

# ПРИБОР ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В УФ-ДИАПАЗОНЕ ДЛЯ СЕНСОРОВ НА ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ ОКСИДЕ

Юлия САНДУ<sup>1\*</sup>, Адриан БЫРНАЗ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Департамент Микроэлектроники и Биомедицинской Инженерии, группа MN-182, Факультет Вычислительной Техники, Информатики и Микроэлектроники, Технический Университет Молдовы, Кишинев, Республика Молдова

<sup>2</sup>Центр Нанотехнологий и Наносенсоров, Факультет Вычислительной Техники, Информатики и Микроэлектроники, Технический Университет Молдовы, Кишинев, Республика Молдова

\*Автор-корреспондент: Юлия Санду, [iulia.sandu@mib.utm.md](mailto:iulia.sandu@mib.utm.md)

**Аннотация.** В данной работе описан принцип функционирования установки для тестирования и определения длин волн УФ-излучения. Данная установка обеспечивает контроль: рабочей температуры датчика, интенсивности УФ-излучения, регистрации полученных данных и их дальнейшее предоставление пользователю.

**Ключевые слова:** УФ-излучение, нано-сенсоры, оптические датчики, встроенные системы.

## Введение

Поскольку Центр Нанотехнологий и Наносенсоров ТУМ занимается разработкой датчиков и наносенсоров на основе оксидов металлов [1-4], для создания спецификации датчиков необходимо знать их точные параметры. Для этих целей была разработана установка для тестирования и определения диапазона и интенсивности светового излучения. Данная установка охватывает диапазон УФ-излучения от 270 *nm* до 475 *nm*. Основным достоинством установки является возможность выбора определенной длины волны. Встроенный датчик УФ-излучения способен принимать значения в широком диапазоне: от 250 *nm* до 1000 *nm*, что позволяет производить калибровку установки. В Таб. 1 перечислены основные технические параметры установки.

Таблица 1

Технические параметры установки

Характеристика	Значение
Диапазон задаваемых температур	-40 – +100°C
Напряжение питания	12V
Рабочий УФ-диапазон	250 – 1000 <i>nm</i>
Источники УФ-излучения	6 светодиодов
Излучаемый УФ-диапазон	275 – 475 <i>nm</i>

## Основная часть

На Рис. 1 представлена блок схема устройства, состоящая из 10 блоков, каждый из которых выполняет следующие функции:

Блок 1 – “Резистивный датчик температуры РТ100” – данный датчик предназначен для измерения температуры элемента Пельтье. Чувствительный элемент представляет собой тонкопленочный платиновый резистор РТ-100 [5], изготовленный в лабораторных условиях в соответствии со значениями сопротивления стандарта IEC 60751[6], класс А. Преимуществом тонкопленочного элемента является короткое время реакции и линейность выходного сигнала.

Блок 2 – “Измерительный усилитель AD620BRZ [7] со встроенным мостом Уитстона” – этот блок состоит из высокоточного измерительного усилителя, который обладает низким смещением по входу: максимально 50  $\mu V$  и дрейфом смещения 0,6  $\mu V^{-1}^{\circ}C$ , что делает его приемлемым для сбора данных в данном случае. В основе функционирования измерительного моста лежит нивелирование потенциалов на двух ветвях выводов. Плавно изменяя величину

сопротивления перестраиваемого резистора, добиваются равновесного состояния между ветвями. Данную схему можно использовать для измерения температуры, для этого одна из ветвей заменяется на термометр с заведомо известным сопротивлением. Разность сопротивлений ветвей прямо пропорциональна току через диагональ этих ветвей.

