

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, МЕХАНИКИ И ОПТИКИ

А.Л. Андреев

**ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА,
АППАРАТНЫЕ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА
УНИФИЦИРОВАННОГО МОДУЛЯ
В РАСПРЕДЕЛЁННЫХ
ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ**

Методические указания к лабораторным работам



Санкт-Петербург

2010

Андреев А.Л. Элементная база, аппаратные и программные средства унифицированного модуля в распределённых оптико-электронных системах. Методические указания к лабораторным работам. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. – 64 с.

Настоящий комплекс лабораторных работ ориентирован на изучение элементной базы, возможной архитектуры и методов программирования унифицированных модулей, позволяющих существенно ускорить проектирование распределённых оптико-электронных систем различного назначения.

Для студентов по направлению подготовки бакалавров и магистров 200200 – «Оптехника» и специальности 200203 – «Оптико-электронные приборы и системы».

Рекомендовано к печати Учёным Советом факультета оптико-информационных систем и технологий 09.03.10 протокол № 8.



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена Программа развития государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики» на 2009–2018 годы.

© Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, 2010

© А.Л. Андреев, 2010

Содержание

Введение	4
Лабораторная работа № 1 Архитектура и функциональные возможности унифицированного модуля в составе распределённых оптико-электронных систем	6
Лабораторная работа № 2 Среда и методы программирования при проектировании распределённых оптико-электронных систем на базе унифицированного модуля	12
Лабораторная работа № 3 Структура и функциональные возможности матричного жидкокристаллического дисплея	16
Лабораторная работа № 4 Разработка подпрограмм интерфейса, управляющего работой матричного жидкокристаллического дисплея	25
Лабораторная работа № 5 Энергонезависимая память <i>EEPROM</i> с последовательным доступом в составе унифицированного модуля	31
Лабораторная работа № 6 Моделирование фрагментов системы охранной сигнализации с использованием пассивных инфракрасных датчиков движения.	39
Библиографический список	45
Приложения	46

ВВЕДЕНИЕ

Существенное сокращение сроков разработки оптоэлектронных приборов и систем различного назначения возможно путём создания унифицированных модулей, включающих комплекс аппаратных средств, необходимых для управления источниками и приёмниками излучения, а также накопления и цифровой обработки данных.

Лабораторный комплекс для изучения вопросов аппаратной реализации и программирования функций отдельных компонентов подобных модулей включает 6 рабочих мест. Каждое из них оборудовано однотипным учебно-лабораторным модулем (УЛМ), а также вспомогательными средствами: эмулятором ПЗУ (для обеспечения возможности редактирования управляющих программ), персональным компьютером (ПК) и соединительным кабелем (для сопряжения УЛМ с ПК через последовательный порт). УЛМ реализован на двусторонней печатной плате, которая размещена в защитном корпусе с прозрачной крышкой, позволяющей студентам хорошо видеть расположение основных компонентов схемы. Кроме того, внутри корпуса имеется достаточное пространство для подключения к специально предусмотренным разъёмам дополнительных внешних элементов (светодиоды, фотоприёмники и др. в зависимости от тематики лабораторной работы).

Лабораторный комплекс позволяет фронтальным методом в интерактивном режиме организовать лабораторный практикум по изучению следующих вопросов.

1. Архитектура, функциональные возможности, принципиальная электрическая схема, конструктивная реализация и техническая документация унифицированного оптоэлектронного модуля.
2. Архитектура и система основных команд $x51$ -совместимых микроконтроллеров. Изучение среды программирования для разработчика.
3. Архитектура и система основных команд микроконтроллеров семейства *PIC16CXX*. Изучение среды программирования для разработчика.

4. Управление клавиатурой и внешними цепями включения светодиодов.
5. Устройство, принцип работы ЖКИ-дисплея, система команд и управляющих сигналов.
6. Энергонезависимая память *EEPROM* с последовательным доступом (система команд и управляющих сигналов). Пример её использования для записи протокола событий с привязкой к реальному времени и дате.
7. Стандартный протокол последовательного обмена *I²C* при реализации взаимодействия между отдельными компонентами УЛМ и внешними устройствами.
8. Использование встроенного АЦП для реализации режима периодического контроля температуры с помощью термодатчика в составе УЛМ, и др.

Следует добавить, что при условии использовании дополнительных конструктивных элементов (не входящих в состав УЛМ) могут быть реализованы дополнительные возможности по расширению сферы применения лабораторного комплекса в учебном процессе. В качестве примера назовём следующие:

- Реализация оптического цифрового канала связи в пределах лаборатории между отдельными рабочими местами студентов.
- Подключение многоэлементных ФПУ параллельного типа (например, разрезных фотодиодов) в быстродействующих системах оптической пеленгации.
- Подключение оптоэлектронных модулей, использующих линейку ФПЗС или других типов многоэлементных ФПУ с последовательным опросом.
- Реализация модели системы охранной или пожарной сигнализации при использовании внешних датчиков инфракрасного диапазона, пироэлектрических датчиков, пожарных извещателей и др.

Примеры построения системы охранной и пожарной сигнализации на базе унифицированного модуля, входящего в состав приёмно-контрольного пульта (ПКП) даны в приложении 1.

Лабораторная работа №1

АРХИТЕКТУРА И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ УНИФИЦИРОВАННОГО МОДУЛЯ В СОСТАВЕ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

(работа рассчитана на 4 часа)

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучение архитектуры, принципиальной схемы, конструктивных решений, технической документации, а также возможностей применения унифицированного модуля в составе распределённых оптико-электронных систем на примере систем охранно-пожарной сигнализации или экологического мониторинга.

Краткое описание лабораторного комплекса

Состав аппаратных средств унифицированного модуля включает следующие функциональные узлы (рис. 1.1):

- два однокристальных микроконтроллера со встроенными 8-ми разрядными АЦП, в том числе: центральный процессор *DD3* (x51-совместимый микроконтроллер) и процессор управления внешними устройствами *DD10* (*PIC16C711*);
- ППЗУ памяти программ *DD7*;
- ЖКИ – дисплей (текстовый или графический);
- клавиатура;
- две микросхемы *DD5*, *DD8* энергонезависимой памяти *EEPROM* с последовательным доступом по протоколу обмена *I²C*;
- ряд комбинационных схем среднего уровня интеграции: буферный регистр *DD2*, дешифратор *DD9*, логические элементы *DD1*, *DD4*, *DD11*;
- микросхема календарь-часы реального времени *DD6*;
- индикаторные светодиоды *VD1* (красный), *VD2* (жёлтый), *VD3* (зелёный), оптронные пары *DA1* и другие элементы схемы *VT1*, *VT2*, *VT3*, *R1*, *R3*, *R4*, *R6*, *R7*, *R9* для сопряжения УЛМ с последовательным портом ПК;
- четыре операционных усилителя *DA2*, используемые в цепях приёма внешних аналоговых сигналов и сопряжения со встроенными АЦП;

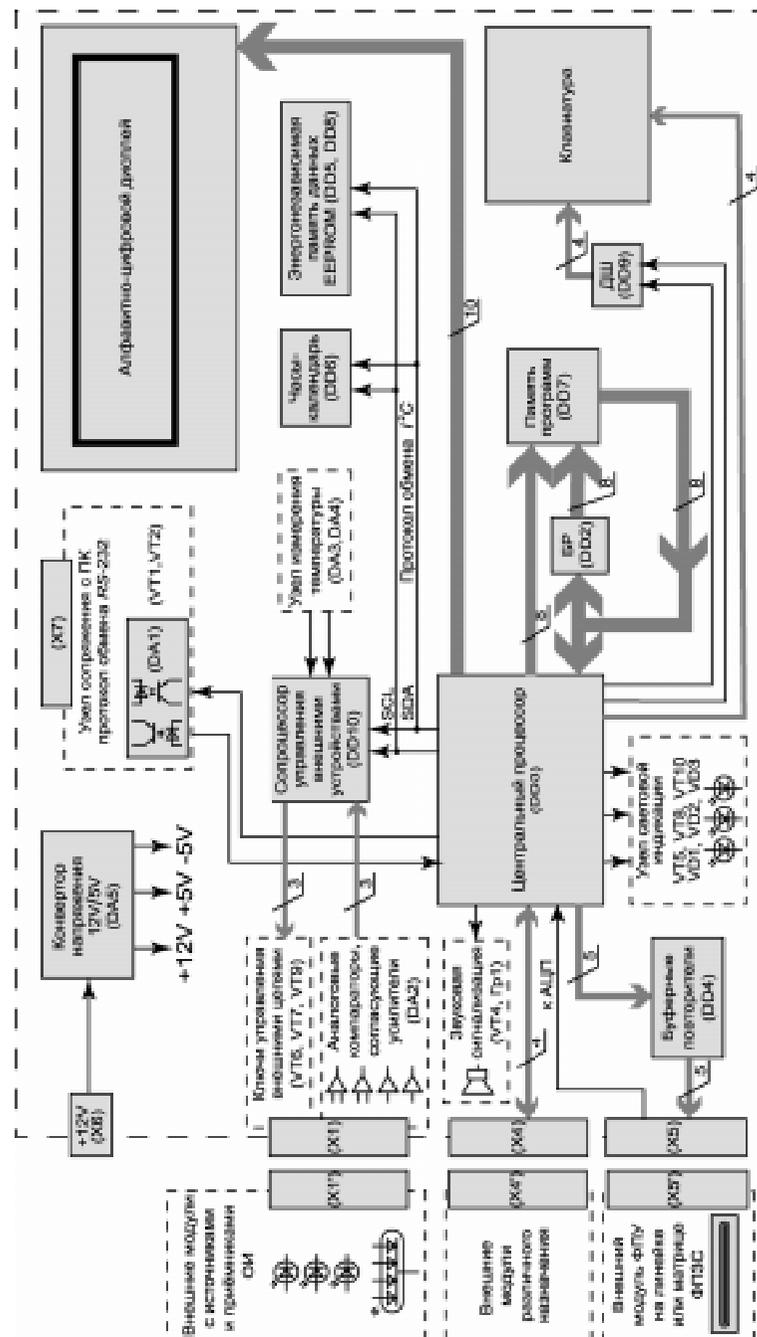


Рис. 1.1. Аппаратные средства лабораторного модуля

– элементы схемы (транзисторы, резисторы), используемые для управления внешними устройствами, например светодиодами *VT5* – *VT10*;

– термодатчик *DA3* и датчик опорного напряжения *DA4*;

– ряд вспомогательных компонентов: *DC-DC*-конвертор напряжения *DA5*, динамик-зуммер *Gr1*, разъёмы и контактные колодки *X1* – *X6* для подключения внешних сигналов и управляемых устройств, колодка для подключения ППЗУ памяти программ (или эмулятора ПЗУ при изучении процесса отладки программного обеспечения).

Тестовая программа, записанная в ППЗУ (микросхема *DD7*), обеспечивает проверку функционирования всех основных компонентов модуля.

После включения питания осуществляется инициализация центрального процессора и процессора взаимодействия с внешними устройствами, и через несколько секунд модуль переходит в дежурный режим, о чём свидетельствует загорание зелёного светодиода, управляемого непосредственно центральным процессором.

В дежурном режиме центральный процессор (ЦП) осуществляет непрерывный опрос клавиатуры. Активизация режима приёма команд с клавиатуры осуществляется после нажатия клавиши «#» и появления на дисплее предложения выбора команды: «*PRESS KEY!* 0.....9». Ниже приводится список команд, соответствующих нажатию некоторых из клавиш (см. таблицу 1).

Тестовая программа обеспечивает также возможность имитации приёма сигнала тревоги. Сигнал тревоги может быть симулирован, например, путем замыкания с помощью магнита контактов геркона, подключённого к цепям 5 и 6 контактной колодки *X5* (геркон закреплён на левой стенке корпуса модуля с внутренней стороны). Замыкание контактов геркона воспринимается ЦП как сигнал прерывания, предопределяющий переход ЦП к выполнению соответствующей подпрограммы. В процессе выполнения подпрограммы обработки прерывания выполняются следующие действия: загорается красный светодиод *VD1*; включается характерный звуковой сигнал; на экране встроенного дисплея появляется сообщение о тревоге; закодированное сообщение о сигнале тревоги с привязкой ко времени и дате записывается в энергонезависимую память (микросхема *DD5*), которая используется для ведения протокола событий.

Выключение сигнала тревоги осуществляется путём нажатия клавиши «0» на встроенной клавиатуре. При этом модуль вновь переходит в дежурный режим, а в энергонезависимую память (микросхема

DD5) с привязкой ко времени и дате заносится соответствующая запись об отключении сигнала тревоги.

Таблица 1.

№ клавиши	Результаты выполнения команды
«0»	На экране дисплея воспроизводятся текущие значения даты и момента времени
«2»	Включается (при повторном нажатии выключается) зелёный светодиод во внешней цепи, подключённой к разъёму <i>X1</i>
«3»	Включается (при повторном нажатии выключается) жёлтый светодиод во внешней цепи, подключённой к разъёму <i>X1</i>
«4»	Включается (при повторном нажатии выключается) красный светодиод во внешней цепи, подключённой к разъёму <i>X1</i>
«5»	Осуществляется переход УЛМ в режим корректировки даты и времени. На экране дисплея воспроизводится предложение о вводе устанавливаемых параметров с указанием требуемого формата данных
«6»	Воспроизведение на экране дисплея текущего значения температуры внутри корпуса модуля
«*»	Воспроизведение на экране дисплея последней записи из протокола событий. При повторных нажатиях клавиши «*» воспроизводятся предыдущие записи из протокола событий
«#»	При повторном нажатии клавиши производится очистка экрана дисплея

Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучите архитектуру (рис. 1.1), состав аппаратных средств и принципиальную схему универсального многофункционального лабораторного модуля. Найдите на монтажной схеме, а затем на реальной плате каждый из компонентов, представленных на рис. 1.1. Затем найдите каждый из этих компонентов на принципиальной схеме. Постарайтесь понять его назначение и взаимосвязь с другими элементами схемы. При необходимости проконсультируйтесь у преподавателя или его ассистента.

