

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_____

23 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 Концевой выключатель	16
2.5 Датчики определения слайда	17
2.6 Датчик угла поворота	20
2.7 SD картридер	21
2.8 Джойстик	22
2.9 Дисплей клиента	22
2.10 Заключение	23
 ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА АППАРАТНОЙ ЧАСТИ	 25
3.1 Введение	25
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	26

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.[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.

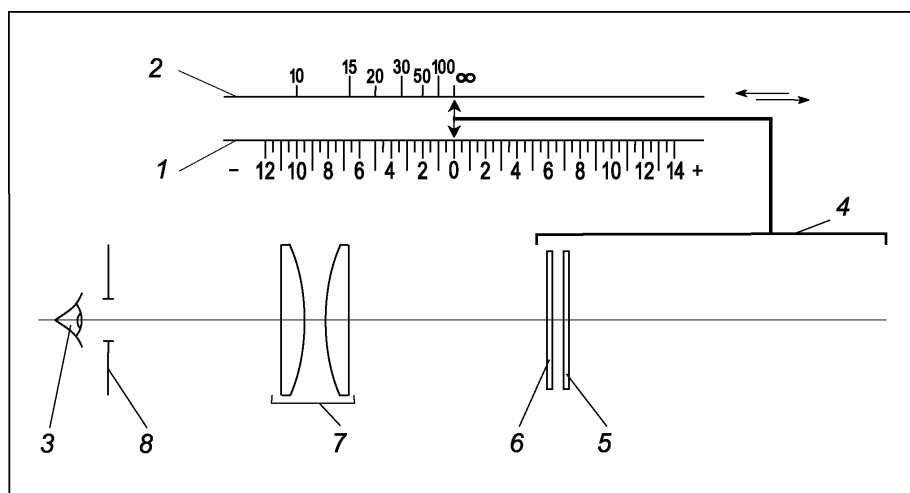


Рисунок 1.1 — Оптическая схема аппарата.

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.

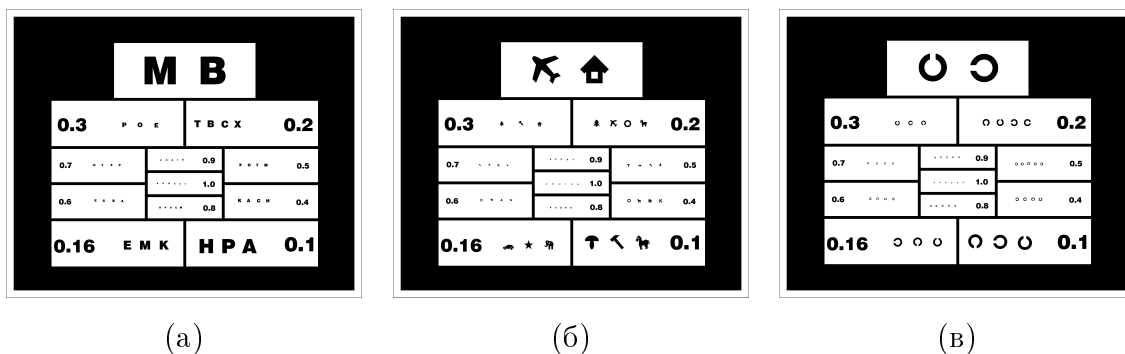


Рисунок 1.3 — Тест-объекты для контроля остроты зрения.

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, когда они у меня появятся.

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).

