О.В.ЛЫСЕНКО П.П. ГАВРИШ Ю.А. МЕЛЕШКИН

УЧЕБНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ НА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ELVIS-LabVIEW-MULTISIM

Учебное пособие

Самара Самарский государственный технический университет 2009



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

О.В.ЛЫСЕНКО П.П. ГАВРИШ Ю.А. МЕЛЕШКИН

УЧЕБНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ НА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ELVIS-LabVIEW-MULTISIM

Утверждено редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия

> Самара Самарский государственный технический университет 2009

УДК 621.38 Л 88

Рецензенты: начальник кафедры авиационного радиоэлектронного оборудования Сызранского высшего военного авиационного училища летчиков, доцент И. А. Андреев, зав. кафедрой ЭПП Сызранского филиала СамГТУ канд. техн. наук Н. Н. Родионов

Лысенко О.В.

Л 88 Учебная лаборатория электроники на аппаратно-программном комплексе ELVIS-LabVIEW-Multisim: учеб. пособ. / О.В. Лысенко, П.П. Гавриш, Ю.А. Мелешкин. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2009. – 76 с.: ил.

Содержит необходимые сведения по аппаратно-программному комплексу – настольной лабораторной станции NI ELVIS, среде программирования LabVIEW и среде виртуального моделирования Multisim для выполнения лабораторных исследований при изучении основ аналоговой и цифровой электроники. Рассмотрен комплексный подход к схемотехническому моделированию электронных схем – как физическому, так и программному, с использованием технологии виртуальных приборов.

Пособие предназначено для самостоятельной работы студентов электротехнических специальностей высших технических учебных заведений. Может быть особенно полезным для студентов заочного и дистанционного обучения.

> УДК 621.38 Л 88

- © О.В. Лысенко, П.П. Гавриш, Ю.А. Мелешкин, 2009
- © Самарский государственный технический университет, 2009

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие содержит сведения о современных информационных технологиях выполнения лабораторных исследований в области аналоговой и цифровой электроники.

Материал предназначен для изучения и практического использования средств аппаратно-программного комплекса ELVIS-LabVIEW-Multisim – настольной лабораторной станции NI ELVIS среды программирования LabVIEW.

Пособие написано коллективом преподавателей кафедры электротехники, информатики и компьютерных технологий Сызранского филиала Самарского государственного технического университета и отражает многолетний опыт авторов в преподавании ряда дисциплин.

Издание способствует развитию и внедрению в учебный процесс новых информационных технологий, в частности технологии виртуальных приборов, частично или полностью заменяющих дорогостоящие физические приборы.

Важной особенностью пособия является комплексное использование средств схемотехнического моделирования – как физического, так и программного – при изучении принципов работы электронных полупроводниковых приборов, а также принципов синтеза и работы схем на их основе.

Изложение материала учебного пособия строится по следующей схеме: описание средств аппаратно-программного комплекса ELVIS-LabVIEW-Multisim, примеры их использования, контрольные вопросы и задания для самостоятельной работы.

введение

Одним из важных условий формирования профессиональных навыков специалиста является внедрение и использование в учебном процессе современных информационных технологий.

В настоящее время при практическом изучении основ электроники в технических вузах наряду с традиционными лабораторными стендами широко применяются компьютерные программы для моделирования различных электронных схем (Micro-Cap, Desine Center, Electronics Workbench и другие). Эти программы помогают восполнить недостаток функциональных возможностей лабораторных стендов, но не обеспечивают частичной или полной замены физического эксперимента при их раздельном использовании.

Оптимальным решением этой проблемы является объединение физических и программных средств в единый комплекс, позволяющий создать полнофункциональную лабораторию с широкими возможностями реального моделирования.

В последние годы в российских вузовских лабораториях наблюдается устойчивая тенденция внедрения разработок американской компании National Instruments, которые хорошо зарекомендовали себя по различным показателям. В частности, наиболее привлекательным является альтернативная замена дорогостоящих измерительных устройств виртуальными приборами, обеспечивающими необходимое качество лабораторных исследований.

Аппаратно-программный комплекс ELVIS-LabVIEW-Multisim базируется на технологиях National Instruments и может служить в качестве учебной лаборатории по курсам «Информационноизмерительная техника и электроника», «Физические основы электроники», «Схемотехника».

4

В состав комплекса входит одна из двух разновидностей настольной лабораторной станции – ELVIS или ELVISII (более современная версия станции). В данном пособии приводятся сведения об обеих станциях, так как их аппаратное и программное обеспечение имеет отличительные особенности. В частности, станция ELVIS подключается к компьютеру через специальную многофункциональную плату ввода-вывода данных PCI-6251, а станция ELVISII – через стандартный USB-порт. Кроме этого, имеются некоторые отличия в органах управления на панелях виртуальных приборов.

В предлагаемом пособии для демонстрации примеров работы комплекса ELVIS-LabVIEW-Multisim используется язык программирования LabVIEW и среда моделирования Multisim (NI Circuit Design Suite 10.0), что соответствует современным требованиям подготовки специалиста.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ NI ELVIS, NI ELVISII

Аппаратно-программный комплекс NI ELVIS (National Instruments Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite – набор виртуальных приборов для учебных лабораторий от компании National Instruments) представляет собой комплекс физических устройств и виртуальных приборов, обеспечивающих выполнение лабораторных исследований в области электроники, электротехники, измерительной техники, автоматики.

Комплекс NI ELVIS состоит из настольной рабочей станции, подключенной к компьютеру через многофункциональный модуль ввода-вывода (сбора данных), и использует программы-приборы, называемые также виртуальными приборами, созданные в среде программирования LabVIEW.

В отличие от станции ELVIS станция ELVISII подключается к компьютеру через стандартный USB-порт.

На рис. 1.1 показан внешний вид станций ELVIS (вверху) и ELVISI (внизу) с установленными на них макетными платами, а схема подключения станции ELVIS к компьютеру и составные ее части представлены на рис. 1.2.

Управление рабочей станцией может осуществляться как программно с помощью виртуальных приборов, так и вручную с помощью органов управления на лицевой панели станции.

Лицевая панель рабочей станции ELVIS (рис. 1.3) имеет следующие органы управления:

• Выключатель **PROTOTYPING BOARD POWER** – управляет питанием макетной платы.

• Индикатор питания рабочей станции SYSTEM POWER.

• Переключатель **COMMUNICATIONS** – отключает программное управление рабочей станции и обеспечивает прямой доступ к линиям цифрового ввода-вывода.





Рис. 1.1. Вид станций ELVIS (вверху) и ELVISI (внизу)



Рис. 1.2. Схема подключения станции ELVIS к компьютеру и составные ее части:

1 – компьютер; 2 – многофункциональная плата ввода-вывода;

3 – соединительный кабель; 4 – макетная плата; 5 – станция ELVIS

Органы управления регулируемыми источниками питания (VA-RIABLE POWER SUPPLIES) имеют следующее назначение:

• Движковый переключатель задает режим работы источника. В нижнем его положении выбирается программное управление с помощью органов управления на виртуальной панели прибора, а в верхнем – ручное. При этом загорается индикатор ручного режима MANUAL.

• Ручка VOLTAGE служит для управления уровнем выходного напряжения от –12 до 0 В в блоке источника отрицательного напряжения (SUPPLIY-), и от 0 до +12 В – в блоке источника положительного напряжения (SUPPLIY+).

Органы управления функциональным генератором (FUNCTION GENERATOR) имеют следующее назначение:

• Движковый переключатель режима работы генератора задает либо программное управление – в нижнем его положении либо ручное – в верхнем. При этом загорается индикатор ручного режима **MANUAL**.

• Трехпозиционный переключатель функции задает форму генерируемого сигнала – синусоидальную, прямоугольную (меандр) или треугольную.

• Ручка **AMPLITUDE** регулирует амплитуду генерируемого сигнала.

• Ручка COARSE FREQUENCY переключает диапазоны частот.

• Ручка **FINE FREQUENCY** плавно изменяет частоту функционального генератора в пределах выбранного диапазона.

Разъемы мультиметра (DMM) имеют следующее назначение:

• Разъемы CURRENT: HI, LO – соответственно входы положительной и отрицательной полярности для измерения активного сопротивления, емкости, индуктивности, параметров диода, а также для проверки неразрывности цепей. Эти разъемы имеют встроенную защиту плавким предохранителем (FUSED) от превышения током значения 500 мА.

• Разъемы VOLTAGE: HI, LO – соответственно входы положительной и отрицательной («земля») полярности для измерения напряжения. Эти разъемы допускают измерение постоянного напряжения не более 20 В и переменного – не более 14 В действующего его значения.

Разъемы осциллографа (SCOPE) допускают измерение постоянного напряжения не более 10 В и переменного – не более 5 В действующего его значения и имеют следующее назначение:

- Разъем СН А вход канала А осциллографа.
- Разъем СН В вход канала В осциллографа.
- Разъем **TRIGGER** вход синхронизации осциллографа.



Рис. 1.3. Лицевая панель рабочей станции ELVIS:

 индикатор питания станции (System Power); 2 – выключатель питания макетной платы (Prototyping Board Power); 3 – переключатель Communications (связь); 4 – органы управления регулируемыми источниками питания; 5 – органы управления функциональным генератором; 6 – разъемы мультиметра; 7 – разъемы осциллографа

В отличие от станции ELVIS органы управления станции ELVISII – индикатор питания станции, выключатель питания макетной платы, органы управления регулируемыми источниками питания, органы управления функциональным генератором – расположены на верхней панели корпуса станции, а переключатель Communications отсутствует.

Важным преимуществом настольной рабочей станции является наличие съемной макетной платы, предназначенной для физического моделирования электрических цепей и их подключения к устройствам станции.

Макетные платы станций ELVIS и ELVISII принципиально не отличается друг от друга. Внешний их вид можно наблюдать на рис. 1.1. Схема макетной платы и составные ее части представлены на рис. 1.4.

Макетная плата подключается к рабочей станции ELVIS и EL-VISII с помощью стандартного PCI-разъёма. На макетной плате расположены разъемы (2 разъема типа BNC, 4 штекерных разъема и 9штырьковый разъем D-Sub) для подсоединения к различным устройствам лабораторного оборудования.



Рис. 1.4. Схема макетной платы и составные ее части:

1 – контакты аналогового ввода, осциллографа и программируемого функционального ввода/вывода;
2 – контакты цифрового ввода/вывода;
3 – индикаторы цифрового ввода/вывода;
4 – разъем типа D-Sub;
5 – контакты счетчика-таймера, настраиваемого ввода/вывода и источника постоянного тока;
6 – контакты мультиметра, аналогового вывода, функционального генератора, настраиваемого ввода/вывода, регулируемых блоков питания и источников постоянного тока;
7 – индикаторы питания;
8 – разъёмы типа BNC;
9 – разъёмы штекерного типа (тип Banana)

Контактное поле монтажной панели имеет 2830 гнезд и разделено на функциональные части (рис.1.5).

Центральная часть поля имеет три одинаковые секции гнезд.

В горизонтальных рядах каждой секции гнезда сгруппированы по 5 штук соединенных между собой контактов. Они обозначены буквами ABCDE, FGHI J. Для удобства гнезда каждой секции пронумерованы по вертикали.

Вертикальные ряды гнезд, обозначенные знаками + и - (позиция 5 на рис. 1.5), соединены между собой и образуют шины питания

Четыре контактные панели, расположенные по обеим сторонам макетной платы (позиции 1, 2, 3, 4 на рис. 1.5), также имеют горизонтальные ряды сгруппированных по 5 штук и соединенных между собой гнезд и служат для внешних подключений: 1) для аналогового ввода, осциллографа и программируемого функционального ввода/вывода;

2) для мультиметра, аналогового вывода, функционального генератора, настраиваемого ввода/вывода;

3) для цифрового ввода/вывода;

4) для настраиваемого ввода/вывода, счетчика-таймера и источника постоянного тока.

Источники питания станции NI ELVIS в достаточной степени обеспечивают лабораторные эксперименты при физическом моделировании электрических цепей на макетной плате. В частности, источники постоянного тока +15 В и -15 В, а также регулируемые источники питания +12 В и -12 В рассчитаны на ток до 500 мA, а источник постоянного тока +5 В – на ток до 2 А.



Рис. 1.5. Контактное поле монтажной панели

В табл. 1.1 представлены сигналы макетной платы NI ELVIS.

