

## Источник питания устройства тепловых экспресс испытаний радиоэлементов с микропроцессорной системой управления

Винтоняк Н.П., гр. 368-4, каф. ПРЭ

Научные руководители: Федотов В.А., зав. лаб. ГПО, Семенов В.Д., профессор каф. ПрЭ г. Томск, ТУСУР

Основным объектом управления в установке тепловых экспресс испытаний радиоэлементов являются два элемента Пельтье. Элементы Пельтье позволяют перекачивать тепло от одного тела к другому при протекании через них заданного тока. Направление потока тепла определяется полярностью тока, благодаря чему можно осуществлять охлаждение и нагрев исследуемого объекта. По характеристикам установленных элементов Пельтье, были сформированы требования к управляемому источнику питания (УИП). Данные характеристики приведены в таблице 1:

Таблица 1 – Характеристики элементов Пельтье

Элемент Пельтье	$U_{\max}$ , В	$I_{\max}$ , А
ТВ-38-1.0-0.8	4.7	5.8
ТВ-71-1.4-1.15	8.8	7.9

Источник питания имеет два канала регулирования. В первом канале используется элемент Пельтье «ТВ-38-1.0-0.8». Во втором канале используется два элемента Пельтье «ТВ-71-1.4-1.15» включенные параллельно. Электрические параметры каждого из каналов УИП приведены в таблице 2:

Таблица 2 – Характеристики каналов УИП

Канал	$U_{n\max}$ , В	$I_{n\max}$ , А
1	4.7	5.8
2	8.8	15.8

Каждый из каналов представляет собой реверсивный непосредственный преобразователь напряжения (НПН) понижающего типа с частотой преобразования 100 кГц с возможностью смены полярности выходного тока/напряжения. Производительность элементов Пельтье (по теплу или холоду) зависит от протекающего через них тока. Для стабилизации тока в каждом канале УИП предусмотрены обратные связи по току и напряжению, благодаря чему УИП может работать в двух режимах: в режиме стабилизации тока и в режиме стабилизация напряжения. На данном этапе выбор первого или второго режима стабилизации задается установкой соответствующего бита DSP-микроконтроллера. Система управления УИП построена на DSP-микроконтроллере MC56F8013, компании Freescale. Данный выбор обусловлен необходимым быстродействием и набором функций аппаратной части (отдельные модули ШИМ и АЦП). Выбранный МК позволяет эффективно управлять обоими каналами УИП.

Для разработки ПО воспользуемся «Методика проектирования и описания программного обеспечения для микроконтроллеров», представленной в [1]. В соответствии с данной методикой необходимо разработать ряд структурных схем, таблиц и диаграмм состояний, позволяющих формализовать и упростить процесс описания ПО на языке С.

Структурная схема программного обеспечения DSP-микроконтроллера MC56F8013, разработанная в соответствии с техническим заданием (ТЗ) на устройство для тепловых

экспресс испытаний представлена на рисунке 1. ПО системы управления УИП должно реализовывать следующие функции:

- Управлять двумя НПН понижающего типа (Драйверы 1,2), обеспечивая стабилизацию тока или напряжения. Данную функцию выполняет «Блок управления НПН».
- Осуществлять бестоковую коммутацию реле (Реле 1,2). Данную функцию выполняет «Блок управления реле».
- Распознавать сигналы, поступающие от кнопок «Запуск», «Полярность». Данную функцию выполняет «Блок управления кнопками».
- Производить измерения сигналов управления и сигналов обратной связи. Данную функцию выполняет «Блок измерения тока и напряжения».
- Обеспечить возможность измерения временных интервалов. Данную функцию выполняет «Блок виртуальных таймеров».
- Реализовать систему управления УИП. Данную функцию выполняет «Блок управления».

