

УДК 621.311.6

**СИСТЕМНАЯ ПЛАТА УЧЕБНОГО ЛАБОРАТОРНОГО
СТЕНДА С ВИРТУАЛЬНОЙ ПЕРЕДНЕЙ ПАНЕЛЬЮ
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК
ЛИНЕЙНЫХ СТАБИЛИЗАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ**

В.К. Битюков, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой

М.А. Лухт[@], магистр

Н.Г. Михневич, заведующий лабораторией

В.А. Петров, д.т.н., профессор

*Кафедра теоретической радиотехники и радиофизики,
Московский технологический университет (МИРЭА), Москва 119454, Россия
[@]Автор для переписки, e-mail: max_luht@mail.ru*

Разработана, изготовлена и отлажена системная плата для автоматизированных исследований характеристик источников вторичного электропитания различных типов. Реализован вариант этой платы, предназначенный для исследования регулируемого компенсационного стабилизатора напряжения с непрерывным регулированием на интегральной микросхеме LM317L. Создано программное обеспечение для микроконтроллера PIC18F4550 компании Microchip Technology Inc., которое позволяет отображать информацию на семисегментных светодиодных индикаторах, реагировать на ввод с матричной клавиатуры и вести обмен данными с персональным компьютером при помощи интерфейса RS-232, следуя форме протокола. Создана виртуальная лицевая панель стенда, воспроизводящая реальную панель, и разработано программное обеспечение, позволяющее с помощью этой панели выполнять лабораторные эксперименты по изучению принципов работы, физики и схемотехники источников вторичного электропитания, а также управлять работой стенда дистанционно путем подключения его к персональному компьютеру с помощью USB-кабеля. Разработано дополнительное программное обеспечение, обеспечивающее свободу проектирования лабораторных работ. Оно позволяет легко вносить изменения в созданную виртуальную лицевую панель, изменять классы задач при проведении исследований и типы изучаемых источников вторичного электропитания.

Ключевые слова: учебный стенд, микросхема, линейный стабилизатор напряжения, виртуальная передняя панель, программирование новой виртуальной передней панели, программирование лабораторной работы.

MOTHER BOARD OF TRAINER WITH VIRTUAL FRONT PANEL FOR STUDY OF LINEAR VOLTAGE REGULATOR CHARACTERISTICS

V.K. Bityukov,
M.A. Lukht[@],
N.G. Mikhnevich,
V.A. Petrov

Moscow Technological University (MIREA), Moscow 119454, Russia

@Corresponding author e-mail: max_luht@mail.ru

A motherboard for computer-aided investigation of characteristics of secondary power supply sources has been developed, manufactured and adjusted. A version of such circuit board is made for the purpose of studying a controlled compensating voltage regulator with continuous control function, based on the integrated circuit LM317L. Software for microcontroller PIC18F4550 has been developed which allows to display information on seven-segment LED indicators, respond to the input from a matrix keyboard, exchange data, via interface RS-232 by means of protocol, with a personal computer. A virtual front panel of the test bench for training is created, reproducing a real one, and the developed software allows to use this panel for carrying out laboratory experiments related to studying of principles of operation, the basics of physics and circuit technique of secondary power supply sources, and also remotely controlling of the test bench through USB cable connected to the PC. Besides, the additional software allows to easily design laboratory experiments on the test bench. The additional software enables to easily introduce changes into the virtual front panel, to set different tasks during experiments and even change types of secondary power supply sources under investigation.

Keywords: trainer, integrated circuit, linear voltage regulator, virtual front panel, programming of new virtual front panel, programming of new laboratory experiments.

Введение

Значительную часть создаваемых источников вторичного электропитания (ИВЭ) различного назначения составляют стабилизированные источники, которые в своей основе используют микросхемы DC-DC преобразователей. Как правило, в каталогах продукции производителей электронных компонентов имеется достаточно большое количество микросхем, предназначенных для построения либо повышающих, либо понижающих, либо полярно-инвертирующих преобразователей. Однако приводимые в описаниях микросхем основные технические характеристики и параметры являются далеко не полными и охватывают далеко не все области их применения. В этой связи возникает необходимость получения значительного объема экспериментальной информации по регулировочным (зависимость выходного напряжения от входного) и нагрузочным (зависимость выходного напряжения от тока нагрузки) характеристикам, пульсациям выходного напряжения и реакции на ступенчатое изменение или отключение нагрузки. Такой объем исследований в реальном масштабе времени можно выполнить только на автоматизированном экспериментальном стенде с использованием современной измерительной техники.

