

Лабораторная работа №3

Вывод информации на дисплей

1. Цель работы

Целью работы получение практических навыков работы с графическим дисплеем МТ–12864J.

2. Теоретические сведения по работе с дисплеем

2.1. Описание дисплея МТ–12864J

Жидкокристаллический модуль МТ–12864J, состоит из БИС контроллера управления и ЖК панели. Внешний вид модуля приведен на рис. 1.



Рис. 1. Жидкокристаллический модуль МТ–12864J

Разъем для подключения экрана содержит в себе 20 выводов, назначение которых указано в таблице 1.

Таблица 1

Назначение выводов модуля МТ–12864J

Вывод	Обозначение	Назначение
1	U_{CC}	Питание модуля (цифровой части)
2	GND	Общий вывод земли
3	U_O	Вход питания ЖК панели
4-11	$DB0-DB7$	Шина данных
12	$E1$	Выбор кристалла для записи 1
13	$E2$	Выбор кристалла для записи 2
14	RES	Сброс (начальная установка)

15	R/W	Выбор чтение/запись
16	$A0$	Выбор команды/данных
17	E	Стробирование данных
18	U_{EE}	Выход DC-DC преобразователя
19	A	+ питания подсветки
20	K	– питания подсветки

Цифровая часть, ЖК-панель и подсветка запрашиваются отдельно друг от друга. Вход питания ЖК-панели (3) необходимо соединить с выходом DC-DC преобразователя (18) через потенциометр для возможности настройки контраста.

Контроллер дисплея «понимает» 7 команд, описание которых приведено в таблице 2.

Таблица 2

Описание команд модуля

Команда	A0	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	Описание		
Display ON/OFF control	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0/1	Включает или выключает ЖКИ независимо от данных в ОЗУ и внутреннего состояния: 1 – включить дисплей; 0 – выключить дисплей.		
Display Start Line	0	0	1	1	Display START (0...63)						Определяет строку ОЗУ, которая будет отражаться в верхней строке ЖКИ		
Set Page	0	0	1	0	1	1	1	Page (0...7)			Устанавливает страницу ОЗУ		
Set Address	0	0	0	1	Address (0...63)						Устанавливает адрес ОЗУ для последующих обращений		
Status Read	0	1	BUSY	0	ON/OFF	RESET	0	0	0	0	Чтение статуса состояния:		
											BUSY	1	модуль занят внутренней обработкой
												0	модуль готов к работе с внешним МП
											ON/OFF	1	ЖКИ выключен
												0	ЖКИ включен
											RESET	1	состояние сброса
												0	нормальное состояние
Write Data to RAM	1	0	Write Data								Запись данных в ОЗУ модуля		Эти команды выбирают ОЗУ по ранее заданному адресу, после чего адрес инкрементируется
Read Data from RAM	1	1	Read Data								Чтение данных из ОЗУ модуля		

1. Включение/выключение дисплея вне зависимости от данных в ОЗУ и внутреннего состояния (1 – включить дисплей, 0 – выключить дисплей).

2. Установка номера строки ОЗУ, которая будет отображаться в верхней строке дисплея.

3. Установка номера страницы ОЗУ.

4. Установка адреса ОЗУ для последующих обращений.

5. Чтение статуса состояния: *BUSY*: 1 – модуль занят внутренней обработкой, 0 – модуль готов к работе с внешним МП; *ON/OFF*: 1 – ЖКИ выключен, 0 – ЖКИ включен; *RESET*: 1 – Состояние сброса, 0 – Нормальное состояние.

6. Запись данных.

7. Чтение данных.

Для начальной установки модуля необходимо подать сигнал *RES* равный логическому «0» длительностью не менее 1 мкс. При этом модуль выполняет команды установки *Display Start Line* в 0, *DisplayOff*. После деактивации сигнала *RES* (переключения в логическую «1» с временем фронта не более 200 нс) необходимо дождаться сброса битов *BUSY* и *RESET* в регистре состояния обоих кристаллов или выдержать паузу не менее 10 мкс. После этого модуль нормально функционирует. Чтение статуса можно выполнять даже при активном сигнале *RES* (равном логическому «0»).

Модуль содержит ОЗУ для хранения данных, выводимых на ЖКИ, размером 64х64х2 бит (по 64х64 бит на каждый кристалл). Для выбора нужного кристалла используются выводы *E1*, *E2*. ОЗУ разделено на 8 страниц размером по 64х8 бит каждая. Каждой светящейся точке на ЖКИ соответствует логическая «1» в ячейке ОЗУ модуля. Соответствие между адресами в ОЗУ и отображаемыми точками на ЖКИ приведено на рисунке 2.

