

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет

Кафедра

Вычислительной техники

Вычислительная техника

Направление подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»

Профиль Вычислительные машины, комплексы, системы и сети

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ
РАБОТА БАКАЛАВРА**

на тему

Система статической балансировки тел вращения

Студент Орлов Александр Викторович
(подпись, дата)

Руководитель Брякин Л.А.
(подпись, дата)

Нормоконтролёр Кучин А.В.
(подпись, дата)

Работа допущена к защите (протокол заседания кафедры от 25.05.2018г.
№ 38-09-12).

Заведующий кафедрой Пашенко Д.В.
(подпись)

Работа защищена с отметкой хорошо (протокол заседания ГАК
от 21.06.18 № 21)

Секретарь ГЭК Е.И. Гурин

(подпись)

Пенза, 2018

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет

Кафедра

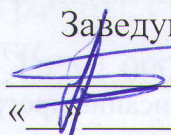
Вычислительной техники

Вычислительная техника

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой

Д.В. Пашенко

«» 2018 г.

**ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
БАКАЛАВРА**

1. Студент Орлов Александр Викторович гр. 14ВВ1 факультета
вычислительной техники.

2. Тема работы: «Система статической балансировки тел вращения».

Тема утверждена приказом ПГУ № 398а/о от "03" мая 2018 г.

3. Руководитель работы к.т.н., доцент каф. ВТ ПГУ Брякин Л.А.

4. Задание на работу (назначение разработки, исходные данные и т.п.).

Система предназначена для статической балансировки плоских тел вращения. Система должна определять место и массу дисбаланса и выдавать результат на цифровую индикации и в компьютер. Необходимо предусмотреть возможность калибровки системы.

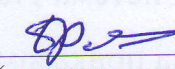
5. Перечень подлежащих разработке вопросов.

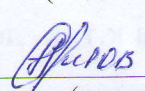
Требуется произвести анализ предметной области, выбрать функциональный состав системы, разработать структурную схему системы, осуществить выбор элементной базы, разработать принципиальную схему и алгоритм работы системы.

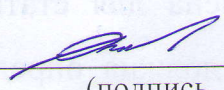
6. Календарный график выполнения работы

№ п/п	Наименование этапов работы	Объем работы	Срок выполнения	Подпись руководителя
1.	Анализ предметной области	10	09.05.18	
2.	Выбор компонентов для реализации принципиальной схемы	10	16.05.18	
3.	Составление принципиальной схемы устройства	20	16.05.18	
4.	Написание программы-прошивки для устройства	10	23.05.18	
5.	Отладка системы	10	23.05.18	
6.	Моделирование и поиск уязвимостей, исправление ошибок в работе системы	10	31.05.18	
7.	Оформление выпускной работы	30	06.06.18	

Дата выдачи задания "3" марта 2018 г.

Руководитель бакалаврской работы  3.03.18г. Брякин Л.А.
(подпись, дата)

Задание к исполнению принял студент  3.03.18г. Орлов А.В.
(подпись, дата)

Работу к защите допустить
Декан факультета  18.6.18 Фионова Л.Р.
(подпись, дата)

Реферат

Тема дипломного проекта: «Система статической балансировки тел вращения». Расчетно-пояснительная записка содержит 60 страницы, включая: таблиц - 5, рисунков - 30, приложения - 3, источников - 14.

Ключевые слова: МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА, СТАБИЛИЗАЦИЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ ТЕЛ.

В дипломном проекте разработан алгоритм работы, структурная и принципиальная схемы ПГУ1.090301.18.002 ЭЗ, ПГУ1.090301.18.002 ПЭ1, ПГУ1.090301.18.002. ПЭ2.

Рассмотрены вопросы, связанные с развитием системы стабилизации вращающихся тел.

Произведен обзор и анализ существующих статических систем стабилизации вращающихся тел.

В результате проведенной работы создан проект, удовлетворяющий поставленной задаче, а именно, создан аппаратный комплекс, в состав которого вошел микроконтроллер PIC16F876, реализующая алгоритм балансировки вращающихся тел.

Данное устройство рекомендуется использовать для точной стабилизации тел вращения. Устройство может быть внедрено на предприятия, где имеется дело с высокоточными системами.

Подготовлена презентация собственной разработки
«Система статической балансировки тел вращения»

					ПГУ 1.090301.18.001 ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Система статической балансировки тел вращения Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов	
Разраб.		Орлов А.В.							
Провер.		Брякин Л.А.					1	1	
						ФВТ, каф. ВТ гр. 14ВВ1			
Н. Контр.		Кучин А.В.							
Утверд.		Пащенко Д.В.							

Содержание

Введение.....	6
1. Анализ предметной области и выбор пути решения проблемы.....	7
1.1 Проблемы статической балансировки.....	7
1.2 Обзор существующих решений проблемы.....	8
1.3 Выбор пути решения проблемы.....	11
2. Проектирование структурной схемы и алгоритма работы системы.....	13
2.1 Выбор функциональных блоков.....	13
2.2 Описание работы системы по структурной схеме.....	14
2.3 Разработка алгоритма работы системы.....	15
3. Проектирование принципиальной схемы.....	19
3.1 Выбор элементной базы.....	19
3.1.1 Общие сведения, описание и технические характеристики микроконтроллера.....	19
3.1.2 Выбор управляющего микроконтроллера.....	20
3.1.3 Управляющие регистры.....	22
3.1.4 Выбор микросхемы для интерфейса.....	25
3.2 Индикация.....	26
3.2.1 Общие сведения и анализ дисплеев.....	26
3.2.2 Символьная индикация.....	29
3.2.3 Обоснование выбора символьной динамической цифровой индикации.....	32
3.2.4 Алгоритм вывода данных на дисплей.....	33
3.3 Описание работы клавиш, общие сведения.....	33
3.4 Датчики на эффекте Холла.....	35

					ПГУ 1.090301.18.001 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Орлов А.В.			Система статической балансировки тел вращения Содержание Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Брякин Л.А.					1	2
						ФВТ, каф. ВТ гр. 14ВВ1		
Н. Контр.		Кучин А.В.						
Утверд.		Пащенко Д.В.						

3.5	Описание усилителей.....	36
3.6	Описание подключения круговой индикации.....	37
4.	Разработка принципиальной схемы.....	38
4.1	Описание работы системы.....	38
Заключение.....		46
Список используемых источников.....		47
Приложение А (перечень элементов 1).....		50
Приложение В (принципиальная схема).....		52
Приложение С (Презентация).....		54

Введение

Во время износа механизма и в процессе эксплуатации неуравновешенные детали приводят к появлению нежелательных центробежных сил, а затем к возможной вибрации нежелательных усилий на двигателя и выходу целой машины из строя.

Во время технологической обработки различных вращающихся деталей, к которым можно отнести шкивы, зубчатые колеса, валы, барабаны, лопасти вентилятора и прочие тела, из-за неоднородности металла и образующегося в нём при отливке и обработке раковин и пустот, трудно получить их полную уравновешенность. Неуравновешенность центров, причем не совпадающая с осью вращения, не является главной центральной осью инерции вращающейся детали. Процессом уравновешивания вращающейся детали называют балансировкой. Существует два вида балансировки - статическая и динамическая.

Статическая неуравновешенность появляется в деталях типа тонкого диска из-за смещения центра тяжести и, соответственно, устраняется статической балансировкой, основанной на стремлении центра тяжести расположиться ниже оси вращения по вертикали. Детали балансируют при вращении на параллелях (призмах). После отыскания места дисбаланса подбирают груз для его компенсации.

Дисбаланс валов, роторов является результатом неравномерного износа. Причем неуравновешенность ротора в сборе в несколько раз выше, чем отдельных деталей.

					ПГУ 1.090301.18.001 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 Анализ предметной области и выбор пути решения проблемы

1.1 Проблемы статической балансировки

Одной из основных характеристик тел во время вращения является их виброустойчивость. Чтобы уменьшить вибрации таких деталей и различных сборочных единиц, они в зависимости от способа балансировки, подвергаются статической или динамической балансировке на специальных станках или балансировочных стендах, а для шпиндельных сборочных единиц, которые имеют большие скорости вращения — балансировке в собственных опорах шпинделя.

Если заменить динамическую балансировку статической, то это не всегда может решить проблему балансировки, а порой даже увеличить динамическую несбалансированность.

Зачастую получить полную уравновешенность вследствие неоднородности материала, например, пустоты, раковины при отливке, возможные неточности при отливке деталей, их механической обработке и сборке невозможно. Неуравновешенность детали определяется тем, что ось вращения, которая не является к тому же главной центральной осью вращения, не совпадает с центром тяжести детали, а кроме того. Такой процесс уравнивания вращающейся детали называют балансировкой.

Основной недостаток статической балансировки, заключающийся в невозможности обнаружить моментную неуравновешенность роторов и сложность быстрого обнаружения и балансировки центра массы из-за банальных механизмов балансировки, которые не являются совершенными и по сути устаревшими на сегодняшний день. Время, требуемое на балансировку, может занять не один десяток минут. К тому же это время может увеличиваться в зависимости от массы балансируемой детали. Поэтому область применения в технике статической балансировки роторов весьма ограничена.

					ПГУ 1.090301.18.001 ПЗ	Лист 7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В настоящее время статическая балансировка используется для уравнивания роторов дискообразной формы, а также, когда целью уравнивания является приведения центра массы детали на ось вращения.

1.2 Обзор существующих решений проблемы

Наиболее современными балансировочными станками для статического уравнивания роторов и других тел вращения являются станки, которые позволяют провести данный процесс в динамическом режиме.

Сегодня существует несколько совсем примитивных приспособлений нахождения места дисбаланса. Такие приспособления возможно изготовить самостоятельно, так как они очень просты и недороги, однако работа на таких станках сводится практически к нулю, так как затрачиваемое время на балансировку очень велико, качество порой далеко до идеального. Рассмотрим некоторые конструкции.

Простейшим устройством для статической балансировки являются ножи или призмы, которые устанавливаются строго на идеально горизонтальной поверхности, что сложно выполнить без специальных приборов. Отклонение от горизонта в плоскостях параллельной и перпендикулярной оси колеса, не должно превысить 0,1 мм на 1 м. Средством проверки может служить уровень соответствующей точности. Колесо “ложится” на оправку, имеющую опорные шлифовальные шейки, или вал с заранее проверенной точностью.

					ПГУ 1.090301.18.001 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

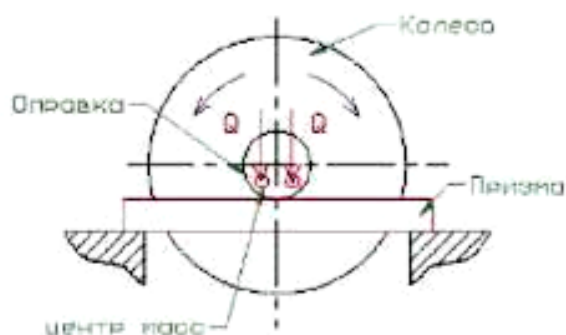


Рисунок 1 – Станок на основе параллельных призм (ножей)

Шейки оправки или вала и прочие рабочие поверхности деталей должны быть практически идеально отшлифованными для снижения трения, иначе сложно будет говорить о точности результата. Призмы в этом случае будет необходимо зафиксировать на жестком основании.

Если дать колесу возможность свободно перекатываться по ножам, то после остановки центр масс колеса займет положение не совпадающее с нижней точкой из-за трения качения. При вращении колеса в другую сторону, после остановки займет иное положение. Среднее положение нижней точки детали соответствует положению центра масс устройства при статической балансировки. Для них не требуется точная горизонтальная. Точность определения центра масс меньше из-за дополнительного трения в подшипниках качения роликов, к тому же остаётся вопросом сила необходимая для уравнивания такого ротора.



Рисунок 2 – Двухдисковый станок

Применяются устройства для статической балансировки роторов в собственных подшипниках для снижения трения в них. Это определяет точность балансировки. В этом случае применяют вибрацию основания или вращение наружных колец опорных подшипников в разные стороны. Это помогает детали лучше стабилизироваться и уменьшить силы трения, однако полностью они никуда не исчезнут.

