

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра электронно-вычислительных средств

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА

Учебное пособие
по курсовому проектированию
для студентов специальности I-40 02 02
«Электронные вычислительные средства»
дневной формы обучения

Минск 2005

УДК 004.31 (075.8)
ББК 32.973.26-04 я 73
М 59

Рецензент:

заведующий кафедрой радиоэлектронных средств БГУИР, профессор,
кандидат технических наук Н.С. Образцов

Авторы:

А.А. Петровский, М.В. Качинский, А.Б. Давыдов,
В.Б. Клюс, Г.В. Таранов

Микропроцессорная техника: Учеб. пособие по курсовому проектированию для студ. спец. I-40 02 02 «Электронные вычислительные средства» дневной формы обуч. / А.А. Петровский, М.В. Качинский, А.Б. Давыдов и др. – Мн.: БГУИР, 2005. – 51 с.: ил.
ISBN 985-444-837-1

В учебном пособии рассмотрен системный подход к проектированию систем различного назначения на базе микропроцессорных средств, содержится руководство по системному проектированию цифровых устройств на однокристальных микроконтроллерах, а также требования и методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Микропроцессорная техника» для студентов специальности I-40 02 02 «Электронные вычислительные средства».

УДК 004.31 (075.8)
ББК 32.973.26-04 я 73

ISBN 985-444-837-1

© Коллектив авторов, 2005
© БГУИР, 2005

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Микропроцессорная техника» занимает ведущее место в подготовке специалистов в области проектирования электронных вычислительных средств (ЭВС). При изучении этой дисциплины ставится задача формирования у студентов технического мышления, обучения будущих инженеров практическим навыкам проектирования систем различного назначения на базе микропроцессорных средств. С целью закрепления этих навыков выполняется курсовой проект, который является необходимым условием для успешной работы над дипломным проектом.

Интенсивное развитие микроэлектроники привело к созданию микропроцессорных средств с малым уровнем потребления энергии, широкими функциональными возможностями и низкой стоимостью, которые можно встраивать в системы в качестве компонентов с целью решения задачи управления объектами различной физической природы. В результате может быть решена задача выпуска дешевой продукции с учетом индивидуальных интересов потребителей. На базе таких микропроцессорных средств можно создавать различные устройства и приборы: системы промышленной автоматики, автомобильную и связную электронику, управление бытовыми приборами и т.п. Для решения этой задачи необходимо готовить универсальных специалистов, умеющих применять микропроцессорные средства, разрабатывать для них соответствующее программное обеспечение. Это приводит к тому, что при работе над курсовым проектом основное внимание необходимо уделять системному подходу к проектированию, оптимизации принятых решений, обоснованию их соответствующими расчетами. Поэтому основным содержанием данного учебного пособия является руководство по системному проектированию микропроцессорных систем.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Курсовой проект по дисциплине «Микропроцессорная техника» имеет следующие цели и задачи:

- закрепить, углубить и систематизировать теоретические знания, полученные ранее при изучении общепрофессиональных и специальных схемотехнических дисциплин;
- получить практические навыки самостоятельного решения комплекса задач, связанных с проектированием ЭВС с использованием микропроцессорных средств, путем выполнения самостоятельной творческой разработки по заданному индивидуальному заданию;
- научить пользоваться специальной, справочной и другой нормативно-технической литературой, действующими стандартами;
- подготовить студента к дипломному проектированию и последующей самостоятельной работе по специальности.

2. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

2.1. Тематика курсового проектирования

Курсовой проект по дисциплине «Микропроцессорная техника» должен представлять собой самостоятельное решение комплексной инженерно-технической задачи, связанной с проектированием ЭВС с использованием микропроцессорных средств. Темы курсовых проектов должны быть посвящены проектированию микропроцессорных систем различного назначения, а также их системного и прикладного программного обеспечения. В качестве курсовых проектов могут выполняться научно-исследовательские работы, связанные с данной тематикой в рамках госбюджетных и хоздоговорных НИР, заказов предприятий и организаций. Научно-исследовательские проекты должны содержать аналитический материал по решаемой проблеме, теоретический и экспериментальный разделы.

Объектом курсового проектирования является схемотехнически законченное микропроцессорное устройство. Тематика проектов – цифровая техника, устройства автоматики, управления и регулирования, автомобильная электроника, системы безопасности, измерительные устройства, а также аппаратное и программное обеспечение для изучения и отладки микропроцессорных средств.

Рекомендуются следующие типовые темы курсового проекта:

1. Разработка цифрового устройства на базе однокристального микроконтроллера.
2. Разработка устройства управления различным оборудованием на базе однокристального микроконтроллера.
3. Разработка отладочного устройства на базе однокристального микроконтроллера.
4. Разработка эмулятора однокристального микроконтроллера.

2.2. Задание по курсовому проектированию и исходные данные

Индивидуальное задание по курсовому проектированию выдается студенту в течение двух первых недель текущего семестра преподавателем – руководителем проекта. Задание оформляется на специальном бланке (см. приложение). Заданием по курсовому проектированию предусматривается разработка структурной организации микропроцессорной системы, выбор типа микропроцессора (микроконтроллера), разработка алгоритма работы, принципиальной схемы микропроцессорной системы, ее программного обеспечения. В задание включаются:

- 1) тема проекта;
- 2) сроки сдачи студентом законченного проекта;
- 3) исходные данные к проекту;
- 4) содержание пояснительной записки (перечень вопросов, подлежащих разработке);

- 5) перечень графического материала;
- 6) календарный график работы над проектом.

В качестве исходных данных для выполнения курсового проекта задаются:

- назначение разрабатываемого устройства;
- требования пользователя (выполняемые функции, устройства ввода/вывода, быстродействие, частотный диапазон, разрядность, погрешность, параметры входных и выходных сигналов и т.п.).

Перечень вопросов, подлежащих разработке в курсовом проекте, включает:

- постановку задачи;
- анализ задачи (функциональная спецификация системы: список функций, выполняемых системой, описание интерфейса между системой и пользователем);
- предварительное проектирование системы (разбиение системы на модули, выбор соотношения между аппаратными и программными средствами), построение структурной схемы аппаратной части системы, описание структурной схемы;
- проектирование аппаратных средств системы, выбор типа микроконтроллера, разработку принципиальной схемы системы, описание работы системы по принципиальной схеме;
- проектирование программного обеспечения, разработку схемы алгоритма работы системы и программы на ассемблере, описание алгоритма работы системы и программы.

В состав графической части курсового проекта должны входить:

- 1) схема электрическая структурная устройства;
- 2) схема электрическая принципиальная устройства;
- 3) схема алгоритма работы системы.

В зависимости от сложности объекта проектирования состав графической части проекта может изменяться.

2.3. Содержание и объем курсового проекта

Курсовой проект должен содержать: проектировочную часть, помещаемую в пояснительной записке, и графическую часть, оформленную комплектом схем.

При изложении материала в пояснительной записке рекомендуется придерживаться следующего расположения разделов:

- титульный лист;
- задание на курсовое проектирование;
- содержание;
- введение;
- анализ задачи;
- предварительное проектирование системы;
- проектирование аппаратных средств системы;

- проектирование программного обеспечения;
- выводы и заключение;
- список литературы;
- приложения.

Общий объем пояснительной записки должен составлять 30–40 страниц. Графическая часть проекта включает комплект схем на разрабатываемое устройство объемом не менее 3 листов соответствующего формата.

2.4. Организация курсового проектирования и защита проекта

На выполнение курсового проекта по дисциплине «Микропроцессорная техника» отводится примерно 13 учебных недель. Работа над курсовым проектом является самостоятельной работой студента, проводимой под руководством и контролем руководителя проектирования. В установленное расписанием время студент консультируется у своего руководителя. Время работы над курсовым проектом разбивается на 5 этапов (прил. 1). Объем выполненной студентом работы по каждому этапу оценивается руководителем проектирования в процентах от общего объема проектирования. **Явка на опроцентовки студентов строго обязательна.** Оформленный курсовой проект сдается студентом руководителю на проверку не позднее чем за неделю до назначенного срока защиты и после проверки может быть представлен к защите.

Защита курсового проекта производится перед комиссией и включает в себя доклад в течение 4–6 минут и ответы на вопросы членов комиссии. В докладе студент должен изложить задачи проектирования и их реализацию, дать обоснование принятых технических решений, кратко охарактеризовать каждый лист графического материала. Принятые в курсовом проекте технические решения должны сопровождаться выводами. В заключении студент должен отразить степень соответствия разработанного проекта требованиям задания на проектирование. Студенту на защите могут задаваться любые вопросы по теме курсового проекта. По выступлению студента и его ответам на вопросы комиссия судит о его способностях правильно и доходчиво излагать результаты своей работы, поэтому выступление рекомендуется подготовить заранее. Общая продолжительность защиты с учетом ответов на вопросы составляет 10–15 минут.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

3.1. Общие указания

Методические указания преследуют цель облегчить студентам выполнение проекта, намечают основные направления работы над курсовым проектом. При этом не исключается самостоятельный выбор студентом путей решения тех или иных задач курсового проекта, применения других обоснованных методов проектирования.

Рекомендуется начинать проектирование с составления плана работы над проектом, в котором необходимо предусмотреть изучение литературы, повторение некоторых дисциплин, разработку аппаратной и программной частей устройства, оформление пояснительной записки, выполнение схем и т.д. Студент самостоятельно составляет развернутый календарный план выполнения курсового проекта с учетом контрольных точек, оговоренных заранее руководителем проекта. В этом случае обеспечивается самоконтроль, равномерное распределение нагрузки по этапам проектирования, что оказывает положительное влияние на качество разработки и облегчает работу.

Разработка устройства должна оцениваться с точки зрения эффективности затрат. Проектирование аппаратной части и программного обеспечения должно проводиться на системной основе с целью минимизации как стоимости проектирования, так и времени, затрачиваемого на разработку. Для лучшего понимания этих положений необходимо рассмотреть цикл проектирования микропроцессорной системы [1].

Первый шаг цикла проектирования системы включает определение набора требований пользователя и построение функциональной спецификации, вытекающей из требований пользователя. Требования пользователя определяют, что пользователь хочет от системы и что она должна делать. Функциональная спецификация определяет функции, которые система должна выполнять для пользователя после завершения проектирования. Они включают описания форматов как на входе, так и на выходе системы, а также внешние условия, управляющие действиями системы. Функциональная спецификация и требования пользователя являются критериями оценки функциональных характеристик системы после завершения проектирования. Требования пользователя определяют, что пользователь хочет от системы, а функциональная спецификация фиксирует, что система должна делать и как она взаимодействует с окружением. Как только функциональная спецификация определена, она используется вместе с требованиями пользователя в качестве основы для проектирования системы. По этой причине важно, чтобы как требования пользователя, так и функциональная спецификация были не только полными и точными, но также четкими и легко усваиваемыми.

Следующим шагом является проектирование системы на основе функциональной спецификации. Для системы, не содержащей микроконтроллера, этот шаг предполагает разработку только аппаратных средств и включает выбор структуры системы, определение значений параметров составляющих частей и способа взаимосвязи этих частей. Аппаратура конструируется, тестируется и объединяется в единое целое, после чего оцениваются ее эксплуатационные характеристики. На каждом шаге цикла проектирования системы могут потребоваться перепроектирование и модификация системы с целью ее соответствия функциональной спецификации. При этом чем раньше в течение цикла проектирования обнаруживается проблема, тем меньше затраты на ее коррекцию. Цикл проектирования такой системы показан на рис. 3.1.

Для системы, содержащей микроконтроллер, требуется проектирование как аппаратных, так и программных средств. Необходимо определить организацию аппаратной и программной частей системы, из каких компонентов должна состоять система и как эти части должны быть взаимосвязаны. Проектирование аппаратной части может быть выполнено с использованием стандартной методологии проектирования аппаратуры. Проектирование программной части лучше всего может быть выполнено с использованием языка программирования, ориентированного на выбранный микроконтроллер. Программное обеспечение тестируется и одновременно с аппаратурой объединяется в единое целое, после чего оцениваются эксплуатационные характеристики системы. Цикл проектирования системы, содержащей микроконтроллер, показан на рис. 3.2. Две части системы часто разрабатываются параллельно, что на рисунке выглядит в виде отдельных ветвей.

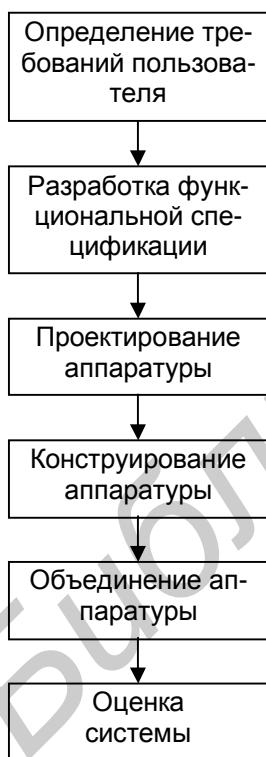


Рис. 3.1. Цикл проектирования аппаратной системы

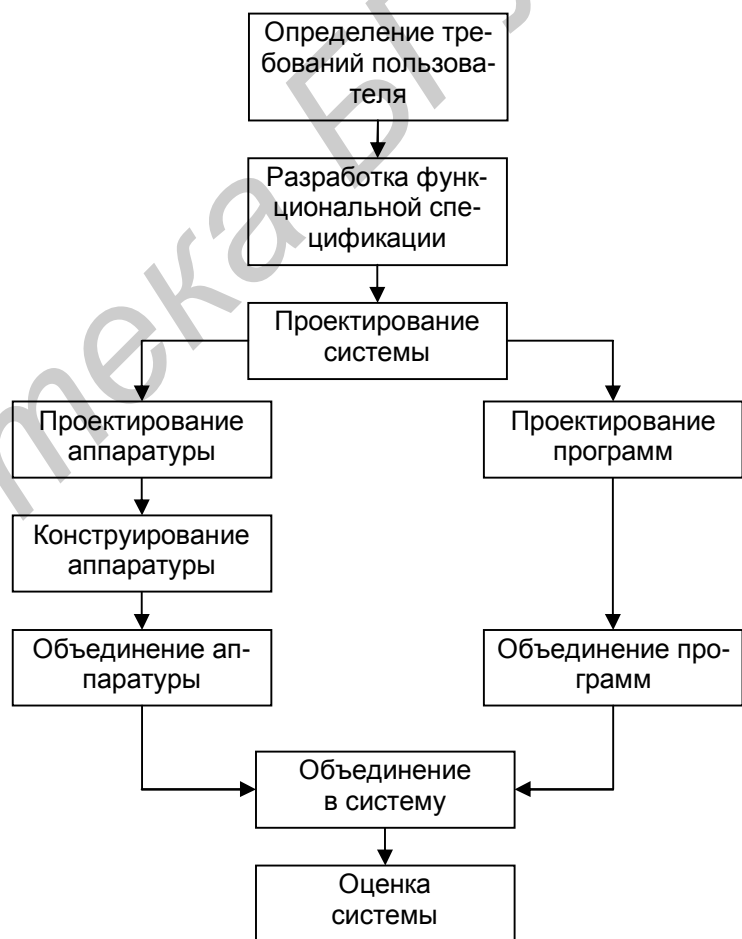


Рис. 3.2. Цикл проектирования системы, содержащей микроконтроллер

Благодаря возросшим возможностям микропроцессорных средств может быть достигнуто более гибкое проектирование с меньшим числом аппаратных

компонентов по сравнению с системами, содержащими только аппаратные компоненты.

3.2. Требования к построению и содержанию пояснительной записки

Ниже приводятся требования к последовательности разделов и содержанию пояснительной записки, вытекающие из логической последовательности процесса системного проектирования ЭВС. При рассмотрении требований будем использовать пример проектирования системы охранной сигнализации офисного помещения, которая должна выполнять следующие действия:

- 1) обнаруживать, когда открывается дверь или окно;
- 2) обнаруживать, если кто-то движется внутри помещения;
- 3) обеспечивать включение/выключение режима охраны помещения с централизованного пульта;
- 4) обеспечивать индикацию состояния помещения на централизованном пульте.

Система охранной сигнализации должна быть несложной в управлении и минимизировать число ложных тревог.

3.2.1. Введение

В этом разделе пояснительной записки должна быть выполнена постановка задачи проектирования. В начале раздела необходимо кратко характеризовать современное состояние задачи, решению которой посвящен курсовой проект. Остальная часть раздела должна быть посвящена выработке требований пользователя [1].

Требования пользователя определяют, что хочет или в чем нуждается пользователь или потребитель. Требования пользователя могут быть получены во время встреч с пользователем или покупателем с целью выявления его нужд и определения того, что пользователь хочет от системы. Другой подход используется при планировании ассортимента изделий, когда требования пользователей могут быть определены путем изучения рынка сбыта на основе спроса покупателей.

На первом шаге необходимо сформулировать вопросы, ответы на которые позволят получить информацию, касающуюся того, что система должна делать, т.е. определить требования пользователя. Эти вопросы должны быть связаны только с тем, что должна делать система охранной сигнализации. В частности, для системы охранной сигнализации необходимо получить ответ на следующие вопросы:

- 1) какие типы нарушений необходимо обнаруживать?
- 2) какие действия должны предприниматься при обнаружении нарушения?

3) какие особые действия необходимо предусмотреть в системе?

Из ответов на эти вопросы можно сделать вывод относительно того, что будут собой представлять требования пользователя. Для системы охранной сигнализации набор соответствующих требований пользователя приведен ниже:

1) система предназначена для охраны одного помещения (комнаты) в офисе;

2) помещение имеет одну дверь и одно окно;

3) система должна обнаруживать, когда

– открывается дверь или окно;

– кто-то движется внутри помещения;

4) система должна предупреждать сотрудника (хозяина помещения) о срабатывании элементов защиты и давать ему возможность отключить сигнализацию (выключить режим охраны);

5) система должна сообщать на централизованный пульт о проникновении нарушителя в помещение;

б) режим охраны должен включаться и выключаться на централизованном пульте, на котором должна быть предусмотрена световая индикация состояния системы (режим охраны включен или отключен);

7) система должна минимизировать число ложных тревог (например, в случае, если сотрудник забыл отключить режим охраны и открыл помещение);

8) система должна быть несложной в управлении.

