สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# รายงานการวิจัย
# การสร้างต้นแบบแขนกลโดยใช้เส้นใยไฟเบอร์

นายพลศาสตร์ เลิศประเสริฐ
นายจิรวัฒน์ ปานกลาง
นายวัฒนา โพธิ์เจริญ

พศ. 2541

RCH
TJ
211
เลขหมู่ ว4465
เลขทะเบียน 40390
วัน, เดือน, ปี 14 ก.ย. 2544

b 11105641
i

บทคัดย่อ

การสร้างต้นแบบแขนกลนี้ได้แนวการวิจัยและพัฒนามาจากโครงสร้างของแขนมนุษย์โดยการจำลองรูปแบบให้มีความเสมือนจริงมากที่สุด การทดลองในขั้นแรกได้ทดลองต้นกำลังโดยใช้วัสดุเส้นใยที่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างและความยาวตามการกระตุ้นด้วยกระแสไฟฟ้าซึ่งมีค่าการเปลี่ยนแปลงน้อย ในการทดลองต่อมาได้ทำการควบคุมการทำงานของแขนกลโดยให้แขนกลนี้เคลื่อนไหวตามตำแหน่งของแขนมนุษย์ตามเวลาจริงโดยที่แขนกลจะมีอุปกรณ์ตรวจจับตำแหน่งและมุมแล้วนำมาคำนวณและสั่งการควบคุมตำแหน่งแบบอัตโนมัติ ในการทดลองต่อมาได้ทำการทดลองใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรงที่ให้กำลังได้รวดเร็วกว่าการใช้วัสดุไฟเบอร์

# บทที่ 1
# บทนำ

โครงงานนี้เป็นโครงงานการควบคุมดีซีมอเตอร์แบบป้อนกลับโดยจะใช้ในการควบคุมแขนกลเพื่อให้แขนกลที่มีแรงบิดสูงและมีค่าความละเอียดในการเคลื่อนที่สูงกว่าการใช้สเตปปิ้งมอเตอร์ ซึ่งในอดีตต้นกำเนิดจริง ๆของแขนกลเกิดขึ้นจากนิยายวิทยาศาสตร์แบบเพ้อฝันหรือที่เราเรียกว่าแฟนตาซี(fantasy)ของชาวเชคโกสโลวาเกีย(CZECHOSLOVAKIA) ในปี 1920โดยทั่วไปแล้วพอพูดถึงคำว่า ."หุ่นยนต์"คนทั่วไปมักจะคิดถึงเครื่องยนต์ที่มีรูปร่างเหมือนมนุษย์สามารถที่จะคิดและทำงานได้ด้วยตัวเอง แต่ที่จริงแล้วตามคำนิยาม ROBOTICS หมายถึงเครื่องยนต์ที่ประกอบกันขึ้นมาเพื่อทำงานบางอย่างแทนมนุษย์ สามารถควบคุมได้โดยใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ และสามารถที่จะเปลี่ยนการทำงานให้ทำงานอย่างอื่น ๆ ได้ (ตามคำนิยามของ)สมาคมหุ่นยนต์โรงงาน (Robotics Instrial Association,RIA)และสถาบันเทคโนโลยี่เกี่ยวกับหุ่นยนต์ของอเมริกา (Robotics Institute of Amarica, RIA )

จากคำนิยามนี้จะเห็นว่าหุ่นยนต์ก็คือเครื่องยนต์อัตโนมัติชนิดหนึ่ง ที่สามารถเปลี่ยนโปรแกรมการทำงานได้เท่านั้นเองเครื่องยนต์อัตโนมัติ (Autcmatics)นี้แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1.Fixed Automation คือเครื่องยนต์อัตโนมัติที่ทำงานอยู่กับที่และทำงานอย่างเดิมตลอด

2.Programmable Automation คือเครื่องยนต์อัตโนมัติที่สามารถเปลี่ยนการทำงานได้หลายอย่างแต่ต้องรองานที่ทำในตอนนั้นให้เสร็จก่อนจึงสามารถเปลี่ยนได้

3.Flexible Automation คือเครื่องยนต์อัตโนมัติที่สามารถเปลี่ยนการทำงานได้ และสามารถทำงานได้และสามารถทำงานหลาย ๆ อย่างได้ในวงรอบการทำงานเดียวกัน

ในรายงานฉบับนี้จะเน้นที่หุ่นยนต์ในโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Robotics) ดังนั้นคำว่าหุ่นยนต์หรือRobotics ที่กล่าวถึงจะหมายถึงหุ่นยนต์ในโรงงานอุตสาหกรรมเท่านั้น

# บทที่2

# แขนกล

**2.1 ชนิดของหุ่นยนต์**

หุ่นยนต์แบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่และลักษณะของแขน แบ่งได้เป็น 4 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. Polar Configuration.
2. Cylindrical Configuration.
3. Cartesian Configuration.
4. Articulated Configuration.

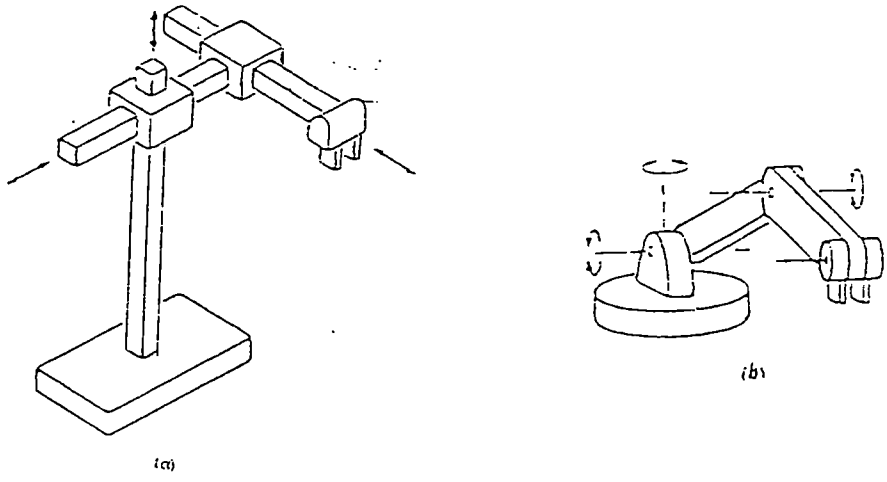
หุ่นยนต์ที่มีลักษณะเป็นแบบ โพลาร์ (Polar)นั้นลักษะการเคลื่อนที่ของแขนจะสามารถยกขึ้นลงได้ในแนวดิ่งโดยยกทำมุมกับฐาน สามารถหมุนได้รอบตัว (รูป2.1 a)พื้นที่การทำงานจะเป็นแบบทรงกลมดังนั้นในบางครั้งจึงเรียกว่า ."Spherical coordinate"

หุ่นยนต์ที่มีลักษณะเป็นแบบ ไซเลนดริคัล (Cylindrical) (รูป2.1 b)เคลื่อนที่ขึ้นข้างบนได้ตามแกนตั้งที่เป็นแกนหลัก และสามารถเคลื่อนที่ไปมาได้โดยใช้แกนนอน แกนตั้งสามารถที่จะหมุนได้ พื้นที่การทำงานจะเป็นแบบทรงกระบอก

หุ่นยนต์ที่มีลักษณะเป็นแบบ อาร์ติคูลเลต(Articulated) (รูป2.1 c)ลักษณะการเคลื่อนที่จะมีแกน 3 แกน เป็นเหมือนแกน X,Y,Z ดังนั้นในบางครั้งจึงเรียกว่า หุ่นยนต์เรคติลิเนียร์ (Rectilinear Robot) พื้นที่การทำงานสามารถที่จะทำงานได้ในส่วนที่เป็นด้านของมือเพียงด้านเดียวเท่านั้นเพราะไม่มีการหมุนของฐาน

หุ่นยนต์ที่มีลักษณะเป็น อาร์ติคูเลต หุ่นยนต์แบบนี้จะมีลักษณะใกล้เคียงกับแขนของมนุษย์มีข้อหมุนต่างๆเหมือนกัน (รูป2.1 d)ดังนั้นพื้นที่การทำงานจึงสามารถที่จะทำงานได้ในทุกตำแหน่งในระยะความยาวของแขน

ในโครงงานนี้ได้เลือกเอาแบ อาร์ติคูเลต เป็นต้นแบบในการทำทั้งนี้เพราะว่ามีลักษณะเหมือนแขนของมนุษย์ ซึ่งคนส่วนใหญ่ก็มีความคิดอยู่แล้วว่า หุ่นยนต์ต้องมีลักษณะเหมือนมนุษย์และอีกอย่างในการพัฒนาหุ่นยนต์ชนิด อาร์ติคูเลตนี้สามารถที่จะพัฒนาไปสู่การทำงานได้ดีกว่าชนิดอื่น ๆ



รูปที่2.1 ชนิดของหุ่นยนต์ (a) คาร์ทีเชียน (b) อาร์ติคูเลต

ข้อดีข้อเสียของแต่ละชนิดนี้แตกต่างกันออกไป เพราะว่าลักษณะทางกายภาพแตกต่างกันแต่ถ้ามองในแง่ของการทำงานที่เป็นแบบซ้ำๆ ที่เดิมตลอด ชนิด คาร์ทีเชียน จะสามารถทำงานได้ดีกว่า (สามารถเคลื่อนที่ไปหาเป้าหมายโดยมีความผิดพลาดน้อยที่สุด แต่ถ้ามองในแง่การเข้าถึงวัตถุชนิดที่เป็นแบบ โพล่าร์ และอาร์ติคูเลต จะสามารถเข้าถึงวัตถุได้ดีกว่าชนิดอื่นและชนิดที่เป็นแบบไซเลนดริคัล จะมีข้อดีในแง่ที่สามารถยกวัตถุได้มากกว่า ในงานทั่วไปแล้วใช้แบบโพลาร์และ ไซเลนดริคัล เพราะ 2ชนิดนี้สามารถที่จะทำงานเป็นแบบ Load และ Unload โดยมีการเคลื่อนที่ของแขนออกไปในด้านข้างได้ดีกว่าชนิดอื่นๆ

**2.2มือของหุ่นยนต์ (Robot end effector)**

มือจับของหุ่นยนต์คือตัวที่ทำหน้าที่ขั้นสุดท้ายของหุ่นยนต์มือจับของหุ่นยนต์สามารถแบ่งตามลักษณะของการทำงานได้ดังนี้

1.ทำงานเป็นตัวจับ (Grippet)

2.ทำหน้าที่เป็นเครื่องมือ (Tools)

มือของหุ่นยนต์ชนิดที่เป็นตัวจับมีหน้าที่โดยทั่วไปคือ การจับแบะก่ารยกวัตถุ สามารถแบ่งออกอีกเป็น

2 ชนิดคือ Single gri0ppet และ Double Gripper. Single gripper หมายถึง มือจับที่มีการเคลื่อนที่ของนิ้วเพียงข้างเดียวอีกข้างหนึ่งอยู่กับที่ และ Double grippet มีการเคลื่อนที่ของนิ้วทั้ง2 ข้างเข้าหากัน

มือของหุ่นยนต์ชนิดที่เป็นตัวจับ สามารถแบ่งออกเป็นหลายๆ ชนิดตามลักษณะของตัวควบคุมได้ดังนี้

2.2.1 เมคคานิคกริปเปอร์ (Mechanical gripper)

เมคคานิคกริปเปอร์ คือมือจับที่มีกลไกทางเมคคานิคเป็นตัวควบคุมนิ้วบางครั้งเรียกว่าจอว์ส (jaws)หน้าที่พื้นฐานของมือจับแบบเมคคานิค คือการส่งถ่ายกำลังจากมือไปสู่วัตถุต้นกำลังอาจใช้ไฟ

ฟ้า,นิวเมติกส์,เชิงกล หรือ ไฮโดรลิค ลักษณะการจับของมือจับนี้ สามารถที่จะออกแบบการจับได้2 อย่างคือ

1.ใช้ลักษณะทางกายภาพ เช่น ต้องการจับวัตถุเป็นทรงกลมตรงปลายมือก็ทำเป็นส่วนโค้งที่มีขนาดพอเหมาะกับวัตถุนั้น (รูป2.2)

2.ใช้ความเสียดทาน (รูป2.3)นิ้วไม่ได้ออกแบบให้มีลักษณะเหมือนกับรูปทรงของวัตถุแต่อาศัยแรงเสียดทานของนิ้วกับวัตถุโดยมีสมการของแรงเสียดทานคือ

$$\mu n_f F_g = W \qquad \text{---------(2.1)}$$

เมื่อ $\mu$ = สัมประสิทธิแรงเสียดทานนิ้วกับวัตถุ

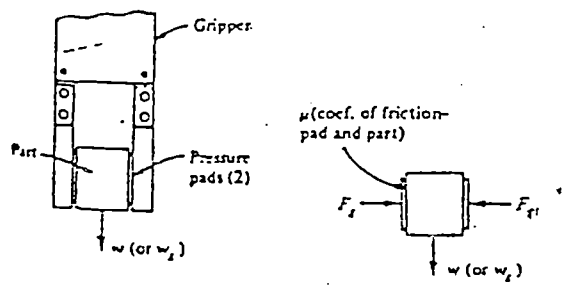
nf = จำนวนนิ้วของมือจับ

Fg = แรงจับ

W = น้ำหนัก

สมการ2.1นี้ใช้เมื่อแรงโน้มถ่วงมีทิศทางขนานกันกับพื้นที่สัมผัส ถ้าทิศทางของแรงโน้มถ่วงเปลี่ยนไปจะใช้สมการ 2.2 คือ

$$\mu n_f F_g = mg \qquad \text{---------(2.2)}$$




รูปที่ 2.3 มือจับที่อาศัยแรงเสียดทายของนิ้วกับวัตถุ

**2.3 ความแม่นยำในการเคลื่อนที่**

ความสำคัญอย่างหนึ่งของการสร้างหุ่นยนต์คือต้องการความแมนยำในการทำงาน ความแม่นยำของหุ่นยนต์แต่ละตัวกับ ตัวแปร 3 ประการคือ

1.สปาเชียนรีโซลูชั่น (Spatial resolution )

2.แอคคูเรซี (Accuracy)

3.รีพีททีบิลิตี้ (Repeatability)

2.3.1 สปาเชียนรีโซลูชั่น

คือช่วงการเคลื่อนที่ที่มีระยะทางสั้นที่สุดเท่ที่หุ่นยนต์แต่ละตัวสามารถที่จะทำได้ สปาเชียนรีโซลูชั่น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบสำคัญ 2ประการคือ

