

УДК 621.37.46

## МЕТОДИКА И ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ МИКРОДИСПЛЕЙНОГО МОДУЛЯ ВИДЕОПРОЕКЦИОННОГО УСТРОЙСТВА ПЕРСОНАЛЬНОГО ТИПА

А.С. МОХАММЕД, Е.В. МУХА, А.А. СТЕПАНОВ, А.В. ПАСЫНКОВ, А.Г. СМИРНОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

*Поступила в редакцию 31 марта 2014*

Представлены методика и программно-аппаратный комплекс функционального контроля микродисплейного модуля видеопроекционного устройства персонального типа. Основным звеном комплекса является формирователь видеоизображения (генератор испытательных сигналов) Video Pattern Generator VPG 170, который позволяет создавать тестовые поля изображений с различными параметрами и характеристиками. В качестве микродисплейного модуля использовали либо активно-матричный SVGA микродисплей, выполненный по LCOS-технологии, либо тестовый модуль светоизлучающего типа на основе Шоттки структуры нанопористый кремний/Al, контроль функционирования которых осуществляется визуально. Разработана специальная оптическая система, включающая поляризационный куб с антиотражающими и антибликовыми покрытиями, светодиодную подсветку по RGB составляющим, управляемую контроллером. Управление генератором испытательных сигналов VPG 170 осуществляется с помощью специально разработанного программного обеспечения, установленного на персональном компьютере с операционной системой Windows XP.

*Ключевые слова:* видеопроекционное устройство, устройства отображения информации, микродисплей, контроль функционирования.

### Введение

Дисплей – это устройство, отображающее изменяющуюся текстовую, графическую или видео информацию. Поскольку в современном мире основной поток информации человек получает через электронные средства коммуникации, то именно дисплей является главным связующим звеном между ними и человеком (оператором).

Ежегодно в мире производятся миллиарды дисплеев, которые подразделяются на множество типов, видов и подвидов, связанных с особенностями их конструкций, технологий и применения (см. рис. 1). Как следует из рисунка, наиболее очевидно различие дисплеев по размеру, однако их классификацию корректнее проводить не по размеру, а по связанным с ним и назначением дисплея параметрам, называемым дистанцией наблюдения  $D$ , разрешающей способности  $M$  и линейным размером элемента отображения (пикселя)  $A$ . Оптимальная дистанция наблюдения – это расстояние, с которого человек видит на дисплее четкое, но не дискретное изображение, для полноценного просмотра которого ему не надо напрягать зрение или вращать головой (комфортным считается движение глаза в пределах  $24^\circ$  по вертикали и горизонтали, т.е.  $34^\circ$  по диагонали). Оптимальная дистанция наблюдения связана с особенностями человеческого зрения: человеческий глаз перестает различать отдельные точки изображения, которые расположены на расстоянии меньше угловой минуты. Если дистанция наблюдения больше оптимальной, то пиксели сливаются, изображение размывается и информационная способность дисплея падает, а если дистанция наблюдения меньше оптимальной, то становится видна дискретная пиксельная структура. Соответственно, для

нормальной остроты зрения, дистанция наблюдения  $D$  выражается формулой  $D = 3500 A$ , где  $A$  – линейный размер пикселя.

С учетом этой зависимости на рис. 1 классифицированы различные типы дисплейных устройств в зависимости от оптимальной дистанции их наблюдения, геометрических размеров каждого пикселя и разрешающей способности дисплея в мегапикселях.

