

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_____

21 января 2016 г.

Москва

АННОТАЦИЯ

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 | 11 |
| 2.1 Введение | 11 |
| 2.2 Микроконтроллер | 11 |
| 2.3 Привод | 12 |
| 2.4 Ограничители передвижения каретки | 14 |
| СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | 15 |

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]

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 просчета средних и их погрешностей, формы конспекта осмотра врача для печати и много другое делается быстрее, с приложением наименьших усилий врача и пациента. С использованием электроники можно создать новый, востребованное устройство, в этой работе поставлена задача создание автоматизированной системы современного аккомодометра (далее аппарата).



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.

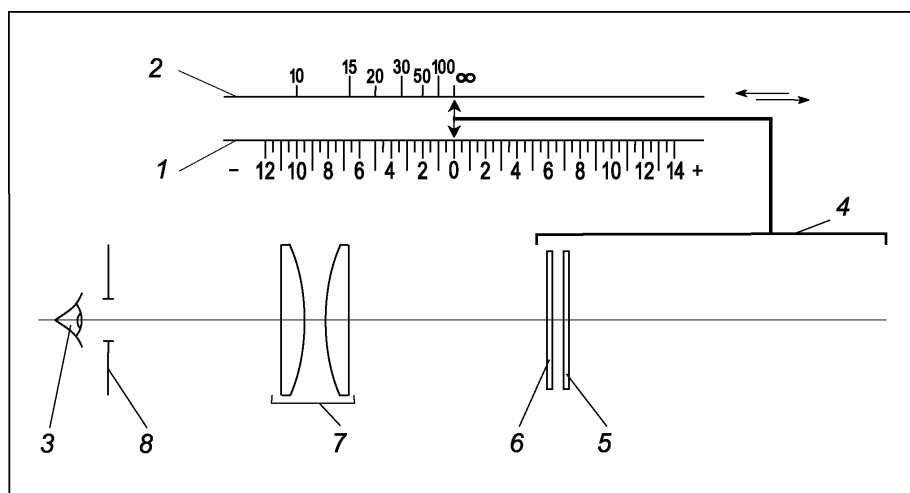


Рисунок 1.1 — Оптическая схема аппарата.

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.

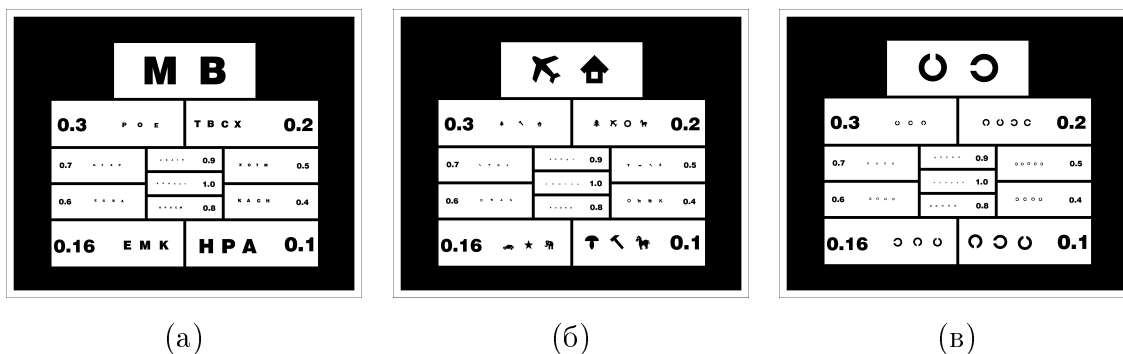


Рисунок 1.3 — Тест-объекты для контроля остроты зрения.

1.4 Постановка задачи

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).

