

І. І. Гельжинський<sup>1</sup>  
А. Д. Верига<sup>2</sup>  
С. А. Куцїй<sup>1</sup>

## СХЕМА ТЕСТУВАННЯ OLED-МАТРИЦІ БІЛОГО КОЛЬОРУ ВИПРОМІНЮВАННЯ

<sup>1</sup>Національний університет «Львівська політехніка»;

<sup>2</sup>Чернівецький Національний університет імені Юрія Федьковича

Запропоновано електричну принципову схему приладу тестування органічної світлодіодної матриці максимальним розміром  $16 \times 16$  триколірних пікселів, з діапазоном струмів керування 5...30 мА, дискретним шістнадцятирівневим регулюванням напруги живлення в діапазоні від 2 до 6 В з кроком 0,25 В. Прилад розроблений з метою дослідження надійності напрацювання на відмову органічної світлодіодної матриці за різних режимів експлуатації, граничних електричних та динамічних характеристик, часу втрати яскравості свічення від 100 до 70 %.

Запропонований прилад тестування спроектований на двох платах (два модулі) задля гнучкої модернізації в разі необхідності.

Основним модулем є контролер світлодіодної панелі. Він побудований на восьмибітному мікроконтролері АТМega8515. Оскільки розміри тестового поля панелі малі, швидкодії такого мікроконтролера цілком достатньо. Мікроконтролер здійснює динамічне керування драйвером дисплею, напругою живлення дисплею, також обмін даними з комп'ютером через інтерфейс USART з використанням перетворювача шини USB-USART. Внутрішньої оперативної пам'яті (ОЗП) мікроконтролера недостатньо, тому дані для виведення на панель дисплею зберігаються у зовнішній пам'яті типу SRAM, яка підключена до мікроконтролера.

Підлеглим модулем є плата драйвера світлодіодної матриці. Живлення світлодіодів здійснюється від окремого регульованого джерела напруги, що додатково дозволяє регулювати загальну яскравість дисплея, дослідити його роботу в різних діапазонах напруг живлення. Комутація напруги живлення по рядках здійснюється через електронні ключі на мікросхемі TD62783. Вибір рядка матриці проводиться 4-на-16 дешифратором 74HC4514.

Для керування яскравістю світлодіодів по стовпцях використані спеціалізовані мікросхеми WS2801. Вони забезпечують розрядність керування по 8 бітів на колір, разом 24 біти, що більше 16 млн відтінків. Двопровідна схема запису даних та можливість каскадування зменшує кількість дрітків в схемі. Можливість підключення резисторів оберненого зв'язку (RFB, GFB, BFB) стабілізатора струму світлодіода, дозволяє компенсувати розкид параметрів світлодіодної матриці підбором номіналів цих резисторів.

Окремий модуль живлення забезпечує стабілізацію напруг живлення цифрових мікросхем та світлодіодної матриці.

**Ключові слова:** OLED-матриця, світлодіод, прилад тестування, мікроконтролер.

### Вступ

Сучасні технології виготовлення білих органічних світловипромінювальних діодів (WOLED) уможливили формування пристроїв з енергоефективністю WOLED, яка перевищила 100 лм/Вт, зовнішньою квантовою ефективністю 30 % та значенням робочої напруги живлення (від 2 до 10 В) [1], [2]. Досягнуті характеристики WOLED створили хороші передумови до широкого впровадження органічних світлодіодів в дисплейних технологіях. На відміну від рідкокристалічних дисплеїв, в яких передбачене підсвічування екрану [3] в WOLED дисплеях базова органічна світловипромінювальна структура є по суті піксельним елементом, що робить цю конструкцію конкурентоспроможною. Слід зауважити, що для повноцінного функціонування WOLED матриці необхідно

щоб тривалість безвідмовної роботи приладу становила більше 5000 годин при  $850 \text{ Кд/м}^2$  [4] такий рівень яскравості вимагає оптимізації значень густини струму оскільки зі зростанням густини струму через піксельні WOLED відбувається швидке зниження ефективності, оскільки струмова ефективність залежить від яскравості і густини струму, тому швидке зниження останньої обмежує яскравість і погіршує стабільність пристрою через виділення надлишкового джоулевого тепла. Для успішного функціонування таких пристроїв в режимі реального часу необхідно забезпечувати наперед заданий рівень яскравості піксельного випромінювача підтримуючи певний рівень середнього струму через світлодіоди WOLED-матриці. Разом з тим необхідно моніторити граничні електричні та динамічні характеристики, а також визначати комфортні для зору та енергоощадні режими функціонування світловипромінювальних пристроїв. Для вирішення вище наведених проблем в роботі на сучасній радіоелементній базі розроблена проста схема приладу тестування органічної світловипромінювальної матриці.