2. Изучите с помощью приложения 1 возможности применения данного модуля и его функции в структуре приёмно-контрольного прибора систем пожарной или охранной сигнализации.
3. Включите питание лабораторного модуля. Нажмите на встроенной клавиатуре клавишу «#» для активизации режима ввода команд.
4. Введите последовательно команды, предусмотренные тестовой программой в соответствии с таблицей 1. Пронаблюдайте выполнение команд.
5. С помощью магнита сымитируйте сигнал тревоги, замкнув контакты встроенного геркона, который размещён с внутренней стороны левой стенки корпуса лабораторного модуля. Отключите сигнал тревоги. Проверьте наличие соответствующих записей в протоколе событий (см. команду «*» в таблице 1).
6. Проанализируйте с помощью принципиальной схемы модуля и текста вышеприведённого описания какие элементы схемы модуля, каким образом и в какой последовательности задействованы при выполнении команд тестовой программы. Результаты вашего анализа оформите в виде таблицы по форме 2.

Таблица 2

№ клавиши	Результаты выполнения команды	Описание функций отдельных компонентов модуля, задействованных в выполнении команды
«0»		
«2»		
.....		

Содержание отчёта

Отчёт оформляется индивидуально каждым студентом и, как правило, содержит 2 раздела.

1. Теоретические сведения, которые могут быть полезны при защите работы и ответах на контрольные вопросы (см ниже). Конкретное содержание и объём первого раздела определяются самим студентом, однако следует иметь ввиду, что при защите лабораторной работы разрешается пользоваться только собственным отчётом, а не текстом настоящего пособия или какими либо другими источниками.

2. Таблица, описывающая функционирование отдельных компонентов модуля при выполнении команд тестовой программы.

Контрольные вопросы

1. Какие элементы схемы управляют включением и выключением светодиодов, расположенных непосредственно на плате изучаемого унифицируемого модуля?
2. Какие выводы портов центрального процессора задействованы для управления индикаторными светодиодами?
3. Какие элементы используются для управления внешними цепями, например, светодиодами, подключаемыми через разъём X1?
4. С помощью каких элементов осуществляется измерение температуры внутри корпуса УЛМ?
5. Поясните назначение оптронных пар (МС DA1) в узле сопряжения УЛМ с персональным компьютером.
6. Поясните схемы включения, предопределяющие определённые функции, которые могут реализовывать различные операционные усилители (МС DA2) в структуре УЛМ.
7. Какие функции выполняют МС DD2, DD7, DD9 в структуре УЛМ?

Лабораторная работа №2

СРЕДА И МЕТОДЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ УНИФИЦИРОВАННОГО МОДУЛЯ

(работа рассчитана на 4 часа)

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучение системы команд и основ программирования микроконтроллеров в составе унифицированного лабораторного модуля.

Некоторые сведения о микроконтроллерах унифицированного модуля

В архитектуре изучаемого унифицированного модуля имеются два микроконтроллера, содержащие встроенные аналого-цифровые преобразователи.

1. Центральный процессор (*DD3*) – *x51*-совместимый микроконтроллер семейства 8051.

2. Процессор взаимодействия с внешними устройствами (*DD10*) – *PIC* микроконтроллер – *PIC16C711*.

Центральный процессор управляет работой всех основных узлов модуля (кроме узла измерения температуры *DA3*, *DA4*). Он же выполняет роль ведущего устройства при реализации стандартного протокола последовательного обмена *PC*, при реализации связи с процессором взаимодействия с внешними устройствами (*DD10*), а также с микросхемами энергонезависимой памяти *EEPROM* (*DD5*, *DD8*) и с микросхемой, осуществляющей контроль текущего времени и даты (*DD6*).

PIC-микроконтроллер *DD10* используется для организации взаимодействия с периферийными устройствами, которые обычно подключаются к двухпроводным шлейфам распределённой системы (например системы охранной или пожарной сигнализации см. приложение 1). В варианте изучаемого унифицированного лабораторного модуля *PIC*-микроконтроллер иллюстрирует также процесс измерения температуры с помощью аналоговых микросхем *DA3* – датчик температуры и *DA4* – датчик опорного напряжения.

При этом используется его внутренний аналого-цифровой преобразователь.

Семейство *x51*-совместимых микроконтроллеров уже давно занимает лидирующие позиции на рынке микроконтроллеров. Это обусловлено целым рядом причин.

Во-первых, в семействе *x51* реализована очень удачная архитектура. Это способствовало тому, что семейство *x51*-совместимых микроконтроллеров «*de facto*» стало всемирным промышленным стандартом и широко распространено во всём мире.

Во-вторых, *x51*-совместимые микроконтроллеры очень хорошо документированы. Как по аппаратной реализации этого семейства, так по их применению и программированию опубликовано достаточно много разнообразной научно-технической литературы [3, 4].

В третьих, за время существования этого семейства для него было разработано очень большое количество качественного и доступного программного обеспечения: компиляторов различных языков программирования: *ASM51*, *C++*, *PL/M51*, *Fort51* и т.п., программных отладчиков, эмуляторов и т.п. Кроме того существует большое количество программ и библиотек для различных научно-технических задач.

В четвёртых, у большинства разработчиков, занимающихся микроконтроллерной техникой, имеется достаточно большой опыт общения с этим семейством микроконтроллеров, изучены многие особенности их поведения, выработаны приёмы и способы отладки, накоплен опыт программирования.

***PIC*-микроконтроллеры** [5] получили широкое распространение в практике проектирования мультипроцессорных и распределённых систем. Благодаря таким достоинствам как низкая стоимость и малое энергопотребление, *PIC*-микроконтроллеры удобно использовать в недорогих абонентских приборах распределённых сетей охранной и пожарной сигнализации, в которых управляющие сигналы и команды, а также импульсы электропитания передаются на достаточно большие расстояния по двухпроводным линиям – шлейфам. Некоторые из типов *PIC*-микроконтроллеров имеют встроенные аналого-цифровые преобразователи.

Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучите принципиальную схему универсального многофункционального модуля. Найдите на схеме элементы, непосредственно управляющие включением зелёного, жёлтого и красного светодиодов расположенных на плате модуля.

Определите, какие выводы портов центрального процессора задействованы для управления этими светодиодами. Ознакомьтесь также с разделом «Использование портов», который приведён в приложении 3.

2. Вызовите редактор текста, загрузите тестовую программу «*ulk.asm*». Ознакомьтесь со структурой тестовой программы (система команд x51-совместимых микроконтроллеров дана в приложении 2). Найдите программный модуль под названием «Главный цикл программы».
3. Определите, какие команды лучше всего использовать в главном цикле программы для обеспечения функций периодического поочерёдного включения/выключения зелёного, жёлтого и красного светодиодов.
4. Добавьте в главный цикл программы несколько команд, обеспечивающих режим поочерёдного включения/выключения зелёного, жёлтого и красного светодиодов. Чтобы переключение светодиодов было заметным для глаз, можно воспользоваться готовым программным модулем (*CALL DEL75*), обеспечивающим задержку выполнения команд на 75 мс.
5. Сохраните текст отредактированной вами программы под прежним именем «*ulk.asm*». Выйдите из редактора, оттранслируйте и скомпонуйте загрузочный модуль с помощью командного файла «*ulk_asm.bat*».
6. Убедитесь в отсутствии ошибок при трансляции программы. Для этого проверьте наличие в списке файла «*ulk.hex*». В случае отсутствия этого файла повторно вызовите программу-редактор, загрузите вашу программу и исправьте ошибки (ошибки могут быть легко найдены при чтении вспомогательного файла «*ulk.lsn*»).
7. После удачного завершения трансляции программы включите питание лабораторного модуля. Воспользуйтесь командным файлом «*chip64.bat*» для загрузки готовой тестовой программы «*ulk.hex*» (включающей и составленную вами программу) в лабораторный модуль. Осуществите начальный сброс и проверьте правильность работы всего устройства.
8. В случае необходимости найдите и исправьте ошибки в вашей программе (см. пп. 3 – 5).
9. Распечатайте для отчёта текст отредактированного вами соответствующего модуля программы.

10. Выполните все необходимые действия для возвращения тестовой программы в исходное состояние. Для этого выполните п. 2. Удалите или оформите как комментарии (с помощью символа «;») введенные вами команды. Выполните п.п. 5 – 8.

Содержание отчёта

Отчёт оформляется индивидуально каждым студентом и, как правило, содержит 2 раздела.

1. Теоретические сведения, которые могут быть полезны при защите работы и ответах на контрольные вопросы (см ниже). Конкретное содержание и объём первого раздела определяются самим студентом, однако следует иметь ввиду, что при защите лабораторной работы разрешается пользоваться только собственным отчётом, а не текстом настоящего пособия или какими либо другими источниками.
2. Отредактированный модуль тестовой программы с указанием всех необходимых комментариев.

Контрольные вопросы

1. Какие команды можно использовать для управления светодиодами?
2. Поясните, какие команды и подпрограммы использованы вами при редактировании программного модуля.
3. Поясните порядок действий при отладки программы модуля от момента завершения корректировки исходного текста до загрузки готовой исполняемой программы в унифицируемый модуль.
4. Что из себя представляет программа загрузочного модуля и чем она отличается от исходного текста программы?

Лабораторная работа №3

**СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ
МАТРИЧНОГО ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДИСПЛЕЯ**

(работа рассчитана на 4 часа)

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучение принципа действия, структурной схемы и функциональных возможностей матричного жидкокристаллического дисплея в составе унифицированного модуля.

Общие сведения о жидкокристаллических модулях

Жидко-кристаллические модули являются одними из основных средств вывода информации для современных цифровых систем. Представляют собой недорогое и удобное решение, позволяющее сэкономить время и ресурсы при разработке новых изделий. Обеспечивают отображение большого объема информации при хорошей различимости и низком энергопотреблении, благодаря чему широко используются в измерительных приборах, медицинском оборудовании, промышленном оборудовании, информационных системах, аппаратуре с автономным питанием.

Матричные жидкокристаллические дисплеи (ЖКД) являются одними из основных средств вывода информации для современных цифровых систем. По сравнению со своими предшественниками – знаковыми жидкокристаллическими индикаторами – матричные ЖКД имеют гораздо более богатые возможности вывода. При этом они сохраняют главное достоинство первых – низкое энергопотребление, благодаря чему могут использоваться в портативной аппаратуре. Типичные матричные ЖКД, интересные для разработчиков, имеют площади в диапазоне от 0,1 до 1 дм².

С точки зрения управляющего интерфейса ЖКД делятся на два больших класса – с контроллерами и без контроллеров. Первые обычно применяются в системах, обладающих не очень большими вычислительными ресурсами. Наличие контроллера полностью освобождает программиста от операции регенерации изображения – ему необходимо только переслать информацию в ОЗУ дисплея. Для этого используется простой 8-разрядный (или 4-х разрядный) параллельный интерфейс.

Дисплеи без контроллеров более просты по структуре, но для управления требуют гораздо больших вычислительных ресурсов – они применяются в составе мощных вычислительных систем. Многие современные 16и- и 32х-разрядные микроконтроллеры имеют встроенные интерфейсы ЖК панелей, что существенно облегчает задачу управления. При отсутствии контроллера все временные диаграммы развёртки необходимо генерировать программно. Последнее обстоятельство в определённом смысле является достоинством ЖКД без контроллера (наряду с более низкой стоимостью) – ведь в этом случае программист имеет прямой доступ к панели и не связан ограничениями, неизбежно накладываемыми конкретной микросхемой контроллера.

Начнём описание матричных ЖКД с моделей без контроллера, чтобы дать представление о том, как же реально, на уровне временных диаграмм, осуществляется процесс развёртки и какова его трудоёмкость.

Структура ЖК-панели такого дисплея приведена на рис. 3.1.

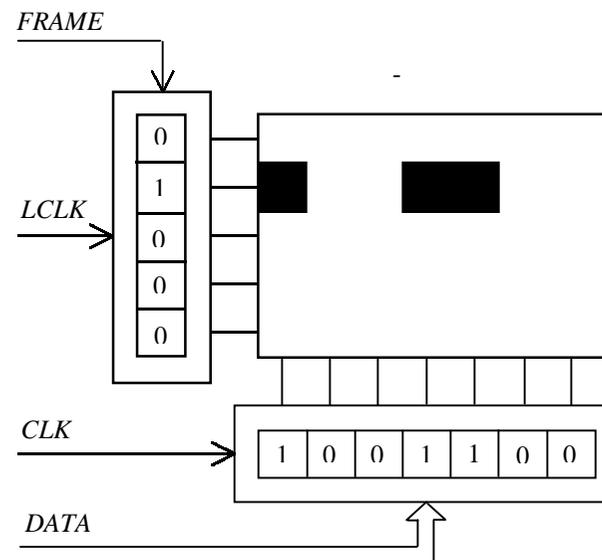


Рис. 3.1. Структура ЖК-панели

Для управления ЖК панелью используются две микросхемы – драйвер строк и драйвер столбцов. Эти микросхемы установлены на печатной плате ЖКД. Количество управляющих выводов микросхем всегда не менее числа точек на дисплее по вертикали и по горизонтали

соответственно (в том случае, когда ЖКД имеет большие размеры, применяется каскадное соединение драйверов). Микросхемы имеют в своём составе регистры, управляющие напряжением на выводах. Единица в регистре означает включение строки/столбца, нуль – выключение. Точка на экране засвечивается в том случае, если она стоит на пересечении включённых строки и столбца.

Процесс развёртки ЖК панели происходит следующим образом. Сначала происходит заполнение регистра столбцов. Данные передаются по 8-ми или 4х-разрядной шине и тактируются сигналом *CLK* (в случае 8-ми разрядной шины заполнение строки произойдёт за количество тактов, равное количеству точек, делённому на 8).

Далее подаётся импульс строчной синхронизации *LCLK*. При этом происходит прокрутка сдвигового регистра в драйвере строк на один бит. В этот регистр во время передачи первой строки установкой сигнала *FRAME* вводится 1, а при передачи последующих строк вводятся 0. Таким образом, прокрутка регистра на один бит означает включение следующей (нижней) строки. Временные диаграммы управления ЖК панелью без контроллера приведены на рис. 3.2.

