

**Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники**

Микропроцессорные системы автоматизации и управления
(пособие по самостоятельной работе)

Учебно-методическое пособие для специальностей:

15.03.04 *Автоматизация технологических процессов и производств,*

11.04.04 *Электроника и наноэлектроника*

Разработчики:

старший преподаватель кафедры КСУП Шаропин Ю.Б.,

инженер кафедры КСУП Недяк С.П.

Инженер кафедры МИТУС Голенкина В.В.

Оглавление

1 Введение.....	3
2 Программное обеспечение.....	3
2.1 Интернет-среда для выполнения самостоятельной работы.....	3
2.1.1 Регистрация в Redmine.....	3
2.2 Интегрированные среды разработки ПО для МК.....	5
3 Методы самостоятельной работы.....	6
3.1 Правило номер «0».....	6
4 Рефераты.....	6
4.1 Требования.....	6
4.2 Примеры тем.....	7
4.3 Примеры выполнения	7
5 Практические занятия	7
5.1 Введение в программирование МК.....	7
5.2 Инструментальные средства программиста МК.....	8
5.3 Программирование на ассемблере Cotrex-M3.....	8
5.4 Особенности языка Си в разработке ПО для МК.....	8
6 Индивидуальные задания.....	8
6.1 Примеры тем.....	8
6.1.1 Индивидуальное задание номер 1.....	8
6.1.2 Индивидуальное задание номер 2.....	9
6.2 Пример выполнения.....	9
7 Подготовка к экзамену.....	9
8 Список литературы.....	11

1 Введение

В нашем курсе мы руководствуемся принципом: «учиться, используя современный инструментарий инженера», «тяжело в учении, легко в бою».

2 Программное обеспечение

В курсе широко используется программное обеспечение и инструментарий, которые в своей работе используют современные инженеры-программисты и электронщики, использующие микроконтроллеры.

2.1 Интернет-среда для выполнения самостоятельной работы

В своём курсе мы используем широко распространённый инструментарий, который используют многие работодатели. Один из них — это Redmine: открытое серверное веб-приложение для управления проектами и задачами (в том числе для отслеживания ошибок).

Система сопровождения проектирования и разработки призвана обеспечить: рабочее WEB-пространство для постановки и решения заданий совместно со студентами, контроль над ходом выполнения заданий и самостоятельной работы, обмен сообщениями в режиме форума, обмен файлами, генерацию отчетов активности по задачам. В курсе используется интернет-приложение Redmine, работающее на кафедральном сервере. Доступ <http://esau.tusur.ru:8085> — требуется регистрация. Программное обеспечение свободное, исходный код открыт. Документация по использованию Redmine имеется на русском языке.

2.1.1 Регистрация в Redmine

1. Нужно зайти по адресу <http://esau.tusur.ru:8085>.
2. Найти в верхнем правом углу «Регистрация» (Рисунок 1) - нажать.

