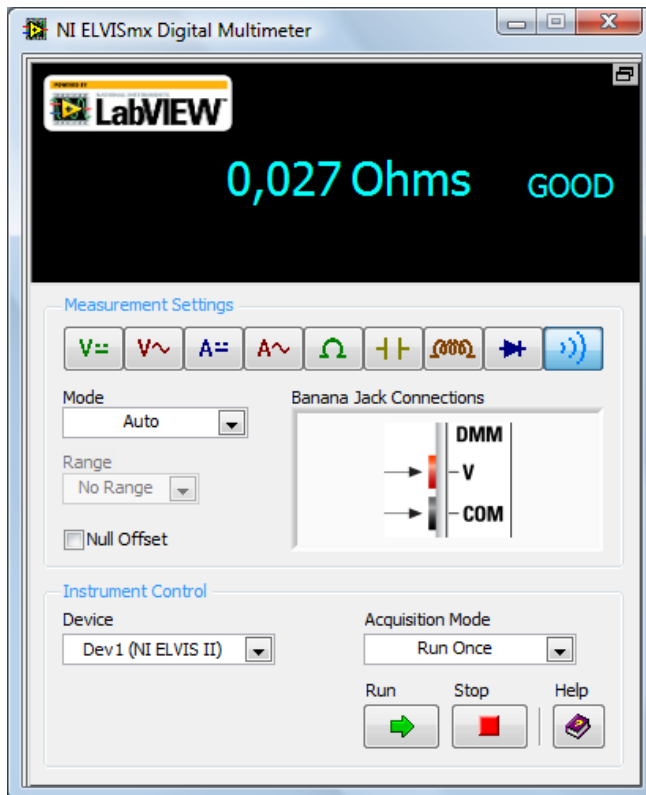
Можно воспользоваться этим простым тестом для определения полярности различных диодов. Для кремниевого выпрямляющего диода в направлении, для которого диод

находится в незапертом состоянии, напряжение между контактными клеммами должно быть меньше 3.5 В, а на дисплее виртуального прибора должна отображаться надпись **GOOD**. В обратном направлении диод будет находиться в запертом состоянии, напряжение между контактными клеммами будет около 3.5 В, а на дисплее виртуального прибора будет отображаться надпись **OPEN**. Проверьте это!



Замечание. Как это работает? На дисплее виртуального прибора отображается значение напряжения необходимого для того, чтобы потёк ток около 1 мА. В области р-п перехода, это напряжение меньше и определяется свойствами материалов, из которых сделан диод. В обратном направлении ток не течёт через диод и цифровой мультиметр фиксирует напряжение открытого контура 3.5 В.


ПРОВЕРКА ЦЕЛОСТНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОВОДНИКОВ



Измерение электропроводности позволяет провести диагностику состояния электрической цепи. Проще всего охарактеризовать понятие электропроводности с помощью обычного проводника.

Короткое замыкание представляет собой бесконечную электропроводность, или на практике очень большую проводимость между двумя любыми точками одной цепи. Мультиметр, которым измеряют сопротивление такого проводника, покажет величину 0 Ом. *Разрыв цепи* приводит к ее нулевой электропроводности, т.е. наличие в ней разрыва. Мультиметр, которым измеряют проводимость цепи,

покажет бесконечное сопротивление, т.е. наличие столь большого сопротивления, что прибор не может его зарегистрировать. При тестировании кабеля, состоящего из множества изолированных жил, часто возникает необходимость определить, не касаются ли отдельные провода друг друга, т.е. не замкнуты ли они между собой. Если короткое замыкание действительно присутствует, то подключенное устройство почти наверняка не заработает, поэтому выполнение данного теста целесообразно проводить в первую очередь при наличии проблем в работе прибора.

Для перехода в режим проверки целостности электрических проводников необходимо перевести виртуальный прибор в соответствующий режим, нажав на иконку . Для

диагностики разрыва в электрической цепи необходимо воспользоваться контактными клеммами «COM» и «VΩ» на боковой панели **NI ELVIS II**. Критерием целостности электрических проводников служит измеряемое значение сопротивления между контактными клеммами. Сопротивление между контактными клеммами менее 15 Ом регистрируется виртуальным прибором как отсутствие разрыва в цепи, в результате чего на дисплее виртуального прибора будет отображаться значение измеряемого сопротивления, состояние **GOOD**, а также будет выводиться характерный звуковой сигнал. В случае если значение сопротивления между контактными клеммами будет превышать значение 15 Ом, виртуальным прибором это будет интерпретироваться как разрыв цепи, при этом на дисплее виртуального прибора будет отображаться состояние **OPEN** и характерный звук будет отсутствовать.

Для проверки работы этого режима проще всего замкнуть друг на друга контактные клеммы, подсоединённые к разъёмам «COM» и «VΩ» на боковой панели **NI ELVIS II**.

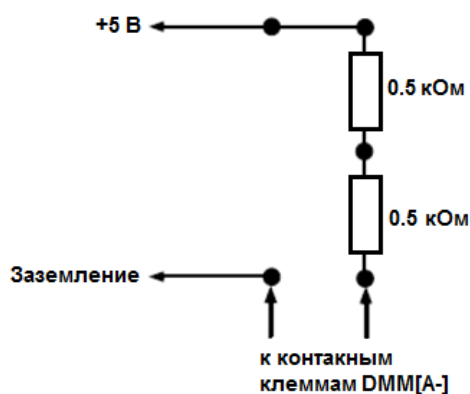
ИЗМЕРЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ И СИЛЫ ТОКА

Для измерения постоянной составляющей напряжения или силы тока необходимо перевести виртуальный прибор в режим, нажав на кнопки **V=** или **A=** соответственно. Далее необходимо воспользоваться разъёмами на боковой панели **NI ELVIS II**: «COM» (земля) и либо «VΩ» (для измерения напряжения), либо «A» (для измерения тока).




Замечание. Максимальное значение измеряемого напряжения и измеряемого тока не должно превышать 60 В и 2 А соответственно. Нужно внимательно следить, чтобы использовать при измерениях тока правильные гнезда на боковой панели **NI ELVIS II**. Если забыть об этом предостережении, то можно в лучшем случае сжечь предохранитель или даже повредить тестер. Будьте внимательней!

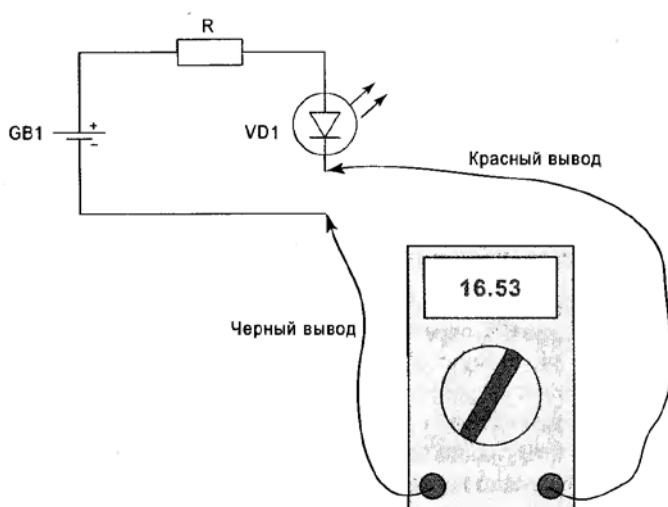
Измерение тока в контуре, представленном ниже, происходит в соответствии с законом Ома: для участка электрической цепи $U=I \times R$, где U – напряжение, I – ток, R – суммарное сопротивление всех элементов участка цепи. Таким образом, зная сопротивление и напряжение, можно измерить ток, протекающий в цепи.



Соберите электрический контур, представленный слева на макетной плате **NI ELVIS II**. Для этого найдите на макетной плате 4 ряда контактных полос (**DC Power Supplies**), напротив каждой из которых имеются надписи **+15 V**, **-15V**, **GROUND**, **+5V**. Напряжение **+5 В** возьмём с контактной полосы **+5V**, а заземление, соответственно, с контактной полосы **GROUND**. Суммарное сопротивление двух резисторов $R_{\text{сумм}} = 0,5 \text{ кОм} + 0,5 \text{ кОм} = 1 \text{ кОм}$, поэтому

измеряемый ток будет равен $I = U/R = 5 \text{ В} / 1 \text{ кОм} = 5 \text{ мА}$. Сравните измеряемое значение тока с рассчитанным значением.

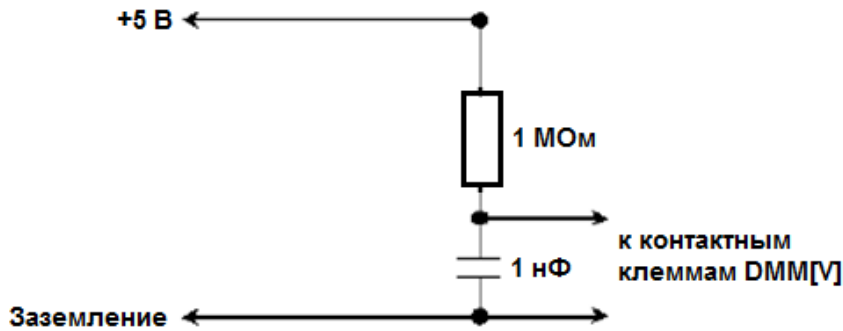
 **Замечание.** Помните всегда, что для измерения тока цифровой мультиметр необходимо включить в цепь последовательно с источником питания, поскольку для измерения тока нужно, чтобы ток протекал через регистрирующий прибор. Аналогично описанной процедуры можно измерять ток, протекающий в любом узле схемы или даже через один единственный компонент. Приведём пример измерения тока, протекающего через светодиод.





Любые измерения тока производятся одинаково: тестер включается в цепь последовательно. Чёрный вход «СОМ» необходимо соединить с точкой наименьшего потенциала, а если производится измерение общего тока потребления схемы – то с заземленной точкой. Если во время измерения на приборе вообще нет показаний, необходимо поменять щупы местами.

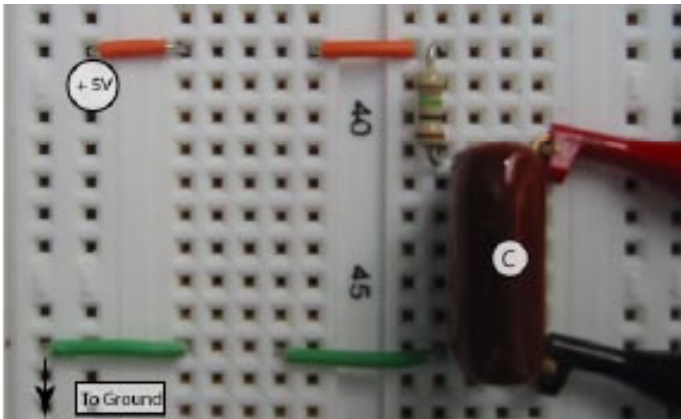
ИЗМЕРЕНИЕ ПЕРЕМЕННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ И СИЛЫ ТОКА

Для демонстрации измерения переменного во времени напряжения, рассмотрим следующий электрический контур (см. ниже). Он представляет собой RC-цепочку, составленную из резистора и конденсатора. При прикладывании напряжения к данному контуру, конденсатор начинает заряжаться в соответствии с законом Ома для переменного тока, разность потенциалов между обкладками конденсатора начинает возрастать, до тех пор, пока не выйдет на определённый уровень V_0 . Если электрический контур отключить от источника питания, то конденсатор начинает разряжаться, напряжение между обкладками конденсатора будет экспоненциально спадать до нуля. Время перезарядки конденсатора определяется постоянной времени $\tau = (R \times C)^{1/2}$.



Спроектируйте RC-цепочку на макетной плате NI ELVIS II. Питание +5 В и «землю», как и в предыдущем упражнении, возьмите с контактных полос +5V, GROUND (DC Power Supplies). Для

измерения переменной во времени составляющей напряжения и силы тока необходимо перевести виртуальный прибор в соответствующие режимы, нажав на кнопки  или . Далее необходимо воспользоваться контактными клеммами, одну из которых подсоединяем к разъему «COM» (земля), а другую либо к разъему «VΩ» (для измерения напряжения), либо к разъему «A» (для измерения тока) на боковой панели NI ELVIS II. В конечном счете, на макетной плате должно получиться что-то подобное:



Последовательно подключая и отключая RC-контур от источника питания +5 В, наблюдайте за изменением напряжения на обкладках конденсатора на экране виртуального прибора. Если изменения происходят очень быстро, и виртуальный прибор не успевает их зарегистрировать, нужно увеличить постоянную времени RC-цепочки.

Для этого необходимо заменить резистор или конденсатор на аналогичные элементы большего номинала. Также важно, чтобы мультиметр работал в режиме непрерывных измерений, то есть селектор **Acquisition Mode** виртуального прибора должен находиться в положении **Run Continuously**.

РАЗДЕЛ 1.2 ГЕНЕРАТОР СТАНДАРТНЫХ СИГНАЛОВ (FUNCTION GENERATOR – FGEN)

Генератор стандартных сигналов (или генератор функций) используется для генерации аналоговых сигналов наиболее распространенных типов (гармонический, прямоугольный, треугольный и т.д.). Использование генератора существенно облегчает процесс тестирования и калибровки схем. Этот прибор становится просто незаменимым, если нужно создать сигнал известной формы для работы со схемой. К примеру, необходимо собрать схему, состоящую из двух каскадов, - пусть это будут небольшой передатчик и приёмник. Работу решено начать с приёмника. Пока передатчик не готов, можно успешно заменить его сигнал при помощи генератора. Когда работа над первым каскадом будет завершена, можно будет приступить к проектированию передатчика, будучи уверенным, что приёмник работает как следует.

Большинство генераторов функций обеспечивают формирование трёх основных сигналов: синусоидального, треугольного и прямоугольного. Частоту этих сигналов можно менять обычно от единиц герц до десятков килогерц.

Генератор качающейся частоты («чирпированной» или «свирированной» частоты) также относится к классу генераторов специальных сигналов с дополнительными возможностями: он формирует гармонический сигнал, частота которого постоянно изменяется со временем. Такой сигнал помогает найти проблемные места схемы, чувствительные к изменениям частоты.

Чем же чревата повышенная чувствительность элементов схемы к изменениям частоты входного сигнала? Это грозит тем, что на определённых частотах схема сможет функционировать неправильно, ведь запланированная работа устройства обеспечивается на определённой рабочей частоте. Такое функционирование может оказаться критическим для некоторых устройств: например, радиоприёмник должен нормально функционировать в широком частотном диапазоне. Подавая на схему сигнал качающейся частоты, можно намного быстрее определить корректность работы схемы во всём диапазоне рабочих частот.

Частота сигнала может колебаться в предустановленном диапазоне: например от 100 Гц до 1 кГц или от 1 до 20 кГц. Чаще всего генераторы качающейся частоты находят применение при ремонте или настройке аудио- и видеотехники, где изменение частоты помогает быстро выявить неисправные узлы.

Генератор стандартных сигналов (**Function Generator – FGEN**), созданный на базе **NI ELVIS II**, является уникальным генератором функций, поскольку помимо способности генерировать наиболее используемые в радиотехнике типы сигналов, обладает встроенной опцией качающейся частоты.

В диалоговом окне **NI ELVISmx Instrument Launcher** необходимо выбрать иконку с названием **FGEN**, на экране появится окно **NI ELVISmx Function Generator**. Рассмотрим функциональность этого виртуального прибора.

В поле **Waveform Settings** имеется возможность изменения следующих параметров:



Sine Wave – гармоническая форма генерируемого сигнала.



Triangle Wave – треугольная форма генерируемого сигнала.



Square Wave – прямоугольная форма генерируемого сигнала.

Frequency – частота выходного сигнала. Существует возможность устанавливать значение частоты с клавиатуры в поле под круговой ручкой (**Knob**), отвечающей за изменение частоты. Значение по умолчанию – **100 Гц**.

Amplitude – значение амплитуды сигнала (полного размаха колебаний от максимума до минимума генерируемого сигнала). Есть возможность устанавливать значение амплитуды с клавиатуры в поле под круговой ручкой (**Knob**), отвечающей за изменение амплитуды. Значение по умолчанию **1 В**.

DC Offset – сдвиг постоянной составляющей генерируемого сигнала. Можно устанавливать значение постоянной составляющей с клавиатуры в поле под круговой ручкой (**Knob**), отвечающей за её изменение. Значение по умолчанию **0 В**.

Duty Cycle – коэффициент заполнения (процентное соотношение длительности импульса к периоду повторения импульсов). Этот элемент управления доступен только в случае выбора прямоугольного типа генерируемого сигнала. Значение по умолчанию **50%**.

Modulation Type – тип модуляции генерируемого сигнала (AM – амплитудная модуляция, FM – частотная модуляция). Значение по умолчанию – None (т.е. генерируемый сигнал не модулирован).

В поле настроек генератора качающейся частоты **Sweep Settings** имеется возможность управления следующими параметрами:

Start Frequency – нижняя граница диапазона частот генерируемого сигнала. Значение по умолчанию **100 Гц**.

Stop Frequency – верхняя граница диапазона частот генерируемого сигнала. Значение по умолчанию **1000 Гц**.

Step – шаг изменения частоты при сканировании в выбранном диапазоне частот. Значение по умолчанию **100 Гц**.

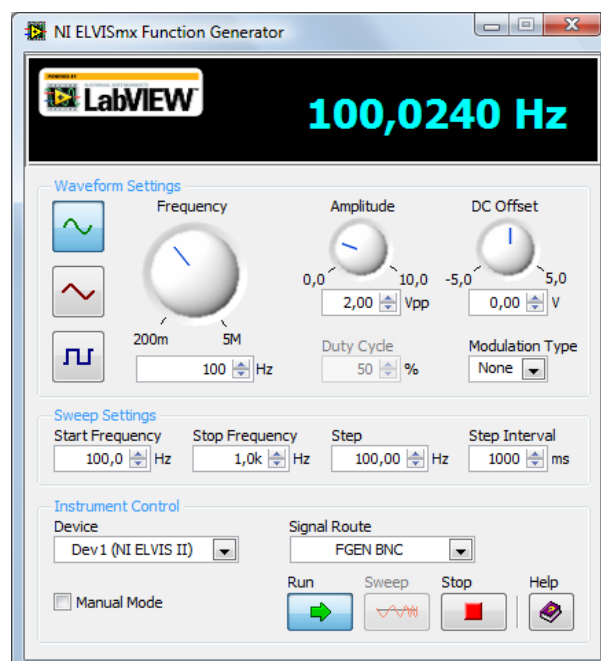
Step Interval – временной интервал между последовательными изменениями частоты генерируемого сигнала. Значение по умолчанию **1000 мс**.

Также существует возможность выбрать тип вывода генерируемого сигнала (**Signal Route**): на макетную плату (**Prototyping board**) или на BNC разъёмы с надписью «FGEN» на боковой панели NI ELVIS (**FGEN BNC**).

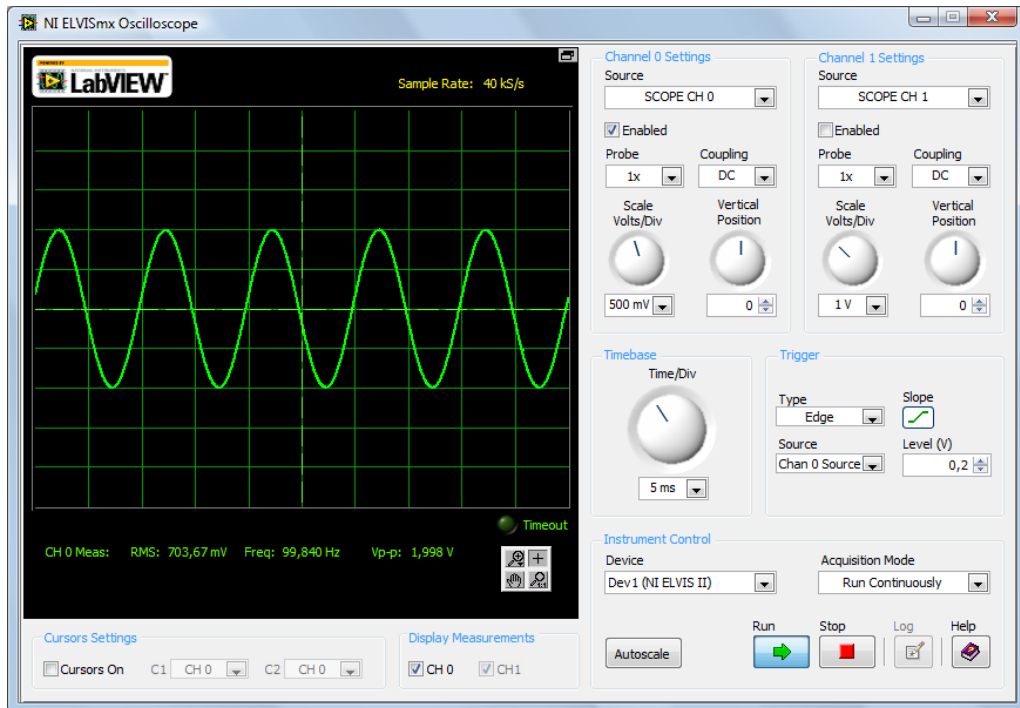
Работу генератора стандартных сигналов ВП **NI ELVISmx Function Generator** проще всего проверить с помощью осциллографа. Для этого запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, выберите иконку с надписью **Scope**, на экране появится лицевая панель ВП **NI ELVISmx Oscilloscope**. На лицевой панели ВП **NI ELVISmx Oscilloscope** установите в качестве источника сигнала по первому каналу **Channel 0 SCOPE CH 0**, а второй канал **Channel 1** сделайте неактивным (в поле **Channel 1 Settings** уберите галочку напротив надписи **Enable**). В случае если генерируемый сигнал выводится на BNC разъем (**Signal Route -> FGEN BNC**), соедините BNC разъем **SCOPE CH 0**, располагающийся на боковой панели **NI ELVIS II**, BNC кабелем с выходом **FGEN 10V Max**, располагающийся также на боковой панели **NI ELVIS II**. В случае если генерируемый сигнал выводится на макетную плату (**Signal Route -> Prototyping board**), соедините BNC разъем **SCOPE CH 0**, располагающийся на боковой панели **NI ELVIS II**, BNC кабелем с входом **BNC 1**, располагающийся ниже разъёма **BANANA D**. При этом для анализа генерируемого сигнала по первому каналу **SCOPE CH 0** необходимо соединить контактный разъем **FGEN**, располагающийся на макетной плате **NI ELVIS II**, с **BNC 1+**, а **BNC 1-** соединить с любым контактным разъемом **GROUND** на макетной плате (их всего два).

Пусть для примера генерируемый сигнал выводится на BNC разъем **FGEN BNC**, располагающийся на боковой панели **NI ELVIS II**.

Сгенерируем с помощью ВП **NI ELVISmx Function Generator** гармонический немодулированный сигнал с частотой 100 Гц и амплитудой 2 В. В этом случае настройки лицевой панели ВП **NI ELVISmx Function Generator** должны быть следующими:

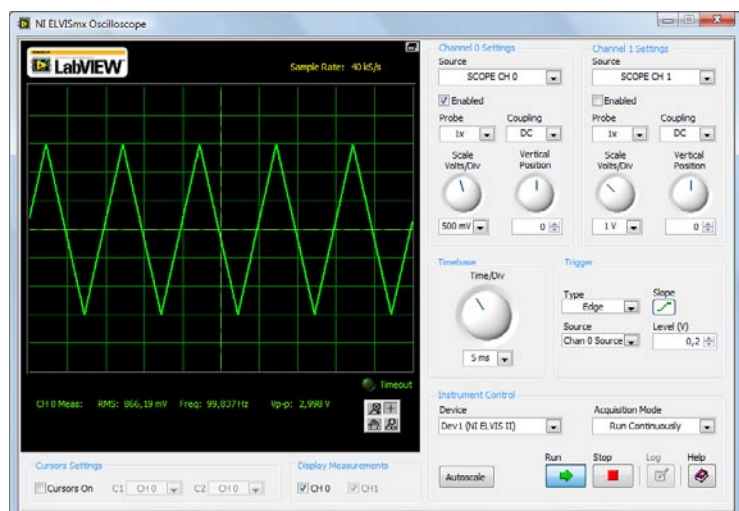
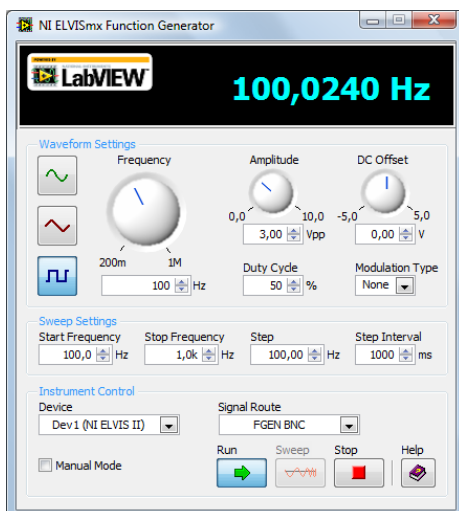


Устанавливаем на лицевой панели ВП NI ELVISmx Oscilloscope в поле **Trigger** режим аналогового триггеринга **Edge Chan 0 Source**. Если всё сделано правильно, то на экране ВП NI ELVISmx Oscilloscope должен отображаться генерируемый сигнал.



Обратите внимание, что на экране под осциллограммой, напротив метки **CH 0 Meas** в качестве измеряемых по первому каналу осциллографа **CH 0** величин присутствуют частота **Freq** и амплитуда **Vp-p** сигнала, генерируемого с помощью ВП NI ELVISmx Function Generator. Измеряемые значения частоты и амплитуды сигнала соответствуют значениям частоты и амплитуды генерируемого сигнала, задаваемым с лицевой панели ВП NI ELVISmx Function Generator.

Изменяя типы генерируемых сигналов (гармонический, треугольный и прямоугольный), а также параметры генерируемого сигнала (частоту, амплитуду), наблюдаем за этими изменениями на осциллографе.



Частоту и амплитуду гармонического сигнала можно изменять в ручном режиме с помощью ручек на лицевой панели **NI ELVIS II**, расположенных в правом нижнем углу с пометкой **FUNCTION GENERATOR, MANUAL MODE**. Для того чтобы перевести работу этого виртуального прибора в ручной режим необходимо в диалоговом окне **NI ELVISmx Function Generator** внизу отметить пункт **Manual Mode**. Кроме того, прибор дает возможность регулировать постоянную составляющую сигнала, осуществлять развертку сигнала по частоте, формировать сигналы с амплитудной (АМ) и частотной (ЧМ) модуляцией.

РАЗДЕЛ 1.3 АНАЛИЗАТОР ИМПЕДАНСА (IMPEDANCE ANALYZER)

Импедансом называется комплексная величина, равная отношению комплексного значения напряжения на элементе к комплексной величине силы тока, протекающего через элемент. В частном случае идеального резистора импеданс является действительной величиной и равен его сопротивлению. В случае идеального конденсатора его сопротивление равно бесконечности, поскольку постоянный ток не течет через емкость. Сопротивление идеальной катушки индуктивности должно быть равно нулю.

Ситуация сильно изменяется, если рассматривать прохождение через цепь переменного электрического тока, когда проявляются так называемые «реактивные» свойства элементов: падение напряжения на идеальной катушке индуктивности уже перестает быть равным нулю, а конденсатор начинает пропускать переменный электрический ток. В этом случае удобно оперировать с понятием импеданса элементов, которое всегда связывает ток и напряжение на них подобно сопротивлению.

Как уже было сказано, импеданс резистора является действительной величиной равной его сопротивлению. Он может быть представлен на двумерной плоскости как отрезок, отложенный вдоль оси X , часто называемый реальной составляющей. Для идеальной ёмкости импеданс X_C является мнимой величиной, зависящей от частоты переменного тока, и может быть представлен на двумерной плоскости как отрезок вдоль оси Y (реактивная составляющая). Математически, реактивная составляющая ёмкости может быть представлена в следующем виде (ω – угловая частота электрического тока (измеряемая в рад/сек), C – емкость конденсатора и i – мнимая единица):

$$X_C = 1/(i \times \omega \times C)$$

Импеданс идеальной катушки индуктивности может быть представлен в следующем виде (L – индуктивность катушки):

$$X_L = i \times \omega \times L$$

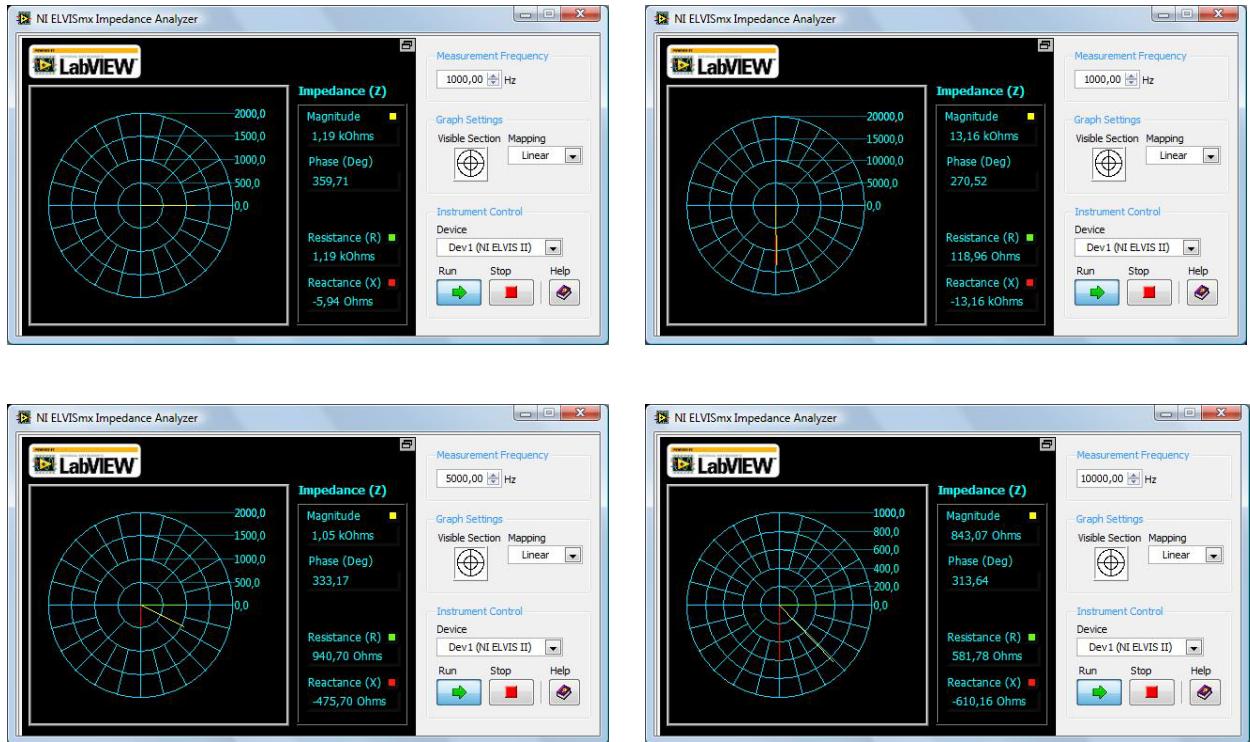
Импеданс RLC-контура является последовательной суммой импедансов всех компонент:

$$Z_{RC} = R + X_C + X_L = R + i \times (\omega \times L - 1/(\omega \times C))$$

С другой стороны это может быть представлено как вектор в полярных координатах с амплитудой $A = (R^2 + X_C^2 + X_L^2)^{1/2}$ и фазой $\theta = \text{tg}^{-1}((X_C + X_L)/R)$.

Резистор в полярных координатах представляет собой вектор, направленный вдоль действительной оси X . Ёмкость в полярных координатах представляет собой вектор, направленный вдоль отрицательного направления мнимой оси Y . Индуктивность в полярных координатах представляет собой вектор, направленный вдоль положительного направления мнимой оси Y .

Для демонстрации поведения такого вектора на полярной плоскости в реальном времени выберете в диалоговом окне **NI ELVISmx Instrument Launcher** иконку с названием **Imped.** На экране появится лицевая панель ВП **NI ELVISmx Impedance Analyzer**.



На макетной плате **NI ELVIS II** найдите контактную полосу соответствующую **Impedance Analyzer** и установите резистор в контактные разъёмы напротив меток **DUT+** и **DUT-**. Удостоверьтесь в том, что резистивное сопротивление в полярных координатах имеет только действительную составляющую, а фаза равна нулю. Далее к тем же самым контактным разъёмам подсоедините ёмкость. Удостоверьтесь в том, что у неё отсутствует действительная составляющая и вектор импеданса направлен вдоль отрицательного направления мнимой оси, а фаза равна либо 270, либо -90 градусам. Проведите аналогичные измерения импеданса катушки индуктивности.

Регулируя параметр **Measurement Frequency** наблюдайте уменьшение реактивной составляющей (длины вектора импеданса) при увеличении частоты переменного электрического тока в случае с ёмкостью и увеличение реактивной составляющей при увеличении частоты тока в случае с индуктивностью.

Теперь измерьте импеданс цепочек из последовательно соединённых резистора, ёмкости и индуктивности. Такой электрический контур имеет как действительную, так и мнимую составляющие импеданса. Изменяя частоту переменного электрического тока, наблюдайте за движением вектора импеданса на полярной плоскости.

Регулируя частоту, добейтесь того, чтобы реактивная и резистивная компоненты импеданса сравнялись. При таком значении частоты, фаза равна 45 градусам, а комплексная амплитуда $A=R/\sqrt{2}$.



Замечание. Будьте внимательны, чтобы электрический контур не был подсоединён к «земле».

РАЗДЕЛ 1.4 РЕГУЛИРУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ (VARIABLE POWER SUPPLIES).

С развитием электронной аппаратуры и усложнением автоматических систем управления потребовались источники и целые системы электропитания с возможностью регулирования (изменения) выходных параметров в широких пределах. Мощность таких систем может быть от сотен милливатт до сотен киловатт.

В настоящее время проектирование источников питания с фиксированными выходными параметрами не составляет особого труда. Как правило, такие источники питания строятся на базе широко известных принципиальных электрических схем.

В маломощных и импульсных преобразователях средней мощности питание схемы управления обычно организуется через дополнительную обмотку трансформатора, которая рассчитывается на основании величины выходного напряжения или тока. Поэтому иногда возникают сложности с поддержанием заданных параметров на холостом ходу. Эту проблему научились решать следующим образом: либо используют дополнительный источник питания схемы управления, либо устанавливают на выходе источника дополнительную нагрузку (балластный резистор). В последнем случае это приводит к ухудшению КПД блока питания, но зато снижается стоимость блока.

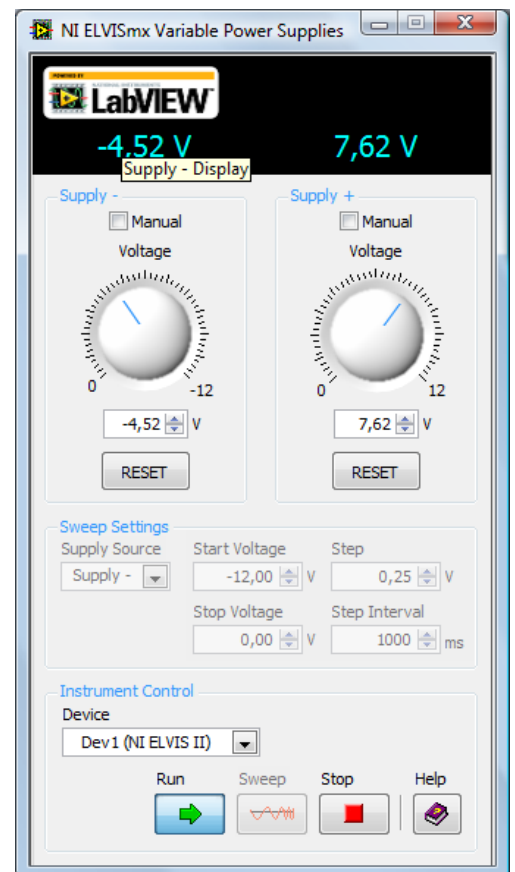
Регулируемый источник питания обеспечивает выходное напряжение в определённом диапазоне значений (обычно от 0 и до 20 В). В дополнение к величинам выходных напряжений обязательно также знать допустимую токовую нагрузку блока питания. Чем она больше, тем больше мощных схем может быть одновременно подключено к этому источнику.

На базе **NI ELVIS II** реализован регулируемый источник питания с возможностью варьировать напряжение в пределах от 0 до 12 В в случае положительной полярности генерируемого сигнала и от -12 до 0 В в случае отрицательной полярности генерируемого сигнала. Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, выберите кнопку с надписью **VPS**. На экране появится лицевая панель ВП **NI ELVISmx Variable Power Supplies**.

Опишем функциональность данного виртуального прибора.

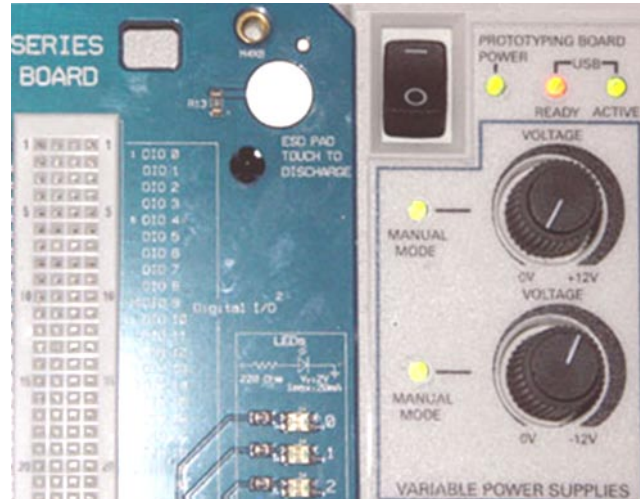
Supply- Display – значение генерируемого отрицательного напряжения питания

Supply+ Display – значение генерируемого



напряжения питания положительной полярности.


Manual mode – переключение источников питания в режим ручного управления с помощью ручек на панели блока **NI ELVIS II**. При установке ручного режима управления на панели загораются индикаторы **Manual Mode**.



Measure Supply Outputs – перенаправляет выходы источника питания на аналоговый вход по внутренним контактным линиям для считывания и отображения величин устанавливаемого напряжения. В этот момент нельзя запустить никакой другой виртуальный прибор, использующий аналоговые линии. Этот элемент управления доступен в том случае, когда источник питания находится в ручном режиме управления (**Manual mode**).

Supply-/Supply+ Voltage – уровень выходного напряжения питания отрицательной/положительной полярности. Имеется возможность устанавливать значение выходного напряжения питания с клавиатуры в поле под круговой ручкой (**Knob**), отвечающей за её изменение.

RESET – установка нулевого уровня напряжения на выходе каналов **Supply+/Supply- (0 V)**.

Если включить режим изменения напряжения источника питания со временем, нажав на кнопку , становятся доступны следующие настройки режима **Sweep Settings**:

Start Voltage – начальное значение напряжения питания.

Stop Voltage – конечное значение напряжения питания.

Step – шаг изменения напряжения.

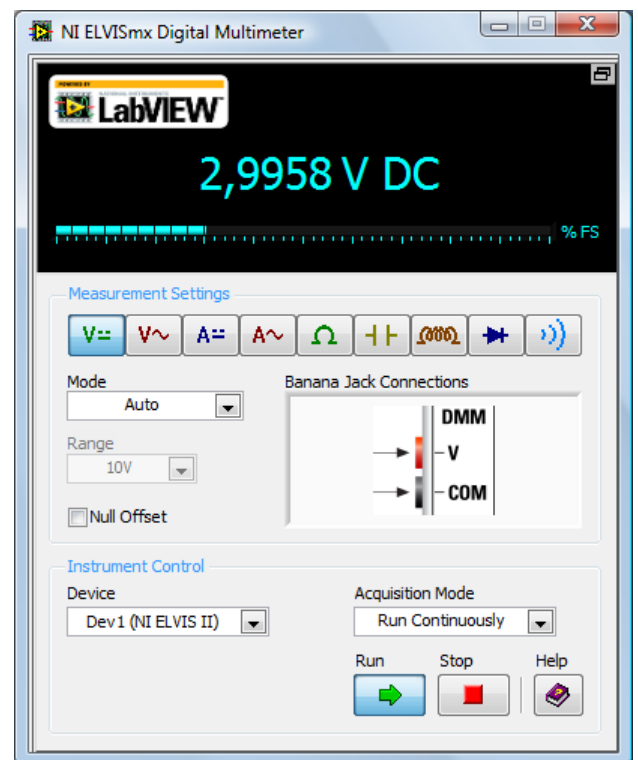
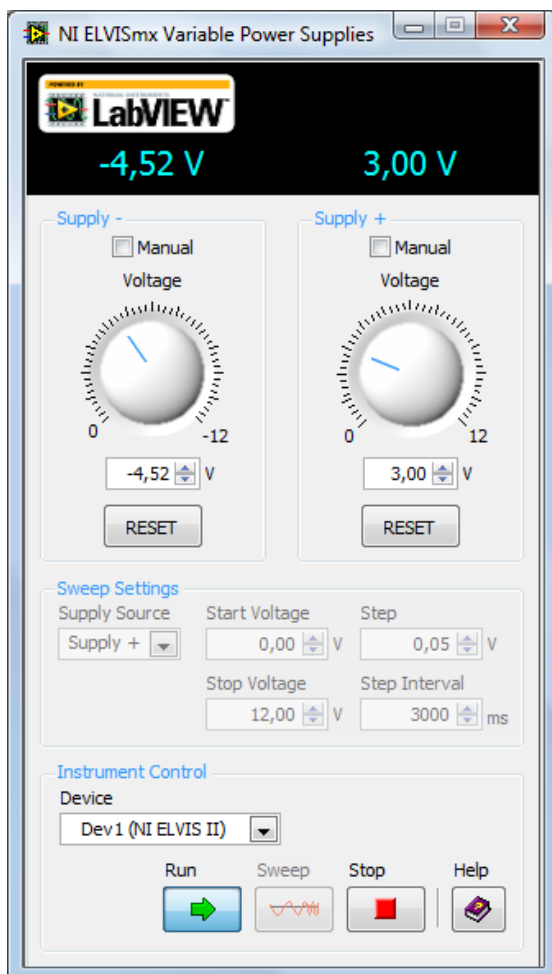
Step Interval – временной интервал между последовательными изменениями уровня генерируемого напряжения питания.


УПРАЖНЕНИЕ «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПА И ФОРМЫ СИГНАЛА НА ВЫХОДЕ РЕГУЛИРУЕМОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ»

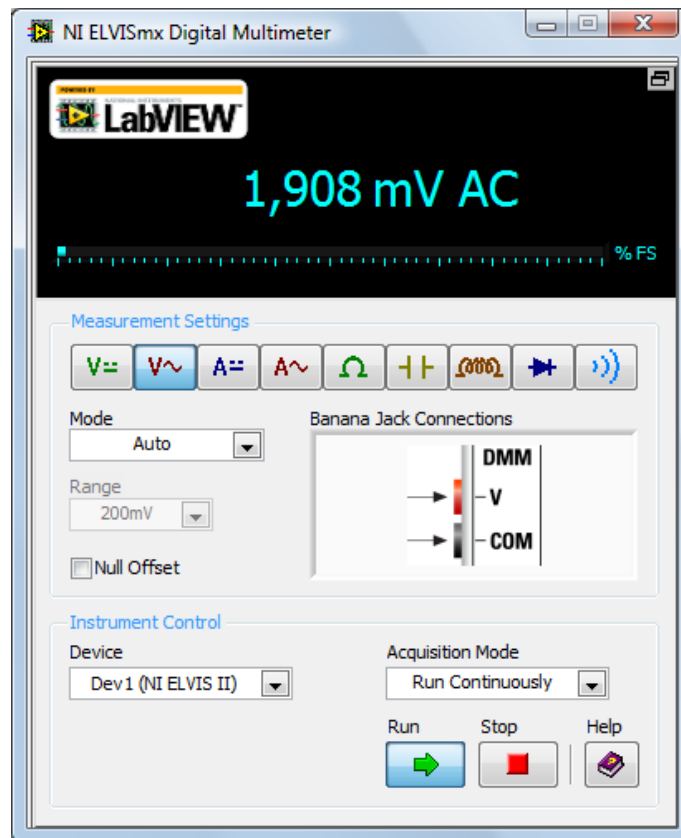
Цель задачи – определение параметров напряжения на выходе регулируемого источника питания. Для начала попытаемся измерить временную форму сигнала. Это можно сделать двумя простыми способами.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОГО МУЛЬТИМЕТРА (DMM)

Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, выберите иконку с надписью **DMM**. На экране появится лицевая панель ВП **NI ELVISmx Digital Multimeter**. Для измерения постоянной составляющей напряжения необходимо перевести виртуальный прибор в соответствующий режим, нажав на кнопку **V=**. Соедините контактный разъем **SUPPLY +** с разъемом «**VΩ**» на боковой панели **NI ELVIS II**, а разъем **GROUND** – с «**COM**» на боковой панели **NI ELVIS II**. Теперь запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher** и с помощью кнопки **VPS** запустите прибор управления источниками питания. Установите уровень выходного напряжения питания положительной полярности, например, +3 В. Наблюдайте за результатами измерения постоянной составляющей напряжения с помощью мультиметра.