Цифровые осциллографы и мультиметры являются основными измерительными приборами. Они могут управляться путем нажатия кнопок на их лицевой панели или дистанционно от подключенного к ним персонального компьютера (ПК). В последнем случае требуется разработка соответствующего программного обеспечения. Разработка и отладка программ обычно занимает достаточно много времени. Временные затраты значительно уменьшаются, если использовать среду графического программирования LabVIEW [1], в которой могут работать приборы, имеющие соответствующие драйверы. В то же время необходимо отметить, что создаваемые в этой среде виртуальные передние панели приборов не являются близкой копией лицевых панелей реальных приборов, их изображение на экране монитора существенно отличается от вида лицевой панели реального прибора.

В последние годы передовые приборостроительные фирмы стали поставлять вместе с приборами программное обеспечение (ПО), в котором виртуальные лицевые панели, предназначенные для дистанционного управления приборами, даже такими сложными, как современные осциллографы, очень близки к реальным лицевым панелям [2–5]. Дистанционное управление мультиметрами с помощью виртуальной лицевой панели осуществить намного проще, чем указанное выше управление осциллографами. Самой трудной проблемой реализации дистанционного управления процессом исследования основных характеристик регулируемых стабилизированных источников вторичного электропитания является дистанционное управление работой экспериментального стенда.

В настоящее время на кафедре теоретической радиотехники и радиофизики Московского технологического университета (МИРЭА) разработана виртуальная лицевая панель с лабораторным стендом для исследования ИВЭ на базе DC-DC преобразователя с накачкой заряда, внедренная в состав учебно-методического комплекса [6]. Виртуальная лицевая панель разработана в среде программирования RAD Studio Embarcadero и обеспечивает взаимодействие с лабораторным стендом. В представленной статье использован более широкий подход, предусматривающий проведение исследований ИВЭ различных типов, суть которого будет изложена ниже на примере ИВЭ с регулируемым линейным стабилизатором напряжения.

Целью настоящей работы стало создание материнской платы автоматизированного универсального учебного стенда, который позволял бы проводить лабораторные работы и получать большой объем экспериментальной информации по регулировочным и нагрузочным характеристикам, пульсациям выходного напряжения и реакции на ступенчатое изменение или отключение нагрузки различных ИВЭ. Необходимо подчеркнуть, что такой лабораторный учебный стенд должен иметь дистанционное управление с помощью виртуальной передней панели (ВПП), отражающей реальную лицевую панель стенда и предоставляющей возможность взаимодействия стенда с ПК через интерфейс USB. Поскольку создаваемый стенд должен быть универсальным, предусматривающим смену объекта исследования, предстояло разработать ПО для ПК, которое позволяло бы легко проектировать любую новую учебную лабораторную работу путем создания новой ВПП для новой конкретной реализации ИВЭ.

1. Лабораторный стенд для исследований характеристик линейных стабилизаторов напряжения

Нами разработан экспериментальный стенд, который получил название «учебный лабораторный стенд ИП201». Он предназначен для изучения принципов работы, физики

и схемотехники источников вторичного электропитания. Его структурная схема представлена на рис. 1.