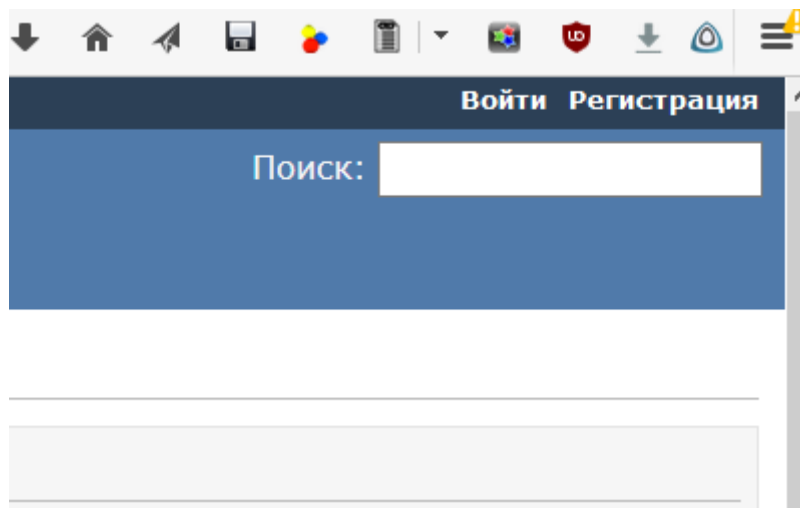
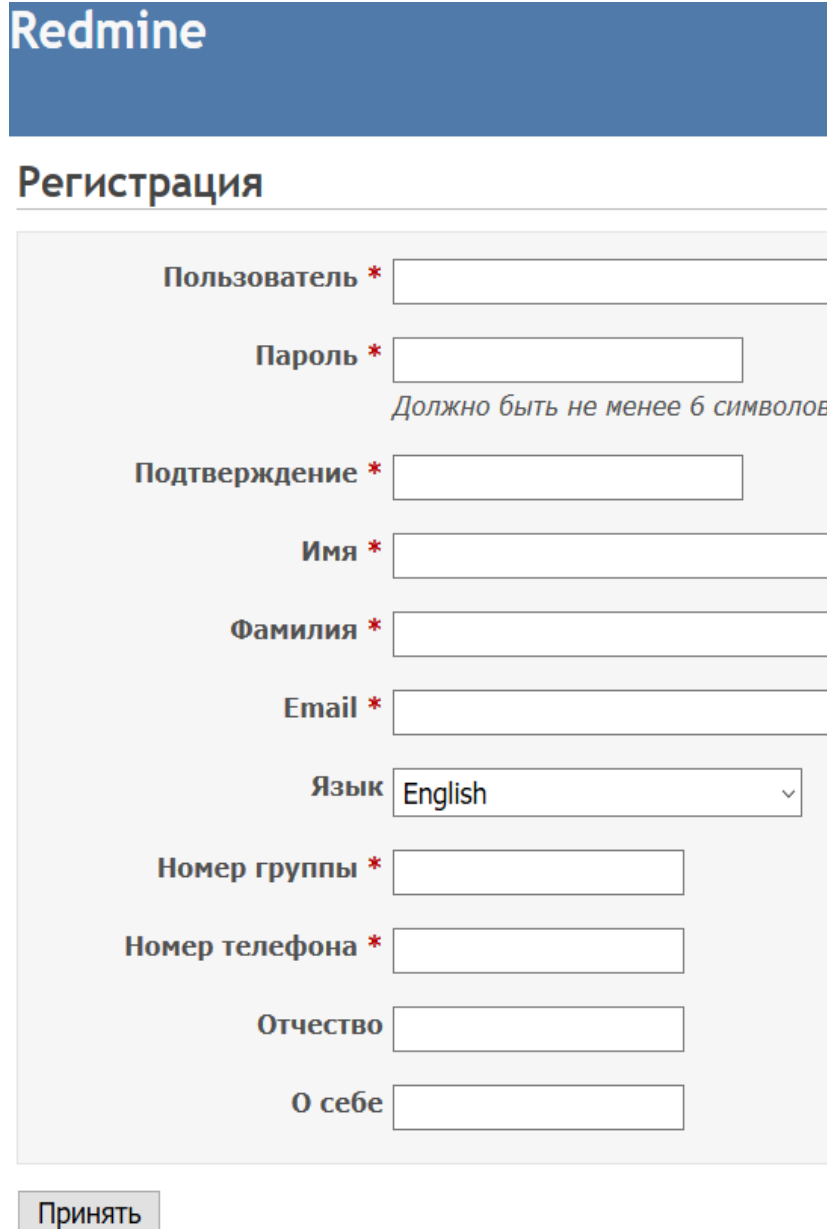


Рисунок 1. - Найди «регистрацию»

3. Заполнить все поля (Рисунок 2). В поле «о себе» тоже желательно что-то сообщить, например своё «хобби». Поле «отчество», хоть и не является обязательным, но будет правильным не оставить его пустым.



The image shows the registration page in Redmine. At the top, there is a blue header with the word "Redmine" in white. Below the header, the word "Регистрация" (Registration) is written in a dark font. The registration form itself is a light gray box containing several input fields, each with a label and a red asterisk indicating it is required. The fields are: "Пользователь" (Username), "Пароль" (Password) with a note below it stating "Должно быть не менее 6 символов." (Must be at least 6 characters), "Подтверждение" (Confirmation), "Имя" (Name), "Фамилия" (Surname), "Email", "Язык" (Language) which is a dropdown menu currently set to "English", "Номер группы" (Group number), "Номер телефона" (Phone number), "Отчество" (Patronymic), and "О себе" (About yourself). At the bottom of the form is a button labeled "Принять" (Accept).

