

Министерство образования Российской Федерации  
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. А.Н.ТУПОЛЕВА

---

Виртуальная электронная лаборатория  
в инструментальной среде LabVIEW

Методические указания для лабораторно-практических занятий  
студентов заочного отделения

Казань 2001

Министерство образования Российской Федерации  
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. А.Н.ТУПОЛЕВА

---

Кафедра теоретической радиотехники и электроники

Виртуальная электронная лаборатория  
в инструментальной среде LabVIEW

Методические указания для лабораторно-практических занятий  
студентов заочного отделения

Казань 2001

УДК 621.372/.371.64

Составители: Евдокимов Ю.К., Насырова Р.Г.,  
Байтуллин А.Ф.

Виртуальная электронная лаборатория в инструментальной среде LabVIEW: Методические указания для лабораторно-практических занятий студентов заочного отделения/ Сост. Евдокимов Ю.К., Насырова Р.Г., Байтуллин А.Ф. Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2001. 26с.

Приведены основные информационные материалы и методика по использованию виртуальной инструментальной среды LabVIEW для построения лабораторных работ и проведения практических занятий студентов заочного отделения специальностей 2205 и 2008 направления 5511 при изучении дисциплины "Электротехника", разделов теории электрических цепей и сигналов.

Табл. 5. Ил. 1. Библиогр.: 3 назв.

Рецензент: канд. физ.-мат. наук Антонова И.И. (Казанский институт экономики, управления и права)

*Рекомендовано к изданию Учебно-методическим центром  
КГТУ им. А.Н.Туполева*

# 1. Инструкция пользователя инструментальной средой LabVIEW

## Цель работы:

1. Ознакомление с программным пакетом LabVIEW.
2. Выработка навыков создания простых виртуальных измерительных приборов с помощью пакета LabVIEW.

## 1.1. Введение

В настоящее время все более увеличивается значение компьютерных технологий при создании информационно-измерительных систем. Это связано с большими возможностями компьютеров по оперативной обработке результатов измерений, накоплению данных, обеспечению широкой перестройки параметров системы в процессе работы и так далее. Одной из новейших разработок, позволяющей создавать виртуальные измерительные приборы и системы, является программный пакет LabVIEW.

## 1.2. Прикладной пакет графического программирования LabVIEW

LabVIEW, подобно языкам программирования C, PASCAL или BASIC, является программным пакетом для разработки прикладных программ. Однако, в отличие от указанных выше текстовых языков программирования, LabVIEW использует графический язык программирования G (Graphics), предназначенный для создания программ в форме структурных схем. LabVIEW содержит обширные библиотеки функций и инструментальных средств, предназначенных для создания систем сбора данных и систем автоматизированного управления. LabVIEW также включает стандартные инструментальные средства разработки программ; Вы можете устанавливать контрольные точки, использовать компьютерную анимацию при выполнении программы, чтобы видеть, как данные проходят через программу, осуществлять пошаговое выполнение программы, чтобы облегчить разработку и отладку программы.

## 1.3. Структура LabVIEW

### 1.3.1. Основные элементы структуры

Программы в LabVIEW называются виртуальными инструментами (ВИ), так как их вид и функционирование имитируют реальные измерительные приборы. Однако, при этом ВИ подобны функциям в программах стандартных языков программирования.

Структура ВИ может быть представлена следующими элементами.

- Интерактивный интерфейс пользователя ВИ называется *лицевой панелью*, потому что он моделирует панель физического прибора. Лицевая панель может содержать кнопки, переключатели, регуляторы и другие органы управления и индикаторы. Вы вводите данные, используя мышь и клавиатуру, и можете увидеть результаты на экране компьютера.
- ВИ получает команды от *структурной схемы*, которую Вы создаете в графическом языке G. Структурная схема представляет собой наглядное представление решения Вашей задачи. Структурная схема также содержит исходные коды для ВИ.
- *Пиктограмма и соединитель* ВИ представляют собой графический список параметров, обеспечивающий возможность обмена данными Вашего ВИ с другими ВИ и субВИ (ВИ-подпрограммами). Пиктограмма и соединитель позволяют Вам использовать Ваш ВИ как

основную программу (программу верхнего уровня) или как подпрограмму (*субВИ*) внутри других программ или подпрограмм.

Таким образом, LabVIEW придерживается концепции *модульного программирования*. Вы можете разделить прикладную программу на несколько более простых подпрограмм, а затем создаете несколько ВИ для выполнения каждой подпрограммы и объединяете эти ВИ на общей структурной схеме, выполняющей основную программу. В результате Ваш основной ВИ верхнего уровня содержит совокупность субВИ, которые реализуют функции прикладной программы. Так как Вы можете запустить каждый субВИ отдельно от остальной части прикладной программы, отладка происходит намного проще. Кроме того, многие субВИ низкого уровня часто выполняют задачи, общие для нескольких прикладных программ, так что Вы можете разработать специализированный набор субВИ, хорошо подходящий для прикладных программ, которые Вы будете создавать.

### 1.3.2. Лицевая панель

Интерфейсом пользователя ВИ подобно интерфейсу пользователя реального прибора является лицевая панель.

Лицевая панель ВИ - прежде всего комбинация *органов управления и индикаторов*. Органы управления моделируют инструментальные устройства ввода данных и передают данные на структурную схему ВИ. Индикаторы моделируют инструментальные устройства вывода, которые отображают данные, собранные или сгенерированные структурной схемой ВИ.

### 1.3.3. Структурная схема

Окно схемы содержит структурную схему ВИ, которая является исходным графическим текстом ВИ в LabVIEW. Вы создаете структурную схему *соединяя* вместе объекты, которые посылают или получают данные, выполняют определенные функции и управляют потоком выполнения.

Первичные программные объекты структурной схемы - *узлы, терминалы и провода*.

Когда Вы помещаете орган управления или индикатор на лицевую панель, LabVIEW помещает соответствующий терминал на структурную схему. Вы не можете удалить терминал, принадлежащий органу управления или индикатору. Терминал исчезнет, только когда Вы удалите орган управления или индикатор. Пиктограммы функций также имеют терминалы. Вы можете представить себе терминалы как порты ввода и вывода. Данные, которые Вы вводите в органы управления, поступают с лицевой панели через терминалы органов управления на структурную схему. Затем данные поступают в функции. Когда функции завершают свои внутренние вычисления, они производят новые значения данных на своих выходных терминалах. Данные поступают на терминалы индикаторов и повторно попадают на лицевую панель, где они и отображаются. Данные выходят из *терминала-источника* и приходят на *терминал-адресат*.

*Узлы* - элементы выполнения программы. Они аналогичны инструкциям, операторам, функциям и подпрограммам в стандартных языках программирования. *Функция* - один из типов узлов. LabVIEW имеет обширную библиотеку функций для математических вычислений, сравнения, преобразования, ввода/вывода и так далее. Другой тип узлов - *структура*. Структуры являются графическим представлением циклов и операторов выбора традиционных языков программирования, повторяя блоки инструкций или выполняя их по условию. LabVIEW имеет также специальные узлы для

взаимосвязи с внешними текстовыми программами и для вычислений по текстовым формулам.

*Провода* - пути данных между терминалами источника и адресата. Вы не можете подключить терминал-источник к другому источнику, но можете подключать терминал-адресат к другому терминалу-адресату. Вы можете подключать один источник к нескольким адресатам. Провода имеют различный вид или цвет, в зависимости от типа данных, которые передаются по проводам.

Принцип, который управляет выполнением программы в LabVIEW, называется *поток данных*. Запущенный узел выполняется только тогда, когда на всех входах появляются данные; узел выдает данные на все выходные терминалы только тогда, когда он заканчивает выполнение; и данные сразу же поступают от терминала источника на терминал адресата. Метод потока данных отличается от метода потока управления, по которому выполняется стандартная программа, в которой команды выполняются в последовательности, в которой они написаны. Поток управления регулируется командами. Поток данных - *управляется данными или зависит от данных*.

### 1.3.4. Пиктограмма и соединитель

Когда пиктограмма ВИ помещена в схему другого ВИ, первый ВИ становится субВИ, то есть подпрограммой в LabVIEW. Органы управления и индикаторы субВИ получают данные от вызывающего ВИ и возвращают их ему же.

