# บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ

ในการดำเนินงานนั้นจำเป็นที่จะต้องวางแผนการดำเนินงาน เพื่อที่จะเป็นแนวทางในการ ทำงาน และยังเป็นการตรวจสอบว่าทำงานช้าหรือเร็วเกินไปเพื่อที่จะจัดการกับเวลาให้ลงตัว เหมาะสมกับการดำเนินงาน โดยที่ทำให้งานที่ออกมานั้นสมบูรณ์ที่สุด ในการดำเนินงานของ โครงงานนี้มีแผนภูมิภาพดังต่อไปนี้



ภาพที่ 3-1 แผนภูมิภาพแสดงการทำงาน



**ภาพที่ 3-1** แผนภูมิภาพแสดงการทำงาน (ต่อ)



**ภาพที่ 3-1** แผนภูมิภาพแสดงการทำงาน (ต่อ)



**ภาพที่ 3-1** แผนภูมิภาพแสดงการทำงาน (ต่อ)

้ขั้นตอนในการคำเนินงาน สามารถแบ่งขั้นตอนต่าง ๆ ได้ดังนี้

3.1 การศึกษาข้อมูล

3.2 การออกแบบติดตั้งโครงสร้าง

3.3 การออกแบบวงจรควบคุม

3.4 การเขียนโปรแกรมสร้าง PWM (Pulse Width Modulation : PWM)

3.5 การเขียนโปรแกรมสั่งงานด้วยโปรแกรมแลปวิว(Laboratory Virtual Instrument

Engineering Workbench : LabVIEW)

3.5.1 การควบคุมด้วยพีไอดี (PID Controller)

3.5.2 การควบคุมด้วยพืชซี่ (Fuzzy Controller)

3.6 การประกอบทุกส่วนเข้าด้วยกันและทดลอง

3.7 จัดพิมพ์ปริญญานิพนธ์

#### 3.1 การศึกษาข้อมูล

้ผู้จัดทำโครงงานได้ทำการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ เรียงตามลำดับ ดังนี้

3.1.1 ทฤษฎีการความคุมนิวแมติกส์ (Pneumatic)

3.1.2 ทฤษฎีการป้อนกลับด้วยเอ็นโด้ดเดอร์ (Encoder)

3.1.3 การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller)กับคอมพิวเตอร์(Computer)

- 3.1.4 การเขียนโปรแกรมใมโครคอนโทรลเลอร์สร้าง PWM
- 3.1.5 การใช้งานโปรแกรมแลปวิว

3.1.6 การเขียนโปรแกรมเพื่อรับค่าพัลส์ด้วยการ์ด DAQ (Data Acquisition : DAQ)

3.1.7 ทฤษฎีการควบคุมด้วยพีไอดี

3.1.8 การเขียนโปรแกรมความคุมด้วยพี่ไอดีในแลปวิว

3.1.9 ทฤษฎีการควบคุมด้วยพืชซึ่

3.1.10 การเขียนโปรแกรมความคุมด้วยพืชซี่ในแลปวิว

3.1.11 การออกแบบพืชซี่ (Fuzzy Set)

### 3.2 การออกแบบโครงสร้าง



ภาพที่ 3-2 การติดตั้งกระบอกสูบแกน X กับโต๊ะ



(1) ภาพที่ 3-3 (ก) การยึดกระบอกสูบแกน X ด้านขวากับโต๊ะ (ข) การยึดกระบอกสูบแกน X ด้านซ้ายกับโต๊ะ

จากภาพ 3-5 และภาพ 3-6 จะเป็นลักษณะของการติดตั้งกระบอกสูบ (Cylinder) แกน X กับ โต๊ะ จะต้องทำการยึดให้แข็งแรงเพื่อไม่ให้กระบอกสูบสามารถเคลื่อนที่ได้ จะใช้เหล็กฉาก และนีอตยึดไว้กับโปรไฟล์และตัวกระบอกสูบ



