

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Факультет «Высшая школа электроники и компьютерных наук»
Кафедра «Электронные вычислительные машины»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ К. А. Домбровский
« ____ » _____ 2017 г.

Программно-аппаратный комплекс для индикации скорости вращения
электродвигателя в микротурбинной электростанции

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР

Руководитель работы,
доцент каф. «Электронные
Вычислительные машины», к. т. н.
_____ В. А. Парасич
« ____ » _____ 2017 г.

Автор работы
студент группы КЭ-445
_____ В. В. Митин
« ____ » _____ 2017 г.

Нормоконтролер, ст. преп. каф.
«Электронные вычислительные
машины»
_____ В. В. Лурье
« ____ » _____ 2017 г.

Аннотация

Митин В.В.

Разработка программно-аппаратного комплекса для индикации скорости вращения электродвигателя в микротурбинной электростанции. – Челябинск: ФГАОУ ВО «ЮУрГУ» (НИУ) ВШЭКН; 2017, 59 с., 28 ил.

Библиографический список – 12 наименований.

Работа посвящена разработке программно-аппаратного комплекса, позволяющего осуществить индикацию частоты вращения ротора в микротурбинной установке, а также передать данные мобильному приложению.

Данная работа состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка.

В первой главе представлен обзор аналогов, обоснование выбора элементной базы, техническое задание, проектирование устройства, разработка программного обеспечения для микроконтроллера. Во второй главе описан синтез принципиальной схемы, приведены разводка печатной платы, разработка программного обеспечения для приложения. В третьей главе приведены примеры работы приложения и тахометра.

В заключении приведено описание основных результатов работы.

					ЮУрГУ-09.03.01.62.2017.234 ПЗ ВКР			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	В.В. Митин				<i>Разработка программно-аппаратного комплекса для индикации скорости вращения электродвигателя в микротурбинной электростанции</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
						Д	3	59
<i>Н. контр.</i>	В.А. Парасич					ФГАОУ ВО «ЮУрГУ» (НИУ) Кафедра ЭВМ		
<i>Утв.</i>	В.В. Лурье							

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ПОСТАНОВКА И АНАЛИЗ ЗАДАЧИ.....	8
1.1 Обзор родственных разработок	13
1.2 Анализ аппаратной части	19
1.2.1 Выбор микроконтроллера	25
1.2.2 Выбор корпуса.....	28
1.2.3 Выбор датчика	29
1.3 Техническое задание.....	31
1.4 Проектирование.....	33
1.4.1 Выбор элементной базы	33
1.4.2 Структурное проектирование	34
1.5 Разработка программного обеспечения для микроконтроллера.....	35
2 РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ	37
2.1 Синтез принципиальной схемы	37
2.1.1 Блок питания.....	37
2.1.2 Блок управления.....	38
2.1.3 Блок индикации	40
2.1.4 Блок коммутации.....	42
2.2 Разводка печатной платы	43
2.3 Проверка на соответствие требованиям ТЗ.....	45
2.4 Разработка программного обеспечения для приложения	48
3 ПРИМЕРЫ РАБОТЫ.....	54
3.1 Тахометр.....	54
3.2 Приложение	54
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	57
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	58
ПРИЛОЖЕНИЕ. ЛИСТИНГ ПРОГРАММЫ.....	59

ВВЕДЕНИЕ

Промышленное развитие Уральского федерального округа в последнее время тесно связывают с развитием малой энергетики. Наряду с традиционными решениями, в регионе внедряют и альтернативные проекты. Однако большинство экспертов сходятся на том, что без государственной поддержки перспектив у возобновляемой энергетики нет, поэтому для промышленных предприятий наиболее целесообразно строительство собственных газовых электростанций, которые будут сбалансированы с потребителем по нагрузке. Среди очевидных преимуществ таких решений – отсутствие затрат на сетевую инфраструктуру и транспортных потерь, минимальные сроки ввода в эксплуатацию, срок окупаемости всего 3-5 лет вместо 10-15 для объектов крупной генерации.

В рамках реализации Программы развития ГОУ ВПО «ЮУрГУ» на 2010-2019 годы руководством университета было принято решение о приобретении генерирующего оборудования нового поколения. В соответствии с этой программой Национальный исследовательский университет, статус которого был присвоен ЮУрГУ в 2010 году, разрабатывает концепцию преобразования системы энергоснабжения из затратной в эффективную. Выбор оборудования для научно-исследовательских целей был осуществлен в пользу микротурбин как наиболее передовых, максимально отвечающих современным требованиям энергоэффективности, экономичности и экологичности энергетических систем.

В начале ноября 2010 года «БПЦ Энергетические Системы» заключил государственный контракт с Южно-Уральским государственным университетом на поставку блочно-модульной микротурбинной электростанции Capstone серии C1000. Мощность электростанции составляет 1000 кВт.

					09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

Блочно-модульная конструкция энергоблока Capstone C1000, в основе которой лежит от 3 до 5 микротурбинных двигателей Capstone C200 (200кВт), обеспечат надежность станции за счёт внутреннего резервирования и позволяет отказаться от приобретения резервной установки большой единичной мощности, как это требовалось бы в случае с газопоршневыми электростанциями.

На основе приобретенной университетом микротурбинной установки Capstone C1000 в лаборатории «Проблем энергосбережения в ЖКХ и социальной сфере» была создана научно-исследовательская и учебная базы для решения проблем энергосбережения в системах генерации, транспортировки, распределения и потребления тепла и электроэнергии для объектов ЖКХ, социальной и бюджетной сферы. С помощью микротурбинной установки Capstone C1000 студенты специальностей «Промышленная теплоэнергетика», «Электроснабжение», «Электроэнергетические системы и сети» Южно-Уральского государственного университета проводят аналитические и диагностические исследования характеристик и показателей энергоэффективности комплексов малой когенерации и изучают вопросы надежности электроснабжения автономных объектов. Кроме того, микротурбинная установка обеспечивает энергоснабжение лаборатории «Суперкомпьютерного моделирования» и инфраструктурных объектов студенческого городка ЮУрГУ.

В ЮУрГУ успешно действует Автоматизированный центр мониторинга и управления потреблением энергетических ресурсов. Он осуществляет контроль и управление тепло- и водоснабжением, наружным освещением, энергопотреблением.

Надо сказать, что во многих других вузах, где есть электростанции, они служат лишь лабораторной базой. Энергокомплекс ЮУрГУ используется для научных, учебных целей, а также реально снабжает электрической энергией и теплом университетский городок.

					09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Актуальность данной ВКР обуславливается тем, что при выполнении аналитических и диагностических исследованиях характеристик микротурбины С1000 необходимо знать частоту вращения ротора в реальном времени.

Практическая значимость разрабатываемого программно-аппаратного комплекса заключается в том, что он позволит производить измерения частоты вращения ротора в реальном времени, будет иметь дополнительные функции для выполнения аналитических и диагностических работ. Приложение будет достаточно простым в установке и эксплуатации, не будет требовать больших компьютерных ресурсов.

Система рассчитана на использование мобильными устройствами на базе операционной системы (ОС) Андроид. На данный момент большинство мобильных устройств поддерживают именно эту ОС. Причины ее широкого распространения в следующем.

Во-первых, Андроид поддерживает большое количество устройств разных производителей. Во-вторых, Андроид характеризуется высокой доступностью средств разработки. Средства разработки для платформы Андроид бесплатны, в то время как разработка, к примеру, под iOS от компании Apple требует немалых начальных финансовых вложений. Кроме всего вышеперечисленного, преимуществом ОС Андроид является наличие огромного числа бесплатных библиотек для работы со сторонними сервисами и ресурсами.

					09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1 ПОСТАНОВКА И АНАЛИЗ ЗАДАЧИ

Целью данной дипломной работы является создание программно-аппаратного комплекса, позволяющего осуществлять индикацию частоты вращения ротора микротурбинной установки непосредственно самим измерительным устройством, а также производить обмен данными с мобильным приложением.

Компания Capstone является производителем газовых микротурбинных установок (МТУ). Одна из таких установок находится в энергоцентре ЮУрГУ, а именно модель С1000. В комплект поставки МТУ серии С1000 входит С1000 Controller с сенсорным экраном для контроля и мониторинга модулей. С1000 Controller распределяет мощность между модулями, также он может контролировать работу отдельных турбин. Максимальная частота вращения ротора в МТУ составляет 60000 об/мин. Но так как основными показателями МТУ являются номинальная выходная мощность, КПД и расход топлива в установившемся режиме, то на дисплее С1000 Controller не предусмотрено отображение частоты вращения ротора.

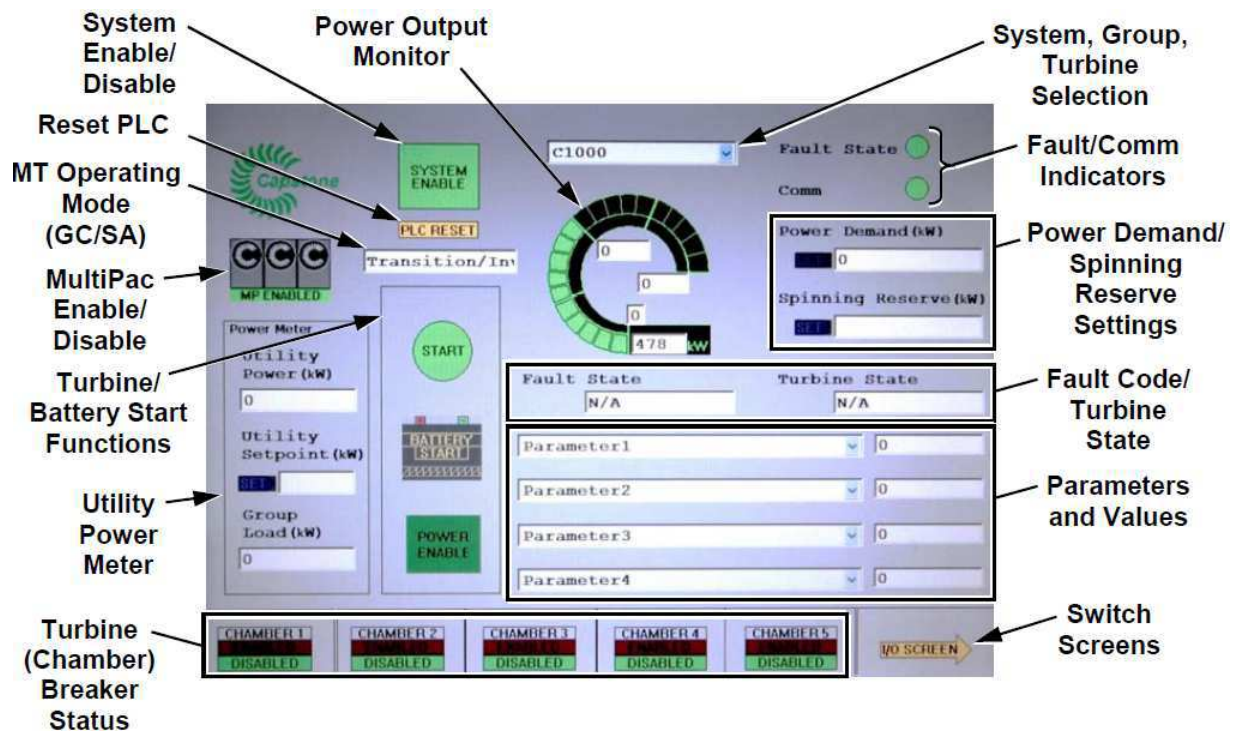


Рисунок 1.1 – Экран контроля и управления МТУ

В рабочем режиме отсутствие данных о частоте вращения ротора МТУ никак не влияет на работоспособность данной системы, но при аналитических и диагностических исследованиях характеристик МТУ необходимо знать частоту вращения ротора в реальном времени.

