

$$(\omega_0^2 - \Omega_1^2)^2 + 4\beta^2 \Omega_1^2 = (\omega_0^2 - \Omega_2^2)^2 + 4\beta^2 \Omega_2^2;$$

$$\omega_0^4 - 2\omega_0^2 \Omega_1^2 + \Omega_1^4 + 4\beta^2 \Omega_1^2 = \omega_0^4 - 2\omega_0^2 \Omega_2^2 + \Omega_2^4 + 4\beta^2 \Omega_2^2;$$

$$2\omega_0^2 (\Omega_2^2 - \Omega_1^2) = \Omega_2^4 - \Omega_1^4 + 4\beta^2 (\Omega_2^2 - \Omega_1^2);$$

$$2\omega_0^2 = \Omega_2^2 + \Omega_1^2 + 4\beta^2;$$

$$\omega_0^2 - 2\beta^2 = \frac{\Omega_2^2 + \Omega_1^2}{2} = \Omega_p^2$$

Отже, резонансна частота напруги дорівнює  $\Omega_p = \sqrt{\frac{\Omega_2^2 + \Omega_1^2}{2}}$ . (3)

У таблиці 1 приведені результати експериментальних значень частот  $\Omega_1$  і  $\Omega_2$  та розраховані за формулою (3) значення резонансної частоти

Таблиця 1.

U <sub>ос</sub> , В	Ω <sub>1</sub> , кГц	Ω <sub>2</sub> , кГц	Ω <sub>р</sub> , кГц
2	6,572	16,242	12,38939
3	9,046	15,145	12,474
4	10,004	14,531	12,47457
5	10,603	14,140	12,49726
6	10,974	13,853	12,49669
7	11,239	13,652	12,50384
8	11,442	13,477	12,50098
9	11,599	13,340	12,49985
10	11,736	13,226	12,50322
11	11,852	13,118	12,50104
12	11,963	13,018	12,50163
13	12,091	12,906	12,50514
14	12,250	12,736	12,49536
14,5	12,500	12,500	12,49626

Із таблиці видно, що розраховане при різних напругах за формулою (3) значення

резонансної частоти близькі між собою, а середнє значення 12,49626 кГц добре узгоджується із безпосередньо виміряним 12,5 кГц.

Розрахунок дисперсії відхилення резонансної частоти  $\Omega_p$  від середнього значення дає  $D = 0,0093$  кГц. Отже  $\Omega_p = (12,496 \pm 0,028)$  кГц при відносній похибці 0,22%. Це підтверджує правильність розробленої методики, яка може бути застосована для точного вимірювання резонансної частоти низькодобротних коливальних контурів у лабораторному практикумі.

#### БІБЛІОГРАФІЯ

1. І.М.Кучерук, І.Т.Горбачук, П.П.Луцик Загальний курс фізики. Електрика і магнетизм.- т.2.- К.: Техніка, 2001.- 452 с.

#### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

**Манько Володимир Костянтинівич** – кандидат фіз.-мат наук, доцент кафедри фізики Запорізького національного технічного університету.

*Коло наукових інтересів:* Ефекти у напівпровідниках при рекомбінації на їх поверхні атомарних газів.

## ФРОНТАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ЭЛЕКТРОНИКЕ

**Валентина ОВЧИННИКОВА, Игорь ЯКОВЦОВ**

В статье представлена методика организации фронтального лабораторного практикума по электронике у студентов физических специальностей, в том числе и педагогических.

The article presents a methodology of organization of the frontal laboratory workshop on electronics for students of physical disciplines, including teachers.

Одним из важнейших видов учебных занятий в системе вузовской подготовки

являются лабораторные работы. Относительно низкий базовый уровень подготовки бывших школьников мотивирует поиск эффективных форм организации лабораторного практикума.