*Соединитель* - набор терминалов, которые связаны с соответствующими органами управления и индикаторами субВИ. Пиктограмма является либо наглядным представлением назначения ВИ, либо текстовым описанием ВИ или его терминалов. Соединитель во многом подобен списку параметров обращения к функции; терминалы соединителя действуют подобно параметрам. Каждый терминал связан с соответствующим отдельным органом управления или индикатором на лицевой панели. Каждый ВИ имеет заданную по умолчанию пиктограмму, которая отображается в окне пиктограммы в верхнем правом углу окна лицевой панели и структурной схемы.

## 1.4. Создание ВИ

### 1.4.1. Рабочие инструменты в LabVIEW

Инструмент - специальный режим действия курсора мыши. Вы используете инструменты, чтобы выполнять определенные функции.

Многие из инструментов LabVIEW содержатся в палитре **Tools** (*Windows>>Show Tools Palette*) (табл. 1.1). Вы можете также получить временную версию палитры Tools в расположении вашего курсора, щелкая кнопкой мыши при нажатии *<Ctrl-Shift>*.

Вы можете поменять один инструмент на другой любым из следующих способов в режиме редактирования:

- Нажать кнопку мыши на нужном Вам инструменте в палитре **Tools**.
- Использовать клавишу *<Tab>*, чтобы последовательно менять наиболее часто используемые инструменты.
- Нажать пробел, чтобы переключиться между “рукой” и “стрелкой”, когда активна лицевая панель, и между “катушкой” и “стрелкой”, когда активна структурная схема.

Таблица 1.1.

Рабочий инструмент	Оригинальное название	Русское название	Функции инструмента
	Operating tool	Инструмент Действия - "Рука"	Размещает объекты палитр <b>Controls</b> и <b>Functions</b> на лицевой панели и структурной схеме.
	Positioning tool	Позиционный инструмент - "Стрелка"	Размещает объекты, изменяет их размеры и выбирает их.
	Labeling tool	Меточный инструмент	Редактирует тексты меток объектов и создает свободные метки.
	Wiring tool	Монтажный инструмент - "Катушка"	Подключает объекты друг к другу на структурной схеме.
	Object pop-up menu tool	Инструмент Объектного меню	Вызывает объектное меню.
	Scroll tool	Инструмент прокрутки	Прокручивает окно без использования слайдеров.
	Breakpoint tool	Инструмент Контрольной точки	Устанавливает контрольные точки на ВИ, функциях, циклах, структурах.
	Probe tool	Инструмент Пробы	Создает пробные измерители на проводах.
	Color Copy tool	Инструмент Копии цвета - "Пипетка"	Копирует цвета для вставки с помощью Цветового инструмента.
	Color tool	Цветовой инструмент - "Кисть"	Устанавливает цвета переднего плана и фона.

#### 1.4.2. Создание объектов лицевой панели

Изначально при создании нового ВИ либо загрузке существующего на экране появляется окно лицевой панели. Перейти к окну лицевой панели из окна структурной схемы можно, выбрав в меню *Windows>>Show Panel*.

Вы можете создать объекты на лицевой панели, выбирая их из палитры **Controls** (*Windows>>Show Controls Palette*).

Когда Вы помещаете стрелку на объект палитры, сверху появляется имя объекта. Нажатием кнопки мыши Вы выбираете объект и можете разместить его в любом месте на лицевой панели, а соответствующий терминал появится на структурной схеме.

Чтобы выбрать объект, поместите “стрелку” на объект и нажмите кнопку мыши либо окружите его прямоугольником выбора, для чего нажмите кнопку мыши в свободном месте лицевой панели рядом с объектом и перемещайте курсор мыши, удерживая кнопку. Выбранный объект вы можете переместить в какое-либо другое место, удерживая кнопку нажатой и перемещая курсор. Вы можете изменить размеры большинства объектов, подводя стрелку к одному из углов объекта. При этом курсор приобретает вид угловой скобки. Удерживая кнопку мыши нажатой и перемещая курсор, Вы можете выбрать необходимый размер объекта. Чтобы удалить объект, выберите его “стрелкой” и нажмите клавишу “Delete”.

При создании объекты лицевой панели появляются с прямоугольником метки, в которую сразу же можно ввести текст - название органа управления или индикатора. Если текст не введен, метка исчезает; вызвать ее снова можно из объектного меню объекта лицевой панели, выбрав из него опцию *Show>>Label*.

Объектное меню вызывается нажатием правой кнопки мыши, когда курсор в виде руки или стрелки находится на объекте.

Если Вы хотите отредактировать уже созданную метку объекта, выберите из палитры **Tools** Меточный инструмент и, подведя его к существующей метке, щелкните мышью, и в поле метки появится курсор. Вы можете ввести текст метки и завершить его нажатием кнопки <Enter> в левом верхнем углу окна. Вы можете изменить размер и тип шрифта с помощью окна шрифта, которое расположено наверху окна лицевой панели или структурной схемы.

Вы можете выровнять объекты лицевой панели (а также и структурной схемы) по какой-либо оси, а также более равномерно распределить их на лицевой панели. Для этого Вам необходимо выбрать “стрелкой” подлежащие выравниванию объекты и выбрать одну из опций в окнах *Align Objects* (Выравнивание объектов) и/или *Distribute Objects* (Распределение объектов).

Чтобы выбрать несколько объектов, Вы можете поступить двумя способами. Во-первых, Вы можете нажать левую кнопку мыши со “стрелкой” в свободном месте лицевой панели и, не отпуская кнопки, переместить мышь так, чтобы появившийся прямоугольник выбора содержал только те объекты (хотя бы частично), которые Вы хотите выбрать, а затем отпустить кнопку. Во-вторых, Вы можете выбирать объекты по одному, удерживая нажатой клавишу <Shift> и щелкая мышью на каждом из объектов.

Вы можете изменить цвет лицевой панели или ее индикаторов и органов управления. Для этого выберите из палитры **Tools** “кисть” и, установив его рабочий конец на какой-либо объект, нажмите правую кнопку мыши. Появится цветовая палитра, из которой вы можете выбрать любой понравившийся Вам цвет и нажать на нем правую кнопку мыши.

### 1.4.3. Создание объектов структурной схемы

Чтобы перейти от окна лицевой панели к окну структурной схемы, выберите *Windows>>Show Diagram*. Структурная схема содержит терминалы для всех органов управления и индикаторов лицевой панели.

Вы можете создавать объекты структурной схемы, выбирая их из палитры **Functions** (*Windows>>Show Functions Palette*).



Установка объектов на структурной схеме, их выбор, перемещение и удаление осуществляются аналогично действиям с объектами лицевой панели. Однако, размеры большинства объектов структурной схемы изменить нельзя. Невозможно также удалить терминалы объектов лицевой панели на структурной схеме: для этого необходимо удалить сам орган управления или индикатор на лицевой панели.

#### 1.4.4. Монтаж объектов структурной схемы

##### 1.4.4.1. Основные операции монтажа

Вы должны использовать “катушку”, чтобы подключать терминалы объектов структурной схемы. Отметкой курсора или рабочим острием “катушки” является конец раскрученного сегмента провода.

Чтобы соединить один терминал с другим, нажмите кнопку мыши, поместив “катушку” на первый терминал, переместите инструмент на второй терминал и нажмите кнопку мыши на втором терминале. Область терминала мигает, когда острие монтажного инструмента правильно установлено на терминал, а рядом с терминалом появляется его название. Щелчок мыши подключает провод к этому терминалу. Как только Вы сделали первое подключение, LabVIEW ведёт провод вслед за перемещением курсора по структурной схеме, как будто провод отматывается с катушки. Вы не должны удерживать кнопку мыши.

Чтобы соединиться с существующим проводом, выполните описанную операцию, щёлкая кнопкой мыши на существующем проводе. Провод мигает, когда монтажный инструмент правильно установлен.

Вы можете проложить провод от терминала, внешнего по отношению к структуре, к терминалу внутри структуры. LabVIEW создает туннель, внутри которого провод пересекает границу структуры.

Вы можете изогнуть провод, нажав кнопку мыши в каком-либо месте и обозначив тем самым отметку пути. Вы можете изменить направление провода с горизонтального на вертикальное или наоборот, нажимая пробел. Вы можете убрать последнюю отметку пути, нажимая *<Ctrl - щелчок кнопки мыши>*. Если последняя отметка пути - терминал или провод, на который Вы сначала щелкнули, удаление отметки пути удаляет провод полностью. Вы можете дважды щелкнуть кнопкой мыши с монтажным инструментом, чтобы начать или закончить провод в свободной области, как показано далее.