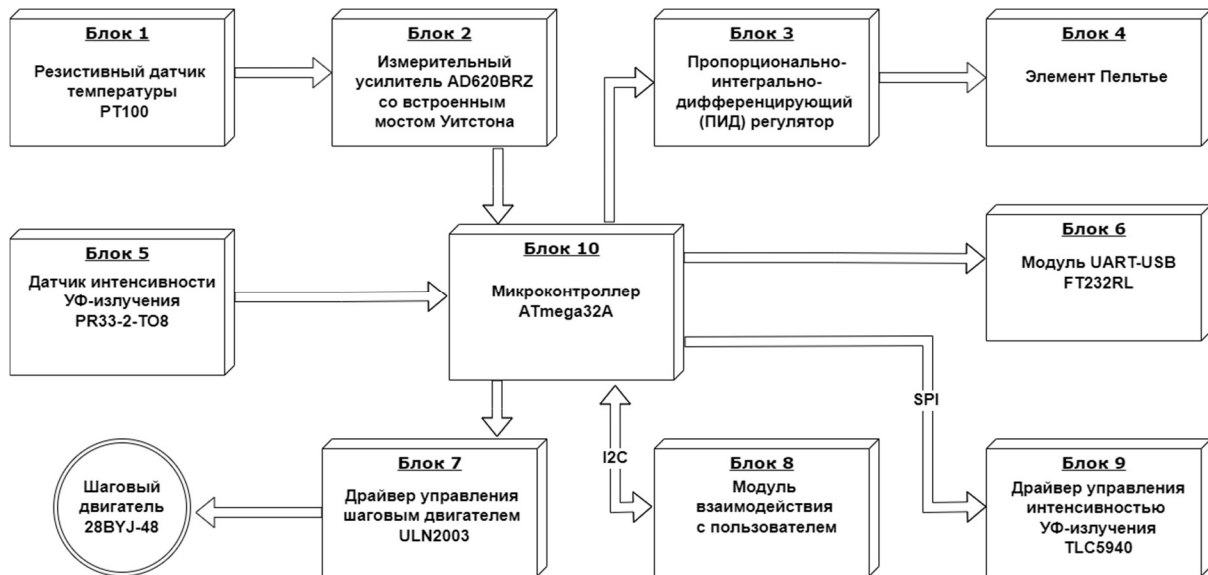


Рисунок 1. Блок схема устройства

Блок 3 – “Пропорционально-интегрально-дифференцирующий регулятор” – узел в управляющем контуре с обратной связью формирующий регулирующий сигнал для элемента Пельтье. ПИД регулятор вырабатывает выходной сигнал на основе входного сигнала и сигнала обратной связи. Силовая часть собрана на транзисторе IRFS3307 [8].

Блок 4 – “Элемент Пельтье” – данный элемент функционирует равно как нагревательный, так и охлаждающий элемент, задавая необходимую рабочую температуру измеряемого датчика.

Блок 5 – “Датчик интенсивность УФ-излучения PR33-2-TO8 [9]” – кремниевый УФ-фотодиод размера  $33,5 \text{ mm}^2$  на полупроводниковой структуре. Герметично упакован в корпусе TO-8 с окном из прозрачного кварцевого стекла, пропускающего УФ-излучение. Покрывает диапазон излучения:  $250 \text{ nm} - 1000 \text{ nm}$ . Диапазон рабочих температур:  $-40 - +100^\circ\text{C}$ .

Блок 6 – “Модуль UART-USB FT232RL [10]” – данный блок осуществляет обмен данных между устройством и компьютером. Этот блок состоит из микросхемы FT232RL и ее обвязки с портом USB, обеспечивающим синхронную и асинхронную передачу данных. Микросхема обладает полностью интегрированной генерацией тактовых импульсов, скоростью передачи данных от 300 до 3 *Mbaud*.

Блок 7 – “Драйвер управления шаговым двигателем ULN2003 [11]” – устройство данной микросхемы представляет собой семь пар высоковольтных транзисторов Дарлингтона с общим катодом. Номинальный ток коллектора одной пары Дарлингтона составляет 500 *mA*.

Блок 8 – “Модуль взаимодействия с пользователем” – данный модуль общается с помощью шины I2C с устройствами ввода/вывода. В качестве устройства ввода выступает энкодер, который может задавать значение температуры, настройки интенсивности, порядок УФ-излучения и др. В качестве устройства вывода выступает жидкокристаллический дисплей LCD2004 [12].

Блок 9 – “Драйвер управления интенсивностью УФ-излучения TLC5940 [13]” – данная микросхема управляет интенсивностью свечения УФ-светодиодов, а также порядком их включения. TLC5940 – это 16-ти каналный светодиодный драйвер постоянного тока. Каждый канал оснащен 4096-ступенчатой ШИМ регулировкой интенсивности излучения и точечной коррекцией.