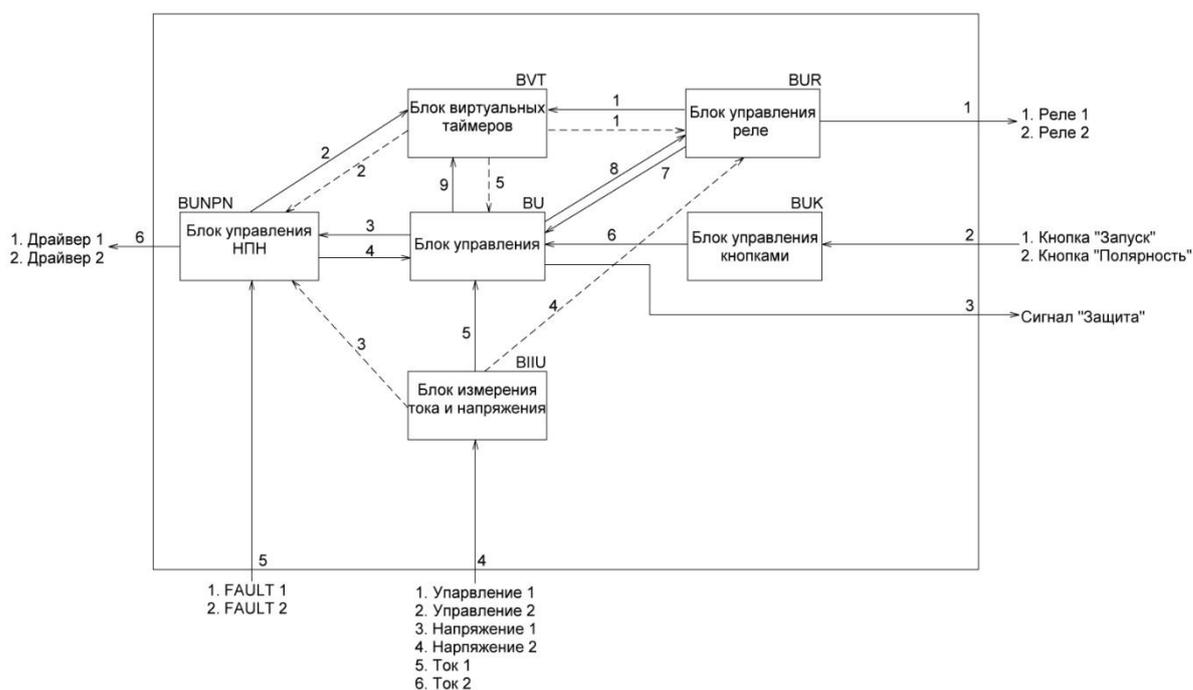


Рисунок 1 - Структурная схема программного обеспечения

В таблице 1 приведены данные о блоках ПО.

Таблица 1 – Перечень блоков ПО.

Краткое наименование	Наименование программного блока	Имя заголовочного файла и файла кода	Краткое пояснение функционального назначения
BUU	Блок управления	BU.h BU.c	Блок реализует логику работы ПО
BVT	Блок виртуальных таймеров	BVT.h BVT.c	Предоставляет остальным блокам виртуальные таймеры для отсчета временных интервалов

BUK	Блок управления кнопками	BUK.h BUK.c	Блок реализует интерфейс между аппаратными кнопками и ПО
BUR	Блок управления реле	BUR.h BUR.c	Блок управляет реле задающими полярность выходного напряжения
BUNPN	Блок управления НПН	BUNPN.h BUNPN.c	Реализует алгоритм управления НПН
BIIU	Блок измерения тока и напряжения	BIIU.h BIIU.c	Блок считывает и преобразует измеренное значение токов и напряжений

За пределы программной области, выделенной прямоугольником, выводятся аппаратные связи с указанием их назначения. Они определяются схемой электрической принципиальной и демонстрируют взаимодействие ПО с аппаратной частью разрабатываемого источника питания. В таблице 2 приведен перечень этих аппаратных связей.

Таблица 2 – Перечень аппаратных связей.

№ связи	Аппаратный узел МК	Описание настройки узла МК
1	PB7, PB1	Настроены как порты вывода, для управления реле.
2	PB3, PA0	Настроены как порт ввода, прерывание по нажатию кнопки «Запуск», «Полярность»
3	PB2	Настроен как порт вывода для подачи сигнала «Защита»
4	ANA0, ANA1, ANA2, ANB0, ANB1, ANB2	Настроены на работу в режиме АЦП
5	FAULT0, FAULT3	Настроен как порт ввода, прерывание по низкому уровню, обрабатывают сигналы зажиты драйверов
6	PWM5, PWM1	Настроены на работу в режиме ШИМ

Внутри программной области располагаются блоки ПО с обозначениями внешних сообщений (сплошные линии) и запросов (пунктирные линии). В таблицах 3-4 приведены перечни внешних сообщений и запросов и их назначение. Внешние сообщения позволяют блокам взаимодействовать друг с другом и осуществлять заданный алгоритм управления.

