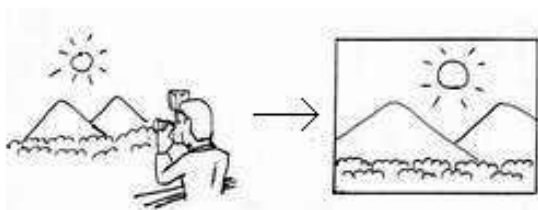


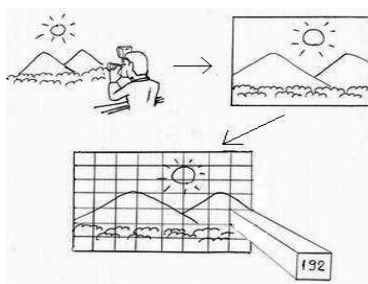
การบันทึกภาพ โดยปกติแล้วภาพที่สายตาคนมองเห็นนั้นเป็นภาพแบบ 3 มิติ มีทั้งความกว้าง ความสูง และความลึก เมื่อต้องการภาพใดๆ ที่คนมองเห็น จะต้องทำการถ่ายภาพเสียก่อน โดยใช้ กล้องถ่ายรูป การถ่ายภาพด้วยกล้องจะทำให้ได้ภาพมา แต่จะเป็นภาพแบบ 2 มิติ ที่มีแต่ความกว้าง และความสูงเท่านั้น เนื่องจากภาพที่ถ่ายได้นั้นไม่สามารถแสดงความลึกได้



ภาพที่ 2.2 การบันทึกภาพ

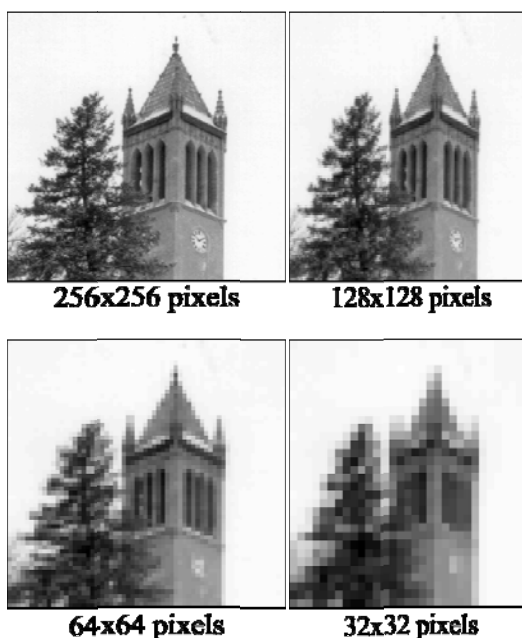
ดังนั้นนิยามของภาพดิจิทัลคือ ฟังก์ชัน 2 มิติ $f(x,y)$ ของค่าความเข้มของแสงโดยมี x กับ y เป็นตัวบอกตำแหน่งในระบบพิกัดฉาก การถ่ายภาพก็คือ การแปลงภาพที่เป็นแบบ 3 มิติ ซึ่งเป็นภาพที่มองเห็นได้ด้วยตาให้มาเป็นภาพในแบบ 2 มิติอยู่บนแผ่นฟิล์ม หรือกลายเป็นภาพดิจิทัลในระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งจะเหลือแค่แนวระนาบ x,y เท่านั้นไม่มีภาพลึกปรากฏให้เห็น (ไม่สามารถหยั่งความลึกเป็นขนาดได้) การนำเสนอภาพในแบบดิจิทัลจะขึ้นอยู่กับสองปัจจัย คือ

การสุ่มเลือกทางจุดตำแหน่ง (Image Sampling) เวลาที่ถ่ายรูปมาแล้วแปลงจากฟิล์มอัดลงกระดาษไฟได้ภาพจะคมชัดแตเมื่อนำมาลงคอมพิวเตอร์ ภาพที่ได้จะไม่เหมือนต้นฉบับแล้ว เพราะว่าการแสดงภาพของคอมพิวเตอร์นั้น จะใช้จุดในการนำเสนอ ภาพจริงๆเมื่อนำมาลงในคอมพิวเตอร์ จะต้องกำหนดความละเอียดของจุดภาพด้วยและ เวลาเอาภาพมาขยายมักจะเรียกว่า ภาพแตก ขยายแล้วแตกดังนั้น ต้องไปยืนมองจากที่ไกลๆ หรือไม่ก็ต้องทำตาปรือๆ จึงจะบอกได้ว่าภาพนั้นเป็นภาพอะไร ที่เป็นเช่นนั้นเพราะการสุ่มเลือกทางจุดตำแหน่งนั้นน้อยเกินไปดังแสดงในภาพที่ 2.3



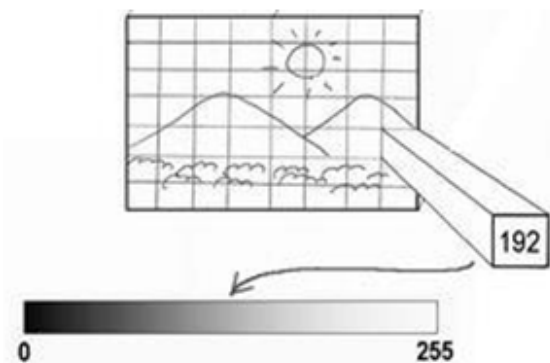
ภาพที่ 2.3 การสุ่มเลือกทางจุดตำแหน่ง

ไม่ว่าจะเป็นการ สแกนลงคอมพิวเตอร์หรือ การถ่ายภาพด้วยกล้องจะเป็นการสุ่มเลือกทางจุดในแนวแกน x และ y ถ้าต้องการความละเอียดของภาพมากๆ จะต้องหยิบทุกๆ จุดๆ ที่พอจะหยิบได้ คือต้องเข้าใจว่าในคอมพิวเตอร์จะเก็บภาพและนำเสนอภาพด้วยจุด (Pixel) ซึ่งจะนำเสนอภาพแบบที่คมชัดจริงๆ ไม่ได้เหมือนภาพถ่ายที่อัดลงบนกระดาษ ดังนั้น ความละเอียดนี้จึงจะต้องขึ้นอยู่กับจุดที่เก็บเข้ามาด้วยและถ้าเก็บภาพโดยกำหนดให้การสุ่มเลือกทางแกน x,y ที่ถี่มากๆ จะต้องใช้พื้นที่ดิสก์ในการเก็บรูปภาพไปด้วยลองดูตัวอย่างรูปเดียวกันต่อไปนี้ สุ่มเลือกมาด้วยความละเอียดที่ต่างกัน พอขยายออกมาให้เท่ากันและเปรียบเทียบกันก็จะเห็นได้ชัดเจนถึงจำนวนจุดที่สุ่มมาว่าต่างกัน และเห็นชัดว่าภาพจะแตกมากขึ้น ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 การเปรียบเทียบจำนวนจุดที่สุ่ม

การประมาณค่าความเข้มของแสงในแต่ละจุด การสุ่มเลือกทางจุดตำแหน่งคือปัจจัยแรกที่จะทำให้ภาพมีคุณภาพที่ดีหรือไม่ อีกปัจจัยหนึ่งก็คือความเข้มของแสงในแต่ละภาพ คือเวลาที่สแกนภาพเข้าไปในโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อดูภาพๆ นั้นแล้วก็หาสีที่ใกล้เคียงกับจุดที่กำลังดูอยู่ถ้าบันทึกภาพในโทนสีเทาหรือภาพแบบ เกรย์สเกล (Grey Scale) สีขาวจะถูกแทนที่ด้วยค่าสี 255 (11111111) และสีดำจะถูกแทนที่ด้วยค่าสี 0 (00000000) ดังนั้นในแต่ละจุดจึงจะมีค่าความเข้มของแสงอยู่ระหว่าง 0-255 ซึ่งก็แค่ 256 สีหรือ 2 ยกกำลัง 8 โดย 8 ในที่นี้คือจำนวนบิต ดังนั้นถ้าบอกว่าภาพแบบ 8 บิตก็คือภาพที่แต่ละจุดมีค่าอยู่ระหว่าง 0-255 ดังแสดงในภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 การประมาณค่าความเข้มของแสงในแต่ละจุด

แต่ถ้าเป็นภาพแบบขาวดำ ไม่ใช่ โทนสีเทา ค่าความเข้มแสงของแต่ละจุดก็จะมีแค่ 0 กับ 255 หรือก็คือ 1 บิตนั่นเอง คือ ถ้าไม่มีสีขาว ก็เป็นสีดำไปเลยนี่ถ้าสแกนภาพเข้ามาแบบนี้ ต่อให้ซูมเลือกทางจุดตำแหน่งมาละเอียดๆภาพก็ดูไม่รู้เรื่องเพราะว่าความเข้มของแต่ละจุดนั้นน้อยเกินไป ดังภาพที่ 2.6