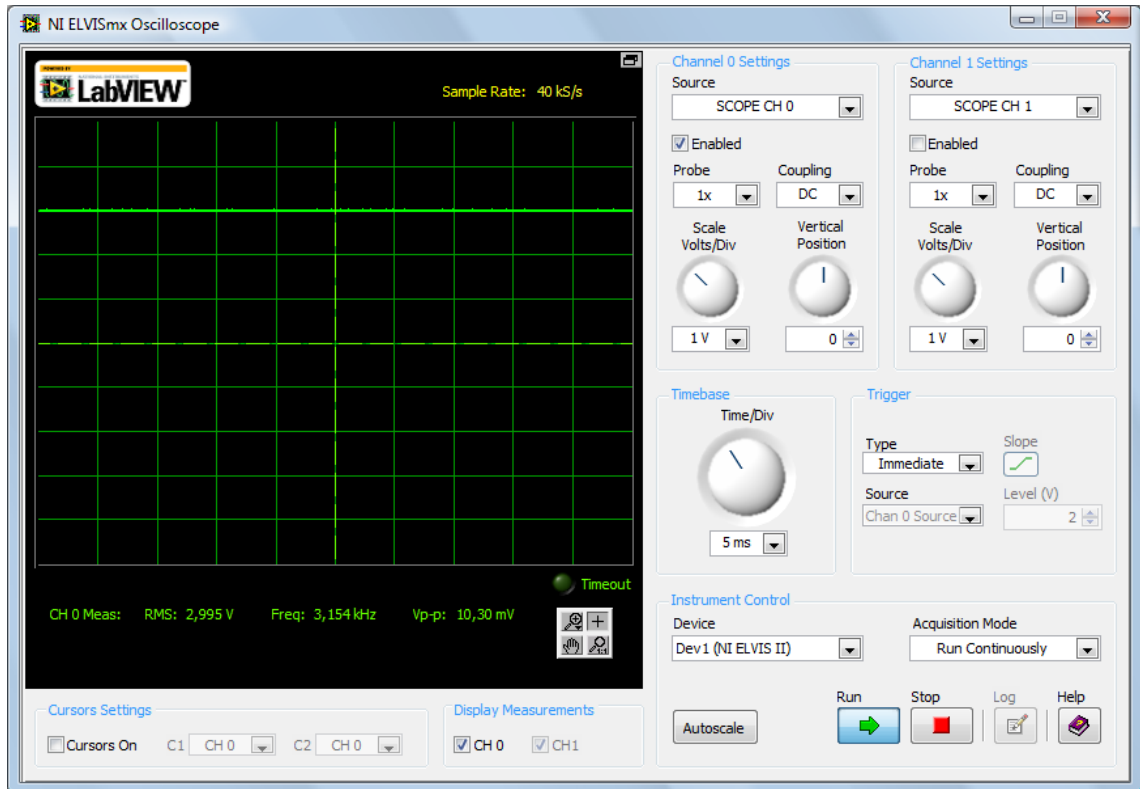
Переведите ВП **NI ELVISmx Digital Multimeter** в режим непрерывного измерения переменного напряжения, нажав на кнопку . Вы должны увидеть следующее:



ВОПРОС: Какие выводы можно сделать на основании полученных результатов?

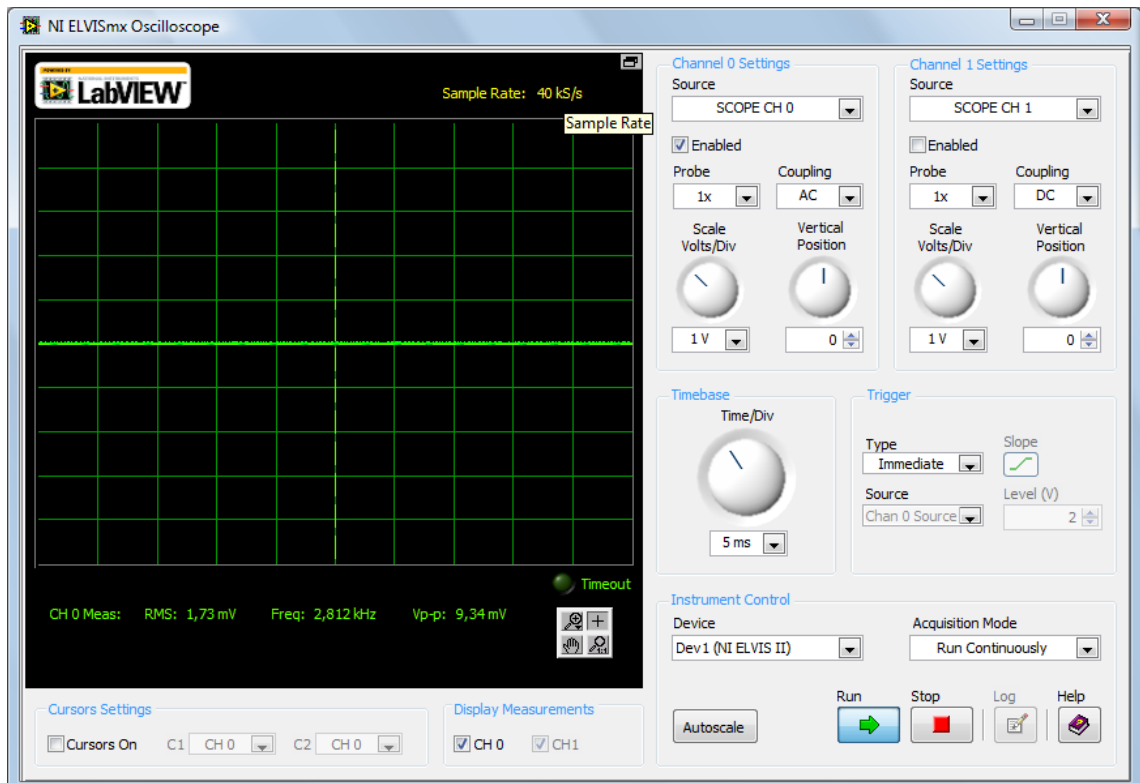
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСЦИЛЛОГРАФА (SCOPE)

Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, нажмите на кнопку с надписью **Scope**. На экране появится лицевая панель виртуального прибора **NI ELVISmx Oscilloscope**. На лицевой панели ВП **NI ELVISmx Oscilloscope** установите в качестве источника сигнала по первому каналу **Channel 0 SCOPE CH 0**, а второй канал **Channel 1** сделайте неактивным (в поле **Channel 1 Settings** уберите выставленную галочку напротив надписи **Enable**). BNC разъём **SCOPE CH 0**, располагающийся на боковой панели **NI ELVIS II**, необходимо соединить BNC кабелем со входом **BNC 1**. Соединяем, например, контактный разъём **SUPPLY +** с контактным разъёмом **BNC 1+**, **BNC 1 –** с **GROUND**. Тип триггеринга установите **Immediate**. В поле **Coupling** должен быть выбран режим измерения напряжения без фильтрации постоянной компоненты **DC (Direct Current)**. Теперь, запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, запустите виртуальный прибор с надписью **VPS**. На экране появится лицевая панель регулируемого источника питания ВП **NI ELVISmx Variable Power Supplies**. Установите уровень выходного напряжения питания положительной полярности величиной 3 В. Наблюдайте за результатами измерения.



Обратите внимание на значение **RMS** на дисплее ВП NI ELVISmx Oscilloscope.


Теперь, в поле **Coupling** выберите режим фильтрации постоянной составляющей напряжения **AC (Alternating Current)**.



ВОПРОС: Какие выводы можно сделать из полученных результатов?

УПРАЖНЕНИЕ «ИЗМЕРЕНИЕ ВОЛЬТАМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВУХПОЛЮСНИКА»

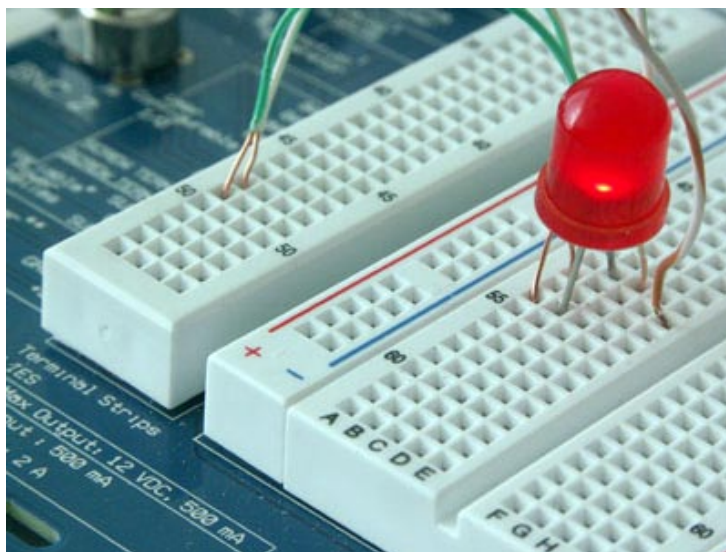
В качестве двухполюсника в этом упражнении будем использовать красный светодиод. Вольтамперная характеристика двухполюсника представляет собой зависимость силы тока, проходящего через двухполюсник, от разности потенциалов (напряжения), прикладываемого к нему. Ток, протекающий через светодиод, может быть измерен с помощью цифрового мультиметра, а напряжение на светодиод будет подаваться от регулируемого источника питания.

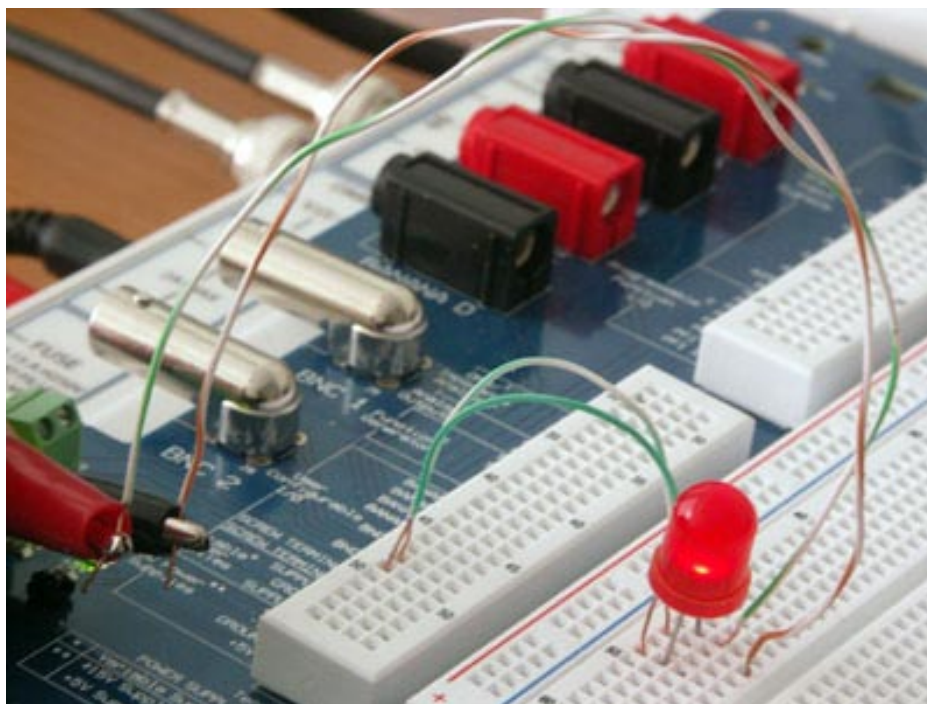
Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher** и загрузите цифровой мультиметр (**DMM**). Переведите мультиметр в режим измерения постоянного тока, нажав на кнопку . Далее необходимо воспользоваться контактными клеммами, одну из которых подсоединяем на боковой панели **NI ELVIS II** к «**COM**» (земля), а другую к «**A**». Находим на макетной плате **NI ELVIS II** контактные выходы, отвечающие за регулируемый источник питания (**Variable Power Supplies**).



Замечание. Для измерения тока через двухполюсник надо помнить, что цифровой мультиметр необходимо включить в цепь последовательно с регулируемым источником питания, так как для измерения тока нужно, чтобы ток протекал через регистрирующий прибор.

Таким образом, для измерения тока через светодиод соединяем контактный разъём **SUPPLY +** с контактной клеммой «**COM**», а катод светодиода с контактной клеммой «**A**». Контактным разъём **GROUND** следует соединить с анодом светодиода.





Запустите лицевую панель регулируемого источника питания (**NI ELVISmx Instrument Launcher** -> **VPS**). Настроим автоматическое изменение напряжения питания со временем, для этого в поле **Sweep Settings** устанавливаем следующие параметры:

Supply Source	Supply+
Start Voltage	0,00 V
Stop Voltage	2 V
Step	0,05 V
Step Interval	5000 мс

Для получения вольт-амперной характеристики светодиода необходимо после запуска источника питания (по нажатию на кнопку **Sweep**) последовательно записывать для каждого значения напряжения значение силы тока, измеряемого цифровым мультиметром.

ВОПРОС: Можно ли, используя получившиеся результаты, определить пороговое значение напряжения для свечения красного светодиода? Соответствует ли оно значению, полученному в разделе 1.6 в подразделе «Двухполюсники»? Чему соответствует напряжение, при котором загорается светодиод?



Замечание. Важно всегда помнить, что максимально возможный ток для большинства светодиодов составляет 50-100 мА. Поэтому особое внимание необходимо уделять расчёту максимального напряжения питания – **Stop Voltage**, в противном случае это приведёт к выходу светодиода из строя.

РАЗДЕЛ 1.5 АНАЛИЗАТОР СПЕКТРА (DYNAMIC SIGNAL ANALYZER)

Анализатор спектра — прибор для наблюдения и измерения относительного распределения энергии электромагнитных колебаний в полосе частот. Основными характеристиками анализаторов спектра являются: диапазон анализируемых частот, разрешение по частоте и амплитуде, тип измерений (параллельный или последовательный) и тип проводимого анализа (скалярный или векторный). Скалярные анализаторы дают информацию только об амплитудах гармонических составляющих спектра, а векторные предоставляют также информацию и о фазовых соотношениях.

Анализатор спектра позволяет определить амплитуду и частоту спектральных компонент, входящих в состав анализируемого процесса. Важнейшей его характеристикой является *разрешающая способность*: наименьший интервал Δf по частоте между двумя спектральными линиями, которые ещё разрешаются анализатором спектра. Анализатор спектра может дать истинный спектр только тогда, когда анализируемое колебание $x(t)$ периодически, либо существует только в пределах временного интервала проведения измерений T . При анализе временных процессов анализатор спектра даёт не истинный спектр

$$S(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-i\omega t} dt ,$$

а его оценку

$$S_T(t_1, \omega) = \int_{t_1}^{t_1+T} x(t)e^{-i\omega t} dt ,$$

зависящую от времени включения t_1 и времени анализа T . Так как спектр колебания может в общем случае изменяться во времени, то оценка $S_T(t_1, \omega)$ даёт т. н. текущий спектр.

Гетеродин — маломощный генератор электрических колебаний, применяемый для преобразования частот сигнала в супергетеродинных радиоприёмниках, волномерах и пр. Гетеродин создаёт колебания вспомогательной частоты, которые в блоке смесителя смешиваются с поступающими извне колебаниями высокой частоты. В результате смешения двух частот, входной и гетеродина, образуются ещё две частоты (суммарная и разностная). Разностная частота (при амплитудной модуляции постоянная) используется как промежуточная частота, на которой происходит основное усиление сигнала.

Частоты на выходе смесителя в различных супергетеродинах могут отличаться в зависимости от диапазона их работы, но есть ряд стандартных частот, широко применяемых в радиоприемных устройствах. К примеру, в Европе используется 465 кГц (для Японии и США - 455 кГц) в качестве I либо II промежуточной частоты большинства супергетеродинных радиоприёмников.

К гетеродинам устанавливаются высокие требования по стабильности частоты и амплитудам гармонических колебаний. В ряде случаев гетеродин может подстраиваться с помощью системы автоматической подстройки частоты.

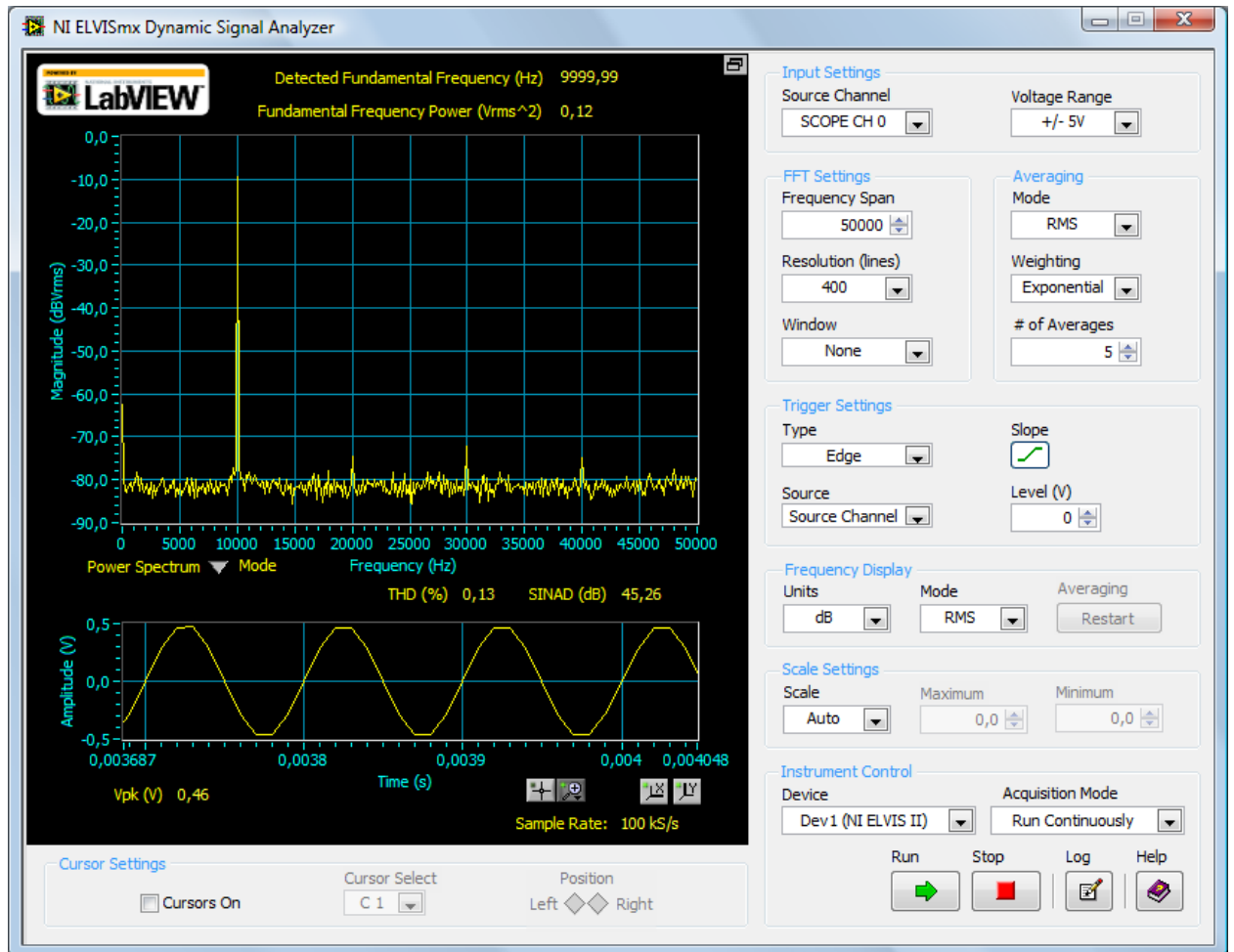
Анализаторы последовательного типа являются наиболее распространенным видом анализаторов для исследования радиосигналов, принцип их действия состоит в сканировании полосы частот с помощью перестраиваемого **гетеродина**. Составляющие спектра последовательно переносятся на промежуточную частоту. Перестройка частоты гетеродина эквивалентна перемещению спектра исследуемого сигнала. Селективный электронный усилитель промежуточной частоты последовательно выделяет составляющие спектра, и, благодаря синхронной развёртке осциллографического индикатора, отклики каждой спектральной составляющей последовательно воспроизводятся на его экране.

Анализаторы параллельного типа содержат набор идентичных узкополосных фильтров (высокодобротных резонаторов), каждый из которых настроен на определенную частоту (в области низкочастотных измерений фильтры могут иметь одинаковой не абсолютную полосу пропускания, а относительный частотный интервал, например, «третьоктавные фильтры»). При одновременном воздействии исследуемого сигнала на все фильтры каждый из них выделяет соответствующую его настройке составляющую спектра. Параллельный анализатор спектра имеет перед последовательным преимущество в скорости анализа, однако уступает ему в простоте.

Более подробно остановимся на **цифровых анализаторах спектра**. **Цифровые анализаторы** могут быть построены двумя способами. В первом случае это обычный анализатор последовательного типа, в котором измерительная информация, полученная методом сканирования полосы частот с помощью гетеродина, оцифровывается с помощью АЦП и, далее, обрабатывается цифровым методом. Во втором случае реализуется цифровой эквивалент параллельного типа в виде БПФ-анализатора, который вычисляет спектр с помощью алгоритмов быстрого преобразования Фурье (БПФ). По сравнению с последовательными цифровые параллельные БПФ-анализаторы обладают определёнными преимуществами: более высоким разрешением и скоростью работы, возможностью анализа импульсных и однократных сигналов. Они способны вычислять не только амплитудный, но и фазовый спектры, а также одновременно представлять сигналы во временной и частотной областях. К сожалению, параллельные БПФ-анализаторы из-за ограниченных возможностей аналого-цифровых преобразователей (АЦП) работают только на относительно низких частотах.

Рассмотрим анализатор спектра, созданный на базе **NI ELVIS II**. Он относится к цифровым анализаторам параллельного типа в виде БПФ-анализатора, который вычисляет спектр с помощью алгоритмов быстрого преобразования Фурье (БПФ). Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, загрузите анализатор спектра (**DSA**). На экране появится лицевая

панель виртуального прибора NI ELVISmx Dynamic Signal Analyzer. Рассмотрим функциональность данного виртуального прибора.



Frequency Domain Display – частотное представление временной развёртки сигнала. Надо понимать, что частотное представление сигнала получается из временного представления с помощью алгоритма Фурье-преобразования.

Time Domain Display – временное представление сигнала.

Detected Fundamental Frequency – измеренная основная частота сигнала, полученная в результате сканирования частотного диапазона и использования анализа гармоник. Результат выражается в Гц.

Fundamental Frequency Power – расчетная мощность пика основной частоты на промежутке, включающем в себя три частотные линии. Результат отображается в единицах, устанавливаемых пользователем.

Display Mode – установка режима отображения спектра на экране: спектральная мощность (**Power Spectrum**) или спектральная плотность мощности (**Power Spectral Density**).

THD (%) – суммарное значение коэффициента нелинейных искажений **Total Harmonic Distortion** выше максимальной гармоники в спектре.

SINAD (dB) – отношение полного сигнала к полному уровню помех (т.е. отношение суммы сигнала, шума и искажений к суммарному уровню шума и искажений). Результат выражается в дБ.

Vpk (V) – разница между максимальным и минимальным уровнем измеряемого напряжения во временном представлении.

Sample Rate (kS/s) – частота оцифровки (дискретизации) одного канала осциллографа. Полная частота оцифровки вычисляется умножением частоты оцифровки одного канала на два (число каналов).

В разделе **Input Settings** элемент управления **Source Channel** отображает источник измеряемого сигнала. В качестве источника сигнала могут выступить BNC разъёмы **SCOPE CH 0** и **SCOPE CH 1** на боковой панели **NI ELVIS II** и аналоговые линии **AI <0..7>**. Элемент управления **Voltage Range** определяет диапазон напряжений входного анализируемого сигнала.

В поле **FFT Settings** есть возможность изменения следующих параметров:

Frequency Span – верхняя граница частотного диапазона измерений. Нижняя граница соответствует 0 Гц.

Resolution (lines) – длина временного интервала и число полученных точек.

Window – тип используемого временного окна. Фурье-преобразование непрерывного сигнала выполнить невозможно. Поэтому сигнал во временной области разбивается на фиксированные временные интервалы. Использование временных окон различных типов позволяет плавно увеличить/уменьшить амплитуду сигнала в начале и конце временного интервала. Это помогает уменьшить амплитуду высокочастотных гармоник, связанных с резким началом и концом выборки.

В разделе установок усреднения **Averaging** используются следующие параметры:

Mode – режим усреднения.

of Averages – количество усреднений.

В разделе синхронизации **Trigger Settings** используются следующие параметры:

Type – тип сигнала синхронизации начала сбора данных. Значение по умолчанию **Immediate**, что соответствует отсутствию внешней синхронизации.

Source – источник внешней синхронизации начала сбора данных.

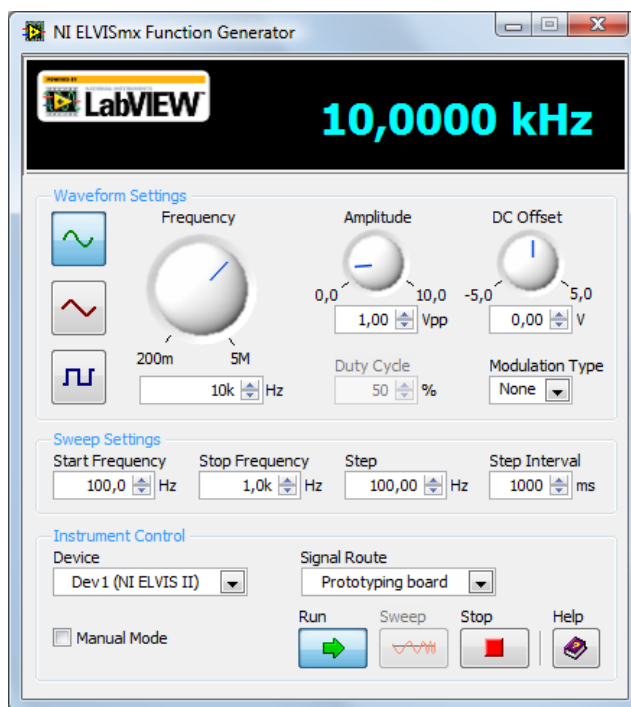
Level (V) – уровень напряжения аналогового сигнала синхронизации, при котором начинается сбор данных.

Slope – тип синхронизации по возрастающему или по спадающему фронту аналогового или цифрового сигнала синхронизации.


Методика использования анализатора спектра ВП **NI ELVISmx Dynamic Signal Analyzer** приведена в разделе 1.7: упражнение «Анализ сигнала произвольной формы с помощью осциллографа и спектроанализатора».

УПРАЖНЕНИЕ «ЭФФЕКТ НАЛОЖЕНИЯ ЧАСТОТ»

В данном упражнении будет исследоваться эффект наложения спектров, когда частота дискретизации анализатора спектра меньше удвоенной максимальной частоты спектра анализируемого сигнала. К чему это приводит?



В качестве анализируемых используются два вида сигналов: синусоидальный и прямоугольный. Для генерации данных сигналов можно воспользоваться генератором стандартных сигналов, входящим в стандартный комплект ПО **NI ELVIS II**. Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, загрузите генератор стандартных сигналов (**FGEN**). Сначала в качестве генерируемого сигнала выберите синусоидальный сигнал, нажав на лицевой панели ВП **NI ELVISmx**

Function Generator на кнопку . Установите частоту генерируемого синусоидального сигнала **10 кГц**.

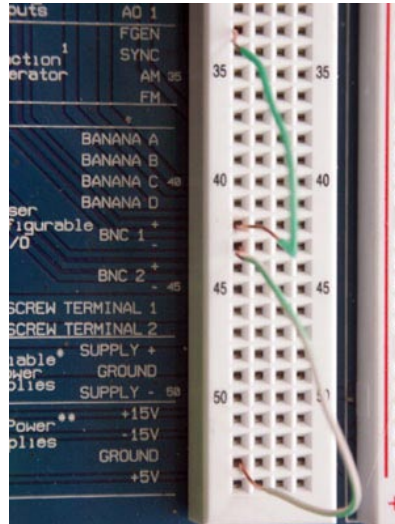
Селектор **Signal Route** установите в положение **Prototyping board** (использование макетной платы) и нажмите **Run** для начала генерирования сигнала.

Для анализа спектра генерируемого сигнала с помощью ВП **NI ELVISmx Function Generator** воспользуйтесь анализатором спектра. Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, загрузите анализатор спектра (**DSA**). На экране появится лицевая панель ВП **NI ELVISmx Dynamic Signal Analyzer**.

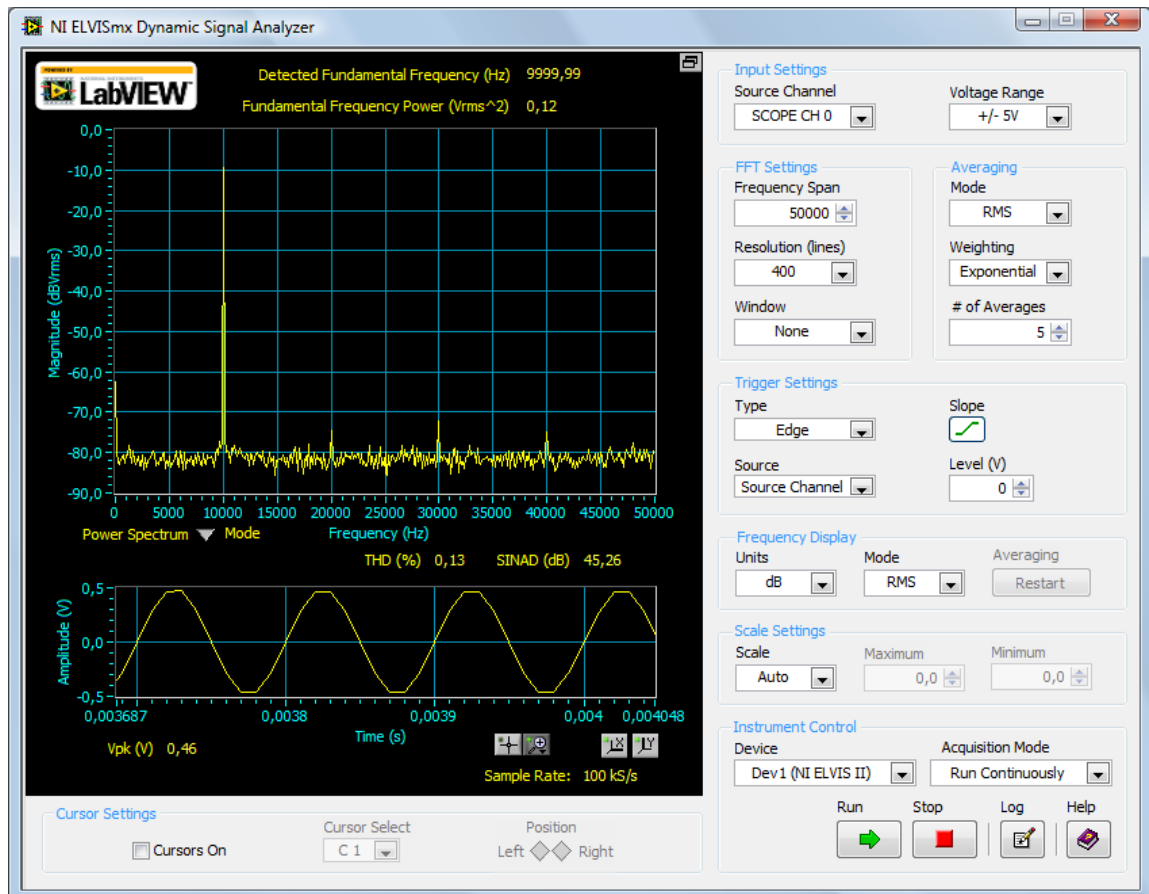
В качестве источника входных данных установите BNC выход **SCOPE CH0** на боковой панели **NI ELVIS II**. Значение **Frequency Span** установите на **50000 Гц**. Значение **Resolution (lines)** пусть будет равно **400**. В поле **Trigger Settings** выберите синхронизацию по

аналоговому сигналу **Edge** по каналу **SCOPE CH 0**, т.е. в поле **Source** выберите **Source Channel**, а уровень срабатывания синхронизации **Level** установите на **0 В**.

BNC разъём **SCOPE CH 0**, располагающийся на боковой панели **NI ELVIS II**, соедините BNC кабелем с входом **BNC 1**. Соедините контактный разъём **FGEN (Function Generators)** с контактным разъёмом **BNC 1+**, **BNC 1-** с **GROUND**. В результате на макетной плате **NI ELVIS II** должно получиться следующее:



Нажмите на кнопку **Run** и наблюдайте за временным и спектральным представлением сигнала на дисплее анализатора спектра ВП **NI ELVISmx Dynamic Signal Analyzer**:

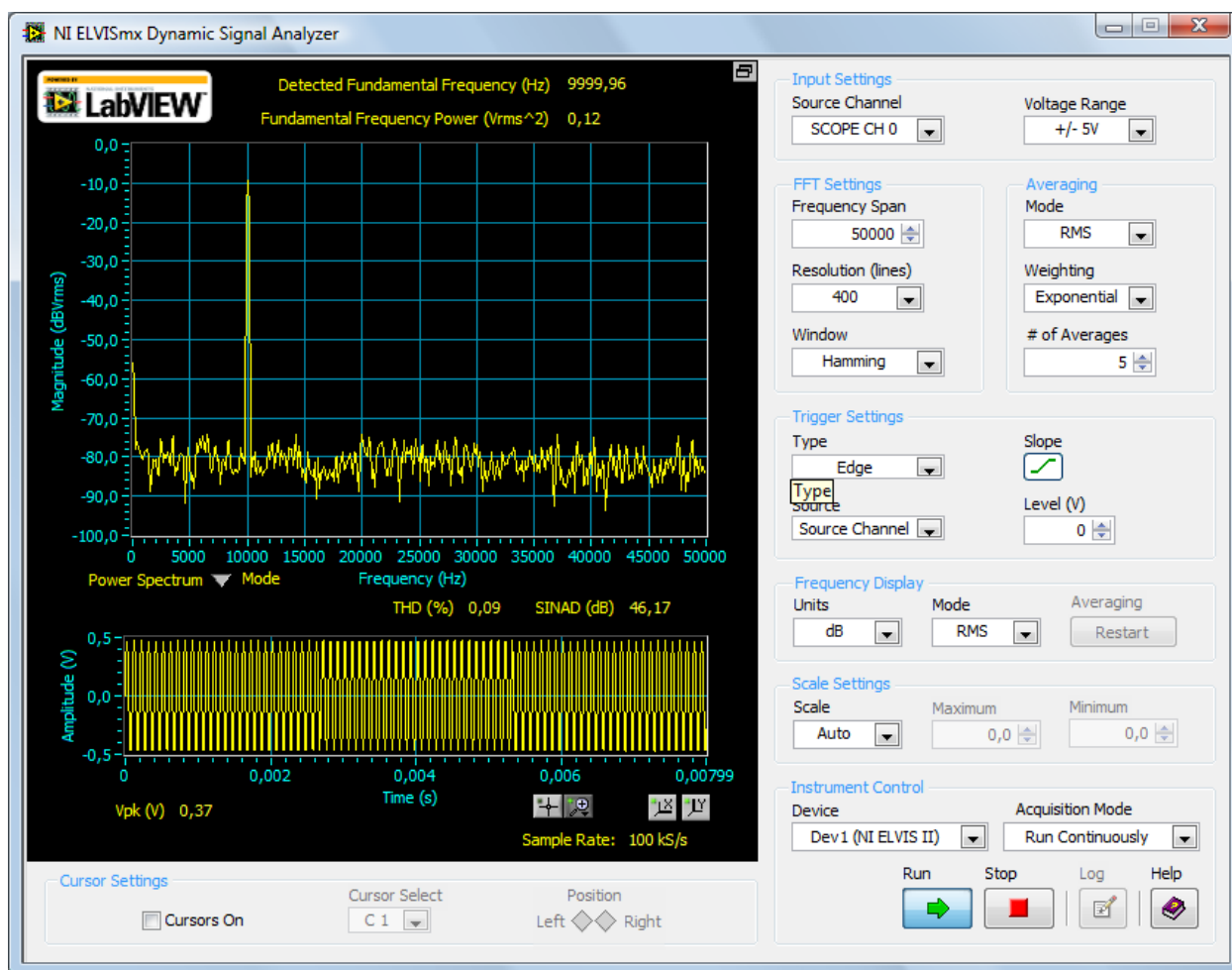


Видно, что основная частота сигнала, поступающего на вход **SCOPE CH 0**, равна **10 кГц**, что соответствует частоте генерируемого сигнала с помощью генератора стандартных функций **FGEN**. Однако в спектральном представлении сигнала можно заметить присутствие дополнительных гармоник – спектральных компонент в области частот **2 кГц**, **3 кГц**, **4 кГц**.

ВОПРОС: С чем это может быть связано?

Дело всё в том, что Фурье-преобразование непрерывного сигнала выполнить невозможно. Поэтому сигнал оцифровывается в режиме конечных временных выборок. Итоговый сигнал получается в результате шивания выборок. По причине несовпадения фаз сигналов шивка не получается гладкой. Резкие перепады напряжения на стыках порождают дополнительные спектральные компоненты. Для уменьшения мощности дополнительных гармоник используются различные временные окна (отличные от прямоугольного), которые уменьшают разность уровней сигналов на стыках выборок.

В данный момент на лицевой панели анализатора спектров ВП **NI ELVISmx Dynamic Signal Analyzer** в поле **FFT Settings** параметр **Window** имеет значение **None**, что означает использование прямоугольного временного окна. Измените тип окна на **Hamming**.



Видно, что дополнительные спектральные компоненты исчезли.

Теперь проанализируйте поведение спектра сигнала при частоте дискретизации равной удвоенной частоте генерируемого с помощью генератора ВП **NI ELVISmx Function Generator** гармонического сигнала. Для этого необходимо ознакомимся с теоремой Котельникова-Шеннона. Она гласит, что **если аналоговый сигнал $x(t)$ имеет ограниченный спектр, то он может быть восстановлен однозначно и без потерь по своим дискретным отсчётам, взятым с частотой не менее удвоенной максимальной частоты спектра F_{max} :**

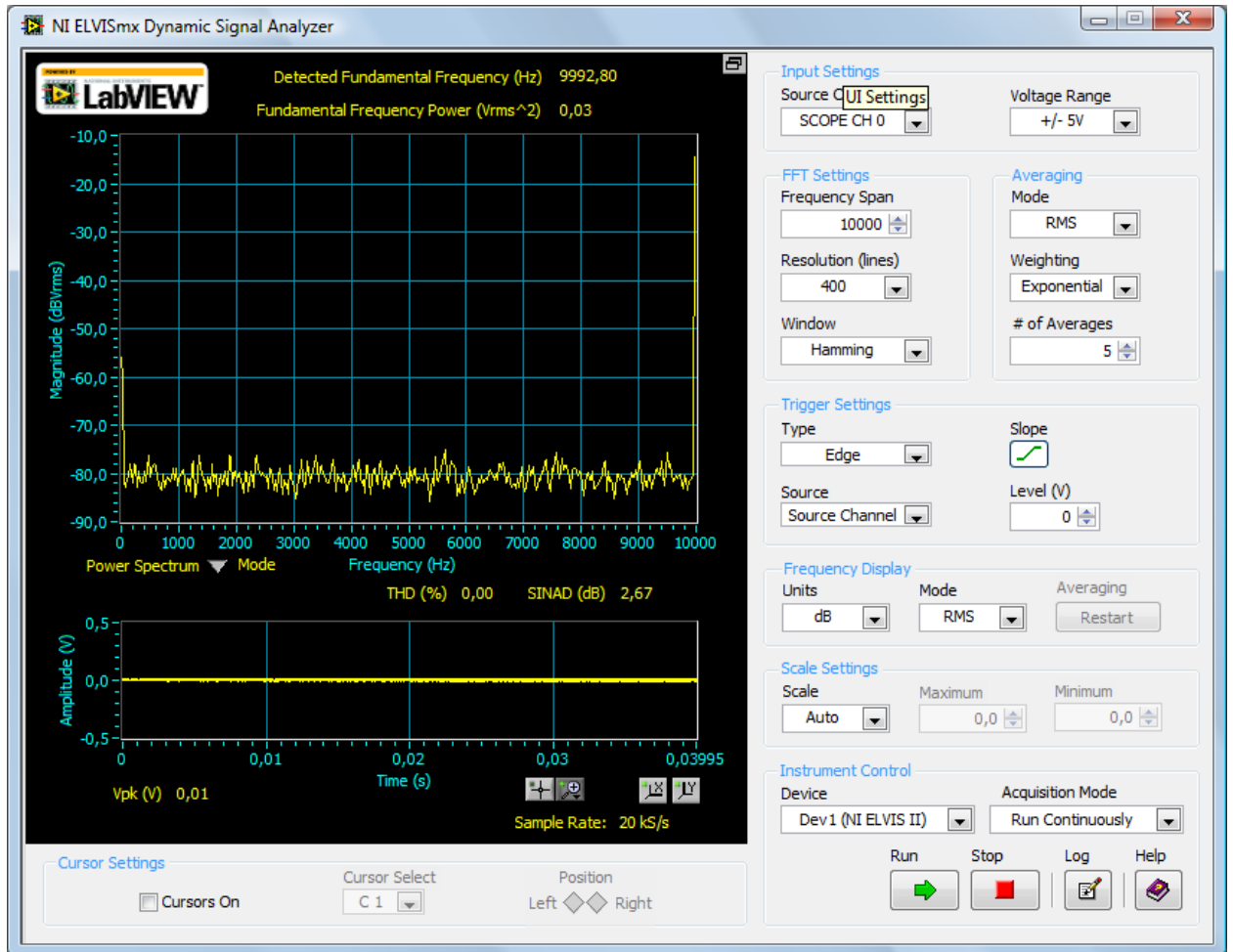
$$f_{\text{дискр}} \geq 2 \cdot F_{\text{max}}$$

где F_{max} — максимальная частота в спектре, или (формулируя по-другому) по отсчётам, взятым с периодом не реже полупериода максимальной частоты спектра F_{max} :

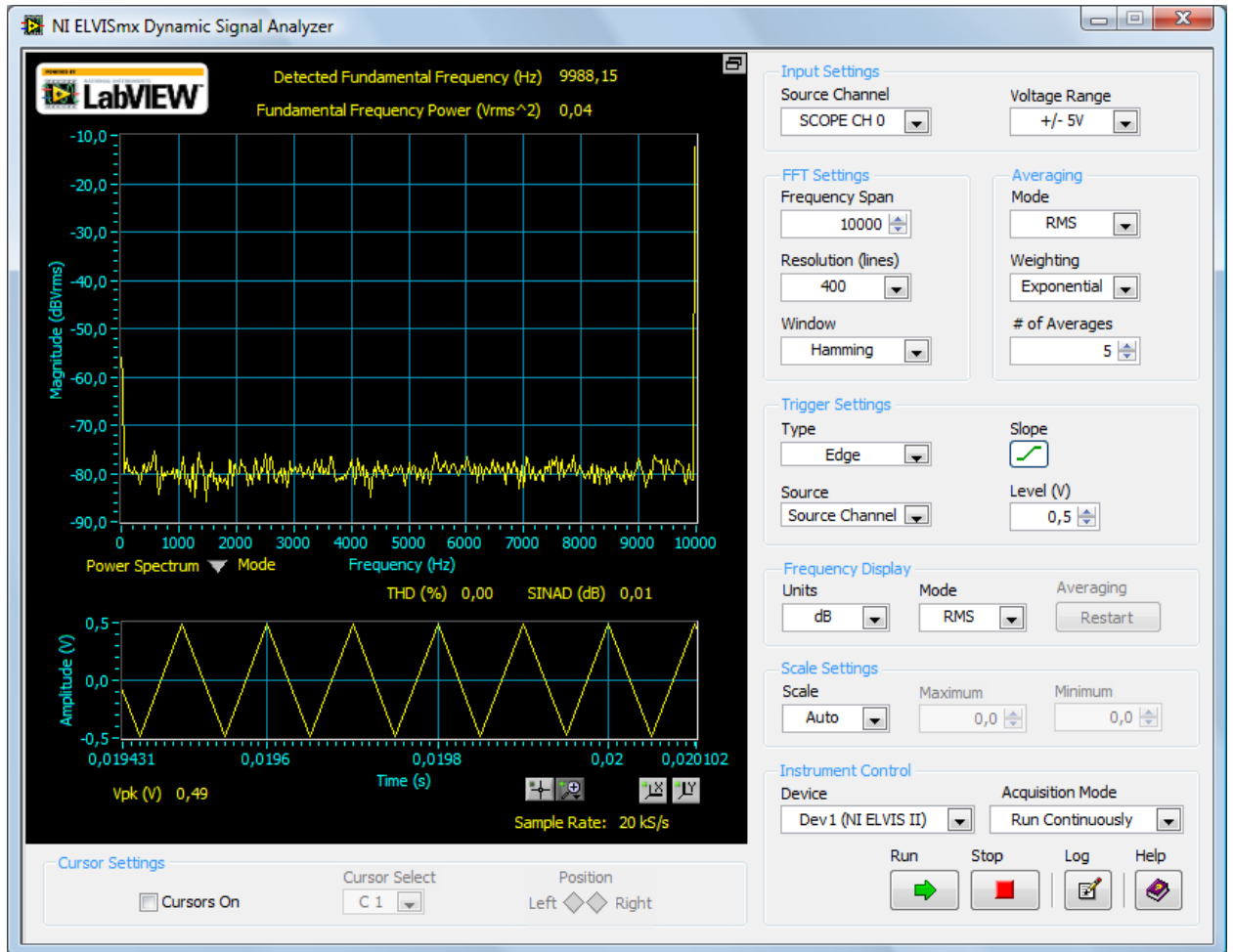
$$T_{\text{дискр}} \leq 1/(2 \cdot F_{\text{max}})$$

То есть для оцифровки аналогового сигнала без потери информации частота отсчётов должна быть как минимум в два раза выше максимальной граничной частоты спектра сигнала.

