

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

(институт)

Промышленная электроника

(кафедра)

11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Промышленная электроника

(профиль)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Вендинговый аппарат

Студент(ка)

Л.В. Савёлов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

М.В. Позднов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультант

Н.В. Андрюхина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой, к.т.н., доцент А.А. Шевцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2018

Аннотация

Объем 70 с., 20 рис., 3 табл., 24 источников, 1 прил.

Объектом исследования являются вендинговые аппараты, осуществляющую автоматизированную продажу товаров и услуг потенциальным покупателям.

Цель работы – проектирование вендингового аппарата с целью упрощения конструкции, уменьшения себестоимости, а также издержек на обслуживание.

Задача работы состоит в разработке принципиальной и структурной схем проектируемого устройства, а также проработке каждого узла, проведении экспериментальных исследований макета схемы и анализ ее экономической эффективности.

Работа состоит из трех основных глав, в которых решены упомянутые задачи.

В процессе работы была создана принципиальная схема, а также написана программа для микроконтроллера. Сняты диаграммы работы отдельных проектируемых узлов.

Степень внедрения — проектируемое устройство по разработанной документации является опытным образцом.

Областью применения данной системы являются автоматизированные машины, осуществляющие взаимодействие с пользователями с целью удовлетворения потребностей и продажи каких-либо товаров.

Применение разработанной схемы, а также использование созданных алгоритмов позволило упростить конструкцию и добиться уменьшения себестоимости конструкции по сравнению с аналогами.

Abstract

The bachelor's thesis deals with the developing, design and construction a new device that will work as automatic trade machine vending machine.

The aim of the work is to give some information about principles of working and electronic components that are used in this device.

The object of the bachelor's thesis is to get the new device that will perform all functions that are necessary for implementation of an automatic trade with customers.

The subject of the bachelor's thesis is a vending machine.

The work touches upon the problems of creating the algorithms of working, choosing microcontrollers (MCU) and other electronic components, writing the sketch of the program and calculating savings.

When choosing a type of MCU it was decided to use the Arduino's MCU because it is the most accessible variant of all existing. All parts are included in electrical scheme connect and interface with MCU by wires. There are load cell, IR-LED, phototransistor, stepper motor, liquid-crystal display (LCD) and three buttons. The principle of operation of this device is based on the type of good. In this work the type of good is bulk products. Algorithms of working are also based on it.

The special part of the work gives details about the method and algorithm for identify the coin denomination. The project is developed on the Arduino platform and is based on the interaction of a pair of semiconductor devices: IR led and phototransistor. Nevertheless, more experimental data are required.

Список обозначений и сокращений

ВКР – выпускная квалификационная работа

ВА – вендинговый аппарат

КП – купюроприемник

МП – монетоприемник

МК – микроконтроллер

Содержание

Введение.....	7
1 Состояние вопроса	9
1.1 Классификация ВА.....	9
1.2 Емкость или емкости для реализуемой продукции	12
1.3 Механизм, осуществляющий выдачу товара	13
1.4 Дозатор.....	14
1.5 Корпус	16
1.6 Купюроприемник и/или монетоприемник	18
1.7 Прочие электронные компоненты.....	24
1.8 Вывод по проведенному анализу	26
2 Проектный раздел	28
2.1 Разработка электрической принципиальной схемы	28
2.2 Выводы по результатам разработки принципиальной схемы.....	42
3 Конструктивно-технологический раздел.....	43
3.1 Микроконтроллер Arduino UNO	43
3.2 Шаговый двигатель 28BYJ-48 с драйвером ULN2003.....	49
3.3 Тензометрический датчик Wavgat с модулем HX711	50
3.4 Жидкокристаллический дисплей LCD 1602 с модулем I2C.....	52
3.5 Экспериментальные диаграммы работы устройства с описанием особенностей.....	53
Заключение	55

Список используемой литературы	56
Приложение	60

Введение

Вендинг – это автоматизированная продажа товаров и услуг через торговый автомат. В современном обществе с каждым днем возрастает популярность такого вида услуг, что влечет за собой дальнейшее развитие этого направления, но на сегодняшний день существует не так много разновидностей этих устройств. Из них наиболее популярными являются кофейные автоматы. В связи с этим актуальной задачей является создание ВА, обладающего рядом преимуществ по сравнению с аналогами.

Данная ВКР предполагает разработку, проектировании и конструирование такого устройства. Проектируемое устройство будет выполнять все основные функции автоматизированной торговой машины и иметь ряд нововведений, таких как продажа сыпучей и мелкой продукции с отслеживанием необходимой массы, а также иметь дружелюбный интерфейс, способный оповещать покупателя о текущем состоянии продукции, например: вес, стоимость, техническое состояние.

Целью и основными задачами ВКР является усовершенствование процессов работы ВА. Разработка структуры устройства, позволяющего осуществлять все функции автоматизированной торговой машины, а также планируемые нововведения.

Научная новизна данной ВКР состоит в создании оригинального устройства, позволяющего осуществлять автоматизированную продажу товаров и услуг посредством торгового автомата.

На текущий момент имеются современные подходы к конструированию аналогичных устройств, однако не создано устройства, способного выполнять функции ВА, использующего в качестве продукции мелкие или сыпучие

товары, а также одним из недостатков современных автоматизированных торговых машин является высокая себестоимость.

Изучение теоретических сведений, элементной базы и функциональных узлов, а также наличие опыта проектирования других устройств с полупроводниковыми приборами позволили определить пути решения поставленных задач.

Одним из основных направлений работы является разработка способа идентификации номинала монеты, создание алгоритма и написание программы для осуществления работоспособности монетоприемника. Способ идентификации основан на геометрических размерах монет, а точнее диаметрах каждой монеты с последующим запоминанием и сравнением полученных данных. Отображение текущей информации происходит при помощи жидкокристаллического дисплея.

Проведение на физической модели экспериментальных исследований помогло определить эффективность проектируемого устройства и его пригодность в использовании.

1 Состояние вопроса

На современном рынке существует большое разнообразие моделей ВА, которые представлены различными кампаниями для разного спектра использования.

Самыми популярными автоматизированными торговыми машинами на сегодняшний день являются кофейные автоматы, вы можете встретить их в каждой торговом, строительном и прочих магазинах.

1.1 Классификация ВА

Современные автоматизированные торговые машины делятся по нескольким признакам:

- физические свойства реализуемой продукции
- конструкция устройства и вид выполняемых операций
- способ установки аппарата

По первому из вышеуказанных признаков торговые автоматы разделяются на три класса:

- автоматы для реализации товаров продовольственной группы
- автоматы для реализации непродовольственных товаров
- автоматы, предлагающие продажу каких-либо услуг

К первому классу относятся устройства, способные осуществлять продажу таких видов товаров, как:

- холодные и горячие напитки
- горячие блюда

- штучные товары
- прочая продовольственная продукция

Второй класс присваивается автоматам, реализующим следующие товары:

- печатная продукция (газеты, журналы и т.д.)
- средства личной гигиены
- бытовые химические товары (мыла, шампуни и т.д.)
- лекарства
- прочие непродовольственные товары

Третий класс ВА – это автоматы, оказывающие такие услуги, как:

- ксерокопия, печать и сканирование документов
- игровые автоматы
- фотоавтоматы
- прочие автоматы, предлагающие какие-либо услуги

В дальнейшем будем рассматривать первый класс автоматизированных торговых машин, так как именно этот класс подходит под проектируемое устройство в данной ВКР.

Если классифицировать торговые автоматы по виду выполняемых операций, то их можно разделить на две группы:

- автоматы, осуществляющие продажу готовых товаров
- автоматы, выполняющие предварительное приготовление товара

ВА, отпускающие готовый товар имеют упрощенную конструкцию и реализуют такую продукцию, как:

- конфеты

- поштучные товары
- соки
- прочие товары, не требующие предварительного приготовления

Автоматы второй группы выполняют некоторые действия по приготовлению продуктов и их тепловой обработке, и отпускают следующие товары:

- кофе
- газированная вода
- горячие блюда
- прочая продукция, требующая предварительной обработки

Проектируемое устройство данной ВКР относится к первой категории торговых автоматов.

Исходя из полученной информации становится ясно, что способов создания таких устройств огромное множество и самые простые из них представляют собой покупку уже готовых модулей и их подключение к МК с заранее записанной в нем программой.

Готовые модули представляют собой некоторые узлы, способные выполнять ту или иную функцию, необходимую для осуществления всех действий, которые должен выполнять ВА. Например:

- емкость или емкости для реализуемой продукции
- механизм, осуществляющий выдачу товара
- дозатор
- корпус
- купюроприемник и/или монетоприемник

- прочие электронные компоненты

Рассмотрим каждый узел более подробно для осуществления анализа и решения данных задач для проектируемого устройства.

1.2 Емкость или емкости для реализуемой продукции

Емкости для реализуемой продукции представляют собой некие загрузочные емкости, предназначенные для хранения товара. Емкость должна быть нейтральна к товару, то есть не оказывать на него никаких вредных воздействий и соответствовать свойствам реализуемой продукции.

Тип емкости варьируется от физического состояния товара. Например, хранение жидкостей в автоматизированных торговых устройствах осуществляется посредством баков или сосудов с плотным закрытием этих емкостей для избегания каких-либо утечек.

Также нужно понимать, что если необходимо хранение товаров в определенном температурном диапазоне, то стоит герметизировать емкости и покрывать ее стенки термоизоляцией, и по необходимости монтировать нагревательные элементы в случае, если ваш автоматизированный торговый автомат должен выдавать продукции в горячем виде, а также охлаждающее устройство, если ситуация противоположна. Например, в случае если ВА реализует прохладительные напитки.

Если ВА предназначен для реализации товаров поштучно, то емкости реализуются в виде подвижных устройств, таких как ленточные конвейеры или какие-либо подвижные полки. В данном случае присутствует вариант реализации, когда пользователь может видеть товар непосредственно за стеклянной перегородкой, что является одним из способов привлечения внимания.

1.3 Механизм, осуществляющий выдачу товара

Механизмы такого предназначения принято называть транспортирующими устройствами. Они имеют не такое большое разнообразие в выполнении как емкости для хранения в следствие того, что в основном это зависит только от такого фактора, как способ выдачи товара.

То есть если ВА осуществляет выдачу товаров поштучно, то в основном используют спирали, которые вы можете наблюдать за стеклом, как было описано выше. При выборе нужного товара покупателем, спираль, совершая поступательно-вращательное движение, выталкивает товар, и он совершает падение на поддон, откуда его можно забрать. Этот способ осуществления выдачи продукции является одним из наиболее часто реализуемых, но также возможно использование барабанов или транспортеров.

А в случае реализации жидкостей или сыпучих товаров, обычно используют трубки и воронки. В этом варианте продукция просто транспортируется от емкости для хранения непосредственно к месту выдачи благодаря своим физическим свойствам, таким как текучесть или сыпучесть.

На рисунке 1 представлен пример конструкции емкостей и транспортирующего устройства вендингового аппарата, осуществляющего функции реализации продукции в жидком физическом состоянии.



Рисунок 1 - Пример конструкции емкостей и транспортирующего устройства вендингового аппарата

1.4 Дозатор

Дозатор или дозирующее устройство используется в автоматизированных торговых автоматах для отмеривания необходимого объема или массы выдаваемого товара, посредством открывания и закрывания прохода между

загрузочной емкостью и транспортирующим устройством. Необходимо соблюдать нормы погрешности при использовании дозатора.

Активация работы дозатора обычно происходит пользователем при выборе необходимого товара, после чего дозирующее устройство следит за выдачей необходимого количества реализуемой продукции. Это возможно осуществить при помощи большого спектра датчиков.

Для торговых автоматов, основывающихся на продаже дозируемых и порционных товаров, основные способы измерений датчиков основываются на трех параметрах:

- объем
- масса
- время

Способ измерения объема применяется для ВА, работающих непосредственно с жидкостями. В таком случае дозирующее устройство меряет количество жидкости в загрузочной емкости и отмеряет нужный объем посредством сравнения изначального показания с изменяющимся. Когда разница между двумя показаниями достигает необходимого значения, дозирующее устройство перекрывает подачу жидкости.

Измерение по массе происходит непосредственно на месте выдачи товара при помощи тензометрического датчика, которые отмеряет вес товара, уже поданного в тару. Соответственно, когда вес достигает необходимого значения, подача продукции прекращается.