Метою роботи є розроблення приладу тестування органічної світлодіодної матриці на основі площинних джерел світла.

### Схема електрична приладу для тестування органічної світлодіодної матриці

Густина струму, необхідна для отримання прийнятних значень пікової яскравості, досить висока за напруги зміщення декілька вольт. Як наслідок, базові матеріали OLED знижують ефективність. Також напруга, що падає по рядках і стовпцях матриці може бути значно більше 10 В. Крім того, у разі значних геометричних розмірів рядків і стовпців важко, якщо не неможливо керувати вимкненням і рівномірністю напруги і, отже, рівномірністю та якістю зображення, тепловіддачі тощо.

Для адекватного керування яскравістю кожного пікселя OLED-дисплея необхідно дозувати струм [5]. Це пропонується робити двома способами. В першому — для вибірки рядка використовується фіксований час для активної фази подання струму, а на виході драйвера стовпця використовується програмований відеосигналом генератор струму. В другому — застосовується генератор струму фіксованого максимального значення, а для модуляції струму використовується ШІМ.

Розроблена електрична схема приладу тестування світлодіодної матриці складається з двох модулів: драйвера матриці (рис. 1) та контролера світлодіодної панелі (див. рис. 3). Модуль живлення (див. рис. 4) забезпечує стабілізацію напруги живлення цифрових мікросхем та живлення світлодіодної матриці.

