

FCU



ePaper

逢甲大學學生報告 ePaper

即時影像處理應用於電阻色碼辨識

Real-Time Image Processing Applications in Resistor Color Code Identification

作者：李宸瑋、江建達、郭柏佑、黃可妮

系級：電機四甲、電機四乙、電機四乙、電機四乙

學號：D1104887、D1091878、D1055380、D1091759

開課老師：徐士賢 教授

課程名稱：專題研究(二)

開課系所：電機工程學系

開課學年：113 學年度 第 1 學期



中文摘要

本實驗發想，是因為顏色辨別障礙人士在分辨細小且多種顏色之電阻色碼時，需耗費大量時間或求助於人，因此發想了顏色影像辨識暨自動分類收納之系統。

我們使用 ESP32-CAM 進行本專題之辨識拍攝，並透過無線網路與伺服器搭配進行照片、辨識出的數值進行資料傳輸，減少線材在電腦佔用太多序列埠。透過修改鏡頭參數使成像對比達到電腦辨識所要求，並使用高倍凸透鏡縮短焦距，採用 HSV 顏色理論來對每個色彩進行定義，並加入侵蝕膨脹等顏色處理，減少誤差。

經實驗後，發現與電阻對比較鮮明、被環境光影響小者，較容易辨識成功；中性色(如白色、灰色)較容易被環境影響(如光線、轉盤之顏色等)，目前辨識成功率約六成，若可以加入更多色彩模組增加穩定性，則有更高的辨識正確率與應用機會。本實驗之鏡頭辨識與市面之影像辨識(如:車牌辨識)相比，有更高需求於鏡頭之焦距、顏色對比、形狀不一定、方向性、順序性等。若未來可開發完全，可幫助更多顏色辨別障礙患者快速、方便辨識電阻色碼。

關鍵字：色碼電阻、影像辨識、ESP32-CAM



Abstract

The idea for this experiment was that people with color discrimination disabilities need to spend a lot of time or seek help from others when distinguishing small and multi-colored electronic color code. Therefore, a color image recognition and automatic classification and storage system was invented.

We use ESP32-CAM to perform identification and shooting for the topic, and use the wireless network to cooperate with the server to transmit the photos and the identified values, so as to reduce the number of cables occupying too many serial ports in the computer. By modifying the lens parameters, the imaging contrast meets the requirements of computer recognition, and using a high-power convex lens to shorten the focal length, the HSV color theory is used to define each color, and color processing such as erosion and expansion is added to reduce errors.

After experiments, it was found that those with a clear contrast to the resistor and less affected by ambient light are easier to identify successfully; neutral colors (such as white and gray) are more easily affected by the environment (such as light, the color of the turntable, etc.), and the current identification is successful. The recognition rate is about 60%. If more color modules can be added to increase stability, there will be higher recognition accuracy and application opportunities. Compared with the image recognition in the market (such as license plate recognition), the lens recognition in this experiment has higher requirements on the focal length, color contrast, shape uncertainty, directionality, sequence, etc. of the lens. If it can be fully developed in the future, it can help more patients with color discrimination disorders to quickly and conveniently identify an electronic color code.

Keyword : Color Code Resistors, Image Recognition, ESP32-CAM

目 次

第一章 緒論.....	4
1.1 研究動機.....	4
1.2 研究目的.....	4
第二章 系統架構.....	5
2.1 硬體架構圖.....	5
2.2 元件使用與規格.....	6
2.3 軟體流程圖.....	7
2.3.1 執行前肢軟體訓練流程圖.....	7
2.3.2 收納之軟體流程圖.....	8
2.3.3 搜尋之軟體流程圖.....	8
第三章 系統設計策略.....	10
3.1.1 硬體設計策略.....	10
3.1.2 影像辨識軟體設計策略.....	11
3.1.3 馬達控制軟體策略設計.....	12
第四章 成果.....	13
第五章 結論.....	14
參考文獻.....	15

