**ВВЕДЕНИЕ**

Одной из наиболее динамично развивающихся областей современной вычислительной техники является микроконтроллерная техника. Без микроконтроллеров сегодня немыслим ни один бытовой прибор, не говоря уже о более сложных изделиях. Сегодняшний микроконтроллер — это достаточно мощный и быстродействующий «интеллектуальный» элемент, как правило, имеющий достаточно высокую производительность, значительные объемы встроенной памяти программ и оперативной памяти, достаточно мощное вычислительное ядро с системой команд, ориентированной на решение задач управления и контроля. Многие современные микроконтроллеры имеют развитую встроенную цифровую и аналоговую периферию: подсистемы прерываний, таймеры/счетчики, охранные таймеры, супервизоры питания, широкий набор быстродействующих усовершенствованных последовательных интерфейсов, таких как UART, SPI, SMBus (I2C), CAN, JTAG, аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразователи, компараторы, мультиплексоры, масштабирующие усилители и другие узлы. Современные микроконтроллеры и базирующиеся на них изделия широко применяются для автоматизации технологических, измерительных, исследовательских и лабораторных систем, а также для автоматизации сложного бытового оборудования и домашнего хозяйства. Используемые контроллеры должны быть достаточно многофункциональными и универсальными по структуре, а также обеспечивать работу в составе современных специализированных локальных сетей, имеющих упрощенный алгоритм работы и содержащих персональный компьютер в качестве главного управляющего элемента. Фактически современные системы автоматизации, построенные на базе специализированных локальных сетей, объединяющих несколько универсальных контроллеров, являются рассредоточенным интеллектуальным интерфейсом персонального компьютера, объединяющим в себе измерительные, контрольные и управляющие функции. Схемотехника универсальных контроллеров, используемых в системах автоматизации, имеет ряд специфических особенностей и требует детального рассмотрения и определенной методики проектирования. Состав функциональных узлов таких контроллеров и принципы их построения определяются рядом требований, направленных на обеспечение высокой производительности, универсальности, гибкости, надежности, высокой ремонтопригодности, низкой себестоимости и т. п. Специализированные локальные сети, используемые в системах автоматизации, также имеют ряд специфических особенностей, связанных с необходимостью обеспечения упрощенного алгоритма функционирования, высокой надежности и производительности, низкой стоимости, простоты установки, наладки и обслуживания [1].

1. Структурная организация многофункционального контроллера

При проектировании МФК необходимо учитывать:

характеристики датчиков, с которыми взаимодействует контроллер;

условия эксплуатации (температура, влажность, требуемая помехозащищенность, загазованность, искробезопасность и так далее);

требования к напряжению питания и его мощности, необходимость использования энергосберегающих технологий;

назначение и архитектуру автоматизированной системой;

возможность программного управления функциями контроллера.

В настоящее время большинство датчиков, независимо от класса и вида преобразуемого параметра, содержит встроенные нормализаторы, на выходе которых формируются нормированные сигналы:

по току 0-5 мА, 0-20 мА, 4-20 мА, 10-50 мА;

по напряжению 0-10 В, 0-5 В, 0-1 В.

Наибольшее распространение получили датчики с нормированным токовым выходом. Достоинством подобных датчиков является значительно лучшая помехозащищенность, возможность использования длинных линий связи, т.к. влияние сопротивления линии связи на передачу уровней сигналов в цепи с токовым выходом минимально.

Наряду с нормированными сигналами возникает необходимость измерения милливольтовых сигналов в диапазонах 0-15 мВ, 0-50 мВ, 0-100 мВ. Такие выходные сигналы характерны для термопар, терморезисторов, пьезодатчиков, датчиков, в которых чувствительный элемент выполнен на основе тензодатчиков и т.д. Для работы в этих диапазонах требуются программно-управляемые нормализаторы.

Довольно широко используются датчики с частотным выходом в диапазоне от единиц Герц до миллионов Герц.

Выходные сигналы потенциометрических датчиков могут находиться в диапазоне от сотен милливольт до единиц вольт.

Для различных типов датчиков основная приведенная погрешность имеет разные значения:

датчики основного назначения: ±0,15%; ±0,2%; ±0,25%; ±0,5%;

высокоточные датчики: ±0,1%; ±0,2%;

сверхпрецизионные датчики: ±0,04%; ±0,075%.

Выходное сопротивление (сопротивление нагрузки):

для датчиков с выходом по току сопротивление нагрузки в большинстве случаев не более 2-2,5 кОм и определяется напряжением питания, образующего «токовую петлю»;

для датчиков с выходом по напряжению сопротивление нагрузки в большинстве случаев не менее 1 МОм.

