ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อ เครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ

The Automatic Pill Counter Machine

ชื่อนักศึกษา

1. ว่าที่ร.ต.คมสันต์	ล้ำเลิศสมบัติ	รหัสประจำตัว	44035235
2. นางสาวสุวรรณา	เข็มสุวรรณ์	รหัสประจำตัว	44035270
3. นายอำนาจ	ตุนสมคิด	รหัสประจำตัว	44035276

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมโทรคมนาคม

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์อมรชัย ชัยชนะ

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์		ลายมือชื่อ
1. อาจารย์โกศล	ตราชู	
2. อาจารย์ปิยะ	จิตธรรมมาภิรมย์	
3. อาจารย์สมชาย	หมื่นสายญาติ	
4. อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ	
5. อาจารย์ไพบูลย์	พวงวงศ์ตระกูล	

วัน/เดือน/ปีที่สอบ วันอังคารที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2546 เวลา 14:00 น.

สถานที่สอบ ห้อง ค.311 คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงนาม.....

(ผศ.วิสุทธิ์ อธิพรธรรม)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 1 เดือน เม.ย. พ.ศ. 2546

<BT4501112>

เครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริญญานิพนธ์

เครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ

THE AUTOMATIC PILL COUNTER MACHINE

ว่าที่ ร.ต.คมสันต์ ลำเลิศสมบัติ
นางสาวสุวรรณา เข็มสุวรรณ์
นายอำนาจ ตุนสมคิด

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 48346
วัน, เดือน, ปี 15 ต.ค. 2546

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

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ

The Automatic Pill Counter Machine

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงานของวงจรตรวจจับด้วยแสง วงจรนับ และกลไกของเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ
2. เพื่อออกแบบวงจรเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ
3. เพื่อสร้างเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ
4. เพื่อทดลองและทดสอบครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ
5. เพื่อนำเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติไปใช้งานจริง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้ในเรื่องการทำงานของวงจรตรวจจับด้วยแสง วงจรนับ และกลไกของเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ
2. ได้วงจรเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ
3. ได้เครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ
4. ได้ผลการทดลองและตรวจสอบเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ
5. สามารถนำเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติไปใช้งานจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อหัวข้อ	เครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ	
นักศึกษา	ว่าที่ ร.ต.คมสันต์	ล้ำเลิศสมบัติ
	นางสาวสุวรรณา	เข็มสุวรรณ์
	นายอำนาจ	ตุนสมคิด
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์อมรชัย	ชัยชนะ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์
หลักสูตร	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต	
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม	
ปีการศึกษา	2545	

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอโครงงานเรื่องเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง เป็นส่วนของกลไกในการสั่นเม็ดยาให้เกิดการเคลื่อนที่ ซึ่งใช้หลักการของไวเบรเตอร์แกน E และ I ภาคควบคุมความเร็วในการเคลื่อนที่ของเม็ดยา และภาคแสดงผลแบบผลึกเหลว ส่วนที่สอง เป็นส่วนของภาคตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรดและภาคควบคุมการนับจำนวนชุดของเม็ดยาและจำนวนเม็ดยาของแต่ละชุดโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัตินี้สามารถนับเม็ดยาได้ทุกรูปทรง โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 5-20 มิลลิเมตร ซึ่งสามารถตั้งค่าในการนับจำนวนชุดเม็ดยาได้ตั้งแต่ 1-999 ชุด โดยในแต่ละชุดสามารถนับเม็ดยาได้ตั้งแต่ 1-999 เม็ด ในการนับสามารถเลือกระดับความเร็วได้ โดยมีความเร็วสูงสุดในการนับอยู่ที่ประมาณ 2 เม็ดต่อ 1 วินาที และใช้ส่วนแสดงผลแบบผลึกเหลวแสดงผลการตั้งค่าและการนับ เครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัตินี้ จะช่วยในการนับเม็ดยาเพื่อสำรองไว้จ่ายให้กับผู้ป่วยในสถานพยาบาลต่างๆได้สะดวกรวดเร็วและทันต่อความต้องการที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	The Automatic Pill Counter Machine
Students	Acting SUB.LT. Komsan Lamlartsombat
	Ms. Suwanna Khemsuwan
	Mr. Amnat Toonsomkid
Advisor	Mr. Amornchai Chaichana
Co-Advisor	Mr. Piya Supavarasuwat
Education Level	Bachelor of Science in Industrial Education
Program in	Telecommunication Engineering
Academic Year	2002

ABSTRACT

This thesis presents an automatic pill counter machine, which consists of two parts. The first part consists of a pill vibrating machine in order to make a movement using a principle of E and I axle vibrator, a pill movement speed controller and a Liquid Crystal Display (LCD). Another part consists of an infrared sensor and a counting controller. The counting controller can count both the set of pill and the pill in each set by using a Microcontroller MCS-51. This automatic pill counter machine can be used for every shape of pill, ranged from 5 to 20 millimeter diameter. The machine can count from 1 to 999 pills in each set, up to 999 sets. The counter can be set its speed level. The highest speed is at two pieces per a second. The LCD is used to show the counting settings and their results. The advantage of this automatic pill counter machine is to increase the effectiveness in pill counting to be more faster and more comfortable for any hospital. More over, this machine can serve increasing demands in the future.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงไปด้วยดี เนื่องมาจากความร่วมมือของสมาชิกภายในกลุ่มทุกท่าน ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์วิสุทธิ์ อธิพรธรรม ที่อนุเคราะห์สถานที่จัดทำ ขอขอบคุณอาจารย์อมรชัย ชัยชนะ อาจารย์ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์ และคณาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรมทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ เครื่องมือและอุปกรณ์ในการจัดทำ รวมทั้งยังให้คำแนะนำ แนวความคิด ความรู้ต่างๆ แนวทางการแก้ไขปัญหาในการจัดทำปริญญานิพนธ์ ขอขอบคุณหอสมุดกลางสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้องสมุดครุศาสตร์อุตสาหกรรม ที่ช่วยอำนวยความสะดวก และเอื้อเฟื้อสถานที่ในการค้นคว้าข้อมูล ขอขอบคุณเพื่อนๆ สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคมรุ่น 23 ทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้การช่วยเหลือซึ่งกันละกันตลอดมา

สุดท้ายนี้ที่ควรระลึกถึงอย่างยิ่ง บิดาและมารดาที่เป็นผู้ให้การสนับสนุนด้านการศึกษาและเป็นผู้ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน	1
1.3 เนื้อหาโดยสังเขป	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 กล่าวนำ	3
2.2 เครื่องป้อนแบบสั่นสะเทือน	3
2.2.1 หลักการออกแบบ	3
2.2.2 เครื่องป้อนแบบความถี่ธรรมชาติ	4
2.2.3 การออกแบบชุดขับ	6
2.3 คุณสมบัติของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง	8
2.3.1 คุณสมบัติทางอินพุตของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง	9
2.3.2 คุณสมบัติทางเอาต์พุตของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง	9
2.3.3 คุณสมบัติทั่วๆไปของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง	13
2.4 ระบบโฟโตอิเล็กตริกในงานอุตสาหกรรม	13
2.4.1 ส่วนประกอบของโฟโตอิเล็กตริก	14
2.4.2 ชนิดตัวรับแสงของระบบโฟโตอิเล็กตริก	17
2.4.3 วิธีการตรวจสอบของระบบโฟโตอิเล็กตริก	23
2.4.4 วิธีพิจารณาเป้าวัตถุ	24
2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลMCS-51	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	26
2.5.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์	27
2.6 ส่วนแสดงผลแบบผนึกเหลว	29
2.6.1 โครงสร้างภายในของตัวควบคุมโมดูล LCD แบบอักขระ	29
2.6.2 ขั้นตอนการป้อนข้อมูลเพื่อใช้งานโมดูล LCD	31
บทที่3 การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน	33
3.1 ผังการทำงานของเรื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ	33
3.2 การออกแบบวงจร	34
3.2.1 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	34
3.2.2 วงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์	36
3.2.3 วงจรควบคุมการทำงานของไวเบรเตอร์	37
3.2.4 วงจรภาคจ่ายไฟ	38
3.2.5 เมตริกสวิตช์	39
3.2.6 ภาคแสดงผลแบบผลึกเหลว	40
3.2.7 ภาคตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด	41
3.2.8 วงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา	42
3.3 การออกแบบระบบกลไก	43
3.3.1 การออกแบบถาดลำเลียงเม็ดยา	43
3.3.2 ช่องจ่ายยา	44
3.3.3 การออกแบบโครงที่ใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์	44
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	47
4.1 กล่าวนำ	47
4.2 วงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา	47
4.2.1 การทดลองวงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา	47
4.2.2 สรุปผลการทดลอง	48
4.3 วงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.3.1 การทดลองวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์	49
4.3.2 สรุปผลการทดลอง	50
4.4 วงจรควบคุมการทำงานของไวเบรเตอร์	50
4.4.1 การทดลองวงจรควบคุมการทำงานของไวเบรเตอร์	50
4.4.2 สรุปผลการทดลอง	51
4.5 ตัวตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด	51
4.5.1 การทดลองตัวตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด	51
4.4.2 สรุปผลการทดลอง	52
4.6 การทดลองการทำงานของเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ	53
4.6.1 ลำดับขั้นการทดลองเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ	53
4.6.2 สรุปผลการทดลอง	52
บทที่ 5 บทสรุป	70
5.1 สรุป	70
5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข	70
5.3 แนวทางการพัฒนา	71
บรรณานุกรม	72
ภาคผนวก ก เครื่องต้นแบบ	73
ภาคผนวก ข วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์	79
ภาคผนวก ค รายการอุปกรณ์	85
ภาคผนวก ง แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม	89
ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งาน	111
ภาคผนวก ฉ รายละเอียดและคุณสมบัติอุปกรณ์	118
ประวัติผู้แต่ง	127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างคุณสมบัติทางเอาต์พุตของโฟโตทรานซิสเตอร์เบอร์ 4N26	10
2.2 ตัวอย่างคุณสมบัติทางเอาต์พุตของโฟโตทรานซิสเตอร์ดาร์ลิงตันเบอร์ 4N33	11
2.3 ตัวอย่างคุณสมบัติทางเอาต์พุตของโฟโตไตรแอกเบอร์ MOC3010	12
3.1 การควบคุมสถานะการทำงาน	37
4.1 แรงดันเอาต์พุตของวงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา	48
4.2 เอาต์พุตของวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์	50
4.3 เอาต์พุตของวงจรควบคุมการทำงานของไวเบรเตอร์	51
4.4 การทำงานของตัวตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด	52
4.5 เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 1	53
4.5 (ต่อ) เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 1	54
4.6 เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 2	54
4.6 (ต่อ) เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 2	55
4.7 เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 3	56
4.7 (ต่อ) เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 3	57
4.8 เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 4	57
4.8 (ต่อ) เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 4	58
4.9 เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 5	58
4.9 (ต่อ) เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 5	59
4.10 เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 6	59
4.10 (ต่อ) เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 6	60
4.11 ความผิดพลาดในการนับที่ความเร็วระดับ 1	61
4.11 (ต่อ) เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 1	62
4.12 ความผิดพลาดในการนับที่ความเร็วระดับ 2	62
4.12 (ต่อ) เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 2	63
4.13 ความผิดพลาดในการนับที่ความเร็วระดับ 3	63
4.13 (ต่อ) เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 3	64
4.14 ความผิดพลาดในการนับที่ความเร็วระดับ 4	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.14 (ต่อ) เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 4	66
4.15 ความผิดพลาดในการนับที่ความเร็วระดับ 5	66
4.15 (ต่อ) เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 5	67
4.16 ความผิดพลาดในการนับที่ความเร็วระดับ 6	67
4.16 (ต่อ) ความผิดพลาดในการนับที่ความเร็วระดับ 6	68
ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา	86
ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์	86
ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมการทำงานของไวเบรเตอร์	87
ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรภาคจ่ายไฟ	87
ค.4 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรภาคจ่ายไฟ	88
ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 เครื่องป้อนแบบ 2 มวล	4
2.2 เส้นโค้งแฟคเตอร์การขยายตัวสำหรับระบบมวล 2 มวลปรับได้	4
2.3 คุณลักษณะทางเอาต์พุตโดยปกติของโฟโตไดโอด	17
2.4 การกระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า	18
2.5 วงจรจำลองของโฟโตไดโอดและหารขยายบริเวณดีพลีชั่นให้มากขึ้น	19
2.6 การต่อโฟโตไดโอดในการนำไปใช้งาน	20
2.7 การใช้งานของโฟโตทรานซิสเตอร์ในลักษณะต่างๆ	21
2.8 โครงสร้างโฟโตเซนเซอร์แบบส่องแสงโดยตรง	22
2.9 โครงสร้างโฟโตเซนเซอร์แบบสะท้อน	22
2.10 โครงสร้างไมโครโปรเซสเซอร์	27
2.11 แผนผังการทำงานของชิปควบคุมโมดูล LCD แบบอักขระ	30
3.1 ผังการทำงานของเรื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ	33
3.2 ส่วนประมวลผลกลาง	35
3.3 วงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์	36
3.4 วงจรควบคุมการทำงานของไวเบรเตอร์	38
3.5 วงจรภาคจ่ายไฟ	38
3.6 เมตริกสวิตช์	39
3.7 ภาคแสดงผลแบบผลึกเหลว	40
3.8 ภาคตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด	41
3.9 วงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา	42
3.10 การออกแบบถาดลำเลียงเม็ดยา	43
3.11 การออกแบบช่องจ่ายยา	44
3.12 โครงที่ใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์	45
3.13 อุปกรณ์ที่ได้มาทำการติดตั้งบนโครง	46
3.14 เครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ	46
4.1 วงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.2 วงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์	49
4.3 วงจรควบคุมการทำงานของไวเบรเตอร์	51
ก.1 ภาพด้านหน้าของเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ	74
ก.2 ภาพด้านหน้าของเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ	74
ก.3 ภาพแท่นปรับระดับ	75
ก.4 ภาพจอแสดงผลแบบผลึกเหลว	75
ก.5 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด	76
ก.6 การติดตั้งถาดลำเลียงเม็ดยา	76
ก.7 เครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติขณะทำงาน	77
ก.8 กล่องติดตั้งแผ่นวงจรพิมพ์ต่างๆ	77
ก.9 แผ่นวงจรพิมพ์ส่วนประมวลผลกลาง	78
ก.10 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา	78
ข.1 ส่วนประมวลผลกลาง	80
ข.2 วงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา	81
ข.3 ลายวงจรพิมพ์ของส่วนประมวลผลกลาง	82
ข.4 การวางอุปกรณ์ของส่วนประมวลผลกลาง	83
ข.5 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา	84
ข.6 การวงอุปกรณ์ของวงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา	84
ง.1 ผังงานโปรแกรมเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ	90
จ.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ	113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากการแพทย์ของไทยในปัจจุบันยังขาดเครื่องอำนวยความสะดวกในด้านแพทย์ เช่น การนับเม็ดยาเพื่อจ่ายให้คนไข้ในสถานพยาบาลที่มีขนาดเล็กยังมีการใช้การนับโดยคนทำให้เสียเวลาและไม่ทันต่อความต้องการของผู้ป่วยที่เข้ามารับการบริการที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งในปัจจุบันการนับยาโดยการใช้เครื่องนับเม็ดยาจะมีเฉพาะในสถานพยาบาลขนาดใหญ่เท่านั้น เนื่องจากเครื่องนับเม็ดยาที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นเครื่องที่สั่งนำเข้ามาจากต่างประเทศ โดยมีราคาค่อนข้างสูง ผู้เสนอโครงงานจึงมีความคิดเห็นว่าควรประดิษฐ์เครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติขึ้น เพื่อให้สถานพยาบาลขนาดเล็กจนถึงสถานพยาบาลขนาดใหญ่ได้มีเครื่องนับเม็ดยาที่มีราคาถูกลง แต่มีประสิทธิภาพและความสามารถไม่ด้อยกว่าเครื่องนับเม็ดยาที่นำเข้าจากต่างประเทศ

1.2 ขีดความสามารถของโครงงาน

โครงงานนี้มีขีดความสามารถดังนี้

1. สามารถนับเม็ดยาที่มีขนาดต่างๆ ได้อย่างน้อย 5 แบบ
2. สามารถทำการนับขนาดของเม็ดยาที่เส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 5-20 มิลลิเมตร
3. สามารถเลือกระดับความเร็วในการนับได้ 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ ระดับกลาง และระดับสูง โดยมีความเร็วสูงสุดในการนับอยู่ที่ 20 เม็ด ต่อ 10 วินาที
4. สามารถตั้งค่าจำนวนการนับได้ตั้งแต่ 1 - 100 เม็ด
5. สามารถแสดงการตั้งค่าและแสดงผลการนับผ่านจอแสดงผล 7 ส่วน
6. สามารถหยุดการทำงานหรือรีเซตค่าใหม่ได้ในขณะเครื่องกำลังทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เนื้อหาโดยสังเขป

เนื้อหาภายในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็นบทต่างๆ เพื่อสะดวกต่อการศึกษาและทำความเข้าใจ ในแต่ละบทจะประกอบด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสามารถของปริญญานิพนธ์ ขีดความสามารถของโครงงาน และเนื้อหาในบทต่างๆ โดยสังเขป

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ ประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้ คือ หลักการของเครื่องป้อนแบบสั่นสะเทือน คุณสมบัติของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง ระบบโฟโตอิเล็กตริกในงานอุตสาหกรรม ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ส่วนแสดงผลแบบผนึกเหลว (Liquid Crystal Display: LCD)

บทที่ 3 กล่าวถึงเนื้อหาที่เกี่ยวกับ แผนผังการทำงานของโครงงาน ผังกลไกและวงจรต่างๆ ที่ใช้ในโครงงาน ตลอดจนการออกแบบ การสร้าง และการทำงาน ได้แก่ ชุดกลไกสั่นเม็ดยา วงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา วงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์ วงจรแหล่งจ่ายไฟ เมตริกสวิตช์ ภาคแสดงผลแบบผลึกเหลว ภาคตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด วงจรควบคุมการทำงานของไวเบรเตอร์ วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 และโครงสร้างของชิ้นส่วน

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง ประกอบด้วย วงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา วงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์ วงจรควบคุมการทำงานของไวเบรเตอร์ อุปกรณ์ตรวจจับ และเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ

บทที่ 5 บทสรุป ปัญหา และพัฒนา ขั้นสรุปผลในการจัดทำโครงงาน ปัญหาที่เกิดขึ้น และได้เสนอแนวทางแก้ไขปัญหา รวมทั้งแนวทางในการพัฒนาเพื่อให้โครงงานมีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

ภาคผนวก ก แสดงภาพเครื่องต้นแบบ การติดตั้ง การเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อื่นๆ ขณะใช้งานจริง

ภาคผนวก ข ประกอบด้วยผังรายละเอียดวงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

ภาคผนวก ค แสดงรายการอุปกรณ์ที่ใช้ในแต่ละวงจร

ภาคผนวก ง แสดงแผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรมทั้งหมดที่สร้างขึ้นเพื่อประกอบการทำงานของโครงงาน

ภาคผนวก จ คู่มือการใช้งานเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ

ภาคผนวก ฉ แสดงรายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 กล่าวนำ

เนื้อหาของปริญญานิพนธ์ในบทนี้กล่าวถึง ทฤษฎีและหลักการของเครื่องป้อนแบบสั่นสะเทือน อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง ระบบโฟโตอิเล็กตริกในงานอุตสาหกรรม ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ส่วนแสดงผลแบบผนึกเหลว (Liquid Crystal Display : LCD)

2.2 เครื่องป้อนแบบสั่นสะเทือน (Vibratory Feeders)

เครื่องป้อนวัสดุแบบสั่นสะเทือนถูกออกแบบสำหรับการป้อนวัสดุเมล็ดแข็ง ที่อัตราควบคุมอัตราหนึ่งปกติแล้วจะติดตั้งอยู่ใต้ถังไซโล (Reclaim Tunnel) หรือถัง (Surge Bin) ตัวเครื่องต้องออกแบบให้ทนทานต่อภาระเหนือศีรษะ (Head Load) ของวัสดุในถังรูปกรวย (Hopper) และจัดให้มีการควบคุมอัตรา เพื่อที่จะเปลี่ยนแปลงวัสดุที่ส่งออกจากน้อยสุดถึง100 เปอร์เซ็นต์ แบบเชิงเส้นพอสมควร ปกติเครื่องจะมีชุดขับและแรงตอบสนองอยู่ในตัว และความสั่นสะเทือนจะถูกแยกออกจากโครงสร้างรองรับผ่านทางสปริงแต่ละตัวอย่างเหมาะสม

2.2.1 หลักการออกแบบ (Design Principles)

มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการที่ต้องรู้ว่ามีการออกแบบเครื่องป้อนแบบสั่นสะเทือนมากมายหลายชนิดโดยทั่วไปจะเป็นแบบแม่เหล็กไฟฟ้า (Electro Magnetic) และกลไก-ไฟฟ้า (Electro Mechanical) ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประเภทของการกระตุ้น

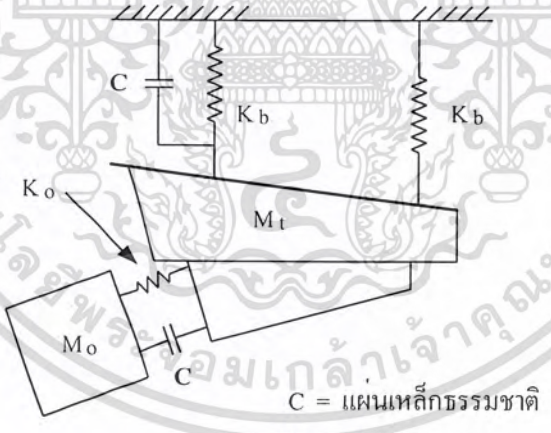
การแบ่งแยกประเภทก็มีความสำคัญเช่นกัน โดยยึดหลักที่มวลเคลื่อนที่ต่ออยู่กับสปริง 2 ตัวหรือมากกว่าซึ่งตรงข้ามกับแบบมวลเดี่ยว ระบบขับสำหรับเครื่องป้อนแบบสั่นสะเทือนสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบแรงตอบสนองช้า (Brute Force) และแบบระบบความถี่ธรรมชาติขึ้นอยู่กับแรงที่ใช้กับรางเป็นแบบไหน การพิจารณาเลือกแบบที่ถูกต้องสำหรับการใช้งานเฉพาะจะรวมน้ำหนักและขนาดของราง สภาพแวดล้อม ประเภทของวัสดุที่จะขนถ่าย และแน่นอนปริมาณการป้อนที่ต้องการสำหรับขบวนการที่กำหนด เพื่อเป้าหมายของการป้อนเครื่องป้อนแบบปรับได้จะเป็นประเภทที่นิยมมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 เครื่องป้อนแบบความถี่ธรรมชาติ (Natural Frequency Feeder)

เครื่องป้อนแบบความถี่ธรรมชาติ มักจะเรียกว่า เครื่องป้อนแบบปรับได้ (Tuned) หรือแบบได้ระดับกัน (Resonant) ใช้สปริง 2 ตัวหรือมากกว่าต่อเข้ากับมวลเคลื่อนที่ เครื่องป้อนแบบปรับได้โดยทั่วไปจะมีมวล 2 มวลมีสปริงต่อเข้ากับระบบสั่นสะเทือน ดังรูป 2.1 มวลหนึ่งเป็นรางมวลอีกด้านหนึ่ง คือ มวลตอบสนองหรือมวลกระตุ้น (Reaction or Excitation Mass) เนื่องจากการเลือกค่าคงที่ของสปริง แรงกระตุ้นที่ค่อนข้างน้อยจะถูกขยายให้เกิดการเคลื่อนที่แบบสั่นสะเทือน จุดสำคัญเครื่องป้อนแบบปรับได้จะใช้ข้อได้เปรียบของการขยายตัวตามธรรมชาติของคลื่นความสั่นสะเทือน ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อระบบสั่นสะเทือนทำงานใกล้กับความถี่ธรรมชาติของมันหรือสภาวะความถี่ได้ระดับกัน แรงกระตุ้นหรือแรงขับอาจจะเกิดโดยแม่เหล็กไฟฟ้าหรือน้ำหนักหมุนเยื้องศูนย์กลาง

จากรูป 2.1 เป็นเครื่องป้อนแบบ 2 มวล และการจัดแนวสปริงแทนมวลทั้งสอง (เชื่อมติดเข้ากับสปริง) ด้วย M_t (ราง) และ M_o (ตัวกระตุ้น) อัตราการสปริงตัวของระบบสปริงและน้ำหนักของรางเครื่องป้อน และตัวกระตุ้น (Exciter) จะเป็นตัวกำหนดความถี่ธรรมชาติของการสั่นสะเทือนการที่ระบบมวล 2 มวล



C = แผ่นเหล็กธรรมชาติ
M_t = รางมวล
M_o = มวลกระตุ้น
K_o = สปริงต้านกลับ
K_b = สปริงเดี่ยว

รูปที่ 2.1 เครื่องป้อนแบบ 2 มวล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การขยายตัวตามธรรมชาติมาใช้ ระบบจะต้องมีความถี่ธรรมชาติของการสั่นสะเทือนใกล้เคียงกับความถี่ในการทำงาน ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ความถี่ใช้งานหรือความถี่ในการขับควรจะต่ำกว่าความถี่ธรรมชาติของเครื่องป้อน ซึ่งเรียกการปรับแบบนี้ว่า เกือบได้ระดับกัน (Sub-Resonant) ปัจจุบันผู้ผลิตเกือบทั้งหมดจะออกแบบเครื่องป้อนสั่นสะเทือนให้เป็นแบบนี้ ระบบที่เกือบได้ระดับกันนี้ สามารถที่จะทำงานได้ดีภายใต้ภาระเหนือศีรษะมากๆ ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นจากการเปิดถังรูปกรวยขนาดใหญ่รางที่หนักมากๆ หรือความจำเป็นในการขนถ่ายวัสดุระยะทางไกลๆ จากถังรูปกรวย (Hopper) ไปยังปลายของราง

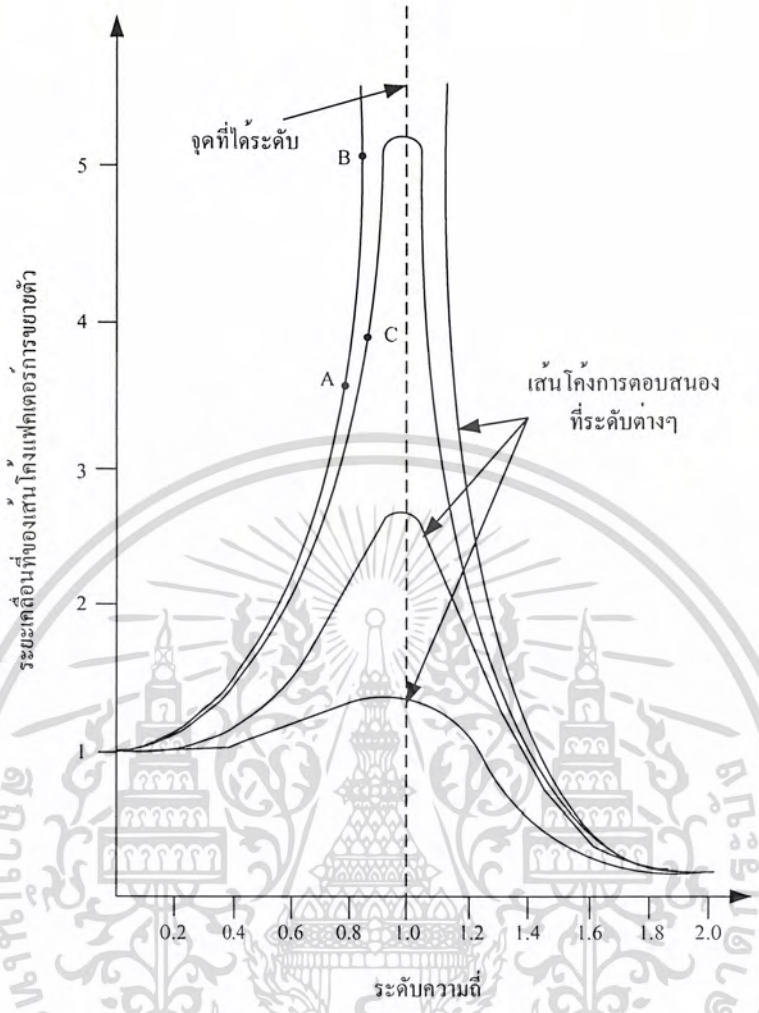
การทำงานของเครื่องป้อนจะไม่มีน้ำหนักของภาระเหนือศีรษะ แต่ตรงกันข้ามกับความสามารถในการหน่วยของวัสดุปริมาณมวลที่จะทำการขนถ่าย ซึ่งต้องพิจารณาในการออกแบบและเลือก ผลจากการหน่วงของวัสดุจะเป็นปริมาณที่วัดได้โดยตรงของพลังงานที่ถูกรองรับโดยวัสดุในขณะเคลื่อนที่จากถังรูปกรวยและไปตามอ่างสั่นสะเทือน

การทำงานของระบบมวล 2 มวล อธิบายเป็นกราฟโดยเส้นโค้งแฟคเตอร์การขยายตัว (Magnification Factor Curves) ของรูป 2.2 เส้นโค้งนี้จะเขียนระยะเคลื่อนที่ (Amplitude) ที่ไม่มีขนาดให้เป็นฟังก์ชั่นของอัตราการปรับระดับของการหน่วง อัตราการปรับ 1.0 เป็นจุดที่ได้ระดับกันเมื่อความถี่ในการเดินเครื่องเท่ากับความถี่ธรรมชาติ

จุดต่างๆ ทางด้านซ้ายมือของเส้นโค้งสูงสุดจะเป็นตัวกำหนดการเดินเครื่องแบบเกือบได้ระดับกัน (Sub-Resonant) ความถี่ขณะเดินเครื่องจะต่ำกว่าความถี่ธรรมชาติ ในสภาพที่ยังไม่มีการรับภาระ เครื่องป้อนแบบเกือบได้ระดับอาจแทนด้วยจุด A บนเส้นโค้ง ถ้ามีน้ำหนักเพิ่มขึ้นที่ทางด้านข้างรางของเครื่องป้อน เช่น ภาระเหนือศีรษะล้วนๆ จะถูกกำหนดโดยวัสดุเมล็ด ความถี่ธรรมชาติของเครื่องมีแนวโน้มที่จะลดลง ทำให้ความถี่ขณะเดินเครื่องใกล้เคียงความถี่ธรรมชาติมากขึ้น ซึ่งได้แก่จุด B บนเส้นโค้งมีผลให้ระยะการเคลื่อนที่ของรางเพิ่มขึ้นในที่สุด ผลที่ได้จากเครื่องป้อนก็จะเพิ่มขึ้น

วัสดุเมล็ดทั้งหมดจะมีการหน่วงอยู่ภายใน นั่นก็คือ มันจะดูดซับพลังงานภายในตัวมันเองในขณะที่เกิดการสั่น การหน่วงนี้จะประกอบด้วยความเสียดทานระหว่างอนุภาค และการดูดซับพลังงานจะเกิดขึ้นในขณะที่อนุภาคถูกทำให้เปลี่ยนรูปไป ในฐานะที่มันไม่มีความยืดหยุ่นตัวเต็มที่ การหน่วงจะดูดซับพลังงานของความสั่นสะเทือนและลดขนาดระยะเคลื่อนที่ไปกลับ (Amplitude) ของเครื่องป้อนสั่นสะเทือน ระยะเคลื่อนที่ไปกลับของเครื่องป้อนภายใต้ข้อมูลจริงจะได้รับอิทธิพลจากภาระเหนือศีรษะและการหน่วง จะอยู่ในช่วงเส้นแนวดิ่งระหว่างจุด B และ C ขึ้นอยู่กับปริมาณการหน่วงของวัสดุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 เส้นโค้งแฟคเตอร์การขยายตัวสำหรับระบบมวล 2 มวลปรับได้

2.2.3 การออกแบบชุดขับ (Drive Designs)

การเลือกระบบขับสำหรับเครื่องป้อนสั่นสะเทือน มีหลักการเดียวกับอุปกรณ์ลำเลียงด้วยแรงเขย่า คือ

1) ชุดขับแบบแม่เหล็กไฟฟ้าและชุดควบคุม (Electro Magnetic Drives and Controls)

ระบบสั่นสะเทือนแบบนี้จะถูกออกแบบและผลิตขึ้นเพื่อให้มีความถี่ธรรมชาติ (ขณะไม่มีวัสดุอยู่) สูงกว่าความถี่ของกระแสสลับที่ใช้กับชุดขับแม่เหล็กไฟฟ้าประมาณ 8 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ ในกรณีความถี่ธรรมชาติสามารถอธิบายเป็นความถี่ที่ซึ่งระบบจะสั่นอย่างอิสระเมื่อปลดกำลังออกจากแม่เหล็กไฟฟ้าเครื่องป้อนจะถูกปรับให้มีความถี่ธรรมชาติที่ต้องการ โดยการปรับจำนวนและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของสปริงแผ่นที่เชื่อมต่ออยู่กับรางและแท่นรองรับรางเชื่อมต่อเข้ากับชุดขับแม่เหล็กไฟฟ้า ความถี่ธรรมชาติเป็นฟังก์ชั่นของอัตราสปริงรวมของสปริงแผ่นและมวลของระบบสั่นสะเทือน

ชุดขับสามารถติดตั้งไว้ที่เหนือรางหรือใต้รางก็ได้ ส่วนใหญ่จะนิยมใช้ชุดขับแบบที่ติดตั้งอยู่ด้านใต้ราง แต่ชุดขับแบบติดตั้งเหนือรางจะใช้เมื่อเนื้อที่ใต้รางไม่เพียงพอ อย่างไรก็ตามชุดขับแบบติดตั้งเหนือรางอาจจะมีอัตราขนถ่ายลดลงเล็กน้อย

ผลผลิตที่ออกจากเครื่องป้อนแบบแม่เหล็กไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงไปได้ โดยการปรับกำลังของแม่เหล็กไฟฟ้า ระดับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้ และกระแสไฟฟ้าที่ไหลไปยังขดลวดของแม่เหล็ก อาจจะมีแผนการควบคุมได้หลายๆ แบบขึ้นอยู่กับการกำหนดของผู้ผลิต ซึ่งรวมทั้งการใช้ส่วนควบคุมแบบ โซลิด สเตจ เช่น เอสซีอาร์หรือไตรแอก มีหม้อแปลงหรือเครื่องปรับกระแสไฟฟ้า (Rheostats) แบบอัตโนมัติต่ออนุกรมอยู่กับขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า การควบคุมบางแบบนำข้อดีของการปรับเครื่องป้อนให้อัตราการป้อนเปลี่ยนแปลงได้มาใช้ การควบคุมเหล่านี้ถูกใช้กับการปรับเครื่องป้อนที่ความถี่ครึ่งหนึ่งของแรงเคลื่อนไฟฟ้า การใช้ความถี่สูงหรือต่ำกับเครื่องป้อนจะทำให้ผลที่ได้เปลี่ยนแปลงไป เช่นเมื่อใช้ความถี่สูงขึ้นจะมีผลกระทบต่อความถี่ธรรมชาติของเครื่องป้อนและระยะการเคลื่อนที่ของการสั่น โซลิด สเตจ ไดโอด และเอสซีอาร์เป็นตัวปรับกระแสสลับให้เป็นกระแสตรง โดยจะยอมให้กระแสไหลผ่านได้เพียงทิศทางเดียวเมื่อต่ออนุกรมเข้ากับขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า เครื่องป้อนจะทำงานที่ความถี่ครึ่งหนึ่งของแรงเคลื่อนที่ป้อนผู้ผลิตบางแห่งจะใช้แม่เหล็กถาวร

ในการออกแบบชุดขับแม่เหล็กไฟฟ้า อิทธิพลอันดับแรกของแม่เหล็กถาวรจะคล้ายคลึงกับตัวปรับกระแสสลับให้เป็นกระแสตรง คือ จะมีสนามแม่เหล็กด้านกับสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากการใช้กระแสทิศทางเดียว เพราะฉะนั้นเครื่องป้อนจะทำงานเฉพาะความถี่ที่ป้อนให้เพียงครึ่งเดียว

เครื่องป้อนสั่นสะเทือนแบบแม่เหล็กไฟฟ้า โดยทั่วไปจะทำงานได้จากแหล่งต้นกำลังเฟสเดียว 50 Hz. (หรือ 60 Hz.) ผลที่สุดความถี่ในการทำงานคือ 3000 cpm. (3600 cpm.)เครื่องป้อนแบบแม่เหล็กไฟฟ้าบางแบบจะทำงานที่ส่วนหนึ่งของความถี่จากแหล่งต้นกำลัง โดยการใช้วงจรควบคุมพิเศษแบบ“แบ่งคลื่นออกเป็นส่วนๆ” (Split-wave) ในบางกรณีเครื่องป้อนอาจทำงานที่ 1500 cpm. และ 1000 cpm. จากแหล่งต้นกำลัง 50 Hz.(1800 cpm. หรือ 1200 cpm. จาก 60 Hz.)