Рисунок 2. - Меню регистрации в системе Redmine.

4. Запрос на регистрацию будет отправлен после нажатия кнопки “Принять” (Рисунок 3.).
5. Ждать подтверждения регистрации, оно выполняется администратором (человеком), поэтому может занять 1-2 дня.

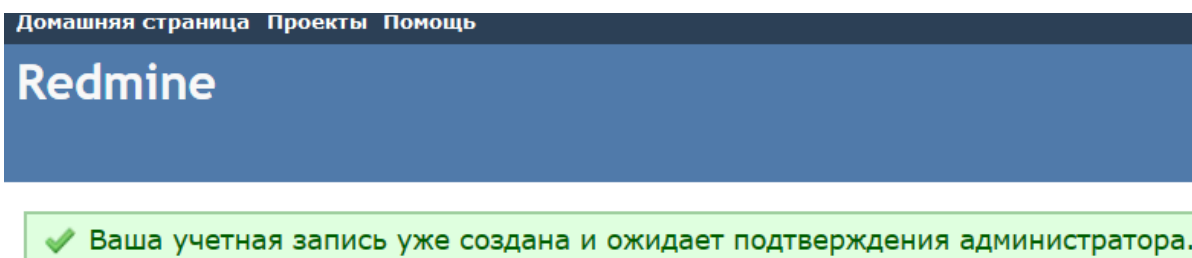


Рисунок 3 — После регистрации

6. После получения уведомления по почте «*Your account has been activated. You can now log in. Sign in: <http://esau.tusur.ru:8085/login>*» можете заходить в свое рабочее пространство по изучению курса.
7. Не забудьте свои учетные данные для доступа к системе.
8. Все задачи нужно создавать в подпроектах с номером своей группы, например 533, 534, 535....
9. В рейтинговой системе предусмотрен отдельный бал за умение пользоваться системой Redmine.

Самая актуальная версия данного методического пособия будет находиться в редмайне в виде Wiki-справочников по адресам (для доступа требуется регистрация):

Лекции: <http://esau.tusur.ru:8085/projects/001-mpssau/wiki>

Практики: <http://esau.tusur.ru:8085/projects/practice/wiki>

Рефераты: <http://esau.tusur.ru:8085/projects/ref-001/wiki>

Индивидуальные задания: <http://esau.tusur.ru:8085/projects/iz-001/wiki>

Важно! Студент имеет доступ к редактированию Wiki-справочников. Вы должны оценивать - это как приглашение к совместной работе.

2.2 Интегрированные среды разработки ПО для МК

Для выполнения, лабораторных работ и индивидуальных заданий Вам понадобятся средства разработки программного обеспечения для микроконтроллеров ARM. Ниже они перечислены в порядке значимости.

1. **IAR Embedded Workbench for ARM** (<https://www.iar.com/iar-embedded-workbench>)
2. **Keil Development Tools** (<http://www2.keil.com/mdk5>)
3. **Code Composer Studio** (http://processors.wiki.ti.com/index.php/Download_CCS)
4. **ARM Development Studio** (<https://www.arm.com/products/tools/software-tools/ds-5/index.php>)
5. **CooCox CoIDE. Free/Open ARM Cortex MCU Development Tools** (<http://www.coocox.org/software.html>)
6. **GNU toolchain from ARM Cortex-M & Cortex-R processors** (Cortex-M0/M0+/M3/M4/M7, Cortex-R4/R5/R7). (<https://developer.arm.com/open-source/gnu-toolchain/gnu-rm/downloads>)
7. Другое...они есть их много, смотри соответствующую тему реферата.

Мы не накладываем ограничения на выбор инструментария. Вы можете использовать любую среду разработки, но большая база проблем и ошибок собрана при работе с IAR Embedded Workbench for ARM, остальные среды разработки в очереди на подробнейший тест в руках молодых экспериментаторов.

Также важно учесть, что освоив достаточно хорошо любую среду разработки из перечисленных, Вы легко перейдете на любую другую, которая Вас ждет на первом рабочем месте, но с вероятностью 0.95 можно утверждать, что это будет одна из первых трех.

Все ПО используемое в курсе оценочное и предоставляется производителем бесплатно, либо это свободное ПО с открытым исходным кодом.

3 Методы самостоятельной работы

1. Прочсть конспект лекций. Составить словарь специальных терминов.
2. Настроить среду разработки. Пример как это сделать описан в методическом пособии [1].
3. Отладка собственного программного кода по индивидуальным заданиям.
4. Выбор темы реферата, поиск литературы и написание реферата.
5. Онлайн-консультация <http://esau.tusur.ru:8085> по всем видам работ: стараться грамотно писать и формулировать вопросы.
6. Подготовка к лабораторным занятиям: прочтение методического пособия [2], прочтение лекционной части для получения допуска к выполнению работы.

3.1 Правило номер «0»

Очень важное правило для студентов, сдающих письменные и устные работы.

В отчете по работе или в докладе студента, преподаватель имеет полное право спросить все то, что студент написал или сказал.

Вывод: чтобы успешно сдать работу, нужно держать баланс между злоупотреблением "Ctrl+C" и изучением материала.

Удачи!

4 Рефераты

Согласно действующему образовательному стандарту вуза [ОС ТУСУР 01-2013](#), тематический реферат (ТР) (от лат. refero - сообщаю) – это учебная работа, содержащая аналитический обзор литературы по определенной теме.

Важно! Выполнить простое правило при подготовке реферата **Правило номер «0»**.

4.1 Требования

1. Количество источников не менее 10, источники любые официальные, публичные, (периодические издания, в т.ч. электронные, техническая документация, в том числе фирменная, книги, другие). Самый новый источник не старше 1 года.
2. В реферате обязательно должен быть перевод текста с английского на русский или наоборот в размере не менее 1000 знаков.
3. Обязательные разделы реферата: титульный лист, содержание, введение, основная часть (структурированная по разделам и содержащая ссылки на источники, приведенные в конце), заключение.
4. Реферат оформляется в соответствии с внутренним действующим стандартом ТУСУРа для оформления текстовых документов ОС ТУСУР 01-2013.
5. Один рисунок (схема) должен быть нарисован без использования компьютера, т.е. от руки. Одна страница текста реферата, должна быть написана собственным почерком автора.
6. Текст введения и заключения должны быть полностью авторскими, т.е. написаны самостоятельно, без цитирования целых предложений и абзацев. Рефераты

проверяются на плагиат с использованием соответствующих информационных ресурсов. В случае выявления незаконных заимствований студенту выдается новая тема реферата.

7. Темы **выделенные** «жирным», **обязательны** для выполнения в группе студентов.

8. С выбором темы реферата студент должен определиться в течении первого месяца обучения, о чем он должен сообщить, создав задачу в проекте [Рефераты](#) и в подпроекте с номером своей группы, например . После указанного срока оценка снижается на один бал. При выборе темы после истечения двух месяцев, оценка за реферат будет не более "удовлетворительно".

4.2 Примеры тем

Часть тем может трактоваться весьма широко. Предлагаемые темы разясняются на первой лекции. При выборе темы и после советуйтесь с преподавателем. Тема может быть предложена своя, что увеличит рейтинг за реферат, при ее утверждении.

1. Микроконтроллеры с повышенными требованиями к надежности.
2. Перспективы развития вычислительной техники, за пределами технологических возможностей полупроводниковой технологии.
3. Особенности архитектур современных МП (MPU).
4. Микропроцессоры цифровой обработки сигналов (DSP).
5. Микроконтроллеры с процессорным ядром DSP.
6. Современные технологии производства МП.

4.3 Примеры выполнения

Для лучшего понимания, что такое тематический реферат рекомендуем посмотреть [Примеры рефератов](#), опубликованные в литературе или написанные для внутреннего пользования.

Очень не рекомендуем пользоваться базами готовых рефератов для сдачи в качестве своей работы — это очень осложнит сдачу реферата.

5 Практические занятия

Практические занятия проходят в специально оборудованном классе и выполняются с помощью компьютера (ноутбука) выбранной среды разработки и отладочных плат фирмы «Миландр».

5.1 Введение в программирование МК

Оценка степени предварительной подготовки студентов (письменный тест по изученным и сданным дисциплинам). Краткое анкетирование.

Тестовые задачи из обеспечивающих курсов по программированию и электроники согласно рабочим программам по дисциплинам:

1. Вычислительная математика,
2. Вычислительные машины, системы и сети,
3. Информационные технологии,

4. Компонентно-ориентированное программирование,
5. Математическая логика и теория алгоритмов,
6. Объектно-ориентированное программирование,
7. Операционные системы,
8. Программирование и алгоритмизация,
9. Средства автоматизации и управления,
10. Схемотехника электронных средств.

Введение в программирование микроконтроллеров. Формулировка профессиональных требований к разработчику встраиваемых систем, обоснование условий сдачи индивидуальных заданий, экзаменов и проектов. По этому вопросу рекомендуем литературу:

1. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 18 ноября 2013 г. N 679н "Об утверждении профессионального стандарта "Программист" - С изменениями и дополнениями от: 12 декабря 2016 г.: В другом месте, <http://ivo.garant.ru/#/document/70547858:0>

2. Профессиональный стандарт. Системный программист. - Российский союз промышленников и предпринимателей., Москва, 2012 - 29 с.: В другом месте, http://www.apkit.ru/committees/education/PS_SP_4.0.pdf

Все вопросы, этапы работ должны быть **обязательно** опубликованы в системе Redmine, в проекте [Практика](#) и подпроекте с номером Вашей группы.

5.2 Инструментальные средства программиста МК

Минимальный инструментарий разработчика программ для МК состоит из небольшого набора. Основное - это среда разработки, далее это функциональный менеджер файлов, мы рекомендуем Far <http://www.farmanager.com>. Работа программиста сопряжена с частой работой с фалами, для этого штатный набор ОС Windows не всегда пригоден, профессионалы им не пользуются.

Настройка и запуск первого проекта описан в отдельном методическом пособии [1].

Запуск первого проекта на отладочной плате описан в [2] в разделах 2 и 3 (часть I).

5.3 Программирование на ассемблере Cotrex-M3

Теоретическая часть по этой теме находится в... Этой теме посвящено методическое пособие по лабораторным работам. Нужно прочитать раздел...

5.4 Особенности языка Си в разработке ПО для МК

Данная тема изложена в редмайне по адресу <http://esau.tusur.ru:8085/issues/434>.

О том как не нужно программировать смотри в <http://esau.tusur.ru:8085/issues/639> а как нужно это делать можно посмотреть здесь <http://esau.tusur.ru:8085/issues/1679>.

6 Индивидуальные задания

6.1 Примеры тем

6.1.1 Индивидуальное задание номер 1.

1. Задана строка длиной N символов. Разбейте её на строки по k символов в каждой.
2. Задана строка длиной N символов. Разбейте её на пакеты по k байт данных в каждом. Пакет состоит из: заголовка - 2 байта; длина данных — 1байт; данные – k байт; контрольная сумма — 1байт.
3. Задано две строки. Напишите программу конкатенации этих строк без использования стандартной Си-библиотеки и с использованием таковой.
4. Произвели несколько замеров и результат записали в массив. Напишите программу, вычисляющую дисперсию и среднеквадратичное отклонение.
5. Задан массив действительных чисел (запись отсчётов сигнала). Напишите функцию, удаляющую из заданного массива все элементы с чётными или нечётными (по запросу) номерами.

6.1.2 Индивидуальное задание номер 2.