1.3 Постановка задачи

Необходимо решить задачу статической балансировки путём определения и выявления действующих сил тяжести на центральную ось симметрии, находящуюся в вертикальном положении, что позволит ускорить процесс балансировки и сделать его более точным, а также вывести значения действующих сил на индикацию и выделить вектор их направленности, обозначив его на круговой индикации.

1.4 Актуальность использования статической балансировки

Задачей статической балансировки является приведение центра тяжести на ось вращения, т. е. обращение оси вращения в центральную ось инерции. В этом случае при вращении детали не будет возникать суммарной центробежной силы, но может остаться пара сил инерции, зависящая от величины центробежных моментов инерции. Если

деталь по длине имеет небольшие размеры, то величины этих пар сил инерции невелики, и поэтому можно бывает ограничиться одной статической балансировкой. Например, статической балансировкой можно ограничиться в случае таких деталей, как маховики, неширокие шкивы, зубчатые колеса и т. п. Но для барабанов, длинных трубчатых валов и роторов различного рода, если они имеют высокое число оборотов (например, турбинные роторы), необходима динамическая балансировка, задачей которой является обращение оси вращения в главную центральную ось инерции, т. е. такую, при вращении около которой в детали не возникает не только центробежной силы, но и пары сил инерции, зависящей от центробежных моментов инерции ее масс.

1.5 Выбор пути решения проблемы

Для решения данной проблемы было решено использовать аналог балансировочных весов, позволяющее получить наиболее точные результаты.

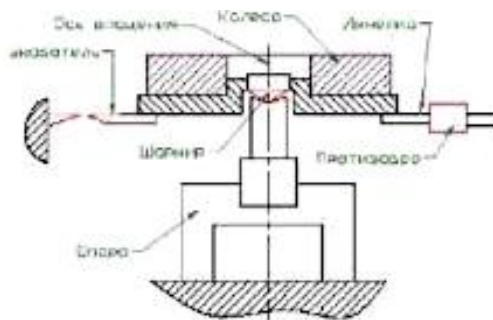


Рисунок 3 – Станок на основе балансировочных весов

Деталь устанавливается на оправку по оси шарнира, который сможет качаться в двух плоскостях. При установке колеса в различных положениях его уравнивают противовесом, по величине которого находят место и дисбаланс колеса.

Для решения поставленной проблемы в данной работе, было принято решение о целесообразности создания системы на основе использования микроконтроллера PIC16F876, структурная схема которого представлена на рисунке 4.

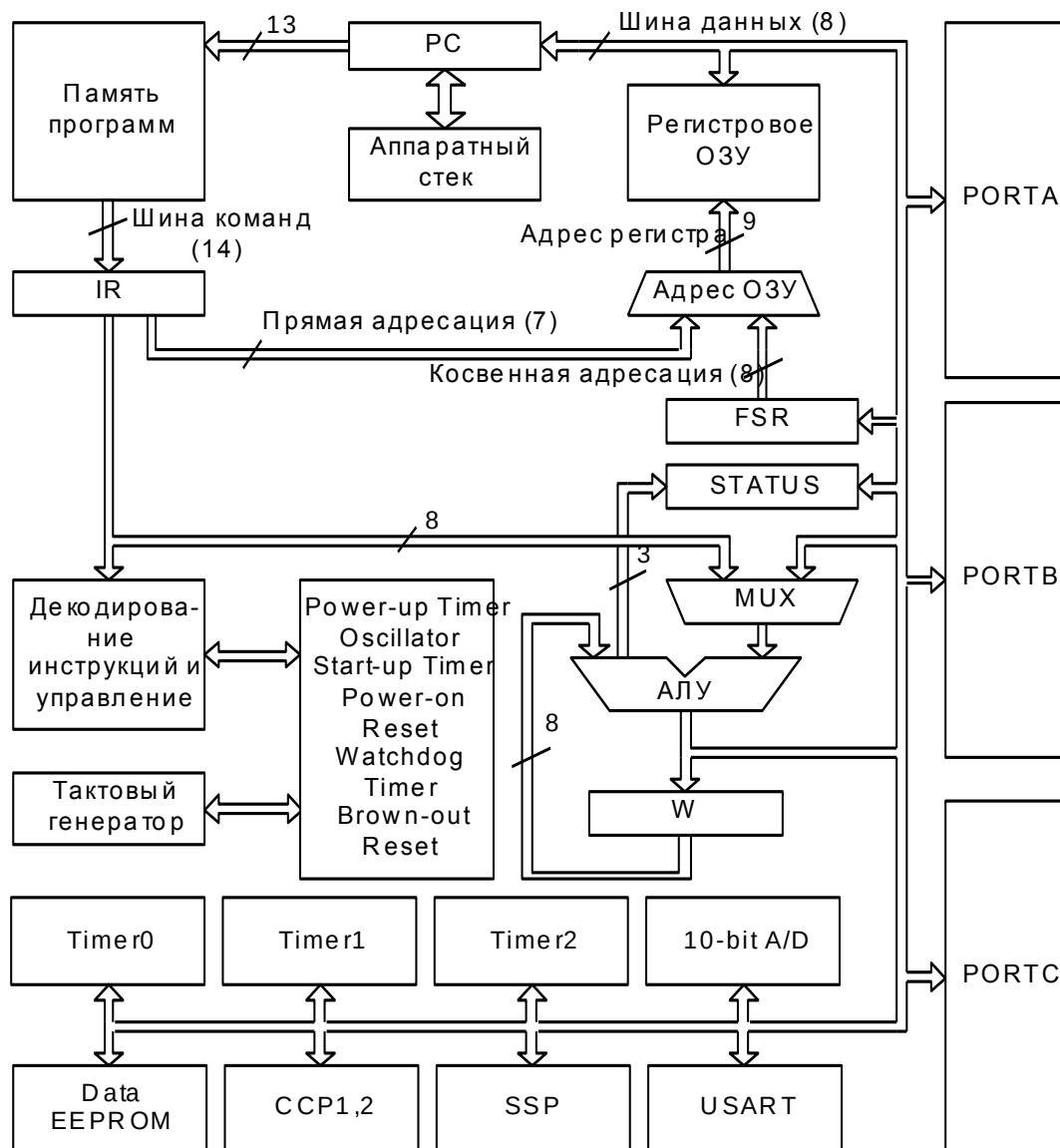


Рисунок 4 - Структурная схема микроконтроллера PIC16F876

Подробное описание данного микропроцессора будет рассмотрено в п 3.1.1.

2 Проектирование структурной схемы и алгоритма работы системы

2.1 Выбор функциональных блоков

Для начала рассмотрим структурный состав системы, который включает следующие элементы:

- Клавиши;
- Контроллер;
- Датчики;
- Интерфейс;
- Индикация;
- Усилитель

Рассмотрим работу проектируемой системы.

Клавиши 1, 2 предназначены для выбора режима работы системы.

При нажатии кнопки "1" происходит выбор начала измерения стабилизационных параметров.

Контроллер подаёт тестовые сигналы, замеряет угол отклонения и силу дисбаланса, выводит информацию на семисегментную индикацию.

Источниками информации является дисплей.

Признак окончания работы – выводы на индикацию нулевых значений.

Имеется возможность подключения к прибору персонального компьютера, а также подключения дополнительной круговой индикации.

Интерфейс микросхема (MAX232), которая преобразует выходной сигнал микроконтроллера на компьютер для работы.

В заключении результат выводится на табло индикации, а именно: необходимая масса груза для стабилизации детали, а также угол дисбаланса детали.

2.2 Описание работы системы по структурной схеме

Структурная схема отображает основные, функциональные части изделия, их назначение и основные взаимосвязи. Эта схема служит для общего ознакомления с разрабатываемой системой.

Система работает следующим образом. С помощью клавиатуры выбирается режим работы. При выводе на индикацию нулевых значений следует нажать на кнопку «Измерение». Контроллер считывает показания с датчиков и выводит на индикацию показания угла отклонения балансируемого элемента и массу необходимого груза для балансировки детали. Процесс продолжается до тех пор, пока на индикации не появятся нулевые значения на двух индикациях. Это будет означать, что установленная деталь отбалансирована.

Следует отметить, что возможна другая ситуация. После запуска системы на индикации могут появиться значения отличные от нуля. Это означает, что система нуждается в калибровке. Для этого следует нажать вторую кнопку «Калибровка». На индикации высветится масса груза, которую необходимо установить для балансировки. Добившись нулевого значения и повторного нажатия «Калибровка», грузики убираются. После чего система переходит к обычному режиму работы. При необходимости всю эту информацию можно вывести на компьютер.

Структурна схема представлена на рисунке 5.

					ПГУ 1.090301.18.001 ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

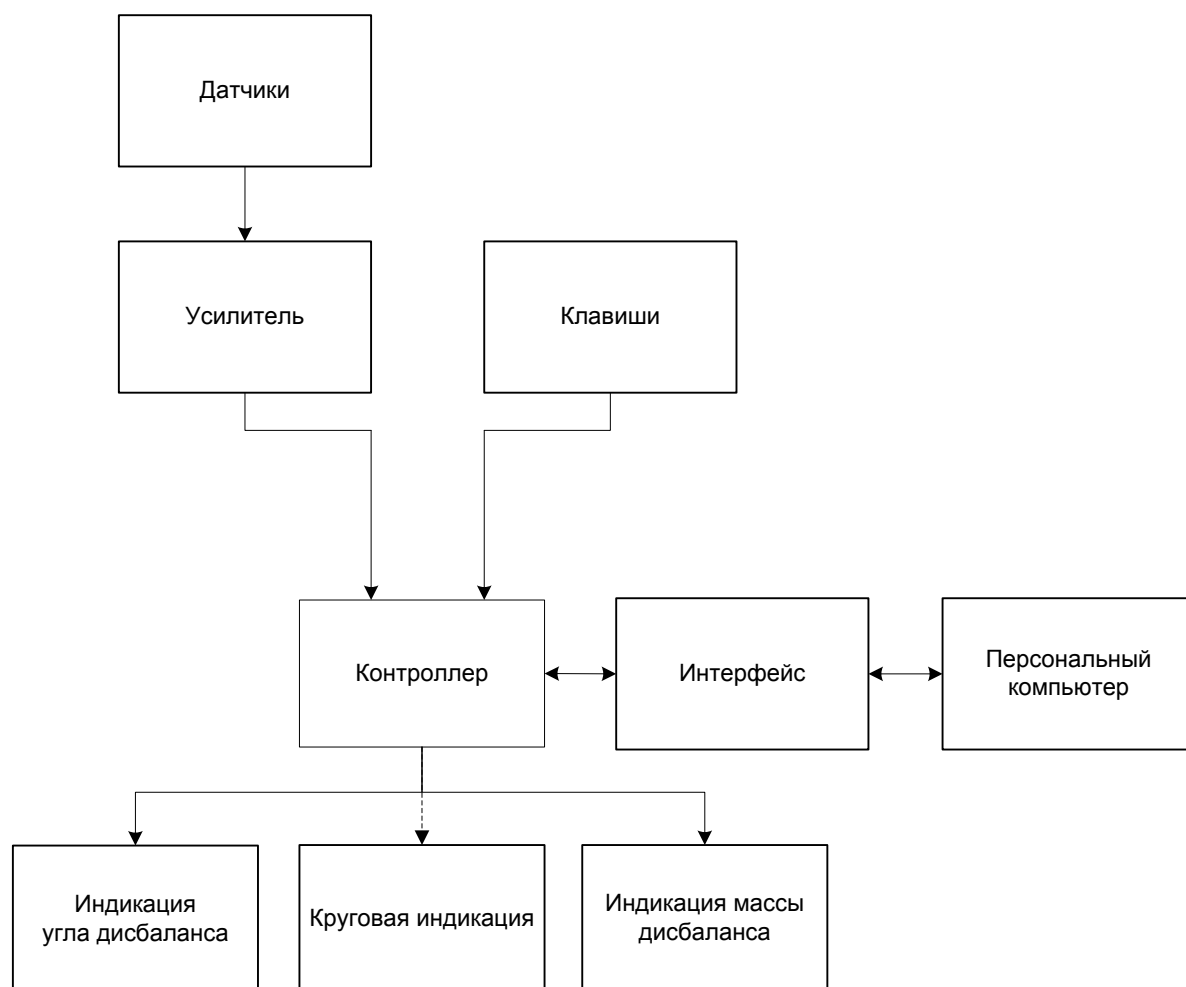


Рисунок 5 - Структурная схема прибора

2.3 Разработка алгоритма работы системы

Рассмотрим более подробно алгоритм работы проектируемой схемы изображенный на рисунке 6.