Лабораторный практикум – это наиболее значимый и результативный компонент естественно-научной, общей профессиональной и специальной подготовки в области техники и технологий, предназначенный для приобретения навыков работы на реальном оборудовании, с аналогами которого будущему специалисту, возможно, придется иметь дело в своей практической деятельности.

На лабораторный практикум возлагаются следующие задачи:

- практическое закрепление полученных теоретических знаний и приобретение навыков самостоятельной работы с реальным оборудованием;
- планирование и постановка эксперимента, выбор оборудования для его проведения, обработка и объяснение результатов;
- сопоставление результатов теоретического анализа с экспериментальными данными.

В итоге выполнения практикума при традиционном подходе студент должен: иметь представление о методах постановки экспериментальной физической задачи; знать методику измерений, состав и принцип действия измерительных устройств, предназначенных для измерения физических характеристик; уметь проводить измерения различных физических характеристик; знать и уметь применять методику обработки результатов и ошибок измерений; уметь анализировать результаты экспериментов и делать выводы о результатах решения поставленной задачи.

К перечисленным умениям, представляется необходимо добавить: правильно «читать» и составлять простейшие электрические цепи по предложенной схеме; налаживать и регулировать простейшие физические приборы; закрепить знания лекционного курса практической работой, доказывая базовые законы и положения.

Однако традиционная методика выполнения работ имеет и ряд недостатков, среди которых можно выделить наиболее значимые: не всегда имеется возможность организовать выполнение лабораторных работ фронтально; небольшое число часов, отводимых на практикумы (менее 70), не позволяет организовать выполнение лабораторных работ, закрепляющих основные законы физики, в достаточном количестве; выполнение работ студенческими «бригадами»

по 2-3 человека усложняет контроль самостоятельности работы каждого студента.

При организации фронтального лабораторного практикума по электронике (электроника здесь используется как общее название цикла таких дисциплин как «Основы радиоэлектроники», «Основы автоматики и вычислительной техники» и т.д.) главной проблемой является оборудование, необходимое для выполнения лабораторных работ. То есть для выполнения каждой лабораторной работы одной подгруппой студентов (как правило 12-15 человек) в лаборатории должно быть не менее 12 идентичных рабочих мест. Эта проблема была решена при помощи **универсального лабораторного стенда**, разработанного в лаборатории электроники кафедры общей физики учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Ф.Скорины».

На **универсальном лабораторном стенде** размещены пассивные элементы, номиналы которых подобраны так, чтобы при работе с любой схемой получить оптимальные результаты, как измерений, так и осциллограмм и обеспечить максимально долгую работу стенда при возможных ошибках студентов в процессе выполнения лабораторной работы, панели для установки транзисторов и микросхем операционных усилителей. Дополнительным измерительным оборудованием являются внешний генератор сигналов синусоидальной формы и осциллограф, а также двухполярный регулируемый источник питания и сменная элементная база из состава стенда. Структура универсального лабораторного стенда представлена в виде установленных пассивных элементов, индикаторных светодиодов, панелек для установки транзисторов и микросхем, коммутационных полей и соединительных проводов, с помощью которых можно собрать любую из предлагаемых для исследования схем. Номиналы пассивных элементов стенда подобраны таким образом, чтобы при работе с любой схемой получить оптимальные результаты, как измерений, так и осциллограмм, и обеспечить максимально долгую работу стенда при возможных ошибках студентов в процессе выполнения лабораторной работы.

Конструкция лабораторного стенда представлена на рисунке 1.

Выводы каждого элемента выведены на два гнезда стандартных разъемов, как показано на рисунке 1.