Таким образом, установите частоту дискретизации **Sample Rate 20 кГц** ровно в два раза превышающей частоту сигнала **10 кГц**. Для этого установите максимальное значение анализируемого частотного диапазона **Frequency Span** равное **10000 Гц** (автоматически частота дискретизации будет равна удвоенному значению максимальной частоты, то есть 20 кГц). В этом случае на дисплее ВП **NI ELVISmx Dynamic Signal Analyzer** наблюдается следующая ситуация:



Видно, что, как и утверждает теорема Найквиста, частота гармонического сигнала определяется достаточно точно, и составляет **9992,80 Гц**. Если посмотреть на временную область, то там наблюдается нулевой сигнал. Исправим ситуацию, увеличив уровень синхронизации **Level = 0.5 В**. Получим следующее:



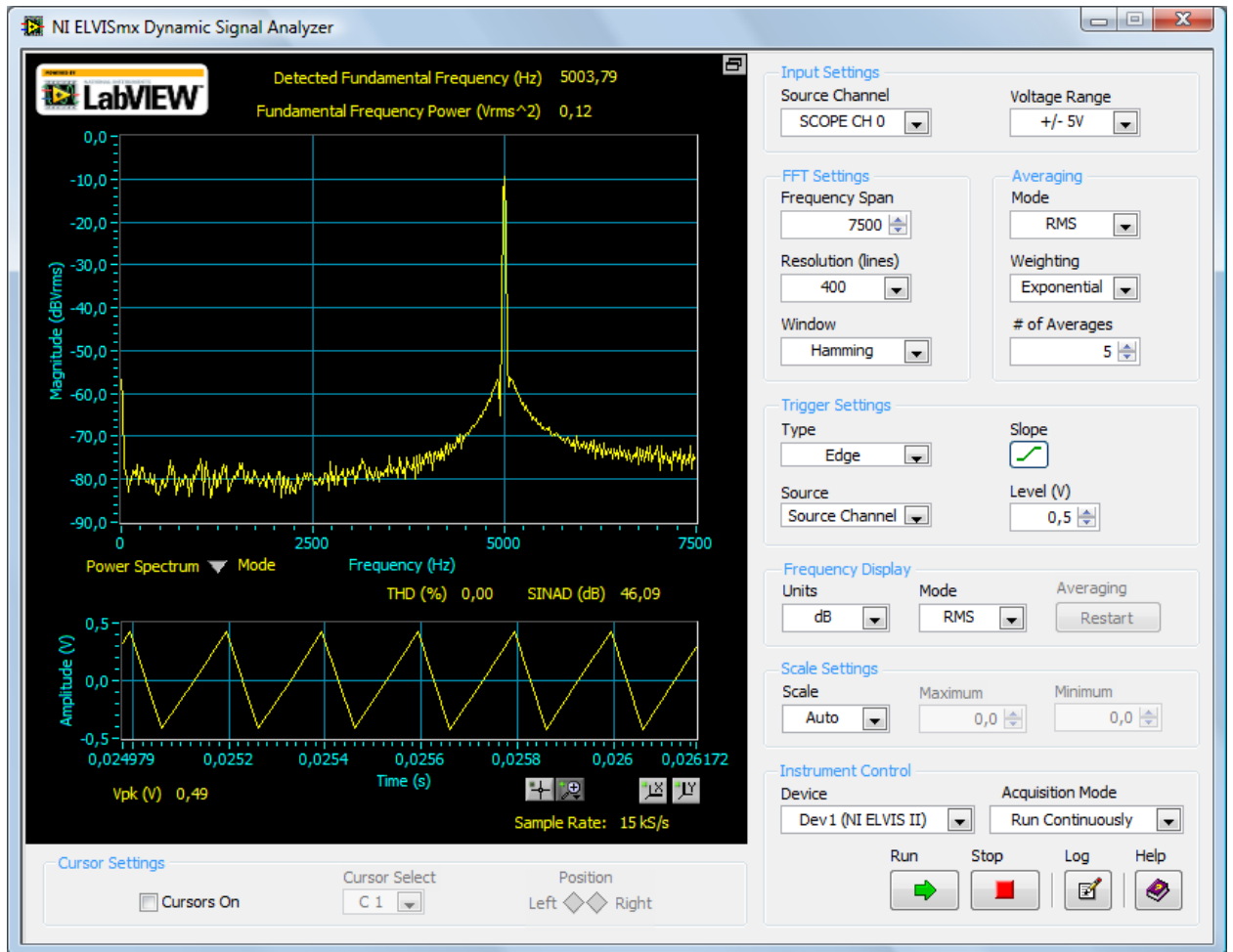
ВОПРОС: Почему изменение уровня аналоговой синхронизации **Level** изменило ситуацию в окне временного представления сигнала?

Видно, что во временной области у нас треугольный сигнал вместо закладываемого генератором функций синусоидального. Почему? Это связано с тем, что когда частота дискретизации равна удвоенной максимальной частоте сигнала, то во временной области на период гармонического сигнала приходится только две точки. Изначально уровень синхронизации был равен 0 В, это значит, что оцифровка сигнала происходила в момент, когда его амплитуда была равна нулю. Увеличение уровня синхронизации привело к регистрации ненулевых значений.

Стоит отметить, что для качественной оцифровки сигнала необходимо, чтобы на его период приходилось хотя бы 20 точек. То есть если частоту оцифровки (**Sample Rate**) увеличить до **200 кГц**, то в окне временного представления сигнала мы должны будем наблюдать синусоидальный сигнал с достаточно хорошей точностью. Проверьте это!

Теперь установите частоту дискретизации (**Sample Rate**) равной **15 кГц**, меньше удвоенной частоты сигнала **10 кГц**. Для этого увеличьте диапазон анализируемых частот (**Frequency Span**) до **7,5 кГц** (что соответствует половине частоты дискретизации 15 кГц).

Условие для корректного восстановления сигнала по теореме Котельникова-Шеннона в данном случае не выполняется, и должен наблюдаться эффект наложения частот.



Действительно, детектируемая частота сигнала составляет **5 кГц**, что не соответствует частоте генерируемого с помощью ВП **NI ELVISmx Function Generator** сигнала (10 кГц). Временная форма сигнала полностью искажена. Поскольку в этом случае на период сигнала приходится меньше двух точек, адекватное его восстановление не представляется возможным.

Эффект наложения частот при использовании в качестве анализируемого прямоугольного сигнала будет более подробно обсуждаться в **главе 2** при работе с **Express VI**.

РАЗДЕЛ 1.6 АНАЛИЗАТОРЫ ВОЛЬТАМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВУХ- И ТРЁХПОЛЮСНИКОВ (TWO-WIRE CURRENT-VOLTAGE ANALYZER; THREE-WIRE CURRENT-VOLTAGE ANALYZER)

ДВУХПОЛЮСНИКИ

Характеристическая кривая диода, представляющая собой зависимость тока через диод от прикладываемого напряжения, лучше всего отражает его электрические свойства. Установите кремниевый диод в контакты DUT- и DUT+ на одной вертикальной полосе.



Замечание. Важно, чтоб анод диода был подсоединён к контакту DUT-. Для получения информации о методах диагностики диода см. раздел «Цифровой мультиметр», подраздел «Проверка работоспособности диодов и определение их полярности».

Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, загрузите анализатор вольтамперных характеристик двухполюсников (**2-Wire**). На экране появится лицевая панель виртуального прибора **NI ELVISmx Two-Wire Current-Voltage Analyzer**. Этот виртуальный прибор позволяет измерять вольтамперную характеристику (ВАХ) двухполюсников, изменяя приложенное к диоду напряжение от задаваемого с лицевой панели начального значения до конечного значения с определённым шагом.

Для кремниевого диода установите следующие параметры на лицевой панели виртуального прибора **Voltage Sweep**:

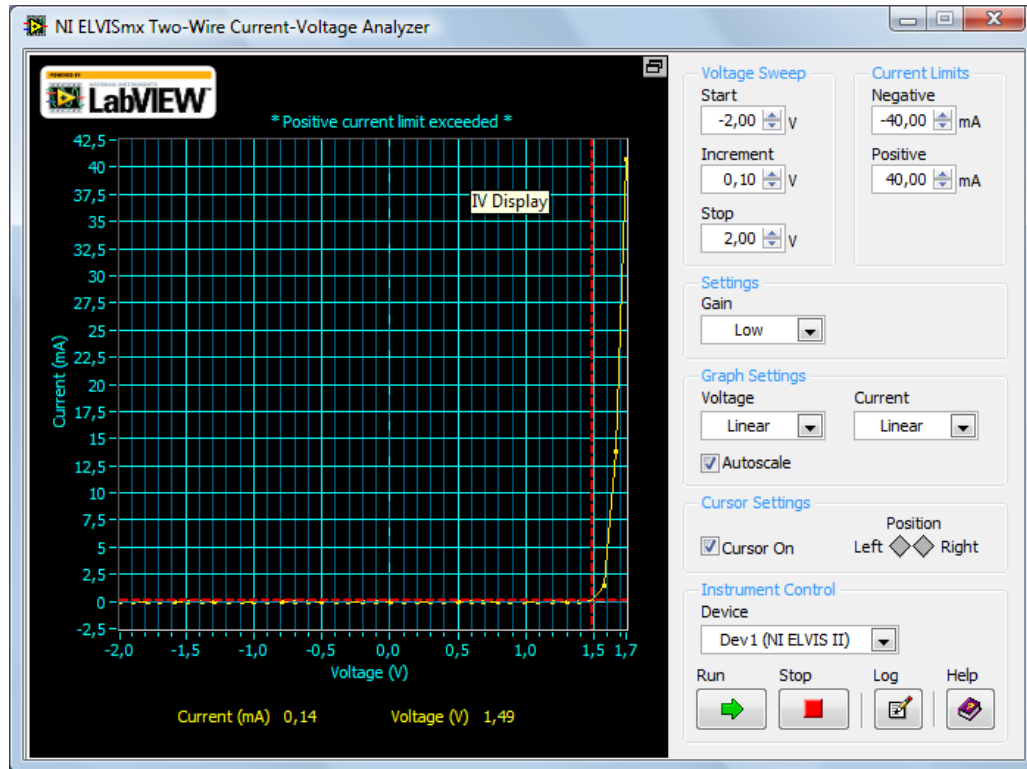
Start	-2,0 В
Stop	2,0 В
Increment	0,1 В



Замечание. Необходимо ограничить максимальный ток через диод в обоих направлениях (настройки **Current Limits**), чтобы гарантировать безопасную работу диода.

Нажмите кнопку **Run** и наблюдайте на дисплее виртуального прибора измеряемую по точкам вольтамперную зависимость.


В запирающем направлении ток через диод должен быть очень маленьким, порядка нескольких микроампер и отрицательным. В открытом направлении, начиная с некоторого порогового значения напряжения, ток экспоненциально растёт до тех пор, пока не достигнет ограничительного значения.

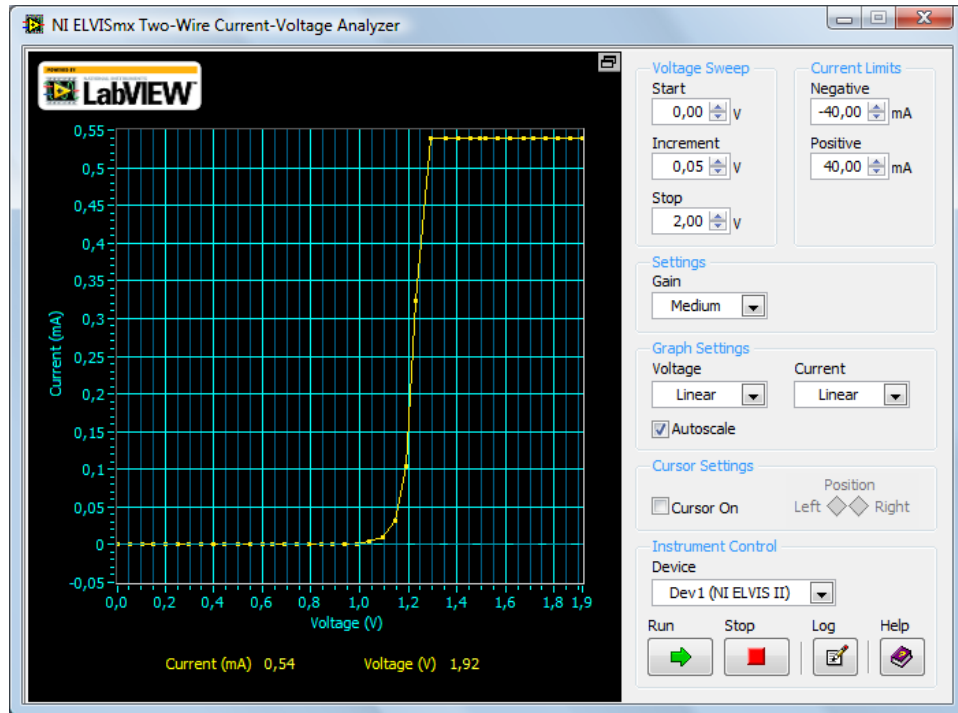


Изменяя настройки **Graph Settings** в выпадающем меню – Linear или Logarithmic наблюдайте за тем, как меняется вид кривой ВАХ. Можно включить и отключить режим автомасштабирования осей (пункт **Autoscale**).

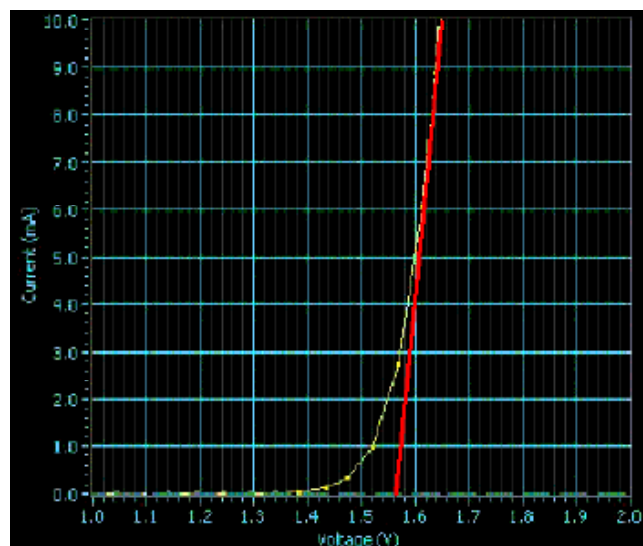
Включите курсор, отметив пункт **Cursor On**, и перемещайте его по графику ВАХ с помощью элементов управления **Position** для точного определения значений (I,V).

Особое внимание стоит уделить настройке **Gain**. Параметр **Gain** связан с коэффициентом усиления встроенного в NI ELVIS программируемого усилителя. Увеличение **Gain** приводит к увеличению коэффициента внутреннего усиления и требуется обычно для более точных измерений, однако, при этом уменьшается максимальное значение силы измеряемого тока через двухполюсник. Для наиболее точных измерений используйте максимально возможный коэффициент внутреннего усиления **Gain**.

 **Замечание.** Следите за тем, чтобы при используемом коэффициенте внутреннего усиления **Gain** не происходило насыщение в измеряемой зависимости ВАХ для необходимого диапазона напряжений. Не допускайте следующей ситуации:



Пороговое значение, при котором возникает резкое увеличение силы тока при последовательном увеличении прикладываемого тестового напряжения, зависит исключительно от свойств материалов, из которого сделан диод. Для кремниевых диодов пороговое значение составляет 0,6 В, в то время как для германиевых 0,3 В. Для оценки величины порогового значения напряжения необходимо провести касательную к кривой ВАХ в области максимальных значений силы тока.



На рисунке представлена вольтамперная характеристика светодиода. Пересечение касательной с осью напряжений и даст пороговое значение напряжения порядка 1,55 В, что соответствует порогу светодиодов на основе структур GaAsP.

Используя прибор **NI ELVISmx Two-Wire Current-Voltage Analyzer** определите пороговое значение напряжения для красного, жёлтого и зелёного светодиода и заполните следующую таблицу:

Тип светодиода	Пороговое значение напряжения, V
Красный	
Жёлтый	
Зелёный	

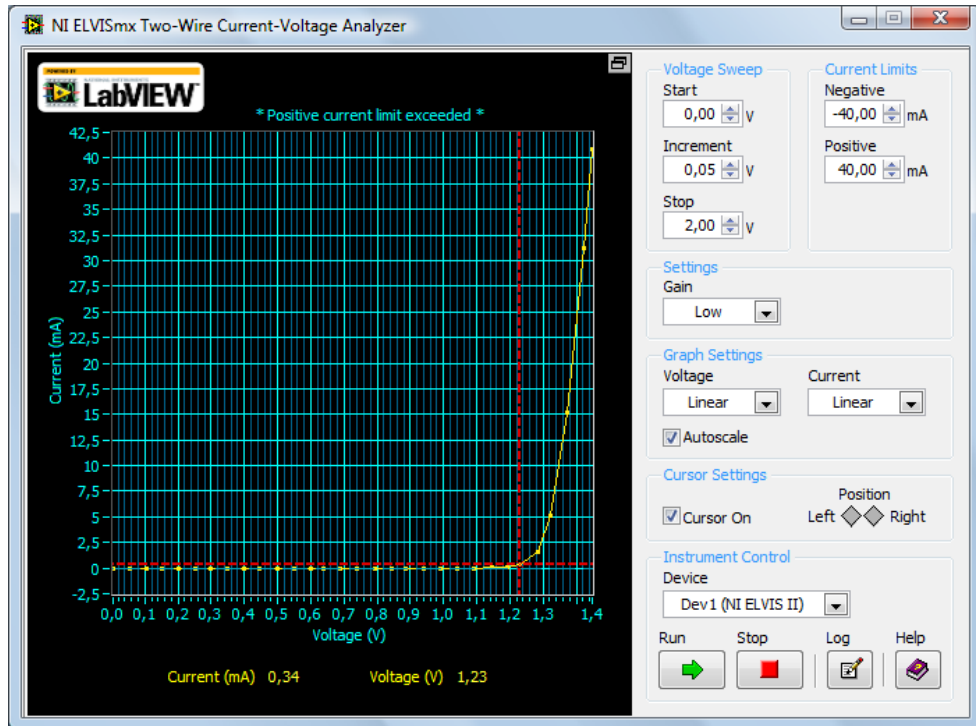
ВОПРОС: Какая тенденция наблюдается?

ИК ИСТОЧНИК

Оптический передатчик состоит из двух компонентов: инфракрасный светодиод (в открытом режиме) и ограничивающий ток резистор. Подключите ИК светодиод к контактным разъёмам макетной платы **DUT+**, **DUT-**. Анод светодиода должен быть подсоединён к **DUT-**. Запустите виртуальный прибор **NI ELVISmx Two-Wire Current-Voltage Analyzer**. Установите следующие параметры на лицевой панели виртуального прибора:

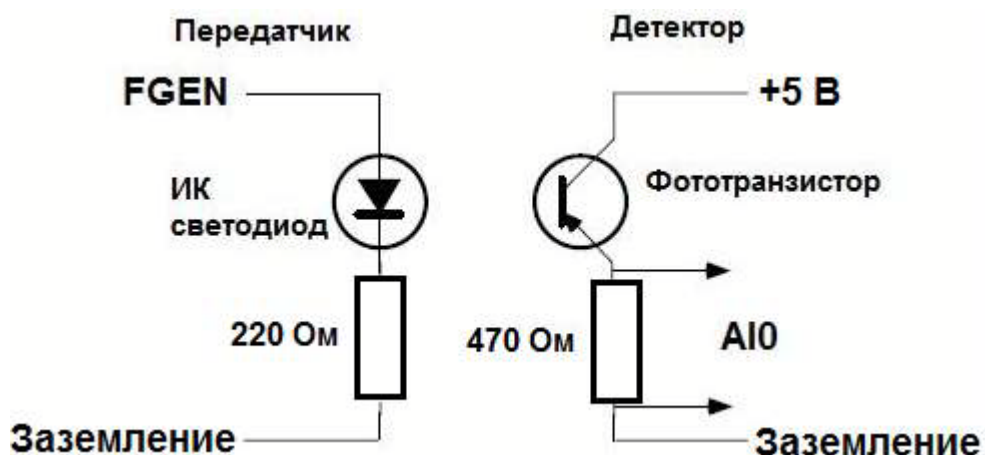
Start **0 В**
 Stop **+2,0 В**
 Increment **0,05 В**

и нажмите **Run**. ВАХ инфракрасного светодиода будет выглядеть следующим образом:

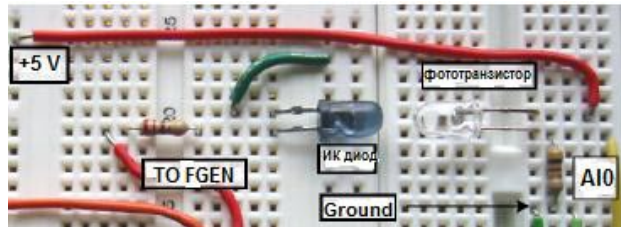


В открытом режиме ИК светодиод излучает инфракрасный свет при напряжении питания свыше 1,2 В. Свет излучается на длине волны 950 нм, которая не попадает в область видимого спектрального диапазона и находится в области ближней ИК области. В спецификации этого ИК светодиода указано, что значение максимального тока, проходящего через диод, составляет 100 мА, что делает ИК светодиод в десятки раз мощнее обычных светодиодов видимого диапазона. Если соединить ИК светодиод последовательно с сопротивлением номиналом 220 Ом и запитать цепь от блока питания с напряжением +5 В, ток в цепи достигнет величины 22,5 мА, а светодиод будет давать ИК излучение с мощностью 30 мВт.

Спроектируйте электрическую схему светодиодного передатчика и фототранзистора на макетной плате, руководствуясь следующим чертежом:

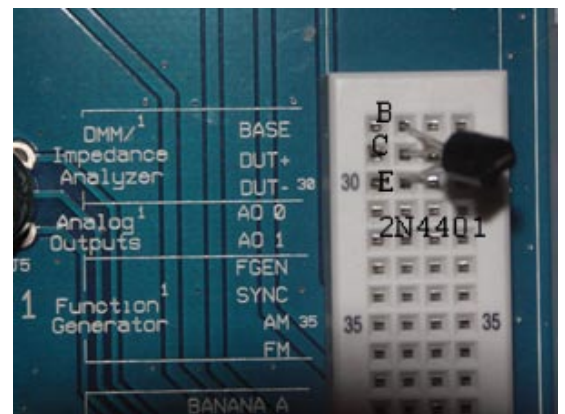


Подключите источник питания ИК светодиода к выходам генератора стандартных функций **FGEN** на макетной плате. Соедините выход фототранзистора с каналами A10+/- . Эта электрическая цепь представляет простой оптический канал передачи данных. На макетной плате электрическая цепь представляет собой следующее:



ТРЕХПОЛЮСНИКИ

Лучший способ изучения работы транзистора – это анализ его характеристических кривых. Транзистор это усилитель силы тока. База транзистора контролирует поток носителей заряда через транзистор от коллектора к эмиттеру. Подсоедините транзистор KT660A (импортный аналог – 2N4401) или KT685B (импортный аналог – 2N4403) к контактным разъёмам макетной платы так, чтобы эмиттер был соединён с **DUT-**, коллектор с **DUT+**, а база с **BASE**. Транзистор KT660A (2N4401) является транзистором типа n-p-n, а KT685B (2N4403) – транзистором типа p-n-p.



Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, загрузите анализатор вольтамперных характеристик трехполюсников (**3-Wire**). На экране появится лицевая панель виртуального прибора **NI ELVISmx Three-Wire Current-Voltage Analyzer**. Этот виртуальный прибор позволяет измерить вольтамперную характеристику (ВАХ) трёхполюсников, частным случаем которых являются полупроводниковые транзисторы.

Выберите правильный тип измеряемого транзистора в поле **Transistor Type**. Установите следующие пределы изменения напряжения на коллекторе **Collector Voltage Sweep** и тока базы **Base Current Sweep**:

Vc Start	0,00 В
Vc Stop	1,00 В
Vc Step	0,05 В
Ic Limit	40 мА

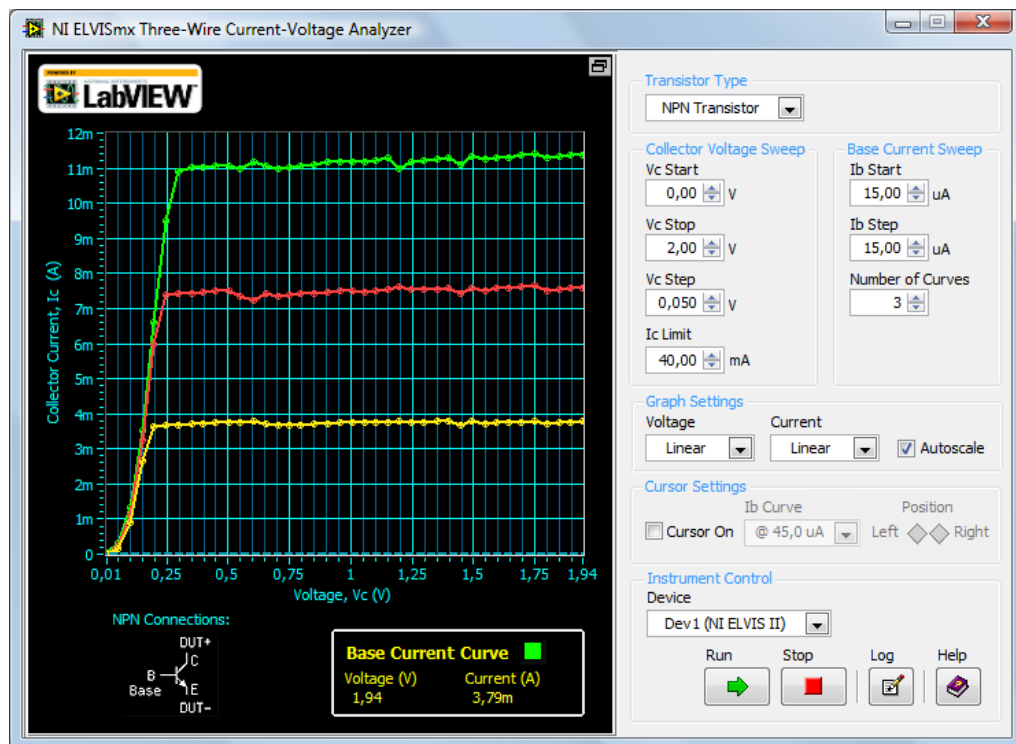
Ib Start **0 мкА**
 Ib Step **15 уА**

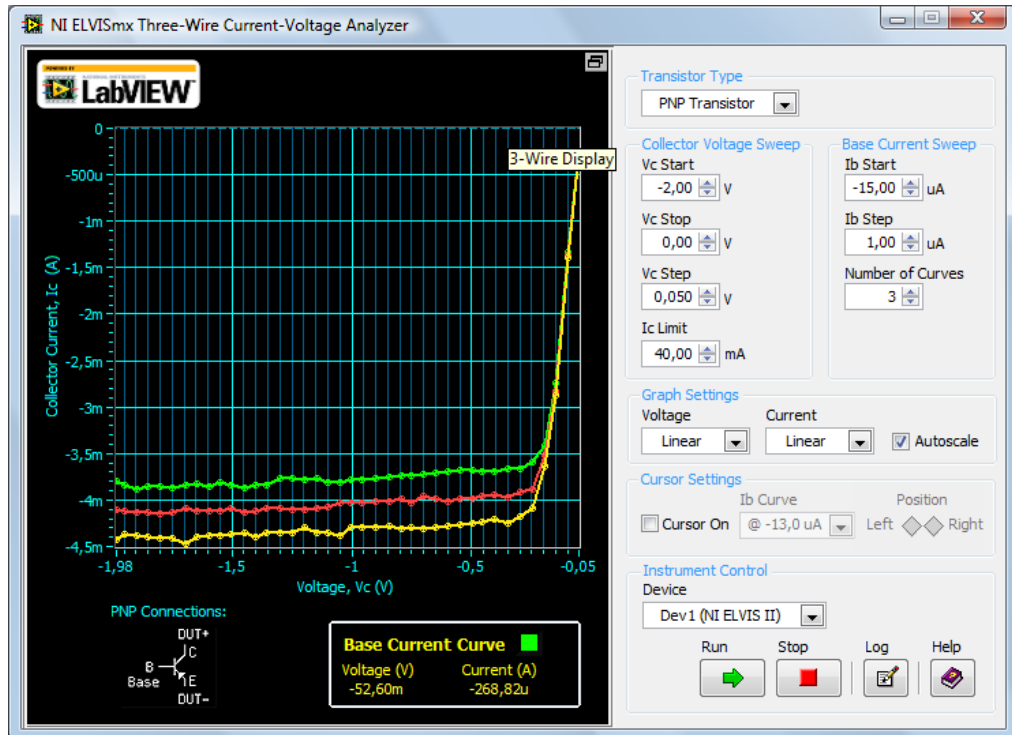
Number of Curves **3**



Замечание. Особое внимание стоит уделить типу используемого транзистора. Полупроводниковые транзисторы подразделяются на две большие группы: принцип работы одной основан на n-p-n переходе, а другой на p-n-p. В зависимости от типа транзистора необходимо устанавливать различные параметры изменения напряжения на коллекторе **Collector Voltage Sweep** и тока базы **Base Current Sweep**. Большое значение для безопасной (с точки зрения сохранения работоспособности транзистора) диагностики транзистора является полярность прикладываемого напряжения на коллекторе. Надо всегда помнить, что **n-p-n транзисторов** прикладываемое напряжение на коллекторе должно быть **положительной полярности**, а для **p-n-p** наоборот **отрицательной**. Неправильная полярность напряжения на транзисторе приведёт к его немедленному выходу из строя.

Нажмите на кнопку **Run** и наблюдайте на дисплее виртуального прибора последовательно получающуюся вольтамперную зависимость транзистора.





Представленные графики отражают зависимость силы тока, протекающего через коллектор, от напряжения, прикладываемого к коллектору, для различных значений силы тока базы транзистора.

Необходимо отметить, что виртуальный прибор предусматривает возможность установления многих параметров для диапазона напряжений на коллекторе и диапазона сил тока через базу транзистора. При запуске виртуальный прибор сначала выводит набор токов базы транзистора, потом выводит напряжение на коллекторе, и в самом конце измеряет силу тока через коллектор. Данные графика представляют собой пары точек (I,V), а последовательные точки, соответствующие одинаковому значению тока базы, соединяются линиями. Важно отметить, что при заданном напряжении на коллекторе, ток через коллектор увеличивается с увеличением тока базы.

Изменяя настройки графика **Graph Settings** -> **Linear/Logarithmic** отдельно для оси напряжения **Voltage** и тока **Current**, наблюдайте, как меняется вид кривой ВАХ. Используйте курсор для точного определения значений (I,V) на полученном графике ВАХ. Активирование курсора осуществляется выставлением галочки **Cursor On** в поле **Cursor Settings**. Для перемещения курсора по кривым ВАХ, соответствующим разным токам базы, используйте выпадающее меню **Ib Curve**, где можно выбрать значение тока базы, тем самым перейти курсором с одной кривой на другую. Есть возможность включения и отключения режима автомасштабирования осей (по умолчанию работает режим автомасштабирования, **Autoscale**).

Рассмотрим работу фототранзистора. Фототранзистор не имеет базы, вместо этого

падающий на транзистор свет создаёт как бы ток базы, пропорциональный интенсивности света. Например, в отсутствии света ВАХ транзистора будет соответствовать нижней (жёлтой) кривой, для низкой интенсивности света – средней (красной) кривой и для высоких интенсивностей света – верхней (зелёной) кривой. Для напряжений на коллекторе свыше 0,2 В, ток коллектора изменяется практически линейно по отношению к интенсивности света, падающего в область базы. Для построения простейшего оптического детектора необходимы источник питания, ограничивающий ток резистор и фототранзистор.



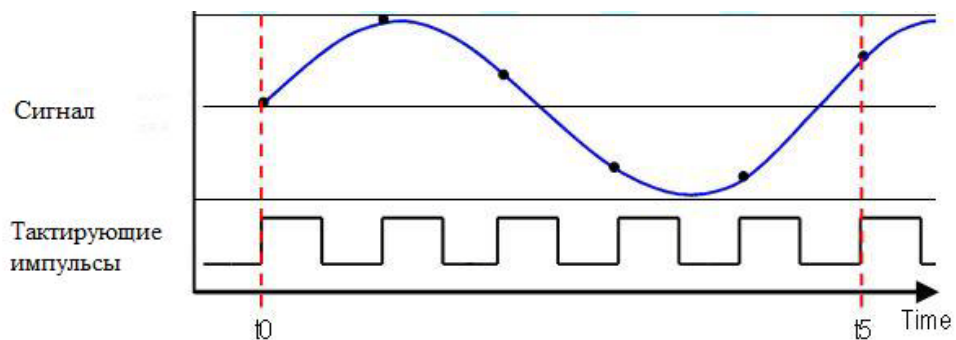
РАЗДЕЛ 1.7 ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ (ARBITRARY WAVEFORM GENERATOR – ARB)

Для получения базового представления о генераторах сигналов произвольной формы и их применении обратитесь к разделу 1.2. Можно добавить, что в зависимости от объема памяти и особенностей устройства тактирующей логики, генераторы можно разделить на два типа: генераторы стандартных функций (function generators) и генераторы произвольного сигнала (arbitrary waveform generators).

Генераторы стандартных функций предназначены для генерации периодических сигналов с прецизионной частотой (с точностью лучше 1 мкГц). Эта частота может изменяться прямо в процессе генерации. Из-за периодичности сигнала генератор может иметь небольшой объем памяти, так как он должен хранить лишь один его период. Этим сигналом может быть как один из стандартных (синусоида, прямоугольный, треугольный сигнал), так и произвольно задаваемый разработчиком периодический сигнал с размером одного периода до нескольких десятков тысяч точек.

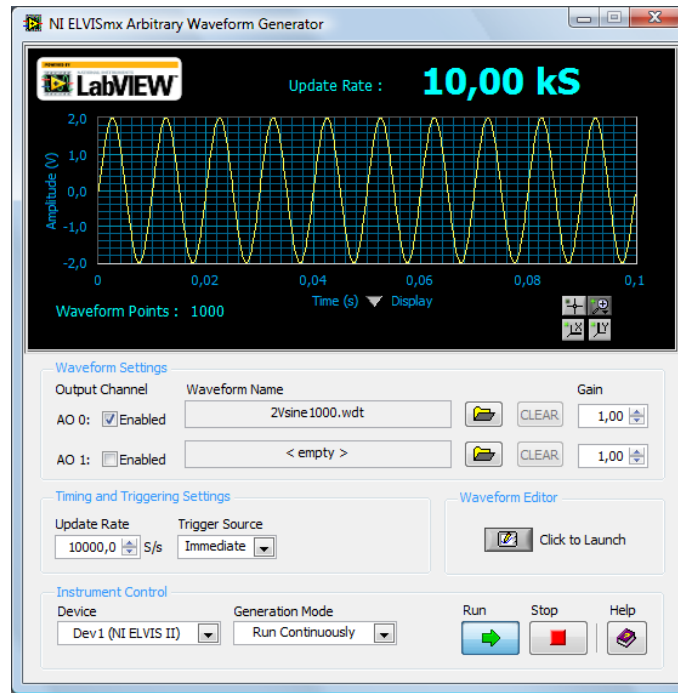
Генераторы произвольного сигнала сконструированы для генерации длинных и, обычно, сложных непериодических сигналов, поэтому они имеют большой объем памяти (до 512 Мб) и сложную тактирующую логику, не столь точную, как у предыдущего класса приборов.

Оба типа генераторов используют прямой цифровой синтез (direct digital synthesis). Суть данного метода заключается в том, что один период периодического сигнала или часть сложного непериодического записываются в буфер генератора (вмещающий, например, 16384 значений), и затем в моменты, определяемые источником тактовых импульсов, происходит поточечная сигнала:



Прямой цифровой синтез позволяет получать аналоговый сигнал любой частоты, используя фиксированную частоту тактирующих импульсов. Этот метод отличается хорошей точностью и разрешением, температурной стабильностью, широким диапазоном генерируемых сигналов.

Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, загрузите генератор сигналов произвольной формы (**ARB**). На экране появится лицевая панель ВП **NI ELVISmx Arbitrary Waveform Generator**. Опишем функциональность данного виртуального прибора.



Waveform Points – количество точек в загружаемом сигнале.

В поле настроек **Waveform Settings** имеется возможность варьирования следующих параметров:

AO 0/1 Enabled - активация 0/1 канала вывода аналогового сигнала.

Waveform Name – имя файлов с настройками сигнала для каждого канала. Когда файл отсутствует, в строке **Waveform Name** отображается **<empty>**.

Waveform Path – выбор расположения файлов с сигналами для каждого канала.

Clear – удаление текущего загруженного сигнала для каждого канала.

Gain – масштабный коэффициент для амплитуды загружаемых сигналов для каждого канала. Значение по умолчанию 1.


В поле настроек временных параметров и синхронизации **Timing and Triggering Settings** имеется возможность варьирования следующих параметров:

Update Rate – количество обновлений напряжения в канале аналогового вывода в секунду. Значение по умолчанию 1000 значений/секунду.

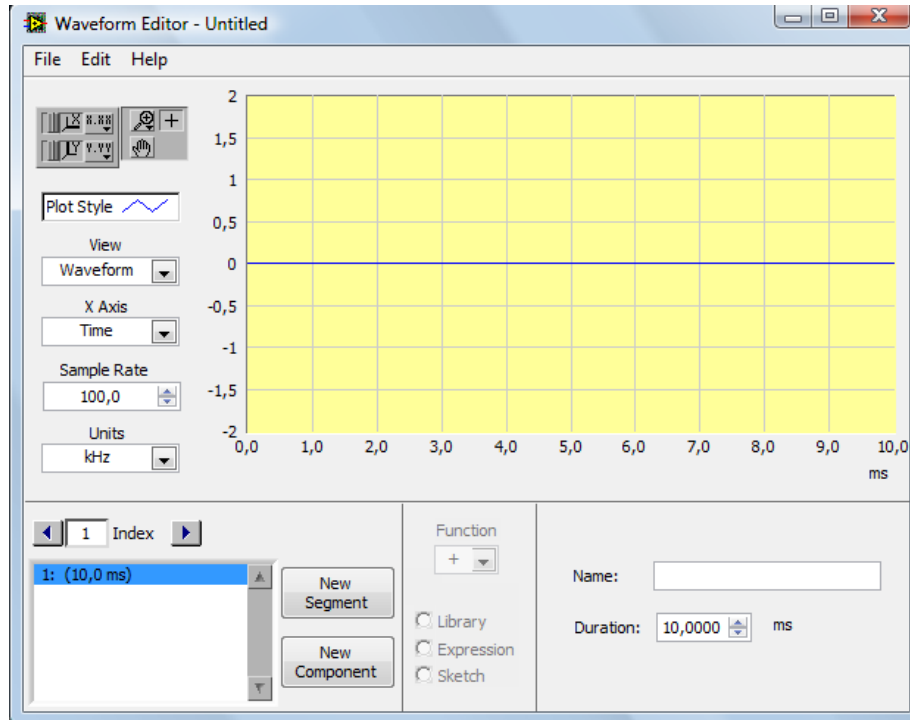
Trigger Source – источник внешней цифровой синхронизации процесса запуска генерации сигнала произвольной формы. Значение по умолчанию **Immediate** – внешняя синхронизация не используется.

Waveform Editor – загрузка прибора **Waveform Editor** для создания шаблонов сигналов.

КАК РАБОТАТЬ С WAVEFORM EDITOR?

Нажмите на кнопку **Waveform Editor**  для запуска прибора для создания шаблонов сигналов.

ОСОБЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ ВП WAVEFORM EDITOR



В поле **File Menu** имеются следующие параметры:

New – создание нового шаблона сигнала.

Open – открытие существующего шаблона сигнала.

Save – сохранение шаблона сигнала.

Save As – сохранение шаблона сигнала под определённым именем, устанавливаемым пользователем.

Exit – завершение работы **Waveform Editor**.

В поле редактирования **Edit Menu**:

Undo – удаление последнего сегмента или компоненты, добавленного пользователем к шаблону сигнала.

Cut – удаление выделенного фрагмента и сохранение его в буфере обмена.

Copy – копирование выделенного фрагмента и сохранение его в буфере обмена.

Paste – вставка сохраненного в буфере обмена фрагмента.

Clear – удаление выделенных компонент.

Select All – выделение всех сегментов шаблона сигнала.

Import from file – импортирование шаблона сигнала из файла.

Scale Selection – масштабирование текущего шаблона сигнала по времени или по напряжению.

Info – создание описания для текущего шаблона сигнала.

Settings – изменение цвета диаграммы и активация курсоров.

Palette Control включает в себя следующее:

X/Y Axis Autoscale – автомасштабирование по осям **X/Y** соответственно.

X/Y Axis Formatting – **Format, Precision, Mapping Mode** по осям **X/Y** соответственно. С помощью **Format** устанавливается система исчисления по соответствующей оси (**Octal** – восьмеричная, **Decimal** – десятичная, **Hexadecimal** – шестнадцатеричная). **Precision** устанавливает количество отображаемых цифр после запятой. **Mapping Mode** устанавливает тип отображения данных в линейном или логарифмическом масштабе.

Zoom Mode – изменение масштаба, включающее в себя изменение масштаба внутри прямоугольника, увеличение масштаба в точке, уменьшение масштаба в точке, и возвращение обратно всех параметров масштабирования.

Pan Mode – прокручивание данных диаграммы с помощью фиксирования нажатия левой кнопкой мыши и «протаскивания» экрана.

В поле **Plot Style Control** важно отметить параметр **Interpolation**, определяющий вид интерполяционной функции для графика.

Поле **View Control** определяет вид шаблона сигнала:

Waveform – отображает весь шаблон сигнала.

Segment – отображает первую часть сегмента, который Вы выбрали.

Component – отображает только выделенный Вами компонент.

В поле управления осью X (**X Axis Control**) параметр **Time** отвечает за представление шаблона сигнала, как функции времени, а **Frequency** отвечает за представление спектра шаблона сигнала.

Sample Rate – частота дискретизации. Она определяет временной интервал между точками. Высокая частота дискретизации означает, что система генерирует больше точек для фиксированной длины шаблона сигнала. Выбирайте частоту дискретизации по

крайней мере в два раза превышающую максимальную частоту в спектре сигнала (теорема Котельникова-Шеннона).

Например, если необходимо генерировать сигнал с максимальной частотой 10 кГц, необходимо использовать частоту дискретизации, по крайней мере, 20 кГц во избежание эффекта наложения частот.

Segment Listbox Control – сегмент или компонент для редактирования. Сегмент предваряется числом и обозначает уникальную часть шаблона сигнала. Значение в скобках определяет длину сегмента. Текст с отступом вправо представляет компонент шаблона сигнала.

New Segment Duration – длительность выборки в секундах. Значение по умолчанию 10 секунд.

Function Selection Control – определение операции, которую Вы хотите использовать для выбранного сегмента (+ сложение, - вычитание, **x** умножение, / деление, **FM** частотная модуляция). Например, можно выбрать пункт **FM** для модуляции частоты второго шаблона сигнала с частотой модуляции первого шаблона сигнала).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ WAVEFORM EDITOR

С помощью редактора шаблонов сигналов Waveform Editor можно создавать и редактировать шаблоны сигнала, которые потом будут использоваться в генераторе сигнала произвольной формы ВП **NI ELVISmx Arbitrary Waveform Generator**. Каждый шаблона сигнала состоит из одного или более сегментов. Сегмент может иметь любую длину. Длина целого шаблона сигнала равна сумме длин каждого отдельного сегмента.

Каждый сегмент может состоять из любого количества компонент, а может и не иметь их вовсе. Сегмент, у которого отсутствуют компоненты, фигурирует в **Waveform Editor**, как ровная линия на нулевом уровне напряжения. Можно выбрать сложение (+), вычитание (-), деление (/) или умножение (x) для нового компонента по отношению к другим компонентам в сегменте.

Компоненты могут быть следующих трёх типов:

- ✓ **Library component** – шаблона сигнала, выбираемый из библиотеки 20 сигнальных примитивов. Каждый шаблон сигнала в библиотеке имеет один или более параметров, таких как амплитуда, смещение, частота и фаза.
- ✓ **Expression component** – шаблон сигнала, созданный в результате вычисления математического выражения в определённом интервале значений аргумента.
- ✓ **Sketch component** – шаблон сигнала, который можно нарисовать на экране с помощью мыши.

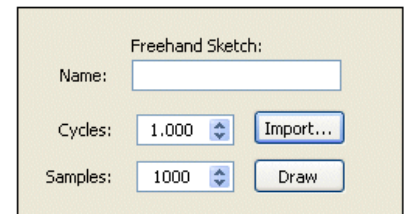
Можно смешивать каждый из этих типов компонент вместе для создания целого сегмента.

ИМПОРТИРОВАНИЕ ДАННЫХ

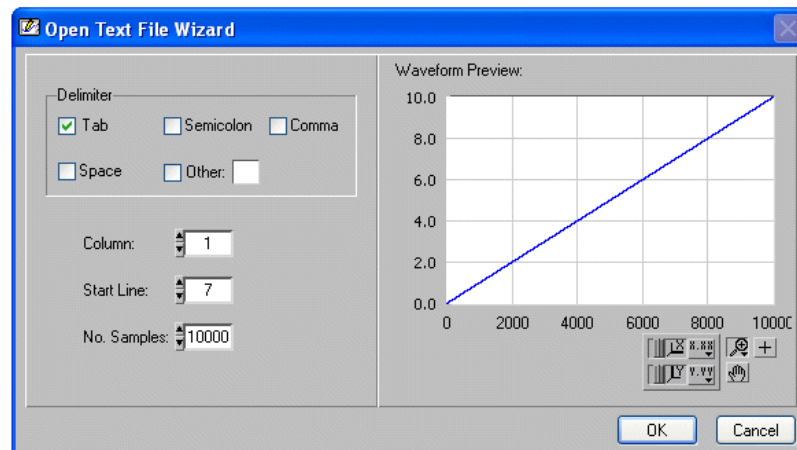
Для импортирования данных в редактор шаблонов сигналов **Waveform Editor** существует несколько путей.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ TEXT FILE WIZARD

Text File Wizard позволяет импортировать данные из текстового файла. Для доступа в **Text File Wizard** нажмите левой кнопкой мыши на селективную кнопку **Sketch**, затем нажмите на кнопку **Import** в параметрах компонента **Sketch**. Подведите курсор к имени параметра и нажмите на него левой кнопкой мыши для получения более подробной информации.