Таблица.1.1

Название	Назначение сигналов
1	2
ACH<05>+	Аnalog Input Channels 0 through 5 (входные аналоговые каналы от 0 до 5) (+) – положительный дифференциальный вход каналов аналогового ввода
ACH<05>-	Analog Input Channels 0 through 5 (входные аналоговые каналы от 0 до 5) (–) – отрицательный дифференциальный вход каналов аналогового ввода
AISENSE	Analog Input Sense (аналоговый входной уровень) – опорное на- пряжение для аналоговых каналов в режиме общего провода, не- заземленного на конце
AIGND	Analog Input Ground – «земля» аналогового входа для прибора DAQ. Этот контакт не связан с контактом GROUND макетной платы
CH <ab>+</ab>	Oscilloscope Channels A and B (каналы осциллографа A и B) (+) – положительный вход для каналов осциллографа
CH <ab>-</ab>	Oscilloscope Channels A and B (каналы осциллографа A и B) (–) – отрицательный вход для каналов осциллографа
TRIGGER	Oscilloscope Trigger (запуск осциллографа) – ввод сигнала син- хронизации осциллографа относительно AIGND
PFI<12>, PFI<57>	Programmable Function Input 1 through 2 and 5 through 7 (програм- мируемые функциональные входные каналы от 1 до 2 и от 5 до 7) – программируемый функциональный ввод/вывод для прибора DAO
SCANCLK	Scan Clock (генератор развертки) – соединен с контактом SCANCLK прибора DAQ
RESERVED	Соединен с контактом EXTSTROBE* прибора DAQ. Более под- робная информация о сигнале EXTSTROBE* приведена в руково- дстве пользователя прибора DAQ
3-WIRE	Three Wire (трехпроводной) – источник напряжения для цифрово- го мультиметра для измерений параметров трехпроводного тран- зистора
CURRENT HI	Positive Current (положительный ток) – вход мультиметра поло- жительной полярности для всех измерений, кроме измерения на- пряжения
CURRENT LO	Negative Current (отрицательный ток) – вход мультиметра отрица- тельной полярности для всех измерений, кроме измерения напря- жения
VOLTAGE HI	Positive Voltage (положительное напряжение) – вход положитель- ной полярности для вольтметра мультиметра
VOLTAGE LO	Negative Voltage (отрицательное напряжение) – вход отрицатель- ной полярности для вольтметра мультиметра
DAC<01>	Function Output – выход функционального генератора

FUNC_OUT	Synchronization Output (синхронизирующий выход) – ТТЛ-
	сигнал той же частоты, что и на контакте FUNC_OUT
SYNC_OUT	Amplitude Modulation Input – вход амплитудного модулятора
	для функционального генератора
AM_IN	Frequency Modulation Input – вход частотного модулятора для
	функционального генератора
FM_IN	Banana Jacks A through D (разъемы штекерного типа от А до
	D) – выход на разъемы штекерного типа
BANANA <ad></ad>	BNC Connectors 1 and 2 (+) – выход на BNC-разъёмы 1 и 2
BNC<12>+	BNC Connectors 1 and 2 (–) – выход на BNC-разъёмы 1 и 2
BNC<12>-	Выходы регулируемых блоков питания с положительным на-
	пряжением от 0 до 12 В
SUPPLY+	Выходы регулируемых блоков питания с отрицательным на-
	пряжением от -12 до 0 В
SUPPLY-	Ground (заземление) – «земля» макетной платы. Две «земли»
	на макетной плате связаны
+15 V	Источник напряжения +15 В – выход фиксированного на-
	пряжения 15 В относительно «земли» NI ELVIS GROUND
-15 V	Источник напряжения –15 В – выход фиксированного на-
	пряжения –15 В относительно «земли» NI ELVIS GROUND
GROUND	Function Output – выход функционального генератора
+5 V	Источник напряжения +5 В – выход фиксированного напря-
	жения +5 В относительно контакта GROUND макетной пла-
	ТЫ
DO<07>	Digital Output Lines 0 through 7 (линии цифрового вывода от 0
	до 7) – выход 8-битной шины записи
WR ENABLE	Write Enable (включение записи) – выход, используемый для
	контроля записи данных на шину
LATCH	Latch (фиксатор) – выход, на который подаётся импульс, по-
	сле того как данные были записаны на шину
GLB RESET	Global Reset (общий сброс) – выход, на который подаётся
	сигнал при общем сбросе системы цифрового ввода/вывода
RD ENABLE	Read Enable (включение чтения) – выход, показывающий, что
	данные считываются с шины
DI<07>	Digital Input Lines 0 through 7 (считывающие цифровые линии
	от 0 до 7) – 8-битный выход шины чтения
ADDRESS<03>	Address Lines 0 through 3 (адресные линии от 0 до 3) –
	4-битный выход адресной шины
CTR0 SOURCE	Counter 0 Source (вход счетчика 0) – соединён с контактом
_	GPCTR0 SOURCE на приборе DAO
CTR0 GATE	Counter 0 Gate (управляющий вход счетчика 0) – соединён с
	KOHTAKTOM GPCIRU GAIE HA NDUOODE DAO
CTR1 GATE	контактом GPC1R0_GATE на приборе DAQ Counter 1 Gate (управляющий вход счетчика 1) – соелинён с

CTR1_OUT	Counter 1 Output (выход счетчика 1) – соединён с контактом GPCTR1_OUT на приборе DAQ
FREQ_OUT	Frequency Output (выход частоты) – соединён с контактом FREQ_OUT на приборе DAQ
LED<07>	LEDs 0 through 7 (светодиоды от 0 до 7) – выходы на свето- диоды
DSUB SHIELD	D-Sub Shield – выход на контакт экранирования разъема D- Sub
DSUB PIN<19>	D-Sub Pins 1 through 9 (контакты D-Sub от 1 до 9) – выходы на контакты разъема D-Sub

На макетной плате имеются шесть дифференциальных каналов аналогового ввода – ACH<0..5>. Некоторые из них используются для обслуживания виртуальных приборов комплекса NI ELVIS, NI ELVISI. Например, канал ACH5 зарезервирован для работы осциллографа, цифрового мультиметра, анализатора динамических сигналов, анализатора полного сопротивления, вольтамперного анализатора двухпроводной и трёхпроводной линий. Поэтому при использовании хотя бы одного из этих приборов нельзя одновременно подключать канал ACH5 к исследуемой схеме.

Каналы АСНЗ и АСН4 используются соответственно как каналы СН А и СН В осциллографа. Каналы АСН0 и АСН1 используются для работы анализатора частотных характеристик, поэтому при измерениях этими приборами указанные каналы также нельзя одновременно использовать для других целей.

Для выполнения лабораторных исследований применяются как устройства настольной рабочей станции, так и виртуальные приборы.

1.1. Контрольные вопросы

1. Назначение и состав аппаратно-программного комплекса NI ELVIS.

2. Функциональные возможности лабораторной станции NI ELVIS.

3. Отличительные особенности станций ELVIS и ELVISII.

4. Назначение органов управления лицевой панели рабочей станции NI ELVIS.

5. Назначение разъемов и контактных полей макетной платы.

6. Правила использования каналов аналогового ввода.

2. ВИРТУАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ КОМПЛЕКСОВ ELVIS, ELVISII

2.1. Общие сведения о виртуальных приборах

Аппаратно-программные комплексы ELVIS, ELVISII используют технологию виртуальных приборов и состоят из двух основных частей: программ-приборов, написанных на языке LabVIEW, и программируемого интерфейса (LabVIEW API) – для программирования аппаратной части комплекса.

Технология виртуальных приборов объединяет в единую систему измерительно-управляющие аппаратные средства, прикладное программное обеспечение и компьютерные технологии. Такое сочетание может применяться для создания системы контрольноизмерительных приборов с целью разработки учебных лабораторных практикумов, а также для научных исследований.

Аппаратно-программный комплекс ELVIS, ELVISII обеспечивает выполнение лабораторных исследований с помощью 12 виртуальных приборов, представленных в виде лицевых панелей:

- 1) цифровой мультиметр (Digital Multimeter);
- 2) осциллограф (Oscillscope);
- 3) функциональный генератор (Function Generator);
- 4) регулируемые блоки питания (Variable Power Supplies);
- 5) анализатор АЧХ и ФЧХ (Bode Analyzer);
- 6) анализатор спектра (Dynamic Signal Analyze);

7) генератор сигналов произвольной формы (Arbitrary Waveform Generato);

8) устройство чтения цифровых сигналов (Digital Reader);

- 9) устройство записи цифровых сигналов (Digital Writer);
- 10) анализатор полного сопротивления (Impedance Analyzer);

11) вольтамперный анализатор двухпроводной линии (Two-Wire Current-Voltage Analyzer);

12) вольтамперный анализатор трехпроводной линии (Three-Wire Current-Voltage Analyzer).

Виртуальные приборы запускаются с помощью инструментальной панели: NI ELVIS-Instrument Launcher – для станции NI ELVIS (рис. 2.1), и NI ELVISmx Instrument Launcher – для станции NI EL-

VISII (рис. 2.2). Сама инструментальная панель вызывается на экран при запуске программы, управляющей работой станции и виртуальными приборами. Вначале эта программа проверяет состояние станции. Если в системе имеются какие-либо неполадки, например, рабочая станция не включена, то окно инструментальной панели становится неактивным. В этом случае следует проверить систему и, при необходимости, с помощью единственной доступной кнопки Configure (для станции NI ELVIS) открыть диалоговое окно (рис. 2.1), в котором осуществляются настройка и проверка работоспособности системы.

При правильной работе станции инструментальная панель активизируется, и все ее кнопки становятся доступными.

Выбор и запуск виртуального прибора осуществляется нажатием на соответствующую кнопку с названием прибора.

🛿 ELVIS - Instrument Lau 🔳 🗖 🔀					
MATIONAL INSTRUMENTS NI ELVIS					
NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite	🖻 NI ELVIS - Configu 🔲 🗖 🔰				
Configure	DAQ Device				
Digital Multimeter	Dev1: PCI-6251				
Oscilloscope					
Function Generator	Communications				
Variable Power Supplies	Status				
Bode Analyzer	2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2				
Dynamic Signal Analyzer	Communication established successfully.				
Arbitrary Waveform Generator					
Digital Reader	Check				
Digital Writer					
Impedance Analyzer	NI ELVIS Benchtop Workstation				
Two-Wire Current-Voltage Analyzer	Reset				
Three-Wire Current-Voltage Analyzer					
Launch LabVIEW					
LabVIEW v 3.0.1	OK Cancel				

Рис. 2.1. Инструментальной панели: NI ELVIS-Instrument Launcher – для станции NI ELVIS





2.2. Цифровой мультиметр

На рис. 2.3 представлена лицевая панель цифрового мультиметра для станции NI ELVIS. Лицевая панель для станции NI ELVISII имеет несущественные отличия. Цифровой мультиметр служит для измерения постоянного и переменного тока и напряжения, параметров элементов электрических цепей (активного сопротивления, емкости, индуктивности), а также для проверки неразрывности цепей и состояния (p-n)-переходов.

Цифровой мультиметр имеет следующие характеристики:

• Измерение постоянного напряжения (У=). Точность 0,3% ±0.001%. Диапазон ±20 В, 4 диапазона.

• Измерение переменного напряжения (♥). Точность 0,3% ±0.001% в диапазоне от 100 Гц до 10 кГц. ±14 В эффективного напряжения, максимум 4 диапазона.

• Измерение силы постоянного (А=) и переменного (А~) тока. Точность 0,25% ±3 мА (в диапазоне от 25 Гц до 10 кГц для переменного тока).

• Измерение сопротивлений (). Точность 1%. Диапазон 5 Ом – 3 МОм, 4 диапазона. Частота измерения 120 Гц. Максимальная амплитуда измерения 1 В (удвоенная амплитуда синусоидальной волны).

• Измерение ёмкостей (-). Точность 1%. Диапазон 50 пФ – 500 мкФ, 3 диапазона. Частота измерения 120 или 950 Гц, выбирается программно. Максимальная амплитуда измерения 1 В (удвоенная амплитуда синусоидальной волны).

• Измерение индуктивностей (100 мгн. 100 мгн. 100 мгн. Частота измерения 950 Гц. Максимальная амплитуда измерения 1 В (удвоенная амплитуда синусоидальной волны).

• Измерение состояния (p-n)-переходов (параметров диода **+**). Пороговое напряжение 1,1 В максимум.

• Измерение неразрывности цепи ()). Пороговое сопротивление 15 Ом максимум. Напряжение измерения 3,89 В.

Подключение к мультиметру осуществляется через разъемы, расположенные на лицевой панели рабочей станции (позиция 6 на рис. 1.3) или гнезда макетной платы (позиция 2 на рис. 1.5).

Измеряемая величина (Function) и предел ее измерения (Range) выбираются кнопками на передней панели прибора.

Непосредственно перед выполнением измерения требуется «обнулить» показания мультиметра для повышения точности показаний – нажать кнопку **Null**.

При однократных измерениях используется кнопка Single, после нажатия которой мультиметр выводит значение измеряемой величины. При нажатии кнопки **Run** мультиметр выводит текущие значения измеряемой величины.

NI EL	NI ELVIS - Digital Multimeter 📃 🗖 🔀							
	NATIONAL NISTRUMENTS Null value: -2,26 mV DC							
	0.030 mV DC							
.	••••••••••••••••••••••••••••••••••••••							
V=	۷∼	A=	A~	Ω	4 F	[0000]	*))
Functi	on							
VDC	20	10	1	100m		Ru	n	Single
Auto						C	2	1+
Range	•				6			HELP ?

Рис. 2.3. Лицевая панель цифрового мультиметра для станции NI ELVIS

Для исключения конфликтов и повреждений оборудования станции при работе с цифровым мультиметром нельзя одновременно подключать исследуемые цепи к мультиметру на макетной плате и на лицевой панели рабочей станции. Также нельзя одновременно использовать мультиметр и осциллограф, а также мультиметр и анализатор полного сопротивления электрической цепи.