Когда провода пересекаются, в первом выведенном проводе появляется маленький промежуток, как будто этот провод проходит ниже второго.

##### 1.4.4.2. Монтаж сложных ВИ

Когда Вы производите монтаж сложных встроенных узлов или субВИ, Вы можете обратить внимание на концы проводов и надписи, которые появляются, когда монтажный инструмент приближается к пиктограмме ВИ. Концы проводов, показанные вокруг пиктограммы ВИ, указывают тип данных своей формой, толщиной и цветом. Точки в концах проводов указывают входы, в то время как выходы не имеют таких точек. Направление, в котором выведены эти концы, указывает предположительное направление для подключаемого провода. Когда терминал подключен, конец провода для этого терминала больше не отображается. Надписи представляют собой названия высвечиваемых входов или выходов.

##### 1.4.4.3. Протяжка провода

Вы можете перемещать подключенные объекты индивидуально или в группах, используя Позиционный инструмент - “стрелку”. Провода, связанные с выбранными объектами, тянутся за ними при их перемещении автоматически. Если Вы дублируете выбранные объекты или перемещаете их из одной схемы в другую, LabVIEW отрезает соединительные провода, если Вы не выбираете их вместе с остальными объектами.

Внимание: При протягивании проводов иногда остаются отрезки провода или свободные концы. Вы должны удалить эти отрезки или свободные концы провода до начала выполнения ВИ. Самый простой способ сделать это - выбрать из меню *Edit>>Remove Bad Wire*.

#### 1.4.4.4. Выбор, перемещение и удаление провода

Чтобы выбрать провод, используйте “стрелку”. При этом один щелчок кнопки мыши выбирает участок провода между двумя изгибами, двойной щелчок - участок между двумя соединениями, тройной щелчок позволяет выбрать весь провод. Чтобы удалить выбранную часть провода, нажмите клавишу *<Delete>* или клавишу *<Backspace>*.

Чтобы переустановить сегмент провода, переместите его к новому расположению “стрелкой”. Вы можете переустановить один или большее количество сегментов, выбирая и перемещая их. Вы можете также перемещать выбранные сегменты на один пиксель за раз, нажимая клавиши курсора на клавиатуре. LabVIEW протягивает смежные невыбранные сегменты, чтобы соответствовать изменениям.

Когда Вы перемещаете туннель, LabVIEW обычно поддерживает соединение провода между туннелем и подключенным узлом.

Чтобы одновременно выбрать части провода внутри и снаружи циклической структуры, выберите часть провода на одной стороне структуры и, удерживая клавишу *<Shift>*, выберите часть провода с другой стороны структуры. Вы можете добавить объект к группе предварительно выбранных объектов, удерживая клавишу *<Shift>*, в то время как Вы выбираете новый объект. Вы можете также окружить прямоугольником выбора обе части провода.

#### 1.4.4.5. Замена и вставка объектов структурной схемы

Предположим, что Вы использовали функцию *Increment* в структурной схеме, где Вы должны были использовать функцию *Decrement*. Вы можете удалить узел функции *Increment*, а затем выбрать узел функции *Decrement* из палитры **Functions** и произвести пересоединение. Вы можете также использовать опцию *Replace* в объектном меню узла *Increment*. Выбором *Replace* Вы вызываете палитру **Functions**, из которой Вы можете выбирать функцию *Decrement*. Преимущество этого метода в том, что LabVIEW помещает новый узел там, где был старый узел, и не нарушает соединения. Вы можете заменить функцию на любую другую, однако, если число терминалов или типов данных в каждом функциональном узле различно, Вы можете получать прерванные соединения.

Вы можете также использовать *Replace*, чтобы заменить константу на другую константу или структуру на другую подобную структуру, например, типа *While Loop* (Цикл Пока) на *For Loop* (Цикл Для).

Объектное меню проводов имеет опцию *Insert* (Вставка). Выбором *Insert* Вы обращаетесь к палитре **Functions**, из которой Вы можете выбрать любую функцию или ВИ на меню. Затем LabVIEW соединяет узел, который Вы выбрали с проводом, для которого Вы вызвали меню. Вы должны быть внимательны и проверить соединение, так

как если узел имеет больше чем один входной или выходной терминал, провода могут соединиться не с тем терминалом, с которым Вы ожидали.

#### 1.4.4.6. Автоматическое добавление констант, органов управления и индикаторов

Вместо того, чтобы создавать константу, орган управления или индикатор, выбирая его из меню и затем производя подсоединение к терминалу вручную, Вы можете щелкнуть мышью на терминале и выбрать *Create Constant*, *Create Control* или *Create Indicator*, чтобы автоматически создать объект с соответствующим типом данных. При этом созданные константа, орган управления или индикатор подключаются автоматически.

Аналогичные действия можно производить с выводами функций или ВИ, константами и терминалами органов управления или индикаторов лицевой панели.

### 1.5. Пример создания простого ВИ “Спектральный анализатор прямоугольного импульса”

Основными функциональными узлами этого ВИ является генератор прямоугольного импульса и вычислитель спектра мощности.

Генератор прямоугольного импульса (*Pulse Pattern.vi*) размещен в палитре **Functions>>Analysis>>Signal Generation**. Этот генератор формирует на своем выходе “*Pulse Pattern*” одномерный массив отсчетов прямоугольного импульса с заданной задержкой, шириной и амплитудой. При этом количество отсчетов сигнала задается целым числом на входе “*samples*”, длительность и задержка импульса (в количестве отсчетов) задаются целыми числами на входах “*width*” и “*delay*” соответственно, а амплитуда (в условных единицах) задается реальным десятичным числом на входе “*amplitude*”.

Вычислитель спектра мощности (*Power Spectrum.vi*) размещен в палитре **Functions>>Analysis>>Digital Signal Processing**. На вход вычислителя “*X*” подается одномерный массив отсчетов сигнала длиной  $n$ , а с выхода “*Power Spectrum*” снимается одномерный массив отсчетов спектра мощности сигнала с такой же длиной  $N$ ; действительная часть спектра однако содержится лишь в первых  $N/2$  отсчетах. При этом расстояние между отсчетами спектра по частоте (в Гц) определяется по формуле:

$$\Delta f = 1/N\Delta t, \quad (1.1)$$

где  $N$  - количество отсчетов сигнала,  $\Delta t$  - интервал между отсчетами сигнала по времени или шаг квантования по времени (в секундах).

1. Создание нового ВИ лучше всего начать с лицевой панели. Если на экран выведено окно структурной схемы, переключиться на лицевую панель можно, выбрав из меню сверху окна *Windows>>Show Panel*.

2. Из меню в верхней строчке окна лицевой панели выберите *Windows>>Show Controls Palette* и *Windows>>Show Tools Palette*, чтобы вывести на экран палитры **Controls** (Органы управления) и **Tools** (Инструменты).

3. Из палитры **Tools** выберите инструмент Действия - “руку”, если до этого он не был выбран.

4. В подпалитре **Graph** палитры **Controls** размещены графические индикаторы. Один из них - осциллограф (*Waveform Graph*) - позволяет выводить на экран одномерные массивы чисел в виде графика зависимости значения элемента массива от номера

элемента, производя при этом один из видов интерполяции (чаще всего - линейную). Выберите этот осциллограф перенесите его на лицевую панель. Разместите его справа наверху лицевой панели. В появившейся метке можно тут же с клавиатуры ввести название индикатора “Сигнал”. Чтобы закончить ввод метки, нажмите на кнопку *<Enter>* в левом верхнем углу окна или щелкните мышью в любом незанятом месте лицевой панели.

5. После размещения индикатора на лицевой панели вызовите его объектное меню, установив “стрелку” или “руку” на край индикатора и нажав правую кнопку мыши, и в нем снимите выделение с опций *Show>>Legend* и *Show>>Palette*.

6. Еще один такой же индикатор выберите из той же подпалитры и разместите на лицевой панели ниже первого индикатора. Введите в метку его название “Спектр” и повторите для него действия п. 5. В объектном меню этого индикатора снимите также выделение с опции *X Scale>>AutoScale X*. С помощью Меточного инструмента введите конечное значение горизонтальной шкалы 50.

