

НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ  
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ



**РТМТЛ-3**

**ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ЖИДКО-КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ  
LSD ДИСПЛЕЕВ (ЖК ИНДИКАТОРОВ) С  
МИКРОПРОЦЕССОРНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ.**

Тула, 2014 г.

# ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА.

## ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ ЖИДКО-КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ LCD ДИСПЛЕЕВ (ЖК ИНДИКАТОРОВ) С МИКРОПРОЦЕССОРНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАБОТЫ С ПК.

Цель работы: на примере микропроцессора AVR Atmega8535 (либо Atmega16) изучить основные приёмы программирования, отладки и связи МК с жидкокристаллическим индикатором LCD.

### ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ.

#### Микроконтроллеры.

По отношению к обыкновенным 7-сегментным индикаторам (рис. 1.1), ЖКИ модули на базе контроллера HD44780 (рис. 1.2) обладают на порядок большими возможностями. Количество строк на экране у разных моделей - 1,2 или 4; число символов в строке: 8,10,16,20,24,30,32 или 40.



Рис. 1.2

Контроллер HD44780 (а также совместимый с ним KS0066)— стандарт де-факто на контроллеры монохромных жидкокристаллических знаков синтезирующих дисплеев с параллельным 4- или 8-битным интерфейсом.

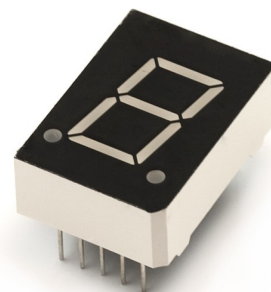


Рис. 1.1

Индикатор может иметь светодиодную или люминесцентную подсветку практически любого цвета свечения. На рис. 1.2 представлен ЖКИ индикатор производства фирмы WinSTAR, на базе контроллера HD44780. Аналогичный вид имеют и другие ЖК символьные индикаторы, серийно выпускаемые промышленностью.

Напряжение питания контроллера HD44780 5В (реже 3В). Ток потребления контроллера очень мал(100...200 мкА), чего не скажешь о светодиодной подсветке. В зависимости от производителя, его величина составляет 80...120 мА. Для работы некоторых типов ЖКИ может потребоваться дополнительный источник напряжения отрицательной полярности. Технология производства модулей подобного рода непрерывно совершенствуется, что, в целом, положительно сказывается на их размерах и электрических характеристиках.

### Символьный ЖКИ с контроллером HD44780 (KS0066). Интерфейс.

Символьный ЖКИ представляется матрицей из точек, разделенной на строки и поля символов (рис. 2.1):

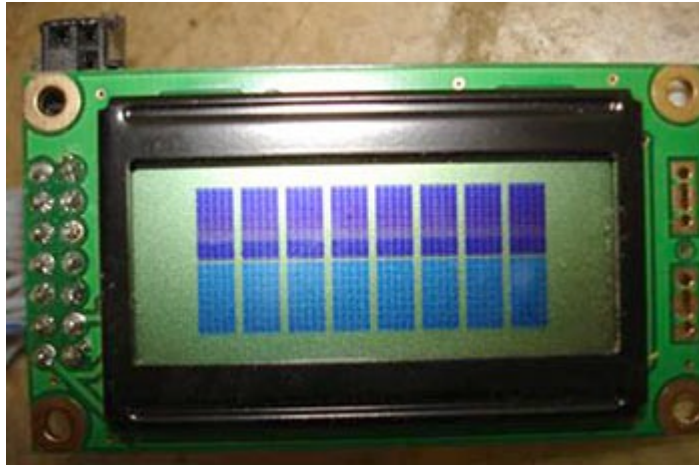


Рис. 2.1

Для управления этой матрицей и вывода собственно символов используется специальный контроллер HD44780.

Контролер ЖКИ оперирует 3-мя блоками памяти:

1. Для вывода символа контроллер использует память **DDRAM** (Display Data RAM), где хранятся ASCII-коды символов, которые мы хотим видеть на ЖКИ. Под нее отведено 80 ячеек памяти. Понятно, что на ЖКИ мы увидим лишь часть символов, которые находятся в DDRAM - если наш ЖКИ 1 или 2-строчный и отображает 8 символов в строке, то так:

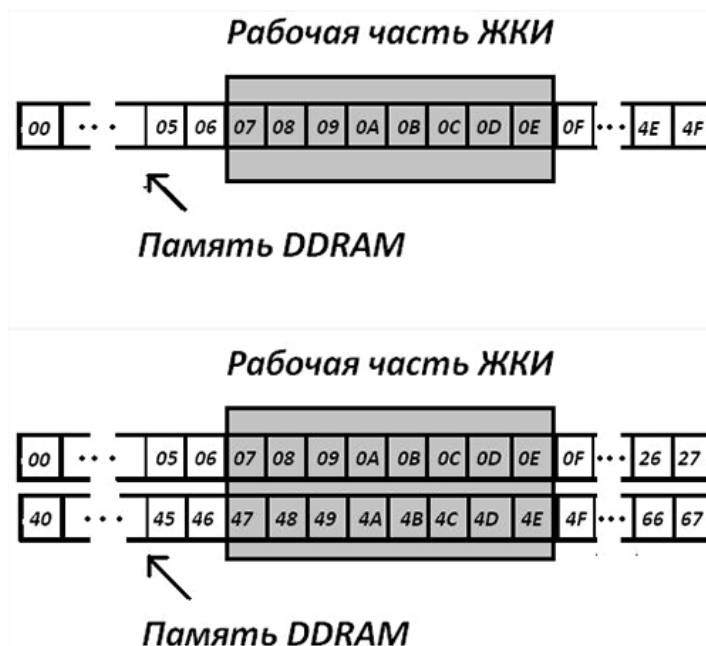


Рис. 2.2

Рабочую область дисплея, как видно, можно смещать по ячейкам DDRAM (получается эффект бегущей строки).

2. Шаблоны самих символов контроллер берет из CGROM (Character Generator ROM) – памяти знакогенератора. Таблицу символов можно посмотреть в спецификации на HD44780.