Следует иметь в виду, что при одновременном использовании мультиметра и функционального генератора в ручном режиме на мультиметре становятся неактивными кнопки выбора измерения сопротивлений, емкостей и индуктивностей. Также нельзя одновременно использовать мультиметр и анализатор частотных характеристик, так как эти приборы имеют один и тот же канал обмена информацией.

2.3. Осциллограф

Осциллограф NI ELVIS обладает всеми возможностями традиционных осциллографов. Управление им осуществляется только с помощью виртуальной панели (рис. 2.4 – для станции NI ELVIS). Лицевая панель для NI ELVISII имеет несущественные отличия.

Для использования осциллографа в лабораторных исследованиях к нему можно подключиться с помощью разъёмов типа BNC на передней панели рабочей станции или через контакты на макетной плате. В некоторых виртуальных приборах предусмотрена возможность автоматической коммутации к каналам осциллографа.

Одной из важных характеристик осциллографа является максимальное разрешение по вертикали, которое составляет16 бит в диапазоне ±10 В.

Осциллограф имеет два канала: канал A (CHANNEL A) – отображается зеленым цветом и канал B (CHANNEL B) – отображается голубым цветом. Они включаются или отключаются кнопкой ON/OFF в поле Display виртуальной панели. Кнопка MEAS служит для вывода на экран осциллографа ряда параметров измеряемого сигнала: среднеквадратических (RMS) значений измеряемого напряжения, частоты (Freq) и размаха колебаний (Vp-p). В поле Source выбирается источник измеряемого сигнала, например выход функционального генератора. В поле VERTICAL задается масштаб (Scale) развертки по вертикали с размерностью В/деление, т.е. регулируется чувствительность осциллографа к входному сигналу. Здесь же задается положение кривой на экране (Position) и позиционирование ее в исходное (нулевое) состояние с помощью кнопки ZERO. Можно измерить переменную и постоянную составляющие сигнала, выбрав переключателем Coupling режим DC (открытый вход), или только переменную составляющую, выбрав режим AC (закрытый вход). Выбор масштаба развертки по вертикали можно осуществить автоматически с помощью кнопки Autoscale.

В поле **TIMEBASE** задается масштаб временной развертки по горизонтали с размерностью время/деление.



Рис. 2.4. Виртуальная панель станции NI ELVIS

Для прецизионных измерений могут быть использованы курсоры C1 и C2. Для этого в поле CURSORS они активизируются кнопкой в состоянии ON и становятся доступными с помощью левой клавиши мыши.

В поле **TRIGGER** задается источник (**Source**) запуска осциллографа и его тип (**Type**) – цифровой или аналоговый – в зависимости от характеристик многофункциональной платы ввода-вывода. Здесь также задается уровень (**Level**) напряжения запускающего сигнала и его фронт (**Slope**) – передний или задний.

Установка различных параметров осциллографа осуществляется с помощью рукояток виртуальной панели либо с помощью переключателей путем выбора значений этих параметров из раскрывающегося списка.

Текущие показания осциллографа непрерывно выводятся на экран кнопкой **Run**, а однократно – с помощью кнопки **Single**.

С помощью кнопки Log можно сохранять измеренные данные в текстовом файле. Индикаторы Timeout и Acquired указывают соответственно на отсутствие или прием данных.

Для исключения конфликтов и повреждений аппаратнопрограммного комплекса NI ELVIS при работе с осциллографом нельзя одновременно подключать исследуемые цепи к осциллографу на макетной плате и на лицевой панели рабочей станции. Также нельзя одновременно использовать для измерений осциллограф и цифровой мультиметр, осциллограф и анализатор спектра.

2.4. Функциональный генератор

На рис. 2.5 представлены лицевые панели функционального генератора (слева для станции NI ELVIS, справа – для NI ELVISII). Функциональный генератор служит в качестве управляемого источника сигналов синусоидальной, прямоугольной и треугольной формы и имеет возможность программного (в среде LabVIEW) или ручного управления.

Функциональный генератор имеет следующие характеристики:

- Диапазон частот 5 Гц 250 кГц, 5 диапазонов.
- Программно управляемое разрешение по частоте 0,8 %.
- Точность установки частоты 3% от диапазона максимум.
- Точность показа частоты $\pm 0,01\%$.
- Амплитуда выходного сигнала ±2,5 В.
- Программное разрешение по амплитуде 8 бит.
- Диапазон смещения напряжения ±5 В.
- Напряжение амплитудной модуляции 10 В максимум.
- Амплитудная модуляция до 100%.
- Напряжение частотной модуляции 10 В максимум.
- Неравномерность амплитудной характеристики: До 50 кГц 0,5 дБ, до 250 кГц 3 дБ.
- Частотная модуляция ±5% от максимального значения шкалы.

Режим работы функционального генератора в NI ELVIS выбирается с помощью движкового переключателя на передней панели станции, а в NI ELVISII – указателем режима в поле Manual Mode на виртуальной панели.

В случае ручного управления рабочей станцией NI ELVIS движковый переключатель переводится вверх в положение MANUAL. В результате органы управления виртуальной панели генератора становятся неактивными, на ней и на рабочей станции загораются индикаторы MANUAL, а управление осуществляется только с помощью переключателей и рукояток, расположенных на лицевой панели рабочей станции. При этом на цифровом табло виртуальной панели генератора выводится установленное значение частоты сигнала.



Рис. 2.5. Лицевые панели функционального генератора (слева для станции NI ELVIS, справа – для NI ELVISII)

В случае программного управления рабочей станцией NI ELVIS движковый переключатель функционального генератора переводится вниз. В результате индикаторы MANUAL гаснут, а на цифровом табло виртуальной панели генератора отображается состояние **OFF**. Управление в этом случае осуществляется только с помощью органов виртуальной панели. При этом кнопками в поле Waveforms выбирается форма генерируемого сигнала (синусоидальная, прямоугольная – меандр или треугольная). В поле Frequency задается частота сигнала: кнопками Coarse (грубо) – в определенном диапазоне, а ручкой Fine (плавно) – внутри диапазона. Амплитуда сигнала регулируется ручкой Peak Amplitude, а ручкой DC Offset задается его смещение относительно нулевого уровня. В поле Frequency Sweep переключателями задается частотный диапазон генерируемого сигнала от начального значения (Start Frequency) до конечного (Stop Frequency) с заданным шагом изменения частоты (Step). В поле Turning Mode задаются свойства выходного сигнала с большим (UltraFine) или меньшим (Simple) разрешением, а также использование его модуляции (Analog Output Modulation).

Кнопкой **Start/Stop** осуществляется вывод выходного сигнала генератора на приемник.

Выход функционального генератора может подключаться на вход исследуемой схемы, а также использоваться в качестве источника сигнала в некоторых виртуальных приборах (в осциллографе, анализаторе частотных характеристик, анализаторе динамического спектра сигнала).

2.5. Регулируемые источники питания

В состав NI ELVIS входят два программируемых регулируемых источника постоянного напряжения с положительной и отрицательной полярностью выходного сигнала. На рис. 2.6 представлены их лицевые панели (слева для станции NI ELVIS, справа – для NI ELVISII).

Режим их работы – ручной или программный – в NI ELVIS выбирается с помощью движковых переключателей на передней панели станции, а в NI ELVISII – указателем режима в поле **Manual** на виртуальной панели

Управление источниками в ручном режиме станции NI ELVIS осуществляется с помощью рукояток, расположенных на лицевой панели, а в программном режиме – с помощью органов виртуальной панели.

Регулируемые источники питания являются независимыми друг от друга и выдают напряжение от 0 до 12 вольт различной полярности. Они имеют многоцелевое назначение и могут быть использованы, например, для питания исследуемых схем.

Источник положительного напряжения имеет следующие характеристики:

- Входное напряжение 12 В.
- Пульсация и шум 0,25%.

• Программно управляемое разрешение 7 бит.

• Ограничения по току 0,5 В при 160 мА, 5 В при 275 мА, 12 В при 450 мА.

Источник отрицательного напряжения имеет следующие характеристики:

• Входное напряжение –12 В.

• Пульсация и шум 0,25%.

• Программно управляемое разрешение 7 бит.

• Ограничения по току 0,5 В при 130 мА, 5 В при 290 мА, 12 В при 450 мА.

В случае ручного управления рабочей станцией NI ELVIS движковый переключатель источника переводится вверх в положение **MANUAL**, и виртуальная панель прибора становится неактивной. На ней загорается индикатор, и управление осуществляется только с помощью рукоятки **VOLTAGE**, расположенной на лицевой панели рабочей станции.

При программном управлении движковый переключатель источника на рабочей станции NI ELVIS переводится вниз, индикатор **MANUAL** гаснет, а управление осуществляется только с помощью органов виртуальной панели в поле **Voltage**. Для сброса в ноль установленного значения напряжения используется кнопка **RESET**.



Рис. 2.6. Лицевые панели программируемых регулируемых источников постоянного напряжения

2.6. Анализатор частотных характеристик (АЧХ и ФЧХ)

Виртуальный прибор – анализатор частотных характеристик, или Боде-анализатор, позволяет исследовать частотные свойства линейных электрических цепей. Он имеет следующие характеристики:

- разрешение по амплитуде 16 бит;
- разрешение по фазе 1 градус;
- диапазон частот 5 Гц 35 кГц.

Управление прибором осуществляется с помощью органов виртуальной панели. На рис. 2.7 представлена лицевая панель Бодеанализатора для станции NI ELVIS. Лицевая панель для NI ELVISII имеет несущественные отличия.

Результаты анализа частотных свойств исследуемой цепи выводятся на экран виртуальной панели анализатора в виде двух графиков – АЧХ (верхний график) и ФЧХ (нижний график).



Рис. 2.7. Лицевая панель Боде-анализатора для станции NI ELVIS

На виртуальной панели в поле Settings переключателями устанавливается частотный диапазон сигнала, воздействующего на исследуемую цепь в интервале 1 Гц (Start) – 35 кГц (Stop). Переключателем **Steps** задается число опытных точек графика на декаду частотного интервала. Переключателем **Peak Amplitude** задается амплитуда сигнала, воздействующего на входную цепь, а переключателем **Signal Polarity** можно изменять его полярность.

В поле **Display** задается масштаб отображения данных на графиках по вертикали (**Y Scale**) с помощью выбора опций из раскрывающегося списка: **Default** – выбирается масштаб по умолчанию, **Gain** – выбирается масштаб для графика АЧХ, **Phase** – выбирается масштаб для графика ФЧХ, **Auto** – выбирается масштаб для обоих графиков автоматически. При этом для опции **Gain** можно задать отображение данных в логарифмическом (**dB**) или линейном (**Linear**) масштабах. Также при выборе опции **Gain** иди **Phase** можно задать пределы изменения соответственно коэффициента передачи или фазы от **Minimum** до **Maximum**.

Кроме этого, можно использовать курсоры для поточечного исследования частотных характеристик с помощью кнопок Cursors ON/OFF и Position.

Так же, как и в других приборах, с помощью кнопки **Log** измеренные данные сохраняются в текстовом файле.

С помощью кнопка **Run** запускается или останавливается процесс снятия частотных характеристик.

Следует иметь в виду, что при использовании функционального генератора в ручном режиме кнопка **Run** становятся неактивной, то есть измерения в этом случае выполнить невозможно.

2.7. Анализатор спектра (анализатор динамических сигналов)

Анализатор спектра служит для измерения среднеквадратического значения спектральной мощности исследуемого сигнала. Этот прибор позволяет также определить основную частоту и мощность сигнала. При выполнении измерений прибор использует каналы аналогового ввода многофункциональной платы ввода/вывода и функции анализа сигналов, встроенные в LabVIEW (фильтрация и усреднение сигналов, измерение коэффициентов нелинейных искажений). Анализатор спектра, так же как и другие виртуальные приборы, позволяет сохранять данные в текстовом файле. Кроме этого, прибор обладает возможностью синхронизации.

Анализатор спектра имеет следующие характеристики:

- Входной диапазон ±10 В, 4 диапазона.
- Входное разрешение16 бит.

На рис. 2.8 представлена виртуальная панель прибора для станции NI ELVIS. Лицевая панель для NI ELVISII имеет несущественные отличия



Рис.2.8. Виртуальная панель прибора для станции NI ELVIS

В поле Input Settings выбирается источник исследуемого сигнала (Source Channel). По умолчанию выбран первый аналоговый канал (ACH1).

Переключателем Voltage Range выбираются пределы изменения напряжения исследуемого сигнала.

В поле **FFT Settings** задаются параметры прибора для выполнения функций фильтрации, а именно, переключателем **Frequency Span** устанавливается измерительный частотный диапазон исследуемого сигнала, в поле **Resolution** – его разрешение, а в поле **Window** осуществляется выбор разнообразных частотно-временных окон для их наложения на исследуемый сигнал.

При анализе исследуемого сигнала в поле Averaging выбираются вид (Mode), форма (Weighting) и число (# of Averages) усреднений.

В поле Triggering переключателем Trigger Source задается источник запуска сигнала.

В поле **Frequency Display** задаются параметры вывода анализируемого сигнала на дисплей прибора (переключатели Units, Scale), а также использование маркеров для точных измерений.

В поле **Sample Rate** задается частота дискретизации анализируемого сигнала.