ภาพที่ 3-4 การติดตั้งลิเนียร์เอ็น โคดเดอร์แกน X

จากภาพ 3-7 จะเป็นการติดตั้งลิเนียร์เอ็นโด้ดเดอร์(Linear Encoder) ของแกน X ทำการยึดนีอต ที่โครงสองข้างของลิเนียร์เอ็นโด้ดเดอร์กับโต๊ะและนำเหล็กฉากยึดตัวลิเนียร์เอ็นโด้ดเดอร์กับลูกสูบ ให้เกลื่อนที่ไปพร้อมกัน เพื่อให้ลิเนียร์เอ็นโด้ดเดอร์ทำงานตอนลูกสูบเคลื่อนที่ และจะต้องมีที่กั้น ลูกสูบเพื่อกันไม่ให้ลูกสูบเคลื่อนที่ไปเกินระยะที่ต้องการให้ลิเนียร์เอ็ดโด้ดเดอร์ทำงาน และป้องกัน ไม่ให้เกิดการเสียหายของทั้งตัวลิเนียร์เอ็นโด้ดเดอร์และกระบอกสูบ การติดตั้งที่กั้นดังภาพที่ 3-8



ภาพที่ 3-5 การติดตั้งที่กั้นลูกสูบแกน X

การติดตั้งกระบอกสูบแกน Y นั้น จะต้องยึดไว้กับลูกสูบของกระบอกสูบแกน X เพื่อให้เลื่อน ไปพร้อมกันจึงต้องยึดกระบอกสูบแกน Y ไว้กับลูกสูบของกระบอกสูบแกน X จะใช้ก้อนอลูมิเนียม ยึดประกบสองข้างกระบอกสูบแกน Y และไปยึดกับลูกสูบของกระบอกสูบแกน X และจะมีส่วน ก้ำปลายของกระบอกสูบแกน Y เพื่อรองรับน้ำหนักของปลายกระบอกสูบแกน Y ดังภาพที่ 3-9



**ภาพที่ 3-6** การติดตั้งกระบอกสูบแกน Y

เมื่อทำการติดตั้งกระบอกสูบแกน Y แล้ว ก็จะต้องติดตั้ง ลิเนียร์เอ็น โก้ดเดอร์ของแกน Y ซึ่งจะ เป็นอุปกรณ์ป้อนกลับของกระบอกสูบแกน Y จะติดไว้ข้างกระบอกสูบของแกน Y โดยจะใช้ น้อตยึด โกรงลิเนียร์เอ็น โก้ดเดอร์กับกระบอกสูบแกน Y และใช้แผ่นอลูมิเนียมตัวแอลยึดกับตัว ลิเนียร์เอ็น โก้ดเดอร์กับลูกสูบของกระบอกสูบแกน Y เพื่อให้ลิเนียร์เอ็น โก้ดเดอร์ทำงานพร้อมกัน กับตอนที่ลูกสูบเกลื่อนที่ การติดตั้งลิเนียร์เอ็น โก้ดเดอร์แกน Y ดังภาพที่ 3-10 และทำการติดตั้งที่ กันระยะของการเกลื่อนที่ลูกสูบให้ตรงตามระยะที่ด้องการและป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายของ ลิเนียร์เอ็น โก้ดเดอร์และตัวลูกสูบของกระบอกสูบแกน Y ดังภาพที่ 3-11



**ภาพที่ 3-7** การติดตั้งถิเนียร์เอ็น โด้ดเดอร์แกน Y



**ภาพที่ 3-8** การติดตั้งที่กั้นลูกสูบแกน Y

เมื่อทำการออกแบบเสร็จแล้ว ก็ทำการเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ และติดตั้งโครงสร้างต่างๆตามที่ ออกแบบไว้ดังภาพที่ 3-12



**ภาพที่ 3-9** การติดตั้งโครงสร้างต่างๆตามที่ออกแบบ

### 3.3 การออกแบบวงจรควบคุมวาลั่ว

ในการออกแบบวงจรควบคุมวาล์วนั้น ในขั้นแรกได้ศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของวาล์ว และ การควบคุมการทำงานของวาล์ว โดยจะใช้ไอซีเบอร์ L298 (IC L298) ในการควบคุม โดยจะจ่ายไฟ 5 โวลต์ ให้ขา ENABLE และจะรอสัญญาณ PWM จ่ายที่ขา IN1, IN2, IN3 และ IN4 เพื่อไป ควบคุมทิศทางการทำงานของวาล์ว