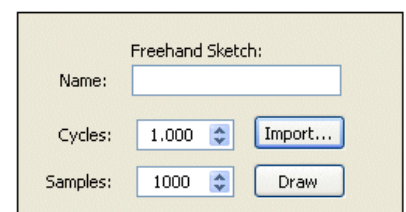


При выборе текстового файла в качестве источника данных шаблона сигнала возникает следующее диалоговое окно. Для выделения данных, которые необходимо импортировать, выберите колонку, начальный ряд и количество точек. В окне предварительного просмотра отображается выбранный шаблон сигнала.



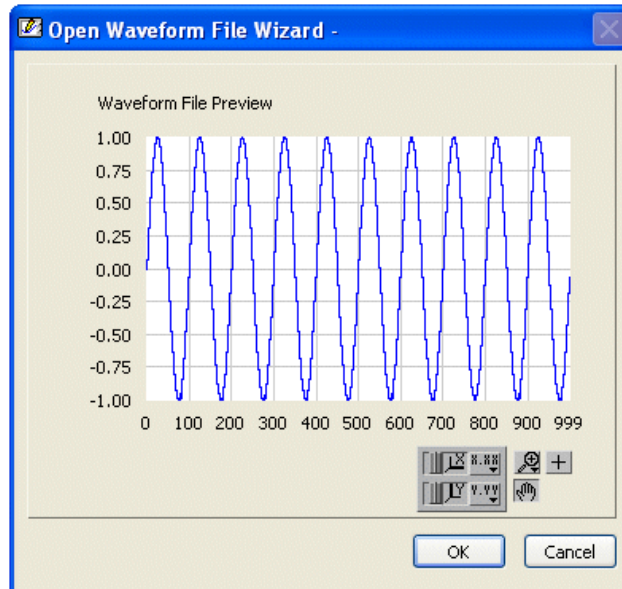
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ WAVEFORM DATA TYPE WIZARD

Мастер настроек **Waveform Data Type Wizard** позволяет импортировать шаблон сигнала из файла данных LabVIEW. Нажмите на кнопку **Import** в параметрах компонента **Sketch**. Мастер настроек можно также запустить из меню **Edit -> Import from File**. Подведите курсор к имени параметра и нажмите на него левой кнопкой мыши для получения более подробной



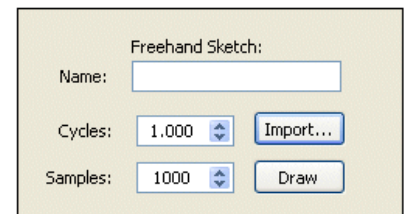
информации.

При выборе файла данных шаблона сигнала появляется диалоговое окно предварительного просмотра, в котором отображается выбранный шаблон сигнала.



ИМПОРТ BINARY FILES

Редактор шаблона сигнала **Waveform Editor** позволяет импортировать бинарные файлы, предварительно сохранённые как компоненты шаблона сигнала. Подведите курсор к имени параметра и кликните на него левой кнопкой мыши для получения более подробной информации.



Нажмите на кнопку **Import** в параметрах компонента **Sketch**. Возможно импортирование данных из файла с расширением **.bin**. Редактор **Waveform Editor** импортирует бинарные файлы следующего формата:

- отсутствие файлового заголовка,
- динамический 16-битный диапазон данных соответствует 10В диапазону напряжений ($\pm 5V$).

СОЗДАНИЕ НОВОГО ШАБЛОНА СИГНАЛА С ПОМОЩЬЮ WAVEFORM EDITOR

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ВЫРАЖЕНИЯ (MATHEMATICAL EXPRESSION)

Для создания компонента из математического выражения, следуйте следующим инструкциям:

1. Откройте редактор **Waveform Editor**
2. Введите длительность шаблона сигнала, используя элемент управления **Duration**, для определения длительности первого сегмента.
3. Нажмите кнопку **New Component**. По умолчанию каждый раз при нажатии на кнопку **New Component** новый компонент из библиотеки добавляется к существующему шаблону сигнала.
4. Выберите тип компонента **Expression**.
5. В параметрах компонента **Expression** введите аналитическое выражение относительно переменной **x**. Ошибка отображается красными символами, а положение символа, ответственного за ошибку, возникает в скобках.
6. Введите интервал для переменной **x** в активной области элементов управления **From** и **To**. Редактор **Waveform Editor** вычисляет выражения для этого интервала.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭСКИЗА ОТ РУКИ (FREEHAND SKETCH)

Для создания компонента эскиза от руки, следуйте следующим инструкциям:

1. В **Waveform Editor** нажмите на кнопку **New Component** для создания первого компонента в новом сегменте. По умолчанию, новый компонент – это компонент из библиотеки примитивов шаблона сигнала.
2. Выберите **Sketch** из настроек типа компонента. Параметры компонента изменяются и появляются кнопки свободного рисования **Freehand** и рисования линии **Line** на лицевой панели.
3. Нажмите на кнопку **Draw**. Теперь только компонент остаётся видимым на дисплее, и элемент управления отображением **View** меняет режим от **Waveform** к **Component**.
4. Нажмите также на кнопку **Freehand** или **Line**. Поместите указатель мыши на графическое поле для того, чтобы нарисовать эскиз от руки или линию. Тип наброска зависит от выбранного режима. В режиме **Line** можно также нажимать левой кнопкой мыши и перемещать часть линии для изменения шаблона сигнала, который нарисован рукой.
5. Повторно нажмите на кнопку **Draw**, чтобы выйти из режима рисования **Draw**.
6. Изменит параметры компонента **Sketch** при необходимости.

Для изменения масштаба с целью увеличения точности эскиза шаблона сигнала проделайте следующие шаги:

1. Нажмите на кнопку **Draw**, чтобы выйти из режима рисования.

2. Выберите компонент для редактирования.
3. Нажмите на кнопку **Zoom** (иконка увеличительного стекла в палитре **Palette**) и выберите область, которую Вы хотите увеличить.
4. Нажмите на кнопку **Draw** для активации режима рисования.
5. Нажмите левой кнопкой мыши на область для редактирования и подведите указатель мыши к графической области для того, чтобы нарисовать шаблон сигнала.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИБЛИОТЕКИ СИГНАЛЬНЫХ ПРИМИТИВОВ (LIBRARY COMPONENT)


Для создания шаблона сигнала с помощью компонента библиотеки примитивов, следуйте следующим инструкциям:

1. Откройте **Waveform Editor**
2. Введите длительность шаблона сигнала, используя элемент управления **Duration**, для установки длительности первого сегмента.
3. Нажмите на кнопку **New Component**. Каждый раз при нажатии на кнопку **New Component** новый компонент из библиотеки добавляется к существующему шаблону сигнала.
4. Выберите компонент из библиотеки примитивов и измените параметры при необходимости.
5. Для добавления нового компонента ещё раз выберите **New Component**. **NI Waveform Editor** добавит этот компонент к сегменту. Повторите шаг 2. Измените элемент управления Function Selection для сложения, вычитания, умножения, деления или частотной модуляции нового по отношению к существующему сегменту компонента.
6. Нажмите на кнопку **New Segment** для добавления дополнительных сегментов к существующему шаблону сигнала в его конец.

Вы можете смешивать каждый из этих типов компонент вместе для создания единого сегмента.

УПРАЖНЕНИЕ «АНАЛИЗ СИГНАЛА ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ С ПОМОЩЬЮ ОСЦИЛЛОГРАФА И СПЕКТРОАНАЛИЗАТОРА»

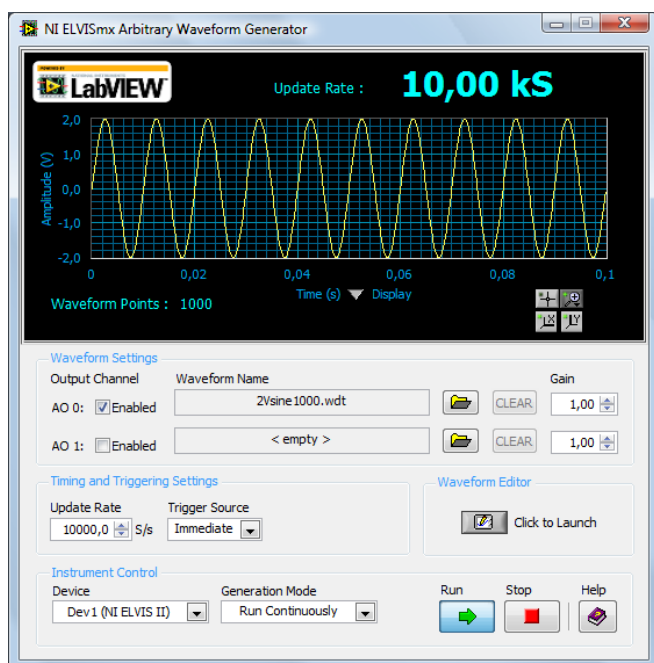
Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, загрузите генератор сигнала произвольной формы (**ARB**). На экране появится лицевая панель виртуального прибора **NI ELVISmx Arbitrary Waveform Generator**.

Для создания сигнала необходимой формы воспользуемся редактором шаблона сигнала **Waveform Editor**. Нажмите на кнопку **Waveform Editor** , чтобы загрузить приложение для создания шаблонов сигнала.

В качестве шаблона сигнала попытайтесь создать обычный синусоидальный сигнал. Для этого в первый сегмент (а он будет всего один) на временном отрезке (0, 10 мс) добавьте компонент из библиотеки примитивов **Function Library** -> **Sine**. Для этого нажмите на кнопку **New Component**. На лицевой панели **Waveform Editor** введите следующие параметры:

Sample Rate	100 кГц
Amplitude	2 В
Freq	1 кГц
Phase	0

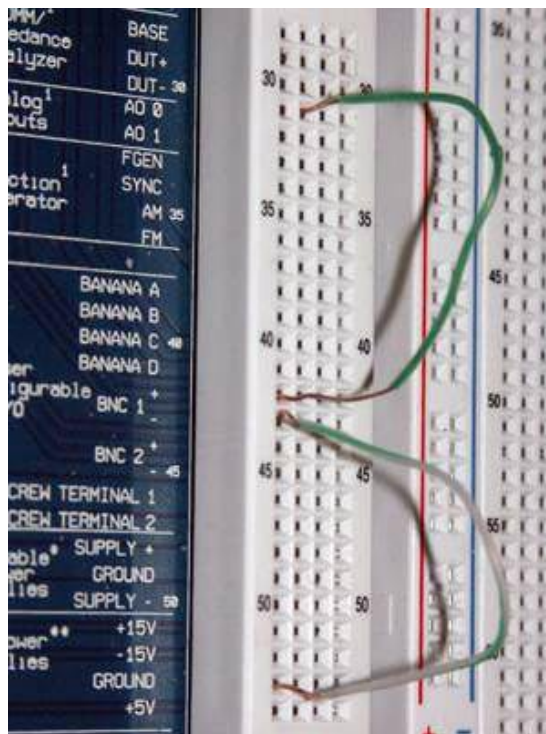
Сохраните созданный шаблон сигнала в формате **.wdt (File Menu»Save As)**, используемом в генераторе ВП **ELVISmx Arbitrary Waveform Generator**. После этого нажмите на кнопку **Next** в правом нижнем углу диалогового окна. Следующее диалоговое окно всплывет для изменения частоты дискретизации (**Sample Rate**) и количества точек (**Number of Samples**). В следующем окне можно выбирать имя файла, в который будет сохранен созданный шаблон сигнала, пусть файл будет называться **2Vsine1000.wdt**. После чего закройте **Waveform Editor**.



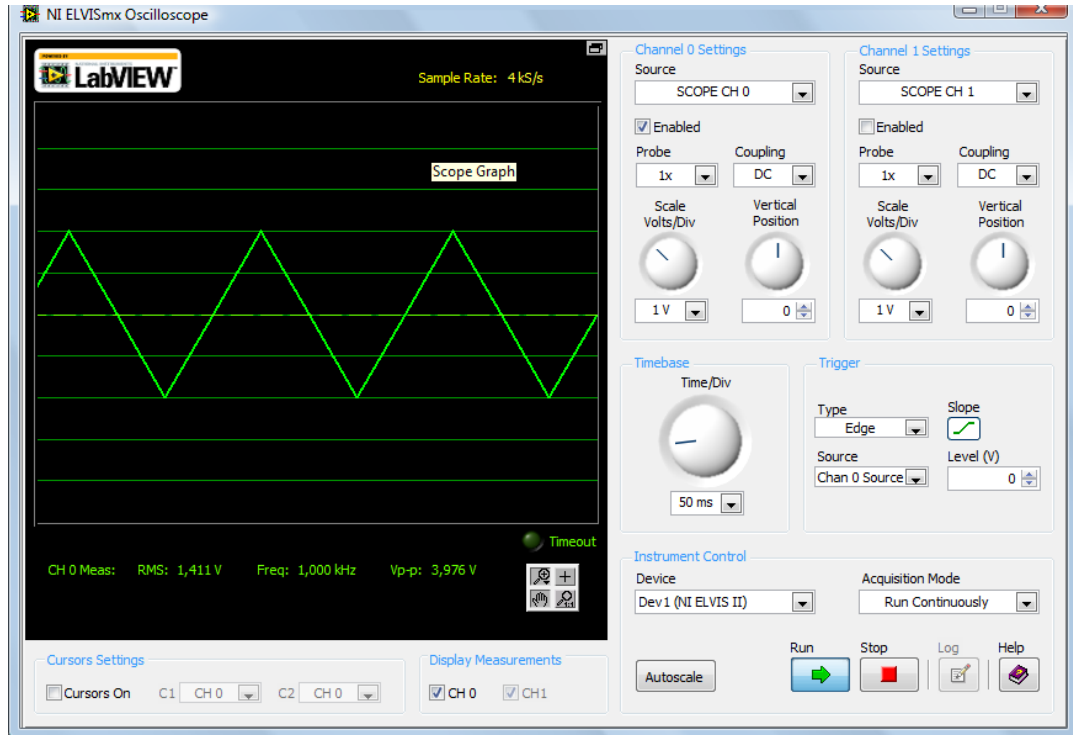
Возвратитесь к лицевой панели генератора ВП **ELVISmx Arbitrary Waveform Generator**. В поле **Waveform Settings** активизируйте аналоговую линию **AO 0** для передачи по ней аналогового сигнала, созданного в редакторе **Waveform Editor**. В поле настроек временных параметров и синхронизации **Timing and Triggering Settings** выставьте следующие значения **Update Rate** – 100 кS/s и **Trigger Source** – **Immediate** (без синхронизации). Нажмите на кнопку **Run** для начала генерации сигнала по аналоговой линии **AO 0** через контакты на макетной плате **NI ELVIS II**.

Для анализа сигнала, генерируемого по аналоговой линии **AO 0**, используйте осциллограф ВП **ELVISmx Oscilloscope**. На лицевой панели осциллографа (**Oscilloscope**) установите в качестве источника сигнала по первому каналу **Channel 0 SCOPE CH 0**, а второй канал **Channel 1** сделайте неактивным (в поле **Channel 1 Settings** уберите выставленную галочку

напротив надписи **Enable**). BNC разъём **SCOPE CH 0**, располагающийся на боковой панели **NI ELVIS II**, соедините BNC кабелем с входом **BNC 1**. Соедините контактный разъём **AO 0 (Analog Outputs)** с контактным разъёмом **BNC 1+**, **BNC 1-** с **GROUND**. В результате на макетной плате **NI ELVIS II** должно получиться следующее:

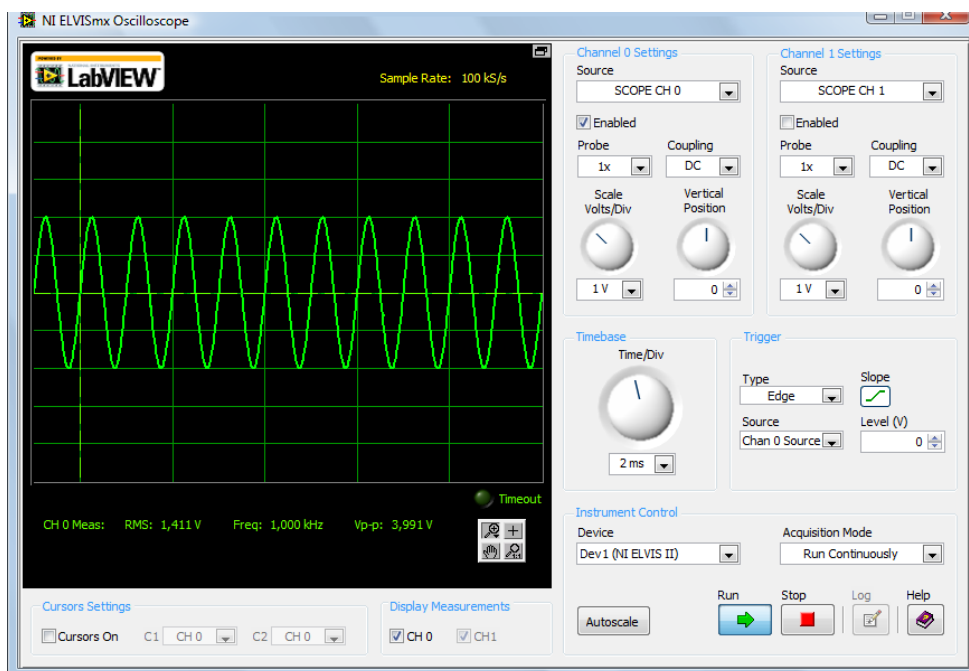


Выберите в качестве источника синхронизации канал **Edge -> Chan 0 Source**. Такая настройка типа синхронизации берёт сигнал, приходящий на первый канал **Channel 0** ВП **NI ELVISmx Oscilloscope**, устанавливает тип аналоговой синхронизации по фронту (**Edge**) и позволяет пользователю установить уровень синхронизации **Level** и указать параметр синхронизации по спадающему или по нарастающему фронту сигнала (**Slope**). Установите уровень синхронизации на 0 В. Если всё сделано правильно, на экране осциллографа ВП **NI ELVISmx Oscilloscope** должен отображаться сигнал с первого канала **Channel 0**. Обратите внимание на положение ручки временной развёртки **Time/Div**.

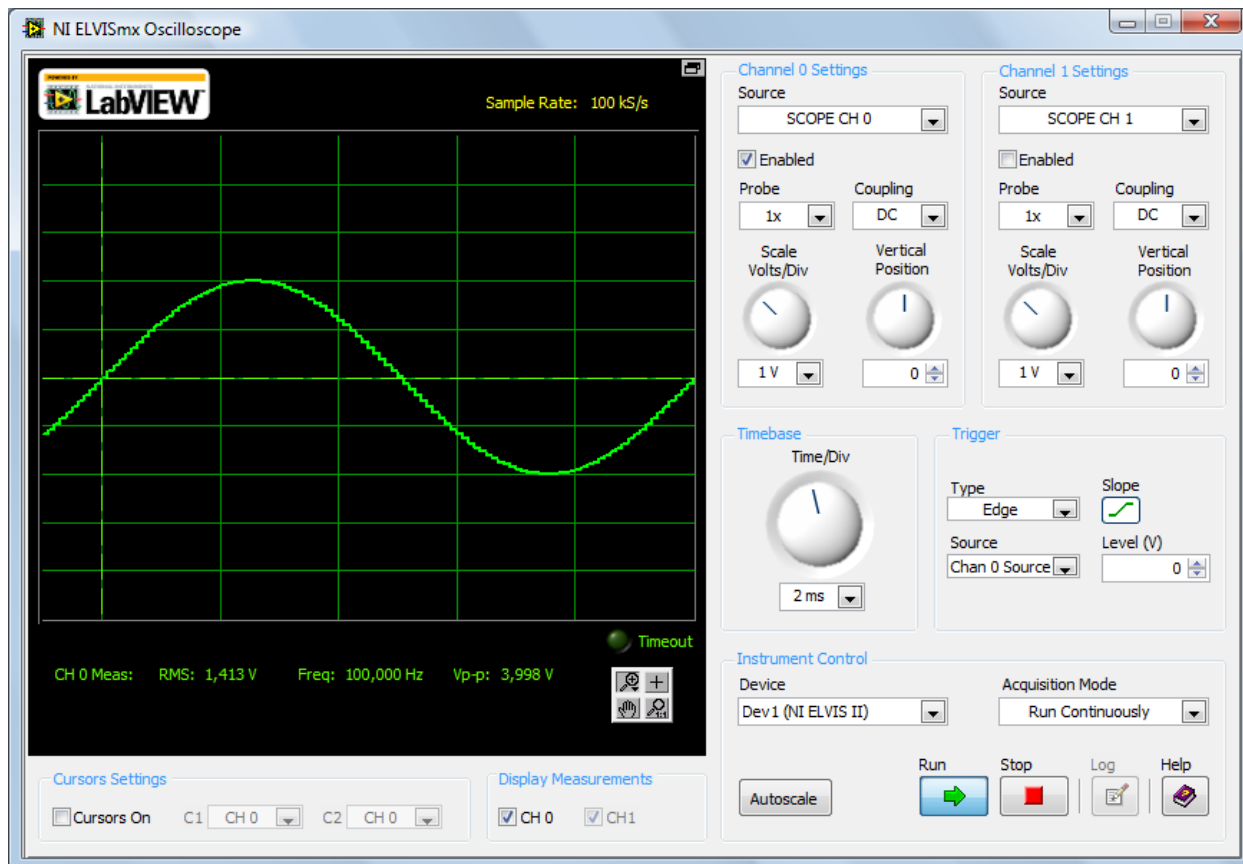


ВОПРОС: Почему на осциллограмме вместо гармонического сигнала с частотой **1 кГц** отображается треугольный сигнал? Сделайте так, чтобы на осциллограмме был синусоидальный сигнал. Какие параметры на лицевой панели осциллографа необходимо изменить для достижения требуемого результата?

После предпринятых действий для изменения вида осциллограммы должно получиться что-то подобное:



На лицевой панели генератора ВП **ELVISmx Arbitrary Waveform Generator** изменим скорость обновления (**Update Rate**) напряжения на канале вывода аналогового сигнала. Изначально её значение равнялось **100 000 точек/секунду**, посмотрите, что произойдёт, если уменьшить значение до **10 000 точек/секунду**:



Если сравнить значение частоты (**Freq**) на экране осциллографа ВП **NI ELVISmx Oscilloscope**, то получим следующий результат:

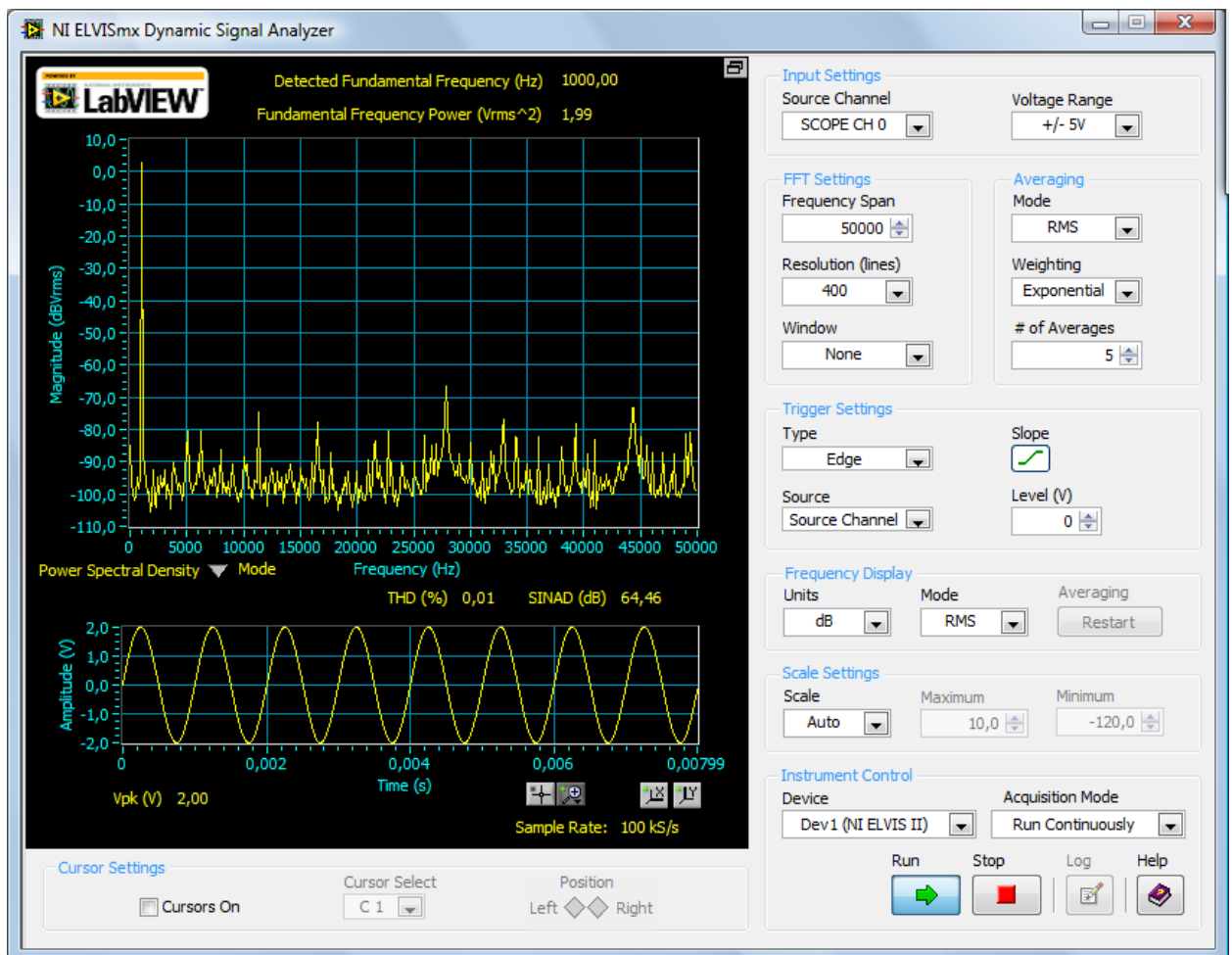
Update Rate = 100 000 точек/секунду Freq = 1 кГц

Update Rate = 10 000 точек/секунду Freq = 100 Гц

ВОПРОС: Можете ли Вы ответить на вопрос, почему это происходит?

Если нет, то вот ответ. В шаблоне генерируемого сигнала было фиксированное количество точек. **Update Rate** представляет собой частоту обновления состояния канала **AO 0** вывода аналогового сигнала. Фактически в соответствии с механизмом прямого цифрового синтеза изменение скорости вывода точек (**Update rate**) изменяется частота тактовых импульсов. Таким образом, единственным способом сохранить число отсчётов и при этом уменьшить частоту обновления канала аналогового вывода – это уменьшение частоты генерируемого аналогового сигнала.

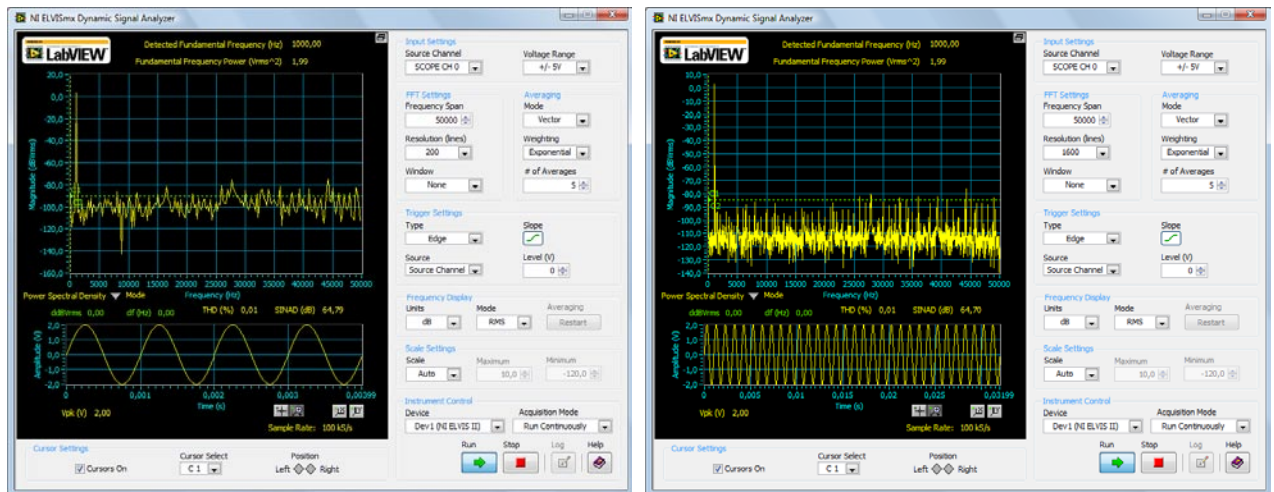
Для анализа искажений аналогового сигнала воспользуемся анализатором спектра **NI ELVISmx Dynamic Signal Analyzer**, более подробное описание которого было дано в разделе 1.5. Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, загрузите анализатор спектра (**DSA**). На экране появится лицевая панель виртуального прибора **NI ELVISmx Dynamic Signal Analyzer**. В качестве источника входных сигналов выберите BNC выход **SCOPE CH0** на боковой панели **NI ELVIS II**. Значение максимальной частоты (**Frequency Span**) установите на **50000 Гц**. Значение разрешения (**Resolution**) пусть будет равно **400**. В поле настроек синхронизации (**Trigger Settings**) установите в качестве типа синхронизации аналоговую синхронизацию по уровню (**Edge**) напряжения по каналу **SCOPE CH 0**, т.е. в поле **Source** выберите **Source Channel**, а уровень (**Level**) установите равным **0 В**. Нажимайте на кнопку **Run** и наблюдайте за временным и спектральным представлением сигнала на дисплее анализатора спектра **NI ELVISmx Dynamic Signal Analyzer**:



Обратите внимание на установку максимальной частоты исследуемого спектрального диапазона (**Frequency Span**), этот элемент управления, фактически определяет значение частоты дискретизации (**Sample Rate**), которая автоматически равна удвоенному значению максимальной частоты спектра (**Frequency Span**) автоматически уменьшается частота дискретизации, но при этом отношение между ними всегда остаётся равным двойке.

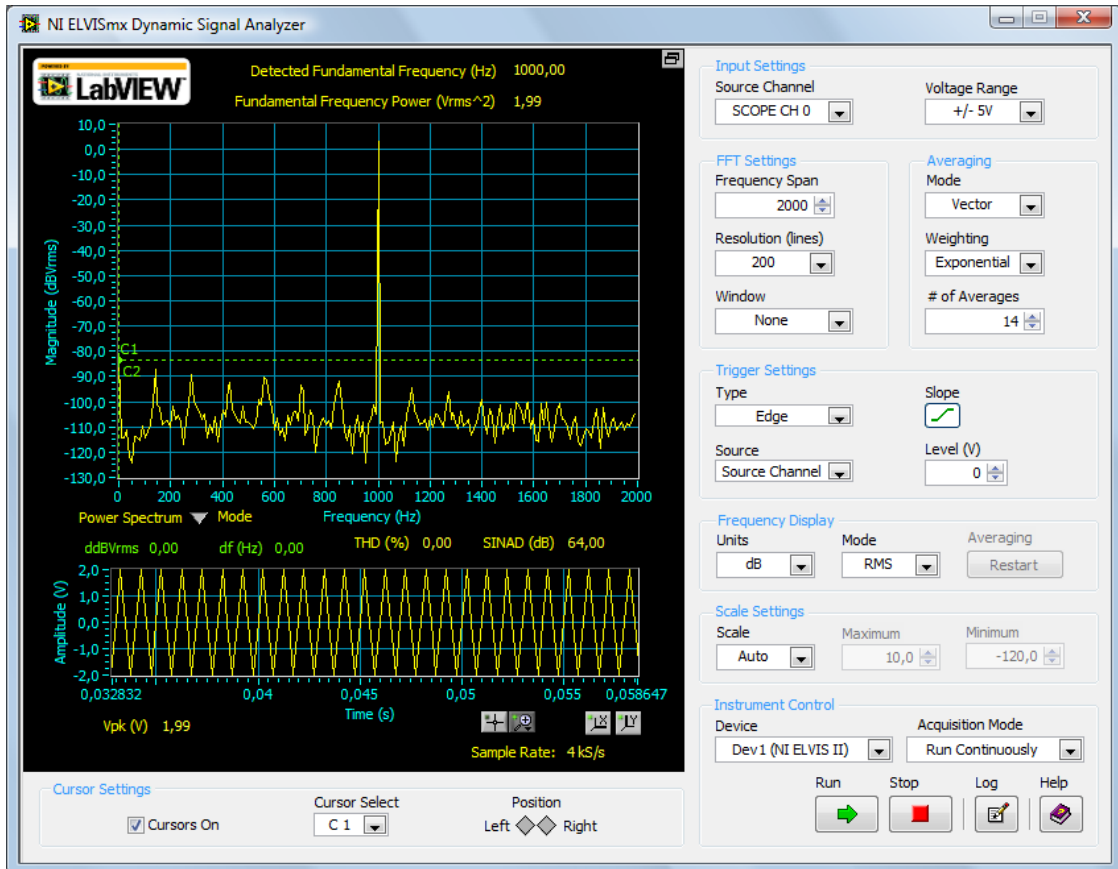
Теперь обратите внимание на то, что автоматически регистрируемая основная частота сигнала (**Detected Fundamental Frequency**) равна **1 кГц**, что соответствует созданному нами шаблону сигнала с помощью редактора **Waveform Editor**.

Параметр **Resolution (lines)** определяет количество оцифрованных точек в выборке аналогового сигнала, получаемого по каналу **SCOPE CH 0**, при фиксированной частоте дискретизации. Таким образом, увеличение разрешения (**Resolution**) приводит к увеличению длины выборки сигнала во времени.



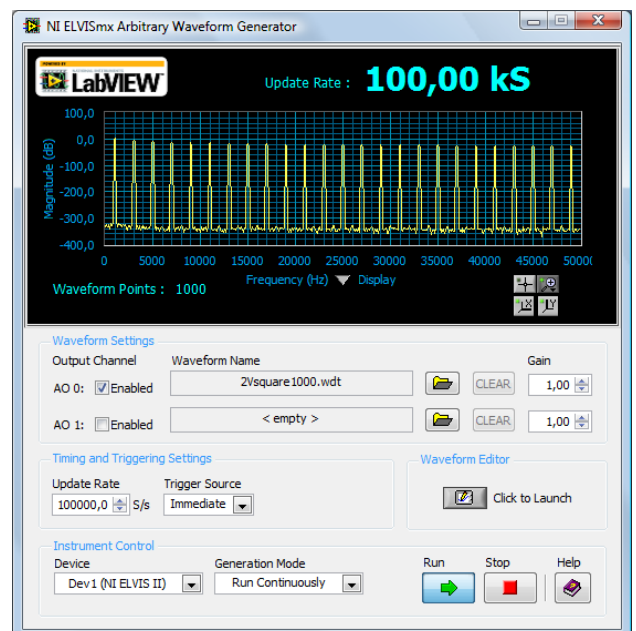
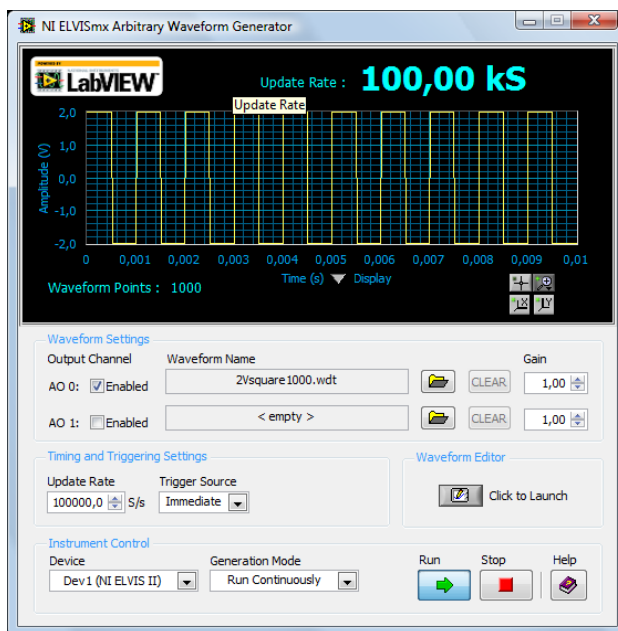
Теперь установите максимальное значение частотного интервала (**Frequency Span**) равным **2000 Гц**, а разрешение (**Resolution**) равным **200**.

Если увеличить спектральную область анализируемого сигнала вблизи пика основной частоты с помощью лупы из палитры инструментов, то получите следующую картину:



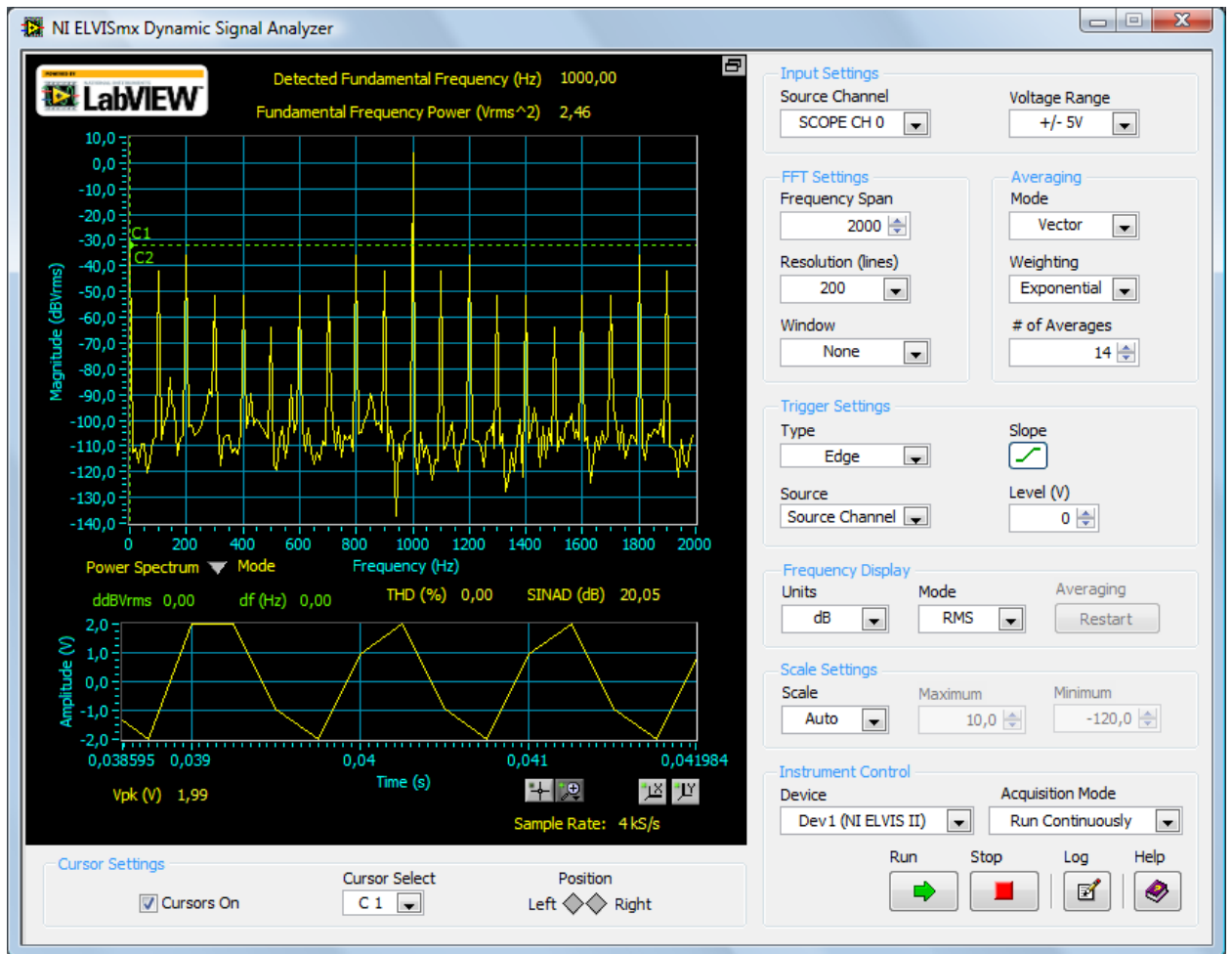
ВОПРОС: Почему наблюдается такая временная форма аналогового сигнала при данных настройках лицевой панели анализатора спектра NI ELVISmx Dynamic Signal Analyzer? Изменился ли вид аналогового сигнала в частотном представлении?

Измените шаблон сигнала, генерируемого по каналу AO 0.



Пусть теперь это будет прямоугольный сигнал с частотой **1 кГц**. На правой картинке представлен спектр прямоугольного сигнала. Максимальная частота в спектре сигнала составляет **50 кГц**.

Теперь запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher** и загрузите анализатор спектра (**DSA**). На лицевой панели анализатора спектра **Dynamic Signal Analyzer** в качестве максимальной частоты в спектре анализируемого сигнала (**Frequency Span**) установите значение **2000 Гц**, а разрешение (**Resolution**) сделайте равным **200**.



ВОПРОС: Почему наблюдается такая временная форма аналогового сигнала при данных настройках лицевой панели анализатора спектра ВП **NI ELVISmx Dynamic Signal**? Изменилась ли картина в частотном представлении аналогового сигнала?

РАЗДЕЛ 1.8 ЦИФРОВОЙ ВВОД/ВЫВОД (DIGITAL WRITER | DIGITAL READER).

Современные компьютеры и многие интеллектуальные бытовые устройства оперируют с цифровыми сигналами. По этой причине возможность записи и считывания сигналов по цифровым линиям важно с точки зрения диагностики цифровых электронных схем.

Макетная плата **NI ELVIS II** имеет набор из восьми зелёных светодиодов с контактными разъёмами с названием **User Configurable I/O LED <0-7>**. Они могут быть использованы, как индикаторы цифровых логических состояний (On-горит-НI или Off-выключен-LO). Соедините **User Configurable I/O LED** с 8-битными параллельными цифровыми линиями контактных разъёмов с названием **Digital I/O <0-7>**. Например, соедините цифровую линию для записи **DIO 0** или по-другому **Bit 0** с контактным разъёмом **User Configurable I/O LED 0** и так далее по очереди ставя соответствие между **Bit** и цифровой линией, по которой будет осуществляться запись этого бита.

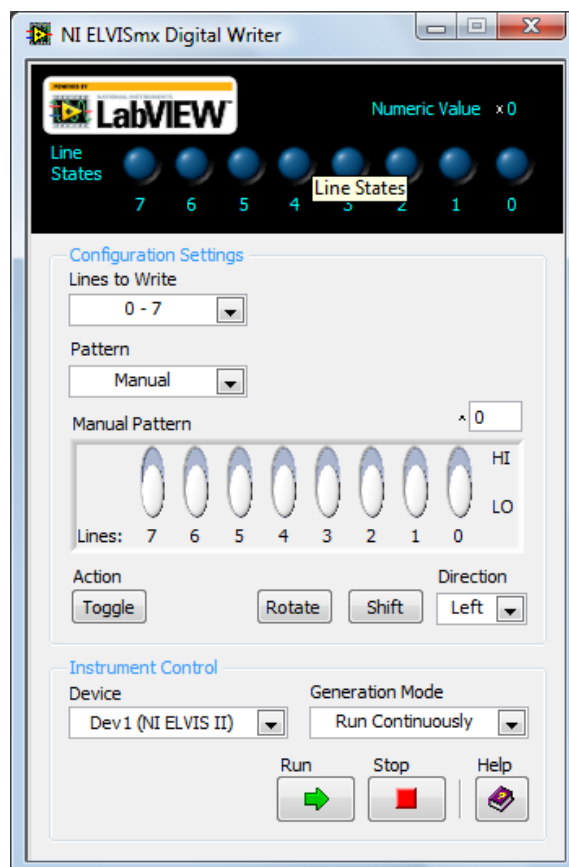


Замечание. Достаточно соединить **Bit <0-7>** с соответствующими цифровыми линиями для записи этих битов одним проводком, поскольку заземление предусмотрено внутри **NI ELVIS II**.

Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, загрузите прибор вывода цифровых сигналов (**DigOut**). На экране появится лицевая панель виртуального прибора вывода цифровых сигналов **NI ELVISmx Digital Writer**.

Виртуальный прибор позволяет осуществлять диагностику цифровых линий и выставлять любой из 8-битов в положение либо логической единицы (**HI**), либо логического нуля (**LO**).

