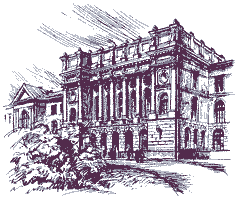
Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Институт физики и нанотехнологий

Кафедра «Радиотехника и телекоммуникации»



Отчет по НИР

«Проектирование встраиваемых систем управления с использованием микроконтроллеров»

Студент:

Шилина А.А.

Гр.4092/12

Научный руководитель:

Бунтов В.Д.

Отчет принят:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Санкт-Петербург, 2012

Задачей НИР является рассмотрение наиболее популярных микроконтроллеров и их использование во встраиваемых системах управления.

Микроконтроллер (МК) – это [микросхема](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%85%D0%B5%D0%BC%D0%B0), предназначенная для управления [электронными](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0) устройствами. Типичный микроконтроллер сочетает на одном кристалле функции [процессора](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%BE%D1%80) и [периферийных устройств](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B8%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%B9%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE), содержит [ОЗУ](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%97%D0%A3) или [ПЗУ](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D0%B5_%D0%B7%D0%B0%D0%BF%D0%BE%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B5%D0%B5_%D1%83%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE). По сути, это однокристальный [компьютер](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80), способный выполнять простые задачи.

Первый патент на однокристальную микро-ЭВМ был выдан в [1971 году](http://ru.wikipedia.org/wiki/1971_%D0%B3%D0%BE%D0%B4) инженерам М. Кочрену и Г. Буну, сотрудникам американской фирмы [Texas Instruments](http://ru.wikipedia.org/wiki/Texas_Instruments). Именно они предложили на одном [кристалле](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB_%28%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) разместить не только процессор, но и память с устройствами ввода-вывода.

В соответствии с законом Мура степень интеграции МК по-прежнему увеличивается в два раза каждые 18 месяцев. Это означает, что каждые 1,5 года изготовители интегральных полупроводниковых микросхем могут разместить на той же самой площади в 2 раза больше транзисторов и прочих компонентов. Эта гипотеза была высказана Горданом Муром в середине 90-х годов и до сих пор остается верной.

В настоящее время МК применяются во многих областях промышленности: системы связи с использованием цифровой обработки сигналов, автомобильная промышленность, вычислительные системы, бытовая техника, цифровое телевидение, цифровое радиовещание, медицинское оборудование, военная техника, космическая техника и др.

Т.к. наиболее интересными областями являются системы связи с цифровой обработкой сигналов, то в связи с этим стоит рассматривать характеристики МК с учетом обеспечения необходимых параметров в данных системах.

Любая механическая или электрическая система, которая имеет в своем составе устройство управления, выполненное на основе вычислителя, называется встраиваемой системой (Embedded System) управления.

Встраиваемые системы управления могут быть реализованы как на МК с соответствующей управляющей программой, так и на основе высокоинтегрированной жесткой логики, например, на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС). Первое решение обладает большей гибкостью, поскольку управляющая программа может быть многократно доработана без изменения аппаратного решения устройства. Второе решение обязательно будет более быстродействующим по сравнению с первым. Возможны и комбинированные варианты решения, при которых часть функций будет возложена на МК, а часть – на устройства жесткой логики. В ряде современных ПЛИС встраивается микропроцессор, что является примером комбинированного варианта решения. Выбор способа реализации остается за разработчиком. В данной работе будет рассмотрен только способ проектирования системы с использованием МК.

Особенности работы встраиваемых систем:

1) Работа в реальном времени.

Когда говорят, что встраиваемая система должна работать в реальном масштабе времени, то подразумевается, что система должна производить определенные вычисления за строго определенные временные интервалы. Если система не может произвести необходимые вычисления за отведенный временной интервал, то в лучшем случае объект ее управления будет работать с низкими техническими характеристиками, а в худшем случае будет создана аварийная ситуация.

Соответственно система, работающая в реальном времени должна быть:

– разработана таким образом, чтобы необходимый цикл вычислений укладывался в отведенный временной интервал. Для этого необходимо выбрать соответствующую вычислительную производительность микроконтроллера, разработать эффективный по быстродействию алгоритм, разработать схемы интерфейсов с минимально возможными задержками в передаче сигналов.