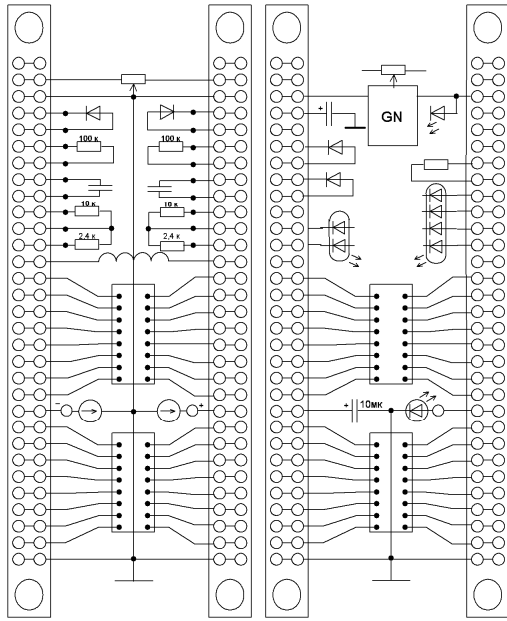


Рис. 1 – Конструкция универсального лабораторного стенда

Другим, не менее важным, вопросом организации фронтального лабораторного практикума является его содержание и структура.

Задача лаборатории электроники состоит в формировании такого минимума теоретических знаний и практических навыков, который обеспечит возможности понимания и анализа процессов, происходящих в различных радиоэлектронных цепях. Одними из условий эффективности усвоения теоретического материала являются синхронизация в изучении вопросов на лекциях и в лаборатории, соответствие сущности лабораторных упражнений содержанию теоретического курса, последовательное выполнение работ в порядке их усложнения. Поэтому главными документами, определяющими структуру практикума и подбор тем лабораторных работ, стали рабочие программы по курсам «Основы радиоэлектроники» и «Основы автоматики и вычислительной техники» для специальности – 1-02 05 04-04 «Физика. Техническое творчество», что позволило учесть вопросы соответствия лабораторных работ содержанию лекционных и практических занятий [1, 2].

Весь лабораторный практикум разделен на две структурные части, соответствующие курсам «Основы радиоэлектроники» и «Основы автоматики и вычислительной техники». Первая часть, «Основы радиоэлектроники», включается в себя 21 лабораторную работу по следующим разделам: пассивные линейные цепи, пассивные

нелинейные цепи, схемы транзисторных усилительных каскадов, схемы на базе операционных усилителей.

Лабораторные работы этой части представлены в виде листов-заданий (пример 1). Каждый лист-задание содержит схему, которую необходимо собрать на универсальном лабораторном стенде и методические указания к выполнению работы. Одновременно листы-задания являются формой отчетности студентов: выполнив работу, студенты на обратной стороне выполняют необходимые расчеты, строят графики, делают выводы, заполняют таблицы. После защиты лабораторной работы преподаватель делает необходимые отметки на листе-задании и забирает его как отчет. Все листы-задания имеют объем 1 лист формата А4, с одной либо двух сторон, поэтому могут быть легко распространены среди студентов перед лабораторной работой (распечатаны, отсканированы). Некоторые листы-задания выполнены с пометкой А и Б, означающей различный уровень сложности. В листах-заданиях предусмотрены контрольные вопросы и задания. Листы-задания рассчитаны на двухчасовое лабораторное занятие, из которых, при необходимости, преподаватель может скомпоновать и четырехчасовое лабораторное занятие.

Такая форма организации проведения лабораторных работ части «Основы радиоэлектроники» обусловлена отсутствием у студентов навыков работы с универсальным лабораторным стендом.

Вторая часть лабораторного практикума, «Основы автоматики и вычислительной техники», содержит 7 лабораторных работ по следующим разделам:

- основные логические элементы на дискретных компонентах;
- комбинационные схемы на интегральных логических элементах;
- синтез комбинационных схем на логических элементах;
- синтез комбинационных логических схем (КЛС) на мультиплексоре;
- RS и DV триггеры на логических элементах 2И-НЕ;
- синтез структур на основе регистра сдвига;
- синтез пересчетных структур на базе двоичного счетчика.

Каждая из семи лабораторных работ этой части практикума содержит до пяти отдельных заданий, в каждом из которых имеются задания и указания по выполнению работы, необходимые схемы и таблицы (пример 2). Также в каждой лабораторной работе при необходимости указываются параметры

требуемой элементной базы (микросхем), краткие теоретические сведения.