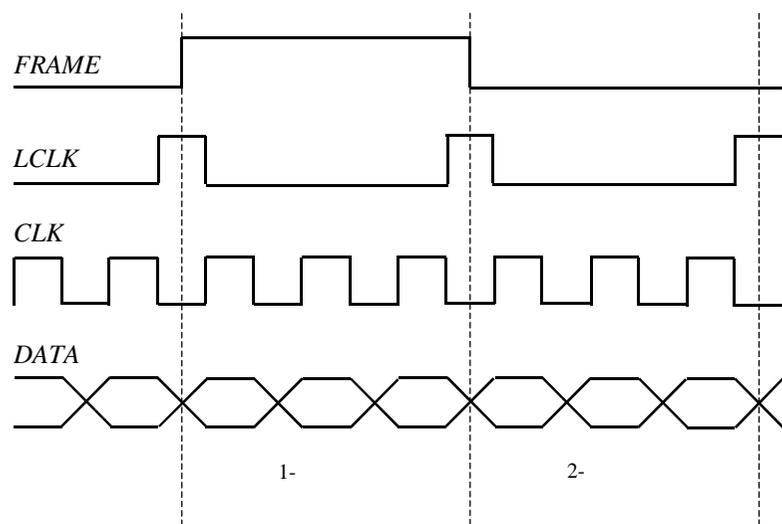


Рис. 3.2. Временные диаграммы развёртки панели ЖК-матрицы

Для оценки вычислительной мощности, необходимой для развёртки ЖКД без контроллера, подсчитаем частоту следования данных. Допустим, что имеется панель с разрешением 320×240 точек

и 8-битным интерфейсом, которую предполагается разворачивать с частотой кадров 60 Гц. Тогда частота сигнала CLK будет равна:

$$f_{CLK} = (320/8) \times 240 \times 60 = 576 \text{ кГц.}$$

Дисплеи с контроллерами подразделяются на алфавитно-цифровые и графические.

Алфавитно-цифровые дисплеи предназначены для воспроизведения ограниченного набора символов, они значительно проще для программирования. В их составе обязательно имеется знакогенератор, который при поступлении соответствующей команды формирует (путём выполнения определённой подпрограммы, хранящейся в собственной памяти контроллера) те или иные последовательности микрокоманд, обеспечивающие воспроизведение на экране ЖКД выбранных стандартных символов (цифры, буквы и знаки). Обычно система команд алфавитно-цифровых дисплеев предусматривает возможность программирования пользователем ещё нескольких символов в дополнение к стандартным. Следует также отметить, что алфавитно-цифровые дисплеи различных производителей в значительной мере унифицированы. Это относится также к их системе команд и даже к их основным конструктивным параметрам.

Номенклатура графических ЖКД гораздо обширнее. Имея сходный с алфавитно-цифровыми дисплеями набор управляющих сигналов, они существенно различаются по возможностям – набору команд, размеру индикаторной панели, наличию аппаратного знакогенератора и т.д. Процесс программирования графических ЖКД включает и программирование последовательности микрокоманд, обеспечивающих воспроизведение на экране нужных символов. Это несколько усложняет задачу разработчика. Однако с помощью графических ЖКД возможно воспроизведение любых изображений и символов, ограничения на которые накладываются только разрешающей способностью матрицы ЖК элементов индикаторной панели.

В рамках данной работы более подробно рассмотрим структуру и возможности алфавитно-цифрового дисплея, входящего в состав унифицированного многофункционального модуля.

Типичная структура такого дисплея приведена на рис. 3.3.

На структурной схеме приняты следующие обозначения.

CGROM – ПЗУ знакогенератора. ПЗУ генерирует начертание 192 символов согласно 8-ми разрядному коду;

CGRAM – ОЗУ знакогенератора позволяет пользователю создавать собственные символы;

DD RAM – ОЗУ отображаемых данных используется для сохранения отображаемых данных в 8-ми разрядном коде.

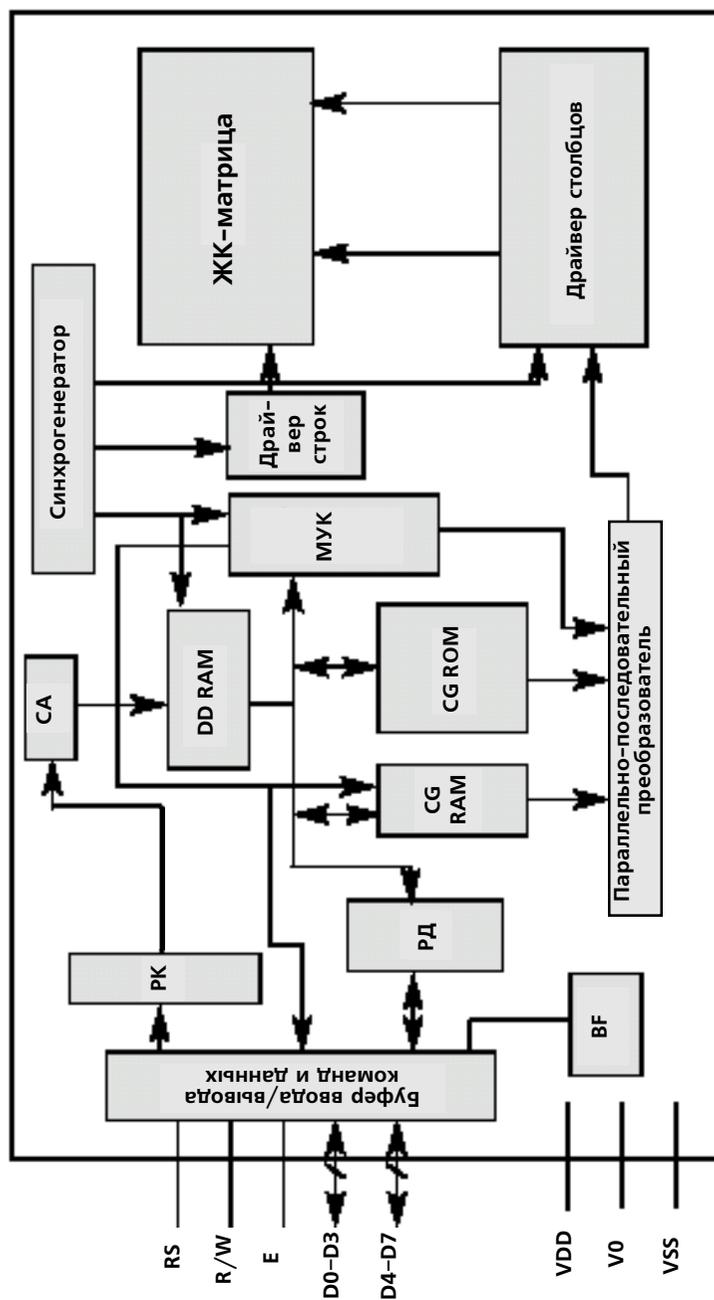


Рис. 3.3. Структурная схема алфавитно-цифрового дисплея

РД – регистр данных. Он используется для временного хранения данных записываемых/считываемых в/из *DD RAM* и *CG RAM*;

ПК – регистр команд. Он используется для хранения команд и адресов ОЗУ отображаемых символов (*DD RAM*) и ОЗУ знакогенератора (*CG RAM*);

BF – флаг *BUSY*. Установленный в «1» флаг *BUSY* показывает, что контроллер занят обработкой информации и не готов к приему следующей команды;

CA – счетчик адресов. CA генерирует адреса для *DD RAM* и *CG RAM*;

МУК – модуль управления курсором.

Обозначения выводов:

VDD – основное питание дисплейного модуля (+ 5 В);

VSS – общий вывод;

V₀ – питающее напряжение для матрицы ЖК элементов (– 5 или + 5 В);

RS – вход сигнала выбора регистра. 1: регистр данных (чтение/запись), 0: регистр команд (запись);

R/W – входной сигнал для выбора режима чтения или записи. 1: чтение, 0: запись;

E – стартовый сигнал для чтения/записи;

DB0 – DB3 – младшие 4 бита данных;

DB7 – DB4 – старшие 4 бита данных.

Порядок выполнения работы

1. Включите питание лабораторного модуля.
2. Воспользуйтесь командным файлом «chip64.bat» для загрузки тестовой программы «ulk.hex». Осуществите начальный сброс и проверьте правильность работы всего устройства.
3. Вызовите редактор текста, загрузите тестовую программу «ulk.asm». Найдите программный модуль под названием «Таблицы кодов стандартных текстовых сообщений».
4. Обратите внимание на текстовые сообщения, которые написаны на английском языке. Переведите текстовые сообщения с английского на русский язык. Для этого, руководствуясь кодовой таблицей, которая приведена на рис. 3.4, замените в соответствующих таблицах коды латинских букв на необходимые коды кириллицы. Заметим, что коды символов также как и все виды цифровых констант в исходном тексте программы можно записывать либо

в виде двоичного 8-ми разрядного кода с обязательным указанием символа «b» в конце каждой записи (например 00101100b), либо, если это удобнее, в виде соответствующего шестнадцатиричного 2-х разрядного кода с указанием в конце символа «h» (например 3Dh или 0B0h). Обратите внимание, что если 2-х разрядный шестнадцатиричный код начинается с буквенного символа, то перед ним необходимо записать «0». Возможна также запись символов и констант соответствующими десятичными эквивалентами (при этом в конце десятичных эквивалентов никакие дополнительные символы не указываются). Примеры некоторых из текстовых сообщений, используемые в тестовой программе модуля приводятся ниже.

5. Сохраните текст отредактированной вами программы под пре-

```
;
; Таблицы кодов стандартных текстовых сообщений
;
tit02:  ;   <Т Р Е В О Г А !!>
        DB  54h,20h,50h,20h,45h,20h,42h,20h
        DB  4Fh,20h,0A1h,20h,41h,20h,21h,21h

tit1:   ;   <ВВЕДИТЕ ПАРОЛЬ !>
        DB  130,130,133,132,136,146,133,178
        DB  143,128,144,142,139,156,178,33
```

жним именем «*ulk.asm*». Выйдите из редактора, оттранслируйте и скомпонуйте загрузочный модуль с помощью командного файла «*ulk_asm.bat*».

6. Убедитесь в отсутствии ошибок при трансляции программы. Для этого проверьте наличие в списке файла «*ulk.hex*». В случае отсутствия этого файла повторно вызовите программу-редактор, загрузите вашу программу и исправьте ошибки (ошибки могут быть легко найдены при чтении вспомогательного файла «*ulk.lsn*»).
7. После удачного завершения трансляции программы воспользуйтесь командным файлом «*chip64.bat*» для загрузки готовой программы «*ulk.hex*» в лабораторный модуль. Осуществите начальный сброс и проверьте правильность работы всего устройства.
8. Введите последовательно команды, предусмотренные тестовой программой в соответствии с таблицей 1 (см. описание лабораторной работы №1). Пронаблюдайте выполнение команд и проверьте правильность отображения текстовых сообщений, которые редактировались вами в ходе выполнения данной работы.

9. В случае необходимости найдите и исправьте ошибки в вашей программе (см. пп. 3 – 5).
10. Распечатайте для отчёта текст отредактированного вами соответствующего модуля программы.

Upper 4 bit Lower 4 bit	LLLL (0) ₁₆	LL LH (1) ₁₆	LL HL (2) ₁₆	LL HH (3) ₁₆	LH LL (4) ₁₆	LH LH (5) ₁₆	LH HL (6) ₁₆	LH HH (7) ₁₆	HL LL (8) ₁₆	HL LH (9) ₁₆	HL HL (A) ₁₆	HL HH (B) ₁₆	HH LL (C) ₁₆	HH LH (D) ₁₆	HH HL (E) ₁₆	HH HH (F) ₁₆			
LLLL (0) ₁₆				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
LL LH (1) ₁₆				!	1	Q	a	9											
LL HL (2) ₁₆				"	2	R	b	0											
LL HH (3) ₁₆				#	3	S	c	1											
LH LL (4) ₁₆				\$	4	T	d	2											
LH LH (5) ₁₆				%	5	U	e	3											
LH HL (6) ₁₆				&	6	V	f	4											
LH HH (7) ₁₆				'	7	W	g	5											
HL LL (8) ₁₆				(8	X	h	6											
HL LH (9) ₁₆)	9	Y	i	7											
HL HL (A) ₁₆				*	:	J	z	8											
HL HH (B) ₁₆				+	;	K	0	9											
HH LL (C) ₁₆				,	<	L	1	0											
HH LH (D) ₁₆				-	=	M	2	1											
HH HL (E) ₁₆				.	>	N	3	2											
HH HH (F) ₁₆				/	?	O	4	3											

Рис. 3.4. Кодовая таблица символов матричного жидкокристаллического дисплея

Лабораторная работа №4

**РАЗРАБОТКА ПОДПРОГРАММ ИНТЕРФЕЙСА,
УПРАВЛЯЮЩЕГО РАБОТОЙ
МАТРИЧНОГО ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ДИСПЛЕЯ**
(работа рассчитана на 4 часа)

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучение системы команд, а также вариантов реализации 8-ми и 4-х битных интерфейсов при управлении матричным жидкокристаллическим дисплеем в составе унифицированного модуля.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомьтесь с приведённой ниже системой команд алфавитно-цифрового дисплея, который используется в составе лабораторного модуля.
2. Изучите также приведенные ниже примеры формирования последовательностей команд, которые иллюстрируют работу 2-строчного дисплея при 8-битном и 4-битном режимах управления.
3. Вызовите редактор текста, загрузите тестовую программу «*ulk.asm*».
4. Найдите и изучите программные модули: «Вывод текстов и сообщений на экране дисплея»; «Вывод выбранного текста на экране дисплея»; «Таблицы кодов стандартных текстовых сообщений» (заметим, что в тестовой программе эти модули составлены применительно к 8-битному режиму управления дисплеем).
5. Отредактируйте тексты программных модулей применительно к использованию 4-битного режима управления дисплеем.
6. Сохраните текст отредактированной вами программы под прежним именем «*ulk.asm*». Выйдите из редактора, оттранслируйте и скомпонуйте загрузочный модуль с помощью командного файла «*ulk_asm.bat*».
7. Убедитесь в отсутствии ошибок при трансляции программы. Для этого проверьте наличие в списке файла «*ulk.hex*». В случае отсутствия этого файла повторно вызовите программу-редактор, загрузите вашу программу и исправьте ошибки (ошибки могут быть легко найдены при чтении вспомогательного файла «*ulk.lsn*»).

