

## **NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO MÁY ĐO MÀU KÍCH THÍCH 3 THÀNH PHẦN**

### **DESIGN AND MANUFACTURE TRI-STIMULUS COLORIMETER**

**Ngô Anh Tuấn, Cao Xuân Vũ**

*Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật TP HCM*

#### **TÓM TẮT**

*Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu đã thực hiện thiết kế mô hình đầu đo và hệ thống quang học cho máy đo màu. Phép đo màu được thực hiện trên điều kiện ánh sáng chuẩn D65 của hãng Nichia và cảm biến màu của hãng TAOS. Nghiên cứu tập trung vào việc xử lý kết quả và ứng dụng trong quản lý chất lượng sản phẩm in ấn.*

#### **ABSTRACT**

*In this study, we designed the model composed of measuring head and the optical system for a colorimeter. The colorimetric is carried out in standard lighting condition D65 of Nichia and color sensor of TAOS. The study focused on processing the measuring data and it is applied to printing quality management.*

#### **I. GIỚI THIỆU**

Màu sắc là thước đo để đánh giá chất lượng sản phẩm trong vải dệt, sơn, sản phẩm in ấn, bề mặt nhựa... Việc cảm nhận một màu nào đó bằng mắt phụ thuộc vào yếu tố chủ quan của từng người quan sát. Vì vậy cần có một chuẩn chung và một thiết bị có thể “đọc” một cách chính xác một màu bất kì. Bên cạnh đó như ta đã biết, việc đo đạc đóng một vai trò quan trọng trong tất cả các lĩnh vực của Khoa học và Kỹ thuật. Chính vì vậy đo màu đang trở thành một phần không thể thiếu trong các hệ thống kiểm soát chất lượng và các công ty sản xuất hiện đại.

Ở Việt Nam, mặc dù các ứng dụng của các thiết bị đo màu vào trong các lĩnh vực công nghệ đã rất phổ biến tuy vậy việc chế tạo vẫn ít được quan tâm. Hầu như các máy đo màu được sử dụng ở nước ta cho đến thời điểm hiện nay là đều được nhập từ nước ngoài với giá thành cao. Chính vì vậy việc nghiên cứu chế tạo một máy đo màu trong nước với giá thành rẻ có độ chính xác cao là cần thiết. Khi thiết kế một máy đo màu, để máy cho ta

kết quả có độ chính xác cao thì việc xác định một phương pháp hiệu chỉnh thiết bị đóng vai trò quan trọng. Để hiệu chỉnh thiết bị có nhiều phương pháp như là các phương pháp ma trận do ASTM (American Society for Testing and Material) công bố và mạng thần kinh nhân tạo.

Trong bài báo này, nhóm nghiên cứu sẽ trình bày quá trình thiết kế, chế tạo một máy đo màu kích thích 3 thành phần và phương pháp chuẩn hoá để tăng độ chính xác của phép đo màu.

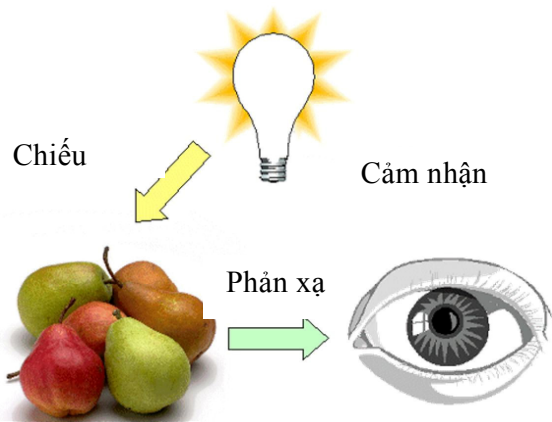
#### **II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT**

##### ***Cơ chế nhìn màu của mắt***

Mắt nhìn thấy một vật khi có ánh sáng phát ra từ vật đó đập vào mắt. Màu sắc của vật mà ta cảm nhận được là kết quả của sự kết hợp từ ba yếu tố - nguồn sáng, vật thể và người quan sát. Ánh sáng từ mặt trời hay nguồn sáng khác chiếu vào các vật thể xung quanh chúng ta sau đó được phản chiếu và bổ sung bởi các vật thể rồi đi tới các thành phần thu nhận tín hiệu trong mắt của người

quan sát, sau đó các tín hiệu này sẽ được não bộ diễn dịch thành những thứ mà ta gọi là màu.