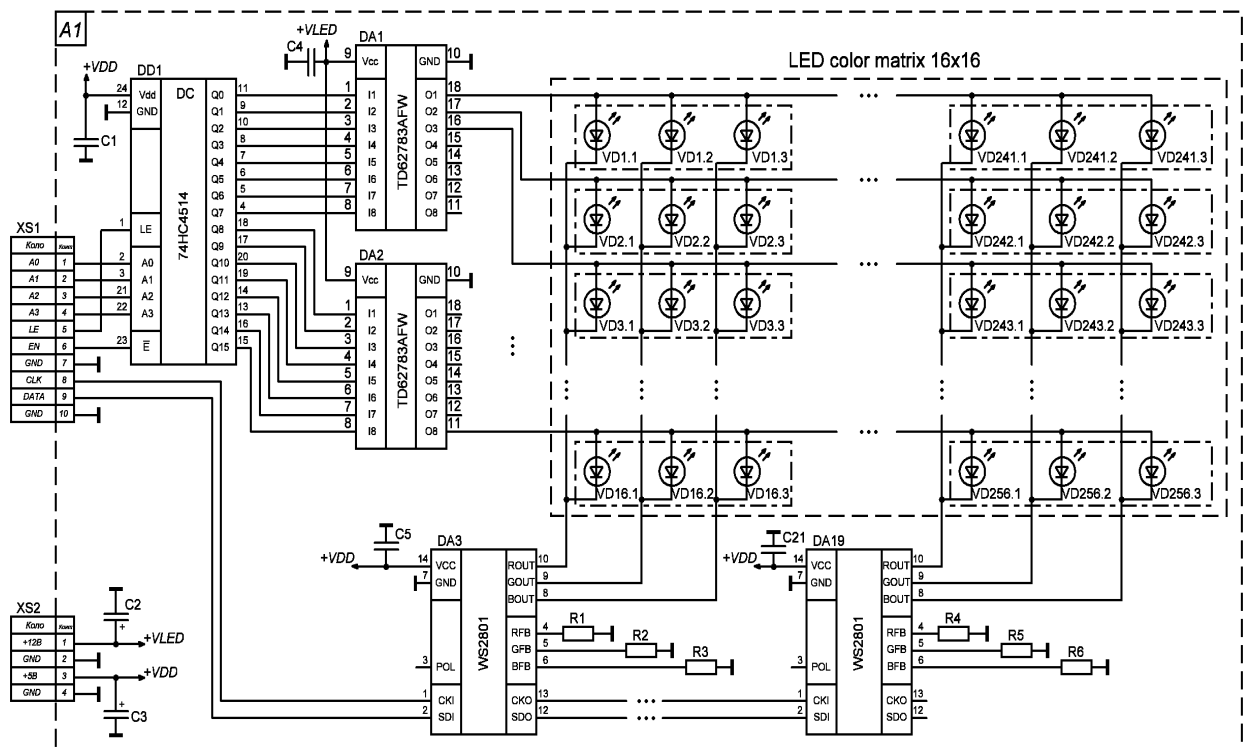


Рис. 1. Модуль драйвера світлодіодної матриці

В схемі модуля драйвера світлодіодної матриці застосована не пряма пасивна адресація, що, враховуючи розміри тестової матриці, є простим рішенням. Модуль драйвера побудований з використанням спеціалізованих мікросхем WS2801 [6] (рис. 2), які використовуються для керування яскравістю світлодіодів по стовпцях. WS2801 має такі властивості:

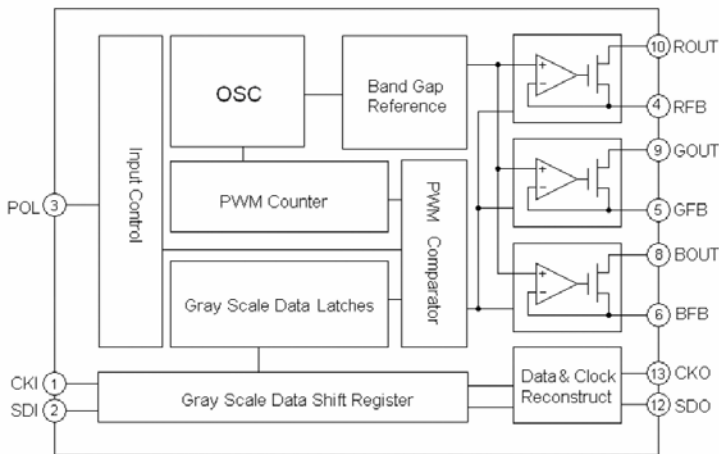


Рис. 2. Блок-схема мікросхеми WS2801

- максимальна частота сигналу тактування запису даних кольору 25 МГц;
- напруга живлення 3,3...5,5 В.

Висока частота ШІМ сприяє кращому сприйняттю картинки на дисплеї, не має мерехтіння екрану за малих яскравостей. Великий струм виходу дозволяє підключати світлодіоди з високою яскравістю свічення. Функція зміни вихідної полярності розроблена для керування потужними світлодіодами, пристосованими електричними колами. Наявність стабілізації струму покращує напрацювання на відмову світлодіодів. Розрядність керування кольором по 8 бітів на колір, разом 24 біти, що більше 16 млн відтінків. Наявність трьох каналів дозволяє підключати або триколірні, або три різні матриці білого кольору свічення і проводити паралельне їх дослідження в різних режимах кожна. Двопровідна схема запису даних та можливість каскадування зменшує кількість дротів в схемі. Можливість підключення резисторів оберненого зв'язку (RFB, GFB, BFB) стабілізатора струму світлодіоду, дозволяє компенсувати розкид параметрів світлодіодної матриці підбором номіналів цих резисторів.

Вибір рядка матриці проводиться 4-на-16 дешифратором 74HC4514 [7]. Оскільки виходи дешифратора є низькострумівими (4 мА), то для живлення світлодіодів в рядку застосовані електронні ключі TD62783 [8]. Живлення світлодіодів здійснюється від окремого регульованого джерела напруги (+VLED), що додатково дозволяє регулювати загальну яскравість дисплея, дослідити його роботу в різних діапазонах напруг живлення, подовжити строк служби експлуатації.

