

3D СКАНЕР НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЛЕРА ARDUINO

Автор:

Мальгин Семён Михайлович,
Тюменская область,
Тобольский район, с. Малая Зоркальцева
Филиал МАОУ «Нижнеаремзянская СОШ»
- «Малозоркальцевская СОШ»
9 класс

Научный руководитель:

Цейнер Алексей Викторович
учитель технологии
Филиал МАОУ «Нижнеаремзянская СОШ» -
«Малозоркальцевская СОШ»

с. Малая Зоркальцева
2023 г.

3D СКАНЕР НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЛЕРА ARDUINO

Мальгин Семён Михайлович

Тюменская область. Тобольский район, с. Малая Зоркальцева
филиал МАОУ «Нижнеаремзянская СОШ» - «Малозоркальцевская СОШ», 9 класс.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Введение

Актуальность. 3D-технологии все чаще оказываются в центре внимания крупных российских предприятий, что отражает их готовность к внедрению инновационных 3D-решений в свои производственные цепочки. К примеру, создание прототипа на 3D-сканере, займет не месяцы, как на традиционном производстве, а всего несколько часов. Значительно экономятся временные затраты на доработку конструкции и запуск продукта в серийное производство, и, соответственно, снижается стоимость всего проекта. Благодаря применению [3D-сканеров](#) и программного обеспечения затраты времени и средств сокращаются в среднем в 1,5 раза.[1] Однако, несмотря на доступность информации, многие люди очень мало знают об особенностях 3D-технологий, сферах их применения и возможных перспективах развития. В современном мире 3D-технология широко используется как на производстве, так и частными людьми, занимающимися 3D-моделированием физических объектов. Приобретение готового 3D-сканера в собственное пользование не всегда экономически оправдано, так как стоимость отдельных моделей может достигать до миллиона рублей. В своём проекте поделюсь с вами как я спроектировал и изготовил 3D-сканер, своими руками, что позволило снизить трудоёмкость изделия, его себестоимость без снижения основных технических характеристик.

Цель проекта:

-создание 3D-сканирующего устройства доступного для **воссоздания моделей в цифровом формате.**

Задачи проекта:

- изучить уровень развития 3D технологий и внедрение её в инженерные и творческие процессы;
- познакомиться с историей развития 3D-сканирования;
- познакомиться с уже существующими образцами сканеров, их положение на рынке, характеристики и их стоимость;
- разработать и практически реализовать 3D-сканирующего устройства;
- запрограммировать устройство;
- выполнить финансовое и экологическое обоснование проекта;
- подвести итоги и определить возможности доработки и совершенствования;

Объект исследования: 3D-моделирование физических тел.

Предмет исследования: лазерное сканирование физического тела.

Гипотеза: спроектированный 3D-сканер построить трёхмерную копию в цифровом формате с меньшей себестоимостью.

Методы исследования, применённые в проекте:

Поисковый: просмотр литературы и изучение информации о различных вариантах, сканирующей техники, о использовании её в различных сферах человеческой деятельности;

Исследовательский: метод лабораторных и натуральных испытаний для определения наиболее подходящей конструкции;

Практический: изготовление 3D-сканирующего устройства

Практическая значимость проекта: разработана техническая документация для самостоятельной сборки 3D-сканирующего устройства

Новизна. При проектировании устройства были учтены все недостатки сканеров, они касались прежде всего погрешности. Точность трёхмерной модели зависит от выполнения ряда условий, этот прежде всего от расположения камеры, угла маркера(лазера), шага поворота столика и синхронности работы всего оборудования сканера. В своём проекте я постараюсь решить хотя бы некоторые из них. Новизна проекта заключается в конструкции сканера, все держатели оборудования могут регулироваться под каждую модель индивидуально и настраиваться в зависимости от размера модели. При демонстрации проекта я покажу весь процесс подготовки к сканированию.

Основная часть

Уровень развития 3D технологий. Современный мир невозможно представить без информационных технологий. Повсеместно используемые - в образовании, бизнесе, развлечениях - информационные технологии совершенствуются. Усложняются и производственные процессы. Развитие 3D-технологий позволяет решить ряд задач с высокой точностью визуализировать уже существующие предметы и обстановку, производить детализацию проектируемых объектов, обеспечивать пользователю полное погружение в заданную атмосферу. Трёхмерное моделирование сегодня выступает самой актуальной альтернативой всем другим видам моделей, которые могут дополнять и являться основой для трёхмерного моделирования (описание, чертежи, дорогостоящие материальные макеты) в современном архитектурно-дизайнерском проектировании, в медицине, в инженерных науках и в обучении.[2]. На рисунке 1 показаны применения сканеров в различных сферах деятельности человека



Рисунок 2. 3D-сканеры в медицине и архитектуре.