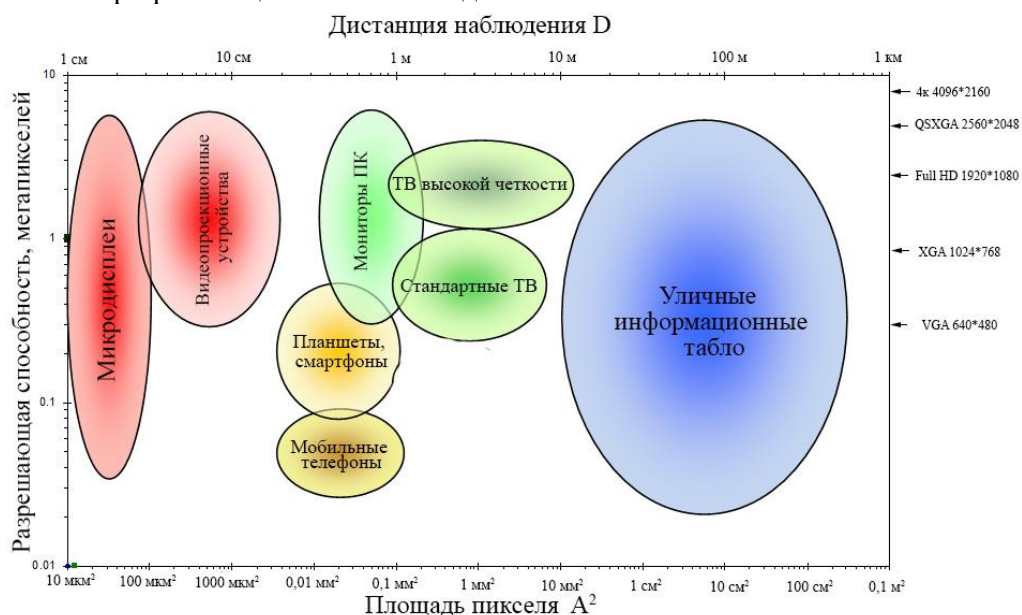


Рис. 1. Классификация дисплеев

Особый интерес представляют микроминиатюрные дисплеи или микродисплеи [1]. Дистанция наблюдения в микродисплеях обычно не превышает нескольких сантиметров, а сами они зачастую выглядят как уменьшенные копии «больших дисплеев». Микродисплеи могут использоваться как в проекционных системах группового типа, так и в персональных видеопроекторных системах, формирующих мнимое (виртуальное) изображение.

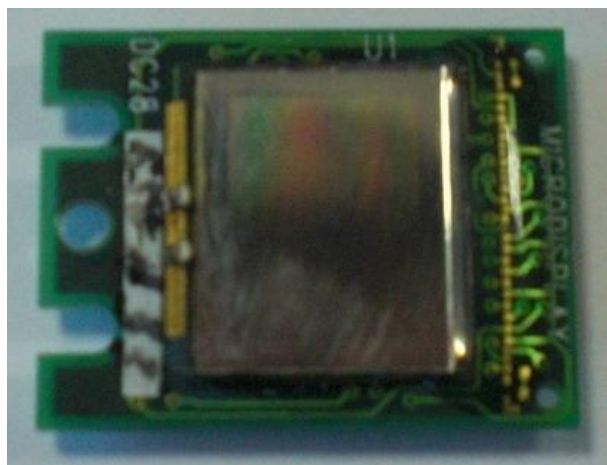


Рис. 2. Структура и внешний вид микродисплея

В таблице приведены конструктивно-технологические варианты и основные параметры микродисплеев, освоенных промышленностью в настоящее время. Как видно из приведенных данных, ни один из рассмотренных вариантов не отвечает всей совокупности требований.

Основной акцент в данной работе сделан на исследовании микродисплеев отражательного типа, выполненных по наиболее распространенной в настоящее время технологии LCOS (Liquid Crystal on Silicon) (рис. 2), и микродисплеях светоизлучающего типа LED (Light Emitting Diode) [2, 3].

### Конструктивно-технологические варианты микродисплеев

Технология	LCOS	OLED	μLED	DLP	LBS	Por-Si LED
Эффективность	средняя	низкая	высокая	низкая	низкая	не высокая
Яркость свечения	3000 кд/м <sup>2</sup> (полноцветная) ~104 кд/м <sup>2</sup> (зеленый)	1500 кд/м <sup>2</sup> (полноцветная) ~10 <sup>3</sup> кд/м <sup>2</sup> (желтый)	~10 <sup>5</sup> кд/м <sup>2</sup> (полноцветная) ~10 <sup>7</sup> кд/м <sup>2</sup> (синий/зеленый)	~1000 кд/м <sup>2</sup> (полноцветная)	~1000 кд/м <sup>2</sup> (полноцветная)	~100 кд/м <sup>2</sup>
Контраст	200:1	очень высокий > 10000:1	очень высокий > 10000:1	высокий	высокий	очень высокий >1000:1
Время отклика	мс	мкс	нс	мс	мс	нс
Рабочая температура	0...60 °C (требуется нагрев)	-50...70 °C	-100...70 °C	не определена	не определена	-100...80 °C
Ударостойкость	низкая	средняя	высокая	средняя	средняя	высокая
Время жизни	среднее	среднее	длительное	среднее	короткое	длительное
Стоимость	низкая	низкая	низкая	высокая	высокая	низкая

