

บทที่ 3

ทฤษฎีและหลักการทํางานของหุ่นยนต์แมลง

3.1 ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ (Robot Kinematics)

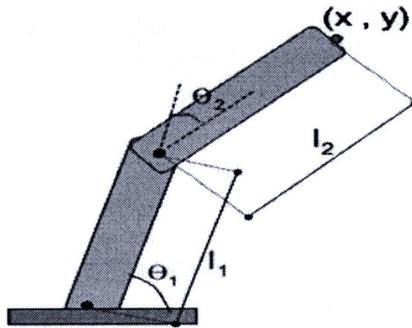
ในการวิเคราะห์ Kinematics นั้น ตำแหน่ง ความเร็ว และความเร่งของทุกก้านโยง (Links) ของหุ่นยนต์สามารถคำนวณได้โดยไม่ต้องพิจารณาแรงที่เกิดจากการเคลื่อนที่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่ แรงที่เกี่ยวข้อง และแรงบิด จะถูกศึกษาในส่วนพลศาสตร์ (Dynamics)

Robot Kinematics ยังเกี่ยวกับการศึกษาในแง่ของการเคลื่อนที่ที่ซับซ้อน การหลีกเลี่ยงการชน และการหลีกเลี่ยงตำแหน่งที่หุ่นยนต์ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ในการศึกษา Kinematics ของหุ่นยนต์ เราจะให้แต่ละส่วนของหุ่นยนต์เป็น Frame ดังนั้นการศึกษากการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ซึ่งมีหลายก้านโยงเชื่อมกัน จึงเป็นการศึกษา Frame แต่ละ Frame ที่เคลื่อนที่ต่อกัน เช่น ก้านโยงที่ 1 ต่อกับเบส ก้านโยงที่ 2 เชื่อมโยงกับก้านที่ 1 Robot Kinematics จะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. Forward Kinematics หรือบางครั้งเรียกว่า Direct Kinematics : ความยาวของแต่ละก้านโยง (Links) และมุมของแต่ละข้อต่อจะถูกกำหนดมา เราสามารถคำนวณตำแหน่งต่างๆของปลายแขนหุ่นยนต์ได้จากมุมและความยาวก้านโยงที่กำหนดมานี้

2. Inverse Kinematics : ความยาวของแต่ละก้านโยงและตำแหน่งเป้าหมายของหุ่นยนต์ถูกให้มา เราสามารถคำนวณมุมแต่ละมุมได้จากตำแหน่งเป้าหมายเหล่านั้นภายในพื้นที่ทํางานของหุ่นยนต์ วิธีนี้สามารถประยุกต์ใช้คำนวณสำหรับงานในลักษณะต่างๆ เช่น การหยิบจับวัตถุที่มีตำแหน่งเปลี่ยนแปลงบ่อย

ในการวิเคราะห์หุ่นยนต์ ลักษณะทางกายภาพของหุ่นยนต์สามารถอธิบายในรูปของ Kinematic Diagram ส่วนวิธีที่ใช้ในการคำนวณหรือการกำหนดตัวแปรต่างๆ มีหลายวิธี เช่น Denavit-Hartenberg , การแปลงทางเรขาคณิต และวิธีทางพีชคณิต เป็นต้น



รูปที่ 3.1 Robot Kinematics

3.2 การออกแบบหุ่นยนต์แมลง 6 ขา

ได้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

1. ส่วนโครงสร้างของหุ่นยนต์แมลง 6 ขา ใช้โปรแกรม Solid Works 2010 ในการออกแบบ และใช้โปรแกรม Solid CAM 2010 ในการ Generate- G-Code เพื่อนำ G-Code ไปกัดชิ้นงานโดยเครื่องซีเอ็นซี (Computer Numerical Control , CNC)
2. ส่วนของวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ ใช้โปรแกรม Altium Designer Summer 2009 ในการออกแบบ

3.3 ส่วนประกอบของหุ่นยนต์แมลง 6 ขา

หุ่นยนต์แมลงหกขาประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ฮาร์ดแวร์และส่วนซอฟต์แวร์

- ส่วนฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย โครงสร้างหุ่นยนต์แมลง 6 ขา, เซอร์โวมอเตอร์, บอร์ดควบคุม ET-Easy168 STAMP, Li-po Battery 4000 mAh , วงจรควบคุมหุ่นยนต์แมลงแบบไร้สาย , วงจรควบคุมการเดินของหุ่นยนต์แมลง

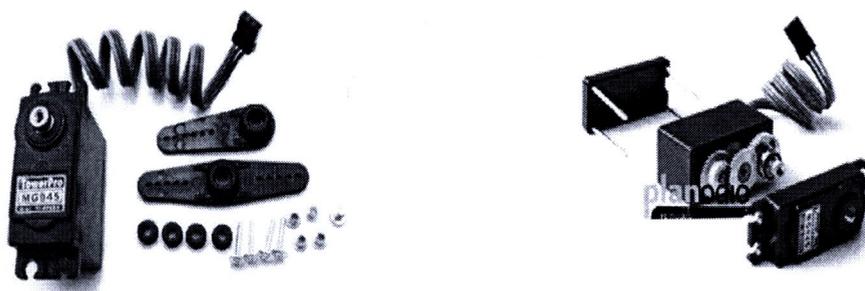
-ส่วนซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย โปรแกรม Arduino



