สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# หุ่นยนต์สอดแนม

# SPY ROBOT

โดย

นายมนภาณุ กัลป์จารุ

นายวิภาต จันทรประทักษ์

นายวิษณุ รุ่งเรืองเดชจรัส

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72037
วัน,เดือน,ปี - 7 มิ.ย. 2550

.b 11276238
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2549**

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

สาขาวิชาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง หุ่นยนต์สอดแนม
SPY ROBOT


คณะผู้จัดทำ นายมนภาณุ กัลป์จารุ 46010597
นายวิภาต จันประทักษ์ 46010714
นายวิษณุ รุ่งเรืองเดชจรัส 46010731


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ สองเมือง นันทขว้าง)


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# หุ่นยนต์สอดแนม

โดย

| | | |
|---|---|---|
| นายมนภาณุ | กัลป์จารุ | 46010597 |
| นายวิภาต | จันทรประทักษ์ | 46010714 |
| นายวิษณุ | รุ่งเรืองเดชจรัส | 46010731 |

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สองเมือง นันทขว้าง

ปีการศึกษา 2549

## บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอหลักการและการออกแบบหุ่นยนต์สำหรับใช้ในการสอดแนม โดยเฉพาะในบางสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการปฏิบัติงานของมนุษย์ โดยการออกแบบโครงสร้างหุ่นยนต์สอดแนมนั้น คำนึงถึงความแข็งแรง ขนาดเล็ก น้ำหนักเบา และสามารถควบคุมการทำงานได้ในระยะไกล โดยควบคุมการทำงานด้วยรีโมทคอนโทรล เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้ทั้งในที่โล่งแจ้ง ภายในอาคาร หรือช่องทางแคบๆ และทั้งบริเวณพื้นราบหรือมีสิ่งกีดขวางขนาดเล็ก สามารถนำภาพส่งกลับมายังผู้ควบคุมให้รับรู้สถานการณ์ต่างๆ พร้อมกับการบังคับหุ่นยนต์ไปด้วย แต่ในการออกแบบนั้นจะเน้นเฉพาะการปฏิบัติงานภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SPY ROBOT

By

Mr. Monpanu Galjaru

Mr. Wipat Junpratug

Mr. Wisanu Rungruangdatjaras

Advisor

Mr. Songmoung Nundrakwang

Academic Year 2006

## ABSTRACT

This thesis presents the designing of spy robot, which generally replaces human in difficult-to-access-by-human environment. With its robust structure, small size, light weight and track wheels, the robot can move into narrow and rough places. Furthermore, the robot can be controlled not only outdoor but also in the building by a remote controller. An operator can see the robot view from a CMOS video camera. However, the studies in this thesis mainly emphasize in indoor operating.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์สองเมือง นันทขว้าง อาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างสูง ที่ได้ให้คำปรึกษาแนวทางในการแก้ปัญหา ความคิดริเริ่ม ตลอดจนการฝึกฝนให้แก่คณะผู้จัดทำ มีความสามารถในการทำโครงงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงให้ความเอาใจใส่ดูแลสอบถามถึงความก้าวหน้าอย่างสม่ำเสมอ ทำให้คณะผู้จัดทำได้ทำงานอย่างมีระบบและใช้เวลาอย่างมีประสิทธิภาพ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จงกล งามวิวิทย์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ถาวร เบญจนราสุทธิ์ ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์แก่คณะผู้จัดทำ

ขอขอบพระคุณ นายสมรรถชัย ปัญญา รุ่นพี่ที่ได้ช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา และเป็นกำลังใจ รวมถึงการให้ความสนใจถามถึงความคืบหน้าอย่างสม่ำเสมอ

ขอขอบพระคุณ ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม ที่ได้เอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือในการทำโครงงาน ตลอดจนอำนวยความสะดวกให้แก่คณะผู้จัดทำจนสามารถทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสิ้น

และท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่รักและเคารพ ที่สนับสนุนให้โอกาสแก่คณะผู้จัดทำได้เล่าเรียนจนถึงวันนี้ ตลอดจนเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ทุกคนที่คอยให้คำปรึกษา แนะนำ และเป็นกำลังใจให้ด้วยดีเสมอมาจนสามารถนำสิ่งต่างๆ ที่ได้รับมานั้นจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้เสร็จสิ้นสมบูรณ์

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ คณะผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

นายมนภาณุ กัลป์จารุ

นายวิภาต จันทรประทักษ์

นายวิษณุ รุ่งเรืองเดชจรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| **บทคัดย่อภาษาไทย** | I |
| **บทคัดย่อภาษาอังกฤษ** | II |
| **กิตติกรรมประกาศ** | III |
| **สารบัญ** | IV |
| **สารบัญภาพ** | VIII |
| **สารบัญตาราง** | XI |
| **บทที่ 1 บทนำ** | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา | 1 |
| 1.3 ขอบเขตและขั้นตอนในการทำโครงงาน | 2 |
| 1.4 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์ | 2 |
| **บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง** | 3 |
| 2.1 ระบบวิทยุอย่างง่าย | 3 |
| 2.2 สัญญาณและการมอดูเลต | 4 |
| 2.2.1 ข้อดีของสัญญาณดิจิตอลเมื่อเทียบกับสัญญาณอนาลอก | 6 |
| 2.2.2 ข้อเสียของสัญญาณดิจิตอลเมื่อเทียบกับสัญญาณอนาลอก | 7 |
| 2.3 การสุ่มตัวอย่างสัญญาณ | 9 |
| 2.4 ระบบพัลส์โค้ดมอดูเลชั่น | 10 |
| 2.5 การควบคุมความเร็ว | 11 |
| 2.6 ทฤษฎีมอเตอร์กระแสตรง | 11 |
| 2.6.1 ทิศทางของสนามแม่เหล็ก | 11 |
| 2.6.2 การไหลของกระแสไฟฟ้า | 12 |
| 2.6.3 ทิศทางการเหนี่ยวนำ | 12 |
| 2.6.4 คอมมิวเตเตอร์ | 15 |
| 2.7 เซอร์โว | 16 |
| 2.7.1 หลักการทำงานของเซอร์โว | 16 |
| 2.7.2 การทำงานภายในของเซอร์โว | 17 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| **บทที่ 3 การออกแบบและพัฒนา** | 19 |
| 3.1 การออกแบบระบบควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์ | 19 |
| 3.2 โครงสร้างทางกลของหุ่นยนต์สอดแนม | 21 |
| 3.2.1 ชิ้นส่วนตัวถัง | 21 |
| 3.2.1.1 แผ่นประกอบฐานหุ่นยนต์ | 21 |
| 3.2.1.2 แผ่นประกอบด้านหลังหุ่นยนต์ | 22 |
| 3.2.1.3 แผ่นประกอบด้านซ้ายและด้านขวาหุ่นยนต์ | 22 |
| 3.2.1.4 แผ่นประกอบด้านหน้าหุ่นยนต์ | 23 |
| 3.2.1.5 แผ่นรองรับมอเตอร์ | 23 |
| 3.2.1.6 แผ่นกั้นอุปกรณ์ภายใน | 23 |
| 3.2.1.7 ฝาครอบวงจรและอุปกรณ์ภายใน | 24 |
| 3.2.2 ชุดควบคุมกล้อง | 24 |
| 3.2.2.1 เสากล้อง | 24 |
| 3.2.2.2 กล่องใส่เซอร์โว | 25 |
| 3.2.2.3 กล่องใส่กล้อง | 25 |
| 3.2.3 ชุดขับเคลื่อน | 25 |
| 3.2.3.1 ชุดลดการสั่นสะเทือน | 25 |
| 3.2.3.2 เฟืองช่วยขับเคลื่อน | 26 |
| 3.2.3.3 เฟืองขับเคลื่อน | 26 |
| 3.2.3.4 มอเตอร์กระแสตรง | 27 |
| 3.3 การประกอบหุ่นยนต์สอดแนม | 27 |
| 3.4 อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ | 33 |
| 3.4.1 แหล่งจ่ายพลังงาน | 33 |
| 3.4.2 กล้องวงจรปิด | 34 |
| 3.5 การออกแบบระบบขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ | 36 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| **บทที่ 4 ผลการทดลอง** | 38 |
| 4.1 การทดลองประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายพลังงาน | 38 |
| 4.2 การทดลองความสามารถในการเคลื่อนที่ | 38 |
| 4.2.1 การทดลองการเคลื่อนที่บนพื้นราบ | 38 |
| 4.2.2 การทดลองการเคลื่อนที่บนพื้นเอียง | 41 |
| 4.2.3 การทดลองการเคลื่อนที่ผ่านแท่งทรงกระบอก | 43 |
| 4.2.4 การทดลองการเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ต่างระดับ | 44 |
| 4.2.5 การทดลองการเคลื่อนที่ไต่ขั้นบันได | 45 |
| 4.3 การทดลองความสามารถของชุดกล้อง | 47 |
| 4.4 การทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่และความสามารถในการส่งภาพ ทั้งในที่โล่งแจ้งและภายในอาคาร | 49 |
| 4.4.1 การทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่และความสามารถในการส่งภาพในที่โล่ง | 49 |
| 4.4.2 การทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่และความสามารถในการส่งภาพภายในอาคาร | 50 |
| **บทที่ 5 สรุปผลการทำโครงงานและข้อเสนอแนะ** | 51 |
| 5.1 บทสรุป | 51 |
| 5.2 ปัญหาที่พบในการทำโครงงาน | 51 |
| 5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา | 52 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ(ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| **ภาคผนวก ก** แบบโครงสร้างหลักของหุ่นยนต์ | 53 |
| **ภาคผนวก ข** เอกสารคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ | 64 |
| ข.1 เอกสารคู่มือการใช้งานตัวควบคุมความเร็ว รุ่น MC230CR | 65 |
| ข.2 เอกสารคู่มือการใช้งานแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมโพลิเมอร์ | 69 |
| ข.3 เอกสารคู่มือการใช้งานกล้องซีมอส | 71 |
| ข.4 เอกสารคู่มือการใช้งานเครื่องส่งสัญญาณภาพ | 72 |
| **เอกสารอ้างอิง** | 73 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 2.1 ภาคเครื่องรับและเครื่องส่ง | 3 |
| 2.2 สัญญาณอนาลอก | 4 |
| 2.3 สัญญาณดีสครีตและสัญญาณดิจิตอล | 5 |
| 2.4 สัญญาณอนาลอกและสัญญาณดิจิตอลกับการรบกวน | 6 |
| 2.5 วิธีการมอดูเลตแบบต่างๆ | 8 |
| 2.6 สัญญาณการมอดูเลตพัลส์วิธีต่างๆ | 8 |
| 2.7 ระบบการชักค่าสัญญาณและสัญญาณ | 10 |
| 2.8 บล็อกไดอะแกรมของระบบพีซีเอ็ม | 11 |
| 2.9 ทิศทางสนามแม่เหล็ก | 11 |
| 2.10 ทิศทางสนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำ | 12 |
| 2.11 กฎมือขวา : ลวดตัวนำเคลื่อนที่ขึ้น | 13 |
| 2.12 ทิศทางการหมุนของขดลวดตัวนำอาร์เมเจอร์ | 13 |
| 2.13 เส้นแรงแม่เหล็กรอบขดลวดตัวนำอาร์เมเจอร์ | 14 |
| 2.14 การเบี่ยงเบนของนามแม่เหล็ก | 14 |
| 2.15 คอมมิวเตเตอร์ทำการกลับทิศทางกระแส | 15 |
| 2.16 การตอบสนองของเซอร์โวต่อสัญญาณพัลส์ในความกว้างที่ต่างกัน | 17 |
| 2.17 การทำงานของเซอร์โว | 18 |
| 3.1 การทำงานของรีโมทคอนโทรล | 20 |
| 3.2 การทำงานของหุ่นยนต์สอดแนม | 20 |
| 3.3 โครงสร้างทางกลของหุ่นยนต์สอดแนม | 21 |
| 3.4 แผ่นประกอบฐานหุ่นยนต์ | 22 |
| 3.5 แผ่นประกอบด้านหลังหุ่นยนต์ | 22 |
| 3.6 แผ่นประกอบด้านซ้ายและด้านขวาหุ่นยนต์ | 22 |
| 3.7 แผ่นประกอบด้านหน้าหุ่นยนต์ | 23 |
| 3.8 แผ่นรองรับมอเตอร์ | 23 |
| 3.9 แผ่นกั้นอุปกรณ์ภายใน | 24 |
| 3.10 ฝาครอบวงจรและอุปกรณ์ภายใน | 24 |
| 3.11 เสากล้อง | 24 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ(ต่อ)


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 3.12 กล่องใส่เซอร์โวทั้ง 2 ชุด | 25 |
| 3.13 กล่องใส่กล้อง | 25 |
| 3.14 ชุดลดการสั่นสะเทือน | 26 |
| 3.15 เฟืองช่วยขับเคลื่อน | 26 |
| 3.16 เฟืองขับเคลื่อน | 26 |
| 3.17 มอเตอร์กระแสตรง | 27 |
| 3.18 การประกอบแผ่นกั้นอุปกรณ์ภายในเข้ากับแผ่นประกอบฐานของหุ่นยนต์ | 27 |
| 3.19 การประกอบชุดลดการสั่นสะเทือนเข้ากับแผ่นประกอบด้านซ้ายและขวา | 28 |
| 3.20 การประกอบชุดโครงสร้างหลัก | 28 |
| 3.21 การประกอบเสากล้องเข้ากับโครงสร้างหลัก | 29 |
| 3.22 การประกอบแผ่นรองมอเตอร์และแผ่นประกอบด้านหน้ากับโครงสร้างหลัก | 29 |
| 3.23 ประกอบฝาครอบวงจรและอุปกรณ์ภายในเข้ากับโครงสร้างหลัก | 30 |
| 3.24 การประกอบเฟืองขับเคลื่อนและเฟืองช่วยขับเคลื่อนกับโครงสร้างหลัก | 30 |
| 3.25 หุ่นยนต์สอดแนมเมื่อประกอบเสร็จสมบูรณ์ | 31 |
| 3.26 หุ่นยนต์สอดแนมที่ออกแบบ (ด้านหน้า) | 31 |
| 3.27 หุ่นยนต์สอดแนมที่ออกแบบ (ด้านข้าง) | 32 |
| 3.28 หุ่นยนต์สอดแนมที่ออกแบบ (ด้านบน) | 32 |
| 3.29 แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมโพลิเมอร์ความจุ 800 มิลลิแอมป์ | 33 |
| 3.30 แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมโพลิเมอร์ความจุ 1800 มิลลิแอมป์ | 33 |
| 3.31 แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมโพลิเมอร์ความจุ 160 มิลลิแอมป์ | 34 |
| 3.32 เซนเซอร์รับภาพแบบซีซีดี | 34 |
| 3.33 เซนเซอร์รับภาพแบบซีมอส | 34 |
| 3.34 กล้องซีมอส | 36 |
| 3.35 การเลี้ยวของหุ่นยนต์ | 37 |
| 3.36 การควบคุมความเร็วโดยใช้ตัวควบคุมความเร็ว | 37 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญภาพ(ต่อ)


| รูปที่ | หน้า |
|---|---|
| 4.1 หุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยเดินหน้า | 39 |
| 4.2 หุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยถอยหลัง | 39 |
| 4.3 หุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยเลี้ยวซ้าย | 40 |
| 4.4 หุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยเลี้ยวขวา | 40 |
| 4.5 แบบจำลองการเคลื่อนที่บนพื้นเอียง | 41 |
| 4.6 หุ่นยนต์เคลื่อนที่บนพื้นเอียงชนิดไม้ที่ 20 องศา | 41 |
| 4.7 แบบจำลองการเคลื่อนที่ผ่านแท่งทรงกระบอก | 43 |
| 4.8 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ผ่านแท่งทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร | 43 |
| 4.9 แบบจำลองการเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ต่างระดับ | 44 |
| 4.10 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ต่างระดับ ความสูง 13 มิลลิเมตร | 44 |
| 4.11 แบบจำลองการเคลื่อนที่ไต่ขั้นบันได | 45 |
| 4.12 หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไต่ขั้นบันไดความสูง 13 มิลลิเมตร | 46 |
| 4.13 การควบคุมชุดกล้อง | 47 |
| 4.14 การส่งสัญญาณภาพของชุดกล้อง | 48 |
| ก.1 แบบแผ่นประกอบฐานหุ่นยนต์ | 54 |
| ก.2 แบบแผ่นประกอบด้านหลังหุ่นยนต์ | 55 |
| ก.3 แบบแผ่นประกอบด้านซ้ายหุ่นยนต์ | 56 |
| ก.4 แบบแผ่นประกอบด้านขวาหุ่นยนต์ | 57 |
| ก.5 แบบแผ่นประกอบด้านหน้าหุ่นยนต์ | 58 |
| ก.6 แบบแผ่นรองรับมอเตอร์ | 59 |
| ก.7 แบบเสากล้อง | 60 |
| ก.8 แบบกล่องใส่เซอร์โวและกล่องใส่กล้อง | 61 |
| ก.9 แบบชุดลดการสั่นสะเทือน | 62 |
| ก.10 แบบเฟืองขับมอเตอร์ | 63 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง


| ตารางที่ | หน้า |
|---|---|
| 3.1 เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกล้องซีมอสและซีซีดี | 35 |
| 3.2 การทำงานของมอเตอร์ | 36 |
| 4.1 ผลการทดลองประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายพลังงาน | 38 |
| 4.2 ผลการทดลองการเคลื่อนที่บนพื้นเอียงชนิดอะคลิลิก | 42 |
| 4.3 ผลการทดลองเคลื่อนที่บนพื้นเอียงชนิดไม้ | 42 |
| 4.4 ผลการทดลองเคลื่อนที่บนพื้นเอียงชนิดไม้พื้นลื่น | 42 |
| 4.5 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ผ่านแท่งทรงกระบอกของหุ่นยนต์ | 44 |
| 4.6 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ต่างระดับของหุ่นยนต์ | 45 |
| 4.7 ผลการทดลองการเคลื่อนที่ไต่ขั้นบันไดของหุ่นยนต์ | 46 |
| 4.8 ผลการทดลองการควบคุมหุ่นยนต์และการส่งภาพในที่โล่งแจ้ง | 49 |
| 4.9 ผลการทดลองการควบคุมหุ่นยนต์และการส่งภาพภายในอาคาร | 50 |


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การสอดแนมในปัจจุบันมีหลากหลายรูปแบบ ซึ่งส่วนใหญ่ใช้มนุษย์ในการปฏิบัติงาน แต่มีบางสภาพแวดล้อมและสถานการณ์ที่ไม่เอื้อต่อการปฏิบัติงานของมนุษย์ อาทิ การค้นหาผู้ประสบภัยที่ติดอยู่ภายใต้ซากปรักหักพัง การสำรวจในพื้นที่แคบๆ การสอดแนมผู้ก่อการร้ายภายในอาคาร เป็นต้น

การสอดแนมผู้ก่อการร้ายภายในอาคาร เป็นการปฏิบัติงานที่มีผลต่อความปลอดภัยของตัวประกันและตัวผู้สอดแนม ดังนั้นผู้สอดแนมต้องปฏิบัติงานด้วยความรอบคอบและความระมัดระวังอย่างยิ่ง หากเกิดความผิดพลาดหรือถูกพบเห็นจะทำให้การปฏิบัติงานดังกล่าวล้มเหลว ด้วยเหตุนี้จึงต้องคิดค้นและออกแบบหุ่นยนต์ที่สามารถเข้าไปปฏิบัติงานแทนมนุษย์ ในสภาพแวดล้อมและสถานการณ์ที่ไม่เอื้อต่อการปฏิบัติงานของมนุษย์ เพื่อให้การสอดแนมเกิดประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากหุ่นยนต์ที่ออกแบบขึ้นนั้น สามารถเลือกวัสดุที่จะนำมาเป็นองค์ประกอบของชิ้นส่วนต่างๆ ได้ จึงทำให้สามารถออกแบบหุ่นยนต์ให้มีความแข็งแกร่งและทนต่อสภาพแวดล้อมอันเลวร้ายได้ ซึ่งหุ่นยนต์ที่ออกแบบนี้ มีส่วนช่วยให้การปฏิบัติงานของมนุษย์ง่ายขึ้น และยังส่งผลต่อความก้าวหน้าในการสอดแนมเพื่อช่วยเหลือรวมถึงการค้นหาผู้ประสบภัย

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. สร้างหุ่นยนต์สอดแนม เพื่อใช้ในการปฏิบัติงานจริง
2. สามารถใช้หุ่นยนต์ในสภาพแวดล้อมและสถานการณ์ที่ไม่เอื้อให้การปฏิบัติงานของมนุษย์ดำเนินไปได้ เช่น การค้นหาผู้ประสบภัยที่ติดอยู่ภายใต้ซากปรักหักพัง การสำรวจในพื้นที่แคบๆ การสอดแนมผู้ก่อการร้ายภายในอาคาร เป็นต้น
3. ออกแบบระบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ที่เหมาะสมกับงานสอดแนม
4. ออกแบบระบบการติดต่อสื่อสารสำหรับการสอดแนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.3 ขอบเขตและขั้นตอนการทำโครงงาน

1. ศึกษาทฤษฎีเพื่อใช้ในการพัฒนาหุ่นยนต์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ และติดตั้งอุปกรณ์ลงในตัวหุ่นยนต์สอดแนม
2. ออกแบบ ศึกษา และพัฒนาหุ่นยนต์
3. ออกแบบและจำลองสถานการณ์ สำหรับทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของหุ่นยนต์สอดแนม

## 1.4 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์

ในปริญญานิพนธ์นี้แบ่งออกเป็น 5 บท โดยมีรายละเอียดของแต่ละบทดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของหัวข้อโครงงาน ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา ขอบเขตและขั้นตอนการทำโครงงาน พร้อมทั้งรายละเอียดของปริญญานิพนธ์ในแต่ละบท

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหุ่นยนต์ เช่น ทฤษฎีพื้นฐานเครื่องรับ-ส่งวิทยุ ทฤษฎีระบบสื่อสารแบบไร้สาย ทฤษฎีมอเตอร์กระแสตรง ทฤษฎีการควบคุมความเร็วมอเตอร์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการควบคุมหุ่นยนต์ทั้งหมด

บทที่ 3 กล่าวถึงการออกแบบและพัฒนาหุ่นยนต์สอดแนม โดยรายละเอียดการออกแบบทางกล การควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์สอดแนม และองค์ประกอบของอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้สำหรับหุ่นยนต์สอดแนม

บทที่ 4 กล่าวถึงผลการทดสอบคุณสมบัติต่างๆของหุ่นยนต์สอดแนมที่ได้รับการออกแบบโครงสร้างทางกลและการควบคุมการทำงานในบทที่ 3

บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไป

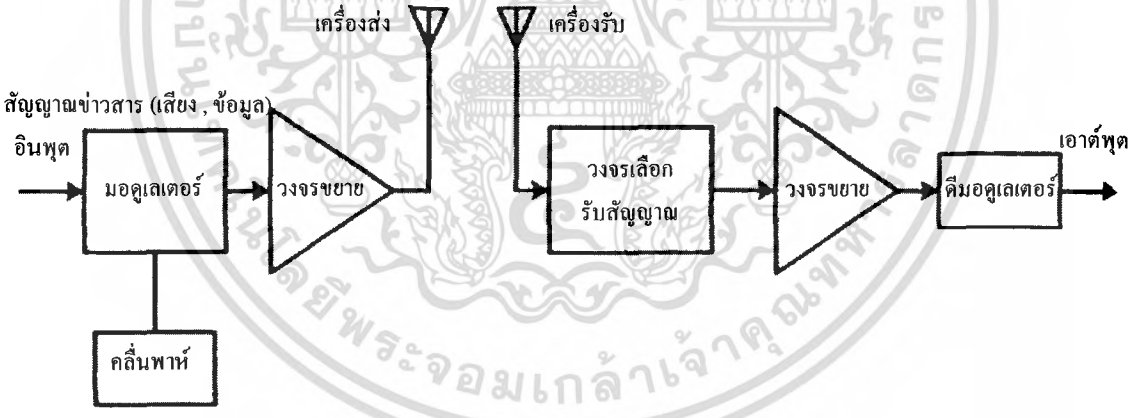
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและหลักการ

## 2.1 ระบบวิทยุอย่างง่าย

ระบบวิทยุโดยทั่วไปมักจะมีรูปแบบคล้ายคลึงกันตามรูปที่ 2.1 ซึ่งในที่นี้แสดงไว้เฉพาะการติดต่อทางเดียวจากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับเท่านั้น จะเห็นว่าประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ เครื่องส่ง เครื่องรับ สายอากาศ และสัญญาณข่าวสาร ที่ถูกป้อนเข้ามาที่อินพุตทำให้เกิดเอาต์พุตเป็นคลื่นที่ได้รับการมอดูเลต แล้วแผ่กระจายจากสายอากาศส่งไปยังเครื่องรับ คลื่นที่ได้รับจากสายอากาศรับจะถูกแปลงโดยเครื่องรับ เพื่อให้สัญญาณข่าวสารกลับคืนมา

**ภาคเครื่องส่ง** สัญญาณข่าวสารและสัญญาณพาห์ความถี่สูงถูกส่งออกไปยังวงจรมอดูเลต สัญญาณข่าวสารลงบนสัญญาณพาห์ความถี่สูง สัญญาณพาห์ที่ถูกมอดูเลตแล้วจะต้องไปผ่านการขยายกำลังให้มีมากขึ้น แล้วจึงป้อนกลับไปยังเสาอากาศส่ง เพื่อให้สามารถส่งไปได้ไกลโดยที่เครื่องรับสามารถรับได้ชัดเจน คลื่นจากเครื่องส่งนี้จะแผ่กระจายจากสายอากาศส่งโดยมีทิศทางมุ่งไปยังเครื่องรับ




**รูปที่ 2.1** แผนผังภาคเครื่องรับและเครื่องส่ง

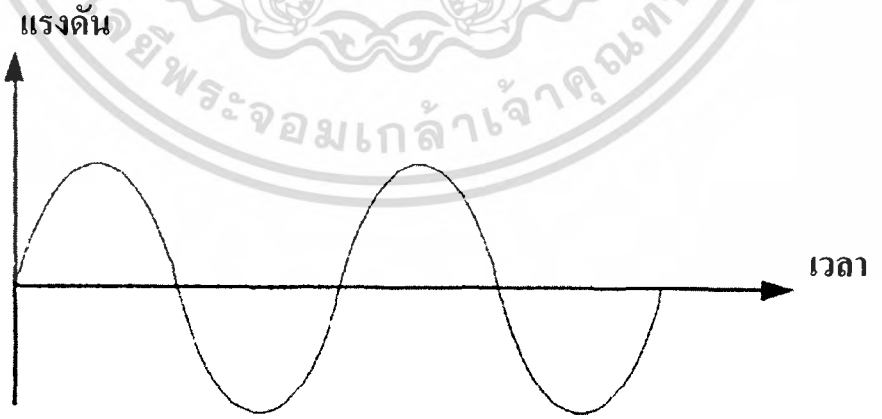
**ภาคเครื่องรับ** คลื่นที่ส่งมาจะรับได้โดยสายอากาศรับ เครื่องรับจะรับเฉพาะคลื่นที่ต้องการเท่านั้นแล้วขยายคลื่นนั้นให้มีกำลังแรงขึ้นเพื่อป้อนให้วงจรดีมอดูเลต (หรือดีมอต) ทำหน้าที่แปลงคลื่นพาห์ที่ถูกมอดูเลตกลับคืนมาเพื่อให้ได้สัญญาณข่าวสารที่ต้องการตามเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อสังเกตในระบบวิทยุคือ ถ้ามีเครื่องส่งหลายเครื่องในพื้นที่ใกล้เคียงกัน จะต้องใช้ความถี่ต่างกัน มิฉะนั้นสัญญาณที่เครื่องรับจะสับสน ซึ่งสามารถใช้ความถี่เครื่องซ้ำกันได้ก็ต่อเมื่อเครื่องส่งอยู่ห่างไกลกันและไม่ทำให้เกิดการรบกวน ทั้งนี้เพราะคลื่นวิทยุจะมีแรงลดลงที่ระยะห่างไกลจากเครื่องส่งมากขึ้น

