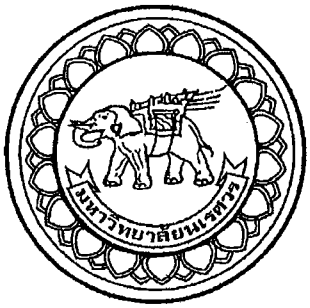
อภินันทนาการ



สำนักหอสมุด

การประยุกต์ใช้เซนเซอร์แยกสีกับหุ่นยนต์อุตสาหกรรม

APPLICATION DEVELOPMENT OF COLOR SENSOR WITH INDUSTRIAL ROBOT

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 28 มี.ค. 2557
เลขทะเบียน 1664404
เลขเรียกหนังสือ ว TS
1211
ส723ก
2556

นายสิทธิ์ศักดิ์ ศรีศาสตร์ รหัส 50360425

นายภูมิพงษ์ อินทะปัญโญ รหัส 52370958

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2556

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การประยุกต์ใช้เซนเซอร์แยกสีกับแขนกลอุตสาหกรรม	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายสิทธิศักดิ์ ศรีศาสตร์	รหัส 50360425
	นายภูมิพงษ์ อินทะปัญโญ	รหัส 52370958
ที่ปรึกษาโครงงาน	รองศาสตราจารย์ ดร.กวิน	สนธิเพิ่มพูน
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ปีการศึกษา	2556	

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน)

.....กรรมการ
(ดร.พิสุทธิ์ อภิชยกุล)

.....กรรมการ
(อาจารย์เสาวลักษณ์ ตองกลิ่น)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การประยุกต์ใช้เซนเซอร์แยกสีกับแขนกลอุตสาหกรรม	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายสิทธิศักดิ์ ศรีศาสตร์	รหัส 50360425
	นายภูมิพงษ์ อินทะปัญโญ	รหัส 52370958
ที่ปรึกษาโครงงาน	รองศาสตราจารย์ ดร.กวิน	สนธิเพิ่มพูน
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ปีการศึกษา	2556	

.....

บทคัดย่อ

กลุ่มข้าพเจ้าได้นำโมดูล TCS 230 มาทำงานร่วมกับบอร์ด Arduino เพื่อทำการตรวจสีของวัตถุ ซึ่งสามารถตรวจได้ 3 สี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เมื่อทำการตรวจสีวัตถุที่ได้แล้ว จะส่งกระแสไฟไปยังชุด Relay เพื่อทำการส่งกระแสไฟให้หุ่นยนต์ โดยผ่านทางช่องเชื่อมต่อสัญญาณ Connector x11 ที่เป็นช่องรับสัญญาณภายนอกของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม KUKA KR 125

เมื่อมีวัตถุเข้ามาในระยะตรวจสีโมดูล TCS 230 จะทำการตรวจสี แล้วจะส่งสัญญาณให้กับบอร์ด Arduino เพื่อทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับมา สัญญาณที่ถูกส่งจากบอร์ด Arduino จะมีค่ากระแสไฟ 5 V. เข้าชุด Relay เพื่อแปลงกระแสไฟให้เป็น 24 Vdc. เพื่อส่งสัญญาณไปยัง Connector x11 โดยกำหนดให้ Input 2 (ทางช่องพินที่ 82) เป็นการรับสัญญาณสีแดง Input 3 (ทางช่องพินที่ 100) เป็นการรับสัญญาณสีเขียว และ Input 4 (ทางช่องพินที่ 65) เป็นการรับสัญญาณสีน้ำเงิน ส่วน Input 1 (ทางช่องพินที่ 64) ทำหน้าที่หยุดการทำงานของโปรแกรม และได้กำหนดจุดเพื่อวางชิ้นงานที่ตรวจสี คือ สีแดงวางตำแหน่ง 90° สีเขียววางตำแหน่ง 180° และสีน้ำเงินวางตำแหน่ง 270°

จากการทดลองพบว่าหากระยะการตรวจวัดของโมดูล TCS 230 มากกว่า 10 มิลลิเมตร จะทำให้เกิดการผิดพลาดในการตรวจวัดสีของวัตถุ

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้เซนเซอร์แยกสีกับแขนกลอุตสาหกรรม ได้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจาก

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ใช้สถานที่ และเงินสนับสนุนการทำโครงการวิจัย

รศ.ดร.กวิน สนธิเพิ่มพูน ที่ปรึกษาโครงการที่คอยให้คำแนะนำ ตรวจสอบ และช่วยชี้แนะจนโครงงานวิจัยได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ดร.พิสุทธิ์ อภิชยกุล ที่ให้คำปรึกษาข้อมูลของแขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125

ครูช่างในภาควิชาอุตสาหกรรมทุกท่าน และบุคคลอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดาที่เป็นแรงผลักดันและสบับสนุนให้ลูกได้ศึกษาเล่าเรียนเป็นที่ปรึกษา และคอยให้กำลังใจในยามเหน็ดเหนื่อย และท้อแท้ ผู้ซึ่งเป็นเบื้องหลังของความสำเร็จ

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นายสิทธิศักดิ์ ศรีศาสตร์
นายภูมิพงษ์ อินทะปัญโญ

มีนาคม 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญ ..... ก

สารบัญตาราง ..... ค

สารบัญรูป ..... ง

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 เกณฑ์ชี้วัดงาน (Output) 2

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome) 2

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน 2

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 2

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 2

1.8 ขั้นตอน และแผนการดำเนินโครงงาน 3

บทที่ 2 หลักการ และทฤษฎีเบื้องต้น 4

2.1 แขนกลอุตสาหกรรม 4

2.2 เซนเซอร์ (Sensor) 11

2.3 ศึกษา และทำความเข้าใจพื้นฐานการควบคุมของแขนกลอุตสาหกรรม 24

2.4 ศึกษาระบบการเคลื่อนที่ และระบบควบคุมของแขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125 25

2.5 ศึกษาระบบการทำงานของสายพานลำเลียง 26

2.6 ศึกษาการเขียนโปรแกรมควบคุมแขนกลอุตสาหกรรม 27

2.7 การกำหนดค่า Input และ Output ของ KUKA KR 125 31

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน 32

3.1 การศึกษา และทำความเข้าใจพื้นฐานการใช้งานของหุ่นยนต์ KUKA Robot KR 125 32

3.2 ศึกษาหน้าที่การทำงานของอุปกรณ์รับสัญญาณ และอุปกรณ์ส่งสัญญาณ (Sensor) 32

3.3 ศึกษาการออกคำสั่งไปยังอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของแขนกลอุตสาหกรรม 36

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 สรุปผล และข้อเสนอแนะ 36

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน 37

4.1 กระบวนการทำงานของโมดูล TCS 230 กับบอร์ด Arduino 37

4.2 กระบวนการทำงานของแขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125 38

4.3 ระบบการทำงานร่วมกันของเซนเซอร์ และแขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125 39

4.4 ตารางการทดลอง 40

บทที่ 5 บทสรุป และข้อเสนอแนะ 42

5.1 สรุปผลการทดลอง 42

5.2 ปัญหาในการดำเนินงาน 42

5.3 ข้อเสนอแนะ 42

เอกสารอ้างอิง 43

ภาคผนวก 44

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอน และแผนการดำเนินโครงงาน 3

2.1 ตารางการแสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกล 5

2.2 ตารางแสดงลักษณะการทำงานของแขนกล 6

2.3 ตารางแสดงข้อดี และข้อเสียของ Cartesian (Gantry) 6

2.4 ตารางแสดงข้อดี และข้อเสียของ Cylindrical 7

2.5 ตารางแสดงข้อดี และข้อเสียของ Spherical Robot 8

2.6 ตารางแสดงข้อดี และข้อเสียของ SCARA Robot 9

2.7 ตารางแสดงข้อดี และข้อเสียของ Articulated Arm 10

4.1 ตารางการทดลอง 40

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ลักษณะของแขนกล และข้อต่อของแขนกลอุตสาหกรรม 4

2.2 ลักษณะของ Cartesian (Gantry) 6

2.3 พื้นที่การทำงานของ Cartesian 6

2.4 ลักษณะของ Cylindrical 7

2.5 พื้นที่การทำงานของ Cylindrical 7

2.6 ลักษณะของ Spherical Robot 8

2.7 พื้นที่การทำงานของ Spherical Robot 8

2.8 ลักษณะของ SCARA Robot 9

2.9 พื้นที่การทำงานของ SCARA Robot 9

2.10 ลักษณะของ Articulated Arm 10

2.11 พื้นที่การทำงานของ Articulated Arm 10

2.12 ลักษณะของ Proximity Sensor 11

2.13 ลักษณะ และการทำงานของ Inductive Sensor 12

2.14 การทำงานของ Inductive Proximity Sensor 13

2.15 ลักษณะของ Shielded Proximity Sensor และ Unshielded Proximity Sensor 13

2.16 แสดงลักษณะสนามแม่เหล็กของ Shielded Proximity Sensor 14

2.17 แสดงลักษณะสนามแม่เหล็กของ Unshielded Proximity Sensor 14

2.18 ลักษณะของ Capacitive Proximity Switch 15

2.19 แสดงลักษณะสนามแม่เหล็กของ Capacitive Proximity Switch 15

2.20 การติดตั้ง Capacitive Proximity Switch ในสายงานการผลิต 16

2.21 การประยุกต์ใช้ Photoelectric Proximity Sensors 17

2.22 ลักษณะการติดตั้ง Sensor แบบ Thru-beam Scan 18

2.23 การทำงานของการตรวจจับแบบ Reflective Scan 19

2.24 การทำงานของการตรวจจับแบบ Diffuse Scan 20

2.25 ส่วนประกอบของ Colorimeter 21

2.26 แสดง Key บน Teach Penddant ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของแขนกลอุตสาหกรรม 24

2.27 แสดง Key บน Teach Penddant ที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกลอุตสาหกรรม 26

2.28 แสดงผลการทดลองการเคลื่อนที่ในทิศทาง + และ - ของแขนกลอุตสาหกรรม 26

2.29 ลักษณะการทำงานของแขนกลอุตสาหกรรมกับสายพานลำเลียง 27

2.30 การเปลี่ยนโหมดข้อมูลขั้นตอนที 27

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.31 การเปลี่ยนโหมดข้อมูลขั้นตอนที่ 2 28

2.32 การเปลี่ยนโหมดข้อมูลขั้นตอนที่ 3 28

2.33 การเปลี่ยนโหมดข้อมูลขั้นตอนที่ 4 28

2.34 การสร้างไฟล์ Expert Mode ขั้นตอนที่ 1 29

2.35 การสร้างไฟล์ Expert Mode ขั้นตอนที่ 2 29

2.36 การสร้างไฟล์ Expert Mode ขั้นตอนที่ 3 29

2.37 การกำหนดการเคลื่อนที่ ขั้นตอนที่ 1 30

2.38 การกำหนดการเคลื่อนที่ ขั้นตอนที่ 2 30

2.39 การกำหนดการเคลื่อนที่ ขั้นตอนที่ 3 30

2.40 การกำหนดการเคลื่อนที่ ขั้นตอนที่ 4 30

2.41 การกำหนดค่า Input และ Output ขั้นตอนที่ 1 31

2.42 การกำหนดค่า Input และ Output ขั้นตอนที่ 2 31

2.43 การกำหนดค่า Input และ Output ขั้นตอนที่ 3 32

3.1 ลักษณะของแขนกลอุตสาหกรรมชนิด Artiulated Arm 33

3.2 ลักษณะของอุปกรณ์แยกสี TCS 230 34

3.3 ลักษณะของบอร์ด Arduino 35

4.1 Flow Chart แสดงการทำงานของแขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125 38

4.2 รูปลักษะการต่อบอร์ด Arduino เข้ากับ แขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125 39

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของโครงงาน

ในยุคเริ่มต้นของการส่งเสริมอุตสาหกรรมในประเทศไทยจะเห็นได้ว่าโรงงานต่างๆ เข้ามาตั้งฐานการผลิตในเมืองไทยจำนวนมากทำให้เกิดนิคมอุตสาหกรรมขึ้นหลายแห่ง ทั้งนี้เนื่องจากรัฐบาลมีนโยบายส่งเสริมอุตสาหกรรมที่ชัดเจน ค่าแรงงานถูก ลดรายจ่ายเนื่องจากภาษีการนำเข้าของสินค้าและวัตถุดิบบางชนิด แต่ปัจจุบันนี้ค่าแรงได้สูงขึ้น และสูงกว่าประเทศเพื่อนบ้าน และในขณะเดียวกันคุณภาพแรงงานไม่ได้มาตรฐาน ขาดความรู้และทักษะจึงทำให้หลายบริษัทได้ย้ายฐานการผลิตไปยังประเทศที่มีค่าแรงงานที่ถูกกว่า และอีกหลายบริษัทที่พยายามปรับตัวเองโดยมีการนำเทคโนโลยีระบบอัตโนมัติ (Automation Technology) เข้ามาใช้งานเพื่อให้สินค้าสามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ทั้งในเรื่องราคา และคุณภาพ โดยเฉพาะในเรื่องคุณภาพ ปัจจุบันโรงงานที่ผลิตสินค้าส่งออก หรือส่งให้กับลูกค้าที่เป็นบริษัทของต่างประเทศมักจะประสบปัญหาในเรื่องคุณภาพผลิตสินค้าไม่ได้มาตรฐานตามที่ลูกค้ากำหนด หรือผลิตสินค้าไม่ทันตามกำหนดเวลา อาจเนื่องมาจากมีการเปลี่ยนรุ่นผลิตภัณฑ์อยู่บ่อยต้องทำให้เสียเวลาในการตั้งเครื่อง จึงมีการนำเทคโนโลยีต่างๆเข้ามาใช้ หนึ่งในเทคโนโลยีที่มีความยืดหยุ่นสูง ได้แก่ หุ่นยนต์อุตสาหกรรม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงการทำงานสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนโปรแกรม นอกจากนี้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ยังมีความสม่ำเสมอเป็นมาตรฐานเดียวกันเพราะในปัจจุบันผู้บริโภคมีความต้องการในการใช้สินค้าเพิ่มมากขึ้นจึงทำให้โรงงานอุตสาหกรรมจำเป็นต้องมีกำลังการผลิตที่สูงเพื่อให้ได้รายได้มากขึ้นตามความต้องของผู้บริโภค ดังนั้นกลุ่มของข้าพเจ้าจึงมีแนวคิดที่จะนำระบบการทำงานแบบอัตโนมัติมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพกำลังการผลิตให้สูงขึ้น เนื่องจากในช่วงวิกฤตการณ์ทางด้านเศรษฐกิจที่ผ่านมาประเทศจะต้องเผชิญปัญหาต่างๆมากมาย ปัญหาเศรษฐกิจที่สำคัญและมีผลต่อการพัฒนาประเทศส่วนหนึ่งเกิดจากปัญหาทางด้านการขาดดุลการค้าระหว่างประเทศ สาเหตุเกิดจากนโยบายการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเศรษฐกิจของประเทศที่เน้นการพัฒนาอุตสาหกรรมเพื่อการส่งออก จึงมีการนำเข้าสินค้าประเภทเครื่องจักรวัตถุดิบบางประเภท และผลิตภัณฑ์บางอย่างที่มาจากสายการผลิตที่ต้องใช้เทคโนโลยีชั้นสูงจากประเทศที่พัฒนาแล้ว แนวทางที่สามารถลดการขาดดุลทางการค้านั้นเป็นสิ่งจำเป็นอย่างหนึ่งที่จะต้องทำคือจะต้องสามารถสร้างเครื่องจักรหรือผลิตวัตถุดิบ และชิ้นส่วนต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของอุตสาหกรรมให้สามารถส่งออกไปแข่งขันในตลาดโลก อีกทั้งในปัจจุบันมีการแข่งขันทางด้านเทคโนโลยีการผลิตสูง สิ่งสำคัญในการแข่งขันก็คือ การที่จะต้องทำการผลิตให้มีชิ้นส่วนเสียน้อยที่สุด เพื่อลดต้นทุนการผลิตสินค้า และสามารถแข่งขันทางด้านคุณภาพ และปริมาณของสินค้า การแข่งขันทางด้านราคา การผลิตที่รวดเร็วได้มาตรฐาน เพื่อให้สามารถส่งของได้ตรงเวลานอกจากนี้ก็มีการเก็บรักษาสิ่งแวดล้อม และความปลอดภัยของผู้บริโภค สิ่งเหล่านี้สามารถ

สร้างความน่าเชื่อถือในผลิตภัณฑ์ของตนได้ โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายประการ แต่ปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งก็คือ การนำเอาระบบอัตโนมัติมาช่วยดำเนินการในการผลิต ดังนั้น กลุ่มของข้าพเจ้าจึงมีแนวคิดที่จะนำระบบการทำงานแบบอัตโนมัติมาทำงานร่วมกับแขนกลอุตสาหกรรมเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพกำลังการผลิตให้สูงขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

นำระบบเซนเซอร์คัดแยกสีมาใช้งานร่วมกับระบบสายพาน และแขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125 ในห้องปฏิบัติการ

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Outputs)

1.3.1 ระบบสายพานสามารถหยุดตรงตามตำแหน่งของแขนกลอุตสาหกรรมที่จะมาหยิบชิ้นงานโดยการควบคุมจากระบบเซนเซอร์

1.3.2 ระบบเซนเซอร์สามารถคัดแยกสีชิ้นงานได้ตรงตามที่กำหนดได้ คือ สีแดง สีน้ำเงิน และสีเขียว

1.3.3 แขนกลอุตสาหกรรมสามารถหยิบชิ้นงาน และนำไปวางไว้ตรงตามตำแหน่งสถานีงาน

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

แขนกลอุตสาหกรรมรับสัญญาณ Input จากการอ่านสีวัตถุ แล้วนำไปวางไว้ในตำแหน่งที่กำหนด

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 ระบบเซนเซอร์สามารถคัดแยกสีชิ้นงานได้ 3 สี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน

1.5.2 ชิ้นงานมีน้ำหนักไม่เกิน 10 กิโลกรัม

1.5.3 ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าจากภายในแขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2557 ถึง มีนาคม พ.ศ. 2557

1.8 ขั้นตอน และแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอน และแผนการดำเนินโครงงาน

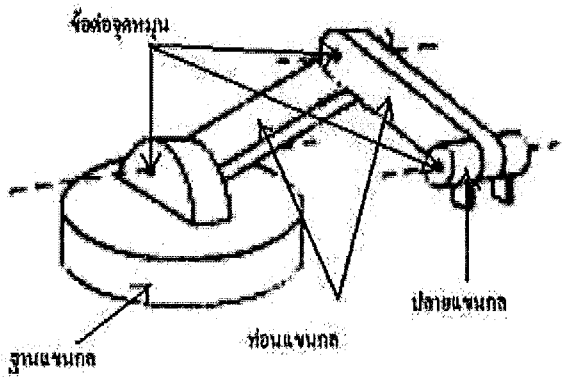
	การดำเนินโครงงาน	ช่วงเวลา							
		ม.ค.		ก.พ.			มี.ค.		
1.8.1	ศึกษาระบบสายพาน และระบบเซนเซอร์	■	■						
1.8.2	ศึกษาการควบคุมของแขนกลอุตสาหกรรม			■	■				
1.8.3	นำระบบสายพานที่ติดตั้งเซนเซอร์มา ทำงานร่วมกับแขนกลอุตสาหกรรม					■	■		
1.8.4	ปรับปรุงแก้ไข และทดสอบวิธีการ ปฏิบัติงานที่ยังไม่เป็นไปตามเป้าหมาย							■	
1.8.5	สรุปผลการทดลอง และนำเสนอผลงาน								■

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 แขนกลอุตสาหกรรม

แขนกลอุตสาหกรรมที่พบเห็นได้โดยทั่วไปเช่น ในโรงงานผลิต ประกอบรถยนต์ งานเชื่อมอุตสาหกรรม งานประกอบเครื่องจักร งานในโรงงานเหล็ก งานเกี่ยวกับคลังสินค้าขนาดใหญ่ เป็นต้น

แขนกลเป็นหุ่นยนต์ชนิดหนึ่งที่นำมาใช้งานในวงการอุตสาหกรรมการผลิตได้ถูกนำมาใช้แทนแรงงานมนุษย์ในงานที่ต้องทำอย่างต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง งานที่ต้องทำซ้ำๆ กันตลอดเวลา งานที่เป็นอันตราย งานที่หนัก และยากเกินที่มนุษย์จะทำไหว ปกติมนุษย์ก็สามารถทำงานได้ทุกอย่างแต่ข้อจำกัดของมนุษย์นั้นไม่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่องยาวนานจะเกิดความเหน็ดเหนื่อยเมื่อยล้าจึงต้องมีการพักผ่อน เมื่อคนทำงานในที่อันตรายเช่นงานที่เกี่ยวกับสารเคมีที่มีพิษ ถ้าป้องกันไม่ดีก็จะมีผลต่อสุขภาพได้ เมื่อเป็นข้อจำกัดอย่างนี้หุ่นยนต์จึงเข้ามามีบทบาทในการทำงานดังกล่าว และข้อดีของการที่มีหุ่นยนต์ทำงานแทนคนนั้นนอกจากที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว ประสิทธิภาพการทำงานก็จะดีขึ้น มีความแน่นอน แม่นยำ สามารถทำงานผลิตได้โดยไม่ต้องพัก จำนวนชิ้นงานที่ทำก็มากขึ้น ทำงานได้โดยไม่มีวันหยุด ส่วนข้อเสียก็มี เช่นมีราคาสูง ต้องมีผู้ชำนาญการในการควบคุมหุ่นยนต์ ไม่เหมาะในโรงงานที่กำลังผลิตน้อย



