

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ

«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Факультет очно-заочного (вечернего) обучения

Кафедра 27

«Микро- и наноэлектроники»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к выпускной квалификационной работе

по направлению 14.03.02 – Ядерные физика и технологии

на тему:

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ И ТРЕНИРОВКИ
АККОМОДАЦИИ ГЛАЗ

Студент: _____ (_ Кузнецов Д.П. _)

Руководитель: _____ (_ Саруханов В.А. _)

Рецензент: _____ (_ Самотаев Н.Н. _)

Заведующий кафедрой: _____ (_ Першенков В.С. _)

Оценка ГЭК _____ (_____)
_____расшифровка подписи_____

Секретарь ГЭК _____ (_____)
_____расшифровка подписи_____

22 января 2016 г.

Москва

АННОТАЦИЯ

По окончании работы проверить соответствие аннотации с работой

В выпускной квалификационной работе рассмотрено проектирование автоматизированной системы измерения и тренировки аккомодации глаз. Целью работы является создание системы, которая вкупе с законченной конструкционной базой, будет конкурентноспособным прибором на рынке целевой аудитории. В начале осветим общие понятия, поставим задачу, далее рассмотрим имеющиеся выбор компонентов, сформируем компонентную базу, в последующей главе представлены расчеты электрических схем и в конце работы приведем алгоритмическую часть функциональных частей операционной системы, представленных в графах и кодах.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
АННОТАЦИЯ	1
ГЛОССАРИЙ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	5
1.1 Введение	5
1.2 Устройство и принцип действия	5
1.3 Режимы работы	7
1.3.1 Контроль аметропии	7
1.3.2 Контроль объема аккомодации	7
1.3.3 Проведение тренировки аккомодации	8
1.3.4 Контроль остроты зрения	8
1.4 Постановка задачи	9
ГЛАВА 2 КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА	12
2.1 Введение	12
2.2 Контроллер	12
2.3 Привод	14
2.4 Концевики	16
2.5 Датчики определения слайда	17
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	18

ГЛОССАРИЙ

Аметропия — это изменение преломляющей способности человеческого глаза, следствием которого является то, что задний фокус глаза не попадает на сетчатку при расслаблении аккомодационной мышцы.[1]

Аккомодация — приспособление органа либо организма в целом к изменению внешних условий (значение близко к термину «адаптация»).[2]

Аккомодометр [ккомод(ация)+ греч. metreo измерять, определяют] — прибор для исследования аккомодации глаза.[3]

Удерживающий момент - момент необходимый статору для блокировки ротора, когда шаговый двигатель находится под напряжением, но не вращается. Как правило, крутящий момент шагового двигателя на низкой скорости близок к удерживающему моменту. Так как выходной крутящий момент уменьшается с увеличением скорости, выходная мощность также изменяется, и удерживающий момент становится одним из наиболее важных параметров шагового двигателя.[4]

ВВЕДЕНИЕ

В нынешнее время технологии достигли уровня, когда автоматизированные системы используются повсеместно и тем не менее остаются не занятые ниши. На отечественном рынке медицинского оборудования очень маленький выбор устройств, которые могут измерить глубину аккомодации глаза (аккомодометров), а то небольшое количество видов устройств что есть (см. рис.1) не имеют электроприводов из-за чего движение внутренних механизмов осуществляется за счет мускульного усилия пациента, либо врача, так же на таких устройствах крайне не удобно выполнять тренировочные упражнения, которые достаточно важны для увеличения, либо для профилактики уменьшения глубины аккомодации.

Множество других недостатков по сравнению с автоматизированным устройством, где все измерения, запись параметров, создание журнала измерений, математики расчетов средних и их погрешностей, конспект результатов осмотра пациента и много другое делается быстрее, с приложением наименьших усилий врача и пациента. С использованием электроники можно создать востребованное устройство, в этой работе представлен проект создания автоматизированной системы современного аккомодометра (далее аппарата) разработанный по заказу научно-производственной лабораторией "Медоптика".



Рисунок 1 — Аккомодометр АКА-01.