Для измерения частоты вращения используются специальные приборы, называемые тахометрами. Тахометры замеряют частоту вращения валов механизмов в реальном времени, то есть непрерывно. Существует много разновидностей тахометров и каждый из них находит своё применение. По принципу действия они подразделяются на центробежные, магнитно-индукционные, электрические и электронные. Рассмотрим подробнее основные принципы действия тахометров.

Одними из первых были изобретены центробежные тахометры, работающие только благодаря энергии вращающегося механизма, сопряжённого с его осью. Принцип действия центробежных тахометров основан на использовании действия центробежных сил на грузы, установленные на валу, которые в свою очередь приводят в движение стрелку.

В магнитно-индукционных тахометрах стрелка отклоняется под действием силы взаимодействия магнитных полей алюминиевого диска и вращающегося ротора с постоянными магнитами. Эти силы пропорциональны частоте вращения ротора.

Основой электрического тахометра служит тахогенератор – небольшой генератор постоянного тока. Напряжение с тахогенератора измеряется стрелочным вольтметром, проградуированными в единицах угловой скорости (об/мин).

«Электронный тахометр, как правило, строится на микропроцессорном модуле который тактируется высокоточным и высокостабильным кварцевым генератором. Благодаря цифровой обработке сигнала и отсутствию аналоговых цепей в измерительном тракте, электронный тахометр является

самым точным и стабильным среди всех прочих. Более того индикация у электронного тахометра не стрелочная, а цифровая» [3].

По способу снятия показаний тахометры бывают: бесконтактными, контактными и комбинированными. Бесконтактные тахометры считывают информацию при помощи фотоэлемента или лазера. В контактных тахометрах с валом контактирует специальный элемент. Комбинированные сочетают в себе возможности бесконтактных и контактных моделей.

Самым точным являются тахометры с лазерным датчиком, но для их использования на вращающуюся часть механизма необходимо нанести светоотражающую метку (маркер), поэтому необходимо устранить источники бликов, пыль, грязь. Но это невозможно сделать. Во-первых, все движущиеся части изготавливаются из металла и тщательно полируются, поэтому появляется множество отражающих свет и луч лазера поверхностей, что приведет к ложным срабатываниям датчика. Во-вторых, нет возможности нанести светоотражающий маркер, так как с одной стороны МТУ находится камера сгорания, а с другой воздухозаборный патрубок. Это относится и к тахометрам на основе оптических датчиков.

Альтернативой являются цифровые контактные тахометры, но в таких устройствах с вращающимся валом должен контактировать специальный элемент, что невозможно в нашем случае, так как любые изменения в конструкции МТУ недопустимы.

					09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

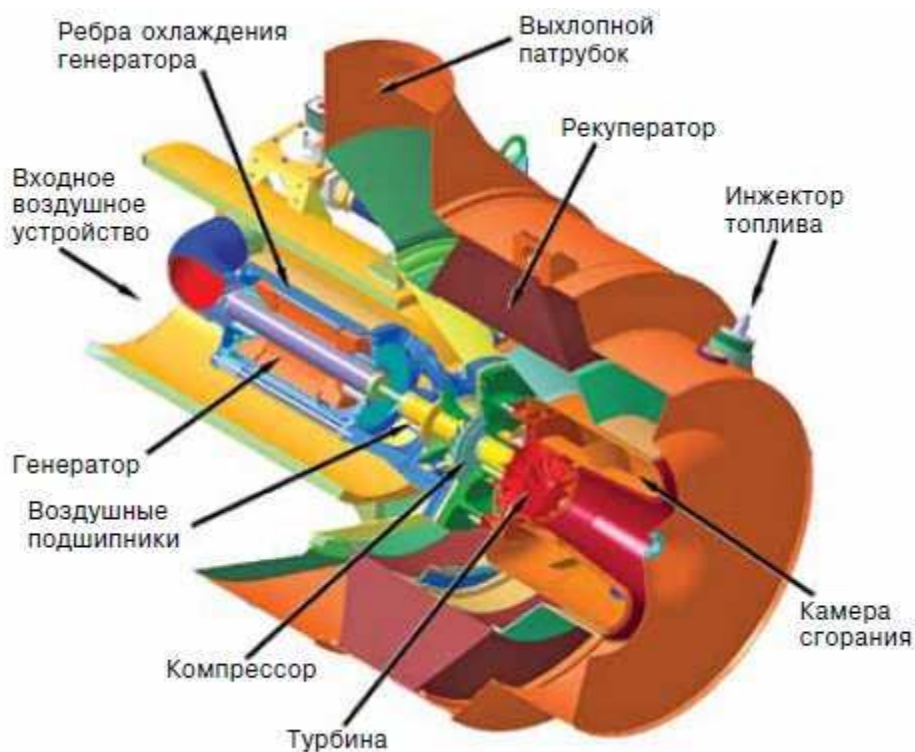


Рисунок 1.2 – Микротурбинный двигатель Capstone C200.

Также существуют датчики магнитного поля (датчики Холла), которые оказались неприхотливыми к параметрам окружающей среды и простыми в использовании. В отличие от механических и оптических датчиков, датчики Холла нечувствительны к механическим воздействиям и изменению параметров окружающей среды. Датчики Холла ценятся за обеспечение электрической изоляции между цепью протекания тока и измерительной цепью. Они рассматриваются как не оказывающие влияния потому, что в цепь протекания тока не вставляется сопротивления, и схема при проведении измерений ведет себя так же, как если бы датчика не было.

Задачей этого дипломного проекта становится разработка универсального тахометра, основанного на методах, не требующих контакта с ротором, частота вращения которого измеряется посредством бесконтактного датчика.

Считывать и обрабатывать данные, поступающие с датчика, будет микроконтроллер. На мобильное устройство микроконтроллер будет

передавать данные через интерфейс UART. Связь мобильного устройства и микроконтроллера будет осуществляться с использованием технологии Bluetooth.

Краткие выводы по данному разделу

В данном разделе рассмотрено общее представление о предметной области. Поставлены цель и задачи для разработки.

					09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

1.1 Обзор родственных разработок

Из предыдущего раздела следует, что требуется тахометр с бесконтактным магнитным датчиком, поэтому рассматривать оптические и контактные тахометры не имеет смысла.

Также необходимо отметить, что тахометры бывают портативные и стационарные.

Стационарные тахометры предназначены для непрерывного контроля частоты вращения вала.

Портативные тахометры занимают мало места, они лёгкие, компактные, их удобно носить с собой. Как правило, работают от аккумулятора. Расстояние, с которого производится замер частоты вращения детали, составляет 50 – 300 мм (зависит от характеристик тахометра и от типа датчика) – это означает, что при измерении частоты вращения ротора МТУ необходимо будет находиться непосредственно рядом с ним. Уровень шума на расстоянии 10 метров составляет 65дБ, это сравнимо с громким разговором на расстоянии одного метра, а возле МТУ, уровень шума будет уже 80 – 90 дБ, что сопоставимо с громкими криками или шумом от грузового железнодорожного вагона в семи метрах. Это означает, что человек не сможет долгое время находиться рядом с МТУ и произвести непрерывные измерения будет невозможно. Таким образом, можно сделать вывод, что портативные тахометры не подходят.

Итак, необходимо рассмотреть аналоги стационарных бесконтактных тахометров с магнитным датчиком, способных производить измерения частоты вращения не менее 60000 об/мин.

Одно из таких устройств СОТ-4. Это стационарный тахометр с магнитным датчиком ДМС-04. Тахометр СОТ-4 предназначен для бесконтактного измерения и контроля угловой скорости вращения роторных машин и механических конструкций. Указанному контролю могут подвергаться электродвигатели, насосы, вентиляторы, дымососы,

					09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

компрессоры, турбины, генераторы в процессе эксплуатации в различных отраслях промышленности и науки.



Рисунок 2.1 – Тахометр СОТ-4

Тахометр СОТ-4 обеспечивает:

- индикацию значения измеряемой угловой скорости (об/мин);
- передачу значения измеренной угловой скорости (об/мин) в персональную ЭВМ по интерфейсу RS-232;
- режим запоминания максимального значения угловой скорости с момента включения прибора в работу;
- возможность задания коэффициента пересчета при количестве импульсов на оборот больше одного (до 180).

СОТ-4 представляет собой электронный цифровой тахометр, состоящий из первичного тахометрического преобразователя с встроенным промежуточным преобразователем-усилителем и вторичного преобразователя – показывающего измерительного блока.

Тахометрический преобразователь (датчик) с встроенным промежуточным преобразователем-усилителем, входной величиной которого

является измеряемая угловая скорость, обеспечивает формирование импульсов, частота следования которых, пропорциональна угловой скорости вращающегося объекта.

Вторичный преобразователь, входной величиной которого является частота следования импульсов, пропорциональных угловой скорости вращающегося объекта, обеспечивает измерение и цифровую индикацию величины угловой скорости в об/мин.



Рисунок 2.2 – Тахометр COT-4. Разъём RS-232

Изучив устройство COT-4 можно выделить основные достоинства и недостатки.

Достоинства:

- диапазон измерения угловой скорости, об/мин от 30 до 99999;
- наличие интерфейса RS-232;
- предел допускаемого значения погрешности измерения угловой скорости: $\pm 0,1$ плюс 1 единица младшего разряда.

Недостатки:

- отсутствие возможности беспроводной связи;
- отсутствие приложения для работы с устройством;

- слишком высокая цена за описанный выше функционал.

Прибор ARCOM-TC-2400 также является тахометром. Он объединяет в себе функции счетчика времени наработки, счетчика импульсов, частотомера и тахометра. Прибор выполнен в щитовом корпусе. Имеет 8-разрядный графический жидкокристаллический дисплей.



Рисунок 2.3 – Тахометр ARCON-TC-2400

К достоинствам можно отнести:

- диапазон измерения скорости: 150 ... 78000 об/мин;
- относительная погрешность: ± 1 единица младшего разряда.

Недостатки:

- питание прибора: аккумулятор;
- монохромный жидкокристаллический дисплей;
- наличие лишних функций, которые не будут использованы;
- отсутствие интерфейсов для передачи данных.

Также можно выделить устройство ОВЕН ТХ01, предназначенное для измерения частоты вращения вала, линейной скорости перемещения конвейера, времени наработки агрегатов. ОВЕН ТХ01 измеряет мгновенную

					09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

частоту поступающих импульсов. Имеет яркий шестиразрядный индикатор, на котором может отображаться частота или значения таймера наработки.



Рисунок 2.4 – Тахометр ОВЕН TX01. Настенный тип корпуса.

К преимуществам можно отнести:

- диапазон измерения скорости: 12 ... 150000 об/мин;
- погрешность $\pm 5\%$;
- яркий шестиразрядный индикатор.

Недостатки:

- наличие лишних функций, которые не будут использованы;
- напряжение питания – от сети постоянного напряжения от 10,5 до 30 В (номинальное значение 24 В)
- отсутствие интерфейсов для передачи данных.



Рисунок 2.5 – Тахометр ОВЕН TX01

Краткие выводы по данному разделу.

Исходя из вышеперечисленного можно сделать вывод, что ни у одного из рассмотренных устройств нет связи с мобильным приложением, у большинства отсутствуют интерфейсы для передачи данных. Таким образом, разработка собственного программно-аппаратного комплекса целесообразна, актуальна и необходима.