รูปที่ 2.1 ลักษณะของแขนกลและข้อต่อของแขนกลอุตสาหกรรม

ที่มา : http://engineerknowledge.blogspot.com/2011/09/industrial-robot-arms.html

แขนกลอุตสาหกรรมนั้นมีส่วนประกอบอยู่หลายส่วนได้แก่ ฐาน (Base) ของหุ่นยนต์ ท่อนชิ้นส่วนที่เป็นแขนกล ข้อต่อจุดหมุน (Joints) ตามชิ้นส่วนที่ต่อกัน ปลายของแขนกลที่ใช้ทำงานยกตัวอย่างเช่น มือคีบจับ หัวเชื่อม อุปกรณ์ประกอบชิ้นส่วน ปืนพ่นสี หัวเจาะ เป็นต้น คอมพิวเตอร์ที่มาควบคุมแขนกลนั้นจะทำหน้าที่ควบคุมในส่วนที่เป็นมอเตอร์แบบสเต็บ (Step motors คือ เป็นมอเตอร์ที่จากมอเตอร์โดยทั่วไป กล่าวคือมอเตอร์แบบสเต็บนั้นมีความสามารถหมุน และหยุดได้ตาม

ความต้องการ ตามระยะที่ได้ตั้งโปรแกรมไว้ และสามารถทำซ้ำๆ กันได้ในการเคลื่อนที่ ส่วนมอเตอร์โดยทั่วไปเมื่อป้อนพลังงานก็จะหมุนตลอด และเวลาหยุดจะหมุนฟรีไปหลายรอบซึ่งเป็นผลมาจากแรงเฉื่อย) มอเตอร์แบบสเต็บจึงทำให้หุ่นยนต์เคลื่อนไหวตามโปรแกรมที่ได้ตั้งไว้ นอกจากมอเตอร์แบบสเต็บแล้ว แขนกลที่มีขนาดใหญ่ที่นำมาใช้ในงานหนักอาจจะใช้มอเตอร์ไฮดรอลิกส์ หรือมอเตอร์ลมนิวแมติกส์ แทนก็ได้ แขนกลจะมีระบบเซ็นเซอร์ไว้คอยตรวจจับการทำงานเพื่อให้หุ่นยนต์นั้นได้มีการเคลื่อนที่ได้อย่างถูกต้อง เกิดความแน่นอนในการเคลื่อนที่ของแขนกล

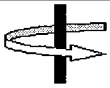
แขนกลอุตสาหกรรมโดยทั่วไปจะมีข้อต่อ 6 ข้อต่อ โดยคล้ายกับแขนของมนุษย์ที่เริ่มนับจากหัวไหล่ ข้อศอก และมือ ในหุ่นยนต์จะมีฐานหุ่นคล้ายบ่าเพื่อรองรับโครงสร้างที่มีกรเคลื่อนที่ เราเรียกข้อต่อจุดหมุนว่าเป็นองศาอิสระ (Degrees Of Freedom) หมายถึงมันสามารถที่จะเคลื่อนไหวได้อย่างอิสระภายใต้ระยะจุดหมุนที่หมุนได้ ถ้าเปรียบเทียบกับแขนมนุษย์ที่สามารถยกแขนให้เคลื่อนที่จากตำแหน่งไปสู่ตำแหน่งหนึ่ง แขนกลก็ เช่น คือสามารถทำการเคลื่อนที่ได้จากจุดหนึ่งไปสู่จุดหนึ่งในระยะขอบเขตรัศมีการเคลื่อนที่ ในการรับน้ำหนักของแขนกลจะมีเซ็นเซอร์วัดความดันบอกสถานะน้ำหนักที่รับได้ว่าเกินกำลังลังของหุ่นหรือไม่ เมื่อน้ำหนักที่ทำงานเกินเครื่องจะเตือน และแขนกลจะหยุดทำงาน

ในโรงงานอุตสาหกรรมหุ่นยนต์จะทำงานในระบบอัตโนมัติ ในสายการประกอบรถยนต์ หุ่นยนต์สามารถทำงานได้มากกว่ามนุษย์ และมีความแม่นยำมาก มันสามารถทำงานในจุดเดิมๆ โดยไม่ผิดพลาด พวกมันสามารถใส่สลักเกลียว และสามารถขันได้ตามแรงที่กำหนด หุ่นยนต์ในโรงงานที่ผลิตอุปกรณ์จะพวกไมโครชิป จะมีความสำคัญมากในการทำงานที่มีอุปกรณ์ขนาดเล็ก เนื่องจากความสามารถในการทำงานได้อย่างแม่นยำ

2.1.1 ชนิดของแขนกลอุตสาหกรรม

โดยทั่วไปการแบ่งชนิดของแขนกลจะแบ่งตามลักษณะรูปทรงของพื้นที่ทำงาน (Envelope Geometric) และจุดข้อต่อของแขนกลอุตสาหกรรม ซึ่งในขั้นพื้นฐานมี 2 ชนิด

ตารางที่ 2.1 ตารางการแสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกล

ชนิด	สัญลักษณ์	หมายเหตุ
Revolute (R)		เป็นการหมุนรอบแนวแกน
Prismatic (P)		เป็นการเคลื่อนที่เชิงเส้น

ที่มา : http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&article_id=888

จุดต่อของแขนกลอุตสาหกรรมทั้งสองแบบ เมื่อนำมาต่อเข้ากันอย่างน้อย 3 แกนหลัก จะได้พื้นที่ทำงาน (Work Envelope) ที่มีลักษณะแตกต่างกันไป ซึ่งสามารถนำมาแบ่งชนิดของแขนกลได้ดังต่อไปนี้

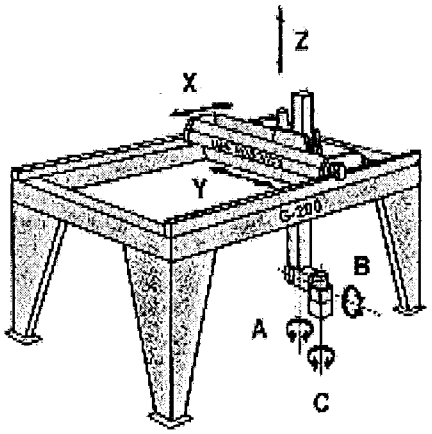
ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงลักษณะการทำงานของแขนกล

ชนิดของแขนกล	แกนที่ 1	แกนที่ 2	แกนที่ 3
Cartesian (Gantry)	P	P	P
Cylindrical	R	P	P
Spherical (Polar)	R	R	P
SCARA	R	P	R
Articulated	R	R	R
R=Revolute P=Prismatic			

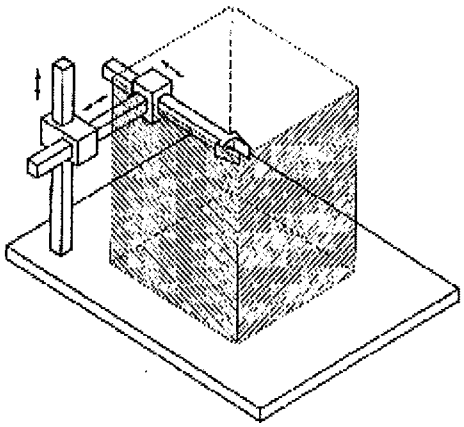
ที่มา : http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&article_id=888

2.1.1.1 Cartesian (Gantry) Robot

แกนทั้งสามของแขนกลจะเคลื่อนที่เป็นแบบเชิงเส้น (Prismatic) ถ้าโครงสร้างมีลักษณะเป็น Overhead Crane



รูปที่ 2.2 ลักษณะของ Cartesian
ที่มา : http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&article



รูปที่ 2.3 พื้นที่การทำงานของ Cartesian
ที่มา : http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&article

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงข้อดี และข้อเสียของ Cartesian (Gantry)

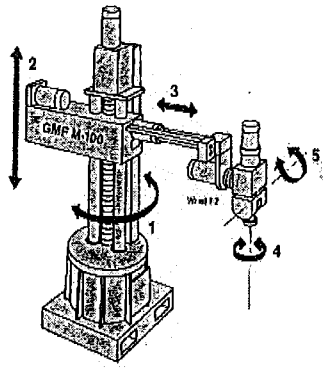
ข้อดี	ข้อเสีย
ก. เคลื่อนที่เป็นแนวเส้นตรงทั้ง 3 มิติ	ก. ต้องการพื้นที่ติดตั้งมาก
ข. การเคลื่อนที่สามารถเข้าใจง่าย	ข. ไม่สามารถเข้าถึงชิ้นงานจากด้านใต้ได้
ค. มีส่วนประกอบแบบง่าย	ค. แกนแบบเชิงเส้นจะป้องกันฝุ่นได้ยาก

ที่มา : http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&article_id=888

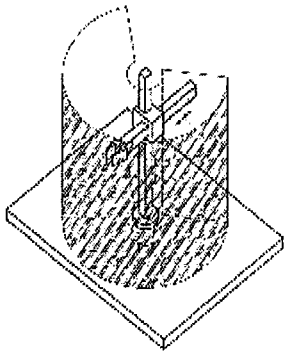
การประยุกต์ใช้งาน เนื่องจากโครงสร้างมีความแข็งแรงตลอดแนวการเคลื่อนที่ ดังนั้นจึงเหมาะกับงานเคลื่อนย้ายของหลักๆ หรือเรียกว่างาน Pick and Place เช่นใช้โหลดชิ้นงานเข้าเครื่องจักร (Machine Loading) ใช้จัดเก็บชิ้นงาน (Stacking) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ในงานประกอบที่ไม่ต้องการเข้าถึงในลักษณะที่มีมุมหมุน

2.1.1.2 Cylindrical

แขนกลประเภทนี้จะมีแกนที่ 2 และแกนที่ 3 เป็นแบบ Prismatic ส่วนแกนที่ 1 จะเป็นแบบหมุน (Revolute) ทำให้เคลื่อนที่ได้ในพื้นที่ทรงกระบอก



รูปที่ 2.4 ลักษณะของ Cylindrical
ที่มา : http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&articl



รูปที่ 2.5 พื้นที่การทำงานของ Cylindrical
ที่มา : http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&art

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดงข้อดี และข้อเสียของ Cylindrical

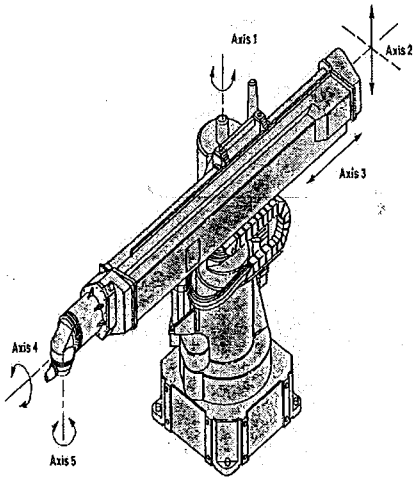
ข้อดี	ข้อเสีย
ก. มีส่วนประกอบไม่ซับซ้อน	ก. มีข้อจำกัดในพื้นที่การทำงาน
ข. การเคลื่อนที่เข้าใจได้ง่าย	ข. แกนที่เป็นเชิงเส้นทำการป้องกันฝุ่นละอองได้ยาก
ค. เข้าไปในบริเวณที่เป็นโพรงได้ง่าย	

ที่มา : http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&article_id=888

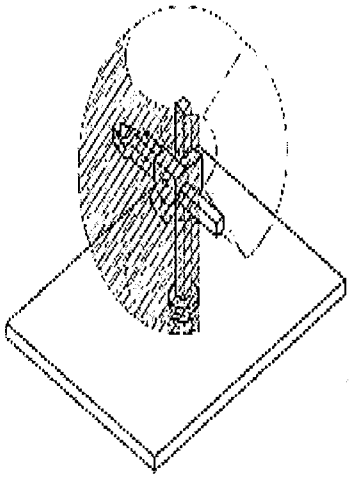
การประยุกต์ใช้งาน โดยทั่วไปจะใช้ในการหยิบชิ้นงาน (Pick and Place) หรือป้อนชิ้นงานเข้าเครื่องจักรเพราะสามารถเคลื่อนที่เข้าออกบริเวณที่เป็นช่องหรือโพรงเล็กๆ ได้สะดวก

2.1.1.3 Spherical Robot

มีสองแกนที่เคลื่อนที่ในลักษณะการหมุน (Revolute) คือ แกนที่ 1 และแกนที่ 3 ส่วนแกนที่ 2 จะมีลักษณะของการเคลื่อนที่แนวเส้นตรง



รูปที่ 2.6 ลักษณะของ Spherical Robot
ที่มา : http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&art



รูปที่ 2.7 พื้นที่การทำงานของ Spherical Robot
ที่มา : http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&article

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดงข้อดี และข้อเสียของ Spherical Robot

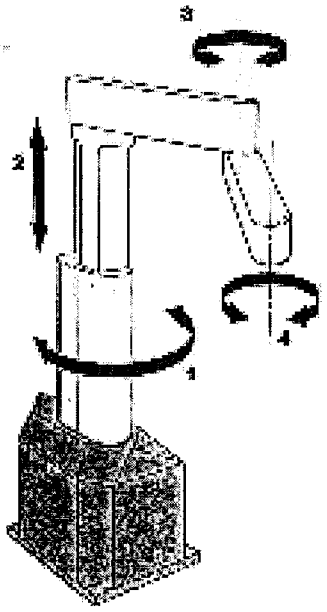
ข้อดี	ข้อเสีย
ก. สามารถก้มลงมาจับชิ้นงานบนพื้นได้อย่างสะดวก **ข.** มีปริมาตรการทำงานมากขึ้นเนื่องจากการหมุนของแขนกล	**ก.** มีระบบพิกัด (Coordinate) และส่วนประกอบที่ซับซ้อน **ข.** การเคลื่อนที่และระบบควบคุมมีความซับซ้อน

ที่มา : http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&article_id=888

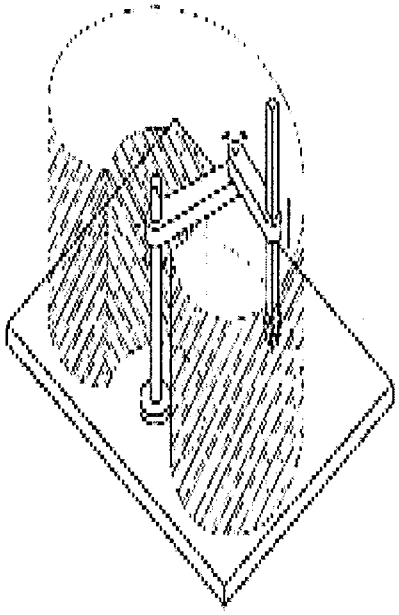
การประยุกต์ใช้งาน ใช้ในงานที่มีการเคลื่อนที่ในแนวตั้งเพียงเล็กน้อย เช่น การโหลดชิ้นงานเข้าออกจากเครื่องปั๊ม หรืออาจจะใช้ในงานเชื่อมจุด

2.1.1.4 SCARA Robot

แขนกล SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) จะมีลักษณะแกนที่ 1 และแกนที่ 3 หมุนรอบแกนแนวตั้ง และแกนที่ 2 จะเป็นลักษณะการเคลื่อนที่ขึ้นลง



รูปที่ 2.8 ลักษณะของ SCARA Robot
ที่มา : http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&article



รูปที่ 2.9 พื้นที่การทำงานของ SCARA Robot
ที่มา : http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&articl

ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงข้อดี และข้อเสียของ SCARA Robot

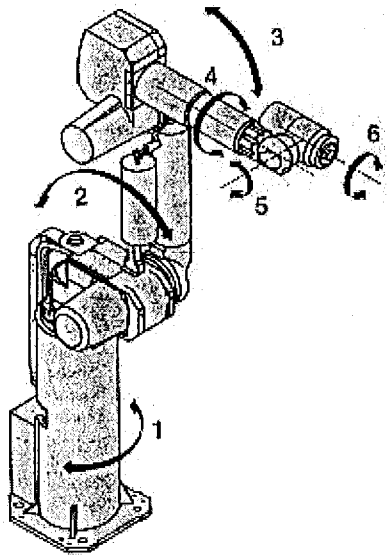
ข้อดี	ข้อเสีย
ก. สามารถเคลื่อนที่ในแนวระนาบ และแนวขึ้นลงได้อย่างรวดเร็ว ข. มีความแม่นยำสูง	ก. มีพื้นที่ในการทำงานจำกัด ข. ไม่สามารถหมุนในลักษณะมุมต่างๆได้ ค. รับแรงได้ไม่มาก

ที่มา : http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&article_id=888

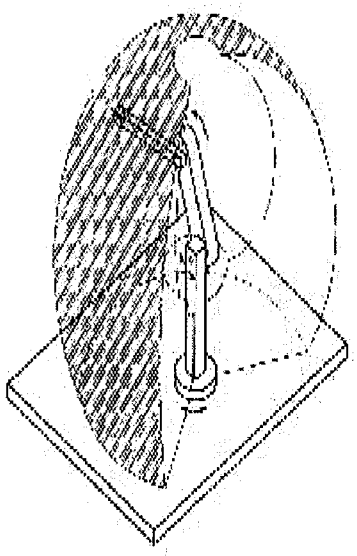
การประยุกต์ใช้งานเนื่องจากการเคลื่อนที่ในแนวระนาบ และขึ้นลงได้อย่างรวดเร็วจึงเหมาะกับงานประกอบชิ้นงานทางอิเล็คทรอนิคซึ่งต้องการความรวดเร็วและการเคลื่อนที่ก็ไม่ต้องการการหมุนมากนักแต่จะไม่เหมาะกับงานประกอบชิ้นส่วนทางกล (Mechanical Part) ซึ่งส่วนใหญ่การประกอบจะอาศัยการหมุนในลักษณะต่างๆ นอกจากนี้ SCARA Robot ยังเหมาะกับงานตรวจสอบ (Inspection) งานบรรจุภัณฑ์

2.1.1.5 Articulated Arm (Revolute)

ทุกแกนการเคลื่อนที่จะเป็นแบบหมุน (Revolute) รูปแบบการเคลื่อนที่จะคล้ายกับแขนคนซึ่งจะประกอบด้วยช่วงเอว ท่อนแขนบน ท่อนแขนล่าง ข้อมือ การเคลื่อนที่ทำให้ได้พื้นที่การทำงานกว้างขึ้น



รูปที่ 2.10 ลักษณะของ Articulated Arm
ที่มา : http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&article_id=888



รูปที่ 2.11 พื้นที่การทำงาน Articulated Arm
ที่มา : http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&article_id=888

ตารางที่ 2.7 ตารางแสดงข้อดี และข้อเสียของ Articulated Arm

ข้อดี	ข้อเสีย
ก. มีพื้นที่การทำงานมาก ข. มีความยืดหยุ่นสูงในการเข้าถึงชิ้นงาน ค. บริเวณข้อต่อทำการ Seal ป้องกันฝุ่นละอองได้	ก. มีระบบพิกัด (Coordinate) ซับซ้อน ข. ควบคุมแนวเส้นตรงได้ยาก ค. การเคลื่อนที่ และการควบคุมทำได้ยาก

ที่มา : http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&article_id=888

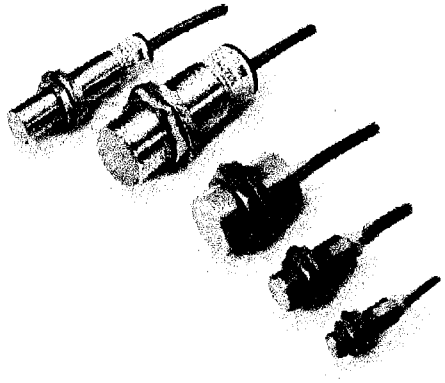
การประยุกต์ใช้งานแขนกลชนิดนี้สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวางเพราะสามารถเข้าถึงตำแหน่งต่างๆ ได้ดี เช่น งานเชื่อม Spot Welding Path Welding งานยกของงานตัด งานทากาว งานพ่นสี

2.2 เซนเซอร์

คือ ตัวอุปกรณ์ตรวจรู้ตัวแรกในระบบการวัด ซึ่งใช้ตรวจจับหรือรับรู้การเปลี่ยนแปลงปริมาณ ทางกายภาพของตัวแปรต่างๆ เช่น ความร้อน แสง สี เสียง ระยะทาง การเคลื่อนที่ ความดัน การไหล เป็นต้น แล้วเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสัญญาณหรือข้อมูลที่สอดคล้อง และเหมาะสมกับส่วนของการกำหนดเงื่อนไขทางสัญญาณ

2.2.1 พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์

พร็อกซิมิตี้เซนเซอร์ (Proximity Sensor) หรือ พร็อกซิมิตี้สวิตช์ (Proximity Switch) คือ เซนเซอร์ชนิดหนึ่งที่สามารถทำงานโดยไม่ต้องสัมผัสกับชิ้นงานหรือวัตถุภายนอก โดยลักษณะของการทำงานอาจจะส่งหรือรับพลังงานรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งดังต่อไปนี้ คือ สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า แสง เสียง และสัญญาณลม ส่วนการนำเซนเซอร์ประเภทนี้ไปใช้งานนั้น ส่วนใหญ่จะใช้กับงานตรวจจับ ตำแหน่ง ระดับ ขนาด และรูปร่าง ซึ่งโดยปกติแล้วจะนำมาใช้แทนลิมิตสวิตช์ (Limit Switch) เนื่องด้วยสาเหตุของอายุการใช้งาน และความเร็วในการตรวจจับวัตถุเป้าหมาย ทำได้ดีกว่าอุปกรณ์ประเภทสวิตช์ซึ่งอาศัยหน้าสัมผัสทางกล



