

เครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ 3



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

รพ.
ศ. ๒๕๔๓
๒๕๔๓

เลขหมั.....

เลขทะเบียน..... 40217

วัน, เดือน, ปี 20 ส.ค. 2544

b. 11091939
i.

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ซึ่งหากมีผู้ใดฝ่าฝืน อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pharmachine III



Mr. Tanit Vuttisarut
Miss Sudarat Thangsatapronpun
Miss Unchalee Kumphan

**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirement for the Degree of Bachelor of Science**

Department of Applied Physics

Faculty of Science


King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ เครื่องถ่ายยาอัตโนมัติ 3
โดย นายธนิต วุฒิสรรต
นางสาวสุภารัตน์ ตั้งสถาพรพันธ์
นางสาวอัญชลี คำพันธ์
ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. อนุพงษ์ สรวงประภา

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นับ โครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต




(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชาญ เตชิตธีระ)

หัวหน้าภาค

คณะกรรมการโครงการพิเศษ

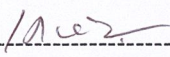

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีชา ยูพาพิน)

ประธานกรรมการ



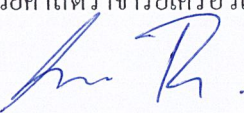
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อนุพงษ์ สรวงประภา)

กรรมการ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกียรติวัชร์ สีตะจิตต์)

กรรมการ



(อาจารย์สุรศักดิ์ พิพัฒน์ศาสตร์)

กรรมการ

มติของที่ประชุมภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	เครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ 3
นักศึกษา	นายธนิต วุฒิศรุต นางสาวศุภารัตน์ ตั้งสถาพรพันธ์ นางสาวอัญชลี คำพันธ์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. อนุพงษ์ ศรีงประภา
ภาควิชา	ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
ปีการศึกษา	2543

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการปรับปรุงขีดความสามารถของระบบเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติในอีกขั้นหนึ่ง โดยได้ทำการศึกษาทดลองปรับแต่งเครื่องจ่ายลำเลียงเม็ดยาแบบชามอ่างวงกลมสันตะเทือนที่มีอยู่เดิมและที่ออกแบบสร้างขึ้นใหม่ มีการเขียน โปรแกรมภาษาซีควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในการเก็บข้อมูลจำนวนเม็ดยา การนับและแสดงผล การใช้ตัวตรวจจับแบบอะเรย์ในการตรวจการผ่านของเม็ดยาพร้อมทั้งการปรับวงจรแปลงรูปร่างของพัลส์ ทำให้มีอัตราคลาดเคลื่อนของการนับเม็ดยาเป็นเพียง 0.01 % ที่อัตราการจ่าย 850 เม็ดต่อนาที

นอกจากนี้ก็ได้ทำการออกแบบเว็บเพจและทำการควบคุมระบบเครื่องจ่ายยา การจัดและเชื่อมโยงฐานข้อมูลยาและคนไข้ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต จำลองการใช้งานจริงสำหรับโครงการภายในของโรงพยาบาลอย่างครบวงจรจากจุดเริ่มต้นที่คนไข้เข้ามายื่นบัตรประจำตัวเพื่อรอรับการตรวจรักษาจากแพทย์ไปจนถึงการจ่ายเงินและได้รับยาจากห้องยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Pharmachine III
Name	Mr. Tanit Vuttisarut Miss Sudarat Thangsatapronpun Miss Unchalee Kumphan
Special Project Advisor	Assist.Prof. Anupong Srongpapra
Department	Applied Physics
Academic Year	2000

Abstract

This special project involved recent upgrading of an automatic tablet dispensing system called "Pharmachine". Experimental study and modification has been performed on an existent vibrational bowl feeder along with the design and construction of a new smaller one. A C-program has been written to implement a 89C51 microcontroller circuit for doing number of tablets manipulation i.e. counting, stock updating and displaying. Lower counting error at 0.01 %, for feeding rate of 850 tablets per minute, has been established using detector array concept inconjunction with pulse-shaping techniques.

Webpages have been designed for both remotes controlling of tablet dispensing machines and patients-drugs database management through Internet. Thus, simulating a real situation of all-service automation via hospital intranet system, starting from showing patient's i.d. card to request symptom diagnosis by a doctor, payment process and then receiving drugs.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สำเร็จได้ เนื่องด้วยความอนุเคราะห์จากบุคคลและหน่วยงานหลายฝ่าย ดังนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อนุพงษ์ ศรีประภา

ผู้ให้ความรู้, คำแนะนำ และจัดหาอุปกรณ์มาให้
เสมอมาไม่ว่าในเวลาใด

รองศาสตราจารย์ สุวรรณ คูดำราญ

ผู้ให้ความรู้เรื่องแสง และความช่วยเหลือในเรื่อง
อุปกรณ์ทางด้านแสง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิจิต ศรีโชติ

ผู้ให้ความรู้เรื่อง Interfacing และความช่วยเหลือ
ในเรื่องอุปกรณ์ Electronic

ห้องปฏิบัติการทางอิเล็กทรอนิกส์

สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับ โครงการพิเศษ

สำนักหอสมุดกลาง

เป็นแหล่งสืบหาความรู้เพิ่มเติม

พี่ๆ และน้องๆ Staff ประจำห้อง Lab

ผู้คอยช่วยเหลือ และสนับสนุนเป็นอย่างดี

เพื่อนๆ ทุกคนที่รัก

ผู้ให้กำลังใจ และความช่วยเหลือเมื่อยามต้องการ

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ที่ทำให้พวกเราวันนี้ดี มาจนทุกวันนี้

ท้ายที่สุดนี้ขอขอบคุณทุกๆ ท่านทั้งที่ได้กล่าวนามและไม่ได้กล่าวนามด้วยความจริงใจอย่างที่สุดจากคณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญรูป	ง
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ทฤษฎีทางด้านกลศาสตร์	3
2.1.1 การเคลื่อนที่ของชิ้นงานในระบบขามกลมป้อนลำเลียงชิ้นงานด้วยการถัน	3
2.1.1.1 การเคลื่อนที่ของชิ้นงาน	4
2.1.1.2 ผลกระทบของความถี่	8
2.1.1.3 ผลกระทบความเร่งของแผ่นพื้นทางเดิน	9
2.1.1.4 ผลกระทบของมุมของแนวการถัน	9
2.1.1.5 ผลกระทบของมุมทางเดิน	10
2.1.1.6 ผลกระทบของสัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน	11
2.1.1.7 การประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยของการลำเลียงชิ้นงาน	11
2.1.1.8 สภาพไวต่อโหลดหรือปริมาณชิ้นงาน	15
2.1.1.9 ผลของสภาพไวต่อโหลดในกระบวนการเคลื่อนขนย้ายของชิ้นงาน	17
2.2 ทฤษฎีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์	19
2.2.1 ไดโอดเปล่งแสง	19
2.2.1.1 ไดโอดเปล่งแสงชนิดแสงอินฟราเรดชนิด GaAs	19
2.2.1.2 การใช้งานไดโอดเปล่งแสง	20
2.2.2 โฟโตไดโอด	21
2.2.2.1 หลักการทำงานของโฟโตไดโอด	22
2.2.2.2 การไบอัสย้อนกลับของโฟโตไดโอด	23
2.2.2.3 ความเร็วในการตอบสนอง	25
2.2.2.4 กลไกการดูดกลืนแสงและการผลิตกระแสไฟฟ้าโฟโต	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการวิจัยเท่านั้น ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
2.2.3 ทฤษฎีวงจรรคไฟเพอเรนซิเตอร์	28
2.2.4 ทฤษฎีขมิตต์ทริกเกอร์อินเวเตอร์	29
2.2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับ Microcontroller	30
2.2.5.1 โครงสร้างของ MCS-51	30
2.2.5.2 โครงสร้าง LCD	33
2.2.5.3 KEYPAD 4x3	34
2.2.5.4 ชิพ 24C16 Serial EEPROM	35
2.2.6 โปรแกรมควบคุมเครื่องจ่ายยา	36
2.3 หลักการทางด้านเครือข่ายคอมพิวเตอร์	37
2.3.1 เว็บเซิร์ฟเวอร์	37
2.3.2 ฐานข้อมูล	38
2.3.3 ภาษา SQL	40
2.3.4 Active Server Page (ASP)	41
2.3.4.1 หลักการทำงานของ ASP	42
2.3.4.2 แนะนำระบบฐานข้อมูลกับ ASP	43
2.3.4.3 รูปแบบการเชื่อมต่อฐานข้อมูล	43
2.3.4.4 การติดต่อฐานข้อมูล โดยใช้ ODBC	44
บทที่ 3 ระบบที่ดำเนินการพัฒนาขึ้น	47
3.1 ระบบชามวงกลมสั้นสะเทือนลำเลียงเม็ดยา	47
3.2 วงจรตรวจจับสัญญาณการเคลื่อนที่ผ่านของเม็ดยา	48
3.2.1 การทำงานของวงจรตรวจจับสัญญาณ	48
3.2.1.1 การตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณแสง	48
3.2.1.2 การคิฟเพอเรนซิเอท	50
3.2.1.3 การแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอล	50
3.3 การทำงานของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	51
3.4 การทำงานของโปรแกรมเครื่องจ่ายยา	51
3.5 การส่งจ่ายยาผ่านทางเครือข่ายเน็ตเวิร์คภายในองค์กร	53
3.5.1 องค์ประกอบที่สำคัญ	55
3.5.1.1 เครื่อง Server	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
3.5.1.2 เครื่องถ่ายยาอัตโนมัติ	55
3.5.1.3 เครื่อง Client	55
3.5.2 การเชื่อมต่อกันของเครื่องถ่ายยาอัตโนมัติกับเครื่องคอมพิวเตอร์	56
3.5.3 การส่งงาน(ส่งข้อมูล)จากเครื่อง Server ไปยังเครื่องถ่ายยาอัตโนมัติ	56
บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์	57
4.1 ผลทดสอบการทำงานของระบบชามวงกลมต้นสะเทือนลำเลียงเม็ดยา	57
4.1.1 อัตราการลำเลียงเม็ดยา	57
4.1.2 ผลการทดลองแอมพลิฟิเคชันของชามวงกลม	58
4.2 ผลการทดลองวงจรตรวจจับเม็ดยา	60
4.2.1 ผลการทดลองกรณีเม็ดยาทั้งระยะ	60
4.2.2 ผลการทดลองการแก้ปัญหาเม็ดยาคัดกัน	63
4.2.3 ผลการทดลองเม็ดยาแตกหัก	66
4.3 ผลการทดลองในการรันโปรแกรมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์	67
4.4 ผลการทดลองการออกแบบ Webpage และการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์	68
4.4.1 การส่งถ่ายยาผ่านระบบคอมพิวเตอร์เน็ตเวิร์ค	68
4.4.2 ผลของการเชื่อมต่อระหว่างเครื่องถ่ายยาอัตโนมัติและเครื่องคอมพิวเตอร์	74
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	76
บรรณานุกรม	77
ภาคผนวก ก	
โปรแกรมภาษาซีของเครื่องถ่ายยา	
ภาคผนวก ข	
คู่มือการใช้งานไอซี	
รหัสแอสกี	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1 ระบบขามกลมป้อนลำเลียงชิ้นงานด้วยการสั่น	3
รูปที่ 2 แสดงการกระทำของแรงกับชิ้นงานบนทางเดินของอ่างวงกลมป้อนลำเลียงด้วยการสั่น	6
รูปที่ 3 แสดงเงื่อนไขขีดจำกัดสำหรับรูปแบบที่แตกต่างของการลำเลียงด้วยการสั่น	7
รูปที่ 4 ไดอะแกรมการเคลื่อนที่	7
รูปที่ 5 แสดงผลกระทบจากมุมการสั่น ความเร่งของแผ่นทางเดินและความถี่ที่มีผลต่อความเร็วของการลำเลียงชิ้นงาน	8
รูปที่ 6 แสดงผลกระทบของมุมการสั่น ต่อความเร็วในการลำเลียงชิ้นงาน	9
รูปที่ 7 แสดงผลกระทบของสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานต่อมุมการสั่นที่เหมาะสม	10
รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมของทางเดินและความเร็วในการลำเลียงชิ้นงาน	10
รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานและความเร็วในการลำเลียงชิ้นงาน	11
รูปที่ 10 แสดงการประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยในการลำเลียงชิ้นงานบนแนวทางเดินพื้นราบ	14
รูปที่ 11 แสดงการประมาณทางทฤษฎีของช่วงการกระทำระยะสุทธิต่อการกระทำ โคคบนทางเดินตามแนวราบ	14
รูปที่ 12 แสดงการประมาณทางทฤษฎีของความสูงมากที่สุดของชิ้นงานที่กระทำ โคคบนทางเดินตามแนวราบ	15
รูปที่ 13 แสดงการเคลื่อนไถลของชิ้นงานรวมทั้งการกระทำ โคค	15
รูปที่ 14 แสดงผลการศึกษาทดลองผลของโหลตต่ออัตราการลำเลียงชิ้นงานของระบบขามอ่างวงกลมแบบสั่นที่มีวงจำหน่าย	16
รูปที่ 15 ผลของน้ำหนักโหลตกับความเร่งของขามอ่างวงกลม	16
รูปที่ 16 ความสัมพันธ์ในแบบจำลองเบื้องต้นของค่าสภาพไวต่อ โหลต	17
รูปที่ 17 LED ชนิด ไฟลอค	19
รูปที่ 18 โครงสร้างของ LED ชนิด GaAs โดยโคปด้วย Si และเปล่งแสงอินฟราเรด	20
รูปที่ 19 ลักษณะของสมบัติแรงดันไบแอสตามและกระแสไฟฟ้า และการหาจุดทำงานของ LED	21

เอกสารรูปที่ 20 วงจรพื้นฐานขับ LED ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น 21 คำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่	หน้า
รูปที่ 21 ตัวอย่างภาพตัดขวางแสดง โครงสร้างพื้นฐานของ โฟโตไดโอดชนิดรอยต่อ pn	22
รูปที่ 22 แถบพลังงานของโฟโตไดโอดชนิดรอยต่อ pn	22
รูปที่ 23 ตัวอย่างวงจรสำหรับไบแอสยอนให้โฟโตไดโอด	23
รูปที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาขาขึ้นของโฟโตไดโอดชนิดซิลิกอนและแรงดันไบแอสยอนซึ่งจะเห็นได้ว่าการไบแอสยอนทำให้ช่วงเวลาขาขึ้นมีค่าสั้นลง	24
รูปที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าเอาต์พุตของโฟโตไดโอดชนิดซิลิกอนและความเข้มของแสง โดยมีแรงดันไบแอสยอน V_R เป็นพารามิเตอร์ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่ม V_R จะทำให้คุณสมบัติเชิงเส้นของโฟโตไดโอดดีขึ้น	24
รูปที่ 26 (ก) และ (ข) ตัวอย่างรูปคลื่นผลตอบสนองของโฟโตไดโอดชนิดซิลิกอน (ค) ผลตอบสนองของโฟโตไดโอดกรณีแสงอินพุตมีรูปพัลส์แบบเคลตา	25
รูปที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาขาขึ้น t_r ของโฟโตไดโอดชนิดซิลิกอนและโหลด R_L โดยมีพื้นที่รับแสงเป็นพารามิเตอร์	26
รูปที่ 28 กลไกการดูดกลืนแสงแบบต่างๆในรอยต่อ pn ในสภาพกำลังมีการไบแอสยอน	26
รูปที่ 29 การลดลงของกำลังของแสงตามระยะทางความลึกจากผิวของโฟโตไดโอดย่านปลอดพาหะอยู่ระหว่างตำแหน่ง X1 และ X2	28
รูปที่ 30 วงจรดีเฟอเรนเชียลอย่างง่าย	28
รูปที่ 31 วงจรชนิดทรานซิสเตอร์อย่างง่าย	29
รูปที่ 32 แสดงคุณสมบัติของชนิดทรานซิสเตอร์เทียบกับเกดทั่วไป	30
รูปที่ 33 แสดงขาของชิพ 89C52	31
รูปที่ 34 แสดง KEYPAD ที่ใช้งาน	34
รูปที่ 35 แสดงการต่อกันของสวิทช์	35
รูปที่ 36 แสดงขาของ EEPROM เบอร์ 24C16	35
รูปที่ 37 หลักการทำงานของ ASP	42
รูปที่ 38 รูปแบบระบบการติดต่อฐานข้อมูลกับ ASP	43
รูปที่ 39 แสดงการเปรียบเทียบระบบรวมวงกลมสั้นสะเทือนถ้าเลี้ยงเม็ดยาที่ใช้ในการทดสอบตามทฤษฎีกับที่พัฒนาขึ้นให้มีขนาดเล็กลง	47
รูปที่ 40 แสดงส่วนประกอบของระบบขับเคลื่อนรวมวงกลม	48
รูปที่ 41 แสดงอะเรย์ตัวตรวจจับเม็ดยา (Detector array)	49
รูปที่ 42 แผนผังแสดงวงจรตรวจจับสัญญาณ	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่	หน้า
รูปที่ 43 แสดงโคอะแกรมของวงจรตัวตรวจจับ	50
รูปที่ 44 แสดงบล็อกโคอะแกรมของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์	51
รูปที่ 45 แสดงโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมเครื่องจ่ายยา	53
รูปที่ 46 แสดงโคอะแกรมขั้นตอนการทำงานของระบบเครือข่ายเน็ตเวิร์ค	54
รูปที่ 47 แสดงผลความเร็วการลำเลียงเม็ดยา กับแอมพลิฟูดของการสั้นของชามวงกลม สำหรับยาเม็ดเดี่ยว	59
รูปที่ 48 แสดงผลความเร็วการลำเลียงเม็ดยา กับแอมพลิฟูดของการสั้นของชามวงกลม สำหรับยาที่มีการคั่นจากเบื้องล่าง	60
รูปที่ 49 แสดงสัญญาณขณะที่สัญญาณผ่านวงจรคิฟเฟอเรนเชียล	61
(ก) ขณะไม่มีเม็ดยาผ่าน (ข) ขณะมีเม็ดยาผ่าน	
รูปที่ 50 แสดงสัญญาณก่อนเข้าขมิตต์ทริกเกอร์	61
(ก) ขณะไม่มีเม็ดยาผ่าน (ข) ขณะมีเม็ดยาผ่าน	
รูปที่ 51 แสดงสัญญาณขณะผ่านขมิตต์ทริกเกอร์แล้ว	62
(ก) ขณะไม่มีเม็ดยาผ่าน (ข) ขณะมีเม็ดยาผ่าน	
รูปที่ 52 กราฟแสดงการแยกพัลส์สัญญาณเมื่อผ่านวงจรตรวจจับแล้ว	63
รูปที่ 53 เม็ดยา 2 เม็ดติดกัน	64
รูปที่ 54 สัญญาณที่สามารถตรวจสอบได้เมื่อเม็ดยา 2 เม็ดติดกัน	64
รูปที่ 55 เม็ดยา 3 เม็ดติดกัน	64
รูปที่ 56 สัญญาณที่สามารถตรวจสอบได้เมื่อเม็ดยา 3 เม็ดติดกัน	65
รูปที่ 57 เม็ดยา 4 เม็ดติดกัน	65
รูปที่ 58 สัญญาณที่สามารถตรวจสอบได้เมื่อเม็ดยา 4 เม็ดติดกัน	65
รูปที่ 59 เม็ดยาแตกหัก	66
รูปที่ 60 สัญญาณที่สามารถตรวจสอบได้เมื่อเม็ดยาแตกหัก	66
รูปที่ 61 แสดงเมนูการทำงานของคีย์	67
(ก) แสดงเมนู	
(ข) แสดงเมนูการกดคีย์ 1 จะเป็นการตรวจจำนวนยาทั้งหมดในภาชนะใส่ยา	
(ค) แสดงเมนูการกดคีย์ 2 จะเป็นการเพิ่มจำนวนยาในภาชนะใส่ยา	
(ง) แสดงเมนูการกดคีย์ 3 จะเป็นการใส่จำนวนยาเพื่อที่จะทำการนับ	
(จ) แสดงเมนูการกดคีย์ 4 จะเป็นการทำเคลียร์ค่ายาทั้งหมดในภาชนะใส่ยา	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่	หน้า
(จ) แสดงเมนูการเลือกคีย์	
รูปที่ 62 แสดงจำนวนยาทั้งหมด	67
รูปที่ 63 แสดงการเพิ่มจำนวนยา	68
รูปที่ 64 แสดงการรับค่ายาที่ต้องการจะนับ	68
รูปที่ 65 Webpage ที่ 1 กรอกรหัสประจำตัวคนไข้	69
รูปที่ 66 Webpage ที่ 2 ตรวจสอบรหัสประจำตัวและชื่อคนไข้ก่อนทำการจ่ายยา	70
รูปที่ 67 Webpage ที่ 3 แบบฟอร์มใบสั่งยา	71
รูปที่ 68 Webpage ที่ 4 ตรวจสอบและเพิ่มข้อมูล	72
รูปที่ 69 Webpage ที่ 5 ตรวจสอบฐานข้อมูล	73
รูปที่ 70 Webpage ที่ 6 จำนวนเม็ดยาที่สั่งจ่าย	74
รูปที่ 71 Webpage ที่ 7 แสดงสถานะการส่งข้อมูลไปยัง Server	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 1	แสดงบิตและหน้าที่ต่างๆของพอร์ท 3	32
ตารางที่ 2	แสดงขาของ LCD	33
ตารางที่ 3	แสดง โปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการ ของคอมพิวเตอร์ประเภทต่าง ๆ	37
ตารางที่ 4	คำสั่งพื้นฐานของ SQL	41
ตารางที่ 5	แสดงการเขียนคำสั่งเพื่อดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล ที่อาจจะใช้ “property” และ “method”	46
ตารางที่ 6	ความเร็วในการนับเม็คยา 100 เม็คของเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ	57
ตารางที่ 7	ความเร็วในการนับเม็คยา 100 เม็คของคน	58
ตารางที่ 8	แสดงค่าแอมพลิจูดการสั่นของชามวงกลมและความเร็วในการเคลื่อนที่ ของเม็คยาในชามวงกลมขณะที่มียา 1 เม็ค	58
ตารางที่ 9	แสดงค่าแอมพลิจูดการสั่นของชามวงกลมและความเร็วในการเคลื่อนที่ ของเม็คยา ในชามวงกลม ขณะที่มิเม็คยาอยู่จำนวนมาก	59
ตารางที่ 10	แสดงค่าความต่างศักย์ที่ตำแหน่งต่างๆ ขณะไม่มีเม็คยาผ่าน	62
ตารางที่ 11	แสดงค่าความต่างศักย์ของสัญญาณที่ตำแหน่งที่ 4 เมื่อมีเม็คยาผ่าน	63
ตารางที่ 12	แสดงค่าความต่างศักย์ของสัญญาณที่ตำแหน่งที่ 4 เมื่อมีเม็คยาแตกหัก ผ่านวงจร	66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