Историческая справка. Технология трехмерного сканирования появилась в конце 20-го века. Устройство 3D-сканера детально исследует объект, и полученные данные форматирует в цифровую копию. Первый прототип 3D-сканера был заявлен в 1960 году [3], хотя и не обладал высокими техническими характеристиками. После 1985 года сканирующие устройства дополнили лазерами, источниками белого света и затемнения. В 80-х годах прошлого века появились контактные датчики, которые использовались в 3D-сканерах для оцифровки поверхности твердых объектов, но такой способ сканирования занимал много времени и не отличался высокой точностью. В 1994 году компания 3DScanner выпустила 3D-сканер REPLICA, который давал точный (для того времени) и быстрый результат, это стало большим шагом в сфере 3D-технологий [4]. На рисунке 2 показана технология сканирования первыми цифровыми сканерами.

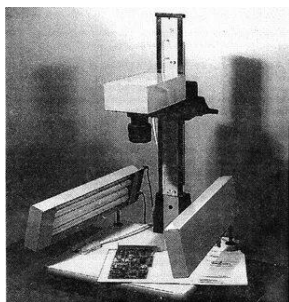


Рисунок 2. Первые сканеры, преобразующие объект в цифровой формат.

Теоретические основы и принцип работы 3D-сканера

Принцип работы 3D сканера — способность прибора определять расстояние до объекта, преобразовывать полученные данные в цифровое изображение (трехмерную модель), передавать его на компьютер. Сканер определяет координаты точек в пространстве на поверхности обрабатываемого объекта, анализирует их, формирует детальную цифровую модель. В его работе задействованы камеры, лазеры, дальномеры, устройства для подсветки. 3D-сканирование - это процесс анализа реального объекта или окружающей среды для сбора данных о его форме и, возможно, внешнем виде (например, цвете). Собранные данные затем могут быть использованы для построения цифровых 3D-моделей, а сам изготавливаемый объект воспроизводится с нужными свойствами с помощью 3D-принтеров.

3D-формат можно разделить на два отдельных малосвязанных между собой процесса: это создание виртуальной цифровой копии объекта и воспроизводство его с нужными свойствами. Создание виртуальной цифровой копии объекта возможно двумя способами: это программный метод - с помощью специальных программ и метод сканирования - с помощью различных дальномеров при копировании уже реально существующего объекта для его дальнейшего тиражирования.[5]

Анализ современных аналогов. Объектами моего изучения и анализа будут потребительские и любительские сканеры без лишних «заморочек». В моём исследовании буду анализировать 3D-сканеры, которые стоят менее 100 тысяч рублей. От дешевых сканеров, предназначенных для сборки самим пользователем (DIY), до более серьезных, поставляемых готовыми к работе, — они представляют собой наши лучшие варианты 3D-сканеров для дома и хобби. Понять из чего складывается цена, можно только изучив его технические характеристики. Эта информация очень важна!!! Именно на основе её я буду пытаться проектировать и создавать свой 3D сканер. Для наглядности и удобства я всю информацию разместил в таблице1.

Таблица1. Анализ современных аналогов 3D сканеров.

Продукт	Характеристика
Murobo Atlas  Розничная цена: 16 800 рублей	D-сканер Murobo Atlas — это комплект для сборки сканера, который вы создаете с нуля, включая 3D-печать основной рамы (при желании; акриловая рама также доступна для покупки в качестве дополнения к набору). Камера Raspberry Pi подходит для 3D-сканера Atlas, она создает четкие 3D-сканы, включающие текстуру. Как и другие 3D-сканеры, продающиеся в DIY-комплекте, Atlas поставляется со своей программой FreeLSS, настроенной специально для данного продукта. Среди DIY-продуктов Atlas отличается удобством использования: вы управляете устройством через свой браузер за счет встроенного адаптера Wi-Fi.
Occipital Structure Sensor (Mark II)	Occipital Structure Sensor (Mark II) — выпущенный многофункциональный ручной 3D-сканер, имеющий широкий спектр возможных применений. В отличие от своего предшественника, Mark II совместим с новыми iPad, на которых его удобно закреплять, кроме того, он меньше и намного мощнее. Продукт весит 65 г по сравнению с 95 г для старой версии, имеет встроенную монохромную камеру со сверхширокоугольным объективом



Розничная цена: 28 000 рублей

160°, может похвастаться более высоким разрешением по глубине и даже может использоваться не только в помещении, но и на открытом воздухе.