– должна обладать устойчивостью по отношению к внешним данным. Допустим, для формирования результата система должна получать данные извне. А эти данные не пришли вовремя. Тогда система не может выдать необходимый результат в требуемый момент времени, однако она не должна «зависнуть». Она должна продолжить поставлять результаты в реальном времени, но в ином, возможно сокращенном виде.

2) Миниатюризация устройства.

Многие современные системы должны встраиваться в достаточно миниатюрные устройства, такие как мобильный телефон, пульт управления телевизором, датчик расхода воды и т. д. Очень часто геометрия печатной платы системы определяется корпусом того устройства, для которого она предназначается.

3) Минимизация энергии потребления.

Современные встраиваемые системы должны работать в условиях резкого ограничения потребляемой энергии, поскольку число встраиваемых систем с автономным питанием непрерывно возрастает.

Для ограничения энергии потребления разработчики используют разные решения. Одним из них является снижение частоты тактирования МК. Однако такая мера имеет ограничение, поскольку для любой задачи реального времени имеется ограничение снизу по вычислительной производительности. Другим решением (или дополнительным к первому) является временное отключение питания тех периферийных модулей МК, которые в данный момент исполнения программы не используются. Аппаратные средства современных МК предоставляют такую возможность. Последний способ требует особого внимания разработчика, поскольку отключение какого–либо модуля в составе системы может привести к изменению электрических характеристик ее входов и выходов, которое не должно сказаться на работоспособности системы в целом.

4) Многозадачность

Большинство встраиваемых систем должно обслуживать в реальном времени сразу несколько внешних устройств. Причем периоды повторения алгоритмов вычисления в реальном времени для каждого из устройств различаются. При разработке таких систем разработчик стоит перед альтернативой, использовать для решения задачи один высокоскоростной МК, или сделать мультипроцессорную систему, в которой для каждой задачи будет использован собственный микропроцессор или микроконтроллер.

5) Минимизация стоимости

Большое количество встраиваемых систем предназначено для управления недорогими устройствами массового спроса, такими как СВЧ печь, мобильный телефон и т.п. Успех реализации таких устройств будет определяться их конечной стоимостью, что накладывает жесткие ограничения на стоимость встраиваемой системы. Каждая встраиваемая система имеет множество возможных решений, как на уровне способа реализации (микроконтроллер или программируемая логическая матрица, вариации интерфейсных схем к тому и другому решениям), так и на уровне выбора конкретной элементной базы. Поэтому выбор правильной стратегии проектирования с целью минимизации стоимости – одна из основных проблем проектирования встраиваемой системы.

6) Ограничение объема памяти

Программисты для ПК совершенствуют свои продукты, в том числе, используя без ограничения увеличение объема памяти программ. Встраиваемые системы не предоставляют разработчику такой возможности, поскольку объем резидентной памяти МК оказывает существенное влияние на его стоимость.

7) Программно-аппаратный дуализм

Данная особенность была описана ранее.

Перейдем к рассмотрению МК фирм, которые в основном применяются при проектировании встроенных систем управления.

[Центральным процессорным устройством](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%BE%D1%80) для встраиваемой системы могут служить многие из современных [микроконтроллеров](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D1%80). Конкретный вид определяется при [проектировании](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5), исходя из целей и задач, выполняемых встраиваемой системой.

## Ниже приведен список ведущих фирм-производителей микроконтроллеров.

* [Atmel Corporation](http://ru.wikipedia.org/wiki/Atmel)
* [Fujitsu Microelectronics](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Fujitsu_Microelectronics&action=edit&redlink=1)
* [Infineon Technologies](http://ru.wikipedia.org/wiki/Infineon_Technologies)
* [Microchip Technology](http://ru.wikipedia.org/wiki/Microchip_Technology)
* [NXP Semiconductors](http://ru.wikipedia.org/wiki/NXP_Semiconductors)
* [Renesas Technology](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Renesas_Technology&action=edit&redlink=1)
* [Freescale Semiconductor](http://ru.wikipedia.org/wiki/Freescale_Semiconductor)
* [STMicroelectronics](http://ru.wikipedia.org/wiki/STMicroelectronics)
* [Texas Instruments](http://ru.wikipedia.org/wiki/Texas_Instruments)
* [Transmeta](http://ru.wikipedia.org/wiki/Transmeta)
* [VIA Technologies](http://ru.wikipedia.org/wiki/VIA_Technologies)

