

ЭНЕРГИЯ ИННОВАЦИЙ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ – 2022

**ЦИКЛ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО
ПРОГРАММИРОВАНИЮ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ
СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ**

(для студентов бакалавриата профиля «Электропривод и автоматика»)

И.С. Полющенко

к.т.н., инженер

ООО НПО «Рубикон – Инновация» (г. Смоленск)

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Цель изучения языка C:

Освоение языка C как средства осуществления замысла по разработке электроприводов с микропроцессорным управлением и систем автоматике.

Формальная причина изучения МПТ и языка C:

Язык C является эффективным, универсальным и выразительным средством разработки программного обеспечения (ПО) микропроцессорной техники (МПТ).

Неформальная причина изучения МПТ и языка C:

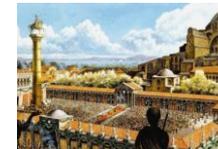
Без знаний микропроцессорной техники, технологий её программирования и практики их применения исчезает способность к ведению самостоятельной разработки современных электроприводов и систем автоматике.

Задача серии лабораторных работ:

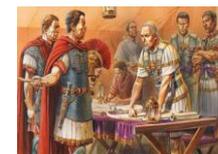
Приобретение навыков решения практических задач микропроцессорного управления и разработки ПО для элементов систем управления электроприводов.



STM32



TMS320



AVR



PIC



Intel8086



Intel8051



KP580

ИЗУЧЕНИЕ МПТ И ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Содержание изучения МПТ и программирования здорового человека:

1. «Основы микропроцессорной техники» (5-й семестр) – Изучение устройства простейшего микроконтроллера и изучение ассемблера на примерах использования его встроенных модулей.
2. «Микропроцессорные системы управления» (6-й семестр) – Изучение синтаксиса языка С и его специфики для микроконтроллеров на примерах разработки ПО различных устройств и простейших приводов.
3. «Микропроцессорное управление электроприводами» (7-й семестр) – Использование МПТ и ПО в сложных комплексных задачах управления электроприводами. Расширенное изучение технологий программирования.



СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ

Целевой микроконтроллер – PIC18:

1. Приемственность дисциплин.
2. Наличие типовых модулей.
3. Доступность средств разработки.
4. Умеренная производительность.
5. Ориентация на учебное назначение.

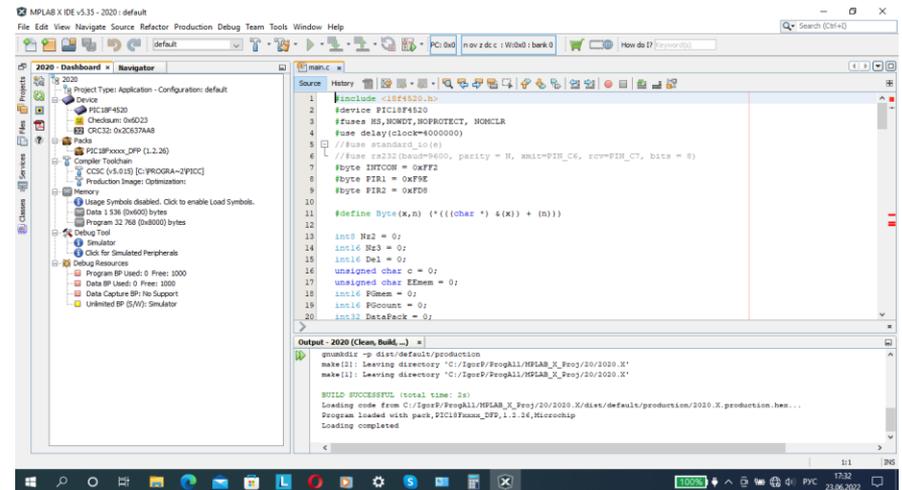
Средство разработки – MrLab X:

1. Типовой удобный интерфейс.
2. Наличие средств эмулирования.
3. Подключение компиляторов.
4. Бесплатное использование.
5. Регулярное обновление.
6. Широкая номенклатура МПТ.

Компилятор – PICC-Compiler:

1. Разумный минимализм.
2. Полная совместимость с MrLab X.
3. Бесплатное использование.