Блок 10 – “Микроконтроллер ATmega32A [14]” – управляет всеми процессами в установке, осуществляет контроль данных и расчет необходимых значений. Данная микросхема представляет собой маломощный 8-ми разрядный микроконтроллер с КМОП матрицей, основанный на усовершенствованной RISC архитектуре. За один тактовый цикл микроконтроллер достигает производительности примерно в  $1\text{MIPS}$  на  $\text{MHz}$ . Имеет встроенный SPI, 10-ти битный аналогово-цифровой преобразователь, 3 таймера общего назначения.

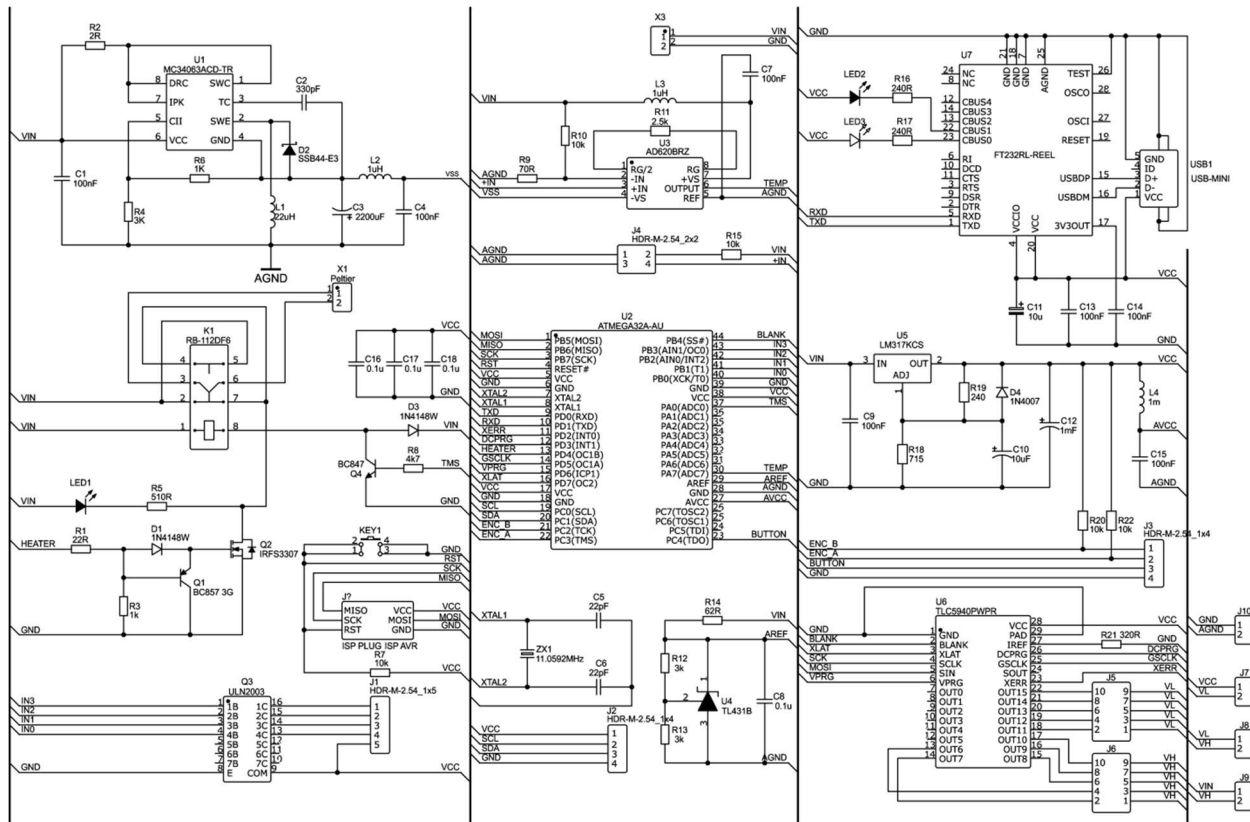


Рисунок 2. Электрическая принципиальная схема

На основе блок схемы была разработана электрическая принципиальная схема устройства, она представлена на Рис. 2.

В соответствии с электрической принципиальной схемой был разработан проект печатной платы с 3D-моделью расположения компонентов на плате, представленный на Рис. 3.