第一章 緒論

1.1 研究動機

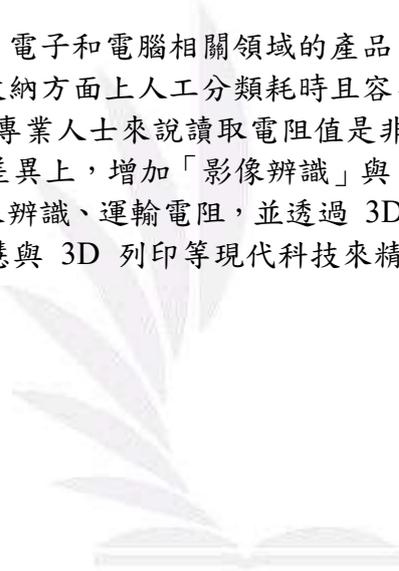
在上課的過程中我們發現電阻使用完後到下次再拿起使用時，需要再人工拿起分辨色碼值，若能直接透過影像辨識功能並進行自動分類，則可以減少使用者的負擔，增加使用的方便性。

參考全國大專院校整合創作競賽的成果，我們進一步思考，若能夠成功整合影像辨識和輸送帶，這將為使用者帶來更便捷的體驗，同時大幅減輕其負擔。這樣不僅使得收納盒更具智慧化，更為其功能增色不少。透過自動分類的機制，使用者就無需花費額外心力去做電阻分類。

1.2 研究目的

電阻器經常用於電氣、電子和電腦相關領域的產品，並且在大學中是必定會遇到的一個元件，然而在收納方面上人工分類耗時且容易出錯，並且對於顏色辨別障礙患者[1]、[2]以及非專業人士來說讀取電阻值是非常困難的。

我們在與前版專題的差異上，增加「影像辨識」與「自動分類」完善整體系統架構。透過自動化系統來辨識、運輸電阻，並透過 3D 列印的方法來完成影像平台的架構，利用人工智慧與 3D 列印等現代科技來精進原本的專題。[3]



第二章 系統架構

2.1 硬體架構圖

硬體架構如圖 1 所示，按鈕按下後，Arduino 晶片開始發送控制訊號給電路，使馬達啟動，各單位開始運作。硬體外觀如圖 2 所示，頂層馬達運送預辨識電阻至平台分類，晶片控制鏡頭進行影像辨識並處理回傳的資料，而後使其餘馬達進行樓層分類。透過控制不同樓層的三顆馬達進行各樓層之各儲存格之分類。

