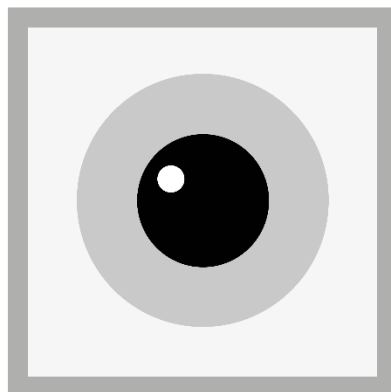


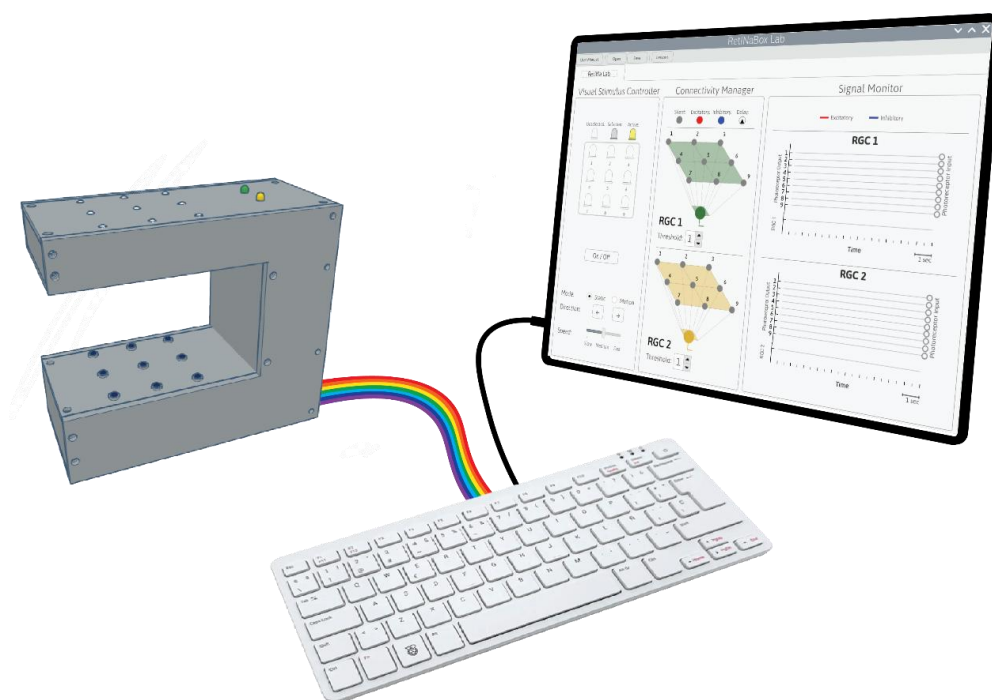
Инструкция пользователя RetINaBox (РетнаБокс)

Инструкции по настройке аппаратного и программного обеспечения

Версия 1.0



RetINaBox



Оглавление

1. Введение
2. Сборка RetINaBox (РетнаБокс)
3. Сборка инструмента визуальных стимулов
4. Установка программного обеспечения
5. Подключение RetINaBox (РетнаБокс) к Raspberry Pi (Разбэри Пай)
6. Использование программного обеспечения

A1: Приложение 1: Список компонентов

A2: Приложение 2: Устранение неполадок



1. ВВЕДЕНИЕ

Добро пожаловать в руководство пользователя RetINaBox (РетнаБокс)! Здесь вы найдете пошаговые инструкции по сборке и монтажу РетнаБокс, а также по установке и использованию программного обеспечения. Кроме того, мы предоставляем полный список компонентов, необходимых для сборки РетнаБокс. Если вы не знакомы с работой с электроникой — не переживайте, ничего паять не нужно. Если же вы уже знакомы с электронными компонентами, то конструкция РетнаБокс довольно проста, и его можно собрать, используя другие светодиоды, фотодиоды, резисторы и т.д., отличные от указанных, при условии, что эти компоненты совместимы с Raspberry Pi. Наконец, мы предлагаем раздел по устранению неполадок на случай, если после выполнения всех шагов по инструкции что-то все же не работает.

2. СБОРКА РетнаБокс

РетнаБокс собирается из 3D-печатного корпуса, в котором размещаются светодиоды, фотодиоды и множество проводов, соединяющих эти компоненты с Raspberry Pi. Корпус состоит из шести напечатанных на 3D-принтере деталей, соединённых между собой в основном винтами М3 различной длины (как описано ниже). Хотя сборка корпуса не обязательно должна выполняться в порядке, указанном в этом руководстве, соблюдение приведённой последовательности делает процесс проще и эффективнее. Подключение различных компонентов также будет описано, при этом электронные элементы интегрируются в корпус в процессе сборки. Перед началом рекомендуется подготовить все необходимые компоненты и инструменты. Этапы сборки будут следующими:

а) Электропроводка

- Подключение фотодиодов
- Подключение матриц светодиодов
- Матрицы ИК-светодиодов
- Матрицы белых светодиодов
- Цветные светодиоды

б) Сборка корпуса

- Описание деталей 3D-печатного корпуса
- Основные части РетнаБокс

с) Подключение электроники к Raspberry Pi GPIO

- Подключение фотодиодов к GPIO
- Подключение выводов 3.3V к GPIO
- Подключение буззера (для Урока 2)
- Подключение панелей светодиодов к GPIO
- Панель белых светодиодов
- Панель цветных светодиодов



а) ПРОВОДКА

1. Подключение фотодиодов (~30 мин)

Необходимые материалы: 9 инфракрасных (ИК) фотодиодов, соединительные провода, кусачки для проводов

а. Подготовьте 9 фотодиодов. Уберите или отогните прозрачный светодиод на фотодиодах (Рис. 1; эти светодиоды не будут использоваться в РетнаБокс). Эти фотодиоды будут питаться от постоянного напряжения 3.3V с Raspberry Pi, и Raspberry Pi также будет независимо считывать выходной сигнал с каждого фотодиода (т.е. определять, улавливает фотодиод свет или нет). Каждая плата фотодиода содержит потенциометр, который будет использоваться для регулировки чувствительности к свету (описано ниже).

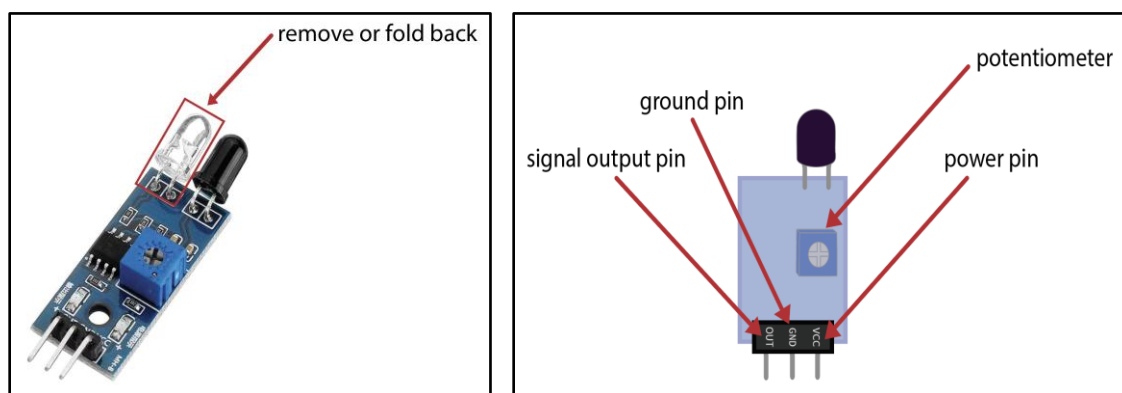


Рисунок 1. ИК-фотодиоды.

а. Соедините 4 мини-бредборда, следуя ориентации на схеме ниже (Рис. 2).

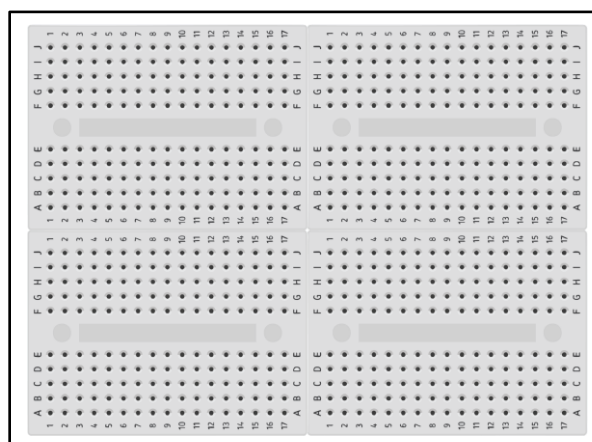


Рисунок 2. 4 мини-бредборда



- б. Разместите фотодиоды на мини-бредбордах, как показано на рисунке ниже (**Рис. 3**). Важно соблюдать точное расположение, так как это обеспечивает правильное размещение фотодиодов в 3D-печатном корпусе. *Для средней линии может быть проще сначала установить проводку, а затем поместить фотодиоды.

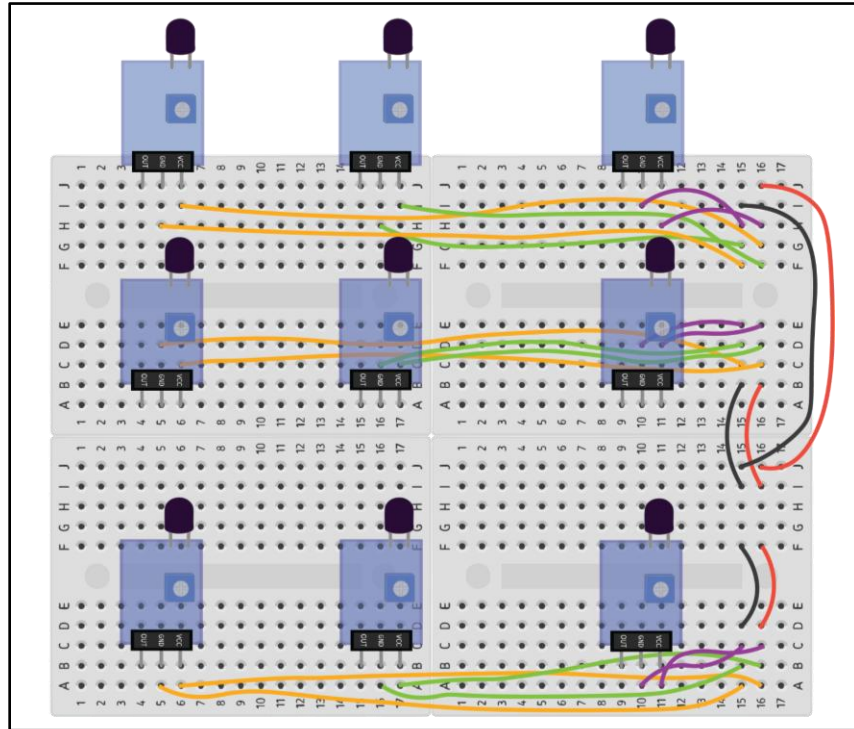


Рисунок 3: Размещение фотодиодов и локальной проводки на макетной плате.

2. Подключение светодиодов (~45 мин)

Необходимые материалы: 9 белых светодиодов, 9 ИК-светодиодов, перемычки, кусачки.

а. ИК-светодиоды и белые светодиоды

- i. Соберите 2 комплекта по 4 мини-макетных платы, следуя схеме, представленной ниже (**Рис. 4**). Убедитесь, что макетные платы расположены точно так же, как на рисунке, поскольку в реальном корпусе ИК-светодиоды и белые светодиоды будут располагаться друг над другом.
- ii. Кусачками обрежьте выводы светодиодов достаточно коротко, чтобы пластиковый корпус светодиода плотно прилегал к макетной плате.
- iii. Разместите светодиоды на мини-макетных платах, как показано на рисунке ниже. Важно соблюдать точное расположение, так как это гарантирует правильное расположение напечатанных на 3D-принтере



деталей, закрывающих светодиодные панели. *Убедитесь, что светодиоды установлены с правильной полярностью (+/-). На рис. 4 белые светодиоды на левой макетной плате имеют положительный вывод слева, а инфракрасные светодиоды на правой макетной плате имеют положительный вывод справа.

- iv. Подключите светодиоды, как показано на рисунке. Это первая часть подключения, и её следует выполнять, разместив панели мини-макета рядом друг с другом.