2.8. Генератор сигналов произвольной формы

Виртуальный генератор сигналов произвольной формы позволяет формировать и осуществлять генерацию различных сигналов – периодических, гармонических, модулированных и др. Генерируемый сигнал может быть загружен в генератор из файла в готовом виде, а также может быть сформирован с помощью встроенного редактора сигналов. Генератор сигналов произвольной формы позволяет осуществлять генерацию двух сигналов одновременно по двум независимым каналам DAC0 и DAC1.

Генератор имеет следующие характеристики:

- 2 выходных канала.
- Максимальная частота от 0 до 280 кГц.
- Полоса пропускания 27 кГц.
- Амплитуда выходного сигнала ±10 В.
- Разрешение 12 бит.
- Выходной управляющий ток 25 мА.
- Выходное сопротивление 1 Ом.
- Скорость нарастания выходного напряжения 1,5 В/мкс.

На рис. 2.9 представлена виртуальная панель прибора для станции NI ELVIS. Лицевая панель для NI ELVISII имеет несущественные отличия.

В поле Output Settings устанавливается частота обновления генерируемого сигнала в секунду (Update Rate S/s). Переключателем Trigger Source задается источник запуска сигнала.

Кнопкой **Mode** генерируемый сигнал может выдаваться на выход генератора непрерывно либо однократно.

В поле **DAC0** и **DAC1** задаются параметры сигнала по выходным каналам 0 и 1 соответственно. В частности, по каждому каналу в поле **Waveform Name** может загружаться из файла и выдаваться на выход готовый сигнал, а переключателем **Gain** задается его уровень.

Для формирования сигнала произвольной формы служит встроенный редактор сигналов, который вызывается кнопкой Waveform Editor.

В момент нажатия кнопки **Play/Stop** соответственно начинается или останавливается вывод сформированного сигнала на выход.



Рис. 2.9. Виртуальная панель прибора для станции NI ELVIS

2.9. Виртуальный прибор чтения цифровых сигналов

На рис. 2.10 представлены лицевые панели прибора чтения цифровых сигналов (слева для станции NI ELVIS, справа – для NI EL-VISII). Этот прибор позволяет считывать состояние восьмиразрядной шины данных цифрового ввода. Операции чтения можно производить как непрерывно кнопкой **Run**, так и однократно **кнопкой Single**. При этом считанные данные могут быть представлены в различных форматах.



Рис. 2.10. Лицевые панели прибора чтения цифровых сигналов (слева для станции NI ELVIS, справа – для NI ELVISII)

2.10. Виртуальный прибор записи цифровых сигналов

На рис. 2.11 представлена лицевая панель виртуального прибора записи цифровых сигналов для станции NI ELVIS. Лицевая панель для NI ELVISII имеет несущественные отличия. Этот прибор служит для анализа и управления цифровыми схемами. Он позволяет осуществлять запись на восьмиразрядную шину цифрового вывода TTLсовместимые сигналы, определенные пользователем. При этом вид сигнала может быть либо выбран из стандартных шаблонов (Ramp, Walking 1's, Alternation 1/0's) в поле **Pattern**, либо задан вручную в режиме **Manual** в поле **Pattern**. При этом в режиме **Manual** становится активным поле **Manual Pattern**, в котором пользователь имеет возможность задать 8-разрядный цифровой код с помощью движковых переключателей, а также выполнить различные преобразования этого кода (сдвиг влево, вправо, инверсия, ротация) в поле Action. Виртуальный прибор записи цифровых сигналов, так же как и прибор чтения цифровых сигналов, может выполнять операции записи шаблона как в однократном, так и в непрерывном режиме.

🛿 NI ELVIS - Digital Bus Writer 📃 🗖 🔀			
Bus Stat	lumeric Value x0		
Write	lode Pattern 전 Manual 오		
Manual Pattern	×O		
	0 0 0 HI 3 2 1 0 LO		
Action Toggle Rot	ate Direction ift Left Right HELP ?		

Рис. 2.11. Лицевая панель виртуального прибора записи цифровых сигналов для станции NI ELVIS

2.11. Анализатор полного сопротивления

На рис. 2.12 представлен виртуальный прибор – анализатор полного сопротивления для станции NI ELVIS. Лицевая панель для станции NI ELVISII имеет несущественные отличия. Прибор служит для измерения активного, реактивного и полного сопротивления пассивных двухполюсников на заданной частоте. Диапазон измеряемых частот составляет 5 Гц – 35 кГц.

Исследуемая схема (двухполюсник) подключается к контактам мультиметра CURRENT HI и CURRENT LO на рабочей станции NI ELVIS либо на монтажной панели. С помощью переключателя **Measurement Frequency** виртуальной панели анализатора устанавливается тестовая частота сигнала, подаваемого на двухполюсник. В поле **Dis-** play Settings выбирается отображаемая часть графика и масштаб результата измерения (Visible Section Scale). В поле Impedance (Z) отображаются значения полного сопротивления (Magnitude), активного сопротивления (Resistance) и реактивного сопротивления (Reactance), а также фаза (Phase) между током и напряжением в градусах. На графике эти параметры представлены в полярных координатах.



Рис. 2.12. Анализатор полного сопротивления для станции NI ELVIS

2.12. Двухпроводный вольтамперный анализатор

Виртуальный прибор – двухпроводный вольтамперный анализатор служит для снятия вольтамперных характеристик двухполюсников. Например, этот прибор может использоваться для снятия и анализа вольтамперных характеристик p-n переходов полупроводниковых приборов. На рис. 2.13 представлена лицевая панель прибора для станции NI ELVIS. Лицевая панель для NI ELVISII имеет несущественные отличия.
Прибор имеет диапазон значений силы тока ± 10 мA, а диапазон значений напряжения развёртки составляет ± 10 B.

Для измерения исследуемый двухполюсник подключается к гнездам **DMM** макетной платы **CURRENT HI** (плюс источника тестового сигнала) и **CURRENT LO** (минус источника тестового сигнала). При этом вольтамперные характеристики могут быть построены в обеих полуплоскостях (положительной и отрицательной) графика в диапазоне ± 10 В и ± 10 мА.



Рис. 2.13. Лицевая панель прибора для станции NI ELVIS

В поле Settings устанавливаются пределы изменения напряжения от начального (Start) до конечного (Stop), шаг изменения напряжения (Increment) для получения следующей точки графика, а также пределы изменения тока(Current Limits).

Остальные элементы управления подобны трехпроводному вольтамперному анализатору.

Для поточечного анализа каждой ВАХ используется курсор (Cursor) в режиме ON. При этом в поле графика выводится информация о значениях тока и напряжения в каждой точке кривой, указанной курсором.

2.13. Трехпроводный вольтамперный анализатор

Виртуальный прибор «Трехпроводный вольтамперный анализатор» (Three-Wire Current-Voltage Analyzer) служит для снятия вольтамперных характеристик только биполярных транзисторов n-p-n типа.

Прибор имеет следующие характеристики:

- минимальный шаг тока базы ±15 мкА;
- максимальный ток коллектора 10 мА;
- максимальное напряжение на коллекторе 10 В.

На рис. 2.14 представлена лицевая панель прибора для станции NI ELVIS. Лицевая панель для NI ELVISII имеет несущественные отличия.



Рис. 2.14. Лицевая панель прибора для станции NI ELVIS

В поле графика NPN Connections указана схема подключения выводов транзистора к гнездам DMM макетной платы: база – к гнезду CURRENT HI, эмиттер – к гнезду CURRENT LO, коллектор – к гнезду 3-WIRE.

В поле Base Current (Ib) Settings задается начальный ток базы (Start), его шаг для получения следующей точки графика (Increment) и число кривых (Number of Curves).

В поле Collector Voltage (Vc) Settings устанавливаются пределы изменения напряжения на коллекторе от начального (Start) до конечного (Stop), шаг его изменения (Increment), а также предел изменения тока коллектора (Collector Current Limit).

В поле **Display** выбирается представление вольтамперных характеристик в линейном или логарифмическом масштабе.

Для поточечного анализа каждой ВАХ используется курсор (Cursor) в режиме ON, а также переключатель Ib Curve, с помощью которого выбирается ток базы, соответствующий данной кривой. При этом в поле графика Base Current Curve выводится информация о значениях тока и напряжения в каждой точке выбранной кривой.

2.14. Контрольные вопросы

1. Понятие технологии виртуальных приборов.

2. Состав и назначение виртуальных измерительных приборов аппаратно-программных комплексов NI ELVIS, ELVISII.

3. Назначение органов управления лицевой панели виртуальных приборов.

3. ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ КОМПЛЕКСОВ ELVIS, ELVISII В ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Виртуальные приборы могут использоваться для разнообразных практических задач. Представляется целесообразным рассмотреть их применение при изучении некоторых базовых тем электроники.

3.1. Применение виртуальных приборов при изучении полупроводниковых приборов

Процесс снятия вольтамперных характеристик (ВАХ) полупроводниковых приборов в лабораторных исследованиях обычно занимает относительно длительное время и включает сборку схемы, задание начальных ее параметров, измерение информативных параметров, повторение опытов.

Комплекс NI ELVIS позволяет значительно сократить время получения ВАХ диодов и транзисторов с помощью виртуальных приборов – вольтамперных анализаторов двухпроводной и трехпроводной линии, рассмотренных выше. В этих приборах процесс снятия ВАХ автоматизирован. Кроме того, они имеют удобные средства анализа ВАХ – курсоры, а также позволяют сохранить опытные данные для отчета.

Необходимо отметить и недостатки комплекса: это ограничения, связанные с небольшим допустимым диапазоном напряжений и токов для исследуемых схем, составляющим ± 10 В и ± 10 мА. Это ограничение сужает спектр исследуемых приборов, но для учебных целей несущественно. Также нужно отметить, что трехпроводный вольтамперный анализатор позволяет снимать ВАХ только биполярных транзисторов n-p-n типа.

Для приобретения навыков использования вольтамперных анализаторов двухпроводной и трехпроводной линии, а также цифрового мультиметра, предлагается выполнить самостоятельную работу по применению этих виртуальных приборов.

3.1.1. Задание на самостоятельную работу

Исследуйте ВАХ полупроводникового диода и стабилитрона с помощью двухпроводного вольтамперного анализатора.

Подключите диод, например КД 503А, к гнездам DMM на макетной панели: анодом – к гнезду CURRENT HI, катодом – к гнезду CURRENT LO. Для определения полярности выводов диода воспользуйтесь цифровым мультиметром в режиме измерения состояния (pn)-переходов (п. 2.2).

Включите питание станции и макетной панели.

Запустите виртуальный прибор – двухпроводный вольтамперный анализатор. В окне «Hacтройки» (Settings) задайте пределы изменения прямого напряжения от 0 В (Start) до 0,8 В (Stop). Задайте шаг изменения напряжения (Increment) 0,01 В.

Нажмите кнопку Run для снятия ВАХ диода и наблюдайте за процессом ее построения. Примерная ВАХ диода КД 503А показана на рис. 2.13.

Исследуйте BAX диода, используя кнопку Cursor в режиме ON.

Сохраните данные ВАХ, используя кнопку Log. Для этого создайте папку под своим именем и задайте имя файла, например ВАХ №1 КД 503А. При этом данные сохраняются в стандартном приложении «Блокнот».

Подключите стабилитрон, например КС 162А, к гнездам DMM на макетной панели. Данный стабилитрон является двуханодным, т.е. его ВАХ симметрична относительно начала координат. Поэтому можно не соблюдать полярность при его подключении.

Включите питание монтажной панели.

Определите напряжение стабилизации. Для этого задайте пределы изменения напряжения от -10 В до 10 В с шагом 0,1 В. Снимите ВАХ.

Сравните полученное значение напряжения стабилизации с паспортным на данный стабилитрон. Примерная ВАХ стабилитрона показана на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Примерная ВАХ стабилитрона

Исследуйте ВАХ биполярного транзистора.

Подключите биполярный транзистор, например КТ 315Б, к гнездам DMM на макетной панели: базу – к гнезду CURRENT HI, эмиттер – к гнезду CURRENT LO, коллектор – к гнезду 3-Wire. Для определения выводов транзистора воспользуйтесь цифровым мультиметром в режиме измерения состояния (p-n)-переходов или измерения сопротивлений (п. 2.2).

Включите питание станции и макетной панели.

Запустите виртуальный прибор – трехпроводный вольтамперный анализатор. В окне «Установка параметров коллектора» (Collector-Voltage (Vc) Settings) задайте пределы изменения напряжения на коллекторе от 0,00 В (Start) до 2,00 В (Stop). Задайте шаг изменения напряжения (Increment) 0,010 В. Задайте предел изменения тока коллектора 5,00 mA. Нажмите кнопку Run и наблюдайте за процессом построения ВАХ транзистора. По умолчанию в поле Number of Curves задаются 3 ВАХ. Примерные ВАХ показаны на рис. 2.14. Для анализа каждой ВАХ используйте ее выбор с помощью кнопки Ib Curve.

Исследуйте ВАХ биполярного транзистора, используя кнопку Cursor в режиме ON. Сохраните данные ВАХ, используя кнопку Log. Для этого создайте папку под своим именем и задайте имя файла, например ВАХ биполярного транзистора КТ 315Б. При этом данные сохраняются в стандартном приложении «Блокнот».

