

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**

**РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ
МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ**

САМАРА 2014

Введение

Разработка устройств на базе микропроцессоров и микроконтроллеров представляет собой многоэтапный процесс, часто требующий нестандартных схемотехнических и программных решений. Собственно цифровая схемотехника представляет собой ограниченный набор стандартных приемов, однако, от разработчика требуется внимание к выбору элементной базы и комплексный подход, учитывающий также необходимость сопряжения с аналоговыми компонентами. Немаловажным является и выбор микроконтроллера, при котором следует учитывать перспективы модернизации устройства, необходимость отладки и диагностики, защиту программ от несанкционированного доступа, помехоустойчивость и электромагнитную совместимость и другие аспекты.

Курсовая работа предполагает разработку структурной и принципиальной схем устройства, а также алгоритма и листинга программы. При этом разработчик должен также обеспечить корректность выбора аналоговой схемы, несмотря на то, что акцент делается на цифровую схемотехнику и разработку программного обеспечения.

1 Анализ технического задания

Анализ ТЗ является первым и очень важным этапом разработки устройства. Целью этого этапа является анализ наличия и показателей аналогичных устройств, оценка достижимости заданных параметров и стратегическая подготовка к синтезу структурной схемы. На этом этапе производится также предварительный поиск элементной базы, схемотехнических и программных решений. Анализ ТЗ должен дать ответы на следующие основные вопросы:

- Какие методы решения поставленной задачи известны?
- Какие показатели обеспечивают эти методы?
- Какова экономическая целесообразность выбора того или иного метода?
- Какие стандартные технические и программные решения можно применить для решения поставленной задачи ?

В курсовой работе все задания представляют собой стандартные технические задачи, являющиеся частными решениями более крупных задач, во всех случаях имеются аналогичные решения, которые необходимо найти и оценить. При выборе типовых решений следует исходить из принципа минимальной достаточности, выбирая наиболее простое решение, обеспечивающее достижение заданных показателей.

2 Разработка структурной схемы устройства

На этом этапе, исходя из выбранного ранее стратегического направления, необходимо разработать структурную схему будущего устройства. Здесь часто необходимы расчеты главных показателей будущего устройства. Структурная схема позволяет осуществить декомпозицию задачи, разбив её на ряд более мелких составляющих.

Структурные схемы большинства устройств, разрабатываемых в курсовой работе, стереотипны и требуют стандартных расчетов и оценок, однако, сочетание стандартных блоков может приводить к разнообразным решениям.

2.1 Измерительные устройства

Измерительные устройства, как правило, предполагают измерение электрической величины либо напрямую, либо с применением первичного преобразователя, на выходе которого формируется электрический сигнал. Выбор первичного преобразователя (ПП) целесообразно осуществлять на этапе анализа ТЗ, хотя возможен вариант, когда необходимо уточнение

конкретного типа преобразователя. Учитывая последующую обработку сигнала в цифровой форме, соответствующий блок структурной схемы имеет вид, показанный на рис. 1



Рисунок 1 — Типовой блок структурной схемы измерительного устройства

При создании этой части структурной схемы основными параметрами являются диапазон входного сигнала и заданная погрешность. Как правило, погрешность, если не оговорено иное, задается в процентах от максимальной величины. Динамический диапазон представляет собой отношение максимальной величины сигнала к минимальной. Указанные показатели являются ключевыми для выбора такого элемента, как АЦП, рекомендуемая техника выбора будет описана ниже.

На этом этапе также необходимо определить необходимость введения буферного усилителя (У) и его параметры, требования к его точностным показателям и полосе пропускания. При больших значениях динамического диапазона или высоких требованиях к погрешности иногда целесообразно разбить диапазон сигнала на поддиапазоны с параллельной обработкой. Такое решение должно быть обоснованным и приниматься при невозможности обеспечения нужных показателей при одноканальной схеме, так как такое разбиение заметно усложняет принципиальную схему и программное обеспечение, кроме того, может усложняться и использование устройства (будет требоваться более высокая квалификация оператора).

На этом же этапе необходимо принимать во внимание и ряд вопросов безопасности, например, при измерении в цепях промышленного переменного тока нужно обеспечивать гальваническую изоляцию или другие методы защиты оператора.

2.1.1 Выбор АЦП

Самым главным является выбор разрядности АЦП. Наиболее простым алгоритмом является следующий:

- Оценить абсолютное значение допустимой погрешности измерения;
- Оценить величину шага квантования;
- Выбрать величину опорного напряжения;
- Рассчитать разрядность АЦП

При этом окончательный выбор разрядности осуществляется округлением в большую сторону. Необходимо также учитывать иные погрешности АЦП, главным образом, интегральную нелинейность, которая оказывает наибольшее влияние на границах диапазона. При оцифровке малых значений входного сигнала с помощью АЦП высокой разрядности необходимо учитывать собственные шумы АЦП и других компонентов схемы. В ряде случаев необходимых точностных показателей можно достичь путем дополнительной цифровой обработки на последующих этапах, например, усреднением или специальной фильтрацией, в этих случаях можно несколько снизить требования к АЦП.

При оцифровке быстроменяющихся сигналов необходимо выбрать частоту

дискретизации. Основным правилом здесь является теорема Котельникова. При выборе конкретного значения рекомендуется обеспечивать 1.5-3 кратный запас по частоте, в противном случае необходимо будет предусматривать более сложную конструкцию входного фильтра. При оценке динамических параметров АЦП рекомендуется руководствоваться числом выборок в секунду (SPS), учитывая дополнительные задержки, например, время выборки.

При разработке аналоговой части измерительного тракта необходимо предусматривать антиэлайсинговый фильтр, подавляющий внеполосные помехи. В большинстве случаев антиэлайсинговый фильтр можно выполнить пассивным или включить его в схему буферного усилителя.