7. Из подпалитры **Numeric** палитры **Controls** выберите 3 вертикальных ползунковых регулятора (*Vertical Pointer Slide*) для регуляторов “Амплитуда”, “Длительность” и “Задержка”, разместите их на лицевой панели слева от индикаторов сверху вниз и введите их названия в метки. С помощью меточного инструмента измените конечные значения регулирования на шкале регуляторов “Длительность” и “Задержка” на 50. Уберите с экрана цифровые дисплеи регуляторов, сняв выделение с опции объектного меню *Show>>Digital Display*.

8. Из подпалитры **Boolean** палитры **Controls** выберите кнопку “СТОП” (*Rectangular Stop Button*) и разместите ее на лицевой панели снизу от регуляторов.

9. Разместив индикаторы и органы управления на лицевой панели, можно перейти к структурной схеме. Чтобы сделать это, выберите в меню *Windows>>Show Diagram*. На структурной схеме Вы увидите терминалы, соответствующие органам управления и индикаторам лицевой панели. Терминалы имеют те же метки, что и соответствующие им объекты лицевой панели. Для облегчения монтажа структурной схемы и увеличения ее наглядности рекомендуется разместить терминалы органов управления слева, а терминалы индикаторов справа, оставив между ними место для размещения других элементов структурной схемы.

10. Чтобы вывести на экран палитру **Functions** (Функции), выберите из меню *Windows>>Show Functions Palette*.


11. Из подпалитры **Numeric** палитры **Functions** выберите числовую константу (*Numeric Constant*) и разместите ее на структурной схеме выше терминалов органов управления. С помощью Меточного инструмента введите в константу значение 100.

12. Из палитры **Functions** выберите подпалитру **Analysis**, а из нее - подпалитру **Signal Generation**. Из этой подпалитры выберите генератор прямоугольного импульса (*Pulse\_Pattern.vi*) и разместите его на структурной схеме справа от терминалов органов управления.

13. Из подпалитры **Analysis** выберите подпалитру **Digital Signal Processing**. Из нее выберите вычислитель спектра мощности (*Power\_Spectrum.vi*) и разместите его на структурной схеме между генератором прямоугольного импульса и терминалами индикаторов.

14. Из подпалитры **Advanced** палитры **Functions** выберите функцию “Стоп” (*Stop*) и разместите ее на структурной схеме рядом с терминалом кнопки “Stop”.

15. Из палитры **Tools** выберите “катушку”. Теперь можно приступить к монтажу структурной схемы, то есть к соединению между собой терминалов органов управления, функций, констант и индикаторов.

16. Подключите числовую константу к терминалу “*samples*” генератора прямоугольного импульса.
17. Подключите терминал регулятора “Амплитуда” к терминалу генератора “*amplitude*”.
18. Подключите терминал регулятора “Задержка” к терминалу генератора “*delay*”.
19. Подключите терминал регулятора “Длительность” к терминалу генератора “*width*”.
20. Подключите выходной терминал генератора прямоугольного импульса “*Pulse Pattern*” к входному терминалу вычислителя спектра мощности “*X*”.
21. Подключите выходной терминал вычислителя спектра мощности “*Power Spectrum*” к терминалу индикатора “Спектр”.
22. Подключите терминал индикатора “Сигнал” к проводу, соединяющему выходной терминал генератора и входной терминал вычислителя спектра мощности.
23. Подключите терминал кнопки “*Stop*” к входу функции “*Stop*”.
24. На этом монтаж структурной схемы закончен. Теперь при необходимости Вы можете дополнительно отредактировать структурную схему, чтобы избежать возможных наложений элементов структурной схемы, нежелательных пересечений проводов и так далее, чтобы повысить наглядность структурной схемы.
25. Перейдите в окно лицевой панели и запустите ВИ, нажав кнопку “Пуск” в  левом верхнем углу окна.
26. Остановить работу Вашего ВИ можно, нажав на кнопку “*Stop*” на лицевой панели, либо кнопку “Стоп” в левом верхнем углу окна.

## 1.6. Порядок выполнения работы

**Внимание.** Прежде чем приступить к выполнению работы, внимательно ознакомьтесь с содержанием раздела 1.4 данных методических указаний. При возникновении вопросов по работе с LabVIEW Вы можете вызвать интерактивную справку по LabVIEW, выбрав из меню *Help*>>*Online Reference...*. Кроме того, Вы можете вызвать интерактивную справку относительно практически каждого объекта структурной схемы, вызвав объектное меню и выбрав из него *Online Help*.

**Задание 1.** Выполните приведенный в п.5 пример создания простого ВИ. Просмотрите работу ВИ, прохождение сигналов по структурной схеме (с помощью кнопки с изображением лампочки наверху окна структурной схемы).

**Задание 2.** После выполнения задания 1 полученные Вами на экранах виртуальных осциллографов графики сигнала и его спектра не привязаны ко времени и к частоте, так как по оси X отложены значения номеров отсчетов.

Предположим, что расстояние между двумя отсчетами сигнала по времени  $\Delta t=1\text{мс}$ . Таким образом, по оси времени осциллографа “Сигнал” отложены миллисекунды, тогда и шкалы регуляторов “Длительность” и “Задержка” также имеют размерность [мс].

Исходя из этого предположения, приведите в соответствие временным параметрам импульса значения частотной оси осциллографа “Спектр”.

2.1. По формуле (1.1) рассчитайте расстояние между двумя отсчетами спектра по частоте  $\Delta f$  для заданного на структурной схеме значения  $N=100$  (при  $\Delta t=0,001$ ).

2.2. На структурной схеме из объектного меню осциллографа “Спектр” выберите *Create*>>*Attribute Node*. При этом на структурной схеме рядом с терминалом осциллографа появится прямоугольник с меткой “Спектр” и надписью внутри “*Visible*”. Этот прямоугольник - узел атрибутов, с помощью которого в программном режиме можно

устанавливать различные атрибуты осциллографа: размеры, параметры графиков, шкал и так далее.

2.3. Подведите “руку” к узлу атрибутов и нажмите кнопку мыши. Из появившегося меню выберите *X Scale Info* >> *X<sub>0</sub> and delta X* >> *delta X*.

2.4. Из подпалитры **Numeric** палитры **Functions** выберите числовую константу (*Numeric Constant*) и разместите ее рядом с узлом атрибутов. Из объектного меню константы выберите *Representation* >> *Double Precision* (реальное число двойной точности). В пункте меню *Format & Precision* введите число 3 в графу *Digits of Precision* и выберите вид представления числа *Scientific Notation* или *Engineering Notation*. Введите с помощью “руки” или Меточного инструмента в константу значение  $\Delta f$ , рассчитанное в п.2.1.

2.5. Подсоедините константу к узлу атрибутов.

2.6. Перейдите в окно лицевой панели, запустите ВИ. Проверьте правильность масштаба шкалы частот осциллографа “Спектр” для некоторого произвольного значения длительности импульса по формуле:

$$F_0 = 1/\tau_{и}, \quad (1.2)$$

где  $\tau_{и}$  - длительность импульса в секундах (не забудьте, что длительность импульса по шкале осциллографа “Сигнал” и регулятора “Длительность” измеряется в миллисекундах),  $F_0$  - частота первого “нуля” спектра сигнала в Герцах.

**Задание 3.** Произведите моделирование вычисления  $\Delta f$  по формуле (1.1) с помощью LabVIEW.

3.1. Перейдите в окно структурной схемы.

3.2. Удалите со схемы провод, соединяющий константу с рассчитанным Вами значением  $\Delta f$  с узлом атрибутов.

3.3. Запишите в константу значение  $\Delta t$  (1мс или 1E-03).

3.4. Переместите константу на некоторое расстояние влево от узла атрибутов.

3.5. Из подпалитры **Numeric** палитры **Functions** выберите перемножитель (*Multiply*) и разместите его между константой со значением  $\Delta t$  и узлом атрибутов ближе к константе.

3.6. Из этой же подпалитры выберите вычислитель обратной величины (*Reciprocal*) и разместите его между перемножителем и узлом атрибутов.

3.7. Подключите к одному из входов перемножителя константу со значением  $\Delta t$ , а к другому - константу со значением  $n$ , которая подключена к входу “samples” генератора прямоугольного импульса.

3.8. Подключите выход перемножителя к входу вычислителя обратной величины, а выход вычислителя обратной величины - к узлу атрибутов.

3.9. Перейдите в окно лицевой панели, запустите ВИ и сравните результат Ваших действий с результатом выполнения задания 2.