Таблица 3 – Перечень внешних сообщений

№ связи	Наименование сообщения	Наименование функции в коде	Назначение, условие возникновения
1	Запустить виртуальный таймер	uchar BVT_Start(void)	-
	Сбросить счетчик виртуального таймера	void BVT_ResetTimer(uchar HTimer)	-
	Остановить виртуальный таймер	void BVT_StopTimer(uchar HTimer)	-
2	Аналогично связи № 1		
3	Стабилизация напряжения	void BUNPN_Start_U_X(void)	-
	Стабилизация тока	void BUNPN_Start_I_X(void)	-

	Стоп	void BUNPN_Stop_X(void)	-
	Рестарт	void BUNPN_Restart_X(void)	-
4	Защита драйвера	void BU_DriverFault_X(void)	-
5	Защита О.С.	void BU_AdcFault_X(void)	-
6	Нажата кнопка «Запуск»	void BU_SwitchOnPusk(void)	-
	Нажата кнопка «Полярность»	void BU_SwitchOnPolar(void)	-
	Отпущена кнопка «Запуск»	void BU_SwitchOffPusk (void)	-
	Отпущена кнопка «Полярность»	void BU_SwitchOffPolar (void)	-
7	Полярность не изменена	void BU_PolarNotSet_X(void)	-
	Полярность изменена	void BU_PolarSet_X(void)	-
8	Установить отрицательную полярность	void BUR_SetPolPolar_X(void)	-
	Установить положительную полярность	void BUR_SetOtrPolar_X(void)	-
9	Аналогично связи № 1		

Где: X это номер канала

Запросы позволяют передавать данные между блоками (текущее время, ток, напряжение).

Таблица 4 – Перечень запросов

№ связи	Наименование запрашиваемого параметра	Наименование параметра в коде	Назначение
1	Запросить текущее время таймера	word BVT_GetTime(uchar HTimer)	-
2	Аналогично связи № 1		
3	Запрос тока НПН	float BIIU_GetCurrent(uchar NPN)	-
	Запрос напряжения НПН	float BIIU_GetVotag(uchar NPN)	-
	Запрос уставки напряжения НПН	float BIIU_GetUstavka_V(uchar NPN)	-
	Запрос уставки тока НПН	float BIIU_GetUstavka_I(uchar NPN)	-
4	Аналогично связи № 3		
5	Аналогично связи № 1		

На рисунке 2 приведена диаграмма состояний «Блока управления». При инициализации данный блок переходит в состояние «Ожидание». После нажатия на кнопку «Запуск» «Блока управления» переходит в состояние «Работа», посылая в «Блок управления НПН» сообщение «Запуск». В данном состоянии, при нажатии кнопки «Полярность», «Блока управления» переходит в состояние «Смена полярности на отрицательная» и посылает внешние сообщения в «Блок управления реле» и «Блок управления НПН». После смены полярности «Блока управления» по внешнему сообщению переходит в состояние «Работа», при отпускании кнопки «Полярность» происходит смена полярности на «Положительную». В процессе эксплуатации УИП могут сработать следующие защиты: защита драйвера (сигнал поступает от драйвера транзистора имеющего вход контроля тока), защита обратной связи (превышение



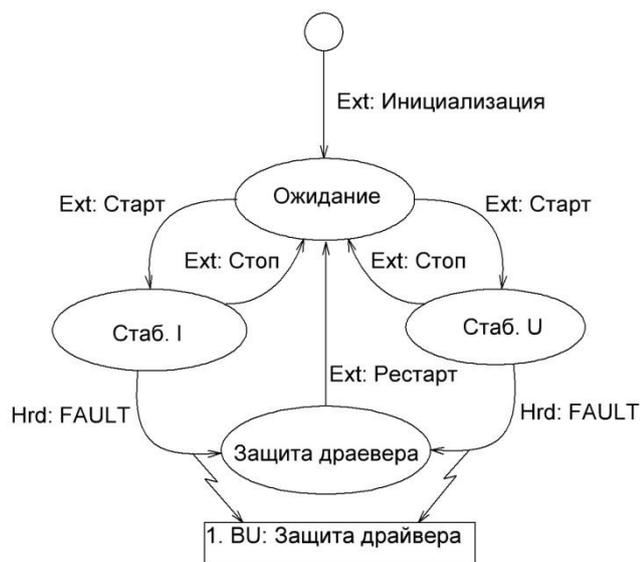


Рисунок 3 – Диаграмма состояний «Блок управления НПН»