รูปที่ 2.12 ลักษณะของ Proximity Sensor
ที่มา : http://www.omron-ap.co.th/product_info/E2EV/index.asp

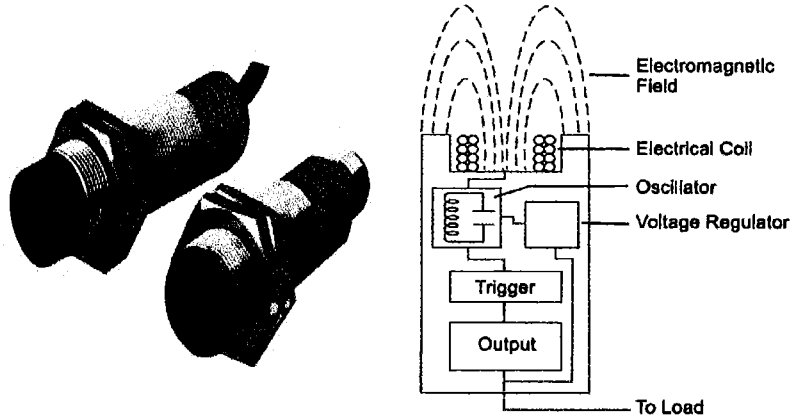
2.2.1.1 สมบัติเด่น

ก. สามารถตรวจจับได้โดยไม่มีการสัมผัส
ข. สามารถใช้งานได้ดีในสภาพแวดล้อมที่เลวร้าย
ค. ตรวจจับด้วยความแม่นยำ
ง. ตอบสนองต่อการทำงานได้รวดเร็วกว่า
จ. สามารถแยกการตรวจจับวัตถุที่เป็นโลหะ อโลหะ และแม่เหล็กได้

2.2.2 ประเภทของพร็อกซิมิตี้เซนเซอร์

2.2.2.1 เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ (Inductive Sensor) เป็นเซนเซอร์ที่ทำงานโดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำของขดลวด ซึ่งการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะมีผลต่อชิ้นงานหรือวัตถุที่เป็นโลหะเท่านั้น หรือเรียกกันทางภาษาเทคนิคว่า อินดั๊กตีฟเซนเซอร์

ข้อเด่นของเซนเซอร์ชนิดนี้ คือ ทนทาน และสามารถทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้าง (Wide Temperature Ranges) สามารถทำงานในสภาวะที่มีการรบกวนทางแสง (Optical) และเสียง (Acoustic) ซึ่งเทียบเท่ากับชนิดเก็บประจุ

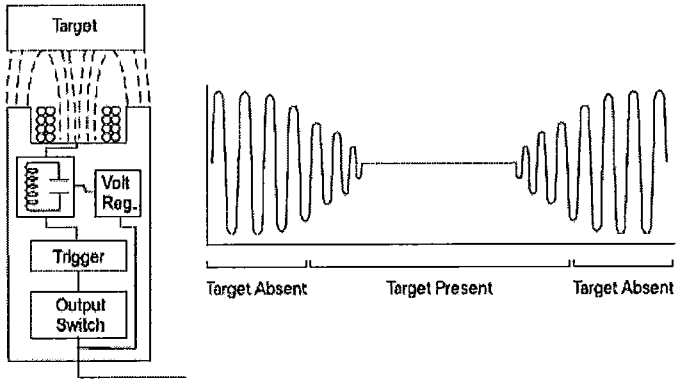


รูปที่ 2.13 ลักษณะและการทำงานของ Inductive Sensor

ที่มา : http://www.nskelectronics.in/inductive_proximity_sensor.html

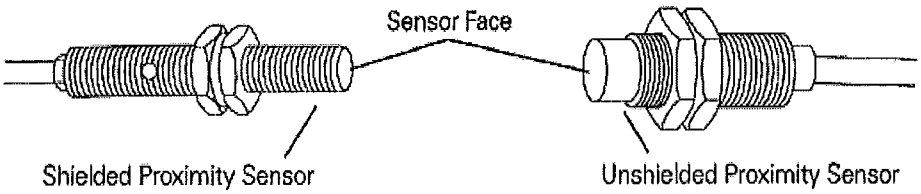
หลักการทำงานของเซนเซอร์แบบนี้ จะใช้หลักการของ Eddy Current Killed Oscillator (ECKO) ซึ่งเซนเซอร์จะประกอบด้วยส่วนประกอบสี่ส่วนคือ Coil Oscillator Trigger Circuit และ Output โดยหน้าที่ของ Oscillator จะเป็นวงจรที่สร้างความถี่วิทยุขึ้น ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นจาก Coil ที่ถูกกระตุ้นด้วยการทำงานของ Oscillator โดยสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจะกระจายออกไปด้านหน้าของเซนเซอร์ และสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นยังทำหน้าที่เป็น Feedback ให้กับ Oscillator อีกด้วย

เมื่อมีวัตถุที่เป็นโลหะผ่านเข้ามาใกล้สนามแม่เหล็ก กระแสไฟจะถูกดูดกลืนเข้าสู่วัตถุนั้นทำให้เกิดภาระกรรมขึ้นกับเซนเซอร์ และทำให้ขนาดของสนามแม่เหล็กที่เซนเซอร์สร้างขึ้นมีขนาดเล็กลง ยิ่งวัตถุเข้ามาใกล้เซนเซอร์มากขึ้นเท่าใด Eddy Currents ที่ไหลไปสู่วัตถุก็ยิ่งมากขึ้นเท่านั้นซึ่งจะเป็นการสร้างภาระกรรมให้ Oscillator มากขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงจุดหนึ่ง Oscillator จะหยุดทำงานเนื่องจากมี Eddy Current มากเกินไป และเมื่อ Oscillator หยุดทำงาน Trigger Circuit จะกระตุ้นไปที่ Output ทำให้มีสัญญาณออกไปจากเซนเซอร์ซึ่งจะเปลี่ยนสภาพของสวิทซ์ในเซนเซอร์ให้เปลี่ยนเป็นเปิดหรือปิดต่อไป สำหรับลักษณะของการสร้างสนามแม่เหล็ก และการตรวจจับจะเป็น



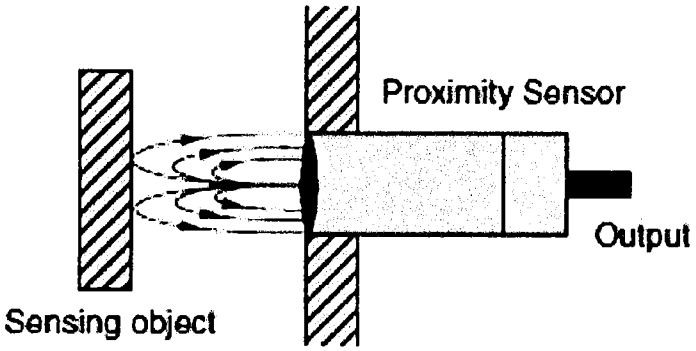
รูปที่ 2.14 การทำงานของ Inductive Proximity Sensor
ที่มา : http://geniusdevils.com/2013/04/inductive-proximity-sensors

หลักการทำงานสำหรับเซนเซอร์ประเภทนี้จะใช้ไฟกระแสตรงในการกระตุ้นการทำงาน โดยทั่วไปเซนเซอร์ประเภทนี้ จะไฟฟ้าที่ใช้จะมีความต่างศักย์อยู่ในช่วง 10V. ถึง 30 V. แต่เราก็จะสามารถเห็นบางประเภทที่ใช้ ความต่างศักย์สูงกว่านี้ได้เช่นกัน ขึ้นกับความต้องการของผู้ใช้ Proximity Sensors จะมีแกนกลางเป็นแกนเหล็ก แล้วพันด้วยขดลวด เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กที่ด้านหน้าของเซนเซอร์ซึ่งที่ปลายหัว เซนเซอร์นี้จะสามารถจัดสนามแม่เหล็กได้ 2 แบบคือ แบบ Shielded หรือ Unshielded สำหรับหัวเซนเซอร์ที่เป็นแบบ Unshielded โดยปกติจะได้ระยะ การตรวจจับที่ไกลกว่าแบบที่ Shielded ซึ่งลักษณะที่ปลายเซนเซอร์



รูปที่ 2.15 ลักษณะของ Shielded Proximity Sensor และ Unshielded Proximity Sensor
ที่มา : www.pnu.ac.th/webpnu/file_egn/measure1.ppt

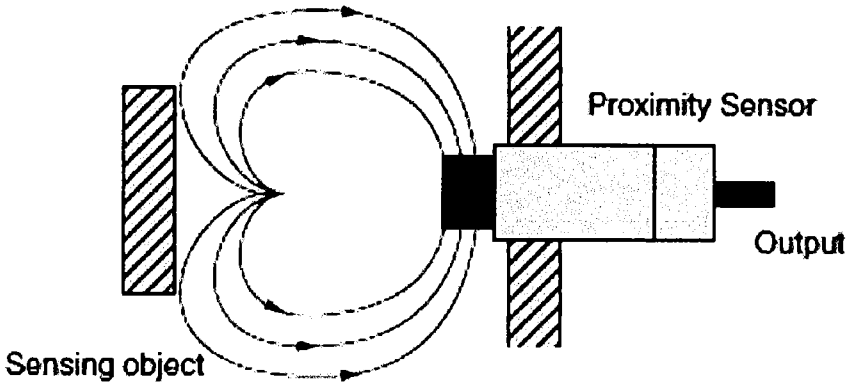
ลักษณะของ Shielded Proximity Sensor นั้นสนามแม่เหล็กที่สร้างขึ้นจะถูกป้องกันไม่ให้แพร่กระจายไปในทุกทิศทางรอบหน้าเซนเซอร์แต่มันจะถูกบีบให้ปล่อยสนามแม่เหล็กออกไปในทิศทางที่ตรงกับหน้าตัดของเซนเซอร์เท่านั้น การป้องกันสนามแม่เหล็กกระจายไปด้านข้างสามารถทำได้ด้วยการใส่แหวนโลหะไว้รอบๆ ด้านข้างของแกนเหล็กที่สร้างสนามแม่เหล็ก ทำให้สนามแม่เหล็กที่กระจายมาด้านข้างถูกโลหะนี้ดูดกลืนไป เหลือเพียงสนามแม่เหล็กที่กระจายออกมาทางด้านหน้าเท่านั้น ซึ่งทำให้เซนเซอร์ประเภทนี้สามารถติดตั้งโดยการฝังลงไปเสมอกับผนังที่ทำด้วยโลหะได้



รูปที่ 2.16 แสดงลักษณะสนามแม่เหล็กของ Shielded Proximity Sensor

ที่มา : http://www.omron-ap.co.in/technical_guide/proximity_sensor/index.asp

สำหรับระยะตรวจจับที่เซนเซอร์จะตรวจจับได้ ขึ้นอยู่กับบริษัท และรุ่นที่ผู้ผลิตจัดทำขึ้น ระยะที่กำหนดนี้ทางผู้ผลิตจะวัดจากวัตถุที่มีชนิด และขนาดที่เป็นมาตรฐาน ซึ่งจะกล่าวต่อไป สำหรับผนังที่อยู่ตรงข้ามถ้าเป็นโลหะควรจะมีระยะห่างออกไปไม่น้อยกว่าสามเท่าของระยะตรวจจับมาตรฐาน

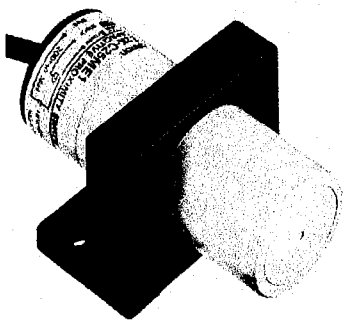


รูปที่ 2.17 แสดงลักษณะสนามแม่เหล็กของ Unshielded Proximity Sensor

ที่มา : http://www.omron-ap.co.in/technical_guide/proximity_sensor/index.asp

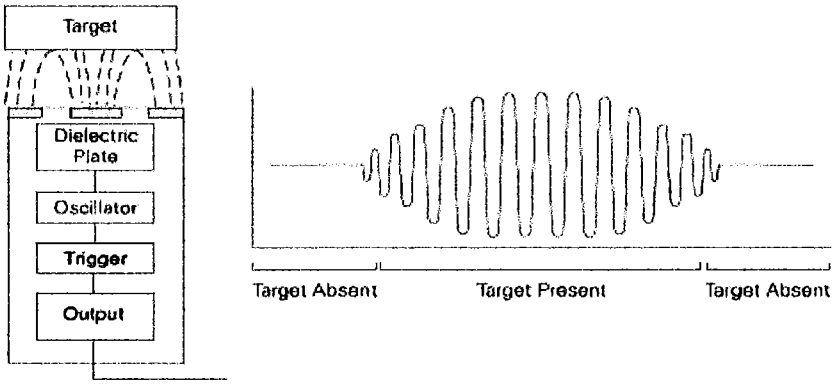
2.2.2.2 Capacitive Proximity Sensor

โครงสร้างพื้นฐานของ Capacitive Proximity Switch จะมีลักษณะคล้ายกับแบบ Inductive Proximity Switch จะมีส่วนต่างกันที่หัวตรวจจับ (Active Electrode) ซึ่งจะใช้หลักการเปลี่ยนแปลงของค่าคาปาซิแตนซ์ (Capacitance) Capacitive Proximity Sensor จะสร้างสนามไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic) มาแทนที่จะเป็นสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจึงทำให้ Capacitive Proximity Sensor นี้สามารถที่จะตรวจจับวัตถุที่เป็นทั้งโลหะ และอโลหะได้ ซึ่งถือเป็นข้อได้เปรียบของเซนเซอร์ประเภทนี้



รูปที่ 2.18 ลักษณะของ Capacitive Proximity Switch
ที่มา : http://www.indiamart.com/sheetal-corporation/proximity-sensors.html

หลักการทำงานของเซนเซอร์แบบนี้จะเริ่มจากที่หน้าเซนเซอร์ จะประกอบด้วยทรงกระบอกสองชิ้นที่วางมีจุดศูนย์กลางร่วมกัน ทำหน้าที่เป็น Unwound Electrodes Capacitor และสร้างสนามไฟฟ้าสถิตขึ้นรอบๆ หน้าเซนเซอร์ เมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่เข้ามาใกล้ประจุไฟที่อยู่ใน Capacitor จะกระจายออกไปเกาะที่วัตถุทำให้จำนวนประจุในสนามลดลง และยังผลให้ความจุไฟฟ้าใน Oscillating Circuit เปลี่ยนไป และจะกระตุ้นให้ Oscillator ทำงานขึ้นมา จากนั้นการทำงานของ Oscillator จะถูกตรวจจับ และเมื่อช่วงกว้างสัญญาณจาก Oscillator สูงถึงจุดที่กำหนด Trigger Circuit จะทำหน้าที่สั่งการให้วงจร Output ทำงาน และเปลี่ยนสภาพของเซนเซอร์ไป หลังจากนั้นถ้าหากวัตถุเคลื่อนที่ออกไป ความจุไฟฟ้าใน Oscillator จะกลับขึ้นมาสูงขึ้นอีกครั้ง และการกระตุ้นจะลดลงทำให้ Oscillator หยุดทำงาน Trigger Circuit ก็จะทำหน้าที่สั่งการให้วงจร Output อีกครั้งหนึ่งเพื่อให้เซนเซอร์สวิทช์กลับสู่สภาพปกติ ซึ่งส่วนประกอบของวงจร และลักษณะการกระตุ้นเซนเซอร์

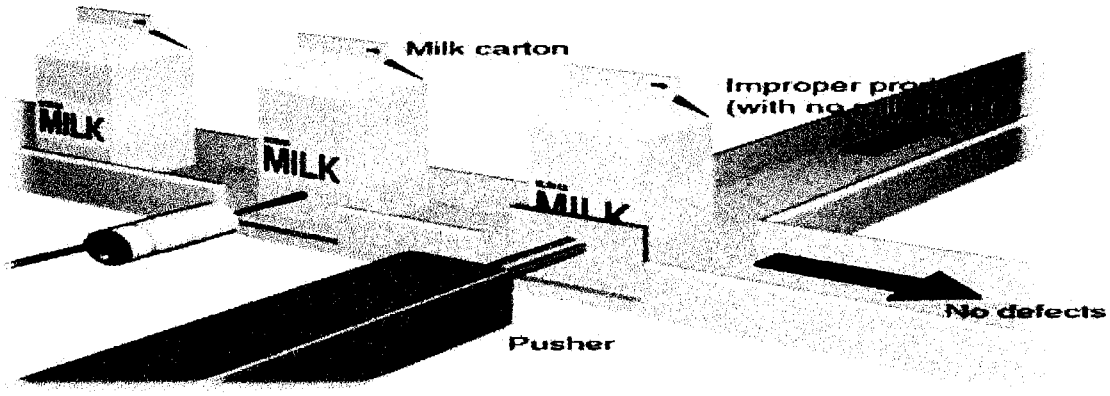


รูปที่ 2.19 แสดงลักษณะสนามแม่เหล็กของ Capacitive Proximity Switch
ที่มา : http://geniusdevils.com/2013/04/inductive-proximity-sensors

สำหรับวัตถุใช้หาระยะตรวจจับมาตรฐานของเซนเซอร์ ความสามารถการดูดกลืนประจุไฟฟ้าของวัตถุจะขึ้นกับชนิดของวัตถุ และเรากำหนดให้

สมบัติที่เรียก Dielectric Constant เป็นคุณสมบัติด้านนี้ของวัตถุนอกเหนือจากนั้นเราได้กำหนดให้อากาศ มีค่า Dielectric Constant เท่ากับ 1 สำหรับในการตรวจสอบการทำงานของ Capacitive Proximity Sensor เรานิยมที่ใช้น้ำเป็นวัตถุมาตรฐาน

จากการทดสอบพบว่าน้ำมีค่า Dielectric Constant เท่ากับ 80 สำหรับ วัตถุที่มีค่า Dielectric Constant สูงก็ยิ่งจะเป็นการง่ายในการตรวจสอบว่ามีวัตถุนั้นอยู่ใกล้หรือไม่ เนื่องจากเซนเซอร์นี้จะตรวจจับได้ทั้งโลหะ และอโลหะ เพื่อความสะดวกในการติดตั้งเราจึงมักจะพบว่าเซนเซอร์ประเภทนี้เป็นแบบ Shielded Sensor เป็นส่วนใหญ่ และเรามักพบการใช้เซนเซอร์แบบนี้อย่างแพร่หลาย คือการใช้ตรวจจับระดับน้ำในถังบรรจุ เพราะโดยทั่วไปแล้วค่า Dielectric ของน้ำจะสูงกว่าค่า Dielectric ของวัสดุที่ใช้ทำถังบรรจุมันอยู่มาก จึงเหมือนกับว่าเซนเซอร์นี้มองทะลุถังเก็บเข้าไปได้ ซึ่งเป็นการตรวจจับปริมาณน้ำในถังว่าสูงถึงระดับที่ต้องการหรือไม่



รูปที่ 2.20 การติดตั้ง Capacitive Proximity Switch ในสายงานการผลิต
ที่มา : www.pnu.ac.th/webpnu/file_egn/measure1.ppt

ก. ระยะการตรวจจับ (Sensing Range) คือระยะที่เมื่อมีแผ่นโลหะเคลื่อนที่เข้ามาใกล้ (ด้านหน้า) แล้วมีผลทำให้วงจรภาคเอาท์พุทของ Proximity Switch เกิดการเปลี่ยนแปลง ON OFF Circuit

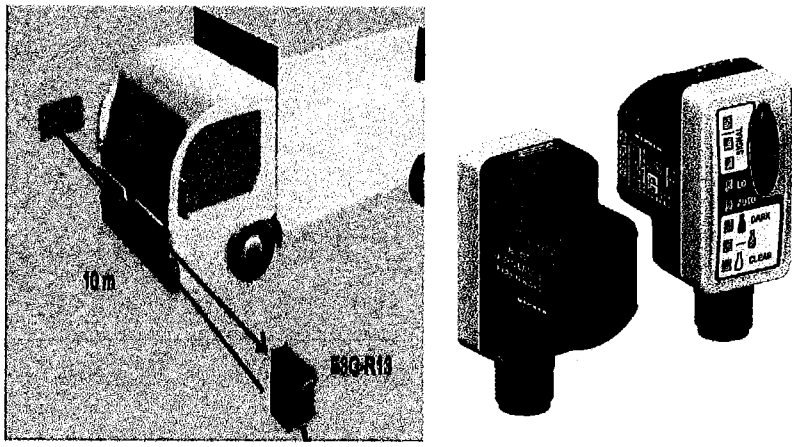
ข. ระยะการตรวจจับทั่วไป (Normal Sensing Sn) คือค่าระยะตรวจจับตามคุณลักษณะโดยไม่คิดผลคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการผลิต และผลกระทบจากสภาพแวดล้อมภายนอก เช่น อุณหภูมิ แรงดันไฟฟ้า

2.2.2.3 Photoelectric Proximity Sensors

เป็นเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจสอบวัตถุอีกประเภทหนึ่งที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เป็นเซนเซอร์ที่มีความแม่นยำสูงหลักการทำงานคือจะตรวจจับการปรากฏของวัตถุด้วยการที่วัตถุตัดผ่าน

ลำแสงหรือสะท้อนแสงที่สร้างขึ้นจากเซนเซอร์นี้ ส่วนประกอบหลักของเซนเซอร์นี้จะมีสองส่วนคือ ส่วนที่กำเนิดแสง Transistor หรือ Emitter