Необходимо учитывать также выходное сопротивление первичного преобразователя или требования к входному сопротивлению измерителя. Если первичный преобразователь имеет высокое выходное сопротивление или из предварительного анализа ТЗ вытекает необходимость высокого входного сопротивления измерителя, то необходим соответствующий выбор буферного усилителя. Чаще всего разработка буферного усилителя и основывается на двух основных требованиях:

- Масштабирование входного сигнала к стандартному диапазону АЦП

- Согласование сопротивлений

В ряде случаев входной сигнал имеет двуполярную форму или иной специфический формат, тогда на усилитель возлагается еще функция преобразования сигнала. Несколько примеров будет рассмотрено в разделе разработки принципиальной схемы.

2.2 Устройства формирования сигналов

Для этого класса устройств на этапе анализа ТЗ должен быть выбран способ формирования в зависимости от специфики устройства. Как правило, возможны следующие варианты:

- Применение внешнего или встроенного ЦАП
- Применение ШИМ
- Применение ключевых схем

Разрядность ЦАП определяется аналогично п. 2.1.1, при этом необходимо принимать во внимание точностные характеристики ЦАП и учитывать влияние выходных аналоговых цепей на форму сигнала. Аналогично ситуации с буферным усилителем, в ряде заданий необходимо выполнить выходные цепи в формате преобразователей.

Применение интегрального внешнего ЦАП или выбор микроконтроллера с интегрированным ЦАП существенно усложняет схему или сужает выбор, поэтому перед принятием такого решения необходимо проанализировать альтернативные варианты, например, применение ШИМ. Модули ШИМ есть в большинстве современных микроконтроллеров и часто их применение обеспечивает заданные показатели устройства, существенно упрощая схему. При выборе параметров ШИМ наиболее критична частота формируемого сигнала. Желательно, чтобы частота самого ШИМ на порядок и более превышала частоту полезного сигнала, тогда синтезирующий фильтр будет иметь наиболее простую реализацию. Во многих случаях будет достаточно пассивного RC-фильтра со спадом 20 дБ/дек, или вообще можно обойтись без фильтра (например, при управлении двигателем или нагревателем).

Ключевые схемы применяются в разных случаях, наиболее часто используются дискретные ключи на МДП транзисторах с n- или p- каналом, или мостовые схемы (например, для реверсирования электродвигателей или увеличения диапазона выходного сигнала за счет получения двуполярного воздействия).

2.3 Преобразователи интерфейсов

Для этого класса устройств используются, как правило, специализированные микросхемы адаптеров/драйверов, обладающих своим протоколом и своими схемотехническими особенностями. Здесь главное внимание должно уделяться оптимальному выбору элементной базы, наиболее полно соответствующей заданным показателям. Иногда экономически выгодно использовать программный метод реализации интерфейса, например, при построении дешевых LIN устройств, однако, при таком выборе нужно учитывать все аспекты, в том числе устойчивость к внешним перегрузкам и помехоустойчивость.

2.4 Модули индикации

При построении модуля индикации еще на этапе анализа ТЗ целесообразно определить размер и тип индикатора (единичный, символьный или графический). На этапе разработки структурной схемы следует выбрать тип индикатора (светодиодный, вакуумно-люминесцентный, ЖК или иной) и определиться с техникой формирования управляющих сигналов. Как правило, если предполагается буквенно-цифровая индикация, целесообразно выбирать готовый модуль индикации сообразно выводимой информации. Недостатком такого решения является относительно высокая стоимость таких модулей, следовательно, если главным показателем является экономичность, или требуется нестандартный формат вывода, следует рассмотреть вариант реализации собственного аппаратного решения. При реализации собственного аппаратного решения главными проблемами являются энергопотребление и кодирование информации. Типовыми решениями является статическая индикация с помощью внешних цифровых буферных схем типа регистров сдвига и динамическая индикация. При реализации индикаторов на базе ЖКИ необходимо помнить о недопустимости длительного постоянного смещения, приводящего к электролизу и деструкции анода.

2.5 Клавиатура

Для выбора клавиатуры необходимо иметь четкое представление об алгоритме взаимодействия с пользователем. Как правило, возможны следующие решения:

- Функциональная клавиатура с относительно небольшим числом кнопок, несущих функциональное назначение;
- Цифровая клавиатура стандартного типа (иногда дополняемая несколькими функциональными кнопками);
- Внешний модуль клавиатуры с электрическим интерфейсом (типа клавиатуры персонального компьютера).

Обычно первый вариант применяется, когда в устройстве необходимо малое число кнопок, при этом реализуется статическая организация, когда каждая кнопка подключается к отдельному выводу микроконтроллера. Вторым вариантом реализуется по матричной схеме. Третий вариант используется относительно редко, так как устройство, требующее большой и сложной клавиатуры обычно требует и сложной системы индикации, в связи с чем возникает очевидное решение применения готового персонального/одноплатного компьютера. В ряде случаев возможна замена клавиатуры манипулятором типа джойстика или мыши с соответствующей аппаратной/программной поддержкой.

3 Разработка принципиальной схемы

При разработке принципиальной схемы разработчики обычно руководствуются «модульным принципом», поэтапно реализуя различные блоки структурной схемы. При этом вполне возможна коррекция структурной схемы, если в процессе разработки принципиальной схемы возникает более эффективное решение, требующее стратегических решений на уровне

структуры устройства. Целесообразно начинать разработку с самых критичных блоков, от которых зависят показатели устройства, например, измерительной схемы. Выбор модели микроконтроллера может быть произведен или изменен на любом этапе, однако, часто имеется привязка к особенностям устройства, обусловленная наличием или отсутствием встроенных модулей. На этапе разработки необходимо предусматривать отладку и программирование контроллера.