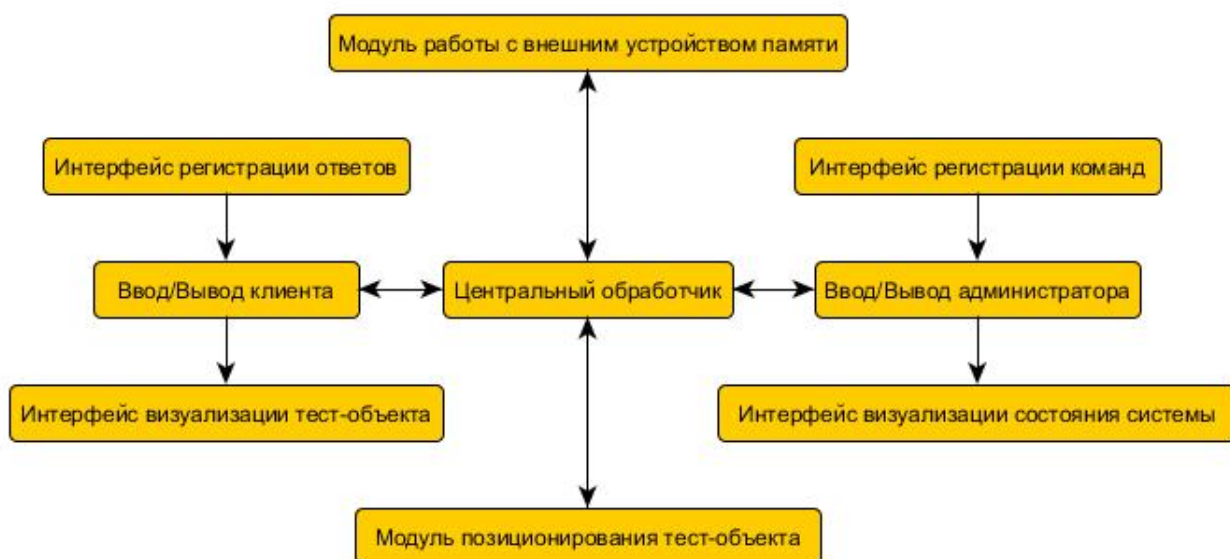


Рисунок 1.4 — Функциональная структура устройства.

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.