1.2 Анализ аппаратной части

Согласно поставленной технической задаче, главной отличительной особенностью разрабатываемого устройства должна быть следующая:

- устройство должно работать в режиме реального времени.

Для решения этой задачи необходимо использовать устройство для выполнения арифметических и логических операций. Таким устройством может быть процессор или микроконтроллер.

Необходимо выяснить, чем отличаются и в чем сходство этих двух типов цифровых радиоэлектронных устройств.

И микропроцессор и микроконтроллер предназначены для выполнения некоторых операций – они извлекают команды из памяти и выполняют эти инструкции (представляющие собой арифметические или логические операции) и результат используется для обслуживания выходных устройств.

И микроконтроллер и микропроцессор способны непрерывно производить выборку команд из памяти и выполнять эти инструкции, пока на устройство подается питание. Инструкции представляют из себя наборы битов. Эти инструкции всегда извлекаются из места их хранения, которое называется памятью.

Микропроцессор

Содержит функционал компьютерного центрального процессора, или ЦП (CPU – Central Processing Unit) на одном полупроводниковом кристалле (ИМС – интегральная микросхема или Integrated Circuit).

					09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19



Рисунок 3.1 – Микропроцессор Intel

По своей сути – это микрокомпьютер, который используется для выполнения арифметических и логических операций, управления системами, хранения данных.

Микропроцессор обрабатывает данные, поступающие с входных периферийных устройств, и передает обработанные данные на выходные периферийные устройства.

Существует четыре основных типа процессоров, различающихся своей архитектурой.

Микропроцессоры с полным набором команд (Complex Instruction Set Computer, CISC-архитектура). Характеризуются переменной длиной команд, небольшим числом регистров, выполняющих строго определённые функции. Примером такого типа процессоров служит семейство x86.

Микропроцессоры с сокращённым набором команд (Reduced Instruction Set Computer, RISC-архитектура). Обладают, как правило, повышенным быстродействием за счёт упрощения инструкций, что позволяет упростить процесс декодирования и, соответственно, сократить время их выполнения. Большинство графических процессоров разрабатываются, используя этот тип архитектуры.

«Микропроцессоры с минимальным набором команд (Minimal Instruction Set Computer, MISC-архитектура). В отличие от RISC-архитектуры, в них используются длинные командные слова, что позволяет

выполнять достаточно сложные действия за один цикл работы устройства. Формирование длинных «командных слов» стало возможным благодаря увеличению разрядности микропроцессорных устройств.

В суперскалярных процессорах (Superscalar Processors) используются несколько декодеров команд, которые загружают работой множество исполнительных блоков. Планирование исполнения потока команд происходит динамически и осуществляется самим вычислительным ядром. Примером процессора с таким типом архитектуры является, например Cortex A8» [1].

«Микропроцессоры специального назначения (ASIC – Application Specific Integrated Circuit). Как следует из названия, предназначены для решения конкретной задачи. В отличие от микропроцессоров общего назначения, применяются в конкретном устройстве и выполняют определенные функции, характерные только для данного устройства. Специализация на выполнении узкого класса функций приводит к увеличению скорости работы устройства и, как правило, позволяет снизить стоимость такой интегральной схемы. Примерами таких микропроцессоров может быть микросхема, разработанная исключительно для управления мобильным телефоном, микросхемы аппаратного кодирования и декодирования аудио- и видеосигналов - так называемые цифровые сигнальные процессоры (Digital Signal Processing, DSP multiprocessors). Могут быть реализованы в виде ПЛИС (программируемая логическая интегральная схема). При разработке таких процессоров для описания их функциональности используют языки описания аппаратных устройств (HDL – Hardware Description Language), такие как Verilog и VHDL.

Системы на основе микропроцессоров строят примерно следующим образом» [1].

					09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21



Рисунок 3.2 – Система, основанная на микропроцессоре

Как видно, микропроцессор в этой системе имеет множество вспомогательных устройств, таких как постоянное запоминающее устройство, оперативная память, последовательный интерфейс, таймер, порты ввода/вывода и т.д. Все эти устройства обмениваются командами и данными с микропроцессором через системную шину. Все вспомогательные устройства в микропроцессорной системе являются внешними. Системная шина, в свою очередь, состоит из адресной шины, шины данных и шины управления.

Микроконтроллер

Ниже представлена блок-схема микроконтроллера. «Все опорные устройства, такие как постоянное запоминающее устройство, оперативная память, таймер, последовательный интерфейс, порты ввода/вывода являются встроенными. Поэтому не возникает необходимости создавать интерфейсы с этими вспомогательными устройствами, и это экономит много времени для разработчика системы» [1].

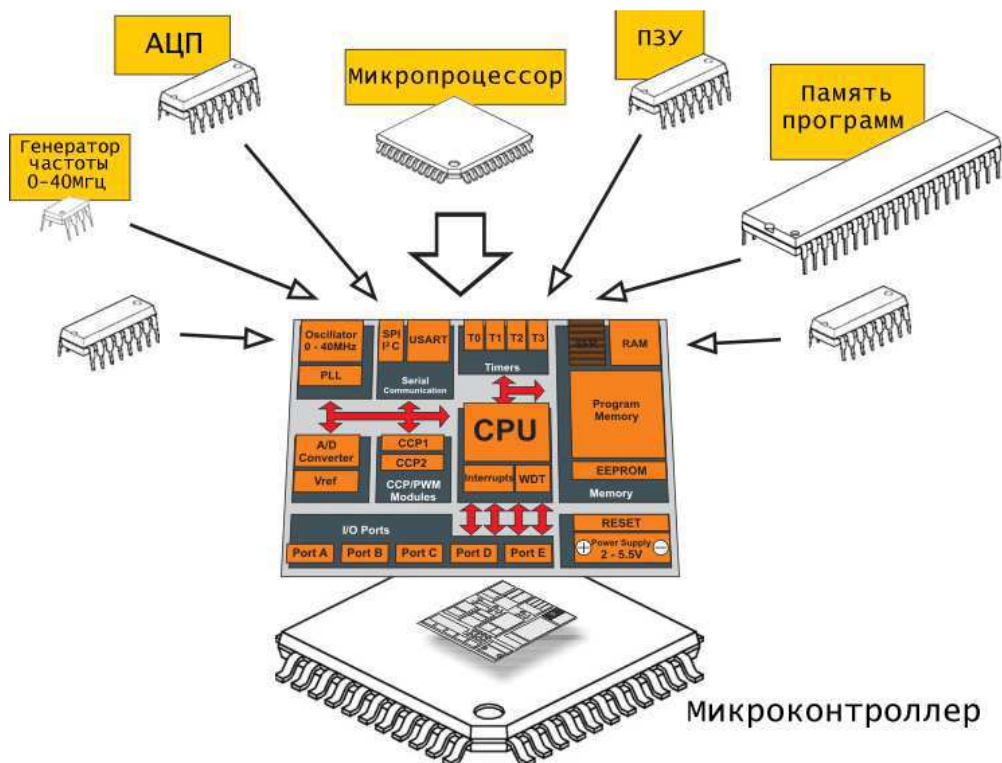


Рисунок 3.3 – Внутренне устройство микроконтроллера

«Микроконтроллер не что иное, как микропроцессорная система со всеми опорными устройствами, интегрированными в одном чипе. Нужно только подключить соответствующий источник питания постоянного напряжения, цепь сброса и кристалл кварца (источник тактовой частоты). Их просто проблематично интегрировать в полупроводниковый кристалл.

Ядро микроконтроллера (центральный процессор), как правило, строится на основе RISC-архитектуры.

Программа, записанная в память микроконтроллера, может быть защищена от возможности ее последующего чтения/записи, что обеспечивает защиту от ее несанкционированного использования» [1].

Сравнение микроконтроллера и микропроцессора.

	Микропроцессор	Микроконтроллер
Использование	Компьютерные системы	Встраиваемые системы
Устройство	Содержит центральный процессор, регистры общего назначения, указатели стека, счетчики программы, таймер и цепи прерываний	Содержит схему микропроцессора и имеет встроенные ПЗУ, ОЗУ, устройства ввода/вывода, таймеры и счетчики.
Память данных	Имеет много инструкций для перемещения данных между памятью и процессором.	Имеет одну-две инструкции для перемещения данных между памятью и процессором.
Электрические цепи	Высокая сложность	Достаточно простые
Затраты	Стоимость всей системы увеличивается	Низкая стоимость системы
Число регистров	Имеет меньшее количество регистров, операции в основном производятся в памяти.	Имеет большее число регистров, поэтому проще писать программы
Запоминающее устройство	Основано на архитектуре фон Неймана. Программа и данные хранятся в том же модуле памяти.	Основано на Гарвардской архитектуре. Программы и данные хранятся в разных модулях памяти.
Время доступа	Время доступа к памяти и устройствам ввода/вывода больше.	Меньшее время доступа для встроенной памяти и устройств ввода/вывода.
Железо	Требует большее количество аппаратного обеспечения.	Требует меньшее количество аппаратного обеспечения.

Таким образом, остановимся на выборе в пользу микроконтроллера.

1.2.1 Выбор микроконтроллера

На рынке огромное количество производителей и архитектур микроконтроллеров. Но выбор на самом деле совсем не велик: можно сразу отсеять все восьми и шестнадцатибитные архитектуры, кроме PIC и AVR, иногда производители предлагают отладочные платы и контроллеры по низкой цене, но их не следует использовать потому, что это малораспространенные архитектуры. По той же самой причине можно отсеять все тридцатидвухразрядные архитектуры кроме ARM, к тому же они постепенно вымирают.

ARM микроконтроллеры делятся на ARM7, ARM9, Cortex M0, Cortex M3, Cortex M4. ARM7 и ARM9 постепенно замещаются Cortex и вскоре их тоже не будет.

Таким образом, имеем: AVR, PIC и ARM Cortex.

Возможности Cortex намного шире, к тому же есть выбор между производителями, а это большой плюс. Существует масса упрощающих жизнь библиотек и даже генераторов кода.

AVR вытесняет PIC из-за распространенности Arduino. В пользу его выбора говорят ещё несколько причин:

- 1) доступность в России;
- 2) низкая цена (AVR на 30-40 процентов дешевле чем PIC при большем функционале);
- 3) много периферии сразу (здесь AVR на голову выше чем PIC, производя раз за разом контроллеры все с большим количеством периферии);
- 4) единое ядро (У всех современных AVR одинаковое ядро с единой системой команд. Есть некоторые различия на уровне периферии. То есть код из ATtiny13 совместим с ATmega64 и работает без изменений. И без ограничений наоборот. У старых моделей AVR (AT90S1200) совместимость сверху вниз ограниченная – у них меньше система команд. Но есть совместимость снизу вверх);

					09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

5) обширная система команд контроллеров AVR (у AVR около 130 команд, а у Microchip PIC всего 35);

6) наличие бесплатных кроссплатформенных компиляторов Си.

Таким образом, разрабатываемое устройство должно иметь:

– микроконтроллер AVR.