ГЛАВА 1

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Введение

Аппарат для тренировки и контроля аккомодации является простым прибором. При работе пациент наблюдает через монокулярную оптическую систему тест-объект. За счет его перемещения изменяется положение наблюдаемого изображения относительно глаза пациента. Разные тест-объекты, ориентированны на функционально различное назначение.

Фиксируя крайние положения резко наблюдаемого объекта, можно контролировать аметропию для дали и для близи, а также объем аккомодации. Плавное перемещение объекта в пределах объема аккомодации обеспечивает возможность тренировки механизма аккомодации глаза. Острота зрения для дали и для близи контролируется при использовании тест-объектов с таблицами различных оптотипов.

Аккомодометр позволяет исследовать астигматизм и определять главные меридианы астигматического глаза. Проводить контроль ночной миопии при пониженной яркости или освещенности тест-объекта.

Все измерения осуществляются субъективным методом, поскольку основаны на оценке пациентом качества наблюдаемого изображения.

Аппарат рекомендуется для использования в офтальмологической практике при лечебных и оздоровительных мероприятиях. По назначению лечащего врача-офтальмолога аппарат может использоваться в домашних условиях, как правило, для проведения процедур по тренировке аккомодации, закрепляющих амбулаторное лечение. Длительность и периодичность воздействия устанавливаются в зависимости от медицинских показаний.

1.2 Устройство и принцип действия

Аппарат может использоваться для контроля объема аккомодации (как проксиметр), а также для определения аметропии, астигматизма и направ-

ления главных меридианов астигматического глаза (как оптиметр).

Действие аппарата основано на монокулярном наблюдении слайда (или картинки дисплея), изображение которого может перемещаться относительно глаза пациента. На рис.1.1 изображена оптическая схема аппарата. Наблюдаемым тест-объектом может быть как дисплей 5 или освещенный дисплеем слайд 6.

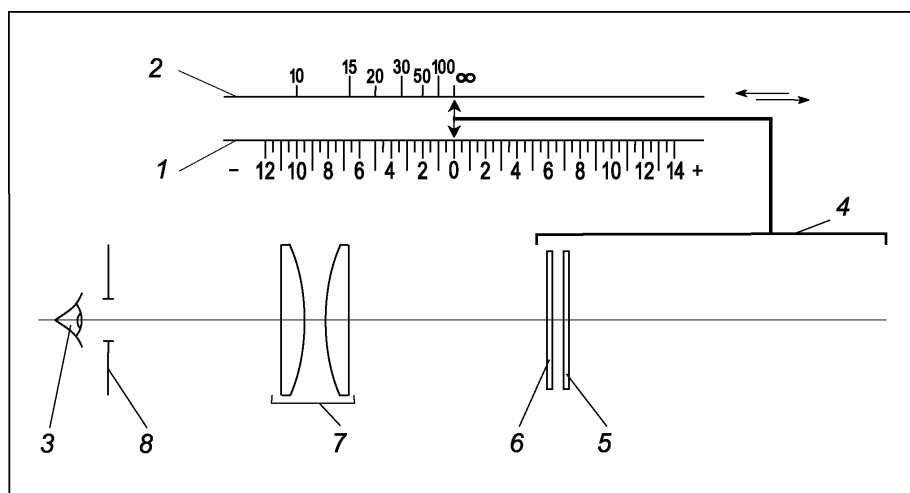


Рисунок 1.1 — Оптическая схема аппарата.

При использовании слайда, между экраном и слайдом помещается матовый светофильтр. Объектив 7 формирует изображение объекта. Это изображение наблюдается глазом 3, который располагается вблизи выходного зрачка 8 оптической системы. Компоненты 5 и 6 конструктивно образуют узел каретки 4, перемещаемый относительно остальной части оптической системы.

Положение каретки контролируется по шкалам 1 и 2. Верхняя шкала 2 оцифрована в сантиметрах и определяет расстояние S между изображением и глазом. Если объект располагается в фокусе объектива (как это показано на рис. 1.1), то изображение находится в бесконечности ($S = \infty$). При перемещении объекта влево (ближе к глазу) объектив формирует мнимое изображение, когда точка пересечения лучей, прошедших через объектив, находится правее объектива. Расстояние S изменяется от максимального значения (свыше 100 см) до минимальной величины (менее 10 см).

