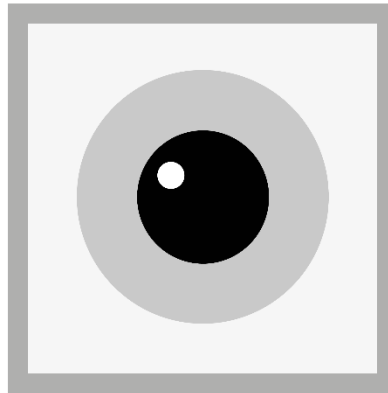


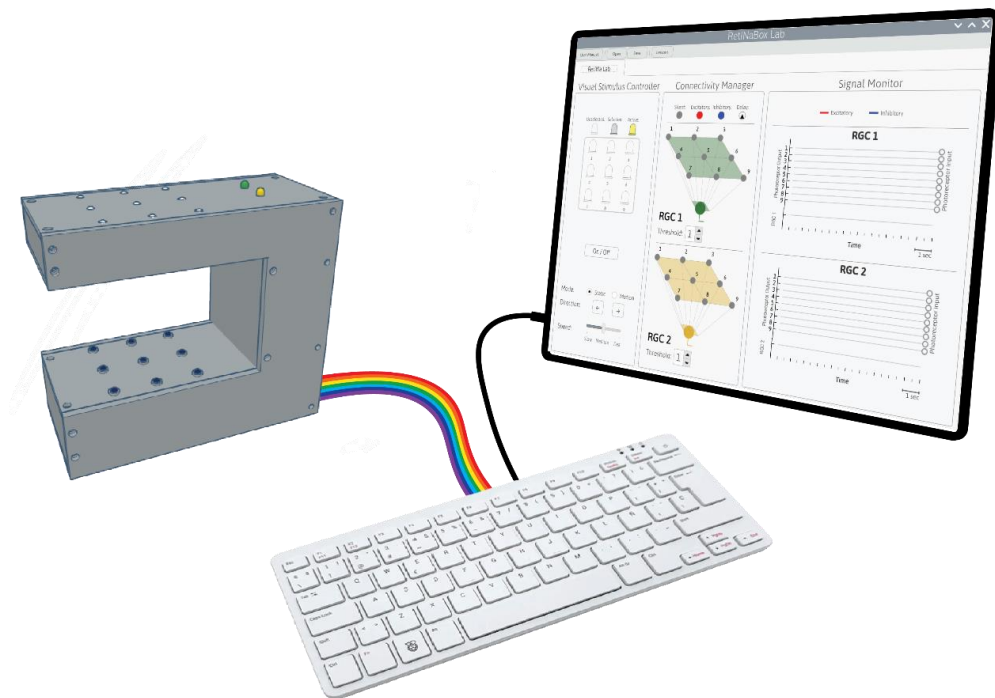
Manuale Utente RetINaBox

Istruzioni per l'installazione dell'hardware e del software

Versione 1.0



R e t I N a B o x

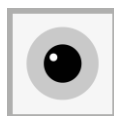


Indice

1. Introduzione
2. Assemblaggio di RetINaBox
3. Assemblaggio dello Strumento di Stimolo Visivo
4. Installazione del Software
5. Collegamento di RetINaBox al Raspberry Pi
6. Utilizzo del Software

A1: Appendice 1: Elenco dei Componenti

A2: Appendice 2: Risoluzione dei Problemi



1. INTRODUZIONE

Benvenuti nel Manuale Utente di RetINaBox! Qui troverete istruzioni dettagliate per la costruzione e l'assemblaggio di RetINaBox e per l'installazione e l'utilizzo del software. Inoltre, forniamo un elenco completo dei componenti necessari per costruire RetINaBox. Se non avete esperienza con l'elettronica, non preoccupatevi: non è necessario saldare nulla. Se invece avete già dimestichezza con componenti elettronici, sappiate che il design di RetINaBox è piuttosto semplice: potete anche sostituire LED, fotodiodi, resistenze, ecc. con altri simili, purché siano compatibili con il Raspberry Pi. Infine, nella sezione dedicata alla risoluzione dei problemi troverete consigli utili nel caso in cui, nonostante abbiate seguito tutte le istruzioni, qualcosa non dovesse funzionare correttamente.

2. ASSEMBLAGGIO DI RetINaBox

RetINaBox è costruito a partire da un caso stampato in 3D che ospita LED, fotodiodi e una serie di fili che collegano questi componenti al Raspberry Pi. Il caso è composto da sei pezzi stampati in 3D uniti tra loro, principalmente con viti M3 di lunghezza variabile (come descritto di seguito). Anche se il caso non deve essere assemblato obbligatoriamente nell'ordine riportato qui, seguire questo ordine renderà il montaggio più semplice ed efficiente. Il cablaggio dei diversi componenti sarà descritto di seguito, con i componenti elettronici integrati nel caso durante il processo di assemblaggio. Prima di iniziare, si consiglia di avere a disposizione tutti i componenti e gli strumenti necessari. I passaggi di assemblaggio saranno i seguenti:

a) Cablaggio

- Cablaggio dei fotodiodi
- Cablaggio delle matrici di LED
 - Matrici di LED infrarossi (IR)
 - Matrici di LED bianchi
 - LED colorati

b) Assemblaggio del caso

- Descrizione delle parti del caso stampate in 3D
- Parti principali di RetINaBox

c) Collegamento dell'elettronica al GPIO del Raspberry Pi

- Collegamento dei fotodiodi ai GPIO



- Collegamento dei pin di uscita a 3.3V al GPIO
- Collegamento del 'buzzer' (per la Lezione 2)
- Collegamento dei pannelli LED al GPIO
 - Pannello LED bianco
 - Pannello LED colorato

a) CABLAGGIO

1. Cablaggio dei fotodiodi (~30 min)

Materiali necessari: 9 fotodiodi infrarossi (IR), cavetti 'jumper', tronchesina

- Avere a disposizione 9 fotodiodi. Rimuovere o piegare il LED trasparente dai fotodiodi (Fig. 1; questi LED non saranno utilizzati in RetINaBox). Questi fotodiodi saranno alimentati con una tensione costante di 3.3V proveniente dal Raspberry Pi, che leggerà anche in modo indipendente il segnale in uscita di ciascun fotodiodo (se il fotodiodo rileva luce o meno). Ogni scheda fotodiodo contiene un potenziometro, che sarà utilizzato per regolare la sensibilità alla luce (come spiegato più avanti).

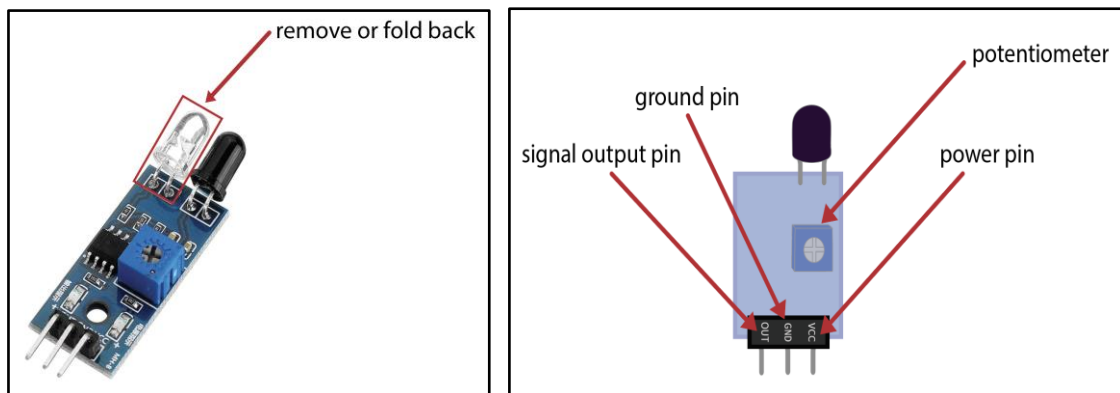
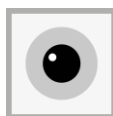


Figura 1. Fotodiodi IR.

- Posizionate insieme 4 mini-breadboard seguendo l'orientamento nella diagramma qui sotto (Fig. 2).



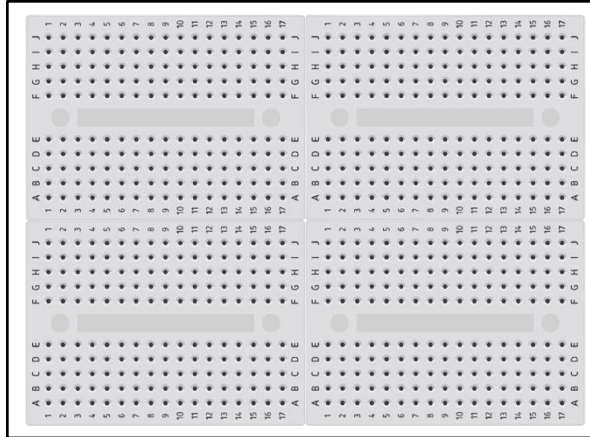


Figura 2. 4 mini-breadboard.

- c. Posizionare i fotodiodi sulle mini-breadboard come mostrato nella figura sottostante (Fig. 3). È importante rispettare l'esatto posizionamento, poiché ciò garantisce che i fotodiodi si inseriscano correttamente nel caso stampato in 3D.
**Per la fila centrale, può essere più semplice inserire prima i fili e poi i fotodiodi.*

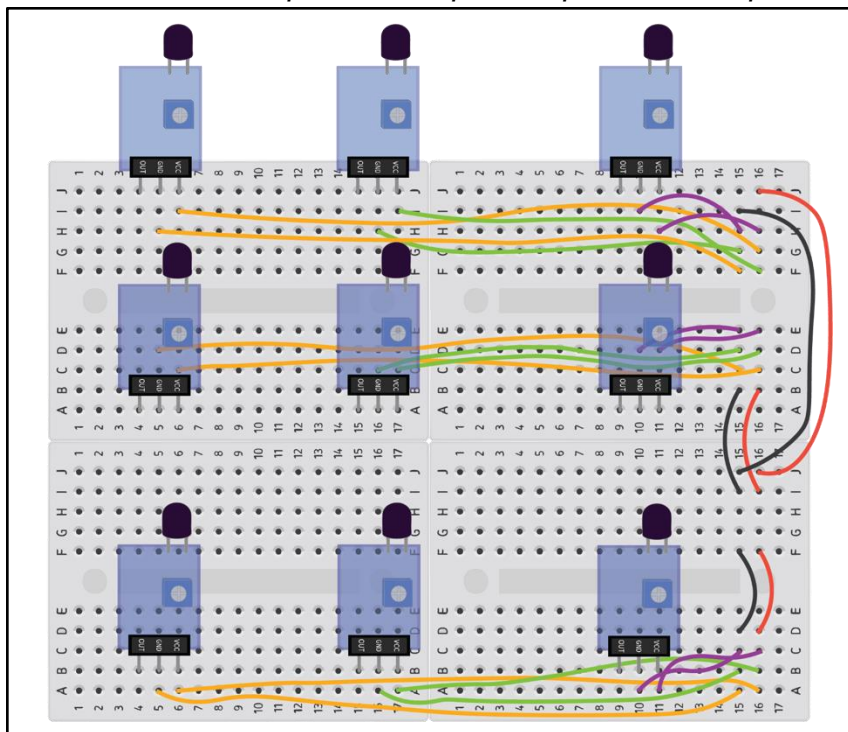
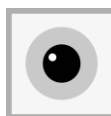


Figura 3: Posizionamento dei fotodiodi e cablaggio locale sulla breadboard.

2. Cablaggio dei LED (~45 min)

Materiali necessari: 9 LED bianchi, 9 LED IR, cavetti jumper, tronchesina

- a. LED IR e bianchi



- i. Assemblare 2 set di 4 mini-breadboard seguendo l'orientamento del diagramma sottostante (**Fig. 4**). Assicurarsi che l'orientamento dei breadboard sia esattamente come nella figura, poiché i LED IR e bianchi saranno posizionati uno sopra l'altro nel caso reale.
- ii. Con la tronchesina, accorciare i pin dei LED in modo che la parte in plastica del LED si appoggi perfettamente al breadboard.
- iii. Posizionare i LED sulle mini-breadboard come mostrato nella figura sottostante. È importante rispettare la posizione esatta poiché ciò garantisce che i pezzi stampati in 3D che coprono i pannelli LED si adattino correttamente. **Assicurarsi di orientare i LED con la polarità corretta (+/-). Nella Fig. 4, i LED bianchi sul breadboard di sinistra hanno il pin positivo a sinistra, mentre i LED IR sul breadboard di destra hanno il pin positivo a destra.*
- iv. Collegate i LED come mostrato nella figura. Questa è la prima parte del cablaggio e dovrebbe essere eseguita con i pannelli della mini-breadboard affiancati.