Измерение по времени более сложный процесс, но более экономичный. В этом случае не используются дополнительных датчиков измерения, вместо этого путем физико-математических вычислений производится расчет необходимого времени для подачи определенного количества товара и полученные коэффициенты заносятся в программу устройства.

Такой способ ненадежен, так как даже небольшие погрешности в работе какого-либо элемента торгового автомата могут повлечь за собой нарушение алгоритма работы, а в последующем и полную неисправность устройства. Поэтому такие автоматизированные торговые машины требуют тщательной настройки и качественной сборки. А также одним из минусов такого способа измерения является то, что смена отпускаемой продукции влечет за собой изменение программы устройства, так как новая продукция, вероятнее всего имеет другие физические свойства и, соответственно, требует перерасчета полученных коэффициентов.

В случае, если торговый автомат предназначен для продажи товаров поштучно, используются всяческие заслонки и ограничители, которые выполняют определенный набор действий на каждую операцию, что упрощает общую конструкцию устройства, но ограничивает его функционал.

1.5 Корпус

Данный узел ВА имеет огромное разнообразие в плане внешнего вида, габаритов и элементов управления, но при этом, конструкция устройства в основном представляет собой некий шкаф с дверью, исполненный совместно со всеми необходимыми конструктивными элементами и запорными устройствами, которые выполняют функции связующих элементов автоматизированной торговой машины и пользователя.

Следует понимать, что в корпусе торгового автомата должно быть достаточно места для размещения всех необходимых узлов максимально эргономично, а также нужно учитывать, что возможны случаи непредвиденных поломок, в связи с которыми будет необходим доступ к тем или иным частям устройства. Соответственно, при выборе корпуса для ВА следует брать во внимания все вышеперечисленные факторы.

Также, тип корпуса может зависеть от места размещения выбранного устройства. Так, например, в различных случаях могут применяться такие корпуса как:

- настенные шкафы
- напольные шкафы

Настенные шкафы используются в случае, если автомат необходим для осуществления продаж «неприхотливых» товаров, так как размер шкафа довольно маленький и, соответственно, не может вместить в себя большое количество узлов и необходимых устройств для обслуживания и приготовления более сложной в реализации продукции.

На рисунке 2 представлен один из вариантов выполнения настенного шкафа.



Рисунок 2 – Пример выполнения настенного шкафа

Применение напольных шкафов наиболее популярно, так как полноразмерные автоматизированные торговые машины могут выполнять гораздо более сложные задачи и являются более надежными в эксплуатации. Такие торговые автоматы зачастую требуют подключения электроэнергии, и в частных случаях водоснабжения, а также некоторым типам устройств необходимо охлаждение и осветительные элементы.

Еще один параметр, от которого зависит конструкция корпуса – это условия эксплуатации. По этому признаку ВА можно разделить на следующие подгруппы:

- автоматы, предназначенные для индивидуальной установки
- автоматы, рассчитанные на групповую установку

Первая подгруппа имеет индекс «А». Устройства, включенные в эту подгруппу устанавливаются пристенно, то есть в случае их обслуживания, персонал должен проводить работы с лицевой стороны торгового автомата.

Автоматизированные торговые машины групповой установки имеют индекс «Б» и в отличие от первой подгруппы устанавливаются на некотором расстоянии от стен, так как обслуживание этих аппаратов следует проводить с тыльной стороны устройства.

1.6 Купюроприемник и/или монетоприемник

1.6.1 Купюроприемник (КП) – это платежный модуль торгового автомата, обеспечивающий идентификацию денежных банкнот.

С помощью специального набора датчиков происходит определение того, что эта купюра действительно является подлинной, а также какого номинала является эта купюра. В основном при сравнении используются такие параметры, как оптические и магнитные характеристики каждой купюры в

отдельности с уже хранящимися в памяти устройства некими образами. Также некоторые КП оснащаются обратным функционалом, таким как выдача сдачи тех же самых купюр, но такие варианты купюрообработывающих устройств практически не встречаются в автоматизированных торговых машинах.

Стоимость современных КП очень высока, но и качество их работы соответствует цене. Так, например, одним из лучших КП на рынке является «CashCode», он обладает рядом преимуществ перед конкурентами:

- высочайшая скорость работы
- точность проверки подлинности банкнот
- долговечность (средний срок службы составляет десять лет)
- легкость при эксплуатации
- устойчив к постоянным нагрузкам
- возможность установки увеличенной емкости для банкнот, а также замка на эту емкость

Средняя скорость обработки банкноты у КП рассматриваемого бренда составляет около двух секунд, в то время как у ближайших конкурентов она практически в два раза больше

Точность проверки подлинности банкнот достигается благодаря набору установленных датчиков, среди которых датчики таких типов как:

- диэлектрические
- ультрафиолетовые
- оптические
- индуктивные

Легкость при эксплуатации данного КП объясняется тем, что его не нужно программировать или кодировать вручную, так как производитель

предоставляет все необходимые прошивки, которые можно легко установить при помощи флеш-карты, непосредственно вставив ее в слот в КП.

Устойчивость к постоянным нагрузкам можно описать таким параметром, как количество купюр, проходящих через устройство в день. Итак, купюрообработывающее устройство «CashCode» может обработать более чем сто пятьдесят банкнот в день, что является очень высоким показателем, превышающим в три раза показатели остальных устройств.

На рисунке 3 представлено несколько моделей купюроприемников бренда «CashCode».



Рисунок 3 – Модели купюроприемников бренда «CashCode»

При всех вышеперечисленных преимуществах, данное устройство имеет один существенный недостаток, выражающийся в его цене. Именно поэтому зачастую в ВА используют более дешевые модели, не исключая некоторые

погрешности при идентификации банкнот и возможность их застревания, или вообще устанавливают исключительно монетоприемники.

1.6.2 Монетоприемник (МП) – устройство, способное при помощи набора датчиков определить номинал и подлинность монеты.

Существует несколько типов такого устройства:

- компараторный
- микроконтроллерный
- распределяющий
- комбинированный

Первый тип монетообрабатывающих устройств, так называемый эталонный, работает по очень простому принципу. Внутри расположена монета, которая и является эталоном, и при прохождении другой монеты через датчик индуктивности, происходит сравнение электромагнитных параметров обеих монет. Зброшенная монета является подлинной, если ее параметры максимально близки к установленной монете. В такие МП устанавливают простейшие элементы защиты, такие как защита от «рыбаков» и механизм, осуществляющий возврат монеты в случае, если она не была определена датчиком. Под защитой от «рыбаков» понимается механизм, исключающий возврат монеты через отверстие путем ее вытягивания за привязанную нитку. Главная проблема компаратора состоит в том, что он не способен определять более одного номинала монеты. Эталонные МП такого типа можно встретить в игровых автоматах, которые, обычно, принимают только монеты номинала в пять рублей.

Под вторым типом монетообрабатывающих устройств подразумевается то, что идентификация монеты происходит при помощи запрограммированного устройства, в памяти которого уже расположены все необходимые данные о характеристиках каждой из принимаемых им монет. Чтобы поместить эту

информацию во флеш-память, нужно перевести МК в программируемый режим и прокатить монеты всех номиналов, предварительно записав скетч программы со всеми переменными, которые будут использованы для сравнения, как эталонные. В таких типах МП возможно определение огромного разнообразия монет, как по номиналу, так и по валюте, но нужно понимать, какие именно параметры обрабатываются используемым устройством, так как некоторые монеты могут обладать похожими свойствами, что приведет к погрешностям при работе. Например, с монеты можно считать такие параметры, как:

- геометрические размеры монеты (диаметр)
- вес монеты
- электромагнитные параметры монеты (проницаемость)

Определение монеты уже возможно при использовании, по крайней мере, одного из этих параметров, но для защиты от мошенничества, в современных МП используют все возможные способы определения подлинности монет. Это приводит, несомненно, к удорожанию устройства, но и значительно увеличивает уровень защиты.

Распределяющий или сортировочный тип монетообрабатывающих устройств имеет прямое назначение. Он служит для того, чтобы производить сортировку принимаемых монет соответственно с их номиналами. Обычно, такая функция необходима в торговых автоматах для возможности осуществления выдачи сдачи. При распределении монет, каждый номинал хранится отдельно друг от друга в специальных трубках, в случае переполнения которых, происходит сброс в общую емкость. Способ идентификации в этом случае не зависит от предназначения устройства и возможен как первого, так и второго типа.

Комбинированный тип МП – это такое устройство, которое способно сочетать в себе следующие свойства:

- идентификация монет
- распределение монет по номиналам
- возврат монет в случае несоответствия
- выдача сдачи

Такой тип монетообрабатывающих устройств использует только микроконтроллерный способ идентификации монет, так как существует необходимость работы с монетами разных номиналов. В случае определения подлинности, монета попадает в соответствующую трубку, а при обратном результате, происходит возврат через специальный канал. Выдача сдачи происходит через тот же самый канал, за исключением того, что МП необходимо вычислить количество монет, необходимых для выдачи сдачи, и произвести порционную выдачу при помощи какого-либо отсчитывающего устройства, например, диспенсера.

Различные типы монетоприемников представлены на рисунке 4.



Рисунок 4 – Различные типы монетоприемников

1.7 Прочие электронные компоненты

К прочим электронным компонентам можно отнести огромный спектр различных устройств:

- МК
- дисплей
- кнопки
- датчики
- модули

1.7.1 Микроконтроллер – это мозг ВА. В общем понимании, МК представляет собой микросхему, которая предназначается для управления какими-либо другими устройствами, при помощи заложенной в нее программы. Внедрение МК в автоматизированные торговые машины открыло пути для использования множества функций:

- использование КП с автоматической идентификацией
- применение датчиков, контролирующих некоторые физические величины
- управление и автоматизация многих используемых механизмов
- подключение текстовых дисплеев и индикаторов
- применение централизованного мониторинга

1.7.2 Дисплеи, используемые для торговых автоматов, варьируются от алфавитно-цифровых индикаторов до TFT сенсорных экранов. При использовании любого типа дисплея, их предназначение остается прежним, передача информации от устройства к пользователю, но количество информации и возможности уже отличаются. Например, алфавитно-цифровой индикатор способен показывать покупателю цифры и некоторые текстовые подсказки, в то время как TFT-монитор способен выполнять функции как дисплея, так и кнопок, выполняющий функцию прямого взаимодействия с пользователем, заменяя собой несколько электронных компонентов.

1.7.3 Многообразие датчиков, используемых в автоматизированных торговых машинах очень велико. Их широкое применение обусловлено тем, что использование датчиков разного предназначения помогает уменьшить погрешности и увеличить контроль над устройством. Например, установка датчиков температуры и уровня жидкости позволяет торговому автомату вовремя определить, когда нужно выдать сообщение о том, что товар закончился или определить, достаточно ли горячий напиток будет подан покупателю. Ультразвуковые и лазерные датчики применяются в ВА,

продающих поштучные товары, для того, чтобы определить, упал ли товар в потребительскую корзину или нет. Также, находят свое применение в торговых автоматах следующие датчики:

- датчик давления
- тензометрический датчик
- датчик обхода препятствия
- датчик электромагнитных помех

Все это разнообразие датчиков необходимо для бесперебойного функционирования автоматизированной торговой машины.

1.7.4 Основными модулями, используемыми в ВА являются GSM/GPRS-модули. Они предназначены для централизованного мониторинга устройств. Под централизованным мониторингом подразумевается сбор информации о техническом состоянии устройств, а также возможность получения данных о количестве продаж. Такой способ контроля позволяет быстро и безошибочно составлять статистику по работе каждого из торговых автоматов, на которые установлены такие модули. Также, одним из современных модулей является модуль карты памяти. Он используется как для сбора статистики устройства, так и для установки нового программного обеспечения и прошивок при помощи специальной флеш-карты.

1.8 Вывод по проведенному анализу

Проведя анализ каждого из узлов ВА, получили полную картину о том, из чего состоит и как функционирует данный тип устройств. Опираясь на это, можно сделать выводы о наиболее оптимальных решениях, способных удовлетворить условиям, поставленным при проектировании устройства

данной выпускной квалификационной работы. Более подробное обоснование выбранных решений будет рассмотрено в последующих разделах.

2 Проектный раздел

2.1 Разработка электрических схем

Разработка электрической принципиальной схемы основывалась на техническом задании на бакалаврскую работу. Основные параметры, которым должно соответствовать устройство:

- источник питания – 220 В, 50 Гц
- работа с монетными денежными знаками
- два дозируемых товара для выдачи
- информация о работе аппарата должна выводиться на дисплей

Разработанные принципиальная и структурная схемы, а также блок-схема программы проектируемого устройства представлены на рисунках 5, 6 и 7 соответственно.

