บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องจากสมัยนี้ ทุกคนต้องทำงานแข่งกับเวลา ซึ่งสภาพครอบครัวส่วนใหญ่ในปัจจุบันพ่อแม่ไม่ค่อยมีเวลาเลี้ยงเด็ก ทำให้เวลาที่เด็กนอนหลับในเปลน่าจะเป็นเวลาที่ผู้เลี้ยงเด็ก จะได้ไปทำกิจกรรมอื่นได้โดยไม่ต้องเสียเวลามาไกวเปลเด็ก ดังนั้นจึงได้คิดเครื่องช่วยไกวเปลเด็กอัตโนมัติขึ้น เพื่อที่ใช้ทรัพยากรมนุษย์อย่างคุ้มค่ามากที่สุด และทำให้เกิดประโยชน์ในด้านอื่นด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1 เพื่อจัดทำเครื่องช่วยไกวเปลเด็กอัตโนมัติ
2 เพื่อให้คนเลี้ยงเด็กมีเวลาทำงานอย่างอื่นควบคู่ไปด้วย
3 เพื่อเป็นเครื่องช่วยอำนวยความสะดวกในการดูแลเด็ก
4 เพื่อวิเคราะห์และฝึกฝนการแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นจากการทำโครงงาน

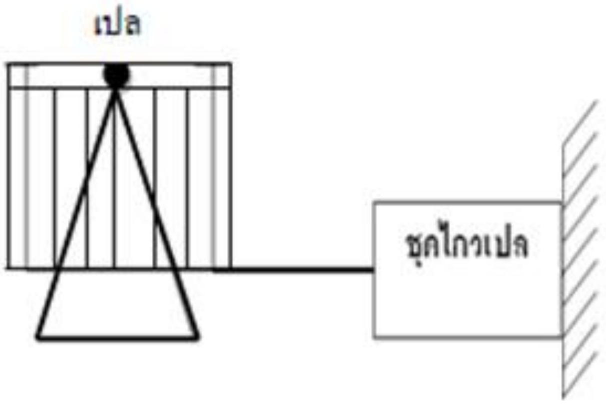
1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1 ใช้กับเปลนอนเด็กทั่วไป แบบตั้งพื้นหรือแบบแขวน
2 ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แบบใส่แบตเตอรี่12โวลต์
3 ควบคุมการไกวของเปลด้วยเชือกเพียงเส้นเดียว และสามารถปรับอัตราการไกวได้ 3ระดับ
4 ชุดควบคุมการไกวเปลอัตโนมัติจะแยกส่วน กับเปลนอนอย่างอิสระ ทำให้สามารถใช้กับเปลอื่นๆได้

1.4 ประโยชน์ของโครงงาน

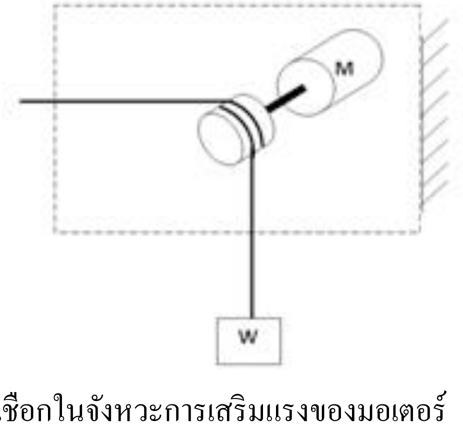
1 สามารถไกวเปลเด็กอัตโนมัติแทนมนุษย์ได้
2 เพื่อใช้ทรัพยากรมนุษย์อย่างคุ้มค่า
3 สามารถไกวเปลได้โดยไม่มีการกระตุกขณะเปลไกว
4 เพื่อให้เกิดทักษะในการประยุกต์ใช้งานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงได้ดีมากขึ้น
5 สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

1.5 โครงสร้างของโครงงาน



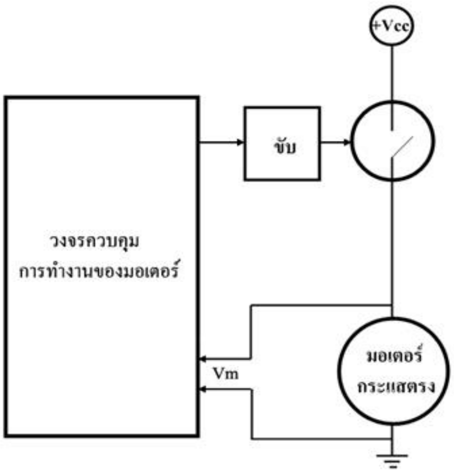
ภาพที่ 1.1 ลักษณะการนำเครื่องช่วยไกวเปลเด็กอัตโนมัติมาใช้งานจริงกับเปล

จากภาพที่ 1.1 คือชุดไกวเปลที่สามารถนำมาใช้กับเปลเด็กได้หลายลักษณะ โดยชุดไกวเปลจะมีเชือกด้านหนึ่งยึดอยู่กับตัวเปล และอีกด้านหนึ่งจะยึดติดอยู่กับผนังหรือวัสดุที่มีความแข็งแรงที่สามารถรับแรงดึงจากการแกว่งของเปลได้



ภาพที่ 1.2 ลักษณะการดึงเชือกในจังหวะการเสริมแรงของมอเตอร์

จากภาพที่ 1.2 คือลักษณะของการดึงเชือกจะใช้มอเตอร์ดึงในจังหวะการเสริมแรงในด้านทิศทางการดึง แล้วจากนั้นจะปล่อยให้เปลดึงกลับอย่างอิสระ



ภาพที่ 1.3 โครงสร้างชุดควบคุมการทำงานของมอเตอร์

จากภาพที่ 1.3 คือการควบคุมการทำงานของมอเตอร์จะใช้วิธีการตรวจสอบจากการทำงานในลักษณะที่มอเตอร์ทำงานเป็นเจนเนอเรเตอร์ ทำให้ได้สัญญาณไซน์ และนำสัญญาณที่ได้มาใช้เป็นสัญญาณในการตัดสินใจ เพื่อสั่งให้มอเตอร์ทำงานในลักษณะเสริมแรงดึงของการไกวเปลเด็ก

1.6 ทบทวนวรรณกรรม[4]

ในปีการศึกษา 2543 และ 2548 ได้มีการทำโครงงานเครื่องควบคุมการไกวเปลอัตโนมัติ โดยมีอาจารย์ที่ปรึกษาคือ อาจารย์อุมาพร ทองรักษ์ แต่เป็นลักษณะที่เครื่องควบคุมการไกวเปลอัตโนมัติยึดติดอยู่กับเปลนอนเด็กอย่างถาวร และไม่สามารถนำไปใช้กับเปลตัวอื่นได้ ดังนั้นทางกลุ่มจึงได้คิดประดิษฐ์ขึ้นมาใหม่ โดยชิ้นงานจะไม่ยึดติดอยู่กับเปลนอนเด็กอย่างถาวร แต่จะสามารถนำไปใช้กับเปลนอนเด็กแบบตั้งพื้นหรือแบบแขวนอื่นได้ เพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสสำหรับครอบครัวที่มีเปลนอนเด็กอยู่แล้ว ให้สามารถนำชุดควบคุมการไกวเปลอัตโนมัตินี้ไปใช้งานเพื่อความสะดวกต่อไป

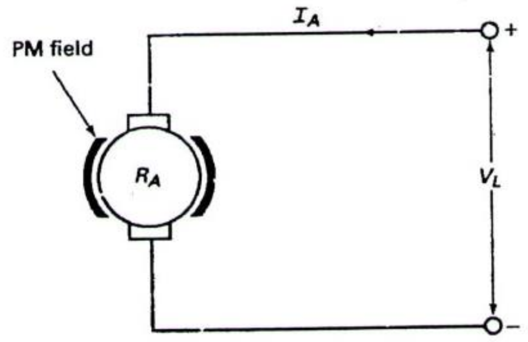
บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง กับการทำโครงงาน เครื่องช่วยไกวเปลเด็กอัตโนมัติซึ่งมีเนื้อหาที่เกี่ยวกับลักษณะโครงสร้าง และคุณสมบัติของอุปกรณ์ต่างๆดังต่อไปนี้

- มอเตอร์กระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร
- ไอซีตระกูลทีทีแอล
- ไอซีตระกูลซีมอส
- ทรานซิสเตอร์
- โครงสร้างของชุดขับเกท

2.1 มอเตอร์กระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร (Permanent - Magnet DC Motors) [1]

ลักษณะโครงสร้างของมอเตอร์กระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร มีความคล้ายคลึงกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทั่วไป เพียงแต่ไม่มีขดลวดฟิลด์เพื่อทำหน้าที่เป็นขั้วแม่เหล็ก เนื่องจากมอเตอร์ประเภทนี้จะใช้แม่เหล็กถาวรที่มีลักษณะเป็นครึ่งวงกลมยึดติดกับโครงสเตเตอร์ด้านในอย่างน้อยหนึ่งคู่ โดยทำหน้าที่สร้างฟลักซ์แม่เหล็กอยู่ตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มอเตอร์มีขนาดเล็กกะทัดรัดและมีประสิทธิภาพค่อนข้างสูงเนื่องจากไม่มีกำลังสูญเสียจากขดลวดฟิลด์ แต่ข้อเสียของมอเตอร์ประเภทนี้คือไม่สามารถควบคุมความเร็วหรือเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของความเร็วกับแรงบิด(Speed-Torque Characteristic)ได้โดยการควบคุมที่กระแสฟิลด์ ในทางปฏิบัติพบว่าขณะที่มอเตอร์กำลังทำงานภายใต้สภาวะปกติ คุณลักษณะของความเร็วกับแรงบิดจะมีการเปลี่ยนแปลงแบบเชิงเส้น(Linear) และการควบคุมความเร็วสามารถทำได้โดยการปรับค่าแรงดันอาร์เมเจอร์เท่านั้น(Armature voltage) และภายใต้การจ่ายโหลดที่พิกัด พบว่าคุณลักษณะของมอเตอร์จะมีการเปลี่ยนแปลงโดยตรงตามค่าแรงดันอาร์เมเจอร์ ดังแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 วงจรสมมูลและคุณลักษณะแรงบิดกับความเร็วของมอเตอร์กระแสตรงแม่เหล็กถาวร

จากภาพวงจรสมมูลของมอเตอร์นี้แสดงในภาพ 2.1 เนื่องจากฟลักซ์แม่เหล็ก (Ø)มีค่าคงที่ ดังนั้นเขียนสมการในเทอมของค่าคงที่ (k_a) ได้จากสมการที่ 2.1

$$E_a = k_a \cdot \omega_\eta \qquad (2.1)$$

เมื่อ E_a	=	แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์	หน่วยเป็น	โวลต์
k_a	=	ค่าคงที่ Speed-Voltageของอาร์เมเจอร์(เรียก ว่า Speed-Voltage Constant)		
ω_η	=	ความเร็วเชิงมุม	หน่วยเป็น	เรเดียนต่อวินาที

และจากวงจรสมมูลจะได้สมการของกระแสอาร์เมเจอร์ (I_a) ดังสมการที่ 2.2

$$I_a = \frac{V_t - E_a}{R_a} \qquad (2.2)$$

เมื่อ I_a	=	กระแสที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์	หน่วยเป็น	แอมป์
V_t	=	แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์	หน่วยเป็น	โวลต์
E_a	=	แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์	หน่วยเป็น	โวลต์
R_a	=	ความต้านทานของขดลวดในอาร์เมเจอร์	หน่วยเป็น	โอห์ม

ค่ากำลังไฟฟ้าซึ่งจะถูกเปลี่ยนเป็นกำลังทางกลที่อาร์เมเจอร์ (P_a) ดังสมการที่ 2.3

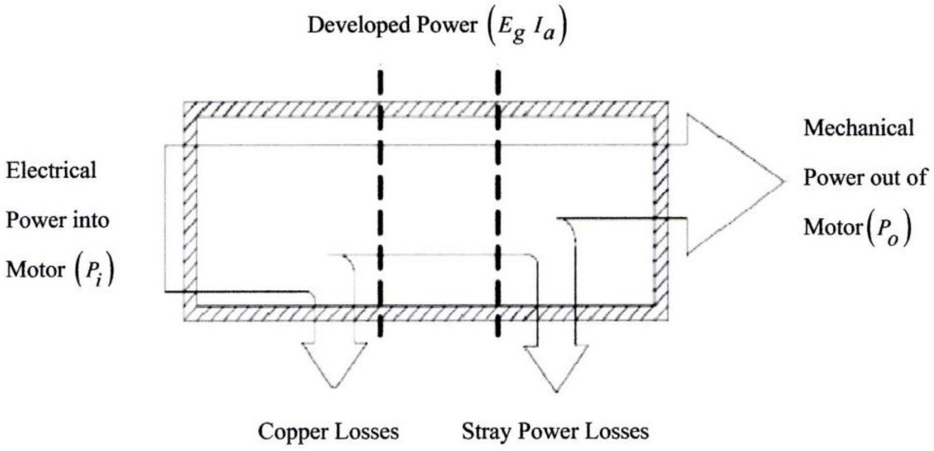
$$P_a = E_a \cdot I_a \tag{2.3}$$

เมื่อ P_a = กำลังไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ หน่วยเป็น วัตต์

E_a = แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์ หน่วยเป็น โวลต์

I_a = กระแสที่ไหลผ่านอาร์เมเจอร์ หน่วยเป็น แอมป์

ค่ากำลังงานสูญเสียต่างๆในมอเตอร์กระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวรแสดงดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ลำดับการเกิดกำลังสูญเสียของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร

จากภาพไดอะแกรมการไหลของกำลังไฟฟ้าจะเห็นได้ว่าถ้านำกำลังอินพุตลบด้วยค่าความสูญเสียขดลวดทองแดงจะได้กำลังที่เกิดขึ้น Developed Power ($E'_g I_a$) ดังสมการที่ 2.4

$$E'_g I_a = P_i - C_L \text{ (CopperLosses)} \tag{2.4}$$

เมื่อ P_i = กำลังไฟฟ้าด้านอินพุต หน่วยเป็น วัตต์

$E'_g I_a$ = กำลังที่เกิดขึ้น หน่วยเป็น วัตต์

C_L = ค่าความสูญเสียในขดลวดทองแดง หน่วยเป็น วัตต์

กำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุตเท่ากับ กำลังไฟฟ้าด้านอินพุตลบกับค่าความสูญเสียในขดลวดทองแดงลบกับค่าของความสูญเสียทางกล ดังสมการที่ 2.5

$$P_o = P_i - C_L - P_s \tag{2.5}$$

เมื่อ P_o = กำลังไฟฟ้าด้านเอาต์พุต หน่วยเป็น วัตต์

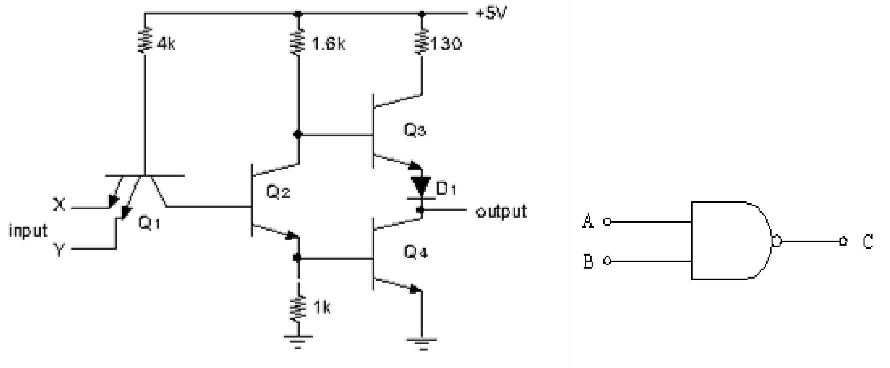
P_i = กำลังไฟฟ้าด้านอินพุต หน่วยเป็น วัตต์

C_L = ค่าความสูญเสียในขดลวดทองแดง หน่วยเป็น วัตต์

P_s = ค่าของความสูญเสียทางกล หน่วยเป็น วัตต์

2.2 ไอซีตระกูลทีทีแอล [2]

ไอซีกระกูลTTL เป็นไอซีลอจิกอิ่มตัว มักจะถูกใช้งานในวงจรดิจิตอลมากที่สุดเพราะว่าความเร็วของมันแฟนอินและแฟนเอาต์ที่ดีและง่ายต่อการต่อร่วมกับวงจรดิจิตอลอื่นๆ คุณลักษณะเด่นของวงจรTTLคือ มันใช้ทรานซิสเตอร์ที่มีอิมิตเตอร์หลายตัวที่อินพุตแทนไดโอดที่ใช้ในไอซี DTL โดยจำนวนของอิมิตเตอร์จะมีค่าเท่ากับจำนวนของแฟนอินของวงจร เพราะว่าทรานซิสเตอร์ที่มีอิมิตเตอร์หลายตัวจะมีขนาดเล็กกว่าไดโอดที่ใช้ใน DTLมาก จึงทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลง ยิ่งไปกว่านั้นจะทำให้ค่าตัวเก็บประจุลดลงไปน้อย เพราะขนาดที่เล็กลงนี้จึงทำให้เวลาขาขึ้นและขาลงลดลง ดังนั้นความเร็วจึงสูงขึ้น ไอซีตระกูลนี้จะถูกใช้งานตั้งแต่วงจรเกตง่ายๆ และฟลิปฟล็อป ผ่านรีจิสเตอร์ต่างๆในคอมพิวเตอร์ในวงจรMSI ไปจนถึงไมโครโปรเซสเซอร์ในLSI



ภาพที่ 2.3 วงจรพื้นฐานของ TTL

จากภาพที่ 2.3 ถ้าอินพุต X และ Y เป็น LOW จะทำให้แรงดันที่เบสของ Q1 ลดลงเหลือประมาณ 0.7 V เป็นผลทำให้เบสของ Q2 มีแรงดันลดลงเหลือประมาณ 0 V Q2 จะหยุดนำกระแส (Q2 เปิดวงจร) ทำให้ Q4 หยุดนำกระแส (Q4 เปิดวงจร) เบสของ Q3 มีแรงดันสูงขึ้น (เพราะ Q2 เปิดวงจร) และมีแรงดันประมาณ 0.7 V เมื่อเทียบอีมิเตอร์ Q3 จะนำกระแสทำให้เอาท์พุต มีแรงดันสูงประมาณ +5 V (HIGH)

ถ้าอินพุต X และ Y เป็น HIGH Q1 จะหยุดนำกระแสส่งผลทำให้ Q2 นำกระแส และ Q3 หยุดกระแส เอาท์พุตของวงจรจะเป็น LOW

2.2.1 ลักษณะและคุณสมบัติของIC TTL

ไอซีทีทีแอลตระกูล 74 XXX เป็นไอซีที่ขึ้นต้นด้วย74 ซึ่งจะมีฟังค์ชั่น, ลอจิก, ความเร็ว, การกระจายกำลัง และรูปร่างที่แตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 2.1 และ 2.2

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติของIC TTL

	Standard TTL SN74….	High Speed TTL SN74H….	Low Power TTL SN74L….	Schottky TTL SN74S….	Low Power Schottky SN74LS….
Power Supply	5 V	5 V	5 V	5 V	5 V
Noise Immunity	0.4 V	0.4 V	0.4 V	0.4 V	0.4 V
Propagation Delay Time	10 nS	6 nS	33 nS	3 nS	9.5 nS
Power Consumption Per Gate	10 mW	22 mW	1 mW	19 mW	2 mW
Frequency Range	0-35 MHz	50 MHz	3 MHz	125 MHz	50 MHz
Fan Out	Fo = 10	Fo = 10	Fo = 10	Fo = 10	Fo = 20

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบของ IC TTL แบบต่างๆ

แบบ	ตัวเลขขึ้นต้น	ลักษณะ
มาตรฐาน	74	รุ่นมาตรฐาน
กำลังงานสูง	74 H	มีความเร็วสูง,สูญเสียกำลังงานมากที่สุด
กำลังงานต่ำ	74 L	สูญเสียกำลังงานต่ำที่สุด
ช๊อตกี้	74 S	ใช้ช๊อตกี้,มีความเร็วสูงที่สุด
ช๊อตกี้ กำลังงานต่ำ	74 LS	สูญเสียกำลังงานต่ำและมีความเร็วสูงสุดเป็นที่นิยมสูงสุด
ซีมอส ความเร็วสูง	74 HC	ใช้ซีมอสที่มีความเร็วสูง

2.3 ไอซีตระกูลซีมอส [2]

ไอซีตระกูลซีมอส สร้างจากทรานซิสเตอร์แบบมอสเฟท ตระกูลที่นิยมใช้แพร่หลายได้แก่ 74HCXXซึ่งเป็นตระกูลที่เข้ากันได้ และเป็นเบอร์ที่สอดคล้องตรงกับตระกูลทีทีแอล(7400) เนื่องจากอุปกรณ์ประเภทซีมอสมีความเร็วในการทำงานต่ำ จึงได้มีการพัฒนาให้มีความเร็วสูงขึ้น จะเห็นซีมอสในปัจจุบันมีเบอร์เป็น74HCXX และสามารถที่จะใช้ขับทีทีแอลได้โดยตรง นอกจากนี้ ยังมีตระกูล54CXX ซึ่งใช้ทางการทหารสามารถที่จะทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่–55ถึง+125^{0}C ในขณะที่74CXX จะทำงานในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่–40ถึง+80^{0}C 54CXX สามารถที่จะแทน 74CXX ในเบอร์ที่ตรงกันได้ทันที แต่จะไม่พบบ่อยนักเพราะว่า54CXX มีราคาค่อนข้างแพง ซีมอสอีกตระกูลหนึ่งที่เป็นตระกูลแรกของซีมอสคือตระกูลCD4000ผลิตออกสู่ตลาดครั้งแรกโดยบริษัทอาซีเอ(RCA)ปัจจุบันไม่นิยมใช้เพราะไม่สามารถทดแทนหรือเข้ากันได้กับไอซีตระกูลอื่น ๆ

2.3.1 คุณสมบัติเฉพาะของไอซีตระกูลซีมอส

คุณสมบัติเฉพาะที่สำคัญที่จะต้องพิจารณาในการนำไปใช้งาน ส่วนใหญ่จะเป็นระดับแรงดันและกระแส โดยปกติระดับแรงดันลอจิกทางเอาต์พุตของไอซีลอจิกจะมีค่ามากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับขนาดของโหลดที่นำมาต่อทางเอาต์พุตด้วย และค่าระดับแรงดันเมื่อลอจิกมีค่าเป็นLOWหรือเป็นHIGHทางด้านอินพุตและเอาต์พุต ของไอซีลอจิกที่ต่างชนิดกันก็จะมีค่าไม่เท่ากัน

2.4 ทรานซิสเตอร์ [3]

ทรานซิสเตอร์เป็นอุปกรณ์ เซมิคอนดัคเตอร์ชนิดไบโพล่าร์ ซึ่งความหมายของไบโพล่าร์คือ อุปกรณ์หลายขั้วต่อ ทรานซิสเตอร์ได้จากการนำเอาสารกึ่งตัวนำชนิดพีและชนิดเอ็นมาต่อเรียงกัน

2.4.1 ชนิดของทรานซิสเตอร์

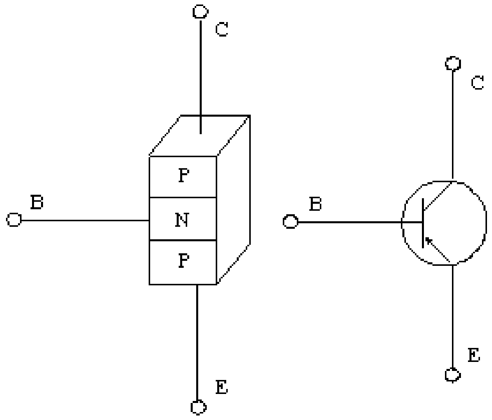
การแบ่งชนิดของทรานซิสเตอร์สามารถแบ่งออกได้หลายวิธีแล้วแต่ผู้ผลิตว่าการแบ่งชนิดของทรานซิสเตอร์จะยึดถือรูปลักษณ์แบบไหนถ้าแบ่งในรูปของการใช้งานก็จะแบ่งออกเป็น ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่สวิตซ์ชิ่ง ทรานซิสเตอร์กำลังทรานซิสเตอร์ความถี่สูงฯลฯ การแบ่งอีกวิธีหนึ่งซึ่งนิยมใช้กันมากในยุคแรกๆคือ การแบ่งโดยใช้สารที่นำมาสร้างเป็นเกณฑ์ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 2ประเภทคือเยอรมันเนียมทรานซิสเตอร์(Germanium transistor) เป็นทรานซิสเตอร์ยุคแรกๆ และเป็นชนิดที่มีกระแสรั่วไหลมากจึงไม่ค่อยมีผู้นิยมใช้ซิลิคอนทรานซิสเตอร์ (Silicon Transistor) เป็นทรานซิสเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง มีกระแสรั่วไหลน้อย(Leakage Current) เป็นทรานซิสเตอร์ที่ใช้กันมากในยุคปัจจุบัน

2.4.2 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์

เนื่องจากทรานซิสเตอร์ถูกสร้างขึ้นมาจากสารกึ่งตัวนำชนิดพี(P)และเอ็น(N) ซึ่งนำมาต่อกัน3ชิ้น ทำให้เกิดรอยต่อขึ้นระหว่างเนื้อสาร2รอยต่อ หรือเรียกว่า จังชัน(Junction) โดยที่สารที่อยู่ตรงกลาง จะเป็นคนละชนิดกับสารที่อยู่หัวและท้าย มีขาต่อออกมาสำหรับนำไปใช้งาน3ขา ดังนั้นทรานซิสเตอร์จึงแบ่งออกเป็น2ชนิด ตามโครงสร้างของสารที่นำมาใช้คือ ทรานซิสเตอร์ชนิด พีเอ็นพี(PNP) และทรานซิสเตอร์ชนิด เอ็นพีเอ็น(NPN)

2.4.3 ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

คือทรานซิสเตอร์ที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำชนิดพี ชนิดเอ็น และชนิดพี มาเรียงกันตามลำดับแล้วต่อสายจากแต่ละชิ้นส่วนออกมาเป็น3สาย เพื่อต่อกับวงจรสารกึ่งตัวนำเอ็นจะเป็นจุดร่วม



ภาพที่2.4โครงสร้างและสัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

2.4.4 ขาของทรานซิสเตอร์

ขาคอลเลคเตอร์(Collector)เรียกย่อๆว่าขาC เป็นขาที่มีโครงสร้างใหญ่ที่สุด ขาอิมิตเตอร์(Emitter)เรียกย่อๆว่าขาE เป็นขาที่มีโครงสร้างใหญ่รองลงมาและจะอยู่คนละด้านกับขาคอลเลคเตอร์ ขาเบส(Base)เรียกย่อๆว่าขาB เป็นส่วนที่อยู่ตรงกลางระหว่างCและE มีพื้นที่ของโครงสร้างแคบที่สุดเมื่อเทียบกับอีก2ส่วน เมื่อจำแนกลักษณะการต่อตัวทรานซิสเตอร์จึงคล้ายกับการนำเอาไดโอด2ตัวมาต่อกัน

2.4.5 การทำงานของทรานซิสเตอร์

จากการศึกษาเกี่ยวกับการไหลของกระแสภายในวงจรสารกึ่งตัวนำการที่เราจะทำให้เกิดการไหลของกระแสหรือให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้นั้นจำเป็นจะต้องให้ไบอัสและกระแสที่ปรากฏทางด้านเอาท์พุท เราต้องสามารถควบคุมค่าของกระแสได้ด้วย จึงจะทำให้ทรานซิสเตอร์ขยายสัญญาณได้ตามความต้องการ

การอธิบายการทำงานของทรานซิสเตอร์ จำเป็นจะต้องเข้าใจการไหลในรูปของโฮลและอิเล็กตรอน รวมถึงการไบอัสด้วย ซึ่งการไบอัสเป็นวิธีการที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์พร้อมที่จะทำงานนั่นเอง ในกรณีของทรานซิสเตอร์มี3ขา การป้องกันแรงเคลื่อนที่เหมาะสมหรือไบอัสที่ถูกต้อง จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานได้

เมื่อพิจารณาโครงสร้างของทรานซิสเตอร์แล้ว จะสามารถจัดรูปแบบการขยายสัญญาณ โดยต้องมีอินพุตและเอาต์พุต เมื่อให้ขาหนึ่งเป็นอินพุทขาหนึ่งเป็นเอาท์พุท ขาที่เหลือก็จะต้องเป็นจุดร่วม(Common)อินพุทกับเอาต์พุต จากหลักการดังกล่าวเรากำหนดให้ระหว่างBกับE เป็นอิน(Input) และระหว่างBกับCเป็นเอาต์พุต(Output) ดังนั้นจะสามารถจัดรูปแบบการขยายได้3แบบหรือ3คอมมอน

เนื่องจากวัตถุประสงค์ของทรานซิสเตอร์สร้างมาจากหลักการที่ต้องการให้กระแสทางด้านอินพุตไปควบคุมกระแสเอาต์พุต ดังนั้นจะต้องไบอัสทางด้านเอาต์พุตให้เป็นไบอัสแบบย้อนกลับ (Reverse Bias) ถ้าให้ไบอัสตรงจะทำให้ทางด้านเอาต์พุตเป็นอิสระไม่ครบวงจร ส่วนเอาต์พุตทางด้านอินพุตจะให้ไบอัสตรง(Forward Bias)และแรงเคลื่อนที่มาไบอัสนี้ ไม่จำเป็นจะต้องเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่มีค่าสูงแต่อย่างไร เพราะถ้าให้กระแสอินพุตสูงเกินไปจะทำให้กระแสเอาต์พุตเกิดการอิ่มตัว

2.4.6 ทรานซิสเตอร์ดาร์ลิงตัน (Darlington transistor)

ทรานซิสเตอร์ดาร์ลิงตัน(Darlington transistor)เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่รวมเอาทรานซิสเตอร์แบบไบโพล 2ตัวแบบเดียวกัน มาเชื่อมต่อแบบtandem(มักจะเรียกว่า คู่ดาร์ลิงตัน; darlington pair)ให้เป็นอุปกรณ์ตัวเดียว โดยมีการขยายกระแสผ่านทรานซิสเตอร์ตัวแรก จากนั้นก็ขยายโดยทรานซิสเตอร์ตัวที่สองอีกทอดหนึ่ง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีอัตราขยาย(gain)ที่สูงมาก(แทนด้วยh_{FE}) และกินเนื้อที่น้อยกว่าการใช้ทรานซิสเตอร์2ตัวแยกกัน

การจัดทรานซิสเตอร์แบบนี้ เป็นผลงานการคิดค้นของซิดนีย์ ดาร์ลิงตัน(Sidney Darlington) แนวคิดในการเชื่อมต่อทรานซิสเตอร์2หรือ3ตัวมาเป็นชิปตัวเดียวกันนั้น เขาได้จดสิทธิบัตรเอาไว้แล้ว แต่ทั้งนี้ไม่รวมถึงแนวคิดการจับรวมทรานซิสเตอร์จำนวนใดๆมาไว้บนชิปเดียวกัน ซึ่งในกรณีนั้น ถือว่าครอบคลุมหลักการไอซีสมัยใหม่ทั้งหมด

สำหรับการจัดวงจรทรานซิสเตอร์ที่คล้ายกันนี้ โดยมีการใช้ทรานซิสเตอร์2ตัวที่มีชนิดต่างกัน (คือ NPN กับ PNP)จะเรียกว่าคู่ Sziklai pair หรือบางครั้งก็เรียกว่าคู่ดาร์ลิงตันพิเศษ(Darlington pair)

ทรานซิสเตอร์แบบคู่ดาร์ลิงตันนั้นทำงานเหมือนทรานซิสเตอร์ตัวเดียว ที่มีอัตราขยายกระแสสูงมาก อัตราขยายรวมของทรานซิสเตอร์แบบดาร์ลิงตันนั้น เท่ากับผลคูณของอัตราขยายของทรานซิสเตอร์แต่ละตัว ดังนี้ $\beta_{Darlington} = \beta_1 x \beta_2$

ในปัจจุบันอุปกรณ์สมัยใหม่โดยทั่วไปจะมีอัตราขยายสูงถึง1,000เท่าหรือมากกว่านี้ ดังนั้นจึงต้องการกระแสเบสที่น้อยมาก เพื่อสวิตซ์ให้คู่ดาร์ลิงตันนี้ทำงาน ในอุปกรณ์รวมนั้นจะมี3ขา(B,C และ E) เทียบเท่ากับขาของทรานซิสเตอร์มาตรฐานโดยทั่วไป

สำหรับแรงดันเบส-อีมิตเตอร์นั้นก็สูงกว่า โดยมีค่ารวมเท่ากับผลรวมของแรงดัน เบส-อีมิตเตอร์ทั้ง2ดังนี้ $V_{BE} = V_{BE1} + V_{BE2}$

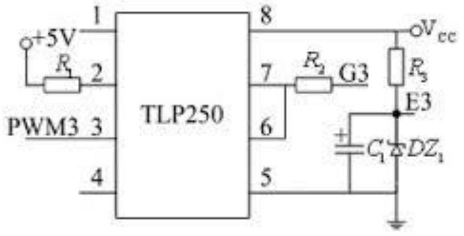
การเปิดให้ทำงานนั้นจะต้องมีแรงดันประมาณ0.6โวลต์คร่อมรอบต่อเบส-อีมิตเตอร์ทั้งสอง ซึ่งเชื่อมต่อแบบอนุกรมภายในคู่ดาร์ลิงตันนี้ ดังนั้นมันจึงต้องการแรงดันมากกว่า1.2โวลต์ เพื่อจะเปิดการทำงาน และเมื่อคู่ดาร์ลิงตันมีสภาพการนำไฟฟ้าเต็ม ก็จะมีแรงดันไฟฟ้าอิ่มตัวเท่ากับ0.6 โวลต์ ในการจัดวงจรแบบนี้ทำให้เกิดการสูญเสียกำลังเป็นความร้อนมากทีเดียว

ข้อเสียอีกอย่างหนึ่งของทรานซิสเตอร์แบบคู่ดาร์ลิงตันก็คือ ความเร็วในการสวิตช์จะช้า เนื่องมาจาก ทรานซิสเตอร์ตัวแรกไม่สามารถจ่ายกระแสได้อย่างรวดเร็วไปยังขาเบสของทรานซิสเตอร์ตัวที่สอง ทำให้คู่ดาร์ลิงตันนี้สวิตช์ปิดช้าด้วย การแก้ปัญหาดังกล่าวมักจะใช้ตัวต้านทานค่าประมาณ200โอห์มเชื่อมต่อระหว่างขาเบสและอีมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวที่สอง และใช้ทรานซิสเตอร์ดาร์ลิงตันแบบรวม จึงมักจะมีตัวต้านทานแบบนี้รวมอยู่ด้วย นอกจากนี้แล้ว ยังมีการเปลี่ยนเฟสที่มากกว่าทรานซิสเตอร์เดี่ยวๆ และด้วยเหตุนี้จึงไม่มีเสถียรภาพกับแรงดันป้อนกลับแบบลบเป็นอย่างมาก

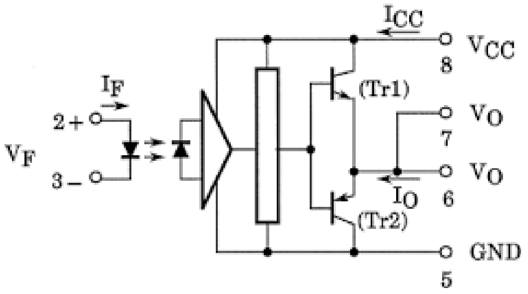
ทรานซิสเตอร์แบบ คู่ดาร์ลิงตันนั้นมักจะจำหน่ายเป็นชุดสมบูรณ์ แต่เราอาจสร้าง คู่ดาร์ลิงตันขึ้นเองก็ได้ โดยใช้ทรานซิสเตอร์2ตัวให้ Q_1 (เป็นทรานซิสเตอร์ตัวซ้ายในรูป)อาจเป็นทรานซิสเตอร์กำลังต่ำ แต่โดยปกติแล้วQ_2(ทรานซิสเตอร์ตัวขวามือในรูป)จะต้องเป็นแบบกำลังสูง กระแสคอลเลกเตอร์สูงสุดหรือI_C(max)สำหรับคู่ดาร์ลิงตันนี้จะเท่ากับI_C(max)ของQ_2 ทรานซิสเตอร์ดาร์ลิงตันที่มีจำหน่ายโดยทั่วไปคือเบอร์2N6282 ซึ่งมีอัตราขยายกระแส2,400 ที่กระแสคอลเลกเตอร์10 แอมป์และมีรีซิสเตอร์สำหรับปิดสวิตช์ด้วย คู่ดาร์ลิงตันนี้มีความไวสูงพอสมควรในการตอบสนองกระแสที่ต่ำมากที่ผ่านจากผิวหนังของมนุษย์ ทำให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นสวิตช์สัมผัสได้

2.5 โครงสร้างของชุดขับเกท

วงจรขับเกท (Gate Drive) เป็นวงจรส่วนที่สำคัญ ทำหน้าที่เชื่อมโยงสัญญาณพัลส์จากวงจรควบคุมกับสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง เช่น ทรานซิสเตอร์กำลัง,มอสเฟตกำลัง หรือ ไอจีบีที เป็นต้น โดยทั่วไปวงจรขับเกตจะทำหน้าที่แยก (Isolated) ความเชื่อมโยงทางไฟฟ้าระหว่างสัญญาณพัลส์ควบคุมกับสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังในวงจรกำลังและทำหน้าที่ตัดสัญญาณควบคุมสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังในกรณีที่วงจรภาคกำลังอยู่ในสภาวะกระแสโหลดเกินหรือแรงดันสูงกว่าพิกัดเป็นต้น



ภาพที่ 2.5 ลักษณะภายนอกของ TLP 250



ภาพที่ 2.6 วงจรภายในของ TLP 250

ขณะที่นำ TLP 250ไปต่อใช้งานต้องมีการต่อตัวต้านทานRเพื่อจำกัดกระแสขาเข้าOpto Isolator ด้วย และต้องต่อตัวเก็บประจุC ที่ระหว่างขาSupplyทั้งสองขาเพื่อลดสัญญาณรบกวน

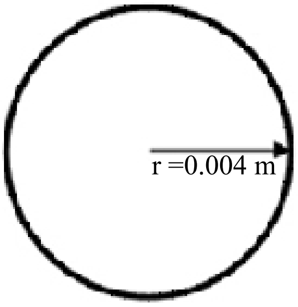
บทที่ 3
การออกแบบเครื่องช่วยไกวเปลเด็ก

ในบทนี้จะเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับการออกแบบโครงสร้างต่างๆของโครงงานเครื่องช่วยไกวเปลอัตโนมัติ และรวมไปถึงการคำนวณค่าต่างๆ โดยมีหัวข้อดังต่อไปนี้

- การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์
- การออกแบบชุดควบคุมมอเตอร์
- การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์
- การออกแบบวงจรขับมอเตอร์ด้วยไอซี TLP250
- การออกแบบโครงสร้างของเปล

3.1 การคำนวณหาขนาดของมอเตอร์

ในการพิจารณาเลือกมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่จะนำมาใช้งาน โดยทั่วไปจะเลือกมอเตอร์ที่ความเร็วรอบต่ำเพราะจะมีค่าแรงบิดสูงซึ่งแปรผกผันกันอยู่ เพื่อต้องการให้มอเตอร์มีแรงมากพอสำหรับการออกแรงไกวเปลเด็กให้ได้ และต้องเป็นมอเตอร์แบบที่ไม่ใช้เฟืองทดเพราะต้องการให้มอเตอร์หมุนไปและกลับอย่างอิสระในจังหวะที่ไม่จ่ายไฟให้มอเตอร์ เพราะช่วงจังหวะนั้นมอเตอร์จะทำงานเป็น เจนเนอเรเตอร์ แล้วนำสัญญาณในช่วงจังหวะนั้นไปเป็นสัญญาณอินพุตเพื่อทำการแปลงเป็นสัญญาณสวิตซ์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์อีกที



ภาพที่ 3.1 ภาพประกอบการคำนวณการหาเส้นรอบวงของเฟือง

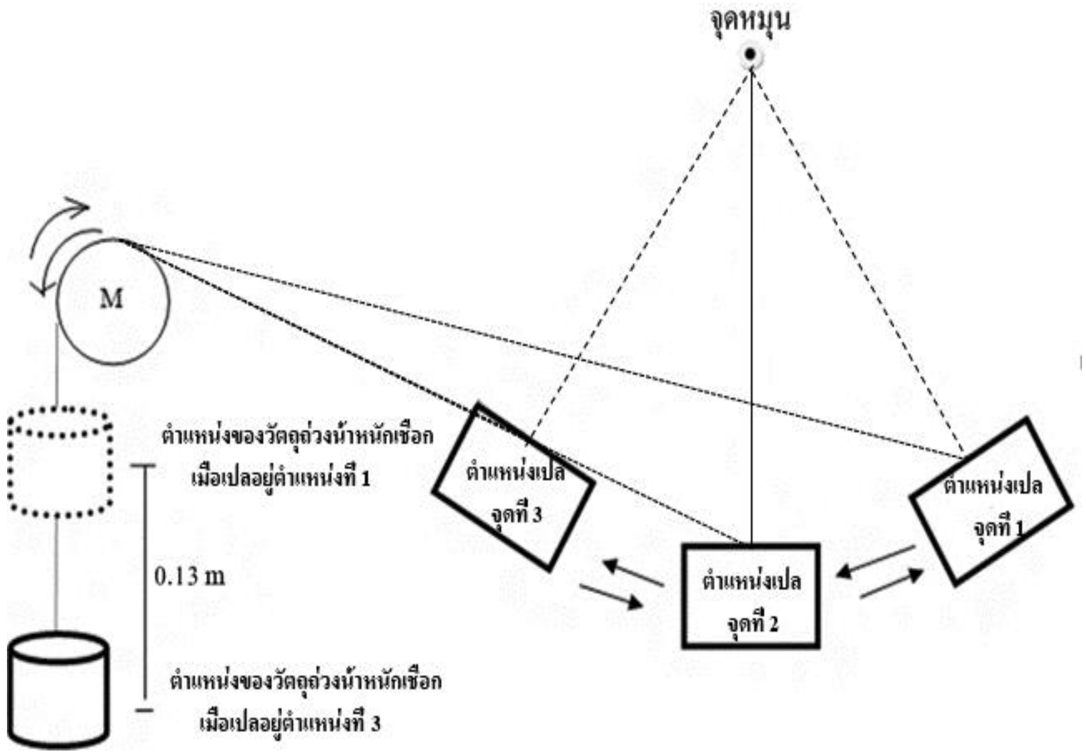
จากภาพที่ 3.1 จะเห็นว่าเฟืองของเครื่องช่วยไกวเปลอัตโนมัติ มีรัศมีเท่ากับ 0.004 เมตร จึงสามารถหาขนาดเส้นรอบวงของเฟืองได้จาก

C = $2\pi r$

C = 2 x 3.141 x 0.004

C = 0.0251 เมตร

ดังนั้นมอเตอร์หมุนครบหนึ่งรอบ จะได้เส้นรอบวงของเฟืองเท่ากับ 0.0251 เมตร และนำขนาดของเส้นรอบวงของเฟืองไปหา จำนวนรอบต่อนาทีของมอเตอร์ได้ โดยดูภาพที่ 3.2ประกอบ



ภาพที่ 3.2 ภาพประกอบการคำนวณการหาความเร็วรอบมอเตอร์

จากภาพที่ 3.2 เมื่อเปลเด็กเคลื่อนที่จากจุดที่1ไปยังจุดที่3จะได้ระยะของเส้นเชือกที่ไกลที่สุด ยาวเท่ากับ0.13เมตร ถ้าต้องการให้มอเตอร์หมุนได้ระยะสูงสุดเท่ากับ0.13เมตร จะสามารถคำนวณหาความเร็วรอบของมอเตอร์ต่อนาทีได้จากความสัมพันธ์ระหว่างรอบที่ใช้ ระยะกระจัดของเปลในตำแหน่งที่1กับตำแหน่งที่3 เทียบกับเส้นรอบวงของแกนมอเตอร์

$$\text{รอบที่ใช้} = \frac{|\text{ตำแหน่งของวัตถุถ่วงน้ำหนักเชือกกเมื่อเปลอยู่จุดที่ } 1 - \text{ ตำแหน่งของวัตถุถ่วงน้ำหนักเชือกเมื่อเปลอยู่ที่จุด } 3|}{C}$$

$$\text{รอบที่ใช้} = \frac{0.13}{0.0251} = 5.18 \text{ รอบ}$$

จากการสังเกตจังหวะการไกวเปลด้วยมือที่ค่าความถี่ที่เหมาะสม เปลเด็กเคลื่อนที่ไปและกลับ 7 รอบใช้เวลา10 วินาที ดังนั้นเมื่อเปลเคลื่อนที่ไปกลับครึ่งรอบใช้เวลา

$$t = \frac{10}{7} \times \frac{1}{2} = 0.7142857 \text{ วินาที}$$

สามารถหาความเร็วรอบต่อนาทีของมอเตอร์ได้จาก

$$n = \frac{1}{0.7142857} \times 5.18 \times 60 = 435.12 \approx 500 \text{ รอบต่อนาที}$$

ดังนั้นจะเลือกใช้มอเตอร์ที่มีความเร็วรอบประมาณ 500 รอบต่อนาที และสามารถหากำลังงานจริงเหมาะสมที่มอเตอร์ใช้ในการไกวเปลได้ดังนี้

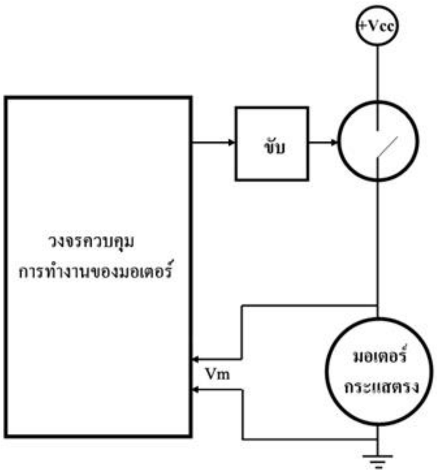
$$P = I\ V$$

$$P = 0.6 \times 12$$

$$P = 7.2 \text{ วัตต์}$$

ดังนั้นเครื่องช่วยไกวเปลเด็กอัตโนมัติควรใช้มอเตอร์ ที่มีกำลังไฟฟ้าอย่างน้อยประมาณ 8 วัตต์ขึ้นไป

3.2 การออกแบบชุดควบคุมการไกวเปล



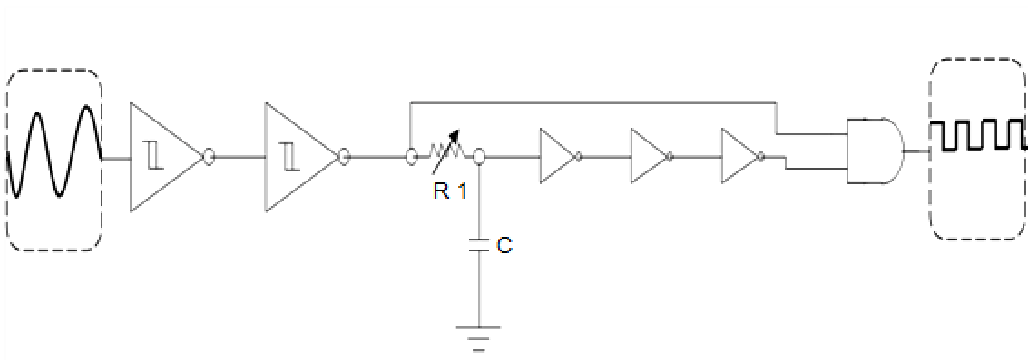
ภาพที่ 3.3 ชุดควบคุมการไกวเปล

จากภาพที่ 3.2 เป็นการออกแบบชุดควบคุมการทำงานของเครื่องช่วยไกวเปลเด็กอัตโนมัติซึ่งจะสามารถแบ่งเป็นส่วนย่อยๆได้เป็น3ส่วนคือ 1 ส่วนของวงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ ซึ่งในส่วนนี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณไซน์จากมอเตอร์ในขณะที่มอเตอร์ทำงานเป็นเจนเนอเรเตอร์ มาแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อใช้เป็นสัญญาณ ให้มอเตอร์ ON และ OFF แต่ยังไม่สามารถนำไปควบคุมการทำงานของมอเตอร์ได้โดยตรง จึงต้องส่งต่อสัญญาณไปยังส่วนที่ 2 คือชุดขับมอเตอร์ในส่วนนี้จะใช้ไอซี TLP250 ซึ่งเป็นส่วนที่ทำการขยายสัญญาณ เพื่อที่จะนำไปใช้ควบคุมการ ON และ OFF ของมอเตอร์ ในไอซีประกอบด้วย Opto Isolator มีหน้าที่แยกไฟฟ้าแรงดันสูงกว่ากับแรงดันต่ำกว่า ซึ่งใช้แสงเป็นตัวกลางในการเชื่อมระบบ โดยนำแสงที่ได้ไปขับในส่วนของ current boost เพื่อขยายกระแสนั้นให้มากขึ้นอีกที และส่งต่อไปยังส่วนที่3 คือส่วนสวิตช์กำลังที่ใช้ทรานซิสเตอร์มาเป็นสวิตช์ เพื่อนำกระแสไฟฟ้าให้มอเตอร์ทำงาน ในโครงงานนี้พิจารณาเลือกทรานซิสเตอร์ชนิด PNPแบบดาร์ลิงตัน มาเป็นสวิตช์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ เนื่องจากทรานซิสเตอร์ชนิดนี้มีคุณสมบัติพิเศษกว่า ทรานซิสเตอร์ชนิดอื่นเพราะประกอบด้วยทรานซิสเตอร์สองตัวต่อกันอยู่ภายใน ทำให้กระแสที่ขยายด้วยตัวแรกถูกขยายต่อด้วยทรานซิสเตอร์ตัวที่สอง เกนการขยายกระแสรวมจะเท่ากับเกนของแต่ละตัวคูณกัน ด้วยเหตุนี้เองจึงพิจารณาเลือกทรานซิสเตอร์ชนิดนี้เพื่อนำมาใช้งานกับเครื่องช่วยไกวเปลเด็กอัตโนมัติ

มอเตอร์ที่เลือกนำมาใช้กับโครงงานนี้คือมอเตอร์กระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร (Permanent-Magnet DC Motors) มอเตอร์ประเภทนี้จะใช้แม่เหล็กถาวรซึ่งทำหน้าที่สร้างฟลักซ์แม่เหล็กอยู่ตลอดเวลา ด้วยเหตุนี้จึงไม่มีกำลังสูญเสียจากขดลวดฟิลด์ ทำให้มอเตอร์มีขนาดเล็กกระทัดรัดและมี

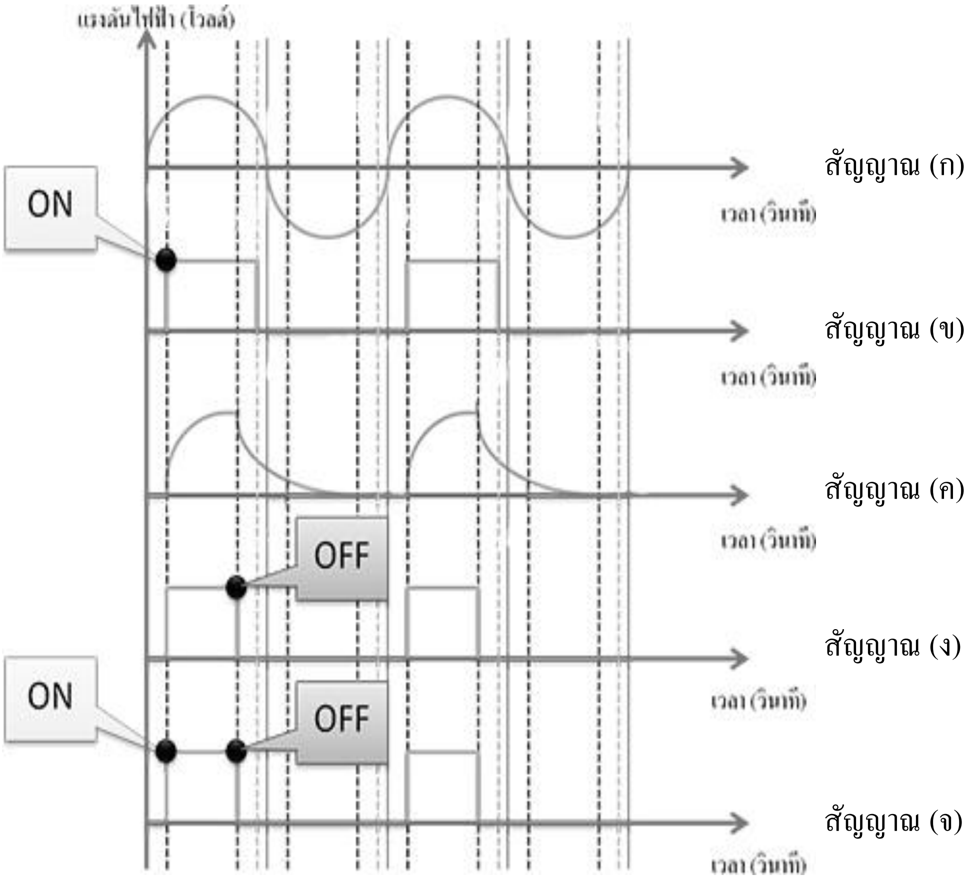
ประสิทธิภาพค่อนข้างสูงโดยจะใช้แรงดันขนาด12โวลต์ มีความเร็วรอบประมาณ 450 รอบต่อนาที และต้องเป็นมอเตอร์แบบไม่ใช้เฟืองทด

3.3 การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์



ภาพที่ 3.4 วงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์

จากภาพที่ 3.3 ใช้หลักการง่ายๆคือ นำสัญญาณไซน์ จากมอเตอร์ ในขณะที่ทำงานเป็นเจนเนอเรเตอร์ มาผ่านวงจรชมิททริกเกอร์แบบดิจิตอลสองครั้ง เพื่อแปลงจากสัญญาณไฟฟ้าไซน์ไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าดิจิตอล จะทำให้ได้สัญญาณที่จะใช้ควบคุมให้มอเตอร์เริ่มทำงาน จากนั้นนำสัญญาณที่ควบคุมให้มอเตอร์เริ่มทำงานนั้นมาผ่านวงจรRC จะได้เป็นรูปสัญญาณRC แล้วนำสัญญาณจากวงจร RC มาผ่านนอตเกตอีกสามครั้ง เพื่อให้ได้สัญญาณที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ให้หยุดทำงาน เมื่อได้สัญญาณที่ควบคุมให้มอเตอร์เริ่มทำงานและหยุดทำงานแล้ว นำสัญญาณทั้งสองมาแอนกัน เพื่อรวมสัญญาณให้เป็นสัญญาณเดียวกัน แล้วนำค่าสัญญาณแบบ ดิจิตอลที่ได้ไปใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ต่อไป



ภาพที่ 3.5 แสดงภาพสัญญาณแต่ละช่วงที่ได้จากวงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์

จากภาพที่ 3.4 มีการแสดงภาพสัญญาณที่ได้มาจากวงจรควบคุมมอเตอร์ ดังต่อไปนี้

สัญญาณ (ก) เป็นรูปสัญญาณไซน์ ที่ได้มาจากมอเตอร์ในขณะที่ทำหน้าที่เป็น เจนเนอเรเตอร์

สัญญาณ (ข) เป็นรูปสัญญาณดิจิตอลที่ได้จากการนำสัญญาณไซน์ข้างต้นมาผ่านชมิททริกเกอร์แบบดิจิตอล2ครั้ง ซึ่งจะได้สัญญาณที่ใช้สั่งให้มอเตอร์เริ่มทำงาน

สัญญาณ (ค) เป็นรูปสัญญาณRC ที่ได้มาจากการนำสัญญาณดิจิตอลข้างต้นมาผ่านวงจร RC

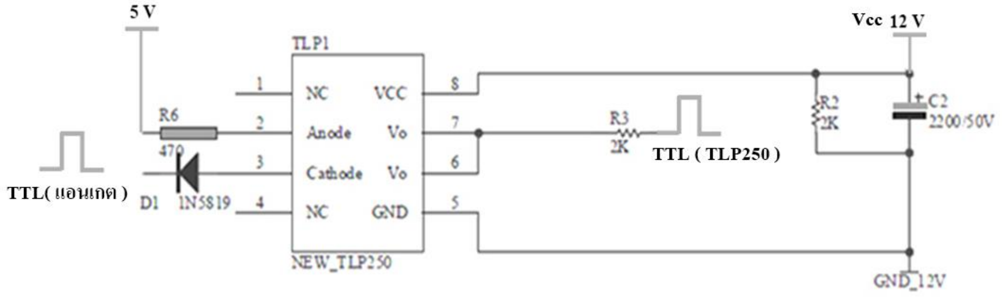
สัญญาณ (ง) เป็นรูปสัญญาณที่ได้มาจากการนำสัญญาณRC มาผ่านนอตเกต3ครั้ง ซึ่งจะได้สัญญาณที่ใช้สั่งให้มอเตอร์หยุดทำงาน

สัญญาณ (จ) เป็นรูปสัญญาณที่ได้จากการนำสัญญาณ(ข)และ(ง)มาแอนกัน เพื่อให้ได้สัญญาณที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ให้เริ่มทำงานและหยุดทำงานอยู่ในรูปสัญญาณเดียวกัน

3.4 การออกแบบวงจรขับมอเตอร์

3.4.1 การขับมอเตอร์กระแสตรงด้วย IC TLP250

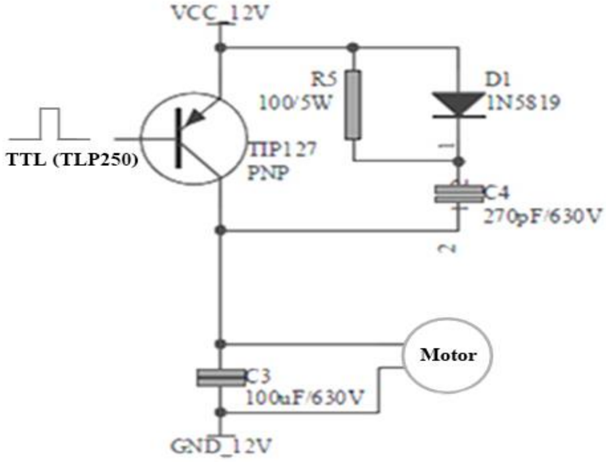
เมื่อได้สัญญาณ Output ที่เป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งได้จากการนำสัญญาณ ON และ OFF มาแอนกันแล้วจะนำสัญญาณนั้น มาต่อเข้ากับวงจรขับมอเตอร์ เพื่อเป็นการเพิ่มกำลังขับให้กับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้TLP250 และทรานซิสเตอร์ชนิดPNP แบบดาร์ลิงตัน โดยป้อนสัญญาณดิจิตอลนั้นต่ออนุกรม กับไดโอดแล้วต่อเข้ากับขา3ของTLP250 ต่อแรงดันไฟฟ้าDCขนาด5โวลต์อนุกรมผ่านความต้านทาน 470โอห์มเข้าที่ขา2ของTLP250 เพื่อเป็นค่าแรงดันอ้างอิงขณะที่สัญญาณดิจิตอลทำงานเป็นหนึ่ง ที่ขา8ทำการจ่ายไฟเลี้ยงขนาด5โวลต์ส่วนที่ขา5ต่อลงกราวด์ จะได้เอาต์พุตของTLP250คือนำขา6และขา7ต่อร่วมถึงกัน แล้วต่ออนุกรมผ่านความต้านทาน2กิโลโอห์ม ดังรูปที่ 3.5



ภาพที่ 3.6 เป็นวงจรขับมอเตอร์กระแสตรงด้วยไอซี TLP250

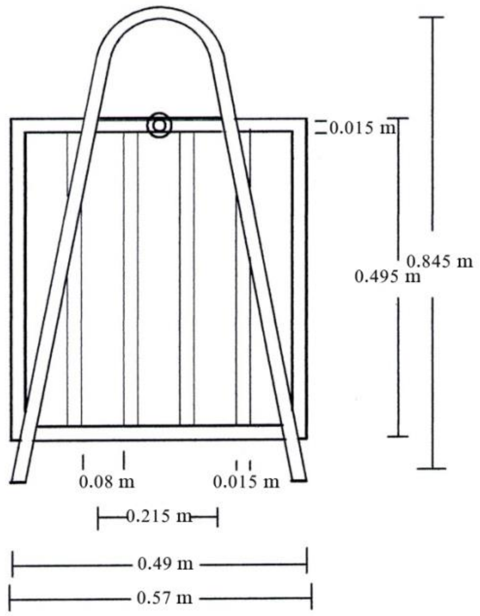
3.4.2 วงจรสวิตช์ชิ่งด้วยทรานซิสเตอร์ชนิด PNP แบบดาร์ลิงตัน

เมื่อได้สัญญาณเอาต์พุตจากไอซีTLP250แล้ว นำสัญญาณมาต่อเข้ากับขาBของทรานซิสเตอร์ชนิดPNPแบบดาร์ลิงตัน ที่ขาCต่อแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด1 โวลต์ที่ขาE จะได้สัญญาณเอาต์พุตที่ทำงานเป็นสวิตช์ONและOFFสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ดังภาพ ที่ 3.6

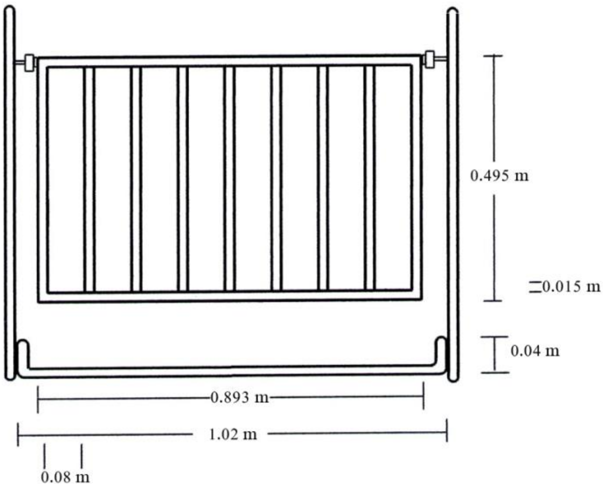


ภาพที่ 3.7 เป็นวงจรสวิตช์ ON และ OFF มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP แบบดาร์ลิงตัน

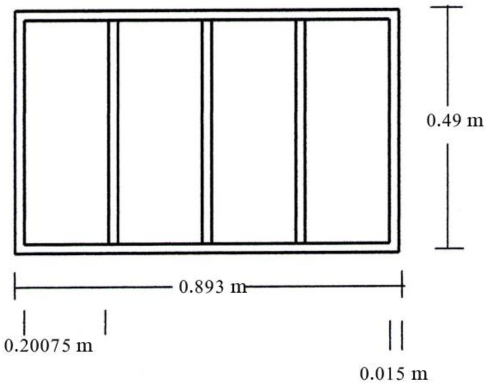
3.5 โครงสร้างของเปลที่ใช้ในโครงงาน



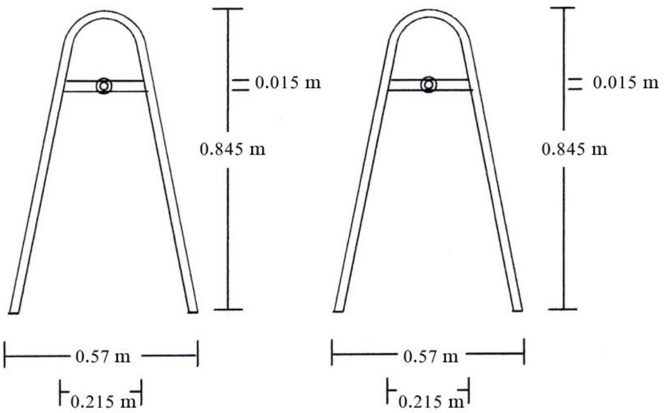
ภาพที่ 3.8 โครงสร้างเปลทางด้านหน้า



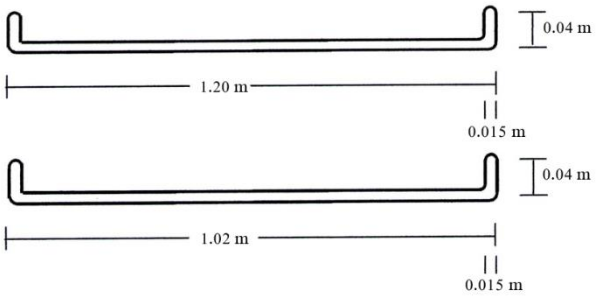
ภาพที่ 3.9 โครงสร้างเปลทางด้านข้าง



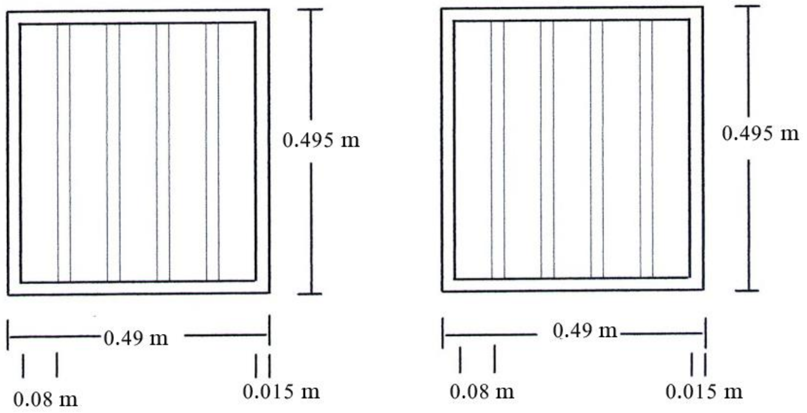
ภาพที่ 3.10 ส่วนประกอบของเปลทางด้านล่าง(พื้นของเปล)



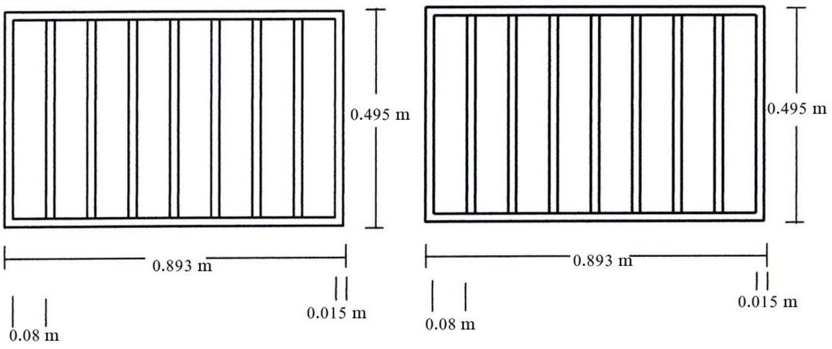
ภาพที่ 3.11 ส่วนประกอบทางด้านหน้าและทางด้านหลัง(ขาของเปล)



ภาพที่ 3.12 ส่วนประกอบ ของเปลทางด้านซ้ายและทางด้านขวา(ที่ยึดขา)



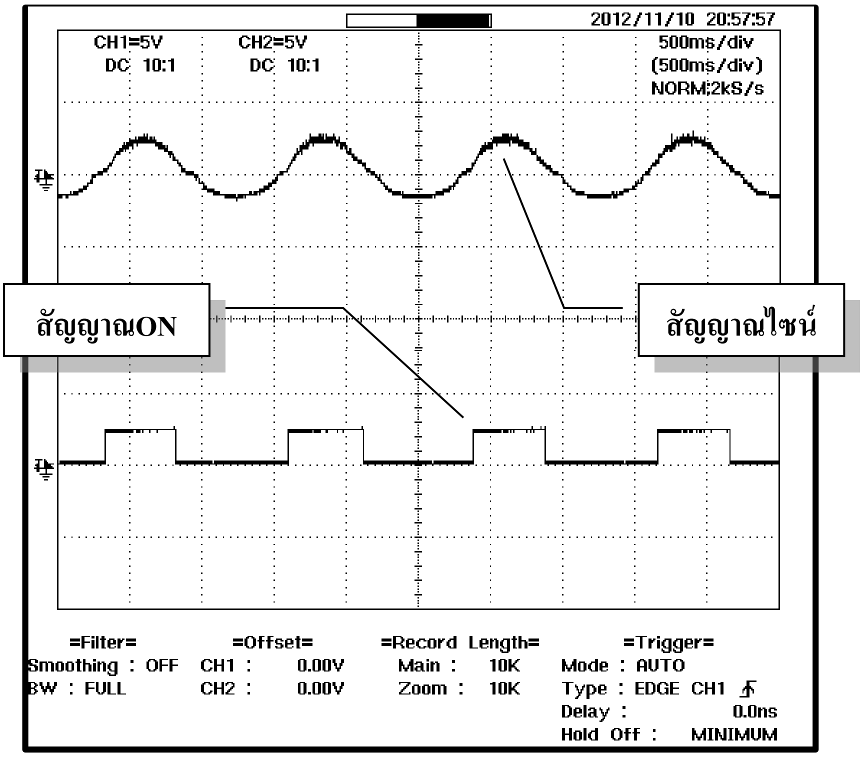
ภาพที่ 3.13 ส่วนประกอบของเปลทางด้านหน้าและทางด้านหลัง



ภาพที่ 3.14 ส่วนประกอบของเปลทางด้านซ้ายและทางด้านขวา

บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

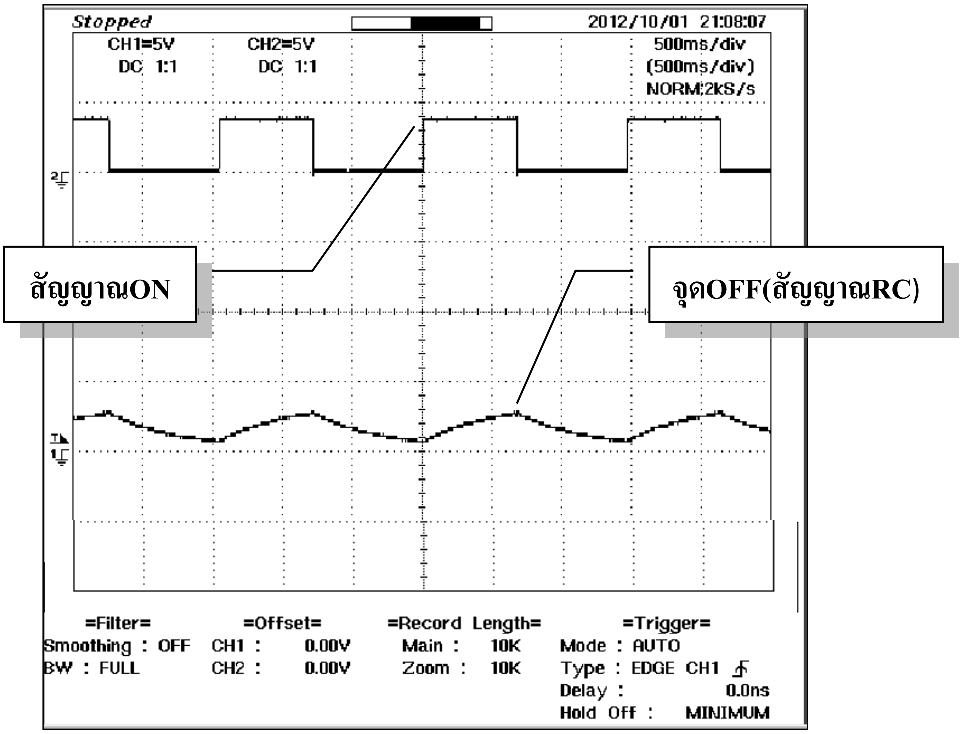
ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองการทำงานของเครื่องช่วยไกวเปลเด็กอัตโนมัติ ซึ่งการทำงานจะอาศัยการสร้างสัญญาณจากตัวของมอเตอร์ที่ใช้ไกวเปลในขณะที่มอเตอร์ทำหน้าที่เป็น เจนเนอเรเตอร์ แล้วนำสัญญาณดังกล่าวมาแปลงเป็นสัญญาณควบคุมให้มอเตอร์เริ่มทำงานหรือหยุดทำงาน แสดงดังรูปสัญญาณต่างๆไว้ดังนี้



ภาพที่ 4.1 สัญญาณไซน์เทียบกับสัญญาณONขณะที่ยังไม่จ่ายไฟให้มอเตอร์

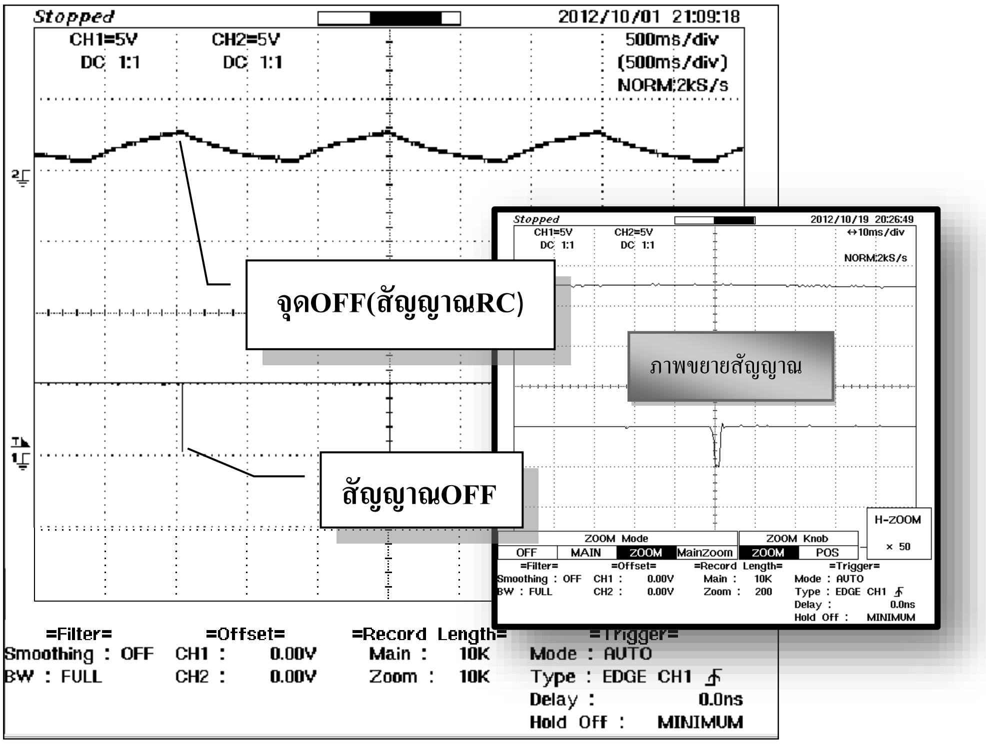
จากภาพที่ 4.1 สัญญาณข้างบนคือ สัญญาณไซน์ที่วัดจากขั้วของมอเตอร์ขณะทำหน้าที่เป็นเจนเนอเรเตอร์โดยทดลองไกวเปลด้วยมือและไม่จ่ายไฟให้มอเตอร์ ส่วนสัญญาณข้างล่างคือ สัญญาณที่เกิดจากการนำสัญญาณไซน์ข้างบนมาผ่านชมิททริกเกอร์แบบดิจิตอลสองครั้ง ทำให้สามารถแปลงจากสัญญาณไซน์เป็นสัญญาณดิจิตอลที่ใช้ควบคุมการONของมอเตอร์ได้ เมื่อนำสัญญาณทั้งสองมาเปรียบเทียบกันพบว่าชมิททริกเกอร์แบบดิจิตอลนั้น จะเริ่มทำงานที่ค่าแรงดันขาขึ้นเริ่มต้นประมาณ 1.7โวล์ทและหยุดทำงานที่ค่าแรงดันขาลงประมาณ0.9โวล์ท จากคุณสมบัติดังกล่าวของ

ชมิททริกเกอร์แบบดิจิตอลนี้ จึงสามารถทำให้เลือกนำมาประยุกต์ใช้งานกับโครงงานเครื่องช่วยไกวเปลเด็กอัตโนมัติในลำดับต่อไปได้



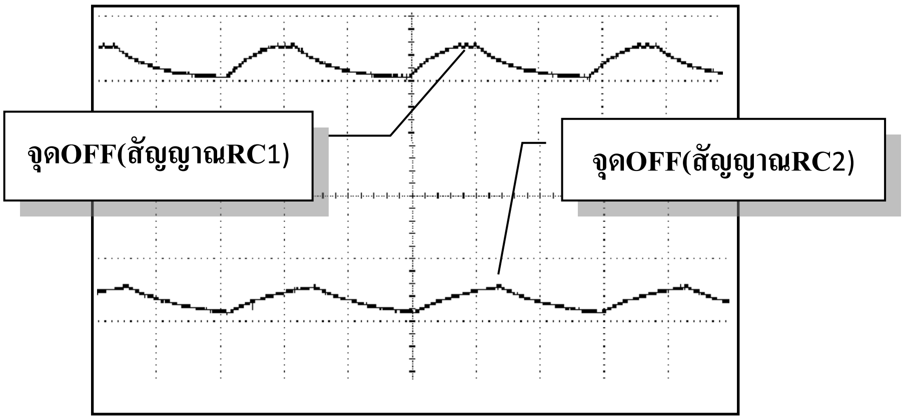
ภาพที่ 4.2 สัญญาณONเทียบกับสัญญาณRC ขณะจ่ายไฟให้มอเตอร์แล้ว

จากสัญญาณข้างบนในภาพที่ 4.2 คือสัญญาณดิจิตอลที่ใช้ควบคุมการONของมอเตอร์ ซึ่งนำหลักการแปลงสัญญาณไซน์ก่อนหน้านี้มาประยุกต์ใช้งาน โดยนำสัญญาณไซน์ช่วงแรกก่อนที่สวิตช์ทรานซิสเตอร์จะทำงานมาผ่านชมิททริกเกอร์แบบดิจิตอลสองครั้ง เพื่อแปลงจากสัญญาณอินพุตให้เป็นสัญญาณดิจิตอลที่สามารถนำไปเป็นสัญญาณควบคุมการONของมอเตอร์ ส่วนสัญญาณข้างล่างในภาพเป็นการนำสัญญาณที่ควบคุมการONของมอเตอร์ข้างต้นมาผ่านวงจรRC เพื่อทำการแปลงจากสัญญาณONของมอเตอร์ให้เป็นสัญญาณRC โดยสัญญาณRCนี้เป็นสัญญาณที่สามารถนำไปใช้ปรับตำแหน่งช่วงเวลาOFFของมอเตอร์ได้ในลำดับต่อไป



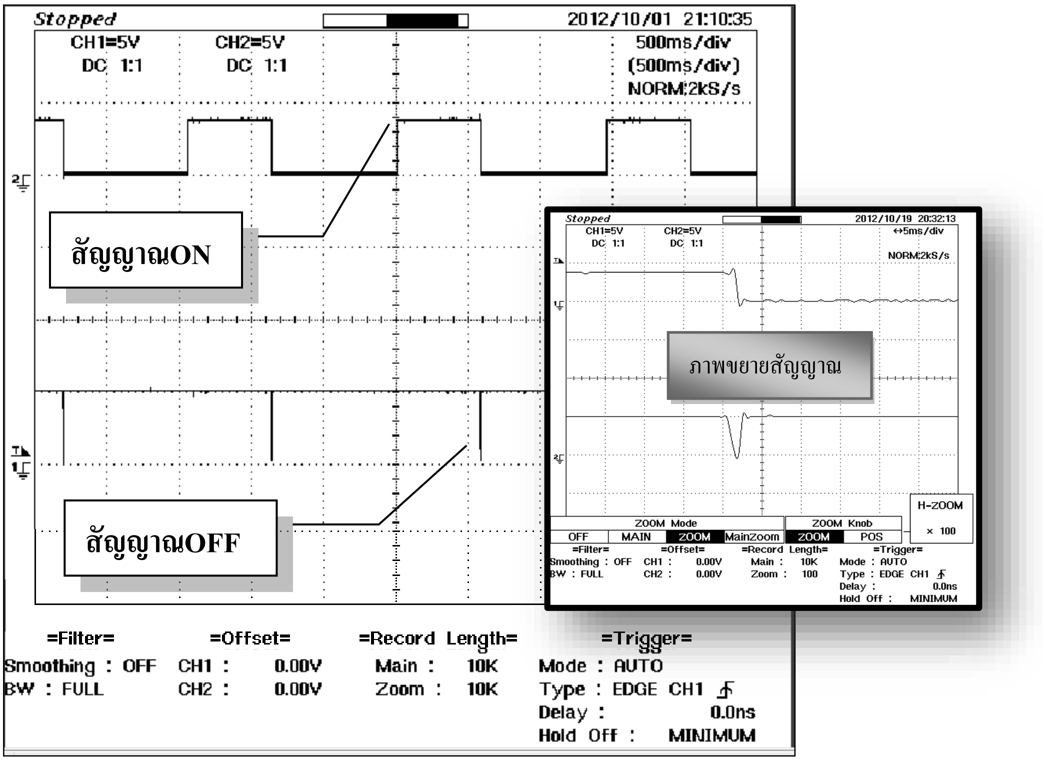
ภาพที่ 4.3 สัญญาณRCเทียบกับสัญญาณOFF

จากสัญญาณข้างบนในภาพที่ 4.3 คือสัญญาณRCที่เกิดจากการนำสัญญาณONของมอเตอร์มาผ่านวงจรRC ทำให้ได้สัญญาณRCที่สามารถนำไปใช้ปรับตำแหน่งช่วงเวลาOFFของมอเตอร์ได้ ซึ่งได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ส่วนสัญญาณข้างล่างคือสัญญาณที่เกิดจากการนำสัญญาณRCก่อนหน้ามาผ่านนอตเกต3ครั้งเพื่อทำการแปลงจากสัญญาณRCให้เป็นสัญญาณOFF ที่ใช้ควบคุมการOFFของมอเตอร์ให้หยุดทำงานได้ เมื่อนำสัญญาณทั้งสองมาเปรียบเทียบกันพบว่าตำแหน่งการหยุดทำงานมอเตอร์จากสัญญาณOFFของมอเตอร์นั้น จะขึ้นอยู่กับตำแหน่งยอดคลื่นของสัญญาณRC ดังนั้นค่าเวลาOFFนี้สามารถควบคุมได้จากตัวต้านทานที่มีค่าแตกต่างกันไป เพื่อให้สามารถมองเห็นตำแหน่งหยุดทำงานสัญญาณOFFของมอเตอร์ได้ชัดเจนขึ้น จำเป็นต้องสังเกตจากภาพขยายสัญญาณประกอบ



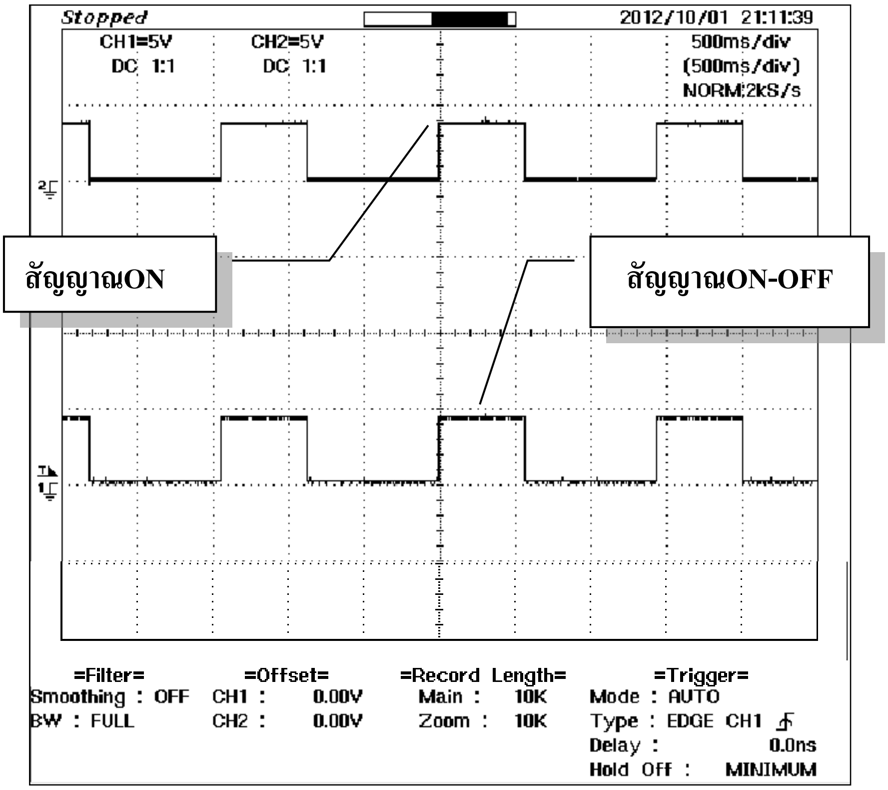
ภาพที่ 4.4 สัญญาณRC1เทียบกับสัญญาณRC2

จากสัญญาณข้างบนในภาพที่ 4.4 คือสัญญาณRC1ซึ่งเป็นสัญญาณที่วัดได้จากวงจรRCที่กำหนดให้ใช้ค่าความต้านทานที่เริ่มต้น ส่วนสัญญาณข้างล่างเกิดจากปรับค่าความต้านทานจากเดิมให้สูงขึ้น เมื่อนำสัญญาณทั้งสองมาเปรียบเทียบกัน ตำแหน่งยอดคลื่นของสัญญาณRCในคาบเวลาจะเลื่อนออกไป เป็นผลทำให้จุดหยุดทำงานจากสัญญาณที่ควบคุมการOFFของมอเตอร์นั้นเลื่อนตามไป จากหลักการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อทำให้สามารถกำหนดจุดหยุดทำงานของสัญญาณOFFของมอเตอร์ได้



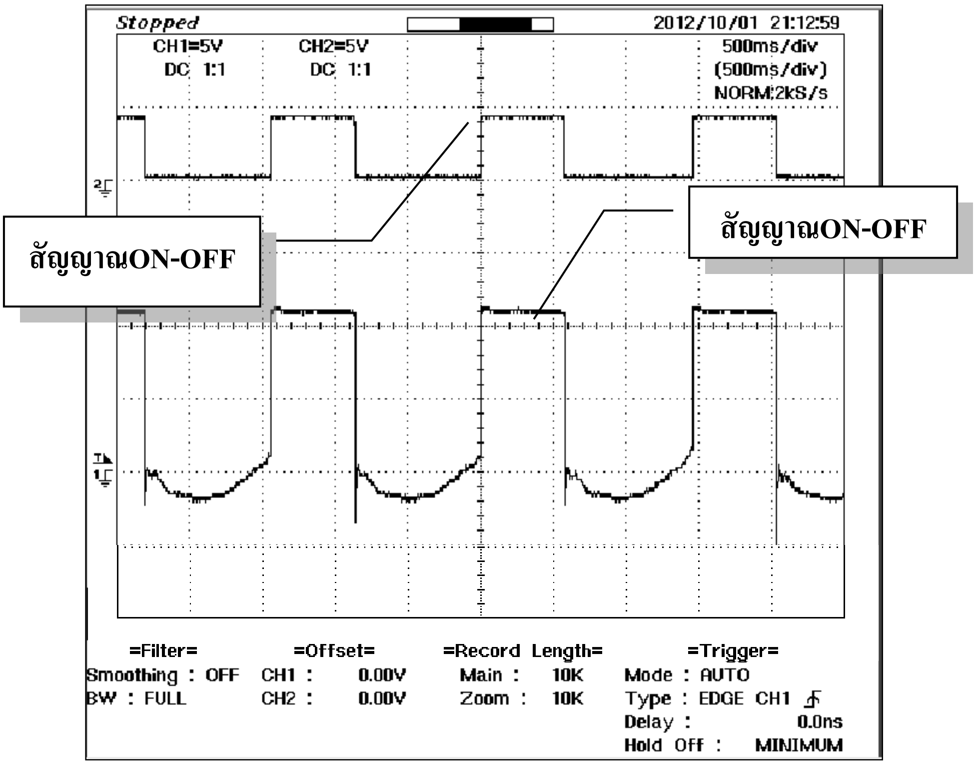
ภาพที่ 4.5 สัญญาณONเทียบกับสัญญาณOFF

จากสัญญาณข้างบนในภาพที่ 4.5 คือสัญญาณON ที่ได้อธิบายมาแล้วก่อนหน้า และใช้สัญญาณนี้เป็นสัญญาณควบคุมจุดเริ่มทำงานของมอเตอร์ ส่วนสัญญาณข้างล่างในภาพคือสัญญาณที่ได้จากการนำสัญญาณRCมาผ่านนอตเกต3ครั้ง เพื่อแปลงจากสัญญาณRCให้เป็นสัญญาณOFFและใช้สัญญาณนี้ไปควบคุมจุดเริ่มหยุดทำงานของมอเตอร์ เพื่อทำให้สามารถมองเห็นรูปแบบจุดเริ่มหยุดทำงานของมอเตอร์ ว่าแตกต่างจากสัญญาณONของมอเตอร์อย่างไร จะต้องสังเกตจากภาพขยายสัญญาณประกอบ และเมื่อสังเกตจะพบว่าในช่วงจังหวะเวลาขาลงของสัญญาณONจะตามหลังช่วงจังหวะเวลาขาลงของสัญญาณOFFอยู่เล็กน้อย



ภาพที่ 4.6 สัญญาณONเทียบกับสัญญาณON-OFF

จากสัญญาณข้างบนในภาพที่ 4.6 คือสัญญาณONที่ได้อธิบายมาแล้วก่อนหน้า และใช้สัญญาณนี้เป็นสัญญาณควบคุมจุดเริ่มทำงานของมอเตอร์ ส่วนสัญญาณข้างล่างในภาพนี้ คือสัญญาณที่เกิดจากการนำสัญญาณONและสัญญาณที่ใช้ควบคุมจุดเริ่มหยุดทำงานของมอเตอร์ก่อนหน้ามาแอนกันทำให้สามารถรวมสัญญาณทั้งสองให้เป็นสัญญาณเดียวได้ ซึ่งจะนำสัญญาณที่ได้นี้ไปเป็นสัญญาณขับมอเตอร์ในลำดับต่อไป



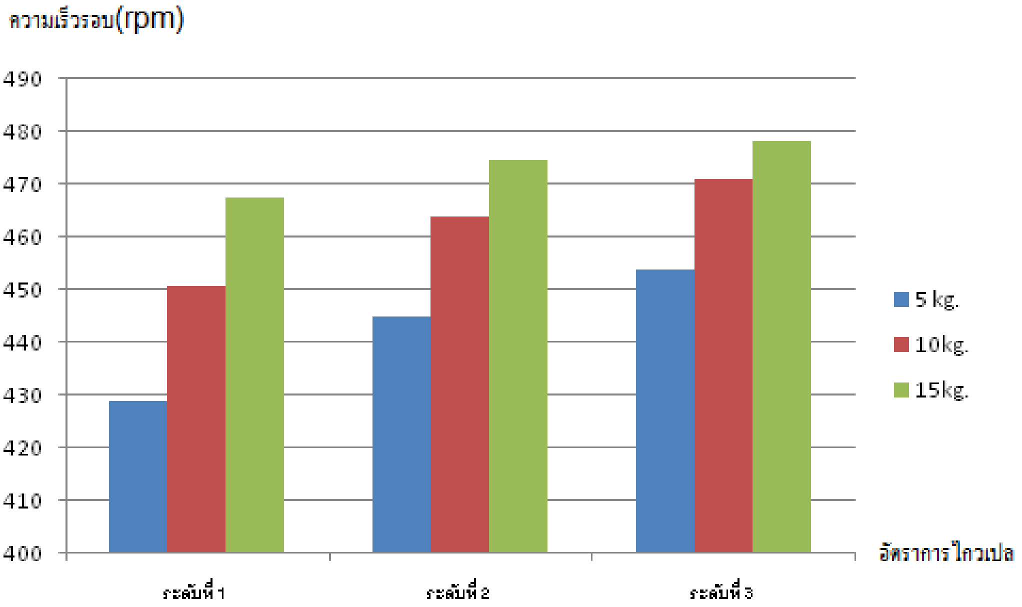
ภาพที่ 4.7 สัญญาณON-OFFเทียบกับสัญญาณมอเตอร์

จากสัญญาณข้างบนในภาพที่ 4.7 คือสัญญาณON-OFFของมอเตอร์ที่ได้อธิบายมาแล้วก่อนหน้าซึ่งเป็นสัญญาณที่ทำหน้าที่ควบคุมงานให้มอเตอร์ONและOFFอยู่ในสัญญาณเดียวกัน และนำเอาสัญญาณON-OFFของมอเตอร์ข้างต้นผ่านวงจรขับมอเตอร์ เพราะสัญญาณON-OFFของมอเตอร์ยังมีค่ากำลังงานที่ไม่มากพอสำหรับการนำไปควบคุมการทำงานของมอเตอร์ได้ ซึ่งจะต้องนำสัญญาณไปผ่านวงจรขับมอเตอร์ก่อน เพื่อเพิ่มค่ากระแสให้สูงขึ้นทำให้สามารถได้ค่ากำลังงานที่มากพอสำหรับการนำมาใช้งาน โดยในโครงงานนี้เลือกใช้ไอซีTLP250เป็นตัวขับมอเตอร์ จากนั้นส่งต่อสัญญาณไปให้ทรานซิสเตอร์ชนิดPNPแบบดาร์ลิงตันที่เป็นสวิตซ์ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ โดยเมื่อวัดสัญญาณที่มอเตอร์จะปรากฏดังรูปสัญญาณข้างล่างในภาพนี้ และสัญญาณนี้เองจะถูกส่งย้อนกลับไปผ่านชมิททริกเกอร์แบบดิจิตอล2ครั้ง เพื่อเป็นสัญญาณONเหมือนตอนแรกอีกครั้งแล้ววนซ้ำไปเรื่อยๆตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบน้ำหนักในเปลต่อกระแสของมอเตอร์

ระดับการไกวเปล	น้ำหนักในเปล (กิโลกรัม)	กระแสมอเตอร์ (แอมป์)	กำลังงานที่ใช้ (วัตต์)	ความเร็วของเปลไปและกลับ (รอบต่อนาที)	ความเร็วรอบของมอเตอร์ (รอบต่อนาที)
1	5	0.45	5.40	41.380	428.691
1	10	0.47	5.64	43.478	450.437
1	15	0.52	6.24	45.113	467.371
2	5	0.54	6.48	42.857	444.999
2	10	0.55	6.60	44.776	463.881
2	15	0.59	7.08	45.802	474.504
3	5	0.63	7.56	43.795	453.723
3	10	0.65	7.80	45.450	470.914
3	15	0.70	8.40	46.154	478.156

จากตารางที่ 4.1 จะสังเกตเห็นได้ว่าเมื่อถ่วงน้ำหนักในเปลให้หนักเพิ่มขึ้น กระแสที่วัดจากมอเตอร์ก็จะสูงขึ้นเป็นผลทำให้ค่ากำลังงานที่ใช้ในการไกวเปลเด็กมากขึ้นตามไปด้วย แต่จะแปรผกผันกับความเร็วรอบของมอเตอร์เพราะเมื่อถ่วงน้ำหนักในเปลให้หนักเพิ่มขึ้นความเร็วรอบก็จะลดลง



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของมอเตอร์แต่ละระดับเทียบกับน้ำหนักที่ถ่วงในเปล

จากภาพที่ 4.8 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของมอเตอร์แต่ละระดับเทียบกับน้ำหนักที่ถ่วงในเปลจะเห็นได้ว่าในระดับที่ 1 2 และ3 ความเร็วรอบจะแปรผันตามน้ำหนักในเปลซึ่งเมื่อน้ำหนักในเปลเพิ่มขึ้น ความเร็วรอบก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

โครงงานนี้เป็นการศึกษาและทดลองสร้างเครื่องไกวเปลแบบอัตโนมัติ โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ที่พิกัดแรงดัน 12โวลต์ กระแส 1.2 แอมป์ ผลการทดลองคือเครื่องช่วยไกวเปลเด็กอัตโนมัติสามารถทำงานได้จริงตามหลักการ โดยการทำโครงงานเครื่องช่วยไกวเปลเด็กอัตโนมัตินี้เริ่มต้นจากในบทที่ 2 อธิบายถึงทฤษฎีพื้นฐานการหากำลังงานไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า หลักการทำงานของมอเตอร์กระแสตรงแบบแม่เหล็กถาวร พื้นฐานไอซีตระกูลทีทีแอลและตระกูลซีมอสในรูปแบบต่างๆ ในลำดับต่อมาในบทที่ 3 ได้อธิบายถึงขั้นตอนการคำนวณหาขนาดของมอเตอร์รวมทั้งอธิบายถึงหลักการทำงานและวิธีการออกแบบชุดควบคุมการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง การออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ การออกแบบวงจรขับมอเตอร์กระแสตรงด้วย IC ชนิดพิเศษ ซึ่งได้อธิบายถึงรายละเอียด และลำดับต่อมาในบทที่ 4 คือผลการทดลองการใช้งานจริงของเครื่องช่วยไกวเปลเด็กอัตโนมัติที่สร้างขึ้น ซึ่งได้ทำการวัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากับโหลดจริง และเมื่อทดลองถ่วงน้ำหนักเปลให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามลำดับโดยสังเกตประสิทธิภาพของการไกวเปลของเครื่องช่วยไกวเปลเด็กอัตโนมัติ สามารถสรุปผลได้ดังนี้ เมื่อเปลเด็กมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นประสิทธิภาพการไกวเปลของเครื่องช่วยไกวเปลเด็กอัตโนมัติก็จะลดลงเล็กน้อยตามลำดับ ในการทดลองจะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพการไกวเปลของเครื่องไกวเปลเด็กอัตโนมัติยังมีสัญญาณรบกวนในวงจรบ้างเล็กน้อย สืบเนื่องมาจากขณะมอเตอร์ทำงานเป็น เจนเนอเราเตอร์ มีสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นนี้ทำให้ไม่ได้รูปสัญญาณไซน์ที่สมบูรณ์แบบในอุดมคติ (IDEL SINE WAVE) และเมื่อนำสัญญาณนั้นมาเป็นสัญญาณอินพุต ทำให้เมื่อแปลงสัญญาณแล้วค่าสัญญาณเอาต์พุตที่ได้เกิดความคลาดเคลื่อนจากทฤษฎีบ้าง ดังนั้นจึงควรมีการทำวงจรกรองสัญญาณรบกวนออก ก่อนที่จะนำมาเป็นสัญญาณอินพุต และภายในวงจรควรมีวงจรกรองสัญญาณรบกวนอีกครั้งเพื่อให้สัญญาณเอาต์พุตที่ได้มีคลาดเคลื่อนจากทฤษฎีน้อยที่สุด ซึ่งจะทำให้ได้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องไกวเปลเด็กอัตโนมัติดีขึ้นตามไปด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] มงคล ทองสงคราม "เครื่องกลไฟฟ้ากระแสตรง" จัดพิมพ์โดย บริษัท รามาการพิมพ์จำกัด 2538

[2] มงคล ทองสงคราม "ทฤษฎีดิจิตอล" จัดพิมพ์โดย บริษัท อี.เอ.ปริ้นติ้ง , หจก.

[3] มงคล ทองสงคราม "อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น" จัดพิมพ์โดย บริษัท บริษัท อี.เอ. ปริ้นติ้ง , หจก.

[4] การพัฒนาเครื่องช่วยไกวเปลเด็ก, โดย สมภพ ทิพย์โภชนา ชาญฤทธิ์ ศรีแสง รหัสโครงงาน 47EE094 ปี2550 อ.อุมาพร ทองรักษ์ ทีปรึกษา

ภาคผนวก