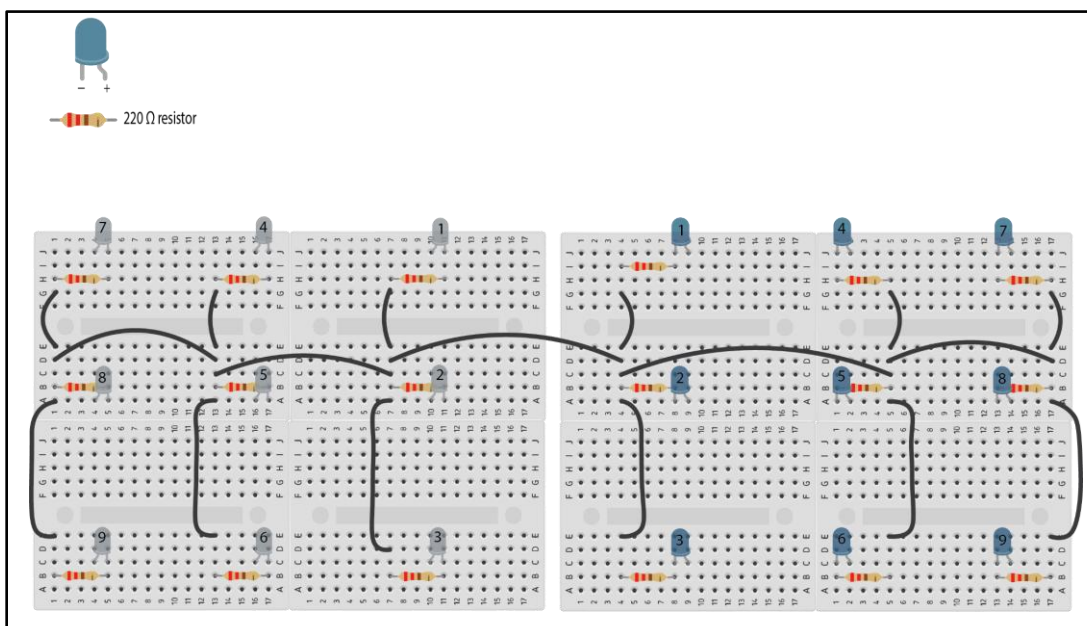


Рисунок 4. Схема подключения светодиодов. Здесь схема подключения белых светодиодов показана слева, а ИК-светодиодов — справа. Обратите внимание, что это зеркально-симметричная схема, поскольку эти две матрицы будут «сложены» друг на друга, при этом белые светодиоды будут направлены вверх, а ИК-светодиоды — вниз (как на Рис. 5).

- v. Снимите защитную пленку с основания каждой мини-макетной платы. Склейте две панели так, чтобы белый светодиод 1 и ИК-светодиод 1 располагались вертикально в одном положении, но на противоположных сторонах двойной панели макетных плат.



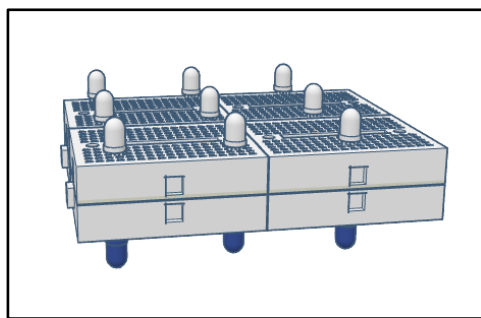


Рисунок 5. Ориентация белых и ИК-светодиодов. Обратите внимание, что по вертикали каждому белому светодиоду соответствует соответствующий ИК-светодиод. *Для простоты схема подключения здесь не показана (см. Рис. 4).

- vi. После склеивания панелей с белыми и ИК-светодиодами завершите подключение светодиодов, добавив зелёный провод (рис. 6). На рисунке ниже панели показаны рядом для удобства визуализации (из-за этого зелёный провод кажется длиннее, чем есть на самом деле). Однако теперь подключение следует выполнять, положив панели друг на друга (это обеспечит устойчивость). Обратите внимание, что эти провода (обозначенные зелёным цветом) подключают каждый белый светодиод к той же электрической цепи, что и соответствующий ему ИК-светодиод по вертикали.

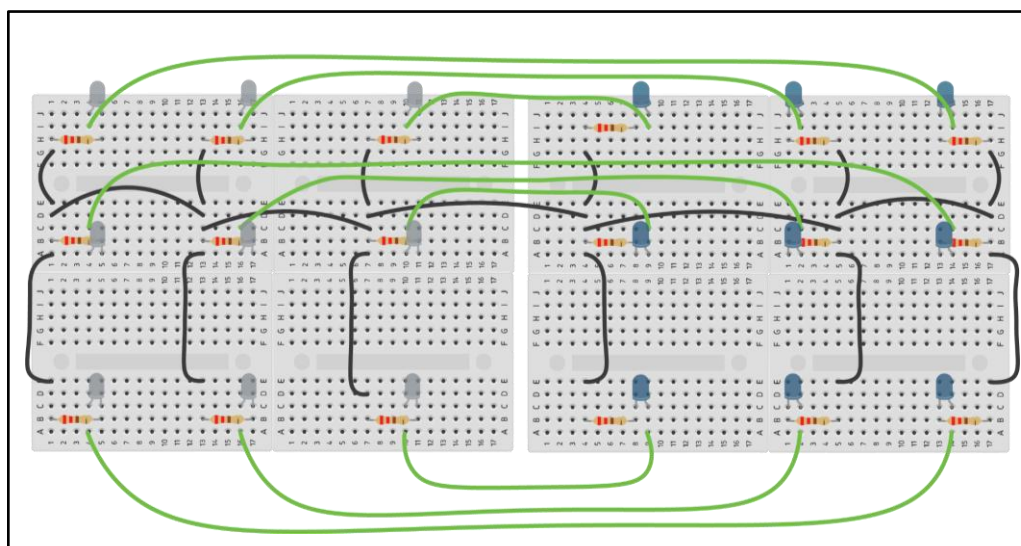


Рисунок 6. Проводка между массивами белых и инфракрасных светодиодов (это следует сделать, установив эти два массива вертикально друг на друга (как на Рисунке 5)).



- б. Цветные светодиоды (символизируют выход двух ганглиозных клеток сетчатки)

Необходимые материалы: 1 жёлтый светодиод, 1 зелёный светодиод, 2 мини-макетные платы

- i. Отрежьте выводы светодиодов до длины примерно 0,5 см (длиннее, чем выводы белых и инфракрасных светодиодов). Это необходимо для того, чтобы светодиоды плотно входили в соответствующие отверстия в корпусе, напечатанном на 3D-принтере.
- ii. Поместите два светодиода в одну из макетных плат, как показано на **Рис. 7**. Установите эту мини-макетную плату на другую мини-макетную плату. Обе макетные платы должны быть обращены вверх, их можно скрепить скотчем (нижняя макетная плата служит только для поддержки верхней, чтобы светодиоды могли правильно разместиться в 3D-корпусе).

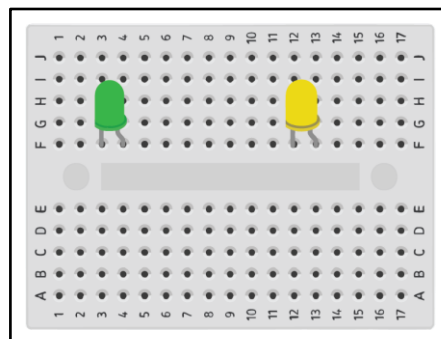
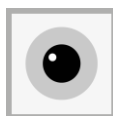


Рисунок 7. Размещение цветных светодиодов на мини-макетной плате. Эти светодиоды будут отображать выходы ганглиозных клеток сетчатки (ГКС) 1 и 2.



б) СБОРКА КОРПУСА (~60 мин)

Перед сборкой корпус необходимо распечатать на 3D-принтере (файлы .stl предоставляются). Он состоит из 6 отдельных частей для простоты печати и сборки (**Рис. 8 и 9**).

Описание деталей корпуса, распечатанных на 3D-принтере:

P1 - часть 1: Эта часть является основой корпуса. Она содержит матрицу фотодиодов, светодиодные панели, выходные контакты и плату интерфейса GPIO.

P2 - часть 2: Размещается поверх фотодиодов, каждый фотодиод должен входить в одно из отверстий корпуса.

P3 - часть 3: Размещается под панелью ИК-светодиодов. Каждый ИК-светодиод должен входить в одно из отверстий корпуса.

P4 - часть 4: Сопрягается с деталями 1–4, обеспечивает структурную поддержку и закрывает проводку, проходящую через среднюю часть корпуса.

P5 - часть 5: Располагается в самом верху конструкции, закрывая белую светодиодную панель, а также два цветных светодиода.

P6 - часть 6: Закрывает С-образное отверстие на боковой стороне корпуса. Это последняя деталь, которую следует установить. Для большинства этапов тестирования и устранения неполадок системы РетнаБокс требуется снять P6.

**В руководстве детали, напечатанные на 3D-принтере, будут обозначаться как P1, P2 и т. д.*

**Детали P2 меньше P3 по длине*

**Детали P2, P3 и P5 соединены с другими деталями винтами M3 длиной 6 мм.*

**Детали P4 и P6 соединены с другими деталями винтами M3 длиной 10 мм.*

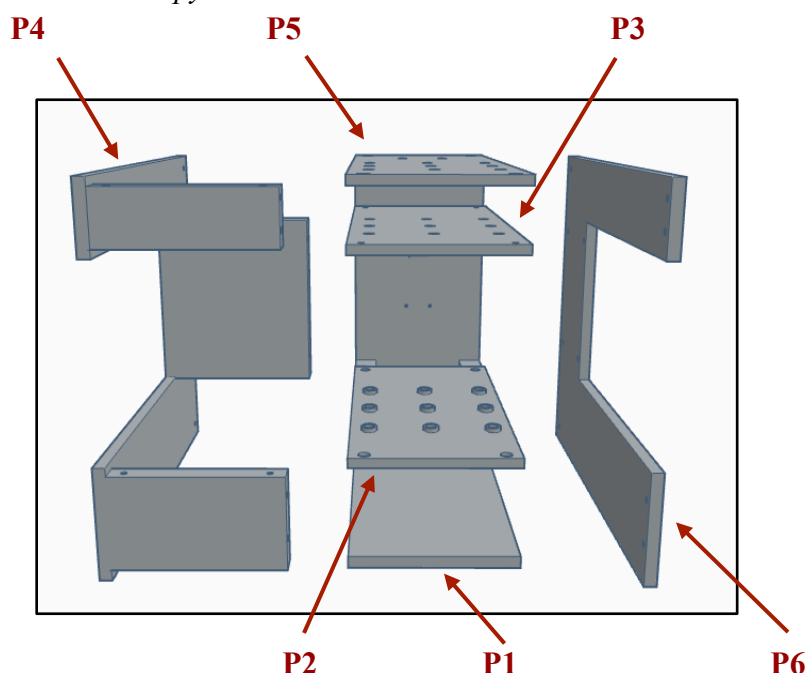


Рисунок 8. Детали РетнаБокс , напечатанные на 3D-принтере.



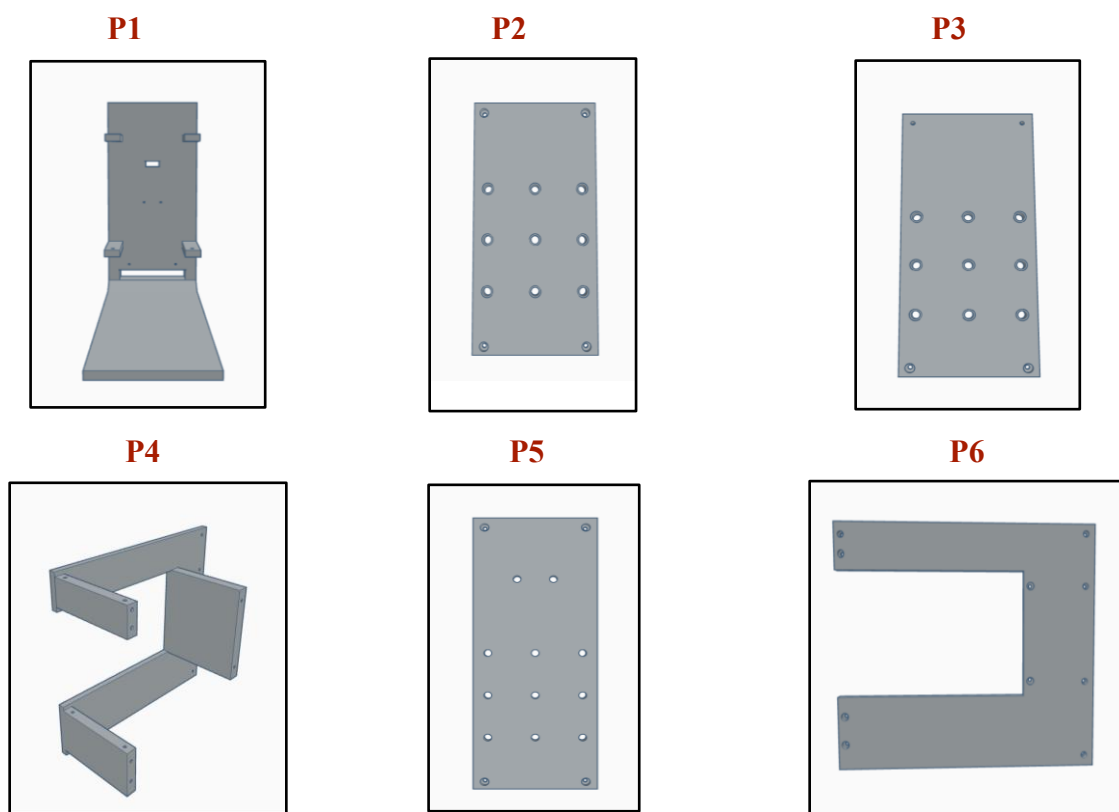


Рисунок 9. Отдельные детали РетнаБокс, напечатанные на 3D-принтере.