3.1.2. Контрольные вопросы

1. Виртуальные приборы, используемые в работе.

2. Порядок подключения исследуемых полупроводниковых приборов к виртуальным приборам.

3. Порядок снятия и анализа ВАХ полупроводниковых приборов.

3.2. Применение виртуальных приборов при изучении принципов построения и анализа электронных усилителей

Базовым объектом при изучении электронных усилителей является усилительный каскад на биполярном или полевом транзисторе.

Исследуемая схема (рис. 3.2) представляет собой элементарный инвертирующий усилитель, построенный на биполярном транзисторе КТ 315 с типом проводимости n-p-n. Он служит для регулирования передаваемой на выход энергии мощного источника питания с постоянным напряжением Е_{ПИТ} под действием маломощного управляющего входного сигнала усилителя с заданным законом изменения U_{BX}. Транзистор включен по наиболее распространенной схеме – с общим эмиттером, так как она позволяет усиливать входной сигнал по всем трем параметрам – по напряжению, току и мощности. Две другие схемы включения – с общей базой и общим коллектором используются реже и позволяют усиливать входной сигнал только по двум параметрам – по напряжению и мощности – в схеме с общей базой, и по току и мощности – в схеме с общей базой, и по

Конденсаторы $C_1 u C_2$ – разделительные. C_1 служит для разделения источника входного сигнала и источника питания усилительного каскада с целью исключения их взаимодействия. C_2 служит для разделения выхода усилительного каскада и источника питания с целью установления однозначного соответствия между входным и выходным сигналом в линейной области усиления по выражению

$$U_{BbIX} = K_U * U_{BX},$$

где K_U – коэффициент усиления по напряжению усилительного каскада – основной параметр усилителя. Резисторы R₁ и R₂ служат в качестве делителя напряжения источника питания E_{ПИТ} с целью задания режима покоя транзистора в классе усиления A.

Положение точки покоя подбирается опытным путем с помощью переменного резистора R₂. Резистор R_K служит для ограничения тока коллектора транзистора.

Для стабилизации выходного сигнала в цепь эмиттера включают резистор R_{\Im} , выполняющий функцию звена отрицательной обратной связи (ООС) по току. Из-за падения напряжения на нем выходное напряжение уменьшается. Для компенсации этого уменьшения R_{\Im} шунтируют конденсатором C_{\Im} по переменной составляющей выходного напряжения. В данной работе цепь стабилизации отсутствует для упрощения анализа работы схемы.

Важнейшими характеристиками электронных усилителей являются:

• Амплитудная характеристика, которая характеризует нелинейные искажения выходного сигнала и их зависимость от амплитуды входного сигнала из-за нелинейности ВАХ регулирующего транзистора.

• Частотные характеристики: амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) и фазочастотная характеристика (ФЧХ), которые характеризуют линейные искажения выходного сигнала из-за влияния линейных частотозависимых реактивных элементов схемы на выходной сигнал усилителя. Эти элементы могут входить в схему усилителя, например, в виде конденсаторов и катушек, а также присутствуют в виде паразитных емкостей и индуктивностей различных участков схемы. Паразитная природа этих элементов, имеющих ничтожные значения, проявляется с ростом частоты усиливаемого сигнала, когда их реактивные сопротивления оказывают заметное влияние на выходной сигнал.



Рис. 3.2. Схема элементарного инвертирующего усилителя на биполярном транзисторе

3.2.1. Задание на самостоятельную работу

Соберите на макетной панели станции ELVIS схему усилительного каскада на биполярном транзисторе (рис. 3.2) и подключите ее к источнику входного сигнала. Для этого нужно соединить полюс 1 схемы с гнездом выхода функционального генератора (FUNC_OUT) на макетной панели. Выход схемы усилительного каскада (полюс 2) следует соединить с гнездом нулевого канала аналоговых входов (ACH0+) на макетной панели.

Для питания усилителя подключите полюс $E_{\Pi UT}$ +5B схемы к источнику постоянного напряжения (DC Power) +5B на макетной панели, а общую точку схемы подключите к гнезду GROUND. Включите питание станции.

Запустите виртуальный прибор – осциллограф. На виртуальной панели осциллографа установить указанные ниже параметры.

<u>По каналу A:</u> Состояние канала – включен (Display ON). Выбрать в качестве источника входного сигнала (Source) канала A выход функционального генератора (FGEN FUNC_OUT). Масштаб по вертикали (Scale) – 100mV/dv. Тип входа (Coupling) – AC (вход только переменной составляющей сигнала - закрытый вход).

<u>По каналу В:</u> Состояние канала – отключен (Display OFF). Источник входного сигнала канала В – аналоговый канал ACH0. Масштаб по вертикали – 500 mV/dv. Тип входа – AC.

С помощью ручки TIMEBASE установите масштаб временной развертки по обоим каналам 1ms/dv. Включить курсоры (CURSORS), выбрав положение ON, и кнопкой Run запустить осциллограф.

Включите функциональный генератор в ручной режим – установите движковый переключатель MANUAL в положение «вверх». Выберите синусоидальную форму генерируемого сигнала. С помощью органов управления амплитудой (Amplitude) сигнала, его частотой – с дискретным переключением диапазонов (Coarse Frequency) и с плавным регулированием (Fine Frequency) – установите амплитуду примерно 100 мВ и частоту 500 Гц. Значения параметров контролируйте с помощью канала А осциллографа.

Задайте режим покоя усилительного каскада в классе А. Для этого на виртуальной панели осциллографа включите канал В кнопкой Display ON для наблюдения выходного сигнала усилительного каскада. Если выходной сигнал отсутствует или отличается от синусоидальной формы, то с помощью переменного резистора R_2 схемы усилительного каскада и ручки управления амплитудой функционального генератора станции необходимо добиться симметричности синусоиды выходного сигнала относительно оси времени. После установки такого состояния можно считать, что задан режим покоя транзистора в классе усиления А, а входной и выходной сигналы будут выглядеть как на рис. 3.3.



Рис. 3.3. Входной и выходной сигналы

Запишите параметры входного и выходного сигналов усилительного каскада в классе усиления А: амплитуду, частоту, а также смещение их по фазе. Смещение по фазе удобнее измерить с помощью курсоров. Сделайте вывод, является ли усилительный каскад инвертирующим или неинвертирующим, а также укажите соотношение между фазами входного и выходного сигналов.

С помощью виртуального мультиметра измерьте и запишите сопротивление переменного резистора R_2 .

Снимите и исследуйте амплитудную характеристику усилительного каскада – зависимость выходного напряжения усилителя от входного U_{BbIX} = f(U_{BX}) на некоторой постоянной частоте.

Типичный вид амплитудной характеристики представлен на рис. 3.4.



Рис. 3.4. Вид амплитудной характеристики

Для снятия амплитудной характеристики необходимо:

- зафиксировать частоту входного сигнала;
- с помощью ручки управления амплитудой станции ELVIS изменять U_{BX} в линейной области амплитудной характеристики (до появления искажений синусоиды) и в нелинейной области (в области искажений синусоиды);
- с помощью осциллографа измерять соответствующие пары значений амплитуд U_{BX} и U_{BыX}.

Для снятия характеристики требуется не менее 5-7 опытных точек, из которых 3-4 точки нужно получить в нелинейной области амплитудной характеристики.

По результатам опыта постройте амплитудную характеристику и рассчитайте коэффициенты усиления по напряжению для каждого измерения.

Снимите и исследуйте частотные характеристики усилительного каскада.

1. Снимите АЧХ УК. Типичный ее вид представлен на рис. 3.5.

Для снятия АЧХ:

•Установить амплитуду U_{BX} примерно 100мВ.

•Задавать различные значения частоты входного сигнала в диапазоне 0÷100 кГц и измерять соответствующие им значения амплитуды U_{вых}. Частоту и амплитуду U_{вых} контролировать с помощью осциллографа..



Рис. 3.5. Типичный вид АЧХ УК

По результатам опыта постройте АЧХ усилителя и определите полосу его пропускания Δf.

2. Снимите ФЧХ УК. Типичный вид ФЧХ представлен на рис.3.6.



Рис. 3.6. Типичный вид ФЧХ

Для снятия ФЧХ:

• зафиксируйте амплитуду U_{BX};

• задавайте различные значения частоты входного сигнала в диапазоне 0÷100 кГц и измеряйте соответствующие им значения сдвига фазы между входным и выходным сигналами. Сдвиг фазы измеряйте с помощью курсоров. Для этого установите курсор С1 на входном, а C2 – на выходном сигналах в одинаковых фазах и измерьте промежуток времени между ними (обозначим его dTφ). Тогда сдвиг фазы (Ф) можно определить по выражению

 Φ [град.] = $dT\varphi \cdot 180 / dT\pi$, где $dT\pi$ – половина периода входного сигнала (измерьте с помощью курсоров).

Результаты измерения занесите в табл. 3.1 и постройте ФЧХ усилителя.

Таблица 3.1

№ изме- рения	f, кГц	Ф, град.
1		
7		

3. Снимите и исследуйте частотные характеристики усилительного каскада с помощью виртуального прибора – анализатора частотных характеристик. Для этого дополнительно соедините выход функционального генератора (FUNC_OUT) с гнездом первого канала (ACH1+) аналоговых входов на макетной панели.

На виртуальной панели прибора в поле Settings установите частотный диапазон входного сигнала в интервале 1 Гц (Start) – 35 кГц (Stop). Переключателем Steps задайте 5-10 опытных точек графика на декаду частотного интервала. Переключателем Peak Amplitude установите амплитуду U_{BX} примерно 100 мВ. В поле Display задайте

масштаб отображения данных на графиках по вертикали (Y Scale) – с помощью опций из раскрывающегося списка выберите Auto. При этом масштаб для обоих графиков выбирается автоматически.

Кнопкой Run запустите процесс снятия частотных характеристик. Их примерный вид представлен на рис. 2.7.

С помощью кнопки Log сохраните опытные точки графиков в текстовом файле.

Сравните графики частотных характеристик, полученные с помощью осциллографа и с помощью анализатора частотных характеристик.

3.2.2. Контрольные вопросы

1. Виртуальные приборы, используемые в работе.

2. Порядок сборки и подключения схемы усилительного каскада.

3. Задание режима покоя усилительного каскада в классе А.

4. Понятия амплитудной и частотных характеристик усилительного каскада, а также порядок их снятия.

4. ВЫПОЛНЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В СРЕДЕ LABVIEW

4.1. Введение в программу LabVIEW

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench – среда виртуальных приборов для лабораторных исследований) – это графический язык программирования, разработанный американской компанией National Instruments в 1986 году. В настоящее время этот язык широко используется не только в отечественной науке и инженерной практике, но и в образовании.

Среда LabVIEW ориентирована на создание приложений для задач получения, обработки измерительной информации в реальном масштабе времени, автоматического управления динамическими системами и других задач.

Особенно актуальным является использование LabVIEW в учебном процессе для его обеспечения современными полноценными средствами измерений в условиях недостаточного финансирования образования. Среда LabVIEW позволяет разрабатывать оригинальные виртуальные приборы – аналоги традиционных измерительных приборов для решения конкретной задачи. Причем на создание виртуального прибора требуется значительно меньше затрат, чем на приобретение дорогостоящего оборудования. Для этого достаточно организовать рабочее место с аппаратно-программным комплексом, включающим персональный компьютер, саму программу LabVIEW и типовое интерфейсное оборудование National Instruments, от которого зависят характеристики виртуального прибора. Таким образом, с помощью этих средств можно получить прибор или систему, которые соответствуют требованиям измерительного эксперимента в учебной лаборатории. Такие возможности LabVIEW объясняются не только гибкостью, модульностью и сравнительной легкостью программирования в графической среде, но и обширными библиотеками функций и подпрограмм для любой задачи. LabVIEW также содержит специфические для измерительных задач развитые библиотеки функций для сбора, анализа, хранения и представления данных, для управления экспериментом, а также библиотеки драйверов устройств ввода и вывода, выполненных в наиболее распространенных стандартах.

Исходное окно программы LabVIEW представлено на рис. 4.1, в котором предлагается начать создание нового ВП или использовать готовый ВП из библиотеки примеров.



Рис. 4.1. Исходное окно программы LabVIEW

Программа в LabVIEW называется виртуальным прибором (ВП).

Каждый ВП имеет два окна, называемых **Лицевая панель** и **Блок-диаграмма**. На рис. 4.2 показан пример ВП.

Лицевая панель представляет собой интерфейс пользователя, который формируется под конкретную задачу из готовых библиотечных компонентов – элементов управления и индикаторов. Элементы управления являются средствами ввода данных (входами ВП) и имеют вид различных кнопок, переключателей, рукояток.

Индикаторы являются средствами отображения данных (выходами ВП) и выглядят как светодиоды, стрелочные приборы, экран осциллографа, цифровые табло.



Рис. 4.2. Лицевая панель ВП (вверху) и блок-диаграмма ВП (внизу)

Блок-диаграмма представляет собой графический код для управления объектами лицевой панели. Блок-диаграмма похожа на структурную схему программы, состоящую из функциональных узлов и связей между ними. Функциональные узлы – это графическое представление функций, выбираемых для данной задачи из библиотеки функций LabVIEW.