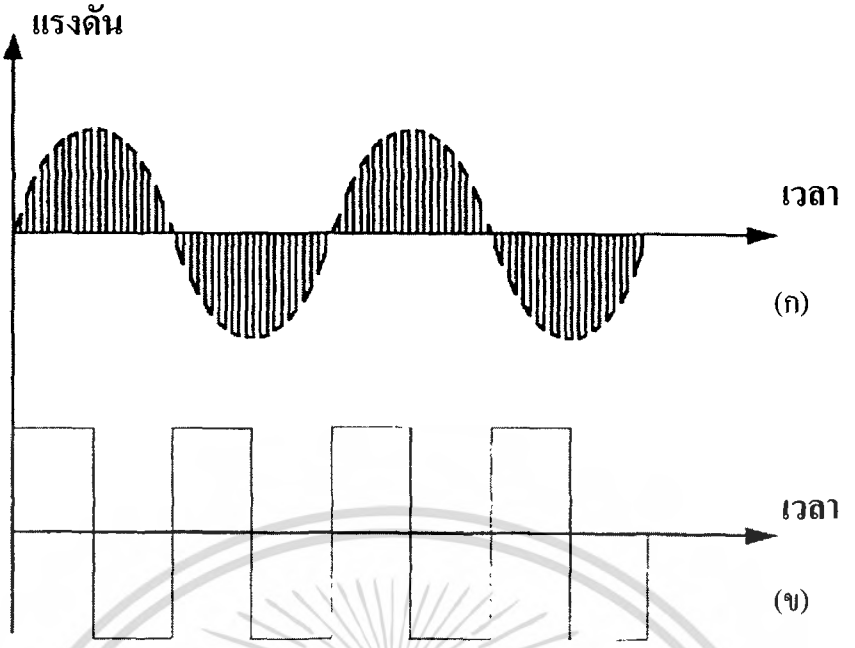
## 2.2 สัญญาณและการมอดูเลต (Signal and Modulation)

สัญญาณทางไฟฟ้าโดยทั่วไปนั้น เมื่อสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงของขนาดสัญญาณแล้ว จะสามารถแบ่งสัญญาณได้ออกเป็นสองชนิดใหญ่ๆ คือ สัญญาณอนาลอกและสัญญาณดิจิตอล สัญญาณอนาลอก (Analog Signal) คือ สัญญาณที่มีขนาดเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาอย่างต่อเนื่อง มีลักษณะไม่แน่นอน และขนาดของสัญญาณอนาลอกนี้สามารถเป็นไปได้ทุกค่า สัญญาณที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นสัญญาณอนาลอกทั้งสิ้น ส่วนสัญญาณอีกชนิดหนึ่งจะเกิดขึ้นไม่ต่อเนื่องกันตลอดเวลา แต่จะเกิดสัญญาณเป็นระยะๆ และจะหายไปชั่วขณะหนึ่ง แล้วเกิดสัญญาณอีกเรื่อยๆ ไปอย่างนี้ เรียกสัญญาณนี้ว่า “สัญญาณไม่ต่อเนื่อง” หรือ “สัญญาณดีสครีต (Discrete Signal)” ถ้าสัญญาณดีสครีตมีค่า เปลี่ยนแปลงเพียง 2 ระดับเท่านั้น จะเรียกว่า “สัญญาณดิจิตอล (Digital Signal)” จากรูปที่ 2.2 สัญญาณรูปไซน์ (Sine Wave) จัดเป็นสัญญาณอนาลอกเพราะมีค่าขนาดเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และในรูปที่ 2.3 (ก) เป็นสัญญาณดิสครีต จะสังเกตเห็นว่าจะมีลักษณะขาดหายเป็นช่วงๆ และค่าขนาดมีหลายค่า ส่วนในรูปที่ 2.3 (ข) นั้น เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (Square Wave) จัดเป็นสัญญาณดิจิตอลเพราะมีลักษณะไม่ต่อเนื่องตามเวลาและมีค่าขนาดสัญญาณเพียงสองค่าเท่านั้น




**รูปที่ 2.2** สัญญาณอนาลอก

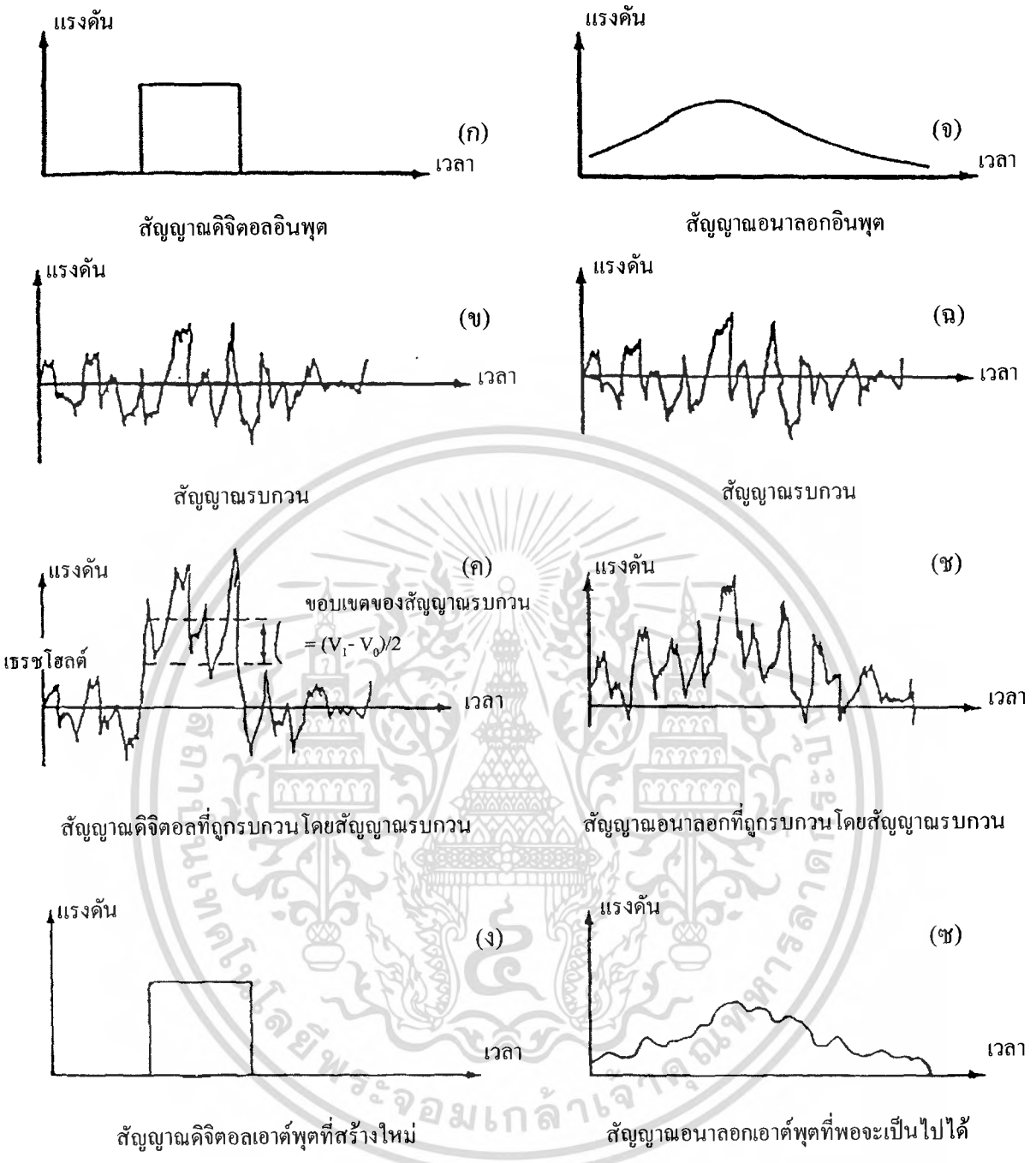
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.3** สัญญาณดีสครีตและสัญญาณดิจิตอล

ข้อดีของสัญญาณดิจิตอลที่ชัดเจนที่สุดก็คือ สามารถทนต่อสัญญาณรบกวนได้ดีกว่าสัญญาณอนาลอกมาก ดังจะเห็นจากรูปที่ 2.4 สัญญาณดิจิตอลในรูปที่ 2.4 (ก) เมื่อถูกรบกวนโดยสัญญาณรบกวนในรูปที่ 2.4 (ข) แล้วจะมีลักษณะดังรูปที่ 2.4 (ค) แต่ถ้าระดับสัญญาณไม่เกินขีดจำกัดหรือระดับเธรซโฮลด์ (Threshold) แล้ว (ระดับเธรซโฮลด์ในรูปที่ 2.4 (ค) นั้นคือระดับกึ่งกลางระหว่างสถานะ "0" และ "1") ก็จะสามารถสร้างสัญญาณออกมาใหม่ได้โดยมีรูปร่างไม่ผิดเพี้ยน ดังรูปที่ 2.4 (ง) เพราะตัวสร้างสัญญาณใหม่นั้น จะตัดสินว่าขนาดของสัญญาณอยู่เหนือหรือ ใต้ระดับ เธรซโฮลด์เท่านั้น ถ้าอยู่เหนือกว่าจะตัดสินเป็นสถานะ "1" และถ้าต่ำกว่าลงมาจะเป็นสถานะ "0" ส่วนสัญญาณอนาลอกในรูปที่ 2.4 (จ) เมื่อถูกรบกวนแล้วจะเป็นการยากที่จะนำสัญญาณตัวเดิมกลับมา เพราะระดับสัญญาณรบกวนมีผลอย่างมากต่อระดับของสัญญาณอนาลอก ที่ค่อยๆ เปลี่ยนแปลงทีละน้อย จะเห็นว่าสัญญาณที่ได้จะผิดเพี้ยนไปจากเดิมมาก ดังในรูปที่ 2.4 (ฉ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.4** สัญญาณอนาลอกและสัญญาณดิจิตอลกับการรบกวน

### 2.2.1 ข้อดีของสัญญาณดิจิตอลเมื่อเทียบกับสัญญาณอนาลอก

1. สามารถทนต่อสัญญาณรบกวนได้ดี เพราะถ้าระดับการรบกวนไม่เกินระดับเธรชโฮลด์แล้ว ระบบก็ยังสามารถตีค่าสัญญาณได้ถูกต้องและสามารถทวนสัญญาณและสร้างสัญญาณที่ไม่ผิดเพี้ยนขึ้นใหม่ได้เรื่อยๆ แต่สัญญาณอนาลอกจะเกิดความผิดพลาดสะสมตลอดเส้นทางโดยหลีกเลี่ยงไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. พัลส์ดิจิตอลมีความเหมาะสมมากกว่าในการมัลติเพล็กซ์ สามารถปรับตัวและเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ชนิดต่างๆ ได้ง่าย
3. ง่ายต่อการตรวจสอบข้อผิดพลาด
4. อุปกรณ์มีราคาถูก สามารถสร้างได้ง่าย
5. อุปกรณ์มีขนาดเล็ก

**2.2.2 ข้อเสียของสัญญาณดิจิตอลเมื่อเทียบกับสัญญาณอนาลอก**

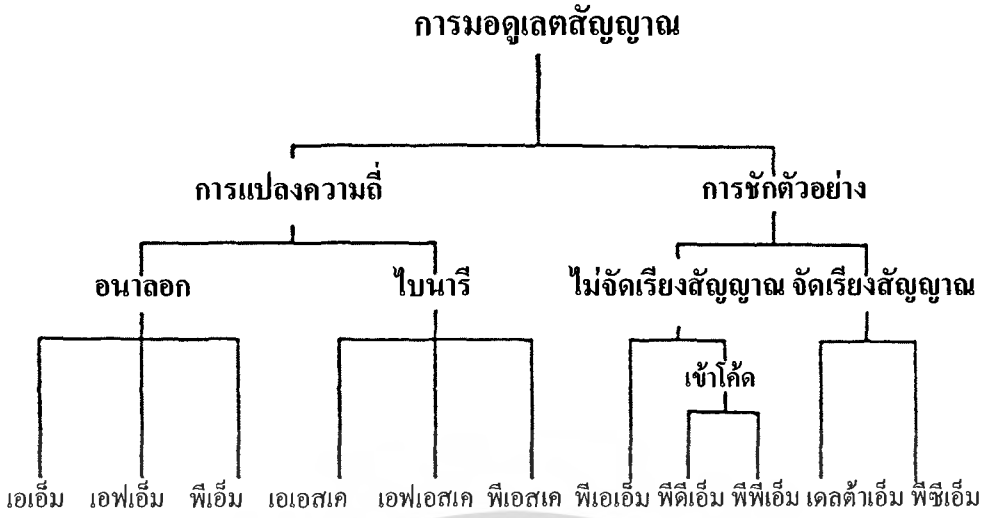
1. แบนด์วิทธ์กว้างกว่าสัญญาณอนาลอก ดังนั้นในการส่งสัญญาณดิจิตอลไม่สามารถบรรจุจำนวนสัญญาณได้เท่ากับสัญญาณอนาลอก
2. มีสัญญาณรบกวนแฝงอยู่ด้วย เช่น ควอนติซิงนอยซ์ แต่สามารถแก้ไขได้

ในการส่งข้อมูลซึ่งมีความถี่ต่ำออกไปนั้นไม่สามารถส่งออกไปได้ไกลหรืออาจจะต้องใช้เสาอากาศที่ยาวมากและความถี่ก็อาจไม่ตรงกับช่องสัญญาณที่สามารถใช้ได้ ดังนั้นจึงต้องทำการย้ายความถี่ไปให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมก่อน โดยฝากสัญญาณข้อมูลไปกับคลื่นที่มีความถี่เหมาะสม เรียกว่า "คลื่นพาห์ (Carrier)" โดยจะใช้ลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งของสัญญาณข้อมูล ซึ่งส่วนมากจะเป็นขนาดสัญญาณไปควบคุมลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งของคลื่นพาห์ ไม่ว่าจะเป็นขนาดสัญญาณ ความถี่ หรืออื่นๆ ก็ตาม ดังนั้นคลื่นพาห์ก็จะมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงสัมพันธ์และเป็นสัดส่วนกับสัญญาณข้อมูล เรียกกระบวนการนี้ว่า "การมอดูเลตสัญญาณ (Signal Modulation)" การมอดูเลตสัญญาณสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การแปลงความถี่ (Frequency Translation) และการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล (Digitizing)

- การแปลงความถี่ จะจัดให้ขนาดของสัญญาณข้อมูลไปเปลี่ยนแปลงลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่งของพาห์

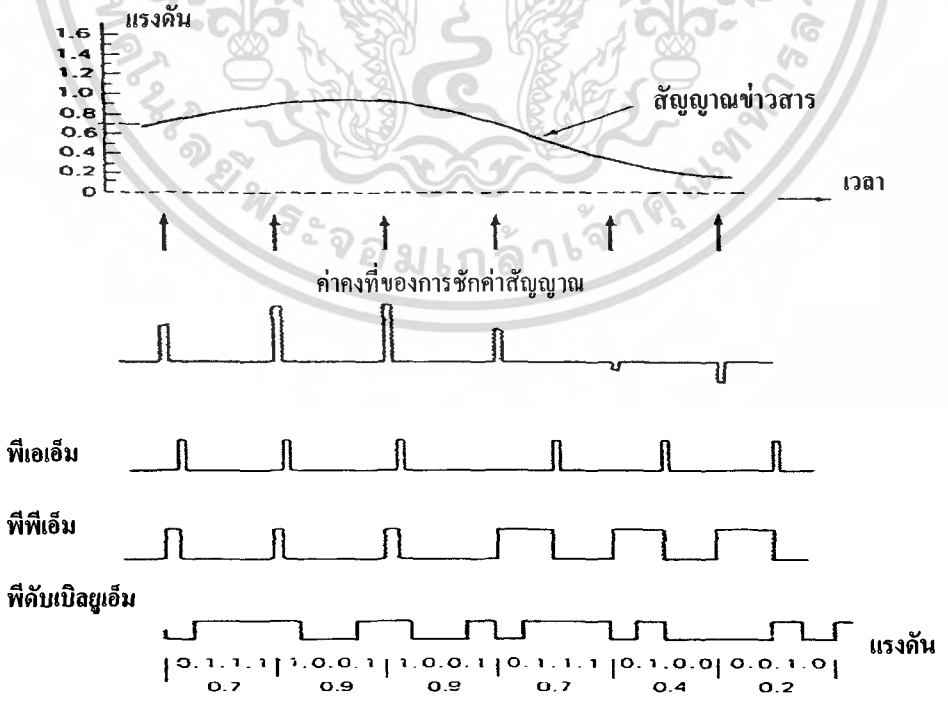
- การแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล สัญญาณข้อมูลจะถูกปล่อยให้ผ่านเป็นช่วงๆ เวลาเท่าๆ กัน หรือการชักค่าสัญญาณ (Sampling) แล้วจึงค่อยส่งออกไปโดยเข้ารหัสหรือไม่ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.5** แผนผังวิธีการมอดูเลตแบบต่างๆ

จากรูปที่ 2.5 จะเห็นว่าการมอดูเลตแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือการแปลงความถี่และการแปลงเป็นดิจิตอล ในส่วนของการแปลงความถี่ก็จะแบ่งเป็นแบบอนาลอก เช่น เอเอ็ม (Amplitude Modulation: AM) โดยจะทำให้ขนาดของคลื่นพาห์เปลี่ยนแปลงตามขนาดของสัญญาณข้อมูลเป็นสัดส่วนกัน หรือ เอฟเอ็ม (Frequency Modulation: FM) ซึ่งความถี่ของคลื่นพาห์นั้นจะเปลี่ยนแปลงตามขนาดของสัญญาณข้อมูล อีกแบบคือไบนารี เช่น เอเอสเค (Amplitude Shift Keying) หรือ พีเอสเค (Phase Shift Keying) ในส่วนของการแปลงเป็นดิจิตอลก็จะเป็นการมอดูเลชั่นแบบต่างๆ




**รูปที่ 2.6** สัญญาณการมอดูเลตพัลส์วิธีต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

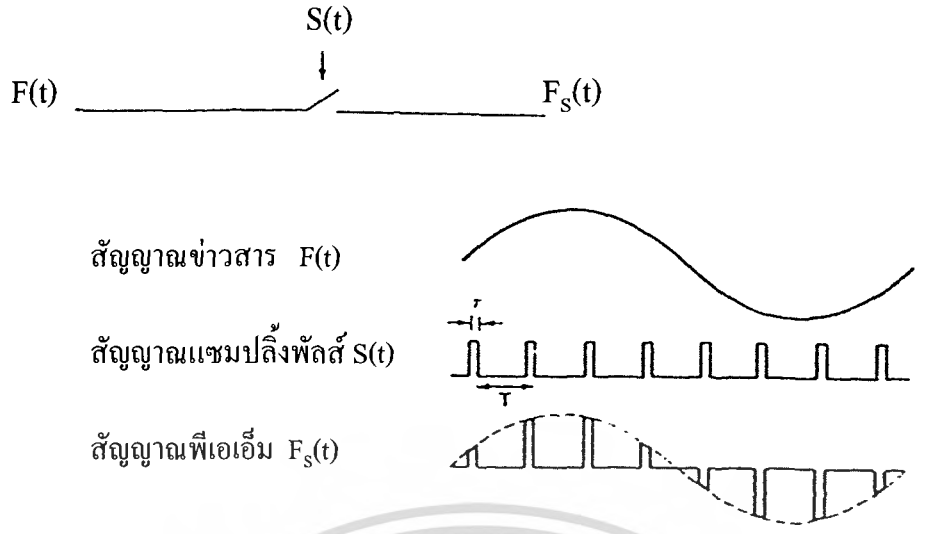
จากรูปที่ 2.6 เมื่อนำสัญญาณข้อมูลมาทำการชักค่าสัญญาณให้ผ่านได้เป็นช่วงๆ จะได้สัญญาณพีเอเอ็ม (Pulse Amplitude Modulation) ออกมา สัญญาณนี้ก็จะมีลักษณะเป็นสัญญาณดีสครีต ค่าขนาดเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณข้อมูลและเป็นไปได้หลายค่า วิธีนี้เป็นวิธีแรกของการมอดูเลตพัลส์แต่ไม่นิยมนำมาใช้ในทางการสื่อสารเนื่องจากขนาดที่เป็นไปได้หลายค่านั้น เมื่อส่งไปจะเกิดความผิดพลาดได้มากเหมือนสัญญาณอนาลอก ซึ่งสามารถแก้ได้โดยนำไปเข้ารหัสอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะช่วยให้ความผิดพลาดลดลงอย่างมาก จะได้แก่ วิธีมอดูเลตพัลส์แบบอื่นๆ เช่น พีดับเบิลยูเอ็ม (Pulse Width Modulation) ซึ่งพัลส์แต่ละพัลส์จะมีความกว้างเปลี่ยนแปลงตามขนาดของสัญญาณข้อมูล แต่ถ้าเป็นแบบที่ความกว้างพัลส์แต่ละพัลส์คงที่ แต่พัลส์เลื่อนเวลาออกไปตามขนาดสัญญาณข้อมูลก็จะเรียกว่า "พีพีเอ็ม (Pulse Position Modulation)" และอีกแบบหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้ในทางการสื่อสารมากก็คือ พีซีเอ็ม (Pulse Code Modulation) ซึ่งจะต้องทำการเข้ารหัสสัญญาณให้เป็นรหัสดิจิตอลซึ่งขบวนพัลส์จะเปลี่ยนแปลงตามรหัสนี้ วิธีการมอดูเลตพัลส์แบบต่างๆ นี้ ถึงจะเป็นแค่การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลและความถี่ของสัญญาณก็ยังอยู่ในย่านเดิมก็ตาม แต่ขบวนพัลส์ที่ได้นั้นก็มีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับสัญญาณข้อมูล จึงถือว่าเป็นการมอดูเลตสัญญาณด้วย

## 2.3 การสุ่มตัวอย่างสัญญาณ

ในการสื่อสารแบบดิจิตอลนั้น จะต้องนำสัญญาณข้อมูลที่เป็นสัญญาณอนาลอกไปผ่านกระบวนการแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเสียก่อน (A/D, Analog to Digital Conversion) โดยจะทำการแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดีสครีตก่อน หลังจากนั้นจึงจะนำไปแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลอีกทีหนึ่งแล้วจึงทำการส่งออกไป เมื่อรับสัญญาณดิจิตอลนี้มาได้และต้องการสัญญาณข้อมูลตัวเดิมกลับคืนมา จะต้องทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก (D/A, Digital to Analog Conversion) โดยในทางกลับถ้าต้องการทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลกลับเป็นสัญญาณดีสครีตก่อนแล้วจึงแปลงเป็นสัญญาณอนาลอก

กระบวนการในการแปลงสัญญาณอนาลอกให้กลายเป็นสัญญาณดีสครีตนั้น ทำได้โดยการเลือกสุ่มเอาค่าขนาดของสัญญาณที่เวลาต่างๆ เป็นระยะเท่ากัน ซึ่งเรียกว่า "การสุ่มสัญญาณ" หรือ "การชักค่าสัญญาณ" (Sampling) ระบบการชักค่าสัญญาณจะเป็นดังในรูปที่ 2.7 จะต้องสัญญาณข้อมูล F(t) มาผ่านสวิตช์อนาลอกซึ่งเรียกว่า "แซมปลิ้งเกท" เพื่อทำการปล่อยให้สัญญาณผ่านได้เป็นช่วงๆ โดยจะมีสัญญาณควบคุมการแซมปลิ้ง S(t) คอยควบคุมการทำงาน สัญญาณเอาต์พุต $F_S(t)$ ที่ได้นั้นจะมีขนาดเท่าสัญญาณข้อมูลในช่วงที่ปล่อยให้สัญญาณข้อมูลผ่านมาได้ หรือก็คือช่วงเวลาที่มีพัลส์บวกของสัญญาณ S(t) มาทำให้สวิตช์ปิดลง ส่วนเวลานอกเหนือจากนี้สัญญาณข้อมูลจะผ่านไม่ได้และ $F_S(t)$ มีค่าเป็น 0 ซึ่งก็คือสัญญาณพีเอเอ็ม นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



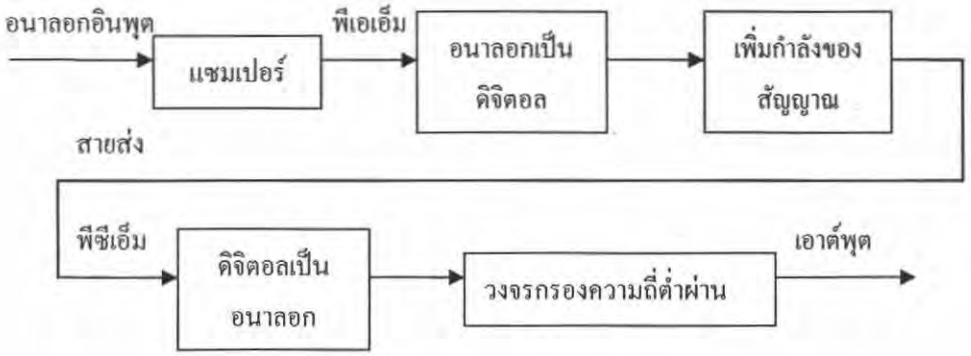

**รูปที่ 2.7** ระบบการชักค่าสัญญาณและสัญญาณ

## 2.4 ระบบพัลส์โค้ดมอดูเลชั่น

การมอดูเลตรหัสพัลส์ (Pulse Code Modulation: PCM) เป็นวิธีการที่จะเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งแต่ละสัญญาณจะถูกกำหนดให้เป็นขบวนของพัลส์ในรูปของไบนารีโค้ด (Binary Code) การเปลี่ยนสัญญาณดังกล่าวจะต้องประกอบด้วยหลักการที่สำคัญสามประการเรียงตามลำดับคือ การสุ่มตัวอย่าง การแบ่งย่านแอมปลิจูดของสัญญาณอนาลอกออกเป็นระดับต่างๆ (Quantizing) และ การเข้ารหัส (Coding) ตามลำดับ

รูปที่ 2.8 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบพีซีเอ็ม วิธีการขั้นแรก คือการสุ่มตัวอย่างสัญญาณโทรศัพท์หรือสัญญาณอนาลอกแต่ละช่วงด้วยแซมเปอร์ จะทำให้พัลส์ที่มีแอมปลิจูดเท่ากับของสัญญาณ ณ เวลาที่ทำการสุ่มนั้นๆ ซึ่งเรียกว่า "สัญญาณพีเอเอ็ม" จากนั้นสัญญาณพีเอเอ็มจะถูกป้อนเข้าที่การจัดระดับสัญญาณ เพื่อแบ่งย่านแอมปลิจูดของสัญญาณอนาลอกออกเป็นระดับต่างๆ และในกรณีนี้แอมปลิจูดของแต่ละตัวอย่างที่สุ่มมาได้จะถูกจัดให้อยู่ในระดับที่ตรงกันหรือใกล้เคียงกับระดับที่ได้กำหนดไว้ ขั้นตอนต่อไปคือการให้ไบนารีโค้ดกับตัวอย่างที่สุ่มมาได้โดยตัวเข้ารหัส (Coder) ซึ่งไบนารีโค้ดที่ให้นี้จะตรงกับระดับของแอมปลิจูดที่ได้ถูกแบ่งไว้แล้วในตอนแรกกระบวนพัลส์ในรูปของไบนารีโค้ดของสัญญาณอนาลอกซึ่งเรียกว่า "สัญญาณพีซีเอ็ม" จะถูกส่งเข้าไปในสายส่ง (Transmission Line) จากนั้นสัญญาณพีซีเอ็มก็จะถูกส่งไปยังตัวถอดรหัส (Decoder) เพื่อทำการถอดรหัสสัญญาณพีซีเอ็ม ให้ได้เป็นสัญญาณพีเอเอ็ม ส่วนในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการนำสัญญาณพีเอเอ็ม มาทำการกรองโดยใช้วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) เพื่อดึงสัญญาณอนาลอกดั้งเดิมกลับมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.8** บล็อกไดอะแกรมของระบบพีซีเอ็ม