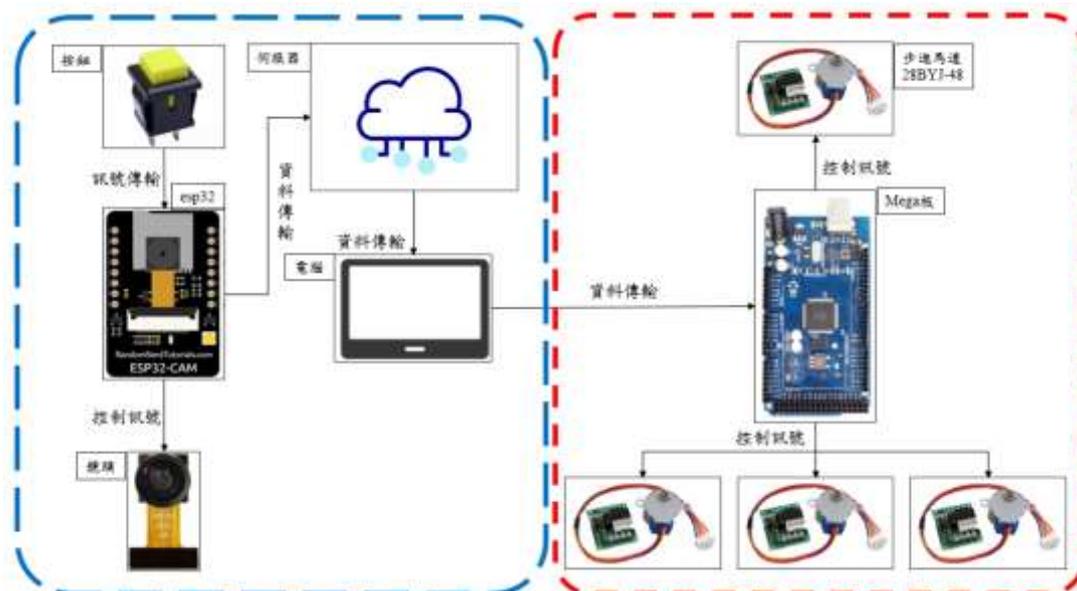


圖 1 系統架構圖



圖 2 硬體外觀示意圖

2.2 元件使用與規格

元件名稱	元件規格
<p data-bbox="391 365 520 398">步進馬達</p> 	<p data-bbox="671 461 919 495">額定電壓：5VDC</p> <p data-bbox="671 510 927 544">額定電流：240mA</p> <p data-bbox="671 560 927 593">步距角：5.625°/64</p> <p data-bbox="671 609 855 642">頻率：100Hz</p>
<p data-bbox="422 790 488 824">燈珠</p> 	<p data-bbox="671 790 967 824">額定電壓：3.2—3.4V</p> <p data-bbox="671 840 1007 873">額定電流：300—350mA</p> <p data-bbox="671 889 1023 922">色溫：正白 6000—6500K</p> <p data-bbox="671 938 927 972">最白 3000—3200K</p>
<p data-bbox="359 1037 552 1070">Arduino Mega</p> 	<p data-bbox="671 1081 911 1115">額定電壓：6-20V</p> <p data-bbox="671 1131 1054 1164">額定電流：I/O 端口：20mA</p> <p data-bbox="671 1180 1078 1214">額定電流：3.3V 端口：50mA</p> <p data-bbox="671 1229 871 1263">頻率：16 MHz</p>
<p data-bbox="368 1357 544 1391">ESP32-CAM</p> 	<p data-bbox="671 1424 1054 1458">尺寸：27x40.5x4.5(±0.2)mm</p> <p data-bbox="671 1473 911 1507">額定電壓：5VDC</p> <p data-bbox="671 1523 855 1556">額定電流：？</p> <p data-bbox="671 1572 959 1606">關閉閃光燈：180mA</p> <p data-bbox="671 1621 1182 1655">開啟閃光燈並亮度調到最大：310mA</p> <p data-bbox="671 1671 871 1704">供電範圍：5V</p>

表 1 元件規格表

2.3 軟體流程圖

本專題之軟體主要分成「收納」電阻與「控制」馬達兩大部分，在進行之前須進行軟體模組訓練。收納部分首先透過影像辨識獲取電阻色碼值[4]，再控制各樓層馬達進行旋轉到固定角度形成通道，接著辨識平台的馬達轉動使電阻掉入收納盒中完成分類。馬達部分則是透過 Arduino 傳送訊號控制，在辨識完成後先判斷要掉落在第幾層，之後控制馬達轉動角度形成通道，再由頂部辨識平台之馬達轉動使辨識完成之電阻掉落。