2.3.1.1 ระบบการควบคุม (Control system)ระบบการควบคุมนี่จะรวมถึงการวัดสัญญาณป้อนกลับของหุ่นยนต์ด้วย ช่วงของการเคลื่อนที่ที่ระบบควบคุมสามารถที่จะทำได้ขึ้นอยู่กับหน่วยความจำหลักของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีหน่วยความจำ 8 bitจะสามารถที่จะแบ่งช่วงการเคลื่อนที่ได้เป็น 256 ช่วงคือช่วงของการเคลื่อนที่ที่คอมพิวเตอร์แบ่งได้มีค่าเท่ากับ 2 เมื่อ n คือหน่วยความจำหลักของเครื่อง

2.3.1.2 ความคลาดเคลื่อนเชิงกล(Mechanical inaccuracy)ความคลาดเคลื่อนเชิงกลของหุ่นยนต์แต่ละตัวขึ้นอยู่กับลักษณะของ ข้อหมุน (joint) และข้อต่อ(link) และระบบต้นกำลังของหุ่นยนต์นั้นด้วย

2.3.2แอคคูเรซี

แอคคูเรซี คือตัวที่แสดงถึงความสามารถของหุ่นยนต์ในการที่เคลื่อนที่เข้าใกล้จุดเป้าหมายตามที่เราสั่ง แอคคงุเรซี สามารถที่จะกำหนดให้อย่อยู่ในเทอมของ สปาเชียนรีโซลูชั่นได้ทั้งนี้เพราะว่าการเคลื่อนที่ให้เข้าใกล้จุดเป้าหมาย ก็ต้องขึ้นอยู่กับช่วงของการเคลื่อนที่ว่ามีความละเอียดมากน้อยเพียงใด ในการทำงานเราต้องวางจุดที่เราต้องการให้หุ่นยนต์ทำงานอยู่ระหว่างกลางของตำแหน่งการเคลื่อนที่ ของหุ่นยนต์ทั้งนี้เพราะว่าความคลาดเคลื่อนเชิงกลมีผลต่อความแม่นยำของหุ่นยนต์

ความแม่นยำของหุ่นยนต์กำหนดให้เท่ากับครึ่งหนึ่งของระยะทางการเคลื่อนที่ที่สั้นที่สุดของหุ่นยนต์ที่สามารถทำได้ความแม่นยำของหุ่นยนต์ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบเหล่านี้คือ

1.พื้นที่การทำงานของหุ่นยนต์ถ้าแขนทำงานในพื้นที่การทำงานจะมีความแม่นยำมากกว่าเมื่อแขนออกนอกพื้นที่การทำงาน

2.วงรอบการทำงาน ถ้าวงรอบการทำงานเป็นวงรอบที่แน่นอนความแม่นยำจะมีมากขึ้น

3.น้ำหนักที่ได้รับ ถ้าหุ่นยนต์ทำงานโดยการรับน้ำหนักมากๆความแม่นยำจะลดลง

2.3.3 รีพีททีบิลิตี้

รีพิททีบิลิตี้ คือความสามารถของหุ่นยนต์ในการกลับยมาทำงานซ้ำที่เดิมจากรูป 2.1จุดเป้าหมายคือจุด T แต่เนื่องจากข้อจำกัดจของหุ่นยนต์ หุ่นยนต์ไม่สามารถที่จะทำงานที่จุด T ได้ดังนั้นจึงทำงานที่จุด P กับจุด T คือตัวแสดงถึงความแม่นยำของหุ่นยนต์ แต่เมื่อสั่งให้หุ่นยนต์กลับมาทำงานที่จุด P อีกครั้งหนึ่งหุ่นยนต์ไม่สามารถกลับมาทำงานที่จุด P ได้ที่จุด R แทนระยะห่างระหว่างจุด Pและจุด R คือค่าแสดงถึงรีพีททีบิลิตี้

รูปที่2.4 ความแมนยำและความสามารถในการทำซ้ำของหุ่นยนต์

**2.4การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์**

การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สามารถแบ่งการเคลื่อนที่ออกได้ 2 ส่วนคือ

2.4.1 การเคลื่อนที่ของตัวและแขน (body and arm)

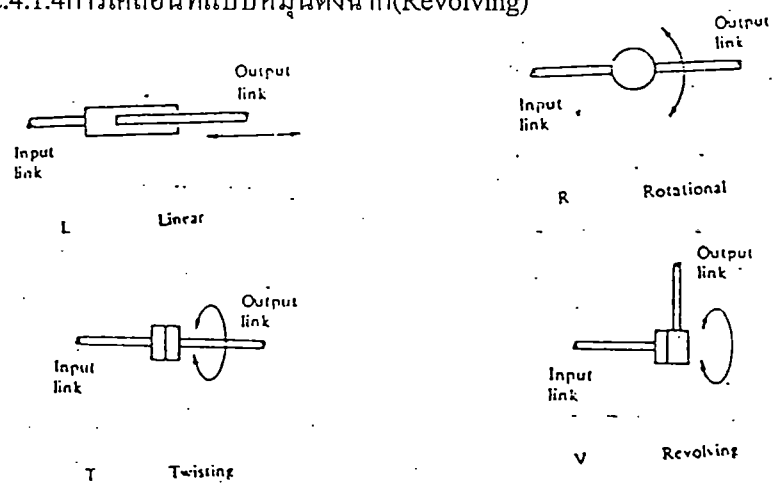
การเคลื่อนที่ของตัวและแขนแบ่งตามลักษณะของข้อหมุนได้ดังนี้คือ

2.4.1.1การเคลื่อนทีแบบเส้นตรง(Linear)

2.4.1.2การเคลื่อนที่แบบหมุนรอบจุดหมุน(Rotational)

2.4.1.3การเคลื่อนที่แบบบิดรอบจุดหมุน(Twisting)

2.4.1.4การเคลื่อนที่แบบหมุนตั้งฉาก(Revolving)



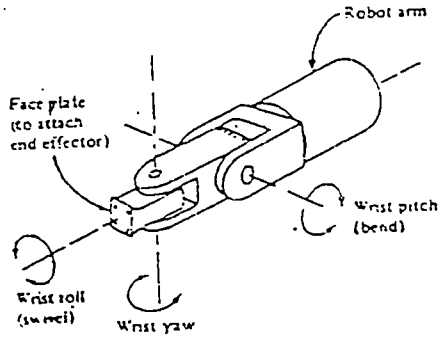

รูปที่2.5ลักษณะการเคลื่อนที่ของแขนแบบต่างๆ

2.4.2การเคลื่อนที่ของมือ

2.4.2.1 หมุน(Rool)บางครั้งเรียกว่า Swivalข้อมือหมุนรอบแกนของแขน

2.4.2.2 บิด(Pitch)บางครั้งเรียกว่า Bend ข้อมือจะยกขึ้นลงในแนวดิ่ง

2.4.2.3 ส่าย(Yaw) หมายถึงการบิดไปมาทางซ้ายและขวาของแกนมือ




รูปที่2.3 การเคลื่อนที่ของมือ

# บทที่ 3
# ดีซีมอเตอร์

## 3.1 หลักการทำงานของดีซีมอเตอร์

ดีซีมอเตอร์เป็นทรานดิวเซอร์แรงบิดซึ่งมีการออกแบบให้มีคุณลักษณะพิเศษคือแรงบิดของเพลาของมอเตอร์จะเป็สัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาร์เมเจอร์ แรงบิดของเพลาดีซีมอเตอร์จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสอาร์เมเจอร์ แรงบิดของเพลาของดีซีมอเตอร์จะได้ผลระหว่างสนามแม่เหล็กกับขดลวดตัวนำ หลักการนี้แสดงได้ในรูป 3.1 ในที่นี้กระแสที่ไหลในขดลวดตัวนำจะสร้างฟิลด์ที่ประกอบด้วยเส้นแรงแม่เหล็ก และขดลวดตัวนำเหล่านั้นอยู่ห่างจากศูนย์กลางการหมุนเท่ากับ r ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดของเพลาและกระแสเท่ากับ

$$T = K\phi I \qquad (3\text{-}1)$$

เมื่อ T คือแรงบิดของเพลามีหน่วยเป็นนิวตัน-เมตร

$\phi$ คือเส้แรงแม่เหล็กมีหน่วยเป็นเวเบอร์

I คือกระแสเป็นแอมแปร์

K คือตัวคงที่

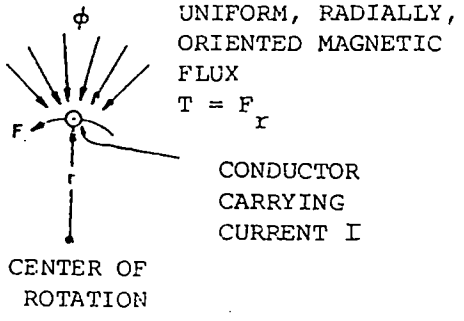
ดังนั้นแรงบิดของเพลาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับผลคูณของเส้นแรงแม่เหล็กและกระแสและขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดโวลท์เต็จตกคร่อมตัวมันเอง โวลท์เตจนี้จะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของเพลาของมอเตอร์และต้านการไหลของกระแส ความสัมพันธ์ระหว่างโวลท์เตจย้อนกลับนี้และความเร็วของเพลามอเตอร์คือ

$$E = K\phi\omega \qquad (3\text{-}2)$$

เมื่อ E คือโวลท์เต็จย้อนกลับ emf มีหน่วยเป็นโวลท์

$\phi$ คือเส้นแรงแม่เหล็กมีหน่วยปืนเวเบอร์

w คือความเร็วของมอเตอร์มีหน่วยเป็นเรเดียน/วินาที




รูปที่ 3.2 แสดงถึงการเกิดแรงบิดในมอเตอร์

**3.2 การแยกประเภทของดีซีมอเตอร์**

ดีซีมอเตอร์สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภทขึ้นอยู่กับลักษณะวิธีการสร้างสนามแม่เหล็กของตัวมอเตอร์และขึ้นอยู่กับพื้นฐานการออกแบบโครงสร้างของอาร์มาเจอร์การแบ่งประเภทตามลักษณะการจ่ายสนามแม่เหล็กแยกออกได้เป็น 2 แบบคือ

1. ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้
2. ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กมีค่าคงที่

ถ้าเราจะพิจารณาแยกประเภทตามลักษณะการออกแบบโครงสร้างอาร์มาเจอร์สามารถแยกออกได้เป็น 3 แบบคือ

1. ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์เป็นแกนเหล็ก
2. ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์ที่มีขดลวดพันอยู่พื้นผิว
3. ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์เป็นขดลวดหนุน

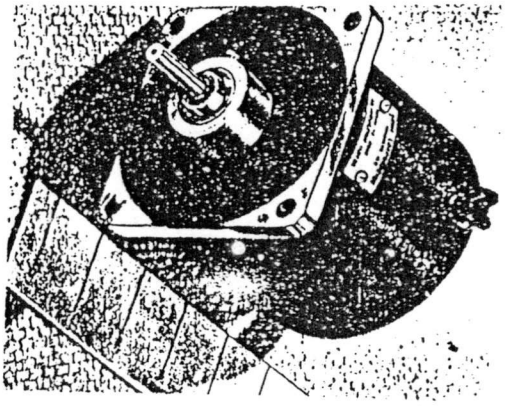
นอกจากนี้ยังมีดีซีมอเตอร์ชนิดพิเศษอีกแบบหนึ่งคือ แบบไม่มีแปลงถ่าน (brushless dc motor) ซึ่งมีหลักการทางเทคโนโลยีเหมือนกับดีซีมอเตอร์ชนิดมีแปลงถ่านยกเว้น การคอมมิวเทชั่นกระทำโดยเทคนิคทางอีเล็คทรอนิคส์แทนที่จะกระทำโดยวิธีการทางเชิงกล

**ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้**

ดีซีมอเตอร์แบบปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้ยังแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ

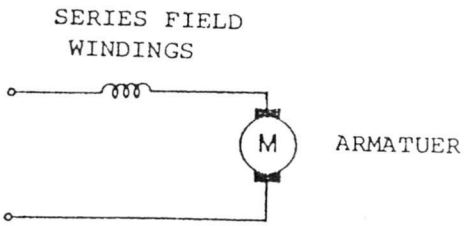
ก) แบบขดลวดสนามแม่เหล็กต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์มาเจอร์

ข) แบบขดลวดสนามแม่เหล็กแยกกระตุ้น

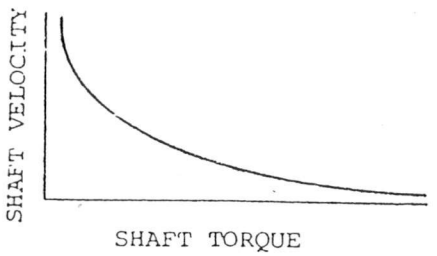


รูปที่ 3.4 เซอร์โวมอเตอร์แบบ Drag cup

ตัวอย่างของมอเตอร์แบบขดลวดสนามแม่เหล็กต่ออนุกรมแสดงดังในรูป 3.5 มอเตอร์แบบนี้จะมีเส้นแรงแม่เหล็กเป็นสัดส่วนกับกระแสดังนั้นเส้นแรงของสนามแม่เหล็กจึงสามารถปรับค่าได้ และเราจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและแรงบิดเป็นนอนลิเนียร์ดังแสดงในรูป 3.6




รูปที่ 3.5 ดีซีมอเตอร์แบบอนุกรม

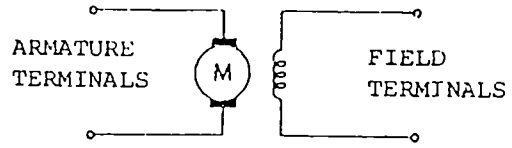



รูปที่ 3.6 คุณสมบัติระหว่างความเร็วและแรงบิด

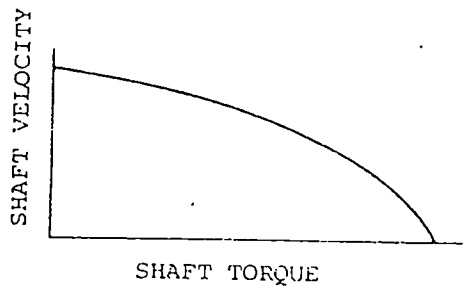
มอเตอร์ดังกล่าวจะใช้งานในภาวะเฉพาะเมื่อต้องการแรงบิดสูงที่ความเร็วต่ำ และแรงบิดที่มีความเร็วสูงเช่นระบบการขับเคลื่อนของรถลาก