Каждый элемент управления на лицевой панели имеет соответствующий функциональный узел на блок-диаграмме.

Работа ВП в LabVIEW основана на концепции потокового программирования, в соответствии с которой выполнение программы определяет поток данных. Данные передаются по проводникамсвязям от элементов управления через функции к индикаторам.

Исполнение кода зависит от потока данных. Код на блокдиаграмме исполняется по мере поступления всех данных на все входные терминалы, а отображение работы ВП происходит по мере поступления всех данных на все выходные терминалы.

Окно ВП имеет верхнюю строку управляющих кнопок:



Приложения, созданные в LabVIEW для простых задач, могут быть реализованы в виде единственного ВП. Сложные приложения представляют собой иерархическую структуру ВП, называемых виртуальными «подприборами» (ВПП). Каждый такой ВПП реализует свою задачу.

Для построения иерархических приложений окно LabVIEW содержитспециальное средство – соединительную панель (пиктограмму-коннектор).

4.1.1. Задание на самостоятельную работу (создание ВП в среде LabVIEW)

Создайте простой ВП для генерации синусоидального сигнала с регулируемой амплитудой и частотой и отображением этого сигнала на графическом индикаторе. Для этого запустите LabVIEW и в исходном окне программы выберите Новый ВП (Blank VI).

На чистом поле лицевой панели разместите следующие элементы:

• 2 рукоятки для регулирования амплитуды и частоты синусоидального сигнала. Для этого правой кнопкой мыши на лицевой панели вызовите палитру Controls, затем левой кнопкой выберите Numeric - панель числовых элементов управления, а на ней – рукоятку Dial. Вторую рукоятку можно скопировать или повторить выбор. Левой кнопкой мыши разместите эти рукоятки на лицевой панели ВП. Дайте названия этим органам управления. Для этого двойным щелчком мыши замените надпись Dial одной рукоятки на надпись Амплитуда, а другой рукоятки – на надпись Частота.

• Графический индикатор для отображения синусоидального сигнала. Для этого из палитры Controls выберите Graph – панель графических индикаторов, а на ней выберите Waveform Graph. Разместите этот индикатор на лицевой панели ВП. Перейдите в окно блокдиаграммы и убедитесь, что на ней появились функциональные блоки, соответствующие рукояткам регулирования и графическому индикатору.

Выберите источник синусоидального сигнала. Для этого правой кнопкой мыши в окне блок-диаграммы вызовите палитру функций – Functions, затем левой кнопкой выберите панель Waveform, затем панель Analog Waveform, затем панель Waveform Generation и на ней – Simulate Signal. Разместите этот функциональный блок в окне блок-диаграммы и левой кнопкой мыши растяните его за нижнюю грань – откроются дополнительные входные и выходные терминалы этого блока. С помощью левой кнопки мыши соедините входной терминал Amplitude с выходным терминалом блока одной из рукояток – для регулирования амплитуды, а входной терминал Frequency соедините с выходным терминалом блока другой рукоятки – для регулирования частоты. Выходной терминал Sine соедините с входным терминалом блока графического индикатора.

Запустите (включите) ВП в непрерывном режиме. Вид лицевой панели и блок- диаграммы после запуска ВП показан на рис. 4.3. Рукоятками Амплитуда и Частота изменяйте эти параметры и наблюдайте результат на графическом индикаторе.

Выключите (остановите) ВП.





Рис. 4.3. Вид лицевой панели и блок- диаграммы после запуска ВП

Для создания ВП также можно воспользоваться готовым шаблоном или ранее созданным ВП. Например, получим рассмотренный выше ВП из шаблона. Для этого в исходном окне LabVIEW нужно выбрать VI from Template (ВП из шаблона). В открывшемся окне (рис. 4.4) выбрать пункт Generate and Display (ВП для генерации и отображения сигнала) – запустится шаблон ВП. На его лицевой панели нужно добавить рукоятки для регулирования амплитуды и частоты сигнала, а также выполнить необходимые соединения на блокдиаграмме. Включить ВП и сравнить его работу с ранее созданным ВП. Выключить ВП.



Рис. 4.4. Получение ВП из шаблона

4.1.2. Контрольные вопросы

1. Функциональные возможности программы LabVIEW для лабораторных исследований.

2. Краткая характеристика интерфейса среды LabVIEW.

3. Назначение лицевой панели и блок-диаграммы.

4. Понятие концепции потокового программирования.

5. Понятие виртуального прибора и «подприбора» в программе. LabVIEW.

6. Назначение управляющих кнопок.

7. Назначение соединительной панели.

8. Порядок создания виртуального прибора для генерации синусоидального сигнала.

4.2. Лабораторный практикум на станциях ELVIS, ELVISII в среде LabVIEW

Использование среды LabVIEW для выполнения лабораторных исследований на станциях ELVIS, ELVISII значительно расширяет возможности учебного комплекса, описанные в 3 главе. В этом случае кроме «штатных» 12 виртуальных приборов станции можно создавать оригинальные ВП для конкретной исследовательской задачи.

В качестве примера рассмотрим лабораторный практикум по аналоговой и цифровой электронике, разработанный на кафедре информационных систем Московского государственного университета радиотехники, электроники и автоматики.

Практикум состоит из 8 лабораторных работ:

1. Исследование характеристик полупроводниковых диодов и устройств на их основе.

2. Исследование характеристик тиристора и управляемого выпрямителя.

3. Исследование вольтамперной характеристики туннельного диода.

4. Исследование характеристик биполярного транзистора.

5. Исследование характеристик полевого транзистора.

6. Исследование схем на основе операционного усилителя.

7. Исследование характеристик аналоговых компараторов. напряжения.

8. Исследование цифровых схем.

Исследуемые схемы собраны на однотипных модулях, устанавливаемых на макетную плату станции. Все необходимые соединения модуля с сигналами станции выполняются проводниками, входящими в комплект практикума. Причем коммутация выполняется отдельно и единообразно для аналоговых и цифровых модулей.

Программное обеспечение каждой лабораторной работы представлено оригинальными ВП, выполненными в среде LabVIEW. При этом во время работы доступна только лицевая панель ВП с расположенными на ней органами управления, графиками, а также необходимыми пояснениями и указаниями.

4.2.1. Задание на самостоятельную работу (пример выполнения лабораторной работы практикума)

Исследуйте вольтамперные характеристики (ВАХ) выпрямительного диода КД103А и стабилитрона КС 168А.

Установите лабораторный модуль Lab1A на макетную плату станции. Внешний вид модуля и схемы его соединений для исследования диода и стабилитрона показаны на рис. 4.5.

Загрузите и запустите программу Lab1A-1.vi – откроется начальное окно ВП (рис. 4.6). После ознакомления с целью работы нажмите кнопку «Начать работу». На экране появится лицевая панель ВП для снятия ВАХ выпрямительного диода КД103А (рис. 4.7).



Рис. 4.5. Модуль и схема его соединений для исследования диода и стабилитрона



Рис. 4.6. Начальное окно ВП

Рис. 4.7. Лицевая панель ВП для снятия ВАХ выпрямительного диода КД103А

Постройте прямую ветвь ВАХ диода. Для этого с помощью элементов управления ВП E_{min} и E_{max} выберите пределы изменения напряжения на выходе источника ЭДС от *0В* до +*2В*, после чего нажмите кнопку «Измерение». В результате на графическом индикаторе ВП построится реальная ВАХ выпрямительного полупроводникового диода КД103А (рис. 4.7). Для двух точек ВАХ диода определите статическое и дифференциальное сопротивление диода. Для этого, изменяя напряжение источника ЭДС с помощью ползункового регулятора, установите в первой точке ток через диод примерно равным 5мА, а затем во второй точке – примерно равным 6 мА. По показаниям амперметра $I_{\rm d}$ и вольтметра $U_{\rm d}$ рассчитайте статическое сопротивление диода в указанных точках по выражению $R_{\rm CT} = U_{\rm ПP}/I_{\rm ПP}$, а дифференциальное сопротивление – по выражению $R_{\rm ди\phi} = \Delta U/\Delta I$. Сравните полученные значения со справочными данными.

Нажмите на передней панели ВП кнопку «Перейти к заданию 2», на экране появится лицевая панель ВП для выполнения следующего задания (рис. 4.8).



Рис. 4.8. Лицевая панель ВП для выполнения задания 2

Рис. 4.9. Лицевая панель ВП, необходимая для выполнения задания 3

Постройте и исследуйте ВАХ стабилитрона КС 168А. Для этого с помощью элементов управления ВП E_{min} и E_{max} выберите пределы изменения напряжения источника ЭДС от -10 В до 2 В, затем нажмите кнопку «Измерение». В результате на графическом индикаторе ВП построится реальная ВАХ стабилитрона (рис. 4.8). По полученной ВАХ определите напряжение стабилизации, которое соответствует току через стабилитрон *I*ст = -10 мА. Сравните полученное значение со справочными данными.

Нажмите на передней панели ВП кнопку «Перейти к заданию 3» – на экране появится лицевая панель ВП, необходимая для выполнения задания 3 (рис. 4.9).

Исследуйте работу однополупериодного выпрямителя на полупроводниковом диоде – снимите осциллограммы напряжений на его входе и выходе. Для этого, используя элемент управления $U_{\text{вх.m}}$, установите амплитуду входного синусоидального сигнала $U_{\text{вх.m}}$, равную примерно 2 В. Затем нажмите кнопку «Измерение» на передней панели ВП. На графических индикаторах ВП появятся осциллограммы входного и выходного сигналов схемы выпрямителя (рис. 4.9).

Измерьте амплитуду сигнала на выходе выпрямителя $U_{\text{вых.MAX}}$. Для этого воспользуйтесь визирной линией, положение которой изменяется ползунковым регулятором, расположенным на передней панели ВП, а также цифровым индикатором для отсчета уровня напряжения.

Вычислите среднее за период значение выпрямленного напряжения на выходе выпрямителя по выражению

$$U_d = U_{\text{BMX. MAKC}} / \pi$$
.

Используя полученные осциллограммы, сравните периоды изменения сигналов на входе и выходе выпрямителя и измерьте максимальное обратное напряжение на диоде.

Выключите ВП – нажмите на передней панели ВП кнопку «Завершение работы».

5. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ В ПРОГРАММЕ MULTISIM

5.1. Введение в среду Multisim

Программа Multisim американской компании National Instruments широко применяется в отечественном образовании. Она предназначена для схемотехнического моделирования электрических цепей и может успешно использоваться для практического освоения основ электроники в учебных лабораториях технических вузов.

Программа содержит большое число библиотечных моделей электрических и электронных компонентов, готовые примеры аналоговых и цифровых устройств, а также. позволяет многократно и одновременно использовать любые из 18 виртуальных тестовых приборов.

В среде Multisim возможна работа как с «идеальными» элементами, так и с «реальными», т.е. приближенным к заводским изделиям. Это дает возможность синтезировать разнообразные схемы и проводить их анализ.

Окно программы Multisim (рис. 5.1) имеет типовые элементы, характерные для окна операционной системы Windows. Оно содержит главное меню, панели инструментов и библиотек компонентов, а также рабочую область для синтеза и анализа моделируемой схемы с подключенными к ней контрольно-измерительными приборами. При необходимости каждый из приборов может быть «развернут» в виде привычной лицевой панели с экраном и органами управления.

Главное меню состоит из следующих пунктов (для русскоязычного и англоязычного интерфейса): меню Файл (File), меню Редактор (Edit), меню Вид (View), меню Вставить (Place), меню Микроконтроллеры (MCU) – для моделирования микропроцессорных систем, меню Моделирование (Simulate) – для запуска, остановки, анализа исследуемой схемы, меню Трансляция (Transfer) – для преобразования исследуемой схемы в модель печатной платы, меню Инструментарий (Tools) – набор средств для работы с моделью схемы, меню **Информация** (Reports) – для создания отчетов проектируемой схемы, меню **Установки** (Options) – для выбора условий работы схемы, меню **Окно** (Window) – для работы с окнами, меню **Справка** (Help). В скобках указаны соответствующие термины для англоязычного интерфейса программы. Особенности этих меню рассмотрены ниже для русскоязычного интерфейса.

Меню Файл (рис. 5.2) позволяет осуществлять типичные операции работы с файлами – для их загрузки, сохранения, вывода на печать составных частей схемы. Для этих операций в Multisim служат стандартные изображения кнопок.

Меню Редактор (рис. 5.3) позволяет выполнять типичные операции редактирования схем, а также используется для проектирования печатных плат.

Меню **Вид** (рис. 5.4), кроме типичных функций вида окна, позволяет задать координатную **сетку** и поля рабочей области окна программы. В этом меню можно вызвать дополнительные панели, например, панели библиотек электронных компонентов, панели инструментов и др.

Меню **Вставить** (рис. 5.5) позволяет добавлять в схему электронные компоненты, соединители, шины, иерархические блоки, подсхемы и другие элементы.



Рис. 5.1. Окно программы Multisim



Меню **Микроконтроллеры** (рис. 5.6) позволяет строить схемы на базе микропроцессорных модулей, имеющихся в библиотеках программы.

С помощью меню **Моделирование** (рис. 5.7) можно задать вид анализа схемы, условия ее работы (например, идеальные или реальные), выбрать необходимые приборы.