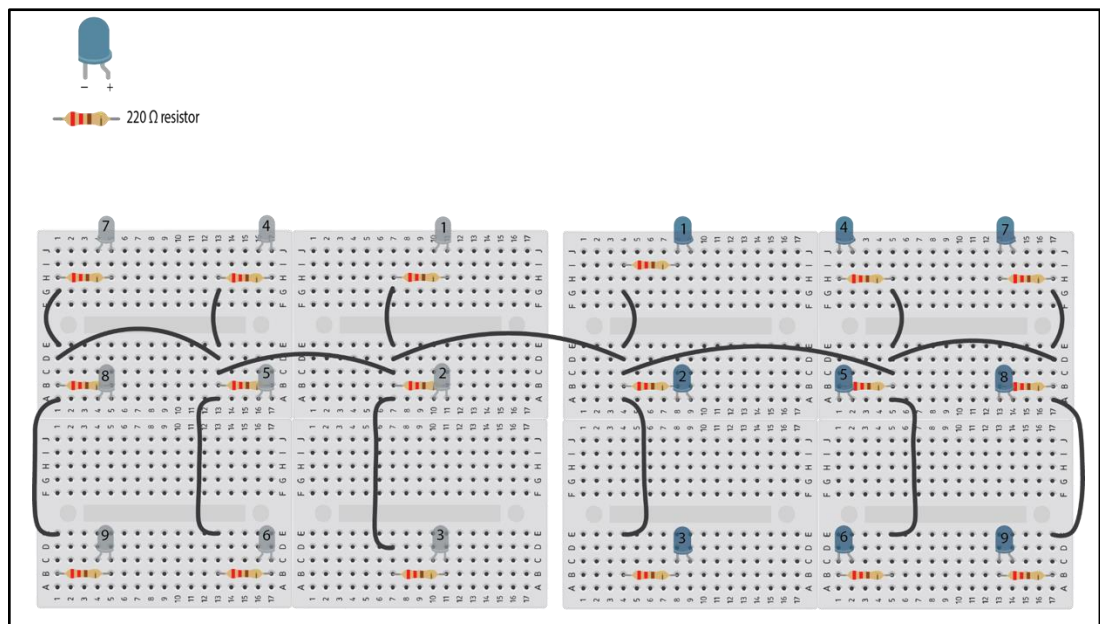
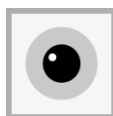


Figura 4. Cablaggio dei LED. Qui, il cablaggio dei LED bianchi è mostrato a sinistra, e quello dei LED IR a destra. Si noti che questi sono cablaggi simmetrici a specchio, poiché questi due matrici saranno 'piegati' per posizionarsi uno sopra l'altro, con i LED bianchi rivolti verso l'alto e i LED IR rivolti verso il basso (come in Fig. 5).

- v. Rimuovere la pellicola adesiva dalla base di ciascun mini-breadboard. Incollate insieme i due pannelli in modo che il LED bianco 1 e il LED IR



1 siano allineati verticalmente nella stessa posizione, ma su lati opposti del doppio pannello di breadboard.

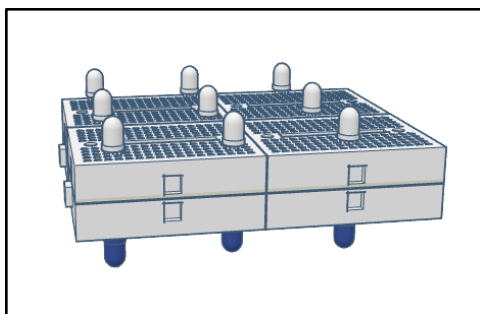


Figura 5. Orientamento dei LED bianchi e IR. Si noti che, verticalmente, ogni LED bianco corrisponde a un LED IR. **Per semplicità, il cablaggio non è mostrato qui (vedi Fig. 4 per il cablaggio).*

- vi. Dopo aver uniti i pannelli dei LED bianchi e IR, completate il cablaggio aggiungendo i collegamenti indicati in verde (Fig. 6). La figura sottostante mostra i pannelli affiancati per facilitare la visualizzazione (di conseguenza, i fili verde appare più lungo di quanto non sia in realtà). Tuttavia, il cablaggio dovrebbe ora essere eseguito con i pannelli uno sopra l'altro (questo aiuterà a garantire la stabilità del cablaggio). Si noti che questi fili (indicati in verde qui sotto) collegano ciascun LED bianco allo stesso circuito elettrico del suo corrispondente LED IR verticale.

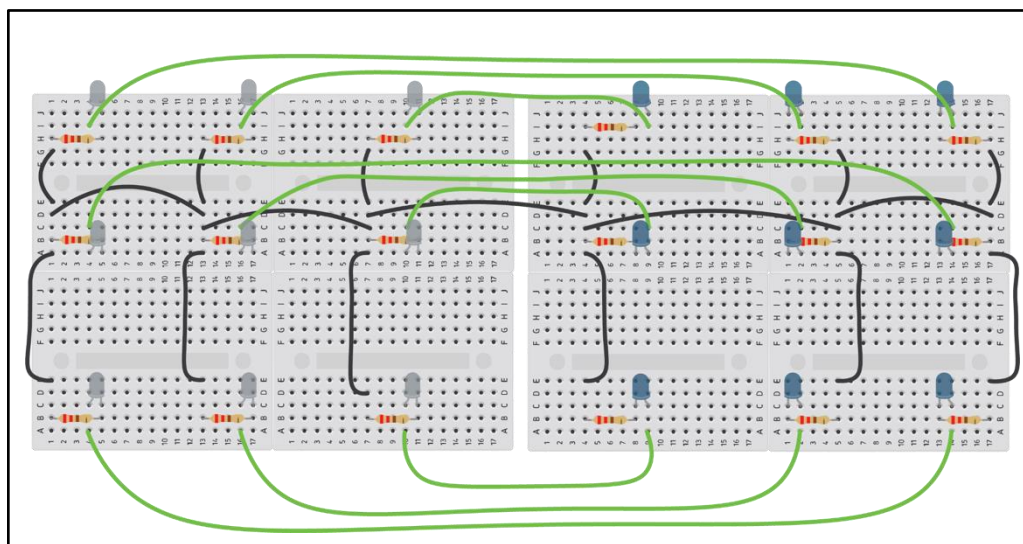
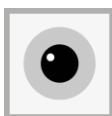


Figura 6. Cablaggio tra le matrici dei LED bianchi e IR (questo dovrebbe essere fatto con questi due matrici impilati verticalmente uno sopra l'altro, come in Fig. 5).



- b. LED colorati (che rappresentano l'uscita di 2 cellule gangliari retiniche)

Materiali necessari: 1 LED giallo, 1 LED verde, 2 mini-breadboard

- i. Tagliate i pin dei LED a una lunghezza di circa 0,5 cm (più lunghi rispetto a quelli dei LED bianchi e IR). Ciò è necessario affinché questi LED si inseriscano saldamente nei rispettivi fori del caso stampato in 3D.
- ii. Posizionate i due LED in una dei breadboard come mostrato in **Fig. 7**. Sovrapponete questa mini-breadboard a un'altra. Entrambe i breadboard devono essere orientati verso l'alto e possono essere fissate con del nastro adesivo (la breadboard inferiore serve solo a sollevare quella superiore, in modo che i LED si inseriscano correttamente nel caso 3D).

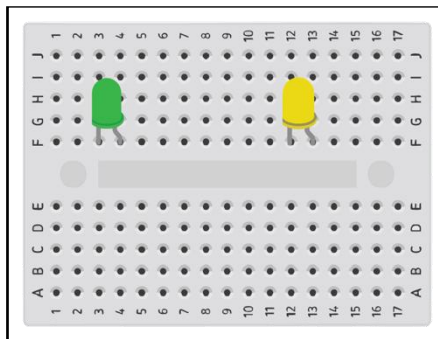


Figura 7. Posizionamento dei LED colorati su un mini-breadboard. Questi LED rappresenteranno le uscite delle cellule gangliari retiniche (RGC) 1 e 2.



b) ASSEMBLAGGIO DEL CASO (~60 min)

Il caso deve essere stampato in 3D prima dell'assemblaggio (file de .stl forniti). È stato progettato in 6 parti separate per semplificare la stampa e l'assemblaggio (Fig. 8 e 9).

Descrizione delle pezzi stampate in 3D del caso:

P1 - pezzo 1: Costituisce la spina dorsale del caso. Alloggia la matrice di fotodiodi, i pannelli LED, i pin di uscita e la scheda di interfaccia GPIO.

P2 - pezzo 2: Posizionata sopra i fotodiodi; ogni fotodiodo deve inserirsi in uno dei fori di questo pezzo.

P3 - pezzo 3: Posizionata sotto il pannello LED IR; ogni LED IR deve inserirsi in uno dei fori di questo pezzo.

P4 - pezzo 4: Si collega ai pezzi da 1 a 4, fornisce supporto strutturale e copre i cablaggi che passano nella parte centrale del caso.

P5 - pezzo 5: Posizionata nella parte superiore della struttura, copre il pannello LED bianco e i due LED colorati.

P6 - pezzo 6: Copre l'apertura a forma di C sul lato del caso. È l'ultimo pezzo da fissare. Gran parte delle fasi di test e di risoluzione dei problemi del sistema RetlNaBox richiedono la rimozione di P6.

**Le parti stampate in 3D saranno indicate come P1, P2, ecc. per tutto il manuale.*

**P2 è più corto in lunghezza rispetto a P3.*

**P2, P3 e P5 si fissano agli altri pezzi con viti M3 lunghe 6 mm.*

**P4 e P6 si fissano agli altri pezzi con viti M3 lunghe 10 mm.*

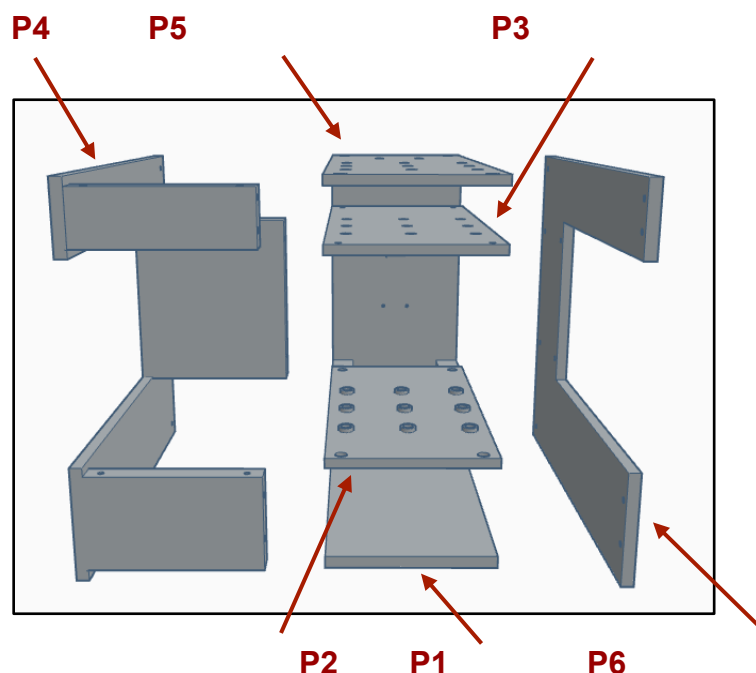


Figura 8. Pezzi stampati in 3D del RetlNaBox.



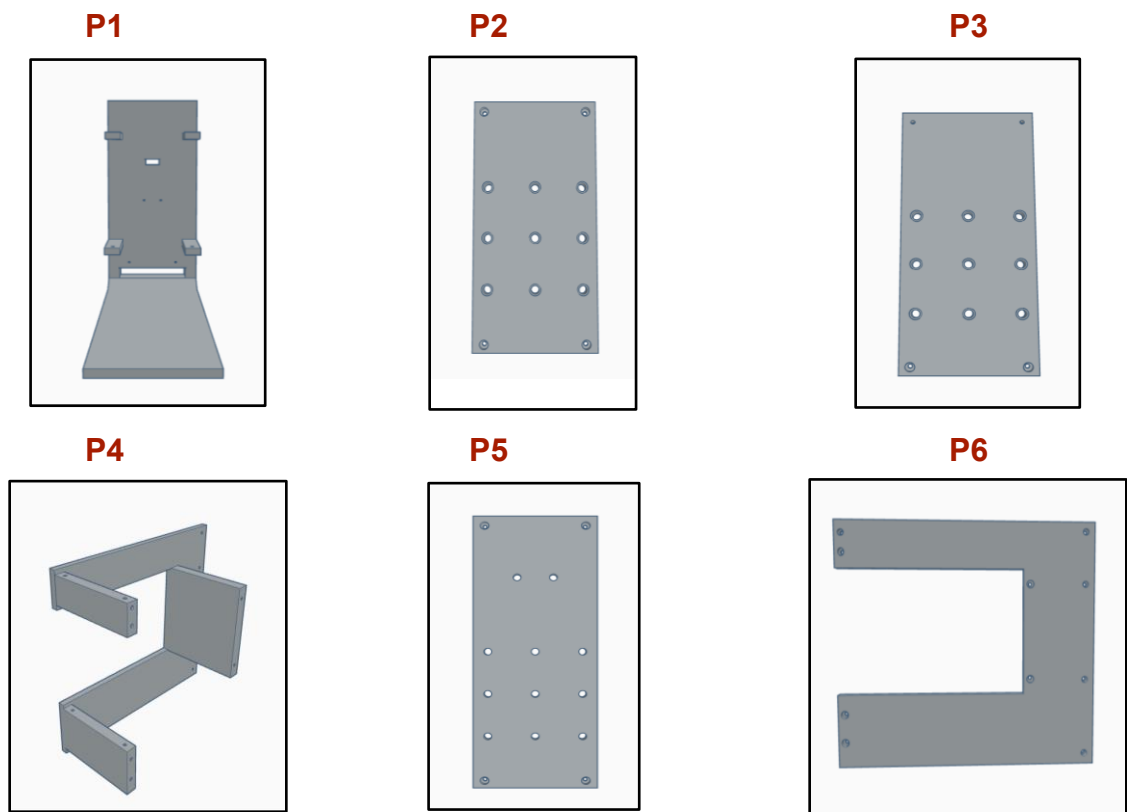


Figura 9. Pezzi individuali stampati in 3D del RetlNaBox.