แบบโทนสีเทา (Grey Scale) แบบสี ขาว ดำ (Black & White)

ภาพที่ 2.6 เปรียบเทียบระหว่าง โทนสีเทา (Grey Scale) กับ สีขาว ดำ (Black & White)

ดังนั้นจากที่ได้กล่าวมา ถ้าต้องการแค่นี้อาของภาพ ก็บันทึกภาพแบบโทนสีเทา ก็ถือว่าสามารถมองออกแล้วว่าภาพนั้นคือภาพอะไรไม่จำเป็นต้องใช้ความละเอียดของสีมากมาย ก็คือ แค่จุดละ 8 บิต ก็ถือว่าใช้ได้แล้วถ้าอยากรู้ว่าภาพๆหนึ่งนั้นใช้พื้นที่ในการเก็บข้อมูลเท่าไรก็เอาความกว้างคูณความยาวและคูณด้วยจำนวนบิตเข้าไป เช่น ภาพขนาด 128×128 ก็จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

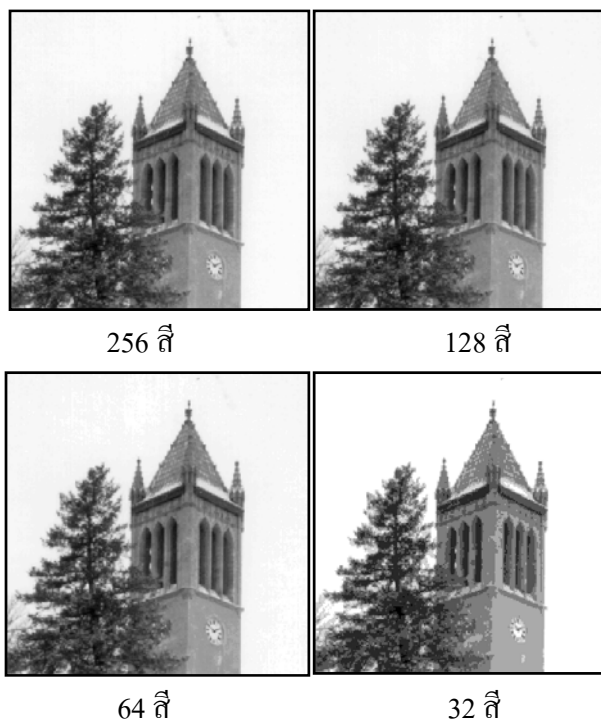
$$128 \times 128 = 16,384 \text{ จุด (Pixel)}$$

(2-1)

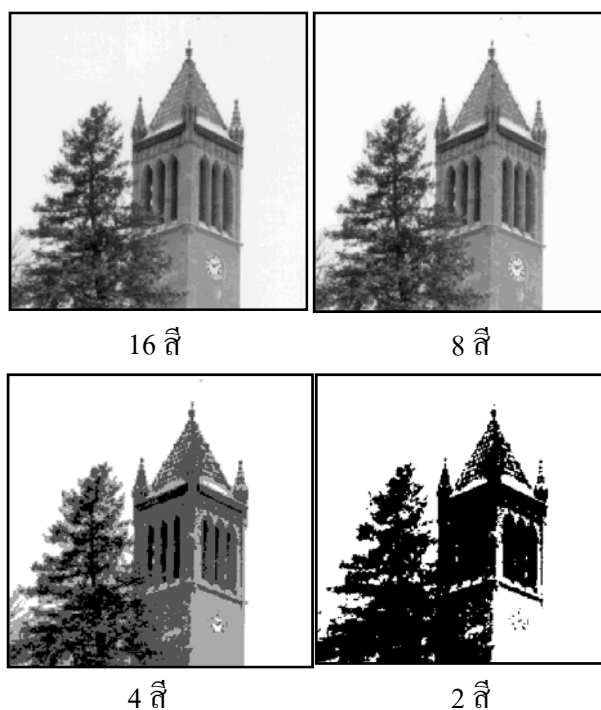
ภาพขนาด 128×128 จะมีจุดทั้งหมด 16384 จุด ถ้าพิจารณาภาพนี้เป็นภาพแบบ 8 บิต นั้นหมายความว่าแต่ละจุดๆในภาพจะมีค่าระหว่าง 0-255 หรือ 00000000 - 11111111 นั่นก็คือ 1 จุดมี 8 บิต ก็เอา 8 บิต คูณกับ 16384 เข้าไปก็จะได้เป็น

$$\begin{aligned}\text{จำนวนบิตที่ใช้ในภาพนี้} &= 16,384 \times 8 \\ &= 131,072 \text{ บิต}\end{aligned}\quad (2-2)$$

ถ้าเก็บภาพโดยให้แต่ละจุดมีความเข้มของแสงเป็น 8 บิตอย่างนี้แค่ 8 บิตภาพที่ได้ก็พอมองออกได้ ถ้าลดบิตลงจากเดิมเรากำหนดให้หนึ่งจุดมี 8 ก็จะมีได้ 256 สีอย่างนี้พอดูภาพแล้วใช้ได้ภาพลื่นสวย แต่ถ้าลดบิตลง นั้นหมายความว่าจำนวนสีที่มีได้ในแต่ละจุดนั้นจะต้องเปลี่ยนไป โดยเปลี่ยนไปในทางที่ดูแล้วต้อง ขมวดคิ้ว ถ้าให้จำนวนสีลดลงจากเดิม 256 สี ให้เหลือ 128 สี 64 สี 32 สี, 8 สี และ 2 สี (1 บิต) จะได้ผลดังแสดงในภาพที่ 2.7

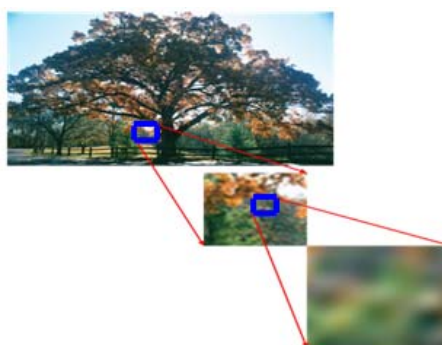


ภาพที่ 2.7 การเปรียบเทียบจำนวนสี



ภาพที่ 2.7 การเปรียบเทียบจำนวนสี (ต่อ)

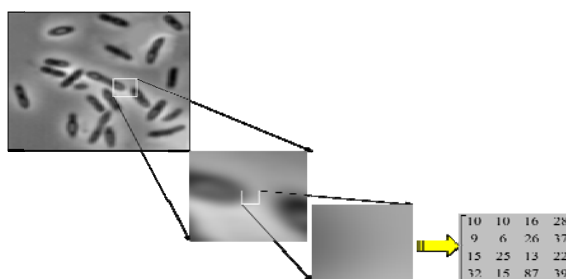
2.1.1 ภาพสี (R : Red, G : Green, B : Blue or RGB) ที่กล่าวไปแล้วเป็นภาพแบบโทนสีเทา ซึ่งมีแค่ 1 ระบาย คือ ระบายของสีเทา 0-255 แต่ถ้าพิจารณาต่อว่าอยากจะได้เป็นภาพสี คือภาพสี จะเกิดจากการผสมสี 3 สีเข้าด้วยกัน นั่นคือ แม่สีได้แก่ สีแดง, สีเขียว และ สีน้ำเงิน หรือ RGB ดังนั้น 1 จุดภาพ จะประกอบไปด้วยค่าสี 3 สีที่มีค่าความเข้มไม่เท่ากันเมื่อผสมกันออกมา ก็จะได้เป็นจุดสี หนึ่งจุดที่มีความใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับมากขึ้น แต่จะเหมือนจริงมากแค่ไหนก็ต้องดูที่บิตของ จุดๆ นั้น ถ้ามีแค่ 8 บิต ความชัดเจนก็ระดับหนึ่ง



ภาพที่ 2.8 ภาพสี (สีแดง = 8 บิต, สีเขียว = 8 บิต และ สีน้ำเงิน = 8 บิต)

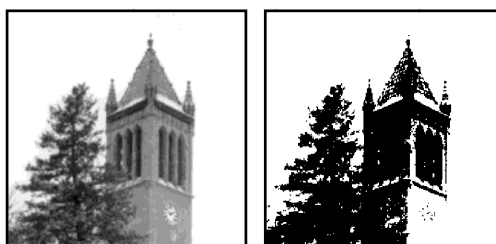
จากรูปในข้างต้น ใน 1 จุดสี จะประกอบไปด้วย 3 สี คือ สีแดง สีน้ำเงิน และ สีเขียว แต่ละสี ถ้าจะให้ละเอียดมากขึ้น ก็ควรจะมีความเข้มที่อยู่ในช่วงที่กว้างขึ้น คือ ถ้า 8 บิต ยังนำเสนอสาระของภาพไม่ได้มากนัก ก็ควรจะบันทึกใหม่โดยการกำหนดให้เป็น 16 บิต หรือ 24 บิต ดังนั้นใน 1 จุดที่มี 3 สี แต่ละสีจะมีความเข้มของแสงสีละ 8 บิต ผลที่ตามมาก็คือ พื้นที่ในดิสก์หรือหน่วยความจำที่ใช้ในการเก็บข้อมูลก็จะมากขึ้นเป็นเงาตามตัวโดยทั่วไปแล้วภาพสีจุดละ 8 บิตก็ถือว่าให้สาระของภาพได้ชัดเจนระดับหนึ่งแล้ว ต้องเข้าใจว่าถ้าไม่ต้องการความละเอียดมากจะใช้แค่ 8 บิตก็ได้

2.1.2 การประมวลผลภาพโดยใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ นั้นจะต้องอ่านค่าสีเข้ามาโดยให้อยู่ในลักษณะของ เมตริกซ์ (Matrix) หรือพูดง่ายๆ ก็คือ อาร์เรย์ ดังแสดงในภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 การประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) คือการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์ ไม่ว่าจะเป็นภาพแบบโทนสีเทา หรือภาพสี ก็ไม่ต่างกันในเวลาประมวลผล จะมีที่ต่างกันก็คือ ถ้าทำบนภาพแบบ เกรย์สเกล เราทำแค่ 1 ระบาย (1 Channel) เท่านั้น เพราะภาพแบบโทนสีเทานั้นมี เมตริกซ์ (Matrix) ของสีแค่ 1 ชุด แต่ถ้าทำกับภาพสี จะมี 3 ระบาย (3 Channel) นั่นก็คือ จะต้องทำบนระบาย สีแดง, สีเขียว และ สีน้ำเงิน ทั้งหมดยกตัวอย่างเช่น ถ้ามีภาพสีอยู่ภาพหนึ่ง และต้องการทำการกลับภาพ (Inverse) ให้เป็นแบบ เนกาทีฟ (Negative) หรือโทนสีเทา และถ้าทำบนภาพแบบโทนสีเทานั้นก็คือการเอา 255 ไปหักลบออกจากแต่ละจุดผลที่ได้คือภาพโทนสีเทาดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 การกลับภาพ (Inverse) จากโทนสีเทา ภาพที่ได้จะเป็นสีขาว ดำ

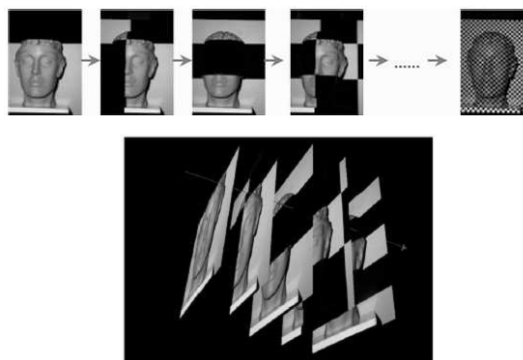
แต่ถ้าเป็นภาพสี เวลาทำการประมวลผลให้เป็นโทนสีเทาในแต่ละระนาบ ที่เป็นภาพสี ก็จะต้องทำทุกระนาบ หรือการประมวลผลแบบเดียวกันนี้ 3 ครั้ง เพราะภาพสีมี 3 ระนาบ ดังภาพที่ 2.11

ภาพที่ 2.11 ภาพสีแบบ 3 ระนาบ

2.1.3 การประยุกต์ในการประมวลผลภาพ (Image Processing) นั้นสามารถแตกแขนงออกไปได้หลายแนวทาง เริ่มจากการวิเคราะห์รูปภาพแล้วบอกว่าสิ่งนั้นคืออะไร สิ่งนี้คืออะไรก็สามารถนำไปสร้างงานได้เยอะมากตัวอย่างเช่น การตรวจจับรอยยี่มของกล้องดิจิตอลรุ่นหนึ่งของโซนี่ (Sony) ซึ่งลองคิดว่ากล้องดิจิตอลรับรู้ได้อย่างไรว่ามีการยี่มเกิดขึ้นตรงนี้เองเหมือนกับว่ากล้องตัวนี้มีสมองคิดเองได้ ซึ่งนี้เรียกว่า ความสามารถในการเห็น หรือ รับรู้ (Vission) ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer Vission) เป็นเหมือนกับสมองเล็กๆซึ่งเรื่องนี้มีการวิจัยกันมากมายเพื่อสร้างกระบวนการหรืออัลกอริทึมที่มีความสามารถมากขึ้นเรื่อยๆ โปรแกรมที่มีความสามารถในการตรวจจับคนร้าย โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีการ สแกน (Scan) ม่านตาเพื่อใช้เป็นรหัสผ่านในการเข้าออก ซึ่งในการวิจัยพัฒนาในด้านต่างๆ เหล่านี้มีหลายหัวข้อเยอะแยะมากมาย หรือในด้านเกษตรก็มี เช่น การวิเคราะห์หาพื้นที่เพาะปลูกทั่วประเทศโดยวิเคราะห์จากภาพถ่ายดาวเทียม อันนี้ก็เป็นงานที่สามารถใช้ความรู้ด้านนี้เข้ามาช่วยอำนวยความสะดวกได้ ดังภาพที่ 2.12

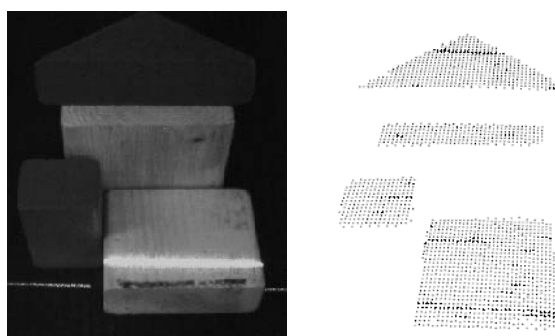
ภาพที่ 2.12 ภาพถ่ายดาวเทียม

แต่ในที่นี้เราพูดถึงการสแกนวัตถุรูปทรง 3 มิติด้วย สตักเจอร์ไลท์ (Structured Light) ซึ่งมีคนคิดค้นในการทำสตักเจอร์ไลท์คือเซอร์กี วินสไตน์ ปี 2006 (Sergey Winstein : 3-D Stereoscopic Reconstruction using Structure Light) ได้ศึกษาประยุกต์ใช้งานการฉายรูปแบบของแสง (Structured Light) ลงบนวัตถุเพื่อช่วยในการระบุตำแหน่งร่วม (Common Point) ของวัตถุเพื่อช่วยหาจุดร่วมเดียวกันในภาพ 2 ภาพอีกทั้งยังประยุกต์การเข้ารหัสเข้ากับการฉาย คือเมื่อมีรูปแบบของแสง แตกต่างกันหลายรูปแบบ เมื่อเรียงลำดับการฉายของแต่ละรูปแบบ จุดๆ (Pixel) หนึ่งย่อมมีลำดับในการได้รับแสงต่างกันเป็นผลให้แต่ละจุดบนวัตถุต่างก็มีรูปแบบการรับแสงที่ต่างกัน สามารถนำมาประยุกต์เพื่อสร้างเป็นภาพขึ้นดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 การใช้ลำดับและรูปแบบของแสงที่ต่างกันสร้างรหัสให้วัตถุ

แต่ในที่นี้จะใช้แสงของเลเซอร์ โดยการฉายแสงเลเซอร์ไปที่วัตถุเพื่อทำให้เกิดเป็นลายเส้นตามวัตถุ ทำให้ได้ข้อมูลตำแหน่งของวัตถุออกมาในรูปแบบของ กลุ่มของจุด (Cloud of Point) ในการใช้งานจริงข้อมูลของจุดจะถูกแปลงเป็นข้อมูลพื้นผิวโดยการเชื่อมจุดต่างๆ เข้ากันเป็นผิวของวัตถุขึ้นมาดังภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 การใช้เลเซอร์วิ่งผ่านวัตถุเพื่อเก็บข้อมูลและ นำมารวมกันเป็นข้อมูลพื้นผิว

2.2 ความรู้เกี่ยวกับการใช้โปรแกรมวิชวลซีพลัสพลัส 6.0 (Visual C++ 6.0) และการประยุกต์ใช้ไลบรารีของโอเพ่นซีวี (OpenCV Library) ในการประมวลผลรูปภาพ

ทำไมถึงใช้โปรแกรมวิชวลซีพลัสพลัส 6.0 หรือภาษาซีในการประมวลผลรูปภาพ เพราะที่เลือกภาษาซี นั้นคือ เป็นภาษาที่มีความสามารถสูง และมีความยืดหยุ่นสูงสามารถทำงานได้หลายระบบ ผู้เขียนภาษาซีสามารถเขียนโปรแกรมประมวลผลรูปภาพได้ทั้งบน วินโดว์ ลินุกซ์ หรือ ยูนิกซ์ เป็นต้น ก็แล้วแต่การนำไปใช้ในแต่ละงานๆ เมื่อเทียบกับภาษาอื่นๆแล้ว ภาษาซี สามารถสร้างขึ้นมาเป็นไฟล์ข้อมูลที้นำไปใช้งานได้เลยหรือไฟล์ .exe นั้นเองซึ่งก็เป็นประโยชน์อย่างมากถ้าจะนำไปใช้สร้างเป็นโปรแกรมประยุกต์ต่อไป