## 2.5 การควบคุมความเร็ว

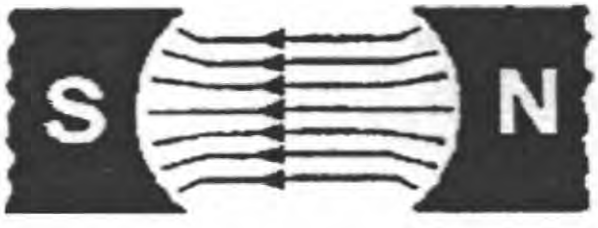
ในโครงงานนี้ การควบคุมความเร็วสามารถทำได้โดยการใช้สัญญาณพัลส์ป้อนให้กับ ตัวควบคุมความเร็ว (Speed Controller) ซึ่งตัวควบคุมความเร็วจะทำการควบคุมแรงดันที่จะป้อนให้กับมอเตอร์ ความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่แตกต่างกัน จะทำให้ล้อหมุนด้วยความเร็วและทิศทางที่แตกต่างกัน ซึ่งในโครงงานนี้สัญญาณพัลส์กว้าง 1.5 มิลลิวินาที และมีคาบเวลา 19 มิลลิวินาที จะทำให้ล้อหยุดหมุน รถไม่เคลื่อนที่ แต่ถ้าสัญญาณพัลส์กว้างมากกว่า 1.5 มิลลิวินาที รถจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า และมีความเร็วเพิ่มขึ้น ถ้าความกว้างพัลส์มากขึ้น แต่ถ้าสัญญาณพัลส์กว้างน้อยกว่า 1.5 มิลลิวินาที รถจะเคลื่อนที่ถอยหลัง และความเร็วจะเพิ่มขึ้น ถ้าความกว้างของพัลส์ลดลง

## 2.6 ทฤษฎีมอเตอร์กระแสตรง

ในการศึกษาหลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรง (DC Motor) นั้น จำเป็นต้องมีความเข้าใจทฤษฎีและหลักการของสนามแม่เหล็ก (Magnetic Fields) การไหลของกระแสไฟฟ้า (Current Flow) และทิศทางการเหนี่ยวนำ (Induced Motion)

### 2.6.1 ทิศทางของสนามแม่เหล็ก

ระหว่างขั้วของแม่เหล็กนั้นจะมีสนามไฟฟ้าปรากฏอยู่ ทิศทางของสนามแม่เหล็กนั้นเรียกว่า "ฟลักซ์แม่เหล็ก (Magnetic Flux)" ดังรูปที่ 2.9




**รูปที่ 2.9** ทิศทางสนามแม่เหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.6.2 การไหลของกระแสไฟฟ้า**

ในตอนนี้จะมาพิจารณาลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้ารอบลวดตัวนำ ดังแสดงในรูปที่ 2.10

**รูปที่ 2.10** ทิศทางสนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำ

การทำความเข้าใจในทิศทางฟลักซ์แม่เหล็กรอบลวดตัวนำ จะทำให้เข้าใจถึงทิศทางการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ ซึ่งทิศทางของฟลักซ์แม่เหล็กนั้นสามารถหาได้จาก "กฎมือซ้าย"

ในการใช้กฎมือซ้ายนั้นให้จินตนาการว่า ได้กำมือรอบลวดตัวนำ และนิ้วหัวแม่มือชี้ไปในทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า แล้วนิ้วทั้งสี่นิ้วที่ล้อมรอบลวดตัวนำ จะแสดงทิศทางของฟลักซ์แม่เหล็ก ยกตัวอย่างในรูปที่ 2.10 ทิศทางกระแสไฟฟ้าพุ่งเข้าไปในกระดาษ ดังนั้น ฟลักซ์แม่เหล็กจึงหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิการอบลวดตัวนำ

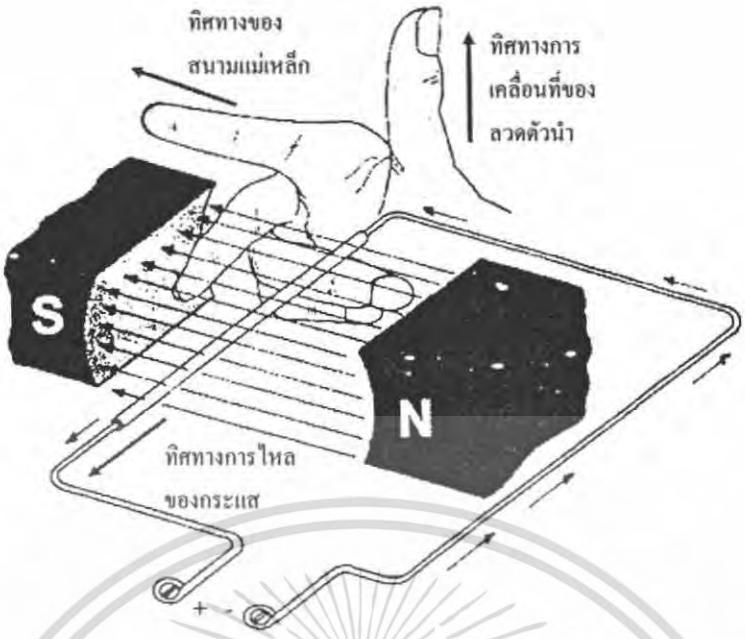
**2.6.3 ทิศทางการเหนี่ยวนำ**

เมื่อนำลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ไปวางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก จะทำให้สนามแม่เหล็กทั้งสองนั้นเกิดการรบกวนกัน ดังรูปที่ 2.11 จะมีแรงกระทำเกิดขึ้นกับลวดตัวนำ ทำให้ลวดตัวนำเคลื่อนที่ขึ้นด้านบน

ทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นนั้น จะขึ้นอยู่กับสนามแม่เหล็กระหว่างขั้วแม่เหล็กและทิศทางของการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ วิธีง่ายๆที่ใช้ในการหาทิศทางของแรงที่เกิดขึ้น คือ กฎมือขวา

ในรูปที่ 2.11 นิ้วชี้จะชี้ไปในทิศทางของฟลักซ์แม่เหล็ก นิ้วกลางชี้ไปในทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดตัวนำ และนิ้วหัวแม่มือชี้ไปในทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำหรือทิศทางของแรงที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



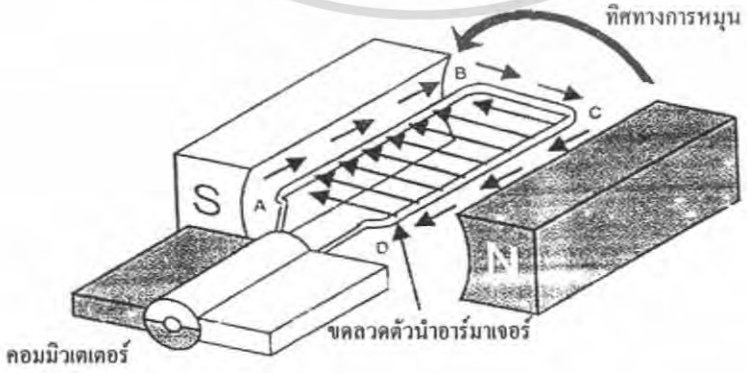

**รูปที่ 2.11** กฎมือขวา: ลวดตัวนำเคลื่อนที่ขึ้น

นั่นหมายความว่า ถ้ารู้ทิศทางของกระแสไฟฟ้า รู้ขั้วแม่เหล็กแล้ว จะสามารถหาทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำผ่านสนามแม่เหล็กได้

การใช้กฎมือขวากับรูปที่ 2.11 นั้น จะเห็นว่าลวดตัวนำจะเคลื่อนที่ขึ้นด้านบน ผ่านสนามแม่เหล็ก แต่ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลกลับไปอีกทิศทางหนึ่งลวดตัวนำจะเคลื่อนที่ลงด้านล่าง

ข้อควรจำอีกอย่างหนึ่งคือ ทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดตัวนำจะตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก และจะไม่มีแรงกระทำกับลวดตัวนำ หากทิศทางของกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กขนานกัน

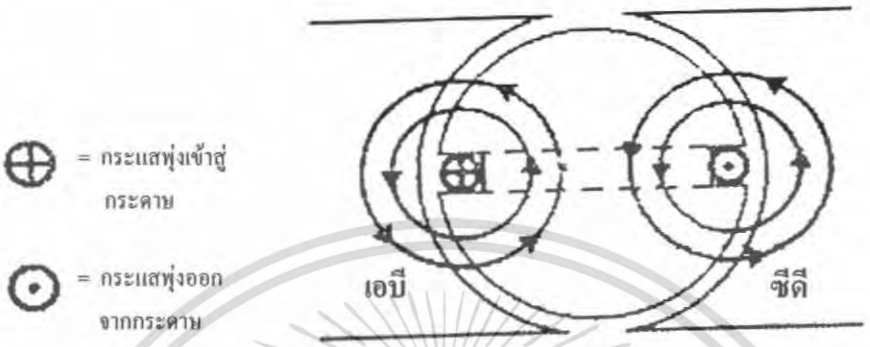
ในตอนนี้ จะเปลี่ยนจากลวดตัวนำเส้นเดียวไปเป็นลวดตัวนำอย่างง่าย ซึ่งขดลวดตัวนำนี้เรียกว่า "อาร์เมเจอร์ (Armature)" ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.12




**รูปที่ 2.12** ทิศทางการหมุนของขดลวดตัวนำอาร์เมเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.12 อาร์เมเจอร์ในส่วนเอบีและซีดี จะมีแรงกระทำเกิดขึ้นในทิศทางตรงข้ามกัน เพราะว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านนั้นมีทิศทางตรงข้ามกัน แรงที่เกิดขึ้นกับเอบีและซีดี นั้นทำให้อาร์เมเจอร์หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา และฟลักซ์แม่เหล็กที่หมุนรอบขดลวดอาร์เมเจอร์ในส่วนเอบีและซีดีนั้นมีทิศทางตรงข้ามกันด้วย ดังรูปที่ 2.13




**รูปที่ 2.13** เส้นแรงแม่เหล็กรอบขดลวดตัวนำอาร์เมเจอร์

เมื่อนำสนามแม่เหล็กใส่เข้าไปในรูปที่ 2.13 สนามแม่เหล็กทั้งสองจะเกิดการรบกวนที่ทำให้เกิดการหมุนหรือแรงบิดขึ้นบนขดลวด เส้นแรงต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2.14

**รูปที่ 2.14** การเบี่ยงเบนของสนามแม่เหล็ก

ปฏิกิริยาระหว่างสนามแม่เหล็กทั้งสอง ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนของสนามแม่เหล็กตรงที่สนามแม่เหล็กไม่ตรงนั้นทำให้อาร์เมเจอร์เกิดการหมุน จากรูปลวดตัวนำทางซ้าย (เอบี) มีแรงกระทำในทิศทางลง และลวดตัวนำทางขวา (ซีดี) มีแรงกระทำในทิศทางขึ้น ทำให้อาร์เมเจอร์หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

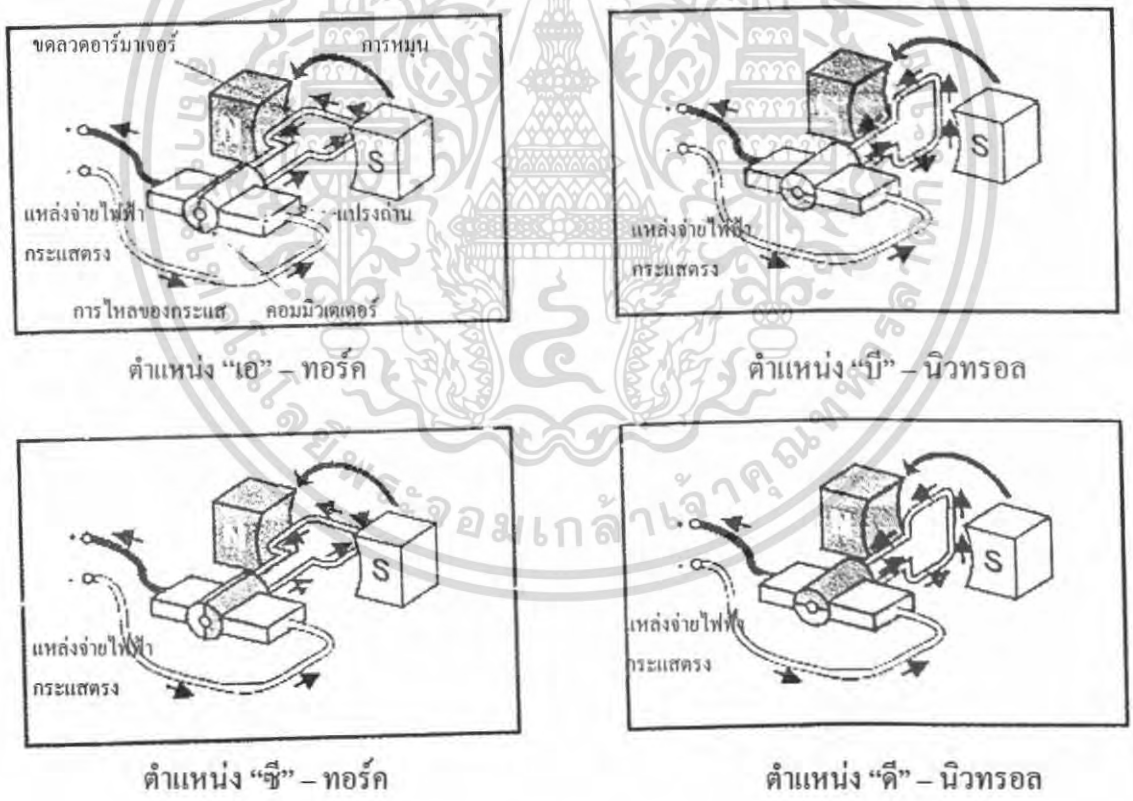
**2.6.4 คอมมิวเตเตอร์**

จากที่กล่าวมาข้างต้น เมื่ออาร์เมเจอร์อยู่ในตำแหน่งของมุมที่ถูกต้องกับสนามแม่เหล็ก ก็จะเกิดแรงทำให้เกิดการหมุน แต่อะไรจะเกิดขึ้นเมื่ออาร์เมเจอร์หมุนไป 180 องศา

ปัญหาที่เกิดขึ้นตรงนี้คือ สนามแม่เหล็กของลวดตัวนำจะมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางเดิม และจะผลักดันอาร์เมเจอร์ให้หมุนกลับไปเพื่อที่จะแก้ปัญหานี้ จะต้องทำการกลับทิศทางกระแสเมื่ออาร์เมเจอร์หมุนไปได้ครึ่งวงจรหรือ 180 องศา ซึ่งจะทำให้สนามแม่เหล็กนั้นยังคงรักษาทิศทางการหมุนเดิมไว้

อุปกรณ์ที่เรียกว่า "คอมมิวเตเตอร์ (Commutator)" ถูกนำมาใช้แก้ปัญหานี้ มีแปรงถ่าน (Brush) อยู่สองอัน ซึ่งอันหนึ่งต่อกับไฟบวกและอีกอันต่อกับไฟลบ แปรงถ่านนี้จ่ายกระแสไฟฟ้าเข้ากับคอมมิวเตเตอร์

ในขณะที่อาร์เมเจอร์ และคอมมิวเตเตอร์หมุนไปพร้อมกัน ตัวคอมมิวเตเตอร์จะทำการกลับทิศทางกระแส ซึ่งทำให้สนามแม่เหล็กยังคงอยู่ในทิศทางที่ทำให้อาร์เมเจอร์ยังคงหมุนในทิศทางเดิม แสดงดังรูปที่ 2.15




**รูปที่ 2.15** คอมมิวเตเตอร์ทำการกลับทิศทางกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 เซอร์โว

เซอร์โว (Servo) ประกอบด้วยมอเตอร์ที่มีความเร็วภายในสูงภายในมีเฟืองทดรอบให้หมุนช้าลง เพื่อจะได้กำลังแรงบิดที่สูงขึ้น เซอร์โวมีมอเตอร์ทดเฟืองขนาดเล็กโดยมีแกนส่งกำลัง 1 อัน โดยปกติเซอร์โวจะหมุนได้เพียง 180 องศาเท่านั้น หรือบางตัวอาจจะถึง 210 องศาขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต และแกนส่งกำลังนี้สามารถที่จะควบคุมทิศทางที่หันไปหรือตำแหน่งที่ต้องการได้ โดยการส่งรหัสควบคุมให้กับตัวเซอร์โว ตำแหน่งของแกนกำลังจะอยู่มุมเดิมได้นั้นจะต้องมีการส่งสัญญาณดังกล่าวเข้าที่ขาอินพุตตลอดเวลา เซอร์โวสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ได้หลากหลาย เช่น เครื่องเล่นที่บังคับด้วยวิทยุ โดยนำเซอร์โวมาบังคับเลี้ยวและควบคุมอัตราการวิ่งของรถบังคับวิทยุ ควบคุมปีกของเครื่องบินหรือหางเสือเรือ และการเดินของหุ่นยนต์ เป็นต้น

### 2.7.1 หลักการทำงานของเซอร์โว

เซอร์โวมีวงจรควบคุมการหมุนโดยใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ (VR) ค่า 5 กิโลโอห์ม ตัวต้านทานนี้จะติดอยู่กับแกนส่งกำลัง เพื่อใช้ในการวัดองศาของแกนหมุนโดยใช้วงจรร่วมกับวงจรควบคุมการกำหนดหมุนของเซอร์โว ถ้าแกนอยู่ในมุมที่ถูกต้องมอเตอร์ก็จะปิดเองอัตโนมัติ แต่ถ้าวงจรตรวจสอบพบว่ามุมยังไม่ถูกต้อง มอเตอร์ก็จะหมุนไปในทางที่ถูกจนกระทั่งได้มุมที่ถูกต้องและจะหยุดอยู่ตรงนั้นตลอดไปจนกว่าจะมีการป้อนข้อมูลเข้ามาใหม่ ตัวแกนของเซอร์โวนี้สามารถหมุนได้เพียง 180-210 องศา (เนื่องจากตัวต้านทานปรับค่าได้หมุนได้เท่านี้) และสามารถสั่งให้เซอร์โว ทำการกำหนดองศาของการหมุนได้ โดยการส่งสัญญาณพัลส์ ค่าระหว่าง 1.5 มิลลิวินาที ถึง 2 มิลลิวินาที

เซอร์โวจะมีสายไฟสามเส้น คือ สายไฟเลี้ยง สายไฟกราวด์ และสายสัญญาณพัลส์ควบคุม ซึ่งลักษณะของสัญญาณพัลส์ ที่ใช้ควบคุมตำแหน่งของเซอร์โวจะเป็นการส่งสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างแตกต่างกัน เพื่อให้เซอร์โวหมุนไปในตำแหน่งที่ต้องการ โดยที่ความกว้างของพัลส์จะเป็นตัวกำหนดขนาดและทิศทางของการหมุนเซอร์โว สำหรับคาบเวลาหรือระยะห่างระหว่างพัลส์แต่ละลูกจะเป็นตัวกำหนดแรงบิดของเซอร์โว

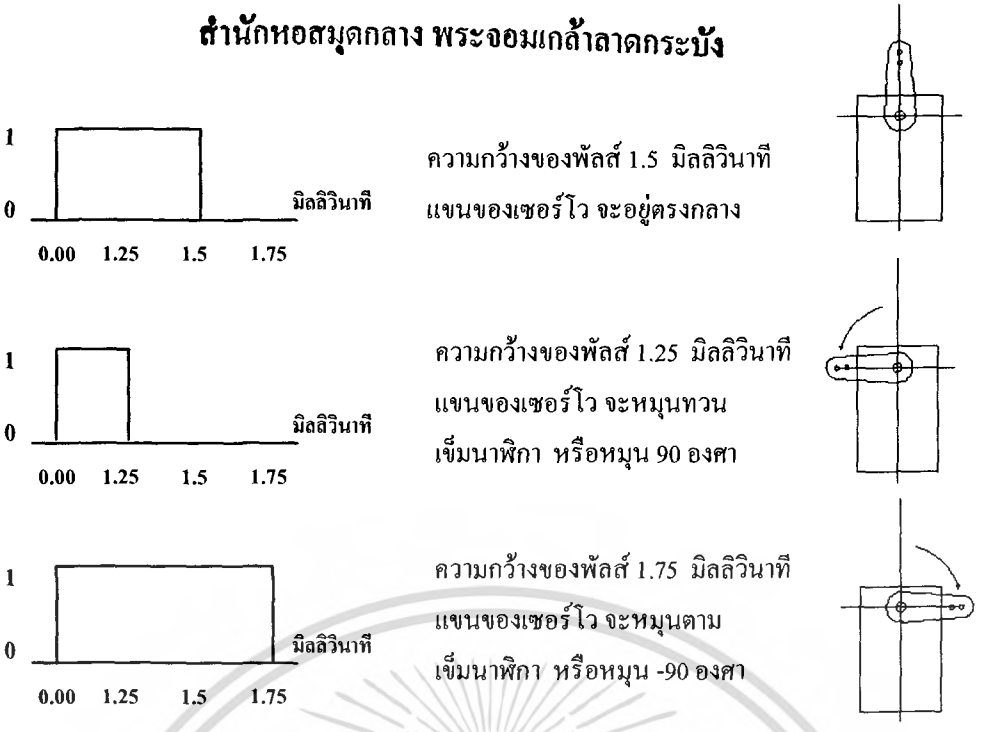
ถ้ากำหนดให้สภาวะปกติ เมื่อป้อนพัลส์ที่เหลี่ยม ที่มีความกว้างขนาด 1.5 มิลลิวินาที ให้กับเซอร์โว แขนของเซอร์โวจะอยู่ตำแหน่งตรงกลาง

เมื่อป้อนพัลส์สี่เหลี่ยม ที่มีความกว้างขนาดน้อยกว่า 1.25 มิลลิวินาที (น้อยกว่า 1.5 มิลลิวินาที) แขนของเซอร์โวจะหมุนทวนเข็มนาฬิกาหรือหมุน 90 องศา

เมื่อป้อนพัลส์สี่เหลี่ยม ที่มีความกว้างขนาด 1.75 มิลลิวินาที (มากกว่า 1.5 มิลลิวินาที) แขนของเซอร์โวจะหมุนตามเข็มนาฬิกาหรือหมุน -90 องศา ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง




**รูปที่ 2.16** การตอบสนองของเซอร์โวต่อสัญญาณพัลส์ในความกว้างที่ต่างกัน

ดังนั้น ถ้าจ่ายสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างมาก หรือ น้อยกว่าความกว้างของพัลส์ 1.5 มิลลิวินาที ก็จะทำให้เซอร์โวหมุนต่างทิศกัน ทั้งตามเข็มและทวนเข็มนาฬิกา โดยตำแหน่งของแกนหมุนเซอร์โว จะเบี่ยงเบนออกจากจุดกึ่งกลาง เป็นสัดส่วนกับความกว้างของพัลส์ที่จ่ายให้

### 2.7.2 การทำงานภายในของเซอร์โว

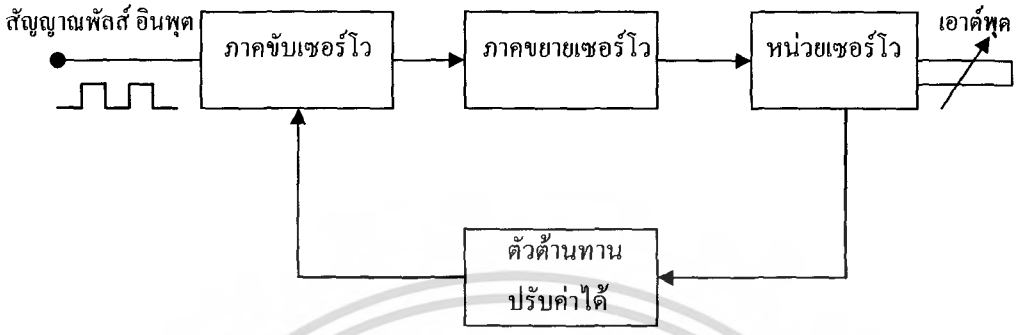
ในเซอร์โวหนึ่งตัวจะประกอบไปด้วย 3 ภาค ซึ่งแต่ละภาคมีหน้าที่และการทำงานดังนี้

- ภาคขับเซอร์โว ประกอบด้วย วงจรสร้างสัญญาณพัลส์ และวงจรเปรียบเทียบสัญญาณพัลส์ที่สร้างขึ้น กับสัญญาณพัลส์อินพุตที่รับเข้ามา
- ภาคขยายเซอร์โว ประกอบด้วย วงจรอาร์ซีเน็ตเวิร์ค (RC Network) ที่ช่วยหน่วงสัญญาณให้เซอร์โวสามารถทำงานได้ตลอดเวลา จนกระทั่งมีสัญญาณลูกต่อไปมา รวมถึงวงจรกลับขั้วแรงดันไฟฟ้าควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์
- หน่วยเซอร์โว ประกอบด้วยมอเตอร์ความเร็วสูง เฟืองทดรอบ แกนหมุน อุปกรณ์ต่างๆ และ ตัวต้านทานปรับค่าได้ ทำหน้าที่ป้อนกลับตำแหน่ง (Position Feedback)

72037

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.17 แสดงการทำงานของเซอร์โว ในขณะที่มอเตอร์หมุน ตัวต้านทานปรับค่าได้ จะถูกปรับค่าป้อนกลับ กลับมาปรับและเปรียบเทียบค่าความกว้างของพัลส์ที่ภาคขับเซอร์โว เมื่อขนาดความกว้างของพัลส์ มีค่าเฉลี่ยของแรงดันเท่ากันมอเตอร์จะหยุดหมุนทันที




**รูปที่ 2.17** การทำงานของเซอร์โว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# การออกแบบและพัฒนา

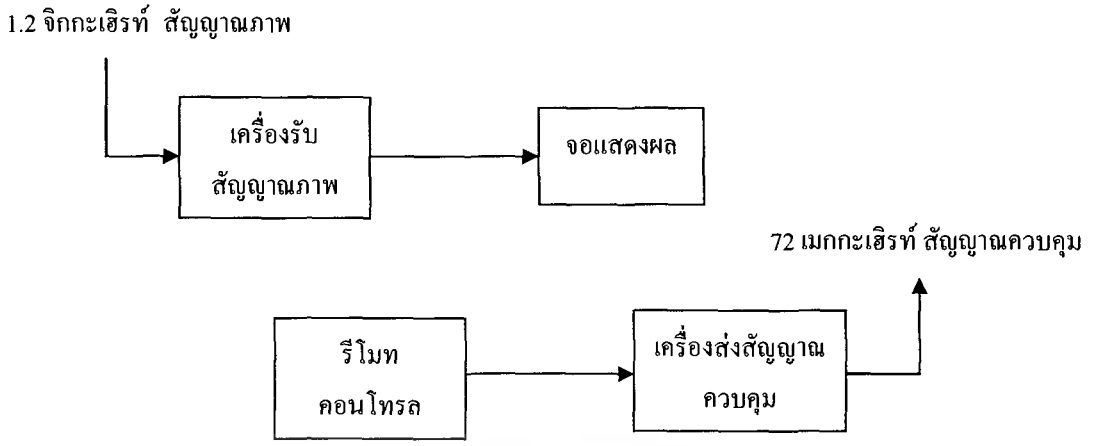
หุ่นยนต์สอดแนมในโครงงานนี้ ถูกออกแบบให้มีความแข็งแรงโดยใช้อลูมิเนียมเป็นโครงสร้างหลัก และเพื่อความสามารถในการเคลื่อนที่บนสภาพพื้นผิวที่ยากลำบากจึงได้ใช้สายพานที่ส่งกำลังจากเฟืองอลูมิเนียม โดยมีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีเฟืองทดรอบภายในเป็นตัวขับเคลื่อน สำหรับการพัฒนาหุ่นยนต์สอดแนม ได้กำหนดให้มีการควบคุมการทำงานด้วยรีโมทคอนโทรล สามารถทำงานได้ในระยะไกล สามารถปฏิบัติงานได้ทั้งในที่โล่งแจ้ง ภายในอาคาร หรือช่องทางแคบๆ ที่มีพื้นราบ หรือมีสิ่งกีดขวางขนาดเล็ก และสุดท้ายหุ่นยนต์สอดแนมสามารถนำภาพส่งกลับมายังผู้ควบคุมได้ ทำให้สามารถรับรู้สถานการณ์ต่างๆ ไปพร้อมกับการบังคับหุ่นยนต์ซึ่งเป็นสิ่งที่มีประโยชน์ สามารถช่วยลดอัตราเสี่ยงของผู้เข้าไปสอดแนมในสถานที่ต่างๆ นั้น โดยใช้หุ่นยนต์ในการสอดแนมแทน