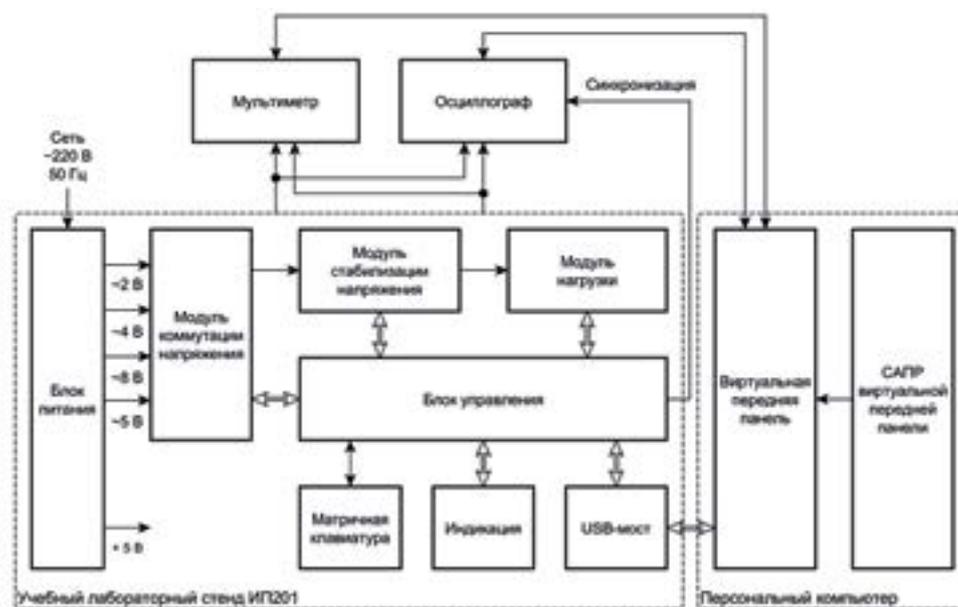


Рис. 1. Структурная схема учебного лабораторного стенда ИП201.

Лабораторный стенд ИП201 представляет собой модульную конструкцию: он позволяет использовать различные модули коммутации напряжения, стабилизации и нагрузки, тем самым обеспечивая возможность проектирования широкого спектра лабораторных работ для исследований характеристик стабилизаторов напряжения.

Помимо указанных модулей, в составе лабораторного стенда имеются и такие элементы, как блок питания, блок управления, матричная клавиатура, индикация и USB-мост для обмена данными лабораторного стенда с персональным компьютером. В качестве измерительного оборудования используется мультиметр и осциллограф. Мультиметр, осциллограф и блок управления находятся под управлением ПК.

Подключаемый к сети блок питания снабжает стабилизированным напряжением +5 В весь лабораторный стенд ИП201, а также осуществляет подачу на модуль коммутации переменного напряжения 2, 4, 8, 5 В частотой 50 Гц. Такой набор переменных напряжений предназначен для регулировки входного напряжения модуля стабилизации, в составе которого имеется стабилизатор напряжения, являющийся объектом исследования. Регулировка осуществляется посредством поступления команд от блока управления. Модуль нагрузки предназначен для регулировки нагрузочного тока исследуемого стабилизатора напряжения.

Блок управления представляет собой микроконтроллер PIC18F4550 фирмы Microchip [7], который осуществляет управление модулями лабораторного стенда и контроль их состояния, а также обеспечивает взаимодействие с персональным компьютером через USB-мост. Помимо этого, для установки интерфейса человек–машина микроконтроллер осуществляет управление матричной клавиатурой и индикацией. Чтобы управлять модулями коммутации напряжения, стабилизации, нагрузки и индикацией, микроконтроллер использует последовательную асимметричную шину данных (*inter-integrated circuit* –

ПС или I²C, а также I2C); для взаимодействия с персональным компьютером через USB-мост – универсальный асинхронный приёмопередатчик (*universal asynchronous receiver-transmitter* – UART).

Основой лабораторного стенда ИП201 является двухсторонняя печатная плата (рис. 2, 3). Это универсальная платформа на основе микроконтроллера PIC18F4550 с тремя сокетом индивидуальной разработки для подключения модулей коммутации напряжения, стабилизации и нагрузки в виде плат расширения. Платы расширения определяют модульность лабораторного стенда ИП201 и тем самым дают возможность проектировать широкий спектр лабораторных работ для исследований характеристик стабилизаторов напряжения. Каждый сокет конструктивно состоит из двух гнездовых разъемов 1×14, на контакты которых выведены линии связи последовательной асимметричной шины данных ПС, линии аналоговых сигналов и прерываний, а также линии питания + 5 В и заземление.