เนื่องด้วยงบประมาณครุภัณฑ์และสิ่งก่อสร้างตลอดจนอัตรากำลังของบุคลากรแพทย์ เภสัชกร พยาบาล และผู้ช่วยแผนกต่าง ๆ เป็นไปอย่างจำกัด การให้บริการของโรงพยาบาลของรัฐจึงไม่เพียงพอต่อปริมาณอันแออัดของผู้ใช้ซึ่งนับวันจะเพิ่มขึ้น ประชาชนผู้ป่วยไข้และญาติต้องประสบกับความไม่สะดวกในการรอคอยที่จะพบแพทย์เพื่อให้ได้รับการตรวจรักษา และก็รวมไปจนถึงการชำระเงิน และรอรับยาที่แพทย์สั่ง การเพิ่มประสิทธิภาพความคล่องตัวในแต่ละขั้นตอนการปฏิบัติงานจึงเป็นสิ่งจำเป็น

อาจารย์และนักศึกษา ในสังกัดของหน่วยวิจัยเครื่องมือทางการแพทย์และสิ่งแวดลอม ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังได้ตระหนักถึงปัญหาดังกล่าว จึงได้เริ่มทำการออกแบบสร้างและพัฒนาเครื่อง และระบบจ่ายยาอัตโนมัติขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2535 โดยเน้นในด้านของยาเม็ด เนื่องจากยาชนิดอื่นได้แก่ ยาบรรจุผงและยาน้ำบรรจุขวดจะมีการสั่งในปริมาณไม่มากและสามารถทำการนับได้ง่ายขณะที่ยาชนิดเม็ดจะถูกสั่งในปริมาณที่มากและจะต้องเสียเวลาในการนับนานกว่า ในส่วนโครงการพิเศษของนักศึกษาปริญญาตรี ได้มีการพัฒนาเครื่องจ่ายยาเม็ดมาแล้วสองแบบโดยมีการประยุกต์นำคอมพิวเตอร์มาใช้งานเมื่อปีการศึกษา 2535 และ ปีการศึกษา 2538 นอกเหนือจากการเขียนโปรแกรมจัดเก็บ และค้นหาข้อมูลเม็ดยา สำหรับฐานข้อมูลที่มีขนาดไม่ใหญ่นักแล้ว ปัญหาที่พบในโครงการแรกที่ใช้มอเตอร์ป้อนงานหมุนเจาะรูบริเวณส่วนล่างของภาชนะบรรจุยา ก็คือมีอัตราการจ่ายยาค่อนข้างช้าและมักมีการติดขัดบริเวณช่องทางออก ซึ่งมีขนาดเล็กเพื่อจะได้ใช้การตรวจการตัดลำแสงของเม็ดยาเป็นสัญญาณนับจำนวนยา นอกจากนี้การสึกกร่อนของเม็ดยาก็ค่อนข้างมีมาก โครงการต่อมาได้มีการพัฒนาขึ้น ได้มีการนำคอมพิวเตอร์มาใช้ในการควบคุมเครื่องจ่ายยาและเปลี่ยนแปลงจากการใช้มอเตอร์มาใช้ระบบลำเลียงเม็ดยาแบบสั่น (Vibratory feeders) ซึ่งความเร็วในการจ่ายยาจะเพิ่มขึ้น แต่ก็ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องความคลาดเคลื่อนของการนับเม็ดยาเมื่อเม็ดยาล่วงมาด้วยความเร็วและติดกัน รวมทั้งการที่เครื่องจ่ายยาไม่สามารถทำงานได้เองถ้าไม่มีคอมพิวเตอร์เข้ามาควบคุม ซึ่งเป็นผลให้ผู้ใช้งานต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดหาคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการควบคุมเครื่อง จากการทำโครงการทั้ง 2 ครั้งนี้จึงได้นำมาพัฒนาทั้งในส่วนของการติดขัดของเม็ดยาที่ช่องจ่ายยา และการตรวจนับเม็ดยาเพื่อให้ความถูกต้องยิ่งขึ้น โดยการใช้ตัวตรวจจับแบบอาร์เรย์ (Array Detector) และหลักการทางแสงเข้ามาช่วย นอกจากนี้ยังมีการเพิ่มไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเขียนโปรแกรมด้วย

ภาษาซีเข้ามาควบคุมการทำงานของการทำงานของเครื่องนับเม็ดยา โดยสามารถแสดงผลการนับเม็ดยาได้เอง รวมทั้ง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บข้อมูลการเพิ่มลดจำนวนยาโดยไม่ต้องใช้คอมพิวเตอร์สั่งงาน หรือจะต่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ก็ได้เช่นกัน และนอกจากนั้นยังได้มีการพัฒนาระบบจ่ายยาให้มีความสะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยการส่งยาผ่านทางเน็ตเวิร์ค ซึ่งเป็นการเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้เครื่องจ่ายยา และแพทย์ในการสั่งจ่ายยา ในการทำโครงการครั้งนี้ได้พัฒนาเครื่องลำเลียงยาแบบภาชนะสั้นที่มีขนาดกระทัดรัดมากขึ้นด้วย จากเป้าหมายหลักของการพัฒนาที่ต้องการ

1. รองรับผู้ป่วยที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นให้เกิดความสะดวกรวดเร็วในการรับยา

2. ทำให้โรงพยาบาลที่มีผู้ป่วยจำนวนมาก แต่มีงบประมาณน้อยสามารถสั่งซื้อเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติที่มีราคาถูกลงมาทดแทนบุคลากรที่มีอยู่อย่างจำกัดได้

3. ลดการนำเข้าของสินค้าต่างประเทศ ที่จากเดิมโรงพยาบาลที่มีงบประมาณจะสั่งซื้อเครื่องจ่ายยาจากต่างประเทศมาในราคาที่สูง

ซึ่งจากวัตถุประสงค์เหล่านี้เองที่ทำให้การทำโครงการนี้จะต้องพยายามลดต้นทุนการผลิตให้มีค่าน้อยที่สุด นอกจากนี้ยังทำให้ได้รับประโยชน์ในการทำโครงการนี้ด้วย คือ

1. ทำให้เข้าใจทฤษฎีทางฟิสิกส์เพิ่มมากขึ้น

2. เป็นการฝึกเขียนโปรแกรมทั้งทางด้านเว็บเพจ และภาษาซี

3. มีความรู้ในอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มมากขึ้น

4. ได้เรียนรู้ที่จะปฏิบัติงานจริงในการทำเครื่องจ่ายยาครั้งนี้ หลังจากที่ได้ศึกษาทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

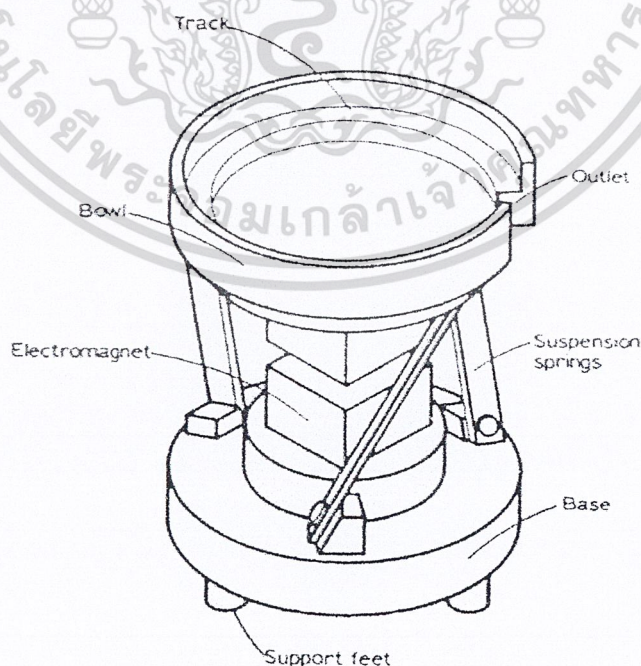
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ทฤษฎีทางด้านกลศาสตร์

2.1.1 การเคลื่อนที่ของชิ้นงานในระบบขามกลมป้อนลำเลียงชิ้นงานด้วยการสั่น (vibrational bowl feeder)

ระบบขามกลมป้อนลำเลียงชิ้นงานด้วยการสั่น ใช้ประโยชน์สำหรับการให้ชิ้นงานขนาดเล็กเคลื่อนที่เรียงกันไปในลักษณะของการไหลหรือกระโดด ในตัวป้อนนี้ (รูปที่ 1) ชิ้นงานจะเคลื่อนที่ไปตามทางเป็นรูปซดคล้ายวงกลม ตัวของภาชนะใส่ชิ้นงานจะยึดอยู่กับแผ่นสปริงและสปริงจะมีฐานที่มีน้ำหนักมากเป็นตัวรองรับการสั่น ใช้สนามแม่เหล็กจากแกนหม้อแปลงเป็นตัวทำให้เกิดการสั่นของภาชนะ และเป็นตัวบังคับการเคลื่อนที่ของชิ้นงานควบคุมไปกับแรงบิดของสปริง ชิ้นงานในภาชนะจะเลื่อนขึ้นไปตามทางเดินและจะออกมาตรงทางออก (Outlet) ซึ่งทางเดินของชิ้นงานจะมีความชันเล็กน้อยเพื่อให้ชิ้นงานสามารถเลื่อนขึ้นได้สะดวก



รูปที่ 1 ระบบขามกลมป้อนลำเลียงชิ้นงานด้วยการสั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.1 การเคลื่อนที่ของชิ้นงาน

ในการวิเคราะห์ต่อไปนี้จะสมมติว่าแต่ละจุดของแผ่นทางเดินตามเส้นรอบวงของขามกลมป้อนลำเลียงชิ้นงานด้วยการสั่นมีการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิกอย่างง่าย ในแนวเส้นตรงกระทำมุม $(\theta + \psi)$ กับแนวราบ ดังแสดงในรูปที่ 2 โดย θ และ ψ คือมุมที่แนวทางเดินกระทำกับแนวราบและการสั่นเชิงเส้นตามลำดับ ความถี่ของการสั่น f มักเขียนอยู่ในรูปของความถี่เชิงมุมได้จาก $\omega = 2\pi f$ rads โดย ω คือความถี่เชิงมุมของการสั่น แอมพลิจูดของการสั่น a_0 ความเร็วและความเร่งของทางเดินที่เวลาใด ๆ สามารถแตกอยู่ในทิศทางขนานและตั้งฉากกับแนวทางเดิน

สมมติในการวิเคราะห์ว่าการเคลื่อนที่ของชิ้นงานมวล m_p ไม่ขึ้นกับรูปร่างและไม่คิดผลของแรงเสียดทานของอากาศ

ชิ้นงานจะเคลื่อนที่เนื่องจากแอมพลิจูดของการสั่นจะถูกเพิ่มขึ้นจากศูนย์ ในช่วงแอมพลิจูดขนาดเล็กชิ้นงานจะยังคงเสถียรบนทางเดินเพราะแรงเฉื่อยขนานพื้นผิวทางเดินไม่พอที่จะเอาชนะแรงเสียดทาน F ระหว่างชิ้นงานและทางเดิน รูปที่ 2 แสดงแรงเฉื่อยมากที่สุดบนชิ้นงานสำหรับแผ่นทางเดินที่แกว่งตัวไปไกลสุด แรงดังกล่าวมีองค์ประกอบในแนวขนานและตั้งฉากผิวทางเดินเป็น $m_p a_0 \omega^2 \cos \psi$ และ $m_p a_0 \omega^2 \sin \psi$ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการเลื่อนขึ้นของชิ้นงานบนทางเดินเกิดขึ้นเมื่อ

$$m_p a_0 \omega^2 \cos \psi > m_p g \sin \theta + F \quad (1)$$

โดย

$$F = \mu_s N = \mu_s (m_p g \cos \theta - m_p a_0 \omega^2 \sin \psi) \quad (2)$$

ในที่นี้ μ_s คือประสิทธิภาพของแรงเสียดทานสถิตระหว่างชิ้นงานและทางเดิน เงื่อนไขการเลื่อนไปข้างหน้าขึ้นบนทางเดินสามารถหาได้โดยสมการ (1) และ (2) ดังนั้น

$$a_0 \omega^2 / g > (\mu_s \cos \theta + \sin \theta) / (\cos \psi + \mu_s \sin \psi) \quad (3)$$

เราก็สามารถทำให้เกิดการเลื่อนลงไปข้างหลังเกิดขึ้นระหว่างรอบการสั่น

$$\text{เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้} \quad a_0 \omega^2 / g > (\mu_s \cos \theta - \sin \theta) / (\cos \psi - \mu_s \sin \psi) \quad \text{หน้าไปใช้ประโยชน์ด้าน (4) ค่า}$$

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถพิจารณาเงื่อนไขการใช้งานสำหรับการลำเลียงชิ้นงานด้วยการสั่นในเทอมของสัดส่วน A_n/g_n โดยที่ A_n และ g_n เป็นความเร่งของแผ่นทางเดินและความเร่งแรงโน้มถ่วงตามแนวเส้นปกติตั้งฉากผิวทางเดินตามลำดับ ($A_n = a_n \Psi^2 = a_0 \omega^2 \sin \Psi$), ($g_n = g \cos \theta$), และ g คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (9.81m/s) ดังนั้น

$$A_n/g_n = a_0 \omega^2 \sin \Psi / g \cos \theta \quad (5)$$

แทนสมการ (5) ในสมการ (3) และ (4) จะได้ สำหรับการเคลื่อนขึ้น ไปข้างหน้า

$$A_n/g_n > (\mu_s + \tan \theta) / (\cot \Psi + \mu_s) \quad (6)$$

สำหรับการเคลื่อนลง ไปข้างหลัง

$$A_n/g_n > (\mu_s - \tan \theta) / (\cot \Psi - \mu_s) \quad (7)$$

สำหรับค่าของ μ_s เท่ากับ 0.8, θ เท่ากับ 3 องศา (0.05 rad) และ Ψ เท่ากับ 30 องศา (0.52 rad) สมการ (6) และ (7) ระบุว่า A_n/g_n ต้องมากกว่า 0.34 เพื่อให้ชิ้นงานเคลื่อนไปข้างหน้า และถ้ามากกว่า 0.8 จะเกิดการเคลื่อนลง ไปข้างหลัง ดังนั้นสำหรับทุกค่าแอมพลิจูดของการสั่นที่ทำให้ A_n/g_n มากกว่า 0.34 ชิ้นงานจะมีแนวโน้มของการเคลื่อนที่สุทธิขึ้น ไปข้างหน้าตามทางเดิน การเคลื่อนอาจะเกิดไปข้างหน้าเท่านั้น หรือ ไปข้างหน้าสลับกับการถอยหลังในระหว่างแต่ละรอบของการสั่น