ซึ่งอาจจะสร้างแสงในย่านที่ตาเรามองเห็นได้ จนถึงบางรุ่นที่ใช้แสง Infrared ข้อสำคัญก็คือแสงที่สร้างขึ้นนี้จะเป็นแสงความถี่เดียว เพื่อให้แตกต่างจากแสงที่อยู่รอบๆ ตัวเรา จากนั้นแสงจะถูกส่งไปที่ตัวรับแสง Receiver ซึ่งตัวรับแสงจะทำหน้าที่แยกว่ามีแสงจากแหล่งกำเนิดมาตกกระทบหรือไม่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสั่งการทำงานของวงจร Output ในเซนเซอร์ต่อไป โดยทั่วไปอุปกรณ์ใน Receiver จะเป็น Photodiode หรือ Phototransistor ซึ่งจะมีการเปิด หรือปิดวงจรตามที่มีแสงตกกระทบอุปกรณ์นี้ สำหรับแสงที่ใช้ในเซนเซอร์ประเภทนี้มักจะส่งออกจาก Transistor ออกเป็นสัญญาณ Pulsed ที่ความถี่ประมาณ 5 KHz ถึง 30 KHz และแสงที่ใช้มักจะมีความถี่เดียวตามที่กล่าวไปเบื้องต้น โดยแสงที่ใช้นิยมให้ Light Emitting Diode (LED) เป็นแหล่งกำเนิดแสง และสีของแสงกำหนดความถี่หรือความยาวของแสงด้วย

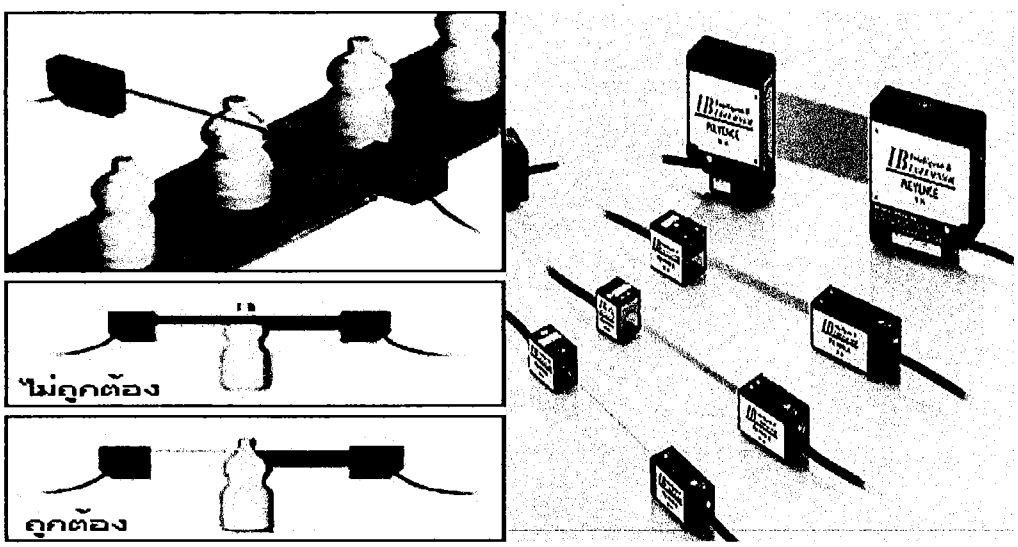


รูปที่ 2.21 การประยุกต์ใช้ Photoelectric Proximity Sensors
ที่มา : www.pnu.ac.th/webpnu/file_egn/measure1.ppt

การตรวจจับวัตถุของ Photoelectric ที่นิยมใช้มีอยู่หลายวิธี ขึ้นอยู่กับสภาพสิ่งแวดล้อมความสะดวกในการติดตั้ง หรือชนิดของวัสดุที่ตรวจจับ โดยมีการแบ่งการติดตั้งออกเป็น 3 แบบใหญ่ๆ คือ

ก. การตรวจจับแบบ Thru Beam Scan

การตรวจจับแบบนี้ Emitter และ Receiver จะอยู่คนละด้านกัน โดยสภาวะปกติแสงจาก Transistor จะตกกระทบ Receiver ตลอดเวลา เมื่อวัตถุที่ต้องการตรวจจับเคลื่อนที่มาตัดลำแสง แสงที่ตกกระทบ Receiver จะหายไป และทำให้เซนเซอร์ตรวจจับการมาของวัตถุได้



รูปที่ 2.22 ลักษณะการติดตั้ง Sensor แบบ Thru Beam Scan
ที่มา : www.pnu.ac.th/webpnu/file_egn/measure1.ppt

ก.1 ข้อดี

ก.1.1 ระยะตรวจจับไกล

ก.1.2 ความแม่นยำสูง

ก.1.3 สีและผิวของวัตถุไม่มีผลต่อการทำงาน

ก.2 ข้อเสีย

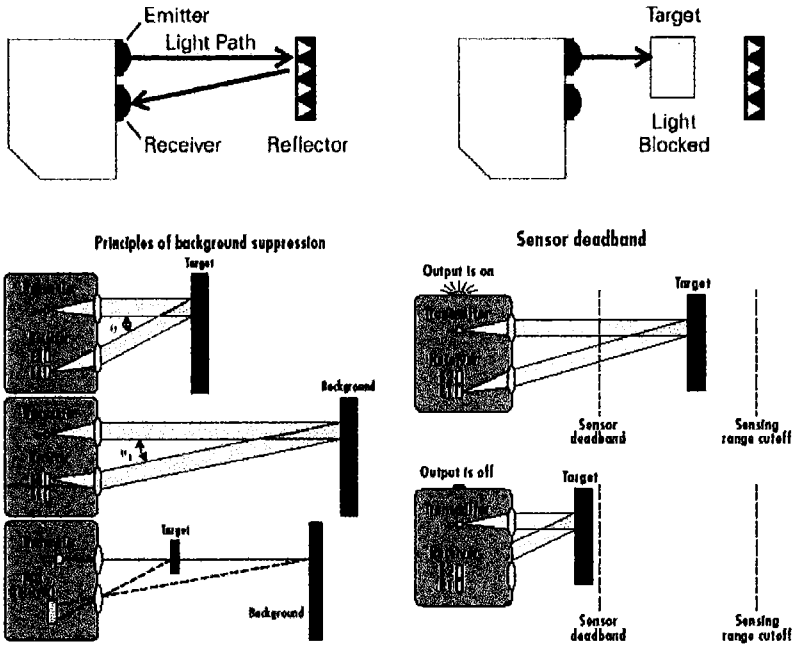
ก.2.1 ใช้เนื้อที่ในการติดตั้งมาก

ก.2.2 การปรับแต่งค่อนข้างยาก

ก.2.3 ไม่สามารถตรวจจับวัตถุโปร่งแสง และโปร่งใส

ข. การตรวจจับแบบ Reflective Scan

การติดตั้งแบบนี้ Emitter จะอยู่ด้านเดียวกันกับ Receiver โดย Emitter จะยิงแสงไปกระทบกับตัวสะท้อน (Reflector) และสะท้อนกลับมาตกกระทบที่ Receiver เมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่เข้ามาตัดลำแสง แสงจะไม่สามารถสะท้อนกลับไปตกกระทบที่ Receiver ได้ ทำให้เซนเซอร์สามารถรับรู้ได้ว่ามีวัตถุเคลื่อนที่เข้ามาตัดลำแสง ข้อสำคัญของการติดตั้งประเภทนี้ วัตถุที่ตัดลำแสงควรเป็นวัตถุที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงสูง และสะท้อนแสงต่ำ เพื่อไม่ให้วัตถุสะท้อนแสงกลับไปตกกระทบที่ Receiver ทำให้เซนเซอร์เกิดการเข้าใจผิดว่าไม่มีวัตถุมาขวางลำแสงได้ แต่ถ้ามีความจำเป็นต้องติดตั้งอาจจะมีการใช้อุปกรณ์กรองแสงแบบต่างๆ เข้ามาช่วย ซึ่งจะไม่ขอกล่าวถึงรายละเอียดในที่นี้



รูปที่ 2.23 การทำงานของการตรวจจับแบบ Reflective Scan
ที่มา : http://www.kmitl.ac.th/~s3010357/sangchai.pdf

ข.1 ข้อดี

ข.1.1 ใช้เนื้อที่ในการติดตั้งน้อย

ข.1.2 ค่าใช้จ่ายในการเดินสายไฟต่ำ

ข.1.3 การปรับแต่งทำได้ง่าย

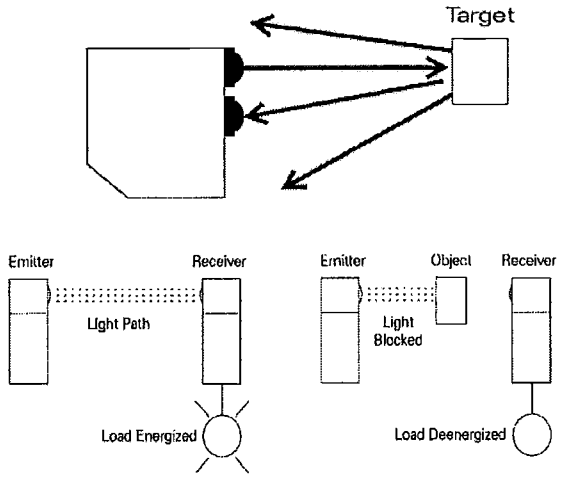
ข.2 ข้อเสีย

ข.2.1 จำเป็นต้องใช้แผ่นสะท้อนแบบพิเศษ

ข.2.2 ความแม่นยำในการตรวจจับต่ำกว่า Thru-Beam

ค. การตรวจจับแบบ Diffuse Scan

วิธีการนี้ Emitter และ Receiver จะวางอยู่ติดกันเหมือนวิธีที่ผ่านมาแต่ไม่มีแผ่นสะท้อนแสงที่ฝั่งตรงข้าม ซึ่งจะทำให้ไม่มีแสงตกกระทบที่ Receiver เมื่อไม่มีวัตถุผ่านมา และเมื่อมีวัตถุที่ผิวมันพอสมควรผ่านมา มันจะทำหน้าที่สะท้อนแสงบางส่วนกลับไปตกกระทบที่ Receiver ทำให้เซนเซอร์ทราบว่ามีวัตถุเคลื่อนที่ผ่านเข้ามาในบริเวณนั้น ข้อสำคัญของการตรวจจับแบบนี้ วัตถุควรจะสามารถสะท้อนแสงได้ดีระดับหนึ่ง เพื่อให้แสงที่สะท้อนกลับไปตกกระทบที่ตัวรับแสงมีความเข้มสูงพอที่เซนเซอร์จะตรวจรับได้



รูปที่ 2.24 การทำงานของการตรวจจับแบบ Diffuse Scan
ที่มา : http://www.kmitl.ac.th/~s3010357/sangchai.pdf

ค.1 ข้อดี

ค.1.1 ใช้เนื้อที่ในการติดตั้งน้อย

ค.1.2 ค่าใช้จ่ายในการเดินสายไฟต่ำ

ค.1.3 ไม่ต้องมีการปรับแต่งทิศทางลำแสง

ค.2 ข้อเสีย

ค.2.1 ระยะในการตรวจจับสั้น

ค.2.2 การตรวจจับขึ้นอยู่กับสี และการสะท้อนที่ผิวของวัตถุ

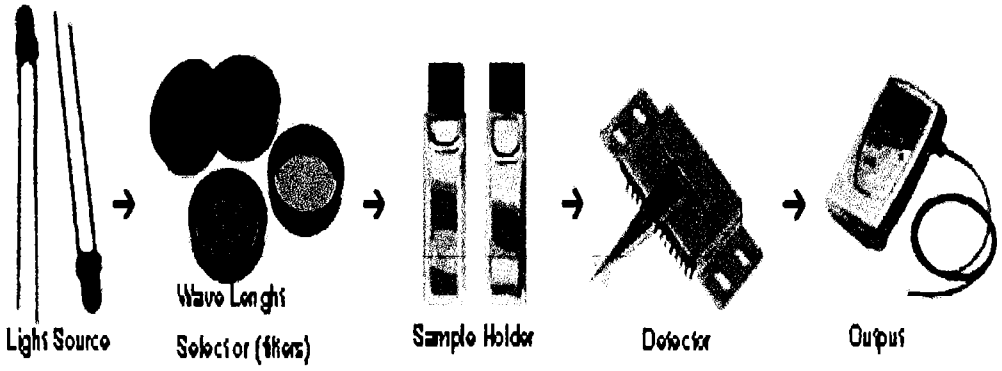
2.2.3 โคโลรี่มิเตอร์

โคโลรี่มิเตอร์ (Colorimeter) คือ อุปกรณ์ตรวจวิเคราะห์สารที่อาศัยเทคนิค Colorimetry เป็นพื้นฐาน ซึ่งสารที่ตรวจวัดจะต้องมีสีในตัวเองหรือสามารถเกิดเป็นสารประกอบที่มีสีกับสารอื่น และกระจายตัวอยู่ในสารละลาย

Colorimetry คือ เทคนิคการตรวจวัดสารสีที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (Visible Light) ช่วงความยาวคลื่นที่ใช้ตรวจวัด อยู่ในช่วงของสเปคตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในช่วงความยาวคลื่นแสง (ประมาณ 350 ถึง 750 nm) เทคนิคนี้ถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง เช่น การใช้งานร่วมกับเทคนิคไตเตรชัน เทคนิค Colorimetry สามารถวัดปริมาณสารสีของสารละลายได้ทั้งในเชิงคุณภาพ และปริมาณได้อย่างรวดเร็ว เป็นเทคนิคที่ไม่ยุ่งยาก ให้ความถูกต้องแม่นยำสูง และเป็นเทคนิคที่วิเคราะห์สารได้หลากหลาย ปัจจุบันได้มีการนำเอาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้ามาควบคู่ด้วย ทำให้สามารถตรวจวิเคราะห์สารได้อย่างรวดเร็ว และถูกต้องมากขึ้น ประมวลผลข้อมูลแม่นยำ และมีรูปแบบการวิเคราะห์ที่แน่นอน

2.2.3.1 ส่วนประกอบของ โคโลรี่มิเตอร์

ส่วนประกอบหลักของเครื่อง Colorimeter ขึ้นอยู่กับชนิดที่ออกแบบมา แต่โดยทั่วไปแล้วจะเหมือนกัน คือ แหล่งกำเนิดแสง ตัวกรองแสง ตำแหน่งใส่สาร เครื่องตรวจวัด และตัวแสดงผล โดยส่วนประกอบหลักแต่ละส่วนมีหน้าที่ดังนี้



ก. ข. ค. ง. จ.

รูปที่ 2.25 ส่วนประกอบของ Colorimeter

ที่มา : http://webcache.googleusercontent.com/search?

ก. แหล่งกำเนิดแสง (Light Source) ทำหน้าที่ให้พลังงาน (Photon) แก่สารสีตัวอย่าง มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด เช่น Light Emitting Diodes (LEDs) Lasers Deuterium Lamps Tungsten Halogen Lamps เป็นต้น

ข. ตัวกรองแสง (Wavelength Selector หรือ Filter) ทำหน้าที่เลือกความยาวคลื่นที่เหมาะสมกับการดูดกลืนของสารสี สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามการใช้งาน เครื่อง Colorimeter บางรุ่นมีฟิลเตอร์แบบวงล้อที่สามารถหมุนเปลี่ยนฟิลเตอร์ได้เพื่อให้สามารถเลือกปฏิบัติงานได้อย่างสะดวกสบาย

ค. ตำแหน่งใส่สาร (Sample Holder) ในส่วนนี้เป็นจุดที่แสงผ่าน ดังนั้นต้องเป็นตำแหน่งทึบแสง เพื่อให้แน่ใจว่าปริมาณแสงที่วัดได้ มาจากแหล่งกำเนิดแสงเท่านั้น และภาชนะที่บรรจุสารตัวอย่าง (Plastic Glass Quartz) ไม่ควรมีการดูดกลืนแสงในช่วงของการวิเคราะห์สารตัวอย่าง

ง. เครื่องตรวจวัด (Detector) ทำหน้าที่วัดพลังงานแสง และแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า

จ. ตัวแสดงผล (Output) ทำหน้าที่แปลงค่าสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องตรวจวัด และประมวลผลเป็นข้อมูลออกมา

2.2.2.2 การประยุกต์ใช้งาน โคโลรี่มิเตอร์

การใช้งานเทคนิค Colorimetry โดยเครื่อง Colorimeter มีหลายด้าน เช่น

ก. ด้านการแพทย์ ในทางการแพทย์เทคนิคการวิเคราะห์สารสีใช้งานกว้างขวางมากเพราะว่าให้ผลการตรวจสอบที่รวดเร็ว และแม่นยำ เช่น การตรวจหาปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจน การตรวจปัสสาวะในผู้ป่วยโรคเบาหวาน และการตรวจสอบสารเสพติด

ข. ด้านเทคโนโลยีชีวภาพ สำหรับการตรวจวิเคราะห์มวลชีวภาพของสิ่งมีชีวิต Colorimeter เป็นทางเลือกหนึ่งที่มักจะถูกเลือกใช้งาน ตัวอย่างงานที่ใช้ ได้แก่ การตรวจสอบหากรดอะมิโน การตรวจสอบน้ำตาล หรือการตรวจสอบสารอนุพันธ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต

ค. ด้านการเกษตร ภาคเกษตรกรรมเป็นอีกหน่วยงานหนึ่งใช้งาน Colorimeter เช่น การตรวจหาสารประกอบประเภทฟีนอล (Phenolic Compounds) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ ที่มีในผัก ไวน์ขาว ไวน์แดง การตรวจหาปริมาณสารเคมีตกค้างในพืชผลทางการเกษตร ใช้ตรวจหาปริมาณน้ำตาล ใช้ตรวจสอบสีในอุตสาหกรรมแป้งที่ผ่านการให้ความร้อน และการตรวจหาเม็ดสีของพืช

ง. ด้านอาหาร ในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมอาหารบางครั้งอาจมีการเติมสารเคมีอันตราย ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องตรวจสอบอาหารเหล่านั้นก่อนถึงมือผู้บริโภค เพื่อให้เป็นไปตามกำหนดของมาตรฐานอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถใช้ Colorimeter ตรวจวิเคราะห์ได้ เช่น การวิเคราะห์หาธาตุโลหะหนักบางชนิด หรือการตรวจหาสารเคมีตกค้างในผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป

2.2.4 สเปกโทรโฟโตมิเตอร์

การหาปริมาณสารใดสารหนึ่งโดยวิธีการทางห้องปฏิบัติการมีอยู่หลายวิธี แต่วิธีที่นิยมใช้มากคือการวัดความเข้มของสี (Colorimetry) หรือการวัดความเข้มของแสง โดยการเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานที่ทราบค่า ในระยะแรกๆ การเปรียบเทียบความเข้มของสีอาศัยสายตา (Colorimetry) ซึ่งมีความถูกต้องและแม่นยำต่ำ ต่อมาได้มีการนำตัวไวแสง (Photo Sensor) มาใช้แทนการเปรียบเทียบด้วยสายตา จึงเรียกเครื่องมือที่ใช้ตัวไวแสงว่า Photoelectric Colorimeter หรือ Photometer เนื่องจากสารหรือสีที่จะวัดมีความสามารถในการดูดกลืนแสง หรือ ปล่อยแสงที่มีช่วงความยาวคลื่นที่แตกต่างกัน เพื่อให้การวัดมีความจำเพาะ และความไวสูง จึงได้พัฒนาเครื่องมือที่สามารถวัดความเข้มของแสงช่วงความยาวคลื่นแคบๆ ได้อย่างต่อเนื่องตามต้องการ และใช้ตัวไวแสงที่มีประสิทธิภาพสูง เครื่องมือดังกล่าวถูกเรียกว่า สเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Spectrophotometer)

2.2.4.1 หลักการของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

UV VIS Spectrophotometer เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณแสงและค่า Intensity ในช่วงรังสียูวี และช่วงแสงขาวที่ทะลุผ่านหรือถูกดูดกลืนโดยตัวอย่างที่วางอยู่ในเครื่องมือโดยที่ความยาวคลื่นแสงจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณ และชนิดของสารที่อยู่ในตัวอย่าง ซึ่ง

ส่วนใหญ่จะเป็นสารอินทรีย์สารประกอบเชิงซ้อน และสารอินทรีย์ที่สามารถดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นเหล่านี้ได้คุณสมบัติในการดูดกลืนแสงของสารเมื่อโมเลกุลของตัวอย่างถูกฉายด้วยแสงที่มีพลังงานเหมาะสมจะทำให้อิเล็กตรอนภายในอะตอมเกิดการดูดกลืนแสงแล้วเปลี่ยนสถานะไปอยู่ในชั้นที่มีระดับพลังงานสูงกว่า เมื่อทำการวัดปริมาณของแสงที่ผ่าน หรือสะท้อนมาจากตัวอย่างเทียบกับแสงจากแหล่งกำเนิดที่ความยาวคลื่นค่าต่างๆ ตามกฎของ Beer Lambert ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ของสารจะแปรผันกับจำนวนโมเลกุลที่มีการดูดกลืนแสง ดังนั้นจึงสามารถใช้เทคนิคนี้ในระบุชนิด และปริมาณของสารต่างๆที่มีอยู่ในตัวอย่างได้