На рисунке 4 приведена диаграмма состояний «Блока управления реле». Данный блок реализует бестоковую коммутацию реле. При инициализации «Блока управления реле» переходит в состояние «Работа в прямой полярности», при получении внешнего сообщения «Отр. полярность» происходит запуск виртуального таймера и «Блока управления реле» переходит в состояние «Ожидание спада тока положительной полярности». При спаде тока ниже заданного значения происходит коммутация реле, и «Блока управления реле» переходит в состояние «Работа в отрицательной полярности». Если ток не падает ниже заданного значения за определённое время, «Блока управления реле» возвращается в состояние «Работа в прямой полярности» и посылает в «Блок управления» внешнее сообщение «Полярность не изменена». Смена полярности на «положительную» происходит аналогичным путём.

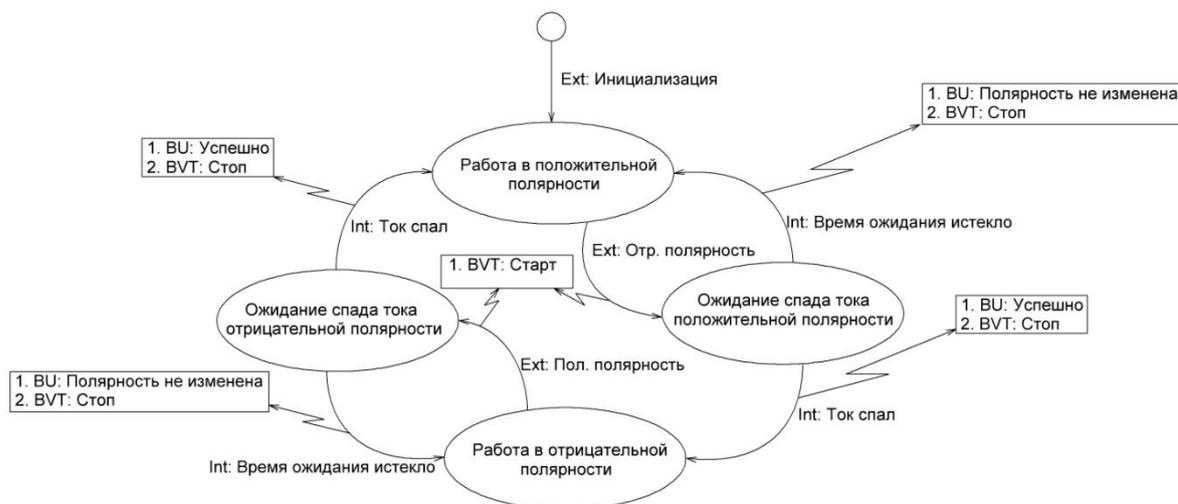


Рисунок 4 – Диаграмма состояний «Блок управления реле»

На рисунке 5 приведена диаграмма состояний «Блок измерения тока и напряжения». Данный блок производит измерения напряжения датчиков и выходного

тока/напряжения. Измерение производится с помощью аппаратного АЦП МК, настроенного на прерывание по окончании преобразования. АЦП тактируется с частотой 5.33 МГц, что позволяет реализовать цифровой НЧ-фильтр на входах АЦП (путём усреднения нескольких выборок). При инициализации данный блок переходит в состояние «Ожидание». По аппаратному сообщению (прерывание АЦП) происходит обновление данных. По внутреннему сообщению «Данные получены» блок переходит в состояние «Расчет», в котором преобразует результаты АЦП в значения токов и напряжений. По окончании расчета по внутреннему сообщению блок переходит в состояние «Ожидание». При получении аппаратного сообщения «Защита О.С.» блок маскирует канал ШИМ и отправляет внешнее сообщение в «Блок управления». Данное сообщение появляется при срабатывании прерывания по триггеру верхнего предела АЦП (когда код результата АЦП превышает заданное значение триггера). Триггер настраивается при инициализации, что позволяет обеспечить высокое быстродействие срабатывания защиты О.С., т.к. триггер является аппаратной частью.