На основе этих требований можно определить функциональную спецификацию системы.

3.2.2. Анализ задачи

В этом разделе пояснительной записки должны быть тщательно проанализированы требования пользователя с целью определения функциональной спецификации проектируемой системы [1].

Функциональная спецификация должна определять, какие функции должны выполняться для удовлетворения требований пользователя и обеспечения интерфейса между системой и окружением. Функциональная спецификация включает два основных компонента:

1) список функций, выполняемых системой;

2) описание интерфейса между системой и пользователем.

Так как система проектируется на основе информации, содержащейся как в требованиях пользователя, так и в функциональной спецификации, важно, чтобы функции, которые должны отображать требуемое поведение системы, были описаны достаточно подробно. По отношению к требованиям пользователя системы охранной сигнализации функциональная спецификация должна давать ответы на следующие вопросы:

1) какие средства необходимо предусмотреть для обнаружения несанкционированного открытия двери или окна?

- 2) какие средства необходимо предусмотреть для обнаружения движения?
- 3) какие средства необходимо предусмотреть для предупреждения сотрудника о срабатывании защиты и отключения режима охраны?
- 4) какие средства необходимо предусмотреть для включения тревоги с целью предупреждения нарушителя и вызова помощи?
- 5) какие средства необходимо предусмотреть для управления системой?
- 6) какие средства необходимо предусмотреть для предотвращения ложных тревог?

Ответив на эти вопросы, можно составить функциональную спецификацию для системы охранной сигнализации.

1. Для обнаружения открытия двери или окна необходимо использовать контактные детекторы. Контактные детекторы, установленные на двери и окне, соединяются последовательно. В исходном состоянии (когда закрыты дверь и окно) они замкнуты. При открытии двери или окна соответствующий контактный детектор размыкается. Размыкание любого из контактных детекторов мгновенно рассматривается как проникновение в помещение и должно приводить к срабатыванию защиты. Однако это еще не означает, что произошло нарушение или несанкционированный доступ в помещение (например, сотрудник забыл выключить режим охраны и открыл дверь).

2. Для обнаружения движения необходимо использовать детектор движения (например ультразвуковой), который в зависимости от отсутствия или наличия движения выдает на выходе сигнал низкого или высокого уровня. С целью предупреждения ложной тревоги движение должно контролироваться в течение не менее пяти секунд, после чего считается, что обнаружен движущийся объект, что в свою очередь должно приводить к срабатыванию защиты. Однако это еще не означает, что произошло нарушение или несанкционированный доступ в помещение (например, случайно включен режим охраны на централизованном пульте).

3. При срабатывании защиты – обнаружении проникновения или движения в помещении – включается предупреждающий визуальный сигнал, например, верхний свет в помещении, специальная световая сигнализация над входной дверью и т.п.

4. Если в течение 60 секунд после включения предупреждающего визуального сигнала режим охраны не будет отключен на централизованном пульте, это рассматривается как нарушение или несанкционированный доступ в помещение и включаются звуковой сигнал тревоги и на централизованном пульте световая сигнализация красного цвета.

5. Для включения/выключения режима охраны необходимо использовать кнопочный переключатель.

6. Непосредственно после включения режима охраны проверяются все детекторы. Если срабатывание защиты не обнаруживается, то на централизованном пульте включается световая сигнализация зеленого цвета, в противном случае включаются предупреждающий визуальный сигнал, звуковой сигнал тревоги и на централизованном пульте световая сигнализация красного цвета.

Эти ответы содержат информацию, необходимую для определения функциональной спецификации. Если распределить эту информацию по категориям ВХОДЫ, ВЫХОДЫ и ФУНКЦИИ, функциональную спецификацию системы охранной сигнализации можно представить в следующем виде.

Функциональная спецификация системы охранной сигнализации

1. ВХОДЫ.

- 1.1. Контактные детекторы.
- 1.2. Детектор движения.
- 1.3. Переключатель включения/выключения режима охраны.

2. ВЫХОДЫ.

- 2.1. Световая сигнализация зеленого цвета (режим охраны включен).
- 2.2. Предупреждающий визуальный сигнал (срабатывание защиты).
- 2.3. Звуковой сигнал тревоги (нарушение).
- 2.4. Световая сигнализация красного цвета (нарушение).

3. ФУНКЦИИ.

- 3.1. Включение и выключение режима охраны с помощью переключателя. Включение режима охраны состоит в проверке контактных детекторов и детектора движения и включении предупреждающего визуального сигнала, звукового сигнала тревоги и на централизованном пульте световой сигнализации красного цвета, если выполняется одно из условий: размыкание контактного детектора или продолжительное, в течение не менее 5 секунд, срабатывание детектора движения. В противном случае включается световая сигнализация зеленого цвета. Выключение режима охраны состоит в выключении всех видов световых и звуковых сигналов.
- 3.2. Включение предупреждающего визуального сигнала, если выполняется одно из условий: размыкание контактного детектора или продолжительное, в течение не менее 5 секунд, срабатывание детектора движения.
- 3.3. Включение звукового сигнала тревоги и на централизованном пульте световой сигнализации красного цвета через 60 секунд после включения предупреждающего визуального сигнала, если за этот промежуток времени режим охраны не будет отключен на централизованном пульте с помощью переключателя.

Важным вопросом при разработке функциональной спецификации является взаимодействие между пользователем и системой. В системе охранной сигнализации взаимодействие между системой и пользователем осуществляется с помощью кнопочного переключателя, контактных детекторов и детектора движения, визуальных (световых) и звукового сигналов (рис. 3.3).

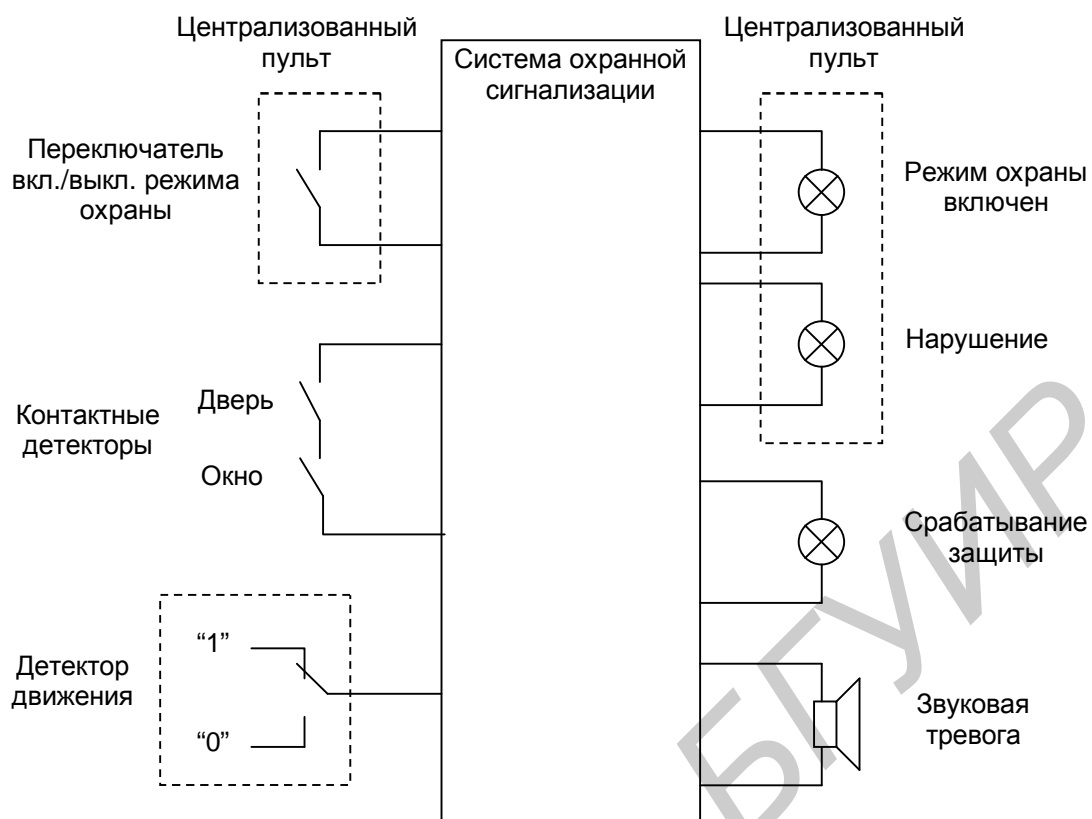


Рис. 3.3. Интерфейс между системой и пользователем

В общем случае могут существовать различные способы взаимодействия между пользователем и системой [1].

Тактильные (контактные) входы. Пользователь может нажимать кнопки, поворачивать ручки, манипулировать рычагами и т.д.

Визуальные выходы. Визуальный сигнал системы охранной сигнализации является примером визуального выхода. Другие системы используют для вывода информации цифровые индикаторы, ЖКИ экраны, печатающие устройства и т.д.

Косвенные входы. В системе охранной сигнализации косвенный ввод информации осуществляется нарушителем через контактные детекторы и детектор движения. В других системах косвенный ввод может осуществляться оператором. Например, если оператор системы расчета за покупки, в которой имеется устройство автоматического взвешивания, вводит идентификатор товара, то при этом в систему непосредственно вводится цена товара. Устройства чтения магнитных карточек и штриховых кодов, которые считывают информацию о товарах непосредственно в систему расчета за покупки, являются другими примерами широко используемых косвенных входов.

Звуковые выходы. Сигнал звуковой тревоги в системе охранной сигнализации является примером звукового выхода. В системе расчета за покупки часто используется зуммер для оповещения оператора о завершении некоторой последовательности операций ввода или об ошибке.

Учет человеческого фактора при проектировании должен приводить к простоте системы и легкости ее использования. Эти цели достигаются посредством проектирования соответствующего системного интерфейса, обеспечивающего экономный обмен информацией между пользователем и системой. Это позволяет уменьшить затраты на обучение пользователя и не требует больших усилий при взаимодействии с системой. Человеческий фактор в вопросах проектирования микропроцессорных систем проявляется также в том, что некоторые характеристики существующих систем должны быть учтены при проектировании новых систем. Например, инженер, который использует генератор сигналов, привык вращать ручки для установки амплитуды и частоты формируемого сигнала. Поэтому, даже если эти функции находятся теперь под управлением микропроцессора, проектировщик должен оставить ручки, чтобы пользователю не пришлось переучиваться для того, чтобы выполнять хорошо знакомые ему функции, особенно если эти ручки хорошо спроектированы с точки зрения человека.

Рассмотренная система охранной сигнализации является достаточно простой, поэтому определение для нее функциональной спецификации не составило особого труда. В более сложных системах определение функциональной спецификации может оказаться достаточно непростой задачей. В таких случаях удобнее сначала разбить систему на несколько подсистем меньшего размера, а затем определить функциональную спецификацию для каждой из них.

3.2.3. Предварительное проектирование системы

В этом разделе должно быть произведено предварительное проектирование системы и осуществлен выбор соотношения между аппаратными и программными средствами [1]. Вначале необходимо на основе функциональной спецификации определить набор модулей, реализующих выполняемые в системе функции. Этот набор функциональных модулей составляет первый уровень проектирования систем. После разбиения системы на модули надо отделить аппаратные модули от программных. В результате этого строится модульная структура аппаратных средств системы, которая оформляется в виде электрической структурной схемы.

Прежде чем начинать детальное проектирование, необходимо определить, какие функции лучше выполняются с помощью программного обеспечения системы, а какие – с помощью аппаратных средств. Все функции предварительно должны быть распределены между программными и аппаратными средствами. Часть функций может быть реализована с помощью как аппаратных, так и программных средств. Например, в системе охранной сигнализации, чтобы отличить действительное движение от ложных сигналов, а также определить момент включения звукового сигнала тревоги в системе, необходимо предусмотреть функцию временной задержки. Эта функция может быть реализована одним из следующих способов:

- программным способом с использованием программы, которая просто считает до 5 или до 60 секунд;
- аппаратным способом, используя в качестве счетчика времени конфигурацию логических элементов на интегральных схемах;
- комбинированным способом, используя программируемый таймер на интегральной схеме, т.е. путем комбинации аппаратных и программных средств.

От выбора решения зависит, как проектировать аппаратные и программные средства системы. Во время детального проектирования аппаратных и программных средств часто становится очевидным, что некоторые аппаратные функции могут быть лучше выполнены с помощью программных средств и наоборот. Таким образом, во время последующих стадий процесса проектирования может иметь место модификация предварительного проектного решения.

Основу аппаратных средств системы составляет управляющая микроЭВМ, которая в общем случае включает (рис. 3.4):

- ПРОЦЕССОРНЫЙ модуль;
- модуль ГЕНЕРАТОРА ТАКОВЫХ ИМПУЛЬСОВ (ГТИ);
- модуль ПАМЯТИ;
- модуль ИНТЕРФЕЙСА ВВОДА и модуль ИНТЕРФЕЙСА ВЫВОДА, содержащие интерфейсные компоненты, необходимые для связи ПРОЦЕССОРНОГО модуля с другими модулями системы;
- модуль ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВХОДНОГО СИГНАЛА и модуль ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА, которые содержат компоненты, необходимые для обмена входными и выходными сигналами с внешним окружением. Примерами таких компонентов являются различные датчики, детекторы, переключатели, кнопки, клавиатуры, устройства визуальной (световой) и звуковой сигнализации, цифровые (символьные) индикаторы, аналого-цифровые (АЦП) и цифроаналоговые (ЦАП) преобразователи и т.п.

Остальные модули системы могут быть реализованы с помощью как аппа-

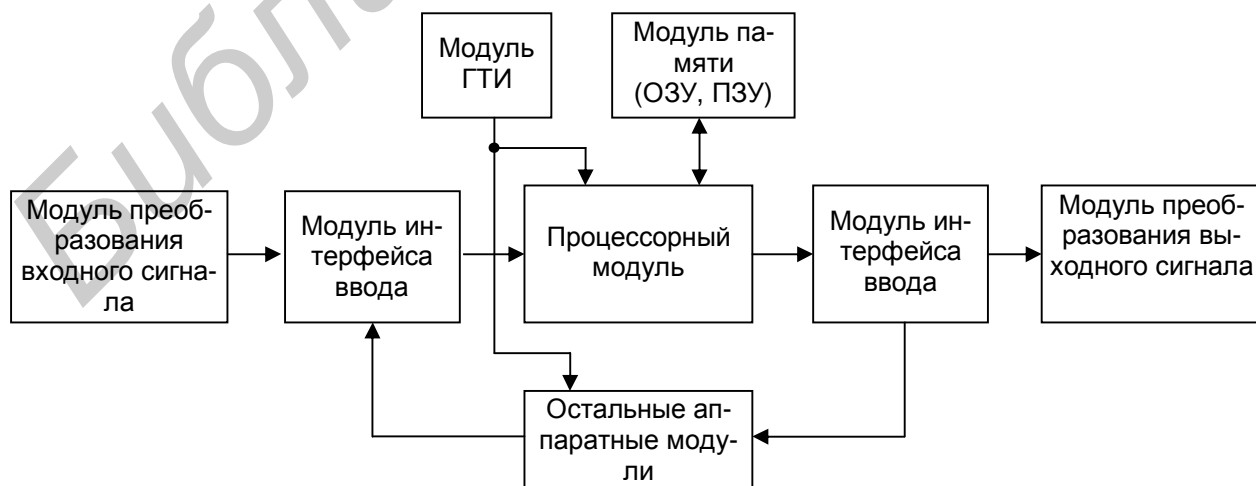


Рис. 3.4. Общая модульная структура аппаратных средств микропроцессорной системы

ратных, так и программных средств. Конкретное распределение модулей между аппаратной и программной частями системы зависит от ее целевого назначения (решаемой задачи). Модули, реализуемые с помощью аппаратных средств, совместно с управляющей микроЭВМ образуют аппаратную часть системы.

Рассмотрим разбиение системы охранной сигнализации на функциональные модули. Из рассмотрения функциональной спецификации следует, что система состоит из трех частей: ВХОД, ВЫХОД и ФУНКЦИИ. В данном случае каждая из частей ВХОД и ВЫХОД может быть реализована в одном модуле, поскольку они являются относительно простыми:

- ВХОДНОЙ модуль (модуль детекторов). Выполняет считывание состояния контактных детекторов и детектора движения и их хранение;
- ВЫХОДНОЙ модуль (сигнальный модуль). Включение/выключение визуальных (световых) и звукового сигналов.

В более сложных системах может оказаться необходимым дальнейшее разбиение этих модулей на несколько входных и выходных.

Для части функциональной спецификации ФУНКЦИИ можно выделить пять различных модулей.

1. Модуль ОЖИДАНИЯ. Выполняет проверку состояния переключателя включения/выключения режима охраны и ожидание изменения его состояния, чтобы предпринять соответствующие действия.

2. Модуль ТАЙМЕРА. Выполняет управление таймером: запускает и останавливает таймер, а также считывает его состояние.

3. Модуль ПРОВЕРКИ. Выполняет проверку состояния контактных детекторов и детектора движения, определяет, какие действия должны быть предприняты по результатам проверки.

4. Модуль ОБНАРУЖЕНИЯ НАРУШЕНИЯ. Выполняет включение предупреждающего визуального сигнала, запуск таймера на 60 секунд и включение звукового сигнала тревоги и световой сигнализации красного цвета после окончания работы таймера.

5. Модуль ВОССТАНОВЛЕНИЯ. Выполняет инициализацию системы (аппаратных и программных средств) при начальном включении (включение питания), включение и выключение режима охраны, восстановление системы после обнаружения нарушения.