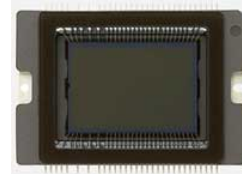
โอเพ่นซีวี (Opencv) มีประโยชน์ดังนี้

- โหลดภาพบิตแมพ (Bitmap or BMP), โหลดข้อมูลวีดีโอ(AVI or Uncompressed Video) หรือ จับภาพ (Capture) จากกล้องได้แบบ เวลาจริง (Real - Time)
- ทำงานได้บน วินโดว์ และใช้ภาษาซี ในการแปลโปรแกรม
- สามารถพัฒนาเป็นโปรแกรมประยุกต์ที่หน้าตาต่างๆ อาจจะต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับโคอะล๊อค ในภาษาซี (MFC)ในเรื่องของคลาสในโปรแกรมภาษาซี (CWinApp, CFrameWnd)และการจัดการกับ คอนโทรล (Control) ต่างๆ เพื่อที่จะได้สร้างเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปต่อไปได้

จากที่กล่าวมาสามารถใช้ โอเพ่นซีวี โหลดภาพบิตแมพ หรือจะโหลดข้อมูลวีดีโอ เข้ามาแสดงผล และเขียนโค้ดประมวลผลได้ ที่น่าสนใจไปกว่านั้นก็คือเราสามารถเขียนโค้ดอ่านภาพจากกล้องพวก เว็บแคม (Web Cam) หรือกล้องที่เชื่อมต่ออยู่กับคอมพิวเตอร์ อ่านเข้ามาแบบเวลาจริง เพื่อทำการวิเคราะห์วีดีโอได้อีกด้วย คือ สามารถติดตั้งกล้องเข้ากับคอมพิวเตอร์ รับภาพเข้ามาประมวลผล ได้ทันทีไม่ว่าจะหา ฮิสโตแกรม (Histogram) ของภาพในแต่ละเฟรมแล้วนำมาเปรียบเทียบกับกันและสามารถนำไปตรวจจับการเคลื่อนที่ของสายพานลำเลียงในโรงงานอุตสาหกรรมได้ เป็นต้น

2.3 ความรู้เกี่ยวกับกล้อง (CCD : Charge Coupled Device and CMOS : Complementary Metal Oxide Semiconductor) และ เลเซอร์ (Laser)

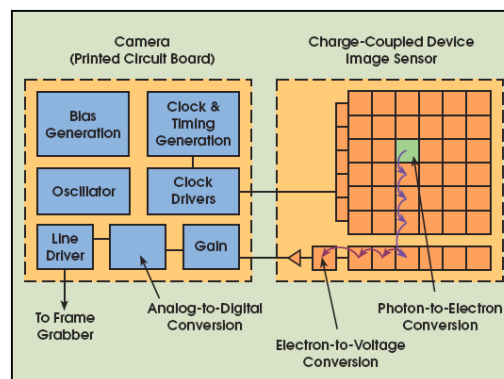
ในกล้องดิจิตอลทุกตัว แน่นอนหัวใจสำคัญที่สุดอันหนึ่งที่จะทำให้กล้องตัวนั้นถ่ายทอดรูปออกมาได้สวยก็คงหนีไม่พ้น เซนเซอร์ (Sensor) รับภาพ ซึ่งมีหน้าที่รับแสงที่เข้ามาแล้วเปลี่ยนค่าแสงนั้นๆ เป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งในปัจจุบันก็ยังมี เซนเซอร์ รับภาพอยู่เพียง 2 แบบใหญ่ๆ เท่านั้น ก็คือ ซีซีดี (CCD) และ ซีโมส (CMOS) ที่เป็นคู่แข่งที่สำคัญในท้องตลาด



ภาพที่ 2.15 เซ็นเซอร์รับภาพแบบซีซีดี

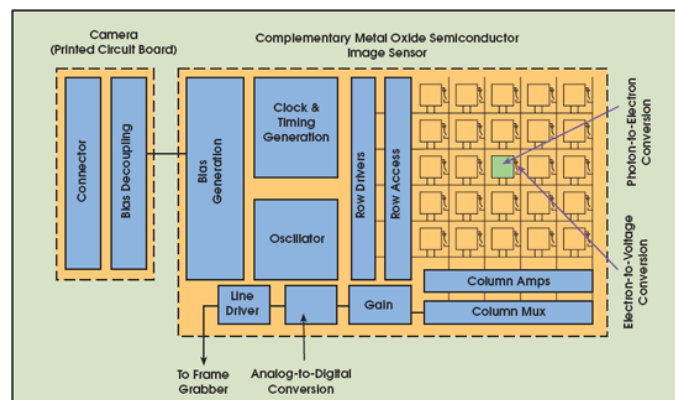
ภาพที่ 2.16 เซ็นเซอร์รับภาพแบบซีโมส

2.3.1 กล้องซีซีดี เป็น เซ็นเซอร์ที่ทำงานโดยแต่ละพิกเซลจะทำหน้าที่รับแสง และ แปลงค่าแสงเป็นสัญญาณอนาล็อก ส่งเข้าสู่วงจรแปลงค่าอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลอีกที ดังภาพที่ 2.17



ภาพที่ 2.17 แสดงการทำงานของ ซีซีดี

2.3.2 กล้องซีโมส เป็นเซ็นเซอร์ ที่มีลักษณะการทำงานโดยแต่ละพิกเซลจะมีวงจรย่อยๆเปลี่ยนค่าแสงที่เข้ามาเป็นสัญญาณดิจิทัลในทันที ไม่ต้องส่งออกไปแปลงเหมือนซีซีดี ดังภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 แสดงการทำงานของ ซีโมส

2.3.3 ความแตกต่างของคุณสมบัติระหว่างซีซีดี และ ซีมอส มีดังนี้

2.3.3.1 ความเร็วในการตอบสนอง ซีมอส จะเหนือกว่า เนื่องจากตัว ซีมอส จะแปลงสัญญาณเสร็จในตัวเอง ไม่ต้องส่งข้อมูลไปยังวงจรอื่นอีก

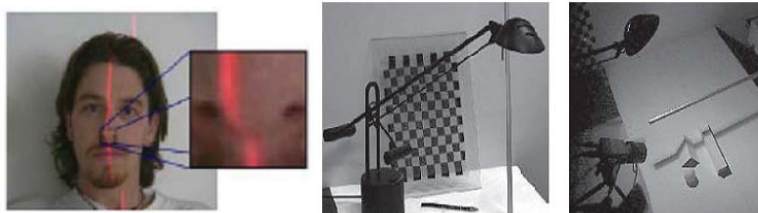
2.3.3.2 คุณภาพในการรับแสง (Dynamic Range) ซีซีดี ได้เปรียบอย่างมาก เนื่องจากตัวรับแสงของ ซีซีดี มีแต่ส่วนรับแสงเพียงอย่างเดียว ต่างกับ ซีมอส ที่ต้องมีวงจรแปลงสัญญาณในแต่ละพิกเซลด้วย ดังนั้นถ้าในขนาดที่เท่ากัน ส่วนรับแสงของ ซีซีดี จะมีขนาดใหญ่กว่า เนื่องจากไม่ต้องเสียพื้นที่ไปให้วงจรอื่นๆ เหมือน ซีมอส

2.3.3.3 ความละเอียดของ ซีซีดี ได้เปรียบอีกเช่นกัน เนื่องจากเหตุผลเดียวกันกับ คุณภาพในการรับแสง

2.3.3.4 การใช้พลังงาน ข้อนี้ ซีมอส เหนือกว่าเนื่องจากสามารถรวมวงจรต่างๆ ไว้ในตัวได้เลย ต่างจาก ซีซีดี ที่ต้องมีวงจรแปลงค่าเพิ่มขึ้นมา

ดังนั้นพอจะสรุปได้ว่าในแง่ของการทำงาน (ความเร็ว การใช้พลังงาน) ซีมอส ได้เปรียบ ส่วนในแง่คุณภาพของภาพ ซีซีดี ได้เปรียบและ ซีมอส จะมีวงจรแปลงสัญญาณแสงในแต่ละพิกเซลเลย ส่วน ซีซีดี ตัวรับแสงจะรับแสงอย่างเดียว และจะส่งค่าที่ได้ออกมาให้วงจรที่มีหน้าที่แปลงสัญญาณอีกที