## 1.7. Содержание отчета

Отчет должен содержать итоговую структурную схему ВИ (допускается упрощенное изображение узлов, функций и терминалов в виде прямоугольников с указанием названий); результаты вычислений по формулам (1.1) и (1.2); графики сигнала и его спектра для произвольных значений задержки и длительности импульса с указанием масштаба (желательно, чтобы на графике спектра умещалось 3 - 4 “нуля”); выводы по проделанной работе.

## 1.8. Контрольные вопросы

1. В чем отличие программного пакета LabVIEW от других языков программирования?
2. Объясните, как Вы понимаете сущность принципа потока данных?
3. Расскажите об основных рабочих инструментах в LabVIEW.
4. Объясните по структурной схеме вашего ВИ назначение его узлов, функций, органов управления и индикаторов, порядок работы ВИ.

## 2. Методика использования виртуальных инструментов при создании электронной лаборатории

**Примечание.** Для изучения данного раздела методических указаний необходимо наличие платы ввода-вывода L-154 и программного обеспечения к ней ЗАО "Л-КАРД" ([www.lcard.ru](http://www.lcard.ru), e-mail: [lcard@lcard.ru](mailto:lcard@lcard.ru)).

### Цель работы:

1. Ознакомление с назначением и устройством платы ввода-вывода L-154.
2. Создание простейших систем ввода-вывода и обработки аналоговых сигналов в среде LabVIEW.

### 2.1. Плата ввода-вывода цифровой и аналоговой информации L-154: назначение и устройство

Плата L-154 предназначена для преобразования аналоговых сигналов в цифровую форму для персональной ЭВМ, а также для ввода/вывода с цифровых ТТЛ линий и управления одним выходным аналоговым каналом (цифро-аналоговый преобразователь).

Структурная схема платы представлена рис. 2.1.

Плата L-154 содержит:

- аналоговый коммутатор (мультиплексор) на 16 (32) каналов;
- аналого-цифровой преобразователь (АЦП);
- цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП);
- 3 программируемых счетчика-таймера с кварцевой стабилизацией 1 МГц;
- регистры ввода-вывода цифровой информации.

Плата L-154 позволяет:

- осуществлять многоканальный ввод с аналоговых каналов с частотой до 70 кГц на канал;
- осуществлять асинхронный ввод с различных аналоговых каналов;
- управлять ЦАП;
- осуществлять работу в двух режимах: в программном режиме и в режиме генерации прерываний IRQ;
- управлять цифровыми линиями в асинхронном режиме.

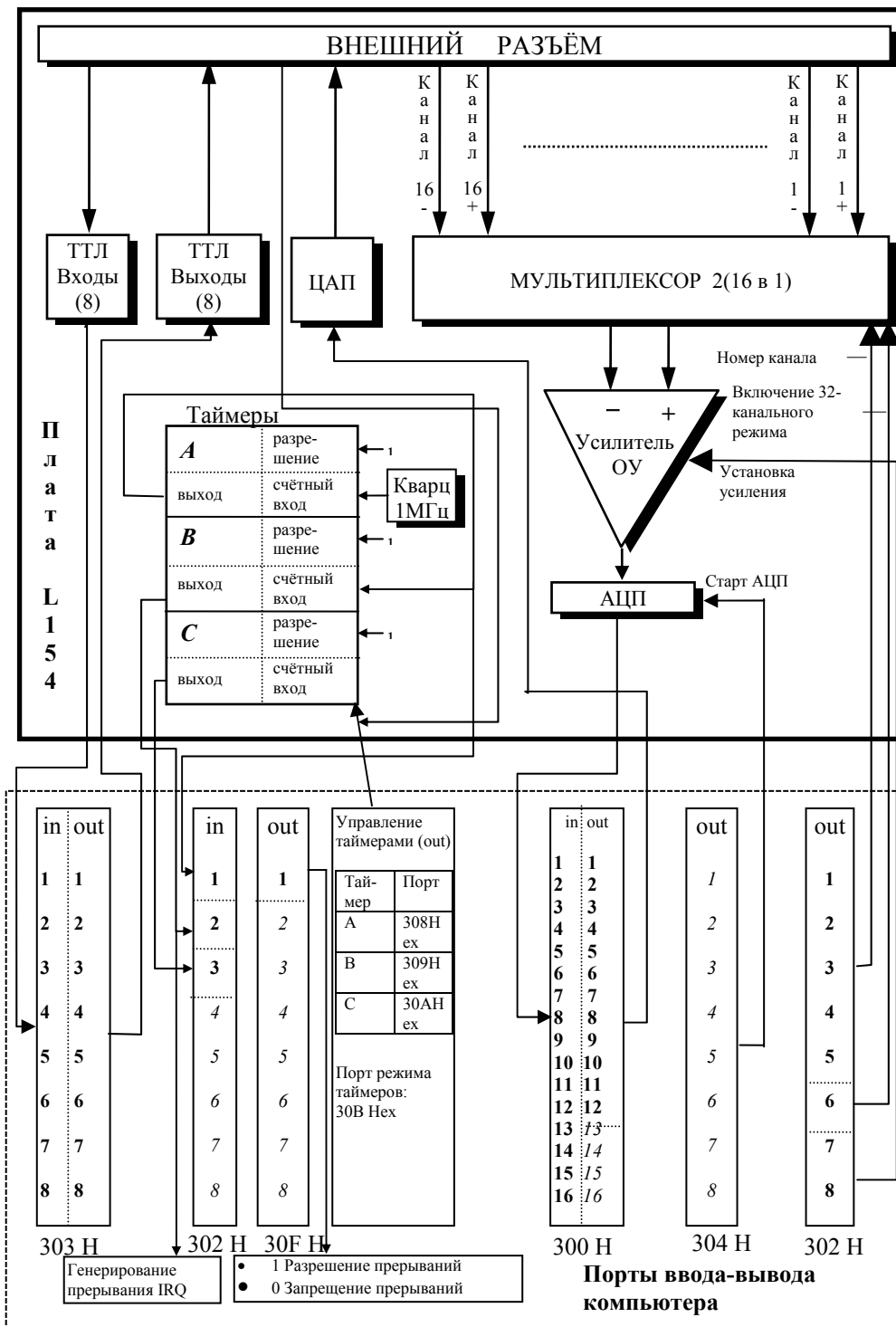


Рис. 2.1. Структурная схема платы ввода-вывода информации L-154.



## 2.2. Технические данные платы L-154

### 2.2.1. Аналого-цифровой преобразователь

На плате имеется один АЦП, на вход которого при помощи коммутатора может быть подан сигнал с одного из 16 (32) аналоговых каналов с внешнего разъёма платы.

Таблица 2.1

Количество каналов	<ul style="list-style-type: none"><li>• Дифференциальных 16</li><li>• с общей землёй 32</li></ul>
Разрядность	12 бит
Время преобразования	1.7 мкс
Входное сопротивление	2 Мом
Диапазон входного сигнала	$\pm 5.12\text{В}$ , $\pm 2.56\text{В}$ , $\pm 1.024\text{В}$
Максимальная частота преобразования	70 кГц
Защита входов	<ul style="list-style-type: none"><li>• при включенном питании компьютера входы защищены на <math>\pm 20\text{В}</math></li><li>• при выключенном питании входы защищены на <math>\pm 10\text{В}</math></li></ul>
Интегральная нелинейность преобразования	$\pm 0.8\text{ МЗР}$ , макс. $\pm 1.2\text{ МЗР}$
Дифференциальная нелинейность преобразования	$\pm 0.5\text{ МЗР}$ , макс. $\pm 0.75$
Отсутствие пропуска кодов	гарантировано 12 бит
Время установления аналогового тракта при максимальном перепаде напряжения (временные параметры приведены для точности установления аналогового тракта до 1 МЗР)	4 мкс
Межканальное прохождение	<ul style="list-style-type: none"><li>• На полосе 10 кГц меньше 0.5 МЗР</li><li>• На полосе 50 кГц 1 МЗР</li></ul>
Смещение нуля	$\pm 0.5\text{ МЗР}$ , макс. 1 МЗР
Полоса пропускания сигнала	не более 250 кГц

### 2.2.2. Цифро-аналоговый преобразователь

На плате установлен один ЦАП, который выдаёт постоянное напряжение в соответствии с записанным в него цифровым кодом.

Таблица 2.2

Количество каналов	1
Разрядность	12 бит
Время установления	10 мкс
Выходной диапазон	$\pm 5.12\text{ В}$

### 2.2.3. Цифровые входы и выходы

На плате имеется 8 цифровых входных ТТЛ линий и 8 выходных ТТЛ линий, при помощи которых можно управлять внешними устройствами, осуществлять цифровую синхронизацию ввода и т. п.