Qui (Fig. 10) mostriamo il caso al completo.

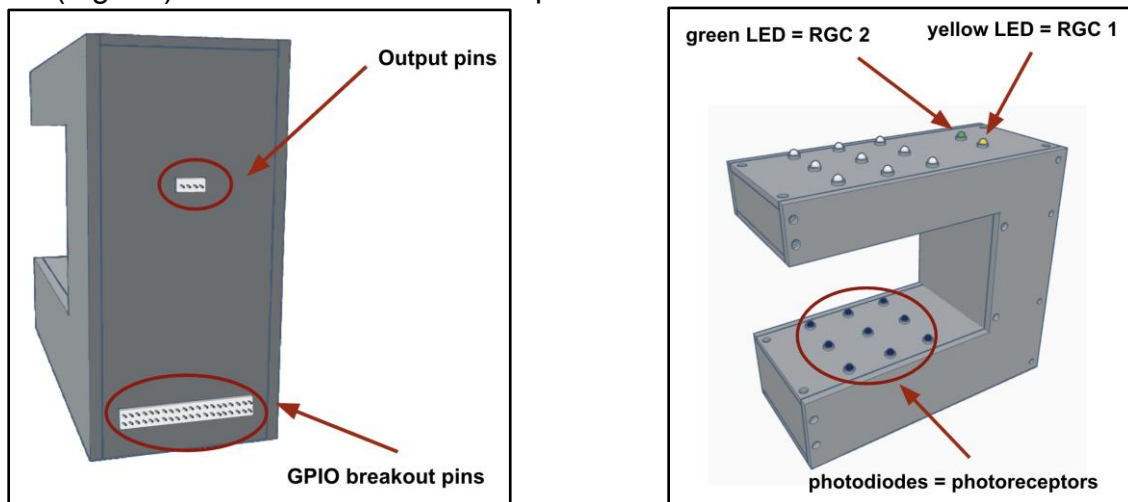
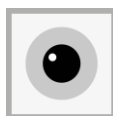


Figura 10. RetlNaBox assemblato al completo.

c) COLLEGAMENTO DELL'ELETTRONICA AL GPIO DEL Raspberry Pi



GPIO (ingresso/uscita generale – “general purpose input/output”)

RetlNaBox include un'interfaccia GPIO per permettere un collegamento semplice tra RetlNaBox e il Raspberry Pi con un unico cavo. Fissate la scheda di interfaccia GPIO nell'apposito foro di P1 e bloccatela con quattro viti M2 da 6 mm (Fig. 11). **I seguenti passaggi avvengono in parallelo con l'Assemblaggio del Caso.*

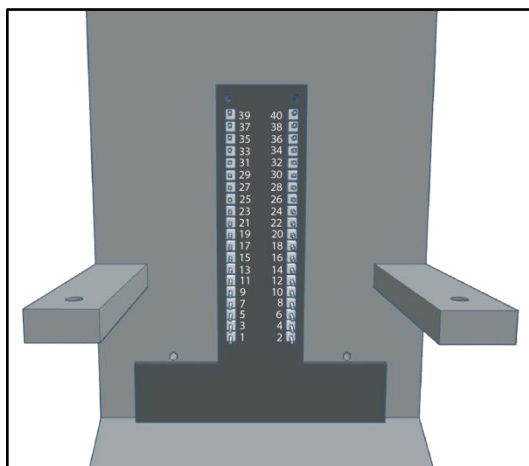


Figura 11. Installazione dell'adattatore GPIO del RetlNaBox.

Anche se verranno descritti in dettaglio nei passaggi successivi, qui riportiamo la logica completa dei collegamenti elettrici di RetlNaBox (Fig. 12). Tutti i fili che vanno dalla scheda GPIO al pannello dei LED devono passare attraverso il centro del caso (Fig. 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

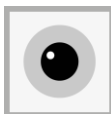
green led

yellow led

out pins

* DO NOT USE!

Figura 12. Connessioni tra GPIO e elettronica del RetlNaBox.



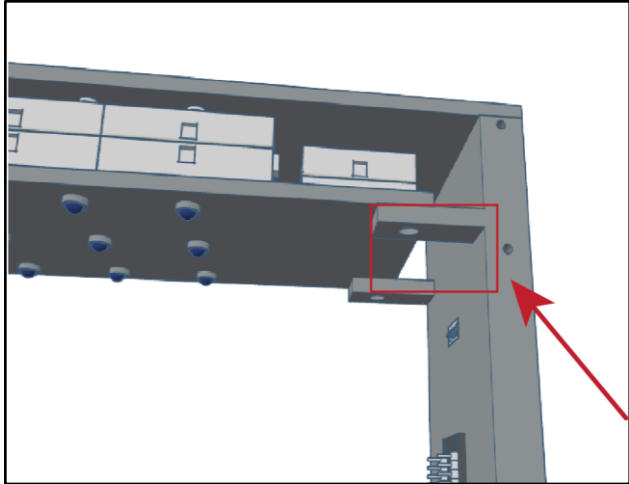


Figura 13. I fili dalla scheda GPIO alla matrice di LED deve passare attraverso il foro indicato dal rettangolo rosso.

1. Collegamento dei fotodiodi alla GPIO:

Materiali necessari: 11 cavetti dupont femmina-maschio, 2 viti M3 da 6 mm

- a. Posizionare il pannello dei fotodiodi su P1 come indicato in Fig 14.

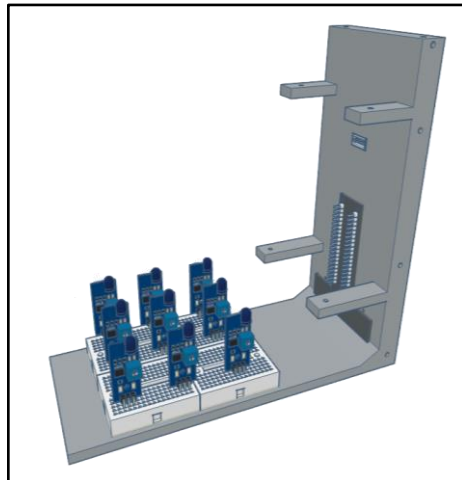
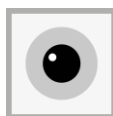


Figura 14. Posizionamento delle breadboard con i fotodiodi sul pezzo P1.

- b. Usate cavetti dupont femmina-maschio per collegare il pin di uscita del segnale di ciascun fotodiodo alla GPIO, seguendo le istruzioni di



connettività riportate (Fig. 15). Ogni numero in Fig. 15 corrisponde a un pin GPIO (Fig. 11 & 12).

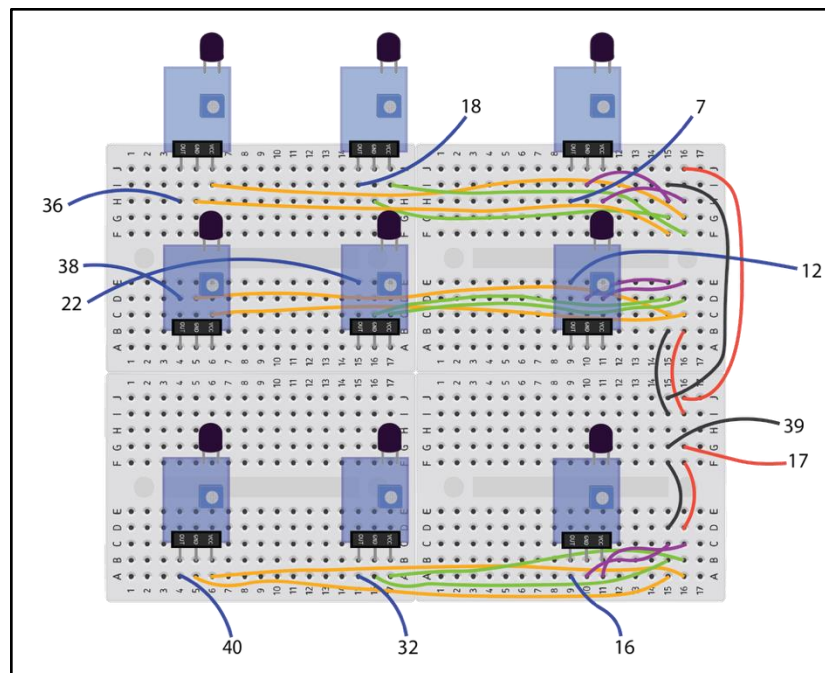


Figura 15. Logica per collegare i fotodiode alla scheda GPIO.

- c. Fissare il pezzo P2 sopra i fotodiode. Inserire con attenzione tutti i 9 fotodiode nei fori di P2. Poi fissate il pezzo con 2 viti M3 da 6 mm (Fig. 16). **Non stringere completamente per ora; P2 deve essere orientato con le guide LED rialzate (cioè i rilievi in corrispondenza di ciascun foro LED) rivolte verso l'alto.*

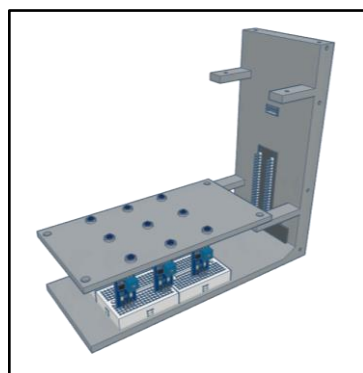
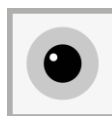


Figura 16. Progresso dell'assemblaggio, con P1 e P2, i fotodiode e la scheda interfaccia GPIO.



2. Collegamento dei pin di uscita a 3,3 V (che sono uscite digitali RGC) alla GPIO:
- Materiali necessari: 4 cavetti dupont femmina-femmina, 4 fili dal Kit di cavi "Pre-Crimped"*
- Assemblare un connettore a 4 pin (4 pin sporgono su ciascun lato) e una presa dal Kit di cavi "Pre-Crimped". Questo permette di collegare fili da entrambi i lati. Un lato deve avere i pin visibili, mentre sull'altro i pin sono coperti dalla presa.
 - Inserirlo nel foro centrale di P1 come mostrato in Fig. 17. Il lato con i pin coperti dalla presa deve essere rivolto verso l'interno del caso. **La presa deve stare all'interno del caso, mentre i pin all'esterno. Il connettore deve entrare in modo stabile e preciso nel foro.*
 - Collegate i fili del kit ai 4 pin della presa all'interno del caso RetINaBox (Fig. 17).
 - Collegate questi fili in serie ('daisy chain') a cavetti dupont femmina-femmina (fissate la connessione con nastro isolante) e collegateli ai pin GPIO corrispondenti (secondo la logica in Fig. 17).

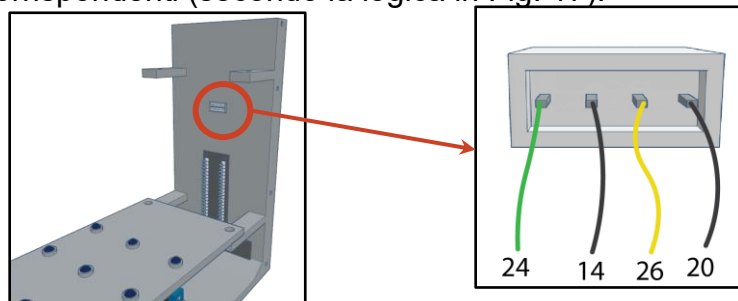
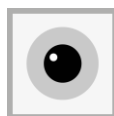


Figura 17. Collegamento dei pin di uscita RGC a 3,3 V alla GPIO.
La presa non è mostrata nel diagramma di connettività.

3. Collegamento del buzzer:
- Materiali necessari: 1 mini-breadboard, resistore 10k ohm, transistor PN2222, buzzer attivo Elegoo, 1 cavetto jumper, 3 fili dal Kit di cavi "Pre-Crimped", 3 cavetti dupont M-F*
- Su una mini breadboard posizionare il buzzer, il transistor, il resistore da 10K ohm e il cavo jumper come mostrato in Fig. 18.



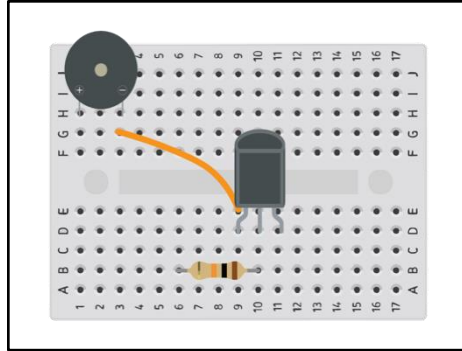


Figura 18. Posizionamento del buzzer, transistor, cavo jumper tra transistor e buzzer, e resistore.

- b. Collegate i componenti come mostrato in **Fig. 19**. Prima collegare 3 cavi dal Kit di cavi “Pre-Crimped” ai pin di uscita corrispondenti, quindi collegare in serie questi cavi con cavi dupont femmina-maschio (usando nastro isolante per fissare le connessioni). Si noti che il buzzer è collegato alla ‘breakout board’ GPIO attraverso i pin di uscita che si trovano sul retro del caso (vedi **Fig. 10, 12 e 17**). Con questo circuito, il buzzer suonerà solo quando pin 24 e 26, che corrispondono a RGC1 e RGC2, emettono 3,3 V contemporaneamente, cioè quando RGC1 e RGC2 sono co-attivati.