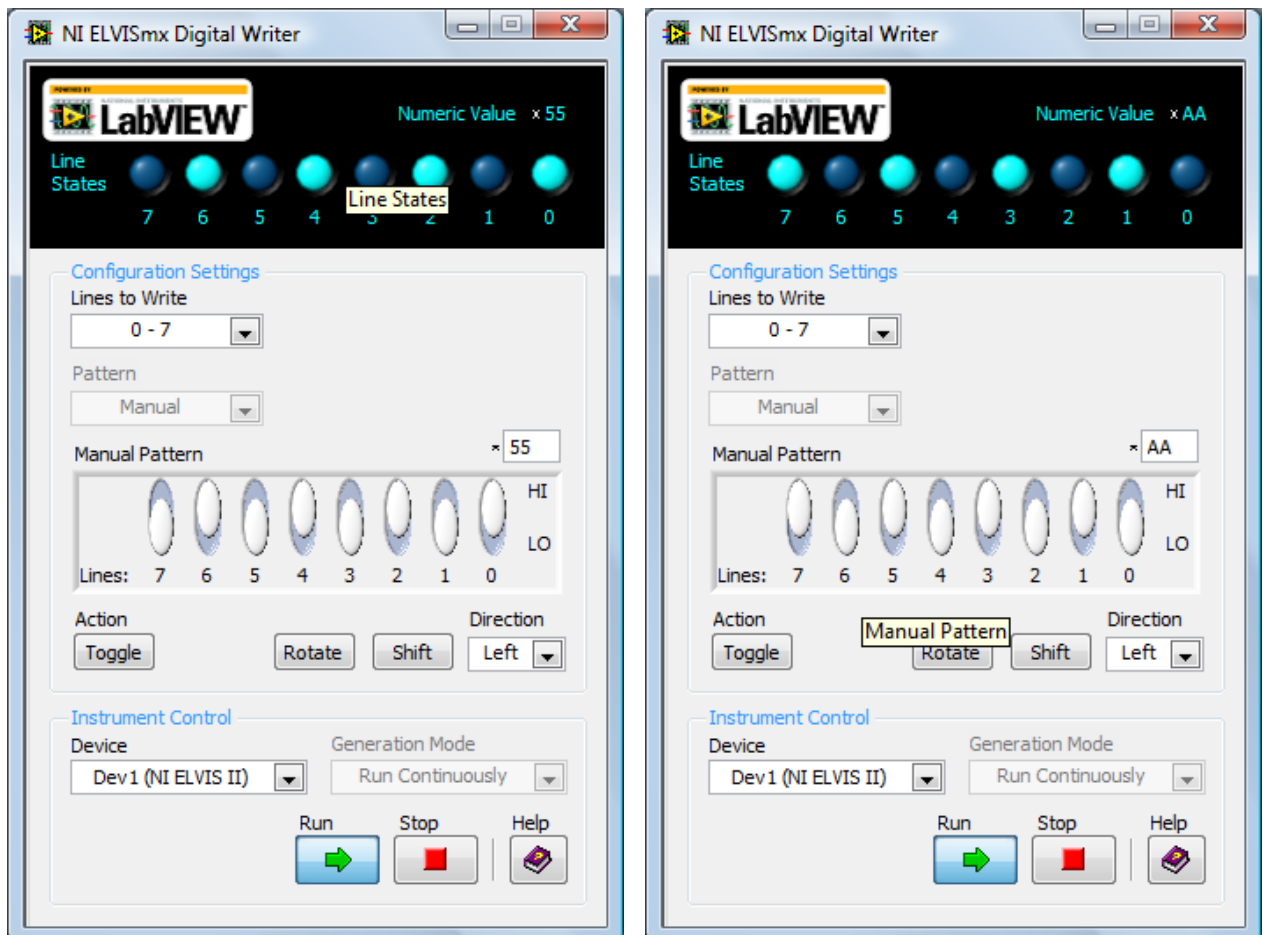
Опишем функциональность данного виртуального прибора более детально. Цифровые линии (**Lines**) или биты, обозначенные **0-7**, считываются справа налево в поле **Manual Pattern**. Любой бит может быть выставлен в состояние логической 1 или 0 (**HI/LO**) с помощью нажатия на верхнюю или нижнюю часть элемента управления в виде переключателя. Все вместе эти 8 линий (бит) составляют 1 порт (байт) информации, который можно считать в бинарном (**Binary**), шестнадцатеричном (**Hex**), восьмеричном (**Octal**), десятичном (**Decimal**) формате или в представлении

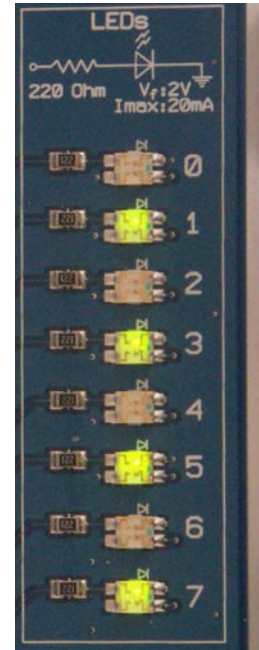
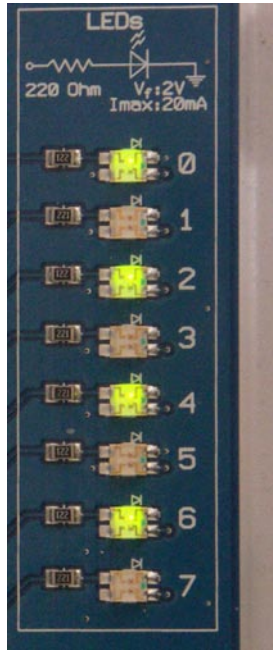


нижнего регистра (**SI Notation**). Тип представления байта информации определяется настройкой \wedge в правом верхнем углу над областью **Manual Pattern**. На экране виртуального прибора над состоянием цифровых линий (**Line States**) в поле **Numeric Value** отображается численное представление величины, соответствующей индикаторам **Line States**. В поле выбора линии для записи (**Lines to Write**) в выпадающем меню можно поменять порт из 8-ми цифровых линий на другой, (порт 0: линии 0-7; порт 1: линии 8-15; порт 2: линии 16-23). В поле шаблона (**Pattern**) указывается последовательность логических единиц и нулей для вывода их по цифровым линиям **DIO <0-7>**. По умолчанию стоит ручной режим выбора последовательности (**Manual**).

В разделе **Action** нажатие на кнопку **Toggle** производит логическое побитовое отрицание состояния, определенного в поле **Manual Pattern**. Этот элемент управления является неактивным, когда в поле **Pattern** выбран любой другой тип сигнала отличный от **Manual**.

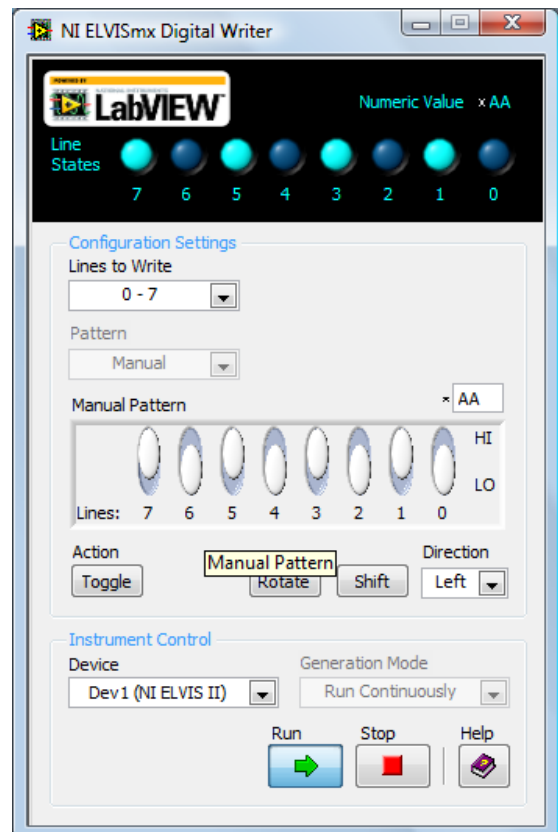
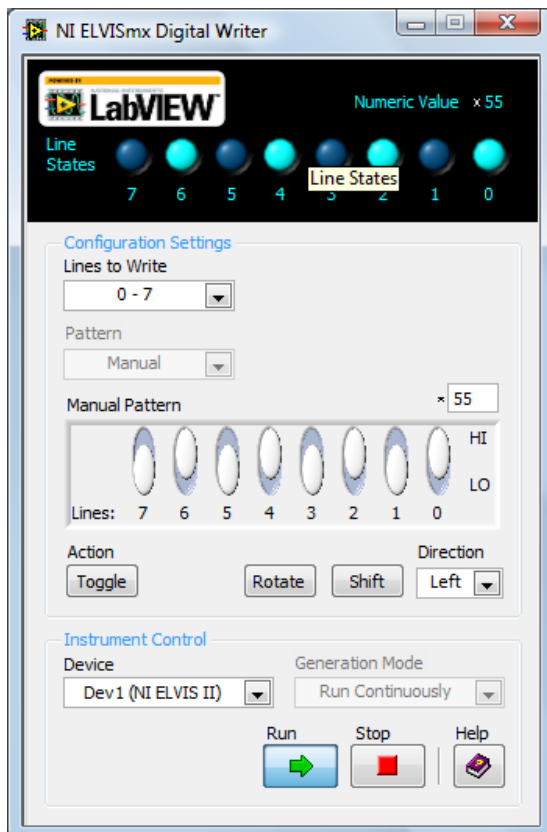
Нажатие на кнопку **Toggle**:

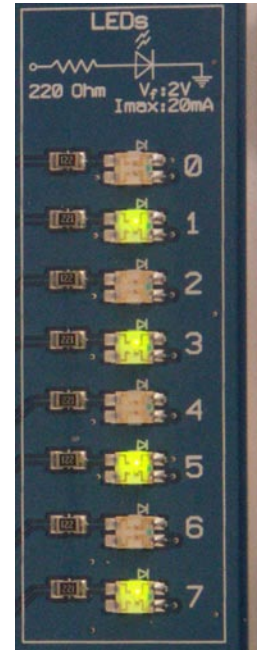
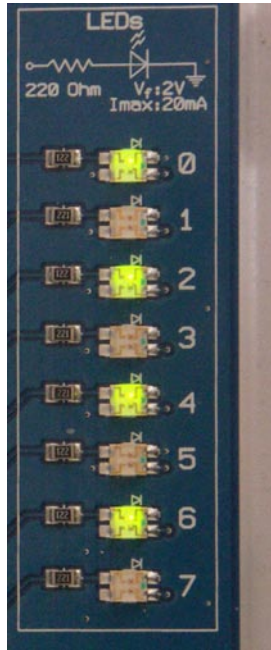




При нажатии на кнопку **Rotate** производится побитовая циклическая перестановка логических значений в поле **Manual Pattern** в направлении, определяемом элементом управления **Direction**. **Rotate** является неактивным, когда в поле **Pattern** выбран любой другой тип сигнала отличный от **Manual**.

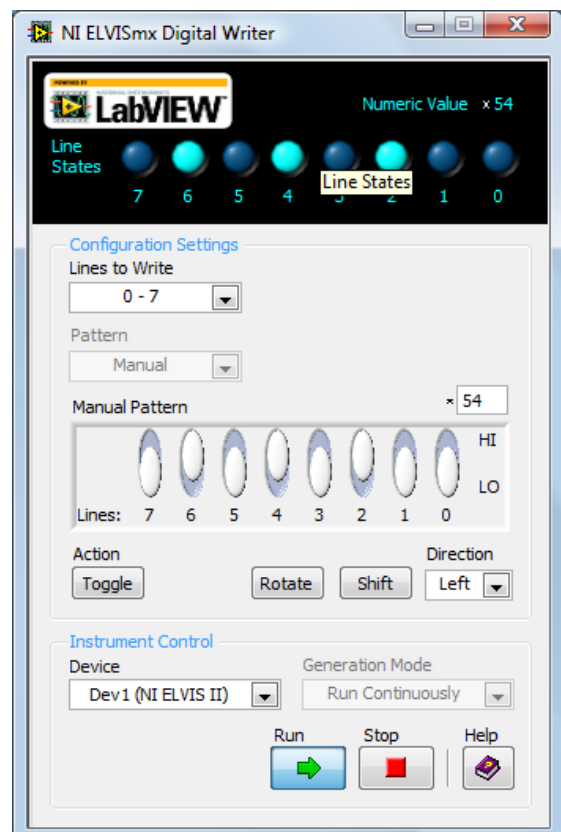
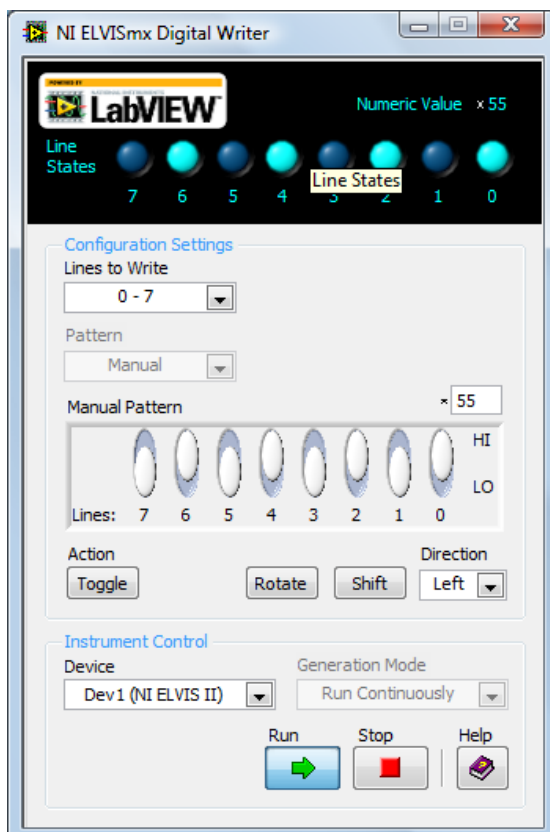
Нажатие на кнопку **Rotate**:

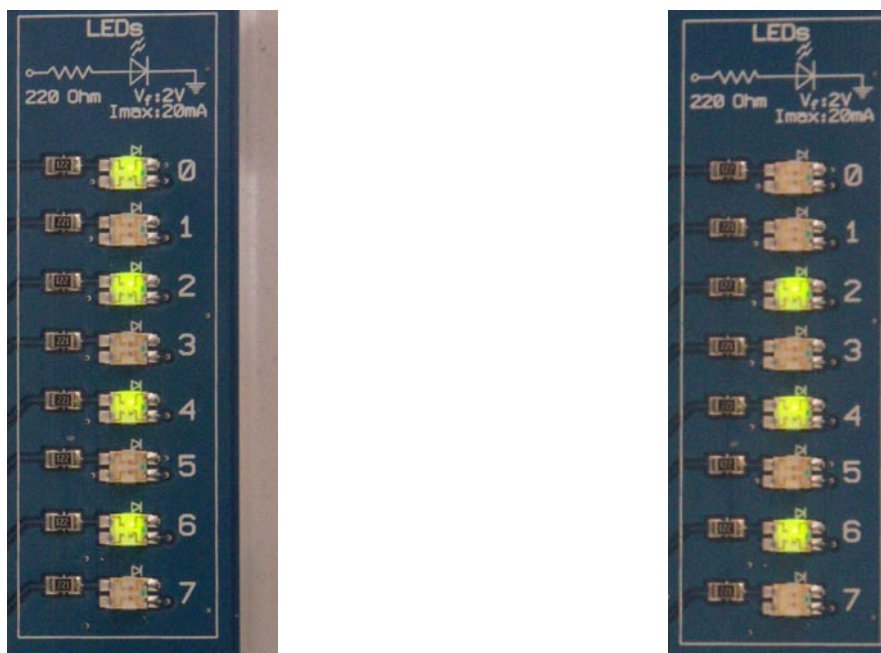




При нажатии на кнопку **Shift** производится побитовый сдвиг логических значений в поле **Manual Pattern** в направлении, определяемом элементом управления **Direction**. **Shift** является также неактивным, когда в поле **Pattern** выбран любой другой тип сигнала отличный от **Manual**.

Нажатие на кнопку **Shift** дважды:





Как только цифровой паттерн байта установлен в поле **Manual Pattern**, нажимайте на **Run**, чтобы послать этот паттерн по цифровым линиям **DIO <0-7>**, который в свою очередь ещё посылается на зелёные светодиодные индикаторы.



Замечание. Настройки поля **Generation Mode** определяет способ записи созданного 8-битного значения в цифровые линии. При использовании режима **Generation Mode -> Run Continuously** байт информации посылается в цифровой порт непрерывно с определённой внутренней частотой **NI ELVIS II**. При этом любые изменения, в том числе и логические операции, мгновенно выводятся в цифровой порт. В режиме **Generation Mode -> Run Once** при нажатии на кнопку **Run** байт информации посылается по цифровой линии один раз, после этого виртуальный прибор **NI ELVISmx Digital Writer** переходит в режим ожидания.

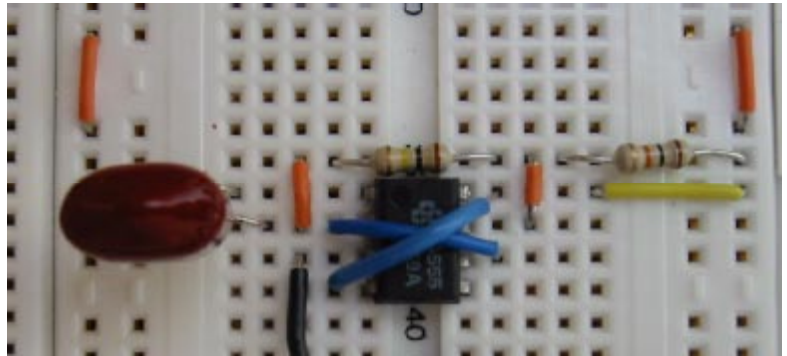
Нажмите на кнопку **Stop** на лицевой панели виртуального прибора **NI ELVISmx Digital Writer**, чтобы прекратить обновление цифрового порта.

Существуют специальные типы цифровых сигналов, часто используемые для диагностической проверки и тестирования цифровых электронных устройств. Раскройте выпадающее меню **Pattern** для просмотра типов байтовых сигналов:

Manual	Загружает любой 8-ми битный шаблон
Ramp (0-255)	Машинная команда INC
Alternating 1/0's	Машинная команда INVERT
Walking 1's	Машинная команда SHIFT LEFT LOGIC

СХЕМА ЦИФРОВОГО ДАТЧИКА ВРЕМЕНИ.

В этой задаче для создания цифрового датчика времени используется интегральная микросхема – таймер КР1006ВИ1 (импортный аналог LM555), два резистора R_A, R_B и конденсатор C .

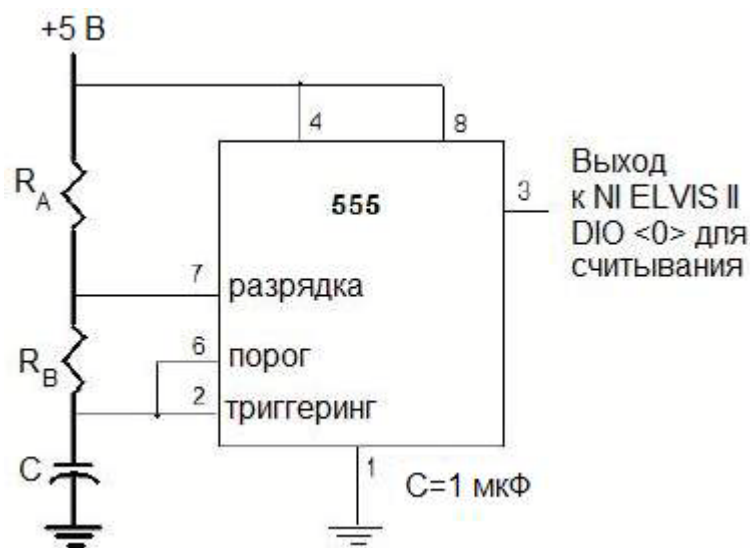


Используя виртуальный прибор **NI ELVISmx Digital**

Multimeter в режиме измерения сопротивления и в режиме измерения ёмкости (см. раздел «Цифровой мультиметр») определите величины ёмкости и сопротивления и внесите эти значения в таблицу:

R_A	_____	Ом
R_B	_____	Ом
C	_____	мкФ

Создайте электрическую схему цифрового датчика времени на макетной плате **NI ELVIS II**, руководствуясь следующим рисунком:



Питание +5 В подается на 4 и 8 контакты микросхемы и через сопротивления R_A, R_B на контакты 7, 6 и 2 соответственно. Последние два контакта через конденсатор C подключаются к «земле». Кроме этого заземление подключается к контакту 1. Соедините выходной контакт 3 микросхемы с цифровой линией **DIO <0>** для считывания данных.

Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, загрузите модуль ввода цифровых сигналов (**Digin**). На экране появится лицевая панель виртуального прибора **NI ELVISmx Digital Reader**.

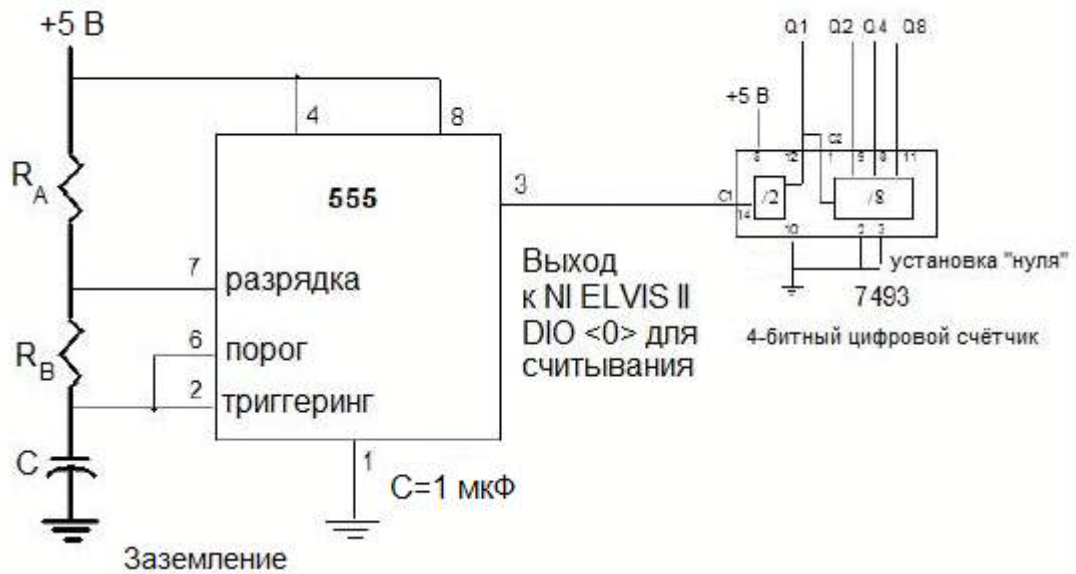


Как и в виртуальном приборе вывода цифровых сигналов **NI ELVISmx Digital Writer** в поле **Lines to Read** в выпадающем меню можно изменять номер порта (набор из 8-ми цифровых линий), с которых и будет осуществляться считывание информации (порт 0: линии 0-7; порт 1: линии 8-15; порт 2: линии 16-23). Виртуальный прибор **NI ELVISmx Digital Reader** предусматривает возможность считывания текущего состояния цифрового порта по требованию (однократный запуск) или непрерывно.

Если датчик времени работает корректно, нулевой бит порта будет подсвечиваться. Если этого не происходит, используйте цифровой мультиметр **NI ELVISmx Digital Multimeter** в режиме измерения напряжения (см. раздел «Цифровой мультиметр») для проверки напряжения на контактах микросхемы.

4-БИТНЫЙ ЦИФРОВОЙ СЧЁТЧИК.

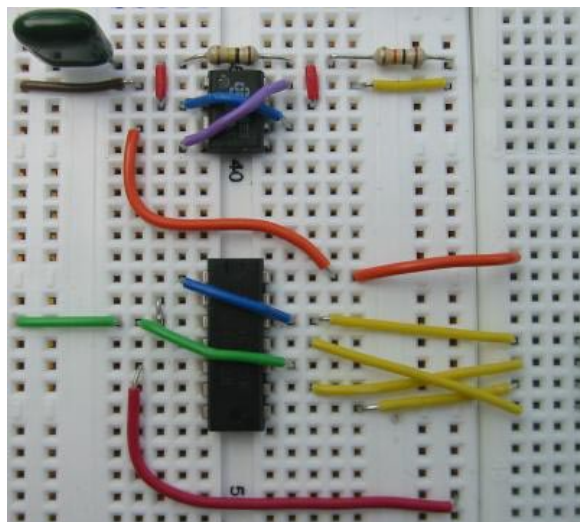
Далее к схеме цифрового датчика времени подключаем 4-битный счётчик типа K155IE5 (импортный аналог SN7493N), который будет в двоичной системе исчисления считать импульсы таймера. Микросхема K155IE5 представляет собой двоичный счетчик. Каждая интегральная схема состоит из четырех JK-триггеров, образуя счетчик делитель на 2 и 8. Установочные входы обеспечивают прекращение счета и одновременно возвращают все триггеры в состояние низкого уровня (на входы R0(1) и R0(2) подается высокий уровень). Если микросхема используется как четырехразрядный двоичный счетчик, то счетные импульсы подаются на C1, а если как трехразрядный - то на вход C2. Для того чтобы сконфигурировать чип, как счётчик делитель на 16, контакт Q1 должен быть замкнут на 1 контакт счётчика как показано ниже:



Питание +5 В подается на контакт 5 счетчика, а заземление происходит через 10 контакт. Также обязательно обеспечьте заземление установки «нуля», 2 и 4 контакта. Соедините выходы с 5-ью зелёными светодиодными индикаторами (LED<0-7>) и цифровыми линиями (DIO <0-23>), с которых будет происходить считывание информации, руководствуясь следующей схемой:

Счетчик 12-ый контакт Q1	LED <4> и DIO 4
Счетчик 9-ый контакт Q2	LED <5> и DIO 5
Счетчик 8-ой контакт Q4	LED <6> и DIO 6
Счетчик 11-ый контакт Q8	LED <7> и DIO 7
Таймер 3-ий контакт	LED <0> и DIO 0

Соедините выход цифрового таймера (3-ий контакт) с входом счётчика (14-ый контакт). На макетной плате NI ELVIS II подобная схема выглядит следующим образом:



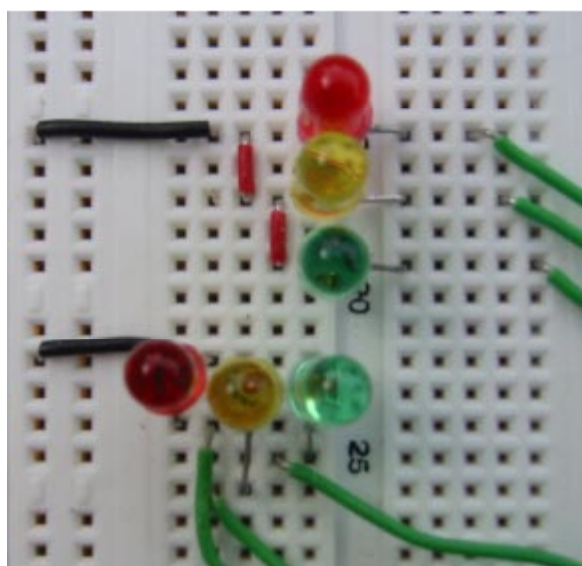
Подключите микросхемы к питанию и наблюдайте за тем, как бинарные импульсы накапливаются на светодиодных индикаторах в виде возрастающих двоичных чисел (LED<0,4-7>)!

Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, загрузите модуль ввода цифровых сигналов (**DigIn**). На экране появится лицевая панель виртуального прибора **NI ELVISmx Digital Reader**. Этот виртуальный прибор позволит Вам проследить состояние цифрового порта на экране компьютера, которое соответствует состоянию светодиодных индикаторов.

РУЧНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ РАБОТОЙ СВЕТОФОРОВ НА ПЕРЕКРЁСТКЕ.

Установите шесть цветных светодиодов на макетную плату NI ELVIS II таким образом, чтобы образовывать двунаправленный перекрёсток.

Каждый светодиод будет контролироваться одним битом из 8-битного порта на макетной плате **NI ELVIS II**. Выходные контактные разъёмы цифрового порта обозначаются на макетной плате как **DIO <0-7>**. Подключите контактный разъём **DIO <0>** к аноду красного светодиода в вертикальном направлении. Соедините другой конец светодиода с цифровым заземлением. Соедините оставшиеся цветные светодиоды аналогичным способом согласно схеме.



DIO <0> красный	вертикальное направление	DIO <4> красный	горизонтальное направление
DIO <1> жёлтый	вертикальное направление	DIO <5> жёлтый	горизонтальное направление
DIO <2> зелёный	вертикальное направление	DIO <6> зелёный	горизонтальное направление

Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, загрузите модуль вывода цифровых сигналов (**DigOut**). На экране появится лицевая панель виртуального прибора **NI ELVISmx Digital Writer**.

С помощью переключателей, работающих в ручном режиме (выпадающее меню **Pattern** в состоянии **Manual**) можно вывести в цифровые линии любую последовательность цифровых сигналов. Установите непрерывный режим обновления состояний цифровых линий (выпадающее меню **Generation Mode** в состоянии **Run Continuously**). Для запуска

вывода цифровых данных в порт нажмите на кнопку **Run** на лицевой панели виртуального прибора **NI ELVISmx Digital Writer**.

Когда все переключатели (биты 0-2 и 4-6) находятся в положении HI, все светодиоды должны светиться. В обратном случае если все сдвиговые переключатели находятся в положении LO, все светодиоды должны быть неактивны.

Можно использовать переключатели на приборе вывода цифровых сигналов для выяснения соответствия различных режимов работы светофора 8-битным цифровым кодам.

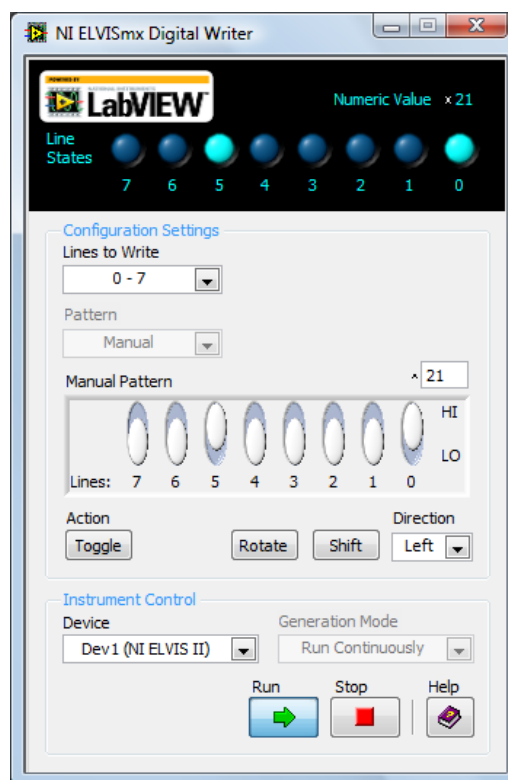
Цикл работы светофора занимает 60 секунд: 25 секунд горит красный сигнал, 5 секунд – жёлтый сигнал, 25 секунд – зелёный сигнал и, наконец, 5 секунд – снова жёлтый сигнал. Таким образом, существует 4 временных периода (T1, T2, T3 и T4). Для двунаправленного перекрёстка в вертикальном направлении включен жёлтый цвет (переход зеленый-желтый-красный) в то время, как в горизонтальном направлении включен жёлтый цвет (переход красный-желтый-зеленый-красный цвет также включён).

Изучите следующую таблицу, чтобы понять, как работают светофоры на перекрестке.

Направление		вертикальное	горизонтальное	8-битный код	Численное значение
Цвета светодиодов		КЖЗ	КЖЗ		
Номер бита		012	456	76543210	
T1	25 сек.	001	100	00010100	20
T2	5 сек.	010	010	00100010	34
T3	25 сек.	100	001	01000001	65
T4	5 сек.	010	010	00100010	34

Используйте прибор вывода цифровых сигналов **NI ELVISmx Digital Writer**, чтобы вычислить, какой 8-битный код необходимо записать в цифровой порт для управления работой светофоров в каждом из 4-х временных интервалов.

Пример: Временной период T1 требует операции **[00101000]**. Компьютер считывает биты в обратном порядке (наименее важный бит справа). Вышестоящий код преобразуется в **{00010100}**. В таблице в колонке «8-битный код» отображается логика включения цифровых линий. С помощью виртуального прибора **NI ELVISmx Digital Writer** можно



преобразовать это значение в десятичный {20}, шестнадцатеричный {14} и другие виды представления, для этого нажмите на значок \wedge над полем **Manual Pattern**. Можно использовать эту особенность для определения числовых кодов для других временных интервалов T2, T3 и T4.

Теперь, вводя 8-битный код для каждого временного интервала, можно вручную управлять сигналами светофоров. Повторение этой последовательности из 4 циклов приводит к автоматизированному управлению перекрёстком.

РАЗДЕЛ 1.9 ОСЦИЛЛОГРАФ (OSCILLOSCOPE)

Наряду с мультиметрами, осциллографы можно считать наиболее распространенными контрольно–измерительными приборами во многих технических отраслях производства и научных исследований. Широкое распространение и прогресс в развитии современных цифровых технологий привели к серьезному изменению характеристик и расширению возможностей осциллографов. По способу обработки входного сигнала осциллографы можно разделить на аналоговые и цифровые, а также по количеству лучей на однолучевые, двухлучевые и т.д. N-лучевой осциллограф имеет N сигнальных входов и может одновременно отображать на экране N графиков. Цифровые осциллографы в свою очередь делятся на запоминающие, люминофорные и стробоскопические. Остановимся на более детальном описании цифровых осциллографов.

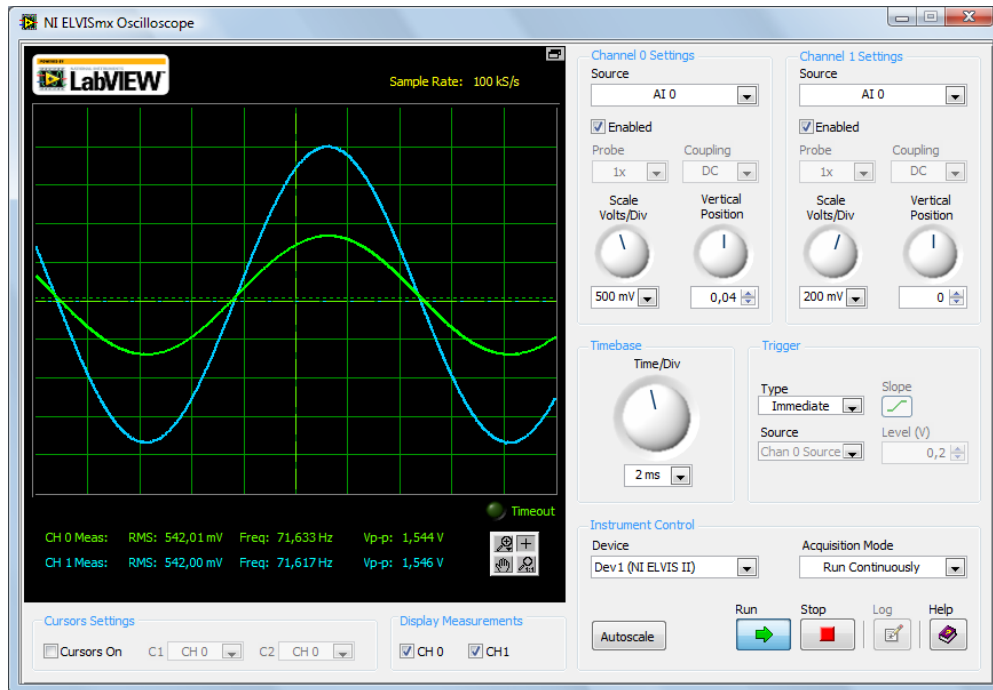
В общем виде цифровой осциллограф состоит из входного делителя, нормализующего усилителя, аналого-цифрового преобразователя, блока памяти, устройства управления и устройства отображения. Входной сигнал после нормализации преобразуется в цифровую форму и записывается в память. Скорость записи (количество значений в секунду) задается устройством управления, и ее верхний предел определяется быстродействием аналого-цифрового преобразователя, а нижний предел теоретически не ограничен, в отличие от аналоговых осциллографов.

Характеристики современных впечатляющие: высокая чувствительность (от 1 мВ/дел) и разрешение (от 8 до 14 бит); широкий диапазон коэффициентов разверток (от 2 нс до 50 с); растяжка сигнала по времени или по амплитуде в широких пределах; развитая логика синхронизации с любыми задержками запуска развертки. Кроме обычных схем запуска синхронизации запуск может производиться, например, при наступлении определенного события или при его отсутствии, а также при достижении определенного значения параметра сигнала. Сигнал, по которому осуществляется синхронизация, и основной сигнал можно наблюдать в момент непосредственно перед запуском развертки.

Рассмотрим работу осциллографа на примере виртуального прибора **NI ELVISmx Oscilloscope**, созданного на базе **NI ELVIS II**. Для загрузки виртуального прибора запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, выберите пункт с надписью **Scope**. На экране появится лицевая панель виртуального прибора **NI ELVISmx Oscilloscope**. Опишем функциональность данного виртуального прибора.

Display Window – окно отображения сигналов по каналам 0 (**Channel 0**) и 1 (**Channel 1**), а также курсоров. Перемещение курсора в горизонтальном направлении осуществляется с помощью нажатия левой кнопкой мыши и перемещения его вдоль временной оси. Графики представляются в виде зависимости амплитуды сигнала от времени.

Toggle View – переключение между видами полного виртуального прибора со всевозможными параметрами и вида только **Display Window**. Этот элемент управления находится в правом верхнем углу **Display Window**.



Sample Rate – частота дискретизации, отображает суммарную частоту, на которой виртуальный прибор принимает данные. Единицы измерения значения/секунду. Суммарная частота дискретизации вычисляется умножением частоту сканирования на два (число каналов).

RMS – стандартное отклонение напряжения выбранного входного сигнала. Единицы измерения вольты. Индикатор является активным только в случае наличия измерений в **Display Window**.

Freq – основная частота сигнала. Единицы измерения Гц. Индикатор является активным только в случае наличия измерений в **Display Window**.

Vp-p – разница между самым высоким и самым низким уровнем измеряемого напряжения входного сигнала. Единицы измерения вольты. Индикатор является активным только в случае наличия измерений в **Display Window**.

C1 , **C2** – значение напряжения при текущих положениях курсоров. Единицы измерения вольты. Это значение является активным, когда курсоры включены (элемент управления **Cursors On** активен).

dT – разница по времени между текущими положениями курсоров C1 и C2. Единицы измерения секунды. Это значение является активным, когда курсоры включены (элемент управления **Cursors On** активен).

Timeout LED – индикатор загорается, когда истекает время ожидания импульса синхронизации.

В поле **Display Measurements** есть возможность отображения и отключения измерительных каналов 0 или 1 (в зависимости от выбранного элемента управления **CHO** или **CH1** соответственно).

Поле **Channel 0/1 Settings** определяет настройки 0 и 1 каналов.

Source – выбирает источник сигнала для измерения по каналу 0/1. Можно выбрать следующие варианты:

SCOPE CH 0/1 – сигналы берутся с BNC разъёмов на боковой панели NI ELVIS II.

AI <0..7> – эти каналы доступны на макетной плате NI ELVIS II.

Enabled – включение отображения данных, поступающих на канал 0 или 1.

Probe – нормировка значений при подключении сигнала с помощью пробника с ослаблением 1:1 или 1:10. Возможные значения 1x и 10x, по умолчанию стоит 1x.

Coupling – тип развязки для канала. Эта операция производится на уровне программного обеспечения. Можно выбрать **AC** режим, чтобы убрать постоянную составляющую сигнала или **DC** режим, чтобы отображался полный сигнал. По умолчанию стоит **DC**.

Scale Volts/Div – вертикальный масштаб осциллографа по напряжению в единицах 1 Вольт/деление. По умолчанию стоит 1 В/дел.

Vertical Position – вертикальное смещение сигналов на **Scope Graph**. По умолчанию стоит нулевое смещение. Смещение отсчитывается от нулевого уровня на графике. Это смещение не применимо для действительно получаемых данных.

Timebase Time/div – горизонтальный временной масштаб осциллографа в единицах секунда/деление. Значение по умолчанию 5 мсек/дел.

Поле **Trigger** состоит из следующих настроек:

Type – тип синхронизации начала получения данных. По умолчанию стоит **Immediate**. Выбор производится из следующих возможных вариантов:

Immediate – внутренняя синхронизация. Нет внешнего синхроимпульса, сбор данных происходит мгновенно.

Digital – синхронизация по возрастающему или спадающему фронту цифрового сигнала (тип выбирается с помощью элемента **Slope**).

Edge – синхронизация по уровню аналогового сигнала, который можно регулировать с помощью элемента **Level (V)**. Возрастающий или спадающий фронт сигнала можно выбрать с помощью элемента управления **Slope**. При выборе аналоговой синхронизации в качестве источника синхроимпульса может быть выбран 0 или 1 канал осциллографа (**Chan 0 Source** или **Chan 1 Source**).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛОГОВЫХ ЛИНИЙ ANALOG INPUT SIGNAL AI<0..7>

Рассмотрим на практике работу осциллографа. Пусть источником сигнала для каналов 0 и 1 (**Channel 0** и **Channel 1**) виртуального прибора **NI ELVISmx Oscilloscope** будут аналоговые линии **AI0+** и **AI0-**.

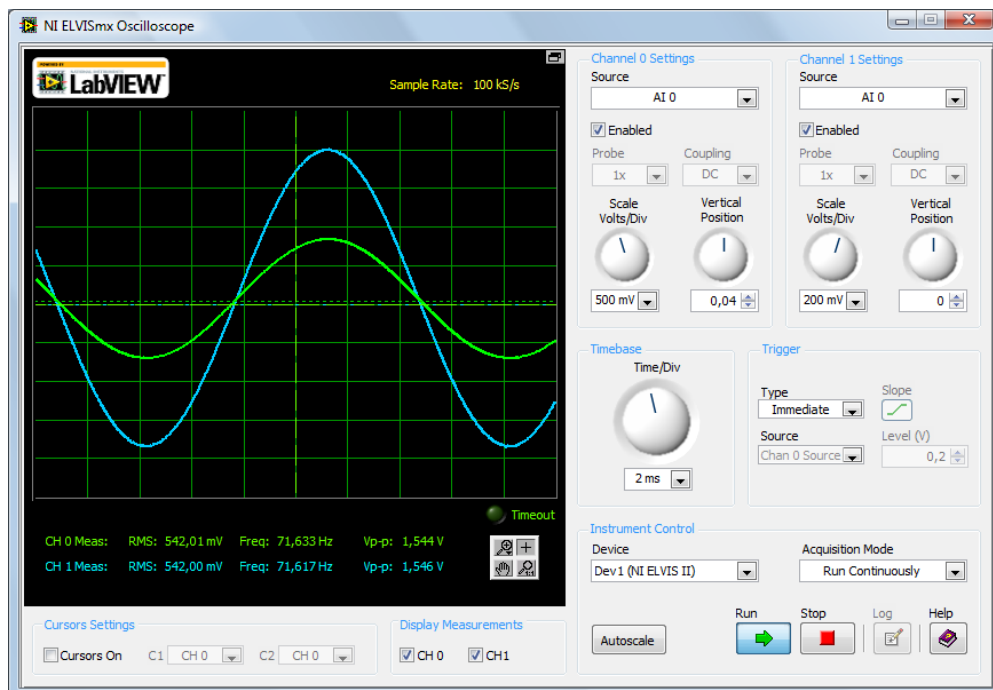


Замечание. Надо помнить, что заземление аналоговых линий **AI<0..7>** производится с помощью подключения **AI<0..7>-** к **AIGND**.

Для того чтобы завести сигнал на аналоговую линию **AI0**, соединим **FGEN** с **AI0+**, не забывая при этом про заземление аналогового сигнала: **AI0-** подключаем к **AIGND**.

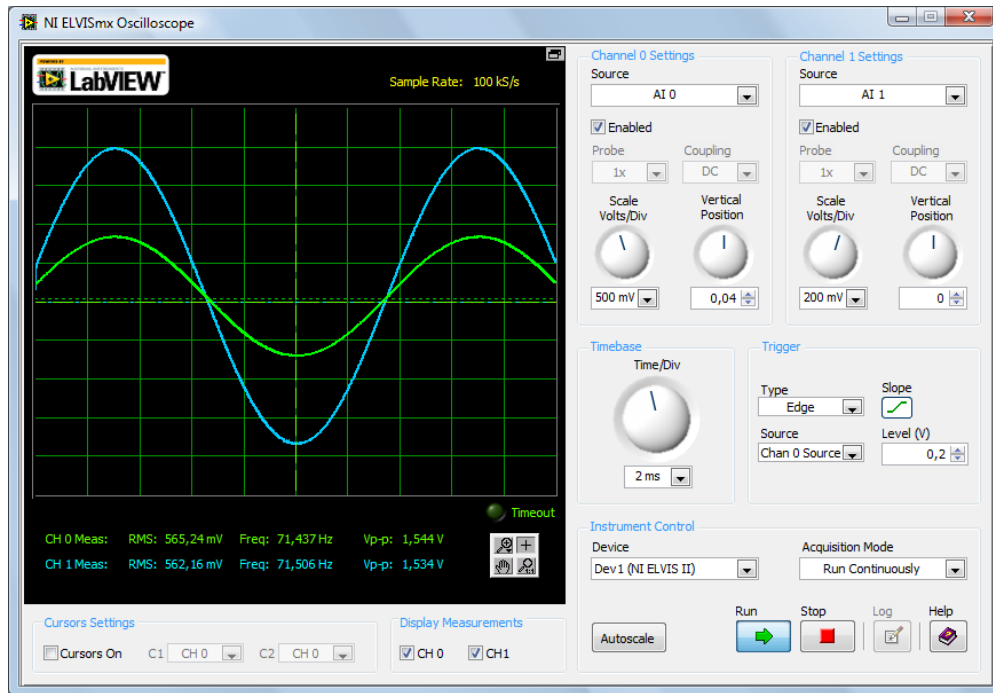
Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, загрузите генератор стандартных функций (**FGEN**). На экране появится лицевая панель **NI ELVISmx Function Generator**. В поле **Waveform Settings** выберите тип сигнала, который необходимо подать на аналоговую линию **AI0** для дальнейшего изучения на дисплее виртуального прибора **NI ELVISmx Oscilloscope**. Пусть это будет гармонический сигнал с частотой **Frequency 70 Гц**.