Адрес страницы D_2, D_1, D_0		Адрес строки HEX	Адрес страницы D_2, D_1, D_0		Адрес строки HEX
0,0,0	D_0	00	0,0,0	D_0	00
	D_1	01		D_1	01
	D_2	02		D_2	02
	D_3	03		D_3	03
	D_4	04		D_4	04
	D_5	05		D_5	05
	D_6	06		D_6	06
	D_7	07		D_7	07
0,0,1	D_0	08	0,0,1	D_0	08
	D_1	09		D_1	09
	D_2	0A		D_2	0A
	D_3	0B		D_3	0B
	D_4	0C		D_4	0C
	D_5	0D		D_5	0D
	D_6	0E		D_6	0E
	D_7	0F		D_7	0F
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
1,1,0	D_0	30	1,1,0	D_0	30
	D_1	31		D_1	31
	D_2	32		D_2	32
	D_3	33		D_3	33
	D_4	34		D_4	34
	D_5	35		D_5	35
	D_6	36		D_6	36
	D_7	37		D_7	37
1,1,1	D_0	38	1,1,1	D_0	38
	D_1	39		D_1	39
	D_2	3A		D_2	3A
	D_3	3B		D_3	3B
	D_4	3C		D_4	3C
	D_5	3D		D_5	3D
	D_6	3E		D_6	3E
	D_7	3F		D_7	3F
Адрес колонки (адрес байта ОЗУ в странице) HEX			Адрес колонки (адрес байта ОЗУ в странице) HEX		
Номер колонки на ЖКИ			Номер колонки на ЖКИ		
00 01 02 03 04 05 06 07 3E 3F			00 01 02 03 04 05 06 07 3E 3F		
0 1 2 3 4 5 6 7 62 63			0 1 2 3 4 5 6 7 62 63		

Для левой половины отображаемого поля точек
(1-й кристалл, E1=1)

Для правой половины отображаемого поля точек
(2-й кристалл, E2=1)

Рис. 2. Соответствие между адресами ОЗУ модуля и отображаемыми точками на ЖКИ

Чтение (запись) информации из (в) модуль осуществляется по страницам (64x8 бит или 64x1 байт). Каждая страница представлена как 64 байта. Для чтения или записи байта данных по произвольному адресу необходимо предварительно установить страницу ОЗУ и установить адрес внутри страницы ОЗУ. Это осуществляется командами «Set Page» и «Set Address» соответственно. После этого можно прочитать или записать байт данных.

Модуль поддерживает непрерывную последовательность операций чтения или записи: после чтения (записи) одного байта

счетчик адреса автоматически увеличивается на 1 и модуль готов к новой операции чтения (записи) по следующему адресу без предварительной установки страницы ОЗУ и адреса. **Счетчик адреса считает только внутри одной страницы!** При достижении адреса 63 следующим значением счетчика будет 0 и т.д. Между любыми двумя передачами данных или команд, необходимо выдержать паузу не менее 8 мкс. Или ожидать сброса флага *BUSY* в регистре состояния того кристалла, к которому будет обращение.

Алгоритм начальной установки и включения дисплея

1. Сброс в «0» линии *RES*.
2. Временная задержка не менее 1 мкс.
3. Установка в «1» линии *RES*.
4. Временная задержка не менее 10 мкс.
5. Сброс в «0» линии *E*.
6. Сброс в «0» линии *A0* (выбор режима отправки команды).
7. Сброс в «0» линии *R/W* (выбор режима записи).
8. Установка в «1» линий *E1* и *E2* (включение кристаллов 1 и 2).
9. Установка на линиях *DB7-DB0* команды включения дисплея (таблица 2).
10. Формирование строба: установка в «1» линии *E*, временная задержка не менее 1 мкс, сброс в «0» линии *E*.

Алгоритм вывода на дисплей буквы «М» на кристалле 1

Выбор кристалла, страницы и столбца:

1. Установка в «1» линии *E1* (выбор кристалла 1). Сброс в «0» линии *E2*.
2. Установка на линиях *DB7-DB0* команды выбора страницы (таблица 2). Например, для выбора второй страницы необходимо установить на выводах *DB7-DB0* код 10111010.
3. Формирование строба: установка в «1» линии *E*, временная задержка не менее 1 мкс, сброс в «0» линии *E*.
4. Установка на линиях *DB7-DB0* команды выбора столбца в странице (таблица 2). Например, для выбора четвертого столбца необходимо установить на выводах *DB7-DB0* код 01000100.
5. Формирование строба: установка в «1» линии *E*, временная задержка не менее 1 мкс, сброс в «0» линии *E*.