Лабораторный стенд ИП201 оснащен матричной клавиатурой в виде шестнадцати тактовых кнопок и восемью семисегментными индикаторами, которыми управляют два четырехразрядных светодиодных драйвера SAA1064 [8]. При непосредственном подключении такого количества тактовых кнопок необходимо было бы выделить столько же линий ввода–вывода микроконтроллера PIC18F4550. Однако для более рационального использования линий портов микроконтроллера в лабораторном стенде ИП201 шестнадцать тактовых кнопок подключены с помощью матричной схемы. Тактовые кнопки группируются в четыре ряда и четыре столбца, тем самым позволяя снизить количество выводов, необходимых для подключения к микроконтроллеру, в два раза. Наряду с этим, усложняется алгоритм выявления нажатия на такую матричную клавиатуру.

Драйвер SAA1064 является отдельной микросхемой, которая управляет парой двухразрядных семисегментных индикаторов. Оба драйвера подключены к микрокон-

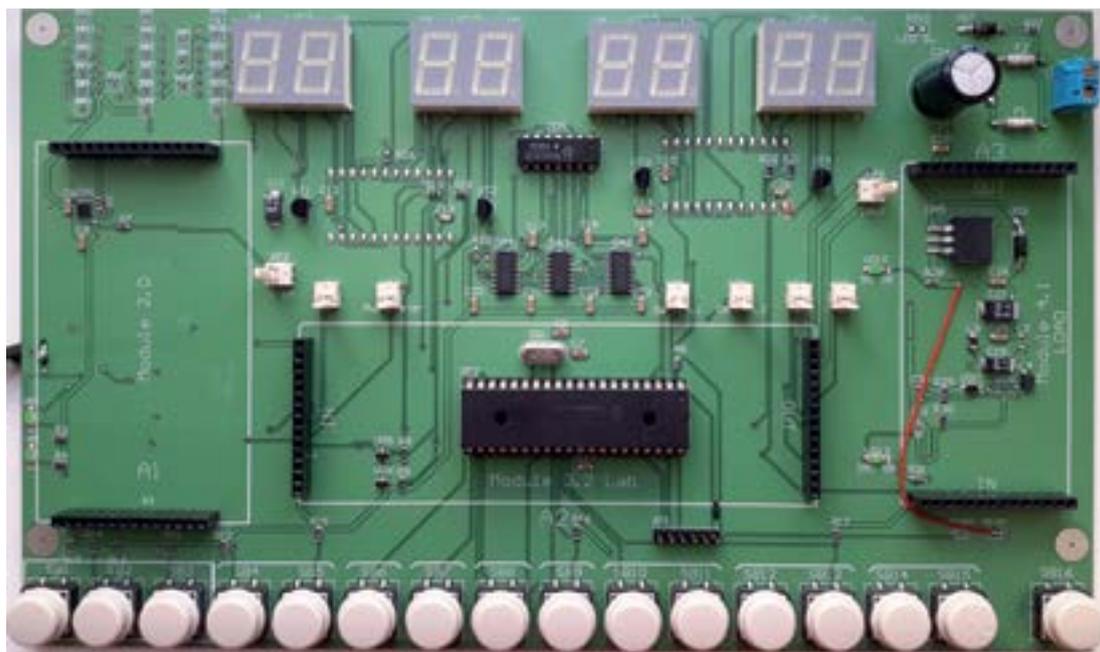


Рис. 2. Лицевая сторона материнской платы лабораторного стенда ИП201.