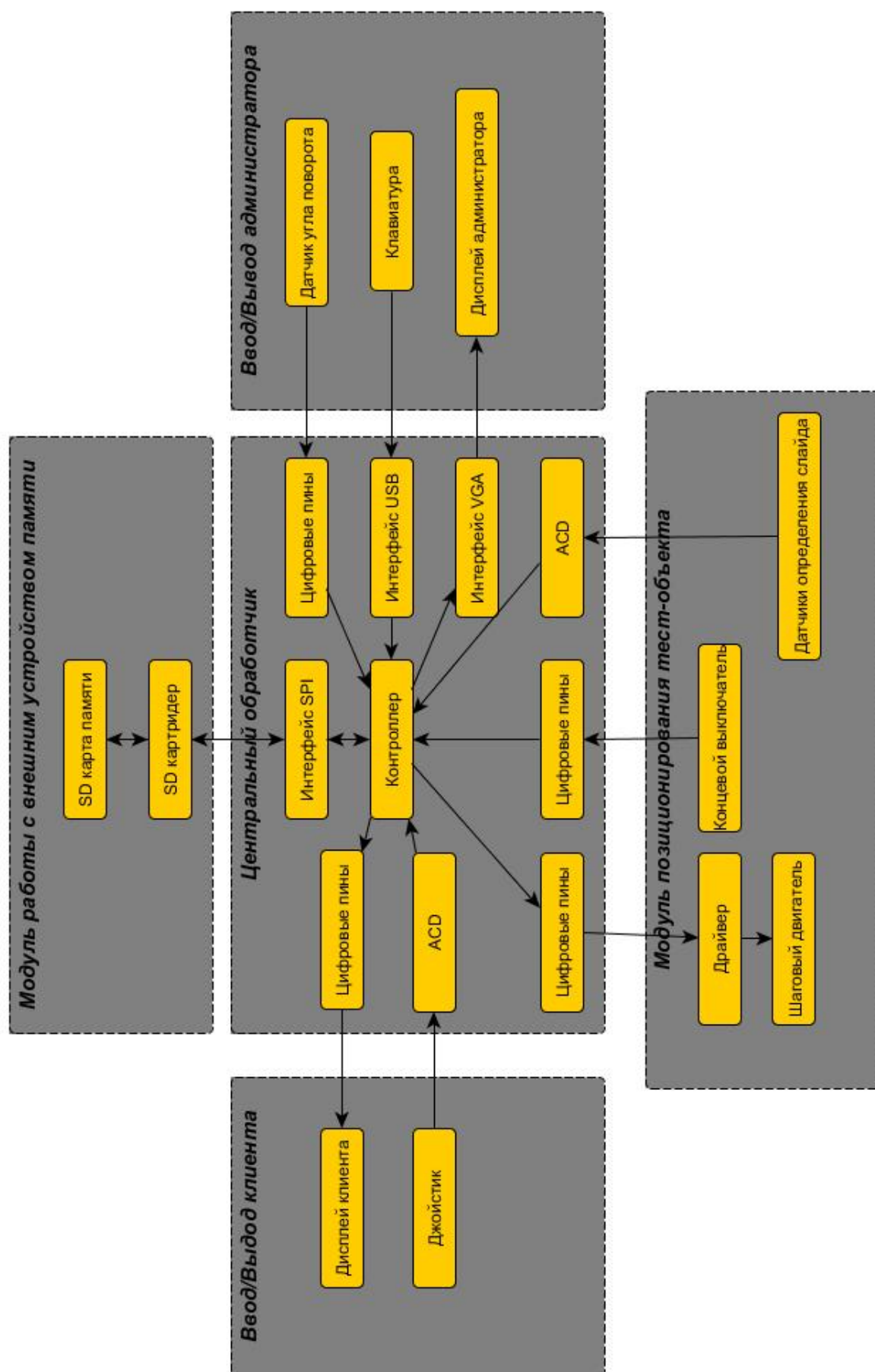


Рисунок 1.5 — Аппаратная структура устройства.

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

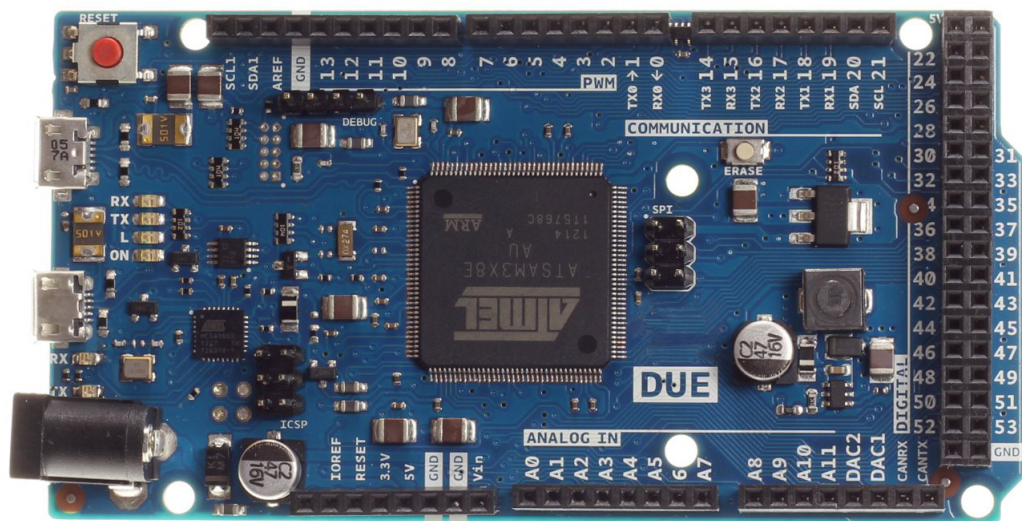


Рисунок 2.1 — Фотография платы.

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, если будет достаточно страниц объединить фотографии шагового двигателя, драйвера и модуля драйвера

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].

Из-за физических особенностей шаговых двигателей, крутящий момент двигателя при малых частотах вращения вала примерно равен удерживающему моменту. И наоборот, выходной крутящий момент уменьшается с увеличением частоты вращения вала, так же и выходная мощность, и удерживающий момент становится одним из наиболее важных параметров шагового двигателя. 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 разви-