Программное обеспечение, предоставляемое производителем, называется Structure SDK, оно предлагает высокоуровневые инструменты для разработчика и полный низкоуровневый доступ для разработки игр и приложений смешанной реальности, а также для 3D-картографирования.

Scan Dimension Sol



Цена: 42 000 рублей

Scan Dimension Sol был создан в качестве точного, портативного, простого в использовании и доступного 3D-сканера. Он ориентирован на любителей, мастеров и предпринимателей.

Он подходит для различных задач, от замены или сопоставления вышедших из строя деталей до создания реплик уникальных объектов. Он сканирует как геометрию объектов, так и их текстуру.

HP Structured Light Scanner Pro S3



Цена: 80 000 рублей

HP Structured Light Scanner Pro S3, ранее известный как David SLS-3, использует структурированный свет для захвата объектов, позволяя в сочетании с HD-камерой промышленного класса получать результат высокого качества.

Несмотря на стационарность, которую некоторые считают неудобным ограничением, S3 может похвастаться возможностью модульного расширения, позволяющей использовать вторую камеру для повышения точности.

Доступный в качестве полного пакета с двумя камерами промышленного класса, S3, несмотря на стоимость, близкую к верхней части спектра сканеров подобного класса, представляет собой решение, лидирующее в отношении модульности и высокого качества получаемых результатов.

<p><u>Shining 3D EinScan SE</u></p>  <p>Цена: 105 000 рублей</p>	<p>Являясь частью недавнего двойного релиза компании Shining 3D, выпустившей преемников модели Einscan S, <u>система Einscan-SE</u> предлагает хорошо продуманный стартовый набор для начинающих пользователей и преподавателей, которые знакомятся с 3D-сканированием и хотят получать качественные сканы без лишней суеты.</p> <p>Созданные с учетом полученной обратной связи от тысяч пользователей ручного сканера EinScan-Pro, эти новые сканеры представляют собой шаг к захвату рынка</p>
---	---

<https://cvetmir3d.ru/blog/poleznoe/luchshie-3d-skanery-2020-goda-osennee-obnovlenie/>

Практическая реализация проекта.

Работу над практической реализацией проекта я начал с того что составил подробный план с указанием всех этапов работы:

- 1.Проектирование.
- 2.Подготовка материалов и оборудования
- 3.Процесс изготовления и сборка сканера
- 4.Программирование и настройка

Проектирование и разработка работа.

На этом этапе необходимо определиться с конструкцией сканера и с тем оборудованием которое мы установим на него. Изучив технические характеристики уже существующих аналогов (См. таблицу 1), я определился с оборудованием и как я его буду размещать на каркасе сканера. Каркас сканера будет открытого типа с возможность регулирования камеры и лазера, под любой размер объекта. [6]Техническая документация (чертежи и схема сборки) размещена в приложении 1и 2., также конструкция сканера показана на рисунке 3.




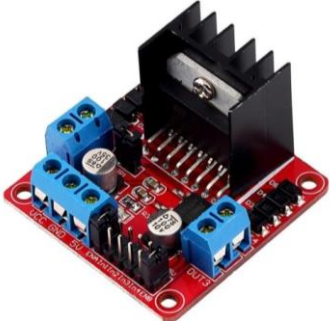
Рисунок 3. Станина и корпус для размещения шагового двигателя.

Подготовка материалов и оборудования.

Определившись с конструкцией и с задачами которые предстоит решать сканеру, необходимо подготовить материал и оборудование для реализации проекта. В своём проекте я буду использовать оборудования и материалы которые есть у нас в наличии, информация представлена в таблице 2.

Таблица 2. Перечень оборудования.

№	Оборудование	Функции в проекте
1	Веб-камера с микрофоном и автофокусом  Цена: 700 рублей	При помощи встроенных камер аппарат измеряет расстояние до объекта с разных ракурсов. Затем сопоставляются картинки, передаваемые камерами. После тщательного анализа всех полученных данных, на экране отображается готовая цифровая трехмерная модель. Если устройство 3d сканера основано на работе лазерного луча, то с его помощью измеряются расстояния в заданных точках. На основе этих сведений выводятся координаты.
2	Высококачественный лазерный модуль с красной линией.  Цена: 90 рублей	Если устройство 3d сканера основано на работе лазерного луча, то с его помощью измеряются расстояния в заданных точках. На основе этих сведений выводятся координаты.
	Шаговый электродвигатель Nema  Цена: 850 рублей	Вращает позиционный стол по определённому шагу, в зависимости от программы.