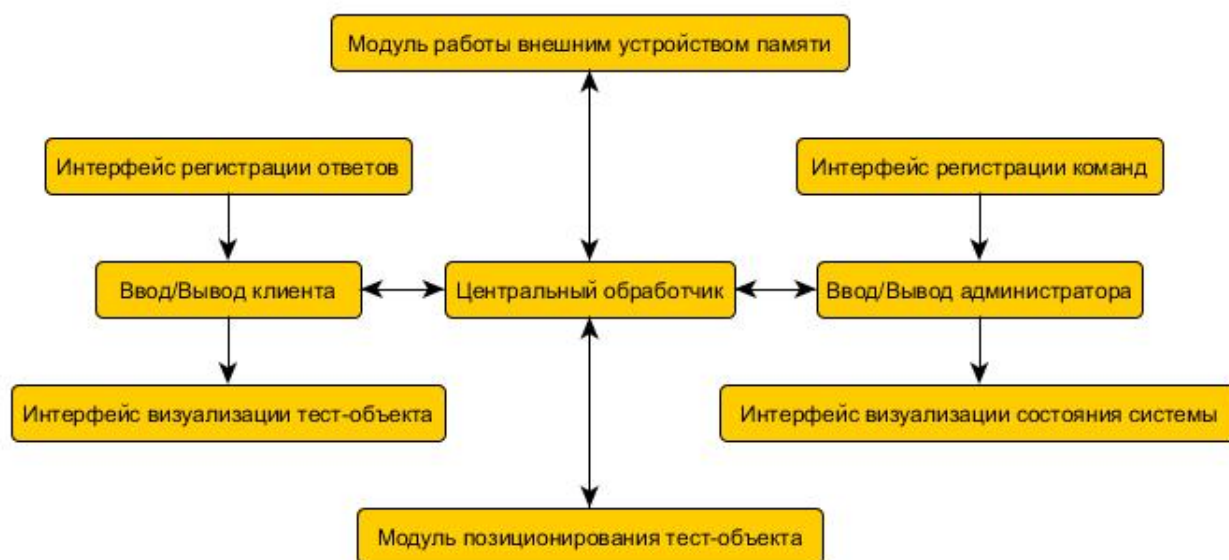


Рисунок 1.4 — Функциональная структура устройства.

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. Далее, в следующих главах мы выберем компонентную базу, спроектируем электрическую разводку и перейдем к операционной системе.

КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА

2.1 Введение

В выборе компонентной базы мы будем руководствоваться следующими параметрами:

- простота интеграции;
- дешевизна;
- эргономичность.

2.2 Микроконтроллер

Если выбирать один контроллер, то он должен поддерживать протокол USB, SPI, иметь большое количество выводов, так как требуется задействовать много периферийных устройств, а кроме этого его частота должна быть достаточно высокой, чтобы поддерживать VGA интерфейс. На рынке есть процессор Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 и плата на его базе (см. рис.2.1) с следующими характеристиками см. табл.2.1[4]. На плате имеется 54 циф-

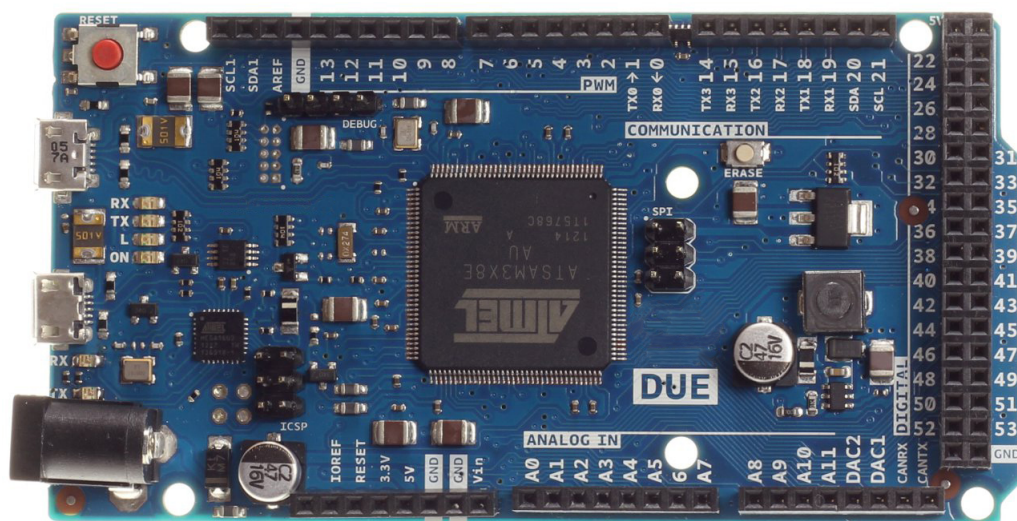


Рисунок 2.1 — Фотография платы.

ровых вход/выхода, 12 аналоговых входов, 4 UARTa (аппаратных последовательных порта), а генератор тактовой частоты 84 МГц, связь по USB

| | |
|------------------------------------|----------------------|
| 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.

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). Отдельно надо заметить простоту интеграции с дисплеем посредством VGA видео интерфейса благодаря проекту "DueVGA" с открытым кодом на сайте распределённой системы управления версиями GitHub[5]. Выберем этот контроллер для проекта.