Для решения поставленной задачи был выбран микроконтроллер Atmega16. На сегодняшний день есть более совершенные модели, но данный микроконтроллер полностью удовлетворяет предъявленным требованиям и имеет ряд отличительных особенностей:

- AVR RISC-архитектура высокой производительности и малого потребления;
- система команд содержит 130 инструкций, большинство которых выполняется за один машинный цикл;
- единый 16-разрядный формат команд;
- производительность 16 MIPS на частоте 16 МГц;
- наличие аппаратного умножителя;
- 16 Кбайт Flash ПЗУ программ, с возможностью до 1000 циклов стирания/записи;
- 512 байт ЭСППЗУ (EEPROM) данных, с возможностью до 100000 циклов стирания/записи;
- 1 Кбайт оперативной памяти (SRAM);
- возможность программирования непосредственно в целевой системе через последовательные интерфейсы SPI и JTAG;
- возможность самопрограммирования;
- возможность внутрисхемной отладки в соответствии со стандартом IEEE 1149.1 (JTAG);

- различные способы синхронизации: встроенный RC-генератор с внутренней и внешней задающей RC-цепочкой или с внешним резонатором (пьезокерамическим или кварцевым); внешний сигнал синхронизации;
- 6 режимов пониженного энергопотребления (Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby и Extended Standby);
- детектор снижения напряжения питания (BOD);
- программное снижение частоты тактового генератора;
- 21 источник прерываний (внутренних и внешних);
- многоуровневая система прерываний, поддержка очереди прерываний;
- возможность защиты от несанкционированного чтения и модификации памяти программ и данных;
- загрузочный сектор с независимыми битами защиты;
- возможность чтения памяти программ во время ее записи;
- два 8-разрядных таймера/счетчика с предварительным делителем частоты и режимом сравнения;
- 16-разрядный таймер/счетчик с предварительным делителем частоты, режимом сравнения и режимом внешнего события;
- сторожевой таймер WDT;
- четыре канала генерации выходных ШИМ-сигналов;
- аналоговый компаратор;
- 8-канальный 10-разрядный АЦП как с несимметричными, так и с дифференциальными входами;
- полнодуплексный универсальный синхронный/асинхронный приемопередатчик USART;
- последовательный синхронный интерфейс SPI, используемый также для программирования Flash-памяти программ;
- последовательный двухпроводный интерфейс TWI (аналог I2C)

- 32 программируемые линии ввода/вывода с уровнями ТТЛ; на эти линии выведена также поддержка периферийных функций;
- напряжения питания 2.7 ... 5.5 В.

1.2.2 Выбор корпуса

Микроконтроллер Atmega16 может быть выполнен в нескольких корпусах. Наиболее распространённые – это DIP и QFP корпуса.

DIP корпус.

«Корпус с двумя рядами выводов по длинным сторонам микросхемы. В зависимости от количества выводов микросхемы, после слова DIP ставится количество ее выводов.

В основном в корпусе DIP в Советском Союзе производили логические микросхемы и операционные усилители. Сейчас корпус DIP также не теряет своей актуальности и в нем делают различные микросхемы, начиная от простых аналоговых и заканчивая микроконтроллерами» [2].

Корпус DIP может быть выполнен из пластика и называется он PDIP, а также из керамики - CDIP.

QFP корпус.

Четырёхугольный плоский корпус. Главное отличие в том, что выводы размещены на всех сторонах такой микросхемы

Модификации: PQFP - пластиковый корпус QFP. CQFP - керамический корпус QFP. HQFP - теплоотводящий корпус QFP. TQFP - тонкий корпус QFP. Его толщина намного меньше, чем у QFP.

Был выбран TQFP корпус, так как в этом случае удобнее разводить печатную плату и он занимает на ней меньше места.



Рисунок 3.4 – Atmega16 в TQFP корпусе

1.2.3 Выбор датчика

В разделе «Анализ и постановка задачи» был обоснован выбор магнитного датчика Холла.

Датчик Холла – магнитоэлектрическое устройство, получившее своё название от фамилии физика Холла, открывшего принцип, на основе которого впоследствии и был создан этот датчик. Попросту говоря – это датчик магнитного поля.

«Датчики Холла стали частью многих приборов. В основном они используются по прямому назначению и измеряют напряжённость магнитного поля. Применяются в электродвигателях и даже в таких инновациях, как ионные двигатели ракет. Чаще всего с датчиком Холла приходится сталкиваться при использовании системы зажигания автомобиля» [4].

Такие простые примеры: бесконтактные выключатели, измерители уровня жидкости, бесконтактное измерение силы тока в проводниках, управление двигателями, чтение магнитных кодов, и, конечно же, датчики Холла не могли не прийти на замену герконам, ведь главное их достоинство – бесконтактное воздействие.

Принцип работы датчика Холла.

«Холл заметил, что если в магнитное поле поместить пластину под напряжением, то есть с протекающим по ней током, то электроны в этой

пластине отклонятся перпендикулярно направлению магнитного потока. Направление такого отклонения зависит от полярности магнитного поля. Явление названо – эффектом Холла. Таким образом, плотность электронов на разных сторонах пластины будет отличаться, что создаст и разность потенциалов. Вот эту разность и улавливают датчики Холла» [4].

Достоинства и недостатки.

Датчики Холла ценятся за и обеспечение электрической изоляции между цепью протекания тока и измерительной цепью, схема при проведении измерений ведет себя так же, как если бы датчика не было вовсе. Дополнительным преимуществом является то, что датчиком рассеивается минимальная мощность. Это особенно важно при измерении больших токов. Что касается точности, доступные в настоящее время датчики Холла могут достичь минимальной ошибки в 1%. Хорошо продуманный датчик на основе резистора может дать лучший результат, но одного процента, как правило, хватает при работе с большими токами/напряжениями, где и подходит использование датчиков Холла.

Сейчас различают аналоговые и цифровые датчики Холла.

1. Цифровые датчики определяют наличие, либо отсутствие поля. То есть, если индукция достигает некоего порога – датчик выдаёт присутствие поля в виде некой логической единицы, если порог не достигнут – датчик выдаёт логический ноль. То есть, при слабой индукции и соответственно чувствительности датчика - наличие поля может быть не зафиксировано.

Цифровые датчики Холла так же разделены на: биполярные и униполярные.

- униполярные – срабатывают при наличии поля определённой полярности и отключаются при снижении индукции поля;
- биполярные – реагируют на смену полярности поля, то есть одна полярность – включает датчик, другая – выключает.

									Лист
									30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР				

2. Аналоговые датчики Холла преобразуют индукцию поля в напряжение, величина показанная датчиком зависит от полярности поля и его силы. Но необходимо учитывать расстояние, на котором установлен датчик.

Краткие выводы по данному разделу.

Устройство будет разработано на основе микроконтроллера Atmega16 в TQFP корпусе. В качестве датчика будет использован униполярный датчик Холла.

1.3 Техническое задание

1.3.1 Требования к функционалу (с точки зрения пользователя)

Разрабатываемое устройство и программное обеспечение должно производить измерение скорости вращения электродвигателя.

1.3.2 Требования к функционалу (с точки зрения разработчика)

Разрабатываемое устройство должно иметь пятиразрядный семисегментный индикатор. Замер скорости осуществляется при помощи магнитного датчика. Программное обеспечение устройства должно считывать сигналы с датчика и рассчитывать скорость вращения. Питание устройства осуществляется от сети 220 В.

1.3.3 Конструктив (с точки зрения пользователя)

Устройство в пластмассовом корпусе. На лицевую сторону выводится пятиразрядный семисегментный индикатор. Устройство должно измерять скорость вращения электродвигателя.

1.3.4 Конструктив (с точки зрения разработчика)

Устройство должно быть смонтировано на печатной плате, на которой должны размещаться необходимые компоненты, включая микроконтроллер,

					09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

пятиразрядный семисегментный индикатор, магнитный датчик. Устройство должно измерять скорость электродвигателя.

Корпус должен быть выполнен из пластмассы. Корпус не должен иметь острых углов, должен быть прочным.

1.3.5 Требования к надежности

Отключение питания устройства не должно приводить его в негодность.

1.3.6 Требования к безопасности

При внедрении, эксплуатации и обслуживании устройства должны выполняться меры электробезопасности в соответствии с «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей». Аппаратное обеспечение системы должно соответствовать требованиям пожарной безопасности в производственных помещениях по ГОСТ 12.1.004-91. «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования».

Значения эквивалентного уровня акустического шума, создаваемого аппаратурой системы, должно соответствовать ГОСТ 21552-84 «Средства вычислительной техники. Общие технические требования, приемка, методы испытаний, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение», но не превышать следующих величин:

- 50 дБ – при работе технологического оборудования и средств вычислительной техники без печатающего устройства;
- 60 дБ – при работе технологического оборудования и средств вычислительной техники с печатающим устройством.

1.3.7 Требования к программному обеспечению

Программное обеспечение контроллера должно выполнять:

1. Считывание сигналов с магнитного датчика;
2. Расчет скорости;

					09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

3. Вывод полученного значения на пятиразрядный семисегментный индикатор.

1.3.8 Требования к аппаратному обеспечению

Устройство должно быть выполнено на базе микроконтроллера фирмы Atmel. Микроконтроллер должен иметь достаточное число ножек для подключения пятиразрядного семисегментного индикатора, магнитного датчика и иметь объем памяти программ, достаточный для размещения управляющей программы. Также, устройство должно иметь возможность подключения программатора, для изменения программы микроконтроллера.

1.3.9 Стоимость

Общая стоимость конечного устройства не должна превышать 1000 рублей.

1.4 Проектирование

1.4.1 Выбор элементной базы

Устройство работает на базе микроконтроллера Atmega16, т.к. он:

- 1) располагает достаточным количеством портов и выводов;
- 2) его TQFP корпус удобен для монтажа на печатную плату и подключения к нему множества элементов;
- 3) обладает необходимым объемом памяти.

Радиоэлектронные компоненты:

- Семисегментный индикатор КЕМ-3191BR (Red – анод) (5 шт.);
- магнитный датчик А3144 Датчик Холла (1 шт.);
- регулятор напряжения L7905CV с установкой выходного напряжения 5В, 1.5А (1 шт.);
- трансформатор ТПК-2 для преобразования напряжения 220 Вольт в 6В, 2.5ВТ;

					09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

- диодный мост D2SB60 для выпрямления переменного тока;
- для защиты устройства по питанию, на вход питания от сети устанавливается предохранитель EFuse LB250LVF (1 шт.).

Резисторы:

- 1) подтягивающий резистор для контакта «RESET» микроконтроллера, номиналом 10 кОм (1 шт.);
- 2) ограничивающий резистор, номиналом 200 Ом (5 шт.);
- 3) ограничивающий резистор, номиналом 270 Ом (8 шт.);
- 4) ограничивающий резистор, номиналом 5,1 КОм (5 шт.).

Конденсаторы:

- 1) керамический конденсатор, номинал – 0,1 мкФ (3шт.) – 50V;
- 2) электролитический конденсатор на 1000 мкФ(1 шт.) – Jwco VENT-50-0.33, необходим для сглаживания пульсаций постоянного тока 16,8В;
- 3) электролитический конденсатор на 100 мкФ(1 шт.) – Jwco VENT -50-0.33, необходим для сглаживания пульсаций постоянного тока.

1.4.2 Структурное проектирование



Рисунок 1.4.2 – Структурная схема

1.5 Разработка программного обеспечения для микроконтроллера

Разработка алгоритма.

Основная программа выполняет блок инициализации портов ввода/вывода, интерфейса UART, внешнего прерывания INT0, таймер-счётчика0 и таймер-счётчика2 (TC0 и TC2 соответственно). Схема алгоритма основной программы изображена на рисунке 1.5.