	<p>Контроллер Arduino UNO</p>  <p>Цена: 600 рублей.</p>	<p>Управляет внешним оборудованием(шаговым двигателем, лазером и камерой). Синхронизирует процесс сканирования.</p>
	<p>Драйвер L298N для мотора постоянного тока</p>  <p>Цена: 95 рублей.</p>	<p>Чтобы управлять вращением мотора. Драйвер представляет собой полный H-мост, главная функция которого — менять полярность на нагрузке. А если в качестве нагрузки будет мотор постоянного тока, то смена полярности приведет к смене направления его вращения</p>
	<p>Итого:</p>	<p>2240 рублей</p>

Для работы нам понадобится ноутбук с установленной программой для сканирования.

Таблица 2. Перечень материалов

№	Наименование материала	Количество	Цена
1	Алюминиевый профиль	600*40*40	900 руб.
2	Пластик ПВХ	обрезки	0 руб
3	Пластик для 3D принтера	300 грамм	200 руб.
4	-пластик «КАМАТЕКС»	обрезки	0 руб.
5	Тяга с шаровым механизмом	2 шт.	600 руб.
6	Пластиковые элементы крепления профиля	4 шт.	200 руб.
7	Элементы гаечного и болтового соединения	--	100 руб.
8	Провода, кабели, разъёмы, макетная плата	--	150 руб.
	Итого:		2150 руб.

Сборка и изготовление сканера осуществляется пошагово и согласно технической документации, чертежа и описание функций. (См. приложение 1).

Шаг первый. Изготовление станины. Важным условием точного сканирования, это жёсткость крепления оборудования и возможность его регулировки. под любой размер объекта, Поэтому было принято решение в качестве направляющих использовать

алюминиевый профиль для раздвижных дверей, показаны на рисунке 4. Его можно приобрести в магазине где продают дверные полотна.

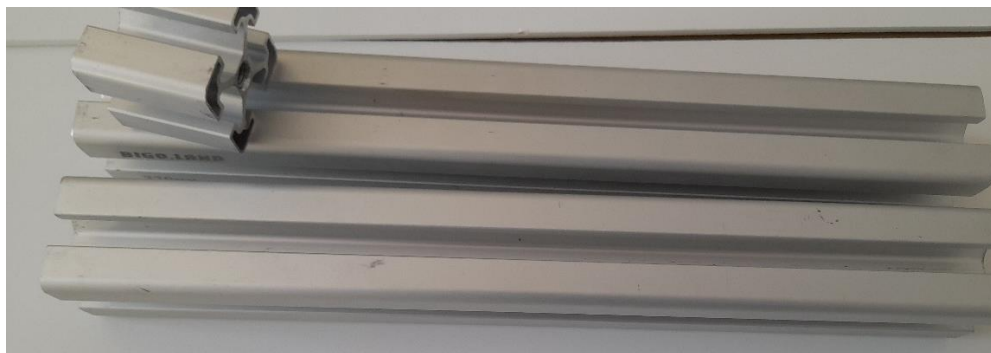


Рисунок 4. Профиль для станины.

Нарезать профиль по размеру согласно чертежу и собрать в конструкцию используя пластиковые соединители, они показаны на рисунке 5. Некоторые из них приобретаются вместе с профилем, а недостающие крепления распечатываются на 3D принтере.

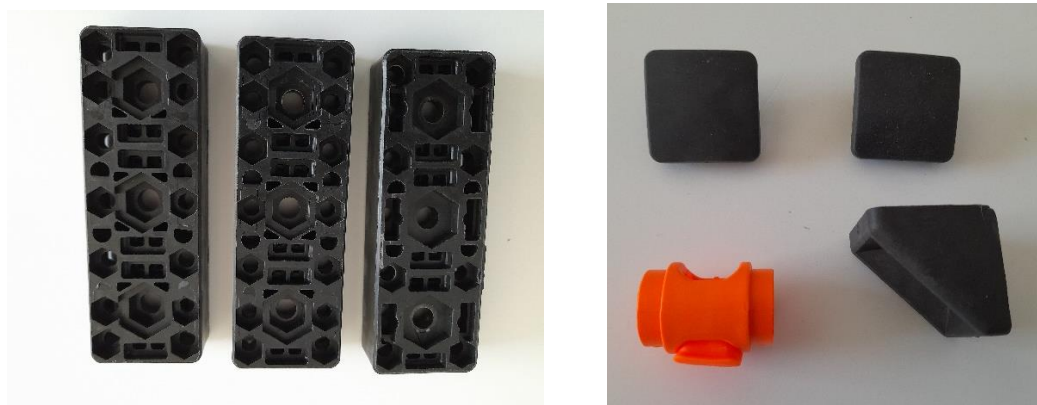


Рисунок 5. Элементы соединения профиля.