2) ชุดขับและชุดควบคุมแบบกลไก-ไฟฟ้า (Electro Mechanical Drives and Controls)

ความถี่ใช้งานของเครื่องป้อนแบบนี้ โดยทั่วไปคือ 720 ถึง 1800 rpm. ระบบสปริงอาจจะประกอบด้วยขดลวดสปริงเหล็กกล้า ยางในลักษณะถูกกด ยางในลักษณะถูกเฉือนสปริงแผ่นเหล็กกล้า สปริงลมหรือแบบผสมผสานกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดขับจะถูกกระตุ้นโดยมอเตอร์ตัวเดียวต่ออยู่กับเพลาคู่ที่มีน้ำหนักเยื้องศูนย์กลางติดตั้งอยู่ อาจใช้มอเตอร์หมุนสวนทางกันได้ โดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่อเพลาทางด้านกลไกทำให้มันอยู่บนโครงที่มั่นคง ซึ่งในกรณีนี้มันจะทำงานสอดคล้องกัน การใช้มอเตอร์ตัวเดียวขับชุดเฟือง 2 ชุด ที่ต่ออยู่กับเพลาด้วยสายพานรูปตัว V จะให้ผลที่เหมือนกัน เพลาแต่ละชุดจะมีน้ำหนักเยื้องศูนย์เท่ากัน ส่วนระบบอื่น ๆ จะใช้น้ำหนักเยื้องศูนย์อยู่บนเพลาถูกขับด้วยมอเตอร์กระแสสลับแบบกรงกระรอก (Squirrel Cage AC Motor) ผ่านสายพานรูปตัว V

การปรับความถี่ธรรมชาติของเครื่องป้อนแบบกลไก-ไฟฟ้า ทำได้หลายวิธี รวมทั้งการปรับความเร็วใช้งานสูงสุด การเปลี่ยนอัตราสปริงโดยเพิ่มหรือลดจำนวนสปริงที่ใช้ หรือการออกแบบเพิ่มหรือลดมวล (น้ำหนัก) บนรางหรือโครงสร้างของตัวกระตุ้น

การเปลี่ยนแปลงอัตราการป้อนของเครื่องป้อนสั่นสะเทือนแบบเกือบได้ระดับกัน (Sub-Resonant) นี้ทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงความเร็วใช้งานของมอเตอร์กระแสสลับหรือขนาดของแรงที่เกิดจากการหมุนของน้ำหนักเยื้องศูนย์ ชุดควบคุมซึ่งเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนได้หรือปรับความถี่ของกระแสไฟฟ้าที่ใช้กับมอเตอร์ จะใช้สำหรับการเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์กระแสสลับ

วิธีการ 2 วิธี ของการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้า คือ ใช้หม้อแปลงแบบอัตโนมัติและชุดควบคุมเอสซีอาร์หม้อแปลงแบบอัตโนมัติต้องมีการปรับความเร็วด้วยคน ในขณะที่เอสซีอาร์สามารถควบคุมได้จากการรับสัญญาณรีโมท หรือกระบวนการสัญญาณไฟฟ้าไปเปลี่ยนแปลงความเร็วของมอเตอร์

การเปลี่ยนแปลงความถี่ของกระแสที่ใช้จะเปลี่ยนความเร็วของมอเตอร์เช่นกัน โดยชุดควบคุมความถี่

การเปลี่ยนแปลงแรงของน้ำหนักเยื้องศูนย์ มีผลต่อการใช้สัญญาณความดันที่เปลี่ยนแปลงได้ซึ่งเปลี่ยนตำแหน่งของน้ำหนักเยื้องศูนย์บนเพลาหมุนของชุดขับ การใช้ตัวแปลงสัญญาณ (Transducers) ทำให้สามารถควบคุมด้วยรีโมทหรือสัญญาณทางไฟฟ้าได้

2.3 คุณสมบัติของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง

เพื่อที่จะประสบความสำเร็จในการออกแบบโดยใช้อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงนี้จึงควรทำความเข้าใจถึงตัวแปรต่างๆที่สำคัญ ในหัวข้อนี้จะสนใจเฉพาะวงจรความถี่ต่ำจึงจะจำกัดวงเฉพาะตัวแปรทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงของอุปกรณ์เหล่านี้ ตัวแปรทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงสามารถแบ่งออกเป็นอินพุต เอาต์พุต และอัตราส่วนของการส่งผ่านกระแส (Current Transfer Ratio : CTR)

อัตราส่วนของการส่งผ่านกระแสหรือ CTR เป็นอัตราส่วนระหว่างกระแสอินพุตต่อกระแสเอาต์พุตของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง (หรือเรียกว่าไบอัส) ส่วนใหญ่จะแทนด้วยตัวอักษรกรีก คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อีต้า (η) ซึ่งค่านี้ จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของไดโอดเปล่งแสงอินฟาเรดและช่องว่างระหว่างชิ้นส่วนทางอินพุตและเอาต์พุต โดยที่พื้นที่, ความไว (Sensitivity) และอัตราขยายของตัวตรวจรับที่มีบทบาทที่สำคัญเช่นกัน

2.3.1 คุณสมบัติทางอินพุตของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง

เป็นตัวกำหนดคุณสมบัติทางด้านไฟฟ้าของไดโอดเปล่งแสงในอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง ซึ่ง เป็นคุณสมบัติเฉพาะด้านไฟฟ้ากระแสตรง โดยคุณสมบัติทางอินพุตของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงทุกชนิดจะเหมือนกัน ซึ่งมีข้อกำหนดคุณสมบัติดังนี้

1) IF (Forward Current) คือ กระแสสูงสุดของไดโอดเปล่งแสง เมื่อได้รับไบอัสตรง

2) VR (Reverse Voltage) คือ แรงดันตกคร่อมไดโอดเปล่งแสงสูงสุดที่ไดโอดเปล่งแสงทนได้เมื่อได้รับไบอัสกลับ

3) PD (Power Dissipation) คือ อัตราทนกำลังไฟฟ้าสูงสุดของไดโอดเปล่งแสง เมื่อมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมและมีกระแสไหลผ่านตัวมันไม่ควรเกินเท่าไร

4) VF (Forward Voltage) คือ แรงดันตกคร่อมไดโอดเปล่งแสงเมื่อได้รับไบอัสตรง

คุณสมบัติต่างๆ ทางอินพุตที่กล่าวมานั้น เป็นค่าสูงสุดที่ไดโอดเปล่งแสงยังคงทำงานได้โดยไม่เสียหาย ถ้าให้ค่าสูงกว่าที่กำหนดนี้จะก่อให้เกิดความเสียหายแก่ไดโอดเปล่งแสงทันที ดังนั้นในการใช้งานจะต้องไม่ให้ใช้งานเกินขีดจำกัดนี้ เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายและบั่นทอนการทำงานของอุปกรณ์

2.3.2 คุณสมบัติทางเอาต์พุตของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง

เนื่องจากตัวแปรเอาต์พุตทางด้านไฟฟ้ากระแสตรงและตัวแปรส่งถ่าย (Transfer Parameter) นั้นจะแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับชนิดของชิ้นส่วนที่เป็นตัวตรวจรับที่ใช้ในอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง ในที่นี้จะแจกแจงรายละเอียดและกำหนดความหมายของมันต่างหาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับตัวตรวจรับนั้นๆ ดังนี้

คุณสมบัติทางเอาต์พุตของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง ชนิดทรานซิสเตอร์ ดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์ และเอซีอินพุตทรานซิสเตอร์เอาต์พุต

อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงที่ใช้โฟโตทรานซิสเตอร์และโฟโตดาร์ลิงตันนั้น มีหลักการทำงานเหมือนกับรอยต่อระหว่างขาคอลเลคเตอร์กับขาเบสถูกทำให้กว้างขึ้น แสงที่ตกกระทบรอยต่อจะทำให้เกิดคู่ของอิเล็กตรอนและโฮลขึ้นมาเกิดการนำกระแสได้ตัวแปรสำหรับอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงชนิดโฟโตดาร์ลิงตันและโฟโตทรานซิสเตอร์ ที่สำคัญมีดังนี้

I_C (Collector Current) คือ เป็นกระแสสูงสุดที่ไหลต่อเนื่องผ่านขาคอลเลคเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$V_{(BR)\ CBO}$ (Collector-Base Breakdown Voltage) คือ เป็นแรงดันพังทลายสูงสุดจากขาคอลเลคเตอร์ไปยังขาเบส

$V_{(BR)\ ECO}$ (Emitter-Collector Breakdown Voltage) คือ เป็นแรงดันพังทลายสูงสุดจากขาอิมิตเตอร์ไปยังขาคอลเลคเตอร์

$V_{(BR)\ CEO}$ (Collector-Emitter Breakdown Voltage) คือ เป็นแรงดันพังทลายสูงสุดจากขาคอลเลคเตอร์ไปยังขาอิมิตเตอร์

I_{CEO} (Collector-Emitter Dark Current) คือ กระแสรั่วที่ไหลระหว่างขาคอลเลคเตอร์ไปยังขาอิมิตเตอร์ ในขณะที่ไม่มีแสงจากตัวกำเนิดแสงไปยังตัวตรวจรับแสง

I_{CBO} (Collector-Base Dark Current) คือ กระแสรั่วที่ไหลระหว่างขาคอลเลคเตอร์ไปยังขาเบส ในขณะที่ไม่มีแสงจากตัวกำเนิดแสงไปยังตัวตรวจรับแสง

hfe คือ อัตราการขยายกระแสตรง

C_{CE} (Collector-Emitter Capacitance) คือ ค่าความจุระหว่างขาคอลเลคเตอร์กับขาอิมิตเตอร์

C_{CB} (Collector-Base Capacitance) คือ ค่าความจุระหว่างขาคอลเลคเตอร์และขาเบส

C_{EB} (Emitter-Base Capacitance) คือ ค่าความจุระหว่างขาอิมิตเตอร์และขาเบส

$C_{TR\ (n)}$ เป็นอัตราส่วนต่ำสุดระหว่างกระแสเอาต์พุตของขาคอลเลคเตอร์เมื่อมีค่าสูงสุดต่อกระแสไดโอดที่ค่า V_{CE} และ I_F ที่กำหนด

$V_{CE\ (sat)}$ เป็นแรงดันอิ่มตัวระหว่างขาคอลเลคเตอร์และขาอิมิตเตอร์

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างคุณสมบัติทางเอาต์พุตของโฟโตทรานซิสเตอร์เบอร์ 4N26

	พารามิเตอร์	ค่าต่ำสุด	ค่าปกติ	ค่าสูงสุด	หน่วย
อินพุต	I_F	-	-	80	mA
	V_F (I_F = 10 mA)	-	1.1	1.5	V
	V_R	-	-	3	V
เอาต์พุต	I_C	-	-	100	mA
	$V_{(BR)\ CBO}$	70	-	-	V
	$V_{(BR)\ ECO}$	30	-	-	V
	$V_{(BR)\ CEO}$	7	-	-	V
ตัวแปรเชื่อมโยง	I_C (I_F = 10 mA, V_{CE} = 10 V)	20	-	-	%
	$V_{CE\ (sat)}$ (I_F = 8 mA, I_C = 2 mA)	-	0.1	0.5	V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างคุณสมบัติทางเอาต์พุตของดาร์ลิงตัน โฟโตทรานซิสเตอร์เบอร์ 4N33

	พารามิเตอร์	ค่าต่ำสุด	ค่าปกติ	ค่าสูงสุด	หน่วย
อินพุต	I_F	-	-	80	mA
	V_F (I_F = 10 mA)	-	1.2	1.5	V
	V_R	-	-	3	V
เอาต์พุต	I_C	30	-	100	mA
	$V_{(BR)\ CBO}$	30	-	-	V
	$V_{(BR)\ ECO}$	30	-	-	V
	$V_{(BR)\ CEO}$	30	-	-	V
ตัวแปรเชื่อมโยง	I_C (I_F = 10 mA, V_{CE} = 10 V)	20	-	-	%
	$V_{CE\ (sat)}$ (I_F = 8 mA, I_C = 2 mA)	-	-	1.0	V

1) คุณสมบัติทางเอาต์พุตของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง ชนิดเอสซีอาร์ ไตรแอกไดเวอร์ และซีโร่ครอสซิ่ง

ตัวเชื่อมโยงทางแสงทั้ง 3 ชนิด ถูกออกแบบมาสำหรับใช้งานที่ต้องการแยกกันทางไฟฟ้าที่มีค่าสูงระหว่างวงจรด้านแรงดันต่ำ (ซึ่งใช้ไอซี) และทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันสูง ตัวแปรที่สำคัญสำหรับอุปกรณ์ประเภทนี้ คือ

$I_{T\ (RMS)}$ (Forward RMS Current) คือ เป็นค่ากระแส RMS สูงสุด เมื่ออยู่ในสถานะที่ทำงาน

V_{DM} (Peak Forward Voltage) คือ เป็นค่าแรงดันตกคร่อมที่เอสซีอาร์สูงสุดแบบไบอัสตรง ก่อนที่จะทำให้เอสซีอาร์นำกระแสขึ้นมา

V_{RM} (Peak Reverse Voltage) คือ เป็นค่าแรงดันตกคร่อมที่เอสซีอาร์สูงสุดแบบไบอัสกลับ ก่อนที่จะทำให้เอสซีอาร์นำกระแสขึ้นลง

I_{TSM} (Non-Repetitive Surge On-State Current) คือ ค่ากระแสกระชากสูงสุดที่เกิดขึ้นไม่ซ้ำในช่วงเวลาสั้นๆ ที่ยอมให้ไหลผ่านเอสซีอาร์ ขณะนำกระแส

I_{DM} (Peak Forward Current) คือ ค่ากระแสที่รั่วไหลผ่านเอสซีอาร์ เมื่อได้รับไบอัสตรง

I_{RM} (Peak Reverse Current) คือ ค่ากระแสรั่วที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ เมื่อได้รับไบอัสกลับ

V_{TM} (Maximum On-State Voltage) คือ ค่าแรงดันสูงสุดชั่วครู่คร่อมเอสซีอาร์ขณะนำกระแสที่ค่ากระแสสูงๆ ตามที่กำหนด ณ อุณหภูมิ 25 °C ค่านี้เป็นตัวบอกประสิทธิภาพของเอส ซีอาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V_{GR} (Peak Reverse Gate Voltage) คือ แรงดันจุดชนวนเกตย้อนกลับสูงสุดที่จ่ายให้ขาเกตของเอสซีอาร์ได้โดยที่เกตไม่เสียหาย

I_G (PK) (Peak Gate Input Current) คือ กระแสจุดชนวนเกตสูงสุด ในการที่จะทำให้เอสซีอาร์เข้าสู่ภาวะนำกระแสได้โดยที่ไม่เสียหาย

I_H (Holding Current) คือ ค่าของกระแสแอโนดต่ำสุดที่เอสซีอาร์ยังคงนำกระแสอยู่ ถ้าแอโนดต่ำกว่านี้เอสซีอาร์จะหยุดนำกระแสทันที

C_J (Junction Capacitance) คือ ค่าความจุที่รอยต่อ

dv/dt (Rate Of Change Of On-State Current) คือ อัตราการเพิ่มขึ้นสูงสุดของกระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ หลังจากถูกทำให้นำกระแส โดยไม่ทำให้เอสซีอาร์เสียหายหรือทำงานผิดพลาด

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างคุณสมบัติทางเอาต์พุตของโฟโตไตรแอกเบอร์ MOC3010

	พารามิเตอร์	ค่าต่ำสุด	ค่าปกติ	ค่าสูงสุด	หน่วย
อินพุต	I_F	-	-	50	mA
	V_F (I_F = 10 mA)	-	1.2	1.5	V
	V_R	-	-	3	V
เอาต์พุต	I_C (RMS)	-	-	100	mA
	V_{DRM}	-	-	250	V
	V_{TM} (I_T = 100 mA)	-	-	3.0	V
ตัวแปรเชื่อมโยง	I_C (I_F = 10 mA, V_{CE} = 10 V)	-	8.0	15	mA
	$V_{CE\ (sat)}$ (I_F = 8 mA, I_C = 2 mA)	-	100	-	μA

2) คุณสมบัติทางเอาต์พุตของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงชนิดลอจิก

อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงชนิดนี้ใช้ทำงานร่วมกับอุปกรณ์ประเภทไอซี ทีทีแอลหรือวงจรลอจิกต่างๆ เมื่อมีแสงมากระตุ้นที่เอาต์พุตนั้นออกแบบมาเปลี่ยนสภาวะลอจิก 1 เป็น 0 สำหรับอุปกรณ์ชนิดนี้ มีตัวแปรที่สำคัญดังนี้ คือ

V_O (Output Voltage Range) คือ ย่านแรงดันเอาต์พุตที่สภาวะเป็น 1 ซึ่งจะเท่าแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับลอจิกเกต

V_{CC} (Supply Voltage Range) คือ ย่านแรงดันที่สามารถป้อนเลี้ยงลอจิกเกต

I_O (Output Current) คือ กระแสที่ลอจิกเกตจ่ายให้สูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$I_{CC\,(off)}$ (Supply Current) คือ กระแสเอาต์พุต เมื่อเอาต์พุตอยู่ในสภาวะไม่ทำงาน

I_{CC} (on) (Supply Current) คือ กระแสเอาต์พุต เมื่อเอาต์พุตอยู่ในสภาวะทำงาน

I_{OH} (Output Current High) คือ กระแสเอาต์พุต เมื่อเอาต์พุตอยู่ในสภาวะเป็น 1

V_{OL} (Output Voltage Low) คือ แรงดันเอาต์พุต เมื่อเอาต์พุตอยู่ในสภาวะเป็น 0

2.3.3 คุณสมบัติทั่วๆ ไปของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง

เป็นตัวแปรของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงทั่วๆไป ซึ่งมีคุณสมบัติเหมือนกันในอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงทุกชนิด ได้แก่

P_D (Photo Detector Power Dissipation) คือ อัตราทนกำลังไฟฟ้าสูงสุดของตัวตรวจรับแสง เมื่อแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมและมีกระแสไหลผ่านตัวมันไม่ควรเกินเท่าไร

t_r (Rise Time) คือ ช่วงระยะเวลาที่พัลส์มีขนาดจาก 10% เพิ่มขึ้นเป็น 90% ของขนาดสูงสุดของพัลส์

t_f (Fall Time) คือ ช่วงระยะเวลาที่พัลส์มีขนาดจาก 90% ลดลงเป็น 10% ของขนาดสูงสุดของพัลส์

t_{on} คือ ช่วงระยะเวลาที่พัลส์เริ่มต้นจาก 0 ไปจนถึงจุดสูงสุดของพัลส์

t_{off} คือ ช่วงระยะเวลาที่พัลส์เริ่มต้นจาก จุดสูงสุดของพัลส์ไปจนถึงจุด 0

V_{ISO} (Isolation Voltage) คือ ค่าแรงดันสูงสุดที่ยังไม่สามารถกระโดดข้ามระหว่างอินพุตไปยังเอาต์พุต

R_{ISO} (Isolation Resistance) คือ ค่าความต้านทานระหว่างอินพุตกับเอาต์พุต

C_{ISO} (Isolation Capacitance) คือ ค่าความจุระหว่างอินพุตและเอาต์พุต

2.4 ระบบโฟโตอิเล็กตริกในงานอุตสาหกรรม

ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีของสารกึ่งตัวนำช่วยให้ระบบโฟโตอิเล็กตริกทำงานได้เร็วขึ้น สะดวก และดีขึ้นกว่าเดิมมาก แหล่งกำเนิดแสงชนิดใหม่พวกโฟโตทรานซิสเตอร์ วงจรขยายดีๆ และสวิตช์สารกึ่งตัวนำเหล่านี้ช่วยให้การใช้งานระบบโฟโตอิเล็กตริกมีอายุการใช้งานยืนนานขึ้น ลดผลรบกวนจากแสงสว่างภายนอก และเหมาะสำหรับการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรม

ถึงแม้ว่าระบบโฟโตอิเล็กตริกสมัยใหม่จะมีข้อดีขึ้นหลายประการก็ตาม แต่ยังคงอาศัยหลักการเหมือนระบบเดิม คือ ใช้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงมายังตัวรับแสง ซึ่งตัวรับแสงจะเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นแรงดันไฟฟ้าส่งต่อไปยังวงจรขยาย เพื่อทำให้ค่าแรงดันสูงขึ้นไปส่งต่อให้กับอุปกรณ์ด้านเอาต์พุต ซึ่งอาจเป็นรีเลย์หรือสวิตช์ โดยรีเลย์หรือสวิตช์จะไปควบคุมอุปกรณ์ส่วนอื่นต่อไป เมื่อมีวัตถุใดๆ มากันทางเดินของแสงไม่ให้ผ่านหรือสะท้อนแสงหรือลดความเข้มของแสงที่

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งไปยังตัวรับจะทำให้สภาพการทำงานของตัวรับแสงเปลี่ยนไป แล้วมีผลให้การควบคุมรีเลย์เปลี่ยนแปลงไปด้วย อุปกรณ์สมัยใหม่ในระบบโฟโตอิเล็กตริกมีให้เลือกใช้ได้หลายอย่าง เช่น ตัวรับแสงก็มีทั้งชนิดเป็นโฟโตเซล โฟโตไอโอดหรือโฟโตทรานซิสเตอร์ โฟโตเซลจะให้สัญญาณไฟฟ้า เมื่อมีแสงมากระทบถูกส่วนรับแสงของมัน โฟโตไดโอดจะยอมให้กระแสไหลผ่านมากขึ้น เมื่อมีแสงมาตกกระทบตัวมัน โฟโตทรานซิสเตอร์จะนำกระแสมากขึ้น เมื่อมีแสงมากระทบถูกตัวมัน ส่วนแหล่งกำเนิดแสงก็มีอยู่หลายชนิดขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุที่จะตรวจจับ ความเร็วในการตรวจจับ ลักษณะของพื้นผิวของวัตถุที่จะตรวจจับ และสภาพการใช้งานแตกต่างกันไป

2.4.1 ส่วนประกอบของระบบโฟโตอิเล็กตริก

ระบบโฟโตอิเล็กตริก ประกอบด้วยส่วนต่างๆ จำนวน 4 ส่วนหลักๆ คือ แหล่งกำเนิดแสง ตัวรับแสง วงจรขยาย และอุปกรณ์ทางเอาต์พุต ระบบโฟโตอิเล็กตริกจะดีได้ก็ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบทั้ง 4 นี้ว่าดีเพียงใด

1) แหล่งกำเนิดแสง

เป็นตัวส่งพลังงานแสงไปยังตัวรับแสง แหล่งกำเนิดแสงอาจเป็นหลอดไฟหรือแอลอีดีก็ได้ แอลอีดีที่ใช้ในระบบควบคุมจะเป็นชนิดแกลเลียมอาร์เซไนด์ ซึ่งให้แสงออกมาในย่านความถี่ใกล้ๆ กับความถี่ของอินฟาเรด (แสงใต้แดง) แหล่งกำเนิดแสงแบบแอลอีดีมีข้อดีเหนือกว่าหลอดไฟแบบไส้ (Incandescent Lamp) คือ แอลอีดีไม่มีไส้หลอด สามารถทนแรงสั่นสะเทือนได้สูง อายุการใช้งานนานกว่า คือ 100,000 ชั่วโมง นอกจากนี้ความยาวคลื่นของแสงที่แอลอีดีส่งแสงออกมาเป็น 0.9 นาโนเมตร ซึ่งเป็นช่วงที่โฟโตทรานซิสเตอร์ชนิดซิลิกอนทำงานได้ดีมาก ยิ่งกว่านั้นแอลอีดีที่ให้แสงซึ่งมองไม่เห็นด้วยตาคน ยังทำให้การควบคุมมีเสถียรภาพดีและมีการรบกวนจากแสงภายนอกน้อยมาก

ระบบโฟโตอิเล็กตริกที่ใช้แอลอีดีจะสามารถป้องกันการรบกวนจากแสงภายนอกได้ เพราะเราให้แอลอีดีส่งแสงมาในลักษณะเป็นพัลส์ เพื่อให้ได้ความเข้มของแสงในการส่งสูง โดยไม่ทำให้อายุใช้งานของแสงสั้นลง วงจรของตัวรับแสงจะต้องซิงโครไนซ์กับพัลส์ที่แอลอีดีส่งมา ดังนั้นไม่ว่าแสงภายนอกจะแรงเพียงใดก็ไม่รบกวนสัญญาณ ส่วนหลอดไฟแบบไส้เหมาะกับการใช้งานที่ต้องการความเร็วสูง เพราะหลอดไฟแบบไส้มีการตอบสนองเร็วกว่าแอลอีดี สำหรับการใช้งานที่ต้องการความเร็วสูงกว่า 600 ครั้งต่อวินาที ควรใช้หลอดไฟแบบไส้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ตัวรับแสง

เป็นส่วนแปลงพลังงานแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า ตัวรับแสงมีอยู่หลายชนิด

2.1) โฟโตเซลแบบแคดเมียมซัลไฟต์ เป็นตัวรับแสงที่ง่ายที่สุด มันจะเปลี่ยนลักษณะสมบัติทางไฟฟ้าเมื่อได้รับแสง แต่มีผลตอบสนองช้ากว่าตัวรับแสงชนิดอื่นมาก โฟโตเซลชนิดนี้เหมาะกับงานที่ต้องการความไวสูง

2.2) โฟโตไดโอดให้การตอบสนองเร็วสูงกว่าโฟโตเซลมาก แต่ความไวต่อแสงน้อยกว่า

2.3) โฟโตทรานซิสเตอร์ เป็นตัวรับแสงที่ให้การตอบสนองเร็วมากพอที่จะตรวจจับสัญญาณพัลส์ของแสงที่เป็นช่วงสั้นมากๆ ได้ และมีความไวต่อแสงมากกว่าโฟโตไดโอดมาก

3) วงจรขยาย

ทำหน้าที่ขยายสัญญาณจากตัวรับแสงให้แรงขึ้นแล้วส่งไปยังภาคเอาต์พุต นอกจากนี้ในบางกรณีที่ต้องการหน่วงเวลาของสัญญาณไว้ช่วงหนึ่งก่อนที่จะส่งไปยังภาคเอาต์พุต ก็สามารถหน่วงให้ช้าลงได้ด้วยวงจรขยาย วิธีการหน่วงเวลาที่ใช้กันบ่อยๆ ก็มีดีเลย์ ดรอป (Delay-Drop) วันช็อต (One-Shot) และดีเลย์ วันช็อต (Delayed One-Shot)

3.1) ดีเลย์ ดรอป เป็นวิธีการหนึ่งที่จะให้เอาต์พุตไปควบคุมอุปกรณ์พวกรีเลย์หรือสวิตช์ให้ทำงานได้ เมื่อมีวัตถุมากั้นลำแสงอยู่นานช่วงเวลาหนึ่ง วิธีการนี้ใช้ในการจับตาดูเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นช่วงเวลาเท่าๆ กัน เช่น ในการทำงานผิดพลาดของสายพานส่งเกิดติดขึ้นมา วัตถุบนสายพานจะมาออรวมกัน และตัดลำแสงไว้นานผิดปกติ เช่นนี้ระบบก็จะทำงานได้

3.2) วันช็อต อุปกรณ์ด้านเอาต์พุตจะยังคงการทำงานอยู่เป็นช่วงเวลาหนึ่งหลังจากที่ตัวรับแสงได้รับการทริก หลังจากนั้นเอาต์พุตจะหยุดการทำงาน เมื่อครบรอบของเวลาไทมิ่ง (Timing Cycle) ลักษณะการทำงานเช่นนี้มีประโยชน์มาก เช่น ในกรณีที่มีวัตถุวิ่งตัดแสงเร็วมากจนไม่สามารถทำให้เอาต์พุตทำงานบางอย่าง ประเภทการสตาร์ทมอเตอร์ การหยุดหรือทำให้อุปกรณ์ที่นับทำงาน ตัววันช็อตจะเป็นตัวตั้งเวลาหลังจากสัญญาณมาทริก (ขณะที่วัตถุวิ่งตัดแสง) วันช็อตจะยืดเวลาให้เอาต์พุตทำงานนานขึ้นจนพอเพียงที่จะทำงานตามต้องการได้

3.3) ดีเลย์ วันช็อต มีการทำงานคล้ายกับวันช็อต เพียงแต่จะมีช่วงหน่วงเวลาหนึ่งหลังจากมีวัตถุวิ่งตัดแสงเอาต์พุตจึงจะทำงานได้ ตัวอย่างการใช้งานนี้ใช้กับงานที่ต้องการให้ช่วงเวลาที่ลำแสงถูกตัดอยู่นานกว่าช่วงเริ่มทำงานของเอาต์พุต เช่นบางระบบต้องการให้อุปกรณ์ที่เกิดหยุดทำงานกะทันหันจะเริ่มสตาร์ทมอเตอร์หรือควบคุมโซลินอยด์ใหม่ทันทีไม่ได้ ต้องหน่วงไว้ช่วงเวลาหนึ่งก่อนจึงจะสตาร์ททำงานใหม่ได้ก็ใช้วิธีดีเลย์ วันช็อต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากจะเป็นส่วนหน่วงเวลาแล้ว วงจรขยายยังทำหน้าที่อื่นได้อีกด้วยวงจรขยายบางชนิดมีการปรับอัตราการขยายได้ เพื่อทำให้ปริมาณแสงที่ได้มีความสม่ำเสมอ สำหรับการตรวจจับดูว่าลำแสงที่ตัวรับแสงได้รับมานั้นเป็นลำแสงที่ผ่านมาเต็มที่หรือมีวัตถุกรองแสงบางอย่างกั้นไว้ (ซึ่งยอมให้แสงผ่านได้) คุณสมบัติข้อนี้มีประโยชน์ในการตรวจจับเกี่ยวกับสีหรือวัตถุโปร่งแสง ซึ่งวงจรขยายแบบอื่น จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิด-เปิดไป เมื่อมีแสงมาถูกตัวรับแสงเต็มที่กับเมื่อแสงกระจายไปบางส่วน (วัตถุกรองแสงมากั้น)

4) ภาคเอาต์พุต

ทำหน้าที่เป็นสวิตช์เมื่อได้รับสัญญาณจากวงจรขยายความจริง ส่วนนี้ถือว่าเป็นอุปกรณ์ต่างหากของระบบโฟโตอิเล็กตริกก็ได้ แต่ส่วนใหญ่จะพบว่ามักติดอยู่ใกล้ๆ กับวงจรขยายอุปกรณ์ใช้ภาคเอาต์พุตที่พบเห็นได้ทั่วไปมีรีเลย์ธรรมดา ไฮบริดจ์สวิตช์ และเอาต์พุตที่เป็นระดับสัญญาณทางตรรก (Logic Level Output)

4.1) รีเลย์ เป็นอุปกรณ์เอาต์พุตที่ใช้กันมากในปัจจุบันและสามารถทำงานด้วยค่ากระแสโหลดสูงๆได้ อย่างไรก็ตาม รีเลย์มีอายุการใช้งานสั้นและให้ผลตอบสนองช้าอยู่ในช่วงเวลาประมาณจาก 0.01 ถึง 0.025 วินาที ดังนั้นการใช้งานกับวัตถุที่เคลื่อนที่เร็วมากหรือการนับด้วยอัตราเร็วมากจึงใช้รีเลย์ไม่ได้ การใช้งานที่เหมาะสมคือ การสตาร์ทมอเตอร์ การเบรค การควบคุมโซลินอยด์ และกระดิ่งไฟฟ้าเหล่านี้เป็นต้น

4.2) ไฮบริดจ์สวิตช์ เป็นสวิตช์ที่ประกอบด้วยอุปกรณ์สวิตช์สารกึ่งตัวนำ (ไตรแอกนั่นเอง) และหรีดสวิตช์ขนาดเล็กหรือออปโต ไอโซเลเตอร์ (Opto-Isolator) หน้าที่การทำงานคล้ายกับรีเลย์ธรรมดา แต่จะเป็นสวิตช์สำหรับไฟสลับเท่านั้น ไฮบริดสวิตช์มีอายุการใช้งานยาวนานกว่าให้ความเชื่อถือได้มากกว่า และให้การตอบสนองเร็วกว่ารีเลย์ธรรมดา โดยทั่วไปผลการตอบสนองของไฮบริดจ์สวิตช์อยู่ในช่วง 0.001 ถึง 0.01 วินาที โดยที่ไฮบริดสวิตช์สามารถทำงานด้วยกระแสน้อยเพียง 2 ถึง 5 แอมป์ และตามธรรมดาใช้เป็นสวิตช์เดี่ยวตัวเดียวเท่านั้น โหลดทั่วๆ ไปที่ใช้แก่ตัวนับแบบไฟฟ้ากล รีเลย์ และโซลินอยด์

4.3) เอาต์พุตเป็นระดับสัญญาณตรรก มีทั้งชนิดที่ให้เอาต์พุตเป็นแรงดัน ทำหน้าที่จ่ายกระแสหรือให้เอาต์พุตเป็นสวิตช์ (ทำหน้าที่ดึงกระแสจากภายนอก) อุปกรณ์พวกนี้เป็นสารกึ่งตัวนำที่มีอายุการใช้งานยาวนานและให้ผลตอบสนองเกือบทันทีที่มีสัญญาณเข้ามักใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์และหน่วยควบคุมต่างๆ ชนิดเป็นแหล่งจ่ายกระแสจะให้แรงดันไฟตรงเอาต์พุต 12 หรือ 24 โวลต์ ที่กระแส 0.03 ถึง 0.06 แอมป์ อุปกรณ์ที่เป็นแบบดึงกระแสจะทำหน้าที่เป็นสวิตช์แทนที่จะให้เอาต์พุตเป็นแรงดันซึ่งให้แรงดันต่ำก็ทำหน้าที่เป็นสวิตช์กระแสต่ำแทน (0.05 ถึง 0.25 แอมป์ ที่ 30 โวลต์) อุปกรณ์นี้ใช้เป็นสวิตช์สำหรับโหลดทางอิเล็กทรอนิกส์

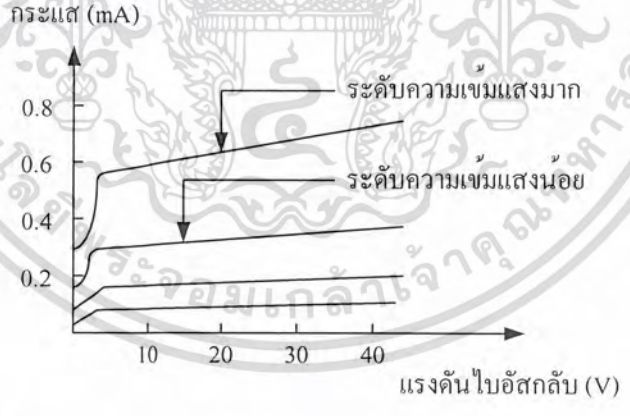
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.4.2 ชนิดตัวรับแสงของระบบโฟโตอิเล็กตริก

1) โฟโตไดโอด

เป็นไดโอดรอยต่อ PN ซึ่งรอยต่อ PN สามารถรับแสงได้สะดวก ปกติสร้างจากผลึกเยอรมันเนียมหรือซิลิกอน แต่เพื่อให้ได้กระแสรั่วสูงๆ จึงมักใช้ผลึกเยอรมันเนียม ในขณะที่ไดโอดได้รับไบอัสกลับและรอยต่อไม่ได้รับแสงกระแสที่ไหลผ่านรอยต่อ ก็คือ กระแสรั่วของรอยต่อ PN ซึ่งในที่นี้เรียกว่า"กระแสรั่วไหล (Dark Current : I_d)"ถ้าเป็นเยอรมันเนียมอาจมีค่าสูงถึง 10 มิลลิแอมป์ แต่สำหรับซิลิกอนจะมีค่าต่ำมากอาจเป็น 20 นาโนแอมป์ ในขณะนี้ถ้าหากรอยต่อ PN ได้รับแสงกระตุ้นจากภายนอกจะมีผลทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระและโฮลเกิดขึ้น พาหะส่วนน้อยนี้จะได้รับอิทธิพลจากสนามไฟฟ้าที่รอยต่อสามารถทำให้เคลื่อนที่ผ่านรอยต่อได้ จึงเกิดเป็นกระแสไหลผ่านรอยต่อ ซึ่งเรียกว่า"กระแสโฟโต(Photo Current : I_p)"ดังนั้นขณะที่ไดโอดได้รับแรงดันย้อนกลับและถูกแสงจะมีกระแสไหลผ่านไดโอดประมาณ I_d+I_p ค่ากระแสโฟโตจะเพิ่มขึ้นหากรอยต่อได้รับแสงที่มีความเข้มมากขึ้น ในกรณีที่จะนำไปใช้งานที่ความถี่สูง ก็สามารถปรับปรุงโครงสร้างให้เป็นแบบ P-I-N ไดโอดได้ เพราะโครงสร้างของ P-I-N จะช่วยลดค่าประจุไฟฟ้าที่รอยต่อและในกรณีที่ต้องการให้ไดโอดมีความไวต่อแสงก็ควรมีเลนส์รวมแสงให้ตกกระทบที่รอยต่ออย่างเต็มที่

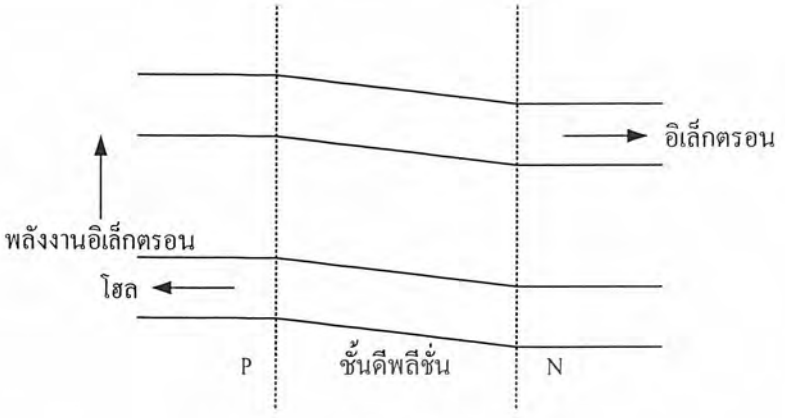


รูปที่ 2.3 คุณลักษณะทางเอาต์พุตโดยปกติของโฟโตไดโอด

เมื่อสารกึ่งตัวนำได้รับสารโฟตอนจะทำให้เกิดคู่อิเล็กตรอน-โฮล ซึ่งจะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนทำให้เกิดกระแสไหลขึ้น นั่นคือเมื่อเกิดการแตกตัวของคู่อิเล็กตรอน-โฮล การแตกตัวจะเกิดบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กไฟฟ้าหรือบริเวณที่แสงตกกระทบมากๆ ดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

48346



รูปที่ 2.4 การกระจายของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

จะเห็นได้ว่า การกระจายของแสงหรือสนามไฟฟ้าในสารตัวนำไดโอดมีลักษณะไม่สม่ำเสมอในบริเวณรอยต่อ PN ที่บริเวณดีพลีชั่นโดยทั่วไปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานต่อตัวโฟโตไดโอดซึ่งควรจัดให้โฟตอนส่วนใหญ่ถูกดูดซับบริเวณรอยต่อหรือดีพลีชั่นให้มากที่สุดตรงความลึกที่โฟตอนจะผ่านไปได้ก่อนจะดูดซับพลังงานแสงที่บริเวณผิวหน้าไป

ส่วนความยาวคลื่นที่ยาวขึ้นจะสามารถผ่านผลึกได้ลึกกว่า ดังนั้นเพื่อให้โฟโตไดโอดสามารถตอบสนองต่อช่วงความยาวคลื่นที่กว้างอยู่ควรจะมีชั้น P ที่บาง เพื่อให้ความยาวคลื่นสั้นจะเจาะผ่านเข้ามาได้ และมีบริเวณดีพลีชั่นที่หนาแน่นมากๆ เพื่อให้ได้รับแสงของโฟตอนสูงสุดจากโฟตอนที่มีความยาวคลื่นยาวผ่านความหนาแน่นของบริเวณดีพลีชั่นขึ้นอยู่กับไบอัสกลับและค่าความต้านทานของบริเวณที่มีการแยกตัวของอิเล็กตรอน-โฮล

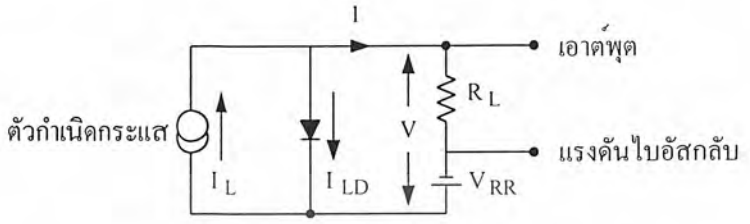
โดยปกติไม่มีการไบอัสกลับก็สามารถเกิดพื้นที่ดีพลีชั่นได้ ซึ่งสนามที่เกิดจากการแพร่พาหะรอยต่อระหว่าง PN การไบอัสกลับจะช่วยเพิ่มสนามและขยายบริเวณดีพลีชั่นให้มากขึ้นไปอีก