RE3/MCLR/Vpp	1	40	RB7/KBI2/PGD
RA0/AN0	2	39	RB6/KBI2/PGC
RA1/AN1	3	38	RB5/KBI1/PGM
RA2/AN2/VREF-/CVREF	4	37	RB4/KBI0/AN11
RA3/AN3/VREF+	5	36	RB3/AN9/CCP2
RA4/T0CKI/C1OUT	6	35	RB2/INT2/AN8
RA5/AN4/HLVDIN/SS/C2OUT	7	34	RB1/INT1/AN10
RE0/RD/AN5	8	33	RB0/INT0/FLT0/AN12
RE1/WR/AN6	9	32	VDD
RE2/CS/AN7	10	31	VSS
VDD	11	30	RD7/PSP7/P1D
VSS	12	29	RD6/PSP6/P1C
OSC1/CLKI/RA7	13	28	RD5/PSP5/P1B
OSC2/CLKO/RA6	14	27	RD4/PSP4
RC0/T1OSO/T13CKI	15	26	RC7/RX/DT
RC1/T1OSI/CCP2	16	25	RC6/TX/CK
RC2/CCP1/P1A	17	24	RC5/SDO
RC3/SCK/SCL	18	23	RC4/SDI/SDA
RD0/PSP0	19	22	RD3/PSP3
RD1/PSP1	20	21	RD2/PSP2



КОНЦЕПЦИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ



Концепция лабораторных работ:

1. Изучение от простого к сложному.
2. Максимальный охват встроенных модулей.
3. Максимальный охват синтаксиса языка С.
4. Оценка функционала и времени выполнения.
5. Связь задач, аппаратных модулей и ПО.

Список лабораторных работ по дисциплине «Микропроцессорные системы управления» из сборника «Типовые решения МПСУ»:

1. Разработка программного обеспечения на языке высокого уровня.
2. Контроллер старт-стопного управления шаговым электроприводом.
3. Контроллер логического устройства.
4. Контроллер управления бесколлекторным электрическим двигателем постоянного тока.
5. Контроллер управления электрическим двигателем постоянного тока.
6. Контроллер ввода и обработки информации от аналогового датчика.
7. Разработка программного обеспечения ПИД-регулятора.

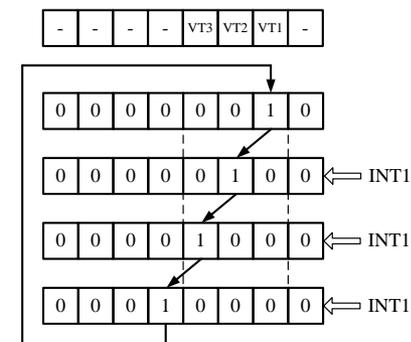
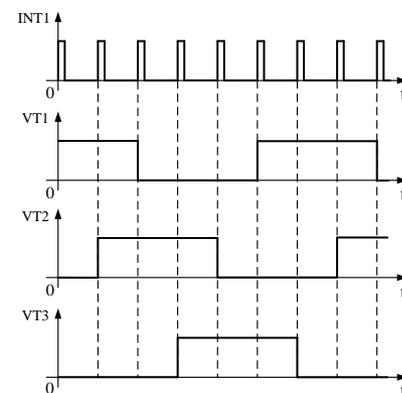
Приложения (справочный материал):

1. Топологическая схема микроконтроллера PIC18F4520.
2. Шаблон программы на языке С.
3. Операторы языка С и их приоритетность.
4. Регистры специальных функций PIC18F4520.

СЦЕНАРИЙ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Обобщённое содержание лабораторной работы:

1. Описывается **назначение** и **принцип работы** электромеханического, электротехнического или электронного устройства (электрический двигатель, схема силового полупроводникового преобразователя, генератор сигналов, аналоговые и дискретные датчики).
2. Приводятся **физические принципы**, векторные **диаграммы**, функциональные и электрические **схемы**, логические и временные **последовательности** сигналов, блок-схемы **алгоритмов**, иллюстрирующие их работу.
3. Формулируется **задача управления** и **проблемы** осуществления этого управления (**учёт особенностей** физических сигналов, **своевременность** захвата и формирования сигналов, **согласование** процессов управления, **степень сложности** алгоритма управления, временные и пространственные **закономерности**).
4. Задача управления **«переводится»** на терминологию микропроцессорной техники с учётом её **ограничений**.



СЦЕНАРИЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

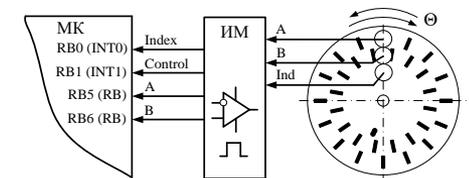
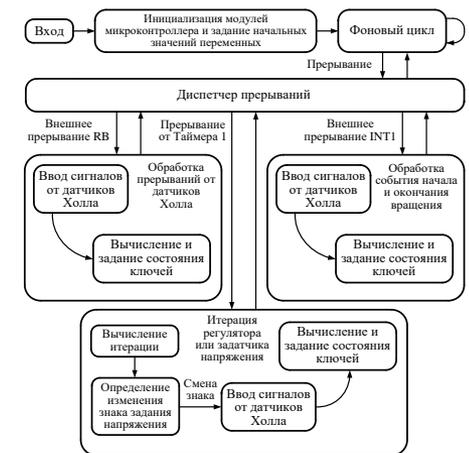
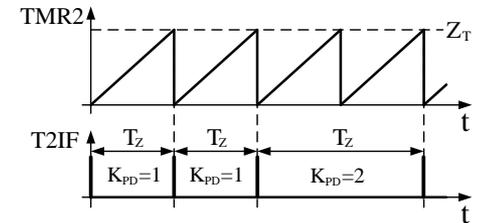
5. Рассматриваются **разные варианты** решения **задачи управления** – программный, программно-аппаратный и аппаратный применительно к целевому контроллеру.

6. Имеется **«развитие сюжета»**, то есть материала предыдущих работ, как правило, не достаточно для **рационального** и **грамотного** решения текущих задач.

7. Выбираются **подходящие** для решения задачи **аппаратные модули**, встроенные в микроконтроллер. Дается описание функций на языке C и их параметров для инициализации и конфигурирования этих модулей, а также функции и подпрограммы для **доступа** к модулям в процессе **выполнения программы**.

8. Указываются **синтаксические конструкции** языка C, которые **наиболее удобны** для разработки программы. Оценивается **функциональность**, **компактность** текста и **время выполнения** таких синтаксических конструкций.

9. Предлагается **выполнить** индивидуальные задания и **ответить** на контрольные вопросы.

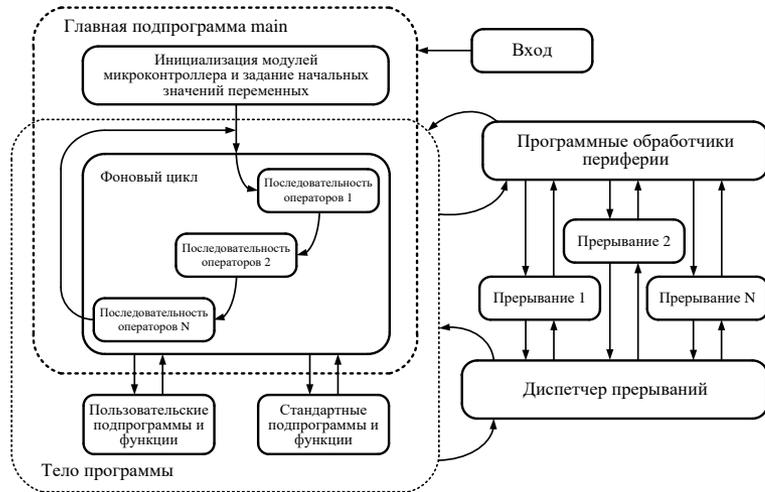


СЦЕНАРИЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ



Разработка ПО для управления бесколлекторным двигателем

СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

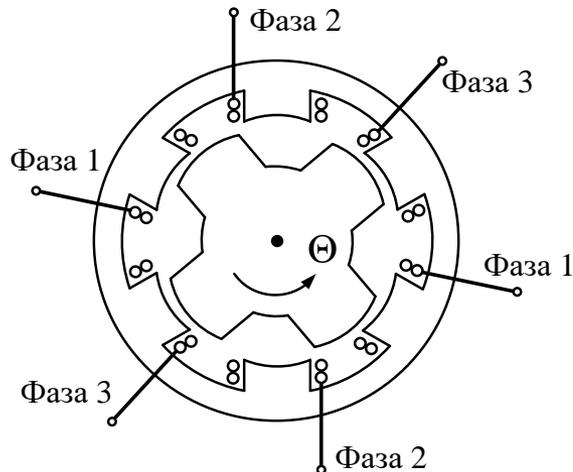


Лабораторная работа №1:

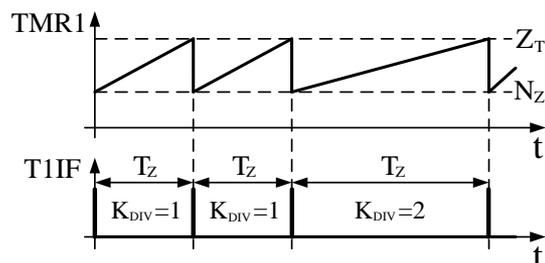
Компоновка программного обеспечения, её шаблон и основные элементы. Понятийный аппарат языка С. Директивы, объявление переменных и их типы, конвертация типов данных. Подпрограммы, функции, макросы. Операторы ветвлений и циклов. Связь компоновки ПО и синтаксических конструкций языка С с архитектурой микроконтроллера и встроенными в него аппаратными модулями для детектирования, захвата и генерирования сигналов.

Лабораторная работа №2:

Разработка ПО для шагового двигателя со старт-стопным реверсивным управлением. Детектирование, ввод, обработка и вывод логических сигналов невременных последовательностей. Инициализация и применение индивидуальных внешних прерываний. Диспетчер прерываний и приоритеты их обработки. Инициализация и использование дискретных линий портов ввода-вывода. Компоновка программного обеспечения. Доступ к регистрам специальных функций, циклический сдвиг, побитовые действия, логическое маскирование битов, программные счётчики, оператор альтернативного выбора. Программный дешифратор на основе разных конструкций.

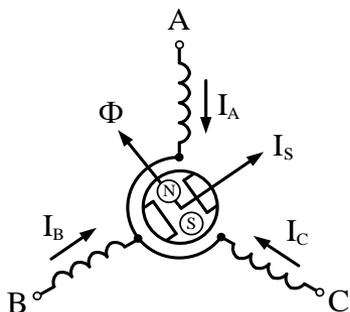


СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ



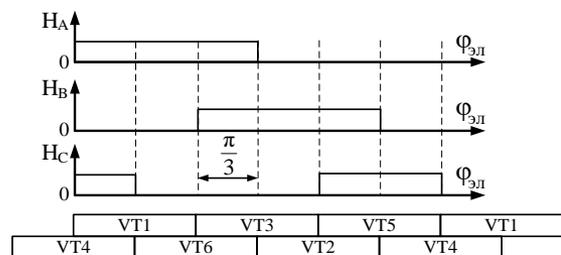
Лабораторная работа №3:

Разработка ПО логических устройств с разными способами тактирования выборки, обработки и генерирования сигналов с учётом временных и логических зависимостей. Программное, программно-аппаратное и аппаратное осуществлением вычислений. Формирование временных интервалов циклических вычислений по прерыванию при переполнении таймера. Аппаратный подсчёт внешних импульсов. Инициализация и использование таймеров в режиме интервального счёта. Инициализация и использование модуля ЗСШ в режимах захвата и сравнения. Компоновка ПО.

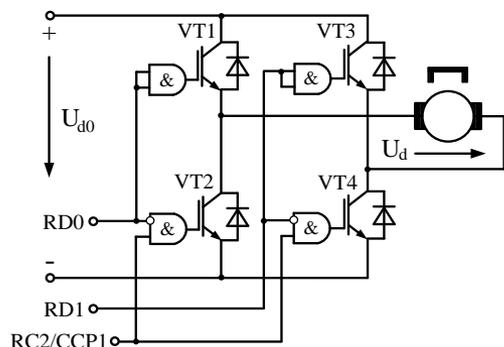


Лабораторная работа №4:

Разработка ПО для реверсивного управления бесколлекторным электрическим двигателем постоянного тока. Детектирование, ввод, обработка и вывод дискретных сигналов невременных последовательностей. Распределение вычислительных ресурсов при компоновке ПО. Инициализация и использование групповых внешних прерываний и дискретных портов ввода-вывода. Доступ к флагам прерываний и регистрам специальных функций. Программные дешифраторы на основе различных синтаксических конструкций – логических вычислений, ветвлений, оператора альтернативного выбора, табличных вычислений. Обращение с одномерными массивами.



СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

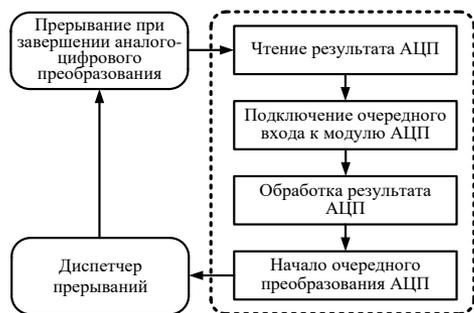


Лабораторная работа №5:

Разработка ПО для реверсивного управления электрическим двигателем постоянного тока, питающегося от транзисторной мостовой схемы. Инициализация и использование модуля ЗСШ в режиме генератора ШИМ. Программно-аппаратное распределение сигналов с ШИМ между транзисторами в зависимости от схемы и управления её работой. Разработка ПО обработчика инкрементального энкодера. Программно-аппаратная обработка дискретных взаимозависимых сигналов.

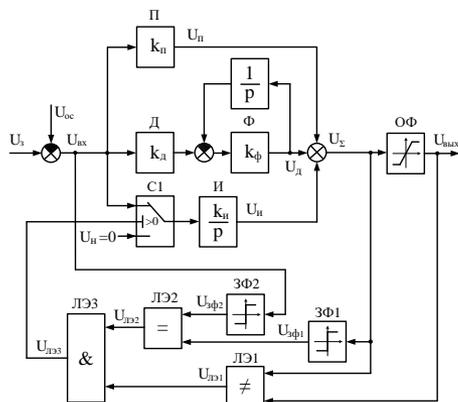
Лабораторная работа №6:

Разработка ПО для дискретизации сигналов с нескольких аналоговых входов и их усреднения. Инициализация и использование модуля АЦП. Способы переключения между несколькими входами единого модуля АЦП. Разные способы детектирования завершения АЦП. Компоновка ПО. Тактирование работы АЦП. Алгоритм «скользящее среднее». Обращение с двумерными массивами. Программные дешифраторы.



Лабораторная работа №7:

Разработка ПО для ПИД-регулятора с осуществлением циклических вычислений, стабильных по времени повторения. Компоновка ПО с формированием интервалов времени стабильной продолжительности по прерыванию при переполнении таймеров. Разработка ПО на основе математического описания в виде дифференциальных уравнений и численных методов. Математические операторы языка С.



РЕЗУЛЬТАТ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ

В результате выполнения лабораторных работ студенты должны осознать следующие положения:

1. Язык программирования С чрезвычайно **функционален, удобен и выразителен** по сравнению с ассемблером.
2. Язык программирования С и в целом технологии разработки и отладки программного обеспечения являются **лишь средством осуществления замысла** по разработке технической системы, который основан на **физических принципах** и выражен в **математической форме**.
3. Требуется **рациональное** использование **программных, программно-аппаратных** и **аппаратных** средств решения задач управления.
4. **Электромеханики**, а не электронщики и IT-программисты, должны заниматься разработкой ПО для систем управления электроприводов.
5. При разработке программного обеспечения требуется **детальный учёт физических процессов**, протекающих в технической системе, а также **соблюдение** логических и временных **последовательностей**.
6. Численные методы математики **очень полезны** при разработке ПО.
7. Перед тем, как **решать задачу**, надо определить, **зачем** и **как** её решать.

ЛИТЕРАТУРА

1. Предко М. Справочник по PIC-микроконтроллерам: Перевод с английского. – М.: ДМК Пресс, 2002. – 512 с.
2. Тавернье К. PIC-микроконтроллеры. Практика применения: Перевод с французского. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 272 с.
3. Шпак Ю.А. Программирование на языке С для AVR и PIC микроконтроллеров. – Киев: МК – Пресс, 2006. – 400 с.
4. Уилмсхерст Т. Разработка встроенных систем с помощью микроконтроллеров PIC. Принципы и практические примеры: Перевод с английского. – Киев: МК – Пресс, 2008. – 544 с.
5. Новиков Ю.В. Основы микропроцессорной техники: Учебное пособие. – М.: Интернет-университет информационных технологий, 2009. – 357 с.
6. Заец Н.И. Радиоловительские конструкции на PIC-контроллерах. Книга 3. – М.: СОЛОН – Пресс, 2006. – 240 с.
7. DS39631E. Техническая документация микроконтроллеров Microchip PIC18F2420/2520/4420/4520.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Полющенко Игорь Сергеевич
polyushenkov.igor@yandex.ru