МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МИРЭА – РОССИЙСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

А.Н. Богаченков

ЦИФРОВЫЕ УСТРОЙСТВА И МИКРОПРОЦЕССОРЫ

Методические указания

по выполнению курсовой работы для студентов, обучающихся по специальности 11.05.01

Москва – 2018

Подготовлено на кафедре радиоэлектронных систем и комплексов

Богаченков А.Н.

Цифровые устройства и микропроцессоры [Электронный ресурс] : Мето- дические указания по выполнению курсовой работы. — М.: МИРЭА – Россий- ский технологический университет, 2018.

Методические указания содержат задания и рекомендации по выполнению курсовой работы, примеры выполнения отдельных разделов, список литературы.

Материал предназначен для студентов дневного отделения и может быть использован для самостоятельной работы при освоении базового курса кафедры.

Редакция 12.2018

© Богаченков А.Н., 2018

© МИРЭА – Российский технологический университет, 2018

# ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Курсовая работа посвящена разработке законченного устройства или модуля, в котором используется программируемая элементная база: микроконтроллеры, процес- соры цифровой обработки сигналов, программируемые логические интегральные схе- мы. Основное содержание теоретического варианта работы:

* разработка функциональной схемы устройства;
* разработка алгоритма работы процессора;
* написание программы на языке низкого или высокого уровня.

В лабораторном практикуме одна из работ выполняется по индивидуальному за- данию, являющемуся упрощенным вариантом курсовой работы. Рекомендуется данное практическое задание выполнить в первую очередь.

Для подготовленных студентов, а также для студентов, ведущих собственные разработки электронной аппаратуры и программного обеспечения, могут использовать- ся другие варианты выполнения работы, например, написание и отладка программ для реальных устройств, разработка и моделирование устройств на смешанной элементной базе, практическое макетирование и др. Подобные задания согласовываются с руково- дителем в индивидуальном порядке.

Работа оформляется в виде пояснительной записки на листах формата А4 в книжной ориентации. Листы формата более А4 брошюруются в сложенном виде. Объ- ем записки не лимитирован. Рекомендации по оформлению текста изложены в СМКО МИРЭА 7.5.1/03.П.69-16: поля: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 20 мм; шрифт – Times New Roman 14 пт; абзацный отступ – 1.25 см; межстрочный интер- вал – полуторный; автоматическая расстановка переносов; нумерация всех страниц с номером в центре нижней части листа.

# СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

## Титульный лист.

Оформляется в соответствии с принятой в МИРЭА Инструкцией по организации и проведению курсового проектирования СМКО МИРЭА 7.5.1/04.И.05-18 [(https://www.](http://www.mirea.ru/upload/medialibrary/992/1325.pdf))mi[rea.ru/upload/m](http://www.mirea.ru/upload/medialibrary/992/1325.pdf))e[dialibrary/992/1325.pdf).](http://www.mirea.ru/upload/medialibrary/992/1325.pdf))

## Текст задания.

1. **Анализ технического задания.**

В данном разделе уточняются отдельные технические параметры устройства, не отраженные в тексте задания (разрядности кодов, уровни сигналов, скорости передачи и обработки данных, тип интерфейса и др.). Конкретизируются функции, выполняемые как всем устройством, так и его составными частями. Исходя из технических парамет- ров и выполняемых функций выбирается тип/семейство процессора (микроконтролле- ра), другие компоненты. При необходимости производятся расчеты с целью определе- ния параметров отдельных модулей устройства. Если разрабатываемое устройство име- ет прототип, следует указать на отличия в их характеристиках. Обязательна ссылка на материалы, содержащие описание прототипа.

## Внешний вид устройства. Работа с устройством.

Приводится эскиз внешнего вида устройства. На рисунке показываются все ор- ганы управления и отображения с соответствующими надписями, входные и выходные

соединители для всех сигналов и питающих напряжений. Дается краткая инструкция по работе с устройством и его обслуживанию.

Обратите внимание, что даже если по принципу своей работы устройство не требует использования элементов индикации, то хотя бы один такой компонент, как например, обычный светодиодный индикатор, должен быть введен. Индикатор пере- ключается программным способом с некоторой периодичностью, что свидетельствует о нормальной работе устройства.

## Функциональная схема устройства и ее описание.

На схеме приводятся основные модули устройства: процессор, внешняя память, внешние АЦП, ЦАП, усилители, формирователи, источник питания, специализирован- ные модули, органы управления, средства отображения и т.д. В устройстве обязательно применение сторожевого таймера. Обозначаются все сигнальные входы и выходы, ис- пользуемые выводы процессора, при необходимости — выводы других компонентов, указываются конкретные типы примененных стандартных компонентов. Если исполь- зуются встроенные в процессор модули, рекомендуется выводить на внешние контакты отдельные контрольные точки (выходы таймеров, специально сгенерированные им- пульсы при прохождении определенных участков алгоритма). Описание схемы вклю- чает перечисление всех модулей с краткими техническими характеристиками, их взаи- модействие при работе устройства, взаимодействие с внешними устройствами (не раз- решается переписывание подробных сведений из технической документации и, тем бо- лее, приведение копий фрагментов этой документации).

## Временные диаграммы сигналов.

Приводятся временные диаграммы обмена информацией с внешними объектами, а также между модулями устройства. Диаграммы должны отражать полный цикл рабо- ты устройства и его специфику. Если основное взаимодействие реализовано внутри процессора, могут использоваться диаграммы, отражающие логику работы внутренних модулей процессора. Не разрешается приводить диаграммы, скопированные из спра- вочной литературы для типовых компонентов, например, диаграммы работы стандарт- ных интерфейсов. Перечень сигналов рекомендуется согласовать с руководителем. Часть диаграмм может быть взята из результатов выполнения практического задания. Если при разработке использовалось макетирование, то обязательно включение в за- писку снимков реальных диаграмм.

Все диаграммы должны быть подписаны, иметь обозначения величин и единиц измерений по осям, при необходимости могут использоваться цифровые шкалы. При наличии нескольких зависимостей на одних осях должны быть обозначения (поясне- ния) для каждой кривой.

## Алгоритм работы процессора.

Алгоритм, содержащий большое число операций, рекомендуется разбивать на несколько схем (основная программа, подпрограммы, модули обработки). В отдельные схемы всегда выделяются алгоритмы подпрограмм обслуживания прерываний. Детали- зация алгоритмов должна позволять проследить способ задания частоты дискретиза- ции, ввод, вывод и обработку каждого отсчета сигнала, ввод-вывод каждого байта по интерфейсам.

## Текст программы.

Программа приводится на языке ассемблера или языке высокого уровня, как правило, Си. Все инструкции или группы инструкций должны иметь подробные ком- ментарии. Рекомендуется по возможности все числовые параметры (адреса, константы

и прочие значения) задавать отдельным блоком, располагая его в начале файла или включая в заголовочный файл, а в тексте использовать символические имена. Для ти- повых и некоторых специальных операций возможно применение стандартных и дру- гих библиотек. В отладочных целях некоторые подпрограммы можно представить "за- глушками" ("пустышками"). Объем и степень детализации программ рекомендуется согласовать с руководителем. Студент должен уметь объяснить каждую конструкцию языка.

К исходному тексту должны прилагаться результаты его компиляции (листинг,

карта распределения памяти и т.п.).

Если в лабораторном практикуме по дисциплине студент успешно выполнил практическое задание к курсовой работе, достаточным является включение в записку текста программы по этому заданию.

## Заключение.

Приводится краткий перечень решенных задач, излагаются теоретические и практические выводы. Обязательны рекомендации по дальнейшему улучшению и мо- дернизации разработанного устройства.

## Список использованных источников.

В списке должны фигурировать реально использованные источники, включая материалы Интернета, на которые в тексте записки имеются ссылки.

В пояснительной записке **запрещается переписывание фрагментов из книг, технических описаний и других источников**. Необходимое в отдельных случаях ци- тирование должно сопровождаться ссылками на первоисточник. Все нерусскоязычные слова (за исключением общепринятых аббревиатур) должны иметь перевод.

1. Кодовый замок.
2. Охранная сигнализация.

# ТЕМЫ ЗАДАНИЙ

* 1. Шаговый привод.
  2. Привод постоянного тока.

1. Устройство оповещения (звуковая сирена).
2. Музыкальный звонок.
3. Управление световой шкалой.
4. Дискретный регулятор.
5. Аналоговый регулятор.
6. Генератор сигналов низкой частоты.
7. Генератор сигналов различной формы.
8. Генератор импульсов.
9. Торговые весы.
10. Электронные весы повышенной точности.
11. Измеритель параметров резисторов.
12. Вольтметр.
13. Реле времени.
14. Часы-будильник.
15. Спортивный секундомер.
16. Пульт управления движущимся объектом.
17. Пульт дистанционного управления.
18. Ревербератор.
19. Подача звонков в учебном заведении.
20. Манипулятор.
21. Радиомаяк.
22. Контроллер наведения приемной антенны.
23. Контроллер настройки радиоприемника.
24. Устройство кодирования информации.
25. Телефонный автоответчик.
26. Световая иллюминация.
27. Автомат управления освещением.
28. Автомат включения освещения.
29. Управление светофорным комплексом.
30. Управление светофорной секцией.
31. Управление светофорами с отсчетом времени.
32. Спидометр.
33. Тренажер скорости реакции оператора.
34. Система анкетирования.
35. Система контроля знаний.
36. Контроль метеорологических параметров.
37. Мониторинг режима работы аппаратуры.
38. Многоканальная система сбора данных для статических сигналов.
39. Многоканальная система сбора данных для переменных сигналов.
40. Контроллер бесперебойного источника питания.
41. Логический анализатор.
42. Универсальный измерительный прибор.
43. Устройство для снятия характеристик.
44. Управление микроволновой печью.
45. Управление лифтом.
46. Домофон.

# ТЕКСТЫ ЗАДАНИЙ

Наряду с заданием для курсовой работы приведены практические задания, пред- назначенные для реализации на макете, используемом в лабораторном практикуме (по- дробнее смотри методические указания по выполнению лабораторных работ).

Студент может вносить коррекции, предлагать собственные варианты, исполь- зовать иные макеты. При этом тексты заданий обязательно представляются на согласо- вание руководителю.

**Внимание!** Все разрабатываемые устройства должны содержать сторожевой таймер и элементы индикации функционирования устройства.

## Кодовый замок.

Контроллер управления кодовым замком имеет встроенную или выносную кла- виатуру для ввода кода, а также дополнительные кнопки, переключатели, цифровой дисплей для реализации режима программирования кода. При правильном вводе кода (не менее 5 знаков), на несколько секунд включать индикатор, формировать звуковой сигнал, выдавать логический сигнал открывания замка. Предусмотреть защиту от дре- безга контактов, блокировку на несколько минут при трехкратном неправильном вводе кода. Для хранения кода использовать энергонезависимую память.

*Практическое задание*. При воздействии на джойстик в определенной последовательно- сти сформировать звуковой сигнал и включить светодиоды на 2-4 секунды (имитация открыва- ния замка). Последовательность по умолчанию определить самостоятельно — обеспечить не менее 5 событий нажатия. Предусмотреть защиту от дребезга контактов, возможность коррек- ции кода. Для реализации коррекции необходимо войти в данный режим, например, нажатием отдельной кнопки или двух кнопок, произвести воздействие на джойстик в нужной последова- тельности, выйти из режима коррекции. Для хранения кодов использовать массив в оператив- ной памяти.

## Охранная сигнализация.

К системе может быть подключено до 8 логических датчиков, срабатывающих при открывании дверей и окон. Соответствующим количеством перемычек программи- руется 4-разрядный десятичный код для отключения сигнализации и временная за- держка (возможно использование для этой цели энергонезависимой памяти). Имеется управляющая клавиатура, светодиодные индикаторы основных режимов работы, логи- ческий выход для подключения системы оповещения при несанкционированном про- никновении в помещение.

Для постановки системы на охрану с клавиатуры вводится некоторая команда, в течение минуты система ждет, пока человек не покинет помещение, после чего присту- пает к слежению за состоянием датчиков. При срабатывании датчиков имеется задерж- ка на 20…120 с, в течение которой необходимо на клавиатуре набрать 4 цифры кода отключения сигнализации. При правильном наборе кода система снимает слежение за датчиками, в противном случае — формирует сигнал оповещения (ограниченной дли- тельности).

Обеспечить функционирование при перебоях питания и зависаниях.

*Практическое задание*. Одним из органов управления — кнопкой или определенной по- зицией джойстика — осуществляется постановка на охрану, другими двумя кнопками/позициями при воздействии на них в определенной последовательности — снятие или отключение. При включенной сигнализации один из светодиодов должен мигать. Любое иное воздействие на ор- ганы управления или замыкание любого из разрядов портов PG10, PG11, PG12 на общий провод

(разряды выведены на разъем UEXT отладочной платы) приводит к срабатыванию сигнализации

— миганию или включению других индикаторов, генерации звукового сигнала. Длительность такого сигнала при отсутствии отключения должна быть ограничена.

## Устройство оповещения (звуковая сирена).

Устройство по нажатию кнопки формирует сигнал с плавно меняющейся часто- той. Возможно использование как аналогового, так и логического сигнала. Обеспечить не менее 8 вариантов типа сигнала (с различными скоростью, диапазоном, направлени- ем изменения частоты), задание числа повторений (от 1 до 10 или непрерывно), задание до 4 уровней громкости (достигается с помощью отдельного аналогового сигнала, по- даваемого на усилитель).

*Практическое задание*. При нажатии кнопки или джойстика формируется непрерывный звуковой сигнал с плавно меняющейся частотой, при отпускании – прекращается. Еще с помо- щью трех кнопок (позиций джойстика) при кратковременном воздействии на них формируется сигнал конечной продолжительности соответственно с одним/двумя/тремя циклами изменения частоты и увеличенной скоростью вариации частоты.