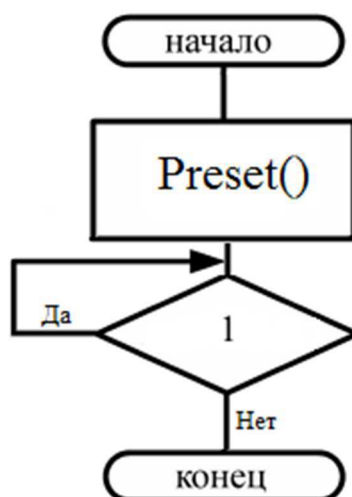


Рисунок 1.5 – Схема алгоритма основной программы

Подпрограмма обработки прерывания INT0.

При поступлении сигнала от датчика Холла на вход INT0 (порт PD2) происходит прерывание по переднему фронту сигнала, выполнение основной программы прерывается и управление передаётся подпрограмме обработки прерывания. Далее в подпрограмме увеличивается счётчик (hall) входящих импульсов от датчика Холла на единицу, и управление возвращается основной программе.

Подпрограмма обработки прерывания TC2.

Через каждые 128 мкс происходит прерывание TC2. При передаче управления подпрограмме обработки прерывания происходит расчёт частоты вращения ротора, результат заносится в глобальную переменную speed.

Обнуляется счётчик входящих импульсов от датчика Холла и управление передаётся основной программе.

Подпрограмма обработки прерывания TC0.

Прерывание TC0 происходит каждые 8 мкс. В данной подпрограмме рассчитанная в прерывании TC2 скорость раскладывается на разряды, полученное значение выводится на соответствующий разряду семисегментный индикатор и осуществляется динамическая индикация. Разложенная на разряды скорость заносится в массив (buf) для передачи по интерфейсу UART и разрешается прерывание на передачу, после чего управление передаётся основной программе.

Подпрограмма обработки прерывания по освобождению регистра данных передатчика.

В подпрограмме данные из массива через выход TX (порт PD1) микроконтроллера побайтно передаются на вход RX Bluetooth модуля, который со скоростью 9600 бод передает их подключенному мобильному устройству.

Разработка программы.

Для разработки программы и для автономной ее отладки использовался специализированный пакет программ AVR Studio 4.

AVR Studio 4 – это профессиональная интегрированная среда разработки (Integrated Development Environment – IDE), предназначенная для написания и отладки прикладных программ для AVR микропроцессоров. AVR Studio 4 содержит ассемблер и симулятор. Также IDE поддерживает такие средства разработки для AVR как: ICE50, ICE40, JTAGICE, ICE200, STK500/501/502 и AVRISP.

2 РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ

2.1 Синтез принципиальной схемы

Разрабатываемое устройство состоит из трёх основных блоков: управления, индикации и коммутации. Каждый блок включает в себя ряд других необходимых для работы блоков, которые стоит рассмотреть детально.

2.1.1 Блок питания

Для обеспечения работы микроконтроллера Atmega16, рабочее напряжение которого 4,5 – 5,5 В, был разработан блок питания преобразующий переменный ток 220 В, в постоянный 5,0 В.

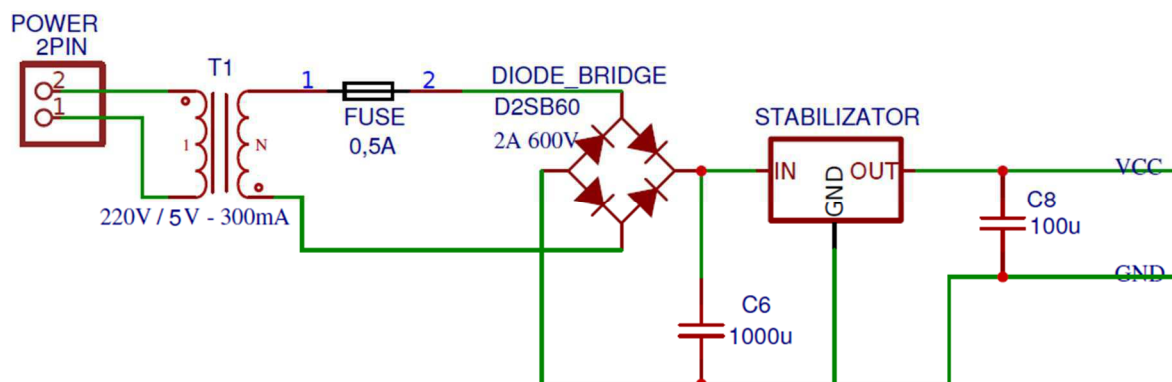


Рисунок 2.1 – Принципиальная схема блока питания

Разъём POWER – вход напряжения 220 В;

T1 – понижающий трансформатор;

DIODE_BRIDGE – диодный мост;

STABILIZATOR – стабилизатор напряжения 5 В;

C6, C8 – конденсаторы для сглаживания пульсаций;

FUSE – предохранитель.

На вход блока питания поступает переменное напряжение 220 В, далее оно понижается трансформатором до 5 В. Диодный мост преобразует

переменное напряжение в постоянное, после чего конденсаторами сглаживаются пульсации напряжения. Из-за того, что выпрямленное напряжение в 1,4 больше переменного, необходимо использовать стабилизатор напряжения, на выходе которого будет 5 В.

2.1.2 Блок управления

Главным элементом данного блока является микроконтроллер. С порта ввода/вывода PD2 считываются сигналы с датчика Холла. Предусмотрена возможность для подключения к ножкам 1 – 4 микроконтроллера для программирования через интерфейс SPI. Порты PA0 – PA7 и PD3 – PD7 используются для осуществления индикации. На портах PD1 и PD2 реализован интерфейс UART.

					09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

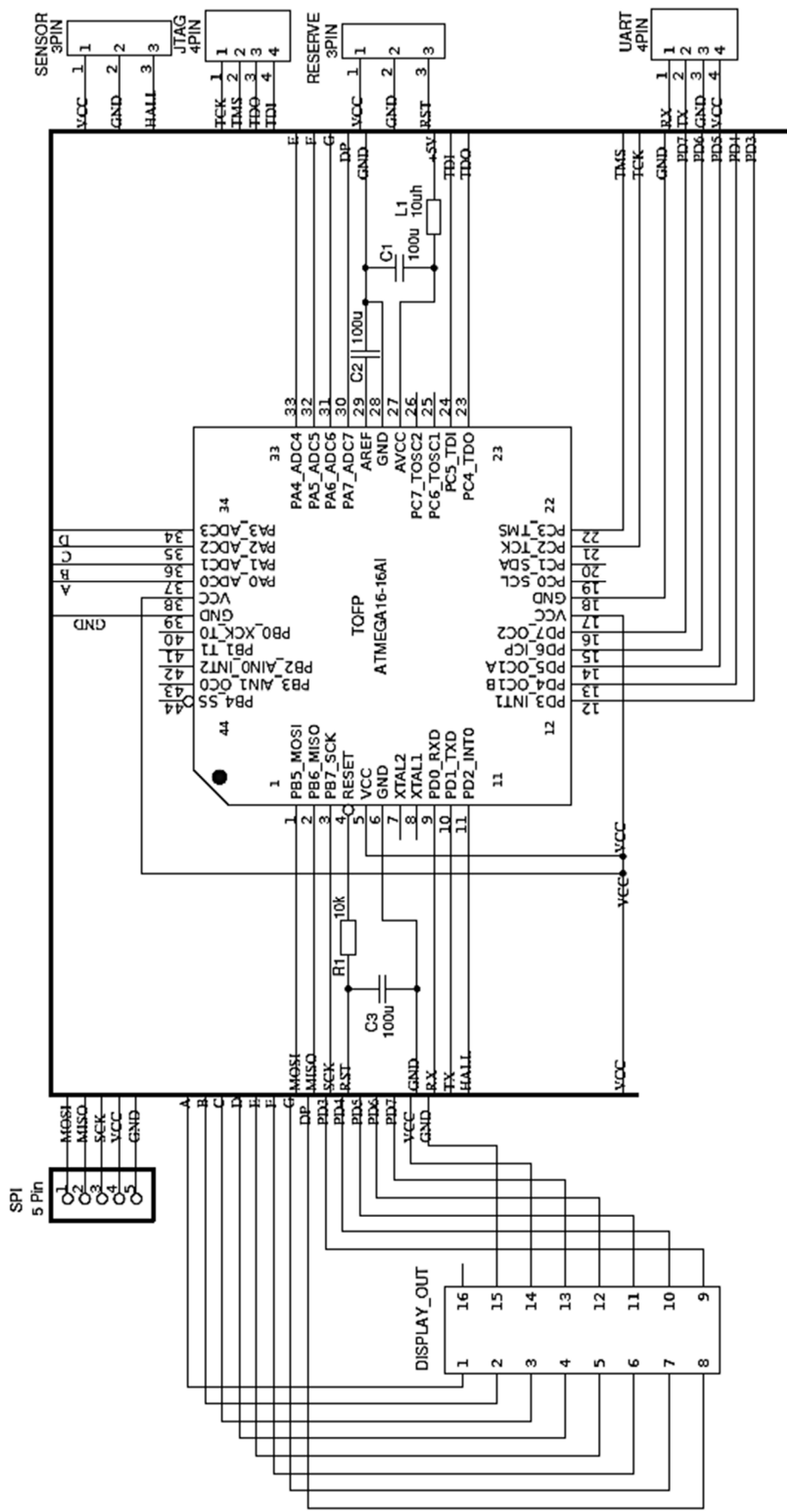


Рисунок 2.2 – Принципиальная схема блока управления

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР

Лист

39

DISPLAY_OUT – разъём для подключения блока индикации;
R1 – резистор подтяжки вывода Reset микроконтроллера;
SPI – разъём для подключения программатора;
SENSOR – разъём для подключения датчика Холла;
JTAG – разъём для внутрисхемной отладки;
UART – разъём для подключения Bluetooth модуля.

2.1.3 Блок индикации

Блок управления подает данные для отображения в блок индикации. Блок индикации содержит пять семисегментных индикатора, на которых отображается частота вращения ротора.