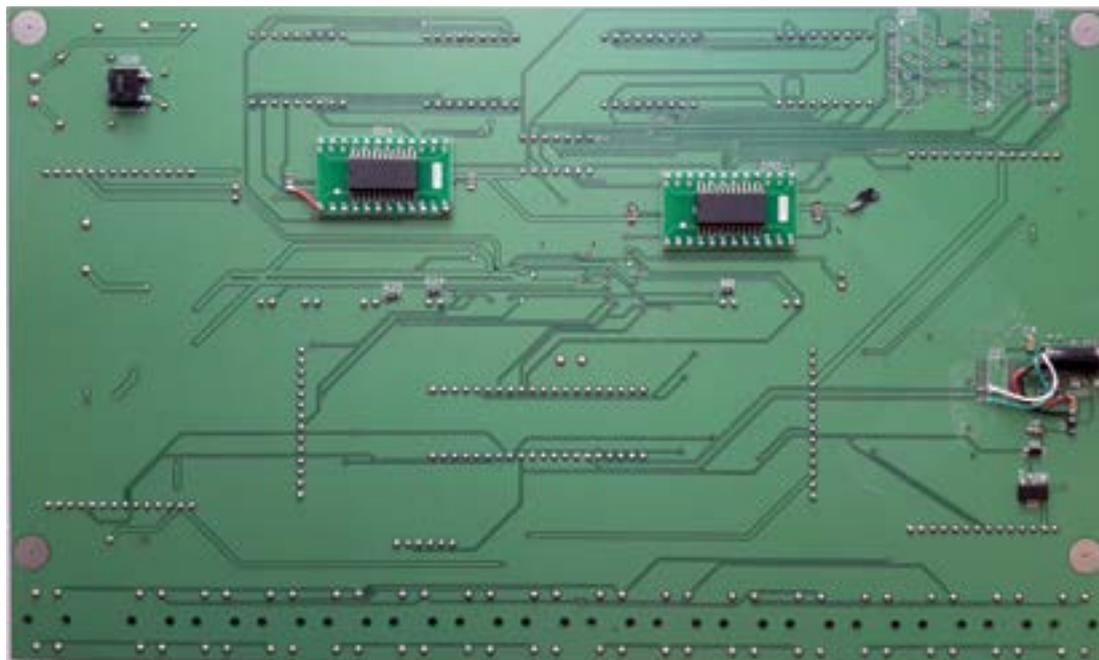


Рис. 3. Обратная сторона материнской платы лабораторного стенда ИП201.

троллеру PIC18F4550 по последовательной асимметричной шине I2C и имеют адрес устройства, соответствующий подаваемому напряжению на вывод ADR. Драйвер работает в режиме поразрядной динамической индикации. В таком режиме в каждый момент времени «зажигается» не один сегмент, а весь разряд индикатора.

Использование драйверов позволяет сэкономить выводы микроконтроллера: требуется только две сигнальные линии шины I2C, и нет необходимости микроконтроллеру самому «зажигать» разряды индикаторов – в это время он может выполнять другие операции.

Связь лабораторного стенда и персонального компьютера осуществляется с помощью одноканального аппаратного USB-моста FT232RL [9] компании FTDI. Микросхема FT232RL, преобразуя интерфейс USB – UART, позволяет организовать последовательный обмен данными, следуя форме протокола, между микроконтроллером PIC18F4550 и ПК. На стороне ПК устанавливается драйвер, создающий виртуальный COM-порт.

2. Виртуальная передняя панель лабораторного стенда

Виртуальная передняя панель лабораторного стенда – это виртуальное представление реальной лицевой панели лабораторного стенда с его элементами управления и индикации на персональном компьютере. Для работы с ВПП разработано программное обеспечение с названием VirtualPanel (рис. 4) с помощью кроссплатформенного инструментария Qt [10] на языке программирования C++ [11]. Оно предназначено для проведения учащимися лабораторных работ.

На такой ВПП отображаются:

- 1) функциональная схема лабораторного стенда в соответствии установленным модулям коммутации напряжения, его стабилизации и регулирования тока нагрузки;
- 2) эстетические элементы: надписи и пр.



Рис. 4. Окно виртуальной передней панели лабораторного стенда ИП201.

3) отображаются элементы управления и индикации (рис. 5), с помощью которых производится взаимодействие с лабораторным стендом.

К элементам управления (ЭУ) относятся:

- 1) кнопки;
- 2) переключатели;
- 3) энкодеры.

К элементам индикации (ЭИ) относятся:

- 1) светодиодный семисегментный индикатор;
- 2) светодиодный индикатор.

VirtualPanel позволяет связываться с лабораторным стендом ИП201 и производить обмен данными с помощью интерфейса RS-232, следуя форме протокола. Лабораторный стенд подключается к USB-порту персонального компьютера.