ภาพที่ 3-10 วงจรควบคุมทิศทางวาล์ว



ภาพที่ 3-11 วงจรควบคุมทิศทางวาล์วที่ออกแบบในโปรแกรมออกแบบลายวงจร



ภาพที่ 3-12 ลายวงจรควบคุมทิศทางวาล์วที่ได้จากการออกแบบ

จากภาพที่ 3-14 จะเป็นการออกแบบวงจรโดยใช้โปรแกรมออกแบบลายวงจร จะออกแบบตาม วงจรคังภาพที่ 3-13 และการออกแบบนี้จะเป็นการออกแบบขนาคของบอร์คชุดขับ (Driver) ให้ สามารถเสียบเข้าพอดีกับด้านบนขาของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้สะดวกในการใช้งาน เมื่อออกแบบลายวงจรแล้วก็ทำการทำแผ่นวงจรและลงอุปกรณ์ตามภาพที่ 3-16 และภาพที่ 3-17



ภาพที่ 3-13 การลงอุปกรณ์วงจรควบคุมทิศทางวาล์วด้านบน



ภาพที่ 3-14 การลงอุปกรณ์วงจรควบคุมทิศทางวาล์วด้านล่าง

## 3.3 การเขียนโปรแกรมสร้าง PWM

การสร้าง PWM เป็นสัญญาณที่นำไปใช้ควบคุมการเปิค-ปิควาล์ว จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูลAVR รุ่น ET-EASY MEGA1280 เป็นตัวสร้างสัญญาณ PWM ไมโครคอนโทรลเลอร์ จะ สร้างสัญญาณ PWM ที่ความถี่ 30 เฮิรตซ์ คิวตี้ไซเคิ้ล 50 %ส่งออกมายังขาที่ 2 และ ขาที่ 3 เพื่อไป ควบคุมการทำงานของวาล์วของกระบอกสูบแกน X และสร้างสัญญาณ PWM ที่ความถี่ 30 เฮิรตซ์ ดิวตี้ไซเกิ้ล 50 %ส่งออกมายังขาที่ 6 และขาที่ 7 เพื่อไปควบคุมการทำงานของวาล์วของกระบอกสูบ แกน Y และจะรอรับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ เพื่อไปสั่งในไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณออกขา ที่ต้องการไปควบคุมการเปิด-ปิดวาล์ว



ภาพที่ 3-15 สัญญาณ PWM ที่ความถี่ 30 เฮิรตซ์ คิวตี้ไซเคิ้ล 50 %

## 3.5 การเขียนโปรแกรมสั่งงานด้วยแลปวิว

ในส่วนซอฟแวร์ จะทำการเขียนโปรแกรมควบคุมแบบพีไอดีและพืชซี่ลอจิก โดยผ่าน โปรแกรมแลปวิว ซึ่งมีอยู่ในไลบารีให้เลือกใช้งานอยู่แล้ว โดยสามารถนำสัญญาณป้อนกลับที่ได้ จากลิเนียร์เอ็นโค้ดเดอร์จาก VISA Read ซึ่งมีอยู่ในโปรแกรมแลปวิว เพื่อที่จะเข้ามาประมวลผลใน กอมพิวเตอร์ และจะส่งสัญญาณออกที่ VISA Write ที่เชื่อมต่อโดย USB

สำหรับบถ็อกไดอะแกรมของการทำงานโดยรวมของโครงงาน การพัฒนาหุ่นยนต์การ์ทีเซียน X-Y แบบนิวแมติกส์ โดยควบคุมการทำงานโดยใช้แถปวิวควบคุมแบบพีไอดีและแบบฟัซซี่ มีการ ทำงานดังแสดงในภาพที่ 3-19



ภาพที่ 3-16 บล็อกไดอะแกรมชุดควบคุมเซอร์โวนิวแมติกส์

เมื่อเริ่มต้นการทำงานโปรแกรมแลปวิวจะทำการส่งสัญญาณจากชุดควบคุมพีไอดี หรือชุด ควบคุมพืชซี่โดยส่งสัญญาณควบคุมทิศทาง (Directional) และคำแหน่ง (Set Point) ผ่านทาง USB ไปสั่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งความถี่ 30 เฮิรตซ์ ไปขับชุดขับ (Drive) เมื่อชุดขับทำงานแล้ว จะส่งสัญญาณไปที่วาล์วควบคุมทิศทาง โดยที่ชุดขับและการควบคุมทิศทางจะสร้างขึ้นด้วย ไอซี L298



ภาพที่ 3-17 วงจรควบคุมทิศทางในระบบนิวแมติกส์

วาล์วเปิด – ปิด ลม ส่งไปยังกระบอกสูบ เมื่อกระบอกสูบมีการทำงาน จะทำให้อุปกรณ์ ป้อนกลับ (Feedback Device) ที่ติดอยู่กับกระบอกสูบส่งค่ากับไปที่โปรแกรมแลปวิว