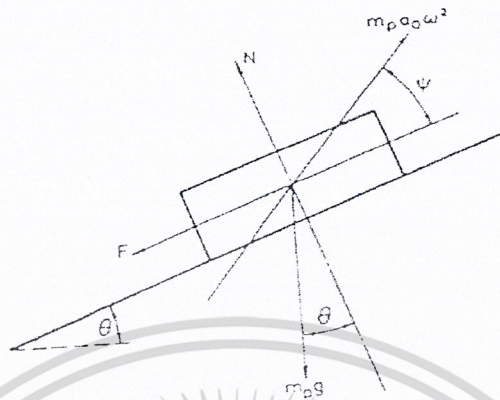
ขีดจำกัดที่กำหนดของการเคลื่อนขึ้น ไปข้างหน้าแสดงโดยเปรียบเทียบสมการ (6) และ (7) ดังนั้นสำหรับการเคลื่อนไปข้างหน้า

$$\tan \Psi > \tan \theta / \mu_s^2$$

หรือเมื่อถ้า θ เล็กมาก

$$\tan \Psi > \theta / \mu_s^2 \quad (8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 แสดงการกระทำของแรงกับชิ้นงานบนทางเดินของอ่างวงกลมป้อนลำเลียงด้วยการสั่น

สำหรับค่าของ μ_s เท่ากับ 0.8 และ θ เท่ากับ 3 องศา (0.05 rad) แล้ว ψ ต้องมากกว่า 4.7 องศา (0.08 rad) การเลื่อนขึ้นไปยังข้างหน้าจึงจะเกิดขึ้น

เมื่อการสั่นมากเพียงพอชิ้นงานอาจจะหลุดลอยขึ้นจากผิวสัมผัสของทางเดินและเคลื่อนกระโดด (hop) ไปข้างหน้า ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อแรงปฏิกิริยาปกติ N ระหว่างชิ้นงานและทางเดินกลายเป็นศูนย์

จากรูปที่ 2

$$N = m_p g \cos \theta - m_p a_0 \omega^2 \sin \psi \quad (9)$$

และชิ้นงานจะหลุดลอยขึ้นเหนือผิวของทางเดินเมื่อ

$$a_0 \omega^2 / g > \cos \theta / \sin \psi$$

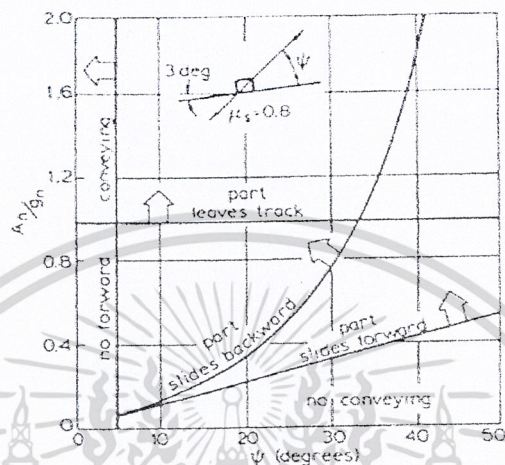
หรือ

$$A_n / g_n > 1.0 \quad (10)$$

จากการพิจารณาตัวเลขที่ได้จากตัวอย่างที่ผ่านมา จะพบว่าชิ้นงานจะเลื่อนไถลไปข้างหน้าก่อนที่จะลอยตัวขึ้นเหนือผิวทางเดินระหว่างแต่ละรอบการสั่น รูปที่ 3 แสดงกราฟของสมการที่

กล่าวมาเป็นการเลื่อนของชิ้นงานในลักษณะต่าง ๆ โดยมีมุมการสั่น ψ เป็นตัวกำหนดค่าขีดจำกัด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นไปใช้ประโยชน์การการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

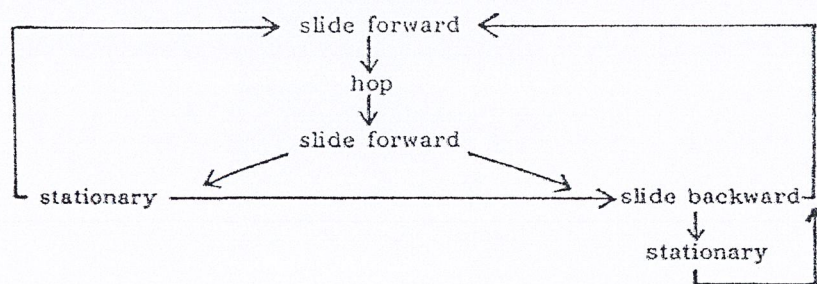
ของอัตราส่วนความเร่ง A_n/g_n ที่จะทำให้เกิดการเลื่อนไถลไปข้างหน้า การเลื่อนไถลไปข้างหน้าและถอยหลัง และสำหรับชิ้นงานที่จะเกิดการกระโดดบนทางเดิน



รูปที่ 3 แสดงเงื่อนไขขีดจำกัดสำหรับรูปแบบที่แตกต่างของการลำเลียงด้วยการสั่น

สำหรับเงื่อนไขโดยรวมทั้งหมดของการเคลื่อนที่ ชิ้นงานจะเริ่มเคลื่อนขึ้นไปข้างหน้าในจังหวะก่อนที่แผ่นทางเดินจะแกว่งไปสูงสุด เมื่อไม่มีสภาวะการกระโดดการเคลื่อนไถลไปข้างหน้านี้จะต่อเนื่องจนกระทั่งถึงจังหวะก่อนที่แผ่นทางเดินมีการเคลื่อนแกว่งไปต่ำสุด ที่ซึ่งชิ้นงานหยุดนิ่งเทียบกับทางเดินหรือไถลถอยหลังกระทั่งหดรอบการสั่น แต่ในบางกรณีช่วงเวลาที่หยุดอยู่กับที่อาจจะตามติดมาด้วยช่วงการถอยหลังเท่านั้น หรือการถอยหลังแล้วหยุดนิ่งอีกครั้ง และกรณีสุดท้ายก็คือการเคลื่อนไถลไปข้างหน้าจะต่อด้วยช่วงการถอยหลัง แล้วมีช่วงหยุดนานจนครบรอบการสั่นจากการวิเคราะห์และทดลองปรากฏว่าอัตราเคลื่อนที่ของชิ้นงานจะเร็วขึ้นเมื่อมีช่วงการกระโดด ($A_n/g_n > 1.0$) รวมอยู่ใน 1 คาบเวลาการสั่น

รูปแบบของการเคลื่อนที่ที่สามารถสรุปได้ดัง โคอะแกรม ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 โคอะแกรมการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

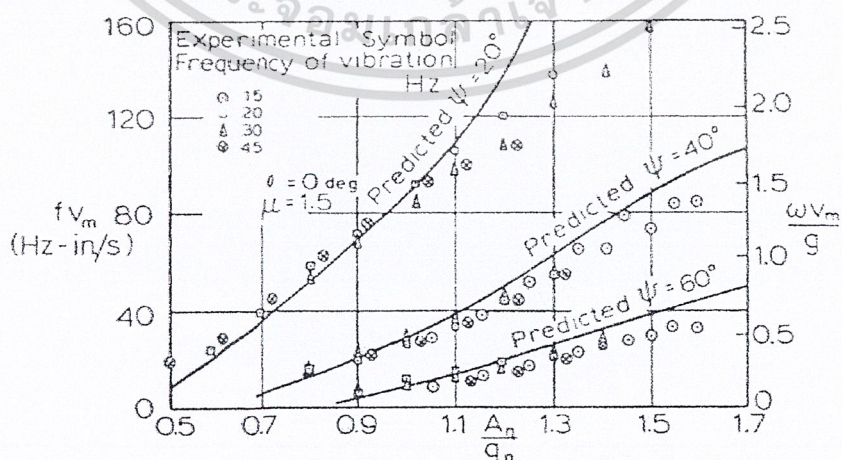
การวิเคราะห์ที่สมบูรณ์ของแบบที่เป็นไปได้ของระบบลำเลียงด้วยการสั่นมีความซับซ้อน และสมการที่ได้ออกมาก็ต้องทำการแก้โดยวิธีวิเคราะห์เชิงตัวเลข (numerical) ด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งผลที่สำคัญรวมถึงการทดสอบด้วยการทดลองในส่วน of f , A_n/g_n , θ และ μ ที่มีต่อความเร็ว v_m ของชิ้นงานจะได้แยกพิจารณาในหัวข้อถัดไป

2.1.1.2 ผลกระทบของความถี่

ผลจากการวิเคราะห์ทางทฤษฎีบ่งชี้ว่าสำหรับเงื่อนไขที่กำหนด และสำหรับแอมพลิจูดของความเร่งของแผ่นทางเดินที่คงที่แล้วความเร็วเฉลี่ยของการลำเลียง v_m เป็นสัดส่วนกลับกับความถี่ f ของการสั่น

$$fv_m = \text{ค่าคงที่} \quad (11)$$

รูปที่ 5 ซึ่งแสดงผลกระทบของความเร่งทางเดินต่อความเร็วเฉลี่ยการลำเลียงสำหรับความถี่เชิงมุม Ψ ระหว่างแนวการสั่นกับแนวทางเดิน 3 ค่า เปรียบเทียบทฤษฎีกับการทดลอง ซึ่งก็กล่าวได้ว่าการลำเลียงให้ได้ในอัตราเร็วสูง ก็ควรที่จะใช้ความถี่การสั่นที่ต่ำที่สุด แต่ความถี่ ความเร่งของแผ่นทางเดินถูกกำหนดให้คงที่ดังนั้นจำเป็นต้องให้แอมพลิจูดของการสั่นมีค่ามาก แต่ในทางปฏิบัติการยึดส่วนลำเลียงกับ โครงสร้างที่ไม่เคลื่อนที่ก็มักจะเป็นตัวกำหนดความถี่ต่ำสุด มีการทดลองในอังกฤษที่แสดงให้เห็นถึงข้อได้เปรียบสำหรับระบบอ่างกลมลำเลียงชิ้นงานแบบสั้น ที่ทำงานที่ความถี่ต่ำคือ 25 Hz เมื่อเทียบกับที่ 50 Hz



รูปที่ 5 แสดงผลกระทบจากมุมการสั่น ความเร่งของแผ่นทางเดิน

และความถี่ที่มีผลต่อความเร็วของการลำเลียงชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการวิจัยในท้องถิ่นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นจำเป็นต้องใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

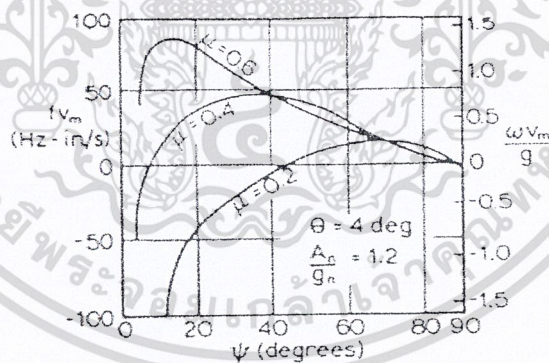
2.1.1.3 ผลกระทบความเร่งของแผ่นพื้นทางเดิน

รูปที่ 5 แสดงว่าการเพิ่มความเร่งของแผ่นทางเดิน A_n/g_n โดยทั่วไปจะมีผลทำให้ความเร็วของการลำเลียงเพิ่มขึ้น แต่ถ้าเพิ่มความเร่ง A_n/g_n มากเกินไปจะไม่ทำให้เกิดการเพิ่มความเร็วนี้อีก เนื่องจากมีการกระโดดมากเกินไปของชิ้นงาน ความเร็วในการกระแทกพื้นมีค่ามากเกิดการกระเด็นที่ไม่อยู่ในวิสัยที่จะควบคุมได้

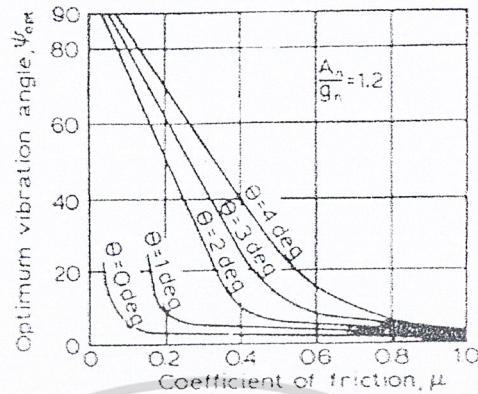
เพื่อให้การป้อนชิ้นงานมีประสิทธิภาพค่า A_n/g_n ควรจะไม่มากกว่า 1 จนเกินไปตามรูปที่ 5 ในช่วงการทำงานนี้ความสัมพันธ์ระหว่างแฟกเตอร์ fV_m และ A_n/g_n จะเป็นเชิงเส้นสำหรับแต่ละค่าของ ψ ที่ค่าของมุมทางเดิน θ และสัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน μ ที่กำหนดให้

2.1.1.4 ผลกระทบของมุมของแนวการลำ

จากรูปที่ 5 ทำให้รู้ว่าความเร็วของชิ้นงานเปลี่ยนแปลงตามมุมการลำ ψ ผลกระทบที่เห็นอย่างชัดเจน แสดงในรูปที่ 6 ซึ่งบ่งชี้ได้ว่าการลำที่เหมาะสมจะอยู่บางช่วงของมุม และขึ้นอยู่กับแต่ละเงื่อนไขอื่น ๆ ที่กำหนด ในรูปที่ 7 แสดงผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานกับค่ามุมการลำที่เหมาะสม ψ_{opt} สำหรับช่วงความเร่งของทางเดินที่ใช้งาน คือ $A_n/g_n = 1.2$



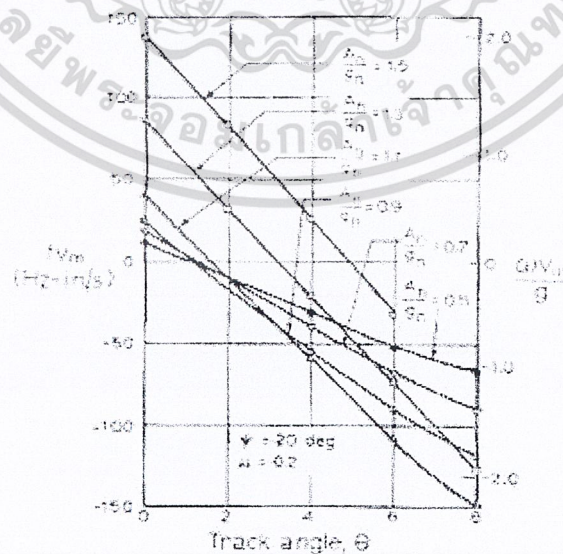
รูปที่ 6 แสดงผลกระทบของมุมการลำ ต่อความเร็วในการลำเลียงชิ้นงาน



รูปที่ 7 แสดงผลกระทบของสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานต่อมุมการสั่นที่เหมาะสม

2.1.1.5 ผลกระทบของมุมทางเดิน

รูปที่ 8 แสดงผลกระทบของมุมทางเดิน θ ต่อความเร็วของการลำเลียงสำหรับความเร่งของแผ่นทางเดินค่าต่าง ๆ ที่ค่า $\mu = 0.2$ ผลลัพธ์ที่แสดงนี้ ความเร็วที่สูงสุดจะอยู่ที่กรณีของทางเดินในแนวราบมีมุมเท่ากับศูนย์ และการเดินไปข้างหน้าจะต้องมีมุมเล็กน้อย ทางเดินควรจะมีความประมาณ 2 หรือ 4 องศา ค่อย ๆ เดินขึ้นไป และออกจากภาชนะ เมื่อพิจารณาชิ้นงานที่อยู่ในอ่างกลมลำเลียงด้วยการสั่น จากการที่ความเร็วบนพื้นราบสูงกว่าความเร็วการลำเลียงบนพื้นเอียง จึงเกิดเหตุการณ์ที่ชิ้นงานที่อยู่ด้านบนของอ่าง ได้รับการผลักดันจากชิ้นงานที่ตามขึ้นไปทำให้ความเร็วสูงกว่าที่คาดไว้



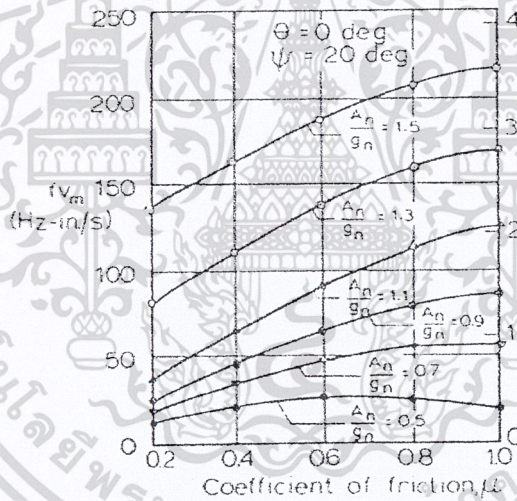
รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมุมของทางเดินและความเร็วในการลำเลียงชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามถ้ามุมของทางเดินมากขึ้นสามารถเพิ่มความเร่งของชิ้นงาน A_n/g_n มากขึ้น แต่ไม่มากจนเลยค่าวิกฤต ดังรูปที่ 8 จะทำให้ชิ้นงานเดินทางออกไปจากภาชนะได้ด้วยความเร็วเท่ามุมเดิม

2.1.1.6 ผลกระทบของสัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน

ค่าในทางปฏิบัติสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานอยู่ในช่วง 0.2-1.0 ในรูปที่ 8 คือทำให้มีการเดินไปได้แต่เราสามารถใช้อย่างเคลือบเป็นทางเดินก็จะทำให้ความเสียดทานเพิ่มจากค่า 0.2 ของผิวสัมผัสโลหะกับโลหะไปเป็น 0.8 ได้ รูปที่ 9 แสดงผลกระทบของสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานกับความเร็วของการลำเลียงชิ้นงานไปตามทางเดิน, มุมการสั้น 20 องศา และแปรเปลี่ยนความเร่งของทางเดิน A_n/g_n ไปตามค่าต่างๆเมื่อเพิ่มความเร็วของการลำเลียงชิ้นงาน และเมื่อเพิ่มแรงเสียดทานก็จะเพิ่มความเร็วของการลำเลียงชิ้นงานเช่นกัน



รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน และความเร็วในการลำเลียงชิ้นงาน

2.1.1.7 การประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยของการลำเลียงชิ้นงาน

ที่ตำแหน่งใด ๆ บนทางเดินแนวราบ สัดส่วนระหว่างแอมพลิจูดการสั้นตามแนวโค้ง และแนวราบมีค่าเท่ากับ tangent ของมุมการสั้น ψ ส่วนประกอบของความเร่งการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง a_n จะเหมือนกันทุกพื้นที่ในภาชนะ ขนาดของส่วนประกอบความเร่งตามแนวราบ a_p จะแปรเปลี่ยนตามรัศมีของภาชนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเร่งของการสั่นตามแนวราบเพิ่มขึ้นเชิงเส้นกับการเพิ่มรัศมี ถ้าทราบมุมการสั่น ψ ที่ตำแหน่งรัศมี R_1 มุมการสั่น ψ_2 ที่ตำแหน่งรัศมี R_2 สามารถหาได้จาก

$$\tan\psi_2 = (R_1/R_2)\tan\psi_1 \quad (12)$$

ถ้าแผ่นสปริงเอียงทำมุม 60 องศา(1.05 rad) จากระนาบ ยึดที่ตำแหน่งระยะ 100 มม. จากจุดศูนย์กลางภาชนะมุมการสั่นที่รัศมีนี้จะเป็นมุม 30 องศา(0.52 rad) ถ้าไม่คิดการสั่นของฐาน แต่ถ้านำมาพิจารณามุมการสั่นก็จะได้จากการเปรียบเทียบสัญญาณจาก 2 ตัวตรวจจับความเร่งที่วัดในแนวตั้งและแนวนอน ค่าของมุมการสั่นที่ตำแหน่งรัศมี 150 มม.จากจุดกลางของภาชนะสามารถหาได้จากสมการ (12) และหา ψ_2 ได้จาก

$$\psi_2 = \arctan((100/150)\tan 30^\circ) = 21^\circ (0.37\text{rad}) \quad (13)$$