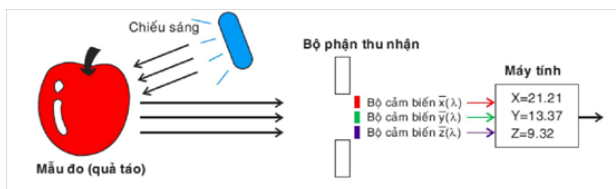
Màu sắc của một vật mà mắt người cảm nhận được là do đặc tính của vật thể là hấp thụ hay phản xạ các bước sóng (trong vùng bức xạ khả kiến) của ánh sáng chiếu tới nó. Nếu tất cả các bước sóng (trong vùng bức xạ khả kiến) bị vật thể hấp thụ, vật thể sẽ có màu đen. Nếu tất cả các bước sóng (trong vùng bức xạ khả kiến) bị vật thể phản xạ, vật thể sẽ có màu trắng. Nếu vật thể hấp thụ tất cả các bước sóng ngoại trừ bước sóng màu đỏ (hoặc cam, hoặc vàng...) thì vật sẽ có màu đỏ (hoặc cam, hoặc vàng...). Hay nói cách khác, vật có màu gì là do nó hấp thụ ánh sáng nào, phản xạ ánh sáng nào?



**Hình 1.** Cơ chế nhìn màu của mắt.

### Cơ chế hoạt động của máy đo màu

Máy đo màu kích thích 3 thành phần hoạt động cảm nhận màu theo cơ chế giống mắt người.



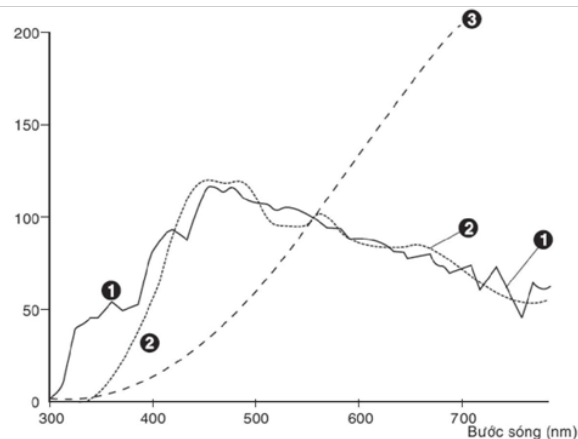
**Hình 2.** Nguyên lý hoạt động của máy đo màu.

### Nguồn sáng chuẩn của máy đo màu

Có 3 yếu tố chính ảnh hưởng đến việc cảm nhận màu đó là mật độ công suất phổ (SPD) của nguồn sáng, phổ phản xạ và hàm

tổng hợp màu CMFs (Sự phản ứng của các tế bào cảm nhận trong mắt người).

Chỉ có một vài loại ánh sáng được định nghĩa để quan sát sự vật mới được gọi là loại ánh sáng chuẩn. Ủy Ban đo lường quốc tế về chiếu sáng CIE đã đề nghị một số nguồn sáng chuẩn như sau:



**Hình 4.** Một số nguồn chiếu sáng chuẩn.

(1) *Nguồn chiếu sáng chuẩn D65:* Ánh sáng ban ngày (bao gồm các vùng bước sóng cực tím) với nhiệt độ màu là 6504K, nên dùng để đo các mẫu đo, thường được thấy dưới ánh sáng ban ngày bao gồm cả bức xạ của tia cực tím.

(2) *Nguồn chiếu sáng chuẩn C:* Ánh sáng ban ngày (không có vùng bước sóng cực tím) với nhiệt độ màu là 6774K, nên dùng để đo các mẫu đo thường được thấy dưới ánh sáng ban ngày trong vùng quang phổ khả kiến không có bức xạ của tia cực tím.

(3) *Nguồn sáng tiêu chuẩn A:* Ánh sáng của đèn nóng sáng với nhiệt độ màu 2856K nên dùng để đo các mẫu đo thường được thấy dưới ánh sáng của đèn nóng sáng.