вать удерживающий момент не меньше $M_p = 18.3 * 1.15 = 21 \text{ [Н*см]}$

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

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

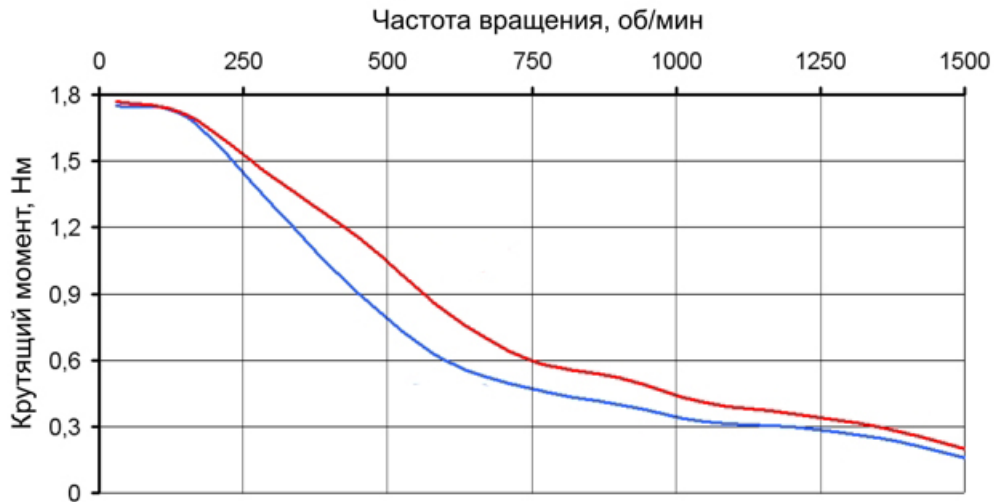


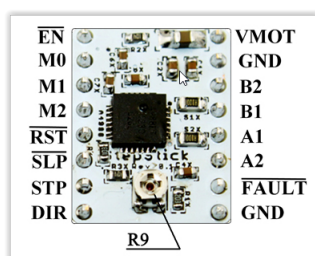
Рисунок 2.2 — График зависимости крутящего момента от частоты вращения шагового двигателя.

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

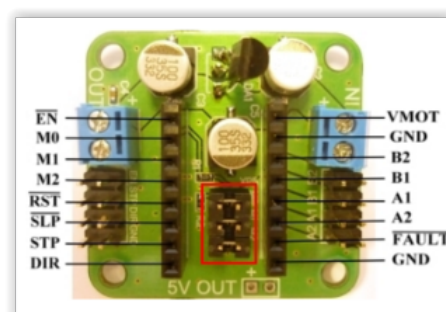
Драйвер - компонент, цель применение которого упростить подключение шагового двигателя к контроллеру. Напряжение управление не мощным шаговым двигателем обычно в диапазоне от 12 до 48 вольт, а значит перед контроллером необходим усилительный каскад, если не использовать драйвер. Одно из готовых решений для шагового двигателя 17HS8401 - сборка MP1510 с драйвером A4988 (см. рис.2.4). A4988 и модуль драйвера шагового двигателя (MP1510) содержат набор усилительных каскадов, которые при появлении командного сигнала подают напряжение в 12 вольт



Рисунок 2.3 — Фотография шагового двигателя.



(а)



(б)

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

на вход двигателя. Контроллер управляет драйвером импульсами напряжения 5 вольт и периодом не меньше 2 мкс.

2.4 Концевой выключатель

Конструкция концевого выключателя (см. рис. 2.5, см. табл. 2.3) оптимизирована для использования в системах управления:

- малогабаритный прочный корпус (обычно изготавливаемый из металла) имеет элементы конструкции, позволяющие легко закрепить и сориентировать в пространстве;
- индикация работы (поданного питания) и срабатывания датчика выполнены при помощи ярких разноцветных светодиодов;
- подключение производится при помощи общераспространённых од-

Оптопара	ТССТ2103
Номинальный ток, А	50мА
Контактная группа	Фото прерыватель
Рабочее напряжение DC, V	3,2-5
Размеры (HxLxW), мм	7x32x15

Таблица 2.3 — Характеристики концевого выключателя

нопиновых разъёмов.

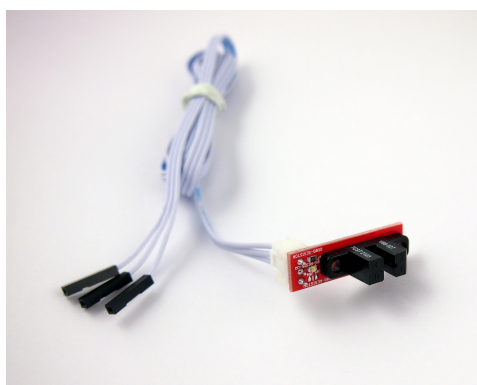


Рисунок 2.5 — Оптический ограничитель передвижения каретки.

2.5 Датчики определения слайда

Когда будет готово ТЗ проверить соответствие опорному числу 20-ти для расчета количества диапозитивов, добавить ссылку на приложение см. момент определения коэф.Стьюдента

При помещении слайда в каретку система определяет диапозитив, его пространственную ориентацию (см. рис. 2.7), для этого у каждого слайда должен быть оригинальный идентификационный номер и атрибут по которому можно определить его расположение в каретке. По Т.З. количество диапозитивов не меньше 20-ти.