Сборка станины производится согласно чертежу, собранный каркас показан на рисунке 6.

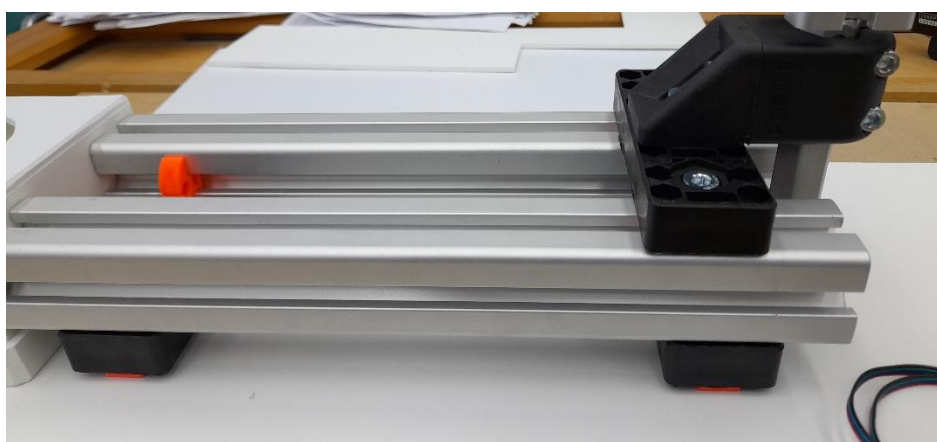


Рисунок 6. Станина сканера.

Шаг второй. Сборка держателя камеры и лазеров. Для изготовления нам понадобится: тяги с шаровым механизмом, алюминиевая профильная трубка (шестигранник). Пластиковые элементы крепления. Собранный модуль показан на рисунке 7.



Рисунок 7. «Штатив» для камеры и лазеров

Шаг третий. Изготовление корпуса для шагового двигателя и позиционного столика. Детали нарезаются из пластика ПВХ согласно размеров и склеиваются между собой по схеме сборки. Внутри корпуса размещается шаговый двигатель и механизм крепления позиционного столика. Весь модуль в сборке показан на рисунке 8.

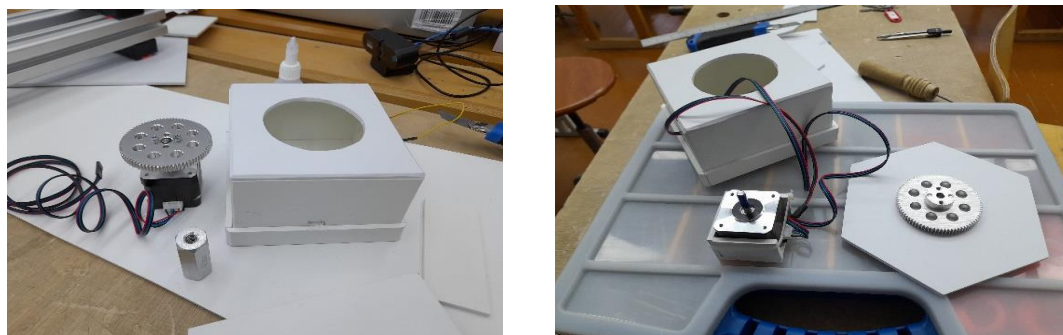


Рисунок 8. Корпус для двигателя и позиционный столик

Шаг четвёртый. Изготовление бокса для оборудования. Бокс склеивается из пластика согласно размеров. Необходимо учесть размеры оборудования, в нашем случае это контроллер ARDUINO, драйвер шагового двигателя, макетная плата для пайки и провода. На рисунке 9 показан бокс в сборе.



Рисунок 9. Бокс в сборе.

Шаг пятый. Выполнение дизайнерского оформления сканера. Одной из задач проекта является маркетинговое представление сканера, как готового продукта, не только для личного использования но и с целью изучения спроса в плане реализации. К дизайну отнеслись серьёзно, было несколько вариантов для рассмотрения. Выбранный вариант наиболее подошёл в плане практической реализации и доступности материалов. Собранный сканер показан на рисунке 10.