Таблица 1. Сравнение характеристик 8-ми битных МК

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Характеристика | ST7FLite29 | PIC18F1220 | ATMEGA48 |
| Разрядность (бит) | 8 | 8 | 8 |
| Количество основных операций | 63 | 77 | 131 |
| Быстродействие (MIPS) | 2 | 10 | 20 |
| Частота тактирования (МГц) | 8 | 40 | 20 |
| Объем Flash (Кбайт) | 8 | 8 | 4 |
| RAM (байт) | 384 | 512 | 512 |
| EEPROM (байт) | 256 | 256 | 256 |
| Таймеры | 2 8-ми битных | 3 16-ти битных | 2 8-ми битных |
| Порты В/В | 15 8-ми битных | 16 8-ми битных | 23 8-ми битных |
| АЦП | 7 10-ти битных | 7 10-ти битных | 8 10-ти битных |
| Рабочее напряжение (В) | 2.4-5.5 | 2.0-5.5 | 1.8-5.5 |
| Стоимость (руб) | 270 | 340 | 210 |
| Доступность ПО | свободный доступ на сайте фирмы | свободный доступ на сайте фирмы | свободный доступ на сайте фирмы |

Таблица 2. Сравнение характеристик 16-ти битных МК

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Характеристика | MC3S12HZ64 | dsPIC30F1010 | AFE4110A |
| Разрядность (бит) | 16 | 16 | 16 |
| Быстродействие (DMIPS) | - | - | - |
| Частота тактирования (МГц) | 50 | 15 | 8 |
| Объем Flash (Кбайт) | 64 | 6 | - |
| RAM (Кбайт) | 4 | 0,25 | 526 |
| Таймеры | 1 16-ти битный | 2 16-ти битных | 2 16-ти битных |
| Порты В/В | 58 16-ти битных | 21 16-ти битный | 23 16-ти битный |
| АЦП | 16 10-ти разрядных | 6 10-ти битных | 4 8-ми битных |
| Рабочее напряжение (В) | 4,5-5,5 | 3-5,5 | 1,1-1,55 |
| Доступность ПО | свободный доступ на сайте фирмы | свободный доступ на сайте фирмы | свободный доступ на сайте фирмы |

Таблица 3. Сравнение характеристик 32-ти битных МК

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Характеристика | AT32UC3L0256 | [PIC32MX110F016B](http://catalog.gaw.ru/index.php?page=component_detail&id=60802) | 1986ВЕ91 |
| Разрядность (бит) | 32 | 32 | 32 |
| Быстродействие (DMIPS) | 64 | 1,56 | 100 |
| Частота тактирования (МГц) | 50 | 40 | 80 |
| Объем Flash (Кбайт) | 256 | 16 | 128 |
| RAM (Кбайт) | 16 | 4 | 32 |
| Таймеры | 6 16-ти битных | 5 16-ти битных | 3 16-ти битных |
| Порты В/В | 5 8-ми битных | 16 16-ти битных | 6 16-ти битных |
| АЦП | 1 8-ми канальный 16-битный | 10 10-ти битных | 2 12-ти битных |
| Рабочее напряжение (В) | 1,62-3,6 | 2,3-3,6 | 2,2-3,6 |
| Доступность ПО | свободный доступ на сайте фирмы | свободный доступ на сайте фирмы | свободный доступ на сайте фирмы |

Данные таблицы можно найти с помощью интернет-ресурсов.

Проектирование – это комплекс мероприятий, обеспечивающих поиск технических решений, удовлетворяющих заданным требованиям, их оптимизацию и реализацию в виде комплекта конструкторских документов и опытного образца, подвергаемого циклу испытаний на соответствие требованиям технического задания.

Процесс разработки любого изделия состоит из трех основных этапов: этапа научно-исследовательской работы (НИР), этапа опытно-конструкторской работы (ОКР) и этапа производства, которые входят в жизненный цикл изделия.

Далее рассмотрим основные этапы проектирования встраиваемой системы более подробно.

1-й этап – это этап научно-исследовательской работы;

На данном этапе определяются принципиальные возможности и целесообразность разработки системы. По окончании этапа либо формулируется техническое задание (ТЗ), либо дается мотивированное обоснование невозможности или нецелесообразности ее создания.

Основной задачей 2-го этапа является опытно конструкторская работа (ОКР) – это создание комплекта конструкторской документации для серийного производства.