การสั่นของชามวงกลมส่งผลให้ชิ้นงานที่ถูกเติมไว้บริเวณส่วนล่างอย่างไม่เป็นระเบียบนั้น เรียงแถวไถลขึ้นไปตามทางเดินรูปเกลียว ขอบผนังด้านในและการผลัดกันเกิดขึ้นโดยอัตราการลำเลียงชิ้นงานจะขึ้นกับความเร็วของการเคลื่อนที่ของชิ้นงานบริเวณแนวขอบของพื้นราบซึ่งมากกว่าบริเวณพื้นเอียง ความเร็วของชิ้นงานบริเวณขอบของพื้นราบ V_m นั้นขึ้นกับมุมการสั่น ψ ขนาดแอมพลิจูดของการสั่น a_0 และความถี่ของการสั่น f หรือความถี่เชิงมุมของการสั่น $\omega = 2\pi f$ โดยจากการวิเคราะห์เชิงมิติ (Dimensional analysis) อย่างพื้นฐานจะได้ว่า

$$V_m \omega / g = \text{function}[(a_0 \omega_2 \sin \psi / g), (\psi)] \quad (14)$$

โดยที่ g คือความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง และเท่ากับ 9.81 m/s^2 ความสัมพันธ์ในสมการ (14) แสดงไว้ในรูปที่ 10 สำหรับกรณีปกติที่มีการสั่น 60 เฮิรต ความเร็วของการลำเลียงที่ขึ้นกับมุมการสั่น ψ และแอมพลิจูดของการสั่นในแนวตั้ง a_0 สเตลที่ไม่มีหน่วยทางตอนบนและทางขวาของรูปสามารถใช้ได้ในความถี่อื่นๆ ที่ไม่ใช่ 60 เฮิรต แต่ต้องมีการคำนวณเพิ่มเติม

กรณีตัวอย่างเช่นที่ตำแหน่ง 150 มม. จากจุดศูนย์กลางของชาม และถ้ามุมการสั่นที่จุดนั้น 21 องศา(0.37 rad) จากรูปที่ 10 ความเร็วของการลำเลียงชิ้นงาน V_m มีค่าประมาณ 35 mm/s เมื่อ a_0 เท่ากับ 80 ไมโครเมตร ถ้า a_0 หรือ $a_0 \sin \psi$ เท่ากับ 80 ไมโครเมตร ตัวแทนค่าของแอมพลิจูดที่ไม่มี

หน่วยคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{a_0 \omega^2 \sin \psi}{g} = (80 * 10^{-6}) (2 \pi 60)^2 / 9.81 = 1.16 \quad (15)$$

จากรูปที่ 10 ถ้า ψ เท่ากับ 21 องศา (0.37 rad) ตัวแทนค่าความเร็วที่ไม่มีหน่วยคือ $V_m \omega / g$ เท่ากับ 1.35 และ V_m เท่ากับ 35 mm/s ค่าของแอมพลิจูดตามแนวแกนอน a_p คือ 210 ไมโครเมตร

ถ้าใช้ค่าของตัวอย่างนี้ ในกรณีของขามที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 600 มม. จะได้ค่าของแอมพลิจูดการสั่นในแนวนอนคือ

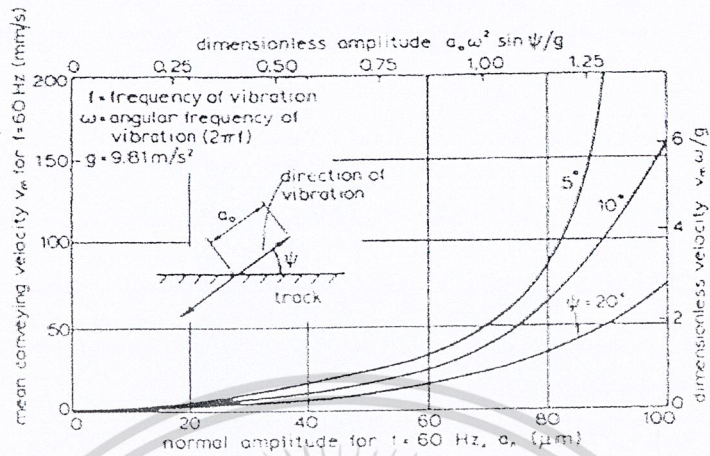
$$(300/150)(210) = 420 \text{ ไมโครเมตร}$$

ขนาดการแกว่งไปกลับ (peak-to-peak) ซึ่งมีค่าเป็น 2 เท่าก็คือ 0.84 มม. มุมการสั่นสำหรับส่วนสุดท้ายตามแนวราบของทางเดินก่อนขึ้นพื้นเอียง คือ

$$\arctan(80/420) = 11^\circ (0.19 \text{ rad}) \quad (16)$$

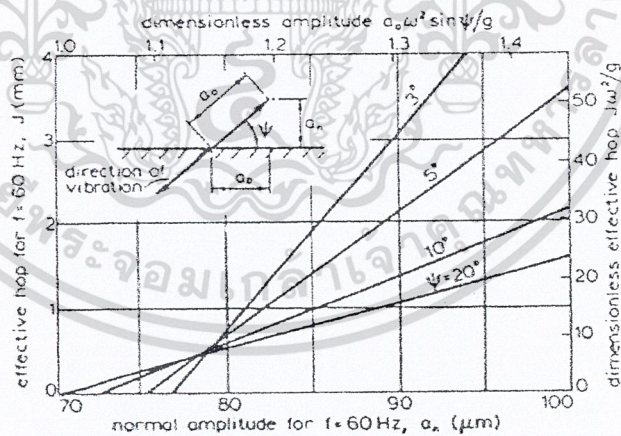
จากรูปที่ 10 ชิ้นงานจะถูกลำเลียงเคลื่อนที่ขึ้นมาส่วนบนของขามด้วยความเร็ว 70 mm ต่อวินาที ในความเป็นจริงชิ้นงานมิได้มีการเคลื่อนที่อย่างต่อเนื่องด้วยความเร็วของการลำเลียง แต่จะมีการเคลื่อนที่ย่อยๆของการไถลไปข้างหน้าหรือถอยหลัง ซึ่งอาจจะมีการกระโดด (hop) รวมอยู่ด้วยรายละเอียดมีความหมายกับการพิจารณาการไถลเคลื่อนที่ขึ้นงาน

รูปที่ 11 และ 12 แสดงผลกระทบ ความยาว J และ ความสูง H ของการกระโดดที่เกิดขึ้นในการลำเลียงมวลจุด (point mass) ไปบนพื้นราบด้วยกลไกการสั่น ซึ่งลักษณะของการเคลื่อนที่เป็นดังรูปที่ 13 สามารถใช้ช่วงความยาวของการกระโดดเป็นตัวกำหนดความยาวน้อยที่สุดของช่องว่างบนทางเดินที่สามารถคัดทิ้งชิ้นงานที่มีการเคลื่อนที่ในลักษณะดังกล่าวให้ตกกลับคืนสู่เบื้องล่างของอ่าง



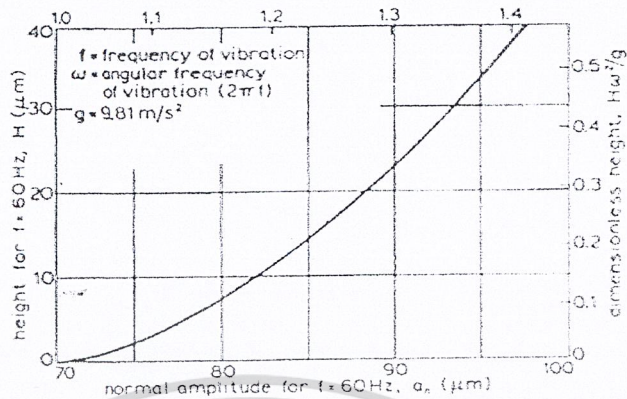
รูปที่ 10 แสดงการประมาณค่าความเร็วเฉลี่ยในการลำเลียงขนงานบนแนวทางเดินพื้นราบ

ขนาดช่วงการกระโดดสามารถพิจารณาจากรูปที่ 11 ถ้าแอมพลิจูดในแนวตั้ง a_n คือ 80 ไมโครเมตร สำหรับการสั่น 60 เฮิร์ต และมุมการสั่น ψ เท่ากับ 11 องศา (0.19 rad) ได้ค่า $J = 0.6$ มิลลิเมตร



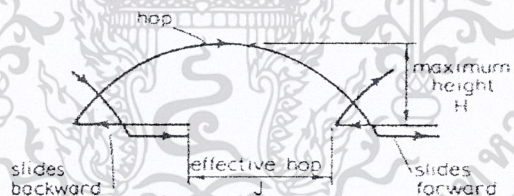
รูปที่ 11 แสดงการประมาณทางทฤษฎีของช่วงการกระโดดระยะสุทธิต่อการกระโดดบนทางเดินตามแนวราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12 แสดงการประมาณทางทฤษฎีของความสูงมากที่สุดของชิ้นงานที่กระโดดบนทางเดินตามแนวราบ

รูปที่ 12 สามารถใช้เพื่อพิจารณาขนาดของความสูงมากที่สุด H ของการกระโดดเหนือทางเดินตามแนวราบ โดยเมื่อใช้ค่าตัวเลขของเงื่อนไขที่กล่าวมา (a_n เท่ากับ 80 ไมโครเมตร และที่ความถี่ 60 เฮิรท์) H คือ 8 ไมโครเมตร



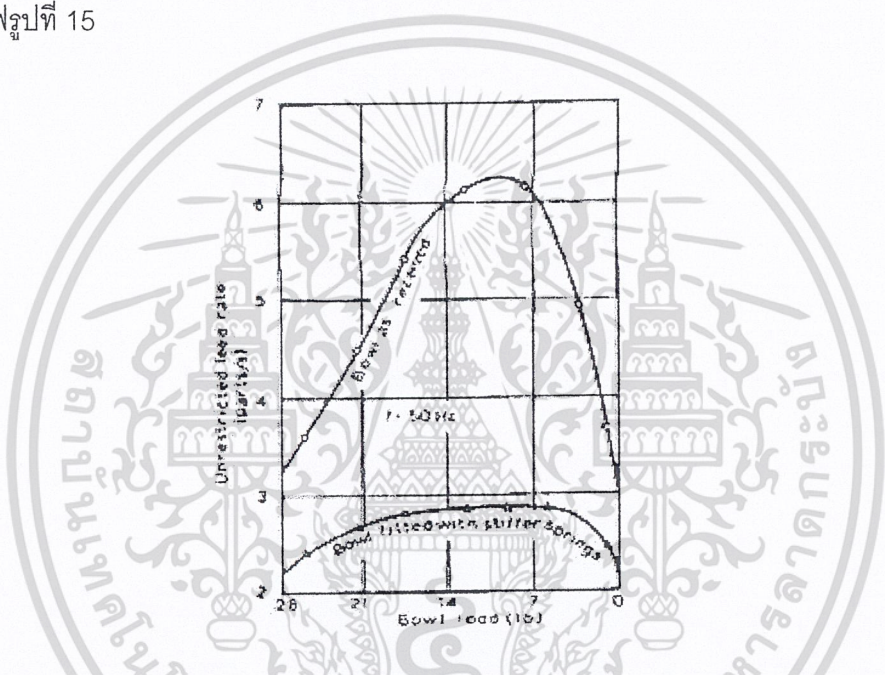
รูปที่ 13 แสดงการเคลื่อนไถลของชิ้นงานรวมทั้งการกระโดด

2.1.1.8 สภาพไวต่อโหลดหรือปริมาณชิ้นงาน (Load sensitivity)

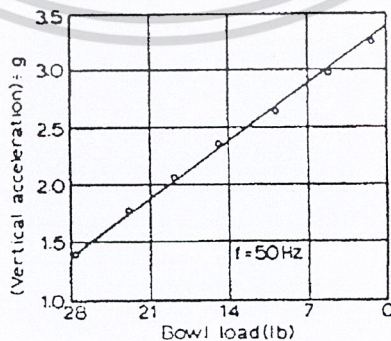
ข้อเสียที่สำคัญของระบบอ่างวงกลมลำเลียงชิ้นงานด้วยการสั่นก็คือ สมบัติการลำเลียงที่เปลี่ยนไปเมื่อชิ้นงานเริ่มเหลือน้อยในขามอ่าง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเนื่องจากที่กำลังคงที่แอมพลิจูดของการสั่น และรวมถึงความเร่งสูงสุดของขามอ่างมักจะเพิ่มขึ้นเมื่อมวลของโหลด (Load) หรือปริมาณชิ้นงานในภาชนะลดลง โดยทั่วไปอัตราการลำเลียงจะสูงขึ้น พิจารณารูปที่ 14 ซึ่งแสดงผลของโหลดต่อความเร็วของชิ้นงานสำหรับเครื่องลำเลียงระบบขามอ่างวงกลมแบบสั่นรุ่นหนึ่งที่มีวางจำหน่าย จะเห็นว่าในกราฟเส้นบนช่วงแรกอัตราการลำเลียงเต็มกำลังมีค่าเพิ่มขึ้นตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณโหลดที่ลดน้อยลง แต่อัตราจะกลับลดลงอีกครั้งเมื่อจำนวนชิ้นงานน้อยเกินกว่าที่จะมีกระบวนการผลัดกันจากชิ้นงานบริเวณส่วนล่าง กล่าวคือชิ้นงานจะมีแนวโน้มเคลื่อนที่ไม่เกาะกลุ่มบนพื้นเอียง ซึ่งดังที่ทราบแล้วว่าอัตราการเคลื่อนที่จะน้อยกว่าการเคลื่อนบนพื้นราบ จะสังเกตได้จากกราฟว่าการหลีกเลี่ยงปัญหานี้ทำได้โดยต้องคอยเติมชิ้นงานเมื่อจำนวนพร้อมลงจนเหลือประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ การลำเลียงในช่วงโหลด 100 เปอร์เซ็นต์ลงมาจนถึง 25 เปอร์เซ็นต์ค่อนข้างมีลักษณะเป็นเชิงเส้น คล้ายจงกับความเร่งของชามวงกลมที่เพิ่มขึ้นกับปริมาณโหลดที่ลดลง ดังกราฟรูปที่ 15

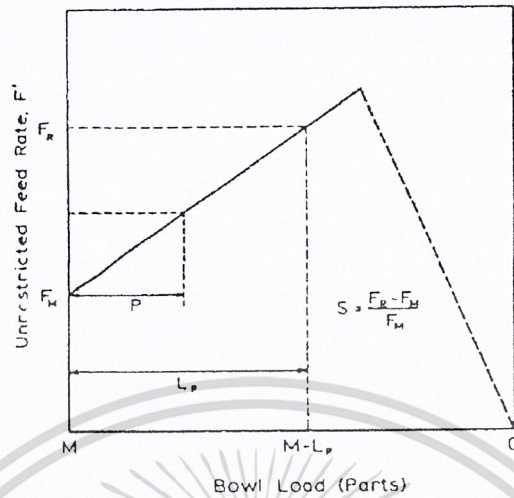


รูปที่ 14 แสดงผลการศึกษาคงผลของ โหลดต่ออัตราการลำเลียงชิ้นงานของระบบชามอ่างวงกลมแบบสั้นที่มีวางจำหน่าย



รูปที่ 15 ผลของน้ำหนัก โหลดกับความเร่งของชามอ่างวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 16 ความสัมพันธ์ในแบบจำลองเบื้องต้นของค่าสภาพไวต่อโหลด

2.1.1.9 ผลของสภาพไวต่อโหลดในกระบวนการเคลื่อนวนซ้ำของชิ้นงาน

ถ้าให้สภาพไวของโหลด S ของซามเป็นค่าสัดส่วนระหว่างค่า 2 ค่าของอัตราการลำเลียงในช่วงต่อของการเติมชิ้นงานและหาได้จากกราฟลักษณะดังรูปที่ 16 โหลดในภาชนะมากที่สุด หรือความจุของจำนวนชิ้นงานในซามซึ่งสมมติว่า คือ M ชิ้น และถ้าเมื่อมีการลำเลียงชิ้นงานไปได้ L_p ชิ้น ก็จะมีการเติมชิ้นงานเพิ่มเข้าไปทดแทน L_p ชิ้น แล้วอัตราการลำเลียงชิ้นงาน F' จะมีค่าคือ

$$F' = F_m + SF_m P / L_p \tag{18}$$

เมื่อ F_m คือ อัตราการลำเลียงสำหรับภาชนะที่ถูกเติมเต็ม และ P คือ จำนวนชิ้นงานที่ส่งออกมาจากส่วนบนของซามในเวลา t หลังจากเติมชิ้นงาน ในระบบอัตโนมัติตามโรงงานอัตราการลำเลียงจะคงที่ และโดยทั่วไปก็มักเลือกให้เท่ากับอัตราการลำเลียงต่ำสุด F_m ดังนั้นอัตราของส่วนที่จะต้องตกกลับไปวนซ้ำ (recirculation rate) ก็คือ

$$SF_m P / L_p = SF_m^2 t / L_p \tag{19}$$

เนื่องจาก P เทียบเท่า $F_m t$ จำนวนของชิ้นงานตกกลับสู่เบื้องล่างของซาม ในเวลาสั้น ๆ Δt คือ

$$SF_m^2 \Delta t / L_p$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สนใจจำนวนครั้งเฉลี่ย $\Delta R'$ ของการตกกลับไปลงซ้ำของชิ้นงาน 1 ชิ้นในช่วงเวลา Δt ณ เวลาใด ๆ หาได้จากจำนวนชิ้นงานที่ตกกลับไปลงซ้ำหารด้วยจำนวนชิ้นงานทั้งหมดในชามนั้น คือ

$$\Delta R' = SF_m^2 t / L_p (M - F_m t) \Delta t \quad (20)$$

จำนวนครั้งเฉลี่ยสุทธิ R' ที่ชิ้นงานตกกลับไปลงซ้ำในช่วงเวลา L_p / F_m ระหว่างจังหวะการเติมชิ้นงานก็ได้จากการอินทิเกรตสมการที่ (20)

$$\begin{aligned} R' &= \int_0^{L_p/F_m} SF_m^2 t dt / L_p (M - F_m t) \\ &= S \left[-1 - M/L_p \ln(1 - L_p/M) \right] \end{aligned} \quad (21)$$