					09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

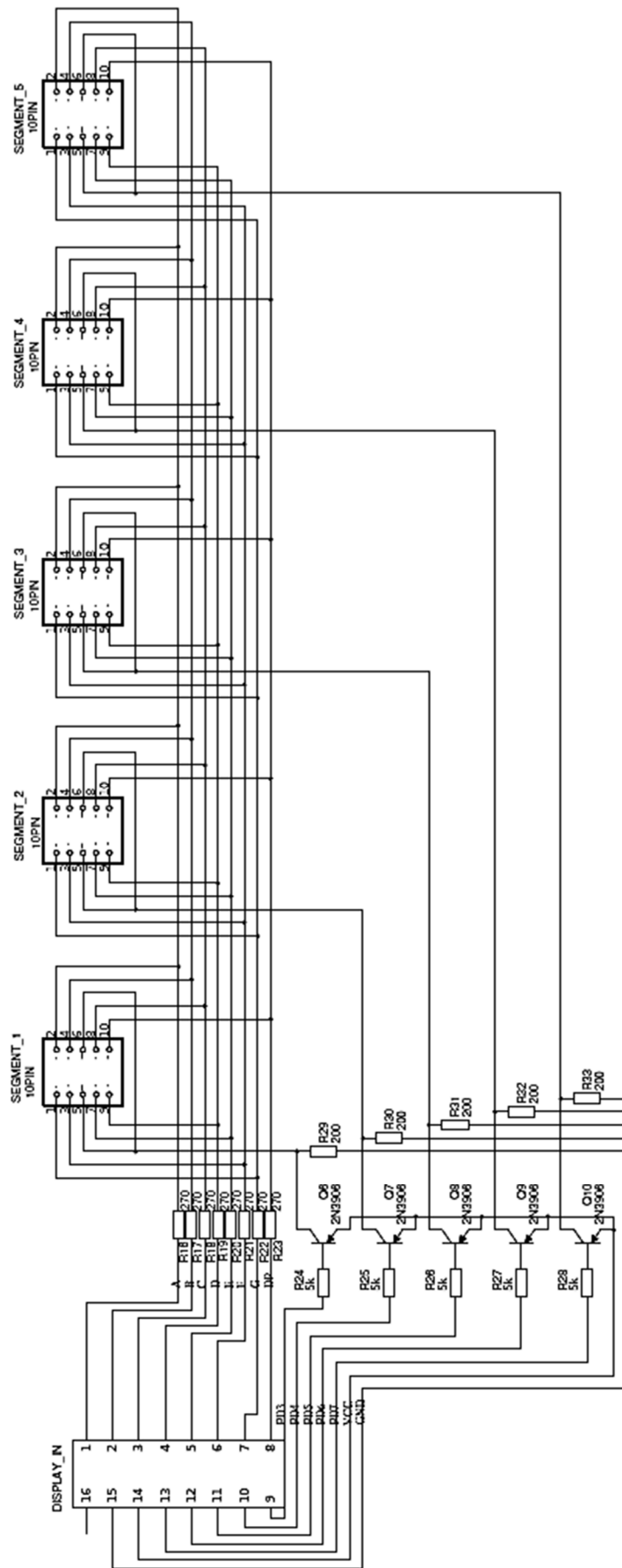


Рисунок 2.3 – Принципиальная схема блока индикации

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР

Лист

41

DISPLAY_IN – разъём для подключения к микроконтроллеру;
R16 – R33 – ограничивающие резисторы;
Q6 – Q10 – управляющие транзисторы;
SEGMENT – семисегментный индикатор.

2.1.4 Блок коммутации

Для осуществления обмена данными с приложением будет использован Bluetooth модуль HC-06.



Рисунок 2.4 – Bluetooth модуль HC-06

Модуль HC-06 – bluetooth модуль, который позволит наладить беспроводное соединение между двумя устройствами.

Особенности:

- поддерживает работу с любым USB Bluetooth адаптером;
- дефолтная скорость передачи данных: 9600 бит/сек;
- встроенная антенна;
- радиус действия до 10 метров;
- Bluetooth V2.0;
- рабочее напряжение: 3,3 – 5В;
- максимальное входное напряжение: 5В;
- выходное напряжение: 3,3В;
- максимальный ток потребления: 45 мА.

2.2 Разводка печатной платы

Спроектированные платы являются двухсторонними, кроме платы для блока питания.

На плате блока питания расположен разъем для подключения питания 220 В, трансформатор, стабилизатор напряжения и сглаживающие пульсации напряжения конденсаторы.

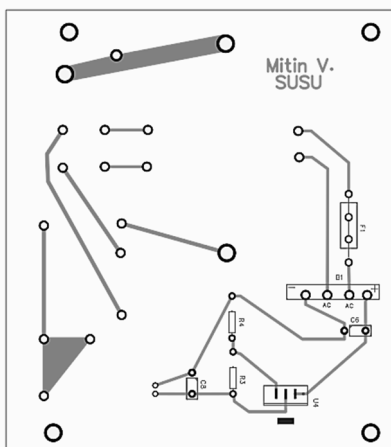


Рисунок 2.2.1 – Печатная плата блока питания

На плате блока управления в центре находится микроконтроллер. Сверху расположены разъёмы для подключения магнитного датчика и пятиразрядного семисегментного индикатора. Слева и снизу расположены разъёмы для подключения программатора и питания.

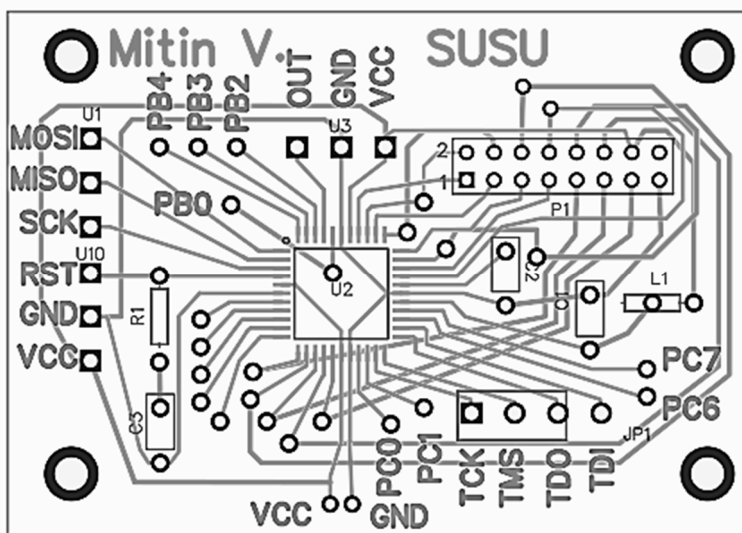


Рисунок 2.2.2 – Печатная плата блока управления

На печатной плате для пятиразрядного семисегментного индикатора в центре находятся пять семисегментных индикаторов. Слева и справа

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР

Лист

43

расположены ограничивающие резисторы. Внизу слева находится разъём для подключения к блоку управления.

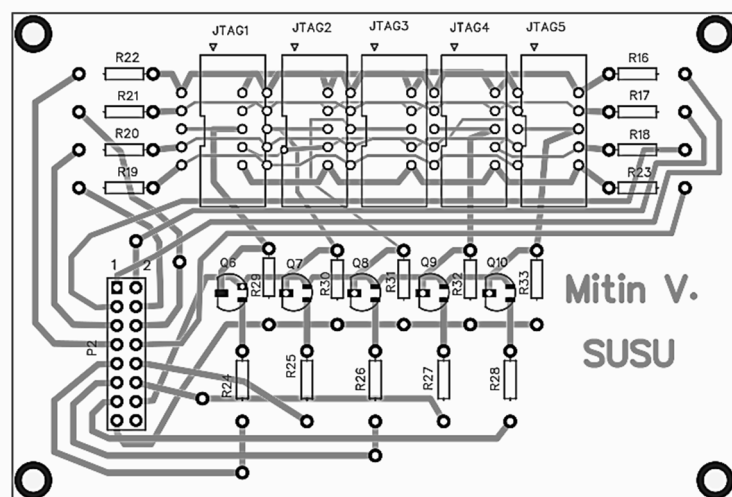


Рисунок 2.2.3 – Печатная плата блока индикации

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР

Лист

44

2.3 Проверка на соответствие требованиям ТЗ

2.3.1 Функциональные требования

Спроектированное устройство работает на базе микроконтроллера. Устройство имеет разъем питания 220V. Устройство имеет магнитный датчик и пятиразрядный семисегментный индикатор, на который выводится скорость. Можно считать, что устройство удовлетворяет функциональным требованиям ТЗ.

2.3.2 Конструктивные требования

Устройство имеет все необходимые компоненты, оговоренные в ТЗ. Конструктивные требования считаются выполненными.

2.3.3 Требования к надежности

Требований к надежности не предъявлялось, следовательно, считаем, что прибор не противоречит ТЗ.

2.3.4 Требования к безопасности

Выполнены меры электробезопасности в соответствии с «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

Аппаратное обеспечение системы соответствует требованиям пожарной безопасности в производственных помещениях по ГОСТ 12.1.004-91. «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования».

Значения эквивалентного уровня акустического шума, создаваемого аппаратурой системы, соответствует ГОСТ 21552-84 «Средства вычислительной техники. Общие технические требования, приемка, методы испытаний, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение»

					09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

2.3.5 Требования к программному обеспечению

Программное обеспечение микроконтроллера корректно обрабатывает сигналы, поступающие от магнитного датчика, и рассчитывает скорость вращения. Требования к программному обеспечению выполняются.

2.3.6 Требования к аппаратному обеспечению

Устройство работает на базе микроконтроллера ATmega16, смонтировано на печатной плате, обладает достаточным размером памяти для корректной работы программы и достаточным количеством линий для подключения пятиразрядного семисегментного индикатора. Требования к аппаратному обеспечению выполняются.

2.3.7 Требования к стоимости

Расчет стоимости устройства приведен ниже. Цены приведены в расчете на сборку одного устройства – оптовая покупка может привести к экономии. Общая стоимость полученного устройства не превышает 1000 рублей, а значит, требования к стоимости устройства удовлетворены.

Таблица 1. Стоимость компонентов

Номер	Название элемента	Цена (р.)	Кол-во	Стоимость
1	ATmega16A-AU	249	1	249
2	L7905CV	6.7	1	6,7
3	Конденсатор электролитический 100uF 50V	5.95	1	5.95
4	Диодный мост D2SB60 2A 600V	70.55	1	70.55
5	Конденсатор электролитический 1000uF 50V	14.45	1	14.45
6	Конденсатор керамический 0.1 uF 50V (100 nF)	2.55	3	7.65

7	Предохранитель EFuse LB250LVF	10.2	1	10.2
8	Резистор 10 КОм 0.25Вт	1.7	1	1.7
9	Трансформатор ТПК-2	171.7	1	171.7
10	Индикатор цифровой КЕМ-3191 BR (Red Анод)	39.95	5	199.75
11	Резистор 270 Ом 0.25Вт	1.7	8	13.6
12	Резистор 5.1 КОм 0.25Вт	1.7	5	8.5
13	Резистор 200 Ом 0.25Вт	1.7	4	6.8
14	Разъём ВН-16 (IDC-16MS)	12	2	24
15	Разъём IDC-16F	12	2	24

Сумма 813.95

Краткие выводы по данному разделу.

Было спроектировано устройство «Тахометр». Разработанное устройство измеряет скорость вращения при помощи магнитного датчика, удовлетворяет всем заявленным требованиям технического задания.

2.4 Разработка программного обеспечения для приложения

Разработка алгоритма.

Bluetooth модуль HC-06 работает в режиме Slave, поэтому после запуска приложения необходимо подключиться к нему. Для этого заносим в список Bluetooth адреса доступных устройств, таким образом можно будет выбрать нужное устройство из списка.

После подключения начинаем получать данные. Проверяем, являются ли полученные данные числом и выводим их на экран.

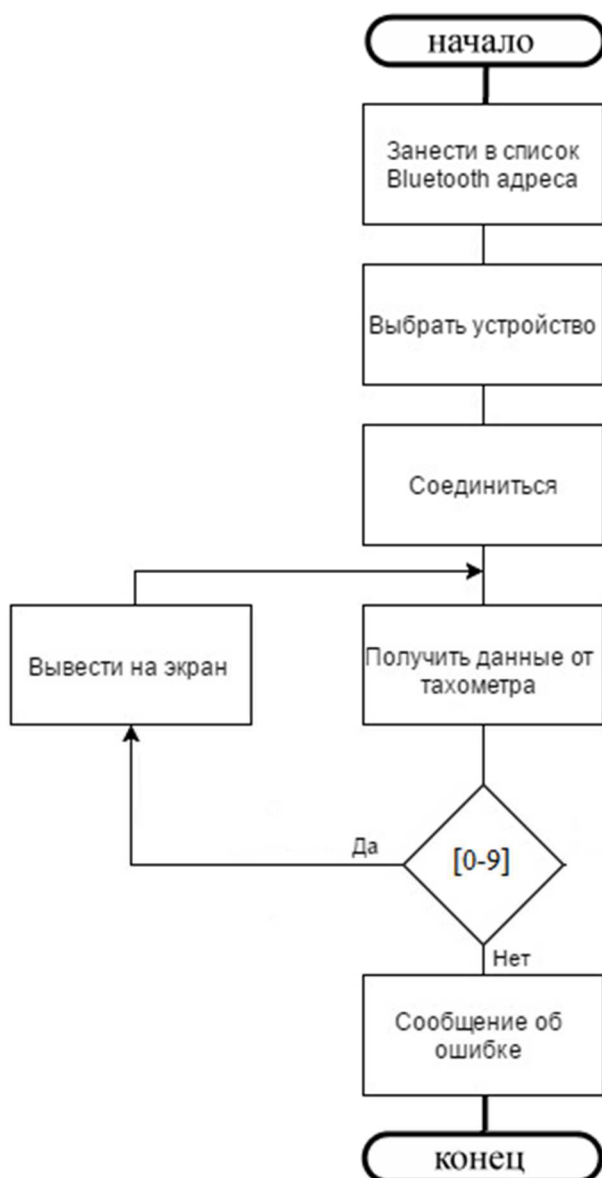


Рисунок 2.4.1 – Схема алгоритма программы

Разработка программы.