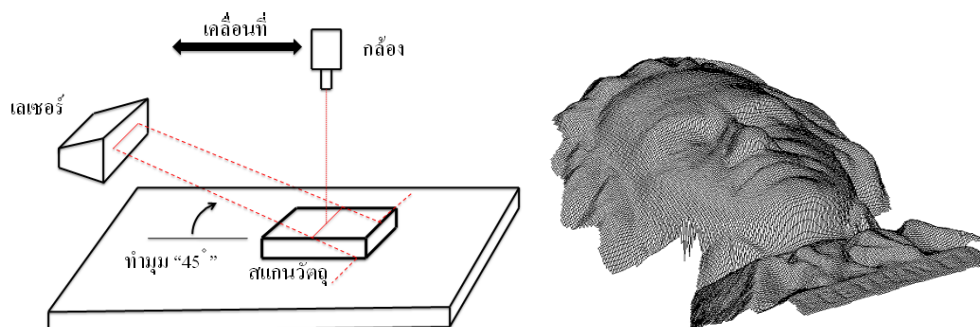
2.3.4 เลเซอร์ เป็นที่รู้จักกันดีในวงการวิทยาศาสตร์ตั้งแต่เมื่อปี พ.ศ. 2503 เนื่องจากได้มีการปรากฏตัวของเลเซอร์ ที่ใช้งานได้ขึ้นครั้งแรก และแม้ว่าในช่วงแรกของการทำวิจัยเกี่ยวกับเลเซอร์จะเป็นการทำวิจัยที่มีแนวโน้มไปในทางการทหารก็ตาม แต่ ณ วันนี้เทคโนโลยีเลเซอร์กลับถูกคิดค้นประยุกต์ และพัฒนาขึ้นเพื่อประโยชน์ในเชิงการค้า มากกว่าทางการทหารถึง 4 เท่า ไม่ว่าจะเป็นการนำเลเซอร์มาใช้ในการแพทย์ ทางการสื่อสาร ทางการพิมพ์ การตัดเจาะด้วยแสง ตลอดจนในทางอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ ในโรงงานนี้เราจะใช้แสงเลเซอร์เป็นสแกนเป็นตัวตรวจจับวัตถุเพราะแสงเลเซอร์มีราคาต่ำจนสามารถใช้ได้ทั่วไป และการนำแสงเลเซอร์มาใช้ในการสแกนรูปทรงสามมิติ ในปี ค.ศ. 2000 ซิกเจลแมน และ กิมเมิ้ล (G. Zigelman and R. Kimmel : Fast 3D Laser Scanner) ได้มีการใช้ระนาบเลเซอร์ (Laser Plane) ฉายไปยังวัตถุดังภาพที่ 2.19 เป็นการนำแสงมาตรวจจับยังวัตถุ แทนการใช้เงาของแท่งไม้ในวิธีเดิม หรือแบบอื่นๆ ซึ่งแสงเลเซอร์จะให้แสงที่คมชัดกว่า



ภาพที่ 2.19 การใช้แสงเลเซอร์ในการสแกนพื้นผิวและ การใช้เงาของแท่งไม้ในการสแกน

จากนั้นใช้กล้องบันทึก แนวนราบแสงที่ตกกระทบแล้วนำมาคำนวณเป็นจุดพิกัดของวัตถุเพื่อนำไปสร้างภาพรูปทรงสามมิติของวัตถุ เทคนิคนี้ เป็นแนวทางสำหรับสร้างเครื่องสแกนสามมิติอย่างง่ายด้วยเลเซอร์ ให้มีราคาถูก และมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับเครื่องราคาแพงที่ขายอยู่ทั่วไปได้

ในปี ค.ศ. 2006 เดวิด เอคอสต้า โอลเมอ กาเซ และโจ เอพ็อน (Eng. David Acosta Eng. Olmer Garca and Eng. Jorge Aponte : Laser Triangulation for Shape Acquisition in a 3D Scanner Plus Scan) ได้มีการออกแบบและพัฒนาการเก็บข้อมูลรูปทรงสามมิติแบบประหยัดให้เป็นระบบสแกนเนอร์แบบสามมิติที่สะดวกและง่ายต่อการใช้งาน และยังคงใช้เทคนิคแสงเลเซอร์แบบเส้นเหมือนเดิม โดยมีข้อเด่น คือทำให้มีการควบคุมการสแกนข้อมูลแบบอัตโนมัติทั้งฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ดังภาพที่ 2.20 แสดงการวางตำแหน่งอุปกรณ์ของระบบสแกนมีการทำมุมระหว่างกล้องแหล่งกำเนิดแสง และ วัตถุวางให้อยู่ในลักษณะของเวกเตอร์สามเหลี่ยมทำให้ง่ายต่อการคำนวณส่งผลให้การสแกนมีความเร็วเพิ่มมากขึ้นและการทำงานของระบบสามารถสแกนวัตถุขนาด $220 \times 220 \times 150$ ลูกบาศก์มิลลิเมตรในส่วนของโปรแกรมมีการติดต่อกับผู้ใช้งานที่ง่าย สำหรับข้อมูลรูปทรงสามมิติจะใช้รูปแบบของข้อมูลที่เป็นมาตรฐานทำให้สามารถส่งข้อมูลไปใช้ยังโปรแกรมอื่นๆได้ด้วยดังภาพที่ 2.20



ภาพที่ 2.20 การจัดวางอุปกรณ์ เครื่องสแกนวัตถุ 3 มิติ เพื่อใช้ในการคำนวณ และ ภาพ 3 มิติ

2.4 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับลักษณะของ สเต็ปปีงมอเตอร์ (Stepping Motor) และ บอลสกรู (Ball Screw)

2.4.1 บอลสกรู เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนการหมุนของมอเตอร์ ให้เป็นการเคลื่อนที่ในแนวเชิงเส้น อุปกรณ์ชนิดนี้มีคุณลักษณะที่โดดเด่นและสำคัญหลายประการ เช่น การเคลื่อนที่ในแนวแกนมีความราบลื่นสม่ำเสมอสูงมาก เพราะเนื่องจากมีคูลูกปืนที่อยู่ภายในและร่องเกลียวที่มีการเจียรไนเป็นอย่างดี การรับภาระสามารถรับได้สูง เนื่องจากจำนวนมีคูลูกปืนที่มีมากเป็นพิเศษ การรับแรงในแนวรัศมีก็สามารถรับได้สูงเช่นเดียวกัน สามารถใช้งานที่ความเร็วสูงได้ ประสิทธิภาพทางกลสูง



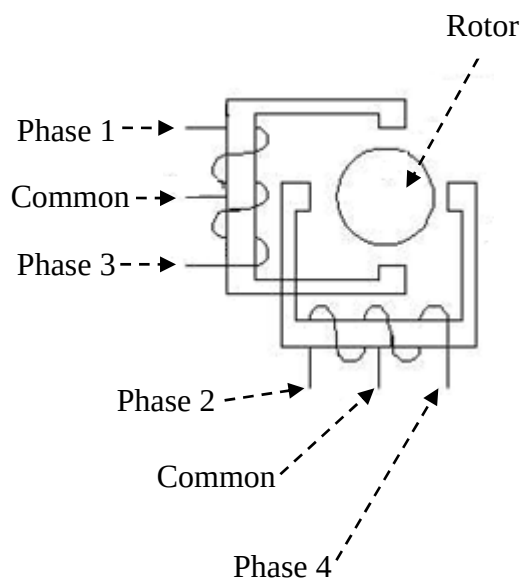
ภาพที่ 2.21 แสดงลักษณะของบอลสกรูแบบต่างๆ ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป

2.4.2 สเต็ปป์มอเตอร์ มีความแตกต่างจากมอเตอร์ทั่วไป โดยเมื่อป้อนกำลังไฟให้กับ สเต็ปป์มอเตอร์ก็จะหมุนไปเพียงเล็กน้อยตามเส้นรอบวงและหยุคซึ่งต่างจาก มอเตอร์ทั่วไปที่จะ หมุนทันทีและตลอดเวลา สเต็ปป์มอเตอร์จะมีความละเอียดซึ่งสามารถใช้คอมพิวเตอร์เป็น ตัวกำหนดและจัดเก็บตัวเลขของรอบหมุนได้ และสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีการป้อนกลับแต่ทุก วิธีที่ต้องการกำหนดตำแหน่งได้อย่างถูกต้องจำเป็นต้องมีการป้อนกลับไปยังระบบให้รับรู้แต่ โครงงานนี้จะไม่มีการป้อนกลับ สเต็ปป์มอเตอร์จะเกิดการหมุนได้ โรเตอร์ ต้องมีการกระทำของ สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นระหว่าง โรเตอร์ (Rotor) และ สเตเตอร์ (Stator) ซึ่งขึ้นอยู่กับการจัดวาง ขั้วแม่เหล็ก (Pole) การหมุนทำได้ทั้งแบบต่อเนื่องและแบบกลับทิศทางไปมาโดยกระบวนการทาง ไฟสลับหรือการจัดวางแปรงถ่านการจัดแยกคอมมิวเตเตอร์และการทำสวิตชิงของกำลังไฟฟ้าให้เกิด แรงดึงดูดของแม่เหล็กที่ขั้วแม่เหล็กสร้างและหยุคสลับกันไปผล คือเกิดสนามแม่เหล็กหมุนขึ้นบน สเตเตอร์ โดยการจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ละคู่ของขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงข้ามกันไปตลอดเวลา และเมื่อ ต้องการหยุดหมุนทำได้โดยหยุดการสร้างขั้วแม่เหล็กที่จุดหนึ่งโดยหยุดการสวิตชิงในลำดับต่อไปเสีย การหมุนกลับทิศทางก็ทำได้เช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้ว