โปรแกรมทคลองทคลองควบคุมกระบอกสูบแบบเปิค (Open Loop) ด้วยแลปวิว โดยที่ เอาต์พุต (Output) ออกที่ VISA Write ซึ่งค่าที่ส่งออกไปจะเป็นตำแหน่งและทิศทาง



ภาพที่ 3-18 โปรแกรมทดลองควบคุมกระบอกสูบแบบเปิด

3.5.1 ควบคุมด้วยพีไอดี

การควบคุมด้วยพีไอดีในแลปวิว จะมีฟังก์ชันในการเขียน คือ PID.VI โดยต้องลง เครื่องมือเสริมของแลปวิว คือ PID Toolset



ภาพที่ 3-19 Install PID Toolset

หลังจากลงโปรแกรมเสร็จแล้ว วิธีการนำฟังก์ชันของ PID.VI มาใช้ในโปรแกรม โดย คลิกขวาที่ Block Diagram >> Control Design & Simulation>>PID>>PID.VI วางที่ Block Diagram เท่านี้ก็ได้ฟังก์ชันของ PID จากนั้นก็ได้กำหนดค่าและส่วนเสริมต่าง ๆ ของโปรแกรม เมื่อทคลองควบคุมกระบอกสูบมาหลายครั้ง และได้ทำการแก้ไขโปรแกรมในส่วนต่างๆ จนกระทั่งมีความสมบรูณ์ ในการที่นำโปรแกรมมาทคลองใช้ในการควบคุมชุคควบคุมตำแหน่ง ลูกสูบในระบบนิวแมติกส์

สำหรับโปรแกรม ควบคุมด้วยพีไอดี มีส่วนต่าง ๆ แสดงในภาพที่ 3-23



ภาพที่ 3-20 หน้าต่างโปรแกรมควบคุมด้วยพีไอดี

ส่วนประกอบต่าง ๆ ของหน้าต่างโปรแกรมควบคุม แบบพีไอดี จะประกอบไปด้วย

หมายเลข 1 คือ การกำหนดตำแหน่งของการควบคุมแบบจุดต่อจุด การควบคุมแบบเชิงเส้น การควบคุมแบบวงกลม และการควบคุมตำแหน่ง

หมายเลข 2 คือ กราฟแสดงผลตำแหน่ง เพื่อเปรียบเทียบระหว่างตำแหน่งที่สั่งและตำแหน่ง ของกระบอกสูบ

หมายเลข 3 คือ ตัวปรับอัตราการขยายควบคุมแบบอัตราส่วน (Proportional Gain : K<sub>p</sub>) เวลา คงที่ของการปริพันธ์ (Integral Time : T<sub>i</sub>) เวลาคงที่ของการอนุพันธ์ (Derivative Time : T<sub>d</sub>) เพื่อให้ระบบมีความเสถียรกับระบบที่ต้องการควบคุม

หมายเลข 4 คือ ปุ่มหยุดการทำงาน (Stop) ของโปรแกรม

หมายเลข 5 คือ ช่องเลือกการเชื่อมต่อ ( Com Port )

หมายเลข 6 คือ ปุ่มเลือกประเภทของการควบคุม เพื่อเลือกการควบคุมตำแหน่ง การควบคุม แบบจุดต่อจุด การควบคุมแบบเชิงเส้น และการควบคุมแบบวงกลม



ภาพที่ 3-21 หน้าต่างบล็อกไดอะแกรมโปรแกรมควบคุมด้วยพีไอดี

ส่วนประกอบของหน้าต่างบล็อกไดอะแกรมโปรแกรมควบคุมด้วยพีไอดี จะประกอบไปด้วย หมายเลข 1 คือ ส่วนที่ใช้กำหนดตำแหน่งของการควบคุมแบบจุดต่อจุด การควบคุมแบบเชิง เส้น การควบคมแบบวงกลม และการควบคมตำแหน่ง

หมายเลข 2 คือ ตัวประมวลผลแบบพีไอดี ที่กำหนดค่าเอาต์พุตของพีไอดีให้ในอยู่ในช่วง 10 ถึง -10

หมายเลข 3 คือ ส่วนที่ส่งค่าออกไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยค่าที่จะส่งออกไปให้ ใมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นทิศทางที่ทำให้กระบอกสูบเคลื่อนที่ไปทางซ้ายหรือทางขวา และตาม ด้วยจำนวนของดิวตี้ไซเกิ้ลที่ส่งออกมาจากตัวประมวลผลแบบพีไอดี