ตัวอย่างเช่น ถ้าตัวลำเลียงที่ใช้มีสมบัติเป็นคังรูปที่ 15 ถูกเติมเมื่อภาชนะพร้อมชิ้นงานไปครึ่งหนึ่ง ตรงตำแหน่งใกล้จุดสูงสุดของกราฟในรูปที่ 14 แล้ว

$$S = (6 - 3) / 3 = 1$$

$$L_p/M = (28 - 14) / 28 = 0.5$$

และ

$$R' = 1 \left[-1 - 2 \ln(0.5) \right] = 0.39$$

ซึ่งแสดงว่าในงาน 1 ชิ้นในทุก ๆ 3 ชิ้นที่ถูกลำเลียงจำเป็นจะต้องถูกทำให้ตกกลับลงสู่เบื้องล่างของชามอันเนื่องมาจากอัตราการลำเลียง ซึ่งสูงเกินไป (Over feeding) ทั้งนี้ยังไม่นับถึงกรณีที่มีกลไกอุปกรณ์คัดลักษณะการวางตัว (Orienting device) ของชิ้นงานซึ่งก็จะทำให้ชิ้นงานที่ไม่ได้เรียงตัวในลักษณะที่ต้องการตกกลับลงไปด้วย และเมื่อถ้าเติมชิ้นงานถึงชิ้นกว่านั้นสองเท่า หรือในจังหวะเมื่อจำนวนชิ้นงานในชามพร้อมไปเพียง 25 เปอร์เซ็นต์แล้ว

$$S = (4.5 - 3) / 3 = 0.5$$

$$L_p/M = (28 - 21) / 28 = 0.25$$

และ

$$R' = 0.5 \left[-1 - 4 \ln(0.75) \right] = 0.08$$

ซึ่งจะเห็นว่าอัตราการตกกลับป่วนซ้ำลดลงเมื่อเพิ่มความถี่ของจังหวะการเติมชิ้นงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์

2.2.1 ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode, LED)

การใช้งาน LED โดยทั่วไปจะต้องป้อนแรงดันไฟฟ้าแบบไบอัสตาม (forward bias) เข้าสู่ LED ผ่านขา 2 ขา นั่นคือป้อนแรงดันบวกเข้าที่ขา p และป้อนแรงดันลบเข้าขา n วิธีนี้เป็นการฉีดพาหะ (อิเล็กตรอนและโฮล) เข้าสู่ LED ซึ่งจะทำให้อิเล็กตรอนถูกฉีดแบบแพร่ซึม (diffusion) จากชั้น n เข้าสู่ชั้น p และ โฮลถูกฉีดแบบแพร่ซึม จากชั้น p เข้าสู่ชั้น n พาหะข้างน้อยที่ถูกฉีดเหล่านี้จะไปรวมตัวกับพาหะข้างมากที่มีอยู่ก่อนแล้ว ทำให้เกิดการเปล่งแสงลักษณะ LED แบบตัวถังพลาสติกเป็นดังรูปที่ 17



2.2.1.1 ไดโอดเปล่งแสงชนิดแสงอินฟราเรดชนิด GaAs

กรณีโดปด้วย Si

GaAs เป็นสารประกอบกึ่งตัวนำหมู่ 3-5 เนื่องจาก Si เป็นธาตุหมู่ 4 ดังนั้น Si ที่ถูกโดปเข้าไปใน GaAs จึงสามารถเป็นได้ทั้ง donor และ acceptor โดยขึ้นกับเงื่อนไขในการผลิตทำให้ได้รอยต่อ p-n ได้ง่ายเป็น LED ที่ให้แสงอินฟราเรดสูงมาก จึงมีการนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายในระบบรีโมตคอนโทรล (remote control) ซึ่งให้แสงความยาวคลื่น 920-950 nm แต่มีข้อเสียว่า Si เป็นศูนย์กลางการรวมตัวของพาหะทำให้การตอบสนองต่อเวลาช้าเป็นหน่วยของไมโครวินาที ลักษณะโครงสร้างรอยต่อดังรูปที่ 18

p-GaAs (Si)
n-GaAs (Si)
แผ่นฐาน n-GaAs

รูปที่ 18 โครงสร้างของ LED ชนิด GaAs โดยโคปด้วย Si และเปล่งแสงอินฟราเรด

กรณีโคปด้วย Zn

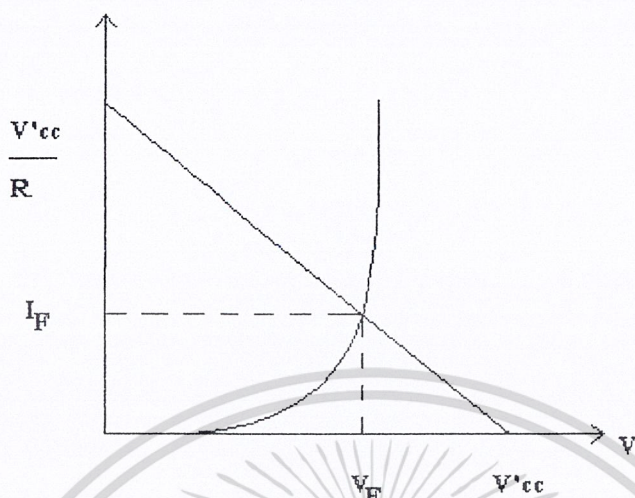
ใช้ n-GaAs เป็นแผ่นฐาน จากนั้นจึงแพร่ซึมธาตุ Zn เข้าไปเพื่อให้เกิดรอยต่อ p-n เมื่อฉีดพาหะเข้าสู่ LED ชนิดนี้ อิเล็กตรอนจาก conduction band จะรวมตัวกับโฮลใน valence band โดยตรง ดังนั้นผลตอบสนองต่อเวลาจะรวดเร็วมากเป็นหน่วยของนาโนวินาที ให้แสงความยาวคลื่น 910 nm แต่มีข้อเสียว่าเนื่องจากความยาวคลื่นของแสงเท่ากับช่องว่างพลังงานจึงทำแสงถูกดูดกลืนภายในด้วยแผ่นฐานมาก ทำให้เอาที่จุดแสงมีค่าต่ำ

2.2.1.2 การใช้งานไดโอดเปล่งแสง

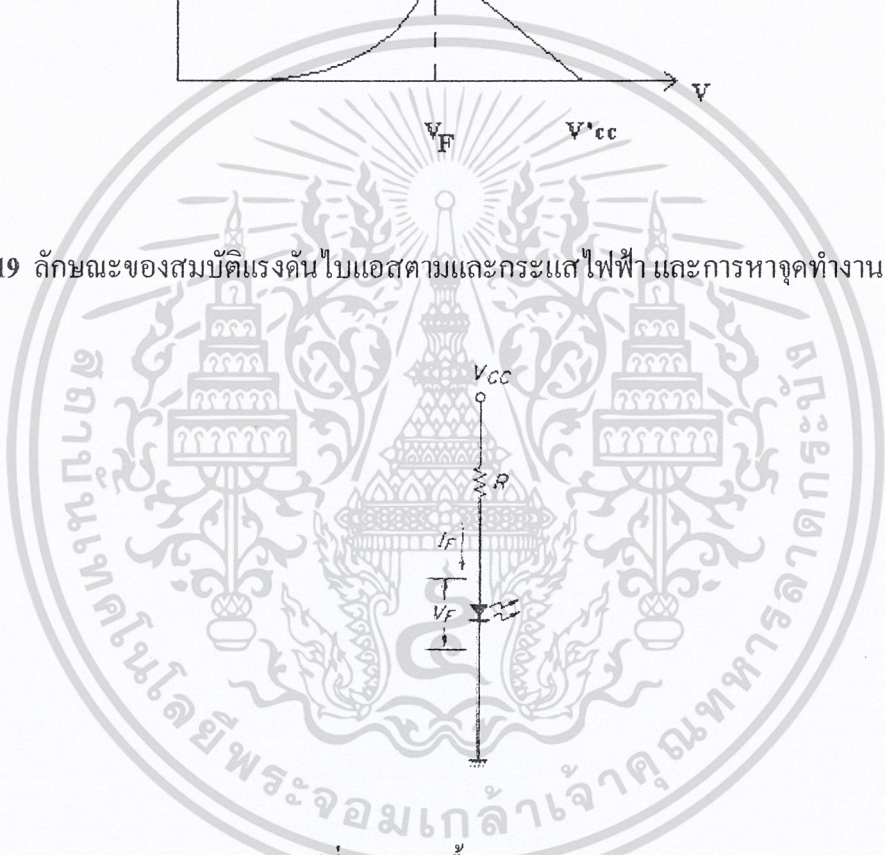
โดยพื้นฐานแล้วการใช้งาน LED ต้องป้อนกระแสคงที่ไม่ใช่ป้อนแรงดันไฟฟ้าคงที่ ซึ่งความเข้มของแสงที่เปล่งนั้นแปรผันตรงกับกระแสไฟฟ้า และจากความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในรูปที่ 19 จะพบว่าสำหรับวงจรพื้นฐานในการขับ LED ดังรูปที่ 20 ซึ่งกระแสไฟฟ้าถูกจ่ายให้ LED จากแหล่งจ่ายแรงดันคงที่ V_{cc} ผ่านตัวต้านทาน R ในย่านที่กระแสไฟฟ้ากำลังไหลอยู่นั้นสามารถคิดได้ว่าแรงดัน V_F ที่ตกคร่อม LED ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน LED จึงมีค่าเท่ากับ

$$I_F = \frac{V_{cc} - V_F}{R} \quad (22)$$

ถ้าแรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงแม้เพียงเล็กน้อย ก็จะทำให้กระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงมาก ซึ่งก็จะทำให้ความเข้มของแสงเปลี่ยนแปลงมากด้วย โดยทั่วไปการในการใช้งานเราต้องการความสว่างที่คงที่ เพราะฉะนั้นการควบคุมความเข้มของแสงให้คงที่นั้นต้องทำโดยต้องควบคุมให้กระแสไฟฟ้าคงที่นั่นเอง



รูปที่ 19 ลักษณะของสมบัติแรงดันไบโอสตามและกระแสไฟฟ้า และการหาจุดทำงานของ LED

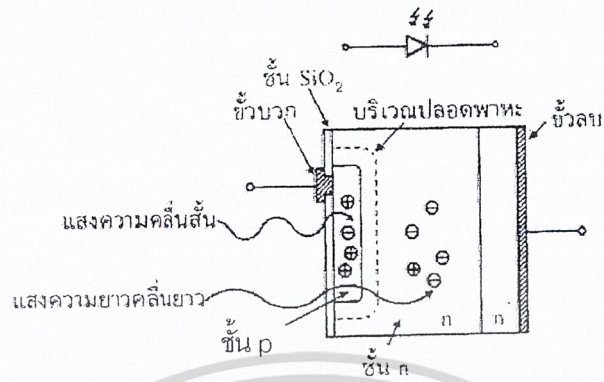


รูปที่ 20 วงจรพื้นฐานขับ LED

2.2.2 โฟโตไดโอด (Photodiode)

โฟโตไดโอดเป็นสิ่งประดิษฐ์ตรวจรับแสงชนิดโฟโตอิเล็กทริกแบบภายใน (Internal photoelectric) มีโครงสร้างพื้นฐานเป็นสารกึ่งตัวนำชนิดรอยต่อ pn เมื่อมีแสงตกกระทบที่รอยต่อ pn จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าและแรงดันขึ้น โดยความหมายกว้างๆ แล้วอาจรวมเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยก็ได้ แต่โดยทั่วไปแล้วเมื่อก้าวถึงโฟโตไดโอดจะหมายถึงเซ็นเซอร์ชนิดหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าและใช้ตรวจวัดความเข้มของแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



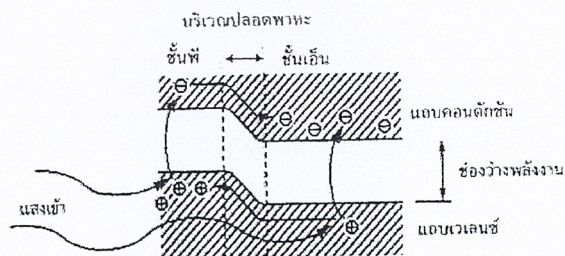
รูปที่ 21 ตัวอย่างภาพตัดขวางแสดงโครงสร้างพื้นฐานของโฟโตไดโอดชนิดรอยต่อ pn

2.2.2.1 หลักการทำงานของโฟโตไดโอด

ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะหลักการทำงานของโฟโตไดโอดที่มีโครงสร้างพื้นฐานชนิดรอยต่อ pn รูปที่ 21 แสดงตัวอย่างภาพตัดขวางของโฟโตไดโอด ที่ด้านรับแสงเป็นสารกึ่งตัวนำชนิด p และต่อติดกับชนิด n ที่รอยต่อ pn นี้ทำหน้าที่เป็นส่วนเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าด้วยกระบวนการโฟโตโวลตาอิก (photovoltaic effect) เมื่อแสงตกกระทบโฟโตไดโอด และถ้าพลังงานโฟตอนของแสงมีค่ามากกว่าช่องว่างพลังงานของสารกึ่งตัวนำ กล่าวคือถ้า

$$h\nu \geq E_g \tag{23}$$

แสงก็จะถูกสารกึ่งตัวนำดูดกลืน โดยพลังงานโฟตอนของแสงจะไปกระตุ้นให้อิเล็กตรอนกระโดดจาก valence band ไปสู่ conduction band และที่ valence band จะเหลือโฮลอยู่



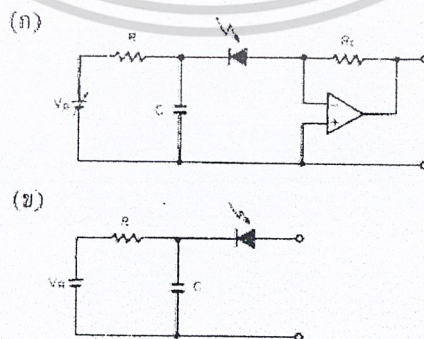
รูปที่ 22 แถบพลังงานของโฟโตไดโอดชนิดรอยต่อ pn

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 22 แสดงลักษณะแถบพลังงานของโฟโตไดโอดชนิดรอยต่อ pn การเกิดคู่อิเล็กตรอนและโฮลนั้นเกิดขึ้นได้ทั้งในชั้น p ชั้นปลอดพาหะ และชั้น n อิเล็กตรอนที่เกิดใน conduction band ในชั้น p จะแพร่กระจายไปสู่ชั้นปลอดพาหะ และอิเล็กตรอนที่เกิดใน conduction band ในชั้นปลอดพาหะจะถูกศักย์ไฟฟ้าภายใน (built-in potential) พัดพาให้วิ่งไปสู่ชั้น n ส่วนกรณีของโฮลก็จะไหลในทิศตรงข้ามกับอิเล็กตรอน นั่นคือจะไหลจาก valence band ในชั้น n หรือชั้นปลอดพาหะไปสู่ชั้น p จำนวนของการเกิดคู่อิเล็กตรอนและโฮลนี้จะแปรผันตรงกับจำนวนโฟตอนของแสง (photon flux) ที่สารกึ่งตัวนำดูดกลืน อิเล็กตรอนที่สะสมในชั้น n จะทำให้ชั้น n มีประจุไฟฟ้าเป็นลบ และโฮลที่ไปสะสมในชั้น p จะทำให้ชั้น p มีประจุไฟฟ้าเป็นบวก ต่อจากนั้นถ้าเราต่อโฟโตไดโอดกับวงจรภายนอก อิเล็กตรอนก็จะไหลจากชั้น n และโฮลก็จะไหลออกจากชั้น p ไปสู่วงจรภายนอก

2.2.2.2 การไบอัสย้อนกลับของโฟโตไดโอด

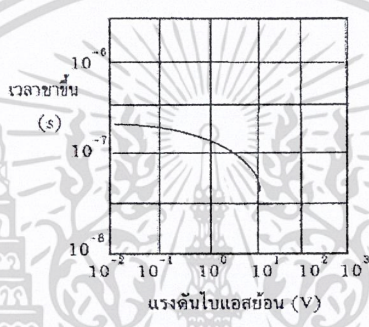
เนื่องจากโฟโตไดโอดทำงานโดยใช้ปรากฏการณ์โฟโตโวลตาอิก (photovoltaic effect) ดังนั้นโฟโตไดโอดสามารถให้สัญญาณไฟฟ้าเอาต์พุตได้แม้จะไม่มีกรับโอนพลังงานไฟฟ้าจากวงจรภายนอก แต่การป้อนแรงดันไบอัสแบบย้อนกลับเข้าสู่โฟโตไดโอดขณะทำงานจะช่วยทำให้โฟโตไดโอดมีความเร็วในการตอบสนองได้ดีขึ้นเนื่องจากค่าความจุไฟฟ้าของรอยต่อลดลงมีคุณสมบัติเชิงเส้นที่ดี โดยปกติกระแสไฟฟ้าเอาต์พุตของโฟโตไดโอดขึ้นกับการเกิดจำนวนคู่อิเล็กตรอนและโฮลซึ่งแปรตามความเข้มของแสง อย่างไรก็ตามเนื่องจากการไบอัสแบบย้อนกลับจะทำให้ชั้นปลอดพาหะมีความหนาเพิ่มขึ้น ดังนั้นกระแสไฟฟ้าเอาต์พุตจะเพิ่มได้บ้างเล็กน้อยตามขนาดของแรงดันไบอัสย้อนกลับ



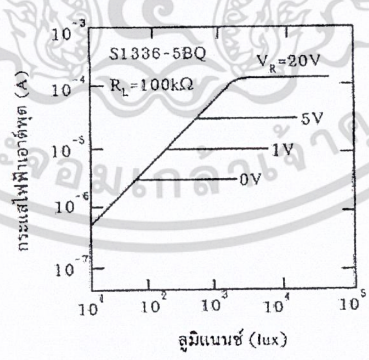
รูปที่ 23 ตัวอย่างวงจรสำหรับไบอัสย้อนให้โฟโตไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 23 แสดงตัวอย่างวงจรในการไบอัสแบบย้อนกลับ รูปที่ 24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาขาขึ้นและแรงดันไบอัสแบบย้อนกลับ ซึ่งจะพบว่าการไบอัสแบบย้อนกลับทำให้ช่วงเวลาขาขึ้นสั้นลง รูปที่ 25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าเอาต์พุตและความเข้มของแสง โดยมีแรงดันไบอัสย้อนกลับ V_R เป็นพารามิเตอร์ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่ม V_R จะทำให้คุณสมบัติเชิงเส้นของโฟโตไดโอดดีขึ้น แต่การไบอัสย้อนกลับจะมีข้อเสียคือ จะทำให้มีกระแสไฟฟ้ามีดและสัญญาณรบกวนเพิ่มขึ้นด้วย และการไบอัสย้อนกลับที่ค่าแรงดันสูงมาก ๆ จนเกินขีดจำกัด จะทำให้โฟโตไดโอดเสียหาย



รูปที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาขาขึ้นของโฟโตไดโอดชนิดซิลิคอน และแรงดันไบอัสย้อนซึ่งจะเห็นได้ว่าการไบอัสย้อนทำให้ช่วงเวลาขาขึ้นมีค่าสั้นลง



รูปที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าเอาต์พุตของโฟโตไดโอดชนิดซิลิคอน และความเข้มของแสง โดยมีแรงดันไบอัสย้อน V_R เป็นพารามิเตอร์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่ม V_R จะทำให้คุณสมบัติเชิงเส้นของโฟโตไดโอดดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.3 ความเร็วในการตอบสนอง