Разрабатываемое приложение должно работать под ОС Андроид.

Андроид – операционная система для смартфонов, интернет-планшетов, электронных книг, цифровых проигрывателей, наручных часов, игровых приставок, нетбуков, смартбуков, телевизоров и других устройств. В будущем планируется поддержка автомобилей и бытовых роботов. Основана на ядре Linux и собственной реализации виртуальной машины Java от Google. Изначально разрабатывалась компанией Андроид Inc., которую затем купила Google. Впоследствии Google инициировала создание альянса Open Handset Alliance (ОНА), который сейчас занимается поддержкой и дальнейшим развитием платформы. Андроид позволяет создавать Java-приложения, управляющие устройством через разработанные Google библиотеки. Андроид Native Development Kit позволяет портировать библиотеки и компоненты приложений, написанные на Си и других языках. Под Андроид можно разрабатывать приложения не только на Java, но и на С#, используя фреймворк Xamarin.

Один из главных недостатков Андроид заключается в большой градации устройств и версий операционной системы, поэтому при разработке приложения необходимо учитывать минимальную версию поддерживаемой версии ОС. На рисунке 2.4.2 представлена таблица используемых версий ОС Андроид от 6 июня 2017 года. Из нее можно сделать вывод, что оптимальным выбором минимальной поддерживаемой версией является Андроид KitKat.

					09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

Version	Codename	API	Distribution
2.3.3 - 2.3.7	Gingerbread	10	0.8%
4.0.3 - 4.0.4	Ice Cream Sandwich	15	0.8%
4.1.x	Jelly Bean	16	3.1%
4.2.x		17	4.4%
4.3		18	1.3%
4.4	KitKat	19	18.1%
5.0	Lollipop	21	8.2%
5.1		22	22.6%
6.0	Marshmallow	23	31.2%
7.0	Nougat	24	8.9%
7.1		25	0.6%

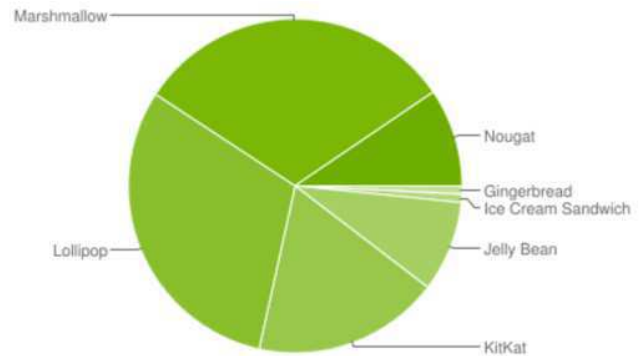


Рисунок 2.4.2 – Таблица используемых версий Андроид

Как было сказано выше, возможна разработка приложения с использованием фреймворка Xamarin. Его преимущество над разработкой на языке Java заключается в поддержке мультиплатформенности. Это значит, что приложение будет легко переносимо на другие платформы, такие как iOS и Windows Mobile (рисунок 2.4.3). В Xamarin разработка ведется на языке программирования C#. Исходя из этого было принято решение остановиться на разработке мобильного приложения с использованием этого фреймворка.



Рисунок 2.4.3 – Единый код логики с использованием Xamarin

Каждый экран пользовательского интерфейса представлен классом Activity в коде. Различные Activity содержатся в процессах. Activity может даже жить дольше процесса. Activity может быть приостановлена и запущена вновь с сохранением всей нужной информации.

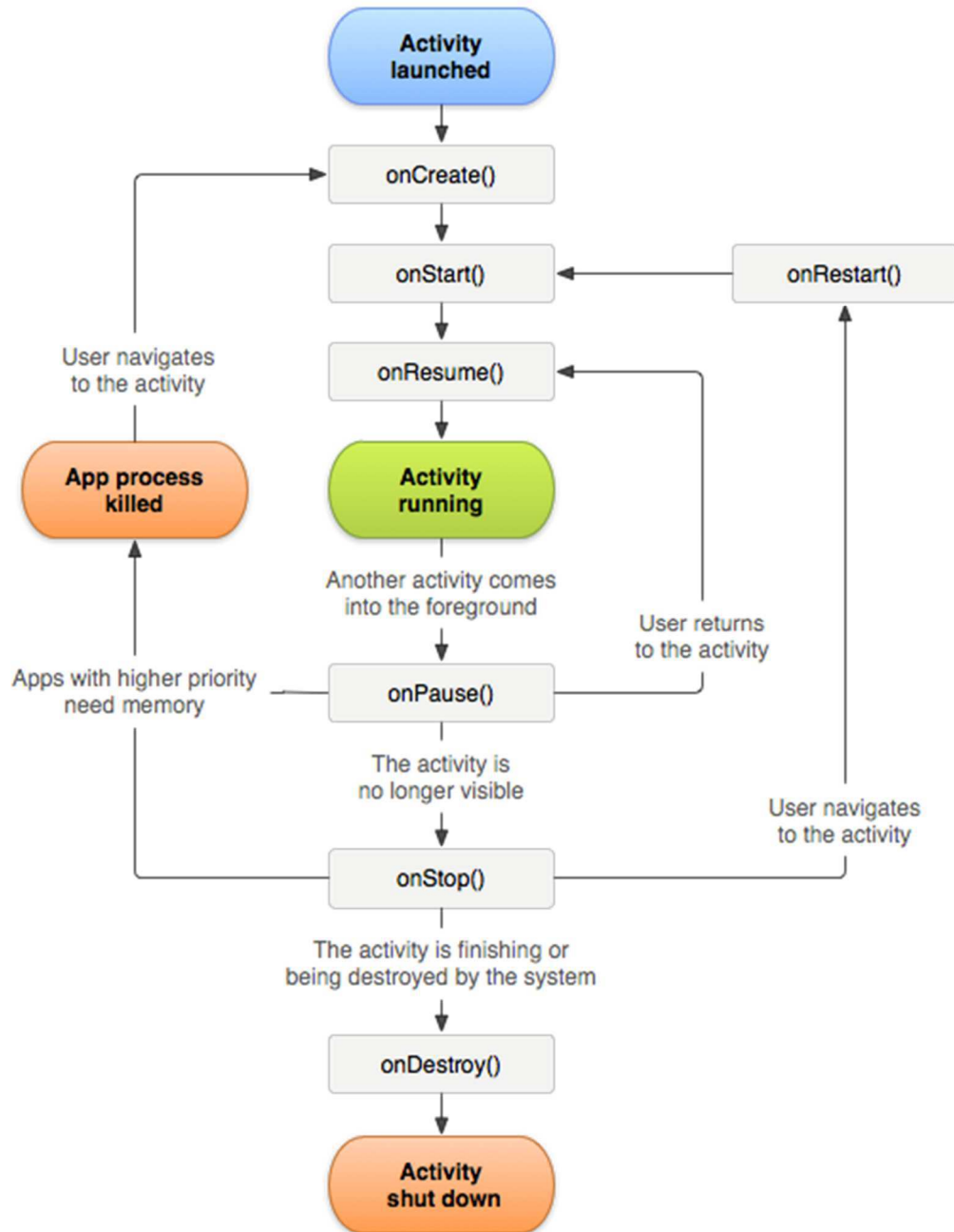


Рисунок 2.4.4 – Жизненный цикл Activity

Сначала создаётся первый activity, который будет точкой входа в приложение.

MainActivity.cs.

```
namespace Tachometr
{
    [Activity(Label = "Tachometr", MainLauncher = true, Icon = "@drawable/icon")]
    public class MainActivity : Activity
    {
        protected override void OnCreate(Bundle bundle)
        {
            base.OnCreate(bundle);
            SetContentView(Resource.Layout.Main);
        }
    }
}
```

Листинг 2.4. Класс MainActivity.cs.

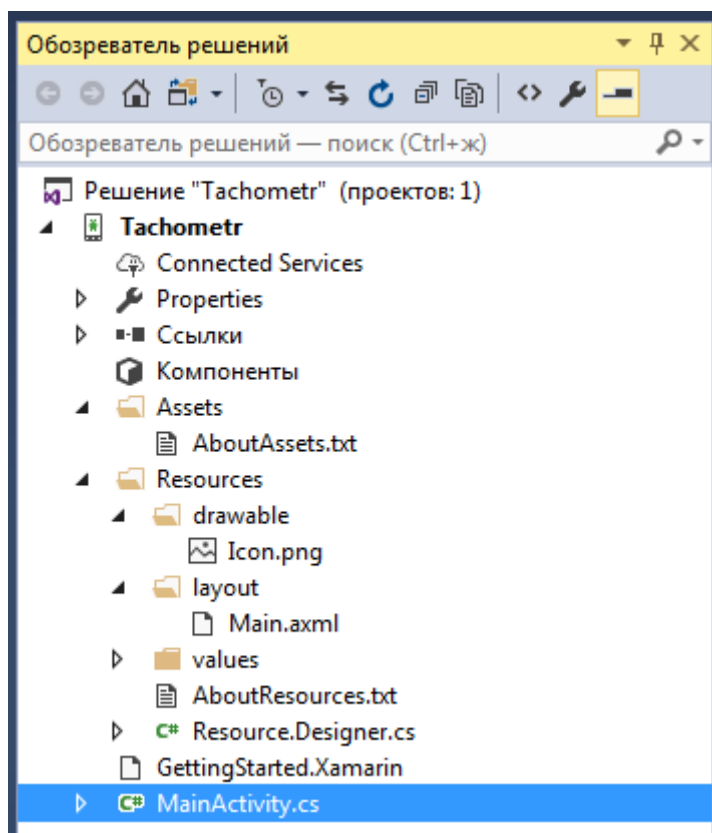


Рисунок 2.4.5 – Структура проекта Xamarin.Андроид, класс MainActivity

Далее были добавлены:

- кнопка, для просмотра списка доступных устройств;
- текстовое поле, для вывода скорости;
- картинка.

На рисунке 2.4.6 продемонстрировано как изменилось приложение в редакторе axml.



Рисунок 2.4.6 – Редактор axml

3 ПРИМЕРЫ РАБОТЫ

3.1 Тахометр

На рисунке 3.1.1 представлен тахометр с датчиком Холла.

Устройство состоит из нескольких блоков:

- 1) блок индикации частоты вращения ротора;
- 2) блок управления;
- 3) блок питания;
- 4) блок коммутации.