Таблица 2.3

Входной порт	8 бит ТТЛШ
Выходной порт	8 бит ТТЛШ
Напряжение низкого уровня	<ul style="list-style-type: none"><li>• Мин. 0.0 В</li><li>• Макс. 0.4 В</li></ul>
Напряжение высокого уровня	<ul style="list-style-type: none"><li>• Мин. 2.5 В</li><li>• Макс. 5.0 В</li></ul>
Выходной ток низкого уровня (макс.)	4 мА
Входной ток высокого уровня (макс.)	0.4 мА

### 2.2.4. Счётчики-таймеры

На плате установлено три счётчика-таймера (одна микросхема 580ВИ53) с кварцевой стабилизацией 1 МГц, при помощи которых осуществляется программная синхронизация ввода и генерирование прерываний IRQ.

Первый и второй счетчик являются 16 - битными каскадно-соединёнными счётчиками. Счётный вход третьего канала выведен на внешний разъём для возможности внешней синхронизации процессов ввода и вывода.

## 2.3. Программное обеспечение платы L-154

В базовый комплект поставки платы входит:

- Программа Lsetup, позволяющая создать файл конфигурации для конкретного типа используемой платы ввода-вывода.
- Графическая программа Oscilloscope, позволяющая вводить и отображать сигналы с аналоговых каналов и записывать их в файлы.
- Библиотека функций на Ассемблере для языков Си и Паскаль.
- Библиотека субВИ для LabVIEW, использующих библиотеку функций на Ассемблере для работы с платой L-154 в среде LabVIEW.

### 2.3.1. Установка платы L-154. Программа Lsetup

Установка платы осуществляется в свободный ISA-слот вашего компьютера. После этого необходимо скопировать файл драйвера платы v\cardd.vxd в каталог windows\system\vmm32, а необходимые DLL (lcard\_32.dll, lcard\_ad.dll, show16.dll, show32.dll) - в каталог windows\system или в рабочий каталог. Файл драйвера и DLL можно найти в каталоге dll\old\dll компакт-диска с программным обеспечением фирмы "Л-КАРД".

Кроме того, необходимо скопировать папку программы Lsetup из каталога dll\old в на жесткий диск. Запустив программу Lsetup, установите для слота 0 тип платы L-154, базовый адрес и номер прерывания (IRQ) - в соответствии с положением джамперов на плате (см. инструкцию к плате L-154 фирмы "Л-КАРД").

### 2.3.2. Графическая программа Oscilloscope

Программа Oscilloscope предназначена для работы с аналого-цифровыми платами, выпускаемыми фирмой ЗАО «Л-КАРД». Программа позволяет осуществлять ввод/вывод аналоговых сигналов, тестирование плат при наличии специальной тестовой заглушки, сохранять введенные сигналы в файл, а также осуществлять печать графиков практически на любом принтере. Программу можно найти в каталоге oscil\ компакт-диска с программным обеспечением фирмы "Л-КАРД".

#### Панель управления

1) СТАРТ >> Старт ввода данных. После активизации старта, программа, в соответствии с выбранным режимом синхронизации начала ввода, вводит данные. Для прерывания процесса ввода достаточно нажать на любую клавишу на клавиатуре. Если программа не обнаруживает плату ввода в компьютере, то она выдает сообщение 'Плата не обнаружена'. Данное сообщение означает, что либо платы нет в компьютере, либо неверно установлен тип платы или ее базовый адрес в меню Опции. Если выбрано спектральное окно, то после каждого ввода будет вычисляться спектр сигнала по заданным параметрам. В случае, если ввод будет идти сразу в файл, программа вначале откроет и подготовит файл к записи и

после этого выведет информационное окно, в котором попросит нажать на любую клавишу для начала ввода.

2) ОКНА >> Количество графических окон. В программе имеется возможность использования фиксированного числа графических окон : 1, 2, 4, 8 или спектральное окно. Размер и местоположение окон фиксированы. Остальные параметры для каждого окна задаются индивидуально в меню (Графики)/(Конфигурация окон). В каждое из окон может выводиться произвольное число каналов в соответствии с заданными параметрами в меню Графики/Конфигурация каналов. Конфигурация каждого из окон производится отдельно в меню Графики/Конфигурация окон.

3) X,Y >> Координаты курсора в текущем активном графическом окне. Размерность амплитуды определяется для каждого окна индивидуально и может выводиться как в вольтах, так и в исходном целочисленном введенном формате. При необходимости курсор для каждого из окон может быть выключен в меню Графики/Конфигурация окон/Курсор.

4) ВРЕМЯ >> Время, соответствующее нулевой позиции на текущем графическом экране.

5) Параметр, определяющий масштаб по оси времени для функций вывода временных отметок. Время может измеряться в миллисекундах, в секундах и в минутах.

6) << -- >> Сдвиг временной координаты графического окна влево и вправо на величину, равную длине окна деленную на значение параметра Опции/Общие параметры/сдвиг.

7) << -- >> Сдвиг временной координаты графического окна влево и вправо на длину окна.

8) НАЧАЛО Перемещение на начало окна.

9) КОНЕЦ Перемещение на конец окна.

#### Меню программы

1) Меню «Файл»

- Очистить >> Удаление введенных данных.
- Загрузить >> Загрузка файла данных.

- Сохранить >> Сохранение файла данных.
- Печать >> Печать одного или нескольких окон.
- Выход >> Выход из программы.

#### 2) Меню «Установки»

- Ввод АЦП >> Параметры ввода.
- Вывод (ЦАП) >> Вывод на ЦАП.
- Дискретные в/в >> Цифровые порты.
- Синхронизация >> Синхронизация начала ввода.

#### 3) Меню «Графики»

- Конфигурация каналов >> Установка графических параметров для графического вывода аналоговых каналов.
- Конфигурация окон >> Установка графических параметров окон, в которые осуществляется вывод введенных данных.
- Окно записи на диск
- Лупа >> Режим лупы работает над выделенным блоком в окне. Выделение блока производится следующим образом: курсор устанавливается на начало помечаемого блока, далее нажимается клавиша F7 (или строка меню пометить начало блока), далее помечается конец блока при помощи курсора и клавиши F8 (пометить конец блока).

После этого при включении лупы выделенный блок растягивается на всю длину графического экрана.

#### 4) Меню «Опции»

- Выбор платы >> Установка типа платы и аппаратных переключателей конфигурации работы АЦП.
- Выбор адреса платы >> Установка базового адреса платы.
- Выбор прерывания >> Установка номера IRQ.
- Режим подключения >> Для плат L-153, L-163 определяет режим подключения каналов (в 16 канальном дифференциальном или в 32 канальном режиме с общей землей).
- Конфигурирование крейта >> Установка порядка и типа LSM модулей в крейтах.
- Общие параметры >> Определение глобальных переменных.
- Коммерческие функции >> выводит информацию о наличии коммерческих функций в установленной программе.
- Координаты "Л-КАРД" >> координаты фирмы "Л-КАРД".

#### 5) Меню «Приложения»

- Тестирование платы >> Авто-тестирование платы.
- Проверка разрядов >> Тестирование разрядности АЦП. Данная функция предполагает подачу на вход некоторого канала АЦП постоянного уровня (например, земли), по которому строится гистограмма распределения частоты появления цифрового кода соответствующего данному уровню и кодов, располагающихся рядом с ним.

### 2.3.3. Библиотека функций

Для платы L-154 фирма-производитель «Л-КАРД» предоставляет готовую библиотеку подпрограмм, которая содержит множество разнообразных функций для облегчения программирования платы. Готовая библиотека подпрограмм позволяет использовать практически все возможности платы, не вдаваясь в тонкости программирования на уровне

Ассемблера и портов ввода - вывода. Библиотека содержит законченный набор функций для работы с контроллером прерываний IBM PC.

Библиотека содержит функции, позволяющие осуществлять ввод - вывод аналоговой и цифровой информации в асинхронном режиме, вводить и выводить аналоговую информацию как в одноканальном так и в многоканальном режимах, вводить и выводить данные в программном режиме и в режиме генерации прерываний.

Библиотека функций написана на языке Турбо Ассемблера версии 3.1, исходный текст Вы можете найти в файле L154drv.asm, а откомпилированный вариант библиотеки при помощи Турбо Ассемблера в файле L154drv.obj.