После разбиения на функциональные модули строится функционально-модульная структура системы охранной сигнализации. Каждый из модулей размещается на одном из четырех уровней нисходящей иерархии. Так как микропроцессор является последовательным устройством, которое выполняет операции одну за другой, то на высшем уровне модульной структуры должна находиться управляющая функция, обеспечивающая последовательное исполнение системой других функций. Средства, необходимые для реализации управляющей функции, содержит ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ модуль. ВХОДНОЙ модуль, ВЫХОДНОЙ модуль и модуль ТАЙМЕРА располагаются на самом нижнем уровне. Модуль ОБНАРУЖЕНИЯ НАРУШИТЕЛЯ и модуль ВОССТА-

НОВЛЕНИЯ должны находиться на более низком уровне по отношению к модулю ПРОВЕРКИ и модулю ОЖИДАНИЯ. Полученная таким образом модульная структура системы охранной сигнализации показана на рис. 3.5.

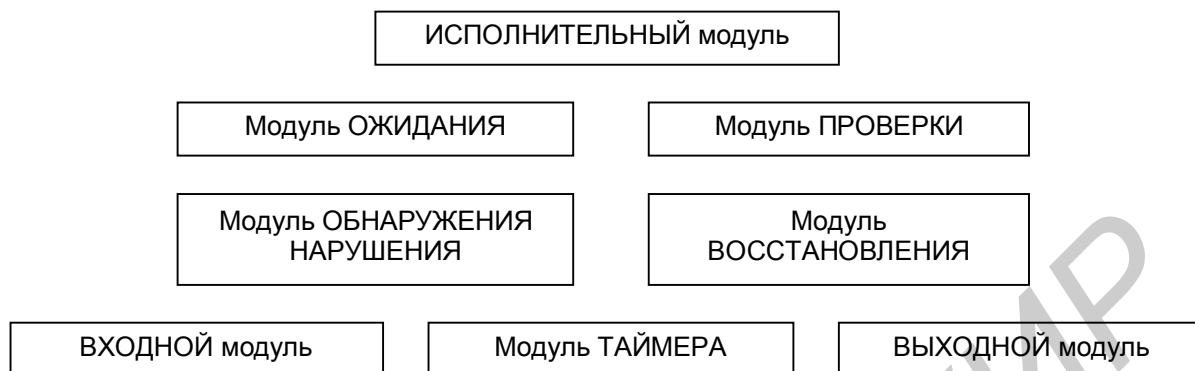


Рис. 3.5. Функционально-модульная структура системы охранной сигнализации

Каждый модуль состоит из набора функций, принадлежащих этому модулю. Способ распределения функций по конкретным модулям зависит от личного предпочтения разработчика. Если модуль содержит слишком много функций, он может быть разделен на несколько модулей. С целью упрощения нескольких модулей, каждый из которых содержит небольшое число функций, могут быть объединены в один модуль. Модульная структура позволяет легко добавлять функции к системе, а также изменять или удалять часть системы в любой момент цикла ее проектирования.

Рассмотрим, как распределяются функции по модулям системы охранной сигнализации.

1. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ модуль состоит из единственной управляющей функции.

2. ВХОДНОЙ модуль:

- считывание состояния переключателя включения/выключения режима охраны;
- считывание состояния контактных детекторов;
- считывание состояния детектора движения.

3. ВЫХОДНОЙ модуль:

- включение/выключение световой сигнализации зеленого цвета;
- включение/выключение предупреждающего визуального сигнала;
- включение/выключение звукового сигнала тревоги;
- включение/выключение световой сигнализации красного цвета.

4. Модуль ОЖИДАНИЯ:

- ожидание включения переключателя;
- ожидание выключения переключателя.

5. Модуль ТАЙМЕРА:

- запуск таймера;
- останов таймера;
- считывание состояния таймера.

6. Модуль ПРОВЕРКИ:

- проверка состояния контактных детекторов;
- проверка состояния детектора движения;
- проверка продолжительности движения.

7. Модуль ОБНАРУЖЕНИЯ НАРУШЕНИЯ состоит из единственной функции обнаружения нарушения.

8. Модуль ВОССТАНОВЛЕНИЯ:

- инициализация системы при начальном включении (включение питания);
- включение режима охраны;
- выключение режима охраны;
- восстановление системы после обнаружения нарушения.

Полная функционально-модульная структура системы охранной сигнализации, включающая функции для каждого модуля, показана на рис. 3.6.



Рис. 3.6. Функционально-модульная структура системы охранной сигнализации, включающая функции для каждого модуля

Система охранной сигнализации является относительно простой и поэтому содержит небольшое число модулей. В более сложных системах модулей мо-

жет быть значительно больше. Как указывалось выше, более сложные системы разбиваются на подсистемы, при этом функциональную спецификацию разрабатывают для каждой подсистемы. Поэтому разбиение на модули и проектирование каждой подсистемы должно выполняться так, как это делается для небольшой системы.

Рассмотрим соотношение между аппаратными и программными средствами системы охранной сигнализации.

Функция управления системой реализуется управляющей микроЭВМ в результате выполнения основной (управляющей) программы путем последовательного вызова функций соответствующих программных модулей системы.

Возможны два варианта в зависимости от способа реализации таймера в системе.

1. Таймер реализован только программными средствами (рис. 3.7).

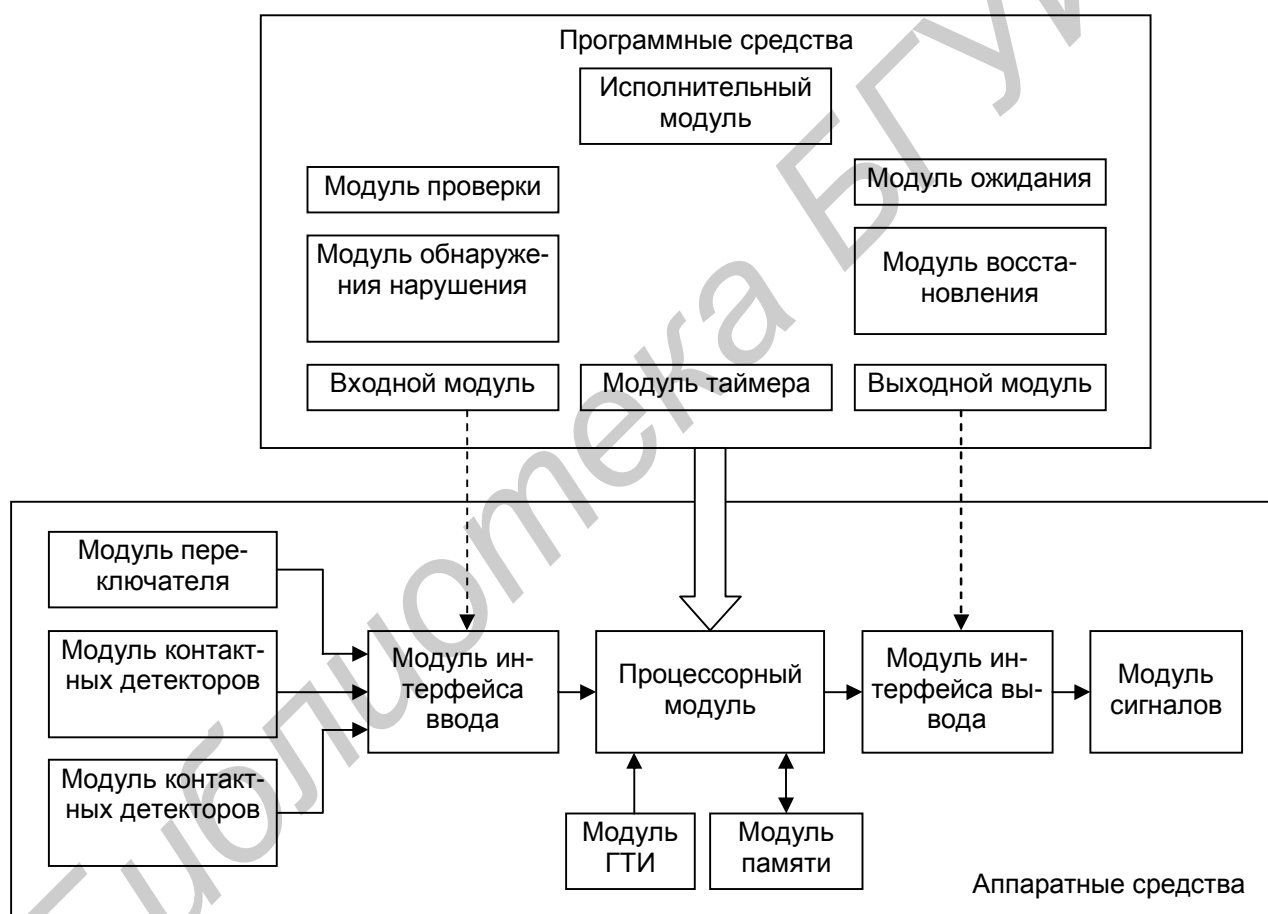


Рис. 3.7. Связь между аппаратными и программными средствами системы охранной сигнализации. Вариант 1

В этом случае модульная структура программного обеспечения соответствует той, что показана на рис. 3.5. В аппаратной части системы модуль ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВХОДНОГО СИГНАЛА (см. рис. 3.4) заменен модулями ПЕРЕКЛЮЧАТЕЛЯ, КОНТАКТНЫХ ДЕТЕКТОРОВ и ДЕТЕКТОРА ДВИЖЕНИЯ, а модуль ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА – модулем СИГНАЛОВ. Связь между программными модулями и ПРОЦЕССОРНЫМ мо-

дулем показана двойной стрелкой, так как программные модули реализуются именно процессором. Поскольку входная информация передается через модуль ИНТЕРФЕЙСА ВВОДА под управлением программного ВХОДНОГО модуля, связь между этими модулями показана пунктирной линией. Подобным же образом показана связь между программным ВЫХОДНЫМ модулем и модулем ИНТЕРФЕЙСА ВЫВОДА.

2. Функции таймера переданы аппаратным средствам. В этом случае модуль ТАЙМЕРА должен быть перемещен из структуры программных средств в аппаратную структуру, как показано на рис. 3.8.

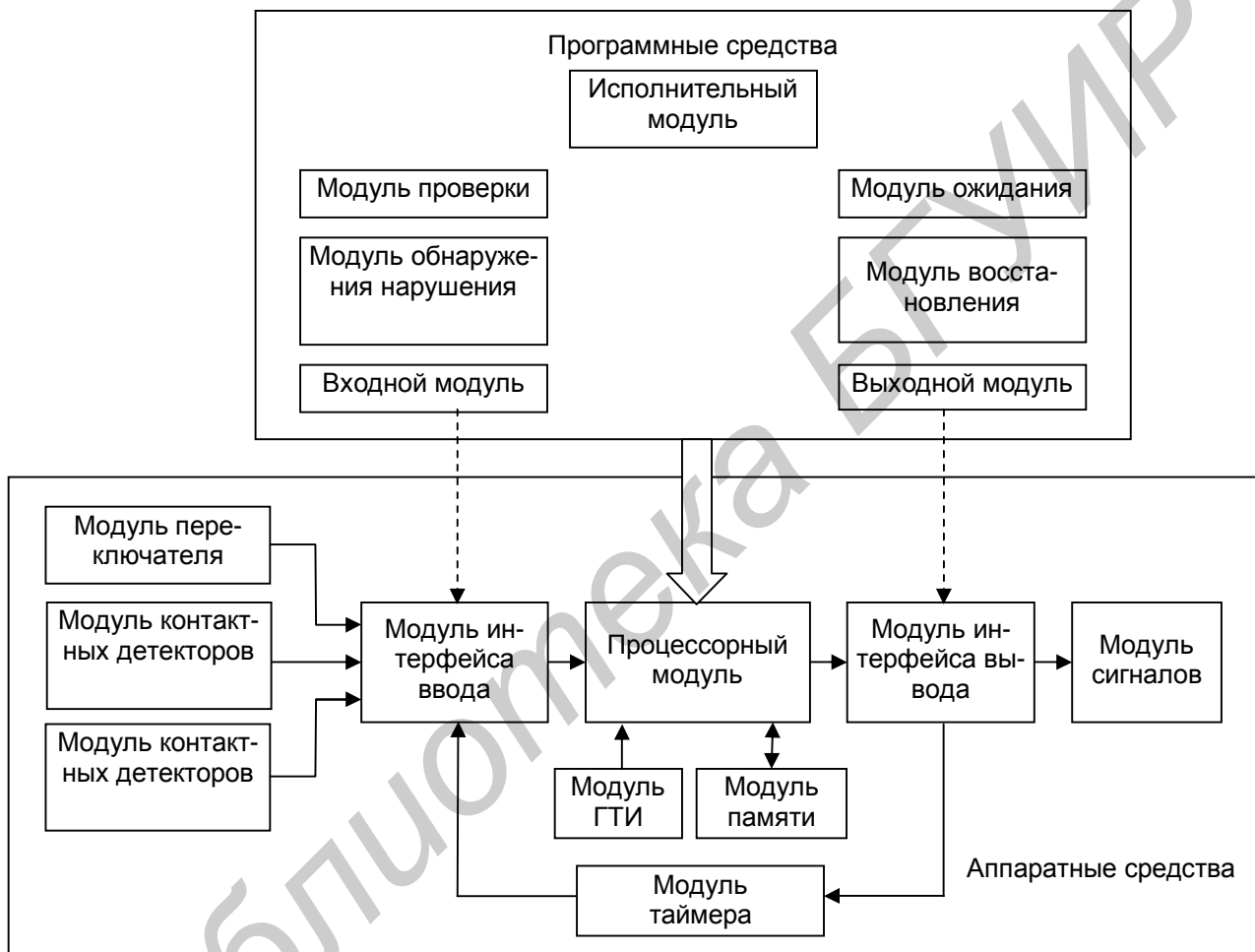


Рис. 3.8. Связь между аппаратными и программными средствами системы охранной сигнализации. Вариант 2

Три процедуры таймера передаются при этом программным ВХОДНОМУ и ВЫХОДНОМУ модулям, так как управление передачей информации между аппаратным модулем ТАЙМЕРА и ПРОЦЕССОРНЫМ модулем будет теперь входить в их функции.

3.2.4. Проектирование аппаратных средств системы

В этом разделе должно быть произведено проектирование аппаратной части системы, выбран тип микроконтроллера и разработана электрическая принципиальная схема, приведено описание работы системы по принципиальной схеме.

Вопросы проектирования аппаратных средств микропроцессорной системы будут рассмотрены в следующем разделе данного учебного пособия.

3.2.5. Проектирование программного обеспечения

В данном разделе пояснительной записки должно быть выполнено проектирование прикладного программного обеспечения, разработана схема алгоритма работы системы и программы на ассемблере, приведено описание алгоритма работы системы и программы.

Вопросы проектирования программного обеспечения микропроцессорной системы будут рассмотрены в разделе 5 данного учебного пособия.

3.2.6. Выводы и заключение

Этот раздел должен содержать оценку результатов работы, в частности, с точки зрения их соответствия заданию на проектирование и требованиям пользователя. Кроме того, необходимо указать, чем завершена работа, а также наметить пути и цели дальнейшего совершенствования устройства.

3.2.7. Список литературы

В разделе приводится перечень книг, пособий, статей, Web-страниц, технической документации и нормативно-технических документов, которые использовались при выполнении курсового проекта.

3.2.8. Приложения

В приложения включаются графический материал в соответствии с заданием на проектирование, исходный текст программы на языке ассемблера, краткие технические характеристики компонентов (микросхем, датчиков, элементов индикации, исполнительных устройств и т.п.), используемых в системе.

4. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АППАРАТНЫХ СРЕДСТВ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ

Проектирование аппаратных средств микропроцессорной системы предполагает:

– проектирование микропроцессорного блока, включающего ПРОЦЕССОРНЫЙ модуль, модуль ГТИ, модуль ПАМЯТИ, а также, возможно, и другие модули, например, модуль ТАЙМЕРА, модуль КОНТРОЛЛЕРА ПЕРЕРЫВАНИЙ и т.п.;

– проектирование интерфейса между микропроцессорным блоком и внешним окружением системы (периферийным оборудованием).

4.1. Проектирование микропроцессорного блока

Как видно из рассмотренного выше, разрабатываемые в курсовом проекте микропроцессорные системы по своей сути являются управляющими системами – основной функцией, реализуемой в них, является управление разнообразными объектами и процессами. Управляющая микропроцессорная система содержит микроЭВМ, устройства связи с объектом (с датчиками и исполнительными устройствами управляемого объекта) и периферийные устройства. Такие системы наиболее эффективно могут быть построены с помощью специализированных однокристальных микроЭВМ, ориентированных на выполнение функций управления, – однокристальных микроконтроллеров (в дальнейшем просто микроконтроллеры). Микроконтроллеры представляют собой приборы, конструктивно выполненные в виде БИС и включающие в себя все составные части обычной микроЭВМ: микропроцессор, память, а также программируемые интерфейсные схемы для связи с внешней средой. Использование микроконтроллера в управляющих системах обеспечивает достижение высоких показателей эффективности при очень низкой стоимости – во многих применениях система может состоять только из одной БИС микроконтроллера. Микроконтроллер характеризуется небольшой емкостью памяти, физическим и/или логическим разделением памяти программ (ПЗУ, флэш-память) и памяти данных (ОЗУ), упрощенной и ориентированной на задачи управления системой команд, простыми способами адресации команд и данных, а также специфической организацией ввода/вывода. Все это предопределяет область их использования в качестве специализированных вычислителей, включенных в контур управления объектом или процессом. Структурная организация, набор команд и аппаратно-программные средства ввода/вывода микроконтроллеров лучше всего приспособлены для решения задач управления и регулирования в приборах, устройствах и системах автоматики, а не для решения задач обработки данных. Микроконтроллеры не являются машинами классического фон-неймановского типа, так как память физически и/или логически разделена на память программ и память данных, что исключает возможность модификации и/или замены прикладных программ микроконтроллеров во время работы.