8. После удачного завершения трансляции программы воспользуйтесь командным файлом «chip64.bat» для загрузки готовой программы «ulk.hex» в лабораторный модуль. Осуществите начальный сброс и проверьте правильность работы всего устройства.
9. Введите последовательно команды, предусмотренные тестовой программой в соответствии с таблицей 1 (см. описание лабораторной работы №1). Пронаблюдайте выполнение команд и проверьте правильность отображения текстовых сообщений.
10. В случае необходимости найдите и исправьте ошибки в вашей программе (см. пп. 3 – 5).
11. Распечатайте для отчёта тексты отредактированных вами соответствующих модулей программ (примеры оформления текстов программ даны ниже и в конце описания данной работы).

```

;
;
;
;
;
$enbl.asm
$nett_d.asm

```

ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ ТЕКСТОВОГО ДИСПЛЕЯ
(шина 8 бит, 2 строки)

```

Init_D:
    CLR    DI_D    ; Режим передачи команд
    MOV    P4,#1  ; Очистка дисплея, к-р в 1 поз.
    CALL   ENBL   ; Синхроимпульс
    MOV    P4,#2  ;
    CALL   ENBL   ; Синхроимпульс
    MOV    P4,#6  ; Смещение курсора вправо
    CALL   ENBL   ; Синхроимпульс
    CALL   ENBL   ; Синхроимпульс
    MOV    P4,#12 ; Вкл. дисплея, выкл. курсора
    CALL   ENBL   ; Синхроимпульс
    CALL   ENBL   ; Синхроимпульс
    MOV    P4,#56 ; Шина 8 бит, 2 строки
    CALL   ENBL   ; Синхроимпульс
    MOV    P4,#129 ; Адрес видеопамати: 1
    CALL   ENBL   ; Синхроимпульс
    CALL   DEL5
    SETB   DI_D
    CALL   NETT_D
    RET

```

**Система команд и функции отображения
алфавитно-цифрового дисплея**

Команда	Код команды										Описание	Время выполнения
	RS	RW	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0		
Очистка дисплея	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Очищает содержимое дисплея и устанавливает адрес RAM на «0» в адресном счётчике	1,52 мс
Возврат	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-	Устанавливает адрес данных в положение «0» и возвращает дисплей в первоначальное положение. Курсор переходит к левому краю на первую линию.	1,52 мс
Установка способа ввода	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	I/D = 1: движение курсора вправо; I/D = 0: влево. S = 0: содержимое экрана сместится; S = 0: не сместится.	38 мкс
Вкл/выкл дисплея и курсора	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	D=1/0: вкл/выкл дисплея; C=1/0: вкл/выкл курсора; B=1/0: вкл/выкл мерцания.	38 мкс
Движение курсора и содержимого экрана	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	-	-	S/C/R/L Описание 0 0 Сдвиг курсора влево 0 1 Сдвиг курсора вправо 1 0 Сдвиг текста влево 1 1 Сдвиг текста вправо	38 мкс
Установка функций	0	0	0	0	1	DL	N	F	-	-	DL: Установка длины интерфейса данных N: Установка числа строк F: Установка размера шрифта (см. прим. 1)	38 мкс
Уст. адреса данных символов	0	0	0	1	A	A	A	A	A	A	Устанавливает адрес CGRAM в адресном счётчике	38 мкс
Уст. адреса данных дисплея	0	0	1	A	A	A	A	A	A	A	Устанавливает адрес DDRAM в адресном счётчике (см. прим. 2)	38 мкс
Чтение флага занятости	0	1	BF	A	A	A	A	A	A	A	Система занята пока BF=1 и не позволяет выполнение команд до момента, когда BF=0. Содержимое счётчика адреса может быть прочитано.	38 мкс
Запись данных	1	0	D	D	D	D	D	D	D	D	Запись данных в память генератора символов или в память данных дисплея	38 мкс
Чтение данных	1	1	D	D	D	D	D	D	D	D	Чтение данных из памяти генератора символов или из памяти данных дисплея	38 мкс

Примечание 1

DL = 1: Интерфейс 8 бит;
DL = 0: Интерфейс 4 бит;
N = 0: Однострочный режим;
N = 1: Двухстрочный режим;
F = 0: Размер шрифта 5Ч7 точек;
F = 1: Размер шрифта 5Ч10 точек.

Примечание 2

В однострочном режиме (N=0), (AAAAAA)₂: (00)₁₆ – (4F)₁₆;
В двухстрочном режиме (N=1), (AAAAAA)₂: (00)₁₆ – (27)₁₆ для первой строки, (AAAAAA)₂: (40)₁₆ – (67)₁₆ для второй строки.

**Иллюстрация работы 1-строчного дисплея
при 4-битном режиме управления**

№	Команда	На дисплее	Описание
1	Включение (начало инициализации)		Включение после сброса. Экран пуст
2	Установка функций RS R/W DB7 DB6 DB5 DB4 0 0 0 0 1 0		Установка 4-битного режима
3	Установка функций 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 x x		Установка 4-битного режима, выбор 1-строчного отображения и шрифта.
4	Включение/выключение дисплея 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0	_	Включение дисплея. Отображение курсора.
5	Выбор режима записи 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0	_	Увеличение адреса на единицу. Курсор сдвинется при записи в DDRAM/CGRAM. Текст сдвигаться не будет.
6	Запись данных в CGRAM/DDRAM 1 0 0 1 0 1 1 0 0 1 1 1	W_	Отображение «W». Курсор сдвинется на одну позицию вправо.

Контрольные вопросы к работам № 3 и № 4

1. Дайте общую характеристику матричных жидкокристаллических дисплеев. Каковы области применения жидкокристаллических дисплеев со встроенными контроллерами и без контроллеров?
2. Поясните принцип работы ЖК-матрицы.
3. Как рассчитать частоту синхросигнала, управляющего работой ЖК-матрицы?
4. Каковы особенности структуры и возможности применения алфавитно-цифровых и графических дисплеев?
5. Поясните структурную схему алфавитно-цифрового дисплея.
6. В чем состоят особенности, преимущества и недостатки 8-битного и 4-битного режимов управления алфавитно-цифровым дисплеем?

Лабораторная работа №5

**ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМАЯ ПАМЯТЬ *EEPROM*
С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ДОСТУПОМ
В СОСТАВЕ УНИФИЦИРОВАННОГО МОДУЛЯ**

(работа рассчитана на 4 часа)

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучение архитектуры, системы команд и основ программирования микросхем энергонезависимой памяти *EEPROM* с последовательным доступом в составе унифицированного модуля.

Краткие теоретические сведения

К квазиоперативным энергонезависимым ЗУ можно условно отнести два вида запоминающих БИС: *FLASH* и последовательные *EEPROM*.

По своим функциональным возможностям микросхемы *FLASH*-памяти не уступают ППЗУ с электрическим стиранием и могут использоваться для тех же целей. Однако они обладают дополнительным преимуществом – их можно перепрограммировать прямо на печатной плате (число циклов записи не менее 10^5). Это позволяет использовать микросхемы *FLASH*-памяти не только для хранения программ или констант, но также, например, для формирования базы данных в процессе функционирования системы. В структуру микросхемы *FLASH*-памяти помимо матрицы запоминающих элементов и дешифраторов входит целый ряд других устройств, обеспечивающих её работу в различных режимах. Управление процессами стирания, записи и считывания информации осуществляется на программном уровне путём подачи последовательности соответствующих команд. Цикл чтения данных из ячеек памяти по длительности (десятки и сотни наносекунд) практически не отличается от циклов чтения данных из ОЗУ, ПЗУ или ППЗУ. Однако достаточно продолжительные циклы записи (единицы и десятки микросекунд) и предварительного стирания (единицы секунд), не позволяют отнести микросхемы *FLASH*-памяти к оперативным ЗУ. Вместе с тем способность хранить информацию при отсутствии электропитания в некоторых случаях делает их применение вполне оправданным.

Основным недостатком этого типа ЗУ является невозможность модификации содержимого отдельных ячеек памяти. Запись возможна только после стирания информации в предварительно стёртый блок достаточно большого объема (от 4 до 128 кБайт). Следует, однако, заметить, что технология производства *FLASH*-памяти постоянно развивается, и в ближайшем будущем ЗУ на микросхемах *FLASH*-памяти смогут, очевидно, успешно заменять более дорогостоящие накопители на магнитных дисках.

К другому широко распространённому типу энергонезависимой памяти относятся последовательные *EEPROM*. В отличие от *FLASH*-памяти этот тип микросхем позволяет осуществлять запись в произвольные ячейки памяти без предварительного стирания блока данных. Число циклов записи доходит до 10 миллионов. Объем памяти – от 1 до 256 килобит. Низкая стоимость (единицы долларов), малые габариты, малое число выводов и малое энергопотребление делают такие микросхемы весьма привлекательными для применения не только в простых приборах и системах, но и в качестве дополнительных аппаратных средств в достаточно сложных распределённых системах, в автоматизированных видеоинформационных системах и др. Такие микросхемы удобно использовать, например, для записи протокола возникающих событий с привязкой ко времени и дате (принятие сигналов тревоги, возникновение неисправностей и др.).

Указанные выше достоинства этого типа памяти достигаются за счёт использования режима обмена данными последовательным кодом по известному протоколу *I²C*. При этом микросхема памяти участвует в обмене данными в качестве ведомого устройства. В структуре изучаемого унифицированного модуля функции ведущего устройства возлагаются на центральный процессор. Режим обмена данными последовательным кодом осуществляется по двум однопроводным линиям связи между микросхемой памяти и ведущим устройством. По линии *SCL* (рис. 5.2) передаётся сигнал синхронизации в виде последовательности импульсов, формируемых ведущим устройством. Соответствующий вывод микросхемы памяти работает только на приём.

На рис. 5.1 показан общий вид и внутренняя структура микросхемы энергонезависимой памяти *EEPROM*.

Процедура обмена инициализируется ведущим устройством путём передачи по линии *SDA* стартового импульса (см. рис. 5.2).

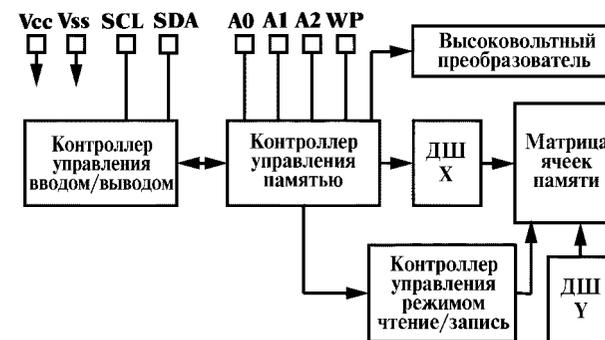
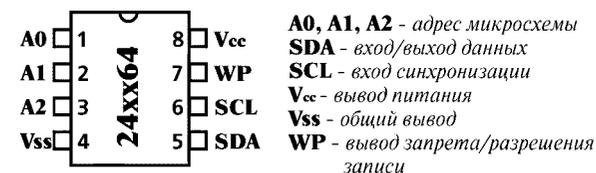


Рис. 5.1. Общий вид и внутренняя структура микросхемы энергонезависимой памяти *EEPROM*.

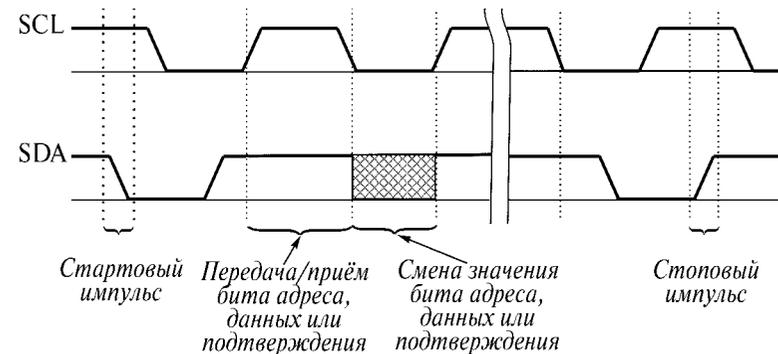


Рис. 5.2. Временные диаграммы, поясняющие процедуру обмена данными между ведущим и ведомым устройствами.

По линии *SDA* передаются команды, адреса и данные в виде последовательности битов. Вывод *SDA* микросхемы памяти в зависимости от текущего направления обмена может работать как на приём, так и на передачу данных.

Отличие стартового импульса от других сигналов, передаваемых по линии *SDA*, заключается в том, что изменение напряжения на линии

SDA с высокого уровня на низкий (переход из 1 в 0) происходит в то время, когда значение синхросигнала на линии *SCL* соответствует логической 1. Смена же значения информационного бита происходит только в те промежутки времени, когда значение синхросигнала на линии *SCL* соответствует логическому 0. Обмен данными всегда завершается передачей ведущим устройством в линию *SDA* стопового импульса, который отличается от стартового тем, что в то время, когда значение синхросигнала на линии *SCL* соответствует логической 1, изменение напряжения на линии *SDA* происходит с низкого уровня на высокий (переход из 0 в 1).

После стартового импульса ведущее устройство передаёт в линию *SDA* контрольный байт (рис. 5.3).



Рис. 5.3. Структура контрольного байта

Первые четыре бита контрольного байта составляют контрольный (ключевой) всегда постоянный код данного типа микросхемы памяти. Затем следуют три бита адреса выбора кристалла, необходимые для идентификации именно данной микросхемы из числа других (до восьми возможных микросхем на линии). И, наконец, последний бит контрольного байта определяет выбор режима работы микросхемы памяти *EEPROM* (чтение/запись) в данном сеансе связи. Единичное значение восьмого бита контрольного байта соответствует режиму чтения, а нулевое – режиму записи данных.

Процедура передачи контрольного байта должна завершиться ответным сигналом – битом подтверждения со стороны ведомого устройства, то есть микросхемы памяти. Передача ответного сигнала подтверждения заключается в том, что устройство, принявшее любой байт информации, во время действия следующего синхримпульса (пока сигнал на линии *SCL* равен 1) передаёт сигнал логического 0, замыкая линию *SDA* на общий провод. Это сигнализирует о готовности данного устройства к продолжению обмена.

Дальнейшие пересылки информационных байтов могут осуществляться либо ведущим, либо ведомым устройствами в зависимости от направления обмена, определяемым значением восьмого бита контрольного байта.

На рис. 5.4 показаны различные варианты обмена данными между микросхемой памяти *EEPROM* и ведущим устройством. С более подробной информацией касающейся применения последовательной памяти *EEPROM* можно ознакомиться, например на сайте фирмы *ATMEL* <http://www.atmel.com/>.