(4) *Ánh sáng trắng dịu.* (5) *Ánh sáng ban ngày.* (6) *Ánh sáng trắng dịu 3 băng hẹp.*

Trong nghiên cứu này, để đảm bảo tính chính xác của tín hiệu thu nhận được từ mẫu đo nhóm nghiên cứu đã sử dụng nguồn chiếu sáng chuẩn D65 của hãng Nichia và góc quan sát 20 với các thông số sau:

- Thông lượng chiếu sáng (Luminous Flux): 25 lm
- Cường độ chiếu sáng: 8.5 cd
- Chỉ số hoàn màu CRI: 85
- Toạ độ màu theo CIE 1931:  $x = 0.344, y = 0.355$

Bên cạnh đó để khắc phục được hiện tượng meta (cùng một màu sẽ cảm nhận khác nhau dưới các nguồn sáng khác nhau), nhóm nghiên cứu còn sử dụng thêm nguồn sáng chuẩn A do đèn sợi đốt tạo ra.

Cả 2 nguồn sáng D65 và A được thiết kế lắp đặt xen kẽ trong đầu đo và được điều khiển độc lập. Tùy vào chức năng lựa chọn khi đo mà ta có thể sử dụng 1 nguồn sáng hoặc kết hợp cả 2 nguồn sáng.

### III. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU – CHẾ TẠO

#### Thiết kế máy đo màu

Máy đo màu VL05 được thiết kế gồm 2 phần: đầu đo và mạch xử lý kết quả.

Thiết kế đầu đo máy đo màu: Đầu đo của máy đo màu được thiết kế như trong hình 3 gồm: hệ thấu kính (1), đầu gá nguồn sáng (2), vị trí điểm đo (3) và các bộ phận khác.

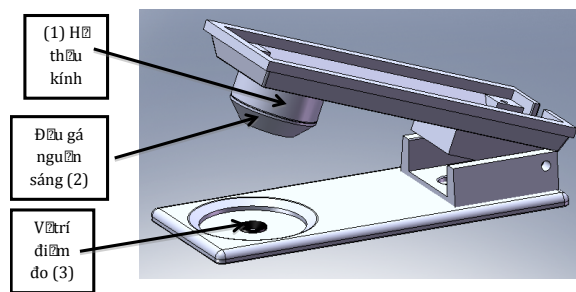
Hệ thấu kính (1): gồm 2 thấu kính đặt song song trong một ống kim loại và cách nhau 10mm, có nhiệm vụ giới hạn chùm tia sáng phản xạ từ bề mặt vật thể trong bán kính 1.5mm và hội tụ tại vị trí cảm biến màu.

Đầu gá nguồn sáng (2): được thiết kế gồm 6 vị trí gá đèn LED (3 đèn LED nguồn sáng chuẩn D65 và 3 đèn sợi đốt nguồn sáng A). Góc chiếu sáng của 2 nguồn sáng A và D65 được thiết kế là 450 so với phương

chùm sáng phản xạ.

Vị trí điểm đo (3): được thiết kế với diện tích bề mặt mẫu đo có bán kính là 1.5mm.

Với thiết kế của đầu đo, máy đo màu VL05 do nhóm nghiên cứu chế tạo sẽ lần lượt nhận chùm sáng phản xạ từ bề mặt vật liệu qua thấu kính đến bộ lọc màu Red, Green, Blue. Giá trị nhận được là tần số tương ứng với các bộ lọc màu Red, Green, Blue. Giá trị này sẽ được đưa vào bộ vi xử lý PIC18F465 và tiến hành xử lý.



Hình 5. Mô hình thiết kế đầu đo máy đo màu.

#### Xác định ma trận chuyển đổi

Để chuyển đổi ta dựa trên cơ sở các phép chuyển đổi giữa các không gian màu là phép biến đổi tuyến tính.

Để thực hiện điều này, công việc của ta là sẽ đi tìm một ma trận chuyển đổi bằng cách sẽ dùng 2 máy đo, 1 là máy đo màu do nhóm nghiên cứu chế tạo và còn cái còn lại là máy đo chuẩn SpectroEye - Gretagmacbeth. Cả hai máy sẽ cùng đo cùng một tập mẫu gồm 3 màu: Cyan, Magenta và Yellow (Pantone 2013).

Giá trị đo thể hiện tần số của 3 màu Red, Green và Blue đo được bởi máy đo VL05 và giá trị RGB đo được bởi máy SpectroEye thể hiện ở bảng sau:

Màu	Máy đo VL05			Máy đo SpectroEye		
	R(Hz)	G(Hz)	B(Hz)	R	G	B
Cyan	33290	50776	165633	88	162	206
Magenta	80563	23130	30530	168	83	121
Yellow	115879	144565	30784	239	216	56

Thực hiện tính toán ta xác định được ma trận chuyển đổi là:

$$T = \begin{pmatrix} -0.0149 & 0.002 & 0.003 \\ 0.0391 & 0.0123 & 0.0065 \\ 0.0074 & -0.0116 & 0.0182 \end{pmatrix}$$

Kết quả chuyển đổi từ các giá trị RGB (tần số) do máy VL05 đo trên một số màu thể hiện ở bảng 2.