## Музыкальный звонок.

При каждом нажатии кнопки вызова формировать последовательность звуковых сигналов, составляющих некоторую музыкальную фразу. В устройство добавить необ- ходимое число органов управления для задания режимов работы: выбор только одной определенной фразы (общее число не менее 8); формирование различных фраз при каждом новом вызове; задание не менее 4-х уровней громкости; ввод новых музыкаль- ных фраз. Предусмотреть блокирование нового вызова, если не окончено текущее вос- произведение, а также блокирование последующих вызовов на некоторое время, если, например, подряд уже были 3 вызова. Для ввода новых данных и коррекции существу- ющих возможно использование как встроенных средств, так и внешнего стандартного интерфейса. Учесть экономический фактор.

*Практическое задание*. При нажатии на одну из кнопок формировать последователь- ность звуковых сигналов разных частот (не менее 10). При каждом следующем нажатии менять музыкальную фразу (реализовать 3-4 варианта). Коды тонов и длительностей представить в виде таблиц в памяти. Предусмотреть блокирование нового вызова, если не окончено текущее воспроизведение, а также блокирование последующих вызовов на некоторое время, если, например, подряд уже были 3 вызова.

## Управление световой шкалой.

Световая шкала представляет собой линейку не менее чем из 20 светодиодных индикаторов, включаемых так, что образуется непрерывная светящаяся полоса, длина которой меняется в зависимости от уровня входного аналогового сигнала. Альтерна- тивным устройством отображения может являться графический дисплей.

Устройство управления имеет: переключатель уровня входного сигнала, соот- ветствующего максимальному значению шкалы (-12 дБ…+12 дБ с шагом 6 дБ); пере- ключатель характеристики — зависимости длины полосы от уровня сигнала (линейная, логарифмическая); переключатель вида измерений (пиковый уровень, средний уро- вень); логический выход (дополнительный индикатор), сигнализирующий о превыше- нии максимального уровня сигнала.

*Практическое задание*. Уровень входного аналогового сигнала отображается в виде светящейся линейки на светодиодных индикаторах. При достижении максимального значения все индикаторы перевести в мигающее состояние и сгенерировать короткий звуковой сигнал.

Использовать весь диапазон напряжений АЦП. Реализовать два варианта — для базовой конфи- гурации лабораторного макета (4 индикатора) и расширенной (16 светодиодов).

## Дискретный регулятор.

Регулятор имеет не менее 5 каналов регулирования (например, частота, диапа- зон, громкость, яркость, контрастность), для каждого из которых имеется пара кнопок, осуществляющих уменьшение–увеличение значения параметра, причем короткое нажа- тие изменяет значение на один дискрет, удержание кнопки, например, в течение 0.5 с вызывает ускоренное изменение, а дальнейшее удержание — еще большее ускорение. Текущие значения параметров выводятся на дисплей как в абсолютном формате (например, в МГц/символах/дБ и т.д.), так и в процентном отношении к максимуму, желательна также визуализация в виде графической полосы. Управляющие коды для физических регуляторов имеют разрядность не менее 8, а один из них (например, для перестройки частоты) — 16. Для части регуляторов можно использовать статический параллельный код, для других — последовательный интерфейс.

*Практическое задание*. При воздействии на джойстик, например влево–вправо, соответ- ственно уменьшать–увеличивать значение некоторого физического параметра (скорость, тем- пература, громкость и т.п.). При длительном удержании осуществлять ускоренное автоумень- шение / автоувеличение. Значение параметра выводить на дисплей как в абсолютном формате, так и в процентном отношении к максимуму (при желании — реализовать в виде графической полосы).

## Аналоговый регулятор.

Устройство осуществляет непрерывный ввод и вывод аналоговых сигналов по 6 каналам (например, в системе 5.1 объемного звука). Соответствующими регуляторами производится независимая регулировка коэффициентов передачи по каждому каналу (динамический диапазон не менее 60 дБ, точность 1 дБ). Необходимо обеспечить ли- нейную зависимость уровня, выраженного в децибелах, от угла поворота (в относи- тельных единицах это соответствует экспоненциальной зависимости). В качестве регу- ляторов можно использовать переменные резисторы, энкодеры, сенсорные слайдеры (выбрать самостоятельно). На дисплей выводятся значения коэффициентов передачи по каналам в децибелах и в виде графической полосы. Имеется кнопка "MUTE", временно отключающая передачу сигналов по всем каналам.

*Практическое задание*. Регулятором (колесиком потенциометра) изменять уровень сиг- налов на выходе ЦАП и аудиокодека, причем один из каналов вводит информацию с АЦП и пе- редает ее на выход, а другой канал работает с собственным сгенерированным сигналом некото- рой частоты. Реализовать экспоненциальную зависимость уровня от угла поворота (учесть, что сам потенциометр имеет линейную зависимость). На дисплей выводить значения уровня в де- цибелах (динамический диапазон не менее 40 дБ, точность 1 дБ). Ввести кнопку с функцией "MUTE", временно отключающую вывод сигналов по всем каналам.

## Генератор сигналов низкой частоты.

Генератор формирует гармонический сигнал в диапазоне частот 20 Гц … 20 кГц. Перестройка частоты осуществляется с шагом не более, чем в 1.5 раза (например, воз- можно использовать ряд 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200). Амплитуда каждого из сигна- лов программным способом регулируется от 0 до максимума с шагом 5%. Установлен- ные параметры отображаются на символьных индикаторах (дисплее). Для задания ча- стот и амплитуд рекомендуются клавишные регуляторы или энкодеры.

*Практическое задание*. Постоянно формировать на аналоговом выходе сигнал синусои- дальной (или некоторой сложной) формы. При нажатии на одну из кнопок увеличивать, а при нажатии на другую – уменьшать частоту сигнала. Диапазон вариации частот – не менее 10 раз, шагов перестройки – не менее 4. Еще одной кнопкой циклически переключать уровень выход- ного сигнала (2-3 значения). Выводить информацию о параметрах сигнала на дисплей.

## Генератор сигналов различной формы.

Органы управления устройства: переключатель формы сигнала («синус», «ме- андр», «треугольник», «пила», «трапеция»); наборное поле для задания частоты (кла- виши с фиксацией: 1 Гц, 2 Гц, 4 Гц, 8 Гц, fx10, fх100); наборное поле для задания числа периодов (клавиши с фиксацией: 1, 2, 4, 8, х10, х100, х1000, «непрерывно»). Вместо наборного поля возможно использование клавиатуры с устройством цифровой индика- ции. Для генерации сигнала использовать ЦАП с разрядностью не менее 12, полный диапазон выходного сигнала ЦАП, число отсчетов на период — не менее 32.

*Практическое задание*. Органами управления осуществлять выбор формы генерируемо- го сигнала: «синус», «меандр», «треугольник», «трапеция». Частота дискретизации должна превышать частоту сигнала не менее, чем в 20 раз. Один из сигналов разрешается формировать табличным способом, остальные – только вычислениями в реальном времени. Еще одним орга- ном переключать амплитуду сигнала (0 дБ / -20 дБ). Выводить информацию о типе сигнала и его амплитуде на дисплей, а также на светодиодные индикаторы.

## Генератор импульсов.

Генератор формирует сигнал логического уровня с регулируемыми параметра- ми: длительность (10, 30, 100, 300 мкс; 1, 3, 10, 30, 100, 300 мс), период следования (0.1,

0.3, 1, 3, 10, 30, 100, 300 мс; 1, 3 с), генерация (непрерывная, однократная), задержка при однократном запуске (см. значения для периода следования), полярность импульса (положительный, отрицательный). Параметры могут задаваться отдельными клавиша- ми, переключателями или клавиатурой с устройством индикации. Для однократного запуска используется как отдельная кнопка, так и дополнительный вход. Имеется также индикатор ошибки, сигнализирующий о недопустимых сочетаниях параметров (в част- ности, период следования должен превышать длительность импульса).

*Практическое задание*. Генератор формирует сигнал логического уровня с параметра- ми, регулируемыми органами управления: длительность импульса — 10, 30, 100, 300 мкс; пери-

од следования — 100, 300, 1000, 3000 мкс; генерация — непрерывная, однократная; полярность импульса — положительная, отрицательная. Для однократного запуска используется кнопка. Светодиодный индикатор сигнализирует о недопустимых сочетаниях параметров (период сле- дования должен превышать длительность импульса). Установленные параметры импульса отоб- ражаются на дисплее.

## Торговые весы.

В устройстве применен тензометрический датчик с параметрами: максимальный вес — 10 кг; минимальный измеряемый вес — 10 г; ошибка измерений — 0,05%; вы- ходной сигнал при использовании измерительного преобразователя — 0…10 В. Весы имеют символьный дисплей для отображения названия товара, веса, цены единицы ве- са, стоимости взвешиваемой продукции, клавиатуру для ввода кода товара. Предусмот- реть средства для переоценки существующих товаров и добавления в память парамет- ров новых.

*Практическое задание*. Датчик весов имитируется потенциометром, формирующим ана- логовый сигнал. На дисплей выводятся: название товара, вес, цена единицы веса, общая стои-

мость. С помощью кнопок осуществляется выбор товара из заранее предустановленных (не ме- нее 10 видов). Диапазон измерений, названия, цены определить самостоятельно.

## Электронные весы повышенной точности.

В устройстве используется тензометрический датчик, позволяющий измерять вес в диапазоне 0.1…1000 г с точностью до 0.1 г. Максимальный выходной уровень напряжения, снимаемого с датчика — 10 мВ. Измерение веса запускается нажатием кнопки старта, осуществляется многократно в течение заданного времени (1, 5, 20, 60 с

* устанавливается органами управления) или до нажатия кнопки остановки. На дис- плей выводятся значения среднего, максимального и минимального веса, число сделан- ных измерений, время измерения. В устройстве имеется режим калибровки, когда из- меряется эталонный образец, его вес — 1, 10, 100 или 1000 г — выбирается соответ- ствующими органами управления, по результатам калибровки вводится поправочный коэффициент для коррекции веса при рабочих измерениях.

*Практическое задание*. Датчик весов имитируется потенциометром, формирующим ана- логовый сигнал. По нажатию одной из кнопок фиксируется текущее показание, после чего из- мерения продолжаются до нажатия другой кнопки. На дисплей выводятся: исходный вес, его относительные изменения (в %) за весь период измерений, время измерений. Для повышения точности предусмотреть многократное усреднение показаний.

## Измеритель параметров резисторов.

Система работает в двух режимах: индикация измеренного значения сопротив- ления (диапазон не менее 10 Ом…10 МОм) и разбраковка резисторов по отклонению от номинала (в соответствии с группами ГОСТ 11076-69 от ±0,1% до ±20%), точность из- мерений не хуже 0,05%.

Органы управления и отображения: переключатель режима; набор переключате- лей или клавиатура для задания номинального значения сопротивления; цифровые ин- дикаторы или дисплей. Для связи с измерительной головкой используются: аналоговый сигнал, амплитуда которого пропорциональна величине резистора; N-битный код для задания диапазона измерений. Разбивка на диапазоны, количество которых следует вы- брать самостоятельно, необходима для обеспечения точности измерений на нижней границе диапазона.

*Практическое задание*. Устройство работает в двух ре-

жимах, переключаемых кнопками: измерение номинального значения сопротивления и измерение отклонения от номинала. Результаты отображаются на дисплее. Измерение отклонения производится в следующем порядке: сначала в качестве RИЗМ устанавливается эталонный резистор, измеряется его номиналь- ное сопротивление, затем устройство переводится в режим из-

Uопорн R1

+3.3 В



к

RИЗМ

АЦП

мерения отклонения (для данного резистора отклонение будет 0%), устанавливается испытуе- мый резистор. В программе предусмотреть возможность выбора любого сопротивления бал- ластного резистора R1. Предварительная отладка устройства может производиться с использо- ванием имеющегося на плате потенциометра (с сопротивлением 10 кОм).

## Вольтметр.

Режимы работы прибора: а) непрерывное измерение входного напряжения с вы- водом его величины дисплей; б) проведение N = 2...128 измерений за интервал време- ни T = 10 мс...100 с с выводом среднего, минимального или максимального значений напряжения; в) сохранение в памяти N измеренных значений с возможностью их по- следующего просмотра на дисплее. Диапазон измеряемых напряжений: -5... +5 В, по-

грешность 0,1 %. Органами управления осуществляется переключение режимов и зада- ние параметров N, T (не менее 8 значений каждого). Для отображения используется компактный дисплей (с возможностью одновременного вывода не более 8 строк). Про- цесс измерения должен динамически отражаться на индикации (посредством отдельно- го мигающего индикатора или графическими эффектами на дисплее).

*Практическое задание*. Измеряемое напряжение задается регулятором потенциометра, на дисплей выводятся параметры текущего режима и результаты измерений. Органами управ- ления можно устанавливать режимы: непрерывного измерения входного напряжения и несколь- ко режимов (не менее 3-х) проведения N измерений за время T с индикацией только макси- мального значения. Рекомендуемые значения: N = 10…100; T = 0.2, 1, 2, 5 c. При проведении цикла измерений обеспечить мигание светодиодного индикатора для сигнализации о нормаль- ном выполнении процедуры.

## Реле времени.

Устройство обеспечивает выдачу логических сигналов установленной длитель- ности по 8 независимым каналам. Диапазоны задания длительностей: 1...999 мс (дис- кретность 1 мс); 0,01...9 с (0,01 с); 0,1...99 с (0,1 с); 1...999 с (1 с). Запуск производится внешним сигналом или по нажатию клавиши. Устройство имеет клавиатуру, осуществ- ляющую выбор канала и установку требуемого временного интервала в выбранном ка- нале; 8 клавиш ручного запуска; 8 внешних запускающих сигналов; 8 выходных сигна- лов с программируемой длительностью; цифровые индикаторы или дисплей. В режиме формирования интервала более 1 с выводить на индикаторы/дисплей текущий отсчет времени (с точностью до 1 с). По окончании отработки интервалов по всем каналам сформировать звуковой сигнал.