ความเร็วในการตอบสนองของโฟโตไดโอดหมายถึง เวลาที่นับตั้งแต่การเกิดพาหะด้วยแสง จนถึงการมีกระแสไฟฟ้าเอาต์พุตไหลออกสู่วงจรภายนอก ตามปกตินิยมแสดงด้วยค่าช่วงเวลาขาขึ้น t_r หรือช่วงเวลาขาลง t_f นิยามของ t_r ได้แก่ช่วงเวลาที่สัญญาณเอาต์พุตเพิ่มจาก 10 % เป็น 90 % t_r จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นกับแฟกเตอร์ต่อไปนี้

1) เวลา τ_1 (time constant) เป็นผลคูณของค่าความจุไฟฟ้า C_j ของโฟโตไดโอดและค่าความต้านทานของโหลด R_L (C_j เป็นผลรวมทั้งของตัวโฟโตไดโอด C_j ของภาชนะที่บรรจุโฟโตไดโอด)

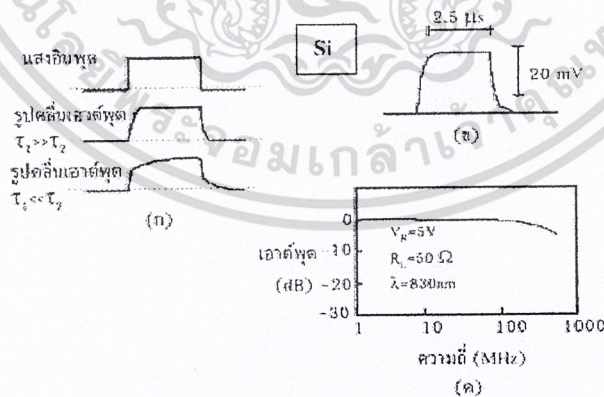
2) ค่าเวลาการแพร่ซึม τ_2 (diffusion time) ของพาหะที่เกิดขึ้นภายนอกชั้นเปลือยพาหะ

ถ้ากรณีค่าคงที่เวลามีค่ามากกว่าเวลาการแพร่ซึม กล่าวคือถ้า $\tau_1 > \tau_2$ จะได้การประมาณค่าของ t_r ว่าเท่ากับ

$$t_r = 2.2 \tau_1 = 2.2 C_j \times R_L \tag{24}$$

จากสมการนี้ทำให้เราทราบว่า ถ้าต้องการให้ช่วงเวลาขาขึ้น t_r มีค่าน้อย ๆ จะต้องออกแบบให้ C_j หรือ R_L มีค่าน้อย นอกจากนี้โดยปกติ C_j (ของรอยต่อ p-n ในโฟโตไดโอด) แปรผันตรงกับพื้นที่รับแสง A และแปรผกผันกับ V_R และสภาพต้านทาน ρ ของวัสดุแผ่นฐานสารกึ่งตัวนำตามสูตร

$$C_j \propto A \{ (V_R + 0.5) \times \rho \}^{-1/2} \tag{25}$$

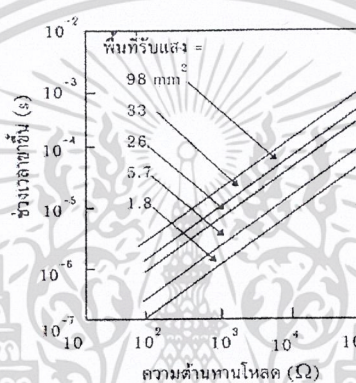


รูปที่ 26 (ก) และ (ข) ตัวอย่างรูปคลื่นผลตอบสนองของโฟโตไดโอดชนิดซิลิกอน

(ค) ผลตอบสนองของโฟโตไดโอดกรณีแสงอินพุตมีรูปพัลส์แบบเคลตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

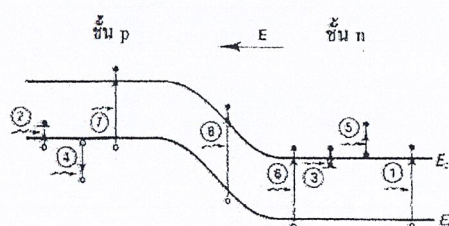
เพราะฉะนั้นถ้าต้องการให้โฟโตไดโอดตอบสนองที่ความเร็วสูง ๆ จึงควรรออกแบบให้ A มีค่าน้อยและ ρ มีค่ามากและมีการไบอัสแบบย้อนกลับด้วย แต่ต้องระวังว่าการไบอัสย้อนกลับขณะที่แสงมีความเข้มน้อยจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้ามืด (dark current) ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้เกิดสัญญาณรบกวนได้ รูปที่ 26(ก) แสดงตัวอย่างรูปคลื่นผลตอบสนองของโฟโตไดโอด รูปที่ 26 (ข) และ (ค) แสดงผลตอบสนองของโฟโตไดโอดกรณีแสงอินพุตมีรูปแบบเดลตา รูปที่ 27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาขาขึ้น t_r และ โหลด R_L โดยมีพื้นที่รับแสงเป็นพารามิเตอร์



รูปที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาขาขึ้น t_r ของโฟโตไดโอดชนิดซิลิกอน และ โหลด R_L โดยมีพื้นที่รับแสงเป็นพารามิเตอร์

2.2.2.4 กลไกการดูดกลืนแสงและการผลิตกระแสไฟฟ้าโฟโต

โฟโตไดโอดจะผลิตกระแสไฟฟ้าเมื่อพลังงานโฟตอนของแสงมีค่ามากกว่า หรือเท่ากับช่องว่างพลังงานของวัสดุสารกึ่งตัวนำ ซึ่งในการพิจารณากลไกการดูดกลืนแสงและการผลิตพาหะจะพิจารณาว่าเกิดขึ้นที่ส่วนใดของโฟโตไดโอด ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการออกแบบและผลิตโฟโตไดโอดให้มีประสิทธิภาพ

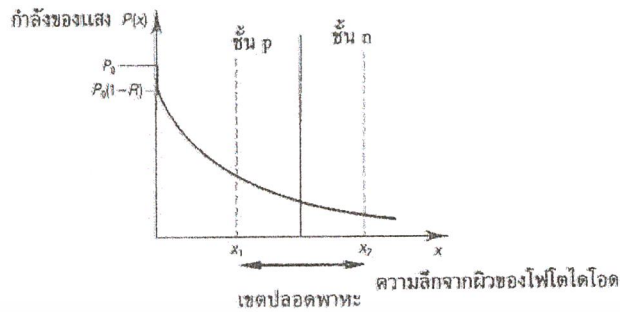


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ 28 กลไกการดูดกลืนแสงแบบต่างๆ ในรอยต่อ pn ในสภาพกำลังมีการไบอัสย้อน การคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 28 แสดงสภาพขณะมีแสงส่องเข้าที่ชั้น p และมีการไบอัสย้อนกลับที่รอยต่อ pn หมายเลขต่าง ๆ ในรูปแสดงกลไกการดูดกลืนแสงในลักษณะต่าง ๆ ซึ่งจะมีความหมายดังนี้

- 1) เป็นการดูดกลืนแสงด้วยสารกึ่งตัวนำซึ่งอยู่เข้าไปด้านหลังและห่างไกลจากชั้นปลอดพาหะ (ในรูปนี้ชั้น n อยู่ด้านหลัง แต่อาจสลับกับชั้น p ก็ได้) ถ้าแสงมีพลังงานมากกว่าหรือเท่ากับช่องว่างพลังงานก็จะทำให้เกิดการดูดกลืนแสงและเกิดคู่อิเล็กตรอน / โฮลได้ แต่เนื่องจากไม่มีสนามไฟฟ้าในชั้นนี้ (ดังนั้นพาหะที่เกิดจาก 1) จะเคลื่อนที่ได้ด้วยวิธีการแพร่ซึมเท่านั้น ซึ่งพาหะอิเล็กตรอนและโฮลส่วนใหญ่จะรวมตัวกันมากกว่าจึงไม่มีบทบาทต่อเอาต์พุตมากนัก
- 2) เป็นการดูดกลืนแสงในชั้น p ระหว่าง valence band และ acceptor level แต่ในที่สุดพาหะอิเล็กตรอนส่วนใหญ่ก็จะตกลงมารวมกับโฮลจึงไม่มีบทบาทต่อเอาต์พุต
- 3) เป็นการดูดกลืนแสงในชั้น p ระหว่าง donor level และ conduction band แต่ในที่สุดพาหะอิเล็กตรอนส่วนใหญ่ก็จะตกลงมารวมกับโฮลจึงไม่มีบทบาทต่อเอาต์พุต
- 4) เป็นการดูดกลืนแสงโดยโฮลอิสระ (free hole absorption) ใน valence band ของชั้น p และเพียงแต่ระดับพลังงานของโฮลตกลงและระดับพลังงานของอิเล็กตรอนสูงขึ้นจึงไม่ก่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าเอาต์พุต
- 5) เป็นการดูดกลืนแสงโดยอิเล็กตรอนอิสระ (free electron absorption) ใน conduction band ไม่มีผลต่อเอาต์พุต
- 6) เป็นการดูดกลืนแสงในชั้น n ที่ตำแหน่งชั้นปลอดพาหะ พาหะอิเล็กตรอนข้างมากจะแพร่ซึมไปสู่ชั้น n ด้านหลังและพาหะโฮลข้างน้อยจะมีความน่าจะเป็นสูงในการแพร่ซึมเข้าไปในชั้นปลอดพาหะ และโฮลจะถูกสนามไฟฟ้าชั้นปลอดพาหะกวาดให้ไหลผ่านไปสู่ชั้น p และโฮลเหล่านี้จะมีผลต่อเอาต์พุต
- 7) เป็นการดูดกลืนแสงในชั้น p ที่ตำแหน่งชั้นปลอดพาหะ พาหะอิเล็กตรอนข้างน้อยจะมีความน่าจะเป็นสูงในการแพร่ซึมเข้าไปในชั้นปลอดพาหะ และอิเล็กตรอนจะถูกสนามไฟฟ้าชั้นปลอดพาหะกวาดให้ไหลผ่านไปสู่ชั้น n และอิเล็กตรอนเหล่านี้จะมีผลต่อเอาต์พุต
- 8) เป็นการดูดกลืนแสงและผลิตคู่อิเล็กตรอน / โฮลในชั้นปลอดพาหะ พาหะอิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดขึ้นจะถูกสนามไฟฟ้าในชั้นปลอดพาหะกวาดและแยกจากกันให้ไหลไปสู่ชั้น n และชั้น p ตามลำดับและจะมีผลต่อเอาต์พุตมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

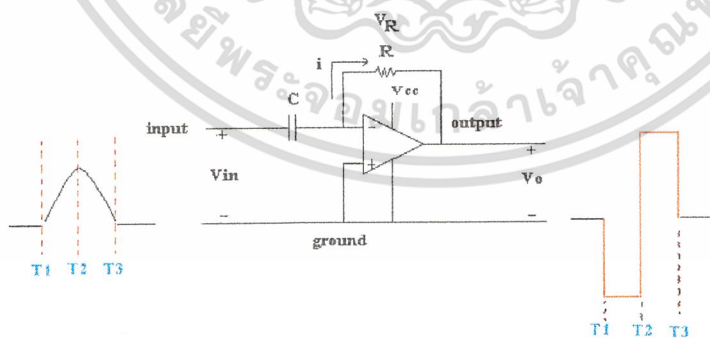


รูปที่ 29 การลดลงของกำลังของแสงตามระยะทางความลึกจากผิวของโฟโตไดโอด
 ย่านปลอดพาหะอยู่ระหว่างตำแหน่ง X1 และ X2

2.2.3 ทฤษฎีวงจรถดิฟเฟอเรนชิเอเตอร์ (Differentiator)

เนื่องจากในวงจรมักจะใช้พัลส์ของสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจจับ แต่มักมีรูปแบบที่ไม่แน่นอน ทั้งค่าระดับแรงดันและช่วงเวลาขาขึ้นขาลงของพัลส์ การนำวงจรถดิฟเฟอเรนชิเอทมาช่วยในการแก้ ปัญหาการป้านของสัญญาณจะทำให้พัลส์มีช่วงเวลาของพัลส์ขาขึ้นขาลงแคบ

วงจรถดิฟเฟอเรนชิเอเตอร์จะดิฟเฟอเรนชิเอทสัญญาณอินพุตที่ผ่านเข้าไปในวงจร สัญญาณ พัลส์ที่มีลักษณะป้าน เมื่อถูกดิฟเฟอเรนชิเอทจะทำให้สัญญาณที่ได้มีความเป็นสี่เหลี่ยมมากขึ้น ตัว อย่างของวงจรถดิฟเฟอเรนชิเอเตอร์ได้แก่วงจรดังรูปที่ 30 โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์ ขาเข้า (V_{in}) กับความต่างศักย์ขาออก (V_o) เป็นดังสมการที่ 26



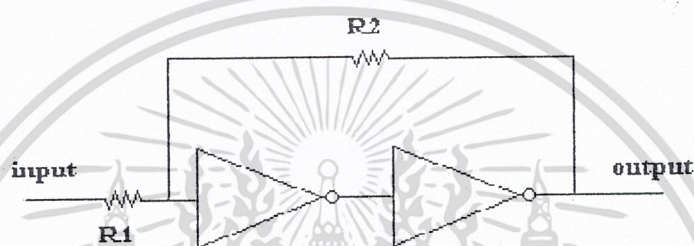
รูปที่ 30 วงจรถดิฟเฟอเรนชิเอเตอร์อย่างง่าย

$$-V_o = RC \frac{dV_{in}(t)}{dt} \tag{26}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

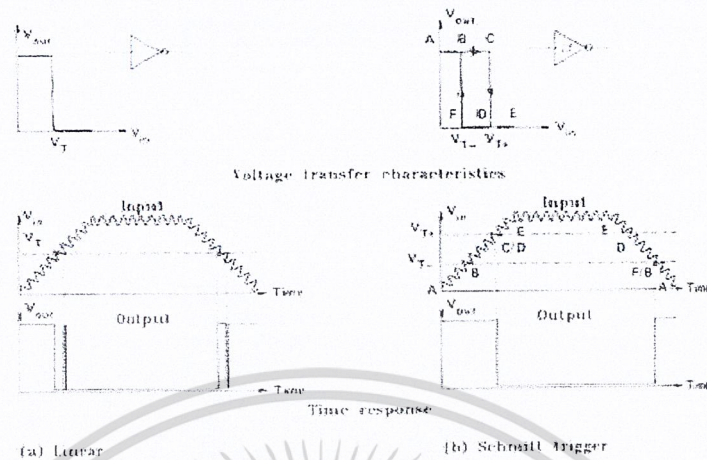
2.2.4 ทฤษฎีขมิตต์ทริกเกอร์อินเวอร์เตอร์

สัญญาณในวงจรดิจิทัลนั้นจะเป็นระดับสัญญาณไฟตรงหรือพัลส์แรงดันสูงต่ำตามที่กำหนด ถ้าต้องการให้วงจรดิจิทัลอ่านสัญญาณอนาลอกจะก่อให้เกิดปัญหากับวงจรดิจิทัลเพราะระดับสัญญาณไม่ได้มาตรฐาน วงจรขมิตต์ทริกเกอร์ก็เป็นวงจรหนึ่งที่จะช่วยในการแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิทัล 2 ระดับ เพื่อให้วงจรรับสัญญาณที่เป็นอนาลอกได้ ตัวอย่างของวงจรได้แก่ วงจรในรูปที่ 31



รูปที่ 31 วงจรขมิตต์ทริกเกอร์อย่างง่าย

วงจรขมิตต์ทริกเกอร์เป็นวงจรที่จะรับสัญญาณอนาลอกทางอินพุตและจะให้สัญญาณดิจิทัลทางเอาต์พุต เมื่อแรงดันค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจาก 0 โวลต์จนถึงระดับแรงดันหนึ่งที่กำหนดไว้ ขมิตต์ทริกเกอร์จะให้เอาต์พุตเป็น “1” ทันที ต่อมาเมื่อแรงดันค่อย ๆ ลดลงจนถึงแรงดันอีกระดับหนึ่ง ขมิตต์ทริกเกอร์ก็จะให้เอาต์พุตเป็น “0” ระดับแรงดันสูงกับค่าที่ใช้เปรียบเทียบนี้จะมีค่าไม่เท่ากัน ช่วงห่างระดับแรงดันทั้งสองนี้เรียกว่า ฮิสเทอรีซิส (hysteresis) การที่ขมิตต์ทริกเกอร์มีฮิสเทอรีซิสนับว่าเป็นข้อดีมากในการรับสัญญาณอนาลอกที่เปลี่ยนแปลง เพราะถ้าแรงดันเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ ซึ่งอาจจะเป็นผลของสัญญาณรบกวนจะทำให้เอาต์พุตเปลี่ยนจาก “1” เป็น “0” กลับไปกลับมามีลักษณะเป็นพัลส์เล็ก ๆ หลาย ๆ ลูก ซึ่งจะทำให้วงจรทำงานผิดพลาดโดยเฉพาะวงจรนับ โดยขมิตต์ทริกเกอร์จะช่วยลดปัญหาเหล่านี้ไปได้ เพราะเมื่อแรงดันถึงระดับที่กำหนดเอาต์พุตจะเปลี่ยนสถานะทันทีและจะค้างอยู่ในสถานะนั้น แม้จะมีแรงดันขึ้น ๆ ลง ๆ อยู่บริเวณนั้น เอาต์พุตจะเปลี่ยนจะเปลี่ยนสถานะอีกครั้งก็ตอนที่แรงดันลดลงมาถึงอีกระดับหนึ่งเท่านั้น ซึ่งจะห่างเท่ากับฮิสเทอรีซิส ซึ่งสามารถทำการปรับให้มีค่ามากได้



รูป 32 แสดงคุณสมบัติของขมิตต์ทริกเกอร์เทียบกับเกตทั่วไป

ข้อแตกต่างของขมิตต์ทริกเกอร์และเกตทั่วไปคือ ขมิตต์ทริกเกอร์จะมีฮิสเตอร์ซิสloop ที่มีระดับแรงดันเปรียบเทียบ “ต่ำขาเข้า” (input low) และระดับแรงดันเปรียบเทียบ “สูงขาเข้า” (input high) ซึ่งขึ้นกับลักษณะของแรงดันขาออกในขณะเวลานั้น ๆ สำหรับกรณีของอินเวอร์เตอร์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะขาออกเป็นสถานะต่ำเมื่อความต่างศักย์ของสัญญาณขาเข้ามีค่าสูงถึงระดับแรงดันเปรียบเทียบ “สูงขาเข้า” และจะไม่เปลี่ยนเป็นสถานะสูงจนกว่าสัญญาณขาเข้าจะมีค่าต่ำถึงระดับแรงดันเปรียบเทียบ “ต่ำขาเข้า” ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากรณีเกิดพื้นฐาน และเมื่อทางขาออกเปลี่ยนสถานะเป็นสูงแล้วก็จะคงสภาพจนกระทั่งสัญญาณขาเข้ามีค่าความต่างศักย์สูงถึงระดับแรงดันเปรียบเทียบ “สูงขาเข้า” ซึ่งมีค่ามากกว่ากรณีเกิดพื้นฐานอีกครั้ง เกตทั่วไปจะไม่มีฮิสเตอร์ซิสloop เมื่อสัญญาณมีค่าความต่างศักย์ไม่แน่นอนระหว่างระดับความต่างศักย์ที่แบ่งสถานะของเกตทั่วไปเช่นกรณีมีสัญญาณรบกวนจะทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะที่ผิดพลาดดังแสดงดังรูปที่ 32