После подачи питания происходит выдача на индикацию начального состояния системы в виде вывода нулей на индикации. Система ожидает выбора одного из режимов работы – «Измерение» или «Калибровка» (кнопки 1 и 2 соответственно). При выдаче на индикации нулевых значений, на измерительную поверхность устанавливается объект балансировки и выбирается обычный режим работы кнопкой «Измерение». В этом случае происходит считывание информации с установленных датчиков, находящихся на двух осях системы X и Y. При измерении первое время

конструкция балансировочного станка будет колебаться, в связи с чем датчики считывают информацию с фиксированным периодом измерения и сравнивается колебание по осям до тех пор, пока значения разности пределов измерения не будут иметь допустимую погрешность отклонения. Затем происходит контрольное считывание значений с датчиков. По координатным осям определяется угол отклонения и соответственное усилие, т.е. масса. Значение массы по координатам будет определяться по формуле (1):

$$X = \frac{m_{\text{гр}}}{N_x - N_{x0}} * N_{\text{текущ}} \pm K_x, \quad (1)$$

где $m_{\text{гр}}$ – масса установленного балансировочного груза, N_x – значение координаты, считанной с датчика, N_{x0} – нулевое значение по координате, $N_{\text{текущ}}$ – значение текущей координаты, K_x – значение масштабного коэффициента калибровки.

В процедуре математической обработки показаний рассчитывается необходимая масса грузика и угол для балансировки исходного объекта, после чего следует вывод на индикацию. Математическая обработка места необходимой установки балансировочного груза на детали будет определяться по формуле:

$$\delta = \pm \arctg\left(\frac{N_y}{N_x}\right), \quad (2)$$

где N_y - значение координаты по оси Y, N_x - значение координаты по оси X.

При необходимости можно изменить вес груза и система заново обработает результат. Результат угла и массы также выведется на индикацию.

При запуске системы станок может оказаться неотбалансированным. Для этого случая предусмотрена вторая кнопка «Калибровка». После подачи питания и нажатия необходимой кнопки, необходимо установить балансирующие грузы станка, после чего произойдёт вывод информации на индикацию. При нажатии клавиши «Измерение» произойдет функция измерения с записью результата. Динамически результат будет

					ПГУ 1.090301.18.001 ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

обрабатываться и выводиться на экран. После чего необходимо будет снять грузики. Если на индикации ноль, то калибровка выполнена успешно. Для повторного измерения следует только изменить массу грузов. После установки нулевых значений на обоих датчиках калибровка считается оконченной и необходимо повторно нажать кнопку «Измерение» для выхода из данного режима работы. В это время система после снятия грузиков определит масштабные коэффициенты и запишет результат в память с выводом на индикацию. Масштабные коэффициенты для системы будут определяться по формуле (3) для каждой оси:

$$K_x = \frac{X}{X_T \pm C} \quad (3)$$

Где X – координата считанная в данный момент времени с датчика, X_T – текущее положение, C – константа.

Система будет считаться откалиброванной. Затем можно переходить к обычному режиму работы: система ожидает установки детали на станок для продолжения работы. Масштабные коэффициенты будут учитываться при определении балансировочных параметров установленных деталей.

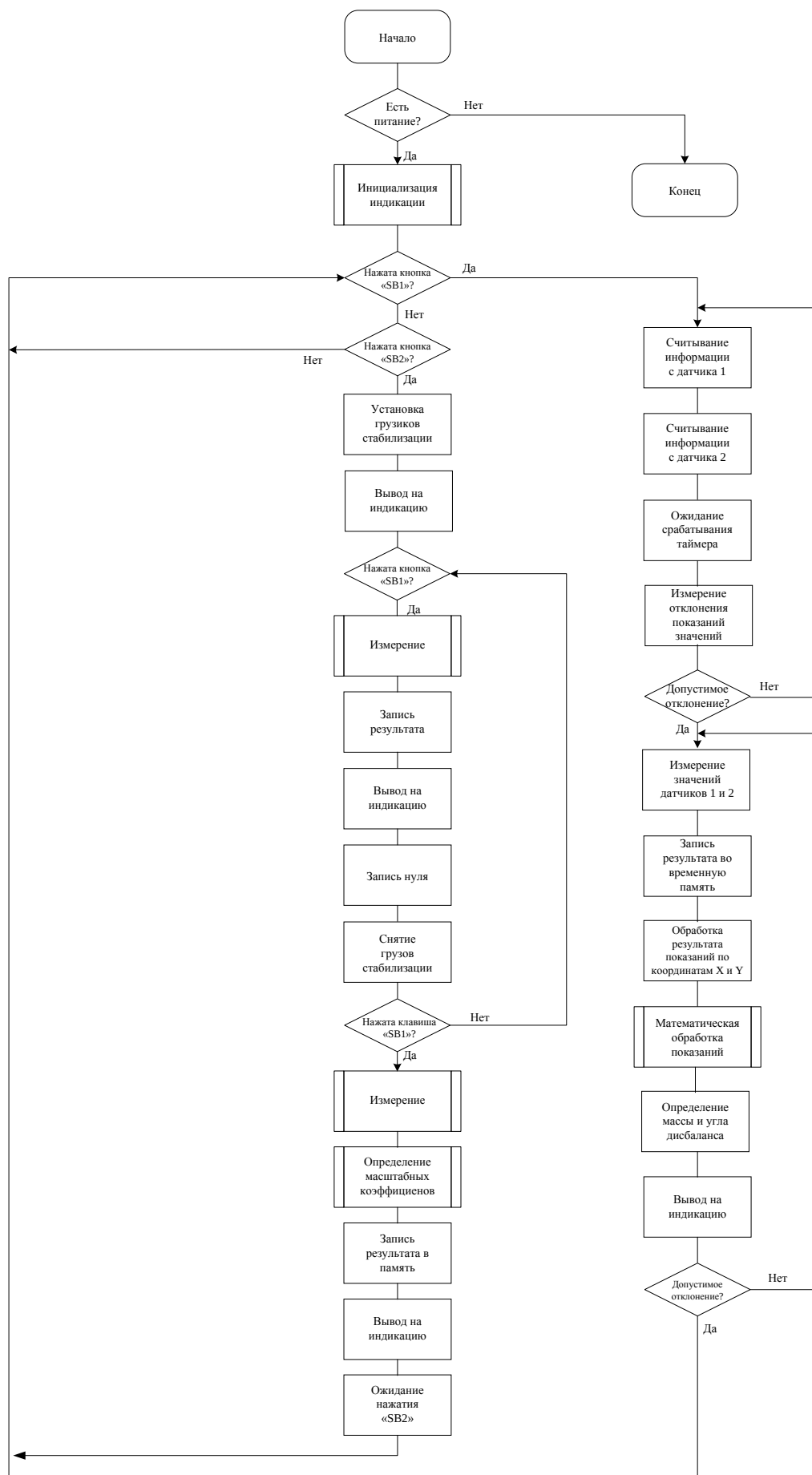


Рисунок 6 – Алгоритм балансировки

3 Проектирование принципиальной схемы

3.1 Выбор элементарной базы

3.1.1 Общие сведения, описание и технические характеристики микроконтроллера.

В настоящее время всё более широко применяются микроконтроллеры, к которым относятся ряд присущих им достоинств: универсальность в применении, возможность быстрой замены алгоритма и его функционирования, наличие встроенных последовательных интерфейсов, многоканальных аналого-цифровых преобразователей, также таймеров, параллельных поразрядно программируемых портов ввода и вывода цифровой информации, высокое быстродействие, которое достигается с помощью применения современной технологии и разделения памяти программ и данных, достаточной нагрузочной способности, надёжности, относительно малой потребляемой мощности, широкому диапазону питающих напряжений и разнообразие используемых способов программирования «внутри» каждого семейства PIC. На основе микроконтроллеров строятся микро-АТС, автоответчики, устройства для заряда батарей и аккумуляторов, модемы, пейджеры, системы управления автомобильными и электрическими двигателями, роботом, принтером, аудиосистемой, системы дистанционного управления объектами, кассовые аппараты, весы, счётчики воды и газа, регуляторы температуры и т.д [13].

PIC-микроконтроллеры фирмы MicroChip имеют большое распространение среди разработчиков благодаря их низкой стоимости, простоте в освоении, большому быстродействию контроллера и удобной периферии. Младшие модели, наподобие PIC12C508, имеют 25 регистров памяти данных и 512 слов памяти программ, один таймер, но не имеют прерываний, однако могут позволить сложные устройства. Во многих случаях вместо нескольких микросхем малой степени интеграции оправдано

					ПГУ 1.090301.18.001 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

применение микроконтроллеров, что позволяет не только удешевить устройство, но и сделать более надежным.

3.1.2 Выбор управляющего микроконтроллера

При выборе контроллера руководствуемся следующими требованиями:

- а) наличие встроенной энергонезависимой памяти;
- б) не менее 20 линий ввода/вывода (для подключения дисплея, клавиш и выходных сигналов);
- в) не менее 2-х линий 10-и разрядного АЦП;
- г) не менее 20 линий ввода/вывода (для подключения дисплея клавиатуры, выходных сигналов);
- д) более 16кБ памяти EEPROM.

Наиболее подходящий однокристальный микроконтроллер PIC16F876 фирмы MicroChip. Структурная схема микроконтроллера PIC16F876 представлена на рисунке 4.

Микропроцессорный контроллер PIC16F876 выполнен на основе ядра PIC16, как имеющий достаточно развитую периферию[14].

Рассмотрим особенности архитектуры микропроцессора.

Согласно RISC архитектуре, контроллер имеет отдельную память программ и данных. Счётчик команд (PC) и регистр статуса (STATUS) также имеют свои адреса и доступны как регистры.

Все периферийные устройства адресуются как регистры памяти данных.

Присутствие в наименовании микроконтроллера буквы F обозначает наличие FLASH-памяти программ, буква C обозначает использование CMOS-технологии (комплементарная металл-окисел-полупроводник технология). Для большинства разновидностей микроконтроллеров PIC напряжение питания составляет от 4 до 5.5 вольт если микросхема не имеет

символа L в своём наименовании и от 2 до 5.5 вольт если буква L присутствует в наименовании.

Корпус: буква P обозначает пластмассовый корпус типа DIP.

Контроллер PIC16F876 имеет несколько особенностей, таких как сброс питания при уменьшении напряжения ниже допустимого значения, отдельные биты защиты для младшей и старшей половин ПЗУ и программирование без второго источника питания при питании 5 вольт.

На выполнение любой команды требуется четыре такта синхронизации, за исключением команд ветвления, которые при невыполнении условия требуют еще четыре такта для исполнения команды NOP вместо пропускаемой команды. Контроллер PIC16F87х имеет десятиразрядный аналого-цифровой преобразователь (АЦП) с селектором (аналоговым коммутатором) на входе, позволяющем выбирать один из пяти источников напряжения у 28 ножечных микросхем и один из восьми – у 40 ножечных. Кроме того, имеется возможность задавать верхнее или оба опорные напряжения, определяющие допустимый диапазон изменения входных аналоговых сигналов [14].

После окончания преобразования АЦП вырабатывает прерывание, которое можно запретить в регистре PIE1. Результат преобразования хранится в регистрах ADRESH по адресу 1Eh и ADRESL по адресу 9Eh. Конфигурация АЦП задается регистрами ADCON0 по адресу 1Fh и ADCON1 по адресу 9Fh. Седьмой бит регистра ADCON1 позволяет выбрать режим выравнивания результата. Если он равен 1, то регистр ADRESH содержит старшие два бита результата, а регистр ADRESL – младшие восемь, а если он равен 0, то регистр ADRESH содержит старшие восемь бит результата, а регистр ADRESL в старших двух битах содержит младшие два бита результата. Младшие четыре бита регистра ADCON1 определяют конфигурацию входов [14].