*Практическое задание*. Органами управления задается временной интервал (макси- мально до 99 минут 59 секунд), для чего позициями джойстика влево-вправо выбирается соот- ветствующий разряд десятков/единиц, позициями вверх-вниз — перебираются цифры 0…9. Еще один орган запускает отсчет времени, по окончании отработки заданного временного интервала формируется серия звуковых сигналов. Установленные значения и текущий отсчет времени отображаются на дисплее.

## Часы-будильник.

Устройство может отсчитывать текущее время в форматах "часы – минуты – се- кунды" и "часы – мигающий символ – минуты" (задаются настройками). Имеются кла- виши начальной установки, коррекции текущего времени и будильника, включения и выключения режима будильника. Звуковой сигнал будильника, если не произошло его отключение, длится 1 минуту и далее повторяется каждые 5 минут. Для синхронизации возможно использование как встроенных в процессор часов реального времени, так и таймеров. При сбоях в питании, если задействованы таймеры или отсутствует дополни- тельный элемент питания встроенных часов, необходимо выводить на индикацию со- ответствующее уведомление (например, мигающие показания).

Обеспечить режим работы процессора с минимальным энергопотреблением.

*Практическое задание*. Текущее время в формате "часы-минуты-секунды" отображается на дисплее. С помощью джойстика осуществляется начальная установка: позициями влево- вправо выбираются отдельные поля (разряды), позициями вверх-вниз — корректировка значе- ний. Отдельным органом производится запуск часов. Разрешается использовать как таймеры, так и встроенные в процессор часы реального времени. Будильник реализовать в упрощенном виде, задав в программе определенное время его срабатывания, самостоятельно выбрать вид его сигнала.

## Спортивный секундомер.

Устройство обеспечивает отсчет и отображение времени с точностью до 0.1 с по 3–6 каналам. Одновременный запуск всех секундомеров производится кнопкой или внешним логическим сигналом. Остановка секундомеров может осуществляться: а) по- очередным нажатием на одну и ту же кнопку; б) отдельной кнопкой для каждого се- кундомера; в) внешними логическими сигналами. Кроме того, имеются кнопки фикса- ции промежуточных значений времени, эти значения после нажатия кнопок постоянно выводятся на дисплей, при этом работа секундомеров продолжается. Предусмотреть возможность передачи показаний секундомеров внешнему устройству (компьютеру) посредством одного из стандартных интерфейсов.

*Практическое задание*. По нажатию кнопки запускаются одновременно 3 секундомера. Точность отсчета — одна сотая доля секунды, на дисплей в режиме счета достаточно выводить текущее время с точность до 1 с. При каждом следующем нажатии (этой же или другой кнопки) поочередно останавливать секундомеры и выводить точные показания на дисплей. Предусмот- реть остановку не только кнопкой, но аналоговым уровнем с потенциометра (имитация фото- финиша).

## Пульт управления движущимся объектом.

Пульт используется для управления движением механического объекта вперед– назад с регулируемой скоростью, реализованы функции поворота руля и подачи звуко- вого сигнала. На объект с пульта поступают импульсы, частота следования которых определяет скорость движения, и логический сигнал выбора направления. Для поворо- та используется 4-6 разрядный позиционный знаковый код. Пульт имеет два типа джойстика: дискретный и аналоговый. Первый из них задает старт движения вперед– назад, причем одно-, двух- или трехкратное воздействие в одном направлении соответ- ственно увеличивает скорость, а в другом — уменьшает вплоть до 0 (и далее с измене- нием направления), для остановки также может использоваться центральная кнопка джойстика. Другой тип джойстика — аналоговый, плавное смещение рычага вперед– назад плавно регулирует частоту импульсов (такой джойстик можно представить по- тенциометром или просто источником аналогового уровня). Для управления поворотом можно использовать как аналоговый джойстик, так и регулятор типа потенциометра. Для подачи звукового сигнала необходима дополнительная клавиша и логический вы- ход, на котором создается одночастотный сигнал для звукового излучателя.

Все режимы работы пульта должны визуализироваться светодиодными индика- торами или изображениями на дисплее.

*Практическое задание*. Ручкой управления джойстика объект можно заставлять дви- гаться вперед-назад, причем одно-, двух- или трехкратное воздействие в одном направлении увеличивает скорость движения (изменяется частота выходных импульсов), остановка происхо- дит либо путем воздействия на рычаг в обратном направлении (при каждом нажатии частота уменьшается вплоть до нуля), либо нажатием на центральную кнопку. При смещении регулято- ра потенциометра влево-вправо от среднего положения формируются команды на поворот ру- ля. Все выходные сигналы контролируются светодиодными индикаторами. Выполняемые дей- ствия также отображаются на дисплее в виде текстовых сообщений или пиктограмм.

## Пульт дистанционного управления.

Пульт содержит не менее 30 кнопок, инфракрасный излучатель, символьный дисплей. При нажатии кнопки на излучатель выдается 16-битный код команды, соот- ветствующей функциональному назначению кнопки, а на дисплей — сам код (в 16- ричной и двоичной системах счисления). Формат передачи кода описан в практическом задании. Программирование состоит в ручном задании значения кода для каждой ко-

манды и сохранении его в энергонезависимой памяти. Функции кнопок и, соответ- ственно, их обозначение на схеме определить по образцу пульта для бытовой аппарату- ры. Добавить кнопки для реализации режима программирования.

*Практическое задание*. Для работы пульта задействованы джойстик, дополнительная кнопка в качестве регистровой (формируется не менее 8 команд), светодиодный индикатор (имитирует инфракрасный излучатель), дисплей для отображения значения передаваемого кода и названия команды. 16-разрядные коды и названия команд хранятся в виде таблиц. Для про- стоты рекомендуется использовать для передачи каждого байта кода стандартный формат ин- терфейса UART: исходный уровень – '1', стартовый бит – '0', информационные биты младшими разрядами вперед, стоповый бит – '1'. Скорость передачи выбрать исходя из возможности визу- ального контроля переключения индикатора или более высокую, если для регистрации исполь- зуется осциллограф.

## Ревербератор.

Входной аналоговый сигнал преобразуется в цифровой код и записывается в па- мять. Выходной сигнал формируется как сумма прямого входного сигнала и входного сигнала, задержанного на некоторое время. Причем задержанный выходной сигнал микшируется с текущим входным и снова подвергается временной задержке. Изменяя время задержки и уровень микширования можно получать различные звуковые эффек- ты. Для качественной оцифровки сигналов используются АЦП и ЦАП с разрядностью не менее 14.

Для управления устройством необходимо задание: временной задержки (10, 20, 30, 50, 70, 100, 150, 200, 250, 300, 400 мс); уровня микширования (0...100% с шагом

10%); частоты дискретизации аналогового сигнала (6, 10, 20, 40 кГц). Рассчитать и установить оперативную память необходимого объема.

*Практическое задание*. Устройство осуществляет непрерывную запись сигнала с АЦП в память, выдачу обработанного сигнала через ЦАП. Органами управления задаются следующие режимы работы устройства: а) прямая передача входного сигнала на выход без задержки и об- работки; б) передача входного сигнала на выход с заданной временной задержкой; в) передача на выход суммы прямого входного сигнала и сигнала, задержанного на заданное время. Вели- чину задержки выбрать в пределах 50…200 мс. Рекомендуемый максимальный объем цикличе- ского буфера памяти отсчетов – до 32 килобайт.

## Подача звонков в учебном заведении.

Устройство получает данные о текущем времени от встроенных или внешних часов реального времени. В памяти размещена таблица расписания подачи звонков (ча- сы, минуты). При совпадении текущего времени с табличным необходимо выдавать логический сигнал включения (разрешения) звонка, включать контрольную световую индикацию, формировать последовательность звуковых сигналов для подачи на внеш- нее устройство оповещения и локальный излучатель. На дисплей выводить текущее время и время до следующего звонка. Ввести необходимые органы управления для корректировки таблицы звонков, средства загрузки звуковой последовательности. Предусмотреть программные меры возобновления нормальной работы при сбоях пита- ния и зависаниях.

*Практическое задание*. В памяти размещена таблица расписания подачи звонков (часы, минуты). Отсчет времени производить посредством таймера, который при запуске сразу уста- навливать на первую запись в таблице. При совпадении текущего времени с табличным форми- ровать световой и звуковой сигналы (звуковую последовательность). На дисплей выводить те- кущее время и время до следующего звонка. При тестировании устройства реализовать режим ускоренного (в 100-200 раз) отсчета времени.

## Манипулятор.

Манипулятор имеет рычаг на 4 положения, несколько кнопок, компактный гра- фический дисплей, выход для передачи положений и состояний в последовательном коде. Может работать в режимах выдачи информации об относительном или абсолют- ном смещении (режим выбирается дополнительным переключателем). При относи- тельном смещении формируется код, в котором указаны положения рычага и кнопок, причем, если рычаг удерживается в одном из положений некоторое время, добавляется признак такого удержания. При абсолютном смещении в коде содержатся координаты (X, Y) и состояния кнопок, причем при коротком воздействии приращение координат происходит на один дискрет, а при удержании рычага в течение некоторого времени — непрерывно с некоторой скоростью (желательно, постепенно увеличивающейся). Фор- мат кода и тип интерфейса определить самостоятельно. Для контроля функционирова- ния манипулятора осуществлять внутренний прием и дешифрацию кода с отображени- ем состояния на дисплее. При относительных смещениях направление воздействия на рычаг отображать курсором-стрелкой, при абсолютных смещениях — управлять пози- цией курсора на экране. Состояние кнопок и режим непрерывного воздействия визуа- лизировать посредством пиктограмм, изменения цвета и формы курсора.

*Практическое задание*. С помощью джойстика осуществлять перемещение маркера (курсора) в любую позицию экрана дисплея (без выхода за его пределы). Реализовать как по- шаговое смещение (при коротком воздействии), так и ускоренное перемещение при удержании рычага в течение некоторого времени. Выводить на дисплей координаты курсора и состояние центральной кнопки джойстика.

## Радиомаяк.

Устройство осуществляет периодическую выдачу аналогового сигнала опреде- ленной формы и длительности (который далее модулируется и излучается в радио- эфир). Рекомендуется синтезировать сигнал табличным способом. Для управления ис- пользуются переключатели или иные органы, позволяющие задавать 8 различных ти- пов сигнала (выбирать только один тип или задавать режим циклической смены сигна- ла), устанавливать 12 различных временных интервалов между выдачей сигналов (0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20 с; 1; 2; 5; 10 мин). Имеются светодиодные индикаторы, один из которых постоянно мигает, сигнализируя об исправности устройства, второй включает- ся во время формирования сигнала. Предусмотреть сохранение установленных режи- мов при кратковременных сбоях питания и зависаниях.

*Практическое задание*. Устройство осуществляет периодическую выдачу аналоговых сигналов определенной формы (гармонический, двух-/трехчастотный, трапецеидальный и т.п.). Сигналы циклически сменяются при каждом выводе (всего не менее 4-х вариантов). Длитель- ность сигнала — 0.5...1 с. Рекомендуется синтезировать период сигналов табличным способом. Органами управления задаются 4 различных временных интервала между выдачами сигналов (например, 2, 5, 10, 20 с). Один светодиодный индикатор постоянно мигает, сигнализируя об исправности устройства, второй — включается во время формирования сигнала.

## Контроллер наведения приемной антенны.

Антенна с узкой диаграммой направленности вращается в горизонтальной плос- кости на 360 градусов и в вертикальной — в пределах 0...100 градусов. Имеется воз- можность как ручного перемещения посредством клавиатуры, так и автоматического

* по максимуму принимаемого сигнала.

Органы управления и отображения: четыре клавиши направления перемещения; переключатель «Ручное – автоматическое»; светодиодные индикаторы режимов работы

и состояний. В автоматическом режиме сначала делаются пробные перемещения в раз- ных направлениях и выбирается то из них, при котором начинает увеличиваться вход- ной аналоговый сигнал, промежуточная остановка — пока не будет зафиксировано уменьшение уровня входного сигнала или не сработает датчик предельного положения. Процесс настройки может потребовать несколько итераций. Настройка считается за- вершенной, если при смещении в любом из четырех направлений уровень сигнала уменьшается. Уровень сигнала визуально контролируется по яркости свечения одного из индикаторов.

Для связи с механизмом антенны используются: логические сигналы с датчиков предельных положений антенны по вертикали; аналоговый сигнал, соответствующий уровню принимаемого радиосигнала; логические сигналы управления приводом.

*Практическое задание*. Устройство выдает два сигнала перемещения (вращения) антен- ны соответственно в прямом и обратном направлениях – сигналы контролируются светодиод- ными индикаторами. Двумя кнопками осуществляется ручное перемещение, одна кнопка запус- кает режим автоматического наведения. В автоматическом режиме сначала делаются пробные перемещения в том и другом направлениях и выбирается то из них, при котором начинает уве- личиваться входной аналоговый сигнал (имитируется потенциометром), дальнейшее перемеще- ние механизма происходит до тех пор, пока не будет зафиксировано уменьшение входного сиг- нала.

## Контроллер настройки радиоприемника.

Контроллер управляет настройкой на принимаемый сигнал посредством кнопок плавной и фиксированной настроек. Кроме этого, имеются кнопки регулировки гром- кости и кнопки выбора источников сигнала (тюнер, CD-проигрыватель, внешний ис- точник). Частота настройки зависит от уровня аналогового сигнала, подаваемого, например, на варикапы в радиоприемнике. Работа с настройками описана ниже в прак- тическом задании, для курсовой работы необходимо только увеличить число фиксиро- ванных настроек до 50 (примерно столько радиостанций размещено в FM-диапазоне).

Для регулировки громкости также используется аналоговый сигнал с ЦАП, для переключения входов — логические сигналы. На символьном дисплее отображаются: текущая частота, уровень громкости (в %), обозначение входа.

