МИКРОСХЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАТРИЧНЫМИ БУКВЕННО-ЦИФРОВЫМИ LED-ДИСПЛЕЯМИ (7 × 5) CONTROL CIRCUIT FOR MATRIX ALPHANUMERIC LED-DISPLAYS (7 × 5)

УДК 621.382, ВАК 05.27.01

Д.Мамонов* / dimitriy32ru@yandex.ru

D.Mamonov*

Рассматриваются особенности проектирования радиационно-стойкой микросхемы 5521TR034-726 управления восемью матричными буквенно-цифровыми дисплеями (7×5) на основе базового кристалла серии 5521, выполненного по технологии 0,18 мкм. Объясняются принципы организации динамического управления светодиодными индикаторами, а также приводится описание основных функциональных блоков устройства.

The paper describes the design features of radiation-resistant circuit 5521TR034-726 for control of eight matrix alphanumeric displays (7×5) based on 5521 gate array family that is manufactured by 0.18 μm process. It explains the mechanisms of LED displays dynamic control and describes the main functional units of the device.

В качестве элементов индикации в современных цифровых комплексах используются жидкокристаллические панели, полупроводниковые электролюминесцентные и электрохромные индикаторы. Каждый из указанных типов индикаторов, основанных на различных физических принципах, предъявляет определенные требования к амплитудам управляющих напряжений, виду тока, плотности размещения на лицевых панелях приборов и внешней освещенности.

Высокие технические характеристики полупроводниковых индикаторов обеспечили их успешное применение в аппаратуре различного назначения. Особой популярностью пользуются матричные знакосинтезирующие индикаторы с динамическим управлением, пришедшие на смену сегментным индикаторам.

Матричные индикаторы относятся к классу знакосинтезирующих приборов, в которых информация, предназначенная для зрительного восприятия, отображается с помощью нескольких дискретных элементов, сгруппированных по строкам и столбцам. Матричным индикатором считается устройство, объединенное в законченном конструктивном корпусе.

Эргономические исследования показали, что 35-элементная матрица обеспечивает удовлетворительное восприятие знаковой информации, в частности, прописных и строчных букв русского алфавита, знаков и цифр, букв греческого и латинского алфавитов [1].

К основным преимуществам матричных индикаторов по сравнению с сегментными относят широкие возможности и высокое качество отображения символов. Недостатки матричных индикаторов: сложность конструкции, стоимость, а также меньшая надежность вследствие большего количества элементов. При соединении многоразрядных индикаторов, расстояние между пикселями на швах отличается от расстояния в пределах одного индикатора, что накладывает ограничения на использование таких индикаторов для формирования единого изображения.

По способу управления матричные индикаторы делятся на два вида: статические и динамические (мультиплексные).

Статический способ подразумевает непосредственное управление каждым пикселем матрицы. Каждый элемент отображения имеет собственную ячейку памяти и светодиодный драйвер. Данный способ управления

* НПК "Технологический центр" / SMC "Technological Centre".

используется в матрицах с большим размером пикселя, когда мощность и стоимость драйвера значительны. Также статическая схема применяется в устройствах с высокими требованиями к электромагнитному излучению. Однако подобный подход рационален только при небольшом разрешении (4×4 пикселя), поскольку при больших размерах значительно увеличивается количество управляющих элементов и схем ввода данных.

Для упрощения схемы управления, а также снижения количества выводов индикатора, разработан динамический способ управления, активно используемый в 35-элементах матрицах. Динамический способ подразумевает поочередное включение различных групп элементов отображения путем подачи напряжения с частотой более 20 Гц, при этом человеческий глаз воспринимает экран как непрерывно светящийся объект.

Матричные структуры выпускаемых буквенно-цифровых дисплеев позволяют осуществить управление только в режиме стробирования (динамическое управление). Структура матрицы предполагает два способа стробирования: по строкам или по столбцам.