ВПП синхронизирована с лабораторным стендом, т.е. если производят воздействие на ЭУ, то данные о таком воздействии присутствуют и на лабораторном стенде, и на ВПП. Аналогично, когда индикация лабораторного стенда меняет свое состояние, ВПП принимает данные об этом изменении и отображает их на элементах индикации.

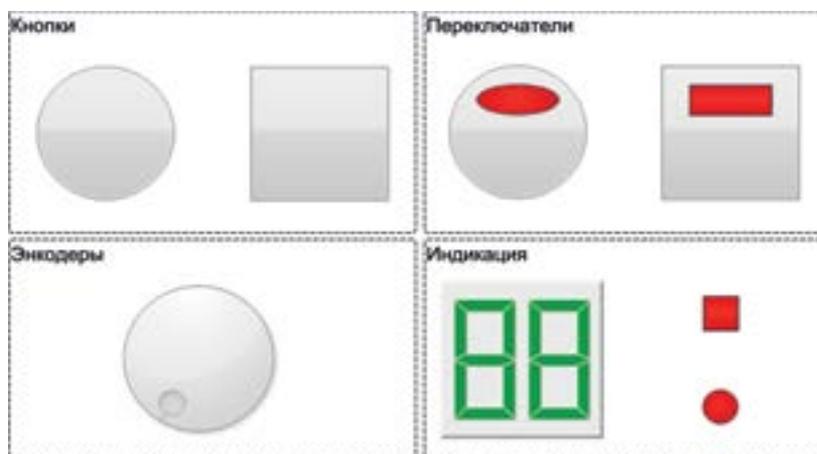


Рис. 5. Элементы управления и индикации.

VirtualPanel предоставляет также выбор выполняемой лабораторной работы (рис. 6). При этом будет производиться загрузка соответствующей ВПП и ее описания в виде pdf-документа.

В процессе выполнения лабораторной работы могут возникнуть вопросы. Для ответов и разъяснений предусмотрены справки на элементах управления и индикации (рис. 7). Такие справки вызываются нажатием правой кнопки мыши по соответствующему элементу управления или индикации.

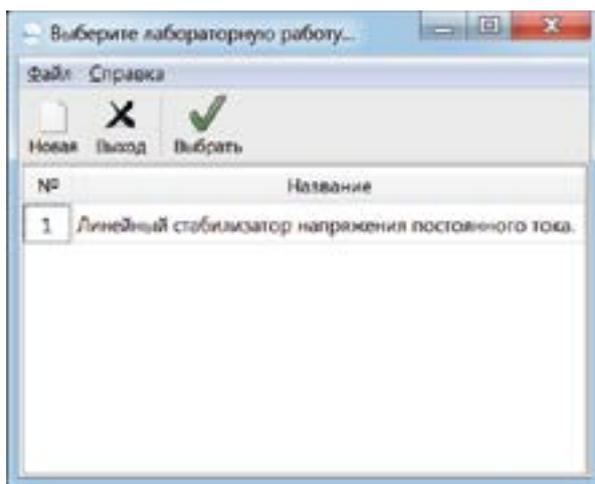


Рис. 6. Окно выбора лабораторной работы.



Рис. 7. Текст справки на элементах управления и индикации.

3. Система автоматизированного проектирования виртуальной передней панели

Система автоматизированного проектирования виртуальной передней панели (САПР ВПП) – это программное обеспечение с названием VPDesigner, которое предназначено для преподавателей вуза и имеет возможности проектирования лабораторной работы для учащихся (рис. 8).

VPDesigner, как и VirtualPanel, разработан с помощью кроссплатформенного инструментария Qt на языке программирования C++.

Лабораторная работа представляет собой такие связанные части, как:

- 1) виртуальная передняя панель лабораторного стенда;
- 2) программа выполнения (описание) лабораторной работы;
- 3) прикрепляемый лабораторный стенд.

VPDesigner позволяет объединить эти части и образовать из них лабораторную работу, впоследствии запускаемую учащимся в программе VirtualPanel, то есть спроектировать ВПП лабораторного стенда, определить программу выполнения, объединить их в лабораторную работу и привязать ее к лабораторному стенду.