Здесь (**Рис. 10**) мы показываем корпус в полностью собранном виде с нескольких углов обзора.

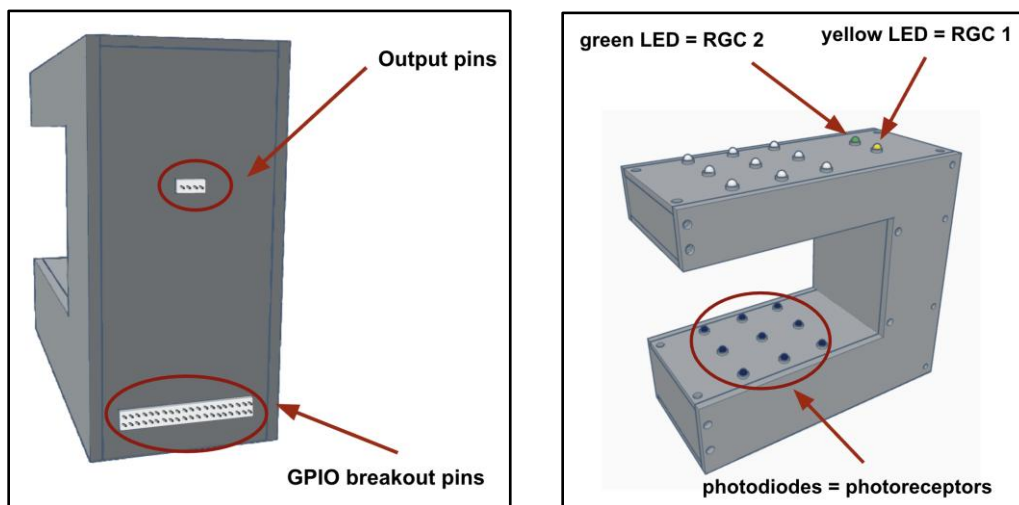
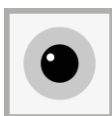


Рисунок 10. РетнаБокс в полной сборке.



с) ПОДКЛЮЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОНИКИ К GPIO ПЛАТЫ Raspberry Pi

GPIO (универсальный ввод/вывод)

РетнаБокс включает в себя интерфейс GPIO для простого подключения РетнаБокс к Raspberry Pi с помощью одного кабеля. Закрепите плату интерфейса GPIO в соответствующем отверстии в Р1 и закрепите её четырьмя 6-миллиметровыми винтами М2 (Рис. 11). *Следующие шаги выполняются одновременно со сборкой корпуса.

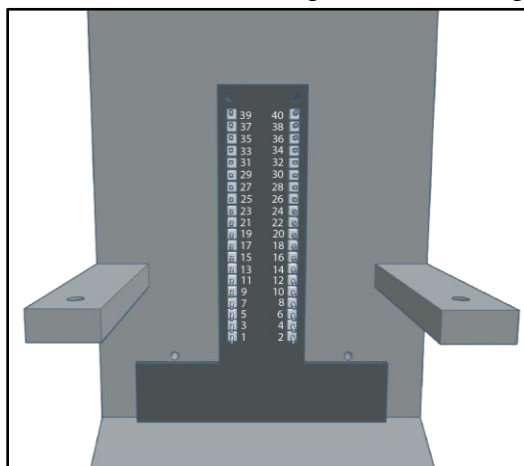


Рисунок 11. Установка GPIO адаптера РетнаБокс.

Хотя более подробное описание последующих этапов сборки будет представлено ниже, здесь мы приводим полную логику подключения электроники РетнаБокс (Рис. 12). *Все провода, идущие от платы GPIO к панели светодиодов, должны проходить через центр корпуса (Рис. 13).

GPIO.setmode(GPIO.BOARD)			
	1	2	
	3	4	
	5	6	
IN_PHOTODIODE_1	7	8	
GROUND (WHITE LEDS PANEL)	9	10	
OUT_LED_1	11	12	IN_PHOTODIODE_2
OUT_LED_2	13	14	GROUND
OUT_LED_3	15	16	IN_PHOTODIODE_3
3V3 POWER	17	18	IN_PHOTODIODE_4
OUT_LED_4	19	20	GROUND
OUT_LED_5	21	22	IN_PHOTODIODE_5
OUT_LED_6	23	24	RGC1_3.3V_OUT
	25	26	RGC2_3.3V_OUT
	27*	28*	
OUT_LED_7	29	30	GROUND
OUT_LED_8	31	32	IN_PHOTODIODE_6
OUT_LED_9	33	34	GROUND
RGC1_LED	35	36	IN_PHOTODIODE_7
RGC2_LED	37	38	IN_PHOTODIODE_8
PHOTODIODES GROUND	39	40	IN_PHOTODIODE_9

photodiodes
white leds
green led
yellow led
out pins
* DO NOT USE!

Рисунок 12. Соединения между GPIO и электроникой РетнаБокс.



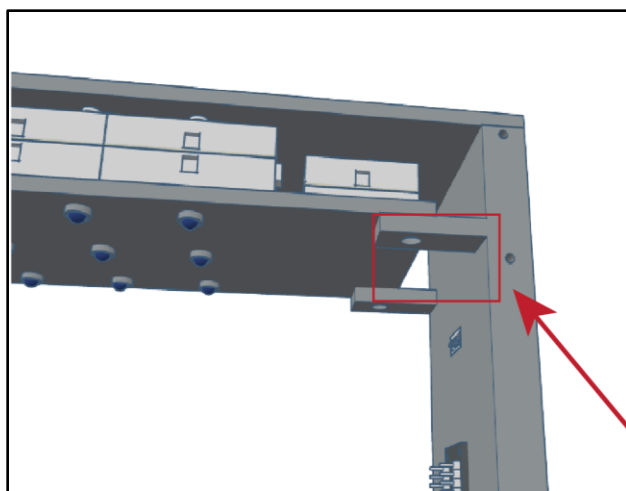


Рис. 13. Проводка от платы GPIO к массиву светодиодов должна проходить через отверстие, обозначенное красным прямоугольником.

1. Подключение фотодиодов к GPIO::

Необходимые материалы: 11 проводов DuPont «мама-папа», 2 винта М3 длиной 6 мм.

- а. Установите панель фотодиодов на P1, как показано на **Рис. 14**..

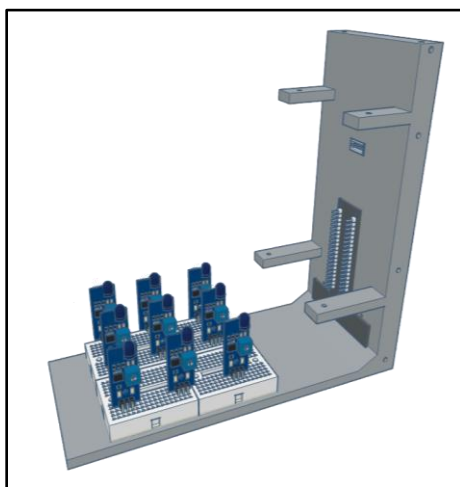


Рисунок 14. Размещение фотодиода с макетными платами на детали P1.

- б. Подключите выходной контакт каждого фотодиода к GPIO с помощью разъёмов DuPont типа «мама-папа», следуя инструкциям по подключению, приведённым ниже (**Рис. 15**). Каждое число на **Рис. 15** соответствует контакту GPIO (**Рис. 11 и 12**).



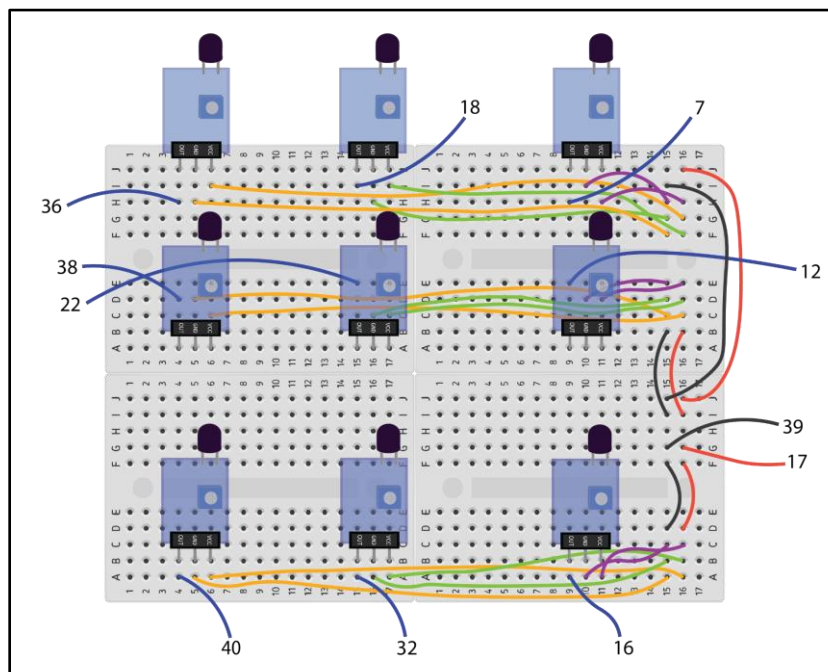


Рисунок 15. Логика подключения фотодиодов к плате GPIO.

- с. Установите деталь P2 поверх фотодиодов. Аккуратно вставьте все 9 фотодиодов в отверстия в P2. Затем закрепите деталь двумя винтами М3 длиной 6 мм (**Рис. 16**). **Пока не затягивайте её полностью; P2 должна быть ориентирована так, чтобы приподнятые направляющие светодиодов (т.е. выступы в отверстиях для каждого светодиода) были направлены вверх..*

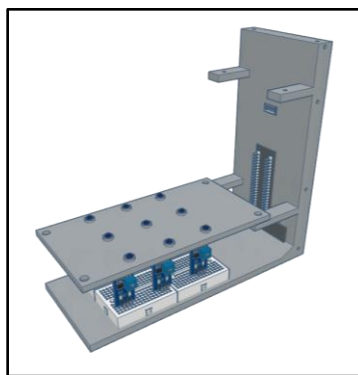


Рисунок 16. Ход сборки с P1 и P2, фотодиодами и платой интерфейса GPIO.



2. Подключение выходных контактов 3,3 В (которые являются цифровыми выходами RGC) к GPIO:

Необходимые материалы: 4 провода DuPont типа «мама-мама», 4 провода из набора кабелей с предварительно обжатыми контактами:

- a. Соберите 4-контактный разъём (по 4 контакта с каждой стороны) и гнездо из набора «Разъём для обжима». Это позволит подключать провода с обеих сторон. С одной стороны контакты должны быть видны. С другой стороны контакты закрыты гнездом.
- b. Поместите его в среднее отверстие P1, как показано на **Рис. 17**. Сторона, на которой контакты закрыты гнездом, должна быть обращена внутрь корпуса. **Гнездо должно находиться внутри корпуса, а контакты — снаружи. Разъём должен плотно входить в отверстие корпуса.*
- c. Подключите провода из набора к 4 контактам гнезда внутри корпуса РетнаБокс (**Рис. 17**).
- d. Соедините эти провода последовательно проводами DuPont типа «мама-мама» (используйте изоленту для фиксации соединения) и подключите к соответствующим контактам GPIO (согласно логике, показанной на **Рис. 17**).

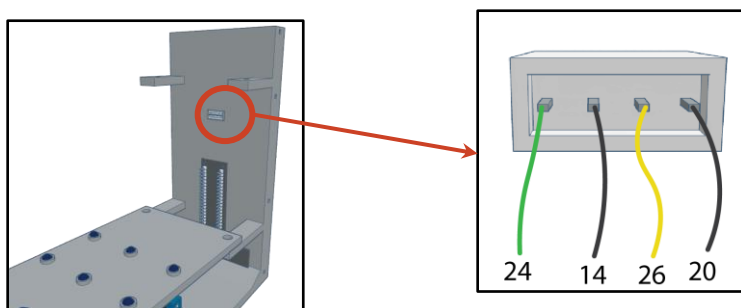


Рисунок 17. Подключение выходных контактов RGC 3,3 В к GPIO. Обратите внимание, что разъём не показан на схеме подключения.

3. Подключение зуммера:

Необходимые материалы: 1 мини-макетная плата, резистор 10 кОм, транзистор PN2222, активный зуммер Elegoo, 1 перемычка, 3 провода из набора Connector Pre-Crimped Cable Kit, 3 провода M-F DuPont.