Анализ рынка матричных буквенно-цифровых LED-дисплеев показал, что наиболее востребованными устройствами являются индикаторы типа HDSP-2131, разработанные компанией Avago Technologies [2]. В России подобные дисплеи выпускаются, но пока нет отечественных функцио-

нальных аналогов микросхем управления восьмьюразрядными буквенно-цифровыми дисплеями, поэтому возникла необходимость создания такой микросхемы.

В НПК "Технологический центр" на основе базового кристалла (БК) 5521TP03 серии 5521 была разработана микросхема 5521TP034-726 управления восьмью матричными буквенно-цифровыми дисплеями (7×5). БК серии 5521 изготавливаются по радиационно-стойкой КМОП-технологии с нормами $0,18 \text{ мкм}$ на объемном кремнии. Напряжение питания $3 \text{ В} \pm 10\%$ или $3,3 \text{ В} \pm 10\%$ [3].

Разработка поведенческой модели микросхемы 5521TP034-726, тестовых воздействий для ее проверки и топологическое проектирование осуществлялись средствами САПР БИС "Ковчег" [4]. При этом применялась унифицированная параметризованная библиотека функциональных ячеек серий БК 5521 и 5529.

В процессе разработки были сформулированы основные функциональные требования к микросхеме управления:

- вывод на дисплей ASCII-таблицы символов;
- возможность программирования 16-ти символов;
- функция мигания;
- настройка яркости дисплея;
- функция тестирования;
- функция очистки;
- возможность выбора тактовой частоты (использование внешнего сигнала или внутреннего генератора частоты на 1 МГц).

LCD panels, semiconductor electroluminescent and electrochromic indicators are used as display elements in a modern digital complexes. Each of these types of indicators based on different physical principles, is characterized by certain requirements to the amplitudes of the control voltages, type of current, density of placement on the front panels of devices and ambient light.

High technical characteristics of semiconductor indicators ensured their successful application in the equipment of various purpose. Especially popular are the matrix character indicators

with dynamic control, which replace the segment indicators.

The dot matrix indicators belong to the class of character indicators, which display the visual information by means of several discrete elements, grouped in rows and columns. The dot matrix indicator is a device, which is combined into a finished constructive package.

Ergonomic studies have shown that the 35-element matrix provides a satisfactory perception of signs, in particular, uppercase and lowercase letters of the Russian alphabet, signs and numbers, letters of the Greek and Latin alphabets [1].

The main advantages of dot matrix indicators compared to the segment ones include a wide possibilities and high quality display of characters. Disadvantages of dot matrix indicators are the complexity of the design, cost, and also lower reliability due to the greater number of items. When connecting multi-bit indicators, the distance between the pixels at the seams differs from the distance within the indicator, which imposes restrictions on the use of such indicators to form a single image.

Depending on the method of control, the dot matrix

Рис.1. Конструкция индикатора
Fig.1. Indicator design

Конструкция индикатора, для которого разрабатывалась микросхема управления, представлена на рис.1 и состоит из восьми светодиодных матричных дисплеев по 35 пикселей в каждом. Микросхема управления дисплеями располагается на нижней стороне устройства в бескорпусном исполнении.

Функциональная схема устройства представлена на рис.2, где:

- "8×8 РЕГИСТР ОТОБРАЖАЕМЫХ СИМВОЛОВ" – регистр 8×8, который хранит адреса отображаемых символов;
- "РЕГИСТР СИМВОЛОВ И ОЗУ" – блок регистров для программирования пользовательских символов;

Таблица 1. Адреса регистров данных

Table 1. Addresses of data registers

$\overline{FL}$	A4	A3	Тип памяти Memory type	A2-A0
1	0	0	РЕГИСТР СИМВОЛОВ REGISTER OF SYMBOLS	
1	0	1	ОЗУ RAM	Адрес строки Address of row
1	1	0	РЕГИСТР РЕЖИМОВ РАБОТЫ REGISTER OF OPERATION MODES	–
1	1	1	8×8 РЕГИСТР ОТОБРАЖАЕМЫХ СИМВОЛОВ 8×8 REGISTER OF DISPLAYED CHARACTERS	Адрес символа Address of symbol

- "БЛОК УПРАВЛЕНИЯ" – блок задания сетки частот и сигналов управления;
- "ДЕШИФРАТОР ASCII" – дешифратор ASCII-таблицы символов;
- "ВЫХОДНОЙ ДРАЙВЕР" – выходной драйвер управления индикаторами.