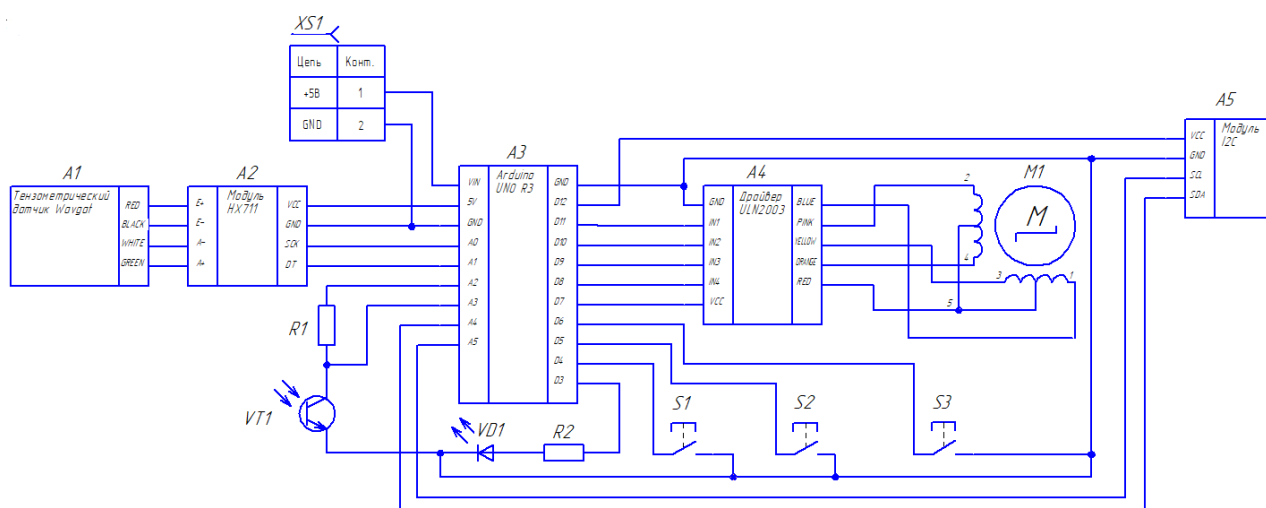


Рисунок 5 – Принципиальная схема проектируемого устройства

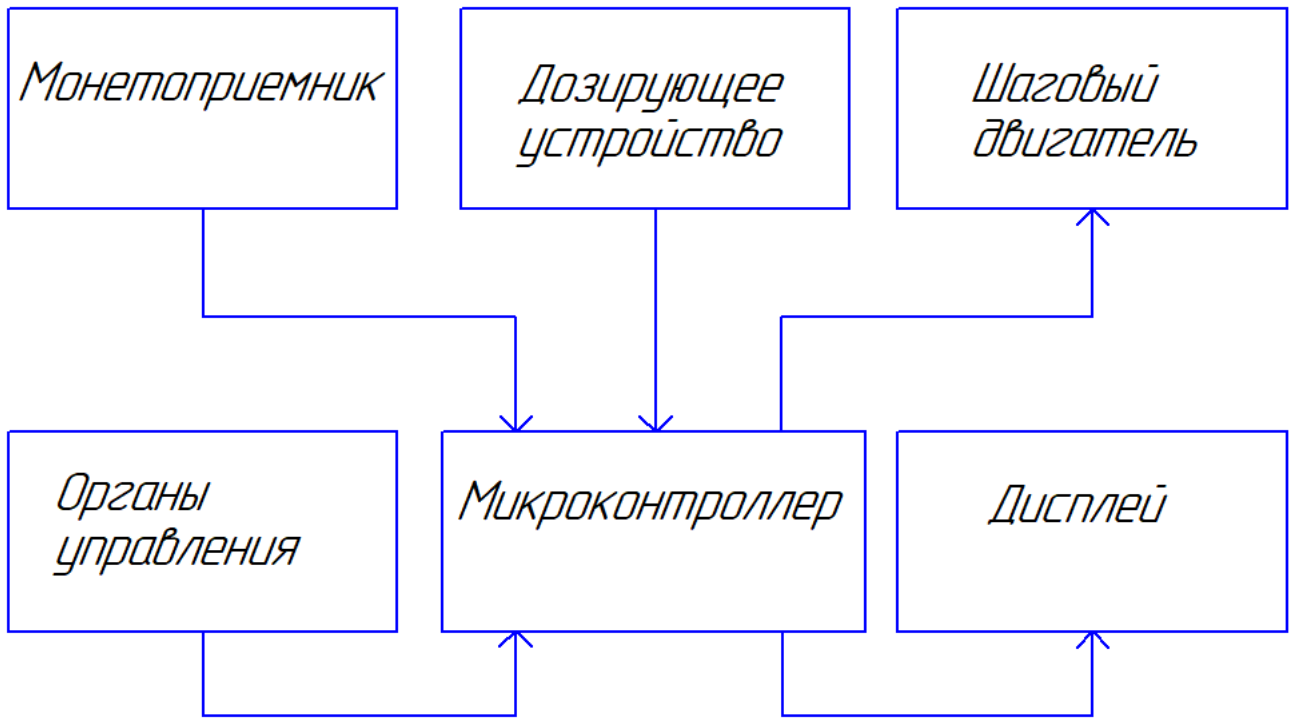


Рисунок 6 – Структурная схема проектируемого устройства

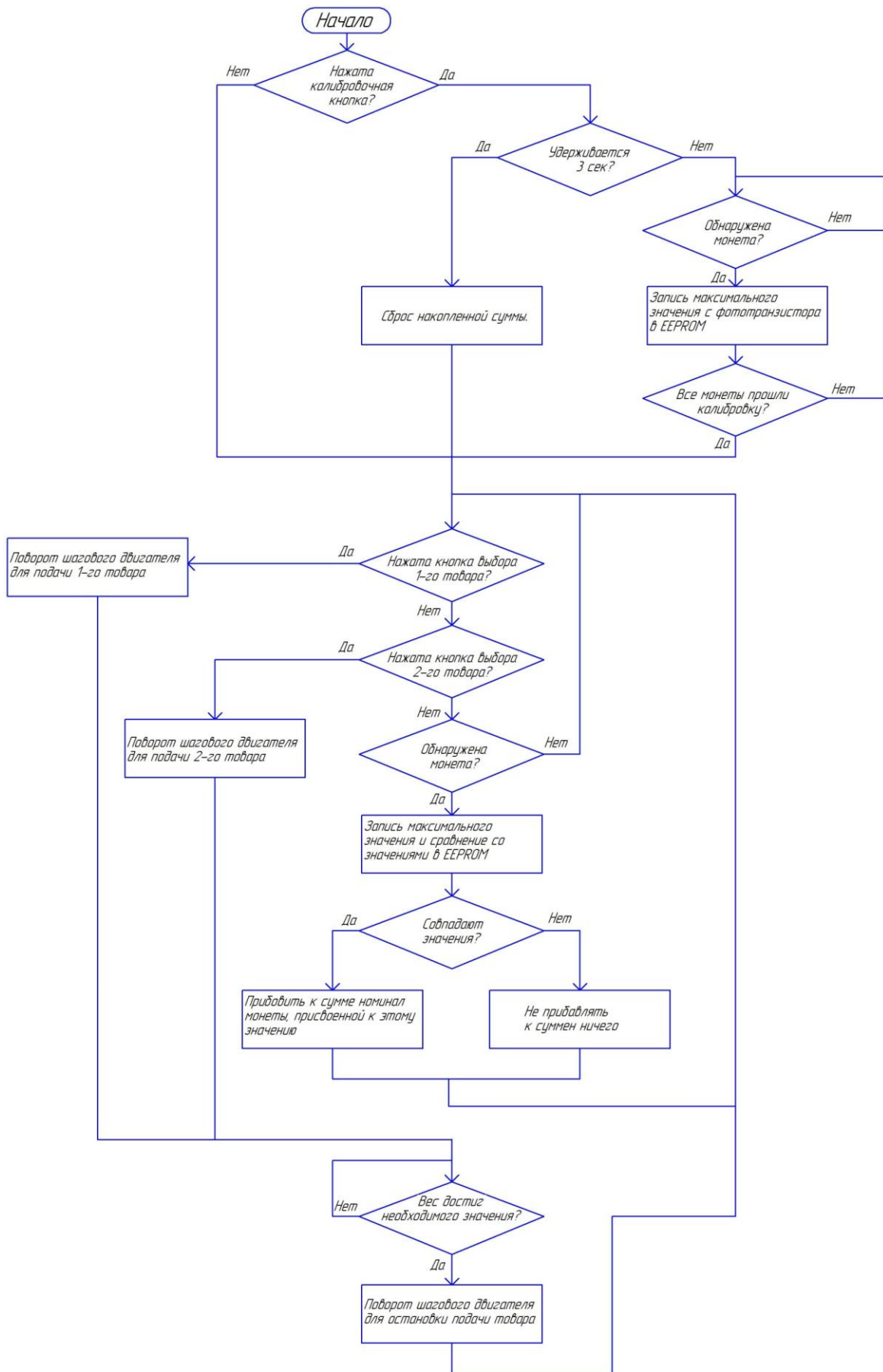


Рисунок 7 – Блок-схема программы работы проектируемого устройства

Ниже представлено подробное описание каждого узла, используемого в проектируемом устройстве с объяснением принципов работы при помощи разработанных схем.

2.1.1 Проанализировав информацию, предоставленную в первой части ВКР, было принято решение проектировать устройство на базе МК «АТmega», используемых на платформе Arduino. Данное решение является наиболее эффективным среди возможных, так как устройства Arduino являются наиболее доступными и достаточно функциональными.

Основные технические характеристики и фотоизображение устройства Arduino UNO R3[1] представлены в таблице 1 и на рисунке 8 соответственно.

Таблица 1 – Основные технические характеристики Arduino UNO R3

Микроконтроллер	АТmega328
Рабочее напряжение	5 В
Входное напряжение (рекомендуемое)	7-12 В
Входное напряжение (предельное)	6-20 В
Количество цифровых пинов	14
Количество аналоговых пинов	6
Постоянный ток на каждый пин	40 мА
Постоянный ток для пинов 3.3В	50 мА
Флеш-память	32 КБ (АТmega328)
SRAM	2 КБ (АТmega328)
EEPROM	1 КБ (АТmega328)
Тактовая частота	16 МГц



Рисунок 8 – Фотоизображение устройства Arduino UNO R3.

Стоимость устройства Arduino UNO R3 составляет от 200 до 1400 рублей у различных дилеров, а стоимость аналогичной платы управления вендингового аппарата СВ01 от 12 до 16 тысяч рублей. Огромная разница в цене объясняется тем, что платы управления, специально подготовленные под вендинговые аппараты, включают в себя полностью приспособленную электрическую схему под уже готовые узлы и взаимодействуют с ними по единому принципу. В случае использования стороннего МК, необходима тонкая настройка и понимание алгоритмов работы устройства.

Микроконтроллер А3 является главным управляющим устройством, соединяющим остальные узлы схемы. МК производит считывание с таких узлов, как монетоприемник, дозирующее устройство и органов управления, а также отдает команды шаговому двигателю и дисплею.

2.1.2 Чтобы обеспечить работу устройства с монетными денежными знаками, было решено разработать собственный алгоритм, а не использовать готовый монетоприемник.

Идентификация монеты производится посредством измерения ее геометрического параметра, а точнее диаметра. Для того, чтобы осуществить

необходимое измерение используем светодиод и фототранзистор. Алгоритм работы представлен ниже.

Светодиод VD1 [2] подключен к цифровому выходу D3, на котором установлено напряжения 5 В для питания светодиода, в то время как фототранзистор VT1 [3] подключен к аналоговым выходам A2 и A3. Для подключения фототранзистора используются именно аналоговые выходы, так как существует необходимость получения снимаемых данных. Резисторы R2 и R3 [4] номиналами 220 Ом и 10 кОм соответственно необходимы для ограничения тока и выбраны в соответствии с рекомендациями изготовителей полупроводниковых приборов.

Данный узел называется монетоприемником и функционально необходим для передачи данных о поступающих денежных монетных знаков микроконтроллеру.