Отправка данных в ОЗУ для вывода на дисплей:

1. Установка в «1» линии A0 (выбор режима отправки данных).
2. Установка на линиях DB7-DB0 данных первого столбца буквы «М» (рисунок 2): $DB7-DB0 = 0x7F = 01111111$.
3. Формирование строба: установка в «1» линии E, временная задержка не менее 1 мкс, сброс в «0» линии E.
4. Установка на линиях DB7-DB0 данных второго столбца буквы «М» (рисунок 2): $DB7-DB0 = 0x02 = 00000010$.
5. Формирование строба: установка в «1» линии E, временная задержка не менее 1 мкс, сброс в «0» линии E.
6. Установка на линиях DB7-DB0 данных третьего столбца буквы «М» (рисунок 2): $DB7-DB0 = 0x04 = 00000100$.
7. Формирование строба: установка в «1» линии E, временная задержка не менее 1 мкс, сброс в «0» линии E.
8. Установка на линиях DB7-DB0 данных четвертого столбца буквы «М» (рисунок 2): $DB7-DB0 = 0x02 = 00000010$.
9. Формирование строба: установка в «1» линии E, временная задержка не менее 1 мкс, сброс в «0» линии E.
10. Установка на линиях DB7-DB0 данных пятого столбца буквы «М» (рисунок 2): $DB7-DB0 = 0x7F = 01111111$.
11. Формирование строба: установка в «1» линии E, временная задержка не менее 1 мкс, сброс в «0» линии E.

Алгоритм вывода на дисплей прямоугольника размером 6х20 пикселей на кристалле 2

Выбор кристалла, страницы и столбца:

1. Установка в «1» линии E2 (выбор кристалла 2). Сброс в «0» линии E1.
2. Установка на линиях DB7-DB0 команды выбора страницы (таблица 2). Например, для выбора четвертой страницы необходимо установить на выводах DB7-DB0 код 10111**100**.
3. Формирование строба: установка в «1» линии E, временная задержка не менее 1 мкс, сброс в «0» линии E.
4. Установка на линиях DB7-DB0 команды выбора столбца в странице (таблица 2). Например, для выбора 25-го столбца необходимо установить на выводах DB7-DB0 код 010**11001**.
5. Формирование строба: установка в «1» линии E, временная задержка не менее 1 мкс, сброс в «0» линии E.

Отправка данных в ОЗУ для вывода на дисплей:

1. Установка в «1» линии A0 (выбор режима отправки данных).

2. Установка на линиях $DB7-DB0$ данных первого столбца прямоугольника: $DB7-DB0 = 0x7E = 01111110$.
3. Формирование строба: установка в «1» линии E , временная задержка не менее 1 мкс, сброс в «0» линии E .
4. Установка на линиях $DB7-DB0$ данных второго столбца прямоугольника: $DB7-DB0 = 0x42 = 01000010$.
5. Формирование строба: установка в «1» линии E , временная задержка не менее 1 мкс, сброс в «0» линии E .
6. **Суммарно** пункты 4 и 5 должны выполняться 18 раз.
7. Установка на линиях $DB7-DB0$ данных 20-го столбца прямоугольника: $DB7-DB0 = 0x7E = 01111110$.
8. Формирование строба: установка в «1» линии E , временная задержка не менее 1 мкс, сброс в «0» линии E .

2.2. Подключение дисплея

Схема подключения дисплея на лабораторном макете представлена на рисунке 3.

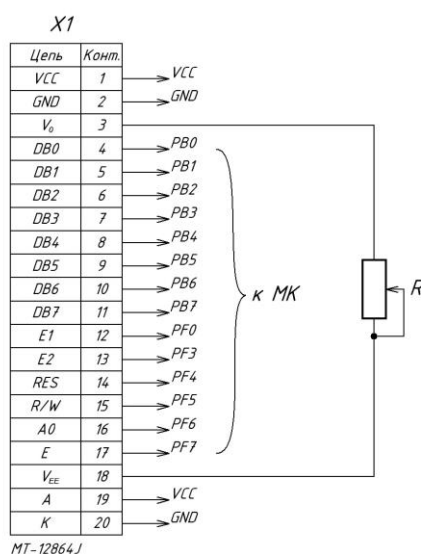


Рис. 3. Схема подключения дисплея к микроконтроллеру

Подключение дисплея согласно схеме, представленной на рисунке 2, можно осуществлять с помощью джамперов (перемычек). При отключении перемычек можно осуществить соединение с любыми выводами микроконтроллера (проводами). На рисунке 4 показан разъем для подключения дисплея с указанием названия выводов от МК.