Нижняя шкала 1 оцифрована в диоптриях и предназначена для опреде-

ления аметропии глаза (A). Показания шкал связаны между собой соотношением $A = \frac{-100}{S}$. Расположение объекта в фокусе ($S = \infty$) соответствует нулевому отсчету по диоптрийной шкале: $A = 0$.

Чем ближе каретка к глазу, тем на меньшем расстоянии наблюдается изображение. Так, например, при $A = -2$ дптр изображение находится от глаза на расстоянии $S = 50$ см, при $A = -4$ дптр на расстоянии 25 см. Положительные значения аметропии соответствуют смещению объекта правее фокуса. При этом объектив формирует действительное изображение, расположенное левее глаза.

1.3 Режимы работы

1.3.1 Контроль аметропии

Аметропия определяется в двух точках в ближней и дальней, максимальная острота зрения соответствует моменту, когда главный фокус глаза располагается на сетчатке, а значит это положение, если оно крайнее, дальняя или ближняя точка. Ниже на рис.1.2 приведено изображение используемое для тест-объектов.



Рисунок 1.2 — Расположение знаков в тест-объекте.

1.3.2 Контроль объема аккомодации

Объем аккомодации (ΔA см. табл.1.1) это то расстояние между ближней и дальней точкой, в которой глаз четко видит изображение. Следовательно его определения определяются ближняя и дальняя точка, и находится их разность.

Возраст, лет	ΔA , дптр	Возраст, лет	ΔA , дптр
10	12 - 14	40	3 - 8
16	10 - 14	45	2 - 6
20	9 - 13	50	1 - 3
25	8 - 12	55	0,75 - 1,75
30	6 - 10	60	0,5 - 1,5
35	5 - 9	•	•

Таблица 1.1 — Возрастные нормы абсолютной аккомодации (по Дуане).

1.3.3 Проведение тренировки аккомодации

Тренировка механизма аккомодации глаза производится при перемещении слайда в пределах установленного объема аккомодации с периодическими попытками расширения его границ. Тренировку проводят поочередно каждым глазом. При тренировке плавно перемещают слайд от дальней границы резкого видения к ближней границе и обратно. Следует стремиться к расширению границ аккомодации: при близорукости – дальней границы, при дальнозоркости – ближней. Приближение слайда к границе аккомодации будет приводить к размытию изображения. Продолжительности тренировки каждого глаза составляет 3 ... 7 мин. В профилактических целях тренировку можно проводить после работы, связанной со значительными зрительными нагрузками.

1.3.4 Контроль остроты зрения

Контроль остроты зрения проводится с помощью специальных слайдов см. рис.1.3. Особенности построения оптической системы аппарата обеспечивают сохранение углового размера знака при перемещении слайда. За счет этого один и тот же слайд может использоваться для контроля зрения вдаль и вблизи.

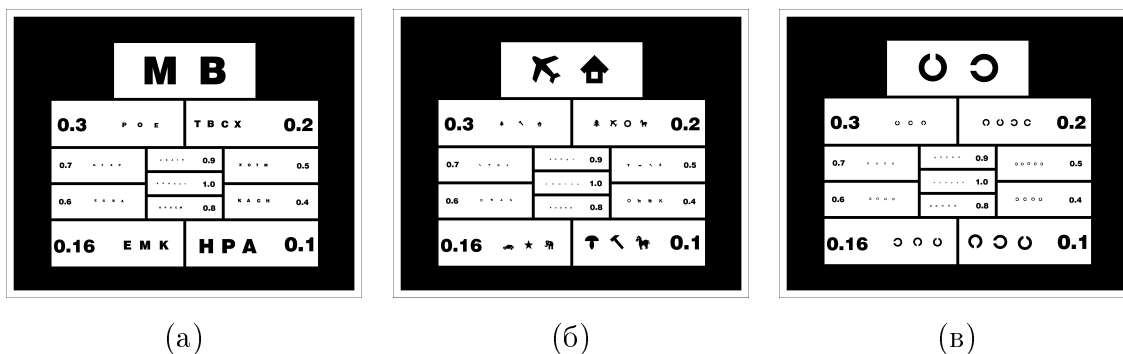


Рисунок 1.3 — Тест-объекты для контроля остроты зрения.