2.4.3 โครงสร้างทั่วไปของสเต็ปป์มอเตอร์แบ่งตามพื้นฐานมี 2 ส่วน คือ

2.4.3.1 ส่วนที่ทำการหมุนโรเตอร์ จะเป็นแม่เหล็กถาวรหรืออื่นๆ

2.4.3.2 ส่วนที่อยู่กับที่ สเตเตอร์ เป็นขดลวดที่พันไว้จำนวนหลายๆขด



ภาพที่ 2.22 ส่วนที่เป็น สเตเตอร์ และ โรเตอร์

2.4.4 สเต็ปป์มอเตอร์ สามารถแบ่งชนิดของสเตเตอร์ และ โรเตอร์ ได้ 4 แบบ คือ

2.4.4.1 วาริเอเบิลรีลักแตนซ์ (Variable reluctance : VR stepper motor) ชนิดนี้มีโครงสร้างของโรเตอร์แบบ มัลติทูลส์ (Multi-tooth) ทำจากเหล็กอ่อน เราจะทราบได้ว่าเป็นมอเตอร์ชนิดนี้โดยการทดสอบได้ง่ายมากคือใช้นิ้วหมุนที่โรเตอร์และ สังเกตที่มอเตอร์ชนิดนี้โรเตอร์ จะไม่เกิดปรากฏการณ์ทางแม่เหล็ก (Magnetism) มันจึงหมุนได้ตลอดโดยไม่ติดขัดแตกต่างจากชนิดแม่เหล็กถาวร และ ชนิดไฮบริดซึ่งมีสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์เมื่อหมุนจะรู้สึกขัดๆ เหมือนเป็นฟันเฟืองสเต็ปป์มอเตอร์ชนิดนี้มีจุดด้อยในเรื่องของความถูกต้องของตำแหน่งและทำงานได้ไม่ฉับไวเมื่อมีสเต็ปในการหมุนสูง

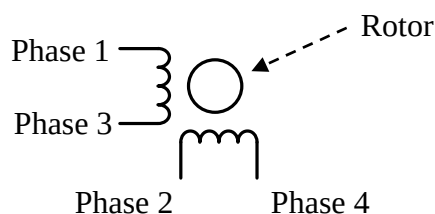
2.4.4.2 แม่เหล็กถาวร (Permanent Magnet : PM) มีโครงสร้างของ โรเตอร์ แบบเรียบไม่มี ขั้วแม่เหล็ก โรเตอร์เป็นแบบแม่เหล็กถาวรการควบคุมโดยการป้อนกระแสกระตุ้นที่ขดลวดบนโรเตอร์เช่น ถ้าเป็น สเตเตอร์ แบบ 4 เฟสจะมีขั้วแม่เหล็กอยู่ 4 ขั้วซึ่งมีขั้วลัฟันอยู่แยกจากกัน ขั้วแม่เหล็กถาวรบนโรเตอร์จะถูกแรงดึงดูดจากขั้วแม่เหล็กบนเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวดและโรเตอร์จะอยู่คงที่ที่ขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ นั้นถึงแม้ว่าจะไม่ป้อนกระแสไฟฟ้าอีกต่อไป ทำให้เกิดเป็นแรงยึดเหนี่ยวขึ้นที่สเตเตอร์ มอเตอร์ชนิดนี้มีข้อดีในเรื่องความถูกต้องของตำแหน่งและความเร็วมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่น

2.4.4.3 ไฮบริด (Hybrid) ชนิดไฮบริดเป็นชนิดที่นิยมใช้กันมากที่สุด โดยเฉพาะนำมาใช้กับงานอย่างมากในอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ โครงสร้างภายในได้จากการรวมเอาโครงสร้างของสเตเตอร์ชนิด วาริเอเบิลรีลักแตนซ์ และ โครงสร้างของโรเตอร์ จากชนิดแม่เหล็กถาวรมาประกอบ

2.4.4.4 แรเอิร์ทเพอร์มาเนนต์แมกเนต (Rare Earth Permanent Magnet) โครงสร้างของโรเตอร์ ในมอเตอร์ชนิดนี้มีลักษณะเป็นแผ่นซึ่งยึดติดกับเพลาลงมอเตอร์ การทำงานของมอเตอร์ยังคงเป็นเช่นเดิม แต่ด้วยโครงสร้างแบบใหม่นี้ช่วยทำให้เกิดโมเมนต์ของความเฉื่อยต่ำมากมีอัตราเร่งสูง มอเตอร์ชนิดนี้จึงจัดเป็นอีกชนิดหนึ่งที่มีประสิทธิภาพสูงหลายด้าน เช่น แรงบิด กำลังทางกลที่ได้จากมอเตอร์ ความถูกต้องของตำแหน่งสูงมาก ความเร็วในการเริ่มหมุนและหยุดสูง อีกทั้งยังมีความสูญเสียของกำลังงานต่ำ

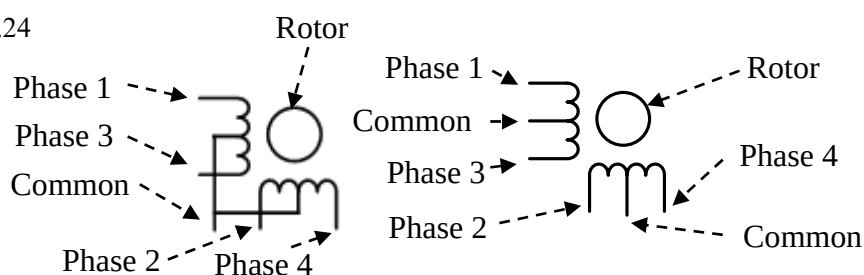
2.4.5 การพันขดลวดหรือคอกซ์ของ สเต็ปมอเตอร์ มี 2 แบบ คือ

2.4.5.1 แบบไบโพลาร์ (Bipolar) มีการพันขดลวด 1 ขด บนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ที่กำหนด โดยทิศทางของกระแสไฟฟ้าและสามารถทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามได้โดยการกำหนดทิศทางกระแสไฟฟ้า และ การกลับทิศทางของกระแสไฟฟ้าทำได้โดยใช้วงจรสวิตซ์ซึ่งกลับขั้วไฟฟ้า ดังภาพที่ 2.23



ภาพที่ 2.23 การพันขดลวดของสเต็ปมอเตอร์แบบไบโพลาร์จะเป็นแบบ 2 เฟส 4 สาย

2.4.5.2 แบบยูนิโพลาร์ (Unipolar) มีการพันขดลวด 2 ขด บนแต่ละขั้วแม่เหล็กของสเตเตอร์ซึ่งแต่ละขดจะทำให้เกิดขั้วแม่เหล็กในทิศทางตรงกันข้ามกัน การกลับขั้วแม่เหล็กเปลี่ยนไปมาทำได้โดยการสวิตซ์ซึ่ง กระแสไฟฟ้าจากขดลวดหนึ่งไปยังอีกขดลวดหนึ่งแทนเท่านั้น โดยปกติขดลวดทั้งสองจะมีการเชื่อมต่อกันหรือมีจุดร่วมเพื่อลดจำนวนของสายไฟที่ต่อจากมอเตอร์ ดังภาพที่ 2.24



ภาพที่ 2.24 การพันขดลวดของสเต็ปมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์จะเป็นแบบ 4 เฟส 5 สาย กับ 6 สาย

วงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ทำได้ง่ายกว่าชนิดไบโพลาร์เพราะ มันต้องการเพียงสวิตช์ ธรรมดาในการเปิดและปิดกำลังไฟฟ้า ให้กับขดลวดบนสเตเตอร์ ในทิศทางที่ต้องหมุนได้ทันที ซึ่งวงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าจะใช้ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ให้กับสเต็ปมอเตอร์ที่มีการพันขดลวดทั้ง 2 แบบจะเห็นได้ว่าในแบบของยูนิโพลาร์เป็นวงจรที่ง่ายและจะไม่มี ความซับซ้อน อย่างไรก็ตามการพันขดลวดแบบยูนิโพลาร์ ก็มีจุดด้อยตรงที่การพันแบบนี้จะทำให้เกิด แรงบิดน้อยกว่าแบบไบโพลาร์เพราะจะมีเพียงครึ่งหนึ่งของขดลวดที่ถูกกระตุ้นให้ทำงานเท่านั้นในระยะเวลาหนึ่ง

2.4.6 ข้อดีและข้อเสียของสเต็ปมอเตอร์

2.4.6.1 ข้อดี

ก) ให้ค่าความละเอียดสูงเพราะจะหมุนเป็นสเต็ป (Step) โดยอาศัย สัญญาณพัลส์ (Pulse) หมุนเป็นมุม 0.9 องศา, 1.8 องศา..... ฯลฯ ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต

ข) มีความทนทานและอายุใช้งานนาน

ค) มีตำแหน่งการหยุดที่แน่นอนเนื่องจากกระแสไฟฟ้าช่วยล็อกตำแหน่งของ สเต็ปมอเตอร์

2.4.6.2 ข้อเสีย

ก) ราคาแพง

ข) ยุ่งยากในการใช้งาน เนื่องจากจำนวนขั้วของสายไฟมีมาก

2.5 การทำงานของสเต็ปมอเตอร์

การกระตุ้นและการควบคุมการหมุนของสเต็ปมอเตอร์ จะควบคุมกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขดลวดสเตเตอร์ ในแต่ละเฟสของ สเต็ปมอเตอร์ อย่างเป็นลำดับที่แน่นอน โดยถ้าหากเราต้องการให้กระแสไหลในเฟสใดๆ ก็จะทำให้สถานะของเฟสนั้นๆเป็นสถานะลอจิก "1" และในการกระตุ้นเฟสของสเต็ปมอเตอร์ มีอยู่ด้วยกัน 2 แบบคือ

2.5.1 การกระตุ้นเฟส แบบฟูลสเต็ปมอเตอร์ (Full Step Motor) ยังสามารถแบ่งการกระตุ้นเฟสออกได้เป็นอีก 2 วิธีด้วยกันคือ

2.5.1.1 การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส (Single-Phase Driver) หรือ แบบเวฟแสดงดังตารางที่ 2.1 เป็นการป้อนกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดของสเต็ปมอเตอร์ ทีละขดโดยจะป้อนกระแสเรียงตามลำดับกันไป ดังนั้นกระแสที่ไหลในขดลวด จะทำการไหลในทิศทางเดียวกันทุกขด ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้แรงขับของสเต็ปมอเตอร์มีน้อย

ตารางที่ 2.1 แสดงการกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

2.5.1.2 การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 2 เฟส (Two-Phase Driver) แสดงดังตารางที่ 2.2 เป็นการป้อนกระแสให้กับขดลวด 2 ขดของสเต็ปปิ้งมอเตอร์พร้อมกันไปและจะกระตุ้นเรียงถัดกันไป เช่นเดียวกับแบบหนึ่งเฟส ดังนั้นการกระตุ้นแบบนี้จึงต้องใช้กำลังไฟมากขึ้น และจะทำให้มีแรงบิดของมอเตอร์มากกว่าการกระตุ้นแบบ 1 เฟส

ตารางที่ 2.2 แสดงการกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 2 เฟส

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

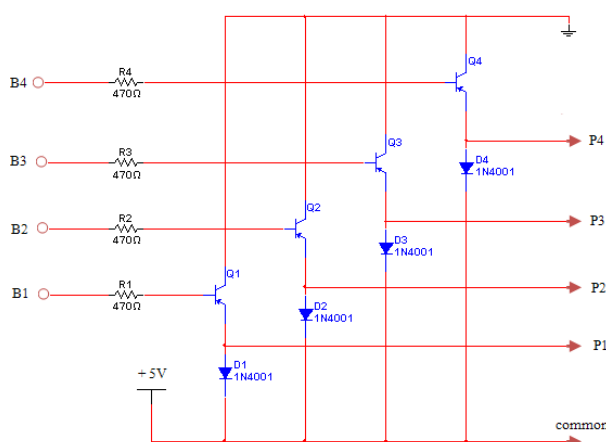
2.5.2 การกระตุ้นเฟสแบบฮาล์ฟสเต็ป (Half Step Motor or One-Two Phase Driver) คือ การกระตุ้นเฟสแบบฟูลสเต็ป 1 เฟส และ 2 เฟส เรียงลำดับกันไปแสดงดังตารางที่ 2.3 แรงบิดที่ได้จากการกระตุ้นเฟสแบบนี้จะมีเพิ่มมากขึ้น เพราะช่วงของสเต็ปมีระยะสั้นลง ในการกระตุ้นแบบนี้จะต้องมีการกระตุ้นที่เฟสถึง 2 ครั้ง จึงจะได้ระยะของสเต็ปเท่ากับการกระตุ้นเพียงครั้งเดียว ค่าความละเอียดของการหมุน ตำแหน่งองศาต่อสเต็ป ก็เป็นสองเท่าของแบบแรก ความถูกต้องของตำแหน่งที่กำหนดจึงมีมากขึ้น

ตารางที่ 2.3 แสดงการกระตุ้นเฟสแบบฮาล์ฟสเต็ป

สเต็ปที่	เฟสที่ 1	เฟสที่ 2	เฟสที่ 3	เฟสที่ 4
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

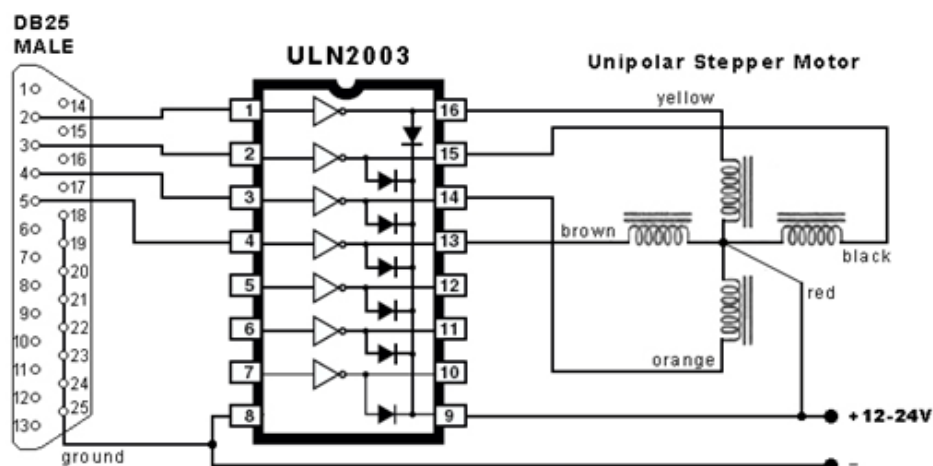
2.6 การควบคุมสเต็ปปั๊มมอเตอร์ (Stepper Motor)

2.6.1 วงจรขับสเต็ปปั๊มมอเตอร์ โดยใช้ทรานซิสเตอร์ (PNP) จะทำหน้าที่เหมือนสวิตช์ เพื่อปิด - เปิดการจ่ายสัญญาณดิจิทัลจากคอมพิวเตอร์ในแต่ละพอร์ต เพื่อควบคุมการหมุนของสเต็ปปั๊มมอเตอร์ ที่สองขา โดยที่ ขา B1,B2,B3,B4 จะรับสัญญาณดิจิทัลจากคอมพิวเตอร์ โดยที่ ขา B1 จะเริ่มรับสัญญาณก่อน ต่อจากนั้นก็หยุดการจ่ายสัญญาณให้กับ ขา B1 แล้วเริ่มจ่ายสัญญาณให้กับขา B2 ไปเรื่อยๆ เมื่อจ่ายสัญญาณจนถึงขา B4 ก็จะมาเริ่มจ่ายสัญญาณที่ขา B1 ใหม่ทำอย่างนี้ไปเรื่อยๆจนคอมพิวเตอร์ สั่งให้หยุด ส่วนขาของทรานซิสเตอร์ที่ต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 โวลต์ จะมีไฟเลี้ยงอยู่ตลอดเวลา เพื่อรอให้ขา B1,B2,B3,B4 ส่งสัญญาณการเปิดสวิตช์ให้กระแสไฟฟ้าไหลลงกราวด์ครบวงจร ทำให้ สเต็ปปั๊มมอเตอร์ เกิดการหมุน โดยวงจรนี้จะเป็นวงจรต้นแบบในการทำโครงการนี้



ภาพที่ 2.25 วงจรขับสเต็ปปั๊มมอเตอร์โดยใช้ทรานซิสเตอร์

2.6.2 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์โดยใช้ไอซีสำเร็จรูป (ULN2003) ซึ่งจะใช้อิซีเป็นตัวควบคุมในการจ่ายกระแสให้กับทรานซิสเตอร์ แต่ในภาพจะเป็นการต่อตรงเพื่อไปขับสเต็ปมอเตอร์ ดังภาพที่ 2.26



ภาพที่ 2.26 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์โดยใช้ไอซีสำเร็จรูป (ULN2003)

2.6.3 พอร์ตขนาน (Parallel Port) ในการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์เชื่อมต่อ (Interface) มีการใช้งานพอร์ตขนาน อย่างแพร่หลายโดยจุดเริ่มต้นคือการนำมาใช้งานกับเครื่องพริ้นเตอร์ (Printer) จนทำให้บางคนเรียกว่า พอร์ตพริ้นเตอร์ ซึ่งพอร์ตขนาน นั้นมีความสามารถและน่าสนใจหลายอย่าง

ลักษณะหัวต่อของพอร์ตขนาน จะเป็นแบบ 25 ขา (D-type 25 Pin) ตัวเมียอยู่หลังคอมพิวเตอร์ ปกติแล้วจะใช้ในการติดต่อกับเครื่องพริ้นเตอร์ อย่างไรก็ตามนอกจากพอร์ตขนานจะใช้ต่อกับเครื่องพริ้นเตอร์แล้วยังสามารถใช้ในงานเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ชนิดอื่นๆ อีก ซึ่งการใช้พอร์ตขนานในการเชื่อมต่อนั้นถูกใช้งานอย่างแพร่หลาย ทั้งนี้เพราะสามารถรับและส่งข้อมูลในลักษณะขนานได้ทำให้นำไปใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ภายนอกได้เป็นอย่างดี อีกทั้งลักษณะแรงดันที่จ่ายออกมาโดยสัญญาณลอจิก 1 จะเท่ากับ 5 โวลต์ และลอจิก 0 จะเท่ากับ 0 โวลต์ ทำให้ง่ายในการออกแบบวงจร และการประยุกต์ใช้งาน ข้อเสียก็คือไม่สามารถทำงานในระยะทางไกลๆ ได้เพราะจะเกิดความผิดพลาดของข้อมูลได้ง่ายเนื่องจากแรงดันไม่สม่ำเสมอ และ สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในเรื่องสายเพราะต้องใช้สายสัญญาณหลายเส้น พอร์ตขนาน ของเครื่องคอมพิวเตอร์ประกอบด้วยสัญญาณทั้งหมด 25 เส้น แต่ใช้งานเพียง 17 เส้นสัญญาณ โดยสัญญาณทั้งหมด 25 เส้นสัญญาณจะแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

2.6.3.1 คาต้าพอร์ต (Data Port) มีจำนวน 8 เส้นสัญญาณหรือ 8 ขา(ตั้งแต่ขาที่ 2 ถึงขาที่9) บางทีมักจะถูกเรียก คาต้ารีจิสเตอร์ (Data Register) แสดงการทำงานดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 รายละเอียดขาค้าพอร์ท

Name	Read / Write	Bit No.	Signal name
Data Port	Write	Bit 7	Data 7 (Pin 9)
		Bit 6	Data 6 (Pin 8)
		Bit 5	Data 5 (Pin 7)
		Bit 4	Data 4 (Pin 6)
		Bit 3	Data 3 (Pin 5)
		Bit 2	Data 2 (Pin 4)
		Bit 1	Data 1 (Pin 3)
		Bit 0	Data 0 (Pin 2)

2.6.3.2 สเตตัสพอร์ท (Status Port) มีจำนวน 5 เส้นสัญญาณ หรือ 5 ขา ดังแสดงการทำงานในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงรายละเอียดขาสเตตัสพอร์ท

Name	Read / Write	Bit No.	Signal Name
Data Port	Write	Bit 7	Busy
		Bit 6	nAck
		Bit 5	PaperEnd
		Bit 4	Select
		Bit 3	nError
		Bit 2	IRQ (Not)
		Bit 1	Reserved
		Bit 0	Reserved

สำหรับลักษณะการทำงานของแต่ละบิตในสเตตัสพอร์ท (Status Port)

- ก) Bit 7 Busy เมื่อ แอคทีฟ (Active) หมายถึง พริ้นเตอร์ไม่รับข้อมูล
- ข) Bit 6 nAck เมื่อ แอคทีฟ หมายถึง พริ้นเตอร์พร้อมที่จะทำงานแอคชั่นโลว์ (Action Low)
- ค) Bit 5 PaperEnd เมื่อ แอคทีฟ หมายถึง พริ้นเตอร์ไม่มีกระดาษ
- ง) Bit 4 Select เมื่อ แอคทีฟ หมายถึง พริ้นเตอร์ไม่รับข้อมูล
- จ) Bit 3 nError เมื่อ แอคทีฟ หมายถึง เลือกพริ้นเตอร์
- ฉ) Bit 2, Bit 1, Bit 0 ไม่ใช่

2.6.3.3 คอนโทรลพอร์ท (Control Port) มีจำนวน 4 เส้นสัญญาณ หรือ 5 ขา เป็นขาที่ควบคุมพริ้นเตอร์ ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 แสดงรายละเอียดขาคอนโทรลพอร์ต (Control Port)

Name	Read / Write	Bit No.	Signal Name
Status Port	Read	Bit 3	nESelect (Pin 17)
		Bit 2	nInitialize (Pin 16)
		Bit 1	nAutoFeed (Pin 14)
		Bit 0	nStrobe (Pin 1)

ลักษณะการทำงานของแต่ละบิตในคอนโทรลพอร์ต (Control Port)

- ก) Bit 3 nESelect เมื่อ แอคทีฟ หมายถึง เลือกพริ้นเตอร์
- ข) Bit 2 nInitialize เมื่อ แอคทีฟ หมายถึง รีเซตพริ้นเตอร์
- ค) Bit 1 nAutoFeed เมื่อ แอคทีฟ หมายถึง พริ้นเตอร์กระทำการไลน์ฟีด (Line Feed)
- ง) Bit 0 nStrobe เมื่อ แอคทีฟ หมายถึง การบอกให้พริ้นเตอร์ทราบว่าข้อมูลมาแล้ว

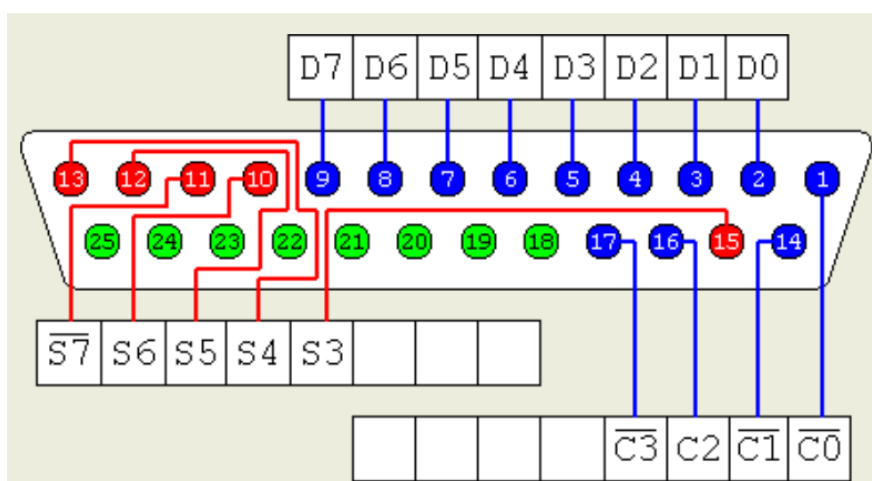
2.6.3.4 สรุปลักษณะสัญญาณของพอร์ตขนานทั้งหมดดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 แสดงรายละเอียดการสรุปสัญญาณของพอร์ตขนานทั้งหมด

Pin No. (D-Type 25)	Signal Name	Register.bit	Direction (In / Out)
1	nStrobe	Control.0	In / Out
2	Data 0 (Bit 0)	Data.0	In / Out
3	Data 1 (Bit 1)	Data.1	In / Out
4	Data 2 (Bit 2)	Data.2	In / Out
5	Data 3 (Bit 3)	Data.3	In / Out
6	Data 4 (Bit 4)	Data.4	In / Out
7	Data 5 (Bit 5)	Data.5	In / Out
8	Data 6 (Bit 6)	Data.6	In / Out
9	Data 7 (Bit 7)	Data.7	In / Out
10	nAck	Status.6	In
11	Busy	Status.7	In
12	Paper-Out / Paper In	Status.5	In
13	Select	Status.4	In
14	nAuto-LineFeed	Control.1	In / Out
15	nError / nFault	Status.3	In
16	nInitialize	Control.2	In / Out
17	nSelect-Printer / nSelect - In	Control.3	In / Out
18 - 25	Ground	-	Gnd

ตารางที่ 2.7 สามารถสรุปการใช้งานได้คือมีด้วยกัน 3 กลุ่มและ ดังแสดงในภาพที่ 2.27

- ก) กลุ่มส่งออก (Output) ช่อง 2 ถึง 9 (D0 ถึง D7)
- ข) กลุ่มรับข้อมูลเข้า (Input) ช่อง 10 ถึง 15 เว้น 14 (S3 ถึง S7)
- ค) กลุ่มสายดิน (Ground) ช่อง 18 ถึง 25



ภาพที่ 2.27 รายละเอียดการสรุปขาสัญญาณของพอร์ตขนานทั้งหมด