หมายเลข 4 คือ ส่วนที่รับค่าป้อนกลับมาจากเอ็นโค้คเคอร์โดยผ่านทางการ์ค DAQ เมื่ออ่าน ค่าได้แล้วจะนำไปต่อเข้ากับชุคประมวลผลแบบพีไอดี

หมายเลข 5 คือ ส่วนที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับเครื่อง คอมพิวเตอร์ โดยที่ใช้ค่าบอร์คเรท (Baudrate)ที่ 19200

#### 3.5.2 ควบคุมด้วยพืชซึ่

ในโปรแกรมควบคุมด้วยพืชซึ่จะมีอยู่ 2 ส่วนที่สำคัญ คือ การออกแบบกฎพืชซึ่ (Rule Base) และการเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยพืชซื่ 3.5.2.1 การออกแบบกฎพืชซึ่

การออกแบบพืชซี่ต้องใช้โปรแกรม Fuzzy Logic Controller Design... ในการ ออกและกำหนดค่าพืชซี่ Fuzzy Logic Controller Design... เป็นส่วนหนึ่งของแลปวิว โดยเปิด โปรแกรมแลปวิว เข้าไปที่ Tools เลือก Fuzzy Logic Controller Design... เพื่อเปิดโปรแกรม Fuzzy Logic Controller Design... สำหรับการออกแบบ สมาชิก การเซตค่า และการออกแบบกฎ ของ Fuzzy



ภาพที่ 3-22 Fuzzy Logic Controller Design...

สำหรับแนวทางการออกแบบสร้างกฎของพืชซี่ ใช้เงื่อนไขตามแนวคิดของการ ตอบสนองของสมการกำลังสอง



ภาพที่ 3-23 กราฟการตอบสนองของสมการกำลังสอง

จะสังเกตว่ามีช่วงกราฟในระยะเวลาที่แตกต่างกันไป จากราฟในภาพที่ 3-26 ได้นำมาวิเคราะห์หากฎที่ต้องใช้ในการปรับรูปแบบของการให้เข้าสู่ Steady–State เร็วขึ้นและลดค่า พุ่งเกิน (Over Shoot) จากการวิเคราะห์และทดลองในการทดลองในโครงงานนี้ได้ใช้ฟัซซี่ แบบ 5 สมาชิก (5 Membership) ได้กฎดังตารางที่ 3-1

de e	NB	N	Z	Р	PB
NB	NB	NB	Ν	N	Z
Ν	NB	NB	Ν	Z	Р
Z	N	Ν	Z	Р	Р
Р	N	Z	Р	Р	PB
PB	Ζ	Р	Р	PB	PB

a	ar C	9
ตารางท 3-1	ตารางกฎของพิซซ์แบบ 5	สมาชก
-	A -	

จากตารางที่ 3-1 ตารางกฎของพืชซี่แบบ 5 สมาชิก จะสังเกตได้ว่ามีทั้งหมด 25 กฎ ซึ่งการเรียกใช้กฎต่าง ๆ นั้นก็ขึ้นอยู่กับ ค่าผิดพลาด (e) และค่าแตกต่างระหว่างค่าผิดพลาดก่อน หน้าและค่าผิดพลาดปัจจุบัน (de) ในพึงก์ชันพืชซี่ในโปรแกรมแลปวิวจะต้องเรียกใช้เมื่อถึงเวลา ตามกฎที่ตั้งไว้ ซึ่งในการทดลองแต่ละครั้งไม่จำเป็นต้องใช้ทุกกฎ เพราะขึ้นอยู่กับระบบหากระบบ มีการตอบสนองที่ดีและเข้าสู่ Steady–State เร็วและไม่มีค่าพุ่งเกิน กฎที่ใช้ก็น้อย แต่หากมีค่าพุ่งเกิน มาก ก็ใช้ได้ตามกฎที่ตั้งไว้ กำหนดค่าผิดพลาด ดังภาพที่ 3-27