Светодиод и фототранзистор устанавливаются противоположно друг другу так, чтобы излучаемый свет покрывал максимально возможную площадь. Монета, прокатываясь между выбранной нами парой полупроводниковых приборов, перекрывает определенную площадь излучаемого света, индивидуальную для каждого номинала монетного денежного знака, что способствует тому, что транзистор начинает закрываться и напряжение на выходе становится больше. В момент прокатывания монеты, МК записывает максимальное полученное значение с аналогового выхода, которое соответствует напряжению от 0 до 5 В, но представляется в числовой системе Arduino от 0 до 1023, и сравнивает его с ранее записанным в энергонезависимую память. Запись в EEPROM осуществляется таким же способом, но в режиме программирования, то есть данные, с которыми МК сравнивает получаемые им значения при появлении новой монеты, берутся непосредственно с монет того же самого номинала, что способствует уменьшению погрешности, так как габаритные размеры монет достаточно точные.

Благодаря использованию способа идентификации посредством взаимодействия светодиода и фототранзистора вместо полноценного монетоприемника, достигаются значительные показатели в уменьшении стоимости устройства. Так, цена на выбранную пару полупроводниковых приборов составляет 20 рублей, в то время как самые простые монетоприемники, устанавливаемые в вендинговые аппараты имеют цену в диапазоне от 6 до 7 тысяч рублей.

2.1.3 Так как техническое задание предусматривает то, что устройство должно осуществлять работу с двумя типами товаров, необходимо разработать способ выбора одного из товаров пользователем, а также техническое решение для самого ВА.

Для того чтобы пользователь мог выбрать один из товаров, было решено использовать тактовые кнопки S1-S3 [5], подключенные к цифровым выходам D4-D6 соответственно. Это простейший, интуитивно-понятный и наиболее популярный способ выбора каких-либо услуг, товаров или функций в любых электронных устройствах. Также использовали колпачки для улучшения эргономичности и общего вида ВА.

При замыкании одного из контактов, необходимо, чтобы торговый автомат незамедлительно начал выдачу выбранного товара. Систему выдачи товара реализовали при помощи шагового двигателя, с подключенным к нему четырехфазным драйвером шагового двигателя. Данная пара устройств совместима с Arduino. Также есть возможность использовать прикладную библиотеку «Stepper_28BYJ» для упрощения программирования.

Пока ни один из контактов не замкнут, устройство находится в состоянии ожидания монет. При замыкании контакта S1 или S2 МК фиксирует падение напряжения на выходе и подает команду на драйвер шагового двигателя A4, которые в свою очередь передает сигнал непосредственно на сам шаговый двигатель M1. Контакт S3 используется для входа в режим программирования

по такому же принципу, за исключением того, что отслеживание сигнала с цифрового выхода D6 происходит только при включении или перезагрузке МК.

Тактовые кнопки являются органами управления, назначением которых является передача команды микроконтроллеру о необходимости запуска процессов по транспортировке продуктов и вывода новой информации на дисплей.

Основные технические характеристики и фотоизображение шагового двигателя 28BYJ-48 [6], а также драйвера шагового двигателя ULN2003 [7] представлены в таблицах 2 и 3, и на рисунках 9 и 10 соответственно.

Таблица 2 – Основные технические характеристики 28BYJ-48

Номинальное напряжение	5 В
Количество фаз	4
Коэффициент изменения скорости	1/64
Угол шага	$5.625^{\circ}/64$
Частота	100 Гц
Постоянное сопротивление	$50 \text{ Ом} \pm 7 \% (25^{\circ}\text{C})$



Рисунок 9 – Фотоизображение шагового двигателя 28BYJ-48.

Таблица 3 – Основные технические характеристики ULN2003

Питающее напряжение	5-12 В
Максимальный выходной ток на каждый пин	500 мА



Рисунок 10 – Фотоизображение драйвера шагового двигателя ULN2003.

Стоимость данного комплекта составила 145 рублей. Подобрать аналог данному варианту распределения товаров не представляется возможным, так как вендинговые аппараты обычно используют индивидуальные каналы для каждого товара в отдельности, состоящие из множества модулей и электроприборов, и цена варьируется от количества товаров и сложности установленных устройств. Приблизительная средняя цена на одно устройство составляет от 6 до 8 тысяч рублей.

Как было описано выше, при получении сигнала о замыкании одного из контактов, МК дает команду шаговому двигателю непосредственно через драйвер о повороте на сорок пять градусов в нужную сторону. К шаговому двигателю прикреплена пластина из оргстекла, имеющая форму четвертой части круга. Пластина совершает поворот совместно с двигателем по часовой стрелке или против нее, и открывает отверстие, через которое происходит подача товара, для первой или второй емкости соответственно.

После начала процесса подачи товара, необходимо контролировать по крайней мере один из его количественных параметров, то есть проводить измерение объема или массы. Контроль объема более удобен при реализации жидких веществ в качестве дозируемого товара, но, так как в данном проектируемом устройстве запланировано использование сыпучих или мелких дозируемых товаров, то было принято решение использовать один из способов измерения массы.

Для измерения массы товара применяется тензометрический датчик А1 [8], установленный под площадкой выдачи товара и подключенный к МК через модуль НХ711 (А2) [9]. Алгоритм работы датчика очень прост. В момент начала подачи товара, датчик А1 обнуляет значение, соответствующее текущему весу, приложенному к датчику. Далее, по мере поступления товара в тару, значение, снимаемое с датчика А1, увеличивается, и, по мере достижения вычисленного МК заранее значения, необходимого для выдачи определенного веса товара, МК подает сигнал на поворот шагового двигателя М1 в обратную сторону, то есть на закрытие отверстия емкости.

Фактическая экономия, достигнутая при использовании выбранного датчика и модуля, составила 2750 рублей из разницы между минимальной стоимостью данной системы бренда Sensis (3000 рублей) и суммарной стоимостью используемого комплекта (250 рублей).

Фотоизображения используемого тензометрического датчика Wavgat и модуля HX711 представлены на рисунках 11 и 12 соответственно.

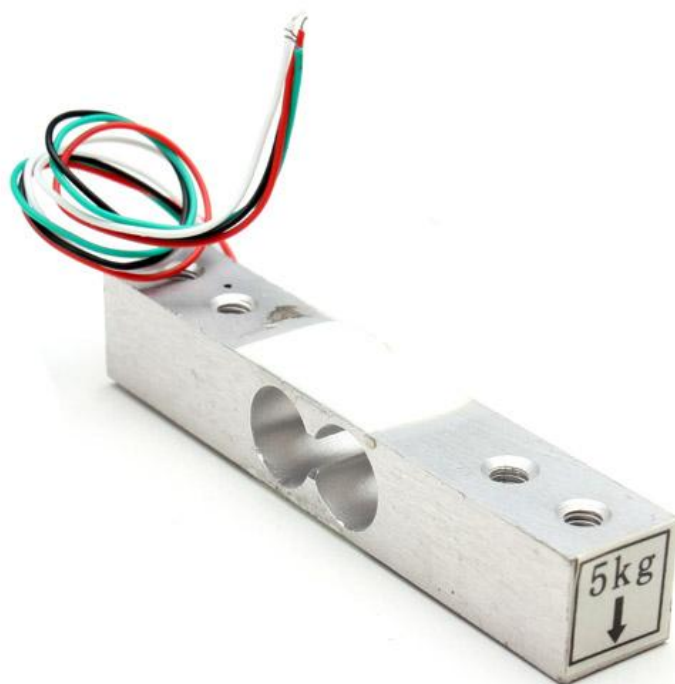


Рисунок 11 – Фотоизображение тензометрического датчика Wavgat.

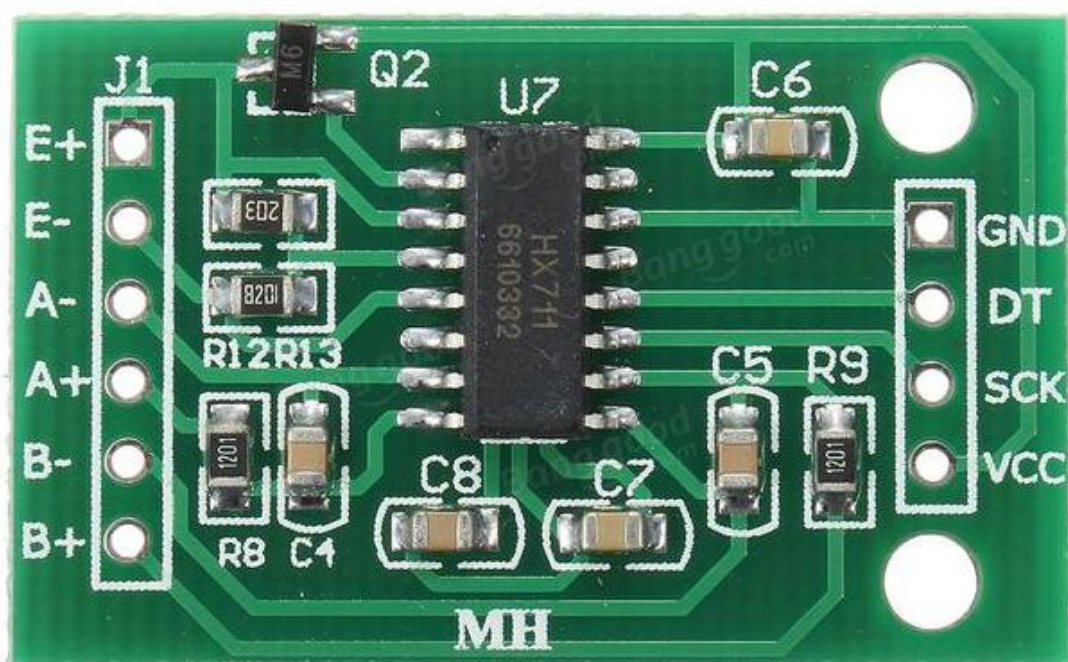


Рисунок 12 – Фотоизображение модуля HX711.

2.1.4 Самым очевидным решением реализации интерфейса является дисплей. Так как было принято решение проектирования ВА на основе устройств Arduino, был выбран самый популярный и наиболее удобный вариант из всех предоставленных: жидкокристаллический дисплей LCD 1602 [10]. В дополнение к дисплею добавлен I2C модуль A5, предназначение которого заключается в том, чтобы оптимизировать работу дисплея и уменьшить количество портов, необходимых для подключения LCD 1602. Также, при помощи подключенного модуля A5, появляется возможность регулировки яркости дисплея посредством подстроечного резистора, расположенного на плате модуля.

Структурно МК отдает команды I2C модулю о выводе необходимой информации на дисплей.

Модуль A5 подключен к цифровому выводу D12, от которого осуществляется питание модуля, и к аналоговым выводам A4 и A5, предназначенным специально для коммуникации с данным модулем.

Фотоизображения жидкокристаллического дисплея LCD 1602 и модуля I2C представлены на рисунках 13 и 14 соответственно.

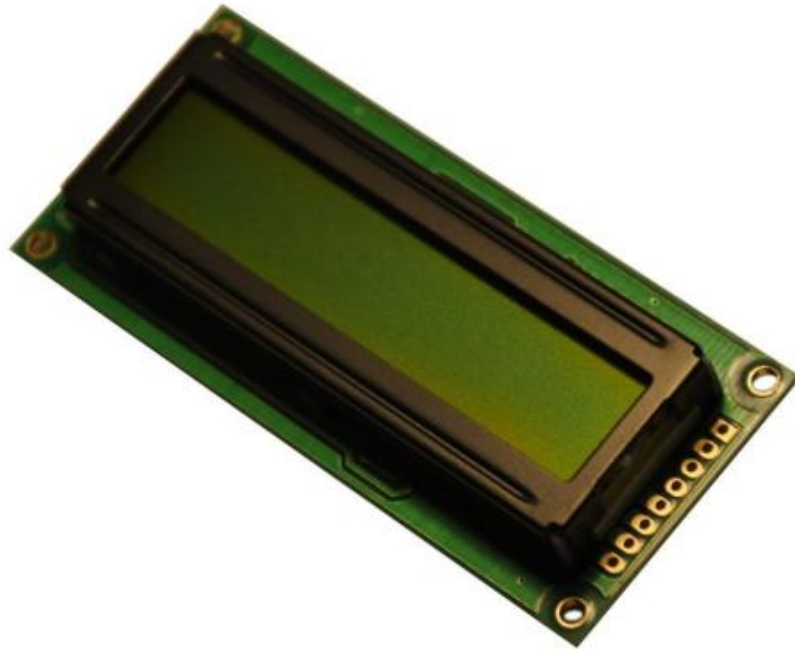


Рисунок 13 – Фотоизображение жидкокристаллического дисплея LCD1602.