Теперь запустите осциллограф **NI ELVISmx Oscilloscope**. Включите отображение сигналов обоих каналов (в поле **Channel 0 Settings** и **Channel 1 Settings** выставьте галочки напротив **Enabled**). Тем самым будет включен ввод сигнала с генератора **FGEN** как по первому, так и по второму каналу. Изменив масштаб оси Y для разных каналов **Channel 0** и **Channel 1**, разнесите по оси Y сигналы получаемые с одной и той же аналоговой линии **AI0**. Получите следующую ситуацию на дисплее виртуального прибора:



Наблюдается сильное смещение осциллограмм по оси X (оси времени), что свидетельствует о неправильно выбранном типе синхронизации. Измените тип

синхронизации с внутреннего **Immediate** на внешний по уровню аналогового сигнала **Edge**. Измените уровень синхронизации **Level (V)** для получения устойчивой осциллограммы.



ВОПРОС: Как надо изменить уровень синхронизации для достижения устойчивого отображения осциллограммы при уменьшении амплитуды сигнала с генератора до значения 0,1 В?

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SCOPE CH 0 И SCOPE CH 0

Рассмотрите работу осциллографа **NI ELVISmx Oscilloscope** при использовании в качестве источника сигнала по каналам Channel 0 и Channel 1 BNC разъёмов, располагающихся на боковой панели **NI ELVIS II**.

Для начала соедините **BNC** выходы **SCOPE CH 0** и **SCOPE CH 0**, располагающиеся на боковой панели **NI ELVIS II** к входам **BNC 1** и **BNC 2** с помощью обычных BNC кабелей (см. ниже)

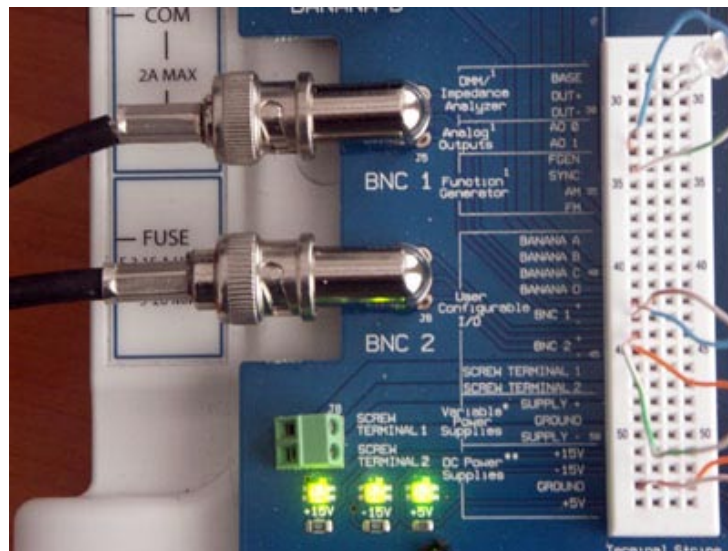


Входам **BNC 1** и **BNC 2** на макетной плате **NI ELVIS II** соответствуют контактные полосы, обозначенные как **User Configurable I/O BNC 1** и **BNC 2**. Поэтому для проведения анализа поведения интересующего нас сигнала с помощью осциллографа, необходимо подавать его на контактные разъёмы сигнал с контактов **User Configurable I/O BNC 1** и **BNC 2**.

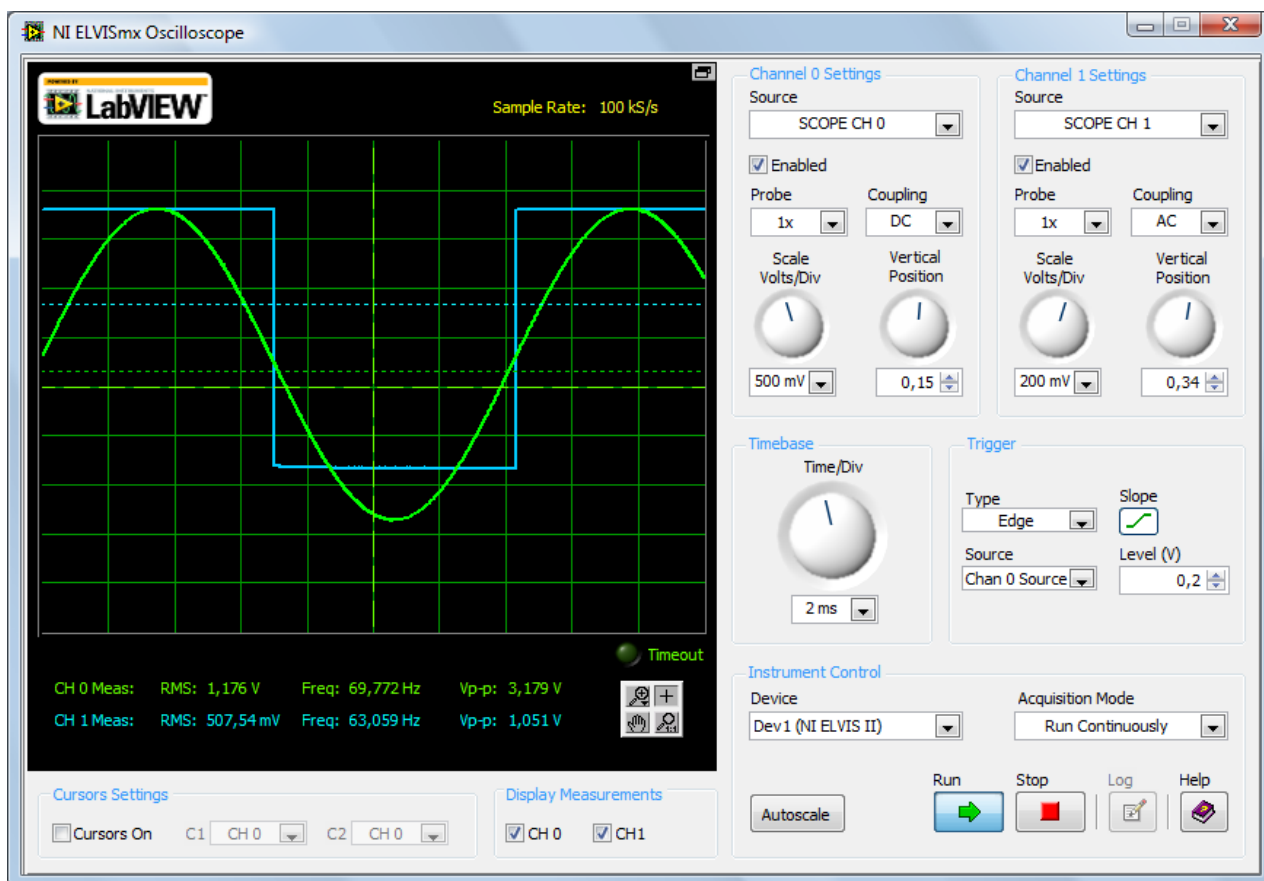
Установите входные значения **Source** в поле **Channel 0 Settings**, **Source** в поле **Channel 1 Settings**, **Trigger** и **Timebase** такими, как показано ниже. Попробуйте в данной конфигурации проанализировать работу генератора стандартных функций **FGEN** и модуля синхронизации **SYNC**, обозначенные на макетной плате **NI ELVIS II**, как **Function Generator FGEN**, **SYNC**. Для анализа сигнала генератора по каналу **Channel 0** и модуля синхронизации **SYNC** по каналу **Channel 1** необходимо соединить контактные разъёмы **Function Generator FGEN, SYNC** и **User Configurable I/O BNC 1+** и **BNC 2+** (см. ниже).




Замечание. **User Configurable I/O BNC 1+** и **BNC 2+** необходимо всегда соединять с **GROUND** на макетной плате **NI ELVIS II**.



Если всё сделано правильно, то осциллограмма на дисплее ВП **NI ELVISmx Oscilloscope** должна выглядеть следующим образом:




 **Замечание.** Помните, что необходимо нажать на кнопку **Run** не только на лицевой панели осциллографа ВП **NI ELVISmx Oscilloscope**, но и на лицевой панели генератора ВП **NI ELVISmx Function Generator**.

Изменяя значения элементов управления на лицевой панели генератора ВП **NI ELVISmx Function Generator** наблюдайте за изменением сигналов на экране осциллографа ВП **NI ELVISmx Oscilloscope**. Для измерения значения амплитуды или временных интервалов включите курсоры **Cursors On**.

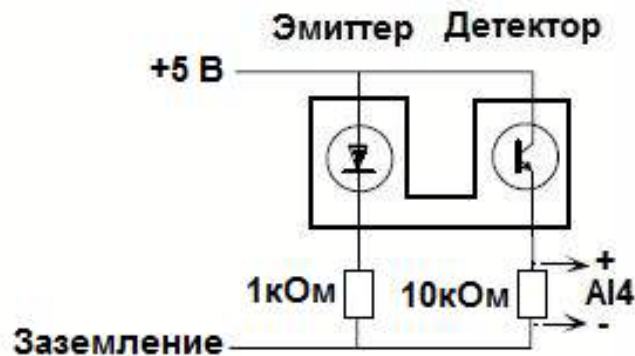
УПРАЖНЕНИЕ «ТАХОМЕТР»

Используя ИК светодиод (IR LED) и фототранзистор или оптопарный модуль с щелью, можно построить простой датчик движения. На макетную плату **NI ELVIS II** поместите компоненты составляющие, представленные на диаграмме ниже. В случае оптопарного модуля, внутренний светодиод используется в качестве оптического источника и питается от напряжения + 5 В.

 **Замечание.** Обратите внимание, что резистор сопротивлением 1 кОм подключается последовательно со светодиодом для ограничения силы тока.

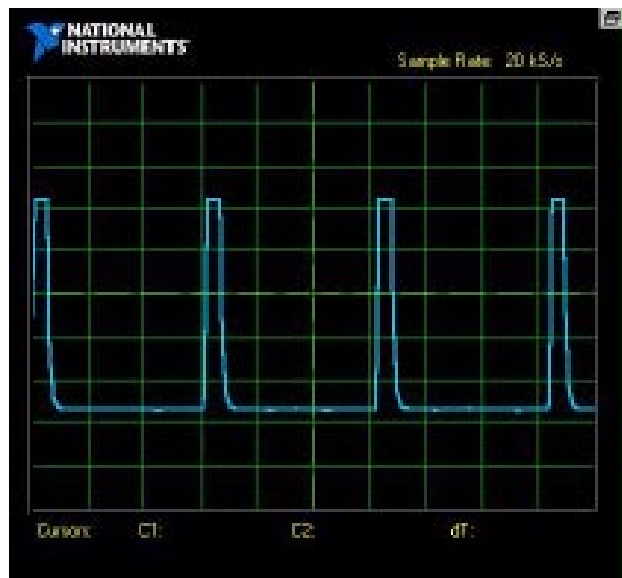
Резистор сопротивлением 10 кОм связывает фототранзисторный эмиттер и «землю» и точно такое же напряжение прикладывается к коллектору фототранзистора. Напряжение, снимаемое с нагрузки 10 кОм, и есть сигнал фототранзистора или тахометра.

Присоедините контакты 10 кОм резистора к контактным разъёмам AI4+, AI4-.



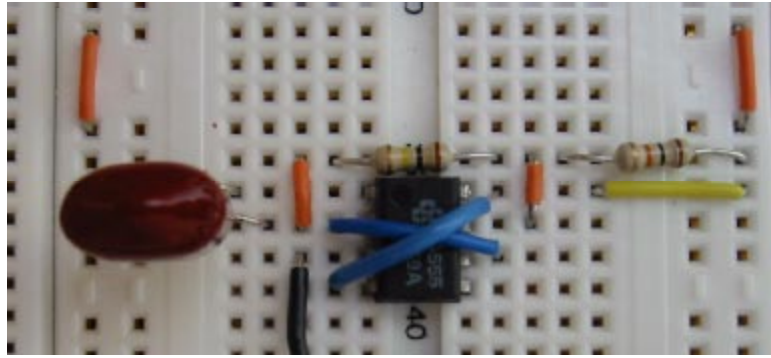
Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, загрузите осциллограф (**Scope**). На экране появится лицевая панель виртуального прибора **NI ELVISmx Oscilloscope**.

Пронесите листок бумаги между излучателем и приемником датчика движения, наблюдайте за изменением осциллограммы (HI-LO-HI). Попробуйте использовать колесико с гребёнкой, имеющей большое количество зубов. Покрутите колесико между датчиками для получения цуга импульсов. Можно также вносить и убирать листок бумаги как пилу для генерации постоянного потока импульсов (см. рис. ниже)



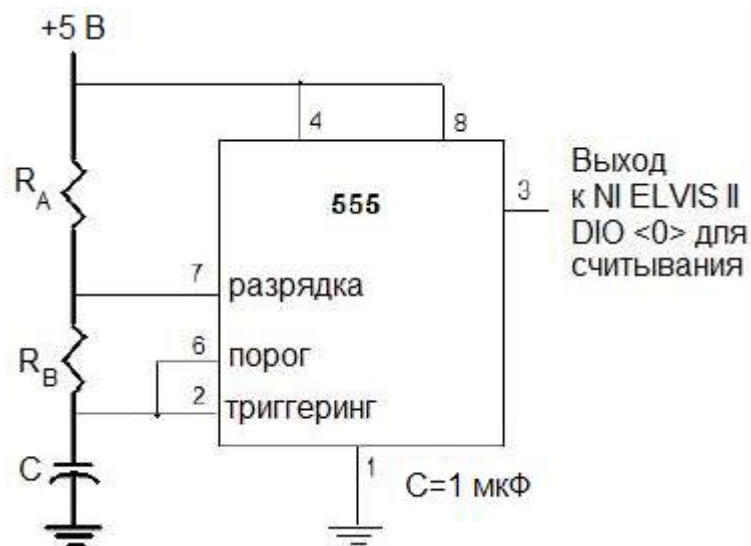
УПРАЖНЕНИЕ «ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦИФРОВОГО ДАТЧИКА ВРЕМЕНИ»

Цифровой датчик времени представляет собой микросхему – таймер, два резистора R_A, R_B и конденсатор C . Более подробная информация представлена в разделе 1.8.

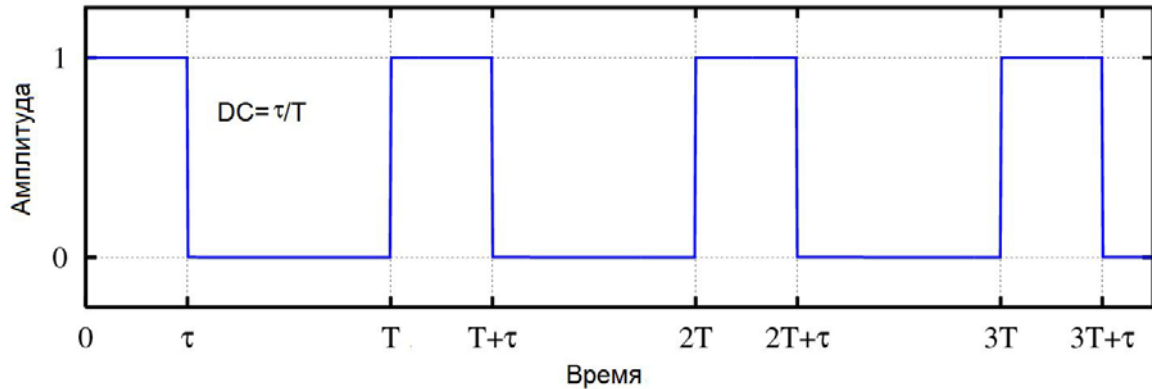


$R_A=10 \text{ кОм}$
 $R_B=100 \text{ кОм}$
 $C=1 \text{ мкФ}$

Создайте электрическую схему цифрового датчика времени на макетной плате NI ELVIS II, руководствуясь следующей картинкой:



Питание +5 В подается на 4 и 8 контакты микросхемы и через сопротивления R_A, R_B на контакты 7, 6 и 2 соответственно. Последние два контакта через конденсатор C подключаются к «земле». Кроме этого заземление подключается к контакту 1. Соедините выходной контакт 3 микросхемы с цифровой линией **DIO <0>** для считывания данных.



Период колебательного контура таймера выражается формулой:

$$T = 0,695 \cdot (R_A + 2R_B) \cdot C \text{ секунд}$$

Частота колебательного контура таймера связана с периодом следующим соотношением:

$$F = 1/T \text{ Гц}$$

Колебательный контур таймера имеет коэффициент заполнения (это часть времени, в течение которой колебательная система находится в активном состоянии – длительность импульса/период):

$$DC = (R_A + R_B) / (R_A + 2R_B)$$

Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, загрузите осциллограф (**Scope**). На экране появится лицевая панель ВП **NI ELVISmx Oscilloscope**. На лицевой панели ВП **NI ELVISmx Oscilloscope** установите в качестве источника сигнала по первому каналу **Channel 0 SCOPE CH 0**, а второй канал **Channel 1** сделайте неактивным (в поле **Channel 1 Settings** уберите выставленную галочку напротив надписи **Enable**). BNC разъём **SCOPE CH 0**, располагающийся на боковой панели **NI ELVIS II**, соединим BNC кабелем с входом **BNC 1**. Соедините контакт **3** чипа микросхемы таймера с контактным разъёмом **BNC 1+**, **BNC 1-** с **GROUND**.

После этого на дисплее ВП **NI ELVISmx Oscilloscope** будет отображаться цифровой сигнал по первому каналу **Channel 0**. Выберите в качестве источника синхронизации **Edge -> Chan 0 Source**. Напомним ещё раз, что подобная настройка типа синхронизации берёт сигнал, приходящий на первый канал **Channel 0** ВП **NI ELVISmx Oscilloscope**, устанавливает тип аналоговой синхронизации (**Edge**) и позволяет пользователю установить уровень синхронизации **Level** и тип аналоговой синхронизации **Slope** (по спадающему или по нарастающему фронту сигнала). Установите уровень синхронизации +1 В.

На экране ВП **NI ELVISmx Oscilloscope** в нижней его части наблюдайте значение основной частоты (**Freq**). Включите курсоры, нажав на пустой квадратик рядом с надписью **Cursors On**, а потом **CH 0**. Используя курсоры, измерьте период и коэффициент заполнения.

Заполните следующую таблицу:

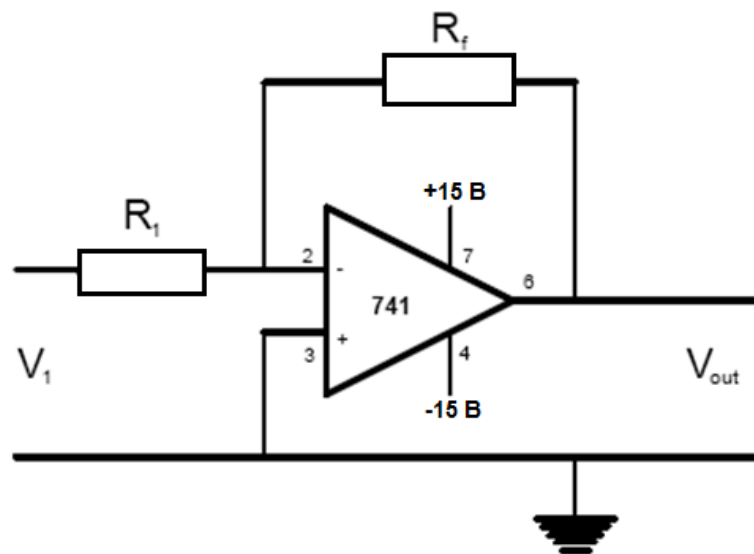
T	=	_____	(секунды)
τ	=	_____	(секунды)
DC	=	_____	
F	=	_____	(Гц)

Сравните ваши измеренные значения с теоретическими значениями (см. выше).

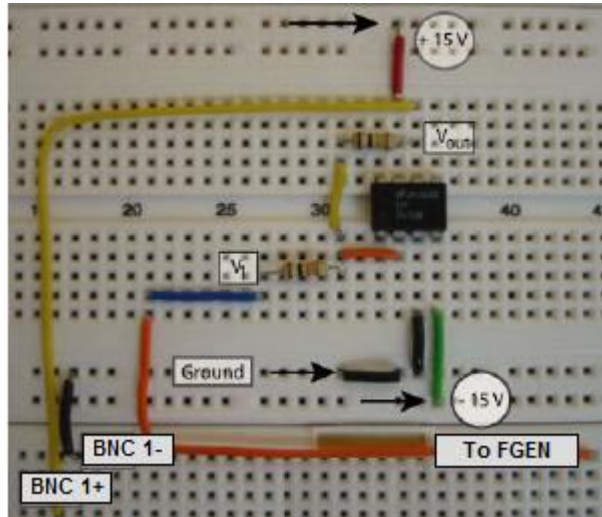
Завершите работу ВП **NI ELVISmx Oscilloscope**.


УПРАЖНЕНИЕ «ЧАСТОТНЫЙ ОТКЛИК БАЗОВОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОПЕРАЦИОННОГО УСИЛИТЕЛЯ»

На макетной плате **NI ELVIS II** создайте простую схему усилителя на базе операционного усилителя КР140УД708 (импортный аналог LM741) с коэффициентом усиления 10, как показано на диаграмме ниже.



На макетной плате **NI ELVIS II** базовая схема операционного усилителя выглядит следующим образом:



 **Замечание.** Обратите внимание, что операционный усилитель использует питание +15 V и -15 V по постоянному току. Контактные полосы **+15 V**, **-15 V**, **Ground** располагаются на макетной плате **NI ELVIS II** слева внизу в поле **DC Power Supplies**. Соедините вход операционного усилителя V_1 с контактными разъёмами **FGEN** и **Ground**. Подсоедините выход операционного усилителя V_{out} к контактными разъёмам **BNC 1+** и **BNC 1-**.

Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, загрузите генератор стандартных функций (**FGEN**) и осциллограф (**Scope**). На экране появится лицевая панель ВП **NI ELVISmx Function Generator** и ВП **NI ELVISmx Oscilloscope**. На лицевой панели осциллографа ВП **NI ELVISmx Oscilloscope** установите в качестве источника сигнала по первому каналу **Channel 0 SCOPE CH 0**, а в качестве источника по второму каналу **Channel 1** аналоговую линию **AIO**. BNC разъём **SCOPE CH 0**, располагающийся на боковой панели **NI ELVIS II**, соедините BNC кабелем с входом **BNC 1**. На аналоговую линию **AIO+** подайте сигнал с генератора **FGEN**. Заземление аналоговой линии **AIO** производится с помощью соединения **AIO-** и **GROUND**.

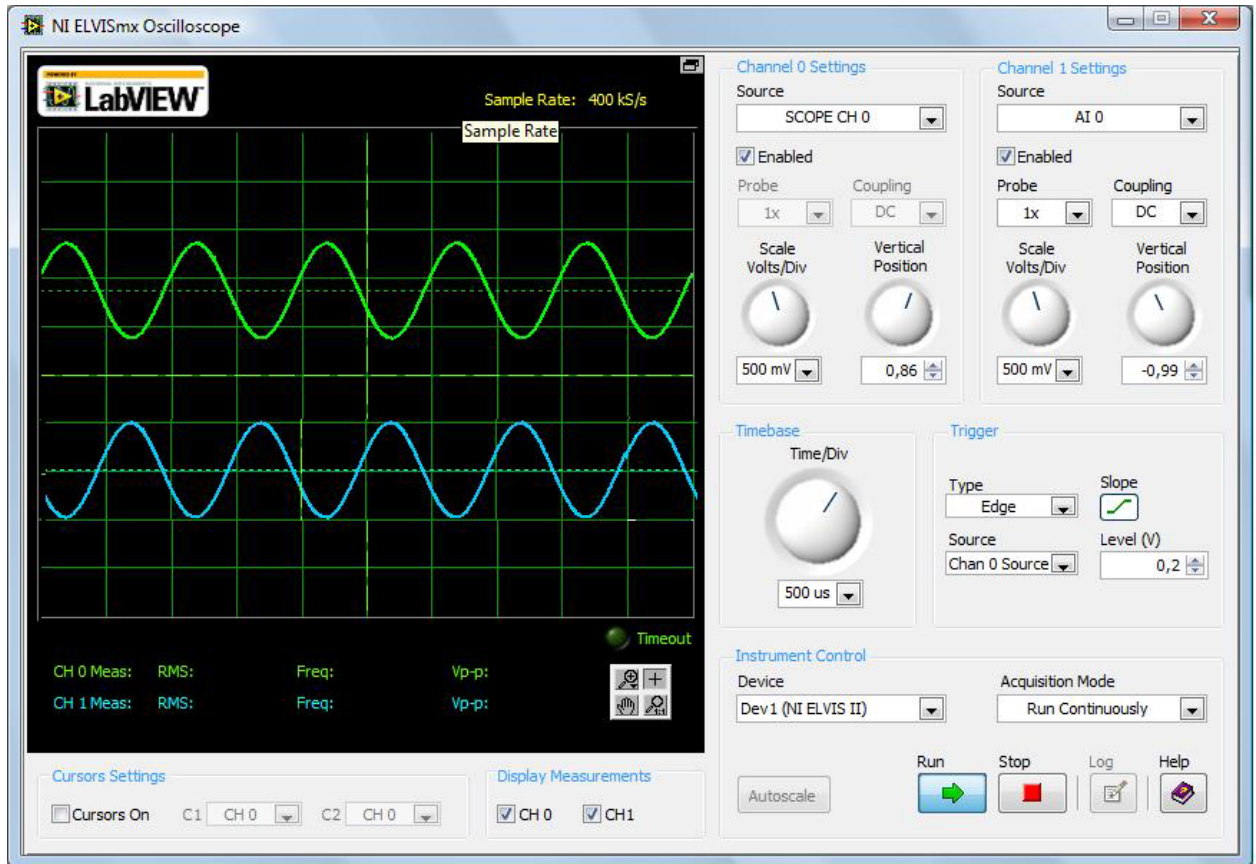
На лицевой панели ВП **NI ELVISmx Function Generator**, установите следующие параметры:

Waveform	Sine wave
Peak Amplitude	1 В
Frequency	1 кГц
DC Offset	0 В

Проверьте электрический контур, затем включите питание макетной платы **NI ELVIS II**. Запустите осциллограф ВП **NI ELVISmx Oscilloscope** в режиме непрерывного сбора данных (**Acquisition Mode - > Run Continuously**).

Наблюдайте тестовый сигнал V_1 на втором канале **Channel 1** и сигнал, прошедший через операционный усилитель, V_{out} на первом канале **Channel 0**.

Так как тестовый сигнал приходит от генератора **FGEN**, то на лицевой панели ВП **NI ELVISmx Oscilloscope** в поле **Trigger** нужно выбрать аналоговую линию синхронизации **EDGE**.



Определите амплитуду сигнала на входе операционного усилителя (**Channel 1**) и на выходе (**Channel 0**), используя курсоры на лицевой панели ВП **NI ELVISmx Oscilloscope**. Заметьте, что выходной сигнал инвертирован относительно входного по причине инвертированной схемы операционного усилителя.

Вычислите коэффициент усиления по напряжению (отношение амплитуды сигнала по первому каналу к амплитуде сигнала по второму каналу). Изменяя частоту генерируемого сигнала от **FGEN** следите за тем, как меняется ситуация на осциллограмме ВП **NI ELVISmx Oscilloscope**. Что Вы заметили нового?

ВОПРОС: Что Вы заметили нового? Как ваши измерения согласуются с теоретически рассчитанным значением коэффициента усиления R_f/R_1 ?

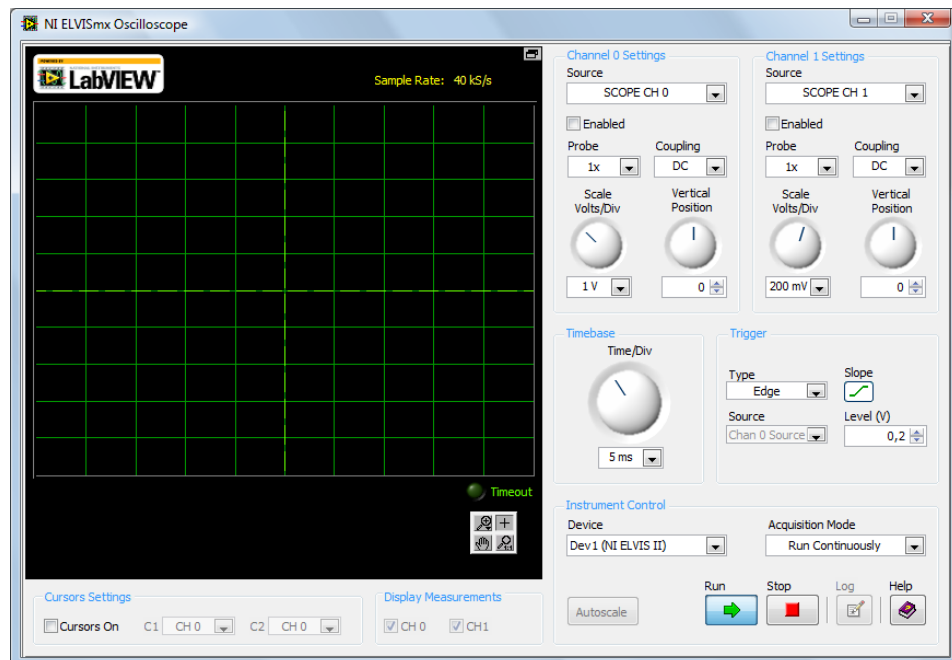
Завершите работу ВП **NI ELVISmx Oscilloscope** и **NI ELVISmx Function Generator**.

УПРАЖНЕНИЕ «ТЕСТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПАССИВНОГО RC-КОНТУРА С ПОМОЩЬЮ ОСЦИЛЛОГРАФА»

Рассмотрим RC-цепочку, состоящую из резистора сопротивлением 10 кОм и конденсатора ёмкостью 10 нФ. Попробуйте проанализировать частотные характеристики этого RC-контура с помощью осциллографа ВП **NI ELVISmx Oscilloscope**.

Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, загрузите осциллограф (**Scope**). На экране появится лицевая панель виртуального прибора **NI ELVISmx Oscilloscope**.

Используйте осциллограф ВП **NI ELVISmx Oscilloscope** в режиме, когда в качестве источника сигналов по каналам **Channel 0** и **Channel 1** используются BNC разъёмы, расположенные на боковой панели **NI ELVIS II**. Более подробную информацию о том, как работать с осциллографом **NI ELVISmx Oscilloscope** в подобном режиме смотрите раздел «Использование Scope CH 0 и Scope CH 1» в этой главе. Установите следующие параметры на лицевой панели **NI ELVISmx Oscilloscope**:



Channel 0 Settings:

Source – SCOPE CH 0

Probe – 1x

Coupling – DC

Scale Volts/Div – 1 V

Timebase :

Time/Div - 5 мс

Channel 1 Settings:

Source – SCOPE CH 1

Probe – 1x

Coupling – DC

Scale Volts/Div – 200 мВ

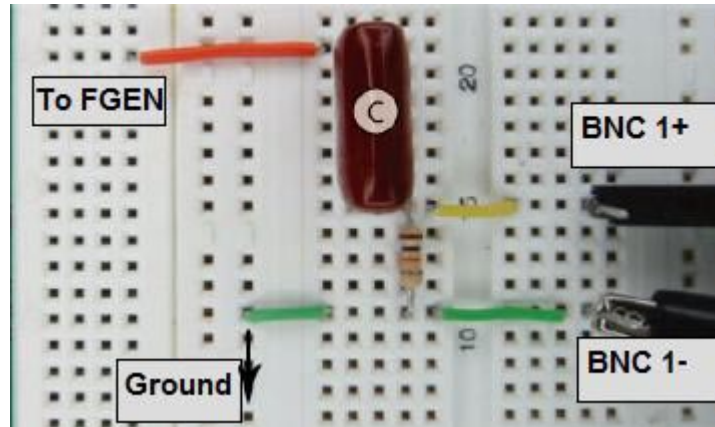
Trigger:

Type - Edge

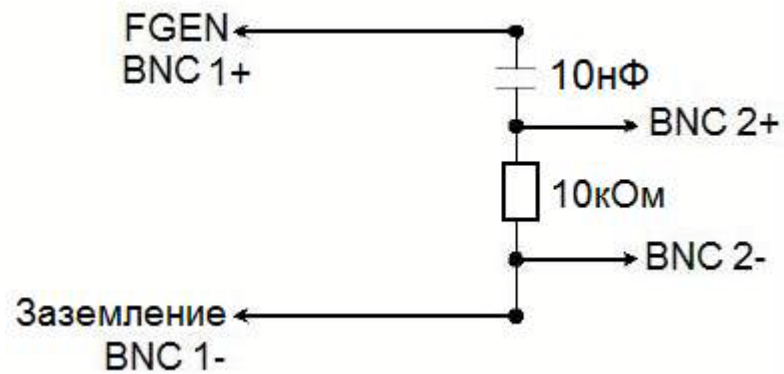
Идея эксперимента заключается в следующем: сигнал, полученный с помощью встроенного в **NI ELVIS II** генератора, подаётся на вход RC-контура и с помощью осциллографа изучается видоизменённый сигнал, прошедший через RC-цепочку. Таким образом, с помощью ВП **NI ELVISmx Oscilloscope** будет исследоваться зависимость сигнала

на выходе от сигнала на входе RC-контура, что позволит сделать вывод о частотных характеристиках используемого RC-контура.

Создайте RC-контур на макетной плате **NI ELVIS II** в соответствии со схемой:

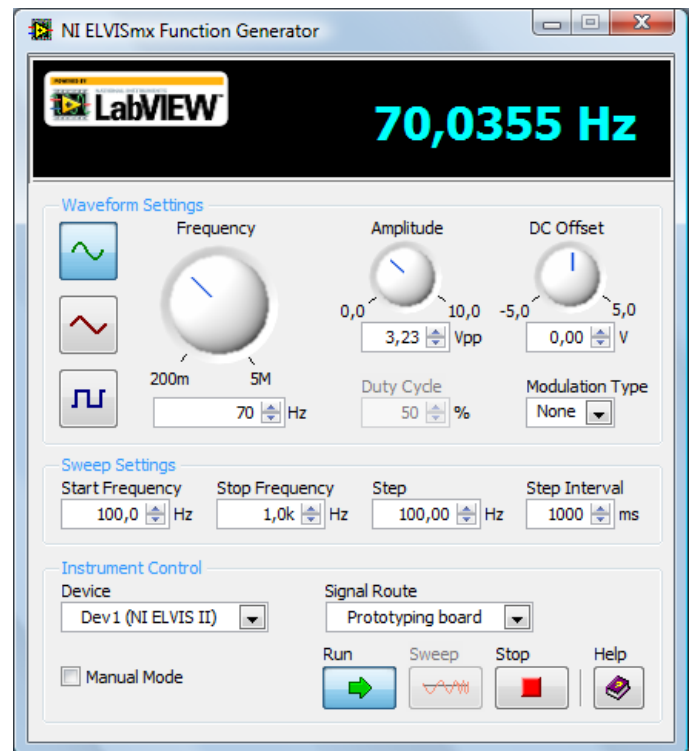


Или в схематическом виде:

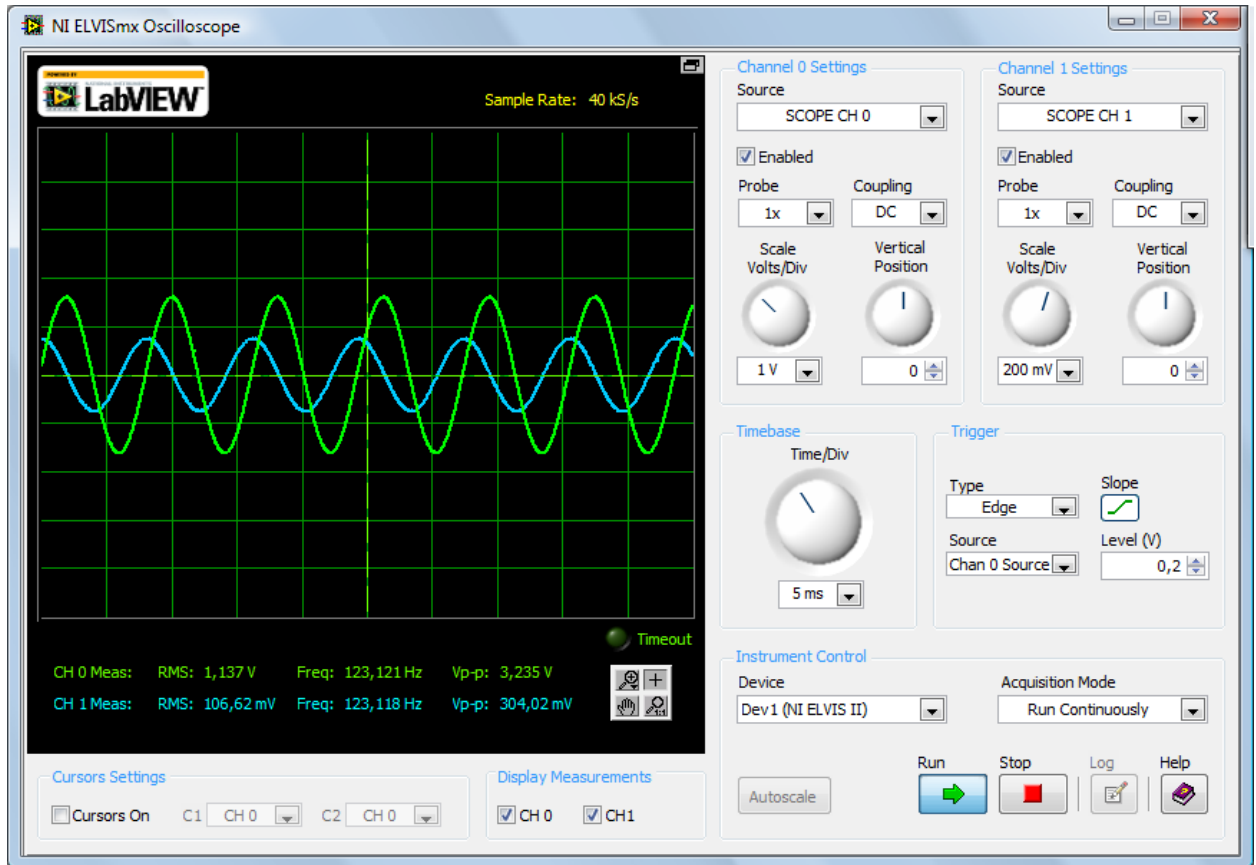


Запустите **NI ELVISmx Instrument Launcher**, загрузите генератор стандартных сигналов (**FGEN**). На экране появится лицевая панель виртуального прибора **NI ELVISmx Function Generator**. Установите указанные на картинке параметры на лицевой панели ВП **NI ELVISmx Function Generator**.

То есть, используя выход генератора сигналов на макетной плате **NI ELVIS II**, сигнал с генератора поступает на контактный разъём осциллографа **BNC 1+** и отображается на канале 0 (**SCOPE CH 0**), а с другой стороны этот же сигнал поступает на вход RC-цепочки. Внутри RC-контура он видоизменяется, и прошедший сигнал поступает на разъём осциллографа **BNC 2+** и анализируется по второму каналу осциллографа **NI ELVISmx Oscilloscope SCOPE CH 1**.



Если всё сделано правильно, то у должно получиться что-то подобное:



Отношение амплитуды сигнала по второму каналу **SCOPE CH 1** к амплитуде сигнала по первому каналу **SCOPE CH 0** определяет коэффициент усиления RC-контура на соответствующей частоте. Так как в электрическом контуре нет усиления, то коэффициент усиления должен быть меньше единицы. Варьируя частоту гармонического сигнала на лицевой панели генератора **NI ELVISmx Function Generator** следите за отношением амплитуд сигналов по первому и второму каналам **SCOPE CH 1** и **SCOPE CH 0**. В результате можно получить представление о частотной характеристике пассивного электрического RC-контура.

Определите частоту, при которой коэффициент усиления равен $1/\sqrt{2}$. С помощью курсоров на лицевой панели ВП **NI ELVISmx Oscilloscope** определите разность фаз между сигналом с первого и второго каналов **SCOPE CH 1** и **SCOPE CH 0** на соответствующей частоте.

ВОПРОС: Можно ли установить связь измерения фазы с фазовыми измерениями с помощью анализатора импеданса ВП **NI ELVISmx Impedance Analyzer**?

Завершите работу ВП **NI ELVISmx Oscilloscope** и ВП **NI ELVISmx Function Generator**.

РАЗДЕЛ 1.10 АНАЛИЗАТОР АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ И ФАЗОЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК (АЧХ/ФЧХ) (BODE ANALYZER)

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) представляет собой зависимость коэффициента усиления в контуре, измеряемого в децибелах, от частоты сигнала. Фазово-частотная характеристика (ФЧХ) представляет собой зависимость разности фаз между входным и выходным сигналом в линейном масштабе от частоты сигнала. АЧХ и ФЧХ графически достаточно точно отражают частотные характеристики контуров переменного тока.

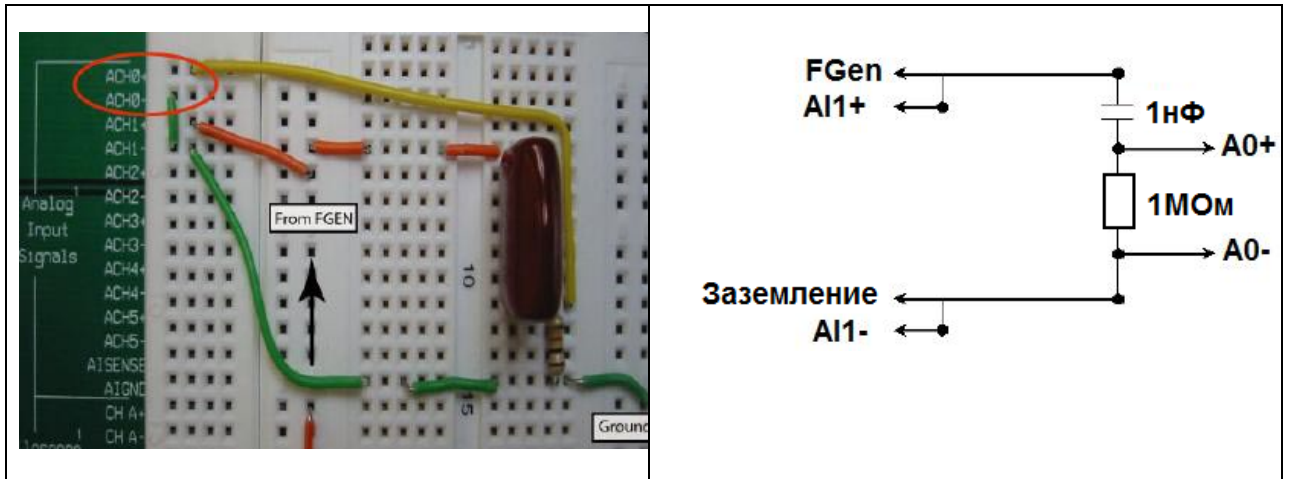
Для анализа вольтамперных характеристик двух- и трёхполюсников из диалогового окна **NI ELVISmx Instrument Launcher** запустите анализатор АЧХ/ФЧХ (**Bode**). Виртуальный прибор **NI ELVISmx Bode Analyzer** позволяет генерировать гармонический сигнал в режиме сканирования частоты (от начальной частоты до конечной частоты с шагом по частоте ΔF) и синхронно его оцифровывать. Существует возможность регулировки амплитуды зондирующего гармонического сигнала. Виртуальный прибор **NI ELVISmx Bode Analyzer** использует SFP генератор сигналов для формирования пробного сигнала.

Последовательность действий:

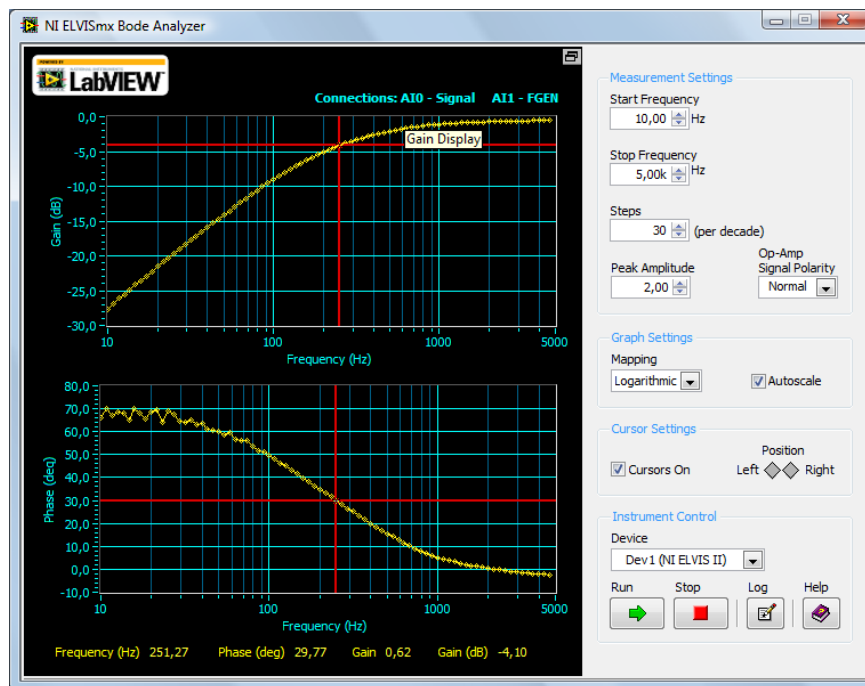
1. Создайте пробный контур для частотного анализа на макетной плате **NI ELVIS II**;
2. Соедините сигнал с генератора **FGEN** с положительным входом пробного контура, а опорную точку контура подсоедините к **GROUND** макетной платы;
3. Соедините сигнал с генератора **FGEN** с входом AI1+, а вход AI1- подсоедините к **GROUND** макетной платы;
4. Выход электрического контура соедините с входом AI0+, а AI0- подсоедините к **GROUND** макетной платы;
5. Определите в частотном диапазоне начальную и конечную частоты и нажмите на кнопку **Run**.

RC-КОНТУР

Для начала проведите исследования амплитудно-частотных и фазово-частотных характеристик простейшего RC-контура. Для этого спроектируйте на макетной плате **NI ELVIS II** RC-контур подобный следующему, следуя данным выше указаниям:



Удостоверьтесь в том, что ваш RC-контур подсоединён также, как показано на рисунке справа.