## 3.1 การออกแบบระบบควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์

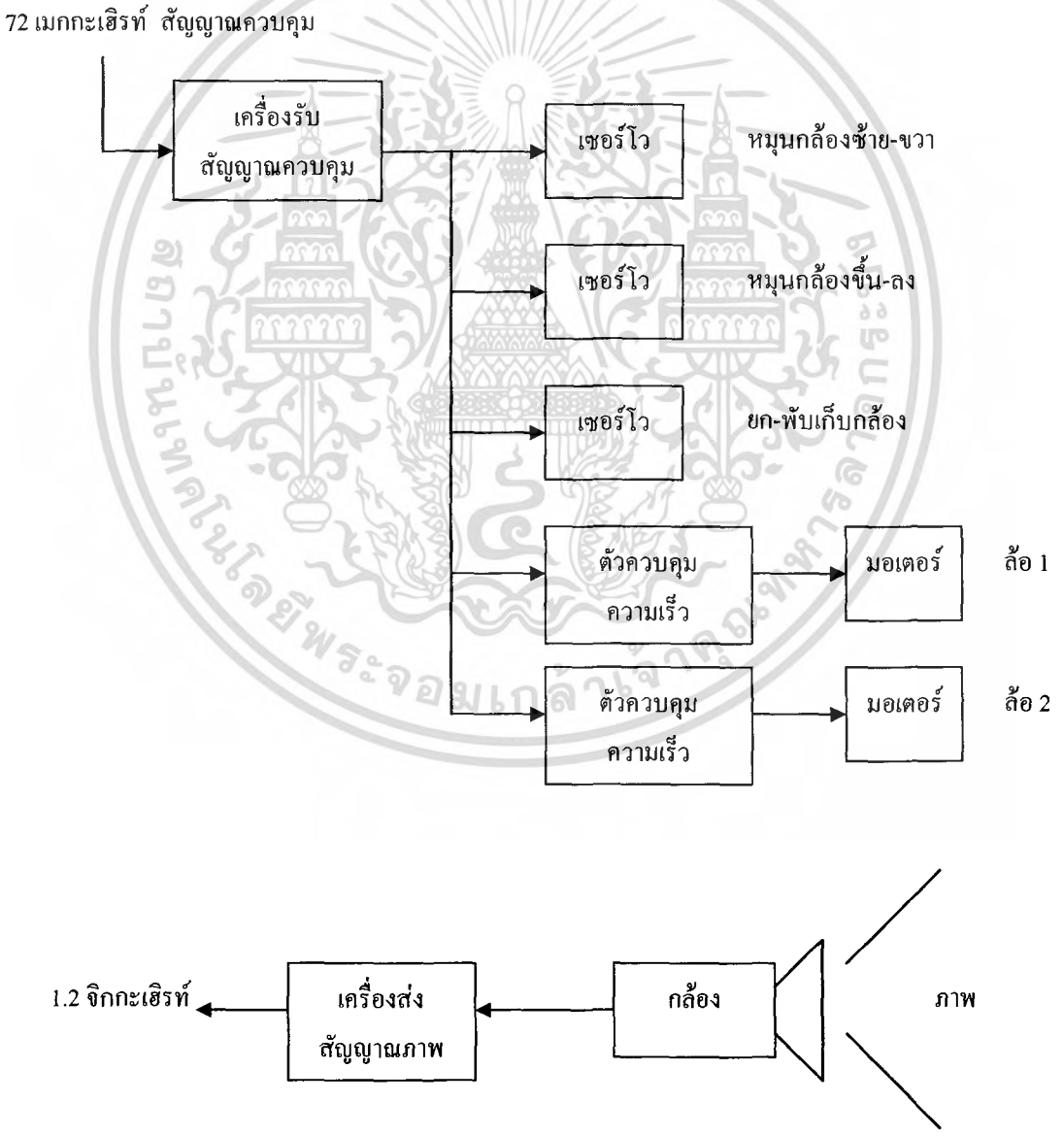
หุ่นยนต์สอดแนมเป็นหุ่นยนต์ไร้สาย ควบคุมการทำงานผ่านรีโมทคอนโทรล โดยใช้คลื่นวิทยุ (Radio Frequency) ในการสื่อสารระหว่างรีโมทคอนโทรลและตัวหุ่นยนต์ โดยใช้ความถี่คลื่นวิทยุขนาด 1.2 จิกกะเฮิรท์ สำหรับการรับสัญญาณภาพและใช้ความถี่ 72 เมกกะเฮิรท์ในการส่งสัญญาณควบคุม โดยแผนภาพแสดงการรับและส่งสัญญาณของรีโมทคอนโทรลแสดงในรูปที่ 3.1

รีโมทคอนโทรลจะรับสัญญาณภาพและแสดงผลออกสู่หน้าจอแอลซีดี โดยแสดงตรงกับเวลาจริง จากปุ่มกดบนรีโมทคอนโทรลสามารถสั่งการให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่เดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และหมุนรอบตัวได้ นอกจากนั้นแล้วยังสามารถสั่งปรับมุมกล้องบนตัวหุ่นยนต์ให้ก้มเงยและหมุนซ้ายขวาได้ ส่วนวงจรอิเล็กทรอนิกส์บนตัวหุ่นยนต์นั้นแบ่งออกเป็น สองส่วนดังนี้ คือ ส่วนของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรง 2 ตัว สำหรับขับเคลื่อนล้อทั้งสองข้าง และวงจรขับเคลื่อนเซอร์โว เพื่อใช้ในการหมุนปรับทิศทางของกล้อง แผนภาพแสดงการทำงานแสดงดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



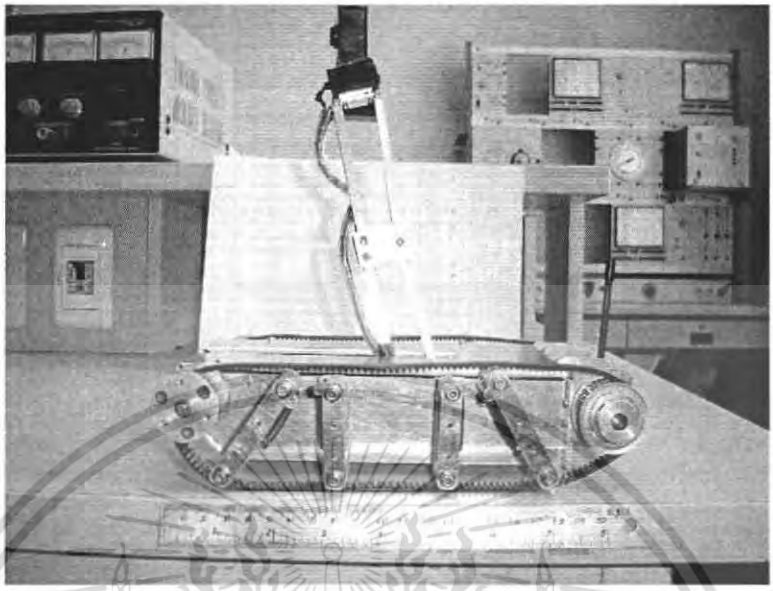

**รูปที่ 3.1** แผนผังการทำงานของรีโมทคอนโทรล




**รูปที่ 3.2** การทำงานของหุ่นยนต์สอดแนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2 โครงสร้างทางกลของหุ่นยนต์สอดแนม



**รูปที่ 3.3** โครงสร้างทางกลของหุ่นยนต์สอดแนม

โครงสร้างของหุ่นยนต์สอดแนม มีขนาดประมาณ 22x25x7 เซนติเมตร ทำจากอลูมิเนียมเป็นโครงสร้างหลัก เพื่อความแข็งแรง ทนทาน และให้มีน้ำหนักเบา ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์กระแสตรงขนาด 7.4 โวลต์ ใช้ระบบเคลื่อนที่แบบสายพานเพื่อการเคลื่อนได้อย่างคล่องแคล่วและเหมาะสมกับการปีนป่าย บนหุ่นยนต์ได้ติดตั้งกล้องที่สามารถก้มและเงยได้ 90 องศา และสามารถหมุนซ้ายและขวาได้ 90 องศา ทำให้การสอดแนมมีประสิทธิภาพมากขึ้น แสดงโครงสร้างทางกลของหุ่นยนต์สอดแนมดังรูปที่ 3.3

การออกแบบหุ่นยนต์สอดแนมสามารถแยกการออกแบบเป็นสามส่วนใหญ่ๆ ดังนี้

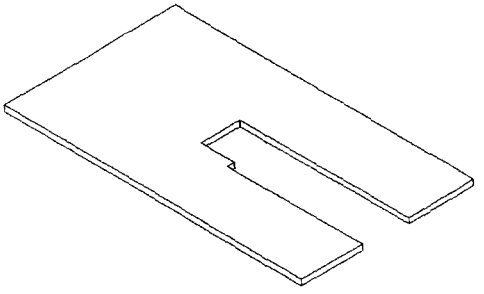
1. ชิ้นส่วนตัวถัง
2. ชุดควบคุมกล้อง
3. ชุดขับเคลื่อน

**3.2.1 ชิ้นส่วนตัวถัง** ประกอบไปด้วยหลายส่วนดังนี้

**3.2.1.1 แผ่นประกอบฐานหุ่นยนต์**

แผ่นประกอบฐานหุ่นยนต์สร้างจากอลูมิเนียมชนิดแผ่น เพื่อเป็นฐานของโครงสร้างและให้มีความแข็งแรง โดยมีขนาดความกว้าง 98 มิลลิเมตร ยาว 169 มิลลิเมตร และหนา 3 มิลลิเมตร ทำหน้าที่หลักเป็นในการยึดโครงสร้าง โครงสร้างแผ่นประกอบฐานของหุ่นยนต์ออกแบบเพื่อรองรับชิ้นส่วนต่างๆ แสดงดังรูปที่ 3.4 (ดูรายละเอียดได้ที่ภาคผนวก ก)

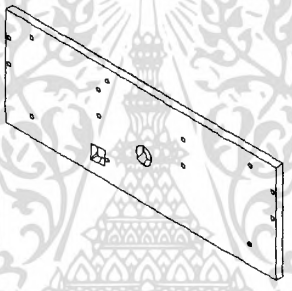
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 3.4** แผ่นประกอบฐานหุ่นยนต์

**3.2.1.2 แผ่นประกอบด้านหลังหุ่นยนต์**

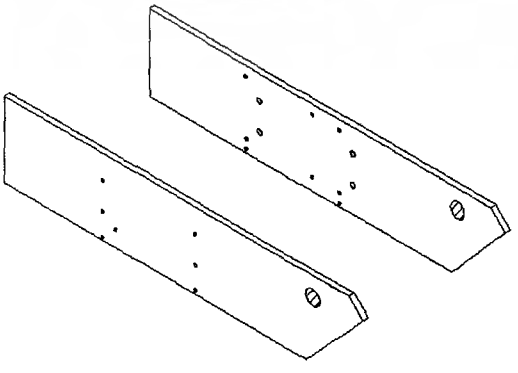
แผ่นประกอบด้านหลังหุ่นยนต์สร้างจากอลูมิเนียมชนิดแผ่น เพื่อยึดแผ่นรองรับมอเตอร์ โดยมีขนาดความกว้าง 43 มิลลิเมตร ยาว 121 มิลลิเมตร และหนา 3 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 3.5 (ดูรายละเอียดได้ที่ภาคผนวก ก)



**รูปที่ 3.5** แผ่นประกอบด้านหลังหุ่นยนต์

**3.2.1.3 แผ่นประกอบด้านซ้ายและด้านขวาหุ่นยนต์**

แผ่นประกอบด้านซ้ายและด้านขวาหุ่นยนต์สร้างจากอลูมิเนียมชนิดแผ่น มีขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 3.6 (ดูรายละเอียดได้ที่ภาคผนวก ก)

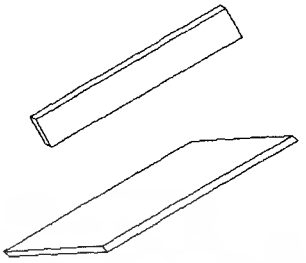


**รูปที่ 3.6** แผ่นประกอบด้านซ้ายและด้านขวาหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2.1.4 แผ่นประกอบด้านหน้าหุ่นยนต์**

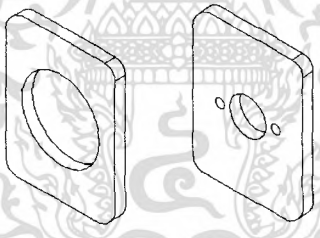
แผ่นประกอบด้านหน้าหุ่นยนต์สร้างจากอลูมิเนียมชนิดแผ่น จำนวน 2 แผ่น โดยมีขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 3.7 (ดูรายละเอียดได้ที่ภาคผนวก ก)



**รูปที่ 3.7** แผ่นประกอบด้านหน้าหุ่นยนต์

**3.2.1.5 แผ่นรองรับมอเตอร์**

แผ่นรองรับมอเตอร์สร้างจากอลูมิเนียมชนิดแผ่น จำนวน 2 แผ่น โดยมีขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร นำมาเจาะรูสำหรับรองรับมอเตอร์กระแสตรง ติดตั้งไว้ด้านหลังของหุ่นยนต์ แสดงดังรูปที่ 3.8 (ดูรายละเอียดได้ที่ภาคผนวก ก)

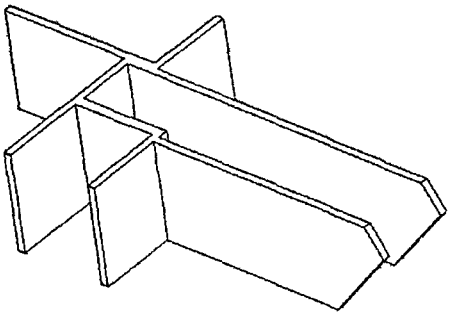


**รูปที่ 3.8** แผ่นรองรับมอเตอร์

**3.2.1.6 แผ่นกั้นอุปกรณ์ภายใน**

แผ่นกั้นอุปกรณ์ภายในสร้างจากอลูมิเนียมชนิดแผ่น จำนวน 7 แผ่นประกอบเข้าด้วยกัน ซึ่งแต่ละแผ่นทำหน้าที่ในการกั้นอุปกรณ์ภายในแต่ละชิ้น โดยมีขนาดความหนา 3 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 3.9

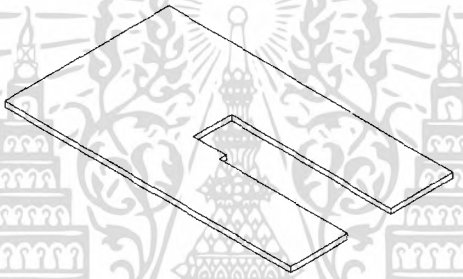
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 3.9** แผ่นกั้นอุปกรณ์ภายใน

**3.2.1.7 ฝาครอบวงจรและอุปกรณ์ภายใน**

ฝาครอบวงจรและอุปกรณ์ภายในสร้างจากอลูมิเนียมชนิดแผ่น โดยมีขนาดความกว้าง 104 มิลลิเมตร ยาว 169 มิลลิเมตร และหนา 3 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 3.10

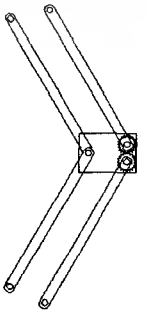


**รูปที่ 3.10** ฝาครอบวงจรและอุปกรณ์ภายใน

**3.2.2 ชุดควบคุมกล้อง** ประกอบไปด้วย 3 ส่วน ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**3.2.2.1 เสากล้อง**

เสากล้องสร้างจากอลูมิเนียมชนิดแผ่น จำนวน 12 แผ่น ประกอบเข้าด้วยกัน โดยมีความหนา 2 มิลลิเมตร ซึ่งมีเฟือง 2 ชิ้น และสปริงเป็นส่วนประกอบที่สำคัญ แสดงดังรูปที่ 3.11 (ดูรายละเอียดได้ที่ภาคผนวก ก)

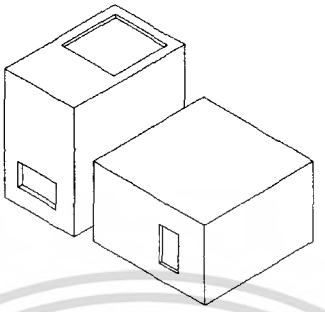


**รูปที่ 3.11** เสากล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.2.2.2 กล่องใส่เซอร์โว**

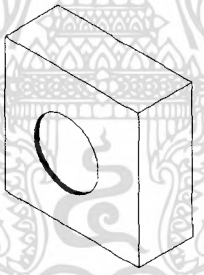
กล่องใส่เซอร์โวสร้างจากอะคลิลิก จำนวน 6 แผ่น ประกอบเข้าด้วยกัน โดยมีขนาดความหนา 2 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 3.12 (ดูรายละเอียดได้ที่ภาคผนวก ก)



**รูปที่ 3.12** กล่องใส่เซอร์โวทั้ง 2 ชุด

**3.2.2.3 กล่องใส่กล้อง**

กล่องใส่กล้องสร้างจากอะคลิลิก จำนวน 6 แผ่น ประกอบเข้าด้วยกัน โดยมีขนาดความหนา 2 มิลลิเมตร แสดงดังรูปที่ 3.13 (ดูรายละเอียดได้ที่ภาคผนวก ก)



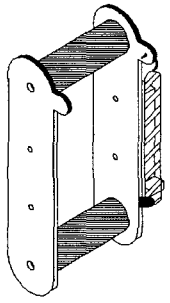
**รูปที่ 3.13** กล่องใส่กล้อง

**3.2.3 ชุดขับเคลื่อน** ประกอบด้วย 4 ส่วน ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

**3.2.3.1 ชุดลดการสั่นสะเทือน**

ชุดลดการสั่นสะเทือนสร้างจากอลูมิเนียมชนิดแผ่น 1 ชุด ประกอบด้วยอลูมิเนียมจำนวน 2 แผ่น มีขนาดความหนา 2 มิลลิเมตร นำมาเจาะรูสำหรับติดตั้งตลับลูกปืน โดยมีล้อช่วยขนาดเล็กสำหรับช่วยเฟืองขับพยุงสายพาน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความกว้างของล้อเท่ากับ 10 และ 20 มิลลิเมตรตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 3.14 (ดูรายละเอียดได้ที่ภาคผนวก ก)

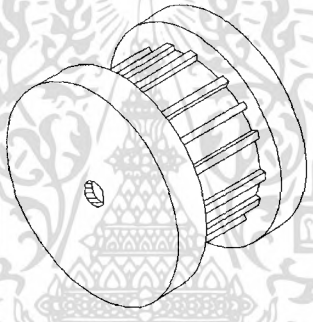
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 3.14** ชุดลดการสั่นสะเทือน

**3.2.3.2 เฟืองช่วยขับเคลื่อน**

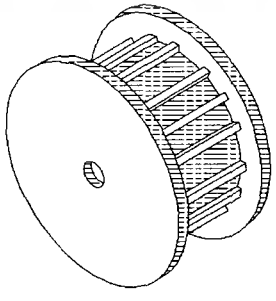
เฟืองช่วยขับเคลื่อนผลิตจากอลูมิเนียมชนิดแท่ง นำมาดัดแปลงสำหรับช่วยขับเคลื่อนสายพาน โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางและความกว้างของเฟืองเท่ากับ 21 และ 20 มิลลิเมตร ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 3.15



**รูปที่ 3.15** เฟืองช่วยขับเคลื่อน

**3.2.3.3 เฟืองขับเคลื่อน**

เฟืองขับเคลื่อนผลิตจากอลูมิเนียมชนิดแท่ง นำมาดัดแปลงสำหรับเป็นตัวขับเคลื่อนสายพาน โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความกว้างของเฟืองเท่ากับ 23 และ 17 มิลลิเมตร ตามลำดับแสดงดังรูปที่ 3.16 (ดูรายละเอียดได้ที่ภาคผนวก ก)



**รูปที่ 3.16** เฟืองขับเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

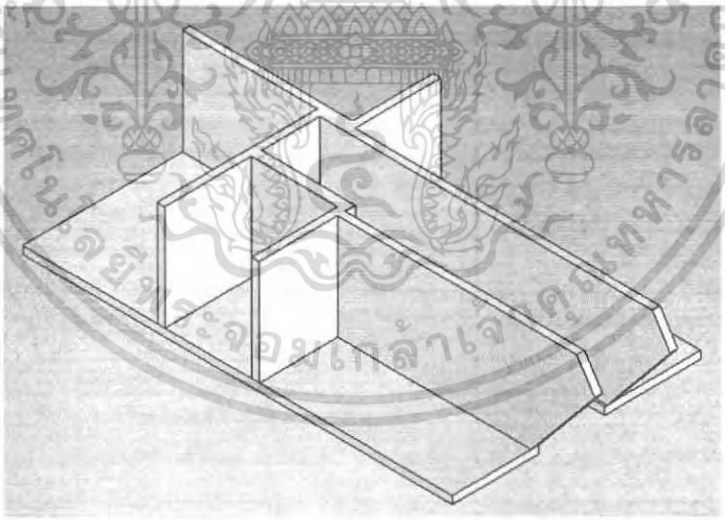
**3.2.3.4 มอเตอร์กระแสตรง**

มอเตอร์กระแสตรงทดเฟืองภายในของบริษัท Namiki ขนาด 12 โวลต์ ความเร็ว 175 รอบต่อนาที แสดงดังรูปที่ 3.17

**รูปที่ 3.17** มอเตอร์กระแสตรง

## 3.3 การประกอบหุ่นยนต์สอดแนม

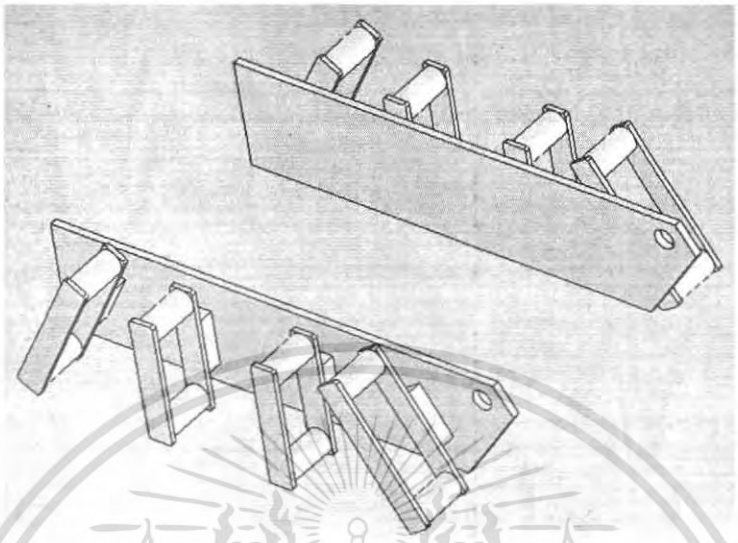
การประกอบหุ่นยนต์สอดแนมได้ หลังจากที่สร้างแผ่นประกอบฐานหุ่นยนต์ แผ่นกั้นอุปกรณ์ภายใน และแผ่นประกอบด้านซ้าย ขวา หน้า และหลัง ซึ่งในขั้นแรกนำโครงสร้างแผ่นกั้นอุปกรณ์ภายในมาประกบกัน และประกอบเข้ากับแผ่นประกอบฐานของหุ่นยนต์ แสดงดังรูปที่ 3.18



**รูปที่ 3.18** การประกอบแผ่นกั้นอุปกรณ์ภายในเข้ากับแผ่นประกอบฐานของหุ่นยนต์

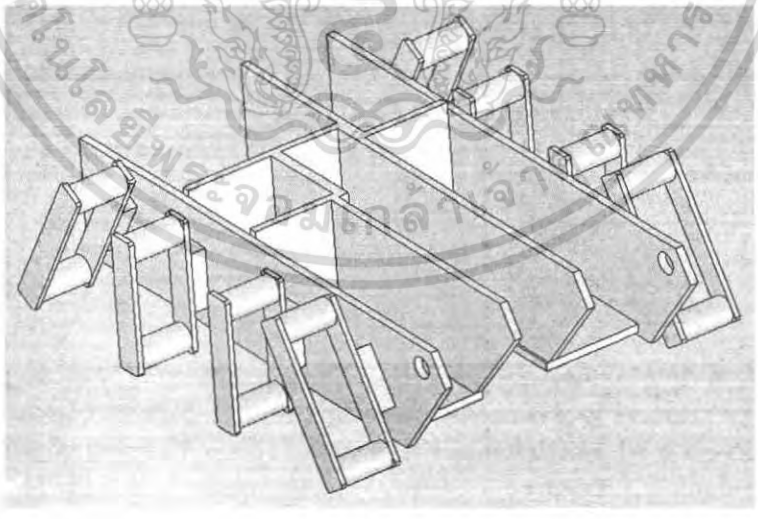
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนต่อไป ประกอบชุดลดการสั่นสะเทือนเข้ากับแผ่นประกอบด้านซ้ายและขวา แสดงดังรูปที่ 3.19



**รูปที่ 3.19** การประกอบชุดลดการสั่นสะเทือนเข้ากับแผ่นประกอบด้านซ้ายและขวา

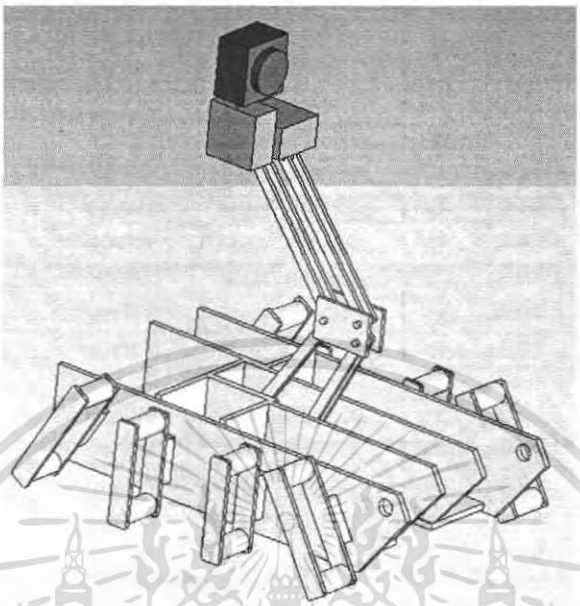
เมื่อประกอบชุดลดการสั่นสะเทือนเข้ากับแผ่นประกอบด้านซ้ายและขวาเรียบร้อยแล้ว ขั้นต่อไป นำโครงสร้างแผ่นกั้นอุปกรณ์ภายในซึ่งประกอบเข้ากับแผ่นประกอบฐานของหุ่นยนต์เข้ามาประกอบกับแผ่นประกอบซ้ายและขวา แสดงดังรูปที่ 3.20