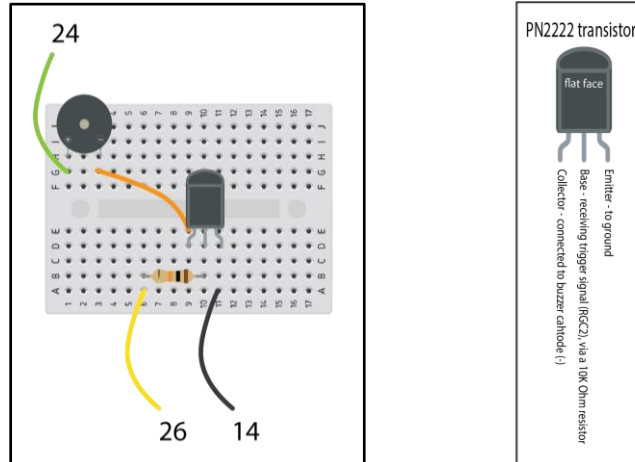
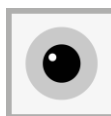


Figura 19. Cablaggio del circuito del buzzer (relativo al Piano di Lezione 2).



4. Collegamento dei LED alla scheda GPIO:

Materiali necessari: filo elettrico, tronchesina, 10 cavetti dupont femmina-femmina, 2 viti M3 da 6 mm

- a. Fissare il pezzo P3 con 2 viti M3 da 6 mm (Fig. 20). **P3 deve essere orientato con le guide LED rialzate (cioè i rilievi in corrispondenza di ciascun foro LED) rivolte verso il basso.*

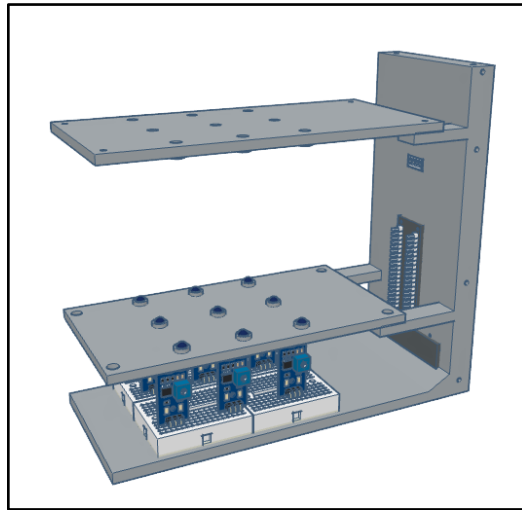


Figura 20. Fissaggio del pezzo P3.

- b. Posizionare i breadboard contenenti i LED su P3 (Fig. 21; il cablaggio non è mostrato qui per facilitare la visualizzazione). **Seguire i passaggi c) e d) prima di completare b).*

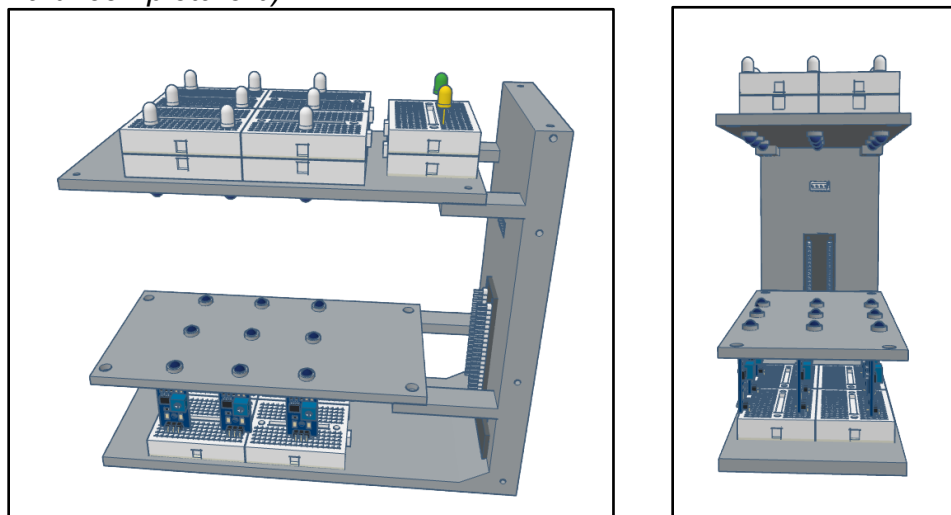


Figura 21. Fissaggio dei LED sul pezzo P3.



- c. Collegate ciascuna delle 9 coppie di LED bianchi e IR al GPIO (tramite i 9 fili arancioni (+) e i fili neri (-, GND; fili neri di collegamento) in Fig. 22). Per i fili arancioni (qui arancione solo per illustrazione — in realtà è stato usato filo rosso), tagliate il filo elettrico alla lunghezza appropriata (~5 cm) e collegatelo in serie (daisy chain) a un cavetto dupont femmina-femmina, che poi andrà alla scheda GPIO (secondo la logica in Fig. 22). **Qui si usano fili elettrici di collegamento (hook-up wire), invece dei soli cavetti dupont, per via dello spazio limitato tra i LED e i pezzi stampati in 3D in cui sono inserite le matrici.*

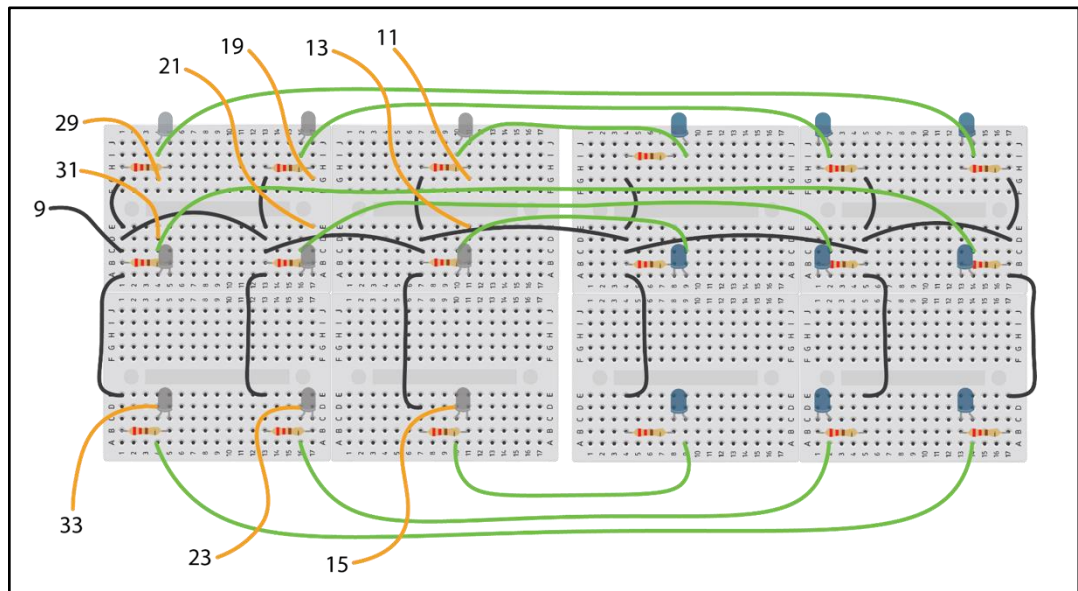


Figura 22. Collegamento di LED bianchi e IR al GPIO.

- d. Collega i due LED colorati (verde e giallo), che rappresentano le uscite delle cellule gangliari 1 e 2, al GPIO, utilizzando la seguente logica (Fig. 23).

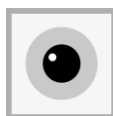
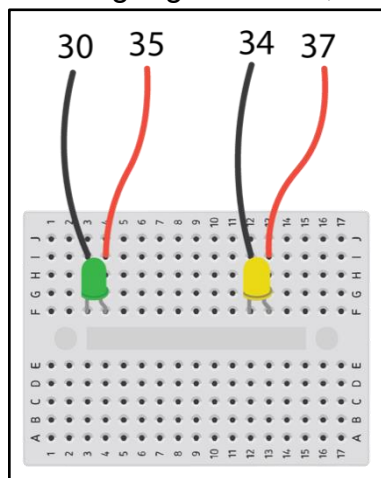


Figura 23. Collegamento di LED verdi e gialli al GPIO.

- e. Fissate il pezzo P4 collegandolo a P2 e P3 (Fig. 24). Questo stabilizzerà il caso e faciliterà i test. Il montaggio dei pezzi P5 e P6, che chiuderanno il RetINaBox, deve essere fatto successivamente, una volta che il RetINaBox è stato collegato al Raspberry Pi e l'elettronica è stata testata e le sensibilità dei fotodiodi ottimizzate (come descritto di seguito).

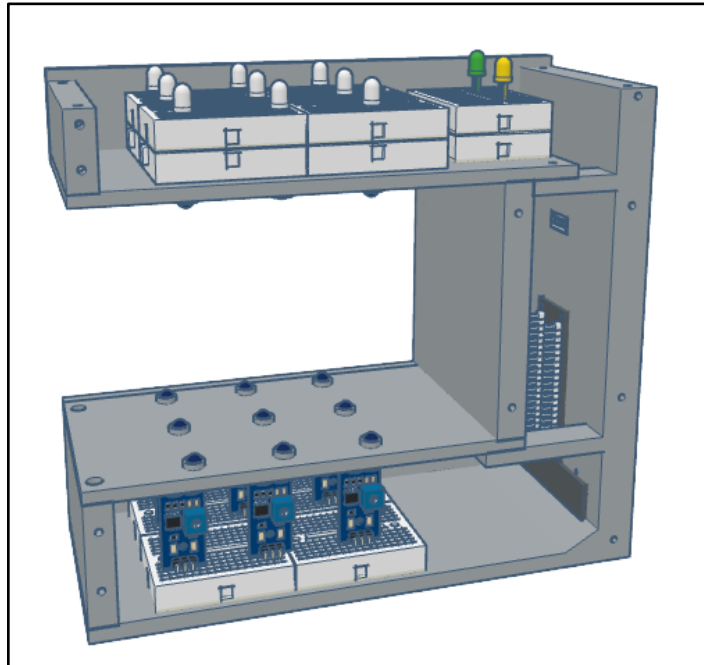
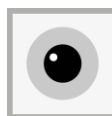


Figura 24. Collegamento del pezzo P4.

3. COSTRUZIONE DELLO STRUMENTO DI STIMOLO VISIVO

Materiali necessari: foglio di plastica trasparente, pennarello permanente a punta fine, argilla modellabile, righello (vedi lista dei componenti nell'appendice).

Per fornire diversi schemi di stimoli visivi a RetINaBox, consigliamo agli utenti di realizzare uno Strumento di Stimolo Visivo. Per costruirlo, prendete il foglio di plastica trasparente e, con un pennarello permanente a punta fine e un righello, disegnate una griglia che copra l'intero foglio (Fig. 25). Ogni quadrato della griglia deve misurare 3 cm x 3 cm, corrispondente approssimativamente al campo recettivo di un singolo fotodiodo di RetINaBox.



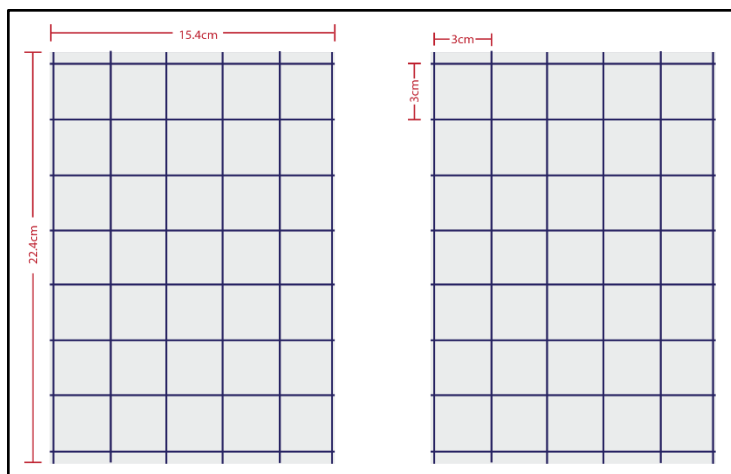


Figura 25. Strumento di Stimolo Visivo con griglie per allineare gli stimoli con la matrice di fotorecettori modello.

Successivamente, posiziona l'argilla modellabile sul foglio di plastica. Lascia specifiche aree senza argilla per creare il tuo stimolo visivo (cioè, la luce che passa è il tuo stimolo). Puoi utilizzare l'argilla per creare stimoli visivi di forme diverse da presentare al RetINaBox (Fig. 26).

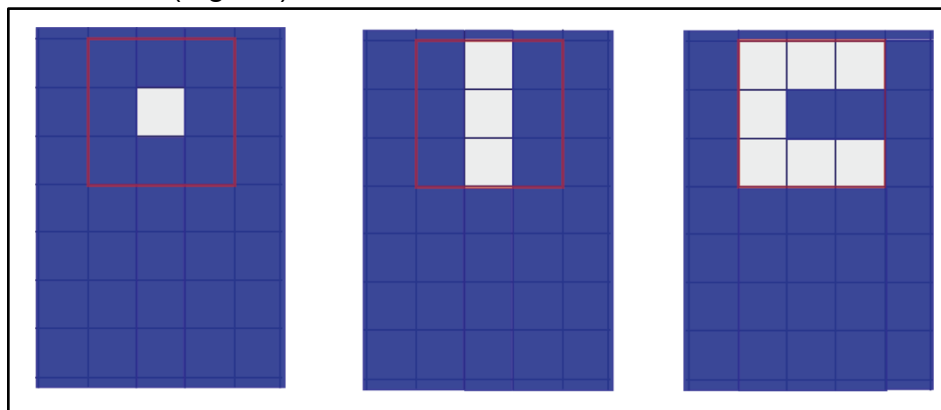


Figura 26. Esempi di stimoli visivi.