На модуль драйвера подаються такі сигнали керування:

- A0...A3 — номер рядка матриці в двійковому коді. Використовуються для вибору рядка, на який буде подана напруга живлення і будуть задіяні світлодіоди.
- LE — закривання вхідних тригерів дешифратора. Подання на цей вхід логічної «1» вмикає запам'ятовування і утримання вхідного коду, і дешифратор не реагує на наступні вхідні коди.
- /EN — дозвіл роботи декодера дешифратора. Подання на цей вхід логічної «1» забороняє сигнал позиційного коду (на всіх виходах логічний «0»).
- CLK, DATA – сигнали тактування та даних послідовної шини інформації кольору світлодіодів стовпців.

Модуль контролера світлодіодної панелі (рис. 3) побудований на мікроконтролері ATmega8515 [9].

Мікроконтролер здійснює динамічне керування драйвером дисплея, а саме виведенням картини на дисплей, та напругою живлення дисплея, також обмін даними з комп'ютером через інтерфейс USART шляхом використання перетворювача шини USB-USART.

Мікроконтролер підтримує підключення зовнішньої оперативної пам'яті розміром до 64 кБайт. Внутрішньої ОЗП мікроконтролера не достатньо для зберігання даних картини, що виводиться на дисплей, тому використана зовнішня статична пам'ять (SRAM) CY7C199 [10]. Регістр 74HC573 [11] необхідний для роботи мікроконтролера з ОЗП згідно з протоколом, описаним в документації на мікроконтролер.

- підтримує стабілізацію як за постійною напругою, так і за постійним струмом;
- Програмований постійний струм драйвера світлодіоду;
- широкий діапазон постійного вихідного струму 5...30 мА;
- вбудована ШІМ схема регулювання для кожного вихідного каналу світлодіоду;
- частота ШІМ 2,5 кГц;
- вбудовані буфери для каскадування сигналів даних і тактування до наступного драйвера;
- функція зміни полярності;
- підтримування гарячого обміну;

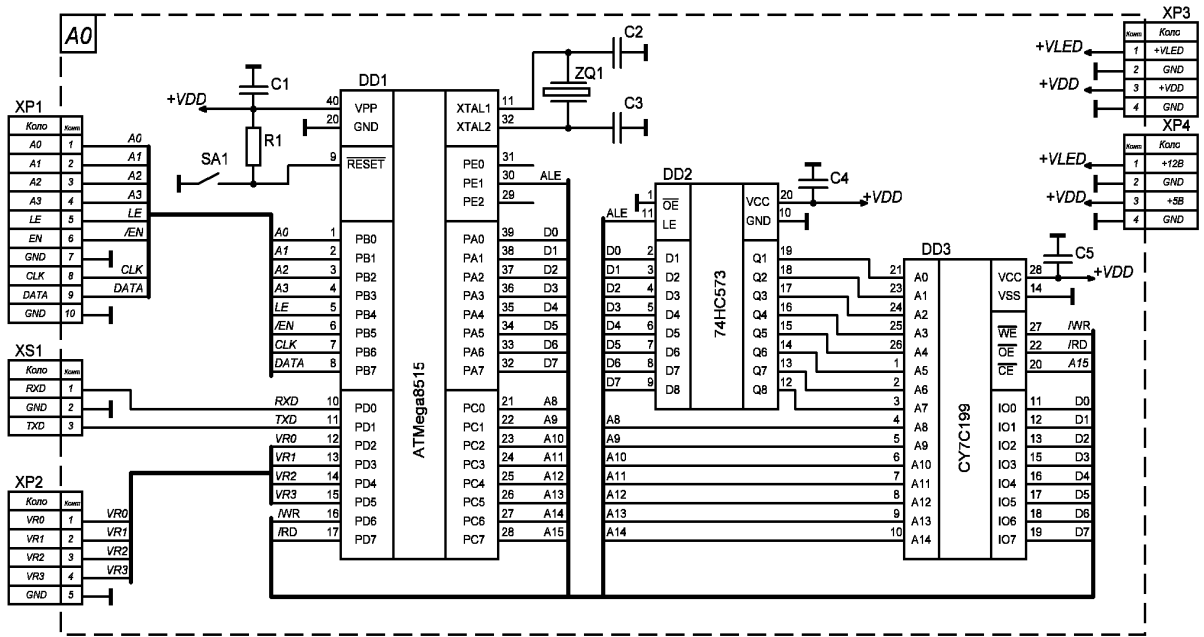


Рис. 3. Модуль контролера світлодіодної панелі

Схему модуля живлення, побудованого на інтегральних стабілізаторах LM7805 [12] та LM317 [13], показано на рис. 4.