3. Для хранения пользовательских символов (их шаблонов) предусмотрена память CGRAM (Character Generator RAM).

Также, контроллер в зависимости от некоторых условий распределяет пришедшие в него данные в регистр инструкций или регистр данных.

Контрастность изображения на ЖКИ можно изменять, подключив дополнительно построенный резистор на 10 кОм по схеме рис. 2.3.

Но следует смотреть в спецификацию на свой контроллер (например у ЖКИ K1sn10294v-0 на чипе KS0066 1-Vcc, а 2-GND). Подача питания подсветки может различаться от модели к модели в зависимости от её типа. Подсветка питается от 5 вольт, токоограничительный резистор (50-100 Ом) обычно не обязателен.

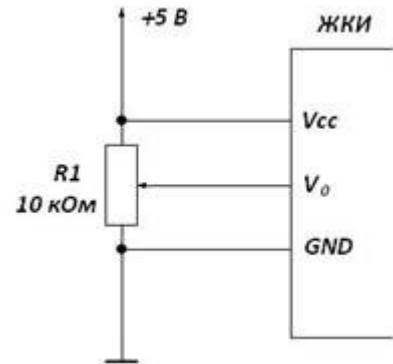


Рис. 2.3

### Назначение выводов R/S, R/W, E.

При переходе E с высокого логического уровня на низкий данные, которые уже «висят» на выводах DB0..DB7, записываются в память контроллера ЖКИ для последующей обработки.

При высоком лог. уровне на R/S(Register Select) контроллер ЖКИ воспринимает этот набор битов как данные(код символа), а при низком – как инструкцию и направляет их в соответствующий регистр.

R/W определяет направление работы выводов DB0..DB7 – если на R/W «0», то мы можем только писать в порт DB, а если R/W = «1», то можем прочитать с него (например узнать занят контроллер или свободен для приема новых данных). Если мы не будем читать данные из ЖКИ, то можно «посадить» R/W на землю.

### Набор команд HD44780

Для того чтобы начать выводить информацию на ЖКИ, его контроллер надо проинициализировать (сообщить ему об интерфейсе, шрифте, смещениях и т.д.). Контроллер может воспринимать всего 11 команд, приведенных в таблице 1.

Таблица 1

Название инструкции	Состояние выводов										Прим.	Время исполнения $f_{\text{раб.}} = 270$ кГц
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0		
Clear display	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Очистка Всего ЖКИ установка адреса DDRAM в 0	1.52 мс
Return home	0	0	0	0	0	0	0	0	1	X	Установка текущего адреса DDRAM в 0 (курсор – домой) Данные DDRAM не меняются	1.52 мс
Entry mode set	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	Установка направления движения курсора (I/D) и смещения дисплея (S) при выводе данных	37 мкс
Display on/off control	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	Вкл/выкл. дисплей(D), курсор(C) и его мерцание(B)	37 мкс
Cursor or display shift	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	X	X	Двигает курсор и смещает дисплей по DDRAM	37 мкс
Function set	0	0	0	0	1	DL	N	F	X	X	Установка интерфейса(DL), число строк(N) и шрифт символов(F)	37 мкс
Set CGRAM address	0	0	0	1	ACG5	ACG4	ACG3	ACG2	ACG1	ACG0	Установка счетчика адреса CGRAM. После этого можно записывать данные в CGRAM	37 мкс
Set DDRAM address	0	0	1	ADD6	ADD5	ADD4	ADD3	ADD2	ADD1	ADD0	Установка счетчика адреса DDRAM	37 мкс
Read busy flag & address	0	1	BF	AC6	AC5	AC4	AC3	AC2	AC1	AC0	Если BF = 1 то контроллер ЖКИ выполняет внутреннюю операцию (занят). AC6-AC0 – текущее значение адреса DDRAM	0 мкс
Write data to RAM	1	0	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Запись данных в RAM	37 мкс
Read data from RAM	1	1	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	Чтение данных из RAM	37 мкс

I/D = 1: адрес DDRAM увеличивается;  
 I/D = 0: уменьшается;  
 S = 1: сдвиг рабочей области дисплея по DDRAM разрешен;  
 D = 1: дисплей (изображение) включен;  
 C = 1: курсор включен;  
 B = 1: мерцание курсора включено;  
  
 S/C = 1: сдвинуть дисплей;  
 S/C = 0: переместить курсор  
 R/L = 1: вправо R/L = 0: влево;  
 DL = 1: 8 bit; DL = 0: 4 bits;  
 N = 1: 2 lines N = 0: 1 line;  
 F = 1: 5x10; F = 0: 5x8;  
 ACG: CGRAM address;  
 ADD: DDRAM address (адрес курсора);  
 AC: Address counter DD и CGRAM адресов

### **Инициализация ЖКИ.**

Есть 2 способа инициализации контроллера ЖКИ:

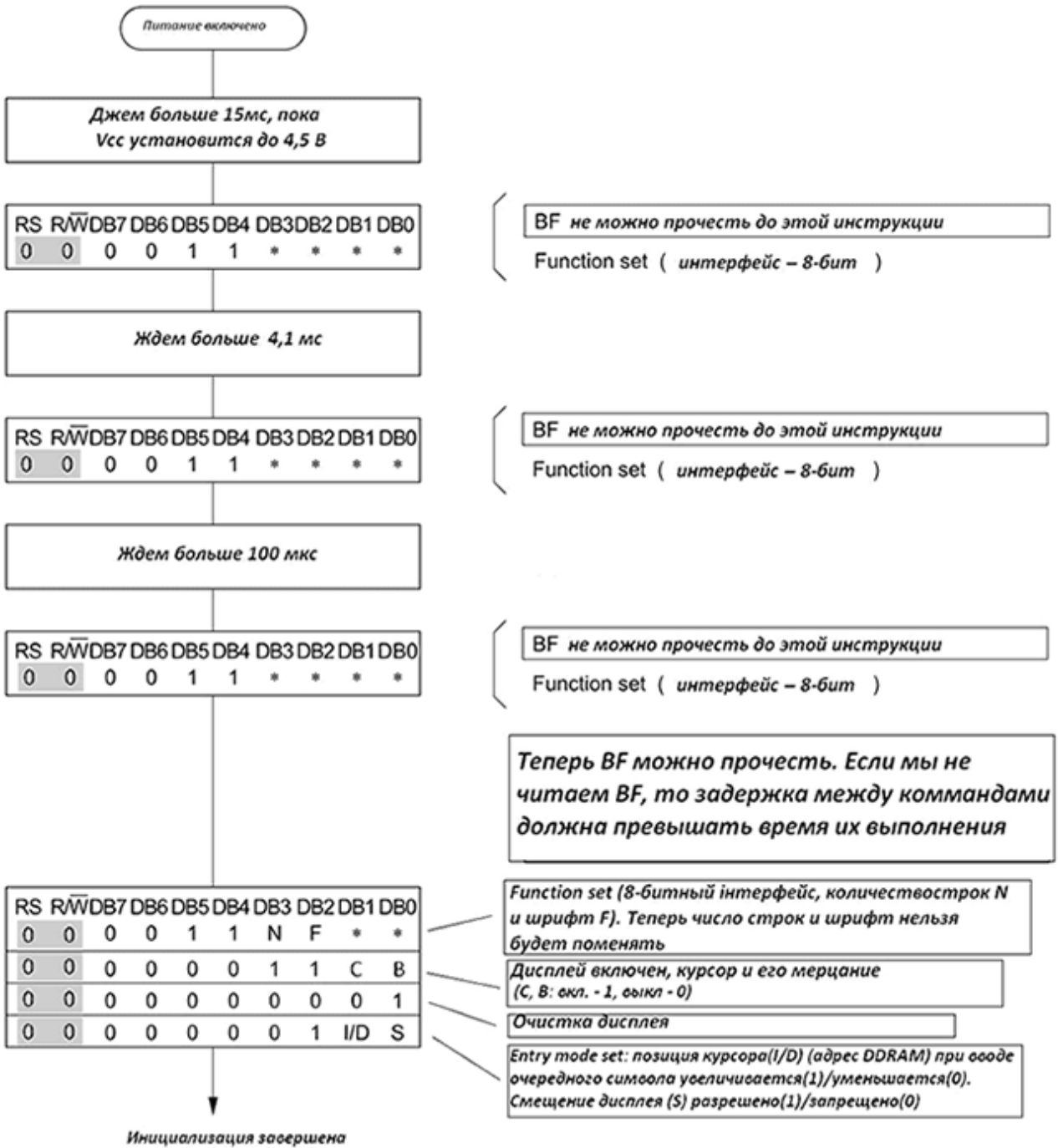
1. Через внутреннюю схему сброса.
2. В ручном режиме (через посылку в него ряда команд, которыми мы задаем режим работы ЖКИ)

Внутренняя схема сброса контроллера начинает работать сразу после включения питания. В этом есть один минус – если питание у нас «ползет» до рабочего уровня медленно (медленнее, чем за 10 мс), то самоинициализация контроллера может пройти некорректно. При этом способе инициализации контроллер сам исполняет следующие команды:

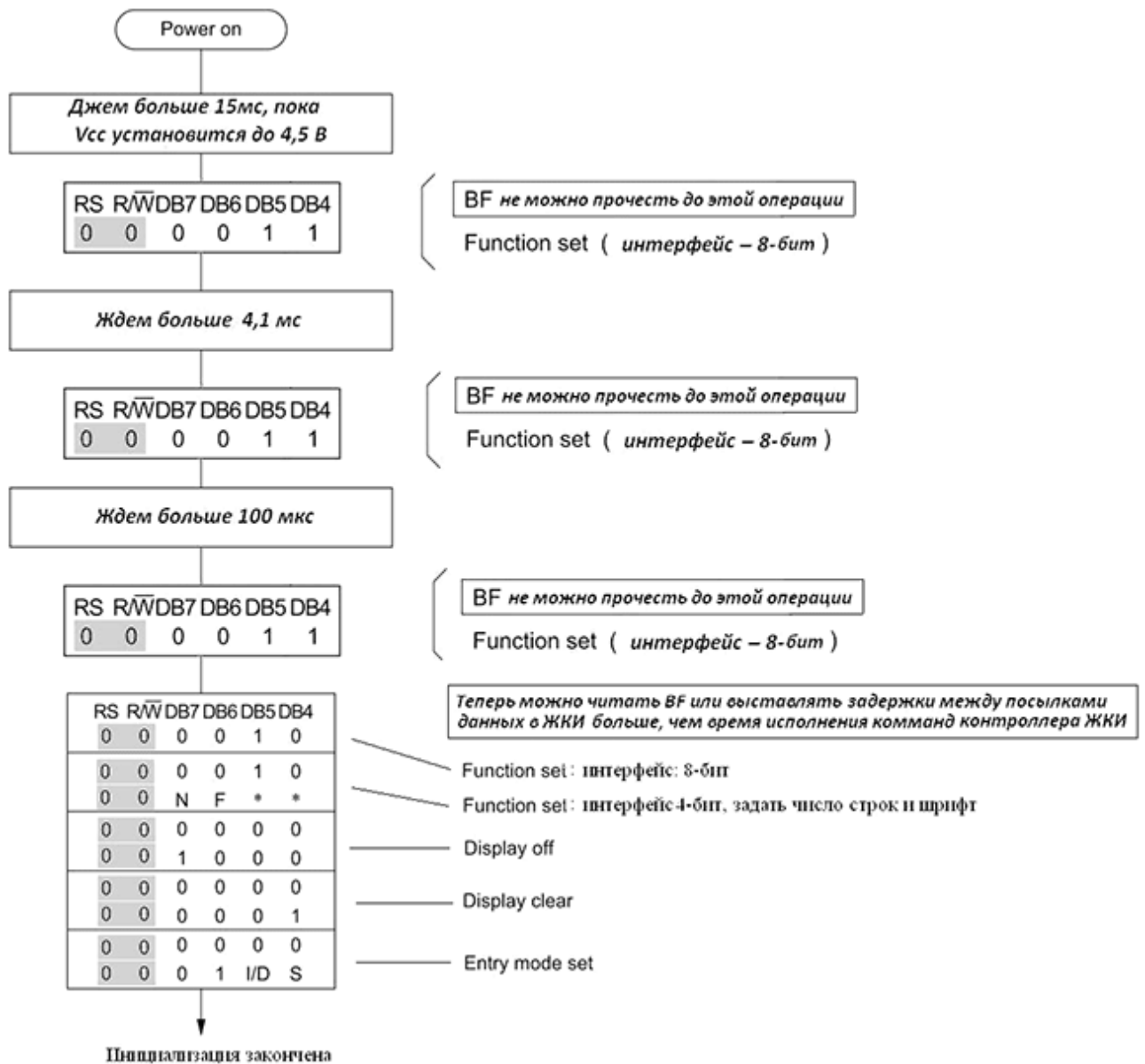
1. Display clear
2. Function set:  
 DL = 1; 8-bit interface data  
 N = 0; 1-line display  
 F = 0; 5x8 dot character font
3. Display on/off control:  
 D = 0; Display off  
 C = 0; Cursor off  
 B = 0; Blinking off
4. Entry mode set:  
 I/D = 1; Increment by 1  
 S = 0; No shift