- a. На мини-макетной плате установите зуммер, транзистор, резистор 10 кОм и перемычку, как показано на **Рис. 18**



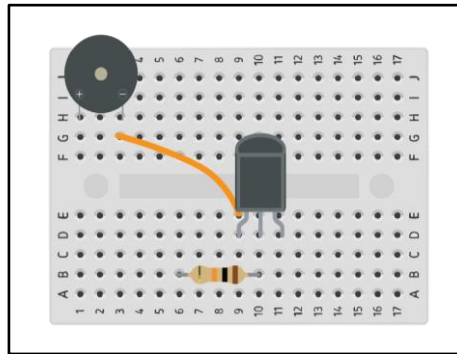


Рисунок 18. Размещение зуммера, транзистора, перемычки между транзистором и зуммером и резистора.

- б. Подключите компоненты, как показано на **Рис. 19**. Сначала подключите 3 провода из комплекта предварительно обжатых кабелей к соответствующим выходным контактам, затем последовательно соедините эти провода проводами DuPont типа «мама-папа» (используйте изоленту для фиксации этих соединений). Обратите внимание, что зуммер подключен к плате управления GPIO через выходные контакты, выведенные на заднюю часть корпуса (см. **Рис. 10, 12 и 17**). При такой схеме зуммер будет звучать только тогда, когда оба контакта 24 и 26, соответствующие RGC1 и RGC2, одновременно выдадут напряжение 3,3 В, что происходит при совместной активации RGC1 и RGC2.

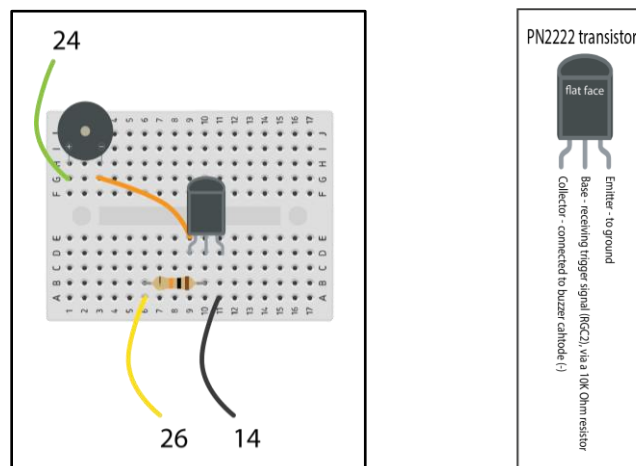
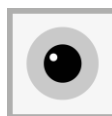


Рисунок 19. Схема электропроводки зуммера (относится к плану урока 2).



4. Подключение светодиодов к плате GPIO:

Необходимые материалы: электрический провод, кусачки, 10 проводов DuPont «мама-мама», 2 винта М3 длиной 6 мм.

- a. Закрепите деталь РЗ двумя винтами М3 длиной 6 мм (**Рис. 20**). *РЗ следует расположить так, чтобы выступающие направляющие светодиодов (т.е. выступы на каждом из отверстий для светодиодов) были направлены вниз..

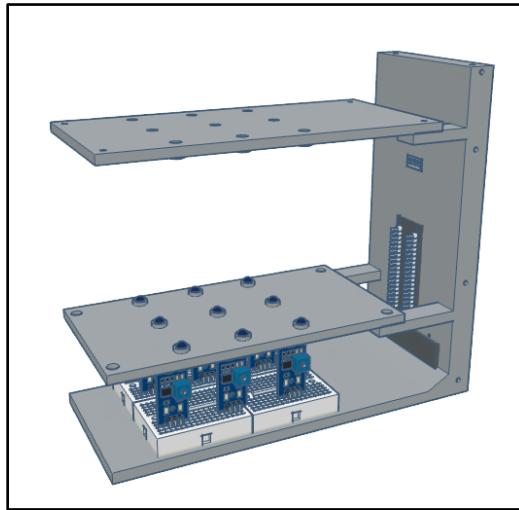


Рисунок 20. Крепление детали РЗ.

- b. Поместите макетные платы со светодиодами на РЗ (**Рис. 21**; для наглядности схема подключения здесь не показана). *Выполните шаги c) и d), прежде чем выполнять шаг b) c)

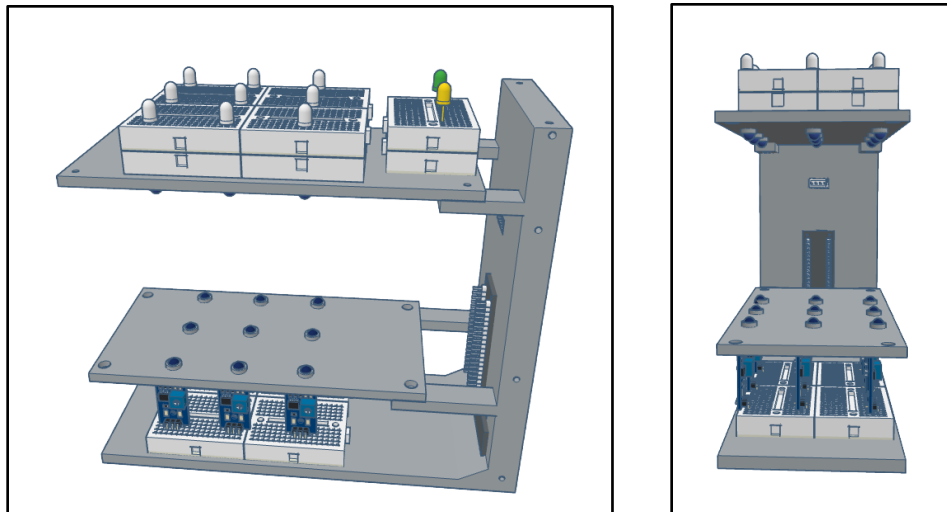


Рисунок 21. Крепление светодиодов к детали РЗ.



- c. Connect Подключите каждую из 9 пар белых и ИК-светодиодов к GPIO (через 9 оранжевых проводов (+) и черных проводов (-, GND; черные соединительные провода) на **Рис. 22**. Для оранжевых проводов (оранжевый здесь для визуального отображения — на самом деле мы использовали красный соединительный провод) отрежьте электрический провод подходящей длины (~5 см) и подключите его последовательно к проводу DuPont типа «мама-мама», который затем будет подключен к плате GPIO (согласно логике на **Рис. 22**). *Здесь используется соединительный электрический провод (в отличие от проводов DuPont) из-за ограниченного пространства между светодиодами и напечатанными на 3D-принтере деталями, между которыми будут располагаться эти светодиодные матрицы.

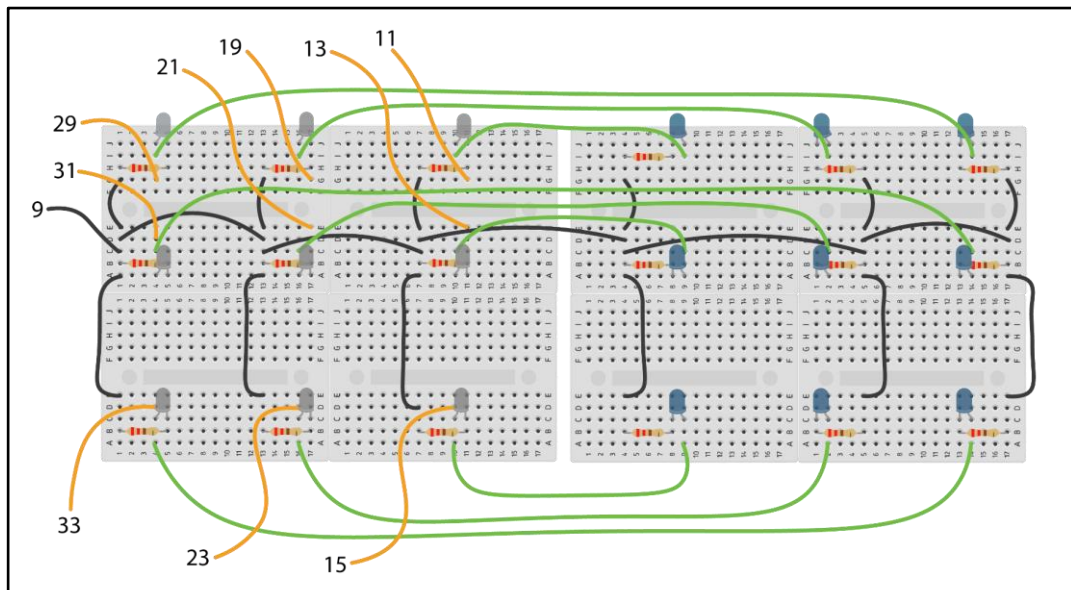


Рисунок 22. Подключение белых и ИК-светодиодов к GPIO.

- d. Подключите два цветных светодиода (зеленый и желтый), которые представляют выходы ганглиозных клеток 1 и 2, к GPIO, используя следующую логику (**Рис. 23**).



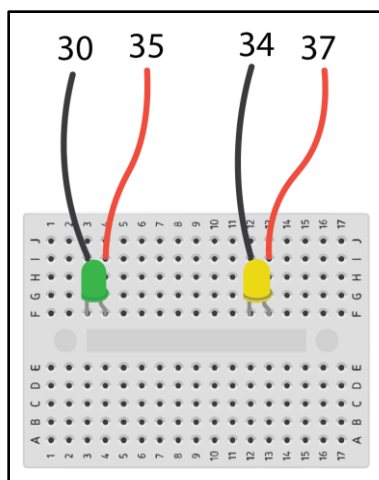


Рисунок 23. Подключение зеленого и желтого светодиодов к GPIO

- е. Присоедините деталь Р4, соединив её с Р2 и Р3 (**Рис. 24**). Это стабилизирует корпус и облегчит тестирование. Установка деталей Р5 и Р6, которые закроют РетнаБокс, должна быть выполнена позже, после подключения РетнаБокса к Raspberry Pi, проверки электроники и оптимизации чувствительности фотодиодов (см. ниже).

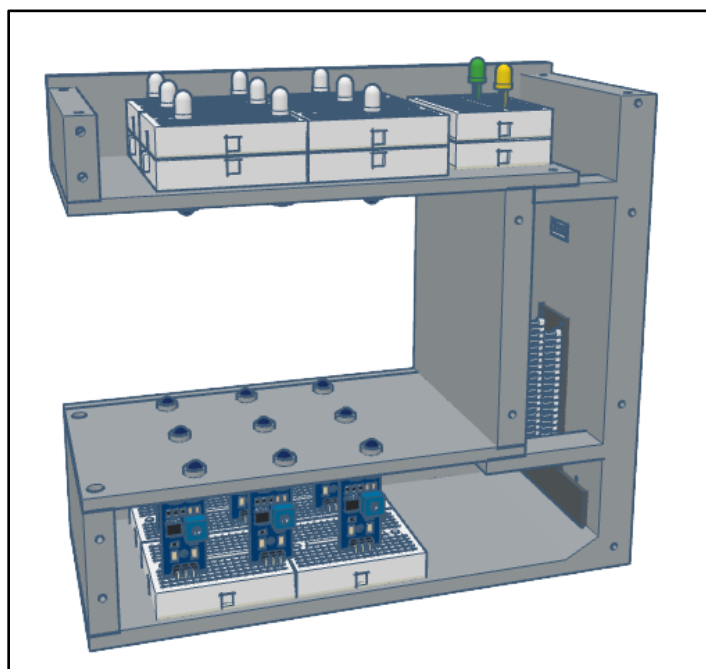


Рисунок 24. Крепление детали Р4.



3. СОЗДАНИЕ ИНСТРУМЕНТА ВИЗУАЛЬНОГО СТИМУЛА

Необходимые материалы: прозрачный пластиковый лист, тонкий перманентный маркер, пластилин, линейка (список компонентов см. в приложении)

Для подачи различных визуальных стимулов на РетнаБокс мы рекомендуем пользователям создать инструмент визуального стимула. Для этого возьмите прозрачный пластиковый лист и с помощью тонкого перманентного маркера и линейки нарисуйте сетку, покрывающую весь пластиковый лист (**Рис. 25**). Каждый квадрат сетки должен иметь ширину 3 см на 3 см, что примерно соответствует площади рецептивного поля одного фотодиода РетнаБокс..

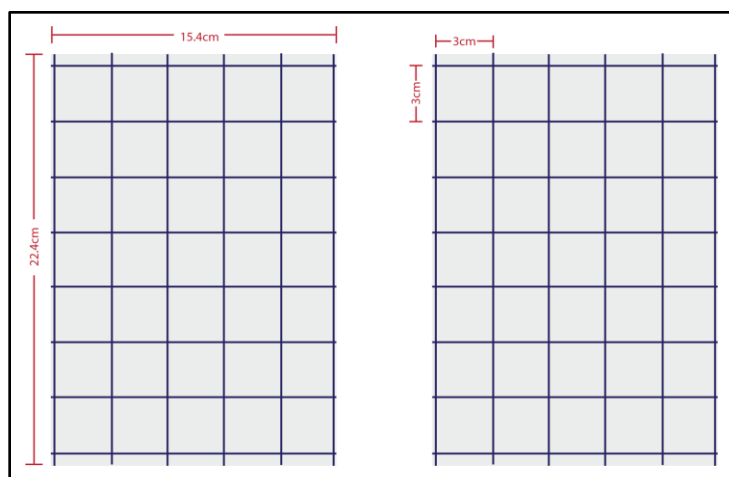


Рисунок 25. Инструмент визуального стимула с сетками для выравнивания стимулов с модельной решеткой фоторецепторов.