STT	R	G	B
Red	162	69	87
Green	49	81	38
Blue	48	46	68
Cyan	88	161	206
Magenta	165	83	121
Yellow	245	213	62
Black	22	18	16
White	299	376	307

### Cân chỉnh màu trắng:

Ta thấy trên bảng kết quả của màu trắng, các giá trị thu được là (299, 376, 307) những giá trị này vượt quá giá trị 255.

Do độ nhạy của cảm biến đối với mỗi màu thành phần khác nhau không tương đương với CMFs của không gian màu RGB.

Bên cạnh đó, như ta biết về nguyên tắc màu trắng là kết quả từ việc tổng hợp các màu thành phần (Red, Green và Blue) với cường độ bằng nhau (R=G=B=255). Tuy nhiên trong thực tế, do vật trắng chuẩn không phát ra các thành phần màu cơ bản với công suất bằng nhau và bên cạnh đó độ nhạy của cảm biến màu đối với các màu thành phần cũng không bằng nhau. Điều này làm cho 3 giá trị kích thích của màu trắng không bằng nhau.

Chính vì vậy, để cân chỉnh tạo ra sự cân bằng cho của các giá trị R, G và B mà máy đo VL05 thu được sau khi chuyển đổi sang các giá trị kích thích thành phần ta sẽ tiến hành cân chỉnh màu trắng bằng cách xác định các hệ số màu cho 3 màu cơ bản như sau:

- $R' = 255/299 = 0.851920513$
- $G' = 255/376 = 0.710052449$
- $B' = 255/307 = 0.830748782$

Các hệ số màu này sẽ được nhân với các thành phần màu R, G, B trong quá trình đo mẫu và nhận dạng màu theo cảm biến màu tương ứng.

Bảng 3 thể hiện các giá trị màu của các tập màu sau khi cân chỉnh màu trắng.

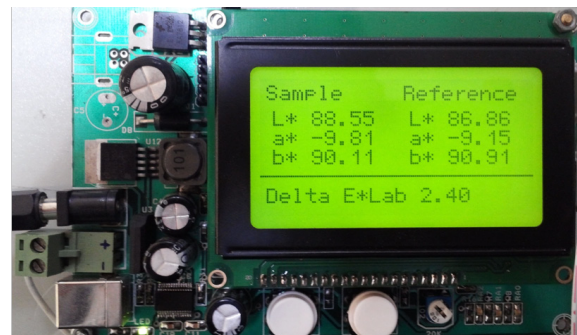
STT	R2	G2	B2
Red	138.1882	49.02841	70.70387
Green	42.02379	58.29637	25.09925
Blue	35.63328	34.36178	56.62085
Cyan	74.96909	115.0286	171.1347
Magenta	143.1226	58.93435	100.5206
Yellow	208.1488	151.4367	51.52678
Black	22.29519	19.64531	19.62686
White	255	255	255

### Xác định độ sai lệch màu Delta E

Với máy đo màu VL05, việc xác định sai lệch màu Delta E để kiểm soát chất lượng sản phẩm in được thực hiện độc lập và hiển thị trên màn hình GLCD64x128 hoặc trên phần mềm Color-M.