Второй способ исключает зависимость схемы от источника питания. Для инициализации контроллера ЖКИ в ручном режиме необходимо исполнить следующий алгоритм:

## 8-битный параллельный интерфейс:



### 4-битный параллельный интерфейс:



Как видно, здесь нет ничего сложного: посылаем в ЖКИ команду за командой, учитывая время их исполнения (около 40 мкс) или проверяя флаг занятости контроллера ЖКИ (тогда надо посадить пин RW на лапку микроконтроллера и выставлять его в «1», когда хотим узнать, занят ЖКИ или нет).



### Принцип работы ЖК модуля.

Типичный внешний вид ЖК символьного модуля приведен на рис. 3.1.

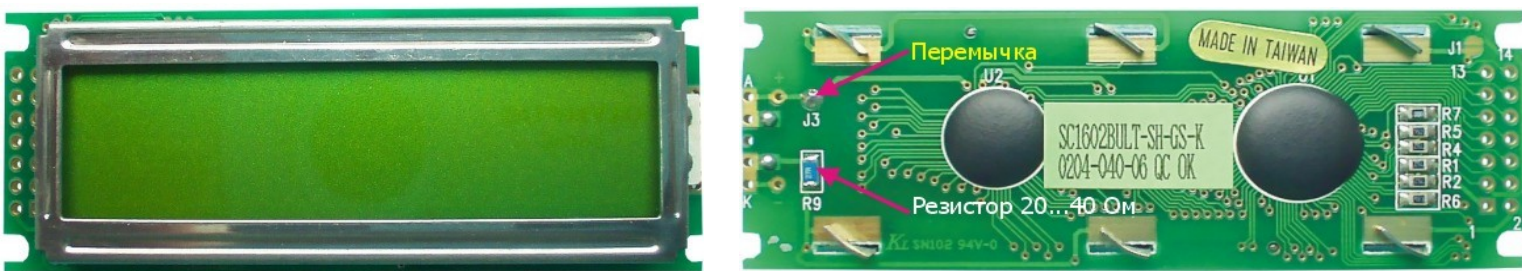


Рис. 3.1. Вид спереди и вид сзади ЖК модуля.

Как уже говорилось выше, изначально HD44780 имеет predetermined таблицу символов, размещенную в ОЗУ знакогенератора CGRAM (Character Generator RAM). Для отображения любого из них программа микроконтроллера должна передать координаты позиции и, непосредственно за ними, сам адрес символа из CGRAM. Пример таблицы CGRAM приведен на рис. 3.2. Заглавные и прописные буквы латинского алфавита, числовые знаки, а также большинство знаков препинания совпадают в ней с кодами ASCII. Набор символов, размещенных по адресам 0xA0...0xFF, содержит национальный алфавит (в данном случае кириллицу) того региона, где предполагается его использование. Первые 16 ячеек CGRAM имеют особое значение. При желании, в них могут быть записаны любые пользовательские символы, которых нет в таблице (сразу после включения модуля в них находится случайная информация).

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	.	,	;	'
1		!	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2		"	#	\$	%	&	'	(	)	*	+	,	<	=	>	?/
3		#	3	C	S	c	s									
4		\$	4	D	T	d	t									
5		%	5	E	U	e	u									
6		&	6	F	V	f	v									
7		'	7	G	W	g	w									
8		(	8	H	X	h	x									
9		)	9	I	Y	i	y									
A		*	:	J	Z	j	z									
B		+	;	K	[	k	]									
C		,	<	L	φ	l	φ									
D		-	=	M	]	m	]									
E		.	>	N	^	n	^									
F		/	?	O	_	o	_									

Рис. 3.2.

Типичная нумерация и функциональное назначение выводов ЖКИ приведены в табл.2. Кроме напряжения питания контроллера VCC, модуль имеет вход регулировки контрастности изображения V0. Питание подсветки (если таковая имеется) подается на выводы А и К.

Таблица 2. Функциональное назначение выводов символьного ЖКИ на базе HD44780:

Номер вывода	Название выводов	Функциональное назначение
1	GND	Общий вывод
2	VCC	Напряжение питания
3	V0	Напряжение управления контрастностью
4	RS	Выбор записи команды/данные
5	R/W	Выбор направления передачи данных запись/чтение
6	E	Вход тактовых импульсов
7-14	BD7-DB0	Шина данных
15	A	Анод светодиодной подсветки
16	K	Катод светодиодной подсветки

HD44780 взаимодействует с AVR через 8-битную двунаправленную шину команд/данных DB7:DB0. Временная диаграмма работы шины показана на рис. 3.3а. В момент записи информации в ЖКИ ведущий микроконтроллер выставляет на линиях DB7...DB0 8-разрядный код, после чего формирует на выводе E стробирующий импульс (активный фронт – задний). По окончании импульса должна быть выдержана пауза до начала новой транзакции. Признаком записи команды/ данных является состояние линии RS. При RS=0 происходит запись команды, при RS=1 – данных. Когда необходимо считать данные из индикатора, то выводы порта DB7:DB0 микроконтроллера настраиваются на ввод. Затем следует импульс подтверждения на линии E и байт данных переписывается во внутренний регистр для дальнейшей обработки. Направление передачи данных определяет уровень на линии R/W (R/W =1 – чтение из индикатора, R/W =0 – запись в индикатор). В реальных приложениях, как правило, нет необходимости в чтение данных. Поэтому вывод R/W всегда соединяют с общим проводом.