Затем нанесите на пластиковую пленку пластилин. Оставьте отдельные участки без пластилина, чтобы создать визуальный стимул (то есть, проходящий сквозь него свет и будет вашим стимулом). С помощью пластилина можно создавать визуальные стимулы разной формы для демонстрации РетнаБокс (**Рис. 26**).



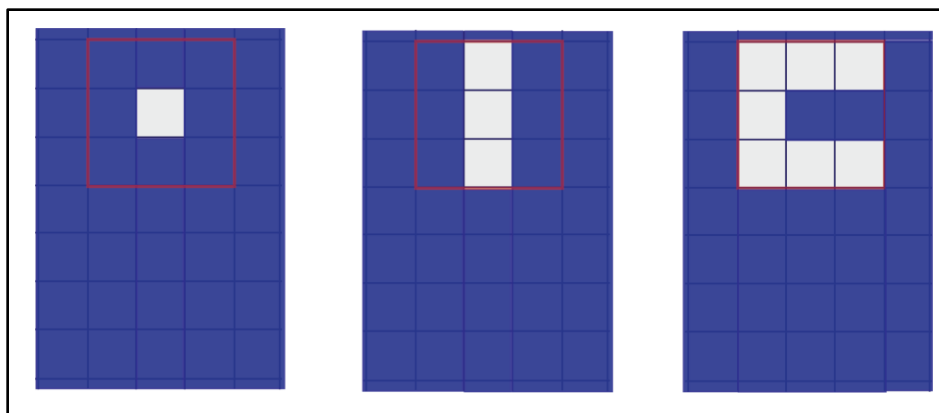


Рисунок 26. Примеры визуальных стимулов.

Инструмент визуального стимула работает, контролируя, какие модельные фоторецепторы (т. е. фотодиоды) активируются, пропуская свет от стимулирующих светодиодов к фотодиодам (**Рис. 27**).

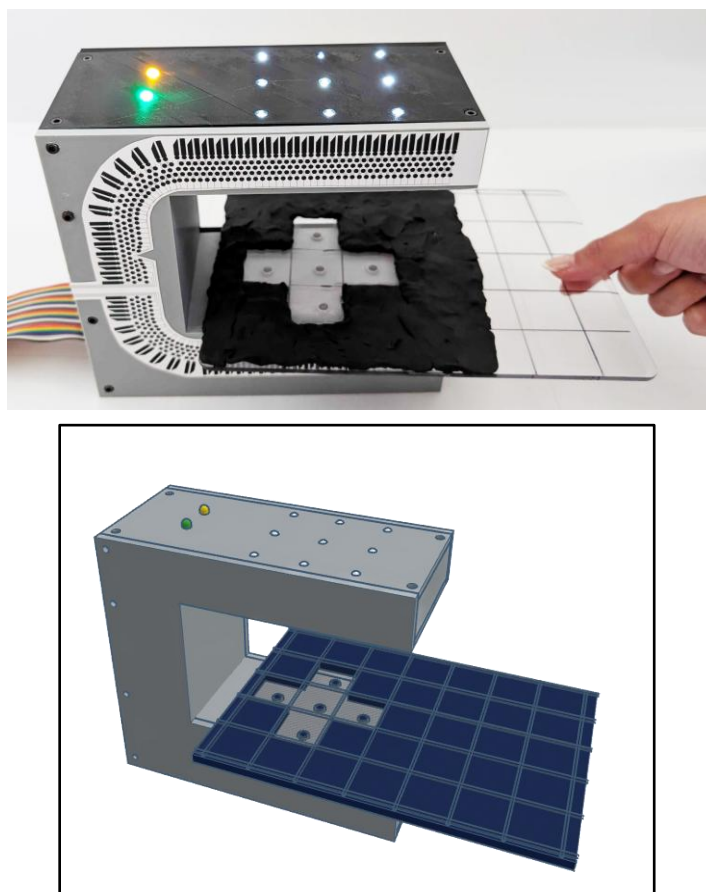


Рисунок 27. Инструмент визуального стимула в действии



4. УСТАНОВКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

- a. На Raspberry Pi откройте страницу Trenholm Lab РетнаБокс на GitHub через веб-браузер: <https://github.com/Trenholm-Lab/RetINaBox>
- b. Скачайте ZIP-архив репозитория, нажав зелёную кнопку «Код», а затем кнопку «Скачать ZIP-архив» (**Рис. 28**). После загрузки ZIP-архив появится в папке «Загрузки» под именем РетнаБокс -main.zip.

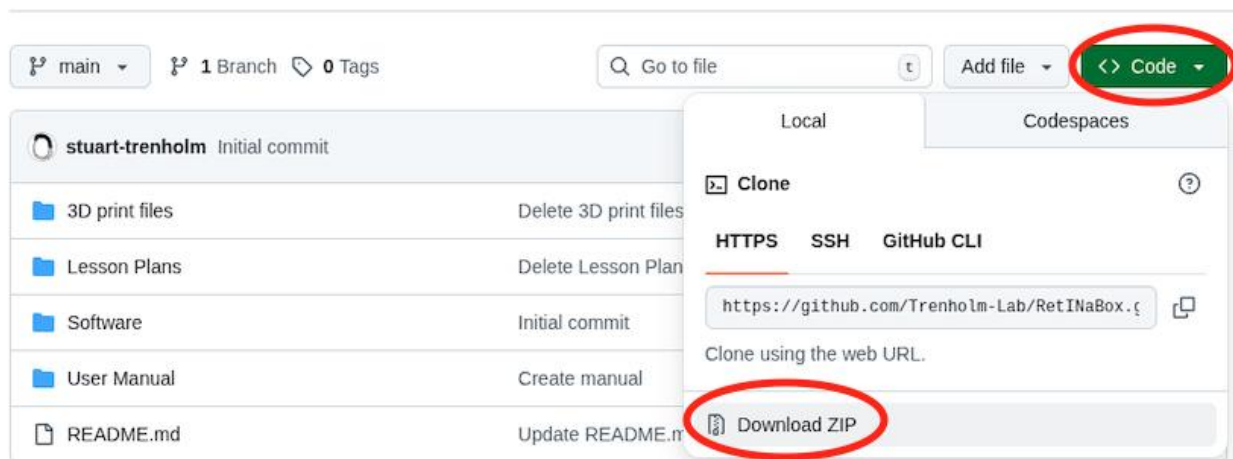


Рисунок 28. Загрузка программного обеспечения РетнаБокс с GitHub.

- c. Распакуйте файлы кода на устройство, щёлкнув правой кнопкой мыши по файлу RetINaBox-main.zip и выбрав «Извлечь в...». Выберите рабочий стол в качестве пути сохранения «Извлечь в:» и оставьте все остальные параметры без изменений, как показано ниже на **Рис. 29**. После этого на рабочем столе появится папка RetINaBox-main. Не изменяйте и не перемещайте эту папку. Теперь вы можете закрыть файловый менеджер.

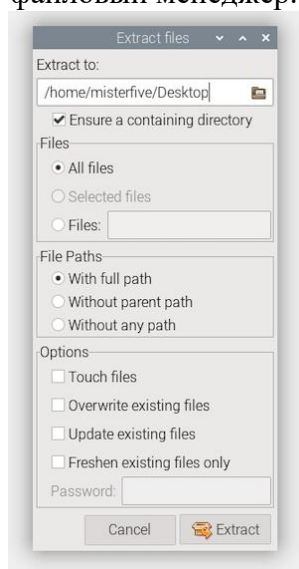
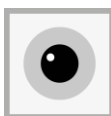


Рисунок 29. Меню извлечения файлов Raspberry Pi.



- d. Откройте терминал и введите следующие команды, а затем нажмите клавишу Enter, как показано на **Рис. 30**.

```
cd Desktop/RetINaBox-main/Software/RetINaBox
chmod +x install_RetINaBox.py
python3 install_RetINaBox.py
```

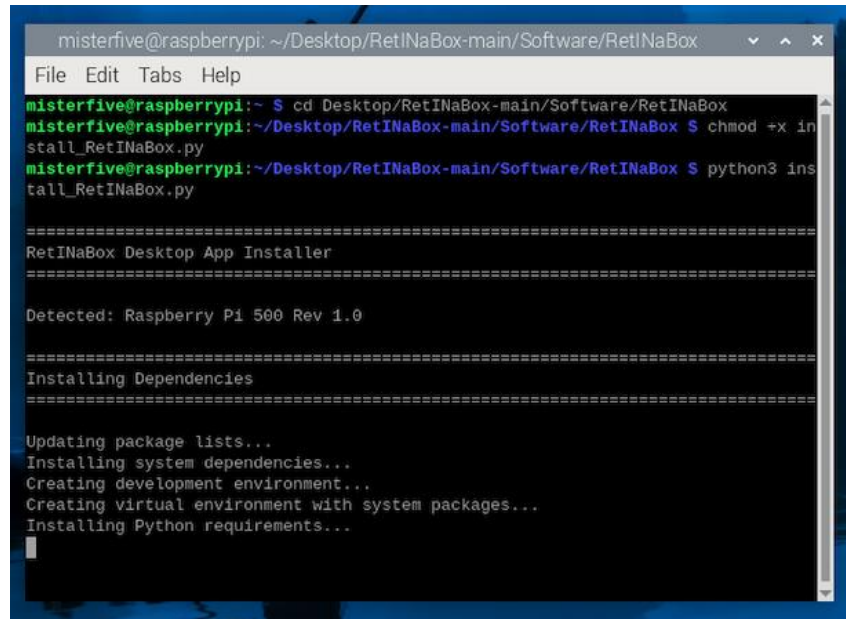


Рисунок 30. Терминал во время установки кода РетнаБокс.

- е. После успешной установки РетнаБокс вы увидите новое приложение на рабочем столе. Чтобы открыть графический интерфейс, дважды щёлкните по новому приложению РетнаБокс на рабочем столе и нажмите «Выполнить» (**Рис. 31**). Добро пожаловать в лабораторию РетнаБокс!!
- і. Если установка не удалась, обратитесь к разделу А2 Руководства пользователя: Приложение 2: Устранение неполадок. ***Прежде чем подключать оборудование (ниже) к Raspberry Pi, обязательно выключите Raspberry Pi перед подключением кабеля GPIO РетнаБокс.*

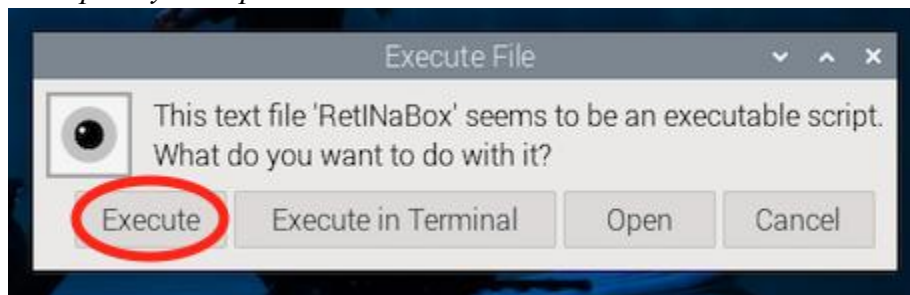
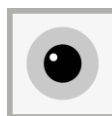


Рисунок 31. Сообщение РетнаБокс «Выполнить файл»



5. ПОДКЛЮЧЕНИЕ РетнаБокс К Raspberry Pi

- a. Подключите РетнаБокс к Raspberry Pi с помощью соединительного кабеля GPIO Rainbow. **ВАЖНО:** серые разъёмы на обоих концах кабеля *Rainbow* имеют небольшую пластиковую выемку с одной стороны от горизонтальной оси разъёма — очень важно правильно подключить их к РетнаБокс и Raspberry Pi, иначе соединение между РетнаБокс и Raspberry Pi будет неправильным, и Raspberry Pi или электронные компоненты могут сгореть! Разъёмы РетнаБокс и Raspberry Pi имеют небольшие выемки, указывающие правильное расположение соединительного кабеля *Rainbow*!
- b. Подключите Raspberry Pi к источнику питания (т. е. включите Raspberry Pi в розетку).
- c. Если фотодиоды подключены правильно, на каждой плате должен загореться самый правый красный светодиод (**Рис. 32**), указывая на подачу питания.

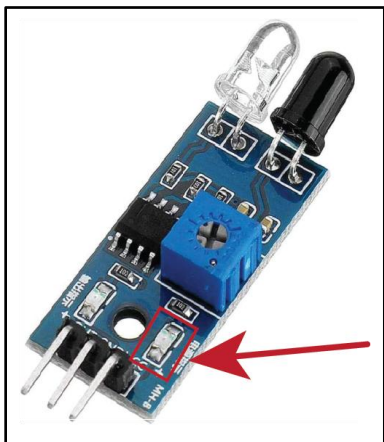


Рисунок 32. Включение Raspberry Pi должно привести к подаче питания на все 9 фотодиодов, что должно включить самый правый красный светодиод на каждой плате фотодиодов.