Меню **Трансляция** (рис. 5.8) содержит команды преобразования проектируемой схемы в монтажную модель печатной платы.

Меню **Инструментарий** (рис. 5.9) позволяет выполнять операции по созданию и редактированию новых электронных компонентов, синтезировать и редактировать схемы на основе готовых шаблонов.

 Создатель дояпонентов Ваза данных Ослаатель схем Сродатель схем Сродатель схем Сродатель схемы Общенть контроненты схемы Сонскить маркеры Контроля Федактор синкова (вых Esc) Вражитор синкована (сенка Редактор синкована (маркеры КС выводов (вых Esc) Важитор синкована Редактор синкована (рекистроненты скемы (утект по спикку соединений Отностить маркеры контроля (утект по спикку соединений Обще ограничения Обще ограничения Осно Srpi (утект по спикку соединений Отность какет (утект по спикку соединений Ограничения скемы Обще ограничения скемы Орись 5.9. Менко Менко Менко Менко Менко Менко Менко Менко	Инструмент	кн		
База данных Создатель схем Сремичновать/перенумеровать Создатель схемы Обновить конпоненты схемы Соностить наркеры контроля Обновить сонволы удерарх. блока/подсхены Соностить наркеры контроля Очистить наркеры контроля Маркеры КС выводов (вых. Евс) Редактор синеола Редактор синеола Редактор описания схены Сле специях Федактор синеола Сле специях Редактор описания схены Сле специях Обновные установки Скеные установки Собо специя Сле специях Редактор описания схены Сле специях Показать накет Станстичуский отчет Отчет по списку соединений Ораничения схены Показать накет Отчет по списку соединений Показать накет Отчет по списку соединений Станстичуский отчет Отчет по списку соединений Отчет по списку соединений Ораничения схены Показать накет Отчет по списку соединений Сисков Контровать чето Общие ограничения Общие ограничения Ораничения схены Покткой по дерузистали Сисны ссили Понткой по дерузися <td< th=""><th>А Создатель компонентов</th><th></th><th></th><th></th></td<>	А Создатель компонентов			
Создатель скен Верениеновать/перенунеровать Зененть коепоненты. Суповерка правид соединений № Покерпа правид соединений № Очистить наркеры Контроля № Маркеры КС выводов (вых Есс) Ведактор описания схены Редактор описания схены № Показать накет № Евисактор ително № Соединений отмет № Соединений © Сиовеные установки № Станиструссаниений © Суповеные установки © Суповеные устано	<u>Б</u> аза данных	•		
Шрениченовать/перенумеровать Заменть контроненты © поверка правид соединений © поверка правид соединений © поверка правид соединений © мактир симола Редактор симсания схемы Шфоримация о конпонентах Фрере Фифорация о конпонентах Фрере Веркрестные ссылки Станистирский гочкет Станистирский гочкет Фрере Фифора Рисс. 5.10. Меню Инфоромациана<	<u>С</u> оздатель схем	•		
Ваненить контоненты © Проверка правид соединений © Редактор описания схены © Показать накет © Есисаtion Web Bage Рис. 5.9. Меню Информация о компонентах Отчет о свободных секциях Рис. 5.10. Меню Информация о Статистический отчет Отчет о свободных секциях Рис. 5.11. Меню Информация о Статистический отчет Отчет о свободных секциях Рис. 5.11. Меню Информация о Статистический отчет Отчет о свободных секциях Рис. 5.11. Меню Информация о Осно	Переименовать/перенумеровать			
Обновить конноненты схены Обновить синволы нерархи.блюка/подсхены Окностить маркеры контроля Маркеры IX свыводов (вых Евс) Редактор синвола Редактор синвола Редактор описания схены Информация окомпонентах Основить конноровать источ Основать макет Статистический отчет Отчет по списку соединений Перекрестные ссылки Статистический отчет Отчет о свободных секциях Рис. 5.9. Меню Информация окомпонентах Основ Берси Основные установки Статистический отчет Основ Берси Основ Берси Показать макет Статистический отчет Отчет о свободных секциях Рис. 5.9. Меню Информация окомпонентах Отчет о свободных секциях Орошенная версия Поиткой по дертикали Показать макет Фис. 5.9. Меню Меню Информация окомпонентах Отчет о свободных секциях <tr< th=""><th>Заменить ко<u>м</u>поненты</th><th></th><th></th><th></th></tr<>	Заменить ко <u>м</u> поненты			
Обноенть синеопы церарх. блока/подскены № Просерка правид соединений № Очистить маркеры Контроля № Маркеры КС выводов (вых Евс) <u>Редактор синеола</u> <u>Редактор синеола</u> <u>Редактор описания скены</u> <u>№ Редактор описания скены</u> <u>№ Показать макет</u> <u>№ Еducation Web Page</u> <u>Рис. 5.9.</u> <u>Мифор иши о компонентах</u> <u>© Сиовные установки</u> <u>Схемные установки</u> <u>Схемные установки</u> <u>Схемные установки</u> <u>Скены установки</u> <u>Скена1</u> <u>№ выбор</u> <u>Рис. 5.12.</u> <u>Меню</u> <u>Информация о компонентах</u> <u>Отичет о свободных секциях</u> <u>Меню</u> <u>Информация о компонентах</u> <u>Оскена</u> <u>№ рис. 5.12.</u> <u>Меню</u> <u>Меню</u> <u>Меню</u> <u>Окно</u>	<u>О</u> бновить компоненты схемы			
 Спроверка правид соединений № Проверка правид соединений № Очистить маркеры Контрола № Маркеры КС выводов (вых Евс) Ведактор синвола Редактор описания схены № Редактор описания схены № Ререкрестные ссылки № Рисс. 5.11. № Ререкрестные скылки № Рисс. 5.12. № Рисс. 5.12. № Рисс. 5.12. № Рисс № Рисс № Рисс № Рисс № Рисс № Рисс <	Обновить символы <u>и</u> ерарх.блока/подсхемы			
Кончестить маркеры Кентроля Кончестить маркеры Кентрола Редактор симеола Редактор симеола Редактор симеола Редактор симеола Редактор симеола Редактор симеола Редактор описания схемы Кончеровать метки Показать макет Кончеровать мекет Кончеровать жран Показать макет Рис. 5.9. Меню Меню Меню Меню Меню Меню Меню Меню Меню Меню Меню	Проверка прави <u>л</u> соединений			
 № Маркеры ИС выводов (вых Esc) Ведактор символа Редактор штампов № Редактор писания схемы № Редактор описания схемы № Редактировать интировать интировать интерфейс № Копировать экран Показать макет № Станстицеский отчет Отчет о свободных секциях № Рис. 5.10. Меню № Рис. 5.11. Рис. 5.12. Меню Меню Меню Меню Меню № Становки Схемные установки Плиткой по доризонтали Плиткой по доризонтали Станстицеский отчет Отчет о свободных секциях Рис. 5.11. Рис. 5.12. Меню Меню Меню 	K Очистить маркеры контроля			Окно Спра
Редактор цитачнов Устан Редактор цитачнов Слещификация Слещификация Информация о компонентах Общие ограничения Общие ограничения Общие ограничения Общие ограничения Ограничения Общие ограничения Ограничения Общие ограничения Ограничения Общие ограничения Оказать макет Отчет о свободных секциях Упрощенная версия Плиткой по доризонтали Показать макет Отчет о свободных секциях Рис. 5.9. Рис. 5.10. Менню Меню Меню Меню	崎 Маркеры NC выводов (вых Esc)			🔁 Новое
Редактор штанлов Редактор описания схены Редактор описания схены Редактор описания схены Редактировать истича Редактировать истича Копировать истича Стачистический отчет Фис. 5.9. Меню Информация Рис. 5.10. Меню Информация Рис. 5.11. Рис. 5.12. Меню Информация Рис. 5.12. Меню	<u>Р</u> едактор символа		⊻стан	📄 <u>З</u> акрыть
 У Редактор описания схены У Редактировать нетки Копировать экран Показать макет Фисл. 5.9. Рис. 5.10. Меню 	Редактор <u>ш</u> тампов	Инфори (но	Г≓ Основные установки	Закрыть все
 № Редактировать истки № Копировать экран © тчет по списку соединений © тчет по списку соединений © показать макет № Еducation Web Page Рис. 5.9. Рис. 5.10. Рис. 5.11. Рис. 5.12. Меню Осщие ограничения Осщие ограничения	🛪 Редактор описания схемы	<u>С</u> пецификация	Схемные <u>у</u> становки	
Отчет по списку соединений Ограничения схемы Плиткой по доризонтали Показать макет Отчет по списку соединений Модифицировать интерфейс Плиткой по дертикали Показать макет Отчет о свободных секциях Модифицировать интерфейс Плиткой по дертикали Ф Еducation Web gage Отчет о свободных секциях Упрошенная версия Скема1 Рис. 5.9. Рис. 5.10. Рис. 5.11. Рис. 5.12. Меню Меню Меню Меню Информация Установки Окно	👼 Редактировать метки	Информация о компонентах	Общие ограничения	ща <u>К</u> аскадом
Перекрестные ссылки Статистический отчет У Еducation Web Page Рис. 5.9. Меню Мено		<u>О</u> тчет по списку соединений	Ограничения схемы	Плиткой по соризонтали
Image: Claim Linger Ministry Упрошенная версия Гсемал Фис. 5.9. Рис. 5.10. Рис. 5.11. Рис. 5.12. Меню Меню Меню Меню Инструментарий Информация Установки Окно	Показать макет	Перекрестные ссылки	Модифицировать интерфейс	
Рис. 5.9. Рис. 5.10. Рис. 5.11. Рис. 5.12. Меню Меню Меню Меню Инструментарий Информация Установки Окно	Education Web Page	Статистический отчет	Упрошенная версия	
Рис. 5.9. Рис. 5.10. Рис. 5.11. Рис. 5.12. Меню Меню Меню Меню Инструментарий Информация Установки Окно	W Laucadon web Lage	отнот о свооодных сокциях		
Меню Меню Меню Меню Инструментарий Информация Установки Окно	Рис. 5.9.	Рис. 5.10.	Рис. 5.11.	Рис. 5.12.
Инструментарий Информация Установки Окно	Маша	Маша	Маша	Маша
Инструментарий Информация Установки Окно	ИСНЮ	мсню	MCHK	IVICHO
пструментарии тпформация зстановки Окно	Инструментарий	Информация	Установки	Окно

Меню **Информация** (рис. 5.10) содержит команды вывода сведений о библиотеках компонентов, о компонентах проектируемой схемы, команды вывода отчетов по проектируемой схеме.

Меню **Установки** (рис. 5.11) позволяет настроить программу, задать параметры рабочей области окна и синтеза схемы.

Меню Окно (рис. 5.12) содержит типичные команды для работы с окнами программы.

Меню Справка содержит информацию по работе с программой, а также позволяет получить контекстную справку по электронным компонентам.

Синтез схемы в среде Multisim сводится к выбору необходимых библиотечных компонентов и размещению их в рабочей области окна

программы. Компоненты с помощью левой клавиши мыши соединяются друг с другом проводниками. К схеме подключаются необходимые виртуальные тестовые инструменты. Работа схемы активизируется или останавливается виртуальным выключатель питания. При этом результаты анализа, например, ВАХ, осциллограммы, АЧХ, могут быть сохранены для последующего оформления лабораторной работы.

5.1.1. Задание на самостоятельную работу

(изучение системы виртуального моделирования Multisim)

Запустить программу. Изучить структуру окна, систему главного командного меню, состав и использование библиотек компонентов, правила и технологию создания схем, состав и использование виртуальных измерительных приборов.

5.1.2. Контрольные вопросы

Объяснить порядок использования команд главного командного меню для следующих задач.

1. Установка параметров элементов схемы.

2. Получение сведений об элементе схемы.

3. Изменение цвета проводника и наименования элемента схемы.

4. Удаление и изменение наименования и параметров элемента схемы.

5. Создание подсхемы.

6. Создание собственной библиотеки.

7. Назначение и использование осциллографа, мультиметра, функционального генератора, амперметра и вольтметра, Бодеплоттера, генератора слов, логического преобразователя и логического анализатора.

8. Получение справочных сведений о компоненте.

5.2. Лабораторный практикум в среде Multisim

Схемотехническое моделирование в среде Multisim значительно расширяет творческие границы лабораторных экспериментов на станциях ELVIS, ELVISII.

Большим достоинством программы является виртуальная лабораторная станция Virtual ELVIS. Эта функция, встроенная в среду Multisim, служит для предварительной разработки схем и последующей их реализации на реальной станции.

Для вызова окна редактора виртуальной станции Virtual ELVIS нужно выбрать в главном меню пункты Файл / Новый / Схема ELVIS. В результате откроется окно виртуальной станции (рис. 5.13 слева), а также будет доступно окно с трехмерным ее изображением по следующему пути: Инструментарий / Показать Макет (рис.5.13 справа).



Рис. 5.13. Окна: виртуальной станции и трехмерного ее изображения

Виртуальный ELVIS имеет вид реальной станции NI ELVIS. с соответствующими ее элементами. Органы управления на передней панели виртуальной станции недоступны, а рабочей областью станции является макетная плата.