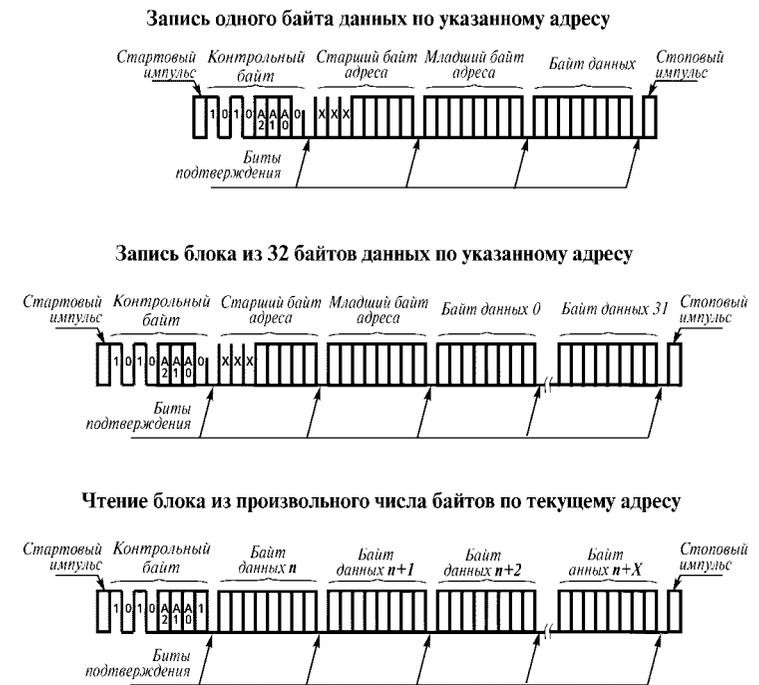


Рис. 5.4. Временные диаграммы, иллюстрирующие различные варианты обмена данными между микросхемой памяти *EEPROM* и ведущим устройством.

Использование последовательного канала обмена данными связано с увеличением времени доступа к ячейкам памяти, как при записи, так и при чтении данных. Таким образом, микросхемы последовательной памяти *EEPROM* также нельзя отнести к оперативным запоминающим устройствам.

Порядок выполнения работы

1. Внимательно изучите принципиальную схему универсального многофункционального модуля. Определите, какие цепи используются для обеспечения протокола последовательного обмена I^2C между центральным процессором и микросхемами энергонезависимой памяти *EEPROM*. Определите, какие выводы портов центрального процессора задействованы в этом обмене. С этой целью ознакомьтесь также с приложением 3 «Использование портов».
2. Изучите временные диаграммы, приведённые на рис. 5.4. Продумайте алгоритм работы ведущего устройства – центрального процессора при выполнении процедуры записи протокола событий, включающего 8 байтов данных по указанному адресу в микросхему энергонезависимой памяти *EEPROM*. В приложении 4 даны тексты программ и подпрограмм, содержащие основные процедуры связанные с реализацией протокола последовательного обмена I^2C между центральным процессором и микросхемой энергонезависимой памяти *EEPROM DD5* (см. принципиальную схему модуля). Внимательно изучите их. Найдите в приложении 4 вспомогательные подпрограммы, которые могут быть использованы для составления вашей программы, управляющей работой ведущего устройства.
3. С помощью магнита замкните контакты встроенного геркона, симитировав сигнал тревоги. Отключите сигнал тревоги, нажав кнопку 0.
4. Проверьте наличие соответствующих новых записей с привязкой ко времени и дате в протоколе событий лабораторного модуля.
5. Вызовите редактор текста (командный файл «*edit_ulk.bat*») и попытайтесь, используя отдельные фрагменты изученных подпрограмм, составить текст собственной подпрограммы для выполнения процедуры записи блока данных из 32 байт по указанному преподавателем (или его ассистентом) адресу в другую микросхему энергонезависимой памяти *EEPROM DD8* (см. принципиальную схему модуля). В качестве записываемых данных при отдачке программы удобно использовать последовательность из натурального ряда чисел. В качестве заголовка вашей подпрограммы используйте имя «*COMM_T*». (Система команд x51-совместимых микроконтроллеров дана в приложении 2).

ВНИМАНИЕ! Прежде чем перейти к следующему этапу работы проконсультируйтесь у преподавателя (или его ассистента) по поводу возможности пробной трансляции и загрузки вашей программы в лабораторный модуль. При определённых условиях ошибки программы могут быть причиной необратимого изменения функционирования микросхемы энергонезависимой памяти EEPROM (блокировка режима последующей записи).

6. Сохраните текст скорректированной вами тестовой программы под прежним именем «*ulk.asm*». Выйдите из редактора, оттранслируйте и скомпонуйте загрузочный модуль с помощью командного файла «*ulk_asm.bat*».
7. Убедитесь в отсутствии ошибок при трансляции программы. Для этого проверьте наличие в списке файла «*ulk.hex*». В случае отсутствия этого файла повторно вызовите программу-редактор, загрузите вашу программу и исправьте ошибки. (Заметим, что синтаксические ошибки могут быть легко найдены при чтении вспомогательного файла «*ulk.lsn*»; однако исправление ошибок необходимо производить в исходном тексте тестовой программы «*ulk.asm*»). Повторите пункты 5 – 7.
8. После удачного завершения трансляции программы воспользуйтесь командным файлом «*chip64.bat*» для загрузки готовой тестовой программы «*ulk.hex*» (включающей и составленную вами программу) в лабораторный модуль. Осуществите начальный сброс и проверьте вначале правильность работы всего устройства, используя известные вам команды тестовой программы. Затем с помощью клавиатуры введите команду «8», которая специально зарезервирована для запуска подпрограммы под именем «*COMM_T*».
9. Чтобы убедиться в правильном функционировании составленной вами подпрограммы следует воспользоваться вспомогательной программой связи лабораторного модуля с персональным компьютером через последовательный порт. Проконсультируйтесь у преподавателя (или его ассистента) как с помощью этой программы вывести на экран дисплея персонального компьютера данные, записанные в микросхему энергонезависимой памяти *EEPROM DD8*, входящей в состав аппаратных средств лабораторного модуля.
9. В случае отсутствия записи найдите и исправьте ошибку в вашей программе (см. пп. 5 – 7).
10. Распечатайте для отчёта текст составленной вами подпрограммы.

Содержание отчёта

Отчёт оформляется индивидуально каждым студентом и, как правило, содержит 2 раздела.

1. Теоретические сведения, которые могут быть полезны при защите работы и ответах на контрольные вопросы (см ниже). Конкретное содержание и объём первого раздела определяются самим студентом, однако следует иметь ввиду, что при защите лабораторной работы разрешается пользоваться только собственным отчётом, а не текстом настоящего пособия или какими либо другими источниками.

2. Распечатка текста составленной программы с подробными комментариями и с перечислением всех использованных подпрограмм.

Контрольные вопросы

1. Каковы возможности БИС *Flesh*-памяти? Приведите примеры их практического использования?

2. Каковы особенности применения микросхем памяти *EEPROM* с последовательным доступом? Каковы их достоинства и недостатки?

3. Поясните назначение внешних выводов микросхемы 24xx64, используемой в составе унифицированного модуля.

4. Поясните как организуется стандартный протокол последовательного обмена *I²C*. Поясните структуру контрольного байта.

5. Каким образом осуществляются процессы записи и считывания информации в *EEPROM* с последовательным доступом?

6. Поясните приведённую в вашем отчёте подпрограмму управления микросхемой *EEPROM* с последовательным доступом.

Лабораторная работа №6

МОДЕЛИРОВАНИЕ ФРАГМЕНТОВ СИСТЕМЫ ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАССИВНЫХ ИНФРАКРАСНЫХ ДАТЧИКОВ ДВИЖЕНИЯ

Работа рассчитана на 2 занятия по 4 часа

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – Изучение возможности практического использования унифицированного модуля на примере реализации действующей модели системы охранной сигнализации.

Примечание. На практике наибольшее применение находят распределённые системы охранной, пожарной или охранно-пожарной сигнализации, представляющие собой довольно сложные мультипроцессорные системы. Описание некоторых вариантов таких систем дано, например, в приложении 1.

В рамках данной работы ставится задача реализации несколько упрощённой модели, иллюстрирующей, тем не менее, основные принципы функционирования реальных систем охранной сигнализации.

Краткое описание принципа действия инфракрасных датчиков, используемых в разрабатываемой модели.

Любой объект, обладающий какой-то температурой, становится источником электромагнитного (теплого) излучения, в том числе и человеческое тело (рис.6.1). Длина волны этого излучения зависит от температуры и находится в инфракрасной части спектра. Это излучение невидимо для глаза и улавливается только датчиками. Их еще называют *PIR*-датчиками. *PIR* – это аббревиатура от слов «*passive infrared*» или «пассивные инфракрасные» датчики. Пассивные – потому что датчики сами не излучают, а только воспринимают излучение с длиной волны от 7 до 14 мкм.

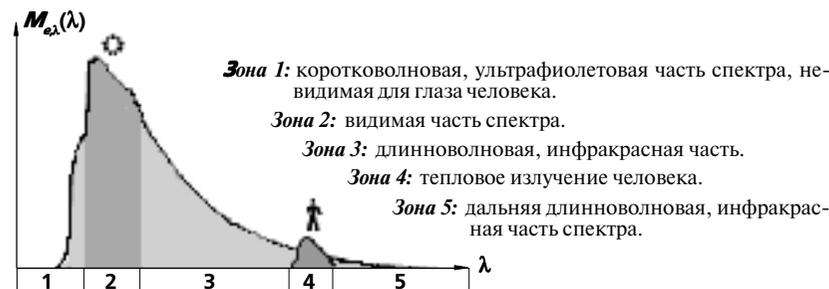


Рис. 6.1. Спектральные области оптического излучения солнца и теплового излучения тела человека.

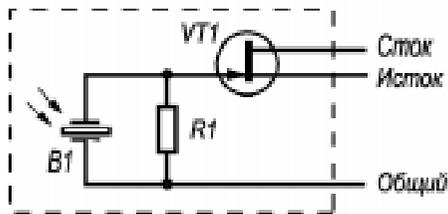


Рис. 6.2. Схема включения элемента PIR-датчика.

В результате поглощения энергии температура пластины конденсатора увеличивается и между обкладками появляется напряжение строго определенной полярности. Будучи приложенным к участку затвор-исток встроенного полевого транзистора *VT1*, оно вызывает изменение сопротивления его канала. Выходной сигнал снимают с внешнего нагрузочного резистора, включенного в цепь стока транзистора. Через некоторое время, независимо от того, продолжает действовать на датчик тепловое излучение или нет, конденсатор разрядится через сопротивление утечки *R1* и выходной сигнал спадает до нуля.

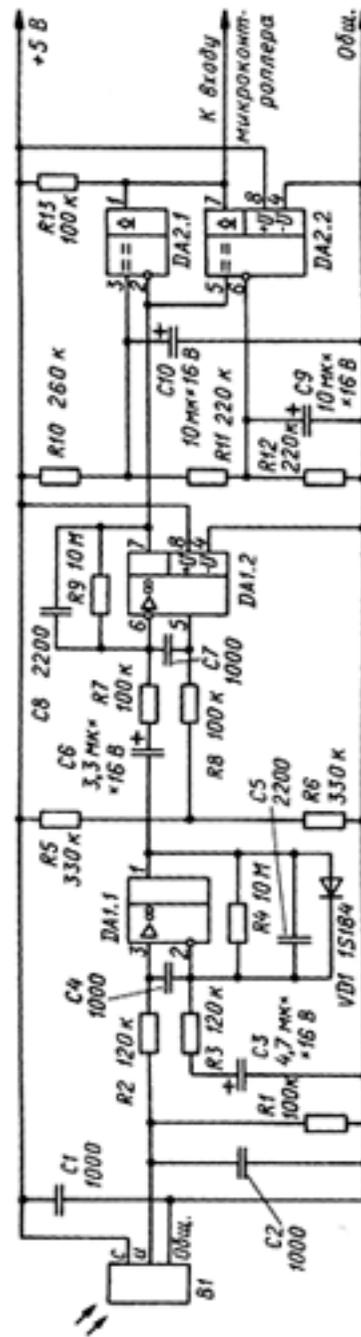
Зачастую датчики снабжают несколькими чувствительными элементами, соединенными последовательно с чередующейся полярностью. Этим обеспечивают нечувствительность прибора к равномерному фоновому облучению и получение знакопеременного выходного напряжения при перемещении сфокусированного изображения объекта по чувствительной поверхности датчика.

Применяя специальные линзы (линзы Френеля) с несколькими фокусирующими участками, разбивают общую тепловую картину на активные и пассивные зоны, расположенные в шахматном порядке (Рис. 6.3). Человек, находясь в сфере работы датчика, занимает несколько активных зон полностью или частично. Поэтому, даже при минимальном движении происходит перемещение из одних активных зон в другие, что вызывает срабатывание датчика. Фоновая тепловая картина, как правило, меняется очень медленно и равномерно. Датчик на нее не реагирует. Высокая плотность активных и пассивных зон позволяет датчику надежно определить присутствие человека даже при малейшем движении. Применяя линзы Френеля специальной структуры, можно варьировать форму лепестков с тем, чтобы получить наилучшие условия для



я объекта в заданном секторе обзора.
Рис. 6.3. Формирование активных и пассивных зон.

Чувствительным элементом *В1* служит своеобразный конденсатор — пластина из пьезоэлектрика с металлическими обкладками (рис. 6.2). На одну из обкладок нанесен слой вещества, способного поглощать электромагнитное (тепловое) излучение.



Конденсаторы *C1* и *C2* служат для подавления высокочастотных наводок на выводы датчика *B1* и должны быть установлены в непосредственной близости от него. Эти конденсаторы не нужны, если в примененном датчике уже есть встроенные. Внутренний полевой транзистор датчика *B1* включен по схеме истокового повторителя. Его нагрузка — резистор *R1*. Колебания напряжения, возникающие на нем при движе-

нии нагретого объекта, усиливают два операционных усилителя (ОУ) — *DA1.1* и *DA1.2*.

Как только амплитуда сигнала на выходе ОУ *DA1.2* превысит 0,8 В, срабатывает компаратор *DA2.1*, если выброс напряжения положителен, или *DA2.2*, если он отрицателен, относительно некоторого значения, близкого к половине напряжения питания (оно определено номиналами резисторов *R10* и *R12*). Выходы компараторов (с откры-

тым коллектором) соединены параллельно, поэтому при срабатывании любого из них изменяется логический уровень на входе микроконтроллера. В результате обработки полученной последовательности импульсов (измерения их длительности, подсчета числа за определенный промежуток времени) микроконтроллер вырабатывает управляющий сигнал, приводящий в действие исполнительный механизм или узел подачи тревоги.