3.3.1 เซอร์โวมอเตอร์

3.3.1.1 โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์

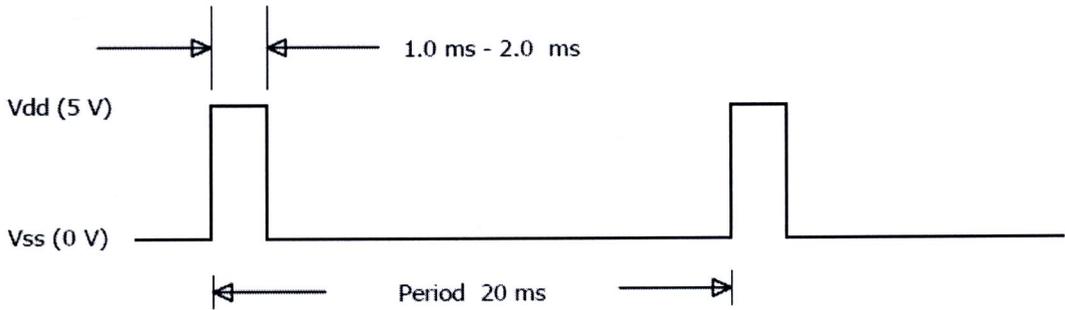
เซอร์โวมอเตอร์ คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) ที่ถูกประกอบรวมกับชุดเกียร์ และ ส่วนควบคุม ต่างๆ ไว้ในโมดูลเดียวกัน หรือ ภายในกล่องพลาสติกเดียวกัน โดยมอเตอร์ชนิดนี้จะมีสายต่อใช้งานเพียง 3 เส้นเท่านั้น คือ VCC,GNDและ สายสัญญาณควบคุม (Control Line) ซึ่งสามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนซ้าย หรือ ขวาได้จากสายสัญญาณเพียงเส้นเดียว โดยสัญญาณที่ใช้ควบคุมนี้จะเป็นสัญญาณ การมอดูเลตความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation , PWM) แบบ TTL Level ระดับแรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์นี้จะอยู่ในช่วงประมาณ 4 ถึง 6 โวลต์ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัว ข้อดีของมอเตอร์ชนิดนี้ก็คือ จะมีขนาดเล็กน้ำหนักเบา, ให้แรงบิดสูง ,กินพลังงานน้อย และ สามารถควบคุมด้วยแรงดันลอจิกที่เป็น TTL ได้โดยตรงไม่จำเป็นต้องต่อวงจรขับ(Driver) อื่นๆ เพราะมอเตอร์ชนิดนี้จะมีวงจรควบคุมบรรจุไว้ภายในอยู่แล้ว ซึ่งมอเตอร์ชนิดนี้สามารถควบคุมให้หมุนไปในตำแหน่ง หรือ ทิศทางองศาที่ต้องการได้ โดยอาศัยสัญญาณความกว้างพัลส์ ที่ป้อนให้มอเตอร์ แต่เซอร์โวมอเตอร์นี้จะหมุนได้แค่เพียงในช่วงประมาณ 180° หรือ ครึ่งรอบเท่านั้น หรือ บางรุ่นอาจหมุนได้ถึง 210° แต่จะไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้ เนื่องจากโครงสร้างภายในจะประกอบด้วย ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (VR) ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์และตัวต้านทานนี้จะถูกยึดติดกับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งจากการที่ตัวต้านทานปรับค่านี้ไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้ ดังนั้น เซอร์โวมอเตอร์จึงถูกออกแบบให้หมุนได้เพียงแค่ประมาณ 180° หรือ ครึ่งรอบเท่านั้น เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดกับตัวต้านทานปรับค่าได้ แต่ถ้าหากเราต้องการให้มอเตอร์หมุนเป็นวงรอบ (360°) นั้นก็สามารถทำได้ โดยจะต้องทำการปรับแต่ง (Modify) คัดแปลงชิ้นส่วนบางอย่างของมอเตอร์



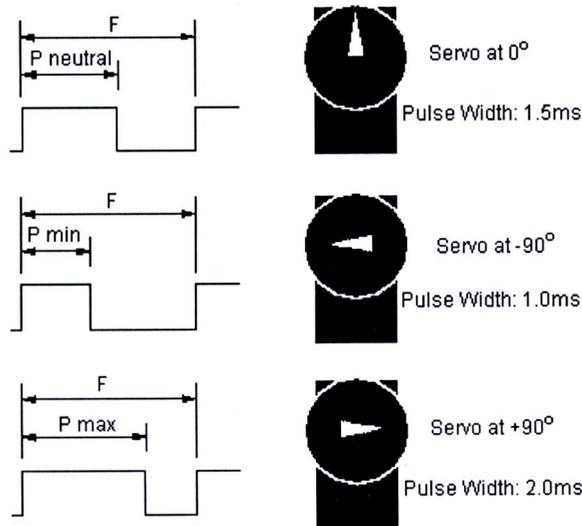
รูปที่ 3.2 โครงสร้างของเซอร์โวมอเตอร์

3.3.1.2 หลักการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์

การควบคุมการทำงานของเซอร์โวมอเตอร์ ทำได้โดย การป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ ให้กับมอเตอร์ซึ่งตำแหน่งและทิศทางการหมุนของมอเตอร์นี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของความกว้างของพัลส์นั้นๆ โดยทั่วไปแล้วความกว้างของสัญญาณพัลส์จะมีจุดให้อ้างอิง 3 จุด ดังรูป คือ