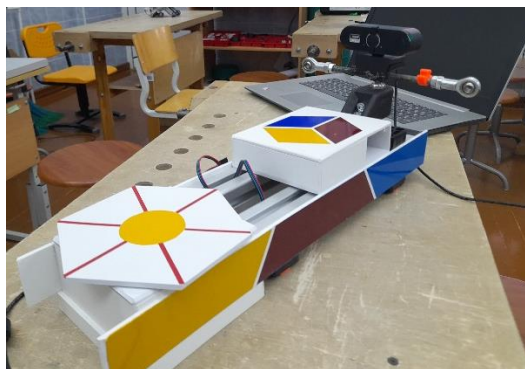


Рисунок 10. Дизайн сканера.

Шаг шестой. Размещение оборудования. Оборудование устанавливалась согласно схеме расположения его в проекте. На этапе проектирования учитывались места установки и крепления всех элементов оборудования, рисунок 11.

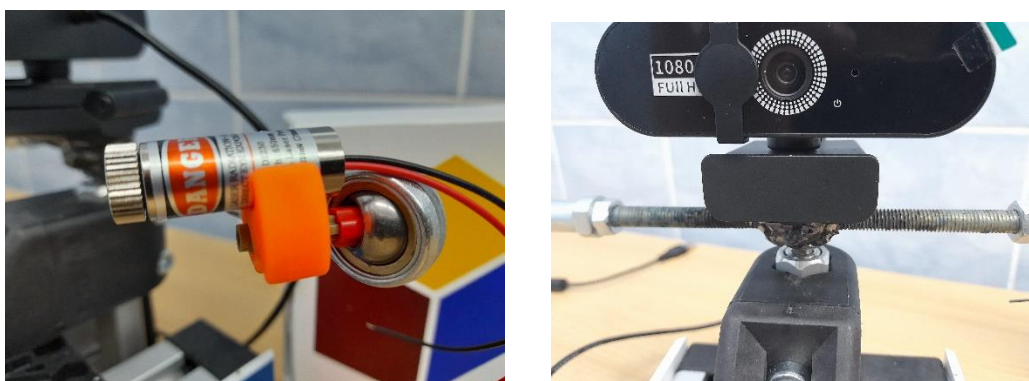


Рисунок 11. Размещение оборудования

Шаг седьмой. Подключение оборудования. В нашем случае оборудование подключается без шилда. Если принято решение собирать устройство без шилда, то входы шагового двигателя L298 подключаются к контактам Arduino под номерами 10,11,9,8,, в принципе можно использовать и другие контакты, но тогда необходимо внести изменения в скетч. Что касается модуля лазера. Тот его нужно подключить к пину A4 на контроллере. После чего можно подключить USB-кабель и питание.[7]

Установка программы.

Следующим шагом необходимо скачать официальный код приложения для сканирования. Чтобы прошить Arduino, нужно скачать плагин Codebender и затем нажать кнопку "Run on Arduino".

ПО для сканера.

Для установки программы нужно скачать образ «Sardauskan», после установки появится программное обеспечение для сканирования.

В программе необходимо произвести некоторые настройки:

- выбрать SerialPort;
- выбрать камера;
- после этого File-Control Panel;
- активируем лазер detect laser и выбрать «enable»

-ну а теперь жмём Fetch Frame, при этом синяя горизонтальная линия должна касаться нижней части стола. Жёлтая по центру стола. Если камеру установит неправильно то изображение будет плохого качества. [8]

Вот и всё программа настроена. Теперь можно ставить в сканер объект, и после этого нажимаем кнопку Start Scan.

Сохраняем изображение.

После того как сохранение объекта будет завершено, изображение можно сохранить в формате pcd или ply.

Открыть объект, который был сохранён, нужно выбрать File-OpenPointCloud.

В заключении объект можно распечатать на 3D-принтере.

Все тексты программы: Скетч Ардуино. <https://disk.yandex.ru/d/NAo5vmK9sRSI2w>

Распиновка и фрагменты программы размещены в приложении 1

Финансовое обоснование проекта.

В современном мире 3D-технология широко используется как на производстве, так и частными людьми, которые нуждаются в собственном 3D-сканере. Приобретение готового 3D-сканера в собственное пользование не всегда экономически оправдано, так как его стоимость, отдельных моделей, может достигать миллиона рублей. В своём проекте я попытался решить эту проблему и спроектировать и собрать 3D-сканер, способный решить многие технические и технологические задачи. Устройство легко разбирается и собирается. Его легко соберет даже учащийся средней школы, что было доказано в ходе выполнения нашего проекта. А также его можно использовать как обучающий конструктор для отработки навыков технического моделирования.. Себестоимость устройства в полной комплектации составляет 4400 рублей. Даже при наценке, в два раза, наш сканер будет привлекательным для потребителей, занимающихся трехмерным сканированием.