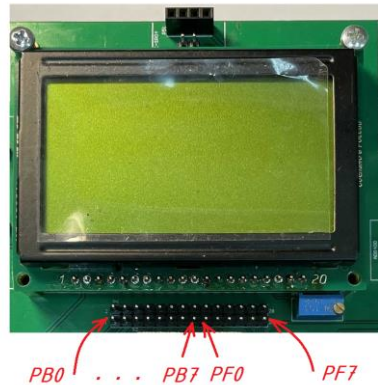


Рис. 4. Схема подключения дисплея к микроконтроллеру

3. Программа работы

1. Ознакомьтесь с составом отчета по лабораторной работе (раздел 4). Это необходимо для фиксации необходимых программных кодов и результатов их выполнения.
2. Ознакомьтесь с технической документацией на дисплей МТ–12864J (электронный курс).
3. Открыть программу *ST Visual Develop*. Создать проект или продолжить работу в Вашем ранее созданном проекте.
4. Настроить линии портов для работы с дисплеем в соответствии с рисунками 3 и 4.
5. Реализовать программу изменения состояния линии порта (в бесконечном цикле), подключенной к выводу строга *E*, с временной задержкой, которая определена в отдельной функции.
6. Используя осциллограф подобрать значение, передаваемые в функцию задержки, которые бы соответствовали временам: а) не менее 1 и не более 10 мкс; б) не менее 10 и не более 20 мкс.
7. Используя джамперы (перемычки) подключить дисплей к микроконтроллеру.
8. Разработать программу, реализующую начальную установку дисплея и его включение, согласно алгоритму, представленному в теоретической части методических указаний.
9. Разработать программу, реализующую вывод на дисплей буквы «М», согласно алгоритму, представленному в теоретической части методических указаний.
10. Выполнить компиляцию программы, сборку и ее загрузку в микроконтроллер. Выполнить проверку работы программы и **показать результат выполнения преподавателю**. Сохранить код программы для отчета.

11. Добавить в программу пункта 8 вывод на дисплей прямоугольника, согласно алгоритму, представленному в теоретической части методических указаний.

12. Выполнить компиляцию программы, сборку и ее загрузку в микроконтроллер. Выполнить проверку работы программы и **показать результат выполнения преподавателю**. Сохранить код программы для отчета.

13. Изменить в программе пункта 10 размер прямоугольника с 6х20 на 6х55.

14. Выполнить компиляцию программы, сборку и ее загрузку в микроконтроллер. Выполнить проверку работы программы и **показать результат выполнения преподавателю**. Сохранить код программы для отчета.

15. Изменить в программе пункта 12 размер прямоугольника с 6х55 на 6х75.

16. Выполнить компиляцию программы, сборку и ее загрузку в микроконтроллер. Выполнить проверку работы программы и **показать результат выполнения преподавателю**. Сохранить код программы для отчета.

17. Разработать программу, реализующую начальную установку дисплея и его включение, согласно алгоритму, представленному в теоретической части методических указаний.

18. Разработать программу, реализующую вывод на дисплей буквы или цифры в соответствии с вариантом (таблица 3).

Таблица 3

Варианты заданий для пункта 18

Вариант	Задание	Кристалл/страница	Вариант	Задание	Кристалл/страница
1	А	1/1	19	Ф	1/3
2	Б	1/2	20	Х	1/4
3	В	1/3	21	Ч	1/5
4	Г	1/4	22	Ш	1/6
5	Д	1/5	23	Ы	1/7
6	Е	1/6	24	Э	1/8
7	Ж	1/7	25	Ю	2/1
8	И	1/8	26	Я	2/2
9	К	2/1	27	2	2/3
10	Л	2/2	28	3	2/4
11	М	2/3	29	4	2/5
12	Н	2/4	30	5	2/6
13	О	2/5	31	6	2/7
14	П	2/6	32	7	2/8
15	Р	2/7	33	8	1/1
16	С	2/8	34	9	1/2
17	Т	1/1	35	0	1/3
18	У	1/2	36	W	1/4

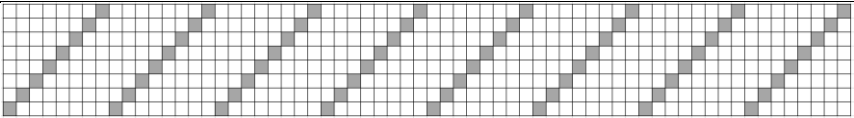
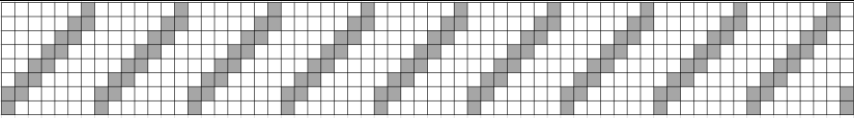
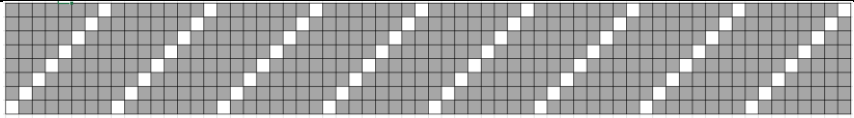
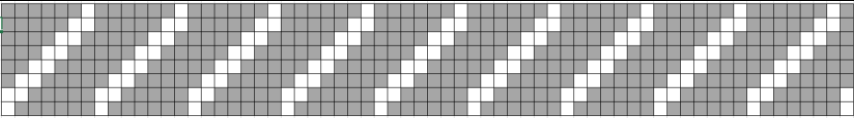
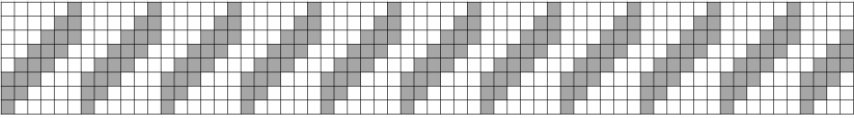
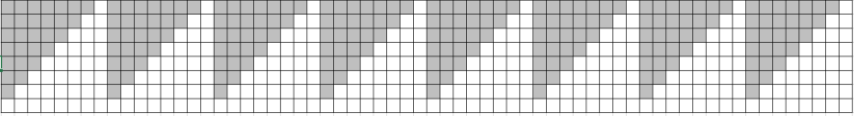
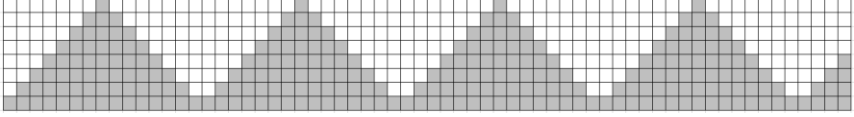
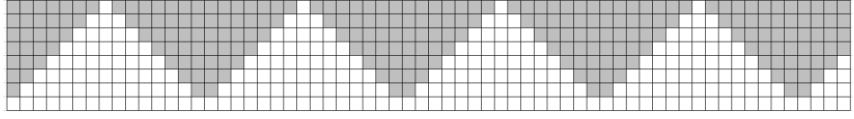
19. Выполнить компиляцию программы, сборку и ее загрузку в микроконтроллер. Выполнить проверку работы программы **и показать результат выполнения преподавателю**. Сохранить код программы для отчета.