3-й этап подготовки производства включает в себя:

3-й этап производства включает в себя:

- конструкторское обеспечение (адаптация конструкторской документации ОКР к условиям конкретного серийного производителя предприятия-изготовителя);

- технологическое обеспечение (обеспечение технологической готовности предприятия к производству; разработка технологических маршрутов и процессов; сопровождение изготовления);

- организационное обеспечение (расчет хода производства; загрузки оборудования, движения материальных потоков; обеспечение кадрами, оборудованием, материалами, полуфабрикатами, финансовыми средствами; проектирование участков и цехов, планировка расположения оборудования).

3-й этап подробно рассматриваться не будут, т.к. это не входит в программу нашей специальности.

Далее был рассмотрен пример создания встраиваемой системы управления с использованием МК TinyAVR «Цифровой вольтметр».

Данный проект построен на стандартной элементной базе, состоящей из семисегментного индикатора на 2,5 цифры и 8-ми разрядного микроконтроллера. Индикатор на 2,5 цифры реализован при помощи мультиплексирования методом Чарли (т.е. индикатор подключается к МК с помощью 5-ти портов В/В, а шестой будет задействован для считывания входного аналогового сигнала или цифрового входного напряжения).

Принципиальная схема приведена в приложении 1.

Алгоритм работы системы:

Включение подпрограмм прерываний, задержки

Инициализация таймера, АЦП

Чтение значений из АЦП

Округление

Вывод на индикатор

Переполнение таймера

Нет

Да

Да

Обнуление таймера

Используя составленный алгоритм и ПО фирмы, была создана программа для данной системы.

Откомпилированный исходный код:

#include<avr/io.h>

#include<avr/pgmspace.h>

#include<avr/interrupt.h>

#define F\_CPU 8000000UL

#include<util/delay.h>

#include"C25Ddisplay.h"

//This function read the value of ADC from ADC0 channel

unsigned int read\_adc(void);

unsigned char call(unsigned char n);

//This function maps the digits to statusonoff array

void display(unsigned char digit1,unsigned char digit2,unsigned char digit3,unsigned char point,unsigned char minus);

volatile unsigned char count=0,statusonoff[20];

// m,b,c,p, a,b,c,d,e,f,g,p, a,b,c,d,e,f,g,p

const unsigned char anode[20]PROGMEM = {4,4,4,4,2,2,2,2,3,3,3,3,0,0,0,0,1,1,1,1};

const unsigned char cathode[20]PROGMEM ={3,0,1,2,0,1,3,4,0,1,2,4,1,2,3,4,0,2,3,4};

const unsigned char digit\_map[16] PROGMEM =

{

SEVEN\_SEGMENT\_PATTERN\_0,

SEVEN\_SEGMENT\_PATTERN\_1,

SEVEN\_SEGMENT\_PATTERN\_2,

SEVEN\_SEGMENT\_PATTERN\_3,

SEVEN\_SEGMENT\_PATTERN\_4,

SEVEN\_SEGMENT\_PATTERN\_5,

SEVEN\_SEGMENT\_PATTERN\_6,

SEVEN\_SEGMENT\_PATTERN\_7,

SEVEN\_SEGMENT\_PATTERN\_8,

SEVEN\_SEGMENT\_PATTERN\_9,

SEVEN\_SEGMENT\_PATTERN\_A,

SEVEN\_SEGMENT\_PATTERN\_B,

SEVEN\_SEGMENT\_PATTERN\_C,

SEVEN\_SEGMENT\_PATTERN\_D,

SEVEN\_SEGMENT\_PATTERN\_E,

SEVEN\_SEGMENT\_PATTERN\_F,

};

volatile unsigned int voltage;

volatile unsigned char point,c,d,e;

int main(void)

{

//Timer Init

TCCR0A = 0x00;

TCCR0B = 0x02;

TIMSK = 0x02;

//ADC init

ADMUX = 0b10010000;//ADC0,2.56V reference

ADCSRA = 0b10000111;//Prescaled by 128;

//Neglect first reading

ADCSRA |= 1<<ADSC;

while(ADCSRA&(1<<ADSC));//wait

count=ADCL;

count=ADCH;

count=0;

sei();

while(1)

{

voltage = read\_adc();

//Here the voltage is 100 times the actual voltage

//Perform the rounding and scale the result

if(voltage<=199)

{

point = 1;

}

else if(voltage<1995)

{

if(voltage%10>=5)