### 2.3.4. Библиотека субВИ для LabVIEW

Библиотека субВИ для LabVIEW расположена в каталогах dll\old\labview3; dll\old\labview4 и dll\old\labview4.new компакт-диска с программным обеспечением фирмы "Л-КАРД". Библиотека использует драйвер платы vlcadd.vxd, а также файлы динамически загружаемых библиотек (DLL) lcard\_32.dll и lcard\_ad.dll.

Основные субВИ, используемые в данной работе с платой L-154, расположены в библиотеке lcard\_ad.lib. Эти субВИ предназначены для ввода сигналов с АЦП в синхронном и асинхронном режимах, программированием работы таймеров, а также выводом сигналов на ЦАП.

Далее приведено краткое описание основных субВИ, используемых при работе с платой L-154.

Таблица 2.4

Название субВИ	Описание	Входы	Выходы
<b>СубВИ ввода с АЦП</b>			
AI Sample Channel – ADCHAN.vi	Асинхронный однократный ввод значения с указанного канала АЦП.	1. Лог. канал.	1. Значение.
AI Acquire Waveform – STREAM.vi	Одноканальный ввод с АЦП в программном режиме.	1. Число точек. 2. Логич. канал АЦП. 3. Период опроса, мкс.	1. Выходной массив.
AI Acquire Waveform – SOFT.vi	Многоканальный ввод с АЦП в программном режиме.	1. Число вводимых кадров. 2. Лог. номера каналов АЦП. 3. Период опроса, мкс.	1. Выходной массив.
AI Huge Waveforms – SOFT_HUGE.vi	Многоканальный ввод с АЦП в программном режиме. Возможен ввод массивов размером >64Kb (в отличие от VI "AI Waveforms - SOFT.vi").	1. Число вводимых кадров. 2. Лог. номера каналов АЦП. 3. Период ввода, мкс.	1. Выходной массив.
<b>СубВИ работы с каналами АЦП</b>			
AI Create Channel – CREATE_CHAN	Определение по физическому номеру канала и дополнительным данным	1. Физический канал. 2. Усиление (1,2	1. Логический канал.

NEL.vi	Логического номера канала.	или 5). 3. Тип подключения (16 или 32 канала).	
Создать номера каналов.vi	Создает массива из логических Номеров каналов для физических каналов 1 - N.	1. Число каналов.	1. Лог. Номера каналов.
Выделить один канал.vi	Выделение из двумерного массива данных одного канала.	1. Входной массив. 2. Искомый канал.	1. Данные искомого канала.
<b>СубВИ вывода на ЦАП</b>			
AO Set DA Code – OUTDA.vi	Асинхронный вывод указанного кода на ЦАП.	1. Код для ЦАПа.	–
AO Generate Waveform.vi	Вывод массива данных на ЦАП с указанным периодом.	1. Скорость вывода, мкс. 2. Массив для вывода на ЦАП.	–
AO Generate HUGE Waveform.vi	Вывод на ЦАП массива данных большого размера (>64Kb).	1. Скорость вывода, мкс. 2. Массив для вывода на ЦАП.	–
<b>СубВИ работы с цифровыми линиями ввода-вывода</b>			
DI Get Digit Lines – INPBYTE.vi	Ввод кода со входных цифровых линий платы.	–	1. Цифровой код.
DO Set Digit Lines – OUTBYTE.vi	Асинхронный вывод на цифровые выходные линии.	1. Цифровой код.	–
<b>СубВИ работы с таймерами платы</b>			
AI Set L154-L164 TimerMode – TIMER_L154_L164.vi	Установка указанного режима и интервала счета для заданного таймера.	1. Номер канала таймера (0-2). 2. Режим таймера 3. Интервал таймера, мкс.	–
AI Get L1X4 Timer – GET_TIMER_L154_L164.vi	Считывание регистра, содержащего значения выходов таймера 8254 (на плате L-154) и признак готовности АЦП.	–	1. Значение регистра статуса.
AI Wait Tick for L1x4 - WAIT_TICK_L154_L164.vi	Ожидание перехода на указанном канале таймера 8254 платы L-154.	1. Номер таймера.	–

## 2.4. Предварительные оценки параметров измерительных систем

При вводе аналогового сигнала через АЦП осуществляется его дискретизация и квантование по времени. При этом для обеспечения необходимой точности измерений должны выполняться определенные условия.

Для перевода кода АЦП в значение напряжения необходимо определить значение напряжения, соответствующее единице младшего разряда двоичного кода АЦП (синоним этого понятия – вес младшего разряда) по следующей формуле:

$$U_0 = E_0 2^{n-1}, \quad (2.1)$$

где  $n$  - количество разрядов АЦП, включая знаковый;  $E_0$  - диапазон входного сигнала АЦП (соответствует значению опорного напряжения ЦАП, входящего в состав АЦП).

Самая высокая частота  $f_B$ , которая может быть проанализирована в измеряемом процессе, определяется теоремой Котельникова:

$$f_B = 1/2\Delta t, \quad (2.2)$$

где  $\Delta t$  - шаг квантования по времени, т.е.

$$\Delta t = 1/2f_B. \quad (2.3)$$

Однако для получения на экране точной формы сигнала в режиме виртуального осциллографа необходимо иметь количество отсчетов, значительно превышающее определяемое теоремой Котельникова значение. Например, для гармонического сигнала необходимо вводить около 20 точек на период синусоиды, поэтому в итоге получаем

$$\Delta t = 1/20 f_B. \quad (2.4)$$

Необходимую длину реализации при заданном разрешении по частоте  $\Delta f$  согласно [1] можно определить по формуле:

$$T = v/2\Delta f, \quad (2.5)$$

где  $v$  - число степеней свободы, обычно  $v=15...30$  (можно принять  $v=20$ ). Под степенью свободы  $v$  понимают произведение частотной полосы сигнала  $f_B$  на длительность реализации (измерения)  $T$  исследуемого процесса, т.е.  $v = f_B T$ .

Зная шаг квантования по времени и длину реализации сигнала, можно определить количество отсчетов или выборки:

$$N = T/\Delta t. \quad (2.6)$$

## 2.5. Вывод на печать лицевой панели и структурной схемы ВИ

В LabVIEW предусмотрена возможность распечатки на принтере лицевой панели и структурной схемы Вашего ВИ.

Для того, чтобы распечатать лицевую панель и структурную схему, в меню **File** выберите опцию **Print Documentation...**, формат **Custom** и нажмите кнопку **Configure...**. В появившемся окне выберите **Front Panel**, **Block Diagram** и пометьте флажками опции **Scale Front Panel to Fit**, **Scale Block Diagram to Fit** и **Print Section Headers**, а затем нажмите кнопку **Print...**, а в появившемся меню - кнопку **OK**.

## 2.6. Приборы, используемые в работе

В данной лабораторной работе используются следующие приборы:

- ЭВМ типа РС, оснащенная платой ввода-вывода L-154;
- лабораторный макет;
- генератор Г6-27;
- осциллограф С1-83.

## 2.7. Порядок выполнения работы

**Задание 1.** Осуществите ввод аналогового сигнала с АЦП в компьютер с помощью программы «Oscilloscope».

1. Запустите программу «Oscilloscope» (**Пуск**»Программы»Осциллограф»OSCIL).
2. На вход канала 1 АЦП подайте синусоидальный сигнал амплитудой 3 ... 4 В с генератора Г6-27. Нажмите кнопку «СТАРТ» и посмотрите график введенной выборки сигнала на экране.
3. Прodelайте то же самое для сигналов другой формы.
4. Выключите генератор, выйдите из программы «Oscilloscope».

**Задание 2.** С помощью LabVIEW создайте ВИ для ввода аналогового сигнала с АЦП в компьютер и его обработки (вычисления спектра) с заданным разрешением.

1. По известной из технических данных платы разрядности АЦП и для диапазона входных сигналов  $E_0=5,12$  В вычислите по формуле (2.1) значение единицы младшего разряда двоичного кода АЦП (в Вольтах). Для частоты входного гармонического сигнала 1000 Гц и разрешения по частоте 10 Гц вычислите по формулам (2.4), (2.5) и (2.6) необходимый шаг квантования по времени, длину реализации и количество отсчетов выборки сигнала.

2. Запустите LabVIEW.