### Методика и программно-аппаратный комплекс для функционального контроля микродисплеев

Структурная схема и внешний вид программно-аппаратного комплекса для контроля функционирования микродисплейных устройств, состоящего из ряда узлов, соединенных между собой различными интерфейсами, представлены на рис. 3 и 4 соответственно.

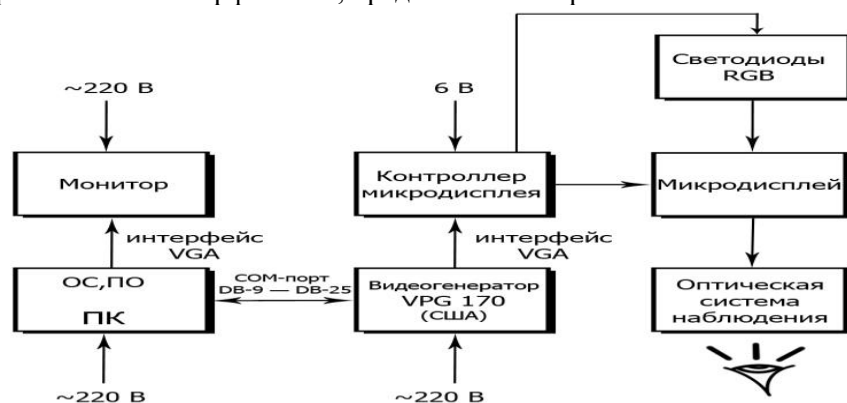


Рис. 3. Структурная схема программно-аппаратного комплекса контроля функционирования видеопроекционного устройства

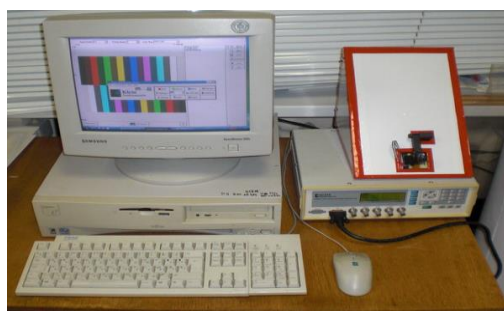


Рис. 4. Внешний вид программно-аппаратного комплекса

Основным звеном комплекса является генератор испытательных сигналов Video Pattern Generator типа VPG 170 производства компании KLEIN Instruments (США), выполняющий функции формирователя видеоизображений, который позволяет создавать тестовые поля изображений с различными характеристиками (рис. 5). Оптический модуль, внешний вид которого показан на рисунке 6, предназначен для визуального контроля функционирования

исследуемого микродисплея и включает линзовую систему, поляризационный куб со светоотражающими покрытиями, светодиодную подсветку по трем составляющим – RGB, – напряжение на которые подается с контроллера в строго синхронизированном порядке.

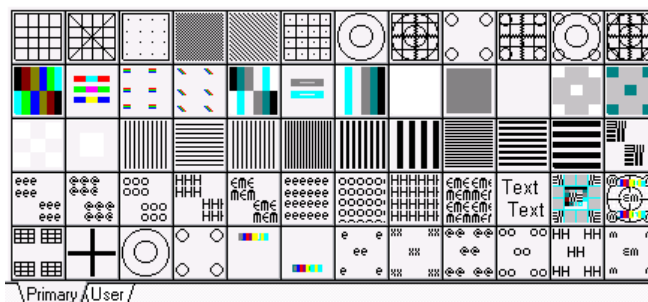


Рис. 5. Диалоговое окно для выбора тестового изображения



Рис. 6. Внешний вид оптического модуля

При разработке и отладке комплекса в качестве контрольного микродисплейного устройства мы использовали активно-матричный микродисплей типа DC 28 SVGA разрешения производства американской компании MicroDisplay.