Используйте настройки на лицевой панели виртуального прибора для выбора формата отображения данных и курсоры для считывания частотных характеристик.

Виртуальный прибор **NI ELVISmx Bode Analyzer** имеет возможность записи данных. При нажатии на кнопку **Log** данные, представленные на графиках амплитудно- и фазово-частотных характеристик записываются в файл. В любой момент можно прочитать эти данные для дальнейшего анализа с помощью Excel, LabVIEW или любого другого пакета для обработки данных.

16.02.2009 18:44

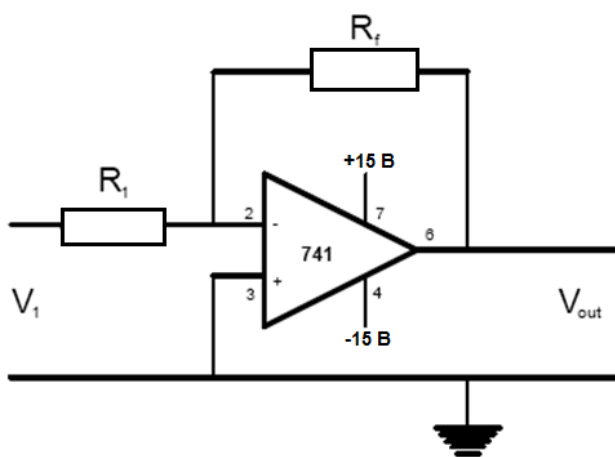
Amplitude: 2,00 В

Frequency (Hz),Gain (dB) ,Phase (deg)

10,058 -27,282	81,374
10,803 -26,618	67,058
11,735 -25,962	70,259
12,666 -25,429	70,041
13,597 -24,795	68,903
14,715 -23,988	70,213
15,832 -23,382	67,732
17,136 -22,792	68,291
18,440 -22,049	69,975
19,930 -21,444	66,527
21,607 -20,756	66,070
23,283 -20,303	67,109
25,146 -19,599	66,400

...

ФЧХ/АЧХ ОПЕРАЦИОННОГО УСИЛИТЕЛЯ.




Один из лучших способов детального изучения характерной кривой отклика операционного усилителя (ОУ) в контуре переменного тока – это анализ его ФЧХ и АЧХ. Передаточная функция для инвертированного операционного усилителя задаётся в следующем виде:

$$V_{out} = - (R_f/R_1) \times V_1$$

где V_{out} – выходное напряжение операционного усилителя; V_1 – входное напряжение операционного усилителя

(амплитуда сигнала **FGEN** в нашем контуре). Коэффициент усиления в этом случае как раз и является отношением (R_f/R_1) .

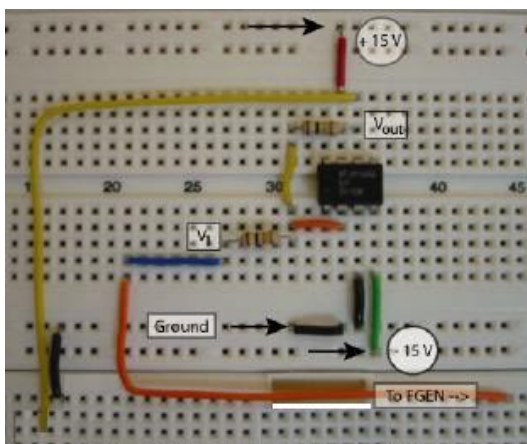
 **Замечание.** Обратите внимание на то, как знак минус инвертирует выходной сигнал по отношению к входному сигналу.

На АЧХ операционного усилителя (ОУ) можно ожидать увидеть константу, равную $20 \times \log(\text{Коэффициент усиления})$. Для коэффициента усиления, равного 10, амплитуда сигнала АЧХ будет равна 20 дБ.

Входы (V_1) и выходы (V_{out}) операционного усилителя должны быть подсоединены к контактам **Analog Inputs** следующим образом:

V1+	AI1+	(с выхода FGEN)
V1-	AI1-	(с выхода FGEN)
Vout+	AI0+	(с выхода ОУ)
Vout-	AI0-	(с выхода ОУ)

Спроектируйте на макетной плате **NI ELVIS II** контур переменного тока с операционным усилителем подобный следующему:



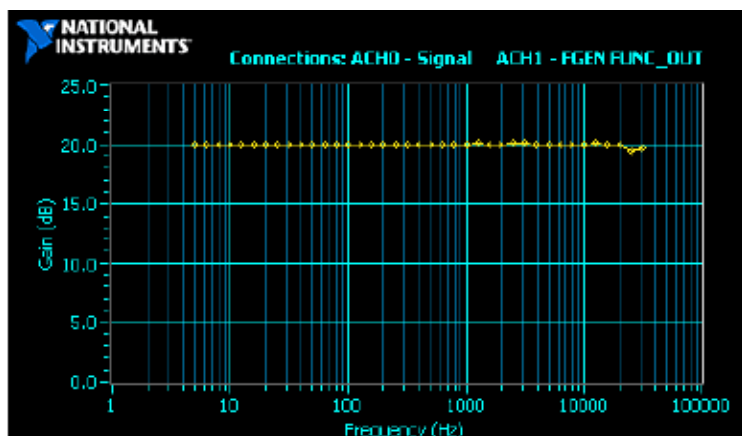
На лицевой панели виртуального прибора **NI ELVISmx Bode Analyzer** должны быть выбраны следующие параметры сканирования:

Начальная частота (Start Frequency) – 5 Гц

Конечная частота (Stop Frequency) – 50 кГц

Шагов (Steps) – 10 (per decade)

После этого нажимайте **Run** и наблюдайте измерение АЧХ и ФЧХ контура переменного тока с операционным усилителем.



Из рисунка слева видно, что коэффициент усиления является константой вплоть до примерно 10кГц, где график АЧХ начинается «заваливаться». Этот график отражает зависимость отклика операционного усилителя от коэффициента усиления в высокочастотном пределе.

ФИЛЬТРЫ ВЫСОКИХ ЧАСТОТ.

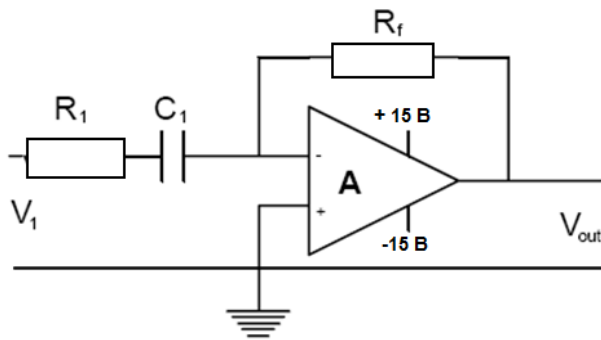
Добавление к схеме с операционным усилителем последовательно конденсатора и резистора создаёт фильтр высоких частот. Низкочастотная частота отсечки f_L определяется из следующего соотношения:

$$2\pi \times f_L = 1/(R_1 C_1)$$

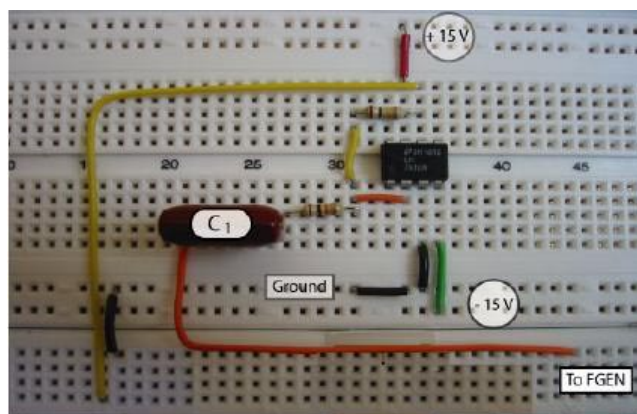
где f_L измеряется в Гц. Это частота, при которой коэффициент усиления падает до -3 дБ. Точка (-3 дБ) соответствует случаю, когда импеданс ёмкости равен импедансу резистивного сопротивления:

$$R_1 = 1/(2\pi \times f_L \times C_1) = X_C$$

Добавьте конденсатор ёмкостью $C_1 = 1$ мкФ последовательно с резистором сопротивлением $R_1 = 1$ кОм в схему с операционным усилителем



На макетной плате должна получиться следующая схема:

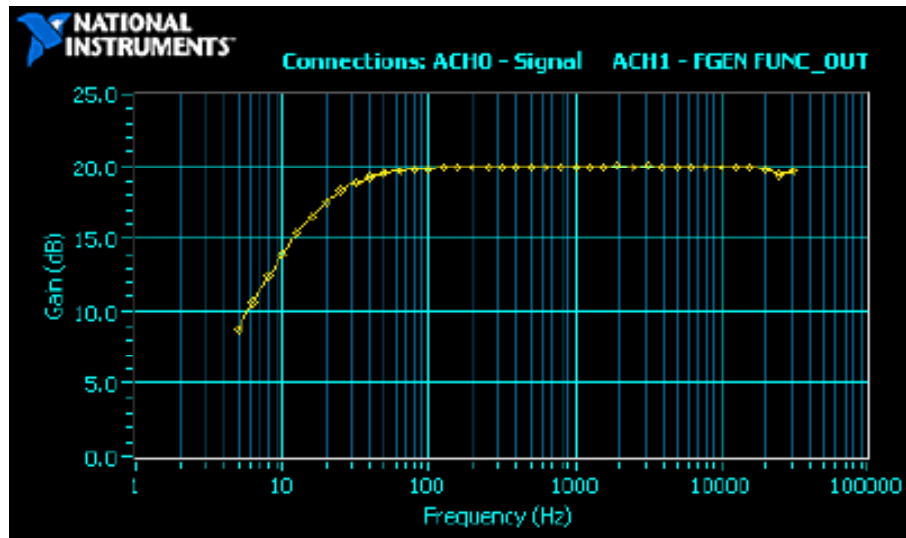


На лицевой панели виртуального анализатора АЧХ/ФЧХ **NI ELVISmx Bode Analyzer** должны быть выбраны следующие параметры сканирования:

Начальная частота (Start Frequency) 5 Гц

Конечная частота (Stop Frequency)	50 кГц
Шагов (Steps)	10 (per decade)

Наблюдайте, что низкочастотный отклик становится слабее, в то время, как высокочастотный отклик подобен типичному поведению амплитудно-частотной характеристики операционного усилителя в области высоких частот.



С помощью курсоров определите значение частоты отсечки в области низких частот. Это частота, при которой амплитуда падает до -3 дБ, а изменение фазы составляет 45 градусов.

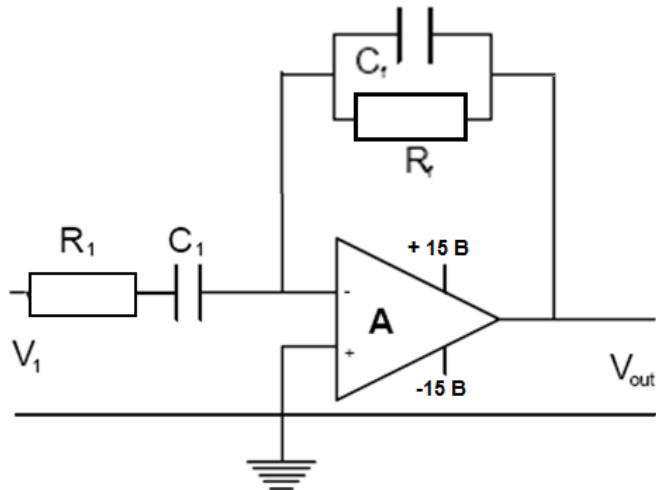
ВОПРОС: Как измеренная частота отсечки соотносится с теоретически предсказанным значением $2\pi \times f_L = 1/(R_1 C_1)$?

ФИЛЬТРЫ НИЗКИХ ЧАСТОТ

Высокочастотный спад в АЧХ зависимости операционного усилителя связан с существующей у операционного усилителя внутренней ёмкостью, которая располагается параллельно резистивному сопротивлению R_f обратной связи. Если подключить внешнюю ёмкость параллельно резистору R_f , то появится возможность уменьшить частоту отсечки в диапазоне высоких частот до f_U . Оказывается, что эта новая частота отсечки может быть получена теоретически из следующего соотношения:

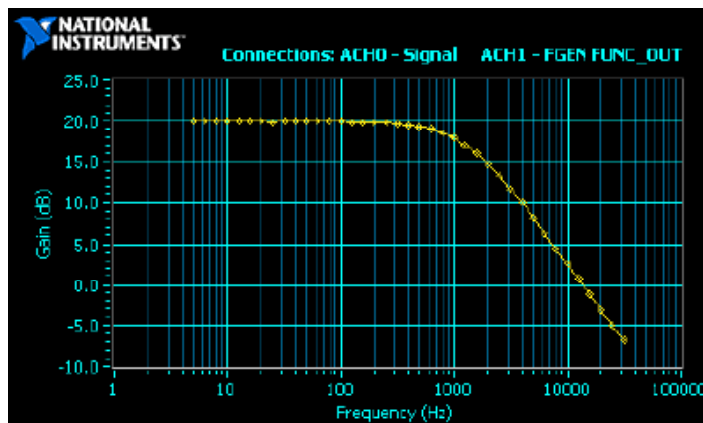
$$2\pi \times f_U = 1/(R_f C_f)$$

Добавьте к схеме, описанной в разделе «Фильтры высоких частот», ёмкость обратной связи, соединённую параллельно с резистором сопротивлением 100 кОм в контуре обратной связи.



На лицевой панели виртуального прибора **NI ELVISmx Bode Analyzer** должны быть выбраны следующие параметры сканирования:

Начальная частота (Start Frequency)	5 Гц
Конечная частота (Stop Frequency)	50 кГц
Шагов (Steps)	10 (per decade)



Теперь наблюдается уменьшение высокочастотного отклика больше, чем при типичном поведении амплитудно-частотной характеристики операционного усилителя в области высоких частот. Используйте курсоры для определения верхней частоты отсечки; это частота, при которой значение амплитуды падает до -3 дБ, а изменение фазы составляет 45 градусов.

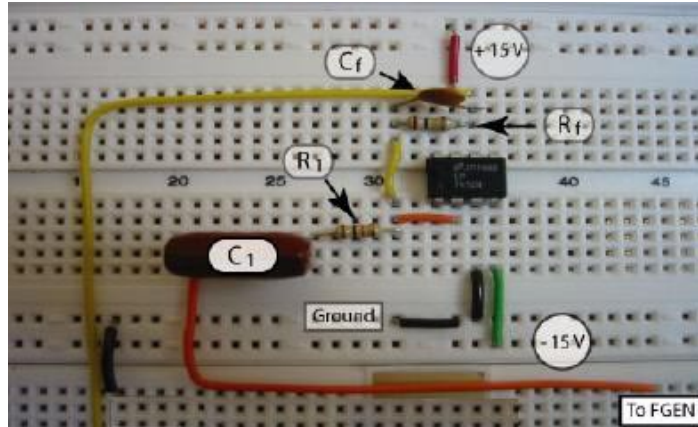
ВОПРОС: Насколько близко это согласуется с теоретически предсказываемым значением $2\pi \times f_U = 1/(R_f C_f)$?

ПОЛОСОВОЙ ФИЛЬТР

Если добавить как входную ёмкость, так и ёмкости обратной связи в электрический контур операционного усилителя, то функция отклика будет иметь одновременно, как нижнюю

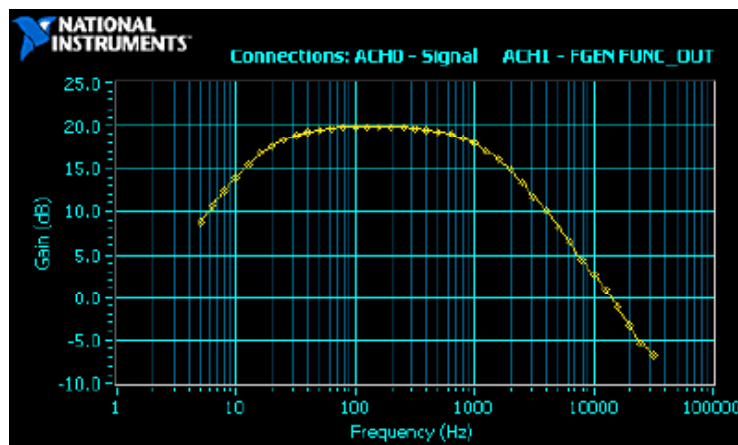
f_L , так и верхнюю f_U частоту отсечки. Частотный диапазон (f_U, f_L) называется полосой пропускания полосового фильтра. Например, хороший стерео усилитель должен иметь полосу пропускания, по крайней мере, 20 кГц.

Полосовой фильтр на макетной плате выглядит следующим образом:



На лицевой панели виртуального прибора **NI ELVISmx Bode Analyzer** должны быть выбраны следующие параметры сканирования:

Начальная частота (Start Frequency)	5 Гц
Конечная частота (Stop Frequency)	50 кГц
Шагов (Steps)	10 (per decade)



Проводя линию, параллельную оси частот, на уровне -3 дБ от максимума, можно измерить частоты среза мы ограничиваем частотный диапазон, состоящий из всех частот выше этой линии, который получил название полосы пропускания.

Обобщённая передаточная характеристика операционного усилителя даётся уравнением для комплексного вектора:

$$V_{out} = - (Z_f / Z_1) \times V_1$$

где значение импеданса для четырёх электрических контуров:

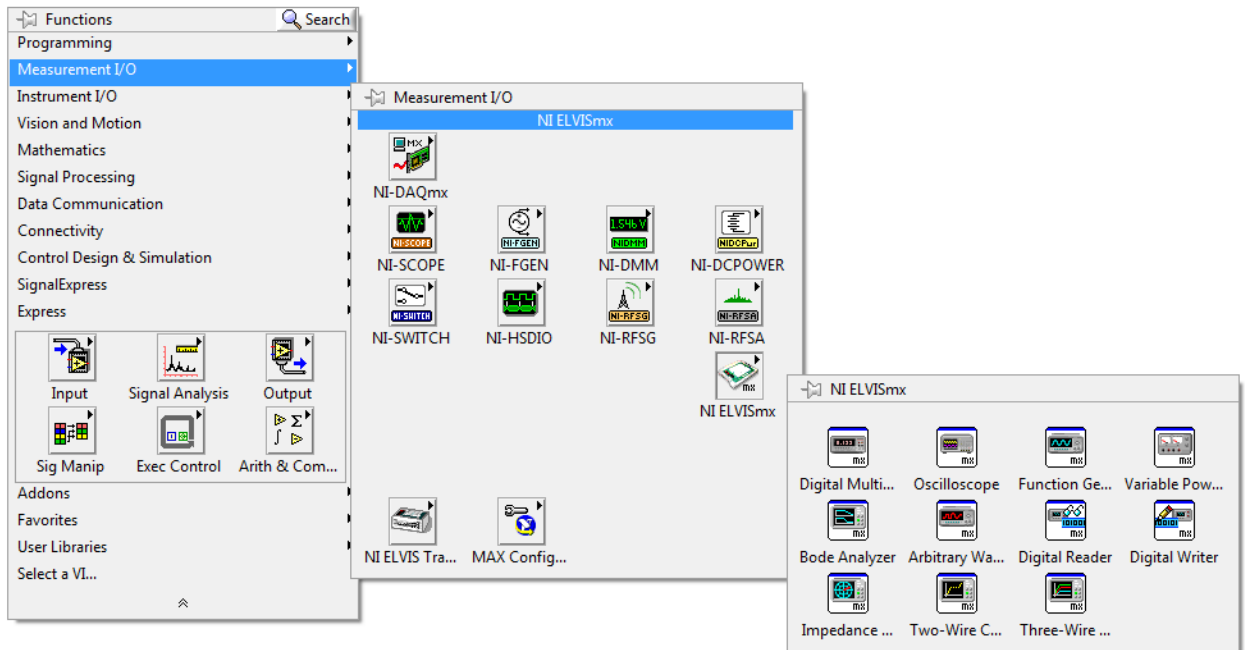
Операционный усилитель	Z_f	Z_1	Коэффициент усиления
Базовый	R_f	R_1	R_f/R_1
Фильтр высоких частот	R_f	R_1+X_{C1}	$R_f/(R_1+X_{C1})$
Фильтр низких частот	R_f+X_{CF}	R_1	$(R_f+X_{CF})/R_1$
Полосовой фильтр	R_f+X_{CF}	R_1+X_{C1}	$(R_f+X_{CF})/(R_1+X_{C1})$



Замечание. Для измерения импедансов Z_1 и Z_f можно использовать анализатор импеданса **NI ELVIS II Impedance Analyzer**. LabVIEW позволяет рассчитать отношение двух комплексных величин. Модуль отношения двух импедансов $|Z_f / Z_1|$ и есть коэффициент усиления. Также можно использовать анализатор импеданса **NI ELVIS II Impedance Analyzer** для определения частот, где $R_1=X_{C1}$, а $R_f=X_{CF}$ для того, чтобы удостовериться в том, что нижняя и верхняя частоты отсечки, полученные из АЧХ, равны этим частотам.

ГЛАВА 2. КОМПЛЕКТ ЭКСПРЕСС-VI LABVIEW ДЛЯ NI ELVIS II

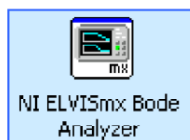
При использовании **NI ELVISmx**, приборы **NI ELVIS II** ассоциированы с экспресс-функциями LabVIEW – **Express VI**. Экспресс-функции позволяют разрабатывать приложения с среде LabVIEW, выполняя в интерактивном режиме конфигурирование каждого прибора, не обладая при этом углубленными навыками программирования. Для доступа к экспресс-функциям **NI ELVIS II Express VI** откройте блок-диаграмму LabVIEW и выберите в палитре функций субпалитру **Measurements -> NI ELVISmx**.



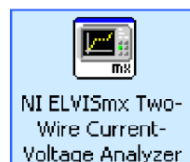
Состав субпалитры функций **NI ELVISmx Express VI** показан в таблице ниже:



Устройство записи цифровых данных










Анализатор амплитудно- и фазочастотных характеристик



Анализатор вольтамперной характеристики двухполюсников



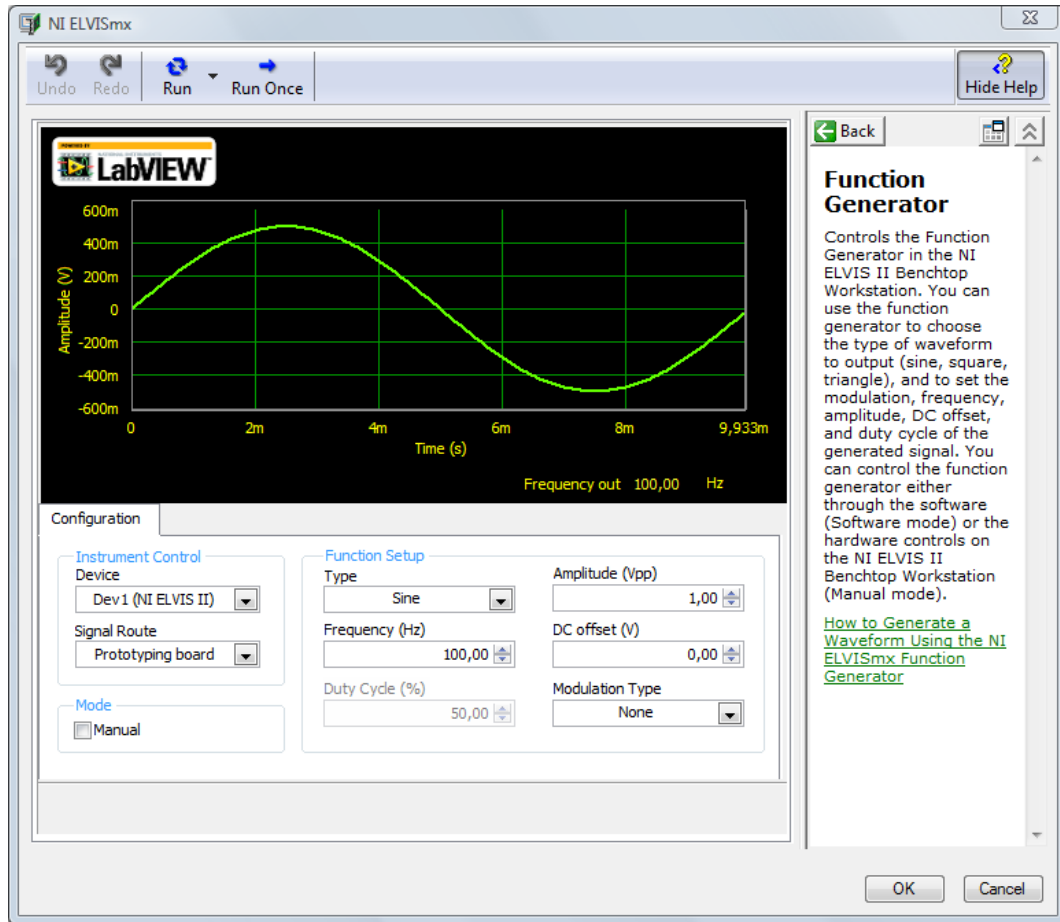
Устройство чтения цифровых данных

 NI ELVISmx Arbitrary Waveform Generator	Генератор сигналов произвольной формы
 NI ELVISmx Digital Multimeter	Цифровой мультиметр
 NI ELVISmx Function Generator	Генератор стандартных сигналов
 NI ELVISmx Impedance Analyzer	Анализатор импеданса
 NI ELVISmx Oscilloscope	Осциллограф
 NI ELVISmx Three-Wire Current-Voltage Analyzer	Анализатор вольтамперной характеристики трехполюсников
 NI ELVISmx Variable Power Supplies	Регулируемые источники питания

В этой главе на примере упражнений кратко будут изложены основные моменты в использовании субпалитры функций **NI ELVISmx Express VI** для программирования **NI ELVIS II**.

УПРАЖНЕНИЕ «ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ»

Запустите установленную на вашем компьютере LabVIEW. Создайте новый проект **LabVIEW**. На блок-диаграмме выберите из субпалитры функций **NI ELVISmx Express VI** экспресс-ВП генератора стандартных сигналов **NI ELVISmx Function Generator** и поместите его на любом пустом месте блок-диаграммы. Перед Вами появляется панель конфигурирования данного экспресс-ВП **NI ELVISmx**.

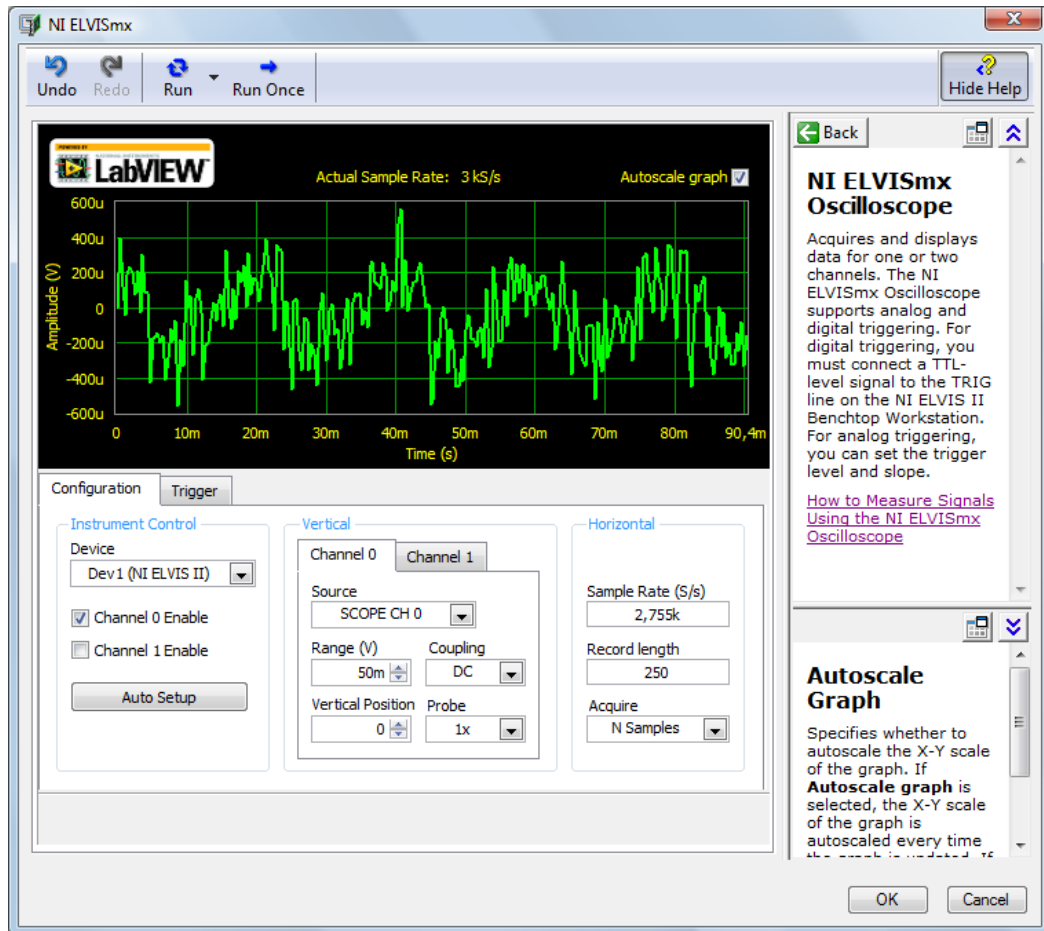


Описание функциональности данного экспресс-ВП полностью аналогично описанию функциональности ВП **NI ELVISmx Function Generator** в разделе 1.2 главы 1, поэтому в данной главе мы на этом останавливаться не будем. Выберем в качестве типа генерируемого сигнала синусоидальный сигнал **Sine** с частотой **Frequency(Hz)** равной 100 Гц и амплитудой **Amplitude (Vpp)** равной 1 В. Для завершения конфигурирования экспресс-ВП нажмём на кнопку **OK**. После чего на блок-диаграмме появится следующий



виртуальный прибор с входами для элементов управления параметрами, которые можно изменять на лету для данного экспресс-ВП. Для того чтобы увидеть названия каждого отдельного элемента управления, потяните за стрелочку на нижней границе прямоугольника экспресс-ВП. Для переконфигурирования экспресс-ВП необходимо либо нажать правой кнопкой мыши на самом экспресс-ВП и в выпадающем меню выбрать **Properties**, либо дважды щелкнуть мышью по иконке экспресс-ВП. Это вернёт в окно конфигурирования экспресс-ВП. Или же Вы можете переконфигурировать экспресс-ВП используя параметры, которые доступны у этого экспресс-ВП на блок-диаграмме в виде поле ввода-вывода параметров.

Для анализа генерируемого синусоидального сигнала воспользуемся экспресс-ВП осциллографа **NI ELVISmx Oscilloscope**. Выберите его из субпалитры функций **NI ELVISmx Express VI** и поместите на свободное место на блок-диаграмме. На экране появится окно конфигурирования экспресс-ВП **NI ELVISmx Oscilloscope**. По функциональности оно полностью повторяет функциональность ВП **NI ELVISmx Oscilloscope**, описанный в разделе 1.9 главы 1 данного курса.

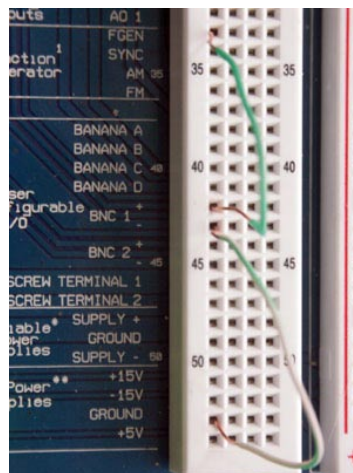


Стоит единственно сказать про элементы управления, присутствующие в поле **Horizontal**. **Sample Rate** это уже знакомая нам частота дискретизации. **Record length** устанавливает число точек, получаемых при каждом запуске. Элемент управления **Acquire** устанавливает режим сбора данных, причём **N Samples** соответствует режиму, когда при каждом вызове экспресс-ВП возвращается фиксированное количество оцифрованных точек. В режиме **Continuously** в первый раз, как будет вызван экспресс-ВП, инициализируется процесс непрерывного сбора данных на осциллографе. Последующие вызовы извлекают следующую выборку оцифрованных данных с сохранением фазы между выборками с предыдущим набором данных из осциллографа. Максимально поддерживаемая скорость непрерывного сбора данных определяется конфигурацией оборудования и программного обеспечения. В окне конфигурации имеется полезная кнопка **Auto Setup**, которая, фактически выполняет всю работу за пользователя и автоматически устанавливает параметры для получения сигнала. Эту настройку стоит использовать при работе с

конечной выборкой в режиме **N Samples**, если нет представления о необходимом количестве точек. Для решения данной задачи в поле **Acquire** выберите режим непрерывной работы **Continuously**.

В данной задаче нас интересует использование цифровой синхронизации, о чем не говорилось в главе 1. Поэтому при конфигурировании экспресс-ВП **NI ELVISmx Oscilloscope** на вкладке синхронизации **Trigger** установите в качестве типа синхронизации **Digital**, а в качестве источника внешних синхроимпульсов **TRIG**. Настройте так, чтобы синхронизация производилась по возрастающему фронту **Slope Positive**.

Для анализа сигнала, приходящего с генератора стандартных сигналов, используйте первый канал осциллографа **Channel 0 SCOPE CH 0**. BNC разъём **SCOPE CH 0**, располагающийся на боковой панели **NI ELVIS II**, соедините BNC кабелем с входом **BNC 1**. Контактный разъём генератора **FGEN** соедините с контактным разъёмом **BNC 1+**, **BNC 1-** с **GROUND**. В результате на макетной плате **NI ELVIS II** должно получиться следующее:

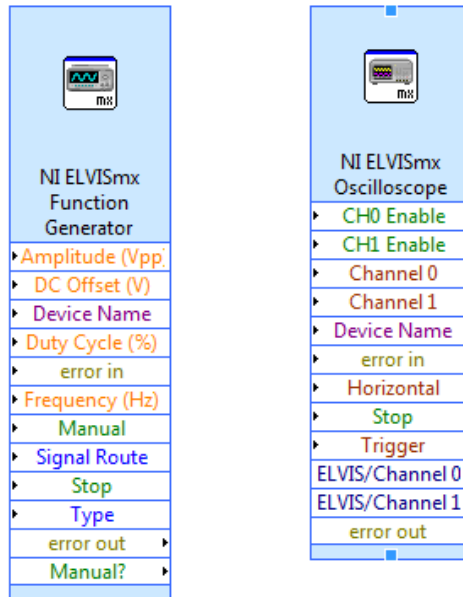


Для внешней цифровой синхронизации соедините BNC вход **TRIG 5V TTL**, располагающийся на боковой панели **NI ELVIS II**, с внешним генератором импульсов. Учтите, что цифровой сигнал, подаваемый на вход **TRIG 5V TTL** с внешнего генератора должен соответствовать цифровому стандарту TTL ("0" – от 0 до 0,8 В; "1" – от 1,4 до 5 В).

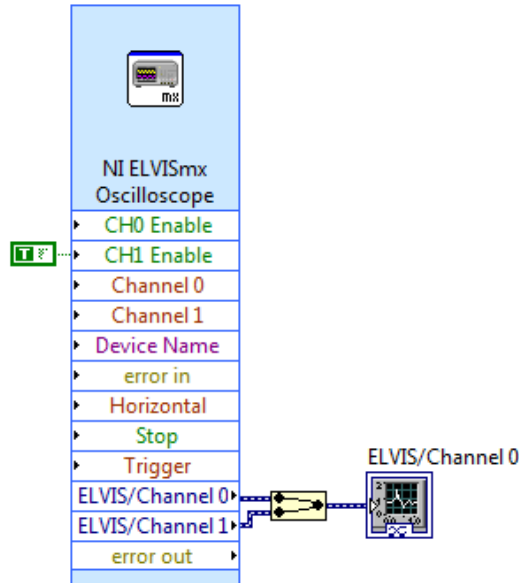


Замечание. Учтите, что BNC вход **TRIG 5V TTL** может использоваться как выход в случае, если у экспресс-ВП **NI ELVISmx Function Generator** в поле **Signal Route** установлено **FGEN BNC**. Если в этом режиме работы экспресс-ВП **NI ELVISmx Function Generator** включить внешний генератор, то можно вывести из строя внутренний электрический контур. Следите за этим!

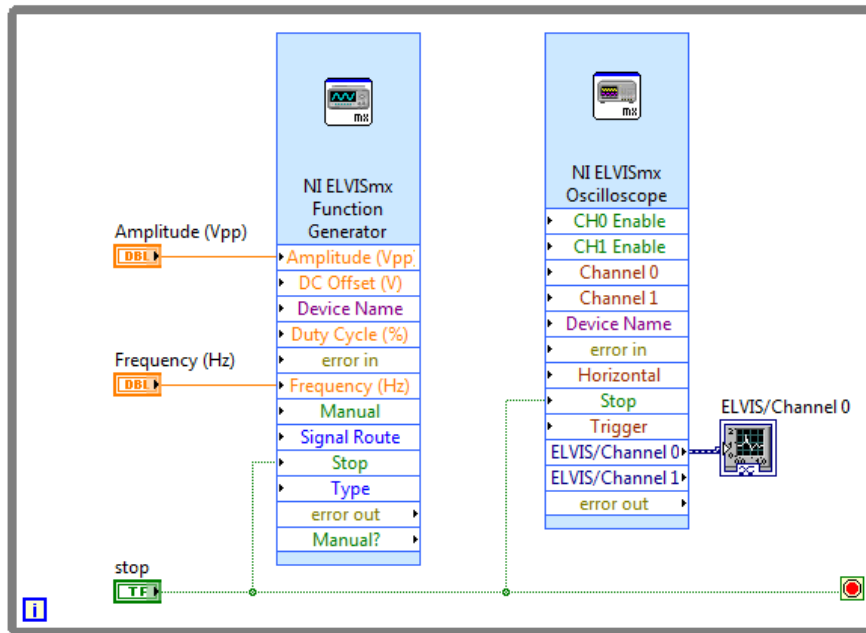
После того, как конфигурирование обоих экспресс-ВП завершится, блок-диаграмма должна будет выглядеть следующим образом:



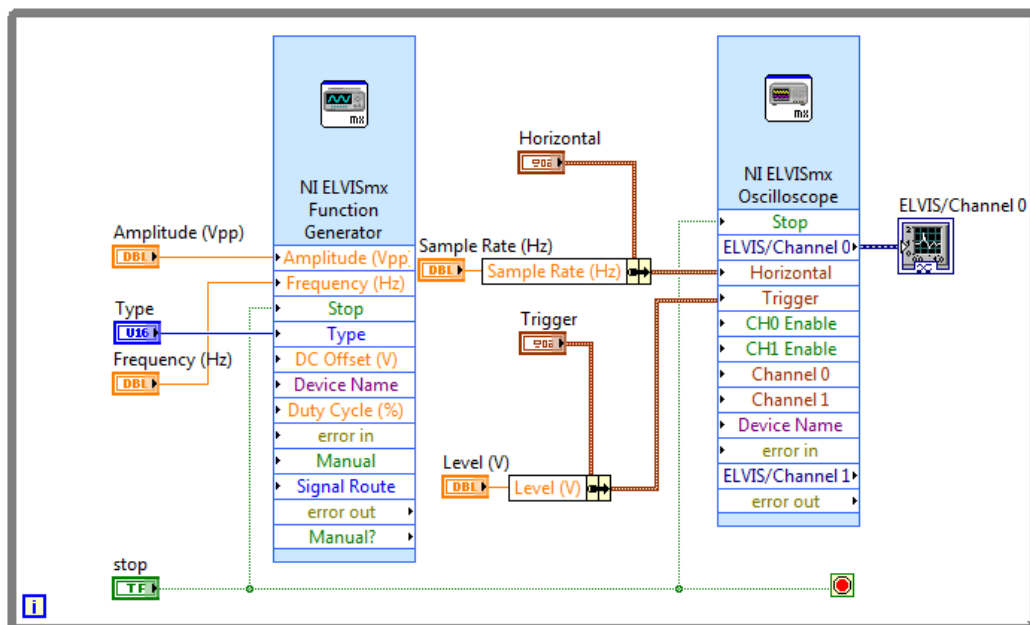
Для вывода информации с осциллографа по первому каналу подведите указатель мыши к подю вывода данных **ELVIS/Channel 0**, нажмите на него правой кнопкой мыши и выберите выпадающем меню пункт **Create -> Graph Indicator**. В случае если необходимо использовать два канала осциллографа **ELVIS/Channel 0** и **ELVIS/Channel 1**, необходимо переконфигурировать экспресс-ВП одним из выше описанных способов. Если это делать непосредственно с блок-диаграммы, то необходимо подвести указатель мыши к полю параметра **CH1 Enable**, нажать правой кнопкой мыши на стрелочку и в выпадающем меню выбрать **Create -> Constant**, присвоив ей значение логической единицы (**TRUE**). Потом подведите указатель мыши к параметру **ELVIS/Channel 1** и проделайте все те же самые операции, что и для канала **ELVIS/Channel 0**. Для одновременного вывода информации с обоих каналов на одинм график **Graph Indicator** протяните провода от другого канала до пересечения с проводком, соединяющим первый канал и **Graph Indicator**. Т.е. фактически должно получиться что-то подобное:



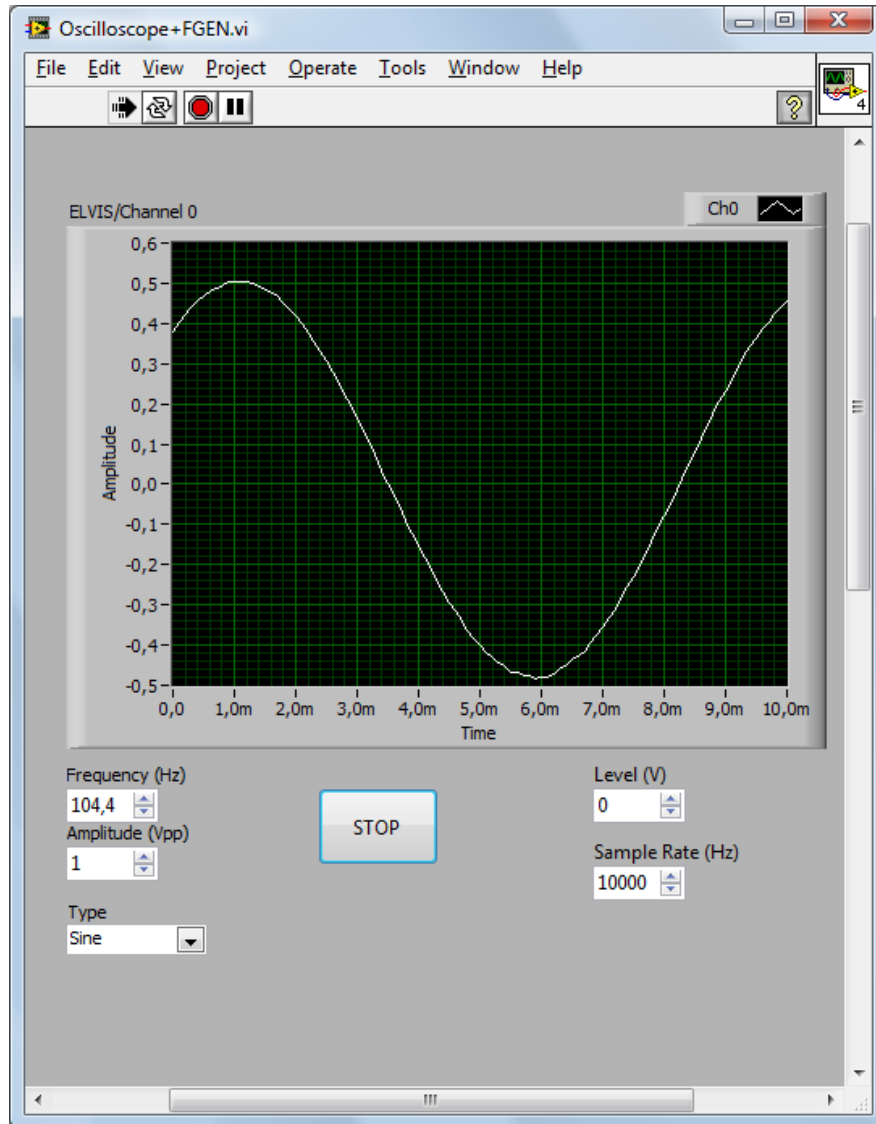
В рамках решения данной задачи необходимо использовать только первый канал **ELVIS/Channel 0**. Для осуществления циклического сбора данных и анализа осциллограммы при изменении входных параметров генерируемого с помощью экспресс-ВП генератора **NI ELVISmx Function Generator** сигнала заключим оба экспресс-ВП в цикл **While Loop**, находящийся в палитре **Programming -> Structures -> While Loop**. Так как оба экспресс-ВП связаны друг с другом на аппаратном уровне через макетную плату **NI ELVIS II** и никак не связаны программно (через коннекторы в LabVIEW) синхронизировать работу одного экспресс-ВП относительно другого экспресс-ВП не представляет никакого смысла. Остановку программы будем осуществлять совместно с остановкой каждого отдельного экспресс-ВП через присутствующий у них бинарный параметр **Stop**. Так как данные экспресс-ВП работают независимо друг от друга, то не имеет смысла следить за прекращением работы каждого отдельного экспресс-ВП в определённой последовательности. Таким образом, выходная блок-диаграмма должна иметь следующий вид:



или




Лицевая панель в этом случае может выглядеть следующим образом:



Элементы управления **Level (V)** и **Sample Rate (Hz)** являются составляющими кластеров **Trigger** и **Horizontal** соответственно. Если с лицевой панели не нужно изменять эти два параметра, то необходимо произвести следующие операции. Сначала подвести указатель мыши к параметрам **Trigger** или **Horizontal** экспресс-ВП **NI ELVISmx Oscilloscope**, нажать правой кнопкой мыши на стрелочку и в выпадающем меню выбрать пункт **Create -> Constant**. В этот момент создаётся шаблон кластера, используемого в качестве параметра **Trigger** или **Horizontal** экспресс-ВП **NI ELVISmx Oscilloscope**. После этого можно удалить проводник данных между созданной константой и самим экспресс-ВП. После необходимо соединить проводником данных созданный кластер и вход **input cluster** функции **Bundle By Name**. После этого в поле **Bundle By Name** появляются элементы управления различных типов, ранее объединённых внутри кластера. Выводим значение необходимого элемента кластера для возможности изменения его значения с лицевой панели. После этого нужно соединить выход **output cluster** функции **Bundle By Name** с необходимым полем ввода экспресс-ВП **NI ELVISmx Oscilloscope**. Последнее, что

необходимо сделать, это создать элемент управления для параметра, выделенного из кластера для изменения его значения с лицевой панели.