Дополнительная температурная погрешность в подавляющем большинстве случаев является доминирующей. Погрешность для датчиков различных физических величин имеет различные значения, но в худшем случае не превышает ±1% на каждые 10 градусов.

Для квазилинейных датчиков нелинейность составляет не более ±0,2%. Для нелинейных датчиков эта характеристика определяется физическим принципом преобразования.

В прецизионных измерениях необходимо учитывать влияние линии связи, изменение напряжения питания и т.п. Напряжение питания в большинстве случаев находится в диапазоне 12 – 42 В.

В соответствии с приведенными характеристиками, для большинства датчиков МФК должен удовлетворять следующим характеристикам:

основная погрешность: не более ±0,1%;

нелинейность: не более ±0,2%.

входное сопротивление АЦП: не менее 1 МОм.

Количество измерительных каналов: не менее 8, с возможностью увеличения их числа.

Время преобразования АЦП определяется требуемым быстродействием.

Учитывая возможный широкий температурный диапазон работы контроллера, следует предусмотреть компенсацию температурной погрешности.

В целях повышения точности измерения, следует использовать индивидуальные градуировочные характеристики датчиков.

Уменьшение аддитивной и мультипликативной погрешности можно обеспечить использованием алгоритма автокоррекции.

Случайные погрешности можно уменьшить за счет использования алгоритмов фильтрации.

МФК предназначен для работы в автоматизированных системах на базе модулей I-7000.

Поэтому к основным системным требованиям относятся организация обмена информацией с ПЭВМ через интерфейс RS-485 и программная совместимость с ранее разработанными средствами.

В зависимости от назначения автоматизированной системы в состав контроллера должны входить средства, обеспечивающие не только измерение входных сигналов, но и формирование выходных сигналов в виде токов, напряжений, частоты, импульсов, заданной длительности, уровней ТТЛ-логики и так далее.

Возможность программного управления функциями контроллера может быть обеспечена за счет применения однокристального контроллера ОМК и использования стандартных последовательных интерфейсов, через которые можно подключать дополнительные внешние устройства.

Структурная организация многофункционального контроллера приведена на рисунке 2.1.

Пр RS-485

БОУ

ВФП

БПО

БКИ

МП

ЧРВ

СС

БДВВ

ЦАП

АДМ

АЦП

АМ

БАФ ЧВС

АМ

Ар RS-485

Ар RS-485

Ар RS-485

Датчики, исполнительные устройства

Рисунок 2.1 – Структурная организация многофункционального контроллера

RS-485

SPI

I2C

Упр.

RxD

ОМК

TxD

…

…

…

Обозначения, принятые на рисунке 2.1:

* БДВВ – блок дискретного ввода-вывода;
* АДМ – аналоговый демультиплексор;
* АМ – аналоговый мультиплексор;
* ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;
* АЦП – аналогово-цифровой преобразователь;
* БАФ ЧВС – блок анализа и формирования частотно-временного сигнала;
* БОУ – юлок обработки и управления;
* БКИ – блок клавиатуры и индикаторов;
* БПО – блок последовательного обмена;
* ДТ – датчик температур;
* Пр RS-485 – преобразователь сигналов UART в сигналы RS-485;
* ЧРВ – часы реального времени.

Ядром МФК является блок обработки и управления (БОУ), реализуемый на базе– микропроцессора (МП) или однокристального микроконтроллера (ОМК). Наиболее целесообразным является выбор ОМК, обладающего необходимой периферией, требуемыми характеристиками по быстродействию, стоимости, объему памяти ОЗУ и ПЗУ, и средствами выхода на основные последовательные интерфейсы.

Блок последовательного обмена БПО выполняет организацию обмена с автоматизированной системой по интерфейсу RS-485 и обеспечивает возможность расширения функций контроллера за счет присоединения дополнительных устройств через интерфейсы I2C ( SMbus, 2-WIRE), SPI. На основе этих интерфейсов выпускается большое количество электронных устройств различного назначения: ЦАП, АЦП, счетчики–таймеры, ОЗУ, ПЗУ, флэш-память и так далее.

Взаимодействие контроллера с пользователем осуществляется посредством блока клавиатуры и индикации БКИ.

БКИ предназначен для тестирования работы контроллера и оперативного ввода –вывода информации МФК в месте его установки.

Целесообразно клавиатуру реализовать как матрицу клавиш, например 4х4, предусмотрев реализацию антидребезга. Клавиши должны обладать хорошей тактильностью и удовлетворять времени наработке на отказ.

Выводимая на индикатор информация может быть текстовой или цифровой, количество строк и их содержание определяется назначением МФК. Поэтому следует использовать алфавитно-цифровые индикаторы. Наиболее распространенные технологии производства таких индикаторов – полупроводниковая и жидкокристаллическая. Преимущества первой в высокой яркости, различимости символов, независимости от угла обзора.