Адреса регистров данных и режимов работы представлены в табл.1 и 2 соответственно.

Основным регистром, отвечающим за тип отображаемой информации, является блок "8×8 РЕГИСТР ОТОБРАЖАЕМЫХ СИМВОЛОВ". Данный

indicators are divided into two groups: static and dynamic (multiplex).

The static method means direct control of each pixel of the matrix. Each display item has its own memory cell, and a LED driver. This method of control is used in matrices with a large pixel size, when power and cost of drivers are significant. Also, the static scheme is applied in devices with high requirements for electromagnetic radiation. However, this approach is reasonable only at small resolution (4×4 pixel), since at larger sizes the number of control elements and circuits

of the data input significantly increases.

To simplify control, and to reduce the number of indicator terminals, a dynamic control method is developed, which is actively used in 35-element matrixes. The dynamic method involves sequential activation of various groups of elements by applying a voltage with a frequency greater than 20 Hz, while the human eye perceives the screen as a continuously glowing object.

The matrix structures of the produced alpha-numeric displays allow to use only the gating mode of control (dynamic control).

The matrix structure allows two methods of gating: by row or by column.

Analysis of market of matrix alphanumeric LED displays showed that the most popular devices are the indicators of the type HDSP-2131, developed by Avago Technologies [2]. In Russia, such displays are available, but there are no domestic analogues of functional chip for control of eight-bit alphanumeric displays, therefore there was a need of creating such a chip.

SMC "Technological Centre" on the basis of the gate array 5521TP03 of the 5521 family has

Рис.3. Временная диаграмма работы БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ

Fig.3. Timing diagram of operation of CONTROL UNIT

в нем значение внешней шины данных $D[7:0]$ определяет использование ($D[n]=1$) или же не использование ($D[n]=0$) функции мигания для n -го дисплея. Сигналом разрешения на использование данной функции является бит $D[3]=1$, записанный в "РЕГИСТР РЕЖИМОВ РАБОТЫ", а при $D[3]=0$ содержимое регистра мигания игнорируется.

Заставить мигать все дисплеи одновременно можно и без использования функции регистра

мигания. Если записать бит $D[4]=1$ в "РЕГИСТР РЕЖИМОВ РАБОТЫ", то активируется функция глобального мигания, при использовании которой все восемь дисплеев мигают одновременно. Содержимое регистра мигания при этом игнорируется. Частота мигания в обоих случаях составляет 2 Гц.

При $D[6]=1$ запускается функция тестирования, которая заключается в отображении прямого и обратного шашечного узора на всех

- OUTPUT DRIVER is output driver of indicators control.

Addresses of data registers and operating modes are presented in table 1 and 2, respectively.

The main register, which is responsible for the type of displayed information is the 8x8 REGISTER OF DISPLAYED CHARACTERS block. This register stores eight addresses of symbols, the number of each of which corresponds to a display number on the indicator. The choice of the type of information on display depends on the value of $D[7]$:

- if $D[7]=0$, then the display shows one of the 128

characters of the ASCII-table (address of the symbol is specified by the bus $D[6:0]$). The ASCII DECODER block is responsible for decoding of the symbol;

- if $D[7]=1$, then the display shows one of 16 pre-programmed custom characters (address of the symbol is specified by the bus $D[3:0]$). REGISTER OF SYMBOLS AND RAM is used for programming of symbols.