Таблица 1 – Назначение выводов PIC16F876

Ножка	Название	Назначение
1	MCLR/Vpp/THV	Сброс (нулевым уровнем), либо напряжение питания при программировании
2	RA0/AN0	RA0/Нулевой вход АЦП
3	RA1/AN1	RA1/Первый вход АЦП
4	RA2/AN2/Vref-	RA2/Второй вход АЦП/Нижнее опорное напряжение
5	RA3/AN3/Vref+	RA3/Третий вход АЦП/Верхнее опорное напряжение
6	RA4/T0CKI	RA4 имеет открытый сток, если сконфигурирован как выход/Вход импульсов Timer0
7	RA5/SS/AN4	RA5/Четвертый вход АЦП/Один из входов SSP
8	Vss	Земля
9	OSC1/CLKIN	Вход тактовой частоты/один из выводов кварца
10	OSC2/CLKOUT	Выход тактовой частоты/один из выводов кварца
11	RC0/T1OSO/T1CKI	RC0/один из выводов кварца для Timer1/Вход для Timer1
12	RC1/T1OSI/CCP2	RC1/один из выводов кварца для Timer1/Вход CCP2
13	RC2/CCP1	RC2/Вход CCP1
14	RC3/SCK/SCL	RC3, а также при использовании SSP
15	RC4/SDI/SDA	RC4, а также при использовании SSP
16	RC5/SDO	RC5, а также при использовании SSP
17	RC6/TX/CK	RC6, а также при использовании SSP или USART
18	RC7/RX/DT	RC7, а также при использовании SSP или USART
19	Vss	Земля, общий провод, нулевой потенциал
20	Vdd	Положительное напряжение питания
21	RB0/INT	RB0/Вход прерывания
22	RB1	RB1
23	RB2	RB2
24	RB3/PGM	RB3/Вход программирования
25	RB4	RB4
26	RB5	RB5
27	RB6/PGC	RB6/Вход программирования
28	RB7/PGD	RB7/Вход программирования

3.1.3 Управляющие регистры

Область управляющих регистров содержит регистры ядра и регистры периферийных устройств. Для всех контроллеров PIC16 регистры ядра одинаковы и доступны в страницах памяти данных. Регистры периферийных устройств служат для связи с портами, таймерами и т.д. В зависимости от контроллера регистры могут отсутствовать или находиться на других адресах памяти, поэтому в основном описание регистров приводится вместе с описанием соответствующих устройств.

Данные по всем регистрам ядра приведены в таблице 3.

Таблица 2 – Регистры ядра

Адрес	Имя	7	6	5	4	3	2	1	0
00h	INDF	Данные при косвенной адресации							
02h	PCL	Младшие биты счетчика команд							
03h	STATUS	IRP	RP1	RP0	TO	PD	Z	DC	C
04h	FSR	Адрес при косвенной адресации							
0Ah	PCLATH	-	-	-	Старшая половина адреса				
0Bh	INTCON	GIE	PEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF

Регистр PCL является счетчиком команд. Запись в него или изменение его значения в результате арифметической операции вызывает переход в другое место программы. Поскольку адрес имеет более 8 разрядов, при таком переходе в качестве старшей половины адреса берется регистр PCLATH, так что его необходимо установить перед изменением PCL. Необходимо также устанавливать PCLATH перед переходом между страницами памяти программ, так как старшие биты PCLATH используют все команды перехода [1].

Регистр STATUS содержит флаги и биты страниц памяти данных RP0 и RP1. Назначение всех битов регистра приведено в таблице 4.

Таблица 3 – Регистр STATUS.

Бит	Имя	Назначение
7	IRP	9 бит номера регистра при косвенной адресации
6	RP1	Номер банка данных при прямой адресации
5	RP0	
4	TO	При нуле – сброс от WDT. Иначе по другой причине
3	PD	При нуле – сброс после выполнения SLEEP
2	Z	Флаг нулевого результата
1	DC	Дополнительный перенос между 3 и 4 битами
0	C	Переполнение, используется при всех сдвигах

Регистр FSR во всех контроллерах задает номер регистра при косвенной адресации. Если объем адресуемой памяти данных превышает 256 байт, в качестве дополнительного бита используется бит IRP регистра

STATUS. При косвенной адресации в качестве операнда используется регистр INDF с адресом 00h, который на самом деле указывает на регистр, адрес которого находится в FSR [1].

Регистр INTCON содержит флаги основных разрешенных прерываний, а также флаги, определяющие источник прерывания. Назначение всех битов регистра приведено в таблице 5.

Таблица 4 – Регистр INTCON.

Бит	Имя	Назначение
7	GIE	Установленный бит разрешает все прерывания
6	PEIE	Разрешает прерывания от аппаратуры
5	TOIE	Разрешает прерывания от Timer0
4	INTE	Разрешает прерывания от входа RB0/INT
3	RBIE	Разрешает прерывания при изменении состояния на входах PORTB
Бит	Имя	Назначение
2	TOIF	Произошло переполнение Timer0
1	INTF	Запрос на прерывание по входу RB0/INT
0	RBIF	Изменилось состояние входов порта PORTB

Биты 0, 1 и 2 устанавливаются при наступлении необходимых условий, даже если прерывания от этих источников запрещены битами 3..5. Эти биты должны сбрасываться программно для предотвращения повторного прерывания. Бит GIE сбрасывается при входе в процедуру обработки прерывания и устанавливается командой RETFIE, поскольку не предусматривается вложенность процедур обработки прерывания. Бит PEIE разрешает прерывания от периферии, более детально определенные в регистрах PIR1,2 и PIE1,2. У контроллеров, имеющих менее развитую периферию, этот бит не используется и всегда должен быть равен нулю.

Регистр OPTION_REG имеет адрес 81h и позволяет конфигурировать Timer0, вход прерывания, предварительный делитель и включать резисторы на входах PORTB. Этот регистр имеется у всех контроллеров PIC16, так как минимум интерфейсной части это Timer0 и порты PORTA и PORTB, например, у PIC16F84. Назначения битов этого регистра приведены в таблице 6.

Таблица 5 – Регистр OPTION_REG.

Бит	Имя	Назначение
7	RBPU	0 разрешает подтяжку входов PORTB к напряжению питания
6	INTEDG	Выбор фронта прерывания с входа RB0/INT. При 1 прерывание генерируется при переходе из 0 в 1.
5	T0CS	При 1 Timer0 подсчитывает фронты согласно биту T0SE на входе RA4/T0CKI, при нуле – циклы команд, т.е. частоту в четыре раза меньше тактовой.
4	T0SE	1 – Прибавление Timer0 при переходе из 1 в 0, при 0 – из 0 в 1.
3	PSA	1 – делитель подключен к WDT, 0 – к Timer0
2	PS2	Коэффициент деления делителя согласно таблице 7.
1	PS1	
0	PS0	

3.1.4 Выбор микросхемы для интерфейса

MAX232 - интегральная схема, преобразующая сигналы последовательного порта RS-232 в сигналы, пригодные для использования в цифровых схемах на базе ТТЛ или КМОП технологий. MAX232 работает приёмопередатчиком и преобразует сигналы RX, TX, CTS и RTS.

Микросхема MAX232 обеспечивает уровень выходного напряжения, используемый в RS-232 (приблизительно $\pm 7.5V$), преобразуя входное напряжение +5В при помощи схемы на переключаемых внешних конденсаторах. Это упрощает реализацию RS-232 в устройствах, работающих при напряжении питания +5В, так как не требуется усложнять источник питания только для того, чтобы использовать RS-232.

Входное напряжение от RS-232, которое может достигать ± 30 В, понижается до стандартных 5 В, используемых в транзисторно-транзисторной логике. Входы имеют средний порог 1.3 В и средний гистерезис 0.5 В.

Когда микросхема MAX232 получает на вход логический "0" от ТТЛ, она преобразует его в напряжение от +5 до +15В, а когда получает логическую "1" - преобразует её в напряжение от -5 до -15В, и по тому же принципу выполняет обратные преобразования от RS-232 к ТТЛ. Такая "инверсия" уровней обусловлена стандартом RS-232.

3.2 Индикация

3.2.1 Общие сведения и анализ дисплеев

Модули индикации предназначены для вывода информации системы в удобном для человека виде: в виде символов, рисунков или рисунков.

По принципу работы индикаторы делят на светодиодные, электролюминесцентные, жидкокристаллические, а также индикаторы, выполненные по технологии OLED (Organic Light-Emitting Diode – органические светоизлучающие диоды).

Индикация на основе светодиодов использует прямо-смещённый p-n-переход, испускающих видимый свет под действием прямого тока. По организации светодиодов различают индикацию с общими анодами, в которых аноды светодиодов объединены, и с общими катодами, в которых светодиоды объединяются катодами.

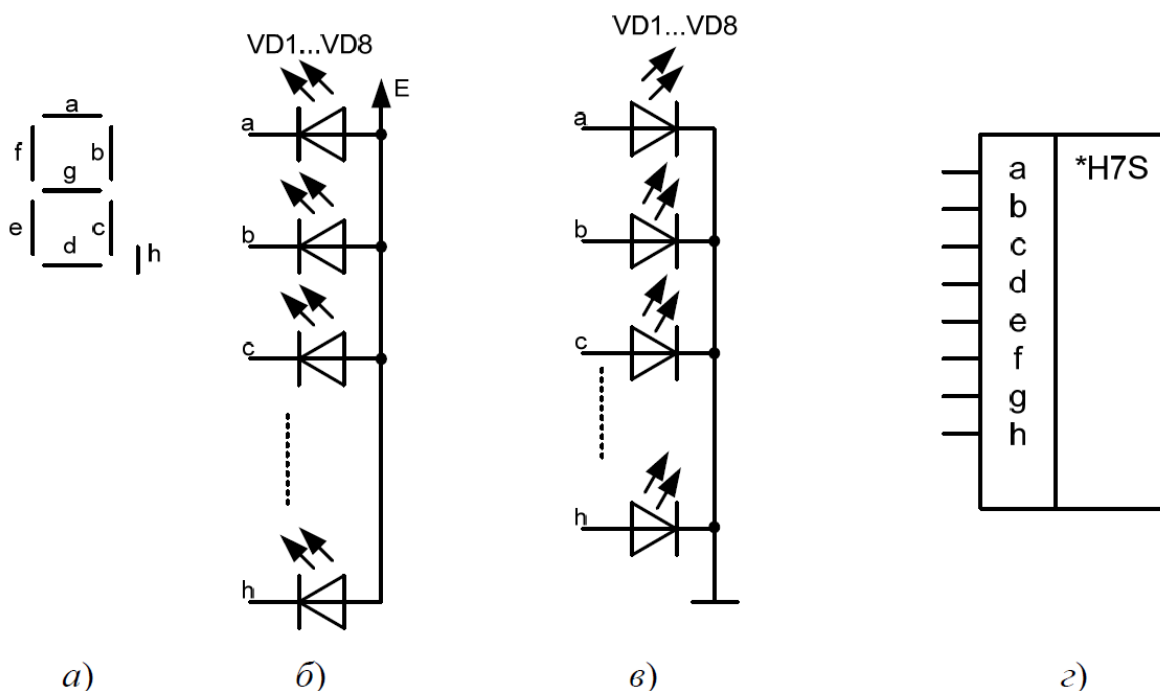


Рисунок 7 - Расположение сегментов в индикаторе (а), схемные решения светодиодных семисегментных индикаторов (б, в) и их возможное обозначение (г)

решения светодиодных семисегментных индикаторов (б, в) и их возможное обозначение (г)

В зависимости от организации используют разные дешифраторы, являющимися преобразователями кодов, которые преобразуют двоичный код десятичной цифры в сигналы управления сегментами или разные схемные решения управления светодиодными матрицами. Дешифраторы иногда имеют встроенные ограничители токов через светодиоды и не требуют применения внешних резисторов [2].