Рис. 6.4. Типовая схема применения пьезоэлектрического датчика в устройстве охранной сигнализации

Порядок выполнения работ

I занятие

1. Ещё раз внимательно изучите архитектуру лабораторного варианта унифицированного модуля (рис. 1.1 в тексте описания лабораторной работы №1).
2. Ознакомьтесь с общим принципом построения распределённой системы охранной сигнализации, которая дана в приложении I.
3. Изучите принцип действия и особенности работы пассивных ИК датчиков движения на основе пирозлектрического эффекта, которые будут использованы в разрабатываемой модели.
4. С помощью преподавателя или его ассистента проверьте правильность подключения ИК датчиков к источнику питания (12 В) и к лабораторному модулю.
5. Вызовите редактор текста, загрузите тестовую программу «*ulk.asm*», используемую в лабораторном варианте унифицированного модуля. Ознакомьтесь со структурой тестовой программы (система команд x51-совместимых микроконтроллеров дана в приложении 2).
6. Используя модули готовых подпрограмм, включённых в тестовую программу, а также, внося необходимые изменения и дополнения, попытайтесь (в первом приближении) скомпоновать исходный текст головной программы, реализующей работу модели системы охранной сигнализации по ниже приведённому сценарию.

Сценарий, описывающий поведение моделируемой системы охранной сигнализации

- При нажатии на клавишу «1» на экране дисплея появляется сообщение:

РЕЖИМ ОХРАНЫ ?
Подтвердите [*]!

- В случае нажатия клавиши [*] начинает мигать жёлтый светодиод, и включается таймер задержки на 30 секунд. В течение этого времени предполагается, что абонент покинул зону контролируемой ИК-датчиком. После завершения периода задержки система переходит в режим охраны. Если клавиша [*] остаётся не нажатой, то по истечении 30 секунд система переходит в обычный дежурный режим. При этом жёлтый светодиод перестаёт мигать, и загорается зелёный светодиод. То же самое происходит, если вместо клавиши [*]

будет нажата клавиша [#], что в данном случае означает отмену постановки на охрану.

- После завершения периода задержки система переходит в режим охраны. Жёлтый светодиод продолжает мигать.
- Если в режиме охраны в зоне, контролируемой ИК-датчиком, появляется человек, то система перед переходом в режим тревоги включает таймер задержки на 30 секунд. За это время абонент может снять объект с режима охраны. Для этого необходимо нажать клавишу [#] и, получив на дисплее запрос

ВВЕДИТЕ ПАРОЛЬ!

ввести пароль из шести цифр.

- Если пароль принят, система переходит в дежурный режим. В противном случае по истечении 30 секунд система переходит в режим тревоги.

Функционирование системы в режиме тревоги описано в работе №1.

Примечание. Для реализации вышеприведённого сценария рекомендуется в составе вашей программы использовать следующие готовые модули подпрограмм и стандартных текстовых сообщений, которые содержатся в тестовой программе:

B_ALARM – реакция на обнаружение бита тревоги;
DEL_75 – задержка на 75 мс;
PAROLE – запрос кода-идентификатора (пароля);
ID_PAR – проверка пароля;
TXT0 – «ПАРОЛЬ НЕ ВЕРЕН»;
TXT1 – «ВВЕДИТЕ ПАРОЛЬ!».

Методика создания новых текстовых сообщений дана в описаниях лабораторных работ №3 и №4. При выполнении данного пункта работы рекомендуется также консультироваться у преподавателя или его ассистента.

7. Сохраните текст отредактированной вами программы под именем «*ulk.asm*». Выйдите из редактора, оттранслируйте и скомпонуйте загрузочный модуль с помощью командного файла «*ulk_asm.bat*».
8. Убедитесь в отсутствии ошибок при трансляции программы. Для этого проверьте наличие в списке файла «*ulk.hex*». В случае отсутствия этого файла повторно вызовите программу-редактор, загрузите вашу программу и исправьте ошибки (ошибки могут быть легко найдены при чтении вспомогательного файла «*ulk.lsn*»).
9. Распечатайте (или скопируйте на съёмный носитель) составленный текст вашей программы для дополнительного его изучения и доработки при подготовке к следующему занятию.

II занятие.

10. Продолжите, если это необходимо, редактирование вашей программы и проведите её предварительные испытания в составе реализуемой модели (см. пп. 6 – 8 порядка выполнения работы № 2).

Примечание. Окончательная отладка программы может потребовать её неоднократной корректировки и испытаний. При необходимости обратитесь за консультацией к преподавателю или его ассистенту.

11. Добившись удовлетворительного результата можно приступить к защите выполненного проекта.

Порядок защиты выполненного проекта

Основной формой отчета является предъявление готовой работающей модели, реализующей вышеописанный сценарий. Кроме того, для получения зачёта по данной работе нужно быть готовым ответить на вопросы, непосредственно связанные с решаемой задачей. Варианты контрольных вопросов приводятся ниже.

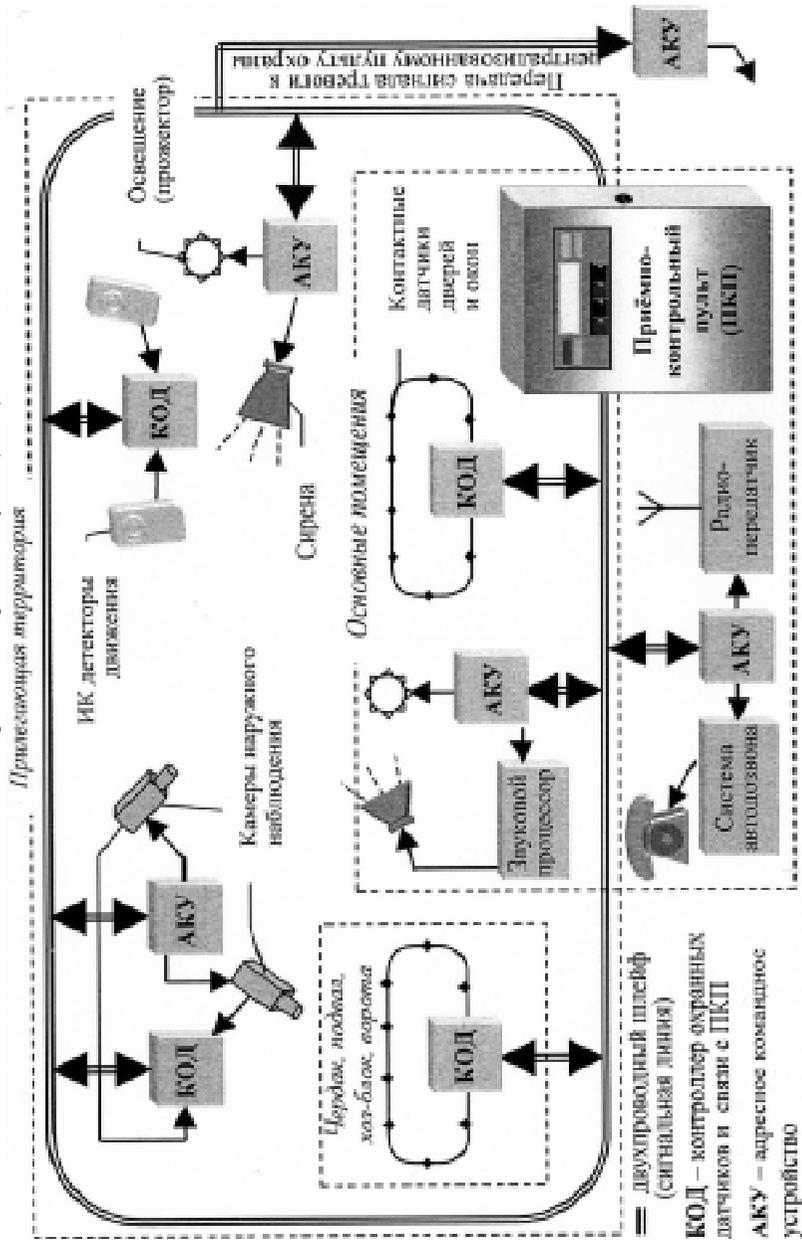
Контрольные вопросы

1. Поясните принцип действия ИК датчиков пассивного типа, работающих на пироэлектрическом эффекте.
2. В чём состоит основное отличие способа подключения ИК датчика в реализованной вами модели от способа подключения аналогичных датчиков в реальной распределённой системе охранной сигнализации?
3. Поясните, используя структурную и принципиальную схемы модуля, какие элементы используются при взаимодействии внешнего ИК датчика с центральным процессором унифицированного модуля.
4. Каким образом и какие элементы структуры унифицированного модуля могут быть использованы для включения внешних устройств при получении сигнала тревоги (например, камера наружного наблюдения, источники звуковой, световой сигнализации и др.).

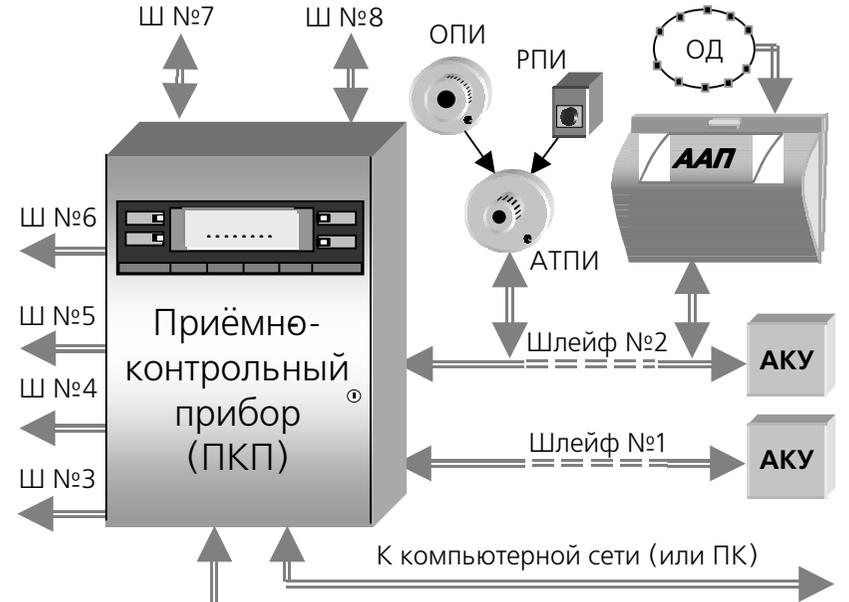
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев А.Л. Автоматизированные телевизионные системы наблюдения. Часть I. Аппаратные средства и элементная база. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. – СПб: СПбГУИТМО, 2005. – 88с.
2. Ярышев С.Н. Электронные компоненты, выбор элементной базы и поиск информации по сети *Internet*. Учебно-методическое пособие для курсового и дипломного проектирования. – СПб, 1998. – 44 с.
3. О. Николайчук. X51-совместимые микроконтроллеры фирмы *Cygnal*. – М.: ООО «ИД СКИМЕН», 2002, - 472 с.
4. Тавернье К. *PIС*-микроконтроллеры. Практика применения: Пер. с фр. – М.: ДМК Пресс, 2003. – 272 с. (Серия «Справочник»).
5. Ульрих В.А. Микроконтроллеры *PIС 16Х7ХХ*, Изд. 2-е, перераб. и доп. – СПб: Наука и Техника, 2002. – 320 стр. с ил.

Пример построения системы охранной сигнализации на базе унифицированного модуля, в составе приёмно-контрольного пульта (ПКП)



Пример построения комплексной системы охранно-пожарной сигнализации на базе унифицированного модуля, в составе приёмно-контрольного пульта (ПКП)



-
- ААП – адресный абонетский прибор
- АКУ – адресное командное устройство
- ОПИ – оптический пожарный извещатель
- РПИ – ручной пожарный извещатель
- ОД – охранные датчики дверей и окон

Приёмно-контрольный прибор (ПКП) является центральным узлом системы. К нему может быть подключено от одного до восьми независимых шлейфов, представляющих собой двухпроводные линии типа витой пары длиной до 3000 метров. В свою очередь к каждому из шлейфов может подключаться от одного до 64 адресных устройств (включая абонетские приборы и адресные командные устройства). Таким образом, максимальное число адресных устройств, которые могут обслуживаться одним ПКП – 512.

ПКП выполняет следующие функции:

- электропитание и синхронизация работы всех компонентов системы;
- приём сигналов тревоги от абонетских приборов, подключенных к шлейфам;
- управление включением средств оповещения и устройств автоматики с помощью адресных командных устройств;

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 (окончание)

- постоянный автоматический дистанционный контроль наличия и работоспособности всех адресных устройств;
- периодический контроль состояния шлейфов: измерение сопротивления линии от ПКП до каждого адресного устройства, сопротивления изоляции (токов утечки) шлейфов;
- одновременное отображение на экране встроенного дисплея до 12-ти сообщений о тревоге или о неисправностях от абонентских приборов с указанием номеров помещений, в которых они установлены;
- отображение на экране встроенного дисплея информации о неисправности других компонентов системы: шлейфов, основного или резервного источника питания;
- передача в центральный пункт охраны сигналов тревоги или сигналов о неисправности системы;
- регистрация во внутренней энергонезависимой памяти сообщений о тревоге и о неисправностях с указанием времени и даты, а также воспроизведение соответствующих записей на экране встроенного дисплея;
- инициализация адресных устройств (запоминание номеров охраняемых помещений) и изменение реальной конфигурации системы (снятие или установка дополнительных компонентов) с помощью встроенной клавиатуры (без использования ПК);
- заряд и периодическая проверка исправности резервного аккумулятора, а также автоматическое переключение электропитания системы к резервному источнику при аварийном отключении напряжения в сети переменного тока;
- вывод при необходимости протокола событий в персональный компьютер или в компьютерную сеть по специальной линии связи в режиме прерывания (интерфейс RS-232 или 485).

Адресный абонентский прибор (ААП) осуществляет непрерывный контроль наличия и текущего состояния (дежурный режим, режим тревоги) охранных датчиков (ОД). К каждому ААП может подключаться до двух безадресных ОД, в качестве которых, например, может использоваться цепочка последовательно соединённых контактных устройств, размыкающихся при открывании дверей, окон и т.п.

Каждый ААП с помощью своего процессора поддерживает связь по двухпроводному шлейфу с ПКП. При этом ПКП является ведущим устройством, передавая в шлейфы импульсы электропитания, синхронизации, а также команды и адреса для опрашиваемых адресных устройств.