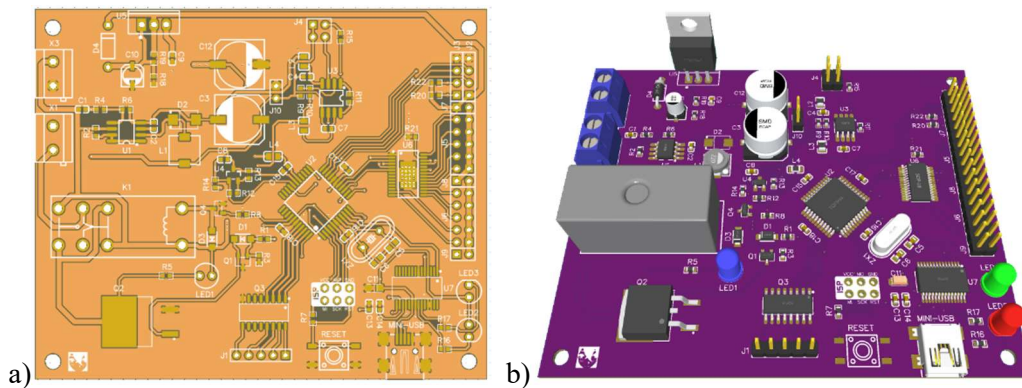


Рисунок 3. а) Печатная плата прибора, б) 3D-модель печатной платы

В соответствии с данными спектральных характеристик светодиодов, используемых в установке, был составлен график Рис. 4, демонстрирующий излучательный диапазон прибора.

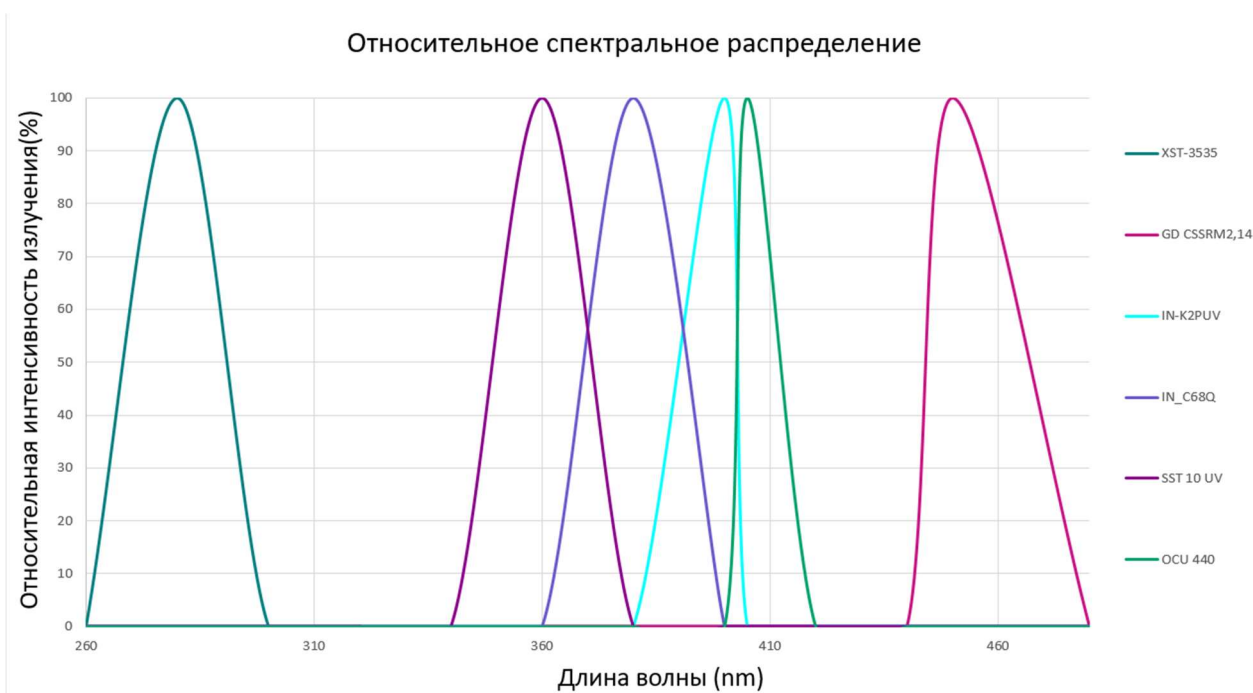


Рисунок 4. Спектральная характеристика светодиодов

### Выводы

Благодаря разработке устройства для спектрального исследования УФ-излучения появилась возможность быстрого тестирования изготавливаемых датчиков. Данный прибор разрешает проблему с определением чувствительного диапазона датчика и определением его оптических свойств. Также данный прибор позволяет тестировать характеристики УФ-светодиодов при различных значениях температуры благодаря модулю Пельтье, который обеспечивает изменение температур в заявленном диапазоне.