1.4 Постановка задачи

В этом пункте дописать мини-ТЗ, описать требования к оборудованию, П.О. и по пунктам описать необходимость интерфейсов, габариты, температурный режим и т.д.. Добавить описание конструкции с чертежами.

Система автоматизации должна управлять устройством, общие принципы которого описаны выше, так чтобы выполнение всех необходимых функций, так же описанных выше, было простым, удобным, быстрым, эффективным как для врача(далее администратора), так и пациента(далее клиента).

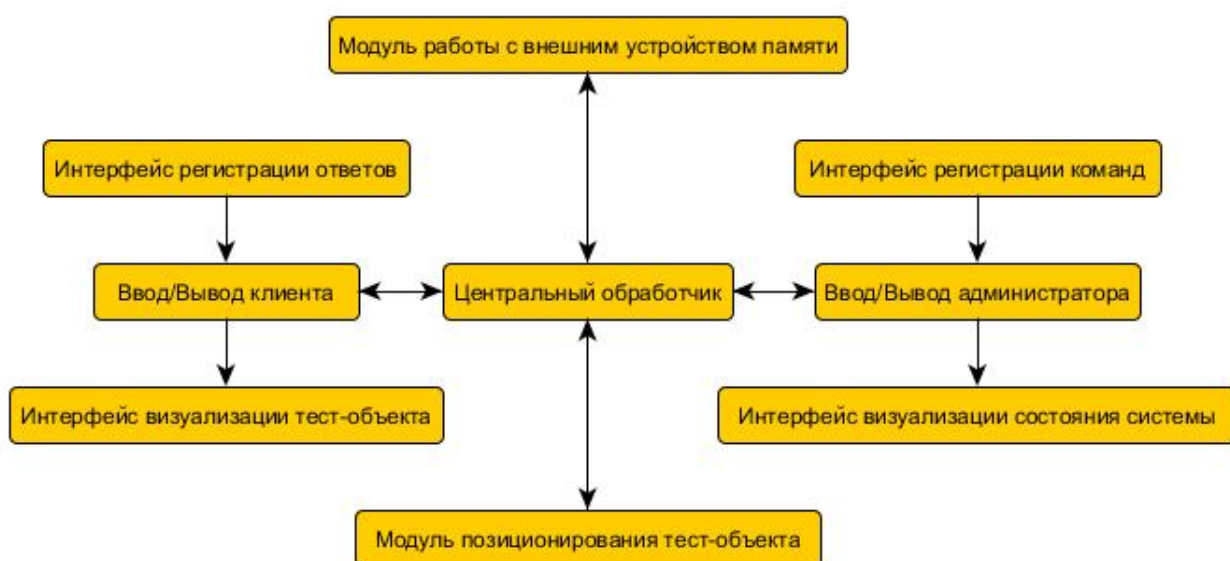


Рисунок 1.4 — Функциональная структура устройства.

На блок-схеме(см.рис.1.4) показана функциональная структура устройства. Центральный обработчик - основной блок, выполняет задачи транзакций между модулями, статистическую обработку данных, расчет графической оболочки, управление периферией и работу с внешним запоминающим устройством.

На блок-схеме(см.рис.1.5) показана аппаратная структура устройства. Далее в следующих главах мы выберем компонентную базу,подробно изучим элементы аппаратной структуры устройства, спроектируем электрическую разводку и перейдем к операционной системе.