**รูปที่ 3.20** การประกอบชุดโครงสร้างหลัก

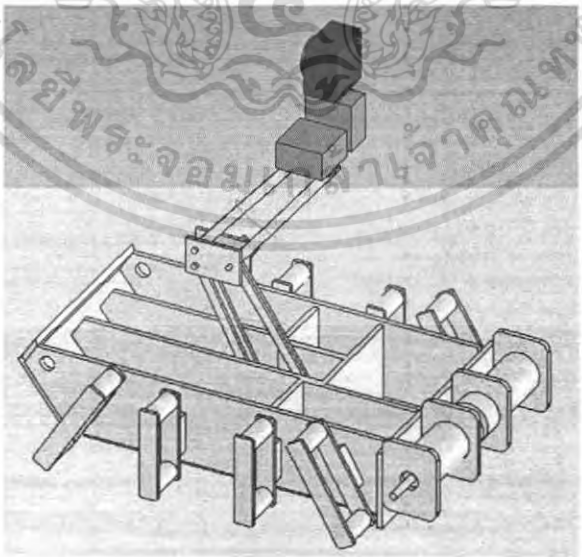
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนต่อไป ประกอบเสากล้องซึ่งยึดเซอร์โวและกล้องเรียบร้อยแล้วเข้ากับโครงสร้างหลักของหุ่นยนต์ แสดงดังรูป 3.21



**รูปที่ 3.21** การประกอบเสากล้องเข้ากับโครงสร้างหลัก

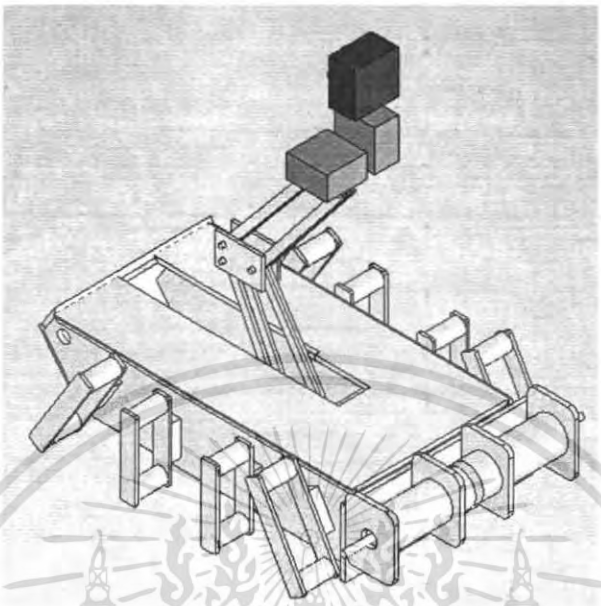
ขั้นต่อไป นำแผ่นรองมอเตอร์ซึ่งยึดกับมอเตอร์เรียบร้อยแล้วและแผ่นประกอบด้านหน้ามาประกอบเข้ากับโครงสร้างหลักของหุ่นยนต์ แสดงดังรูปที่ 3.22



**รูปที่ 3.22** การประกอบแผ่นรองมอเตอร์และแผ่นประกอบด้านหน้ากับโครงสร้างหลัก

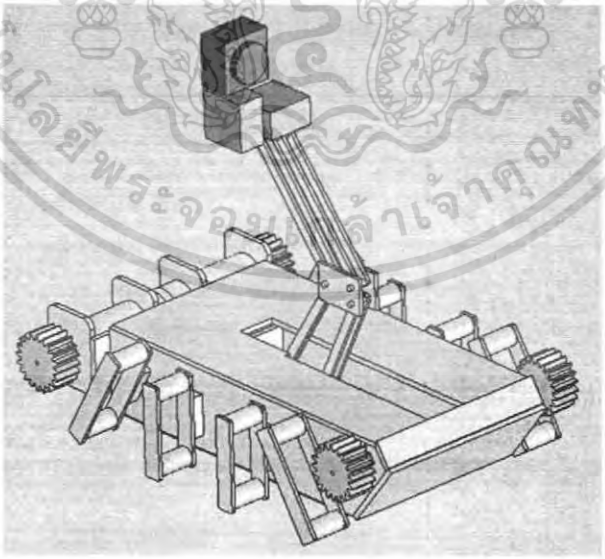
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนต่อไป ประกอบฝาครอบวงจรและอุปกรณ์ภายในกับโครงสร้างหลักของหุ่นยนต์ แสดงดังรูปที่ 3.23



**รูปที่ 3.23** ประกอบฝาครอบวงจรและอุปกรณ์ภายในเข้ากับโครงสร้างหลัก

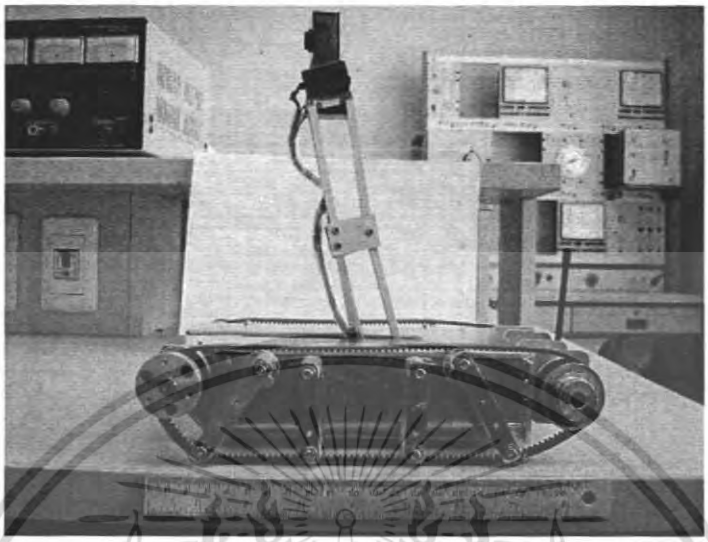
ขั้นตอนต่อไป ประกอบเฟืองขับเคลื่อนและเฟืองช่วยขับเคลื่อนกับโครงสร้างหลักของหุ่นยนต์ แสดงดังรูปที่ 3.24



**รูปที่ 3.24** การประกอบเฟืองขับเคลื่อนและเฟืองช่วยขับเคลื่อนกับโครงสร้างหลัก

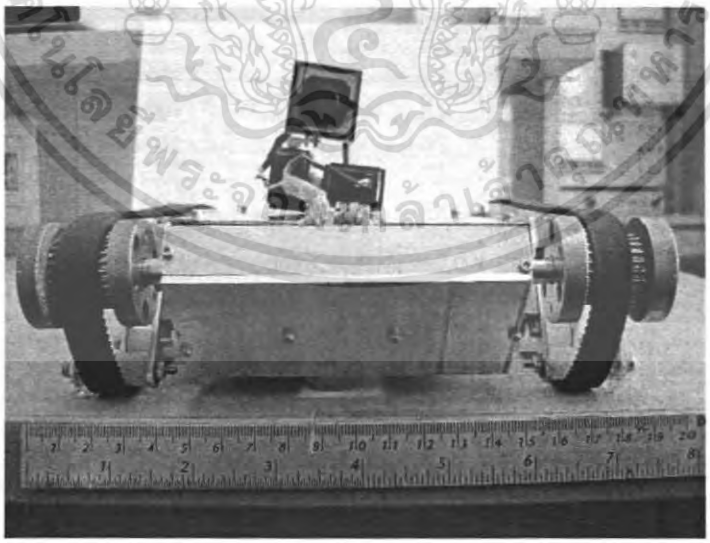
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการใส่สายพานให้กับหุ่นยนต์ และตั้งระยะความตึงของสายพานเพื่อความเหมาะสม เมื่อประกอบหุ่นยนต์สมบูรณ์ จะมีหุ่นยนต์ที่สมบูรณ์แบบ ดังรูปที่ 3.25



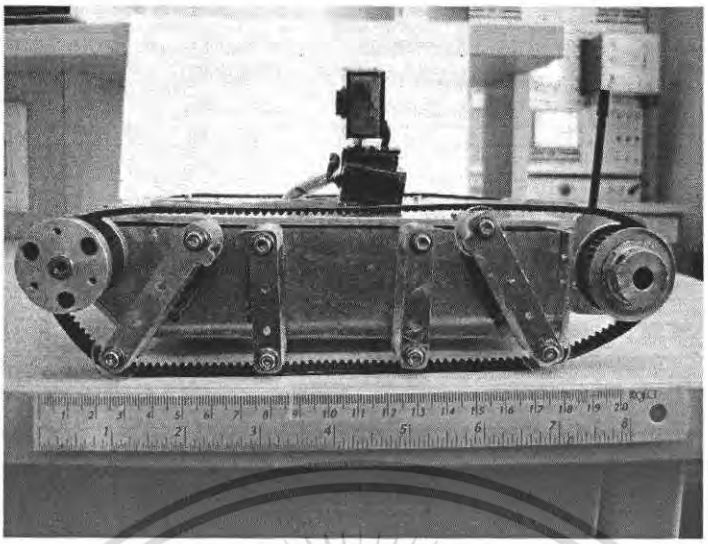
**รูปที่ 3.25** หุ่นยนต์สอดแนมเมื่อประกอบเสร็จสมบูรณ์

จากรูปที่ 3.25 ผลของการสร้างหุ่นยนต์ตามที่ออกแบบไว้ มีขนาดของความยาวประมาณ 22 มิลลิเมตร ขนาดของความกว้างประมาณ 25 มิลลิเมตร ขนาดของความสูงประมาณ 7 มิลลิเมตร แสดงรูปหุ่นยนต์สอดแนมในมุมต่างๆ ดังรูปที่ 3.26 รูปที่ 3.27 และรูปที่ 3.28

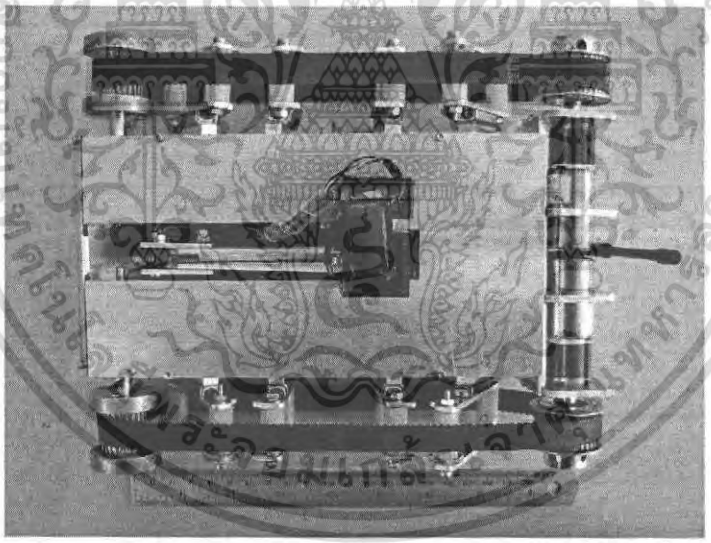


**รูปที่ 3.26** หุ่นยนต์สอดแนมที่ออกแบบ(ด้านหน้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 3.27** หุ่นยนต์สอดแนมที่ออกแบบ(ด้านข้าง)



**รูปที่ 3.28** หุ่นยนต์สอดแนมที่ออกแบบ(ด้านบน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.4 อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์

### 3.4.1 แหล่งพลังงาน

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นในการให้พลังงานแก่หุ่นยนต์สอดแนม สำหรับในการออกแบบหุ่นยนต์ได้เลือกใช้แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมโพลิเมอร์เนื่องจากแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมโพลิเมอร์มีข้อดีดังนี้

1. แบตเตอรี่มีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับพลังงานที่ได้
2. แบตเตอรี่มีน้ำหนักเบา
3. แบตเตอรี่มีรูปแบบของการบรรจุได้หลายแบบและไม่จำเป็นต้องใช้โลหะที่ผิวนอก
4. แบตเตอรี่มีความปลอดภัยในการใช้งานสูง
5. แบตเตอรี่มีความสามารถในการคายประจุไฟฟ้าได้หลายเท่าของความจุในการประจุไฟของตัวแบตเตอรี่เอง

การออกแบบหุ่นยนต์ในโครงงานนี้ แบ่งแหล่งจ่ายพลังงานออกเป็นสามส่วน ดังนี้

1. แหล่งจ่ายพลังงานมอเตอร์ เลือกใช้แบตเตอรี่ที่มีแรงดัน 3.7 โวลต์ ความจุ 800 มิลลิแอมป์ จำนวน 2 เซลล์ จำนวน 2 ชุด ดังรูปที่ 3.29

**รูปที่ 3.29** แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมโพลิเมอร์ความจุ 800 มิลลิแอมป์

2. แหล่งจ่ายพลังงานชุดส่งสัญญาณภาพ เลือกใช้แบตเตอรี่ที่มีแรงดัน 3.7 โวลต์ ความจุ 1800 มิลลิแอมป์ จำนวน 3 เซลล์ ดังรูปที่ 3.30

**รูปที่ 3.30** แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมโพลิเมอร์ความจุ 1800 มิลลิแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. แหล่งจ่ายพลังงานกล้อง เลือกใช้แบตเตอรี่ที่มีแรงดัน 3.6 โวลต์ ความจุ 160 มิลลิ-แอมป์ จำนวน 2 เซลล์ ดังรูปที่ 3.31

**รูปที่ 3.31** แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมโพลิเมอร์ความจุ 160 มิลลิแอมป์

### 3.4.2 กล้องวงจรปิด

เทคโนโลยีที่นิยมใช้ในการผลิตกล้องวงจรปิดมี ซีมอส (CMOS: Complementary Metal Oxide Semiconductor) และ ซีซีดี (CCD: Charge Coupled Device)

**รูปที่ 3.32** เซนเซอร์รับภาพแบบซีซีดี

**รูปที่ 3.33** เซนเซอร์รับภาพแบบซีมอส

ซีซีดี เป็นเซนเซอร์ที่ทำงานโดยส่วนที่เป็นเซนเซอร์แต่ละพิกเซล จะทำหน้าที่รับแสงและเปลี่ยนค่าแสงเป็นสัญญาณอนาล็อก ส่งเข้าสู่วงจรเปลี่ยนค่าอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลอีกครั้ง

ซีมอส เป็นเซนเซอร์ที่มีลักษณะการทำงานโดยแต่ละพิกเซลจะมีวงจรย่อยๆ เปลี่ยนค่าแสงที่เข้ามา เป็นสัญญาณดิจิตอลในทันที ไม่ต้องส่งออกไปแปลงเหมือนซีซีดี

ซีซีดีและซีมอสมีต้นกำเนิดเหมือนกันคือทำมาจากซิลิกอน ทำหน้าที่เป็นเซลล์รับแสงที่วางเรียงต่อๆกันเป็นตารางๆ เซลล์รับแสงเหล่านี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสง (Photon) เป็นประจุไฟฟ้า (Electron) คล้ายกับการทำงานของโซล่าร์เซลล์ (Solar Cell) ดังนั้นปริมาณของกระแสไฟฟ้าจึงสัมพันธ์กับความเข้มแสง แต่มีการออกแบบโครงสร้างการทำงานที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งที่แตกต่างกันระหว่างซีซีดีและซีมอส คือขั้นตอนและวิธีการอ่านค่าจำนวนประจุไฟฟ้าเมื่อเซนเซอร์ได้รับแสง ในซีซีดี ปริมาณแสงที่พิกเซลได้รับจะถูกส่งต่อไปยังหน่วยประมวลผลเพื่อทำการนับจำนวนอิเล็กตรอนของแต่ละพิกเซล ส่วนในซีมอส แต่ละพิกเซลสามารถนับจำนวนอิเล็กตรอนได้ด้วยตัวเอง โดยใช้หลักการเดียวกับคอมพิวเตอร์ชิบ (Computer Chip)

เนื่องจากซีซีดี ผลิตขึ้นมาเพื่อเป็นตัวรับภาพโดยเฉพาะ จึงถูกจำกัดให้อยู่ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับภาพเท่านั้น จึงทำให้มีราคาแพง

ซีมอสใช้เทคโนโลยีชนิดเดียวกับการออกแบบชิบ จากต้นแบบของไอบีเอ็ม ซึ่งถูกนำไปใช้ในอุปกรณ์ในคอมพิวเตอร์และรวมไปถึงเครื่องใช้ไฟฟ้าตามบ้านบางชนิด จากการที่จำนวนความต้องการใช้งานของซีมอสมีมากจึงทำให้มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่า

จากกระบวนการประมวลผลที่ค่อนข้างจะซับซ้อนของซีซีดี ทำให้โดยทั่วไปภาพที่ได้จากซีซีดีจะมีคุณภาพที่สูงกว่าและมีนอยส์ (Noise) น้อยกว่า แต่ก็กินกระแสไฟฟ้ามากกว่าซีมอส จะเห็นว่าเซลล์รับแสงแต่ละตัวบนซีซีดีได้รับแสงเต็มๆ ในขณะที่พิกเซลของซีมอสประกอบไปด้วยเซลล์รับแสงและทรานซิสเตอร์จึงทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานแสงไปส่วนหนึ่ง นั่นคือสาเหตุที่ทำให้ซีซีดีต้องการเวลาในการบันทึกแสงน้อยกว่าซีมอส หรือที่เรียกกันว่า ซีซีดีมีความไวแสงกว่าซีมอส แต่ค่าความไวแสงของเซนเซอร์ในกล้องดิจิตอล ไม่ส่งผลต่อความคมชัด หรือ รายละเอียดของภาพเหมือนที่เกิดบนฟิล์มที่มีความไวแสงต่างกัน

แม้ว่าตามหลักการแล้วซีซีดีจะให้คุณภาพสูงกว่าซีมอส แต่ซีซีดีต้องทำงานร่วมกับหน่วยประมวลผล ดังนั้นหากหน่วยประมวลผลไม่มีคุณภาพ ภาพที่ได้จากซีซีดีก็ไม่มีคุณภาพ ในทางตรงกันข้ามบริษัทผู้ผลิตซีมอสคุณภาพสูงได้พัฒนาวิธีการผลิต เช่น ลดขนาดของทรานซิสเตอร์ให้เล็กลงไปจากเดิม ซึ่งส่งผลให้พื้นที่ของเซลล์รับแสงมีมากขึ้น (ทำให้ไวแสงมากขึ้น) และทำให้ใช้พลังงานน้อยลงยิ่งขึ้นไปอีก อีกทั้งยังมีการเพิ่มหน่วยประมวลผลลงไปในกล้องเพื่อแก้ไขจุดอ่อนของซีมอส ซึ่งสามารถสรุปข้อแตกต่างระหว่างกล้องซีมอสและกล้องซีซีดีได้ดังตารางที่ 3.1

**ตารางที่ 3.1** เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกล้องซีมอสและซีซีดี

| | กล้องซีมอส | กล้องซีซีดี |
|---|---|---|
| 1 | ราคาถูก ขนาดเล็ก | ราคาแพง มีขนาดใหญ่กว่ากล้องซีมอส |
| 2 | ใช้พลังงานต่ำ | ใช้พลังงานมากกว่า |
| 3 | สัญญาณถูกรบกวนได้ง่าย | สัญญาณรบกวนต่ำ |
| 4 | คุณภาพภาพไม่สูงจึงต้องการแสงสว่างมาก | คุณภาพภาพค่อนข้างสูง เนื่องจากความไวแสงสูงกว่า |
| 5 | กำลังส่งของสัญญาณต่ำ อายุการใช้งานสั้น | กำลังส่งของสัญญาณสูงกว่า อายุการใช้งานยาวนานกว่า |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบหุ่นยนต์สอดแนมในโครงงานนี้เลือกใช้กล้องชนิดซีมอส เนื่องจากคุณสมบัติของกล้องซีมอสเพียงพอต่อความต้องการใช้งาน กล้องซีมอสที่เลือกใช้แสดงดังรูปที่ 3.34

**รูปที่ 3.34** กล้องซีมอส

## 3.5 การออกแบบระบบขับเคลื่อนของหุ่นยนต์

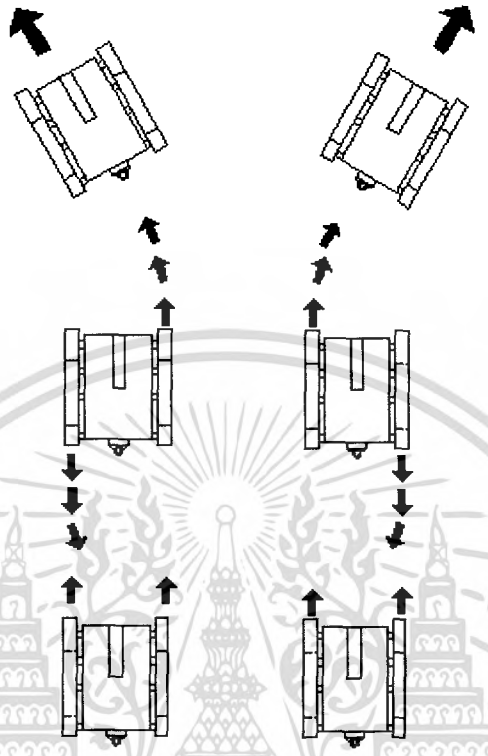
ระบบขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ ใช้ระบบล้อแบบสายพานและขับเคลื่อนมอเตอร์กระแสตรงขนาด 7.4 โวลต์ โดยมีการทำงานแสดงดังตารางที่ 3.2

**ตารางที่ 3.2** การทำงานของมอเตอร์

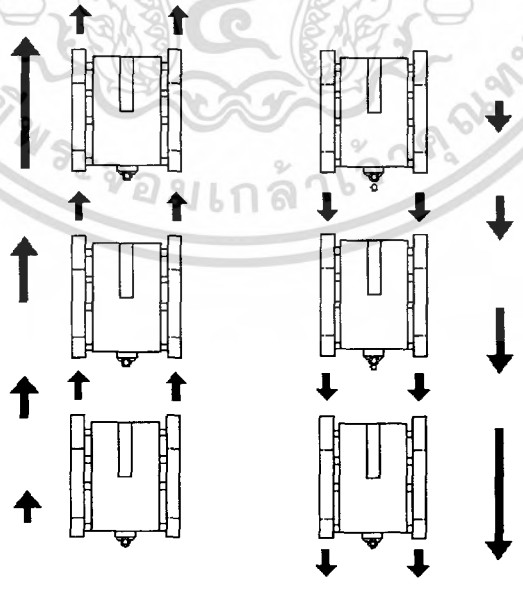
| การทำงาน | ล้อซ้าย | ล้อขวา |
|---|---|---|
| หยุด | หยุด | หยุด |
| เดินหน้า | เดินหน้า | เดินหน้า |
| ถอยหลัง | ถอยหลัง | ถอยหลัง |
| เลี้ยวซ้าย | ถอยหลัง | เดินหน้า |
| เลี้ยวขวา | เดินหน้า | ถอยหลัง |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงการเลี้ยวของหุ่นยนต์ ดังรูปที่ 3.35 และแสดงการควบคุมความเร็วของหุ่นยนต์โดยใช้ตัวควบคุมความเร็ว ดังรูปที่ 3.36



**รูปที่ 3.35** การเลี้ยวของหุ่นยนต์



**รูปที่ 3.36** การควบคุมความเร็วโดยใช้ตัวควบคุมความเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการทดลอง

หุ่นยนต์สอดแนมในโครงงานนี้ ออกแบบให้มีความสามารถเคลื่อนที่บนสภาพพื้นที่มีลักษณะแตกต่างกัน และมีการควบคุมการทำงานด้วยรีโมทคอนโทรล ในการทดลองนั้นได้ทดลองหุ่นยนต์สอดแนมออกเป็น 4 หัวข้อ ข้อที่หนึ่ง ทดลองประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายพลังงาน ข้อที่สอง ทดลองความสามารถในการเคลื่อนที่ ข้อที่สาม ทดลองความสามารถของชุดกล้อง และข้อสุดท้าย เป็นการทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่และความสามารถในการส่งภาพ ทั้งในที่โล่งแจ้งและภายในอาคาร

## 4.1 การทดลองประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายพลังงาน

การทดลองนี้ ทดลองขณะเพิ่งชาร์จแบตเตอรี่ที่ติดตั้งภายในตัวหุ่นยนต์ใหม่ ผลการทดลองประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายพลังงาน แสดงดังตารางที่ 4.1

**ตารางที่ 4.1** ผลการทดลองประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายพลังงาน

| แหล่งจ่ายพลังงานแก่อุปกรณ์ต่างๆภายในตัวหุ่นยนต์ | ระยะเวลาในการทำงาน (ชั่วโมง) |
|---|---|
| กล้องซีมอส | 4 |
| ชุดส่งภาพ | 5 |
| ระบบขับเคลื่อน | 3 |

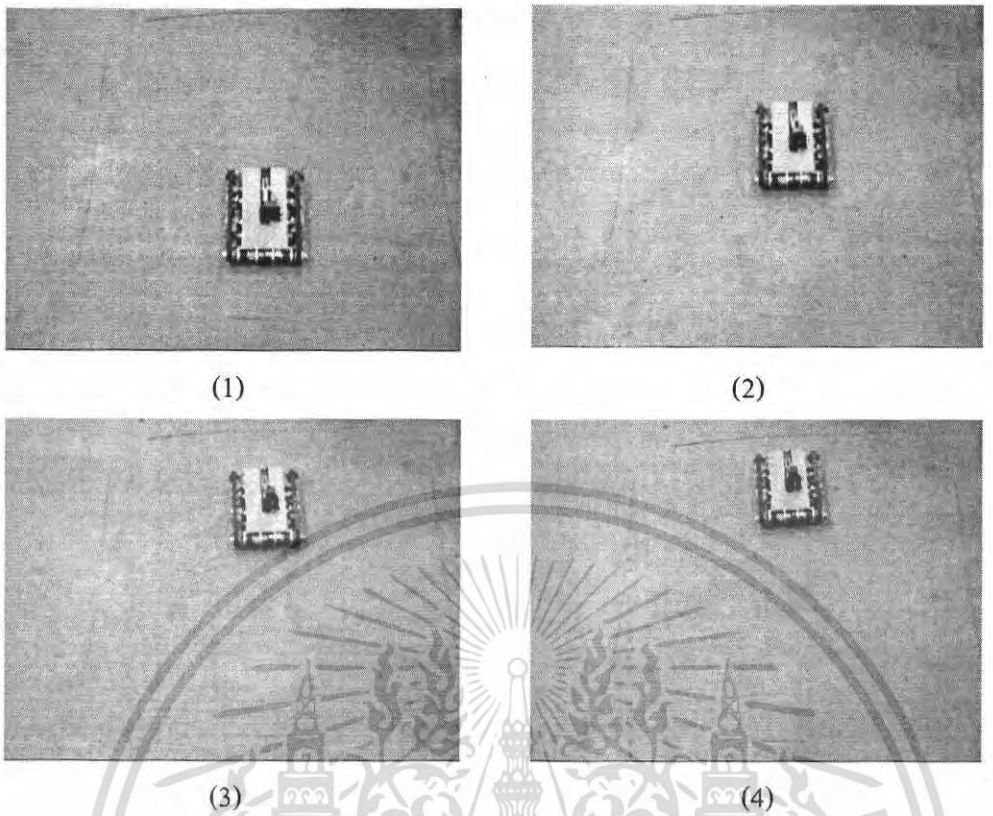
## 4.2 การทดลองความสามารถในการเคลื่อนที่

การทดลองนี้ ได้แบ่งสภาพพื้นที่มีลักษณะแตกต่างกันออกเป็น 5 ลักษณะ ได้แก่ การเคลื่อนที่บนพื้นราบ การเคลื่อนที่บนพื้นเอียง การเคลื่อนที่ผ่านแท่งทรงกระบอก การเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ต่างระดับ และการเคลื่อนที่ไต่ขั้นบันได

### 4.2.1 การทดลองการเคลื่อนที่บนพื้นราบ

การทดลองนี้ ทดลองการเคลื่อนที่บนพื้นราบขณะเพิ่งชาร์จแบตเตอรี่ที่ติดตั้งภายในตัวหุ่นยนต์ใหม่ ผลการทดลองการเคลื่อนที่บนพื้นราบ หุ่นยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 เซนติเมตรต่อวินาที แสดงการเคลื่อนที่โดยเดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย และเลี้ยวขวา ดังรูปที่ 4.1 รูปที่ 4.2 รูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 ตามลำดับ