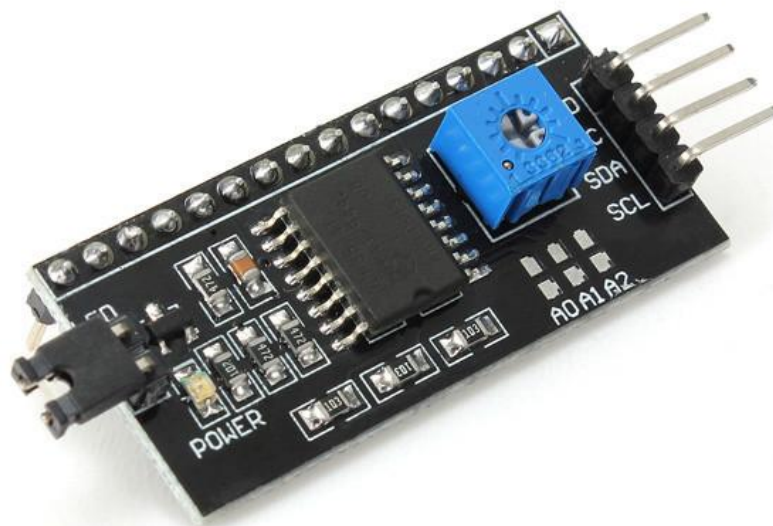


Рисунок 14 – Фотоизображение модуля I2C.

Программирование дисплея осуществляется при помощи прикладной библиотеки «LCD1602» или «LCD_1602_RUS», если необходимо использования русскоязычных символов.

Выбранный дисплей является универсальным и используется во многих электронных устройствах. В связи с этим извлечь экономическую выгоду из данного пункта не представляется возможным.

На экране дисплея по умолчанию отображается текущее состояние товаров: название товара и доступное количество в граммах. Когда пользователь начинает взаимодействовать с торговым автоматом, информация о текущем состоянии товаров меняется на информацию о полученной сумме. После окончания операции с монетными денежными знаками, покупатель производит нажатие на одну из кнопок, в зависимости от выбранного товара, и автомат производит перерасчет полученной суммы в количество необходимого для выдачи товара в граммах. Вес товара появляется на дисплее вместе с началом операции выдачи. По окончании всех операций на дисплее появляется надпись «Спасибо за покупку», и, через несколько секунд, на дисплее появляется обновленная информация о текущем состоянии товаров.

2.1.5 Дополнительно, внутри проектируемого устройства, установлена кнопка, предназначенная для ввода ВА в режим программирования, а также для просмотра текущей суммы монет, принятых автоматом в процессе работы.

Чтобы посмотреть накопленную сумму, достаточно нажать на кнопку программирования, когда устройство включено в сеть. Вся доступная информация появится на дисплее.

Для ввода устройства в режим программирования, необходимо перезагрузить МК, и, одновременно с этим нажать кнопку программирования. После включения этого режима, следует поочередно вбросить монеты каждого номинала в специально предназначенное для этого отверстие. Текущий

номинал монеты отображается на дисплее, что облегчает процесс прохождения калибровки.

При удержании кнопки программирования в момент перезагрузки МК дольше, чем на три секунды, происходит стирание данных из энергонезависимой памяти о текущем количестве монет в автомате.

После завершения калибровки или после стирания хранящихся данных, устройство переходит в рабочий режим, то есть, для выполнения операции калибровки и операции стирания данных, необходимо перезагрузить МК дважды.

2.2 Выводы по результатам разработки принципиальной схемы

Разработанная принципиальная схема соответствует всем необходимым параметрам, указанным в техническом задании и способна осуществлять продажу двух дозируемых товаров, обрабатывать денежные монетные знаки, а также имеет дружелюбный интерфейс со всей необходимой информацией, выводимой на дисплей.

Итоговая экономия по используемым узлам составила около 22500 рублей. Но нужно понимать, что в уже существующих полноценных вендинговых аппаратах вполне могут присутствовать и другие модули, которые не были приведены в сравнение. В связи с этим нельзя получить полную картину экономической выгоды. Полноценные вендинговые аппараты содержат сотни электронных компонентов для непрерывной работы на очень долгий срок и обеспечения максимальной работоспособности без дополнительного обслуживания, что значительно увеличивает их себестоимость.

3 Конструктивно-технологический раздел

В данном разделе выпускной квалификационной работы будут рассмотрены выбранные решения, касающиеся электронных компонентов, включенных в проектируемое устройство, а также обоснования их выбора и их краткое описание.

3.1 Микроконтроллер Arduino UNO

Arduino UNO – это МК, базирующийся на ATmega328. Он содержит 14 цифровых входных/выходных пинов, 6 аналоговых входов, керамический резонатор с частотой 16 МГц, возможность подключения USB, power jack, ICSP header, а также кнопку перезагрузки. Вышеперечисленные особенности включают в себя все необходимое для продуктивной работы с МК.

На рисунке 15 представлена схема распиновки устройства Arduino UNO.

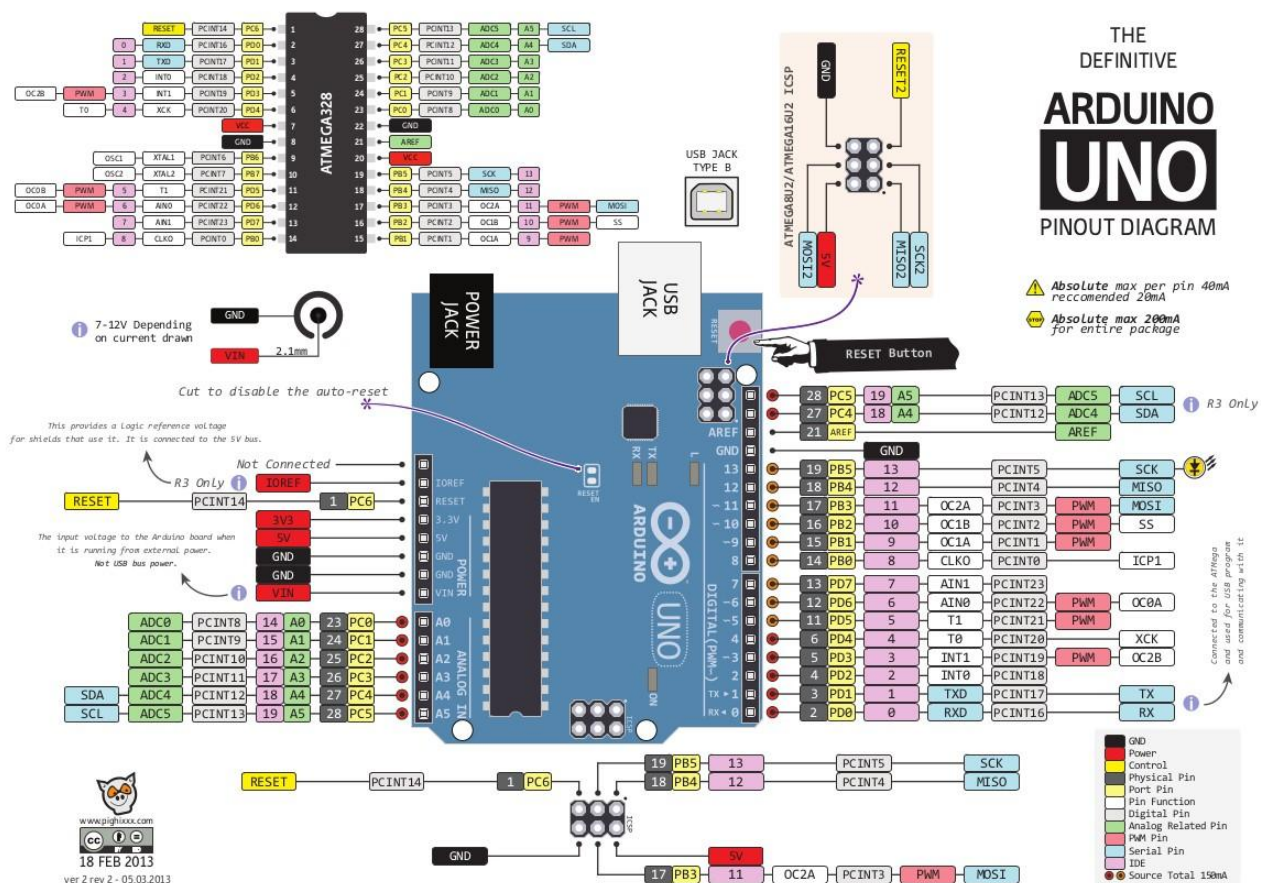


Рисунок 15 – Схема распиновки Arduino UNO.

3.1.1 Питание Arduino UNO осуществляется несколькими способами:

- подключение платы к компьютеру или ноутбуку посредством USB кабеля
- питание от промышленной сети 220 В, 50 Гц при помощи AC/DC адаптера
- внешняя батарея

Разнообразие и простота подключения выбранного МК также является одним из преимуществ данного выбора.

При подключении рассматриваемого устройства необходимо помнить, что максимальное напряжение питания составляет 20 В, но при этом, рекомендуемым напряжением является диапазон от 7 до 12 В включительно. Можно осуществлять питание МК при помощи USB коннектора с напряжением

5 В, но тогда нужно учитывать то, что при падении питающего напряжения ниже 5 В, возможно проявление нестабильной работы устройства, сбоев и других нежелательных факторов.

3.1.2 Программирование МК осуществляется при помощи специального программного обеспечения от фирмы-производителя «Arduino software». При подключении устройства к компьютеру необходимо выбрать модель устройства в меню, затем можно приступать непосредственно к написанию программы. «Arduino software» использует упрощенный язык C++, что делает это программное обеспечение интуитивно понятным и простым в использовании, при наличии хотя бы минимальных знаний в программировании.

Также, для этого программного обеспечения существует множество библиотек, облегчающих процесс создания скетча и работы с некоторыми устройствами. Библиотеки могут быть написаны как самими разработчиками, так и пользователями данного программного обеспечения. Они включают в себя уже готовые программы с некоторыми командами, позволяющими управлять устройствами при помощи подключенной библиотеки.

Например, уже существуют библиотеки, позволяющие работать со следующими компонентами:

- жидкокристаллический дисплей LCD1602
- шаговый двигатель 28BYJ-48
- тензометрический датчик
- другие электронные устройства, совместимые с МК Arduino

3.1.3 При записи, чтении и применении написанной программы используются следующие типы памяти:

- флеш-память

- SRAM

- EEPROM

Флеш-память представленного МК составляет 32 КБ. Этот тип памяти используется непосредственно для записи преимущественно большей части написанной программы, составляющей неизменяемую ее часть.

SRAM – это оперативная память, способная сохранять данные только при наличии питания. Чаще всего используется для записи и чтения переменных программы. Объем этого типа памяти составляет 2 КБ.

EEPROM – энергонезависимая память, используемая для долгосрочного хранения данных. Такой тип памяти может хранить данные даже при отсутствии источника питания, что делает его особенно полезным при необходимости сохранения каких-либо результатов или статистики устройства при отключении энергии или перезагрузки МК. Но, стоит учитывать, что EEPROM имеет ограниченное, хоть и достаточно большое, количество циклов записи, что накладывает некие рамки на ее использование. При этом объем памяти такого типа на данном МК составляет порядка 1 КБ.

3.1.4 Каждый из 14 цифровых пинов Arduino UNO может быть использован как вход или выход, при помощи следующих функций, применяемых в программной обеспечении «Arduino software»:

- pinMode()

- digitalWrite()

- digitalRead()

Первая из представленных функций назначает тип выбранного пина. Запись производится следующим образом: pinMode(7, INPUT). Где число – это номер пина, а следом за ним назначение входа или выхода соответственно. Также, вместо числа, может быть название какой-либо переменной, например:

`pinMode(IRpin, OUTPUT)`. Тогда программа обращается непосредственно к значению представленной переменной.

Вторая функция выставляет напряжение на выбранном порте 5 или 0 В, записав в функцию единицу или ноль соответственно. Например: `digitalWrite(IRpin, 1)`.

Последняя из представленных функций производит чтение с порта. В аргументе функции в этом случае указывается номер пина или переменная с нужным значением, с которого происходит чтение.

