

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna

Relazione di Laboratorio di Making

HueMate – Selettore di colori per daltonici

Marzia De Maina – 0001194461

08/01/2026

Indice

1	Introduzione	2
1.1	Obiettivi del progetto	2
2	Analisi del problema	2
3	Architettura del sistema	3
3.1	Componenti hardware	3
3.1.1	Microcontrollore Arduino	4
3.1.2	Sensore di colore TCS34725	4
3.1.3	Display LCD 16x2	4
3.1.4	Due pulsanti di input	4
4	Implementazione	5
4.1	Trasformazione da RGB a HSV	5
4.1.1	Il Canale Clear C	6
4.2	Abbinamento dei colori	6
5	Fase di testing	7
5.1	Regolazione dell'intensità luminosa e calibrazione	7
6	Organizzazione della Repository	7
7	Conclusioni	7
7.1	Sviluppi Futuri	8

1 Introduzione

HueMate, letteralmente *aiutante di colori*, nasce con l'obiettivo di unire l'attività pratica del making a un difetto visivo che colpisce oltre 300 milioni di persone nel mondo: la **dicromatopsia**, conosciuta come **daltonismo**.

Il progetto è principalmente pensato per supportare la scelta dell'abbigliamento, ambito in cui il riconoscimento e l'abbinamento dei colori rappresentano una difficoltà concreta per molte persone daltoniche.

HueMate consente di identificare i colori dei capi e di suggerire combinazioni cromatiche adeguate, contribuendo a rendere più semplice e autonoma una decisione che, nella vita quotidiana, viene spesso data per scontata.

1.1 Obiettivi del progetto

L'obiettivo principale del progetto HueMate è la realizzazione di un dispositivo accessibile che possa scansionare i colori degli indumenti scelti dall'utente, facilitando il riconoscimento dei colori e suggerendo abbinamenti cromatici adeguati.

In particolare, il progetto si pone i seguenti obiettivi:

- sviluppare uno strumento semplice e intuitivo per il riconoscimento dei colori principali;
- fornire un supporto pratico all'abbinamento dei colori, con particolare riferimento all'uso quotidiano dell'abbigliamento;
- garantire un'interazione accessibile, basata su pochi comandi chiari e su un feedback testuale immediato;
- esplorare l'utilizzo di componenti hardware a basso costo e facilmente reperibili nell'ambito del making;
- progettare un sistema flessibile, calibrabile manualmente, in grado di adattarsi a diverse condizioni di illuminazione.

Un ulteriore obiettivo del progetto è stato quello di sperimentare un approccio progettuale orientato all'inclusività, dimostrando come l'elettronica e la programmazione possano essere utilizzate per rispondere a esigenze reali, con particolare attenzione all'autonomia dell'utente finale.

2 Analisi del problema

Il daltonismo si distingue in tre tipologie [**tipologie_daltonismo**]:

- **protanopia**, cecità per il colore rosso;
- **deuteranopia**, cecità per il colore verde;
- **tritanopia**, cecità per il blu.

In casi rari si parla anche di **acromatopsia**, ovvero quella condizione per cui si percepisce tutto in bianco e nero.



Figura 1: Alterazioni del senso cromatico

crediti figura 1: Università Vita-Salute San Raffaele, <https://blog.unisr.it/alterazioni-senso-cromatico>

HueMate nasce per abbattere queste barriere: il software elabora e differenzia con precisione le tonalità di rosso, verde e blu, restituendo all'utente una visione più chiara, sicura e contrastata del mondo circostante.

3 Architettura del sistema

Il sistema HueMate è strutturato secondo un'architettura integrata hardware–software, in cui un microcontrollore gestisce l'acquisizione dei dati dal sensore di colore, l'elaborazione delle informazioni cromatiche e l'interazione con l'utente attraverso pulsanti e display.

L'architettura è stata progettata per essere semplice, modulare e facilmente comprensibile, in linea con gli obiettivi di accessibilità e affidabilità del progetto. Ogni componente svolge un ruolo ben definito, riducendo la complessità complessiva del sistema.

3.1 Componenti hardware

Il sistema è stato implementato come in Figura 2.