Экологическое обоснование проекта.

При эксплуатации сканнера, не используются экологически опасные источники энергии. Само сканирование безвредно и безопасно. При изготовлении использовались только экологически чистые материалы, которые не выделяют вредных веществ при эксплуатации

Заключение

В ходе выполнения проекта я изучил методы и технологии трехмерного сканирования, был разработан, изготовлен и испытан действующий образец 3D-сканера. На созданной действующей модели провели демонстрацию сканирования объекта с использованием лазерного дальномера для трёхмерного сканирования исследуемого объекта, провели финансово-экономическое обоснование проекта.

Задачи проекта выполнены полностью цель достигнута.

В процессе работы сканера, при необходимости будут вноситься изменения в конструкцию и в программное обеспечение.

Список литературы.

1. Статья, «3D-технологии в машиностроении» <https://blog.iqb.ru/3d-technologies-in-machine-industry/>
2. Книга «Доступная 3Дпечать для науки, образования и устойчивого развития»
Издатель :Международный центр практической физики МЦТФ 2013 год
3. Исторический справочник. Использование дополнительного оборудования в современных аналогах. <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno>
- 4.История развития 3Д сканирования. <https://can-touch.ru/history-and-types-of-3d-scanning/>
5. Анализ точности Лазерных Сканирующих Систем: статья по материалам доклада на XIX симпозиуме CIPA, Анталья, Турция / W. Boehler, M. Bordas Vicent, A. Marbs, 2003, сайт компании: <http://www.leica-gfk.ru/>
6. Статья. «Работа и подключение шаговых двигателей»
<https://arduinomaster.ru/motor-dvigatel-privod/shagovye-dvigateli-i-motory-arduino/>
7. Козлов Д.А. Алгоритм восстановления поверхности из облака точек на графическом процессоре – статья в сетевом журнале, 2010,
8. сайт: <http://www.graphicon.ru/>

Подключение и программирование лазеров

```
#ifndef CONFIGURATION_h
#define CONFIGURATION_h

#define FIRMWARE_VERSION "Sardauscan V0.1a"

#define SERIAL_BAUD 115200
//57600

// Motor definitions
#define motorPin1 2 // IN1 on the ULN2003 driver 1
#define motorPin2 3 // IN2 on the ULN2003 driver 1
#define motorPin3 4 // IN3 on the ULN2003 driver 1
#define motorPin4 5 // IN4 on the ULN2003 driver 1

//tips (from Mark Benson)
//If anyone else is having problems with a BYJ48 stepper not doing anything,
//change the HALFSTEP value to 4 & REVOLUTION_STEP to 2048
#define HALFSTEP 4
#define REVOLUTION_STEP 4096
#define STEP_BY_MINMOVE 4 // move by STEP_BY_MINMOVE (to avoid power loss when
position is between step)

#define LASER_COUNT 4
#define LASER_PIN_1 A1 //yellow
#define LASER_PIN_2 A2 //orange
#define LASER_PIN_3 A3 //green
#define LASER_PIN_4 13 //blue

#endif
```