2.3.1 執行前置軟體訓練流程圖

如圖 3 所示，本研究通過 Python Opencv 套件內建的預訓練模型 VGG16，數據來源使用自己拍攝的多種電阻圖片進行模型訓練。

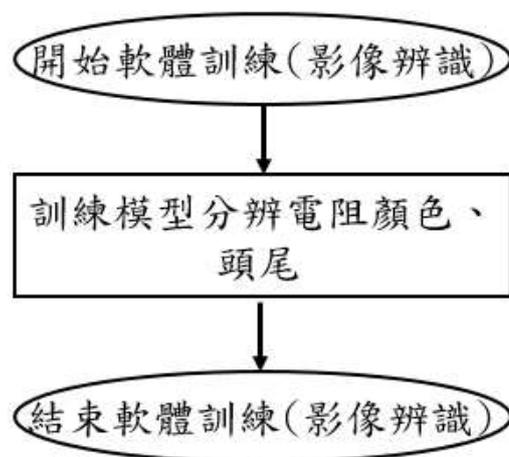


圖 3 軟體訓練流程圖

2.3.2 收納功能流程圖

如圖 4 所示，按下按鈕啟動，先進行影像辨識後確認要落在哪層，在旋轉儲存格到對應位置，若是沒有該電阻色碼值則會掉落在我們設計給未知電阻色碼值的儲存格內。

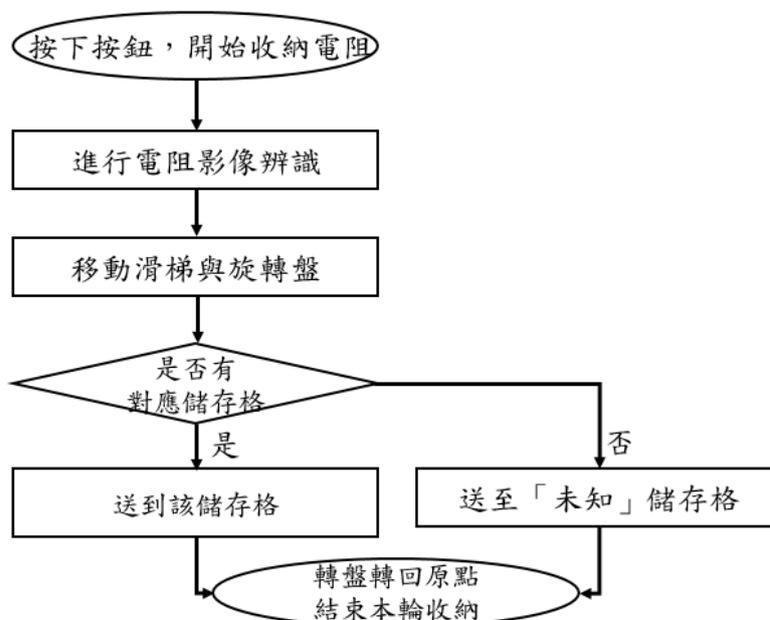


圖 4 收納功能流程圖

2.3.3 馬達控制流程圖

如圖 5 所示，軟體先辨識電阻色碼值後，判斷掉落樓層，傳送訊號控制各樓層馬達旋轉角度，完成後頂部辨識平台馬達轉動推落電阻使其掉入正確的儲存格內。

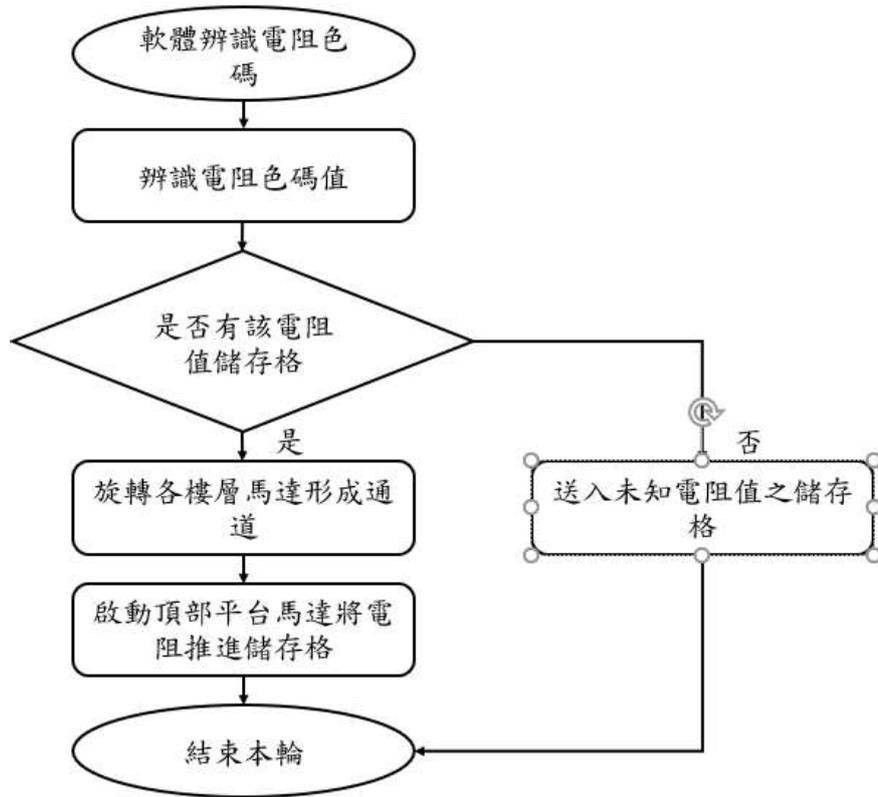


圖 5 搜尋功能流程圖

第三章 系統設計策略

3.1.1 硬體設計策略