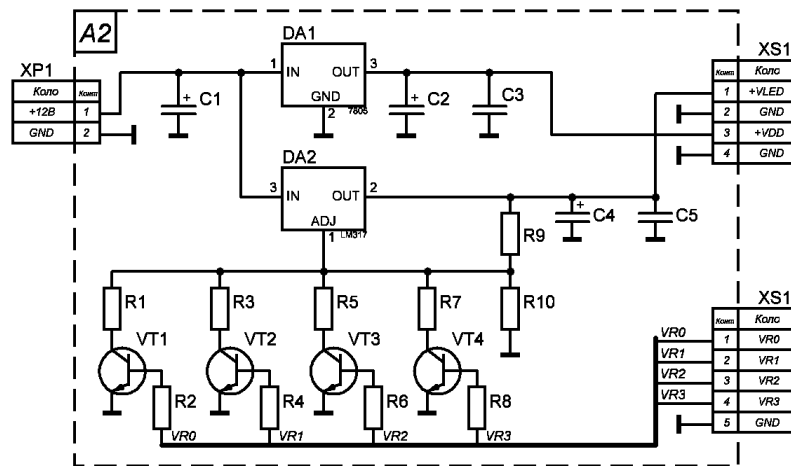


Рис. 4. Схema модуля живлення

Стабілізатор LM7805 забезпечує стабільну фіксовану напругу живлення +5 В для цифрових мікросхем.

Мікросхема LM317 використана для забезпечення напруги живлення дисплею від 2 до +6 В. В цьому стабілізаторі використовується ланка зворотного зв'язку на основі резистивного дільника напруги, вихід якого підключається до входу ADJ цієї мікросхеми. Це дозволяє змінювати напругу стабілізації зміною коефіцієнта ділення резистивного дільника. Зміна коефіцієнта ділення виконується під'єднанням резисторів R1, R3, R5, R7 транзисторами VT1, VT2, VT3, VT4 до загального провідника, відповідно. Це дозволяє здійснювати дискретне регулювання вихідної напруги. Кількість рівнів вихідної напруги при цьому дорівнює  $16 (2^4)$ , а крок регулювання за напругою —  $\frac{6-2}{16} = 0,25$  В. Максимальне значення вихідної напруги задається резистором R10.

### Висновки

Розроблено електричну принципову схему приладу для тестування органічної світлодіодної матриці максимальним розміром 16×16 триколірних пікселів, з діапазоном струмів керування від 5 до

30 мА, дискретним шістнадцятирівневим регулюванням напруги живлення дисплея.

Прилад дозволить дослідити надійність на відмову за різних режимів експлуатації, граничні електричні та динамічні характеристики OLED-матриці.

Подальші дослідження впливу свічення світлодіодних матриць на зорове навантаження уможливить визначити комфортні та енергоощадні режими функціонування світловипромінювальних пристроїв.

Робота виконана в рамках україно-литовського проекту M/57-2020 «Розробка високоефективних органічних білих світлодіодів на основі ексиплексної та уповільненої флюоресценції для новітніх систем освітлення»