Типовая структура (рис. 4.1) системы управления, построенной на базе микроконтроллера, состоит из объекта управления, микроконтроллера и аппаратуры их взаимной связи [2].

Микроконтроллер путем периодического опроса осведомительных слов (ОС) формирует в соответствии с алгоритмом управления последовательность управляющих слов (УС). Осведомительные слова – это сигналы состояния (СС) объекта, сформированные датчиками объекта управления, и флаги. Выходные сигналы датчиков вследствие их различной физической природы могут потре-

бовать промежуточного преобразования на АЦП или на схемах формирователей сигналов (ФС), которые чаще всего выполняют функции гальванической развязки и формирования необходимых уровней сигналов.

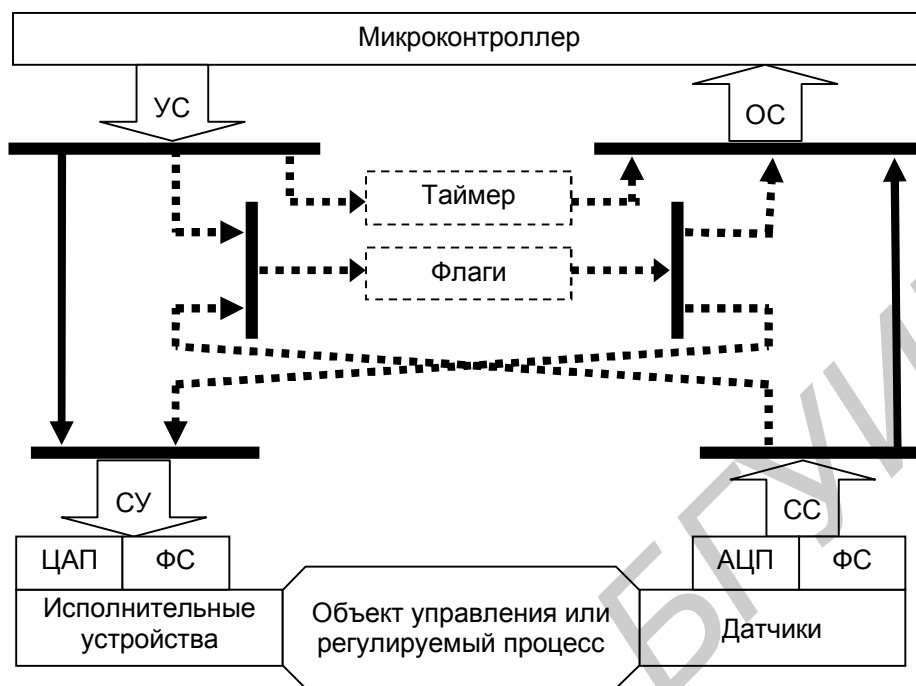


Рис. 4.1. Структура цифровой системы управления на основе микроконтроллера

Микроконтроллер с требуемой периодичностью обновляет управляющие слова на своих выходных портах. Некоторая часть управляющего слова интерпретируется как совокупность прямых двоичных сигналов управления (СУ), которые через схемы формирователей сигналов (усилители мощности, реле, оптроны и т.п.) поступают на исполнительные устройства и устройства индикации. Другая часть управляющего слова представляет собой двоичные коды, которые через ЦАП воздействуют на исполнительные устройства аналогового типа. Если объект управления использует цифровые датчики и цифровые исполнительные устройства, то АЦП и ЦАП будут отсутствовать.

В состав аппаратуры связи может входить регистр флагов, на котором фиксируется некоторое множество признаков как объекта управления, так и процесса работы микроконтроллера. Регистр флагов используется в качестве аппаратного средства реализации механизма взаимной синхронизации относительно медленных и асинхронных процессов в объекте управления и быстрых процессов в микроконтроллере. Регистр флагов доступен как микроконтроллеру, так и датчикам. Поэтому он является удобным местом фиксации сигналов *готов/ожидание* при передачах с квитированием, *запрос прерывания/подтверждение* при взаимодействии микроконтроллера и объекта в режиме прерывания.

Для аппаратной реализации временных задержек, формирования сигналов требуемой частоты и скважности используют программируемые таймеры.

В том случае, если их нет в микроконтроллере или их число недостаточно, программируемые таймеры включают в состав аппаратуры связи.

Функционирование системы на базе микроконтроллера полностью определяется прикладной программой, размещаемой в памяти программ микроконтроллера. Поэтому специализация системы типовой структуры на решение задачи управления конкретным объектом осуществляется путем разработки соответствующих прикладных программ и аппаратуры связи микроконтроллера с датчиками и исполнительными устройствами объекта.

Применение микроконтроллеров в устройствах управления объектами привело к кардинальным изменениям в разработке аппаратных средств микропроцессорных систем. Поскольку микроконтроллер представляет собой функционально законченную однокристалльную микроЭВМ, то построение микропроцессорного блока полностью определяется выбранным типом микроконтроллера. Конкретный микроконтроллер допускает очень немного вариантов его системного включения, которые приводятся в фирменной технической документации. В свою очередь конкретный вариант включения выбранного микроконтроллера полностью определяется решаемой прикладной задачей (точнее методом ее решения). Таким образом, основным вопросом при проектировании микропроцессорного блока является выбор типа используемого микроконтроллера.

При выборе микроконтроллера необходимо определить:

- тип операций, используемых при решении прикладной задачи;
- емкость ОЗУ;
- емкость ПЗУ (флэш-памяти);
- необходимость использования функциональных преобразователей;
- число портов ввода/вывода и их назначение;
- число и тип запросов прерывания;
- необходимость использования таймера.

В каждом конкретном случае разработчик должен определить, какая часть названных средств и в каком объеме реализована в том или ином типе микроконтроллера, т.е. в какой степени микроконтроллер может удовлетворить поставленной задаче.

При выборе микроконтроллера важно правильно определить число и назначение портов ввода/вывода. Параметры и число портов ввода/вывода задаются особенностями внешних устройств, подключаемых к микроконтроллеру. Для подключения внешних устройств могут использоваться как последовательные, так и параллельные порты ввода/вывода.

Выбор современных микроконтроллеров достаточно широк. В курсовом проекте можно использовать, например, микроконтроллеры фирмы Atmel серии AT89, совместимые с MCS-51™ [8], микроконтроллеры AVR серии AT90 с RISC-архитектурой [8], PIC-контроллеры фирмы Microchip семейства PIC16C5XX [9], микроконтроллеры фирмы Motorola семейства HC11 [4, 5, 8] и др.

4.2. Проектирование интерфейса микропроцессорного блока с внешними устройствами [3]

В курсовом проекте микроконтроллер должен управлять множеством внешних устройств. Это могут быть осветительные приборы, нагреватели, электрические двигатели, устройства звуковой сигнализации и т.д.

4.2.1. Устройства коммутации

Цифровые интегральные микросхемы, как правило, не способны генерировать большой ток для управления внешними приборами. В этом случае необходимо использовать мощные исполнительные устройства, которые могут быть реализованы различными способами.

1. Устройства коммутации на оптопарах.

Оптопары можно использовать для управления приборами с малыми значениями токов, требующими гальванической развязки. Максимальный рабочий ток ограничен характеристиками фототранзисторов. Например, оптопары Дарлингтона серии PC815 (Sharp) имеют максимальное значение выходного тока 80 мА, достаточное для управления слаботочным реле, которое, в свою очередь, способно работать с более мощными приборами (рис. 4.2). Оптопары Дарлингтона серии PS2502 (NEC) поддерживают токи до 160 мА.

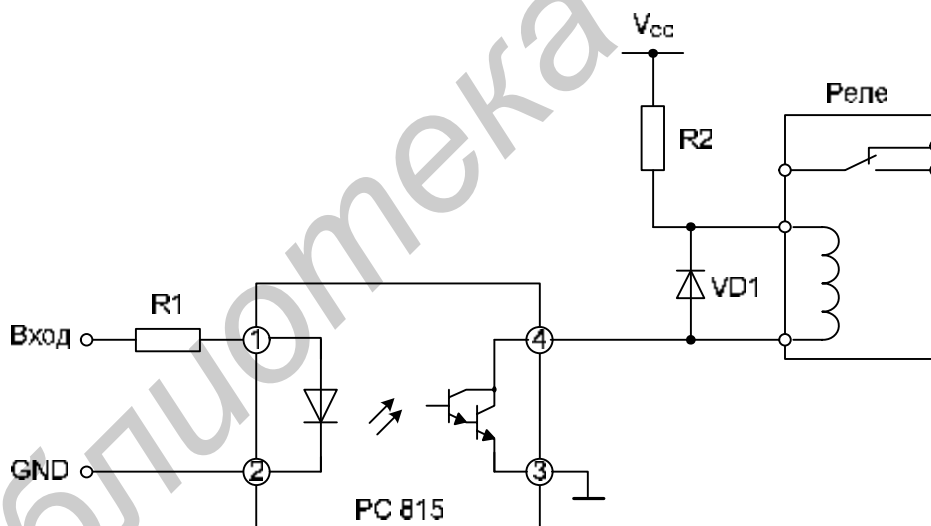


Рис. 4.2. Оптопара PC815 для управления реле

Коэффициент передачи обычно достигает 2000 %. Управляющее светодиоидом напряжение равно 1,1 В, максимальный рабочий ток – 80 мА. Максимальное напряжение между коллектором и эмиттером фототранзистора составляет 40 В, а время насыщения – 100 мкс. Сопротивление резистора R2 зависит от типа реле, величины питающего напряжения.

2. Транзисторные устройства коммутации.

Простейшим и наиболее экономичным способом управления внешними приборами является применение биполярных транзисторов, например п-р-п-транзисторов BC108С и ZTX300 (рис. 4.3). Эти транзисторы имеют следующие основные характеристики: максимальные значения тока коллектора 100 и

500 мА, максимальная рассеиваемая мощность 300 и 500 мВт, максимальное напряжение между коллектором и эмиттером 20 В для BC108С и 25 В для ZTX300, максимальная рабочая частота соответственно 300 и 150 МГц. При работе на индуктивную нагрузку, такую, как реле или электродвигатель, следует применять защитные диоды, при работе на активную нагрузку их использование необязательно.

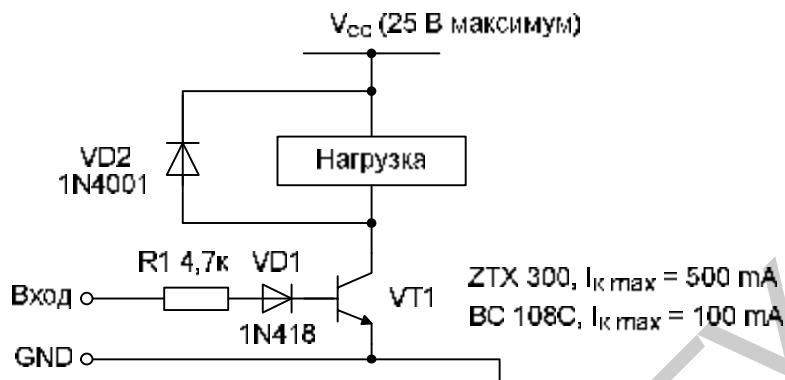


Рис. 4.3. Устройство коммутации на биполярном транзисторе

На рис. 4.4 изображена схема на базе мощного транзистора Дарлингтона TIP122 или TIP142. TIP122 управляет напряжениями до 100 В и токами до 5 А, его максимальная рассеиваемая мощность равна 65 Вт. Транзисторы Дарлингтона открываются при напряжении 1,2 В между базой и коллектором и могут усиливать ток в 5000 раз. Следовательно, напряжение на базе, превышающее 1,2 В, вызовет режим насыщения транзистора. База соединяется с ТТЛ входом через резистор. Транзистор TIP142 отличается максимальным коллекторным током, равным 10 А. Максимальная рабочая частота этих транзисторов составляет 5 МГц.

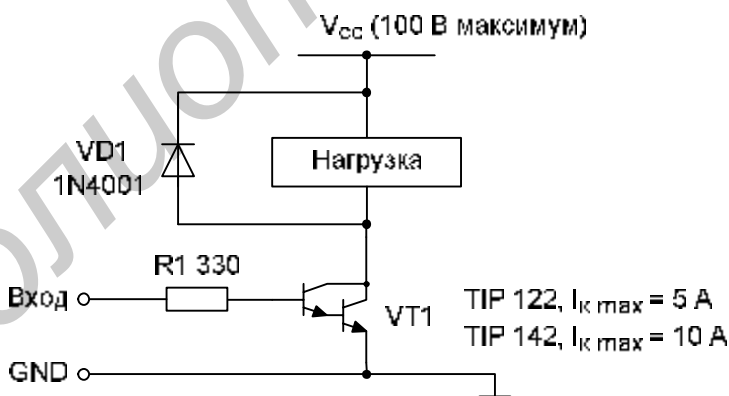


Рис. 4.4. Устройство коммутации на транзисторе Дарлингтона

На рис. 4.5 изображена схема на базе полевых МОП-транзисторов VN10KM или VN66AF. Поскольку входное сопротивление устройства на полевом транзисторе крайне высоко, соединить его напрямую с выходным портом микроконтроллера невозможно. Таким устройством следует управлять через резистор. VN10KM выдерживает максимальное напряжение 60 В и ток 310 мА, VN66AF работает при максимальном напряжении 60 В и токе 2 А. Время насыщения транзисторов составляет около 15 нс.

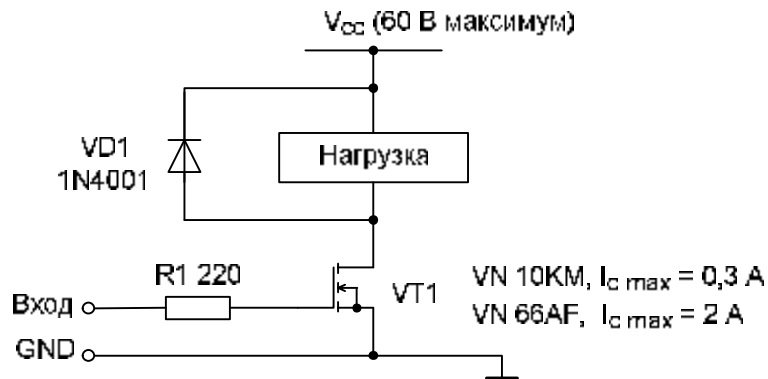


Рис. 4.5. Устройство коммутации на полевом транзисторе

3. Устройства коммутации на МОП-транзисторах с защитой.

Мощные устройства управления на базе МОП-транзисторов с защитой, иногда называемые твердотельными реле, играют роль переключателей в силовых цепях цифровых систем управления. Входное управление совместимо с логическими уровнями схем, имеющих напряжение питания 5 В. В устройствах используется встроенная схема термоконтроля, которая защищает их от перегрева, короткого замыкания и больших величин выходного тока. Она перекрывает выход при температуре 140 °С, а когда температура падает до 125 °С, термозащита выключается. Такие устройства, как правило, имеют информационный выход, который низким уровнем сигнализирует о срабатывании встроенных цепей защиты.

Транзистор BTS410 (рис. 4.6) способен управлять напряжениями в диапазоне 4,9...40 В при максимальном токе нагрузки 2 А, порог срабатывания защиты от перенапряжения составляет порядка 42...52 В, максимальная рабочая температура равна 150 °С. В зависимости от температуры порог срабатывания по току колеблется в пределах 3,1...21 А. Это устройство имеет низкое сопротивление во включенном состоянии во всем диапазоне температур. Время включения и выключения составляет 60 и 50 мкс соответственно. Входное напряжение включения изменяется от 2 до 5 В, выключения – от 0 до 0,8 В. Входной ток равен 25 мкА при входном напряжении 3,5 В.

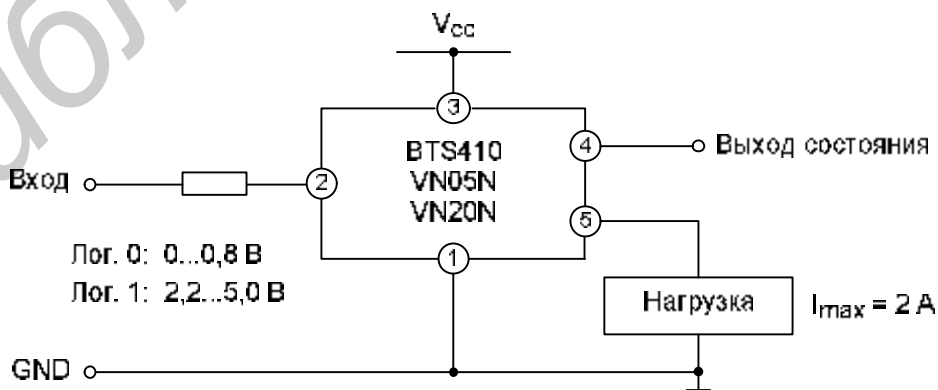


Рис. 4.6. Устройство коммутации на МОП-транзисторе с защитой

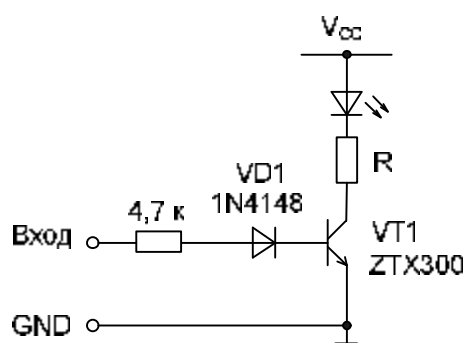
Для управления большими токами можно использовать транзисторы VN05N и VN20N: VN05N рассчитан на выходной ток 12 А, а VN20N – на 28 А.

4.2.2. Устройства управления светодиодами

Светодиоды применяются для сигнализации и индикации различных состояний электронных устройств.