Переход от листов-заданий к лабораторным работам, состоящим из отдельных заданий, обусловлен тем, что студенты уже имеют навыки и опыт работы по сборке электронных схем на стендах, а также спецификой исследования этих схем.

Лабораторные работы выполняются на правой части универсального лабораторного стенда, но при необходимости могут быть использованы и элементы левой части. Также для проведения лабораторного практикума и организации рабочего места необходимы: внешний генератор сигналов синусоидальной формы, осциллограф, двухполярный регулируемый источник питания, сменная элементная база, источник питания напряжением +5В, сменная элементная база.

Использование в лабораторном практикуме листов-заданий, описанных лабораторных работ и универсального лабораторного стенда позволяют решить вопросы фронтальности проведения лабораторного практикума, усиления практической направленности, реализовать индивидуальную работу, учесть прямую связь с лекционным материалом, проводить лабораторные работы различного уровня сложности, а также увеличение числа выполняемых заданий на одной установке, возможность их дальнейшей модернизации.

Такая организация лабораторного практикума позволяет достаточно гибко вписаться в расписание и проводить двух- и четырехчасовые занятия, варьировать наполнение лабораторной работы в зависимости от количества часов, пройденного материала, делает возможной временную связь теоретического материала и лабораторного практикума.

Структура и содержание лабораторного практикума по электронике позволяет использовать его в учебном процессе, как в настоящее время, так и в условиях изменения рабочих программ и количества часов по курсам электроники.

**Пример 1.** Лист-задание № 11

Измерение параметров простого транзисторного усилительного каскада (в режиме А) (Схема ОЭ)

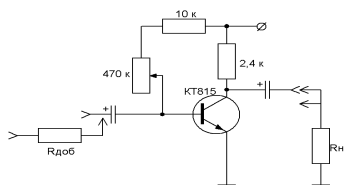


Рис. 1 – Схема простейшего транзисторного усилительного каскада

1. Собрать схему, приведенную на рисунке 1.

2. С помощью переменного резистора установить режим А (напряжение  $U_{кэ} \approx \frac{E}{2}$ )

3. На вход усилительного каскада генератора подать сигнал частотой  $F = 1кГц$  (контролировать на осциллографе) и размахом  $U_S = 1 - 10мВ$ .

4. Измерить размах сигнала на выходе усилительного каскада. Рассчитать

$$\text{коэффициент усиления } K_{U_{xx}} = \frac{U_{вых}}{U_{вх}}$$

5. Измерить входное сопротивление транзисторного усилительного каскада  $R_{вх}$ , для чего ко входу последовательно включить резистор  $R_{доб}$  сопротивлением  $R = 2,7кОм$ , измерить размахи сигналов на выводах этого резистора и провести расчет  $R_{вх}$ .

6. Измерить выходное сопротивление  $R_{вых}$  транзисторного усилительного каскада для чего к выходу подключить резистор  $R_H = 2,7кОм$ , измерить размах выходного сигнала без нагрузки, с нагрузкой и рассчитать  $R_{вых}$ .

7. Полагая  $R_{вх} \approx r_б$  рассчитать коэффициент передачи тока базы транзистора  $\beta$ .

8. Наблюдать температурную зависимость режима транзисторного усилительного каскада при кратковременном нагреве корпуса транзистора с помощью паяльника.

9. Численные значения результатов измерений и расчетов внести в таблицу.

**Пример 2.** Лабораторная работа № 3

Синтез комбинационных схем на логических элементах

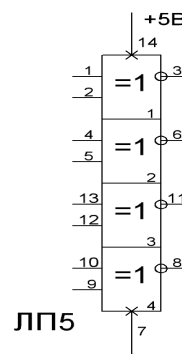


Рис. 1 – Цоколевка микросхемы К155ЛП5

**Задание 1**

- собрать на двух элементах «исключающее ИЛИ» схему, приведенную на рисунке 2,
- подключить к выходу индикатор,
- задавать входные комбинации сигналов, записать состояния выходов в таблицу истинности.