Более целесообразно применение алфавитно-цифровых жидкокристаллических индикаторов (ЖКИ) со встроенным контроллером. Они представляют собой недорогое и удобное средство, позволяющее сэкономить время и ресурсы при разработке новых изделий, при этом обеспечивают отображение большого объема информации при хорошей различимости и низком энергопотреблении. Для эксплуатации в цеховых условиях необходимо выбирать ЖКИ модуль с задней подсветкой, выполненный по FSTN-технологии, адаптированный для коммерческого диапазона температур [4].

С целью минимизации количества выводов МФК более рационально использование модуля СЕ -110, представляющего собой контроллер клавиатуры и индикации, выполненный на базе интерфейса I2C [5]. В этом модуле используется ЖКИ с контроллером HD-44780 фирмы Hitachi, который фактически является промышленным стандартом, и клавиатура 4х4.

В зависимости от метрологических требований, предъявляемых к контроллеру, возможно использование резидентного АЦП, входящего в состав ОМК, или внешнего, присоединенного через интерфейсы I2C или SPI.

При работе в широком температурном диапазоне АЦП должен содержать датчик температур ДТ.

Формирование выходных аналоговых сигналов осуществляется цифро-аналоговым преобразователем ЦАП. При отсутствии в структуре ОМК ЦАП его можно реализовать на основе счетчика-таймера, работающего в режиме широтно-импульсного модулятора, и внешнего аналогового фильтра. Аналоговый демультиплексор АДМ используется в том случае, если требуется многоканальный ЦАП.

Блок анализа и формирования частотно-временных сигналов БАФЧВС предназначен для измерения частоты, временного интервала, момента появления различных событий, подсчета внешних импульсов и формирования выходных сигналов подобного типа.

Как правило, при работе контроллера возникает необходимость в анализе дискретных сигналов, характеризующих состояние системы и отдельных её подсистем, и формировании выходных управляющих сигналов. Эти задачи решает блок ввода-вывода дискретных сигналов БДВВ.

1. Алгоритмическое обеспечение
   1. Алгоритмы сбора и обработки данных
      1. Алгоритм опроса каналов измерения

В процессе работы многофункциональный контроллер (МФК) должен выполнять следующие функции:

многоканальное преобразование входных сигналов в виде уровней напряжения, тока или частотно временных сигналов;

обеспечивать возможность работы каналов с индивидуальной градуировочной характеристикой;

формирование аналоговых или частотно-временных сигналов (напряжение, временной интервал, генератор прямоугольных импульсов, широтно-импульсный модулятор);

ввод-вывод дискретных сигналов;

настройка контроллера на требуемый набор функций.

Расширение функций МФК возможно за счет присоединения внешних устройств через последовательные интерфейсы I2C, SPI. Алгоритмы обработки измерительной информации должны включать допусковый контроль, фильтрацию помех, приведение к физическому параметру. Исходя из требуемой точности, разрядность обрабатываемых данных не превышает 16 бит.

Алгоритмы опроса каналов измерения напряжений, токов, частотно-временных сигналов отличаются только особенностями формирования и анализа сигналов начала и конца преобразования. Поэтому в качестве примера рассмотрим алгоритм опроса многоканального АЦП.

С каждым каналом АЦП связан буфер данных. Максимальный размер буфера данных канала ограничен доступным объемом ОЗУ. Буферизация данных необходима для последующего сглаживания измерительной информации.

Возможен циклический или выборочный опрос каналов АЦП. Работа с каналом разрешается установкой бита в регистре каналов. Каждый канал конфигурируется в отдельности. В качестве параметров канала выступают, размер буфера канала, нижняя и верхняя границы допускового контроля, адрес таблицы аппроксимации, регистр обработки канала.

Цикл опроса считается завершенным, когда буферы всех обрабатываемых каналов будут заполнены. После завершения цикла опроса происходит обработка накопленных данных. Алгоритмы обработки данных задаются битами регистра обработки канала.

Чтение значения канала осуществляется по прерыванию. Обработка по прерыванию предпочтительнее обработки по готовности, т.к. позволяет избежать простоя при ожидании завершения преобразования.

Схема алгоритма обработчика готовности АЦП представлена на рисунке 4.4. Принятые на рисунке 4.4 обозначения:

* BI - индекс буфера канала;
* CI - номер канала, который обрабатывается в данный момент;
* W - переменная для хранения значения канала;
* PBI - следующая позиция в буфере BI канала;
* NB - количество не полностью заполненных буферов каналов.