Одна из типовых схем подключения микроконтроллера типа AVR к ЖК индикатору типа A162-D приведена на рис.3.4а.

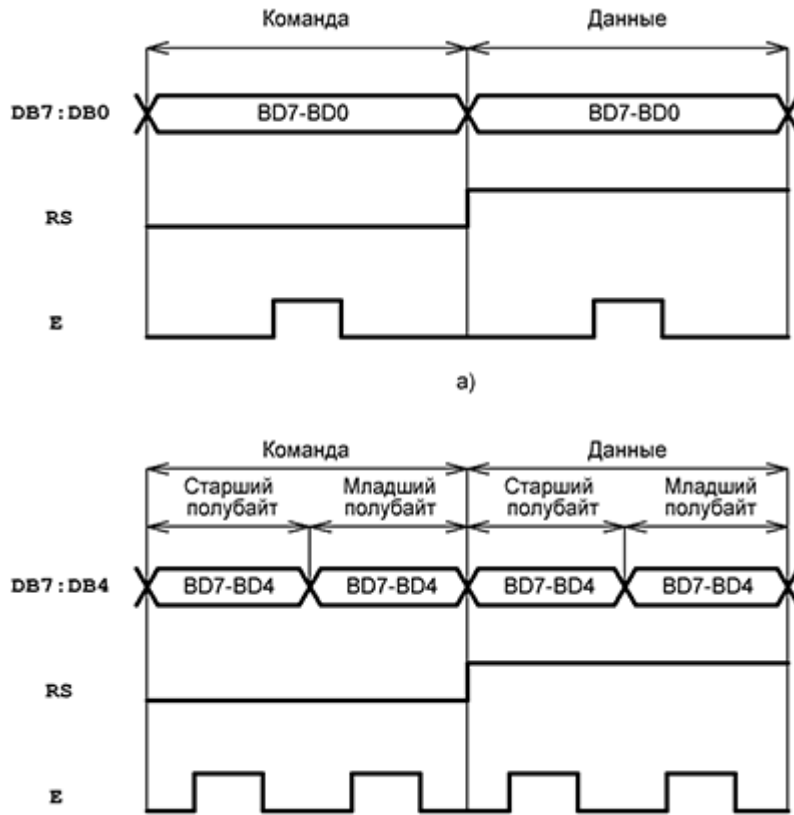


Рис. 3.3. Последовательность передачи данных в HD44780: а - по 8-разрядной шине команд/данных; б - по 4- разрядной шине команд/данных.

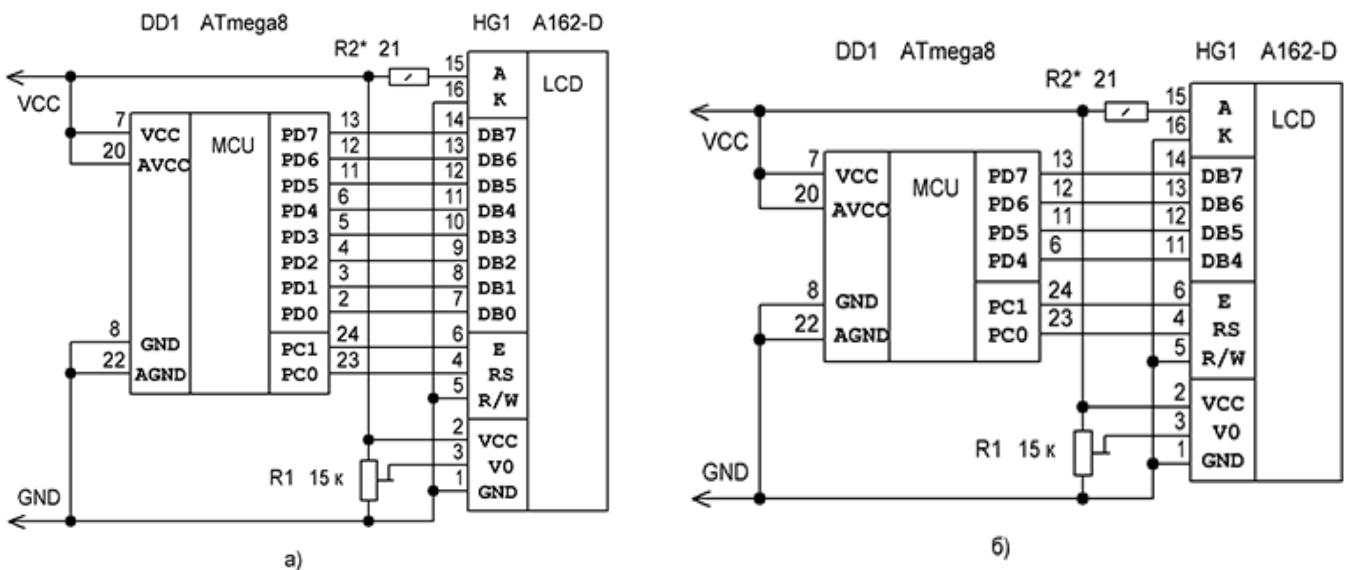


Рис. 3.4. Схема подключения символического ЖКИ к микроконтроллеру: а - при использовании 8-разрядной шины команд/данных; б - при использовании 4-разрядной шины команд/данных.