Lo Strumento di Stimolo Visivo funziona controllando quali fotorecettori modello (cioè fotodiodi) vengono attivati, lasciando passare la luce dagli LED stimolo ai fotodiodi (Fig. 27).



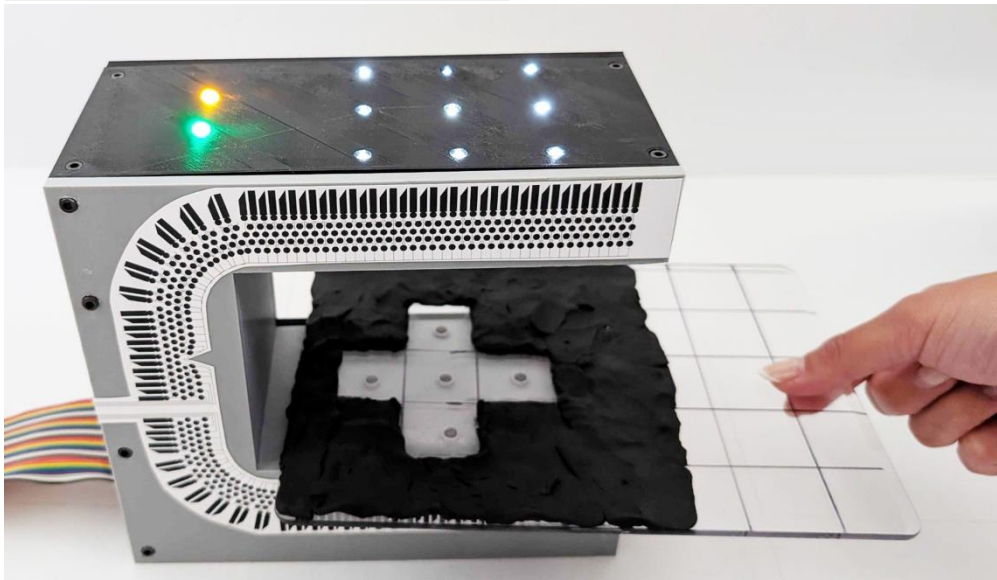
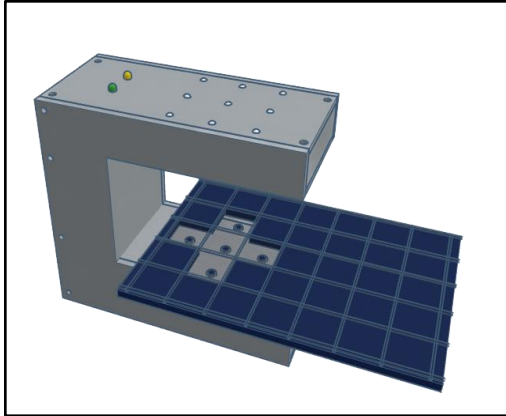


Figura 27. Strumento di Stimolazione Visiva in azione.

4. INSTALLAZIONE DEL SOFTWARE

- a. Sul Raspberry Pi, aprite il browser web e andate alla pagina GitHub di Trenholm Lab dedicata a RetiNaBox: <https://github.com/Trenholm-Lab/RetiNaBox>
- b. Scarica il file ZIP del repository cliccando sul pulsante verde “Code”, quindi su “Download ZIP” (Fig. 28). Una volta scaricato, il file apparirà nella cartella “Download” con il nome RetiNaBox-main.zip.



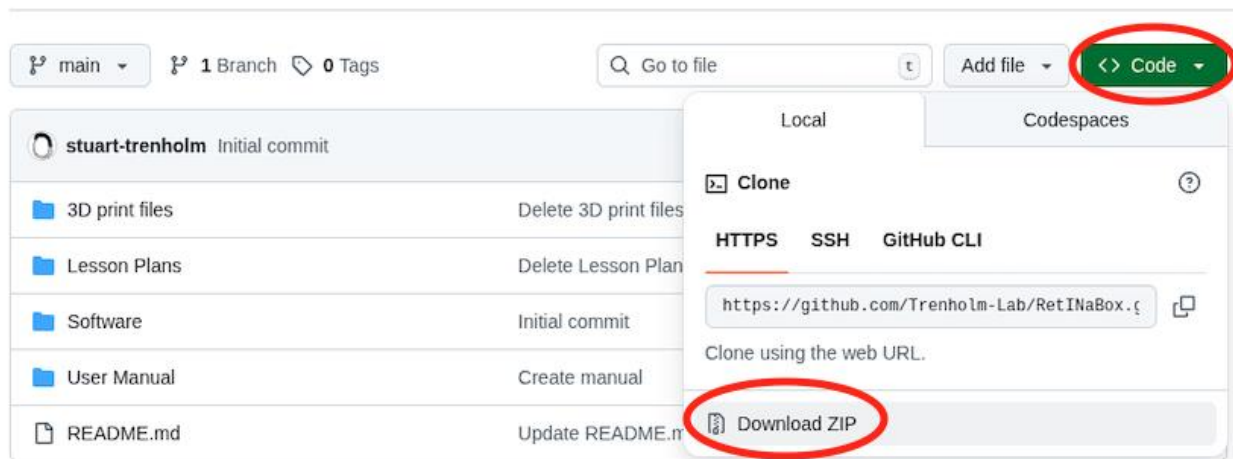


Figura 28. Download del software RetINaBox da GitHub.

- c. Estraiete i file sul dispositivo facendo clic destro su RetINaBox-main.zip e selezionando “Estrai a...” (“Extract To...”) Impostate come percorso di estrazione il Desktop e lasciate invariate tutte le altre opzioni (Fig. 29). Dopo questo passaggio, sul Desktop troverete la cartella RetINaBox-main. Non modificate né spostate questa cartella. Ora potete chiudere il File Manager.

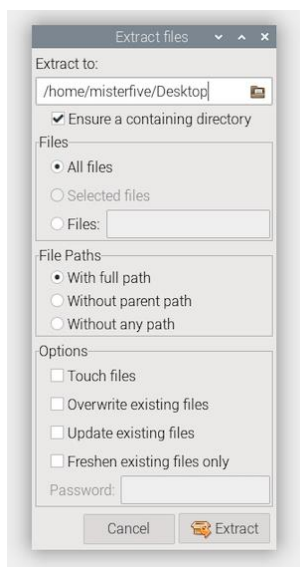
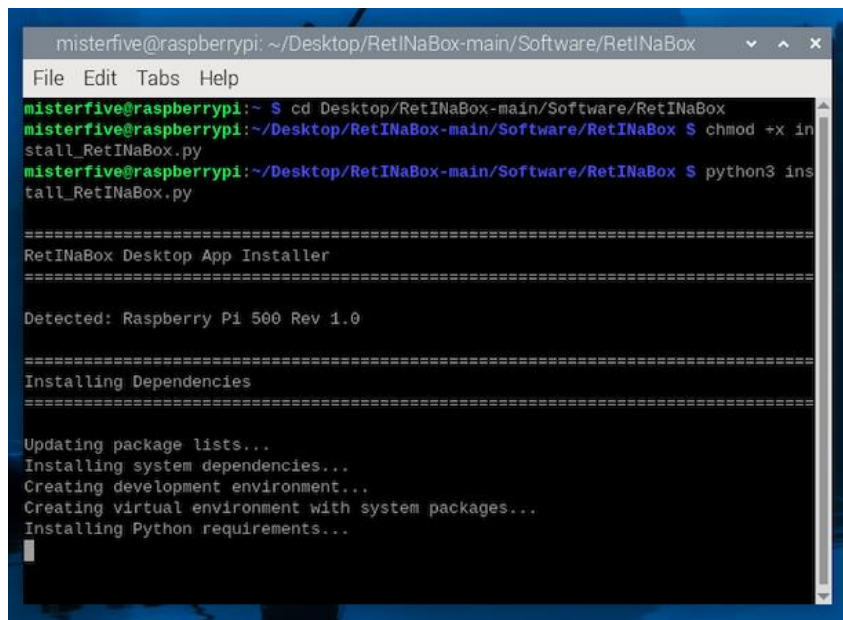


Figura 29. Menu di estrazione file Raspberry Pi.

- d. Apri il terminale e digita i seguenti comandi, premendo invio dopo ciascuno (Fig. 30):

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





```
misterfive@raspberrypi: ~/Desktop/RetiNaBox-main/Software/RetiNaBox
File Edit Tabs Help
misterfive@raspberrypi:~$ cd Desktop/RetiNaBox-main/Software/RetiNaBox
misterfive@raspberrypi:~/Desktop/RetiNaBox-main/Software/RetiNaBox$ chmod +x install_RetiNaBox.py
misterfive@raspberrypi:~/Desktop/RetiNaBox-main/Software/RetiNaBox$ python3 install_RetiNaBox.py

=====
RetiNaBox Desktop App Installer
=====

Detected: Raspberry Pi 500 Rev 1.0

=====
Installing Dependencies
=====

Updating package lists...
Installing system dependencies...
Creating development environment...
Creating virtual environment with system packages...
Installing Python requirements...
█
```

Figura 30. Terminale durante l'installazione del codice RetiNaBox.

- e. Dopo l'installazione, vedrai una nuova app sul tuo Desktop. Per accedere all'interfaccia grafica (GUI), fate doppio clic sull'icona RetiNaBox sul Desktop e fai clic su Esegui ("Execute") (Fig. 31). Benvenuto nel laboratorio RetiNaBox ("RetiNaBox Lab")!
- i. Se l'installazione non ha successo, si prega di fare riferimento alla sezione A2: Appendice 2: Risoluzione dei problemi.

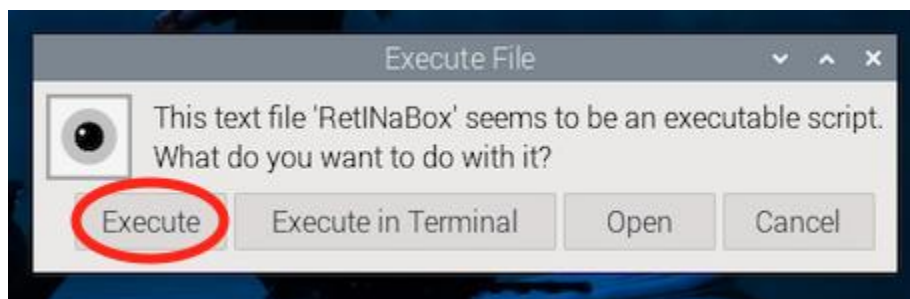
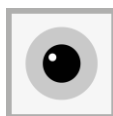


Figura 31. Messaggio di esecuzione del file RetiNaBox.

****Prima di collegare l'hardware (di seguito) al Raspberry Pi, assicurati di spegnere il Raspberry Pi prima di inserire il cavo GPIO di RetiNaBox.**

5. COLLEGAMENTO DEL RetiNaBox AL Raspberry Pi



- a. Collegate RetINaBox al Raspberry Pi usando il cavo rainbow GPIO.
IMPORTANTE: i connettori grigi alle estremità del cavo hanno una piccola sporgenza in plastica su un lato: è fondamentale collegarli correttamente a RetINaBox e al Raspberry Pi, altrimenti i collegamenti saranno errati e si rischia di danneggiare il Raspberry Pi o i componenti elettronici. Le prese sia su RetINaBox che sul Raspberry Pi presentano piccoli tacche che indicano l'orientamento corretto del cavo multicolore.
- b. Collega il Raspberry Pi all'alimentazione.
- c. Se i fotodiodi sono stati collegati correttamente, il LED rosso più a destra su ciascuna delle loro schede di circuito dovrebbe accendersi (Fig. 32), indicando che ricevono corrente.

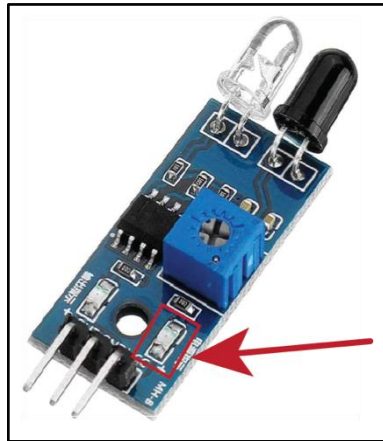
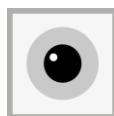


Figura 32. All'accensione del Raspberry Pi, tutti e 9 i fotodiodi ricevono alimentazione, accendendo il LED rosso più a destra su ciascuna scheda.

- d. Il passo successivo è regolare la sensibilità dei fotodiodi IR affinché vengano attivati solo quando i LED IR sono accesi. Per farlo: Aprite il software RetINaBox (vedi sezione 5); Accendete tutti e 9 i LED; Se i collegamenti sono corretti, i 9 LED bianchi sulla parte superiore di RetINaBox si accenderanno (visibili ad occhio), mentre i 9 LED IR si accenderanno senza essere visibili. Per ogni fotodiodo, regolate il potenziometro (ruotare avanti e indietro) fino quando il LED rosso più a sinistra sulla scheda circuitale si accende solo quando il LED IR direttamente sopra di esso è acceso (Fig. 33).