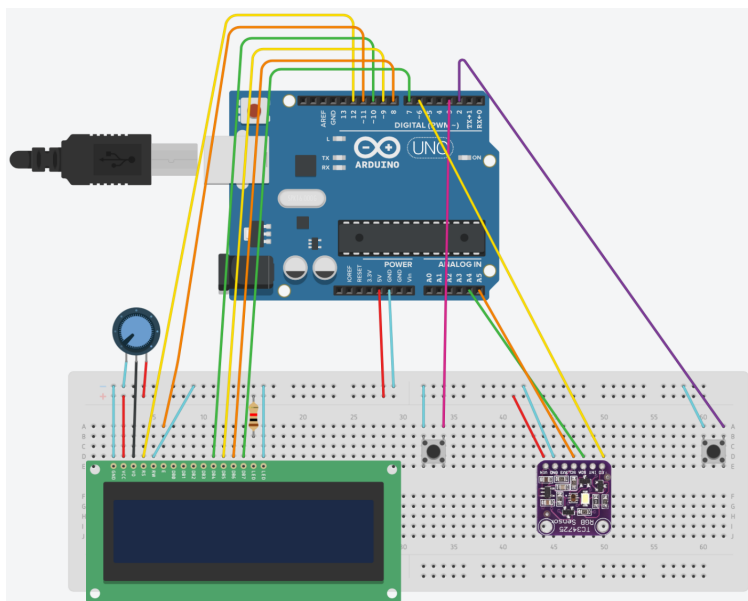


Figura 2: Simulazione del sistema

Di seguito verranno descritti tutti i componenti e i rispettivi collegamenti.

3.1.1 Microcontrollore Arduino

L'unità centrale di elaborazione di HueMate è la scheda **Elegoo UNO R3** (pienamente compatibile con lo standard Arduino UNO). Coordina l'intero workflow operativo: dall'acquisizione dei segnali provenienti dal sensore, alla loro elaborazione, fino alla gestione dell'interfaccia utente.

3.1.2 Sensore di colore TCS34725

Per la rilevazione cromatica è stato adottato il sensore ad alta precisione TCS34725. Questo modulo è in grado di campionare i **valori RGB** (rosso, verde, blu) e la temperatura di colore della luce. L'integrazione di un LED di illuminazione a bordo permette al sensore di analizzare correttamente le superfici dei capi d'abbigliamento, neutralizzando l'influenza della luce ambientale esterna.

PIN TCS34725	UTILIZZO	PIN ARDUINO
VIN	Alimentazione positiva 5V	5V
GND	Collegamento a terra	GND
SCL	Segnale di clock per sincronizzazione I2C	A5
SDA	Linea dati per la comunicazione I2C	A4
LED	Illuminazione del LED integrato	D6

Tabella 1: Collegamenti tra il sensore RGB e il microcontrollore.

3.1.3 Display LCD 16x2

La comunicazione con l'utente avviene tramite un display LCD da 16 caratteri su 2 righe. Questo componente assolve una duplice funzione: guida l'operatore attraverso **istruzioni testuali** nelle fasi di configurazione e fornisce l'**output finale**, visualizzando il nome del colore rilevato, i suggerimenti per l'abbinamento e il livello di intensità del LED.

DISPLAY LCD 16x2	UTILIZZO	PIN ARDUINO
VSS	Collegamento a terra	GND
VDD	Alimentazione positiva 5V	5V
V0	Regolazione contrasto	Centrale potenziometro
RS	Registro selezione (Register Select)	D12
RW	Lettura/Scrittura (Read/Write)	GND
E	Abilitazione (Enable)	D11
D4	Bus dati bit 4	D10
D5	Bus dati bit 5	D9
D6	Bus dati bit 6	D8
D7	Bus dati bit 7	D7
A	Anodo retroilluminazione	5V via resistenza 220 Ω
K	Catodo retroilluminazione	GND

Tabella 2: Collegamenti tra il display LCD e il microcontrollore.

3.1.4 Due pulsanti di input

Il controllo manuale del sistema è affidato a due pulsanti con funzioni differenziate:

1. **pulsante di scansione e suggerimenti:** una pressione singola avvia il rilevamento del colore; una pressione prolungata attiva l'algoritmo di HueMate per mostrare sul display gli abbinamenti cromatici consigliati.
2. **pulsante di regolazione luminosa:** permette di modulare l'intensità del LED del sensore di colore, ottimizzando la visibilità in base alle condizioni di luce dell'ambiente di lavoro.