2.3 Привод

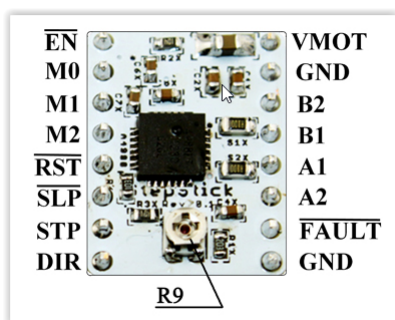
Привод должен не только выполнять задачу передачи вращающего момента, то так же желательно, чтобы упростить модуль позиционирования тест-объекта, использовать привод с управляемым углом поворота. Наилучшим образом с этим справится шаговый двигатель, одной из ценных характеристик такого привода будет то, что его погрешность не будет рас-

ти при перемещении каретки на разные позиции. В последнее время шаговые двигатели приобрели особую популярность благодаря 3D принтерам, например 17HS8401(см. рис.2.2). Для упрощения подключения шагового

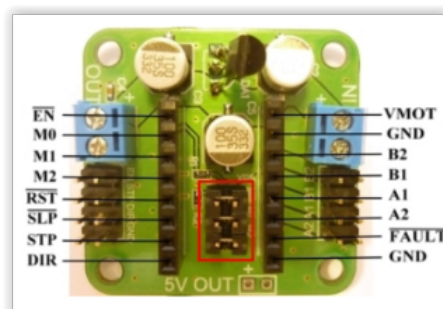


Рисунок 2.2 — Фотография шагового двигателя.

двигателя(далее двигателя) можно использовать драйвер двигателя и универсальный модуль для драйвера двигателя (см. рис.2.3). Драйвер и модуль



(а)



(б)

Рисунок 2.3 — (а) Драйвер шагового двигателя; (б) Универсальный модуль подключения драйвера ш.д.

драйвера шагового двигателя содержат набор усилительных каскадов, которые под управлением драйвера подают напряжение в 12 вольт на вход

двигателя, в тоже время сам драйвер управляется от импульсов напряжения 5 вольт и периодом не меньше 2 мкс, что очень удобно с точки зрения управления нашим центральным контроллером.

2.4 Ограничители передвижения каретки

Ограничители передвижения каретки или по другому концевики могут быть механическими, но мы остановимся на оптических(см. рис.2.4). В их основе лежит оптрон tcst2103.

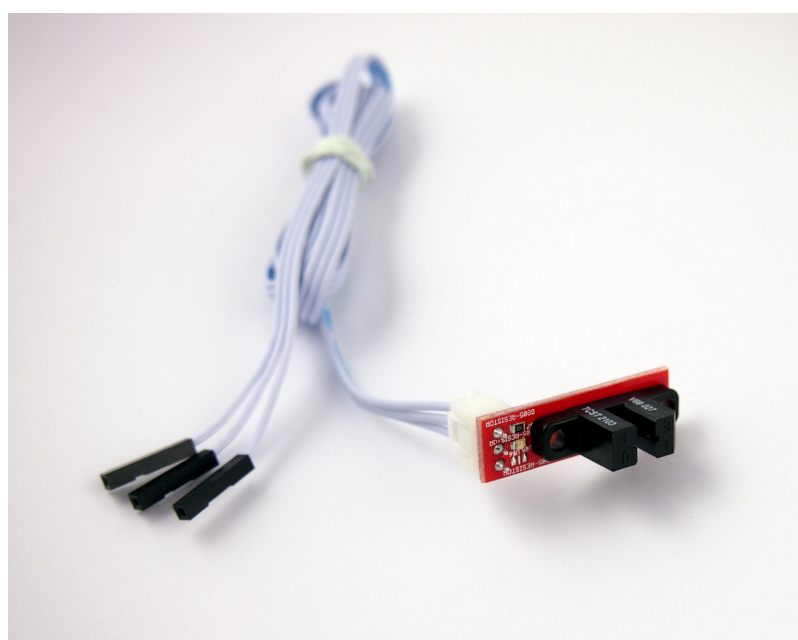


Рисунок 2.4 — Оптический ограничитель передвижения каретки.

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. Arduino. Arduino Due. 2015. URL:
<http://arduino.ru/Hardware/ArduinoDue>.
5. stimmer. DueVGA. 2013. URL: <https://github.com/stimmer/DueVGA>.