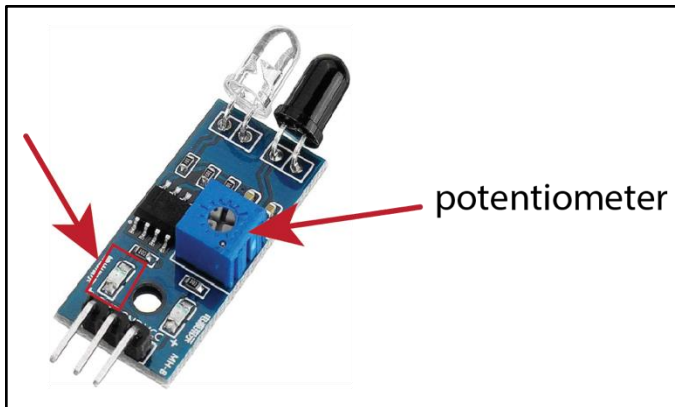


Figura 33. Regolare la sensibilità dei fotodiode IR ruotando il potenziometro avanti e indietro fino a quando il LED rosso più a sinistra si accende solo con l'attivazione dei LED IR.

- e. Montare i componenti P5 e P6 (Fig. 34). Avete ora completato la costruzione di RetlNaBox!

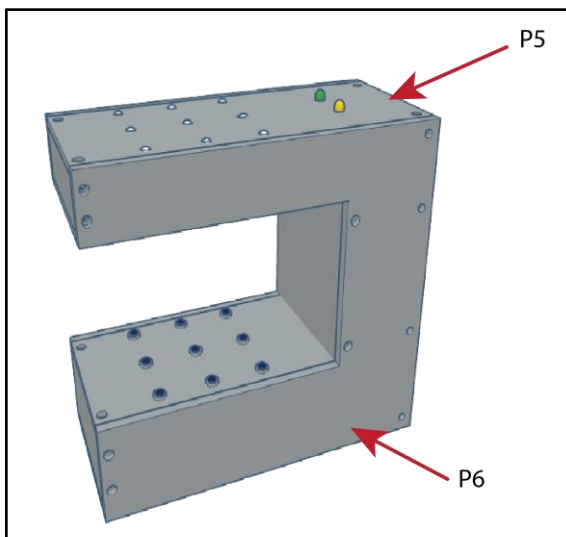
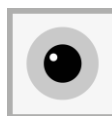


Figura 34. RetlNaBox completato.

6. UTILIZZO DEL SOFTWARE

- a. Fate doppio clic sull'icona "RetlNaBox" sul desktop, oppure in Visual Studio Code, esegui il file **main.py**.
- b. Questo aprirà la schermata di benvenuto (Fig. 35). Selezionate "Enter the Lab" per iniziare a lavorare con RetlNaBox. Da qui potete anche accedere al manuale utente e ai piani di lezione.



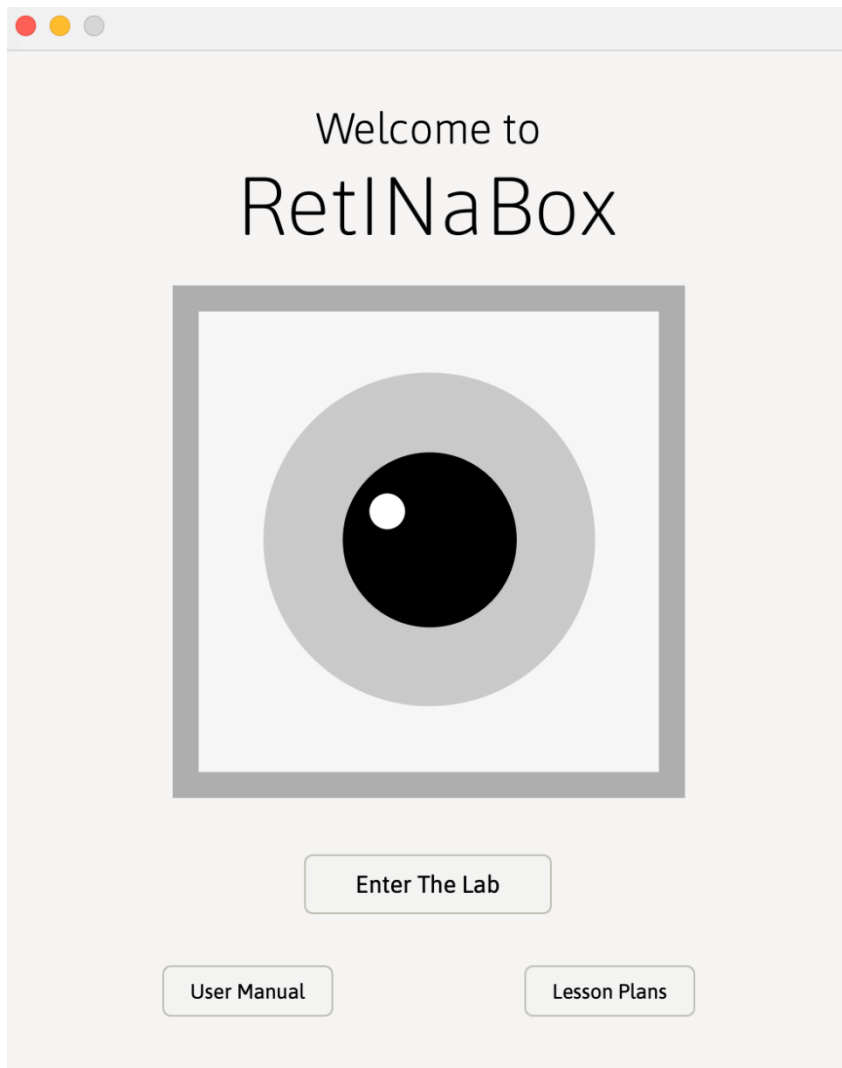
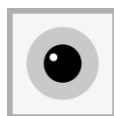


Figura 35. Schermata di benvenuto di RetlNaBox.

c. Ora vedrai l'interfaccia grafica principale di RetlNaBox (GUI; Fig. 36).

Il software contiene 4 voci di menu:

- i. Manuale Utente ("User Manual"): Apre un PDF del manuale utente.
- ii. Lezioni ("Lessons"): Qui puoi accedere ai piani di lezione. Per ciascuna delle 4 lezioni troverai impostazioni predefinite di RetlNaBox e sfide specifiche per la lezione.
- iii. Salva ("Save"): per salvare le impostazioni correnti di RetlNaBox.
- iv. Apri ("Open"): permette di aprire le impostazioni di RetlNaBox precedentemente salvate.



La GUI di RetINaBox è divisa in 3 sezioni:

- Controllore di Stimoli Visivi (“Visual Stimulus Controller”): controllo degli stimoli LED.
- Gestore di Connettività (“Connectivity Manager”): gestione delle connessioni tra fotorecettori e cellule gangliari.
- Monitor del Segnale (“Signal Monitor”): visualizzazione dell’attività dei fotorecettori e delle cellule gangliari.

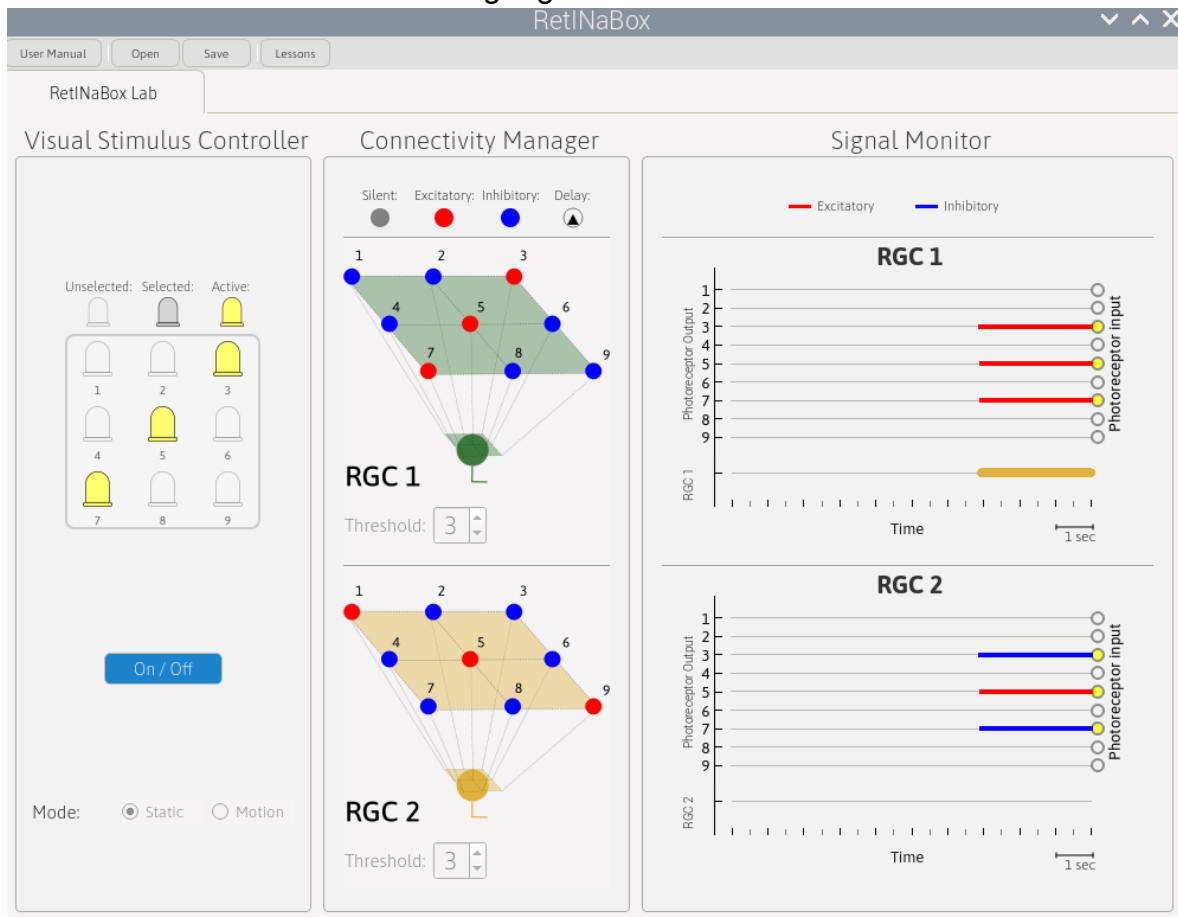
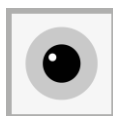


Figura 36. L'interfaccia grafica principale di RetINaBox.

- d. Controllore di Stimoli Visivi (“Visual Stimulus Controller”, Fig. 37).
- In alto, vedrete la matrice LED 3x3. Prima di accendere i LED, attivate con un clic quelli che volete accendere: sul display diventeranno grigi.
 - Successivamente, puoi decidere se desideri presentare uno stimolo statico (fermo) o in movimento (verso sinistra o a destra). Per iniziare, lascialo in modalità Statica.
 - Ora, fai clic sul pulsante ON/OFF. Vedrai nella visualizzazione che i LED selezionati sono ora attivi (cioè gialli). Se sei connesso a RetINaBox, vedrai



- anche i LED selezionati accesi. La numerazione dei LED nel software corrisponde a quando guardi direttamente la parte anteriore di RetlNaBox.
- iv. Relativamente alla lezione sulla selettività direzionale (lezione 3), potresti voler far muovere i tuoi stimoli visivi verso sinistra o a destra. Per fare ciò, attiva semplicemente un modello di LED (dovrai accendere i LED prima di cambiare quali sono attivi), seleziona la modalità Movimento, seleziona la direzione (freccia a sinistra o a destra) e seleziona la velocità (lenta, media o veloce).
 - v. Infine, per tutte le lezioni nel piano di lezione, a un certo punto vorrai testare stimoli del mondo reale, usando lo Strumento di Stimoli, o le tue mani. Per fare ciò, attiva tutti i 9 LED, seleziona la Modalità Statica e accendi i LED.

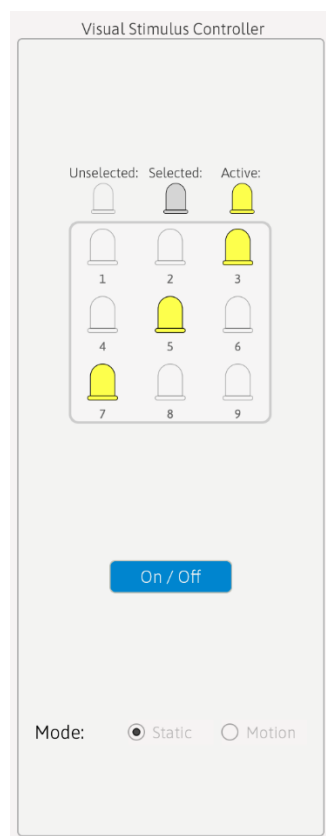
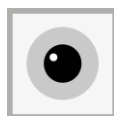


Figura 37. Il Controllore di Stimolo Visivo.

- e. Gestore di Connettività (“Connectivity Manager”, Fig. 38).
 - i. Il Gestore di Connettività consente agli utenti di impostare la connettività tra ciascuno dei 9 fotorecettori modello (cioè i fotodiodi) e 2 diverse cellule gangliari retiniche modello (RGC).
 - ii. Indipendentemente per ciascuna delle 2 RGC, ciascun fotorecettore può essere impostato come:
 - 1. Silenzioso: non fornisce alcun segnale alla cellula gangliare.