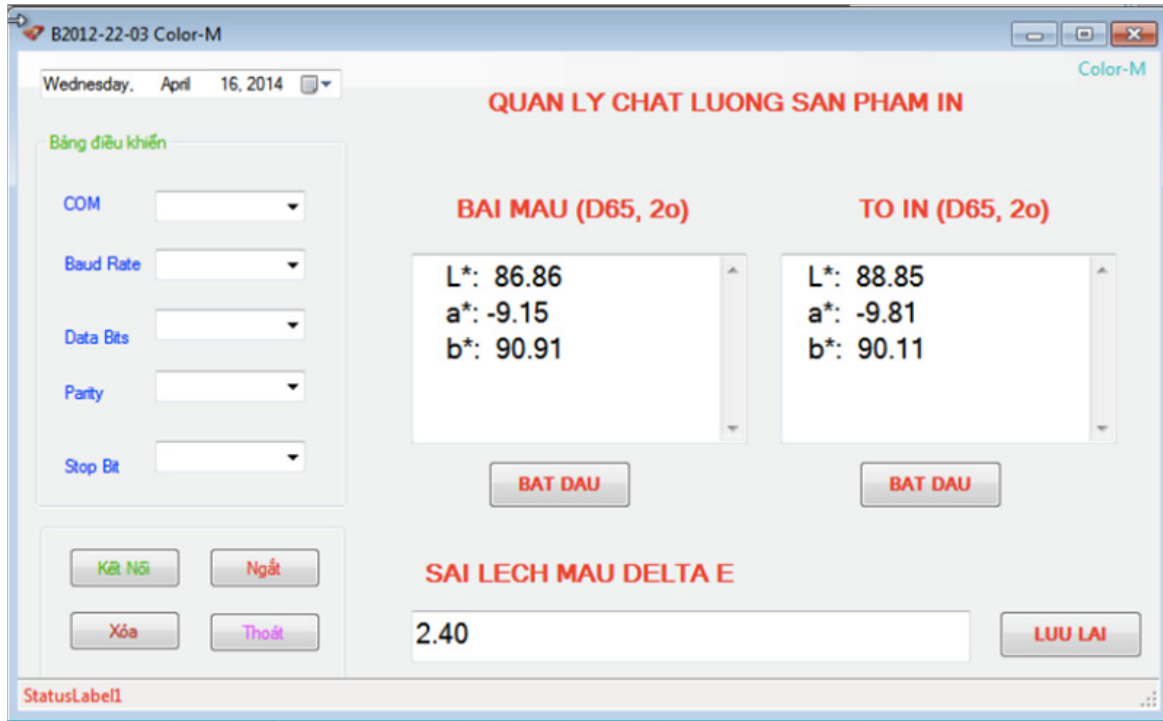
Trước tiên ta dùng máy đo màu VL05 chọn chế độ đo "Reference" để xác định giá trị  $L^*a^*b^*$  của bài mẫu và lưu giá trị mẫu này lại.

Tiếp đến, ta cũng sử dụng máy đo màu VL05 để đo tờ in hoàn chỉnh tại vị trí ta đã lấy mẫu. Kết quả ta nhận được là giá trị  $L^*a^*b^*$  (hình 6).



Hình 6: Giá trị CIE-Lab của mẫu và giá trị tham chiếu.

Từ 2 giá trị này, chương trình trong máy đo màu sẽ tính toán và cho ta độ sai lệch màu Delta E.



Hình 7: Giao diện phần mềm Color-M.

#### Thiết kế mạch điều khiển và xử lý kết quả:

Với tín hiệu cảm biến màu TAOS sau khi nhận chùm sáng phản xạ từ mẫu đo là các tần số tương ứng với các màu cơ bản, mạch điều khiển và xử lý kết quả được thiết kế như hình 4.

Máy đo màu hoạt động theo nguyên tắc sau: khi ta xác định và đưa vị trí điểm đo (3) của đầu đo vào bề mặt mẫu đo, ta tiến hành gập đầu đo để nguồn sáng và hệ thấu kính tập trung vào vị trí mẫu cần đo. Sau đó, ta nhấn nút nhấn “START” trên đầu đo, quá trình đo để xác định màu bắt đầu. Từ mạch điều khiển sau khi nhận tín hiệu “START”, bắt đầu bật nguồn sáng D65 (hoặc nguồn sáng A) “ON” và đọc lần lượt các giá trị màu phản xạ qua kính lọc Red, Green, Blue. Giá trị thu được là tần số và được lưu ở các biến trong bộ xử lý.