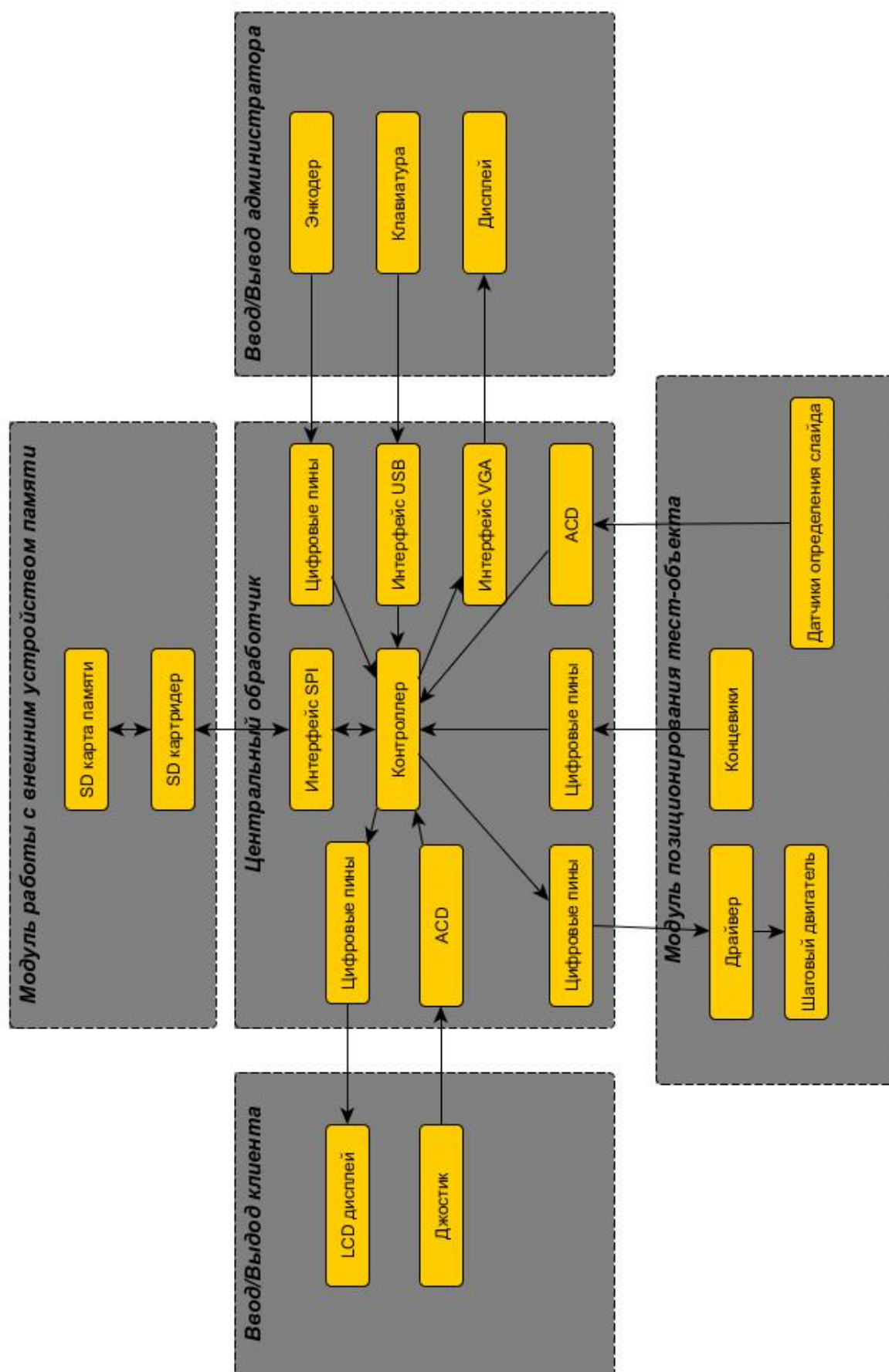


Рисунок 1.5 — Аппаратная структура устройства.

ГЛАВА 2

КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА

2.1 Введение

Дописать с соответствием с ТЗ в 1.4

В выборе компонентной базы мы будем руководствоваться следующими параметрами:

- простота интеграции;
- дешевизна;
- эргономичность.