Люминесцентная индикация использует специальное покрытие анодов. Индикаторы имеют катод, управляющие сетку и множество анодов, которые располагаются с расчётом на вывод символов. Все электроды помещены в вакууме в плоском стеклянном баллоне. Катод реализуется в виде нескольких нитей накаливания, которые располагаются вблизи внешней поверхности прибора. В цепь накала подаётся переменное, синусоидальное или импульсное напряжение питания. Управляющая сетка позволяет включать или выключать символы подачей «плюсового» или нулевого напряжения относительно катода. Чтобы анод светился, на него подаётся

напряжение положительной полярности относительно катода величиной от 9 до 27 В. Ток потребляемый анодами очень мал. Сетка располагается между анодом и катодом. Переменное напряжение для питания катода требуется, чтобы обеспечить равномерное свечение всех разрядов многозарядного индикатора.

Недостатком люминесцентной индикации является необходимость применения и коммутации высокого напряжения, но хорошая контрастность информации и свечение являются положительными факторами и часто определяют выбор индикации.

Жидкокристаллическая индикация использует оптические эффекты. Под действием разности потенциалов меняется коэффициент поглощения света, а также может вращаться плоскость поляризации поляроида. Жидкокристаллические индикаторы потребляют малую мощность, однако недостатком может являться низкая контрастность изображения, требуются внешнее освещение или подсветка, может не работать на морозе и требуют знакопеременного напряжения, который позволяет повысить срок службы. При включении подсветки потребляемая мощность сильно возрастает. Сегодня существуют конструктивно законченные модули жидкокристаллической символьной и графической индикации, где для применения достаточно соблюсти протокол обмена информацией. Строятся подобные модули с использованием контроллеров, что упрощает формирование символов, поскольку вся необходимая информация о стандартных символах хранится в памяти контроллера. Подобные модули сохраняются в их памяти требуемые разработчику аппаратуры специальные символы, которые он сам формирует [1].

OLED-индикаторы подсвечиваются подобно светодиодам, которые требуют подачи тока для свечения. Для сравнения необходимо отметить, что контрастность изображения в жидкокристаллическом индикаторе составляет всего около 3 : 1, тогда как у OLED это значение может достигать до 5000 : 1, а это чрезвычайно важный параметр для восприятия информации

с дисплея. OLED-индикаторы выполняют в виде готовых модулей, управление которыми расписано в документации.

3.2.2 Символьная индикация

При рассмотрении проблемы подключения к контроллеру простейшей индикации, ориентированной на вывод символов десятичных цифр или простейших букв, синтезированы с использованием возможностей малосегментной индикации. Для формирования десятичных символов находят широкое применение семисегментные индикаторы.

Обратим внимание на общие принципы организации модулей индикации на уровне функциональных схем, не учитывая того, что светодиодная индикация требует применения резисторов для ограничения токов, электролюминесцентная требует применения повышенного напряжения.

В зависимости от обслуживания различных разрядов индикатора или различных сегментов различают индикацию статическую и динамическую.

Статическая индикация предполагает постоянное действие на каждый сегмент индикатора управляющего напряжения. Если предполагается индивидуальное управление каждым сегментом с целью сохранения возможности формирования специальных символов, то каждый семисегментный индикатор должен в этом случае управляться восьмиразрядным регистром рисунок 10, в качестве которого может выступать порт микроконтроллера.

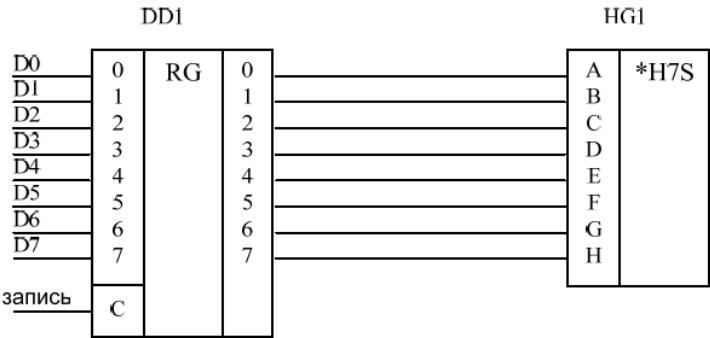


Рисунок 8 - Схема посегментного управления при статической организации индикатора

Если на индикацию необходимо выводить только символы десятичных цифр, то используется для управления каждым разрядом индикации специальный дешифратор, как показано на рисунке 9.

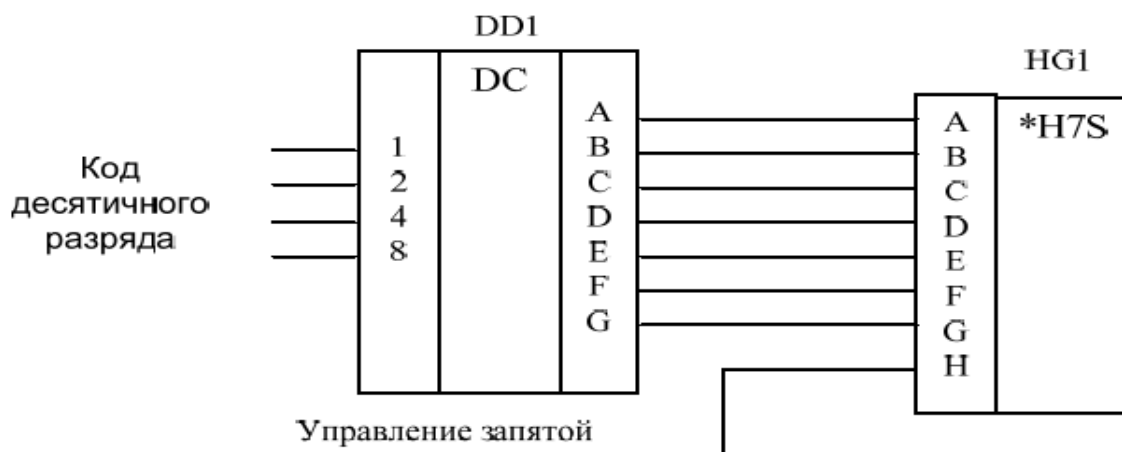


Рисунок 9 - Применение дешифратора в статической одnorазрядной индикации

Такое схемное решение требует формирования на входах дешифратора четырёхразрядного двоичного эквивалента выводимого на индикатор десятичного разряда. Так что при подключении к микропроцессорной системе на восьмиразрядный регистр будут выводиться два десятичных разряда. Но управление запятой должно выполняться специальными аппаратно-программными средствами.

Динамическая индикация при большом числе разрядов оказывается выгодной, поскольку требует меньшего объёма аппаратных средств. Периодизация вывода информации может происходить не только от разряда к соседнему, но и от выдачи информации посегментно. То есть в данный момент времени производится активизация, например, сегментов А всех разрядов индикации, затем сегментов В и т.д. При поразрядном управлении в случае индикации только десятичных цифр потребуется применение одного дешифратора десятичного кода в сигналы управления сегментами индикаторов.

Рассмотрим пример аппаратного решения модуля четырёхразрядной динамической индикации на базе регистровой памяти.

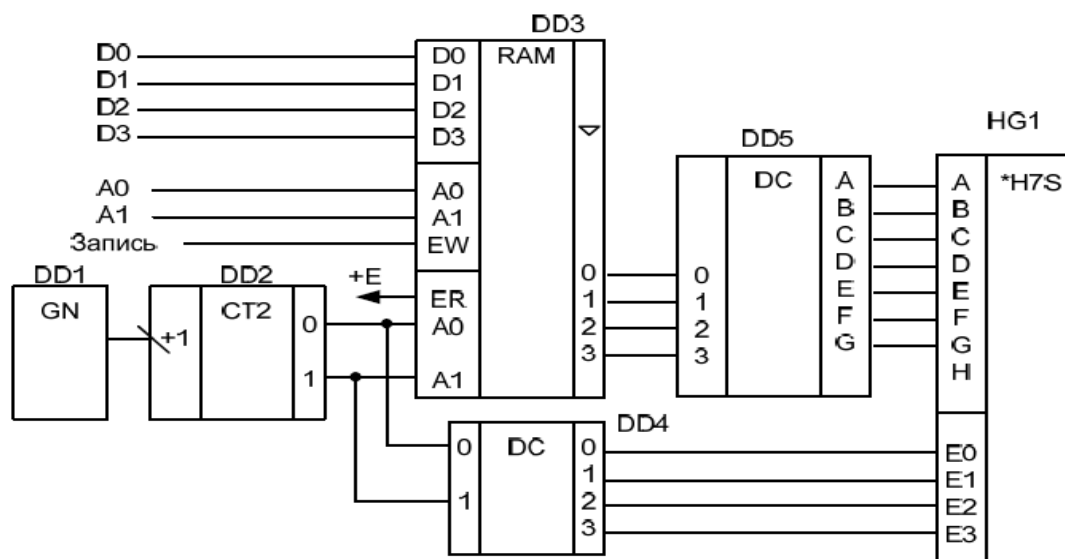


Рисунок 10 - Модуль динамической цифровой индикации на четыре разряда

Модуль содержит генератор импульсов DD1, двухразрядный счётчик DD2, четырёхразрядную регистровую память на четыре числа DD3, дешифратор DD4, дешифратор преобразования двоичного кода десятичного разряда в сигналы управления индикатором DD5, четырёхразрядный семисегментный индикатор HG1.

Особенностью регистровой памяти является то, что запись в неё нового числа под действием сигнала EW с указанным на линиях A0, A1 адресом может производиться независимо от процедуры чтения по сигналу ER с адреса, формируемого выходными разрядами счётчика DD2.

Модуль работает следующим образом.

С приходом очередного импульса с генератора DD1-счётчик переходит в очередное состояние. В результате из регистровой памяти DD3 извлекается код очередного десятичного разряда, который подаётся на входы дешифратора DD5. Одновременно состояние счётчика дешифрируется дешифратором DD4, который формирует разрешающий уровень логической единицы на том разряде индикатора HG1, в котором должен формироваться извлечённый из памяти в виде двоичного кода символ десятичного разряда.

Именно сегменты выбранного разряда будут светиться, а остальные разряды индикатора будут находиться в пассивном состоянии.

Через время периода генератора импульсов состояние счётчика увеличится и выводится состояние следующего разряда индикатора, который в течение следующего периода импульсов с генератора будет выводить информацию, а остальные разряды будут пассивны.

На рисунке 10 предложена схема модуля динамической индикации на четыре десятичных разряда с использованием светодиодного индикатора с общими анодами.

Для управления модулем требуется восемь выходов контроллера, чтобы управлять сегментами, и четыре выхода для динамического выбора разряда. Активными уровнями по всем входам является логический ноль.

3.2.3 Обоснование выбора символьной динамической цифровой индикации

Для упрощения схемы и уменьшения дороговизны устройства целесообразно использовать светодиодную индикацию (микросхема H7S SA56-21). Это модуль светодиодной индикации, имеющий 4 семисегментные изображения числовых значений. Управление этими сегментами возможно из контроллера, используя 7 выводов контроллера, т.е. порты, а восьмой вывод используется для запятой. Особенностью этого светодиодного индикатора заключается в её динамической работе, в этом случае программно будет выставляться таймер, который с определенной частотой “обслуживает” эту индикацию по прерыванию.

Семисегментный индикатор широко применяется в самых разных устройствах цифровой техники: от калькулятора до электронных часов. Семисегментный индикатор представляет собой матрицу из семи светодиодов продолговатой формы, размещенных таким образом, чтобы, зажигая их в разных сочетаниях, можно было бы отобразить любую десятичную цифру (арабские цифры от 0 до 9). Кроме семи основных

					ПГУ 1.090301.18.001 ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

сегментов индикатор чаще всего дополняют восьмым маленьким сегментом, который предназначен для отображения десятичной точки (запятой). Расположив в ряд несколько таких индикаторов, можно отображать любое десятичное число с плавающей запятой.

Применение простейших цифровых светодиодных индикаторов самый недорогой способ заставить микропроцессорное устройство отображать цифры. Такой способ работы индикатора позволяет экономить выводы микропроцессора и количество управляющих элементов (ключей).

3.2.4 Алгоритм вывода данных на дисплей

Работа цифрового индикатора в режиме динамической индикации очень напоминает смену кадров в фильме. В момент времени работает только один разряд. И каждый разряд показывает свою цифру. Разряды включаются по очереди, начиная с первого и заканчивая последним. Затем все начинается сначала. Такой способ работы индикатора имеет преимущество: он позволяет экономить выводы микропроцессора и количество управляющих элементов (ключей).