Адресный тепловой пожарный извещатель (АТПИ) осуществляет измерение температуры, а также контролирует скорость нарастания температуры в помещении. В случае превышения температуры или скорости нарастания температуры установленных контрольных значений АПИ передаёт в ПКП сообщение о пожаре. Конкретные значения температуры и скорости нарастания температуры, при которых формируется сигнал о пожаре, устанавливаются при программировании АПИ в зависимости от класса извещателя и в соответствии с действующими стандартами.

Дополнительно к каждому АТПИ может подключаться один или два безадресных, например оптических дымовых (ОПИ) или ручных (РПИ) пожарных извещателей.

Каждый АТПИ с помощью своего процессора поддерживает связь по двухпроводному шлейфу с ПКП. При этом ПКП выполняет роль ведущего устройства, передавая в шлейфы импульсы электропитания, синхронизации, а также команды и адреса для опрашиваемых адресных устройств.

Адресное командное устройство (АКУ) как и АТПИ или ААП содержит процессор, поддерживающий связь с ПКП. Однако вместо пожарных извещателей или охранных датчиков к нему могут подключаться один или два внешних исполнительных устройства (устройства автоматического пожаротушения, световые табло, звуковые сигнальные устройства, электромагниты и др.). Включение и отключение внешних исполнительных устройств осуществляется с помощью контактов реле, управляемых процессором АКУ, а их электропитание должно обеспечиваться от дополнительных источников.

Система команд x51-совместимых микроконтроллеров

Мнемоника	Описание команды	Кол. байт	Кол. тактов
<i>АРИФМЕТИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ</i>			
ADD A, Rn	Сложить содержимое регистра с A	1	1
ADD A, direct	Сложить прямоадресуемый байт с A	2	2
ADD A, @RJ	Сложить косвенноадресуемый байт с A	1	2
ADD A, #data	Сложить данные с A	2	2
ADDC A, Rn	Сложить содержимое регистра с A и с переносом	1	1
ADDC A, direct	Сложить прямоадресуемый байт с A и с переносом	2	2
ADDC A, @Ri	Сложить косвенноадрес. байт с A и с переносом	1	2
ADDC A, #data	Сложить данные с A и с переносом	2	2
SUBB A, Rn	Вычесть содержимое регистра из A с заемом	1	1
SUBB A, direct	Вычесть прямоадресуемый байт из A с заемом	2	2
SUBB A, @Ri	Вычесть косвенноадресуемый байт из A с заемом	1	2
SUBB A, #data	Вычесть данные из A с заемом	2	2
INC A	Увеличить A (+1)	1	1
INC Rn	Увеличить содержимое регистра	1	1
INC direct	Увеличить прямоадресуемый байт	2	2
INC @Ri	Увеличить косвенноадресуемый байт	1	2
DEC A	Уменьшить A (-1)	1	1
DEC Rn	Уменьшить содержимое регистра	1	1
DEC direct	Уменьшить прямоадресуемый байт	2	2
DEC @Ri	Уменьшить косвенноадресуемый байт	1	2
INC DPTR	Увеличить указатель данных	1	1
MUL AB	Умножить A на B	1	4
DIV AB	Разделить A на B	1	8
DA A	Десятичная коррекция аккумулятора	1	1
<i>ЛОГИЧЕСКИЕ ОПЕРАЦИИ</i>			
ANL A, Rn	Операция «И» регистра и A	1	1
ANL A, direct	Операция «И» прямоадресуемого байта и A	2	2
ANL A, @Ri	Операция «И» косвенноадресуемого байта и A	1	2
ANL A, #data	Операция «И» данных и A	2	2
ANL direct, A	Операция «И» A и прямоадресуемого байта	2	2
ANL direct, #data	Операция «И» прямоадресуемого байта и данных	3	3
ORL A, Rn	Операция «ИЛИ» регистра и A	1	1
ORL A, direct	Операция «ИЛИ» прямоадресуемого байта и A	2	2
ORL A, @Ri	Операция «ИЛИ» косвенноадресуемого байта и A	1	2
ORL A, #data	Операция «ИЛИ» данных и A	2	2
ORL direct, A	Операция «ИЛИ» A и прямоадресуемого байта	2	2
ORL direct, #data	Операция «ИЛИ» прямоадресуемого байта и данных	3	3
XRL A, Rn	Операция «Исключающее ИЛИ» регистра и A	1	1
XRL A, direct	«Исключающее ИЛИ» прямоадресуемого байта и A	2	2
XRL A, @Ri	«Исключающее ИЛИ» косвенноадрес. байта и A	1	2

Мнемоника	Описание команды	Кол. байт	Кол. тактов
XRL A, #data	Операция «Исключающее ИЛИ» данных и A	2	2
XRL direct, A	«Исключающее ИЛИ» A и прямоадрес. байта	2	2
XRL direct, #data	«Исключающее ИЛИ» прямоадрес. байта и данных	3	3
CLR A	Очистить A	1	1
CPL A	Дополнение A	1	1
RL A	Сдвиг A влево	1	1
RLC A	Сдвиг A влево с переносом	1	1
RR A	Сдвиг A вправо	1	1
RRC A	Сдвиг A вправо с переносом	1	1
SWAP A	Обмен тетрадами A	1	1
<i>ОПЕРАЦИИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ</i>			
MOV A, Rn	Перенести содержимое регистра в A	1	1
MOV A, direct	Перенести прямоадресуемый байт в A	2	2
MOV A, @Ri	Перенести косвенноадресуемый байт в A	1	2
MOV A, #data	Перенести данные в A	2	2
MOV Rn, A	Перенести содержимое A в регистр	1	1
MOV Rn, direct	Перенести прямоадресуемый байт в регистр	2	2
MOV Rn, #data	Перенести данные в регистр	2	2
MOV direct, A	Перенести содержимое A в прямоадресуемый байт	2	2
MOV direct, Rn	Перенести содержимое регистра в прямоадресуемый байт	2	2
MOV direct, direct	Перенести прямоадресуемый байт в прямоадресуемый байт	3	3
MOV direct, @Ri	Перенести косвенноадресуемый байт в прямоадресуемый байт	2	2
MOV direct, #data	Перенести данные в прямоадресуемый байт	3	3
MOV @Ri, A	Перенести содержимое A в косвенноадресуемый байт	1	2
MOV @Ri, direct	Перенести прямоадресуемый байт в косвенноадресуемый байт	2	2
MOV @Ri, #data	Перенести данные в косвенноадресуемый байт	2	2
MOV DPTR, #data16	Перенести 16-битные данные в DPTR	3	3
MOVC A, @A+DPTR	Перенести косвенный байт (DPTR) в A	1	3
MOVC A, @A+PC	Перенести косвенный байт (PC) в A	1	3
MOVX A, @Ri	Перенести внешние данные (8-битный адрес) в A	1	3
MOVX @Ri, A	Перенести A во внешние данные (8-битный адрес)	1	3
MOVX A, @DPTR	Перенести внешние данные (16-битный адрес) в A	1	3
MOVX @DPTR, A	Перенести A во внешние данные (16-битный адрес)	1	3

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 (продолжение)

Мнемоника	Описание команды	Кол. байт	Кол. тактов
PUSH direct	Записать прямоадресуемый байт в стек	2	2
POP direct	Извлечь прямоадресуемый байт из стека	2	2
XCH A, Rn	Поменять содержимое регистра и A	1	1
XCH A, direct	Поменять содержимое прямоадресуемого байта и A	2	2
XCH A, @Ri	Поменять содержимое косвенноадресуемого байта и A	1	2
XCHD A, @Ri	Поменять младшую тетраду косвенноадресуемого байта и A	1	2
БИТОВЫЕ ОПЕРАЦИИ			
CLR C	Сбросить флаг переноса (=0)	1	1
CLR bit	Сбросить прямоадресуемый бит	2	2
SETB C	Установить флаг переноса (=1)	1	1
SETB bit	Установить прямоадресуемый бит	2	2
CPL C	Инвертировать перенос	1	1
CPL bit	Инвертировать прямоадресуемый бит	2	2
ANL C, bit	Операция «И» прямоадресуемого бита и переноса	2	2
ANL C, /bit	Операция «И» инверсного прямоадресуемого бита и переноса	2	2
ORL C, bit	Операция «ИЛИ» прямоадресуемого бита и переноса	2	2
ORL C, /bit	Операция «ИЛИ» инверсного прямоадресуемого бита и переноса	2	2
MOV C, bit	Перенести значение прямоадресуемого бита в перенос	2	2
MOV bit, C	Перенести значение переноса в прямоадресуемый бит	2	2
ОПЕРАЦИИ ВЕТВЛЕНИЯ			
JC rel	Переход, если перенос установлен	2	2/3
JNC rel	Переход, если перенос не установлен	2	2/3
JB bit, rel	Переход, если прямоадресуемый бит установлен	3	3/4
JNB bit, rel	Переход, если прямоадресуемый бит не установлен	3	3/4
JBC bit, rel	Переход, если прямоадресуемый бит установлен и очистка бита	3	3/4
ACALL addr11	Абсолютный короткий вызов подпрограммы	2	3
ACALL addr16	Абсолютный длинный вызов подпрограммы	3	4
RET	Возврат из подпрограммы	1	5
RET I	Возврат из прерывания	1	5
AJMP addr11	Абсолютный средний переход	2	3
LJMP addr16	Абсолютный длинный переход	3	4
SJMP rel	Короткий переход (относительный адрес)	2	3
JMP @A+DPTR	Косвенный переход (с DPTR)	1	3
JZ rel	Переход, если A = 0	2	2/3

ПРИЛОЖЕНИЕ 2 (окончание)

Мнемоника	Описание команды	Кол. байт	Кол. тактов
JNZ rel	Переход, если A ≠ 0	2	2/3
CJNE A, direct, rel	Переход, если A ≠ прямоадресуемому байту	3	3/4
CJNE A, #data, rel	Переход, если A ≠ данным	3	3/4
CJNE Rn, #data, rel	Переход, если содержимое регистра ≠ данным	3	3/4
CJNE @Ri, #data, rel	Переход, если косвенные данные ≠ данным	3	4/5
DJNZ Rn, rel	Уменьшить значение регистра и перейти, если ≠ 0	2	2/3
DJNZ direct, rel	Уменьшить значение прямоадресуемого байта и перейти, если ≠ 0	3	3/4
NOP	Нет операции	1	1

В приведенной таблице использованы следующие обозначения:

Rn – регистры R0 –R7 выбранного банка регистров;

@R1 – косвенно адресуемые ячейки памяти через регистры;

rel – 8-битное смещение к первому байту следующей инструкции (используется в SJMP и всех остальных условных переходах);

direct – 8-битный прямо адресуемый операнд, используется для прямой адресации памяти данных (0x00–0x7F) или SFR регистров (0x80 – 0xFF);

#data – 8-битная константа;

#data16 – 16-битная константа;

bit – прямоадресуемый бит в памяти данных или SFR;

addr11 – 11-битный адрес, используемый инструкциями ACALL и AJMP. Адрес должен быть в пределах 2К страницы памяти программ;

addr16 – 16-битный адрес, используемый инструкциями LCALL и LJMP.

Адрес может быть расположен где угодно, в пределах 64К адресного пространства программ.


```

;
; ЧТЕНИЕ БЛОКА ДАННЫХ ПРОТОКОЛА ИЗ МС 24LC65 (a)
;
COMM1:
; ---Задание начального адреса чтения блока данных ---
MOV a,#0A0h; ; Загрузка...
CALL START ; ; и передача
CALL com01 ; ; контрольного байта (запись)
CLR c ; ;
MOV a,LAD_l ; ;
SUBB a,#32 ; ;
MOV b,a ; ;
MOV a,LAD_h ; ; Вычисление начального адреса
SUBB a,#0 ; ; чтения блока
ANL a,#1Fh ; ;
CALL com01 ; ; Старший байт | Передача
MOV a,b ; ; младшего
CALL com01 ; ; младший байт | адреса
; ---Подготовка к приему блока данных ---
MOV r2,#32 ; Загрузка счетчика байт
MOV r0,#BD+2 ; Загрузка начального адреса буфера
MOV a,#0A1h ; Загрузка...
CALL START ; ; и передача
CALL com01 ; ; контрольного байта (чтение)
; --- Чтение (прием) блока данных из МС 24LC65 ---
sst:
MOV r3,#8 ; Загрузка счетчика бит
MOV Del_c,#4
cmc: SETB CLK ; Начало ТИ
MOV Del_c,#4 ;
MOV c,DATA ; Чтение Прием бита с линии
MOV Del_c,#4 ;
CLR CLK ; Конец ТИ
RLC a
DJNZ r3,cmc
CJNE r2,#1,sst
SJMP sst

sst:
MOV Del_c,#4
CLR DATA ;
SETB CLK ; Начало ТИ
MOV Del_c,#4 ;
CLR CLK ; Конец ТИ
SETB DATA ;
stt: MOV @r0,a
INC r0
DJNZ r2,sst
CALL pse
CALL STOP
CALL Dec_d
s_f: RET
    
```

```

;
; Подпрограмма формирования Старт-импульса
;
START: SETB DATA ;
MOV Del_c,#2 ;
SETB CLK ; Начало ТИ
MOV Del_c,#2 ;
CLR DATA ; Старт
MOV Del_c,#2 ;
CLR CLK ; Конец ТИ
RET
;
; Подпрограмма формирования Стоп-импульса
;
STOP: CLR DATA ;
MOV Del_c,#2 ;
SETB CLK ; Начало ТИ
MOV Del_c,#2 ;
SETB DATA ; Стоп
MOV Del_c,#2 ;
CLR CLK ; Конец ТИ
RET
;
; Нет ACK
;
pse: SETB CLK ; Начало ТИ
MOV Del_c,#2 ;
NOP ; Нет ACK
CLR CLK ;
MOV Del_c,#2 ; Конец ТИ
RET
    
```



В 2009 году Университет стал победителем многоэтапного конкурса, в результате которого определены 12 ведущих университетов России, которым присвоена категория «Национальный исследовательский университет». Министерством образования и науки Российской Федерации была утверждена Программа развития государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики» на 2009–2018 годы.

КАФЕДРА ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ И СИСТЕМ

Кафедра основана в 1936 году и существовала под следующими названиями:

- с 1936 по 1958 год - кафедра военных оптических приборов (в годы Великой Отечественной войны кафедра была эвакуирована и временно объединена с кафедрой оптико-механических приборов);
- с 1958 по 1967 год - кафедра специальных оптических приборов;
- с 1967 по 1992 год - кафедра оптико-электронных приборов;
- с 1992 года - кафедра оптико-электронных приборов и систем.