3.1 Измерительная схема

Как правило, разработка измерительной схемы сводится к подбору элементной базы, соответствующей требованиям, определенным на этапе разработки структурной схемы и поиску частных схемотехнических решений, диктуемых применяемой элементной базой.

3.1.1 Буферные усилители

Буферные усилители обычно реализуются на базе операционных усилителей (ОУ). Типовым решением является усилительная инвертирующая или неинвертирующая схема.

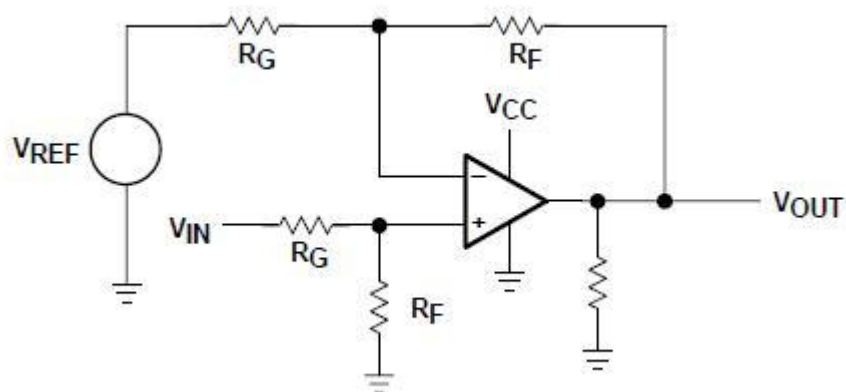


Рисунок 2 — Неинвертирующее включение ОУ

Неинвертирующая схема предпочтительнее в силу высокого входного сопротивления и отсутствия инвертирования сигнала. В настоящее время широко распространены ОУ, обеспечивающие необходимые параметры при однополярном питании, что заметно упрощает реализацию источника питания. При выборе ОУ главными критериями являются точностные показатели (напряжение смещения, дрейф, КОСС) и динамические характеристики (частота единичного усиления, скорость нарастания выходного напряжения). Кроме этого, следует учитывать диапазон входного и выходного напряжений и входное сопротивление (при высоких требованиях к этому параметру). При необходимости обеспечения широкополосного усиления целесообразно выбирать усилители с токовой обратной связью.

Ряд первичных преобразователей требуют применения дифференциальных усилителей, в качестве которых удобно применять инструментальные усилители. При выборе инструментального усилителя следует особое внимание обращать на диапазон входного и выходного напряжений при различных напряжениях питания.

При обработке высокоскоростных сигналов с помощью АЦП конвейерного типа рекомендуется применять специализированные ОУ с дифференциальным выходом, пример подключения показан на рис. 3

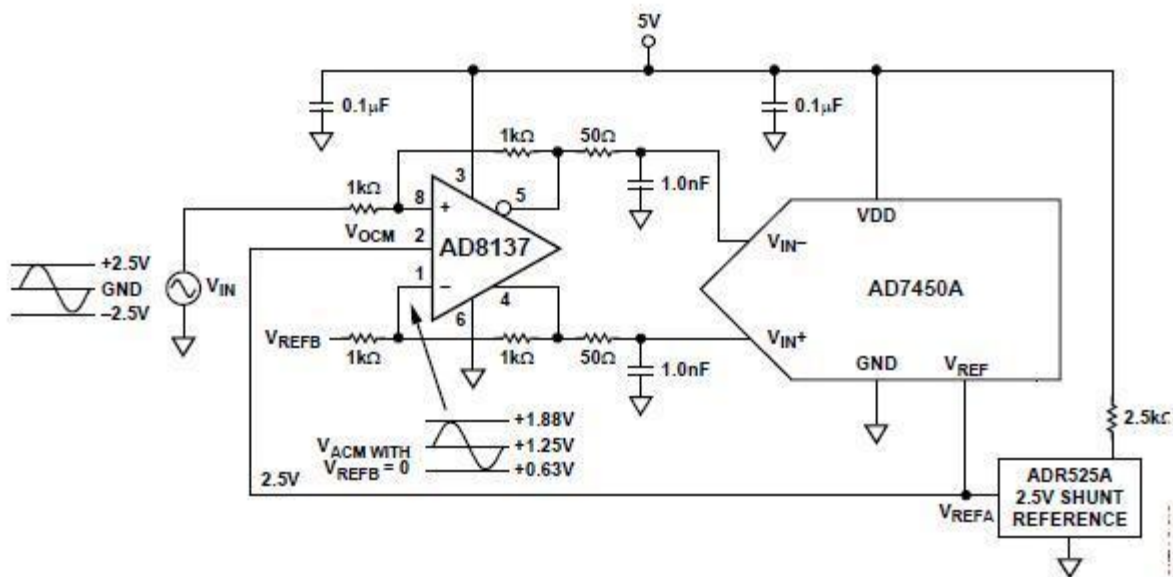
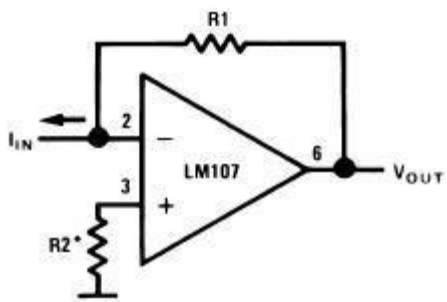


Рисунок 3 — Согласование с высокоскоростными АЦП

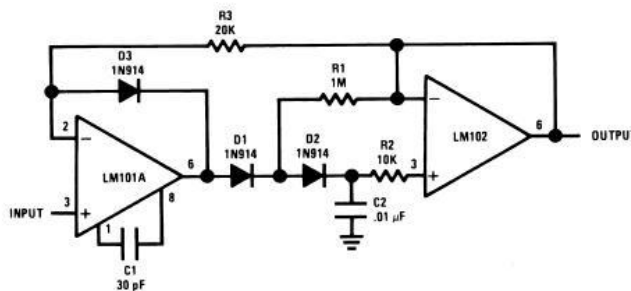
3.1.2 Преобразователи на ОУ

Как правило, применяются следующие типы преобразователей на ОУ:

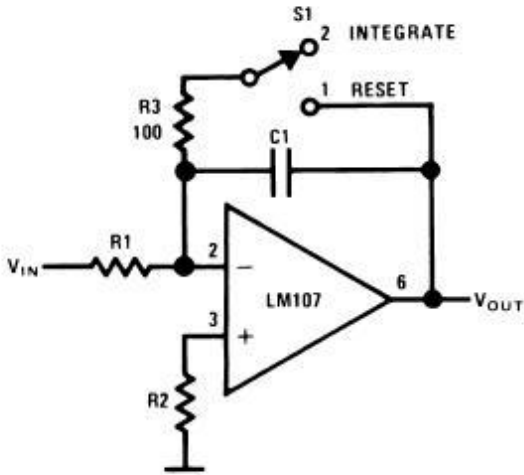
- интеграторы;
- логарифмические усилители;
- преобразователи ток-напряжение;
- схемы пиковых детекторов.



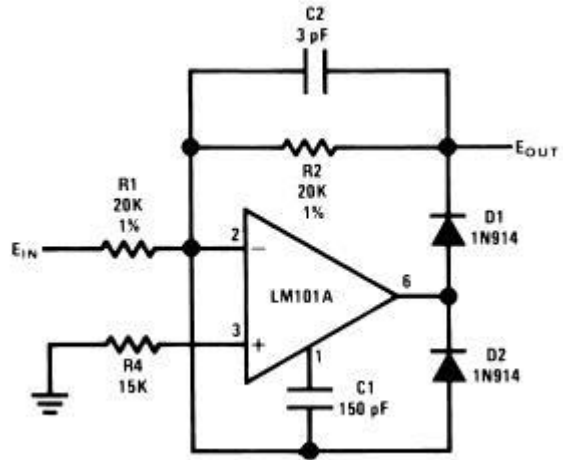
Преобразователь ток-напряжение



Пиковый детектор



Интегратор



Быстродействующий полуволновый выпрямитель

Рисунок 4 — Типовые схемы преобразователей

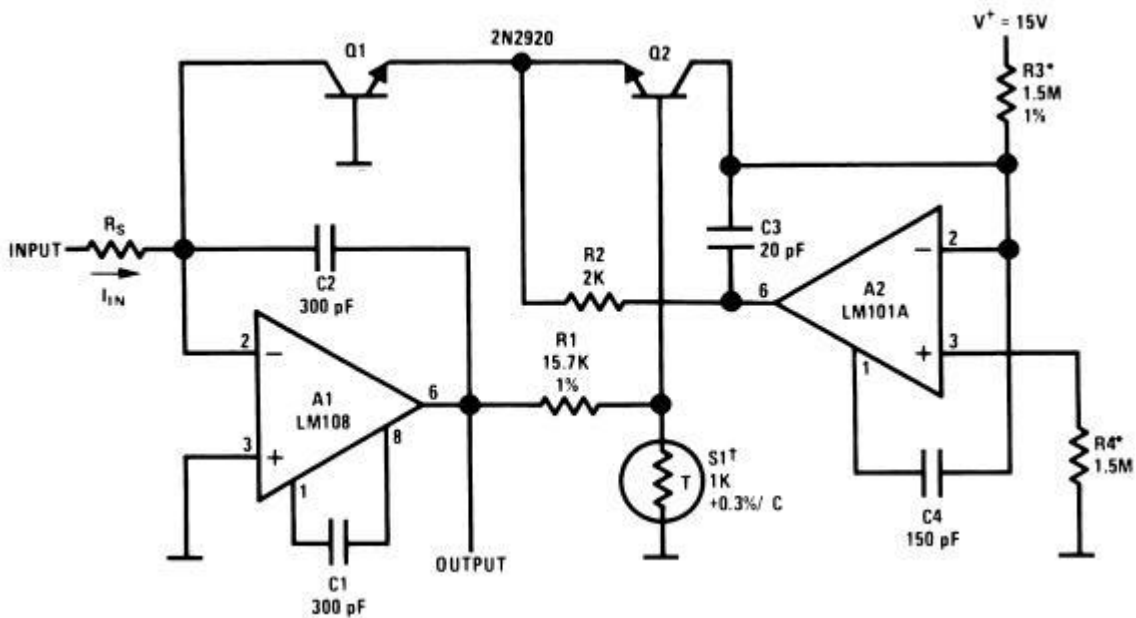


Рисунок 5 — Типовая схема логарифмического преобразователя входного тока с температурной компенсацией

В настоящее время прослеживается тенденция максимального упрощения аналоговой части и реализации основных алгоритмов на уровне микроконтроллера, однако, в ряде случаев такая стратегия невозможна или нецелесообразна. Окончательное решение принимается путем сравнения технико-экономических показателей обоих вариантов.

При разработке аналоговой части измерительной схемы необходимо учитывать следующие аспекты, обеспечивающие достижение заданных показателей:

- Помехозащиту и развязку по цепям питания
- Защиту узлов от перегрузки по току и напряжению

Для обеспечения эффективной устойчивой работы ОУ необходимо применять

блокировочные конденсаторы по цепям питания и развязку участков общего провода измерительных схем от цифровых цепей и цепей нагрузки.