Каждая из функций работает при напряжении равным пяти вольтам. При этом каждый порт может проводить максимум до 40 мА, и у каждого пина присутствует подтягивающий резистор, отключенный по умолчанию, номиналом от 20 до 50 кОм. Для использования подтягивающего резистора необходимо видоизменить второй аргумент первой функции, добавив «PULLUP». При этом функция будет выглядеть следующим образом: `pinMode(7, INPUT_PULLUP)`.

В дополнение, некоторые порты имеют особые функции:

- последовательные: 0 (RX) и 1 (TX)
- внешние прерыватели: 2 и 3
- ШИМ (PWM): 3, 5, 6, 9, 10 и 11
- SPI: 10, 11, 12 и 13
- LED: 13
- TWI: A4 (SDA) и A5 (SCL)

Последовательные порты используются для получения или передачи данных между Arduino и компьютером. Типичным случаем использования является потребность в получении снимаемых значений с какого-либо прибора или датчика для дальнейшей обработки и анализа, или для проверки

корректного срабатывания того или иного момента в программе. При использовании последовательного порта, нулевой и первый выводы использовать запрещено.

Второй и третий пины имеют особую функцию по обработке внешних прерываний. Прерывание может быть зафиксирована несколькими способами:

- при появлении на порту напряжения, соответствующего низкому уровню
- при изменении напряжения на порту с низкого на высокое значение
- при падении напряжения с высокого уровня на низкий
- при изменении напряжения на порту в обе стороны, то есть с низкого значения на высокое, либо наоборот

Это означает, что при фиксировании прерывания на этих портах, вызывается заранее заданная в программе функция.

Следующая категория портов предоставляет восьмибитовые ШИМ (PWM) выходы, работающие с такой функцией, как `analogWrite()`. Данные порты являются цифровыми, но способны генерировать аналоговые сигналы при помощи широтно-импульсной модуляции. Частота модуляции варьируется от 250 до 15625 кГц с разрядностью от 2 до 8 бит соответственно.

Пины с 10 по 13 поддерживают SPI соединение, функционирующее при помощи подключенной библиотеке «SPI library» и позволяющие использовать МК в качестве программатора, а также подключать к нему внешние носители информации, такие как SD Card.

Также, тринадцатый пин подключен к светодиоду, расположенному непосредственно на самой плате Arduino UNO. Светодиод служит индикатором, соответствующим текущему уровню напряжения и очень удобен для проверки работоспособности МК.

Аналоговые четвертый и пятый выходы предназначены для работы с интерфейсом I2C. Данный интерфейс используется для подключения жидкокристаллических дисплеев, в частности LCD 1602, а также для подключения микросхем энергонезависимой памяти EEPROM.

3.2 Шаговый двигатель 28BYJ-48 с драйвером ULN2003

Шаговый двигатель – это двигатель, управляемым последовательным рядом электромагнитных катушек. На центральный вал установлено несколько магнитов, взаимодействующих с катушками. Поочередно подавая ток на катушки, создаются магнитные поля, способствующие вращению двигателя. Перемещение двигателя 28BYJ-48 происходит с шагом в 5.625° . Такой угол шага говорит о том, что двигателю необходимо совершить 64 шага для полного оборота.

Подключение шагового двигателя напрямую к МК невозможно, так как потребляемый ток двигателя много превышает максимальный постоянный ток на портах устройства Arduino. Для решения вопроса о подключении шагового двигателя был использован четырехфазный драйвер ULN2003. Максимальный выходной ток данного драйвера на каждый пин составляет порядка 500 мА, что вполне достаточно для питания шагового двигателя. На плате драйвера также располагаются индикаторные светодиоды, сигнализирующие о текущей рабочей фазе.

Пример подключения шагового двигателя 28BYJ-48 и драйвера ULN2003 к устройству Arduino UNO представлен на рисунке 16.

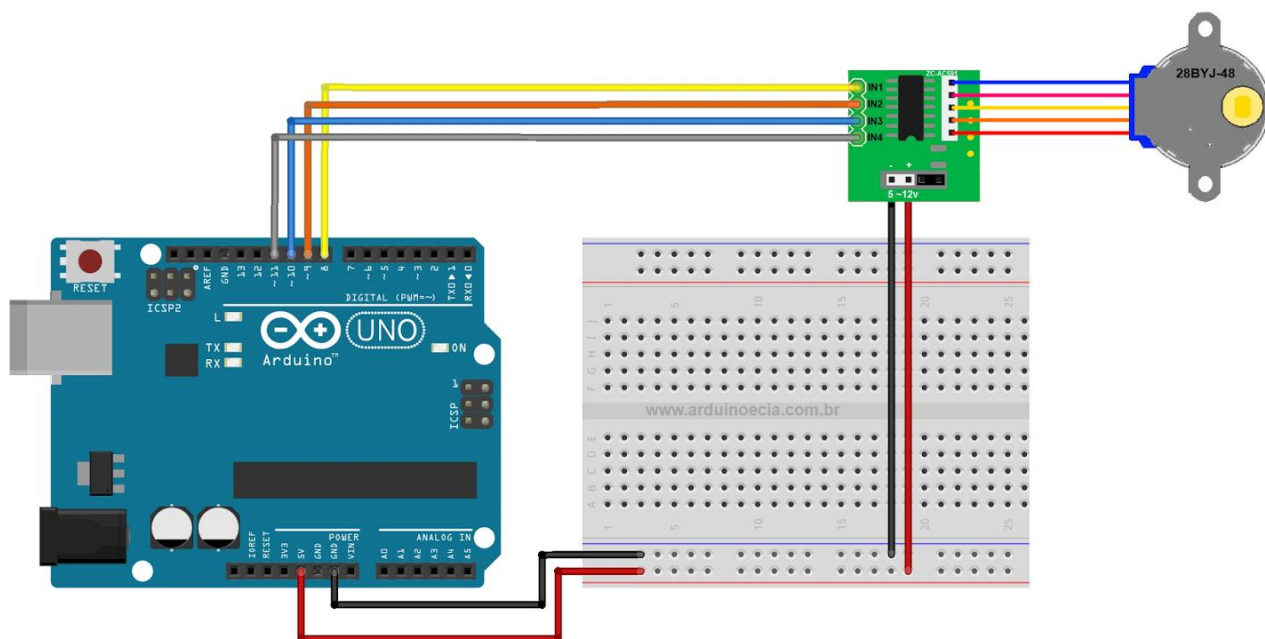


Рисунок 16 – Пример подключения шагового двигателя 28BYJ-48 и драйвера ULN2003 к устройству Arduino UNO.

3.3 Тензометрический датчик Wavgat с модулем HX711

Тензометрический датчик – современный электрический прибор, предназначен для измерения значений деформации с последующим преобразованием полученных данных в электрический сигнал. На сегодняшний день самым распространенным способом измерения является тензорезистивный, но существует также множество других способов, таких как:

- волоконно-оптический
- оптико-поляризационный
- пьезорезистивный
- пьезоэлектрический

Разделение тензорезистивных датчиков на типы происходит в зависимости от того, какие величины измеряет датчик, например:

- измерение проекции мнимого ускорения (датчик ускорения)
- измерение давления (датчик давления)
- измерение нагрузки (датчик силы)

А также существуют датчики, измеряющие крутящий момент и перемещение. Самым популярным видом тензометрических датчиков, присутствующих почти в каждом доме, являются, несомненно, весы.

Принцип работы тензорезистивных датчиков основан на соотношении силы упругости и веса, приложенного к датчику. Для реализации такого принципа работы необходимо иметь некую упругую поверхность, с которой будут производиться измерения посредством установленного на нее тензорезистора.

Выбор тензометрического датчика бренда Wavgat обусловлен простотой конструкции, доступностью ценового диапазона, а также разнообразием выбора в направлении максимально измеряемого веса и точности измерений.

Для взаимодействия тензометрического датчика с МК используется модуль HX711. Модуль HX711 представляет собой 24-битный аналого-цифровой преобразователь, использующийся конкретно для измерения веса. Диапазон рабочего напряжения находится в пределах от 2.6 В до 5.5 В, а рабочей температуры от минус 40 °С до 85 °С.

Пример подключения тензометрического датчика Wavgat и модуля HX711 к устройству Arduino UNO представлен на рисунке 17.

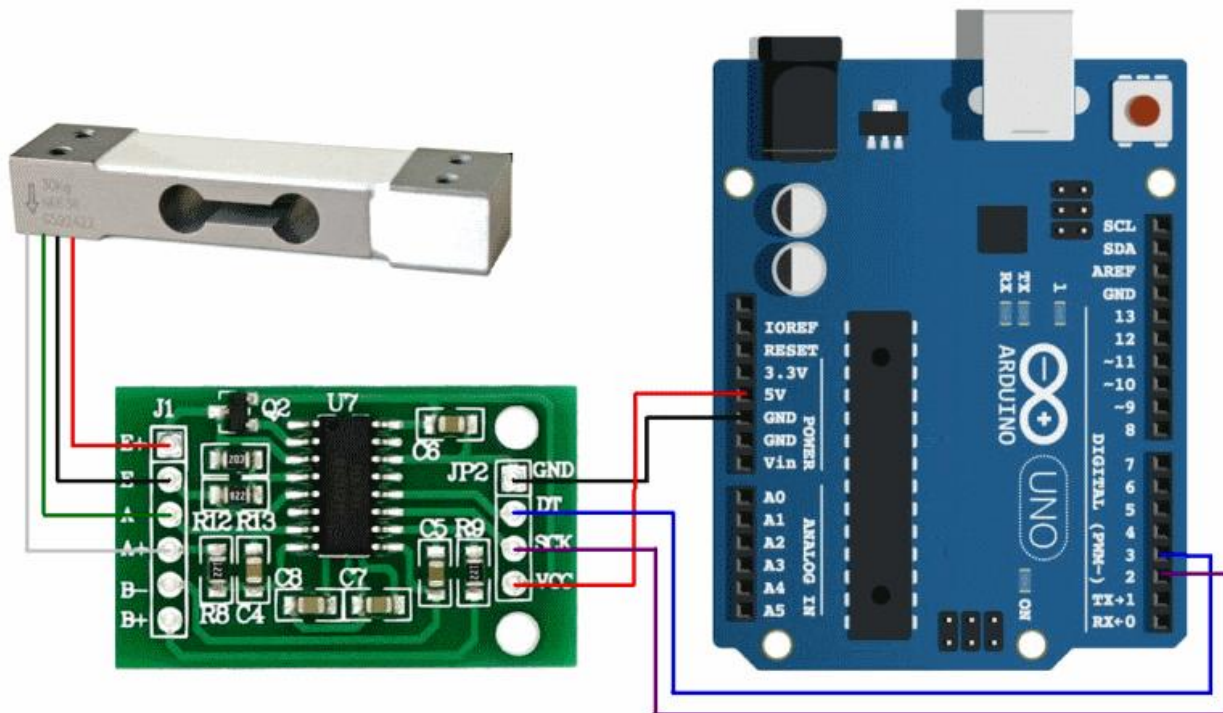


Рисунок 17 – Пример подключения тензометрического датчика Wavgat и модуля HX711 к устройству Arduino UNO.

3.4 Жидкокристаллический дисплей LCD 1602 с модулем I2C

Жидкокристаллический дисплей LCD 1602 представляет собой дисплей небольших габаритов, способный выводить до 32 символов. Подключение дисплея возможно как напрямую к МК, так и через модуль I2C. Использование модуля обусловлено упрощением подключения и программирования дисплея, а также сокращением количества используемых выходов МК.

Пример подключения жидкокристаллического дисплея LCD 1602 и модуля I2C к устройству Arduino UNO представлен на рисунке 18.