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Tetsuo Urabe et al., "Technological Evolution for Large Screen Size Active Matrix OLED Display," SID, vol. 38, issue 1, pp.161-164. May, 2007. [Electronic resource]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1889/1.2785252> .
- [2] Min-Hao Michael Lu et al., "Power Consumption and Temperature Increase in Large Area Active-Matrix OLED Displays," *Journal of Display Technology*, vol. 4, issue 1, pp. 47-53, 2008. <https://www.osapublishing.org/jdt/abstract.cfm?uri=jdt-4-1-47> .
- [3] Inseok Choi et al., "Low-power color TFT LCD display for hand-held embedded systems," in *ISLPED '02 Proceedings of the 2002 international symposium on Low power electronics and design*. Monterey, California, USA: Association for Computing Machinery, August 2002, pp.112-117. [Electronic resource]. Available: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/566408.566440> .
- [4] Bernard Geffroy et al. "Organic light-emitting diode (OLED) technology: materials, devices and display technologies," *Polymer international*, vol. 55, issue 6, pp. 572-582, February, 2006. [Electronic resource]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/pi.1974> .
- [5] А. Самарин, «OLEDD дисплеи: от мифов к реальности.» *Компоненты и технологии*, № 2, 2007. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://ecworld.ru/media/bip/pdfs/samarin\\_ct207.pdf](https://ecworld.ru/media/bip/pdfs/samarin_ct207.pdf) .
- [6] *Preliminary WS2801 3-Channel Constant Current LED Driver With Programmable PWM Outputs*. [Online]. Available: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1132047/ETC1/WS2801.html> .
- [7] *High-Speed CMOS Logic 4- to 16-Line Decoder/Demultiplexer with Input Latches*. [Online]. Available: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd54hc4514.pdf> .
- [8] *8ch High-Voltage Source Driver*. [Online]. Available: <https://docs.rs-online.com/bc35/0900766b80811071.pdf> .
- [9] *ATmega8515. 8-bit Microcontroller with 8K Bytes In-System Programmable Flash*. [Online]. Available: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/doc2512.pdf> .
- [10] *CY7C199. 32K x 8 Static RAM*. [Online]. Available: <http://info.incomp.hu/NETPDF/CY7C199-25SC.pdf> .
- [11] *CD54HC573, CD74HC573 OCTAL TRANSPARENT D-TYPE LATCHES WITH 3-STATE OUTPUTS*. [Online]. Available: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cd54hc573.pdf> .
- [12] *LM340, LM340A and LM7805 Family Wide VIN 1.5-A Fixed Voltage Regulators*. [Online]. Available: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm340.pdf> .
- [13] *LM317 3-Terminal Adjustable Regulator*. [Online]. Available: <http://www.ti.com/lit/ds/slvs044x/slvs044x.pdf> .

Рекомендована кафедрою радіотехніки ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 21.12.2020

**Гельжинський Ігор Ігорович** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електронних приладів, e-mail: [iigorg@ukr.net](mailto:iigorg@ukr.net);

**Куцїй Степан Андрійович** — аспірант кафедри електронних приладів, e-mail: [stepankutsiy@gmail.com](mailto:stepankutsiy@gmail.com).

Національний університет «Львівська політехніка», Львів;

**Верига Андрій Дмитрович** — канд. техн. наук, асистент кафедри радіотехніки та інформаційної безпеки, e-mail: [veriga@ukr.net](mailto:veriga@ukr.net).

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці

**I. I. Gelzhynskiy<sup>1</sup>**  
**A. D. Veryha<sup>2</sup>**  
**S. A. Kutsii<sup>1</sup>**

## Testing Scheme for White Radiation OLED-matrix

<sup>1</sup>Lviv Polytechnic National University;

<sup>2</sup>Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University

*The scheme of testing the organic LED-matrix is proposed, the size of which is 16×16 tricolour pixels, the voltage control range is 5...30 mA, the supply voltage has 16 discrete values that vary in the range from 2 to 6 V in steps of 0,25 V. The purpose of the device for which the scheme is developed is to study the reliability of the failure time in different modes of operation, dynamic and electrical characteristics in the range of the device, which is determined by the condition that the loss of luminosity is from 100 to 70 %.*

*The proposed testing scheme is designed on two boards (two modules) for flexible upgrades if necessary.*

*The main module is the controller of the LED panel. It is built on an eight-bit ATmega8515 microcontroller. Since the size of the test field of the panel is small, the speed of such a microcontroller is quite sufficient. The microcontroller dynamically controls the display driver, display voltage, and communicates with the computer via the USART interface using a USB-USART bus converter. The microcontroller's internal random access memory (RAM) is insufficient, so the data for display on the display panel is stored in the external memory type SRAM, which is connected to the microcontroller.*

*The slave module is the driver board of the LED matrix. The LEDs are powered by a separate adjustable voltage source, which additionally allows you to adjust the overall brightness of the display, explore its operation in different ranges of supply voltages, extend the service life during operation. Switching of supply voltage on lines is carried out through electronic keys on the TD62783 chip. The matrix row is selected by a 4-on-16 decoder 74HC4514.*