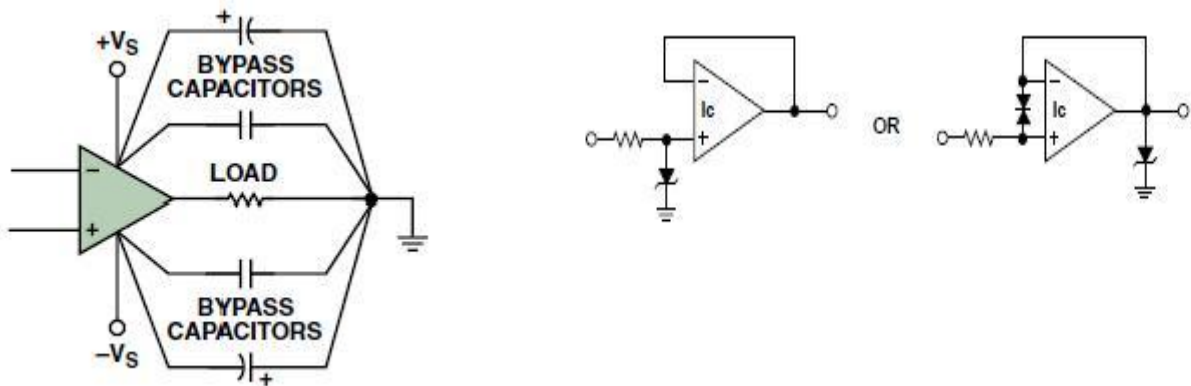


Рисунок 6 — Подключение блокировочных конденсаторов и элементов защиты

Линии ввода-вывода целесообразно защищать от перегрузки по напряжению, в частности, электростатических разрядов, для чего можно использовать специальные элементы, как показано на рис. 6.

3.1.3 Антиэлайсинговый фильтр

Этот ФНЧ (типичная АЧХ представлена на рис. 7) предназначен для ограничения амплитуды внеполосных сигналов (например, сигнала с частотой (2) на рис. 7), поступающих на вход АЦП. Как правило, удается ограничиться пассивным RC-фильтром или обеспечить фильтрацию на уровне буферного усилителя. ФНЧ второго и более высоких порядков применяются в сложной помеховой обстановке или при необходимости выбора низкой частоты дискретизации f_s . При выборе пассивного RC-фильтра необходимо помнить о величине входного сопротивления АЦП, ограничивающего выбор величины резисторов.

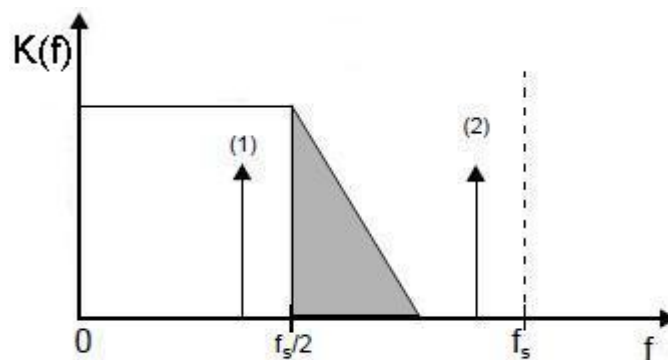


Рисунок 7 - Антиэлайсинговый фильтр

3.1.4 АЦП

При выборе АЦП руководствуются требованиями, определенными на этапе структурной схемы и решают вопрос выбора конкретной модели. Исходя из спектра заданий на курсовую работу, достаточно ограничить выбор следующими вариантами:

- АЦП последовательного приближения;
- Сигма-дельта АЦП;
- Конвейерный АЦП.

Конвейерный АЦП применяется при необходимости высокой частоты дискретизации (более 5-10МГц), сигма-дельта АЦП выбирается при необходимости высокой разрядности (более 14-16), в остальных случаях можно ограничиться АЦП последовательного приближения. В настоящее время распространены АЦП с последовательным интерфейсом, применение которых существенно упрощает схему устройства. Применение АЦП с параллельным интерфейсом оправдано, если требуется высокая скорость передачи данных, не реализуемая при последовательной передаче. АЦП нуждается в блокировочных конденсаторах, стабильном источнике опорного напряжения и внимании к разводке общего провода.

Многие АЦП имеют встроенный источник опорного напряжения, применение которого упрощает схему, тем не менее, иногда целесообразно применить внешний источник опорного напряжения, как показано на рис. 8

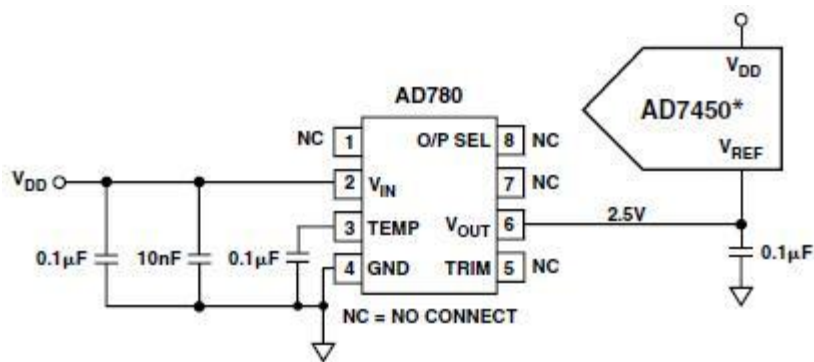


Рисунок 8 — Подключение интегрального источника опорного напряжения

При построении схем сбора данных, имеющих несколько каналов, по очереди подключаемых к АЦП, требуется внимание к выбору аналогового мультиплексора, коммутирующего каналы. Здесь основным критерием является сопротивление канала и межканальное взаимодействие (crosstalk).

При использовании АЦП, интегрированных в микроконтроллер, принципиальная схема существенно упрощается, так как рассмотренные выше вопросы решаются автоматически.

3.2 Ключевые схемы

При коммутации в цепях постоянного тока при напряжениях ниже 100-200В преимущественно обладают МДП транзисторы с индуцированным каналом (обедненного типа). В настоящее время имеется широкий выбор таких транзисторов в разных корпусах.

