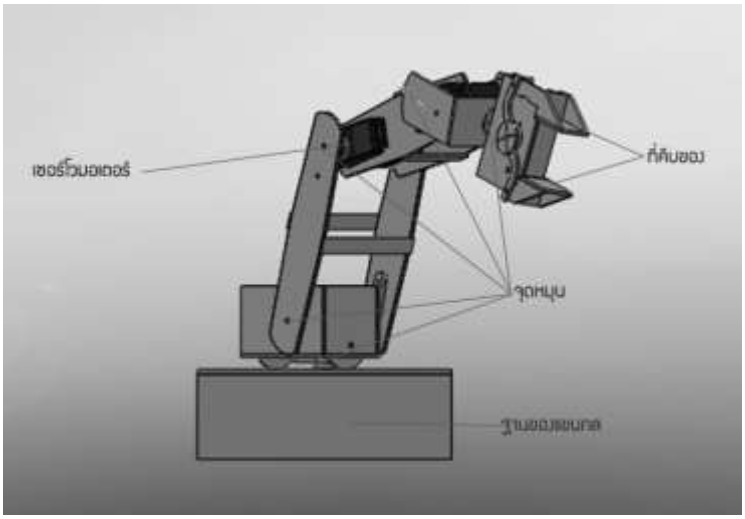
บทที่ 3

การออกแบบแขนกล

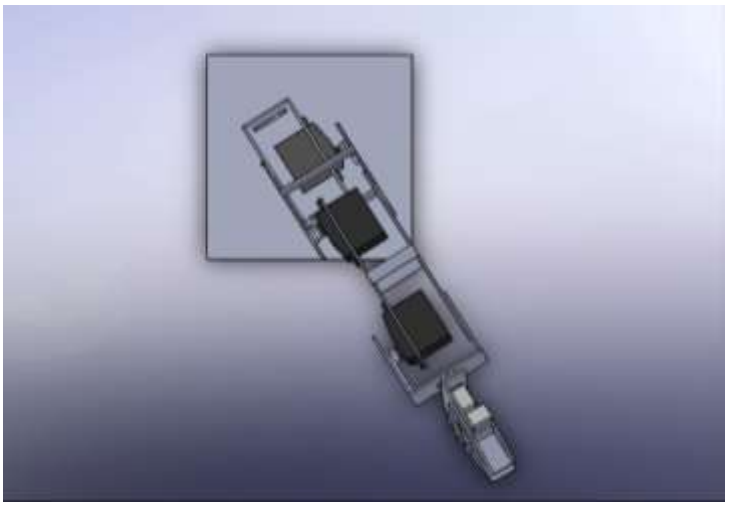
3.1 ฮาร์ดแวร์

3.1.1 โครงสร้างทางกายภาพ

ส่วนประกอบภายนอกของแขนกลทั้งหมด ได้ทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรม SolidWorks ส่วนประกอบทั้งหมดใช้แผ่นอะคริลิดในการทำ ซึ่งใช้เครื่อง CNC ในการกัดชิ้นงานทั้งหมด ดังรูปที่ 3.1 และ รูปที่ 3.2



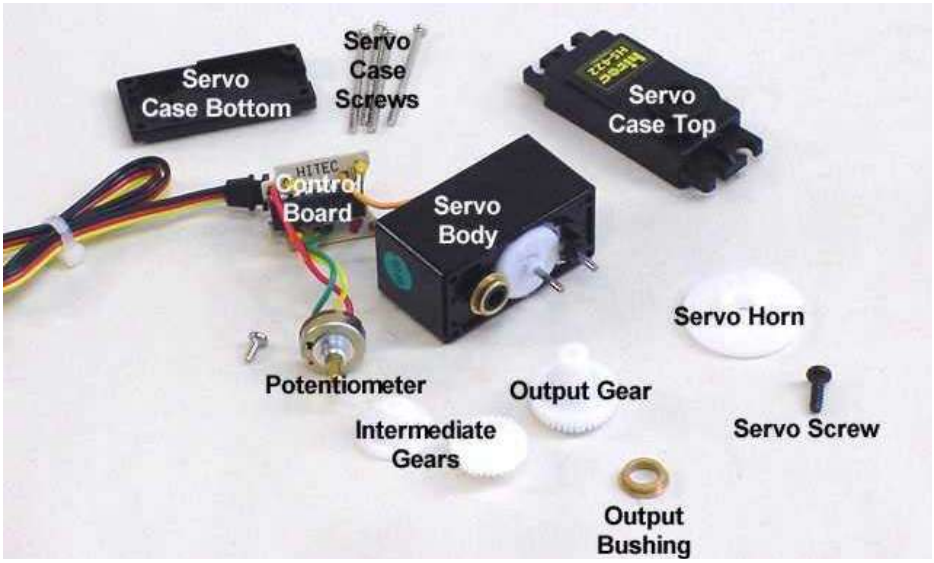
รูปที่ 3.1 แขนกลที่ออกแบบโดยใช้ SolidWorks (Front view)