VPDesigner не предоставляет возможности проектирования всей ВПП, а только возможность размещения на рабочем пространстве элементов управления и индикации. Функциональная схема лабораторного стенда и прочие эстетические элементы являются фоном. Такой фон проектируется в стороннем программном обеспечении, например splan, CorelDRAW, Adobe Illustrator и другие редакторы, позволяющие экспортировать документ в векторное изображение scalable vector graphics (SVG). Фон является файлом



Рис. 8. Окно САПР ВПП VPDesigner.

с расширением «.svg», который можно загрузить в VPDesigner. Представление ВПП векторным изображением SVG является большим плюсом, так как открывать ВПП можно на мониторе ПК с любым разрешением.

Выводы

Разработана, изготовлена и отлажена основная измерительная плата для автоматизированных исследований характеристик источников вторичного электропитания. Реализован вариант платы, предназначенный для исследования линейных стабилизаторов напряжения.

Разработано ПО для микроконтроллера PIC18F4550, которое позволяет отображать информацию на семисегментных светодиодных индикаторах, реагировать на ввод матричной клавиатуры и вести обмен данными с ПК по форме протокола.

Разработано ПО для ПК под названием VirtualPanel. Оно обеспечивает возможность выполнения лабораторных работ по изучению принципов функционирования, физики и схемотехники источников вторичного электропитания; позволяет дистанционно управлять лабораторным стендом ИП201, наилучшим образом организовывая при этом изучение ИВЭ, а также обучая пользователя применению современной автоматизированной измерительной техники для выполнения различных измерений.

Помимо того, разработано ПО с названием VPDesigner, задача которого - обеспечить свободу проектирования лабораторных работ для лабораторного стенда ИП201. VPDesigner позволяет проектировать лабораторную работу путем создания ВПП для конкретной лабораторной работы, в которой участвует тот или иной объект исследования.

Созданный программный комплекс обеспечивает свободу выбора учебного материала с возможностью модификации его содержания, а также проведения исследований ИВЭ различных типов. Для работы с ним не требуется высококвалифицированного оператора. Наряду с иными виртуальными панелями, такой программный комплекс позволя-

ет создавать не только близкую копию лицевой панели лабораторного стенда, но и набор полноценных лабораторных работ.

Литература:

1. Тревис Дж., Кринг Дж. LabVIEW для всех. М.: ДМК Пресс, 2008. 880 с.
2. Keysight Technologies, InfiniiVision 3000T X-Series Oscilloscopes Data sheet. URL: <http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/5990-6619EN.pdf?id=2002858>
3. Серков Д.А. Новые 4-х-канальные осциллографы эконом класса LeCroy серии WaveAce, URL: www.prist.ru/info.php/articles/waveace_4ch.htm
4. Афонский А.А. Новые модели цифровых осциллографов АКТАКОМ – большой шаг в автоматизацию измерений // Контрольно-измерительные приборы и системы. 2009. № 2. С. 9–19.
5. Good Will Instrument Co., Freewave user manual. V.3.2. URL: www.gwinstek.com/en/download/downloadfilelist.aspx
6. Битюков В.К., Иванов А.А., Михневич Н.Г., Перфильев В.С., Петров В.А. Виртуальная лицевая панель реального стенда для дистанционного управления исследованием характеристик стабилизированных источников вторичного электропитания // Электромагнитные волны и электронные системы. 2014. Т. 19. № 1. С. 52–57.
7. Microchip Technology Inc., PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet. URL: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39632e.pdf>
8. Philips Semiconductors., 4-digit LED driver with I2C-bus interfase SAA1064. URL: <https://4donline.ihs.com/images/VipMasterIC/IC/PHGL/PHGLS08120/PHGLS08120-1.pdf?key=EF798316E3902B6ED9A73243A3159BB0>
9. Future Technology Devices International Ltd., FT232R USB UART IC. URL: http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/ICs/DS_FT232R.pdf
10. Бланшет Ж., Саммерфилд М. Qt4. Программирование GUI на C++: пер. с англ. 2-е изд., доп. М.: КУДИС-ПРЕСС, 2008. 738 с.
11. Шилдт Г. C++ базовый курс: пер. с англ. 3-е изд. М.: Издательский дом «Вильямс», 2010. 845 с.