В общем случае микроконтроллер выдает данные для индикации, последовательно переходя от одного индикатора к другому. Каждая цифра будет высвечиваться в течение очень короткого интервала времени. Это обычно выполняется с помощью подпрограммы обслуживания прерываний таймера. Чтобы избежать мерцания изображения, подпрограмма должна выполняться со скоростью, обеспечивающий включение индикатора, по крайней мере, 50 раз в секунду. Чем больше цифр, тем чаще должны следовать прерывания от таймера. Например, при использовании восьми ССИ цифры должны выводиться со скоростью 400 раз в секунду.

3.3 Описание работы клавиш, общие сведения

Для ввода информации и выбора режима работы оборудования в простейших датчиках состояния системы широко используются кнопки – по

					ПГУ 1.090301.18.001 ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

сути являющиеся простейшими физическими конструкциями, осуществляющие при физическом воздействии на коммутацию электрической цепи путём замыкания или размыкания используемых механических контактов. Совокупность кнопок образует своего рода клавиатуру. Кнопки, работающие на замыкание контактов при нажатии, на размыкание, конструктивно могут быть реализованы без фиксации нажатого состояния или с фиксацией. Условные обозначения кнопок предложены на рисунке 12.



Рисунок 11 - Условные обозначения кнопок на замыкание (а), размыкание (б)

В современном мире под кнопкой уже может пониматься любая поверхность, нажатие на которую приводит к определённой реакции устройства, связанного с ней. Сегодня примером реализации таких кнопок могут быть сенсорные клавиши или кнопки, физически учитывающие то, что человеческое тело обладает ёмкостью 150 пФ. Сенсорная кнопка содержит небольшую токопроводящую площадь, касание которой или приближение пальца к которой меняет её ёмкость, меняются характерные параметры электрической схемы, связанной с этой площадкой, что и позволяет определить факт «нажатия» на кнопку. Возможным вариантом реализации сенсорной кнопки на современном микроконтроллере реализуется путём подключения к выбранному контроллеру площадки кнопки, как показано на рисунке 19.

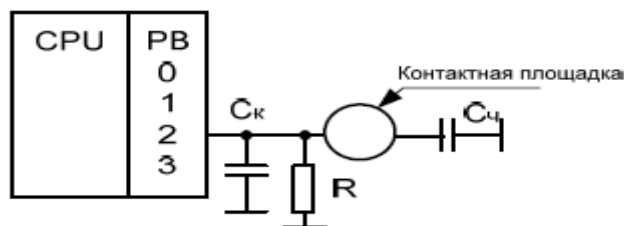


Рисунок 12 - Вариант реализации сенсорной кнопки на входе контроллера

Порядок определения состояния кнопки может выглядеть следующим образом:

- 1) вывод порта PB2 переходит в режим выхода;
- 2) на этом выводе формируется уровень единицы (к примеру +5 В);
- 3) вывод порта PB2 переходит в режим входа;
- 4) производится опрос состояния входа PB2 через интервал времени (интервал времени будет зависит от ёмкости площадки, вывода контроллера C_k , и сопротивления резистора R). Если уменьшающееся напряжение окажется ниже порогового напряжения на этом входе, то площадка оказалась нетронутой и с входа считывается логический ноль. При касании площадки и создании на выходе единицы, конденсатор заряжается, в этом случае суммарная ёмкость значительно больше, разряд ёмкости будет происходить медленнее и при считывании состояние входного сигнала окажется равным единице [5].

Такие кнопки обладают хорошей чувствительностью, даже если между площадкой и пальцем человека будет диэлектрик толщиной в несколько миллиметров. Однако на палец в перчатке такая кнопка не будет реагировать.

3.4 Датчики на эффекте Холла

Фирма «Honeywell» выпускает датчики положения, работающие с использованием магниторезисторов и приборов Холла. Для работоспособности этих датчиков используется дополнительно постоянные магниты, от положения которых и направления их магнитного поля зависит

выходной параметр датчиков. Магниторезисторы чувствительнее примерно в 200 раз, но обладают эффектом насыщения, что в датчиках на основе эффекта Холла проявляется в меньшей степени.

Выходное напряжение датчиков пропорционально величине действующего магнитного поля. При отсутствии магнитного поля на выходе датчика, имеющего встроенный усилитель, формируется постоянное напряжение, равное половине напряжения питания. Размах выходного напряжения и чувствительность этих датчиков пропорциональна напряжению питания.

Датчики SS19 и SS49 имеют диапазон измерения магнитного потока ± 400 Гаусс при напряжении питания (4...10)В и показывают чувствительность (0,6...1,25)мВ/Гаусс. Поскольку выходной сигнал формируется относительно постоянного исходного напряжения, в измерительном усилителе необходимо предусмотреть схему устранения постоянной составляющей.

Предполагается, что в данной работе будет использован датчик Холла серии SS49.

3.5 Описание усилителей

Микросхема серии LM324 – это просто и недорого операционный усилитель, который в своем составе имеет дифференциальный прямой вход и защиту от короткого замыкания.

В корпусе LM324 сожержится четыре операционных усилителя, которые не зависят друг от друга. Усиление по постоянному напряжению составляет 100 дБ. Для данного проекта это явилось явным преимуществом перед другими операционными усилителями такого же типа, которые используются в схемах с однополярным питанием. Операционный усилитель работает в широком диапазоне однополярного напряжения питания - от 3 В до 32 В, а также двухполярного – от 1,5 В до 16В. Микросхема производится в нескольких корпусах типа SOIC и DIP.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090301.18.001 ПЗ

3.6 Описание дополнительного подключения круговой индикации

В данном проекте для того, чтобы зрительно улучшить показания отклонения центровочного тела вращения предусмотрено возможное подключение дополнительной круговой индикации. Данная индикация будет рассматриваться, как упрощенный вариант зрительного восприятия отклонения калибровочного тела, а также более простого и точного указания для установки калибровочных грузов. Подключение данной опции происходит через дополнительный разъём ХР4, указанного на принципиальной схеме.

					ПГУ 1.090301.18.001 ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4 Разработка принципиальной схемы

Принципиальная схема - графическое изображение, служащее для передачи с помощью условных графических и буквенно-цифровых обозначений связей между элементами электрического устройства.

Принципиальные схемы служат основанием для разработки других конструкторских документов, например, схем соединений и чертежей; их используют для изучения принципов работы изделий, а также при их наладке, контроле, ремонте. Поэтому электрическая принципиальная схема должна быть максимально наглядной, удобной для чтения, отображать развитие рабочего процесса в изделии.

Принципиальная схема не показывает взаимного физического расположения элементов, а лишь указывает на то, какие выводы реальных элементов с какими соединяются. При этом допускается объединение группы линий связи в шины, но необходимо четко указывать номера линий, входящих в шину и выходящих из неё. Использование направленных линий связи, в отличие от структурной и функциональной схем, не допускается.

При разработке радиоэлектронного устройства, процесс создания принципиальной схемы является промежуточным звеном между стадиями разработки функциональной схемы и проектированием печатной платы.

В ГОСТ 2.701-2008 принципиальная схема определяется как «схема, определяющая полный состав элементов и связей между ними и дающая детальное представление о принципах работы изделия».

4.1 Описание работы системы по принципиальной схеме

Схема электрическая принципиальная, модули которой представлены в приложении А1.

					ПГУ 1.090301.18.001 ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В состав микропроцессорного блока входят клавиши SB1 и SB2, необходимые для выбора режима работы системы «Измерение» или «Калибровка».

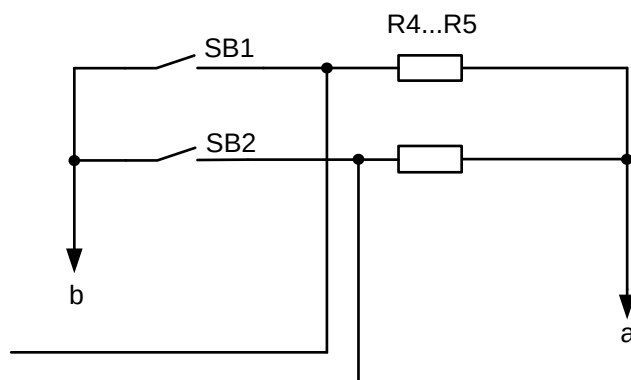


Рисунок 13 – Схема подключения клавиш

Цифровая индикация массы балансировочного груза HG1 и цифровая индикация угла наклона HG2 в совокупности с дешифраторами DD2..DD4 служат для вывода информации о текущем состоянии системы. Позволяет дать точные данные о необходимом грузике уравнивания системы и угле отклонения от нормального балансового состояния.

Принцип работы динамической индикации состоит в следующем: дешифратор ИД14, имеющий в своей структуре два входа и четыре выхода, формирует на одном из выходов активный уровень - ноль, при этом через резисторы в базу транзисторов потечет ток с силой около 3мА. Это приведет к тому, что транзистор надежно включится и сигнал управления подастся на один из четырех разрядов индикации E0, E1, E2, E3. Дешифратор 176ИД на своих выходах формирует управляющие сигналы для работы с семисегментной индикацией. На восьми выходах формируется сигнал управления одного из разрядов выбранных сегментов индикации. Оставшиеся сегменты индикации при этом принимают сигнал управления, но по сути не светятся, так как на них не подаётся питание.

В реализованной схеме с целью экономии вывода контроллера на индикацию подаётся 4 разряда, которые с помощью специального

дешифратора передают сигналы для управления семисегментной индикацией.

При работе со светодиодами возникает необходимость ограничения подающегося к ним силы тока. С этой задачей способны справиться резисторы, имеющиеся в составе дешифратора, которые будут выполнять работу ограничения силы тока, подающегося на светодиоды.

Таким образом, для формирования значения требуется выделить 4 сигнала для формирования значения, равного 1 и два провода для управления этим дешифратором.

На светодиодную индикацию будет выводиться информация о массе необходимого груза для уравнивания тела вращения и угол-сторона, в которую отклонился диск вращения. Для этого было использовано 3 разряда системы. Четвертый разряд выделен для специальной задачи – режим «Калибровка».

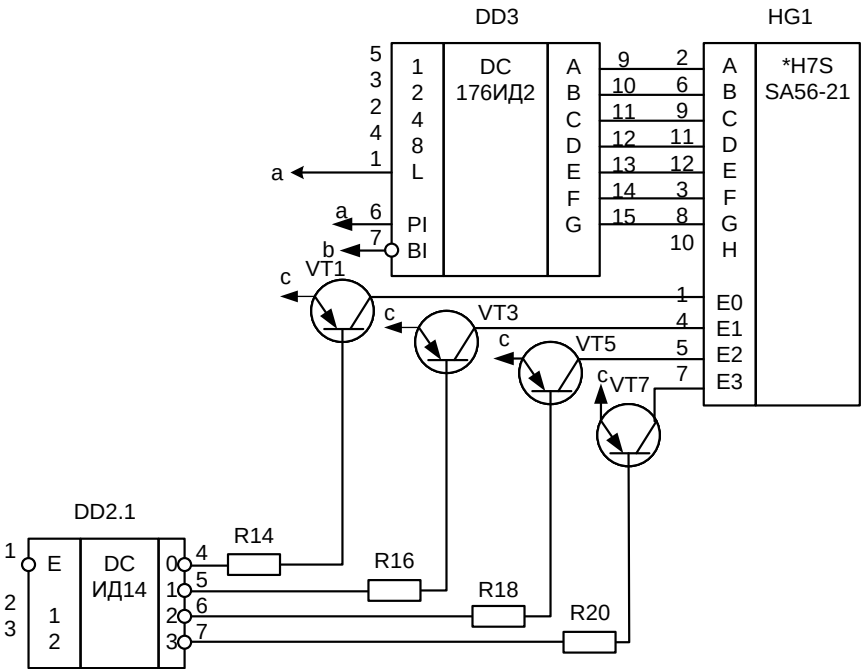


Рисунок 14 – Схема индикации

Для дополнительного подключения круговой светодиодной индикации предусмотрен разъём ХР3.