- d. Следующий шаг — настроить чувствительность ИК-фотодиодов так, чтобы они активировались только при включении ИК-светодиодов. Для этого откройте программу РетнаБокс (см. раздел 5 ниже) и включите все 9 светодиодов. Если светодиоды подключены правильно, 9 белых светодиодов на верхней панели РетнаБокс должны загореться (видно невооруженным глазом), а 9 ИК-светодиодов также должны загореться, но не быть видимыми глазом. Для каждого фотодиода отрегулируйте потенциометр (вращая его вперед и назад) до тех пор, пока крайний левый красный светодиод не будет загораться только при включении ИК-светодиода, расположенного непосредственно над ним (**Рис. 33**).

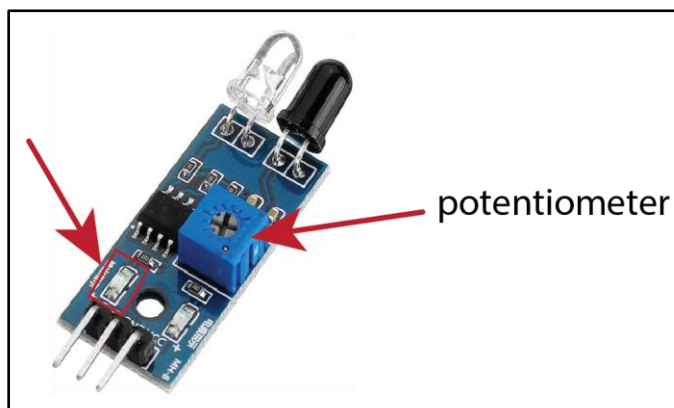


Рисунок 33. Отрегулируйте чувствительность ИК-фотодиода, вращая потенциометр вперед и назад до тех пор, пока крайний левый красный светодиод на плате не будет загораться только при включении ИК-светодиодов в программе РетнаБокс.

- e. Соедините детали P5 и P6 (**Рис. 34**). Сборка РетнаБокс завершена!

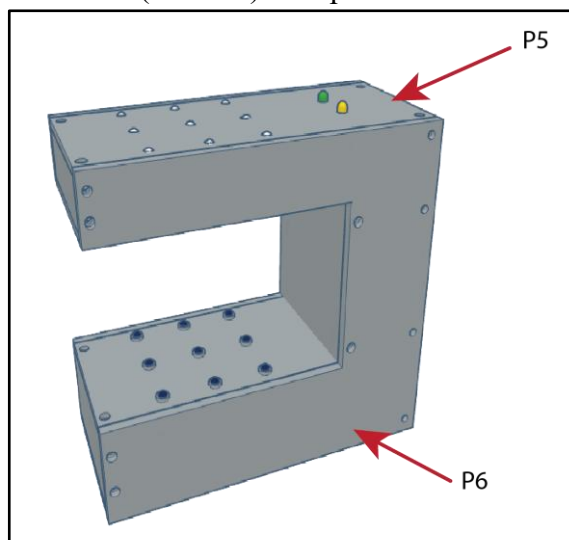


Рисунок 34. Готовый РетнаБокс



6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

- a. Дважды щёлкните по логотипу «RetINaBox» на рабочем столе или запустите файл «main.py» в Visual Studio Code.
- b. Откроется экран приветствия (**Рис. 35**). Выберите «Войти в лабораторию», чтобы начать работу с РетнаБокс. Вы также получите доступ к руководству пользователя и планам уроков.

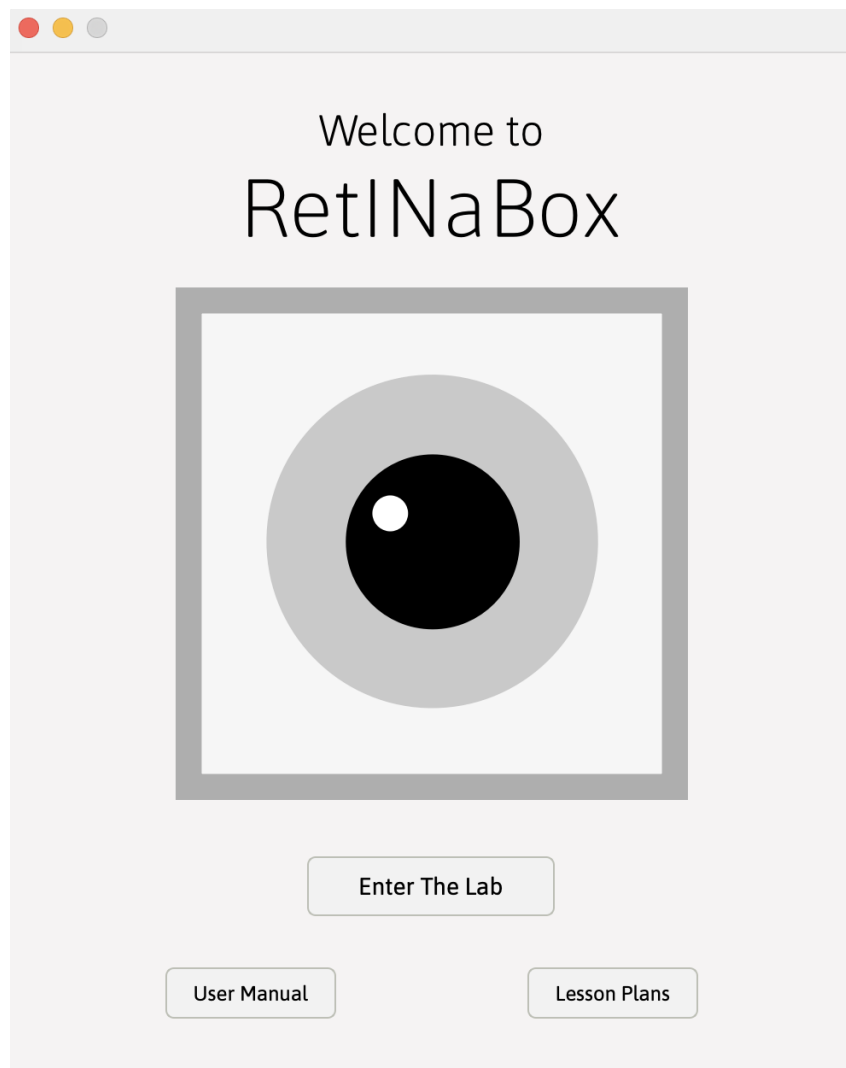
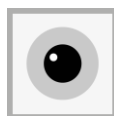


Рисунок 35. Экран приветствия РетнаБокс.



с. Теперь вы увидите основной графический пользовательский интерфейс РетнаБокс (GUI; Рис. 36).

Программа содержит 4 пункта меню:

- i. Уроки: Здесь вы можете получить доступ к планам уроков. Также для каждого из 4 уроков вы найдёте предустановленные настройки РетнаБокс и задания, соответствующие каждому уроку.
- ii. Сохранить: Нажмите здесь, чтобы сохранить текущие настройки РетнаБокс.
- iii. Открыть: Нажмите здесь, чтобы открыть ранее сохранённые настройки РетнаБокс.
- iv.

Графический интерфейс РетнаБокс разделен на 3 раздела (далее мы рассмотрим каждый из них более подробно):

Контроллер визуального стимула: Здесь вы управляете светодиодами стимула РетнаБокс.

Менеджер подключений: Здесь вы подключаете фоторецепторы модели к ганглиозным клеткам модели.

Монитор сигнала: Здесь вы видите, когда фоторецепторы активны, какой сигнал они передают ганглиозным клеткам и когда ганглиозные клетки активны.

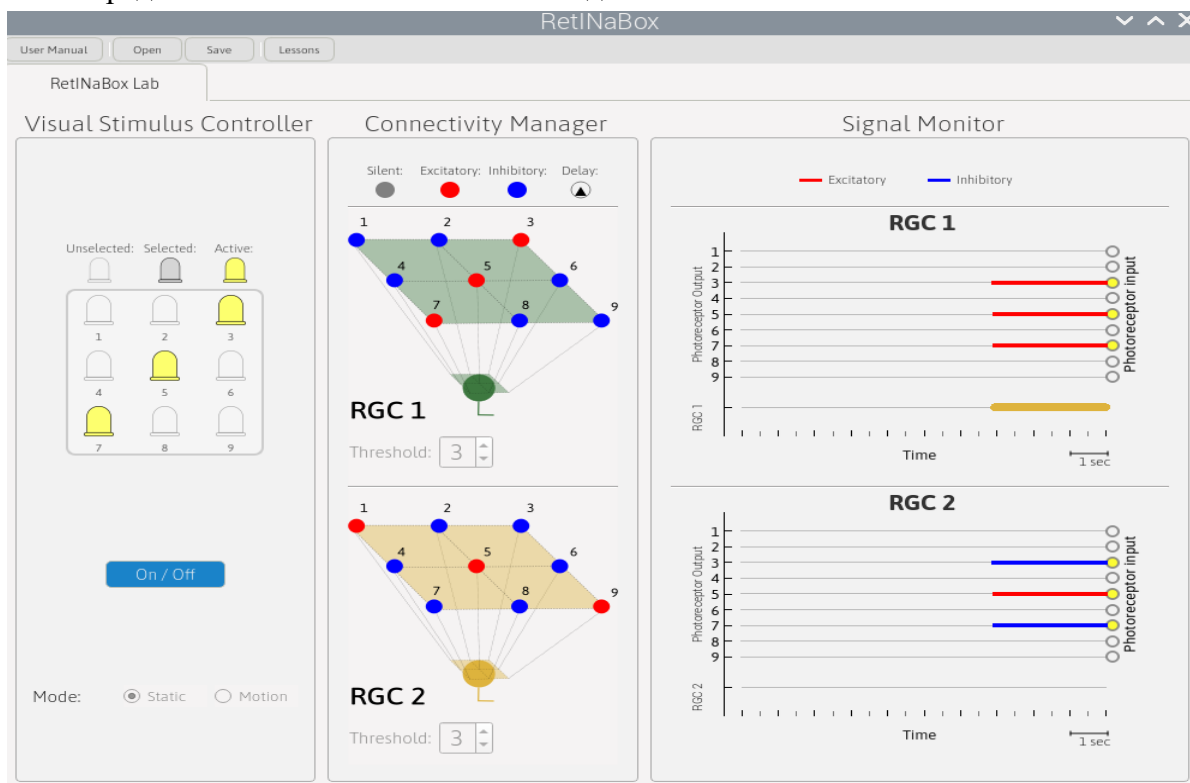
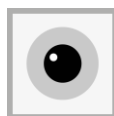


Рисунок 36. Основной графический интерфейс пользователя РетнаБокс.



d. Контроллер визуальных стимулов (**Рис. 37**).

- i. В верхней части вы увидите светодиодную матрицу 3 x 3. Перед включением светодиодов необходимо активировать (нажав на них) те светодиоды, которые вы хотите включить. После этого они станут серыми на дисплее.
- ii. Далее вы можете выбрать, хотите ли вы подать статический (неподвижный) стимул или хотите, чтобы он двигался влево или вправо. Для начала оставьте его в статическом режиме.
- iii. Теперь нажмите кнопку «ВКЛ/ВЫКЛ». На дисплее вы увидите, что выбранные вами светодиоды теперь активны (т.е. жёлтые). Если вы подключены к РетнаБокс, вы также увидите, что выбранные вами светодиоды включены. Нумерация светодиодов в программном обеспечении соответствует нумерации светодиодов, когда вы смотрите прямо на переднюю панель РетнаБокс.
- iv. В связи с уроком по избирательности направления (урок 3) вам может понадобиться, чтобы ваши визуальные стимулы двигались влево или вправо. Для этого просто активируйте набор светодиодов (перед переключением активных светодиодов их нужно включить), выберите режим «Движение», выберите направление (стрелка влево или вправо) и скорость (медленно, средне или быстро).
- v. Наконец, для всех уроков в плане урока в какой-то момент вам потребуется протестировать реальные стимулы, используя инструмент презентации стимулов или руки. Для этого активируйте все 9 светодиодов, выберите режим «Статический» и включите светодиоды.

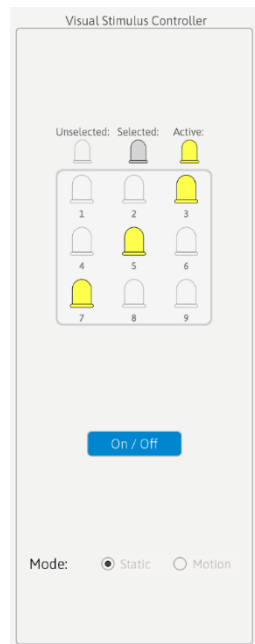
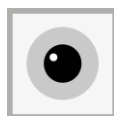


Рисунок 37. Контроллер визуальных стимулов.



е. Менеджер подключений (**Рис. 38**).