2.2 Контроллер

Если выбирать один контроллер, то он должен поддерживать интерфейс USB, SPI, иметь достаточное количество цифровых и аналоговых входов/выходов(в соответствии с предвещенной главой см.рис.1.5 на странице на странице 11), а кроме частота тактирования должна быть достаточно, чтобы поддерживать VGA интерфейс. На рынке есть процессор Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 на его базе плата DUE V1.6 от Elecfreaks(см. рис.2.1) с следующими характеристиками см. табл.2.1[5]. На плате DUE

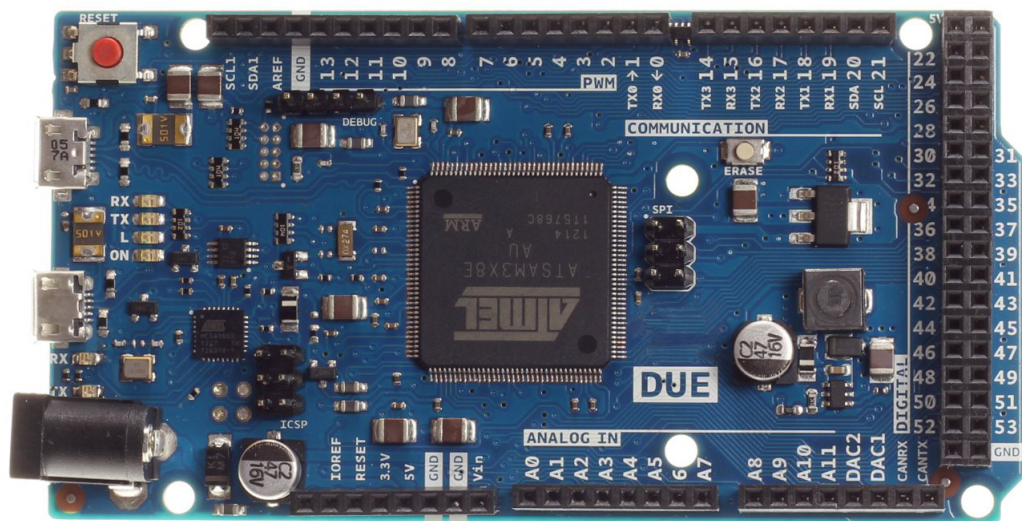


Рисунок 2.1 — Фотография платы.

Микроконтроллер	AT91SAM3X8E
Рабочее напряжение	3,3 В
Входное напряжение (рекомендуемое)	7-12 В
Входное напряжение (предельное)	6-20 В
Цифровые Входы/Выходы	54
Аналоговые входы	12
Аналоговые выходы	2 (ЦАП)
Общий выходной постоянный ток	50 мА
Постоянный ток через вывод 3,3 В	800 мА
Постоянный ток через вывод 5 В	800 мА
Флеш-память	512 КБ
ОЗУ	96 КБ(64 КБ и 32 КБ)
Тактовая частота	84 МГц

Таблица 2.1 — Характеристики платы.

V1.6 имеется 54 цифровых вход/выхода, 12 аналоговых входов, 4 UARTa (аппаратных последовательных порта), а генератор тактовой частоты 84 МГц, связь по USB с поддержкой OTG, 2 ЦАП (цифро-аналоговых преобразователя), 2 TWI, разъем питания, разъем SPI, разъем JTAG, кнопка сброса и кнопка стирания. Так же 12 аналоговых входов, каждый из которых может обеспечить разрешение 12 бит (т.е. 4096 различных значений).

Так как эта линейка контроллеров от Elecfreaks очень популярна, DUE V1.6 выпускается большими сериями и дешевле конкурентов, кроме того, для него существует масса библиотек и сопутствующих технических решений, которые позволяют уменьшить срок выхода на рынок и повысить ремонтопригодность. Надо заметим простоту интеграции в разработку благодаря проекту "DueVGA" с открытым кодом на сайте распределённой системы управления версиями GitHub[6]. Этот проект имеет уже готовую библиотеку для работы с видео интерфейсом VGA. Остановим выбор на этом контроллере.