Испытываемый микродисплей через корпус типа BGA (Ball Grid Array) и шлейф типа DC Flex Cable 12 подключен к контроллеру ЕК4, который связан с генератором испытательных сигналов через VGA интерфейс (рис. 7). Входящие в его состав микроконтроллеры А220/А221 – это высокоинтегрированные большие интегральные схемы (БИС), которые поддерживают управление цветными микродисплейными устройствами. Они предназначены для приема цифрового видеосигнала в формате BT656 и преобразования его в аналоговый RGB сигнал для микродисплея. Микродисплеи получают три различных видеосигнала – по красному, зеленому и синему каналам. Вдобавок, для корректной работы также необходимы строчный и кадровый синхросигналы. Контроллеры А220/А221 содержат по три 8-битных ЦАП, видеоусилитель и одну схему 5-вольтовой зарядки для аккумулятора микродисплея, имеют встроенную функцию преобразования YCbCr в RGB, а также горизонтального и вертикального масштабирования. Контроллер А220 поддерживает 3-проводной последовательный интерфейс, а А221 поддерживает 2- и 3-проводной последовательный интерфейс. Кроме того, контроллер А221 дополнительно содержит широтно-импульсный модулятор управления яркостью подсветки.

Предусмотрено также управление генератором тестовых сигналов VPG 170 с помощью специально разработанного программного обеспечения, которое установлено на персональный компьютер, работающий под операционной системой Windows XP.



Рис. 7. Внешний вид контроллера ЕК4

## Методика проведения визуального функционального контроля

Общий принцип использования комплекса и генератора испытательных сигналов VPG можно вкратце описать следующим образом: генератор используется для всех типов микродисплеев, подключается по интерфейсу VGA- или BNC-коаксиальным кабелям и подает тестовые изображения с различными характеристиками на испытываемый микродисплей. Генератор испытательных сигналов, в свою очередь, контролируется с помощью программного обеспечения, установленного на персональном компьютере, и обладает возможностями создания новых изображений и хранением данных измерений.

### Заключение

Разработан простой и эффективный метод и программно-аппаратный комплекс функционального контроля микродисплейного модуля видеопроекционного устройства персонального типа. Основным звеном комплекса является формирователь видеоизображения VPG 170, который позволяет создавать тестовые поля изображений с различными параметрами и характеристиками. В качестве микродисплейного модуля использован либо активно-матричный SVGA микродисплей, выполненный по LCOS-технологии, либо тестовый модуль светоизлучающего типа, контроль функционирования которых осуществляется визуально. Комплекс включает также специальную оптическую систему с поляризационным кубом и светодиодной RGB подсветкой, управляемой контроллером ЕК4. Управление генератором испытательных сигналов VPG 170 осуществляется с помощью специально разработанного программного обеспечения, установленного на персональном компьютере с операционной системой Windows XP.

## HARD/SOFTWARE FUNCTIONAL CONTROL METHOD OF MICRODISPLAY MODULES FOR PERSONAL VIDEO-PROJECTION SYSTEMS

A.S. MOHAMMED, E.V. MUKHA, A.A. STSIAPANAU, A.V. PASYNKOV, A.G. SMIRNOV

### Abstract

The hard- and software functional control method of microdisplay modules for personal videoprojection systems is presented. The basic components comprise of an active matrix SVGA LCOS microdisplay or a LED microdisplay based on Schottky diodes nanoporous silicon-nanostructured aluminium, a Video Pattern Generator VPG 170 which generates test images with different parameters and characteristics. It's included also the specialized optical system containing a polarizing cube with antiglare coatings and RGB backlit system. The control of the generator test signals is accomplished using a specially developed software installed in a PC using Windows XP operating system.