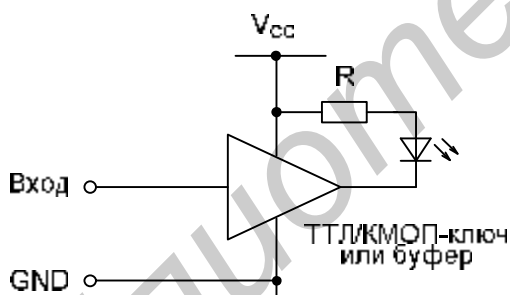
1. Стандартные светодиоды.

Стандартные светодиоды потребляют ток от 10 до 20 мА при напряжении 2 В. На рис. 4.7,а изображена схема на базе транзистора ZTX300. В схеме последовательно со светодиодом используется резистор, сопротивление которого выбирается в зависимости от напряжения питания. Такая схема может управляться через ТТЛ- или КМОП-выходы напрямую. Подаваемое на вход схемы напряжение для интегральных схем ТТЛ составляет +5 В. Номинал последовательного резистора на входе схемы должен быть порядка 4,7 кОм. Для КМОП схем его сопротивление следует устанавливать в соответствии с подаваемым на вход схемы напряжением.



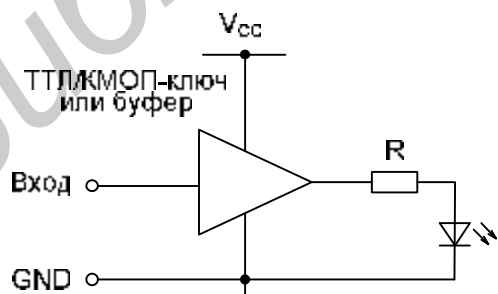
V_{CC} (В)	R (Ом)
3...4	100
4...5	150
5...8	220
8...12	470
12...15	820

а



V_{CC} (В)	R (Ом)
3...4	0
4...5	100
5...8	220
8...12	470
12...15	820

б



V_{CC} (В)	R (Ом)
3...4	0
4...5	100
5...8	220
8...12	470
12...15	820

в

Рис. 4.7. Схемы управления светодиодами:

а – светодиод горит, когда на входе 1; б – светодиод горит, когда на входе 0;
в – светодиод горит, когда на входе 1

Светодиоды также могут управляться через ТТЛ- или КМОП-буферы (рис. 4.7,б, в).

2. Маломощные светодиоды.

Маломощные светодиоды потребляют ток 2 мА при напряжении 1,8 В. Управление ими осуществляется с помощью схем, предназначенных для стандартных светодиодов (см. рис. 4.7). Однако сопротивления резисторов, включаемых последовательно со светодиодом, должны быть другими. Соотношения между напряжением питания (V_{CC}) и величиной сопротивления (R) приведены ниже:

$$V_{CC} = 3 \dots 4 \text{ В}, \quad R = 600 \text{ Ом};$$

$$V_{CC} = 4 \dots 5 \text{ В}, \quad R = 1,6 \text{ кОм};$$

$$V_{CC} = 5 \dots 8 \text{ В}, \quad R = 3,1 \text{ кОм};$$

$$V_{CC} = 8 \dots 12 \text{ В}, \quad R = 5,1 \text{ кОм};$$

$$V_{CC} = 12 \dots 15 \text{ В}, \quad R = 6,6 \text{ кОм}.$$

3. Многоцветные светодиоды.

Существует два типа многоцветных светодиодов. Первый тип – это двухцветные, в корпусе которых совмещены зеленый и красный светодиоды. Изменяя полярность, можно менять цвет с красного на зеленый и наоборот. Второй тип – трехцветные светодиоды с тремя контактами: один общий, а два других подсоединены к анодам красного и зеленого светодиодов. Трехцветные светодиоды имеют четыре состояния: оба выключены, красный включен, зеленый включен или оба включены (дают желтый цвет).

Управление многоцветными светодиодами обеспечивают схемы, изображенные на рис. 4.7.

4.2.3. Устройства управления реле

Реле могут использоваться для управления мощными исполнительными устройствами.

Маломощные реле работают с напряжениями порядка 3,7 В и токами 7,4 мА, их управление осуществляется непосредственно микросхемами ТТЛ (рис. 4.8). Когда на вход ТТЛ подается высокий уровень, контакты реле замыкаются. Для защиты микросхемы должны использоваться диоды. Максимальное коммутируемое напряжение обычно не превышает 240 В.

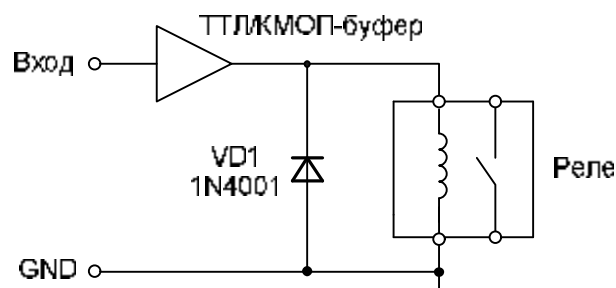


Рис. 4.8. Схема управления реле на ТТЛ/КМОП-ключах

Реле средней и большой мощности требуют больших напряжений и токов через обмотку. На рис. 4.9 показана схема на базе транзистора ZTX300. Напряжение питания схемы равно 25 В, потребляемый ток 0,5 А. Напряжение питания зависит от типа используемого реле.

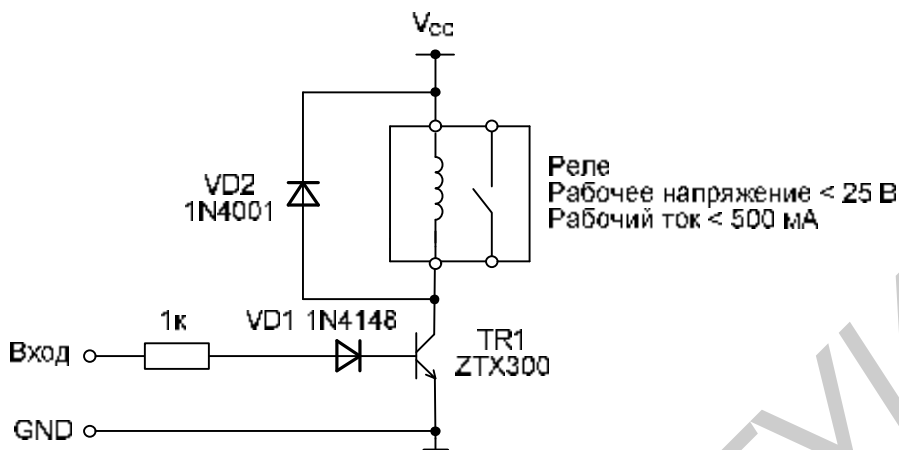


Рис. 4.9. Схема управления реле на транзисторе

4.2.4. Оптоэлектронные полупроводниковые реле на тиристорах

Полупроводниковые реле применяются в качестве коммутаторов в силовых цепях переменного тока (рис. 4.10). При подаче на вход сигнала высокого уровня загорается светодиод. Его световой поток управляет фототранзистором, который, в свою очередь, управляет тиристором, используемым в качестве коммутационного прибора. Когда тиристор включен, устройство проводит ток. Поскольку связь между входом и выходом устанавливается с помощью светового потока, разница потенциалов между ними может достигать нескольких тысяч вольт. Для таких устройств характерно наличие детектора нулевого напряжения, который включает тиристор только в том случае, когда переменное напряжение близко к нулю.

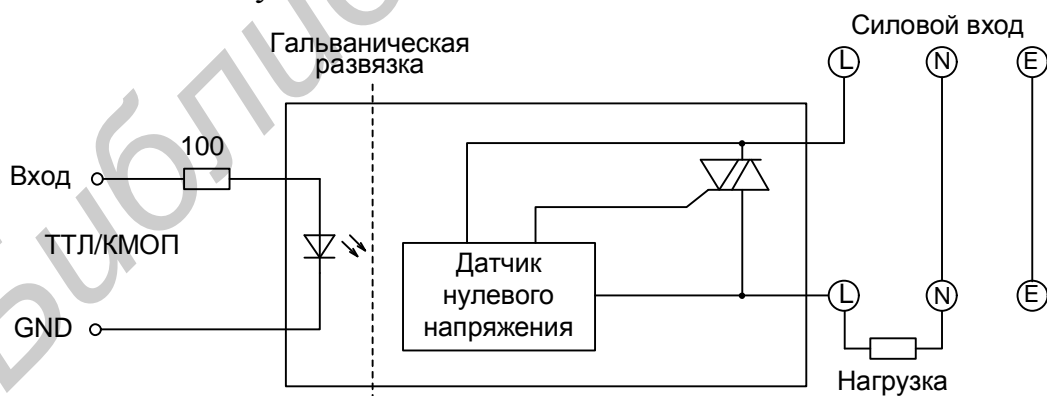


Рис. 4.10. Оптоэлектронное реле для управления в силовых цепях переменного тока

Реле MOC3041 (ISOCOM Components) содержит инфракрасный светодиод, детектор нулевого напряжения и тиристор. Блок-схема и схема включения приведены на рис. 4.10. Максимально коммутируемое напряжение составляет 400 В при токе 100 мА.

4.2.5. Устройства управления двигателями постоянного тока

Двигателями постоянного тока можно управлять с помощью реле или транзисторов. На рис. 4.11 показано устройство управления двигателем постоянного тока посредством реле. Одиночное переключающееся реле включает и выключает двигатель, а спаренное отвечает за направление вращения.

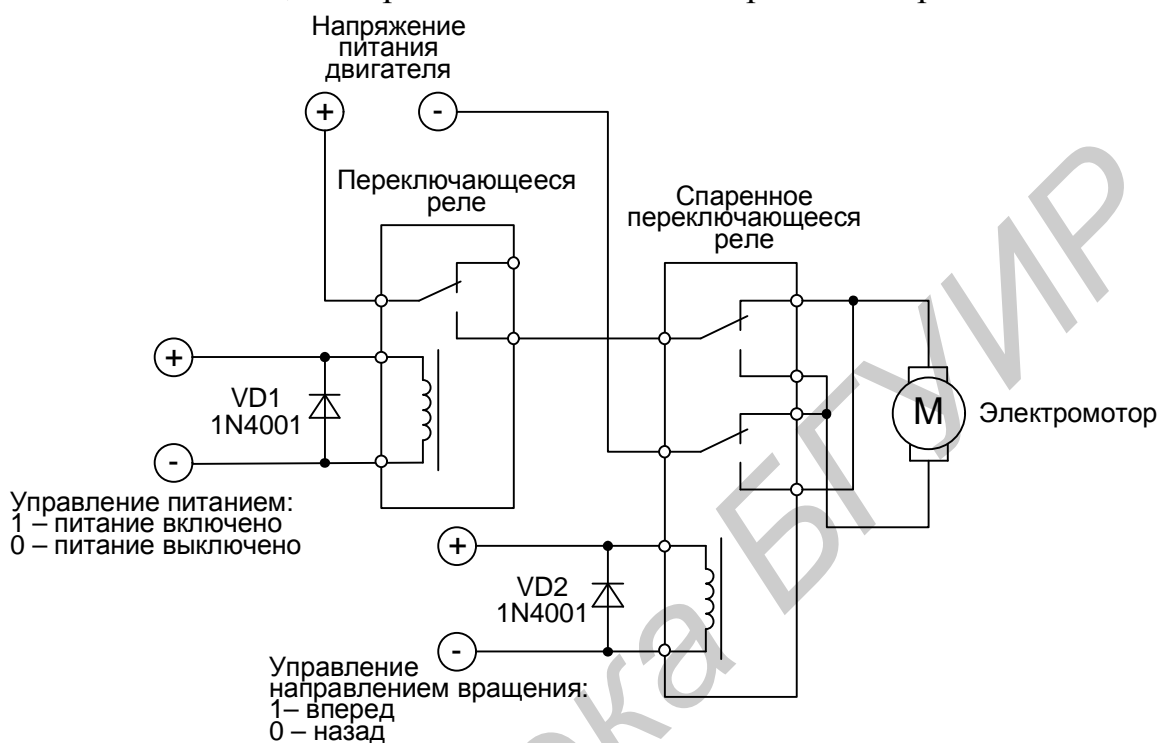


Рис. 4.11. Устройства управления двигателем постоянного тока посредством реле

Другой способ управления двигателями постоянного тока основан на использовании мостовых схем типа L298N (SGS-Thomson). Эта схема представляет собой мощное двухканальное устройство – напряжение до 46 В, ток до 2 А на каждый канал, работает от уровней ТТЛ.

С вывода VS поступает напряжение питания для двигателя, на вывод V_{SS} подается напряжение питания схемы +5 В. Выводы ENA и ENB открывают входы двух каналов. Входы IN1 и IN2 управляют первым каналом, а IN3 и IN4 – вторым. Эмиттеры транзисторов соединены для подключения внешних контролирующих датчиков. Типовая схема включения для одного канала показана на рис. 4.12.

Когда на входе ENA низкий уровень, входы IN1 и IN2 заблокированы и двигатель не вращается. Если на этот вход подать высокий уровень, входы IN1 и IN2 открываются и управляют режимами работы двигателя следующим образом:

- IN1 = 1, IN2 = 0 – двигатель вращается по часовой стрелке;
- IN1 = 0, IN2 = 1 – двигатель вращается против часовой стрелки;
- IN1 = IN2 – двигатель не вращается.

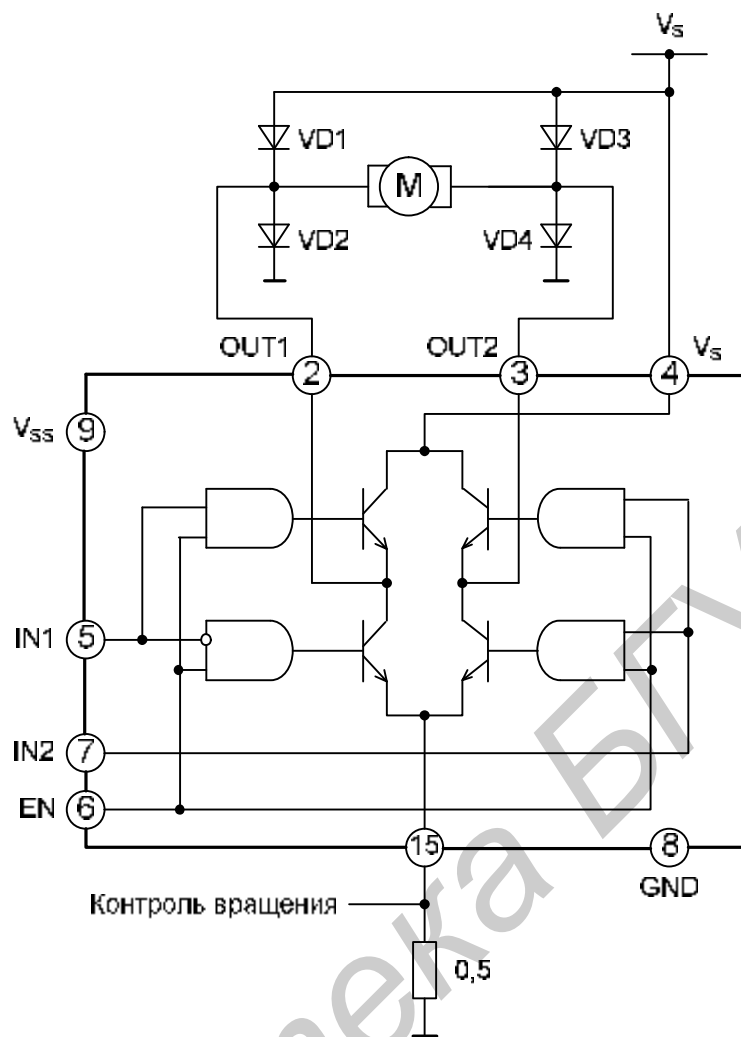


Рис. 4.12. Устройство управления двигателем постоянного тока

4.2.6. Устройства управления шаговыми двигателями

Для управления четырехфазными шаговыми двигателями используются различные алгоритмы, которые отличаются друг от друга последовательностями возбуждения обмоток. Всего существует три шаговые последовательности: волновая, полушаговая и шаговая. Порядок подачи напряжения на обмотки двигателя приведен на рис. 4.13.

Волновая последовательность возбуждения – самый простой способ управления шаговыми двигателями: обмотки возбуждаются одна за другой. При этом двигатель начинает вращаться в сторону, противоположную порядку возбуждения обмоток. Так как в одно время возбуждается только одна обмотка, вращающий момент двигателя небольшой. Для его увеличения используется шаговая последовательность, которая аналогична предыдущей, но здесь одновременно возбуждаются две обмотки, благодаря чему увеличивается вращающий момент двигателя. Полушаговая последовательность возбуждения – это комбинация первых двух. Во время одного оборота ротора количество циклов возбуждения удваивается. При этом режиме двигатель работает более ровно. Для управления двигателями существуют специальные микросхемы.

Шаг	A	B	C	D
1	Вкл	Откл	Откл	Откл
2	Откл	Вкл	Откл	Откл
3	Откл	Откл	Вкл	Откл
4	Откл	Откл	Откл	Вкл

а

Шаг	A	B	C	D
1	Вкл	Откл	Откл	Вкл
2	Вкл	Вкл	Откл	Откл
3	Откл	Вкл	Вкл	Откл
4	Откл	Откл	Вкл	Вкл

б

Шаг	A	B	C	D
1	Вкл	Откл	Откл	Откл
2	Вкл	Вкл	Откл	Откл
3	Откл	Вкл	Откл	Откл
4	Откл	Вкл	Вкл	Откл
5	Откл	Откл	Вкл	Откл
6	Откл	Откл	Вкл	Вкл
7	Откл	Откл	Откл	Вкл
8	Вкл	Откл	Откл	Вкл

в

Рис. 4.13. Шаговые последовательности запуска четырехфазного шагового двигателя: а – волновая; б – полушаговая; в – шаговая

Микросхема UCN5804 (Allegro Microsystems) может генерировать все три последовательности (рис. 4.14). Для ее работы требуются два источника питания: один – для самой микросхемы (контакт 16), максимальное напряжение 7 В, другой – для управления двигателем (контакты 2 и 7). Выходы А, В, С и D соединены с транзисторами Дарлингтона (максимальное напряжение 35 В, максимальный ток 1,5 А).