ตัวอย่างของมอเตอร์แบบขดลวดสนามแม่เหล็กแยกกระตุ้นแสดงในรูป 3.7 ดีซีมอเตอร์แบบนี้มักนิยมเรียกกันว่ามอเตอร์ขนาน (shunt motor) มอเตอร์แบบนี้สามารถปรับเส้นแรงแม่เหล็กได้

อย่างอิสระต่อกระแสของอาร์มาเจอร์ยังผลให้สามารถควบคุมพารามิเตอร์ของมอเตอร์ให้มีค่าคงที่ได้ตลอดช่วงพิสัยที่กว้าง มอเตอร์นี้มักจะใช้งานในกรณีระบบบังคับการเคลื่อนที่ต้องการแรงบิดสูง ในรูป 2.8 แสดงถึงคุณสมบัติระหว่างแรงบิดกับความเร็วของซันท์มอเตอร์ภายใต้ภาวะการกระตุ้นสนามแม่เหล็กคงที่และอาร์มาเจอร์โวลท์เต็จคงที่



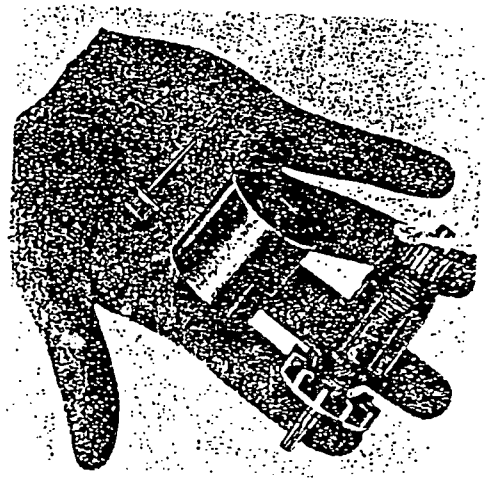

รูปที่ 3.7 ดีซีมอเตอร์แบบปรับสนามแม่เหล็กได้



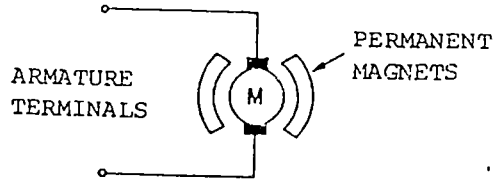

รูปที่ 3.8 คุณสมบัติระหว่างความเร็วและแรงบิด

**ดีซีมอเตอร์แบบเส้นแรงแม่เหล็กคงที่**

ระบบการกระตุ้นฟิลท์ของมอเตอร์โดยทั่วไปในปัจจุบันมักใช้เป็นแบบ แม่เหล็กถาวร ดังแสดงในรูป 3.10 ในระบบนี้เส้นแรงของฟิลท์มีค่าคงที่ดังนั้น อัตราส่วนระหว่างกระแสอาร์มาเจอร์และแรงบิดจะมีค่าคงที่ ดังนั้นสมการ (3-1) เขียนให้ง่ายขึ้นได้เป็น



รูปที่ 3.9ชันมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร




รูป ที่ 3.10ดีซีมอเตอร์แบบฟิลด์เป็นแม่เหล็กถาวร

$$T = K_t I \qquad \text{----------(3-3)}$$

และสมการ (3-2) ได้เป็น

$$E = K_e w \qquad \text{----------(3-4)}$$

ระบบนี้จะให้ความสัมพันธ์ระหว่าง กระแสอาร์มาเจอร์ แรงบิดและความเร็วอยู่ในลักษณะลิเนียร์ สมการทางไฟฟ้าของดีซีมอเตอร์แบบนี้เขียนได้เป็น

$$V = K_e w + L(di/dt) + Ri \qquad \text{----------(3-5)}$$

เมื่อ V คือโวลท์เต็จที่ป้อนให้กับมอเตอร์

$K_e$ คือค่าคงที่ของโวลท์เต็จย้อนกลับ

L คืออินดัคแต้นซ์ของอาร์มาเจอร์

R คือความต้านทานที่ขั้วของมอเตอร์

สมการไดนามิคของมอเตอร์คือ

$$T_g = J(dw/dt) + Bw + T_f + T_L \qquad \text{----------(3-6)}$$

เมื่อ $T_g$ คือแรงบิดที่กำเนิดโดยมอเตอร์

G คือผลรวมของโมเมนท์ของแรงเฉื่อยของมอเตอร์และ$_{\text{โหลด}}$

B คือสัมประสิทธิ์ของวิสคอสแดมพ์ปิ้ง

$T_f$ คือแรงบิดเสียดทานภายใน

$T_l$ คือแรงบิดโหลด

สมการต่าง ๆ ของมอเตอร์แบบแยกกระตุ้นฟิลด์จะเหมือนกับแบบกระตุ้นฟิลด์คงที่ อย่างไรก็ตามข้อเสียของมอเตอร์แบบฟิลท์แม่เหล็กถาวรซึ่งเหนือกว่ามอเตอร์แบบมีโครงสร้างของฟิลท์ด้วยการพันของขดลวดคือ ไม่มีกำลังสูญเสียในฟิลท์ ประสิทธิภาพสูงกว่าและมีขนาดเล็กกว่าเมื่อเทียบกับมอเตอร์ที่มีขนาดของกำลังเท่ากัน

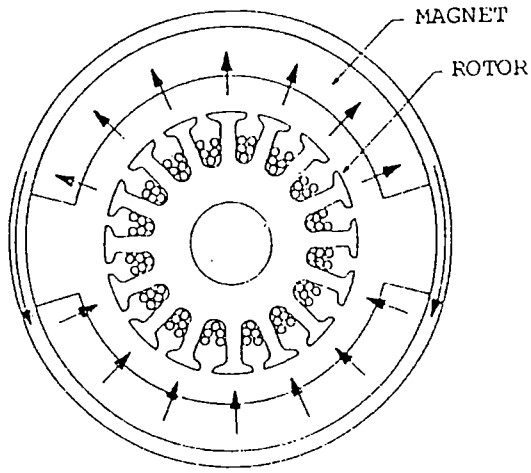
นอกจากนั้นความสัมพันธ์เชิงเส้นในสมการ (3-1) ยังให้ค่าของกระแสอาร์มาเจอร์ที่สูงกว่าดีซีมอเตอร์แบบฟิลท์เป็นขดลวด การประยุกต์ใช้งานเหมาะกับระบบที่ต้องการแรงบิดของโหลดสูง

**ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์เป็นแกนเหล็ก**

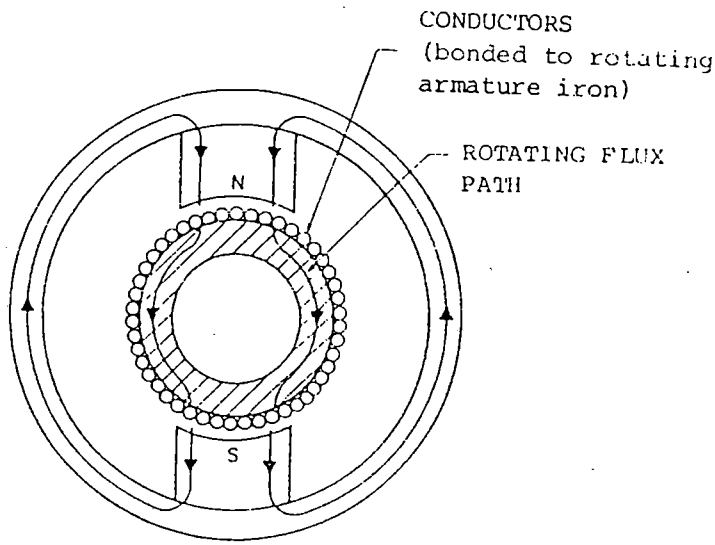
โครงสร้างของโรเตอร์และสเตทเตอร์ของมอเตอร์แบบแกนเหล็กแสดงดังในรูป 3.11 โครงสร้างของมอเตอร์แบบนี้มีโมเม้นท์ของแรงเฉื่อยสูงที่สุดและมีค่าอินดัคแต้นซ์ของโรเตอร์สูงที่สุดด้วย ดังนั้นมอเตอร์นี้จึงมีปริมาณการจุดความร้อนได้สูง และสามารถจะทนโอเวอร์โหลดได้ในระยะเวลาที่ยาวนานโดยไม่ทำให้มอเตอร์เสียหาย

**ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิว**

ในรูป 3.12 แสดงถึงการออกแบบของโรเตอร์ที่มีขดลวดพันอยู่บนพื้นผิว โดยไม่มีสล็อททำให้ได้อินดัคแต้นซ์ของโรเตอร์ต่ำกว่าแบบแกนเหล็ก ข้อเสียคือ ทำให้ขนาดของมอเตอร์แบบนี้ใหญ่ขึ้นและราคาแพงกว่าแบบแกนเหล็กด้วย




รูปที่ 3.11 แสดงรูปหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบอาร์เมเจอร์เป็นแกนเหล็กและฟิลด์เป็นแม่เหล็ก

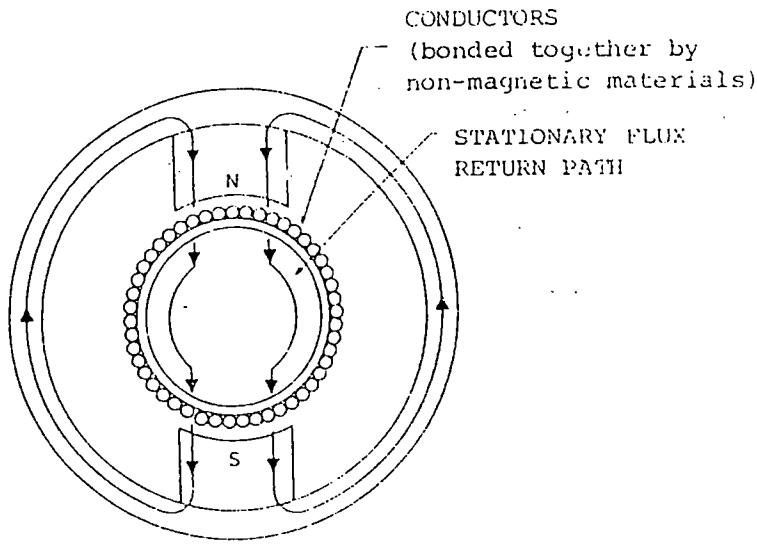



รูปที่ 3.12 แสดงรูปหน้าตัดของดีซีมอเตอร์แบบมีขดลวดบนพื้นผิวและฟิลด์เป็นแม่เหล็กถาวร

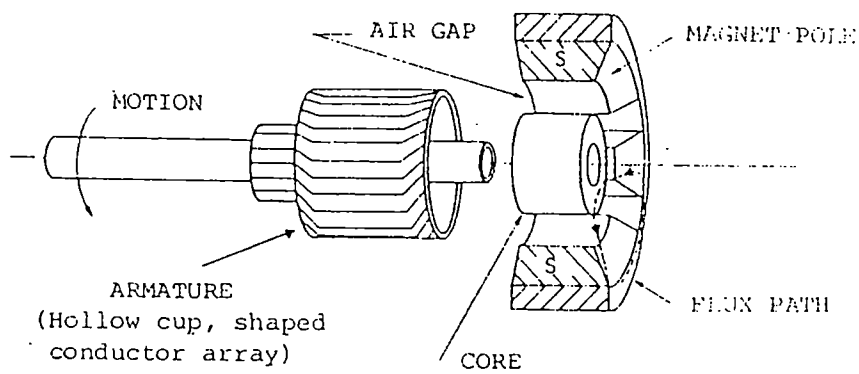
**ดีซีมอเตอร์แบบอาร์มาเจอร์เป็นขดลวดหมุน**

มอเตอร์แบบขดลวดหนุนนี้ได้รับการออกแบบเพื่อให้มีโมเม้นท์ของแรงเฉื่อยน้อยมากดังแสดงในรูป 3.13 และรูปหน้าตัดซึ่งมองด้านข้างของมอเตอร์ดังกล่าวแสดงในรูป 3.14 รูปลักษณะโครงสร้างภายนอกและโครงสร้างของแม่เหล็ก มอเตอร์แบบนี้มีช่องว่างอากาศ (air - gap) ระหว่างแม่เหล็กมากกว่ามอเตอร์ทั้งสองแบบที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นจำเป็นต้องออกแบบให้โครงสร้างของแม่เหล็กให้ใหญ่ขึ้นเพื่อให้ได้ช่องว่างของอากาศระหว่างเส้นแรงแม่เหล็กที่เท่ากันกับของมอเตอร์ทั้งสองแบบดังกล่าว ดังนั้นราคาของมอเตอร์แบบนี้จึงมีราคาแพง นอกจากนั้นโครงสร้างของโรเตอร์มีความจุ

ความร้อนต่ำมากถ้าหากเกิดโอเวอร์โหลดก็จะทำให้มอเตอร์เสียได้ง่ายและโรเตอร์ลักษณะนี้จะมีค่าอินดัคแค้นซ์ต่ำมากคือน้อยกว่า 10 ไมโครเฮนรี่