รูปที่ 3.3 สัญญาณในหนึ่งคาบที่ส่งให้เซอร์โวมอเตอร์



รูปที่ 3.4 สัญญาณในหนึ่งคาบที่ส่งให้เซอร์โวมอเตอร์ตำแหน่งกลาง ช้าย ขวา

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1.5 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม 0 องศา หรือ จุดกึ่งกลางของมอเตอร์

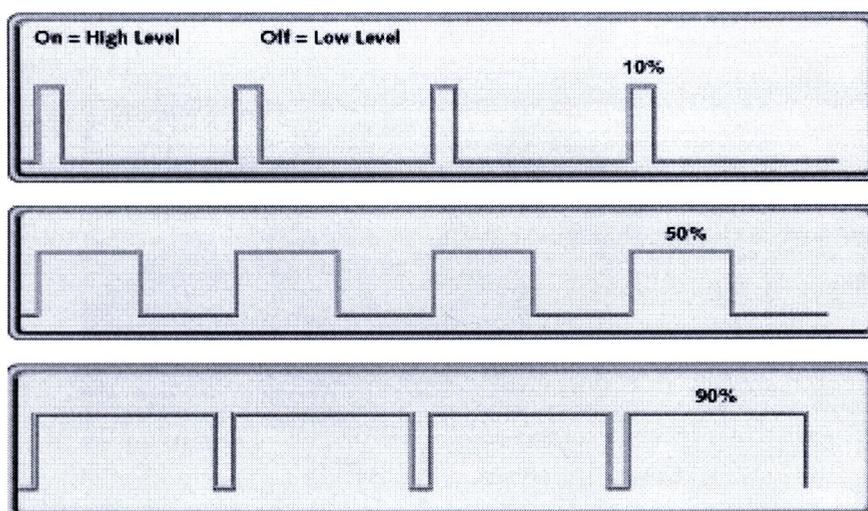
- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม - 90 องศา หรือในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา
- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 2 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม + 90 องศา หรือในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

3.3.1.3 การควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ แบบ PWM

Pulse width modulation (PWM) คือ เทคนิคสำหรับควบคุมวงจรทางด้านฮาร์ดแวร์โดยใช้สัญญาณเอาต์พุตแบบดิจิทัลของไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุม

การทำงานของสัญญาณ PWM

- โดย รูปที่ 3.5 ก แสดงสัญญาณ PWM ที่ 10% duty cycle คือ สัญญาณในการอนจะเป็น 10% ของคาบสัญญาณ และ จะออฟเป็น 90% ของคาบสัญญาณ
 - โดย รูปที่ 3.5 ข แสดงสัญญาณ PWM ที่ 50% duty cycle คือ สัญญาณในการอนจะเป็น 50% ของคาบสัญญาณ และ จะออฟเป็น 50% ของคาบสัญญาณ
 - โดย รูปที่ 3.5 ค แสดงสัญญาณ PWM ที่ 90% duty cycle คือ สัญญาณในการอนจะเป็น 90% ของคาบสัญญาณ และ จะออฟเป็น 10% ของคาบสัญญาณ
- เช่น ถ้า Power Supply มี 9V และ duty cycle เป็น 10% จะได้เอาต์พุต 0.9V



รูปที่ 3.5 สัญญาณ PWM ที่แตกต่างกัน 3 สัญญาณ



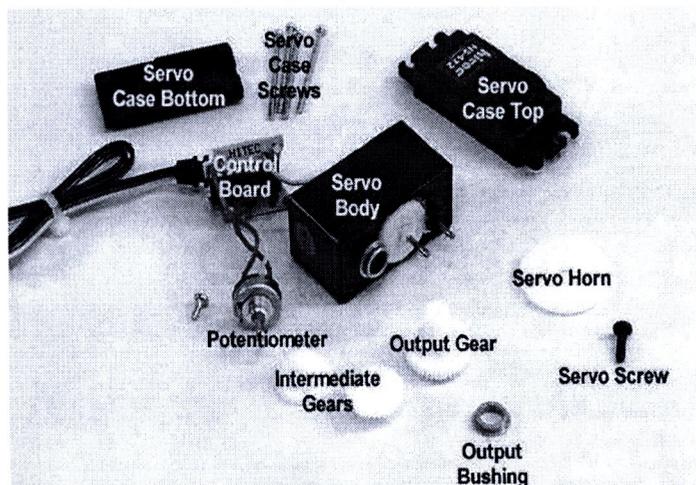
ทำไมถึงใช้ PWM ในการควบคุมความเร็วมอเตอร์

มีหลายเหตุผลว่าทำไม PWM ถึงถูกเลือกใช้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์ เช่น

- PWM ง่ายในการใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และ ใช้เพียงแค่อำนาจพุทสัญญาณเดียวในการควบคุมความเร็ว
- PWM มีประสิทธิภาพ คือ แหล่งจ่ายไฟจะจ่ายกำลังได้เต็มที่ทั้ง ON และ OFF(FULL ON and FULL OFF)
- PWM ทำให้ได้ค่า ทอร์ก และ ความเร็วสูงสุดของมอเตอร์ เป็นเพราะ แหล่งจ่ายไฟจะจ่ายกำลังได้เต็มที่ทั้ง ON และ OFF(FULL ON and FULL OFF)

3.3.1.4 ข้อมูลของเซอร์โวมอเตอร์

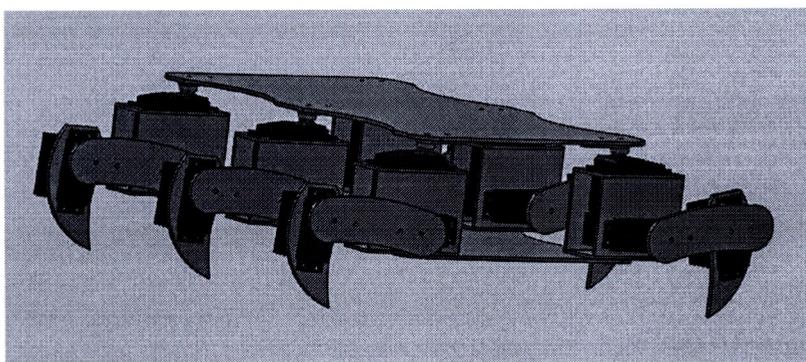
Speed : 0.23sec/60degrees at 4.8V , 0.23sec/60degrees at 6V
 Torque : 10kg.cm(4.8V) , 12kg.cm(6V)
 Size : 40.7 X 19.7 X 42.9 mm.
 Weight : 55g



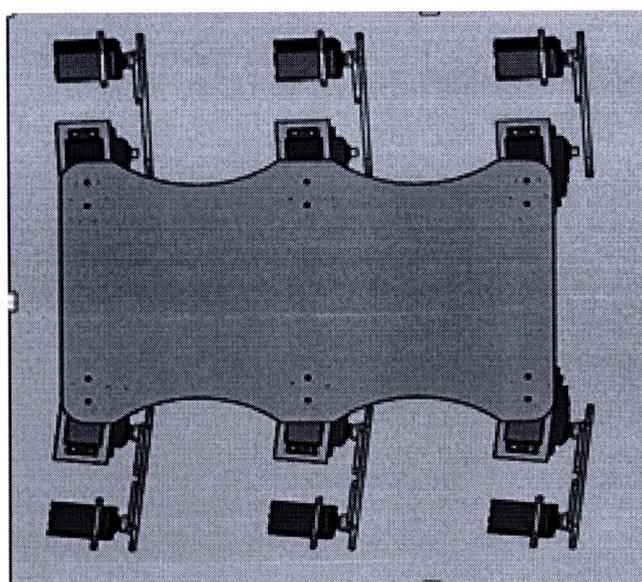
รูปที่ 3.6 ส่วนประกอบภายในของเซอร์โวมอเตอร์

3.3.1.5 โครงสร้างของหุ่นยนต์แมลง 6 ขา

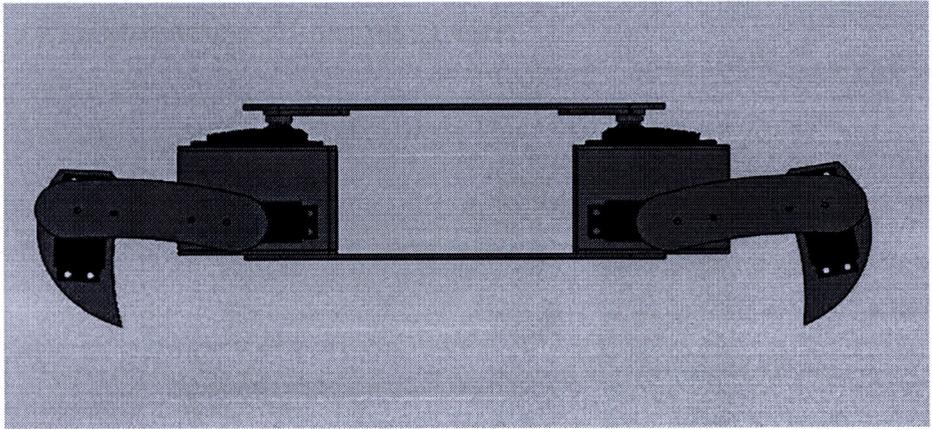
โครงสร้างของหุ่นยนต์แมลงประกอบด้วยส่วนฮาร์ดแวร์ ได้แก่ โครงสร้างของหุ่นยนต์แมลง 6 ขาที่ทำมาจากอะคริลิก, บอร์ดควบคุม ET-easy168 STAMP, วงจรที่ใช้ควบคุมหุ่นยนต์แมลง 6 ขา และเซอร์โวมอเตอร์ ส่วนของซอฟต์แวร์ ได้แก่ โปรแกรม Arduino ซึ่งใช้ภาษาซีในการเขียนคำสั่ง



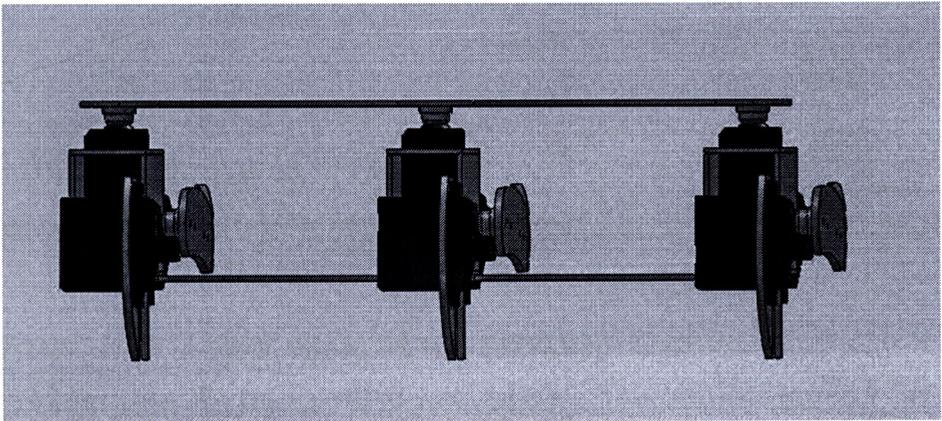
รูปที่ 3.7 ภาพโครงสร้างของหุ่นยนต์แมลง 6 ขาแบบ Isometric



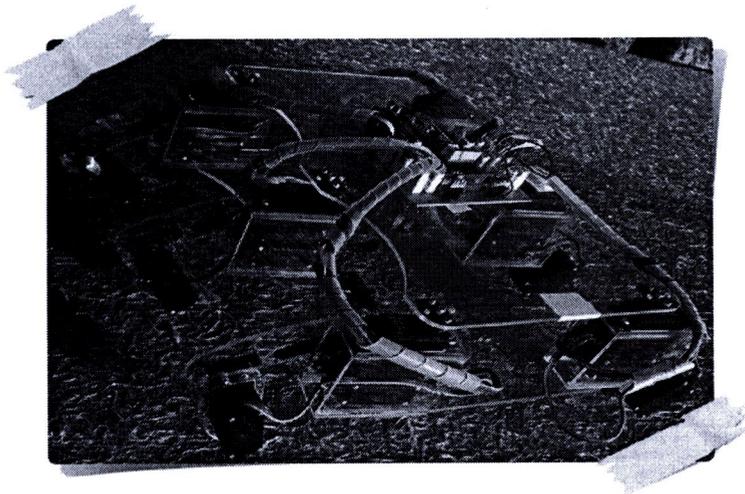
รูปที่ 3.8 ภาพโครงสร้างของหุ่นยนต์แมลง 6 ขา ด้านบน



รูปที่ 3.9 ภาพโครงสร้างของหุ่นยนต์แมลง 6 ขา ด้านหน้า

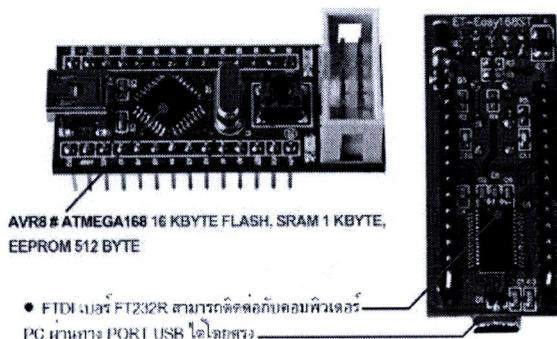


รูปที่ 3.10 ภาพโครงสร้างของหุ่นยนต์แมลง 6 ขา ด้านข้าง



รูปที่ 3.11 หุ่นยนต์แมลง 6 ขา

3.3.1.6 บอร์ดควบคุม ET-easy168 STAMP



รูปที่ 3.12 บอร์ดควบคุม ET-easy168 STAMP

คุณสมบัติของบอร์ด ET-easy168 STAMP

- เลือกใช้ MCU ตระกูล AVR8 เบอร์ ATMEGA 168 ของ Atmel ใช้งาน RUN ความถี่ 16.00 Mhz
- หน่วยความจำ Flash 16 Kbyte, SRAM 1 Kbyte, EEPROM 512 byte
- มี GPIO ใช้งาน 22 bit เป็น Digital จำนวน 14 bit และ A to D ขนาด 10 bit จำนวน 8 bit
- Power Supply ต่อใช้งาน 5 VDC จาก Port USB และจากแหล่งจ่าย 5VDC ภายนอก พร้อม LED POWER แสดงสถานะ
- มีวงจร External แบบ reset RC reset และ SW reset
- ขั้วต่อใช้งานวางตัวบน Pin header ระยะห่าง 2.54 mm. ขนาด 28 PIN ระยะห่าง 600 MIL ง่ายต่อการนำไปต่อประยุกต์ใช้งาน และต่อทดลองบน Project Board
- ขนาดบอร์ด 2 x 5 CM. ขนาดบอร์ดประมาณเท่ากับไอซี 28 PIN
- ขั้วต่อ USB MINI และไอซี USB BRIGE ของ FDTI เบอร์ FT232R บนบอร์ด
- ขั้วต่อ AVR ISP แบบ IDE 10 PIN สำหรับต่อใช้งาน Download ให้กับ MCU ในบอร์ด ในกรณีไม่ต้องการ Download ผ่านทาง Port USB

3.3.1.7 Li-po Battery 4000 25C



รูปที่ 3.13 Li-po Battery 4000 25C

Quick Details :

Brand Name: Turbojet

Model Number: 25C, 4000mAh,7.4V

Type: Li-Ion

Application: RC Car

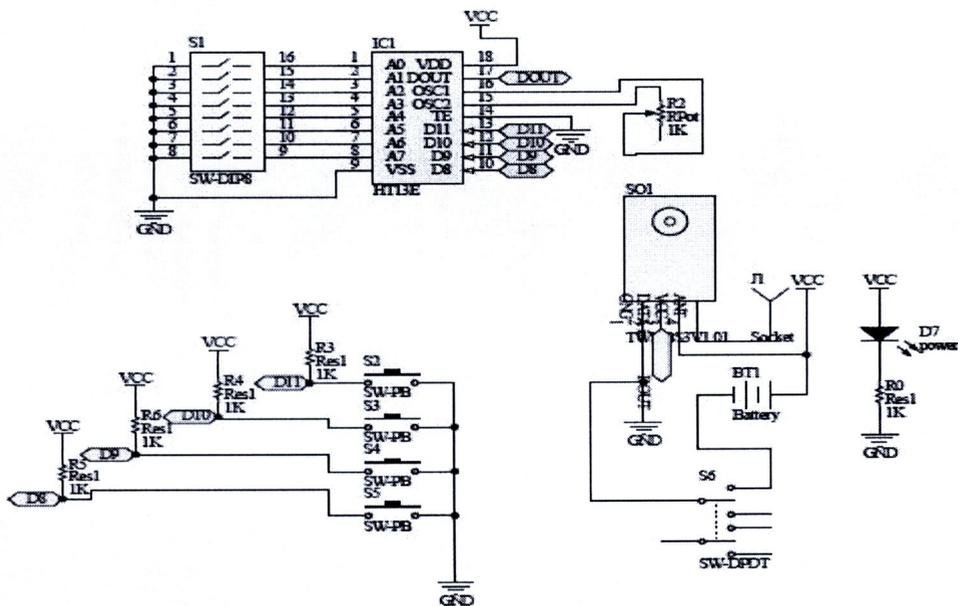
Voltage: 7.4V

Weight: 220g Size: 22*47*138mm

Colour: Black

Nominal Capacity: 4000mAh

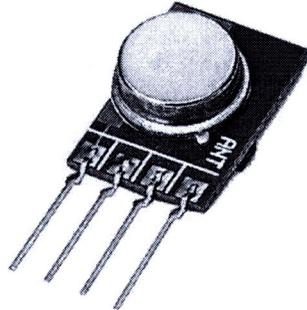
3.3.1.8 วงจรควบคุมหุ่นยนต์แมลงแบบไร้สาย



รูปที่3.14 วงจรควบคุมหุ่นยนต์แมลงแบบไร้สาย

วงจรควบคุมหุ่นยนต์แมลงแบบไร้สาย ก็สามารถแบ่งตามหน้าที่ได้ดังนี้

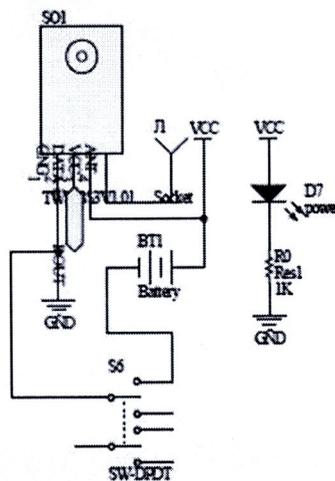
- ส่วน ส่งสัญญาณ



รูปที่ 3.15 อุปกรณ์ส่งสัญญาณ

เลือกใช้ Wireless Transmitter Module Series รุ่น TWS-BS-3 ทำหน้าที่ส่งสัญญาณให้แก่หุ่นยนต์เพื่อให้หุ่นยนต์ทำตามคำสั่ง ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- Frequency Range: 433.92MHz
- Modulate Mode: ASK
- Circuit Shape: SAW
- Data Rate: 8Kbps
- Supply Voltage: 3~12V

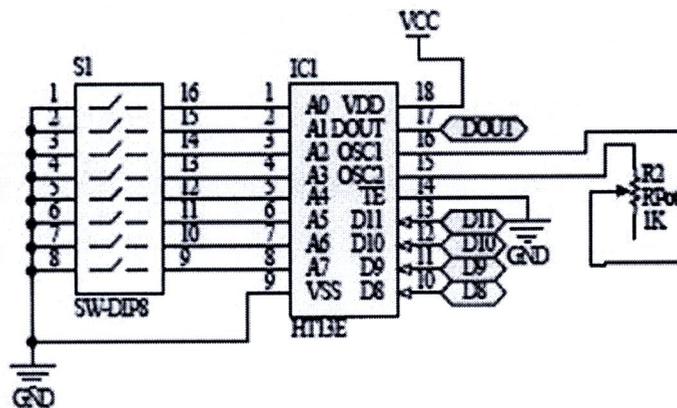


รูปที่ 3.16 วงจรส่งสัญญาณ

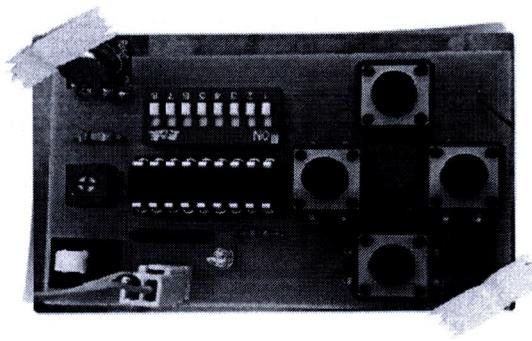
- ส่วนของ Encoder

เลือกใช้ 2¹² Series of Encoders รุ่น HT12E 18 DIP ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

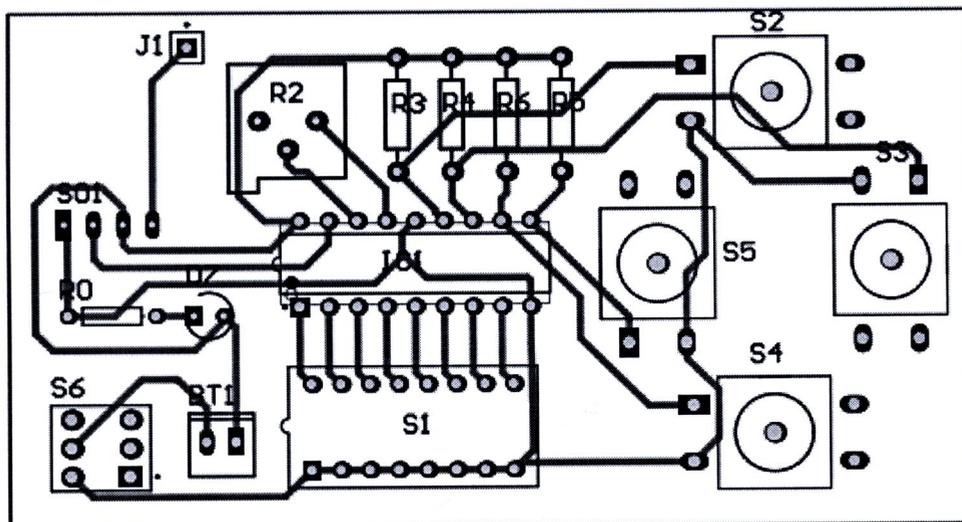
- Operating voltage : 2.4V~5V for the HT12A และ 2.4V~12V for the HT12E
- Low power and high noise immunity CMOS technology
- Low standby current: 0.1_A (typ.) at VDD=5V
- HT12A with a 38kHz carrier for infrared transmission medium
- Minimum transmission word : Four words for the HT12E
- Built-in oscillator needs only 5% resistor
- Data code has positive polarity
- Minimal external components
- HT12A/E: 18-pin DIP/20-pin SOP package