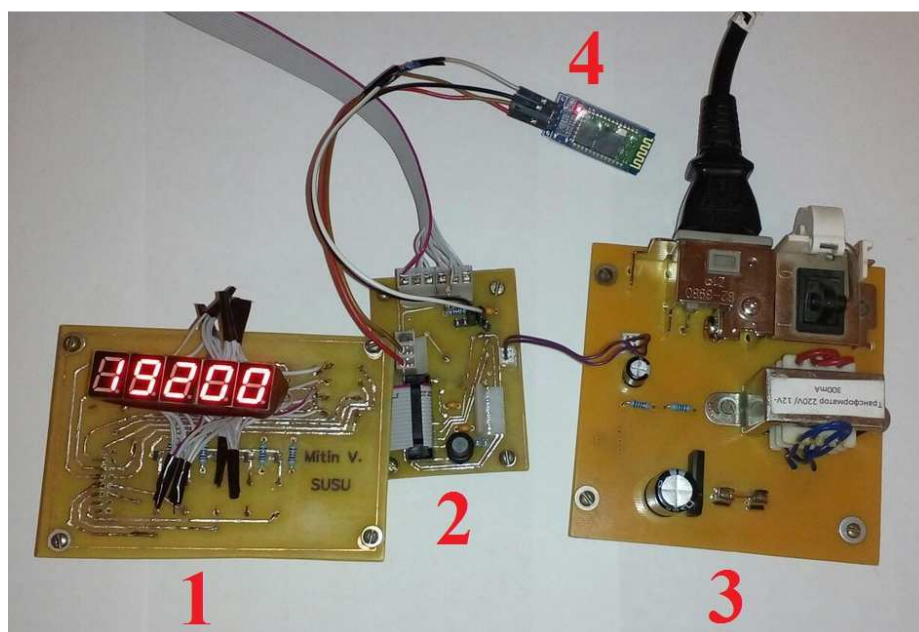


Рисунок 3.1.1 – Тахометр

3.2 Приложение

При запуске приложения загружается экран индикации частоты вращения ротора с изображением микротурбины Capstone C200 и с кнопкой для возможности выбора подключаемого устройства. Также присутствует поле, в котором будет отображаться частота вращения ротора после подключения к тахометру.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР

Лист

54

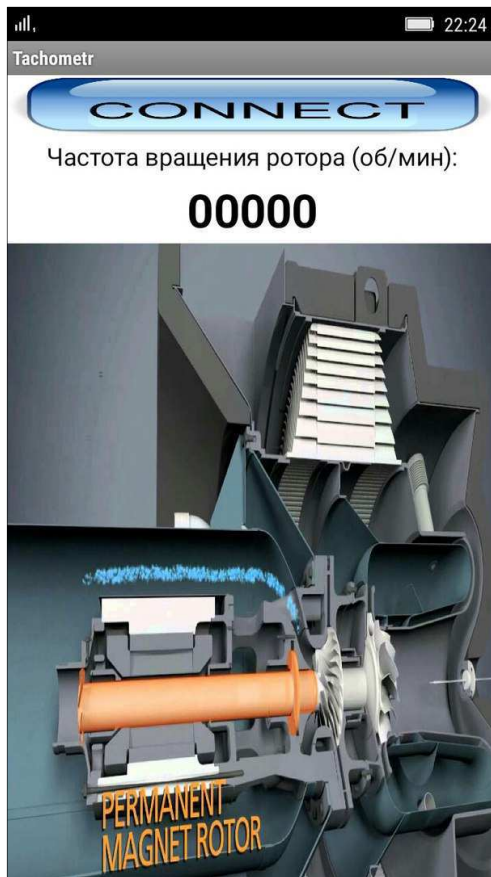


Рисунок 3.2.1 – Внешний вид экрана приложения

Поле нажатия пользователем кнопки Connect откроется экран списка доступных для подключения устройств.

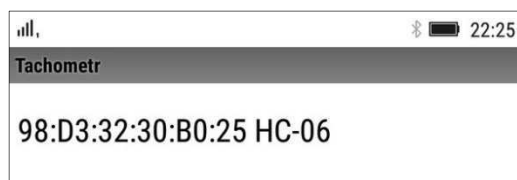


Рисунок 3.2.2 – Экран списка доступных для подключения устройства

После подключения к устройству автоматически осуществляется переход на экран индикации частоты вращения ротора.

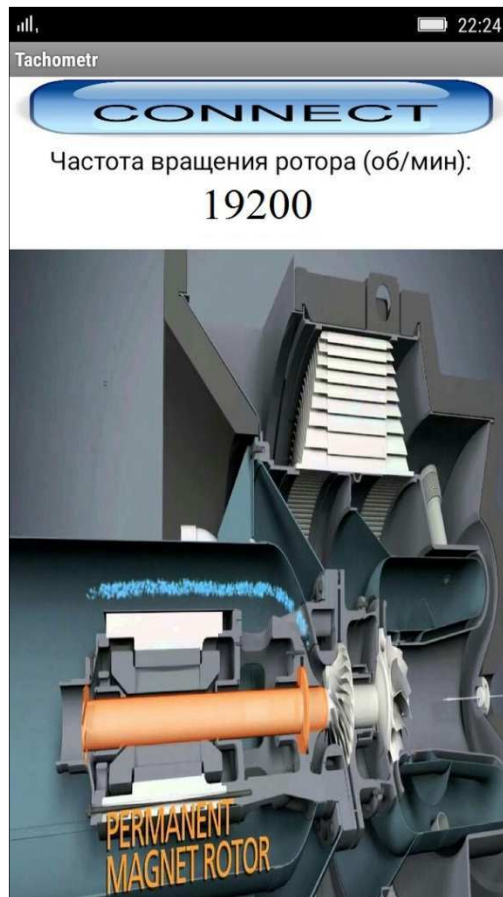


Рисунок 3.2.3 – Экран индикации частоты вращения ротора

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные результаты работы:

1. Разработано устройство для измерения частоты вращения ротора в микротурбинной установке.
2. Изучена технология программирования, использующая фреймворк Xamarin и архитектура ОС Андроид.
3. Разработано мобильное приложение «Tachometer» для ОС Андроид.

В настоящее время разработанный программно-аппаратный комплекс подготовлен к опытной эксплуатации.

Доработка мобильного приложения имеет смысл только после окончания тестирования измерительного устройства.

Возможными путями развития приложения являются:

- 1) добавление нового функционала;
- 2) разработка базы данных.
- 3) реализация веб-сайта;
- 4) реализация на других мобильных платформах;
- 5) улучшение интерфейса для различных устройств;

					09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Сравнение микроконтроллера и микропроцесса –
<https://goo.gl/AvTqYR>
- 2 Типы корпусов микросхем – <https://goo.gl/TjozFv>
- 3 Проектирование самодельного цифрового тахометра –
<https://goo.gl/sEZsjy>
- 4 Принцип работы датчиков Холла – <https://goo.gl/NKiHZe>
- 5 Назаров, С. В. Введение в программные системы и их разработку / С. В. Назаров – М.: ИНТУИТ 2016. – 650 с.
- 6 Виглеб, Г. Датчики. Устройство и применение / Г. Виглеб – М.: Мир, 1989. – 196 с.
- 7 Волович, Г. Интегральные датчики Холла // Современная электроника / Г. Волович – М.: СТА-ПРЕСС, 2004. С. 26 – 31.
- 8 Баранов, В. Н. Применение микроконтроллеров AVR: схемы, алгоритмы, программы / В. Н. Баранов – М.: Додэка-21, 2006. – 287 с.
- 9 Евстифеев, А. В. Микроконтроллеры AVR семейства Tiny и Mega фирмы Atmel / А. В. Евстифеев – М.: Додэка-21, 2005. – 558 с.
- 10 Буч, Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений / Г. Буч – М.: Вильямс, 2010. – 720 с.
- 11 Бьянкуцци, Ф. Пионеры программирования. Диалоги с создателями наиболее популярных языков программирования / Ф. Бьянкуцци – СПб.: Символ-Плюс, 2010. — 608 с.
- 12 Голошапов, А. Google Android: программирование для мобильных устройств / А. Голошапов – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 448 с.

					09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

ПРИЛОЖЕНИЕ. ЛИСТИНГ ПРОГРАММЫ

Tachometer.c

```
# define F_CPU 8000000UL
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>
#define BAUD 9600
#define UBRR_VAL F_CPU/16/BAUD-1
unsigned char SEGMENT[] = {0x3F, 0x06, 0x5B, 0x4F, 0x66, 0x6D, 0x7D, 0x07, 0x7F, 0x6F};
unsigned char segcounter = 3;
volatile long int hall = 0;
volatile unsigned long int speed = 0;
volatile int counter = 0;
volatile unsigned long int temp = 0;
char buf[5] = {0, 0, 0, 0, 0};
int i = 0;

ISR(TIMERO0_OVF_vect)
{
    PORTA = 0xFF;
    PORTD = ~(1 << segcounter);

    switch(segcounter)
    {
        case 3:
            PORTA = ~(SEGMENT[speed % 100000 / 10000]);
            buf[4] = PINA & (1 << 3);
            break;
        case 4:
            PORTA = ~(SEGMENT[speed % 10000 / 1000]);
            buf[3] = PINA & (1 << 4);
            break;
        case 5:
            PORTA = ~(SEGMENT[speed % 1000 / 100]);
            buf[2] = PINA & (1 << 5);
            break;
        case 6:
            PORTA = ~(SEGMENT[speed % 100 / 10]);
            buf[1] = PINA & (1 << 6);
            break;
        case 7:
            PORTA = ~(SEGMENT[speed % 10]);
```

										Лист
										59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР					

```

        buf[0] = PINA & (1 << 7);
        UDR = buf[0] + 112;
        i = 1;
        break;
    }
    if(segcounter++ > 6)
    {
        segcounter = 3;
    }
}

```

```
ISR(TIMER2_OVF_vect)
```

```

{
    counter++;
    if(counter == 252)
    {
        speed = 60 * hall;
        counter = 0;
        hall = 0;
    }
}

```

```
ISR(INT0_vect)
```

```

{
    hall++;
}

```

```
ISR(USART_UDRE_vect)
```

```

{
    if(i != 5)
    {
        UDR = buf[i] - 15;
        i++;
    }
    else
    {
        i = 0;
    }
}

```

```
void Peset(unsigned int val)
```

```
{
```

						09.03.01.2017.234 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			60

```

cli();
DDRA = 0xFF;
PORTA = 0x00;
DDRD |= (1 << 3) | (1 << 4) | (1 << 5) | (1 << 6) | (1 << 7);
DDRD &= ~(1 << 0);
DDRD |= (1 << 1);
DDRD &= ~(1 << 2);
PORTD = 0b11111111;
UBRRH = (unsigned char)(val >> 8);
UBRRL = (unsigned char)val;
UCSRA = 0x00;
UCSRB |= (1 << TXEN);
UCSRB |= (1 << UDRIE);
UCSRC |= (1 << URSEL) | (1 << UPM1) | (1 << UCSZ0) | (1 << UCSZ1);
TCCR0 |= (1 << CS01) | (1 << CS00);
TIMSK |= (1 << TOIE0);
TCCR2 |= (1 << CS20) | (1 << CS22);
TIMSK |= (1 << TOIE2);
MCUCR |= (1 << ISC00) | (1 << ISC01);
GICR |= (1 << INT0);
sei();
}

int main(void)
{
    Pset(UBRR_VAL);
    while(1)
    {
    }
}

```