2.2.4.2 ส่วนประกอบของเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

ก. แหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสงในเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์จะต้องให้รังสีในช่วงความยาวคลื่นที่ต้องการอย่างต่อเนื่อง และคงที่ตลอดเวลารวมทั้งมีความเข้มแสงที่มากพอด้วยหลอดกำเนิดแสงมีหลายชนิดตามความยาวคลื่นแสงที่เปล่งออกมา ซึ่งต้องเลือกใช้ให้ถูกต้องเหมาะสมกับของเหลวที่นำมาวัดค่าดูดกลืนแสง ตัวอย่างแหล่งกำเนิดแสงช่วง UV ใช้หลอด H_2 and D_2 lamp ให้ความยาวคลื่นอยู่ในย่าน 160 nm ถึง 380 nm ชนิดของสเปกโทรสโกปี UV Molecular Absorption และช่วง Visible ใช้หลอด Tungsten halogen ให้ความยาวคลื่นในช่วง 240 nm ถึง 2,500 nm ชนิดของ สเปกโทรสโกปีเป็นแบบ UV Visible Near IR Molecular Absorption

ข. โมโนโครเมเตอร์

ส่วนประกอบนี้เป็นส่วนที่ใช้ควบคุมแสง โดยจะทำให้แสงที่ออกมาจากต้นกำเนิดแสง ซึ่งเป็นพอลิโครเมติกให้เป็นแสงโมโนโครเมติก ซึ่งเป็นแถบแสงแคบๆ หรือมีความยาวคลื่นเดียวใช้ฟิลเตอร์ (กระจกสี) ปริซึม (Prism) หรือเกรตติ้ง (Grating)

ค. เซลล์ที่ใช้บรรจุสารละลายตัวอย่าง

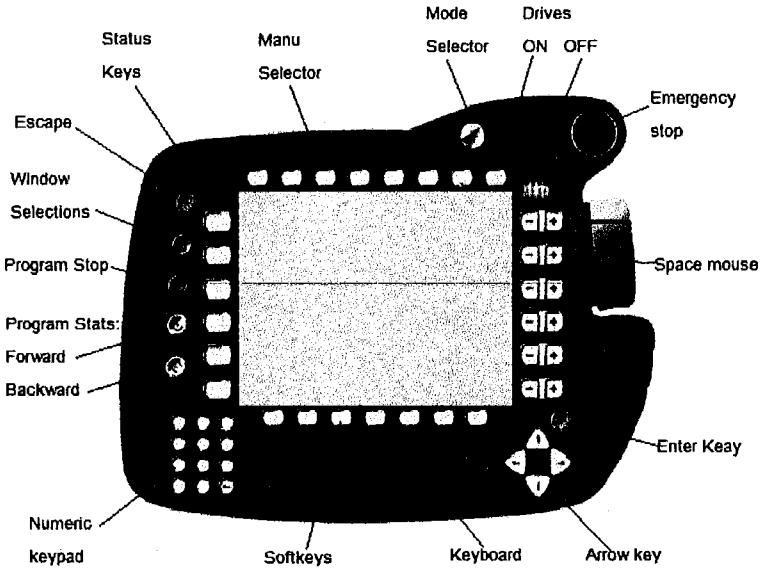
เซลล์ที่ใส่สารตัวอย่าง (Cell Sample) บางครั้งอาจเรียกว่า คิวเวทท์ (Cuvettes) รูปแบบที่ใช้กันทั่วไปได้แก่ เซลล์ที่ทำด้วยแก้วธรรมดาจะใช้ได้เฉพาะช่วงวิสิเบิล เพราะเนื้อแก้วธรรมดาถูกดูดกลืนแสงในช่วงยูวีได้ และเซลล์ที่ทำด้วยซิลิกา และควอร์ตซ์ (Quartz) ใช้ได้ทั้งช่วงยูวี และวิสิเบิล

ง. ดีเทคเตอร์

ทำหน้าที่ในการวัดความเข้มของรังสีที่ถูกดูดกลืนโดยการแปลงพลังงานคลื่นรังสีเป็นพลังงานไฟฟ้า เครื่องตรวจจับสัญญาณที่ดีต้องมีสภาพไวสูง คือแม้ปริมาณแสงจะเปลี่ยนไปเล็กน้อย ก็สามารถตรวจจับสัญญาณความแตกต่างได้ เครื่องวัดแสงที่ยังนิยมกันอยู่ในปัจจุบัน คือ หลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (Photomultiplier Tube PMT) และเครื่องวัดแสงชนิดซิลิกอนไดโอด (Silicon Diode Detector)

2.3 ศึกษา และทำความเข้าใจพื้นฐานการควบคุมของแขนกลอุตสาหกรรม

ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125 มีฟังก์ชันการใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 แสดง Key บน Teach Pendant ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของแขนกลอุตสาหกรรม
ที่มา : http://www.machineryexport.com/de/roboter/kuka/KUKA_KR_15_KR_15_2_KRC1_EN.htm

2.3.1 โหมดควบคุมการเคลื่อนที่

2.3.1.1 ปิดการใช้งาน Traversing Key

เป็นโหมดใช้งานที่สามารถควบคุมแขนกลอุตสาหกรรมด้วยมือบน Teach Pendant กำหนดโดยการกดซอฟท์คีย์

2.3.1.2 การควบคุมเคลื่อนที่แขนกลอุตสาหกรรมด้วย Space Mouse

เป็นโหมดใช้งานที่ควบคุมแขนกลอุตสาหกรรมโดยการใช้มือหมุน Space Mouse บน Teach Pendant กำหนดโดยการกดซอฟท์คีย์

2.3.1.3 การเคลื่อนที่แขนกลอุตสาหกรรมด้วย Traversing Key

เป็นโหมดใช้งานที่ควบคุมแขนกลอุตสาหกรรมโดยการใช้มือกด Traversing Key บน Teach Pendant กำหนดโดยการกดซอฟท์คีย์

2.3.1.4 ตั้งค่าความเร็วในการเคลื่อนที่แขนกลอุตสาหกรรม

เริ่มต้นด้วยความเร็วต่ำที่ร้อยละ 10 การปรับความเร็วไม่ควรเกินร้อยละ 50 เพื่อการเคลื่อนที่หุ่นยนต์ไปยังเป้าหมายอย่างแม่นยำ และป้องกันการชน โดยกดซอฟท์คีย์

28 ต.ค. 2557
1664404
สำนักหอสมุด

2.3.2 โปรแกรมการเคลื่อนที่

2.3.2.1 โหมดการรันโปรแกรมอย่างเต็มที่

ให้ทำการกดปุ่ม Program Starts Forwards เพียงครั้งเดียวโปรแกรมที่ถูกเลือกใช้งานจะดำเนินการตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดโปรแกรม กำหนดโดยการกดซอฟท์คีย์

2.3.2.2 โหมดการรันโปรแกรมเป็นลำดับขั้น

โดยรันโปรแกรมไปตามคำสั่งทีละคำสั่งให้ทำการกดปุ่ม Program Starts Forward จะต้องกด และปล่อยซ้ำๆจนกว่าจะสิ้นสุดโปรแกรม กำหนดโดยการกดซอฟท์คีย์

2.3.3 ระบบพิกัด

2.3.3.1 การเคลื่อนที่ของแขนกลอุตสาหกรรมในระบบ Joint Coordinate System

ระบบ Joint Coordinate System แต่ละแกนของแขนกลอุตสาหกรรมจะถูกกำหนดโดย Coordinate System ของตัวมันเอง เราสามารถเคลื่อนแต่ละแกนได้อย่างอิสระ และรวดเร็ว โดยมีทิศทาง + และ - เมื่อกด Manual Traversing Key ที่ Teach Pendant กำหนดโดยการกดซอฟท์คีย์

2.3.3.2 การเคลื่อนที่ของแขนกลอุตสาหกรรมในระบบ (World Coordinate System)

ระบบ World Coordinate System จะมีการอ้างอิงพิกัดแบบคาร์ทีเซียนใน Work Cell โดยจุดกำเนิดของระบบพิกัดจะอยู่ที่ฐานของแขนกลอุตสาหกรรม ในทิศทาง X จะพุ่งไปด้านหน้า และแกน Z จะพุ่งขึ้นด้านบน ส่วนทิศทางของแกน Y สามารถหาได้จากกฎมือขวา กำหนดโดยการกดซอฟท์คีย์

2.3.3.3 การเคลื่อนที่ของแขนกลอุตสาหกรรมในระบบ Base Coordinate System

ระบบ Base Coordinate System จะมีการอ้างอิงพิกัดแบบคาร์ทีเซียนใน Work Cell โดยจุดกำเนิดของระบบพิกัดจะอยู่ที่ชิ้นงานกำหนดโดยการกดซอฟท์คีย์

2.3.3.4 การเคลื่อนที่ของแขนกลอุตสาหกรรมในระบบ Tool Coordinate System

ระบบ Tool Coordinate System จะมีการอ้างอิงพิกัดแบบคาร์ทีเซียนใน Work Cell โดยจุดกำเนิดของระบบพิกัดจะอยู่ที่เครื่องมือกำหนดโดยการกดซอฟท์คีย์

2.4 ศึกษาระบบการเคลื่อนที่และระบบควบคุมของแขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125

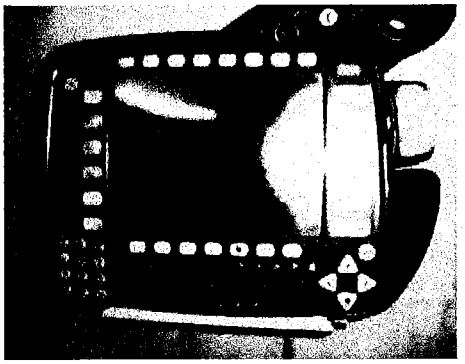
2.4.1 ระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125

ในการกำหนดทิศทาง + และ - ของแต่ละแกน ตั้งแต่แกนที่ 1 ถึง 6 ของแขนกลอุตสาหกรรมในระบบ Joint Coordinate โดยสามารถทำได้โดย

2.4.1.1 การกด Safety Switch ด้านหลัง Teach Pendant

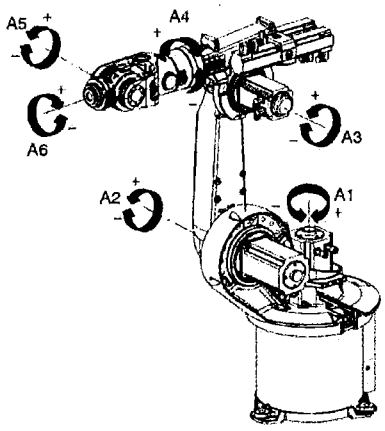
2.4.1.2 กดเลือกระบบการเคลื่อนที่ให้เป็นระบบ Joint Coordinate

2.4.1.3 ทดลองกด + และ - ของแกนที่ 1 ถึง 6



รูปที่ 2.27 แสดง Key บน Teach Pendant ที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกอุตสาหกรรม
ที่มา : http://www.machineryexport.com/de/roboter/kuka/KUKA_KR_15_KR

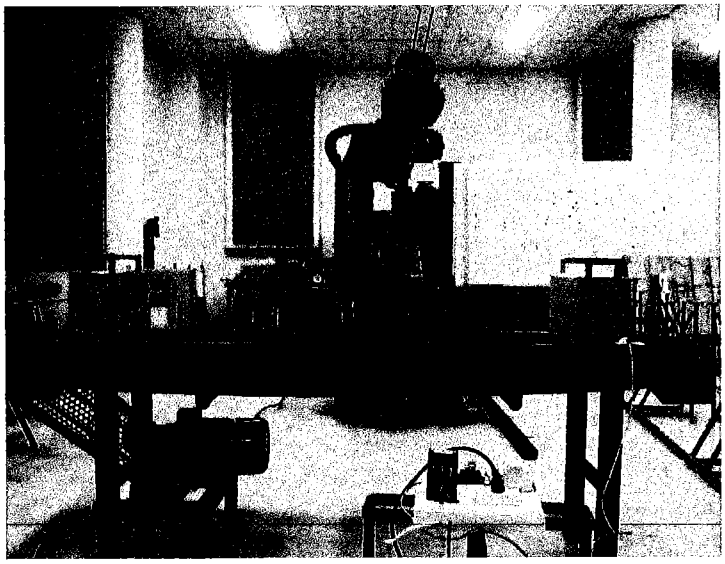
หลังจากทดลองเคลื่อนที่ในแต่ละแกนแล้วได้ผลการเคลื่อนที่ในทิศทาง + และ - ของแขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125



รูปที่ 2.28 แสดงผลการทดลองการเคลื่อนที่ในทิศทาง + และ - ตั้งแต่แกนที่ 1 ถึง 6
ที่มา : http://www.machineryexport.com/de/roboter/kuka/KUKA_KR_15_.html

2.5 ศึกษาระบบการทำงานของสายพานลำเลียง

วิเคราะห์ปริญญานิพนธ์ เรื่องการใช้สายพานลำเลียงกับแขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125 จากการวิเคราะห์โครงงานได้มองเห็นถึงหลักการการทำงานที่สามารถประยุกต์ใช้เพิ่มเติมได้หลากหลาย ซึ่งปริญญานิพนธ์มีหลักการทำงาน ดังนี้ เมื่อมีชิ้นงานถูกลำเลียงมาบนสายพานลำเลียงจนถึงตำแหน่งที่ Limit Switch ทำงานตรวจสอบชิ้นงานที่ผ่านเข้ามาทางสายพานลำเลียง Limit Switch จะทำการส่งสัญญาณไปยัง Relay ให้ทำการหยุดการทำงานของระบบสายพานลำเลียง และทำการควบคุมแขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125 จับชิ้นงานออกจากสายพานลำเลียง ดังนั้น กลุ่มของข้าพเจ้าจึงมีแนวคิดที่จะนำระบบการทำงานดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ โดยมีการนำเซนเซอร์คัดแยกสีเข้ามาเกี่ยวข้อง และมีการเปลี่ยนแปลงการควบคุมการทำงานของแขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125 จากระบบควบคุมด้วยมือมาเป็นระบบอัตโนมัติ



รูปที่ 2.29 ลักษณะการทำงานของแขนกลอุตสาหกรรมกับสายพานลำเลียง

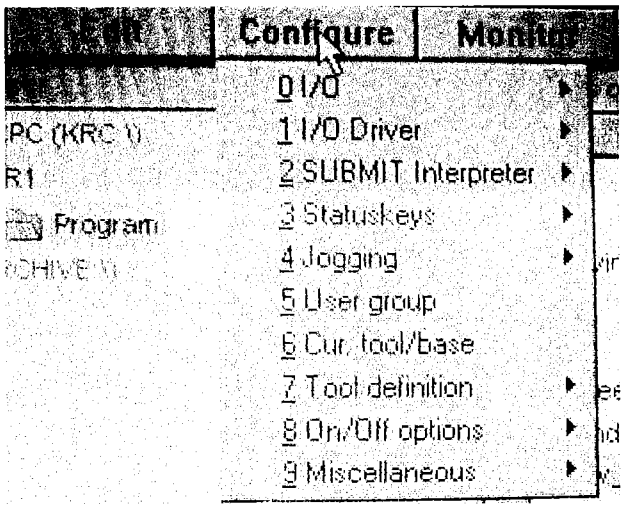
ที่มา : ปริญญานิพนธ์เรื่อง การใช้งานสายพานลำเลียงและหุ่นยนต์ KUKA KR 125 มหาวิทยาลัย นเรศวร 2554

2.6 ศึกษาการเขียนโปรแกรมควบคุมแขนกลอุตสาหกรรม

จากการศึกษา และทดลองการเขียนโปรแกรมในโหมดธรรมดา (User Mode) สามารถทำได้เพียงการเคลื่อนที่พื้นฐาน และรับค่าคำสั่งของโปรแกรมอย่างง่ายซึ่งหากต้องการเพิ่มฟังก์ชั่นในการทำงาน เช่น การรับข้อมูลแบบมีเงื่อนไข การรับข้อมูลซ้อน การรับข้อมูลแล้วทำการประมวลผล เป็นต้น ควรเปลี่ยนเป็นโหมด Expert Mode ซึ่งจะมีวิธีการดังนี้

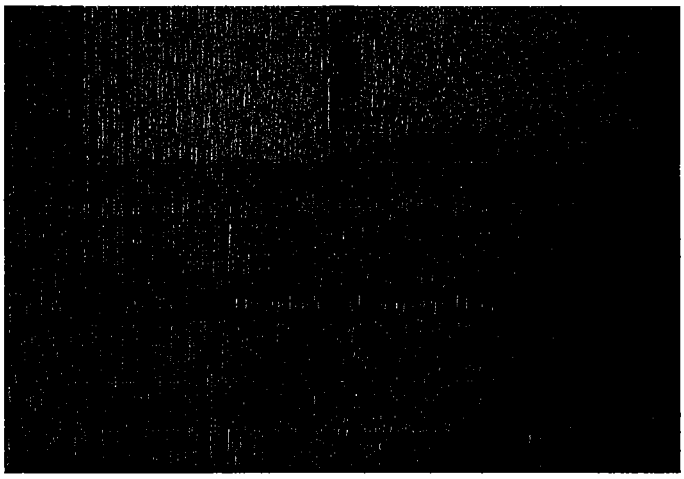
2.6.1 ระบบการเปลี่ยนโหมดข้อมูล

2.6.1.1 กดซอฟท์คีย์ Configure แล้วเลือก User Group



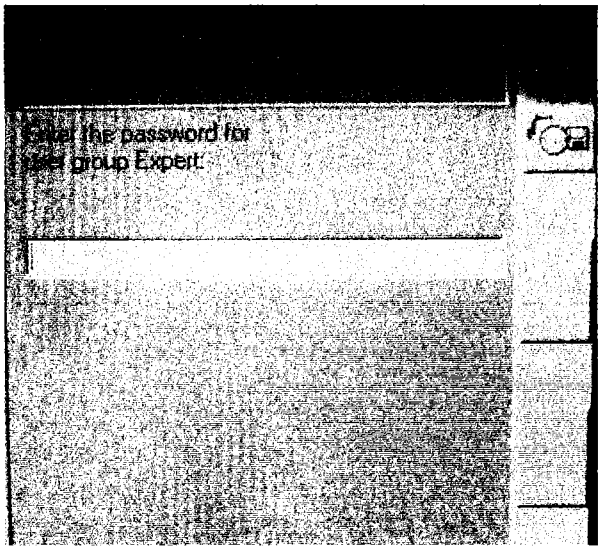
รูปที่ 2.30 การเปลี่ยนโหมดข้อมูลขั้นตอนที่ 1

2.6.1.2 กดเปลี่ยนจากโหมด User เป็น Expert



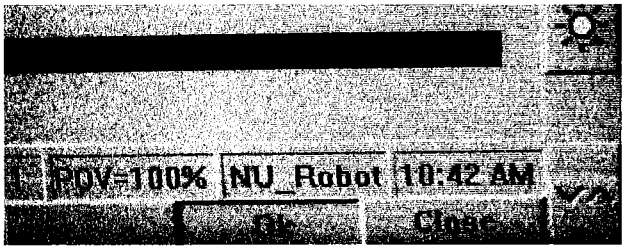
รูปที่ 2.31 การเปลี่ยนโหมดข้อมูลขั้นตอนที่ 2

2.6.1.3 ใส่รหัสของเครื่อง ซึ่งในที่นี้รหัสคือ KUKA



รูปที่ 2.32 การเปลี่ยนโหมดข้อมูลขั้นตอนที่ 3

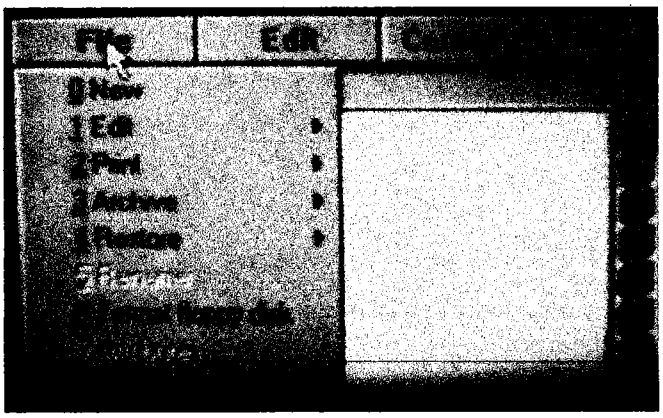
2.6.1.4 กด Ok



รูปที่ 2.33 การเปลี่ยนโหมดข้อมูลขั้นตอนที่ 4

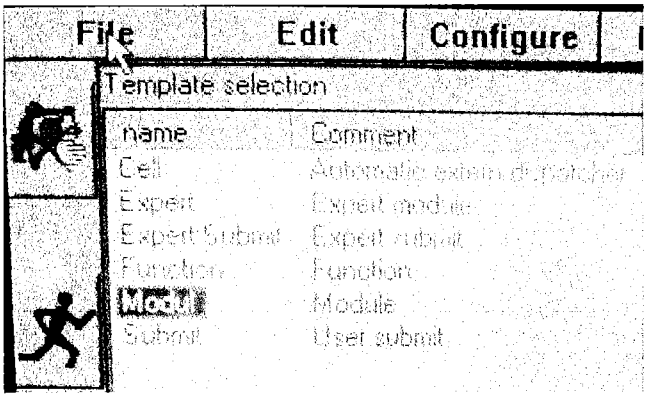
2.6.2 การสร้างไฟล์ในโหมด Expert

2.6.2.1 กดซอฟท์คีย์ File



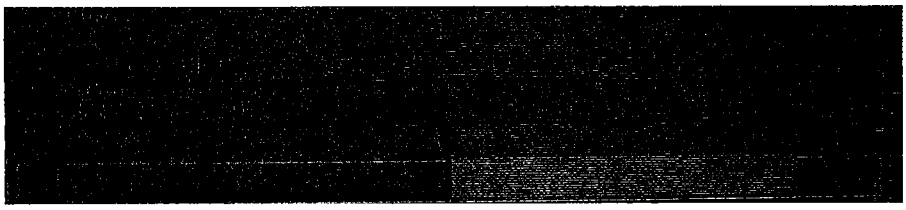
รูปที่ 2.34 การสร้างไฟล์ Expert Mode ขั้นตอนที่ 1