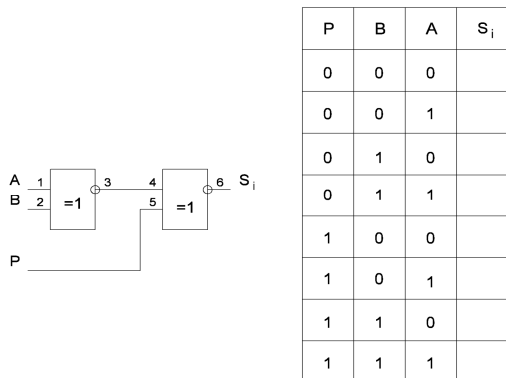


Рис. 2 – Исследуемая схема и таблица истинности

Вывод: (функция схемы) –

---



---

**Задание 2**

- на элементах И-НЕ собрать схему, приведенную на рисунке 3,
- подключить к выходу индикатор,
- задавать входные комбинации сигналов, записать состояния выходов в таблицу истинности.

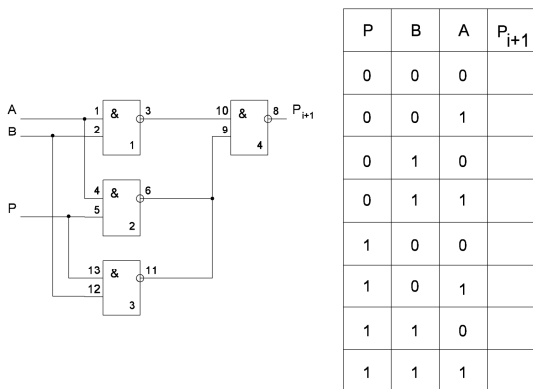


Рис. 3 – Исследуемая схема и таблица истинности

$$P_{i+1} = AB \vee AP \vee BP \text{ И-НЕ } \overline{AB} \cdot (\overline{AP} \cdot \overline{BP})$$

Вывод: (функция схемы) -

---



---

**Задание 3**

Записать данные исследования двух схем в обобщенную таблицу (по схеме 1-колонка S, схеме 2-колонка P<sub>i+1</sub>),

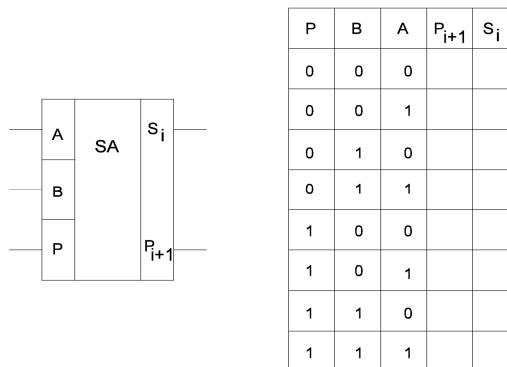


Рис. 4 – Двоичный сумматор

Структура, реализующая обе функции от общих трех переменных является ДВОИЧНЫМ СУММАТОРОМ.

**БИБЛИОГРАФИЯ**

1. Рабочая программа по курсу «Основы радиоэлектроники» для специальности – 1-02 05 04-04 «Физика. Техническое творчество».
2. Рабочая программа по курсу «Основы автоматики и вычислительной техники» для специальности – 1-02 05 04-04 «Физика. Техническое творчество».

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Овчинникова Валентина Юрьевна** – аспирант кафедры общей физики учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Ф.Скорины»

**Яковцов Игорь Николаевич** – старший преподаватель кафедры общей физики учреждения образования «Гомельский государственный университет имени Ф.Скорины».

*Коло наукових інтересів:* методика вивчення експерименту з електроніки.