### Список литературы

1. *Smirnov A., Mohammed Abubakar Saddiq* // Матер. 19-го междунар. симпозиума «Перспективные технологии дисплеев и полупроводниковой осветительной техники. Логойск, 2011 г. С. 170–182
2. *Smirnov A., Stsiapanau A., Mohammed A.S. et. al.* // Proc. SID Symposium «Display Week-2011». Los-Angeles, May 2011. P. 1385–1387
3. *Войтенков С., Саддик Мохаммед А., Мусаев С. и др.* // Abstracts of 19<sup>th</sup> Advanced Display Technologies int. Symp. ADLT-2011. Logoisk, February 2011. P. 15.

UDC 621.37.46

## **HARD- AND SOFTWARE FUNCTIONAL CONTROL METHOD OF MICRODISPLAY MODULES FOR PERSONAL VIDEO PROJECTION SYSTEMS**

A.S. MOHAMMED, E.V. MUKHA, A.A. STSIAPANAU, A.V. PASYNKOV, A.G. SMIRNOV

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics  
P. Brovki, 6, Minsk, 220013, Belarus*

*Received on March 31, 2014*

The hard- and software functional control method of microdisplay modules for personal video projection systems is presented. The main part of the complex is Video Pattern Generator VPG 170, which allows creating test image fields with different parameters and characteristics. As a microdisplay module, either an active matrix SVGA microdisplay made using LCOS technology or a test module of a light-emitting type based on a Schottky nanoporous silicon/Al structure was used, whose operation is controlled visually. A special optical system has been developed, including a polarizing cube with antiglare coatings and RGB backlit system operated by a controller. The control of the generator test VPG 170 signals is accomplished using a specially developed software installed in a PC using Windows XP operating system.

*Keywords:* video projection, information display device, microdisplay, functioning control.

### **Introduction**

A display is a device that displays changing text, graphics or video information. Since in the modern world people receive the main information flow through electronic means of communication, it is the display being the main link between them and the person (operator).

Billions of displays are produced annually in the world, which are divided into many types, species and subspecies associated with the features of their designs, technologies and applications (see Figure 1). As follows from the figure, the size is the most obvious difference between displays, however, it is more correct to classify them not by size, but by the parameters associated with it and the purpose of the display, called the observation distance  $D$ , the resolution  $M$  and the linear size of the display element (pixel)  $A$ . The optimal viewing distance is the distance from which a person observes a clear but not discrete image on a display without straining the eye or turning the head (it is considered comfortable to move the eye within  $24^\circ$  vertically and horizontally, i.e.  $34^\circ$  diagonally). The optimal viewing distance is related to the nature of human vision: the human eye is unable to distinguish individual image points that are less than an angular minute away. If the viewing distance is greater than the optimal viewing distance, the pixels merge, the image becomes blurred and the information capacity of the display decreases, while if the viewing distance is less than the optimal viewing distance, a discrete pixel structure becomes visible. Accordingly, for normal visual acuity, the observation distance  $D$  is expressed by the formula  $D = 3,500 A$ , where and if the observation distance is less than optimal, then a discrete pixel structure becomes visible. Accordingly, for normal visual acuity, the observation distance  $D$  is expressed by the formula  $D = 3,500 A$ , where  $A$  is the linear size of the pixel.

Taking into account this dependence, Figure 1 classifies various types of display devices depending on the optimal viewing distance, the geometric dimensions of each pixel, and the resolution of the display in megapixels.