2.6.2.2 เลือกโหมดเป็น Module



รูปที่ 2.35 การสร้างไฟล์ Expert Mode ขั้นตอนที่ 2

2.6.2.3 ตั้งชื่อไฟล์แล้วทำการป้อนชุดคำสั่ง

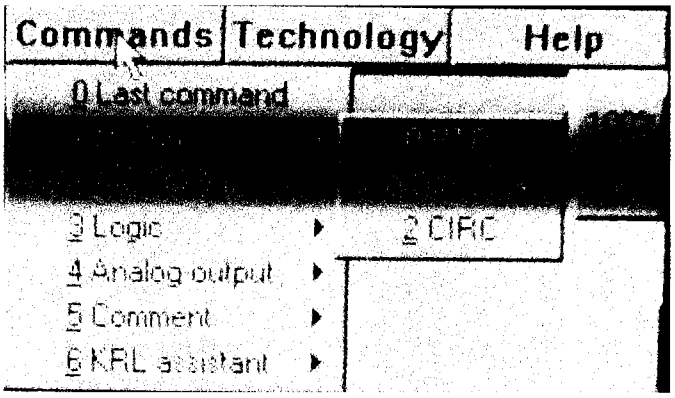


รูปที่ 2.36 การสร้างไฟล์ Expert Mode ขั้นตอนที่ 3

2.6.3 การกำหนดการเคลื่อนที่ และลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนกลอุตสาหกรรม

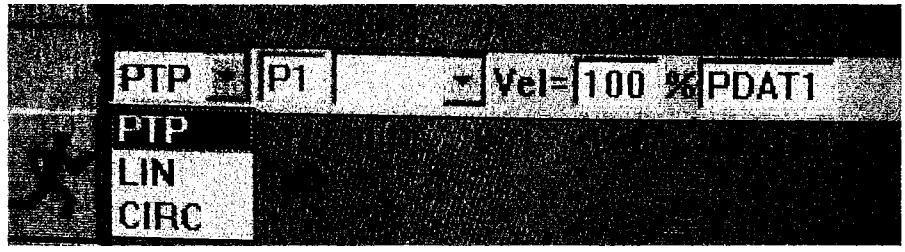
เมื่อทำการตั้งค่าตามโหมดที่ต้องการแล้วขั้นตอนต่อไปคือการกำหนดการเคลื่อนที่ของแขนกลอุตสาหกรรม และกำหนดตำแหน่งของแขนกลในจุดต่างๆ ของโปรแกรมได้ดังนี้

2.6.3.1 กดซอฟท์คีย์ Commands แล้วเลือก Motion จาก



รูปที่ 2.37 การกำหนดการเคลื่อนที่ ขั้นตอนที่ 1

2.6.3.2 ทำการเลือกลักษณะการเคลื่อนที่ PTP LIN CIRC



รูปที่ 2.38 การกำหนดการเคลื่อนที่ ขั้นตอนที่ 2

2.6.3.3 ควบคุมแขนกลอุตสาหกรรมไปอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ แล้วกด Touch Up

รูปที่ 2.39 การกำหนดการเคลื่อนที่ ขั้นตอนที่ 3

2.6.3.4 หลังจากทำการเลือกตำแหน่งของแขนกลอุตสาหกรรม แล้วให้กด Yes

รูปที่ 2.40 การกำหนดการเคลื่อนที่ ขั้นตอนที่ 4

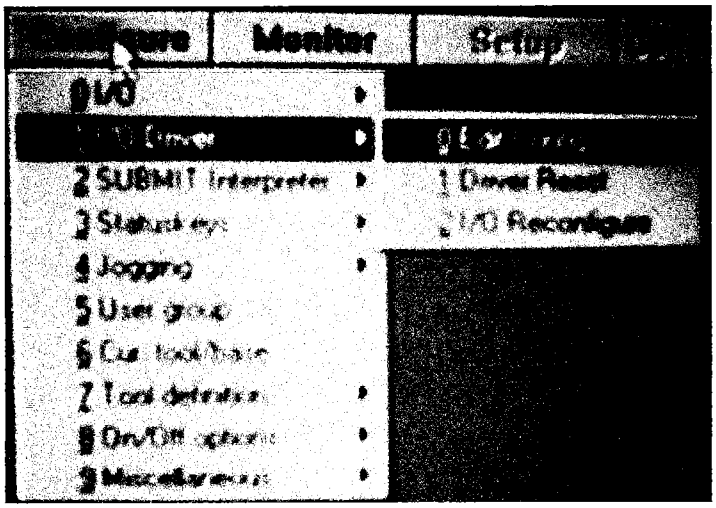
2.7 การกำหนดค่า Input และ Output ของ KUKA KR 125

เป็นขั้นตอนแรกของการทำงานเพราะ หากไม่ทำการกำหนดค่าของ Input และ Output แล้ว แขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125 จะไม่สามารถรับค่า Input และ Output ได้เลยดังนั้นจึงต้องทำการกำหนดค่าดังนี้

2.7.1 เข้าสู่โหมด Expert Mode

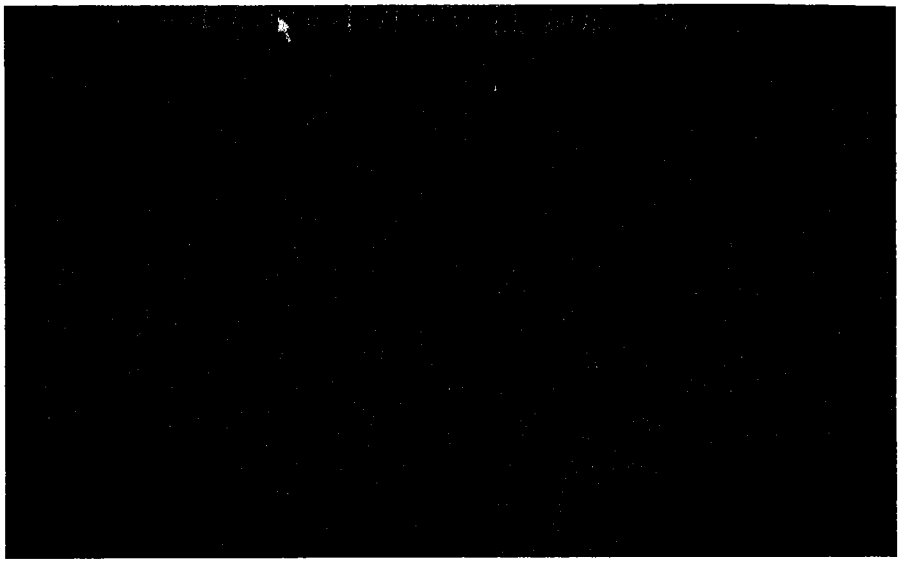
เข้าจากวิธีระบบการเปลี่ยนโหมดข้อมูล 2.6.1

2.7.2 กดซอฟท์คีย์ Configure แล้วเลือก I/O Driver หลังจากนั้นให้เลือก Edit Config



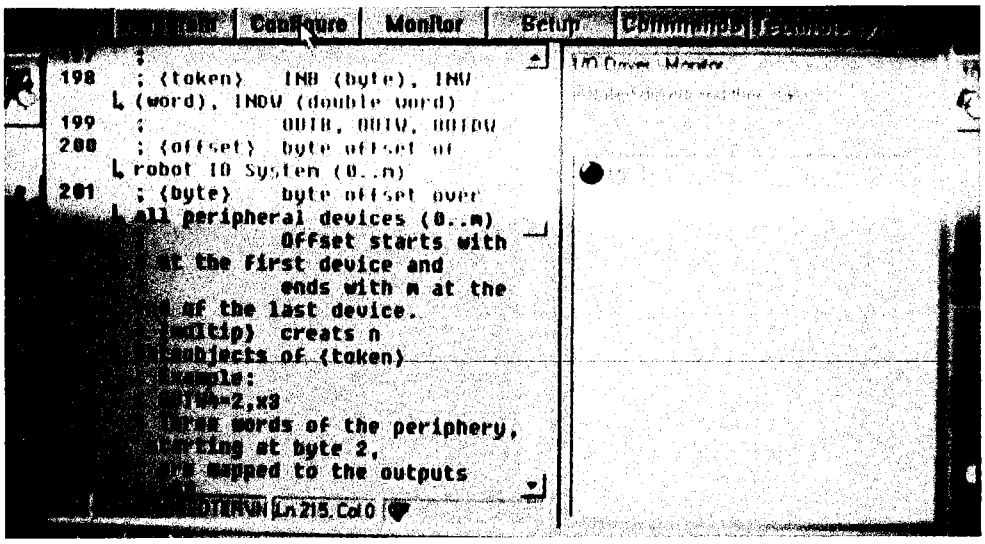
รูปที่ 2.41 การกำหนดค่า Input และ Output ขั้นตอนที่ 1

2.7.3 หน้าต่างที่ได้ออกมา ซึ่งเป็นชุดโปรแกรมของแขนกลอุตสาหกรรมเพื่อกำหนดค่าของเครื่อง KUKA KR 125



รูปที่ 2.42 การกำหนดค่า Input และ Output ขั้นตอนที่ 2

2.7.4 กดเลือก I/O Driver แล้วกด Monitor ก็จะได้หน้าต่างออกมาแล้วทำการทำเครื่องหมายตรงคำว่า MFC เป็นการจบขั้นตอน



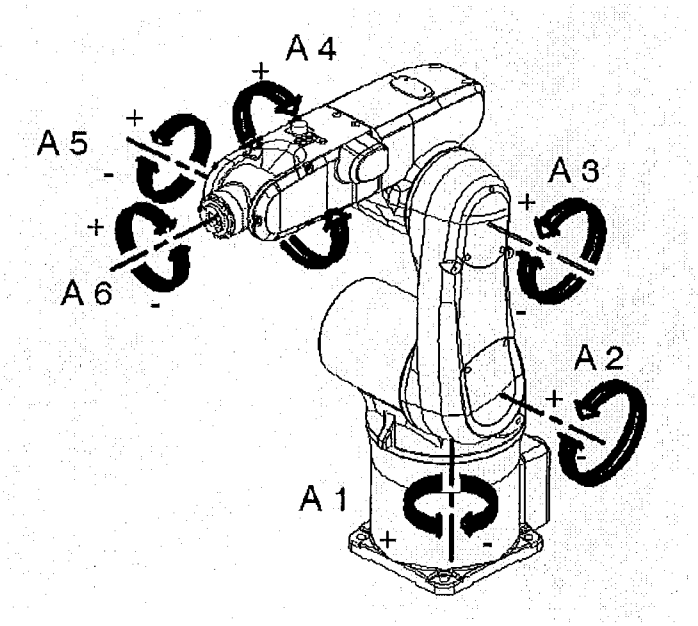
รูปที่ 2.43 การกำหนดค่า Input และ Output ขั้นตอนที่ 3

บทที่ 3
วิธีดำเนินโครงงาน

3.1 ศึกษาและทำความเข้าใจพื้นฐานการใช้งานของแขนกลอุตสาหกรรม KUKA Robot KR 125

3.1.1 แขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125

เป็นแขนกลชนิด Articulated Arm (Revolute) คือ ทุกแกนการเคลื่อนที่จะเป็นแบบหมุน (Revolute) รูปแบบการเคลื่อนที่จะคลายกับแขนคน ซึ่งจะประกอบด้วยช่วงเอว ท่อนแขนบน ท่อนแขนล่าง ข้อมือ การเคลื่อนที่ทำให้ได้พื้นที่การทำงานที่กว้างขึ้น ข้อดีของแขนกลชนิดนี้คือสามารถเข้าถึงชิ้นงานทั้งจากด้านบน และด้านล่าง เนื่องจากทุกแกนจะเคลื่อนที่ในลักษณะของการหมุนทำให้ความยืดหยุ่นในการทำงานสูงในการเข้าไปยังจุดต่างๆได้



รูปที่ 3.1 ลักษณะของแขนกลอุตสาหกรรมชนิด Artiulated Arm

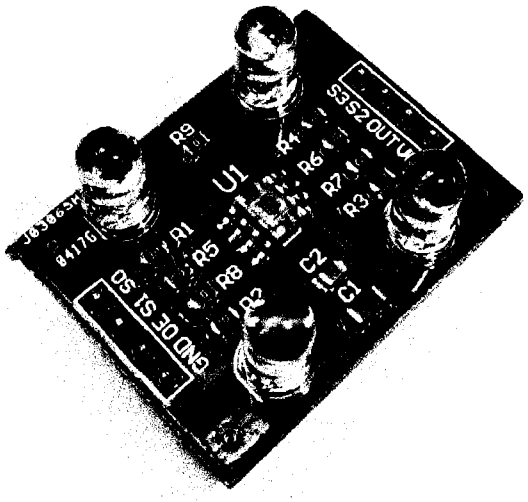
ที่มา : http://www.quarcservice.com/ReleaseNotes/files/kuka_rsi_block.html

3.2 ศึกษาหน้าที่การทำงานของอุปกรณ์รับสัญญาณ และอุปกรณ์ส่งสัญญาณ (Sensor)

3.2.1 อุปกรณ์แยกสี TCS 230

TCS230 เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้นำเอาอุปกรณ์เซนเซอร์ตรวจวัดค่าระดับความสว่างของสี คือ TCS230 ซึ่งอุปกรณ์ตัวดังกล่าวนี้สามารถเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของสีที่มาตกกระทบออกมา

เป็นสัญญาณ ความถี่เอาต์พุต สี่เหลี่ยม (Square Wave) โดยมีค่า Duty Cycle เป็น ร้อยละ 50 ซึ่ง ความถี่เอาต์พุตดังกล่าวจะมีผลความสัมพันธ์ โดยตรงกับค่าความสว่างของสีที่มาตกกระทบกับตัวเซน เซอร์ โดยโครงสร้างของ TCS230 นั้นจะประกอบไปด้วย โฟโต้ไดโอดขนาด 8x8 ตัว ซึ่งมีการจัดเรียง กันแบบอาร์เรย์ โดยโฟโต้ไดโอดเหล่านี้จะแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มด้วยกัน คือโฟโต้ไดโอดที่มีฟิลเตอร์สี แดง (Red) เขียว (Green) น้ำเงิน (Blue) และแบบไม่มีฟิลเตอร์ (Clear) จำนวนชุดละ 16 ตัว ซึ่งแต่ ละกลุ่มก็จะตอบสนองต่อสนองต่อความสว่างของสีแตกต่างกันไปตามแต่ชนิดของฟิลเตอร์นั้นๆ



รูปที่ 3.2 ลักษณะของอุปกรณ์แยกสี TCS 230

ที่มา : http://circuitshops.igetweb.com/articles/42065811/TCS230-Color-Recognition-Sensor-Detector-Module.html

สมบัติของอุปกรณ์แยกสี TCS 230

ก. ให้ค่าความละเอียดของผลลัพธ์สูงโดยแปลงความเข้มของแสงไปเป็นความถี่

ข. สามารถโปรแกรมเลือกตรวจวัดค่าสีจากฟิลเตอร์ (Red Green Blue และ Clear) ตาม ต้องการ และกำหนดกระดับสัญญาณของเอาต์พุต (Frequency Output) ได้

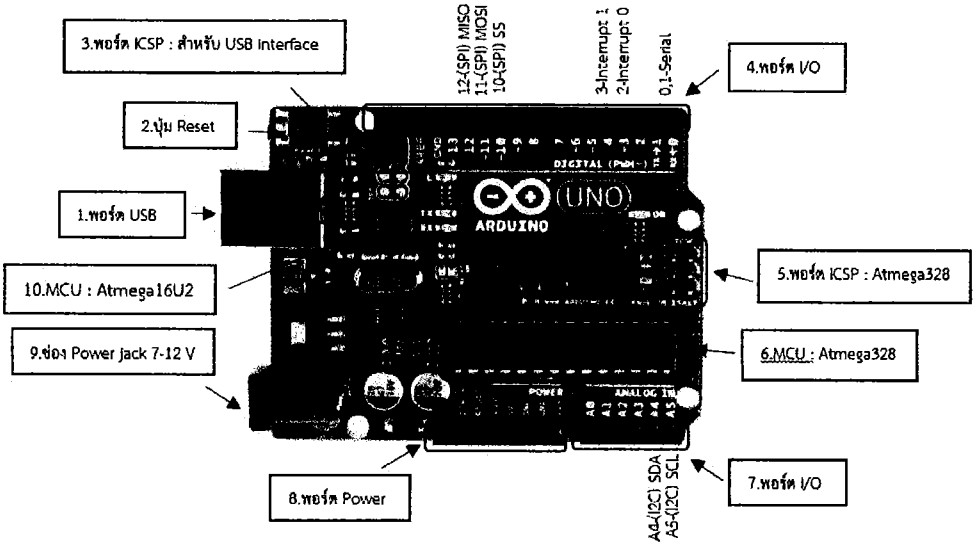
ค. สามารถทำการเชื่อมต่อสัญญาณต่างๆ เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยตรง

ง. TCS230 เป็นชิพที่มีคุณสมบัติทำงานที่แรงดัน 2.7 V. ถึง 5.5 V.

3.2.2 บอร์ด Arduino

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัวบอร์ดถูกออกแบบมาให้ใช้งาน ได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น ทั้งนี้ผู้ใช้งานยังสามารถดัดแปลง เพิ่มเติม พัฒนาต่อยอดทั้งตัว

บอร์ด หรือโปรแกรมได้อีกด้วย ความง่ายของบอร์ด Arduino ในการต่ออุปกรณ์เสริมต่างๆ คือ ผู้ใช้งานสามารถต่อวงจรอิเล็กทรอนิคส์จากภายนอกแล้วเชื่อมต่อเข้ามาที่ขา I O ของบอร์ด หรือเพื่อความสะดวกสามารถเลือกต่อกับบอร์ดเสริม (Shield) ประเภทต่างๆ เช่น XBee Shield Music Shield Relay Shield Wireless Shield GPRS Shield เป็นต้น



รูปที่ 3.3 ลักษณะของบอร์ด Arduino

ที่มา : http://www.thaieasyelec.com/basicelectronics/%E0%B8%9A%E0%B8%

3.2.2.1 อุปกรณ์ภายในบอร์ด Arduino

ก. USB Port ใช้สำหรับต่อกับ Computer เพื่ออัพโหลดโปรแกรมเข้า MCU และจ่ายไฟให้กับบอร์ด

ข. Reset Button เป็นปุ่ม Reset ใช้กดเมื่อต้องการให้ MCU เริ่มการทำงาน

ค. ICSP Port ของ Atmega16U2 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Visual Com port บน Atmega16U2

ง. I O Port Digital I O ตั้งแต่ขา D0 ถึง D13 นอกจากนี้ บาง Pin จะทำหน้าที่อื่นๆ เพิ่มเติมด้วย เช่น Pin 0 1 เป็นขา Tx Rx Serial Pin 3 5 6 9 10 และ 11 เป็นขา PWM

จ. ICSP Port Atmega328 เป็นพอร์ตที่ใช้โปรแกรม Boot loader

ฉ. MCU Atmega328 เป็น MCU ที่ใช้บนบอร์ด Arduino

ช. I O Port นอกจากจะเป็น Digital I O แล้ว ยังเปลี่ยนเป็น ช่องรับสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ขา A0 ถึง A5

ซ. Power Port: ไฟเลี้ยงของบอร์ดเมื่อต้องการจ่ายไฟให้กับวงจรภายนอก ประกอบด้วยขาไฟเลี้ยง +3.3 V. +5 V. GND V_{in}

ฌ. Power Jack รับไฟจาก Adapter โดยที่แรงดันอยู่ระหว่าง 7 V. ถึง 12 V.