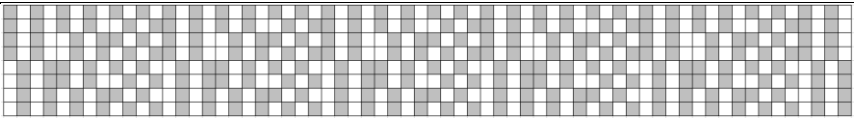
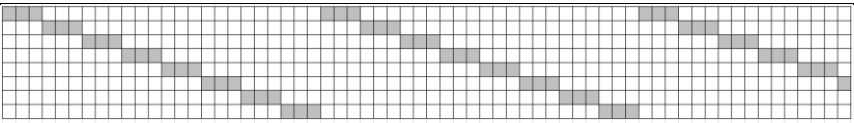
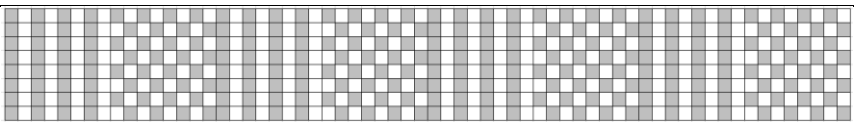
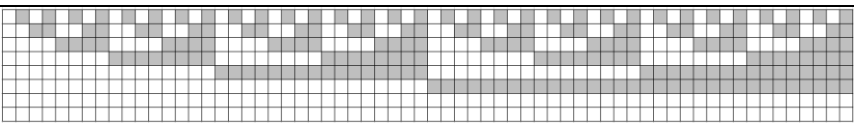
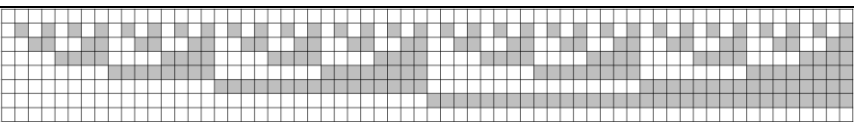
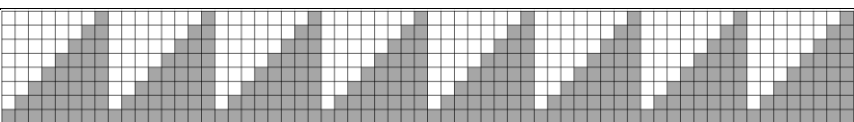
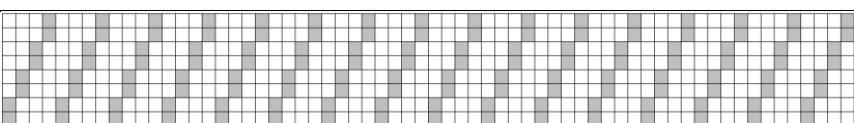
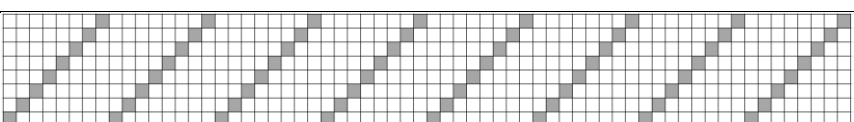
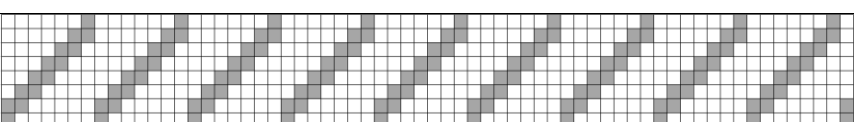
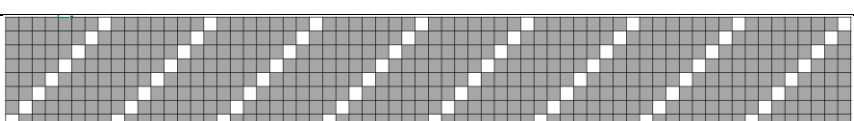
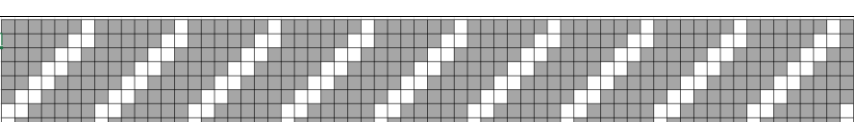

