สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ขากล

ROBOTIC LEG

โดย

นาย วิโรจน์ วีระเจริญกูล 40010741

นาย เวสวัณ ไตรรัตนวนิช 40010758

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42756
วัน, เดือน, ปี 7 ส.ค. 2545

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

ประจำภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานเรื่อง ขากล

Robot Legged

จัดทำโดย นาย วิโรจน์ วีระเจริญกูล

นาย เวสวัณ ไตรรัตนวนิช

โครงงานได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

.....

(อ. โกศล ชวนขยัน)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2543

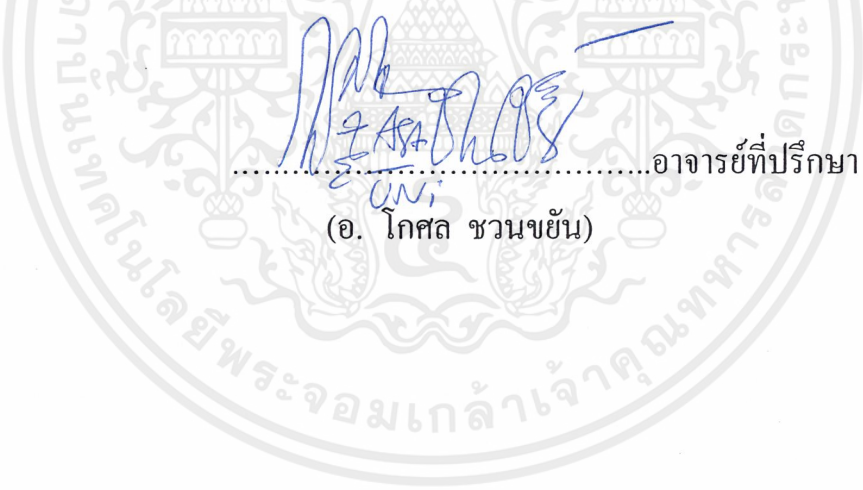
ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ROBOT LEGGED

ผู้จัดทำ

1. นาย วิโรจน์ วีระเจริญกูล รหัส 40010741
2. นาย เวสวัณ ไตรรัตนวนิช รหัส 40010758



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. โกศล ชวนขยัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ก่อนอื่นใด ต้องขอขอบคุณบิดา มารดา ที่ได้ให้กำเนิดพวกเราทำให้พวกเราได้สร้างโครงงานนี้ขึ้นมา ซึ่งโครงงานขากลนี้คงจะไม่สามารถออกมาเป็นรูปเป็นร่าง หรือเคลื่อนไหวใดๆได้ถ้าปราศจากคนเหล่านี้ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ อาจารย์ โกศล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาที่สามารถปรึกษาได้ในทุกๆเรื่อง และให้คำแนะนำในด้านต่างๆ ขอบคุณเพื่อนๆ ที่คอยให้หยิบยืมอุปกรณ์ในยามยาก ให้คำแนะนำเล็กๆน้อยๆเวลาเกิดปัญหา

ขอบคุณทุกๆท่าน ที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ ซึ่งช่วยให้โครงงาน ขากล สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

.....

นาย วิโรจน์ วีระเจริญกูล

.....

นาย เวสวัณ ไตรรัตนวนิช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขากล

นายวิโรจน์ วีระเจริญกูล
นาย เวสวัณ ไตรรัตนวนิช
อ. โกศล ชวนขยัน (อาจารย์ที่ปรึกษา)
ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

รายละเอียดของโครงงานนี้เป็นการออกแบบในเรื่องกายวิภาคศาสตร์ ระบบการเคลื่อนไหว และท่าเดินของมนุษย์ เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบ จัดสร้าง ชุดต้นแบบของแบบจำลองแสดงการเดินของมนุษย์ เพื่อประโยชน์ในการแพทย์ เช่น เป็นโครงสร้างรับแรงภายนอกสำหรับผู้ป่วยกายภาพบำบัด หรือ พิการในช่วงท่อนขา หรือ เป็นหุ่นยนต์สำรวจกู้ภัยในบริเวณที่มีอันตรายแทนมนุษย์ โดยทำการสร้างให้มีขนาดเท่าของจริง และ ใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อน

ในส่วนของการควบคุมชุดต้นแบบนี้ทำได้โดยการใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลร่วมกับภาษาซีไปทำการควบคุมวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ในแต่ละข้อต่อ

โครงงานชิ้นนี้ถูกทำขึ้นในลักษณะของงานทดลองและวิจัยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ที่จะทำการเลียนแบบการเดินของมนุษย์ด้วย ชุดขากลต้นแบบคงที่ได้กล่าวมาแล้ว ดังนั้นการรวบรวมผลการทดลองและสรุปถึงลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้น รวมทั้งแนวทางการแก้ไขปัญหาทั้งที่ทำได้สำเร็จและไม่สำเร็จจึงจำเป็นมากสำหรับโครงงานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROBOTIC LEG

Mr. Wirot Werajarengkul
Mr. Wessawan Trirattanavanich
Mr. Kosol Chaunkayan (Advisor)
2nd Semester, Education Year 2000

Abstract

This project is the studying of Kinesiology and gait cycle of human and their application in the design and invention of the anthropoid walking. We made it in real size by using DC motor to be a source of power .

In the control section , we use a personal computer programmed in C language to control DC motors that are connected to each joint. This project can be applied to use medical and other.

This project is still in the field of experiment and research , that considers to the possibility for human gait simulation by the anthropoid walking. So the collection of result in experiment and conclusion of problem that occurred in experiment are very necessary to fill in this thesis. We filled all of its including how to solve the problem occurred in each part of the anthropoid walking in each chapter.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
Abstract	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	V
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 การศึกษาเกี่ยวกับกายวิภาคศาสตร์ระบบการเคลื่อนไหวและสรีระของมนุษย์	7
2.1 ส่วนประกอบสำคัญที่ใช้ในการเดิน	7
2.2 ท่าเดินของมนุษย์ (GAIT)	10
2.3 ผลต่อข้อสะโพกที่เกิดจากการเดิน	18
2.4 สภาพสมดุลย์ของแบบจำลองการเดินของมนุษย์	21
บทที่ 3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	25
3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างแม่เหล็กและไฟฟ้า	25
3.2 การผลิตแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้า	25
3.3 กฎของไมเคิลฟาราเดย์ในเรื่องการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า	26
3.4 การหาทิศทางของแรงดันไฟฟ้า emf และกระแสไฟฟ้า	26
3.5 โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง	27
3.5.1 ส่วนประกอบของสเตเตอร์	29
3.5.2 ส่วนประกอบของโรเตอร์	29
3.6 หลักการทำงานของมอเตอร์	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 การเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 32
3.7.1 หลักการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า 32
3.7.2 หลักการของมอเตอร์ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล 32
บทที่ 4 ชุดขากลต้นแบบ 34
4.1 แนวทางการออกแบบชุดขากลต้นแบบ 34
4.2 ลักษณะการทำงานของชุดขากลต้นแบบ 35
4.3 รายละเอียดของชิ้นส่วน 36
4.4 อัตราทดและการส่งผ่านกำลังของเฟือง 42
4.5 ปัญหาที่เกิดขึ้นที่ชิ้นส่วนประกอบของขากลต้นแบบ 49
บทที่ 5 ขอบเขตและแนวทางการพัฒนาของโครงงาน 50
5.1 ขอบเขตของโครงงาน 50
5.2 แนวทางในการทำงานของโครงงาน 50
บทที่ 6 โครงสร้างของคอมพิวเตอร์และการอินเตอร์เฟส 51
6.1 โครงสร้างพื้นฐานของคอมพิวเตอร์ 51
6.1.1 Central Processing Unit (CPU) subsystem 51
6.1.2 Memory subsystem 52
6.13 Input / Output Subsystem 52
6.1.4 Bus Subsystem 52
6.2 Memory Map ของเครื่อง IBM PC 53
6.3 รายละเอียดของส่วนอินพุท / เอาท์พุท (I/O Subsystem) 54
6.4 การกำหนดหมายเลขพอร์ตอินพุท / เอาท์พุท (I/O Map) 55
6.5 เมนบอร์ดของเครื่องพีซีตระกูลเอที 57
6.6 สล็อตหรือช่องต่อสำหรับอินพุท / เอาท์พุท 58
6.7 ทฤษฎีไอซี 8255 63
6.8 โหมดการทำงานของ 8255 66
6.9 สัญญาณที่นำมาจากระบบบัสของคอมพิวเตอร์ 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7 วงจรขับและควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ 68
7.1 การออกแบบวงจรขับมอเตอร์ 69
7.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขที่เกิดขึ้นกับวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์ 70
บทที่ 8 อุปกรณ์ตรวจสอบตำแหน่ง 71
8.1 อุปกรณ์ตรวจสอบตำแหน่ง 71
8.2 การออกแบบวงจรตรวจสอบตำแหน่ง 71
บทที่ 9 การเขียนโปรแกรม 75
9.1 บทนำ 75
9.2 บล็อกไดอะแกรมเบื้องต้นในการออกแบบโปรแกรม 75
9.3 การทำความเข้าใจในขอบเขตของงาน 76
9.4 การทำความเข้าใจกับ Hardware 76
9.5 รู้และเข้าใจในจุดเด่นจุดด้อยในภาษาที่เลือกใช้ 76
9.5.1 Visual Basic , Delphi 79
9.5.2 C / C++ 80
9.6 การวิเคราะห์ตีความเป็น Algorithms 81
บทที่ 10 การวิเคราะห์และตีความหมายเชิง Algorithms 82
10.1 Initial Value Section 83
10.2 Control Process Section 85
10.2.1 ฟังก์ชันต่างๆ 85
10.2.2 เงื่อนไขการควบคุม (Control statements) 86
10.2.2.1 การดำเนินการทางลูป (Loop) 87
10.2.2.2 การตัดสินใจ 88
10.2.2.3 การเรียกใช้ทรัพยากรของระบบ 90
10.2.2.4 การจัดการข้อผิดพลาดที่จะบังเกิดขึ้น 90
10.3 I/O Section 90
10.4 อุปกรณ์ปลายทาง 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.5 โปรแกรมควบคุมระบบ 94
10.5.1 การควบคุมแบบไม่มีการป้อนกลับ 94
10.5.2 การควบคุมแบบมีการป้อนกลับ 95
บทที่ 11 ผลการทดลอง 96
เอกสารอ้างอิง 101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 แสดงโครงสร้างของกระดูกส่วนสะโพก 2
รูปที่ 1.2 แสดงโครงสร้างขาท่อนบนและหัวเข่า 3
รูปที่ 1.3 แสดงโครงสร้างของขาและกระดูกขาท่อนล่าง 4
รูปที่ 1.4 แสดงโครงสร้างของกระดูกเท้า 5
รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของข้อต่อแบบบอลและซอกเกต(Ball & Socket) ของข้อสะโพก 7
รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของข้อต่อแบบบานพับ (hinge type) ของข้อเข่า 8
รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของข้อต่อแบบบานพับ (hinge type) ของข้อเท้า 9
รูปที่ 2.4 แสดงช่วงการเดินของผู้หญิง 12
รูปที่ 2.5 แสดงการเคลื่อนที่ของข้อเท้าในช่วงการเดินของมนุษย์ 13
รูปที่ 2.6 ก แสดงช่วงการเดินในขั้นตอน Heel Strike 14
รูปที่ 2.6 ข แสดงช่วงการเดินในขั้นตอน Mid Stance 14
รูปที่ 2.6 ค แสดงช่วงการเดินในขั้นตอน Push Off 15
รูปที่ 2.6 ง แสดงช่วงการเดินในขั้นตอน Mid Swing 15
รูปที่ 2.7 แสดงกล้ามเนื้อที่ต้องทำงานอย่างสัมพันธ์กันในการเดินแต่ละขั้นตอน 17
รูปที่ 2.8 A แสดงการขจัดในแนวขึ้นลงตั้งฉากกับพื้นโลกที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเดิน 19
รูปที่ 2.8 B แสดงการกระดกของกระดูกเชิงกรานที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเดิน 19
รูปที่ 2.8 C แสดงการหมุนรอบแกนกลางของร่างกายที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเดิน 19
รูปที่ 2.9 แสดงการส่งผ่านแรงที่ข้อสะโพกและการขจัดในแนวขึ้นลงของข้อสะโพกในรูปแบบของโครงกระดูก 20
รูปที่ 2.10 แสดงแนวแรงจากจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายเทียบกับฐานรองรับแรง 21
รูปที่ 2.11 แสดงแนวแรงจากจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายเทียบกับฐานรองรับแรง 22
รูปที่ 2.12 แสดงธรรมชาติการเดินของมนุษย์ในรูปของภาพจำลอง 23
รูปที่ 2.13 แสดงธรรมชาติการเดินของมนุษย์ในรูปของภาพจริง 24
รูปที่ 3.1 การหาทิศทางของกระแสไฟฟ้าและฟลักซ์แม่เหล็ก 25
รูปที่ 3.2 การหาทิศทางของกระแสไฟฟ้า cmf โดยใช้กฎมือขวาของเฟลมมิ่ง 26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 27
รูปที่ 3.4 รูปร่างของสเตเตอร์ 28
รูปที่ 3.5 รูปร่างของโรเตอร์ 28
รูปที่ 3.6 รูปร่างลักษณะของแกนเหล็กอาร์เมเจอร์ 30
รูปที่ 3.7 รูปร่างลักษณะของคอมมิวเตเตอร์ 30
รูปที่ 3.8 อธิบายหลักการของการเกิดแรงทางกล 32
รูปที่ 4.1 แสดงชุดขากลต้นแบบ 39
รูปที่ 4.2 แผ่นวงจรอินเตอร์เฟส 40
รูปที่ 4.3 วงจรแยกกราวนด์ (Optoisolator) 40
รูปที่ 4.4 วงจร Drive และ Sensor 41
รูปที่ 4.5 แสดงการวางแผ่นอลูมิเนียมและเฟืองที่ข้อสะโพก 43
รูปที่ 4.6 แสดงการวางแผ่นอลูมิเนียมและเฟืองที่ข้อเข่า 44
รูปที่ 4.7 แสดงการวางแผ่นอลูมิเนี่ยมและเฟืองที่ข้อเท้า 45
รูปที่ 4.8 แสดงกลไกการเชื่อมต่อระหว่างเฟืองของแต่ละข้อโดยใช้โซ่ 46
รูปที่ 6.1 โครงสร้างพื้นฐานของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ 51
รูปที่ 6.2 ส่วนประกอบต่างๆของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ 53
รูปที่ 6.3 Memory Map ของ IBM PC 53
รูปที่ 6.4 Microcomputer with I/O Subsystem 55
รูปที่ 6.5 บล็อกไดอะแกรมของเมนบอร์ดตระกูลเอทีี 57
รูปที่ 6.6 แสดงรูปทรงของเมนบอร์ดทั่วๆไปและตำแหน่งของส่วนต่างๆ 58
รูปที่ 6.7 ตำแหน่งของขาสัญญาณต่างๆบนสล็อตของเครื่องพีซีตระกูลเอทีี 60
รูปที่ 6.8 รหัสควบคุม 65
รูปที่ 6.9 วงจรอินเตอร์เฟส 67
รูปที่ 6.10 วงจรไอโซเลเตอร์ 67
รูปที่ 7.1 แนวคิดในการควบคุมมอเตอร์ 68
รูปที่ 7.2 แสดงหลักการควบคุมมอเตอร์ 69
รูปที่ 8.1 วงจรส่งสัญญาณแสง 72
รูปที่ 9.1 บล็อกไดอะแกรมของการออกแบบโปรแกรมเบื้องต้น 75
รูปที่ 10.1 บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างหลักๆในการวิเคราะห์ Algorithms 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 10.2โครงสร้างพื้นฐานของภาษา C / C++ 83
รูปที่ 10.3 ตารางแสดงคุณสมบัติของตัวแปรแต่ละชนิด 84
รูปที่ 10.4 Flow Chart ของส่วนโปรแกรม 92
รูปที่ 10.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมแบบไม่ป้อนกลับ 94
รูปที่ 10.6 แสดงบล็อกไดอะแกรมแบบมีการป้อนกลับ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การพัฒนาหุ่นยนต์ในปัจจุบันมีความก้าวหน้าไปเป็นอย่างมาก โดยหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นมาได้ถูกนำไปใช้งานในหลายๆด้าน ซึ่งล้วนแต่มีจุดมุ่งหมายที่จะให้ใช้งานแทนมนุษย์ หรือทำงานในงานที่มนุษย์ไม่สามารถจะทำได้ อย่างไรก็ดีรูปแบบการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ส่วนใหญ่ ยังคงใช้หลักการของการเคลื่อนแบบล้อเลื่อนเป็นหลัก ซึ่งต้องอาศัยเส้นทางที่ทำขึ้น อย่างไรก็ดีเราพบว่าการใช้งานเพื่อตอบสนองความต้องการใช้งานของมนุษย์นั้น ในบางครั้งต้องทำงานในบริเวณที่อยู่อาศัยที่ทำงาน หรือแม้กระทั่งใช้เป็นเครื่องมือเทียมสำหรับมนุษย์ จึงมีความจำเป็นที่หุ่นยนต์นั้นๆ จะต้องมีรูปแบบการเคลื่อนที่ หรือการทำงานที่คล้ายมนุษย์เพื่อสามารถที่จะทำงานแทนมนุษย์ได้

ในการสร้างขากลให้เคลื่อนที่ในรูปแบบที่เหมือนกับการเดินของมนุษย์ จำเป็นที่จะต้องมีการศึกษารูปแบบการเคลื่อนที่ของมนุษย์เสียก่อนจึงจะสามารถทำการออกแบบชุดขากลได้ โดยจะต้องทำการศึกษาถึงโครงสร้างของร่างกายมนุษย์ ซึ่งในบทนำนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างของขามนุษย์อย่างคร่าวๆ โครงสร้างของมนุษย์ประกอบไปด้วยส่วนหลัก คือกล้ามเนื้อ , กระดูก และ ระบบประสาทสั่งงาน การเคลื่อนไหวและควบคุมร่างกายของมนุษย์ทำโดยการสั่งการของสมองผ่านระบบประสาทและใช้เส้นเอ็นและกล้ามเนื้อเป็นต้นกำลังในการเคลื่อนไหว โดยมีกระดูกเป็นส่วนโครงสร้าง ในการศึกษาการทำงานของมนุษย์มักจะเริ่มจากการศึกษาโครงร่างของร่างกายซึ่งก็คือ กระดูกนั่นเอง รูปที่ 1.1 – 1.3 แสดงถึงโครงร่างของกระดูกสะโพก ขา และ เท้า

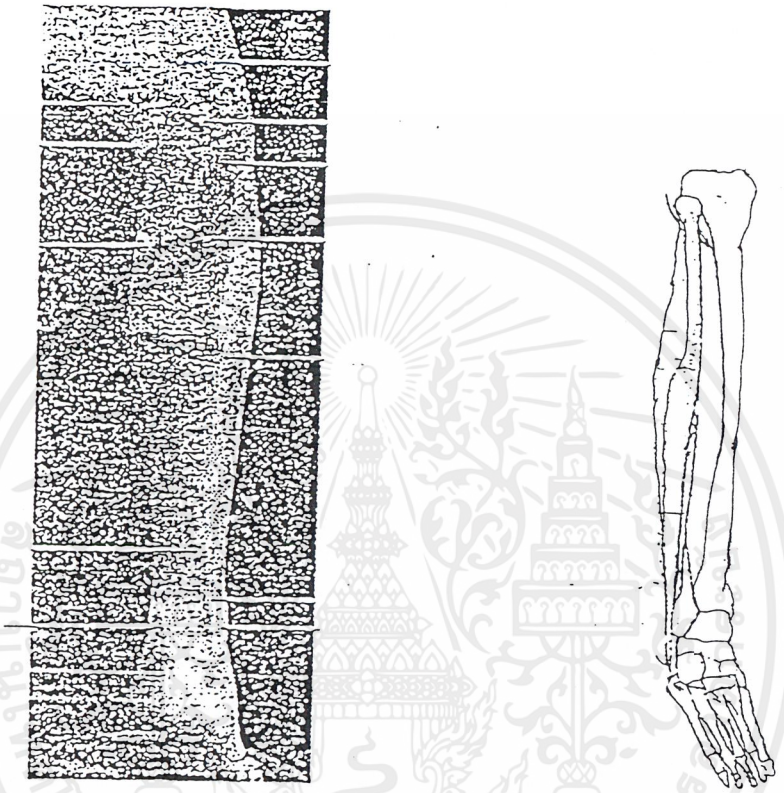
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1.1 แสดงโครงสร้างของของกระดูกส่วนสะโพก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

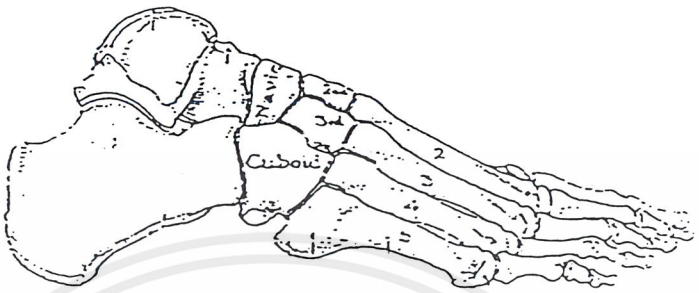
รูปที่ 1.2 แสดงโครงสร้างขาท่อนบน และหัวเข่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.3 แสดงโครงสร้างของขา และกระดูกขาท่อนล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.4 แสดงโครงสร้างของกระดูกเท้า

จากการศึกษาเราพบว่ามนุษย์มีการพัฒนาทางด้านร่างกายมาเป็นเวลานาน จนทำให้มนุษย์มีลักษณะโครงสร้างตลอดจนพฤติกรรมต่างๆ ซึ่งมีส่วนมาจากโครงร่างเป็นรูปแบบเฉพาะตัว โดยข้อมูลชี้ให้เห็นว่าสาเหตุของการวิวัฒนาการของมนุษย์ที่เป็นไปอย่างรวดเร็วนั้น นอกจากการพัฒนาทางความคิด สติปัญญา และสมองแล้ว การพัฒนาทางด้านร่างกายก็มีส่วนสำคัญมากจุดเด่นทางด้านร่างกายที่เป็นจุดเด่นในการพัฒนาของมนุษย์คือ

- การมีนิ้วหัวแม่มือที่สามารถกางได้ตั้งฉากกับมือ ทำให้สามารถหยิบจับสิ่งของต่างๆ ได้สะดวก
- การมีตาสองข้างตั้งอยู่ใกล้กัน ทำให้สามารถมองวัตถุในลักษณะสามมิติได้
- การมีร่างกายตั้งตรง ในเคลื่อนที่จะมีลักษณะที่กระดูกสันหลังตั้งตรงตั้งฉากกับพื้นโลก

จะเห็นได้ว่ารูปแบบการเคลื่อนที่ที่มีกระดูกสันหลังตั้งฉากกับพื้นโลกเป็นลักษณะของการวิวัฒนาการที่เป็นจุดเด่นและเป็นรูปแบบเฉพาะของมนุษย์เลยทีเดียว หากพิจารณาการเคลื่อนที่ดังกล่าวของมนุษย์เทียบกับการเคลื่อนที่ในรูปแบบของล้อหมุน พบว่าถึงแม้ลักษณะการเคลื่อนที่แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

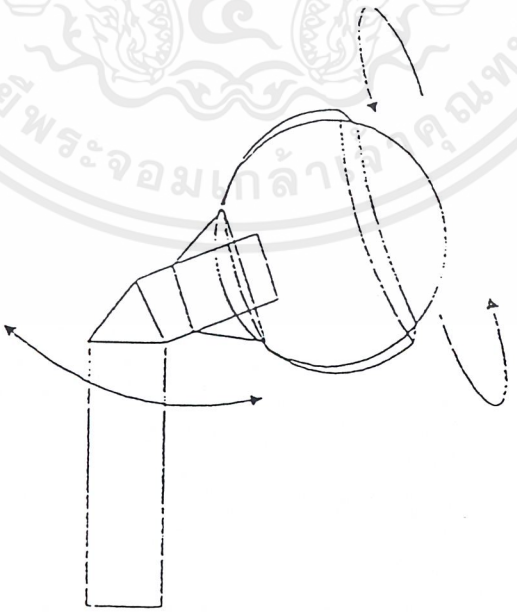
ล้อหมุน จะใช้แรงน้อยกว่า แต่ก็มีข้อจำกัดหลายด้าน เช่น ต้องเคลื่อนที่บนพื้นเรียบ ไม่เหมือนกับการเคลื่อนที่แบบมนุษย์ ที่สามารถเคลื่อนที่ไปยังที่ขรุขระได้ ดังนั้นการศึกษาเรื่องการเคลื่อนที่ของมนุษย์ หรือแม้แต่การพัฒนาเครื่องจักร หรือ หุ่นยนต์ให้มีการเคลื่อนที่ในรูปแบบของมนุษย์ ยังคงเป็นสิ่งที่ท้าทายและน่าจะมีความสำคัญมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การศึกษาเกี่ยวกับกายวิภาคศาสตร์ระบบการเคลื่อนไหวและสรีระของมนุษย์

ในการจะทำแบบจำลองของสิ่งใดสิ่งหนึ่งขึ้นมานั้นเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในการสร้างหรือออกแบบ แบบจำลองนั้น คือ ตัวต้นแบบ จำเป็นที่จะต้องมีการศึกษารายละเอียดของตัวต้นแบบอย่างจริงจัง จึงจะสามารถสร้างหรือออกแบบจำลองได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุดดังนั้นในการสร้างแบบจำลองลักษณะการเดินของมนุษย์ สิ่งที่จำเป็นจะต้องศึกษาอย่างจริงจังก็คือ มนุษย์ซึ่งจะต้องศึกษาทั้งในส่วนของส่วนประกอบที่ทำให้เกิดการเดินขึ้นและลักษณะการทำงานของส่วนประกอบแต่ละส่วนในการเดิน

2.1 ส่วนประกอบสำคัญที่ใช้ในการเดิน



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะของข้อต่อแบบบอลและซอกเกต (Ball & Socket) ของข้อสะโพก

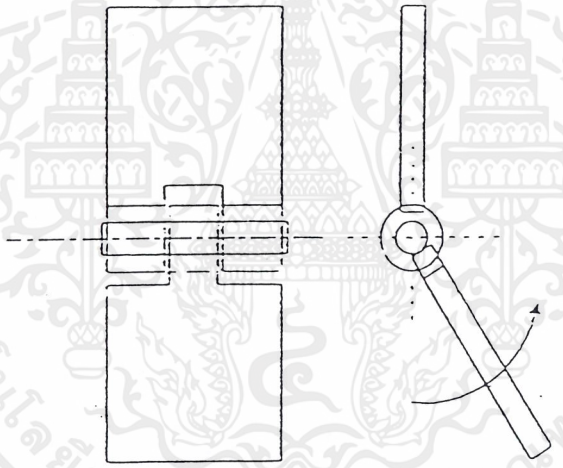
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อสะโพก

ข้อสะโพกเป็นข้อชนิด Spheriod type (ball & socket) ซึ่งมีลักษณะเป็น ball สวมอยู่ใน Socket ทำให้ข้อสะโพกสามารถเคลื่อนที่ไปได้รอบๆจุดหมุน โดยที่ข้อสะโพกสามารถงอได้ตั้งแต่ 0^0 ถึง $115^0 - 125^0$ โดยจำเป็นที่จะต้องอาศัยกล้ามเนื้อหลักในการทำให้มันงอได้ซึ่งในที่นี้คือ

- กล้ามเนื้อ Psoas major
- กล้ามเนื้อ Iliacus

และกล้ามเนื้อรองอีกจำนวนหนึ่ง

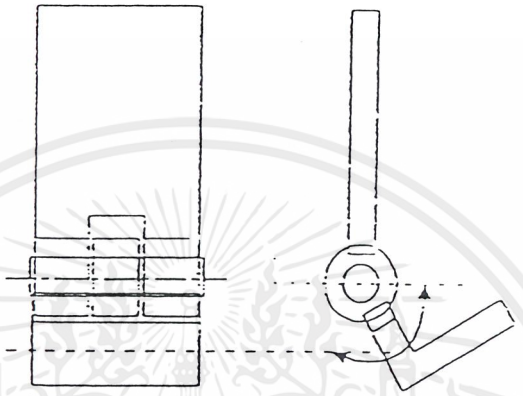


รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะของข้อต่อแบบบานพับ (hinge type) ของข้อเข่า

ข้อเข่า

ข้อเข่า (Knee joint) เป็นข้อชนิดบานพับ (hinge type) ซึ่งมีการเคลื่อนไหวรอบแกนนอน (Horizontal or transverse axis) ทำให้ขาสามารถงอ (flex) และ เหยียด (extend) ยกเว้นเมื่อข้อเข่าอยู่ในท่างอประมาณ 90^0 เข่าสามารถหมุนได้รอบแกนตั้ง (Vertical or Longitudinal axis) ทำให้สามารถหมุนขาเข้าใน (Internal rotate) และหมุนออก (external rotate) ได้ และเช่นกันในการงอเข่าจำเป็นจะต้องอาศัยกล้ามเนื้อช่วยในการงอได้แก่ Hanstrings Gracilis Sartorius Popliteus Gastrocnemius โดยที่เข่าสามารถงอได้มากสุด 140^0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของข้อต่อแบบบานพับ (hinge type) ของข้อเท้า

ข้อเท้าและเท้า

การเคลื่อนไหวของข้อเข่าและเท้าอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อซึ่งมีที่เกาะด้านอยู่ในบริเวณขา (leg) ตอนปลายเป็นเส้นเอ็นทอดผ่านช่องทางรอบๆข้อเท้าไปเกาะที่กระดูกของเท้าและนิ้วเท้า โดยที่กล้ามเนื้อบังคับการเคลื่อนไหวของเท้าและข้อเท้า เช่นเดียวกับข้อสะโพกและข้อเข่า

เท้าในสภาวะใช้งาน (Foot as a functional unit)

หน้าที่ของเท้า คือ

1. รองรับน้ำหนักของร่างกาย
2. เป็นส่วนที่ช่วยส่งลำตัวไปข้างหน้าขณะเดินหรือวิ่ง

ซึ่งในหน้าที่ดังกล่าวนี้หากเท้ามีลักษณะเป็นกระดูกท่อนเดียวจะทำงานไม่ได้ดีเท่ากับเท้า ที่มีส่วนโค้งและยืดหยุ่นเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ ส่วนโค้งของเท้า (Arches of foot) จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ช่วยผ่อนแรงกระแทก (shock absorption)

ข. ปรับตัวให้เข้ากับสถานที่ที่ผิวเท้าที่ยืนหรือเดิน

ค. อาศัยความยืดหยุ่นช่วยผลักหรือส่งลำตัวไปข้างหน้า

2.2 ท่าเดินของมนุษย์ (GAIT)

เมื่อสิ่งมีชีวิตต้องการจะเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ก็ต้องอาศัยอวัยวะต่างๆ ที่มีอยู่ในร่างกายเคลื่อนไหว เพื่อดันหรือดึงลำตัวให้เคลื่อนไหวไปในทิศทางที่ต้องการ ในสัตว์ชั้นสูงขึ้นมาก็อาศัยแขน – ขา หรือ ขา ทำหน้าที่ดังกล่าว มนุษย์เป็นสัตว์ 2 เท้า ก็อาศัยในการเคลื่อนไหวดังกล่าว ถ้าการเคลื่อนไหวนี้ทำอย่างรวดเร็ว ก็เรียกว่าการวิ่ง ถ้าเป็นไปช้าๆ ก็เรียกว่าการเดิน การเดินนี้เป็นเรื่องที่วิวัฒนาการตามธรรมชาติ จึงทำให้คนทั่วไปไม่เห็นความสำคัญ จนกระทั่งเมื่อมีความผิดปกติของการเดิน อันเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆเกิดขึ้นแล้ว จึงจะรู้สึกว่า การเดินนี้เป็นปัญหาที่ใหญ่มาก ต้องมีการฝึกหัดเดินกันใหม่

การเดิน (GAIT) เป็นวงจรของการเคลื่อนไหวของขาทั้ง 2 ข้าง เราแบ่งวงจรของการเดิน (gait cycle) ออกเป็น 2 ช่วง (phase)

1. stance phase คือ ช่วงที่เท้าอยู่กับพื้น
2. swing phase คือ ช่วงที่เท้าลอยอยู่ในอากาศ

ยกตัวอย่างเช่น เมื่อก้าวออกเดินด้วยเท้าขวา ในช่วงแรกเท้าขวาจะยันพื้นรับน้ำหนักตัว (เราเรียกว่า Stance phase) ลำตัวจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า โดยเท้าซ้ายจะดันตัวไปเมื่อลำตัวเคลื่อนไปข้างหน้า เท้าซ้ายซึ่งลอยก็จะมาแตะพื้นเพื่อจะรับน้ำหนัก เท้าขวาก็จะกลายเป็นตัวดันลำตัวให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า แล้วตัวเท้าเองก็จะลอยจากพื้น (swing phase) เพื่อจะไปคอยรับน้ำหนักตัวต่อไป phase ที่เราพูดถึงนี้ คือการศึกษาข้างใดข้างหนึ่ง จะเห็นว่าขาขวาจะมี stance phase และ swing phase ตามกันไป ขาซ้ายก็เช่นกัน จะมีทั้ง stance phase และ swing phase ตามกันไป เมื่อขาขวาเป็น swing phase ขาซ้ายต้องเป็น stance phase สลับกันไป จึงทำให้การเดินนั้นเป็นไปตามธรรมชาติ