2) แบบจำลองของวงจรโฟโตไดโอด

แบบจำลองของโฟโตไดโอดแสดงได้ดังรูปที่ 2.5 ค่ากระแส I_L จะขึ้นอยู่กับบริเวณแสงที่ตัวไดโอดได้รับ ในกรณีไม่มีการให้ไบอัสโฟโตไดโอด กระแส I_L จะทำให้ขั้วแอโนดเป็นบวกเมื่อเทียบกับแคโถด กระแส I_L ส่วนหนึ่งจะไหลกลับผ่านตัวไดโอด การทำงานโดยไม่ให้การไบอัสเรียกว่า"โหมดโฟโตโวตาอิก (Photo Votaic Mode)"การทำงานในโหมดโฟโตโวตาอิกสามารถทำงานได้ทั้งแบบเชิงเส้นและแบบลอกาลิธึมขึ้นอยู่กับค่าโหลดตัวต้านทานการทำงานของโหมดลอกาลิธึมจะเกิดขึ้นเมื่อโหลดมีค่าสูงมากๆ ส่วนการทำงานแบบเชิงเส้นจะเกิดขึ้นเมื่อโหลดมีความต้านทาน เมื่อเทียบกับความต้านทานไดนามิกของโฟโตไดโอด ค่าศักดาสูงสุดในการทำงานแบบไม่ให้ไบอัส คือ V_L ประมาณ 100 มิลลิโวลต์ ขึ้นอยู่กับความละเอียดที่ต้องการ ถ้าค่า R_L สูงกว่าจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้มีความไวมากกว่าแต่ช่วงการตอบสนองเชิงเส้นจะลดลง ค่า R_L สูงสุดจะอยู่ในช่วง 5 เมกะโอห์ม ถึง 550 เมกะโอห์ม



รูปที่ 2.5 วงจรจำลองของโฟโตไดโอดและการขยายบริเวณดีพลีชั่นให้มากขึ้น

การทำงานแบบให้ไบอัสกลับ เรียกว่า โฟโตเคอเรนท์โหมด (Photocurrent Mode) ซึ่งมีข้อดีกว่าโฟโตโวตาอิก

2.1) มีความเร็วสูง

2.2) เสถียรภาพดี

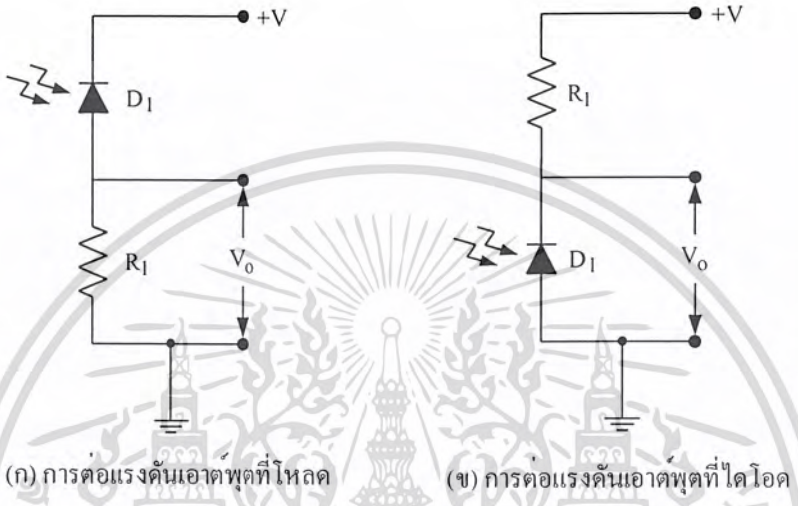
2.3) ช่วงไดนามิกส์สูงกว่า

2.4) สัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิสูงกว่า

จากลักษณะของโฟโตไดโอดเป็นสารกึ่งตัวนำที่มีคุณสมบัติไวต่อแสง โปตอนจากแสงจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระขึ้น เป็นผลทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังนั้น โฟโตไดโอดเป็นตัวตรวจจับแสงชนิดหนึ่ง ซึ่งถูกออกแบบขึ้นมาจากการเกิดปรากฏการณ์อย่างหนึ่งของสารกึ่งตัวนำที่กล่าวมาแล้วจะเห็นว่าเมื่อใดที่รอยต่อ PN ได้รับการไบอัสกลับ จะเกิดกระแสรั่วไหลย้อนกลับและอิมพีแดนซ์ต่อ PN นี้มีความไวต่อแสงมากเป็นพิเศษ คือ จะมีอิมพีแดนซ์สูงเมื่ออยู่ในที่มืดและมีอิมพีแดนซ์ต่ำเมื่ออยู่ในที่สว่าง ไดโอดทั่วไปนั้นจะถูกหุ้มรอยต่อนี้ไว้ด้วยวัตถุทึบแสงเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปรากฏการณ์นี้ขึ้น แต่โฟโตไดโอดซึ่งถูกผลิตขึ้นมาเพื่อปรากฏการณ์นี้โดยเฉพาะ ดังนั้นรอยต่อจึงจะต้องหุ้มด้วยวัสดุที่แสงสามารถผ่านได้ดีที่สุดไดโอดชนิดนี้มีสองแบบ คือ ชนิดที่ตอบสนองต่อแสงผ่านอินฟาเรด ในการนำไปใช้งานโฟโตไดโอดจะถูกต่อในลักษณะได้รับการไบอัสกลับสำหรับแรงดันเอาต์พุต เป็นแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานโหลดที่ต่ออนุกรมกับโฟโตไดโอดและกราวด์ ดังรูปที่ 2.6 โฟโตไดโอดจะถูกนำมาประยุกต์ใช้งานที่เกี่ยวกับสัญญาณไฟสลับที่มีการเปลี่ยนแปลงเร็ว สำหรับการประยุกต์ใช้งานโฟโตไดโอดที่ตอบสนองต่อแสงอินฟาเรด เช่น การใช้ในวงจรควบคุมระยะไกล วงจรสัญญาณเตือนต่างๆ ที่ใช้แสงอินฟาเรดในการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากไดโอดชนิดนี้มีความเร็วสูง จึงถูกนำไปใช้งานเป็น High Speed Tape Reader ในอุปกรณ์ Character Recognition นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้งานอื่นๆ ได้อีกมากมาย เช่น ใช้เป็นตัวนำแสง โดยการให้แรงดันไบอัสตรง อุปกรณ์ชนิดนี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนสถานะภาพทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งค่าความนำไฟฟ้าในขณะที่รอยต่อได้รับแสงจะมีค่าสูงกว่าปกติ



(ก) การต่อแรงดันเอาต์พุตที่โหลด (ข) การต่อแรงดันเอาต์พุตที่ไดโอด

รูปที่ 2.6 การต่อโฟโตไดโอดในการนำไปใช้งาน

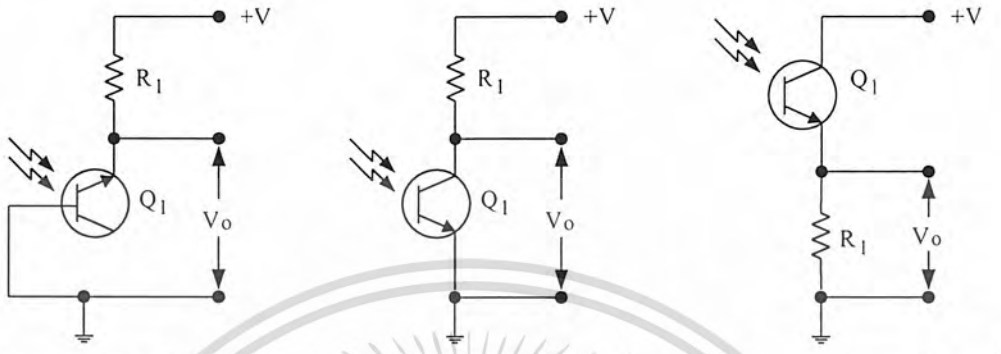
3) โฟโตทรานซิสเตอร์

เป็นไบโพลาร์ทรานซิสเตอร์ชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยชั้นของสารกึ่งตัวนำ 3 ชั้นเหมือนทรานซิสเตอร์ทั่วไป แต่ขาเบสจะสามารถรับแสงได้ง่าย โฟโตทรานซิสเตอร์มีทั้งชนิด NPN และ PNP ปกตินิยมนำไปประกอบวงจรแบบอิมิเตอร์ร่วมโดยที่ขั้วของเบสอาจจะถูกทิ้งไว้หรือต่อกับอิมิตเตอร์โดยผ่านความต้านทานก็ได้ หลักการทำงานเบื้องต้นจะเหมือนกับทรานซิสเตอร์ทั่วไปแต่โฟโตทรานซิสเตอร์จะไม่มีขาเบส ซึ่งกระแสเบสจะได้จากการเปลี่ยนแปลงที่ตกกระทบบริเวณรอยต่อสาร PN ตามที่กล่าวมาแล้ว

การใช้งานโฟโตทรานซิสเตอร์มีอยู่ด้วยกันดังนี้ การต่อใช้งานพื้นฐานแสดงในรูปที่ 2.7 โดยรูปที่ 2.7 (ก) ขาเบสของทรานซิสเตอร์ถูกต่อลงกราวด์ ดังนั้นทรานซิสเตอร์จะทำงานเหมือนกับการทำงานเหมือนกับโฟไดโอดทุกประการ ส่วนรูปที่ 2.7 (ข) และ 2.7 (ค) ขาเบสของทรานซิสเตอร์จะถูกปล่อยลอยไว้และเมื่อใดที่ทรานซิสเตอร์ได้รับแสงก็จะมีกระแสไหลผ่านรอยต่อเบส-คอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ ซึ่งจะทำให้กระแสที่ผ่านจากคอลเลคเตอร์มายังอิมิตเตอร์ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานซิสเตอร์มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมาก กระแสนี้จะทำให้ได้แรงดันเอาต์พุตที่ตกคร่อมตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมอยู่มีค่าเพิ่มขึ้น



(ก) ขาเบสของทรานซิสเตอร์ถูกต่อลงกราวด์ (ข) ขาเบสของทรานซิสเตอร์จะถูกปล่อยลอยไว้ (ค) ขาเบสของทรานซิสเตอร์จะถูกปล่อยลอยเช่นกัน

รูปที่ 2.7 การใช้งานของโฟโตทรานซิสเตอร์ในลักษณะต่างๆ

เมื่อเปรียบเทียบโฟโตไดโอดกับโฟโตทรานซิสเตอร์มีความไวต่อแสงมากกว่าประมาณ 100 เท่า แต่ในด้านความถี่ใช้งานสูงสุดสำหรับโฟโตทรานซิสเตอร์จะใช้งานที่ความถี่ต่ำกว่าโฟโตไดโอดหลายเท่า ในการใช้งานอาจจะต่อตัวต้านทานปรับค่าได้ระหว่างขาเบสและขาอิมิตเตอร์ของโฟโตทรานซิสเตอร์ เพื่อให้สามารถเลือกได้ว่าต้องการใช้งานที่มีความไวต่อแสงมากๆ หรือต้องการใช้ความถี่สูงๆ โดยเมื่อค่าความต้านทานปรับค่าได้ลัดวงจรก็จะทำหน้าที่เป็นโฟโตไดโอด

4) โฟโตเซนเซอร์

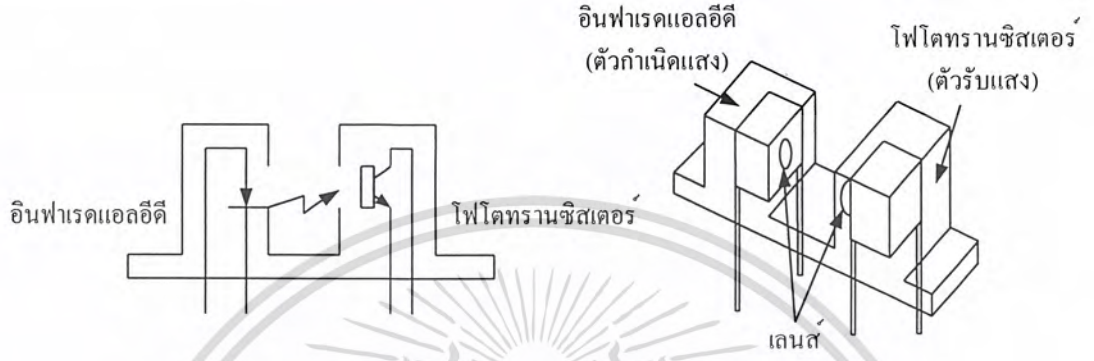
โฟโตเซนเซอร์หรือบางครั้งเรียกว่า โฟโตอินเตอร์รัพเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่มีทั้งตัวกำเนิดแสงและตัวรับแสงเหมือนกัน ต่างกับโฟโตคัปเปอร์ตรงที่ตัวกำเนิดแสงจะจ่ายแสงออกมาภายนอกและแสงนั้นจะรับด้วยตัวรับแสงที่บรรจุอยู่ในอุปกรณ์ตัวเดียวกัน โฟโตเซนเซอร์มี 2 แบบ คือ แบบส่องแสงโดยตรงและแบบสะท้อนแสง

4.1) โฟโตเซนเซอร์แบบส่องแสงโดยตรง

โฟโตเซนเซอร์แบบส่องแสงโดยตรงตัวกำเนิดแสงและตัวรับแสงจะวางห่างกัน 1 มิลลิเมตร ถึง 10 มิลลิเมตรหันหน้าเข้าหากัน แสงจะวิ่งจากตัวกำเนิดแสงผ่านช่องว่างนี้ไปยังตัวรับแสง ถ้ามีสิ่งกีดขวางมากั้นการเดินของแสง ตัวรับแสงจะรับแสงและส่งสัญญาณออกมาต่างจากปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

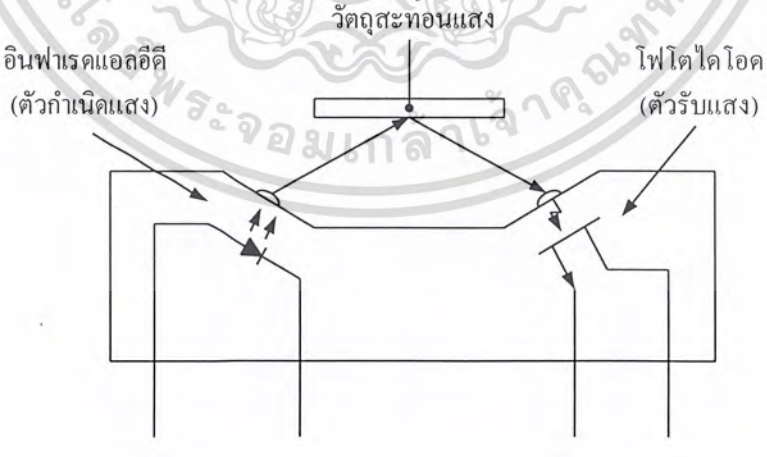
ตัวกำเนิดแสงจะใช้อินฟาเรดแอลอีดี ส่วนตัวรับแสงจะใช้โฟโตทรานซิสเตอร์หรือดาร์ลิงตันโฟโตทรานซิสเตอร์ ดังรูปที่ 2.8ในกรณีที่ใช้ในบริเวณที่มีแสงโดยรวมมากจะติดฟิลเตอร์กรองแสงธรรมชาติที่บริเวณตัวรับแสงด้วย



รูปที่ 2.8 โครงสร้างโฟโตเซนเซอร์แบบส่องแสงโดยตรง

4.2) โฟโตเซนเซอร์แบบสะท้อน

บางครั้งเรียกว่า"โฟโตอินเตอร์รัพเตอร์แบบสะท้อน"มีทั้งตัวกำเนิดแสงเหมือนกับแบบแรก เพียงแต่ทั้ง 2 ตัวไม่หันหน้าเข้าหากัน แต่เรียงอยู่ด้านเดียวกัน แสงจากตัวกำเนิดแสงจะส่องออกไปด้านนอกและจะไม่เข้าตัวรับเลย แต่ถ้ามีวัตถุเคลื่อนที่เข้ารับแสงที่ส่องออกมาจะสะท้อนกับวัตถุและสะท้อนกลับไปที่ตัวรับแสง จะทำให้ได้สัญญาณออกมา



รูปที่ 2.9 โครงสร้างโฟโตเซนเซอร์แบบสะท้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวกำเนิดแสงจะใช้อินฟาเรดแอลอีดี ตัวรับแสงจะเป็นโฟโตทรานซิสเตอร์ จากโครงสร้างโฟโตเซนเซอร์แบบสะท้อน จะเห็นว่าผลของแสงโดยรอบจะมีผลต่อการทำงานมาก ดังนั้นที่ตัวรับจะติดตั้งฟิลเตอร์เพื่อกรองแสงธรรมชาติออกไปที่ตัวกำเนิดแสงและตัวรับแสง บางครั้งจะมีเลนส์ติดตั้งไว้ ถ้ามีเลนส์จะสามารถตรวจจับการเข้ามาใกล้ของวัตถุตั้งแต่ 1 มิลลิเมตร ขึ้นไปจนถึงหลายมิลลิเมตร แต่แบบนี้จะไม่ไวเท่ากับแบบแรก

2.4.3 วิธีการตรวจจับของระบบโฟโตอิเล็กตริก

วิธีการตรวจจับมีง่ายๆ อยู่ 5 แบบ เป็นชนิดของการส่งแสงจากแหล่งกำเนิดแสงไปยังตัวรับแสง วิธีการเหล่านี้ขึ้นอยู่กับวัสดุของวัตถุ ขนาด และระยะห่างระหว่างวัตถุกับแหล่งกำเนิดแสง

1) วิธีส่องสว่างโดยตรง (Through-Beam Method)

เป็นวิธีที่ใช้ตัวรับแสงที่ส่งมาจากแหล่งกำเนิดแสงโดยตรง และทำงานเมื่อมีวัตถุมาบังหรือกั้นแสงไว้ โดยทั่วไปวัตถุนั้นต้องบังแสงไว้ให้ได้หมด ระบบจึงจะทำงานแต่บางระบบก็อาจออกแบบให้ทำงานเมื่อวัตถุบังแสงไว้เพียงบางส่วนก็ได้ เนื่องจากระบบนี้ใช้แสงจากแหล่งกำเนิดแสงส่องตรงมายังตัวรับแสง จึงสามารถตรวจจับวัตถุได้ในระยะไกลถึง 50 ฟุตหรือมากกว่า วัตถุที่จะตรวจจับได้ต้องเป็นวัตถุทึบไม่โปร่งแสง ระบบนี้สามารถตรวจจับได้แม้วัตถุที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 0.1 นิ้ว

2) วิธีแพร่สะท้อนแสง (Diffuse Reflection)

ใช้แสงส่องไปยังพื้นผิวที่เรียบหรือไม่เป็นมัน ซึ่งแสงจะสะท้อนไปยังตัวรับแสง แสงที่สะท้อนจะลดความเข้มลงแต่ยังคงแรงพอที่จะส่งไปให้ตัวรับแสงได้ แม้ว่าแหล่งกำเนิดแสงและตัวรับแสงจะอยู่กล่องเดียวกันก็ตาม แต่ทิศทางการส่งแสงและสะท้อนรับแสงจะไม่เกี่ยวกัน ระยะทางที่ไกลที่สุดที่จะใช้ได้ผลตามปกติไม่เกิน 4 หรือ 5 ฟุต และเป้าวัตถุที่จะตรวจจับจะต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่ต่ำกว่า 4 ถึง 6 นิ้ว วิธีการนี้ใช้งานได้ดีที่สุดสำหรับวัตถุเรียบและมีสีอ่อน

3) วิธีสะท้อนผิวมัน (Specular Reflection)

เป็นวิธีการส่งแสงไปยังพื้นผิวที่จะทำให้แสงจะสะท้อนเป็นมุมกลับเข้าตัวรับแสง เนื่องจากมุมที่จะจัดต้องพอดีตรงกับตัวรับแสง ดังนั้นตำแหน่งของเป้าวัตถุที่จะตรวจจับต้องเที่ยงตรงมาก จึงใช้ได้ในระยะใกล้ คือ ไม่เกิน 6 นิ้ว ขนาดของเป้าวัตถุไม่จำกัด แต่บางครั้งเนื่องจากตำแหน่งของพื้นผิวที่จะสะท้อนแสงให้ตรงกับตัวรับแสงมีผลให้ต้องจำกัดขนาดของเป้าวัตถุอยู่บ้าง ซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้งาน

4) วิธีสะท้อนย้อนกลับ (Retroreflectoin)

เป็นวิธีการส่งแสงไปยังตัวสะท้อนแสงพิเศษ (พื้นที่ใช้ปกติมักเป็นพลาสติก ของเหลว และสีที่ทาก็ใช้แทนได้ พื้นผิวที่สะท้อนจะประกอบด้วยส่วนเล็กๆ ภายในเป็นมุมต่างๆ ซึ่งจะช่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สะท้อนแสงกลับไปยังที่เดิมได้) แหล่งกำเนิดแสงและตัวรับแสงจะอยู่ใกล้กันมาก ใช้งานได้ไกลสูงสุดประมาณ 30 ฟุต หรือมากกว่าเป้าวัตถุที่ตรวจได้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.75 นิ้ว เป็นอย่างน้อยแผ่นพื้นผิวที่เป็นตัวสะท้อนจะติดอยู่ทางด้านหนึ่งบนเป้าวัตถุที่จะตรวจจับซึ่งมีแสงส่งไปถูกได้หรือให้เป้าวัตถุอยู่กลางระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับตัวสะท้อนก็ได้ การตรวจจับวัตถุผ้าต้องให้วัตถุอยู่กลางแหล่งกำเนิดแสงกับตัวสะท้อนจึงจะตรวจจับได้ แต่ควรใช้ระบบที่ปรับความไวได้ด้วย เพราะความเข้มของแสงจะลดลงเมื่อวัตถุผ้ามากั้นไว้ (แสงผ่านวัตถุผ้า 2 ครั้งจึงลดลงมาก)

5) วิธีลำแสงตัดกัน

ใช้กับวัตถุขนาดเล็ก การควบคุมที่เที่ยงตรง และการทำงานความไวสูง โดยไม่ต้องใช้เลนส์ช่วย

2.4.4 วิธีการพิจารณาเป้าวัตถุ

การเลือกใช้ระบบโฟโตอิเล็กตริกให้เหมาะสมกับการใช้งานต้องพิจารณาถึงเป้าวัตถุที่จะมากั้นลำแสงด้วย สิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือ ขนาดของเป้าวัตถุ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเป้าวัตถุ ชนิดของเป้าวัตถุ ระยะห่างระหว่างเป้าวัตถุกับแหล่งกำเนิดแสง นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงความสว่างของสภาพแวดล้อมช่วยในการตัดสินใจด้วย

1) ขนาดของเป้าวัตถุ

ดูจากขนาดพื้นที่หน้าตัดที่มาคั่นลำแสง โดยทั่วไปจะคิดพื้นที่ซึ่งตัดตั้งฉากกับลำแสง ขนาดของวัตถุนี้จะเป็นตัวกำหนดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำแสงที่จะใช้ด้วย บางครั้งการตรวจจับจะใช้วิธีการตรวจจับลักษณะบางอย่างบนพื้นผิวที่กั้นแสง เช่น ตรวจจับรูดโหว่ ช่องว่าง หรือส่วนที่นูนขึ้นมาของชิ้นส่วน เครื่องจักร ตัวอย่างเช่น การวัดปริมาณ จะใช้การตรวจจับพื้นผิวของเป้าวัตถุทั้งชิ้นที่ผ่านมาตามสายพานมากั้นลำแสง แต่สำหรับการตรวจจับชิ้นส่วนเครื่องจักรที่ประกอบสำเร็จด้วยเครื่องอัตโนมัติว่าประกอบเรียบร้อยดีหรือไม่ ต้องใช้วิธีการตรวจดูรูเล็กในตำแหน่งที่กำหนดไว้แน่นอนว่าถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องแสดงว่าชิ้นส่วนนั้นใช้ไม่ได้ โดยทั่วไปแล้วยิ่งเป้าวัตถุอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดแสงมากก็จะลดขนาดวัตถุที่จะตรวจจับลงได้มาก สำหรับวิธีการส่องแสงไปยังตัวรับแสงโดยตรงและวิธีสะท้อนย้อนกลับนั้น การลดอัตราขยายของวงจรที่ใช้ให้น้อย (ตามธรรมดาจะมีปุ่มปรับอัตราขยายอยู่ในตัว) ก็สามารถลดขนาดของเป้าวัตถุที่จะตรวจจับลงได้ ส่วนวิธีแพร่สะท้อนลำแสงและวิธีสะท้อนผิวมันจะกลับกันกับวิธีข้างต้น

2) ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเป้าวัตถุ

ใช้พิจารณาประกอบกับขนาดของเป้าวัตถุและผลตอบสนองของวงจรขยาย ในการใช้งานส่วนใหญ่มักจะไม่ต้องคำนึงถึงผลตอบสนองของวงจรขยาย เพราะวัตถุจะกั้นลำแสงไว้นานกว่า 1 วินาที ซึ่งเพียงพอต่อการทำงานของวงจรขยาย อย่างไรก็ตาม ในการใช้งานที่มีอัตราการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเป้าวัตถุเร็วมาก ก็ต้องพิจารณาผลตอบสนองของวงจรขยายไว้ด้วย วงจรขยายทั่วไปมีผลตอบสนองในช่วง 50 ไมโครวินาที ถึง 2 มิลลิวินาที ถ้าแหล่งกำเนิดแสงเป็นแอลอีดีวงจรขยายที่ใช้จะมีผลตอบสนองช้าลงเล็กน้อย เพราะวงจรขยายทำงานจากสัญญาณพัลส์

วงจรที่มีผลตอบสนองเร็วมากต้องมีความไวสูงมาก เพื่อให้สามารถทำงานได้ แม้ว่าลำแสงที่โฟโตทรานซิสเตอร์รับมาจะเปลี่ยนไปเพียงเล็กน้อย ในวงการอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ไม่ต้องการผลตอบสนองที่เร็วเป็นพิเศษหรือไวสูงมาก ดังนั้นจึงปรับวงจรขยายให้คลาดไปได้บาง เพื่อเพิ่มเสถียรภาพให้ดีขึ้น

3) ชนิดของเป้าวัตถุ

ลักษณะของพื้นผิววัตถุว่าเรียบด้านหรือเป็นมัน และคุณสมบัติในการกั้นกรองลำแสงว่าทึบฝ้าหรือโปร่งแสง ตัวอย่างเช่น แผ่นแก้วเป็นวัตถุมันที่โปร่งแสง พลาสติกเป็นแผ่นมันและฝ้า เหล็กกล้าของเครื่องจักรเป็นมันและทึบ กระดาษมีลักษณะเรียบและฝ้า ผ้าเป็นวัตถุด้านและเป็นฝ้า ลักษณะต่างๆ ของเป้าวัตถุเป็นปัจจัยในการเลือกระบบโฟโตอิเล็กตริก โดยทั่วไปแล้วระบบโฟโตอิเล็กตริกแบบหนึ่งก็เหมาะสมการตรวจจับเป้าวัตถุเฉพาะอย่างหนึ่ง ตัวอย่างเช่น ระบบส่องลำแสงโดยตรงใช้ในการตรวจจับแผ่นแก้วใสหน้า 1/8 นิ้วย่อมไม่ได้ผล การใช้วิธีสะท้อนผิวมันจะดีกว่าเป้าวัตถุที่เป็นฝ้าต้องการระบบโฟโตอิเล็กตริกแบบสะท้อนแสงจึงจะทำงานได้ดี แต่ถ้าแหล่งกำเนิดแสงไม่แรงนัก และสามารถลดอัตราขยายของวงจรขยายลงได้ก็สามารถใช้วิธีให้วัตถุฝ้ากั้นลำแสงในการใช้งานก็ได้ ซึ่งระบบส่องลำแสงตรงก็ยังพอใช้ได้ ถ้าต้องการใช้งานโดยให้วัตถุฝ้าตัดลำแสง วิธีที่ดีที่สุดคือวิธีสะท้อนย้อนกลับ เพราะลำแสงที่ผ่านวัตถุฝ้าแล้วกลับมาเข้าตัวรับแสงจะถูกลดความเข้มลงไปอีก 2 ครั้ง จึงตรวจจับได้ง่าย สำหรับวัตถุที่ผิวเป็นมันต้องระวังในการใช้ระบบสะท้อนย้อนกลับ เพราะว่าวัตถุจะสามารถจะสะท้อนแสงย้อนกลับมายังตัวรับแสงทำให้สัญญาณที่ได้รับผิดพลาดมาก ทางที่ดีควรใช้ระบบส่องลำแสงตรงสำหรับวัตถุที่ผิวเป็นมัน

4) ระยะห่างระหว่างเป้าวัตถุกับแหล่งกำเนิดแสง

ระยะห่างที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอื่นหลายอย่าง เช่น ความสกปรกของสภาพแวดล้อมจะกั้นลำแสงกระจายหรือลดความเข้มของลำแสงได้ ระยะห่างนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มของลำแสงมาก การจะหาระยะห่างสำหรับการใช้งาน ต้องหาระยะห่างที่สุดที่ระบบจะทำงานได้ในสภาวะที่สภาพแวดล้อมไม่สกปรก แล้วก็ระยะห่างที่สุดในสภาวะที่สภาพแวดล้อมสกปรกที่สุดที่อุณหภูมิและแรงดันให้ได้เท่ากัน ซึ่งระยะทั้งสองจะเป็นตัวกำหนดขีดจำกัดของระบบนี้เอง การควบคุมระบบโฟโตอิเล็กตริกจะมีระยะห่างที่สุด 30 ฟุต ซึ่งสภาพแวดล้อมต้องสะอาดมาก ถ้าสภาพแวดล้อมสกปรกก็จะต้องปรับระยะห่างให้น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อรู้ระยะห่างที่สุดในการทำงานสำหรับสภาพแวดล้อมที่สะอาดมากแล้ว การเลือกระยะห่างในการใช้งานจริงๆ ก็คิดเปรียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของระยะห่างนั้น สำหรับโรงงานที่สะอาดควรเลือกระยะห่าง 75% ของค่าระยะห่างที่สุดที่ทดลองได้ในสภาพแวดล้อมที่สะอาดมาก ถ้าสภาพแวดล้อมที่สกปรกเล็กน้อยมีฝุ่นสีอ่อนๆ ก็ลดระยะเหลือ 50% และลดลงเหลือ 25% สำหรับสภาพแวดล้อมที่สกปรกมากขึ้นที่มีฝุ่นดำ หรือละอองของเหลวกระจายในสภาพแวดล้อมนั้น และสภาพแวดล้อมที่สกปรกมากก็ลดลงเหลือ 10%

5) แสงสว่างของสภาพแวดล้อม

การสะท้อนแสงจากที่อื่นอาจก่อให้เกิดสัญญาณที่ผิดพลาดได้ โดยเฉพาะแหล่งกำเนิดแสงที่เป็นหลอดไฟแบบไส้ที่ใช้ในสถานที่ เช่น โรงหล่อ โรงงานเหล็กกล้า บริเวณที่ทำการเชื่อมโลหะ บริเวณที่มีแดดจ้าการใช้งานต้องปรับแหล่งกำเนิดแสงและตัวรับแสงด้วยเลนส์และกระจกพิเศษเพื่อบีบลำแสงให้พุ่งตรงจากแหล่งกำเนิดไปเข้าตัวรับแสงจริงๆ และลดผลของแสงสว่างจากภายนอกลง โดยคุณสมบัติต่างๆ ยังดีเหมือนเดิม แต่ถ้าใช้แอลอีดีเป็นแหล่งกำเนิดแสงจะขจัดผลของแสงสว่างภายนอกลงไปได้ เพราะแอลอีดีส่งแสงเป็นพัลส์ไปยังตัวรับแสง แสงอื่นๆ จะไม่มีผล

2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ผลิตโดยบริษัทอินเทล มีการนำมาใช้ประโยชน์กันอย่างมากมายในปี ค.ศ 1980 ต่อมาบริษัท ฟิลลิปส์และซีเมนต์ ได้รับลิขสิทธิ์ในการผลิตจำหน่ายและได้เพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์หลายรุ่น ซึ่งจะมีสถาปัตยกรรมพื้นฐานที่เหมือนกัน เพียงแต่มีขนาดของหน่วยความจำภายในและหน่วยทำงานภายในแตกต่างกัน

2.5.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 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) อ้างตำแหน่งหน่วยความจำข้อมูลได้ถึง 64 กิโลไบต์

6) หน่วยความจำโปรแกรมและข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิพแยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

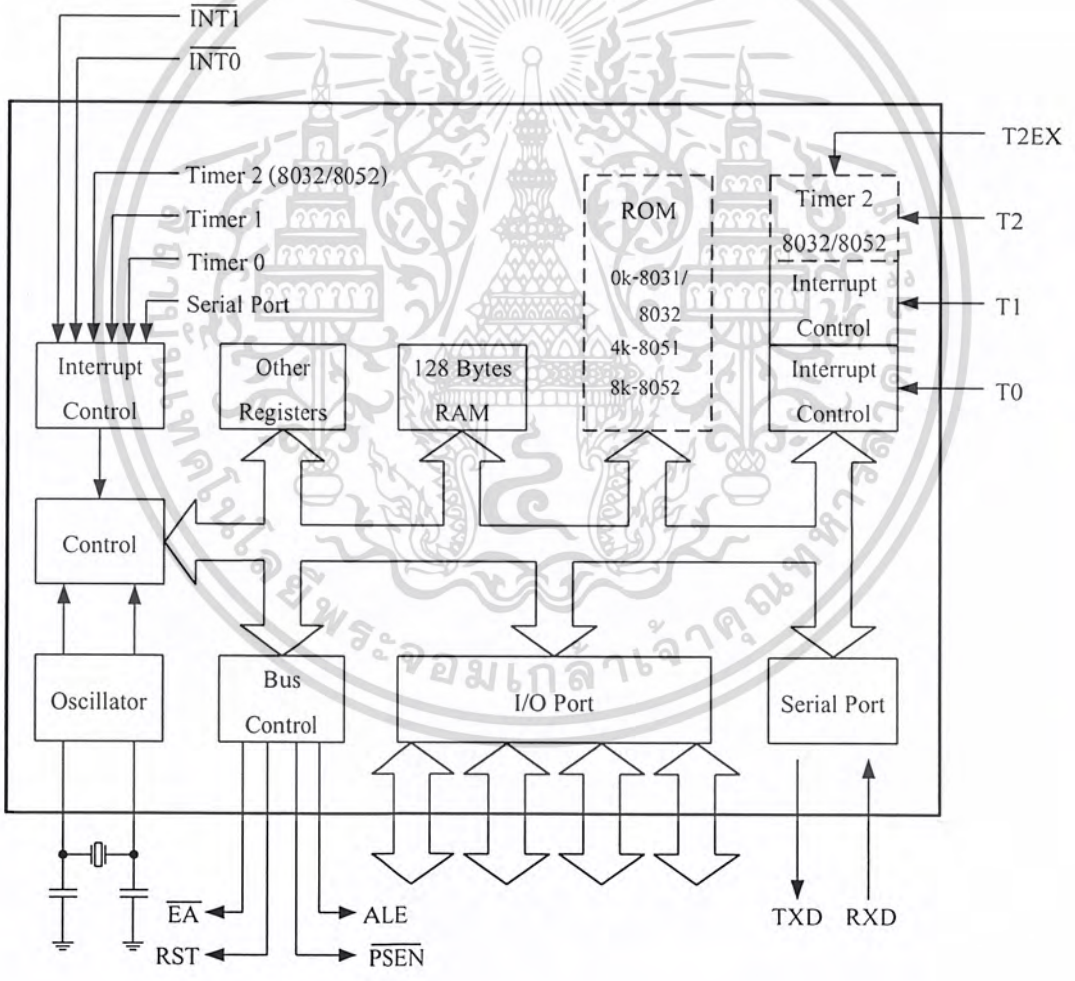
10) รับสัญญาณอินเตอร์รัพต์ได้ 6 แหล่ง กระโดดไปทำงานตอบสนองได้ 5 ตำแหน่ง

11) มีวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน

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

2.5.2 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

ภายในโมโครคอนโทรลเลอร์ จะประกอบขึ้นด้วยเกตชนิดต่างๆ เช่น AND, OR, NOT ซึ่งเกตเหล่านี้ จะนำเอามาออกแบบให้มีหน้าที่การทำงานต่างๆ เช่น วงจรถอดรหัสคำสั่ง วงจรสัญญาณนาฬิกา เป็นต้น



รูปที่ 2.10 โครงสร้างไมโครโปรเซสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) CPU (Central Processing Unit)

ส่วนนี้จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อกับส่วนอื่นๆ เรียกว่า วงจรควบคุม (Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุมได้แก่ สัญญาณสำหรับการติดต่อกับหน่วยความจำ อุปกรณ์รับข้อมูลเข้าหรือส่งข้อมูลออก ซึ่งส่วนควบคุมการขัดจังหวะ และส่วนควบคุมบัสก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วย การสร้างสัญญาณจากวงจรควบคุมจาก CPU นี้จะทำการสร้างสัญญาณโดยการถอดรหัสจากคำสั่งที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรออสซิลเลเตอร์เพื่อให้ทุกๆ ส่วนทำงานประสานกันอย่างถูกต้องใน CPU ยังประกอบด้วยส่วนประมวลผล (Arithmetic Logic Unit) ทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล เช่น การบวก, ลบ, คูณหรือหารข้อมูล แล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บไว้ในหน่วยความจำที่ต้องการ

2) หน่วยความจำข้อมูล (Memory)

มีไว้สำหรับจดจำข้อมูลซึ่งในการนำข้อมูลเข้าและออกจากหน่วยความจำ เราจำเป็นต้องรู้ตำแหน่งของหน่วยความจำ (Address) ในการนำข้อมูลเข้าไปเก็บในหน่วยความจำเรียกว่า การเขียนข้อมูลและการนำข้อมูลออกจากหน่วยความจำเรียกว่า การอ่านข้อมูลในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ข้อมูลในแต่ละตำแหน่งจะมีขนาด 8 บิต ดังนั้นแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำจะสามารถเก็บข้อมูลมีค่าได้ระหว่าง 00000000_2 ถึง 11111111_2 หรือ 00_{16} ถึง $0FF_{16}$ ในการติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่ม คือ

2.1) ตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำซึ่งใน MCS-51 จะมีหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลที่มีขนาดสูงสุดชนิดละ 65,536 ตำแหน่ง (64 Kbytes) ดังนั้นการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำจะต้องใช้เส้นแสดงตำแหน่งในเลขฐาน 2 ทั้งหมด 16 เส้น (2^{16}เท่ากับ 65,536)

2.2) ข้อมูลที่อ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำในตำแหน่งที่เราต้องการ

2.3) สัญญาณควบคุมที่จะส่งไปยังหน่วยความจำ เพื่อบอกกับหน่วยความจำว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูล โดยวงจรถอดรหัสคำสั่งจะทำการสร้างสัญญาณควบคุมจากคำสั่งที่อ่านเข้ามาจากหน่วยความจำโปรแกรม

3) อุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต (Input/Output Device)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1) 4 I/O Portหรือพอร์ตแบบขนาน เป็นที่สำหรับใช้รับส่งข้อมูลซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอลเข้าหรือออกจากตัว MCS-51 มีทั้งหมด 4 พอร์ต โดยแต่ละพอร์ตจะรับส่งข้อมูลได้ 8 บิต มีพอร์ต P0, P1, P2 และ P3 บางพอร์ตจะใช้งานมากกว่า 1 อย่างก็ได้

3.2) Timer/Counter 0 และ Timer/Counter 1 เป็นวงจรนับที่สามารถทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก MCS-51 เรียงไปทีละบิตออกจากขา TXD และในการรับข้อมูลก็จะรับเข้ามาทีละบิตทางขา RXD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิต เพื่อให้ CPU อ่านไปใช้งานต่อไป

ใน MCS-51 มีพอร์ตให้ใช้งานได้หลายแบบทำให้สะดวกแก่การนำไปใช้งานต่างๆ ได้มากมาย การจะนำพอร์ตไปใช้งานได้จะต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาควบคุม

2.6 ส่วนแสดงผลแบบผนึกเหลว

ส่วนแสดงผลแบบผนึกเหลว (Liquid Crystal Display : LCD) มีส่วนประกอบหลักๆ 3 ส่วน ดังนี้

1) ตัวแสดงผล (Display) ภายในผลึกเหลวที่สามารถแสดงผลให้เห็นโดยอาศัยแสงจากภายนอกดังนั้นจึงต้องมีมุมในการมองข้อมูลที่แสดงผลบนจอ LCD

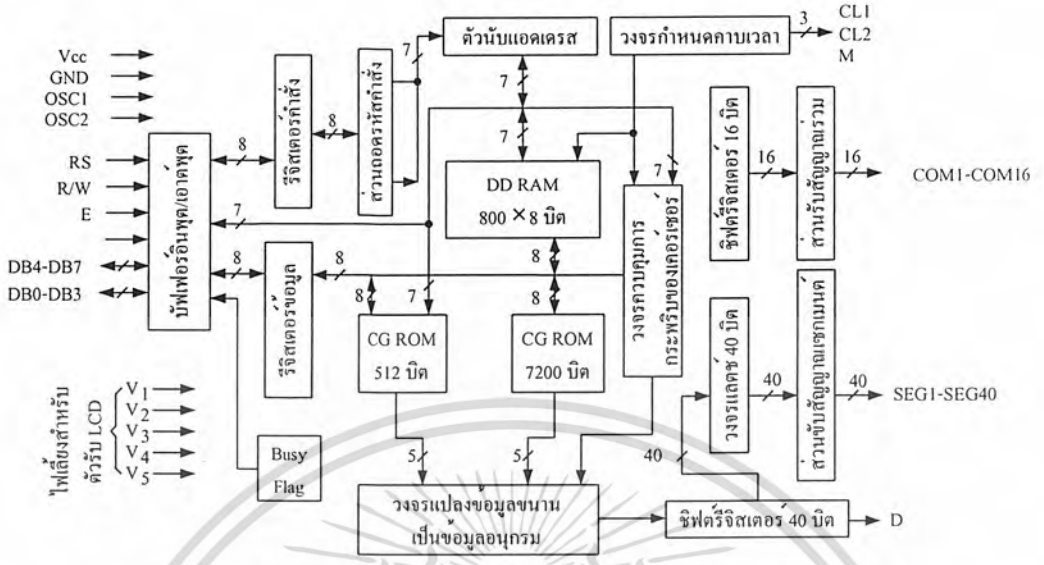
2) ตัวควบคุม (Controller) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาควบคุมการทำงานของโมดูล LCD เช่น ลบจอภาพแสดงตัวอักษรหรือเลื่อนเคอร์เซอร์ เป็นต้น ตัวควบคุมนี้ใช้ชิปควบคุมโดยเฉพาะ ชิปที่นิยมใช้คือ เบอร์ HD44780 และ HD61830 โดย HD44780 จะใช้ควบคุม LCD แบบอักขระ ส่วน HD61830 ใช้ควบคุม LCD แบบกราฟิก

3) ตัวขับ (Diver) เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับให้ตัวแสดงผลแสดงข้อมูลตามที่กำหนดชิปที่ใช้ทำหน้าที่เป็นตังขับนี้ได้แก่ เบอร์ HD44100H และ MSM5259 เป็นต้น

2.6.1 โครงสร้างภายในของตัวควบคุมโมดูล LCD แบบอักขระ

ในการใช้งานโมดูล LCD จำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมให้ดีเสียก่อน โมดูล LCD ที่หาง่าย ราคาไม่แพงที่มีจำหน่ายในประเทศไทยและทั่วโลกนั้นนิยมใช้ชิปควบคุมของฮิตาชิเบอร์ HD44870 หรืออาจเป็นเบอร์อื่นแต่มีชุดคำสั่งและการทำงานที่เหมือนกันหรือที่เรียกว่า คอมพาติเบิล (Compatible) ดังนั้นจึงควรทำความรู้จักกับชิปควบคุมเบอร์นี้เสียก่อน ในรูปที่2.11 เป็นตัวอย่างบล็อกไดอะแกรมภายในชิปควบคุม LCD เบอร์ HD44780 ประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างแผนผังการทำงานของชิปควบคุมโมดูล LCD แบบอักขระ

1) บัฟเฟอร์อินพุตเอาต์พุต เป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอก เพื่อที่จะถ่ายทอดข้อมูลเข้าออกภายในตัวควบคุม

2) รีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register : IR) เป็นรีจิสเตอร์ ใช้รับข้อมูลคำสั่งจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อที่จะนำไปควบคุมการแสดงผล

3) รีจิสเตอร์ข้อมูล (Data Register : DR) เป็นรีจิสเตอร์ใช้รับข้อมูลคำสั่งจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อถ่ายทอดต่อไปยังแรมเก็บข้อมูลแสดงผลหรือนำข้อมูลนั้นไปเพื่อสร้างตัวอักษรเพิ่มเติมในแรมเก็บตัวอักษร

4) แรมเก็บข้อมูลแสดงผล (Display Data RAM : DDRAM) เป็นหน่วยความจำแรมทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่มาจากรีจิสเตอร์ DR ตัวควบคุมจะนำข้อมูลใน DDRAM นี้ไปเปิดตาราง (Look up-lable) ของตัวอักษรที่เก็บไว้ในหน่วยความจำรอมและแรมเก็บตัวอักษร เพื่อนำไปแสดงที่ตัวแสดงผล

5) รอมเก็บตัวอักษร (Character Generator ROM : CGROM) เป็นหน่วยความจำรอมที่ใช้เก็บข้อมูลตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ที่สามารถอ่านไปแสดงที่ตัวแสดงผลได้ มีขนาด 7,200 บิต โดยจะถูกอ่านด้วยค่าของข้อมูลใน DDRAM

6) แรมเก็บตัวอักษร (Character Generator RAM : CGRAM) เป็นหน่วยความจำแรมที่ใช้เก็บตัวอักษรที่มีการสร้างเพิ่มเติมขึ้นใหม่ ในกรณีที่ตัวอักษรใน CGROM ไม่เพียงพอมีขนาด 512

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต การเขียนและอ่านค่าไปใช้นั้นทำได้เช่นเดียวกับ CGRAM คือเขียนข้อมูลลงใน DDRAM แล้วตัวควบคุมจะมาอ่านค่าจาก CGRAM เอง

7) แฟลก BUSY เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แจ้งสถานะการทำงานของตัวควบคุมให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่าตัวควบคุมพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือคำสั่งหรือไม่ ดังนั้นก่อนการส่งข้อมูลหรือกำลังส่งมายังตัวควบคุมต้องตรวจสอบสถานะของแฟลก BUSY นี้เสียก่อน

2.6.2 ขั้นตอนการป้อนข้อมูลเพื่อใช้งานโมดูล LCD

1) เมื่อจ่ายไฟให้แก่โมดูล LCD แล้วต้องรอสักครู่หนึ่ง เพื่อให้โมดูล LCD ทำการเตรียมความพร้อมเพื่อเริ่มทำงานหรือเรียกว่า อินิเชียล (Initial) ซึ่งใช้เวลาประมาณ 5 มิลลิวินาที ดังนั้นในทางปฏิบัติเมื่อเริ่มจ่ายไฟก็สามารถเริ่มป้อนข้อมูลได้เกือบจะในทันที เพราะเวลา 5 มิลลิวินาทีเร็วมาก

2) กำหนดสถานะลอจิกของขา R/W ว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับโมดูล LCD ซึ่งปกติแล้วมักจะเป็นการเขียนมากกว่าซึ่งกำหนดให้ขา R/W นี้เป็นลอจิก “0”

3) กำหนดสถานะลอจิกของขา R_S เพื่อเลือกว่าต้องการติดต่อกับรีจิสเตอร์ข้อมูลหรือรีจิสเตอร์คำสั่ง

4) ป้อนข้อมูลให้แก่สายสัญญาณข้อมูลทั้ง 8 เส้น (D_0-D_7) ในกรณีติดต่อแบบ 8 บิต และ 4 เส้น (D_4-D_7) ในกรณีติดต่อแบบ 4 บิต

5) ป้อนสัญญาณพัลส์เอ็นเอเบิล (E pulse) ให้แก่โมดูล LCD หลังจากที่โมดูล LCD ได้รับสัญญาณพัลส์เอ็นเอเบิล (E) โมดูล LCD จะทำงานตามคำสั่งและข้อมูลที่กำหนดทันที

1) กรณีเขียนคำสั่งไปยังโมดูล LCD

1.1) ทำให้ขา R/W เป็นลอจิก“0”โดยต่อลงกราวด์

1.2) ป้อนลอจิก“0”เข้าที่ขา R_S และคงสถานะลอจิกนี้ไว้จนกว่าจะป้อนข้อมูลคำสั่งเสร็จสิ้นหรือต้องการเปลี่ยนป้อนข้อมูลแสดงผล

1.3) ป้อนข้อมูลคำสั่งเข้าทางขา D_0- D_7 ในกรณีติดต่อแบบ 8 บิตและ D_4- D_7 ในกรณีติดต่อแบบ 4 บิต

1.4) ป้อนพัลส์เอ็นเอเบิล 1 พัลส์เข้าที่ขา E ของโมดูล LCD

1.5) หากยังคงต้องการเขียนคำสั่งไปยังโมดูล LCD สามารถดำเนินการต่อไปได้เลย โดยทุกครั้งที่ป้อนข้อมูลคำสั่งเสร็จ ต้องป้อนพัลส์เอ็นเอเบิล 1 พัลส์ให้แก่โมดูล LCD ที่ขา E เสมอ

2) กรณีเขียนข้อมูลแสดงผลไปยังโมดูล LCD

2.1) ทำให้ขา R/W เป็นลอจิก“0”โดยต่อลงกราวด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2) ป้อนลอจิก"1"เข้าที่ขา R_S และคงสถานะลอจิกนี้ไว้จนกว่าจะป้อนข้อมูลแสดงผลเสร็จสิ้นหรือต้องการเปลี่ยนไปป้อนคำสั่ง

2.3) ป้อนข้อมูลคำสั่งเข้าทางขา D_0- D_7 ในกรณีติดต่อแบบ 8 บิตและ D_4- D_7 ในกรณีติดต่อแบบ 4 บิต

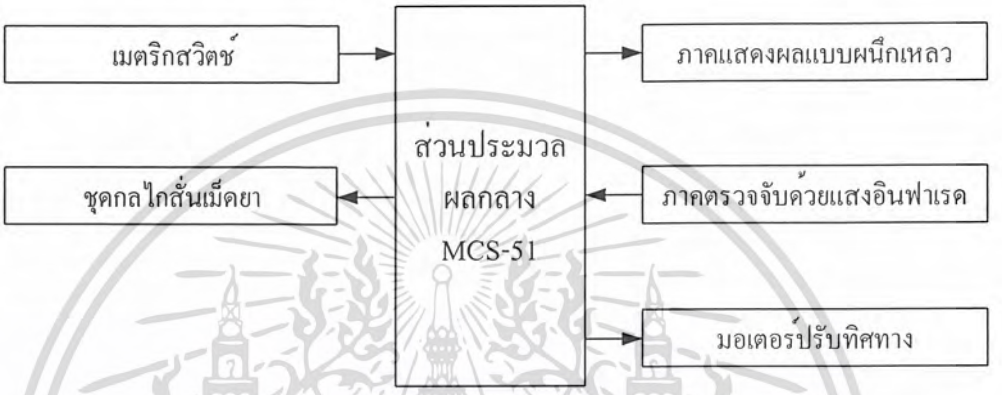
2.4) ป้อนพัลส์เอ็นเอเบิล 1 พัลส์เข้าที่ขา E ของโมดูล LCD

2.5) หากยังคงต้องการเขียนข้อมูลแสดงผลไปยังโมดูล LCD สามารถดำเนินการต่อไปได้เลย โดยทุกครั้งที่ป้อนข้อมูลคำสั่งเสร็จ ต้องป้อนพัลส์เอ็นเอเบิล 1 พัลส์ให้แก่โมดูล LCD ที่ขา E เสมอ อย่างไรก็ตาม ผู้ใช้งานสามารถเปลี่ยนขนาดของข้อมูลที่ป้อนให้แก่โมดูล LCD ได้ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ การสร้าง และการทำงาน

3.1 ผังการทำงานของเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ



รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ

จากรูปที่ 3.1 เป็นแผนผังการทำงานของเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ โดยประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. เมตริกสวิตช์ ทำหน้าที่ป้อนค่าหรือตั้งค่าจำนวนการนับเม็ดยาในแต่ละชุดและจำนวนชุดเม็ดยาที่จะนับ โดยใช้เมตริกสวิตช์ขนาด 4×3

2. ชุดกลไกสั่นเม็ดยา ทำหน้าที่จัดเรียงเม็ดยาให้มีลักษณะไม่ทับซ้อนหรือเหลื่อมกัน เพื่อง่ายต่อการตรวจนับด้วยตัวตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด โดยใช้หลักการของชุดไวเบรเตอร์ เป็นตัวกำเนิดกำลังในการสั่นเม็ดยาให้เกิดการเคลื่อนที่ การทำงานจะสัมพันธ์กับส่วนประมวลผลกลาง

3. ส่วนประมวลผลกลาง MCS-51 ทำหน้าที่รับ-ส่ง และประมวลผลข้อมูล เพื่อควบคุมการทำงานของส่วนต่างๆให้สัมพันธ์กัน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ 89C51

4. ภาคตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด ใช้หลักการตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด ถ้ามีเม็ดยาตัดผ่านลำแสงของตัวตรวจจับ ก็จะส่งสัญญาณไปยังส่วนประมวลผลกลางเพื่อทำการประมวลผลและส่งผลการประมวลแสดงออกทางภาคแสดงผลแบบผนึกเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ภาคแสดงผลแบบผลึกเหลว ใช้สำหรับแสดงค่าจำนวนชุดของเม็ดยาที่จะนับและจำนวนการนับเม็ดยาในแต่ละชุด โดยใช้ภาคแสดงผลแบบผลึกเหลวขนาด 20 ตัวอักษร 2 บรรทัด

6. ภาคควบคุมทิศทางมอเตอร์ ทำหน้าที่ในการปรับทิศทางการเคลื่อนที่ของเม็ดยา โดยจะทำการสลับช่องทางซ้ายและขวา

3.2 การออกแบบวงจร

การออกแบบและการสร้างวงจร ประกอบด้วย วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 วงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์ วงจรควบคุมการทำงานของไวเบรเตอร์ วงจรภาคจ่ายไฟ เมตริกสวิตช์ ภาคแสดงผลแบบผลึกเหลว ภาคตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด และวงจรควบคุมการนับเม็ดยา ซึ่งออกแบบให้มีลายพิมพ์วงจรอยู่บนแผ่นเดียวกัน ซึ่งสามารถแบ่งการทำงานออกเป็นส่วนๆได้ดังนี้

3.2.1 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

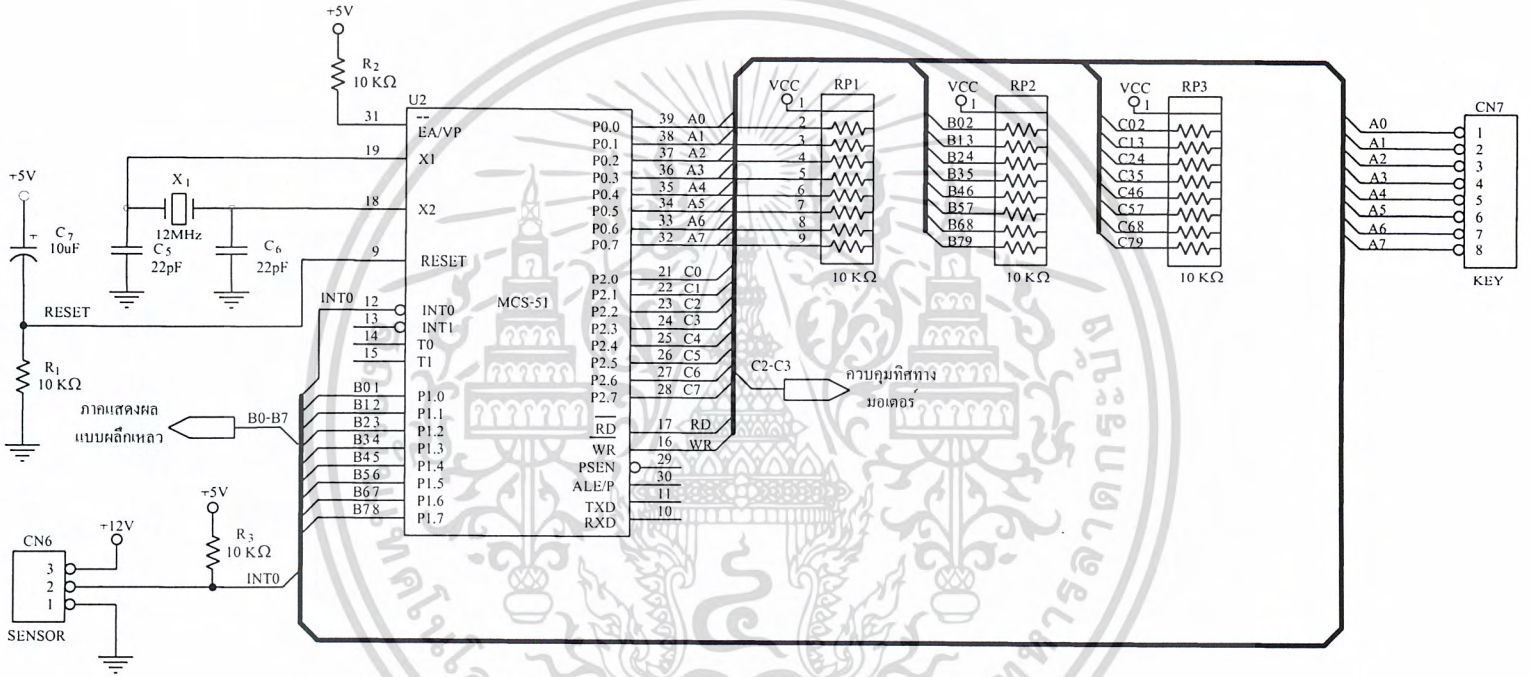
1) การออกแบบและการสร้าง

จากวงจรจะเป็นการต่อพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ออกไปใช้งาน ทั้งการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ภายนอก และรับสัญญาณจากภายนอกเข้ามาประมวลผล ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 3.2

2) การทำงาน

จากวงจรดังรูปที่ 3.2 จะมีไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ 89C51 เป็นตัวประมวลผลกลาง คือ ทำหน้าที่รับสัญญาณจากภายนอกจากพอร์ตอินพุตมาทำการประมวลผล และส่งสัญญาณข้อมูลหรือสัญญาณควบคุมออกทางพอร์ตเอาต์พุต โดยพอร์ตที่ทำหน้าที่เป็นพอร์ตอินพุตได้แก่ พอร์ต P0.0- P0.6 ซึ่งจะรับสัญญาณจากสวิตช์เมตริกขนาด 4×3 เข้ามาทำการประมวลผล ส่วนทางด้านพอร์ต P3.2 เป็นพอร์ตที่ใช้สำหรับรับสัญญาณที่ส่งมาจากตัวตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด สำหรับพอร์ตที่ใช้สำหรับเป็นพอร์ตเอาต์พุต ได้แก่ พอร์ต P1.0-P1.7 เป็นการส่งสัญญาณข้อมูลออกไปแสดงยังจอแสดงผลแบบผนึกเหลว ส่วน P2.2 ใช้ในการควบคุมการสตาร์ทและหยุดการทำงานของชุดไวเบรเตอร์ และพอร์ต P2.2-P2.3 จะเป็นพอร์ตที่ใช้ในการส่งสัญญาณออกไปทริกให้กับวงจรควบคุมทิศทางของมอเตอร์ เพื่อสลับช่องทางการจ่ายยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

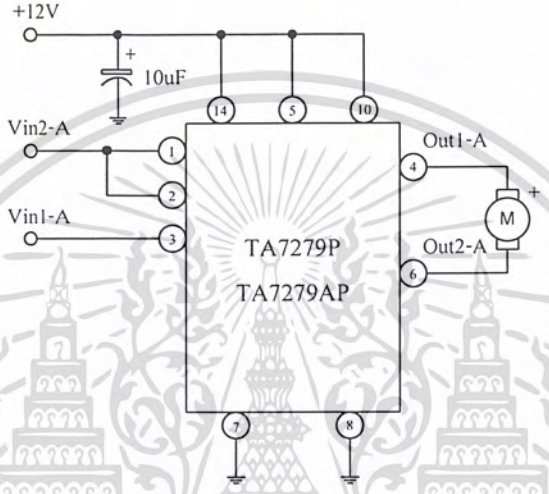


รูปที่ 3.2 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

3.2.2 วงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์

1) การออกแบบและการสร้าง

การนำ TA7279P เพียงต่อแค่ตัวเก็บประจุ ค่าประมาณ 10 ไมโครฟารัด อีกเพียง 1 ตัว เท่านั้น มีเอาไว้เพื่อทำหน้าที่บายพาสสัญญาณรบกวน หากไม่ใส่เอาไว้ อาจส่งผลให้การทำงานผิดพลาด เมื่อต่อเชื่อมร่วมกับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.3 วงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์

2) การทำงาน

การควบคุมนั้นสามารถทำได้โดย การป้อนสัญญาณลอจิก"1"หรือสัญญาณลอจิก"0"เข้าที่ด้าน Vin1-A และ Vin2-A เท่านั้น วงจรก็สามารถทำงานได้ ส่วนมอเตอร์จะหมุนไปข้างหน้า ย้อนกลับหรือหยุดหมุน ขึ้นอยู่กับสัญญาณควบคุมที่ป้อนให้ ดังแสดงรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

จากตาราง จะเห็นว่ามีการทำงานอยู่ 2 โหมด คือ Stop และ Break ทั้ง 2 โหมดนี้ อาจจะมีการทำงานเหมือนกัน (มอเตอร์ไม่หมุน) แต่แท้ที่จริงแล้วทั้ง 2 โหมดต่างกันอยู่เล็กน้อย ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 การควบคุมสถานะการทำงาน

อินพุต		เอาต์พุต		เอาต์พุต
Vin1-A	**Vin2-A**	**Out1-A**	**Out2-A**	
0	0	อิมพีแดนซ์สูง		Stop
0	1	L	H	CW/CCW
1	0	H	L	CCW/CW
1	1	H	H	Break

Stop : จะทำงานเปรียบเสมือนการปลดมอเตอร์ออกจากแหล่งจ่าย ลองนึกภาพว่า มีพัดลมที่กำลังหมุนอยู่ เมื่อปิดพัดลม ใบพัดก็จะยังไม่หยุดในทันที แต่จะค่อยๆ หมุนช้าลงเรื่อยๆ จนหยุดนิ่งสนิท

Break : จะทำงานเปรียบเสมือนการล็อคมอเตอร์เอาไว้ ลองนึกภาพถึงพัดลมอีกที แต่คราวนี้หลังจากปิดพัดลมแล้ว ไม่ได้ปล่อยให้มันค่อยๆ หยุดเอง แต่จับใบพัดเอาไว้ ให้หยุดในทันทีทันใด

3.2.3 วงจรควบคุมการทำงานของชุดไวเบรเตอร์

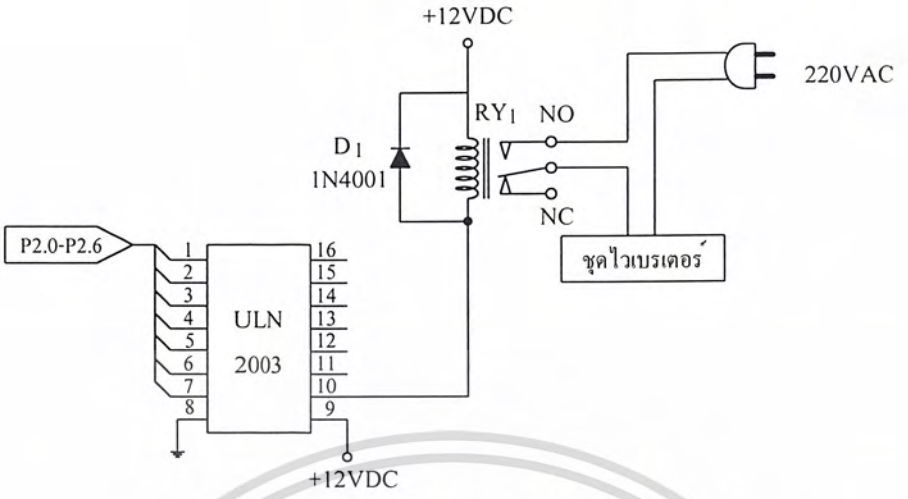
1) การออกแบบและการสร้าง

วงจรควบคุมการทำงานของชุดไวเบรเตอร์ได้มีการประยุกต์การทำงานมาจากวงจรควบคุมอุปกรณ์ เป็นวงจรที่สามารถใช้ต่อเพิ่มเติมลงไปที่ขาเอาต์พุตของภาครับ เพื่อนำสัญญาณที่ได้ไปควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ตามที่ต้องการแล้วแต่ความคิดดัดแปลง ซึ่งในที่นี้นำมาใช้ควบคุมการทำงานของชุดไวเบรเตอร์ โดยรับสัญญาณควบคุมจากภาคประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2) การทำงาน

จากรูปที่ 3.4 เมื่อมีสัญญาณลอจิก"1"ส่งมาจากภาคประมวลผลกลางผ่าน ULN2003 ส่งผลให้ขดลวดภายในรีเลย์เกิดการเหนี่ยวนำ ทำให้รีเลย์เปลี่ยนสถานะจากปกติปิดเป็นปกติเปิด สามารถควบคุมให้ชุดสั่นไวเบรเตอร์ทำงานได้ ในกรณีที่ภาคประมวลผลกลางส่งสัญญาณลอจิกเป็น"0" ออกมา ขดลวดภายในรีเลย์ไม่เหนี่ยวนำกระแส ส่งผลให้รีเลย์ยังคงอยู่ในสภาวะปกติปิดอยู่เหมือนเดิม ทำให้ชุดไวเบรเตอร์หยุดการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

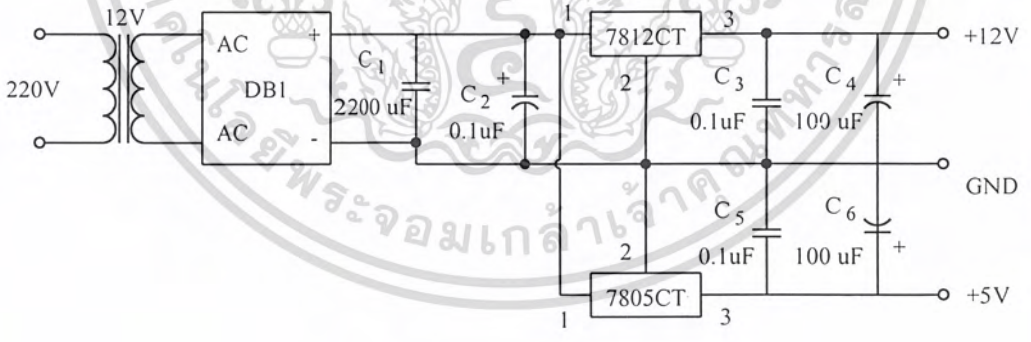


รูปที่ 3.4 วงจรควบคุมการทำงานของชุดไวเบรเตอร์

3.2.4 วงจรภาคจ่ายไฟ

1) การออกแบบและการสร้าง

การออกแบบวงจรภาคจ่ายไฟ ที่ทำหน้าที่จ่ายแรงดันให้กับวงจรในส่วนต่างๆ ของเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ แสดงดังรูปที่ 3.5 ซึ่งมีการทำงานดังนี้



รูปที่ 3.5 วงจรภาคจ่ายไฟ

2) การทำงาน

เมื่อแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์เข้ามาทางขดลวดปฐมภูมิ หม้อแปลงจะเกิดการเหนี่ยวนำทำให้เกิดแรงดันออกทางขดลวดทุติยภูมิของหม้อแปลง เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

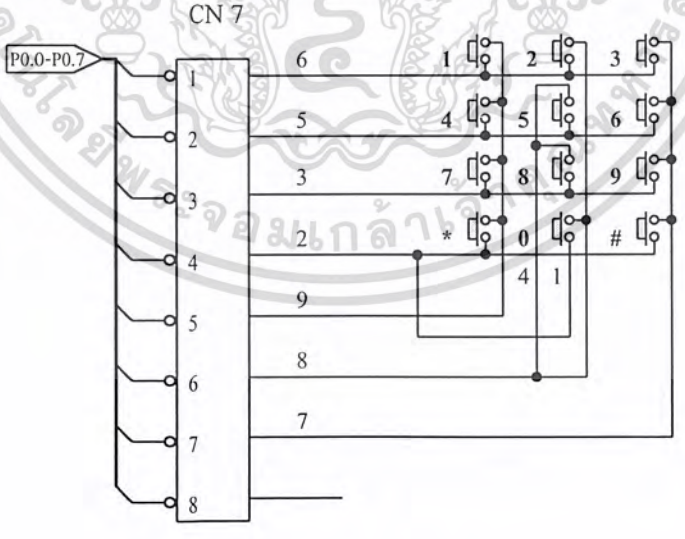
0-12 โวลต์ เมื่อผ่านวงจรเร็กกูเลเตอร์ โดยใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 7812 จะได้แรงดันไฟตรงค่า +12 โวลต์ ซึ่งให้กระแสสูงสุด 1 แอมป์ เพื่อป้อนให้กับวงจรควบคุมการทำงานของชุดไวเบรเตอร์, วงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์ และอุปกรณ์ตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด และส่วนหนึ่งจะผ่านวงจรเร็กกูเลเตอร์ โดยใช้ไอซีเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 7805 จะได้แรงดันไฟตรงค่า +5 โวลต์ เพื่อป้อนให้กับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ และส่วนแสดงผลแบบผลึกเหลว

C_1 ทำหน้าที่ เป็นตัวกรองกระแส เพื่อรักษาระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้ราบเรียบขึ้น และใกล้เคียงกับไฟฟ้ากระแสตรงบริสุทธิ์ C_2, C_3 และ C_5 ใช้สำหรับปรับค่าความต้านทานต่อสัญญาณรบกวนได้ดีขึ้น โดยตำแหน่งของ C_2, C_3 และ C_5 นั้น จะต้องติดตั้งให้ใกล้กับตัวถังของไอซีเร็กกูเลเตอร์เท่าที่จะทำได้หน้าที่ของ C_4 และ C_6 ก็คือ ปรับค่าการตอบสนองทางด้านทรานเซียนต์ (Transient response) ของวงจรรักษาระดับแรงดัน ตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมประจุเพื่อจะป้อนกระแสเข้าสู่โหลดในช่วงเวลาสั้นๆ ในขณะที่วงจรรักษาระดับแรงดันกำลังปรับตัวเองเพื่อรับกับความต้องการกระแสที่สูงขึ้น

3.2.5 เมตริกสวิตช์

1) การออกแบบและการสร้าง

ในส่วนของเมตริกสวิตช์ จะทำหน้าที่ ตั้งค่าในการนับจำนวนเม็ดยาในแต่ละชุดและจำนวนชุดที่จะทำการนับ โดยใช้เมตริกสวิตช์ขนาด 4×3



รูปที่ 3.6 เมตริกสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

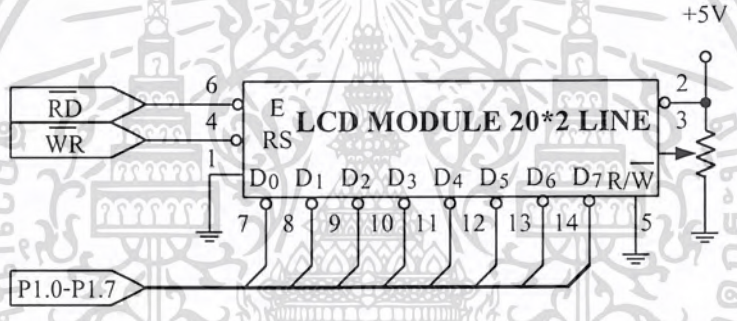
2) การทำงาน

จากรูปที่ 3.6 เมื่อมีการกดหมายเลขต่างๆ บนเมตริกสวิตช์ จะทำให้ขาที่ต่ออยู่กับหมายเลขนั้นๆ ช็อตกัน เช่น เมื่อกดเมตริกสวิตช์หมายเลข 1 จะทำให้ขา 6 และขา 9 ของเมตริกสวิตช์ช็อตและส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากขาของเมตริกสวิตช์จะถูกต่ออยู่กับพอร์ต P0.0-P0.7 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนั้นสัญญาณที่ส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับหมายเลขที่กดบนเมตริกสวิตช์

3.2.6 ภาคแสดงผลแบบผลึกเหลว

1) การออกแบบและการสร้าง

ภาคแสดงผลแบบผลึกเหลวที่ใช้ในเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ เป็นจอแสดงผลแบบโมดูล ขนาด 20 ตัวอักษร 2 บรรทัด



รูปที่ 3.7 ภาคแสดงผลแบบผลึกเหลว

2) การทำงาน

การทำงานของภาคแสดงผลแบบผลึกเหลวจะรับสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ มาทำการแสดงผลที่หน้าจอ ซึ่งขาใช้งานของโมดูล LCD มีดังต่อไปนี้

ขา 1 คือ ขากราวด์ จะต่ออยู่กับกราวด์ของวงจร

ขา 2 คือ ขาไฟ จะต่ออยู่กับไฟเลี้ยง +5 V

ขา 3 คือ ขาที่ใช้สำหรับป้อนแรงดัน เพื่อปรับความสว่างของหน้าจอแสดงผล

ขา 4 คือ ขา RS (Register Select) เป็นขาสำหรับเลือกว่าต้องการติดต่อกับรีจิสเตอร์คำสั่งหรือรีจิสเตอร์ข้อมูล ถ้ากำหนดเป็น"0"จะเป็นการติดต่อกับรีจิสเตอร์คำสั่ง และถ้าเป็น"1"จะเป็นการติดต่อรีจิสเตอร์ข้อมูล เพื่อนำข้อมูลไปแสดงผลบนหน้าจอ ซึ่งในเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติจะต่ออยู่กับพอร์ต P3.6 ซึ่งเป็นขา $\overline{WR}$ ของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา 5 คือ ขา R/$\overline{W}$ (Read/Write) เป็นขาเลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับโมดูล LCD ซึ่งในการใช้งานกับเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติจะต่อลงกราวด์ เพื่อกำหนดให้เขียนข้อมูลไปยังโมดูล LCD

ขา 6 คือ ขา E (Enable) เป็นขาสำหรับป้อนสัญญาณพัลส์เอ็นเอเบิล ให้โมดูล LCD ทำงาน ในการใช้งานของเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ จะต่ออยู่กับพอร์ต P3.7 ซึ่งเป็นขา $\overline{RD}$ ของไมโครคอนโทรลเลอร์

ขา 7-14 คือ ขาข้อมูล 8 บิต โดยขา 7 คือ D0 ไล่ไปตามลำดับจนถึงขา 14 คือ D7 ซึ่งการใช้งานในเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติจะต่ออยู่กับพอร์ต P1.0-P1.7 ตามลำดับ

3.2.7 ภาคตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด

1) การออกแบบและการสร้าง

ภาคตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด ทำหน้าที่ ตรวจจับการนับเม็ดยา โดยเลือกใช้อุปกรณ์ตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรดแบบโครแอกเชียล ไฟเบอร์ รุ่น FU-35FZ

รูปที่ 3.8 ภาคตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด

2) การทำงาน

อุปกรณ์ตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด รุ่น FU-35FZ เป็นอุปกรณ์ตรวจจับที่มีตัวส่งแสง รับแสง และเร็กติไฟเออร์อยู่ภายในตัวเดียวกัน หลักการทำงาน คือ ในกรณีที่ไม่มีเม็ดยาตัดผ่านลำแสง ลำแสงจะไม่มีการสะท้อนกลับเข้ามาที่อุปกรณ์ตรวจจับ ทางด้านเอาต์พุตของอุปกรณ์ตรวจจับจะส่งสัญญาณลอจิก"0"เข้าสู่พอร์ต P3.2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนในกรณีที่มีเม็ดยาตัดผ่านลำแสง ลำแสงจะสะท้อนกลับมายังอุปกรณ์ตรวจจับ ทำให้ทางด้านเอาต์พุตของอุปกรณ์ตรวจจับจะส่งสัญญาณลอจิก"1"เข้าสู่พอร์ต P3.2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

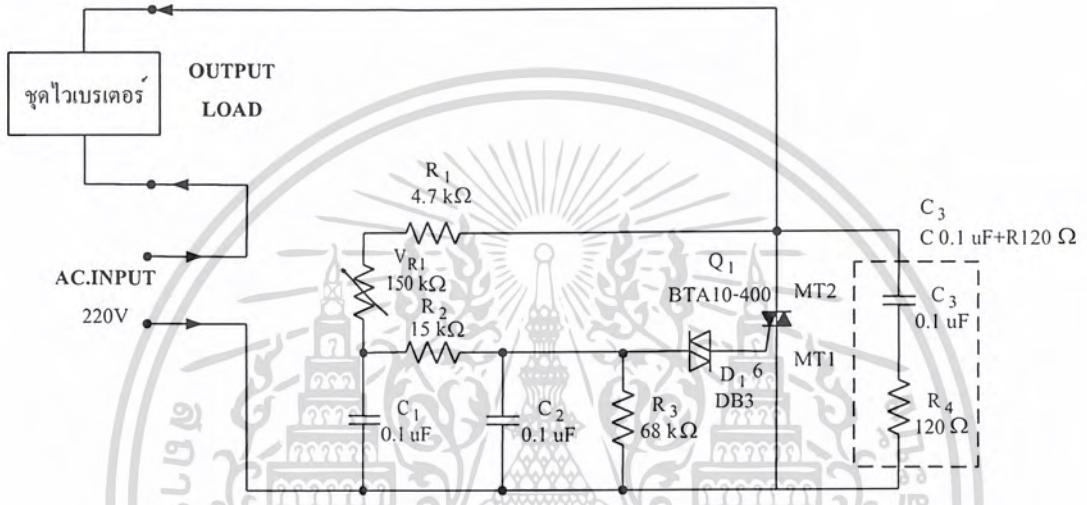
ในการทำงานของอุปกรณ์ตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด สามารถทราบสถานการทำงานได้โดยดูไฟที่ติดอยู่บนกล่องควบคุม คือ ถ้ามีเม็ดยาตัดผ่านลำแสงหลอดไฟสีเขียวจะติด แต่ถ้าไม่มีเม็ดยาตัดผ่านลำแสงหลอดไฟสีแดงจะติด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.8 วงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา

1) การออกแบบและการสร้าง

วงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยาอัตโนมัติ ชุดนี้เป็นวงจรง่ายๆ การจัดวงจรเป็นลักษณะเฟสคอนโทรล ทำให้สามารถควบคุมความเร็วในการนับได้ที่ความเร็วต่ำไปจนถึงความเร็วสูงสุด



รูปที่ 3.9 วงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา

2) การทำงาน

ในการทำงานของวงจรนั้นจะอาศัยหลักการกระตุ้นให้ไตรแอกทำงานที่เฟสของสัญญาณไฟเอซีแตกต่างกันไป ตั้งแต่เฟส 0 ไปจนถึง 360 องศา

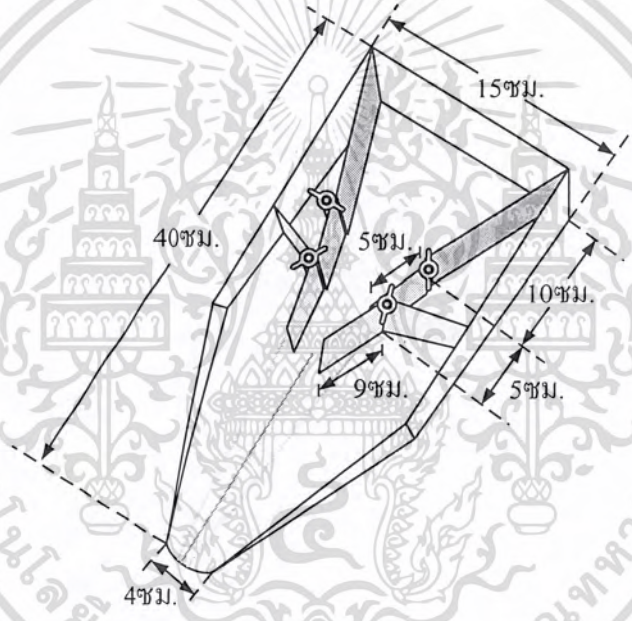
V_{R1} จะต่อคร่อมอยู่กับ R_2, C_1 และC_2 เพื่อปรับเปลี่ยนค่าแรงไฟให้กระตุ้นเกตของไตรแอกให้ทำงานที่เฟสของแรงไฟที่ต้องการ หากไตรแอกทำงานที่เฟส 0 แรงไฟที่ส่งไปให้ชุดไวเบรเตอร์ก็จะสูงสุด แต่หากปรับให้ไตรแอกทำงานที่เฟสสูงๆ แรงไฟที่จ่ายให้ชุดไวเบรเตอร์ก็จะลดลงทำให้ชุดไวเบรเตอร์ทำงานที่ความเร็วรอบต่ำๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบระบบกลไก

3.3.1 การออกแบบถาดลำเลียงเม็ดยา

ถาดลำเลียงเม็ดยาถูกออกแบบและจัดทำขึ้นทำหน้าที่ในการทำให้ยาเกิดการเรียงตัวและลำเลียงเม็ดยาไปยังช่องจ่ายยา โดยใช้วัสดุที่เป็นสแตนเลส เนื่องจากสามารถขึ้นรูปได้ง่ายกว่าการใช้พลาสติก เพราะการขึ้นรูปโดยใช้พลาสติกจะต้องมีการสร้างแบบและการฉีดพลาสติกต้องทำโดยผู้ชำนาญการ นอกจากนี้สแตนเลสมีผิวเรียบและเป็นมัน ซึ่งจะช่วยในการเคลื่อนที่ของเม็ดยาให้มีการเคลื่อนที่ได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้ในการใช้งานทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องกับเม็ดยายังเป็นที่นิยมใช้เพราะมีคุณสมบัติไม่เกิดสนิมเมื่อนำไปใช้งานนานๆ



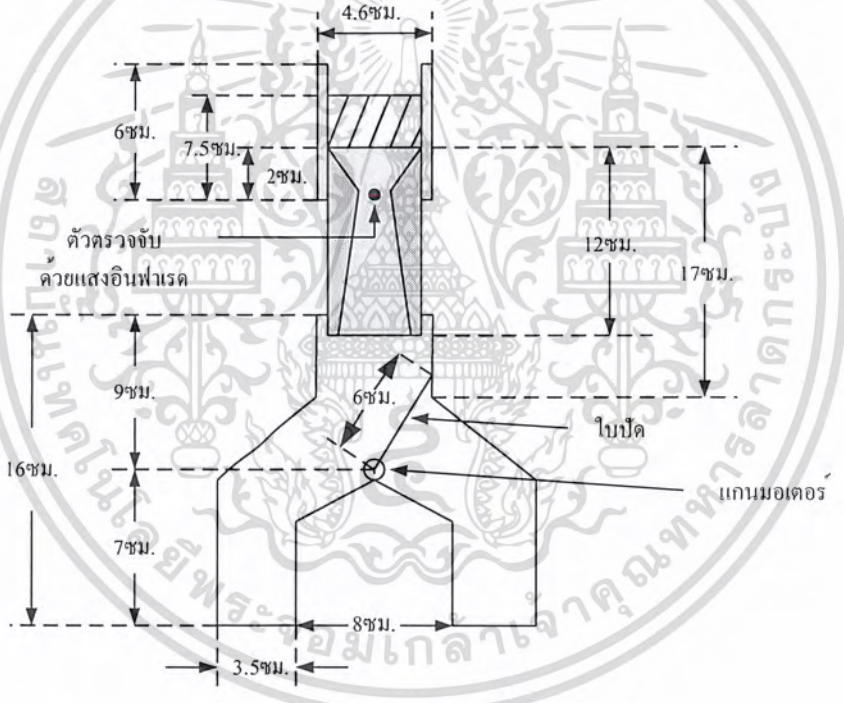
รูปที่ 3.10 การออกแบบถาดลำเลียงเม็ดยา

ถาดลำเลียงเม็ดยาถูกออกแบบและจัดทำให้มีรูปลักษณะและขนาดดังรูปที่ 3.10 ซึ่งแผ่นสแตนเลสที่ติดอยู่บริเวณด้านข้างของถาดทั้งสองด้านถูกออกแบบมาเพื่อช่วยในการบีบยาให้เกิดการเรียงตัว ทำให้ตัวตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรดทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดการผิดพลาดในการนำไปติดตั้งกับตัวเครื่องเพื่อใช้งานมีการออกแบบให้ติดตั้งให้เอียงเล็กน้อย โดยให้ทางด้านปากถาดเอียงต่ำกว่า เพื่อช่วยให้การเคลื่อนที่ของเม็ดยาดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การออกแบบช่องจ่ายยา

การออกแบบและจัดทำช่องจ่ายยา ถูกออกแบบให้ในช่วงแรกที่ติดกับตัวถาดลำเลียงเม็ดยา มีช่องทางเพียงช่องทางเดียว แต่หลังจากผ่านตัวตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรดแล้ว จะถูกออกแบบให้มีช่องทางการจ่ายสองช่องทาง โดยจะทำงานสลับกันทีละช่องทาง ซึ่งการสลับช่องทางการจ่ายยาจะมีใบปัดที่ออกแบบให้ติดอยู่กับแกนของมอเตอร์ และควบคุมทิศทางการหมุนของมอเตอร์ด้วยวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์ เมื่อมอเตอร์เปลี่ยนทิศทางซ้าย-ขวา ก็ทำให้ใบปัดเปลี่ยนทิศทางซ้าย-ขวาด้วย ซึ่งการทำงานทั้งหมดจะถูกควบคุมโดยส่วนประมวลผลกลางอีกครั้งหนึ่ง ช่องจ่ายยาถูกออกแบบและจัดทำด้วยแผ่นอะครีลิก เพื่อให้สามารถเห็นการทำงาน ซึ่งมีขนาดและรูปลักษณะดังรูปที่ 3.11



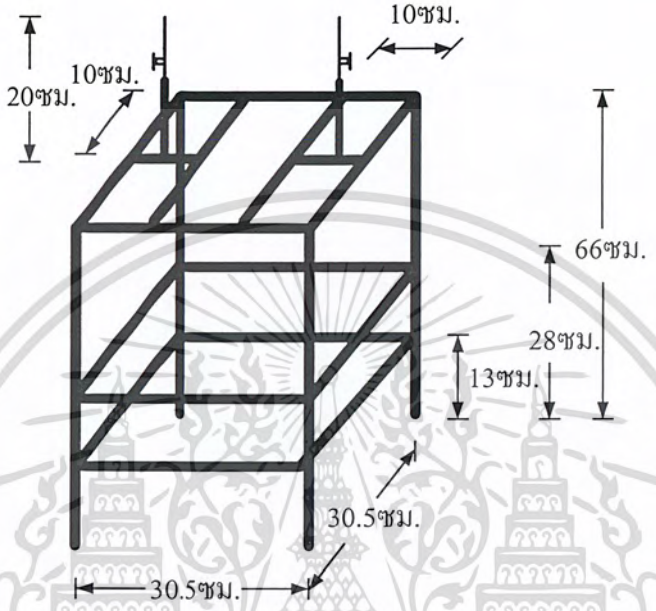
รูปที่ 3.11 การออกแบบช่องจ่ายยา

3.3.3 การออกแบบโครงที่ใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์

การออกแบบและจัดทำโครงที่ใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์ จะเลือกใช้วัสดุและออกแบบให้สามารถรองรับอุปกรณ์ทั้งหมดที่จะมาทำการติดตั้งบนตัวโครงได้เป็นอย่างดี มีความคงทนและแข็งแรง เนื่องจากอุปกรณ์บางอย่างมีน้ำหนักมาก ซึ่งเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัตินี้ได้เลือกใช้วัสดุที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเหล็กชุบโครเมียมมาเป็นวัสดุในการทำโครง เนื่องจากมีคุณสมบัติที่แข็งแรง คงทน รับน้ำหนักได้ดี และไม่เกิดสนิมเมื่อใช้งานเป็นเวลานาน เพราะมีการชุบโครเมียมป้องกันสนิม ซึ่งลักษณะและขนาดของการออกแบบเป็นดังรูปที่ 3.12

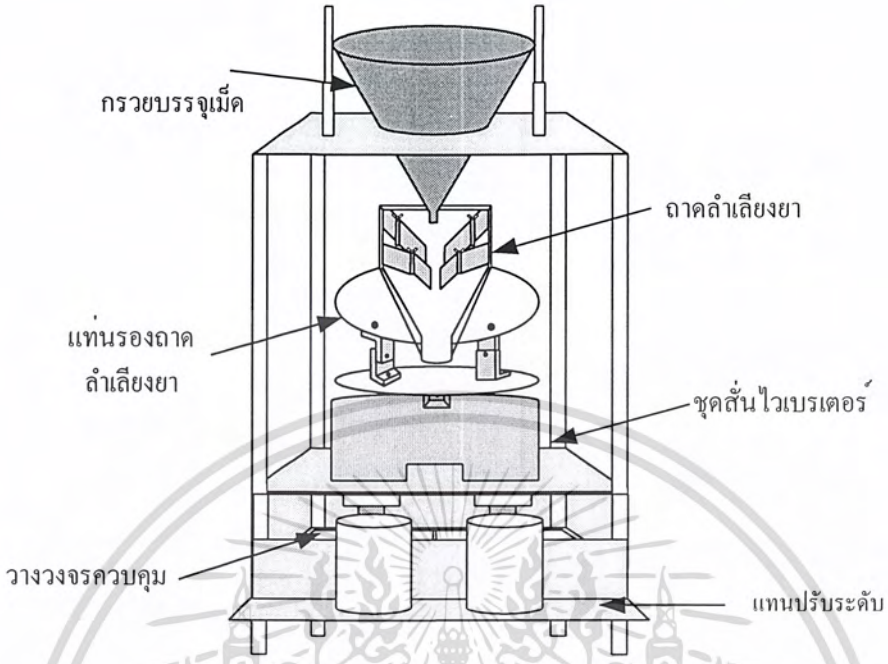


รูปที่ 3.12 โครงที่ใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์

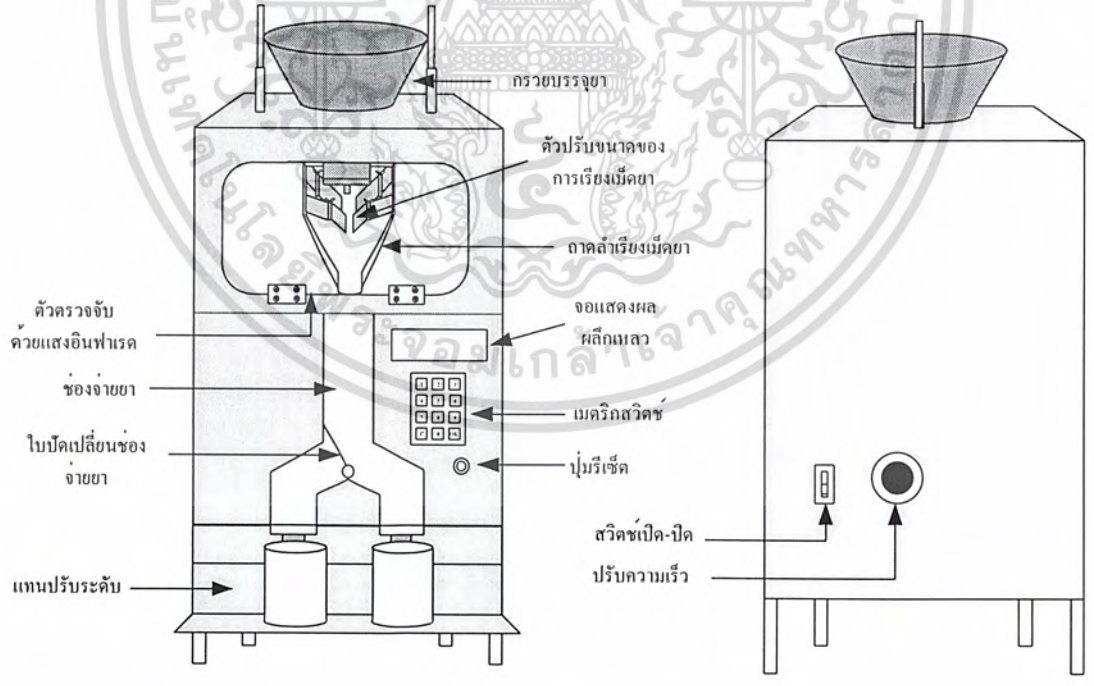
รูปที่ 3.12 อุปกรณ์ที่ได้มาทำการติดตั้งบนโครงที่ได้ออกแบบและจัดทำ ได้แก่

1. ชุดสั่นที่ใช้หลักการของไวเบรเตอร์
2. แท่นรองถาดลำเรียงเม็ดยา
3. ถาดลำเลียงเม็ดยา
4. กรวยบรรจุเม็ดยา
5. วงจรควบคุมการทำงานต่างๆ ได้แก่ วงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา, วงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์, ส่วนประมวลผลกลาง, วงจรภาคจ่ายไฟ และวงจรควบคุมการทำงานของชุดไวเบรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 อุปกรณ์ที่ได้มาทำการติดตั้งบนโครง



รูปที่ 3.14 เครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองของวงจรในส่วนต่างๆ ของโครงงานเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติว่าสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ เนื่องจากการทดลองเป็นสิ่งที่ทำให้มองเห็นภาพการทำงานอย่างชัดเจน ซึ่งจะทำให้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นรวมทั้งได้ทราบผลที่ได้จากการทดลองว่าตรงตามเงื่อนไขและขอบเขตที่กำหนดหรือไม่ สามารถทำการแก้ไขก่อนที่จะนำไปประกอบเป็นตัวเครื่อง ซึ่งจะทำให้หาสาเหตุของปัญหาได้ยาก โดยในการทดลองจะแบ่งทดลองวงจรออกเป็นส่วนๆ ทีละวงจร ได้แก่ วงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา, วงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์, วงจรควบคุมการทำงานของไวเบรเตอร์ และตัวตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด

4.2 วงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา

4.2.1 การทดลองวงจรควบคุมกำลังมอเตอร์

การทดลองในส่วนนี้ จะทำการทดลองโดยการบันทึกค่าแรงดันทางด้านเอาต์พุตของวงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา เมื่อมีการปรับค่า V_{R1} จะส่งผลให้เกิดการปรับเปลี่ยนแรงไฟที่ไปกระตุ้นเกตของไตรแอกให้สามารถทำงานที่เฟสของแรงไฟที่ต้องการ

เอาต์พุตของวงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยานั้น คือ แรงดันไฟที่จะใช้ป้อนให้กับไวเบรเตอร์ เพื่อให้ไวเบรเตอร์ทำงานที่ความเร็วต่างๆ โดยทำการปรับค่า V_{R1} โดยมีลำดับขั้นตอนการทดลองดังนี้

1) ประกอบวงจรตามรูปที่ 4.1

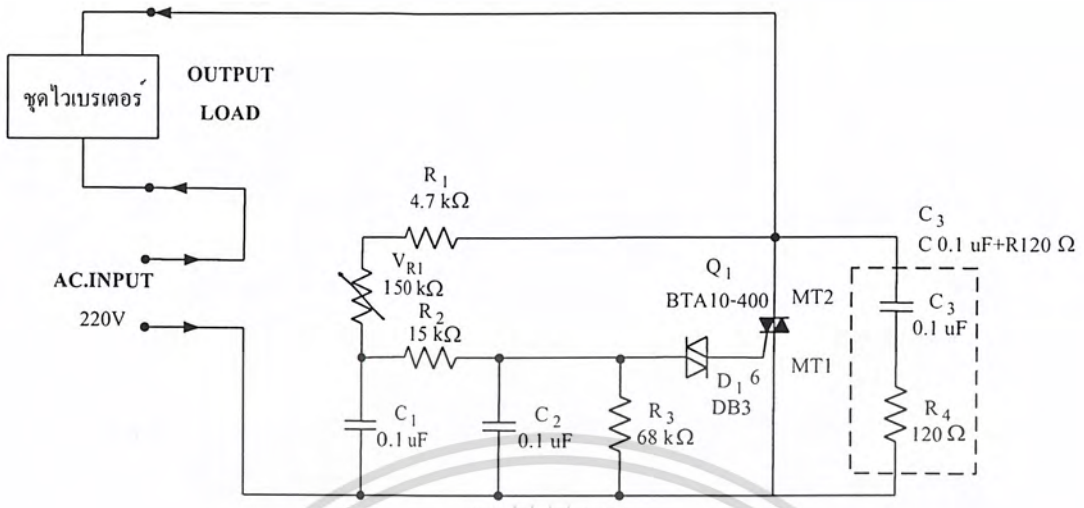
2) ต่อแรงดันไฟสลับ 220 โวลต์ เข้ากับอินพุตของวงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา

3) นำมัลติมิเตอร์มาต่อทางด้านเอาต์พุตของวงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา โดยตั้งย่านการวัดไว้ที่เอซีโวลต์

4) ทำการปรับค่า V_{R1} ให้มีค่าความต้านทานต่ำสุด (0 Ω) โดยปรับไปทางด้านซ้ายมือสุด จากนั้นอ่านค่าที่ได้จากมิเตอร์และบันทึกค่าที่ได้ลงตารางที่ 4.1

5) ทำเช่นเดียวกับข้อ 3 แต่ปรับ V_{R1} ให้มีค่าความต้านทานสูงสุด (150 kΩ) โดยปรับไปทางด้านขวามือสุด จากนั้นอ่านค่าที่ได้จากมิเตอร์และบันทึกค่าที่ได้ลงตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 วงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา

ตารางที่ 4.1 แรงดันเอาต์พุตของวงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา

การปรับ V_{R1}	แรงดันเอาต์พุต
ค่าความต้านทานต่ำสุด (0 Ω)	160 VAC
ค่าความต้านทานสูงสุด (150 kΩ)	210 VAC

4.2.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อทำการปรับค่าความต้านทาน V_{R1} ไปทางซ้ายมือสุดที่ค่าความต้านทาน 0 Ω จะส่งผลให้แรงดันเอาต์พุตที่ได้ต่ำสุด และจะมีค่าแรงดันเอาต์พุตเพิ่มขึ้น เมื่อมีการปรับค่าความต้านทาน V_{R1} เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากที่ค่าความต้านทานต่ำทำให้ไตรแอกทำงานที่เฟสสูงๆ แรงดันเอาต์พุตที่ได้จะมีค่าต่ำ แต่ในกรณีที่ปรับค่าความต้านทาน V_{R1} สูง ไตรแอกจะทำงานที่เฟสต่ำ แรงดันเอาต์พุตที่ได้จะมีค่าสูง

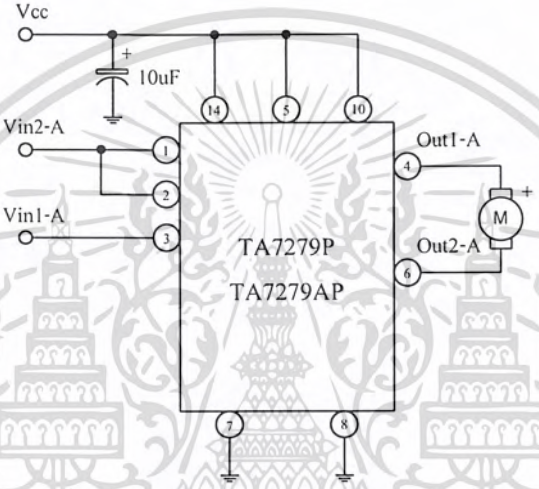
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์

4.3.1 การทดลองวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์

การทดลองในส่วนนี้ เป็นการทดลองการทำงานของวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์ เพื่อที่จะนำค่าที่ได้นี้ไปใช้ในการเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ควบคุมการปรับเปลี่ยนทิศทางของมอเตอร์ที่ติดกับใบปัด เพื่อสลับช่องทางในการจ่ายยา โดยมีลำดับขั้นตอนการทดลองดังนี้

1) ประกอบวงจรตามรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 วงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์

2) ต่อแหล่งจ่ายไฟ +12 โวลต์ให้กับวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์

3) ทำการต่อมอเตอร์เข้าที่ด้านเอาต์พุตขา 4 และ 6

4) ป้อนสัญญาณลอจิก"0"เข้าที่ด้าน Vin1-A และป้อนสัญญาณลอจิก"1"เข้าที่ด้าน Vin2-A สังเกตทิศทางการหมุนของมอเตอร์ และบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.2

5) ป้อนสัญญาณลอจิก"1"เข้าที่ด้าน Vin1-A และป้อนสัญญาณลอจิก"0"เข้าที่ด้าน Vin2-A สังเกตทิศทางการหมุนของมอเตอร์ และบันทึกค่าลงในตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 เอาต์พุตของวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์

อินพุต		เอาต์พุต
Vin1-A	Vin2-A	ทิศทางมอเตอร์
0	1	หมุนทวนเข็มนาฬิกา
1	0	หมุนตามเข็มนาฬิกา

4.3.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อทำการป้อนสัญญาณลอจิก"1"หรือสัญญาณลอจิก"0"เข้าที่ด้าน Vin1-A และ Vin2-A วงจรก็สามารถทำงานได้ ส่วนทิศทางการหมุนของมอเตอร์ก็จะขึ้นอยู่กับสัญญาณควบคุมที่ป้อนเข้ามา

4.4 วงจรควบคุมการทำงานของไวเบรเตอร์

4.4.1 การทดลองวงจรควบคุมการทำงานของไวเบรเตอร์

การทดลองในส่วนนี้ จะเป็นการทดลองการทำงานของวงจรควบคุมการทำงานของไวเบรเตอร์ เพื่อนำผลการทดลองที่ได้ไปทำการเขียนโปรแกรมควบคุมการสตาร์ทหรือหยุดการทำงานของไวเบรเตอร์ที่ใช้เป็นต้นกำลังในการสั่นเม็ดยาให้เกิดการเคลื่อนที่ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณลอจิก เพื่อใช้เป็นสัญญาณทริกทางอินพุตของวงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ โดยมีลำดับขั้นตอนการทดลองดังนี้

1) ประกอบวงจรตามรูปที่ 4.3

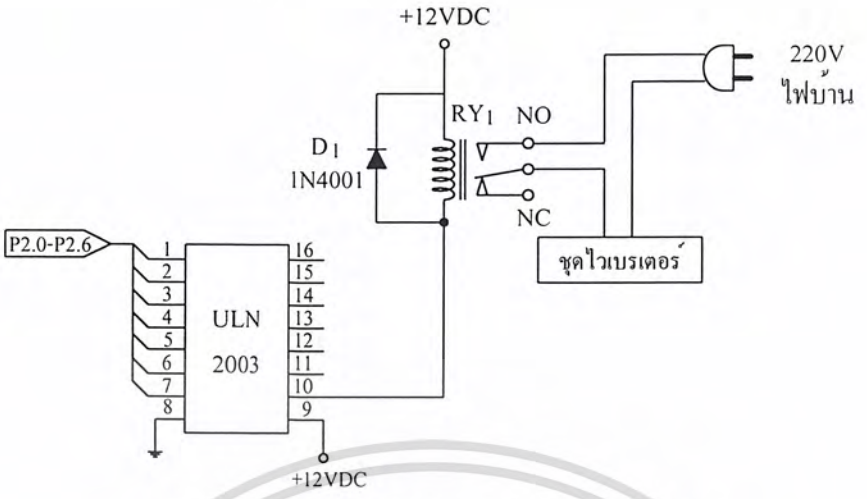
2) ต่อแหล่งจ่ายไฟ 12 โวลต์ ให้กับวงจรควบคุมการทำงานของไวเบรเตอร์

3) ต่อไวเบรเตอร์เข้าที่ด้านเอาต์พุตของวงจรควบคุมการทำงานของไวเบรเตอร์

4) ป้อนสัญญาณลอจิก"0"เข้าที่ด้านอินพุตของวงจร เพื่อเป็นสัญญาณทริก สังเกตการทำงานของไวเบรเตอร์ และบันทึกผลลงในตารางที่ 4.3

5) ป้อนสัญญาณลอจิก"1"เข้าที่ด้านอินพุตของวงจร สังเกตการทำงานของไวเบรเตอร์ และบันทึกผลลงในตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 วงจรควบคุมการทำงานของไวเบรเตอร์

ตารางที่ 4.3 เอาต์พุตของวงจรควบคุมการทำงานของไวเบรเตอร์

สัญญาณอินพุต	การทำงานของไวเบรเตอร์
0	ไม่ทำงาน
1	ทำงาน

4.4.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง เมื่อทำการป้อนสัญญาณลอจิก"1"เข้าทางด้านอินพุต ส่งผลให้ขดลวดภายในรีเลย์เกิดการเหนี่ยวนำ ทำให้รีเลย์เปลี่ยนสถานะจากปกติปิดเป็นปกติเปิดทำให้มีแรงดันไฟสลับ 220 โวลต์ จ่ายให้กับไวเบรเตอร์ทำให้ไวเบรเตอร์ทำงาน แต่ในกรณีที่ป้อนสัญญาณลอจิก"0" ขดลวดภายในรีเลย์ไม่มีการเหนี่ยวนำทำให้ไม่มีแรงดันไฟป้อนให้กับไวเบรเตอร์

4.5 ตัวตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด

4.5.1 การทดลองตัวตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด

การทดลองในส่วนนี้ เป็นการทดลองการทำงานของตัวตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด ซึ่งเป็นตัวที่ใช้ในการตรวจจับการนับเม็ดยา โดยมีลำดับขั้นการทดลองดังนี้

1) ต่อแหล่งจ่ายไฟ 12 โวลต์ให้กับตัวตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรดทางด้านอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) สังเกตไฟแสดงสถานะการทำงานของตัวตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด ในกรณีที่ไม่มีวัตถุมากั้นลำแสง นำมัลติมิเตอร์ไปวัดทางด้านเอาต์พุตของตัวตรวจจับด้วยแสง บันทึกผลลงในตารางที่ 4.4

3) นำวัตถุมากั้นลำแสงของตัวตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด สังเกตการเปลี่ยนแปลงของไฟแสดงสถานะการทำงาน นำมัลติมิเตอร์ไปวัดทางด้านเอาต์พุตของตัวตรวจจับด้วยแสง และบันทึกผลลงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การทำงานของตัวตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด

การทดลอง	ไฟแสดงสถานะการทำงาน		แรงดันไฟทางด้านเอาต์พุต
	แดง	เขียว	
ไม่มีวัตถุกั้น	ติด	ดับ	0 โวลต์
มีวัตถุกั้น	ดับ	ติด	600 มิลลิโวลต์

4.5.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าเมื่อมีวัตถุมากั้นลำแสงอินฟาเรดของตัวตรวจจับ ไฟแสดงสถานการทำงานของตัวตรวจจับจะติดเฉพาะสีเขียว และมีแรงดันทางด้านเอาต์พุต 600 มิลลิโวลต์ แสดงว่าเมื่อมีวัตถุตัดผ่านลำแสงตัวตรวจจับจะส่งสัญญาณไปให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เทียบเท่ากับว่าส่งลอจิก"1" แต่ในกรณีที่ไม่มีวัตถุมากั้นลำแสงอินฟาเรด ไฟแสดงสถานะการทำงานของตัวตรวจจับจะติดเฉพาะสีแดง และไม่มีแรงดันออกมาที่ด้านเอาต์พุต แสดงว่าถ้าไม่มีวัตถุมาตัดลำแสงไมโครคอนโทรลเลอร์จะได้รับระดับลอจิกเป็น"0" ซึ่งผลที่ได้จากการทดลองนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานส่วนต่างๆ

4.6 การทดลองการทำงานของเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ

ในส่วนนี้ เป็นการทดลองการทำงานของเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ หลังจากที่ได้ทำการติดตั้งส่วนของกลไก วงจร และอุปกรณ์ต่างๆ บนตัวโครงเหล็กที่ได้ออกแบบและจัดทำขึ้น เพื่อทดสอบว่าระบบสามารถทำงานได้จริงตรงตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ในตอนต้นของโครงงาน ซึ่งในการทดลองจะทำการทดลองหาความเร็วที่เหมาะสม และการทำงานที่ดีที่สุดในการนับเม็ดยาแต่ละแบบ ซึ่งเม็ดยาที่ใช้ในการทดลองมีทั้งหมด 5 แบบ ได้แก่ ยาพาราทรงกลมขนาดเล็กและขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหญ่, ยาที่เคลือบสี, ยาแคปซูล และยาทรงรี นอกจากนี้ยังทดลองจับเวลาในการนับด้วย ซึ่งมีลำดับขั้นการทดลองดังหัวข้อที่ 4.6.1

4.6.1 ลำดับขั้นการทดลองเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ

1. ทำการนับยาแต่ละแบบออกเป็นเซ็ตๆ ละ 100 เม็ด

2. ทำการนับเม็ดยาทีละเซ็ต ด้วยเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ โดยเลือกความเร็วระดับ 1 จับเวลาที่ใช้ในการนับ และบันทึกเวลาที่ใช้ในการนับลงในตารางที่ 4.5 ในการทดลองจะต้องทดลองซ้ำจนครบ 25 ครั้ง ของเม็ดยาแต่ละรูปแบบ

3. ทดลองเหมือนในข้อ 2 แต่เพิ่มความเร็วเป็นระดับ 2 จนถึงระดับ 6 และบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.6-4.10 ตามลำดับ

4. นำเวลาที่ทดลองได้มาหาค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 4.5 เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 1 (หน่วยเป็นนาที)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ดกลมเคลือบ	ยาแคปซูล	ยาทรงรี
1	8.54	5.29	5.45	30.00	30.01
2	8.25	6.24	5.23	31.23	29.53
3	8.45	5.57	5.28	33.20	25.42
4	8.32	5.45	5.27	29.55	26.40
5	8.46	5.23	5.49	35.28	27.23
6	8.25	5.48	5.26	30.45	29.52
7	7.59	5.29	5.42	29.25	24.23
8	7.58	5.47	5.34	33.18	28.52
9	7.45	5.39	5.36	30.55	29.57
10	9.45	5.30	5.27	38.19	22.35
11	9.12	5.58	5.49	30.25	24.57
12	8.12	5.45	6.00	33.33	28.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 1 (หน่วยเป็นนาที)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ดกลมเคลือบ	ยาแคปซูล	ยาทรงรี
13	7.45	5.59	6.12	35.2	29.45
14	8.45	5.42	5.24	34.27	31.02
15	8.23	5.12	6.01	36.45	30.56
16	8.41	5.26	5.23	39.52	32.00
17	9.01	5.24	5.14	33.21	28.32
18	9.00	5.20	5.27	34.37	27.22
19	9.23	5.45	5.38	33.20	29.24
20	8.23	5.49	5.46	30.47	28.12
21	7.10	5.21	5.29	31.54	27.55
22	8.25	5.42	5.39	34.21	29.45
23	9.01	5.36	5.27	33.32	30.15
24	8.45	5.46	5.42	30.36	31.56
25	7.58	5.21	5.26	34.56	30.56
เฉลี่ย	8.31	5.18	5.41	32.88	28.42

ตารางที่ 4.6 เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 2 (หน่วยเป็นนาที)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ดกลมเคลือบ	ยาแคปซูล	ยาทรงรี
1	5.25	5.10	4.23	8.50	8.52
2	5.55	5.20	3.57	10.25	8.45
3	5.35	5.16	4.20	11.02	8.12
4	5.42	5.14	4.10	9.52	8.45
5	5.21	5.24	4.03	8.95	8.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 2 (หน่วยเป็นนาที)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ดกลมเคลือบ	ยาแคปซูล	ยาทรงรี
6	5.02	5.17	4.02	8.45	8.57
7	5.12	4.59	4.10	9.65	8.42
8	4.56	4.47	4.02	10.23	8.25
9	4.59	5.10	4.06	9.87	8.45
10	5.21	4.56	4.11	8.55	8.45
11	4.48	5.23	3.59	9.45	7.59
12	5.13	5.14	4.03	10.20	8.12
13	5.12	5.26	4.02	11.02	9.00
14	5.23	5.19	4.01	9.45	8.54
15	5.42	4.59	4.11	7.48	8.32
16	5.00	5.24	4.23	9.02	8.46
17	5.26	5.16	4.12	9.62	8.59
18	5.28	5.23	4.25	8.79	8.58
19	5.37	5.12	4.54	8.33	8.40
20	4.58	5.20	4.26	9.55	8.12
21	4.56	5.13	4.37	10.23	8.25
22	5.02	5.20	4.27	11.45	8.45
23	5.06	5.11	4.53	8.95	8.56
24	5.04	5.17	4.24	9.75	8.20
25	5.35	5.14	4.59	9.21	8.45
เฉลี่ย	4.89	5.07	4.14	9.49	8.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 3 (หน่วยเป็นนาที)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ด กลมเคลือบ	ยา แคปซูล	ยา ทรงรี
1	3.12	4.32	3.33	7.00	7.13
2	3.56	4.20	3.25	7.54	7.56
3	3.42	4.12	3.24	7.38	7.23
4	3.25	4.46	3.52	7.23	7.42
5	3.24	4.44	3.45	8.25	7.51
6	3.26	4.25	3.25	7.10	7.46
7	3.33	4.38	3.15	8.21	7.21
8	3.50	4.51	3.24	7.45	7.20
9	3.56	4.39	2.45	7.44	7.25
10	3.42	4.02	3.26	7.23	7.39
11	3.03	4.49	3.54	7.55	7.49
12	3.00	4.25	3.30	8.00	7.54
13	3.02	4.12	3.31	7.52	7.20
14	3.04	4.48	3.15	7.40	7.25
15	3.05	4.44	3.23	7.45	7.45
16	3.12	4.56	3.12	7.45	7.24
17	3.10	4.12	3.25	7.21	7.28
18	3.22	4.57	3.02	8.10	7.51
19	3.56	4.24	3.12	7.23	7.59
20	3.42	4.57	3.26	7.40	7.48
21	3.01	4.52	3.26	7.50	7.58
22	3.21	4.51	3.02	8.01	7.57
23	3.22	4.24	3.01	7.58	7.12
24	3.33	4.35	3.00	7.45	7.20
25	3.35	4.59	2.59	7.20	7.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 3 (หน่วยเป็นนาที)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ด กลมเคลือบ	ยา แคปซูล	ยา ทรงรี
เฉลี่ย	3.21	4.36	3.17	7.23	7.37

ตารางที่ 4.8 เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 4 (หน่วยเป็นนาที)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ด กลมเคลือบ	ยา แคปซูล	ยา ทรงรี
1	1.22	1.54	0.57	6.20	3.52
2	1.02	1.24	0.58	6.35	3.23
3	1.03	1.35	0.49	6.24	3.33
4	1.05	2.00	0.59	6.44	3.25
5	1.15	1.57	1.02	6.20	3.58
6	1.25	1.56	0.56	6.12	3.45
7	1.15	1.02	0.58	6.39	3.56
8	1.16	1.47	0.52	6.47	3.27
9	1.21	1.36	1.03	6.45	3.59
10	1.02	1.45	0.59	6.23	3.24
11	1.18	1.59	1.05	6.40	3.28
12	1.21	2.30	0.54	6.45	3.56
13	1.02	2.10	0.56	7.00	3.35
14	1.20	1.54	0.58	6.25	3.24
15	1.14	1.35	0.52	6.12	3.46
16	1.11	1.45	1.00	6.23	3.58
17	1.09	1.25	1.05	6.52	3.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 4 (หน่วยเป็นนาที)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ด กลมเคลือบ	ยา แคปซูล	ยา ทรงรี
18	1.08	1.54	1.03	6.35	3.20
19	1.02	1.32	0.57	6.33	3.51
20	1.12	1.11	0.51	6.09	3.24
21	1.15	1.01	0.56	6.55	3.26
22	1.09	2.10	0.53	6.20	3.51
23	1.08	2.12	1.08	6.74	3.50
24	1.05	1.45	0.52	6.35	3.46
25	1.14	1.52	1.04	6.55	3.28
เฉลี่ย	1.11	1.52	0.71	6.36	3.37

ตารางที่ 4.9 เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 5 (หน่วยเป็นนาที)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ด กลมเคลือบ	ยา แคปซูล	ยา ทรงรี
1	0.35	1.17	0.45	2.45	2.44
2	0.35	0.45	0.48	2.17	2.56
3	0.36	0.54	0.47	1.99	2.31
4	0.29	1.12	0.51	1.57	2.45
5	0.32	1.02	0.47	2.25	2.01
6	0.35	0.54	0.42	2.12	2.48
7	0.34	0.45	0.46	2.32	2.56
8	0.33	0.47	0.48	2.45	2.45
9	0.32	0.49	0.42	2.10	2.59
10	0.33	0.43	0.47	2.41	2.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 5 (หน่วยเป็นนาที)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ดกลมเคลือบ	ยาแคปซูล	ยาทรงรี
11	0.35	0.57	0.51	2.33	2.31
12	0.29	0.52	0.52	2.01	2.35
13	0.28	1.13	0.47	1.49	2.56
14	0.29	1.00	0.49	1.27	2.45
15	0.30	0.52	0.46	1.55	2.34
16	0.32	0.58	0.39	2.41	2.38
17	0.34	1.07	0.48	2.30	2.50
18	0.32	0.59	0.52	2.22	2.40
19	0.33	0.54	0.51	1.56	2.14
20	0.29	0.57	0.54	2.47	1.59
21	0.28	1.20	0.51	2.11	2.56
22	0.34	1.21	0.52	1.45	2.35
23	0.35	1.20	0.53	2.14	2.58
24	0.32	0.58	0.49	2.05	2.57
25	0.33	1.00	0.48	1.56	2.56
เฉลี่ย	0.44	0.75	0.48	2.03	2.42

ตารางที่ 4.10 เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 6 (หน่วยเป็นนาที)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ดกลมเคลือบ	ยาแคปซูล	ยาทรงรี
1	0.35	1.54	0.35	1.20	1.50
2	0.35	1.37	0.32	1.45	1.54
3	0.36	1.22	0.36	1.23	1.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) เวลาที่ใช้ในการนับในความเร็วระดับ 6 (หน่วยเป็นนาที)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ดกลมเคลือบ	ยาแคปซูล	ยาทรงรี
4	0.29	1.45	0.34	1.56	1.01
5	0.32	1.30	0.32	1.48	1.24
6	0.35	1.25	0.40	1.54	1.56
7	0.34	1.45	0.35	1.51	1.25
8	0.33	1.23	0.36	1.02	1.23
9	0.32	1.45	0.38	1.45	1.24
10	0.33	1.25	0.40	1.47	1.03
11	0.35	1.40	0.45	1.52	1.02
12	0.29	1.20	0.48	1.49	1.52
13	0.28	1.35	0.39	1.58	2.05
14	0.29	1.24	0.38	1.20	1.32
15	0.30	1.46	0.37	1.47	1.48
16	0.32	1.27	0.33	1.45	1.54
17	0.34	1.28	0.34	1.11	1.65
18	0.32	1.37	0.32	1.32	1.09
19	0.33	1.35	0.38	1.56	1.45
20	0.29	1.54	0.39	1.52	1.36
21	0.28	1.40	0.42	1.54	1.59
22	0.34	1.42	0.45	1.48	1.43
23	0.35	1.45	0.42	1.30	1.40
24	0.32	1.20	0.41	1.59	1.42
25	0.33	1.29	0.32	1.24	1.50
เฉลี่ย	0.32	1.34	0.37	1.41	1.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทำการนับเม็ดยา ด้วยเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ โดยตั้งค่าการนับเซ็ตละ 100 เม็ด ทีละแบบ

6. เมื่อเครื่องทำการนับจนครบตามจำนวนแล้ว นำเม็ดยาที่เครื่องนับแล้วมาทำการนับอีกครั้ง ว่าได้ตรงตามค่าที่ตั้งไว้หรือไม่ และบันทึกผลลงในตารางที่ 4.11 ในการทดลองจะต้องทดลองซ้ำจนครบ 25 ครั้ง ของเม็ดยาแต่ละรูปแบบ

7. ทดลองเหมือนในข้อ 6 แต่เพิ่มความเร็วเป็นระดับ 2 จนถึงระดับ 6 และบันทึกผลการทดลองลงในตารางที่ 4.12-4.16 ตามลำดับ

8. นำผลที่ได้จากการทดลองมาหาค่าเฉลี่ย

ตารางที่ 4.11 ความผิดพลาดในการนับที่ความเร็วระดับ 1 (หน่วยเป็นเม็ด)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ด กลมเคลือบ	ยา แคปซูล	ยา ทรงรี
1	100	100	100	100	100
2	100	100	100	100	100
3	100	100	100	100	100
4	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100
6	100	100	100	100	100
7	100	100	100	100	100
8	100	100	100	100	100
9	100	100	100	100	100
10	100	100	100	100	100
11	100	100	100	100	100
12	100	100	100	100	100
13	100	100	100	100	100
14	100	100	100	100	100
15	100	100	100	100	100
16	100	100	100	100	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 (ต่อ) ความผิดพลาดในการนับที่ความเร็วระดับ 1 (หน่วยเป็นเม็ด)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ด กลมเคลือบ	ยา แคปซูล	ยา ทรงรี
17	100	100	100	100	100
18	100	100	100	100	100
19	100	100	100	100	100
20	100	100	100	100	100
21	100	100	100	100	100
22	100	100	100	100	100
23	100	100	100	100	100
24	100	100	100	100	100
25	100	100	100	100	100
เฉลี่ย	100	100	100	100	100

ตารางที่ 4.12 ความผิดพลาดในการนับที่ความเร็วระดับ 2 (หน่วยเป็นเม็ด)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ด กลมเคลือบ	ยา แคปซูล	ยา ทรงรี
1	100	100	100	100	100
2	100	100	100	100	100
3	100	100	100	100	100
4	100	100	100	100	100
5	100	100	101	100	100
6	100	100	100	100	100
7	100	100	101	100	100
8	100	100	100	100	100
9	100	100	102	100	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 (ต่อ) ความผิดพลาดในการนับที่ความเร็วระดับ 2 (หน่วยเป็นเม็ด)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ด กลมเคลือบ	ยา แคปซูล	ยา ทรงรี
10	100	100	100	100	100
11	100	100	100	100	100
12	100	100	100	100	100
13	100	100	101	100	100
14	100	100	100	100	100
15	100	100	102	100	100
16	100	100	100	100	100
17	100	100	100	100	100
18	100	100	100	100	100
19	100	100	100	100	100
20	100	100	100	100	100
21	100	100	100	100	100
22	100	100	100	100	100
23	100	100	100	100	100
24	100	100	100	100	100
25	100	100	100	100	100
เฉลี่ย	100	100	100.28	100	100

ตารางที่ 4.13 ความผิดพลาดในการนับที่ความเร็วระดับ 3 (หน่วยเป็นเม็ด)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ด กลมเคลือบ	ยา แคปซูล	ยา ทรงรี
1	100	100	100	100	100
2	100	100	100	100	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) ความผิดพลาดในการนับที่ความเร็วระดับ 3 (หน่วยเป็นเม็ด)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ด กลมเคลือบ	ยา แคปซูล	ยา ทรงรี
3	100	100	100	100	100
4	100	100	100	100	100
5	100	100	100	100	100
6	100	100	100	100	100
7	100	100	100	100	100
8	100	100	100	100	100
9	100	100	100	100	100
10	100	100	101	100	100
11	100	100	100	100	100
12	100	100	100	100	100
13	100	100	100	100	100
14	100	100	103	100	100
15	100	100	100	100	100
16	100	100	100	100	100
17	100	100	100	100	100
18	100	100	100	100	100
19	100	100	100	100	100
20	100	100	100	100	100
21	100	100	100	100	100
22	100	100	100	100	100
23	100	100	100	100	100
24	100	100	101	100	100
25	100	100	102	100	100
เฉลี่ย	100	100	100.28	100	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ความผิดพลาดในการนับที่ความเร็วระดับ 4 (หน่วยเป็นเม็ด)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ดกลมเคลือบ	ยาแคปซูล	ยาทรงรี
1	105	100	102	100	100
2	101	100	106	100	100
3	102	100	102	100	100
4	107	100	100	100	100
5	103	100	103	100	100
6	106	100	105	100	100
7	101	100	102	100	100
8	102	100	104	100	100
9	103	100	106	100	100
10	101	100	102	100	100
11	105	100	105	100	100
12	102	100	103	100	100
13	104	100	102	100	100
14	106	100	105	100	100
15	102	100	102	100	100
16	104	100	104	100	100
17	105	100	101	101	100
18	104	100	100	100	100
19	106	100	103	100	100
20	100	100	102	99	100
21	101	100	101	100	100
22	102	100	103	100	100
23	106	100	102	100	100
24	102	100	105	101	100
25	105	100	106	100	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 (ต่อ) ความผิดพลาดในการนับที่ความเร็วระดับ 4 (หน่วยเป็นเม็ด)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ด กลมเคลือบ	ยา แคปซูล	ยา ทรงรี
เฉลี่ย	103.2	100	103.04	100.04	100

ตารางที่ 4.15 ความผิดพลาดในการนับที่ความเร็วระดับ 5 (หน่วยเป็นเม็ด)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ด กลมเคลือบ	ยา แคปซูล	ยา ทรงรี
1	105	100	100	100	100
2	102	100	110	100	100
3	103	100	105	100	100
4	104	100	106	100	100
5	101	100	102	100	100
6	103	100	104	100	100
7	102	100	100	100	100
8	101	100	99	100	100
9	106	100	102	100	100
10	104	100	106	99	100
11	102	100	103	99	100
12	101	100	105	99	100
13	105	100	104	100	100
14	104	100	101	100	100
15	102	100	102	101	100
16	104	100	101	100	100
17	101	100	100	101	100
18	103	100	103	102	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 (ต่อ) ความผิดพลาดในการนับที่ความเร็วระดับ 5 (หน่วยเป็นเม็ด)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ด กลมเคลือบ	ยา แคปซูล	ยา ทรงรี
19	102	100	102	100	100
20	104	100	100	99	100
21	106	100	102	98	100
22	102	100	100	100	100
23	104	100	99	100	100
24	105	100	105	101	100
25	103	100	103	102	100
เฉลี่ย	103.1	100	102.56	100.04	100

ตารางที่ 4.16 ความผิดพลาดในการนับที่ความเร็วระดับ 6 (หน่วยเป็นเม็ด)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ด กลมเคลือบ	ยา แคปซูล	ยา ทรงรี
1	100	102	120	101	100
2	105	99	112	103	100
3	105	100	118	102	100
4	106	100	114	103	100
5	102	101	116	100	100
6	104	100	99	102	100
7	103	100	100	99	100
8	108	100	115	100	100
9	105	100	112	100	100
10	107	100	109	100	100
11	106	101	108	100	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 (ต่อ) ความผิดพลาดในการนับที่ความเร็วระดับ 6 (หน่วยเป็นเม็ด)

รูปแบบเม็ดยา / ครั้งที่	พารา เม็ดเล็ก	พารา เม็ดใหญ่	ยาเม็ดกลมเคลือบ	ยาแคปซูล	ยาทรงรี
12	101	101	105	100	100
13	104	102	115	100	100
14	103	101	112	100	100
15	108	101	107	100	100
16	102	108	100	99	100
17	107	100	108	101	100
18	104	100	105	102	100
19	105	100	111	100	100
20	108	106	115	98	100
21	104	108	102	100	100
22	106	101	100	101	100
23	104	102	98	100	100
24	105	100	99	101	100
25	103	100	103	103	100
เฉลี่ย	104.6	101.2	103.5	100.6	100

4.6.2 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติพบว่า การนับเม็ดยาแต่ละรูปแบบจะมีความผิดพลาดและเวลาที่ใช้ในการนับที่แตกต่างกัน โดยจะขึ้นอยู่กับระดับความเร็วที่ใช้ในการนับ ดังนั้นในการนับเม็ดยาด้วยเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติจะต้องตั้งระดับความเร็วในการนับให้เหมาะสมกับรูปแบบของยาที่ต้องการทำการนับ

จากการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ยาเม็ดกลมขนาดใหญ่ (12 มิลลิเมตร) ระดับความเร็วที่เหมาะสม คือ ระดับ 5
2. ยาเม็ดกลมขนาดเล็ก (10 มิลลิเมตร) ระดับความเร็วที่เหมาะสม คือ ระดับ 4
3. ยาเม็ดกลมเคลือบ (9 มิลลิเมตร) ระดับความเร็วที่เหมาะสม คือ ระดับ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ยาแคปซูล (ความยาว 19 มิลลิเมตร) ระดับความเร็วที่เหมาะสม คือ ระดับ 5-6

5. ยาทรงรี (ความยาว 19 มิลลิเมตร) ระดับความเร็วที่เหมาะสม คือ ระดับ 5-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

5.1 สรุป

ปริญญานิพนธ์ เครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ ซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นตัวควบคุมการทำงาน มีหลักการทำงาน คือ เมื่อผู้ใช้งานเปิดสวิตช์ หน้าจอจะแสดงข้อความให้ผู้ใช้งานตั้งค่าการนับจำนวนเม็ดยาในแต่ละชุดและจำนวนชุดที่ต้องการนับ เมื่อผู้ใช้งานยืนยันการตั้งค่าเครื่องจะทำการนับจนกว่าจะครบตามจำนวนที่ผู้ใช้งานตั้งค่าไว้ จากนั้นเครื่องจะหยุดการทำงาน หน้าจอแสดงผลจะแสดงข้อความใช้ผู้ใช้เลือกว่าต้องการทำงานต่อตามค่าที่ได้ตั้งไว้แล้วหรือไม่

อย่างไรก็ตาม เครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติที่ได้จัดทำขึ้นมานี้ยังมีข้อบกพร่องอยู่บ้าง คณะผู้จัดทำได้รวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้น แนวทางแก้ไข และแนวทางการพัฒนา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากการดำเนินการสร้างและทดสอบโครงงานพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นหลายประการ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ปัญหา การออกแบบให้เม็ดยาเรียงตัวเป็นวงกลม ส่งผลให้การเคลื่อนที่ของเม็ดยาเป็นไปได้ช้า

แนวทางแก้ไข ทดลองออกแบบให้การเคลื่อนที่ของเม็ดยาเป็นลักษณะเคลื่อนที่เป็นทางตรงและมีลักษณะลาดเอียงทำมุม 75 องศาเพื่อช่วยให้เม็ดยาเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น

2. ปัญหา การใช้พลาสติกเป็นภาชนะในการรองรับการเคลื่อนที่ของเม็ดยา ต้องใช้ช่างผู้ชำนาญการและมีราคาค่อนข้างสูง

แนวทางแก้ไข เลือกใช้สแตนเลส เนื่องจากสแตนเลสไม่เกิดสนิม ราคาต่ำ และสามารถใช้กับงานในด้านการแพทย์ที่เกี่ยวข้องกับเม็ดยาได้

3. ปัญหา การออกแบบโดยการนำมอเตอร์มาใช้เป็นต้นกำลังในการสั่นให้เม็ดยาเกิดการเรียงตัวและเคลื่อนที่ มีกำลังในการสั่นไม่เพียงพอ ทำให้เม็ดยาเรียงตัวและเคลื่อนที่ไปได้ช้า ในกรณีที่เม็ดยามีขนาดใหญ่ก็ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางแก้ไข ทำการศึกษาและออกแบบโดยใช้ชุดสั่นไวเบรเตอร์เป็นต้นกำลังในการสั่น โดยอาศัยหลักการของแกน EI เพื่อทำให้ต้นกำลังในการสั่นเพิ่มมากขึ้น เม็ดยาสามารถเคลื่อนที่ได้เร็ว และการทำงานมีเสียงดังลดลงด้วย

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. เครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัตินี้ถูกออกแบบมายังมีน้ำหนักมาก เคลื่อนย้ายลำบาก ควรพัฒนาตัวเครื่องมีขนาดเล็กลงและน้ำหนักเบา สามารเคลื่อนย้ายได้สะดวก
2. ออกแบบให้สามารถนับและบรรจุเม็ดยาได้อย่างอัตโนมัติ เพื่อลดการใช้แรงงานคน
3. ออกแบบให้มีการใช้งานที่สะดวกและมีฟังก์ชั่นในการทำงานเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล และวรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล. **เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.** กรุงเทพฯ : อินโฟเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์. 2542

โชคชัย ช่วงโชติ และคณะ. "ชุดการสอนวิชาอิเล็กทรอนิกส์ 2 " ปริญญานิพนธ์ครุศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์-สื่อสาร, สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตพระนครเหนือ. 2539

ณัฏฐพล วงส์สุนทรชัย และชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล. **คู่มือทดลองการใช้งานโมดูล LCD.** กรุงเทพฯ : อินโฟเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์. 2542

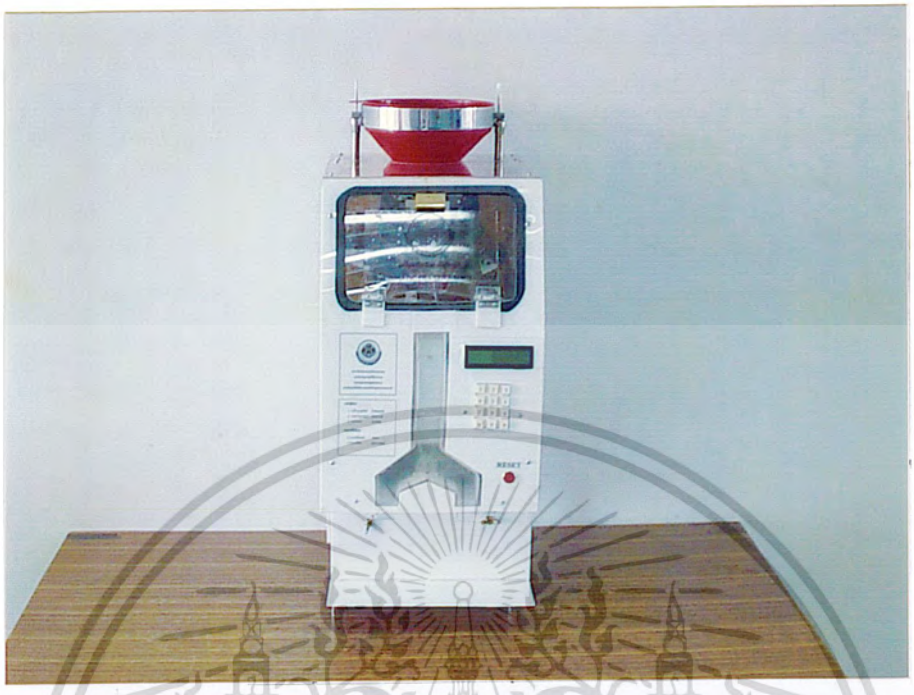
ประกิต อ่องสร้อย. **เซอคิท 2001.** พิมพ์ครั้งที่ 1.กรุงเทพฯ : เอส แอนด์ จี กราฟฟิค. 2544

มงคล ทองสงคราม. **หม้อแปลงไฟฟ้า.** พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : รามาการพิมพ์. 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
เครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.1 ภาพด้านหน้าของเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ

รูปที่ ก.2 ภาพด้านข้างของเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ

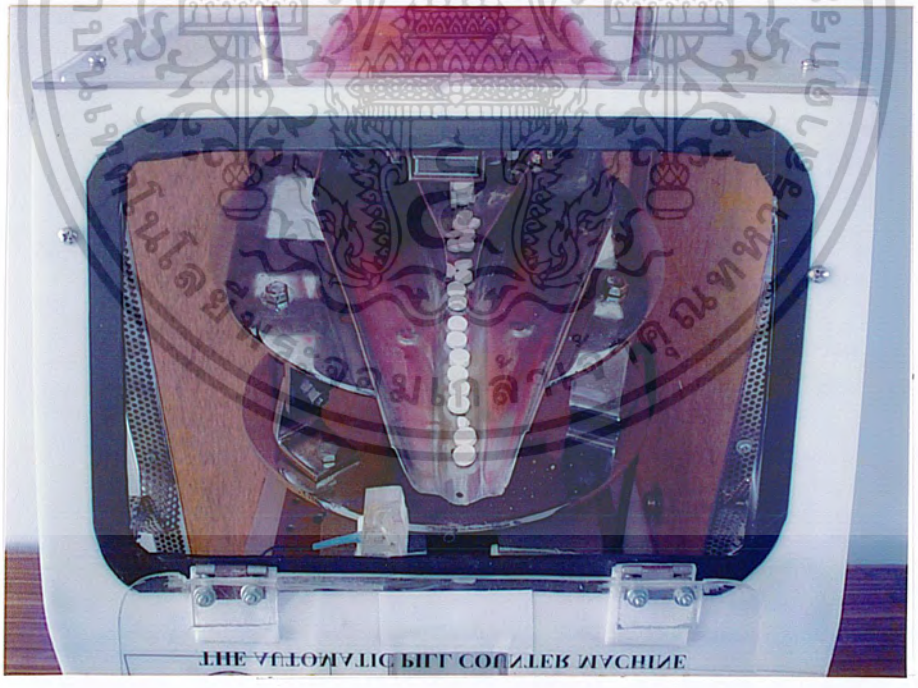
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.3 ภาพแท่นปรับระดับ

รูปที่ ก.4 ภาพจอแสดงผลแบบผลึกเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ ก.5 การติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด



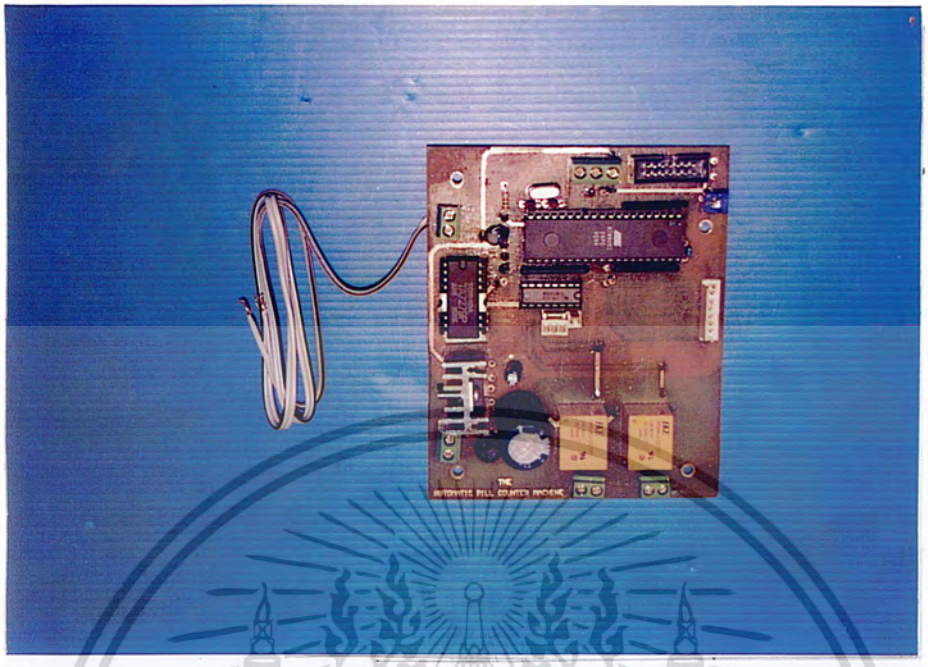
รูปที่ ก.6 การติดตั้งถาดลำเลียงเม็ดยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

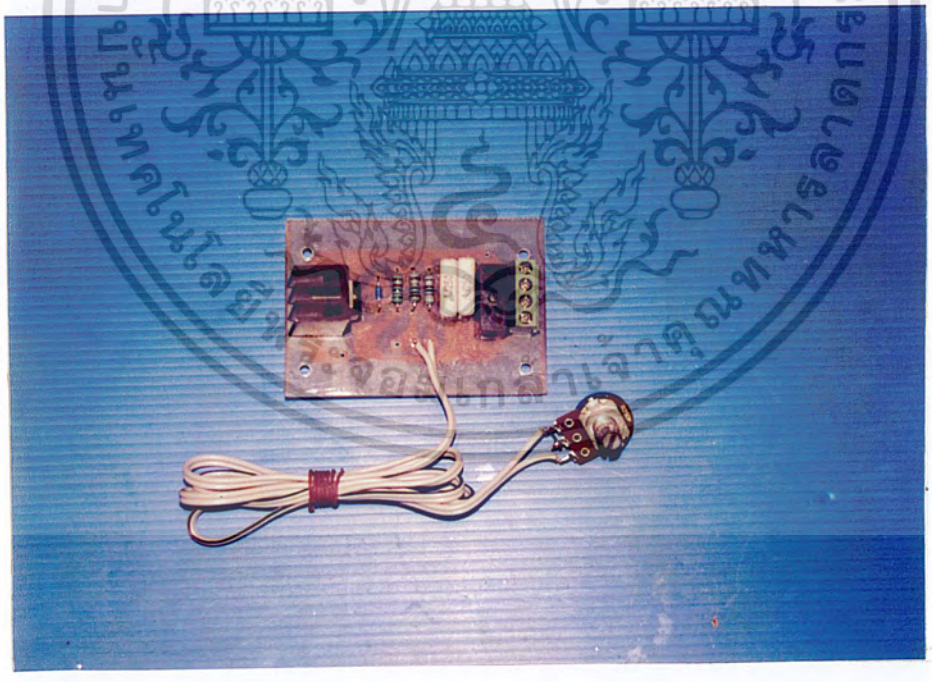
รูปที่ ก.7 เครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติขณะทำงาน

รูปที่ ก.8 กล่องติดตั้งแผ่นวงจรพิมพ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.9 แผ่นวงจรพิมพ์ส่วนประมวลผลกลาง

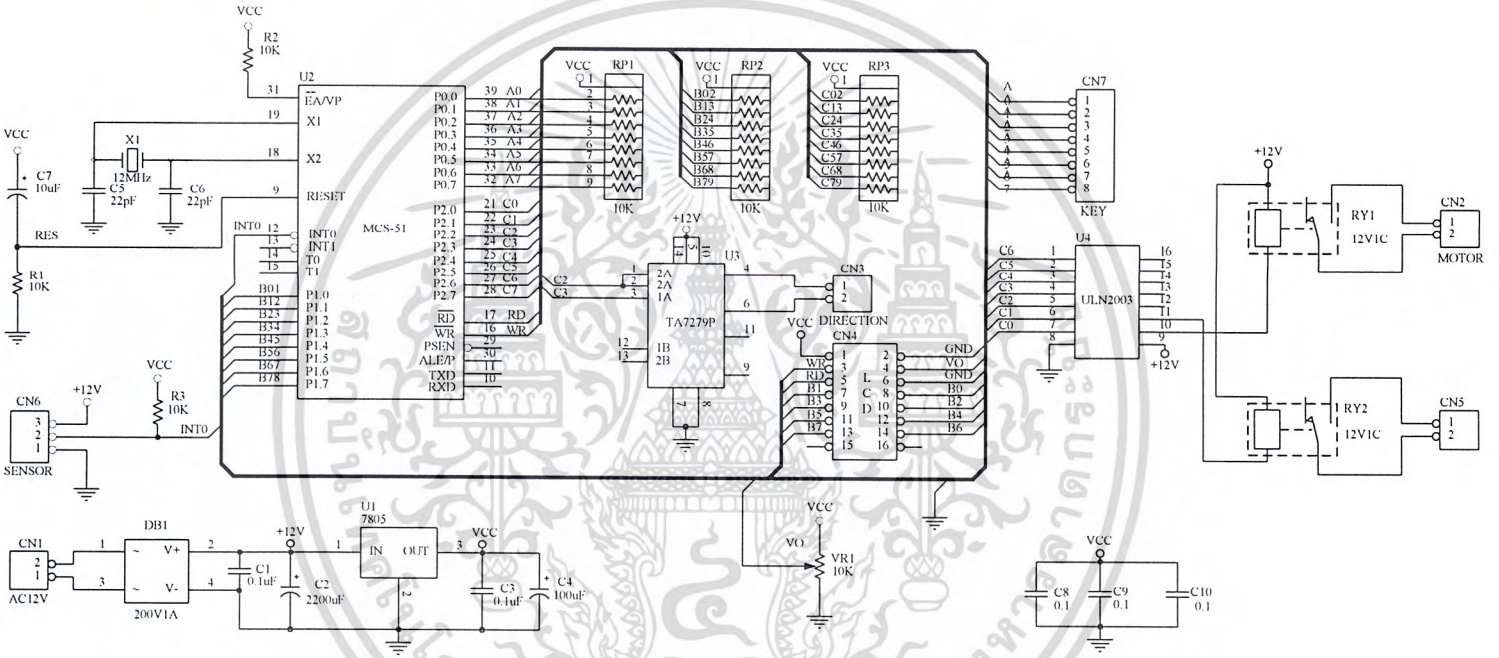


รูปที่ ก.10 แผ่นวงจรพิมพ์ภาคควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา

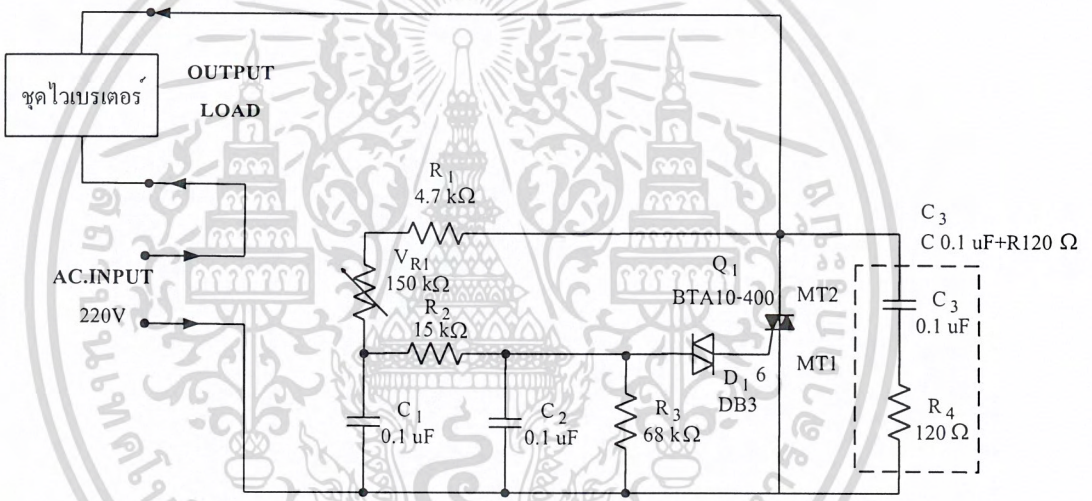
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
วงจรและแผ่นวงจรพิมพ์

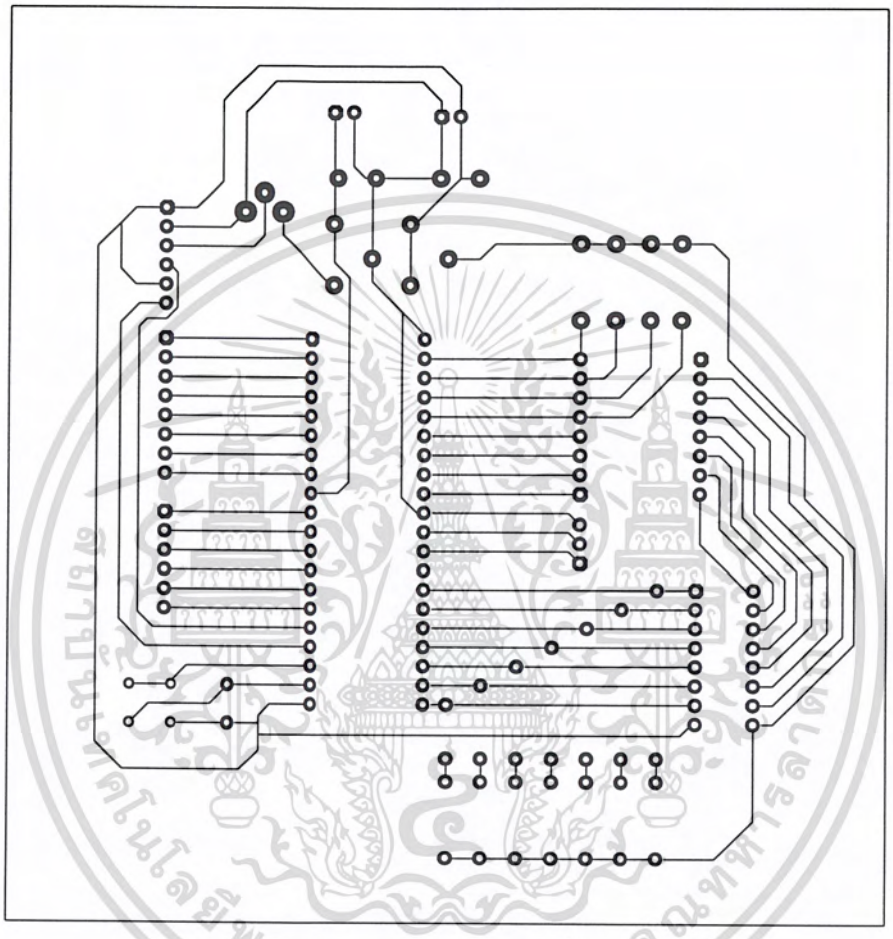
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.1 ส่วนประมวลผลกลาง

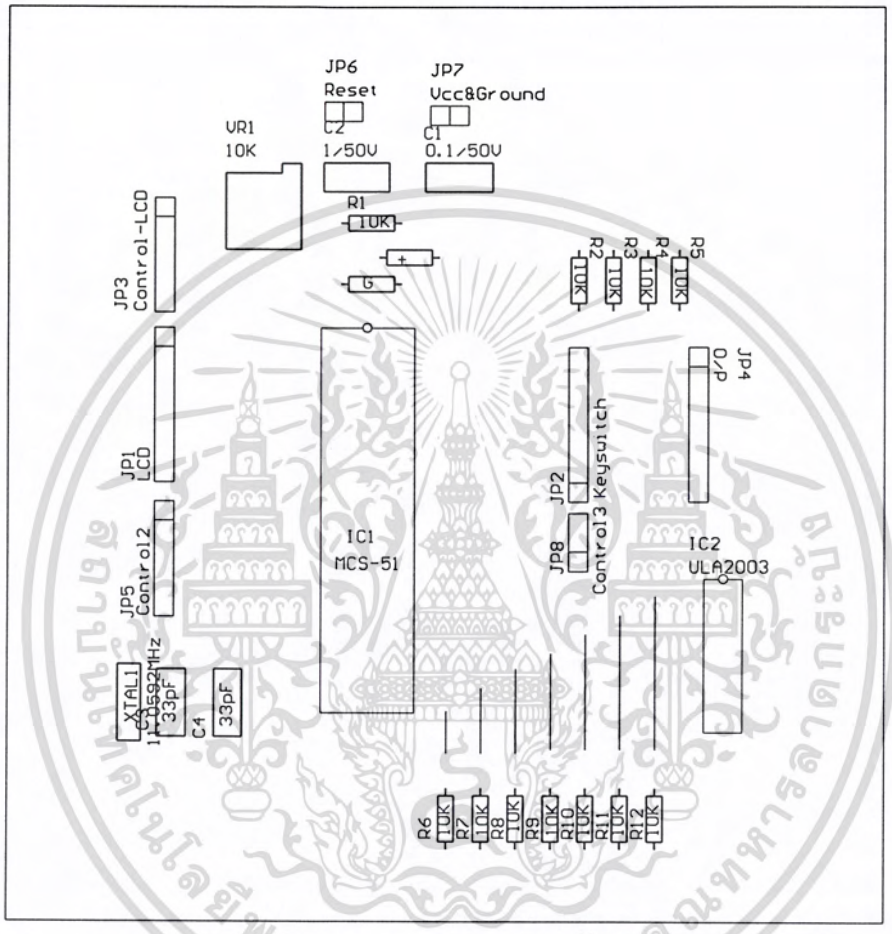


รูปที่ ข.2 วงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา



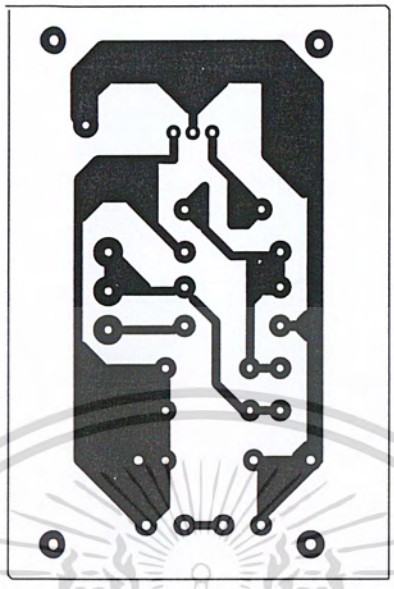
รูปที่ ข.3 ลายวงจรพิมพ์ของส่วนประมวลผลกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

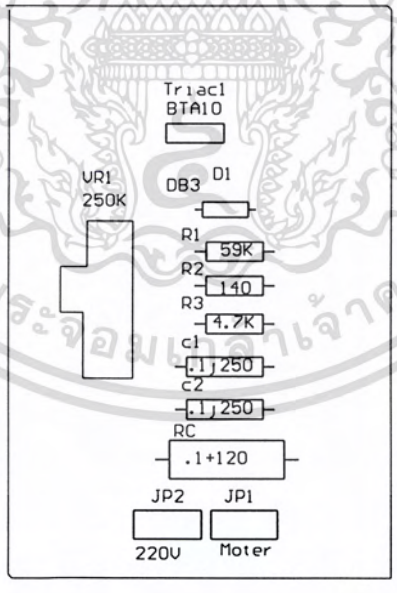


รูปที่ ข.4 การวางอุปกรณ์ของส่วนประมวลผลกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.5 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา



รูปที่ ข.6 การวงอุปกรณ์ของวงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

รายการอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 รายการอุปกรณ์ของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC_1	AT89C51	1 ตัว
IC_2	ULN2003	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C_1, C_2	0.1 µF ไมลาร์	2 ตัว
C_3	0.1 µF	1 ตัว
ตัวต้านทาน		
RP_1, RP_2, RP_3	ตัวต้านทานแผง 10 kΩ	3 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
X_1	คริสตัล 12 MHz	1 ตัว
J_1	Socket 16 pin	1 ตัว
J_2	Socket 40 pin	1 ตัว
J_3	IDE connector 14 pin	1 ตัว
J_4	Connector 8 pin	1 ตัว
W_1	เคเบิลสายแพชนิด 14 เส้น	1 ตัว

ตารางที่ ค.2 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมทิศทางมอเตอร์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC_1	TA7279	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C_1	10 µF 15 V	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
J_1	Connector 2 pin	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมการทำงานของไวเบรเตอร์

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
IC_1	ULN2003	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
D_1	1N4001	1 ตัว
ตัวต้านทาน		
R_1	15 kΩ 1/4 W	1 ตัว
อุปกรณ์อื่นๆ		
RY_1	RELAY	1 ตัว