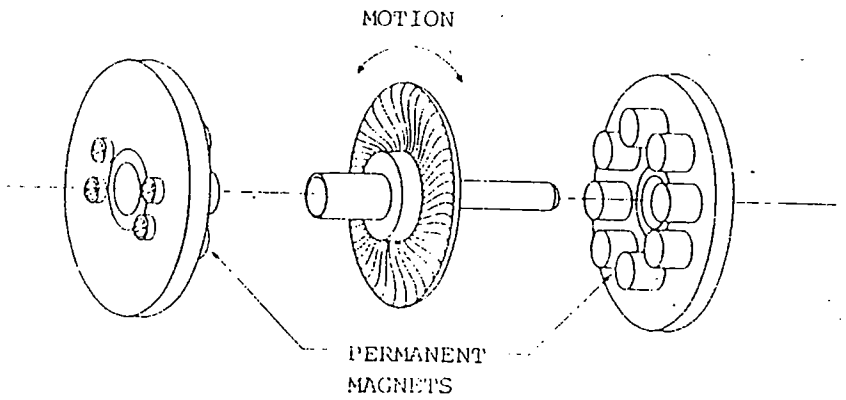

รูปที่ 3.13 หน้าตัดแบบมีโรเตอร์เป็นขดลวดเคลื่อนที่และฟิลด์เป็นแม่เหล็กถาวร




รูปที่ 3.14 รูปด้านข้าง

ในรูป 3.15 แสดงถึงมอเตอร์แบบขดลวดเคลื่อนที่อีกลักษณะหนึ่งซึ่งมีโครงสร้างของอาร์มาเจอร์เป็นรูปร่างจานซึ่งทำขึ้นจากขดลวดตัวนำซ้อนกันหลาย ๆ ขึ้น ซึ่งเรามักจะเรียกกันว่า "printed motor ตัวอย่างอีกอันหนึ่งของมอเตอร์แบบขดลวดเคลื่อนที่ (หมุน) แสดงในรูป 3.10 ซึ่งเป็นมอเตอร์ขนาด 7 แรงม้า 800 แอมป์ ในปัจจุบันดีซีมอเตอร์แบบโรเตอร์เป็นขดลวดหมุนนี้ให้คุณสมบัติการทำงานที่ดีเยี่ยมเหมาะสำหรับเป็นตัวขับเคลื่อนในระบบการบังคับตำแหน่ง และยังให้อัตรา

ส่วนระหว่างแรงบิดและแรงเฉื่อยได้สูงและมีค่าอินดักแต้นซ์ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับมอเตอร์แบบอื่น ๆ นอกจากนั้นความสามารถในการเพิ่มอัตราเร่งยังกระทำได้สูง $10^6$ เรเดียน/วินาที$^2$




รูปที่ 3.15 แสดงถึงดีซีมอเตอร์แบบโรเตอร์เป็นขดขวดหมุนมีรูปร่างเป็นจาน

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



# บทที่4
# การ อินเตอร์เฟส

**IBM PC กับการอินเตอร์เฟส**

ในปัจจุบัน คอมพิวเตอร์มีราคาถูกลงอย่างมาก มีการนำไปใช้งานกันอย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นในด้านที่เกี่ยวกับเอกสารหรือ งานทั่ว ๆ ไป เช่น การทำเสียงเอฟเฟคใช้ประกอบภาพยนตร์หรือการทำรูปในด้านการโฆษณา ฯลฯ การใช้งานในด้านต่าง ๆ เหล่านี้ มักจะมีอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการทำงาน ซึ่งเป็นตัวเชื่อมต่อระหว่าง และคอมพิวเตอร์ทำให้การใช้งานเป็นไปอย่างง่ายดายยิ่งขึ้น เช่น จอยสติก เมาส์ปากเขียนจอ (Light Pen) เป็นต้น อุปกรณ์เหล่านี้จะต่อกับคอมพิวเตอร์โดยมีรูปแบบการติดต่อที่เป็นมาตราฐานที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไป คือ มาตรฐานการสื่อสารแบบอนุกรม (RS-232) และมาตรฐานการสื่อสารแบบขนาน (GPIB) ที่จำเป็นจะต้องมีมาตรฐานเดียวกันก็เพื่อทำให้อุปกรณ์นั้นสามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ไม่เฉพาะเจาะจงใช้กับเครื่องยี่ห้อใดยี่ห้อหนึ่งเท่านั้น ดังนั้น คอมพิวเตอร์ไม่ว่าจะเป็นเครื่องรุ่นใดก็ตามคนละยี่ห้อก็ตาม สามารถจะใช้อุปกรณ์เหล่านี้ได้ ขอให้มีรูปแบบการติดต่อที่เหมือนกันก็พอ

แต่อย่างไรก็ตามมาตรฐานเหล่านี้ก็จะยังมีข้อจำกัดอยู่บ้าง ดังนั้นสำหรับในบทความนี้ เราจะแนะนำการเชื่อมต่อ (การอินเตอร์เฟส) กับ IBM PC โดย อุปกรณ์ I/O ที่ต้องการติดต่อโดยตรงกับระบบบัสของ IBM PC ซึ่งการเชื่อมต่ออุปกรณ์โดยตรงกับระบบบัสของคอมพิวเตอร์ เป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการติดต่อและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของอุปกรณ์ 1/10 ที่ต่ออยู่กับระบบได้ดีขึ้น

**AT สล็อต VS XT สล็อต**

เนื่องจาก AT ใช้กับ CPU เบอร์ 80286 ซึ่งเป็น CPU ขนาด 16 บิดแท้คือ มีการประมวลผลภายในเป็น 16 บิด ในขณะที่ XT ใช้ CPU เบอร์ 8088 ซึ่งเป็น 16 บิด เทียม คือ มีการประมวลผลภายในเป็นแบบ 16 บิด แต่ดาต้าบัสมีเพียงแค่ 8 บิดเท่านั้น ดังนั้นการจัดการเกี่ยวกับข้อมูลขนาด 16 บิด จึงต้องการทำสองครั้ง ครั้งละ 8 บิด จะเห็นได้ว่าระบบบัสของ XT เป็นซับเซตของระบบบัสของ AT

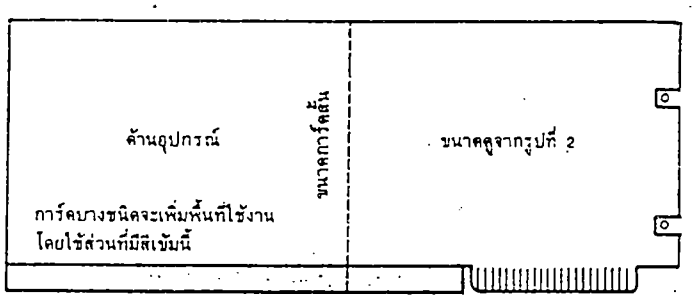
บนเมนบอร์ดของ AT จะมีสล็อตอยู่ 2 ชนิด คือ สล็อตสั้น และสล็อตยาว ซึ่งสล็อตยาวจะมีจำนวนขาสัญญาณ และตำแหน่งของขาสัญญาณบนสล็อตเหมือนกับ XT ส่วนขาสัญญาณที่อยู่บนสล็อตสั้นที่เพิ่มขึ้นจะเป็นสัญญาณที่มีแต่เฉพาะบน AT เท่านั้น ประกอบด้วย ข้อมูลครึ่งบน 8 บิด แอดเดรสที่เพิ่มขึ้นมาอีก 4 บิด และ ขาสัญญาณควบคุมที่เพิ่มขึ้นจาก XT

40390

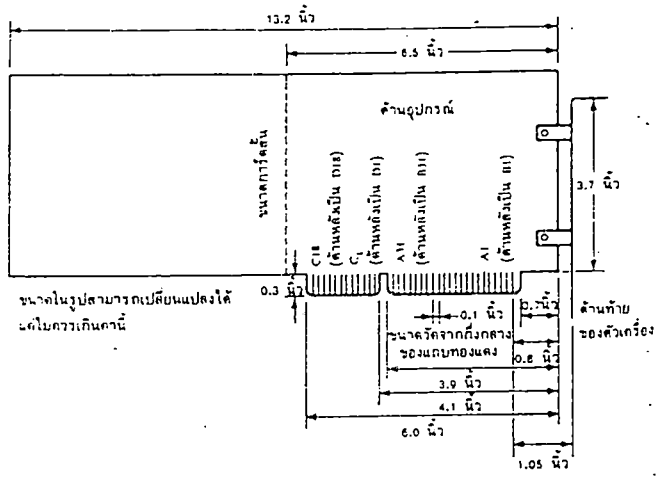
ขนาดและรูปร่างของการ์ดที่เสียบลงบนสล็อตของ XT จะคล้ายกับของ AT และเนื่องจากสัญญาณบนสล็อตจะมีตำแหน่งตรงกันด้วย การ์ดที่ใช้บน XT ทุกการ์ดสามารถนำมาใช้ได้บน AT โดยเสียบไว้บนสล็อตยาว อย่างไรก็ตามเราจะต้องคำนึงถึงอัตราการรับส่งข้อมูลของการ์ดนั้นด้วย เพราะความเร็วในการทำงานของ AT จะเร็วกว่า XT ดังนั้น เมื่อนำการ์ดของ XT มาใช้กับ AT การทำงานของ AT อาจจะช้าลงก็ได้ แต่ถ้าการทำงานของการ์ดนั้นไม่เกี่ยวข้องกับหน่วยความจำ หรือการทำ DMA เราก็ไม่จำเป็นต้องสนใจกับอัตราการรับส่งข้อมูลของมัน

**4.1การ์ดขยาย (Expansion Card)**

รูปที่ 4.1 แสดงขนาดของการ์ดขยายแบบยาวสำหรับ XT และรูปที่ 2 แสดงขนาดของการ์ขยายแบบยาวสำหรับ AT ส่วนขอบของการ์ดขยาย XT บริเวณที่มีสีเข้มในรูปที่ 1 เป็นพื้นที่ที่สามารถใช้งานได้ แต่ไม่นิยมทั้งนี้เพราะเมื่อนำไปใช้กับรุ่น AT จะเสียบไม่ได้ (ติดสล็อตสั้นของ AT) เส้นประที่อยู่ในรูปแสดงขนาดของการ์ดขยายแบบสั้น ซึ่งการ์ดแบบนี้นิยมใช้กับวงจรอินเตอร์เฟสที่มีจำนวนอุปกรณ์น้อย ๆ




รูปที่ 4.1 ลักษณะของการ์ดขยายรุ่น XT




รูปที่ 4.2 ลักษณะของการ์ดขยายรุ่น AT

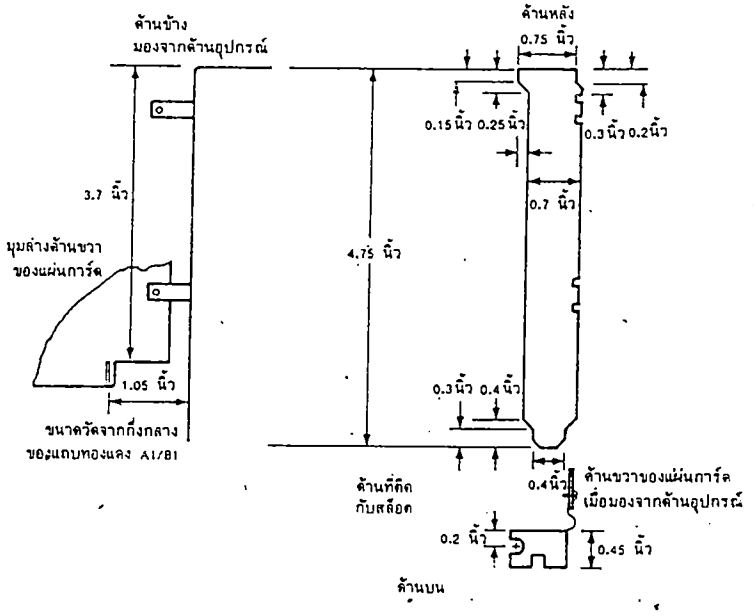
สล็อตแต่ละอันบนเมนบอร์ดระยะห่างกัน 0.8 นิ้ว ดังนั้นความหนาของแผ่นการ์ดรวมทั้งตัวอุปกรณ์จึงไม่ควรเกินค่านี้ ตามหนังสือ Techmica Reference ของ IBM แนะนำว่าความหนาของแผ่นการ์ดรวมทั้งแบบอุปกรณ์บนแผ่นการ์ดไม่ควรเกิน 12.7 มิลลิเมตร หรือ 0.5 นิ้ว

ด้านปลายสุดของการ์ดขยายจะต่ออยู่กับแผ่นเหล็ก มีลักษณะดังในรูปที่ 3 ถ้าการ์ดขยายมีคอนเน็กเตอร์ที่ใช้ต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ก็จะติดตัวคอนเน็กเตอร์นั้นไว้บนแผ่นเหล็กนี้ เช่นพริ้นเตอร์การ์ด หรือ การ์ด RS-232 ก่อนเสียบการ์ดบนสล็อต เราควรถอดแผ่นเหล็กกันฝุ่นที่อยู่ด้านหลังของตัวเครื่อง ที่ตรงกับตำแหน่งของสล็อตออกเสียก่อน เมื่อเสียบการ์ดแล้ว แผ่นเหล็กนี้จะทำหน้าที่เป็นที่ยึดของตัวคอนเน็กเตอร์ และกันฝุ่นด้วย แต่ถ้าแผ่นการ์ดไม่มีส่วนที่ต่อกับอุปกรณ์ภายนอก เช่น การ์ดขยายหน่วยความจำไม่จำเป็นต้องมีแผ่นเหล็กนี้ก็ได้ รูปที่ 3 แสดงขนาด และรูปร่างลักษณะของแผ่นเหล็กนี้

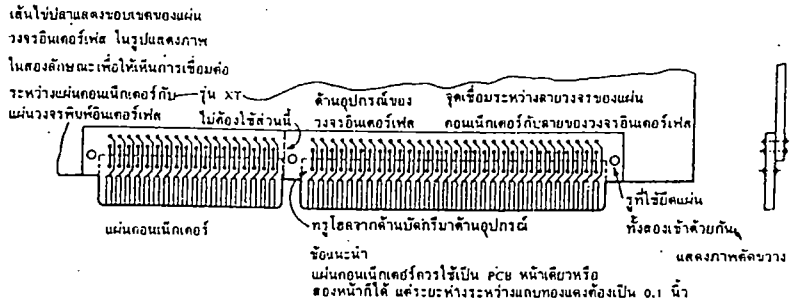
การ์ดขยายทำหน้าที่เป็นคอนเน็กเตอร์ตัวผู้ในตัว ขณะที่สล็อตเป็นคอนเน็กเตอร์ตัวเมีย เมื่อเสียบการ์ดขยายลงในสล็อต ตัวหนีบในสล็อตจะสัมผัสกับสายทองแดงที่สัมผัสกับตัวหนีบควรจะชุบทองเพื่อให้นำไฟฟ้าได้ดีขึ้นและไม่สกปรกง่าย แต่เพื่อความประหยัดถ้าการ์ดที่ใช้ไม่จำเป็นต้องถอดเข้าถอดออกบ่อย ๆ ใช้ดีบุกชุบก็พอ ปัญหาอีกอย่างในการอินเตอร์เฟสผ่านสล็อตก็คือ การ์ดที่ใช้จะต้องเป็นแผ่น PCB แบบสองหน้าเสมอ ไม่ว่าวงจรจะมีขนาดเล็กหรือใหญ่เท่าใด แต่เราแก้ปัญหาได้โดย ใช้แผ่น PCB สองหน้า ทำเป็นคอนเน็กเตอร์ ถ้าผู้ใช้เสียบในสล็อต และเดินสายทองแดงเหมือนกับคอนเน็กเตอร์ของการ์ดด้วย ดังแสดงในรูปที่ 4 ลายทองแดงด้านอุปกรณ์จำนวน 31 เส้น (A1-A31) ก็เดินออกมาที่ปลายด้านตรงข้ามกับด้านที่เป็นคอนเน็กเตอร์ ส่วนลายทองแดงด้านบัดกรี (B1-B31) ทำการทรูโฮลผ่านมาด้านอุปกรณ์ แล้วเดินลายไปในทางเดียวกับลายทางด้านอุปกรณ์ โดยให้แนวของลายด้านอุปกรณ์อยู่สูงกว่าแนวของลายด้านบัดกรี ระยะห่างระหว่างลายทองแดงบริเวณคอนเน็กเตอร์ ให้มีระยะห่างเท่ากับ 0.1 นิ้ว ตรงปลายของลายทองแดงที่เดินออกมาจากบริเวณ คอน