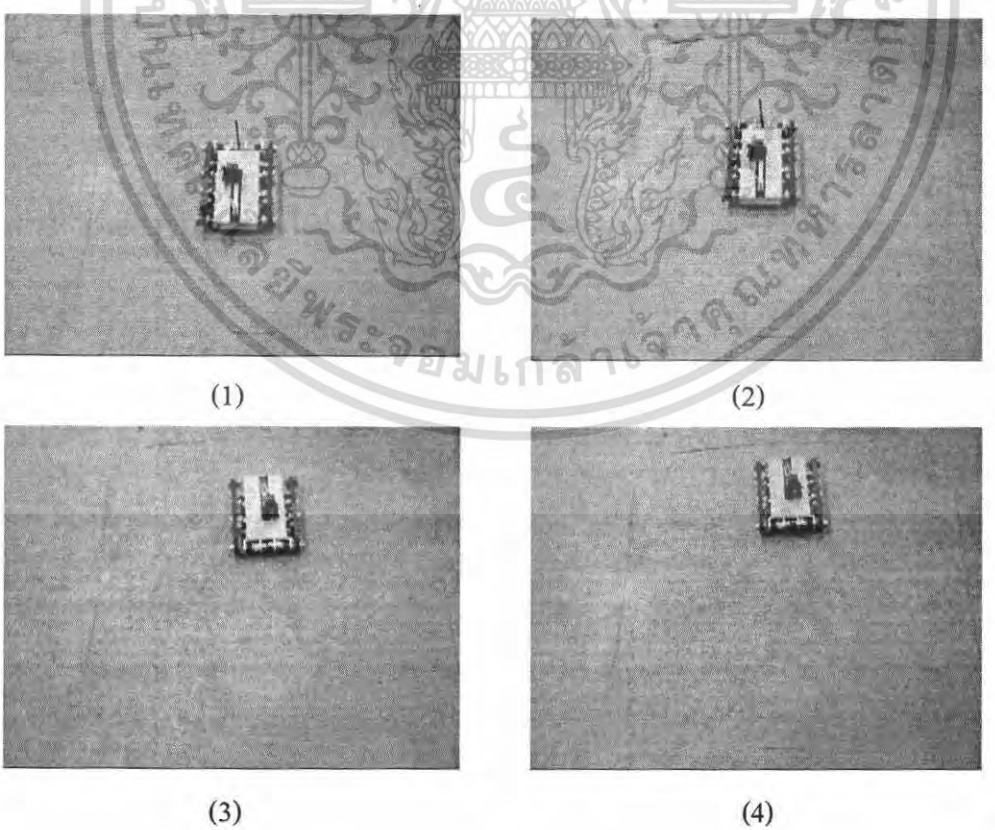
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(1) (2)

(3) (4)

**รูปที่ 4.1** หุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยเดินหน้า

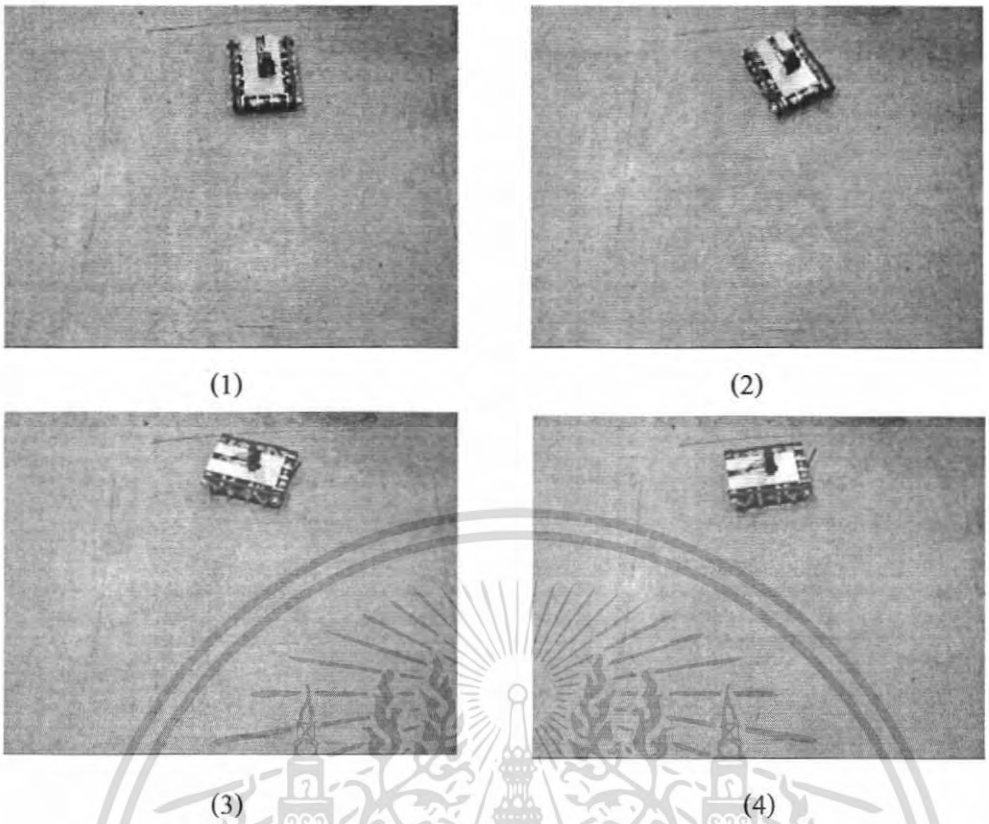


(1) (2)

(3) (4)

**รูปที่ 4.2** หุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยถอยหลัง

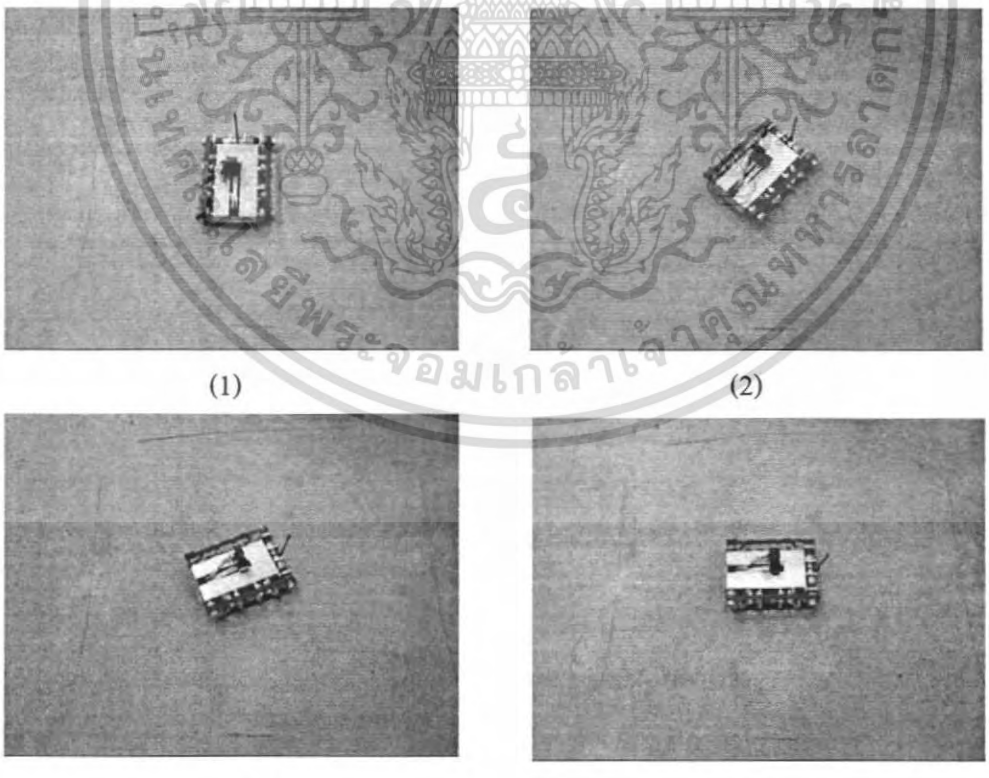
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(1) (2)

(3) (4)

**รูปที่ 4.3** หุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยเลี้ยวซ้าย



(1) (2)

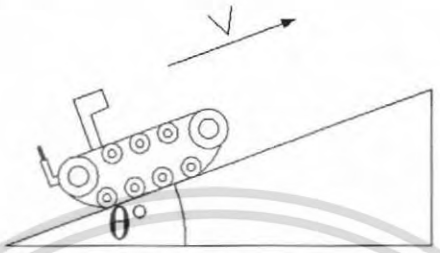
(3) (4)

**รูปที่ 4.4** หุ่นยนต์เคลื่อนที่โดยเลี้ยวขวา

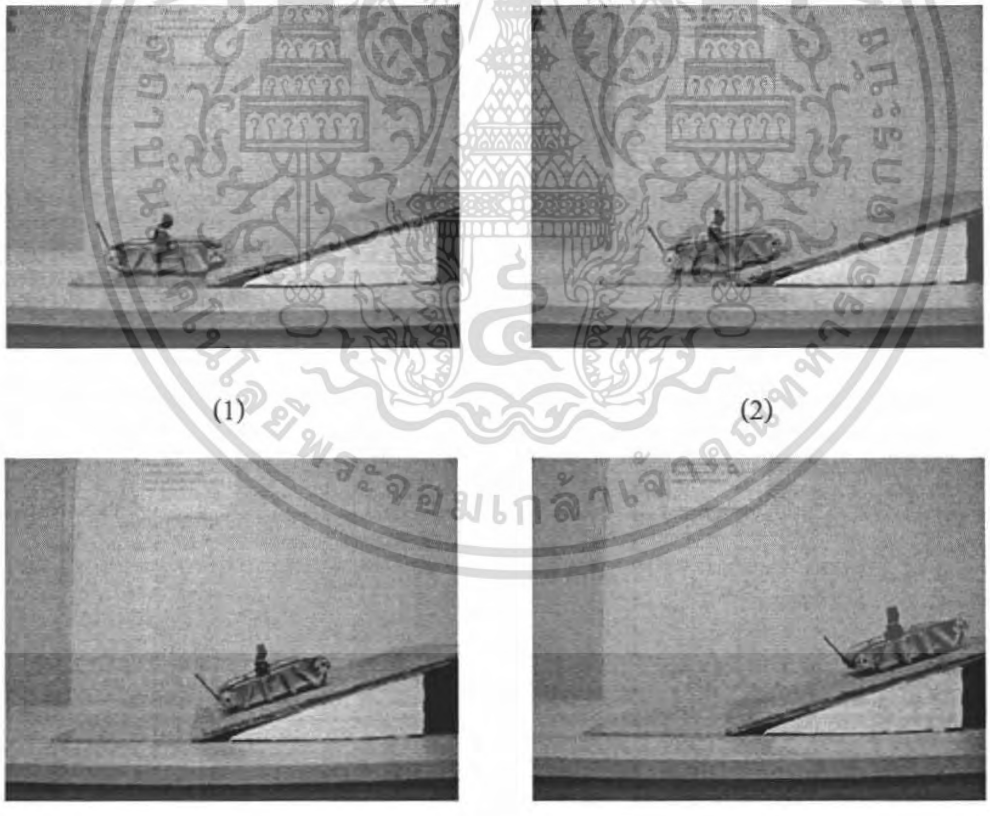
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.2 การทดลองการเคลื่อนที่บนพื้นเอียง

การทดลองนี้ ทดลองการเคลื่อนที่บนพื้นเอียงขณะเพิ่งชาร์จแบตเตอรี่ที่ติดตั้งภายในตัวหุ่นยนต์ใหม่ ดังแบบจำลองในรูปที่ 4.5 โดยหุ่นยนต์สอดแนมเคลื่อนที่เข้าหาพื้นเอียงจากด้านหน้า สภาวะพื้นเอียงทั้งหมดมี 3 ชนิด ได้แก่ พื้นอะคลิลิก พื้นไม้ทั่วไป และพื้นไม้ลื่น โดยปรับมุมเอียงเพิ่มครั้งละ 5 องศา ตัวอย่างการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.6




**รูปที่ 4.5** แบบจำลองการเคลื่อนที่บนพื้นเอียง




**รูปที่ 4.6** หุ่นยนต์เคลื่อนที่บนพื้นเอียงชนิดไม้ที่ 20 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**กรณีที่ 1** ทดลองการเคลื่อนที่บนพื้นเอียงชนิดอะคลิลิกให้ผลการทดลองดังตาราง 4.2

**ตารางที่ 4.2** ผลการทดลองการเคลื่อนที่บนพื้นเอียงชนิดอะคลิลิก

| มุมเอียง ($\theta$) (องศา) | ผลการทดลอง | หมายเหตุ |
|---|---|---|
| 10 | ผ่าน | - |
| 15 | ผ่าน | - |
| 20 | ผ่าน | - |
| 25 | ผ่าน | - |
| 30 | ผ่าน | ลื่นไถล |
| 35 | ไม่ผ่าน | ไม่สามารถไต่ขึ้นได้ |

**กรณีที่ 2** ทดลองการเคลื่อนที่บนพื้นเอียงชนิดไม้ให้ผลการทดลองดังตาราง 4.3

**ตารางที่ 4.3** ผลการทดลองเคลื่อนที่บนพื้นเอียงชนิดไม้

| มุมเอียง ($\theta$) (องศา) | ผลการทดลอง | หมายเหตุ |
|---|---|---|
| 10 | ผ่าน | - |
| 15 | ผ่าน | - |
| 20 | ผ่าน | - |
| 25 | ผ่าน | - |
| 30 | ผ่าน | - |
| 35 | ผ่าน | ลื่นไถลเล็กน้อย |
| 40 | ไม่ผ่าน | ไม่สามารถไต่ขึ้นได้ |

**กรณีที่ 3** ทดลองการเคลื่อนที่บนพื้นเอียงชนิดไม้พื้นลื่นให้ผลการทดลองดังตาราง 4.4

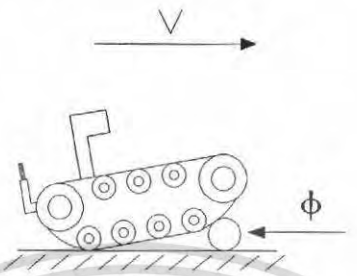
**ตารางที่ 4.4** ผลการทดลองเคลื่อนที่บนพื้นเอียงชนิดไม้พื้นลื่น

| มุมเอียง ($\theta$) (องศา) | ผลการทดลอง | หมายเหตุ |
|---|---|---|
| 10 | ผ่าน | - |
| 15 | ผ่าน | - |
| 20 | ผ่าน | ลื่นไถลเล็กน้อย |
| 25 | ไม่ผ่าน | ไม่สามารถไต่ขึ้นได้ |

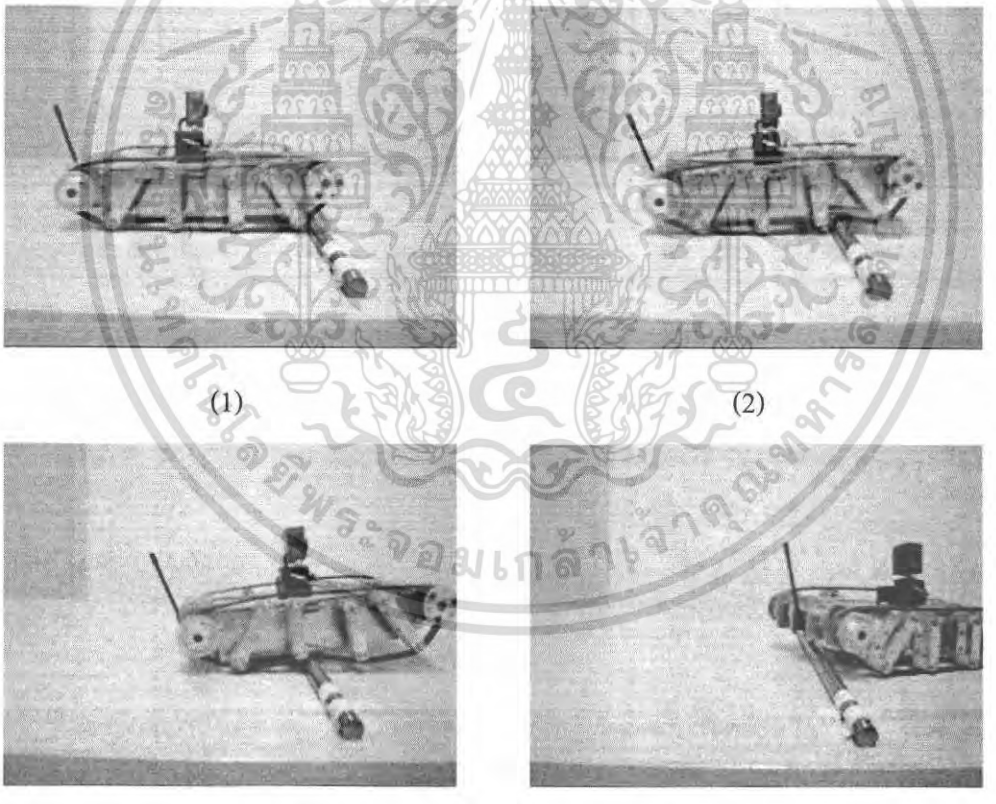
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2.3 การทดลองการเคลื่อนที่ผ่านแท่งทรงกระบอก

การทดลองนี้ ทดลองการเคลื่อนที่ผ่านแท่งทรงกระบอกอลูมิเนียมซึ่งวางนอนกีดขวางเส้นทางอยู่ โดยมีแบบจำลองดังรูปที่ 4.7 ซึ่งให้หุ่นยนต์สอดแนมเคลื่อนที่เข้าหาแท่งทรงกระบอกทางด้านหน้า ตัวอย่างการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.8




**รูปที่ 4.7** แบบจำลองการเคลื่อนที่ผ่านแท่งทรงกระบอก




**รูปที่ 4.8** หุ่นยนต์เคลื่อนที่ผ่านแท่งทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 13 มิลลิเมตร

ผลการทดลองการเคลื่อนที่ผ่านแท่งทรงกระบอก ของหุ่นยนต์แสดงดังตารางที่ 4.5

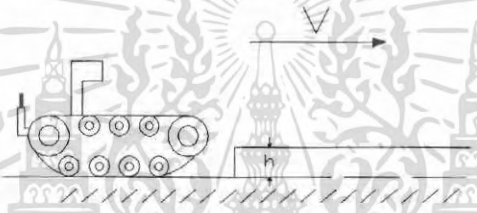
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.5** ผลการทดลองการเคลื่อนที่ผ่านแท่งทรงกระบอก ของหุ่นยนต์

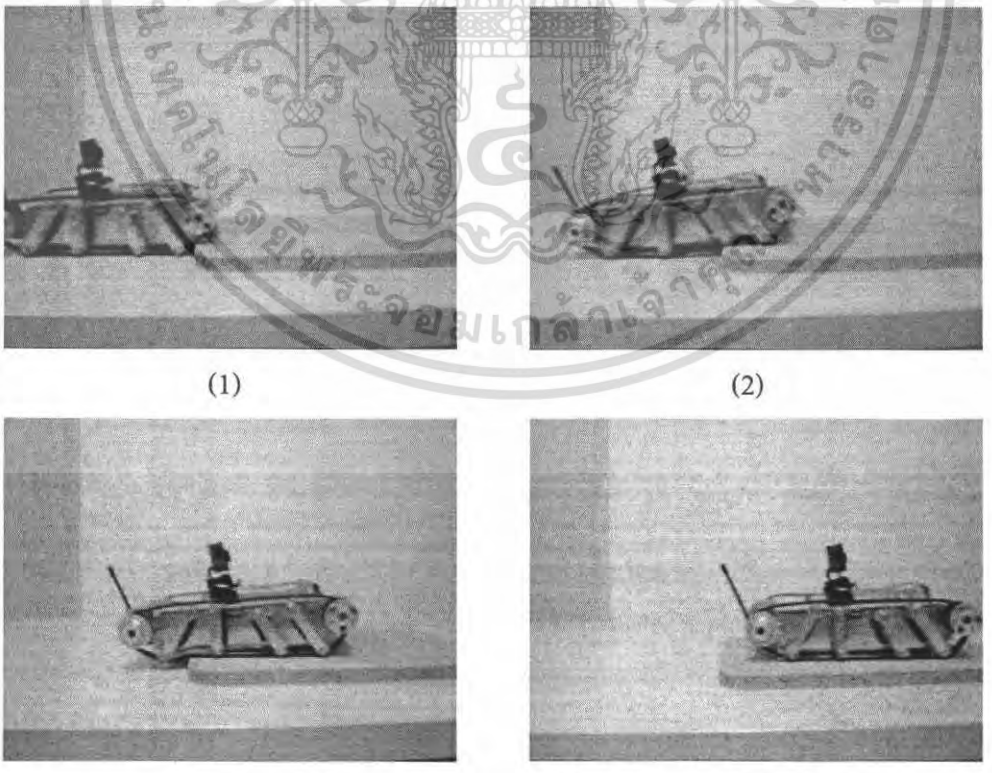
| เส้นผ่านศูนย์กลาง ($\phi$) (มิลลิเมตร) | ผลการทดลอง | หมายเหตุ |
|---|---|---|
| 11 | ผ่าน | - |
| 13 | ผ่าน | - |
| 22 | ผ่าน | - |
| 26 | ไม่ผ่าน | - |

**4.2.4 การทดลองการเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ต่างระดับ**

การทดลองนี้ ทดลองการเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ต่างระดับ ใช้แบบจำลองดังรูปที่ 4.9 โดยให้หุ่นยนต์สอดแนมเคลื่อนที่เข้าหาพื้นที่ต่างระดับทางด้านหน้า ตัวอย่างการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.10




**รูปที่ 4.9** แบบจำลองการเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ต่างระดับ



(1) (2)

(3) (4)

**รูปที่ 4.10** หุ่นยนต์เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ต่างระดับ ความสูง 13 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

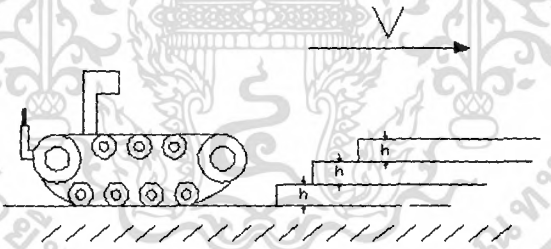
ผลการทดลองการเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ต่างระดับที่ความสูงต่างๆของหุ่นยนต์แสดงดังตารางที่ 4.6

**ตารางที่ 4.6** ผลการทดลองการเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ต่างระดับของหุ่นยนต์

| ระยะความสูง (h) (มิลลิเมตร) | ผลการทดลอง | หมายเหตุ |
|---|---|---|
| 5 | ผ่าน | - |
| 8 | ผ่าน | - |
| 10 | ผ่าน | - |
| 13 | ผ่าน | - |
| 15 | ผ่าน | - |
| 21 | ผ่าน | - |
| 23 | ไม่ผ่าน | ไม่สามารถไต่ขึ้นได้ |

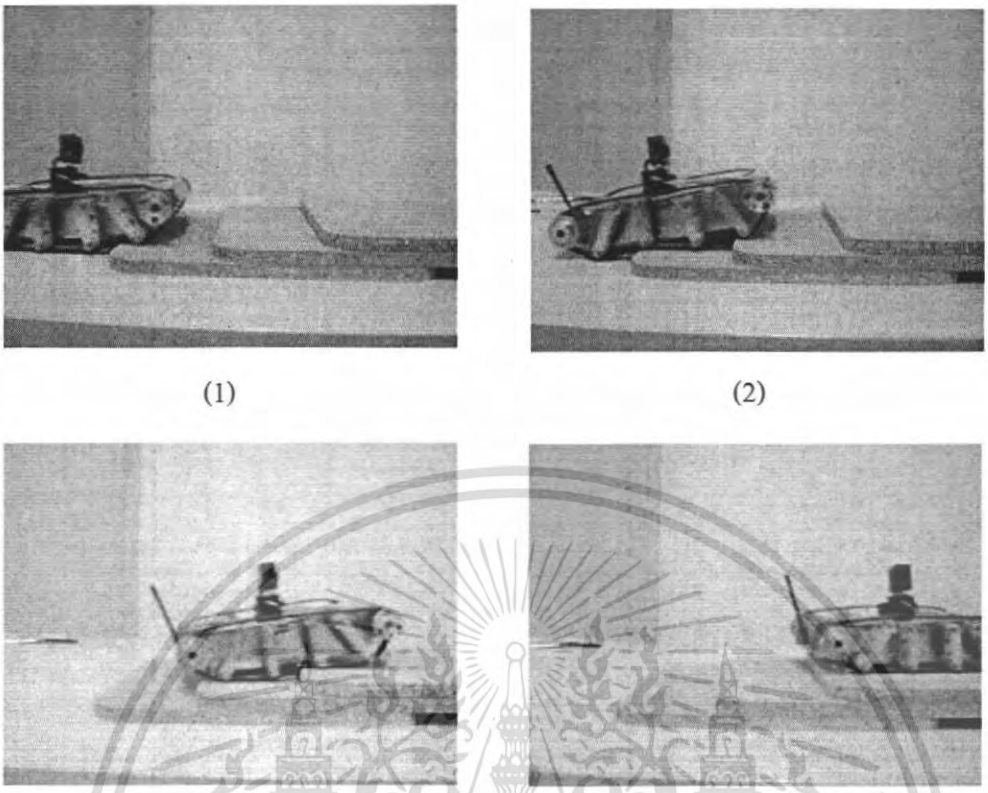
**4.2.5 การทดลองการเคลื่อนที่ไต่ขั้นบันได**

การทดลองนี้ ทดลองการเคลื่อนที่ขั้นไต่บันไดใช้แบบจำลองดังรูปที่ 4.11 โดยให้หุ่นยนต์สอดแนมเคลื่อนที่เข้าหาพื้นที่ขั้นบันไดทางด้านหน้า ตัวอย่างการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.12




**รูปที่ 4.11** แบบจำลองการเคลื่อนที่ไต่ขั้นบันได

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(1) (2)

(3) (4)

**รูปที่ 4.12** หุ่นยนต์เคลื่อนที่ไต่ขั้นบันไดความสูง 13 มิลลิเมตร

ผลการทดลองการเคลื่อนที่ไต่ขั้นบันไดที่ความสูงต่างๆของหุ่นยนต์ แสดงดังตารางที่ 4.7

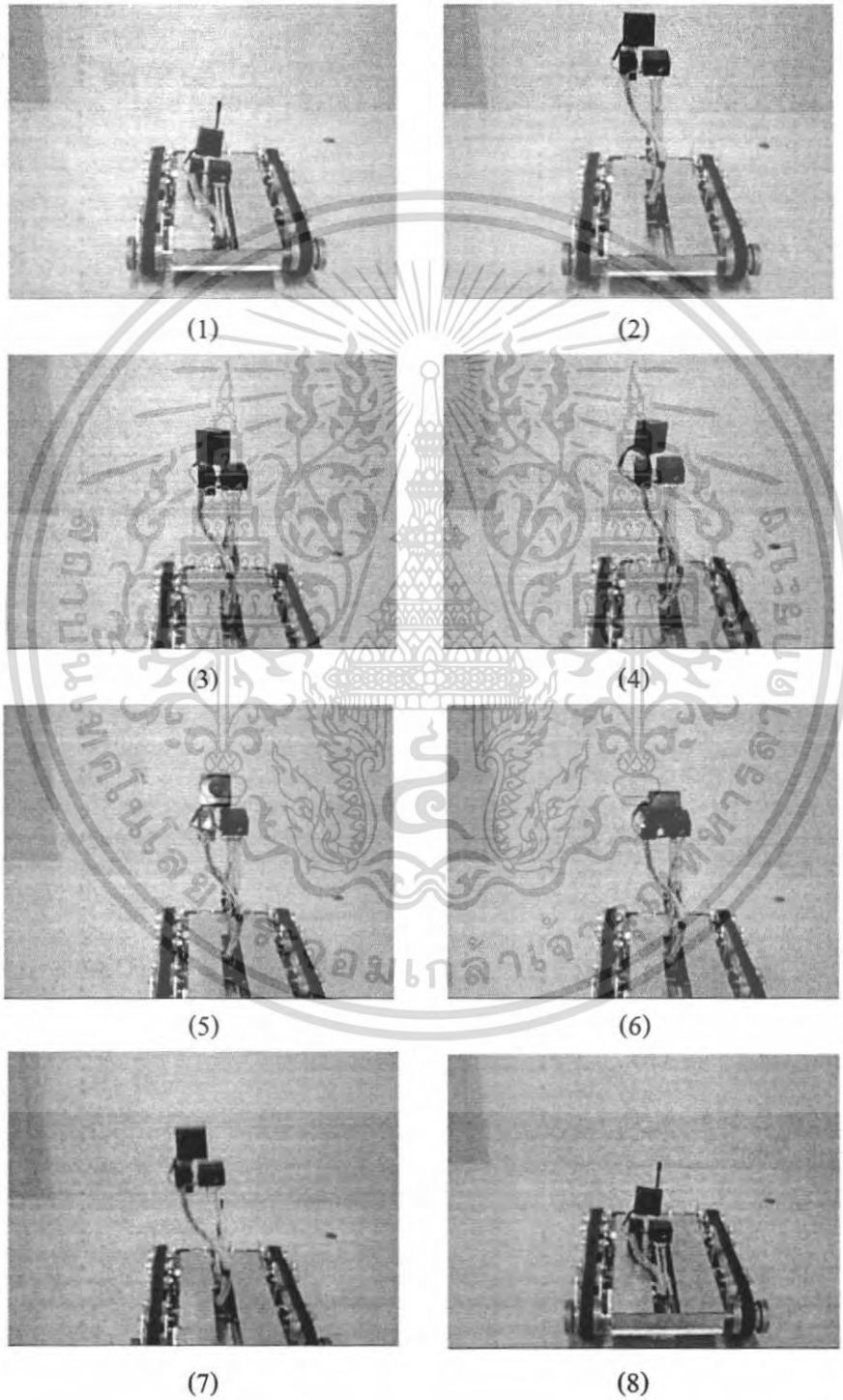
**ตารางที่ 4.7** ผลการทดลองการเคลื่อนที่ไต่บันไดของหุ่นยนต์

| ระยะความสูง (h) ( มิลลิเมตร) | ผลการทดลอง | หมายเหตุ |
|---|---|---|
| 8 | ผ่าน | - |
| 13 | ผ่าน | - |
| 19 | ผ่าน | - |
| 22 | ผ่าน | - |
| 25 | ไม่ผ่าน | ไม่สามารถไต่ขึ้นได้ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

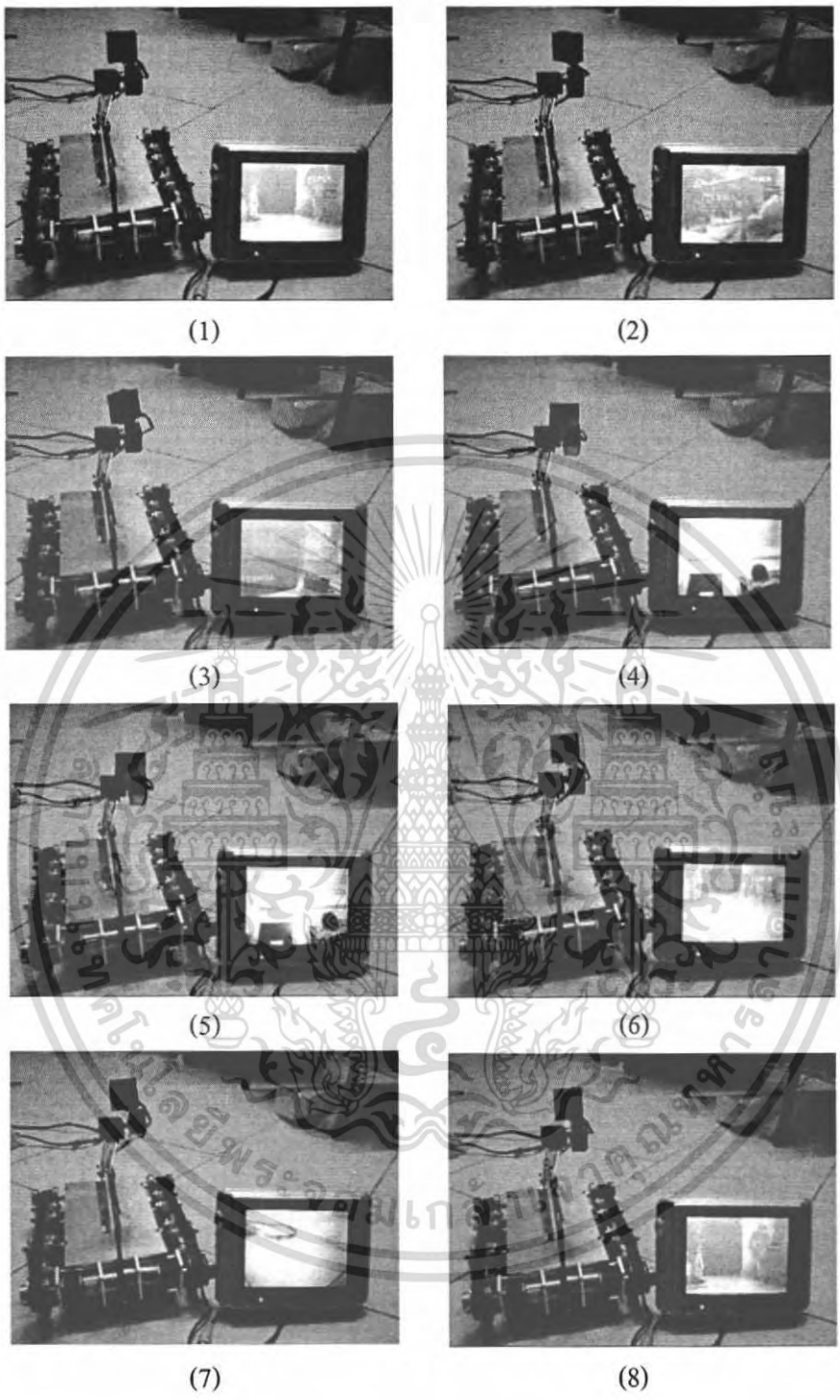
## 4.3 การทดลองความสามารถของชุดกล้อง

การทดลองนี้ ทดลองความสามารถในการควบคุมชุดกล้องและการส่งสัญญาณภาพของชุดกล้อง โดยทำการทดลองยกเสากล้อง หมุนกล้องในทิศทางต่างๆ และพับเก็บเสากล้อง แสดงดังรูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14




**รูปที่ 4.13** การควบคุมชุดกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.14** การส่งสัญญาณภาพของชุดกล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.4 การทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่และความสามารถในการส่งภาพ ทั้งในที่โล่งแจ้งและภายในอาคาร

การทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่และความสามารถในการส่งภาพ ได้ทดสอบทั้งในที่โล่งแจ้ง และ ภายในอาคาร

### 4.4.1 การทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่และความสามารถในการส่งภาพในที่โล่งแจ้ง

ในการทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่ และความสามารถในการส่งภาพในที่โล่งแจ้ง ณ ระยะห่างต่างๆ กัน ได้ทดลองโดยทำการควบคุมการเคลื่อนที่และการส่งภาพหุ่นยนต์สอดแนมในที่โล่งแจ้ง ผลการทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่และความสามารถในการส่งภาพในที่โล่งแจ้ง แสดงดังตารางที่ 4.8

**ตารางที่ 4.8** ผลการทดลองการควบคุมหุ่นยนต์และการส่งภาพในที่โล่งแจ้ง

| ระยะห่าง | ผลการทดลอง | | หมายเหตุ | |
|---|---|---|---|---|
| (เมตร) | การควบคุม | การส่งภาพ | การควบคุม | การส่งภาพ |
| 100 | ได้ | ได้ | - | - |
| 150 | ได้ | ได้ | - | - |
| 200 | ได้ | ได้ | - | - |
| 250 | ได้ | ได้ | - | - |
| 300 | ไม่ได้ | ได้ | เกิดคลื่นรบกวน | - |
| 350 | ไม่ได้ | ได้ | เกิดคลื่นรบกวน | ภาพไม่ชัดเจน |
| 400 | ไม่ได้ | ไม่ได้ | เกิดคลื่นรบกวน | ไม่เห็นภาพ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**4.4.2 การทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่และความสามารถในการส่งภาพในอาคาร**

ในการทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่ และความสามารถในการส่งภาพในอาคาร ได้ทดลองทำการควบคุมการเคลื่อนที่และการส่งภาพหุ่นยนต์สอดแนมภายในอาคาร ณ ชั้นต่างๆ กัน โดยทำการควบคุมอยู่ภายในชั้น 1 ของตัวอาคาร ผลการทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่และความสามารถในการส่งภาพ ภายในอาคาร แสดงดังตารางที่ 4.9

**ตารางที่ 4.9** ผลการทดลองการควบคุมหุ่นยนต์และการส่งภาพภายในอาคาร

| ชั้นภายในอาคาร (ความสูง) | ผลการทดลอง | | หมายเหตุ | |
|---|---|---|---|---|
| | การควบคุม | การส่งภาพ | การควบคุม | การส่งภาพ |
| 1 | ได้ | ได้ | - | - |
| 2 (5 เมตร) | ได้ | ได้ | - | - |
| 3 (10 เมตร) | ได้ | ได้ | - | - |
| 4 (15 เมตร) | ได้ | ได้ | - | ภาพไม่ชัดเจน |
| 5 (20 เมตร) | ไม่ได้ | ได้ | - | ภาพไม่ชัดเจน |
| 6 (25 เมตร) | ไม่ได้ | ไม่ได้ | - | ไม่เห็นภาพ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

## 5.1 บทสรุป

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการออกแบบหุ่นยนต์สอดแนม ซึ่งมีการทำงานเป็นแบบไร้สายด้วยรีโมทคอนโทรล หุ่นยนต์สอดแนมสามารถทำงานได้ในระยะไกล สามารถปฏิบัติงานได้ทั้งในที่โล่งแจ้ง ภายในอาคาร หรือช่องทางแคบๆที่มีพื้นราบ หรือมีสิ่งกีดขวางขนาดเล็ก และหุ่นยนต์สอดแนมสามารถนำภาพส่งกลับมายังผู้ควบคุมได้ ทำให้สามารถรับรู้สถานการณ์ต่างๆไปพร้อมกับการบังคับหุ่นยนต์ โครงสร้างของหุ่นยนต์สอดแนมได้ใช้อลูมิเนียมนำมาขึ้นรูปเป็นส่วนประกอบโครงสร้างหลักของหุ่นยนต์สอดแนม จึงทำให้หุ่นยนต์มีความแข็งแรง

การทดลองเพื่อศึกษาความสามารถของหุ่นยนต์สอดแนมได้แบ่งออกเป็นสี่การทดลอง โดยการทดลองแรก เป็นการทดลองประสิทธิภาพของแหล่งจ่ายพลังงาน เพื่อศึกษาระยะเวลาในการทำงานของแบตเตอรี่แต่ละส่วนที่ติดตั้งลงในหุ่นยนต์สอดแนม และสามารถวิเคราะห์ระยะเวลาในการทำงานของหุ่นยนต์สอดแนมได้ การทดลองที่สองเป็นการทดลองความสามารถในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สอดแนม เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์สอดแนม การทดลองที่สาม เป็นการทดลองความสามารถของชุดกล้อง เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการทำงานของชุดกล้อง และการทดลองสุดท้าย เป็นการทดลองความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนที่และความสามารถในการส่งภาพ ทั้งในที่โล่งแจ้งและภายในอาคาร เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการควบคุมการทำงานและการส่งภาพของหุ่นยนต์สอดแนม

จากผลการทดลองพบว่าหุ่นยนต์สามารถทำการสอดแนมได้เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง และเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 5 เซนติเมตรต่อวินาที ซึ่งสามารถเคลื่อนที่โดยเดินหน้า ถอยหลัง เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา ได้ดี สามารถยกเสากล้อง พับเก็บเสากล้อง หมุนกล้องซ้าย ขวา ก้ม และเงยได้ดี มีความสามารถในการเคลื่อนที่บนพื้นผิวทั่วไปและมีความสามารถในเคลื่อนที่ไต่ความชันแบบต่างๆได้ดี และสามารถควบคุมการทำงานและการส่งภาพในที่โล่งแจ้งได้ระยะ 250 เมตร และภายในอาคารได้ระยะ 15 เมตร

## 5.2 ปัญหาที่พบในการทำโครงงาน

1. การออกแบบหุ่นยนต์สอดแนมมีความยากลำบาก เนื่องจากข้อจำกัดทางขนาดของหุ่นยนต์ที่มีขนาดค่อนข้างเล็ก นอกจากการออกแบบโครงสร้างที่มีความแข็งแรง พื้นที่ว่างภายในตัวหุ่นยนต์สอดแนมต้องสามารถจัดวางอุปกรณ์วงจรอิเล็กทรอนิกส์ แบตเตอรี่ รวมทั้งเส้นทางเดินสายไฟได้ ในการสร้างหุ่นยนต์สอดแนมต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบสร้างหุ่นยนต์และทดสอบความสามารถไปพร้อมๆ กัน หากหุ่นยนต์ที่สร้างมีประสิทธิภาพในการเคลื่อนที่ต่ำ หรือไม่สามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ ก็จะต้องศึกษาและออกแบบหุ่นยนต์สอดแนมใหม่ เพื่อให้ได้หุ่นยนต์สอดแนมที่มีประสิทธิภาพตามที่ได้กำหนดไว้

2. เนื่องจากที่ด้านท้ายของหุ่นยนต์ สอดแนมประกอบไปด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงจำนวนสองตัว และเครื่องส่งสัญญาณภาพ จึงทำให้จุดศูนย์กลางมวลของหุ่นยนต์สอดแนม ไม่ได้อยู่ตรงกลางของหุ่นยนต์สอดแนม ทำให้การเคลื่อนที่บนพื้นผิวทางชันที่มีมุมเอียงมากๆ ค่อนข้างลำบาก ถึงแม้จะมีการปรับแก้โดยการเพิ่มระยะความยาวของตัวหุ่นยนต์สอดแนม และใช้เฟืองช่วยขับเคลื่อนด้านหน้าที่มีค่อนข้างใหญ่แล้วก็ตาม
3. หุ่นยนต์มีความเร็วในการเคลื่อนที่ไม่มากนัก เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้ขับเคลื่อนหุ่นยนต์ควรเป็น 12 โวลต์ แต่ถูกจำกัดด้วยคุณสมบัติของตัวควบคุมความเร็วที่มีอยู่ซึ่งสามารถใช้แรงดันไฟฟ้าสูงสุดได้เพียง 7.4 โวลต์
4. เซอร์โวที่ทำหน้าที่ยกเสากล้องขึ้น มีแรงบิดไม่เพียงพอ เนื่องจากน้ำหนักของตัวกล้องเซอร์โวทั้งสองตัวที่ใช้ในการควบคุมกล้อง และกล่องที่ใช้หุ้มอุปกรณ์ทั้งสองซึ่งใช้อลูมิเนียมในการขึ้นรูป จึงได้ทำการเปลี่ยนแปลงกล่องที่ใช้หุ้มอุปกรณ์ทั้งสองโดยใช้อะคลิลิก เนื่องจากน้ำหนักเบากว่าอลูมิเนียม

## 5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

1. ควรออกแบบและเลือกใช้อุปกรณ์โครงสร้างของหุ่นยนต์ให้มีน้ำหนักเบา
2. คำนึงถึงจุดศูนย์กลางมวลของหุ่นยนต์ เนื่องจากมีผลต่อการเคลื่อนที่บนสภาพพื้นเอียง
3. สายพานควรมีความสามารถในการยึดเกาะมากขึ้น
4. แบตเตอรี่ควรมีความจุไฟฟ้ามากขึ้นและต้องมีขนาดเล็ก
5. รีโมทคอนโทรลและจอแสดงภาพควรจัดทำให้เป็นชุดเดียวกัน เพื่อความสะดวกสำหรับการใช้งาน
6. อาจจะปรับปรุงโดยการเพิ่มกลไก เพื่อเสริมประสิทธิภาพในการทำงานของหุ่นยนต์สอดแนม อาทิ ติดตั้งแก๊สน้ำตา ระเบิดควัน ไฟฉาย ระบบการสนทนาผ่านหุ่นยนต์ สำหรับใช้ตัดสินใจในการช่วยเหลือตัวประกัน
7. ควรปรับปรุงหุ่นยนต์สอดแนมให้มีความสามารถในการทำงานได้โดยอัตโนมัติ ไม่ต้องใช้มนุษย์ในการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง

[1] เจษฎาพงษ์ วลัญโชคม, วัชระ ลินมา. **"การออกแบบหุ่นยนต์ขนาดเล็กสำหรับค้นหาผู้ประสบภัย."** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแมคคาทรอนิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2548.

[2] วิวัฒน์ กิรานนท์. **วิศวกรรมการสื่อสาร.** คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2546.

[3] สุชาติ กังวานจิตต์. **เครื่องรับส่งวิทยุและระบบวิทยุสื่อสาร.** ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2541.

[4] ทีมงานอีทีที. **"คู่มือการใช้งาน SERVO MOTOR."** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.etteam.com/download/SERVO_MOTOR/MANUAL.zip

[5] ทีมงานกล้องดิจิตอลดอทคอม. **"CCD VS CMOS ใครคือผู้ชนะ."** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://www.klongdigital.com/news2/show_news.php?newsid=5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

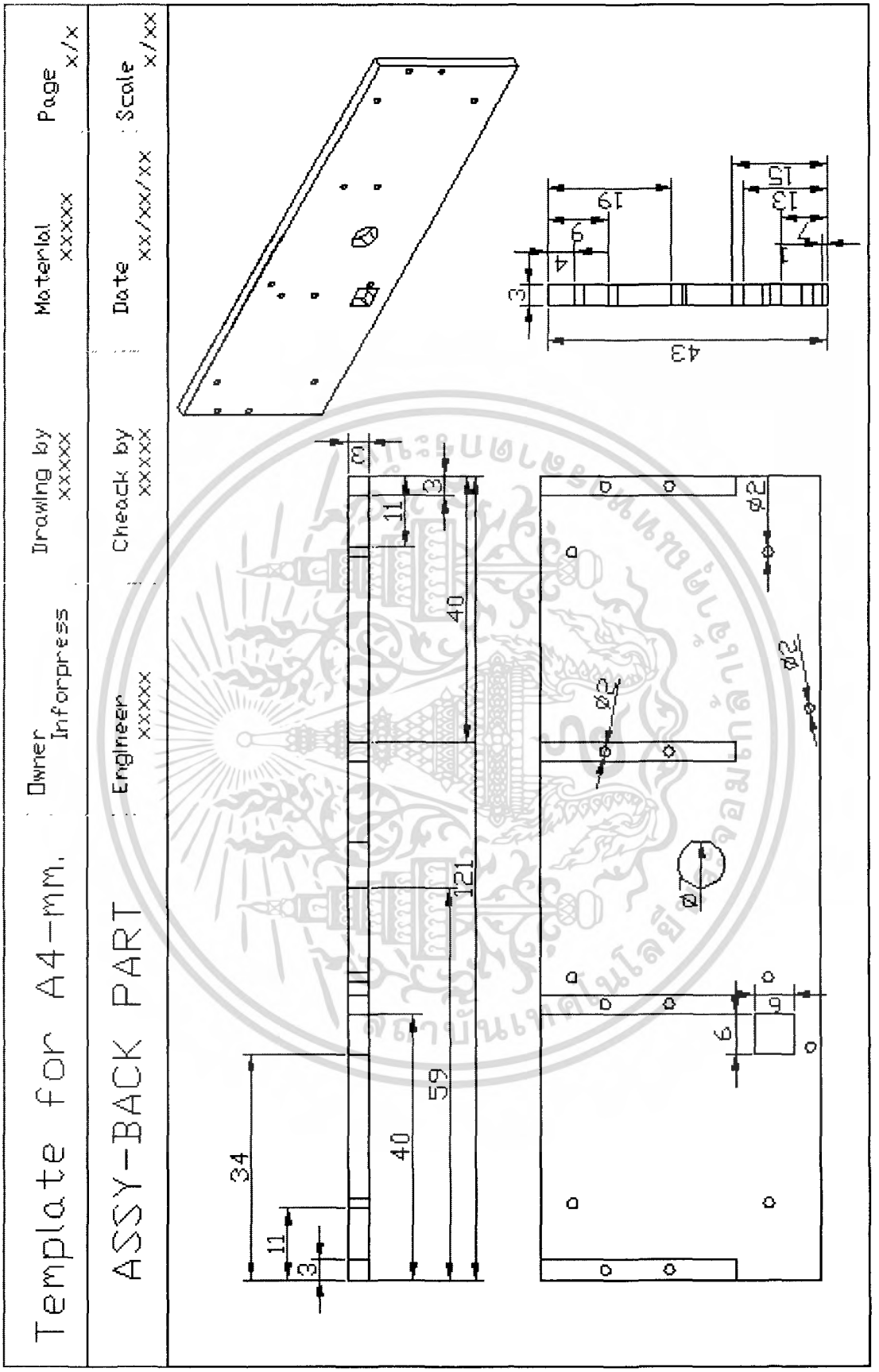
# ภาคผนวก ก

## แบบโครงสร้างหลักของหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก แบบแม่พิมพ์ขึ้นรูปเหล็กแผ่นเรียบ

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Template for A4-mm. | Owner Inforpress | Drowing by xxxxx | Material xxxxx | Page x/x |
| ASSY-BASE PART | Engineer xxxxx | Cheack by xxxxx | Date xx/xx/xx | Scale x/xx |




**รูปที่ ก.2** แบบแผ่นประกอบด้านหลังหุ่นยนต์

ภาคผนวก ก.3 แบบแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นงานด้านซ้าย

Template for A4-mm.

Owner Inforpress

Drawing by xxxxx

Material xxxxx

Page x/x

ASSY-LEFT PART

Engineer xxxxx

Cheack by xxxxx

Date xx/xx/xx

Scale x/xx

ภาคผนวก ก แบบแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นงานที่ใช้ในงานวิจัย

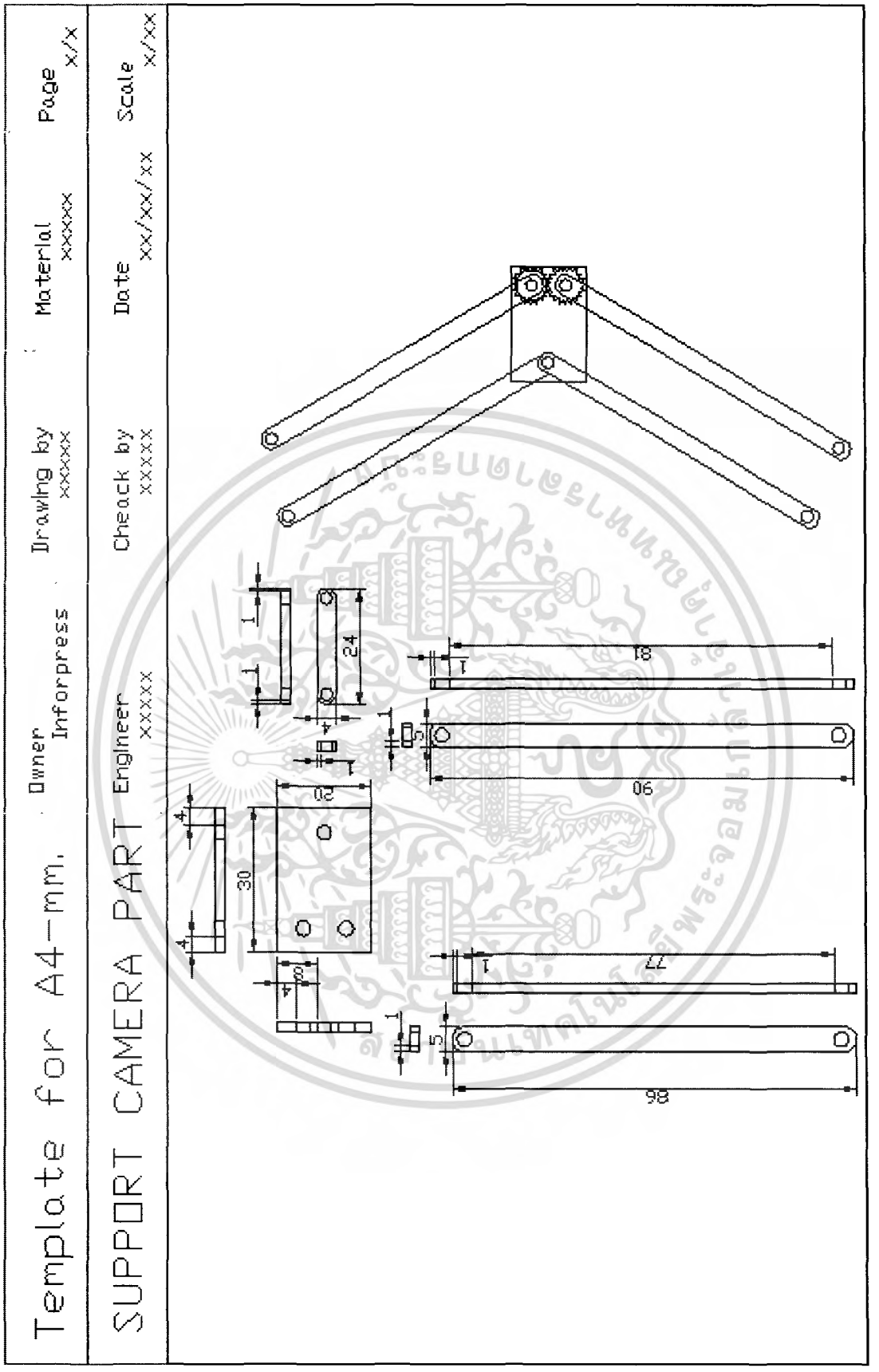
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Template for A4-mm. | Owner Inforpress | Drawing by xxxxx | Material xxxxx | Page x/x |
| ASSY-RIGHT PART | Engineer xxxxx | Cheack by xxxxx | Date xx/xx/xx | Scale x/xx |

ภาคผนวก ข แบบแม่พิมพ์ขึ้นรูปแผ่นโลหะ

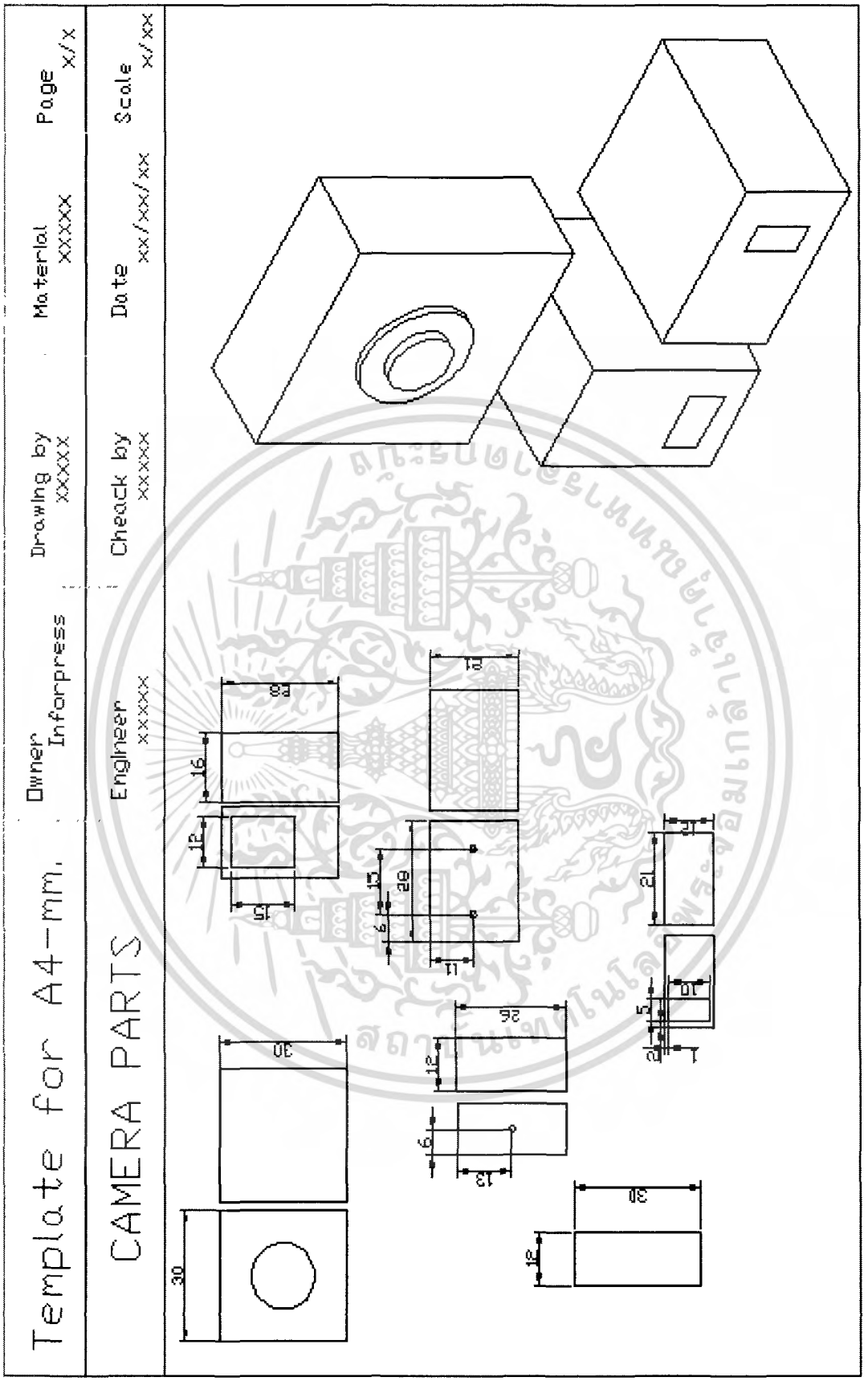
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Template for A4-mm. | Owner Inforpress | Drawing by xxxxx | Material xxxxx | Page x/x |
| ASSY-FRONT PART | Engineer xxxxx | Cheack by xxxxx | Date xx/xx/xx | Scale x/xx |