ถ้าศึกษาให้ละเอียดแล้วช่วงต่างๆ แบ่งออกเป็นขั้นตอน ดังนี้

Stance phase ประกอบด้วยขั้นตอน

-

-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Heel strike

  คือ ขั้นตอนที่ส้นเท้ากระทบพื้น โดยในช่วงนี้กล้ามเนื้อจะทำหน้าที่ให้ข้อเข่าเหยียดเต็มที่ และเหยียดข้อสะโพกเพื่อให้ส้นเท้าแตะและกดลงกับพื้น

- Foot flat

  ในช่วงนี้จะมีการใช้กล้ามเนื้อเช่นเดียวกับขั้นตอน heel strike แต่ข้อเท้าจะงอ 15^0 และ ข้อเข่าที่เคยเหยียดเต็มที่ในขั้นตอน heel strike จะเริ่มงอ

- Mid strike

  ในช่วงนี้ตัวจะเคลื่อนมาข้างหน้ามากขึ้น ขาต้องรับน้ำหนักตัวมากขึ้น โดยกล้ามเนื้อจะทำงานดังนี้

  - ทำให้ข้อสะโพกงอเล็กน้อย
  - บังคับให้กระดูกเชิงกรานอยู่ในแนวระดับ ไม่ให้กระดูกเชิงกราน เอียงมาข้างที่ลอย เพื่อให้แนวแรงเคลื่อนเข้ามาใกล้ข้อสะโพกมากขึ้น และ จุดศูนย์ถ่วงไม่เคลื่อนที่ขึ้นสูงเกินไป และเพื่อจะได้ไม่เสียหลักล้มลงไปยังด้านที่กำลังอยู่ในท่า swing phase ได้ง่าย

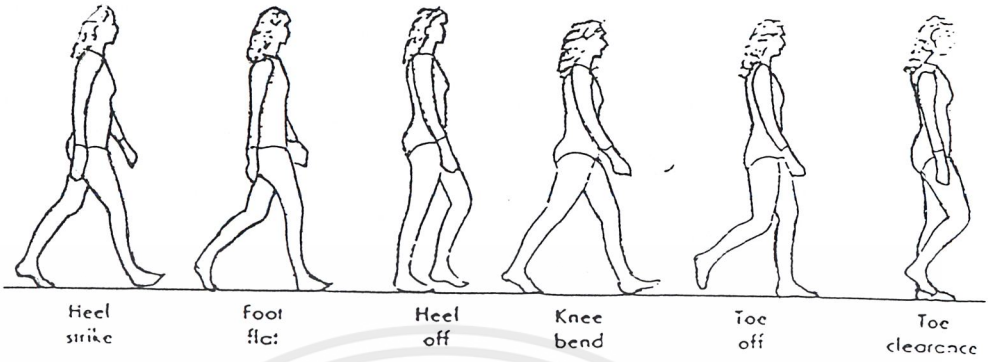
- Heel off

  คือช่วงที่ส้นเท้ายกสูงขึ้นจากพื้นตัวจะเอนไปข้างหน้ามากขึ้นทำให้ข้อสะโพกอยู่ในท่าเหยียด ประมาณ 10^0 ข้อเข่าเหยียดหรืองอเล็กน้อยประมาณ 2^0 ข้อเท้าอยู่ในท่าเอียง 15^0

- Toe off

  คือ ช่วงที่ปลายเท้าดัน (push) ให้ขาไปข้างหน้าเพื่อจะเริ่มต้น swing phase ต่อไป ในขั้นนี้จะเห็นว่าข้อสะโพกงอประมาณ 10^0 ข้อเข่าประมาณ 40^0 ข้อเท้าประมาณ 20^0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงช่วงการเดินของมนุษย์

Swing phase

- Acceleration

  ท่านี้ขาจะถูกเปลี่ยนไปข้างหน้าโดยใช้แรงมากมาเร่งข้อสะโพกอยู่ในท่างอ 15^0 ข้อเ
  เข่างอ 65^0 ข้อเท้าประมาณ 20^0

- Mid swing

  ท่านี้ขาข้างนั้นถูกดึงให้ลอยมาอยู่ใต้ลำตัว ข้อสะโพกจะงอ 25^0 ข้อเข่างอ 65^0 ข้อ
  เท้าอยู่ในท่า neutral เพื่อให้ปลายเท้ายันจากพื้น โดยการทำงานของกล้ามเนื้อจะ
  เหมือนกับช่วง acceleration phase ทุกประการ

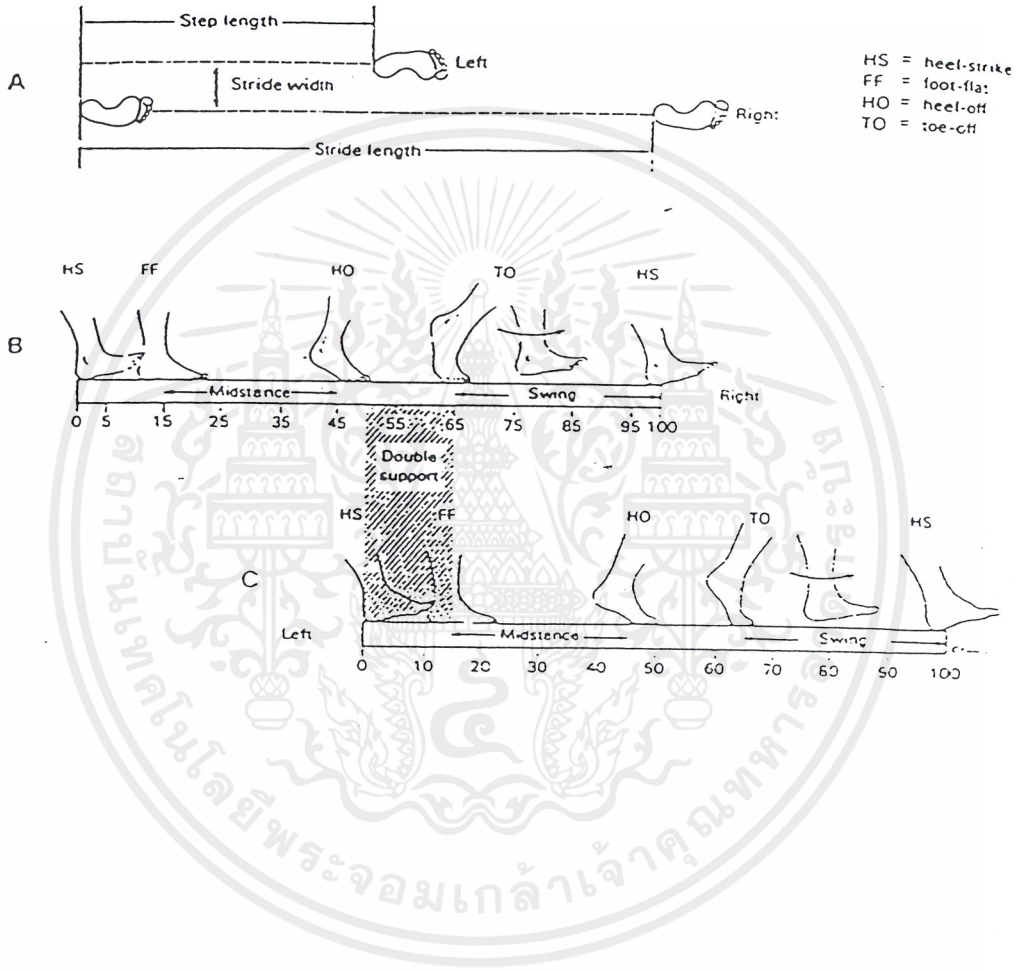
- Deceleration

  การที่ขาที่ถูกเหวี่ยงไปข้างหน้าจากการทำงานของกล้ามเนื้อต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว
  ร่วมกับแรงเหวี่ยง (momentum) จะถูกดึงให้ช้าลง เพื่อจะได้เข้าสู่ stance phase ต่อ
  ไป ข้อสะโพกก็ยังอยู่ในท่างอ 25^0 แต่ข้อเข่าจะอยู่ในท่าเหยียดเต็มที่จากแรงเหวี่ยง

จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าการเดินเป็นวงจรเคลื่อนไหวของขาทั้ง 2 ข้าง เราแบ่งวงจร
ของการเดิน (gait cycle) ออกเป็น 2 ช่วง (phase)

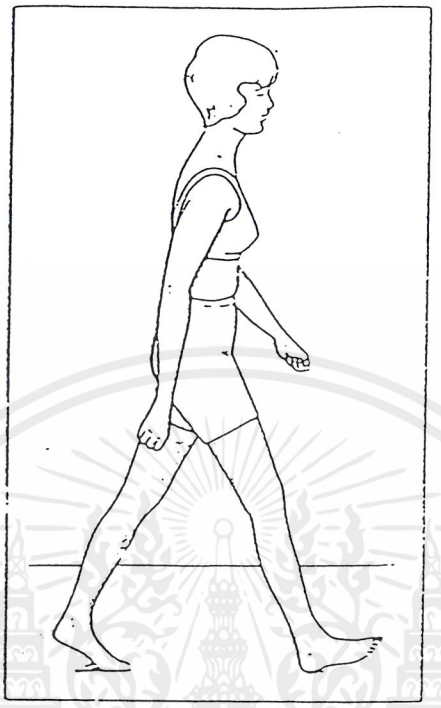
- stance phase
- swing phase

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

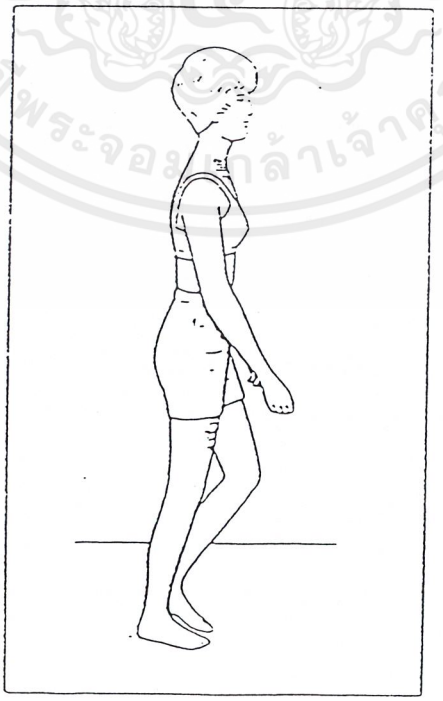


รูปที่ 2.5 แสดงการเคลื่อนที่ของข้อเท้าในช่วงการเดินของมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

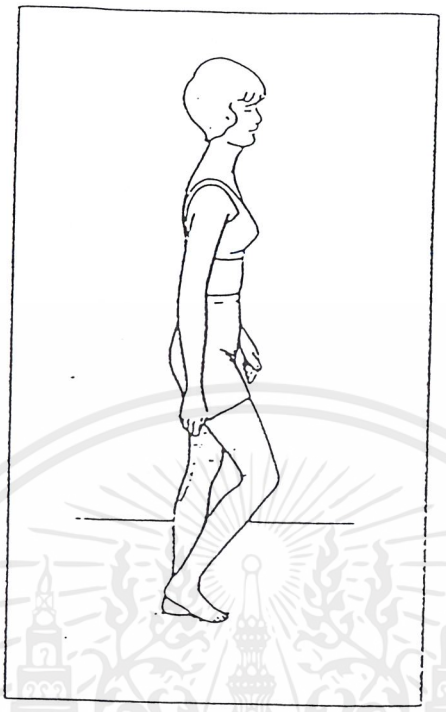


รูปที่ 2.6 ก แสดงช่วงการเดินในขั้นตอน Heel Strike

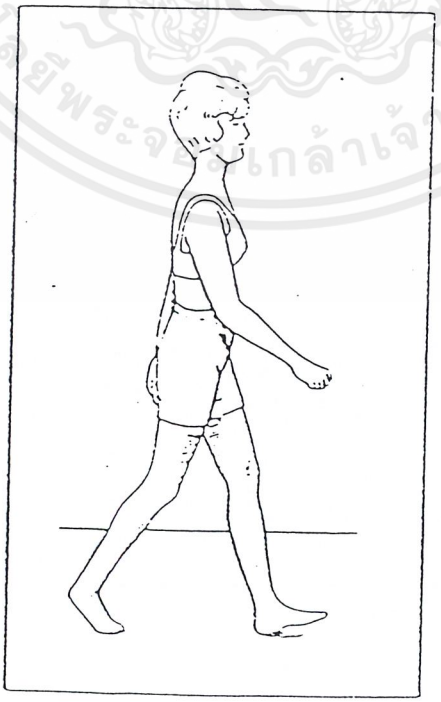


รูปที่ 2.6 ข แสดงช่วงการเดินในขั้นตอน Mid Stance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ค แสดงช่วงการเดินในขั้นตอน Push Off



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.6 ง แสดงช่วงการเดินในขั้นตอน Mid Swing

และจากการวิเคราะห์วงจรของการเดินที่แบ่งออกเป็น 2 ช่วงนั้นจะพบว่ามีส่วนประกอบสำคัญอยู่ 6 ส่วนหลักๆ สำหรับการเดิน ซึ่งได้แก่

1. การหมุนที่กระดูกเชิงกราน (pelvis rotation)
2. การกระดกหรือเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic tilt)
3. การงอของเข่า (knee flexion)
4. การงอของสะโพก (hip flexion)
5. การกระทำซึ่งกันและกันและปฏิกิริยาร่วมกันของเข่าและข้อเท้า (knee and ankle interaction)
6. ระยะขจัดของกระดูกเชิงกราน (lateral pelvic displacement)

ซึ่งการทำงานของส่วนประกอบหลักๆ ของทั้ง 6 ส่วนนี้ จะเกิดขึ้นที่ข้อต่อต่างๆ ทั้งหมดของกระดูกช่วงล่างของร่างกาย โดยมีลักษณะการทำงาน 2 ลักษณะ คือ

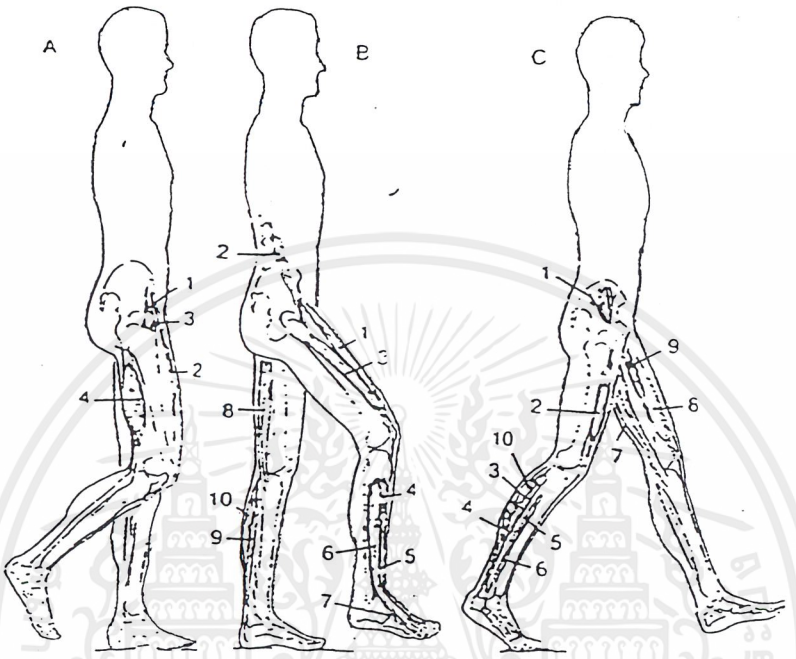
1. การงอ (flexion)
2. การเหยียด (extension)

การงอและการเหยียดของกระดูกส่วนต่างๆ เกิดขึ้นจากการทำงานของกล้ามเนื้อ (muscle) ชนิดต่างๆ ที่ทำงานอย่างสัมพันธ์กัน ภายในขาของมนุษย์ ถ้าจะแยกการทำงานซึ่งในที่นี้คือ การเคลื่อนไหวของขาทั้ง 2 ลักษณะ แบ่งออกเป็นขั้นตอนย่อยๆ หลายๆ ขั้นตอน จะสามารถกล่าวได้ว่าในทุกๆขั้นตอน การทำงานของขาเกิดจากการทำงานที่สัมพันธ์กันของกล้ามเนื้อที่ติดและไม่ติดกับกระดูกเพื่อบังคับให้เกิดการงอหรือเหยียดของท่อนขา เป็นผลให้เกิดการเดินขึ้น

โดยที่รูปข้างล่างนี้จะแสดงกล้ามเนื้อที่ต้องทำงานอย่างสัมพันธ์กันในแต่ละขั้นตอนของการเดินรวมทั้งรายชื่อของกล้ามเนื้อที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



The muscles of the lower extremity used in walking. Key: *A:1*, Tensor fasciae latae; 2, sartorius; 3, pectineus; 4, biceps femoris. *B:1*, Rectus femoris; 2, iliopsoas; 3, vastus lateralis (medius and intermedius are not shown); 4, tibialis anterior; 5, extensor hallucis longus; 6, extensor digitorum longus; 7, peroneus tertius; 8, semitendinosus and semimembranosus; 9, soleus; 10, gastrocnemius. *C:1*, Gluteus medius; 2, rectus femoris; 3, soleus; 4, tibialis posterior (underneath); 5, peroneus longus; 6, peroneus brevis; 7, semimembranosus and semitendinosus; 8, vastus medialis and intermedius (lateralis not shown); 9, adductor longus; 10, gastrocnemius.

รูปที่ 2.7 แสดงกล้ามเนื้อที่ต้องทำงานอย่างสัมพันธ์กัน ในการเดินแต่ละขั้นตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42756

2.3 ผลต่อข้อสะโพกที่เกิดจากการเดิน

เป็นผลที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำงานของส่วนประกอบหลักๆ 6 ส่วนที่ได้กล่าวมาแล้ว คือ การกระดกหรือเอียงของกระดูกเชิงกราน (pelvic tilt)

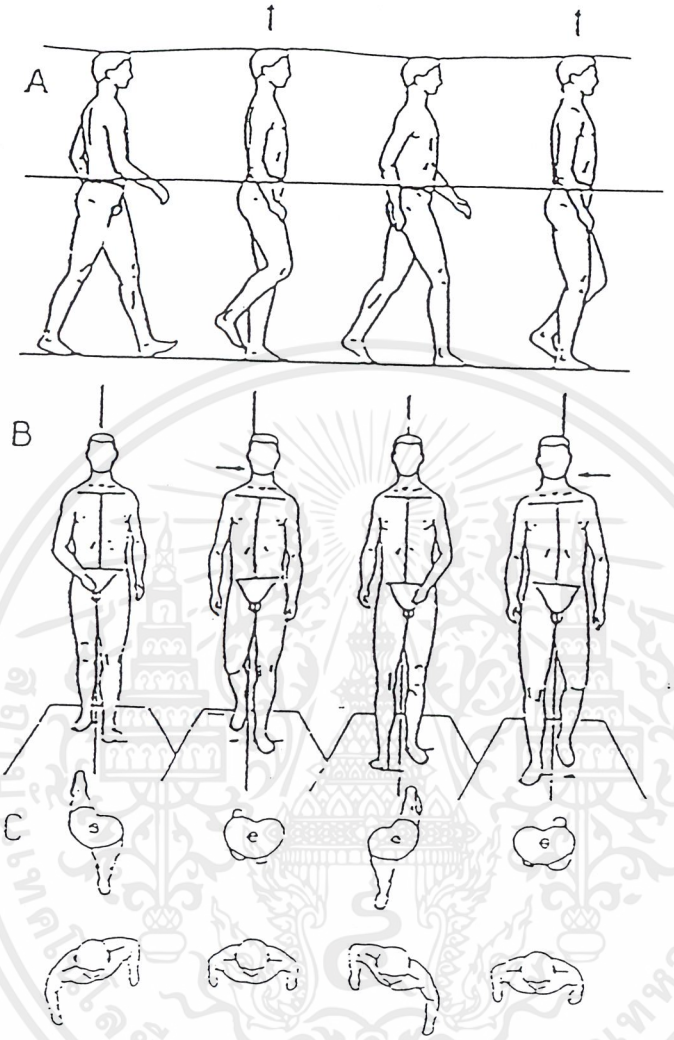
จากรูป A เป็นรูปที่มองจากทางด้านข้างพบว่าการเดินในแต่ละขั้นตอนย่อยๆ มีผลให้เกิดการขจัดในแนวขึ้น – ลง หรือแนวตั้งฉากกับพื้นโลก ในลักษณะขึ้นและลงสลับไปเรื่อยๆ

จากรูป B เป็นรูปที่มองจากทางด้านหน้าพบว่าการเดินในแต่ละขั้นตอนย่อยๆ มีผลให้เกิดการกระดกของกระดูกเชิงกรานซึ่งเป็น socket ที่ติดอยู่กับ ball ของกระดูกขาท่อนบน การกระดกนี้เรียกว่า " pelvic tilt " การกระดกนี้เกิดขึ้นในลักษณะ 2 ฝั่งสลับกันไปซ้ายและขวาเป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ โดยมีจุดกลางของกระดูกเชิงกราน (centre of pelvic) เป็นเสมือนจุดหมุน

จากรูป C เป็นรูปที่มองจากทางด้านบน พบว่า การเดินในแต่ละขั้นตอนย่อยๆมีผลให้เกิดการหมุนรอบแกนกลางของร่างกายในลักษณะตามเข็มและทวนเข็ม เมื่อมองจากด้านบนสลับกันไปเรื่อยๆ

และในรูปถัดไปเป็นการแสดงให้เห็น การส่งผ่านแรงที่ข้อสะโพก ในรูปแบบของโครงกระดูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

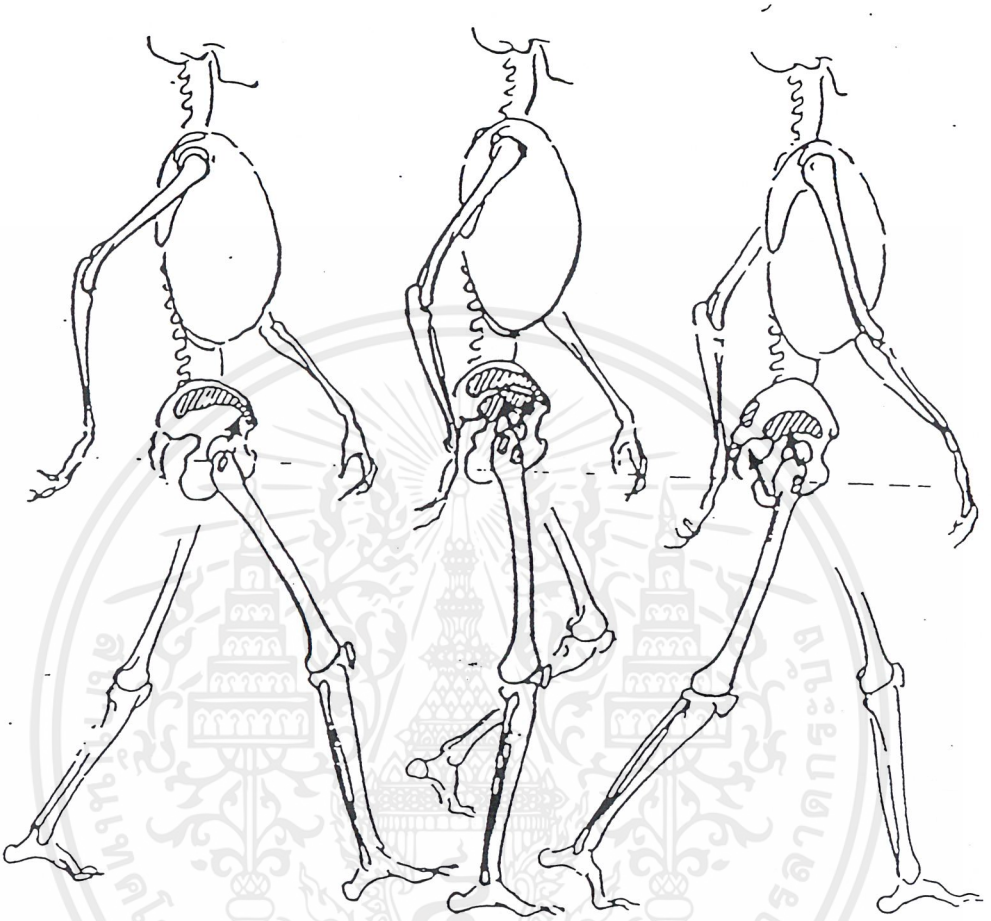


รูปที่ 2.8 A แสดงการขจัดในแนวขึ้นลงตั้งฉากกับพื้นโลกที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเดิน

รูปที่ 2.8 B แสดงการกระดกของกระดูกเชิงกรานที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเดิน

รูปที่ 2.8 C แสดงการหมุนรอบแกนกลางของร่างกายที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

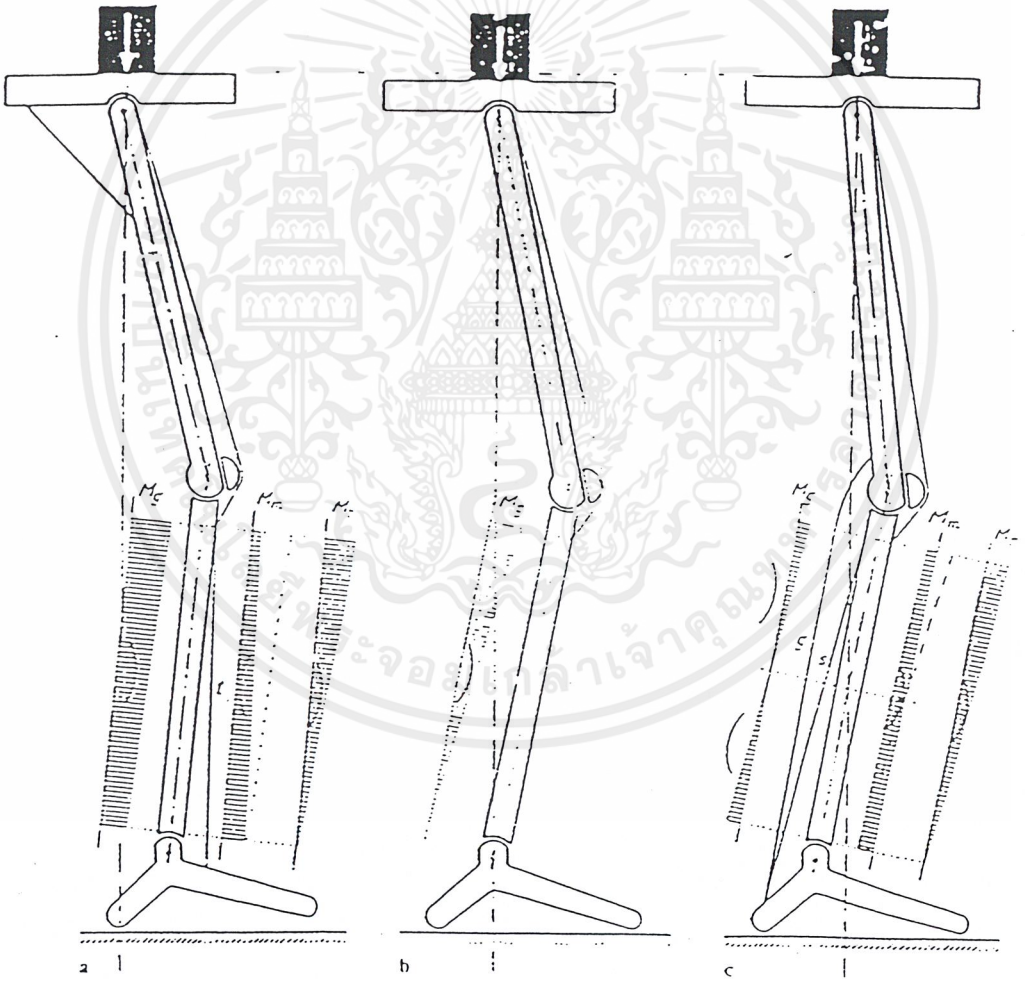


รูปที่ 29 แสดงการส่งผ่านแรงที่ข้อสะโพกและการขจัดในแนวขึ้นลงของข้อสะโพกในรูปแบบของโครงกระดูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

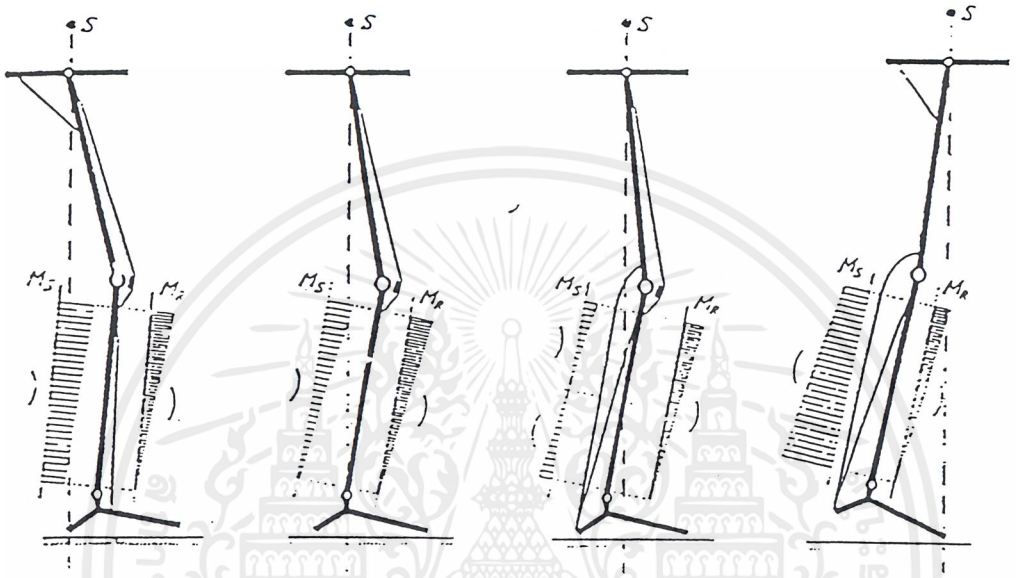
2.4 สภาพสมดุลย์ของแบบจำลองการเดินของมนุษย์

การที่วัตถุจะสามารถตั้งหรือทรงตัวอยู่ได้นั้นสิ่งสำคัญที่นำมาพิจารณา คือ แนวแรงจากจุดศูนย์ถ่วง (จุด C.G. หรือ Center of Gravity) กล่าวคือแนวแรงจากจุดศูนย์ถ่วงจะต้องไม่ตกออกนอกฐานซึ่งทำหน้าที่รองรับแรงกระทำตั้งฉากกับพื้นทั้งหมด ดังที่จะแสดงให้เห็นในรูปต่อไปว่าแนวแรงจากศูนย์ถ่วงจะไม่หลุดจากรอบฐานที่รองรับแรงนั้น



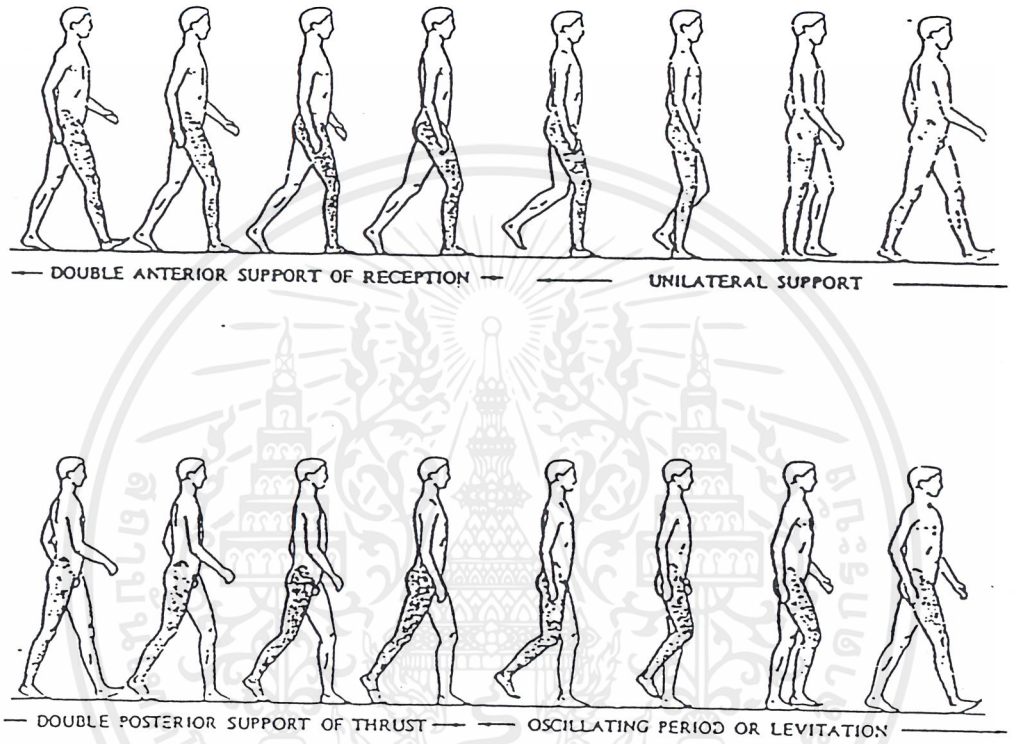
รูปที่ 2.10 แสดงแนวแรงจากจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายเทียบกับฐานรองรับแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



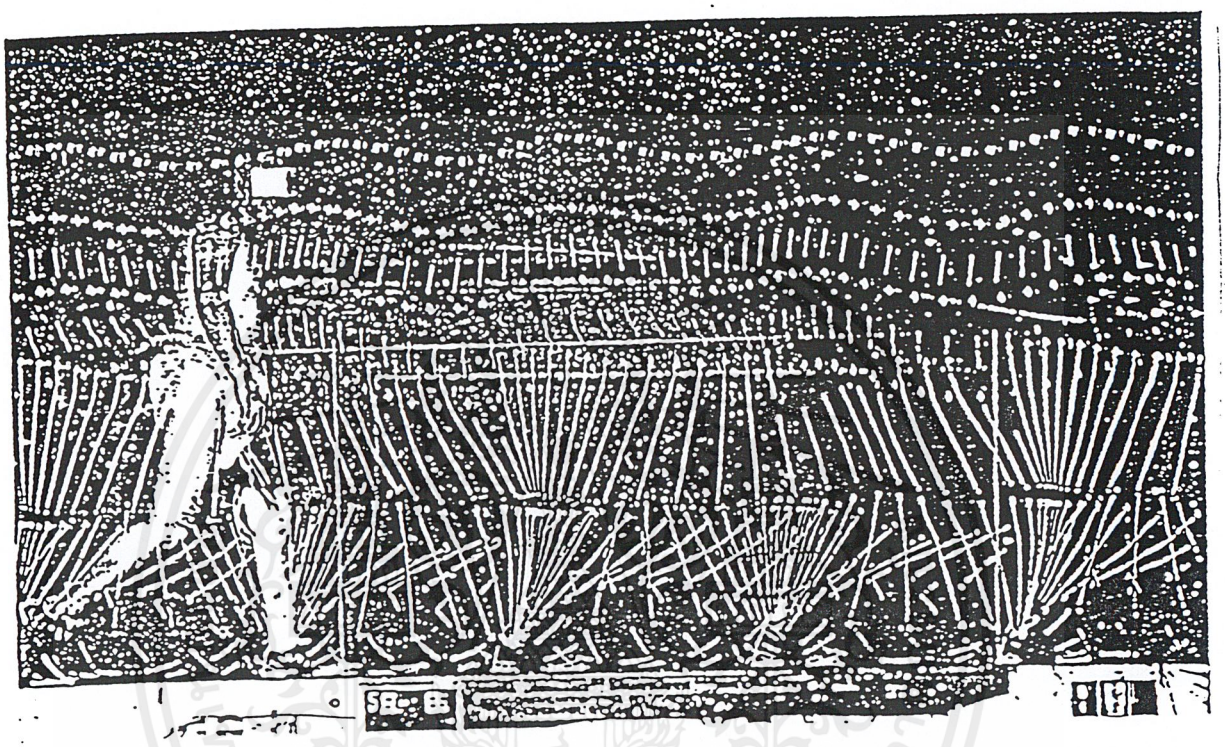
รูปที่ 2.11 แสดงแนวแรงจากจุดศูนย์ถ่วงของร่างกายเทียบกับฐานรองรับแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงธรรมชาติการเดินของมนุษย์ในรูปของภาพจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แสดงธรรมชาติการเดินของมนุษย์ในรูปของภาพจริง

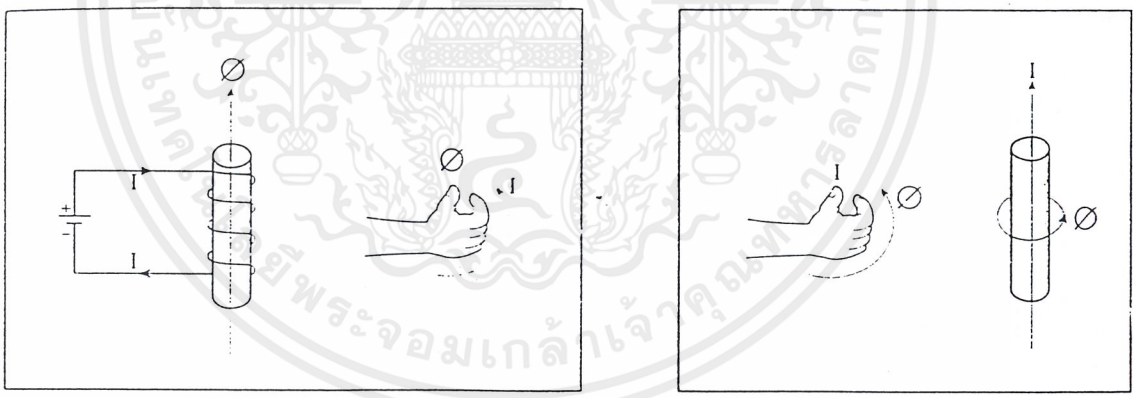
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างแม่เหล็กและไฟฟ้า

เมื่อใดก็ตามที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำตัวหนึ่ง จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กรอบๆตัวนำนั้น หรืออาจจะกล่าวได้ว่าเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ในตัวนำ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่ล้อมรอบตัวนำเคลื่อนที่สัมพันธ์กับตัวนำ จะทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอนในตัวนำและทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำ ปรากฏการณ์นี้จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากการเหนี่ยวนำ (หรือที่เรียกว่า แรงดันไฟฟ้า emf)

การหาทิศทางของกระแสไฟฟ้า (I) และฟลักซ์แม่เหล็กไฟฟ้าของตัวนำทำได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การหาทิศทางของกระแสไฟฟ้าและฟลักซ์แม่เหล็ก

3.2 การผลิตแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้า

เมื่อใดก็ตามที่ตัวนำเคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็ก จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า emf และเมื่อใดก็ตามที่ตัวนำเคลื่อนที่ขนานกับสนามแม่เหล็ก จะไม่เกิดแรงดันเคลื่อนไฟฟ้า emf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 กฎของไมเคิลฟาราเดย์ ในเรื่องการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

กฎของไมเคิลฟาราเดย์ ในเรื่องการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า มี 2 ข้อ คือ

กฎข้อที่ 1 เมื่อใดก็ตามที่ตัวนำเคลื่อนที่ตัดกับสนามแม่เหล็ก แรงดันไฟฟ้า emf จะถูกเหนี่ยวนำในตัวนำนั้น

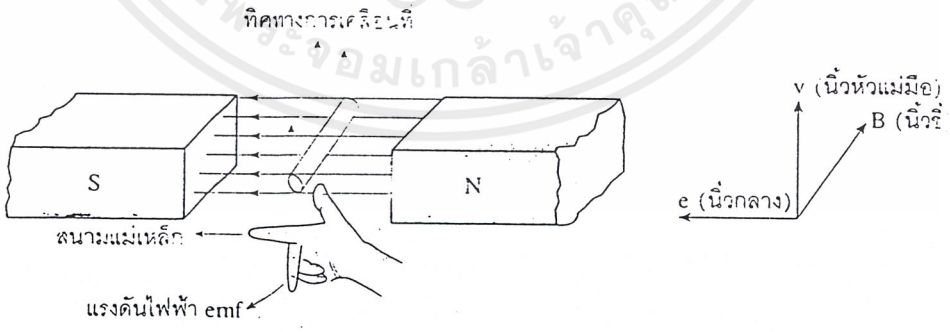
กฎข้อที่ 2 ขนาดของแรงดันไฟฟ้า emf จะมีค่าเท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของฟลักซ์แม่เหล็กที่เชื่อมต่อกัน (Flux Linkage)

3.4 การหาทิศทางของแรงดันไฟฟ้า emf และกระแสไฟฟ้า

ทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวแปรต่างๆ มีลักษณะดังนี้ คือ

- กระแสไฟฟ้าจะไหลจากขั้วบวกไปขั้วลบ
- แรงดันไฟฟ้า emf จะมีทิศทางจากขั้วลบไปขั้วบวก
- สนามแม่เหล็กจะมีทิศทางจากขั้วเหนือไปขั้วใต้
- อิเล็กตรอนจะไหลจากขั้วลบไปขั้วบวก

การหาทิศทางของแรงดันไฟฟ้า emf ทำได้โดยใช้กฎมือขวาของเฟลมมิ่ง (Flemming's Right-hand Rule) ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การหาทิศทางของแรงดันไฟฟ้า emf โดยใช้กฎมือขวาของเฟลมมิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันไฟฟ้า emf สนามแม่เหล็ก และทิศทางของการเคลื่อนที่มีความสัมพันธ์กันดังนี้ คือ

$$e = Blv$$

โดยที่ e คือ แรงดันไฟฟ้า emf มีหน่วยเป็น V

B คือ ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็กมีหน่วยเป็น Wb/m^2

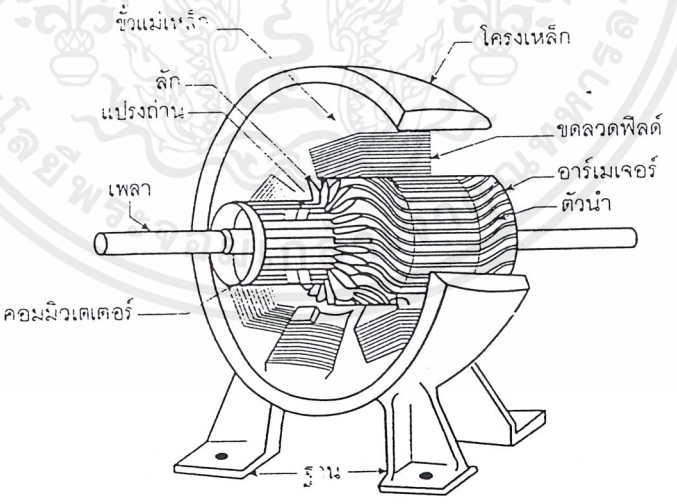
l คือ ความยาวของตัวนำ มีหน่วยเป็น m

v คือ ความเร็วของการเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็น m/s

3.5 โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

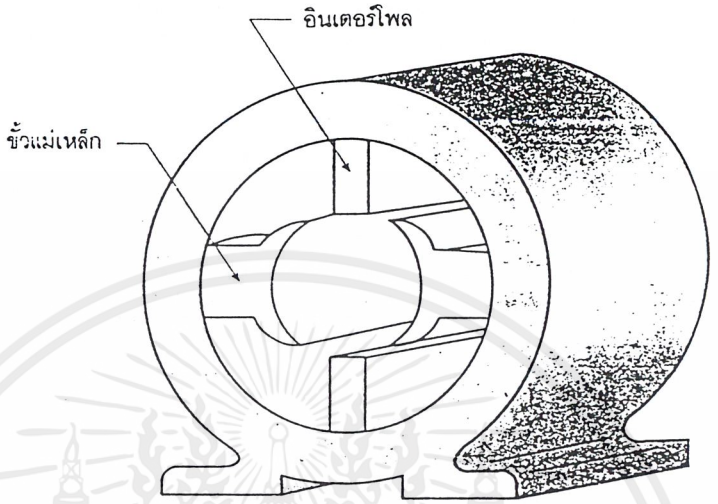
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 2 ส่วน ดังรูปที่ 3.3 คือ

1. ส่วนที่อยู่กับที่ เรียกว่า สเตเตอร์ (Stator) มีลักษณะดังรูปที่ 3.4
2. ส่วนที่เคลื่อนที่ เรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) มีลักษณะดังรูปที่ 3.5

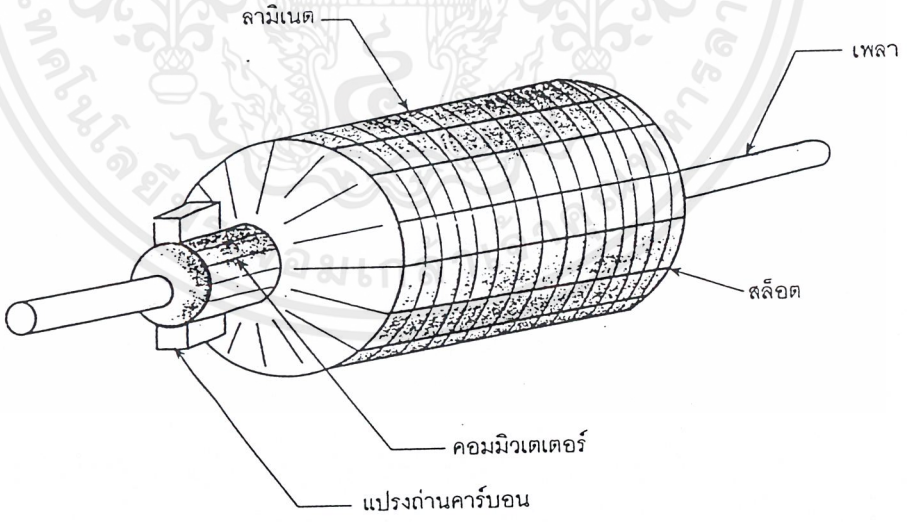


รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 รูปร่างของสเตเตอร์



รูปที่ 3.5 รูปร่างของโรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 ส่วนประกอบของสเตเตอร์

สเตเตอร์มีส่วนประกอบ 3 ส่วนดังนี้

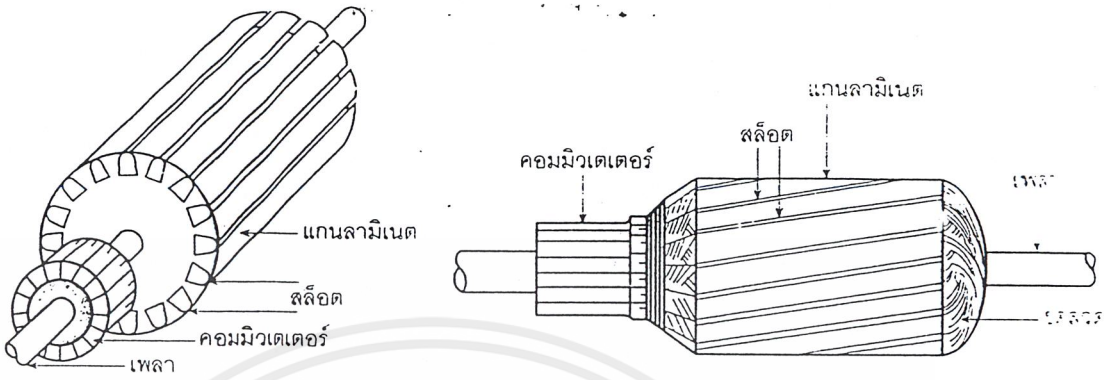
1. โครงเหล็ก (Magnetic Frame หรือ Yoke) จะทำหน้าที่ 2 อย่าง คือ
   ก. ยึดส่วนประกอบของขั้วแม่เหล็กและเป็นฝาครอบป้องกันส่วนประกอบทางกล
   ข. เป็นทางเดินของฟลักซ์แม่เหล็กให้ครบวงจรจากขั้วแม่เหล็กแต่ละขั้ว
2. แกนเหล็กของขั้วแม่เหล็กและขั้วแม่เหล็ก (Pole Cores and Pole Shoes)
   แม่เหล็กของขดลวดสนาม (ขดฟิลด์) จะประกอบด้วยขั้วแม่เหล็กและแกนของขั้วแม่เหล็ก ขั้วแม่เหล็กจะมีหน้าที่ 2 อย่าง คือ
   ก. แพร่กระจายฟลักซ์แม่เหล็กในช่องว่างระหว่างขดฟิลด์กับขดลวดอาร์เมเจอร์ (air gap) ถ้าพื้นที่หน้าตัดมากก็จะช่วยลดค่ารีลัคแตนซ์ (Reluctant) ของทางด้านแม่เหล็ก
   ข. ช่วยในการยึดขดฟิลด์ (Exciting Coil หรือ Field Coil) ขั้วแม่เหล็กจะมีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ เคลือบฉนวนและซ้อนกันเป็นชั้นๆ และถูกยึดกับโครงเหล็กด้วยโบลต์
3. ขดลวดสนามแม่เหล็กหรือขดฟิลด์
   ขดฟิลด์จะประกอบด้วยขดลวดทองแดง และถูกใส่ลงในแกนแม่เหล็ก เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดเหล่านี้ จะทำให้เกิดแม่เหล็กไฟฟ้าในแต่ละขั้วแม่เหล็ก และเคลื่อนที่ตัดกับขดลวดอาร์เมเจอร์ ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า emf

3.5.2 ส่วนประกอบของโรเตอร์

โรเตอร์มีส่วนประกอบ 4 ส่วนดังนี้ คือ

1. แกนเหล็กของอาร์เมเจอร์ (Armature Core) ทำด้วยแผ่นเหล็กบางๆมาประกอบกันเข้าเป็นตัวทุ่น ดังรูปที่ 3.6 แล้วเซาะร่องเป็นสล็อต (Slot) ลงบนทุ่นเพื่อพันขดลวด

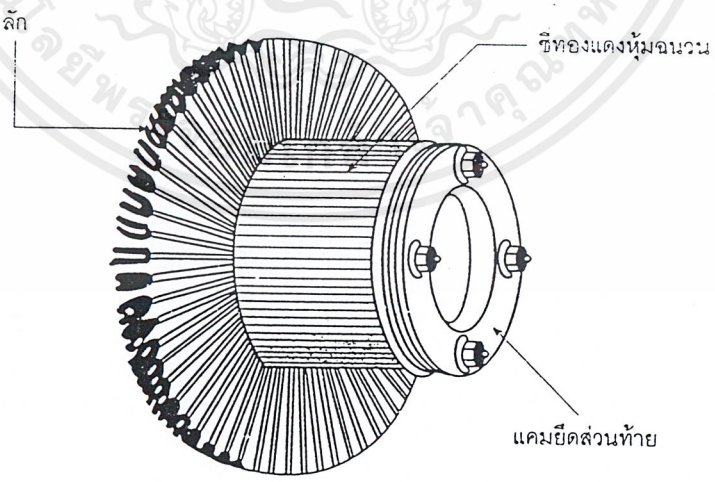
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. แบบร่องตรง *ข. แบบร่องเอียง*

รูปที่ 3.6 รูปร่างลักษณะของแกนเหล็กอาร์เมเจอร์

2. ขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature Windings) คือขดลวดทองแดงที่ถูกพันลงในสล็อตบนทุ่นอาร์เมเจอร์
3. คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) มีลักษณะเป็นซี่ทองแดงซึ่งติดอยู่ปลายด้านหนึ่งของแกนอาร์เมเจอร์ ทำหน้าที่ร่วมกับแปรงถ่าน เพื่อเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟตรงมีลักษณะดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 รูปร่างลักษณะของคอมมิวเตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แปรงถ่านและแบริ่ง (Brushes and Bearings) แปรงถ่านจะถูกใส่ลงในซองแปรงถ่าน (Brush Box) มีลักษณะเป็นแท่งคาร์บอน วางแตะอยู่บนซี่คอมมิวเตเตอร์ ด้วยแรงกดของสปริงและทำหน้าที่เป็นทางผ่านให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าและออกอาร์เมเจอร์ที่กำลังหมุนอยู่

3.6 หลักการของมอเตอร์ (Motor Principle)

มอเตอร์ คือ เครื่องจักรกลที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล การทำงานของมอเตอร์จะใช้หลักการที่ว่า เมื่อตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลถูกวางตัดกับสนามแม่เหล็ก จะเกิดแรงทางกลขึ้น ซึ่งสามารถหาทิศทางได้โดยใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง (Flemming's Left-hand Rule) ขนาดของแรงดันมีค่าตามความสัมพันธ์ ดังนี้

$$F = BIl$$

โดยที่ F คือ แรงทางกลที่เกิดขึ้น มีหน่วยเป็นนิวตัน

B คือ ความหนาแน่นของสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็น Wb/m^2

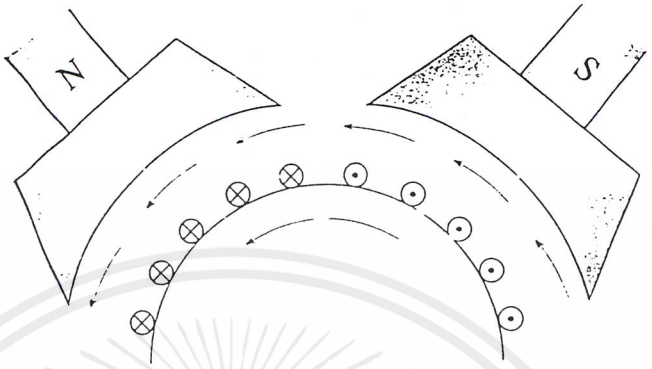
I คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำ มีหน่ายเป็นแอมแปร์

l คือ ความยาวของตัวนำที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก มีหน่วยเป็นเมตร

โครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยทั่วๆไป จะเหมือนกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

ส่วนหนึ่งของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขั้วแม่เหล็กหลายขั้วในรูปที่ 3.8 จะใช้ในการอธิบายหลักการในการเกิดแรงทางกล เมื่อขดฟิลด์ถูกกระตุ้นและจ่ายกระแสไฟฟ้าจากภายนอกให้ตัวนำอาร์เมเจอร์ จะทำให้เกิดแรงทางกลและทำให้อาร์เมเจอร์หมุนได้ ตัวนำที่ขั้ว N จะมีสัญลักษณ์ของทิศทางของกระแสไฟฟ้าเป็นกากบาท นั่นคือ มีกระแสพุ่งเข้าตัวนำ ส่วนตัวนำที่ขั้ว S จะมีสัญลักษณ์ของทิศทางของกระแสไฟฟ้าเป็นจุด นั่นคือ มีกระแสพุ่งออกจากตัวนำและเมื่อใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่งหาทิศทางของแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 อธิบายหลักการของการเกิดแรงทางกล

3.7 การเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงกับมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

3.7.1 หลักการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในการเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า

อาร์เมเจอร์ของมันกำลังถูกขับให้เคลื่อนที่ด้วยเครื่องต้นกำลังในทิศทางตามเข็มนาฬิกา สนามแม่เหล็กที่ถูกสร้างขึ้นจากขั้วแม่เหล็ก คือ ลูกศรเส้นตรง และถูกสร้างขึ้นจากตัวนำอาร์เมเจอร์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าจะมีฟลักซ์แม่เหล็กจากบริเวณด้านขวาของตัวนำ ฟลักซ์แม่เหล็กเหล่านี้จะสร้างแรงทางกลขึ้นมาตามทิศทางของฟลักซ์แม่เหล็กซึ่งจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางการหมุนของอาร์เมเจอร์จึงต่อต้านการเคลื่อนที่ ดังนั้นจึงต้องใส่แรงที่เอาชนะแรงต้านการเคลื่อนที่เข้าไปจากเครื่องต้นกำลัง โดยพลังงานที่ใส่เข้าไปจากชุดขับของเครื่องต้นกำลังซึ่งเป็นพลังงานทางกลจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า

3.7.2 หลักการของมอเตอร์ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล

เมื่อปลดเครื่องต้นกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตัวที่กล่าวมาข้างต้นออก และใส่กระแสไฟฟ้าเข้าไปในตัวนำอาร์เมเจอร์ในทิศทางพุ่งเข้าตัวนำ ตัวนำจะสร้างแรงขึ้นมา ซึ่งหาทิศทางได้โดยใช้กฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง ดังนั้นเครื่องจักรกลตัวนี้จะหมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกาและในขณะนั้นจะสร้างทอร์คขึ้นมาทำให้อาร์เมเจอร์หมุน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทันทีที่อาร์เมเจอร์เริ่มหมุน แรงดันไฟฟ้า emf จะถูกผลิตขึ้นในตัวนำอาร์เมเจอร์ ทิศทางของแรงดันไฟฟ้านี้ มีทิศทางตรงกันข้ามกับแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายภายนอก จึงเรียกว่า แรงดันไฟฟ้า emf ย้อนกลับ (Back emf หรือ Counter emf , E_b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ชุดขากลต้นแบบ

4.1 แนวทางการออกแบบชุดขากลต้นแบบ

การออกแบบจำลองการเดินของมนุษย์ให้มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดต้องเกิดจากการศึกษาตัวต้นแบบอย่างละเอียดถ่องแท้ ซึ่งในที่นี้ คือ ขาและลักษณะการเดินของมนุษย์ จากการศึกษา ในเรื่องสรีระวิทยาช่วงล่างของมนุษย์ ลักษณะการเดินของมนุษย์ ผลที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการเดินของมนุษย์ที่ข้อต่างๆทั้งหมด คือ ระยะขจัดในแนวตั้งฉากและขนานกับพื้นโลก การส่งผ่านกำลังของกล้ามเนื้อ โดยมีแนวทางการออกแบบ ดังนี้

ข้อสะโพก

เป็นข้อแบบ ball & socket ซึ่งสามารถหมุนได้รอบจุดหมุนแต่ในโครงงานนี้ กำหนดให้หมุนได้ 2 ทิศทาง คือ ตามเข็ม และ ทวนเข็ม รอบแกนเพียงแกนเดียววางขนานกับพื้นโลก หมุนในลักษณะตะกุยไปข้างหน้า

ข้อเข่า

เป็นข้อแบบบานพับ hinge type ซึ่งสามารถหมุนได้แบบบานพับ และ หมุนรอบจุดหมุนได้อีกเล็กน้อย ซึ่งในโครงงานนี้กำหนดให้หมุนได้ 2 ทิศทาง คือ ตามเข็มและทวนเข็ม รอบแกนเพียงแกนเดียววางขนานกับพื้นโลกหมุนในลักษณะตะกุยไปข้างหน้า เช่นเดียวกับข้อสะโพก

ข้อเท้า

เป็นข้อที่หมุนได้รอบจุดหมุนเช่นเดียวกับข้อสะโพกซึ่งในโครงงานนี้ กำหนดให้หมุนได้ 2 ทิศทาง คือ ตามเข็มและทวนเข็ม รอบแกนเดียววางขนานกับพื้นโลกหมุนในลักษณะตะกุยไปข้างหน้า เช่นเดียวกับข้อสะโพก และข้อเข่า

ฝ่าเท้า

ในเท้าของมนุษย์และจะมีอีก 1 ชุด อยู่ภายในเท้าเป็นชุดข้อนิ้วเท้า ซึ่งมีส่วนช่วยในการเดินเป็นอย่างมาก ช่วยในการส่งตัวให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ช่วยในการรับฝ่าเท้าที่ยกมาจากขั้นตอนก่อนหน้านี้ ซึ่งในโครงงานนี้กำหนดให้ไม่มีชุดข้อนิ้วเท้า ในชิ้นส่วนฝ่าเท้า มีลักษณะเป็นแผ่นอลูมิเนียมพับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจากการศึกษาผลที่เกิดขึ้นที่ข้อสะโพกอันเนื่องมาจากการเดินที่มีผลให้เกิดระยะขจัดในแนวขึ้นลง ดังรูป 2.8 A และเกิดการกระดกของกระดูกเชิงกราน ดังรูป 2.8 B และการหมุนรอบแกนกลางของร่างกาย ดังรูป 2.8 C ซึ่งในโครงงานนี้กำหนดให้ไม่สนใจผลที่เกิดขึ้นต่อข้อสะโพก เนื่องจากกระเด็น กล่าวคือ ให้แกนเหล็กที่เป็นข้อสะโพกไม่มีการหมุนแกนทั้งในแนวขึ้นลงและซ้ายขวา มีแต่เพียงการหมุนของแผ่นอลูมิเนียมรอบแกนในลักษณะตะกุยไปข้างหน้า

ในการเดินของมนุษย์กล้ามเนื้อจะเป็นตัวต้นกำลังและส่งผ่านกำลังก่อให้เกิดการหมุนของข้อต่อต่างๆ ซึ่งในโครงงานนี้กำหนดให้ใช้มอเตอร์กระแสตรงเป็นต้นกำลังและใช้โซ่เป็นตัวผ่านกำลังไปยังเฟืองที่ยึดติดกับแผ่นอลูมิเนียมท่อนบนท่อนล่างและแผ่นอลูมิเนียมยึดข้อเท้า

4.2 ลักษณะการทำงานของชุดขากลต้นแบบ

จากการศึกษาในเรื่องกายวิภาคการเคลื่อนไหว สรีระของมนุษย์ และ ลักษณะการเดินของมนุษย์ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วพบว่า ในการเดินของมนุษย์สิ่งที่สำคัญๆของมนุษย์ที่จำเป็นในการเดินต่างๆเช่น กระดูกซึ่งทำหน้าที่เป็นเสมือนแกนหลักของท่อนขาและทำให้ขาคงรูปอยู่ได้ ข้อต่อซึ่งทำหน้าที่เป็นเสมือนจุดหมุนทำให้เกิดการเคลื่อนที่รอบจุดหมุนในหลายๆแกน กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังและส่งผ่านกำลัง ก่อให้เกิดการเคลื่อนที่รอบๆข้อต่อในทิศทางที่แตกต่างกันไปในแต่ละข้อต่อ โดยการหดและขยายตัวของกล้ามเนื้อ เป็นสิ่งที่สลับซับซ้อนยากที่จะทำความเข้าใจและจำลองแบบได้

ดังนั้นในโครงงานชิ้นนี้จึงจำลองแบบโดยจำลองเฉพาะชิ้นส่วนที่สำคัญและจำเป็นมากๆเท่านั้น ซึ่งมีรายละเอียดของชิ้นส่วนที่จำลองมาดังนี้

- ใช้เฟืองขนาดต่างๆแทนข้อต่อสำคัญทั้ง 3 คือ ข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า โดยไม่สนใจข้อนิ้วเท้า ซึ่งในการเดินจริงๆแล้วข้อนิ้วเท้าจะเป็นอีกชุดหนึ่งที่มีความสำคัญมาก แต่ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาแล้วจะขอไม่สนใจข้อนิ้วเท้าชุดนี้
- ใช้แผ่นอลูมิเนียมทำหน้าที่เป็นเสมือนแกนหลักและทำให้ขาคงรูปอยู่ได้แทนกระดูกท่อนขา ท่อนแข้ง และฝ่าเท้า โดยในท่อนขาและท่อนแข้งจะเกิดจากการนำแผ่นอลูมิเนียมมาประกบโดยให้มีระยะห่างกันตามขนาดของแกนค้ำระยะแทนการเป็นแกนกลางแกนเดียวของกระดูก ส่วนในแผ่นฝ่าเท้านั้นใช้แผ่นอลูมิเนียมพับขึ้นมาเป็นฉากเพื่อความแข็งแรงและคงรูปของฝ่าเท้าขณะเคลื่อนที่โดยนำไปต่อกับส่วนที่ยึดกับข้อเท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใช้มอเตอร์ซึ่งมีกำลังมากพอสมควร (ในที่นี้ใช้มอเตอร์ปัดน้ำฝนของรถยนต์) ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังให้เกิดการหมุนของข้อต่อทุกๆข้อและการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนทุกๆชิ้น
- ใช้โซ่เป็นตัวส่งผ่านกำลังไปยังข้อเท้าโดยส่งผ่านเฟืองที่ข้อสะโพกและข้อเข่า และส่งผ่านกำลังไปยังข้อเข่าโดยส่งผ่างเฟียงที่ข้อสะโพกและส่งกำลังไปยังข้อสะโพกโดยตรง

4.3 รายละเอียดของชิ้นส่วน

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นรวมทั้งหน้าที่ รูปประกอบ การวางตำแหน่งทั้งหมดของโครงงานชิ้นนี้

1. แกนเหล็ก

แกนเหล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ส่วนความยาวนั้นที่ยื่นออกมานั้นเอาไว้สำหรับติดวงจรตรวจจับระยะการเคลื่อนที่และการหมุน

ทำหน้าที่เป็นแกนที่เชื่อมต่อและเป็นแกนหมุนให้กับชิ้นส่วนทุกๆชิ้นคือ แผ่นอลูมิเนียมเฟือง ห่วงเหล็กและทองเหลืองค้ำระยะซึ่งในโครงงานนี้จะมี 3 แกนสำหรับข้อทั้ง 3 ข้อ ข้อสะโพก ข้อเข่า และ ข้อเท้าต่อขาข้างหนึ่ง

2. แหวนเหล็ก

แหวนเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร เจาะรูสำหรับสกูรมีไว้เพื่อทำหน้าที่จำกัดระยะ และดันชิ้นส่วนทั้งหมดที่อยู่บนแกนเหล็กให้คงที่ โดยจะสวมเข้าไปที่ปลายสุดของแกนเหล็กจากนั้นจึงขันสกูรเพื่อให้ยึดติดกับแกนเหล็ก

3. แผ่นอลูมิเนียม

3.1 แผ่นอลูมิเนียมที่เชื่อมต่อระหว่างแผ่นวางมอเตอร์และแกนเหล็กที่ข้อสะโพก กว้าง 7.5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร หนา 4.5 มิลลิเมตร โดยที่แผ่นอลูมิเนียมนี้จะติดแผ่นเหล็กกลมที่มีตลับลูกปืนเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตรฝังอยู่ โดยจะมีลักษณะเหมือนกันทั้ง 2 แผ่น

3.2 แผ่นอลูมิเนียมที่เชื่อมต่อระหว่างแกนเหล็กที่ข้อสะโพกและแกนเหล็กที่ข้อเข่า ในที่นี้จะขอเรียกว่าท่อนบน ซึ่งมีระยะจากจุดศูนย์กลางถึงจุดศูนย์กลาง 33 เซนติเมตร และทำการเจาะรูเพื่อลดน้ำหนัก โดยเจาะให้คงความแข็งแรงของแผ่นอลูมิเนียมไว้ให้มากที่สุด รวมทั้งให้มีที่สำหรับใส่แกนดันโซ่ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ปลายข้างหน้ามีความกว้าง 14.5 เซนติเมตร และมีรัศมีความโค้ง 4 เซนติเมตร และปลายอีกข้างมีความกว้าง 11.5 เซนติเมตร รัศมีความโค้ง 5.75 เซนติเมตร และมีความยาวจากปลายถึงปลาย 43.75 เซนติเมตร หนา 4.5 เซนติเมตร โดยที่ทั้ง 2 แผ่นมีลักษณะไม่เหมือนกัน แผ่นหนึ่งมีเฟืองขนาด 45 ฟัน ยึดติดกับแผ่นอลูมิเนียมทำหน้าที่รับกำลังที่ส่งผ่านมาจากมอเตอร์ต้นกำลังส่วนอีกแผ่นจะไม่มีเฟืองอยู่

3.3 แผ่นอลูมิเนียมที่เชื่อมต่อระหว่างแกนเหล็กที่ข้อเข่าและแกนเหล็กที่ข้อเท้า ในที่นี้ขอเรียกว่า " ท่อนล่าง " ซึ่งมีระยะจากจุดศูนย์กลางถึงจุดศูนย์กลาง 35.5 เซนติเมตร และทำการเจาะรูเพื่อลดน้ำหนัก โดยเจาะให้คงความแข็งแรงของอลูมิเนียมไว้ให้มากที่สุด รวมทั้งให้มีที่สำหรับใส่แกนดันโซ่ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

โดยที่ปลายข้างหนึ่งมีความกว้าง 11 เซนติเมตร รัศมีความโค้ง 3 เซนติเมตร และปลายอีกข้างหนึ่งมีความกว้าง 10 เซนติเมตร รัศมีความโค้ง 5 เซนติเมตร และความยาวจากปลายถึงปลาย 43 เซนติเมตร หนา 4.5 เซนติเมตร โดยที่ทั้ง 2 แผ่นมีลักษณะไม่เหมือนกันแผ่นหนึ่งมีเฟืองขนาด 24 ฟัน ยึดติดกับแผ่นอลูมิเนียมทำหน้าที่รับกำลังที่ส่งผ่านมาจากมอเตอร์ต้นกำลังโดยส่งผ่านมาทางเฟืองคู่ที่แกนเหล็กข้อสะโพก ส่วนอีกแผ่นจะไม่มีเฟืองอยู่

3.4 แผ่นอลูมิเนียมที่เชื่อมต่อระหว่างแกนเหล็กที่ข้อเท้าและแผ่นฝ่าเท้า กว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร หนา 4.5 เซนติเมตร โดยที่แผ่นอลูมิเนียมทั้งสองแผ่นนี้มีลักษณะไม่เหมือนกันแผ่นหนึ่งมีเฟืองขนาด 24 ฟัน ยึดติดกับแผ่นอลูมิเนียมทำหน้าที่รับกำลังที่ส่งผ่านมาจากมอเตอร์ต้นกำลังโดยส่งผ่านมาทางเฟืองคู่ที่แกนเหล็กข้อสะโพกและเฟืองคู่ที่แกนเหล็กข้อเข่า ส่วนอีกแผ่นจะไม่มีเฟืองอยู่

3.5 แผ่นอลูมิเนียมฝ่าเท้าเป็นแผ่นอลูมิเนียมที่เชื่อมต่อกับแผ่นอลูมิเนียมในข้อ 3.4 โดยที่ขอบของแผ่นอลูมิเนียมจะทำการพับขึ้น เพื่อความแข็งแรงและคงรูปในขณะที่เกิดการเคลื่อนไหวและแผ่นอลูมิเนียมฝ่าเท้า จะยึดติดกับแผ่นอลูมิเนียมในข้อ 3.4 ทั้งสองแผ่นในลักษณะตั้งฉาก โดยที่แผ่นอลูมิเนียมแผ่นนี้จะทำหน้าที่รับน้ำหนักของชิ้นส่วนทั้งหมด และเป็นแผ่นรองรับแรงปฏิกิริยาตั้งฉากทั้งหมดขณะที่มันเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เฟือง

ในโครงงานนี้สามารถแบ่งเฟืองที่ใช้ตามลักษณะการใช้งานได้ 3 ชนิด คือ

4.1 เฟือง 9 ฟัน

เป็นเฟืองที่มีซี่ฟันทั้งหมด 9 ฟัน ยึดติดอยู่กับแกนหมุนของมอเตอร์หน้าที่เป็นตัวส่งกำลังจากแกนหมุนของมอเตอร์ ในโครงงานนี้จะใช้ 3 เฟืองต่อขาข้างหนึ่ง

4.2 เฟืองคู่ 12 และ 24 ฟัน

เป็นเฟืองที่เกิดจากการนำเฟืองขนาด 12 ฟัน และ 24 ฟัน มาอัดติดกันให้ได้ระยะตามต้องการ โดยการเจาะรูขนาดเท่าๆกันที่เฟืองทั้ง 2 แผ่น จากนั้นนำแกนทองเหลืองที่มีรูขนาด 12 มิลลิเมตร และมีขนาดใหญ่กว่ารูที่เจาะที่เฟืองเล็กน้อย มาทำการตอกอัดจนได้ระยะตามต้องการ (ซึ่งมีระยะต่างกันไปตามแกนเหล็กที่ข้อสะโพกหรือข้อเข่า)

เฟืองคู่ที่ทำได้นี้ทำหน้าที่ส่งผ่านกำลังจากมอเตอร์ต้นกำลังไปที่เฟืองที่ยึดตายอยู่กับแผ่นอลูมิเนียมท่อนล่าง และแผ่นอลูมิเนียมยึดฝ่าเท้าในโครงงานนี้จะมีเฟืองชนิดนี้อยู่ 3 ชุดต่อขา โดยส่งมาจากเฟืองคู่ชุดสอง เฟืองคู่ชุดสองและชุดสามจะอยู่ที่แกนเหล็กข้อสะโพก เฟืองคู่ชุดสอง จะทำหน้าที่ส่งผ่านกำลังไปที่เฟืองคู่ชุดแรก เพื่อส่งผ่านกำลังไปยังแผ่นอลูมิเนียมยึดฝ่าเท้าต่อไป เฟืองคู่ชุดสามทำหน้าที่ส่งผ่านกำลังไปยังเฟืองที่ยึดตายอยู่กับอลูมิเนียมท่อนล่าง

4.3 เฟืองที่ยึดตายอยู่กับแผ่นอลูมิเนียม

เฟืองชนิดนี้จะยึดติดกับแผ่นอลูมิเนียมทั้ง 3 แผ่น คือ แผ่นอลูมิเนียมท่อนบน ท่อนล่าง และ แผ่นอลูมิเนียมยึดฝ่าเท้า โดยที่เฟืองที่ยึดตายอยู่มีลักษณะต่างกันดังนี้

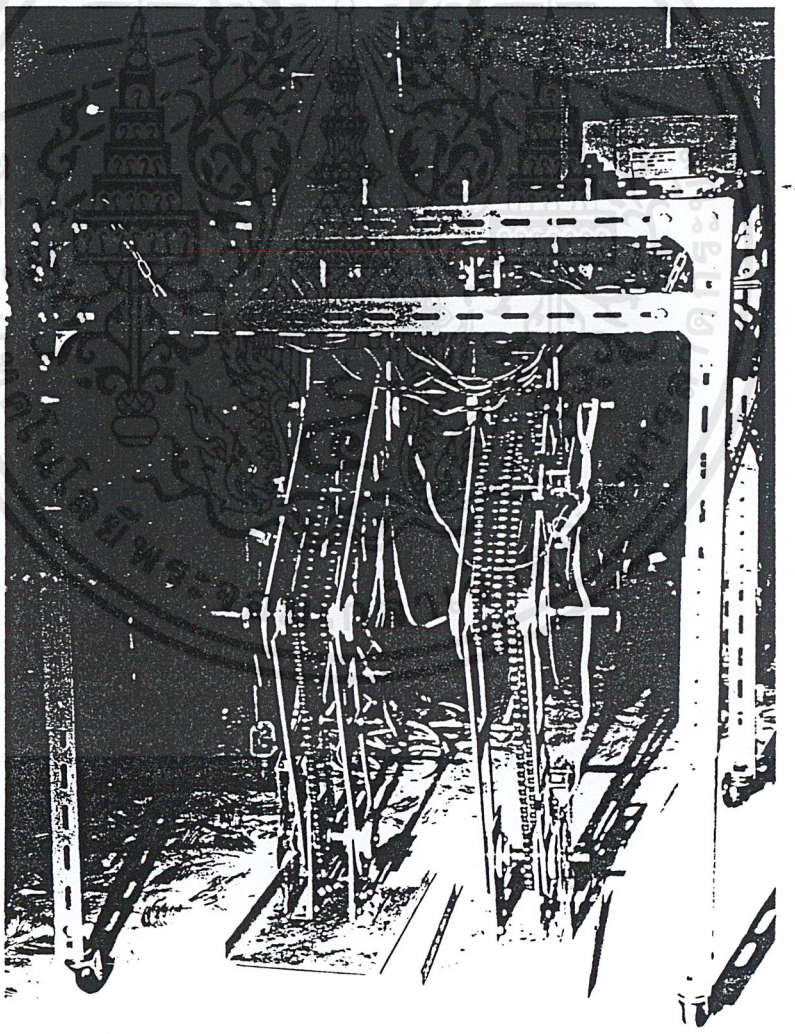
แผ่นอลูมิเนียม	เฟืองซี่
ท่อนบน	45
ท่อนล่าง	12
ยึดฝ่าเท้า	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟืองทั้งหมดที่กล่าวมานี้ถูกใช้งานในลักษณะส่งผ่านกำลังทั้งชิ้น โดยจะใช้โซ่จักรยานเป็นตัวส่งผ่าน แต่เฟืองที่ได้มานั้นเป็นเฟืองรถจักรยานยนต์ จึงต้องนำมาทำการเจียร์ออก เพื่อให้สามารถใช้กับโซ่จักรยานได้ โดยที่การใช้เฟืองขนาดต่างๆกันมีผลในการทดกำลังที่ส่งผ่านไปดังที่จะได้กล่าวถึงต่อไป

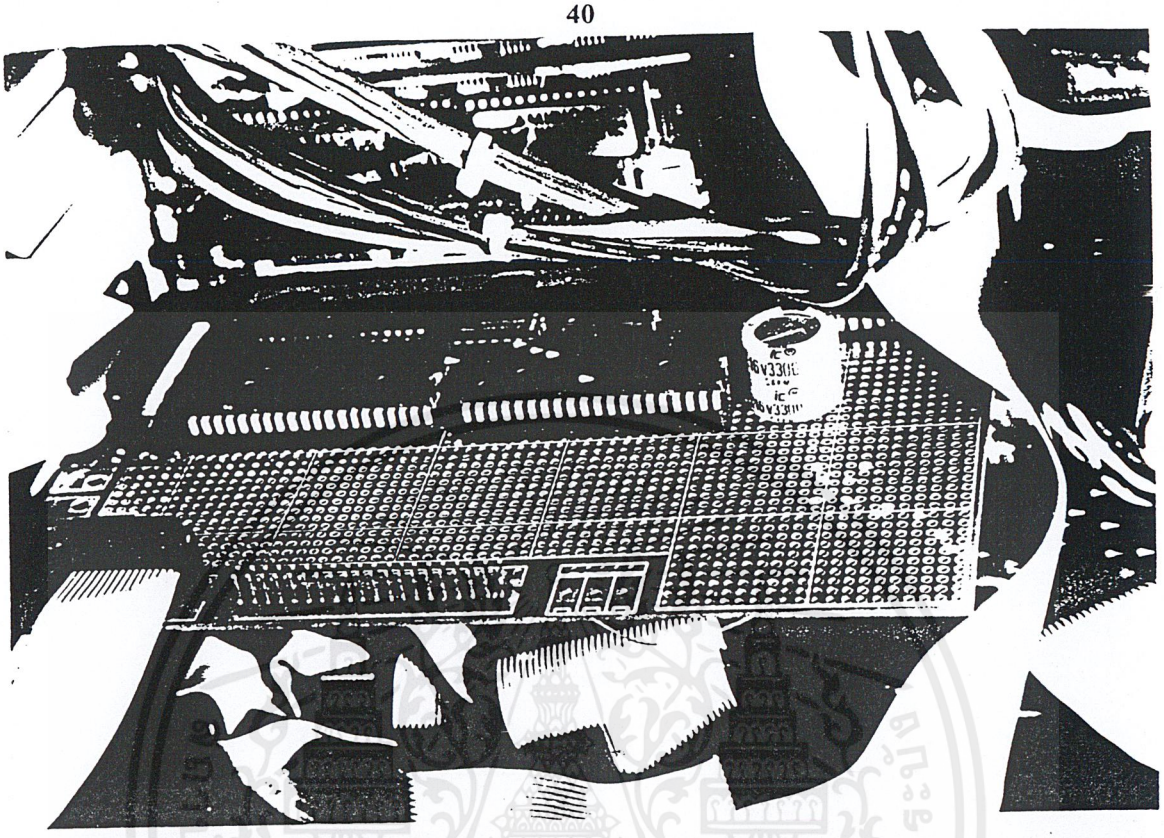
5. โซ่

ในโครงงานนี้ใช้โซ่จักรยานเป็นตัวส่งผ่านกำลัง เนื่องจากโซ่จักรยานมีขนาดเบาและราคาไม่แพงจนเกินไป

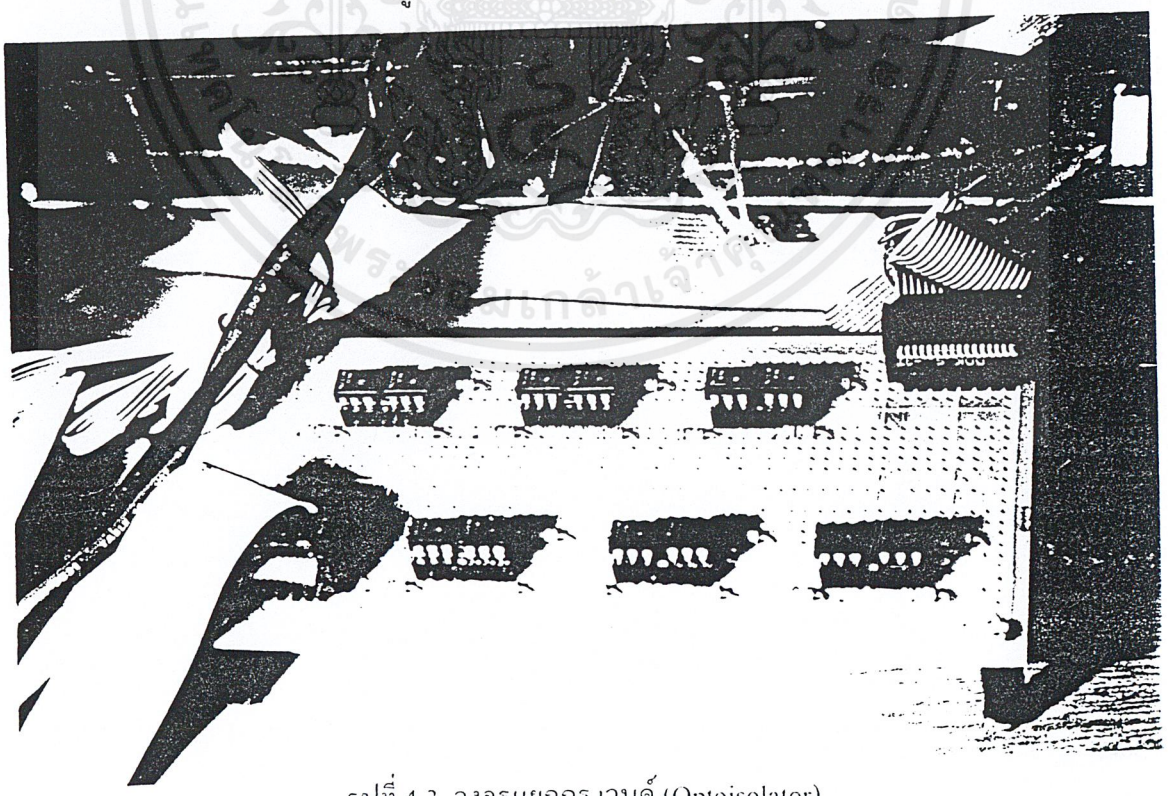


รูปที่ 4.1 แสดงชุดขากลต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

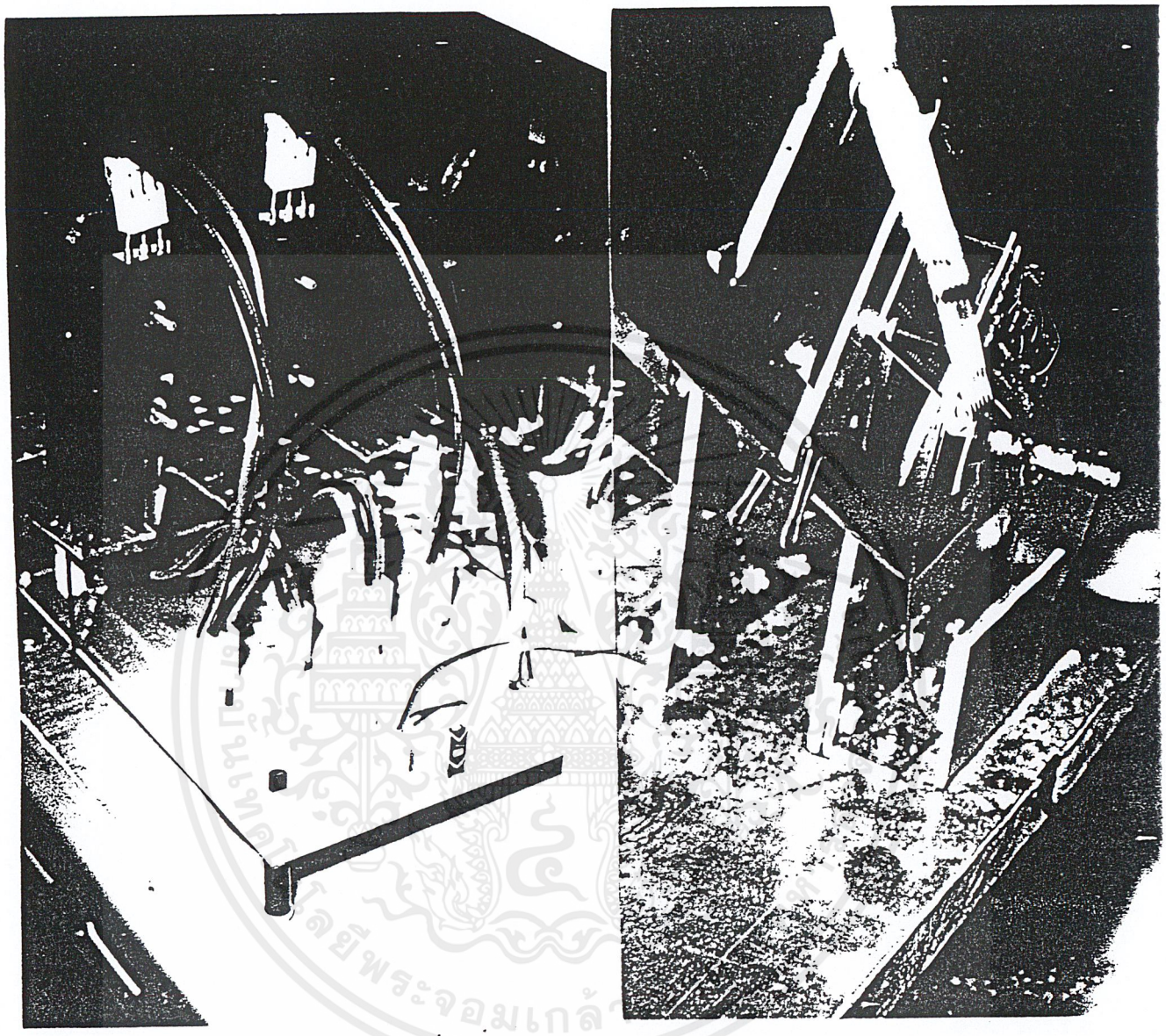


รูปที่ 4.2 แผ่นวงจรอินเตอร์เฟส



รูปที่ 4.3 วงจรแยกกรเวนต์ (Optoisolator)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 วงจร Drive และ Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. แกนดันโซ่

เป็นแกนที่มีเฟืองพลาสติกอยู่บนแกน โดยที่เราสามารถจัดให้มันอยู่ที่ส่วนใดของแกนได้ตามต้องการ ทำหน้าที่ดันให้โซ่ที่อยู่ระหว่างเฟือง 2 เฟือง ตรึงแน่นและไม่หลุดออกจากเฟืองในขณะที่เฟืองหมุน

ในโครงงานนี้จะใช้แกนดันโซ่ 3 แกน ซึ่งอยู่ระหว่างคู่แผ่นอลูมิเนียมท่อนบน 2 แกน และคู่แผ่นอลูมิเนียมท่อนล่าง 1 แกน

7. แหวนรอง

แหวนรองเป็นแหวนที่มีรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ใส่เข้าไปในแกนเหล็กเพื่อจำกัดระยะของชิ้นส่วนทั้งหมดที่อยู่บนแกนเหล็กให้สัมพันธ์กับชิ้นส่วนที่อยู่บนแกนเหล็กอีกชุดหนึ่ง

8. มอเตอร์

เป็นมอเตอร์กระแสตรงขนาด 12 โวลท์ มีขนาดและกำลังมากพอสมควร เป็นมอเตอร์ที่ได้จากมอเตอร์ที่ปัดน้ำฝนของรถยนต์ และที่แกนหมุนของมอเตอร์จะมีเกลียวตัวหนอน ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนการหมุนจากแนวขนานกับพื้นโลกเป็นตั้งฉากกับพื้นโลก

4.4 อัตราทดและการส่งผ่านกำลังของเฟือง

ในการคำนวณอัตราทดและการส่งผ่านกำลังของเฟืองจะคำนวณจากสูตร

$$T_1/T_2 = \theta_2/\theta_1 = N_1/N_2 = \omega_2/\omega_1 = r_1/r_2$$

T = แรงบิดที่ส่งผ่านมายังเฟือง

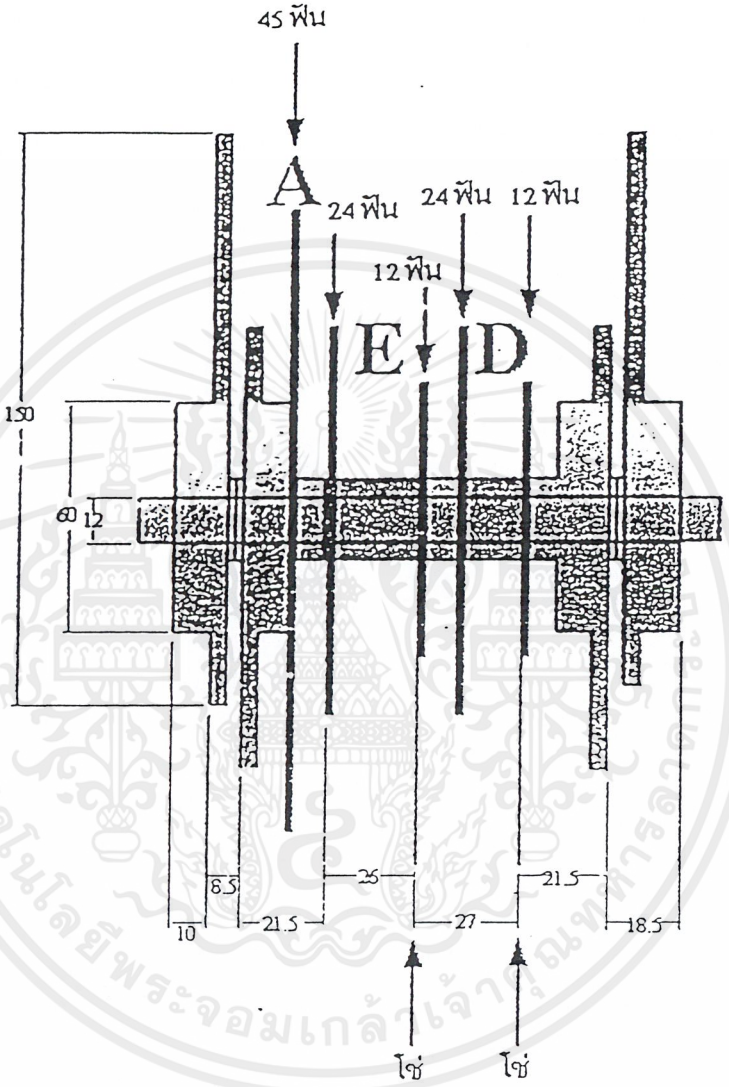
N = จำนวนซี่เฟือง

θ = การเคลื่อนที่เชิงมุม

ω = ความเร็วเชิงมุม

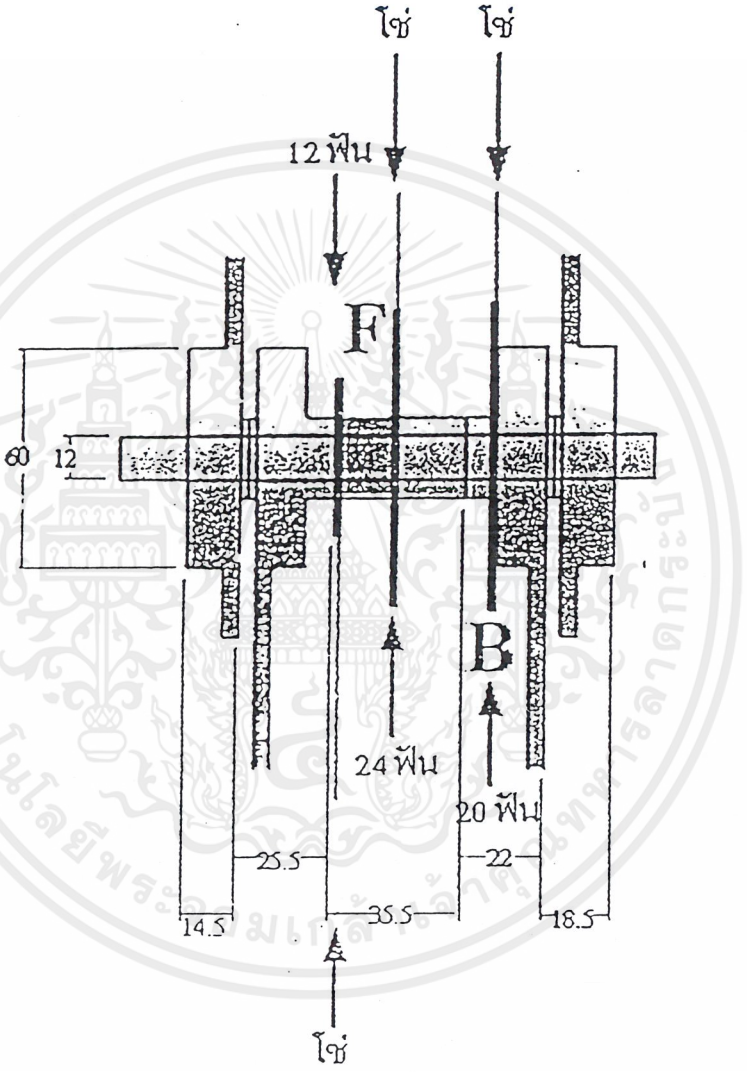
r = รัศมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



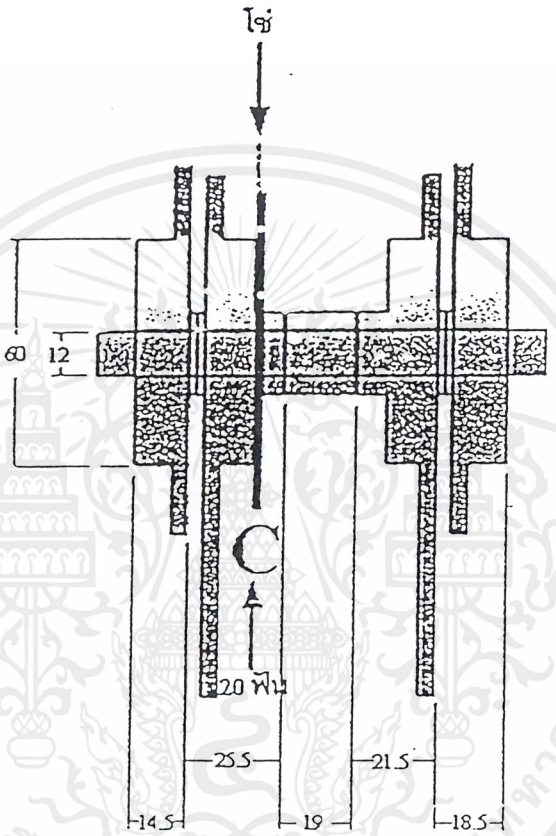
รูปที่ 4.5 แสดงการวางแผ่นอะลูมิเนียมและเฟืองที่ข้อสะโพก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



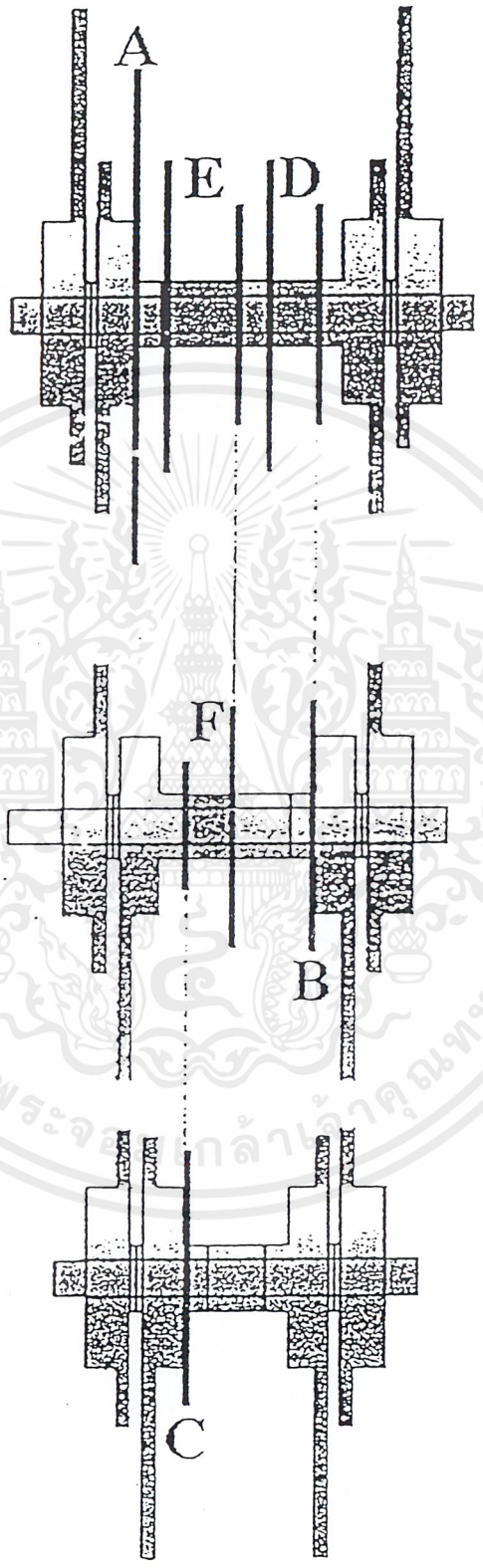
รูปที่ 4.6 แสดงการวางแผ่นอะลูมิเนียมและเฟืองที่ข้อเข่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 แสดงการวางแผ่นอะลูมิเนียมและเฟืองที่ข้อเท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 แสดง กลไกการเชื่อมต่อระหว่างเฟืองของแต่ละข้อโดยใช้โซ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภาพแสดงกลไกการเชื่อมต่อกันของเฟืองด้วยโซ่จักรยานเราสามารถคำนวณอัตราทดแรงที่ส่งผ่านมาจากมอเตอร์ดังนี้

สูตรคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดและซี่ฟันของเฟือง

ชนิดของเฟือง	ความสัมพันธ์
เฟืองผ่านโซ่	$T_1N_2 = T_2N_1$
เฟืองคู่	$T_1N_1 = T_2N_2$

เมื่อ T คือ แรงบิด

N คือ จำนวนซี่ฟัน

จากสูตรแสดงการคำนวณได้ดังนี้

$$T_m/T_A = N_m/N_A$$

$$T_A = 5T_m$$

โดยที่ T_A คือ แรงบิดที่เฟืองขนาด 45 ฟันที่ยึดติดกับแผ่นอลูมิเนียมท่อนบน

T_m คือ แรงบิดที่เฟืองขนาด 9 ฟันที่ติดกับแกนของมอเตอร์

ความสัมพันธ์ของเฟืองคู่

$$T_1N_1 = T_2N_2$$

จะได้ว่าแรงบิดของเฟือง 12 ฟัน มีขนาดเป็น 2 เท่าของแรงบิดที่เฟือง 24 หรือ $T_{12} = 2T_{24}$

$$T_B = 20/12\ T_{D12}$$

$$= 20/12 * 2 * T_{D24}$$

$$= 20/12 * 2 * 24/9 * T_m$$

$$= 8.88\ T_m$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ T_{D12} คือ แรงบิดที่เฟืองขนาด 12 ฟันของเฟืองคู่ชุด D

T_{D24} คือ แรงบิดที่เฟืองขนาด 24 ฟันของเฟืองคู่ชุด D

T_B คือ แรงบิดที่เฟือง B ขนาด 20 ฟันที่ยึดติดกับแผ่นอลูมิเนียมท่อนล่าง

$$T_C = 20/12\ T_{F12}$$
$$= 20/12 * 2 * T_{F24}$$
$$= 20/12 * 2 * 2 * T_{E12}$$
$$= 20/12 * 2 * 2 * 2 * T_{E24}$$
$$= 20/12 * 2 * 2 * 2 * 24/9\ T_M$$
$$T_C = 35.55\ T_M$$

โดยที่ T_{F12} คือ แรงบิดที่เฟืองขนาด 12 ฟันของเฟืองคู่ชุด F

T_{F24} คือ แรงบิดที่เฟืองขนาด 12 ฟันของเฟืองคู่ชุด F

T_{E12} คือ แรงบิดที่เฟืองขนาด 24 ฟันของเฟืองคู่ชุด E

T_{E24} คือ แรงบิดที่เฟืองขนาด 24 ฟันของเฟืองคู่ชุด E

T_C คือ แรงบิดที่เฟือง C ขนาด 20 ฟัน ที่ยึดติดกับแผ่นอลูมิเนียมยึดข้อเท้า

จากการคำนวณทั้งหมดพบว่า

- แรงบิดที่เฟือง A ขนาด 45 ฟัน ที่ยึดติดกับแผ่นอลูมิเนียมท่อนบนมีขนาดเป็น 5 เท่าของแรงบิดที่เฟืองขนาด 9 ฟันที่ติดกับแกนหมุนของมอเตอร์
- แรงบิดที่เฟือง B ขนาด 20 ฟัน ที่ยึดติดกับแผ่นอลูมิเนียมท่อนล่างมีขนาดประมาณ 8.88 เท่าของแรงบิดที่เฟืองขนาด 9 ฟันที่ยึดติดกับแกนหมุนของมอเตอร์
- แรงบิดที่เฟือง C ขนาด 20 ฟัน ที่ยึดติดกับแผ่นอลูมิเนียมยึดข้อเท้ามีขนาดประมาณ 35.55 เท่าของแรงบิดที่เฟืองขนาด 9 ฟัน ที่ยึดติดกับแกนหมุนของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ปัญหาที่เกิดขึ้นที่ชิ้นส่วนประกอบของขากลต้นแบบ

มอเตอร์

เป็นมอเตอร์กระแสตรงเก่าที่ได้จากมอเตอร์ที่ปัดน้ำฝนรถยนต์ ในการตรวจสอบสภาพการใช้งานของมอเตอร์ตรวจสอบได้แต่เพียงว่าสามารถหมุนได้หรือไม่ สำหรับการตรวจสอบคุณสมบัติการใช้งานนานจนกระทั่งข้อมูลจำเพาะนั้นเลือนหายไป ทำให้เราไม่สามารถทราบหรือตรวจสอบความเร็วรอบ แรงบิด กำลังส่ง ทราบแต่เพียง แรงดันที่ต้องใช้ในการควบคุมมอเตอร์ คือ 12 โวลท์

ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการไม่ทราบกำลังและความไม่เท่ากันของกำลังของมอเตอร์แต่ละตัว คือ เมื่อนำมอเตอร์ไปประกอบกับขากลต้นแบบ ซึ่งแบ่งการทำงานเป็นซ้ายและขวา ข้อสะโพก ข้อเข่า และข้อเท้า จะทำให้การทำงานของข้อสะโพก ข้อเข่า ข้อเท้าของข้างซ้ายและข้างขวาไม่สมดุลย์ ซึ่งกันและกัน และทำให้ความสามารถในการหมุนของมอเตอร์แต่ละตัวไม่แน่นอน

นอกจากปัญหาที่กล่าวมานี้ยังมีปัญหาเกี่ยวกับเรื่องการหมุนซ้ายและหมุนขวาของมอเตอร์ไม่เท่ากัน เมื่อได้รับภาระทางกล

น้ำหนักรวมของมอเตอร์ทั้ง 6 ตัว เป็นปัญหาอย่างมากกล่าวคือ เป็นภาระให้กับตัวมันเองในความพยายามที่จะเอาชนะแรงต้านการหมุนของมอเตอร์

แผ่นอลูมิเนียม

แผ่นอลูมิเนียมที่ใช้ในการประกอบขากลต้นแบบ ถึงแม้ว่ามันจะมีน้ำหนักที่ค่อนข้างเบา จึงไม่เป็นภาระให้กับมอเตอร์มากนัก แต่สภาพความแกร่งของมันเป็นปัญหาพอสมควร เนื่องจากการใช้งาน หลังจากการตรวจสอบชิ้นส่วนแล้วพบว่า มีความเสียหายเกิดขึ้นกับแผ่นอลูมิเนียม ในลักษณะของการโก่งงอ และบิดไปตามแรงบิด

แกนเหล็กและชิ้นส่วนต่างๆที่เป็นเหล็ก

สิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ คือ สนิมเหล็ก เมื่อผ่านการใช้งานเป็นเวลาพอสมควรจะเกิดสนิมขึ้นที่แกนเหล็กและชิ้นส่วนต่างๆ ที่เป็นเหล็ก ทำให้มีแรงเสียดทานและเป็นอุปสรรคในการหมุนของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ขอบเขตและแนวทางการพัฒนาของโครงงาน

เนื่องจากโครงงานนี้เป็นโครงงานที่ค่อนข้างใหญ่ จึงทำให้มีขอบเขตของการทำงานค่อนข้างกว้าง ดังนั้นในการทำงานโครงงานนี้จึงจำเป็นต้องมีการวางแผนและวางแนวทางในการพัฒนาเป็นอย่างดี แนวทางในการพัฒนาจะแยกเป็นพัฒนาในส่วนของชุดขากลต้นแบบ และพัฒนาในส่วนของระบบควบคุม

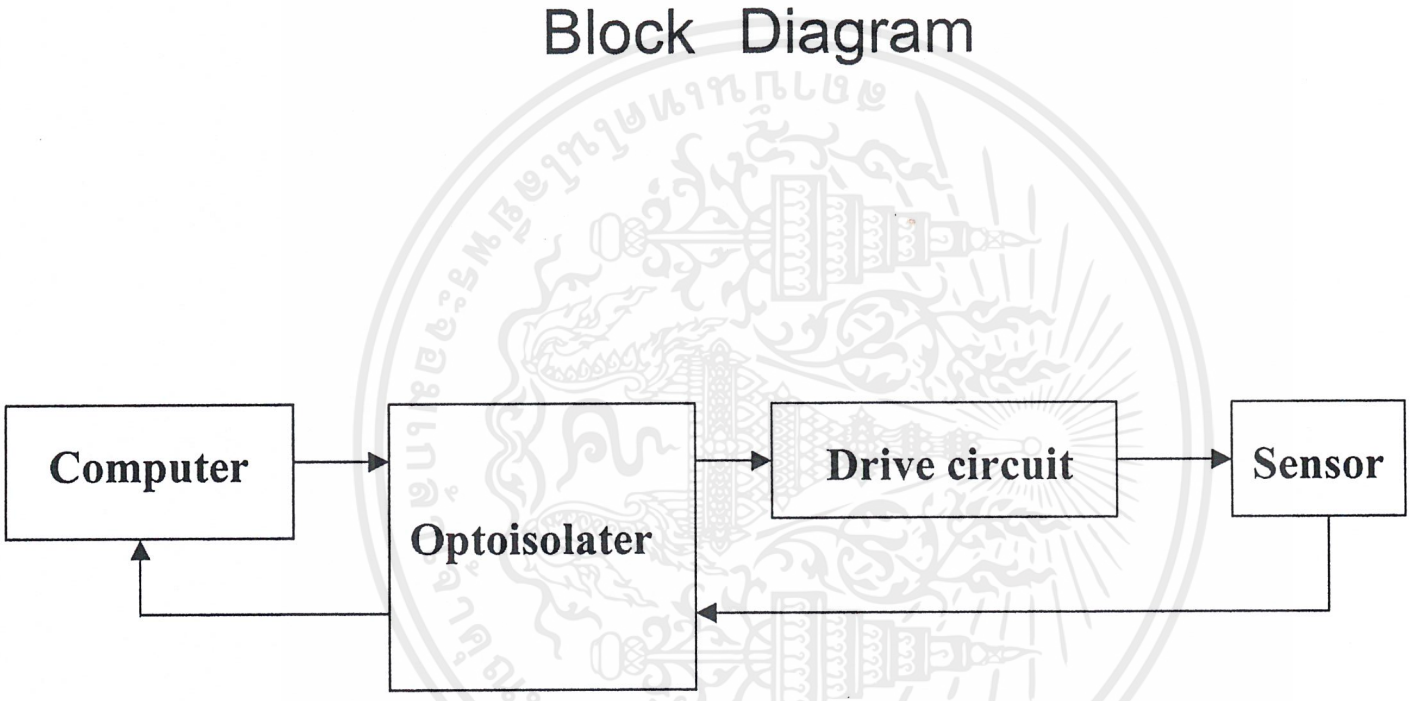
5.1 ขอบเขตของโครงงาน

1. ชุดขากลต้นแบบเสร็จสมบูรณ์ตามแบบที่ได้ออกแบบไว้
2. มอเตอร์ทุกตัวสามารถหมุนได้ตามคำสั่งควบคุมที่ได้เขียนไว้
3. ชุดขากลต้นแบบสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้โดยอาศัยอุปกรณ์ช่วยพยุง

5.2 แนวทางในการทำงานของโครงงาน

1. ประกอบชุดขากลต้นแบบเข้ากับอุปกรณ์ช่วยพยุง
2. สร้างชิ้นส่วนที่ต้องใช้ในการประกอบชุดขากลต้นแบบ
3. จัดหาอุปกรณ์รวมทั้งตรวจสอบรายละเอียดและข้อผิดพลาดของอุปกรณ์
4. ออกแบบวงจรขับและควบคุมทิศทางการหมุนมอเตอร์
5. สร้างวงจรขับและควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ตามแบบที่ออกแบบไว้
6. ออกแบบวงจรเชื่อมต่อ
7. สร้างวงจรเชื่อมต่อตามแบบที่ออกแบบไว้
8. เชื่อมวงจรขับและควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ และวงจรเชื่อมต่อ
9. เชื่อมต่อวงจรเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์
10. เขียนโปรแกรมภาษาซี เพื่อควบคุมการทำงานของระบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

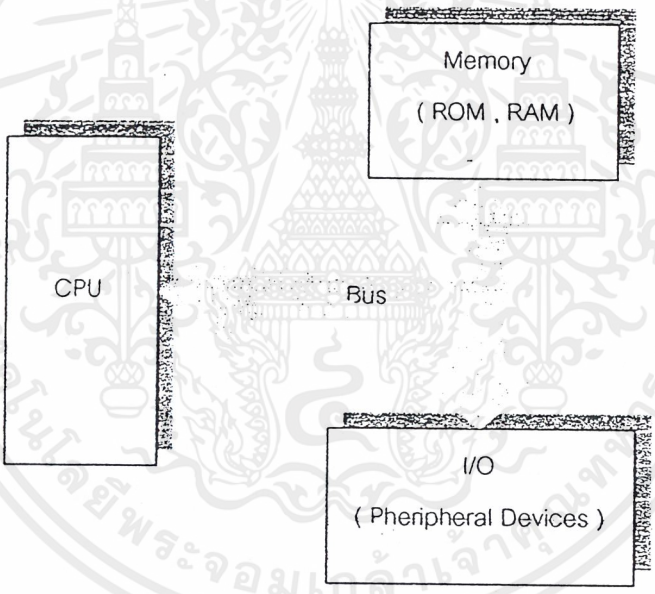


รูปที่ 5.1 Block Diagram

บทที่ 6
โครงสร้างของคอมพิวเตอร์และการอินเตอร์เฟส

6.1 โครงสร้างพื้นฐานของคอมพิวเตอร์

โครงสร้างพื้นฐานของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ทั่วๆไป มีองค์ประกอบหลักๆดังรูปต่อไปนี้



รูปที่ 6.1 โครงสร้างพื้นฐานของระบบไมโครคอมพิวเตอร์

6.1.1 Central Processing Unit (CPU) subsystem : เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ เปรียบเทียบได้กับเป็นส่วนสมองของมนุษย์ คือ มีหน้าที่คำนวณ, ประมวลผลคำสั่งหรือข้อมูลต่างๆ ในลักษณะทางคณิตศาสตร์ โดยมีส่วนควบคุมจังหวะเวลาในการทำงานขั้นพื้นฐาน (Timing) รวมอยู่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.2 Memory subsystem : เป็นส่วนที่ถูกใช้สำหรับเก็บทั้งคำสั่งและข้อมูลของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ โดยประเภทของหน่วยความจำมี 2 ชนิดหลักๆ คือ

1. ROM (Read Only Memory) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บคำสั่งหรือข้อมูลที่ต้องการให้อยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์อย่างถาวร และไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ โดยคำสั่งหรือข้อมูลที่เก็บอยู่ใน ROM นี้ จะไม่สูญหายไปถึงแม้จะมีการปิดเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วก็ตาม
2. RAM (Random Access Memory) เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บคำสั่งหรือข้อมูลที่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ตลอดเวลา โดยข้อมูลที่อยู่ในRAM นี้จะสูญหายไปด้วยเมื่อปิดเครื่องคอมพิวเตอร์

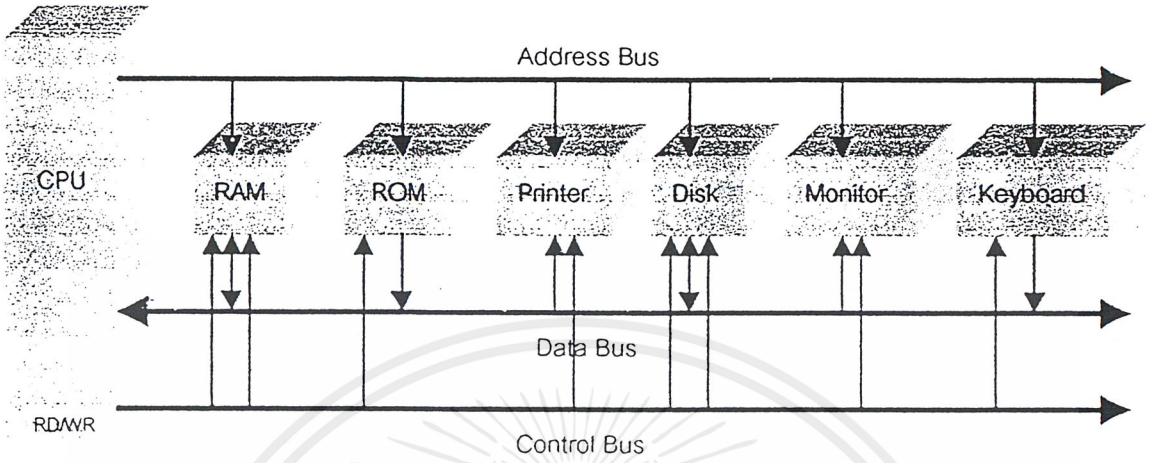
6.1.2 Input / Output Subsystem : ส่วนนี้เป็นส่วนที่ MPU มีการติดต่อสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกต่างๆ (Peripheral device) เช่น คีย์บอร์ด ดิสก์ไดร์ว์ หน้าจอมอนิเตอร์ เป็นต้น และเป็นส่วนที่ทำให้ไมโครคอมพิวเตอร์สามารถติดต่อสื่อสารกับโลกภายนอกได้

6.1.3 Bus Subsystem : ทำหน้าที่เป็นตัวกลางหรือทางเดินข้อมูลในการเคลื่อนย้ายข้อมูลระหว่างส่วน MPU , Memory และ Input / Output ระบบบัสแบ่งได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่

1. Data Bus เป็นบัสที่ถูกใช้เป็นทางเดินของข้อมูลและคำสั่งต่างๆ โดยจำนวนบิตของ Data bus นี้จะมีมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับรุ่นของ MPU (Microprocessor unit) หรือ CPU แต่ละรุ่น ซึ่งจะกล่าวถึงอีกทีในตอนหลัง
2. Address Bus ทำหน้าที่เป็นตัวชี้ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำ (Memory) และตำแหน่งของอุปกรณ์ภายนอกต่างๆ (I/O) โดยจำนวนบิตของหน่วย Address bus นี้จะเป็นตัวบอกถึงขนาดของหน่วยความจำที่ไมโครคอมพิวเตอร์เครื่องนั้นจะมีได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับรุ่นของ CPU แต่ละรุ่น ซึ่งจะกล่าวถึงอีกทีในตอนหลัง
3. Control Bus เป็นบัสที่ใช้สำหรับเคลื่อนย้ายสัญญาณควบคุมต่างๆ ที่มาจาก CPU ในการควบคุมการทำงานของส่วนต่างๆ ในระบบไมโครคอมพิวเตอร์

จากโครงสร้างพื้นฐานต่างๆที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนี้ สามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมของโครงสร้างภายในไมโครคอมพิวเตอร์ได้ละเอียดขึ้นดังนี้

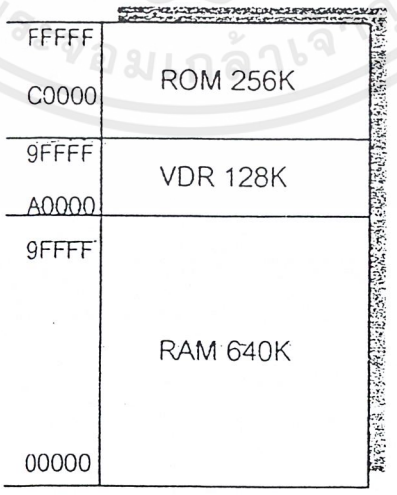
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.2 ส่วนประกอบต่างๆ ของระบบไมโครคอมพิวเตอร์

6.2 Memory Map ของเครื่อง IBM PC

เมื่อซีพียู 80X86 ทำงานในแบบเรียลโหมด มันจะใช้งานแอดเดรสบัสจำนวน 20 บิต ดังนั้นจำนวนของตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำที่สามารถจัดการได้คือ 2^{20} = 1 Mbyte โดยได้มีการกำหนดตำแหน่งพื้นที่ของหน่วยความจำออกเป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ RAM(640K) , ROM(256K) , Video Display RAM : VDR(128K) โดยมีการจัดตำแหน่งแอดเดรสของแต่ละส่วนไว้ดังนี้



รูปที่ 6.3 Memory Map ของ IBM PC

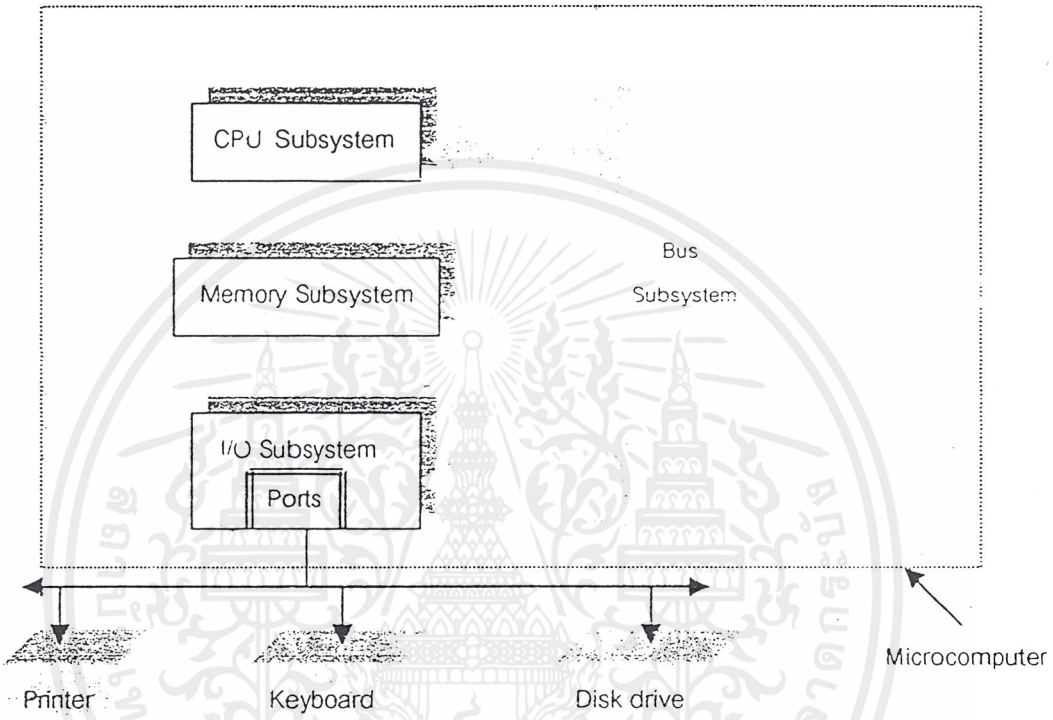
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ในส่วนของพื้นที่ของ RAM นั้นยังได้มีการถูกจัดแบ่งย่อยลงไปอีกได้แก่ ในส่วน 1K แรก (00000 – 003FF) ถูกจัดไว้สำหรับ Interrupt vector table , ในส่วน 256 byte ถัดมา (00400 – 004FF) ถูกจัดไว้สำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราวของ BIOS , ส่วน 256 byte ถัดมา (00500 – 005FF) ถูกจัดสำหรับเก็บค่าพารามิเตอร์ต่างๆของ DOS และภาษา BASIC และในส่วนสุดท้ายอีกจำนวนหลาย Kbyte ที่ถูกใช้สำหรับระบบปฏิบัติการ (Operating System : OS) ของตัวมันเองซึ่งมีขนาดขึ้นอยู่กับรุ่นหรือเวอร์ชั่นของระบบปฏิบัติการ ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมที่ต้องมีการติดต่อกับหน่วยความจำจึงจำเป็นที่จะต้องทราบ Memory Map ด้วยเพื่อที่จะให้โปรแกรมทำงานได้อย่างถูกต้อง และไม่ไปเขียนโปรแกรมทับลงในพื้นที่ของหน่วยความจำที่ถูกใช้งานอยู่ก่อนแล้วด้วย

6.3 รายละเอียดของส่วนอินพุท / เอาท์พุท (I/O Subsystem)

จากที่ได้เคยกล่าวมาบ้างแล้วในหัวข้อที่ 6.1 เกี่ยวกับส่วนอินพุท / เอาท์พุท ของระบบไมโครคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์เสริมภายนอก (Peripheral , External devices) มายังตัวมัน (I/O Subsystem) โดยจะมีการรับส่งข้อมูลกับ Peripheral devices ผ่านวงจรอินเตอร์เฟสที่เรียกว่า พอร์ท (Port) ซึ่งอุปกรณ์เสริมภายนอกเหล่านี้จะถูกต่อเข้ากับพอร์ท และพอร์ทก็จะต่อเข้ากับวงจรควบคุมการอินเตอร์เฟสดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.4 Microcomputer with I/O Subsystem

6.4 การกำหนดหมายเลขพอร์ตอินพุท / เอาท์พุท (I/O Map)

เพื่อให้โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ของเครื่องพีซีตระกูลเอที (AT) มีลักษณะเป็นมาตราฐานเดียวกัน (Compatibility) และสามารถใช้ซอฟแวร์ร่วมกับเครื่องพีซีตระกูลเอ็กซ์ที (XT) รุ่นก่อนได้ จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดให้โครงสร้างทางอินพุท / เอาท์พุท และหมายเลขพอร์ตที่ใช้ในการติดต่อกับอุปกรณ์หรือชิปเสริมต่างๆ ที่ช่วยในการทำงานให้เหมือนกัน ตารางต่อไปนี้เป็น I/O Map ของเครื่องพีซีตระกูลเอที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

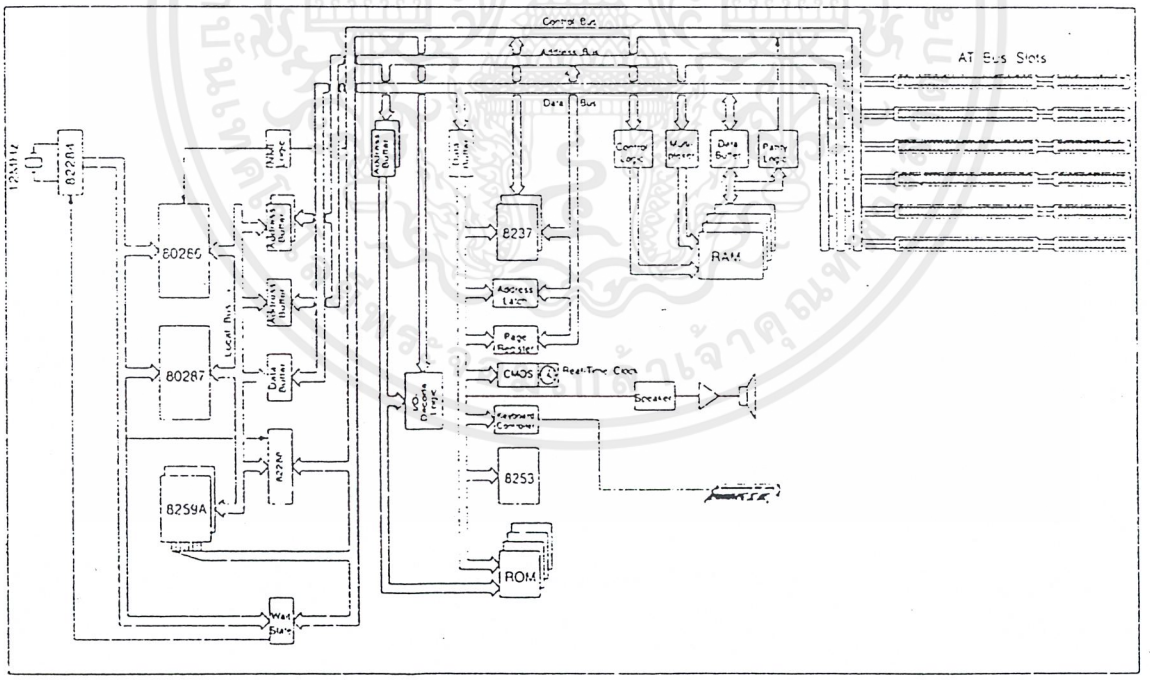
หมายเลขพอร์ต	ชื่ออุปกรณ์
000-01F	1st DMA controller , 8237A
020-03F	1st Interrupt controller , 8259A , master
040-05F	Timer , 8254-2
060-06F	Keyboard controller , 8042
070-07F	Real-time clock and NMI (Non-Maskable interrupt)
080-09F	DMA page registers
0A0-0BF	2nd Interrupt controller , 8259A , slave
0C0-0DF	2nd DMA controller , 8237A
0E0-0EF	Reserved
0F0-0FF	Reserved for Math coprocessor 80287
1F0-1F8	Fixed disk
200-207	Game adapter
20C-20D	Reserved
21F	Reserved
278-27F	Parallel printer port 2 , LPT2
2F8-2FF	Serial port 2 , COM2
300-31F	Prototype card / adapter
360-36F	Reserved
378-37F	Parallel printer port1 , LPT1
380-38F	SDLC adapter , Bisynchronous 1
3A0-3AF	Bisynchronous 1
3B0-3BF	Monochrome adapter and printer adapter
3C0-3CF	Enhanced graphics adapter , EGA
3D0-3DF	Color/graphics monitor adapter , CGA
3F0-3F7	Floppy disk controller
3F8-3FF	Serial port 1 , COM1

ตารางที่ 6.1 หมายเลขพอร์ตของเครื่องพีซีเอที (IBM PC/AT I/O Address Map)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

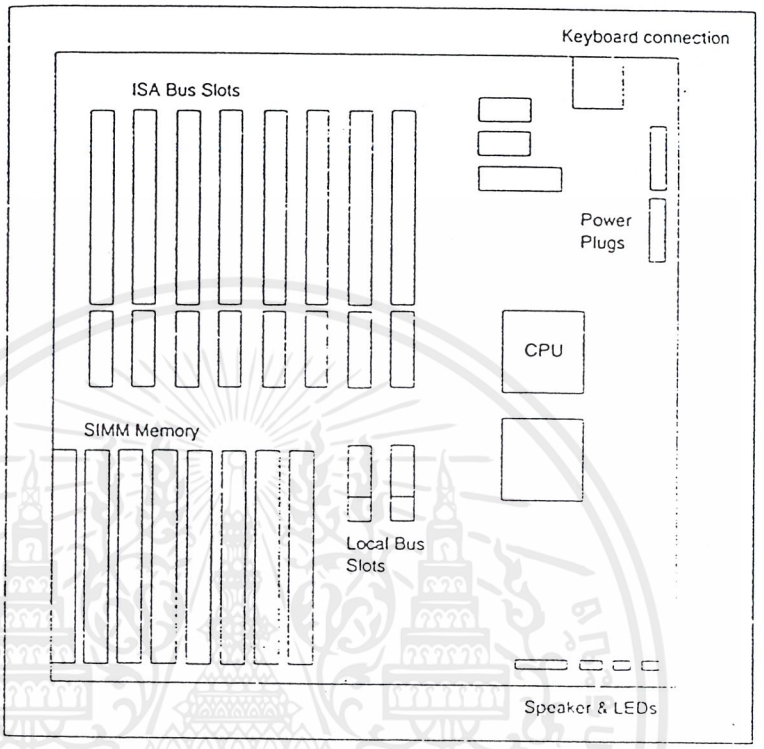
6.5 เมนบอร์ดของเครื่องพีซีตระกูลเอที

เมนบอร์ด (Main board , motherboard ซึ่งเป็นชื่อที่รู้จักกันดีของ system board) ถือเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ เมนบอร์ดเกิดจากการนำส่วนประกอบทางด้านฮาร์ดแวร์ต่างๆ เช่น หน่วยประมวลผล หน่วยความจำ ไอซีหรือชิปที่มีหน้าที่เฉพาะอย่าง มารวมเข้าด้วยกัน ทำให้ฮาร์ดแวร์ส่วนต่างๆ มีการทำงานร่วมกัน จนทำให้เกิดเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ขึ้นได้ ส่วนประกอบพื้นฐานของเมนบอร์ด ได้แก่ ซีพียู หน่วยประมวลผลร่วมทางคณิตศาสตร์ Clock ของซีพียู วงจรสนับสนุนการทำงานของซีพียู หน่วยความจำ เวลาของระบบ ส่วนเชื่อมต่อกับคีย์บอร์ด ส่วนเชื่อมต่อกับอินพุท / เอาท์พุท ดังรูป



รูปที่ 6.5 บล็อกไดอะแกรมของเมนบอร์ดตระกูลเอที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.6 แสดงรูปทรงของเมนบอร์ดทั่วๆไป และตำแหน่งของส่วนต่างๆ

6.6 สล็อตหรือช่องต่อสำหรับอินพุท / เอาท์พุท

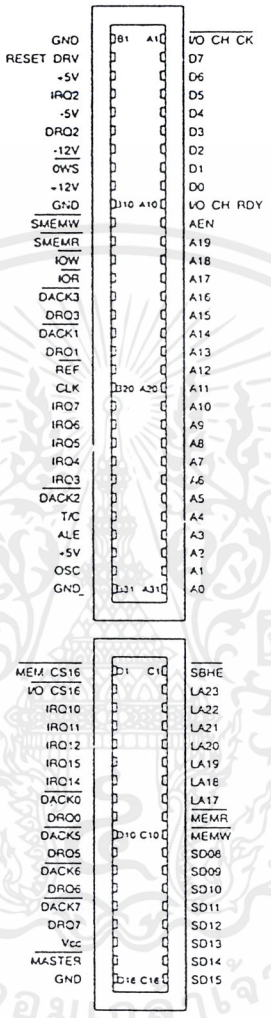
เนื่องจากภายใน IBM/PC , XT , AT ได้มีการออกแบบให้สามารถที่จะเพิ่มเติมวงจรอินเตอร์เฟสเข้าไปในภายหลังได้โดยผ่านทางสล็อตที่อยู่บนเมนบอร์ด โดยในเครื่องตระกูลเอ็กซ์ทีจะมีจำนวน 8 สล็อต ซึ่งแต่ละสล็อตจะมีจำนวนขาทั้งสิ้น 62 ขา แบ่งออกเป็น 2 ข้างๆ ละ 31 ขา ส่วนการเรียกตำแหน่งขาของสล็อตเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับว่าขานั้นอยู่ข้างใดของสล็อต โดยขาที่อยู่ทางด้านซ้ายจะใช้อักษร B นำหน้าเลขตำแหน่งของขา ส่วนขาที่อยู่ทางด้านขวาของสล็อตจะเรียกโดยใช้อักษร A นำหน้าเลขตำแหน่งของขา ต่อมาเมื่อพัฒนาเป็นเครื่องเอทีทำให้มีขีดความสามารถเพิ่มมากขึ้น เช่น มี Data bus 16 bits เป็นต้น จึงจำเป็นต้องปรับปรุงสล็อตเพิ่มเติมและสามารถใช้กับวงจรของเดิมได้ (เอ็กซ์ที) โดยการเพิ่มสล็อตเสริมขึ้นมาซึ่งมีจำนวนขาเพิ่มขึ้นมาอีก 36 ขา โดยขาที่อยู่ทางด้านซ้ายจะใช้อักษร D นำหน้าเลขตำแหน่งของขา ส่วนขาที่อยู่ทางด้านขวาของสล็อตจะเรียกโดยใช้อักษร C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละขาของสล็อตเหล่านี้จะเชื่อมต่อกับเส้นสัญญาณต่างๆบนเมนบอร์ด ทำให้การสร้างวงจรอินเตอร์เฟสกับเครื่องพีซีทำได้โดยสะดวก ซึ่งเส้นสัญญาณที่เชื่อมต่อกับขาของสล็อตเหล่านี้ประกอบไปด้วย

- บัสแอดเดรส (Address Bus)
- บัสข้อมูล (Data Bus)
- บัสควบคุมสำหรับการเขียน / อ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ หรือพอร์ต I/O
- เส้นสัญญาณสำหรับการขออินเตอร์รัพท์ของวงจรอินเตอร์เฟส
- เส้นสัญญาณสำหรับการขอ DMA
- เส้นสัญญาณฐานเวลา (Timmingsignal) ต่างๆ
- เส้นสัญญาณแสดงการรีเฟรชหน่วยความจำ
- เส้นสัญญาณสำหรับการตรวจสอบความผิดพลาด (I/O CHCK)
- ขาไฟเลี้ยง +5V , -5V , +12V , -12V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.7 ตำแหน่งของขาสัญญาณต่างๆ บนสล็อตของเครื่องพีซีตระกูลเอที

สัญญาณที่ต่อเชื่อมกับอุปกรณ์อินพุท / เอาท์พุท เป็นสัญญาณที่มีขนาด 5 V ตามมาตราฐาน TTL โดยที่แต่ละสล็อตจะเชื่อมต่อกับ LS TTL ได้ 2 อินพุท ดังนั้นการต่อกับสล็อตจึงจำเป็นต้องคำนึงโหลดดังกล่าวนี้ด้วย สัญญาณที่ขาต่างๆ ของสล็อตมีความหมายดังนี้

OSC (Oscillator) : O/P

เป็นขาที่ต่อกับสัญญาณนาฬิกาของ Oscillator ความถี่ 14.31818 MHz และมี Duty Cycle 50 % สัญญาณนี้จะไม่ synchronize กับระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CLK (Clock) : O/P

เป็นสัญญาณ clock ของระบบมีความถี่ 6 MHz หรือสูงกว่านี้ในรุ่นใหม่ๆ สัญญาณนี้จะ synchronize กับระบบ

RESET DRV : O/P

จะแอคทีฟที่ลอจิก 1 เป็นขาที่ใช้สำหรับรีเซตระบบในขณะเปิดเครื่อง หรือขณะที่แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงขาด หรือ ไฟตก

$A_0 - A_{19}$: I/O

เป็นขาแอคเดรสของระบบใช้สำหรับกำหนดแอคเดรสของหน่วยความจำ และ I/O สัญญาณนี้จะใช้ได้ต่อเมื่อ ALE เป็น 1 โดยจะถูกแลตช์ไปใช้เมื่อ ALE เปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 (ALE เป็นสัญญาณที่มาจาก ซีพียู หรือ DMA Controller)

$LA_{17} - LA_{23}$: I/O

เป็นสัญญาณแอคเดรสที่ไม่ผ่านการแลตช์มาเลยจากซีพียู ใช้ในการต่อขยายหน่วยความจำสัญญาณนี้จะใช้ได้ต่อเมื่อ ALE เป็น 1

$D_0 - D_{15}$: I/O

เป็นสัญญาณข้อมูลขนาด 16 บิต ที่ใช้ติดต่อกับหน่วยความจำ และ I/O

ALE (Address latch enable) : O/P

เป็นสัญญาณที่ใช้สำหรับการแลตช์แอคเดรสของระบบ

AEN (Address enable) : O/P

เป็นสัญญาณเพื่อใช้ในการแยกบัสแอคเดรสในขบวนการ DMA กล่าวคือ ถ้า AEN = 1 DMA controller กำลังควบคุมการทำงานของแอคเดรสบัส ถ้า AEN = 0 ซีพียูกำลังควบคุมการทำงานของแอคเดรสบัสอยู่

REF (Refresh) : I/O

ใช้ในการแสดงสัญญาณรีเฟรชไซเคิล

T/C (Terminal Count) : O/P

เป็นสัญญาณพัลส์ เมื่อ DMA นับจำนวนครบตามที่กำหนด

SBHE (System Bus High Enable) : I/O

สัญญาณนี้จะแอคทีฟเมื่อมีกระบวนการถ่ายเทข้อมูลจาก $D_0 - D_{15}$ เข้าสู่บัฟเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MASTER : I/P

สัญญาณนี้มีจุดมุ่งหมายใช้บอกว่า ต้องการให้บัสระบบถูกควบคุมโดยซีพียู หรือว่าจะให้ซีพียูส่งอำนาจการควบคุมให้กับสล็อตที่มีการ์ดต่อเข้ามาในระบบซึ่งสามารถทำได้โดยการแอคทีฟขาสัญญาณนี้ (แอคทีฟ 0)

I/O CHK (I/O Channel Check) : I/P

เป็นสัญญาณตรวจสอบของอินพุท / เอาท์พุท เพื่อบอกข้อมูลกับระบบเช่นเดียวกับการตรวจสอบพาริตี้ ดังนั้นหากอินพุท / เอาท์พุท มีข้อผิดพลาด ก็จะมีผลให้ขาสัญญาณนี้แอคทีฟ

I/O CHRDY (I/O Channel Ready) : I/P

สัญญาณนี้จะได้รับการทำให้แอคทีฟโดยหน่วยความจำหรืออุปกรณ์อินพุท / เอาท์พุท การใช้สัญญาณนี้ก็เพื่อให้อุปกรณ์อินพุท / เอาท์พุท ที่ช้าจะได้ติดต่อกับระบบด้วยการส่งสัญญาณมายังซีพียู เพื่อที่จะสามารถ synchronize กับระบบโดยการเพิ่มเวลาในบัสไซเคิลเข้าไป (Wait state)

OWS (0 Wait State) : I/P

เป็นสัญญาณที่ใช้บอกซีพียูว่า การทำงานในหนึ่งรอบของบัสไม่จำเป็นต้องแทรกสถานะรอ หรือ Wait state เข้าไป

$IRQ_3 - IRQ_7$, $IRQ_9 - IRQ_{12}$, $IRQ_{14} - IRQ_{15}$: I/P

เป็นขาสัญญาณอินเทอร์รัพที่ต่อมาจากชิปควบคุมการอินเทอร์รัพท์ 8259 ทั้ง 2 ตัว ซึ่งได้กล่าวไปแล้ว ทำให้สามารถรับสัญญาณอินเทอร์รัพท์ที่ส่งมาจากการ์ดผ่านทางสล็อตได้

$DRQ_0 - DRQ_3$, $DRQ_5 - DRQ_7$: I/P และ $DACK_0 - DACK_3$, $DACK_5 - DACK_7$: O/P

DRQ เป็นสัญญาณการขอกระบวนการทำงานแบบ DMA จากชิปควบคุมการทำ DMA เบอร์ 8237 ส่วน DACK เป็นสัญญาณที่ส่งมาจาก 8237 เพื่อบอกให้ทราบว่าการขอ DMA ได้รับการตอบสนองแล้ว

IOR : I/O

เป็นสัญญาณที่ใช้ในการอ่านอินพุท / เอาท์พุท การควบคุมสัญญาณนี้สามารถควบคุมได้โดยซีพียู หรือชิปควบคุมการทำ DMA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IOW : I/O

เป็นสัญญาณที่ใช้ในการเขียนข้อมูลลงบนอุปกรณ์ อินพุท / เอาท์พุท การควบคุมสัญญาณนี้สามารถควบคุมได้โดยซีพียู หรือชิปควบคุมการทำ DMA

SMEMR (O/P) , MEMW (I/O)

เป็นสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโดย SMEMR ถูกใช้สำหรับติดต่อข้อมูลกับหน่วยความจำในส่วน 1 Mbytes แรก ส่วน MEMW ถูกใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำได้ทั้งหมด 16 Mbytes

MEM CS16 : I/P

เป็นสัญญาณที่ส่งมาจากการ์ดผ่านทางสล็อต เพื่อใช้ในการบอกกับเครื่องพีซีว่าต้องการติดต่อกับหน่วยความจำในแบบ 8 บิต หรือ 16 บิต

I/O CS16 : I/P

เป็นสัญญาณที่ส่งมาจากการ์ดผ่านทางสล็อต เพื่อใช้ในการบอกกับเครื่องพีซีว่าให้มีการติดต่อกับอุปกรณ์อินพุท / เอาท์พุท เป็นแบบ 8 บิต หรือ 16 บิต

โดยบัสหรือสายสัญญาณต่างๆ ที่ต่อออกมาผ่านทางสล็อตแบบนี้ถูกเรียกว่า บัส ISA (Industry Standard Architecture) ซึ่งเป็นระบบบัสมาตราฐานแบบหนึ่ง จะเห็นได้ว่าการใช้สล็อตแบบนี้ทำให้อุปกรณ์ภายนอกใช้บัสข้อมูลได้สูงสุด 16 บิต ถึงแม้ซีพียูจะเป็นแบบ 32 บิตก็ตาม ดังนั้นในการออกแบบการ์ดอินเตอร์เฟสจึงสามารถใช้คาต้าบัสได้เพียง 8 หรือ 16 บิตเท่านั้น ไม่สามารถใช้ได้ถึง 32 บิตได้ แต่ถ้าต้องการติดต่อกับซีพียูได้ครบ 32 บิต อาจต้องไปใช้ EISA (Extended ISA) bus , PCI (Peripheral Component Interface) bus , MCA (Micro Channel Architecture) bus แทน

6.7 ทฤษฎีไอซี 8255

8255 สามารถที่จะโปรแกรมให้เป็นอินพุทหรือเอาท์พุทก็ได้ตามต้องการ โดยมีอินพุทเอาท์พุทพอร์ตขนาด 8 บิทอยู่ 3 พอร์ต กับอีกหนึ่งคอนโทรลพอร์ต มีบัสข้อมูลที่ใช้ในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์จำนวน 8 เส้น และมีแอดเดรส A_0 , A_1 เป็นตัวกำหนดการติดต่ออินพุทเอาท์พุทพอร์ตทั้ง 3 คือ พอร์ต A B และ C ตามลำดับ โดยมีการกำหนดแอดเดรสดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A_1	A_0	ชื่อพอร์ต
0	0	พอร์ต A
0	1	พอร์ต B
1	0	พอร์ต C
1	1	คอนโทรลพอร์ต

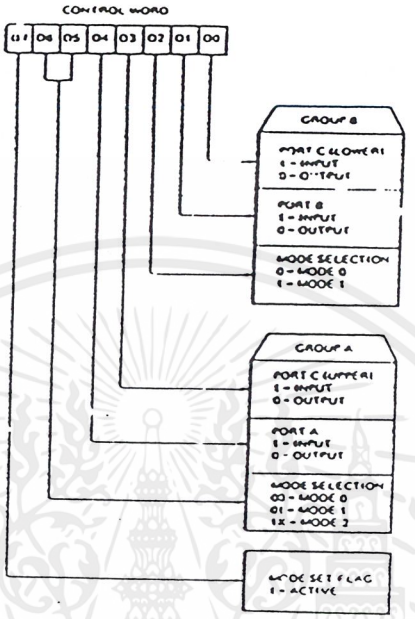
นอกจากนี้ยังมีสัญญาณควบคุมอีก 4 เส้นดังนี้

1. RD เป็นสัญญาณการอ่านพอร์ต 8255 สามารถต่อโดยตรงกับระบบบัสของคอมพิวเตอร์
2. WR เป็นสัญญาณการเขียนข้อมูลมาที่ตัวพอร์ต 8255
3. CS เป็นสัญญาณที่ทำให้ 8255 แอกทีฟ
4. RESET เป็นสัญญาณรีเซ็ทของ 8255

การโปรแกรมจะต้องถูกกระทำก่อนการใช้งานอย่างน้อยที่สุด 1 ครั้ง โดยการเขียนรหัสควบคุมไปที่พอร์ตควบคุม

รหัสควบคุมในแต่ละบิทมีความหมายดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.8 รหัสควบคุม

D_7 แสดงถึงรหัสควบคุมให้เริ่มทำงาน คือ จะมีผลทำให้ 8255 รับรู้สิ่งต่อไปในบิทต่างๆที่จะกำหนดให้ เพราะฉะนั้นเวลาจะสั่งงานหรือทำหน้าที่ให้กับ 8255 บิทนี้จะเป็น 1 เสมอ

D_6 และ D_5 เป็นการเลือกโหมดการทำงานของพอร์ต A

D_4 กำหนดให้พอร์ต A เป็นอินพุทหรือเอาท์พุทโดย

0 = เอาท์พุทพอร์ต

1 = อินพุทพอร์ต

D_3 กำหนดให้พอร์ต C บน เป็นอินพุทหรือเอาท์พุทโดย

0 = เอาท์พุทพอร์ต

1 = อินพุทพอร์ต

D_2 เป็นการเลือกโหมดให้กับพอร์ต B

0 = เอาท์พุทพอร์ต

1 = อินพุทพอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

D_0 กำหนดพอร์ต C ล่าง เป็นอินพุทหรือเอาท์พุทโดย

0 = เอาท์พุทพอร์ต

1 = อินพุทพอร์ต

6.8 โหมดการทำงานของ 8255

โหมด 0 เป็นโหมดอินพุทเอาท์พุทแบบพื้นฐานที่ใช้กันทั่วไป โดยโหมดนี้สั่งเป็นอินพุทหรือเอาท์พุทได้ทั้ง 3 พอร์ต

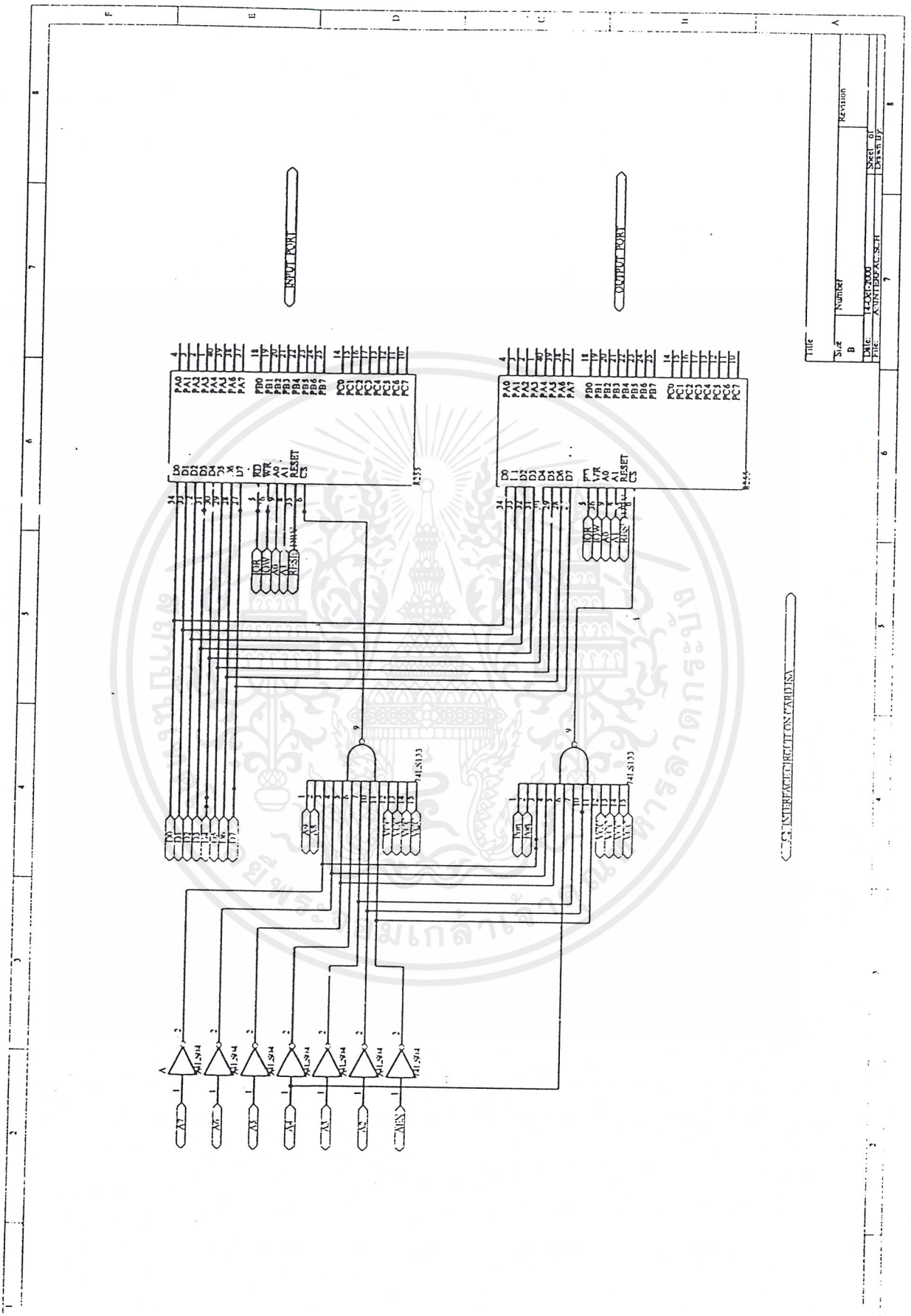
โหมด 1 เป็นโหมดอินพุทเอาท์พุทที่มีการตรวจสอบสัญญาณแฮนด์เช็คกิ้ง ระหว่าง 8255 กับอุปกรณ์ภายนอก โดยในโหมดนี้จะใช้สั่งงานให้เป็นอินพุทหรือเอาท์พุทได้ที่พอร์ต A และ B เท่านั้น ส่วนพอร์ต C จะใช้เป็นส่วนตรวจสอบสัญญาณแฮนด์เช็คกิ้ง

โหมด 2 เป็นโหมดไบไดเร็คชั่นแนล คือ พอร์ตจะเป็นได้ทั้งอินพุทและเอาท์พุทในพอร์ตเดียวกัน และในโหมดนี้ยังมีการตรวจสอบความพร้อม โดยใช้พอร์ต C ในการตรวจสอบที่เหลือคือพอร์ต B ที่ผู้ใช้จะสั่งให้อยู่ในโหมด 0 หรือ 1 ได้อย่างอิสระ

6.9 สัญญาณที่นำมาจากระบบบัสของคอมพิวเตอร์

1. แอดเดรสบัส 8 บิท
2. ดาต้าบัส 8 บิท
3. สัญญาณ IOW และ IOR
4. สัญญาณ RESETDRV
5. แรงดัน 5 โวลต์ และ กราวน์

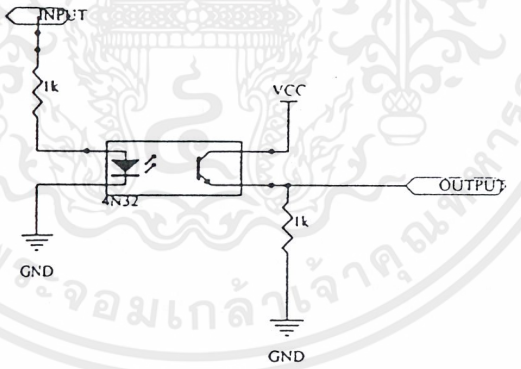
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 6.9 เป็นวงจรถอดรหัสแอดเดรสซึ่งจะทำการถอดรหัสแอดเดรสตำแหน่งที่ 300H และ 301 H เพื่อที่จะนำมาควบคุมให้ 8255 ทำงานที่แอดเดรสที่เราต้องการป้อนข้อมูลเข้าไป แล้วจะใช้ 8255 เป็นทางผ่านของอินพุทและเอาท์พุท โดยในการทำโครงงานนี้ได้กำหนดให้มีพอร์ตอินพุท 3 พอร์ต รวมทั้งหมด 24 บิท และมีพอร์ตเอาท์พุท 2 พอร์ต ใช้จำนวนทั้งหมด 12 บิท คือ พอร์ต A และ พอร์ต B ที่เป็น 4 บิทล่าง รวมทั้งหมด 36 บิท แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

1. อิทพุทที่เข้ามาจาก Sensor มีทั้งหมด 6 ชุดละ 4 บิท รวมทั้งหมด 24 บิท
2. เอาท์พุทที่ออกมาควบคุมการหมุนซ้ายและขวาของมอเตอร์ ทั้งหมด 6 ชุด ชุดละ 2 บิท รวมทั้งหมด 12 บิท



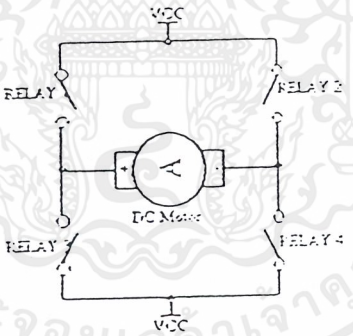
รูปที่ 6.10 วงจรไอโซเลเตอร์

เนื่องจากมีวงจรอินเตอร์เฟสระหว่างวงจรขับมอเตอร์และวงจรคอมพิวเตอร์ จึงได้ทำการแยกกราวนด์ โดยใช้วงจรของออปโต้ไอโซเลเตอร์ เพื่อจะไม่ให้เกิดการกวนกันระหว่างทั้ง 2 วงจร แล้วกันการเกิดกระแสไหลย้อนกลับเข้าไปในคอมพิวเตอร์ด้วยอีกทางหนึ่ง เนื่องจากว่า วงจรที่ใช้ขับมอเตอร์นั้นใช้แรงดัน 12 โวลท์ แต่วงจรของคอมพิวเตอร์ใช้แรงดันเพียง 5 โวลท์ เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
วงจรขับและควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์

ต้นกำลังทางกลที่ใช้ในการขับเคลื่อนขากล คือ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเป็นมอเตอร์ที่ควบคุมค่าพารามิเตอร์ต่างๆได้ง่าย และ ให้แรงบิดที่ดี ขากลแต่ละข้างจะใช้มอเตอร์จำนวน 3 ตัว ซึ่งใช้ในการควบคุมข้อต่อต่างๆดังนี้ ข้อสะโพก ข้อหัวเข่า และ ข้อเท้า ข้อต่อเหล่านี้จะต้องสามารถเคลื่อนที่ไปและกลับได้ ดังนั้นในการออกแบบวงจรส่วนนี้จะต้องสามารถควบคุมมอเตอร์ให้หมุนไปได้ทั้งสองทิศทาง



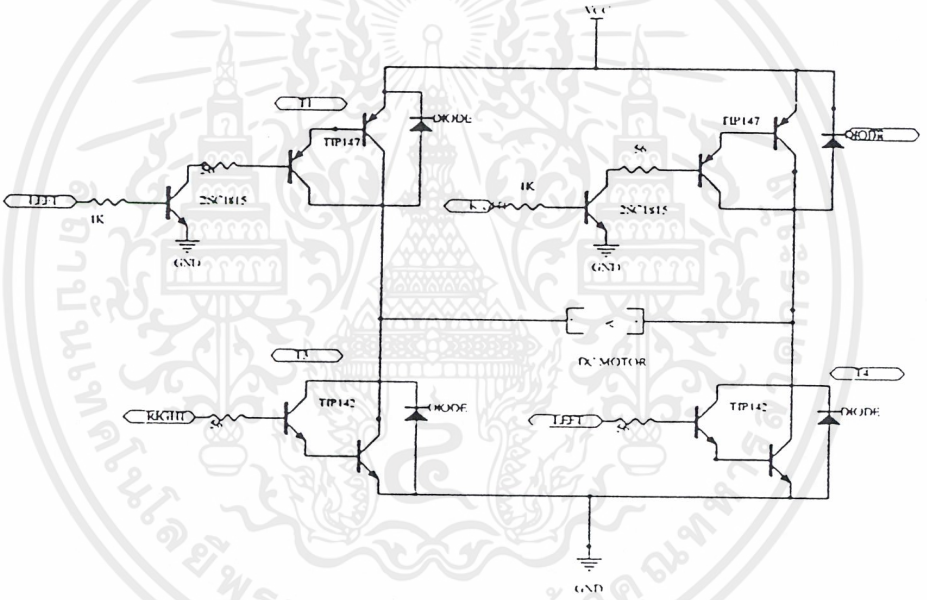
รูปที่ 7.1 แนวคิดในการควบคุมมอเตอร์

จากรูปที่ 7.1 หลักการเป็นดังนี้ เมื่อ T1 และ T4 ปิดจะทำให้มีกระแสไหลจากแหล่งจ่ายไฟผ่านมอเตอร์ลงสู่กราวนด์ ทำให้มอเตอร์หมุนได้ และเมื่อ T1 และ T4 เปิด ส่วน T2 และ T3 ปิดก็จะทำให้มอเตอร์หมุนในทิศทางตรงกันข้าม จากหลักการดังกล่าวจึงนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น ทรานซิสเตอร์ มอสเฟต หรือ รีเลย์ มาทำหน้าที่เป็นสวิทช์ โดยขากลที่ได้ออกแบบจะมีขนาดเท่ากับมนุษย์ ซึ่งมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก ดังนั้นจึงต้องใช้มอเตอร์ที่มีแรงบิดสูง จะทำให้กระแสที่ใช้ขับมอเตอร์มีค่าสูงตามไปด้วย ดังนั้นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่จะมาทำหน้าที่เป็นสวิทช์จะต้องทนกระแสได้สูงด้วย

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.1 การออกแบบวงจรขับมอเตอร์

เราต้องการใช้สัญญาณ LEFT , RIGHT มาเพื่อใช้ในการควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ดังนั้นจึงเลือกออกแบบโดยใช้ ทรานซิสเตอร์ 4 ตัว โดยใช้สัญญาณ LEFT , RIGHT เป็นสัญญาณที่เลือกให้ทรานซิสเตอร์คู่ใดทำงาน เพื่อควบคุมการหมุนของมอเตอร์



รูปที่ 7.2 แสดงหลักการควบคุมมอเตอร์

จากโครงร่างดังรูป ถ้าหากกำหนดให้ ทรานซิสเตอร์ 2 และ ทรานซิสเตอร์ 3 ทำงานพร้อมกัน โดยที่ทรานซิสเตอร์ 1 และ ทรานซิสเตอร์ 4 ไม่ทำงาน กระแสจะไหลผ่านมอเตอร์ในทิศทางจากขวาไปซ้าย ดังนั้นมอเตอร์จะหมุนไปในทิศทางหนึ่ง ในทำนองเดียวกัน ถ้าให้ ทรานซิสเตอร์ 1 และ ทรานซิสเตอร์ 4 ทำงาน โดยที่ ทรานซิสเตอร์ 2 และ ทรานซิสเตอร์ 3 ไม่ทำงาน กระแสจะไหลจากซ้ายไปขวาของมอเตอร์ นั่นคือ มอเตอร์จะหมุนกลับทางจากกรณีแรก ดังนั้น เราจึงกำหนดให้ ทรานซิสเตอร์ 2 และ ทรานซิสเตอร์ 3 ถูกควบคุมโดยสัญญาณ RIGHT และ ทรานซิสเตอร์ 1 และ ทรานซิสเตอร์ 4 ถูกควบคุมโดยสัญญาณ LEFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 ปัญหาและแนวทางการแก้ไขที่เกิดขึ้นกับวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์

จากหลักการในการออกแบบวงจรขับและควบคุมทิศทางของมอเตอร์ จะพบว่ามีความต้องการที่จะส่งสัญญาณควบคุม 2 สัญญาณ คือ ควบคุมการหมุนและควบคุมทิศทาง จากที่ได้ออกแบบไปพบว่า จะใช้สวิตช์เป็นตัวควบคุมสัญญาณทั้ง 2 นั้น โดยทั่วไปแล้วสวิตช์จะแบ่งเป็น

1. สวิตช์ทางกล (Mechanic Switch)
2. สวิตช์ทางไฟฟ้า (Electronic Switch)

ทั้งแม็คคานิคสวิตช์และอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์ มีข้อดีและข้อเสียต่างกันขึ้นอยู่กับความจำเป็นในการใช้งาน สำหรับโครงงานนี้แล้วอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์จะเหมาะสมกว่าเนื่องจากอิเล็กทรอนิกส์สวิตช์มีความสามารถในการตอบสนองความถี่สูงได้ดี แต่ถ้าหากต้องการใช้งานที่กระแสสูง จำเป็นที่จะต้องใช้ทรานซิสเตอร์กำลังแทนทรานซิสเตอร์ธรรมดา ซึ่งทรานซิสเตอร์กำลังที่ทนกระแสได้สูงๆจะมีราคาสูง แต่เมื่อเทียบกับสวิตช์ทางแม็คคานิก คือ รีเลย์ จะมีราคาไม่สูงนักเมื่อเทียบกับทรานซิสเตอร์กำลัง แต่ข้อเสียของรีเลย์ คือ ไม่สามารถตอบสนองที่ความถี่สูงๆได้ดีนักและยังมีอายุการใช้งานที่สั้นและไม่แข็งแรงง่ายต่อการสึกหรอ ทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้หากใช้ไปนานๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8
อุปกรณ์ตรวจสอบตำแหน่ง

การควบคุมตำแหน่งให้ชุดขากลต้นแบบสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าได้นั้น ต้องพยายามทำให้ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการหมุนของเฟืองมีน้อยที่สุด จากเหตุผลดังกล่าว จึงต้องมีการพัฒนาส่วนประกอบขึ้นมาอีกส่วนหนึ่ง คือ อุปกรณ์ตรวจสอบตำแหน่งเอ็นโค้ดเดอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่ตรวจสอบระยะที่หมุนไปของข้อต่อ และ ส่งผลนั้นไปให้กับส่วนควบคุมอุปกรณ์ตรวจสอบตำแหน่งเอ็นโค้ดเดอร์ที่เป็นวงจรเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งส่วนประมวลผลของคอมพิวเตอร์จะนำผลที่ได้มาจากเอ็นโค้ดเดอร์ไปประมวลผล และ ออกคำสั่งควบคุมไปที่วงจรขับ และ ควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ต่อไป

8.1 อุปกรณ์ตรวจสอบตำแหน่ง (เอ็นโค้ดเดอร์)

เอ็นโค้ดเดอร์สามารถพัฒนาไปได้หลายๆรูปแบบขึ้นอยู่กับรูปแบบของการใช้งาน ในโครงงานนี้ได้เลือกเอาหลักการเอ็นโค้ดเดอร์โดยใช้แสงมาพัฒนา เนื่องจากเอ็นโค้ดเดอร์แบบนี้จะให้ผลตอบสนองที่เป็นดิจิตอลทำให้ง่ายต่อการนำไปเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดยไม่จำเป็นต้องมีวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นดิจิตอล

8.2 การออกแบบวงจรตรวจสอบตำแหน่ง

เพื่อให้ง่ายต่อการควบคุมการหมุนของข้อต่อต่างๆ จึงได้ทำการออกแบบให้เอ็นโค้ดเดอร์สามารถที่จะรู้ตำแหน่งที่แน่นอนของข้อต่อต่างๆ ซึ่งเรียกว่าแอ็บโซลูทเอ็นโค้ดเดอร์ (Absolute Encoder)

ส่วนประกอบของเอ็นโค้ดเดอร์

1. วงจรส่งสัญญาณแสง
2. วงจรรับสัญญาณแสง
3. จานถอดรหัส

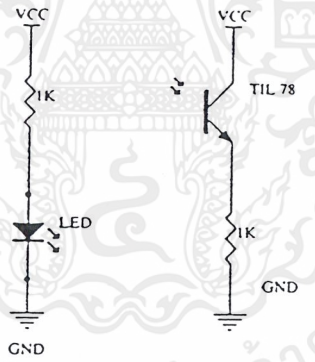
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรส่งสัญญาณแสง

ในที่นี้เลือกใช้ไดโอดเปล่งแสงขนาด 3 มิลลิเมตรสีแดง

วงจรรับสัญญาณแสง

ตัวรับแสงจะใช้โฟโต้ทรานซิสเตอร์เบอร์ TIL 78 โดยมีลักษณะการต่อเป็นดังรูปที่ 7.1 เมื่อมีแสงมาตกกระทบจะให้ผลตอบสนองออกมาที่เอาท์พุทเป็น 0 โวลท์ (ลอจิก 0) แต่เพื่อความสะดวกที่จะนำไปใช้กับวงจรเชื่อมต่อซึ่งต้องการให้ผลตอบสนองออกมาที่เอาท์พุทเป็นลอจิก 1 จึงทำการต่อวงจรดังรูป



8.1 รูปวงจรส่งสัญญาณแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จานถอดรหัส

เนื่องจากการเคลื่อนที่ของชุดขากลต้นแบบไม่ต้องการความละเอียดมากนักจึงออกแบบเอ็นโค้ดเดอร์ให้มีเพียง 17 ตำแหน่ง ตำแหน่งละ 6 องศา โดยรหัสที่จะใช้จะเป็นแบบเกรย์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

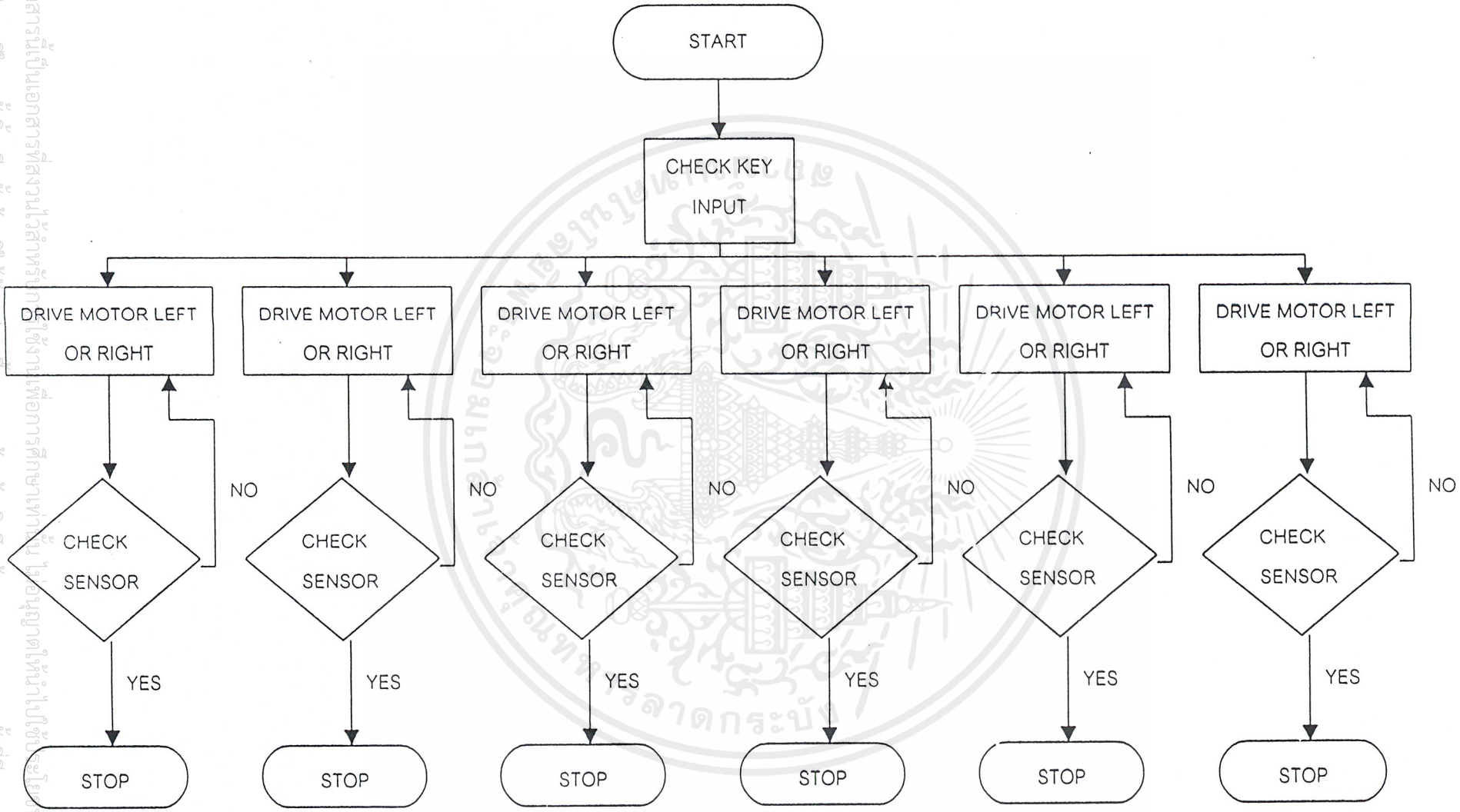
รหัสเกรย์	ตำแหน่งที่
0000	เริ่มต้น
0001	1
0011	2
0010	3
0110	4
0111	5
0101	6
0100	7
1100	8
1101	9
1111	10
1110	11
1010	12
1011	13
1001	14
1000	15
0000	สุดท้าย

จะเห็นได้ว่าออกแบบให้ตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสุดท้ายมีค่าเดียวกันเหตุผลที่ออกแบบดังนี้ เพื่อความสะดวกในการกำหนดตำแหน่งเริ่มต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ตรวจสอบตำแหน่ง คือ สัญญาณรบกวนเนื่องจากแสงภายนอก ซึ่งพบได้จากการทดลอง เมื่อทำการทดลองในบริเวณที่มีแสงสว่างค่อนข้างมาก จะทำให้วงจรรับแสงสามารถทำงานได้ทั้งๆที่จานถอดรหัสอยู่ในลักษณะที่ป้องกันไม่ให้แสงจากวงจรส่งสัญญาณแสงไปถึงวงจรรับสัญญาณแสงได้ซึ่งได้แก้ปัญหาโดยใช้สติกเกอร์ปิดที่รอบๆของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ เพื่อให้เหลือพื้นที่รับแสงเล็กเหมาะสมกับการรับแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


START
CHECK KEY INPUT
DRIVE MOTOR LEFT OR RIGHT
DRIVE MOTOR LEFT OR RIGHT
DRIVE MOTOR LEFT OR RIGHT
DRIVE MOTOR LEFT OR RIGHT
DRIVE MOTOR LEFT OR RIGHT
DRIVE MOTOR LEFT OR RIGHT
CHECK SENSOR
CHECK SENSOR
CHECK SENSOR
CHECK SENSOR
CHECK SENSOR
CHECK SENSOR
NO
NO
NO
NO
NO
NO
YES
YES
YES
YES
YES
YES
STOP
STOP
STOP
STOP
STOP
STOP

บทที่ 9
การเขียนโปรแกรม

9.1 บทนำ

โปรแกรมหรือ Software นั้นมีความสำคัญมาก พอๆกับ Hardware , Hardware ที่ดีเพียงใดก็ตามจะไม่มีความหมายเลย ถ้าปราศจาก Software เปรียบเสมือนมนุษย์ที่มีร่างกายแข็งแรง สมบูรณ์พร้อมแต่ไม่มีสมองในการคิด คำนวณ เฉกเช่นเดียวกับ Software ก็จะขาด Hardware ไม่ได้ สมองจะมีความหมายอะไรหากไม่มีร่างกายที่สมบูรณ์พร้อมในการใช้งาน ดังนั้น Hardware และ Software เป็นสิ่งที่ต้องพึ่งพาอาศัยกัน ทำงานร่วมกันอยู่ตลอดเวลา

9.2 บล็อกไดอะแกรมเบื้องต้นในการออกแบบโปรแกรม

ในการทำงานใดๆก็ตาม ต้องมีการวางแผนหรือออกแบบก่อนเสมอ เพื่อก่อให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด โดยทั่วๆไป มีโครงสร้างดังนี้

รูปที่ 9.1 บล็อกไดอะแกรมของการออกแบบโปรแกรมเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.3 การทำความเข้าใจในขอบเขตของงาน

การทำความเข้าใจในขอบเขตของงานนั้นถือได้ว่ามีความสำคัญมากที่สุด ทุกกระบวนการถัดจากนี้จะมาจากขอบเขตหรือเป้าหมายของงานทั้งสิ้น หากความเข้าใจยังคลุมเครืออยู่ ก็เป็นการยากยิ่งในการคิด สร้างสรรค์กระบวนการต่างๆต่อจากนี้ ขอบเขตของงานนั้นต้องชัดเจนแต่มีความยืดหยุ่นได้ตามสถานการณ์ การตั้งเป้าหมายที่สูงไปนักไม่ใช่สิ่งที่ดีเสมอไป อาจทำความยุ่งยาก ความลำบากอย่างมาก และความย่อท้อของผู้ดำเนินการ ในทำนองเดียวกันการตั้งเป้าหมายที่ต่ำเกินไปก็ไม่ได้ก่อให้เกิดประโยชน์เท่าใดนัก ก็ตรงกับคำกล่าวที่ว่าทุกสิ่งหากมากไปก็ไม่ดี น้อยไปก็ไม่ดี

9.4 การทำความเข้าใจกับ Hardware

เมื่อเราทราบเป้าหมายทาง Software แล้ว ก็ต้องมาทำความเข้าใจกับ Hardware ต้องทราบถึงโครงสร้าง ลักษณะเด่น ลักษณะด้อย เพราะ Software จะเรียกใช้ทรัพยากรของ Hardware เปรียบเสมือน สมองต้องทราบว่า แขนขา ของเรายาวสั้นเท่าไหร่ สามารถเอื้อมไปหยิบสิ่งของถึงหรือไม่ มีแรงเท่าไหร่ ถ้าสมองไม่ทราบก็ไม่สามารถคาดคะเน และสั่งการทำงานได้ เนื่องจากโครงสร้างและการทำงานต่างๆ ทาง Hardware ได้กล่าวไว้ในบทก่อนหน้านี้แล้ว ดังนั้นจึงไม่ขอนำมากล่าวซ้ำอีก

9.5 รู้และเข้าใจในจุดเด่นจุดด้อยในภาษาที่เลือกใช้

เมื่อรู้และเข้าใจ ทั้งเป้าหมาย , โครงสร้างและการทำงานของ HARDWARE แล้ว ก็มาถึงการตัดสินใจในการเลือกใช้ภาษาที่จะเขียน ซึ่งมีอยู่ 4 ภาษา ที่อยู่ในขอบเขตการพิจารณาดังนี้

1. C
2. C++
3. VISUAL BASIC
4. DELPHI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาษา C / C++ อันที่จริงเป็น 2 ภาษาด้วยกัน แต่ในทั่วไปจัดอยู่ในประเภทเดียวกันทั้งสองเป็นภาษาที่รู้จักกันดีในหมู่นักเรียน นักศึกษา เป็นภาษาที่มีการทำงาน การควบคุมระดับล่างที่สุดในบรรดา HIGH LANGUAGE ด้วยกัน จะขออธิบายแยกดังนี้

ภาษา C

เป็นภาษาที่ได้ถือกำเนิดมาแล้วประมาณ 30 ปี ผู้ที่ทำการเขียน C COMPILER คือ ทอมสัน จุดประสงค์แรกเริ่มเดิมที ทอมสันไม่ได้ตั้งใจที่จะเขียน C ขึ้นมาสักทีเดียว จุดประสงค์หลักในขณะนั้นคือ การเขียนระบบปฏิบัติการยูนิกซ์ประวัติความเป็นมากว่าจะได้ C มีดังนี้

ยูนิกซ์แรกเริ่มถือกำเนิดมาในปี 2512 โดยสืบเนื่องจากการที่สถาบัน MIT , ศูนย์วิจัยเบลล์ ซึ่งเป็นสาขาของ AT&T และบริษัท GE ได้ร่วมมือกันออกแบบและพัฒนา O.S. บนเครื่อง GE645 ซึ่งเป็นเครื่องระดับเมนเฟรม O.S. ตัวนี้มีชื่อว่า MULITICS ซึ่งนับเป็นตัวต้นแบบ O.S. ในปัจจุบันอีกหลายๆตัว แต่ MULITICS ที่สร้างขึ้นมามีจุดอ่อนอยู่มาก ต่อมาจึงมีการพัฒนาขึ้น เคน ทอมป์สัน (KEN THOMPSON) ได้พัฒนาโดยใช้ภาษาแอสแซมบลีบนเครื่อง PDP-7 ต่อมาก็ได้มีการจัดสร้างระบบไฟล์ และโปรแกรมสำเร็จรูปต่างๆ ผลลัพธ์ก็คือเขาได้ระบบ O.S. ตัวใหม่ได้ให้ชื่อว่า ยูนิกซ์ (UNIX) ทอมป์สันพบว่า O.S. ที่เขาสร้างขึ้นมานั้นยังมีความสามารถจำกัดอยู่ เขาเลยเริ่มนำภาษาอื่นๆ มาเขียนลองใช้ดู เขาได้นำภาษาฟอร์แทรนมาใช้ก่อน แต่แล้วก็ต้องเลิกใช้ในเวลาที่รวดเร็ว ทั้งนี้ก็เพราะคุณสมบัติของภาษาที่ไม่เอื้ออำนวย ต่อมาได้ลองกับภาษา BCPL (BASIC COMBINED PROGRAMMING LANGUAGE) ซึ่งเป็นภาษาที่ย่อมาจากภาษา ALGOL 60 อีกที ปรากฏว่า BCPL ทำงานได้ค่อนข้างดี ทอมป์สันจึงได้ทำการปรับปรุงภาษานี้อย่างจริงจัง โดยเลือกเอาเฉพาะโครงสร้าง และคุณสมบัติที่จำเป็นจริงๆ กับการใช้งานมาสร้างเป็นภาษาใหม่และตั้งชื่อ C หลังจากนั้นยูนิกซ์ก็ได้รับการปรับปรุงเรื่อยมาตราบจนถึงทุกวันนี้

ภาษา C++

เป็นภาษาที่ได้รับการพัฒนามาจากภาษา C อีกทีหนึ่ง อาจกล่าวได้ว่า C เป็นสับเซตของ C++ ทุกคำสั่งใน C สามารถใช้กับ C++ ได้ แต่ บางคำสั่งใน C++ ไม่สามารถใช้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาษา C ได้ C++ ได้รับการเพิ่มความสามารถทางด้าน OOP เข้าไปซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากในการเขียนโปรแกรม มีการมองเป็นวัตถุเป้าหมายแต่ละตัว (OBJECT) ซึ่งสามารถสืบทอด , อนุพันธ์ นำกลับมาใช้ใหม่ได้ C++ เป็นต้นแบบในการพัฒนาภาษาสำคัญต่างๆ ต่อไปอีกจำนวนมาก ภาษาที่สำคัญมากในปัจจุบันดัง ภาษา JAVA ก็เป็นหนึ่งในนั้น

VISUAL BASIC (VB)

ในปัจจุบันระบบปฏิบัติการ WINDOWS ได้เข้ามาแทนที่ระบบปฏิบัติการในลักษณะเดิม ซึ่งส่วนใหญ่ที่นิยม คือ MS-DOS ซึ่งเป็นลักษณะของ COMMAND LINE แต่ใน WINDOWS จะมีรูปแบบของจอภาพที่ใช้ติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์และผู้ใช้เป็นแบบรูปภาพต่าง เรียกว่า GUI (GRAPHIC USER INTERFACE)

ภาษา VB เป็นภาษาสูงอีกตัวหนึ่ง จัดอยู่ในภาษาระดับที่ 4 เป็นโปรแกรมหนึ่งที่ทาง MICROSOFT ทำขึ้น โดยการพัฒนามาจากภาษา BASIC เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานต่างๆ ได้โดยง่าย สะดวกและรวดเร็ว มี INTERFACE ที่สวยงาม มีลักษณะการทำงานแบบ VISUALIZE เป็นภาษาที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ WINDOW ของ บริษัท MICROSOFT เท่านั้นในช่วงก่อน ในทว่าในปัจจุบันได้มีผู้นำมาพัฒนาเพื่อให้สามารถใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการ LINUX เนื่องจากคุณสมบัติข้อดีดังที่ได้กล่าวไปแล้วทำให้มีผู้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในขณะนี้ ที่ได้กล่าวไว้ว่า VB พัฒนามาจากภาษา BASIC นั้นจะขอกล่าวความเป็นมาของภาษา BASIC อย่างคร่าวๆดังนี้

ภาษา BASIC ได้รับการสร้างขึ้นในปี 1963 โดย HOHN KENENY และ THOMAS KURTZ ที่วิทยาลัย DARTMOUTH พวกเขามีจุดมุ่งหมายในการพัฒนา เพื่อใช้ในการสอนโปรแกรม (PROGRAMMING CONCEPT) โดยเน้นให้รูปแบบของภาษานั้นง่ายต่อการเข้าใจและการใช้งาน รวมทั้งเป็นการทำงานแบบ INTERPRETER (ตัวแปรภาษาทีละบรรทัด) ซึ่งต่างกับในสมัยนั้นที่ส่วนใหญ่จะอาศัย JCL (JOB CONTROL LANGUAGE) ในการทำการ COMPILE และ LINK ทำให้ในช่วงนั้นได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล PC (PERSONAL COMPUTER) ในปี 1970 MICROSOFT ได้เริ่มผลิตตัวแปรภาษา BASIC ใน ROM ซึ่งเรียกว่า ROM-BASED BASIC ขึ้น ต่อมาได้พัฒนาเป็น GW-BASIC ซึ่งเป็นตัวแปรภาษาที่ใช้กับ MS-DOS และในปี 1982 ก็ได้รับการพัฒนาเป็น MICROSOFT QUICKBASIC โดยการเพิ่มความสามารถในการ COMPILE ให้เป็น EXECUTED PROGRAM รวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ผู้ใดนำไปใช้ในการแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งมีความสามารถเป็น STRUCTED PROGRAMMING มากขึ้น โดยการตัด LINE NUMBER ทิ้งไปเพื่อลบข้อกล่าวหาที่ว่าเป็นภาษาที่มีลักษณะ SPAGHETTI CODE (LOGICAL FLOW ของภาษาที่ขาดโครงสร้าง) มาใช้รูปแบบของ SUB PROGRAM และ USER DEFINED รวมทั้งการใช้ STRUCTURED DATA TYPE ต่อมาทาง MICROSOFT ก็พัฒนาจนกลายเป็น VISUAL BASIC

DELPHI

มีลักษณะคล้ายๆ VB ได้รับการพัฒนามาจาก ภาษา PASCAL โดยบริษัท BORLAND การทำงานรูปแบบ เกือบจะเหมือนกับ VB แตกต่างกันอยู่ 2 ด้าน ที่เห็นอย่างเด่นชัดคือ

1. ภาษาที่ใช้โดย VB ใช้ภาษา BASIC ส่วน DELPHI ใช้ภาษา PASCAL
2. ลักษณะ OBJECT ของ VB เป็นลักษณะของ OBJECT เทียม กล่าวคือ มีคุณสมบัติการเป็น OOP (OBJECT ORIENTED PROGRAMMING) ไม่สมบูรณ์ ส่วน DELPHI เป็น OBJECT แท้ เป็น OOP ที่สมบูรณ์ จุดนี้เป็นข้อที่ DELPHI ได้เปรียบ VB เป็นอย่างมา

จาก 4 ภาษาที่กล่าวมาสามารถจัดได้เป็น 2 กลุ่ม ตามลักษณะเด่น และการใช้งานได้ดังนี้คือ

กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่มีพื้นฐานการทำงานบน Windows อันได้แก่ Visual Basic , Delphi
กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่มีพื้นฐานการทำงานบน Dos อันได้แก่ C / C++
ซึ่งเราจะพิจารณาถึง ข้อดี , ข้อเสีย ดังต่อไปนี้

9.5.1 Visual Basic , Delphi

ข้อดี

1. การเขียนโปรแกรมนั้นสามารถทำได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว
2. ในโปรแกรมมี Tools และ Components ต่างๆ ให้ไว้สำเร็จรูปแล้ว ไม่ต้องยุ่งยากและลำบากในการเขียนโปรแกรมเอง
3. มีความเข้ากันได้ดีกับ Active X / OLE ต่างๆบน Windows ทำให้เป็นการง่ายอย่างยิ่งขึ้นในการเรียกใช้ความสามารถอื่นๆ ของโปรแกรมอื่นบน Windows

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Application ที่ได้รับการพัฒนาออกมา มักมี Interface ที่สวยงาม และผู้ใช้โปรแกรม (User) ก็ใช้งานได้ง่าย

ข้อเสีย

1. Programmer ไม่ได้เขียนโปรแกรมติดต่อกับ Hardware โดยตรง แต่จะติดต่อผ่านมทางฟังก์ชัน หรือ Components สำเร็จรูปที่มีให้อยู่แล้วในโปรแกรม
2. Programmer ขาดทักษะ ความรู้ ความเข้าใจ ในการทำงานทาง Hardware (เนื่องจากผลของข้อที่ 1)
3. ขณะที่โปรแกรมกำลังทำงานอยู่ (Run) ไม่ทราบได้เลยว่า โปรแกรมมีการสั่งงานอย่างไร อะไรบ้าง เนื่องจากมีระดับชั้นของ Components สำเร็จรูป กั้นอยู่ (ลักษณะคล้ายๆ การทำงานในแต่ละ Layer ใน OSI ที่แต่ละชั้น ไม่จำเป็นต้องรู้ถึงการทำงานในชั้นอื่นๆ)

9.5.2 C / C++

ข้อดี

1. Programmer สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ Hardware ได้ตรง
2. สามารถประยุกต์การทำงานได้หลายลักษณะ
3. การทำงานมีความรวดเร็วมากกว่า เนื่องจากใช้ทรัพยากรของระบบน้อยกว่า
4. ทราบการทำงานแต่ละขั้นอย่างละเอียด ทำให้ง่ายต่อการแก้ไขปัญหา (Debug)

ข้อเสีย

1. Programmer ต้องมีความรู้และทักษะทางด้าน Programming สูงกว่า
2. การเขียนโปรแกรมทำได้ยาก ไม่สะดวก และช้ากว่า
3. Application ที่ได้รับการพัฒนาออกมามักอยู่ในรูปที่ไม่ค่อยสวยงามนัก
4. ไม่เหมาะกับงานประยุกต์บางอย่าง ในลักษณะการใช้ทรัพยากรหรือความสามารถร่วมกัน กับ Application อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตัดสินใจและเหตุผลในการเลือกใช้

1. C / C++ เราจะเลือกใช้ภาษานี้ เพราะเป็นภาษาสูงที่ทำงานในระดับ Hardware ได้ดีที่สุด หากเราทำการศึกษาอย่างจริงจัง เราก็จะรู้ลักษณะการทำงานของ Hardware ได้ละเอียดมากทีเดียว (ยังสู้ Assembly ไม่ได้ เพราะเป็นภาษาระดับต่ำ ใกล้ Hardware มากที่สุด) อีกทั้งยังเป็นการฝึกการเขียนโปรแกรมแบบ OOP ด้วย ซึ่งเราเล็งเห็นว่ามีความสำคัญและเป็นประโยชน์ต่อมาในอนาคต เป็นการสร้างแนวคิดเบื้องต้นก่อน
2. Visual Basic (VB) เป็นภาษาที่เราเลือกใช้เช่นกัน เนื่องจาก C / C++ ที่เราได้เลือกใช้ไปก่อนหน้านี้ มีลักษณะการทำงานใน DOS จึงต้องการทดสอบการเขียนโปรแกรมบน Windows บ้างอีกทั้ง VB กำลังทวีบทบาทมากขึ้นในปัจจุบันเป็นอย่างมาก มี Interface ที่สวยงาม หากเราได้ศึกษาไว้ก็เป็นการดีอย่างยิ่ง
3. Delphi เราไม่เลือกใช้ในขณะนี้ เพราะ Delphi มีลักษณะที่คล้ายกับ VB มากเมื่อเราเลือกใช้ VB แล้วก็ไม่มีความจำเป็นเท่าไหร่นักที่ต้องศึกษา Delphi อีก

9.6 การวิเคราะห์ตีความเป็น Algorithms

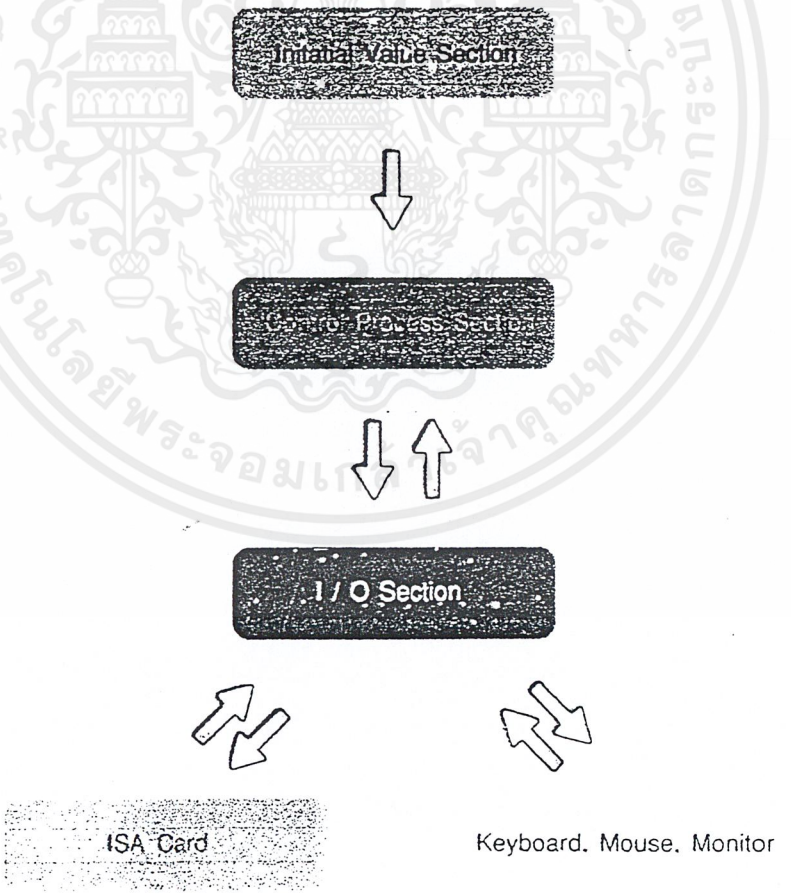
เนื่องจากเนื้อหาในส่วนนี้มีรายละเอียดค่อนข้างมาก จึงขอยกขึ้นเป็นบท ซึ่งอยู่ในบทถัดไป คือ บทที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 10
การวิเคราะห์และตีความหมายเชิง Algorithms

นำความรู้ ความเข้าใจ และข้อมูลต่างๆ จากกระบวนการก่อนหน้านี้ มาวิเคราะห์เพื่อคิดออกเป็น Algorithms ทาง Software ซึ่งเป็นกระบวนสุดท้ายในการออกแบบ Software ได้ดังนี้

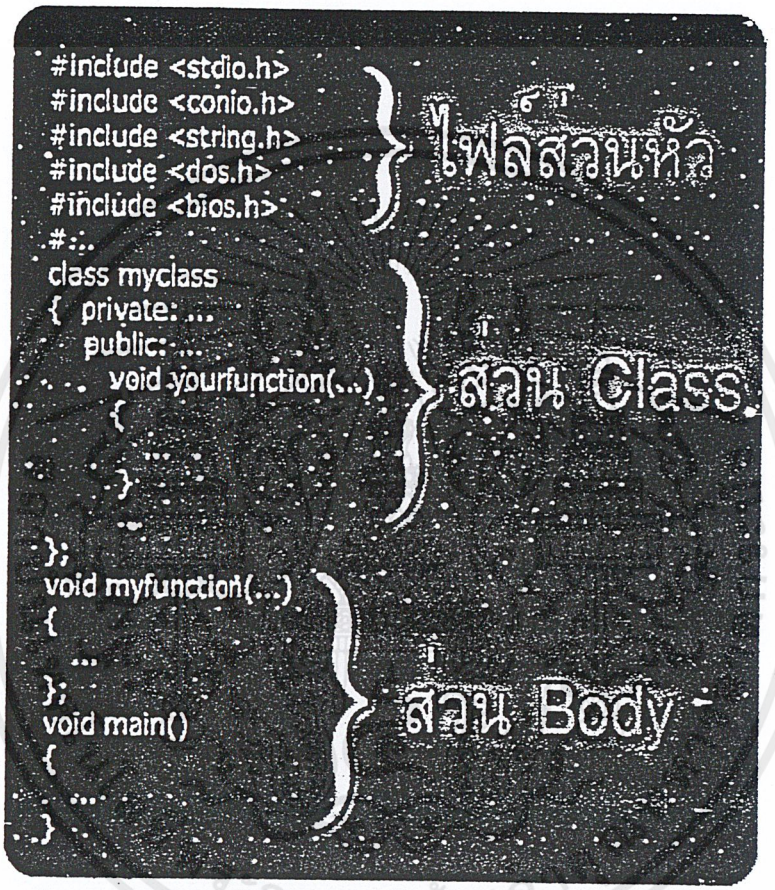
ก่อนอื่นขอแบ่งเป็น Block Diagram หลักๆก่อน และค่อยลงรายละเอียดในแต่ละส่วนลงไปในภายหลัง เพื่อให้ง่ายในการเห็นถึงภาพรวมก่อน ดังนี้



รูปที่ 10.1 บล็อกไดอะแกรมโครงสร้างหลักๆ ในการวิเคราะห์ Algorithms

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาษา C / C++ โดยทั่วไปมีโครงสร้างดังนี้



รูปที่ 10.2 โครงสร้างพื้นฐานของภาษา C / C++

10.1 Initial Value Section

เป็นส่วนของการกำหนดค่าเริ่มต้น ข้อตกลง ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งจะกระทำเพียงครั้งเดียวตอนเริ่มต้นการทำงานของโปรแกรมเท่านั้น ในที่นี้ก็คือ ฟังก์ชันส่วนหัว , การประกาศตัวแปร และการกำหนดค่าคงที่ของตัวแปร นั่นเอง เราต้องทราบว่า ฟังก์ชั่นที่เราต้องการใช้อยู่ใน ไฟล์ส่วนหัวตัวไหน แล้วทำการผนวกเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งในการ Compile จะฟ้องข้อผิดพลาดออกมา เช่น การต้องการใช้ฟังก์ชัน clrscr() ในการลบหน้าจอใน Text Mode เราก็ต้องประกาศฟังก์ชันส่วนหัวที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อว่า conio.h เป็นต้น เหตุที่ว่าทำไมถึงไม่เป็นอัตโนมัติล่ะ ทำไม Compiler ถึงไม่หายเอาเองใน Include File ที่มีอยู่ เหตุผลที่ว่ามีดังนี้

1. เสียเวลาและสิ้นเปลืองทรัพยากรโดยใช่เหตุ ในการค้นหาฟังก์ชันต่างๆในไฟล์ส่วนหัวเหล่านี้
2. ในการพัฒนาฟังก์ชันหนึ่งๆ อาจสามารถพบได้ในไฟล์ส่วนหัวหลายไฟล์ โดยในการทำงานของฟังก์ชันในแต่ละไฟล์ส่วนหัว ก็อาจจะมีไม่เหมือนกัน กล่าวคือ จะง่ายและสะดวกในการกำหนดไฟล์ส่วนหัวเอง กรณีดังกล่าวนี้พบมากในลักษณะของพัฒนาไฟล์ส่วนหัวตัวเดิม มาเป็นตัวใหม่ที่มีลักษณะอื่นๆมากกว่า
3. ง่ายและสะดวก ในการ Compile แต่ละส่วน

ส่วนการประกอบตัวแปรต่างๆนั้น ได้มาจากความต้องการตัวแปรนั้นๆ มาใช้สอยในโปรแกรมของเรา เราต้องประกาศตัวแปรให้ถูกต้องตามลักษณะ ชนิดของตัวแปร และความเข้ากันได้ของตัวแปร ชนิดตัวแปรพื้นฐาน มีดังนี้ (ในที่นี้คือตัวแปรพื้นฐานใน C++

ชนิดตัวแปร	คิดเครื่องหมาย	ช่วงจำนวน		จำนวนตัวเลขความแม่นยำ	จำนวนไบต์
		ต่ำ	สูง		
Char	✓	-128	127	N/A	1
Unsigned char	✗	0	255	N/A	1
Int	✓	-32,768	32,767	N/A	2
Unsigned int	✗	0	65,535	N/A	2
Long	✓	-2,147,483,648	2,147,483,647	N/A	4
Unsiged long	✗	0	4,294,967,295	N/A	4
Float	✓	3.4×10^{-38}	$3.4 \times ^{38}$	7	4
Double	✓	1.7×10^{-308}	1.7×10^{308}	15	8
long double	✓	3.4×10^{-4932}	1.1×10^{4932}	19	10

รูปที่ 10.1 ตารางแสดงคุณสมบัติของตัวแปรแต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.2 Control Process Section

ทำหน้าที่เป็นส่วนกลางในการคิด คำนวณ ควบคุมการทำงานทั้งหมดของโปรแกรม และ Hardware ภายนอก อันได้แก่

1. ฟังก์ชันต่างๆในโปรแกรม
2. เงื่อนไขการควบคุม (Control Statements) อันประกอบด้วย การดำเนินการทางลูป (Loop) และการตัดสินใจ (Decision)
3. การร้องขอ เรียกใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในระบบ
4. การจัดการข้อผิดพลาดต่างๆ ที่จะบังเกิดขึ้นในระบบ

ซึ่งในการเขียนโปรแกรมนั้นต้องคำนึงถึง Syntax (ไวยากรณ์ของคำสั่ง หรือข้อกำหนดต่างๆ)

10.2.1ฟังก์ชันต่างๆ

ฟังก์ชันที่ใช้ในภาษา C++ นั้น มีอยู่ด้วยกันมากมาย ดังจะยกตัวอย่างได้ดังนี้ (อนึ่ง สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ Help ของโปรแกรม ซึ่งมีให้อย่างครบถ้วน ทุกฟังก์ชันในทุกไฟล์ส่วนหัว โดยกล่าวรายละเอียดอย่างคร่าวๆ พร้อมตัวอย่างให้พอสังเขป)

ฟังก์ชัน / คำสั่งที่ควรทราบในเบื้องต้น

1. Printf เป็นคำสั่งในภาษา C (C++ ก็ใช้ได้แต่ไม่นิยมใช้) การทำงานของมันก็คือ ส่งข้อความที่เราต้องการออกสู่หน้าจอ
2. Scanf เป็นคำสั่งใช้ในภาษา C เช่นเดียวกัน (C++ ไม่นิยมใช้) หน้าที่คือ รับ input ที่เข้ามาทาง Keyboard
3. Cout เป็นคำสั่งในภาษา C++ ซึ่งใน C ไม่มีคำสั่งนี้ มีลักษณะการทำงานคล้าย printf มีความยืดหยุ่น และความสามารถมากกว่า สามารถทำการเปลี่ยนทิศทางได้ โดยค่า default ของมัน คือ การส่งออกหน่วยแสดงผลมาตราฐาน หรือ จอภาพนั่นเอง
4. Cin เป็นคำสั่งในภาษา C++ (ใน C ไม่มี) หน้าที่คล้าย Scanf แต่สามารถเปลี่ยนทิศทางได้เช่นเดียวกับ Cout
5. Getche มีทั้งใน C และ C++ ใช้สำหรับรับค่า อักขระ 1 ตัวอักษรจาก Keyboard โดยจะไม่แสดงค่าที่ให้ลงไปในหน่วยแสดงผล
6. Gotoxy(x,y) เป็นคำสั่งให้ตำแหน่ง cursor ไปที่ใดที่หนึ่งในหน้าจอที่เราต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Initgraph(&driver,&mode,\\tc\\bgi) เป็นคำสั่งในการเริ่มต้นการทำงานในสภาวะกราฟฟิก โดยการตั้งค่าผ่านทางพารามิเตอร์ driver , mode ส่วน \\tc\\bgi เป็นที่อยู่ของไฟล์ที่เก็บทรัพยากรของกราฟฟิกไว้
8. Closegraph() ทำหน้าที่ออกจากสภาวะกราฟฟิก ไปสู่สภาวะข้อความ
9. Setcolor(color) เป็นตัวกำหนดสีที่ใช้ในการวาดเส้น
10. Setlinestyle(style) ใช้สำหรับเส้นตรง ทำหน้าที่กำหนดรูปแบบการวาดเส้น เช่น วาดเป็นเส้นตรงธรรมดา วาดเป็นเส้นประ วาดเป็นเส้นจุดไข่ปลา เป็นต้น
11. Floodfill(x,y,linecolor) ทำหน้าที่ลงสีภายในวงกลมให้เต็ม คำสั่งนี้จะเริ่มต้นที่ตำแหน่ง x,y และจะลงสีตามรูปแบบที่กำหนดใน setfillstyle ขยายจนไปกระทั่งถึงขอบ
12. Setfillstyle(style,fillcolor) เป็นการกำหนดรูปแบบการลงสี
13. Inportb(IO_Address) ทำหน้าที่รับข้อมูลจาก Port ที่ระบุ
14. Int86(0xXX,&iregs,&oregs) เป็นคำสั่งที่ใช้ในการ Interrupt Dos โดย XX คือหมายเลขการ Interrupt ค่าที่ระบุไว้ใน register AX เป็นตัวบอกถึงบริการที่เท่าไหร่ของการ Interrupt นั้นๆส่วน iregs,oregs เป็นค่าที่ส่งกลับมา โดยจะมีได้ในหลาย register เช่น CX,DX เป็นต้น
15. กลุ่มคำสั่งประเภทการตัดสินใจ เช่น if_then_else , Switch_case , While do , Do while, for loop , goto เป็นต้น
16. Line(x1,y1,x2,y2) คำสั่งที่ใช้ในการลากเส้นตามพิกัดที่ระบุ
17. Circle(x,y,r) ทำหน้าที่วาดวงกลมโดยมีจุดศูนย์กลางอยู่ที่ x,y มีรัศมี r
18. Rectangle(x1,y1,x2,y2) วาดสี่เหลี่ยมตามพิกัดที่ระบุ

10.2.2 เงื่อนไขการควบคุม (Control Statements)

โปรแกรมที่เราใช้โดยทั่วไปนั้น มีอยู่จำนวนไม่มากนักที่กระทำการทางคำสั่ง หรือฟังก์ชันทั้งหมดในลักษณะเรียงลำดับตั้งแต่ต้นจนจบ โปรแกรมส่วนใหญ่มักจะต้องตัดสินใจว่าจะทำอะไรอย่างไร ในลักษณะที่ตอบสนองต่อสภาวการณ์ที่กำลังเปลี่ยนแปลง การ Flow ของตัวควบคุมจะกระโดดจากส่วนหนึ่งของโปรแกรมไปยังอีกส่วนหนึ่ง ซึ่งก็จะขึ้นกับกระบวนการคำนวณและสถานการณ์นั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.2.2.1 การดำเนินการทางลูป(Loop)

ลูปจะทำให้เกิดการกระทำส่วนหนึ่งๆของโปรแกรมซ้ำไปเรื่อยๆ ตราบใดที่เป็นสภาวะเป็นจริง (True) การสิ้นสุดของลูปจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อ สภาวะเป็นเท็จ(False) ใน C++ มีอยู่ 3 ชนิดด้วยกัน ดังนี้

1. ลูป for เป็นลูปที่จะกระทำงานซ้ำ ตามจำนวนครั้งที่ระบุไว้ เช่น

```
for ( i  = 0 ; i < 10 ; i++)
        cout<<I<<",";
output: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
```

2. ลูป while เป็นลูปที่จะวนซ้ำจนกว่าเงื่อนไขที่เช็กจะมีสภาวะเป็นเท็จ จึงออกจากลูป เช่น

```
int n=0;
while(n!=5)
        { cout<<n<<","; ++n}
output : 0,1,2,3,4
```

3. ลูป do หรือที่เรียกอีกชื่อว่า ลูป do while เหตุผลตอนท้ายของลูปต้องมี while เพื่อเป็นตัวเช็กเงื่อนไข จากลักษณะดังกล่าว จึงมีลักษณะเด่นคือ มีการดำเนินการคำสั่งในลูป อย่างน้อยหนึ่งครั้ง เช่น

```
int n=0;
        do
                { cout<<n<<","; ++n}
        while(n!=0)
output : 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.2.2.2 การตัดสินใจ เป็นการดำเนินการในลักษณะการตัดสินใจ ผลของการตัดสินใจทำให้มีการกระโดด ของFlow Command ไปจุดอื่นๆ

1. if เป็นการตัดสินใจว่า หากสภาวะเป็นจริง จึงทำคำสั่งถัดไปจาก if หากเป็นเท็จก็ให้ข้ามคำสั่งที่ถัดจาก if ไปยังคำสั่งตำแหน่งถัดออกไปอีก เช่น

```
if (x>100)
statement :  //  คำสั่งถัดไปซึ่งมีคำสั่งเดียว  จะกระทำเมื่อเงื่อนไขเป็นจริง
statement ; //  คำสั่งถัดไปอีก  จะกระทำเมื่อเงื่อนไขเป็นเท็จ (เงื่อนไขจริงก็  ยังกระทำเนื่องจากเป็นการ Flow command ลงมา)

if (x>100)
{ statement;
 statement; // มีหลายคำสั่ง
 statement;
}
```

2. if else มีลักษณะคล้าย if ต่างตรงที่ว่าใน if else หากเงื่อนไขเป็นเท็จ ก็จะมีคำสั่งให้มันกระทำด้วยไม่ใช่ Flow ผ่านไปยังคำสั่งถัดไปเหมือน if

```
if (x>100)
statement; // เมื่อเงื่อนไขเป็นจริง
else
statement; // เมื่อเงื่อนไขเป็นเท็จ
statement; // สิ้นสุดขอบเขตของ if else ดังนั้น เงื่อนไขทั้งจริงหรือเท็จก็ไม่มีผลแต่อย่างใด นั่นคือ คำสั่งนี้จึงมีการกระทำตามการ
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flow command

```
if (x>100)
{ statement;
  statement;
  statement;
}
else
{ statement;
  statement;
  statement;
}
```

3. Switch ทำหน้าที่เลือกการ Flow command ในลักษณะเป็นชุด คล้ายๆ กับการใช้ if else ซ้อนกันหลายๆครั้ง

```
Switch(x)
{
    case1: cout<<"hi" <<endl; break; // เมื่อ x มีค่าเป็น 1
    case2: cout<<"hello" <<endl;break; // เมื่อ x มีค่าเป็น 2
    case3: cout<<"hey" <<endl:break;  // เมื่อ x มีค่าเป็น 3
    default: cout<< "oh no" <<endl:break;  // เมื่อ x มีค่าเป็นค่าอื่นๆ
}
```

4. goto ทำหน้าที่กระโดดไปยังส่วนอื่น ของโปรแกรมแบบไม่มีเงื่อนไข ควรหลีกเลี่ยงการใช้คำสั่งนี้ เพราะการดำเนินการของ goto จะทำให้เกิด รหัส สปาเกตตี ขึ้น ซึ่งยากต่อการที่จะทำความเข้าใจและแก้ไขจุดบกพร่อง

```
goto log;
statement; // คำสั่งอื่นๆ
log;
statement // จะกระโดดมาทำงานที่จุดนี้
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.2.2.3 การเรียกใช้ทรัพยากรของระบบ

เป็นส่วนที่มีการเรียกใช้ทรัพยากรที่พึงหาได้ในระบบ เช่น การร้องการใช้งานฟังก์ชันทางกราฟฟิกโดยผ่าน initgraph การใช้ฟังก์ชันทาง Dos เช่น mouse interrupt , keyboard interrupt

10.2.2.4 การจัดการข้อผิดพลาดที่จะบังเกิดขึ้น

ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของโปรแกรมให้ถูกต้อง ในงานฟังก์ชันส่วนใหญ่ จะมีการ Return ค่ากลับมาเพื่อบอกให้ทราบถึงผลของการดำเนินการคำสั่งนั้นๆ ว่าสำเร็จหรือล้มเหลว ซึ่งอาจ Return ค่ากลับมาที่จุดเรียกใช้คำสั่งนั้นๆเลย หรือส่งค่าผ่านตัวแปรพิเศษของระบบ เรานำค่าต่างๆ ที่ได้เหล่านี้มาประมวลว่า ถ้าล้มเหลวแล้วควรทำอย่างไร จะพยายามเรียกซ้ำ หรือลองวิธีอื่น เช่น การ Save ชื่อไฟล์ที่มีการตั้งชื่อผิด (Bad filename) เช่น <>myname.pdf เมื่อเราทราบว่าการดำเนินการล้มเหลว ก็ทำการส่งข้อความเตือนให้ผู้ใช้ (User) ออกไป เพื่อให้ผู้ใช้ได้แก้ไข

10.3 I/O Section

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับ / ส่งข้อมูล ติดต่อกับอุปกรณ์ Hardware ภายนอก อันได้แก่ Mouse , Keyboard , Monitor , ISA card โดยติดต่อผ่านคำสั่ง inport , outport ใน ISA card ติดต่อผ่านการฟังก์ชันทาง dos interrupt เช่น int86 , intdos เป็นต้น

10.4 อุปกรณ์ปลายทาง

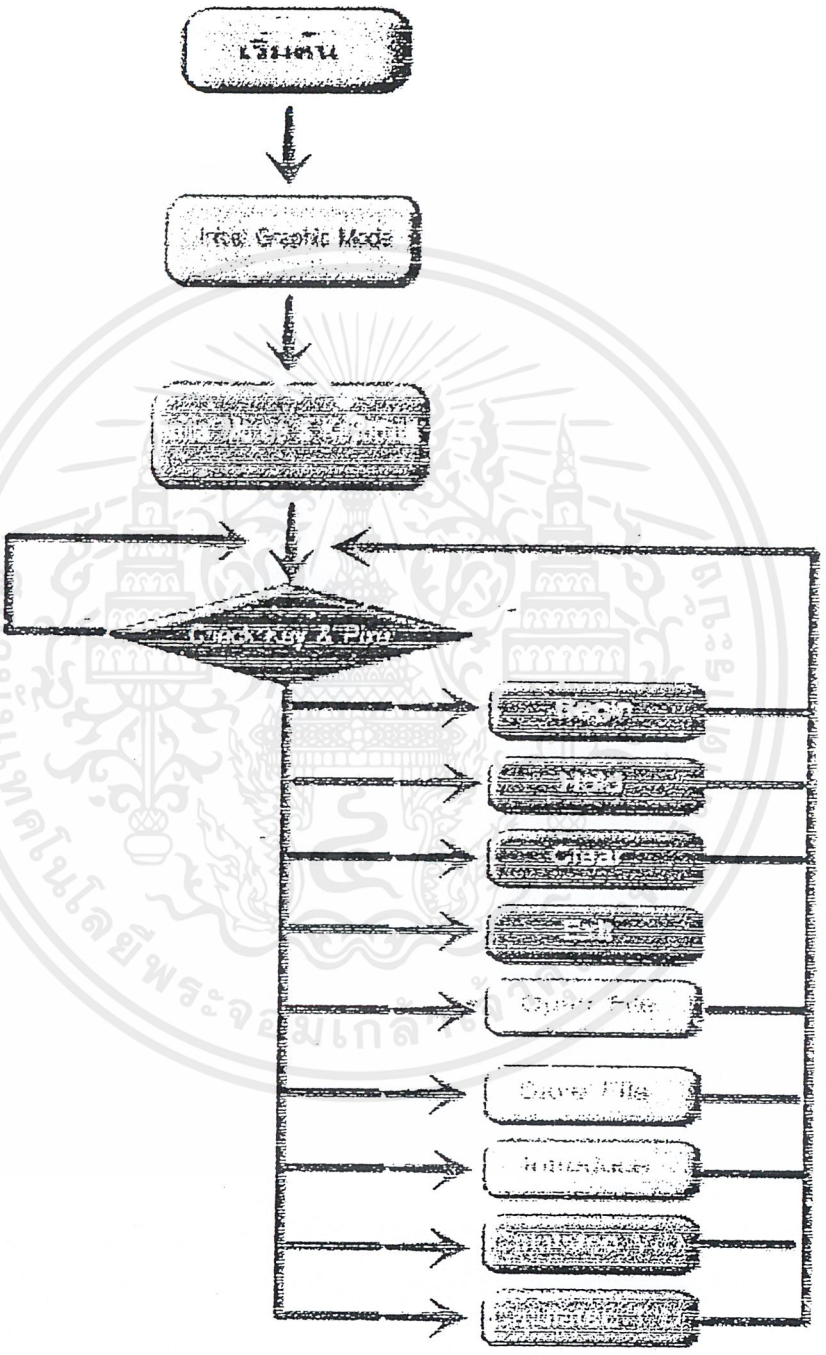
อันได้แก่ mouse , keyboard ,monitor , ISA card ทำหน้าที่เป็น input , output ให้กับโปรแกรม อุปกรณ์เหล่านี้ผลิตมาจากหลายบริษัทหลายยี่ห้อ จึงมีคุณลักษณะพิเศษบางอย่างที่ไม่เหมือนกัน ตามแต่ Option ที่ใส่ลงไป แต่ทุกอันจะมี Standard ร่วมกันอยู่ ซึ่งทั้งหมดสามารถรู้และเข้าใจคำสั่ง ในการทำงานคำสั่งพื้นฐานได้ เรียกว่า Standard Function โดยปกติแล้วขณะที่โปรแกรมมีการร้องขอการใช้ทรัพยากรของระบบ ผ่านทาง I/O โดยใช้ Standard Driver ซึ่งจะเป็น Standard Function นั่นเอง หากต้องการใช้ความสามารถเต็ม (Full Option) ของอุปกรณ์ ต้องระบุ Driver ให้กับโปรแกรมด้วย โดยใส่ Driver เฉพาะนั้นๆ ซึ่งจะหาได้จากผู้ผลิตอุปกรณ์นั้นๆ เพื่อความเข้าใจที่ชัดเจนยิ่งขึ้น จะขอยกตัวอย่าง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานการณ์

นาย A ซื้อ Mouse 4D ของ A4TECH มา ซึ่งมีลักษณะพิเศษที่พึงสังเกตุได้ภายนอกคือ มี 3 ปุ่ม มีลูกกลิ้งตรงระหว่างปุ่ม 2 อัน นาย A นำมา Plug กับ Computer ของตน แล้วทำการเปิด Windows 95 เมื่อเข้าไปแล้วนาย A ก็สามารถใช้ Mouse ได้ตามปกติ โดยไม่ต้องป้อน Driver ให้ Windows แต่อย่างใด หลังจากใช้งานได้สักพักนาย A สังเกตุได้ว่า ใช้ได้เพียง 2 ปุ่ม เท่านั้น ปุ่มกลาง และลูกกลิ้งไม่สามารถใช้งานได้ ที่ใช้ได้ 2 ปุ่มนั้น นั่นคือ Standard Function หรือ Standard Driver ของ mouse แบบ 2 ปุ่ม ที่ Windows เรียกใช้อยู่ ตัว Windows เองจะไม่รู้จัก ปุ่มที่ 3 หรือ ลูกกลิ้งแต่อย่างใด หากต้องการใช้ความสามารถให้เต็มประสิทธิภาพของ mouse ที่ซื้อมา นาย A ต้องป้อน Driver ตัวใหม่ที่จะได้มาด้วยพร้อมกับ mouse ที่ซื้อมา ให้กับ Windows เพื่อที่ Windows จะได้รู้จักและสามารถติดต่อกับ mouse ในการทำงานลักษณะพิเศษอื่นๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10.4 Flow chart ของส่วนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อผู้ใช้เปิดโปรแกรมแล้ว Run โปรแกรมก็จะโหลด Graphic Driver แล้วเข้าสู่ Graphic Mode หลังจากนั้นก็ทำการใช้ Interrupt เพื่อขอใช้ทรัพยากร 2 ตัว คือ Mouse และ Keyboard โดย Mouse จะใช้ Software Interrupt Interface ผ่านคำสั่ง int86 ซึ่งใช้อินเตอร์รัพท์ที่ 0x33 โปรแกรมย่อยที่ 3 ส่วน Keyboard จะใช้ Dos Interrupt Interface ผ่านคำสั่ง intdos โดยเซ็ท Ah=0x06 และ DI=0xff

การทำงานของ Mouse ในโหมดนี้ ทำให้ระบบรับรู้ว่ามี Mouse อยู่และสร้าง Pointer รู้ลูกศรเป็น Mouse Pointer พร้อมทั้งรับรู้ถึงการเคลื่อนไหวของ Mouse อยู่ โดยมีการคืนค่ากลับเป็นปุ่มที่กด (ปุ่มซ้าย , ปุ่มขวา) กับพิกัดที่มันอยู่

การทำงานของ Keyboard ในโหมดนี้เป็นโหมดที่ตรวจสอบว่าที่ Buffer ของ Keyboard มีตัวอักษรอะไรบ้าง ถ้ามีก็จะรับค่าไป แต่ถ้าไม่พบก็จะไม่รอให้ผู้ใช้ (User) กดคีย์แต่อย่างใด

หลังจากนั้นก็ทำการตรวจสอบการกดคีย์ และการกด Mouse ของผู้ใช้ว่าตรงกับคีย์หรือพิกัดอยู่ ในช่วงที่เราต้องการหรือไม่ (ตรวจสอบการกดของ Hotkey และการกด Mouse ในช่วง Pixel ของปุ่มบนหน้าจอ) ถ้าใช่ก็ให้ไปทำในโปรแกรมย่อยของแต่ละการทำงานของแต่ละรหัส หากไม่มีการกดคีย์หรือเมาส์ หรือเป็นรหัสที่ไม่ต้องการ ก็ให้รอจนกว่าผู้ใช้จะกด

หากเข้าสู่การทำงานของโปรแกรมย่อยแล้ว หลังจากเสร็จสิ้นการทำงานของโปรแกรมย่อยก็จะเข้าสู่การรอการกดคีย์หรือเมาส์อย่างเดิม ยกเว้นผู้ใช้ป้อนรหัสที่เป็นการทำงานของ Exit หรือการออกจากโปรแกรมนั่นเอง

การทำงานของ Begin ก็จะเป็นการทำงานในการวาดกราฟ ที่ได้จากการวัดสัญญาณภายนอกที่ผ่านมาทาง ISA Card เมื่อ Begin ทำงานหน้าจอจะวาดกราฟ พร้อมคำนวณความถี่ แล้วบอกความถี่ผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ , Hold ทำหน้าที่หยุดกราฟนั้นไว้ชั่วคราว , Clear ทำหน้าที่ลบกราฟบนหน้าจอ , Exit ออกจากโปรแกรม

การทำงานใน Open และ Save จะมีลักษณะคล้ายๆกัน เมื่อเข้าไปแล้วโปรแกรมจะทำการโหลดชื่อไฟล์ทั้งหมดใน Directory ที่ทำงานอยู่ พร้อมทั้งมีแถบสว่าง ให้ผู้ใช้สามารถกดลูกศรเลื่อนขึ้นหรือลง เพื่อเลือกไฟล์ที่ต้องการ Open หรือ Save ซึ่งในการทำงานของ Save นั้นจะพิเศษกว่า Open เล็กน้อย คือสามารถตั้งชื่อไฟล์ใหม่ เพื่อทำการจัดเก็บ หากไฟล์ซ้ำ ก็จะเตือนว่าจะเขียนทับหรือไม่

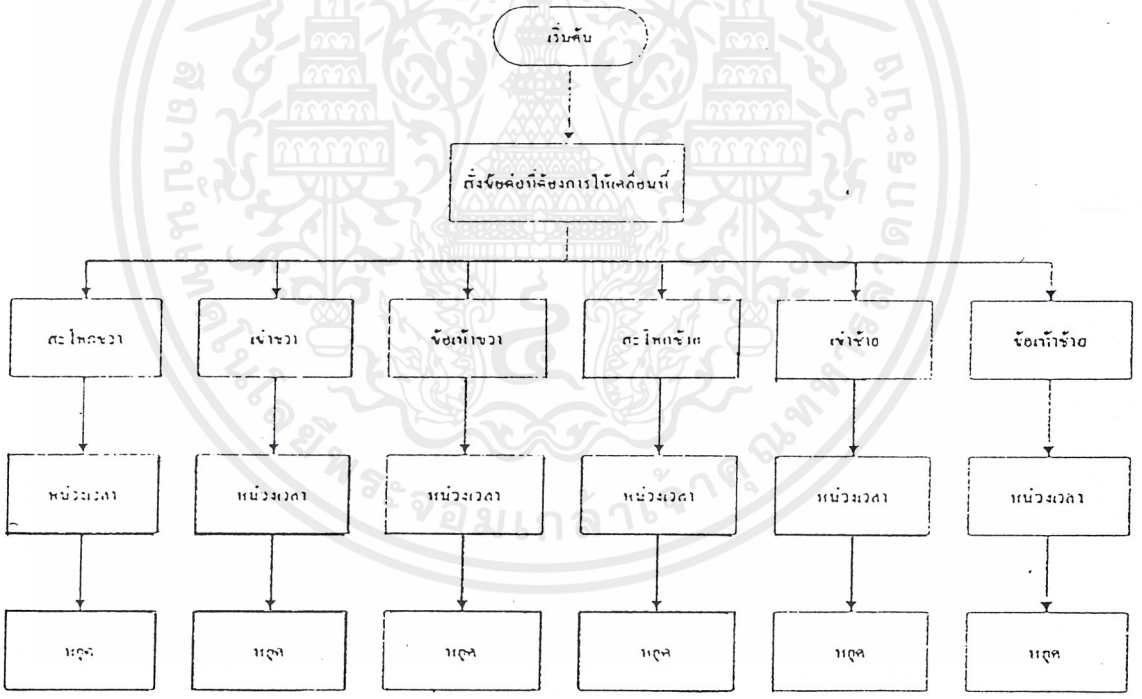
ส่วน V/D และ T/D เป็นการตั้งค่าในการวาดกราฟ โดยสามารถกดเมาส์ตามขนาดตามต้องการ หรือใช้ Manual Mode เพื่อใส่ค่าของขนาดที่ต้องการก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.5 โปรแกรมควบคุมระบบ

หลักการออกแบบโปรแกรมควบคุมระบบ

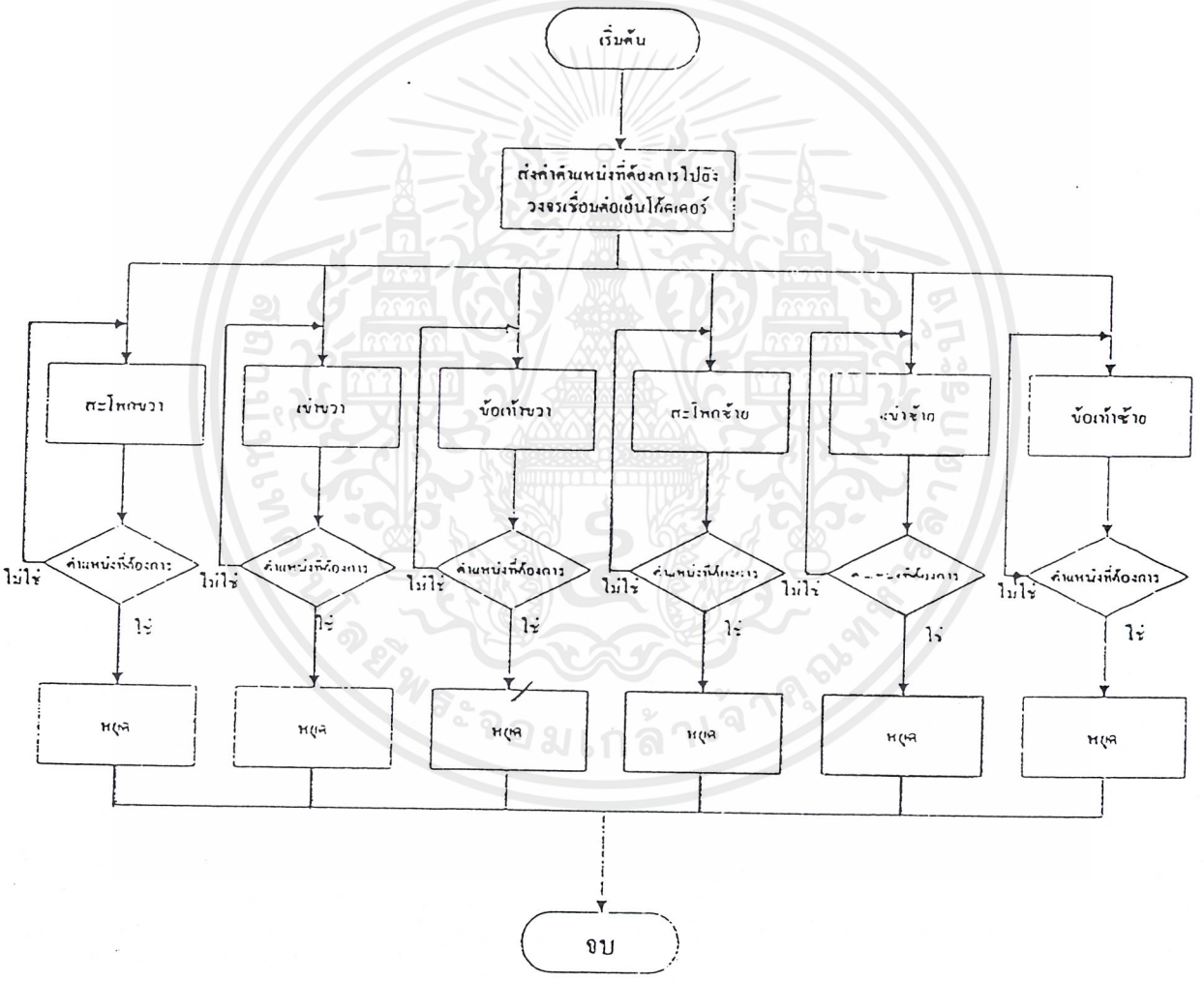
10.5.1 การควบคุมแบบไม่มีการป้อนกลับ เป็นการควบคุมชุดขากลต้นแบบโดยยังไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจสอบตำแหน่ง ดังนั้นจึงเป็นการสั่งให้มอเตอร์หมุนโดยกำหนดระยะเวลาในการหมุน



รูปที่ 10.5 แสดงบล๊อกไดอะแกรมแบบไม่ป้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.5.2 การควบคุมแบบมีการป้อนกลับ เป็นการควบคุมชุดขากลต้นแบบ โดยยังมีการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจสอบตำแหน่งทำให้การหมุนมีความแม่นยำขึ้น



รูปที่ 10.6 แสดงบล็อกไดอะแกรมแบบมีการป้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 11
ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองที่ได้ทำเพื่อทดสอบสภาวะของการทำงานว่ามีความเป็นได้และความถูกต้องมากน้อยเพียงใด

การทดลอง

ทดลองการหมุนของข้อต่อแต่ละข้อ

จุดประสงค์

เพื่อตรวจสอบการหมุนของเฟืองที่ข้อสะโพกและข้อเข่า ซึ่งเชื่อมต่อมาจากมอเตอร์ด้วยโซ่ว่ามีข้อผิดพลาดแตกต่างไปจากคำสั่งที่ให้มอเตอร์หมุนอย่างไร

วิธีการทดลอง

1. เริ่มทำการทดลองโดยการสั่งให้ข้อเข่าและข้อเท้าหมุนลอยมาอยู่ในสภาวะที่เมื่อหมุนข้อสะโพกแล้วจะไม่ก่อให้เกิดการติดขัด
2. ทำการสั่งให้ข้อสะโพกหมุนไปข้างใดข้างหนึ่ง โดยให้แนวแกนที่ลากต่อระหว่างข้อสะโพก และข้อเข่ามาอยู่ในตำแหน่งที่ศูนย์ของจานถอดรหัส
3. เขียนโปรแกรมคำสั่งกำหนดให้การป้อนคำสั่งเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษในการเคลื่อนที่แต่ละครั้งมีเวลาที่ใช้ในการหน่วงเท่ากัน
4. ทำการบันทึกผลการทดลองเป็นข้อมูลตัวเลขที่ระบุอยู่ในทุกๆช่องบนแผ่นจานถอดรหัสโดยเทียบเอากับจำนวนครั้งของคำสั่ง
5. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1 ถึง ข้อ 4 ที่ข้อเข่า และ ข้อเท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ข้อสะโพก

จำนวนครั้งของคำสั่ง	ตำแหน่งที่อยู่บนจานถอดรหัส
0	0
1	1
2	3
3	2
4	6
5	7
6	5
7	4
8	C
9	D
10	F
11	E
12	A
13	B
14	9
15	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ข้อเข่า

จำนวนครั้งของคำสั่ง	ตำแหน่งที่อยู่บนจานฉอดรหัส
0	0
1	1
2	3
3	2
4	6
5	7
6	5
7	4
8	C
9	D
10	F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ข้อเท้า

จำนวนครั้งของคำสั่ง	ตำแหน่งที่อยู่บนจานถอดรหัส
0	0
1	1
2	3
3	2
4	6
5	7
6	5
7	4
8	C
9	D
10	F
11	E
12	A
13	B
14	9
15	8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ถึงความไม่เป็นเชิงเส้นของผลการทดลองดังจะเห็นได้จากสภาวะที่เริ่มต้นตำแหน่งของแนวเชื่อมต่อระหว่างแนวข้อต่อแต่ละข้ออยู่ในตำแหน่งที่ศูนย์ของแผ่นจานถอดรหัส จากนั้นเมื่อทำกานป้อนคำสั่งครั้งที่ 1 จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมากในการเคลื่อนที่รอบจุดหมุนของข้อต่อ และเมื่อทำการป้อนคำสั่งต่อไปเรื่อยๆ จะพบได้อย่างชัดเจนว่าความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนั้นค่อยๆมีปริมาณน้อยลง ที่เป็นเช่นนั้น เนื่องจากในช่วงแรกของการทำงานมอเตอร์จะต้องทำงานภายใต้สภาวะที่แรงโน้มถ่วงของโลกช่วยเพิ่มแรงในการเคลื่อนที่รอบจุดหมุน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมาก และเมื่อลักษณะของการทำงานในช่วงแรกผ่านพ้นไป ก็จะค่อยๆเข้าสู่สภาวะที่แรงโน้มถ่วงของโลกมิได้ช่วยให้เกิดการเปลี่ยนแปลงมากเท่าใดนัก เนื่องจากการเคลื่อนที่ค่อยๆ เข้ามาอยู่ในลักษณะที่ใกล้เคียงกับแนวราบของพื้นโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Clean W. Thomson , Ph.D., F.A.C.A.S.M. , " Manual of Structural Kinesiology " , Saint Louis 1977
2. Philip J. Rasch , Ph.D , F.A.C.S.M . , " Kinesiology and Applied Anatomy The Science of Human Moving " , Philadelphia
3. John M. Copper , Ed.D. , " Kinesiology ", St. louis Torono London 1982
4. Laura K. Smith , Ph.D.,PT, " Brunnstorm's Clinnical Kinesiology ", Philadelphia
5. Kathryn Luttgens , Ph.D. " Kinesiology Scientific Basic of Human Motion ", Oxford England
6. F . Pauwels , " Biomechanics of the Locomotor Apparatus ", Newyork 1980
7. Lucille Daniels , M.A., " Muscle Testing " W.B. Saunders Company . 1980
8. สุธี สุทัศน์ ณ อยุธยา , " กายวิภาคศาสตร์ระบบการเคลื่อนไหว "
9. ผศ. โยธิน เปรมปราณีรัชต์ , " วิเคราะห์และออกแบบระบบการควบคุมมอเตอร์ "
10. T. Kenjo and S. Nagamori , " Permanent – Magnet and Brushless DC Motor " . CLARENDON PRESS OXFORD 1985
11. ธันวา ศรีประโมง , " การเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับวิศวกรรม " , โครงการตำราวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
12. เฮอร์เบิร์ต ชิลด์ , " การประยุกต์ใช้งานภาษาซี " , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด
13. มานพ ตันตระบัณฑิตย์ สำลี แสงห้าว สุทิน จิตร์เจริญ , " ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล " , สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น)
14. พ.ต. ประพัฒน์ อุทโยภาศ , " เรียน AutoCAD พื้นฐานสำหรับการเขียนแบบ 2 มิติ Release 13 " , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด
15. BYRON GOTTFRIED , " PROGRAMMING WITH C " , McGRAW – HILL
16. ดอน อิศรากร ธัญญวัฒน์ รัชตเสรีกุล , " เครื่องควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง "
17. ดอน อิศรากร ธัญญวัฒน์ รัชตเสรีกุล ธงชัย มณฑาทิพย์กุล, " ขากล "

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้