ภาพที่ 3-24 การกำหนดค่า e ใน Fuzzy-Set-Editor แบบ 5 สมาชิก

กำหนดค่าแตกต่างระหว่างค่าผิดพลาดก่อนหน้าและค่าผิดพลาดปัจจุบัน ดังภาพที่ 3-29



ภาพที่ 3-25 การกำหนดค่า de ใน Fuzzy-Set-Editor

กำหนดค่าเอาต์พุต ของโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมให้มีค่าอยู่ในระหว่างที่ค่า มากที่สุดและน้อยที่สุดที่ต้องการในที่นี้ Output<sub>max</sub> = 10 และ Output<sub>min</sub> = -10 เป็นแบบสมมาตร



ภาพที่ 3-26 การกำหนดค่าเอาต์พุตใน Fuzzy-Set-Editor

3.5.2.2 การเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยฟัซซี่

เมื่อมีการทดลองมาหลายครั้งและ ได้ทำการแก้ไขโปรแกรม จนกระทั่งมีความ สมบรูณ์ ในการที่นำมาทดลองใช้ในการควบคุมชุดควบคุมการทำงานของกระบอกสูบในระบบ นิวแมติกส์ โปรแกรม ควบคุมด้วยพืชซี่มีส่วนต่าง ๆ แสดงในภาพที่ 3-30



ภาพที่ 3-27 หน้าต่างโปรแกรมควบคุมด้วยฟัซซี่

ส่วนประกอบต่าง ๆ ของโปรแกรมควบกุม แบบพืชซี่ จะประกอบไปด้วย

หมายเลข 1 คือ การกำหนดตำแหน่งของการควบคุมแบบจุดต่อจุด การควบคุมแบบเชิงเส้น การควบคุมแบบวงกลม และการควบคุมตำแหน่ง

หมายเลข 2 คือ กราฟแสดงผลตำแหน่ง เพื่อเปรียบเทียบระหว่างตำแหน่งที่สั่งและตำแหน่ง ของกระบอกสูบ

หมายเลข 3 คือ ช่องเลือกไฟล์ของพืชซี่ที่เป็นนามสกุลคอทวีไอ ( .vi )

หมายเลข 4 คือ ปุ่มหยุดการทำงาน ของโปรแกรม

หมายเลข 5 คือ ช่องเลือกการเชื่อมต่อ

หมายเลข 6 คือ ปุ่มเลือกประเภทของการควบคุม เพื่อเลือกการควบคุมตำแหน่ง การควบคุม แบบจุดต่อจุด การควบคุมแบบเชิงเส้น และการควบคุมแบบวงกลม



**ภาพที่ 3-28** หน้าต่างบล็อกใดอะแกรมโปรแกรมควบคุมด้วยฟัซซี่

ส่วนประกอบของหน้าต่างบล็อกไดอะแกรมโปรแกรมควบคุมด้วยพืชซี่ จะประกอบไปด้วย หมายเลข 1 คือ ส่วนที่ใช้กำหนดตำแหน่งของการควบคุมแบบจุดต่อจุด การควบคุมแบบเชิง เส้น การควบคุมแบบวงกลม และการควบคุมตำแหน่ง

หมายเลข 2 คือ ชุดตัวประมวลผลแบบพืซซี่ ซึ่งภายในจะประกอบไปด้วย ตัวประมวลผล แบบพืซซี่และการส่งค่าออกไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยค่าที่จะส่งออกไปให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะเป็นทิศทางที่ทำให้กระบอกสูบเคลื่อนที่ไปทางซ้ายหรือทางขวาและตาม ด้วยจำนวนของดิวตี้ไซเกิ้ลที่ส่งออกมาจากตัวประมวลผลแบบพืชซี่

หมายเลข 3 คือ ส่วนที่รับค่าป้อนกลับมาจากเอ็นโค้คเคอร์โคยผ่านทางการ์ค DAQ เมื่ออ่าน ก่าได้แล้วจะนำไปต่อเข้ากับชุคประมวลผลแบบพืชซึ่

หมายเลข 4 คือ ส่วนที่ใช้ในการเชื่อมต่อระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ โดย ที่ใช้ค่าบอร์คเรทในการเชื่อมต่อที่ 19200

# 3.6 การประกอบทุกส่วนเข้าด้วยกันและทดลอง

เมื่อออกแบบส่วนต่างๆ เสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการประกอบทุกส่วนเข้าด้วยกัน และก็ทำการ ทดลองทั้งแบบควบกุมด้วยพีไอดี และแบบควบกุมด้วยฟัซซี่ ทำการเปรียบเทียบการทดลองและ บันทึกผล



ภาพที่ 3-29 การประกอบส่วนต่างๆเข้าด้วยกันและทดลอง