3.2.2.2 ข้อดีของบอร์ด Arduino

ก. ราคาถูก

ข. ง่ายต่อการพัฒนา มีรูปแบบคำสั่งพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น

ค. Open Hardware ทำให้ผู้ใช้สามารถนำบอร์ดไปต่อยอดใช้งานได้หลายด้าน

3.3 ศึกษาการออกคำสั่งไปยังอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของแขนกลอุตสาหกรรม

ศึกษาถึงหลักการควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกลอุตสาหกรรมไปตามตำแหน่งที่กำหนดพร้อมกับการใช้คำสั่งในการสั่งงานแขนกลอุตสาหกรรมไปยังอุปกรรณ์เชื่อมต่อภายนอกเพื่อให้อุปกรณ์ที่นำมาเชื่อมต่อทำงานร่วมกับแขนกลอุตสาหกรรม และศึกษาถึงหลักการส่งสัญญาญจากภายนอกให้หุ่นยนต์รับรู้และตอบสนอง

3.4 สรุปผล และข้อเสนอแนะ

สรุป และวิเคราะห์ผล หลักการของการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอกของแขนกลอุตสาหกรรม การส่งสัญญาณจากภายนอกให้แขนกลอุตสาหกรรมรับรู้ และตอบสนองได้ และแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้

บทที่4
ผลการดำเนินโครงงาน

ในการทดลองโดยใช้อุปกรณ์แยกสี TCS 230 ทำงานร่วมกับบอร์ด Arduino เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลของช่วงระยะความถี่ของคลื่นแสงของสีที่นำมาใช้ในการทดลองเมื่อบอร์ดได้ทำการประมวลผลออกมาแล้วจะส่งสัญญาณกระแสไฟออกมาทางช่องสัญญาณ 11 ถึงช่องสัญญาณ 13 ของบอร์ด โดยหากบอร์ดประมวลผลเป็นสีแดงจะทำการส่งสัญญาณกระแสไฟออกมาทางช่องสัญญาณ 13 สีเขียวจะทำการส่งสัญญาณกระแสไฟออกมาทางช่องสัญญาณ 12 สีน้ำเงินจะทำการส่งสัญญาณกระแสไฟออกมาทางช่องสัญญาณ 11 ซึ่งมีค่ากระแสไฟอยู่ที่ 5 โวลท์ไม่เพียงพอที่จะเป็นสัญญาณอินพุทของแขนกลอุสาหกรรมได้ จึงต้องมีชุดดีเลย์เพื่อที่จะทำให้สัญญาณเอาท์พุทของบอร์ดไปถึงสัญญาณอินพุทของแขนกลอุตสาหกรรมที่มีกระแสไฟ 24 Vdc. และเมื่อแขนกลอุตสาหกรรมได้รับสัญญาณอินพุทจะทำการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้ให้โดยทำงานร่วมกับสายพานลำเลียง

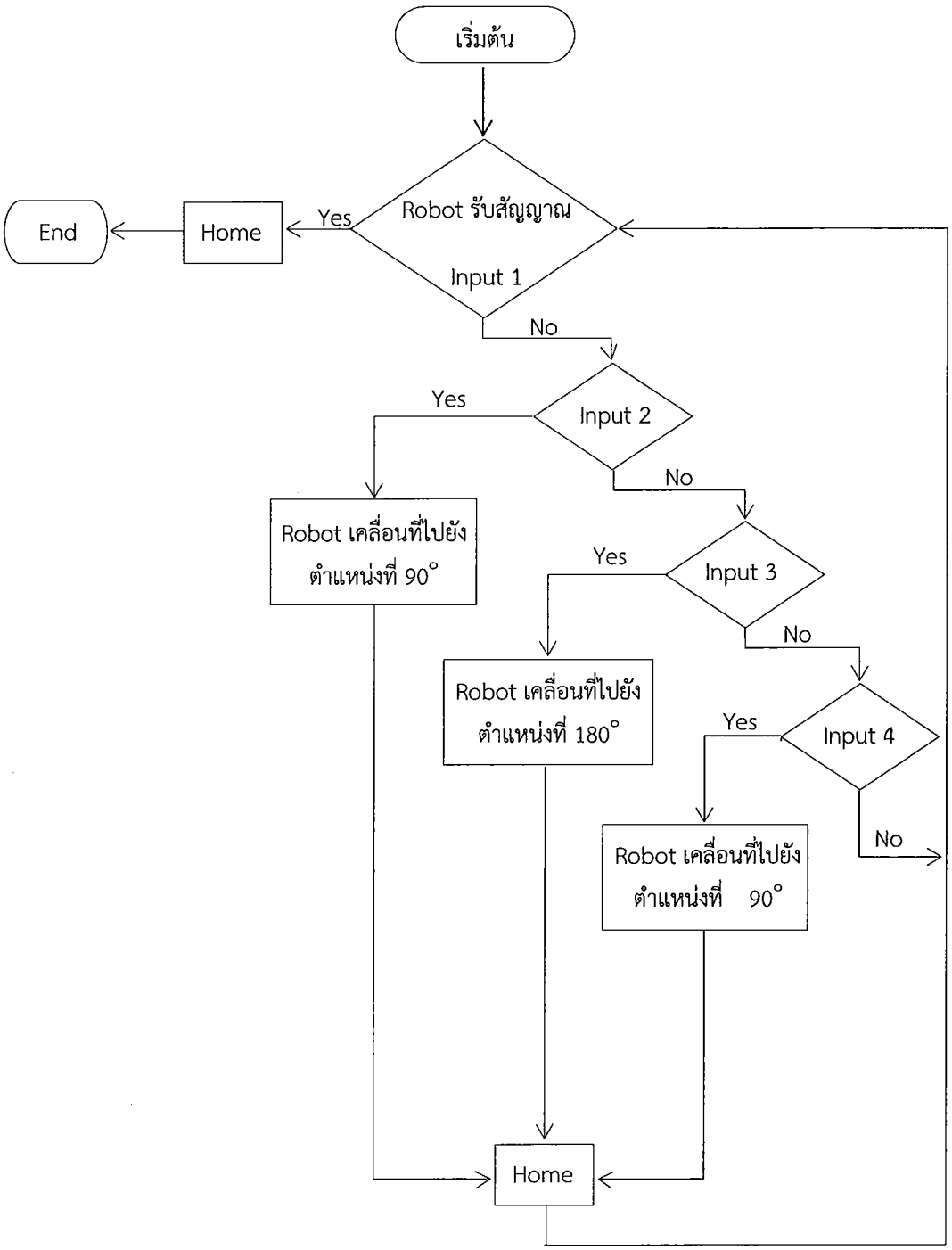
ช่องสัญญาณอินพุทที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้คือ 1 2 3 4 ซึ่ง Connecter x11 มีช่องต่อสัญญาณคือ 64 82 100 102 ตามลำดับ และได้ทำการเชื่อมต่อ 0 V. เข้ากับช่องต่อสัญญาณ 99 ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นสายดินกันการลัดวงจร

การทำงานรวมทั้งหมดของ สายพาน เซนเซอร์สี บอร์ด Arduino และแขนกลอุตสาหกรรมนั้นจะต้องทำการตั้งค่าของแขนกลอุตสาหกรรมรับค่าอินพุท แล้วจึงเขียนโปรแกรมควบคุมแขนกลอุตสาหกรรมเป็นขั้นตอนสุดท้ายโดยอินพุทที่ 1 จะใช้เป็นการหยุดการทำงานของโปรแกรมเมื่อมีสัญญาณอินพุทให้สถานะ ON อินพุทที่ 2 ใช้เป็นตัวรับค่าของสีแดงที่จะทำงานเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง 90 องศาเมื่อมีสถานะ ON อินพุทที่ 3 ใช้เป็นตัวรับค่าของสีเขียวที่จะทำงานเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง 180 องศาเมื่อมีสถานะ ON อินพุทที่ 4 ใช้เป็นตัวรับค่าของสีน้ำเงินที่จะทำงานเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่ง -90 องศาเมื่อมีสถานะ ON

4.1 กระบวนการทำงานของโมดูล TCS 230 กับบอร์ด Arduino

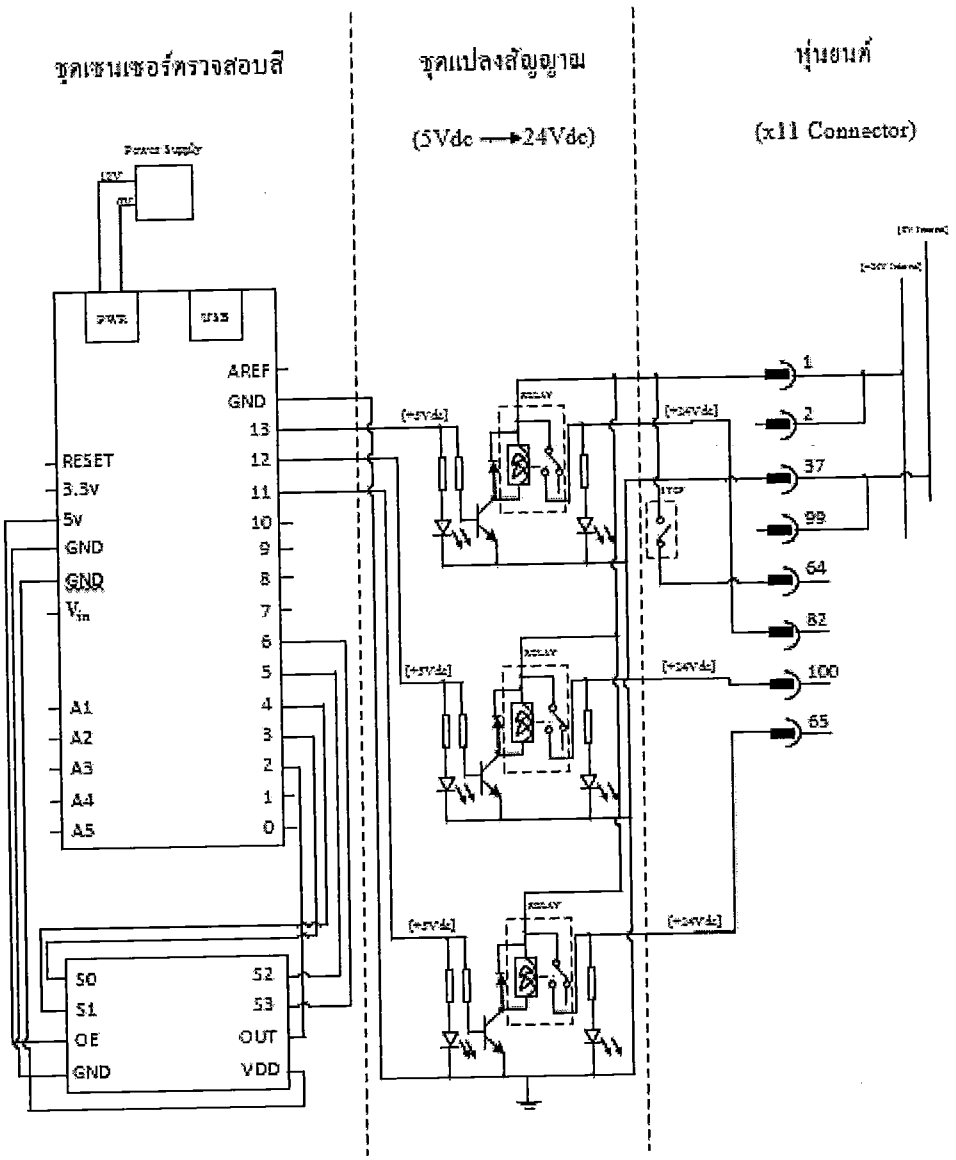
เมื่อมีวัตถุไหลมาตามสายพานลำเลียง โมดูล TCS 230 ทำการอ่านค่าสเปคตรัมสีของวัตถุ แล้วทำการส่งข้อมูลไปยังบอร์ด Arduino เพื่อทำการประมวลผลของสเปคตรัมของสีที่ได้รับมา โดยค่าสเปคตรังของสี 650 ถึง 750 nm. จะถูกกำหนดให้เป็นสีแดง และบอร์ด Arduino จะส่ง Output ทางช่อง 11 สเปคตรัมของสี 500 ถึง 560 nm. จะถูกกำหนดให้เป็นเขียว และบอร์ด Arduino จะส่ง Output ทางช่อง 12 สเปคตรัมของสี 430 ถึง 500 nm. จะถูกกำหนดให้เป็นสีแดง และบอร์ด Arduino จะส่ง Output ทางช่อง 13

4.2 กระบวนการทำงานของแขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125



รูปที่ 4.1 Flow Chart แสดงการทำงานของแขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125

4.3 ระบบการทำงานร่วมกันของเซนเซอร์ และแขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125



รูปที่ 4.2 รูปลักษะการต่อบอร์ด Arduino เข้ากับ แขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125

เมื่อมีวัตถุไหลมาตามสายพานลำเลียง โมดูล TCS 230 ทำการอ่านค่าสเปคตรัมสีของวัตถุ แล้วทำการส่งข้อมูลไปยังบอร์ด Arduino เพื่อทำการประมวลผลของสเปคตรัมของสีที่ได้รับมา จากนั้นบอร์ด Arduino ทำการส่ง Output ให้กับชุด Relay เมื่อชุด Relay ได้รับสัญญาณ Output แล้วทำการเปลี่ยนระแสไฟฟ้าใหแป็น 24 Vdc. เพื่อ Connertor x11 จะสามารถรับสัญญาณ Output จากบอร์ด Arduino แล้ว KUKA KR 125 ทำงานตามที่กำหนด

4.4 ตารางการทดลอง

จากการออกแบบการทดลอง โดยทดลองแบบที่ 1 สุ่มสีชิ้นงานมาสีละ 2 ชิ้นงาน เพื่อทดลองการตรวจสีของชิ้นงานในกรณีที่มี 2 ชิ้นขึ้นไป แบบที่ 2 สุ่มสีชิ้นงานมาครั้งล่ะ 1 ชิ้น แล้วนำไปวางตามตำแหน่งที่ได้กำหนดไว้ คือ สีแดงตำแหน่ง 90° สีเขียวตำแหน่ง 180° และสีน้ำเงินตำแหน่ง 270° ได้ผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.1 ตารางการทดลอง

ครั้งที่	สีของวัตถุ	การตรวจสีวัตถุ	ตำแหน่งการวาง		
			90°	180°	270°
1	สีแดง	√	√		
2	สีเขียว	√		√	
3	สีน้ำเงิน	√			√
4	สีแดง	√	√		
5	สีแดง	√	√		
6	สีเขียว	√		√	
7	สีเขียว	√		√	
8	สีน้ำเงิน	√			√
9	สีน้ำเงิน	√			√
10	สีแดง	√	√		
11	สีเขียว	√		√	
12	สีน้ำเงิน	√			√
13	สีแดง	√	√		
14	สีน้ำเงิน	√			√
15	สีเขียว	√		√	
16	สีเขียว	√		√	
17	สีแดง	√	√		
18	สีน้ำเงิน	√			√
19	สีเขียว	×	×		
20	สีน้ำเงิน	×	×		
21	สีแดง	√	√		
22	สีน้ำเงิน	√			√
23	สีเขียว	√		√	

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) ตารางการทดลอง

ครั้งที่	สีของวัตถุ	การตรวจสีวัตถุ	ตำแหน่งการวาง		
			90°	180°	270°
24	สีแดง	√	√		
25	สีน้ำเงิน	√			√
26	สีแดง	√	√		
27	สีเขียว	√		√	

หมายเหตุ การตรวจสีวัตถุที่ผิดผลาดเกิดจากระยะในหารอ่านของโมดูล TCS 230 ซึ่งมีระยะการตรวจวัดที่ 5 ถึง 10 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงทำให้เกิดการตรวจวัดสีที่ผิดผลาด และทำให้บอร์ด Arduino เกิดการ Error และจะมีผลกระทบในการตรวจสีในครั้งต่อไป

ข้อแก้ไข ต้องทำการรีเซ็ตบอร์ด Arduino จากรูปที่ 3.3 และควรที่มี Jig Fixture เพื่อให้ระยะการตรวจสีของโมดูล TCS 230 คงที่อยู่เสมอ

บทที่ 5
บทสรุป และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากโครงงาน กลุ่มข้าพเจ้าได้นำโมดูล TCS 230 มาทำงานร่วมกับบอร์ด Arduino เพื่อทำการตรวจสีของวัตถุ ซึ่งสามารถตรวจได้ 3 สี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน เมื่อทำการตรวจสีวัตถุที่ได้แล้ว จะส่งกระแสไฟไปยังชุด Relay เพื่อทำการส่งกระแสไฟให้หุ่นยนต์ โดยผ่านทางช่องเชื่อมต่อสัญญาณ Connector x11

เมื่อมีวัตถุเข้ามาในระยะตรวจสีโมดูล TCS 230 จะทำการตรวจสี แล้วจะส่งสัญญาณให้กับบอร์ด Arduino เพื่อทำการประมวลผลข้อมูลที่ได้รับมา ถ้าข้อมูลที่ได้รับมาเป็น 0 0 จะทำการประมวลผลเป็นสีแดงมีสัญญาณ Output ทางช่อง 13 ของบอร์ด Arduino ข้อมูลที่ได้รับมาเป็น 0 1 จะทำการประมวลผลเป็นสีเขียวมีสัญญาณ Output ทางช่อง 12 ของบอร์ด Arduino และข้อมูลที่ได้รับมาเป็น 1 1 จะทำการประมวลผลเป็นสีน้ำเงินมีสัญญาณ Output ทางช่อง 11 ของบอร์ด Arduino สัญญาณที่ถูกส่งจากบอร์ด Arduino จะมีค่ากระแสไฟ 5 V. เข้าชุด Relay เพื่อแปลงกระแสไฟให้เป็น 24 Vdc. เพื่อส่งสัญญาณไปยัง Connector x11 โดยกำหนดให้ Input 2 เป็นการรับสัญญาณสีแดง Input 3 เป็นการรับสัญญาณสีเขียว และ Input 4 เป็นการรับสัญญาณสีน้ำเงิน ส่วน Input 1 ทำหน้าที่หยุดการทำงานของโปรแกรม

ผลจากการทดลองพบว่าหากระยะการตรวจสีของวัตถุเกิน 5 ถึง 10 มิลลิเมตร จะทำให้เกิดการทำงานที่ผิดผลาด ดังนั้นจึงต้องมี Jig Fixture เพื่อให้การตรวจสีมีความแม่นยำ และถูกต้อง

5.2 ปัญหาในการดำเนินงาน

5.2.1 ยังมีข้อผิดพลาดของเซนเซอร์ เนื่องจากระยะการอ่านของเซนเซอรมีระยะแค่ 10 มิลลิเมตร จึงทำให้อ่านสีของวัตถุผิดผลาด ควรมี Jig Fixture ช่วยในการตรวจสี

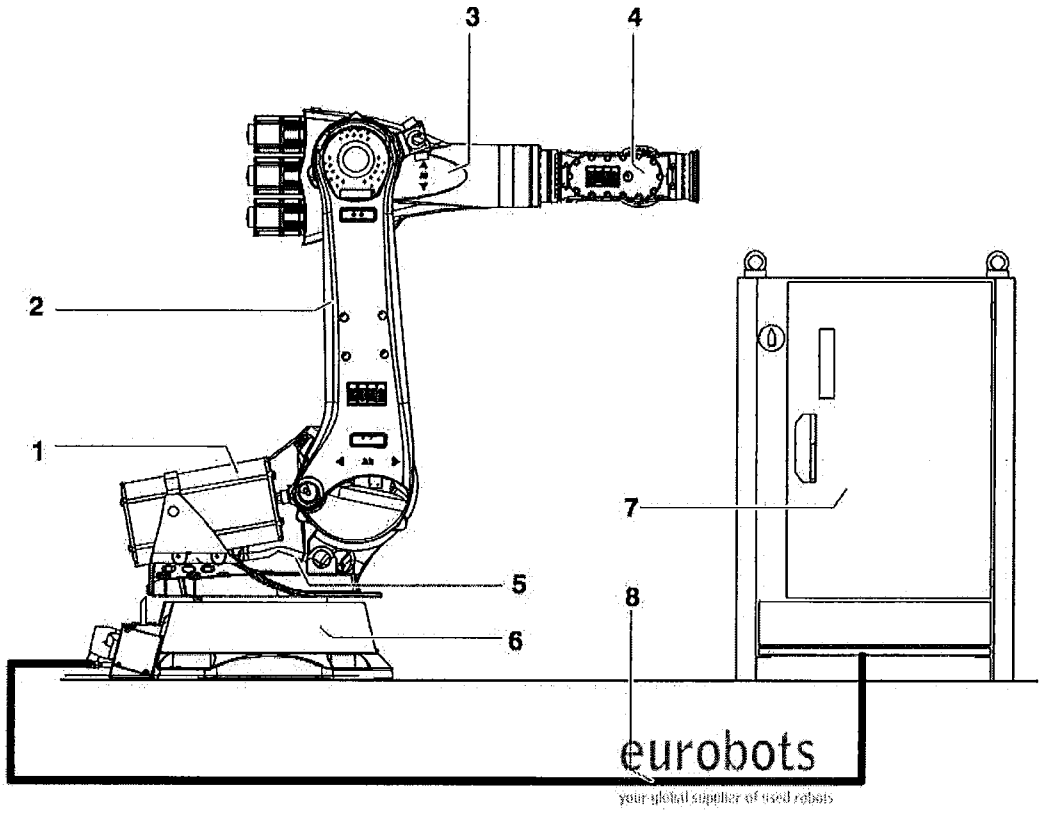
5.2.2 แขนกลอุตสาหกรรม KUKA KR 125 มีปัญหาขัดข้อง KCP : CAN-BUS ERROR ขึ้นเตือนทำให้แขนกลอุตสาหกรรมหยุดการทำงาน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 สามารถใช้งานโดยการใช้เป็น External Power Supply เป็นอีกทางเลือกในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกกับแขนกลอุตสาหกรรมได้

5.3.2 สามารถใช้โมดูล TCS 3200 หรือโมดูลรุ่นอื่นที่สามารถตรวจสีได้หลายสี หากต้องการตรวจสีที่มีหลายสี เพราะโมดูล TCS 230 ทำการตรวจสีได้เพียง 3 สี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน

ภาคผนวก ก
ข้อมูลแขนกลอุตสาหกรรม KUKA ROBOT



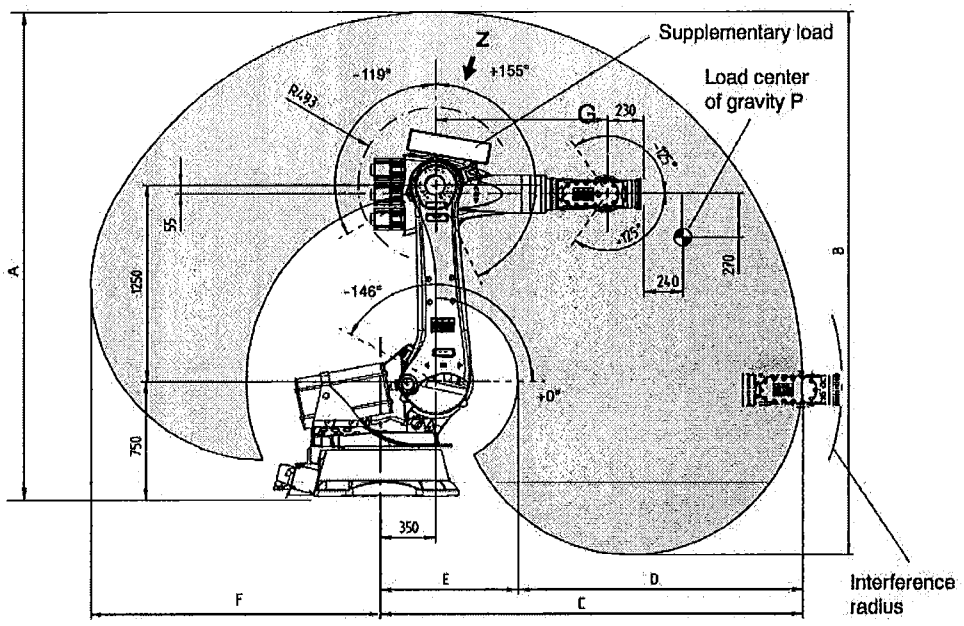
1 Counterbalancing system
2 Link arm
3 Arm
4 In-line wrist
5 Rotating column
6 Base frame
7 Control cabinet (see separate documentation)
8 Connecting cables

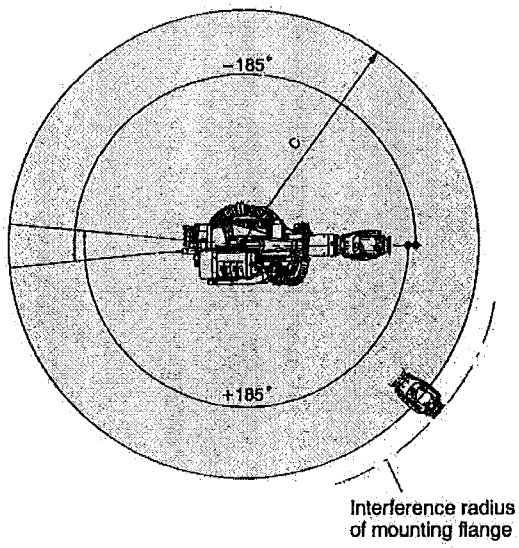
Robot type	KR 210-2	KR 210 L180-2	KR 210 L150-2
Wrist (IW)[1]	210/240 kg		
Rated payload [kg]	210	180	150
Suppl. load, arm [kg]	50	50	50
Suppl. load, link arm [kg]	100	100	100
Max. supplementary load, arm and link arm [kg]	100		
Suppl. load, rotating column [kg]	300	300	300

eurobots
your global supplier of used robots

รูปภาพ ก.1 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของแขนกลอุตสาหกรรม

ที่มา : http://www.eurobots.net/KUKA-KR-210-2-p186-en.html





CAUTION: The interference radius (safe area) lies approx. 250 mm beyond the reference point for the working envelope.