เน็กเตอร์ทั้งหมดเจาะรูไว้เพื่อใช้เป็นตัวเชื่อมกับแผ่นวงจรที่ต้องการอินเตอร์เฟส การเดินลายทองแดงของแผ่นวงจรที่ต้องการอินเตอร์เฟส ก็ให้เดิน ในลักษณะเดียวกัน คือ ให้แนวของลายด้านอุปกรณ์อยู่สูงกว่า แนวลายด้านบัดกรี การต่อกันทำโดยนำแผ่นวงจรทั้งสองวางมาทาบกัน โดยรูของแนวแต่ละด้านตรงกัน แล้วใช้ลวดทองแดงหรือขาอุปกรณ์เสียบสอดรู แล้วบัดกรีหัวท้ายให้เรียบร้อย วิธีนี้จะช่วยลดความยุ่งยากในการทำแผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอินเตอร์เฟสลงได้มาก

การควบคุมอุปกรณ์ I/O ที่ต่อยู่กับ IBM PC จะกระทำผ่านพอร์ต โดยการอ้างถึงแอดเดรสของพอร์ตที่อุปกรณ์นั้นต่ออยู่โดยตรง ดังนั้น การที่จะใช้งานหรือควบคุมอุปกรณ์เหล่านี้ จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงวิธีการควบคุมพอร์ต ใน IBM PC พอร์ตและหน่วยความจำจะแยกจากกันโดยเด็ดขาด ถึงแม้ว่าการอ้างถึงจะใช้สัญญาณจากแอดเดรสบัสเหมือนกันก็ตาม แต่สัญญาณที่ใช้ในการอีเนเบิ้ลในการอ่านและเขียนข้อมูลจะต่างกันก็จะต่างกัน ดังนั้นการติดต่อกับพอร์ตจึงมีคำสั่งแยกต่างหากออกจากคำสั่งที่ใช้ติดต่อกับหน่วยความจำ คือ IN และ OUT ด้วยเหตุนี้ การจัดแอดเดรสของหน่วยความจำและแอดเดรสของพอร์ตI/O จึงแยกออกจากกัน ใน IBM PC




รูปที่ 4.3 ขนาดของแผ่นเหล็กด้านหลังของการ์ดขยาย




รูปที่ 4.4 ลักษณะของแผ่น PCB ใช้แทนคอนเน็กเตอร์ของการ์ดขยายและการเดินลายวงจร

ตารางที่ 4.1 แสดการจัดแอดเดรสของหน่วยความจำบน IBM

| | | |
|---|---|---|
| Block 0 | 00000-0FFFF | RAM to 64K |
| Block 1 | 10000-1FFFF | RAM to 128K |
| Block 2 | 20000-3FFFF | RAM to 192K |
| Block 3 | 30000-3FFFF | RAM to 256K |
| Block 4 | 40000-4FFFF | RAM to 320K |
| Block 5 | 50000-5FFFF | RAM to 384K |
| Block 6 | 60000-6FFFF | RAM to 448K |
| Block 7 | 70000-7FFFF | RAM to 512K |
| Block 8 | 80000-8FFFF | RAM to 576K |
| Block 9 | 90000-9FFFF | RAM to 640K |
| Block A | A0000-AFFFF | Extended video memory |
| Block B | B0000-BFFFF | Standard video memory |
| Block C | C0000-CFFFF | BIOS extension (eg EGA) |
| Block D | D0000-DFFFF | Other use |
| Block E | E0000-EFFFF | Other use |
| Block F | F0000-FFFFF | BIOS EPROM |

การจัดแอดเดรสของหน่วยความจำแสดงได้ในตารางที่ 1 และในตารางที่ 2 แสดงการจัดแอดเดรสของพอร์ต I/O

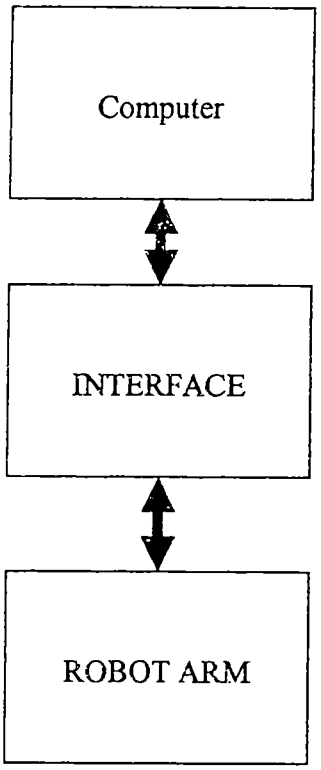
การอ้างแอดเดรสของหน่วยความจำจะใช้แอดเดรสทั้งหมด 20 เส้น คือ AO-A19 ในรุ่น XT (8088) แต่ในรุ่น AT (80286) ใช้แอดเดรส 24 เส้น คือ AO-A19 และ A20-A23 การอ้างแอดเดรสของ

พอร์ตสำหรับ CPU เบอร์ 8088 และ 80286 สามารถอ้างได้ถึง 64K พอร์ตแต่ใน IBM PC ทั้งในรุ่น AT และ XT ออกแบบให้ใช้แอดเดรสเพียง 10 เส้น เท่านั้น คือ A0-A9 ดังนั้นจำนวนพอร์ตสูงสุดที่สามารถอ้างได้คือ 1024 พอร์ตและในจำนวนทั้งหมดนี้ยังแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มพอร์ตที่มีแอดเดรสอยู่ในช่วง 000H-0FFH จะใช้งานบนเมนบอร์ดสำหรับชิพซัพพอร์ตเท่านั้น เช่น 8259 (Interrupt Controller), 8237 (DMA Controller), 8253 (Timer & Counter) และกลุ่มที่มีแอดเดรสอยู่ในช่วง 100H-3FFH จะใช้งานกับการ์ดขยายต่าง ๆ ที่เสียบในสล็อต

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่าแอดเดรสของพอร์ตถูกแบ่งออกเป็นช่วงย่อย ๆ ซึ่งจะกำหนดไว้ให้ใช้กับอุปกรณ์ I/O เฉพาะอย่างถ้าในระบบของเราไม่ได้ใช้งานอุปกรณ์นั้นเราสามารถนำแอดเดรสของพอร์ตในช่วงนั้นมาใช้งานได้ เช่น ถ้าระบบของเราไม่ใช้จอยสติค (joystick) เราสามารถใช้งานพอร์ตในช่วง 200H-20FH ได้ แต่อย่างไรก็ตามการเลือกใช้งานพอร์ตที่ไม่ได้ถูกกำหนด ให้ใช้กับอุปกรณ์อื่นจะดีกว่าทำให้อุปกรณ์ที่ใช้งานผ่านพอร์ตนี้สามารถใช้ได้กว้างขวางมากยิ่งขึ้นถ้าจะให้ดีควรใช้ดิปสวิทซ์ทำเป็นตัวเลือกการดีโค้ดแอดเดรสของอุปกรณ์หรือวงจรอินเตอร์เฟสที่เราสร้างขึ้น

# บทที่ 5
# โครงสร้างและการออกแบบ

## 5.1 โครงสร้างของโครงงาน




รูปที่5.1 บล็อกไดอะแกรมของโครงงาน

คอมพิวเตอร์ใช้สำหรับส่งค่าข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมแขนกลไปยังระบบอินเตอร์เฟส และรับค่าป้อนกลับจากระบบอินเตอร์เฟส กลับเข้ามาทำการแสดงผลการทำงานของแขนกล

อินเตอร์เฟส ทำหน้าที่รับค่าข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ แล้วส่งไปยังมอเตอร์ต่าง ๆ ของแขนกล เพื่อให้แขนกลเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ และรับค่าป้อนกลับจากแขนกลมาส่งให้คอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผล

แขนกลจะเคลื่อนที่ตามคำสั่งของคอมพิวเตอร์ โดยใช้ดีซีมอเตอร์ควบคุมการเคลื่อนไหวทั้งหมด 5 ตัว และจะใช้เซ็นเซอร์ส่งค่ากลับไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่ต้องการ

**5.2 ส่วนประกอบของโครงงาน**

โครงงานจะประกอบด้วย

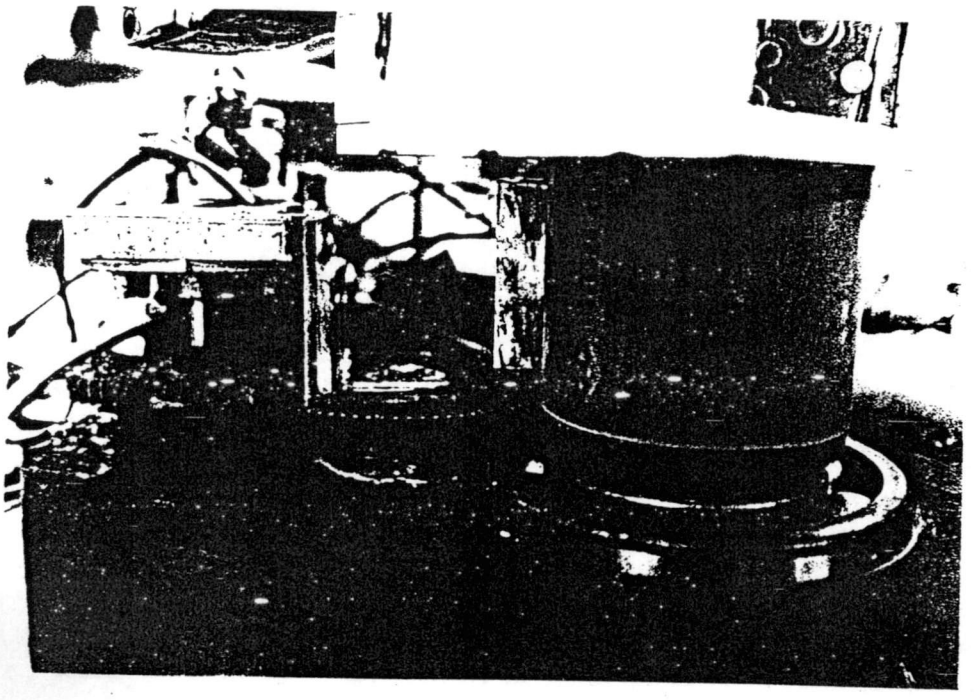
5.2.1 .ส่วนคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะมีหน้าที่ประมวลผลในการรับส่งข้อมูลจากอินพุท โดยจะส่งข้อมูลผ่านการ์ดอินเตอร์เฟสไปสู่แขนกล และรับจากแขนกลมาสู่คอมพิวเตอร์

5.2.2. ส่วนไดร์มอเตอร์ ซึ่งจะมีหน้าที่ควบคุมมอเตอร์ให้ทำงานตามคำสั่งของคอมพิวเตอร์ ในการควบคุมจะใช้พัลวิทมอดแอมปิไฟล์ควบคุมการจ่ายกระแสเพื่อควบคุมความเร็วมอเตอร์

5.2.3. ส่วนเซนเซอร์ ซึ่งจะใช้โพเทนทิโอมิเตอร์ติดตั้งตามส่วนต่าง ๆ ของแขนกลเพื่อเป็นค่าบอกตำแหน่งของแขนกลและส่งให้คอมพิวเตอร์นำไปประมวลผล

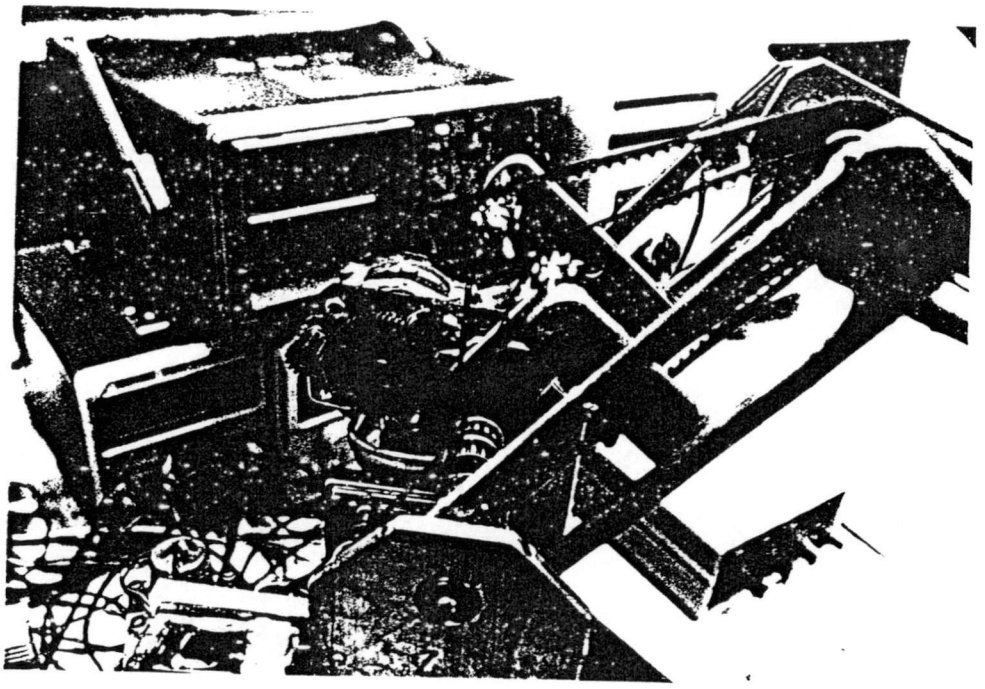
5.2.4. ส่วนแขนกล ซึ่งใช้ในโครงงานนี้จะเป็นแขนกลแบบอาร์ติคูเลต ซึ่งจะควบคุมการเคลื่อนที่จากดีซีมอเตอร์ 4 ตัว โดยแต่ละตัวจะทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ในแต่ละส่วน คือ