Размещение по периметру слайда светопроницаемых/частично светопроницаемых/светонепроницаемых ячеек (см. рис. 2.6) дает возможность закодировать идентификационный номер и определить пространственную

ориентацию слайда, для считывания ячеек используются оптопары. На одну сторону диапозитива помещается 4 ячейки, размещать ячейки можно только с верху и низу слайда. Частично светопроницаемые ячейки позволяют использовать многоуровневую (трехуровневую) кодировку.

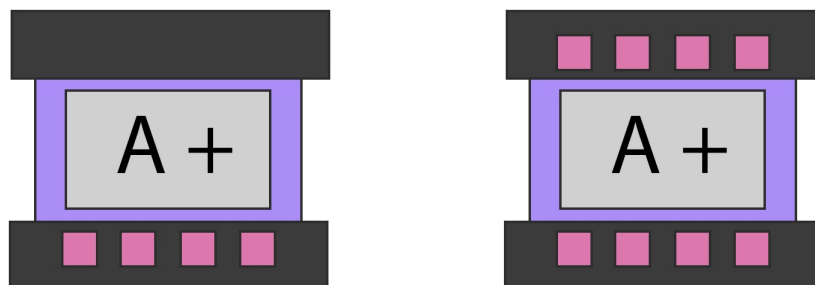


Рисунок 2.6 — Слева одна декодирующая группа каретки (4 оптрона), справа две декодирующие группы каретки (8 оптронов).

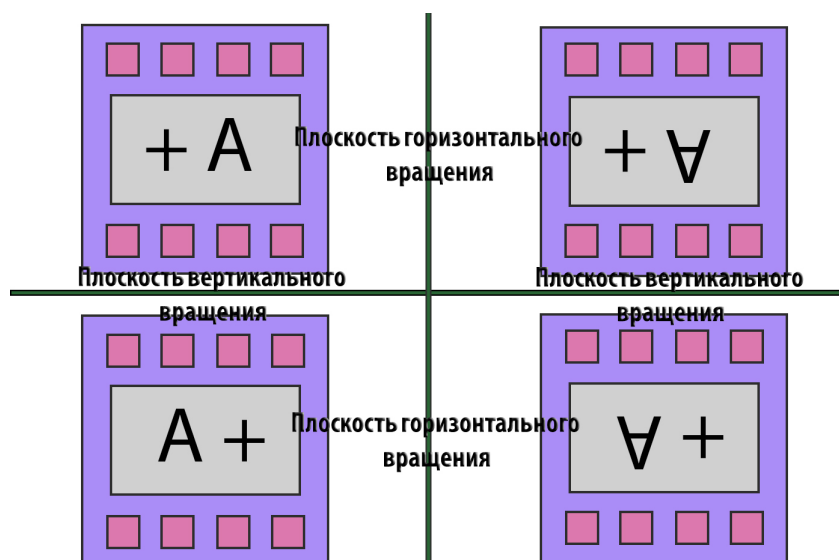


Рисунок 2.7 — Вращение в двух плоскостях плоскости.

Рассчитаем количество идентификационных номеров, учитывая, что когда все оптроны получают сигнал не искаженный ячейками - каретка без слайда.

- для одной декодирующей группы (4 оптрона)
 - при вращении в горизонтальной плоскости (см. рис. 2.7)
 - * для 2-х уровней логики возможно различить 7 слайдов (комбинаций $2^4 - 1 = 15$, где 1-случай когда каретка пуста)

- * для 3-х уровней логики возможно различить 40 слайдов
(комбинаций $3^4 - 1 = 80$, где 1-случай когда каретка пуста)
- при вращении в 2-х плоскостях(см. рис. 2.7)
 - * для 2-х уровней логики возможно различить 2 слайда
(комбинаций $2^4 - 2^2 = 4$, где 2²-комбинаций не распознаваемых из-за симметрии)
 - * для 3-х уровней логики возможно различить 36 слайдов
(комбинаций $3^4 - 3^2 = 72$, где 3²-комбинаций не распознаваемых из-за симметрии)
- для 2-х декодирующих групп(8 оптронов)
 - при вращении в горизонтальной плоскости(см. рис. 2.7)
 - * для 2-х уровней логики возможно различить 127 слайдов
(комбинаций $2^8 - 1 = 255$, где 1-случай когда каретка пуста)
 - при вращении в 2-х плоскостях(см. рис. 2.7)
 - * для 2-х уровней логики возможно различить 120 слайдов
(комбинаций $2^8 - 2^4 = 240$, где 2⁴-комбинаций не распознаваемых из-за симметрии)

На следующем снимке осциллографа(см. рис. 2.8) показано как выходной сигнал с оптрона KTIR0521DS изменяется при изменении светопроницаемой способности кодирующей ячейки.

