

УДК 621.396.6

**Есмаханова Л.Н.\*, Темиргалиев Т.К., Темиргалиев А.Т.**

Таразский Региональный Университет им. М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТЛАДОЧНЫХ ПЛАТ ANALOG SYSTEM LAB KIT PRO ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЛАБОРАТОРНЫХ СТЕНДОВ ЭЛЕКТРОНИКИ**

***Аннотация.** Дано описание и приведены характеристики и параметры исследовательского отладочного комплекса ANALOG SYSTEM LAB KIT PRO, на основании чего рассмотрены возможности использования полнофункциональной отладочной платы для проведения лабораторных работ с аналоговой электроникой на универсальных лабораторных стендах «Электро- и Радиоэлектронные Практикумы» кафедры «Автоматики и телекоммуникаций» Таразского Регионального университета им. М.Х. Дулати.*

***Ключевые слова:** аналоговая электроника, операционные усилители, аналоговые умножители, отладочная система и плата ANALOG SYSTEM LAB KIT PRO, ЦАП, интегратор, дифференциатор*

### **Введение**

Отладочная плата Analog System Lab Kit PRO (ASLK PRO) [1] предлагается для проведения экспериментов с аналоговой электроникой. Исследовательский лабораторный стенд предназначен для студентов электро- и радиотехнических специальностей для изучения работы электронных элементов и интегральных схем общего назначения, а также для инженеров и радиолюбителей для макетирования проектов, содержащих аналоговые компоненты. На плате установлены три операционных усилителя [2] общего назначения TL082, три прецизионных аналоговых умножителя МРУ634, 12-битный параллельный ЦАП DAC7821, DC/DC контроллер TPS40200, стабилизатор TPS7250 и отдельные элементы: резисторы, диоды и транзисторы.

Для проведения виртуальных экспериментов предполагается использовать соответствующее программное обеспечение:

- 1) TINA или PSpice или любой мощный симулятор на движке SPICE;
- 2) FilterPro - программа для проектирования аналоговых фильтров;
- 3) SwitcherPro - программа для проектирования источников питания.

Хотя цифровая обработка сигналов является в настоящее время наиболее распространенной формой обработки сигналов, обработка аналоговых сигналов не может быть полностью исключена, так как реальный мир аналоговый по природе. Очевидно, что аналоговые схемы играют решающую роль в реализации всей совокупности электронных систем.

Цель использования отладочной платы ASLK PRO предоставить студентам знакомство с возможностями и областями применения аналогового и смешанного методов обработки сигнала. В рамках лабораторного курса студент будет строить аналоговые системы, используя аналоговые микросхемы, и изучать их структурные и блок схемы модели, характеристики и ограничения.

Основным направлением учебного процесса на основе ASLK PRO должно быть сосредоточено на концепции проектирования, а не на схемотехнике разрабатываемых электронных устройств. При этом в системном проектировании предлагается использовать аналоговые ИС в качестве строительных блоков больших электронных систем.

Лабораторный курс ASLK PRO содержит 14 лабораторных работ (экспериментов), которые могут проводиться как индивидуально, так и группами по два и более студентов. Лабораторные работы в Analog System Lab можно разделить на две части следующим образом.

Часть I - Изучение основ аналоговой электроники (элементной базы и типовых схем).

Часть II - Создание аналоговых систем.

В первой части лабораторные работы сосредоточены вокруг следующих двух компонентов:

- 1) операционный усилитель общего назначения производства Texas Instruments OP-amp TL082, JFETinput;
- 2) широкополосный прецизионный аналоговый умножитель MPY634 от Texas Instruments.

Используя эти компоненты, студент будет строить каскады усилителей, буферные модули, инструментальные усилители и регуляторы напряжения. Во время выполнения лабораторных работ изучаются и исследуются несколько важных и базовых понятий, таких как измерение полосы пропускания, скорость нарастания напряжения сигнала операционных усилителей.

Вторая часть лабораторных работ концентрируется на создании аналоговых систем с использованием блоков, упомянутых выше.

Во-первых, изучаются интеграторы и дифференциаторы [3], необходимые для реализации фильтров, которые могут ограничивать полосу пропускания сигнала до процесса выборки, чтобы избежать ошибок наложения.