1. ส่วนฐาน (Base Part) ประกอบด้วยฟันเฟืองซึ่งมีระยะพิท 0.2 มิลลิเมตร เป็นตัวส่งผ่านกำลังจากมอเตอร์ไปหมุนแขนกลและจะติดตั้งเซนเซอร์เพื่อบอกตำแหน่งที่หมุนไปดังรูปที่5.2

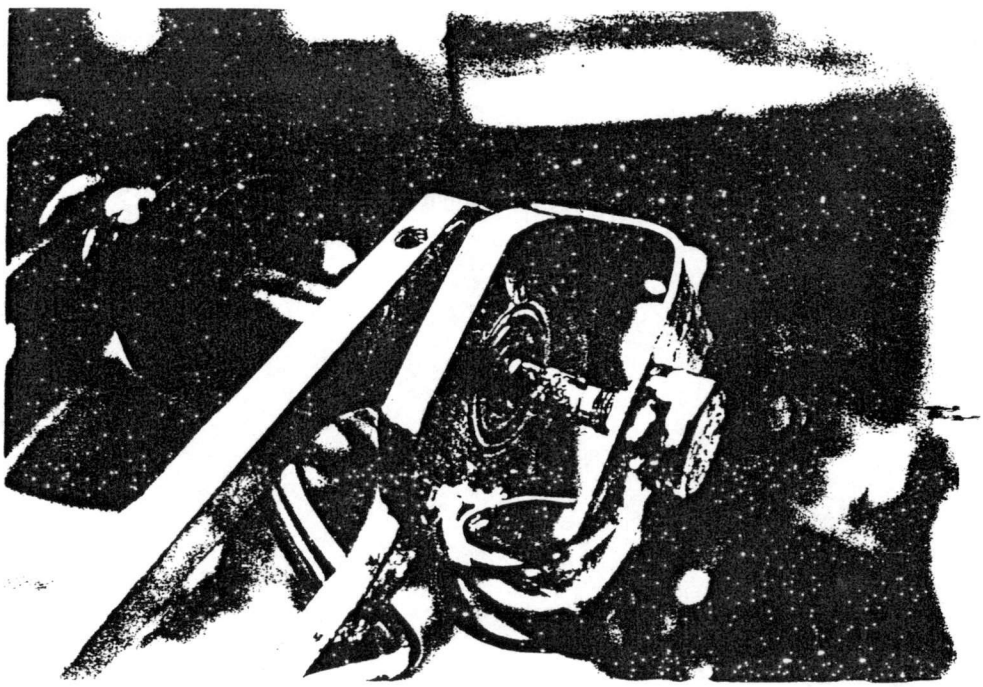


รูปที่5.2 แสดงส่วนฐานของแขนกล

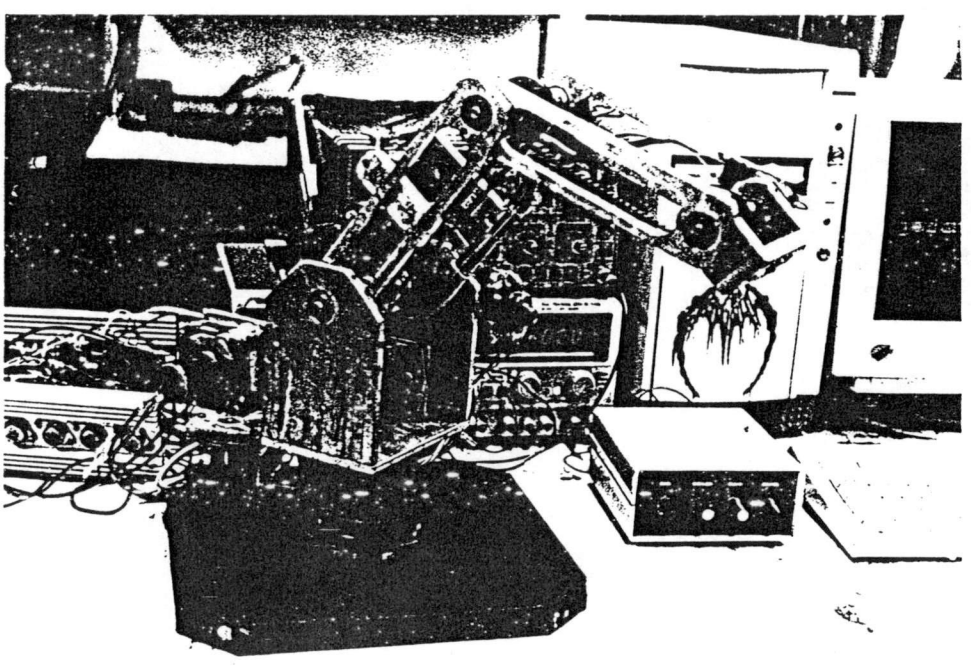
2. ส่วนหัวไหล่ ( Shoulder Part) ประกอบด้วยฟันเฟืองซึ่งมีระยะพิท 0.2 มิลลิเมตร เป็นตัวส่งผ่านกำลังจากมอเตอร์ไปยกแขนกลขึ้นลงโดยจะติดตั้งเซนเซอร์เพื่อบอกตำแหน่งดังรูปที่5.3
3. ส่วนข้อศอก ( Elbow Part) จะประกอบด้วยสายพานแบบซิงโครนัส (synchronous belt) และพูเล่ย์ ซึ่งจะช่วยทดแรงจากมอเตอร์ส่งไปยังแขนส่วนบนโดยจะติดตั้งเซนเซอร์เพื่อบอกตำแหน่งของข้อศอก ดังรูปที่5.4
4. ส่วนข้อมือ ( Hand – Connector Part) จะประกอบด้วยสายพานแบบซิงโครนัส (synchronous belt) และพูเล่ย์ ซึ่งจะช่วยทดแรงจากมอเตอร์ส่งไปยังแขนส่วนบนโดยจะติดตั้งเซนเซอร์เพื่อบอกตำแหน่งของข้อศอก ดังรูปที่5.5



รูปที่ 5.3 แสดงส่วนหัวไหล่

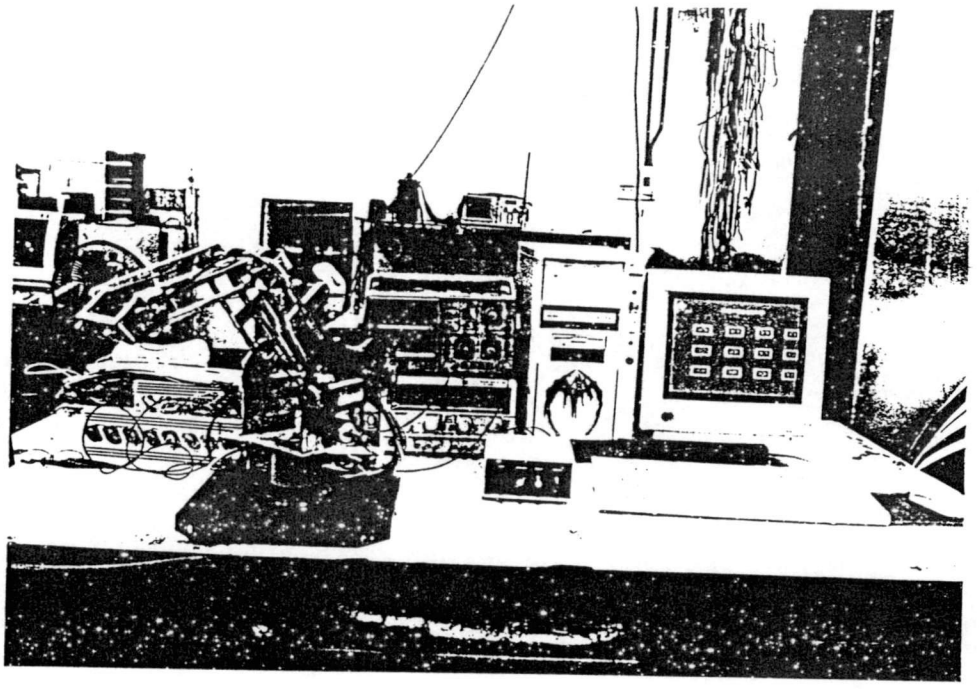


รูปที่5.4 แสดงส่วนข้อศอก



รูปที่5.5แสดงส่วนข้อมือ

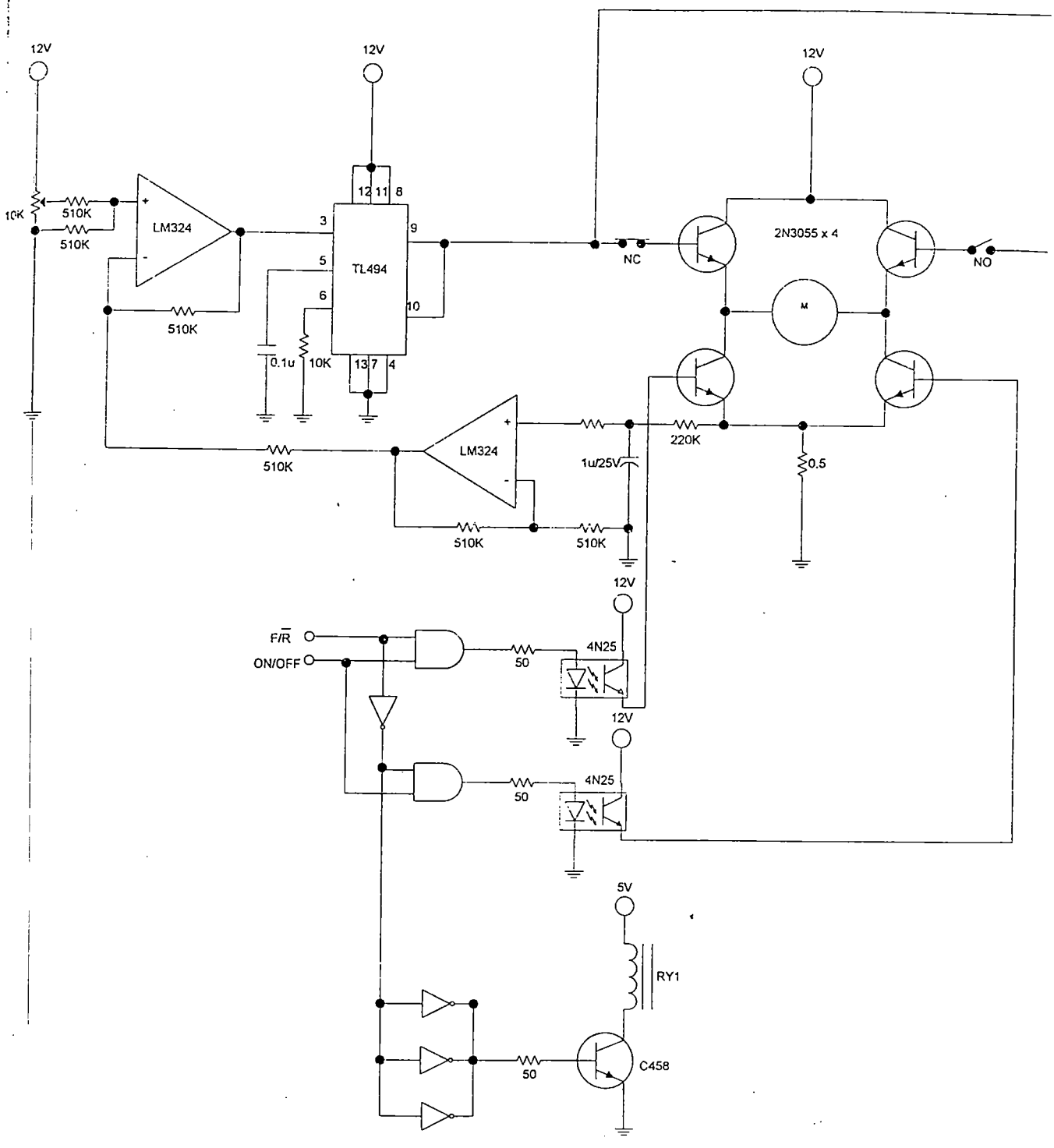
เมื่อนำส่วนต่าง ๆ มาประกอบกันจะทำให้แขนกลสามารถทำงานได้ดังรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6 แขนกล

**5.3 การออกแบบส่วนไดร์มอเตอร์**

เนื่องจากใช้ดีซีมอเตอร์ ทำให้ใช้กระแสมากโดยเฉพาะในช่วงการเริ่มต้นการทำงาน เพราะฉะนั้นจึงต้องมีวงจรที่ทำหน้าที่จ่ายกระแสให้กับมอเตอร์โดยแต่ละส่วนจะแยกการทำงานของมอเตอร์แต่ละตัว เพื่อให้การทำงานของแขนกลจากคำสั่งของคอมพิวเตอร์สามารถทำได้โดยง่าย และในการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ในช่วงที่ใช้กระแสต่างกันจะมีความเร็วในการเคลื่อนที่ต่างกันทำให้ต้องใช้พัลวิดท์มอดดูเลชั่นแอมปลิไฟล์เข้ามาช่วยในการไดร์มอเตอร์เพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์โดยจะมีวงจรดังรูป