รูปที่ 3.17 วงจร Encoder

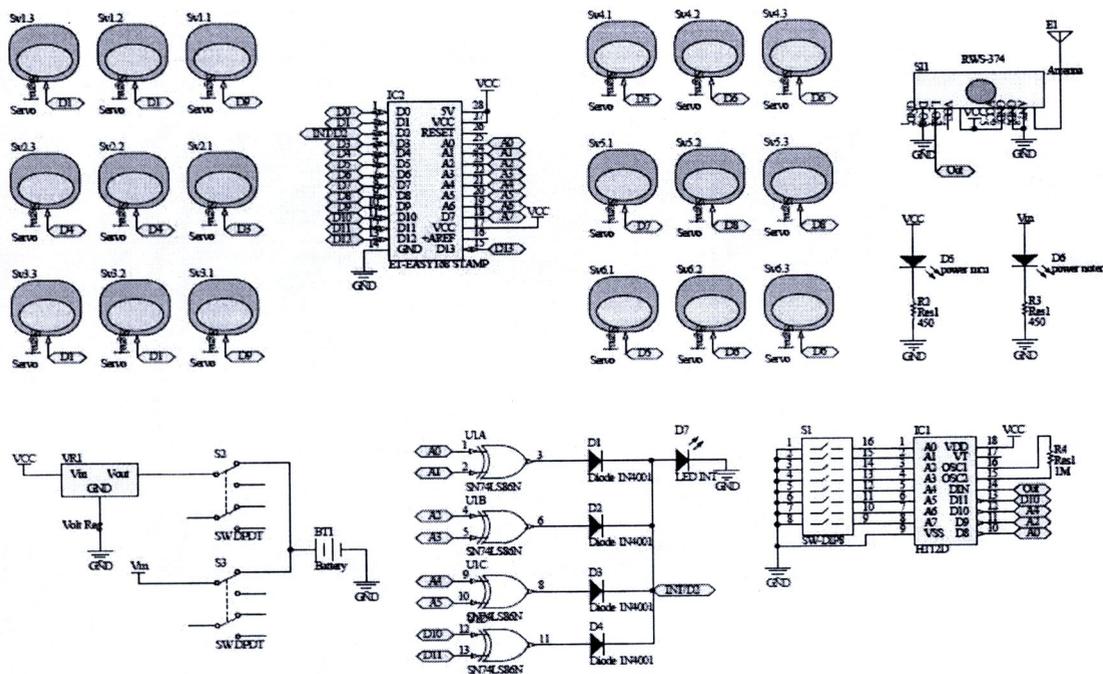


รูปที่ 3.18 วงจรจริงบนรีโมท

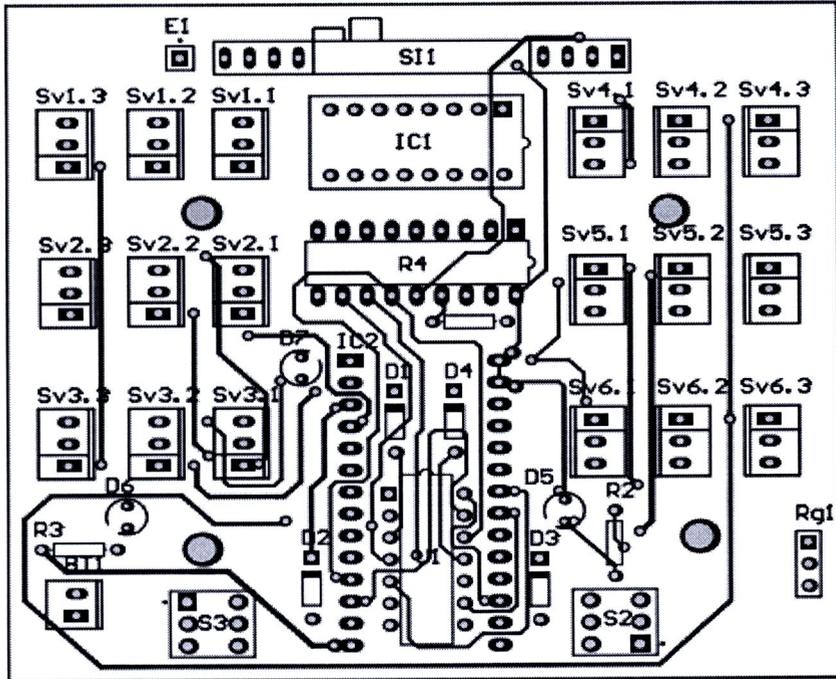


รูปที่3.19 บอร์ดวงจรควบคุมหุ่นยนต์แมลง 6 ขา แบบไร้สาย

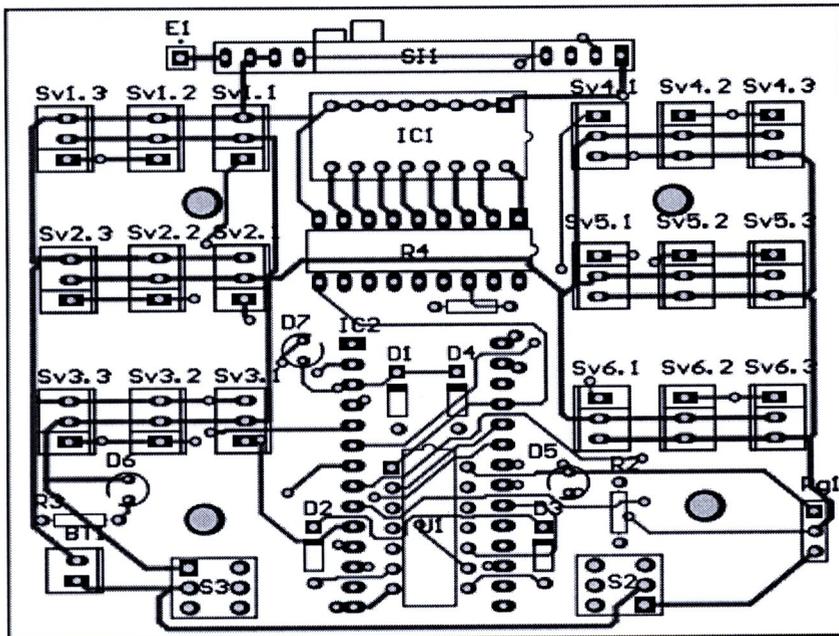
3.3.1.9 วงจรควบคุมการเดินของหุ่นยนต์แมลง



รูปที่3.20 ภาพวงจรควบคุมของหุ่นยนต์แมลง 6 ขา



รูปที่3.21 บอร์ดวงจรควบคุมการเดินของหุ่นยนต์แบบ 2 ชั้น (ชั้นบน)



รูปที่3.22 บอร์ดวงจรควบคุมการเดินของหุ่นยนต์แบบ 2 ชั้น (ชั้นล่าง)