ตารางที่ ค.4 รายการอุปกรณ์ของวงจรภาคจ่ายไฟ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
วงจรรวม		
7805CT	เร็กกูเลเตอร์แบบให้แรงดัน +5 โวลต์	1 ตัว
7812CT	เร็กกูเลเตอร์แบบให้แรงดัน +12 โวลต์	1 ตัว
BD_1	บริดจ์ไดโอด 10 A	1 ตัว
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q_1	TIP2955	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C_1	4700 µF 50 V	2 ตัว
C_2	1 µF 16 V	1 ตัว
C_3	10 µF 16 V	1 ตัว
C_4	0.1 µF 50 V	1 ตัว
ตัวต้านทาน		
R_1	5 Ω 5 W	1 ตัว
R_2	100 Ω 1/2 W	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.4 (ต่อ) รายการอุปกรณ์ของวงจรภาคจ่ายไฟ

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์อื่นๆ		
T_1	หม้อแปลงไฟฟ้า 220 / 12-0-12 3 A	1 ตัว

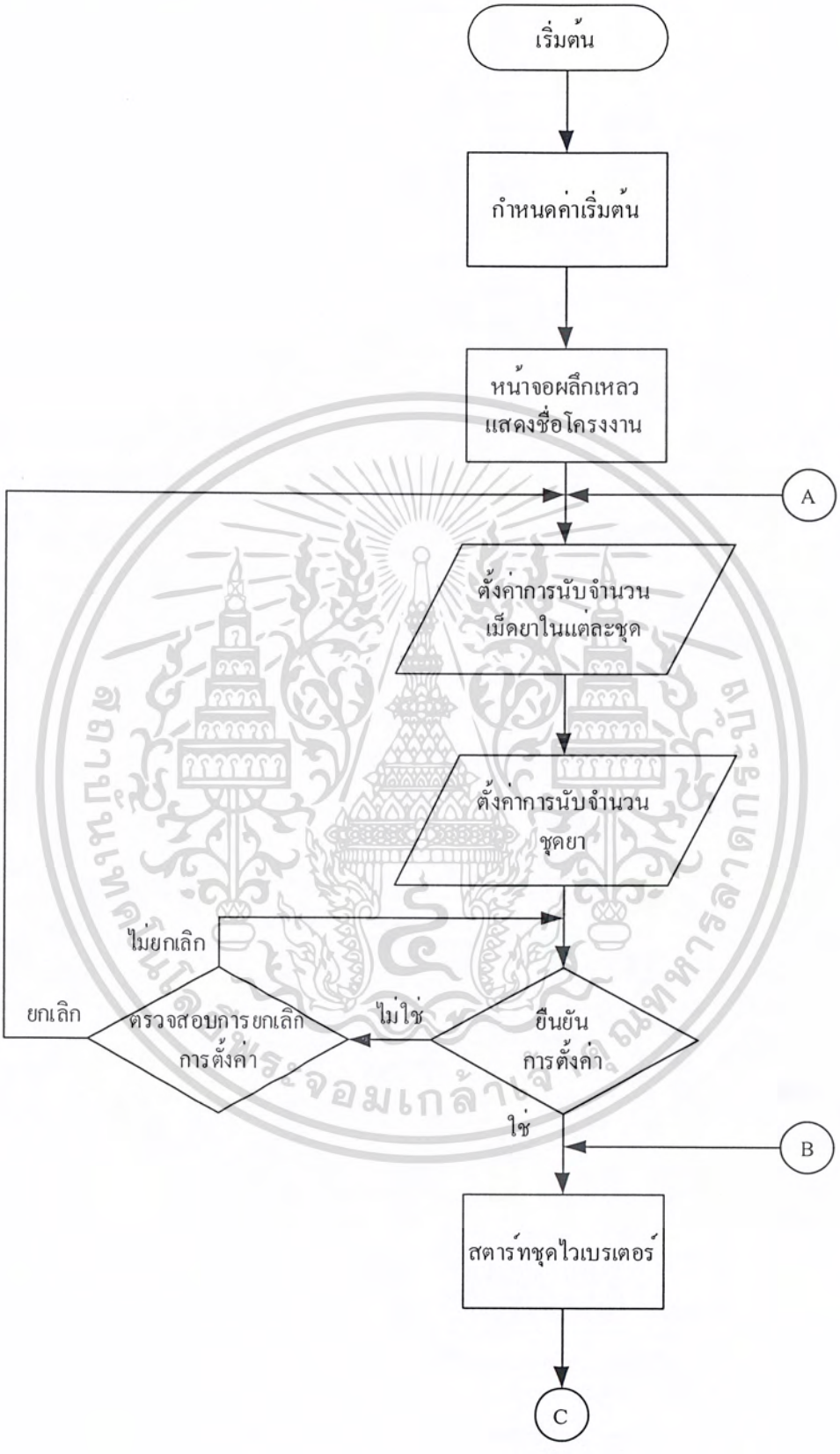
ตารางที่ ค.5 รายการอุปกรณ์ของวงจรควบคุมความเร็วในการนับเม็ดยา

ชื่ออุปกรณ์	รายละเอียด	จำนวน
อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ		
Q_1	BTA10-400	1 ตัว
D_1	DB3	1 ตัว
ตัวเก็บประจุ		
C_1, C_2	0.1 µF ไมลาร์	2 ตัว
C_3	0.1 µF	1 ตัว
ตัวต้านทาน		
R_1	4.7 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R_2	15 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R_3	68 kΩ 1/4 W	1 ตัว
R_4	120 Ω 1/4 W	1 ตัว
V_{R1}	150 kΩ	1 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

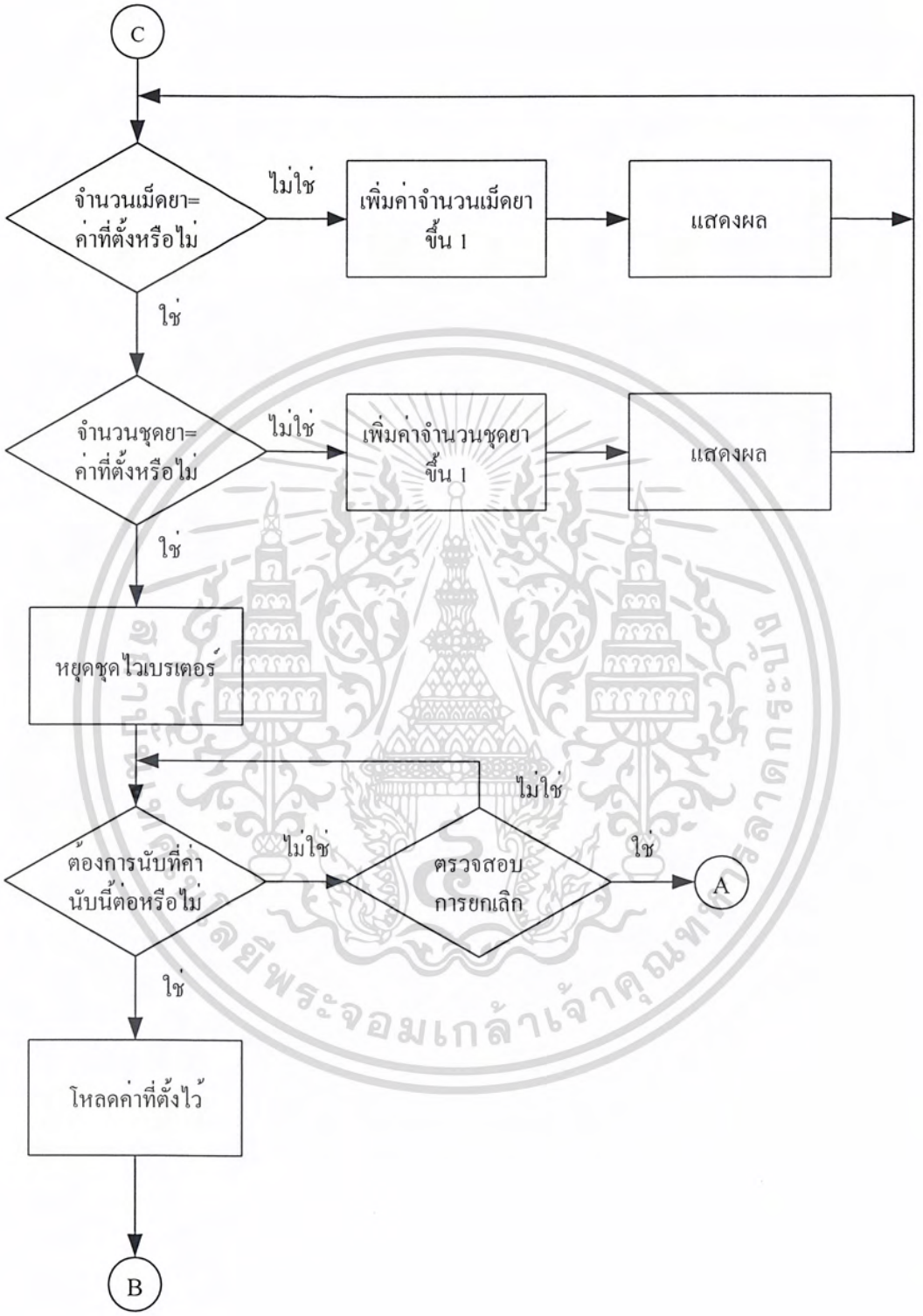
ภาคผนวก ง
แผนผังการทำงานและรหัสต้นฉบับของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.1 ผังงานโปรแกรมเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.1 (ต่อ) ผังงานโปรแกรมเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ

```
;*********************************************************************
;*            The Automatic Pill Counter Machine  V1.0
*
;*            MCU : AT89C51,52 12MHz
;*********************************************************************
;---------------------------------------------------------------------
;                     DEFINE I/O In System
;---------------------------------------------------------------------
      LCDDATA           EQU   P1
      LCDCS       EQU   P3.7
      LCDRS       EQU   P3.6
      MOTOR       EQU   P2.1
      ALARM       EQU   P2.0
      DIRECT_A    EQU   P2.2
      DIRECT_B    EQU   P2.3
      ROW1        EQU   P0.0
      ROW2        EQU   P0.1
      ROW3        EQU   P0.2
      ROW4        EQU   P0.3
      COL1        EQU   P0.4
      COL2        EQU   P0.5
      COL3        EQU   P0.6

;---------------------------------------------------------------------
;                     DEFINE STORAGE VARIABLE
;---------------------------------------------------------------------
                  ORG   20H
      DIRECTION:  DS    1
      CHDIR:      DS    1
      KEYBUF:     DS    1
      INPUTBUF:   DS    4
      THEMP:      DS    1
      SETSET:     DS    2
      SETTAB:     DS    2
      COUNTSET:   DS    2
      COUNTTAB:   DS    2
      STATUS:     DS    1
      ALARMCOUNT: DS    2
      REFRESH:    DS    1
      LCDBUFL1:   DS    20
      LCDBUFL2:   DS    20

;---------------------------------------------------------------------
;                     DEFINE CONSTANT VALUE
;---------------------------------------------------------------------
        DLDIR     EQU     025
;---------------------------------------------------------------------
;                     MAIN PROGRAM
;---------------------------------------------------------------------
                  ORG   0000H
                  LJMP  MAIN
                  LJMP  COUNT
      MAIN:       MOV   SP,#128-32
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV    P0,#0FFH
                SETB   IT0
                SETB   LCDCS
                CLR    A
                MOV    P2,A
                MOV    CHDIR,A
                MOV    STATUS,A
                MOV    DIRECTION,A
                SETB     INT0
                SETB     EX0
                SETB     EA
                MOV    SETSET+1,#0
                MOV    SETTAB+1,#0
                CLR      EX0
                CLR      EA
                LCALL  LCDINIT
LOOPMAINA:      LCALL  TITLE
LOOPMAIN:       LCALL  GETINPUT
LOOPMAIN1A:     LCALL  STARTALL
LOOPMAIN1:      LCALL  GETKEY
                CJNE   A,#0CH,NEXTMAIN
                LCALL  CHECKCANCEL
NEXTMAIN:       LCALL  CHECKUPDATE
                MOV    A,CHDIR
                JZ     NEXTMAIN1
                LCALL  CHECKDIR
NEXTMAIN1:      MOV    A,STATUS
                JNZ    LOOPMAIN1
                LCALL  TXTCONTINUE
NEXTMAIN1A:     LCALL    GETKEY
                CJNE   A,#0FFH,NEXTMAIN1B
                LJMP   NEXTMAIN1A
NEXTMAIN1B:     CJNE   A,#0DH,NEXTMAIN1C
                CLR    A
                MOV    COUNTSET,A
                MOV    COUNTSET+1,A
                MOV    COUNTTAB,A
                MOV    COUNTTAB+1,A
                LJMP   LOOPMAIN1A
NEXTMAIN1C:     CJNE   A,#0CH,NEXTMAIN1A
                LJMP     LOOPMAIN
;*************************************************
;*                START OPERATION
;*************************************************
  STARTALL:     SETB     INT0
                SETB     ALARM
                LCALL  FILLSETPOINT
                LCALL  FILLCOUNTER
                LCALL  LCDPAGE
                MOV    DIRECTION,A
                LCALL  DIR
                MOV    A,#100
                LCALL  DELAY1MS
                SETB   EX0
                SETB   EA
                SETB   MOTOR
                CLR      A
                MOV    COUNTSET,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV    COUNTTAB,A
                MOV    COUNTSET+1,A
                MOV    COUNTTAB+1,A
                MOV    STATUS,#0FFH
                RET
;*************************************************
;*                STOP OPERATION
;*************************************************
STOPALL:        CLR    MOTOR
                MOV      STATUS,#0H
                CLR    EX0
                CLR    EA
                CLR    ALARM
                RET
CHECKUPDATE:MOV    A,REFRESH
                JZ     ENDCHECKUPDATE
                LCALL  FILLCOUNTER
                LCALL  SHOWCOUNTER
                MOV    REFRESH,#00
ENDCHECKUPDATE:    RET
CHECKCANCEL:LCALL  CANCELMESSAGE
                CLR    MOTOR
                CLR    ALARM
LOOPCANCEL:  LCALL  GETKEY
                CJNE   A,#0DH,NOTCANCEL
                LCALL  STOPALL
                RET
NOTCANCEL:   CJNE   A,#0CH,LOOPCANCEL
                LCALL  FILLSETPOINT
                LCALL  FILLCOUNTER
                LCALL  LCDPAGE
                SETB   MOTOR
                SETB   ALARM
                RET
  CHECKDIR:  MOV    A,#DLDIR
                LCALL  DELAY10MS
                LCALL  DIR
                MOV    CHDIR,#0
                MOV    A,STATUS
                JNZ    OUTCHECKDIR
                CLR    DIRECT_A
                CLR    DIRECT_B
   OUTCHECKDIR:    RET
;*************************************************
;*               GET INPUT VALUE
;*************************************************
GETINPUT:    LCALL  FILLTABIN
                LCALL  LCDPAGE
                CLR    A
                MOV    SETSET,A
                MOV    SETTAB,A
                MOV    SETSET+1,A
                MOV    SETTAB+1,A
                MOV    COUNTTAB+1,A
                MOV    COUNTSET+1,A
                MOV    COUNTTAB,A
                MOV    COUNTSET,A
                MOV    A,#0CAH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL LCDADDR
                LCALL CURSORON
                MOV   R0,#INPUTBUF
GETTAB:         LCALL GETKEY
                CJNE  A,#0FFH,GETTAB1
                LJMP  GETTAB
GETTAB1:        CJNE  A,#10,GETTAB1A
GETTAB1A:       JNC   GETTAB
                JZ    GETTAB
                MOV   @R0,A
                INC   R0
                LCALL SHOWTABIN
GETTABA:        LCALL GETKEY
                CJNE  A,#0FFH,GETTAB2
                LJMP  GETTABA
GETTAB2:        CJNE  A,#10,GETTAB2A
GETTAB2A:       JNC   GETTAB2B
                MOV   @R0,A
                INC   R0
                LCALL SHOWTABIN
                LJMP  GETTABB
GETTAB2B:       CJNE  A,#0CH,GETTAB2C
                MOV   R0,#INPUTBUF
                MOV   @R0,#0
                LCALL SHOWTABIN
                LJMP  GETTAB
GETTAB2C:       CJNE  A,#0DH,GETTABA
                LCALL SAVETABIN
                LJMP  GETSET
GETTABB:        LCALL GETKEY
                CJNE  A,#0FFH,GETTAB3
                LJMP  GETTABB
GETTAB3:        CJNE  A,#10,GETTAB3A
GETTAB3A:       JNC   GETTAB3B
                MOV   @R0,A
                INC   R0
                LCALL SHOWTABIN
                LJMP  GETTABC
GETTAB3B:       CJNE  A,#0CH,GETTAB3C
                MOV   R0,#INPUTBUF
                MOV   @R0,#0
                LCALL SHOWTABIN
                LJMP  GETTAB
GETTAB3C:       CJNE  A,#0DH,GETTABB
                LCALL SAVETABIN
                LJMP  GETSET
GETTABC:        LCALL GETKEY
                CJNE  A,#0FFH,GETTAB4
                LJMP  GETTABB
GETTAB4:        CJNE  A,#10,GETTAB4A
GETTAB4A:       JNC   GETTAB4B
                LJMP  GETTABC
GETTAB4B:       CJNE  A,#0CH,GETTAB4C
                MOV   R0,#INPUTBUF
                MOV   @R0,#0
                LCALL SHOWTABIN
                LJMP  GETTAB
GETTAB4C:       CJNE  A,#0DH,GETTABC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL SAVETABIN
                LJMP  GETSET
SAVETABIN:      DEC   R0
                MOV   A,@R0
                MOV   SETTAB+1,A
                CJNE  R0,#INPUTBUF,SAVETABIN1
                RET
SAVETABIN1:     DEC   R0
                MOV   A,@R0
                SWAP  A
                ORL   A,SETTAB+1
                MOV   SETTAB+1,A
                CJNE  R0,#INPUTBUF,SAVETABIN2
                RET
SAVETABIN2:     DEC   R0
                MOV   A,@R0
                MOV   SETTAB,A
                RET

GETSET:         LCALL FILLSETIN
                LCALL LCDPAGE
                MOV   A,#0CAH
                LCALL LCDADDR
                MOV   R0,#INPUTBUF
GETSET0:        LCALL GETKEY
                CJNE  A,#0FFH,GETSET1
                LJMP  GETSET0
GETSET1:        CJNE  A,#10,GETSET1A
GETSET1A:       JNC   GETSET0
                MOV   @R0,A
                INC   R0
                LCALL SHOWSETIN
GETSETA:        LCALL GETKEY
                CJNE  A,#0FFH,GETSET2
                LJMP  GETSETA
GETSET2:        CJNE  A,#10,GETSET2A
GETSET2A:       JNC   GETSET2B
                MOV   @R0,A
                INC   R0
                LCALL SHOWSETIN
                LJMP  GETSETB
GETSET2B:       CJNE  A,#0CH,GETSET2C
                MOV   R0,#INPUTBUF
                MOV   @R0,#0
                LCALL SHOWSETIN
                LJMP  GETSET0
GETSET2C:       CJNE  A,#0DH,GETSETA
                LCALL SAVESETIN
                LJMP  WAITSTART
GETSETB:        LCALL GETKEY
                CJNE  A,#0FFH,GETSET3
                LJMP  GETSETB
GETSET3:        CJNE  A,#10,GETSET3A
GETSET3A:       JNC   GETSET3B
                MOV   @R0,A
                INC   R0
                LCALL SHOWSETIN
                LJMP  GETSETC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
GETSET3B:   CJNE  A,#0CH,GETSET3C
            MOV   R0,#INPUTBUF
            MOV   @R0,#0
            LCALL SHOWSETIN
            LJMP  GETSET0
GETSET3C:   CJNE  A,#0DH,GETSETB
            LCALL SAVESETIN
            LJMP  WAITSTART
GETSETC:    LCALL GETKEY
            CJNE  A,#0FFH,GETSET4
            LJMP  GETSETB
GETSET4:    CJNE  A,#10,GETSET4A
GETSET4A:   JNC   GETSET4B
            LJMP  GETSETC
GETSET4B:   CJNE  A,#0CH,GETSET4C
            MOV   R0,#INPUTBUF
            MOV   @R0,#0
            LCALL SHOWSETIN
            LJMP  GETSET0
GETSET4C:   CJNE  A,#0DH,GETSETC
            LCALL SAVESETIN
            LJMP  WAITSTART
SAVESETIN:  CJNE  R0,#INPUTBUF,SAVESETINA
            RET
SAVESETINA: DEC   R0
            MOV   A,@R0
            MOV   SETSET+1,A
            CJNE  R0,#INPUTBUF,SAVESETIN1
            RET
SAVESETIN1: DEC   R0
            MOV   A,@R0
            SWAP  A
            ORL   A,SETSET+1
            MOV   SETSET+1,A
            CJNE  R0,#INPUTBUF,SAVESETIN2
            RET
SAVESETIN2: DEC   R0
            MOV   A,@R0
            MOV   SETSET,A
            RET

WAITSTART:  LCALL STARTMESSAGE
WAITSTARTA: LCALL GETKEY
            CJNE  A,#0FFH,WAITSTART1
            LJMP  WAITSTARTA
WAITSTART1: CJNE  A,#0DH,WAITSTART2
            LCALL CURSOROFF
WAITSTART1A:RET
WAITSTART2: CJNE  A,#0CH,WAITSTARTA
            LJMP  GETINPUT

;*************************************************
;               SCAN KEY MATRIX 4*3
;*************************************************
GETKEY:     MOV   A,#0FFH
            MOV   P0,#0FFH
SCAN_C1:    CLR   COL1
KEY_1:      JB    ROW1,KEY_4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,#01H
                JMP     EXIT_KEY
KEY_4:          JB      ROW2,KEY_7
                MOV     A,#04H
                JMP     EXIT_KEY
KEY_7:          JB      ROW3,KEY_CAN
                MOV     A,#07H
                JMP     EXIT_KEY
KEY_CAN:        JB      ROW4,SCAN_C2
                MOV     A,#0CH
                JMP     EXIT_KEY
SCAN_C2:        SETB    COL1
                CLR     COL2
KEY_2:          JB      ROW1,KEY_5
                MOV     A,#02H
                JMP     EXIT_KEY
KEY_5:          JB      ROW2,KEY_8
                MOV     A,#05H
                JMP     EXIT_KEY
KEY_8:          JB      ROW3,KEY_0
                MOV     A,#08H
                JMP     EXIT_KEY
KEY_0:          JB      ROW4,SCAN_C3
                MOV     A,#00H
                JMP     EXIT_KEY
SCAN_C3:        SETB    COL2
                CLR     COL3
KEY_3:          JB      ROW1,KEY_6
                MOV     A,#03H
                JMP     EXIT_KEY
KEY_6:          JB      ROW2,KEY_9
                MOV     A,#06H
                JMP     EXIT_KEY
KEY_9:          JB      ROW3,KEY_ENT
                MOV     A,#09H
                JMP     EXIT_KEY
KEY_ENT:        JB      ROW4,SCAN_C0
                MOV     A,#0DH
SCAN_C0:        SETB    COL3
EXIT_KEY:       CJNE    A,#0FFH,KEYPRESS
                RET
KEYPRESS:       CALL    KEY_OFF
                MOV     KEYBUF,A
                RET
KEY_OFF:        MOV     P0,#0FH
                JNB     ROW1,KEY_OFF
                JNB     ROW2,KEY_OFF
                JNB     ROW3,KEY_OFF
                JNB     ROW4,KEY_OFF
                MOV     P0,#0FFH
                RET
;*************************************************
;*                COUNT SET & TABLET
;*************************************************
COUNT:          PUSH    PSW
                PUSH    ACC
                MOV     A,COUNTTAB+1
                CLR     C
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ADDC  A,#01H
                DA    A
                MOV   COUNTTAB+1,A
                MOV   A,COUNTTAB
                ADDC  A,#00H
                DA    A
                MOV   COUNTTAB,A
                CJNE  A,SETTAB,NEXTCOUNT
                MOV   A,COUNTTAB+1
                CJNE  A,SETTAB+1,NEXTCOUNT
                LCALL COUNT_SET
NEXTCOUNT:      MOV   REFRESH,#1
                POP   ACC
                POP   PSW
                RETI

COUNT_SET:      MOV   CHDIR,#01H
                MOV   A,COUNTSET+1
                CLR   C
                ADDC  A,#01H
                DA    A
                MOV   COUNTSET+1,A
                MOV   A,COUNTSET
                ADDC  A,#00H
                DA    A
                MOV   COUNTSET,A
                MOV   A,SETSET+1
                ORL   A,SETSET
                JZ    ENDCOUNTSET

                MOV   A,SETSET
                CJNE  A,COUNTSET,ENDCOUNTSET
                MOV   A,SETSET+1
                CJNE  A,COUNTSET+1,ENDCOUNTSET
                LCALL STOPALL

ENDCOUNTSET:MOV   COUNTTAB,#0
                MOV   COUNTTAB+1,#0
                RET

;*************************************************
;*                Toggle Direction
;*************************************************
DIR:            MOV   A,DIRECTION
                JZ    DIR1
                SETB  DIRECT_A
                CLR   DIRECT_B
                MOV   DIRECTION,#0
                LJMP  DIR2
DIR1:           SETB  DIRECT_B
                CLR   DIRECT_A
                MOV   DIRECTION,#0FFH
DIR2:           RET

DELAY1MS:       MOV   R2,A
DELAY11:        MOV   R3,#249           ;1mS X R2
DELAY12:        NOP
                NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DJNZ   R3,DELAY12
                NOP
                DJNZ   R2,DELAY11
                RET
DELAY10MS:      MOV    R4,A
DELAY10:        MOV    R2,#10
DELAY101:       MOV    R3,#249          ;1mS X R2
DELAY102:       NOP
                NOP
                DJNZ   R3,DELAY102
                NOP
                DJNZ   R2,DELAY101
                DJNZ   R4,DELAY10
                RET

LCDINIT:        SETB   LCDCS
                CLR    LCDRS
                MOV    A,#38H
                LCALL  LCD_INSI
                MOV    A,#38H
                LCALL  LCD_INSI
                MOV    A,#38H
                LCALL  LCD_INSI
                MOV    A,#38H
                LCALL  LCD_INSI
                MOV    A,#38H
                LCALL  LCD_INSI
                MOV    A,#0CH
                LCALL  LCD_INSI
                MOV    A,#06H
                LCALL  LCD_INSI
                MOV    A,#01H
                LCALL  LCD_INSI
                RET

LCD_INSI:       CLR    LCDRS
                MOV    LCDDATA,A
                MOV    A,#67H
                LCALL    LCD_EN
                RET
LCDINS:         CLR    LCDRS
                MOV      LCDDATA,A
                MOV    A,#40
                LCALL    LCD_EN
                RET

LCDWR:          SETB   LCDRS
                MOV      LCDDATA,A
                MOV    A,#01H
                LCALL    LCD_EN
                RET

LCDADDR:        SETB   ACC.7
                LCALL  LCDINS
                RET

LCD_EN:         CLR    LCDCS
                LCALL  LCD_BUSY
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SETB   LCDCS
                RET

LCD_BUSY:       PUSH   07H
                PUSH   06H
                MOV    R6,A
  LCD_BUSY1:    MOV    R7,#22
                DJNZ   R7,$
                DJNZ   R6,LCD_BUSY1
                POP    06H
                POP    07H
                RET
CURSORON:       MOV    A,#00001101B
                LCALL  LCDINS
                RET

CURSOROFF:      MOV    A,#0CH
                LCALL  LCDINS
                RET

CLRLCDBUF:      PUSH   ACC
                MOV    R0,#LCDBUFL1
                MOV    A,#20H
                MOV    R1,#20
BLANK1:         MOV    @R0,A
                INC    R0
                DJNZ   R1,BLANK1
                MOV    R0,#LCDBUFL2
                MOV    R1,#20
BLANK2:         MOV    @R0,A
                INC    R0
                DJNZ   R1,BLANK2
                POP    ACC
                RET

TITLE:          MOV    R0,#LCDBUFL1
                MOV    R1,#LCDBUFL2
                MOV    R2,#20
                CLR    A
TITLE1:         MOV    DPTR,#TABTITLE1
                PUSH   ACC
                MOVC   A,@A+DPTR
                MOV    @R0,A
                INC    R0
                MOV    DPTR,#TABTITLE2
                POP    ACC
                PUSH   ACC
                MOVC   A,@A+DPTR
                MOV    @R1,A
                INC    R1
                POP    ACC
                INC    ACC
                DJNZ   R2,TITLE1
                LCALL  LCDPAGE
                MOV    A,#250
                LCALL  DELAY10MS
                RET
SHOWCOUNTER:MOV    A,#8EH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL LCDADDR
                MOV   R1,#4
                MOV   R0,#LCDBUFL1+14
SHOWCOUNTER1:MOV  A,@R0
                LCALL LCDWR
                INC   R0
                DJNZ  R1,SHOWCOUNTER1
                MOV   A,#0CEH
                LCALL LCDADDR
                MOV   R1,#4
                MOV   R0,#LCDBUFL2+14
SHOWCOUNTER2:MOV  A,@R0
                LCALL LCDWR
                INC   R0
                DJNZ  R1,SHOWCOUNTER2
                RET

LCDPAGE:        LCALL LINE1
                LCALL LINE2
                RET

LINE1:          MOV   A,#80H
                LCALL LCDADDR
                MOV   R1,#20
                MOV   R0,#LCDBUFL1
LINE1A:         MOV   A,@R0
                LCALL LCDWR
                INC   R0
                DJNZ  R1,LINE1A
                RET

LINE2:          MOV   A,#0C0H
                LCALL LCDADDR
                MOV   R1,#20
                MOV   R0,#LCDBUFL2
LINE2A:         MOV   A,@R0
                LCALL LCDWR
                INC   R0
                DJNZ  R1,LINE2A
                RET

TXTCONTINUE:MOV   R0,#LCDBUFL1
                MOV   R1,#LCDBUFL2
                MOV   R2,#20
                CLR   A
TXTCON1:        MOV   DPTR,#TABCONTINUE1
                PUSH  ACC
                MOVC  A,@A+DPTR
                MOV   @R0,A
                INC   R0
                MOV   DPTR,#TABCONTINUE2
                POP   ACC
                PUSH  ACC
                MOVC  A,@A+DPTR
                MOV   @R1,A
                INC   R1
                POP   ACC
                INC   ACC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DJNZ   R2,TXTCON1
                LCALL  LCDPAGE
                RET

FILLTABIN:      MOV    R0,#LCDBUFL1
                MOV    DPTR,#TABTABIN
                MOV    R1,#20
                CLR    A
FILLTABIN1:     PUSH   ACC
                MOVC   A,@A+DPTR
                MOV    @R0,A
                INC    R0
                POP    ACC
                INC    A
                DJNZ   R1,FILLTABIN1
                MOV    R0,#LCDBUFL2
                MOV    DPTR,#TABTABINA
                MOV    R1,#20
                CLR    A
FILLTABIN2:     PUSH   ACC
                MOVC   A,@A+DPTR
                MOV    @R0,A
                INC    R0
                POP    ACC
                INC    A
                DJNZ   R1,FILLTABIN2
                RET

FILLSETIN:      MOV    R0,#LCDBUFL1
                MOV    DPTR,#TABSETIN
                MOV    R1,#20
                CLR    A
FILLSETIN1:     PUSH   ACC
                MOVC   A,@A+DPTR
                MOV    @R0,A
                INC    R0
                POP    ACC
                INC    A
                DJNZ   R1,FILLSETIN1
                MOV    R0,#LCDBUFL2
                MOV    DPTR,#TABSETINA
                MOV    R1,#20
                CLR    A
FILLSETIN2:     PUSH   ACC
                MOVC   A,@A+DPTR
                MOV    @R0,A
                INC    R0
                POP    ACC
                INC    A
                DJNZ   R1,FILLSETIN2
                RET
CANCELMESSAGE:  LCALL  CLRLCDBUF
                MOV    R0,#LCDBUFL1
                MOV    DPTR,#TABCANCEL
                MOV    R1,#20
                CLR    A
CANCEL1:        PUSH   ACC
                MOVC   A,@A+DPTR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV    @R0,A
                INC    R0
                POP    ACC
                INC    A
                DJNZ   R1,CANCEL1
                LCALL  LCDPAGE
                RET

STARTMESSAGE:   LCALL  CLRLCDBUF
                MOV    R0,#LCDBUFL1
                MOV    DPTR,#TABENTER
                MOV    R1,#20
                CLR    A
ENTER1:         PUSH   ACC
                MOVC   A,@A+DPTR
                MOV    @R0,A
                INC    R0
                POP    ACC
                INC    A
                DJNZ   R1,ENTER1
                LCALL  LCDPAGE
                RET


FILLCOUNTER:MOV    R0,#LCDBUFL1+14
                MOV    R1,#0
                MOV    A,COUNTTAB
                ANL    A,#0F0H
                JZ     TABISZERO
                SWAP   A
                LCALL  HEXCH
                MOV    @R0,A
                INC    R0
                INC    R1
                LJMP   NEXTFCOUNT
TABISZERO:      MOV    @R0,#20H
                INC    R0
NEXTFCOUNT:     MOV    A,COUNTTAB
                ANL    A,#0FH
                JZ     TABISZERO2
                LCALL  HEXCH
                MOV    @R0,A
                INC    R0
                INC    R1
                LJMP   NEXTFCOUNT2
TABISZERO2:     CJNE   R1,#00,TABZ2A
                MOV    @R0,#20H
                INC    R0
                LJMP   NEXTFCOUNT2
TABZ2A:         LCALL  HEXCH
                MOV    @R0,A
                INC    R0
NEXTFCOUNT2:MOV    A,COUNTTAB+1
                ANL    A,#0F0H
                JZ     TABISZERO3
                SWAP   A
                LCALL  HEXCH
                MOV    @R0,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                INC     R0
                INC     R1
                LJMP    NEXTFCOUNT3
TABISZERO3:     CJNE    R1,#00,TABZ2B
                MOV     @R0,#20H
                INC     R0
                LJMP    NEXTFCOUNT3
TABZ2B:         SWAP    A
                LCALL   HEXCH
                MOV     @R0,A
                INC     R0
NEXTFCOUNT3:    MOV     A,COUNTTAB+1
                ANL     A,#0FH
                LCALL   HEXCH
                MOV     @R0,A

                MOV     R0,#LCDBUFL2+14
                MOV     R1,#0
                MOV     A,COUNTSET
                ANL     A,#0F0H
                JZ      SETISZERO
                SWAP    A
                LCALL   HEXCH
                MOV     @R0,A
                INC     R0
                INC     R1
                LJMP    NEXTFCOUNT4
SETISZERO:      MOV     @R0,#20H
                INC     R0
NEXTFCOUNT4:    MOV     A,COUNTSET
                ANL     A,#0FH
                JZ      SETISZERO2
                LCALL   HEXCH
                MOV     @R0,A
                INC     R0
                INC     R1
                LJMP    NEXTFCOUNT5
SETISZERO2:     CJNE    R1,#00,SETZ2A
                MOV     @R0,#20H
                INC     R0
                LJMP    NEXTFCOUNT5
SETZ2A:         LCALL   HEXCH
                MOV     @R0,A
                INC     R0
                INC     R1
NEXTFCOUNT5:    MOV     A,COUNTSET+1
                ANL     A,#0F0H
                JZ      SETISZERO3
                SWAP    A
                LCALL   HEXCH
                MOV     @R0,A
                INC     R0
                INC     R1
                LJMP    NEXTFCOUNT6
SETISZERO3:     CJNE    R1,#00,SETZ2B
                MOV     @R0,#20H
                INC     R0
                LJMP    NEXTFCOUNT6
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SETZ2B:         SWAP   A
                LCALL  HEXCH
                MOV    @R0,A
                INC    R0
NEXTFCOUNT6:    MOV    A,COUNTSET+1
                ANL    A,#0FH
                LCALL  HEXCH
                MOV    @R0,A
                RET

FILLSETPOINT:       LCALL CLRLCDBUF
                MOV    R0,#LCDBUFL1
                MOV    DPTR,#TABTAB
                MOV    R1,#20
                CLR    A
FILLSETPOINT1:      PUSH   ACC
                MOVC   A,@A+DPTR
                MOV    @R0,A
                INC    R0
                POP    ACC
                INC    A
                DJNZ   R1,FILLSETPOINT1
                MOV    R0,#LCDBUFL2
                MOV    DPTR,#TABSET
                MOV    R1,#20
                CLR    A
FILLSETPOINT2:      PUSH   ACC
                MOVC   A,@A+DPTR
                MOV    @R0,A
                INC    R0
                POP    ACC
                INC    A
                DJNZ   R1,FILLSETPOINT2

                MOV    R0,#LCDBUFL1+8
                MOV    R1,#0
                MOV    A,SETTAB
                ANL    A,#0F0H
                JZ     TAB_ISZERO
                SWAP   A
                LCALL  HEXCH
                MOV    @R0,A
                INC    R0
                INC    R1
                LJMP   NEXTFSET
TAB_ISZERO:     MOV    @R0,#20H
                INC    R0
NEXTFSET:       MOV    A,SETTAB
                ANL    A,#0FH
                JZ     TAB_ISZERO2
                LCALL  HEXCH
                MOV    @R0,A
                INC    R0
                INC    R1
                LJMP   NEXTFSET2
TAB_ISZERO2:    CJNE   R1,#00,TAB_Z2A
                MOV    @R0,#20H
                INC    R0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LJMP   NEXTFSET2
TAB_Z2A:        LCALL  HEXCH
                MOV    @R0,A
                INC    R0
NEXTFSET2:      MOV    A,SETTAB+1
                ANL    A,#0F0H
                JZ     TAB_ISZERO3
                SWAP   A
                LCALL  HEXCH
                MOV    @R0,A
                INC    R0
                INC    R1
                LJMP   NEXTFSET3
TAB_ISZERO3:CJNE   R1,#00,TAB_Z2B
                MOV    @R0,#20H
                INC    R0
                LJMP   NEXTFSET3
TAB_Z2B:        SWAP   A
                LCALL  HEXCH
                MOV    @R0,A
                INC    R0
NEXTFSET3:      MOV    A,SETTAB+1
                ANL    A,#0FH
                LCALL  HEXCH
                MOV    @R0,A
                MOV    R0,#LCDBUFL2+8
                MOV    R1,#0
                MOV    A,SETSET
                ANL    A,#0F0H
                JZ     SET_ISZERO
                SWAP   A
                LCALL  HEXCH
                MOV    @R0,A
                INC    R0
                INC    R1
                LJMP   NEXTFSET4
SET_ISZERO:     MOV    @R0,#20H
                INC    R0
NEXTFSET4:      MOV    A,SETSET
                ANL    A,#0FH
                JZ     SET_ISZERO2
                LCALL  HEXCH
                MOV    @R0,A
                INC    R0
                INC    R1
                LJMP   NEXTFSET5
SET_ISZERO2:CJNE   R1,#00,SET_Z2A
                MOV    @R0,#20H
                INC    R0
                LJMP   NEXTFSET5
SET_Z2A:        LCALL  HEXCH
                MOV    @R0,A
                INC    R0
                INC    R1
NEXTFSET5:      MOV    A,SETSET+1
                ANL    A,#0F0H
                JZ     SET_ISZERO3
                SWAP   A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL HEXCH
                MOV   @R0,A
                INC   R0
                INC   R1
                LJMP  NEXTFSET6
SET_ISZERO3:CJNE  R1,#00,SET_Z2B
                MOV   @R0,#20H
                INC   R0
                LJMP  NEXTFSET6
SET_Z2B:        SWAP  A
                LCALL HEXCH
                MOV   @R0,A
                INC   R0
NEXTFSET6:      MOV   A,SETSET+1
                ANL   A,#0FH
                LCALL HEXCH
                MOV   @R0,A
                RET

SHOWTABIN:      MOV   R1,#LCDBUFL2+10
                CJNE  R0,#INPUTBUF,SHOWTABIN1
                MOV   R2,#3
                MOV   A,#20H
SHOWTABA:       MOV   @R1,A
                INC   R1
                DJNZ  R2,SHOWTABA
                MOV   A,R0
                PUSH  ACC
                LCALL LINE2
                MOV   A,#0CAH
                LCALL LCDADDR
                POP   ACC
                MOV   R0,A
                RET
SHOWTABIN1:     MOV   THEMP,R0
                MOV   A,INPUTBUF
                LCALL HEXCH
                MOV   @R1,A
                INC   R1
                MOV   A,#INPUTBUF+1
                CJNE  A,THEMP,SHOWTABIN2
                MOV   A,#20H
                MOV   @R1,A
                INC   R1
                MOV   @R1,A
                MOV   A,R0
                PUSH  ACC
                LCALL LINE2
                MOV   A,#0CBH
                LCALL LCDADDR
                POP   ACC
                MOV   R0,A
                RET
SHOWTABIN2:     MOV   A,INPUTBUF+1
                LCALL HEXCH
                MOV   @R1,A
                INC   R1
                MOV   A,#INPUTBUF+2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE  A,THEMP,SHOWTABIN3
                MOV   A,#20H
                MOV   @R1,A
                MOV   A,R0
                PUSH  ACC
                LCALL LINE2
                MOV   A,#0CCH
                LCALL LCDADDR
                POP   ACC
                MOV   R0,A
                RET
   SHOWTABIN3:MOV     A,INPUTBUF+2
                LCALL HEXCH
                MOV   @R1,A
                MOV   A,R0
                PUSH  ACC
                LCALL LINE2
                MOV   A,#0CDH
                LCALL LCDADDR
                POP   ACC
                MOV   R0,A
                RET

SHOWSETIN:      MOV   R1,#LCDBUFL2+10
                CJNE  R0,#INPUTBUF,SHOWSETIN1
                MOV   R2,#3
                MOV   A,#20H
SHOWSETA:       MOV   @R1,A
                INC   R1
                DJNZ  R2,SHOWSETA
                MOV   A,R0
                PUSH  ACC
                LCALL LINE2
                MOV   A,#0CAH
                LCALL LCDADDR
                POP   ACC
                MOV   R0,A
                RET
SHOWSETIN1:     MOV   THEMP,R0
                MOV   A,INPUTBUF
                LCALL HEXCH
                MOV   @R1,A
                INC   R1
                MOV   A,#INPUTBUF+1
                CJNE  A,THEMP,SHOWSETIN2
                MOV   A,#20H
                MOV   @R1,A
                INC   R1
                MOV   @R1,A
                MOV   A,R0
                PUSH  ACC
                LCALL LINE2
                MOV   A,#0CBH
                LCALL LCDADDR
                POP   ACC
                MOV   R0,A
                RET
   SHOWSETIN2: MOV    A,INPUTBUF+1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL HEXCH
                MOV   @R1,A
                INC   R1
                MOV   A,#INPUTBUF+2
                CJNE  A,THEMP,SHOWSETIN3
                MOV   A,#20H
                MOV   @R1,A
                MOV   A,R0
                PUSH  ACC
                LCALL LINE2
                MOV   A,#0CCH
                LCALL LCDADDR
                POP   ACC
                MOV   R0,A
                RET
      SHOWSETIN3:MOV  A,INPUTBUF+2
                LCALL HEXCH
                MOV   @R1,A
                MOV   A,R0
                PUSH  ACC
                LCALL LINE2
                MOV   A,#0CDH
                LCALL LCDADDR
                POP   ACC
                MOV   R0,A
                RET

      HEXCH:    PUSH  ACC
                CLR   C
                SUBB  A,#0AH
                POP   ACC
                JC    HEXCH1
                ADD   A,#7
      HEXCH1:   ADD   A,#30H
                RET
;-------------------------------------------------------------------
;                MESSAGE EDITOR
;-------------------------------------------------------------------
;               '0123456789ABCDEF0123',00H
TABTITLE1:  DB    '   THE AUTOMATIC    ',00H
TABTITLE2:  DB    'PILL COUNTER MACHINE',00H
TABTABIN:       DB      ' INSERT AMOUNT OF   ',00H
TABTABINA:      DB      ' TABLETS :          ',00H
TABSETIN:       DB      ' INSERT AMOUNT OF   ',00H
TABSETINA:      DB      ' SET     :          ',00H
TABENTER:   DB    'ENTER TO RUN (Y/N)  ',00H
TABCONTINUE1:     DB    '    PRESS ENTER     ',00H
TABCONTINUE2:   DB      'TO CONTINUE  (Y/N)  ',00H
TABTAB:         DB      'TABLET (    ):      ',00H
TABSET:         DB      'SET    (    ):      ',00H
TABCANCEL:  DB    'STOP NOW (Y/N)      ',00H


END
;
```