รูปที่ 5. วงจรไดร์มอเตอร์

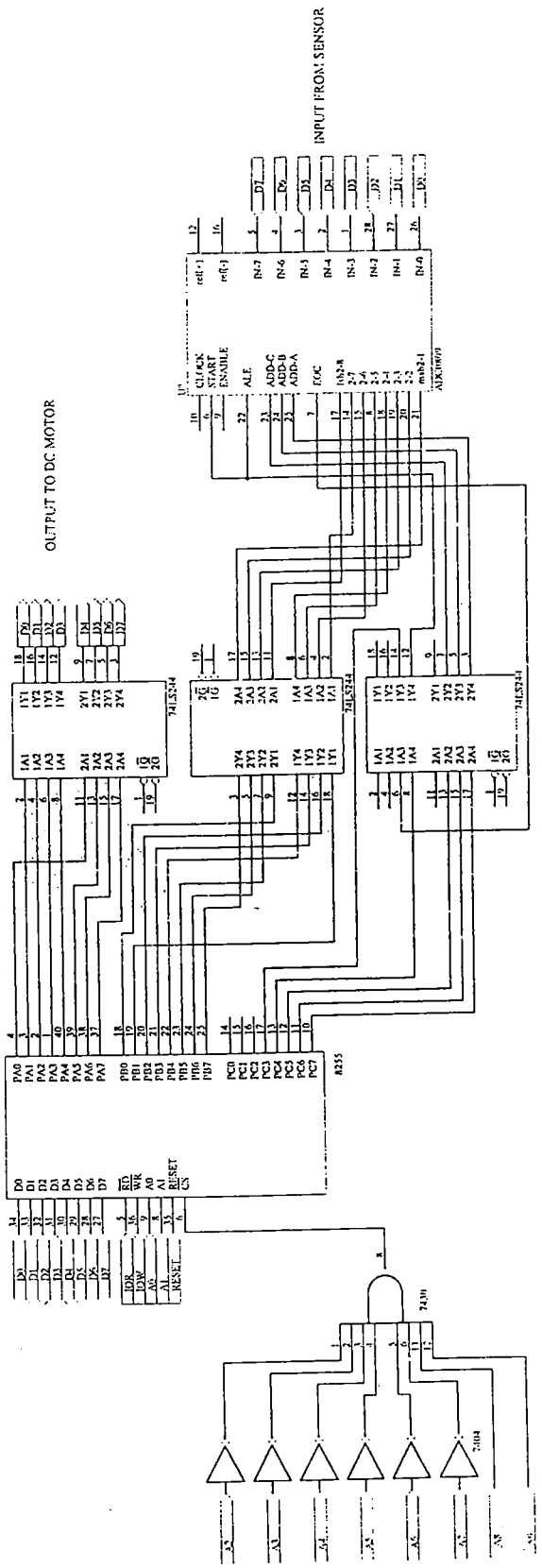
5.4 การออกแบบชุดอินเตอร์เฟส

ในโครงงานนี้จะทำการอินเตอร์เฟสโดยผ่านการ์ดอินเตอร์เฟส ซึ่งฮาร์ดแวร์กำหนดตำแหน่งโดยโฟโต้ไทย์ (Phototype) ไว้ที่ 300 H โดยใช้ IC 7430 nand gate 8 อินพุทเป็นตัวกำหนดตำแหน่งโดยที่เอาท์พุตต่อกับ Chip Select ของ IC 8255 เพื่อเป็นตัวอ้างพอร์ตอินพุตเอาท์พุต โดยกำหนดให้

พอร์ต A เป็นเอาท์พุต เพื่อส่งข้อมูลไปยังชุดไดร์มอเตอร์ที่ตำแหน่งต่าง ๆ เพื่อควบคุมให้ทำงานตามที่กำหนด

พอร์ต B ทำหน้าที่เป็นอินพุตรับสัญญาณป้อนกลับที่มาจากเซนเซอร์ที่ตำแหน่งต่าง ๆ เข้ามา โดยแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นดิจิตอลผ่าน IC ADC 0809 เข้ามายังพอร์ต B

พอร์ต C เป็นทั้งอินพุตและเอาท์พุตเพื่อควบคุมการเอกใช้มอเตอร์แต่ละตัวและควบคุมสัญญาณ EOC ของ ADC 0809




รูปที่ 5.8 วงจรการอินเตอร์เฟส

**อธิบายการทำงานของวงจร**

จากวงจรจะกำหนด PA0-PA7 เป็น พอร์ตเอาท์พุท ส่งไปควบคุมจุด ไดร์ฟมอเตอร์ทั้ง 4 ตัว โดยมอเตอร์แต่ละตัว ควบคุมการทำงานโดยใช้บิตควบคุม 2 บิต คือ ควบคุมสวิทช์ เปิด-ปิด และการฟอร์เวอร์ด/รีเวอร์ส ของมอเตอร์ ซึ่งสามารถกำหนดบิต ควบคุมมอเตอร์แต่ละตัวได้ดังนี้

| Motor | Forward/Reverse | | | | On/Off | | | | Bit |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | PA7 | PA6 | PA5 | PA4 | PA3 | PA2 | PA1 | PA0 | Control |
| SHOULDER | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 11H |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 01H |
| ELBOW | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 22H |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 02H |
| BASE | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 44H |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 04H |
| GRIPPER | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 88H |
| | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 08H |

PB0-PB7 เป็นพอร์ตอินพุทโดยจะต่อกับ D0-D7 ของ ADC 0809 สำหรับ ADC 0809, อนาล็อก ทู ดิจิตอล คอนเวอร์เตอร์ 8 อินพุท นั้นจะรับสัญญาณอินพุท ทั้ง 8 ซึ่งมาจาก อินพุท โวลท์เตจ 4 อินพุท (มาจากการปรับ โวลุ่ม) และอินพุท โวลท์เตจ ฟีดแบ็ค อีก 4 อินพุท ซึ่งมาจากมอเตอร์แต่ละตัว โดยจะกำหนดให้

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| IN0 | ของ | ADC | 0809 | เป็น | input voltage | ของ | Base Motor |
| IN1 | ของ | ADC | 0809 | เป็น | input voltage feeback | ของ | Base Motor |
| IN2 | ของ | ADC | 0809 | เป็น | input voltage | ของ | Gripper Motor |
| IN3 | ของ | ADC | 0809 | เป็น | input voltage feeback | ของ | Gripper Motor |
| IN4 | ของ | ADC | 0809 | เป็น | input voltage | ของ | Shoulder Motor |
| IN5 | ของ | ADC | 0809 | เป็น | input voltage feeback | ของ | Shoulder Motor |
| IN6 | ของ | ADC | 0809 | เป็น | input voltage | ของ | Elbow Motor |
| IN7 | ของ | ADC | 0809 | เป็น | input voltage feeback | ของ | Elbow Motor |

PC0-PC7 จะกำหนดให้ PC0-PC3 เป็นอินพุท

PC4-PC7 เป็นเอาท์พุท

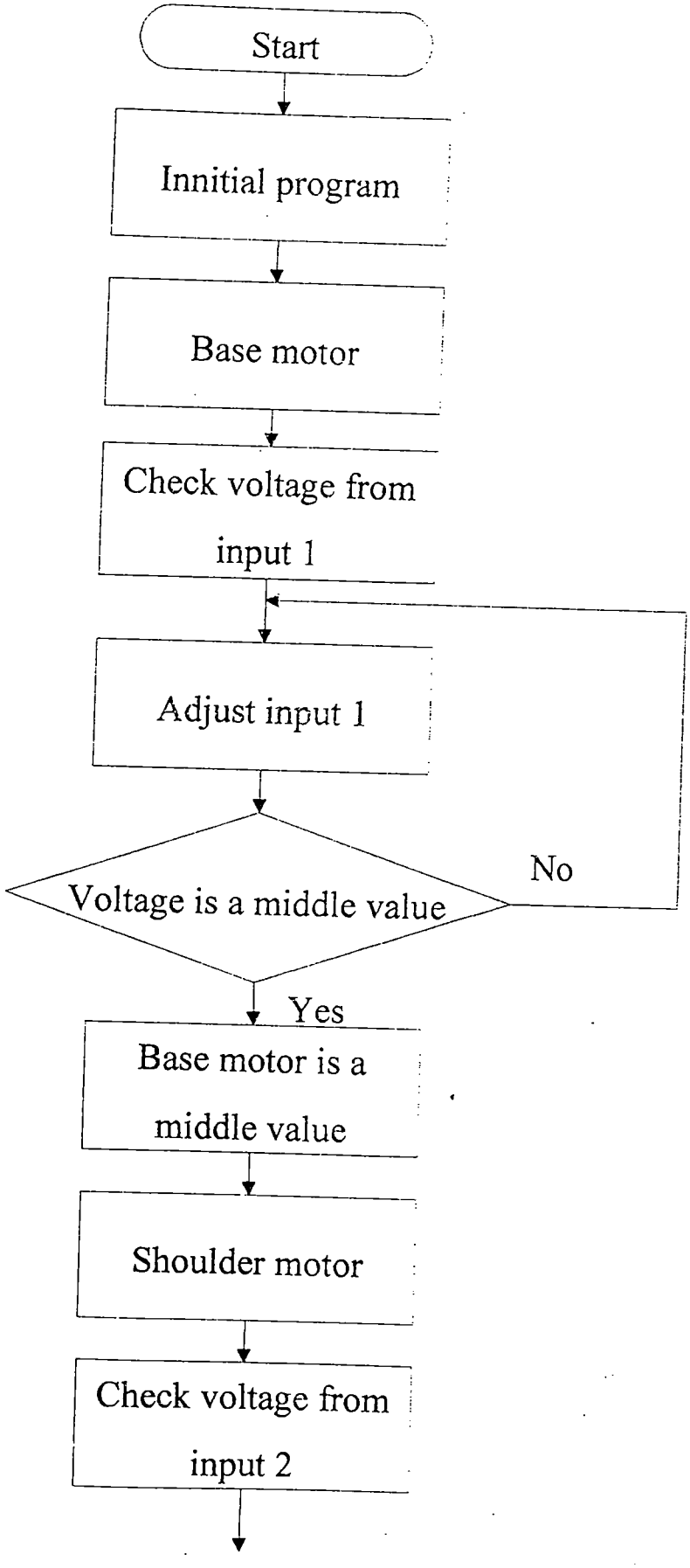
PC0-PC3 เป็นพอร์ต อินพุทจะต่อกับสวิทซ์ ทั้ง 4 ตัว ซึ่งจะไปต่อกับมอเตอร์แต่ละตัว โดยกำหนดให้มีสภาวะเป็น ไฮ เพื่อเป็นตัวกำหนดค่าเริ่มต้นของมอเตอร์แต่ละตัวซึ่งค่าเริ่มต้นก็คือ ค่าที่อินพุทโวลท์เตจ ฟีดแบ็ค เป็น 0 นั่นเอง โดยเมื่อเริ่มต้น อินนิเทียลโปรแกรม มอเตอร์จะทำให้กลไกเคลื่อนที่ไปสัมผัส สวิทซ์ ซึ่งจะทำให้สวิทซ์ เปิดวงจรลงกราวด์มีสภาวะเป็น 0 โปรแกรมก็จะรับรู้ค่าเริ่มต้น แล้วเคลื่อนที่ไปหาค่ากลาง (มิดเดิล แวลู) แล้วจึงเริ่มเข้าสู่ เมน โปรแกรม

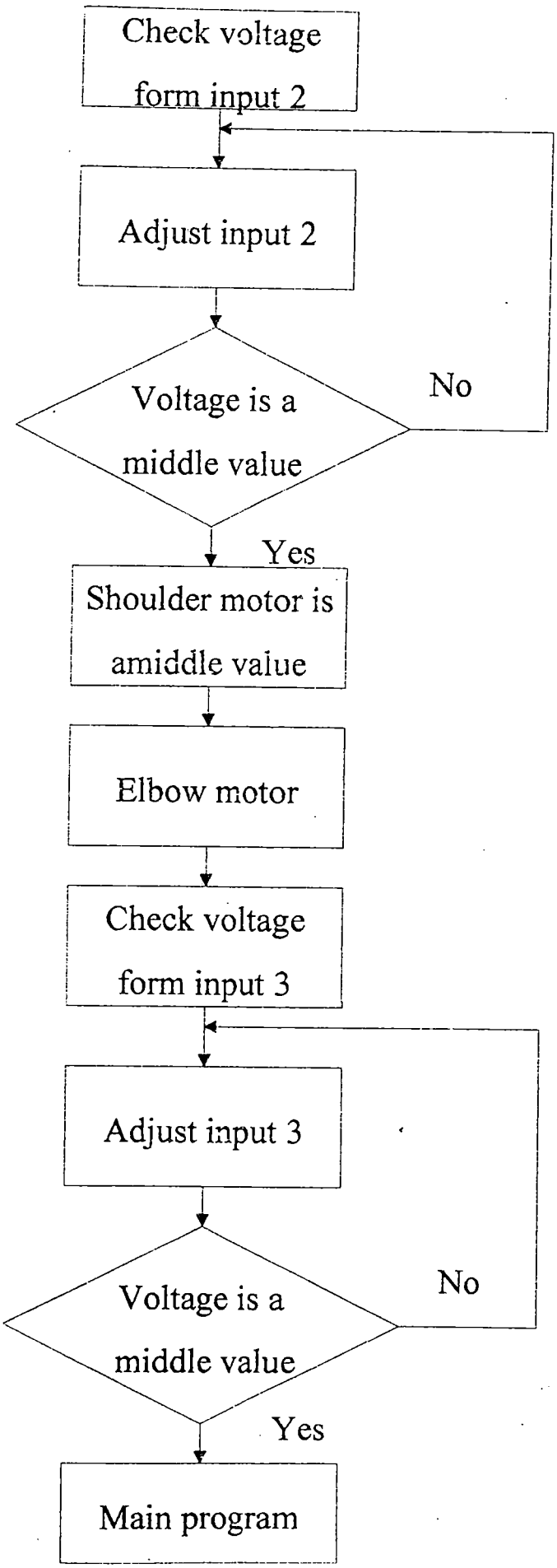
PC4-PC7 เป็นพอร์ต เอาท์พุท ซึ่งจะเป็นสัญญาณควบคุม ADC 0809 โดย PC4 ต่อกับ ขา สตาร์ท, PC5 ต่อกับขา G , PC6 ต่อกับขา B, และ PC7 ต่อกับขา A ซึ่งเราสามารถกำหนดค่า PC4-PC7 เพื่อควบคุม IN0-IN7 ได้ดังนี้คือ