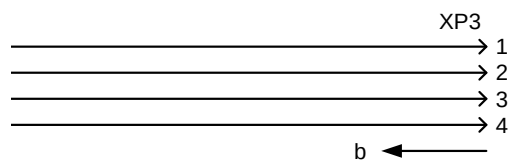


Рисунок 15 – Разъем-розетка для подключения круговой индикации

DD1 - микроконтроллер для обработки информации и управления всеми компонентами блока. К основному микроконтроллеру PIC16F876 подключен кварцевый резонатор ZQ1, который задаёт тактовую частоту. Если он будет отсутствовать, то частота будет искажена, подсчёт времени производится не будет. В контроллере предусмотрена возможность обмениваться информацией с компьютером через интерфейс RS232. Основной микросхемой для обеспечения питания является U/U MAX232.

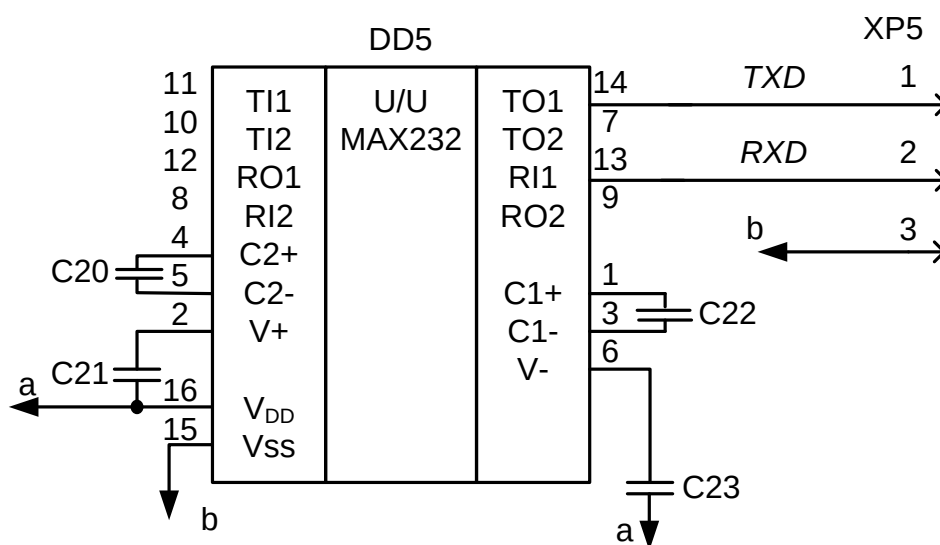


Рисунок 16 - Микросхема MAX232

MAX232 — интегральная схема, преобразующая сигналы последовательного порта RS-232 в сигналы, пригодные для использования в цифровых схемах на базе Транзисторно-транзисторная логика или комплементарная структура металл-оксид-полупроводник технологий. Схема обеспечивает уровень выходного напряжения, используемый в RS-232 (приблизительно ± 7.5 В),

преобразуя входное напряжение + 5 В при помощи внутреннего зарядового насоса на внешних конденсаторах. Это упростило реализацию RS-232 в устройствах, работающих на напряжениях от 0 до + 5 В, так как не потребовалось усложнять источник питания только для того, чтобы использовать RS-232. Входное напряжение может достигать ± 25 В, понижается до стандартных 5 В, используемых в транзисторно-транзисторной логике. Входы имеют средний порог 1.3 В и средний гистерезис 0.5 В.

Через разъемы XP1 и XP2 подаются сигналы с датчика Холла SS49, который воспринимает любые физические отклонения. Датчик имеет в своем составе 3 контакта: земля, плюс и выход. Для работоспособности датчика используется дополнительно постоянные магниты, от положения которых и направления их магнитного поля зависит выходной параметр датчиков.

Для усиления сигнала, поступающего с датчика Холла, используется блок усилителей DA1, изображенный на рисунке.

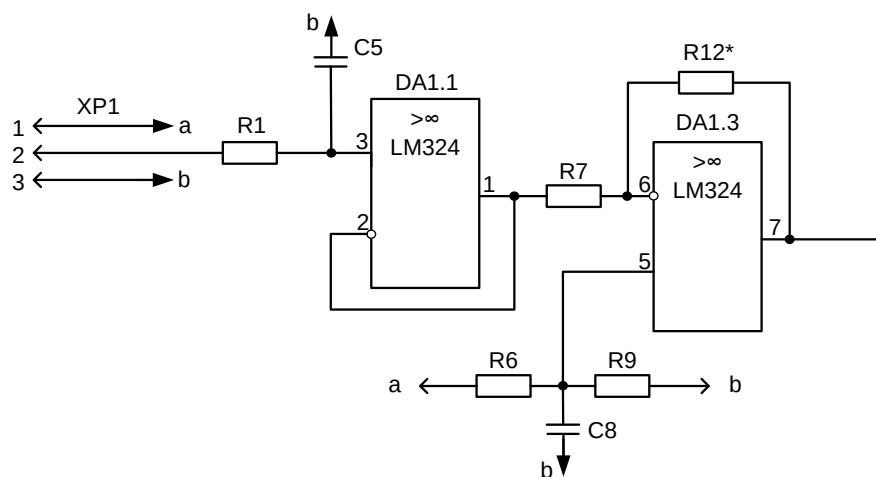


Рисунок 17 – Блок усилителей

Усилитель в схеме имеет однополярное питание, однако должен иметь двух полярное. В этом случае проблема решилась подачей на вход второго усилителя резисторного делителя с резисторами в сети номиналом в 10кОм и

конденсатором емкостью 47 мкФ, чтобы сгладить возможные пульсации в питании.

Датчик выдает выходное напряжение 5 В, которое в последующем делится по 2,5 В. Второй усилитель даст нам нужный коэффициент усиления. В его состав войдет резистор номиналом 10кОм на входе усилителя, а также резистор в цепи обратной связи с коэффициентом до 1 МОм.

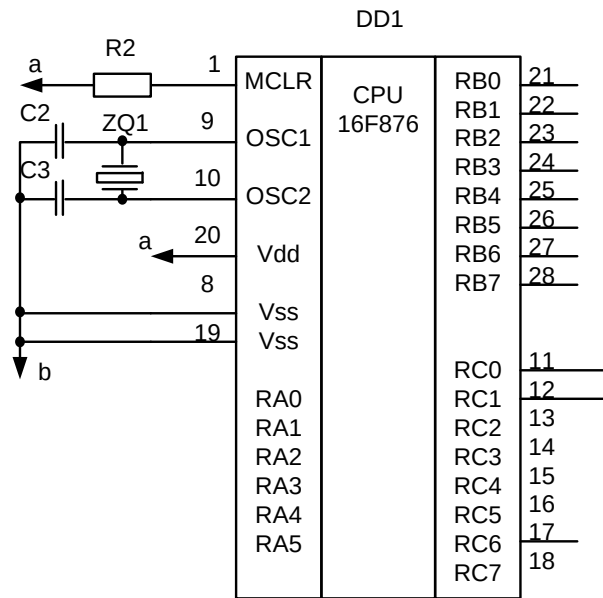
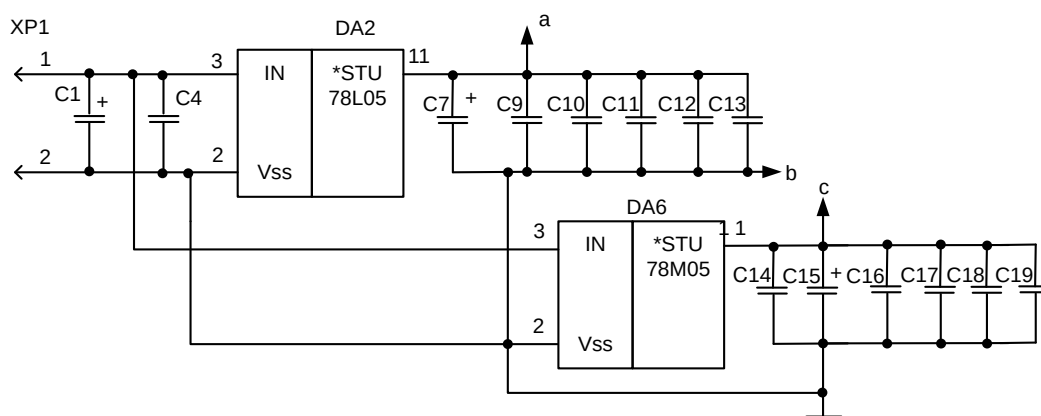


Рисунок 18 – Микроконтроллер PIC16F876

После считывания сигнал проходит на микроконтроллер. С PIC16F876 сигнал переходит на компьютер для дальнейшей возможной обработки сигнала.

Так же модуль содержит стабилизатор напряжения DA2 и DA6. Первая маломощная микросхема STU 78L05 с питающей силой тока до 100мА, питающая контроллер, имеет в своем составе аналогово-цифровой преобразователь, который измеряет мощность входного сигнала. Вторая микросхема STU 78M05 используется для цифровой индикации устройства, работает параллельно с первой микросхемой и имеет такое же питающее напряжение, как в первом контроллере 5В.



При подаче питания контроллер выходит в режим измерения, в котором на индикации высвечивается исходная информация. На индикацию выводится нулевые начальные показатели при первом запуске системы.

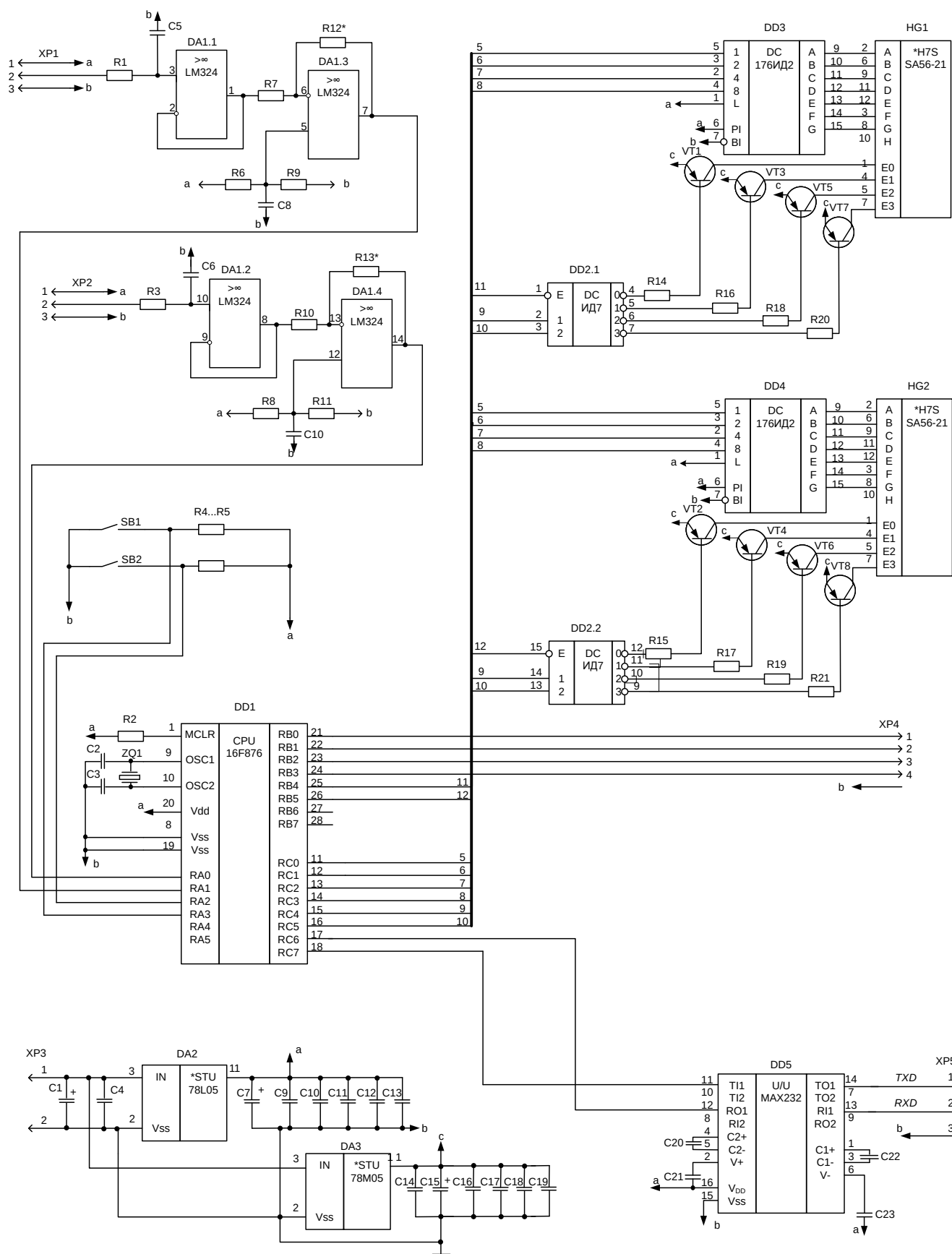


Рисунок 19 – Схема электрическая принципиальная

Заключение

В заключении проанализируем результаты проделанной работы. В результате работы был сделан обзор по существующим, по сути несовременным средствам стабилизации, намечен путь решения проблемы, путем применения современных контроллеров, разработана структурная схема, алгоритм, выбранная элементная база и разработана принципиальная схема основного модуля системы, которая содержит модуль микропроцессорной системы. Как уже отмечалось выше, состав системы должен быть следующим:

- Клавиши;
- Контроллер;
- Датчики;
- Интерфейс;
- Индикация;
- Усилитель;

Систему в полном объеме удалось реализовать лишь на структурном и функциональном уровнях.