*Практическое задание*. Органами управления настройкой являются две кнопки (пози- ции джойстика) изменения частоты вверх/вниз, две кнопки (позиции) для записи/чтения фикси- рованных настроек. Рабочая частота в диапазоне 88…108 МГц может задаваться с шагом 0,1 МГц, ей соответствует выдаваемый контроллером аналоговый сигнал с уровнем 10…90 % от максимального диапазона ЦАП. Предусмотреть блокирование дальнейшего изменения сигнала по достижении предельных уровней. Значение частоты выводить на дисплей. При каждом нажатии кнопки записи текущий код частоты сохраняется в области памяти, организованной по типу циклического буфера: запись осуществляется в новую ячейку, а при заполнении отведен- ной области (можно ограничиться, например, восемью записями) — снова в первую и т.д., сти- рая самые ранние настройки. При каждом нажатии клавиши чтения коды настроек последова- тельно извлекаются из буфера, устанавливая уровень на выходе ЦАП и значение частоты на дисплее.

## Устройство кодирования информации.

Устройство обеспечивает шифрацию и дешифрацию аналоговой и цифровой информации в реальном масштабе времени. Соответственно имеются раздельные ана- логовый и цифровой каналы. В первом используется 8-битное преобразование, второй использует стандартный последовательный интерфейс. Переключателями независимо выбираются виды входного и выходного сигналов (т.е. возможен прием, например,

аналоговой информации и передача ее по цифровому последовательному каналу). Ор- ганами управления устанавливаются не менее 4 различных скоростей передачи. При этом необходимо учитывать, что для синхронизации обмена частота дискретизации аналогового сигнала должна соответствовать частоте приема/передачи отдельных байт по цифровому каналу. Шифрации/дешифрации подвергаются как отдельно взятые от- счеты (в этом случае передача информации происходит практически без задержки и с минимальной степенью шифрования), так и блоки данных размером 128…1024 байт, временно размещаемые в памяти устройства. Алгоритм кодирования обычно преду- сматривает использования ключа — секретной последовательности кодов, которые для разрабатываемого устройства размещены во flash-памяти. Переключателями задаются следующие способы шифрации/дешифрации: а) операция «исключающее ИЛИ» каждо- го отсчета с некоторой константой, зависящей от ключа; б) перестановка отсчетов в блоке данных — алгоритм зависит от ключа; в) побайтовое сложение (при шифрации) и вычитание (при дешифрации) блока данных с массивом констант — последний фор- мируется по некоторому алгоритму с использованием данных ключа. Способы могут использоваться как по отдельности, так и совместно.

*Практическое задание*. Для приема и передачи информации используется интерфейс RS-232. В качестве устройства, с которым осуществляется обмен, выступает терминальная ком- пьютерная программа. С компьютера в отладочную плату посылается некоторое текстовое со- общение, которое необходимо преобразовать и отправить обратно в компьютер. Органами управления выбираются: режим (кодирование/декодирование) и алгоритм кодирования. Преду- смотреть не менее 3-х простейших алгоритмов, например, операция "исключающее ИЛИ" с определенной константой; перестановка кодов; сложение/вычитание блока информационных кодов с массивом некоторых чисел, выполняющих роль "ключа". Принимаемые и передаваемые сообщения также выводятся на дисплей.

## Телефонный автоответчик.

Устройство имеет логический вход для приема вызывного сигнала с телефонной линии, логический выход для подключения автоответчика к линии, аналоговый выход для посылки собственного сообщения, аналоговый вход для приема сообщения абонен- та и сохранения его в памяти. Для уменьшения объема информации возможно приме- нение 4-битного кодирования, минимально возможной частоты дискретизации, исполь- зование библиотечного программного модуля сжатия (до 10 раз). В устройстве должна быть предусмотрена возможность установки памяти объемом до нескольких мегабайт. Самостоятельно определить длительность и количество сохраняемых сообщений, не- обходимые органы управления автоответчиком, индикаторы состояний.

*Практическое задание*. Устройство имеет логический вход для приема вызывного сиг- нала с телефонной линии, логический выход для подключения автоответчика к линии, аналого- вый выход для посылки собственного сообщения. Вызывной сигнал имитируется, например, быстрым 3…5 кратным нажатием кнопки ("первый гудок"), паузой, еще одним "гудком" (при же- лании можно задать большее число таких "гудков"). После идентификации вызывного сигнала осуществляется выдача сигнала подключения к линии (выводится на контрольный светодиод), а через аналоговый выход (ЦАП, аудиокодек) передается некоторое сообщение. После чего сле- дует отключение от линии. При желании в программе можно создать массив отсчетов из реаль- ного звукового файла, однако в простейшем случае достаточно ограничиться чтением произ- вольных кодов из памяти (например, кодов собственно программы).

## Световая иллюминация.

Устройство позволяет независимо управлять не менее чем 32 лампами (группа-

ми ламп), осуществляя их включение/выключение по определенным законам (про-

граммам). Органами управления (количество их выбрать самостоятельно) помимо обычного включения могут задаваться следующие законы коммутации и их отдельные параметры: а) мигание всех ламп; б) одинарный «бегущий огонь» с возможностью од- новременного зажигания как одной, так и нескольких ламп, расположенных подряд; в) многократный «бегущий огонь» — реализуется одновременным зажиганием несколь- ких ламп, размещенных с некоторым шагом; г) расходящиеся и сходящиеся «бегущие огни»; д) случайное включение/выключение отдельных ламп; е) включение ламп в со- ответствии с кодами, размещенными в памяти в виде таблиц и возможностью выбора одного или одновременно нескольких вариантов таблиц. Во всех программах должна быть предусмотрена регулировка скорости или периодичности переключения. Имеются также клавиши для задания количества повторов той или иной программы. Клавиши выбора программы могут быть нажаты в любом сочетании, при этом все выбранные программы с учетом числа повторов каждой должны исполняться последовательно.

*Практическое задание*. Устройство обслуживает 16 ламп, которые имитируются свето- диодными индикаторами. Органами управления производится запуск / остановка работы, выбор 4-х различных программ переключения световой иллюминации: 1) постоянное горение всех ламп в течение некоторого времени; 2) "бегущий огонь" - поочередное включение каждого ин- дикатора; 3) синхронное зажигание четных ламп с гашением нечетных и последующее зажига- ние нечетных с гашением четных; 4) вывод на индикацию кодов, записанных в определенной области памяти (не менее 8 стадий управления индикаторами). Программы могут выбираться как по одной, так и в любом сочетании. При одновременной работе нескольких программ каж- дая должна выполняться в течение некоторого времени с автоматическим переходом к следую- щей.

## Автомат управления освещением.

Устройство предназначено для включения / выключения и изменения яркости осветительных приборов в зависимости от времени суток (соответственно: ночь / день / сумерки). Для интегральной оценки уровня внешнего освещения используется не ме- нее 5 датчиков-фотоэлементов, уровень определяется как среднее значение показаний датчиков, причем не учитываются наибольшее и наименьшее. Пороговые значения между тремя зонами могут регулироваться в некоторых пределах посредством органов управления. Выходной сигнал устройства принимает значение максимума, минимума или некоторого промежуточного значения в зависимости от текущей освещенности, его средний уровень формируется посредством широтно-импульсной модуляции. Устрой- ство также содержит контрольный световой излучатель, подключенный к выходу; дис- плей, на который выводятся пороговые и текущий уровни; дополнительные кнопки те- стирования, позволяющие принудительно активизировать одно из трех состояний.

*Практическое задание*. Автомат предназначен для включения / выключения и измене- ния яркости осветительных приборов в зависимости от времени суток (соответственно: ночь / день / сумерки). Уровень внешнего освещения имитируется потенциометром. Осветительными приборами выступают светодиодные индикаторы. В программе должны задаваться легко настраиваемые пороги между указанными тремя зонами. Предусмотреть режим тестирования, когда кнопками принудительно выставляются состояния "дня/ночи/сумерек". Информацию о текущей освещенности и режиме работы освещения выводить на дисплей.

## Автомат включения освещения.

Устройство включает освещение на некоторое время при появлении людей. В качестве датчиков присутствия и текущей освещенности используются стандартные модули с аналоговым или цифровым интерфейсом. Устройство должно непосредствен- но коммутировать осветительное оборудование мощностью до 500 Вт, питающееся от

промышленной сети. При достаточном внешнем освещении включение должно всегда блокироваться, в ином случае — происходить только при возникновении относительно "резких" колебаний показания датчика присутствия. Освещение должно также вклю- чаться на определенное время, постоянно и выключаться вручную соответствующими органами управления. Предусмотреть оперативное регулирование посредством соот- ветствующих органов управления порога предельной внешней освещенности, диапазо- на нечувствительности (небольших колебаний по амплитуде, на которые не следует ре- агировать), скорости изменения уровня с датчика для идентификации присутствия. Во всех режимах должна присутствовать контрольная индикация.

*Практическое задание*. Устройство включает освещение на некоторое время при появ- лении людей. Датчик присутствия и текущей освещенности имитируется аналоговым регулято- ром, осветительный прибор — одним из светодиодов. При достаточном внешнем освещении включение должно всегда блокироваться, в ином случае — происходить только при возникно- вении относительно "резких" колебаний показания датчика. Освещение должно также вклю- чаться на определенное время, постоянно и выключаться вручную соответствующими органами управления. Предусмотреть задание в программе порога предельной внешней освещенности, диапазона нечувствительности (небольших колебаний по амплитуде, на которые не следует ре- агировать), скорости изменения уровня с датчика для идентификации присутствия. Во всех ре- жимах должна присутствовать контрольная индикация.

## Управление светофорным комплексом.

Микропроцессорная система управляет светофорами на перекрестках, располо- женных на основной магистрали. Реализовать общепринятую последовательность пе- реключения светофоров на каждом перекрестке (зеленый, мигающий зеленый, желтый, красный, красный для всех), а для транспорта, движущегося со скоростью 60 км/ч по основной магистрали — «зеленую волну». Обеспечить индивидуально на каждом пере- крестке: включение дежурного режима (мигающего желтого света) и ручное переклю- чение состояний. Число перекрестков (4...8) и расстояния между ними выбрать само- стоятельно. Предусмотреть управление светофорами как с помощью логических сигна- лов (включающих-выключающих соответствующие секции), так и передачу секциям команд по последовательному интерфейсу (SPI или I2C). Система должна иметь соб- ственные контрольные индикаторы на все каналы управления.

*Практическое задание*. Устройство обслуживает два перекрестка, на каждом из которых имеются две группы светофоров — для транспорта в соответствующем направлении. Использу- ются следующие режимы, задаваемые органами управления: автоматический; ручное переклю- чение стадий; дежурный ("мигающий желтый"). Реализовать общепринятую последовательность переключения светофора (зеленый, мигающий зеленый, желтый, красный, красный для всех) и сдвиг фаз работы двух светофоров как в автоматическом так и ручном режимах. Для двух пере- крестков обеспечить независимый закон смены состояний (различные времена отдельных ста- дий). Проверку работы производить на лабораторном макете с дополнительными индикаторами или имитировать работу светофоров путем вывода мнемонических символов на графический дисплей.

## Управление светофорной секцией.

Светофорная секция содержит две светодиодные матрицы (красного и зеленого цветов) с максимальной размерностью 16 x 16 каждая, часть угловых элементов отсут- ствует для придания секции формы круга. Секция может равномерно светиться зеле- ным, желтым или красным цветом, а также формировать изображения: левой и правой зеленых стрелок, красного стоящего пешехода; зеленого идущего пешехода, красных и зеленых чисел в диапазоне 00…99. Любое изображение может быть статичным или ми-

гающим. Каждое из состояний задается внешними кодами, поступающими в устрой- ство по последовательному интерфейсу (SPI или I2C) — кодировку определить само- стоятельно или согласовать с исполнителем задания «Управление светофорами с отсче- том времени».

Светодиодные матрицы подключаются к процессору через буферные каскады (драйверы), работают в режиме динамической индикации (непрерывного сканирования по строкам или столбцам). Для тестирования в устройстве имеются органы управления, с помощью которых можно вывести на матрицу как чистые цвета, так и любые другие изображения.

*Практическое задание*. Светофорная секция содержит две светодиодные матрицы (красного и зеленого цветов) с максимальной размерностью 16 x 16 каждая, часть угловых эле- ментов отсутствует для придания секции формы круга. Секция может равномерно светиться зе- леным, желтым или красным цветом, а также формировать изображения: левой и правой зеле- ных стрелок, красного стоящего пешехода; зеленого идущего пешехода, красных и зеленых чи- сел в диапазоне 00…99. Любое изображение может быть статичным или мигающим. Предлага- ется элементы матриц имитировать прямоугольными сегментами на графическом дисплее. Каж- дому из состояний соответствует некоторый 8- или 16-разрядный код (кодировку определить самостоятельно). Подпрограмма построения изображения должна получать этот код по одному из последовательных интерфейсов и от органов ручного управления. При тестировании с по- мощью джойстика реализовать возможность просмотра всех вариантов изображений.

## Управление светофорами с отсчетом времени.

Устройство обслуживает один перекресток, на котором установлено 4 транс- портных светофора и 2-4 пешеходных. Транспортные светофоры оснащены правой стрелкой, позволяющей исключить пересечение пути пешеходов, двигающих в том же направлении. Реализовать возможность движения и поворота транспорта во всех направлениях, не использовать при движении пешеходов режим «красный для всего транспорта». Для всех светофоров обеспечить обратный отсчет времени при движении прямо.

Управление каждой секцией светофоров осуществляется посылкой этой секции кода по последовательному интерфейсу (SPI или I2C) — кодировку определить само- стоятельно или согласовать с исполнителем задания «Управление светофорной секци- ей». Предусмотреть включение дежурного режима (мигающего желтого света), а также ручное переключение состояний.

*Практическое задание*. Устройство обслуживает один перекресток с 4 транспортными светофорами и двумя пешеходными. Транспортные светофоры оснащены правой стрелкой, поз- воляющей исключить пересечение пути пешеходов, двигающих в том же направлении. Реали- зовать возможность движения и поворота транспорта во всех направлениях, не использовать при движении пешеходов режим «красный для всего транспорта». Для всех светофоров обеспе- чить обратный отсчет времени при движении прямо. Управление состоянием каждой секции светофоров осуществлять посредством 8- или 16-разрядного кода (кодировку определить само- стоятельно). Для визуального контроля работы устройства использовать дисплей, подпрограм- ма вывода на дисплей должна принимать коды состояний и отображать их в виде символов или пиктограмм. Органами управления можно включать дежурный режим («мигающий желтый») и вручную производить смену стадий работы светофоров.