รูปที่ 3.2 ภาพจากด้านบนของแขนกล(Top veiw)

3.1.2 เซอร์โวมอเตอร์

ส่วนประกอบที่สำคัญอีกอย่างคือ เซอร์โวมอเตอร์ ซึ่งมีขนาดกำลังไม่เกิน 13 kg.cm ซึ่งใช้เป็นต้นกำลังในการหมุนข้อต่อ ซึ่งมีทั้งหมด 6 ข้อต่อ จึงใช้ เซอร์โวมอเตอร์ 6 ตัว

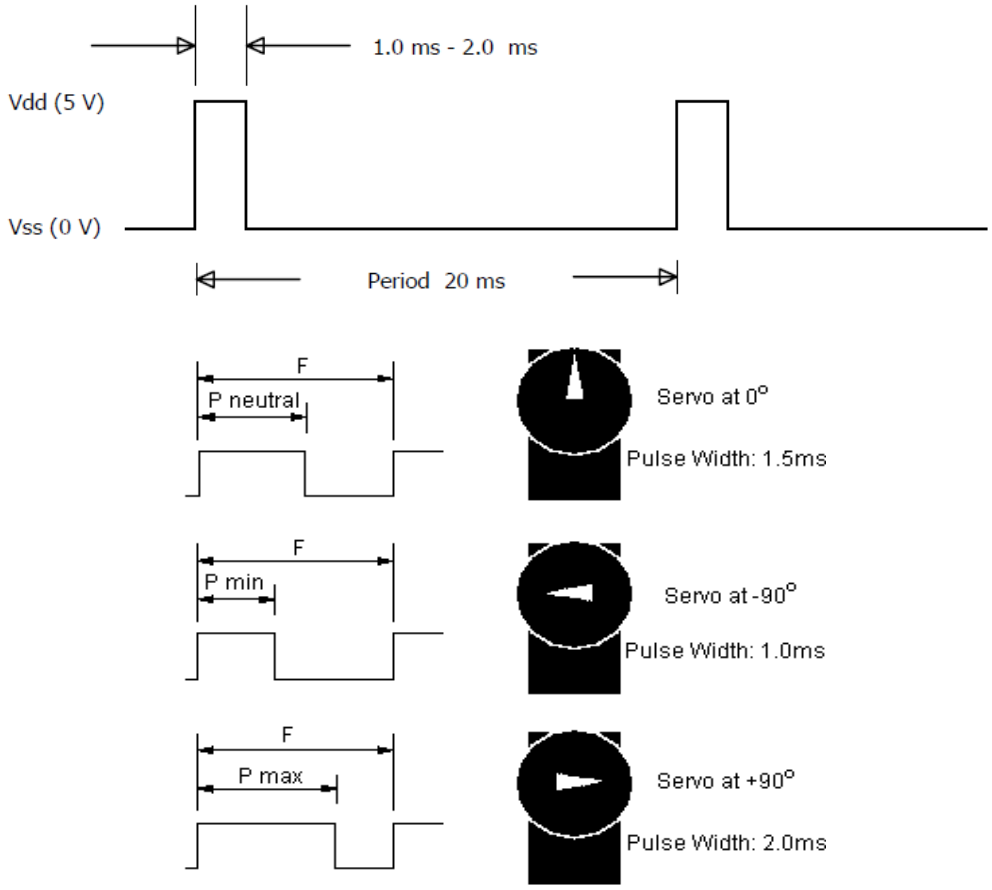


รูปที่ 3.3 องค์ประกอบภายในของเซอร์โวมอเตอร์

เซอร์โวมอเตอร์ คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC motor) ที่ถูกประกอบรวมกับ ชุดเกียร์ และส่วนควบคุม ต่างๆ ไว้ในโมดูลเดียวกัน โดยจะมีสายต่อใช้งานง 3 เส้น คือ VCC,GND และ สายสัญญาณควบคุม (Control Line) ซึ่งสามารถควบคุมให้มอเตอร์หมุนซ้าย ขวาได้จากสายสัญญาณ โดยสัญญาณที่ใช้ควบคุมเป็นสัญญาณการมอดูเลตความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation, PWM) แบบ TTL Level ระดับแรงดันจะอยู่ในช่วง 4 ถึง 6 โวลต์ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของมอเตอร์แต่ละตัว มีข้อดีคือ ขนาดเล็กน้ำหนักเบา, แรงบิตสูง ,ใช้พลังงานน้อย และ สามารถควบคุม ด้วยแรงดันลอจิกที่เป็น TTL ได้โดยตรงไม่จำเป็นต้องต่อวงจรขับ เพราะ วงจรควบคุมอยู่ภายในแล้ว ซึ่งสามารถควบคุมให้หมุนไปในตำแหน่งที่ต้องการได้ โดยอาศัยสัญญาณความกว้างพัลส์ แต่จะหมุนได้ในช่วงประมาณ 180º แต่ บางรุ่นหมุนได้ 210° แต่ไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้เนื่องจากโครงสร้างภายในมีตัวต้านทานปรับค่าได้ (VR) ที่ทำหน้าที่ตรวจสอบตำแหน่งการหมุนของมอเตอร์ และ ตัวต้านทานนี้ยึดติดอยู่กับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งจากการที่ตัวต้านทานปรับค่านี้ไม่สามารถหมุนเป็นวงรอบได้ ดังนั้น จึงถูกออกแบบให้หมุนได้ประมาณ 180° เพื่อป้องกันมิให้ตัวต้านทานปรับค่าได้เสียหาย แต่ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนได้ 360º ต้องทำการปรับแต่ง (Modify) ดัดแปลงชิ้นส่วนบางอย่างของมอเตอร์

3.1.2.1 การควบคุมการทำงานของ เซอร์โวมอเตอร์

ทำได้โดย การป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ ให้กับมอเตอร์ซึ่งตำแหน่งและทิศทางการหมุนของมอเตอร์นี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของความกว้างของพัลส์นั้นๆ โดยทั่วไปแล้วความกว้างของสัญญาณพัลส์จะมีจุดให้อ้างอิง 3 จุด ดังรูป คือ



รูปที่ 3.4 การป้อนสัญญาณพัลส์เพื่อควบคุม เซอร์โวมอเตอร์

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1.5 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม 0 องศา

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 1 ms จะควบคุมให้เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม - 90 องศา

- สัญญาณความกว้างพัลส์ขนาด 2 ms จะควบคุมให้ เซอร์โวมอเตอร์หมุนไปอยู่ที่ตำแหน่งมุม 90 องศา

หมายเหตุ ค่าความกว้างพัลส์ และ ระยะองศาการหมุนของมอเตอร์ที่อธิบายด้านบน นั้นเป็นเพียงค่าประมาณเท่านั้น ทั้งนี้ระยะการหมุน และ ขนาดของพัลส์ที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ในแต่ละยี่ห้ออาจจะไม่เท่ากัน ดังนั้นในการใช้ งานจึงควรศึกษารายละเอียดของมอเตอร์ในแต่ละรุ่นที่นำมาใช้ ซึ่งโดยปกติแล้วรายละเอียดต่างๆ ของมอเตอร์มักจะมีติดมากับตัวมอเตอร์นั้นๆ อยู่แล้ว สำหรับ Servo motor ยี่ห้อ

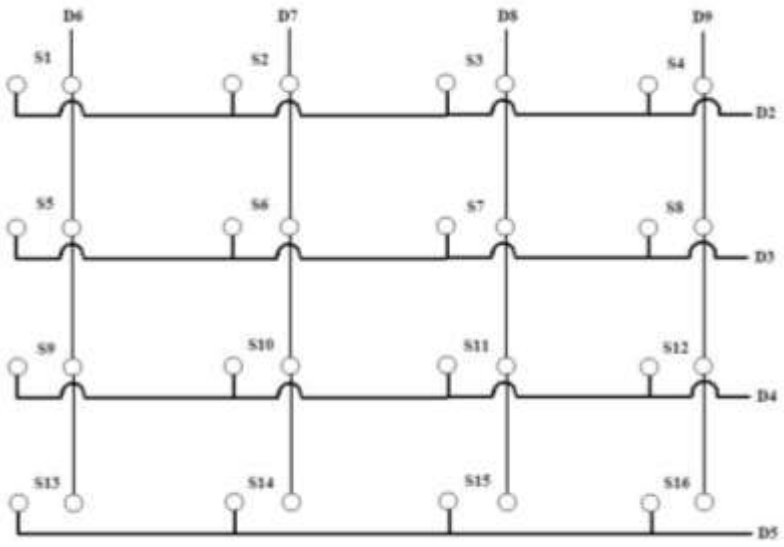
GWS และ HITEC นั้น จะใช้ระบบเฟืองที่ต่างกันทำให้มีทิศทางการหมุนที่ต่างกัน โดยจะตรงข้ามกัน เช่น ส่งสัญญาณพัลส์ 1ms มอเตอร์ GWS จะหมุนทวนเข็มนาฬิกา ส่วนมอเตอร์ของ HITEC จะหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา เป็นต้น

ส่วนการที่จะควบคุมให้มอเตอร์หมุนเป็นมุมอื่นๆ นั้นก็สามารถทำได้โดยการป้อนสัญญาณพัลส์เป็นระดับความกว้างต่างๆ โดยอ้างอิงจากจุด ทั้ง 3 จุดที่กล่าวมานี้ ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนไปที่มุม - 45 องศา เราก็จะต้องป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้าง 1.25 ms เป็นต้น และ สัญญาณพัลส์นี้จะต้องจ่ายให้มอเตอร์ทุกๆ 20 ms (Period) เพื่อรักษาสภาพตำแหน่งของมอเตอร์ไว้ โดยหลักการก็คือ จะอาศัยการเปรียบเทียบช่วงเวลาของความกว้างพัลส์ที่จ่ายให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุมกับค่าเวลาของวงจร RC ภายในบอร์ดควบคุมในตัวของมอเตอร์ ซึ่งค่าเวลาของวงจร RC นี้จะมีการเปลี่ยนแปลงตามการหมุนของมอเตอร์ เนื่องจากตัวต้านทานปรับค่าจะถูกยึดติดอยู่กับแกนหมุนของมอเตอร์ ซึ่งการหมุนของมอเตอร์จะทำให้ค่าความต้านทานของตัวต้านทานปรับค่า (VR) เปลี่ยนแปลงไป เป็นผลทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย โดยในขณะที่เราป้อนสัญญาณความกว้างพัลส์ให้กับมอเตอร์ทางขาสัญญาณควบคุม สัญญาณนี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าเวลาของวงจร RC หากค่าทั้ง 2 ไม่เท่ากัน มอเตอร์ก็จะหมุนทำให้ค่าเวลาของวงจร RC เปลี่ยนแปลงจนกระทั่งค่าเวลาความกว้างพัลส์ของ วงจร RC เปลี่ยนแปลงจนเท่ากับสัญญาณพัลส์ทางขาควบคุม (Control line) มอเตอร์จึงจะหยุดหมุน

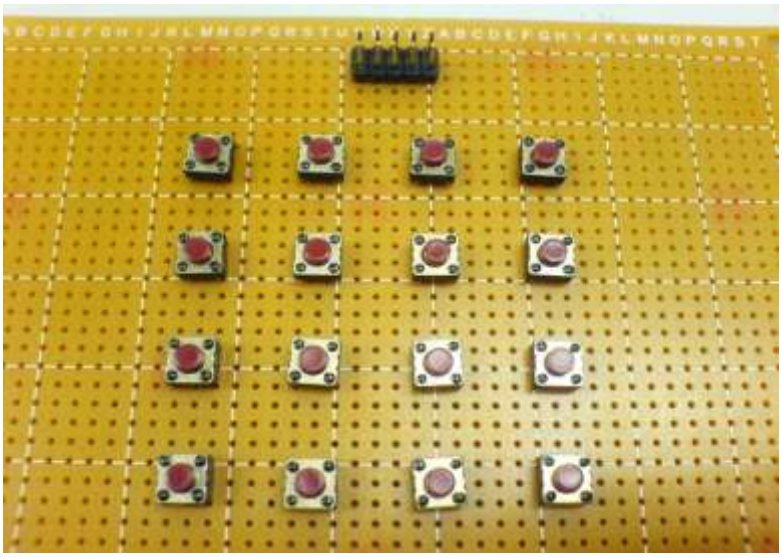
3.1.3 วงจรแขนกล

แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

3.1.3.1 ส่วนอินพุต เพื่อรับค่าตำแหน่งของ เซอร์โวมอเตอร์

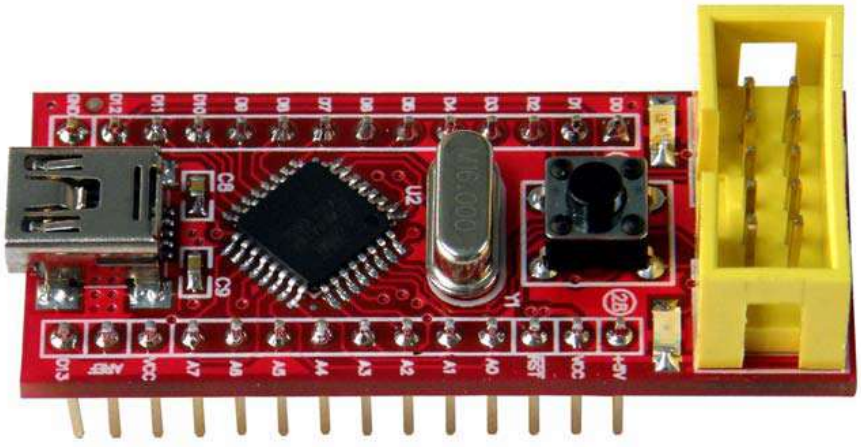


รูปที่ 3.5 วงจรสวิตซ์ควบคุม (Keypad Joystick)



รูปที่ 3.6 บอร์ดสวิตซ์ควบคุม

3.1.3.2 ส่วนของคอนโทรลเลอร์



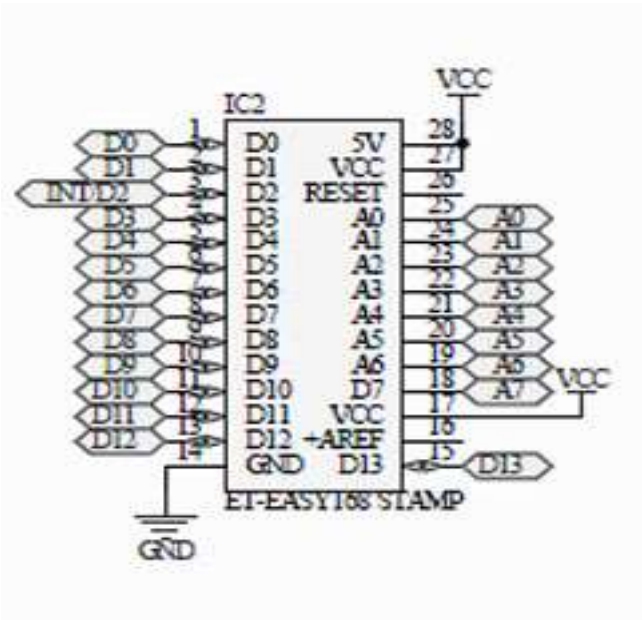
รูปที่ 3.7 บอร์ด ET-Easy168 STAMP

เลือกใช้ AVR รุ่น ET-Easy168 STAMP ในการเขียนคำสั่งเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ของ เซอร์โวมอเตอร์ โดย ET-Easy168 STAMP เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล AVR8 ขนาดเล็กจิ๋ว เลือกใช้เบอร์ ATMEGA168 เป็น MCU ประจำบอร์ด นอกจากนี้แล้วภายในตัวบอร์ดยังได้รวมเอาไอซี USB BRIDGE ของ FTDI เบอร์ FT232R สามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์ PC ผ่านทาง PORT USB ได้โดยตรงทำให้บอร์ด ET-Easy168 STAMP เป็นบอร์ด ทดลองใช้งานขนาดเล็กที่เพียบพร้อมไปด้วยวงจรพื้นฐานที่จำเป็นต่อการใช้งานอย่างแท้จริง เพียงแต่เสียบสาย USB จากเครื่องคอมพิวเตอร์ PC เข้ากับขั้ว USB ของบอร์ด ET-Easy168 STAMP ก็สามารถเขียนโปรแกรม และ DOWNLOAD CODE เข้าตัวบอร์ด พร้อมใช้ทำการทดลองหรือใช้งานได้ทันที

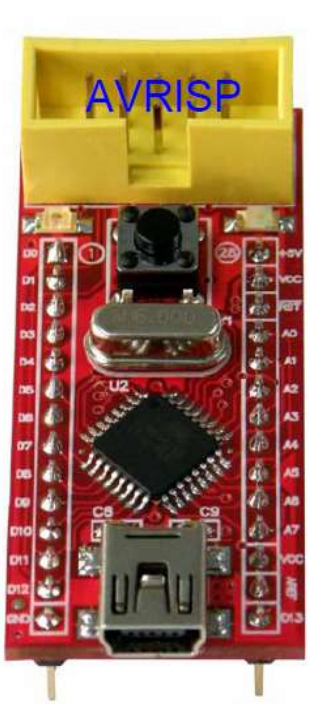
คุณสมบัติของบอร์ด

1. เลือกใช้ MCU ตระกูล AVR8 เบอร์ ATmega168 ของ ATMEL Run ความถี่ 16.00 MHz
    - มีหน่วยความจำ Flash สำหรับเขียนโปรแกรม 16KByte ถ้าใช้การพัฒนาโปรแกรมผ่านระบบ AVRISP หรือ 14Kbyte เมื่อใช้การพัฒนาโปรแกรมผ่านระบบ Boot Loader RS232
    - มี SRAM ใช้งานขนาด 1KByte และ EEPROM ใช้งานขนาด 512 Byte
    - มี GPIO ใช้งานจำนวน 22 บิต
2. Digital GPIO จำนวน 14 บิต
3. Analog Input (ADC) ขนาดความละเอียด 10บิต จำนวน 8 ช่อง
4. ใช้งานกับแรงดันไฟตรงขนาด +5VDC โดยใช้ได้ทั้งกับแหล่งจ่าย +5VDC/500mA จากพอร์ต USBและจากแหล่งจ่าย +5VDC จากภายนอกได้ด้วย พร้อม LED Power แสดงสถานะของแหล่งจ่าย
5. มีวงจร External Reset แบบ RC Reset และ Switch Reset พร้อมภายในบอร์ด
6. ขั้วต่อใช้งานวางตัวบน Pin Header ระยะห่าง 2.54mm(100mil) ขนาด 28 Pin (ด้านละ14Pin) ระยะห่าง600mil(1.5cm) ง่ายต่อการนำไปต่อประยุกต์ใช้งาน และ ขยายวงจร I/O สามารถใช้กับProject Board และ PCB เอนกประสงค์ได้โดยง่าย
7. มีขั้วต่อ USB สำหรับเชื่อมต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์ PC ผ่าน USB Bridge ของ FTDI ในรูปแบบของการสื่อสารอนุกรม RS232 สำหรับใช้งานสื่อสารและ Download Code ให้กับ MCU ในบอร์ด
8. มีขั้ว AVRISP แบบ IDE 10PIN สำหรับใช้ Download โปรแกรมให้กับ MCU ภายในบอร์ดในกรณีไม่ต้องการใช้การพัฒนาโปรแกรมผ่านทาง Boot Loader
9. มี LED แสดงสถานะ โดยต่อกับ PB5 ของ AVR (Digital-13 ของ Arduino Project) สำหรับใช้เป็นอุปกรณ์ทดลองการทำงานอย่างง่าย

รูปที่ 3.8 AVR รุ่น ET-Easy168 STAMP



รูปที่ 3.9 วงจร Controller

AVR	Arduino	Pin	ET-EASY168 STAMP	Pin	Arduino	AVR
PD0	Digital-0	1		28	+5V(+Vin)	+5V(+Vin)
PD1	Digital-1	2		27	+VCC(+5V)	+VCC(+5V)
PD2	Digital-2	3		26	RESET#	RESET(PC6)
PD3	Digital-3	4		25	Analog-0	PC0/ADC0
PD4	Digital-4	5		24	Analog-1	PC1/ADC1
PD5	Digital-5	6		23	Analog-2	PC2/ADC2
PD6	Digital-6	7		22	Analog-3	PC3/ADC3
PD7	Digital-7	8		21	Analog-4	PC4/ADC4
PB0	Digital-8	9		20	Analog-5	PC5/ADC5
PB1	Digital-9	10		19	Analog-6	ADC6
PB2	Digital-10	11		18	Analog-7	ADC7
PB3	Digital-11	12		17	+VCC(+5V)	+VCC(+5V)
PB4	Digital-12	13		16	+AREF	+AREF
GND	GND	14		15	Digital-13	PB5

รูปที่ 3.10 การจัดสรรขาสัญญาณของบอร์ด ET-EASY168 STAMP

หน้าที่ของขาสัญญาณในการใช้งานแบบ “Arduino Project”

• +5V(+Vin) เป็นขาสำหรับใช้เป็นจุดรับแรงดันขนาด +5VDC จากภายนอกเพื่อเป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงให้กับบอร์ด

• +VCC(+5V) เป็นขาแหล่งจ่ายไฟจุดเดียวกันกับที่ป้อนให้กับ +VCC ของ MCU ซึ่งจุดนี้จะรับแรงดันมาจาก 2 แหล่ง ด้วยกันคือ ขารับแรงดัน +5V(+Vin) จากขา 28 ของบอร์ด และ จากขา+VUSB(+5V) จากขั้ว USB ของบอร์ด โดยมีไดโอด ป้องกันการย้อนกลับของแรงดันไว้แล้ว

• +AREF เป็นขาสำหรับรับสัญญาณแรงดันอ้างอิง (Analog Reference) ให้กับวงจร Analog Input ในกรณีต้องการใช้แรงดันอ้างอิงจากภายนอก

• RESET# เป็นขาสัญญาณ RESET ของ CPU ทำงานที่ Logic “0”

• Digital[0..13] เป็นขา I/O แบบ Digital สามารถใช้งานเชื่อมต่อกับสัญญาณ Logic TTL (5V) ต่างๆ

• Analog[0..7] เป็นขา Input แบบ Analog สามารถรับ Input แบบ Analog 0..+5V

3.2 ชนิดของเซอร์โวมอเตอร์

แขนกลในแต่ละข้อจะมีการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกัน จึงมีการนำเซอร์โวมอเตอร์มาใช้งานอยู่ 4 แบบ คือ

• Servo MG945 Towerpro : Stall torque: 10kg.cm(4.8V),13kg.cm(6V)

Operating speed: 0.23 sec/60degree(4.8v), 0.2 sec/60degree(6v)

Operating voltage: 4.8-7.2V

• Servo S3003 : Stall Torque : 3.2kg.cm(4.8V), 4.1kg.cm(6.0V)

Operating Speed : 0.23sec/60 degrees(4.8V), 0.19sec/60 degrees(6.0V)

Operating Voltage : 4.8-6.0 V

• Micro Servo SG90 9 g. : Stall Torque : 1.2 kg.cm (4.8V),

Operating Speed : 0.12 sec/ 60 degrees(4.8 V),

Operating Voltage : 4.0 to 7.2 volts

• Digital Servo : Torgue : Stall Torque : > 1kg.cm (Vcc=5V)

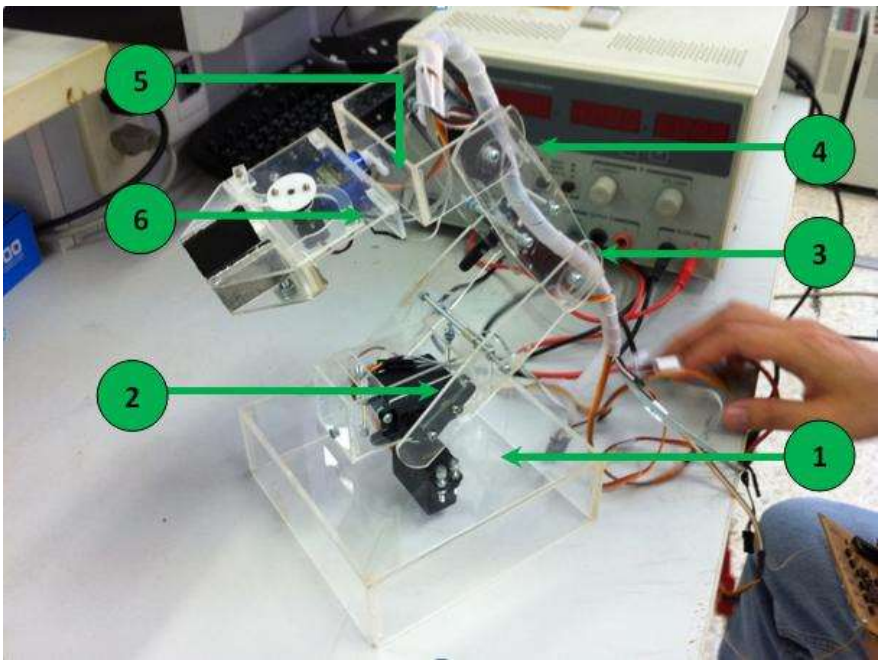
Operating Speed : 0.1 sec/60 degrees

Operating Voltage : DC 5V±1V

3.3 ซอฟแวร์

เป็นการออกแบบโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนที่ โดยใช้บอร์ดสวิตซ์ควบคุม เป็นตัวควบคุมการเคลื่อนที่ของแขนกล และควบคุมส่วนย่อยหรือตำแหน่งของข้อต่อในแต่ละข้อต่อโดยการเขียนโปรแกรมประมวลผลบนไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น ET-Easy168 STAMP ขนาด 8 บิต เพื่อส่งสัญญาณจาก Keypad Joystick ไปยังบอร์ด ET-Easy168 STAMP แล้วตัวรับสัญญาณในบอร์ดจะส่งข้อมูลเข้าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วจะส่งสัญญาณควบคุมเซอร์โวมอเตอร์ เพื่อออกคำสั่งในการเคลื่อนที่

3.4 การเคลื่อนที่ของแขนกล



รูปที่ 3.11 ตำแหน่งหน้าที่ของเซอร์โวมอเตอร์แต่ละตัว

การเคลื่อนที่ของแขนกลมี 6 ข้อต่อคือ

ข้อต่อที่ 1 คือส่วนฐานมีหน้าที่หมุนแขนกลไปในแนวราบ

ข้อต่อที่ 2 คือส่วนบนฐานทำให้แขนกลเคลื่อนไหวในระยะใกล้ไกล

ข้อต่อที่ 3 คือส่วนเคลื่อนที่ทำให้แขนกลสามารถเคลื่อนไหวในแนวดิ่ง

ข้อต่อที่ 4 คือข้อต่อที่ช่วยเพิ่มความละเอียดของระยะเป้าหมาย

ข้อต่อที่ 5 คือข้อต่อสำหรับหมุนปรับทิศในการจับวัตถุ

ข้อต่อที่ 6 คือส่วนคีบจับ