2. Eccitatorio: quando attivato, questo fotorecettore fornisce un segnale di +1 alla cellula gangliare.
 3. Inibitorio: quando attivato, questo fotorecettore fornisce un segnale di -1 alla cellula gangliare.
 4. Ritardo ("Delay"): puoi aggiungere un ritardo temporale tra quando il fotorecettore è attivato e quando invia un segnale alla cellula gangliare. Le opzioni di ritardo sono: nessuno, breve, medio e lungo. Questo aiuta a modellare risposte direzionali asimmetriche.
- iii. Per modificare la connettività di una RGC, cliccate sul suo circuito (Fig. 38 sinistra). Si aprirà una finestra pop-up (Fig. 38 destra), in cui è possibile modificare le impostazioni di ciascun fotorecettore.
 - iv. Infine, impostare la soglia ("Threshold") del RGC. In ogni istante, il RGC sommerà tutti i suoi input fotorecettoriali e dovrà raggiungere questa soglia per attivarsi.

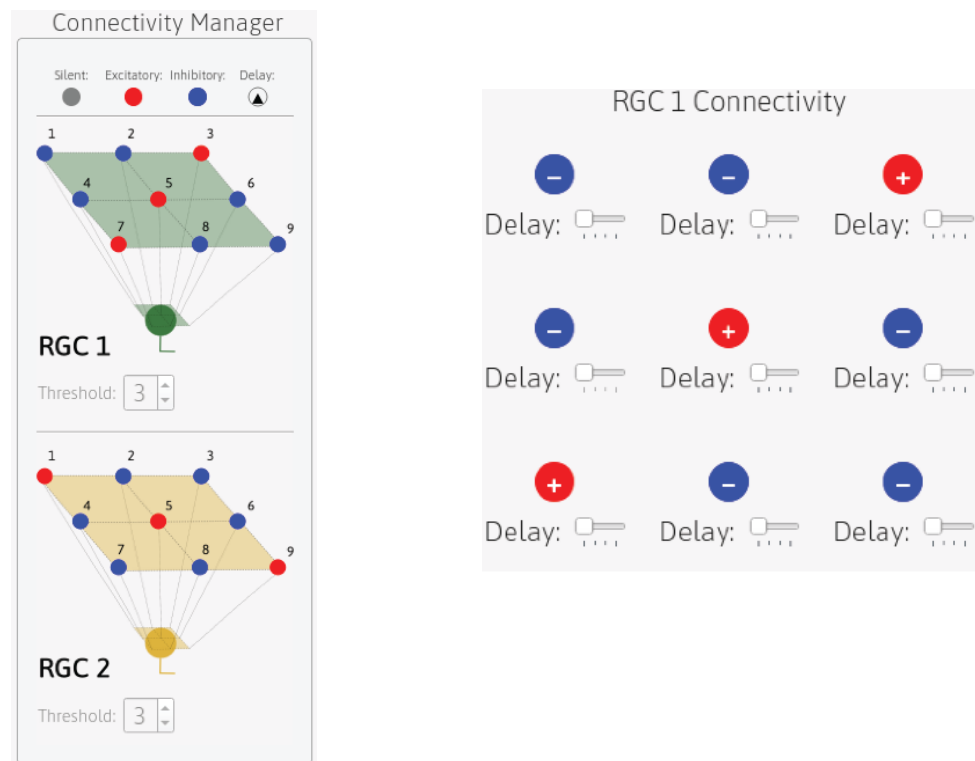


Figura 38. Gestore di Connettività ("Connectivity Manager") nell'interfaccia principale (sinistra) e la sua finestra pop-up (destra).

- f. Monitor di Segnale ("Signal Monitor", Fig. 39).
 - i. Il Monitor di Segnale mostra in tempo reale:
 1. Quali fotorecettori sono attivi (es. cerchi a destra diventano gialli).
 2. La polarità del segnale inviato: eccitatorio (rosso) o inibitorio (blu).



3. Quando ogni cellula gangliare (RGC1 in alto, RGC2 in basso) è attiva, cioè quando la somma dei suoi segnali ricevuti supera la soglia.

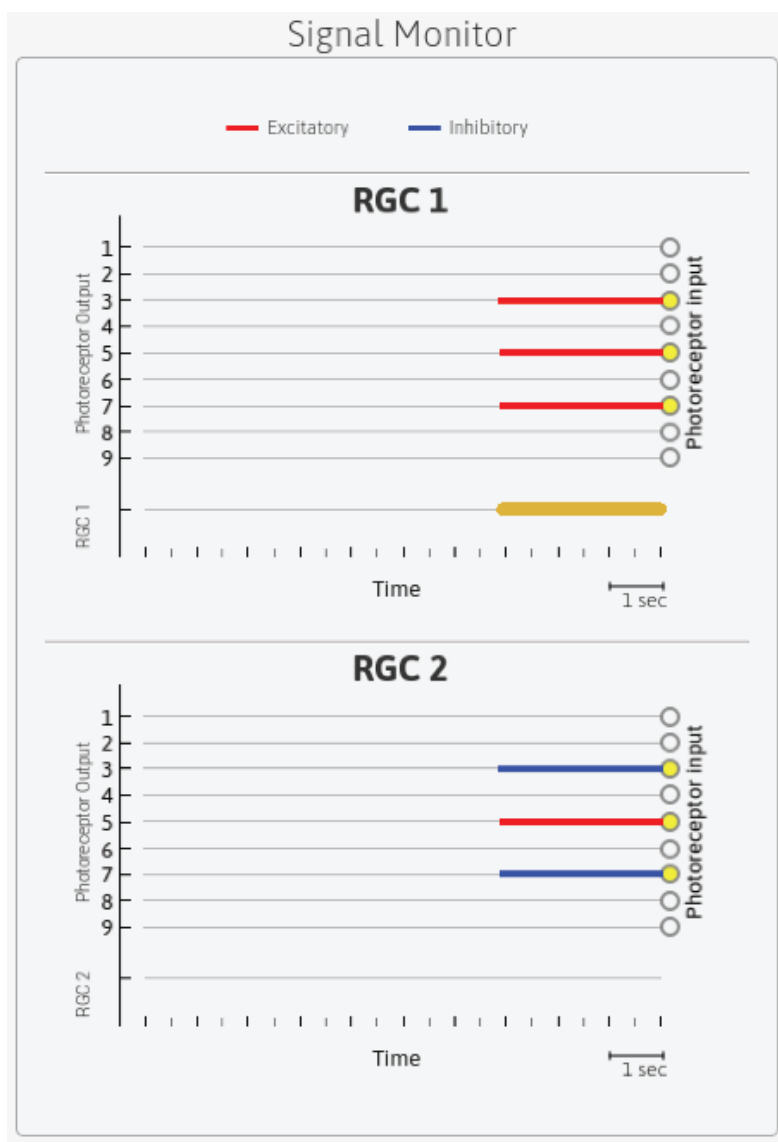
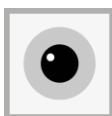


Figura 39. Il Monitor di Segnale.

g. Funzionalità aggiuntive del software

i. Attività di decodifica ("Code breaking", Lezione 2)

1. Gli utenti sono incaricati di utilizzare campi recettivi centro-periferia per decifrare codici. Accessibile dalla scheda Lessons, "Code Breaker" carica un nuovo tab (Fig. 40).



2. Usando le informazioni del cifrario, gli utenti impostano la connettività per far sì che RGC1 e RGC2 rispondano a stimoli specifici.
3. Poi, con lo Strumento di Stimolo, presentano gli stimoli e inseriscono le lettere corrispondenti nel codebreaker.
4. Una volta completato, possono verificare la soluzione.

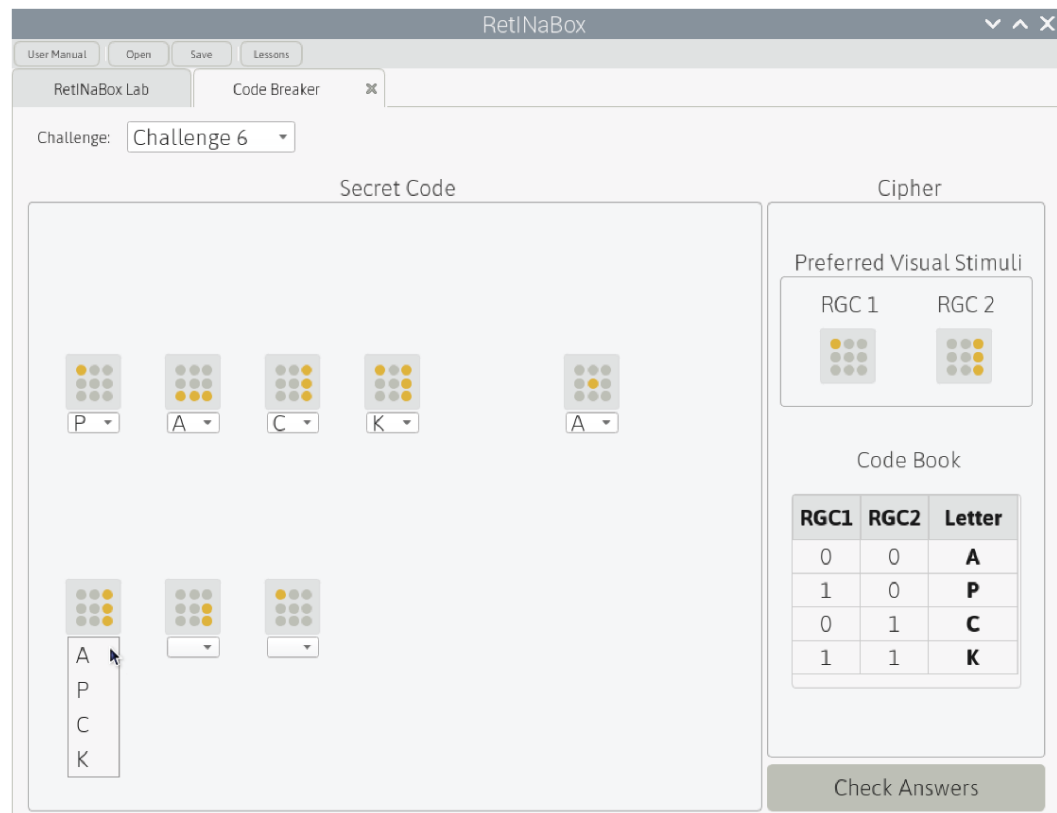


Figura 40. Attività di decodifica (“Code-Breaking”) relativa alla Lezione 2.

- ii. Videogioco di distruzione dei blocchi (“Block breaker”, Lezione 3)
 1. Dopo aver impostato cellule gangliari direzionali, aprete il gioco Block Breaker (menu Lessons; Fig. 41). L’apertura del gioco accende automaticamente tutti i LED di stimolo su RetiNaBox.
 2. Il gioco usa l’uscita di RGC1 per muovere la barra a sinistra e quella di RGC2 per muoverla a destra.
 3. Gli utenti muovono la mano davanti il campo visivo di RetiNaBox per controllare la barra e giocare.



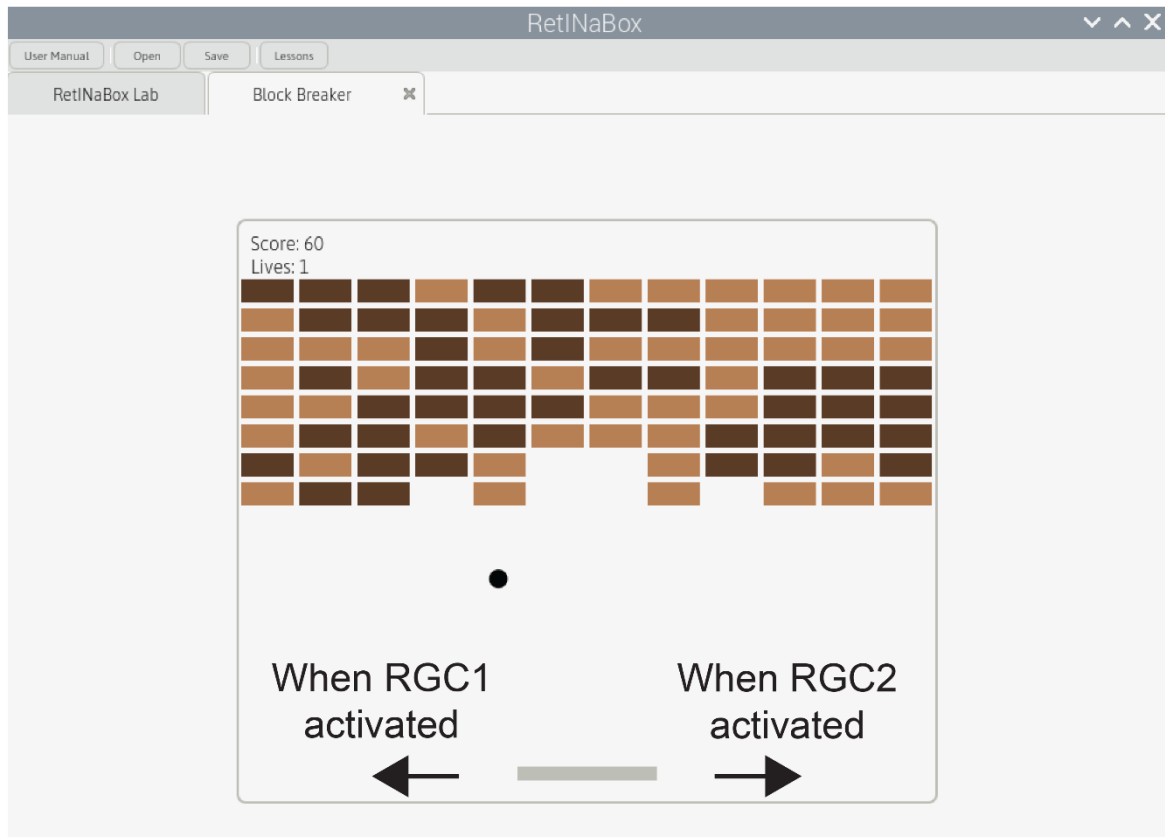
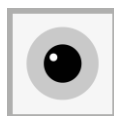


Figura 41. Gioco di “Block-Breaking” relativo alla Lezione 3.

iii. Modalità di Scoperta (“Discovery Mode”, Lezione 4):

1. Accessibile dal menu “Lessons”, apre la scheda “Discovery Mode” (Fig. 42). L'apertura della Modalità di Scoperta attiva automaticamente tutti i LED di stimolo su RetiNaBox.
2. Gli utenti selezionano una sfida (“Challenge”) dal menu.
3. In Fase 1, gli utenti utilizzano lo Strumento di Stimoli (o la mano), per presentare vari stimoli statici o in movimento a RetiNaBox finché non attivano RGC1.
4. Quando trovano lo stimolo preferito, lo inseriscono nel software e selezionano “Test Stimulus”. Se corretto, passano alla Fase 2.
5. In Fase 2, impostano la connettività dei fotorecettori per riprodurre la risposta selettiva scoperta nella Fase 1. Una volta che l'utente è sicuro della propria soluzione, clicca su 'Testa Connettività' (“Test Connectivity”).