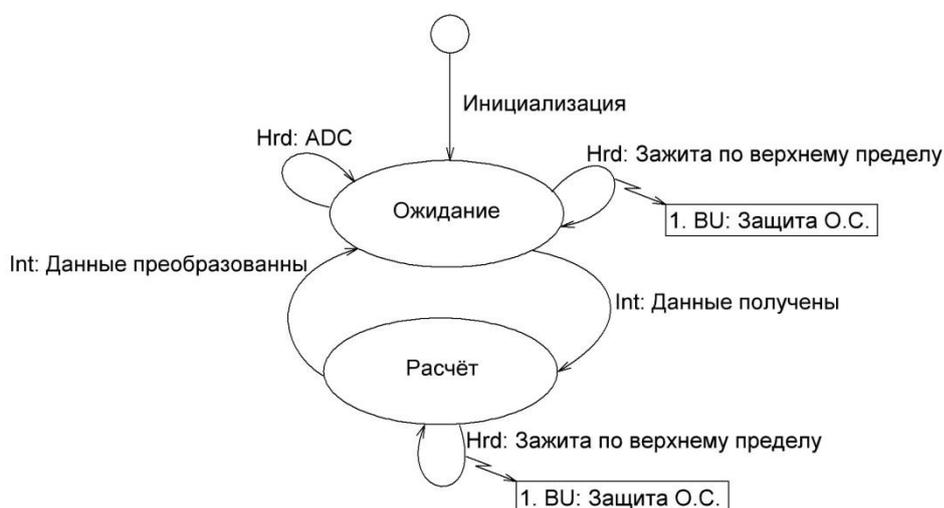


Рисунок 5 – Диаграмма состояний «Блок измерения тока и напряжения»

На рисунке 6 приведена диаграмма состояний «Блок управления кнопками». После инициализации «Блок управления кнопками» переходит в режим «Ожидание» в котором он находится до тех пор пока не придет аппаратное сообщение «Кнопка X нажата», вызываемое из аппаратного прерывания. При нажатии кнопки «Блок управления кнопками» перейдет в режим «Устранения дребезга». При этом в блоке виртуальных таймеров внешним сообщением «Запустить виртуальный таймер» запускается таймер. Спустя 100мс проверяется состояние порта к которому подключена кнопка и если она еще нажата, посылается внутренне сообщение «100мс», при этом «Блок управления кнопками» перейдет в состояние «Кнопка нажата». Сообщение «100мс» инициирует внешние сообщения: «Остановить виртуальный таймер» (блок BRV) и «Нажата кнопка X». Когда кнопка X будет отпущена в «Блок управления кнопками» возникнет внутренне сообщение «Кнопка X отпущена», в следствии чего он перейдет в начальное состояние «Ожидание X» при этом инициализируется внешнее сообщение «Отпущена кнопка X». В случае если в состоянии «Устранение дребезга» кнопка будет отпущена до того как истечет время ожидания окончания дребезга (100мс) то «Блок управления кнопками» по

внутреннему сообщению «Дребезг X» перейдет в состояние «Ожидание X» и будет послано сообщение в BVT «Остановить виртуальный таймер».

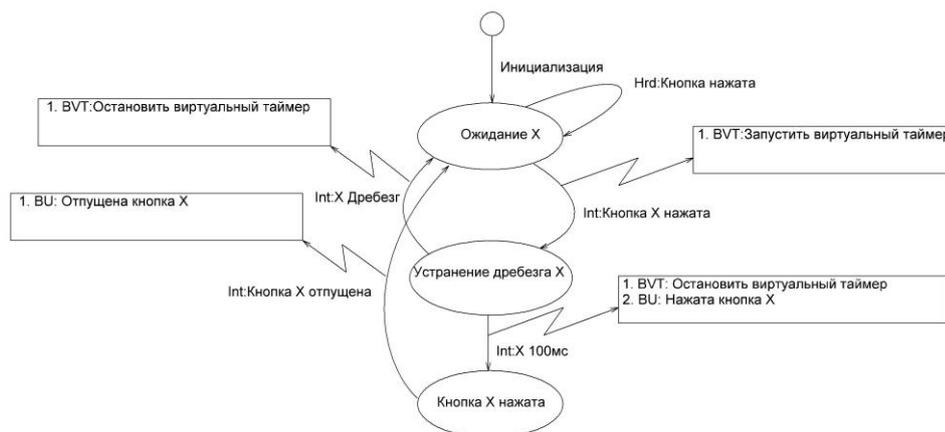


Рисунок 6 – Диаграмма состояний «Блок управления кнопками»

На рисунке 7 приведена диаграмма состояний «Блока виртуальных таймеров». После инициализации «Блок виртуальных таймеров» виртуальных таймеров переходит в состояние «Таймер свободен» до тех пор, пока не придет внешнее сообщение «Запуск виртуального таймера». Если виртуальный таймер свободен «Блок виртуальных таймеров» переходит в состояние «Таймер работает», при этом запоминается текущее значение системного времени. В состоянии можно сбросить таймер внешним сообщением «Сброс виртуального таймера», запросить значение виртуального таймера запросом «Запросить текущее время виртуального таймера» (возвращает разницу между значением системного времени и виртуального таймера) или остановить виртуальный таймер внешним сообщением «Остановка виртуального таймера». Аппаратное сообщение «Такт прерывания аппаратного таймера» вызывается из прерывания аппаратного таймера и производит увеличение текущего системного времени.