Для управления ЖКИ может быть использован также 4-проводный интерфейс (см. схему подключения на рис. 3.4б), что позволяет сэкономить 4 линии ввода-вывода, при незначительном усложнении программы.

В этом случае 4-разрядную шину команд/данных формируют линии DB7...DB4 (линии DB3...DB0 остаются незадействованными). Скорость записи снижается в 2 раза, но это, обычно, не вызывает ни каких проблем во время работы. Последовательность передачи данных показана на рис. 3.3б. Команды/ данные передается за два такта. Первым следует старший полубайт, вторым – младший. Каждая тетрада, естественно, должна быть зафиксирована импульсом на линии E.

Контроллер HD44780 имеет буфер видеопамати DDRAM (Display Data RAM), из которой символы переносятся на дисплей. Объем DDRAM зависит от числа строк и позиций на экране. Адреса ячеек видеопамати первой строки 0x80...0xA8, второй 0xC0...0xE8. В текущий момент времени в окно дисплея попадают только 16 символов из DDRAM рис. 2.2 (положение окна можно изменять программно).

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.

### Приборы и оборудование.

Комплекс лабораторных работ по исследованию работы ЖК символьных индикаторов с микроконтроллером типа AVR выполняется на учебном макетном лабораторном комплексе РТМТЛ-3.

На передней крышке прибора закреплена отладочная плата, содержащая исследуемый микропроцессор (Atmega8535, Atmega16 или совместимый); резистивно-диодный последовательный (работающий по интерфейсу RS232 через СОМ-порт ПК) программатор; обвязку микроконтроллера согласно паспортным данным; набор из 11 светодиодов, подключенных к выводам 14 – 21, 33 – 35 микроконтроллера см. рис. 4.1; набор из 11 кнопок с фиксацией нормально разомкнутых (кнопка нажата — замкнута; отжата — разомкнута); 1 кнопку без фиксации нормально разомкнутую; 1 потенциометр (переменный резистор КОНТРАСТНОСТЬ), подключенный подключенный средней точкой к выводу VEE исследуемого LCD индикатора, для измерения напряжения контрастности выведены клеммы типа «RCA тюльпан» для подключения мультиметра; 4 потенциометра, подключенные к выводам 40, 39, 38, 37; а также кнопку с фиксацией «RESET», при нажатии которой вывод RESET кристалла соединяется с корпусом схемы. Для программирования прибора используется разъем «ПРОГРАММАТОР». При этом «ПРОГРАММАТОР» следует подключать к СОМ – порту ПЭВМ **ТОЛЬКО** проводом типа СОМ 9m/9f («мама» - «папа»).

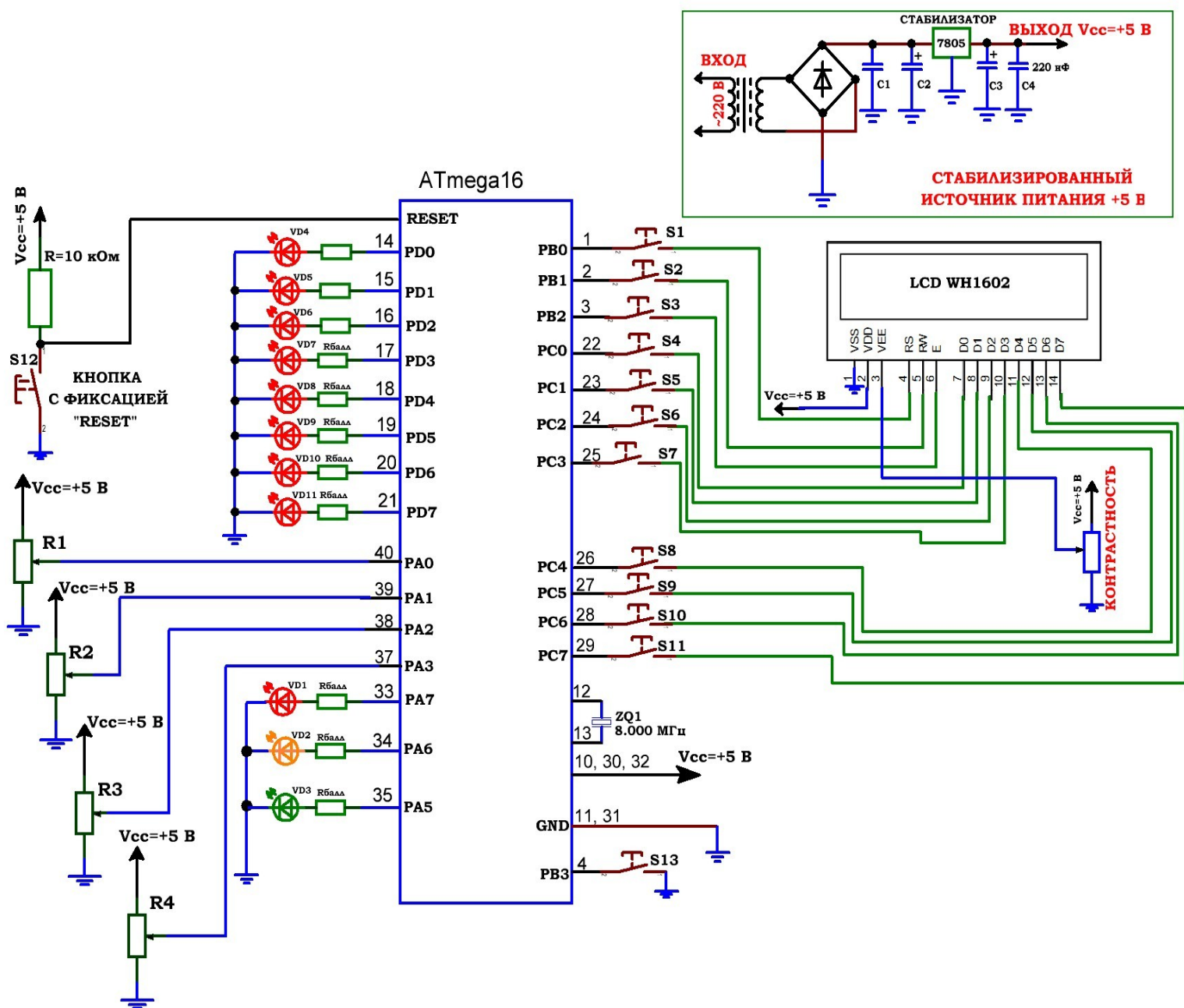


Рис. 4.1. Принципиальная электрическая схема учебного стенда для изучения работы LCD ЖК символьного индикатора с микроконтроллером AVR.