- i. Менеджер подключений позволяет пользователям настраивать тип подключения между каждым из 9 фоторецепторов (т. е. фотодиодами) и двумя различными моделями ганглиозных клеток сетчатки (РГК).
- ii. Независимо для каждой из двух РГК каждый фоторецептор может быть настроен следующим образом:
 1. Тихий: он не подаёт сигнал ганглиозной клетке.
 2. Возбуждающий: при активации этот фоторецептор подаёт сигнал +1 ганглиозной клетке.
 3. Тормозящий: при активации этот фоторецептор подаёт сигнал -1 ганглиозной клетке.
 4. Задержка: можно добавить временную задержку между активацией фоторецептора и отправкой сигнала ганглиозной клетке. Возможные варианты задержки: нет, короткая, средняя и длинная. Эти задержки могут быть полезны для генерации ответов, избирательных по направлению, и предназначены для моделирования асимметричной связности цепей.
- iii. Чтобы изменить тип связи с одной из ганглиозных клеток, просто щёлкните по её цепи (**Рис. 38**, слева). Откроется всплывающее окно (**Рис. 38**, справа), в котором можно изменить настройки для каждого фоторецептора модели.
- iv. Наконец, установите пороговое значение RGC. В каждый момент времени RGC суммирует все входные сигналы от своих фоторецепторов, и для активации необходимо достичь этого порогового значения..

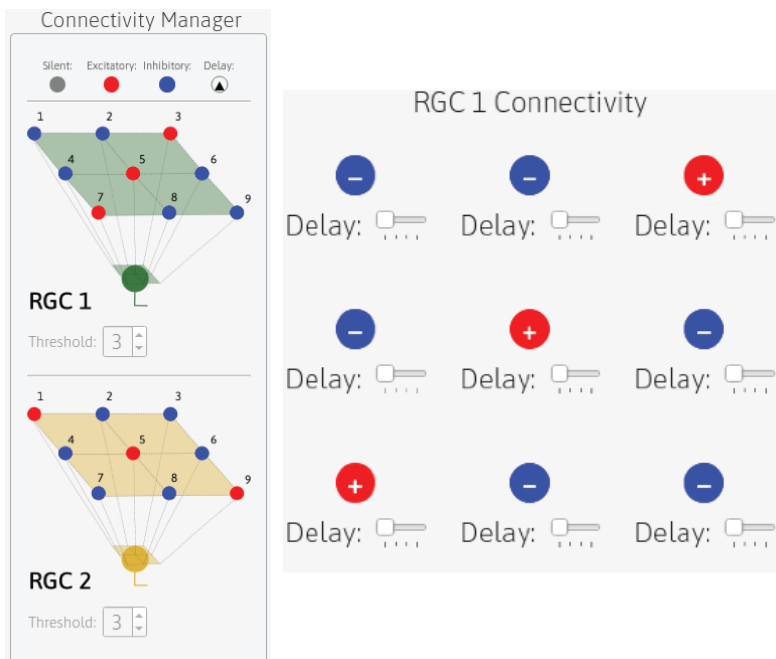
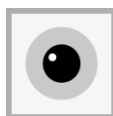


Рисунок 38. Менеджер подключений в главном графическом интерфейсе (слева) и его всплывающее окно (справа).



f. Монитор сигналов (**Рис. 39**).

i. Монитор сигналов в режиме реального времени отображает следующую информацию:

1. Какие фоторецепторы модели активны. Это видно по жёлтому цвету кружков справа.
2. Полярность сигнала, посылаемого каждым активированным фоторецептором каждой ганглиозной клетке сетчатки (возбуждающий (красный) или тормозящий (синий)).
3. Время активации каждой ганглиозной клетки (RGC1, *вверху*; RGC2, *внизу*). Это происходит, когда сумма сигналов от всех её фоторецепторов достигает или превышает пороговое значение, заданное в диспетчере подключений.

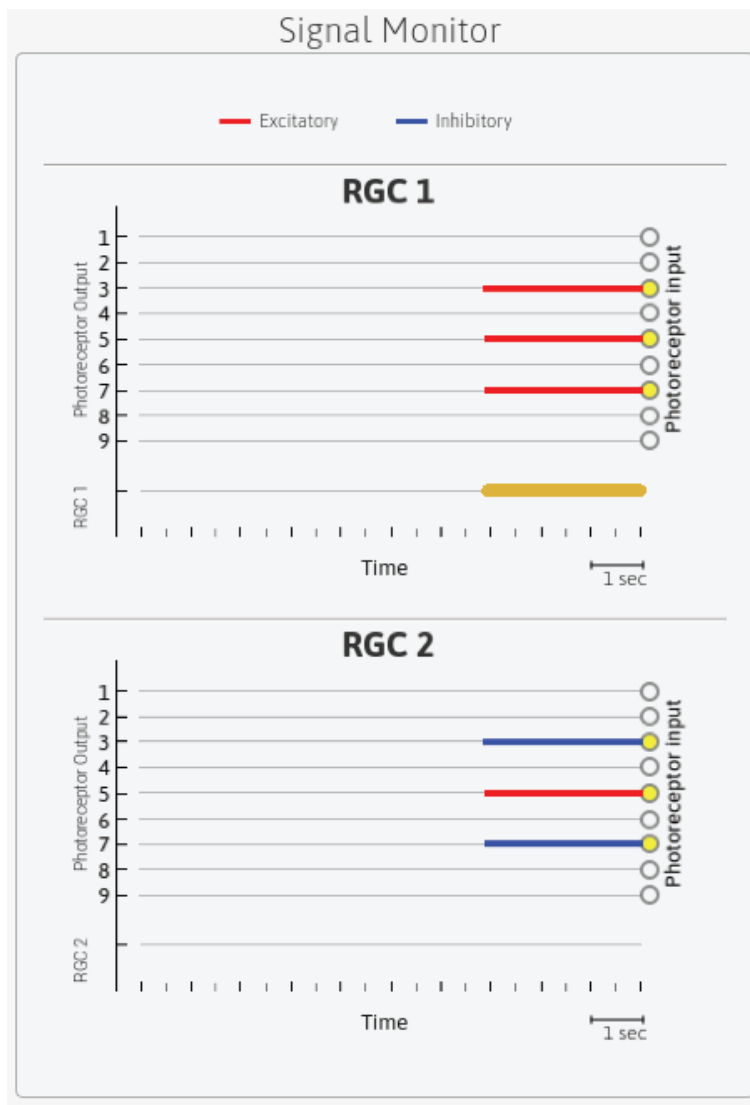
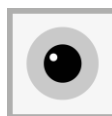


Рисунок 39. Монитор сигнала.



g. Дополнительные функции программы

i. Задание по взлому кода:

1. На уроке 2 пользователям предлагается использовать рецептивные поля «центр-окружность» для взлома кодов. Доступ к заданию осуществляется через вкладку «Уроки» в строке меню. При выборе задания «Взломщик кода» откроется новая вкладка (**Рис. 40**).
2. Используя информацию о шифре, пользователи должны вернуться в основной графический интерфейс РетнаБокс и настроить диспетчер подключений так, чтобы RGC1 и RGC2 отображали предпочтительные визуальные стимулы, как указано в шифре.
3. Затем пользователи должны использовать инструмент «Визуальный стимул» для предъявления стимулов, соответствующих каждой букве в коде, и, ссылаясь на декодер в шифре, ввести правильную букву в поле «Взломщик кода» для каждого кода стимула.
4. После разгадки кода пользователи могут проверить свой ответ.

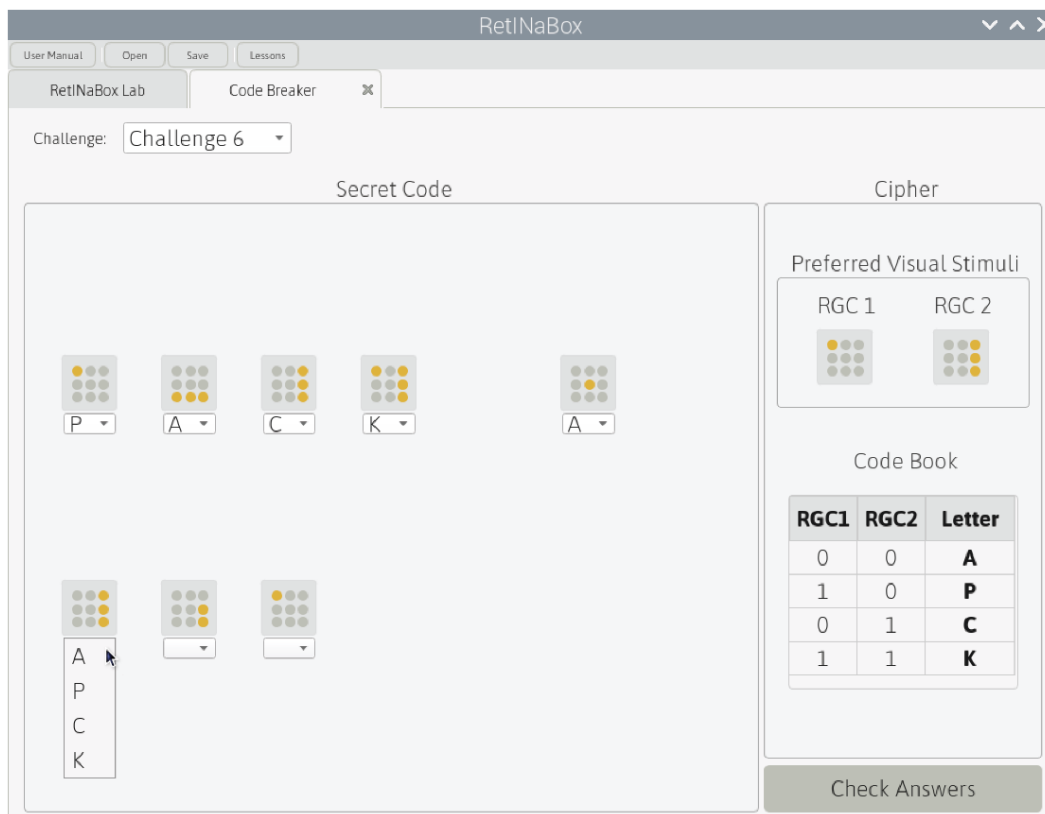
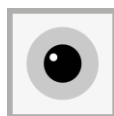


Рисунок 40. Упражнение по взлому кода, относящееся к Уроку 2.



ii. Видеоигра «Разрушитель блоков»:

1. В Уроке 3, после генерации ганглиозных клеток, реагирующих на движение влево и вправо, пользователям предлагается открыть игру «Разрушитель блоков» (доступ через вкладку «Уроки» в строке меню). Это откроет игру (**Рис. 41**). При запуске игры автоматически загораются все светодиоды стимуляции на РетнаБокс.
2. Игра запрограммирована на использование выходного сигнала РетнаБокс от RGC1 для перемещения игрового манипулятора влево и выходного сигнала РетнаБокс от RGC2 для перемещения игрового манипулятора вправо
3. Затем пользователи проводят рукой по полю зрения РетнаБокс влево и вправо, чтобы перемещать манипулятор и играть в игру.

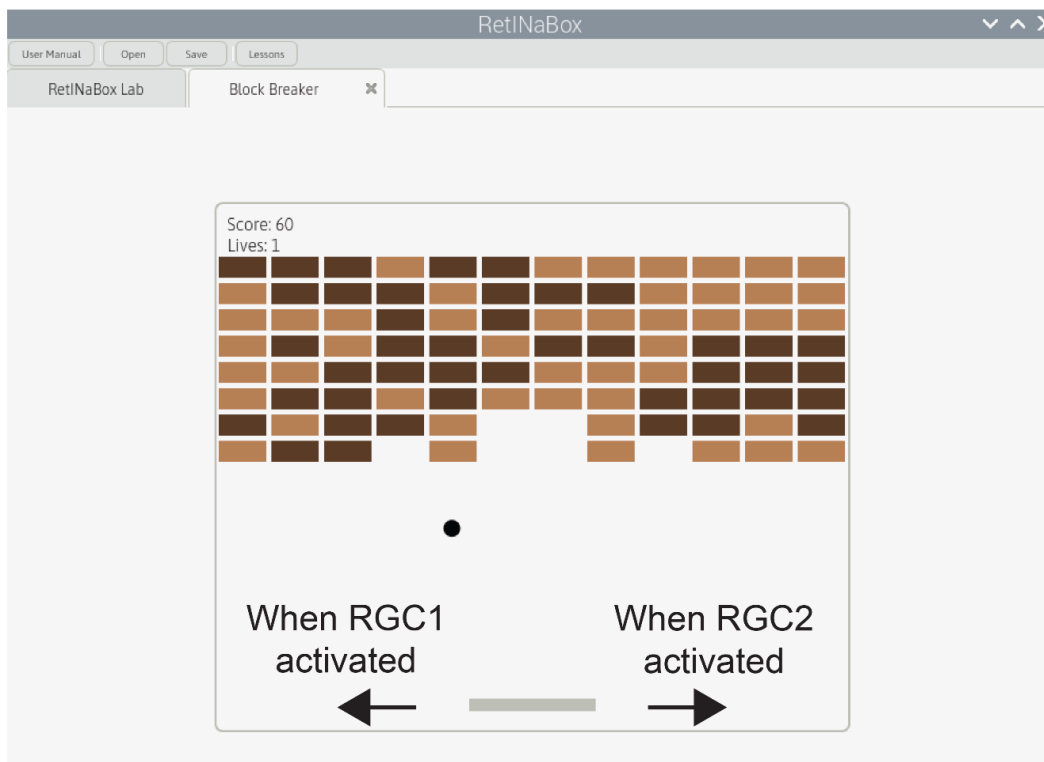


Рисунок 41. Игра «Разбей кирпичи», относящаяся к Уроку 3.

iii. Режим «Обзор»:

1. Урок 4 — это режим «Обзор», доступ к которому осуществляется через вкладку «Уроки» в строке меню. Открывается вкладка «Режим



«Обзор»» (Рис. 42). При запуске режима «Обзор» автоматически загораются все светодиоды стимулов на РетнаБокс.