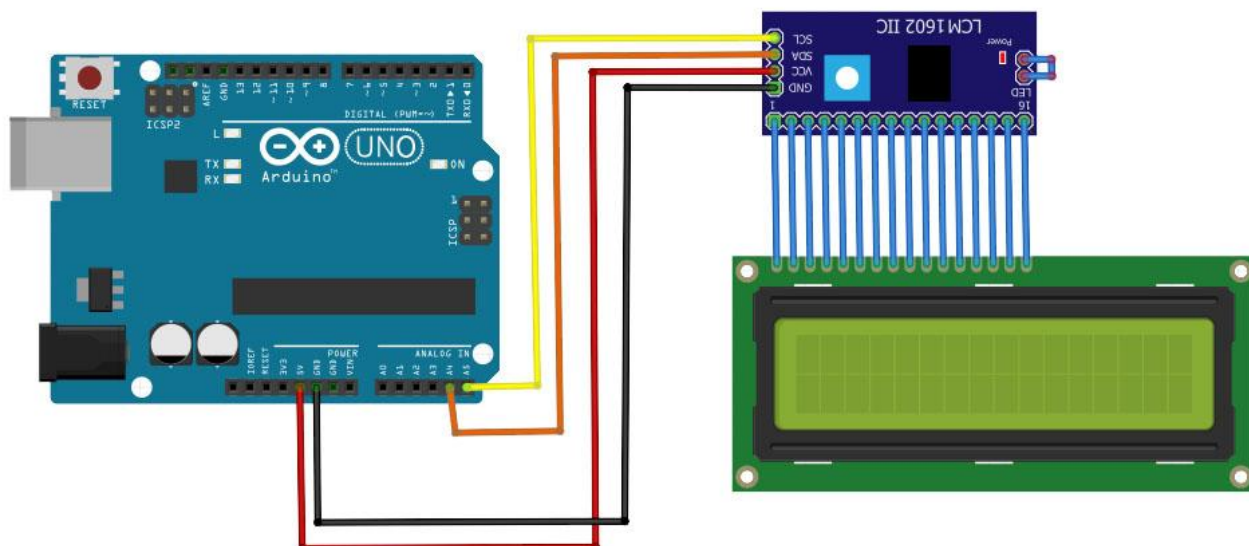


Рисунок 18 - Пример подключения жидкокристаллического дисплея LCD 1602 и модуля I2C к устройству Arduino UNO.

3.5 Экспериментальные диаграммы работы устройства с описанием особенностей

Для того, чтобы убедиться в корректной работе проектируемого устройства, сняли несколько экспериментальный диаграмм, отображающих принцип работы отдельных узлов ВА.

3.5.1 Так как разработка способа и алгоритма идентификации монетных денежных знаков является одной из важнейших частей ВКР, необходимо удостовериться в их работоспособности. Для того чтобы это сделать, были сняты показания с фототранзистора для каждого используемого номинала монеты, наглядно показывающие как работает алгоритм.

Снятые данные представлены на рисунке 19.

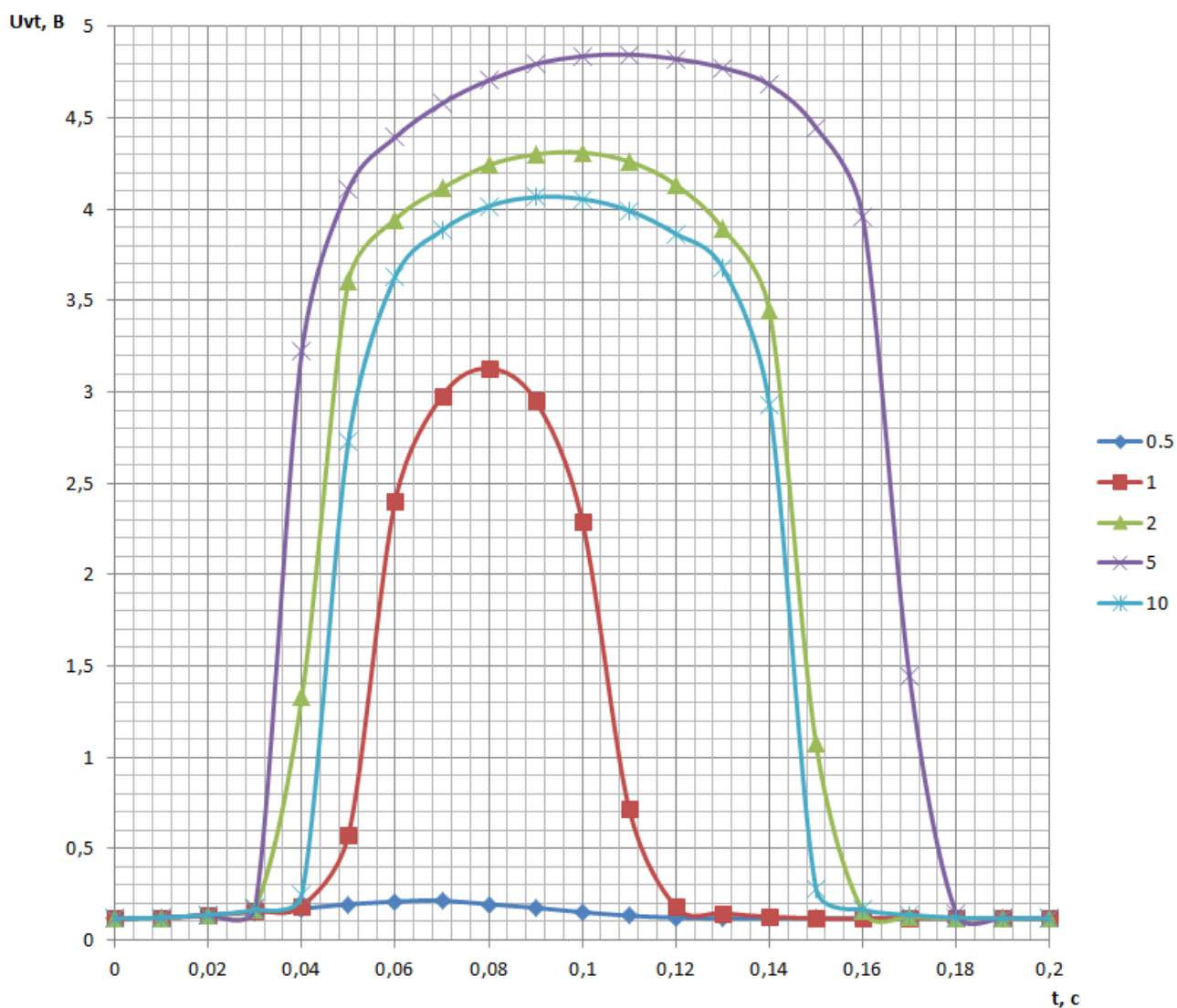


Рисунок 19 – График работы монетоприемника

На графике представлено изменение напряжения в зависимости от номинала монеты, проходящей через монетоприемник. Как показывает график, каждая монета отлична от другой и покрывает разную площадь, проходя между полупроводниковыми приборами, благодаря чему достигаются различные напряжения, снятые с аналогового выхода, к которому подключен фототранзистор. Данной разницы достаточно для точного определения номинала денежного монетного знака, поступающего в ВА.

3.5.2 Следующие экспериментально снятые данные представляют собой информацию о работе дозирующего устройства, в нашем случае

тензометрического датчика, отвечающего за количество отпускаемой продукции потребителю.

Снятые данные отображены на рисунке 20.

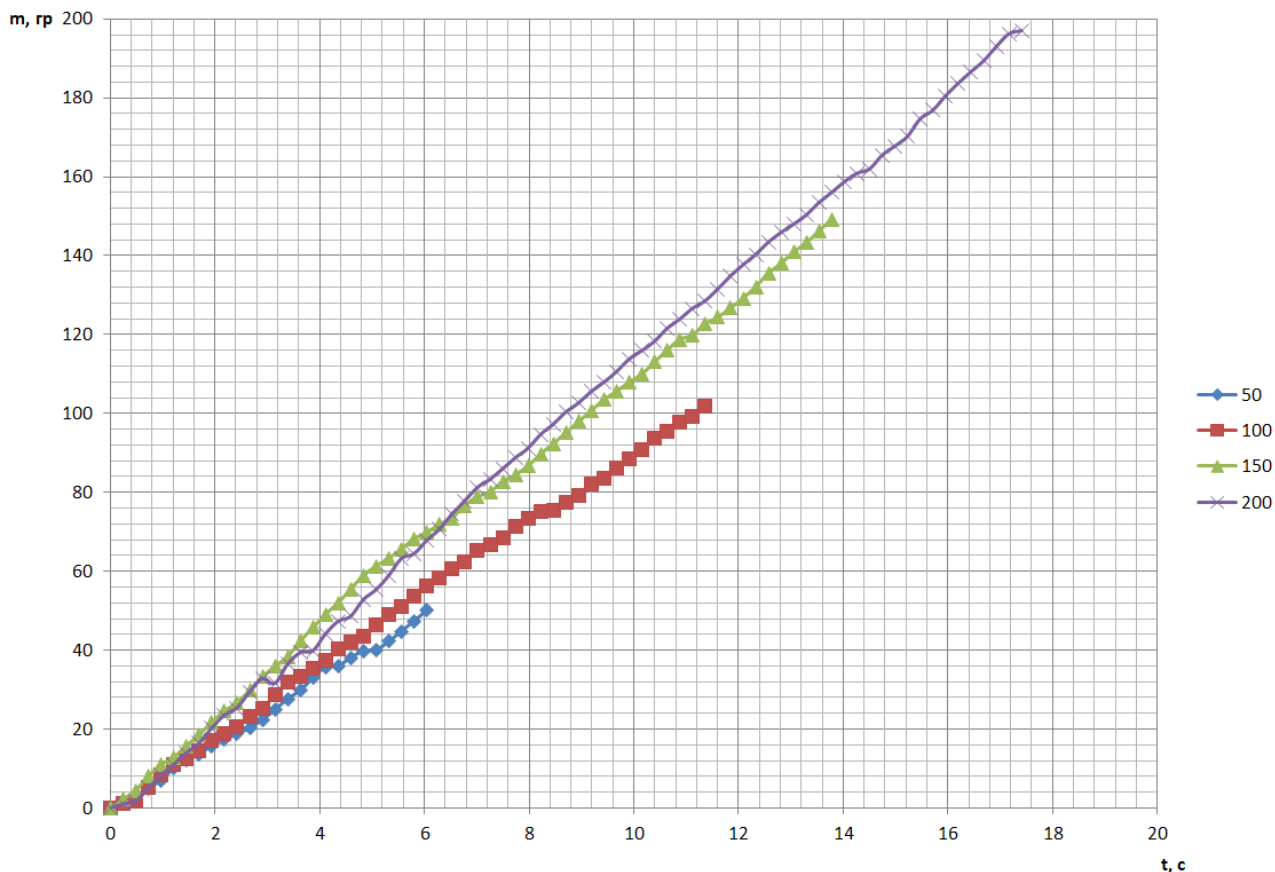


Рисунок 20 – График работы тензометрического датчика

Данный график отображает точность работы тензометрического датчика, а также длительность выполняемой операции, в зависимости от необходимой для выдачи массы товара. Измерения проводились для 50, 100, 150 и 200 грамм, при этом погрешность работы составила менее 2 %. Так, например, в случае измерения точности для 200 грамм товара, фактическая масса составила 197,063 грамм при длительности операции равной 17,4 секунды, а при снятии экспериментальных данных для 150 грамм товара, фактическая масса составила 149,28 грамм при длительности операции равной 13,78 секунды.

Заключение

Результатом данной бакалаврской работы является полноценный стенд, функционирующий как ВА, способный осуществлять все необходимые действия для полного обеспечения автоматизированной торговли с потенциальными пользователями. Разработка собственных решений по проектированию и созданию алгоритмов работы отдельных узлов устройства помогла достичь достаточной эффективности для конструирования стенда с минимальными экономическими затратами, необходимой надежностью и точностью работы всех элементов проектируемого устройства. Написание программы для МК также является одной из важных частей ВКР, полный текст программы приведен в приложении А.