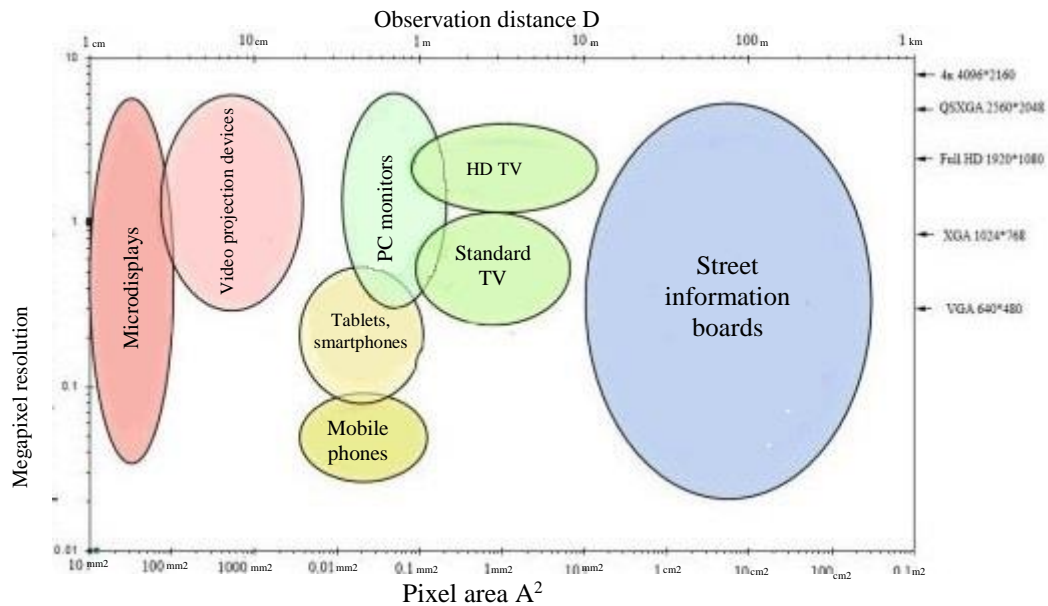


Figure 1. Classification of displays

Microminiature displays or microdisplays [1] are of special interest. The observation distance in microdisplays usually does not exceed a few centimeters, and they themselves often look like smaller copies of “large displays”. Microdisplays can be used both in group-type projection systems and in personal video projection systems that form an imaginary (virtual) image.

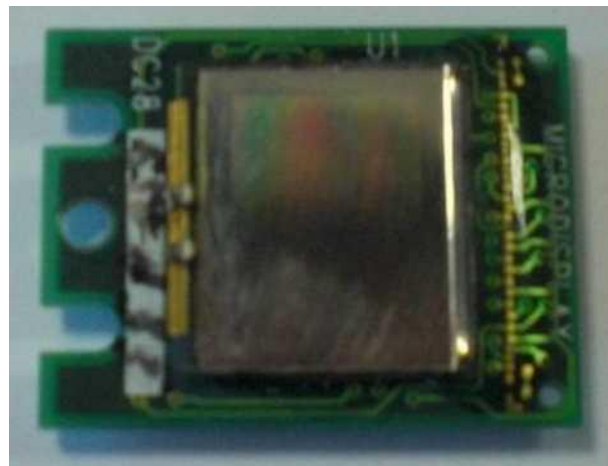


Figure 2. Structure and appearance of the microdisplay

The table shows the design and technological variants and the main parameters of microdisplays currently mastered by the industry. As can be seen from the above data, none of the variants considered meets the entire set of requirements.

The main emphasis in this work is on the study of reflective type microdisplays made using the currently most common LCOS (Liquid Crystal on Silicon) technology (Fig. 2) and LED (Light Emitting Diode) microdisplays [2, 3].

## Structural and technological variants of microdisplays

Technology	LCOS	OLED	$\mu$ LED	DLP	LBS	Por-Si LED
Efficiency	average	low	high	low	low	not high
Glow brightness	3000 cd/m <sup>2</sup> (full color) ~104 cd/m <sup>2</sup> (green)	1500 cd/m <sup>2</sup> (full color) ~10 <sup>3</sup> cd/m <sup>2</sup> (yellow)	~10 <sup>5</sup> cd/m <sup>2</sup> (full color) ~10 <sup>7</sup> cd/m <sup>2</sup> (blue; green)	~1000 cd/m <sup>2</sup> (full color)	~1000 cd/m <sup>2</sup> (full color)	~100 cd/m <sup>2</sup>
Contrast	200:1	very high > 10000:1	very high > 10000:1	high	high	very high >1000:1
Response time	ms	ms	ns	ms	ms	ns
Working temperature	0...60 °C (requires heating)	-50...70 °C	-100...70 °C	unspecified	unspecified	-100...80 °C
Impact resistance	low	average	high	average	average	high
Lifetime	average	average	prolonged	average	short	prolonged
Price	low	low	low	high	high	low

## Hardware-software functional control method of microdisplay

The schematic diagram and the appearance of the hardware-software functional control of microdisplay consisting of a number of nodes interconnected by various interfaces, are shown in Figure 3 and 4 respectively.