Принципиальная электрическая схема прибора приведена на рис. 4.1.

Демонстрационные примеры готовых программ, на основе которых могут быть построены задания по программированию микроконтроллера, приведены в папке Examples\_RTMTL-3.

**Пример 1.** Реализация 8 битного режима работы LCD ЖК символьного индикатора. При этом с помощью кнопок S1 – S11 можно моделировать неисправности ЖК индикатора при обрыве того или иного провода, соединяющего LCD дисплей с микроконтроллером.

**Пример 2.** Реализация 4 битного режима работы LCD ЖК символьного индикатора.

**Пример 3.** Реализация 8 битного режима работы LCD индикатора и работа со светодиодами. При этом 8 светодиодов повторяют логическое состояние порта данных дисплея, а три светодиода — состояние выводов RS, RW и E. Можно наглядно наблюдать команды управления и данные, приходящие на ЖК индикатор.

**Пример 4.** Работа с потенциометрами, подключенными к портам PA0-PA3 микроконтроллера. Каждый из потенциометров подключен средней точкой к соответствующему выводу микроконтроллера, который является входом АЦП. Измерения выводятся на ЖК индикатор.

**Пример 5.** Работа с потенциометрами и кнопкой S13, подключенной к порту PB3. Кнопка настроена на переключение каналов АЦП. Измерения выводятся на ЖК индикатор.

**Пример 6.** Переменный резистор R1, подключен средней точкой ко входу 40 АЦП микроконтроллера. Измеренное значение напряжения в кодах АЦП выводится на ЖК индикатор с одновременной визуализацией условного уровня с помощью 8 светодиодов VD4 – VD11. Количество зажженных светодиодов пропорционально коду АЦП. Светодиоды VD1 – VD3 при этом мигают.

### Порядок выполнения.

1. Перед включением установки в сеть проверить целостность всех соединительных сигнальных и сетевых проводов. Все работы по подключению комплекса к компьютеру следует выполнять только при отключенных от сети приборах. Разобраться с принципиальными блок-схемами опытов, в назначении кнопок, переключателей и ручек прибора.
2. Перед выполнением работы следует изучить инструкцию по работе с учебной средой программирования **Algorithm Builder**, а также озна-

комиться с полным методическим руководством по микроконтроллерам семейства AVR. Ознакомиться с кратким методическим руководством по программированию микроконтроллеров, приведенных в руководстве для учебного стенда РТМТЛ-2. Ознакомиться со статьей «Практическое объяснение работы ЖКИ модулей с HD44780» (файл Kea\_45\_1.html). Ознакомиться с паспортными данными на исследуемый ЖК индикатор (файл lcd\_hd44780.pdf).

3. Соединить монитор с системным блоком ПЭВМ, подключить клавиатуру и мышь к системному блоку используя стандартные провода для подключения. Подключить системный блок ПЭВМ и монитор к сети ~220 В.
4. Загрузить операционную систему согласно стандартным процедурам загрузки.