Запустите созданный виртуальный прибор, нажав на его лицевой панели кнопку **Run** . Изменяя частоту и амплитуду генерируемого сигнала, наблюдайте за тем, как меняется форма графика на экране графического индикатора **ELVIS/Channel 1**.

ВОПРОС: Осциллограмма неустойчива?! С чем это может быть связано?

Ответ на этот вопрос лежит на поверхности. Генератор функций экспресс-ВП **NI ELVISmx Function Generator** внутренне синхронизируется на частоте равной частоте генерируемого им сигнала. Внешний цифровой триггеринг в большинстве случаев нужен для того, чтобы жёстко синхронизовать, допустим, генератор тактирующих импульсов и устройство сбора данных, допустим, осциллограф. В нашей ситуации понятно, что для того, чтобы осциллограмма стала устойчивой необходимо совместить частоту генерируемого сигнала с частотой цифрового внешнего триггеринга. Убедитесь в этом!

ВОПРОС: Что произойдёт с временной формой сигнала на экране осциллографа, если частоту генерации сделать равной половине частоте дискретизации?

Проделайте то же самое упражнение, используя экспресс-ВП генератора сигнала произвольной формы **NI ELVISmx Arbitrary Waveform Generator** вместо экспресс-ВП генератора стандартных сигналов **NI ELVISmx Function Generator**. Инструкции по работе с **NI ELVISmx Arbitrary Waveform Generator** приведены в разделе 1.7 главы 1.



Замечание. В процессе работы программы изменение уровня синхронизации **Level (V)** и частоты дискретизации **Sample Rate (Hz)** невозможно. Для того чтобы измененные значения этих параметров вступили в силу необходимо перезапустить работу целого ВП.

УПРАЖНЕНИЕ «ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ»

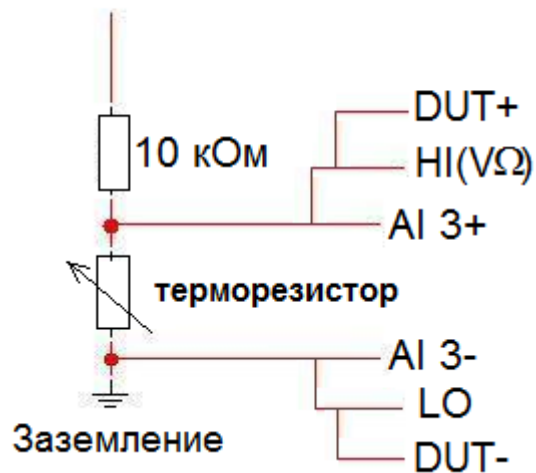
Это упражнение представляет студенту обычный сенсор для измерения температуры. Терморезистор это разновидность резисторов, у которых сопротивление изменяется в зависимости от температурных изменений. Принимая, что существует линейная связь в первом порядке, сопротивление и температура в терморезисторе могут быть определены следующим уравнением:

$$\Delta R = k \cdot \Delta T,$$

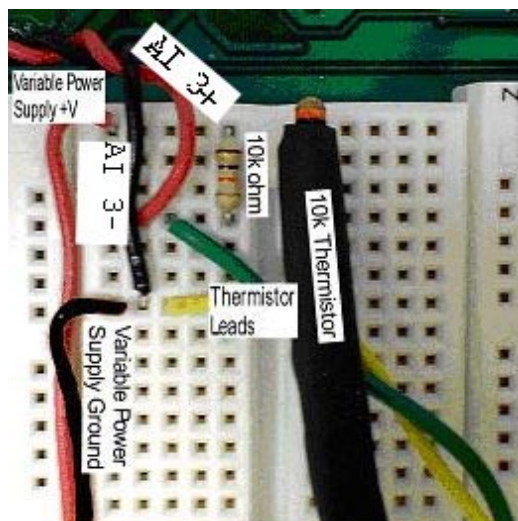
где ΔR – изменение сопротивления; ΔT – изменения температуры; k – температурный коэффициент сопротивления первого порядка.

На макетной плате **NI ELVIS II** необходимо собрать электрический контур по следующей схеме:

+ напряжения варьируемого источника питания



На макетной плате электрическая схема терморезистора должна выглядеть следующим образом:



На рисунке **Thermistor Leads** это выходные контакты терморезистора.

Падение напряжения на термисторе можно измерять тремя способами, либо по аналоговой линии **AI 3** с помощью экспресс-ВП осциллографа **NI ELVISmx Oscilloscope** и регистрировать постоянную составляющую напряжения, потом её пересчитывать по соответствующим рекуррентным соотношениям в сопротивление, а потом уже в температуру.

Можно напрямую измерять сопротивление термистора в зависимости от приложенного напряжения от варьируемого источника питания с помощью контактных клемм, одна из которых соединяется с **HI(VΩ)**, а другая с **COM** на боковой панели **NI ELVIS II**. Использовать при этом необходимо экспресс-ВП мультиметра **NI ELVISmx Digital Multimeter**,

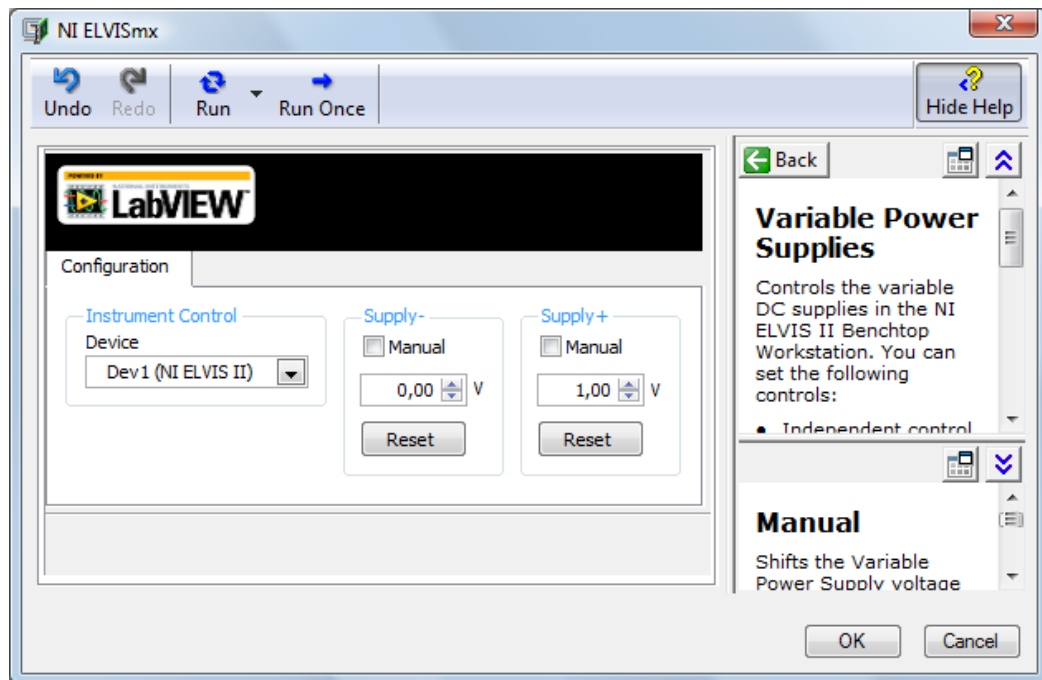
конфигурированный на измерение сопротивления. Потом это значение сопротивления пересчитывать уже в температуру.

Можно пойти и третьим способом, и использовать для измерения сопротивления терморезистора экспресс-ВП анализатора импеданса **NI ELVISmx Impedance Analyzer**. При этом необходимо измерять резистивную составляющую сопротивления, а потом это значение уже пересчитывать, используя рекуррентные соотношения, в температуру.

Рассмотрим реализацию этих трёх способов на программном уровне в **LabVIEW**.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСЦИЛЛОГРАФА

Используя опыт конфигурирования экспресс-ВП осциллографа **NI ELVISmx Oscilloscope** в упражнении «Использование цифровой синхронизации» главы 2, сконфигурируем экспресс-ВП программируемого блока питания **NI ELVISmx Variable Power Supplies**.



Подайте на терморезистор напряжение положительной полярности. При использовании ручного режима изменение напряжения положительной полярности выставите напротив **Manual** галочку в поле **Supply +** и нажмите на кнопку **OK**.

На блок-диаграмме значение параметра **Supply+** экспресс-ВП **NI ELVISmx Variable Power Supplies** сделаете возможным для изменения с лицевой панели. Для этого подведите указатель мыши к параметру **Supply+**, нажмите правой кнопкой мыши на стрелочку и в выпадающем меню выберите **Create -> Control**. Для измерения напряжения на терморезисторе используйте экспресс-ВП осциллографа **NI ELVISmx Oscilloscope**. Сконфигурируйте его, установив в качестве источника сигнала по первому каналу осциллографа **Channel 0** аналоговую линию **A1 3**. Во вкладке **Trigger** установите тип

аналоговой синхронизации по уровню **Edge**, возрастающему фронту **Positive Slope**, по первому каналу **Channel 0 Source**. В поле **Acquire** установите режим непрерывного сбора данных **Continuously** и нажмите на кнопку **OK**.

Полный ток в цепи одинаковый во всех узлах электрической цепи и равен по закону Ома

$$I_{\text{полн}} = U_{\text{эдс}} / R_{\text{сумм}}$$

В рассматриваемом случае $U_{\text{эдс}}$ – это напряжение источника питания, а

$$R_{\text{сумм}} = 10 \text{ кОм} + R_{\text{терморезистор}}$$

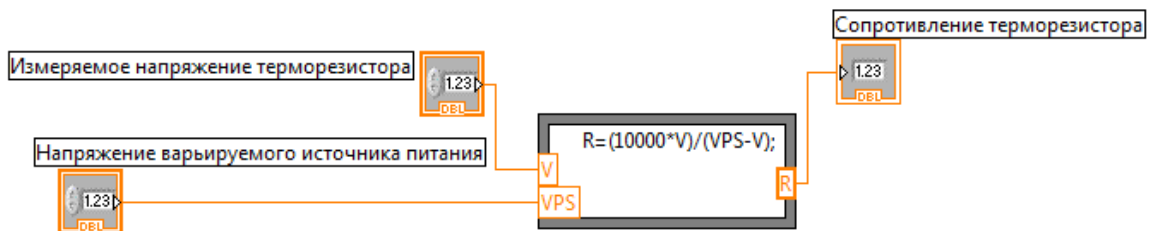
Сопротивление терморезистора равно:

$$R_{\text{терморезистор}} = U_{\text{терморезистор}} / I_{\text{полн}}$$


Используя выражение для полного тока и, решая уравнение относительно $R_{\text{терморезистор}}$, получаем:

$$R_{\text{терморезистор}} = (U_{\text{терморезистор}} \times 10 \text{ кОм}) / (U_{\text{эдс}} - U_{\text{терморезистор}})$$

Создайте дополнительный ВП для вычисления сопротивления терморезистора. Он может выглядеть подобным образом:

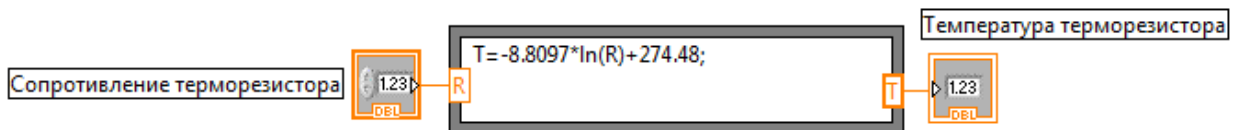


У этого ВП назначьте входными параметрами «Измеряемое напряжение на терморезисторе» и «Напряжение варьируемого источника питания», а выходным параметром – «Сопротивление терморезистора». Для назначения входных и выходных параметров ВП перейдите на лицевую панель ВП и в правом верхнем углу окна нажмите правой кнопкой мыши на иконку прибора. В выпадающем меню выберите пункт **Show Connector**. Вместо иконки на экране появится пустой прямоугольник с полями ввода/вывода. Нажмите на него левой кнопкой мыши и в выпадающем меню выберите

пункт **Patterns** -> . Нажмите левой кнопкой мыши на левый верхний квадратик и поставьте ему в соответствие элемент управления «Измеряемое напряжения терморезистора», нажав на его элемент управления на лицевой панели; нажмите левой кнопкой мыши на левый нижний квадратик и поставьте ему в соответствие элемент управления «Напряжение варьируемого источника питания»; нажмите левой кнопкой мыши на правый квадратик и поставьте ему в соответствие индикатор «Сопротивление терморезистора». Сохраните ВП под именем **Scaling.vi**.

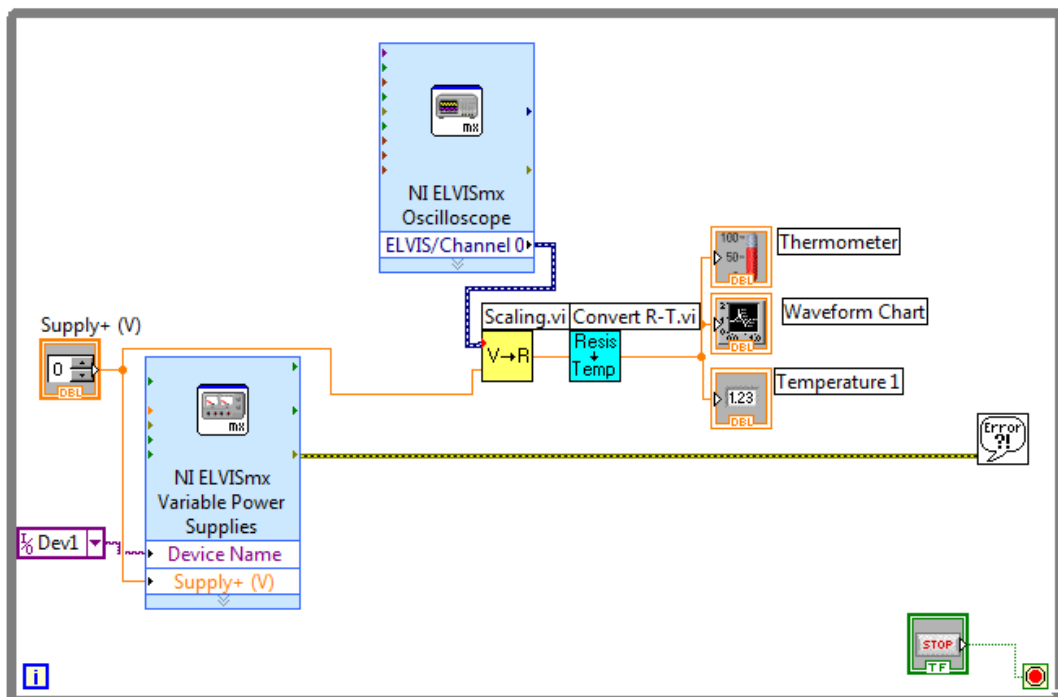
Для расчетов сопротивления терморезистора проще всего воспользоваться узлом формулы **Programming -> Structures -> Formula Node**. Для создания входных и выходных параметров **Formula Node**, наведите указатель мыши на границу, нажмите правую кнопку мыши и в выпадающем меню выберите **Add Input** или **Add Output**. Элементы управления, ответственные за входные и выходные параметры ВП соедините проводниками данных с входными и выходными параметрами **Formula Node**.

Теперь создайте дополнительный ВП для пересчёта сопротивления терморезистора (размерность Ом) в температуру (размерность градус Цельсия), используя информацию о градуировочной кривой для данного терморезистора:



Сохраните этот ВП под именем **Convert R-T.vi**.

Заключительная блок-диаграмма для измерения температуры терморезистора должна принять следующий вид:



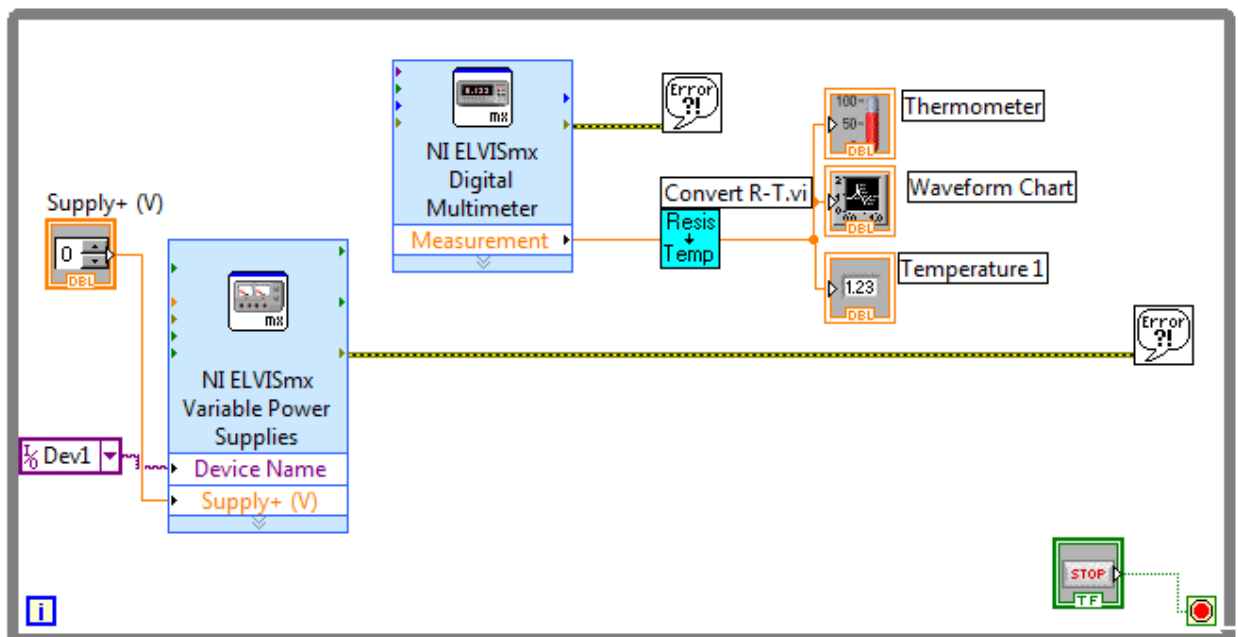
Для того, чтобы использовать созданные нами дополнительные ВП нажмите правой кнопкой мыши на пустое место на блок-диаграмме, в выпадающем меню выберите **Select VI** и откройте сохраненные ВП **Convert R-T.vi** и ВП **Scaling.vi**. Соедините входы и выходы экспресс-ВП и дополнительных ВП так, как показано на рисунке выше. Для отображения

изменяющегося значения температуры в зависимости от приложенного напряжения во времени используется **Waveform Chart** (в палитре **Controls** выберите **Classic -> Classic Graph»Waveform Chart**). Для последующей идентификации возможных ошибок при компиляции ВП используется **Simple Error Handler.vi** (в палитре **Functions Programming -> Dialog & User Interface -> Simple Error Handler**). Для этого соедините выходы экспресс-ВП (**error out**), соответствующие кластеру ошибок, с входом **error in(no error)** ВП **Simple Error Handler.vi**.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОГО МУЛЬТИМЕТРА

Как уже было сказано выше, в этом режиме предполагается измерять сопротивление терморезистора напрямую с использованием контактных клемм, одна из которых соединяется с **HI(V Ω)**, а другая с **COM** на боковой панели **NI ELVIS II**. Используя схему, приведённую в самом начале упражнения, соедините контактную клемму **HI(V Ω)** с контактным разъёмом макетной платы, располагающемся на месте средней точки терморезистора и 10 кОм сопротивления, а контактную клемму **COM** с общей «землёй». Из субпалитры экспресс-ВП **NI ELVISmx** выберем экспресс-ВП **NI ELVISmx Digital Multimeter** и сконфигурируем его на измерение сопротивления. Для этого в окне конфигурации данного экспресс-ВП в поле **Measurement Settings** выберите значение **Measurement Function -> Resistance**. Элемент управления **Mode**, отвечающий за автоматическое определение диапазона измеряемых сопротивлений, должен иметь значение **Auto**. Для завершения конфигурирования нажмите **OK**.

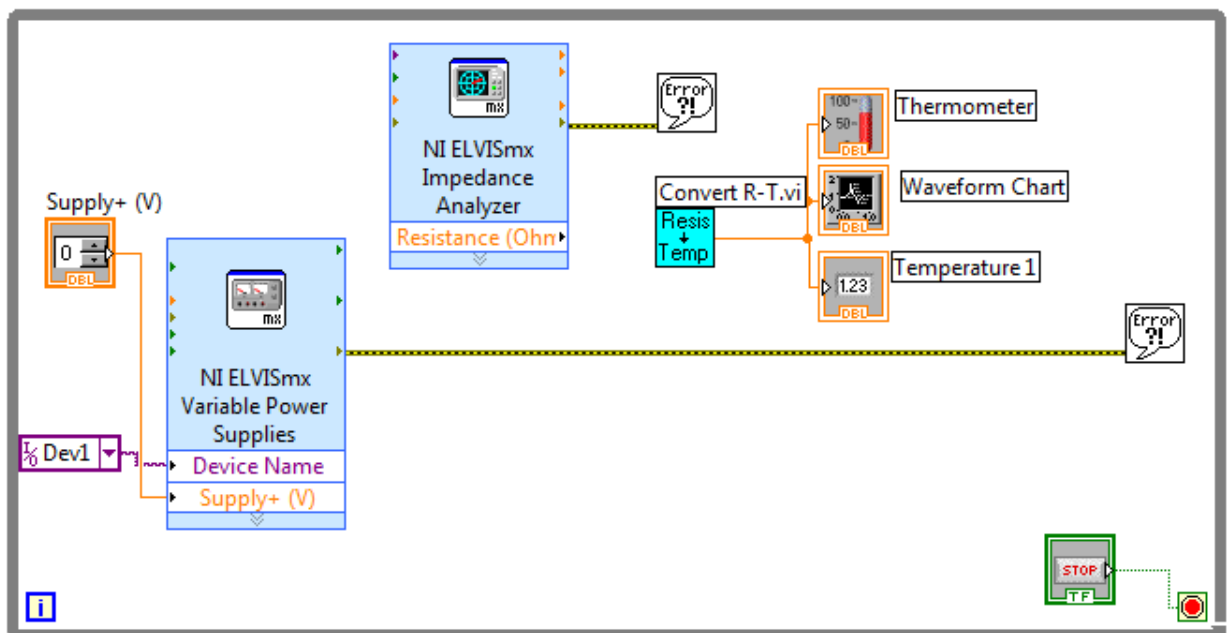
Заключительная блок-диаграмма для измерения температуры терморезистора должна принять следующий вид:



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛИЗАТОРА ИМПЕДАНСА

Как уже было сказано выше, в этом режиме предполагается измерять сопротивление терморезистора напрямую с использованием контактных разъёмов **DUT+** и **DUT-** макетной платы **NI ELVIS II**. Используя схему, приведённую в самом начале упражнения, соедините контактный разъём **DUT+** с контактным разъёмом макетной платы, располагающемся на месте средней точки терморезистора и 10 кОм сопротивления, а контактную клемму **DUT-** – с общей «землёй». Из субпалитры экспресс-ВП **NI ELVISmx** выберите экспресс-ВП анализатора импеданса **NI ELVISmx Impedance Analyzer** и сконфигурируйте его на измерение резистивной составляющей сопротивления. Для этого в окне конфигурации данного экспресс-ВП нажмите на кнопку **OK**, оставив все параметры по умолчанию. На блок диаграмме растяните терминал функции экспресс-ВП **NI ELVISmx Impedance Analyzer** вниз до появления первого параметра, нажмите на активную область этого параметра левой кнопкой мыши и в выпадающем меню выберите **Resistance(Ohms)** и соедините коннектором его с входом дополнительного ВП **Convert R-T**.

Заключительная блок-диаграмма для измерения температуры терморезистора должна принять следующий вид:



КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЭКСПРЕСС-ВП (NI ELVISMx TWO-WIRE CURRENT-VOLTAGE ANALYZER, NI ELVISMx THREE-WIRE CURRENT-VOLTAGE ANALYZER, NI ELVISMx DIGITAL WRITER, NI ELVISMx DIGITAL READER, NI ELVISMx BODE ANALYZER, NI ELVISMx ARBITRARY WAVEFORM GENERATOR)

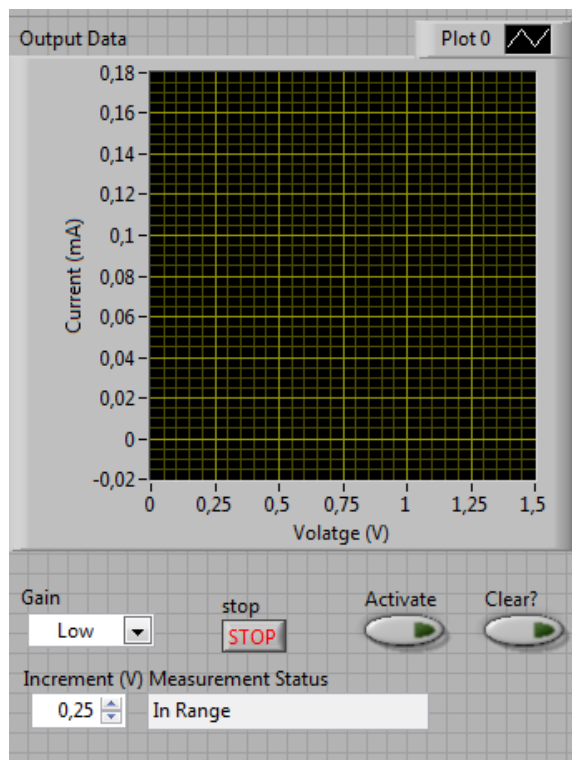
NI ELVISMx TWO-WIRE CURRENT-VOLTAGE ANALYZER

Из субпалитры экспресс-ВП **NI ELVISmx** выберите экспресс-ВП **NI ELVISmx Two-Wire Current-Voltage Analyzer**. На экране откроется окно конфигурирования этого экспресс-ВП. Функциональность данного экспресс-ВП полностью соответствует функциональности ВП **NI ELVISmx Two-Wire Current-Voltage Analyzer** раздела 1.6 главы 1. Для измерения ВАХ двухполюсников используются те же самые контактные разъёмы макетной платы **NI ELVIS II**, что и в разделе 1.6 главы 1. Разместите экспресс-ВП **NI ELVISmx Two-Wire Current-Voltage Analyzer** на блок-диаграмме. Разверните все параметры данного экспресс-ВП.

Measurement Status – строковые сообщения: измеренные величины в диапазоне значений, ограничивающих ток и напряжение через двухполюсник. **In Range** означает, что находятся.

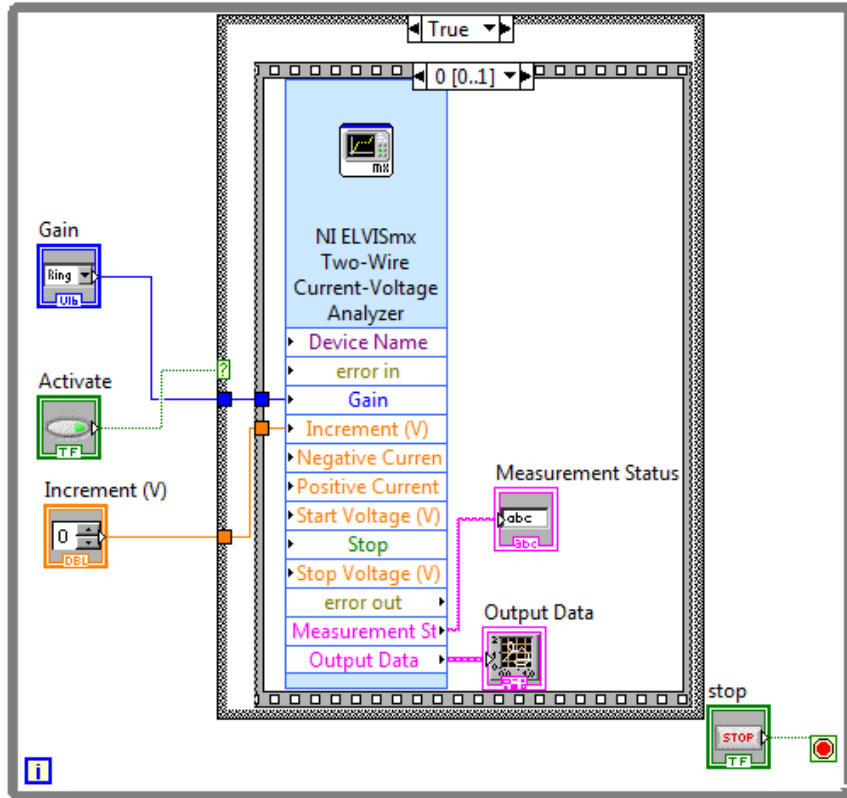
Output Data – вольтамперная характеристика двухполюсника. Данные отображаются в виде стандартного для LabVIEW **Multiplot XY-Graph**.

Создайте простенький ВП, имеющий следующую функциональность лицевой панели с использованием экспресс-ВП **NI ELVISmx Two-Wire Current-Voltage Analyzer**:

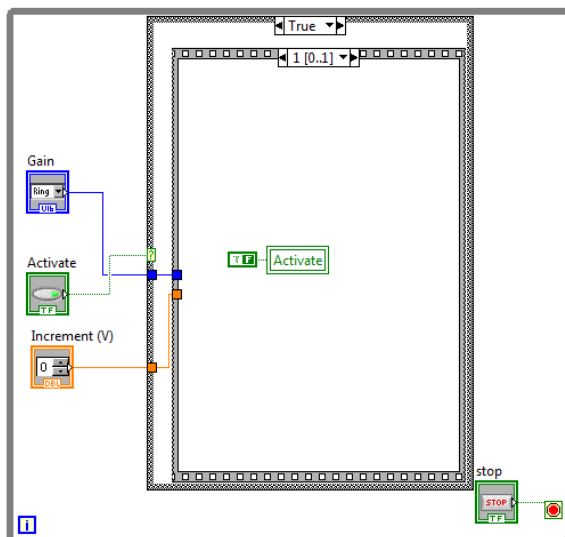


Элемент управления **Gain** отвечает за разрешение, с которым происходит измерение ВАХ двухполюсника. Параметр **Increment** отвечает за шаг по входному напряжению, подаваемому на двухполюсник. По кнопке **Stop** осуществляется остановка данного ВП. Кнопка **Activate** активирует измерение ВАХ двухполюсника. Нажатие на кнопку **Clear?** очищает **Multiplot XY-Graph**.

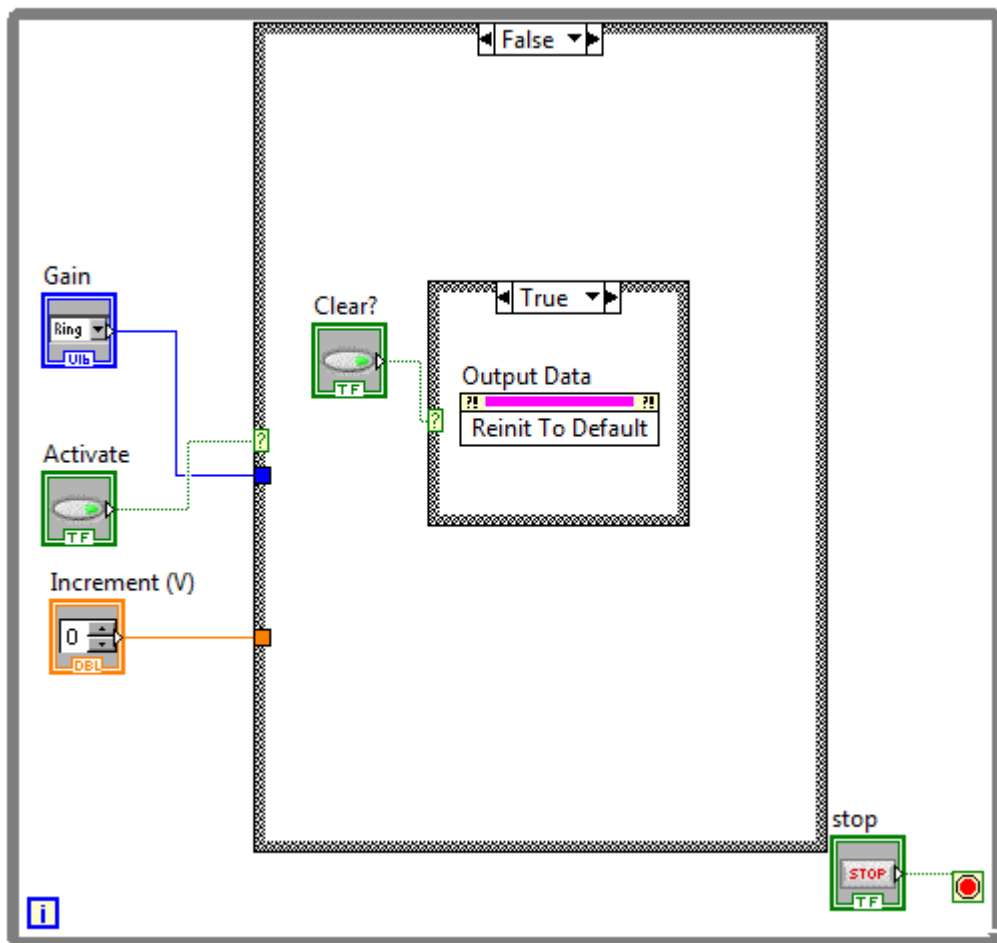
На программном уровне это реализовано следующим образом:



Тело программы помещено в знакомый уже Вам цикл **While Loop**. Булиновский элемент управления **Activate** является селектором для **Case-Structure (Programming -> Structures -> Case Structure)**. У **Case-Structure** имеются два состояния это состояние, когда **Activate** принимает значение логической единицы TRUE и состояние, когда **Activate** принимает значение логического нуля FALSE. В случае, когда **Activate** принимает значение TRUE последовательно выполняются два процесса: первый – происходит измерение вольтамперной характеристики с помощью сконфигурированного экспресс-ВП **NI ELVISmx Two-Wire Current-Voltage Analyzer**.



второй – после того, как измерения ВАР двухполюсника проведены, кнопке **Activate** присваивается значение FALSE. Так как последовательность этих двух процессов принципиальна для существующей логики программы, то каждый отдельный процесс необходимо поместить в структуру последовательности **Stacked Frame Structure (Programming -> Structures -> Stacked Sequence Structure)**. В первый кадр поместите экспресс-ВП **NI ELVISmx Two-Wire Current-Voltage Analyzer**, во второй фрэйм – локальную переменную **Activate** и присваивайте ей значение FALSE. Для создания локальной переменной нажимаете правой кнопкой мыши на кнопку **Activate** на блок-диаграмме и в выпадающем меню выбираете **Create -> Local Variable**.



При нажатии на кнопку **Clear?** происходит событие, при котором индикатору **Multiplot XY-Graph** присваивается значение по умолчанию **Reint To Default** (правой кнопкой нажимаете на индикатор **Multiplot XY-Graph**, в выпадающем меню выберите **Create -> Invoke Mode -> Reinitialize to Default**), а именно значение пустого **Multiplot XY-Graph**. Для того чтобы кнопка **Clear?** при нажатии на неё не «залипала» измените её механическое действие. Для этого нажмите правой кнопкой мыши на кнопку **Clear?** на лицевой панели ВП и в выпадающем меню выберите **Mechanical Action -> Switch Until Released**.

NI ELVISMx THREE-WIRE CURRENT-VOLTAGE ANALYZER

Из субпалитры экспресс-ВП **NI ELVISMx** выберите экспресс-ВП **NI ELVISMx Three-Wire Current-Voltage Analyzer**. На экране Вами откроется окно конфигурирования этого экспресс-ВП. Функциональность данного экспресс-ВП полностью соответствует функциональности ВП **NI ELVISMx Three-Wire Current-Voltage Analyzer** раздела 1.6 главы 1. Для измерения ВАХ трёхполюсников используются те же самые контактные разъёмы макетной платы **NI ELVIS II**, что и в разделе 1.6 главы 1. Разместите экспресс-ВП **NI ELVISMx Three-Wire Current-Voltage Analyzer** на блок-диаграмме. Разверните все параметры данного экспресс-ВП.

Output Data вольтамперная характеристика трёхполюсника. Данные отображаются в виде стандартного для LabVIEW **Multiplot XY-Graph**.

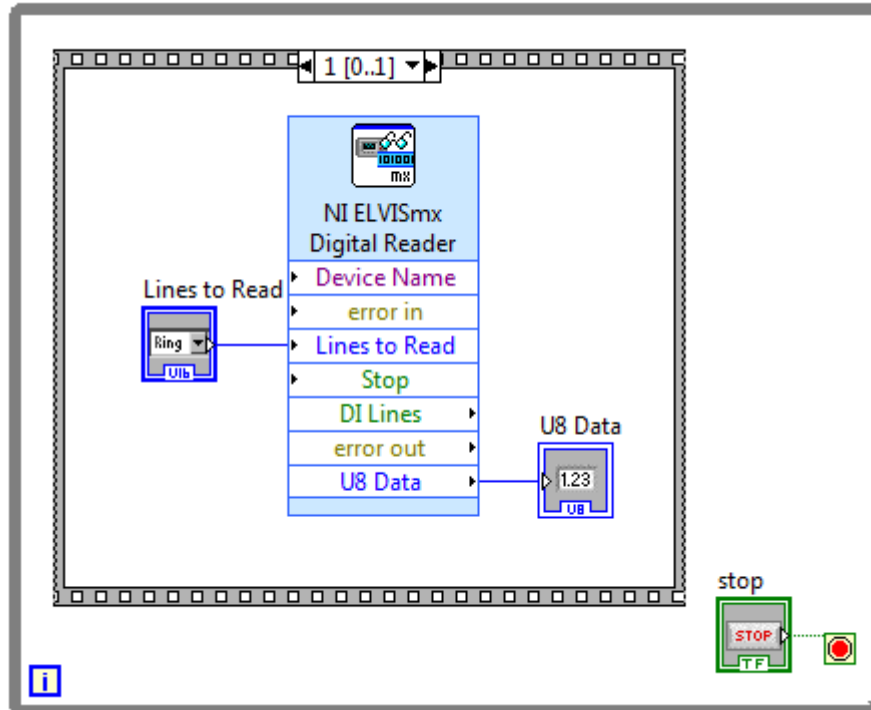
NI ELVISMx DIGITAL WRITER И NI ELVISMx DIGITAL READER

Из субпалитры экспресс-ВП **NI ELVISMx** выберите экспресс-ВП **NI Digital Reader** или экспресс-ВП **NI Digital Writer**. На экране откроется окно конфигурирования этого экспресс-ВП. Функциональность данных экспресс-ВП полностью соответствует функциональности экспресс-ВП **NI Digital Reader** или экспресс-ВП **NI Digital Writer** раздела 1.8 главы 1. Разместите экспресс-ВП **NI Digital Reader** или экспресс-ВП **NI Digital Writer** на блок-диаграмме. Разверните все параметры данных экспресс-ВП.

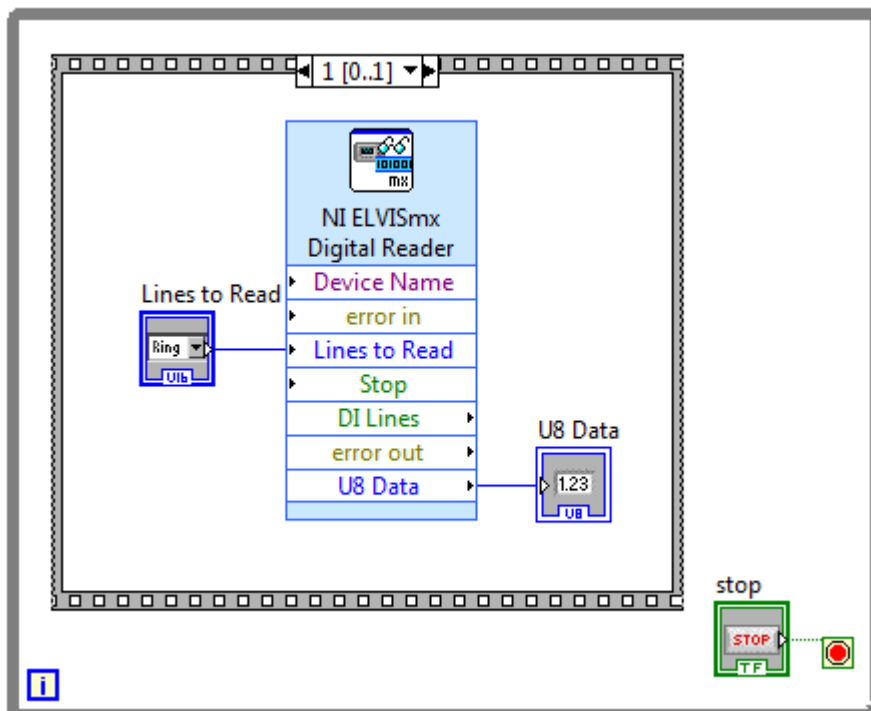
U8 Data – информация о численном значении 8-битного представления байта информации. Нажатие на крест в серой области индикатора позволяет изменять систему исчисления для представления информации.

Сконфигурируйте экспресс-ВП так, чтобы экспресс-ВП **NI Digital Writer** записывал 8-битный паттерн по цифровым линиям **DIO <0..7>**, экспресс-ВП **NI Digital Reader** считывал его и выводил численное значение на экран.

Программный код на языке LabVIEW будет выглядеть следующим образом:



Эта часть программного кода создаёт 8-битный паттерн по цифровым линиям **DIO <0..7>**.



Считывание с цифровых линий **DIO <0..7>** происходит в следующем фрейме структуры **Stacked Frame Structure (Programming»Structures» Stacked Sequence Structure)**.

Из субпалитры экспресс-ВП **NI ELVISmx** выберите экспресс-ВП анализатор АЧХ/ФЧХ **NI ELVISmx Bode Analyzer**. На экране откроется окно конфигурирования этого экспресс-ВП. Функциональность данного экспресс-ВП полностью соответствует функциональности ВП **NI ELVISmx Bode Analyzer** раздела 1.10 главы 1. Для измерения АЧХ и ФЧХ используются те же самые контактные разъёмы макетной платы **NI ELVIS II**, что и в разделе 1.10 главы 1. Разместите экспресс-ВП **NI ELVISmx Bode Analyzer** на блок-диаграмме. Разверните все параметры данного экспресс-ВП.

Gain Data – АЧХ исследуемого электрического контура. Данные отображаются в виде стандартного для LabVIEW **Multiplot XY-Graph**.

Phase Data – ФЧХ исследуемого электрического контура. Данные отображаются в виде стандартного для LabVIEW **Multiplot XY-Graph**.

Для закрепления материала проделайте все упражнения в разделе 10 главы 1 с использованием экспресс-ВП **NI ELVISmx Bode Analyzer**.

Техническая поддержка

При возникновении проблем с установкой, настройкой или эксплуатацией оборудования, в первую очередь воспользуйтесь Web-поддержкой National Instruments. На сайте технической поддержки NI приведены ответы на часто задаваемые вопросы, базы знаний, мастера устранения неисправностей для конкретного оборудования, документация, драйверы, обновления программного обеспечения и другие ресурсы. Все ресурсы доступны в разделе Technical Support на сайте ni.com. Если ваше оборудование поддерживает калибровку, вы можете получить калибровочный сертификат на странице ni.com/calibration.

Если вы искали помощи на **ni.com** и не нашли ответа, обратитесь за **бесплатной технической поддержкой** в офис National Instruments в России:

Телефон: +7 (495) 783-68-51

Email – support.russia@ni.com

Курсы National Instruments

Курсы под руководством инструкторов National Instruments - это наиболее быстрый и надежный путь повышения производительности при работе с продуктами компании NI, а так же для успешной разработки приложений.

Курсы NI способствуют:

- Сокращению времени обучения и повышению вероятности разработки качественных приложений
- Сокращению временных и стоимостных затрат на протяжении всего жизненного цикла приложений, путем обучения ключевым практикам и особенностям разработки приложений
- Разработке более мощных приложений, которые легки в обслуживании и могут быть повторно использованы
- Исключению метода "проб и ошибок", присущего самостоятельному обучению
- Предоставлению Вам высококачественной, профессиональной консультации инженеров-разработчиков приложений, с которыми так же можно обсудить и методологию разработки.

Название курса	Длительность
LabVIEW Основы 1	3 дня
LabVIEW Основы 2	2 дня
Системы сбора данных	3 дня
LabVIEW RealTime	3 дня
LabVIEW и CompactRIO: Основы разработки приложений	3 дня
Модульные приборы	3 дня

Записаться на курсы вы можете по телефону +7 (495) 783-68-51 или заполнив заявку на сайте ni.com/russia в разделе Курсы.

National Instruments Россия, СНГ, Балтия

119361 г. Москва, ул. Озерная, д.42 офис 1101

Телефон в Москве: + 7(495) 783-68-51

Телефон в Санкт-Петербурге: + 7 (812) 951-44-18

Телефон в Кизеве: + 38 (068) 394-21-22