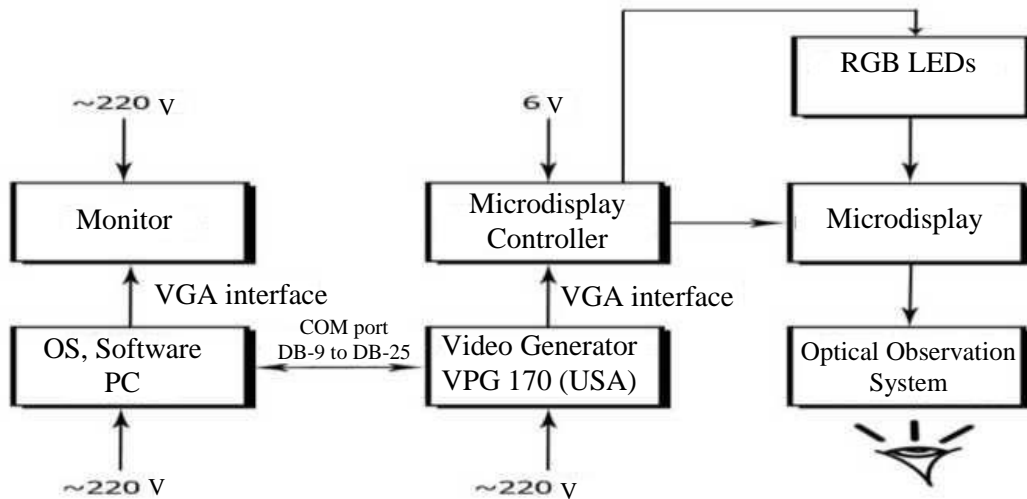


Figure 3. Schematic diagram of the hardware-software control for video projection systems

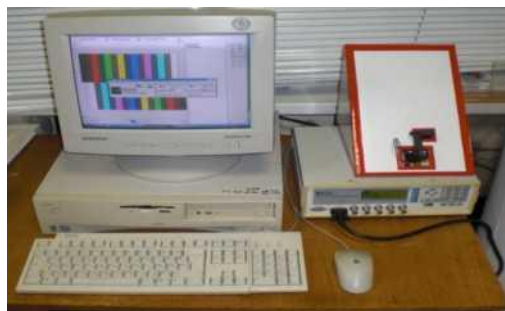


Figure 4. Appearance of the software and hardware complex

The main part of the complex is a Video Pattern Generator type VPG 170 produced by KLEIN Instruments (USA) that acts as a video image generator and allows creating test fields of images with different characteristics (Fig. 5). The optical module, the appearance of which is shown in Fig. 6, is designed for visual control of the functioning, the studied microdisplay and includes a lens system, polarization cube with reflective coatings, LED backlighting by three components - RGB, - the voltage to which is supplied from the controller in strictly synchronized order.



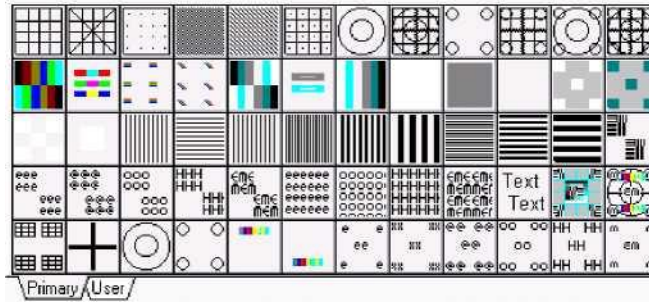


Figure 5. Dialog box for selecting a test image



Figure 6. Appearance of the optical module

A DC 28 SVGA resolution active matrix microdisplay manufactured by the American MicroDisplay company was used as the controlling microdisplay device for the development and debugging of the system.