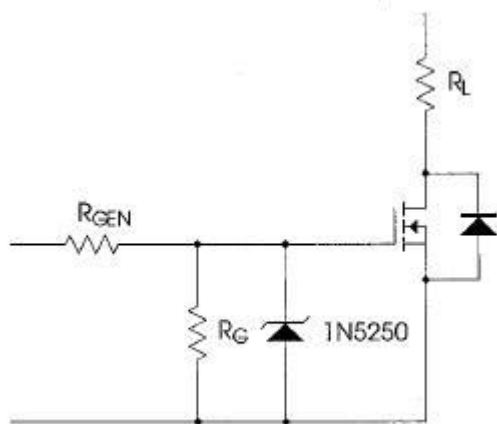


Схема ключа с защитой от бросков входного напряжения

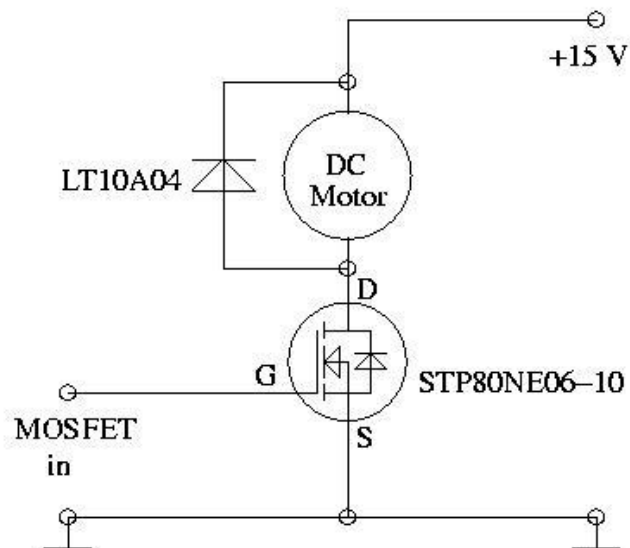


Схема управления мотором с использованием защитного диода

Рисунок 8 - Схемы ключей на МДП транзисторах

При выборе ключевого транзистора основное внимание уделяется сопротивлению канала в открытом состоянии, предельным токам и напряжениям, рассеиваемой мощности и управляющему заряду. При низкой частоте коммутации величина рассеиваемой транзистором мощности определяется сопротивлением канала, при высокой — растут потери на переключение, определяемые перезарядом межэлектродных емкостей.

При коммутации индуктивных нагрузок (например обмоток двигателей) следует предусмотреть защитные диоды, ограничивающие выброс напряжения при закрывании ключа. Следует принимать во внимание, что МДП транзисторы имеют ограничения по скорости изменения напряжения стока. С целью защиты от перегрузки по этому параметру используют демпфирующие схемы снабберов (C_{sn} , R_{sn} рис. 9).

В ряде случаев используются мостовые схемы, обеспечивающие изменение полярности напряжения на нагрузке. При низких напряжениях и невысоких требованиях к скорости в качестве ключей верхнего плеча используют транзисторы с р-каналом, как показано на рис. 10.

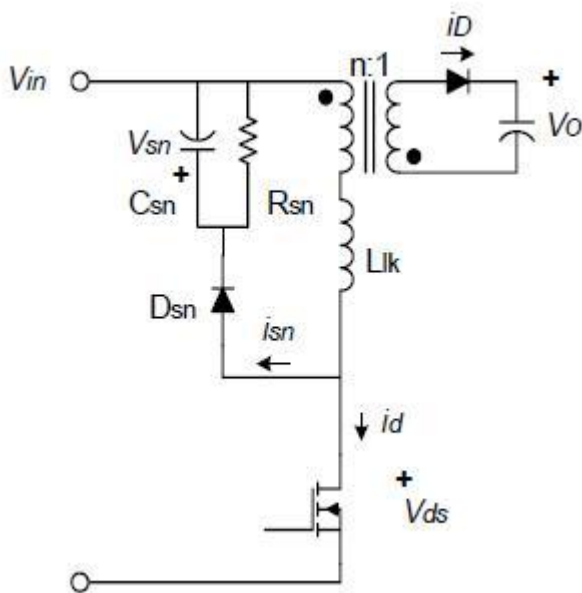


Рисунок 9 — Использование демпфирующей схемы снабберов в обратном преобразователе

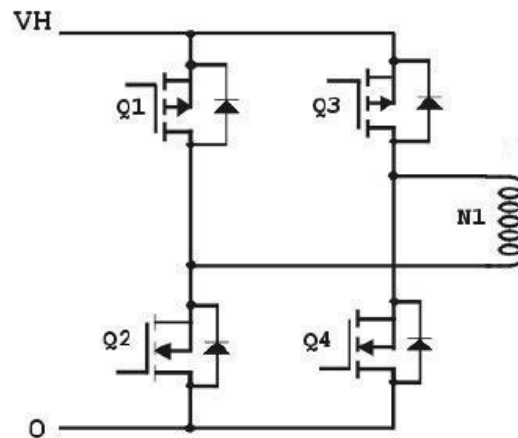


Рисунок 10 — Реализация мостовой схемы

В качестве транзисторов верхнего плеча возможно применение и транзисторов с n-каналом, в этом случае для управления требуются специальные драйверы (бутстрепные схемы).

При коммутации в цепях переменного тока применяют различные типы реле, а также тиристоры и симисторы. Учитывая требования безопасности, часто требуется гальваническая развязка силовой цепи переменного тока и цепи управления, которую удобно осуществить с применением оптронов (рис. 10). Имеются также варианты конструкции тиристоров/симисторов с интегрированной оптопарой.