The entry of a character in the memory is performed in eight cycles. At the first stage in REGISTER OF SYMBOLS the value

of the external data bus $D[7:0]$ is recorded, four low-order digits of which set the address of the RAM section, in which the symbol will be recorded. Each section is a matrix of memory cells (7×5). The second stage involves the line-by-line filling of memory section during seven cycles, while the line number is determined by the external bus $A[2:0]$ and the value of the line is specified by the bus $D[4:0]$.

Eight-bit REGISTER OF OPERATION MODES is responsible for the implementation of the five modes: the use of the register of blinking, blinking,

дисплеях одновременно. Длительность отображения для каждого из символов составляет 2 с. По окончании тестирования бит D[5] блока "РЕГИСТР РЕЖИМОВ РАБОТЫ" устанавливается в "1", данный бит доступен только для чтения.

При D[7] = 1 запускается функция очистки блоков "8×8 РЕГИСТР ОТОБРАЖАЕМЫХ СИМВОЛОВ" и регистра мигания, а также происходит предустановка всех ячеек памяти блока "РЕГИСТР ОТОБРАЖАЕМЫХ СИМВОЛОВ". После завершения очистки D[7] устанавливается в "0".

Наибольший интерес с точки зрения схемотехнической реализации представляет функция настройки яркости индикатора. В ходе изучения научно-технической литературы было установлено, что основным подходом к реализации данной функции является изменение скважности управляющих светодиодами индикаторов по принципу: чем выше скважность, тем больше яркость. Действительно, степень яркости свечения светодиода определяется его инерционными свойствами и зависит от времени воздействия на него электрического тока.

За регулировку яркости дисплея отвечает значение шины D[2:0] в блоке "РЕГИСТР РЕЖИМОВ РАБОТЫ". Зависимость скважности стробирующих сигналов от значения шины D[2:0] представлена в табл.3.

В разработанной микросхеме для вывода информации на дисплей используется стробирование по строкам. За формирование времен-

Таблица 3. Зависимость скважности стробирующих сигналов от значения шины D[2:0]

Table 3. Dependence of gating signal ratio on bus value D[2:0]

D2	D1	D0	S %
0	0	0	100
0	0	1	81
0	1	0	63
0	1	1	38
1	0	0	25
1	0	1	13
1	1	0	6
1	1	1	100

ной диаграммы и управляющих сигналов отвечает "БЛОК УПРАВЛЕНИЯ" (рис.3).

Обработка восьми дисплеев происходит построчно, по группам (с 0 по 3 и с 4 по 7). Шина адресов ADR[2:0] последовательно принимает значения от 0 до 7, тем самым производя считывание данных из блока "8×8 РЕГИСТР ОТОБРАЖАЕМЫХ СИМВОЛОВ". При этом на предварительный регистр отправляются строки соответствующего символа (ранее запрограммированного или же одного из ASCII-таблицы). Запись в предварительный регистр отображения осуществляется сигналами WR[3:0].

По завершению каждого цикла перебора адресов на шине ADR[2:0] изменяется номер

testing, cleanup and adjusting the brightness of the indicator.

The register of blinking is responsible for each of the blinking displays of the indicator. The stored value of the external data bus D[7:0] specifies the use (D[n]=1) or not use (D[n]=0) of the blinking function for n-th display. A signal of permission to use this function is the bit D[3]=1 recorded in the REGISTER OF OPERATION MODES. If D[3] = 0 then the contents of the register of blinking is ignored.

It is possible to force to blink all displays simultaneously without use of functions

of the register of blinking. If to set D[4] = 1 in REGISTER OF OPERATION MODES, the global function of blinking is activated, when all eight displays are blinking simultaneously. In this case the contents of register of blinking is ignored. The blinking frequency in both cases is 2 Hz.