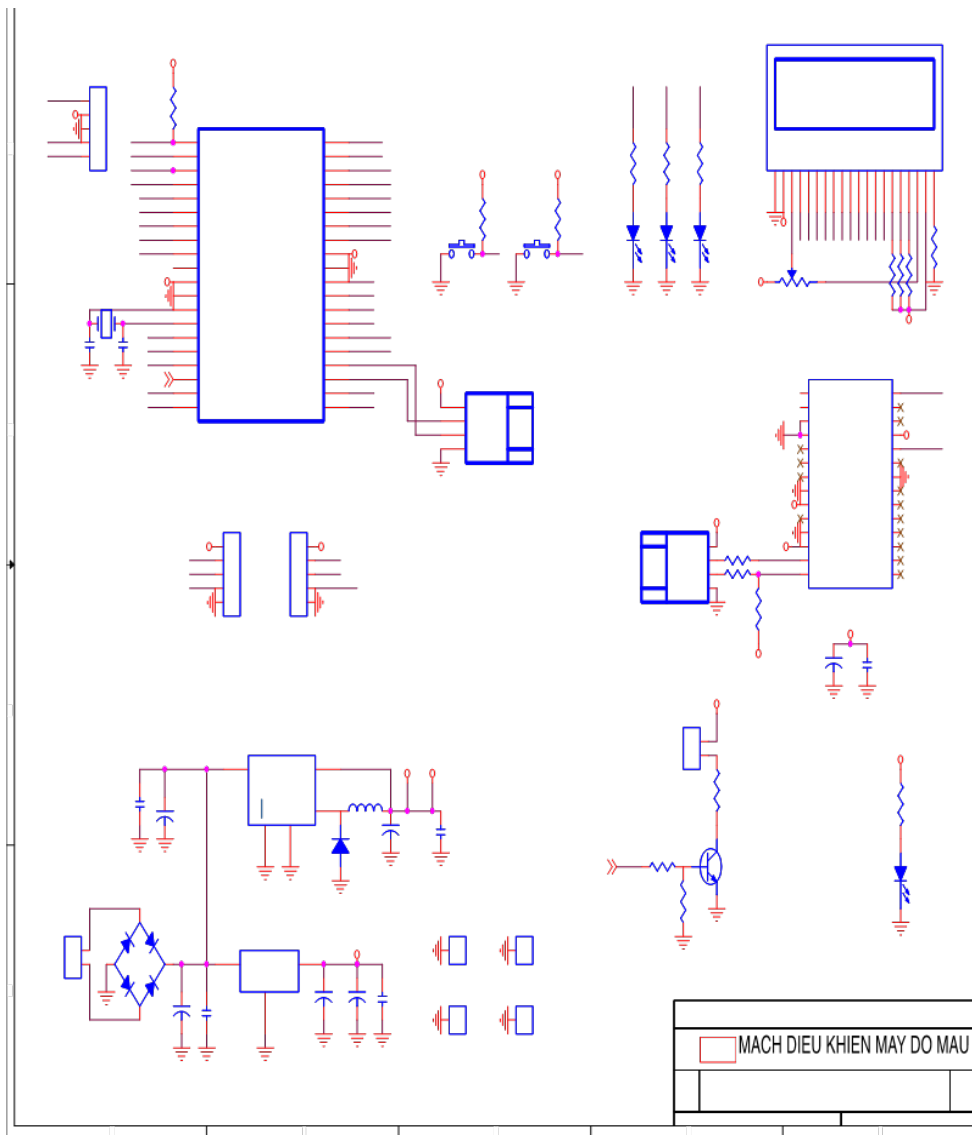
Từ giá trị tần số, nhóm nghiên cứu đã sử dụng ma trận chuyển đổi để đưa về 3 giá trị màu cơ bản (Red, Green, Blue) nằm trong khoảng 0-255. Các giá trị thu được của 3

ánh sáng cơ bản này đủ để mô tả bất kỳ màu nào nằm trong vùng phổ khả kiến. Và từ 3 giá trị cơ bản này, nhóm nghiên cứu tiến hành hiệu chuẩn theo máy đo màu chuẩn SpectroEye.

Kết quả thu được sẽ sử dụng hàm tổng hợp màu CMFs của CIE và ánh xạ qua các không gian màu khác nhau. Trong nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu đã ánh xạ qua không gian mà  $La^*b^*$  để xác định sai lệch màu Delta E. Đồng thời kết quả này cũng gửi về máy tính có cài phần mềm Color-M.

Kết quả  $La^*b^*$  sẽ được hiển thị trên màn hình GLCD64x128 được tích hợp trên mạch điều khiển.

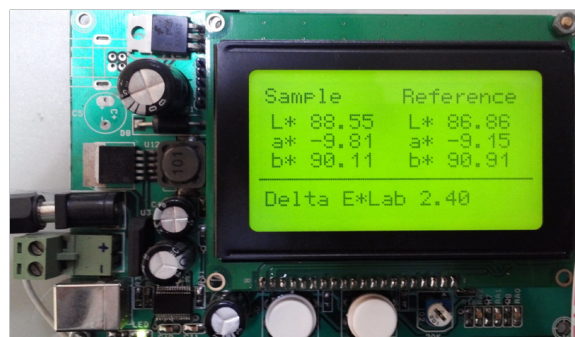
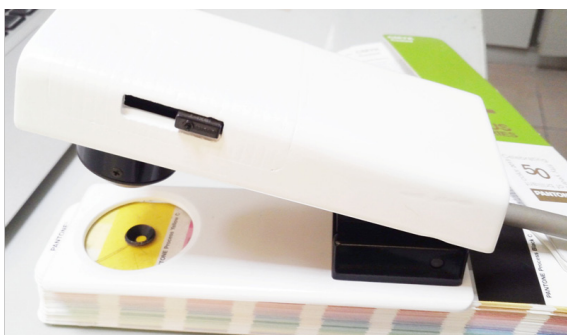
Với phần mềm Color-M được thiết kế tập trung vào quản lý chất lượng sản phẩm in nên việc chuyển đổi không gian màu sẽ được thực hiện dễ dàng. Ta có thể cài đặt giới hạn sai lệch cho phép với một màu bài mẫu và màu của tờ in, nếu giá trị sai lệch nằm ngoài giới hạn cho phép thì phần mềm sẽ cảnh báo người sử dụng...



Hình 8. Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển và xử lý kết quả máy đo màu.

### III. KẾT QUẢ

Máy đo màu do nhóm nghiên cứu thiết kế và chế tạo hoàn chỉnh được minh họa trên hình 5



Hình 5: Máy đo màu VL05.

Với phần mềm Color-M do nhóm nghiên cứu thiết kế, việc kiểm soát chất lượng tờ in có thể thực hiện trên từng vùng mực. Và có thể sử dụng các thư viện màu có sẵn (thư viện màu Pantone Pallet 2013).

#### **IV. KẾT LUẬN**

Nhóm nghiên cứu đã chế tạo thành công máy đo màu kích thích 3 thành phần VL05 và phần mềm quản lý chất lượng sản phẩm in Color-M có đặc điểm sau:

- Máy đo màu VL05 sử dụng 2 nguồn sáng chuẩn song song cho kết quả với độ chính xác cao và có thể khắc phục được hiện tượng meta.
- Máy có thể đo, xử lý kết quả độc lập và

hiển thị trên màn hình GLCD.

- Phần mềm Color-M kết hợp với máy đo màu có thể ứng dụng kiểm soát chất lượng tờ in cho máy in đến 6 đơn vị in.
- Kết quả nghiên cứu này mở ra cho ta khả năng thiết kế một máy đo màu nhỏ gọn có giá thành rẻ, độ chính xác cao ngay trong nước thay thế cho các sản phẩm ngoại nhập đắt tiền.

Với kết quả đạt được từ việc nghiên cứu chế tạo máy đo màu VL05 kết hợp với khảo sát nhu cầu thực tế, nhóm nghiên cứu kỳ vọng chủng loại máy đo màu mang thương hiệu Việt Nam sẽ ra đời, đóng góp một phần nhỏ vào sự phát triển ngành công nghệ chế tạo máy nước nhà.

#### **TÀI LIỆU THAM KHẢO:**

- [1]. TS. Ngô Anh Tuấn(2010), Lý thuyết màu và ứng dụng, NXB Đại học Quốc Gia TP Hồ Chí Minh.
- [2]. Dan Randall, Instruments for the measurement of color, Datacolor International, NC.
- [3]. Eppeldauer, G. P., Miller, C. C., Larason, T. C., Ohno, Y. Extension of the NIST tristimulus colorimeter for solid-state light source measurements, (2009)
- [4]. Noboru Ohta, Alan R. Robertson (retired) Colorimetry Fundamentals and Applications, Rochester Institute of Technology, USA., National Research Council of Canada, Ottawa, Canada, pp 63100.
- [5]. Stephen Westlanda , Caterina Ripamontib , Computational Colour Science using MATLAB, Department of Psychology, School of Design, University of Leeds, UK, University of Pennsylvania, USA.
- [6]. Rolf G.Kuehni (2003), Color Space. New York: Wiley.
- [7]. R.G. Kuehni(2000), Color: An Introduction to Practice and Principles. John Wiley & Sons, Chichester.
- [8]. [www.gretagmacbeth.com](http://www.gretagmacbeth.com)
- [9]. [www.taosinc.com](http://www.taosinc.com)