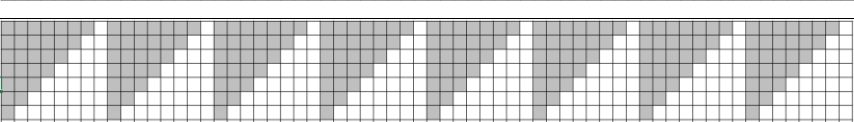
20. Разработать программу, реализующую начальную установку дисплея и его включение, согласно алгоритму, представленному в теоретической части методических указаний.

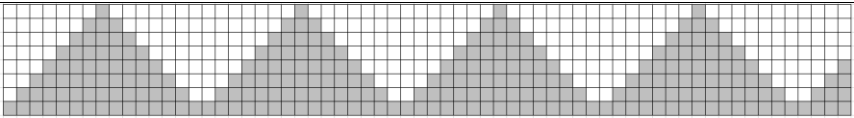
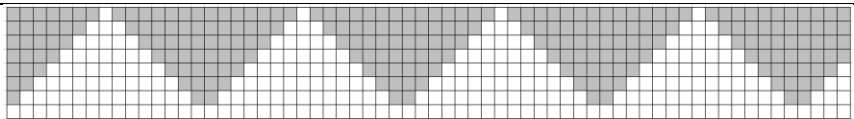
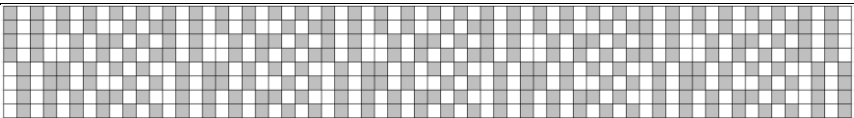
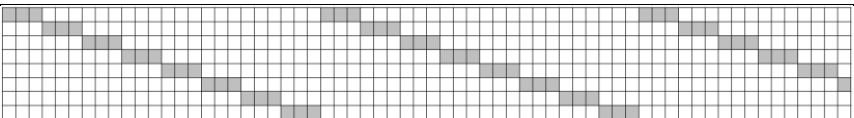
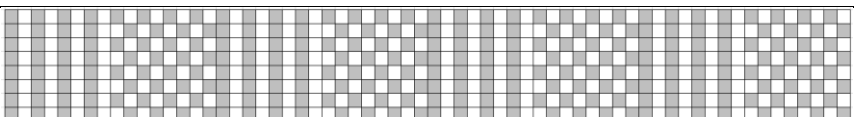
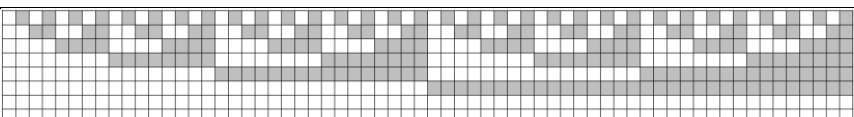
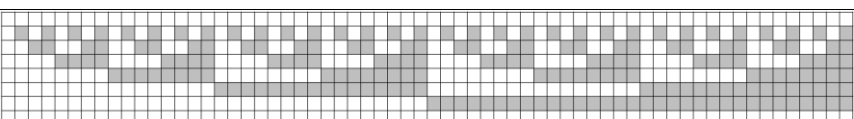
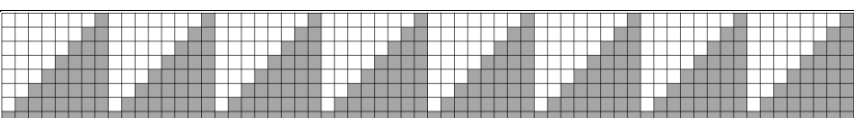
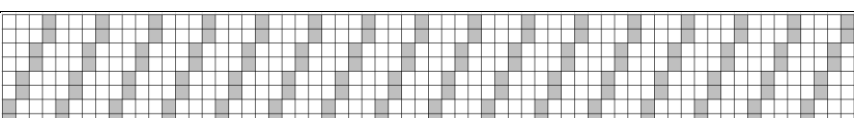
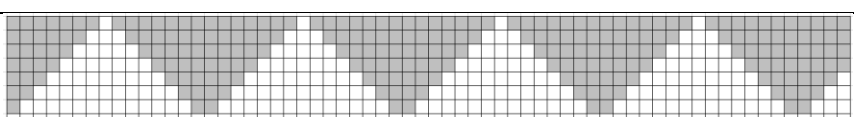
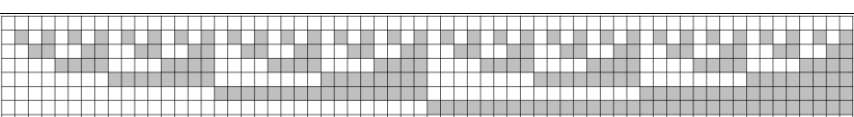
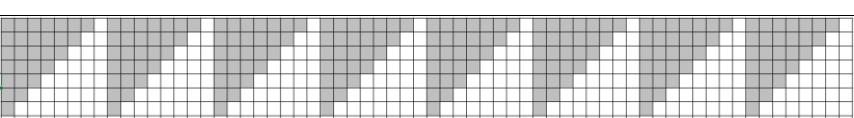
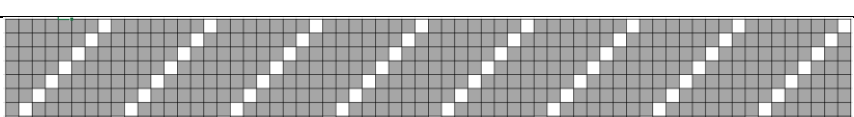
21. Разработать программу, реализующую вывод на дисплей изображения в соответствии с вариантом (таблица 4). Вывод изображения необходимо выполнять с использованием условных и циклических операторов, предварительно разбив изображение на периоды и определив закон изменения изображения внутри периода.