«Блок виртуальных таймеров» позволяет на одном аппаратном таймере реализовать множество виртуальных таймеров.

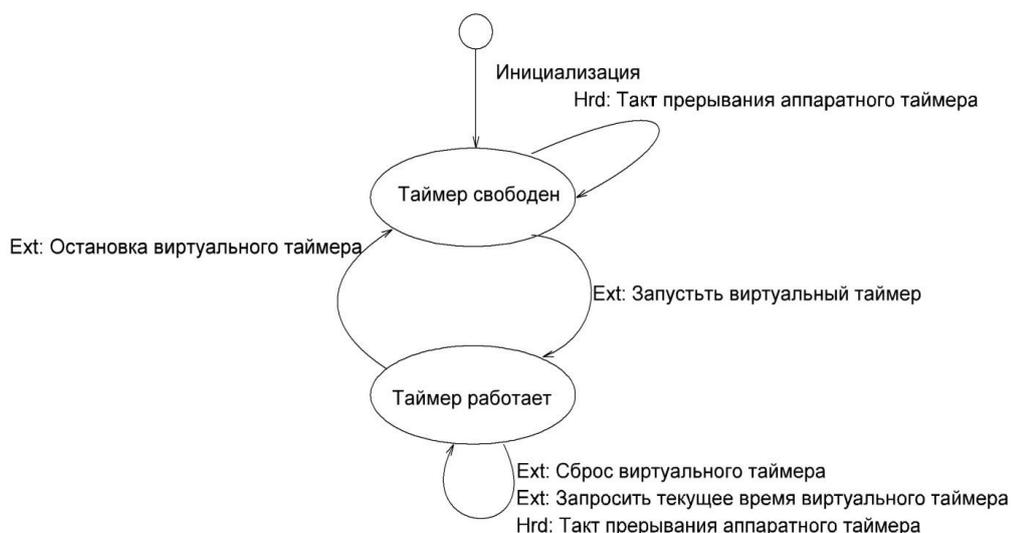


Рисунок 7 – Диаграмма состояний «Блок виртуальных таймеров»

Используемая методика позволяет разделить задачу проектирования ПО между разработчиками, т.к. процесс добавления и удаления блоков ПО не вызывает серьезных изменений в исходном коде. К каждому блоку ПО прилагается перечень необходимых документов, в которых описана структура блока и функции взаимодействия с ним. Данные документы позволят осуществлять перенос блоков ПО на другие микроконтроллеры с минимальными изменениями, связанными с аппаратной частью, оставляя уровень логики неизменным, что позволит создать базу готовых решений.

Разработка устройства тепловых экспресс испытаний радиоэлементов поддерживается программной «У.М.Н.И.К.».

### Список использованной литературы

1. Упаев А.Б., Федотов В.А., Семенов В.Д. Технология разработки программного обеспечения микроконтроллеров с использованием языка UML. Итоги научно-исследовательских работ курсового проектирования студентов 1-6 курсов кафедры промышленной электроники: материалы ежегодной научно-практической конференции / по ред. канд. Наук В.Д. Семенова. Выпуск 4. – Томск: Том. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники. – 2010, С. 38-46.
2. Термоэлектрические модули, элементы Пельтье для промышленного применения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kryotherm.ru/ru/index.phtml?tid=49&type=&what=&ordrby=name>, свободный (дата обращения 17.12.12).
3. 8431, 8000, 8000, программируемые контроллеры, каталог продукции, главная [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.icpdas.ru/good/show/17562/17571/>, свободный (дата обращения 17.12.12).
4. 56F801X Product Summary Page [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod\\_summary.jsp?code=56F801X&nodeId=0127956292582B](http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod_summary.jsp?code=56F801X&nodeId=0127956292582B), свободный (дата обращения 17.12.12).