ภาคผนวก ก.6 แบบแม่พิมพ์ตัดขึ้นรูปเหล็กฉาก

| Template for A4-mm. | Owner Inforpress | Drawing by xxxxx | Material xxxxx | Page x/x |
|---|---|---|---|---|
| SUPPORT MOTOR | Engineer xxxxx | Cheack by xxxxx | Date xx/xx/xx | Scale x/xx |

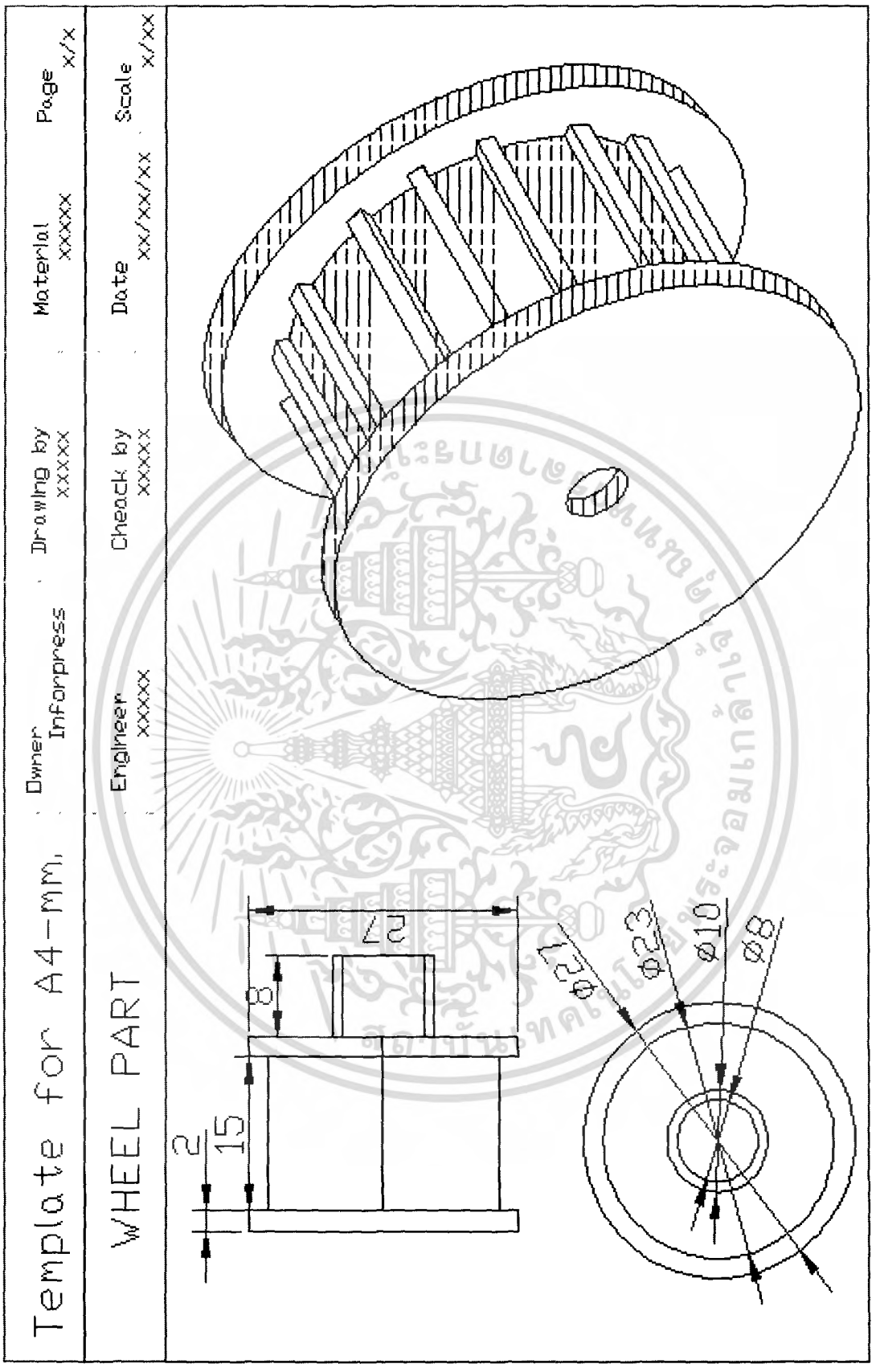



**รูปที่ ก.7** แบบเสากล้อง




**รูปที่ ก.8** แบบกล่องใส่เซอร์โวและกล่องใส่กล้อง

Template for A4-mm.
Owner
Inforpress
Drawing by
xxxxx
Material
xxxxx
Page
x/x
SHOCK ABSORBER
Engineer
xxxxx
Cheack by
xxxxx
Date
xx/xx/xx
Scale
x/xx
10
2
5
1
14
ø1
ø8
10
ø3
50
1
2
19
13
5




**รูปที่ ก.10** แบบเฟืองขับเคลื่อน

# ภาคผนวก ข

## เอกสารคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข.1 เอกสารคู่มือการใช้งานตัวควบคุมความเร็ว รุ่น MC230CR

ตัวควบคุมความเร็วทำหน้าที่ในการควบคุมความเร็วของหุ่นยนต์ โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

1M23N08202

# MC230CR
FET Speed Controller
Neutral/High/Brake
Futaba
INSTRUCTION MANUAL

**Before using your MC230CR, please read this manual thoroughly and use the MC230CR properly and safely. After reading this manual, store it in a safe place.**


- No part of this manual may be reproduced in any form without prior permission.
- The contents of this manual are subject to change without prior notice.
- This manual has been carefully written. Please write to Futaba if you feel that any corrections or clarifications should be made.


Thank you for buying an MC230CR. The MC230CR is a high-frequency drive FET amp with reverse function developed for model electric cars. It is compact and light weight, and uses a simple digital setting system.

## FEATURES

- High-frequency drive system
- Forward, reverse, and brake operations are all linear
- Reverse operation cancellation function
- One-touch input of neutral, high, and brake MAX points by pushbutton switch
- Overcurrent protection function
- Heat protector
- Low-voltage protection function
- Power left on alarm function
- Abnormal input signal cancellation function
- Checker function (LED display, audible beep)

### Applicable motors (Number of turns is criteria.)

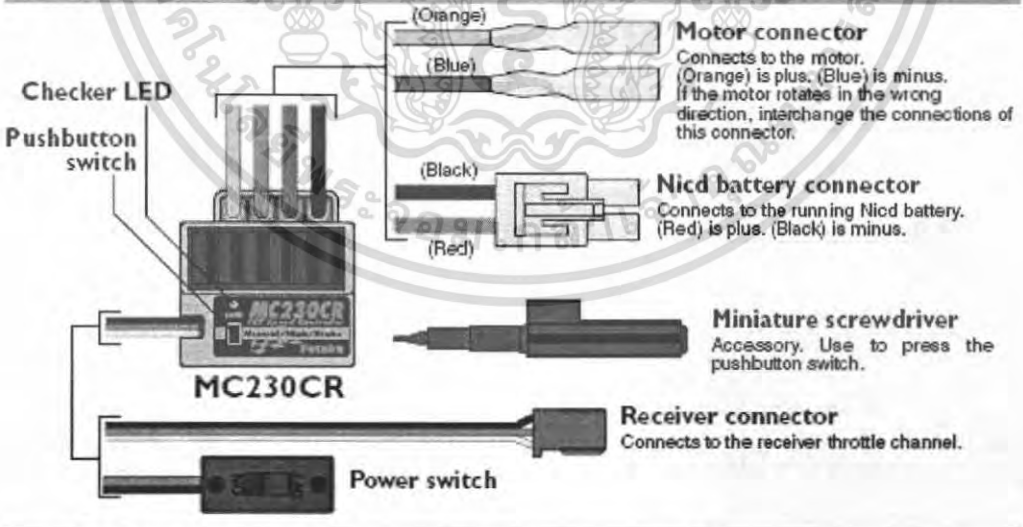
Use the MC230CR with a motor with 20T or more turns.

*If a motor with a number of turns smaller than the above is used, the heat protector and overcurrent protection circuit may operate. The number of turns of the motor is a criteria only. Depending on the running conditions, the protection circuit may operate even if the condition above is satisfied.

### Power supply

Nicd battery 6~7 cells (7.2~8.4V)

## CONNECTION




**Motor connector**
Connects to the motor. (Orange) is plus. (Blue) is minus. If the motor rotates in the wrong direction, interchange the connections of this connector.

**Nicd battery connector**
Connects to the running Nicd battery. (Red) is plus. (Black) is minus.

**Miniature screwdriver**
Accessory. Use to press the pushbutton switch.

**Receiver connector**
Connects to the receiver throttle channel.

### [MC230CR Technical Data] (Specifications are subject to change without prior notice.)

- Operating system: Forward, reverse, and brake operations are all linear.
- Power requirement: Nicd battery 6~7 cells (7.2~8.4V)
- PWM frequency: 1.5kHz (fixed)
- Setting: One-touch input by pushbutton switch. Set data is saved to built-in EEPROM.
- Current capacity (FET rating): Forward=90A, reverse=45A
- Case size: 27.1x33.3x12.8mm (excluding protruding parts)
- Silicon cord gauge size: AWG16 equivalent
- Weight: 44g (including connectors and switches)
- BEC voltage: 6.0V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## MOUNTING PRECAUTIONS

### ⚠WARNING

- ❗ Install the receiver and receiver antenna at least 1cm away from the amp, motor cord, power cord, Nicd battery, and other parts that carry a high current.
- ❗ Metal and carbon chassis and other conductive parts transfer switching noise. When mounting the receiver to such a chassis, use thick double-sided tape to mount the receiver as far away from the chassis as possible.
- ❗ Always install a motor noise killer capacitor. Also, do not forget to service the brushes, and other parts.

If noise causes the receiver to operate erroneously, control may be lost and an extremely dangerous situation may occur.

- ❗ Insert the connectors firmly.

If vibrations while running cause the connectors to work loose, control may be lost and an extremely dangerous situation may occur.

### ⚠CAUTION

- ❗ Never reverse the Nicd battery polarity.

Reverse connection will immediately destroy the amp.

## OPERATING PRECAUTIONS

### ⚠WARNING

- ⃠ Do not run the vehicle in the rain or through puddles or on muddy or snowy roads.

If moisture enters the amp, erroneous operation may cause loss of control and an extremely dangerous situation may occur. It may also cause amp trouble. Should moisture enter and cause erroneous operation, send the MC230CR out for repair and inspection.

- ❗ Always turn the power switches on and off in the following order:
  ON: Transmitter -> receiver (amp switch)
  OFF: Receiver (amp switch) -> transmitter

If the power switches are operated in the opposite order, the vehicle may run unexpectedly and an extremely dangerous situation may occur.

- ❗ When going to and returning from the circuit, and when storing the model, always remove the Nicd battery.

If the switch is turned on erroneously, control may be lost or a fire may start.

### ⚠CAUTION

- ⃠ If a peddle or other foreign object gets caught in the gears or the vehicle hits an obstruction, do not try to forcefully run vehicle.

Forcefully running the vehicle will cause trouble.

- ⃠ Do not touch the motor or amp immediately after running.

Touching the motor or amp immediately after running may result in serious burns.

- ❗ When making adjustments, remove the motor, or place the model on a stand, so that it cannot run.

### Special Markings

Pay special attention to the safety at the parts of this manual that are indicated by the following marks.

Symbol: ⃠ ; Prohibited
❗ ; Mandatory

| Mark | Meaning |
|---|---|
| ⚠DANGER | Procedures which may lead to a dangerous condition and cause death or serious injury to the user if not carried out properly. |
| ⚠WARNING | Procedures which may lead to a dangerous condition or cause death or serious injury to the user if not carried out properly, or procedures where the probability of superficial injury or physical damage is high. |
| ⚠CAUTION | Procedures where the possibility of serious injury to the user is small, but there is a danger of injury, or physical damage, if not carried out properly. |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## SET UP

### Neutral, high, and brake MAX points setting

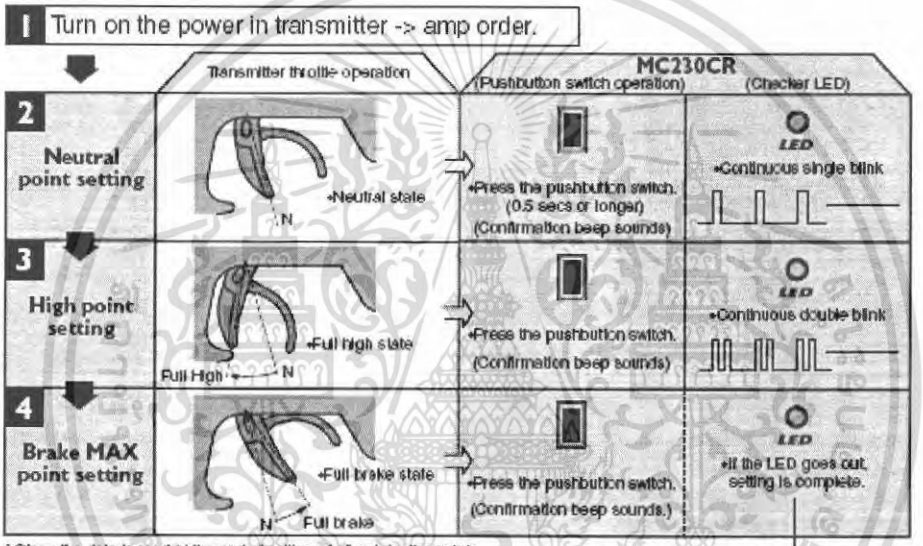
**⚠CAUTION**

❶ Set the steering angle adjustment function (ATV) to 100% and the ABS function and acceleration function to OFF using the transmitter throttle channel function.

If the steering angle is too large or the ABS and acceleration functions are on, erroneous operation may occur.

*When using the ABS function, after setting up the MC330CR, stop the reverse function, then turn on the ABS function. If the ABS function is on, the MC330CR cannot be set up correctly.

Before setting each point, set the transmitter throttle channel trim to neutral.

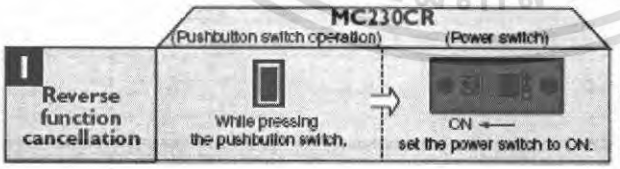



* Since the data is read at the end of setting of all points, the points cannot be set independently.
* If the amp power was turned off during setting, the setting points cannot be memorized. (The previous settings are retained.)
* The confirmation beep sounds only when the motor was connected.

If the LED does not go off but blinks rapidly, setting was not performed normally. Repeat setting from "Neutral point setting".

### Cancelling the reverse function

The amp reverse function can be cancelled by the following method so that the model can be used even in races that prohibit reverse running. (Brake operation only)




* When desired, you can enable the cancelled reverse function by repeating the operation shown at the left. (The reverse function is switched alternately.)

## BRAKE/REVERSE OPERATING INSTRUCTIONS

Operation can be switched to reverse operation by returning the throttle trigger (or throttle stick) from the brake position to the neutral position.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## PROTECTION CIRCUIT OPERATION

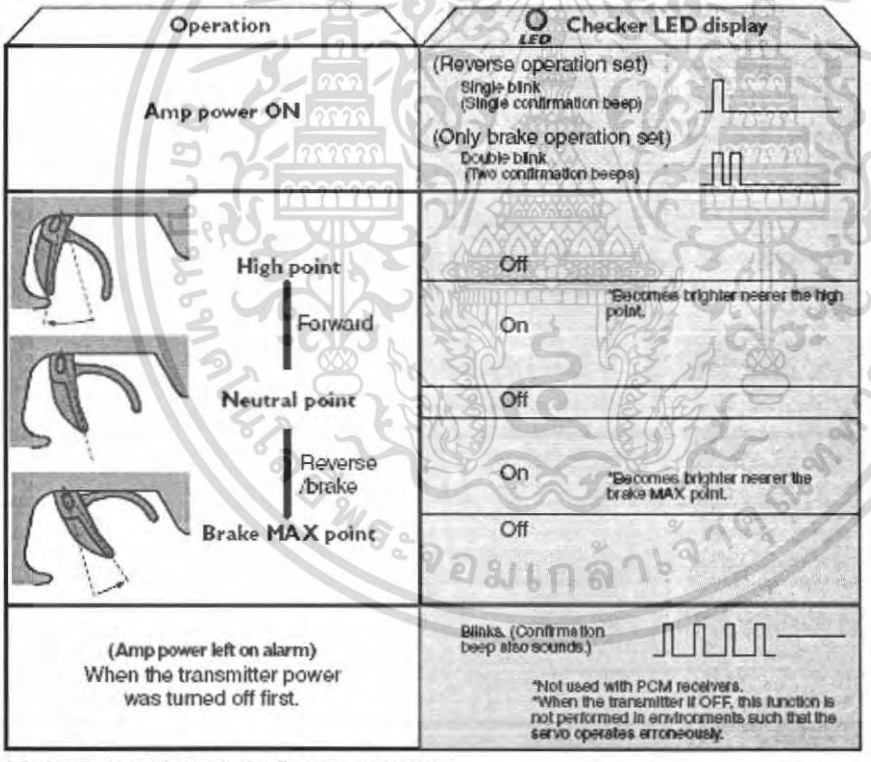
The following protection circuits are built into the MC230CR. When a protection circuit operates, remove the cause before operating the model again.

| | |
|---|---|
| **Overcurrent protection** | When an overcurrent flows due to an output short circuit, etc., the overcurrent protection circuit automatically limits the current to protects the FET.<br>⇒ Remove the cause of the short circuit, etc. before operating the model again. |
| **Heat protector** | When abnormal heating of the FET due to an overload, etc. is detected, the heat protector operates so that the speed is gradually reduced.<br>⇒ When the FET temperature drops, the heat protector automatically resets. However, remove the cause of the overheating before operating the model again. |
| **Low voltage operation** | When the Nicd battery voltage drops, this function limits the motor output current and ensures steering operation.<br>⇒ After the speed drops, immediately recover the vehicle. |

## CHECKER LED DISPLAY

### Relationship between amp operation and checker LED display

The amp operates linearly in proportion to the amount of forward, reverse, and brake operation. The amp operating state can be checked with the checker LED as shown below.




* Confirmation beep only sounds when the motor was connected.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข.2 เอกสารคู่มือการใช้งานแบตเตอรี่ชนิดลิเธียมโพลิเมอร์

แบตเตอรี่ชนิดลิเธียมโพลิเมอร์ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายพลังงานให้แก่หุ่นยนต์ โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

Rechargeable
Lithium Polymer

**ULTRALIFE®** Batteries We. Are. Power.™

# UBC502030

## Technical Datasheet

**The Ultralife Advantage**
Better technology. Our lithium-based (lithium-manganese dioxide, lithium ion and lithium polymer) technologies enable us to design leading-edge power solutions for the world's most demanding applications.

### FEATURES

- Thin
- High energy density
- Wide operating temperature range
- Lightweight
- No memory effect
- Can be assembled into packs

### APPLICATIONS

- Portable Electronics
- Medical Devices
- RFID Applications
- Tracking Applications

### SPECIFICATIONS

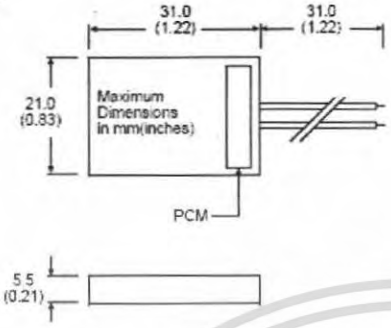
| | |
|---|---|
| Part No | UBC006 |
| Voltage Range | 3.0 to 4.2 V |
| Average Voltage | 3.7 V |
| Nominal Capacity | 180 mAh @ C/5 Rate @ 23° C |
| Max. Discharge | 2C continuous |
| Energy | 0.67 Wh |
| Energy Density | 149 Wh/kg, 230 Wh/l |
| Weight | 4.5 grams |
| Cycle Life | > 300 cycles @ C/5 to 80% of initial capacity |
| Memory | No Memory Effect |
| Operating Temp | -20° C to 60° C |
| Storage Temp | -20° C to 60° C |
| Self-Discharge | < 10% per month |
| Exterior/Housing | Laminated Foil |
| Terminals/Connector | 30 AWG Wire, Red (+), Black (-) |
| Safety | Material Safety Datasheet – MSDS014 |
| Transportation | Excepted from Regulations – see note 1 |
| Protection Circuit Module | Over Voltage Limit: 4.28 +/- 0.03 V<br>Under Voltage Limit: 2.3 +/- 0.10 V<br>Over Current Protection: 2.0 A<br>Max. Quiescent Drain: 6 µA |
| Charging | Maximum charge rate at C/2 to 4.2 Volts in a temperature range of 0° to 45° C. Hold at 4.2 Volts until current declines to C/10. Refer also to Safety Guide UBI-5112 |

| | |
|---|---|
| Note 1 | For a complete description of transportation regulations and definitions of the transportation classifications "Excepted" and "Class 9," refer to the Ultralife web site at www.ultralifebatteries.com |

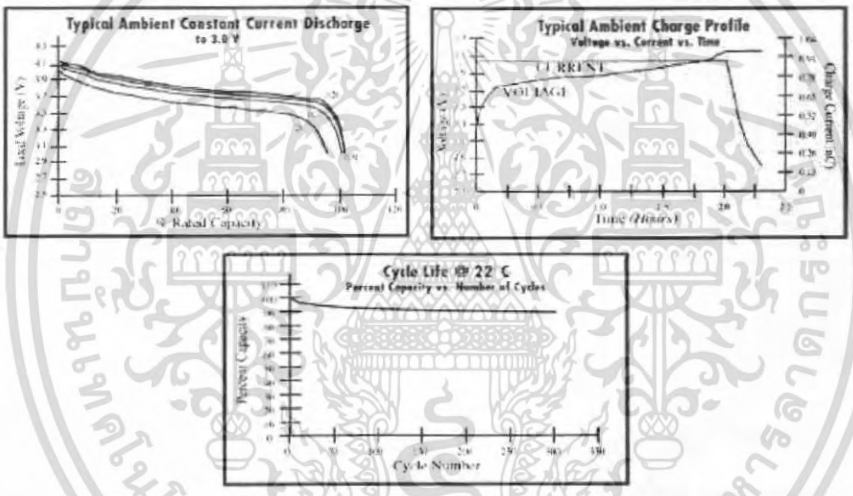
Newark, NY • 315-332-7100 • Fax 315-331-7800 / Abingdon, England • +44 (0) 1235 542600 • +44 (0) 1235 535766
© 2005 Ultralife Batteries, Inc. • www.ultralifebatteries.com • All specifications subject to change without notice
The information contained herein is for reference only and does not constitute a warranty of performance • July 25 '05 UBI-5110 REV C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**DIMENSIONS**




**PERFORMANCE GRAPHS**





© 2005 Ultralife Batteries, Inc. • www.ultralifebatteries.com • **All specifications subject to change without notice**
The information contained herein is for reference only and does not constitute a warranty of performance • **July 25 '05 UBI-5110 REV C**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ข.3 เอกสารคู่มือการใช้งานกล้องซีมอส**

กล้องซีมอสทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณภาพสู่เครื่องส่งสัญญาณภาพ โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

# NEW-SURWAY PRODUCT DATASHEET

## CS-200A Color Pinhole CMOS Camera

**Product photo**

**Technical Specification**

| | |
|---|---|
| Model | CS-200A |
| Color or B/W | Color |
| Sensor | 1/3 CMOS |
| System of Signal | PAL/CCIR NTSC/EIA |
| Horizontal Resolution | >380TVL |
| Minimum Illumination | 3.0Lux |
| Effective Pixel | CCIR: 628X582 EIA: 501X492 |
| Size | 20×20×14 (mm) |
| Auto Exposure Control | 1/60-1/2000 Sec. |
| Scanning System Frequency | CIR: 50HZ. EIA: 60HZ |
| Video output | 1.0Vp-p 75 ohm BNC |
| S/N Ratio | >40db |
| Power supply | DC12V |
| Power consumption | <0.2W |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ข.4 เอกสารคู่มือการใช้งานเครื่องส่งสัญญาณภาพ

เครื่องส่งสัญญาณภาพทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณภาพไปยังเครื่องรับสัญญาณภาพ ซึ่งจะแสดงผลสู่จอ โดยมีรายละเอียดต่างๆ ดังต่อไปนี้

# TD-121000 1.2GHz 1W AV Transmitter / 4CH

- 1.2GHz Band frequency transmission
- Compact size module, high output power (1Watt)
- Highly integrated circuit /High power output (1Watt)
- 4CH DIP switch selectable
- High Reliability/Linearity/AlGaAs/GaAs FET power amplifier module
- Using digital phase-Lock-Loop circuit w/o temperature drifting problem

## Specification

| PARAMETER | CONDITION | MIN. | TYP. | MAX. | UNIT. |
|---|---|---|---|---|---|
| Transmission Frequency | CH1 | | 1080 | | MHz |
| | CH2 | | 1120 | | MHz |
| | CH3 | | 1160 | | MHz |
| | CH4 | | 1200 | | MHz |
| Transmission Power | 50 Ohm Load CH1 Vcc=12V | | 30 | | dBm |
| Nominal Output Impedance | | | 50 | | Ohm |
| Operating Voltage | Vcc | 10.5 | 12 | 13 | V |
| Supply Current | Vcc=12V | | 450 | 500 | mA |
| Video Input Voltage | 75 Ohm Impedance | | 1 | | Vp-p |
| Audio Input Voltage | 10k Ohm Impedance | | 1 | | Vp-p |
| Sub Carrier Freq | | | 5.5 | | MHz |
| Operating Temp | | -10 | | 40 | ℃ |
| Storage Temp | | -40 | | 80 | ℃ |
| Operating Humidity | | 20 | | 80 | % |
| Storage Humidity | | 10 | | 80 | % |
| Dimension& Weight | Excluding SMA Connector | 60x40x35mm 135g | | | |

*Matching Receiver: RX-1200, RX-1210, RX-1230

*Above specifications are subject to change without prior notice

## Standard Shipping Package

- 1.2GHz AV Transmitter*1
- SMA Type Dipole Antenna*1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้