## Шаговый привод.

Принцип управления шаговым приводом описан ниже в практическом задании.

В дополнение к приведенному заданию реализовать:

* + не менее 8 фиксированных скоростей движения, выбираемых переключателем;
  + плавное увеличение скорости движения от минимальной до максимальной при удержании органа управления;
  + переключатель между двумя вышеперечисленными режимами;
  + опрос 4-х датчиков предельных положений объекта (концевых датчиков); при достижении предельных положений осуществлять немедленное торможение.

Состояния движения в каждом направлении, срабатывание каждого из концевых датчиков отображать на светодиодных индикаторах.

*Практическое задание*. Устройство управляет двухкоординатным шаговым приводом. Для каждой координаты формируются два сигнала: импульсы пошагового перемещения и логи- ческий сигнал направления движения. Импульсы могут быть любой скважности, важна только частота следования, определяющая скорость движения. Каждое движение состоит из 3-х фаз: разгон (частота импульсов плавно увеличивается от Fmin до Fmax), линейное перемещение с постоянной частотой Fmax, торможение (частота плавно спадает до Fmin). Для задания движе- ния в четырех главных направлениях (+X, -X, +Y, -Y), а также по диагонали используется джойстик. Выводить все выходные сигналы на индикаторы, а один из импульсных — дополни- тельно на звуковой сигнализатор. Принять, например, Fmin = 50 Гц, Fmax = 500 Гц, изменение частоты при разгоне/торможении 2…10% от предыдущего значения. Генерацию импульсов обеспечить с помощью таймера, по прерываниям от которого осуществлять загрузку нового значения периода импульса.

## Привод постоянного тока.

Скорость вращения электродвигателя задается уровнем подаваемого на его соб- ственный контроллер аналогового сигнала, направление — полярностью этого сигнала. Для связи с электроприводом, кроме аналогового сигнала, также используются: логиче- ский сигнал разрешения работы привода, двухфазный сигнал с энкодера (датчика вра- щения), логические сигналы с датчиков предельных положений. Стабилизация скоро- сти вращения достигается использованием системы авторегулирования с обратной свя- зью: в зависимости от изменения частоты импульсов с энкодера, которая пропорцио- нальна реальной скорости, изменяется уровень управляющего аналогового сигнала. При достижении какого либо предельного положения должна происходить немедлен- ная остановка привода и блокирование дальнейшей возможности движения в данном направлении.

Для оператора система управления имеет: клавиши запуска движения в прямом и обратном направлениях (при отпускании — остановка); переключатель для задания 4…8 значений стабилизированной скорости перемещения и режима плавного увеличе- ния скорости; светодиодные индикаторы (движения в том и другом направлениях, до- стижения предельных положений привода). В режиме плавного увеличения скорости удержание клавиши вызывает сначала движение с минимальной скоростью, через 0.5…1 с — постепенное ускорение до максимума в течение нескольких секунд.

*Практическое задание*. Скорость и направление вращения задается уровнем сигнала с ЦАП, причем среднее значение уровня соответствует нулевой скорости. Датчик вращения ими- тируется ручным регулятором — энкодером, датчики предельных положений (концевые датчи- ки) — ключами. Для управления приводом задействованы две кнопки (ключа), при нажатии со- ответствующей кнопки привод приходит в движение в том или ином направлении, при отпуска- нии — останавливается. Одним переключателем задается режим движения с постоянной (ста- билизированной) скоростью или режим плавного разгона. Для реализации постоянной скорости необходимо следить за частотой импульсов с энкодера, соответственно корректируя уровень аналогового сигнала. При плавном разгоне нажатие кнопки сначала вызывает движение с ми- нимальной скоростью, через 0.5…1 с — постепенное ускорение до максимума в течение не- скольких секунд. Срабатывание концевого датчика какого-либо направления должно вызывать немедленную остановку и дальнейшее блокирование движения в данном направлении.

## Спидометр.

Устройство имеет логический вход, на который поступают импульсы с датчика механизма привода транспортного средства. Отдельная кнопка производит сброс ана- лизатора предстоящей поездки. На дисплей выводятся: текущая скорость, время и про- бег за поездку, средняя скорость за поездку, общий километраж. При необходимости соответствующими органами управления можно сохранить данные поездки, а в послед- ствии их просмотреть. Такой параметр, как общий километраж, периодически сохраня- ется в энергонезависимой памяти (в разных ячейках).

*Практическое задание*. На отдельном таймере выполнен генератор импульсов, частоту которого можно изменять органами управления (2-4 варианта) или совсем останавливать. Через внешнюю перемычку на плате выход таймера подключен ко входному разряду порта. Импульсы имитируют сигнал с датчика механизма привода транспортного средства. Необходимо измерять частоту/период импульсов, выводить на дисплей текущую скорость и пройденный путь.

## Тренажер скорости реакции оператора.

В устройстве 8 кнопкам соответствуют 8 индикаторов. Индикаторы включаются в случайном порядке на короткое время, в течение которого оператор должен успеть нажать на соответствующую кнопку. Периодичность включения индикаторов также является случайной величиной в пределах некоторого интервала. Положительный и от- рицательный исходы каждого испытания сопровождаются разными звуковыми сигна- лами. Считать неудачей преждевременное (до включения индикатора) нажатие на лю- бую кнопку. По окончании сеанса на дисплей выводятся результаты. Дополнительными органами управления настраиваются длительность и средняя периодичность включения индикаторов. Результаты испытаний сохраняются в памяти, должны быть предусмот- рены средства для их последующего просмотра.

*Практическое задание*. Трем положениям джойстика соответствуют три индикатора. Индикаторы включаются в случайном порядке на короткое время, в течение которого оператор должен успеть отклонить рычаг джойстика в правильном направлении. Положительный и отри- цательный исходы каждого испытания сопровождаются разными звуковыми сигналами. Считать неудачей преждевременное (до включения индикатора) воздействие на джойстик. По оконча- нии сеанса на дисплей выводятся результаты. Предусмотреть в программе быструю коррекцию длительности и средней периодичности включения индикаторов. Период желательно варьиро- вать в некотором диапазоне случайным образом.

## Система анкетирования.

Основные функции системы сформулированы в практическом задании. При вы- полнении курсовой работы реализовать некоторые дополнительные возможности:

* + кроме выбора из готовых ответов предусмотреть также задание числовых па- раметров;
  + в памяти сохранять несколько сеансов опроса;
  + загрузку анкет (с произвольным количеством вопросов) и пересылку результа- тов опроса производить по одному из стандартных интерфейсов с использованием компьютера и/или Flash-накопителя.

*Практическое задание*. При запуске программы на дисплей выводится начальная за- ставка и предложение дальнейших действий. Последовательно предъявляются вопросы, в ответ на которые надо нажать определенные кнопки (джойстик) — соответствие ответов и кнопок должно быть ясно из информации на дисплее. Ответы сохраняются в памяти, и по окончании на дисплей выводится сводная таблица ответов. Количество вопросов — не менее 5. Примеры во- просов: "Ваш пол: муж., жен.", "Ваш возраст: до 20, 20-30, 30-40, более 40" и т.п.

## Система контроля знаний.

Основные функции системы сформулированы в практическом задании. При вы- полнении курсовой работы реализовать некоторые дополнительные возможности:

* + кроме выбора из готовых ответов предусмотреть также задание числовых па- раметров;
  + в памяти сохранять несколько сеансов контроля;
  + загрузку заданий (с произвольным количеством вопросов) и пересылку резуль- татов контроля производить по одному из стандартных интерфейсов с использованием компьютера и/или Flash-накопителя.

*Практическое задание*. Программа последовательно выводит вопросы и варианты отве- тов, которые необходимо выбирать нажатием на кнопки (джойстик). После ряда вопросов (не менее 8) отображаются результаты: количество заданных вопросов, количество сделанных ошибок. Примеры вопросов: "Самая быстрая память: Flash, SRAM, DRAM, PSRAM", "Оператор ^ языка Си производит: лог. умножение, возведение в степень, сложение по модулю 2, остаток от деления" и т.п. Представить вопросы, ответы, номера правильных ответов в виде таблиц, кото- рые легко корректировать и дополнять.

## Контроль метеорологических параметров.

Устройство периодически собирает информацию с датчиков температуры, дав- ления, влажности, направления и скорости ветра, освещенности. Информация о всех параметрах вместе с текущим временем заносится во встроенную или дополнительную энергонезависимую память и может быть передана по стандартному интерфейсу в ком- пьютер или подключаемую Flash-память. При заполнении всей памяти предусматрива- ется удаление данных самого раннего измерения с сохранением всех последующих и световая индикация этого состояния. Периодичность сбора информации (2, 5, 10, 20, 40, 80 мин.) задается переключателями или перемычками. Предусмотреть операции усреднения при выполнении измерений.

*Практическое задание*. Устройство с заданной периодичностью собирает информацию с 4…6 аналоговых датчиков и размещает ее в памяти. Реальные датчики можно имитировать: внутренним температурным датчиком процессора; внутренним датчиком опорного напряжения; потенциометром на плате; кнопкой WAKEUP; подачей уровней на разряды портов PA4…PA6, PC5, PF3…PF5, PF10. Периодичность сбора показаний (0.5, 2, 10, 40 с) устанавливается цикличе- ским нажатием одной из кнопок (позицией джойстика). При заполнении отведенного объема памяти новая информация записывается вместо данных самого раннего измерения, и осуществ- ляется светодиодная индикация состояния переполнения памяти. По нажатию кнопки, имити- рующей подключение внешнего компьютера или памяти, вся действительная информация в хронологическом порядке ее сбора выводится в последовательном коде на светодиодный инди- катор, после чего память для данных считается освободившейся.

## Мониторинг режима работы аппаратуры.

Устройство встраивается в аппаратуру и контролирует состояние внутренних питающих напряжений (+12 В; -12 В; +5 В; -5 В; +3,3 В; +1,8 В), исправность трех вен- тиляторов охлаждения и температуру в двух зонах внутреннего пространства. Допу- стимое отклонение любого питающего напряжения от номинала не должно превышать

±5%. Вентилятор имеет логический выход, на котором формируется импульс при каж- дом обороте вала двигателя, номинальная скорость — 3000…4000 об/мин, допустимое снижение скорости — до 2000 об/мин. Температурные датчики выдают аналоговый сигнал уровня 0,05 В/oC, допустимым порогом являются соответственно значения 70 oC и 90 oC. Для каждого параметра имеется светодиодный индикатор, постоянное горение которого говорит о нормальном значении параметра, мигающее состояние — о неис-

правности, погашенное состояние — параметр не контролируется. Включение того или иного канала контроля осуществляется перемычкой на плате. Система мониторинга при выходе любого параметра за допустимые пределы в дополнение к светодиодной индикации формирует короткие звуковые сигналы.

*Практическое задание*. Устройство следит за 4 различными уровнями напряжений и при отклонении любого из них на ±10 % формирует сигналы оповещения — постоянное мигание одного из 4 светодиодных индикаторов, соответствующего контролируемому параметру, а так- же короткие звуковые сигналы. Четырьмя позициями джойстика можно включать–отключать слежение за соответствующими каналами, при этом горение светодиода говорит о нормальной работе, погашенное состояние — канал отключен. Номинальные значения напряжений реко- мендуется задать в виде констант в программе. В качестве контролируемых уровней можно ис- пользовать сигналы с потенциометра (разряд порта PC0) и сигналы, подаваемые на разряды портов PA4…PA6, PC5, PF3…PF5, PF10.

## Многоканальная система сбора данных для статических сигналов.

Система предназначена для ввода и обработки информации с аналоговых датчи- ков различного назначения. Технические параметры: число каналов ввода — 32; тип входного сигнала — напряжение 0…5 В или ток 4…20 мА; разрядность значений — 12; время одиночного измерения — не более 100 мкс; интерфейс передачи данных — RS-

232. В системе предусмотрены следующие возможности (конфигурируются переклю- чателями или перемычками):

* регулируемое (10 мс, 100 мс, 1 с, 10 с, 1 мин, 5 мин, 20 мин, 1 час) автоматиче- ское обновление информации с датчиков в памяти;
* включение фильтрации от помех питающей сети 50 Гц — проведение и усред- нение нескольких показаний за один период изменения сетевого напряжения;
* разрешение формирования аварийных сообщений при выходе показаний дат- чиков за допустимые пределы — пороговые минимальные и максимальные уровни за- даются в виде констант в энергонезависимой памяти.

Информация заносится в буфер памяти, объем которого рассчитан на несколько десятков измерений и циклически обновляется при заполнении. Передача информации производится по внешним запросам или по собственной инициативе в случае аварий- ных сообщений (формат сообщений описан ниже в практическом задании). Светодиод- ные индикаторы должны отражать текущее состояние системы: нормальное функцио- нирование, проведение измерений, передачу данных, наличие аварийных состояний.

*Практическое задание*. Система осуществляет ввод, простейшую обработку и передачу информации с 8 аналоговых входов. Предусмотрены следующие режимы работы (конфигуриру- ются циклическим нажатием кнопок или джойстиком):

регулируемое (1, 3, 10, 30 с) обновление информации в памяти;

включение режима фильтрации помех: проведение нескольких измерений (от 4 до 16) и усреднение результатов;

разрешение формирования аварийных сообщений при выходе показаний датчиков за допустимые пределы — пороговые минимальные и максимальные значения заданы в табличной форме в тексте программы.