1. Реализовать обработчик исключения SysTick_Handler(). Таймер SysTick настроить на период работы 10 мкс.
2. В обработчике исключения BusFault_Handler прочитать регистр(ы) состояния отказа доступа к памяти и передать его значение в основную программу
3. В обработчике исключения MemManage_Handler прочитать регистр(ы) состояния отказа доступа к памяти и передать его значение в основную программу
4. В обработчике исключения SysTick_Handler поменять статус светодиода через 10000 вызовов данного обработчика. Выбрать частоту работы таймера такую, чтобы было различимо мигание светодиода
5. В обработчике исключения UsageFault_Handler прочитать регистр(ы) состояния отказа доступа к памяти и передать его значение в основную программу и выдать состояние ошибки на светодиодный индикатор.

6.2 Пример выполнения

Пример выполнения смотри в редамайне: <http://esau.tusur.ru:8085/issues/1773>

Индивидуальное задание может быть оформлено непосредственно в редамайне в соответствующей задаче или согласно ОС ТУСУР 01-2013 <http://esau.tusur.ru:8085/news/54>.

Содержание отчета:

1. Задание.
2. Теоретическая часть. Описание исключения, его обработка, причины вызова, регистры настройки и регистры статуса.
3. Реализация программы (в отчет помещать только собственный код).
4. Ошибки всех стадий создания ПО: создания проекта, работы препроцессора, компилятора, линковщика, отладчика, ошибки работающей программы.

5. Заключение (результаты работы: что получилось, чего не получилось)

7 Подготовка к экзамену

Для успешных студентов (сдавших все задания в срок и ранее) экзамен проходит досрочно в форме собеседования по всему пройденному курсу.

Для остальных экзамен проходит по утвержденному расписанию. В письменной и устной форме. Содержание билета: два вопроса теоретических, два практических.

Актуальные вопросы для подготовки к экзамену находятся в редмайне: [Вопросы для подготовки к экзамену](#),

Примеры теоретических вопросов:

1. Развитие вычислительной техники. Поколения ЭВМ.
2. Перспективы развития микропроцессорной техники. Эволюция микропроцессоров.
3. Принцип программного управления.
4. Классификация микропроцессоров (МП).
5. Структурная организация микро-ЭВМ (микропроцессорных систем (МПС)).
6. Алгоритм выполнения команды в МПС.
7. Общая структура МП.

Примеры практических вопросов:

1. Задана строка длиной N символов. Разбейте её на строки по k символов в каждой.
2. Задана строка длиной N символов. Разбейте её на пакеты по k байт данных в каждом. Пакет состоит из: заголовка - 2 байта; длина данных — 1байт; данные – k байт; контрольная сумма — 1байт.
3. Задано две строки. Напишите программу конкатенации этих строк без использования стандартной Си-библиотеки и с использованием таковой.
4. Произвели несколько замеров и результат записали в массив. Напишите программу, вычисляющую дисперсию и среднеквадратичное отклонение.
5. Задан массив действительных чисел (запись отсчётов сигнала). Напишите функцию, удаляющую из заданного массива все элементы с чётными или нечётными (по запросу) номерами.
6. Напишите функцию на Си, печатающую двоичный код числа в формате float.

8 Список литературы

1. Калдар К.Н. Установка и адаптация среды IAR для микроконтроллеров компании Миландр и настройка проектов. Учебно-методическое пособие для специальностей: 5.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, 11.04.04 Электроника и наноэлектроника. - ТУСУР, Томск 2017 — 22с.
[.http://esau.tusur.ru:8085/attachments/3698/Адаптация_среды_IAR_и_запуск_проекта_Калдар_Кайрат_методичка.pdf](http://esau.tusur.ru:8085/attachments/3698/Адаптация_среды_IAR_и_запуск_проекта_Калдар_Кайрат_методичка.pdf) (Требуется регистрация).
2. Недяк С.П., Шаропин Ю.Б. Лабораторный практикум по микроконтроллерам семейства Cortex-M. Методическое пособие по проведению работ на отладочных платах фирмы «Миландр». - Томск: ТУСУР, 2017. - 110 с. [Электронный ресурс] URL: <http://esau.tusur.ru:8085/attachments/522/LabsMilandr.pdf> (Требуется регистрация) или <http://forum.milandr.ru/download/file.php?id=3375> (Доступ свободный): В другом месте, <http://forum.milandr.ru/download/file.php?id=3375>