Значение, полученное с текущего канала, проходит допусковый контроль. Значением является непосредственно код, не приведенный к физическому параметру. Если допусковый контроль не пройден, то контроллер немедленно формирует сообщение об ошибке. Если допусковый контроль пройден то, код помещается в текущую позицию буфера обрабатываемого канала. Если буфер при этом заканчивается, то счетчик незаполненных буферов декрементируется.

NB = 0?

Начало

Рисунок 4.4 – Схема алгоритма опроса каналов АЦП

Буфер BI заполнен?

Конец

Да

Нет

Чтение значения канала в переменную W

Допусковый контроль

Получение индекса буфера BI по номеру текущего канала CI

PBI := PBI + 1

Запись в позицию PBI буфера BI значения W

NB := NB - 1

Да

Запуск следующего канала CI с незаполненным буфером

Нет

Счетчик незаполненных буферов позволяет определить закончен ли цикл опроса каналов АЦП. Если остались незаполненные буферы, то происходит запуск преобразования на следующем разрешенном канале.

Каждый буфер данных имеет уникальный числовой идентификатор. Идентификатор буфера передается в качестве входного параметра подпрограммам обработки данных, которые запускаются после завершения цикла опроса АЦП. Результаты обработки данных передаются в ПЭВМ.

* + 1. Алгоритмы сглаживания измерительной информации

Одним из важных алгоритмов, применяемых к накопленным данным канала, является алгоритм сглаживания. Сглаживание измерительной информации применяется в случаях, когда возникает необходимость в фильтрации измерительных данных от помех. Наиболее распространенными алгоритмами сглаживания являются допусковый контроль, метод «скользящего среднего» и медианный фильтр.

Суть сглаживания по методу медианного фильтра заключается в сортировке массива и выборке среднего по индексу элемента. Основное достоинство медианного сглаживания - устойчивость к наличию выбросов.

Для упорядочения массива могут быть использованы алгоритмы сортировки «пузырьком», вставки и отбора. Так как размер массивов сравнительно мал, абсолютная разница во времени сортировки пренебрежимо мала. Поэтому целесообразно использовать алгоритм сортировки «пузырьком» как наиболее простой в реализации.

Схема алгоритма медианной отбраковки представлена на рисунке 4.5. Принятые на рисунке 4.5 обозначения:

* К - количество элементов массива;
* I - счетчик элементов;
* M - массив данных;
* T - переменная-буфер;
* F - признак обмена;
* Med - результат медианной отбраковки.

Нет

Начало

I := 0; F := 0

M[I]>M[I+1]?

T := M[I+1]; M[I+1] := M[I];

M[I] := T; F := 1

I := I + 1

I = K-2?

Да

Да

Нет

Да

F =0?

Конец

Рисунок 4.5 – Схема алгоритма медианной отбраковки

Med:=M[K div 2]

Нет

* + 1. Приведение данных к физическому параметру

Значение измеряемой физической величины может быть однозначно определено по значению выходного кода АЦП. Для этого используются градуировочные данные, полученные в результате калибровки датчика.

Если функция преобразования линейная, то значение измеряемой физической величины определяется по формуле:

, (4.1)

где Х1, Х2 – начальная и конечная точки градуировки;

n1, n2 – значения выходного кода АЦП в соответствующих точках градуировки (отсчеты).

Если функция преобразования нелинейная и для повышения точности используется кусочно-линейная аппроксимация, то по текущему значению выходного кода АЦП n программным путем определяется интервал (ni,ni+1), где этим значениям кодов соответствуют Xi и Xi+1, хранящиеся в памяти. Используя перечисленные параметры, значение измеряемой физической величины определяется по формуле:

, (4.2)

где Хi, Хi+1 – i-я и i+1-я точки градуировки;

ni, ni+1 – значения выходного кода АЦП в соответствующих точках градуировки (отсчеты).

Кусочно-линейная аппроксимация может использоваться в большинстве случаев, но сравнительно трудоемка для вычисления (операции сравнения, умножения, деления, вычитания, сложения). Если требуется минимизировать время приведения к параметру, целесообразно использовать таблицы, содержащие все возможные точки градуировки. По коду однозначно определяется адрес точки в таблице и значение параметра. Недостатком данного метода является необходимость использования большого объема памяти для хранения таблицы. Схема алгоритма приведения к физическому параметру с использованием кусочно-линейной аппроксимации показана на рисунке 4.6.

Принятые на рисунке 6 обозначения:

К - количество элементов массива;

I - счетчик элементов;

N - приводимый к параметру код;

N - массив точек отсчета;

X - физический параметр;

Xi - элемент массива физических параметров.

I := 0

Начало

N > N[I+1]?