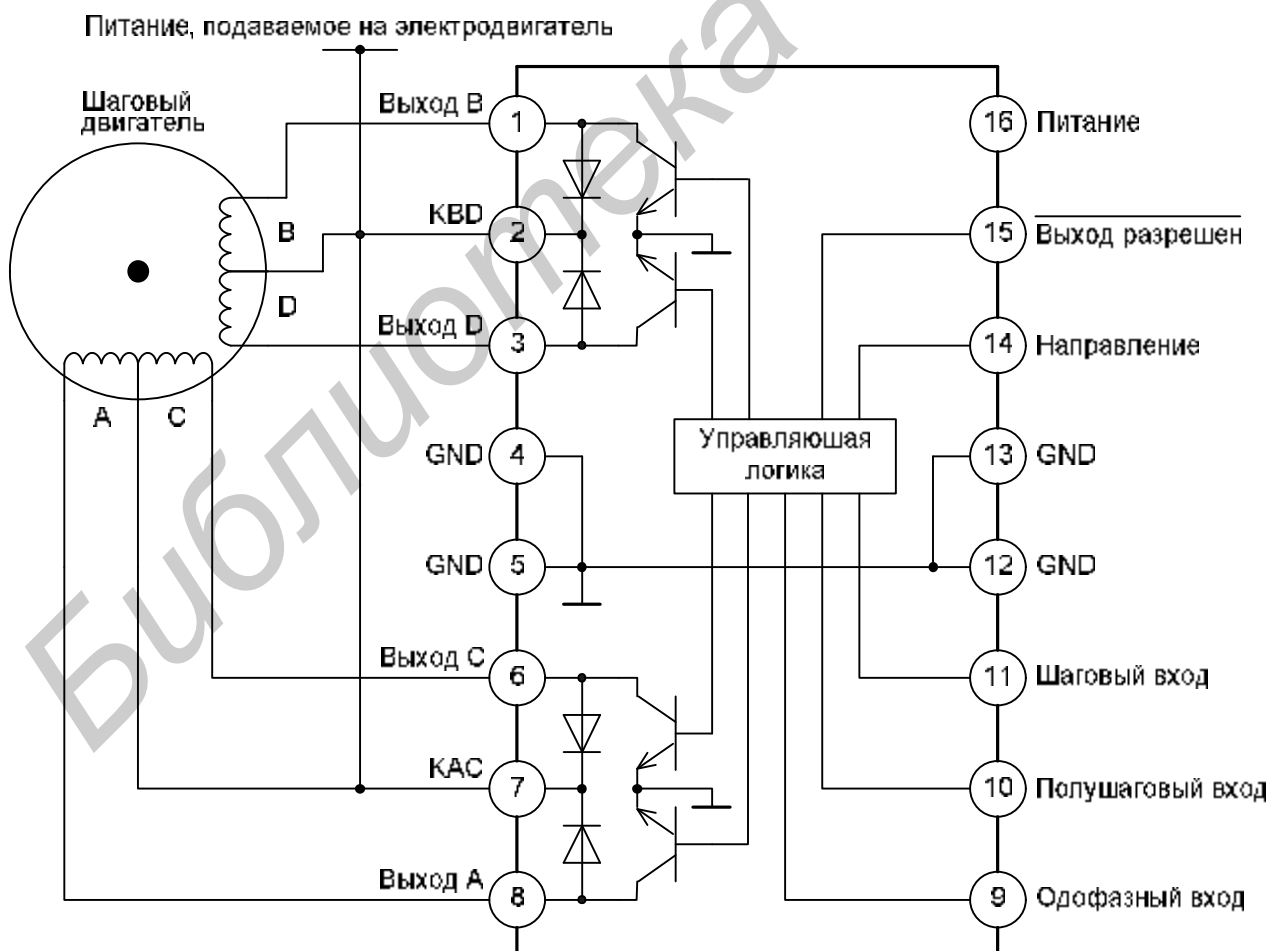


Рис. 4.14. Назначение выводов и типовое включение микросхемы UCN5804

Вход «Выход разрешен» управляет микросхемой: когда на него подан сигнал высокого уровня, все выходы закрыты. Вход «Направление» устанавливает направление вращения двигателя, а вход «Шаговый вход» поворачивает двигатель на один шаг по отрицательному фронту сигнала, поданного на него. Режимы возбуждения двигателя устанавливаются с помощью входов «Однофазный» и «Полушаговый»:

- «Однофазный» = 0, «Полушаговый» = 0 – шаговый;
- «Однофазный» = 1, «Полушаговый» = 0 – волновой;
- «Однофазный» = 0, «Полушаговый» = 1 – полушаговый;
- «Однофазный» = 1, «Полушаговый» = 1 – блокировка.

Во время работы состояние входов «Однофазный», «Полушаговый» и «Направление» можно изменить, если на входе «Шаговый вход» присутствует логическая единица.

Для управления четырехфазными шаговыми двигателями может применяться и микросхема SAA1027 (Philips Semiconductor). Напряжение питания микросхемы должно быть от 9,5 до 18 В, максимальный выходной ток – 500 мА. Микросхема несовместима с ТТЛ-логикой. Напряжение выше 7,5 В интерпретируется как логическая единица, а напряжение ниже 4,5 В – как логический ноль.

4.2.7. Управление звуковыми устройствами

Рассмотрим устройства управления пьезоэлектрическими динамиками, зуммерами и сиренами (рис. 4.15).

Пьезоэлектрические динамики служат для генерации звуков. Они имеют максимальное входное напряжение 50 В и номинальный ток 10 мА. На рис. 4.15,а изображена схема, использующая КМОП/ТТЛ-буфер для управления таким динамиком. Схема транзисторного устройства управления ZTX300 показана на рис. 4.15,б. Чтобы получить звук, необходимо подать на вход последовательность импульсов. Полупроводниковые зуммеры – это автономные динамики, способные генерировать тон частотой порядка 450 Гц. На рис. 4.15,в представлена схема управления полупроводниковым зуммером на транзисторе ZTX300. Для генерации звука на базу ZTX300 необходимо подать высокий уровень напряжения. При управлении сиренами можно использовать такие же схемы.

4.2.8. Многоразрядные светодиодные дисплеи со встроенными схемами

управления

Микросхема TSM6234T (Three Five System) представляет собой четырехразрядный зеленый светодиодный дисплей со встроенным последовательным входом. Потребляемый каждым сегментом ток равен 2,0 мА. Ток, необходимый светодиодам, определяется внешним резистором и обычно в 25 раз превышает ток, протекающий через вывод управления яркостью.

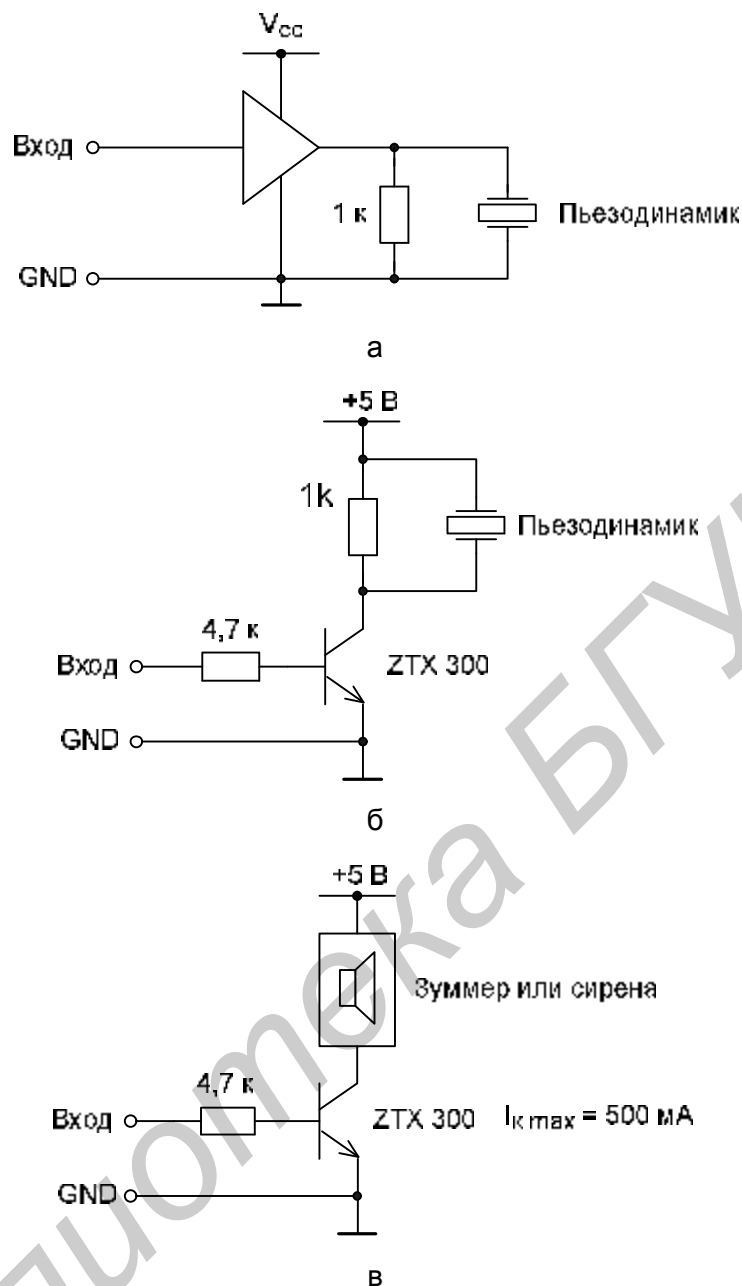


Рис. 4.15. Схемы управления для звуковых устройств:

а – на базе ТТЛ/КМОП-буфера; б – на транзисторе; в – управление зуммером или сиреной

Структура микросхемы TSM6234T представлена на рис. 4.16. Между выводом управления яркостью и общим выводом должен быть включен конденсатор емкостью 0,1 мкФ. Для работы дисплея нужно два напряжения питания: V_{dd} и V_{led} . Напряжение V_{dd} предназначено для питания внутренней схемы управления и может меняться от 4,75 до 12 В. Потребляемый ток равен 7 мА для напряжения 12 В. Напряжение V_{led} обычно составляет 5 В и служит для питания светодиодов дисплея.

Последовательная передача данных осуществляется по трем ТТЛ-совместимым линиям: «Последовательные данные», \overline{ENABLE} и $CLOCK$. На рис. 4.17 изображены временные диаграммы загрузки данных в дисплей.

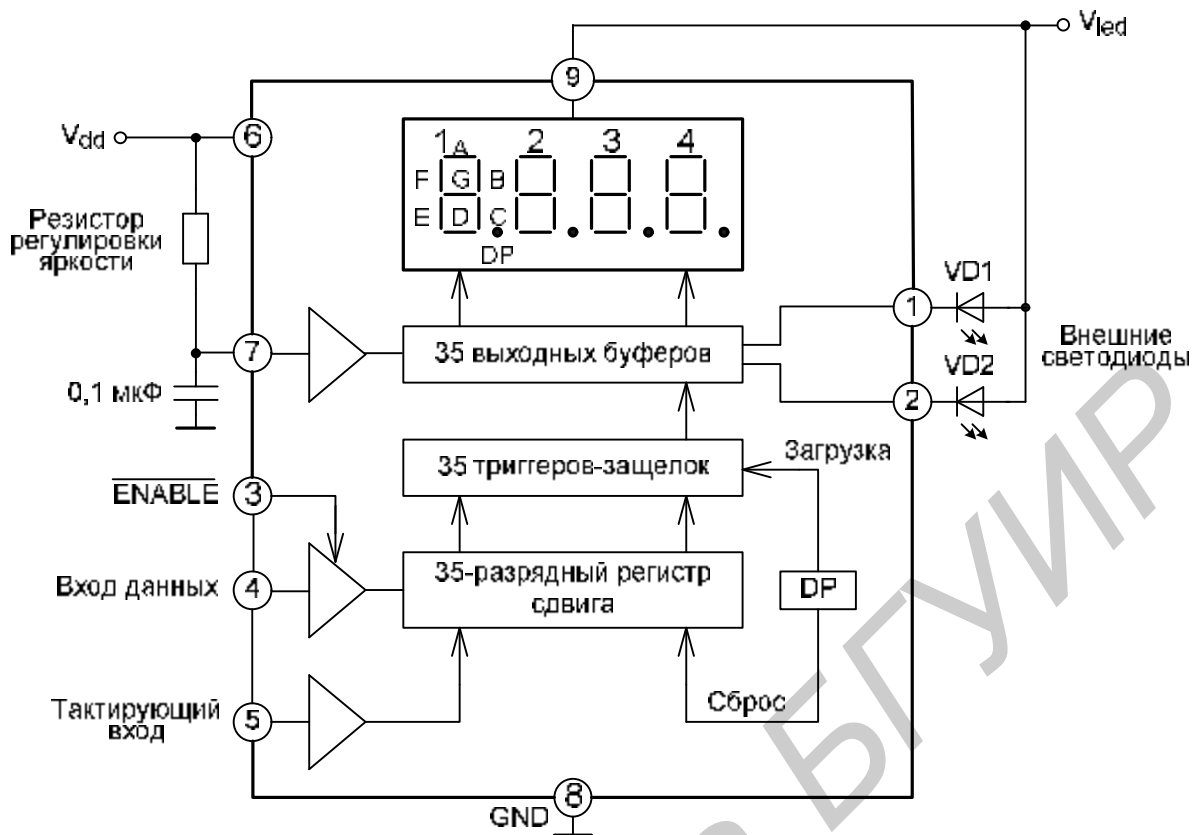


Рис. 4.16. Структура микросхемы TSM6234T

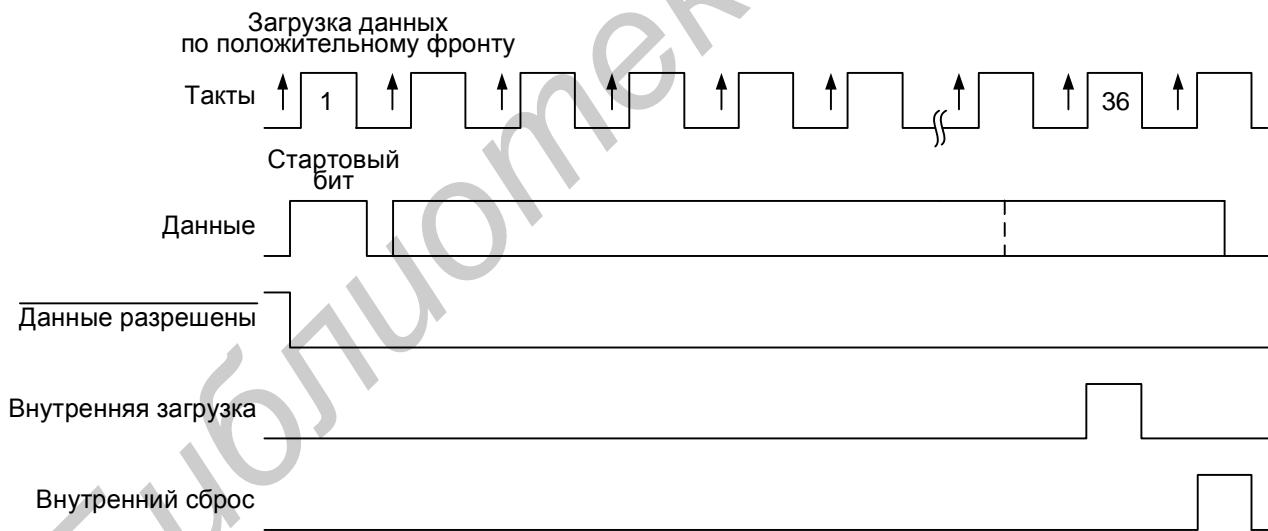


Рис. 4.17. Временные диаграммы светодиодного дисплея TSM6234

Формат передачи данных состоит из стартовой единицы и 35 бит данных. По каждому положительному фронту тактового импульса биты данных последовательно записываются во входной сдвиговый регистр. Чтобы открыть вход, надо подать на вход $\overline{\text{ENABLE}}$ сигнал низкого уровня. При прохождении 36-го фронта тактового импульса генерируется сигнал загрузки, который перезаписывает 35 бит данных из регистра сдвига в буфер-защелку. Во время прохождения следующего фронта формируется сигнал «Сброс», который очищает ре-

гистр сдвига. При включении питания генерируется сигнал «Сброс при включении», который очищает все регистры сдвига и буфер-защелку. Стартовый бит и тактовый импульс возвращают микросхему в режим загрузки данных. Для очистки дисплея необходимо подать стартовый бит и 35 нулей. Эта процедура также сбрасывает микросхему. Бит 1, следующий сразу за стартом, определяет состояние сегмента А первой цифры, бит 2 – состояние сегмента В первой цифры и т.д.

Функции 35 бит последовательных данных можно определить так:

- биты 1...8 – сегменты А...DP первой цифры;
- биты 9...16 – сегменты А...DP второй цифры;
- биты 17...24 – сегменты А...DP третьей цифры;
- биты 25...32 – сегменты А...DP четвертой цифры.