{

voltage = voltage +10;

}

voltage = voltage/10;

point = 2;

}

else

{

if(voltage%100>=50)

{

voltage = voltage+100;

}

voltage = voltage/100;

point = 3;

}

c=voltage/100;

voltage = voltage%100;

d= voltage/10;

voltage = voltage%10;

e = voltage;

display(c,d,e,point,0);

\_delay\_ms(100);

}

}

//Overflow routine for timer0

ISR(TIM0\_OVF\_vect)

{

DDRB = 0;

PORTB = 1<<pgm\_read\_byte(&anode[count])|(call(count))<<pgm\_read\_byte(&cathode[count]);

DDRB = 1<<pgm\_read\_byte(&anode[count])|1<<pgm\_read\_byte(&cathode[count]);

count++;

if(count==20)

count=0;

}

//This function checks whether the led should be switched on or off when its turn comes

unsigned char call(unsigned char n)

{

unsigned char j;

j = statusonoff[n];

j = ~j;

j = j&(1<<0); //Extract LSB

return j;

}

//This function maps the digits to statusonoff array

void display(unsigned char digit1,unsigned char digit2,unsigned char digit3,unsigned char point,unsigned char minus)

{

unsigned char i;

statusonoff[0]=minus;

statusonoff[1]=digit1;

statusonoff[2]=digit1;

statusonoff[3]=(point==1);

for(i=0;i<8;i++)

{

statusonoff[4+i]= ((pgm\_read\_byte(&digit\_map[digit2]))&(1<<i))>>i;

statusonoff[12+i]= ((pgm\_read\_byte(&digit\_map[digit3]))&(1<<i))>>i;

}

statusonoff[11]= (point==2);

statusonoff[19]= (point==3);

}

//This function read the value of ADC from ADC0 channel

unsigned int read\_adc(void)

{

unsigned char k;

unsigned int adcvalue=0;

float finaladc=0;

for(k=0;k<=9;k++)

{

ADCSRA |= 1<<ADSC;

while(ADCSRA&(1<<ADSC));//Wait

adcvalue += ADCL;

adcvalue += ADCH\*256;

}

adcvalue = adcvalue/10;

//100 times the voltage computation

finaladc = adcvalue/4.0;///4.0;//(2.56/1024)\*100

finaladc = finaladc\*4.9;//potential divider

adcvalue = (unsigned int)finaladc;

return adcvalue; //100 times the voltage

}

Проведена компиляция и симуляция программы с использованием ПО AVRStudio, предоставленном на сайте фирмы разработчика. Все работает корректно.

**Результаты:**

Согласно поставленной задаче были рассмотрены МК наиболее популярных фирм производителей и проведено сравнение 8-ми битных МК. Была создана программа работы цифрового вольтметра. Проведена ее компиляция, отладка и симуляция. Таким образом, удостоверились в том, что программа работает корректно. Т.о. были проиллюстрированы 1-й этап проектирования встраиваемой системы управления. При наличии соответствующих датчиков, данная система управления способна измерять неэлектрические величины (температура, частота и др.).

В дальнейшем планируется изучение более сложных МК и создание систем управления с их использованием.

**Источники:**

1. http://catalog.gaw.ru/index.php?page=components\_list&id=300

2. http://catalog.gaw.ru/index.php?page=components\_list&id=42

3. http://catalog.gaw.ru/index.php?page=component\_detail&id=53315

4. http://catalog.gaw.ru/index.php?page=component\_detail&id=23767

5. http://catalog.gaw.ru/index.php?page=component\_detail&id=14931

6. http://catalog.gaw.ru/index.php?page=component\_detail&id=62896

7. http://www.atmel.com/Images/doc2545.pdf

8. http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/30327b.pdf

9. http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/SGSThomsonMicroelectronics/mXytzur.pdf

10. «Проектирование встроенных систем на микроконтроллерах STMicroelectronics», под ред. Харченко В.С., Орехова А.А. – Министерство образования и науки Украины, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», 2007

11. С.Ф. Баррет, Д.Дж. Пак «Встраиваемые системы. Проектирование приложений на микроконтроллерах семейства 68HC12 / HCS12 с применением языка С», М., изд.д «ДМК-Пресс», 2007

12. Васильев А.Е. «Микроконтроллеры. Разработка встраиваемых приложений» - СПб, изд. СПбГПУ, 2003