因需符合能讓電阻辨識完後快速歸位，故我們採取類似多層停車場的架構設計，不僅讓能夠分類的電阻色碼類別增多，而且只要再加裝儲存格與柱子，則後續可以無限擴增，如圖 6 所示。最上層的辨識平台則運用扇葉區隔每個電阻，讓這個裝置擁有一次性投放多個電阻再連續辨識的功能，並且我們預設是處理使用完後的電阻，所以電阻腳不管任何形狀都能順利通過通道進而完成分類歸位，我們在辨識鏡頭下加裝一個高倍透鏡用來縮短焦距並且經過實驗設計出可以有效避免光干擾的環境讓鏡頭可以有效成像。

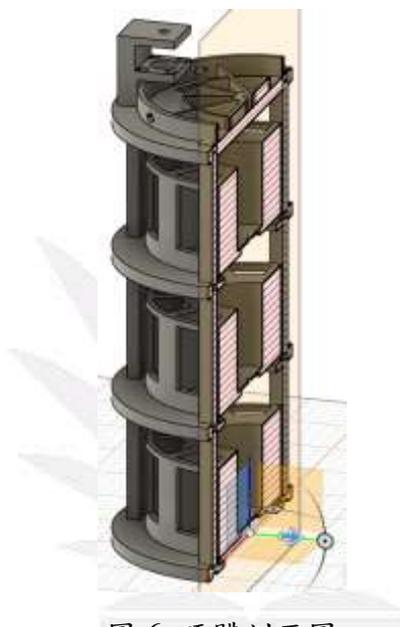


圖 6 硬體剖面圖

3.1.2 影像辨識軟體設計策略

首先使用 OpenCV 函式庫，再將影像轉換到 HSV 值[5]，HSV 色彩模型能夠更好的分離色調、飽和度和亮度，接著根據 HSV 範圍建立遮罩如圖 7 所示以辨識電阻色環[6]。然而，我們在這邊遇到光線反射而影響到 HSV 範圍的問題[7]、[8]，因此我們使用侵蝕與膨脹技術如圖 8，cv2.erode()函式可以對影像進行侵蝕操作，用來去除小的雜訊，cv2.dilate()函式則是進行膨脹操作，還原被侵蝕的區域。除此之外我們依據電阻的誤差值環作為座標來判斷圖像是否需要翻轉如圖 9 所示，如此，使我們的辨識步驟可以順暢運行。

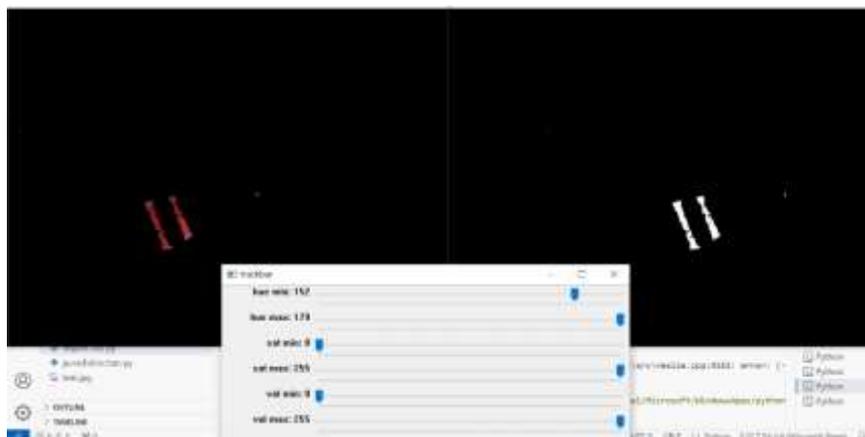


圖 7 HSV 色彩模型建立遮罩

```
# 找電阻外框again
mask_body_rotated = cv2.inRange(hsv, lower_body, upper_body)
mask_body_rotated = cv2.erode(mask_body_rotated, kernel)
mask_body_rotated = cv2.dilate(mask_body_rotated, kernel)
mask_rotated = mask_body_rotated.copy()
for color, (lower, upper) in color_ranges.items():
    color_mask_rotated = cv2.inRange(hsv, np.array(lower), np.array(upper))
    mask_rotated = cv2.bitwise_or(mask_rotated, color_mask_rotated)
mask_rotated = cv2.morphologyEx(mask_rotated, cv2.MORPH_CLOSE, kernel)
contours_rotated, _ = cv2.findContours(mask_rotated, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX
if contours_rotated:
    largest_contour_rotated = max(contours_rotated, key=cv2.contourArea)
    x, y, w, h = cv2.boundingRect(largest_contour_rotated)
    resistor_min_x = x
    resistor_max_x = x + w
    resistor_min_y = y
    resistor_max_y = y + h
# 畫電阻外框
cv2.rectangle(rotated_image, (x, y), (x + w, y + h), (0, 0, 255), 2)
```

圖 8 侵蝕與膨脹

```
# 旋轉圖片
(h, w) = image.shape[:2]
center = (w / 2, h / 2)
M = cv2.getRotationMatrix2D(center, -angle, 1.0)
rotated_image = cv2.warpAffine(image, M, (w, h), flags=cv2.INTER_CUBIC, borderMode=cv2.BORDER_REPLICATE)
hsv = cv2.cvtColor(rotated_image, cv2.COLOR_BGR2HSV)
```

圖 9 侵蝕與膨脹

3.1.3 馬達控制軟體策略設計

如圖 10 所示，28BYJ48 的步進角度是 5.625 度且馬達減速比是 1:64，所以我們要給馬達一個脈衝訊號，電機旋轉(5.625/64)度，所以正轉一圈需要給 $360/(5.265/64)=4096$ 的脈衝信號，不過這是一/二相激磁才會有的步數，但我們使用的 Stepper 程式庫，他是採用二相激磁的實作方式，故將 StepsPerRevolution 設定為 2048 步。

```
void moveFanStepper() {
  // 順時針旋轉 46 度
  int fanStepsCW = map(46, 0, 360, 0, STEPS);
  fanStepper.step(fanStepsCW);
  delay(100); // 停頓 0.1 秒

  // 逆時針旋轉 10 度
  int fanStepsCCW = map(-10, 0, 360, 0, STEPS);
  fanStepper.step(fanStepsCCW);

  Serial.println("扇葉旋轉完畢"); // 提示扇葉旋轉完畢
  delay(1000); // 等待馬達穩定
}
```