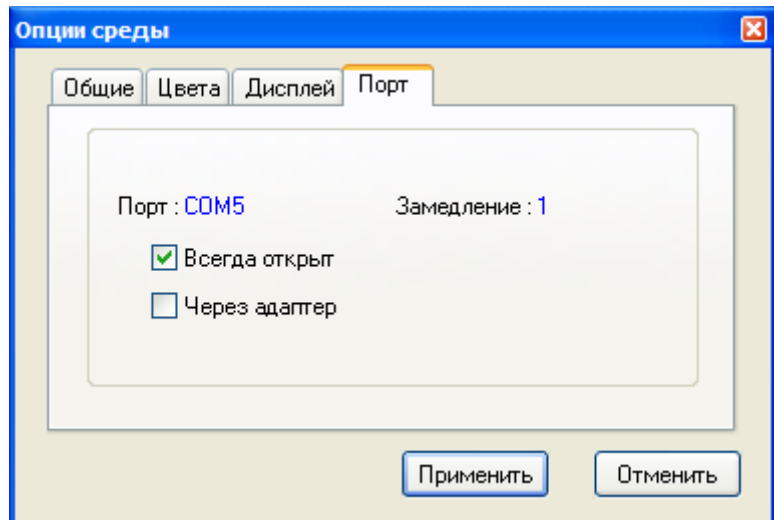


Рис. 5.1

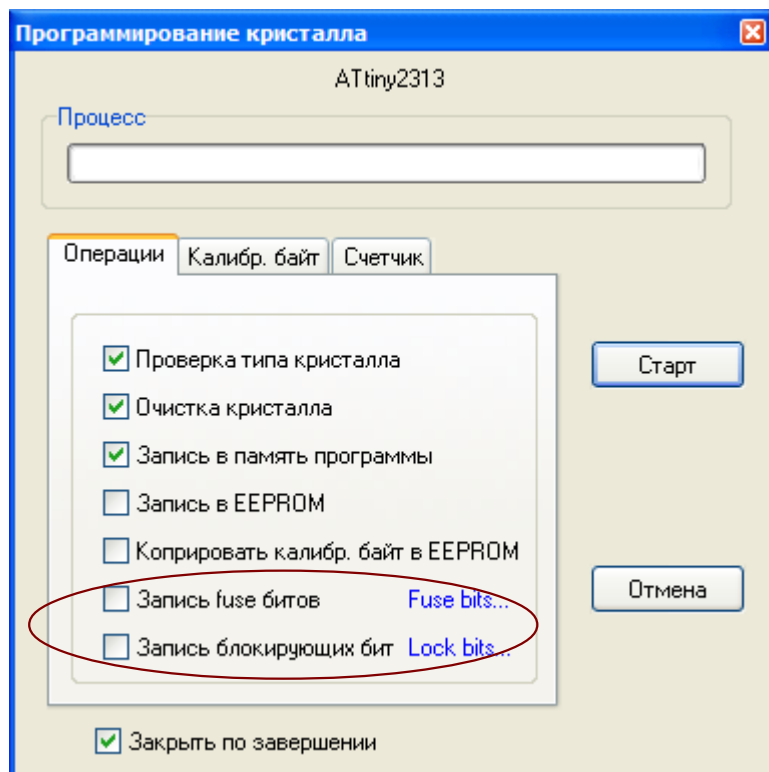


Рис. 5.2



5. При необходимости, настроить компьютер для работы с учебной установкой и программной средой Algorithm Builder.
6. Запустить программу Algorithm Builder для работы с учебной установкой для данного эксперимента пользуясь ярлыком на рабочем столе либо другим способом, указанным лаборантом. Для запуска можно воспользоваться комплексной программной оболочкой LabVisual для РТМТЛ-1-5.
7. Подключить разъём «ПРОГРАММАТОР» учебного прибора к СОМ – порту ПЭВМ проводом типа СОМ 9m/9f («мама» - «папа»)
8. Настроить программу Algorithm Builder для работы с данным СОМ портом ОПЦИИ-ОПЦИИ СРЕДЫ-ПОРТ рис. 5.1.
9. Для подробных инструкций следует обращаться к методическому руководству по среде Algorithm Builder.
10. Загрузить Пример 1 (папка 1) в среду Algorithm Builder (ФАЙЛ-ОТКРЫТЬ-ВЫБРАТЬ ФАЙЛ \*.alp).
11. «Прошить» тестовую программу в кристалл. Для этого нажать кнопку «ЗАПУСК С КРИСТАЛЛОМ», при этом откроется диалог программирования кристалла рис. 5.2. **Перед прошивкой следует нажать кнопку с фиксацией «RESET» на учебном приборе.**
12. Перед нажатием кнопки «СТАРТ» следует внимательно проверить положения флажков установки программатора рис. 5.2. Особенно внимательно следует отнестись к опциям «ЗАПИСЬ Fuse bit» и «ЗАПИСЬ блокирующих бит». **ФЛАЖКИ ЭТИХ ОПЦИЙ ОБЯЗАТЕЛЬНО ДОЛЖНЫ БЫТЬ СНЯТЫ, Т. К. НЕ ПРАВИЛЬНО ПРОШИТЫЕ FUSE БИТЫ МОГУТ ПРИВЕСТИ К ДАЛЬНЕЙШЕЙ НЕВОЗМОЖНОСТИ РАБОТЫ С ДАННЫМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОМ!**
13. **Отжать кнопку RESET и проверить работу тестовой программы.**
14. Загрузить примеры 2 — 6 из соответствующих папок и прошить в кристалл каждую из тестовых программ.
15. На основании данных примеров составить собственные программы, реализующие различные задачи (изменить вывод на ЖК индикатор, мигание светодиодов, опрос кнопок и потенциометров). Составить программы для реализации задач как для 8-битного, так и для 4-битного режима работы ЖК индикатора.
16. Отключая соответствующие вывода ЖК индикатора от микроконтроллера с помощью кнопок управления, моделировать неисправности, которые могут возникнуть при плохом соединении или обрыве связи LCD – микроконтроллер.
17. Измерить с помощью мультиметра напряжение, подаваемое на вход VEE (контрастность) дисплея при наилучшем визуальном отображении символов.
18. Для составления программ и подробного изучения работы микроконтроллеров AVR следует обращаться к учебной литературе, полному руководству к микроконтроллерам семейства AVR, а также к документации по

среде Algorithm Builder и документацией на ЖК индикатор.

19. По окончании работы следует закрыть программу и все открытые подпрограммы, закрыть виртуальную среду VirtualBox (при работе в среде Linux).
20. Выключить компьютер, нажав на кнопку, находящуюся в крайнем нижнем левом углу экрана. Из доступных действий выбрать «ВЫХОД»--> «ВЫКЛЮЧИТЬ КОМПЬЮТЕР».
21. Отключить установку от сети, поставив переключатели «СЕТЬ» на панели установки в положение «ВЫКЛ» и вынуть сетевые вилки из розеток.

**РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.**

1. Клингман Э. Проектирование микропроцессорных систем. М.: Мир. 1988. - 575с.
2. Сташин В.В., Урусов А.В., Мологонцева О.Ф. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах.
3. Трамперт В. AVR-RISK микроконтроллеры.: Пер. с нем. – К.: «МК-ПРЕСС», 2006.-464с., ил.
4. Ю.А.Шпак. Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров. – К.: «МК-ПРЕСС», 2006.-400с., ил.
5. Якубовский С.В. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы. М.: Радио и связь. 1990.
6. Токхейм Р. Основы цифровой электроники. Пер. с англ. - М.: Мир, 1988. – 390 с.
7. Шило В.Л. Популярные цифровые микросхемы. – М.: Радио и связь, 1990. –350 с.
8. Бирюков С.А. Цифровые устройства на МОП-интегральных микросхемах - М.: Радио и связь. 1992 (1996).
9. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника. Полный курс: учебник для вузов. - М.: Горячая линия, 1999 (2000, 2005). – 768 с.
- 10.Алексенко А.В., Шагуров И.И. Микросхемотехника.– М.: Радио и связь, 1990 (1982).
11. Большие интегральные схемы ЗУ./ Под ред. А.Ю. Гордонова, Ю.Н. Дьякова. Справочное пособие. – М: Радио и связь, 1990. – 286 с.
- 12.Федорков Б.Г., Телец В.А. Микросхемы ЦАП и АЦП: Функционирование, параметры, применение. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.
- 13.Гилмор Ч. Введение в микропроцессорную технику. Пер. с англ. – М.: Мир, 1984.

**ДЛЯ СВОБОДНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ  
НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»**