Измерениях выходных сигналов для одинаковых степеней проницаемости и разных оптронов KTIR0521DS показали погрешность(см. табл. 2.4), средне квадратичная погрешность $S_{n<X>} = \frac{S_n}{\sqrt{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{n=0}^{\infty} (X - \langle X \rangle)^2}{n * (n-1)}} = 0,288$ вольт, тогда для вероятности попадания в доверительный интервал 99%($t = 4.6$ см.таблицу коэффициентов Стьюдента) получим интервал $\Delta X = t * S_{n<X>} = 1.32$ вольт. Выходной сигнал оптрона находится в диапазоне от 0 до 4.5 вольт, следовательно мы можем использовать трех-уровневую систему кодировки - 40 различных вариантов диапозитивов.

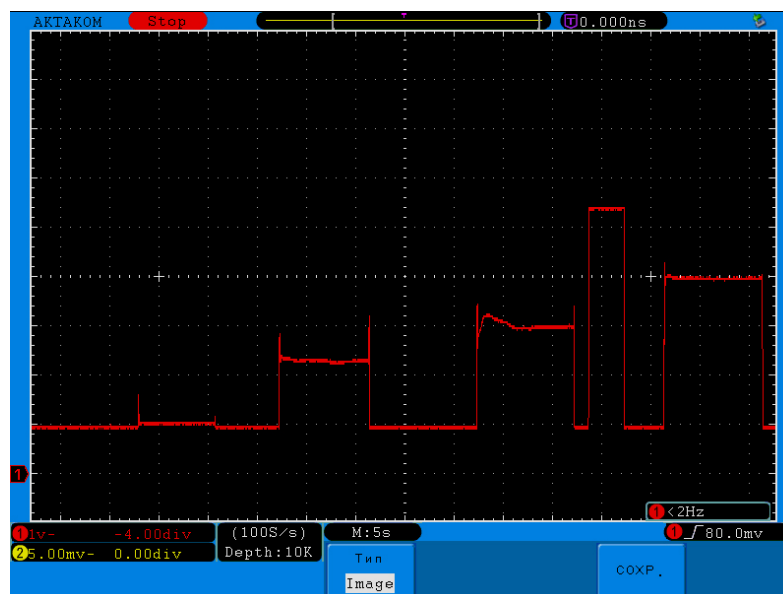


Рисунок 2.8 — Изменение выходного сигнала оптрона KTIR0521DS при разной светопропускающей способности кодирующей ячейки.

Оптрон	1	2	3	4	5
Погрешность, В	0,3	0,4	0,1	0,7	0,5

Таблица 2.4 — Погрешности разных оптронов KTIR0521DS.

2.6 Датчик угла поворота

Инкрементальный датчик угла поворота(энкодер), в проекте его основная задача - дублировать основную систему управления кареткой со стороны администратора, на тот случай, если такое управление окажется субъективно удобным. Энкодер должен будет иметь не менее 20 импульсов поворота на 360 градусов для плавности управления.

Датчик угла поворота PEC16-4220F-S0024(см. рис. 2.9) имеет 24 импульсов поворота на круг, кодирование сигнала передается по 2 битам в коде грея, напряжение питания 5 вольт. С точки зрения конструкции у этого энкодера есть необходимая крепежная штанга. Устройство дешево и долговечно.

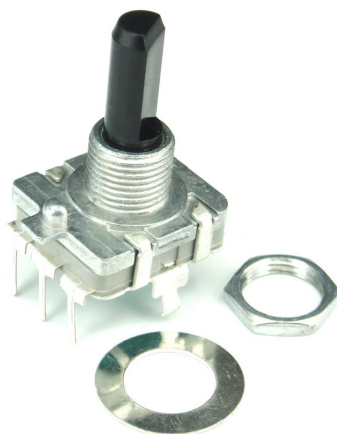


Рисунок 2.9 — Датчик угла поворота PEC16-4220F-S0024.