Также рассматривается аналоговый компаратор, который является устройством смешанного режима – его вход является аналоговым, а выход - цифровым. В компараторе время нарастания, время спада и время задержки важны помимо входного смещения. Функциональный генератор также является системой смешанного режима, которая использует интегратор и регенеративный компаратор в качестве базовых блоков. Функциональный генератор способен генерировать треугольную и прямоугольную форму колебаний. Подобные колебания используются при широтно-импульсной модуляции в преобразователях постоянного тока, импульсных источниках питания и усилителях мощности класса D.

Аналоговый умножитель, который является усилителем, управляемым напряжением или током, находит применение в коммуникации схемы в виде смесителя, модулятора, демодулятора и фазового детектора. Умножитель применяется в схеме генератора, управляемого напряжением (ГУН); генератора сигналов с частотной модуляцией или генератора сигналов с частотным ключом; в модемах, в автоматических регуляторах усиления (APU), амплитудно-стабилизированных генераторах сигналов, самонастраивающихся (адаптивных) фильтрах и контурах с блокировкой по частоте, фазогенераторы, использующие управление напряжением, умножитель в качестве фазового детектора.

В лабораторном курсе ASLK PRO частотный диапазон всех приложений ограничен диапазоном 1-10 кГц, что объясняется следующими причинами:

- макромодели для идеального устройства могут быть использованы в моделировании;
- персональный компьютер может быть использован вместо осциллографа.

Для работы с отладочной платой Analog System Lab Kit PRO (ASLK PRO) дополнительно требуются:

- 1) осциллограф аналогового или цифрового исполнения;
- 2) двухполярный источник электропитания с регулируемым напряжением  $\pm 10$  В;

- 3) функциональные генераторы, которые могут работать в диапазоне частот от 1 кГц до 10 МГц и способны генерировать синусоидальные, прямоугольные и треугольные колебания;
- 4) персональный компьютер с установленным программным обеспечением для моделирования электрических и электронных цепей.

При выполнении лабораторных работ Analog System Lab, необходимо иметь ввиду.

1. По умолчанию величина и частота входного сигнала устанавливается в диапазоне от 0 до 1 Вольта в качестве амплитуды входного сигнала и 1 кГц в качестве частоты.

2. Необходимо использовать синусоидальный входной сигнал при анализе частотного отклика и использовать прямоугольный входной сигнал при изучении переходного отклика.

Рассмотрим более подробно отладочную плату Analog System Lab ASLK PRO (рисунок 1).

Лабораторный набор Analog System Lab ASLK PRO разделен на множество модулей, обозначенных цифрами на рисунке 1.

1. На ASLK PRO есть три интегральных микросхемы TL082 OP-Amp с маркировкой 1, 2, 3. Каждая из этих микросхем имеет два усилителя, которые помечены как А и В. Таким образом, 1А и 1В являются двумя операционными усилителями OP-AMps (operational amplifier), размещёнными на кристалле на OP-AMP тип I и так далее. Шесть операционных усилителей классифицированы, как показано ниже в таблице.

| <b>Операционные усилители</b> | <b>Тип</b> | <b>Назначение</b>                 |
|-------------------------------|------------|-----------------------------------|
| 1А                            | TYPE I     | Инвертирующая конфигурация только |
| 1В                            | TYPE I     | Инвертирующая конфигурация только |
| 2А                            | TYPE II    | Полная конфигурация               |
| 2В                            | TYPE II    | Полная конфигурация               |
| 3А                            | TYPE III   | Базовая конфигурация              |
| 3В                            | TYPE III   | Базовая конфигурация              |

Таким образом, операционные усилители имеют маркировку TYPE I, TYPE II и TYPE III на плате. Операционные усилители с маркировкой TYPE I могут подключаться только в инвертирующей конфигурации. С помощью разъемов в контуре обратной связи усилителя могут использоваться либо резисторы, либо конденсаторы. Существует два таких усилителя TYPE I. Существует два усилителя TYPE II, которые можно настроить как инвертирующие или неинвертирующие усилители. Наконец, у нас есть два усилителя TYPE III, которые можно использовать в качестве буферов напряжения.