圖 10 馬達控制

第四章 結論與未來計畫

如圖 11 所示，本實驗硬體架構使用高倍透鏡與光源，提高鏡頭之可見與清晰度。實驗測試樣本共 100 種電阻，本專題能將約 60% 色碼分析並分類至對應儲存格，其中暖色系且線條明顯之電阻較易被分辨，對光源差異的容忍度較高，冷色系或與電阻本體對比不鮮明者，較易受到光源微小異動而難以辨識。中性色(如黑、白、灰)則易與電阻本體或是其他顏色混淆。此外，本專題亦發現鏡頭之高度不穩定性(如延遲、過熱、網路斷線等)，若想改良本實驗，建議使用其他款鏡頭，增強光源穩定性與嘗試精進本專題之功能。



圖 11 成品架構圖

第五章 結論

系統有效地解決了人工分類電阻色碼耗時且容易出錯的問題。利用加入凸透鏡的 ESP32-CAM，提高了影像的清晰度，確保了色環的精確辨識。並採用 HSV 色彩空間進行色環辨識，實現了電阻值的精確計算。結合 Arduino 與步進馬達，完成了電阻的自動分類與收納流程。在機構設計上，儲存格可無限向下擴充，具備良好的可拓展性，本專題特性可幫助顏色辨別障礙患者、短時間需辨識多種電阻等受眾，如表 2 所示是我們經實驗後所測出的電阻值與對應辨識成功率之表格。

測試電阻值	掉落成功率	測試電阻值	掉落成功率
12Ω	85%	7300Ω	85%
15Ω		9600Ω	
300Ω		16000Ω	
420Ω		24000Ω	
510Ω		56000Ω	
560Ω		75000Ω	
750Ω		240000Ω	
820Ω		360000Ω	
1000Ω		720000Ω	
2800Ω		2200000Ω	
3900Ω		3300000Ω	
4700Ω		4700000Ω	
5600Ω		6200000Ω	

表 2 電阻值與辨識成功率表

參考文獻

- [1] M. Muminovic and E. Sokic, “Automatic Segmentation and Classification of Resistors in Digital Images,” in *2019 XXVII International Conference on Information, Communication and Automation Technologies (ICAT)*, Oct. 2019, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICAT47117.2019.8939034.
- [2] Y.-S. Chen and Y.-C. Hsu, “Computer vision on a colour blindness plate,” *Image Vis. Comput.*, vol. 13, no. 6, pp. 463–478, Aug. 1995, doi: 10.1016/0262-8856(95)94380-I.
- [3] Y.-S. Chen and J.-Y. Wang, “Reading resistor based on image processing,” in *2015 International Conference on Machine Learning and Cybernetics (ICMLC)*, Jul. 2015, pp. 566–571. doi: 10.1109/ICMLC.2015.7340616.
- [4] K. L. Chan and H. Wang, “Reading resistor values by color image processing,” in *Automatic Inspection and Novel Instrumentation*, SPIE, Aug. 1997, pp. 157–168. doi: 10.1117/12.284040.
- [5] 林偉政，電阻色碼辨識系統之研究，碩士論文，國立中興大學生物產業機電工程學系所，台中市，2007
- [6] M. F. Demir, A. Cankirli, B. Karabatak, A. Yavariabdi, E. Mendi, and H. Kusetogullari, “Real-Time Resistor Color Code Recognition using Image Processing in Mobile Devices,” in *2018 International Conference on Intelligent Systems (IS)*, Sep. 2018, pp. 26–30. doi: 10.1109/IS.2018.8710533.
- [7] T. Liu, H. Guo, and Y. Wang, “A New Approach for Color-Based Object Recognition with Fusion of Color Models,” in *2008 Congress on Image and Signal Processing*, May 2008, pp. 456–460. doi: 10.1109/CISP.2008.464.
- [8] J. van de Weijer and Th. Gevers, “Robust optical flow from photometric invariants,” in *2004 International Conference on Image Processing, 2004. ICIP '04.*, Oct. 2004, pp. 1835-1838 Vol. 3. doi: 10.1109/ICIP.2004.1421433.