Да

Конец

Нет

I := I + 1



Рисунок 4.6 – Схема алгоритма приведения к физическому параметру

Подразумевается, что приводимый к параметру код удовлетворяет условию N[0] < N < N[K-1]. Градуировочная таблица представлена как совокупность двух массивов: отсчетов и физических значений.

* + 1. Вычисление контрольной суммы

Метод контрольной суммы применяется для определения достоверности приема кадра данных. Существует несколько методов вычисления контрольных сумм. В системах на базе модулей ICP DAS используется «сумма по модулю 256». Если совместимость с модулями ICP DAS не требуется и необходима разработка собственной системы команд, то целесообразно рассмотреть метод вычисления циклических избыточных кодов (CRC).

Основная идея метода состоит в следующем: данные трактуются как единая битовая последовательность, которая делится на фиксированное двоичное число (порождающий полином). Остаток от деления является значением CRC. Существует несколько алгоритмов вычисления CRC, различающихся значениями порождающих полиномов. Далее приведена схема формирования CRC кода с полиномом 0x1021 (рисунок 4.7). Данный метод стандартизован в спецификации V.41 МККТТ «Кодонезависимая система контроля ошибок».

0

15

С

CRC

Данные

C = 1

Да

0x1021

CRC-полином

Нет

Сумма по модулю 2

Данные=0

Нет

Да

Рисунок 4.7 – Схема формирования CRC-кода

Формирование завершено

* + 1. Преобразование кода в ASCII формат

Данные, передаваемые в кадре, задаются в ASCII формате. При этом двоичные данные представляются в шестнадцатеричном или десятичном виде.

Шестнадцатеричное представление байта состоит из двух ASCII символов. Первый символ представляет старшую часть байта, второй – младшую.

Алгоритм преобразования половины байта в ASCII символ представлен на рисунке 4.8. На рисунке 4.8 параметр N обозначает предварительно полученную половину байта.

Начало

N <= 9 ?

Да

Конец

Нет

N := N + ‘A’ - 10

Рисунок 4.8 – Схема алгоритма преобразования половины байта в ASCII формат

N>=0x0A AND N<=0x0F ?

N := N + ‘0’

Возврат кода ошибки

Да

Нет

Алгоритм преобразования всего байта в шестнадцатеричный вид представлен на рисунке 4.9. Обозначения, принятые на рисунке 4.9:

* N - байт, подлежащий преобразованию;
* Ahi - представление старшего полубайта;
* Alo - представление младшего полубайта.

Начало

Конец

Рисунок 4.9 – Схема алгоритма преобразования байта данных в ASCII формат

Преобразовать Ahi

Ahi := N >> 4

Преобразовать Alo

Alo := N & 0x0F

* 1. Алгоритмы сбора и обработки дискретных сигналов

МФК рассчитан на побайтный ввод-вывод дискретных данных. Если число дискретных сигналов больше восьми, то предполагается последовательно-параллельная обработка данных. При ограниченном количестве линий ввода-вывода возможно использование внешних сдвиговых регистров, управляемых синхронно сигналами контроллера. В этом случае потребуется линия синхронизации и линия данных для управления внешними регистрами.

Обобщенный алгоритм сбора и обработки дискретных сигналов представлен на рисунке 4.10.

Начало

Да

Конец

Рисунок 4.10 – Схема алгоритма сбора и обработки дискретных сигналов

Ввод?

Обработка входных данных

Инициализация

Запись в выходной регистр

Нет

На стадии инициализации проверяется настройка счетчиков или портов контроллера, определяется значение выходных сигналов при включении питания и сбросе.

Алгоритм обработки выходных данных определяется назначением контроллера и, как правило, заключается в анализе бит и организации ветвлений в зависимости от их значений. Если требуется подсчет количества внешних сигналов, то он может быть организован программно или аппаратно (с помощью счетчиков-таймеров).

* 1. Формирование внешних сигналов

МФК должен выполнять формирование аналоговых или частотно-временных сигналов.

Алгоритм формирования внешних сигналов представлен на рисунке 4.11.

Да

Начало

Да

Конец

Рисунок 4.11 – Схема алгоритма формирования внешних сигналов

Аналого-вый?

Реализация функции

Нет

Внутр. ЦАП?

Порт SPI?

?

Управление портом SPI

Управление портом I2C

Включить ЦАП

Прогр. генераторы

Временной интервал

ШИМ

Да

Да

Нет

Нет

Тип оп. ШИМ?

Тип оп. вр. инт.?