The microdisplay under test is connected to the EK4 controller via a BGA (Ball Grid Array) case and DC Flex Cable 12, which is connected to the test signal generator via the VGA interface (Fig. 7). Its A220/A221 microcontrollers are highly integrated large-scale integrations (LSIs) that support the control of color microdisplay devices. They are designed to receive a digital video signal in BT656 format and convert it to an analog RGB signal for a microdisplay. Microdisplays receive three different video signals - red, green and blue channels. In addition, horizontal and vertical sync signals are also required for correct operation. The A220/A221 controllers contain three 8-bit DACs, a video amplifier, and one 5-volt charging circuit for the microdisplay battery, have built-in YCbCr to RGB conversion, and horizontal and vertical scaling. The A220 controller supports 3-wire serial interface, while the A221 supports 2-wire and 3-wire serial interface. In addition, the controller A221 additionally contains a pulse-width modulator for controlling the brightness of the backlight.

The VPG 170 test signal generator can also be controlled via specially developed software installed on a Windows XP PC.



Figure 7. Appearance of the EK4 controller

### Methodology for visual functional control

The general principle of use of the complex and the VPG test signal generator can be briefly described as follows: the generator is used for all types of microdisplays, is connected via VGA- or BNC-coaxial cables and supplies test images with different characteristics to the microdisplay under test. The test signal generator, in turn, is controlled by software installed on a personal computer and has the capability of creating new images and storing measurement data.

### Conclusion

A simple and effective hardware-software functional control method of microdisplay module for personal video projection system is developed. The main part of the complex is a VPG 170 video imager, which allows creating test image fields with different parameters and characteristics. As a microdisplay module, either an active-

matrix SVGA microdisplay made using LCOS technology or a light-emitting test module was used, the operation of which is monitored visually. The complex also includes a special optical system with a polarizing cube and RGB LED backlight controlled by the EK4 controller. The VPG 170 test signal generator is controlled using specially developed software installed on a personal computer with Windows XP operating system.

## HARD/SOFTWARE FUNCTIONAL CONTROL METHOD OF MICRODISPLAYMODULES FOR PERSONAL VIDEO PROJECTION SYSTEMS

A.S. MOHAMMED, E.V. MUKHA, A.A. STSIAPANAU, A.V. PASYNKOV, A.G. SMIRNOV

### Abstract

The hard- and software functional control method of microdisplay modules for personal video projection systems is presented. The basic components comprise of an active matrix SVGA LCOS microdisplay or a LED microdisplay based on Schottky diodes nanoporous silicon- nanostructured aluminum, a Video Pattern Generator VPG 170 which generates test images with different parameters and characteristics. It's included also the specialized optical system containing a polarizing cube with antiglare coatings and RGB backlit system. The control of the generator test signals is accomplished using a specially developed software installed in a PC using Windows XP operating system.

### Bibliography

1. *Smirnov A., Mohammed Abubakar Saddiq*// Materials of the 19th international symposium “Perspective Technologies of Displays and Semiconductor Lighting Technology”. Logoisk, 2011, P. 170-182
2. *Smirnov A., Stsiapanau A., Mohammed A.S. et. al.*//Proc. SID Symposium “Display Week-2011”. Los Angeles, May 2011. P. 1385-1387
3. *Voitenkov S., Saddik Mohammed A., Musaev S. et al.*// Abstracts of 19th Advanced Display Technologies int. Symp. ADLT-2011. Logoisk, February 2011. P. 15.

We, Translation Agency “Manzhur”, hereby confirm the accuracy and completeness of the translation from Russian to English of the attached document. We certify the correctness of the translation only. We do not certify the authenticity or content of the original document. This document includes 10 pages.

Kovalionok E., manager   
Signed on January 23, 2023 in Minsk



### Translation Agency “Manzhur”

49 Nezavisimosti Ave., office 420, 220005 Minsk,  
+375 29 603-81-51 (Viber, Whatsapp, Telegram), +375 33 631-96-58  
E-mail: manzhur@tut.by, manzhur\_by@mail.ru  
[www.manzhur.by](http://www.manzhur.by)