2.3 Привод

Когда появится приложение создать ссылку на даташиты шаговых двигателей

Привод должен не только выполнять задачу передачи вращающего момента, то так же чтобы упростить модуль позиционирования тест-объекта, имеет смысл использовать двигатель с управляемым углом поворота. Оно из лучших решений данной задачи - это шаговый двигатель. Большую часть рынка занимают гибридные 2-х/3-х/5-ти фазные шаговые двигатели. Производители заверяют, что погрешность таких двигателей не больше 5% из-за технологических не совершенств зубцов(точек интенсивных магнитных полей к которым разворачивается ротор). Имеем следующие параметры системы(см. табл.2.2)

Скорость передвижения каретки V , см/сек	10
Радиус передачи момента вращения от вала к ремню R , см	0.5
Вес каретки m , Н	30
Коэффициент усилия для передвижения каретки θ	1.1
КПД передачи η	0.9

Таблица 2.2 — Параметры системы

Расчет момента удержания шагового двигателя, из уравнения 2.1, из 2.2 получим момент вращения вала $M = 18.33$ [Н*см], на графике зависимости крутящего момента от частоты вращения для гибридных шаговых двигателей 2.2 видно, что при частоте $\nu = 191$ крутящий момент ослабляется на 15%, наш привод должен развивать удерживающий момент не меньше $M_p = 18.3 * 1.15 = 21$ [Н*см]

$$\nu = \frac{V * 60}{2 * \pi * R} = \frac{10 * 60}{2 * \pi * 0.5} = 191 \quad (2.1)$$

$$M = \frac{m * \theta * R}{\eta} = \frac{30 * 1.1 * 0.005 * 100}{0.9} = 18.33 \quad (2.2)$$

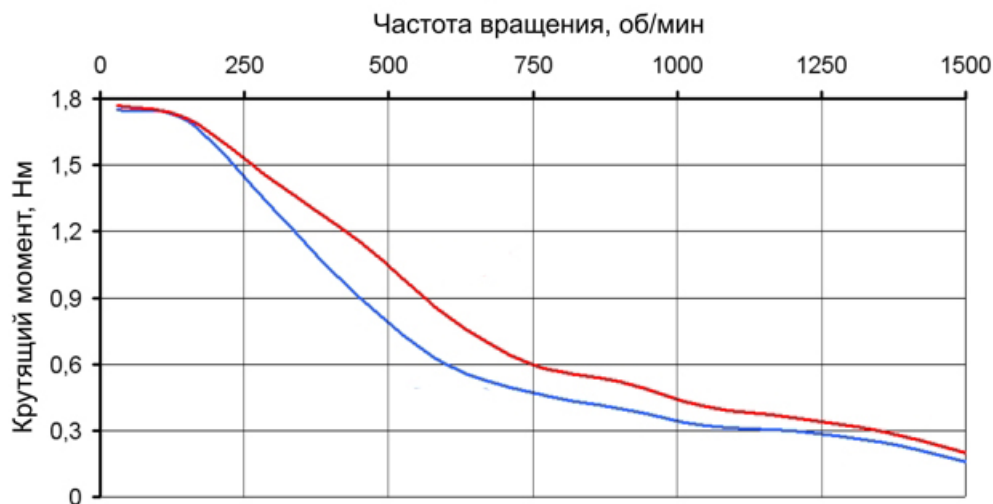


Рисунок 2.2 — График зависимости крутящего момента от частоты вращения шагового двигателя.

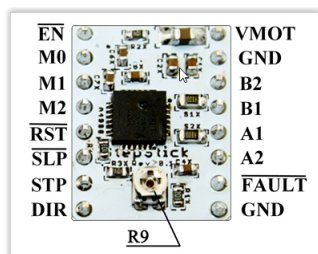
Шаговый двигатель 17HS8401 (см. рис.2.3) развивает удерживающий крутящий момент $M_p = 52 \text{ [Н*см]}$, минимальный угол поворота 1.8 градуса, погрешность $\xi = \frac{1.8 \cdot 0.05 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 0.5}{360} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ [мм]}$. 17HS8401 используется в 3D принтерах и как следствие активно используется, имеет отработанные решения, готовые драйверы, это упростит встраивание в нашу проект.