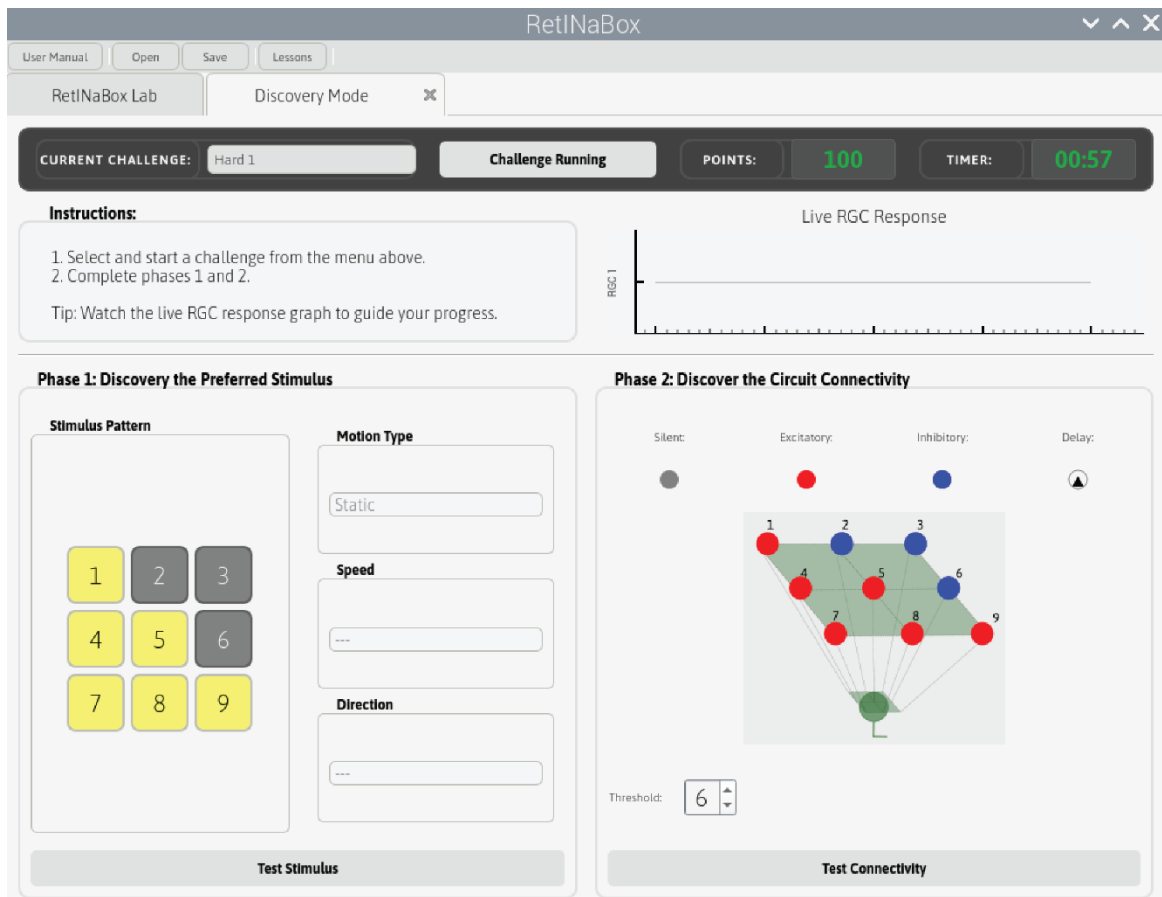


Figura 42. Interfaccia grafica della modalità di scoperta.



A1- APPENDICE 1: ELENCO DEI COMPONENTI

Categoria	#	Prodotto	Specifiche	Fornitore	Note
RetlNaBox	6	Caso	pezzi stampati in 3D (link)		
	14	Viti M3 10 mm			
	12	Viti M3 6 mm			
	4	Viti M2 6mm			Per fissare la scheda GPIO al contenitore.
	9	LED IR da 5 mm	100 mA continuo, 1000 mA impulso Circa 1,6 V di tensione diretta.	Adafruit 387	
	9	Fotodiodi IR		Amazonia	
	1	Kit elettronico Elegoo	Elementi necessari: 9 LED bianchi, 1 LED verde, 1 LED giallo, resistori.	Amazonia	
	12	Mini Breadboard		Amazonia	
	26	Fili Dupont		Amazonia	
		Kit di fili jumper		Amazonia	
	1	Kit di espansione GPIO per Raspberry Pi		Amazonia	
	1	Estensore di connessione arcobaleno	Facoltativo – aggiungere un cavo o due consente di orientare RetlNaBox più liberamente accanto al Raspberry Pi	Amazonia	
	1	Kit di cavi pre-crimpati con connettore PH 2.0 elechawk		Amazonia	
	1	Rotolo di nastro isolante			



Categoria	#	Prodotto	Specifiche	Fornitore	Note
	1	Filo di collegamento elettrico rosso		Digikey	Se ne hai un po' a disposizione, ottimo. Altrimenti, ordina qualcosa di simile, ma non deve essere esattamente questo prodotto.
	1	Filo di collegamento elettrico nero		Digikey	Stessa nota di cui sopra
Per testare i LED IR	1	Adattatore USB a seriale 3.3V	Facoltativo	Amazonia	È possibile utilizzarlo per alimentare un fotodiode IR e testare i LED IR indipendentemente dal resto di RetINaBox
Strumento di Stimolo Visivo	Set di 2	Foglio di plastica trasparente (15.4 x 22.4 cm)		Amazonia	Metti la plastilina su questo e poi inseriscilo tra i LED IR e i fotodiodi di RetINaBox
	1	Pennarello a punta fine	Qualsiasi pennarello permanente a punta fine dovrebbe andare bene		Per disegnare una griglia sullo Strumento di Stimolo Visivo per guidare dove posizionare l'argilla modellabile
	1	Argilla modellabile	Qualsiasi marca funziona, compresso plastilina		Hai bisogno di abbastanza per coprire lo Strumento di Stimolo Visivo
Strumenti	1	Chiave esagonale da 2.5 mm			Utilizzata con viti M3
	1	Chiave esagonale da 1.5 mm			Utilizzata con viti M2
	1	Tronchesina			
	1	Mini cacciavite			Per regolare la sensibilità del fotodiode



A2- APPENDICE 2: RISOLUZIONE DEI PROBLEMI

Riguardo alla stampa 3D:

- a. I fotodiodi e i LED non entrano correttamente nei fori dei pezzi stampati in 3D destinati a farli passare
 - i. Si consiglia di stampare prima P2, P3 o P5 e verificare che LED/fotodiodi entrino a pressione nei fori. In caso contrario, ridimensionate i pezzi del qualche percento verso l'alto o verso il basso in base a come la vostra stampante realizza i componenti. Successivamente, ridimensionate tutti gli altri pezzi stampati con lo stesso fattore.

Problemi relativi ai fotodiodi:

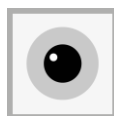
- a. La luce di alimentazione del fotodiodo (LED rosso più a destra sulla scheda) non si accende quando RetlNaBox è collegato al Raspberry Pi e il Raspberry Pi è acceso
 - i. Verificate il cablaggio tra il connettore GPIO di RetlNaBox e il fotodiodo. Un multimetro è molto utile in questo caso.
 - ii. Controllate di aver collegato correttamente il cavo multicolore.
 - iii. Potete verificare che il Raspberry Pi stia inviando correttamente l'alimentazione ai LED. Scollegate prima il cavo multicolore. Poi collegate un LED visibile di scorta su una mini-breadboard di scorta. Con un cavetto dupont femmina-maschio collegate il pin GPIO 17 (che normalmente fornisce 3,3 V ai fotodiodi) al pin positivo (+) del LED. Con un altro cavetto femmina-maschio collegate il pin GPIO 39 ((-) /GND per i fotodiodi) al pin negativo (-) del LED. Se il LED si accende, significa che il Raspberry Pi sta fornendo alimentazione e il problema è nel cablaggio. Se questo non funziona, è possibile che quel pin sul Raspberry Pi sia stato danneggiato.
- b. Il fotodiodo è alimentato, ma non si attiva (cioè il LED rosso più a sinistra sulla scheda non si accende) quando i LED IR sono accesi, oppure non si disattiva quando i LED IR sono spenti.
 - i. La sensibilità del fotodiodo non è regolata correttamente. Rimuovete P6. Con il software RetlNaBox accendete il LED direttamente sopra il fotodiodo problematico. Regolate il potenziometro di quel fotodiodo (vedi Fig. 29) con un cacciavite finché il LED rosso più a sinistra si accende quando il LED è ON e si spegne quando il LED è OFF.
 - ii. Se il punto i. non funziona, possono esserci due ulteriori cause. Primo: il LED IR potrebbe non essere cablato correttamente. Per verificarlo, consultate la sezione "Problemi relativi ai LED". Secondo: il fotodiodo e il LED corrispondente potrebbero non essere correttamente allineati nel caso stampato in 3D. Per quanto possibile, ogni fotodiodo dovrebbe puntare



direttamente verso il proprio LED IR e viceversa (i LED hanno un angolo di emissione relativamente stretto e i fotodiodi sono più sensibili a luce frontale).

Problemi relativi ai LED:

- a. Uno dei LED bianchi non si accende quando viene attivato nel software
 - i. Controlla il tuo cablaggio (e la polarità del tuo LED)!
 - ii. Prova a sostituire il LED.
 - iii. Come al punto a-iii della sezione “Problemi relativi ai fotodiodi”, potete controllare direttamente il segnale del Raspberry Pi. Con le Fig. 12 e 22 identificate quali pin GPIO corrispondono al LED non funzionante. Con un cavetto dupont femmina-maschio collegate il pin GPIO che fornisce alimentazione a quel LED (3,3 V quando il software lo attiva) al pin positivo (+) del LED sul breadboard. Con un altro femmina-maschio collegate il pin GPIO 9 (GND per i fotodiodi) al pin negativo (–) del LED. Se il LED si accende quando lo attivate via software, il Raspberry Pi sta inviando correttamente e il problema è nel cablaggio. Se non funziona, è possibile che quel pin del Raspberry Pi sia stato danneggiato.
- b. Uno dei LED infrarossi (IR) non si attiva quando viene attivato nel software.
 - i. Controlla il tuo cablaggio (e la polarità del tuo LED)!
 - ii. Prova a sostituire il LED.
 - iii. Seguite le istruzioni del punto a-iii qui sopra. Non potendo vedere a occhio l'emissione IR, usate come tuo strumento di lettura ('readout') il fotodiodo corrispondente in RetINaBox oppure collegate l'adattatore USB-TTL seriale (vedi lista componenti consigliati) a un fotodiodo di scorta e usatelo per testare l'attivazione del LED IR.
- c. Uno dei LED colorati (verde o giallo) non si accende quando il software è in esecuzione e la corrispondente cellula gangliare è attivata nel Monitor di Segnale della GUI.
 - i. Controlla il tuo cablaggio (e la polarità del tuo LED)!
 - ii. Prova a sostituire il LED.
 - iii. Seguite le istruzioni del punto a-iii, ma riferitevi ai pin GPIO che alimentano questi due LED (Fig. 12 e 22).
- d. Per una coppia connessa di LED bianchi e a infrarossi, solo uno di essi è attivo (cioè ricevono alimentazione, ma solo uno di essi è attivo).
 - i. Controlla il tuo cablaggio (e la polarità del tuo LED)!



- ii. Prova a sostituire il diodo emettitore di luce che non funziona.
 - iii. Assicuratevi di aver inserito le resistenze corrette (è importante: i diversi tipi di LED hanno differente tensione diretta e spesso diversa resistenza interna; per alimentare entrambi dalla stessa sorgente serve uniformare la corrente con le resistenze appropriate per LED IR e LED bianchi).
- e. I LED stanno lampeggiando o sfarfallano.
- i. Verificate il cablaggio: molto probabilmente c'è un contatto lasco.

Problemi relativi all'installazione del software:

- a. Il programma non parte quando si fa clic sull'app RetINaBox e si seleziona "Execute".
 - i. Esegui i seguenti comandi in un nuovo terminale:

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