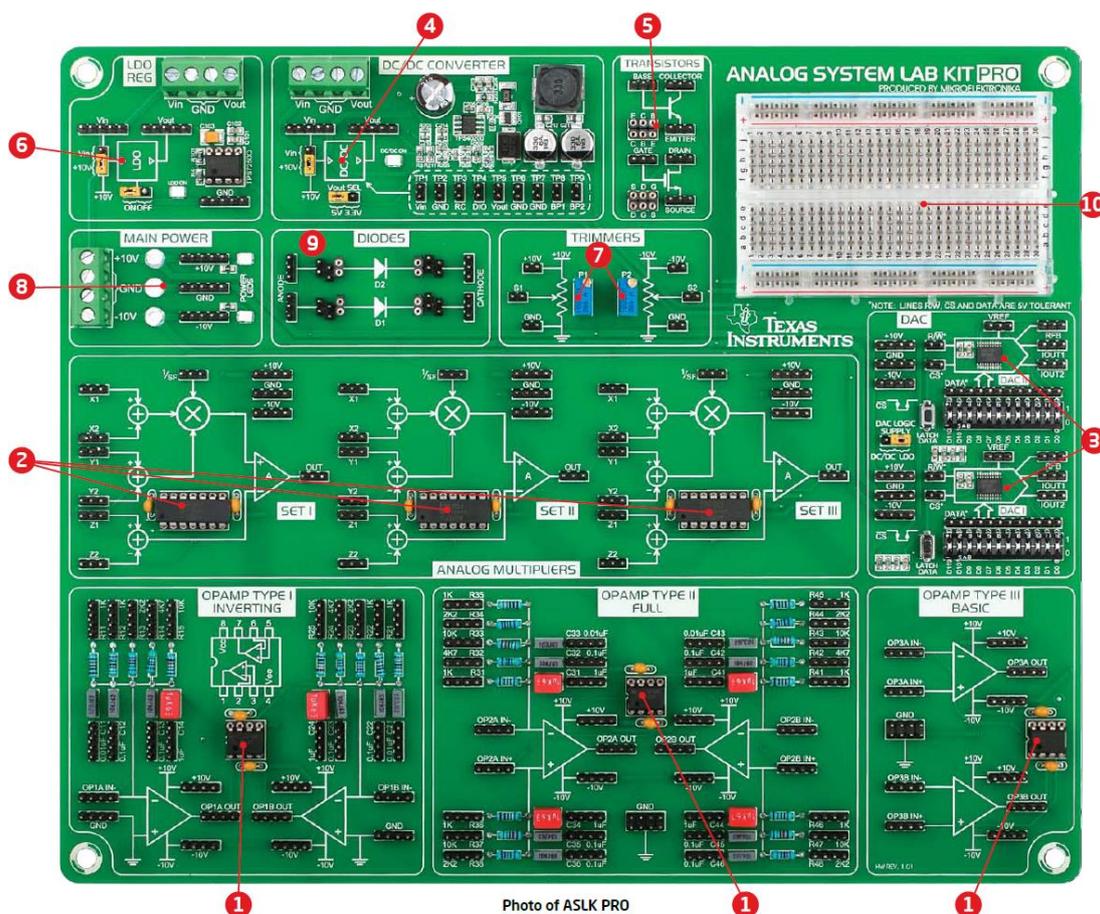


Рис.1 - Отладочная плата Analog System Lab ASLK PRO

2. В комплект входят три аналоговых умножителя. Это прецизионные аналоговые умножители с широкой полосой пропускания от Texas Instruments (MPY634). Каждый умножитель представляет собой 14-контактную микросхему и работает от внутреннего источника питания  $\pm 10$  В.

3. В комплект входят два цифро-аналоговых преобразователя (ЦАП), обозначенные как ЦАП I и ЦАП II. Оба ЦАП являются DAC7821 от Texas Instruments. Это 12-разрядные умножающие ЦАП с параллельным входом, которые можно использовать вместо аналоговых умножителей в схемах, таких как AGC/AVC. Заземление и источники питания обеспечиваются внутри ЦАП. Переключатель DAC Logic Supply Jumper может использоваться для подключения логических источников питания DAC I и DAC II.

Преобразователь LDO или DC/DC расположен на плате. Используя переключатели с тремя состояниями, вы можете установить 12-битные входные данные для каждого ЦАП на желаемое значение. Нажмите кнопку Latch Data, чтобы запустить цифроаналоговое преобразование.