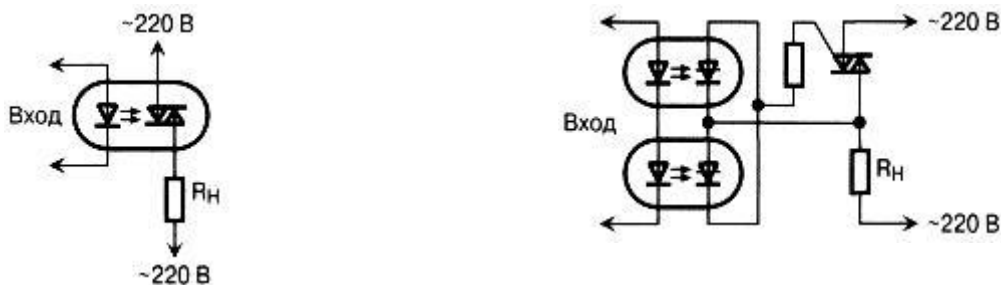


Рисунок 10 — Управление нагрузкой в цепи переменного тока

3.3 Интерфейсы

Во многих случаях требуется подключение устройства к компьютеру с целью обмена данными/дистанционного управления. В настоящее время существует много разнообразных интерфейсов для различных областей применения. Можно выделить следующие группы:

- Интерфейсы для подключения к компьютеру или сети (USB, FireWire, Ethernet);
- Промышленные интерфейсы (RS-232/485, CAN, PROFIBUS);
- Беспроводные интерфейсы (Bluetooth, ZigBee, Wi-fi).

При выборе конкретного варианта следует исходить из следующих характеристик:

- Полоса пропускания/скорость передачи;
- Расстояние;
- Топология или требования к интеграции с имеющимся оборудованием;
- Защита информации;
- Энергопотребление;
- Среда распространения.

Часто тип интерфейса определен в самом задании, тогда задача выбора облегчается, по остальным показателям общих рецептов не существует, окончательный выбор определяется экономическими показателями и уровнем требований к вышеуказанным характеристикам.

Можно рекомендовать использовать следующий подход:

Если главным является требования скорости/пропускной способности, целесообразно выбирать интерфейс с некоторым запасом на будущую модернизацию;

Если главным является унификация, целесообразно выбрать один из стандартных интерфейсов, поддерживающих интерфейсы более высокого уровня (ТСР/IP);

Независимо от остальных требований, следует в первую очередь рассматривать возможность применения какого-либо из стандартных интерфейсов, что существенно ускоряет разработку и повышает степень унификации.

При выборе **пассивных компонентов** (резисторов, конденсаторов, дросселей) необходимо руководствоваться требованиями по допуску на разброс номинальных значений, выбирая номиналы элементов из стандартных рядов. Для резисторов также немаловажную роль играет допустимая рассеиваемая мощность, рекомендуется выбирать с запасом, нагружая на величину не более 2/3 от максимума. При выборе конденсаторов следует также помнить о температурной нестабильности диэлектрика, а у резисторов - о температурном коэффициенте сопротивления. Разрабатываемое в проекте устройство должно быть снабжено соединителями (разъемами), в том числе стандартными разъемами для подключения к компьютеру, щупами для измерительных устройств, силовыми разъемами для источников питания и др.

Для реализации нормальной работы большинства микроконтроллеров, необходимо наличие внешних схем организации сброса, синхронизации, а также внутрисхемного программирования и отладки.

Система сброса зачастую обеспечивается встроенным монитором питания микроконтроллера, при этом бывает достаточно подсоединения определенного вывода к шине питания.

Система тактирования строится с использованием встроенного тактового генератора, которому необходим либо внешний кварцевый резонатор для обеспечения высокой стабильности частоты тактирования (рис. 11), либо используется внешняя частотозадающая RC-цепь. В случае необходимости в большинстве микроконтроллеров имеется возможность подключения внешнего тактового генератора.

Современные разработки предполагают использование SMD- монтажа элементов. При этом запись программы во внутреннюю память микроконтроллера в корпусе для поверхностного монтажа с помощью внешнего программатора с панелькой (как это было для микроконтроллеров в DIP-корпусах) затруднено, либо невозможно. В этом случае используется внутрисхемное программирование и отладка через специальный разъем и интерфейс (рис. 12).

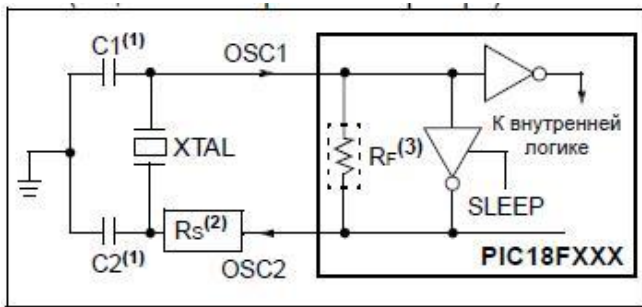


Рисунок 11 — Схема подключения внешнего кварцевого резонатора

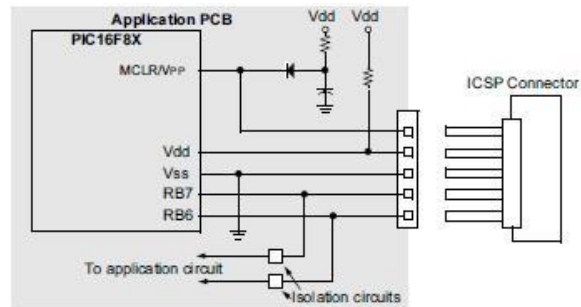


Рисунок 12 — Пример реализации внутрисхемного программирования

4 Разработка алгоритма и листинга программы

При выборе типа микроконтроллера следует руководствоваться комплексом соображений – современность, экономичность, сложность дополнительных аппаратных средств. В подавляющем большинстве заданий достаточно применения 8-разрядных микроконтроллеров, также можно рекомендовать более производительные микроконтроллеры семейств MSP430 (16-разрядные), ARM7 (32-разрядные), Blackfin (16-разрядные сигнальные микроконтроллеры).