Нет

Да

Нет

При формировании аналогового сигнала может использоваться внешний или внутренний ЦАП. Внешний ЦАП может быть подключен через последовательные интерфейсы SPI или I2C, каждый из которых управляется своим драйвером. Если в структуре используемого ОМК внутренний ЦАП отсутствует, то его можно реализовать на базе ШИМ и внешнего аналогового фильтра. Требуемая функция выходного сигнала может быть задана аналитически или в таблице. При использовании ШИМ форму выходного сигнала можно изменять проектированием соответствующего фильтра. Формирование выходных частотно-временных сигналов выполняется на базе счетчиков таймеров ОМК функциями сравнения и аппаратным выходом.

1. Выбор ОМК

В разделах 2, 4 рассмотрены структурная организация и алгоритмическое обеспечение МФК.

Решение сформулированных задач требует применения ОМК, в состав которого входят:

многоканальный АЦП с разрядностью 10-12 бит для преобразования входных аналоговых сигналов;

ЦАП с разрядностью 10-12 бит для формирования выходных аналоговых сигналов;

не менее двух 16 –разрядных счетчиков-таймеров со схемами захвата и сравнения, на основе которых можно разработать БАФ ЧВС;

автономные порты I2C, SPI, служащие для расширения функциональных возможностей контроллера;

UART , с помощью которого осуществляется связь с интерфейсом RS-485;

достаточное количество линий ввода-вывода дискретных сигналов.

Система команд ОМК должна быть оптимизирована на работу с компилятором языка СИ, содержать средства для работы с массивами данных, команды умножения и деления.

Несмотря на то, что на рынке представлены ОМК разрядностью 16, 24 и 32 бита, для решения большинства задач автоматизации по-прежнему достаточно 8-ми разрядных микроконтроллеров.

Быстродействие ОМК должно позволять решать сформулированные задачи в темпе, соответствующем скорости протекания контролируемого процесса. Быстродействие МФК, в котором будет использоваться выбранный ОМК, должно быть выше, чем в модулях I-7000.

Объемы резидентной памяти программ (РПП), данных (РПД) определяются размером программного обеспечения (ПО) и количеством одновременно обрабатываемой измерительной информации. Для хранения индивидуальных настроек каналов, таблиц, констант необходимо наличие на кристалле энергонезависимой памяти типа ЭППЗУ.

Требования к параметрам памяти будут уточняться в процессе проектирования.

При выборе ОМК определяющими критериями являются:

разрядность процессорного ядра и система команд;

быстродействие;

состав размещенной на кристалле периферии;

объем памяти программ и данных;

стоимость;

наличие библиотек и развитых инструментальных средств разработки;

конструктивно-технологические и эксплуатационные характеристики ( тип корпуса, напряжение питания, потребляемая мощность, наличие энергосберегающих режимов, температурный диапазон работы и так далее).

В соответствие с техническим заданием на МФК задан промышленный контроллер Histar Atmega8535, в котором в качестве ОМК используется контроллер AVR фирмы [7, 8].

Хорошо известно, что развитые средства поддержки разработок при освоении и знакомстве с любым микроконтроллерным семейством играют не менее значимую роль, чем сами кристаллы. Фирма Atmel уделяет этому вопросу большое внимание.

Аппаратные средства для AVR включают в себя внутрисхемные эмуляторы, отладчики, программаторы, простейшие отладочные платы. Программные средства разработки выпускаются как самой фирмой Atmel, так и сторонними разработчиками (интегрированные среды AVR Studio фирмы Atmel, VMLAB фирмы Advanced Micro Tools, Proteus, Algorithm Builder, AVReal, компиляторы с языка Си, ассемблеры). На сайте компании доступны библиотеки математических функций, работы с наиболее распространенной периферией.

Немаловажную роль играет и открытая политика Atmel Corp. в вопросах развития и распространения разнообразных, доступных средств поддержки разработок. Это позволяет разработчикам и производителям электронной техники надеяться на сохранение полноценной поддержки для перспективного семейства микроконтроллеров, используя AVR в своих новых системах.

Для температурного диапазона функционирования АС (от 10 до 50 °С) достаточно коммерческого исполнения ОМК (от 0 до 70 °С), хотя все фирмы выпускают варианты контроллеров и в промышленном (от минус 40 до 85 °С) варианте.

В дополнение к перечисленному, следует отметить: ОМК AVR используют питание от 1.8 до 6 В, содержат выходные буферы с повышенной нагрузочной способностью, что позволяет подключать внешнюю нагрузку (например, полупроводниковые светодиоды) без применения дополнительных формирователей. Различные версии AVR имеют до шести режимов энергосбережения.

Таким, образом, AVR представляют собой мощный инструмент для создания современных высокопроизводительных и экономичных многоцелевых контроллеров. На настоящий момент показатель "цена - производительность - энергопотребление" для AVR является одним из лучших на мировом рынке восьми разрядных микроконтроллеров.

При проектировании многофункционального контроллера, предназначенного для систем сбора и обработки измерительной информации, основным требованием является обеспечение метрологических характеристик.