If D[6] = 1, then test function starts, which displays the direct and inverse checkerboard pattern on all displays simultaneously. The duration of display for each of the characters is 2 seconds. At the end of the test D[5] of REGISTER OF OPERATION

MODES is set to "1", this bit is read-only.

D[7] = 1 activates the cleanup function of 8×8 REGISTER OF DISPLAYED CHARACTERS and register of blinking with preset of all of the memory cells of REGISTER OF DISPLAYED CHARACTERS. After the cleanup is completed, D[7] is set to "0".

From the viewpoint of circuitry implementation, the function of adjusting the brightness of the indicator is of the greatest interest. The study of scientific literature showed that the main approach to the implementation of this function is the

Рис.4. Вид топологии кристалла микросхемы 5521TP034-726
Fig.4. Topology of 5521TP034-726 circuit

обрабатываемой строки ROW_SET[2:0]. Сигналы шины ROW[13:0] являются stroбами отображаемых данных: ROW[0] – первая строка первой группы символов, ROW[1] – первая строка второй группы символов и т.д. При переходе от ROW[n] к ROW[n+1] вырабатывается сигнал CLK, записывающий данные в выходные регистры из предварительных.

change in the duty ratio of control indicators on the principle: the higher is the ratio, the more is brightness. Indeed, the degree of brightness of the LED is determined by its inertial properties and depends on the time of action of an electric current.

Bus D[2:0] in REGISTER OF OPERATION MODES is responsible for adjusting the brightness of the display. Dependence of gating signal ratio on bus value D[2:0] is presented in table 3.

A row gating is used in the designed chip to output information to the displays. The CONTROL UNIT is responsible for the generation of timing diagram and control signals (Fig.3).

Processing of eight displays is carried out line by line, in groups (from 0 to 3 and from 4 to 7). Address bus ADR[2:0] sequentially takes values from 0 to 7 and thereby provides reading the data from 8x8 REGISTER OF DISPLAYED CHARACTERS. At the same time, the provisional register receives the row of corresponding character (previously programmed or from the ASCII table). The entry in the provisional register is implemented by the signals of WR[3:0].

At the end of each cycle of the enumeration of addresses, the bus ADR[2:0] changes the number of processed row ROW_SET[2:0]. The signals of ROW[13:0] are the

gates of displayed data: ROW[0] is the first row of the first group of symbols, ROW[1] is the first row of the second group of symbols, etc. In case of transition from ROW[n] to ROW[n+1] the CLK signal is generated that records the data from the provisional to the output registers.

Fig.4 shows the topology of the chip of 5521TP034-726 circuit. 5521TP034-726 can be fabricated as a single chip and in package 4239.68-1.

This paper was created with the financial support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation. Unique identifier RFMEFI57815X0104.

На рис.4 представлена топология кристалла микросхемы 5521TP034-726. Микросхема 5521TP034-726 может выпускаться как в отдельных кристаллах, так и в корпусном исполнении (корпус 4239.68-1).

Статья подготовлена при финансовой поддержке Минобрнауки России. Уникальный идентификатор ПНИ RFMEFI57815X0104.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васерин Н.Н., Дадерко Н.К., Прокофьев Г.А. Применение полупроводниковых индикаторов / Под ред. Е.С. Липина. – М.: Энергоатомиздат, 1991. 200 с.
2. HDSP-2133. [Электронный ресурс] / http://www.kontest.ru/datasheet/AVAG0TECHNOLOGIES/HDSP-213x_2179.pdf. Дата обращения 26.09.16.
3. Коняхин В.В., Денисов А.Н., Федоров Р.А., Вильсон А.Л., Бражников С.С., Коновалов В.С., Малашевич Н.И., Росляков А.С. Микросхемы для аппаратуры космического назначения: Практическое пособие / Под общ. ред. Саурова А.Н. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2016. 388 с.
4. САПР БИС "Ковчег 3.04" [Электронный ресурс] / http://asic.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=10&Itemid=30. Дата обращения 26.09.16.