4.2.9. Аналого-цифровые преобразователи

Аналого-цифровой преобразователь (АЦП) формирует на выходе двоичный код, прямо пропорциональный входному напряжению. Это одно из основных устройств, позволяющее передавать аналоговые сигналы в микроконтроллер. Существует три основных типа АЦП: параллельные, последовательного приближения и с двойным интегрированием. Параллельные АЦП имеют наибольшую скорость преобразования; у АЦП с двойным интегрированием максимальная точность преобразования, но они менее быстрые. В качестве компромисса между скоростью и точностью выступают АЦП последовательного приближения. Один из основных параметров, влияющих на точность преобразования, – это шаг квантования (V_{lsb}), равный приращению напряжения, которое необходимо для изменения кода в младшем разряде. Существуют два типа интерфейса ввода/вывода между АЦП и внешними схемами: параллельный и последовательный. При параллельном интерфейсе выходные данные снимаются через параллельную шину, имеющую несколько линий данных, при последовательном данные считываются по одной линии.

Рассмотрим микросхему LTC1288CN8 (Linear Technology), представляющую собой маломощный 12-разрядный аналого-цифровой преобразователь последовательного приближения (рис. 4.18). Напряжение источника питания (2,7...6 В) подается на выводы V_{CC}/V_{ref} (плюс) и GND (минус). Вывод V_{CC}/V_{ref} также служит входом опорного напряжения, поэтому источник питания по шумам и пульсациям должен быть высокого качества. Ток потребления равен 260 мкА при частоте дискретизации 6,6 кГц и напряжении питания 2,7 В. Когда микросхема находится в режиме ожидания, ток потребления снижается до нескольких наноампер. В этом АЦП имеется два аналоговых входа CH0 и CH1, которые могут быть настроены на два режима: в первом входное напряжение подается на каждый вход относительно GND (режим несимметричного ввода), во втором – на два входа (дифференциальный режим). Ток потребления аналогового входа составляет 1 мкА.

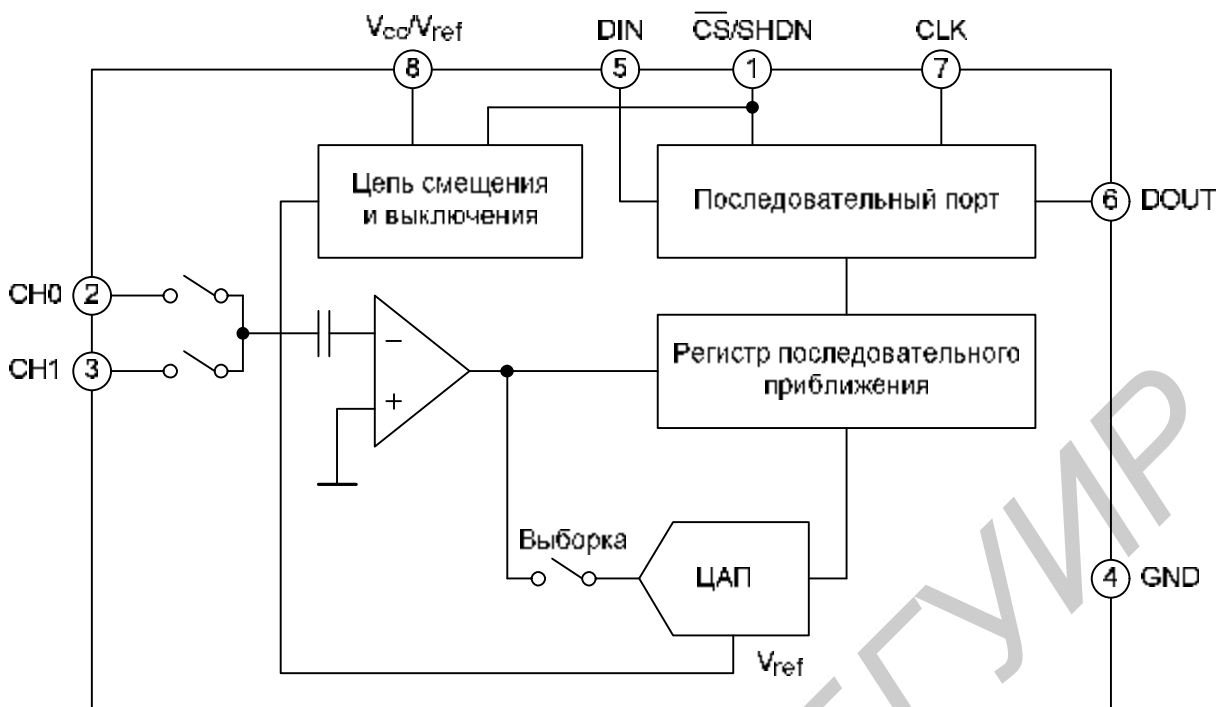


Рис. 4.18. Структура АЦП LTC1288

Микросхема LTC1288 соединяется с другими внешними схемами с помощью четырехпроводного последовательного интерфейса. Вывод $\overline{CS}/SHDN$ предназначен для выбора микросхемы (низким уровнем). Когда на нем высокий уровень, микросхема находится в режиме ожидания. На вход CLK подается тактовый сигнал, синхронизирующий последовательную передачу данных и определяющий скорость преобразования. Каждый разряд результата преобразования передается во время прохождения отрицательного фронта импульса CLK. При прохождении положительного фронта блокируется ввод данных в микросхему. Цифровой вход DIN используется для последовательной загрузки адреса выбранного аналогового входа. Результат преобразования появляется на выходе цифровых данных DOUT.

Временные диаграммы работы АЦП LTC1288 приведены на рис. 4.19. Цикл начинается при прохождении отрицательного фронта импульса по входу выбора микросхемы $\overline{CS}/SHDN$. Затем микросхема ждет стартовый бит – положительный импульс на входе DIN, который загружается в LTC1288 по положительному фронту тактового импульса CLK. Далее в микросхему поступает трехразрядное управляющее слово (биты 1–3) для настройки режима ввода и формата вывода последовательных данных.

Биты 1 и 2 управляющего слова настраивают аналоговый режим ввода:

бит 1 = 1, бит 2 = 0 – измерение напряжения между каналом 0 и GND (несимметричный ввод);

бит 1 = 1, бит 2 = 1 – измерение напряжения между каналом 1 и GND (несимметричный ввод);

бит 1 = 0, бит 2 = 0 – измерение напряжения между каналами 0 и 1 (дифференциальный ввод);

бит 1 = 0, бит 2 = 1 – измерение напряжения между каналами 1 и 0 (дифференциальный ввод).

Бит 3 управляющего слова предназначен для выбора формата выходных данных:

бит 3 = 1 – сдвиг бит результата преобразования от старшего к младшему (B11...B0);

бит 3 = 0 – сдвиг бит результата преобразования от младшего к старшему (B0...B11).

Преобразование начинается при прохождении отрицательного фронта тактового импульса четвертого такта. Сразу после этого на выходе DOUT появляется сигнал низкого уровня. При следующих 12 отрицательных фронтах тактовых импульсов на выходе DOUT появляются 12 разрядов результата преобразования. Изменение сигнала на входе DIN не влияет на результат.

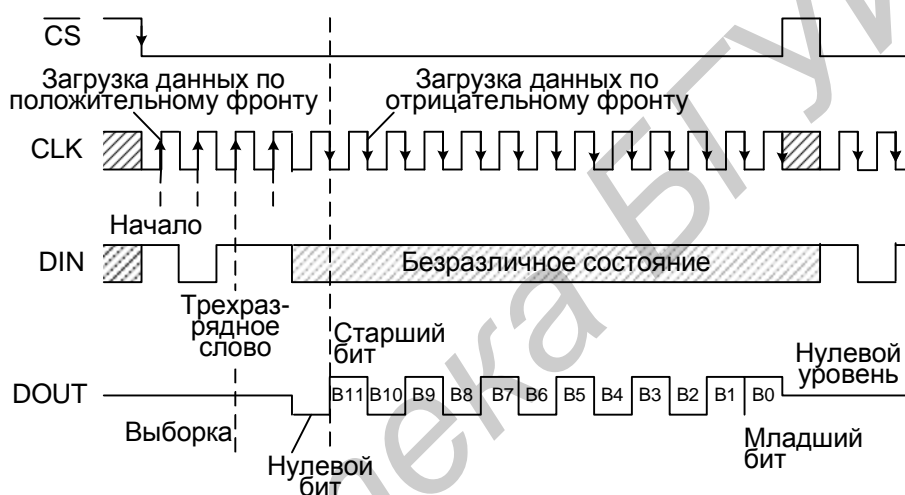


Рис. 4.19. Временные диаграммы работы АЦП LTC1288

4.2.10. Цифровые датчики температуры

Для измерения температуры в цифровых устройствах необходимы температурный датчик, схема управления и АЦП. Последние модели температурных датчиков совмещают эти компоненты в одном кристалле.

Микросхема DS1620 (Dallas) представляет собой девятиразрядный термометр и термостат, служащий для измерения и отображения температуры (рис. 4.20). Он имеет три выхода, которые используются при работе микросхемы в режиме термостата. Настройки выходного сигнала можно запрограммировать и сохранить во внутренней энергонезависимой памяти. Устройство измеряет температуру от -55 до $+125$ °C с шагом $0,5$ °C, преобразование занимает 1 с.

Передача данных от микросхемы к внешнему устройству осуществляется по трехпроводной последовательной шине: CLK/\overline{CONV} , DQ и \overline{RST} . Эти выходы совместимы с уровнями ТТЛ. Вывод THIGH – выход триггера высокой температуры. Если температура превышает установленный верхний порог, то выход THIGH сигнализирует об этом высоким уровнем и остается в таком состоянии до тех пор, пока температура не упадет ниже заданного порога. TLOW – выход

триггера низкой температуры. Если температура опускается ниже определенного нижнего предела, то на нем появляется сигнал высокого уровня, сохраняющийся до тех пор, пока температура не поднимется выше указанного предела. TCOM – это выход комбинированного триггера высокой и низкой температуры: TCOM = 1, когда температура превышает верхний предел, и TCOM = 0, когда она опускается ниже нижнего предела. Потребляемый ток в режиме ожидания равен 1 мкА, в рабочем режиме – 1 мА.

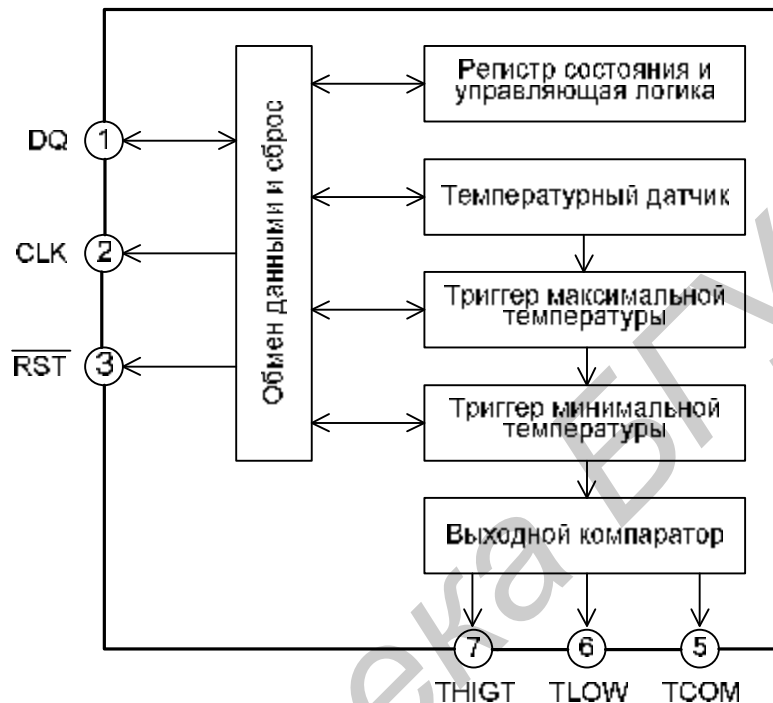


Рис. 4.20. Структура термометра DS1620

Управление устройством осуществляется в два этапа: сначала команды управления последовательно загружаются в микросхему, а затем девятиразрядное число, соответствующее температуре, либо считывается, либо записывается. Микросхема имеет девять команд:

- 1) Read temp (AAh): чтение значения регистра, содержащего результат последнего измерения, – 9 бит данных;
- 2) Start conversion T (Eeh): запуск процесса измерения температуры, данные не передаются;
- 3) Stop convert T (22h): остановка измерения, данные не передаются;
- 4) Write TH (01h): запись верхнего предела в триггер высокой температуры – 9 бит данных;
- 5) Write TL (02h): запись нижнего предела в триггер низкой температуры – 9 бит данных;
- 6) Read TH (A1h): чтение содержимого триггера высокой температуры – 9 бит данных;
- 7) Read TL (A2h): чтение содержимого триггера низкой температуры – 9 бит данных;

8) Write configuration (OCh): запись настроечных данных в регистр настройки – 8 бит данных;

9) Read configuration (ACh): чтение настроечных данных из регистра настройки – 8 бит данных.

Настроечное слово управляет режимами работы микросхемы DS1620. Оно сохраняется в регистре настройки. Функции бит регистра приведены ниже:

7	6	5	4	3	2	1	0
DONE	THF	TLF	NVB	1	0	CPU	1SHOT

DONE – флаг преобразования:

0 = идет преобразование;

1 = преобразование завершено;

THF – флаг высокой температуры:

1 = если температура равна или выше верхнего предела. Остается в единичном состоянии до тех пор, пока его не сбросят, записав ноль, или не отключат питание устройства;

TLF – флаг низкой температуры:

1 = если температура равна или ниже нижнего предела. Остается в единичном состоянии до тех пор, пока его не сбросят, записав ноль, или не отключат питание устройства;

CPU – бит управления:

0 = вход CLK/\overline{CONV} управляет началом цикла измерения;

1 = микросхема работает в режиме обмена информацией с внешним устройством;

1SHOT – режим измерения:

1 = производится один цикл измерения после поступления команды;

0 = непрерывное измерение температуры.

Данные о температуре имеют девятибитовый формат: старший бит задает знак, а восемь младших – значение температуры в дополнительном коде. Дискретность представления температуры равна 0,5 °C. Примеры соответствия значений температуры и выходных данных приведены ниже:

+125 °C 0 11111010 (00FA)

+25 °C 0 00110010 (0032)

+0,5 °C 0 00000001 (0001)

0 °C 0 00000000 (0000)

-0,5 °C 1 11111111 (01FF)

-25 °C 1 11001110 (01CE)

-55 °C 1 10010010 (0192)

Временные диаграммы передачи данных представлены на рис. 4.21. Передача начинается при поступлении положительного фронта на вход RST. Если на этот вход подать 0, то передача прекращается. Процессами чтения и записи управляет тактирующий вход микросхемы. Один тактовый цикл состоит из от-

рицательного фронта и следующего за ним положительного. При записи информации состояние бит данных должно оставаться неизменным во время прохождения положительного фронта. При считывании данные выводятся из устройства по каждому отрицательному фронту тактовых импульсов. Когда на тактовом входе высокий уровень, выход DQ имеет высокое сопротивление. При чтении данных младший бит передается первым. Этот вывод используется как для приема, так и для передачи данных.

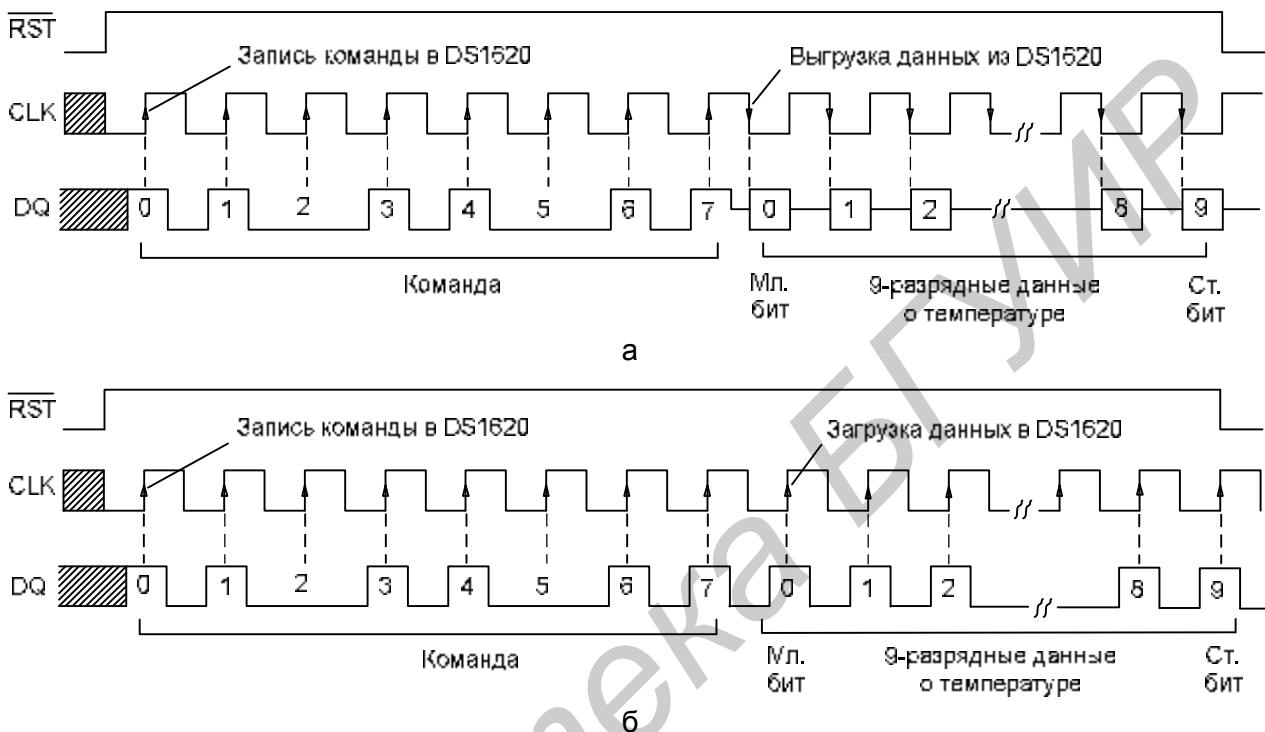


Рис. 4.21. Временные диаграммы работы микросхемы DS1620:
а – последовательность выдачи данных; б – последовательность приема данных

4.2.11. Клавиатура

Существует два вида клавиатур, подключаемых к микроконтроллеру: со сканированием и с кодированием.