4. В состав ASLK PRO включен несинхронный понижающий преобразователь постоянного тока в постоянный с широким входом TPS40200 от Texas Instruments. Преобразователь обеспечивает выходное напряжение 3,3 В в широком входном диапазоне 5,5-15 В при выходных токах в диапазоне от 0,125 А до 2,5 А. Используя переключатель Vout SEL, можно выбрать выходное напряжение 5 В или 3,3 В.

5. Имеются на плате два транзисторных разъема, которые необходимы при разработке регулятора LDO (Лабораторная работа №10) или пользовательских экспериментах.

6. Специальная интегральная схема регулятора LDO (TPS7250) включена в отладочную плату, и которая может обеспечить постоянное выходное напряжение для входного напряжения в диапазоне от 5,5 В до 11 В.

7. В комплекте есть два триммера 1 кХ (потенциометр), которые позволяют конструктору получать переменное напряжение, если это необходимо для цепи.

8. В комплекте имеются винтовые клеммы для подключения источника питания  $\pm 10$  В. Все микросхемы на плате внутренне подключены к источнику питания.

9. На плате имеются два диодных разъема, которые можно использовать в качестве выпрямителей в лабораторных экспериментах.

10 Верхняя правая часть набора представляет собой область общего назначения, которую можно использовать в качестве контактной платы. Для этой области предусмотрены точки  $\pm 10$  В и GND.

Применение отладочной платы Analog System Lab ASLK PRO в учебном процессе Таразского регионального университета им. М.Х. Дулати возможно при её некоторой адаптации. Как уже отмечалось, концепция использования ASLK PRO основана на сочетании реальных и виртуальных исследований электронных схем и устройств.

Реальные лабораторные работы можно выполнять на универсальных лабораторных стендах «Электро- и Радиоэлектронные Практикумы». Данные стенды были разработаны и изготовлены на кафедре «Автоматика и Телекоммуникация» Таразского регионального университета им. М.Х. Дулати. Универсальные лабораторные стенды «Электро- и Радиоэлектронные Практикумы» предназначены для проведения лабораторных занятий по различным дисциплинам для специальностей «АиУ» и «РЭТ» (рисунок 2). Стенды позволяют проводить электрические и радиоэлектронные измерения постоянных и переменных токов и напряжений. Также имеется возможность снимать осциллограммы гармонических напряжений в диапазоне от 0 до 100 МГц в виртуальном и реальном режимах измерения. На стенде имеются измерительные приборы, позволяющие определить величины электрического сопротивления, индуктивности и емкости элемента электрической цепи.



*Рис.2 - Универсальный лабораторный стенд «Электро- и Радиоэлектронные Практикумы» кафедры «Автоматики и Телекоммуникации» Таразского регионального университета им. М.Х. Дулати*

Виртуальные лабораторные работы можно выполнять с применением имеющихся прикладных программных комплексов Multisim и MathCAD. Программный комплекс

Multisim – это программное обеспечение промышленного стандарта, поддерживающее SPICE, и применяется для моделирования и программирования схем для аналоговой, цифровой и силовой электроники в образовательной и исследовательской областях. Программный комплекс MathCAD – это инженерное математическое программное обеспечение, которое позволяет выполнять важнейшие расчеты в различных областях науки и техники.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство пользователя отладочной платы Analog System Lab Kit PRO. Manual. TEXAS INSTRUMENTS. 2012
2. Марченко А.Л. Основы электроники. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 296 с.
3. Лачин В.И., Савёлов Н.С. Электроника. – Ростов на Дону: Феникс, 2007. – 703 с.

#### REFERENCES

1. *Rukovodstvo pol'zovatelya otladochnoy platy Analog System Lab Kit PRO* [Analog System Lab Kit PRO debug user manual] Manual. TEXAS INSTRUMENTS. 2012
2. Marchenko A.L. *Osnovy elektroniki* [Electronics fundamentals] – M.: DMK Press, 2008. – 296 s., ISBN 978-5-94074-432-0
3. Lachin V.I., Savolov N.S. *Elektronika* [Electronics] Rostov na Donu: Feniks, 2007. – 703 s., ISBN 978-5-222-11812-2