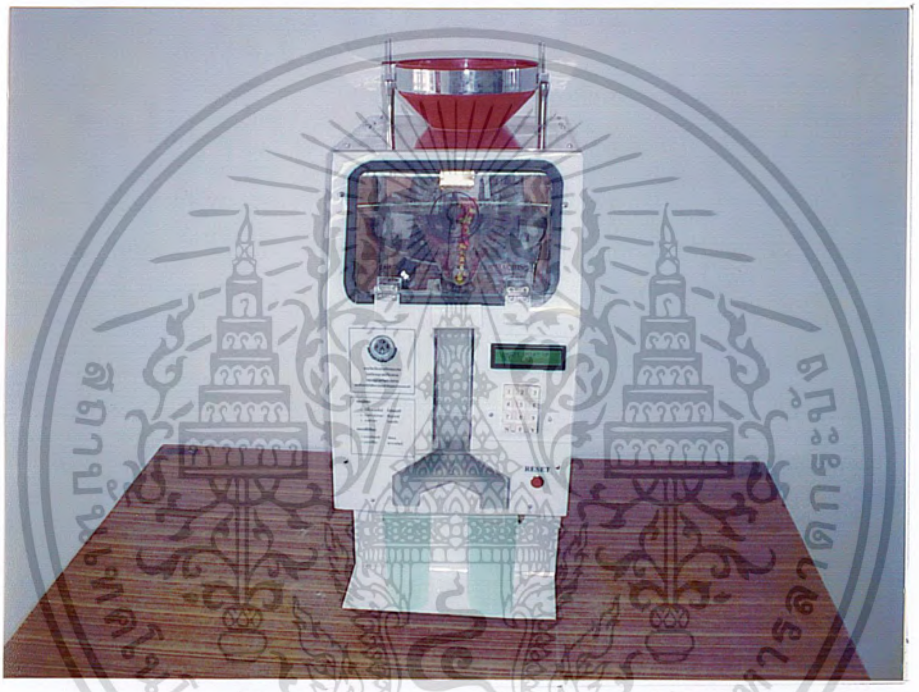
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ

คู่มือการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้งาน
เครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ



สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

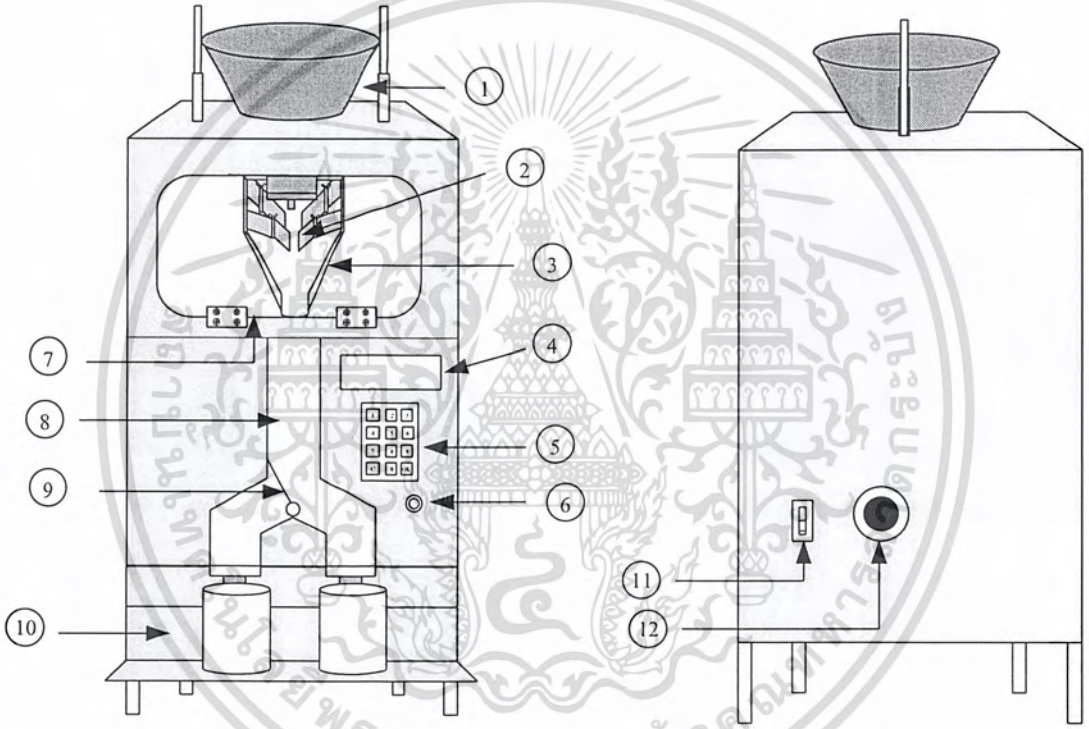
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. คำแนะนำเบื้องต้น

ก่อนที่จะลงมือใช้เครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ ควรทำการศึกษาการใช้งานจากคู่มือให้เข้าใจ เพื่อประสิทธิภาพในการทำงาน และเป็นการป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ

2. ส่วนประกอบและปุ่มควบคุม



(ก) ด้านหน้า (ข) ด้านข้าง

รูปที่ จ.1 ส่วนประกอบและปุ่มควบคุมของเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ

จากรูปที่ จ.1แสดงส่วนประกอบของเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติ ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

(1) กรวยบรรจุยา ใช้สำหรับบรรจุยาที่ต้องการจะนับ

(2) ตัวปรับขนาดของการเรียงเม็ด ใช้สำหรับให้ยาเกิดการเรียงตัว ซึ่งจะต้องปรับให้เหมาะสมกับกับชนิด ขนาดของยาที่จะทำการนับ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) ถาดลำเลียงเม็ดยา ใช้สำหรับลำเลียงเม็ดยาไปยังช่องจ่ายยาและทำให้เกิดการเรียงตัวของเม็ดยา

(4) จอแสดงผลแบบผลึกเหลว ใช้สำหรับแสดงผลการตั้งค่าและการนับ

(5) สวิตช์เมตริก ใช้สำหรับกด เพื่อตั้งค่าที่ต้องการในการนับ

(6) ปุ่มรีเซ็ต ใช้สำหรับในกรณีที่ต้องการหยุดการทำงานในทันทีทันใด

(7) อุปกรณ์ตรวจจับด้วบแสงอินฟาเรด ทำหน้าที่ในการตรวจสอบการตกของเม็ดยา

(8) ช่องจ่ายยา เป็นช่องทางการจ่ายเม็ดยาสลับกันซ้าย-ขวา เพื่อให้ผู้งานสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

(9) ใบปัดเปลี่ยนช่องจ่ายยา ทำหน้าที่ในการสลับช่องในการจ่ายยา เพื่อให้ผู้ใช้งานทำงานได้อย่างต่อเนื่อง

(10) แทนปรับระดับ ใช้เลื่อนปรับระดับให้เหมาะสมกับขนาดของภาชนะที่ใช้ในการรองรับเม็ดยาที่ผ่านการนับแล้ว

(11) สวิตช์เปิด-ปิด

(12) ปุ่มควบคุมความเร็ว ใช้สำหรับลดหรือเพิ่มความเร็วในการใช้งาน

3. การติดตั้งและใช้งาน

3.1 เสียบปลั๊กไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์

3.2 เปิดสวิตช์ POWER

3.3 จอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะแสดงชื่อโครงงาน ประมาณ 5-10 วินาที

THE AUTOMATIC PILL COUNTER MACHINE

3.4 เมื่อเครื่องพร้อมใช้งาน จอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะแสดง

INSERT AMOUNT OF TABLET :

3.5 ให้ผู้ใช้งานทำการป้อนค่าจำนวนเม็ดยาที่จะทำการนับในแต่ละชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 เมื่อผู้ใช้งานป้อนค่าจำนวนเม็ดยาที่จะทำการนับในแต่ละชุดแล้ว จอแสดงผลแบบผนึกเหลวจะแสดงค่าจำนวนเม็ดยาที่จะทำการนับ เช่น ถ้าต้องการนับชุดละจำนวน 20 เม็ด จอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะแสดง

INSERT AMOUNT OF TABLET : 20

3.7 หลังจากนั้นจอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะแสดง

INSERT AMOUNT OF SET :

3.8 ให้ผู้ใช้งานทำการป้อนค่าจำนวนชุดที่จะทำการนับ

3.9 เมื่อผู้ใช้งานป้อนค่าชุดที่จะทำการนับแล้ว จอแสดงผลแบบผนึกเหลวจะแสดงค่าจำนวนชุดที่จะทำการนับ เช่น ถ้าต้องการนับทั้งหมด 20 ชุด จอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะแสดง

INSERT AMOUNT OF SET : 20

3.10 ในกรณีที่ต้องการ ไม่ต้องการนับจำนวนชุดให้กด 0

3.10 หลังจากแสดงค่าการตั้งชุดแล้ว เพื่อยืนยันการตั้งค่า จอแสดงผลแบบผลึกเหลวจะแสดง

ENTER TO RUN (Y/N)

3.11 ถ้าผู้ใช้ตอบ Y เครื่องจะเริ่มทำงาน แต่ถ้าผู้ใช้ตอบ N เครื่องจะกลับไปให้ผู้ใช้งานใส่ค่าจำนวนเม็ดยาในแต่ละชุด และจำนวนชุดที่จะทำการนับ

3.12 กรณีที่ผู้ใช้งานตอบ Y เครื่องจะทำการนับ และแสดงผลการนับที่หน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลว จนกว่าการนับจะครบตามจำนวนที่ตั้งค่าไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLET (จำนวนที่ตั้ง) : ผลการนับ
SET (จำนวนที่ตั้ง) : ผลการนับ

3.13 เมื่อเครื่องนับเม็ดยาอัตโนมัติทำการนับจนครบตามจำนวนแล้ว จะทำการหยุดเครื่องและจอแสดงผลแบบผลึกจะแสดง

PRESS ENTER
TO CONTINUE (Y/N)

3.14 หากผู้ใช้งานต้องการทำการนับต่อตามค่าที่ได้ตั้งไว้ข้างต้นให้กด Y แต่ถ้าผู้ใช้งานต้องการตั้งค่าใหม่หรือไม่ต้องการทำงานต่อให้กด N

3.15 ในกรณีที่ผู้ใช้งานต้องการหยุดการทำงานทันทีหรือต้องการตั้งค่าการนับใหม่ สามารถทำได้โดยการกดปุ่มรีเซต

3.16 ในการใช้งานจะต้องตั้งระดับความเร็วให้เหมาะสมกับรูปแบบของเม็ดยาที่ต้องการนับ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ยาเม็ดกลมขนาดใหญ่ (12 มิลลิเมตร) ระดับความเร็วที่เหมาะสม คือ ระดับ 5
2. ยาเม็ดกลมขนาดเล็ก (10 มิลลิเมตร) ระดับความเร็วที่เหมาะสม คือ ระดับ 4
3. ยาเม็ดกลมเคลือบ (9 มิลลิเมตร) ระดับความเร็วที่เหมาะสม คือ ระดับ 4
4. ยาแคปซูล (ความยาว 19 มิลลิเมตร) ระดับความเร็วที่เหมาะสม คือ ระดับ 5-6
5. ยาทรงรี (ความยาว 19 มิลลิเมตร) ระดับความเร็วที่เหมาะสม คือ ระดับ 5-6

4. การดูแลรักษาและข้อควรระวัง

4.1 การดูแลรักษา

- สามารถถอดกรวยบรรจุยาออกมาทำความสะอาด โดยถอดน็อต 2 ตัว ด้านข้างที่ใช้ยึดกรวยออก

- ทำความสะอาดเครื่องด้วยผ้าแห้งหรือชุบน้ำหมาดๆ ถ้ากรณีที่เครื่องสกปรกมากสามารถเช็ดด้วยแอลกอฮอร์ฆ่าเชื้อโรค ควรทำความสะอาดเครื่องทุกวันหลังใช้งาน

- ตรวจสอบลำแสงและตัวตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด ที่ใช้ในการตรวจนับเม็ดยาให้สะอาดและปราศจากฝุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ตรวจสอบสายไฟและปลั๊กไฟให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์ พร้อมที่จะใช้งาน เพื่อความปลอดภัย

- ห้ามใช้น้ำมันและจารบีทุกชนิดกับเครื่องนับเม็ดยา

4.2 ข้อควรระวัง

- เพื่อป้องกันอุบัติเหตุหรือบาดเจ็บ ควรปิดสวิตช์ทุกครั้งที่ตั้งการปรับ ถอดชิ้นส่วน ตรวจเช็คเครื่องหรือทำความสะอาดเครื่อง

- อย่าสอดมือหรือปลายไขควงเข้าขวางชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนไหว

- เพื่อป้องกันกระแสรั่วไหลที่อาจเกิดอันตรายกับผู้ใช้งาน ควรต่อสายดินให้กับตัวเครื่องด้วย

5. ข้อมูลจำเพาะ

คุณสมบัติ	รายละเอียด
หลักการทำงาน	ใช้หลักการของไวเบรเตอร์เป็นต้นกำลังในการสั่นให้ยาเกิดการเรียงตัว
ระดับความเร็ว	สามารถตั้งระดับความเร็วได้ 6 ระดับ ขึ้นอยู่กับรูปแบบของเม็ดยาที่ต้องการนับ
อุปกรณ์ตรวจจับ	ใช้อุปกรณ์ตรวจจับด้วยแสงอินฟาเรด
ส่วนแสดงผล	ใช้ส่วนแสดงผลแบบผลึกเหลว ขนาด 20×2
แหล่งจ่ายพลังงาน	ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ความถี่ 50-60 เฮิรตซ์
ขนาดเม็ดยา	5-20 มิลลิเมตร
ตั้งค่าการนับเม็ดยาในแต่ละชุดได้สูงสุด	999 เม็ด
ตั้งค่าการนับชุดได้สูงสุด	999 ชุด
ความผิดพลาดและความเที่ยงตรง	± 2.5%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ

รายละเอียดและคุณสมบัติของอุปกรณ์

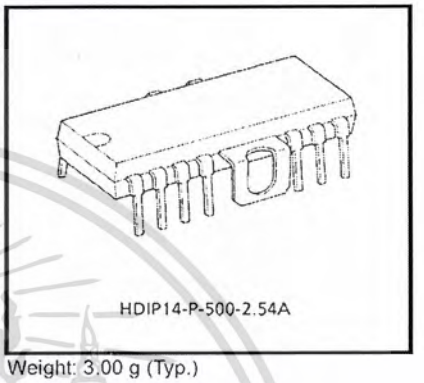
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TOSHIBA BIPOLAR LINEAR INTEGRATED CIRCUIT SILICON MONOLITHIC

TA7279P,TA7279AP

DUAL BRIDGE DRIVER

The TA7279P, TA7279AP are dual bridge driver designed for DC motor rotation control.

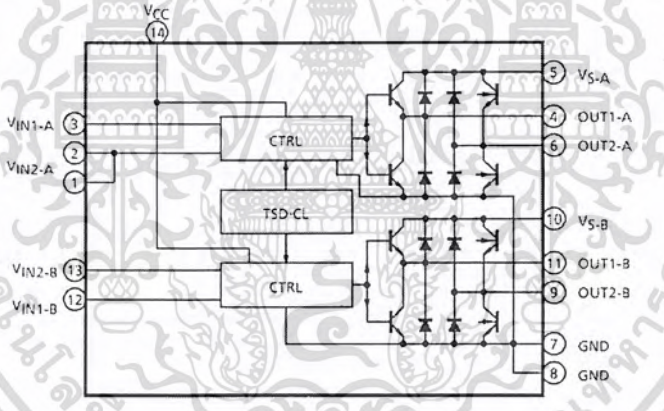


Weight: 3.00 g (Typ.)

FEATURES

- Wide Range of Operating Voltage
  : V_{CC} (opr.) = 6~18 V (P, AP),
  V_S (opr.) = 0~16 V (P) / = 0~18 V (AP)
- Output Current Up to 1.0 A (AVE.), 3.0 A (PEAK)
- Built-in Thermal Shut Down and Current Limiter
- Input Hysteresis for Stable Operation

BLOCK DIAGRAM



961001EBA1

- TOSHIBA is continually working to improve the quality and the reliability of its products. Nevertheless, semiconductor devices in general can malfunction or fail due to their inherent electrical sensitivity and vulnerability to physical stress. It is the responsibility of the buyer, when utilizing TOSHIBA products, to observe standards of safety, and to avoid situations in which a malfunction or failure of a TOSHIBA product could cause loss of human life, bodily injury or damage to property. In developing your designs, please ensure that TOSHIBA products are used within specified operating ranges as set forth in the most recent products specifications. Also, please keep in mind the precautions and conditions set forth in the TOSHIBA Semiconductor Reliability Handbook.
- The products described in this document are subject to foreign exchange and foreign trade control laws.
- The information contained herein is presented only as a guide for the applications of our products. No responsibility is assumed by TOSHIBA CORPORATION for any infringements of intellectual property or other rights of the third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any intellectual property or other rights of TOSHIBA CORPORATION or others.
- The information contained herein is subject to change without notice.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

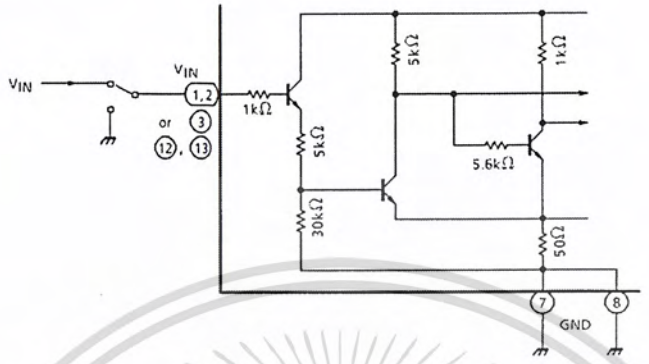
PIN FUNCTION

PIN No.	SYMBOL	FUNCTIONAL DESCRIPTION
1	V_{IN2-A}	A-ch input terminal
2	V_{IN2-A}	
3	V_{IN1-A}	A-ch input terminal
4	OUT1-A	A-ch output terminal
5	V_{S-A}	A-ch Motor drive power supply
6	OUT2-A	A-ch output terminal
7	GND	GND terminal
8	GND	
9	OUT2-B	B-ch output terminal
10	V_{S-B}	B-ch Moter drive power supply
11	OUT1-B	B-ch output terminal
12	V_{IN1-B}	B-ch input terminal
13	V_{IN2-B}	B-ch input terminal
14	V_{CC}	Logic power supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

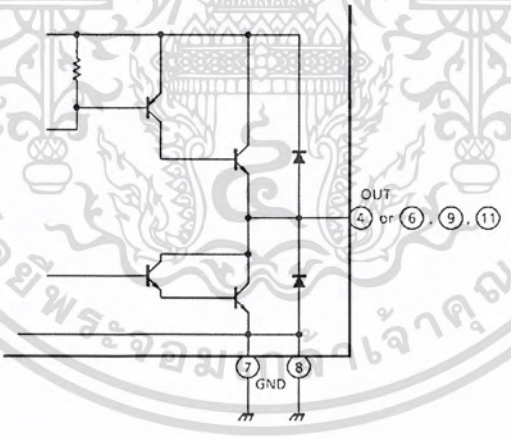
APPLICATION NOTE

(1) Input circuit



Input terminals of (2), (3), (12) and (13) Pin are all high active type and have a hysteresis.
3 μA Typ. of input current is required.
The input circuit is an active high type, as shown in the diagram. When voltage higher than the specified $V_{IN\ (H)}$ is applied, the output is logic "H". When voltage lower than the specified $V_{IN\ (L)}$ is applied or if the input is grounded, the output is logic "L". Since the input current IN flows to the input when logic "H", be careful with the output impedance at the previous step.

(2) Output circuit



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FUNCTION

IN1	IN2	OUT1	OUT2	MODE
1	1	L	L	Brake
0	1	L	H	CW / CCW
1	0	H	L	CCW / CW
0	0	High Impedance		STOP

MAXIMUM RATINGS (Ta = 25°C)

CHARACTERISTIC		SYMBOL	RATING	UNIT
Supply Voltage	AP	V_{CC} (MAX.)	25	V
	P		20	
Motor Drive Voltage	AP	V_S (MAX.)	25	V
	P		18	
Output Current	PEAK	I_O (PEAK)	3.0	A
	AVE.	I_O (AVE.)	1.0	
Power Dissipation		P_D (Note)	2.3	W
Operating Temperature		T_{opr}	−30~75	°C
Storage Temperature		T_{stg}	−55~150	°C

Note: No heat sink.

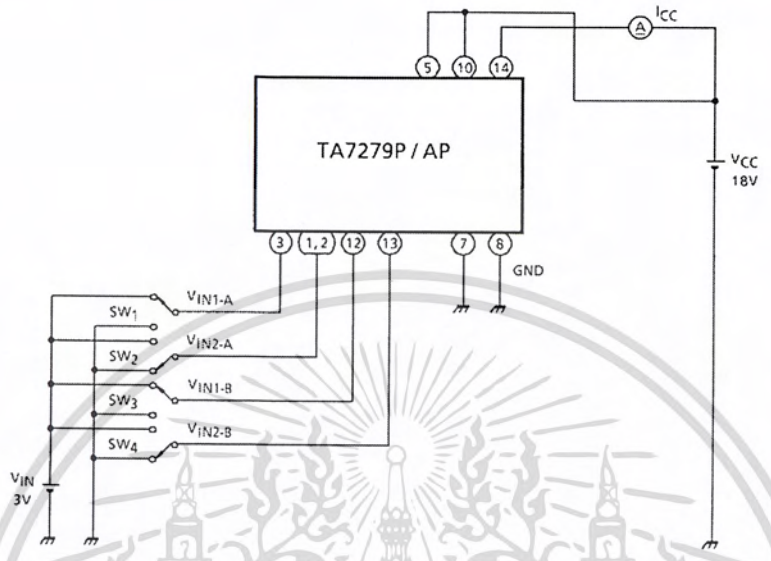
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta = 25°C)

CHARACTERISTIC		SYMBOL	TEST CIR-CUIT	TEST CONDITION	MIN	TYP.	MAX	UNIT
Supply Current		I_{CC1}	1	V_{CC} = 18 V, Output Off, Stop mode	14	28	41	mA
		I_{CC2}	1	V_{CC} = 18 V, Output Off, CW / CCW mode	10	29	38	
		I_{CC3}	1	V_{CC} = 18 V, Output Off, Brake mode	8	20	35	
Input Operating Voltage	1 (High)	$V_{IN\ (H)}$	—	T_j = 25°C	3.0	—	V_{CC}	V
	2 (Low)	$V_{IN\ (L)}$	—	T_j = 25°C	—	—	0.8	
Input Current		I_{IN}	2	Sink, V_{IN} = 3 V	—	3	10	μA
Output Saturation Voltage	Upper	V_{SATU-1}	3	I_O = 0.1 A, V_{CC} = V_S = 18 V	—	—	1.1	V
	Lower	V_{SATL-1}	3	I_O = 0.1 A, V_{CC} = V_S = 18 V	—	—	1.0	
	Upper	V_{SATU-2}	3	I_O = 1.0 A, V_{CC} = V_S = 18 V	—	1.2	1.5	
	Lower	V_{SATL-2}	3	I_O = 1.0 A, V_{CC} = V_S = 18 V	—	1.05	1.4	
Leakage Current	Upper	I_{LU}	—	V_S = 25 V	—	—	50	μA
	Lower	I_{LL}	—	V_S = 25 V	—	—	50	
Diode Forward Drop	Upper	V_{FU}	4	I_F = 1 A	—	2.0	—	V
	Lower	V_{FL}	4	I_F = 1 A	—	1.3	—	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

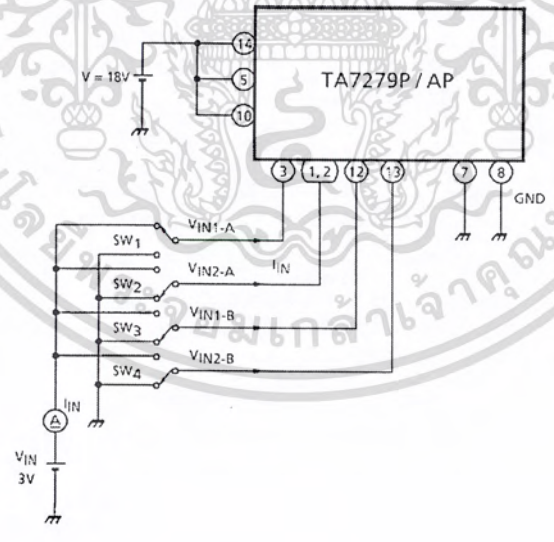
TEST CIRCUIT 1.

$I_{CC1, 2, 3}$



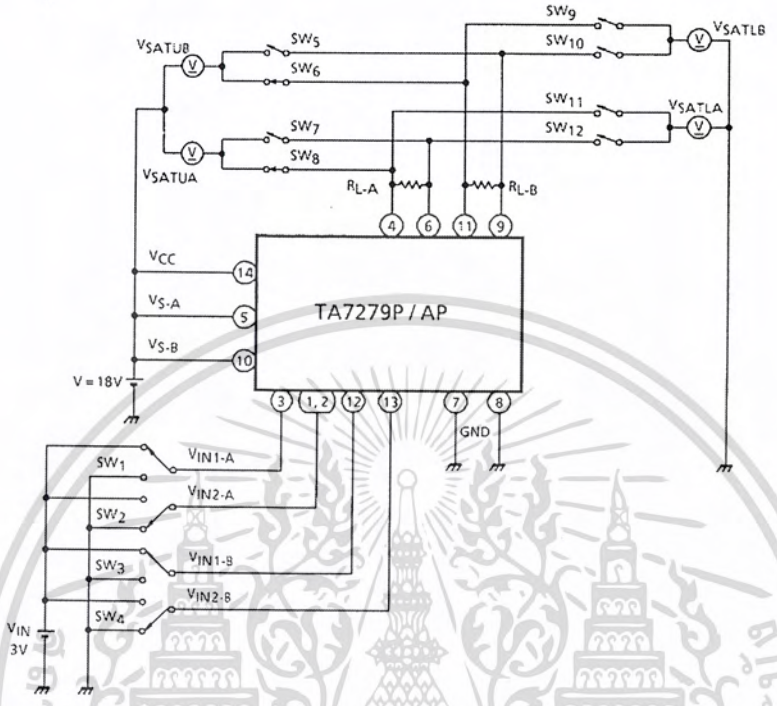
TEST CIRCUIT 2.

I_{IN} (H), (L)

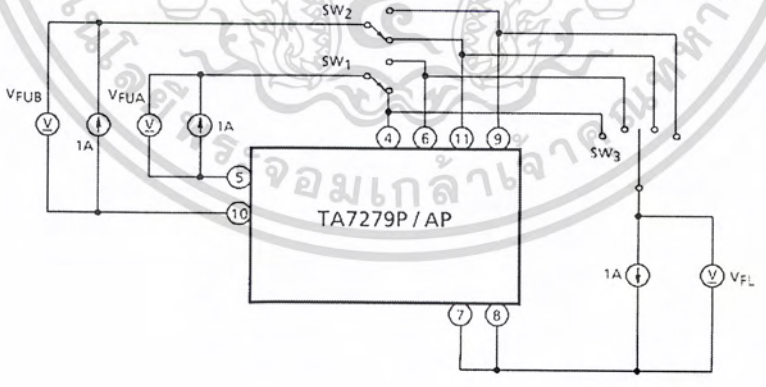


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

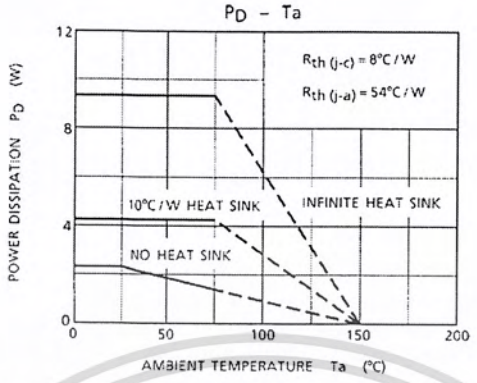
TEST CIRCUIT 3.
$V_{SATU-1, 2}$ / $V_{SATL-1, 2}$



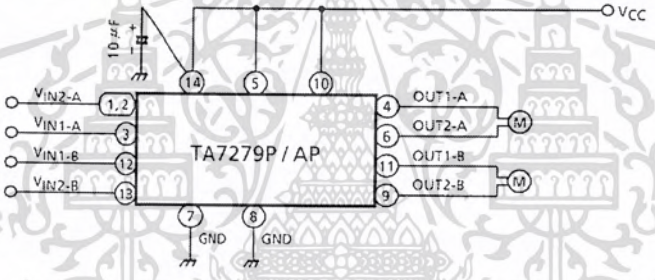
TEST CIRCUIT 4.
$V_{FU, L}$



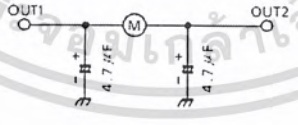
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



APPLICATION CIRCUIT



Problems may result if a capacitor is inserted in parallel to the motor as a measure against noise. If measures against noise are necessary, connect capacitors as shown in the diagram below. A larger bypass capacitor between V_{CC} and GND is effective against noise and other problems. (A capacitance higher than 100 μF is recommended.)



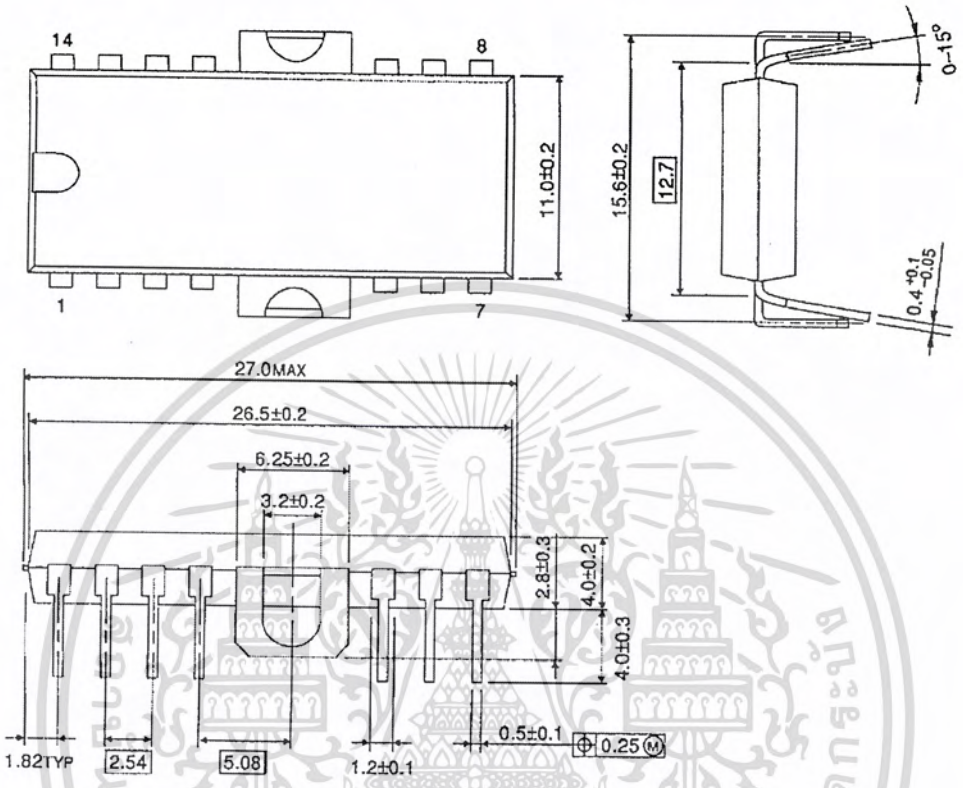
Note: Utmost care is necessary in the design of the output line, V_S and GND line since IC may be destroyed due to short-circuit between outputs, air contamination fault, or fault by improper grounding.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OUTLINE DRAWING

HDIP14-P-500-2.54A

Unit: mm



Weight: 3.00 g (Typ.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	ว่าที่ ร.ต.คมสันต์ ล้ำเลิศสมบัติ
วัน เดือน ปีเกิด	5 กันยายน พ.ศ. 2524
ภูมิลำเนา	106/3-4 ม.11 แขวงบางด้วน เขตภาษีเจริญ
	จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10160 โทรศัพท์ 0-2413-4625

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนยอเซฟอุปถัมภ์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนยอเซฟอุปถัมภ์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	โรงเรียนช่างฝีมือทหาร
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตพระนครเหนือ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	ครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	ทำวันนี้ให้ดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล นางสาวสุวรรณา เข็มสุวรรณ์

วัน เดือน ปีเกิด 10 กรกฎาคม พ.ศ. 2523

ภูมิลำเนา 40/1 ม.6 ตำบลจำปาหล่อ อำเภอเมือง
จังหวัดอ่างทอง 14000 โทรศัพท์ 0-1791-7923

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา โรงเรียนวัดจำปาหล่อ "ธรรมะวิทยาทาน" จังหวัดอ่างทอง

มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสตรีอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง

ประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

ปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
ครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.

คติพจน์ ไม่มีใครรู้ความต้องการของเรา ดีกว่าตัวเราเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้แต่ง

ชื่อ-สกุล	นายอำนาจ ตุนสมคิด
วัน เดือน ปีเกิด	12 ธันวาคม พ.ศ. 2523
ภูมิลำเนา	378/10 ตำบลในเมือง อำเภอเมือง
	จังหวัดชัยภูมิ 36000 โทรศัพท์ 0-9798-9375, 0-9118-9375

ประวัติการศึกษา

ประถมศึกษา	โรงเรียนสุนทรวัฒนา จังหวัดชัยภูมิ
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนชัยภูมิภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพ	วิทยาลัยเทคนิคชัยภูมิ
ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง	วิทยาลัยเทคนิคชัยภูมิ
ปริญญาตรี	สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
	ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม
	ครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.
คติพจน์	สิ่งใดที่มีคนทำได้ เราก็ย่อมทำได้เช่นกัน
	จงอย่าหาข้ออ้างให้เราขี้เกียจที่จะรู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้