Исследуемая схема собирается в окне редактора виртуальной станции так же, как в обычном окне редактора Multisim. Затем она подключается к источникам сигналов и тестовым приборам, расположенным слева и справа от рабочей области на виртуальной станции.

Для приобретения навыков монтажа реальной схемы используется трехмерный макет виртуальной станции. Он позволяет разместить электронные компоненты схемы и выполнить соединения на виртуальной макетной плате так же, как на реальной.

Трехмерное макетирование возможно и при сборке схемы в обычном окне редактора Multisim. Но в этом случае при вызове макета появится изображение не виртуальной станции, а виртуальной монтажной панели. На рис. 5.14 показана виртуальная панель с примером монтажной схемы.



Рис. 5.14. Виртуальная панель с примером монтажной схемы

При первом вызове макетной панели на ней представлены два ряда гнезд с одним слотом (щелью) между ними. В случае необходимости изменения числа слотов и рядов гнезд нужно вызвать диалоговое окно настроек панели и задать в нем другие параметры.

Электронные компоненты, размещаемые на монтажной панели, имеют стилизованный вид и выбираются из виртуальной кассеты внизу окна макета с помощью прокрутки левой клавишей мыши за внешние углы кассеты. Нужно отметить, что в кассете имеются только те электронные компоненты, которые находятся в рабочей области окна редактора Multisim, и после установки на панель всех компонентов кассета принимает свернутый вид. Электронные компоненты выбираются и размещаются на виртуальной монтажной панели с помощью левой кнопки мыши. Во время перемещения компонента над панелью ее гнёзда изменяют цвет на красный, обозначая место размещения компонента после отпускания кнопки.

В момент установки компонента на панель он изменяет свой цвет и на принципиальной схеме, в основном окне редактора Multisim. Соединение компонентов в схему виртуальными проводниками на панели выполняется с помощью левой кнопки мыши. Также с помощью последней панель может быть ориентирована в пространстве.

Информация об элементе монтажной схемы отображается в верхнем поле окна макета в момент наведения курсора мыши на данный элемент.

Важной особенностью Multisim является возможность использования трехмерных моделей компонентов вместо их условных обозначений при сборке принципиальных схем. Эта функция программы позволяет сравнить условные обозначения электронных приборов на принципиальной схеме модели с их реальными образами. На рис. 5.15 показано окно редактора с библиотечными трехмерными компонентами.



Рис. 5.15. Окно редактора с библиотечными трехмерными компонентами

Другой особенностью программы Multisim являются встроенные в нее модули программы LabVIEW, такие как Микрофон, Динамик, Анализатор сигналов, Генератор сигналов. Эти модули служат для передачи реальных данных, полученных с помощью виртуальных приборов, из программы LabVIEW в программу Multisim для дальнейшего использования.

Программа Multisim наиболее эффективна при моделировании цифровых устройств. Это объясняется полным соответствием модели цифровой схемы работе реального устройства. По сравнению с цифровыми моделями модели аналоговых схем лишь приближенно отражают работу реальных прототипов.

5.2.1. Задание на самостоятельную работу (пример выполнения лабораторной работы по изучению цифровых устройств)

Целью работы является изучение логических элементов (ЛЭ), приобретение навыков синтеза и анализа цифровых устройств (ЦУ) на ЛЭ, а также изучение работы тестовых и контрольноизмерительных приборов программы Multisim.

Multisim Запустите программу И соберите схемы ЛЛЯ ЛЭ 2И, 2И-НЕ, 2ИЛИ, 2ИЛИ-НЕ, исследования типов ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ, ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ. На рис. 5.16 в верхнем ряду расположены отечественные условные обозначения ЛЭ, а в среднем и нижнем рядах – соответствующие им обозначения в программе Multisim в стандартах DIN и ANSI соответственно. При запуске программы выбран стандарт ANSI. Для изменения стандарта в меню Установки нужно выбрать пункт Основные установки и в диалоговом окне задать другой стандарт.



Рис. 5.16. Условные обозначения ЛЭ



Рис. 5.17. Пример схемы для исследования ЛЭ типа 2И

В схеме используется источник питания +Vcc для задания уровня логической единицы, два двухпозиционных переключателя А и В для подачи на входы ЛЭ логических сигналов и три индикатора (пробника), подключенных к входам и выходу ЛЭ.

Подайте на входы ЛЭ все возможные комбинации логических сигналов. Контролируя состояния входов и выхода ЛЭ с помощью пробников, составьте таблицы истинности данных ЛЭ.

Исследуйте логические схемы с помощью генератора слов. Для этого соберите схему, изображенную на рис. 5.18. В ней используется интегральная микросхема (ИС) 74 серии, содержащая 4 ЛЭ типа 2И-НЕ. Для выбора этой ИС откройте окно компонентов, выберите группу TTL, а в ней – семейство 74LS_IC. В открывшемся окне выберите ИС 74LS00D.

На условном обозначении этой ИС входы первого ЛЭ обозначены 1А и 1В, а выход – 1Ү.

К входам этого ЛЭ подключите источник цифровых сигналов – генератор слов (Word Generator), расположенный в библиотеке инструментов. Используя справку, изучите назначение и работу генератора.

Разверните панель генератора и запрограммируйте его так, чтобы на его выходе получать поочередные последовательности комбинаций 00, 01, 10, 11. Переведите генератор в режим пошаговой работы нажатием кнопки «Step» и включите схему. Нажимая кнопку «Step», подавайте на микросхему комбинации из заданной последовательности. По состоянию пробника на выходе ЛЭ сравните результат с таблицей истинности ранее исследованного элемента 2И-НЕ.



Рис. 5.18. Исследование логических схем с помощью генератора слов

Для синтеза схемы, реализующей функцию с числом переменных не более 8-ми, можно воспользоваться логическим преобразователем (Logic Converter) из библиотеки инструментов. Используя справку, изучите назначение и работу этого прибора.

Разверните панель преобразователя и введите с клавиатуры в нижнее окно панели логическое выражение, например AB + B'C, что соответствует выражению функции $ab \vee \bar{b}c$ (операции ИЛИ соответствует знак +, инверсия обозначается апострофом).

Для реализации схемы в булевом базисе (на ЛЭ типа 2И, 2ИЛИ, HE) нажмите клавишу ^{▲IB} → ⇒ . В результате в рабочей области окна редактора появится схема, соответствующая введённому выражению (на рис. 5.19 слева). Для реализации схемы в базисе И-НЕ нажмите клавишу ^{▲IB} → ^{NAND} В результате появится схема, соответствующая введённому выражению и состоящая только из ЛЭ типа 2И-НЕ (на рис. 5.19 справа).



Рис. 5.19. Примеры реализации схем в булевом базисе
Подключите к входам схем генераторы слов, а к выходу - логические пробники. Протестируйте схемы, составьте таблицы истинности и сравните их между собой.

5.2.2. Контрольные вопросы

1. Понятие, назначение, условные обозначения логических операций И, ИЛИ, НЕ.

2. Условные обозначение, таблицы истинности, аналитические выражения ЛЭ типов 2И, 2ИЛИ, НЕ, 2И-НЕ, 2ИЛИ-НЕ, ИСКЛЮ-ЧАЮЩЕЕ ИЛИ, ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ-НЕ.

3. Назначение и порядок использования генератора слов.

4. Назначение и порядок использования логического преобразователя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренный в данном учебном пособии аппаратнопрограммный комплекс является компактным и эффективным средством для передачи базовых знаний, развития технического творчества в области основ электроники.

Интеграция в учебной лаборатории таких средств, как станция ELVIS, среда графического программирования LabVIEW и среда схемотехнического моделирования Multisim, позволяет выполнять лабораторные исследования с достаточным качеством, а также с меньшими материальными и временными затратами по сравнению с традиционным лабораторным оборудованием.

Эти три составляющие учебной лаборатории значительно расширяют творческие возможности как преподавателей, так и студентов. Использование этих средств в различных комбинациях и в комплексе позволит оптимизировать практическое изучение основ электроники. Рассмотрим пример организации лабораторных исследований в такой учебной лаборатории.

На первом этапе исследуемая схема собирается на макетной плате настольной лабораторной станции NI ELVIS или ELVISII, а затем анализируется с помощью виртуальных контрольно-измерительных и тестовых приборов станции.

На втором этапе исследуемая схема моделируется в Multisim и результаты ее анализа сравниваются с результатами первого этапа. Затем для развития и закрепления навыков монтажа схемы последняя собирается на виртуальной макетной панели программы Multisim.

На третьем этапе в среде LabVIEW создается оригинальный виртуальный прибор для экспериментов с исследуемой схемой.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника и микропроцессорная техника: Учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 2004.

2. Миловзоров О.В. Электроника: Учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 2005.

3. Новожилов О.П. Основы цифровой техники: Учеб. пособие для вузов. – М.: ИП «Радиософт», 2004.

4. Прянишников В.А. Электроника: Полный курс лекций. – СПб.: Корона, 2004.

5. NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite (NI EL-VIS). Hardware User Manual. © 2003–2006. National Instruments Corporation. All rights reserved (техническая документация на лабораторную станцию ELVIS).

6. Тревис Дж. LabVIEW для всех / Пер. с англ. Н.А. Клушина. – М.: ДМК Пресс; Прибор Комплект, 2005. – 544 с.: ил.

7. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7 / Под ред. П.А. Бутырина. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 204 с.: ил.

8. Пейч Л.И., Точилин Д.А., Поллак Б.П. LabVIEW для новичков и специалистов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 384 с.: ил.

9. Батоврин В.К., Бессонов А.С., Мошкин В.В. LabVlEW. Практикум по аналоговой и цифровой электронике: Лабораторный практикум. – М.: Моск. гос. ун-т радиотехники, автоматики и электроники, 2007. – 132 с.

10. Кардашев Г.А. Виртуальная электроника. Компьютерное моделирование аналоговых устройств. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 260 с.: ил.

11. Карлащук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Electronics Workbench и ее приложения. – М.: Солон Р, 2000. – 506 с.: ил.

12. Хернитер Марк Е. Multisim 7: Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств / Пер. с англ. А.И. Осипова. – М.: Издательский дом ДМК-пресс, 2006. – 488 с.: ил.

13. Лысенко О.В. Схемотехника цифровых устройств: Лаб. практикум. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2005. – 90 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
1. Общие сведения об аппаратно-программном	
комплексе	6
1.1. Контрольные вопросы	15
2. Виртуальные приборы комплекса ELVIS, ELVISII	16
2.1. Общие сведения о виртуальных приборах	16
2.2. Цифровой мультиметр	18
2.3. Осциллограф	20
2.4. Функциональный генератор	22
2.5. Регулируемые источники питания	25
2.6. Анализатор частотных характеристик	27
2.7. Анализатор спектра	28
2.8. Генератор сигналов произвольной формы	30
2.9. Виртуальный прибор чтения цифровых сигналов	32
2.10. Виртуальный прибор записи цифровых сигналов	32
2.11. Анализатор полного сопротивления	33
2.12. Двухпроводный вольтамперный анализатор	34
2.13. Трехпроводный вольтамперный анализатор	36
2.14. Контрольные вопросы	37
3. Применение виртуальных приборов комплекса	
ELVIS, ELVISII в лабораторных исследованиях	38
3.1. Применение виртуальных приборов при изучении	
полупроводниковых приборов	38
3.1.1. Задание на самостоятельную работу	39
3.1.2. Контрольные вопросы	41
3.2. Применение виртуальных приборов при изучении	
принципов построения и анализа электронных усилителей	41
3.2.1. Задание на самостоятельную работу	43
3.2.2. Контрольные вопросы	48

4. Выполнение лабораторных исследований	
в среде LabVIEW	. 49
4.1. Введение в программу LabVIEW	. 49
4.1.1. Задание на самостоятельную работу	
(создание ВП в среде LabVIEW)	. 52
4.1.2. Контрольные вопросы	. 55
4.2. Лабораторный практикум на станции ELVIS,	
ELVISII в среде LabVIEW	. 55
4.2.1. Задание на самостоятельную работу (пример	
выполнения лабораторной работы практикума)	. 56
5. Моделирование электронных схем	
в программе Multisim	. 60
5.1. Введение в среду Multisim	. 60
5.1.1. Задание на самостоятельную работу	
(изучение системы виртуального моделирования Multisim)	. 64
5.1.2. Контрольные вопросы	. 64
5.2. Лабораторный практикум в среде Multisim	. 65
5.2.1. Задание на самостоятельную работу (пример	
выполнения лабораторной работы по изучению	
цифровых устройств)	. 68
5.2.2. Контрольные вопросы	. 71
Заключение	. 72
Библиографический список	. 73

Учебное издание

Учебная лаборатория электроники на аппаратно-программном комплексе ELVIS-LabVIEW-Multisim

> ЛЫСЕНКО Олег Васильевич ГАВРИШ Петр Петрович МЕЛЕШКИН Юрий Александрович

Редактор Е.С. Захарова Выпускающий редактор Н.В. Беганова

Подп. в печать Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Усл. п. л. 4,4. Уч.-изд. л. 4,32. Тираж 30 экз. Рег. № 241/09

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный технический университет» 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Главный корпус

Типография филиала СамГТУ в г. Сызрани 446001, г. Сызрань, ул. Советская, 45