**Есмаханова Л.Н., Темиргалиев Т.К., Темиргалиев А.Т.**

#### **ANALOG SYSTEM LAB KIT PRO түзету платаларын электрониканың зертханалық стендтерін құру үшін пайдалану**

**Аңдатпа.** Аналогты электроникамен тәжірибе жүргізуге арналған ANALOG SYSTEM LAB KIT PRO (ASLK PRO) түзету кешенінің толық сипаттамасы келтірілген. ASLK PRO есептік тақтасы М.Х. Дулати университетінің оқу процесінде электр және радиотехника мамандықтарының студенттері үшін «Автоматика және телекоммуникация» кафедрасының «Электр және радиоэлектрондық шеберханалар» әмбебап зертханалық стендтерінде аналогты электроникамен ғылыми-зерттеу зертханалық жұмыстарын жүргізу үшін қолданыла алады. ASLK PRO есептік тақтасын қолданудың мақсаты - студенттерге аналогты және аралас сигналдарды өңдеу әдістерінің мүмкіндіктері мен қолдануымен қатар нақты және виртуалды зерттеулерді электрондық схемалар және құрылғыларға біріктіру тұжырымдамасымен таныстыру.

**Түйінді сөздер:** аналогты электроника, операциялық күшейткіштер, аналогты көбейткіштер, түзету жүйесі және ANALOG SYSTEM LAB KIT PRO платасы, ЦАП, интегратор, дифференциатор

**Yesmakhanova L.N., Temirgaliev T.K., Temirgaliev A. T.**

#### **Using ANALOG SYSTEM LAB KIT PRO debugging boards for building electronics research laboratory stands**

**Abstract.** A detailed description of the ANALOG SYSTEM LAB KIT PRO (ASLK PRO) debugging complex, designed to conduct experiments with analog electronics, is given. The ASLK PRO debug board can be used in the educational process of TarSU for students of electrical and radio engineering specialties to conduct research laboratory work with analog electronics at the universal laboratory stands "Electrical and Radio-Electronic Workshops" of the Department of Automation and Telecommunications. The purpose of using the ASLK PRO debugging board is to provide students with an introduction to the possibilities and applications of analog and mixed

signal processing methods, as well as introducing the concept of combining real and virtual studies of electronic circuits and devices.

**Key words:** analog electronics, electronic elements - resistors, diodes and transistors; general purpose integrated circuits - general purpose operational amplifier and precision analog multiplier, amplifiers, buffer modules, integrators and differentiators

**Сведения об авторах:**

**Есмаханова Лаура Нурлановна** – доктор PhD, и.о. доцента кафедры «Автоматика и телекоммуникации» Таразского Регионального университета им. М.Х. Дулати; г. Тараз, Республика Казахстан

**Темиргалиев Тимур Куспанович** – кандидат технических наук, профессор кафедры «Автоматика и телекоммуникации» Таразского Регионального университета им. М.Х. Дулати; г. Тараз, Республика Казахстан

**Темиргалиев Арыстан Тимурович** – магистрант кафедры «Информационные системы» Казахского университета экономики, финансов и международной торговли, г. Нур-Султан, Республика Казахстан

**Авторлар туралы ақпарат:**

**Есмаханова Л.Н.** – М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университетінің «Автоматика және телекоммуникация» кафедрасының PhD докторы, доцент м.а., Тараз қ., Қазақстан Республикасы

**Темиргалиев Т.Қ.** – М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университетінің «Автоматика және телекоммуникация» кафедрасының профессоры, техника ғылымдарының кандидаты; Тараз қ., Қазақстан Республикасы

**Темиргалиев А.Т.** – Магистрант, Қазақ экономика, қаржы және халықаралық сауда университеті, ақпараттық жүйелер кафедрасы, Қазақстан, Нұр-Сұлтан

**Information about authors:**

**Yesmakhanova Laura Nurlanovna** – Doctor of Philosophy, acting associate Professor of the Department of Automation and telecommunications of Taraz regional University named after M.H. Dulati; Taraz, Kazakhstan

**Temirgaliev Timur Kuspanovich**, candidate of technical Sciences, Professor of the Department of Automation and telecommunications of Taraz regional University named after M.H. Dulati; Taraz, Kazakhstan

**Temirgaliev Arystan Timurovich** master's Student of the Department of Information systems of the Kazakh University of Economics, Finance and international trade, Nur-Sultan, Kazakhstan