2.2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับ Microcontroller

2.2.5.1 โครงสร้างของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายเบอร์ขึ้นกับโครงสร้างภายในของบางเบอร์จะมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EPROM บางเบอร์มี RAM ภายใน 128 ไบต์ บางเบอร์มี 256 ไบต์ เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดจะศึกษาได้จากคู่มือโดยตรง และลักษณะของขาต่างๆจะเหมือนกัน คุณสมบัติที่สำคัญของ MCS-51 มีดังนี้

- มีหน่วยความจำ ROM 4K bytes

เอกสารนี้เป็นเอกสารมีหน่วยความจำ RAM 128 bytes เอกสารศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีพอร์ต I/O ขนาด 8 บิต 4 พอร์ต
- มี Timer 16 บิต 2 ตัว
- สามารถอินเทอร์รัพท์ได้ 5 แหล่ง
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรมานาฬิกาบนชิพ
- มีพอร์ตอนุกรมที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex ความเร็วสูง
- อ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64 K
- สามารถประมวลผลทีละบิตได้
- สามารถอ้างหน่วยความจำแบบบิตได้ 210 ตำแหน่ง

หนึ่งวัฏจักรคำสั่งกินเวลาประมาณ 1 ไมโครวินาที ขณะทำงานด้วย Clock 12 MHz



(T2) P1.0	1	40	VCC
(T2) P1.1	2	39	P0.6 (A06)
P1.2	3	38	P0.7 (A07)
P1.3	4	37	P0.8 (A08)
P1.4	5	36	P0.9 (A09)
P1.5	6	35	P0.4 (A04)
P1.6	7	34	P0.5 (A05)
P1.7	8	33	P0.6 (A06)
RST	9	32	P0.7 (A07)
(W/D) P3.0	10	31	EAVSP
(TxD) P3.1	11	30	ALE/PROG
(RxD) P3.2	12	29	RSTEN
(INT1) P3.3	13	28	P2.7 (A17)
(T0) P3.4	14	27	P2.6 (A16)
(T1) P3.5	15	26	P2.5 (A15)
(PSEN) P3.6	16	25	P2.4 (A14)
(RD) P3.7	17	24	P2.3 (A13)
XTAL2	18	23	P2.2 (A12)
XTAL1	19	22	P2.1 (A11)
GND	20	21	P2.0 (A10)

รูปที่ 33 แสดงขาของชิพ 89C52

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51ที่เราใช้เป็นเบอร์ 89C52 ซึ่งมีหน่วยความจำโปรแกรมบนชิพ 8 K EEPROM หน่วยความจำข้อมูลบนชิพ 256 bytes Timers 3 ขาต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8052 นี้จะเป็นดังรูปที่ 33

ความหมายของขาต่างๆ มีดังนี้

1. พอร์ต 0 (Port 0)

พอร์ต 0 ได้แก่ขาที่ 32-39 ของ MCS-51 สามารถใช้เป็นอินพุตเอาต์พุตได้นอกจากนี้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกยังใช้เป็นขา Address Bus และ Data Bus อีกด้วย

2. พอร์ต 1 (Port 1)

พอร์ต 1 ได้แก่ขาที่ 1-8 เป็นพอร์ต 8 บิต สามารถอ้างทีละบิตได้ คือ P1.0,P1.1,...etc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. พอร์ต 2 (Port 2)

พอร์ต 2 ได้แก่ขาที่ 21-28 จะใช้งาน 2 หน้าที คือใช้เป็นพอร์ต 8 บิตกับใช้เป็นขาแอดเดรส 8 บิต ในการอ้างหน่วยความจำภายนอก

4. พอร์ต 3 (Port 3)

พอร์ต 3 ได้แก่ขาที่ 10-17 จะใช้งานสองหน้าที่คือ เป็นพอร์ตอินพุตและเอาต์พุต และใช้เป็นขาควบคุมต่างๆ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงบิตและหน้าที่ต่างๆของพอร์ต 3

บิต	ชื่อ	หน้าที่พิเศษ
P3.0	RXD	ใช้รับข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม
P3.1	TXD	ใช้ส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$	อินเทอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 0
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$	อินเทอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข 1
P3.4	T_0	ตัวจับเวลา / ตัวนับ ตัวที่ 0
P3.5	T_1	ตัวจับเวลา / ตัวนับ ตัวที่ 1
P3.6	$\overline{\text{WR}}$	สัญญาณเขียนข้อมูลหน่วยความจำภายนอก
P3.7	$\overline{\text{RD}}$	สัญญาณอ่านข้อมูลหน่วยความจำภายนอก

5. $\overline{\text{PSEN}}$ (Program Store Enable)

ขา $\overline{\text{PSEN}}$ เป็นขาที่ส่งสัญญาณออกคือขา 29 ขานี้จะแอกทีฟเมื่อ MCS-51 ต้องการอ่าน Code โปรแกรมภายนอก โดยปกติถ้าหน่วยความจำภายนอกเป็น EPROM ขา $\overline{\text{PSEN}}$ จะต่อกับขา Output Enable ($\overline{\text{OE}}$) ของ EPROM

6. ALE (Address Latch Enable)

เนื่องจากพอร์ต 0 สามารถใช้เป็นขาอ้างตำแหน่ง และขาข้อมูล MCS-51 จะมีขา ALE ได้ แก่ขา 30 ขานี้จะใช้ Multiplex สัญญาณ Address Bus ของ Port 0 ในการใช้งานระบบ MCS-51 นั้น จะต้องมีอุปกรณ์มาต่อกับ Port 0 ที่ทำหน้าที่ Latch สัญญาณ Address Bus เมื่อ MCS-51 ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก MCS-51 จะส่งสัญญาณ Address Bus ออกมาก่อนทาง Port 0 จากนั้น จะส่งสัญญาณ ALE มา Latch อุปกรณ์ภายนอก ให้เก็บค่า Address Bus ของ Port 0 ไว้เพื่อใช้ Port 0 เป็น Data Bus ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. \overline{EA} (External Access)

ขา \overline{EA} ได้แก่ขาที่ 31 ถ้าขานี้เป็นลอจิก “1” จะใช้กับเบอร์ 8051/8052 เพื่อบอกว่าให้อ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำโปรแกรมภายใน แต่ถ้าเป็นลอจิก “0” จะบอกว่าให้ MCS-51 ทำโปรแกรมโดย อ่านจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก(ถ้าขา \overline{EA} เป็น “0” ขา \overline{PSEN} จะแอดทิฟ) ถ้าหากเป็นเบอร์ 8031 หรือ 8032 ขา \overline{EA} จะเป็น “0” เสมอ เพราะที่ไม่มีโปรแกรมหน่วยความจำภายใน แต่ถ้าใช้เบอร์ 8051/8052 ซึ่งมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในและให้ขา \overline{EA} เป็น “0” ซึ่งจะ Disabled ROM ภายในและจะอ่านโปรแกรมจาก EPROM ภายนอกแทน

8. RST (Reset)

ขา RST ได้แก่ขา 9 จะใช้ในการรีเซ็ต MCS-51 โดยจะให้ขานี้เป็นลอจิก “1” อย่างน้อย 2 Machine Cycles จึงจะรีเซ็ตระบบได้

2.2.5.2 โครงสร้าง LCD

ภายในจะมี LSI ชิพเบอร์ HD44780 ทำหน้าที่ควบคุม โดย LCD จะมีอยู่ด้วยกัน 16 ขา ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงขาสัญญาณของ LCD

Pin number	Symbol	Level	I/O	Function
1	Vss	-	-	Power supply (GND)
2	Vcc	-	-	Power supply (+5V)
3	Vee	-	-	Contrast adjust
4	RS	0/1	I	0=Instruction input 1=Data input
5	R/W	0/1	I	0=Write to LCD module 1 = Read from LCD module
6	E	1,1-->0	I	Enable signal
7	DB0	0/1	I/O	Data bus line 0 (LSB)
8	DB1	0/1	I/O	Data bus line 1
9	DB2	0/1	I/O	Data bus line 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น I/O สัญญาณให้ผ่าน การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 (ต่อ) แสดงขาสัญญาณของ LCD

Pin number	Symbol	Level	I/O	Function
10	DB3	0/1	I/O	Data bus line 3
11	DB4	0/1	I/O	Data bus line 4
12	DB5	0/1	I/O	Data bus line 5
13	DB6	0/1	I/O	Data bus line 6
14	DB7	0/1	I/O	Data bus line 7(MSB)

แต่ละตำแหน่งที่ปรากฏบน LCD จะมีแอดเดรสประจำคือ ตำแหน่งแรกจะเริ่มที่ 0x80 ตามด้วย 0x81,0x82,0x83,0x84,0x85,0x86,0x87 และในบิตหลังจะเริ่มที่ 0xc0 ตามด้วย 0xc1,0xc2,0xc3,0xc4,0xc5,0xc6,0xc7 สำหรับรหัสที่ใช้ในการแสดงผลคือรหัสแอสกีที่แสดงในภาคผนวก

2.2.5.3 KEYPAD 4x3

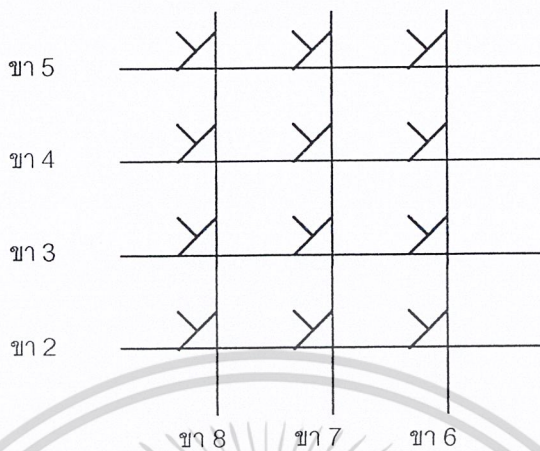
ลักษณะของแผงสวิตช์กดคำสั่งสัญญาณ (Keypad) จะเป็นดังรูปที่ 34



รูปที่ 34 แสดง KEYPAD ที่ใช้งาน

ลักษณะการต่อภายในจะเป็นสวิตช์มาต่อกันดังรูปที่ 35

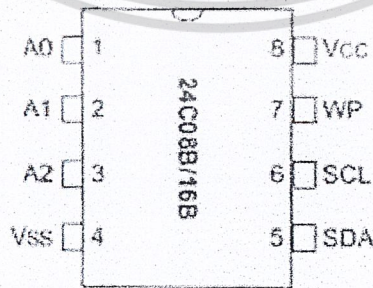
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 35 แสดงการต่อกันของสวิตช์

2.2.5.4 ชิพ 24C16 Serial EEPROM

24C16 เป็นชิพหน่วยความจำประเภท nonvolatile สามารถบันทึกข้อมูลและคงข้อมูลไว้ได้โดยไม่ต้องใช้ไฟเลี้ยง ภายในชิพมีโครงสร้างเป็น EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) จัดหน่วยความจำเป็น 256 บิตทั้งหมด 8 บล็อก หรือ 16 kBits(2kB) การอินเทอร์เฟสกับไมโครคอนโทรลเลอร์กระทำผ่านบัส I2C ด้วยสายสัญญาณสองเส้นคือ SDA และ SCL ความคงทนของชิพ EEPROM นี้สามารถบ่งชี้ได้จากจำนวนครั้งของการล้างและเขียนข้อมูล ตัวอย่าง Microchip นั้นแสดงในสมบัติเด่นว่า จำนวนครั้งดังกล่าวมีได้ถึง 1,000,000 ครั้ง และพารามิเตอร์อีกตัวหนึ่งคือ ระยะเวลาการคงค่าข้อมูลไว้โดยไม่มี การเปลี่ยนแปลงภายใต้สภาวะแวดล้อมเบื้องต้น สำหรับของ Microchip นั้นมีค่าเวลาดังกล่าวถึง 400 ปี แสดงขาของชิพดังรูปที่ 36



รูปที่ 36 แสดงขาของ EEPROM เบอร์ 24C16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 โปรแกรมควบคุมเครื่องจ่ายยา

โปรแกรมที่ใช้ในการ Control เครื่องจ่ายยาจะเป็นโปรแกรมภาษา C ซึ่งจะมาทำความเข้าใจคำสั่งพื้นฐานของโปรแกรมภาษา C ก่อน โดยเริ่มจากการกำหนดค่าตัวแปร ในที่นี้ที่ใช้จะมี int กับ char ที่ int เป็นตัวบอกว่าตัวแปรนั้นเป็นจำนวนเต็ม ส่วนจะเป็นเต็มบวก หรือลบนั้นขึ้นกับ ถ้าใส่ unsigned ไว้ข้างหน้าจะไม่พิจารณาเครื่องหมายบวกหรือลบ แต่ถ้าไม่ใส่จะพิจารณาเครื่องหมาย ค่าของ int จะมีได้ตั้งแต่ -255 ถึง 255 ส่วน char จะเป็นตัวบอกว่าตัวแปรนั้นเป็นตัวอักษร มีค่าได้ตั้งแต่ -128 ถึง 128 ดังตัวอย่างการเขียน

```
unsigned register char ACCU;
```

จากนั้นเมื่อเริ่มเข้าสู่ตัว โปรแกรมก็จะเริ่มด้วย function main() ภายใน function นี้จะเห็นว่ามีการเขียนโปรแกรมภาษา ASM ด้วย ซึ่งจะใช้ในกรณีที่ต้องการความสะดวก และง่ายต่อการกำหนดค่าเป็น bit โดยจะเขียนขึ้นต้นว่า ASM แล้วตามด้วยเครื่องหมายคำพูด เขียนคำสั่งโปรแกรมภาษา ASM ลงในเครื่องหมายคำพูด เช่น ASM "E EQU P3.5"; เป็นต้น และท้ายของคำสั่งโปรแกรมภาษา C ทุกครั้งจะต้องปิดด้วยเครื่องหมาย ;

กรณีที่ต้องการให้คำสั่งที่ส่งไปนั้นยังคงผลให้นานจะใช้คำสั่ง delay เข้าช่วย โดยการเขียน delay (ค่าเวลาที่ต้องการ) หรืออาจจะใช้การวน loop ก็ได้ ในการวน loop จะใช้คำสั่ง while(เงื่อนไข) แต่ถ้าต้องการควบคุมแค่บางกรณี เช่นถ้าเป็นกรณีนี้ให้ทำอย่างนี้ จะใช้ได้ 2 คำสั่งคือ If เงื่อนไข else หรือ switch(ตัวแปร) case ค่า แล้วแต่จะเลือกใช้ อย่างเช่น ถ้าต้องการควบคุมมอเตอร์ให้หมุนก็ต่อเหมือน port 3.2 เป็น 0 เราก็จะเขียนดังนี้

```
if((P3&0x04)==0)
{
    P1=0x0f;
    P1=0x0e;
    P1=0x0c;
    P1=0x08;
}
```

ถ้าจะให้มอเตอร์หมุนช้าลงก็ใช้ delay ช่วย

2.3 หลักการทางด้านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (Computer Network)

2.3.1 เว็บเซิร์ฟเวอร์ (Web Server)

เว็บเซิร์ฟเวอร์ คือ แอปพลิเคชันที่ทำหน้าที่รับ และประมวลผลข้อมูลที่ร้องขอจากผู้ใช้บริการ อินเทอร์เน็ตโดยผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ หลังจากเว็บเบราว์เซอร์รับคำสั่งและประมวลผลแล้ว (การประมวลผลอาจจะเป็นการคำนวณ ค้นหา หรือวิเคราะห์ข้อมูลก็ได้) ผลลัพธ์จะถูกส่งกลับไปยังผู้ใช้ โดยแสดงผลในเว็บเบราว์เซอร์นั่นเอง นอกจากนี้เว็บเบราว์เซอร์จะให้บริการในอินเทอร์เน็ตแล้ว ก็สามารถอาจจะนำมาประยุกต์ใช้ในเครือข่ายภายในองค์กร หรืออินทราเน็ตได้อีกด้วย

เว็บเซิร์ฟเวอร์สามารถติดตั้งบนคอมพิวเตอร์ที่มีระบบปฏิบัติการต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์ระบบยูนิกซ์ (Unix) คอมพิวเตอร์ภายใต้ Windows 95/98, คอมพิวเตอร์ภายใต้ Windows NT/2000 เป็นต้น ซอฟต์แวร์ที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์ ได้แก่ โปรแกรมเน็ตสเคปเซิร์ฟเวอร์ (Netscape Server) และ โปรแกรมอินเทอร์เน็ตอินฟอร์เมชันเซิร์ฟเวอร์ (IIS: Internet Information Server) เป็นต้น สำหรับโปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่ทำงานบนระบบจัดการต่างๆ ได้แสดงไว้ในตารางข้างล่าง

ตารางที่ 3 แสดง โปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่ทำงานบนระบบปฏิบัติการของคอมพิวเตอร์ประเภทต่างๆ

โปรแกรมเว็บเซิร์ฟเวอร์	ระบบปฏิบัติการ
Apache	Unix / Linux
Netscape Enterprise Server 2.0	Unix และ Windows NT
Netscape FastTrack Server 2.0	Unix และ Windows NT
Internet Information Server 3.0 และ 4.0	Windows NT
Internet Information Server 5.0	Windows 2000
Microsoft FrontPage Server 97	Windows NT/95/98 และ Macintosh
O'Reilly Website Server 1.1	Windows NT/95/98
Personal Web Server 1.0 และ 4.0	Windows NT/95/98
Purveyor Web Server	Windows NT/95/98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ฐานข้อมูล (Database)

ฐานข้อมูล (Database) คือแหล่งเก็บข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กัน ข้อมูลอาจจะประกอบด้วยตัวอักษร (ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ), ตัวเลข (ทั้งเลขไทยและเลขอารบิก) ถ้าข้อมูลเหล่านี้มีความสัมพันธ์กันก็ถือว่าเป็นฐานข้อมูล

เมื่อศึกษาเกี่ยวกับฐานข้อมูล ควรจะทราบคำศัพท์พื้นฐานดังนี้

- **คาแรกเตอร์ (Character)** คือตัวอักษรที่อาจจะเป็นอักษรภาษาอังกฤษ, อักษรภาษาไทย, ตัวเลขอารบิก, ตัวเลขไทย และเครื่องหมายต่างๆ ที่ไม่มีความหมายอะไร
- **ฟิลด์ (Field)** คือชื่อที่ใช้แทนข้อมูลที่มีรูปแบบแน่นอนและเหมือนกัน เช่น ฟิลด์ Salary ก็เก็บเฉพาะค่าเงินเดือนของพนักงานทั้งหมด เป็นต้น
- **เรกคอร์ด (Record)** คือชุดของข้อมูล 1 ชุด ที่ประกอบด้วยฟิลด์ตั้งแต่ 2 ฟิลด์ขึ้นไป เช่น ข้อมูลของพนักงาน 1 คนอาจจะประกอบด้วย ID, Name, Surname, Salary และ Position เป็นต้น
- **ไฟล์ (File)** คือ แฟ้มข้อมูลที่เก็บข้อมูลหลายๆ เรกคอร์ด เช่น ไฟล์ข้อมูลของพนักงานบริษัท เอปี้ซี คอมพิวเตอร์เฮ้าส์ ก็จะไม่เกี่ยวกับข้อมูลพนักงานบริษัทอื่น เป็นต้น