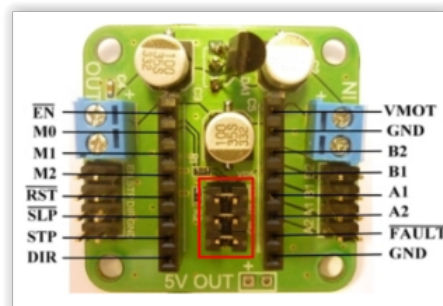
Рисунок 2.3 — Фотография шагового двигателя.

Драйвер используется для упрощения подключения шагового двигателя к контроллеру, поскольку напряжение управления не мощным шаговым двигателем обычно в диапазоне от 12 до 48 вольт, поэтому перед контроллером необходим усилительный каскад, если не использовать драйвер. Одно

из готовых решений для шагового двигателя 17HS8401 - сборка MP1510 с драйвером A4988 (см. рис.2.4). A4988 и модуль драйвера шагового двига-



(а)



(б)

Рисунок 2.4 — (а) Драйвер шагового двигателя A4988; (б) Универсальный модуль подключения драйвера ш.д. MP1510

теля(MP1510) содержат набор усилительных каскадов, которые при подаче сигнала подают напряжение в 12 вольт на вход двигателя. Контроллер управляет драйвером импульсами напряжения 5 вольт и периодом не меньше 2 мкс.

2.4 Концевики

Ограничители передвижения каретки или по другому концевики могут быть механическими, но мы остановимся на оптических(см. рис.2.6). В их основе лежит оптрон tcst2103.

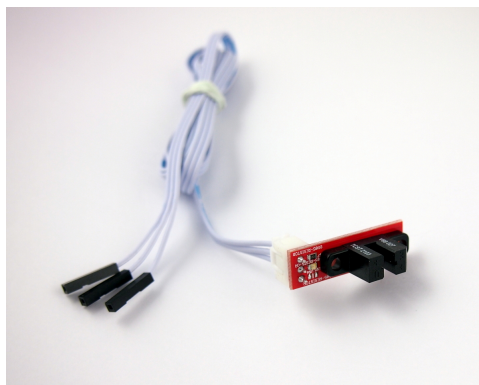


Рисунок 2.5 — Оптический ограничитель передвижения каретки.

2.5 Датчики определения слайда

Когда будет готово ТЗ проверить соответствие опорному числу 10-ти для расчета количества диапозитивов При помещении слайда в каретку система определяет диапозитив, его пространственную ориентацию, для этого у каждого слайда должен быть оригинальный идентификационный номер. По Т.З. количество диапозитивов больше 10-ти, а так же нужно учесть возможное увеличения их числа.

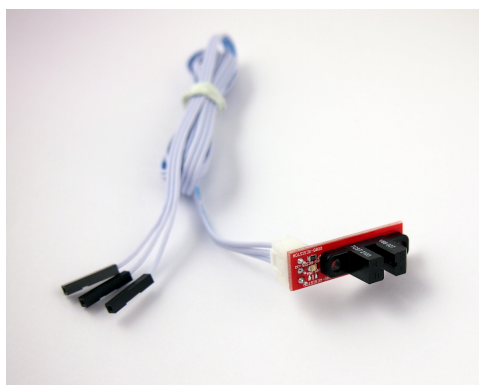


Рисунок 2.6 — Оптический ограничитель передвижения каретки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. ●, 1890—1907.
2. Большая советская энциклопедия. «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ», 1926 — 1990.
3. Малая медицинская энциклопедия. «СОВЕТСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ», 1991-1996.
4. Со. Changzhou Fulling Motor. Базовые знания о шаговых двигателях. 2015. URL: <http://www.motor-fulling.ru/stepper-motor-knowledge.html/122697>.
5. Arduino. Arduino Due. 2015. URL: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoDue>.
6. stimmer. DueVGA. 2013. URL: <https://github.com/stimmer/DueVGA>.