### Примечания

- LUPAN, O., CRETU, V., DENG, M., GEDAMU, D., PAULOWICZ, I., KAPS, S., MISHRA, Y., POLONSKYI, O., ZAMPONI, C., KIENLE, L., TROFIM, V., TIGINYANU, I., ADELUNG, R. Versatile growth of freestanding orthorhombic  $\alpha$ -molybdenum trioxide nano- and microstructures by rapid thermal processing for gas nanosensors. In: Journal of Physical Chemistry C, 2014, 118(27), pp. 15068-15078. <https://doi.org/10.1021/jp5038415>
- LUPAN, O., TROFIM, V., CRETU, V., STAMOV, I., SYRBU, N., TIGINYANU, I., MISHRA, Y., ADELUNG, R. Investigation of optical properties and electronic transitions in bulk and nano-microribbons of molybdenum trioxide. In: Journal of Physics D: Applied Physics, 2014, 47(8). <https://doi.org/10.1088/0022-3727/47/8/085302>
- LUPAN, O., ABABII, N., MISHRA, Y., BODDULURI, M., MAHARIU, N., VAHL, A., KRÜGER, H., WAGNER, B., FAUPEL, F., ADELUNG, R., DE LEEUW, N., HANSEN, S. Heterostructure-based devices with enhanced humidity stability for H<sub>2</sub> gas sensing applications in breath tests and portable batteries. In: Sensors and Actuators, A: Physical, 2021, 329. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2021.112804>
- CAI, L., ZHU, S., WU, G., JIAO, F., LI, W., WANG, X., AN, Y., HU, Y., SUN, J., DONG, X., WANG, J., LU, Q., JING, Q., LIU, B. Highly sensitive H<sub>2</sub> sensor based on PdO-decorated WO<sub>3</sub> nanospindle p-n heterostructure. In: International Journal of Hydrogen Energy, 2020, 45(55), pp. 31327-31340. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.08.109>
- Pt100 temperature sensor – 7400. [online]. [Date accessed: 31/01/2022] Accessible: [Pt100 temperature sensor - 7400 \(prelectronics.com\)](https://www.prelectronics.com/products/pt100-7400)
- IEC 60751:2022 | IEC Webstore. [online]. [Date accessed: 31/01/2022] Accessible: [IEC 60751:2022 | IEC Webstore](https://www.iec.ch/iec/60751-2022)

7. Low Cost Low Power Instrumentation Amplifier AD620. [online]. [Date accessed: 31/01/2022] Accessible: [AD620 \(Rev. H\) \(analog.com\)](#)
8. IRFB3307PbF IRFS3307PbF IRFSL3307PbF HEXFET ® Power MOSFET PD-95706D Absolute Maximum Ratings Symbol Parameter Units. [online]. [Date accessed: 31/01/2022] Accessible: [IRFB\\_S\\_SL3307PbF.pmd \(infineon.com\)](#)
9. PR33-2-TO8 First Sensor. [online]. [Date accessed: 31/01/2022] Accessible: [PR33-2-TO8 First Sensor | Mouser Europe](#)
10. FT232R USB UART IC Datasheet Version 2.16. [online]. [Date accessed: 31/01/2022] Accessible: [FT232R \(ftdichip.com\)](#)
11. ULN2003A data sheet, product information and support | TI.com. [online]. [Date accessed: 31/01/2022] Accessible: [ULN2003A data sheet, product information and support | TI.com](#)
12. LCD2004 (5V Blue Backlight) . [online]. [Date accessed: 31/01/2022] Accessible: [LCD2004 \(5V Blue Backlight\) 20 Characters \\* 4 Lines, Character LCD module, White Character, Blue Backlight, 5V For Logic Circuit \(wvshare.com\)](#)
13. TLC5940 data sheet, product information and support | TI.com. [online]. [Date accessed: 31/01/2022] Accessible: [TLC5940 data sheet, product information and support | TI.com](#)
14. ATmega32A | Microchip Technology. [online]. [Date accessed: 31/01/2022] Accessible: [ATmega32A | Microchip Technology](#)