2. Далее пользователи выбирают задание в меню.
3. На этапе 1 пользователи используют инструмент для предъявления стимулов или свою руку для предъявления различных статических и движущихся стимулов РетнаБокс до тех пор, пока не активируют RGC1.
4. Как только пользователи находят предпочтительный визуальный стимул для данной задачи, они вводят решение в левой части программы (Этап 1) и выбирают «Проверить стимул». Если решение верно, они переходят к этапу 2.
5. На этапе 2 пользователи устанавливают связь между модельными фоторецепторами и моделью RGC, чтобы воссоздать селективность визуального стимула, обнаруженную на этапе 1. Когда пользователь уверен в своём решении, он нажимает «Проверить связь».

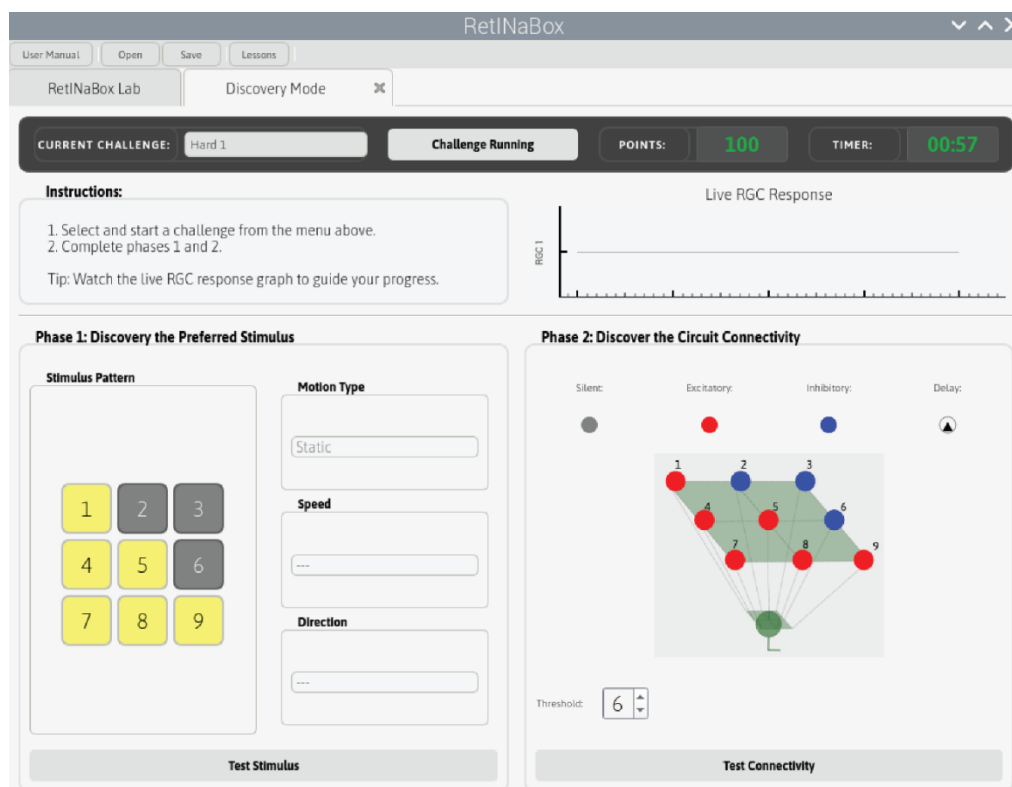
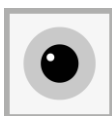


Рисунок 42.
Графический
пользовательский
интерфейс режима
обнаружения.



А1- ПРИЛОЖЕНИЕ 1: СПИСОК КОМПОНЕНТОВ

Категория	#	Товар	Характеристики	Поставщик	Примечания
РетнаБокс	6	Корпус	Детали, напечатанные на 3D-принтере (link)		
	14	винты М3 10 мм			
	12	винты М3 6 мм			
	4	винты М2 10 мм			Для крепления платы GPIO к корпусу
	9	5 мм ИК-светодиод	100 мА непрерывно, 1000 мА импульсно Прямое напряжение около 1,6 В	Adafruit 387	
	9	ИК-фотодиоды		Amazon	
	1	Комплект электроники Elegoo	Что вам понадобится: 9 белых светодиодов, 1 зеленый светодиод, 1 желтый светодиод, резисторы.	Amazon	
	12	Мини-макетная плата		Amazon	
	26	Dupont Проводы		Amazon	
		Комплект соединительных проводов		Amazon	
	1	Комплект для разъёма GPIO для Raspberry Pi		Amazon	
	1	Расширитель соединения Rainbow	Дополнительно — добавление одного или двух дополнительных кабелей позволяет вам более свободно ориентировать РетнаБокс рядом с Raspberry Pi.	Amazon	
	1	Комплект предварительно обжатого кабеля для разъема elechawk PH 2.0		Amazon	
	1	Рулон изоленты			



Категория	#	Товар	Характеристики	Поставщик	Примечания
	1	Красный электрический провод подключения		Digikey	Если у вас есть что-то подобное, отлично. Если нет, закажите что-нибудь подобное, но не обязательно именно это.
	1	Черный электрический провод для подключения		Digikey	То же примечание, что и выше
Для тестирования ИК-светодиодов	1	Адаптер USB-последовательный 3,3 В	Необязательный	Amazon	Вы можете использовать это для питания ИК-фотодиода и тестирования ИК-светодиодов независимо от остальной части РетнаБокса.
Инструмент визуального стимула	Набор из 2 шт.	Прозрачный пластиковый лист (15,4 x 22,4 см)		Amazon	Положите пластилин на это и вставьте между ИК-светодиодами и фотодиодами РетнаБокса.
	1	Тонкий маркер	Подойдет любой тонкий перманентный маркер.		Нарисовать сетку на инструменте визуального стимула, чтобы обозначить, куда положить глину для моделирования.
	1	Пластилин	Подойдет любой бренд, включая пластилин.		Вам нужно достаточно, чтобы тонко покрыть инструмент визуального стимула.
Tools	1	Шестигранный ключ 2,5 мм			Используется с винтами М3
	1	Шестигранный ключ 1,5 мм			Используется с винтами М2
	1	Инструмент для зачистки/резак для проводов			
	1	Мини-отвертка			Для регулировки чувствительности фотодиода



A2- ПРИЛОЖЕНИЕ 2: УСТРАНЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

Связанные с 3D-печатью:

- а. Фотодиоды и светодиоды не подходят должным образом к отверстиям в 3D-печатных деталях, предназначенным для их прохождения.
 - і. Мы рекомендуем сначала напечатать детали P2, P3 или P5, убедившись, что светодиоды/фотодиоды плотно входят в отверстия. В противном случае следует увеличить или уменьшить размер деталей на пару процентов в зависимости от того, как ваш принтер их генерирует. Затем все остальные напечатанные детали следует масштабировать с тем же коэффициентом..

Фотодиоды:

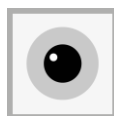
- а. Индикатор питания фотодиода (самый правый светодиод на плате) не загорается, когда РетнаБокс подключен к Raspberry Pi и Raspberry Pi включен.
 - і. Проверьте подключение GPIO-разъёма РетнаБокс к фотодиоду. Мультиметр может пригодиться.
 - іі. Проверьте правильность подключения кабеля Rainbow..
 - ііі. Проверьте, правильно ли Raspberry Pi подаёт питание на светодиоды. Сначала отсоедините кабель Rainbow. Затем подключите запасной светодиод видимого света к запасной мини-макетной плате. Возьмите кабель DuPont «мама-папа» и подключите контакт GPIO 17 (который обычно обеспечивает питание 3,3 В для фотодиодов) к выводу (+) светодиода. Затем возьмите другой кабель DuPont «мама-папа» и подключите контакт GPIO 39 (который обычно обеспечивает питание (-)/GND для фотодиодов) к выводу (-) светодиода. Если светодиод загорается, значит, Raspberry Pi подаёт питание, и проблема в проводке. Если это не помогает, возможно, вы каким-то образом сожгли этот контакт на Raspberry Pi.
- б. Фотодиод подключен, но не активируется (т.е. его самый левый красный светодиод на плате не загорается) при включении ИК-светодиодов, или не деактивируется (т.е. его самый левый красный светодиод на плате не гаснет) при выключении ИК-светодиодов..
 - і. Неправильно настроена чувствительность фотодиода. Снимите деталь P6. С помощью программы РетнаБокс включите светодиод, расположенный непосредственно над проблемным фотодиодом. Отрегулируйте потенциометр этого фотодиода (см. **Рис. 29**) отверткой, пока самый левый красный светодиод на плате не загорится при включении основного светодиода и не погаснет при его выключении.
Если шаг 1 не помог, возможны две другие проблемы. Во-первых, ИК-светодиод может быть неправильно подключен. Чтобы проверить это,



перейдите к разделу «Светодиоды» ниже. Во-вторых, фотодиод и соответствующий ему светодиод могут быть неправильно совмещены в корпусе, напечатанном на 3D-принтере. Постарайтесь, чтобы каждый фотодиод был направлен прямо на соответствующий ему ИК-светодиод, а каждый ИК-светодиод — прямо на свой фотодиод (светодиоды имеют относительно узкий угол излучения, и фотодиоды наиболее чувствительны к прямо направленному на них свету).

Связанные со светодиодами:

- a. Один из белых светодиодов не включается при активации в программном обеспечении.
 - i. Проверьте подключение (и полярность светодиода)!
 - ii. Попробуйте заменить светодиод.
 - iii. Similar to step a-iii in the “Photodiode related” section above, you can directly check that the Raspberry Pi is sending the correct signal. Check with **Figs 12 and 22** to check which GPIO pins correspond to the LED that is not working correctly. Take a female-to-male dupont cable and connect the GPIO pin that provides power to the problematic LED (which normally provides 3.3V to power that LED when the software activates it) and connect it to the breadboard LED’s (+) lead. Next, take another female-to-male dupont cable and connect GPIO pin 9 (which normally provides the (-)/GND to the photodiodes) to the breadboard LED’s (-) lead. If the LED lights up when you activate this LED in the software, then the Raspberry Pi is sending out power appropriately, and the issue is with your wiring. If this doesn’t work, you may have somehow burned this pin in your Raspberry Pi.
- b. Один из ИК-светодиодов не включается при активации в программном обеспечении.
 - i. Проверьте подключение (и полярность светодиода)!
 - ii. Попробуйте заменить светодиод.
 - iii. Следуйте инструкциям, описанным в разделе «Светодиоды» (a–iii). Поскольку вы не можете визуально определить, активен ли ИК-светодиод, вы можете использовать соответствующий фотодиод в РетнаБоксе для считывания показаний или подключить адаптер USB-TTL (см. список рекомендуемых компонентов) к запасному фотодиоду и использовать этот фотодиод для проверки активности ИК-светодиода.
- c. Один из цветных светодиодов (зелёный или жёлтый) не включается при работе программного обеспечения, а соответствующая ганглиозная клетка сетчатки активируется в мониторе сигналов графического интерфейса.
 - i. Проверьте подключение (и полярность светодиода)!
 - ii. Попробуйте заменить светодиод.



- iii. Следуйте тем же инструкциям, которые описаны в разделе «Светодиоды» а–iii, но для контактов GPIO, питающих эти два светодиода (**Рис. 12 и 22**).
- d. Из подключенной пары белого и ИК-светодиодов только один из них активен (т.е. они получают питание, но активен только один из них). Check your wiring (and the polarity of your LED)!
 - i. Попробуйте заменить неработающий светодиод.
 - ii. Убедитесь, что установлены правильные резисторы (это важно, поскольку разные типы светодиодов имеют разное прямое напряжение (и, вероятно, разное внутреннее сопротивление), поэтому, чтобы гарантировать, что оба светодиода активируются от одного источника питания, нам нужно использовать резисторы для стандартизации тока, протекающего через ИК- и белые светодиоды). LEDs are flickering
- iii. Проверьте проводку — скорее всего, соединение ненадежное.

Связанные с установкой программного обеспечения:

- a. Код не запускается при нажатии на приложение РетнаБокс и выборе кнопки «Выполнить».
 - i. Run the Выполните следующие команды в новом терминале:

```
cd Desktop/RetINaBox-main/Software/RetINaBox
./venv/bin/python GUI/main.py
```