Кафедру возглавляли:

- с 1936 по 1942 год - профессор К.Е. Солодилов;
- с 1945 по 1946 год - профессор М.А. Резунов;
- с 1947 по 1972 год - профессор С.Т. Цуккерман;
- с 1972 по 1992 год - заслуженный деятель науки и техники РСФСР, профессор Л.Ф. Порфирьев;
- с 1992 по 2007 год - заслуженный деятель науки РФ, профессор Э.Д. Панков.
- с 2007 года по настоящее время - почетный работник высшего профессионального образования, профессор В.В. Коротаяев.

История кафедры началась в 1936 году с организации в Ленинградском институте точной механики и оптики (ЛИТМО) кафедры военных оптических приборов. Первым заведующим кафедрой был К.Е. Солодилов, до этого возглавлявший Центральное конструкторское бюро (ЦКБ) Всесоюзного объединения оптико-механической промышленности (ВООМП). Преподавателями кафедры стали сотрудники этого ЦКБ - М.А. Резунов, М.Я. Кругер, С.Т. Цуккерман, В.А. Егоров, Б.М. Кулежнов.

История сохранила мало следов о довоенной работе сотрудников кафедры. Наиболее значительным документом является монография К.Е. Солодилова «Военные оптико-механические приборы» (М.: Оборонгиз, 1940).

В годы Великой Отечественной войны кафедра была эвакуирована в Черепаново, где ее объединили с кафедрой оптико-механических приборов под руководством профессора А.И. Захарьевского. После возвращения в Ленинград кафедрой в 1945-1946 годах по совместительству заведовал начальник конструкторского бюро (КБ) Государственного оптического института им. С.И. Вавилова (ГОИ) М.А. Резунов.

В начале 1947 года кафедру возглавил профессор С.Т. Цуккерман, который руководил ею до 1972 года. В 1958 году кафедра была реорганизована в кафедру специальных оптических приборов, а в 1967 году в кафедру оптико-электронных приборов (ОЭП).

Создание С.Т. Цуккерманом в предвоенные годы книги «Точные механизмы» (М.: Оборонгиз, 1941) является значительным вкладом в развитие отечественного точного приборостроения. С.Т. Цуккерман является автором более 120 научных работ и более 50 изобретений. В предвоенные, военные и послевоенные годы С.Т. Цуккерман работал над созданием прицельных устройств для зенитной и авиационной артиллерии. Он был одним из создателей серийного авиационного гироскопического прицела АСП с автоматической выработкой поправки на упреждение, который устанавливался на истребителях МиГ, а также механического ракурсного прицела для мелкокалиберной зенитной артиллерии, широко применяемого во время войны во Вьетнаме.

За создание новых видов вооружений в 1942 г. С.Т. Цуккерман награжден орденом «Знак почета» и в 1944 г. орденом «Красная звезда».

В 1958 г. при кафедре была организована отраслевая лаборатория «Специальные оптические приборы» с достаточно сильной группой конструкторов-разработчиков. С.Т. Цуккерман и старший научный сотрудник А.С. Гридин руководили разработкой приборов управления по лучу (ПУЛ), предназначенных для управления движением различных подвижных объектов по прямой линии или по программе.

В начале 60-х годов старший научный сотрудник Г.Г. Ишанин занимался разработкой фотометрической аппаратуры, предназначенной для паспортизации оптико-электронных приборов и систем различного назначения.

В 1965 году Г.Г. Ишаниным разработана теория, методы расчета и проектирования, технология и конструктивные решения приемников на основе термоупругого эффекта в кристаллическом кварце. Приемники на термоупругом эффекте внедрены в серийное производство. На основе этих приемников разработаны и внедрены в производство измерители параметров лазерного излучения. Научно-исследовательские работы, проведенные в указанном направлении, легли в основу учебной дисциплины «Источники и приемники излучения».

Значительное влияние на содержание подготовки специалистов и научных исследований оказало привлечение к работе на кафедре выдающегося специалиста в области оптико-электронного приборостроения, члена-корреспондента Российской академии наук (РАН), Героя Социалистического Труда, лауреата Ленинской премии профессора М.М. Мирошникова, который, работая на кафедре ОЭП с 1969 года по 1976 год в должности профессора по совместительству, поставил и читал курс «Теория оптико-электронных приборов».

С 1972 года по 1992 год кафедрой ОЭП заведовал заслуженный деятель науки и техники РСФСР, профессор Л.Ф. Порфирьев, известный специалист в области автоматических ОЭПиС в комплексах навигации и управления авиационной и космической техникой. Соответственно тематика выполнения научно-исследовательских работ на кафедре приобрела новые направления, существенно увеличилось число тем, носящих поисковый фундаментальный характер. Были разработаны новый учебный план и программы учебных дисциплин.

Л.Ф. Порфирьев является автором 19 учебников, учебных пособий и монографий, среди которых можно выделить такие как «Теория оптико-электронных приборов и систем» (Л.: Машиностроение, 1980), «Основы теории преобразования сигналов в оптико-электронных системах» (Л.: Машиностроение, 1989). Результаты его работ можно оценить как значительный вклад в разработку общей теории оптико-электронных систем.

Л.Ф. Порфирьев как руководитель проводил достаточно жесткую кадровую политику, при которой на кафедре оставались работать только те сотрудники, которые отличались преданностью делу. При этом он оказывал всемерную поддержку сотрудникам кафедры по разработке ими различных направлений теории и практики оптико-электронного приборостроения. По результатам научно-исследовательских работ в этот период защитили диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук Г.Н. В этот период под руководством Э.Д. Панкова начали проводиться исследования по разработке новых оптико-электронных систем измерения взаимного положения разнесенных в пространстве объектов. Результаты указанных работ были использованы при постановке курса «Настройка и испытания оптико-электронных приборов».

Г.Н. Грязин, перешедший на кафедру с радиотехнического факультета в конце 60-х годов, продолжил свои работы в области прикладного телевидения, в частности, по разработке систем наблюдения за быстро движущимися объектами и быстропротекающими процессами. Благодаря этим работам проводились исследования явлений кавитации гребных валов судов, а также были начаты работы по созданию системы контроля качества текстильной продукции. Таким образом были заложены основы телевидения быстропротекающих процессов.

С 1975 года заведующим отраслевой лабораторией стал старший научный сотрудник А.Н. Тимофеев, который продолжил исследования по разработке методов и средств контроля пространственного положения объектов с помощью ОЭП с оптической равносигнальной зоной для

машиностроения, энергетики, строительства, судостроения и железнодорожного транспорта.

С 1975 года, после увольнения в запас, из Ленинградской военной инженерной Краснознаменной академии (ЛВИКА) им. А.Ф. Можайского на кафедру пришел работать в должности профессора С.П. Авдеев, известный специалист в области ОЭПиС космических аппаратов. Он поставил курсы и читал лекции по учебным дисциплинам «Оптико-электронные приборы», «Оптико-электронные приборы систем управления», «Оптико-электронные приборы для научных исследований».

Существенное влияние на содержание подготовки специалистов и научных исследований оказало привлечение к работе на кафедре лауреата Ленинской и Государственной премий профессора Б.А. Ермакова, известного специалиста в области физической оптики и оптико-электронного приборостроения. Б.А. Ермаков работал на кафедре ОЭП с 1979 года по 1992 год в должности профессора по совместительству и поставил курс «Оптико-электронные приборы с лазерами».

В 70-80 годах под руководством доцента Е.Г. Лебедеко проводились исследования законов отражения лазерного излучения от нестационарных поверхностей и протяженных объектов, исследования в области теории идентификации объектов по их излучению в сложной фоновой ситуации. Создан комплекс для лазерной локации крупногабаритных морских объектов сложной конфигурации и водной поверхности. В этих работах принимали участие доценты О.П. Тимофеев и С.Б. Лукин. Результаты, полученные в рамках этих исследований, нашли применение в учебных курсах: «Оптико-электронные системы локации и связи», «Оптоэлектронные системы автоматизации технологических процессов» и «Прикладная оптика».

В 70-90 годах под руководством Л.Ф. Порфирьева был разработан ряд астродатчиков, систем астроориентации и космической навигации (В.И. Калинин, А.Л. Андреев, С.Н. Ярышев).

С 1992 года заведующим кафедрой является заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор Э.Д. Панков. В 1992 году кафедра была переименована в кафедру оптико-электронных приборов и систем (ОЭПиС).

Под руководством Э.Д. Панкова в 70-90-х годах были проведены разработки ряда оптико-электронных приборов и систем специального и гражданского применения, нашедших практическое внедрение и способствующих научно-техническому прогрессу и укреплению обороноспособности нашей страны.

В частности, исследования и разработки в области линейных и угловых измерений позволили приступить к решению общей проблемы согласования отсчетных баз на нестационарно деформируемых объектах с помощью оптико-электронных систем.

В рамках указанной проблемы доцентом И.А. Коняхиным проводились исследования, результаты которых можно классифицировать как разработку теории построения автоколлимационных систем с компонентами нарушенной типовой конфигурации.

В то же время доцентом В.В. Коротаевым разработан ряд поляризационных приборов и измерительных установок. Теоретическим результатом работ явилась разработка методологии анализа поляризационных свойств оптических систем с изменяющейся ориентацией элементов. По результатам указанных работ В.В. Коротаев (в 1997 г.) и И.А. Коняхин (в 1998г.) защитили диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук.

В начале 90-х годов на кафедре был разработан комплекс ОЭП для контроля положения судна в доке и деформации плавающего дока в процессе его постройки и эксплуатации. Комплекс состоит из указателя положения и прогибомера. Комплекс прошел испытания и был передан для эксплуатации на судостроительные и судоремонтные предприятия. В разработке приняли участие Э.Д. Панков, В.В. Коротаев, В.Л. Мусяков, А.Н. Тимофеев. Результаты указанных работ были использованы при постановке курса «Измерительные оптико-электронные приборы и системы».

Применение многоэлементных приемников в системах пеленгации дало толчок развитию телевизионных систем технического зрения, измерительных телевизионных систем и систем обработки изображений. Результаты этих исследований были использованы доцентом А.Л. Андреевым при постановке учебных курсов «Оптико-электронные системы с ЭВМ», «Специализированные аппаратные и программные средства ОЭП», «Автоматизированные телевизионные вычислительные комплексы», а также доцентом С.Н. Ярышевым при постановке им в 1993 году учебной дисциплины «Видеотехника». Указанные курсы обеспечиваются лабораторным практикумом на базе рабочих мест, оснащенных персональными компьютерами, объединенными в локальную сеть. Рабочие места оснащены аппаратными и программными средствами цифровой видеозаписи и обработки изображений. В этот период Г.Н. Грязиным были подготовлены дисциплины: «Телевизионные системы», «Прикладное телевидение и телевизионно-вычислительные комплексы» (совместно с А.Л. Андреевым).

Необходимость углубленной подготовки студентов в области современной электроники обусловила постановку курса «Прикладная радиотехника» О.П. Тимофеевым и А.В. Моисеевым.

На основе обобщения методик расчета оптико-электронных систем различного назначения и принципа действия в 1981 году были развернуты работы по созданию элементов систем автоматизированного проектирования ОЭП. За период с 1981 по 1987 год под руководством И.А. Коняхина были разработаны оригинальные пакеты прикладных программ расчета параметров систем измерения пространственного положения объектов.

Развитие компьютерной техники и программного обеспечения общего назначения позволило создать проблемно-ориентированное программное обеспечение поддержки проектирования ОЭП на системотехническом уровне. Указанные материалы легли в основу лекционного курса и лабораторного практикума «Компьютерные технологии проектирования ОЭС».

В начале 90-х годов Г.Г. Ишанин принял участие в работах по созданию системы экологической безопасности и в создании экологического атласа г. Тольятти. В процессе работ обнаружилась острая нехватка квалифицированных кадров экологов. В 1992 году было принято решение об организации филиала кафедры ОЭПиС на базе ВНИИМ им. Д.И. Менделеева, который в 1997 году вырос в базовую кафедру экологического приборостроения и мониторинга. К настоящему моменту осуществлено несколько выпусков по специализации «Оптико-электронные методы и средства экологического мониторинга». Совместными усилиями сотрудников кафедры ОЭПиС и базовой кафедры экологического приборостроения и мониторинга поставлен ряд учебных дисциплин, которые позволяют осуществлять экологическую подготовку как для выпускников кафедры ОЭПиС, так и для выпускников других кафедр университета. Вышел в свет двухтомный учебник по экологическому приборостроению Д.О. Горелика, Л.А. Конопелько и Э.Д. Панкова «Экологический мониторинг. Оптико-электронные приборы и системы. Учебник в 2-х томах» (СПб: Крисмас, 1998). Для обеспечения экологической подготовки специалистов создана лаборатория «Оптико-электронные приборы и системы экологического мониторинга».

С 2007 г. заведующим кафедрой является почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, профессор В.В. Коротаев.

По результатам научных работ сотрудниками кафедры ОЭПиС выпущено в свет 15 монографий, 11 учебников и учебных пособий. На кафедре подготовлено 14 докторов наук, а также более 110 кандидатов наук.

На разработки кафедры получены авторские свидетельства СССР и патенты Российской Федерации на более чем 200 изобретений. Наибольший вклад в изобретательскую деятельность внес Э.Д. Панков - автор 123 изобретений, из которых 33 внедрены в промышленность.

За все время существования кафедры подготовлено более 3000 инженеров.

Сегодня кафедра ОЭПиС - это 7 учебных лабораторий, компьютерный класс с выходом в Internet и, прежде всего, высококвалифицированный преподавательский коллектив, в котором 7 профессоров, докторов наук и 7 доцентов, кандидатов наук.

Андрей Леонидович Андреев

**Элементная база, аппаратные и программные средства
унифицированного модуля в распределённых
оптико-электронных системах**

Методические указания к лабораторным работам

В авторской редакции

Дизайн

Верстка

Редакционно-издательский отдел Санкт-Петербургского
государственного университета информационных технологий,
механики и оптики

Зав. РИО

Лицензия ИД № 00408 от 05.11.99

Подписано к печати

Заказ №

Тираж 100 экз.

Отпечатано на ризографе

Т.П. Крутихин

Ю.А. Смирнов

Н.Ф. Гусарова