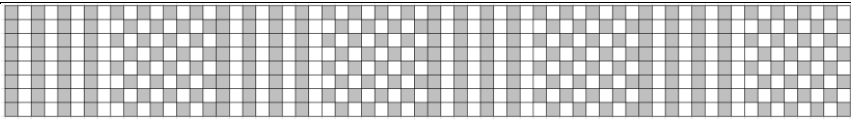
Таблица 4

Варианты заданий для пункта 21

Вариант	Кристалл/ страница	Задание
1	2/8	
2	2/7	
3	2/6	
4	2/5	
5	2/4	
6	2/3	
7	2/2	
8	2/1	

9	$1/8$	
10	$1/7$	
11	$1/6$	
12	$1/5$	
13	$1/4$	
14	$1/3$	
15	$1/2$	
16	$1/1$	
17	$2/8$	
18	$2/7$	
19	$2/6$	
20	$2/5$	
21	$2/4$	

22	$\frac{2}{3}$	
23	$\frac{2}{2}$	
24	$\frac{2}{1}$	
25	$\frac{1}{8}$	
26	$\frac{1}{7}$	
27	$\frac{1}{6}$	
28	$\frac{1}{5}$	
29	$\frac{1}{4}$	
30	$\frac{1}{3}$	
31	$\frac{1}{2}$	
32	$\frac{1}{1}$	
33	$\frac{2}{8}$	
34	$\frac{2}{7}$	

35	2/6	
----	-----	--

22. Выполнить компиляцию программы, сборку и ее загрузку в микроконтроллер. Выполнить проверку работы программы **и показать результат выполнения преподавателю**. Сохранить код программы для отчета. **В отчете необходимо предоставить алгоритм работы программы!!! Алгоритмы отдельных функций рисуются отдельно!!!**

23. Для программы вывода буквы или цифры (пункт 18) реализовать циклическое движение символа в рамках выбранной страницы. Скорость движения необходимо выбрать подходящей для визуального контроля выполнения задания.

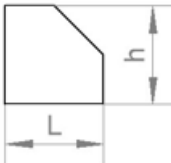
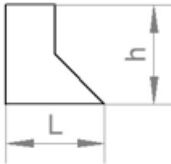
24. Выполнить компиляцию программы, сборку и ее загрузку в микроконтроллер. Выполнить проверку работы программы **и показать результат выполнения преподавателю**. Сохранить код программы для отчета.