NOTE: The supplementary load center of gravity must be located as close as possible to rotational axis 3 and to line a in Fig. 17.

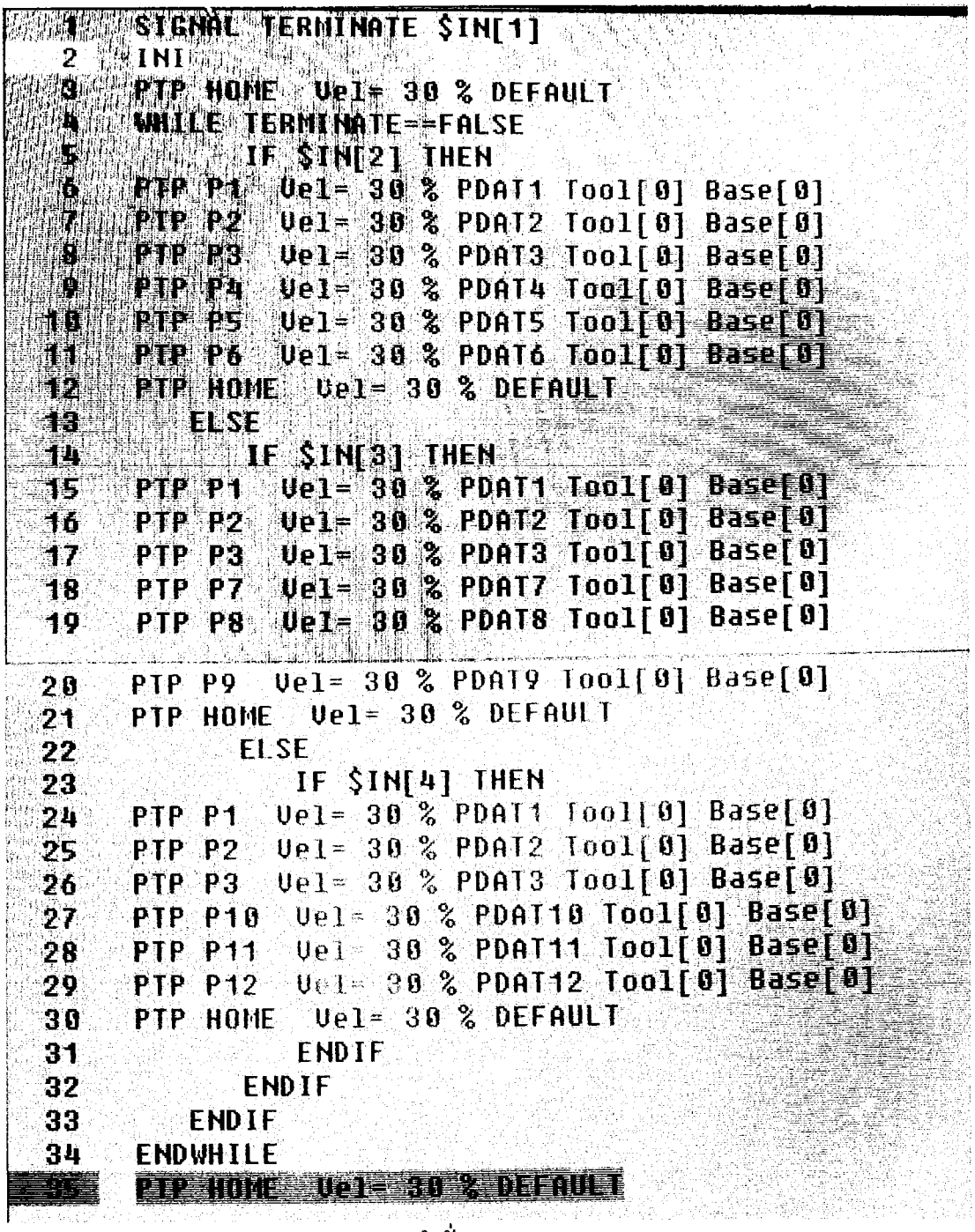
The reference point for the working envelope is the intersection of axes 4 and 5.

View Z see Fig. 17.

	A	B	C	D	E	F	G
KR 150-2	3100	3450	2700	1875	825	1788	1100
KR 150 L130-2	3300	3850	2900	2050	850	1987	1300
KR 150 L110-2	3500	4250	3100	2150	950	2187	1500
KR 180-2	3100	3450	2700	1875	825	1788	1100
KR 180 L150-2	3300	3850	2900	2050	850	1987	1300
KR 180 L130-2	3500	4250	3100	2150	950	2187	1500
KR 210-2	3100	3450	2700	1875	825	1788	1100
KR 210 L180-2	3300	3850	2900	2050	850	1987	1300
KR 210 L150-2	3500	4250	3100	2150	950	2187	1500
KR 240-2	3100	3450	2700	1875	825	1788	1100
KR 240 L210-2	3300	3850	2900	2050	850	1987	1300
KR 240 L180-2	3500	4250	3100	2150	950	2187	1500

รูปภาพ ก.2 แสดงข้อมูลทางเทคนิคของแขนกลอุตสาหกรรม

ที่มา : http://www.eurobots.net/KUKA-KR-210-2-p186-en.html

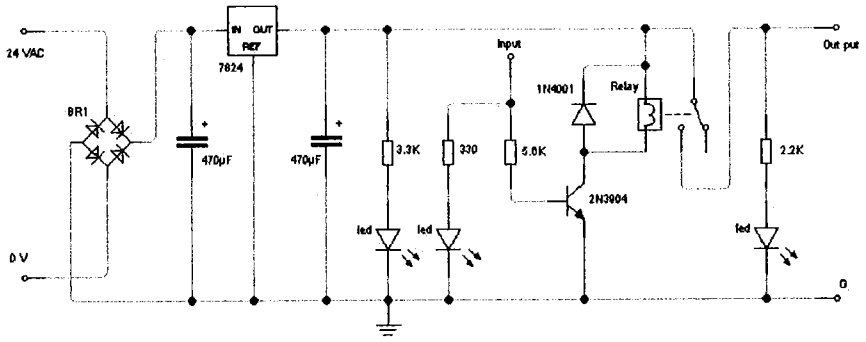


```
  1   SIGNAL TERMINATE $IN[1]
  2   INI
  3   PTP HOME  Vel= 30 % DEFAULT
  4   WHILE TERMINATE==FALSE
  5         IF $IN[2] THEN
  6   PTP P1  Vel= 30 % PDAT1 Tool[0] Base[0]
  7   PTP P2  Vel= 30 % PDAT2 Tool[0] Base[0]
  8   PTP P3  Vel= 30 % PDAT3 Tool[0] Base[0]
  9   PTP P4  Vel= 30 % PDAT4 Tool[0] Base[0]
 10   PTP P5  Vel= 30 % PDAT5 Tool[0] Base[0]
 11   PTP P6  Vel= 30 % PDAT6 Tool[0] Base[0]
 12   PTP HOME  Vel= 30 % DEFAULT
 13      ELSE
 14         IF $IN[3] THEN
 15   PTP P1  Vel= 30 % PDAT1 Tool[0] Base[0]
 16   PTP P2  Vel= 30 % PDAT2 Tool[0] Base[0]
 17   PTP P3  Vel= 30 % PDAT3 Tool[0] Base[0]
 18   PTP P7  Vel= 30 % PDAT7 Tool[0] Base[0]
 19   PTP P8  Vel= 30 % PDAT8 Tool[0] Base[0]
 20   PTP P9  Vel= 30 % PDAT9 Tool[0] Base[0]
 21   PTP HOME  Vel= 30 % DEFAULT
 22         ELSE
 23            IF $IN[4] THEN
 24   PTP P1  Vel= 30 % PDAT1 Tool[0] Base[0]
 25   PTP P2  Vel= 30 % PDAT2 Tool[0] Base[0]
 26   PTP P3  Vel= 30 % PDAT3 Tool[0] Base[0]
 27   PTP P10  Vel= 30 % PDAT10 Tool[0] Base[0]
 28   PTP P11  Vel= 30 % PDAT11 Tool[0] Base[0]
 29   PTP P12  Vel= 30 % PDAT12 Tool[0] Base[0]
 30   PTP HOME  Vel= 30 % DEFAULT
 31            ENDIF
 32         ENDIF
 33      ENDIF
 34   ENDWHILE
 35   PTP HOME  Vel= 30 % DEFAULT
```

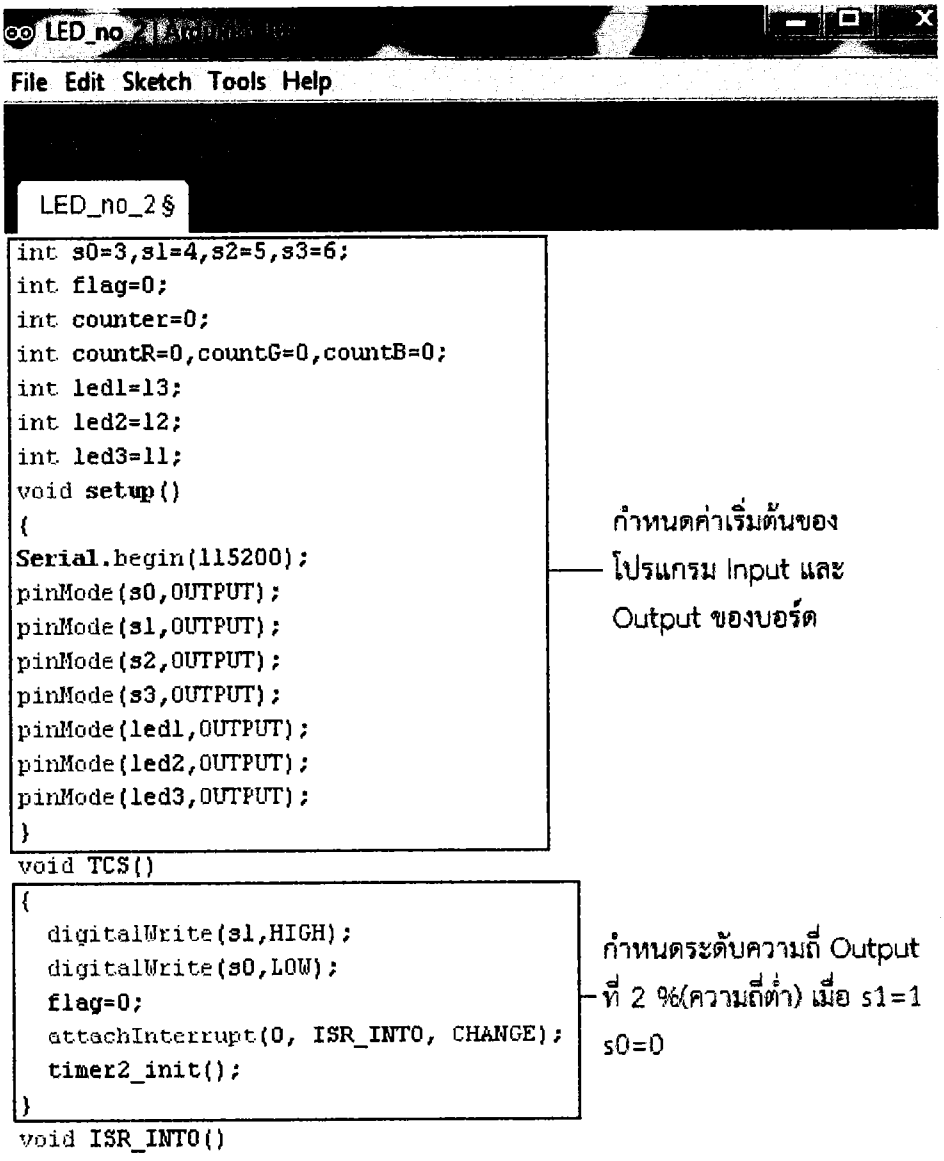
รูปภาพ ก.3 แสดงชุดคำสั่งควบคุมของแขนกลอุตสาหกรรม

ภาคผนวก ข

ข้อมูลโมดูล TCS 230 และบอร์ด ARDUINO



รูปภาพ ข.1 รูปแสดงวงจรดีเลย์



รูปภาพ ข.2 รูปแสดงค่าโปรแกรมควบคุมบอร์ด Arduino

```
{
  counter++;
}
void timer2_init(void)
{
  TCCR2A=0x00;
  TCCR2B=0x07; //the clock frequency source 1024 points
  TCNT2= 100;    //10 ms overflow again
  TIMSK2 = 0x01; //allow interrupt
}
int i=0;
ISR(TIMER2_OVF_vect)//the timer 2, 10ms interrupt overflow again.
{
TCNT2=100;
flag++;
if(flag==1)
 {
   counter=0;
 }
else if(flag==2)
  {
   digitalWrite(s2,LOW);
   digitalWrite(s3,LOW);
   countR=counter/1.051;
   digitalWrite(s2,HIGH);
   digitalWrite(s3,HIGH);
  }
else if(flag==3)
  {
   countG=counter/1.0157;
   digitalWrite(s2,LOW);
   digitalWrite(s3,HIGH);
   }
else if(flag==4)
  {
   countB=counter/1.114;
   digitalWrite(s2,LOW);
   digitalWrite(s3,LOW);
   }
else
    {
    flag=0;
     TIMSK2 = 0x00;
    }
    counter=0;
    delay(1);
}
void loop()
{
 delay(5);
 TCS();
 if((countR>10)||(countG>5)||(countB>10))
  {
   if((countR>countG)&&(countR>countB))
```

กำหนดค่าสีแดง

กำหนดค่าสีเขียว

กำหนดค่าสีน้ำเงิน

การกำหนดให้แสดงค่าสีที่มีค่ามากที่สุด

รูปภาพ ข.2 (ต่อ) รูปแสดงค่าโปรแกรมควบคุมบอร์ด Arduino

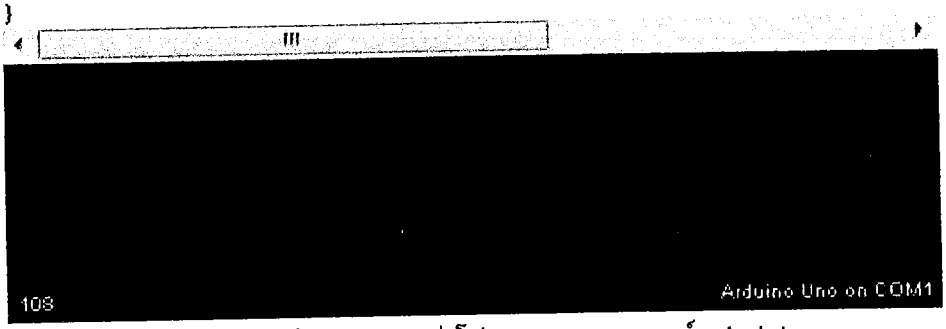
```
    {
      Serial.print("****** RED   ******");
      Serial.print("\n");
      digitalWrite(led1, HIGH);
      delay(100);
      digitalWrite(led2, LOW);
      digitalWrite(led3, LOW);
    }
  else if((countG>=countR)&&(countG>countB))
    {
      Serial.print("****** GREEN ******");
      Serial.print("\n");
      digitalWrite(led2, HIGH);
      delay(100);
      digitalWrite(led1, LOW);
      digitalWrite(led3, LOW);
    }
  else if((countB>countG)&&(countB>countR))
    {
      Serial.print("****** BLUE  ******");
      Serial.print("\n");
      digitalWrite(led3, HIGH);
      delay(100);
      digitalWrite(led1, LOW);
      digitalWrite(led2, LOW);
    }
  }
else
  {
    delay(300);
  }
}
```

คำสั่งให้ส่งสัญญาณออกทาง led 1เมื่ออ่านค่าสีออกมาเป็นสีแดง

คำสั่งให้ส่งสัญญาณออกทาง led 2เมื่ออ่านค่าสีออกมาเป็นสีเขียว

คำสั่งให้ส่งสัญญาณออกทาง led 3 เมื่ออ่านค่าสีออกมาเป็นสีน้ำเงิน

กำหนดระยะเวลาในการอ่านค่าสีครั้งต่อไป



รูปภาพ ข.2 (ต่อ) รูปแสดงค่าโปรแกรมควบคุมบอร์ด Arduino

ตารางที่ ข.2 ตารางกำหนดระดับสัญญาณความถี่ Output

S 0	S 1	Output Frequency Scaling
0	0	ไม่มีสัญญาณความถี่
0	1	ร้อยละ 2 (ความถี่ต่ำ)
1	0	ร้อยละ 20
1	1	ร้อยละ 100 (ความถี่สูงสุด)

ที่มา : http://www.tesa.or.th/mood5/pluginfile.php/5571/mod_resource/content/0/Materials/DAY1_Sensors/ET_TCS230_Manual.pdf

ตารางที่ ข.1 ตารางแสดงชนิดของฟิลเตอร์ของโฟโต้ไดโอด

S2	S3	ชนิดของโฟโต้ไดโอด
0	0	สีแดง (Red)
0	1	สีเขียว (Green)
1	0	ไม่มีสี (No Filter)
1	1	สีน้ำเงิน (Blue)

ที่มา : http://www.tesa.or.th/mood5/pluginfile.php/5571/mod_resource/content/0/Materials/DAY1_Sensors/ET_TCS230_Manual.pdf

เอกสารอ้างอิง

บุญลือ บุญคง. (23 เมษายน 2553). **ประเภทของหุ่นยนต์อุตสาหกรรม (Industrial Robot Type).** สืบค้นเมื่อ 30 พฤษภาคม 2556, จาก http://www.9engineer.com/index.php?m=article&a=show&article_id=888

ประพฤธินันท์ ศรีบุญเรือง และพงศกร กระทง. (2552). **การขึ้นรูปงานงานแกะสลักไม้โดยหุ่นยนต์.** ปริญญานิพนธ์ วศบ., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ภูวนัท. (19 ตุลาคม 2554). **แขนกลอุตสาหกรรม (Industrial Robot Arms).** สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2556, จาก http://engineerknowledge.blogspot.com/2011/09/industrial-robot-arms.

วิชิต. (27 พฤษภาคม 2555). **เริ่มต้นการพัฒนา Arduino.** สืบค้นเมื่อ 20 ตุลาคม 2556, จาก http://makecrma.blogspot.com/2012/05/arduino-1.html

วุฒิไกร เทพวงศ์ และภัทรศกร เมธัสรัตสกุล. (2553). **การศึกษาการติดต่อสื่อสารระหว่างหุ่นยนต์อุตสาหกรรมกับอุปกรณ์เชื่อมต่อภายนอก.** ปริญญานิพนธ์ วศบ., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

อีทีที. (25 กันยายน 2555). **การใช้งาน ET-TCS230 อุปกรณ์ตรวจวัดสีใช้.** กรุงเทพมหานคร บริษัท อีทีที จำกัด