Список используемой литературы

- 1 Datasheet Arduino Uno [Электронный ресурс]. URL: <https://datasheet.octopart.com/A000073-Arduino-datasheet-12389410.pdf>
- 2 Datasheet Infrared LED IR204-A [Электронный ресурс]. URL: <http://www.everlight.com/file/ProductFile/IR204-A.pdf>
- 3 Datasheet Phototransistor PT204-6B [Электронный ресурс]. URL: <http://www.everlight.com/file/ProductFile/PT204-6B.pdf>
- 4 Datasheet ПОСТОЯННЫЕ МЕТАЛЛОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РЕЗИСТОРЫ С2-23 имп. [Электронный ресурс]. URL: <https://static.chipdip.ru/lib/055/DOC000055622.pdf>
- 5 Datasheet KLS7-TS1204 12x12 Tact Switch Series [Электронный ресурс]. URL: <https://static.chipdip.ru/lib/551/DOC001551890.pdf>
- 6 Datasheet 28BYJ-48 – 5V Stepper motor. [Электронный ресурс]. URL: <http://robocraft.ru/files/datasheet/28BYJ-48.pdf>
- 7 Datasheet UNL2001A-ULN-2002A ULN2003A-ULN2004A [Электронный ресурс]. URL: <http://lib.chipdip.ru/223/DOC000223809.pdf>
- 8 Datasheet Тензометрический датчик PC7 ULN2004A [Электронный ресурс]. URL: https://www.flintec.com/wp-content/uploads/2016/09/A221-Rev0-RU_PC7_Data_Sheet.pdf
- 9 Datasheet HX711 [Электронный ресурс]. URL: https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf
- 10 Datasheet WaveShare LCD1602 [Электронный ресурс]. URL: https://www.waveshare.com/datasheet/LCD_en_PDF/LCD1602.pdf

11 Adaptation of Dubins Paths for UAV Ground Obstacle Avoidance When Using a Low Cost On-Board GNSS Sensor / Ramunas Kikutis [и др.] // Sensors.— 2017. [Электронный ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/320092614_Adaptation_of_Dubins_Paths_for_UAV_Ground_Obstacle_Avoidance_When_Using_a_Low_Cost_On-Board_GNSS_Sensor

12 Obstacle Avoidance and Target Acquisition for Robot Navigation Using a Mixed Signal Analog/Digital Neuromorphic Processing System / Moritz B. Milde [и др.] // Frontiers in Neurorobotics.— 2017. [Электронный ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/318391669_Obstacle_Avoidance_and_Target_Acquisition_for_Robot_Navigation_Using_a_Mixed_Signal_AnalogDigital_Neuromorphic_Processing_System

13 Hang Li Sensor Network Based Collision-Free Navigation and Map Building for Mobile Robots / Hang Li // — 2017. [Электронный ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/319477982_Sensor_Network_Based_Collision-Free_Navigation_and_Map_Building_for_Mobile_Robots

14 Development of Reverse Vending Machine (RVM) Framework for Implementation to a Standard Recycle Bin / Razali Tomari [и др.] // Procedia Computer Science.— 2017. [Электронный ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/314139977_Development_of_Reverse_Vending_Machine_RVM_Framework_for_Implementation_to_a_Standard_Recycle_Bin

15 Aneeqa Ramzan RFID technology: Beyond cash-based methods in vending machine / Aneeqa Ramzan, Saad Rehman, Aqib Perwaiz // 2017 2nd International Conference on Control and Robotics Engineering. [Электронный ресурс] URL: https://www.researchgate.net/publication/317245118_RFID_technology_Beyond_cash-based_methods_in_vending_machine

16 Забродин, Юрий Сергеевич Промышленная электроника : учебник для студентов энергетических и электромеханических специальностей вузов / Ю. С.

Забродин. - Изд. 2-е, стер. - Москва : Альянс, 2008. - 495, [1] с. : ил.; 22 см.; ISBN 978-5-903-034-34-5 (в пер.)

17 ГОСТ 2.105-95. Общие требования к текстовым документам [Текст] = Unified system for design documentation. General requirements for textual documents : межгосударственный стандарт : взамен ГОСТ 2.105-79, ГОСТ 2.906-71 : введен 1996-07-01. - Москва : Изд-во стандартов, 1996. - III, 36, [1] с.; 21 см. - (Единая система конструкторской документации).

18 ГОСТ 9327-60. Бумага и изделия из бумаги. Потребительские форматы = Paper and paper products. Trimmed sizes : государственный стандарт Союза ССР / Разраб. М-вм целлюлозно-бумаж. пром-сти СССР. - Переизд. (январь 1990 г.) с Изм. №1,2,3,4,5, утвержд. в июне 1966 г., дек. 1980 г., окт. 1985 г. (ИУС 9-66, 8-67, 4-81, 1-86, 11-89). / Взамен ОСТ 5115 : введ. 01.01.68. - Москва : Изд-во стандартов, 1990. - 6 с.; 21 см.

19 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Сокращение слов на русском языке, Общие требования и правила = System of standards on information, librarianship and publishing. Bibliographic record. Abbreviation of words in the Russian language. General requirements and rules : Межгосударственный стандарт ГОСТ 7.12-93 : Взамен ГОСТ 7.12-77 : Введен 1995-07-01. - Москва : Издательство стандартов, 1995. - III, 17 с

20 ГОСТ 8.417-81. Государственная система обеспечения единства измерений. Единицы физических величин [Текст] = State system of ensuring the uniformity of measurements. Units of physical quantities. ГОСТ 8.417-81 : Гос. стандарт Союза ССР [заменён] / Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам. - Москва : Издательство стандартов, [1982]. - 41 с.

21 Единая система конструкторской документации. Линии = Unified system for design documentation. Lines : межгосударственный стандарт ГОСТ

2.303-68 : взамен ГОСТ 3456-59 : введен 01.01.71. - Изд. (апр. 2000) с Изм. №1, 2, утв. в февр. 1980, марте 1989 (ИУС 4-80, 7-89). - Москва : ИПК Издательство стандартов, [2000]. - 6 с.

22 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов. Общие требования и правила составления = System of standards on information, librarianship and publishing. Bibliographic recording. Bibliographic description for electronic resources. General requirements and rules : Межгосударственный стандарт ГОСТ 7.82-2001 : Введен впервые : Введен 2002-07-01 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. - Москва : Издательство стандартов, 2001. - III, 23 с.

23 Единая система конструкторской документации. Основные надписи = Unified system for design documentation. Basic inscriptions : Межгосударственный стандарт ГОСТ 2.104-2006 : Взамен ГОСТ 2.104-68 : Введен 2006-09-01 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. - Москва : Стандартинформ, 2006. - III, 14 с.

24 Правила выполнения электрических схем = Unified system of design documentation. Rules for presentation of electric schemes : межгосударственный стандарт ГОСТ 2.702-2011 : взамен ГОСТ 2.702-75 : введен 2012-01-01 / Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. - Москва : Стандартинформ, 2011. - III, 22 с. - (Единая система конструкторской документации).

Приложение А

```
#include "Q2HX711.h"

#include "LCD_1602_RUS.h"

#include "Stepper_28BYJ.h"

#include "EEPROMex.h"

#define STEPS 4078

#define coin_amount 5

#define price_one 0.05

#define price_two 0.04

#define calibr_button 4

#define button_one 5

#define button_two 6

#define disp_power 12

#define LEDpin 3

#define IRpin 17

#define IRsens 16

#define Tpin 13

Q2HX711 hx711(A1, A0);

float coin_value[coin_amount] = {0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10.0};

String currency = "RUB", unit = "gr";

int coin_signal[6], coin_quantity[coin_amount];
```

```

byte empty_signal;

unsigned long standby_timer, reset_timer;

float summ_money = 0, summ_money_inside = 0, empty_t, compare, weight;

boolean press_button = true, coin_flag = false;

int sens_signal, last_sens_signal, weight1, weight2;

LCD_1602_RUS lcd(0x3f, 16, 2);

Stepper_28BYJ stepper(STEPS, 8, 9, 10, 11);

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  delay(500);

  pinMode(calibr_button, INPUT_PULLUP);

  pinMode(button_one, INPUT_PULLUP);

  pinMode(button_two, INPUT_PULLUP);

  pinMode(dispower, OUTPUT);

  pinMode(LEDpin, OUTPUT);

  pinMode(IRpin, OUTPUT);

  pinMode(Tpin, OUTPUT);

  digitalWrite(dispower, 1);

  digitalWrite(LEDpin, 1);

  digitalWrite(IRpin, 1);

  digitalWrite(Tpin, 1);
}

```

```
stepper.setSpeed(13);

empty_signal = analogRead(IRsens);

weight1 = 2000;

weight2 = 2000;

lcd.init();

lcd.backlight();

if (!digitalRead(calibr_button)) {

    lcd.clear();

    lcd.setCursor(3, 0);

    lcd.print(L"Настройка");

    delay(500);

    reset_timer = millis();

    while (1) {

        if (millis() - reset_timer > 3000) {

            for (byte i = 0; i < coin_amount; i++) {

                coin_quantity[i] = 0;

                EEPROM.writeInt(20 + i * 2, 0);

            }

            lcd.clear();

            lcd.setCursor(0, 0);

            lcd.print(L"Копилка пуста");

            delay(1000);
```

```

    goto startwork;
}

if (digitalRead(calibr_button)) {

    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0, 0);

    lcd.print(L"Калибровка");

    break;

}

}

while (1) {

    for (byte i = 0; i < coin_amount; i++) {

        lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(coin_value[i]);

        lcd.setCursor(13, 1); lcd.print(currency);

        last_sens_signal = empty_signal;

        Serial.println(last_sens_signal);

        while (1) {

            sens_signal = analogRead(IRsens);

            if (sens_signal > last_sens_signal) last_sens_signal = sens_signal;

            if (sens_signal - empty_signal > 5) coin_flag = true;

            if (coin_flag && (abs(sens_signal - empty_signal)) < 4) {

                coin_signal[i] = last_sens_signal;

                EEPROM.writeInt(i * 2, last_sens_signal);
            }
        }
    }
}

```



```

        coin_flag = false;

        break;

    }

}

}

break;

}

}

for (byte i = 0; i < coin_amount; i++) {

    coin_signal[i] = EEPROM.readInt(i * 2);

    coin_quantity[i] = EEPROM.readInt(20 + i * 2);

    summ_money_inside += coin_quantity[i] * coin_value[i];

    Serial.println(coin_signal[i]);

}

startwork:

delay(500);

empty_signal = analogRead(IRsens);

last_sens_signal = empty_signal;

}

void loop() {

    standby_timer = millis();

```

```

last_sens_signal = empty_signal;

if(press_button){

lcd.clear();

lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(L"Товар1");

lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(weight1);

lcd.setCursor(5, 1); lcd.print(unit);

lcd.setCursor(9, 0); lcd.print(L"Товар2");

lcd.setCursor(9, 1); lcd.print(weight2);

lcd.setCursor(14, 1); lcd.print(unit);

press_button = false;

}

while(1){

sens_signal = analogRead(IRsens);

if (sens_signal > last_sens_signal) last_sens_signal = sens_signal;

if (sens_signal - empty_signal > 5) coin_flag = true;

if (coin_flag && (abs(sens_signal - empty_signal)) < 4) {

for (byte i = 0; i < coin_amount; i++) {

int delta = abs(last_sens_signal - coin_signal[i]);

if (delta < 30) {

summ_money += coin_value[i];

summ_money_inside += coin_value[i];

lcd.clear();

```

```

    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(L"CyMMA");

    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(summ_money);

    lcd.setCursor(7, 1); lcd.print(currency);

    coin_quantity[i]++;

    break;

}

}

coin_flag = false;

standby_timer = millis();

break;

}

if(!digitalRead(button_one)) {

    weight = summ_money/price_one;

    empty_t = hx711.read();

    compare = weight*2000 + empty_t;

    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(L"Bec");

    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(weight);

    lcd.setCursor(13, 1); lcd.print(unit);

    stepper.step(500);

    summ_money = 0;

    while(1){

```

```

if(hx711.read() > compare){

    stepper.step(-500);

    weight1 = weight1 - weight;

    press_button = true;

    lcd.clear();

    lcd.setCursor(5,0); lcd.print(L"Спасибо");

    delay(2000);

    break;

}

}

break;

}

if(!digitalRead(button_two)) {

    weight = summ_money/price_one;

    empty_t = hx711.read();

    compare = weight*2000 + empty_t;

    lcd.clear();

    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(L"Вес");

    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(weight);

    lcd.setCursor(13, 1); lcd.print(unit);

    stepper.step(-500);

    summ_money = 0;

```

```

while(1){

    Serial.println(hx711.read());

    if(hx711.read() > compare){

        stepper.step(500);

        weight2 = weight2 - weight;

        press_button = true;

        lcd.clear();

        lcd.setCursor(5,0); lcd.print(L"Спасибо");

        delay(2000);

        break;

    }

}

break;

}

if (millis() - standby_timer > 600000) {

    for (byte i = 0; i < coin_amount; i++) {

        EEPROM.updateInt(20 + i * 2, coin_quantity[i]);

        standby_timer = millis();

    }

}

if (!digitalRead(calibr_button)){

    lcd.clear();

```

```
lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(L"Накопили");  
  
lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(summ_money_inside);  
  
lcd.setCursor(13, 1); lcd.print(currency);  
  
}  
  
}  
  
}
```