Схема подключение внешнего оборудования

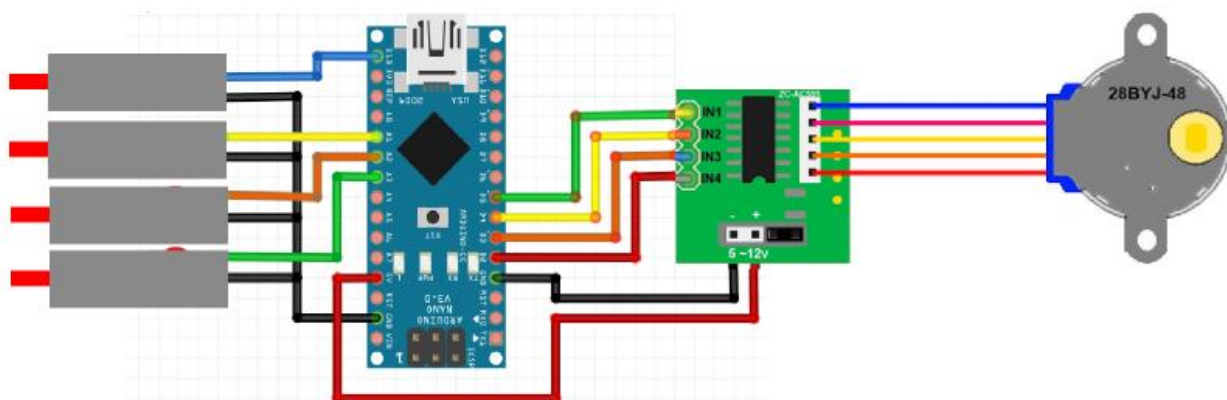
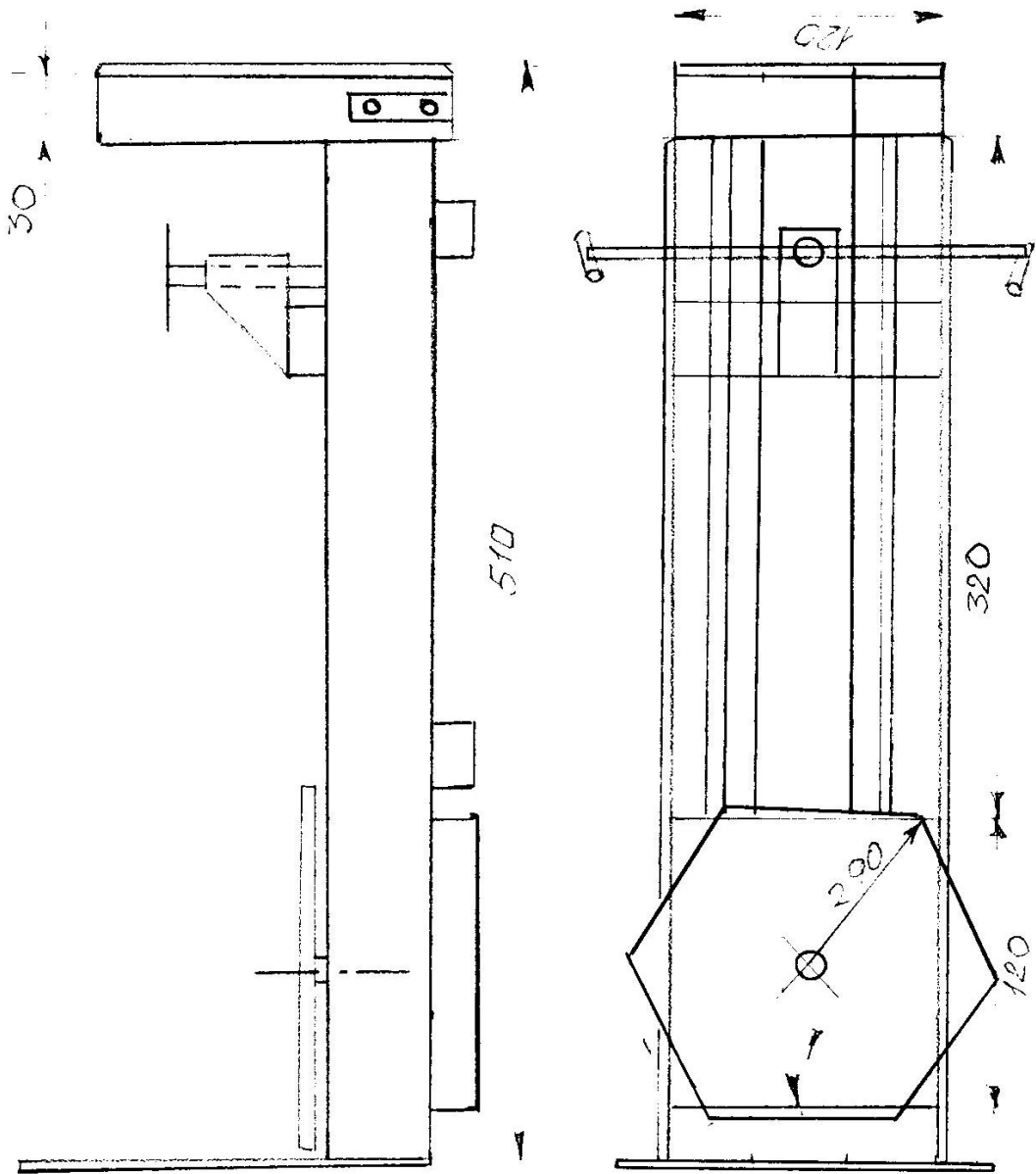


Чертёж сканера



Сканер в сборе