Передача информации производится по поступлению внешнего запроса, который ими- тируется нажатием одной из кнопок, или по собственной инициативе в случае аварийных сооб- щений. Аварийные сообщения должны передаваться с некоторой постоянной периодичностью, например, через 5 с, или в соответствии с периодом обновления информации. Передача ин- формации представляет собой выдачу по последовательному интерфейсу следующих байт: а) номер данной системы (задать в виде константы); б) длина сообщения в байтах; в) байт- признак аварийного сообщения — равен FFH, если сообщение аварийное и 0 в противном слу- чае; г) разрядность показаний датчиков, бит; д) информационные байты: при 8 однобайтовых

датчиках их число равно 8, при 8 двухбайтовых — 16; е) два байта контрольной суммы (задать в виде констант). Светодиодные индикаторы должны отражать текущее состояние системы: нормальное функционирование (периодическое включение/выключение), проведение измере- ний, передачу данных, наличие аварийных состояний.

В качестве контролируемых уровней можно использовать сигналы с потенциометра

(разряд порта PC0) и сигналы, подаваемые на разряды портов PA4…PA6, PC5, PF3…PF5, PF10.

## Многоканальная система сбора данных для переменных сигналов.

Система предназначена для ввода и измерения переменных сигналов с размахом

±1 В по 16 каналам. Разрядность преобразований — не менее 12. Имеется последова- тельный интерфейс передачи данных. В системе предусмотрены следующие возможно- сти (конфигурируются переключателями или перемычками):

* частота дискретизации по каналу: 50, 200, 1000, 4000, 16000, 48000 Гц;
* непрерывный или периодический (0.2, 1, 5, 25 с) опрос;
* результат обработки: размах сигнала, среднее значение.

Для каждого канала в памяти заданы пороговые минимальные и максимальные значения. При выходе измеренных значений за допустимые пределы формируются сигналы оповещения — постоянное мигание одного из 16 светодиодных индикаторов, соответствующего контролируемому параметру.

Информация заносится в буфер памяти, объем которого рассчитан на несколько десятков измерений и циклически обновляется при заполнении. Передача всего буфера производится по последовательному интерфейсу при поступлении соответствующего запроса.

*Практическое задание*. Система осуществляет ввод, простейшую обработку, накопление и передачу информации с 4 аналоговых входов. Предусмотрены следующие режимы работы (конфигурируются циклическим нажатием кнопок или джойстиком):

частота дискретизации по каждому каналу: 1000, 4000, 16000, 48000 Гц; непрерывный или периодический (1, 5 с) опрос;

результат обработки: размах сигнала, среднее значение.

Для каждого канала в памяти заданы пороговые минимальные и максимальные значе- ния. При выходе измеренных значений за допустимые пределы формируются сигналы оповеще- ния — постоянное мигание одного из 4 светодиодных индикаторов, соответствующего контро- лируемому параметру. В качестве контролируемых уровней можно использовать сигналы с по- тенциометра (разряд порта PC0) и сигналы, подаваемые на разряды портов PA4…PA6, PC5, PF3…PF5, PF10.

## Контроллер бесперебойного источника питания.

Источник питания подключен к электросети 220 В 50 Гц и напрямую передает энергию сети на свой выход, куда подсоединена нагрузка (аппаратура). При выходе напряжения сети за допустимые пределы (±15 %) или при полном его пропадании ис- точник переключает нагрузку на собственный генератор, в свою очередь питающийся от встроенного аккумулятора.

На контроллер через соответствующий делитель подается напряжение сети (аналоговый сигнал), а с выхода — снимается сигнал такой же частоты и фазы для ге- нератора. При отклонении параметров входного сигнала от нормы контроллер продол- жает формировать выходной сигнал и выдает логический сигнал на переключение, при этом включается светодиодный индикатор и периодически (каждую минуту) формиру- ется предупреждающий звуковой сигнал. При возврате входного сигнала к норме вос- станавливается питание от сети.

Контроллер также работает со следующими сигналами: выходной сигнал вклю- чения/отключения нагрузки; сигнал с клавиши включения/выключения нагрузки;

входной логический сигнал с компаратора, измеряющего напряжение аккумулятора (при пропадании этого сигнала, т.е. при разряде аккумулятора, следует отключить нагрузку и снять аналоговый сигнал на генератор).

*Практическое задание*. Контроллер постоянно формирует сигнал, близкий к синусои- дальному, частота которого соответствует частоте питающей сети и который можно наблюдать на выходе ЦАП. На вход устройства подается аналоговый сигнал с амплитудой, пропорциональ- ной напряжению питающей сети. На первом этапе разработки программы такой сигнал можно взять непосредственно с потенциометра (триммера). Однако далее амплитуду на входе необхо- димо определять по переменному сигналу, подав его на вход АЦП от внешнего генератора или от собственного (для этого необходимо добавить внешний потенциометр между выходом ЦАП и входом АЦП). При отклонении амплитуды входного сигнала на ±15 % от номинала выдается логический сигнал переключения нагрузки (включается светодиодный индикатор), при возврате напряжения к норме сигнал переключения снимается.

## Логический анализатор.

Устройство предназначено для диагностики цифровых схем, позволяет прини- мать и запоминать последовательности логических сигналов одновременно по 16 кана- лам. Объем буферной памяти — не менее 4 К отсчетов для каждого канала. Момент за- пуска (так называемое триггерное событие или условие синхронизации) происходит при выполнении одного или нескольких условий — нажатия клавиши оператором, по- ступления фронта (спада) синхросигнала, появления определенного кода на входных линиях. Имеются 2 режима регистрации: а) пост-триггер (постзапуск): анализатор ожи- дает наступления триггерного события, далее начинает регистрацию и запись входных сигналов в буфер до его заполнения, после чего останавливается; б) пред-триггер (предзапуск): запись осуществляется непрерывно (при этом буфер постоянно перезапи- сывается), при наступлении условий синхронизации запись продолжается еще некото- рое задаваемое время, заполняя только часть буфера. В последнем случае регистриру- ется процесс как до, так и после срабатывания триггера. Анализатор имеет дисплей для отображения временных диаграмм, стандартный интерфейс для передачи данных в компьютер.

Органами управления можно задавать частоту дискретизации (10 Гц; 100 Гц, 1

кГц, 10 кГц; 100 кГц; 1 МГц), условия синхронизации, режим синхронизации.

*Практическое задание*. Устройство вводит логические уровни одновременно с 4–8 вхо- дов и размещает их в памяти. Количество запоминаемых отсчетов не менее 128. Момент запус- ка (триггерное событие) осуществляется при выполнении одного или двух условий — нажатии клавиши оператором, появления определенного кода на входных линиях. В режиме, называе- мом «постзапуск», регистрация начинается при возникновении триггерного события и заканчи- вается при заполнении буфера. В режиме «предзапуска» регистрация осуществляется непре- рывно (при этом буфер постоянно перезаписывается), при срабатывании триггера запись про- должается в объеме половины буфера. Результаты регистрации по всем каналам в области триггерного события необходимо отобразить на графическом дисплее (в виде временных диа- грамм или, в крайнем случае, символьных последовательностей). В качестве входных сигналов использовать имеющиеся на макете кнопки/переключатели. Органами управления выбирать режим регистрации, условие запуска, код запуска. При нехватке на макете необходимого числа органов управления допускается требуемые параметры задавать в тексте программы с возмож- ностью их быстрой коррекции.

## Универсальный измерительный прибор.

Прибор измеряет напряжение постоянного и переменного тока (диапазоны 10

мВ, 100 мВ, 1 В, 10 В, 100 В, 1000 В), период аналоговых сигналов (диапазоны 10 мкс,

100 мкс, 1 мс, 10 мс, 100 мс, 1 с), частоту аналоговых сигналов (диапазоны определить

самостоятельно), период/частоту логических сигналов (диапазоны определить исходя из возможностей таймеров микроконтроллера). Для задания диапазона и вида измере- ния используются клавиши или переключатели, связанные как с микроконтроллером, так и с аппаратным усилителем-аттенюатором. Точность измерения напряжения — не хуже 0,1 %. Результаты измерений выводятся на символьный дисплей или цифровое табло.

*Практическое задание*. Прибор измеряет напряжение постоянного тока, напряжение переменного тока, период/частоту аналоговых и логических сигналов. Диапазон уровней и мак- симальную частоту выбрать исходя из возможностей АЦП и таймеров лабораторного макета. Вид измерений задается органами управления. Измеренные параметры отображаются на дис- плее.

## Устройство для снятия характеристик.

Устройство используется для снятия характеристик биполярных и полевых транзисторов Для биполярного транзистора соответствующими органами управления выбираются характеристики: IБ (UБ), IК (IБ), IК (UК) при различных IБ . Измерительная головка имеет: два аналоговых выхода для сигналов, пропорциональных UБ , IК ; два аналоговых входа для задания IБ , UК . Самостоятельно определить перечень характери- стик и сигналов для полевого транзистора. Процесс запускается клавишей, результаты выводятся на дисплей в виде графических зависимостей и в виде таблиц. Кроме того, имеется стандартный интерфейс для передачи измеренных значений компьютеру. При реализации алгоритма предусмотреть программное ограничение максимального тока коллектора (стока) транзистора по избежание выхода из строя последнего.

*Практическое задание*. Для снятия характеристики I (U) некоторого радиокомпонента используется ЦАП, задающий значения напряжения U, и АЦП, измеряющий значения тока I. Од- на из кнопок запускает процесс снятия характеристики, при этом пары значений U и I сохраня- ются в соответствующих массивах. Органами управления задается (или выбирается из списка) максимально допустимое значение тока I. При превышении этого значения следует остановить процесс, сбросив значение U. Количество точек характеристики — 64…128, при этом диапазон значений U должен соответствовать максимальному, которое может обеспечить ЦАП. Характе- ристика в виде графической зависимости отображается на дисплее (допускается также таблич- ное представление результатов).

Рекомендуется задействовать выход ЦАП на разряде порта PA4, вход АЦП на разряде PA6, PC5 или PF10, в качестве компонента использовать полупроводниковый диод с измери- тельным сопротивлением. В отчете привести схему соединений.

## Управление микроволновой печью.

В систему управления входят: две кнопки увеличения временного интервала с дискретностями 1 минута и 10 секунд; кнопка задания мощности нагрева (при каждом нажатии мощность уменьшается с дискретностью 20%); кнопки «Старт» и «Стоп»; ло- гический датчик открытия дверцы; цифровой дисплей; звуковой излучатель; выходные логические сигналы для включения: нагрева, электропривода вращения подставки, внутреннего освещения. Все нажатия кнопок сопровождаются короткими звуковыми сигналами и отображением задаваемых параметров на дисплее. Во время работы печи дисплей ведет обратный временной отсчет. Нажатие кнопки «Стоп» или открытие дверцы останавливает работу (можно при открывании дверцы вводить режим паузы с продолжением по кнопке «Старт»). Окончание отработки заданного времени сопро- вождается серией длинных звуковых сигналов. Разная мощность нагрева реализуется изменением соотношения времен включенного и выключенного состояний (периодич- ность смены — несколько секунд).

*Практическое задание*. Две кнопки (позиции джойстика) задают время: при каждом нажатии одна из кнопок увеличивает время на 1 минуту, другая — на 10 секунд. Еще одна кнопка может регулировать мощность: по умолчанию мощность максимальна (100%), при каж- дом нажатии кнопки мощность уменьшается до 75%, 50%, 25%. Имеются кнопки старта и сто- па. Кнопка «Старт» запускает работу печи (нагрев и работа привода вращения подставки ими- тируются светодиодами), на дисплее при этом ведется обратный отсчет времени. Кнопка

«Стоп» в любой момент должна останавливать работу со сбросом показаний времени (действу- ет и в процессе задания времени). В режиме пониженной мощности нагрев периодически (пе- риод — несколько секунд) включается и выключается, соотношение между этими стадиями со- ответствует заданному уровню мощности. По окончании отработки времени нагрев отключается и генерируется серия из 3–5 звуковых сигналов. Желательно все нажатия кнопок сопровождать короткими звуковыми сигналами и выводить устанавливаемые состояния на дисплей.

## Управление лифтом.

Устройство управления, устанавливаемое в лифтовой кабине имеет: N кнопок выбора этажа (N > 8) с индивидуальной светодиодной подсветкой; кнопки закрытия и открытия дверей (действуют, пока лифт не пришел в движение); кнопку вызова диспет- чера; цифровой дисплей для отображения текущего местоположения, направления движения; выходные логические сигналы управления приводом открытия/закрытия дверей, управления движением, управления тормозом, вызова диспетчера, включения разговорного устройства; входные логические сигналы об открытии/закрытии дверей, о точном позиционировании кабины на этаже. Требуется обеспечить общепринятый по- рядок пользования лифтом. Предусмотреть: задержку при закрывании дверей; блоки- рование начала движения с незакрытыми дверями; блокирование открывания дверей вне зоны точной остановки; возможность выбора нескольких этажей, в том числе, в процессе движения; выдачу последовательного кода вызова диспетчера (в коде содер- жится идентификатор текущего объекта).

Задание может выполняться двумя студентами при дополнении системы устрой- ствами, устанавливаемыми на этажах. Дополнительные функции: вызов с любого этажа с выбором требуемого направления; остановка кабины по вызовам при движении в том же направлении; отображение состояния и места нахождения кабины. Необходимые для этого сигналы (интерфейсы) определить самостоятельно.

*Практическое задание*. Интерфейс пользователя лифтовой кабины состоит из четырех кнопок выбора этажа, светодиодных индикаторов для подсветки нажатой кнопки, цифрового дисплея для отображения текущего положения (номера этажа) и состояния движения. Логиче- ские сигналы (назначены на свободные разряды портов или на органы управления/отображения расширенного варианта лабораторного макета): управление открыванием/закрыванием дверей; управления движением в двух направлениях; с датчика закрытия дверей и датчика нахождения кабины в зоне точной остановки (имитируются кнопками). Обеспечить общепринятую последо- вательность работы элементов лифтовой кабины.

Усложненный вариант системы управления лифтом, который выполняется двумя студен- тами, включает в себя дополнительное устройство, устанавливаемое на этажах. Это другой ла- бораторный макет, связанный с первым либо по интерфейсу RS-232, либо логическими сигна- лами (посредством соединителей RS-232, UEXT), способ взаимодействия двух устройств опреде- лить самостоятельно. В этажном устройстве должны быть кнопки вызова, дисплей для отобра- жения состояния и места нахождения кабины. Учесть, что прямые сигналы управления дверями и движением должны исходить только от одного устройства.