Поэтому при проектировании произведена оценка целесообразности применения ОМК других фирм.

К числу ОМК, отвечающих этим требованиям, следует отнести контроллеры фирм Analog Devices, Texas Instruments(Burr-Braun), Cygnal, Maxim и ряда других.

Наиболее широкое распространение получили ОМК с системой команд 8051 (ADuC8xx, MSC12XX, C8051Fxxx, MAX7651/7652).

Лучшими характеристиками обладает семейство микроконтроллеров С8051Fxxx фирмы Cygnal. В них сочетаются высокие метрологические характеристики аналоговых средств ввода-вывода, быстродействие, полнота набора периферийных устройств с целым рядом архитектурных решений, способствующих широкому применению:

* гибкое управление тактовым генератором, позволяющее его перепрограммировать в процессе работы;
* введение коммутационной матрицы, позволяющей распределять внешние линии портов между внутренними цифровыми ресурсами, то есть пользователь имеет возможность определять линии портов, которые следует использовать при работе АЦП, ЦАП, UART, SPI, I2C и так далее;
* использование порта JTAG для программирования и фоновой отладки;
* кроме EEPROM для хранения данных, объемом 128 байт, возможно использование для хранения данных неиспользуемые программным кодом участки памяти программ;
* массив из пяти 16-битных модулей таймеров/счетчиков (кроме таймеров общего назначения) может использоваться как массив из пяти источников 8-битного ШИМ;
* АЦП может переключаться из потенциального режима в дифференциальный и содержит программно–управляемый усилитель и встроенный датчик температур;
* сторожевой таймер позволяет использовать внутренний сброс микроконтроллера для управления внешними устройствами;
* Использование ОМК C8051Fxxx позволит увеличить быстродействие более чем в пять раз, точность, расширить функциональные возможности МФК.

1. Программная модель многофункционального контроллера

Для реализации изложенных выше алгоритмов контроллер должен содержать регистр типов каналов. Регистр типов каналов определяет, какие каналы контроллера используются в текущей конфигурации. Кодирование данных в регистре типов каналов унитарное, поэтому можно использовать несколько типов каналов одновременно.

Структура регистра типов каналов представлена на рисунке 6.1.

Рисунок 6.1 – Регистр типов каналов

Ввод-вывод

Формиро-вание ЧВС

Измере-ние ЧВС

ЦАП

АЦП

7

6

5

4

3

2

1

0

Число работающих одновременно каналов зависит от требуемого быстродействия. Как правило, структурно совместимыми являются типы каналов, ввод-вывод с которых может быть реализован по прерыванию, то есть, с параллельно работающим оборудованием.

Для каждого типа канала существует регистр конфигурации типа канала (РКК). Так как каждый тип канала имеет свои особенности, то назначение битов РКК может отличаться. Для примера рассмотрим структуру РКК многоканального АЦП (рисунок 6.2).

Рисунок 6.2 – РКК многоканального АЦП

Тип интер-фейса

Тип опроса

Тип АЦП

0

1

2

3

4

5

6

7

Подробное описание флагов РКК многоканального АЦП приведено в таблице 6.1.

Таблица 6.1 - Флаги РКК многоканального АЦП

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер флага | Название | Флаг 0 | Флаг 1 |
| 0 | Тип АЦП | Используется внутренний АЦП | Используется внешний АЦП |
| 1 | Тип опроса | Циклический опрос каналов | Выборочный опрос каналов |
| 2 | Тип интерфейса внешнего АЦП | SPI | I2C |

Для конфигурации каждого канала в отдельности используются регистры кода операции (РКП). Рассмотрим структуру РКП канала АЦП, изображенную на рисунке 6.3.

Рисунок 6.3 – РКП канала АЦП

Диапазон

Формат выхода

Тип усредне-ния

Усредне-ние

0

1

2

3

4

5

6

7

Допус-ковый контроль

Подробное описание флагов РКП канала АЦП приведено в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Флаги РКП канала АЦП

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер флага | Название | Флаг 0 | Флаг 1 |
| 0 | Допусковый контроль | Осуществлять допусковый контроль | Не осуществлять допусковый контроль |
| 1 | Усреднение | Осуществлять усреднение данных канала | Не осуществлять усреднение данных канала |
| 2 | Тип усреднения | Использовать алгоритм скользящего среднего | Использовать алгоритм медианной отбраковки |
| 3 | Формат выхода | Код | Физический параметр |
| 4 | Диапазон | В | мВ |

Таким образом, МФК позволяет осуществлять гибкую настройку каждого типа канала и каждого канала в отдельности.