Хотя принципиальные схемы платы микропроцессорного интерфейса и платы индикации разработаны не были, зато в пояснительной записке достаточно подробно описаны способы их организации и принципы их работы.

Функциональные возможности системы могут быть расширены путем использования других средств формирования событий и способов ввода и вывода сигналов.

Подводя итог всего выше перечисленного, можно сделать вывод, что задание на дипломное проектирование было реализовано практически в полной мере.

					ПГУ 1.090301.18.001 ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Список используемых источников

- 1) Алейников Ю.В., Попов Ю.А. Экспериментальное определение чувствительности метода инструментального нейтронно-активационного анализа с использованием импульсного графитового реактора игр // Известия ТПУ. – 2014. – №3. – С.7-13.
- 2) Афанасьев И. Микроконтроллеры Microchip PIC18F1xK50 с модулем USB // Компоненты и Технологии. – 2009. – №93. – С.56-57.
- 3) Балашов Е.П., Григорьев В. Л., Петров Г. А. Микро- и мини – ЭВМ / Учебное пособие для вузов. – СПб.: Энегроатомиздат, 2007. – с. 256.
- 4) Белов А.В. Конструирование устройств на микроконтроллерах. – СПб.: Наука и техника, 2005. – с. 256.
- 5) Белов А.В. Создаем устройства на микроконтроллерах. СПб.: Наука и Техника, 2007. – с. 304.
- 6) Брякин Л. А, Брякин А. Л. Схемотехника модулей встраиваемых систем Пенза : Изд-во ПГУ, 2016. – с. 124.
- 7) Водовозов В. М., Осипов В. О., Пожидаев А. К. Практическое введение в информационные системы. ГЭТУ. СПб.: 2005. – с.204.
- 8) Кангин В.В., Козлов В.Н. Аппаратные и программные средства систем управления. Промышленные сети и контроллеры.: 2010. – с. 235.
- 9) Овсянников Д.А., Хорошунов Н.Г. Техничко-экономическое обоснование применения электропривода центрифуги для откачки меда с рациональным режимом работы // Научный журнал КубГАУ. – 2011. – №65.
- 10) Понамарев Л. Конструкции «НАРОДНОГО КОЛЛЕКТИВА» // Радио . – 2003. – №6. – С. 48-50.
- 11) Предко М. Справочник по PIC-контроллерам. М.: ДМК Пресс: 2002. – с.512.
- 12) Солонина А., Улахович Д., Яковлев Л. Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов. – СПб.:2002. – с. 324.

13) Уваров А.С. Проектирование и конструирование электронных устройств. – М.: Горячая линия - Телеком, 2004. – с.760.

14) Ющенко А.Ю., Айзенштат Г.И. Разработка элементной базы для создания СВЧ-модулей // Доклады ТУСУР. – 2010. – №2-1 (22).

					ПГУ 1.090301.18.001 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Приложение А (перечень элементов 1)

Поз. обозн.		Наименование			Кол.	Примечание					
		<u>Конденсаторы</u>									
C1		K50-16-16B-47мкФ			1						
C2...C4		K10-176-H90-0.1мкФ			3						
C5...C8		K50-16-16B-47мкФ			4						
C9...C14		K10-176-H90-0.1мкФ			6						
C15		K50-16-16B-47мкФ			1						
C16...C19		K10-176-H90-0.1мкФ			4						
C20...C23		K50-16-16B-47мкФ			4						
		<u>Микросхемы</u>									
DA1		LM324			1	импорт					
DA2		78L05			1	импорт					
DA3		78M05			1	импорт					
DD1		16F876			1	импорт					
DD2		ИД14			1						
DD3...DD4		176ИД2			2						
DD5		MAX232			1	импорт					
HG1...HG2		SA56-21			2	импорт					
		<u>Резисторы</u>									
R1		C2-29B-0,125-10K ±1%			1						
R2		C2-29B-0,125-510K ±1%			1						
R3		C2-29B-0,125-10K ±1%			1						
R4...R5		C2-29B-0,125-10K ±1%			2						
R6...R11		C2-29B-0,125-10K ±1%			5						
R12...R13		C2-29B-0,125-510K ±1%			2						
R14...R21		C2-29B-0,125-1,6K ±1%			8						
		<u>Резонаторы</u>									
ZQ1		HC49/US 16мГц			1	импорт					
ZQ2		HC49/US 32КГц			1	импорт					
					<div>ПГУ1.090301.18.002 ПЭЗ</div> <div>Система статической балансировки тел вращения Перечень элементов</div> <div>ФВТ, каф. ВТ гр. 14ВВ1</div>						
Изм	Лист	№ Докум.	Подп.	Дата							
Разраб.	Орлов А.В.										
Пров.	Брякин Л.А.										
Т. конт											
Н. контр.	Кучин А.В.										
Утверд.	Пащенко Д.В.										
Инв. № подл		Подпись и дата			Взам. инв.№		Инв. № дубл.		Подпись и дата		

[illegible]

Приложение В (принципиальная схема)

Приложение С (презентация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Система статической балансировки тел вращения

Выполнил студент группы 14ВВ1
Орлов А.В.

Рисунок 20. Слайд 1.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Одной из основных характеристик тел во время вращения является их виброустойчивость. Во время износа механизма и в процессе эксплуатации неуравновешенные детали приводят к появлению нежелательных центробежных сил, а затем к возможной вибрации нежелательных усилий на двигателя и выходу целой машины из строя. Чтобы уменьшить вибрации таких деталей и различных сборочных единиц, они в зависимости от способа балансировки, подвергаются статической или динамической балансировке на специальных станках или балансировочных стендах.

Рисунок 21. Слайд 2.

					ПГУ 1.090301.18.001 ПЗ	Лист 55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью моего проекта, является разработка усовершенствованной системы статической балансировки тел вращения на новой элементной базе на основе микроконтроллера PIC16F876.

Рисунок 22. Слайд 3.

ЗАДАЧИ РАБОТЫ

- Выявить основные проблемы статической балансировки
- Проанализировать существующие решения проблемы;
- Выявить их положительные и отрицательные стороны;
- Разработать собственный аналог устройства статической балансировки на микроконтроллере PIC16F876.

Рисунок 23. Слайд 4.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ПРИБОРА

- 2 временных режима работы;
- 2 кнопки ответной реакции;
- Установка на балансировочный штыврь детали
- Нажатие специалистом кнопки «Измерение» после индикации массы и угла дисбаланса;
- Выдача на индикацию нулевых значений по окончании работы.
- Возможность откалибровать станок при выявлении неточных результатов

Рисунок 24. Слайд 5.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИБОРА

- Устройство имеет возможность обособленного подключения внешней клавиатуры и персонального компьютера
- Возможность подключения круговой индикации для более точного определения угла дисбаланса

Рисунок 25. Слайд 6.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ПРИБОРА

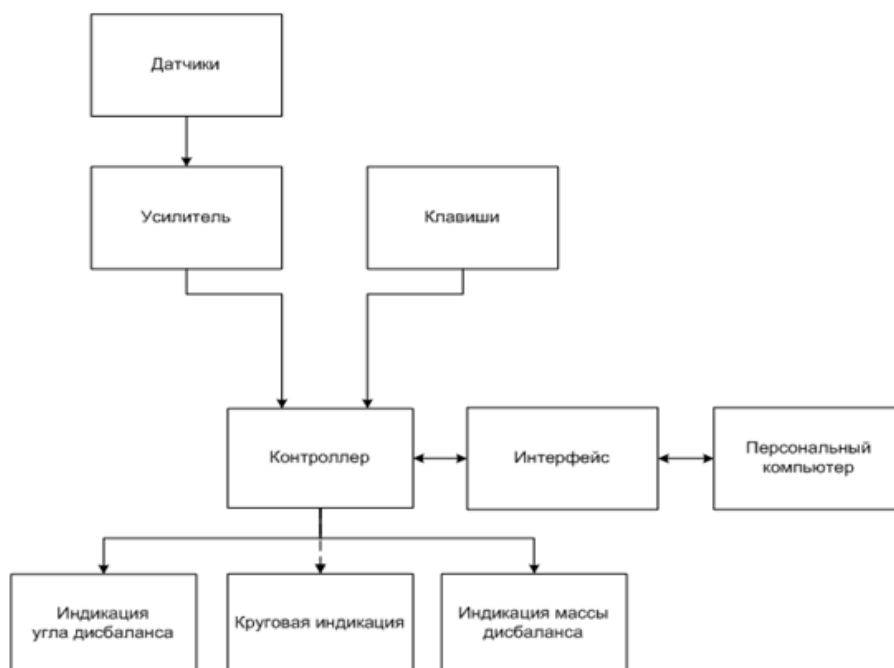


Рисунок 26. Слайд 7.

ПРЕИМУЩЕСТВА НОВОЙ РАЗРАБОТКИ

- Расширение функциональных возможностей прибора;
- Выполнение более точных измерений;
- Простота использования прибора;
- Широкая сфера применения прибора.

Рисунок 27. Слайд 8.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ПГУ 1.090301.18.001 ПЗ

Лист
58

ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА

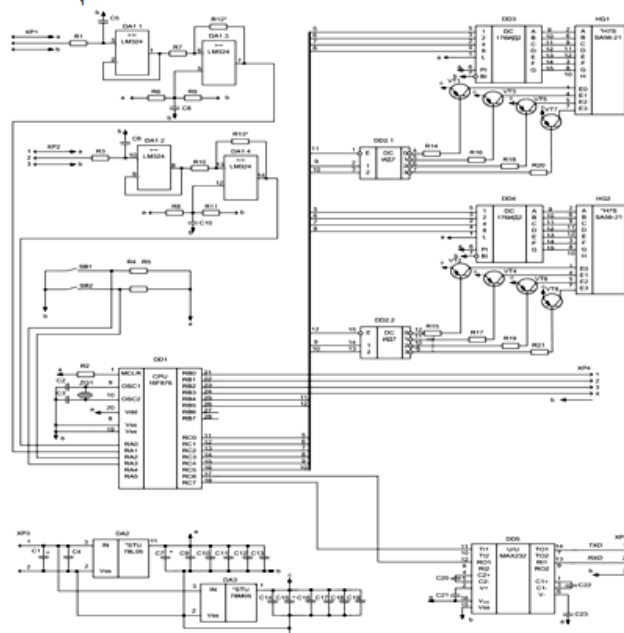


Рисунок 28. Слайд 9.

ВЫВОД

Таким образом, поставленная задача разработки новой системы статической балансировки тел вращения была выполнена.

Данная система, построенная на элементарной базе, является новой. Прибор позволяет минимальными средствами оценить дисбаланс детали и быстро исправить данную проблему.

Прибор является достаточно простым в использовании и не требует дополнительных обучающих навыков.

Рисунок 29. Слайд 10.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Выпускная квалификационная
работа бакалавра

«Система статической балансировки
тел вращения»

Выполнил студент группы 14BB1
Орлов А.В.



Рисунок 30. Слайд 11.

					ПГУ 1.090301.18.001 ПЗ	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		