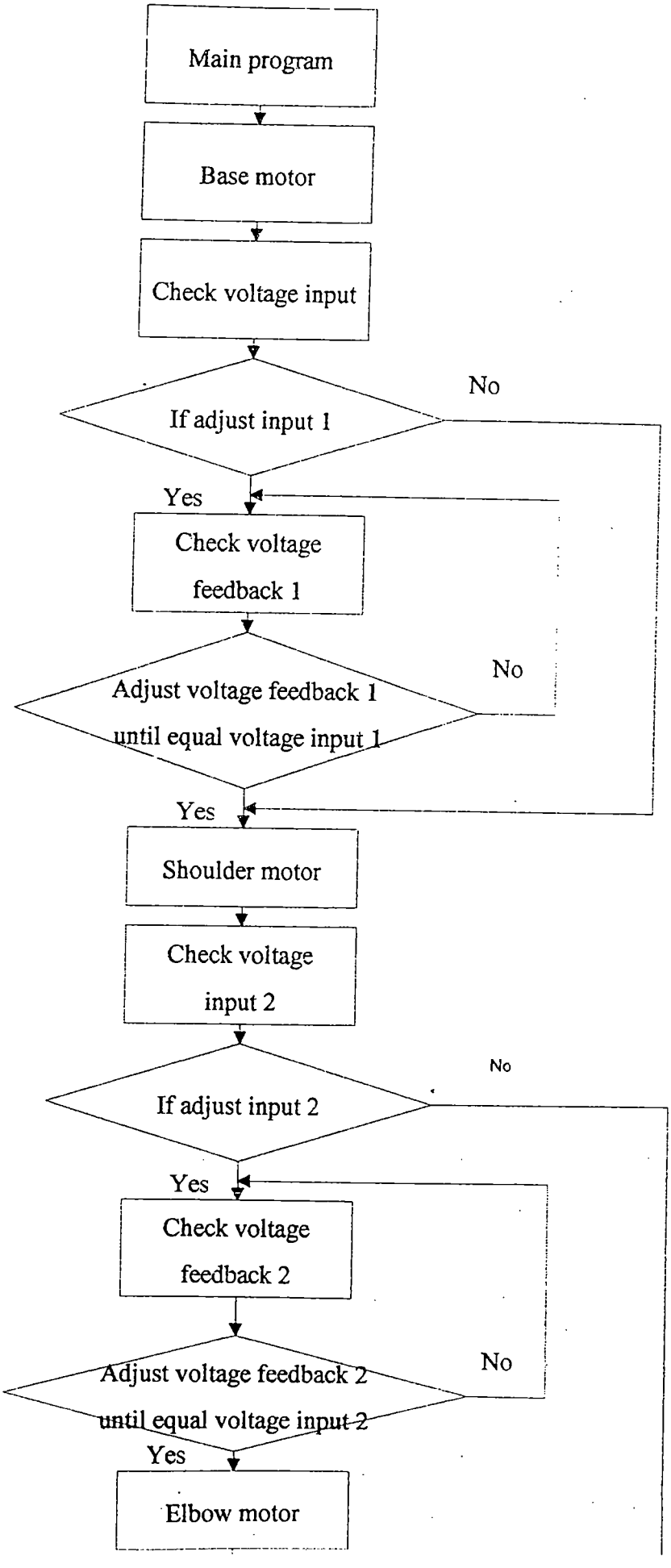
| INPUT | | PC7= A | PC6=B | PC5=C | PC4=START | Control bit |
|---|---|---|---|---|---|---|
| IN0 | Input Voltage base motor | 0 | 0 | 0 | 0 | 00H |
| IN1 | Input Voltage feedback base motor | 1 | 0 | 0 | 0 | 80H |
| IN2 | Input Voltage gripper motor | 0 | 1 | 0 | 0 | 40H |
| IN3 | Input Voltage feedback gripper motor | 1 | 1 | 0 | 0 | C0H |
| IN4 | Input Voltage shoulder motor | 0 | 0 | 1 | 0 | 20H |
| IN5 | Input Voltage feedback Shoulder motor | 1 | 0 | 1 | 0 | A0H |
| IN6 | Input Voltage elbow motor | 0 | 1 | 1 | 0 | 60H |
| IN7 | Input Voltage feedback Elbow motor | 1 | 1 | 1 | 0 | E0H |

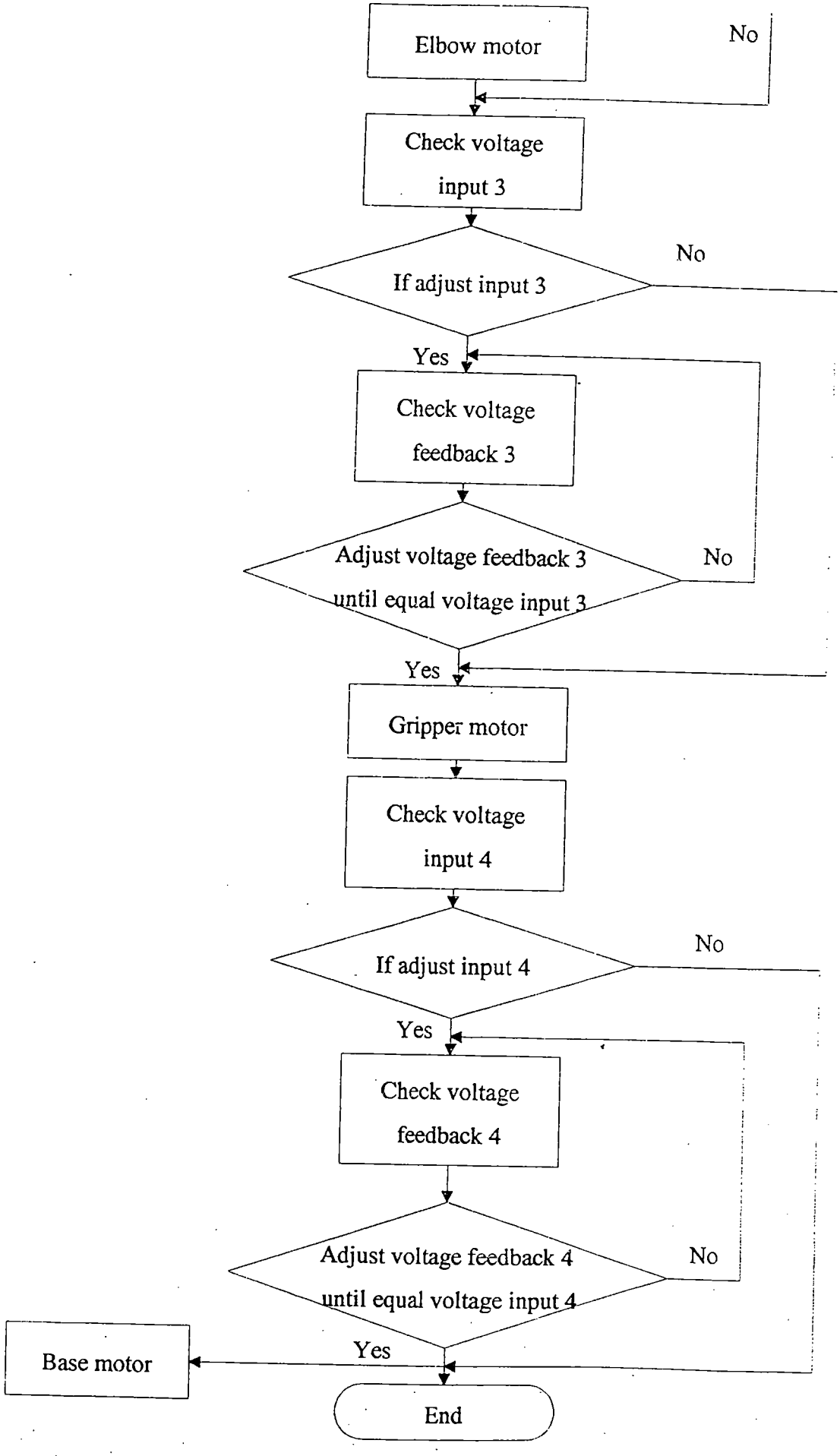
**5.4 การออกแบบโปรแกรม**

แขนกลจะทำงานโดยรับค่าจากคอมพิวเตอร์แล้วจะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ แล้วจะส่งสัญญาณป้อนกลับไปยังคอมพิวเตอร์เมื่อถึงตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งในการควบคุมการทำงานจะเริ่มต้นการทำงานที่ตำแหน่ง 50% แล้วจะรับค่าอินพุทเพื่อควบคุมให้มอเตอร์เคลื่อนที่ตามตำแหน่งที่ผู้ใช้ต้องการ โดยจะออกแบบตามแสดงดังโฟลชาร์ต


Start
Innitial program
Base motor
Check voltage from input 1
Adjust input 1
Voltage is a middle value
No
Yes
Base motor is a middle value
Shoulder motor
Check voltage from input 2


Check voltage form input 2
Adjust input 2
Voltage is a middle value
No
Yes
Shoulder motor is amiddle value
Elbow motor
Check voltage form input 3
Adjust input 3
Voltage is a middle value
No
Yes
Main program


Main program
Base motor
Check voltage input
If adjust input 1
No
Yes
Check voltage feedback 1
Adjust voltage feedback 1 until equal voltage input 1
No
Yes
Shoulder motor
Check voltage input 2
If adjust input 2
No
Yes
Check voltage feedback 2
Adjust voltage feedback 2 until equal voltage input 2
No
Yes
Elbow motor


Elbow motor
No
Check voltage input 3
If adjust input 3
No
Yes
Check voltage feedback 3
Adjust voltage feedback 3 until equal voltage input 3
No
Yes
Gripper motor
Check voltage input 4
If adjust input 4
No
Yes
Check voltage feedback 4
Adjust voltage feedback 4 until equal voltage input 4
No
Base motor
Yes
End

# บทที่ 6

## ผลการทดลอง

ผลการทดลองจากการทดลองป้อนอินพุทให้แขนกลเคลื่อนที่ตาม แล้วนำผลอินพุทและเอาท์พุทมาแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยจะแยกส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1.ส่วนฐาน เมื่อป้อนอินพุทส่วนฐานจะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่อินพุทต้องการแล้วนำผลกลับมาแสดง จะเห็นได้ว่าเอาท์พุทที่นำมาแสดงจะมีค่าคลาดเคลื่อนกับอินพุทเล็กน้อยประมาณ 0.2 เปอเซนต์โดยนำผลมาแสดงในส่วนของ ค่า ผิดพลาด และในส่วนของการเคลื่อนที่สามารถเคลื่อนที่ได้ดีมีความเร็วค่อนข้างคงที่

2. ส่วนที่หัวไหล่ เมื่อป้อนอินพุทส่วนฐานจะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่อินพุทต้องการแล้วนำผลกลับมาแสดง จะเห็นได้ว่าเอาท์พุทที่นำมาแสดงจะมีค่าคลาดเคลื่อนกับอินพุทเล็กน้อยประมาณ 0.2 เปอเซนต์โดยนำผลมาแสดงในส่วนของค่าผิดพลาด และในส่วนของการเคลื่อนที่สามารถเคลื่อนที่ได้พอใช้มีความเร็วแตกต่างกันในบางช่วงเล็กน้อย

3. ส่วนข้อศอก เมื่อป้อนอินพุทส่วนฐานจะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่อินพุทต้องการแล้วนำผลกลับมาแสดง จะเห็นได้ว่าเอาท์พุทที่นำมาแสดงจะมีค่าคลาดเคลื่อนกับอินพุทเล็กน้อยประมาณ 0.2 เปอเซนต์โดยนำผลมาแสดงในส่วนของค่าผิดพลาด และในส่วนของการเคลื่อนที่สามารถเคลื่อนที่ได้พอใช้มีความเร็วแตกต่างกันในบางช่วงเล็กน้อย

4. ส่วนข้อมือฐาน เมื่อป้อนอินพุทส่วนฐานจะเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่อินพุทต้องการแล้วนำผลกลับมาแสดง จะเห็นได้ว่าเอาท์พุทที่นำมาแสดงจะมีค่าคลาดเคลื่อนกับอินพุทเล็กน้อยประมาณ 0.2 เปอเซนต์โดยนำผลมาแสดงในส่วนของค่าผิดพลาด และในส่วนของการเคลื่อนที่สามารถเคลื่อนที่ได้ดีมีความเร็วค่อนข้างคงที่

# บทที่ 7
# สรุปและวิเคราะห์ผล

จากการทดลองจะเห็นว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากการทำงาน สาเหตุสำคัญๆ ที่พบได้แก่

1.ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากกลไกของแขนกล ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญในการพิจารณาความคลาดเคลื่อนนี้ สามารถแยกเป็นส่วนๆ ดังนี้คือ

1.1 ความคลาดเคลื่อนในการติดตั้งความคลาดเคลื่อนในการติดตั้งอุปกรณ์ โวลท์เตจฟีดแบ็ค ซึ่งตั้งให้ค่าโวลท์เตจฟีดแบ็ค เท่ากับ 0 พอดี เมื่อกลไกเคลื่อนที่มาสัมผัสสวิทซ์ ซึ่งค่านี้ก็คือค่าเริ่มต้นนั่นเอง ซึ่งเมื่อเรามีการทำงานของกลไกมากขึ้นก็จะทำให้มีการเคลื่อนที่มากขึ้นด้วย ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งคลาดเคลื่อนจากค่าเริ่มต้นไปเรื่อยๆ แต่ก็เป็นปริมาณน้อยมาก เมื่อเทียบกับระยะทางในการเคลื่อนที่

1.2เมื่อกลไกการทำงานมีการเคลื่อนที่ จนกระทั่งค่า โวลท์เตจอินพุทและค่าโวลท์เตจฟีดแบ็คอินพุท มีค่าเท่ากันพอดี โปรแกรมก็จะสั่งให้กลไกหยุดการทำงาน ซึ่งมันจะต้องหยุดการเคลื่อนที่ทันที แต่ในการทำงานจริงๆ ก็ยังคงมีความคลาดเคลื่อนในจุดนี้เกิดขึ้นด้วย โดยเฉพาะในกรณีการเคลื่อนที่ลงซึ่งจะต้องมีค่าแรงโน้มถ่วงของโลกร่วมด้วย

2. ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากโปรแกรมการทำงาน เพราะว่าโปรแกรมจะรับค่าอินพุท ซึ่งเป็นค่า ดิจิตอล 8 บิต ตั้งแต่ 0-225 (0-5 โวลท์) ซึ่งเป็นค่าจำนวนเต็มมาประมวลผล เมื่ออินพุททั้ง 8 ช่องซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อกจาก ADC 0809 มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ก็จะทำให้ค่า ดิจิตอล ที่แปลงได้ มีการเปลี่ยนระดับตามไปด้วย ส่งผลให้การประมวลผลเกิดการคลาดเคลื่อนไปด้วย แต่ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจะมีค่าน้อยกว่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากกลไกของแขนกลมาก