ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ เครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบแกนร่วม

Coaxial Cable Transmission Line Distributor

ชื่อนักศึกษา	1. นายจตุรงค์	น้อยคง	รหัสประจำตัว 43035246
	2. นายจุมพล	ไตรพร	รหัสประจำตัว 43035247
	3. นายณรงค์ชัย	ศรีกำเหนิด	รหัสประจำตัว 43035254
	4. นายสนอง	หนูวงศา	รหัสประจำตัว 43035276

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. อาจารย์ไพบูลย์	พวงวงศ์ตระกูล	.....
2. อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ	.....
3. อาจารย์ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์	.....
4. ผศ.วิสุทธิ์	อธิพรธรรม	.....
5. อาจารย์โกศล	ตราชู	.....

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันศุกร์ที่ 3 พฤษภาคม พ.ศ. 2545 เวลา 14.00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.317 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 21 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2545

<BT4401252>

เครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบแกนร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

เครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม

COAXIAL CABLE TRANSMISSION LINE DISTRIBUTOR

T 043186

นายจตุรงค์ น้อยคง
นายจุมพล ไตรพร
นายณรงค์ชัย ศรีกำเหนิด
นายสนอง หนูวงศา

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 43186
วัน, เดือน, ปี 26 ก.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม

Coaxial Cable Transmission Line Distributor

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาทฤษฎี และหลักการทำงานของมอเตอร์ที่ใช้ในส่วนต่างๆ ของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณ

2. ออกแบบ และเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานมอเตอร์ที่ใช้ในส่วนต่างๆ ของเครื่องได้

3. เพื่อสร้างเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณ

4. เพื่อทดลองเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณ

5. เพื่อนำเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณไปใช้งานจริง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.มีความเข้าใจทฤษฎี และหลักการทำงานของมอเตอร์ที่ใช้ในส่วนต่างๆ ของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณ

2.ได้โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณ

3.ได้เครื่องจ่ายสายนำสัญญาณ

4.ได้ผลการทดลองที่ใช้ในการควบคุมเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณ

5. สามารถนำเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณไปใช้ได้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	เครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม
นักศึกษา	นายจตุรงค์ น้อยคง
	นายจุมพล ไตรพร
	นายณรงค์ชัย ศรีกำเหนิด
	นายสนอง หนูวงศา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
ปีการศึกษา	2544

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสนอเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม โครงงานนี้มีส่วนประกอบ คือ ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรวัดระยะความยาว และส่วนกลไกในการดึงสาย เก็บสาย และตัดสาย เพื่อใช้ในการจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม โดยประกอบไปด้วย โรว์เก็บสาย 3 ชุด ซึ่งเก็บสายต่างกัน 3 ชนิด จากการทดลองพบว่าสามารถจ่ายสายนำสัญญาณได้ตามค่าความยาวที่กำหนดไว้ โดยมีค่าผิดพลาดประมาณ ± 5 % ในการตัดสายแต่ละครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Coaxial Cable Transmission Line Distributor	
Students	Mr. Jaturong	Noikong
	Mr. Jumpon	Tripon
	Mr. Narongchai	Srigomnord
	Mr. Sanong	Nuvongsa
Advisor	Assist. Prof. Wisuit	Atiporntum
Co-Advisor	Mr. Amornchai	Chaichana
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education	
Program in	Telecommunication Engineering	
Academic Year	2001	

ABSTRACT

This thesis present the project of coaxial cable transmission line. This project consist main two part are microcontroler unit, length measurement circuit line feeder, keeper and cutter for coaxial cable feeding. This project have 3 cable rolls for 3 type cable from measurement found that this project can feed coaxial cable in accucate length by error abouth $\pm$ 5 % in each time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน ขอขอบคุณ ผศ. วิสุทธิ์ อธิพรธรรม และ อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษาในการดำเนินงานและให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาด้วยดีเสมอมา รวมทั้งอาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกๆท่านที่ได้อำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงาน การใช้สถานที่ เครื่องมือ และวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นในการจัดทำปริญญานิพนธ์

คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบคุณทุกท่าน ที่มีส่วนช่วยให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้ให้การสนับสนุนด้านการศึกษามาโดยตลอด นอกจากนี้ขอขอบใจกลุ่มโครงงานเครื่องขัดพื้น และเพื่อนๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจรวมทั้งบุคคลอื่นที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ที่ได้ช่วยให้คำปรึกษาแนะนำวิธีการแก้ไขปัญหาจัดหาเครื่องมือต่างๆ รวมทั้งให้คำเสนอแนะด้านอื่นๆ จนกระทั่งปริญญานิพนธ์สำร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูป	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	1
บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 สายนำสัญญาณแบบแกนร่วม	3
2.2.1 โครงสร้างของสายนำสัญญาณโคแอกเชียล	3
2.2.2 ชนิดของสายนำสัญญาณโคแอกเชียล	4
2.3 มอเตอร์กระแสตรง	7
2.3.1 หลักการทำงาน	7
2.3.2 คุณสมบัติของมอเตอร์	9
2.4 สเตปปิ้งมอเตอร์	11
2.4.1 ชนิดของสเตปปิ้งมอเตอร์	12
2.4.2 ระบบสเตปปิ้งมอเตอร์	12
2.4.3 วิธีขับเฟสของสเตปปิ้งมอเตอร์	17
2.5 อุปกรณ์ตรวจจับ	20
2.5.1 โฟโตทรานซิสเตอร์	21
2.5.2 อินฟราเรด แอลอีดี	22
2.6 อุปกรณ์จอแสดงผลแบบผลึกเหลว	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.6.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว	23
2.6.2 เทคโนโลยีของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว	23
2.6.3 การจ่ายไฟสำหรับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว	25
2.6.4 คอนโทรลเลอร์ และการควบคุม	25
2.6.5 การอ่าน และการเขียน	27
2.6.6 การเชื่อมต่อ	27
2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	28
2.7.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	28
2.7.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	29
บทที่ 3 การออกแบบ การสร้างและการทำงาน	31
3.1 ชุดดึงสาย	31
3.2 ชุดตัดสาย	33
3.3 ชุดตรวจวัดความยาว	33
3.4 โครงสร้างของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณ	34
3.5 หลักการทำงานของวงจรขับมอเตอร์	35
3.6 ผังการทำงานหลักของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม	35
บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง	39
4.1 การทดลองการวัดความเร็วในการป้อนสาย	39
4.2 การทดลองวัดความเร็วในการดึงสาย	40
4.3 ระยะเวลาในการตัดสาย	42
4.4 การทดลองความเที่ยงตรงในการวัดความยาวของสาย	43
บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา	45
5.1 บทสรุป	45
5.2 ปัญหา และแนวทางแก้ไข	45
5.3 แนวทางการพัฒนา	46
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	47
ภาคผนวก ข วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
ภาคผนวก ค ผังการทำงาน และโปรแกรม	59
ภาคผนวก ง รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์	93
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	107
บรรณานุกรม	110
ประวัติผู้แต่ง	111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของสายนำสัญญาณเบอร์ต่างๆ	5
ตารางที่ 2.1 (ต่อ) คุณสมบัติของสายนำสัญญาณเบอร์ต่างๆ	6
ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างของมุมสเตป	14
ตารางที่ 2.3 ขาสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ในการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	24
ตารางที่ 4.1 การวัดความเร็วในการป้อนสาย	40
ตารางที่ 4.2 การทดลองความเร็วในการดึงสาย	41
ตารางที่ 4.3 ระยะเวลาในการตัดสาย	43
ตารางที่ 4.4 ความเที่ยงตรงในการวัดความยาวของสาย	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของสายโคแอกเชียล	4
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสตรงทั้งส่วนที่เคลื่อนที่ได้ และเคลื่อนที่ไม่ได้	8
รูปที่ 2.3 แผนภาพคุณสมบัติของมอเตอร์ขนาด 1 วัตต์ และ 80 วัตต์	9
รูปที่ 2.4 วงจรภายในของมอเตอร์กระแสตรง	10
รูปที่ 2.5 แผนภาพค่าแรงดันที่เกิดขึ้นในมอเตอร์กระแสตรงกับความเร็วรอบ	11
รูปที่ 2.6 แผนผังระบบสเตปปิ้งมอเตอร์	13
รูปที่ 2.7 (ก) ผลตอบสนองในการเข้าสู่สภาวะคงตัว	15
รูปที่ 2.7 (ข) ผลตอบสนองในการเข้าสู่สภาวะคงตัว	16
รูปที่ 2.8 โค้งช่วงเวลาการเพิ่มความเร็ว และลดความเร็วของมอเตอร์	16
รูปที่ 2.9 สัญญาณควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์ 4 เฟสที่มีวงจรขับสองขั้วแบบเฟสเดียว	17
รูปที่ 2.10 สัญญาณควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์ 4 เฟสที่มีวงจรขับสองขั้วแบบ 1 และ 2 เฟส	18
รูปที่ 2.11 วงจรขับแบบสองสถานะ	19
รูปที่ 2.12 วงจรขับแบบชอปเปอร์	20
รูปที่ 2.13 การเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	27
รูปที่ 3.1 ส่วนของมอเตอร์ทดเฟือง และโซลินอยล์ ด้านบน	31
รูปที่ 3.2 ส่วนของมอเตอร์ทดเฟือง และโซลินอยล์ ด้านข้าง	31
รูปที่ 3.3 ชุดดึงสาย	32
รูปที่ 3.4 ชุดม้วนสาย	32
รูปที่ 3.5 มอเตอร์ชุดตัดกับใบเลื่อย ด้านบน	33
รูปที่ 3.6 โครงเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม	34
รูปที่ 3.7 วงจรขับมอเตอร์	35
รูปที่ 3.8 ผังการทำงานหลักของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม	37
รูปที่ 3.8 (ต่อ) ผังการทำงานหลักของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม	38
รูปที่ 4.1 การดึงสายของชุดดึง	39
รูปที่ 4.2 การดึงสาย	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 4.3 การตัดสาย	42
รูปที่ 4.4 การวัดความยาวสาย	43
รูปที่ ก.1 วงจรภาคจ่ายไฟ	48
รูปที่ ก.2 วงจรขับสเตปปิ้งมอเตอร์	48
รูปที่ ก.3 วงจรขับชุดดึงสาย	49
รูปที่ ก.4 แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 8951	49
รูปที่ ก.5 ชุดตรวจวัดความยาว	50
รูปที่ ก.6 การติดตั้งวงจรลงกล่อง	50
รูปที่ ก.7 ชุดตัดสาย	51
รูปที่ ก.8 เครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม	51
รูปที่ ข.1 วงจรออปโต้	53
รูปที่ ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์ออปโต้	53
รูปที่ ข.3 วงจรภาคจ่ายไฟ	54
รูปที่ ข.4 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคจ่ายไฟ	54
รูปที่ ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคสเตปปิ้งมอเตอร์	55
รูปที่ ข.6 วงจรชุดฟีดสาย	55
รูปที่ ข.7 แผ่นวงจรพิมพ์ชุดฟีดสาย	56
รูปที่ ข.8 การลงอุปกรณ์ชุดดึงสาย	57
รูปที่ ข.9 การลงอุปกรณ์ภาคจ่ายไฟ	58
รูปที่ ข.10 การลงอุปกรณ์ชุดตัดสาย	58
รูปที่ ค.1 ผังการทำงานของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม	60
รูปที่ ค.1 (ต่อ) ผังการทำงานของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม	61
รูปที่ ค.2 โปรแกรมของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม	92
รูปที่ ฉ.1 เครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม	108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ในปัจจุบัน มีสายนำสัญญาณมากมายหลายชนิด หลายขนาด ซึ่งในการใช้งานนั้นขึ้นอยู่กับผู้ใช้ว่าจะนำสายสัญญาณชนิดนั้นไปใช้งานประเภทอะไร และเนื่องจากในการใช้งานนั้นผู้ใช้ต้องการสายนำสัญญาณที่มีขนาดความยาวแตกต่างกันไป ทำให้ผู้ใช้ต้องเสียเวลาในการดึงสายและวัดความยาวสายนำสัญญาณออกจากโรล์ ซึ่งโดยปกติจะวัดทีละ 1 เมตร ดังนั้น ถ้ามีเครื่องที่สามารถช่วยในการวัดความยาวของสายนำสัญญาณ ที่ต้องการที่จะนำไปใช้งาน แล้วทำการตัดสายนำสัญญาณที่ต้องการที่จะใช้ได้จะทำให้เกิดความสะดวก ประหยัดเวลา และความรวดเร็วต่อผู้นำไปใช้งาน ทั้งเกิดความถูกต้องแม่นยำด้วย กลุ่มผู้เสนอโครงงานนี้จึงเห็นความจำเป็น และความสำคัญเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงเสนอโครงงานนี้

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังต่อไปนี้

1) สามารถเลือกชนิดของสายนำสัญญาณได้ตามต้องการ ใน 3 ชนิดที่กำหนด

2) สามารถกำหนดความยาวของสายนำสัญญาณตามความต้องการได้

3) สามารถตัดเป็นชุดได้

4) บอกความยาวของสายนำสัญญาณที่เหลืออยู่ได้

5) สามารถวัดและบอกความยาวของสายนำสัญญาณ โดยมีค่าผิดพลาดไม่เกิน $\pm$ 5% ต่อครั้ง

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาค้นคว้าและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบไปด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎี และหลักการ ประกอบไปด้วยทฤษฎีเกี่ยวกับสายนำสัญญาณแบบแกนร่วม มอเตอร์กระแสตรง สเตปปิ้งมอเตอร์ อุปกรณ์ตรวจจับ อุปกรณ์แสดงผลแบบดิจิตอล และไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

บทที่ 3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน กล่าวถึงการออกแบบ การสร้าง และการทำงานในส่วนต่างๆ ที่ใช้ในโครงงาน โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่งเป็นการออกแบบวงจร ได้แก่ ภาคตรวจสอบสายนำสัญญาณ ภาคตรวจสอบวัสดุที่ใช้ทำเครื่องจ่ายสาย ภาคสวิตช์ควบคุมการเลือกสาย ภาคสวิตช์ตรวจสอบจำนวนสาย ภาคขับสเตปปิ้งมอเตอร์ ภาคแสดงผลแบบผลึกเหลว ภาคประมวลผล และภาคจ่ายไฟ ในส่วนที่สองเป็นการออกแบบระบบกลไก ได้แก่ การออกแบบส่วนจ่ายสายและรับสาย และการออกแบบช่องเก็บสาย

บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง ประกอบด้วยการทดลอง และผลการทดลองของภาคตรวจสอบเส้นผ่านศูนย์กลางของสาย และการทดลองการทำงานของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณ

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา เป็นการสรุปผลในการจัดทำโครงงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น และได้เสนอแนะแนวทางแก้ไขปัญหา รวมทั้งแนวทางในการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ

ภาคผนวก ข วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค ผังการทำงาน และโปรแกรม

ภาคผนวก ง รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์

ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี และหลักการ

2.1 กล่าวนำ

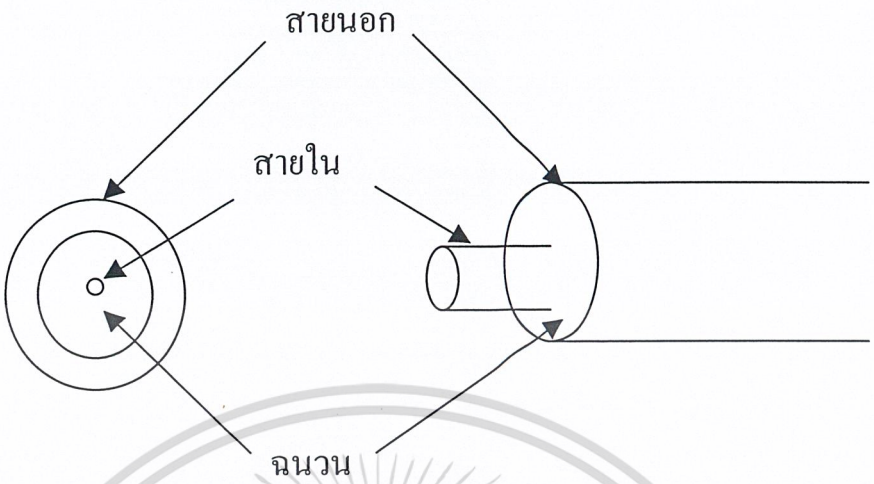
เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทนี้ เป็นทฤษฎี และหลักการทำงานที่นำมาใช้ประกอบการสร้างโครงงาน โดยประกอบด้วย สายนำสัญญาณแบบแกนร่วม มอเตอร์กระแสตรง สเตปปิ้งมอเตอร์ อุปกรณ์ตรวจจับ อุปกรณ์แสดงผลแบบดิจิตอล และไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ซึ่งจะได้กล่าวดังต่อไปนี้

2.2 สายนำสัญญาณแบบแกนร่วม

2.2.1 โครงสร้างของสายนำสัญญาณแบบแกนร่วม

สายนำสัญญาณแบบแกนร่วมเป็นสายซึ่งพัฒนามาจากสายเคเบิลธรรมดา ทั้งนี้เพราะสายเคเบิลที่ใช้สายเป็นคู่นั้นจะถูกรบกวนจากสัญญาณภายนอกได้ง่าย ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาโครงสร้างของสายเคเบิลขึ้น โดยการทำสายๆ หนึ่งให้มีลักษณะเป็นทรงกระบอก หุ้มสายอีกสายหนึ่งที่เป็นคู่สายไว้ภายในดังแสดงในรูปที่ 2.1 เพราะเหตุที่โครงสร้างของสายเคเบิลตามลักษณะนี้มีแกนร่วมกัน ดังนั้นสายเคเบิลแบบนี้จึงได้ชื่อเรียกว่า สายนำสัญญาณแบบแกนร่วม ส่วนทรงกระบอกที่เป็นสายด้านนอก จะทำการป้องกันคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากภายนอก ไม่ให้เล็ดลอดเข้าไปเหนี่ยวนำให้เกิดเป็นสัญญาณรบกวนที่สายแกนในได้ เพราะฉะนั้น โดยปกติแล้วในการใช้งานจึงนิยมใช้สายนอกเป็นสายดิน และใช้สายในเป็นสายนำสัญญาณเพื่อผลประโยชน์ในการป้องกันสัญญาณรบกวนดังกล่าว สายนอกซึ่งเป็นรูปทรงกระบอกนั้น นอกจากจะป้องกันสัญญาณรบกวนแล้ว ยังช่วยลดความสูญเสียของสัญญาณ อันเนื่องมาจากแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าของสัญญาณได้อีกด้วย แต่อย่างไรก็ตาม แม้ว่าสายนำสัญญาณแบบแกนร่วม จะมีโครงสร้างทางกายภาพต่างไปจากสายเคเบิลธรรมดา แต่คุณสมบัติทางไฟฟ้าเบื้องต้นยังคงเหมือนกับสายเคเบิลธรรมดา ดังนั้นวิธีคำนวนคุณสมบัติต่างๆ ของสายเคเบิลจึงยังคงใช้ได้กับสายนำสัญญาณแบบแกนร่วมด้วย ปกติโครงสร้างสายนำสัญญาณแบบแกนร่วม จะทำให้เกิดค่าความจุไฟฟ้าต่อหน่วยความยาวของสายมากกว่าสายเคเบิลธรรมดา ดังนั้นค่าอิมพีแดนซ์ประจำของสายนำสัญญาณแบบแกนร่วม จึงมีค่าน้อยกว่า ค่าอิมพีแดนซ์ประจำของสายส่งสัญญาณที่เป็นเคเบิลแบบคู่ขนานธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของสายโคแอกเชียล

2.2.2 ชนิดของสายนำสัญญาณแบบแกนร่วม

สายนำสัญญาณ หมายถึง อุปกรณ์ที่เป็นตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงานในรูปของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จากสายอากาศไปยังเครื่องรับ หรือในทางกลับกันจากเครื่องส่งไปยังสายอากาศ

สายโคแอกเชียลเป็นสายชีลด์ที่หุ้มส่วนของตัวนำไว้ คุณลักษณะเด่นของสายโคแอกเชียลคือ มีภูมิต้านทานต่อสัญญาณรบกวนโดยเฉพาะคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ดังนั้นสายโคแอกเชียลจึงเป็นสายที่เหมาะที่จะใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีสัญญาณรบกวนมาก

สายโคแอกเชียลเป็นสายที่ใช้งานในระบบโทโปโลยีแบบบัส การใช้แบบบัสทำให้ใช้จำนวนสายโคแอกเชียลน้อยกว่าแบบสตาร์ นอกจากนี้การใช้สายโคแอกเชียลยังทำให้ได้ระยะทางมากกว่า

สายโคแอกเชียลแบบ 50 โอห์ม เป็นสายที่ใช้กับเครือข่าย IEEE 802.3 เป็นไปตามมาตรฐาน RG-213 และสายที่ใช้กับ 10 BASE 2 เป็นสายที่เส้นเล็กกว่า ใช้สายมาตรฐาน RG-5 สายโคแอกเชียลมีจำนวนชนิดอยู่มาก การเลือกใช้จึงต้องพิจารณาให้ต้องกับมาตรฐานที่ออกแบบมา เช่น RG-59 มีอิมพีแดนซ์ขนาด 75 โอห์ม เหมาะกับงานวิดีโอ หรือการส่งทีวีตามสาย ก็ต้องเลือกใช้ RG-62 สาย RG-62 มีอิมพีแดนซ์ 93 โอห์ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของสายนำสัญญาณเบอร์ต่างๆ

Type of line	Zo Ohms	Vet %	PF Per foot	OD	Diel. Material	Max. Operating Volts (RMS)
RG-8/U	52.0	66	29.5	.405	PE	4000
RG-8/U Foam	50.0	80	25.4	.405	Foam PE	1500
RG-8A/U	52.0	66	29.5	.405	PE	5000
RG-9/U Foam	51.0	66	30.0	.420	PE	4000
RG-9A/U	51.0	66	30.0	.420	PE	4000
RG-9B/U	50.0	66	30.8	.420	PE	5000
RG-11/U	75.0	66	20.6	.405	PE	4000
RG-11/U Foam	75.0	80	16.9	.405	Foam PE	1600
RG-11A/U	75.0	66	20.6	.475	PE	5000
RG-12/U	75.0	66	20.6	.475	PE	4000
RG-12A/U	75.0	66	20.6	.475	PE	5000
RG-17/U	52.0	66	29.5	.870	PE	11000
RG-17A/U	52.0	66	29.5	.870	PE	11000
RG-55/U	53.5	66	28.5	.216	PE	1900
RG-55A/U	50.0	66	30.8	.216	PE	1900
RG-55B/U	53.5	66	28.5	.216	PE	1900
RG-58/U	53.5	66	28.5	.195	PE	1900
RG-58/U Foam	53.5	79	28.5	.195	Foam PE	600
RG-58A/U	53.5	66	28.5	.195	PE	1900
RG-58B/U	53.5	66	28.5	.195	PE	1900
RG-58C/U	50.0	66	30.8	.195	PE	1900
RG-59/U	73.0	66	21.0	.242	PE	2300
RG-59/U Foam	75.0	79	16.9	.242	Foam PE	800
RG-59A/U	73.0	66	21.0	.242	PE	2300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ) คุณสมบัติของสายนำสัญญาณเบอร์ต่างๆ

Type of line	Zo Ohms	Vet %	PF Per Foot	OD	Diel. Material	Max. Operating Volts (RMS)
RG-62/U	93.0	86	13.5	.242	Ais Space PE	750
RG-62/U Foam	95.0	79	13.4	.242	Foam PE	700
RG-62A/U	93.0	86	13.5	.242	Ais Space PE	750
RG-62B/U	93.0	86	13.5	.242	Ais Space PE	750
RG-133A/U	50.0	66	16.2	.405	PE	4000
RG-141/U	50.0	70	29.4	.190	PTFE	1900
RG-141A/U	50.0	70	29.4	.190	PTFE	1900
RG-142/U	50.0	70	29.4	.206	PTFE	1900
RG-142A/U	50.0	70	29.4	.206	PTFE	1900
RG-142B/U	50.0	70	29.4	.195	PTFE	1900
RG-174/U	50.0	66	30.8	.1	PE	1500
RG-213/U	50.0	66	30.8	.405	PE	5000
RG-215/U	50.0	66	30.8	.475	PE	5000
RG-216/U	75.0	66	20.6	.425	PE	5000

คุณสมบัติของสายนำสัญญาณที่ควรรู้

1) อิมพีแดนซ์ประจำตัว (Characteristic Impedance)

สายนำสัญญาณทุกเส้นมีอิมพีแดนซ์ประจำตัว ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาด และระยะห่างของตัวนำไฟฟ้าทั้งสองในสองเส้น ไม่ขึ้นกับความถี่ใช้งาน และความยาว สายโคแอกเชียลที่ใช้กับเครื่องรับ-ส่งวิทยุ โดยทั่วไปมีค่าอิมพีแดนซ์ประจำตัว 50 โอห์ม ที่ใช้กับเครื่องรับโทรทัศน์เป็น 75 โอห์ม สายคู่ขนาน หรือสายทวินลีดที่ใช้กับเครื่องรับโทรศัพท์เป็น 300 โอห์ม

2) ตัวคูณความเร็ว (Velocity Facter)

คือ ตัวเลขที่แสดงว่าเคลื่อนเดินทางในสายนำสัญญาณได้เร็วเพียงใด เมื่อเทียบกับการที่คลื่นเดินทางในสูญญากาศ คลื่นจะเดินทางในสายนำสัญญาณที่ใช้ฉนวนคั่นกลางได้ช้ากว่าใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุญญากาศ และในสายนำสัญญาณที่ใช้อากาศคั่นกลางได้ใกล้เคียงกับความเร็วในสูญญากาศค่าตัวคูณความเร็วจะขึ้นกับชนิดของฉนวนที่ใช้ นั่นคือ คุณสมบัติของ Dielectric นั่นเอง

3) คลื่นนิ่ง (Standing Wave)

เกิดขึ้นอิมพีแดนซ์ของสายอากาศมีค่าไม่เท่ากับอิมพีแดนซ์ประจำตัวสายนำสัญญาณ ในสภาวะนี้กำลังส่งจะผ่านไปถึงสายอากาศได้น้อยลง เพราะมีคลื่นบางส่วนสะท้อนกลับ (Reflected Power) ซึ่งส่วนหนึ่งจะสูญเสียไปเป็นความร้อนในสายนำสัญญาณ

4) Standing Wace Ratio (SWR) หรือ VSWR (Voltage Standing Wave Ratio)

คือ ตัวเลขที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าของคลื่นสะท้อนกลับ (Reflected Power) และกำลังไฟฟ้าของคลื่นที่ป้อนเข้า (Forward Power) ที่เกิดขึ้นในสายนำสัญญาณ

5) ค่า SWR เป็น 1:1 นั่นคือ อิมพีแดนซ์ของสายอากาศเท่ากับอิมพีแดนซ์ของสายนำสัญญาณพอดีประสิทธิภาพการรับ-ส่งสูงสุด มีการแมตซ์ (Matching) หรือการปรับอิมพีแดนซ์ของสายอากาศให้เท่ากับอิมพีแดนซ์ของสายนำสัญญาณได้ดี (ถ้า SWR สูงๆ เรียกว่ามิสแมตซ์ (Mismatch) ไม่มีคลื่นสะท้อนกลับ กำลังส่งผ่านไปถึงสายอากาศได้มากที่สุด

สายนำสัญญาณแบบบาลานซ์ควรต่อกับสายอากาศแบบบาลานซ์ และสายนำสัญญาณแบบไม่บาลานซ์ควรต่อกับสายอากาศที่ไม่บาลานซ์ ถ้าสายนำสัญญาณกับสายอากาศต่างประเภทกันจะต้องใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า บาลัน (Balun) เชื่อมต่อไว้ตรงกลางเพื่อให้ใช้กันได้

2.3 มอเตอร์กระแสตรง

2.3.1 หลักการทำงาน

มอเตอร์กระแสตรงมีหลายชนิด และมีขอบเขตการใช้งานกว้างขวาง แต่มอเตอร์กระแสตรงทุกชนิดมีหลักการในการทำงานเหมือนกัน คือ การผ่านกระแสไฟฟ้าให้ขดลวดในสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะทำให้เกิดแรงแม่เหล็ก สัดส่วนของแรงนี้ขึ้นอยู่กับกระแส และกำลังของสนามแม่เหล็ก แรงจะเกิดขึ้นเป็นมุมฉากกับกระแส และสนามแม่เหล็กขณะที่ทิศทางของแรงจะกลับตรงกันข้ามถ้ากระแสของสนามแม่เหล็กไหลย้อนกลับ การเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กและกระแสจะเป็นผลทำให้ทิศทางของแรงเปลี่ยนแปลงเช่นกัน ด้วยคุณสมบัติเช่นนี้ทำให้มอเตอร์กระแสตรงกลับทิศทางการหมุนได้

พิจารณาถึงส่วนของแท่งแม่เหล็กถาวร สนามแม่เหล็กของมอเตอร์ที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งจะขึ้นอยู่กับจำนวนของแท่งแม่เหล็กถาวร ซึ่งจะถูกยึดติดกับแผ่นแม่เหล็ก หรือชิ้นส่วนที่เป็นเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

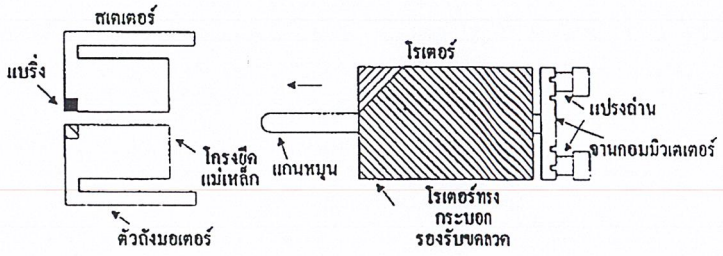
กล้า และบางแบบที่ทำตัวถังเป็นแม่เหล็ก โดยปกติส่วนนี้จะเป็นส่วนที่อยู่กับที่ของมอเตอร์ ขดลวดเหนี่ยวนำจะถูกพันอยู่บนส่วนที่เป็นแกนหมุนของมอเตอร์

โครงสร้างทั่วๆไปของมอเตอร์กระแสตรงแยกเป็น 3 ส่วน แสดงให้เห็นถึงโครงสร้างของมอเตอร์รุ่นเล็กๆ ทางเดินของฟลั๊กซ์แม่เหล็ก และสนามแม่เหล็กซึ่งเกิดจากแท่งแม่เหล็กเฟอร์ไรต์สองชิ้นขึ้นรูป เป็นแบบโค้งยึดติดกับตัวถังได้พอดี เพื่อที่จะให้เส้นแรงแม่เหล็กวิ่งเข้าสู่ใจกลางของมอเตอร์ ความเข้มของสนามแม่เหล็กจะขึ้นอยู่กับความหนาของแม่เหล็กด้วย ฟลั๊กซ์แม่เหล็กจะวิ่งไปบนตัวถัง กระแสไฟฟ้าในขดลวดที่พันอยู่กับทุ่นโรเตอร์จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าต้านกับแม่เหล็กถาวร เกิดเป็นแรงบิดหมุนแท่งโรเตอร์ไปตามทิศทางเดียวกับทิศทางของสนามแม่เหล็กที่มีแรงมากกว่า

กระแสจะไหลผ่านไปยังทุ่นโรเตอร์ โดยผ่านแปลงถ่าน ซึ่งสัมผัสกับ แหวนตัวนำบนแท่งโรเตอร์ แหวน(คอมมิวเตเตอร์) ถูกแบ่งเป็น 3 ส่วน ทำหน้าที่นำกระแสเข้าขดลวด

การทำงานของมอเตอร์ กระแสในขดลวด B จะมีทิศทางตรงข้ามกับกระแสในขดลวด A และ C โดยที่ขดลวดทั้ง 3 ต่อกันในลักษณะอนุกรม

ทิศทางการไหลของกระแสในขดลวด B ทำให้ขั้วแม่เหล็ก B มีสภาพเป็นขั้วเหนือถูกดูดไปทางขั้วใต้ของแม่เหล็กสถิตย์ ส่วนขดลวด A และ C มีสภาพเป็นขั้วใต้ จึงถูกดูดไปทางขั้วเหนือ แรงดูดแบบนี้ทำให้ทุ่นโรเตอร์เกิดแรงบิดมีทิศทางตามเข็มนาฬิกาเมื่อโรเตอร์หมุนไปได้เล็กน้อย แปรงถ่านจะสัมผัสของส่วนของ Z ของคอมมิวเตเตอร์เป็นผลให้กระแสในขดลวด A มีทิศทางตรงข้ามกับตอนแรก ส่วนทิศทางของกระแสในขดลวดที่เหลืออีก 2 ขดไหลทิศทางเดิม ขั้ว A ก็จะกลายเป็นขั้วเหนือ และถูกหักออกจากขั้วเหนือของแม่เหล็กสถิตย์ไปยังขั้วใต้แทน ในลักษณะที่กล่าวมา จึงทำให้มอเตอร์หมุนต่อไปได้ เมื่อขั้ว B อยู่ตรงกับขั้วใต้ของแม่เหล็กสถิตย์ แปรงถ่านขั้วลบจะเปลี่ยนจากอาเมเจอร์ส่วนของ Y และส่วนของ Z กระแสในขดลวด B มีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางเดิม และขั้ว B ซึ่งเป็นขั้วใต้จะถูกผลักออกจากขั้วใต้ของแม่เหล็กสถิตย์ การหมุนจะเป็นวัฏจักรในทิศทางนี้ตลอดไปเรื่อยๆ จนกว่ากระแสภายนอกจะกลับทิศทาง



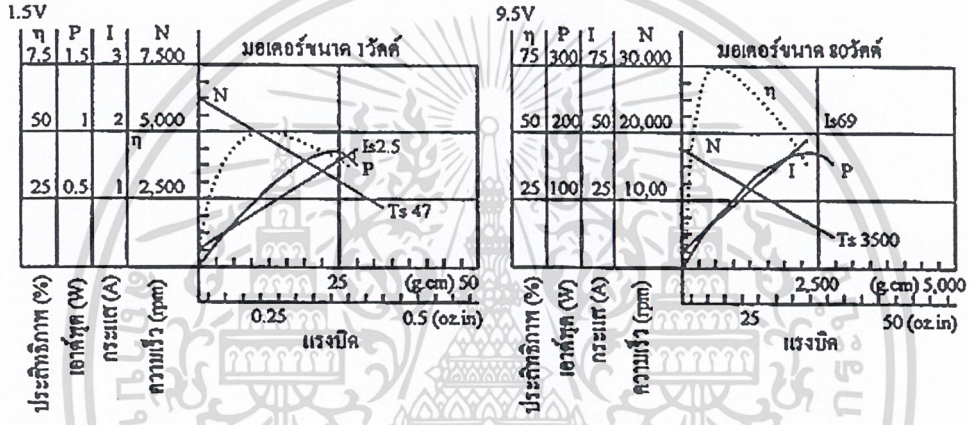
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของมอเตอร์กระแสตรงทั้งส่วนที่เคลื่อนที่ได้ และเคลื่อนที่ไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 คุณสมบัติของมอเตอร์

แรงที่เกิดจากกระแสที่ผ่านตัวนำเข้าไปยังสนามแม่เหล็กต้องมีสภาวะที่เหมาะสมนั้นทำให้เกิดข้อจำกัดของแรงบิดในตัวมอเตอร์

รูปที่ 2.3 แสดงแผนภาพคุณสมบัติของมอเตอร์ขนาดเล็กที่มีขนาดกำลังประมาณ 1 วัตต์ และอีกรูปหนึ่งแสดงแผนภาพของมอเตอร์ขนาดใหญ่มีกำลังประมาณ 80 วัตต์ เปรียบเทียบโดยให้แรงดันคงที่



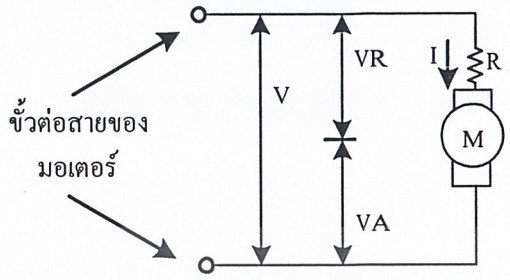
รูปที่ 2.3 แผนภาพคุณสมบัติของมอเตอร์ขนาด 1 วัตต์ และ 80 วัตต์

สังเกตได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงบิดเป็นเส้นตรงถ้าไม่คำนึงถึงแรงดันที่ป้อนให้ และความเร็วในการหมุน จะพบว่าอัตราส่วนแรงบิด และกระแส (T/I) ทุกจุดจะเท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบ กำลังของแม่เหล็ก ชนิด และจำนวนของแผ่นเหล็กในทุ่น โรเตอร์ สเตเตอร์ และช่องว่างระหว่างโรเตอร์กับสเตเตอร์

ความสัมพันธ์ที่สองที่ได้จากแผนภาพ คือ ความเร็วเปรียบเทียบกับแรงบิด ซึ่งความเร็วขณะไม่มีโหลดจะมีแผนภาพเป็นเส้นตรง เพื่อที่จะอธิบายคุณสมบัติของมอเตอร์ให้ละเอียดมากยิ่งขึ้น ต้องพิจารณาแรงดันที่ป้อน และความต้านทานของโรเตอร์ด้วย วงจรภายในมอเตอร์เขียนได้ดังรูปที่ 2.4 โดยสมมติให้ทุ่นโรเตอร์ไม่มีความต้านทานอยู่เลย อนุกรมกับความต้านทาน ซึ่งก็ คือ ความต้านทานของขดลวดนั่นเอง

แรงดันที่ขั้วต่อสายของมอเตอร์ คือ ผลบวกระหว่างแรงดันที่ทุ่นโรเตอร์ (V_A) และแรงดันตกคร่อมความต้านทานขดลวด (V_R)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 วงจรภายในของมอเตอร์กระแสตรง

แรงดัน V_A ถูกเรียกว่าแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำป้อนกลับ (BACK EMF) ซึ่งเกิดขึ้นในขดลวดโรเตอร์ขณะที่หมุน แรงดันที่เกิดขึ้นนี้เป็นไปตามกฎของการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าจากการเคลื่อนที่ของตัวนำ ในสนามแม่เหล็กสัมพันธ์กับแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำแม่เหล็ก และความเร็วในการเคลื่อนที่ของตัวนำ แรงดันที่เกิดขึ้นจะมีขั้วตรงข้ามกับแรงดันที่ป้อนให้มอเตอร์ และแปรผันตรงกับความเร็วของการหมุนของผลบวกของแรงดันที่ทุ่นโรเตอร์ (V_A) และแรงดันตกคร่อมขดลวด (V_R) ต้องเท่ากับแรงดันที่ป้อนให้กับมอเตอร์ (V)

$$V=V_A+V_R \quad (V) \tag{2.1}$$

พิจารณาตั้งแต่มอเตอร์หยุดนิ่ง ความเร็วมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น $V = 0\ V, V = V$ กระแสที่ไหลในมอเตอร์หาได้จาก

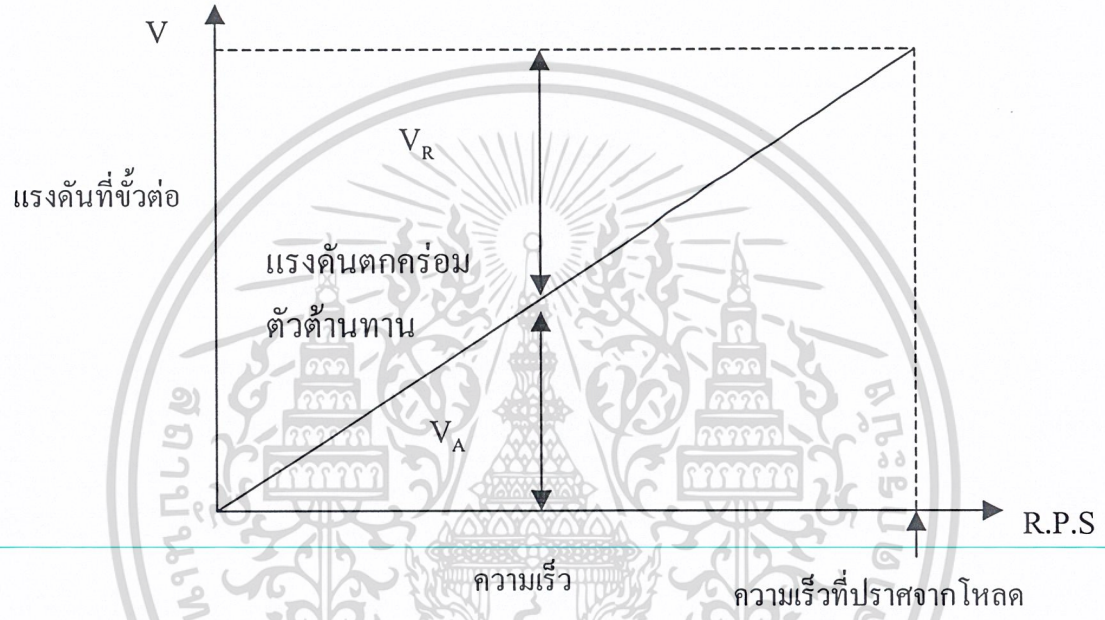
$$I=V_R / R \quad (A) \tag{2.2}$$

เมื่อมอเตอร์เริ่มหมุนจะมีความเร็ว และ V_A เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงตามความเร็ว V_R ซึ่งมีค่าเท่ากับ ความแตกต่างระหว่าง V_A และ V จะเริ่มลดลง กระแส (I) จะเริ่มลดลง เช่นกันขณะที่มอเตอร์ยังมีความเร่งอยู่ความเร็วจะเพิ่มขึ้น แรงบิดจะลดลงจนกว่าจะถึงจุดซึ่งแรงบิดของมอเตอร์รับภาระโหลดได้สมดุลย์พอดี ขณะที่มอเตอร์ไม่มีโหลด และหมุนได้อย่างอิสระจะมีเพียงแต่ค่าความฝืดของลูกปืน และแรงต้านของอากาศ ทำให้ค่า V_A เกือบจะเท่ากับค่า V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.5 แรงดันที่ป้อนให้ของมอเตอร์ก็คือผลบวกของ V_A และ V_R ที่ทุกๆ ความเร็ว ส่วนกระแส และแรงบิดจะแปรผันตรงกับ V_R ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด และความเร็วเมื่อเทียบกับเปอร์เซ็นต์ ขณะที่แรงดันจากภายนอกคงที่จะเป็นเส้นตรงเช่นกันสามารถสรุปได้ว่า

ความเร็ว = 1 - แรงบิด (2.3)



รูปที่ 2.5 แผนภาพค่าแรงดันที่เกิดขึ้นในมอเตอร์กระแสตรงกับความเร็วรอบ

2.4 สเตปปิ้งมอเตอร์

สเตปปิ้งมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ทางเอาต์พุตอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถควบคุมได้ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ลักษณะการทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์จะเคลื่อนที่เป็นขั้นซึ่งอาจเป็นขั้นละ 1.8, 5 และ 7.5 องศา ขึ้นอยู่กับชนิดของมอเตอร์ ส่วนใหญ่สเตปปิ้งมอเตอร์จะใช้ในงานควบคุมระบบดิจิตอล เช่น เครื่องพิมพ์ เครื่องพล็อตเตอร์ เครื่องขับแผ่นดิสก์ ตลอดจนอุปกรณ์ในงานอิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม หรือเครื่องมือวัด และระบบควบคุมอื่นๆ

สเตปปิ้งมอเตอร์จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ

1) โรเตอร์ เป็นส่วนที่หมุนได้ จะเป็นแม่เหล็กถาวร และอื่นๆ

2) สเตเตอร์ เป็นส่วนที่อยู่กับที่ จะเป็นขดลวดหลายๆ ขด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 ชนิดของสเตปปิ้งมอเตอร์

เราสามารถแบ่งสเตปปิ้งมอเตอร์ตามโครงสร้างพื้นฐานได้ 4 ชนิด คือ

1) ชนิดวาริเอเบิลรีลักแตนซ์ (Variable Reluctance : VR) มีโครงสร้างโรเตอร์แบบมัลติทูธ (Multi – Tooth) ทำจากเหล็กอ่อน จะทราบว่าเป็นมอเตอร์ชนิดนี้โดยการทดสอบได้ง่ายมาก คือ ใช้มือหมุนเพลาของมอเตอร์ และสังเกตเห็นว่าหมุนได้ตลอดโดยไม่ติดขัด เพราะที่โรเตอร์จะไม่เกิดปรากฏการณ์ทางแม่เหล็กแตกต่างจากชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต และชนิดไฮบริด ซึ่งมีสนามแม่เหล็กที่โรเตอร์ขณะหมุนจะรู้สึกขัดๆ เหมือนเป็นฟันเฟือง สเตปปิ้งมอเตอร์ชนิดนี้มีจุดด้อยในความถูกต้องของตำแหน่ง และทำงานได้ไม่ดีนักเมื่อมีขั้นในการหมุนสูง

2) ชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต (Permanent Magnet : PM) มีโครงสร้างของโรเตอร์แบบเรียบไม่มีซี่ขั้วแม่เหล็ก บนโรเตอร์จะเป็นแบบแม่เหล็กถาวร การควบคุมทำได้โดยป้อนกระแสกระตุ้นที่ขดลวดบนสเตเตอร์ เช่น ถ้าเป็นสเตเตอร์แบบ 4 เฟส จะมีขั้วแม่เหล็กอยู่ 4 ขั้ว ซึ่งมีคอยล์พันแยกจากกัน ขั้วแม่เหล็กถาวรบนโรเตอร์จะถูกแรงดึงดูดจากขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์ เมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวด โรเตอร์จะอยู่คงที่ที่ขั้วแม่เหล็กบนสเตเตอร์นั้นถึงแม้ว่าจะไม่ป้อนกระแสไฟฟ้าอีกต่อไป ทำให้เกิดเป็นแรงยึดหน่วงขึ้น ชนิดนี้มีข้อดีในความถูกต้องของตำแหน่ง แม้ความเร็วจะมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชนิดอื่นๆ

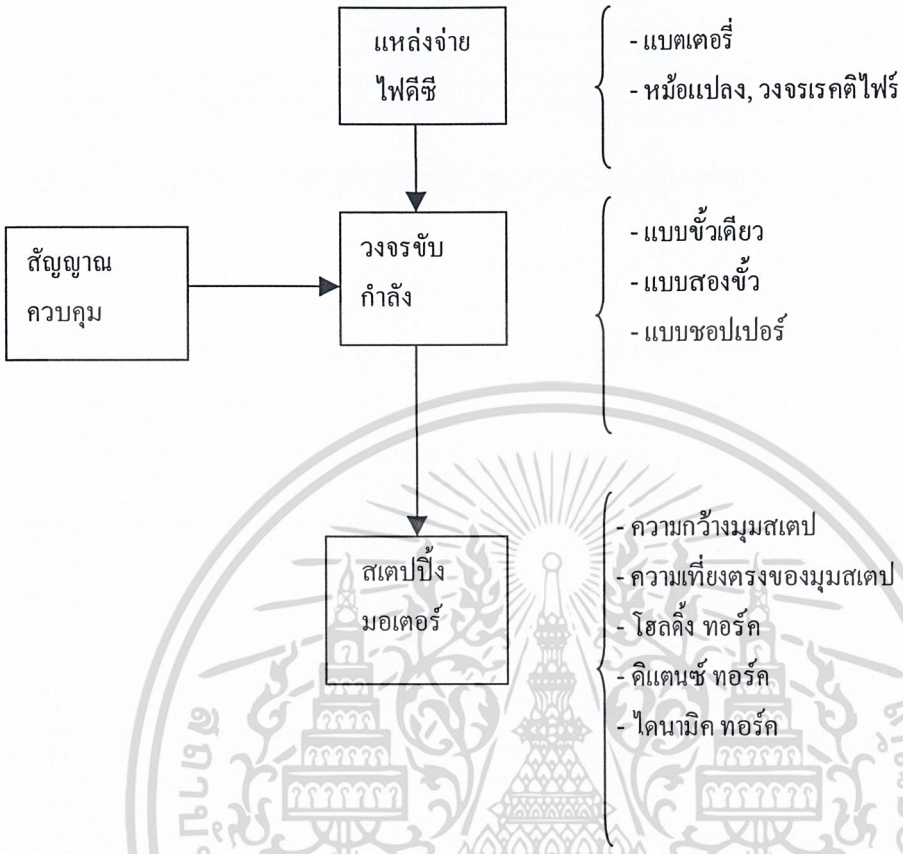
3) ชนิดไฮบริด (Hybrid) เป็นชนิดที่นิยมนำมาใช้งานกันมากที่สุด โดยเฉพาะนำมาใช้กับอุปกรณ์ในเครื่องคอมพิวเตอร์ โครงสร้างภายในได้จากการรวมเอาโครงสร้างของโรเตอร์ วาริเอเบิลรีลักแตนซ์ และชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต มาประกอบเข้าด้วยกัน จึงทำให้เป็นมอเตอร์ชนิดที่มีแรงยึดหน่วงสูง มีแรงบิดดึง และผลักได้ดีซึ่งมีความคงที่ และทำงานได้ดี ถึงแม้ว่าจะมีสเตปต่อรอบในการหมุนสูง

4) ชนิดแรเอิร์ธเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต (Rare Earth Permanent Magnet) เป็นสเตปปิ้งมอเตอร์แบบใหม่อีกชนิดหนึ่ง ปรับปรุงมาจากชนิดเพอร์มาเนนต์แมกเน็ต มีโครงสร้างของโรเตอร์เป็นแผ่นยึดติดกับเพลามอเตอร์ มีโมเมนต์ความเฉื่อยต่ำ อัตราเร่งสูง แรงบิดทางกล และความถูกต้องของตำแหน่งสูงมาก ความเร็วเริ่มหมุน และหยุดสูง สูญเสียพลังงานต่ำ ชนิดนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างว่า ดิสก์แมกเน็ตสเตปปิ้งมอเตอร์ (Disc Magnet Stepping Motor)

2.4.2 ระบบสเตปปิ้งมอเตอร์

การเลือกใช้สเตปปิ้งมอเตอร์ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในงานบางอย่างนั้น จะต้องมีความเข้าใจคุณลักษณะของมอเตอร์ และวงจรที่ใช้ขับมอเตอร์ในรูปที่ 2.6 แผนผังของสเตปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แผนผังระบบสเตปปิ้งมอเตอร์

ความถูกต้องเที่ยงตรง ของมุมสเตปขณะที่ไม่มีโหลด จะถูกระบุสำหรับมอเตอร์แต่ละชนิด เช่น มอเตอร์ที่มีสเตป 7.5 องศา ความผิดพลาด 10 องศา ลิปดา ขณะเคลื่อนที่ไป หนึ่งสเตป เป็นต้น มอเตอร์ที่มีจำนวนสเตปต่อรอบเท่ากับ 4 จะมีค่าผิดพลาดเป็นศูนย์ เมื่อหมุนครบ 1 รอบ เพราะขณะที่หมุนมา ณ ตำแหน่งเดิมขณะเริ่มต้นขั้วแม่เหล็ก และทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กวงเดิม ด้วยเหตุนี้การเปลี่ยนตำแหน่งของสำหรับสเตปปิ้งมอเตอร์ที่ต้องการความถูกต้องสูงๆ จะต้องแบ่งจำนวนสเตปต่อรอบเป็นจำนวนเท่าของ สี่สเตป เพื่อลดการสะสมของค่าผิดพลาด (Stepangle error) ซึ่งเป็นรูปแบบการทำงานแบบสี่สเตปตัวอย่างของมุมสเตป แสดงดังตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างของมุมสเตป

มุมสเตป	จำนวนสเตปต่อรอบ
0.9°	400
1.8°	200
3.6°	100
3.75°	96
7.5°	48
15.0°	24

การทำงานของสเตปปิ้งมอเตอร์มีแรงบิดเกี่ยวข้องอยู่ 3 ชนิดคือ

1) โฮลดิ้งทอร์ค (Holding torque) คือแรงบิดที่ทำให้สเตปปิ้งมอเตอร์เริ่มหมุนไปที่ สองสเตป ขณะหยุดนิ่ง ถ้าแรงบิดที่ทำให้สเตปปิ้งมอเตอร์มีขนาดมากกว่าโฮลดิ้งทอร์ค จะทำให้มอเตอร์ สูญเสียการหมุนแบบสเตปกลายเป็นการหมุนแบบต่อเนื่องโดยปกติแรงบิดขณะทำงานของมอเตอร์จะน้อยกว่าระดับโฮลดิ้ง

2) ดิเตนซ์ทอร์ค (Detent torque) ซึ่งเป็นสเตปปิ้งมอเตอร์แบบไฮบริด และแบบแม่เหล็กถาวรจะมีส่วนประกอบของโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวรจะสร้างแรงบิดมาหยุดการหมุนของมอเตอร์อย่างสม่ำเสมอในขณะที่ไม่มีการป้อนกระแสเข้าขดสเตเตอร์ แรงบิดดังกล่าวนี้เรียกว่า ดิเตนซ์ทอร์ค

3) ไดนามิกทอร์ค (Dynamic or working torque) คือแรงบิดขณะทำงานซึ่งอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องมาจากการปรับเปลี่ยนอัตราเร็วของมอเตอร์ โดยปกติการเปลี่ยนอัตราเร็วของมอเตอร์จะอยู่ในย่านระหว่างเส้นโค้งพลูอิน (Pull-in curve) และเส้นโค้งพลูเอ้าต์ (Pull-out corve) เพราะถ้าปรับอัตราเร็ว ณ จุดนอกโค้งพลูเอ้าต์มอเตอร์จะสูญเสียการหมุนแบบเป็นสเตปได้หรือเกิดการหมุนแบบต่อเนื่องนั่นเอง

การแกว่งเข้าสู่สภาวะคงตัว (Over Shoot) ขณะที่มอเตอร์ไปในแต่ละสเตป และหยุด ณ สเตปใดๆ จะเกิดการแกว่ง หรือสั่นของโรเตอร์ เข้าสู่ตำแหน่งนั้นๆ และใช้เวลาช่วงหนึ่งในการเข้าสู่สภาวะคงตัว แสดงเปรียบเทียบได้ดังรูปที่ 2.7 (ก) ซึ่งเป็นพฤติกรรมปกติของระบบที่ใช้สัญญาณพัลซ์ โดยทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโหลด และกำลังงานที่ได้รับจากภาคขับมอเตอร์ ผลตอบสนองที่เกิดขึ้นนี้สามารถเปลี่ยนแปลง คือ ลดเวลาในการเข้าสู่สภาวะคงตัวได้โดยการเพิ่มโหลดที่เป็นแรง

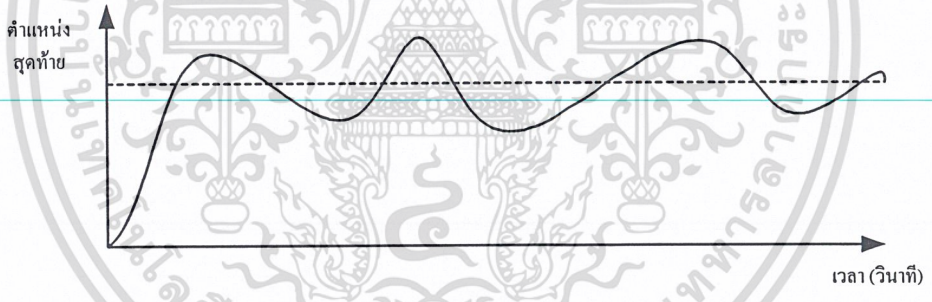
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียดทานเข้าไปในระบบ ซึ่งเป็นลักษณะการแก้ไขทางกล เช่น การใช้เครื่องต่อกำลังไปเพลาโดยใช้ความฝืดไม่ใช่เฟือง

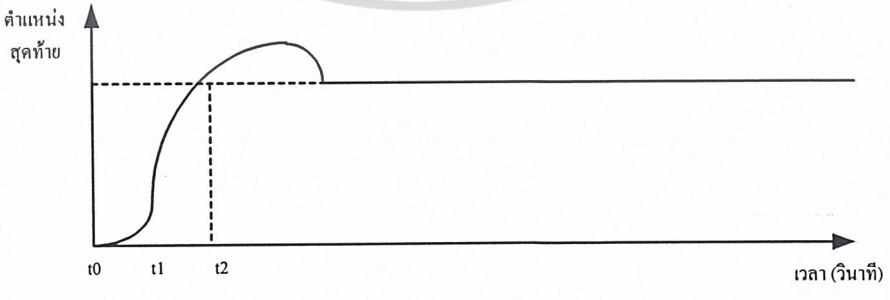
วิธีการแก้ไขทางไฟฟ้า ทำได้โดยหน่วงสัญญาณพัลซ์ลูกสุดท้ายในขบวนพัลซ์ทั้งหมดโดยอาจถูกเปลี่ยนเป็น 3 ส่วนด้วยกัน ดังรูปที่ 2.7 (ข) โดยส่วนแรกที่เวลา t_0 จะเป็นการฟอร์เวิร์ดพัลซ์เวลา t_1 จะป้อนเป็นไบอัสกลับพัลซ์เพื่อชะลอการหมุนของโรเตอร์ ส่วนสุดท้ายที่เวลา t_2 จะเป็นไบอัสตรงพัลซ์ป้อนเพื่อให้โรเตอร์หยุด ณ ตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งวิธีการนี้จะสร้างแรงบิดน้อยกว่าปกติ ดังนั้นจึงลดการสั่น หรือแกว่งของเพลาได้

การสเตปที่แตกต่างกัน

มีหลายวิธีด้วยกันในการกำหนดจำนวนสเตปที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากตำแหน่งหนึ่งไปอีกตำแหน่งหนึ่ง เช่น หมุนไป 90 องศา อาจใช้ทั้งหมด 6 สเตปๆ ละ 15 องศา 12 สเตปๆ ละ 7.5 องศา หรือ 50 สเตปๆ ละ 1.8 องศา โดยทั่วไปแล้วมอเตอร์ที่มีความกว้างของมุมสเตปน้อยจะลดการแกว่ง หรือออสซิเลต และจะมีความแม่นยำดีกว่ามอเตอร์ที่มีความกว้างของมุมสเตปมาก



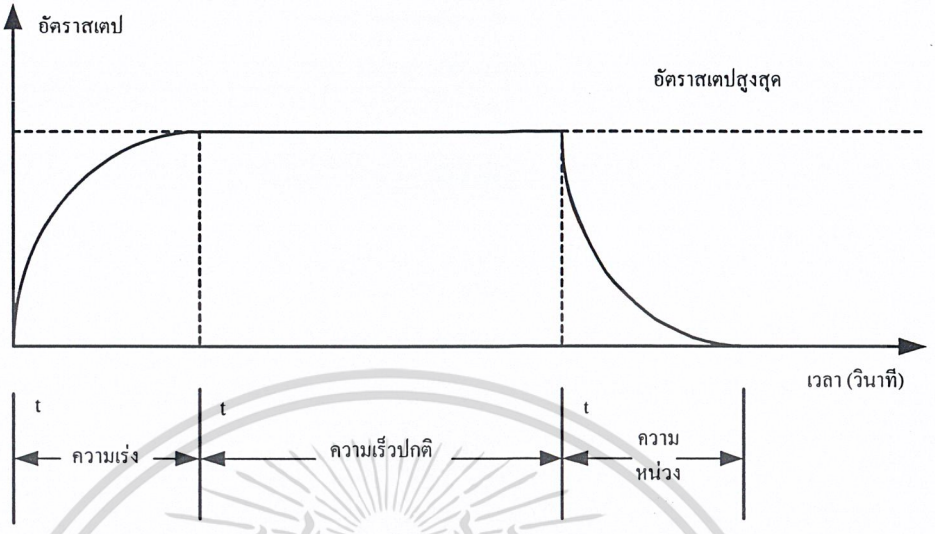
(ก) ผลตอบสนองเมื่อการหน่วงน้อย



(ข) ผลตอบสนองเมื่อมีการหน่วงทางไฟฟ้า

รูปที่ 2.7 ผลตอบสนองในการเข้าสู่สภาวะคงตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 โค้งช่วงเวลาการเพิ่มความเร็ว และลดความเร็วของมอเตอร์

อัตราเร่งของมอเตอร์จะถูกควบคุมโดยวงจร VCO (Voltage Controlled Oscillator) และช่วงเวลาในการเก็บประจุ ของตัวเก็บประจุจะกำหนดอัตราเร่งที่แตกต่างกันในรูปที่ 2.8 แสดงอัตราสเตปต่อเวลาซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ขณะสตาร์ทช่วงแรกความเร่งเพิ่มอัตรา สเตปอย่างต่อเนื่อง ช่วงที่สองเป็นอัตราสเตปขณะใช้งานสูงสุด และช่วงสุดท้ายเกิดความหน่วง (Deceleration) ลดความเร็วของมอเตอร์ลงมาจนกระทั่งหยุดนิ่ง

รีโซแนนซ์ (Resonance) สเตปปิ้งมอเตอร์ขณะทำงานไม่มีโหลด โดยการเปลี่ยนความถี่ใช้งานไปในช่วงหนึ่งๆ จะมีความถี่ค่าหนึ่งที่ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ ซึ่งจะเกิดเสียงรบกวน หรือสามารถตรวจสอบได้ด้วยการตรวจจับการสั่นสะเทือน ดังนั้นควรหลีกเลี่ยงการใช้งาน ณ ความถี่เรโซแนนซ์

2.4.3 วิธีขับเฟสสเตปปิ้งมอเตอร์

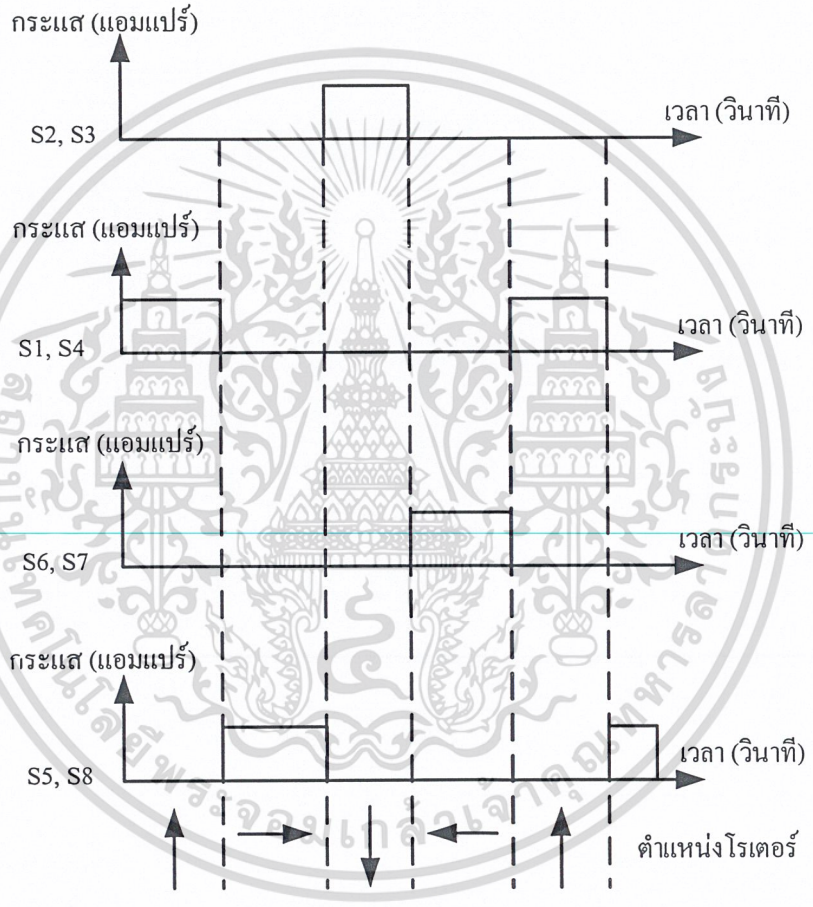
วิธีที่ใช้ในการขับเฟสสเตปปิ้งมอเตอร์ต้องขึ้นอยู่กับลักษณะการพันของขดลวด และรูปแบบของวงจรขับมอเตอร์

โดยการเปลี่ยนความถี่ใช้งานไปในช่วงหนึ่งๆ จะมีความถี่ค่าหนึ่งที่ทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ ซึ่งจะเกิดเสียงรบกวน หรือสามารถตรวจสอบได้ด้วยการตรวจจับการสั่นสะเทือน และการวัดแรงดันของการหมุนของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

วิธีขับเฟสแบบเดียว (Wave drive) คือ วิธีการขับที่เฟสใดเฟสหนึ่งของมอเตอร์ได้รับกระแสไฟฟ้าที่เวลาใดๆ รูปที่ 2.9 ลำดับการส่งสัญญาณควบคุมของสเตปปิ้งมอเตอร์ 4 เฟส ซึ่งมีเฟสเดียวที่ถูกขับ ดังนั้นค่าโฮลดิ้ง และไดนามิกทอร์คจะลดลง 30% แต่สามารถชดเชยค่าแรงบิดให้เพิ่มขึ้นได้โดยเพิ่มแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพสูง แต่มีความแม่นยำของสเตปน้อย

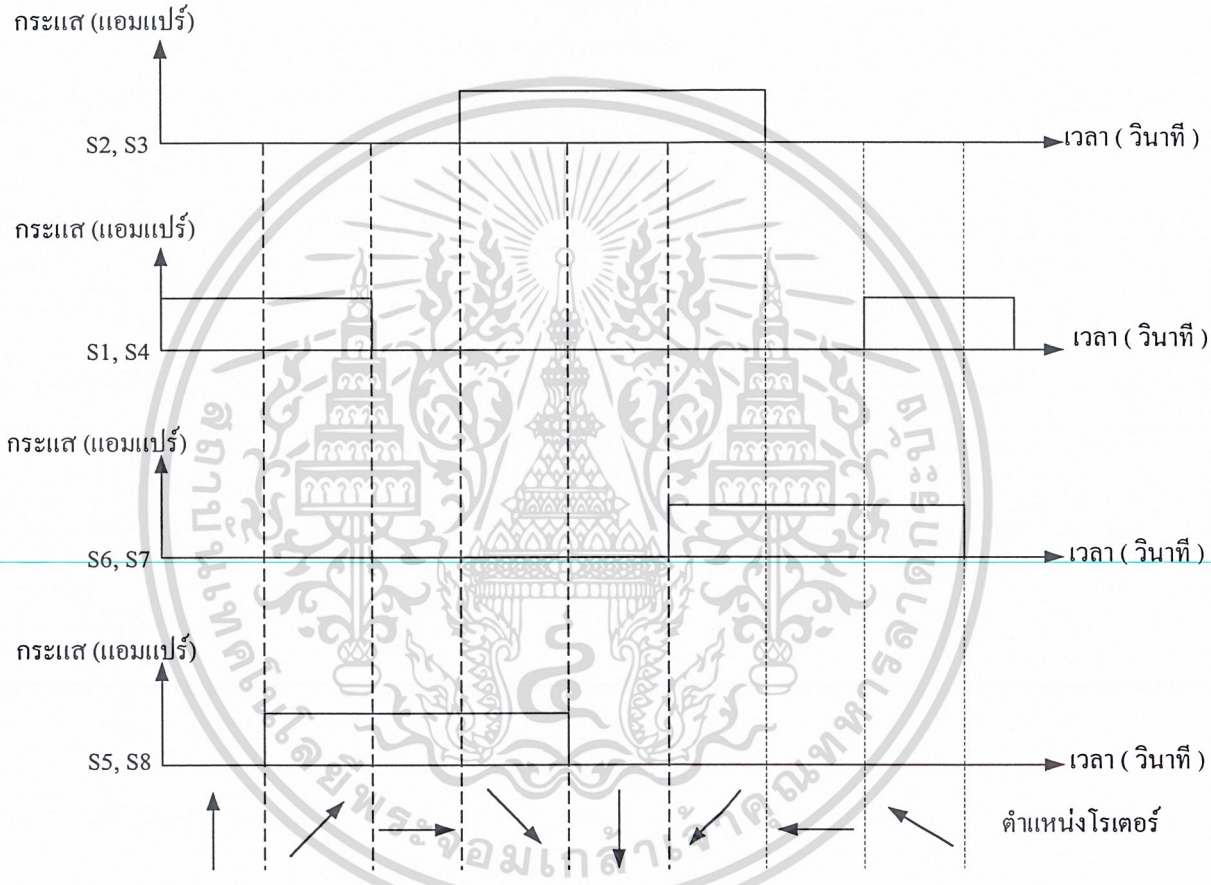


รูปที่ 2.9 สัญญาณควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์ 4 เฟสที่มีวงจรขับสองขั้วแบบเฟสเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

43186

วิธีขับแบบหนึ่ง และสองเฟส (Half-step mode) คือ วิธีการขับแบบครึ่งสเตป เช่น ความกว้าง 1 สเตป เท่ากับ 7.5 องศา แต่การขับวิธีนี้จะหมุนไปครั้งละครึ่งสเตป เท่ากับ 3.75 องศา ผลที่ได้รับขณะใช้งานคือโฮลดิ้งทอร์คมาก หรือน้อยสลับกันไป เพราะถูกขับ 2 เฟส และ 1 เฟส สลับกัน ดังนั้นค่าแรงบิดเฉลี่ยจะสูงกว่าวิธีขับเฟสเดียว แต่จะมีความแม่นยำน้อยลงขณะที่หมุนครบสเตปลำดับการส่งสัญญาณควบคุม ดังรูปที่ 2.10

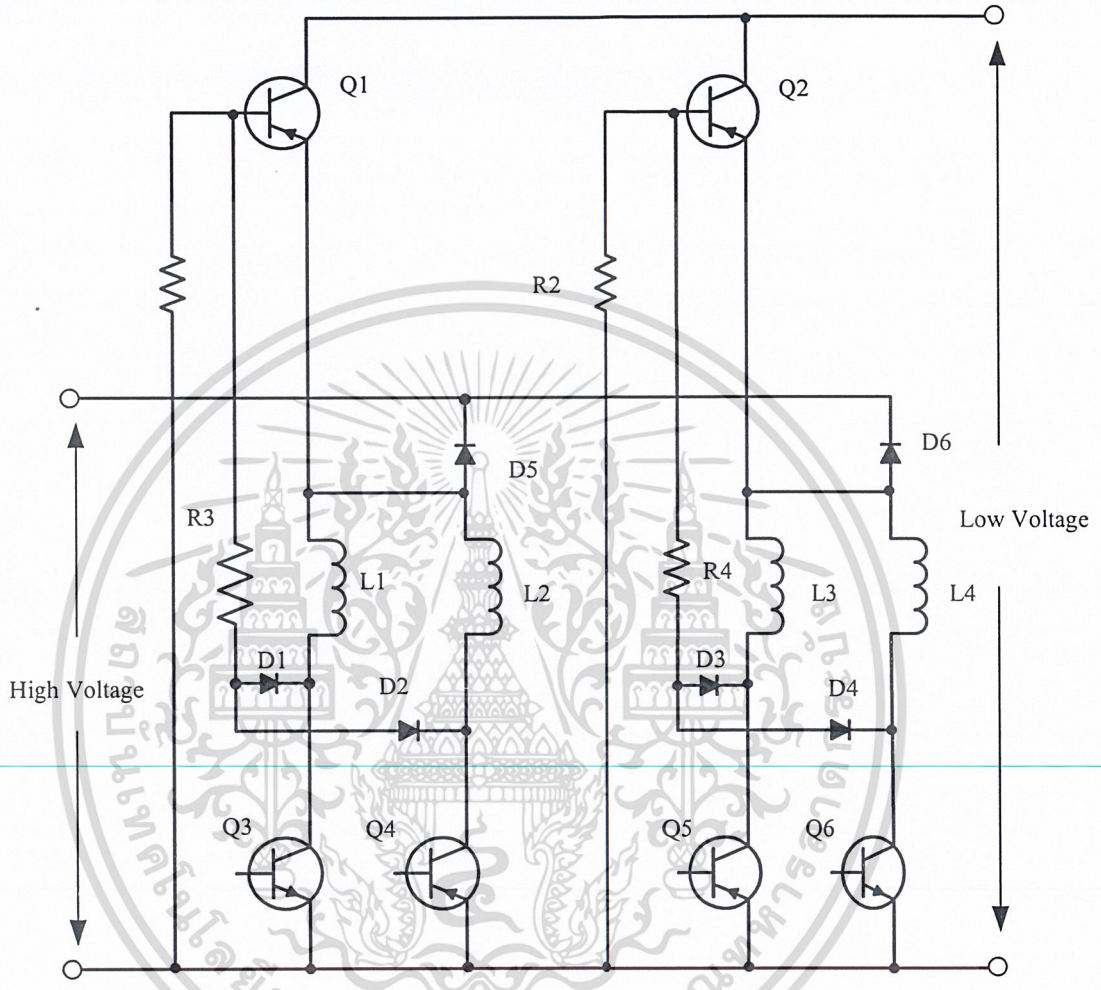


รูปที่ 2.10 สัญญาณควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์ 4 เฟส ที่มีวงจรขับสองขั้วแบบ 1 และ 2 เฟส

วงจรขับแบบสองสถานะ (Bi-level drive) วงจรขับแบบสองสถานะ มีแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ 2 ค่า คือ ค่าสูง และต่ำขณะอัตราสเตปเป็นศูนย์จะรับแรงดันต่ำกว่าขีดจำกัดของมอเตอร์ และเมื่อ อัตราสเตปเพิ่มจากค่าศูนย์อเตอร์จะทำงานที่ระดับแรงดันสูงกว่าขีดจำกัดจากวงจรขับแบบสถานะที่แสดงดังรูปที่ 2.11 แรงดันค่าต่ำถูกใช้ช่วงอัตราสเตปเป็นศูนย์จนกระทั่งระดับกระแสในขดลวดมีค่าระดับหนึ่งจึงต่อแรงดันค่าสูงเข้าไปแทน และแรงดันค่าต่ำถูกตัดออกไปโดยการหยุดนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

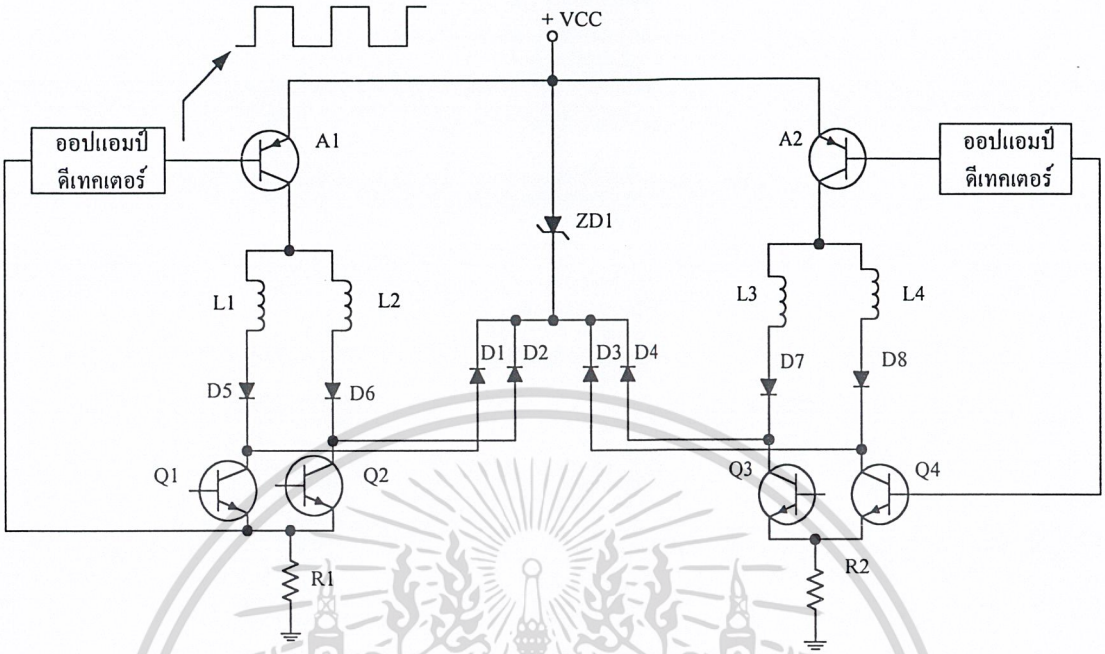
กระแส (Cut off) ของ D5 หรือ D6, D1, D2, D3, D4 เป็น ฟรีวิลลิ่งไดโอดและ R เป็นฟรีวิลลิ่งรีซิสแตนซ์



รูปที่ 2.11 วงจรขับแบบสองสถานะ

วงจรขับแบบชอปเปอร์ (Chopper drive) วงจรขับแบบนี้ใช้ระดับแรงดันจากแหล่งจ่ายเพียงค่าเดียว จ่ายให้กับขดลวด ดังในรูปที่ 2.12 โดยกระแสที่จ่ายเข้ามอเตอร์จะถูกรักษาระดับค่าเฉลี่ยค่าหนึ่ง ด้วยวิธีการควบคุมระดับกระแสนั่นคือ วงจรออปแอมป์ดีเทคเตอร์จะตรวจสอบค่าของกระแสโดยเปรียบเทียบจากแรงดันที่ตกคร่อม R เมื่อกระแสสูงกว่าระดับเฉลี่ย จงจรออปแอมป์ดีเทคเตอร์จะหยุดขับทรานซิสเตอร์ กระแสที่ไหลผ่านขดลวดจึงลดลงเมื่อลดลงมาต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ทรานซิสเตอร์ก็จะถูกขับให้นำกระแสเพื่อให้มีกระแสไหลผ่านขดลวดมากขึ้น และจะทำงานสลับกันไปเพื่อให้ได้ระดับกระแสเฉลี่ยค่าหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 วงจรขับแบบชอปเปอร์

ลักษณะสัญญาณที่ขับขา B ของทรานซิสเตอร์ A1 หรือ A2 จึงเป็นลักษณะไฟกระแสตรงที่ถูกชอปแรงดัน +V มีค่าประมาณ 5 ถึง 10 เท่าของระดับแรงดันปกติของมอเตอร์ D1 D2 D3 และ D4 เป็นฟรีวิลลิ่งไดโอด ต่ออนุกรมกับซีเนอร์ไดโอด Z วงจรขับแบบนี้เหมาะสำหรับการใช้งานที่มีการเปลี่ยนแปลงความเร่งอย่างรวดเร็ว

2.5 อุปกรณ์ตรวจจับ

ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในส่วนนำสัญญาณเข้าที่ทำหน้าที่เป็นส่วนรับรู้ความรู้สึกต่างๆ เราเรียกว่า ตัวตรวจจับ (Sensor) ซึ่งจะทำการเปลี่ยนแปลงความรู้สึกต่างๆ ที่ได้รับเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าซึ่งอาจจะเป็นแรงดัน หรือกระแสก็ได้ และส่งให้กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อตีความหมายและเอาผลดังกล่าวไปใช้งานได้ตามต้องการ

ตัวตรวจจับแบบพื้นฐานที่เราคุ้นเคยกันอย่างดี เช่น สวิตช์กลไก โฟโตทรานซิสเตอร์ สวิตช์แม่เหล็ก เซลล์รับแสง ออปโตคัปเปลอร์ ตัวตรวจจับตำแหน่ง ตัวตรวจจับแรงดัน ตัวตรวจจับอุณหภูมิ ตัวตรวจจับเสียง เป็นต้น ตัวตรวจจับต่างๆ เหล่านี้ จะทำหน้าที่เปลี่ยนสถานภาพทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ให้สามารถทำงานได้ตามต้องการ

2.5.1 โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (Photo Transistor)

โดยภาวะปกติสารกึ่งตัวนำจะมีคุณสมบัติที่ไวต่อแสงเมื่อมีการนำเอาสารกึ่งตัวนำมาสร้างเป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์ โปรตอนจากแสงจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระขึ้น เป็นผลทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าขึ้นได้ ดังนั้นโฟโต้ทรานซิสเตอร์เป็นตรวจจับแสงชนิดหนึ่งซึ่งถูกออกแบบขึ้นมาจากการเกิดประสบการณ์อย่างหนึ่งของสารกึ่งตัวนำ และมีรอยต่อ P-N ระหว่างสารสองชนิดของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ซึ่งรอยต่อนี้มีขนาดใหญ่กว่ารอยต่อ P-N ของทรานซิสเตอร์โดยทั่วไป ความแตกต่างจากทรานซิสเตอร์ทั่วไปคือที่ตัวถัง (Case) ด้านบนของโฟโต้ทรานซิสเตอร์จะมีช่องสำหรับรับแสงเพื่อส่งไปยังรอยต่อ P-N โดยช่องรับแสงนี้จะมีวัสดุเคลียร์ไมก้า (Clear Mica) หรือควอตซ์เลนซ์ (Quartz Lenz) ติดอยู่บนช่องรับแสงดังกล่าว

วงจรสมมูลย์และการทำงาน

วงจรสมมูลย์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ซึ่งก็คือการนำทรานซิสเตอร์มาต่อร่วมกับโฟโต้ไดโอด โดยตัวโฟโต้ไดโอดจะเป็นตัวควบคุมการจัดแรงดันให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน เมื่อเกิดแสงมาตกกระทบที่ตัวโฟโต้ไดโอด จะทำให้เกิดแรงดันไปยังขาเบสของทรานซิสเตอร์ก่อให้เกิดกระแสเบสขึ้น ส่งผลให้ทรานซิสเตอร์ทำงานในที่สุด

ตามปกติการคำนวนหาค่าของกระแสอิมิตเตอร์จะใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$IE = IB . (hFE + 1) \qquad (2.4)$$

แต่ในกรณีของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ และเนื่องจากที่ขาเบส และคอลเลคเตอร์ของโฟโต้ไดโอดคร่อมอยู่ดังนั้นเมื่อโฟโต้ทรานซิสเตอร์ทำงานกระแสที่ไหลผ่านตัวโฟโต้ไดโอดต้องพิจารณาเป็นกระแสไหลเข้าร่วมกับกระแสเบสจะทำให้สมการของกระแสที่ขาอิมิตเตอร์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์จึงกลายเป็น

$$IE = (IP + IB) . (hFE + 1) \qquad (2.5)$$

โดยที่ hFE คือ อัตราการขยายกระแสของตัวโฟโต้ทรานซิสเตอร์

IP คือ กระแสที่ไหลผ่านตัวโฟโต้ไดโอด

IB คือ กระแสเบสของโฟโต้ทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเครื่องหมายบวก และลบของ IB ในสมการเป็นตัวบ่งบอกถึงชนิดของทรานซิสเตอร์ หากเป็นโฟโตทรานซิสเตอร์ชนิดเอ็นพีเอ็นค่า IB จะเป็นบวก แต่ถ้าเป็นชนิดพีเอ็นพีค่าของ IB จะเป็นลบ

สำหรับความต้านทานด้านไฟฟ้ากระแสสลับของส่วนรับของโฟโตทรานซิสเตอร์จะมีค่าเท่ากับ Rin x hFE ในภาวะที่โฟโตทรานซิสเตอร์ยังไม่ทำงานค่าความต้านทานภายใน (Rin) ของโฟโตทรานซิสเตอร์จะสูงมาก เนื่องจากการที่โฟโตไดโอดภายในโฟโตทรานซิสเตอร์ถูกไบแอสกลับไว้ ทำให้เกิดค่าความต้านทานสูงมากขึ้น ซึ่งค่าความต้านทานอินพุทนี้เองจะเป็นตัวที่กำหนดความเร็วในการทำงานของตัวโฟโตทรานซิสเตอร์ ดังนั้นหากต้องการนำโฟโตทรานซิสเตอร์ไปใช้งานที่มีการสวิตช์ความเร็วสูงต้องพิจารณาถึงพารามิเตอร์ตัวนี้ด้วย

พารามิเตอร์อีกตัวหนึ่งที่ต้องให้ความสำคัญคือ ค่าของกระแสรั่วไหลที่เกิดขึ้นภายในตัวโฟโตทรานซิสเตอร์ในขณะที่ยังไม่ทำงาน นั่นคือกระแสรั่วไหลระหว่างขาคอลเล็กเตอร์ และอิมิตเตอร์ที่จะเกิดขึ้นในขณะที่โฟโตทรานซิสเตอร์ยังไม่มีแสงมาตกกระทบให้ตัวมันทำงาน หรือ *ICEO* (Dark) ซึ่งสามารถคำนวได้จากสมการ

$$ICEO(dark) = hFE \ x \ ICBO \qquad (2.6)$$

โดยที่ *ICBO* คือ ค่าของกระแสรั่วไหลที่ขาคอลเล็กเตอร์ และเบส ซึ่งก็คือกระแสรั่วไหลของตัวโฟโต้ไดโอดนั่นเองปกติในโฟโต้ทรานซิสเตอร์ทั่วๆ ไปค่าของกระแสรั่วไหลนี้จะต่ำมากๆ อยู่ระหว่าง 4-8 ไมโครแอมป์แปร์ที่อุณหภูมิห้อง

2.5.2 อินฟาเรด แอลอีดี (Infrared LED)

อินฟาเรด แอลอีดี ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อกำเนิดแสงในย่านอินฟาเรด เมื่อตัวมันนำกระแสอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่ผ่านสารกึ่งตัวนำชนิดพิเศษ และเกิดพลังงานจากโฟตอน การเกิดพลังงานดังกล่าวเป็นไปในทันที ทีมีกระแสไหลผ่าน อินฟาเรด แอลอีดี สามารถกำเนิดแสงอินฟาเรดได้ในช่วงสองความยาวคลื่นดังนี้คือ อินฟาเรดแอลอีดีที่สร้างจากสารแกลเลี่ยมอาเซไนต์ (Gallium Arsenide: GaAs) จะให้ความยาวคลื่นประมาณ 940 นาโนเมตร และอินฟาเรดแอลอีดีที่สามารถสร้างจากสารอีกชนิดหนึ่งที่เรียกว่า แกลเลี่ยมอลูมินั่มอาเซไนต์ (Gallium Aluminum Arsenied: GaAlAs) ซึ่งจะกำเนิดแสงอินฟาเรดที่มีความยาวคลื่นประมาณ 880 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 อุปกรณ์แสดงผลแบบดิจิตอล

อุปกรณ์ในปัจจุบันมักมีส่วนแสดงผลเพื่อติดต่อกับผู้ใช้ให้สามารถควบคุม และใช้งานได้สะดวกขึ้น เช่น ใช้บอกสถานะการทำงาน บอกข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน ส่วนแสดงผลอาจจะเป็นไฟบอกสถานะอย่างง่ายๆ หรืออาจเป็นจอแสดงผล แสดงข้อความเป็นตัวอักษรได้ จอแสดงผลแบบหลังมีด้วยกันหลายประเภทขึ้นกับเทคโนโลยีที่ใช้ เช่นใช้ ไดโอดเปล่งแสง (Light Emiting Diode: LED) หรือจอแสดงผลแบบผลึกเหลว (Liquid Crystal Display: LCD) จอแสดงผลประเภทที่กำลังเป็นที่นิยมมากที่สุดในปัจจุบัน ได้แก่ แบบที่ใช้จอแสดงผลแบบผลึกเหลว เนื่องจากใช้พลังงานน้อย และมีความละเอียดสูง สามารถแสดงตัวอักษร และรูปภาพได้หลายแบบ

2.6.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว

จอแสดงผลแบบผลึกเหลว เป็นจอแสดงผลที่สามารถแสดงข้อความที่เป็นตัวเลข ตัวอักษร และสัญลักษณ์อื่นๆ ซึ่งเคยพบการใช้งานอยู่บ้างในเครื่องมือวัด เครื่องพิมพ์เลเซอร์ และงานด้านอิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ สาเหตุที่มีการนำจอแสดงผลแบบผลึกเหลวไปใช้งานกันมาก เนื่องจากความสะดวกความสมบูรณ์ของข้อความ

คอนโทรลเลอร์เบอร์ HD44780 เป็นคอนโทรลเลอร์แบบยึดติดผิวหน้าขนาด 80 ขา จากฮิตาชิ ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานต่างๆ ให้จอแสดงผลแบบผลึกเหลว ซึ่งได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก HD44780 มีสัญญาณติดต่อกับภายนอกเพียง 14 เส้น การใช้งาน HD44780 หือไอซีเบอร์อื่นๆ ที่มีการทำงานคล้ายๆ กัน

2.6.2 เทคโนโลยีของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว

แผงของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว จะประกอบด้วยเซกเมนต์แสดงผลขนาดเล็กจำนวนมาก ในเซกเมนต์จะบรรจุชั้นของเหลวเป็นแผ่นบางๆ อยู่ระหว่างชั้นของแก้ว ของเหลวนี้เป็นสารประกอบ ทำงานโดยอาศัยพลังงานไฟฟ้ามาควบคุมการทำงาน หรือการแสดงผลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลวเกิดขึ้น เนื่องจากการควบคุมแรงดันที่ตกคร่อมตัวมัน เช่น ถ้าให้แรงดันตกคร่อมเซกเมนต์ จะเกิดสีดำ หรือทึบแสง แต่ถ้าเอาแรงดันนั้นออก เซกเมนต์นั้นจะสว่าง หรือโปร่งแสง ด้วยวิธีการจ่ายแรงดัน และงดจ่ายแรงดันนี้ เพียงพอที่จะควบคุมการแสดงตัวเลข, ตัวอักษร และสัญลักษณ์ต่างๆ ได้ และจากสาเหตุที่จอแสดงผลแบบผลึกเหวใช้แรงดันควบคุม ดังนั้น จึงกินกำลังงานต่ำ และขนาดเล็กแบนราบ

โมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว บางรุ่นอาจมี 1 แถว หรือมากกว่า การแสดงผลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะอยู่ในรูปเมตริกซ์ เช่น บางรุ่นแสดงเมตริกซ์ที่มีขนาดกว้าง 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซกเมนต์ สูง 8 เซกเมนต์ และสำหรับรุ่น HD44780 สามารถควบคุมการแสดงผลได้สูงถึง 11 เซกเมนต์ ซึ่งเป็นผลดีกับการแสดงตัวอักษรบางตัว เช่น g, p และ q

ตัวอักษรจะถูกสร้างโดยการปรับตำแหน่งแต่ละเซกเมนต์ให้เหมาะสม เช่น ตัวอักษร L จะสร้างจากแนวตั้ง 1 แถว และแนวนอน 1 แถว

ตารางที่ 2.3 แสดงขาสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากว่าการควบคุมจอแสดงผลแบบผลึกเหลว ต้องการเวลาเพื่อรอทำงานตามคำสั่ง หรือรอรับสัญญาณ

ตารางที่ 2.3 ขาสัญญาณต่างๆ ที่ใช้ในการติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ขา	สัญลักษณ์	หน้าที่
1	Vss	กราวด์
2	Vdd	+5 โวลต์
3	Vo	ปรับความสว่างด้วยแรงดัน (0-5โวลต์)
4	RS	เลือกรีจิสเตอร์ (0=รีจิสเตอร์คำสั่ง หรือแฟลกแสดงสถานะการทำงาน และตัวนับแอดเดรส; 1=รีจิสเตอร์ข้อมูล)
5	R/W	เลือกการอ่าน หรือเขียน (0=อ่าน; 1=เขียน)
6	E	อีนาเบิลการอ่าน หรือเขียน LCD
7	D0	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตน้อยที่สุด
8	D1	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 2
9	D2	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 3
10	D3	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 4
11	D4	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 5
12	D5	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 6
13	D6	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่ 7
14	D7	ข้อมูลอินพุต/เอาต์พุตบิตที่สูงสุด

จอแสดงผลแบบผลึกเหลวนั้น มีให้เลือกใช้หลายขนาด แต่ที่นิยมใช้กันมากเป็นแบบ 1×16 (1 แถว 16 ตัวอักษร), 2×16 (2 แถว 16 ตัวอักษร) และ 2×20 (2 แถว 20 ตัวอักษร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนถ้าเป็นจอแสดงผลขนาดใหญ่สามารถแสดงตัวอักษรได้ถึง 80 ตัวอักษร ซึ่งอาจต้องมีวงจรขับหรือชิพคอนโทรลเลอร์เพิ่มขึ้น เพื่อใช้ร่วมกับ HD44780 ที่ต่อสายสัญญาณ 14 เส้นได้

2.6.3 การจ่ายไฟสำหรับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว

จอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะใช้ไฟเลี้ยง +5 โวลต์ ป้อนให้ที่ขา 2 ซึ่งตัวมันกินกระแสเพียงไม่กี่มิลลิแอมป์ ส่วนขา 3 ต่อเพื่อปรับมุมมองการแสดงผลให้เหมาะสม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผลของแสงในขณะนั้นด้วย รวมไปถึงการติดตั้ง และอุณหภูมิ

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติระหว่างไดโอดเปล่งแสง กับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว พบว่าในที่ที่มีแสงสว่างค่อนข้างสูง ไดโอดเปล่งแสงเกือบจะมองไม่เห็น ส่วนจอแสดงผลแบบผลึกเหลวสามารถอ่านได้ในที่ที่มีแสงสว่างได้ เนื่องจากว่าการทำงานของไดโอดเปล่งแสงนั้น จะปล่อยพลังงานแสงออกมา ส่วนจอแสดงผลแบบผลึกเหลวนั้น จะใช้การหักเหของแสง โดยใช้แสงส่งผ่านตัวมัน ซึ่งบางสภาวะในที่มีแสงสว่างน้อยไม่สามารถอ่านค่าจอแสดงผลแบบผลึกเหลว วิธีการแก้ไขคือการใช้จอแสดงผลแบบผลึกเหลวที่มีแบ็กไลต์ (Black Light) จึงเป็นการใช้ฉากอิเล็กโทรลูมายน์ (Electrolumine หรือ EL) ซึ่งมีความสามารถในการเรืองแสงได้นำไปติดตั้งไว้ด้านหลังทำให้จอแสดงผลแบบผลึกเหลวมีความสว่าง และทำให้เรามองเห็นได้

การที่จะนำสารเรืองแสงอิเล็กโทรลูมายน์มาใช้งานนั้น ที่ชุดโมดูลที่จอแสดงผลแบบผลึกเหลวต้องมีแผงอิเล็กโทรลูมายน์ และชุดแปลงแรงดันเป็นสัญญาณไฟสลับแรงดันสูง ซึ่งเป็นอุปกรณ์แรงดันไฟดีซี 5 โวลต์ เป็น 100 โวลต์ ที่ความถี่ 400 เฮิรตซ์ อุปกรณ์แปลงแรงดันที่ต้องใช้กระแสหลายมิลลิแอมป์ในการทำงาน จึงทำให้เป็นข้อเสียเปรียบของอุปกรณ์ตัวนี้

โมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว แบ่งออกเป็นแบบสะท้อนกลับ (Reflective) แบบนี้จะไม่ใช้แหล่งกำเนิดแสงทางด้านหลัง หรือไม่ใช้ก็ได้ โดยสามารถต่อสวิตซ์เข้ากับแหล่งกำเนิดแสงเวลาจะใช้แหล่งกำเนิดแสงก็เปิด ถ้าไม่ต้องการใช้ก็ปิดตามต้องการ

2.6.4 คอนโทรลเลอร์ และการควบคุม

การที่จะใช้โมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลวในงานหนึ่งงานใดนั้น จะต้องทำความเข้าใจกับตัวควบคุมก่อน HD44780 เป็นตัวควบคุมขนาดเล็กที่คล้ายกับคอมพิวเตอร์โดยจะทำงานทั้งหมด 11 เพื่อควบคุมการทำงานต่างๆ เช่น เคลียร์หน้าจอแสดงผล เขียนตัวอักษร เลือกตำแหน่งและอ่านข้อมูลจากจอแสดงผล หน่วยความจำภายใน HD44780 มี 2 ชนิด คือ Character (CG) ROM และ Character-Generator (CG) RAM

CGROM ใช้สำหรับเก็บตัวอักษรเกือบ 200 รูปแบบ เช่น ตัวอักษรภาษาอังกฤษ ตัวเลข เครื่องหมายทางคณิตศาสตร์ สัญลักษณ์พิเศษ และอักษรญี่ปุ่น ซึ่งไม่สามารถแก้ไข หรือเปลี่ยนแปลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CGRAM ใช้เก็บตัวอักษรที่ผู้ใช้สามารถออกแบบขึ้นเองได้ เช่น โลโก้, สัญลักษณ์พิเศษ, อักษรกราฟฟิกง่ายๆ ที่สามรถออกแบบบนเมตริกซ์ขนาด 5×8 ได้ อักษรที่เขียนขึ้นนี้จะเขียนครั้งละ 5 บิต หลายๆ คำ แต่ละคำจะแทนรูปแบบเซกเมนต์ 1 แถว แล้วเก็บไว้ใน CGRAM รูปแบบอักษรนี้จะหายไปเมื่อปิดเครื่อง และเมื่อจะใช้งานต้องเรียกข้อมูลมาใหม่หลังจากเปิดเครื่อง

อักษรใน CGROM และ CGRAM เป็นอักษรขนาด 8 บิต (0 ถึง FFH) ซึ่งบางตำแหน่งก็ไม่ได้ใช้ ตำแหน่งแอดเดรสที่ใช้กันมากจากช่วง 21H ถึง 7DH ซึ่งจะรงกับตำแหน่งรหัสแอสกี้บนคอมพิวเตอร์ เช่น “A” จะถูกเก็บไว้ตำแหน่ง 41H และ “B” จะเก็บไว้ที่ตำแหน่ง 42H เป็นต้น โดยตำแหน่งแอดเดรสจะถูกเก็บอยู่ในเลขฐาน 16

ไอซี HD44780 มีรีจิสเตอร์ 2 ตัวคือ Instruction Register (IR) ใช้สำหรับเก็บรหัสของคำสั่งและ Data Register (DR) ซึ่งใช้สำหรับเก็บรหัสตัวอักษรเมื่อต้องการเขียน หรืออ่านข้อมูลจากไอซีจะต้องเลือกใช้รีจิสเตอร์ให้เหมาะสมเพื่อนำไปต่อกับขา 4 ของ จอแสดงผลแบบผลึกเหลว ตามหน้าที่การทำงานที่เราต้องการ

ในกรณีที่จอแสดงผลแบบผลึกเหลว มี 2 เหลว (ถ้าต้องการลบแถวแรก) การทำงานของมันจะทำการเลื่อนตำแหน่งซ้ายสุดของแถวบนซึ่งเป็นตำแหน่งแอดเดรสสูงก่อน และตำแหน่งต่อไปก็จะเลื่อนตามมา ตามลำดับจนกว่าจะหมดแถวที่ 1 แล้วแถวที่ 2 จะตามมา เช่น สมมุติว่าแถวที่ 1 มีตำแหน่งแอดเดรสเริ่มต้นที่ 0-39H พอหมดแถวที่ 1 แล้วแถวที่ 2 จะถูกลบต่อไปเป็น 40H, 41H, 42H, 43H และต่อๆ ไปจนครบ

แต่ละครั้งที่ทำการเขียนอักษรลงในแอดเดรสของ DDRAM แต่ละตำแหน่งแอดเดรสจะเพิ่มตำแหน่งขึ้นโดยอัตโนมัติตามลำดับของการเขียนตัวอักษร ยกเว้นกรณีที่ผู้ใช้กำหนดตำแหน่งของแอดเดรสที่จะเขียนข้อมูลเองในบางครั้ง

อย่างไรก็ตามเนื่องจากว่าแถวที่สอง เริ่มที่ตำแหน่งแอดเดรส 40H ดังนั้นถ้าหากผู้ใช้ต้องการให้แสดงที่แถวที่สอง จะต้องอ้างตำแหน่งแอดเดรส ให้ถูกต้องด้วย เช่น ถ้าจอแสดงผลมี 16 ตำแหน่ง แถวที่ 1 จะสิ้นสุดที่ตำแหน่ง 0FH และแถวที่ 2 จะเริ่มต้นที่ 40H ดังนั้นถ้าต้องการย้ายอักษรจากตำแหน่งขวาสุดของแถวที่ 1 ไปยังตำแหน่งซ้ายสุดของแถวที่ 2 ผู้ใช้จะต้องอ้างตำแหน่งไปที่ 40H นอกจากนี้จอแสดงผลบางรุ่นจะมีแถวแสดงอักษรเป็นแบบ ฟิสิคอล 1 แถว และแบบลอจิคอลอีก 2 แถว

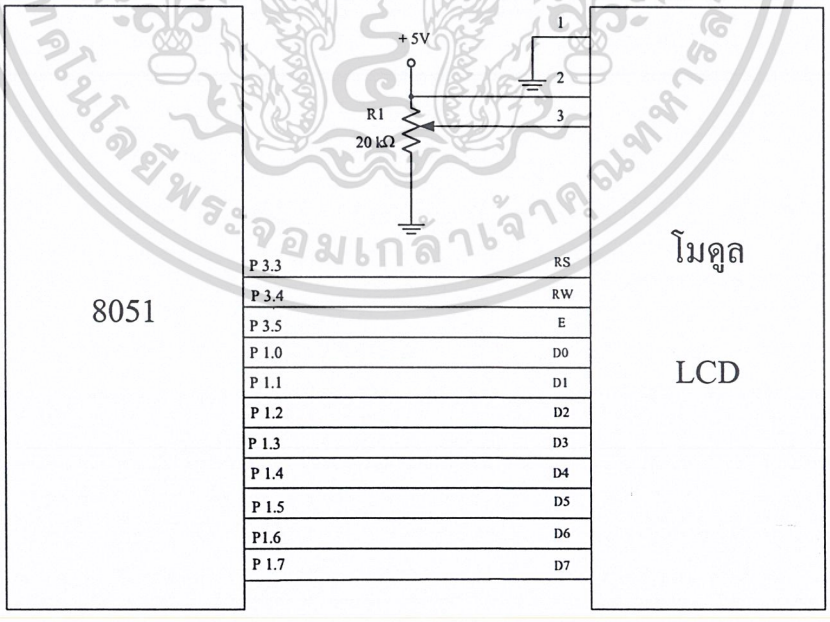
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.5 การอ่าน และการเขียน

การประมวลผลคำสั่งในการอ่าน และเขียนข้อมูลกับจอแสดงผลแบบผลึกเหลว ขั้นตอนของการเขียนเริ่มจากมีสัญญาณรีเซ็ตเข้ามา และให้สัญญาณอ่าน/เขียนมีสถานะเป็นต่ำ หลังจากนั้นประมาณ 140 นาโนวินาที สัญญาณอีนาเบิลจะมีสถานะเป็นสูง และคงสถานะอยู่อย่างน้อย 450 นาโนวินาที เพื่อที่จะให้ขาข้อมูล D0-D7 ส่งข้อมูลอย่างน้อย 195 นาโนวินาที ก่อนที่สัญญาณอีนาเบิลจะเป็นต่ำอีกครั้ง

ส่วนขั้นตอนในการอ่านข้อมูลจะคล้ายกับการเขียน แต่สัญญาณอ่าน/เขียนจะเป็นสูง ส่วนสัญญาณข้อมูล D0-D7 จะทำงานหลังจากสัญญาณอีนาเบิลเป็นสูง แล้วประมาณ 320 นาโนวินาที ไอซี HD44780 จะไม่ทำคำสั่งใหม่ที่เข้ามาจนกว่าจะทำคำสั่งที่ทำงานอยู่ขณะนั้นเสร็จก่อน ซึ่งในกรอบแยกที่ 1 จะแสดงเวลาที่มากที่สุดที่แต่ละคำสั่งใช้ในการประมวลผล แต่ถ้าใช้ภาษาเบสิก หรือภาษาระดับสูงในการโปรแกรม ค่าเวลาเหล่านี้อาจไม่ต้องใส่ใจกับมันมากนัก เพราะว่าตัวโปรแกรมจะเข้าถึงคำสั่งโดยอัตโนมัติอยู่แล้ว ถ้าหากต้องการใช้ชุดโมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลวรับคำสั่งต่อมา อาจทำได้โดยเขียนโปรแกรมหน่วงเวลา หลังจากทำคำสั่งเหล่านั้น หรืออาจจะอ่านแฟล็ก (Flag) ว่าง (บิต 7 ก็ได้)

2.6.3 การเชื่อมต่อ



รูปที่ 2.13 การเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว สามารถที่เชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้หลายเบอร์ รูปที่ 2.13 แสดงการเชื่อมต่อโมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลวเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 โดยมีหน้าที่การทำงานของแต่ละขาดังนี้ คือ ขา 1 ต่อกราวด์ ขา 2 ต่อแรงดันไฟฟ้า 5 โวลต์ ขา 3 ต่อกับตัวความต้านทานปรับค่าได้ แบบโพเทนชิโอมห์มิเตอร์เพื่อปรับความเข้ม และความสว่าง ขา 4 , 5 และ 6 ใช้ต่อสัญญาณควบคุม ส่วนบัสข้อมูล (Data Bus) ที่ขา 7 – 14 จะต่อเข้ากับพอร์ต 1 ของ 8051 เพื่ออ่าน และเขียนข้อมูลลงไปบนโมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลว

การต่อโมดูลในรูปที่ 2.18 ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมเป็นภาษา แอสเซมบลีได้ ซึ่งใช้กับโมดูลของจอแสดงผลแบบผลึกเหลวขนาด 16 ตัวอักษร 2 แถว และโปรแกรมจะแสดงข้อความที่จอแสดงผลการทำงานของแต่ละคำสั่ง

2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ผลิตโดยบริษัทอินเทล มีการนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างมากมายในปี ค.ศ. 1,980 ต่อมาบริษัท ฟิลลิปส์ และซีเมนต์ ได้รับลิขสิทธิ์ในการผลิตจำหน่าย และได้มีการเพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์หลายรุ่น ซึ่งจะมีสถาปัตยกรรมพื้นฐานที่เหมือนกัน เพียงแต่มีขนาดของหน่วยความจำภายใน และหน่วยทำงานภายในที่แตกต่างกัน

2.7.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

1) หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต

2) หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (Program Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์

3) หน่วยความจำข้อมูลภายใน (Data Memory) ขนาด 128 ไบต์

4) อ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรมได้ถึง 64 กิโลไบต์

5) อ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูลได้ถึง 64 กิโลไบต์

6) หน่วยความจำโปรแกรม และข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิพแยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์

7) มีพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต แบบขนานจำนวน 4 พอร์ต (32 บิต) แยกกันอย่างอิสระ

8) มีวงจรนับ/จับเวลา ขนาด 16 บิต 2 ชุด ทำงานได้ 4 โหมด

9) มีพอร์ตการสื่อสารอนุกรม (Universal Asynchronous Receiver Transmitter : UART) รับส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน (Full Duplex) สามารถเลือกรูปแบบการส่งได้ 4 รูปแบบ

10) รับสัญญาณอินเตอร์รัพต์ได้ 6 แหล่ง กระโดดไปทำงานตอบสนองได้ 5 ตำแหน่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) มีวงจรออสซิลเลอร์เตอร์ภายใน

12) นำข้อมูลมา AND,OR หรือทำ Complement ได้ทั้งแบบ 8 บิต และ 1 บิต

2.7.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ จะประกอบขึ้นด้วยเกตชนิดต่างๆ เช่น AND OR NOT ซึ่งเกตเหล่านี้ จะนำเอามาออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่างๆ เช่น วงจรถอดรหัสคำสั่ง วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา เป็นต้น

โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ

1) หน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit: CPU)

ส่วนนี้จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุม ในการติดต่อกับส่วนอื่นๆ เรียกว่า วงจรควบคุม (Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุม ได้แก่ สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ อุปกรณ์รับข้อมูลเข้า หรือส่งข้อมูลออก ซึ่งส่วนควบคุมการขัดจังหวะ และส่วนควบคุมบัสก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วย การสร้างสัญญาณจากวงจรควบคุมจากหน่วยประมวลผลกลางนี้จะทำการสร้างสัญญาณโดยการถอดรหัสจากคำสั่งที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรออสซิสเลเตอร์ เพื่อให้ทุกๆ ส่วน ทำงานประสานกันอย่างถูกต้อง

ในหน่วยประมวลผลกลางยังประกอบด้วยส่วนประมวลผล (Arithmetic Logic Unit) ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล เช่น การลบ บวก คูณ หรือหารข้อมูล แล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำที่ต้องการ

2) หน่วยความจำ (Memory)

หน่วยความจำมีไว้สำหรับจดจำข้อมูล ซึ่งในการนำข้อมูลเข้าและออกจากหน่วยความจำจำเป็นต้องรู้ตำแหน่ง (Address) ของหน่วยความจำ ในการนำข้อมูลเข้าไปเก็บในหน่วยความจำเรียกว่า การเขียนข้อมูล และการนำข้อมูลออกจากหน่วยความจำ เรียกว่า การอ่านข้อมูล ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ข้อมูลในแต่ละตำแหน่งจะมีขนาด 8 บิต ดังนั้น แต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะสามารถเก็บข้อมูลมีค่าได้ระหว่าง 000000002 ถึง 111111112 หรือ 00H ถึง 0FFH ในการติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่ม คือ

2.1) ตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ ซึ่ง MCS-51 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม และหน่วยความจำข้อมูลที่มีขนาดสูงสุดชนิดละ 65,536 ตำแหน่ง (64 กิโลไบต์) ดังนั้น การอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้เส้นแสดงตำแหน่งในเลขฐานสองทั้งหมด 16 เส้น (216 เท่ากับ 65,536)

2.2) ข้อมูลที่อ่าน หรือเขียนกับหน่วยความจำในตำแหน่งที่เราต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3) สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำ เพื่อบอกกับหน่วยความจำว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูล โดยวงจรถอดรหัสคำสั่งทำการสร้างสัญญาณควบคุมจากคำสั่งที่อ่านเข้ามาจากหน่วยความจำโปรแกรม

3) อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต (Input/Output Device)

อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุตเป็นส่วนที่ใช้ส่งข้อมูลเข้า หรือนำข้อมูลออกจาก MCS-51 ทำให้สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต ได้แก่ 4 I/O Port, Timer/Counter 0, Timer/Counter 1, Serial Port

3.1) 4 อินพุต/เอาต์พุตพอร์ต (4 I/O Port) หรือพอร์ตแบบขนาน เป็นที่สำหรับใช้รับส่งข้อมูล ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้า หรือออกจากตัว MCS-51 มีทั้งหมด 4 พอร์ต โดยแต่ละพอร์ตจะรับส่งข้อมูลได้ 8 บิต มีพอร์ต P0, P1, P2 และ P3 บางพอร์ตจะใช้งานมากกว่า 1 อย่างก็ได้

3.2) ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 0 (Timer/Counte 0) และไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ 1 Timer/Counter 1) เป็นวงจรนับที่สามารถทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก MCS-51 หรือจำนวนของสัญญาณนาฬิกาภายใน MCS-51 ได้ สามารถตั้งค่าเริ่มต้นของการนับและอ่านค่าการนับได้โดยหน่วยประมวลผลกลาง

3.3) พอร์ตอนุกรม (Serial Port) หน่วยประมวลผลกลางจะอ่าน และเขียนข้อมูลกับพอร์ตอนุกรมเป็นแบบ 8 บิต แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก MCS-51 เรียงไปทีละบิตออกจากขา TXD และในการรับข้อมูลจะรับเข้ามาทีละบิตทางขา RXD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิต เพื่อให้หน่วยประมวลผลกลางไปใช้งานต่อไป

ใน MCS-51 มีพอร์ตให้ใช้งานได้หลายแบบ ทำได้สะดวกแก่การนำไปใช้งานต่างๆ ได้มากมาย การจะนำพอร์ตไปใช้งานได้จะต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

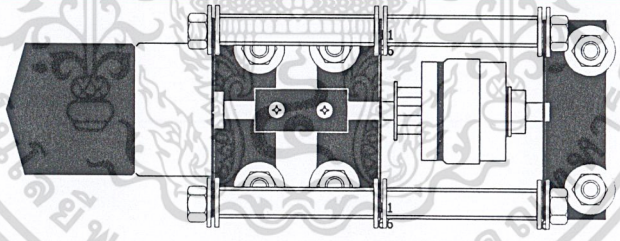
3.1 ชุดดึงสาย

ชุดดึงสายนี้มีหน้าที่ดึงสายออกจากโรว์ก่อนในระยะเริ่มแรก เมื่อสายนำสัญญาณเข้าไปในชุดเก็บสายแล้วจะทำการหยุดดึง โดยสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมนั้นมาจากส่วนควบคุม เมื่อส่วนควบคุมมีสัญญาณ “1” เข้ามายังวงจรขับ วงจรขับจะทำการจ่ายกระแสไฟไปยังมอเตอร์ชุดดึง เพื่อดึงสายนำสัญญาณออกมา

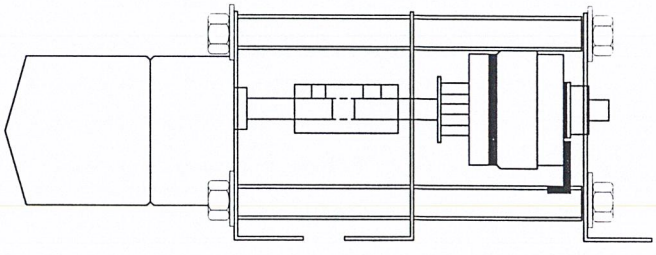
ในส่วนของชุดดึงประกอบไปด้วย

1) วงจรขับชุดดึง
2) มอเตอร์ทดเฟืองรอบต่ำ

นำอุปกรณ์สองตัว คือ มอเตอร์ทดเฟืองรอบต่ำและชุดโซลินอยส์ ประกอบเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 3.1 และ 3.2

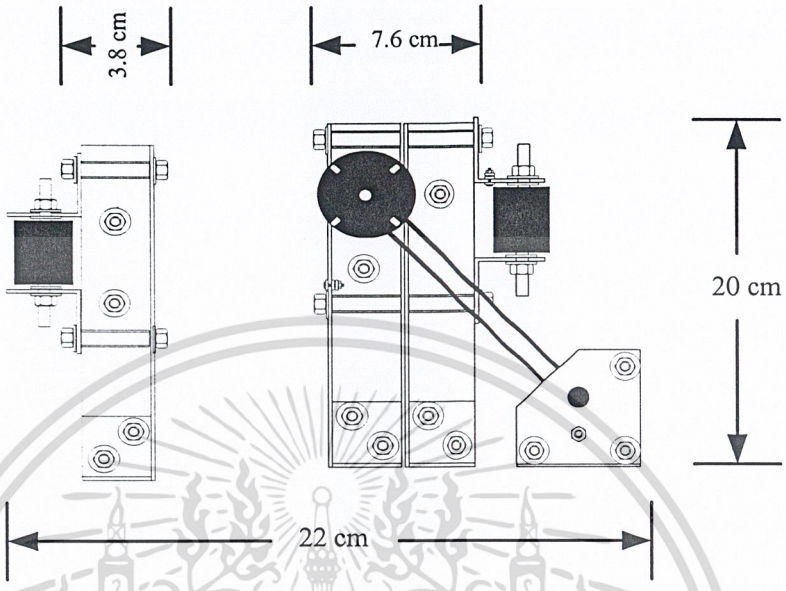


รูปที่ 3.1 ส่วนของมอเตอร์ทดเฟืองและโซลินอยล์

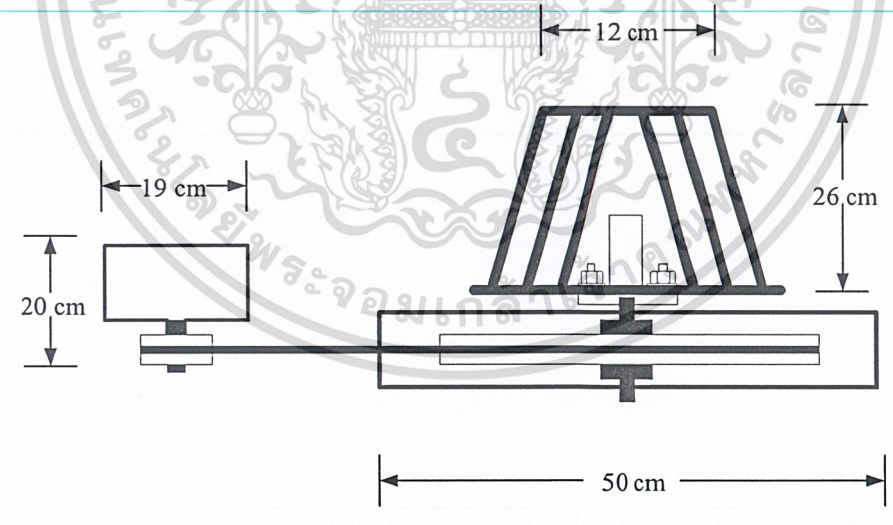


รูปที่ 3.2 ส่วนของมอเตอร์ทดเฟืองและโซลินอยล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ชุดดึงสาย



รูปที่ 3.4 ชุดม้วนสาย

จากรูปที่ 3.4 ชุดม้วนสายจะทำหน้าที่ ในการม้วนเก็บสายนำสัญญาณ โดยปลายของสายนำสัญญาณจะสอดผ่านเข้ามาภายในชุดม้วนสาย ชุดม้วนสายจะทำการม้วนสายไปจนกระทั่งได้ความยาวที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ชุดตัดสาย

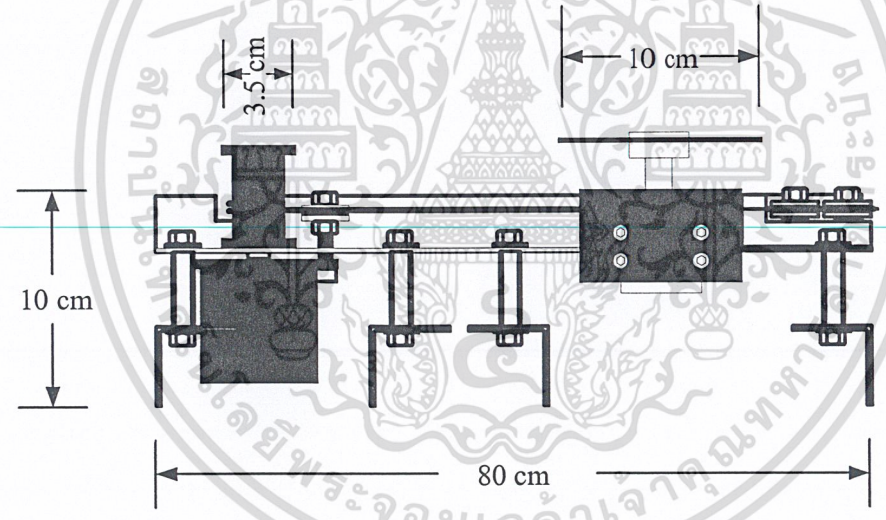
เมื่อส่วนควบคุมมีสัญญาณ "1" เข้ามายังวงจรขับชุดตัดวงจรจะจ่ายกระแสไฟไปเลี้ยงมอเตอร์ เมื่อหมุนใบเลื่อยด้วยความเร็วสูง พร้อมที่ตัดสายนำสัญญาณ หลังจากนั้นวงจรส่วนควบคุมจะส่งสัญญาณไปยังชุดสเตปปิ้งมอเตอร์ เพื่อเลื่อนตำแหน่งของชุดตัดไปยังจุดที่ต้องการ

ชุดตัดสายนี้ จะทำการตัดสายนำสัญญาณเมื่อได้ความยาวของสายตามที่กำหนด ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ

1) มอเตอร์ชุดตัดกับใบเลื่อย

2) สเตปปิ้งมอเตอร์

มอเตอร์ชุดตัดเป็นมอเตอร์ที่มีความเร็วรอบสูง 4,500 รอบต่อนาที ถ้าหากมอเตอร์ชุดตัดมีความเร็วรอบต่ำ จะไม่สามารถตัดสายนำสัญญาณขนาดใหญ่ได้ ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 มอเตอร์ชุดตัดกับใบเลื่อย

3.3 ชุดตรวจวัดความยาว

ทำหน้าที่ในการตรวจสอบระยะการเคลื่อนที่ที่ชุดดึงได้ดึงออกมา แล้วทำการส่งค่าที่ได้ไปยังวงจรส่วนควบคุมเพื่อคำนวนและสั่งการ

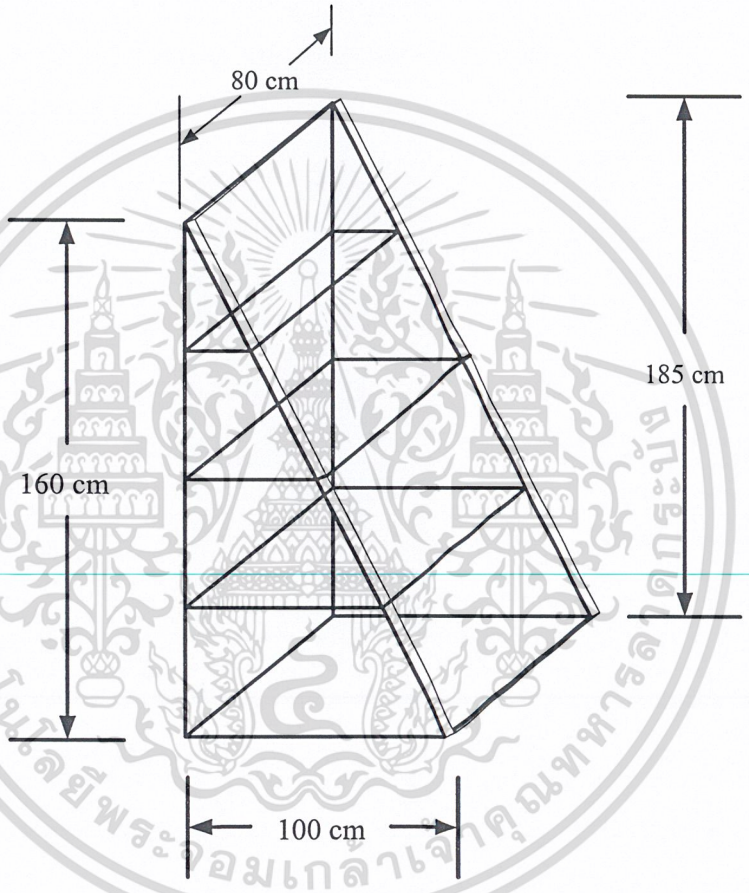
ชุดตรวจวัดความยาว ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ

1) ชุดตัดแสง ประกอบติดอยู่กับส่วนของชุดดึงสายเมื่อมีการดึงสายเกิดขึ้น จะมีผลให้ชุดตัดแสงเคลื่อนที่ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ชุดรับแสง ใช้แสงอินฟราเรดเป็นตัวส่งแสงและโฟโต้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวรับ และทำการส่งสัญญาณไปยังส่วนควบคุม

3.4 การสร้างโครงเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณ

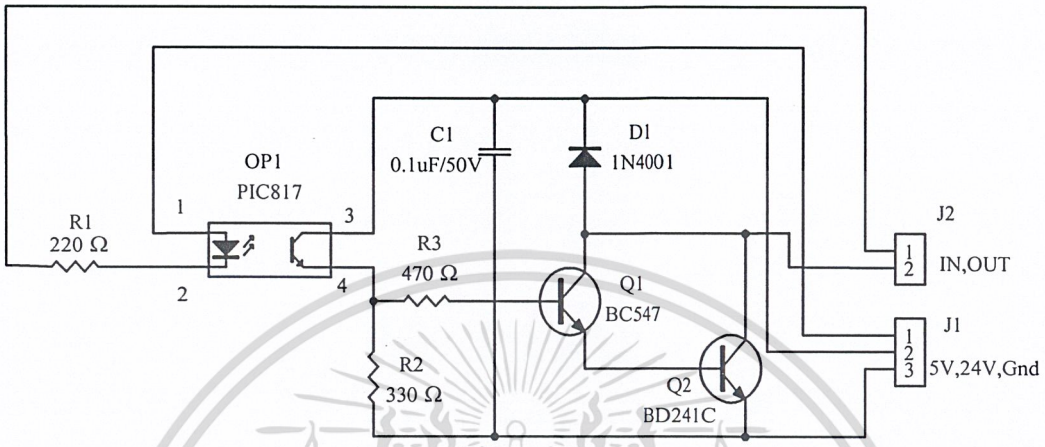


รูปที่ 3.6 โครงเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม

จากรูปที่ 3.6 โครงของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณจะต้องสามารถรับน้ำหนักของอุปกรณ์ทั้งหมดของเครื่องได้ รวมทั้งต้องมีความแข็งแรง และต้องสามารถถอดประกอบได้โดยสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 หลักการทำงานของวงจรขับมอเตอร์



รูปที่ 3.7 วงจรขับมอเตอร์

จากรูปที่ 3.7 วงจรของส่วนขับมอเตอร์นั้นใช้ Isotator เป็นตัวแยกสัญญาณระหว่างส่วนควบคุมกับ Power Transistor ไม่ให้มีการรบกวนซึ่งกัน โดยทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในวงจรสามารถทนกระแสได้ 3 A

3.6 ผังการทำงานหลักของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม

จากผังการรูปที่ 3.8 ทำงานของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม

1) เมื่อเริ่มต้นการทำงานจะทำการกำหนดค่าคงที่ต่างๆ

2) แสดงเมนูการทำงานพร้อมทั้งรอรับการกดคีย์

3) ตรวจสอบการกดคีย์ มีการเลือกไปยังฟังก์ชั่นใด

3.1) กรณีเลือกการจ่ายสาย

3.1.1) แสดงตัวเลือก ตัดเส้นเดียวหรือตัดเป็นชุด

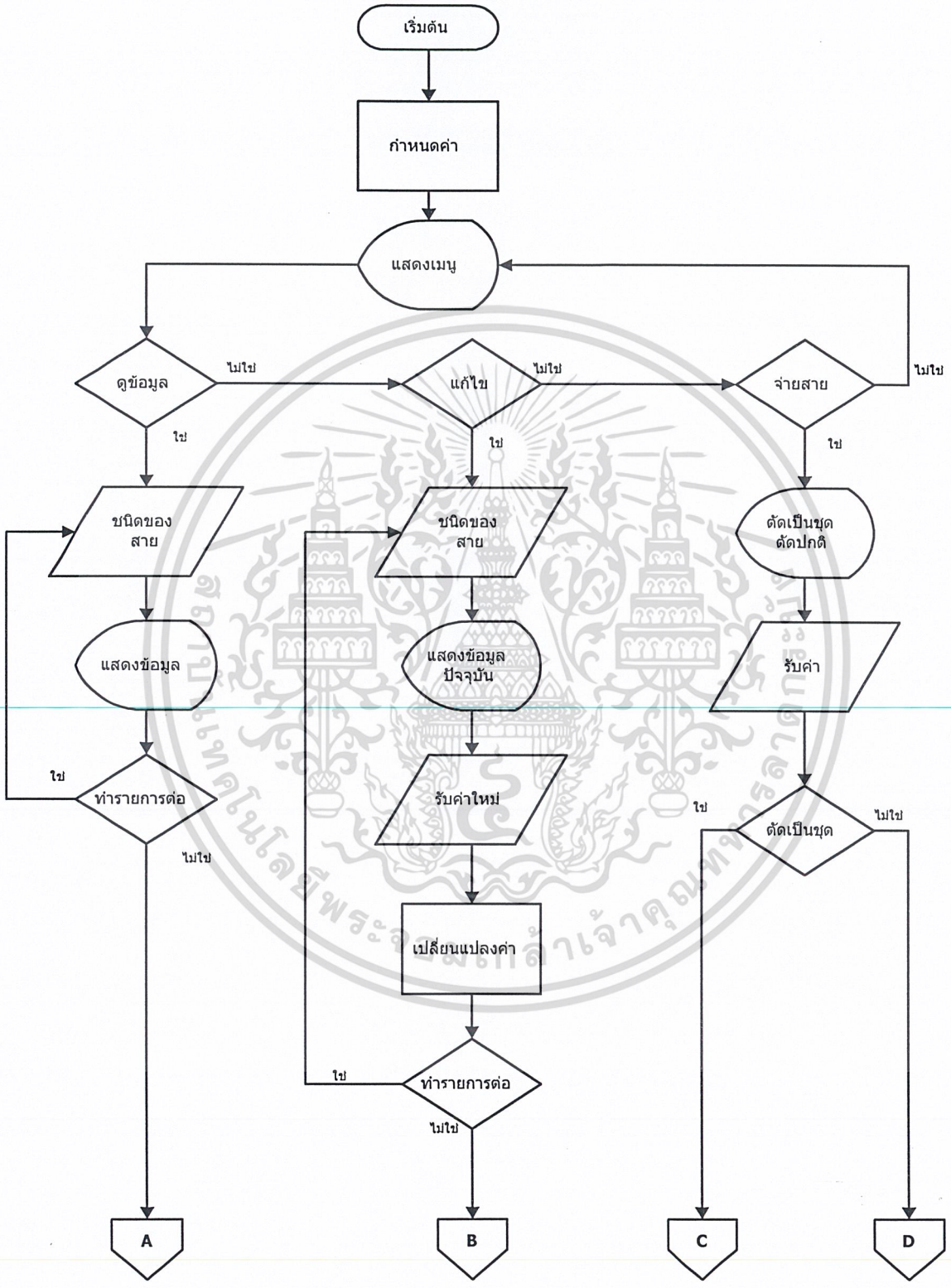
3.1.2) รับค่าชนิดของสายและความยาว

3.1.3) ตรวจสอบความยาวเพียงพอต่อการจ่ายหรือไม่ ถ้าไม่พอทำการใส่ค่าความยาวใหม่

3.1.4) ถ้าความยาวสายเพียงพอสั่งให้เครื่องทำการจ่ายสาย

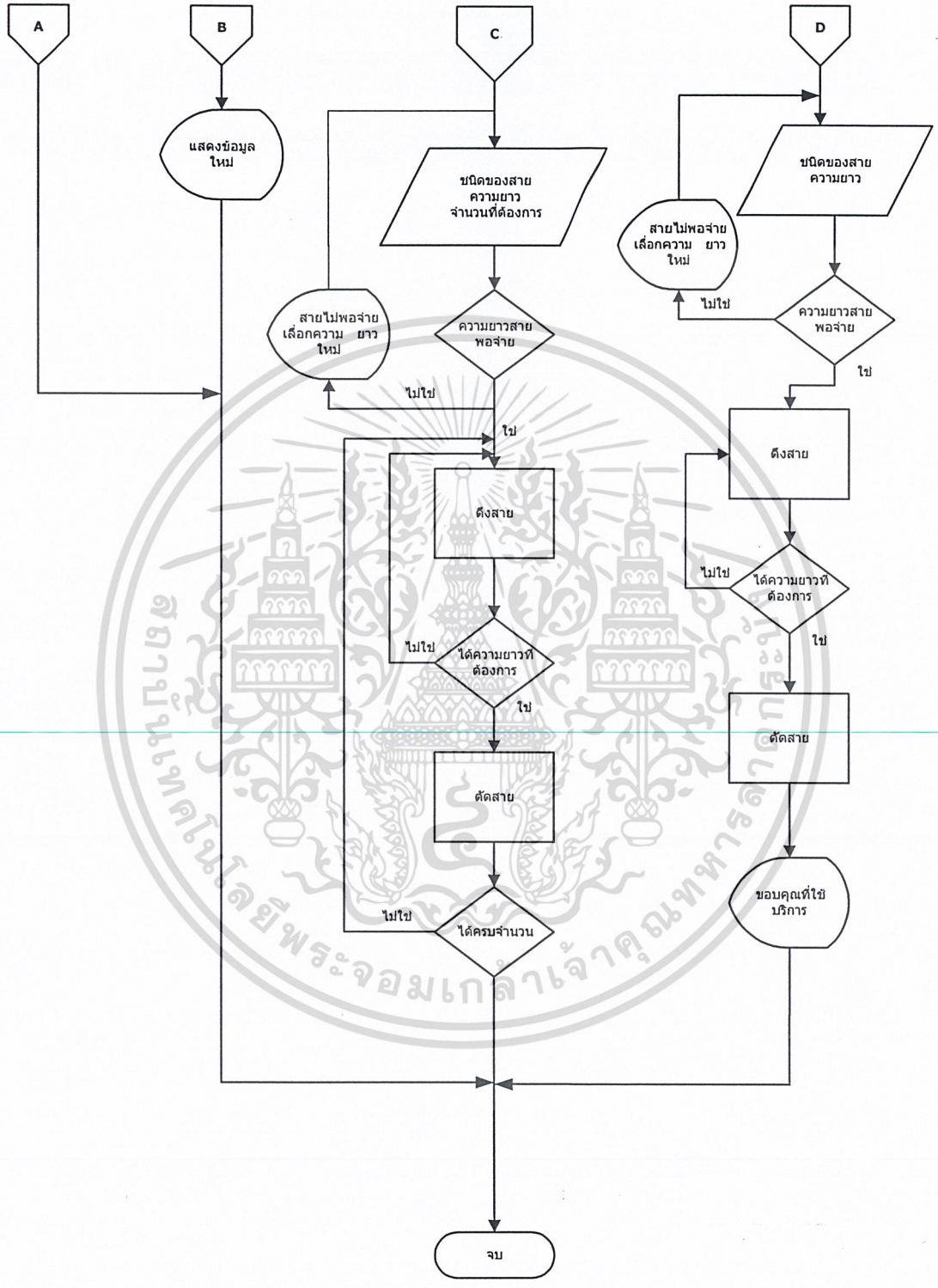
3.1.5) เมื่อได้ความยาวตามต้องการสั่งให้เครื่องตัดสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ผังการทำงานของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 (ต่อ) ผังการทำงานของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6) กลับสู่หน้าจอหลัก

3.2) กรณีเลือกการแก้ไขสาย

3.2.1) แสดงเมนูเลือกชนิดของสายที่ต้องการแก้ไข

3.2.2) รับค่าชนิดของสายและความยาวใหม่

3.2.3) ทำการเปลี่ยนแปลงค่า

3.2.4) กลับสู่หน้าจอหลัก

4) ถ้าเลือกเมนูอื่นนอกเหนือจากนี้ให้แสดงเมนูหลักซ้ำ เพื่อรอรับค่าต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

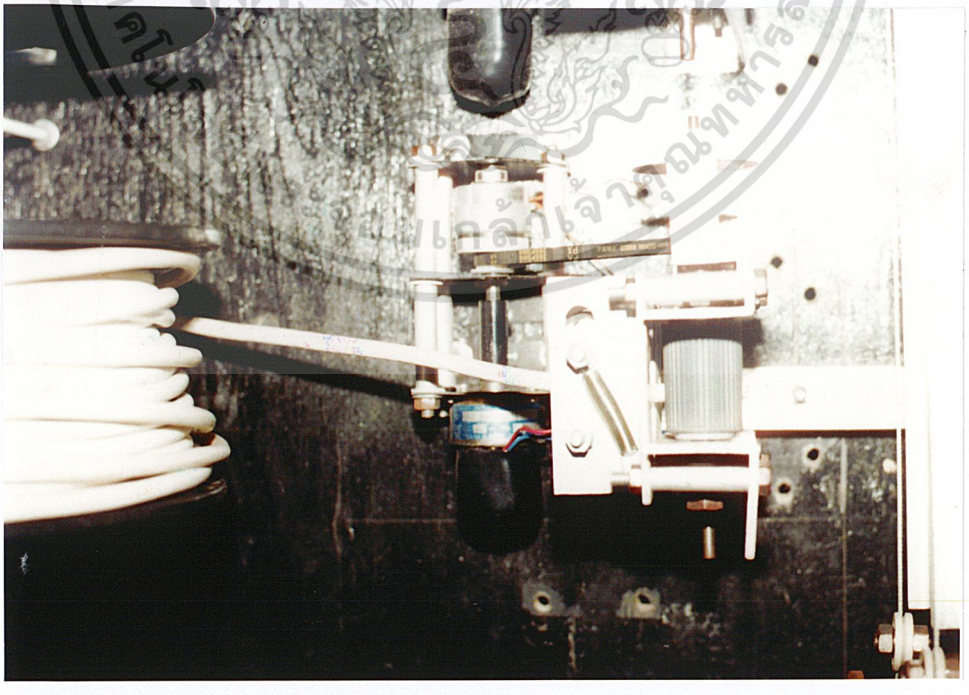
การทดลอง และผลการทดลอง

ในการทดลองที่จัดทำขึ้นนี้ จัดทำขึ้นเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วมที่ได้จัดสร้างขึ้น โดยจะต้องใช้อุปกรณ์ประกอบในการทดลองด้วย คือ สายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม ที่มีขนาดต่างกัน 3 ชนิด โดยแบ่งการทดลองเป็น 4 การทดลอง ได้แก่

4.1 การทดลองการวัดความเร็วในการป้อนสาย

4.1.1) ลำดับขั้นการทดลอง

1) นำสายนำสัญญาณ 3 ชนิด ประกอบเข้าในที่เก็บสาย แต่ละชุด
2) จ่ายไฟเลี้ยงไปยังชุดดึงตัวที่ 1
3) จับเวลาในการดึง
4) บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.1
5) ทำซ้ำข้อ 3, 4, 5 โดยจ่ายไฟเลี้ยงไปยังชุดดึงตัวที่ 2 และ 3 แทน



รูปที่ 4.1 การดึงสายของชุดดึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2) ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองการวัดความเร็วในการป้อนสาย

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการดึงสาย		
	สายชนิดที่ 1	สายชนิดที่ 2	สายชนิดที่ 3
1	13	12	14
2	14.9	13.7	13.9
3	14.5	16	14.5
4	13.7	15	13.8
5	15	14.8	15
เฉลี่ย	14.22	14.3	14.24

4.2 การทดลองความเร็วในการดึงสาย

4.2.1) ลำดับขั้นการทดลอง

1) ป้อนสายนำสัญญาณชนิดที่ 1 เข้ามายังโรล์ม้วนสาย

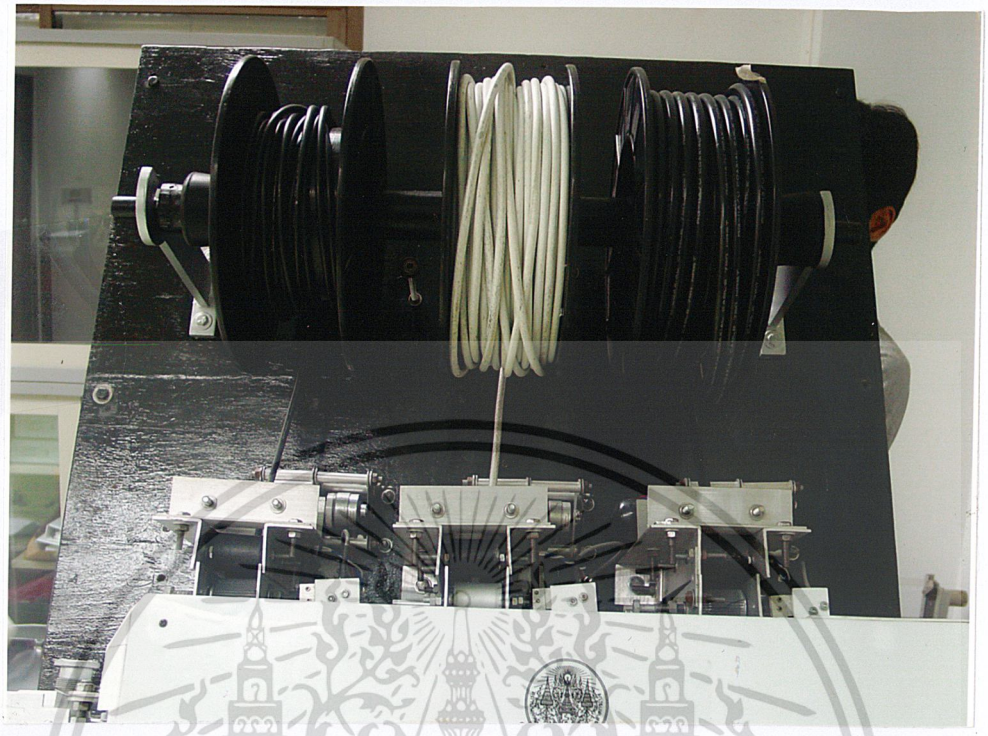
2) จ่ายไฟเลี้ยงไปยังมอเตอร์ชุดม้วนสาย

3) จับเวลา

4) บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.2

5) ทำซ้ำข้อ 1-4 และเปลี่ยนสายเป็นชนิดที่ 2 และ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 การดึงสาย

4.2.2) ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการทดลองความเร็วในการดึงสาย

ครั้งที่	เวลา (วินาที)								
	สายชนิดที่ 1 / ความยาว			สายชนิดที่ 2 / ความยาว			สายชิดที่ 3 / ความยาว		
	5	10	15	5	10	15	5	10	15
1	7.4	15	22	7.8	16	21	7.9	16.6	24
2	6.9	16	21.4	7.4	15.3	22	7.3	15	25
3	7	15.4	23	7	14.8	21.5	6.9	16.4	24
4	7.3	14.9	20	7.2	14.5	20.5	7	17	22
5	7.5	15.3	23	8	15	22	7.4	16	23
เฉลี่ย	7.22	15.32	17.88	7.48	15.2	21.4	7.3	16.2	28.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ระยะเวลาในการตัดสาย

4.3.1) ลำดับขั้นการทดลอง

1) นำสายนำสัญญาณชนิดที่ 1 สอดเข้าไปในชุดดึงสาย

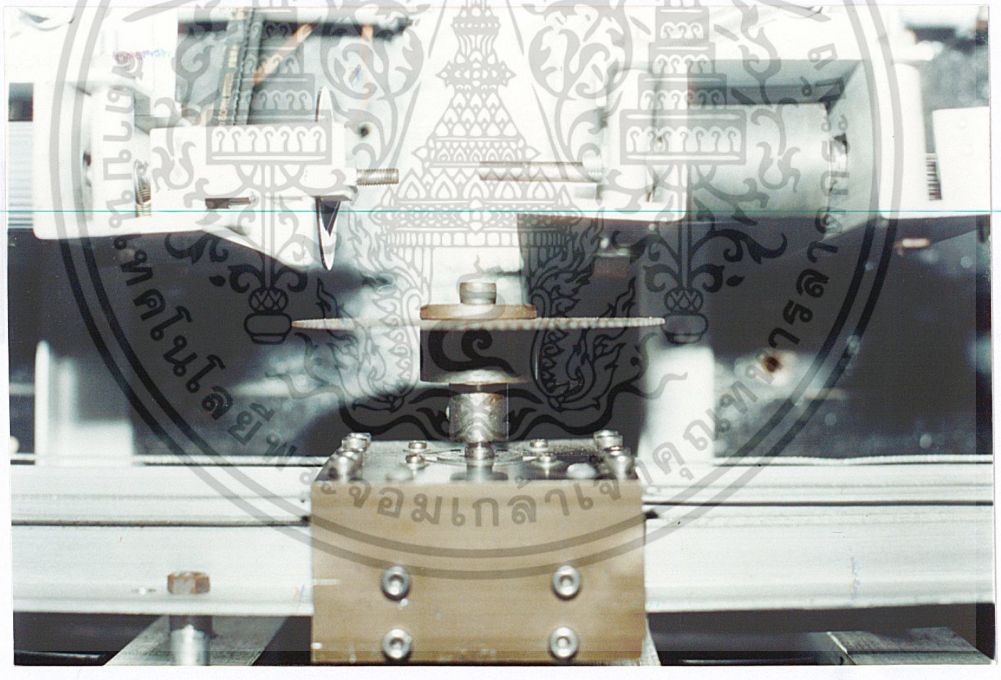
2) จ่ายไฟเลี้ยงแก่ชุดตัดสาย

3) ดึงชุดตัดสายเข้าไปตัดสายนำสัญญาณ

4) จับเวลา

5) บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.3

6) ทำซ้ำข้อ 1-5 และเปลี่ยนสายนำสัญญาณเป็นชนิดที่ 2 และ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 4.3 การตัดสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2) ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองระยะเวลาในการตัดสาย

ครั้งที่	เวลา (วินาที)		
	สายชนิดที่ 1	สายชนิดที่ 2	สายชนิดที่ 3
1	23	28	35
2	25	29	36
3	27	32	39
4	25	32	35
5	28	33	38
เฉลี่ย	25.6	30.8	36.8

4.4 การทดลองความเที่ยงตรงในการวัดความยาวของสาย

4.4.1) ลำดับขั้นการทดลอง

1) ป้อนคำสั่งตัดสายความยาว 1 เมตร

2) วัดความยาวของสายนำสัญญาณที่เครื่องตัดออกมา

3) บันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.4

รูปที่ 4.4 การวัดความยาวสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2) ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองความเที่ยงตรงในการวัดความยาวของสาย

ครั้งที่	เวลา (วินาที)		
	สายชนิดที่ 1	สายชนิดที่ 2	สายชนิดที่ 3
1	1.02	1.04	0.97
2	1.01	0.98	1.02
3	1.02	1.02	0.98
4	0.99	1.01	0.98
5	1.01	1.02	1.02
เฉลี่ย	1.01	1.01	0.994

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป ปัญหา แนวทางแก้ไข และพัฒนา

5.1 บทสรุป

ปริญญานิพนธ์ เครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม ได้นำหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และสวิตช์แสง มาใช้เป็นตัววัดความยาว 2 ส่วนนี้ถือว่าสำคัญที่สุด เพราะประสิทธิภาพของเครื่องขึ้นอยู่กับการวัดความยาวที่แม่นยำ และการตัดสาย ส่วนประกอบที่สำคัญอีกส่วนหนึ่ง คือ ระบบกลไกของส่วนต่างๆ ที่ต้องทำงานต่อเนื่องและสอดคล้องกันอย่างมีระบบ จึงสามารถทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพดีและมีความน่าเชื่อถือในการทำงาน

5.2 ปัญหา และแนวทางแก้ไข

1) ปัญหา การสร้างโครงสร้างของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม เนื่องจากในการสร้างโครงสร้างของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วมมีน้ำหนักมากและมีขนาดใหญ่ ทำให้ไม่สะดวกต่อการเคลื่อนย้ายและการใช้งาน

แนวทางแก้ไข ออกแบบให้มีขนาดกะทัดรัด และใช้วัสดุที่มีลักษณะเบาแต่ยังคงซึ่งไว้ความแข็งแรง

2) ปัญหา ชิ้นส่วนที่เป็นแมคคานิค มีราคาสูง

แนวทางการแก้ไข ขอคำปรึกษาจากอาจารย์ซึ่งได้แนะนำร้านที่มีราคาถูก

3) ปัญหา การตัดสายที่มีขนาดใหญ่ทำได้ช้าและรอยตัดมีความหยาบและยุ่ย

แนวทางการแก้ไข เปลี่ยนใบตัดที่มีความละเอียดสูงรวมทั้งมอเตอร์ชุดตัดให้มีกำลังและรอบสูง

4) **ปัญหา** ชุดวัดความยาว ต้องมีความแม่นยำ

แนวทางการแก้ไข ออกแบบการติดตั้ง การตรวจวัดในตำแหน่งที่เหมาะสม รวมทั้งออกแบบวงจรและอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกันให้มีความละเอียดสูง

5) ปัญหา เสียงดังขณะเครื่องทำงาน

แนวทางการแก้ไข ตรวจสอบส่วนที่ต้องมีการเคลื่อนไหว ทำการใส่น้ำมันหล่อลื่น รวมทั้งออกแบบให้ชิ้นส่วนแต่ละชิ้นที่มีการเคลื่อนไหวต่อเนื่องกันมีขนาดที่พอดีเข้ากันได้ ไม่หลวมและไม่แน่นจนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการพัฒนา

1) การพัฒนาให้เครื่องสามารถคำนวนราคาได้

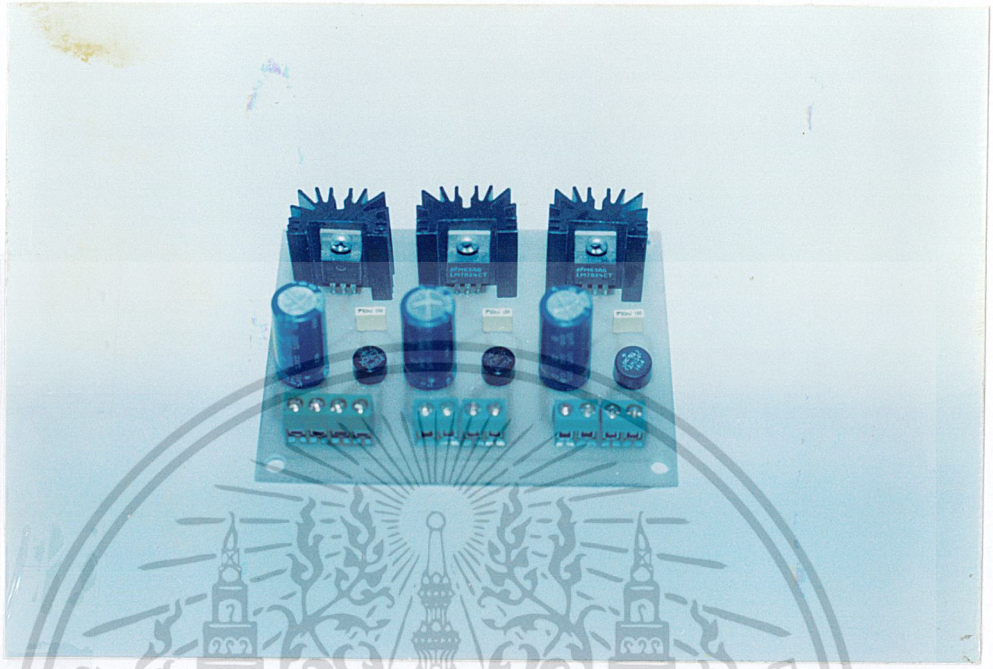
2) การพัฒนาขนาดของเครื่องให้เล็กลง

3) การพัฒนาให้ใช้งานได้กับสายหลายชนิด หลายขนาดได้

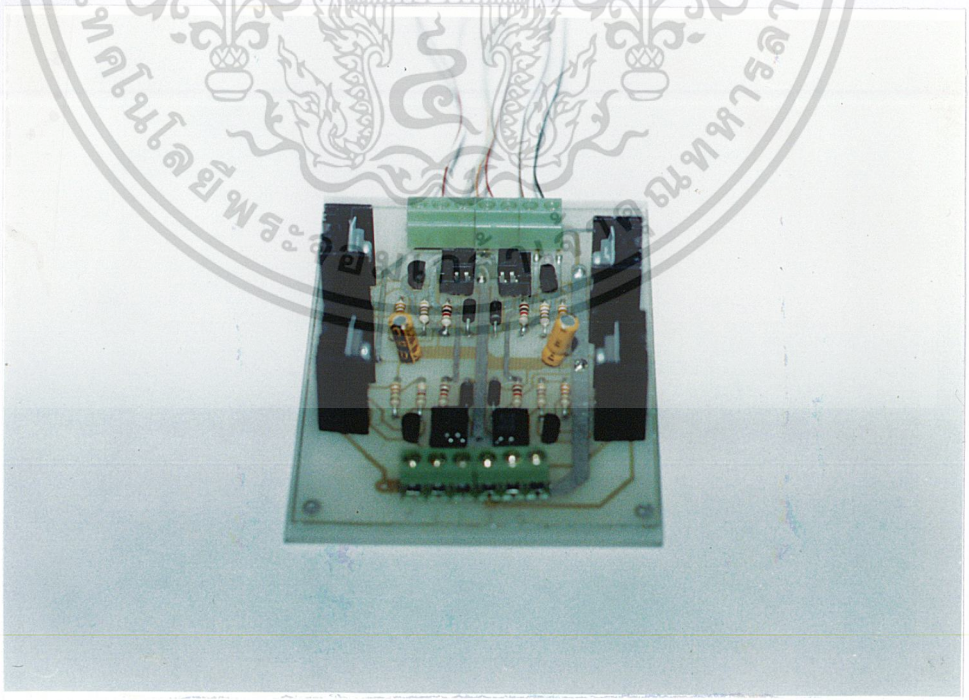
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

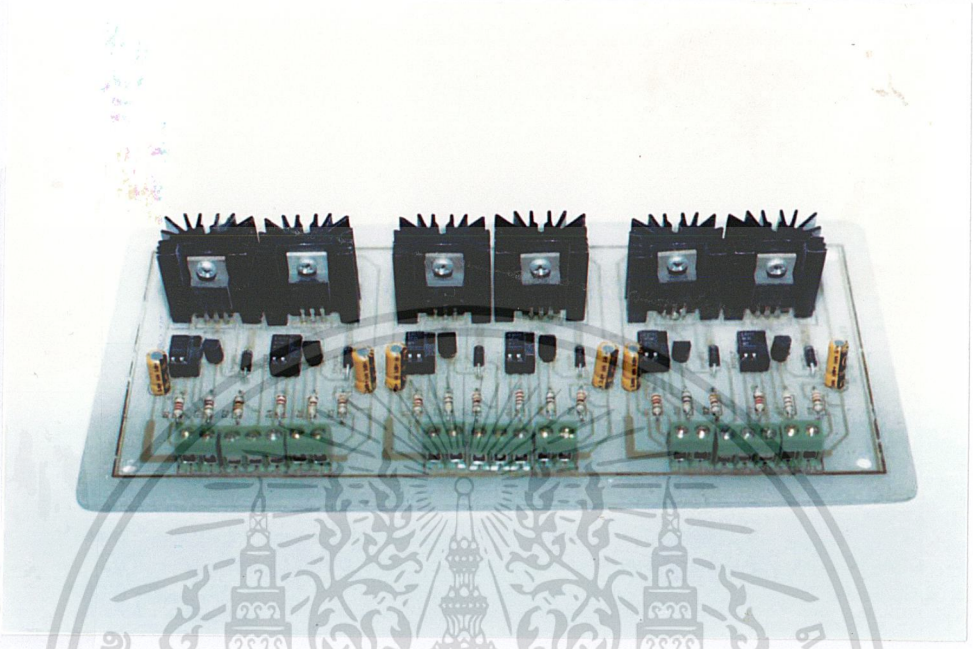


รูปที่ ก.1 วงจรภาคจ่ายไฟ

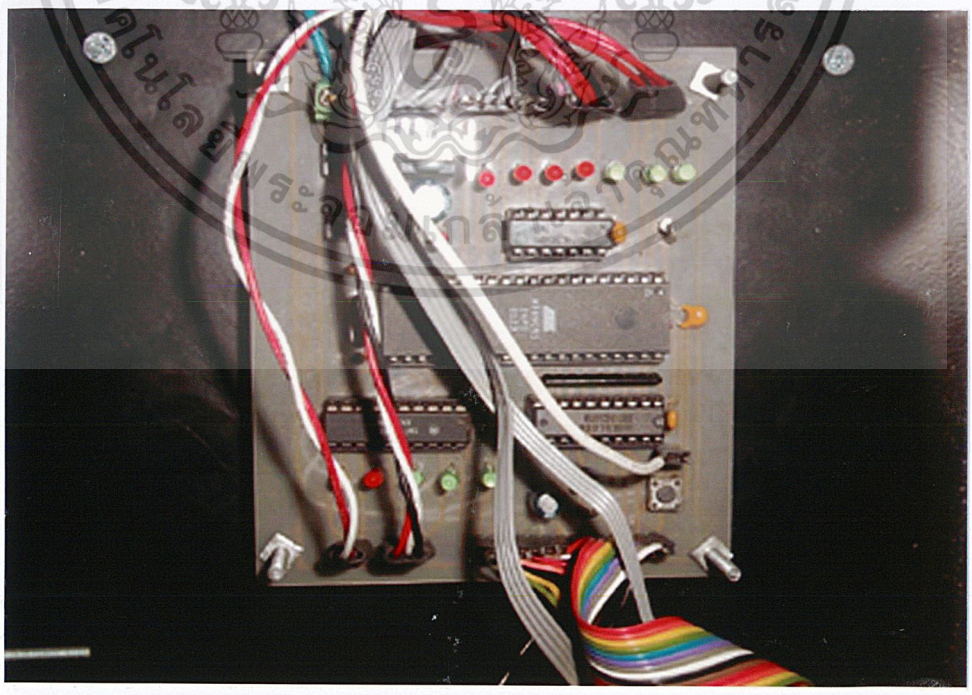


รูปที่ ก.2 วงจรขับสเตปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

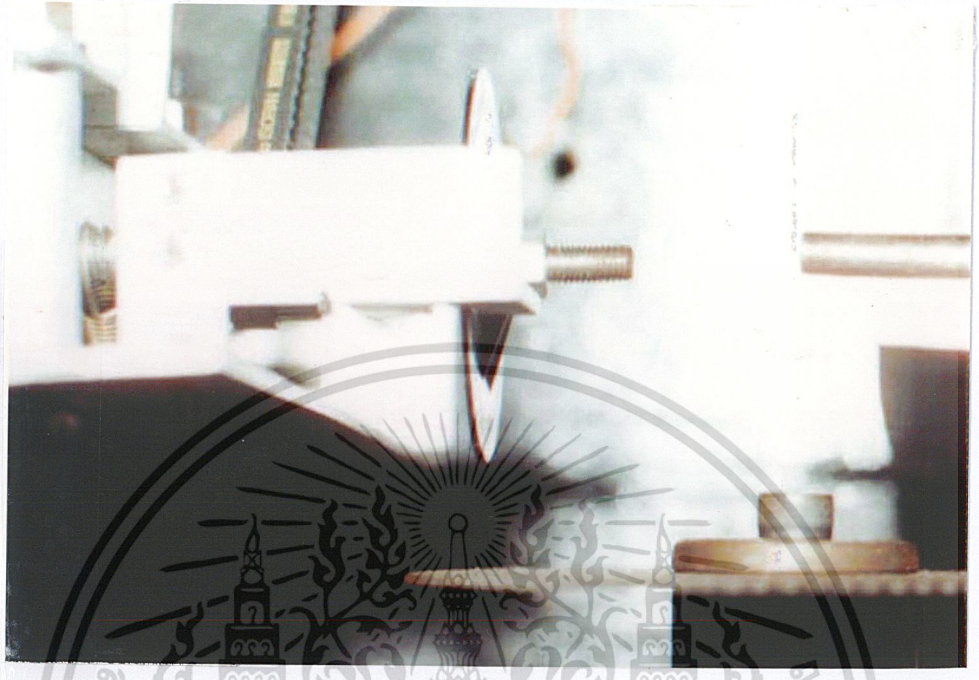


รูปที่ ก.3 วงจรขับชุดดึงสาย

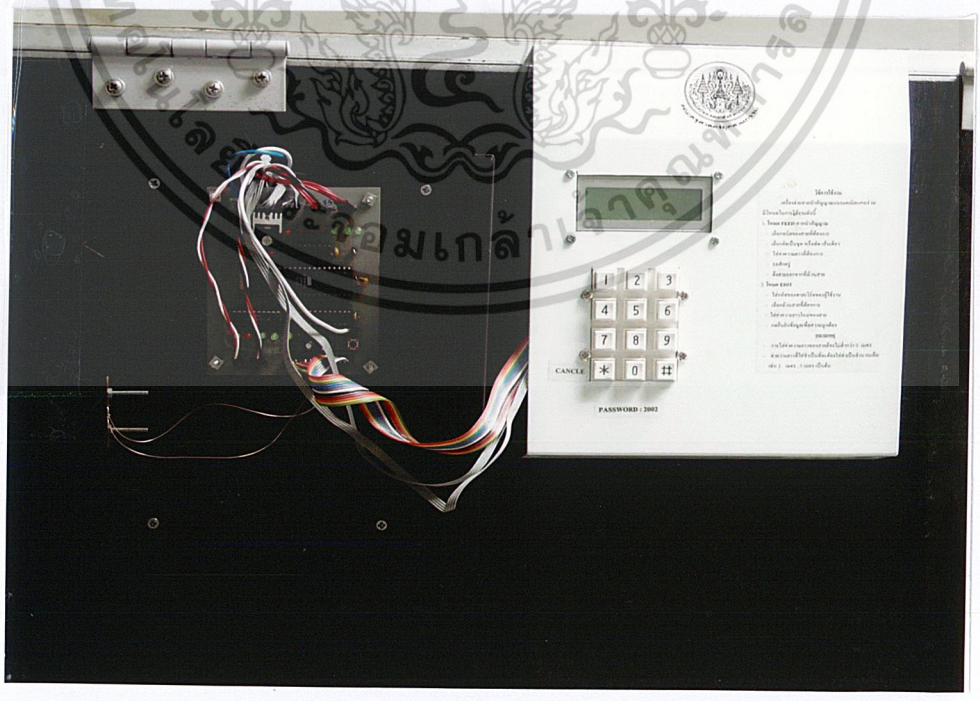


รูปที่ ก.4 แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ 8951

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

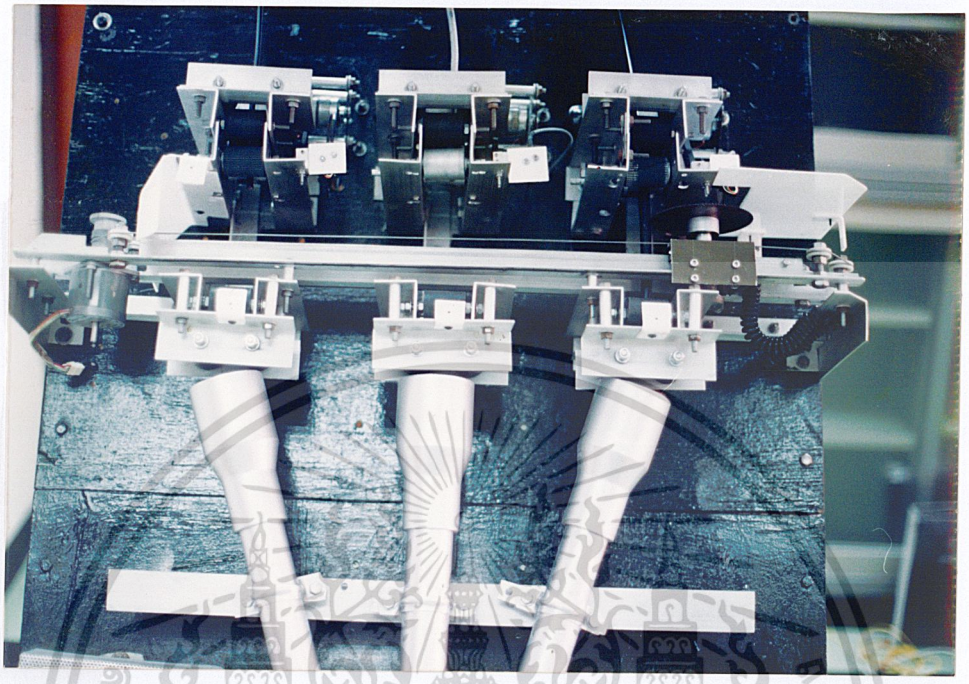


รูปที่ ก.5 ชุดตรวจวัดความยาว



รูปที่ ก.6 การติดตั้งวงจรลงกล่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.7 ชุดตัดสาย

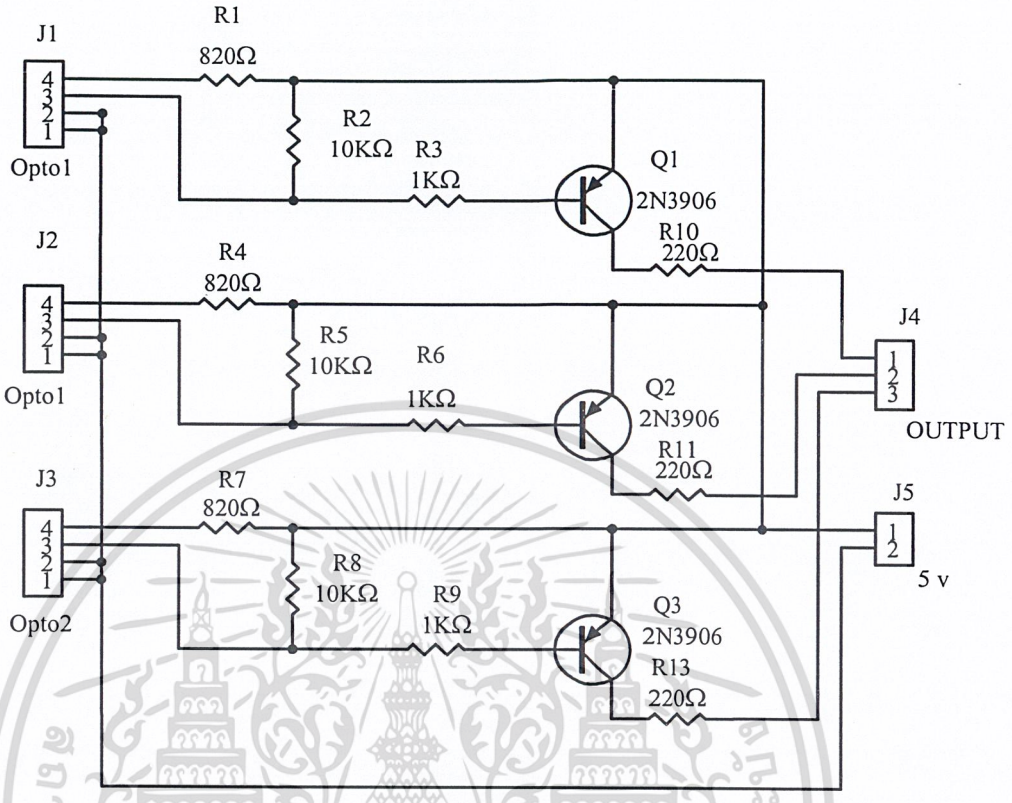
รูปที่ ก.8 เครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

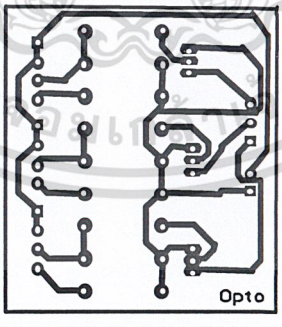
ภาคผนวก ข

วงจร และแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

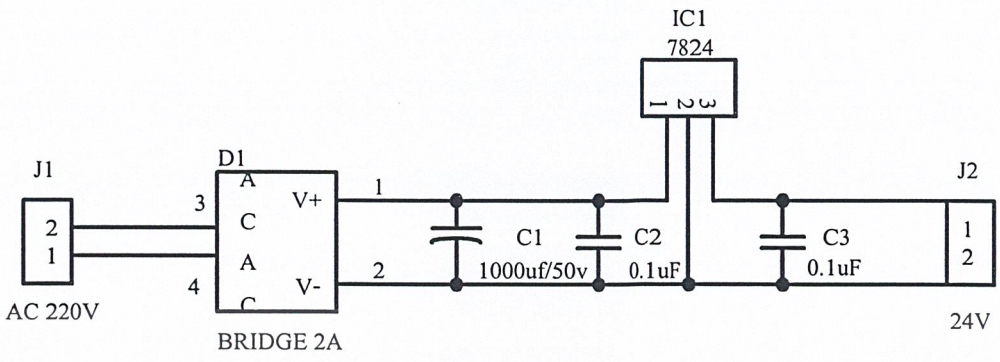


รูปที่ ข.1 วงจรชุดวัดความยาว

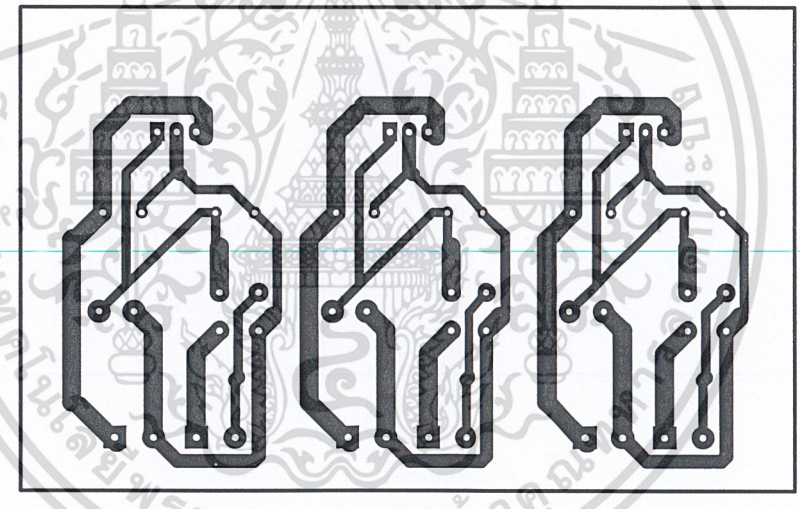


รูปที่ ข.2 แผ่นวงจรพิมพ์ชุดวัดความยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

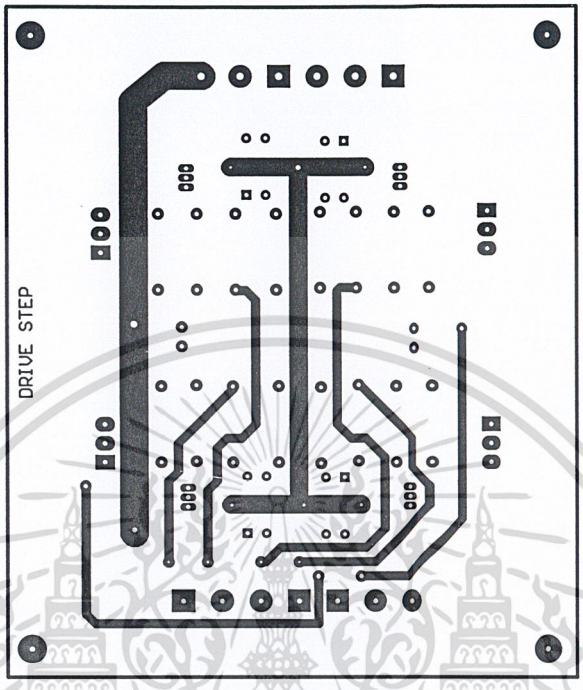


รูปที่ ข.3 วงจรภาคจ่ายไฟ

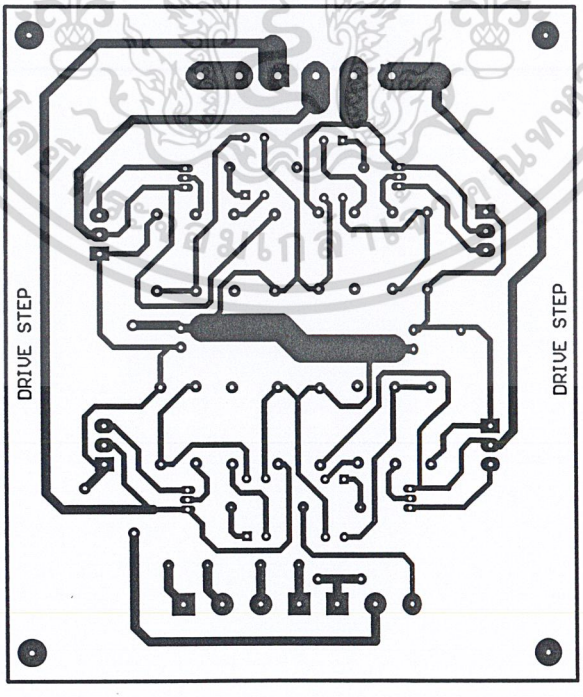


รูปที่ ข.4 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคจ่ายไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

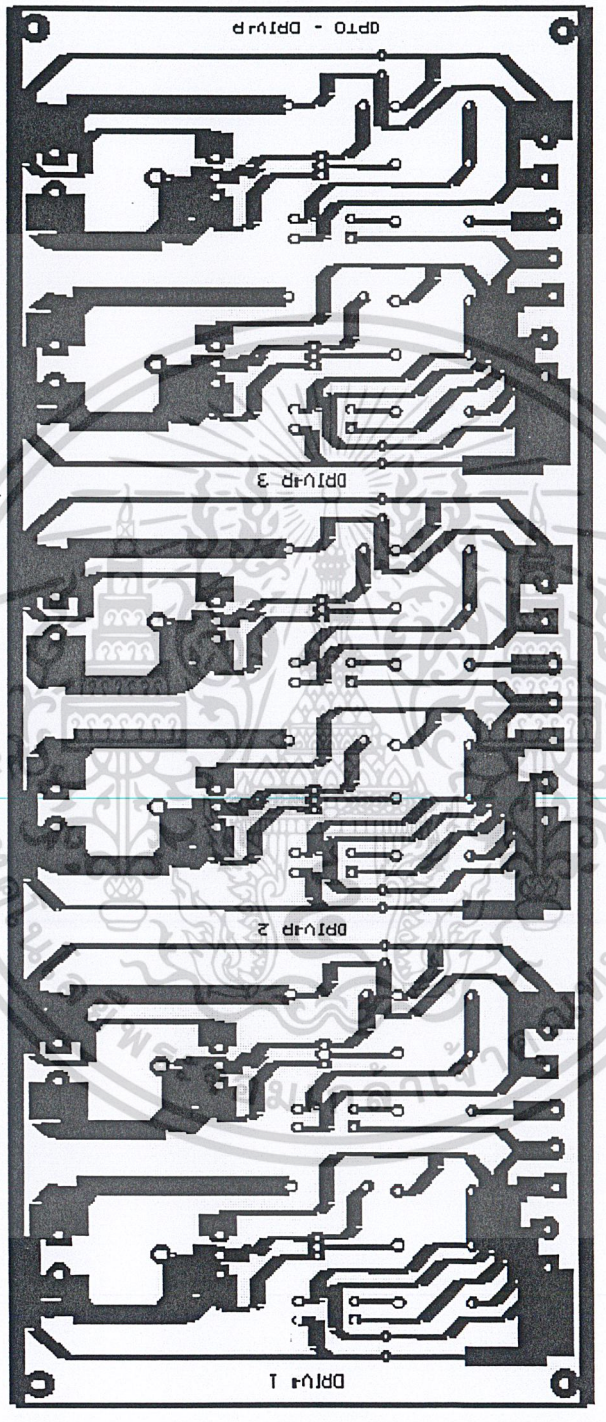


รูปที่ ข.5 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคสเตปปิ้งมอเตอร์



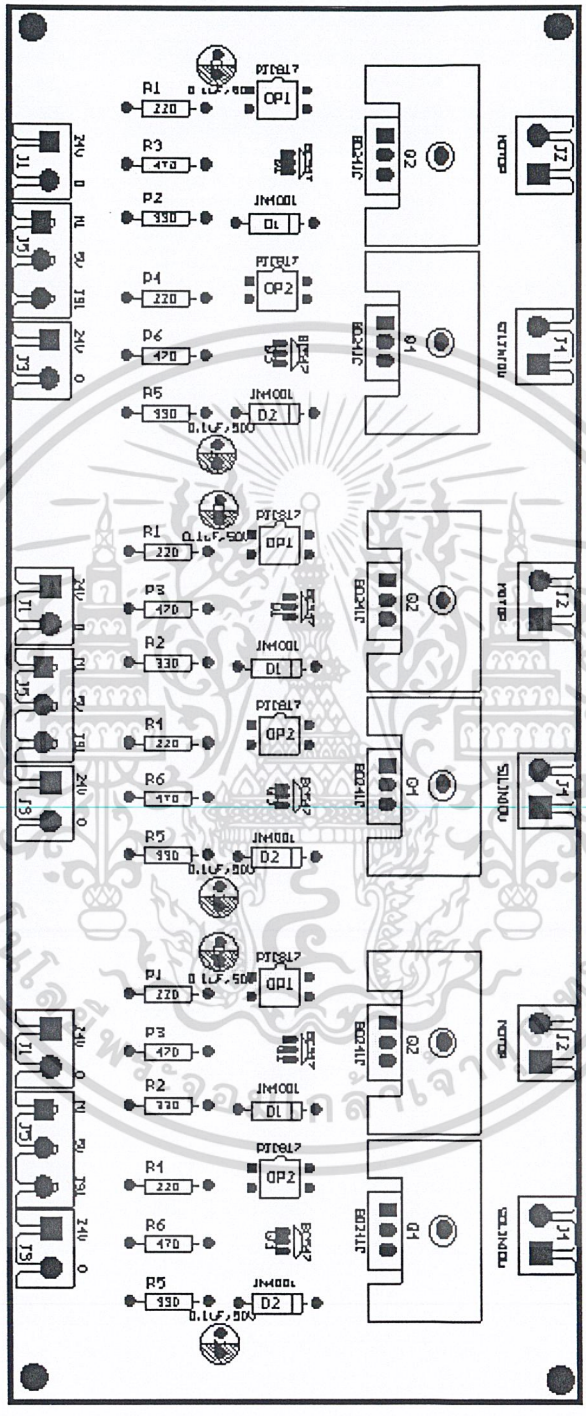
รูปที่ ข.6 วงจรชุดฟีดสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



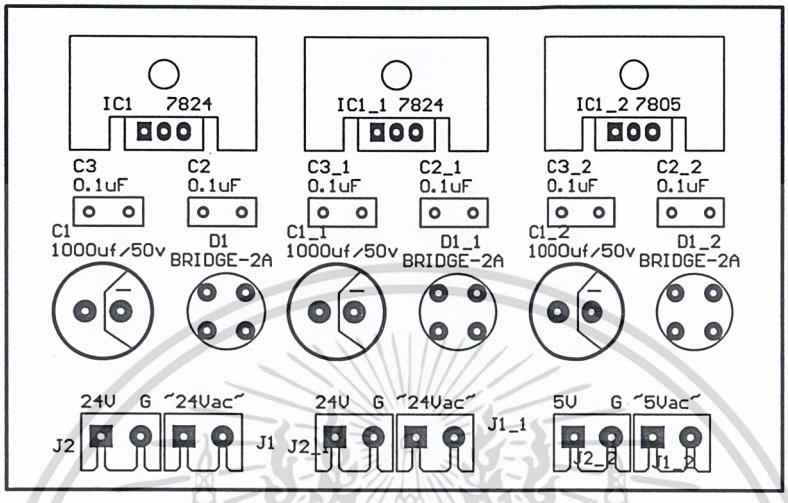
รูปที่ ข.7 แผ่นวงจรพิมพ์ชุดฟีดสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

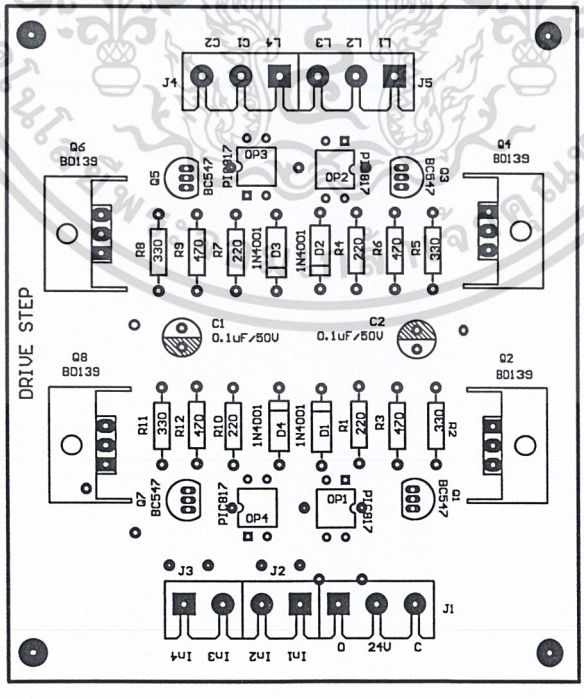


รูปที่ ข.8 การลงอุปกรณ์ชุดดึงสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.9 การลงอุปกรณ์ภาคจ่ายไฟ



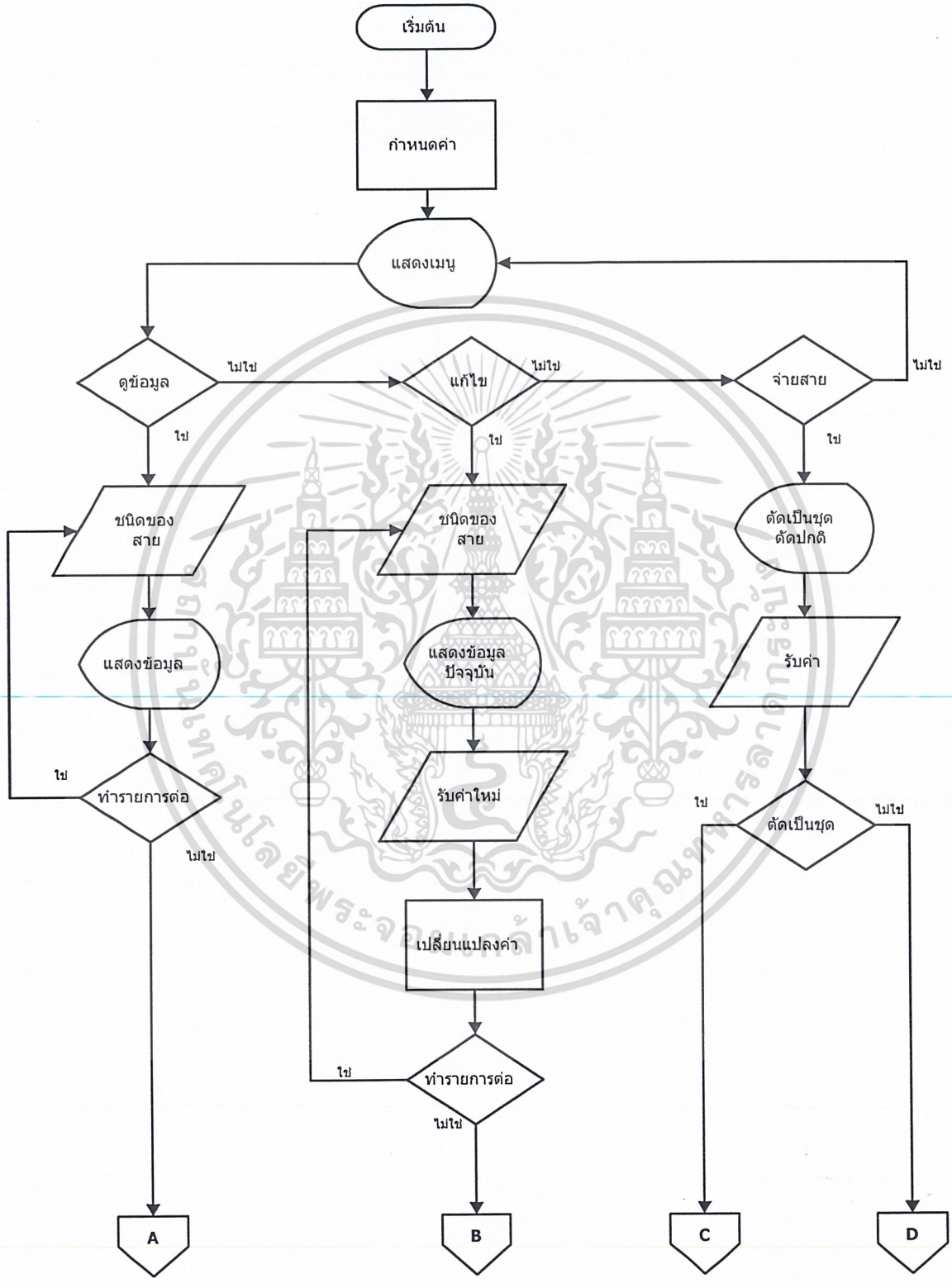
รูปที่ ข.10 การลงอุปกรณ์ชุดตัดสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

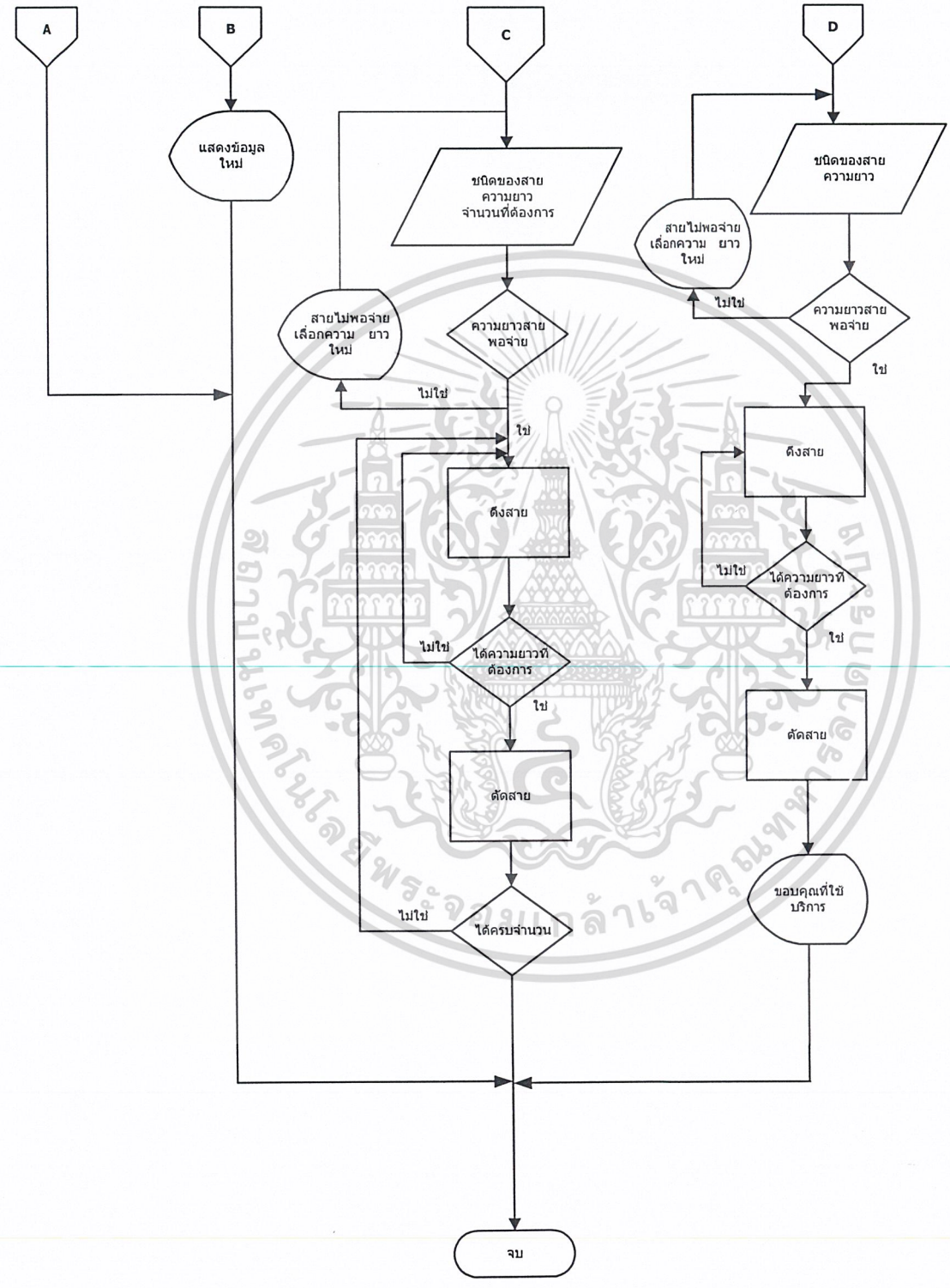
ผังการทำงาน และโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.1 ผังการทำงานของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.1 (ต่อ) ผังการทำงานของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*****************************************************************************************************

;***************          PROGRAM ALL CONTRON PROJECT          ***********************

;*****************************************************************************************************

C0              BIT     P3.0
C1              BIT     P3.1
C2              BIT     P3.2
C3              BIT     P3.3
M1S1            BIT     P2.0
M2S2            BIT     P2.1
M3S3            BIT     P2.2
MOTOR_CUT       BIT     P2.3
AC_MOTOR        BIT     P2.4
LCD_EN          BIT     P2.6
LCD_RS          BIT     P2.7
IN_CODE1        BIT     P1.0
IN_CODE2        BIT     P1.1
IN_CODE3        BIT     P1.2
LCD_OUT                 EQU     P0
LCD_ADDR        EQU     30H
REF             EQU     31H
IN_UP           EQU     32H
IN_DOWN         EQU     33H
IN_CODE                 EQU     34H
CIR             EQU     35H
CIRCLE          EQU     36H
BACK_CIR        EQU     37H
SLOW_CIR        EQU     38H
REF_LOUNG       EQU     39H
REF_SLOT        EQU     3AH
PASS1           EQU     3BH
PASS2           EQU     3CH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PASS3           EQU   3DH
PASS4           EQU   3EH
TYPE            EQU   40H
TYPE_LOUNG      EQU   43H
TYPE_SLOT       EQU   44H
STK_UP          EQU   45H
STK_DOWN        EQU   46H
IN_COUNT_10     EQU   47H
IN_COUNT_1      EQU   48H
IN_COUNT_10_2   EQU   49H
IN_COUNT_1_2    EQU   4AH
ADD_EDIT1_1     EQU   50H
ADD_EDIT2_1     EQU   51H
ADD_EDIT3_1     EQU   52H
ADD_EDIT1_2     EQU   53H
ADD_EDIT2_2     EQU   54H
ADD_EDIT3_2     EQU   55H
CHK_10          EQU   56H
CHK_1           EQU   57H
STOCK           EQU   58H
STOCK_ALL       EQU   59H
STK_1_10        EQU   6AH
STK_1_1         EQU   6BH
STK_2_10        EQU   6CH
STK_2_1         EQU   6DH
STK_3_10        EQU   6EH
STK_3_1         EQU   6FH
MS              EQU   70H
LOOP1           EQU   71H
STOP_FEED       EQU   72H
UNIT            EQU   73H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************************************************
;***       key matrix & sound  & delay       ***
;************************************************



                ORG     0000H

; ** เตรียมพอร์ตต่างๆให้พร้อมที่จะทำงาน ถ้าอินพุตก็ให้เป็น 1 เอาต์พุตก็ให้เป็น 0 **

                MOV     P1,#00H
MAIN:           MOV     P3,#0FFH
                MOV     P2,#0FH
                MOV     DPTR,#00H
                MOV     A,#00H
                CALL    SCAN
                MOV     DPTR,#TAB1
                CALL    DIS_LCD
                CALL    INTI_LCD
FIRHT:          MOV     DPTR,#PAGE1
                CALL    WRLINE_LCD
                CALL    SCAN_SLEC_CEL1
                SJMP    MAIN

DIS_LCD:        MOV     P0,#00H
                ACALL   INTI_LCD
                MOV     LCD_ADDR,#00H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
                ACALL   WRLINE_LCD
                ACALL   DELAY_1s
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*************************************************************************

SCAN:       MOV   P3,#01111111B
SCAN_R1:    MOV   A,P3
SCAN_R1C1:  CJNE  A,#7EH,SCAN_R1C2    ;key 1
            JNB   C0,$                ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
            MOV   A,#31H
            MOV   60H,#01
            JMP   END_KEY
SCAN_R1C2:  CJNE  A,#7DH,SCAN_R1C3    ;key 4
            JNB   C1,$                ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
            MOV   A,#34H
            MOV   60H,#04
            JMP   END_KEY
SCAN_R1C3:  CJNE  A,#7BH,SCAN_R1C4    ;key 7
            JNB   C2,$                ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
            MOV   A,#37H
            MOV   60H,#07
            JMP   END_KEY
SCAN_R1C4:  CJNE  A,#77H,SCAN_R2      ;key *
            JNB   C3,$                ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
            MOV   A,#0AH
            JMP   END_KEY

;*************************************************************************

SCAN_R2:    MOV   P3,#10111111B
            MOV   A,P3
SCAN_R2C1:  CJNE  A,#0BEH,SCAN_R2C2   ;key 2
            JNB   C0,$                ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
            MOV   A,#32H
            MOV   60H,#02
            JMP   END_KEY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SCAN_R2C2:  CJNE  A,#0BDH,SCAN_R2C3   ;key 5
            JNB   C1,$                ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
            MOV   A,#35H
            MOV   60H,#05
            JMP   END_KEY
SCAN_R2C3:  CJNE  A,#0BBH,SCAN_R2C4   ;key 8
            JNB   C2,$                ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
            MOV   A,#38H
            MOV   60H,#08
            JMP   END_KEY
SCAN_R2C4:  CJNE  A,#0B7H,SCAN_R3     ;key 0
            JNB   C3,$                ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
            MOV   A,#30H
            MOV   60H,#00
            JMP   END_KEY

;*******************************************************************************

SCAN_R3:    MOV   P3,#11011111B
            MOV   A,P3
SCAN_R3C1:  CJNE  A,#0DEH,SCAN_R3C2   ;key 3
            JNB   C0,$                ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
            MOV   A,#33H
            MOV   60H,#03
            JMP   END_KEY
SCAN_R3C2:  CJNE  A,#0DDH,SCAN_R3C3   ;key 6
            JNB   C1,$                ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
            MOV   A,#36H
            MOV   60H,#06
            JMP   END_KEY
SCAN_R3C3:  CJNE  A,#0DBH,SCAN_R3C4   ;key 9
            JNB   C2,$                ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
            MOV   A,#39H
            MOV   60H,#09
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JMP     END_KEY
SCAN_R3C4:      CJNE    A,#0D7H,END_SCAN        ;key #
                JNB     C3,$                    ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
                MOV     A,#0BH
                JMP     END_KEY
END_SCAN:       JMP     SCAN
END_KEY:        RET

;***************   FEED OR EDIT SCAN INPUT KEY SELEC 1 2  OR CANCEL   **********************

SCAN_SLEC_CEL1:         MOV     P3,#01111111B
                MOV     A,P3
                CJNE    A,#77H,SELEC1_1         ;key * (CANCEL)
                JNB     C3,$                    ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
                CALL    ANY_KEY

SELEC1_1:       CJNE    A,#7EH,SELEC1_2         ;key 1  (FEED)
                JNB     C0,$                    ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
                MOV     A,#01H
                MOV     DPTR,#PAGE_FEED
                CALL    DIS_LCD
                CALL    SCAN_SLEC_CEL2
                JMP     END_OK_CEL1

SELEC1_2:       MOV     P3,#10111111B
                MOV     A,P3
                CJNE    A,#0BEH,SCAN_SLEC_CEL1          ;key 2  (EDIT)
                JNB     C0,$                    ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
                MOV     A,#02H
                MOV     DPTR,#PAGE_ENTER
                CALL    DIS_LCD
                CALL    PASS_WORD
                CALL    CHK_PASS
                MOV     DPTR,#PAGE_EDIT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    DIS_LCD
                CALL    SCAN_SLEC_EDIT1
                ACALL   DELAY_1s
                ACALL   DELAY_1s
                MOV     DPTR,#PAGE_THANK
                CALL    DIS_LCD
END_OK_CEL1:    RET

;***************     ENTER AND CHACK PASS WORD          **********************

PASS_WORD:      CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#0FH             ;เปิดจอ,แสดงเคอร์เซอร์,ตัวกระพริบ
                ACALL   LCD_CLK
                MOV     P0,#0C6H            ;ตำแหน่งเคอร์เซอร์
                ACALL   LCD_CLK
                MOV     P0,#06H             ;เลื่อน เคอร์เซอร์ไปทางขวา
                ACALL   LCD_CLK

                CALL    SCAN
                MOV     PASS1,60H
                SETB    LCD_RS
                MOV     P0,#2AH
                CALL    LCD_CLK

                CALL    SCAN
                MOV     PASS2,60H
                SETB    LCD_RS
                MOV     P0,#2AH
                CALL    LCD_CLK

                CALL    SCAN
                MOV     PASS3,60H
                SETB    LCD_RS
                MOV     P0,#2AH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    LCD_CLK

                CALL    SCAN
                MOV     PASS4,60H
                SETB    LCD_RS
                MOV     P0,#2AH
                CALL    LCD_CLK

                CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#0CH                 ;เปิดจอ,ไม่แสดงเคอร์เซอร์,ไม่กระพริบ
                ACALL   LCD_CLK
                MOV     P0,#0C9H
                ACALL   LCD_CLK
                RET

CHK_PASS:       MOV     A,PASS1
                CJNE    A,#02,END_PASS
                MOV     A,PASS2
                CJNE    A,#00,END_PASS
                MOV     A,PASS3
                CJNE    A,#00,END_PASS
                MOV     A,PASS4
                CJNE    A,#02,END_PASS
                RET
END_PASS:       MOV     DPTR,#PAGE_NO_PASS
                CALL    DIS_LCD
                ACALL   DELAY_1s
                JMP     MAIN

;***************   EDIT TYPE SCAN INPUT KEY SELEC 1 2 3  OR CANCEL      **********************

SCAN_SLEC_EDIT1:MOV             P3,#01111111B
                MOV     A,P3
                CJNE    A,#77H,SELEC_EDIT1      ;key * (CANCEL)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JNB     C3,$                    ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
                CALL    ANY_KEY

SELEC_EDIT1:    CJNE    A,#7EH,SELEC_EDIT2      ;key 1  (TYPE1)
                JNB     C0,$                    ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
                MOV     A,#01H
                MOV     TYPE,A
                MOV     DPTR,#PAGE_ADD_NEW
                CALL    DIS_LCD
                CALL    ADD_NEW
                ACALL   DELAY_1s
                CALL    CONFIRM
                MOV     DPTR,#PAGE_SHW_STK1
                CALL    DIS_LCD
                CALL    SHOW_STOCK
                MOV     ADD_EDIT1_1,R3
                MOV     ADD_EDIT1_2,R4
                MOV     STK_1_10,R1
                MOV     STK_1_1,R2
                JMP     END_SELEC1

SELEC_EDIT2:    MOV     P3,#10111111B
                MOV     A,P3
                CJNE    A,#0BEH,SELEC_EDIT3     ;key 2  (TYPE2)
                JNB     C0,$                    ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
                MOV     A,#02H
                MOV     TYPE,A
                MOV     R5,A
                MOV     DPTR,#PAGE_ADD_NEW
                CALL    DIS_LCD
                CALL    ADD_NEW
                ACALL   DELAY_1s
                CALL    CONFIRM
                MOV     DPTR,#PAGE_SHW_STK2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    DIS_LCD
                CALL    SHOW_STOCK
                MOV     ADD_EDIT2_1,R3
                MOV     ADD_EDIT2_2,R4
                MOV     STK_2_10,R1
                MOV     STK_2_1,R2
                JMP     END_SELEC1

SELEC_EDIT3:    MOV     P3,#11011111B
                MOV     A,P3
                CJNE    A,#0DEH,SCAN_SLEC_EDIT1     ;key 3  (TYPE3)
                JNB     C0,$                        ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
                MOV     A,#03H
                MOV     TYPE,A
                MOV     R5,A
                MOV     DPTR,#PAGE_ADD_NEW
                CALL    DIS_LCD
                CALL    ADD_NEW
                ACALL   DELAY_1s
                CALL    CONFIRM
                MOV     DPTR,#PAGE_SHW_STK3
                CALL    DIS_LCD
                CALL    SHOW_STOCK
                MOV     ADD_EDIT3_1,R3
                MOV     ADD_EDIT3_2,R4
                MOV     STK_3_10,R1
                MOV     STK_3_1,R2
END_SELEC1:     RET


CONFIRM:        MOV     DPTR,#PAGE_YES_NO
                CALL    DIS_LCD
                CALL    SCAN_SLEC_CEL4
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ANY_KEY:        MOV     DPTR,#PAGE_CANCEL
                CALL    DIS_LCD
                JMP     MAIN
                RET



;***************   EDIT ADD NEW LOUNG XX m     *********************

ADD_NEW:        MOV     P3,#01111111B
                MOV     A,P3
                CJNE    A,#77H,IN_FEED_EDTI     ;key * (CANCEL)
                JNB     C3,$                    ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
                MOV     A,#0AH
                CALL    ANY_KEY

IN_FEED_EDTI:   CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#0FH                 ;เปิดจอ,แสดงเคอร์เซอร์,ตัวกระพริบ
                ACALL   LCD_CLK
                MOV     P0,#0C9H
                ACALL   LCD_CLK
                MOV     P0,#06H                 ;เลื่อน เคอร์เซอร์ไปทางขวา
                ACALL   LCD_CLK
                CALL    SCAN
                MOV     R3,A
                MOV     R1,60H
                CALL    CHK_STK_ROW
                CALL    CHK_CANCEL
                CALL    OUT_PORT
                MOV     R3,A


                CALL    SCAN
                MOV     R4,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     R2,60H
                CALL    CHK_CANCEL
                CALL    OUT_PORT
                CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#0CH                 ;เปิดจอ,ไม่แสดงเคอร์เซอร์,ไม่กระพริบ
                ACALL   LCD_CLK
                MOV     P0,#0CAH
                ACALL   LCD_CLK
                RET

CHK_STK_ROW:    CJNE    R3,#34H,CHK_ON_FEED ;ตรวจสอบว่าค่าน้อยกว่า 40  หรือไม่
                SJMP    END_CHK_ROW
CHK_ON_FEED:    CJNE    R3,#35H,INC         ;เช็คค่าที่รับมาว่าเกินจำนวนของ ROW หรือไม่
                JMP     OVER_ROW
INC:            INC     R3
                SJMP    CHK_STK_ROW
END_CHK_ROW:    RET

OVER_ROW:       MOV     DPTR,#PAGE_OVER_STK ;ค่าที่ได้เกินไม่สามารถ FEED ได้
                CALL    DIS_LCD
                JMP     MAIN

;***************      STOCK SHOW ADD EDIT*********************

SHOW_STOCK:     CALL    CHK_CANCEL
                CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#0CAH                ;ตำแหน่งเคอร์เซอร์
                CALL    LCD_CLK
                CALL    CHK_CANCEL
                SETB    LCD_RS
                MOV     P0,R3
                CALL    LCD_CLK
                CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#0CBH                ;ตำแหน่งเคอร์เซอร์
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    LCD_CLK
                CALL    CHK_CANCEL
                SETB    LCD_RS
                MOV     P0,R4
                CALL    LCD_CLK
                CALL    CHK_CANCEL
                CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#0CH                 ;เปิดจอ,ไม่แสดงเคอร์เซอร์,ไม่กระพริบ
                CALL    LCD_CLK
                RET

;***************  TYPE SCAN INPUT KEY SELEC 1 2 3  OR CANCEL  **********************

SCAN_SLEC_CEL2:     MOV     P3,#01111111B
                MOV     A,P3
                CJNE    A,#77H,SELEC2_1         ;key * (CANCEL)
                JNB     C3,$                    ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
                CALL    ANY_KEY

SELEC2_1:       CJNE    A,#7EH,SELEC2_2         ;key 1  (TYPE1)
                JNB     C0,$                    ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
                MOV     A,#01H
                MOV     TYPE,A
                MOV     R3,ADD_EDIT1_1
                MOV     R4,ADD_EDIT1_2
                MOV     R1,STK_1_10
                MOV     R2,STK_1_1
                MOV     DPTR,#PAGE_RG1
                CALL    DIS_LCD
                CALL    ADD_STOCK1
                CALL    SCAN_SLEC_CEL3
                MOV     ADD_EDIT1_1,R3
                MOV     ADD_EDIT1_2,R4
                MOV     STK_1_10,R1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     STK_1_1,R2
                MOV     DPTR,#PAGE_THANK
                CALL    DIS_LCD
                JMP     MAIN
                JMP     END_OK_CEL2

SELEC2_2:       MOV     P3,#10111111B
                MOV     A,P3
                CJNE    A,#0BEH,SELEC2_3        ;key 2  (TYPE2)
                JNB     C0,$                    ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
                MOV     A,#02H
                MOV     TYPE,A
                MOV     R3,ADD_EDIT2_1
                MOV     R4,ADD_EDIT2_2
                MOV     R1,STK_2_10
                MOV     R2,STK_2_1
                MOV     DPTR,#PAGE_RG2
                CALL    DIS_LCD
                CALL    ADD_STOCK1
                CALL    SCAN_SLEC_CEL3
                MOV     ADD_EDIT2_1,R3
                MOV     ADD_EDIT2_2,R4
                MOV     STK_2_10,R1
                MOV     STK_2_1,R2
                MOV     DPTR,#PAGE_THANK
                CALL    DIS_LCD
                JMP     MAIN
                JMP     END_OK_CEL2
SELEC2_3:       MOV     P3,#11011111B
                MOV     A,P3
                CJNE    A,#0DEH,SCAN_SLEC_CEL2  ;key 3   (TYPE3)
                JNB     C0,$                    ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
                MOV     A,#03H
                MOV     TYPE,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     R3,ADD_EDIT3_1
                MOV     R4,ADD_EDIT3_2
                MOV     R1,STK_3_10
                MOV     R2,STK_3_1
                MOV     DPTR,#PAGE_RG3
                CALL    DIS_LCD
                CALL    ADD_STOCK1
                CALL    SCAN_SLEC_CEL3
                MOV     ADD_EDIT3_1,R3
                MOV     ADD_EDIT3_2,R4
                MOV     STK_3_10,R1
                MOV     STK_3_1,R2
                MOV     DPTR,#PAGE_THANK
                CALL    DIS_LCD
                JMP     MAIN
END_OK_CEL2:    RET

SUB_LOUNG:      MOV     A,REF_LOUNG
                MOV     B,#10
                DIV     AB
                MOV     UNIT,B
                MOV     R1,A
                MOV     R2,B
                ADD     A,#30H
                MOV     R3,A            ;R3  เก็บค่าหลักสิบ
                MOV     A,UNIT
                ADD     A,#30H
                MOV     R4,A            ;R4  เก็บค่าหลักหน่วย
                RET

SUB_SLOT:       MOV     A,REF_SLOT
                MOV     B,#10
                DIV     AB
                MOV     UNIT,B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     R1,A
                MOV     R2,B
                ADD     A,#30H
                MOV     R3,A                    ;R3  เก็บค่าหลักสิบ
                MOV     A,UNIT
                ADD     A,#30H
                MOV     R4,A                    ;R4  เก็บค่าหลักหน่วย
                RET

;***************     STOCK SHOW ADD EDIT NEW LOUNG XX m      **********************

ADD_STOCK1:     CALL    CHK_CANCEL
                CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#89H                 ;ตำแหน่งเคอร์เซอร์
                CALL    LCD_CLK
                CALL    CHK_CANCEL
                SETB    LCD_RS
                MOV     P0,R3
                CALL    LCD_CLK
                CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#8AH                 ;ตำแหน่งเคอร์เซอร์
                CALL    LCD_CLK
                CALL    CHK_CANCEL
                SETB    LCD_RS
                MOV     P0,R4
                CALL    LCD_CLK
                CALL    CHK_CANCEL
                CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#0CH                 ;เปิดจอ,ไม่แสดงเคอร์เซอร์,ไม่กระพริบ
                CALL    LCD_CLK
                RET


;******  LOUNG OR SLOT INPUT  FEED  SCAN  KEY SELEC 1 2  OR CANCEL  *******
```

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SCAN_SLEC_CEL3:     MOV     P3,#01111111B
                    MOV     A,P3
                    CJNE    A,#77H,SELEC3_1          ;key * (CANCEL)
                    JNB     C3,$                     ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
                    CALL    ANY_KEY

SELEC3_1:           MOV     P3,#01111111B
                    MOV     A,P3
                    CJNE    A,#7EH,SELEC3_2          ;key 1(LOUNG FEED)
                    JNB     C0,$                     ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
                    MOV     A,#01H
                    MOV     TYPE_LOUNG,A
                    MOV     DPTR,#PAGE_LONG
                    CALL    DIS_LCD
                    MOV     R0,#0C7H                 ;ADDRESS LCD 40H
                    MOV     R5,#0C8H                 ;ADDRESS LCD 41H
                    CALL    IN_FEED
                    CALL    CHK_STOCK
                    CALL    CONFIRM
                    CALL    CHK_MS1
                    MOV     R5,#03
EN:                 CALL    ENCODE
                    DJNZ    R5,EN
EN2:                SETB    M1S1
                    SETB    M2S2
                    SETB    M3S3
                    SETB    AC_MOTOR
                    CALL    ENCODE
                    DJNZ    REF,EN2
                    CLR     AC_MOTOR
                    CALL    CUT_LOUNG
                    CALL    RL
                    CALL    SUB_LOUNG
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JMP     END_OK_CEL3

SELEC3_2:       MOV     P3,#10111111B
                MOV     A,P3
                CJNE    A,#0BEH,SCAN_SLEC_CEL3      ;key 2 (SLOT FEED)
                JNB     C0,$                        ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
                MOV     A,#02H
                MOV     TYPE_SLOT,A
                MOV     DPTR,#PAGE_SLOT
                CALL    DIS_LCD
                MOV     R0,#0C0H                    ;ADDRESS LCD  40H
                MOV     R5,#0C1H                    ;ADDRESS LCD  41H
                CALL    IN_FEED
                CALL    CHK_STOCK
                MOV     IN_UP,REF
                MOV     R0,#0C9H                    ;ADDRESS LCD  49H
                MOV     R5,#0CAH                    ;ADDRESS LCD  4AH
                CALL    IN_FEED
                CALL    CHK_STOCK
                MOV     IN_DOWN,REF
                CALL    CHK_FEED_STOL
YES_NO:         CALL    CONFIRM
                MOV     REF,IN_UP
                CALL    CHK_MS1
                CALL    ENCODE1
                SETB    M1S1
                SETB    M2S2
                SETB    M3S3
                CALL    CUT_LOUNG
COUNT_DOWN:     DJNZ    IN_DOWN,SLOT_FEED
                CALL    RL
                CALL    SUB_SLOT
                SJMP    END_OK_CEL3
SLOT_FEED:      MOV     REF,IN_UP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    CHK_MS1
                CALL    ENCODE1
                SETB    M1S1
                SETB    M2S2
                SETB    M3S3
                CALL    SLOW
                SJMP    COUNT_DOWN
END_OK_CEL3:    RET


;**************      MULTIPLY   REF  ****************************************

MUL_REF:        PUSH    ACC
                MOV     A,REF
                MOV     B,#2
                MUL     AB
                SUBB    A,#3
                MOV     REF,A
                POP     ACC
                RET

;***************     LOUNG AND SLOT INPUT  FEED   KEY  FEED      **********************

IN_FEED:                CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#0FH                 ;เปิดจอ,แสดงเคอร์เซอร์,ตัวกระพริบ
                ACALL   LCD_CLK
                MOV     P0,R0
                ACALL   LCD_CLK
                MOV     P0,#06H                 ;เลื่อน เคอร์เซอร์ไปทางขวา
                ACALL   LCD_CLK
                CALL    SCAN
                MOV     IN_COUNT_10,60H
                CALL    CHK_CANCEL
                CALL    OUT_PORT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    SCAN
                MOV     IN_COUNT_1,60H
                CALL    CHK_CANCEL
                CALL    OUT_PORT
                CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#0CH                 ;เปิดจอ,ไม่แสดงเคอร์เซอร์,ไม่กระพริบ
                ACALL   LCD_CLK
                MOV     P0,R5
                ACALL   LCD_CLK
                RET

CHK_STOCK:      MOV     A,IN_COUNT_10
                MOV     B,#10
                MUL     AB
                ADD     A,IN_COUNT_1
                CLR     C
                MOV     REF,A
                MOV     A,R1
                MOV     B,#10
                MUL     AB
                ADD     A,R2
                MOV     STOCK,A
                CLR     C
                SUBB    A,REF
                JC      OVER_STK
                MOV     REF_LOUNG,A
                RET

OVER_STK:       CALL    OVER_ROW
CHK_CANCEL:     CJNE    A,#77H,NO_CANCEL        ;key * (CANCEL)
                CALL    ANY_KEY
NO_CANCEL:      RET

OUT_PORT:       SETB    LCD_RS
```

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     P0,A
                ACALL   LCD_CLK
                RET

;***************       SLOT INPUT  FEED   KEY  FEED SLOT                  **********************

CHK_FEED_STOL:          MOV     A,IN_UP
                MOV     B,IN_DOWN
                MUL     AB
                MOV     REF,A
                MOV     R7,B
                CJNE    R7,#00,OVER_STK
                MOV     A,STOCK
                CLR     C
                SUBB    A,REF
                MOV     REF_SLOT,A
                JC      OVER_STK
                RET
;***************       CHACK TYPE START MOTOR AND SOLINOUI        *********

CHK_MS1:        MOV     A,TYPE
                CJNE    A,#01H,CHK_MS2
                CLR     M1S1
                SETB    M2S2
                SETB    M3S3
                SJMP    END_CHK_MS
CHK_MS2:        CJNE    A,#02H,CHK_MS3
                SETB    M1S1
                CLR     M2S2
                SETB    M3S3
                SJMP    END_CHK_MS
CHK_MS3:        CJNE    A,#03H,CHK_MS1
                SETB    M1S1
                SETB    M2S2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     M3S3
END_CHK_MS:     RET

;***************   IN ENCODER 1 LOOP AND 1M.   **********************

ENCODE:                 MOV     STOP_FEED,#5
LOOP:           MOV     LOOP1,#38
CODE:           CALL    CHK_IN1
                DJNZ    LOOP1,CODE
                DJNZ    STOP_FEED,LOOP
                RET

ENCODE1:        MOV     STOP_FEED,#10
LOOP_1:                 MOV     LOOP1,#52
CODE_1:                 CALL    CHK_IN1
                DJNZ    LOOP1,CODE_1
                DJNZ    STOP_FEED,LOOP_1
                DJNZ    REF,ENCODE1
                RET
;***************   CHACK TYPE  IN ENCODER              **************

CHK_IN1:        MOV     A,TYPE
                CJNE    A,#01H,CHK_IN2
                JB      IN_CODE1,$
                CALL    DELAY_10ms
                JNB     IN_CODE1,$
                SJMP    END_CHK_IN
CHK_IN2:        CJNE    A,#02H,CHK_IN3
                JB      IN_CODE2,$
                CALL    DELAY_10ms
                JNB     IN_CODE2,$
                SJMP    END_CHK_IN
CHK_IN3:        CJNE    A,#03H,CHK_IN1
                JB      IN_CODE3,$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CALL    DELAY_10ms
                JNB     IN_CODE3,$
END_CHK_IN:     RET

;*********      ROTARY RIGH          ***********

CUT_LOUNG:      NOP
CHECK0:         MOV     A,TYPE
                CJNE    A,#01H,CHECK1
                MOV     CIR,#21                 ;ค่าของระยะทางที่ จะไปตัดชุดที่ 1
                LJMP    RR
CHECK1:         CJNE    A,#02H,CHECK2
                MOV     CIR,#10
                LJMP    RR
CHECK2:         CJNE    A,#03H,CHECK0
                MOV     CIR,#1

RR:             MOV     BACK_CIR,CIR            ;จำนวนรอบที่ต้องวิ่งไปตัด ชุดที่ 1
LOOP000:        MOV     CIRCLE,#13              ;สเต็บมอร์เตอร์หมุน 1 รอบ
LOOP00:         MOV     A,#80H
LOOP0:          MOV     P1,A
                CALL    CUT_DELAY
                RR      A
                CJNE    A,#08H,LOOP0
                DJNZ    CIRCLE,LOOP00
                DJNZ    CIR,LOOP000
                CALL    SLOW
                RET

;******         SLOW STEPPING CUTING            *******

SLOW:           CLR     MOTOR_CUT
                MOV     SLOW_CIR,#18            ;ระยะที่มอเตอร์เริ่มตัด
SLOW11:         MOV     A,#80H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SLOW1:          MOV     P1,A
                CALL    CUT_DELAYS
                RR      A
                CJNE    A,#08H,SLOW1
                DJNZ    SLOW_CIR,SLOW11
                SETB    MOTOR_CUT
                MOV     SLOW_CIR,#18            ;ระยะหมุนกลับ ที่ตัดสาย
SLOW22:         MOV     A,#10H
SLOW2:          MOV     P1,A
                CALL    CUT_DELAY
                RL      A
                CJNE    A,#01H,SLOW2
                DJNZ    SLOW_CIR,SLOW22
                RET

;*********      ROTARY LIFT  REVERSE        ****        ;หมุนกลับทั้งหมด

RL:             MOV     CIRCLE,#13
RL11:           MOV     A,#10H
RL1:            MOV     P1,A
                CALL    CUT_DELAY
                RL      A
                CJNE    A,#01H,RL1
                DJNZ    CIRCLE,RL11
                DJNZ    BACK_CIR,RL
                MOV     P1,#00H
                RET

;***************    YES OR NO SCAN INPUT KEY SELEC 1 2  OR CANCEL      **********************

SCAN_SLEC_CEL4:         MOV     P3,#01111111B
                MOV     A,P3
                CJNE    A,#77H,SELEC4_1         ;key * (CANCEL)
                JNB     C3,$                    ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,#0AH
                CALL    ANY_KEY

SELEC4_1:       CJNE    A,#7EH,SELEC4_2         ;key 1  (YES)
                JNB     C0,$                    ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
                MOV     A,#01H
                MOV     DPTR,#PLEASE_WAIT
                CALL    DIS_LCD
                JMP     END_OK_CEL4

SELEC4_2:       MOV     P3,#10111111B
                MOV     A,P3
                CJNE    A,#0BEH,SCAN_SLEC_CEL4  ;key 2  (NO)
                JNB     C0,$                    ;ตรวจสอบการปล่อยคีย์
                MOV     A,#02H
                CALL    ANY_KEY
END_OK_CEL4:    RET

;***************  SET ADDESS LCD START          **********************

SET_ADDR_LCD:CLR        LCD_RS
                MOV     A,LCD_ADDR
                SETB    ACC.7
                MOV     P0,A
                ACALL   LCD_CLK
                RET

;***************  WRITE LINE  LCD START         **********************

WRLINE_LCD:     MOV     R0,#00H
WRLINE_LCD_1: SETB      LCD_RS
                CLR     A
                MOVC    A,@A+DPTR
                MOV     P0,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ACALL   LCD_CLK
                INC     DPTR
                INC     R0
                CJNE    R0,#16,WRLINE_LCD_1
                MOV     LCD_ADDR,#40H
                ACALL   SET_ADDR_LCD

WRLINE_LCD_2:   SETB    LCD_RS
                CLR     A
                MOVC    A,@A+DPTR
                MOV     P0,A
                ACALL   LCD_CLK
                INC     DPTR
                INC     R0
                CJNE    R0,#32,WRLINE_LCD_2
                MOV     LCD_ADDR,#40H
                ACALL   LCD_ON
                RET

;***************   INTIAL LCD   *********************

INTI_LCD:       ACALL   DELAY_100ms
                CLR     LCD_RS
                MOV     P0,#38H                 ;FUNCTION SET
                ACALL   LCD_CLK
                ACALL   DELAY_10ms
                MOV     P0,#38H                 ;FUNCTION SET
                ACALL   LCD_CLK
                ACALL   LCD_ON
                ACALL   LCD_CLR
                ACALL   LCD_ENTY
                RET

;**************  ENTRY MODE SET  *********************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LCD_ENTY:     CLR     LCD_RS
              MOV     P0,#06H
              ACALL   LCD_CLK
              RET

;**************  CLEAR DISPLAY          **********************

LCD_CLR:      CLR     LCD_RS
              MOV     P0,#01H
              ACALL   LCD_CLK
              RET

;**************  DISPLAY OFF            **********************

LCD_OFF:      CLR     LCD_RS
              MOV     P0,#08H
              ACALL   LCD_CLK
              RET

;**************  DISPLAY ON             **********************

LCD_ON:       CLR     LCD_RS
              MOV     P0,#0CH
              ACALL   LCD_CLK
              RET

;**************  ENABLE CLOCK           **********************

LCD_CLK:      SETB    LCD_EN
              ACALL   LCD_DELAY
              CLR     LCD_EN
              ACALL   LCD_DELAY
              RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*************     DELAY          **********************

LCD_DELAY:    MOV    R7,#002
LCD_DELAY_1:  MOV    R6,#0E6H
LCD_DELAY_2:  NOP
              NOP
              DJNZ   R6,LCD_DELAY_2
              DJNZ   R7,LCD_DELAY_1
              RET

DELAY_10ms:   MOV    R7,#010
DELAY_10ms1:  MOV    R6,#0E6H
DELAY_10ms2:  NOP
              NOP
              DJNZ   R6,DELAY_10ms2
              DJNZ   R7,DELAY_10ms1
              RET

DELAY_100ms:  MOV    R7,#100
DELAY_100ms1: MOV    R6,#0E6H
DELAY_100ms2: NOP
              NOP
              DJNZ   R6,DELAY_100ms2
              DJNZ   R7,DELAY_100ms1
              RET

DELAY_1s:     MOV    R5,#50
DELAY_1s_1:   ACALL  DELAY_10ms
              DJNZ   R5,DELAY_1s_1
              RET

CUT_DELAY:    MOV    R6,#0AH
CUT_DEL1:     MOV    R7,#0FFH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CUT_DEL2:       NOP
                DJNZ    R7,CUT_DEL2
                DJNZ    R6,CUT_DEL1
                RET

CUT_DELAYS:     MOV     R5,#07H
CUT_DELS0:      MOV     R6,#00H
CUT_DELS1:      MOV     R7,#00H
CUT_DELS2:      NOP
                DJNZ    R7,CUT_DELS2
                DJNZ    R6,CUT_DELS1
                DJNZ    R5,CUT_DELS0
                RET

;************   TABLE   CODE          ********************

TAB1:           DB      "  WELL  COME   "
                DB      "  START PROGRAM "

PAGE1:          DB      " 1.FEED  2.EDIT  "
                DB      "      Any Key    "

PAGE_FEED:      DB      "1.TYPE1  2.TYPE2"
                DB      "3.TYPE3    FEED"

PAGE_EDIT:      DB      "1.TYPE1  2.TYPE2"
                DB      "3.TYPE3    EDIT"

PAGE_ENTER:     DB      " Enter Pass Word"
                DB      "      ____      "

PAGE_NO_PASS:           DB      " Wrong Password "
                DB      " Please Any Key "
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PAGE_ADD_NEW:       DB      "  NEW  INPUT  "
                    DB      "ADD LONG __ M"

PAGE_SHW_STK1:      DB      "   TYPE  1   "
                    DB      "  STOCK __ M  "

PAGE_SHW_STK2:      DB      "   TYPE  2   "
                    DB      "  STOCK __ M  "

PAGE_SHW_STK3:      DB      "   TYPE  3   "
                    DB      "  STOCK __ M  "

PAGE_RG1:     DB    "  STOCK __ M  "
              DB    "1.LONG  2.AMOUNT"

PAGE_RG2:     DB    "  STOCK __ M  "
              DB    "1.LONG  2.AMOUNT"

PAGE_RG3:     DB    "  STOCK __ M  "
              DB    "1.LONG  2.AMOUNT"

PAGE_LONG:    DB:   "IN  FEED  PLEASE"
              DB    "     __ M  "

PAGE_SLOT:    DB:   " IN FEED PLEASE "
              DB    "__ LONG  __ LINE "


PLEASE_WAIT:  DB    "  Please Wait    "
              DB    "                 "

PAGE_YES_NO:  DB    "  ARE YOU SURE  "
              DB    "  1.YES   2.NO  "
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PAGE_OVER_STK:      DB      "  CAN'T FEED  "
                    DB      "  OVER STOCK "

PAGE_OVER_ROW:      DB      "  CAN'T EDIT  "
                    DB      " OVER ROW LIMIT "

PAGE_THANK:   DB    "  THANK  YOU  "
              DB    " Please Any Key "

PAGE_CANCEL: DB     "  You   Cancel  "
             DB     " Please Any Key "

END
```

รูปที่ ค.2 โปรแกรมของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
รายละเอียด และคุณสมบัติของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- **Compatible with MCS-51™ Products**
- **4K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory**
  - **Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles**
- **Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz**
- **Three-Level Program Memory Lock**
- **128 x 8-Bit Internal RAM**
- **32 Programmable I/O Lines**
- **Two 16-Bit Timer/Counters**
- **Six Interrupt Sources**
- **Programmable Serial Channel**
- **Low Power Idle and Power Down Modes**

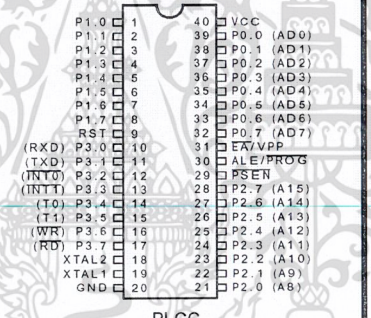
Description

The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4K bytes of Flash Programmable and Erasable Read Only Memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard MCS-51™ instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

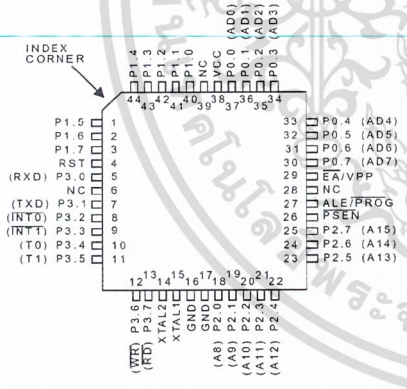
(continued)

Pin Configurations

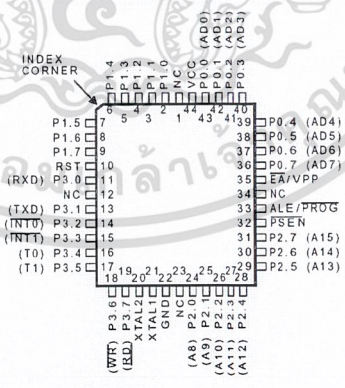
PDIP



PQFP/TQFP



PLCC



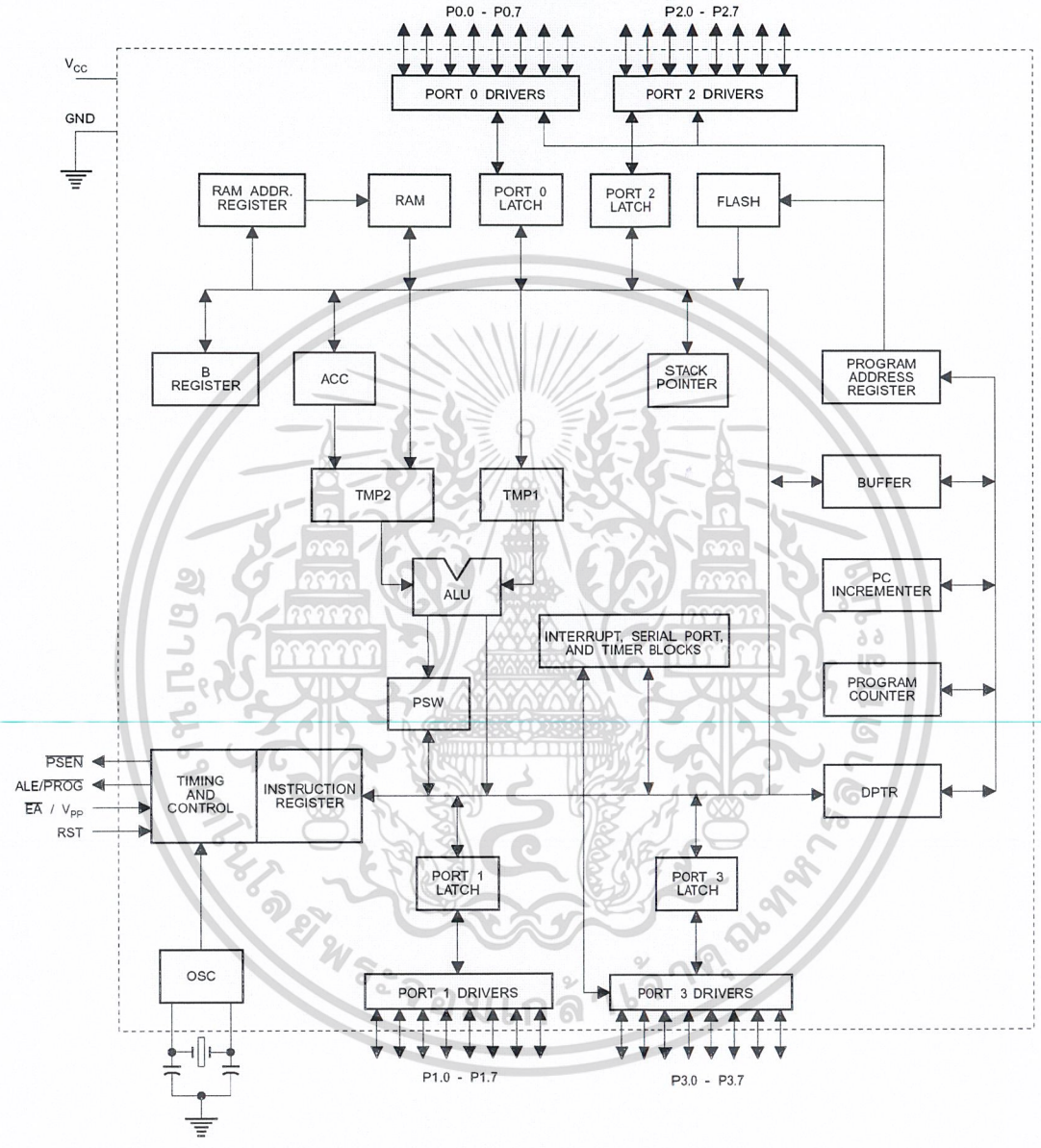
8-Bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

AT89C51

0265F-A–12/97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ock Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

When the AT89C51 is executing code from external program memory, $\overline{PSEN}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{PSEN}$ activations are skipped during each access to external data memory.

$\overline{EA}$/V_{PP}
External Access Enable. $\overline{EA}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{EA}$ will be internally latched on reset.

$\overline{EA}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming, for parts that require 12-volt V_{PP}.

XTAL1
Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2
Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

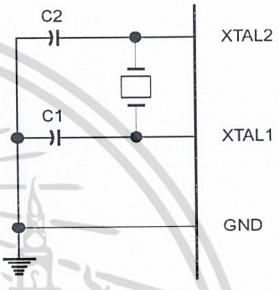
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

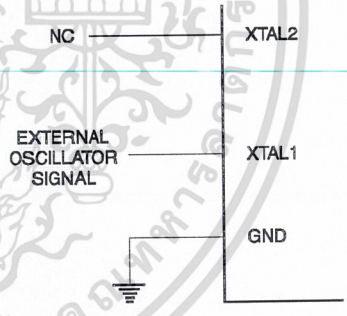
It should be noted that when idle is terminated by a hard ware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

Figure 1. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 2. External Clock Drive Configuration



Status of External Pins During Idle and Power Down Modes

Mode	Program Memory	ALE	$\overline{PSEN}$	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power Down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power Down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

Chip Erase: The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/$\overline{PROG}$ low for 10 ms. The code array is written with all "1"s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be re-programmed.

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H,

031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

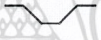
(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
(031H) = 51H indicates 89C51
(032H) = FFH indicates 12V programming
(032H) = 05H indicates 5V programming

Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written and the entire array can be erased by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Flash Programming Modes

Mode		RST	$\overline{PSEN}$	ALE/$\overline{PROG}$	$\overline{EA}$/V_{PP}	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
Write Code Data		H	L		H/12V	L	H	H	H
Read Code Data		H	L	H	H	L	L	H	H
Write Lock	Bit - 1	H	L		H/12V	H	H	H	H
	Bit - 2	H	L		H/12V	H	H	L	L
	Bit - 3	H	L		H/12V	H	L	H	L
Chip Erase		H	L	(1)	H/12V	H	L	L	L
Read Signature Byte		H	L	H	H	L	L	L	L

Note: 1. Chip Erase requires a 10-ms PROG pulse.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3. Programming the Flash

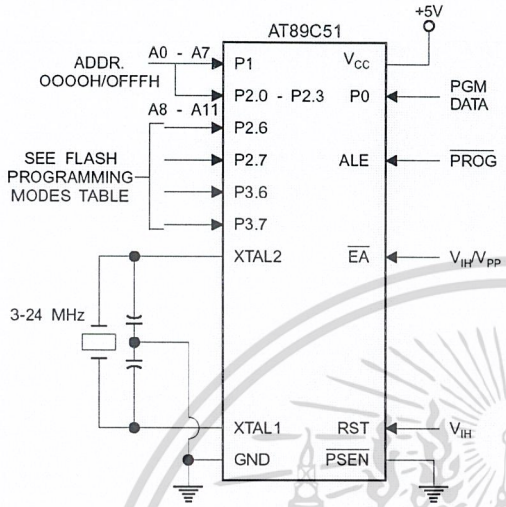
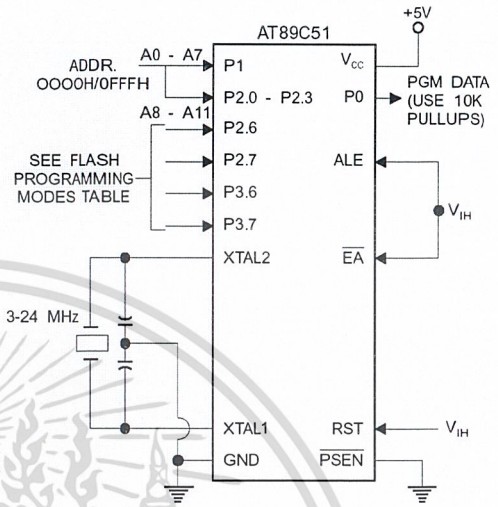


Figure 4. Verifying the Flash



Flash Programming and Verification Characteristics

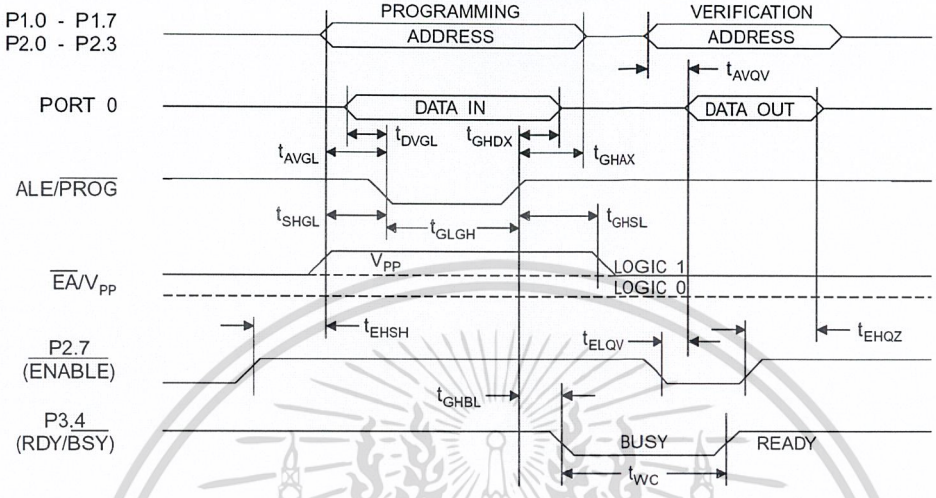
T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = 5.0 ± 10%

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}(1)	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}(1)	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
t_{EHSH}	P2.7 ($\overline{ENABLE}$) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{PROG}$ Low	10		µs
t_{GHSL}(1)	V_{PP} Hold After $\overline{PROG}$	10		µs
t_{GLGH}	$\overline{PROG}$ Width	1	110	µs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELQV}	$\overline{ENABLE}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHQZ}	Data Float After $\overline{ENABLE}$	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	$\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low		1.0	µs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

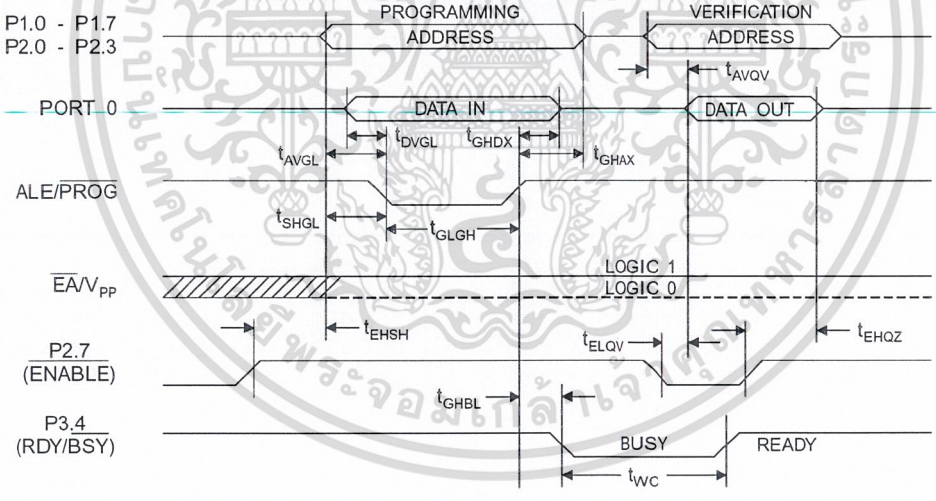
Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Flash Programming and Verification Waveforms - High Voltage Mode (V_{PP} = 12V)



Flash Programming and Verification Waveforms - Low Voltage Mode (V_{PP} = 5V)



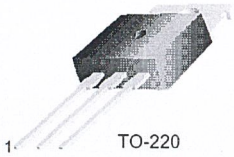
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR™

BD241/A/B/C

Medium Power Linear and Switching Applications

- Complement to BD242/A/B/C respectively



1 TO-220

1.Base 2.Collector 3.Emitter

NPN Epitaxial Silicon Transistor

Absolute Maximum Ratings T_C=25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage		
	: BD241	45	V
	: BD241A	60	V
	: BD241B	80	V
	: BD241C	100	V
V_{CER}	Collector-Emitter Voltage		
	: BD241	55	V
	: BD241A	70	V
	: BD241B	90	V
	: BD241C	115	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	5	V
I_C	Collector Current (DC)	3	A
I_{CP}	*Collector Current (Pulse)	5	A
I_B	Base Current	1	A
P_C	Collector Dissipation (T_C=25°C)	40	W
T_J	Junction Temperature	150	°C
T_{STG}	Storage Temperature	- 65 ~ 150	°C

Electrical Characteristics T_C=25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
V_{CEO}(sus)	* Collector-Emitter Sustaining Voltage					
	: BD241	I_C = - 30mA, I_B = 0	45			V
	: BD241A		60			V
	: BD241B		80			V
	: BD241C		100			V
I_{CEO}	Collector Cut-off Current : BD241/A	V_{CE} = 30V, I_B = 0			0.3	mA
	: BD241B/C	V_{CE} = 60V, I_B = 0			0.3	mA
I_{CES}	Collector Cut-off Current : BD241	V_{CE} = 45V, V_{BE} = 0			0.2	mA
	: BD241A	V_{CE} = 60V, V_{BE} = 0			0.2	mA
	: BD241B	V_{CE} = 80V, V_{BE} = 0			0.2	mA
	: BD241C	V_{CE} = 100V, V_{BE} = 0			0.2	mA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current	V_{EB} = 5V, I_C = 0			1	mA
h_{FE}	* DC Current Gain	V_{CE} = 4V, I_C = 1A	25			
		V_{CE} = 4V, I_C = 3A	10			
V_{CE}(sat)	* Collector-Emitter Saturation Voltage	I_C = 3A, I_B = 0.6A			1.2	V
V_{BE}(on)	* Base-Emitter ON Voltage	V_{CE} = 4V, I_C = 3A			1.8	V

* Pulse Test: PW=350μs, duty Cycle≤2% Pulsed

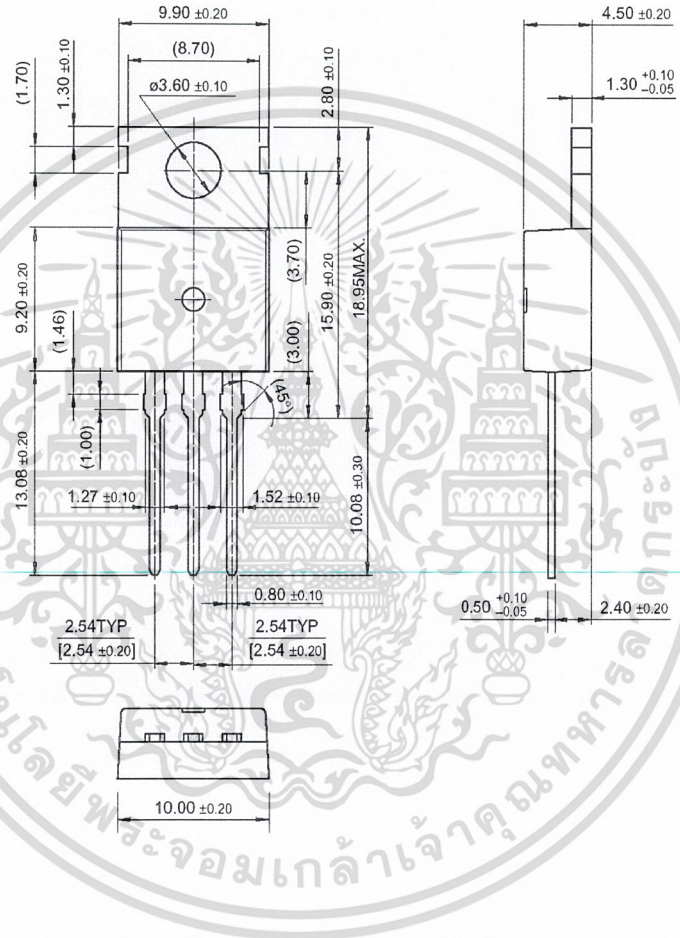
©2000 Fairchild Semiconductor International

Rev. A, February 2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Demensions

TO-220



Dimensions in Millimeters

©2000 Fairchild Semiconductor International

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACEx™
Bottomless™
CoolFET™
CROSSVOLT™
E^2CMOS™
FACT™
FACT Quiet Series™
FAST®
FASTr™
GTO™
HiSeC™
ISOPLANAR™
MICROWIRE™
POP™
PowerTrench®
QFET™
QS™
Quiet Series™
SuperSOT™-3
SuperSOT™-6
SuperSOT™-8
SyncFET™
TinyLogic™
UHC™
VCX™

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR INTERNATIONAL.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

©2000 Fairchild Semiconductor International

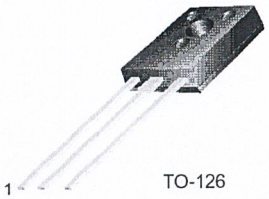
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR™

BD135/137/139

Medium Power Linear and Switching Applications

- Complement to BD136, BD138 and BD140 respectively



TO-126

1. Emitter 2.Collector 3.Base

NPN Epitaxial Silicon Transistor

Absolute Maximum Ratings T_C=25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter		Value	Units
V_{CBO}	Collector-Base Voltage	: BD135	45	V
		: BD137	60	V
		: BD139	80	V
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	: BD135	45	V
		: BD137	60	V
		: BD139	80	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage		5	V
I_C	Collector Current (DC)		1.5	A
I_{CP}	Collector Current (Pulse)		3.0	A
I_B	Base Current		0.5	A
P_C	Collector Dissipation (T_C=25°C)		12.5	W
P_C	Collector Dissipation (T_a=25°C)		1.25	W
T_J	Junction Temperature		150	°C
T_{STG}	Storage Temperature		- 55 ~ 150	°C

Electrical Characteristics T_C=25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
V_{CEO}(sus)	Collector-Emitter Sustaining Voltage					
	: BD135	I_C = 30mA, I_B = 0	45			V
	: BD137		60			V
	: BD139		80			V
I_{CBO}	Collector Cut-off Current	V_{CB} = 30V, I_E = 0			0.1	μA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current	V_{EB} = 5V, I_C = 0			10	μA
h_{FE1}	DC Current Gain : ALL DEVICE	V_{CE} = 2V, I_C = 5mA	25			
h_{FE2}	: ALL DEVICE	V_{CE} = 2V, I_C = 0.5A	25			
h_{FE3}	: BD135	V_{CE} = 2V, I_C = 150mA	40		250	
	: BD137, BD139		40		160	
V_{CE}(sat)	Collector-Emitter Saturation Voltage	I_C = 500mA, I_B = 50mA			0.5	V
V_{BE}(on)	Base-Emitter ON Voltage	V_{CE} = 2V, I_C = 0.5A			1	V

h_{FE} Classification

Classification	6	10	16
h_{FE3}	40 ~ 100	63 ~ 160	100 ~ 250

©2000 Fairchild Semiconductor International

Rev. A, February 2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Characteristics

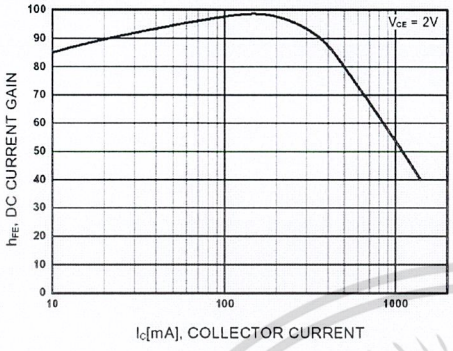


Figure 1. DC current Gain

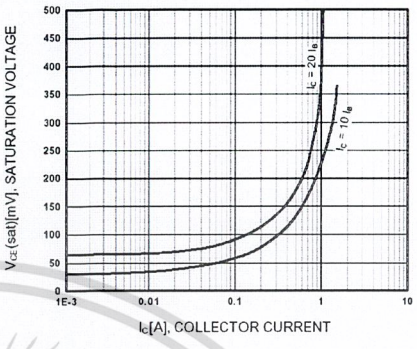


Figure 2. Collector-Emitter Saturation Voltage

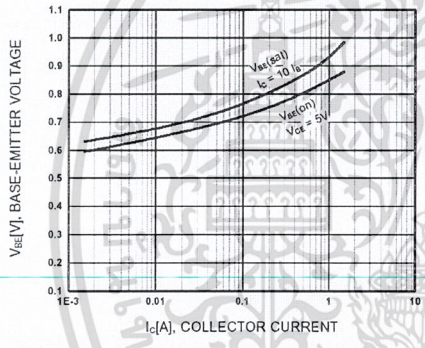


Figure 3. Base-Emitter Voltage

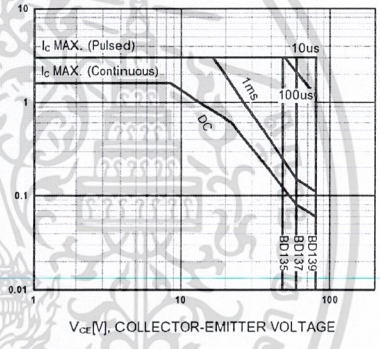


Figure 4. Safe Operating Area

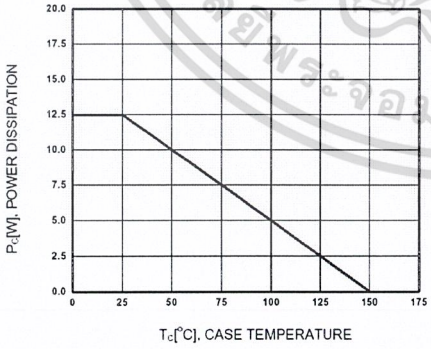


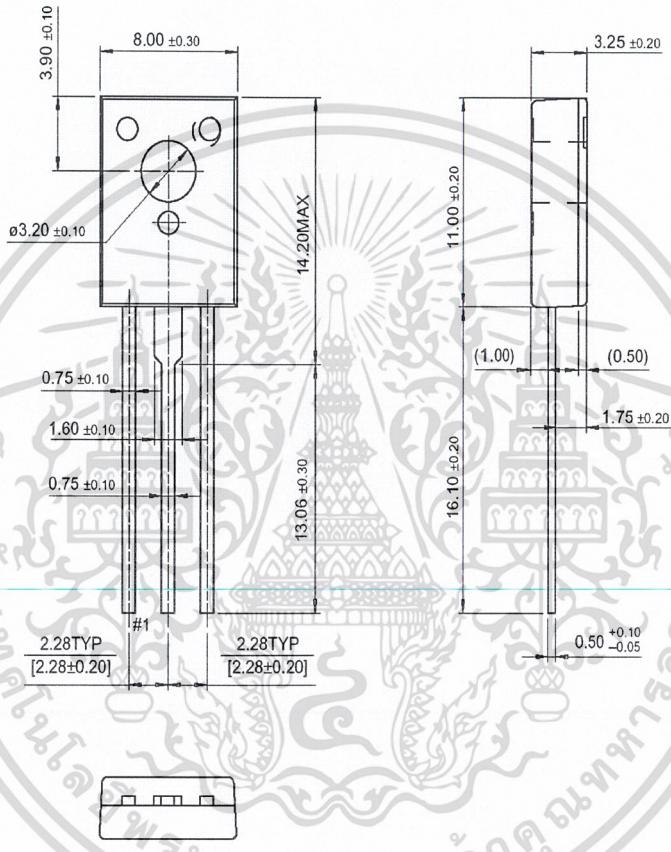
Figure 5. Power Derating

©2000 Fairchild Semiconductor International

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Package Demensions

TO-126



Dimensions in Millimeters

©2000 Fairchild Semiconductor International

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACEx™
Bottomless™
CoolFET™
CROSSVOLT™
E^2CMOS™
FACT™
FACT Quiet Series™
FAST®
FASTr™
GTO™
HiSeC™
ISOPLANAR™
MICROWIRE™
POP™
PowerTrench®
QFET™
QS™
Quiet Series™
SuperSOT™-3
SuperSOT™-6
SuperSOT™-8
SyncFET™
TinyLogic™
UHC™
VCX™

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR INTERNATIONAL.

As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

©2000 Fairchild Semiconductor International

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

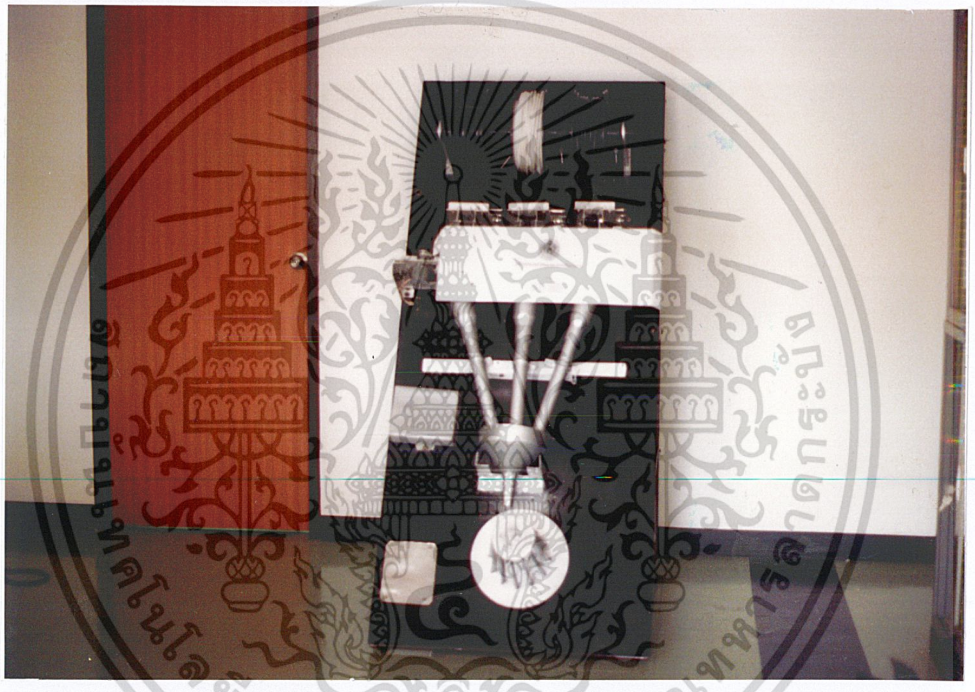
ภาคผนวก จ

คู่มือการใช้งาน เครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
เครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม
Coaxial Cable Transmission Line Distributor

ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่อง



รูปที่ ฉ.1 เครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม

จากรูปที่ ฉ.1 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม ซึ่งมีส่วนประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้

หน้าที่ของส่วนประกอบแต่ละส่วน

1) ม้วนเก็บสาย ทำหน้าที่ ในการเก็บสายนำสัญญาณ

2) ชุดตัดสาย ทำหน้าที่ ในการตัดสายนำสัญญาณ

3) ชุดดึงสาย ทำหน้าที่ ในการดึงสายนำสัญญาณออกมาจากม้วน

4) ชุดวัดความยาว ทำหน้าที่ ในการวัดระยะความยาวของสายนำสัญญาณที่ถูกดึงออกมา

5) วงจรควบคุม ทำหน้าที่ ในการทำงานต่างๆ ทั้งหมดของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการใช้งานของเครื่องจ่ายสายนำสัญญาณแบบเคเบิลแกนร่วม

1) โหมด FEED สายนำสัญญาณ

1.1) เลือกชนิดของสายที่ต้องการ

1.2) เลือกตัดเป็นชุด หรือตัดเส้นเดียว

1.3) ใส่ค่าความยาวที่ต้องการ

1.4) รอสักครู่

1.5) ดึงสายออกจากที่ม้วนสาย

2) โหมด EDIT

2.1) ใส่รหัสของพาสเวิร์ดของผู้ใช้งาน

2.2) เลือกม้วนสายที่ต้องการ

2.3) ใส่ค่าความยาวใหม่ของสาย

2.4) กดยืนยันข้อมูลเพื่อความถูกต้อง

***หมายเหตุ**

1) การใส่ค่าความยาวของสายต้องไม่ต่ำกว่า 2 เมตร

2) ค่าความยาวที่ใส่จำเป็นที่จะต้องใส่ค่าเป็นจำนวนเต็ม เช่น 2 เมตร, 5 เมตร เป็นต้น

ข้อควรระวัง

1) ควรใช้งานด้วยความระมัดระวัง

2) หลีกเลี่ยงการวางเครื่องในที่เปียกแฉะ

3) ห้ามสัมผัสส่วน ตัดสาย ดึงสาย และม้วนสายขณะทำงาน

4) เมื่อไม่ได้ใช้งาน ไม่ควรหมุนชิ้นส่วนกลไกเล่น

5) ระวังเด็กเข้าไปเล่นภายในเครื่อง

6) ก่อนเปิดฝาเครื่องถอดปลั๊กก่อน

7) เมื่อเลิกใช้งานควรเก็บกวาดวัสดุด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กาญจนสิทธิ์ โภคพลู. **เครื่องจำหน่ายบุหรี่อัตโนมัติควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์**. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิตสาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2540

ไกรวุฒิ โรจน์ประเสริฐสุด. **เข้าใจ/ สร้าง/ เล่น ไมโครโปรเซสเซอร์ 2**. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด. 2539

วิวัฒน์ กิรานนท์. **พื้นฐานการสื่อสาร**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. 2536

สมยศ จุณณะปิยะ. **การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายจตุรงค์ น้อยคง
วันเดือนปีเกิด	16 กันยายน พ.ศ. 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดน่าน
ภูมิลำเนาเดิม	17 หมู่ 5 ตำบลผาสิงห์ อำเภอเมือง จังหวัดน่าน 55000
ที่อยู่ปัจจุบัน	17 หมู่ 5 ตำบลผาสิงห์ อำเภอเมือง จังหวัดน่าน 55000
เบอร์โทรศัพท์	0-5475-1265

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดมณีสถิตปฏิตาราม
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนอุทัยวิทยาคม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคน่าน
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคน่าน
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
คติพจน์	ลงมือทำอะไรแล้ว ก็ต้องทำให้เสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายจุมพล ไตรพร
วันเดือนปีเกิด	27 พฤศจิกายน พ.ศ.2522
สถานที่เกิด	จังหวัดสมุทรปราการ
ภูมิลำเนาเดิม	572 / 42 หมู่ที่ 7 ตำบลท้ายบ้านใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10280
ที่อยู่ปัจจุบัน	572 / 42 หมู่ที่ 7 ตำบลท้ายบ้านใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ 10280
เบอร์โทรศัพท์	0-2709-0096

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนเฉลิมไฉไลวิทยาคม
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนนวมินทราชินูทิศสวนกุหลาบ วิทยาลัยสมุทรปราการ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	โรงเรียนชำนิเทคโนโลยีสมุทรปราการ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคสมุทรปราการ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
คติพจน์	สิ่งใดที่ทำไปแล้วจะไม่มีคำว่าเสียใจ แต่จะเสียใจในสิ่งที่ไม่ได้ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายณรงค์ชัย ศรีกำเหนิด
วันเดือนปีเกิด	2 เมษายน พ.ศ.2523
สถานที่เกิด	จังหวัดสมุทรสงคราม
ภูมิลำนาเดิม	145 / 5 หมู่ที่ 6 ตำบลลาดใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม 75000
ที่อยู่ปัจจุบัน	145 / 5 หมู่ที่ 6 ตำบลลาดใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม 75000
เบอร์โทรศัพท์	0-9768-1739

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนวัดลาดแป้ง
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนถาวรานุกูล
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคสมุทรสงคราม
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
คติพจน์	ฝันให้ไกลไปให้ถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อผู้ทำปริญญานิพนธ์	นายสนอง หนูวงศา
วันเดือนปีเกิด	1 ธันวาคม พ.ศ. 2523
สถานที่เกิด	จังหวัดพังงา
ภูมิลำเนาเดิม	34 / 2 หมู่ 9 ตำบลโคกกลอย อำเภอตะกั่วทุ่ง จังหวัดพังงา 82140
ที่อยู่ปัจจุบัน	34 / 2 หมู่ 9 ตำบลโคกกลอย อำเภอตะกั่วทุ่ง จังหวัดพังงา 82140
เบอร์โทรศัพท์	0-7643-4167

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนโคกกลอยวิทยา
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนทุ่งโพธิ์วิทยา
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.)	วิทยาลัยเทคนิคภูเก็ต
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานที่ได้รับรางวัล	-
คติพจน์	ทำวันนี้ให้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้