## Домофон.

Принцип работы многоквартирного домофона описан в практическом задании. В курсовой работе необходимо реализовать все изложенные там функции, кроме ис- пользования электронных ключей.

Усложненный вариант системы, предназначенный для выполнения двумя сту- дентами, дополнительно предусматривает: работу с электронными ключами и разра- ботку абонентского устройства. В абонентских устройствах обычно применяется про- стая логическая схема декодирования, но в курсовой работе предлагается использовать микроконтроллер. Наличие микроконтроллера позволяет запоминать время всех по- следних (до нескольких десятков) вызовов с возможностью их просмотра на мини- дисплее. Предусмотреть схемные и программные решения для максимального сниже- ния уровня энергопотребления такого абонентского устройства.

*Практическое задание*. Принцип работы многоквартирного домофона с цифровым коди- рованием состоит в следующем. От центрального электронного блока, связанного с вызывной панелью (пультом), идет двухпроводная линия, к которой параллельно подключены все або- нентские устройства. Напряжение в линии 7…9 В (конкретные уровни могут иметь другие зна- чения в различных модификациях систем) — соответствует лог. "1". От данного напряжения постоянно запитана малопотребляющая логика декодирования всех абонентских устройств. При вводе с панели номера квартиры сначала в линию посылается синхроимпульс с нулевым уров- нем и длительностью около 200 мс для начальной установки системы декодирования, затем по- следовательный код с номером квартиры, затем серия вызывных сигналов (с логическими уров- нями). При снятии трубки абонентского устройства подключается разговорный узел трубки и напряжение в линии проседает до 4…6 В. Это снижение уровня идентифицируется центральным блоком, который в свою очередь задействует разговорный узел на вызывной панели. Нажатие абонентом кнопки открывания двери на короткое время (несколько миллисекунд) приводит к разрыву линии, что вызывает скачок напряжения до исходного значения. Центральный блок должен распознать такой импульс и выдать сигнал на электромагнит открывания двери, а также сформировать звуковой сигнал для абонента и собственного звукового излучателя. Открывание двери может происходить также без запроса абонента вводом некоторого числа (4…8 десятич- ных цифр) с пульта, причем в абонентское устройство посылается такая же последователь- ность, как и при запросе, но с коротким звуковым уведомлением. Цифровая индикация на пуль- те отображает номер квартиры, состояние системы. Дополнительная функция: наличие на пуль- те однопроводного интерфейса для электронных ключей. В системе всегда предусматриваются максимальные времена на отдельные стадии, например, время сигнала вызова и ожидания (до 30 с), время разговора (до 120 с), длительность открытия замка (до 5 с), после чего система должна вернуться в исходное состояние.

Для практического задания предлагается упрощенная модель центрального блока с пультом: число цифровых клавиш — 4 (по числу позиций джойстика), выход импульсов и звуко- вых посылок — на звуковой излучатель макета, сигнал открывания замка — на светодиодный индикатор, уровень напряжения в линии — с ручного регулятора (потенциометра).

Усложненный вариант домофона, который выполняется двумя студентами, включает в себя дополнительно реализацию абонентского устройства на другом лабораторном макете. Для связи макетов используется одна-две линии с логическими и/или аналоговыми уровнями. Або- нентское устройство отображает состояние вызова на собственном звуковом излучателе, инди- каторах и дисплее, формирует сигнал открывания по нажатию кнопки. В состоянии ожидания абонентское устройство должно иметь минимальное энергопотребление.

# РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОСТАВЛЕНИЮ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ

**Общие рекомендации**

В первую очередь следует определиться с составом и количеством функцио- нальных компонентов, входящих в устройство. В их перечень входят микроконтроллер, клавиатура (отдельные кнопки, переключатели), светодиодные индикаторы, цифровые индикаторы, символьные и графические дисплеи, звуковые излучатели, аналого- цифровые и цифро-аналоговые преобразователи, мультиплексоры, дешифраторы, шиф- раторы, измерительные преобразователи, усилители (буферные каскады), аттенюаторы (делители напряжения), преобразователи уровня и некоторые другие. Устройство должно содержать как минимум один светодиодный или иной индикатор, периодиче- ское включение/выключение которого свидетельствует о нормальной работе устрой- ства. Автономное устройство должно иметь собственный источник питания, в иных случаях рекомендуется использовать блок питания аппаратуры, в составе которой функционирует устройство.

Особое внимание должно уделяться выбору органов управления и отображения информации. Здесь необходимо руководствоваться не простотой подключения или программирования устройства, а исключительно эргономическими факторами — удоб- ством, рациональностью, наглядностью при работе с устройством. Поэтому рекоменду- ется продумать всю последовательность взаимодействия оператора с разрабатываемым устройством, позаботиться о наличии подробной инструкции пользователя.

В устройствах, которые не предполагают постоянного присутствия рядом опера- тора, обязательно использование сторожевого таймера с целью автоматического сброса процессора при зависании и сбое программы.

Одной из проблем при проектировании устройства может оказаться нехватка разрядов встроенных в микроконтроллер портов для подключения функциональных компонентов. Основные рекомендации: максимальное использование последовательно- го интерфейса, применение модификаций микроконтроллеров с увеличенным числом линий ввода-вывода, встроенными модулями АЦП-ЦАП, встроенными интерфейсами, введение дополнительных портов. Некоторые решения подробно рассмотрены в [4].

# ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ ОТДЕЛЬНЫХ РАЗДЕЛОВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

**Текст задания**

## Многоканальный измеритель напряжения.

Устройство имеет 8 каналов, диапазон входных напряжений — 0.000...9.999 В, погрешность измерений — 0.001 В.

Органы управления:

* клавиша выбора канала (при каждом нажатии клавиши на индикацию посту- пает напряжение со следующего канала, на одном из индикаторов отобража- ется номер канала: 1...8);
* переключатель типа выводимой на индикацию информации: напряжение на входе одного канала — Uвхi, максимальное напряжение — Uмакс, среднее напряжение — Uср;
* переключатель режима измерений: непрерывно / однократно;
* клавиша запуска однократного измерения.

Устройство должно передавать информацию внешнему устройству (компьюте-

ру) по одному из стандартных интерфейсов.

# Анализ технического задания

Уточняем некоторые параметры, не оговоренные в техническом задании. Входной измеряемый параметр — напряжение постоянного тока. Периодич-

ность измерений в непрерывном режиме определяется из удобства наблюдения за сме- ной показаний — примем ее равной 0.5 секунды (обычно в измерительной аппаратуре время индикации регулируется, в данном случае эта возможность опущена).

Исходя из заданной точности измерений (0,01%), разрядность АЦП должна быть не менее 14. Минимальное число индикаторов, необходимое для вывода номера канала и результата в виде 4-х десятичных цифр — 5. Предусмотрим также вариант использо- вания однострочного дисплея с увеличенным размером символов.

В качестве дополнительной функции введем кнопку сброса, которая устанавли- вается на плату, с возможным доступом к ней извне через отверстие в корпусе. Кнопка используется при отладке устройства, а также в случае зависания.

АЦП с указанной выше разрядностью (на самом деле ее рекомендуется брать больше на 1-2 разряда) относительно редко бывает встроенным в процессор. Поэтому покажем вариант использования внешнего преобразователя.

Устройство является самостоятельным, конструктивно будет выполнено в виде отдельного блока с собственным сетевым источником питания.

# Внешний вид устройства. Работа с устройством

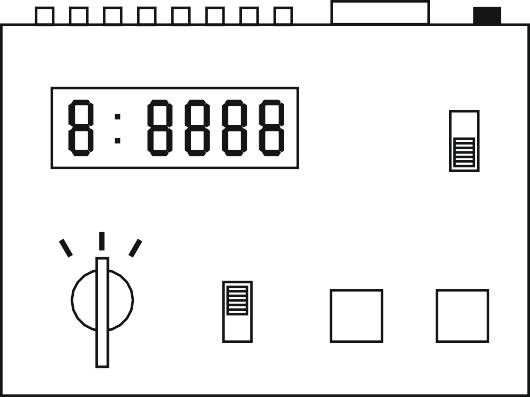
Эскиз внешнего вида устройства представлен на рис. 1.

Опишем общий порядок работы. Пусть переключателями задан режим одно- кратного измерения по одному каналу («Непрерывно–однократно» — в положении

«однократно», «Напряжение» — в положении Uвхi). В этом случае после включения прибора на левом индикаторе отображается цифра «1» (номер канала), остальные ин- дикаторы погашены. При каждом нажатии на клавишу «Выбор канала» на левом инди- каторе отображаются цифры 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 1 и т.д., остальные индикаторы должны оставаться погашенными. Нажатие клавиши «Пуск» запускает измерение по заданному

Uвх

RS-232 / USB



Канал Напряжение

Вкл

Uвхi Uср Uмакс

Непрер

Выбор канала

Пуск

Однокр

Сеть 220 В

каналу и на правые индикаторы по- ступает результат. Перевод переклю- чателя «Непрерывно–однократно» в режим непрерывных измерений за- ставляет прибор осуществлять изме- рения и выводить измеренную вели- чину на индикацию с заданным вре- менным интервалом. При этом кла- виша «Выбор канала» продолжает выполнять свои функции по установ- ке канала. В положениях переключа- теля «Напряжение» Uср, Uмакс кла- виша выбора канала и левый индика-

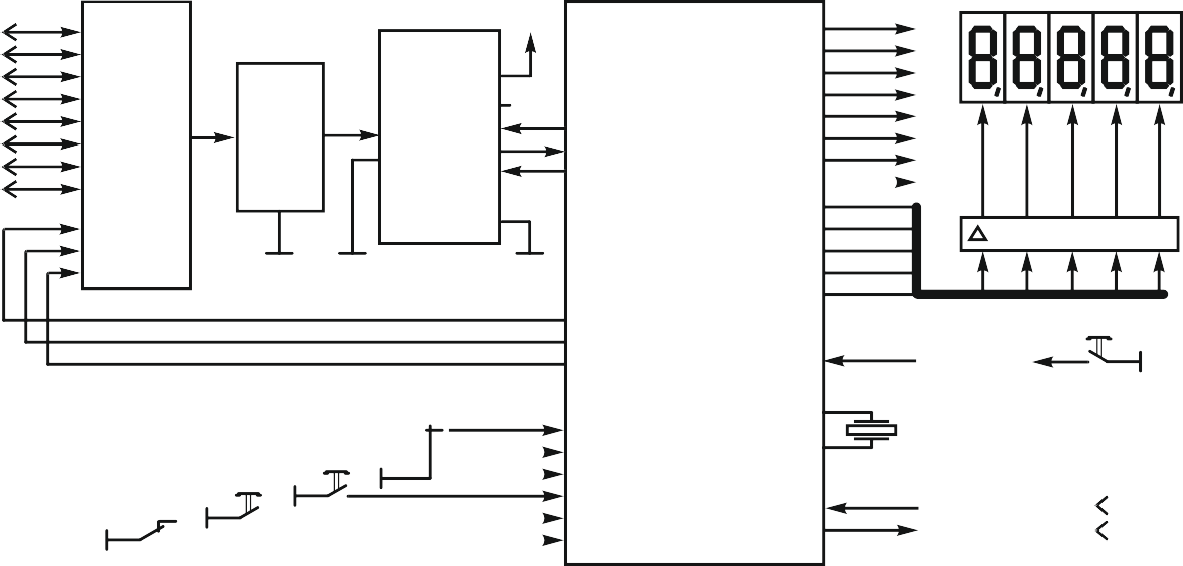
*Рис. 1. Эскиз внешнего вида устройства*

тор не действуют, прибор осуществ- ляет измерения по всем 8 каналам, находит соответственно среднее или

максимальное значение и выводит результат на индикацию. Здесь также продолжает функционировать клавиша «Непрерывно–однократно».

# Функциональная схема (вариант 1)

В данном варианте (рис. 2) иллюстрируется использование внешних модулей.

Uвх

**MUX**

IN0

IN1 IN2 IN3

Аттенюатор

+U

**ADC**

1

**BD**

PC0 PC1 PC2 PC3 PC4

PC5 PC6 PC7 PC8 PC9 PC10

PC11

PC12

**CPU**

VDD

SDI

SPI\_SCK SPI\_MISO SPI\_MOSI

IN4 IN5 IN6 IN7

A0 A1

A2

OUT

IN+ IN-

SCK SDO CNV

GND

Усилитель

3

2

4

1 2 3 4 5

5

"Сброс"

RESET

PB13

PB14 PB15

Схема сброса

"Напряжение"

Uвхi

OSC\_IN

OSC\_OUT

PA2

PA3 PA4 PA5

PA6

PA7

"Непрерывно-

однократно"

UART\_RX UART\_TX

"Выбор канала"

"Пуск"

Uср

Uмакс

Интерфейс

RS-232

Преобра- зователь уровня

Сеть

"Вкл"



Блок питания

К модулям

RxD

TxD

220 В

устройства

*Рис. 2. Функциональная схема по варианту 1.*

Восемь входных сигналов подводятся к аналоговому мультиплексору MUX, но- мер опрашиваемого канала задается тремя битами с разрядов порта PB13…PB15. С вы- хода мультиплексора сигнал проходит через аттенюатор, который ослабляет входной сигнал с размахом 10 В до допустимого диапазона АЦП, и далее подается на вход

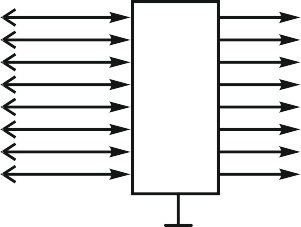
АЦП. Цифровая часть АЦП сопряжена с процессором по интерфейсу SPI, причем ли- ния входных для АЦП данных (SDI) не используется. Для запуска АЦП необходимо подать импульс на вывод CNV, в данном случае импульс формируется сигналом дан- ных SPI с процессора. По окончании передачи этих «фиктивных» данных преобразова- ние заканчивается, и следующие байты, принимаемые процессором, содержат необхо- димую информацию об уровне измеряемого напряжения.