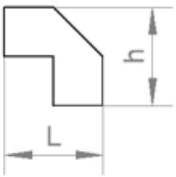
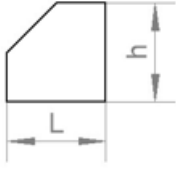
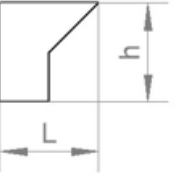
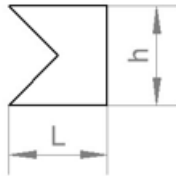
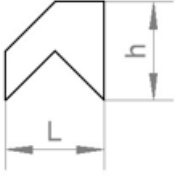
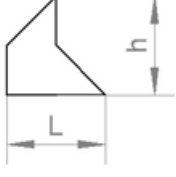
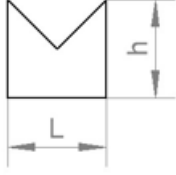
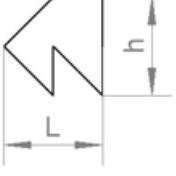
25. Разработать программу, реализующую начальную установку дисплея и его включение, согласно алгоритму, представленному в теоретической части методических указаний.

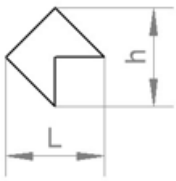
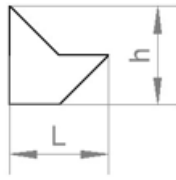
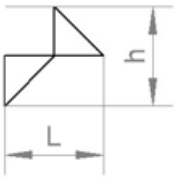
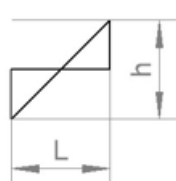
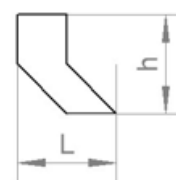
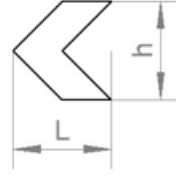
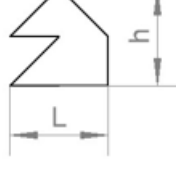
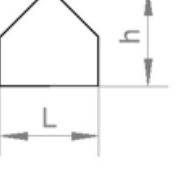
26. Разработать программу, реализующую вывод на дисплей изображения в соответствии с вариантом (таблица 5). Параметры изображений: $L=64$ пикселя, $h=40$ пикселей, левая граница рисунка должна начинаться с 32-го столбца первой страницы, все острые углы на изображениях равны 45° .

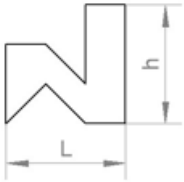
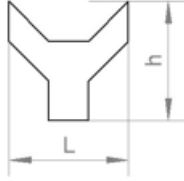
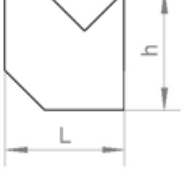
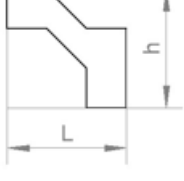
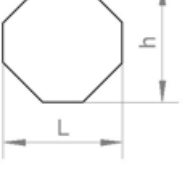
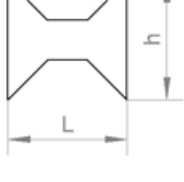
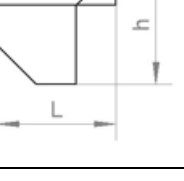
Таблица 5

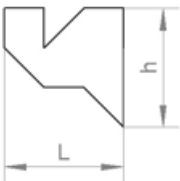
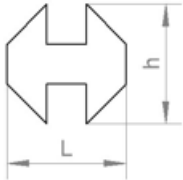
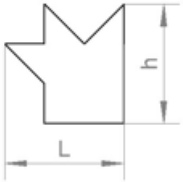
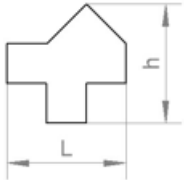
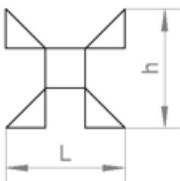
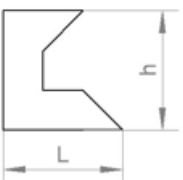
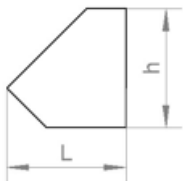
Варианты заданий для пункта 26

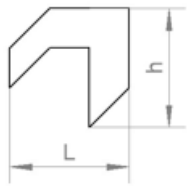
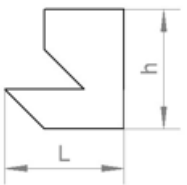
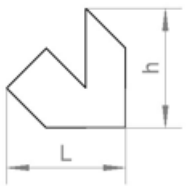
Вариант	Задание
1	
2	

3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	

19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	

26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	

33	
34	
35	

27. Выполнить компиляцию программы, сборку и ее загрузку в микроконтроллер. Выполнить проверку работы программы **и показать результат выполнения преподавателю**. Сохранить код программы для отчета.

4. Отчет

1. Титульный лист/
2. Коды программ всех заданий/
3. Результаты выполнения кода программы (скриншоты, фотографии и т.д.). Результаты представляются для тех заданий, где это возможно.
4. Выводы по пунктам заданий.
5. Для пункта 30 необходимо представить алгоритм программы с подробными комментариями.