Il primo è collegato al pin **D3** del microcontrollore ed è definito, nelle istruzioni del sistema come **BTN3**, il secondo è collegato al pin **D2** ed è definito come **BTN2**.

4 Implementazione

HueMate è stato istruito per riconoscere i colori fondamentali coinvolti nelle principali discromatopsie (protanopia, deuteranopia e tritanopia) e le tonalità neutre essenziali per l'abbigliamento.

I colori mappati includono:

- **colori caldi:** rosso, arancione, giallo.
- **colori freddi:** verde, azzurro, blu, viola.
- **tonalità neutre:** nero, bianco, grigio.

Tutti i colori vengono distinti anche in *chiaro* o *scuro*.

4.1 Trasformazione da RGB a HSV

Sebbene il sensore TCS34725 fornisca dati nel formato *RGB*, tale modello risulta inefficiente per la classificazione dei colori in condizioni di luce variabile. Per ovviare a questo problema, **HueMate** esegue una trasformazione matematica dei dati grezzi nello spazio colore HSV (*Hue*, *Saturation*, *Value*). La scelta di migrare al modello HSV è dettata da tre ragioni fondamentali:

1. **indipendenza dalla luminosità (value):** nel modello RGB, se la luce ambientale cambia, tutti e tre i valori (R, G, B) cambiano drasticamente, rendendo difficile capire se si sta guardando lo stesso colore più scuro o un colore diverso. Nell'HSV, la componente **V** isola la luminosità; questo permette all'algoritmo di identificare la tonalità (**H**) indipendentemente dal fatto che il sensore sia sotto una luce forte o in ombra.
2. **identificazione intuitiva della tonalità (hue):** La componente **H** rappresenta il colore puro espresso in gradi tra **0** e **360** su una ruota cromatica. Come visibile nel codice implementato, è stato possibile definire dei range precisi:

```

1   if (h < 20.0f || h >= 340.0f) base = "ROSSO";      // Rosso
2   else if (h < 35.0f)           base = "ARANCIONE"; // Arancione
3   else if (h < 80.0f)           base = "GIALLO";     // Giallo
4   else if (h < 165.0f)          base = "VERDE";      // Verde
5   else if (h < 210.0f)          base = "AZZURRO";    // Azzurro
6   else if (h < 270.0f)          base = "BLU";        // Blu
7   else                          base = "VIOLA";      // Viola

```

3. **gestione dei neutri (saturation):** la saturazione (**S**) permette di distinguere facilmente i colori "vivi" dai grigi. Se la saturazione scende sotto una certa soglia (nel caso di HueMate, il 25%), il sistema sa che l'utente sta inquadrando un colore neutro (Bianco, Grigio o Nero), indipendentemente dalla tonalità rilevata.

L'algoritmo calcola inizialmente il valore massimo **maxV** e minimo **minV** tra i canali RGB normalizzati. La tonalità viene quindi derivata dalla differenza tra questi valori Δ [smith1978color]:

$$H = \begin{cases} 60^\circ \times \frac{G - B}{\Delta} & \text{se } \max V = R, \\ 60^\circ \times \left(\frac{B - R}{\Delta} + 2 \right) & \text{se } \max V = G, \\ 60^\circ \times \left(\frac{R - G}{\Delta} + 4 \right) & \text{se } \max V = B \end{cases} \quad (1)$$

Questo passaggio logico permette a **HueMate** di essere estremamente più robusto e affidabile rispetto a un semplice confronto di soglie RGB.

4.1.1 Il Canale Clear C

Oltre ai dati RGB, il sensore fornisce un quarto valore denominato **clear** (C): questo parametro rappresenta l'intensità luminosa totale non filtrata. In HueMate svolge tre ruoli importanti:

1. **normalizzazione dei dati:** i valori R , G e B grezzi dipendono fortemente dalla quantità di luce ambientale. Dividendo ogni canale per il valore c (come fatto nel codice: $\mathbf{r_n} = \mathbf{r_avg} / \mathbf{c_avg}$), otteniamo una percentuale cromatica relativa, rendendo la lettura molto più stabile anche se la luce aumenta o diminuisce.
2. **rilevamento del bianco e del nero:** il valore c è il miglior indicatore per distinguere gli estremi. Un valore c *molto basso* indica che quasi tutta la luce viene assorbita (*nero*), *mentre* un valore c *molto alto* indica un'alta riflessione (*bianco*).
3. **controllo di sicurezza:** nel codice, il valore c viene usato per inviare i messaggi di errore *Troppo buio* o *Troppo luce*.

4.2 Abbinamento dei colori

HueMate non si limita a identificare il colore, ma suggerisce un colore in abbinamento basato sui canoni della moda attuale, considerando che colori come il bianco e il nero si abbinano a tutti gli altri.

Colore scansionato	Abbinamento suggerito
Rosso	Blu
Arancione	Nero
Giallo	Azzurro
Verde	Viola
Azzurro	Blu
Blu	Arancione
Viola	Grigio
Grigio	Quasi tutto
Bianco	Quasi tutto
Nero	Quasi tutto

Tabella 3: Abbinamenti suggeriti da HueMate.

L'output *QUASI TUTTO* per i colori neutri è una scelta deliberata di UX: per un utente daltonico, sapere che un capo è nero, bianco o grigio fornisce una sicurezza immediata, poiché elimina il rischio di errore nell'abbinamento, indipendentemente dalla tonalità degli altri capi scelti.

5 Fase di testing

I test sono stati condotti in diverse condizioni di illuminazione per verificare l'accuratezza del sensore TCS34725 nel riconoscimento delle tonalità dei tessuti. Le prove hanno coperto tre scenari principali:

- **luce naturale indiretta:** test effettuati in ambiente chiuso durante le ore diurne.
- **luce artificiale:** test effettuati con lampade LED (tipiche condizioni domestiche serali).
- **assenza di luce ambientale:** test effettuati contando esclusivamente sull'illuminazione del LED integrato nel sistema.

5.1 Regolazione dell'intensità luminosa e calibrazione

HueMate permette una calibrazione dinamica dell'intensità del LED per compensare la luce ambientale. Dalle prove effettuate, sono emersi i seguenti parametri di riferimento per una lettura ottimale:

- **condizioni diurne (luce naturale):** è lo scenario preferibile. Anche se il test avviene in ambiente chiuso, la luce naturale garantisce una resa cromatica più fedele. In questo caso, si consiglia di impostare il LED di supporto a un'intensità bassa, tra **20** e **40**, per evitare la sovraesposizione del sensore.
- **condizioni serali/artificiali:** il sistema mantiene un'alta affidabilità incrementando la potenza del LED integrato a valori compresi tra **40** e **80**. Questo permette di *isolare* il colore del tessuto dalle dominanti gialle o fredde delle lampadine domestiche.

Poiché ogni ambiente presenta caratteristiche uniche, l'utente è incoraggiato a sperimentare con i pulsanti di regolazione fino a ottenere una lettura stabile.

6 Organizzazione della Repository

HueMate è assolutamente riproducibile: il codice e la documentazione di **HueMate** sono stati organizzati in una repository strutturata come segue:

- **/src:** contiene il codice sorgente (**main.ino**) commentato.
- **/report:** include la relazione finale in formato **L^AT_EX** e media utilizzati.
- **README.md:** il punto di accesso al progetto, con istruzioni per il montaggio e l'uso.

7 Conclusioni

Il progetto **HueMate** ha dimostrato come l'elettronica prototipale possa offrire soluzioni concrete e a basso costo per migliorare l'autonomia delle persone daltoniche. Il sistema si è rivelato affidabile nel riconoscimento dei colori e utile nel suggerire abbinamenti stilisticamente coerenti.

7.1 Sviluppi Futuri

Nonostante il prototipo attuale sia pienamente funzionante, sono stati individuati diversi ambiti di miglioramento per le versioni successive:

- **Integrazione Bluetooth e App Mobile**

Sostituire il display LCD con un modulo Bluetooth per inviare i dati direttamente a uno smartphone. Questo permetterebbe di avere un'interfaccia più ricca.

- **Sintesi Vocale**

Aggiungere un modulo MP3 o uno speaker per annunciare il colore vocalmente, rendendo il dispositivo accessibile anche a chi ha difetti visivi più gravi.

- **Database Espandibile**

Integrare nuovi colori e sfumature per rendere il sistema più preciso.

- **Personalizzazione Utente**

Implementare una funzione di *apprendimento* dove l'utente può salvare nuovi abbinamenti personalizzati, adattando l'intelligenza di HueMate al proprio guardaroba specifico.