2.7 SD картридер

В современных SD картах есть два режима работы SD и SPI. Последний рассчитан на 8 разрядные микроконтроллеры или на те микроконтроллеры у которых нет аппаратной поддержки SD режима. Для подключения SD карты мы будем использовать монтажный модуль SD card reader SPI интерфейса (см. рис. 2.10).

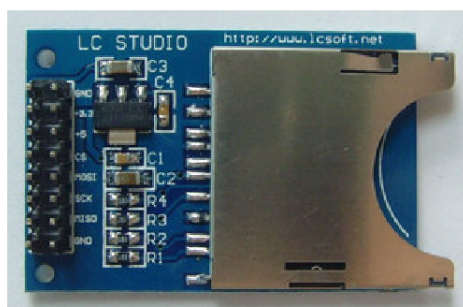


Рисунок 2.10 — Монтажный модуль SD картридера.

2.8 Джойстик

Аналоговые джойстики — сенсоры выдающие сигнал значением от нуля до максимума в зависимости от угла отклонения ручки(стика): чем больше рукоять отклонена, тем больше значение напряжения, в пределах опорного. Двумерные джойстики позволяют передавать значения ориентации стика в плоскости. Так же двумерные джойстики могут иметь кнопку, нажатие на которую производится утоплением стика, например(см. рис. 2.11) основанный на 2-х регулируемых делителях напряжения(2 оси задающие ориентацию на плоскости) и ключа(кнопка).

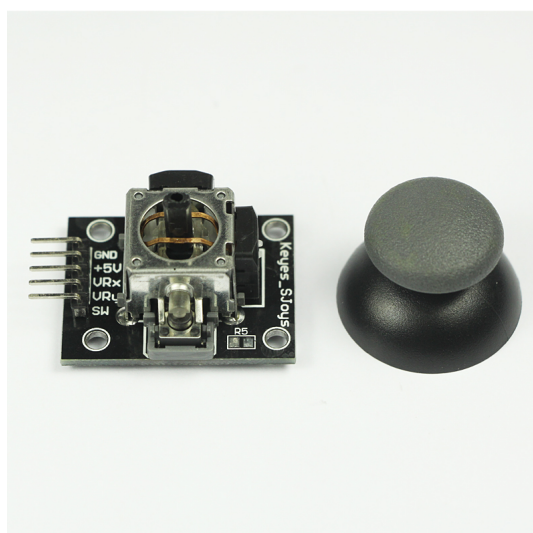


Рисунок 2.11 — Монтажный модуль двумерного Джойстика.

2.9 Дисплей клиента

Дисплей играет важную роль вывода информации, дисплей клиента будет не только выводить информацию отображая изображение, а также при вставке слайда его задачей будет освещать необходимый сектора пленки диапозитива. OEL(Organic Electro Luminescent) дисплеи обладают характерной для этих органических матриц высокой насыщенностью, четкостью, яркостью и контрастностью изображения.

Дисплей(см. рис. 2.12) с разрешением 160 x 128 и цветовой палитрой в 262144 цвета, имеет единственный не недостаток - 35 пиновый интерфейс подключения, что в свою очередь замедлит встраивание, но не критично.



Рисунок 2.12 — OEL дисплей SAS1-I003-A UG-6028GDEAF01.

2.10 Заключение

Подведем итоги, выбрана компонентная база(см. табл. 2.5) в соответствии с техническим заданием заказчика на основе которой будет построена система управления аппаратом.

Компонент	Артикул
Контроллер	Due
Шаговый двигатель	17HS8401
Концевой выключатель	TCST2103
Датчики определения слайда	KTIR0521DS
Датчик угла поворота	PEC16-4220F-S0024
SD картридер	SD Card Module
Джойстик	KeysSJoys
Дисплей клиента	UG-6028GDEAF01

Таблица 2.5 — Таблица компонентов.

В следующей главе детально рассмотрим аппаратную часть с приведением электрических схем и принципов их построения, а так же приведем те элементы электроники которые не попали в эту главу.

ГЛАВА 3

РАЗРАБОТКА АППАРАТНОЙ ЧАСТИ

3.1 Введение

В этой главе будет написано про необходимость использовать объединительную плату, добавлю фотки и выжимки из Альтиума

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>.