*To control the brightness of the LEDs on the columns used specialized chips WS2801. They provide bit control of 8 bits per color, a total of 24 bits, which is more than 16 million shades. The two-wire data recording circuit and the possibility of cascading reduces the number of wires in the circuit. The ability to connect reverse resistors (RFB, GFB, BFB) to the current stabilizer of the LED, allows you to compensate for the variance of the parameters of the LED matrix by selecting the values of these resistors.*

*A special power supply module provides stabilization of supply voltages of digital chips and LED matrix.*

**Keywords:** OLED-matrix, LED, test circuit, microcontroller.

**Helzhynskiy Ihor I.** — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Electronic Devices, e-mail: iigorg@ukr.net ;

**Veryha Andrii D.** — Cand. Sc. (Eng.), Assistant of the Chair of Radio Engineering and Information Security, e-mail: veriga@ukr.net ;

**Kutsii Stepan A.** — Post-Graduate Student of the Chair of Electronic Devices, e-mail: stepankutsiy@gmail.com

**И. И. Гельжинский<sup>1</sup>**

**А. Д. Верига<sup>2</sup>**

**С. А. Куций<sup>1</sup>**

## Схема тестирования OLED-матрицы белого цвета излучения

<sup>1</sup>Национальный университет «Львовская политехника»;

<sup>2</sup>Черновицкий национальный университет имени Юрия Федьковича

*Предложена схема тестирования органической светодиодной матрицы максимальным размером 16×16 трехцветных точек, с диапазоном токов управления 5...30 мА, дискретным шестнадцатилетним регулированием напряжения питания в диапазоне от 2 до 6 В с шагом 0,25 В. Схема разработана с целью исследования надежности наработки на отказ в различных режимах эксплуатации, предельных электрических и динамических характеристиках, потерей яркости свечения от 100 до 70 %.*

*Предложенная схема тестирования спроектирована на двух платах (два модуля) для гибкой модернизации в случае необходимости.*

*Основным модулем является контроллер светодиодной панели. Он построен на восьмибитном микроконтроллере ATmega8515. Поскольку размеры тестового поля панели малые, быстродействия такого микроконтроллера вполне достаточно. Микроконтроллер осуществляет динамическое управление драйвером дисплея, напряжением питания дисплея, также обмен данными с компьютером через интерфейс USART с использованием преобразователя шины USB-USART. Внутреннего оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) микроконтроллера недостаточно, поэтому данные для вывода на панель дисплея сохраняются во внешней памяти типа SRAM, которая подключена к микроконтроллеру.*

*Подчиненным модулем является плата драйвера светодиодной матрицы. Питание светодиодов осуществляется от отдельного регулируемого источника напряжения, что дополнительно позволяет регулировать общую яркость дисплея, исследовать его работу в различных диапазонах напряжений питания. Коммутация напряжения питания по строкам осуществляется через электронные ключи на микросхеме TD62783. Выбор строки матрицы проводится 4-на-16 дешифратором 74HC4514. Для управления яркостью светодиодов по столбцам использованы специализированные микросхемы WS2801. Они обеспечивают разрядность управления по 8 бит на цвет, вместе 24 бита, что больше 16 млн оттенков. Двухпроводная схема записи данных и возможность каскадирования уменьшает количество проводов в схеме. Возможность подключения резисторов обратной связи (RFB, GFB, BFB) стабилизатора тока светодиода, позволяет компенсировать разброс параметров светодиодной матрицы подбором номиналов этих резисторов.*

*Отдельный модуль питания обеспечивает стабилизацию напряжения питания цифровых микросхем и светодиодной матрицы.*

**Ключевые слова:** OLED-матрица, светодиод, схема тестирования, микроконтроллер.

**Гельжинский Игорь Игоревич** — канд. техн. наук, доцент кафедры электронных приборов, e-mail: iigorg@ukr.net ;

**Верига Андрей Дмитриевич** — канд. техн. наук, ассистент кафедры радиотехники и информационной безопасности, e-mail: veriga@ukr.net ;

**Куций Степан Андреевич** — аспирант кафедры электронных приборов, e-mail: stepankutsiy@gmail.com