Одним из недостатков модулей ICP DAS является отсутствие информации о причине произошедшей ошибки. У МФК такого недостатка нет. При возникновении ошибки вместе с символом '?' в ПЭВМ передается код ошибки. Для хранения кода ошибки выделена соответствующая переменная размером в 1 байт, поэтому МФК может обрабатывать до 256 различных ошибочных ситуаций.

Алгоритмы обработки требуют определенных структур данных.

В таблице 6.3 представлено распределение памяти под буфер данных канала.

Таблица 6.3 - Структура данных буфера канала

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Размер поля, байт | Название поля | Назначение поля |
| 1 | Конвертировать в ASCII | Логическое значение. Определяет, необходима ли конвертация данных буфера в ASCII формат при передаче в ПЭВМ. |
| 1 | Максимальный размер буфера | Задает фактический размер памяти, выделенной под буфер |
| 1 | Текущий размер буфера | Задает объем накапливаемых в буфере данных |
| 1 | Позиция в буфере | Используется при заполнении буфера данными канала |
| 1 | Размер элемента буфера | Буфер может быть представлен как массив однобайтовых, двухбайтовых, и т.д. элементов |
| 2 | Физический адрес буфера | Задает адрес памяти, по которому расположен сам буфер |

Память под буферы данных каналов выделена в ОЗУ ОМК. Количество буферов равно количеству каналов. Буферы расположены в памяти последовательно, что дает возможность доступа к буферу по индексу. Максимальный размер буферов определяется доступной памятью конкретного ОМК. Если в буфере предполагается хранить двоичные данные, то перед отправкой их в ПЭВМ необходима конвертация в шестнадцатеричный формат. При хранении строковых данных конвертация не требуется. Данные, хранящиеся в буфере, могут быть интерпретированы как массив байт, слов (двухбайтовых значений), и т.д., в зависимости от значения соответствующего поля структуры данных буфера. Данные буфера хранятся отдельно от описания буфера и доступны через поле адреса данных буфера.

Буфер данных является универсальной сущностью и может использоваться не только измерительными каналами. Например, команда, принимаемая МФК, так же размещается в соответствующем буфере. Данные, размещенные в буфере доступны алгоритмам обработки через уникальный индекс буфера.

Текущая конфигурация МФК хранится в ЭРПЗУ. Поэтому при отключении питания конфигурация сохраняется. Схема распределения памяти ЭРПЗУ приведена на рисунке 6.4.

В схеме приведено распределение памяти ЭРПЗУ только для одного типа канала (АЦП). Для других типов каналов распределение памяти аналогично.

Биты регистра каналов задают опрашиваемые в данной конфигурации каналы.

Схема распределения памяти ЭРПЗУ завершается таблицами аппроксимации. Таблица аппроксимации состоит из двухбайтовых значений физического параметра, соответствующих кодам, отстоящим друг от друга на равную величину. В общем случае количество и размер таблиц аппроксимации зависит от объема свободной памяти ЭРПЗУ и требований, предъявляемых к МФК.

Таблица аппроксимации доступна по индексу. Несколько каналов могут использовать одну таблицу аппроксимации.

0

0x01

Конфигурация 0 канала АЦП

0x08

0x0F

Регистр типов каналов

0x02

0x03

РКК АЦП

0x04

0x05

Конфигурация 1 канала АЦП

0x10

0x16

Конфигурация 2 канала АЦП

0x17

0x1D

Конфигурация 3 канала АЦП

0x1E

0x24

Конфигурация 4 канала АЦП

0x25

0x2B

Конфигурация 5 канала АЦП

0x2C

0x32

Конфигурация 6 канала АЦП

0x33

0x39

Конфигурация 7 канала АЦП

0x3A

0x40

Регистр каналов АЦП

0x06

0x07

Таблица аппроксимации

0x41

0x52

Таблица аппроксимации

0x53

0x64

Таблица аппроксимации

0x65

0x76

Адрес модуля

Рисунок 6.4 – Схема распределения памяти ЭРПЗУ

Структура памяти, определяющая конфигурацию канала АЦП приведена в таблице 6.4.

Таблица 6.4 - Структура конфигурации канала

|  |  |
| --- | --- |
| Размер поля, байт | Название поля |
| 2 | Нижняя граница допускового контроля |
| 2 | Верхняя граница допускового контроля |
| 1 | Размер накапливаемых в буфере данных |
| 1 | РКП |
| 1 | Идентификатор таблицы аппроксимации |

Структура конфигурации канала АЦП не содержит специфических полей. Структуры конфигурации каналов других типов задаются аналогично.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Николайчук, О.И. Системы малой автоматизации. [Текст]/О.И. Николайчук. – М.: СОЛОН-Пресс, 2003.- 256 с.