3. В окне структурной схемы разместите субВИ «*AI Acquire Waveform - STREAM.vi*». Для этого в палитре **Functions** нажмите правую нижнюю кнопку **Select A VI...** и в появившемся окне выберите папку, в которой размещен файл *lcard\_ad.llb*, а из нее сам файл *lcard\_ad.llb*. Из появившегося затем диалогового окна выберите требуемый субВИ.

4. Слева от имеющегося субВИ разместите субВИ, преобразующий физический номер канала АЦП в логический (*AI Create Channel - CREATE\_CHANNEL.vi*) из того же файла.

5. Разместите на структурной схеме блок вычисления спектра сигнала. В предыдущей работе был использован блок *Power\_Spectrum.vi*, а также дополнительные элементы структурной схемы, обеспечивающие пересчет приращения по времени в приращение по частоте. Однако в данной лабораторной работе можно заменить все это одним блоком - *Auto\_Power\_Spectrum.vi*, который расположен в палитре **Functions>>Analysis>>Measurement**. На его вход «dt» подается приращение по времени, а с выхода «df» снимается приращение по частоте.

6. На лицевой панели разместите 2 органа управления (например, *Digital Control* для входа «Число точек» и *Horizontal Pointer Slide* для входа «Период опроса, мкс») из палитры **Numeric** для соответствующих входов субВИ и введите в метки их названия. Установите нижнее и верхнее значения шкалы регулятора «Период опроса, мкс» равными 5 и 1000 соответственно. Рядом разместите орган управления (*Digital Control*) «Канал АЦП», необходимый для задания номера физического канала АЦП. Здесь же разместите регулятор (например, *Horizontal Pointer Slide*) с названием «Задержка», необходимый для



удобства восприятия выводимой на экран информации; установите нижнее и верхнее значения шкалы регулятора равными 0 и 500 (мс) соответственно.

7. На лицевой панели разместите 2 осциллографа (*Waveform Graph*) для вывода на экран вводимого с АЦП сигнала и его спектра. Введите в их метки названия «Сигнал» и «Спектр».

8. Перейдите на структурную схему и создайте узлы атрибутов «*delta X*» для терминалов обоих осциллографов.

9. Разместите на структурной схеме блок задержки (*Wait Until Next ms Multiple*) из палитры **Functions>>Time & Dialog**.

10. Произведите монтаж структурной схемы. Подключите терминал органа управления «Канал АЦП» ко входу «*Физический канал*» субВИ *CREATE\_CHANNEL.vi*, а выход субВИ - ко входу «*Логич. канал АЦП*» субВИ *STREAM.vi*. Терминалы органов управления «Число точек» и «Период опроса, мкс» подключите к соответствующим входам субВИ *STREAM.vi*, массив выборки сигнала с выхода этого субВИ, предварительно помножив на значение  $U_0$ , рассчитанное в п.1, подайте на терминал осциллографа «Сигнал» и на сигнальный вход блока вычисления спектра, а с выхода блока вычисления спектра - на терминал осциллографа «Спектр». С терминала регулятора «Период опроса, мкс» его значение, помноженное на  $1E-6$ , подайте на вход «*dt*» блока вычисления спектра и на узел атрибутов осциллографа «Сигнал», а выход «*df*» блока вычисления спектра подключите к узлу атрибутов осциллографа «Спектр». Подключите терминал регулятора «Задержка» ко входу блока задержки.

11. Проверьте отсутствие ошибок в структурной схеме. Подключите выход генератора Г6-27 ко входу первого канала АЦП. Установите выходное напряжение генератора порядка 3...4 В, вид сигнала - синусоидальный, частоту - порядка 100 Гц и включите генератор. На лицевой панели Вашего ВИ установите на регуляторах значения: «Логический канал АЦП» - 0 (соответствует первому каналу), «Задержка» - 0, а также значения количества отсчетов выборки сигнала («Число точек») и шага квантования по времени в микросекундах («Период опроса, мкс»), рассчитанные в п.1. Запустите ВИ кнопкой «*Run*» или «*Run Continuously*» на панели инструментов сверху окна.

12. Изменяя частоту и амплитуду сигнала генератора, а также варьируя состояние органов управления лицевой панели ВИ, посмотрите на экранах осциллографов сам сигнал и его спектр. Для изображения на экране виртуального осциллографа «Сигнал» нескольких периодов сигнала удалите флажок с опции объектного меню осциллографа *X\_Scale>>AutoScale X* и введите (подобрав экспериментально) конечное значение шкалы X, соответствующее этому требованию.

13. Повторите п.12 для сигналов треугольной, прямоугольной и пилообразной формы.

14. Распечатайте (или зарисуйте при отсутствии принтера) графики сигнала (форму сигнала указывает преподаватель) и его спектра для значений параметров, указанных в п.11, а также структурную схему ВИ (Предварительно остановите работу ВИ кнопкой «*Abort Execution*» на панели инструментов).

**Задание 3.** С помощью LabVIEW создайте ВИ для вывода нескольких периодов синусоидального сигнала на ЦАП.

Данный ВИ состоит из двух основных субВИ - субВИ программного вывода на ЦАП *AO Generate Waveform.vi*, расположенного в файле *Lcard\_ad.llb*, и генератора заданного числа периодов синусоиды *Sine Pattern.vi*, расположенного в палитре **Functions>>Analysis>>Signal Generation**.

1. Создайте новый ВИ. На лицевой панели разместите 3 органа управления (*Digital Control*) с метками «Число точек», «Скорость вывода, мкс» и «Периоды», а также

регулятор (*Horizontal Pointer Slide*) с меткой «Амплитуда». Установите верхнее значение шкалы регулятора равным 5.

2. Справа от органов управления разместите осциллограф для контроля параметров выводимого на ЦАП сигнала.

3. Перейдите в окно структурной схемы. Разместите на структурной схеме субВИ программного вывода на ЦАП и генератор синусоиды.

4. Произведите монтаж структурной схемы. Органы управления «Число точек», «Амплитуда» и «Периоды» подключите к входам генератора синусоиды «samples», «amplitude» и «cycles» соответственно. Орган управления «Скорость вывода, мкс» подключите к соответствующему входу субВИ программного вывода на ЦАП. Массив отсчетов сигнала с выхода генератора синусоиды подайте на терминал осциллографа и, предварительно поделив на значение единицы младшего разряда, рассчитанное в п.1 задания 2, подключите к сигнальному входу субВИ программного вывода на ЦАП.

5. Рассчитайте необходимую скорость вывода (т.е. время между выводом на ЦАП двух соседних точек массива сигнала) для вывода 10 периодов синусоиды, состоящей из 200 точек и имеющей частоту 100 Гц.

6. Подключите осциллограф С1-83 к выходу ЦАП и включите его. На лицевой панели вашего ВИ установите значения органов управления, указанные п.5, значение амплитуды, равное 5 В и рассчитанную Вами скорость вывода и запустите ВИ. Наблюдая на экране выводимый сигнал, определите его амплитуду и частоту. Сделайте выводы об их соответствии или несоответствии заданным параметрам и причинах возможного несоответствия.

7. Распечатайте (или зарисуйте) структурную схему ВИ.

## **2.8. Содержание отчета**

Отчет должен содержать распечатки (или рисунки) структурных схем обоих ВИ (на рисунке допускается упрощенное изображение узлов, функций и терминалов в виде прямоугольников с указанием названий); результаты необходимых вычислений; распечатки (или рисунки) графиков сигналов, введенных с АЦП, и их спектров (на рисунках необходимо указать масштаб); выводы по проделанной работе.

## **2.9. Контрольные вопросы**

1. Расскажите о назначении и устройстве платы ввода-вывода L-154.

2. Перечислите основные технические характеристики АЦП платы и объясните их смысл.

3. По структурной схеме ВИ задания 2 объясните работу ВИ и назначение отдельных блоков.

4. По структурной схеме ВИ задания 3 объясните работу ВИ и назначение отдельных блоков.

5. Объясните возможное несоответствие параметров аналогового сигнала на выходе ЦАП в задании 3 значениям, задаваемым на лицевой панели ВИ.

## Список литературы

1. LabVIEW User Manual for Windows.- National Instruments Corp., 1993, 507 p.
2. Жарков Ф.П., Каратаев В.В., Никифоров В.Ф. и др. Использование виртуальных инструментов LabVIEW. - М., Солон-Р, Радио и связь, 1999, 268с.
3. Дженкинс Г., Ватс Д. Спектральный анализ и его приложения. - М., Мир, 1972.