С точки зрения создания эффективной управляющей программы, сочетающей использование различных возможностей микроконтроллера, целесообразно максимально использовать механизм прерываний. Хороших результатов можно достичь, следуя следующим принципам:

1. Все задачи, выполняемые микроконтроллером, целесообразно разделить на срочные и несрочные. К срочным задачам относят все события, требующие быстрой реакции и все задачи, связанные с формированием временных интервалов и измерениями быстропротекающих процессов. К несрочным задачам относят работу с кнопками, индикаторами, обработку накопленных данных, не критичную ко времени, и т.п.;
2. Реакцию на срочные события возлагают на подпрограмму обработки прерываний, обработку несрочных событий осуществляют в основной программе;
3. Обработка событий, обрабатываемых в подпрограмме реакции на прерывания, не должна занимать много времени, так как в противном случае может быть задержана реакция на другие срочные события. Хорошим вариантом является установка программного флага с последующей отложенной обработкой в основной программе;
4. При необходимости формирования пауз максимальное предпочтение отдавать использованию таймеров по сравнению с организацией программных задержек;
5. При необходимости выполнения очень длительных операций, например, вычислений, в этот процесс нужно включить опрос флагов, устанавливаемых подпрограммами обработки срочных событий.

Таким образом, общая структура управляющей программы, следующей вышеприведенным принципам, выглядит следующим образом:

1. Все подпрограммы, обрабатывающие прерывания, выполняют либо очень короткие манипуляции, вроде изменения уровня на выводе микроконтроллера и проверки состояния внутренних флагов, либо просто устанавливают флаг, указывающий на необходимость отложенной обработки события;
2. Основная программа состоит из главного цикла обработки событий, опрашивающего флаги, сигнализирующие о необходимости выполнения каких-то действий, и передающего управление

отдельным подпрограммам, и набора этих подпрограмм.

Управление, реализованное таким способом, строго говоря, не соответствует понятию «обработка в режиме реального времени», однако позволяет осуществлять целый комплекс манипуляций, которые не мешают друг другу. Необходимо помнить, что эффективная работа такой программы возможна тогда, когда интенсивность потока внешних событий не превышает определенного предела, определяемого затратами времени на обработку этих событий. По описанному принципу работают операционные системы типа WINDOWS, не претендующие на работу в реальном масштабе времени. Однако, практика показывает, что при достаточной производительности микроконтроллера, применение данной стратегии в большом числе практически значимых случаев обеспечивает приемлемый результат.

Для обработки в реальном масштабе времени основным методом является использование узкоспециализированных узлов и модулей, решающих только очень ограниченное число задач. При обработке случайных событий таким методом снижается вероятность ошибок и задержек, вызванных возможной перегрузкой узла, но и снижается эффективность его использования. По согласованию с преподавателем разрешается написание программ на языках высокого уровня (например C/C++), в этом случае в записке необходимо приводить результаты профилировка/оптимизация с целью оценки эффективности кода по объему и быстродействию, а также необходимо привести фрагмент дизассемблированной программы с пояснениями. После отладки и размещения кода программы в памяти микроконтроллера, необходимо составить карту распределения памяти микроконтроллера с указанием адресов начала и конца основной программы, подпрограмм обработки прерывания и т.д. Указанную карту памяти МК необходимо привести в записке с пояснениями.

5 Требования к оформлению пояснительной записки и графической документации

Пояснительная записка оформляется в соответствии с требованиями ЕСКД и СТП СГАУ на листах формата А4. Графическая документация (структурная и принципиальная схемы, алгоритм программы) выполняется на отдельных листах необходимого формата (не ватман) и подшивается в виде приложений к пояснительной записке. Принципиальная схема сопровождается перечнем элементов, выполненным в соответствии с требованиями ЕСКД. Листинг программы также включается в текст пояснительной записки. В случае большого объема листинга по согласованию с преподавателем могут быть исключены отдельные стандартные (тривиальные) фрагменты.

6 Сроки и порядок защиты курсовой работы

При работе над проектом необходимо придерживаться следующего графика:

Разработка эскиза структурной схемы	До 2 недели
Разработка принципиальной схемы и выбор элементной базы	До 6 недели
Разработка алгоритма и отладка программы	До 10 недели
Оформление документации	До 12 недели

После окончания оформления документации готовая сшитая записка сдается для проверки на кафедру. К защите допускаются проекты с визой преподавателя. По согласованию с преподавателем возможна досрочная сдача и защита курсовых работ в течение семестра. Соблюдение вышеуказанного графика является обязательным, сведения о текущем состоянии передаются в деканат по итогам 6-й, 10-й, 14-й недель.

По согласованию с преподавателем допускается выполнение курсовой работы по специальной тематике, представляющей научный и практический интерес.

Список литературы

1. Корнеев В.В., Киселев А.В. Современные микропроцессоры. 2-е изд. М.: НОЛИДЖ, 2000.
2. Новиков Ю.В. Основы цифровой схемотехники. Базовые элементы и схемы. Методы проектирования. М.: Мир, 2001.
3. Хоровиц П, Хилл У. Искусство схемотехники. – М.: Мир, 2003. – 704 с.
4. Смит Дж. Сопряжение компьютеров с внешними устройствами: Пер. с англ. М.: Мир, 2000.
5. Путилин А. Б. Вычислительная техника и программирование в измерительных системах. – М.: Дрофа, 2006. – 448 с.
6. Топильский В.Б. Схемотехника измерительных устройств. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. – 232 с.
7. Котюк А.Ф. Датчики в современных измерениях. – М.: Радио и связь, 2006. – 95 с.