Органы управления устройством — клавиши и переключатели — подключены к разрядам порта PA. При нажатии клавиши или изменении положения переключателя на соответствующий разряд порта поступает сигнал логического "0". Подтяжка разрядов до логической "1" осуществляется встроенными в процессор резисторами.

Цифровые индикаторы обслуживаются портом PC, работают в динамическом режиме: на разрядах 8...12 порта поочередно выставляются активные логические уров- ни выбора одного из индикаторов, а через разряды 0...7 поступает сегментный код циф- ры, отображаемой в данный момент на данном индикаторе. Необходимость в отдель- ном индикаторе, свидетельствующем о работоспособности прибора, отсутствует, так как данную функцию выполняет цифровая индикация.

В приведенном варианте реализован последовательный интерфейс RS-232, для сопряжения ТТЛ/КМОП уровней сигналов на разрядах порта с уровнями ±5…±15 В интерфейса RS-232 используется преобразователь уровня. Алгоритмически передача данных внешнему устройству, например, компьютеру, может происходить как по ини- циативе данного измерителя, так и по получении команды от компьютера (реализуемой как запрос прерывания).

# Функциональная схема (вариант 2)



Uвх

Аттенюатор

ADC\_IN0 ADC\_IN1 ADC\_IN2 ADC\_IN3 ADC\_IN4 ADC\_IN5 ADC\_IN6 ADC\_IN7

**CPU**

PC0 PC1 PC2 PC3 PC4 PC5

RESET

DB4 DB5 DB6 DB7 RS E

R/W

"Сброс"

Схема сброса

"Напряжение"

Uвхi

PA2

OSC\_IN OSC\_OUT

Интерфейс

"Непрерывно-

однократно"

Сеть



Блок питания

220 В

"Выбор канала"

"Вкл"

"Пуск"

Uср

Uмакс

PA3 PA4 PA5

PA6

PA7

USB\_VBUS USB\_DM USB\_DP

Элементы согласова- ния

и защиты

USB

VBUS D- D+ GND

*Рис. 3. Функциональная схема по варианту 2.*

В данном варианте (рис. 3) используется процессор со встроенными АЦП и мультиплексором. Для отображения применен символьный дисплей с интерфейсом HD44780. Передача данных в дисплей происходит по 4-разрядной шине данных с дву-

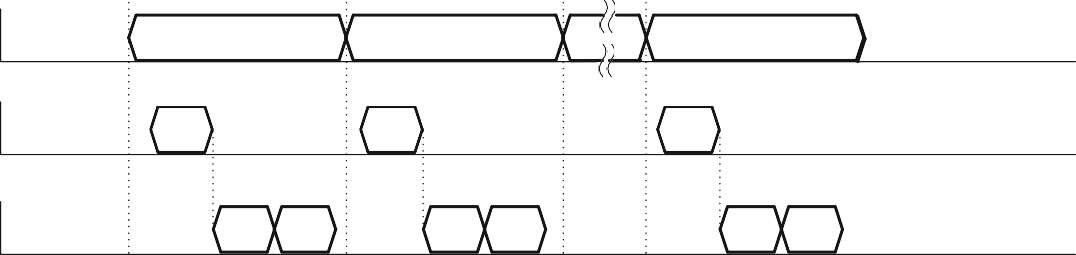
мя управляющими сигналами. Так как обратная передача данных с дисплея не требует- ся, один из управляющих сигналов не задействован.

В устройстве реализован интерфейс USB. Интерфейс рассчитан на «горячее» подключение, поэтому, как правило, даже при его полной интеграции в процессор, необходимы дополнительные элементы согласования и защиты (эти правила содержат- ся в техническом описании процессора и рекомендуемых схемах подключения).

# Временные диаграммы

**Процесс измерения по 8 каналам**

Код управления мультиплексором



Выбор канала 0

Выбор канала 1

Выбор канала 7

Запуск АЦП (сигнал CNV / SPI\_MOSI)

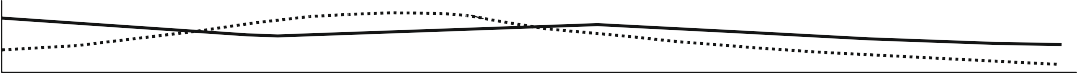
Данные АЦП (сигнал SDO / SPI\_MISO)

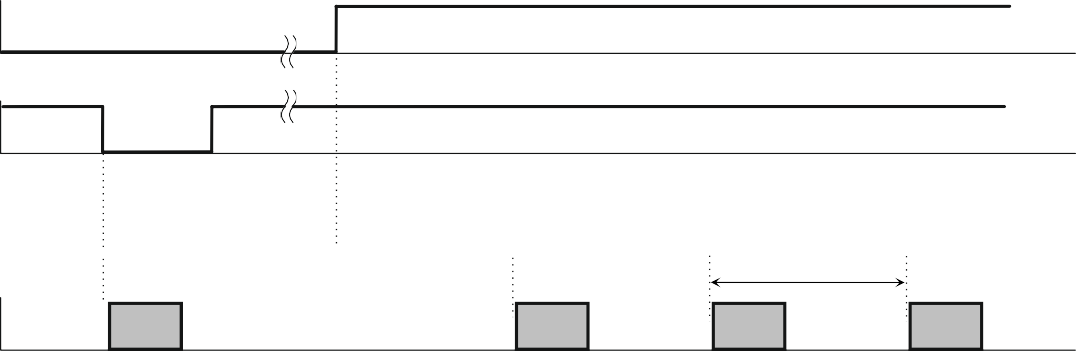
Подготовка кодов индикации

N кодов



**Управление запуском измерений**

Измеряемый сигнал (показаны два канала)



Однократно

Непрерывно

Кнопка "Пуск"

Прерывания от таймера периода измерений

Процесс измерений по одному или всем каналам

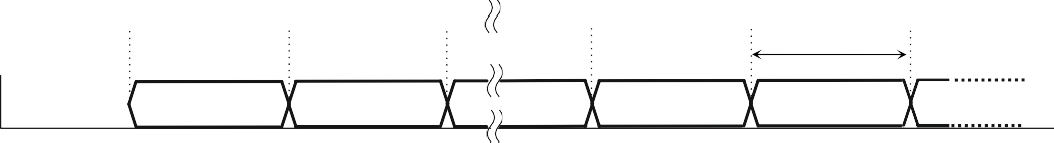
0.5 с

Переключатель "Непрерывно - однократно"

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |

**Управление динамической индикацией**

Прерывания от таймера периода вывода кодов индикации



Сегментный код и код выбора цифровых индикаторов

< 4 мс

Индикатор 0 Индикатор 1

Индикатор 4 Индикатор 0

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |

*Рис. 4. Семейства временных диаграмм.*

Временные диаграмм представлены на рис. 4 для первого варианта устройства. Они разделены на 3 группы, отражающие процессы в разных временных масштабах. Сигналы подготовки кодов индикации и прерываний от таймеров являются внутренни- ми для процессора, при необходимости их можно вывести на внешние контрольные точки (свободные разряды портов). Остальные сигналы реально существуют в схеме и могут регистрироваться посредством осциллографа и логического анализатора.

# Алгоритм работы

Алгоритм состоит из нескольких структурных схем: основная программа, под- программа обслуживания прерывания по интерфейсу RS-232 или USB, подпрограммы обслуживания прерываний от таймеров, подпрограмма ввода данных с АЦП и нахож- дения амплитуды сигнала, подпрограмма передачи результата ведущему устройству, подпрограмма обслуживания цифровой индикации.

На рис. 5 представлена основная программа, на рис. 6 — обработчик прерывания от таймера периода измерений.

При инициализации кроме начальной загрузки различных переменных и флагов осуществляется программирование портов, таймеров, АЦП, интерфейсов, устройства индикации, конфигурирование системы прерываний, вывод на дисплей начальной за- ставки.

В основной программе, если задан режим однократной регистрации, осуществ- ляется непрерывный опрос состояния органов управления: "Непрерывно-однократно", "Пуск", "Выбор канала". При задании режима непрерывных измерений должен выдер- живаться заданный интервал (0.5 с), поэтому в программе организовано ожидание установки флага запуска измерений. Данный флаг активизируется в обработчике пре- рывания (рис. 6), при возврате в основную программу и после проверки флага начина- ется цикл измерений. Флаг должен быть здесь же сброшен (в схеме алгоритма это не отражено). Такой принцип реализации временных интервалов не является очень точ- ным (в данной задаче это не существенно). В тех случаях, когда необходима более жесткая привязка к временным отсчетам (например, при дискретизации переменных сигналов), более правильным будет запуск преобразования АЦП непосредственно в об- работчике или, еще лучше, прямая подача сигнала тактового генератора на вход запус- ка АЦП.

При использовании дисплея (вариант 2 устройства), обслуживание вывода мо- жет происходить в основной программе, в те моменты, как это и указано в алгоритме. В варианте 1 требуется реализация динамической индикации с определенным периодом вывода на индикаторы (единицы миллисекунд). Для этой цели рекомендуется исполь- зовать прерывания от другого таймера. При этом в основной программе вместо реаль- ного вывода на индикацию производится только подготовка кодов и размещение их в некоторой буферной памяти, сам же вывод происходит в подпрограмме обслуживания прерывания от таймера периода переключения индикаторов.



Начало

Инициализация

Обслуживание сторожевого таймера

Режим

"непрерывно"

нет

"однократно"

Клавиша

"Пуск" нажата

нет

да

Флаг запуска измерений

установлен

Гашение индикации

Клавиша

"Выбор канала"

нажата

не нажата

"Uвхi"

Переключатель

"Напряжение"

"Uср", "Uмакс"

Все каналы обслужены

нет

да

"Uср"

Переключатель

"Напряжение"

"Uмакс"

Нахождение максимального значения

Ввод данных с АЦП, занесение в память

Установка нулевого канала

Установка следующего канала

Индикация номера канала

Клавиша

"Выбор канала"

не нажата

нажата

Ввод данных с АЦП

Нахождение среднего значения

Переключение канала

Установка текущего канала

Установка следующего канала

Вывод результатов на индикацию

Разрешение передачи данных в компьютер

*Рис.5. Алгоритм основной программы.*



Вход

Проверка и сброс флага запроса прерывания



Возврат

Установка флага запуска измерений

*Рис. 6. Алгоритм подпрограммы обслуживания прерывания от таймера периода измерений.*

# БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новожилов О.П. Основы микропроцессорной техники. В 2 т.— М.: ИП Ра- диософт, 2007. Т. 1. — 432 с.
2. Джозеф Ю. Ядро Cortex-M3 компании ARM. Полное руководство / Джозеф Ю; пер. с англ. А.В.Евстифеева. — М.: Додэка-XXI, 2012. — 552 с.
3. Trevor Martin. The Insider's Guide to the STM32 ARM-based Microcontroller // Hitex (UK) Ltd (www.hitex.com), 2009. Перевод: Ознакомительное руководство по ARM-микроконтроллерам Cortex-M3 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/doc/micros/arm/cortex\_arh/index.htm.](http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/doc/micros/arm/cortex_arh/index.htm)
4. Богаченков А.Н. Процессоры с ядром ARM в лабораторном практикуме и курсовом проектировании [Электронный ресурс] : Учебное пособие по выполнению лабораторных и курсовых работ — М.: МИРЭА, 2016.
5. STM32-P407 Development board. User Manual (на англ. языке) [Электронный ресурс], 2012. — Режим доступа: [https://www.oli](http://www.olimex.com/Products/ARM/ST/STM32-)mex.com[/Products/ARM/S](http://www.olimex.com/Products/ARM/ST/STM32-)T[/STM32-](http://www.olimex.com/Products/ARM/ST/STM32-) P407/.
6. Библиотека цифровой обработки сигналов и стандартной периферии: <http://www.st.com/content/st_com/en/products/embedded-software/mcus-embedded-> software/stm32-embedded-software/stm32-standard-peripheral-libraries/stsw-stm32065.html
7. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие. — 3-е изд. —

СПб.: БВХ-Петербург, 2011. — 768 с.

1. Проектирование систем цифровой и смешанной обработки сигналов // Под ред. Уолта Кестера. — М.: Техносфера, 2010. — 328 с.
2. 1000 и одна микроконтроллерная схема. Вып. 1 / С.М. Рюмик. — М.: Дод- эка-XXI, 2010. — 356 с.
3. 1000 и одна микроконтроллерная схема. Вып. 2 / С.М. Рюмик. — М.: Дод- эка-XXI, 2011. — 400 с.
4. Иванов Р. Лидер по производительности среди ядер Cortex-M4 – STM32F4xx. – Новости электроники, 2012, № 2, с. 17-22.
5. Бугаев В., Мусиенко М., Крайнык Я. Визуализация возможностей: графиче- ский генератор кода STM32CubeMX — Новости электроники, 2014, № 11, с. 19-25.
6. Керниган Б., Ритчи Д. Язык программирования C. : Пер. с англ. — М.: Изда- тельский дом "Вильямс", 2009. — 304 с.
7. Язык Си и особенности работы с ним: Учебное пособие / Н.И. Костюкова, Н.А. Калинина. — М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. — 207 с.
8. Интернет-сайты ведущих производителей сигнальных процессоров и мик- роконтроллеров: [www.ti.ru,](http://www.ti.ru/) [www.analog.com,](http://www.analog.com/) [www.freescale.com,](http://www.freescale.com/) [www.atmel.com,](http://www.atmel.com/) [www.st.com,](http://www.st.com/) [www.nxp.com,](http://www.nxp.com/) multicore.ru и др.
9. Интернет-сайты по применению сигнальных процессоров и микроконтрол- леров: [www.gaw.ru,](http://www.gaw.ru/) [www.microcontroller.ru,](http://www.microcontroller.ru/) easyelectronics.ru, microcon.euro.ru, cxem.net, easystm32.ru, meandr.org, razrabotka.pro, [www.530.ru](http://www.530.ru/) и др.