На рис. 4.22 показана 12-клавишная сканирующая клавиатура. Клавиши расположены в узлах матрицы, у которой четыре линии строк и три линии столбцов. На линии столбцов по очереди подается низкий уровень. В этот момент проверяется состояние четырех линий строк. Если нажатых клавиш нет, все линии строк имеют высокий уровень (они подключены к напряжению питания +5 В через нагрузочные резисторы). Если же клавиша нажата и на линии столбца, соответствующего нажатой клавише, находится низкий уровень, то и на соответствующей линии строки также будет низкий уровень. Зная номера столбца и строки, можно получить позицию (номер, код) нажатой клавиши.

В клавиатуре с кодированием используются специализированные микросхемы (контроллеры клавиатуры), которые обнаруживают нажатие клавиши и показывают ее код в параллельном виде на выходе. Микроконтроллер считыва-

ет данные и определяет, какая клавиша нажата. В качестве примера такого устройства можно привести микросхему MM74C922 (National Semiconductors).

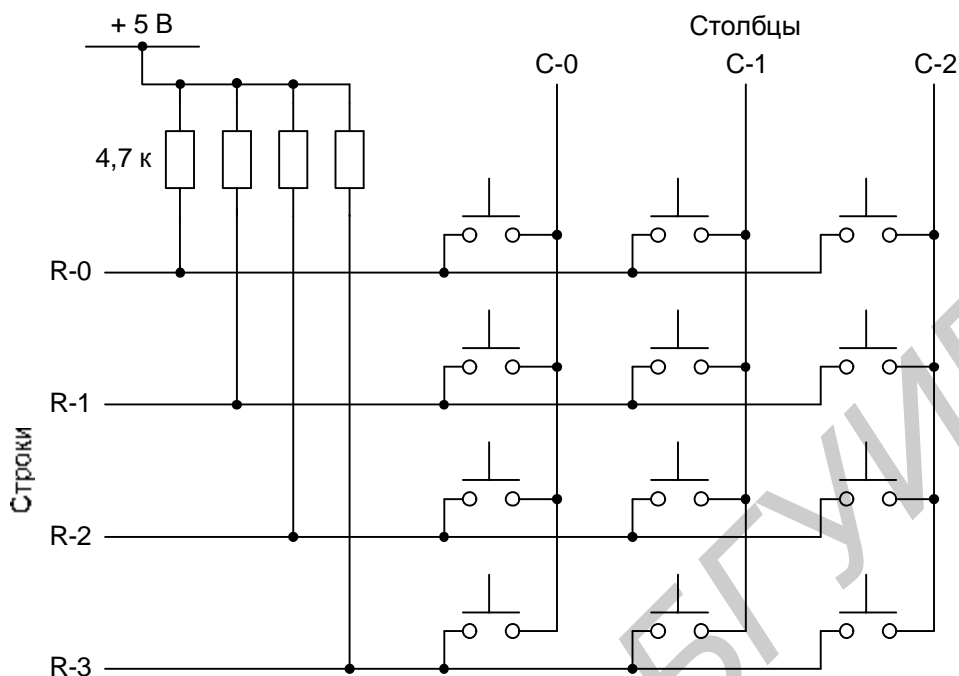


Рис. 4.22. Матричная клавиатура 3x4

4.2.12. Цифроаналоговые преобразователи

Цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) преобразует входной двоичный код в пропорциональное ему аналоговое напряжение или ток. ЦАП широко используется при синтезе речи, музыки и во многих других случаях, когда необходимо обеспечить компьютерное управление внешними аналоговыми устройствами в реальном масштабе времени.

Простой ЦАП можно построить с помощью резисторной матрицы R-2R, как показано на рис. 4.23. Такое устройство подходит для приложений, не требующих большой точности преобразования. Чтобы получить высокое качество преобразования, необходимо использовать специализированные интегральные схемы ЦАП.

Микросхема ZN428 (GEC-Plessey) представляет собой восьмиразрядный цифроаналоговый преобразователь с буфером-защелкой для входных данных. Он состоит из матрицы R-2R и быстродействующих коммутаторов, что обеспечивает время преобразования, равное 800 нс. Формируемое микросхемой опорное напряжение составляет 2,5 В, напряжение источника питания +5 В, ток потребления в режиме покоя 20 мА.

Микросхема DAC0854BIN (National Semiconductor) – это четырехканальный восьмиразрядный цифроаналоговый преобразователь с последовательным интерфейсом ввода/вывода. Напряжение источника питания микросхемы равно +5 В, ток потребления – 14 мА. DAC0854 содержит четыре ЦАП, для каждого из которых имеется вход опорного напряжения V_{ref} и выход аналогового на-

пряжения V_{out} . Встроенный источник опорного напряжения формирует напряжение 2,65 В.

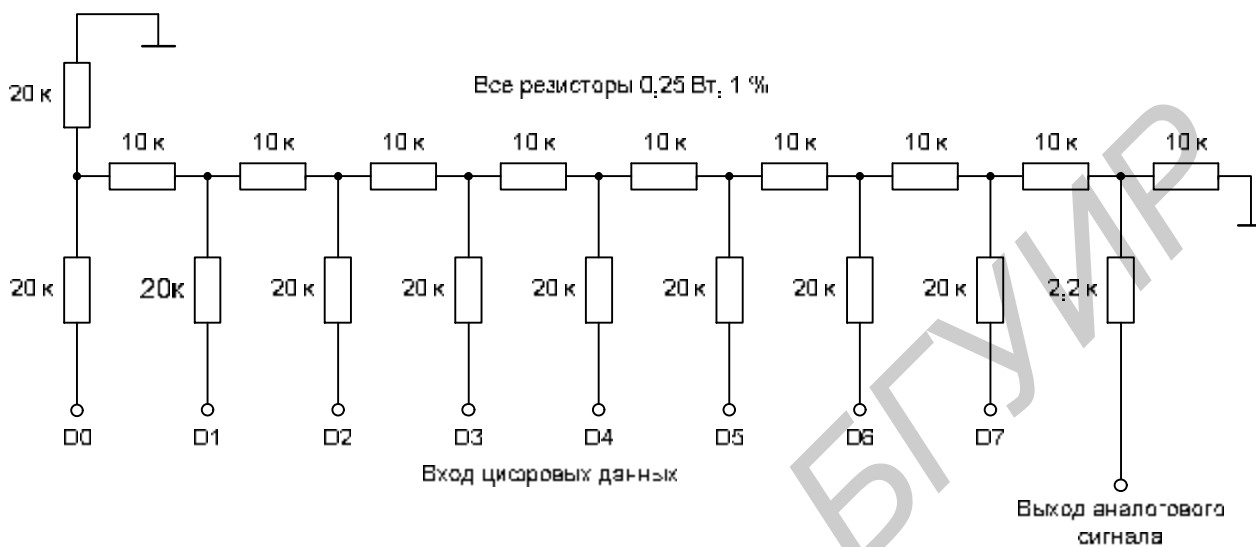


Рис. 4.23. Простая схема ЦАП на основе резисторной матрицы

Подробное описание указанных микросхем ЦАП, а также варианты их использования содержатся в фирменной документации.

5. ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО

ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ

Проектирование прикладного программного обеспечения микропроцессорной системы распадается на два основных этапа:

- 1) разработку алгоритма работы системы (решения поставленной задачи);
- 2) собственно программирование – разработку прикладных программ на некотором языке программирования с помощью системных средств поддержки проектирования.

Первый этап предполагает выполнение следующих последовательных действий:

- разработка общей блок-схемы алгоритма работы системы;
- разработка детализированных блок-схем алгоритма отдельных процедур, выделенных на основе модульного принципа составления программ;
- детальная проработка интерфейса микроконтроллера и внесение исправлений в общую и детализированные блок-схемы алгоритма.

Так как алгоритм есть точно определенная процедура, предписывающая микроконтроллеру однозначно определенные действия по преобразованию исходных данных в обработанные выходные данные, то разработка блок-схемы алгоритма требует предельной точности и однозначности. В основе разработки блок-схемы алгоритма лежит принцип модульного проектирования – метод декомпозиции, при котором функциональные модули, полученные на этапе предварительного проектирования, последовательно разделяются на меньшие функциональные модули, каждый из которых можно анализировать, разрабатывать и отлаживать отдельно от других. При выполнении прикладной программы в микроконтроллере управление однозначно (без всяких двусмысленностей) передается от одного функционального модуля к другому. Схема связности этих функциональных модулей, каждый из которых реализует некоторую процедуру, образует общую (системную) блок-схему алгоритма прикладной программы. Разделение на модули выполняется последовательно до такого уровня, который обеспечивает получение простого и понятного (прозрачного) алгоритма модуля.

Программные модули должны иметь только одну точку входа и одну точку выхода. Только в этом случае отдельные модули можно разрабатывать и отлаживать независимо, а затем объединять в законченную прикладную программу с минимальными проблемами их взаимосвязей. Источником подавляющего большинства ошибок программирования является использование модулей, имеющих один вход и несколько выходов. При необходимости организации множественных ветвлений в программе условные переходы или включают внутрь модуля, объединяя их с операциями обработки, или выносят в систему межмодульных связей, формируя тем самым блок-схемы алгоритма более высокого уровня, или используют систему программных флагов.

Разработка блок-схемы алгоритма функционального модуля программы имеет ярко выраженный итеративный характер, т.е. требует многократных проб, прежде чем возникает уверенность, что алгоритм реализации процедуры правильный и завершённый. Вне зависимости от функционального назначения процедуры при разработке ее блок-схемы алгоритма необходимо придерживаться следующей последовательности действий:

- 1) определить, что должен делать модуль;
- 2) определить способы получения модулем исходных данных (от датчиков через порты ввода, из таблиц в памяти, через рабочие регистры);
- 3) определить необходимость какой-либо предварительной обработки введенных исходных данных (маскирование, сдвиг, масштабирование, перекодировка);
- 4) определить способ преобразования входных данных в требуемые выходные;
- 5) определить способы выдачи из модуля обработанных данных (передать в память, в вызывавший модуль, в порты вывода);
- 6) определить необходимость какой-либо постобработки выводимых данных (изменение формата, перекодирование, масштабирование, маскирование);
- 7) проверить работоспособность алгоритма на бумаге путем подстановки в него действительных данных. Убедиться в его сходимости и результативности;
- 8) рассмотреть предельные случаи и попытаться определить граничные значения информационных объектов, с которыми оперирует алгоритм, за пределами которых он теряет свойства конечности, сходимости или результативности. Особое внимание при этом следует уделить анализу возможных ситуаций переполнения разрядной сетки микроконтроллера, изменения знака результата операции, деления на ноль и т.п.;
- 9) провести мысленный эксперимент по определению работоспособности алгоритма в реальном масштабе времени, когда асинхронные события, происходящие в объекте управления, могут оказать влияние на работу алгоритма. При этом самому тщательному анализу следует подвергнуть реакцию алгоритма на возможные прерывания с целью определения критических операций, которые необходимо защитить от прерываний. Кроме того, следует проанализировать логику алгоритма с целью определения таких последовательностей операций, при выполнении которых микроконтроллер может не заметить кратковременных событий в объекте управления. При обнаружении таких ситуаций в логику блок-схемы алгоритма следует внести изменения.

Преобразование разработанной блок-схемы алгоритма в исходный текст программы – относительно несложный процесс. Прежде чем приступить к написанию программы, необходимо выполнить распределение памяти и рабочих регистров.

Распределение памяти и рабочих регистров заключается в определении адреса первой команды прикладной программы, действительных начальных адресов стека, таблиц данных, переменных, областей передачи параметров между подпрограммами, подпрограмм обслуживания прерываний и т.п. При этом сле-

дует помнить, что в микроконтроллере память программ и память данных физически и/или логически разделены.

Библиотека БГУИР

ЛИТЕРАТУРА

1. Фридмен М., Ивенс Л. Проектирование систем с микрокомпьютерами: Пер. с англ. – М.: Мир, 1986.
2. Сташин В.В. и др. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах / В.В. Сташин, А.В. Урусов, О.Ф. Мологонцева. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
3. Ан П. Сопряжение ПК с внешними устройствами / Пей Ан; Пер. с англ. П.В. Мерещука. – 2-е изд., стер. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2004.
4. Шагурин И.И. Микропроцессоры и микроконтроллеры фирмы Motorola: Справочное пособие. – М.: Радио и связь, 1998.
5. Шагурин И.И. Современные микроконтроллеры и микропроцессоры Motorola: Справочник. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004.
6. Нерода В.Я., Горбинский В.Э., Шлыков Е.Л. Однокристалльные микроЭВМ MCS-51. – М.: Диджитал Компонентс, 1995.
7. Пухальский Г.И. Проектирование микропроцессорных систем: Учеб. пособие для вузов. – СПб.: Политехника, 2001.
8. Современные микроконтроллеры: Архитектура, средства проектирования, примеры применения, ресурсы сети Интернет / Под ред. И.В. Коршуна. – М.: Аким, 1998.
9. Яценков В.С. Микроконтроллеры Microchip: Практ. руководство. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005.
10. Предко М. Руководство по микроконтроллерам. – М.: Постмаркет, 2001.
11. Бродин В.Б., Шагурин И.И. Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс. – М.: Эком, 1999.
12. Тавернье К. PIC-микроконтроллеры. Практика применения. – М.: ДМК Пресс, 2004.
13. Бойко В. Схемотехника электронных систем. Микропроцессоры и микроконтроллеры. – СПб.: ВНУ, 2004.
14. Бродин В.Б., Калинин А.В. Системы на микроконтроллерах и БИС программируемой логики. – М.: Эком, 2002.
15. Петровский А.А., Качинский М.В., Клюс В.Б., Давыдов А.Б. Проектирование ЭВС на однокристалльных микроконтроллерах: Метод. пособие по курсам «Микропроцессорная техника», «Проектирование компьютерных систем» для студ. спец. «Проектирование и технология ЭВС». В 3 ч. Ч. 1: 8-разрядные микроконтроллеры фирмы Motorola. – Мн.: БГУИР, 2000.
16. Петровский А.А., Качинский М.В., Клюс В.Б., Давыдов А.Б. Проектирование ЭВС на однокристалльных микроконтроллерах: Метод. пособие по курсам «Микропроцессорная техника», «Проектирование компьютерных систем» для студ. спец. «Проектирование и технология ЭВС». В 3 ч. Ч. 2: 8-разрядные микроконтроллеры семейства M68HC11. – Мн.: БГУИР, 2002.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(название вуза)

Факультет компьютерного проектирования

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

« _____ » _____ 200 _____ г.

ЗАДАНИЕ

по курсовому проектированию

Студенту гр. 210703 Боровику И.В.

1. Тема проекта Разработка цифрового устройства на базе микроконтроллера

2. Срок сдачи студентом законченного проекта 23 мая 2005 г.

3. Исходные данные к проекту Задание № 34.

3.1. Разработать систему охранной сигнализации офисного помещения на базе микроконтроллера.

3.2. Система охранной сигнализации должна выполнять следующие действия:

1) обнаруживать, когда открывается дверь или окно;

2) обнаруживать, если кто-то движется внутри помещения;

3) обеспечивать включение/выключение режима охраны помещения с централизованного пульта;

4) обеспечивать индикацию состояния помещения на централизованном пульте.

3.3. Система охранной сигнализации должна быть несложной в управлении и минимизировать число ложных тревог.

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень вопросов, подлежащих разработке)

4.1. Введение. Постановка задачи.

4.2. Анализ задачи. Функциональная спецификация системы.

4.3. Предварительное проектирование системы. Разбиение системы на модули, выбор соотношения между аппаратными и программными средствами,

построение структурной схемы аппаратной части системы. Описание структурной схемы.

4.4. Проектирование аппаратных средств системы. Выбор типа микроконтроллера. Разработка принципиальной схемы системы. Описание работы системы по принципиальной схеме.

4.5. Проектирование программного обеспечения. Разработка схемы алгоритма работы системы и программы на ассемблере. Описание алгоритма работы системы и программы.

5. Перечень графического материала (с точным перечнем обязательных чертежей и графиков)

5.1. Схема электрическая структурная.

5.2. Схема электрическая принципиальная.

5.3. Схема алгоритма работы системы.

6. Консультант по проекту (с перечнем разделов проекта)

7. Дата выдачи задания 17 февраля 2005 г.

8. Календарный график работы над проектом на весь период проектирования (с указанием сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов)

8.1. Постановка и анализ задачи 11.03.2005.

8.2. Предварительное проектирование 26.03.2005.

8.3. Проектирование аппаратных средств 23.04.2005.

8.4. Проектирование программного обеспечения.

Оформление проекта 21.05.2005.

РУКОВОДИТЕЛЬ _____

(подпись)

Задание принял к выполнению _____

(дата и подпись студента)

Учебное издание

**Петровский Александр Александрович,
Качинский Михаил Вячеславович,
Давыдов Александр Борисович и др.**

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА

Учебное пособие
по курсовому проектированию
для студентов специальности I-40 02 02
«Электронные вычислительные средства»
дневной формы обучения

Редактор Т.А. Лейко
Корректор Н.В. Гриневич

Подписано в печать 28.09.2005.	Формат 60x84 1/16.	Бумага офсетная.
Гарнитура «Таймс».	Печать ризографическая.	Усл. печ. л. 3,14.
Уч.-изд. л. 3,0.	Тираж 150 экз.	Заказ 143.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
Лицензия на осуществление издательской деятельности № 02330/0056964 от 01.04. 2004.
Лицензия на осуществление полиграфической деятельности № 02330/0131518 от 30.04. 2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6.