ไมโครซอฟท์ผู้นำด้านซอฟต์แวร์ในด้านต่างๆ ได้ออกแบบและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการติดต่อกับฐานข้อมูลสำหรับ โปรแกรมหรือเครื่องมือ 5 รูปแบบ ดังนี้

- 1.) DAO (Data Access Object)
- 2.) ODBC (Open DataBase Connectivity)
- 3.) RDO (Remote Data Services)
- 4.) ADO (ActiveX Data Object)
- 5.) OLEDB (OLE DataBase)

DAO

DAO (Data Access Object) เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อการติดต่อฐานข้อมูลของ Microsoft Access โดย DAO เป็นออปเจกต์ที่ใช้ติดต่อกับ Jet Database Engine ซึ่งเป็นเสมือนหัวใจของ Access เนื่องจากมีคนนิยมใช้ Access เป็นจำนวนมากทำให้ DAO ได้รับความนิยมตามไปด้วย สำหรับข้อเสียของ DAO ก็คือจะติดต่อกับเฉพาะกับ Access เท่านั้นทำให้ขาดความคล่องตัว

ODBC

ODBC (Open DataBase Connectivity) เป็นการขยายความสามารถของ DAO เพื่อลดข้อจำกัดที่ติดต่อกับเฉพาะ Access เท่านั้น โดย ODBC ถูกพัฒนาเพื่อการใช้งานในรูปแบบไคลเอ็นต์-เซิร์ฟเวอร์ (Client-Server) โดย ODBC นี้สามารถติดต่อกับฐานข้อมูลได้หลายรูปแบบ ซึ่ง ODBC เป็นเสมือนตัวกลางที่เชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมที่ใช้งานอยู่กับฐานข้อมูลที่อยู่เบื้องหลัง (บริษัทที่พัฒนาเครื่องมือเพื่อติดต่อกับฐานข้อมูลของไมโครซอฟท์จะต้องสร้าง ODBC เพื่อการเชื่อมต่อให้กับผู้ใช้ด้วย) และในปัจจุบัน ODBC เป็นเสมือนมาตรฐานกลางที่ใช้ในการติดต่อกับฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database)

RDO

RDO (Remote Data Object) เป็นเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อการติดต่อกับฐานข้อมูลในรูปแบบไคลเอ็นต์-เซิร์ฟเวอร์ (Client-Server) เช่นเดียวกับ ODBC แต่ใช้งานได้ง่ายกว่าและสะดวกกว่าการติดต่อ ODBC โดยตรง นอกจากนี้ RDO ยังเหมาะสมกับฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) ที่มีขนาดใหญ่ แต่ใช้ทรัพยากรน้อยกว่า

ADO

ADO (ActiveX Data Object) เป็นเทคโนโลยีใหม่ล่าสุดที่ไมโครซอฟท์ได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อการติดต่อกับฐานข้อมูลที่ทำให้ผู้พัฒนาสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อติดต่อกับระบบฐานข้อมูลและระบบข้อมูลต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอีเมลล์, รูปภาพ หรืออื่นได้อย่างสะดวกและรวดเร็วกว่าเทคโนโลยีเดิม ไม่ว่าจะเป็น DAO, ODBC หรือแม้แต่ RDO นอกจากนี้ ADO ยังมีความยืดหยุ่นสำหรับนักพัฒนา เนื่องจาก ADO เป็นเครื่องมือที่ไม่ขึ้นกับภาษา (Language Independence) ทำให้สามารถใช้คำสั่งและไวยากรณ์ของ ADO นี้เหมือนกัน ไม่ว่าจะใช้เครื่องมือที่เป็นภาษา Visual Basic, Visual C++, Visual J++ หรือแม้แต่ VBScript ก็ตาม

OLEDB

OLEDB เป็นเทคโนโลยีที่ออกแบบโดยไมโครซอฟท์ เพื่อช่วยให้การติดต่อกับฐานข้อมูลทุกประเภททำได้ง่ายโดยใช้อินเทอร์เฟซเพียงรูปแบบเดียว โปรแกรมเมอร์ส่วนมากจะทราบวิธีการใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลบางประเภท เช่น Access, Oracle, SQL Server หรือแม้แต่ dBase แต่อย่างไรก็ตามในแต่ละฐานข้อมูลก็มีวิธีการคิวรีข้อมูลที่แตกต่างกันบ้าง บางฐานข้อมูลก็ใช้คำสั่งที่เหมือนกับคำสั่ง SQL มาตรฐาน แต่อย่าง dBase ก็มีลักษณะโครงสร้างที่แตกต่างจาก SQL เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาก็เท่านั้น เมื่อนุญตให้มาใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากฐานข้อมูลดั้งเดิมแล้ว ยังอาจจะมีข้อมูลที่ทำให้ผู้ใช้ให้ความสนใจอีกก็ได้ ถ้าผู้ทำงานบนเว็บเซิร์ฟเวอร์อาจจะต้องการใช้ข้อมูลจากเว็บไซต์ที่ Microsoft Index Server สร้างมาให้ Index Server ถูกออกแบบมาเพื่อให้สามารถค้นหาดัชนีของข้อมูลได้ ผู้ใช้อาจจะต้องการใช้ข้อมูลที่เน้นข้อความธรรมชาติหรือประเภทของเอกสารที่รู้จักดี เช่น Microsoft Word หรือ Adobe Acrobat เป็นต้น หรืออาจจะต้องการใช้การทำค้ำค่าไมนิ่ง (Data Mining) โดยใช้เครื่องมือ OLAP (OnLine Analytical Processing) ก็ได้

แหล่งของข้อมูลทั้งหมดเหล่านี้ในปัจจุบันสามารถใช้ได้ด้วย OLEDB ซึ่งจะได้อีกชื่อที่เรียกว่า provider ซึ่ง provider จะทราบรูปแบบการจัดเฉพาะของข้อมูล โดยไม่สนใจประเภทของข้อมูลเลย โดย provider จะส่งความต้องการที่สามารถดึงข้อมูลตามรูปแบบเฉพาะของข้อมูลนั้นได้ โปรแกรมเมอร์แค่เพียงส่งความต้องการ โดยใช้คำสั่งตามมาตรฐาน SQL เท่านั้น นอกนั้น provider จะดูแลเอง

OLEDB จะเน้นที่จุดเชื่อมต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ในแอปพลิเคชัน หลังจากนั้นแอปพลิเคชันจะส่งความต้องการไปยัง provider ที่ทำหน้าที่แปลความต้องการไปยังแหล่งข้อมูลเพื่อให้ส่งข้อมูลไปยังแอปพลิเคชัน ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงไดรเวอร์ของแหล่งข้อมูล จะไม่เกิดผลกระทบกับฟังก์ชันของแอปพลิเคชัน วิธีการนี้จะช่วยป้องกันแอปพลิเคชันจากตัวแทนจำหน่ายที่เปลี่ยนอินเทอร์เฟซตามเวอร์ชันใหม่

2.3.3 ภาษา SQL

SQL (Structured Query Language) เป็นภาษาที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อการใช้งานระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Relational Database) คือจะประกอบด้วยตาราง (Table) ตั้งแต่ 1 ตารางขึ้นไป โดยแต่ละตารางจะมีคีย์หลัก (Primary Key) ที่ใช้ในการเชื่อมโยงข้อมูล ในแต่ละตารางจะเป็นลักษณะ 2 มิติ คือ คอลัมน์ (Column) ในแนวนอนและจะเป็นฟิลด์ของตาราง และแถว (Row) ในแนวตั้ง จะเป็นเรคคอร์ด (Record) ของข้อมูลหลายๆ เรคคอร์ดรวมกันเป็นฐานข้อมูลนั่นเอง ภาษา SQL มีหลายรูปแบบ เช่น ANSI, SQL, Microsoft Jet SQL คำสั่งที่เป็นหลักๆ จะเหมือนกัน แต่คำสั่งรองๆ อาจเปลี่ยนรูปแบบไปบ้าง

การติดต่อกับฐานข้อมูลอาจหมายถึง

- การอ่านข้อมูลจากฐานข้อมูล
- การเขียนข้อมูลลงในฐานข้อมูล
- การเปลี่ยนหรืออัปเดตข้อมูลในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การลบข้อมูลออกจากฐานข้อมูล
- การเปลี่ยนโครงสร้างฐานข้อมูล

รูปแบบคำสั่งของ SQL สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. Data Definition Language (DDL) เป็นกลุ่มคำสั่งที่ใช้ในการกำหนดโครงสร้างของฐานข้อมูล เช่น สร้างตาราง, สร้างความสัมพันธ์ระหว่างตาราง, และการลบตาราง เป็นต้น คำสั่งในกลุ่ม Data Definition นี้ไม่สนับสนุนใน Microsoft Jet Database ให้ใช้วิธีการเหล่านี้ใน DAO (Data Access Object)
2. Data Manipulation Language (DML) เป็นกลุ่มคำสั่งที่ใช้ในการจัดการข้อมูลในฐานข้อมูล เช่น การค้นหา, การอัปเดต, การแก้ไข, การลบ เป็นต้น

ตารางที่ 4 คำสั่งพื้นฐานของ SQL

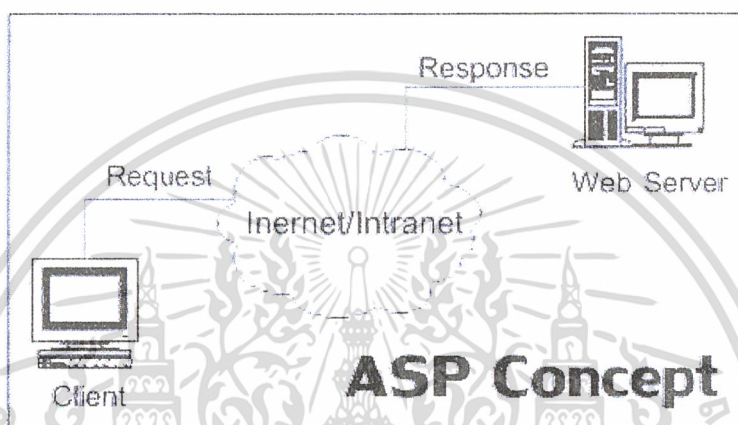
คำสั่ง	ความหมาย
Alter	แก้ไขข้อกำหนดต่างๆ ในฟิลด์
Create	สร้างตาราง, ฟิลด์ หรืออินเด็กซ์
Drop	ลบตาราง หรืออินเด็กซ์
Delete	ลบเรคคอร์ดในฐานข้อมูล
Insert	แทรกเรคคอร์ดในฐานข้อมูล
Select	เลือกหรือค้นหาเรคคอร์ดในฐานข้อมูล
Update	ปรับปรุงหรืออัปเดตเรคคอร์ดในฐานข้อมูล

2.3.4 Active Server Pages (ASP)

Active Server Pages หรือ ASP เป็นเทคโนโลยีของไมโครซอฟท์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อการออกแบบและพัฒนาระบบงานบนอินเทอร์เน็ต เอกสาร ASP เป็นเท็กซ์ไฟล์ที่ประกอบด้วยภาษาสคริปต์ เช่น VBScript หรือ JScript (JScript เป็นภาษาสคริปต์ของไมโครซอฟท์ที่คล้ายกับ JavaScript) ร่วมกับแท็กของ HTML แล้วเก็บไว้ที่เว็บเซิร์ฟเวอร์ โดยเอกสารที่เป็น ASP จะมีแท็ก ASP กำกับอยู่ (จะใช้แท็ก <% - - - %>) ซึ่งเมื่อใช้บราวเซอร์ที่ไม่สนับสนุนการใช้งาน ASP ก็จะไม่แสดงผล (เช่น Netscape Navigator หรือ Internet Explorer เวอร์ชัน 3 ลงมา) เมื่อบราวเซอร์เรียกใช้งานก็จะมีตัวแปล (ASP Interpreter) และถูกเอ็กซิกิวต์ที่เว็บเซิร์ฟเวอร์ แล้วส่งผลลัพธ์ในรูปแบบของเอกสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นแจ้งขอขโมยหรือการคัดลอกโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HTML ไปแสดงผลที่เบราว์เซอร์นั้น อาจจะกล่าวได้ว่า ASP จะทำงานในลักษณะไม่ตายตัว (Dynamic) ซึ่งจะรับความต้องการจากผู้ใช้ แล้วจึงประเมินผลแล้วสร้างเป็นเอกสาร HTML ส่งมาแสดงผลทำให้แสดงผลข้อมูลที่เป็นข้อมูลที่เป็นข้อมูลล่าสุด ซึ่งต่างจากการทำงานของเว็บเพจแบบเดิมๆ ที่เป็นลักษณะตายตัว (Static) นั่นคือผู้ออกแบบจะต้องสร้างเอกสาร HTML ไว้ทุกกรณีที่ผู้ใช้ลิงค์เข้ามาใช้งาน ดังนั้นข้อมูลอาจจะไม่อัปเดตก็ได้

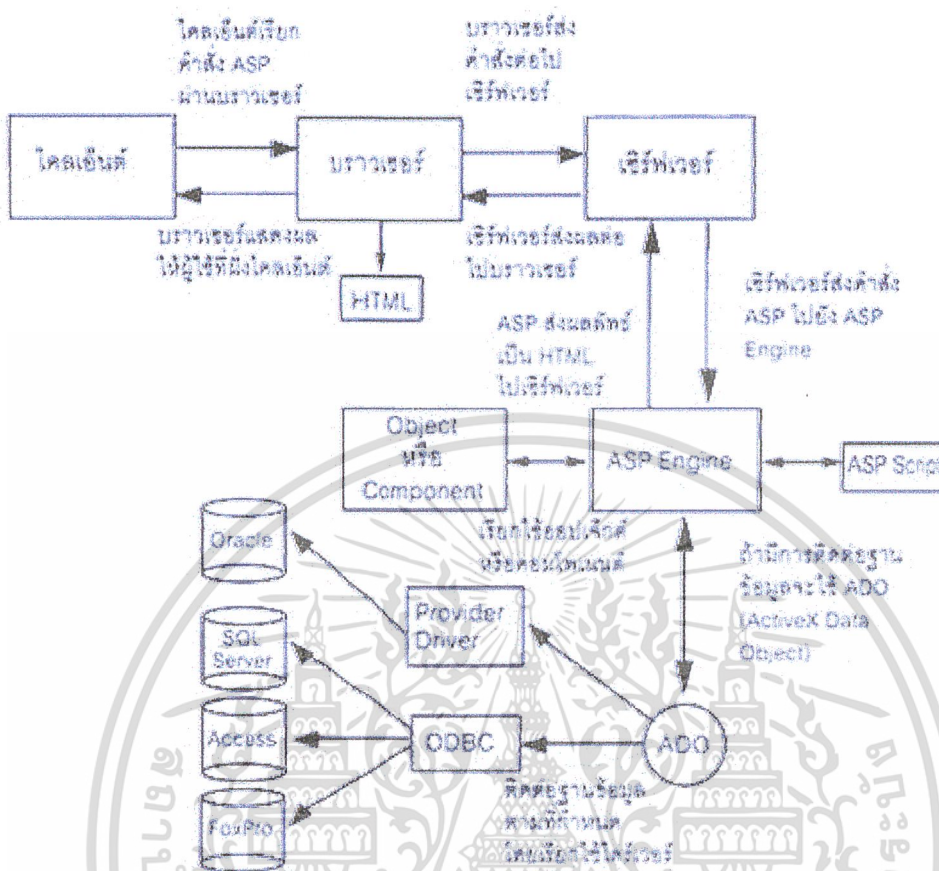


รูปที่ 37 หลักการทำงานของ ASP

2.3.4.1 หลักการทำงานของ ASP

จากรูปที่ 37 เนื่องจาก ASP จะทำงานโดยมีตัวแปลและเอ็กซีคิวต์ที่ฝั่งเซิร์ฟเวอร์ อาจจะเรียกการทำงานว่าเป็นเซิร์ฟเวอร์ไซด์ (Server Side) ส่วนการทำงานของเบราว์เซอร์ของผู้ใช้เรียกว่าไคลเอนต์ไซด์ (Client Side) โดยการทำงานจะเริ่มต้นที่ผู้ใช้ส่งความต้องการผ่านเว็บเบราว์เซอร์ทาง HTTP (HTTP Request) ซึ่งอาจจะเป็นการกรอกแบบฟอร์ม หรือใส่ข้อมูลที่ต้องการ ข้อมูลเหล่านั้นจะเป็นเอกสาร ASP (เอกสารนี้จะมีส่วนขยายเป็น asp เช่น search.asp เป็นต้น) เมื่อเอกสาร ASP เข้ามาถึงเว็บเซิร์ฟเวอร์ก็จะถูกส่งไปให้ ASP เพื่อทำหน้าที่แปลคำสั่งแล้วเอ็กซีคิวต์คำสั่งคำสั่งนั้น ซึ่ง ASP อาจจะเรียกใช้ออปเจกต์, คอมโพเนนต์ หรือ ADO (เพื่อใช้ฐานข้อมูล) หลังจากนั้น ASP จะสร้างผลลัพธ์ในรูปแบบเอกสาร HTML ส่งกลับไปให้เว็บเซิร์ฟเวอร์เพื่อส่งต่อไปให้เบราว์เซอร์แสดงผลทางฝั่งผู้ใช้ต่อไป (HTTP Response) ซึ่งลักษณะการทำงานแบบนี้จะคล้ายกับการทำงานของ CGI (Common Gateway Interface) หรืออาจจะกล่าวได้ว่า ASP ก็คือโปรแกรม CGI ประเภทหนึ่งก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 38 รูปแบบระบบการติดต่อฐานข้อมูลกับ ASP

2.3.4.2 แนะนำระบบฐานข้อมูลกับ ASP

การใช้ ASP เพื่อใช้ข้อมูลจาก Access เพื่อแสดงผลบนเว็บที่เรียกว่า Web Database นั้นต้องพิจารณาว่าโฮสต์หรือเซิร์ฟเวอร์ที่ผู้ใช้ติดต่อเพื่อใช้บริการนั้นสนับสนุนฐานข้อมูล Access และ ASP หรือไม่ ถ้าไม่สนับสนุนจะทำให้ไม่สามารถใช้ฐานข้อมูลนี้ได้

2.3.4.3 รูปแบบการเชื่อมต่อฐานข้อมูล

ในการติดต่อกับเพิ่มข้อมูลที่เป็น Access จะอาศัย ADO (ActiveX Data Object) เพื่อติดต่อและจัดการกับข้อมูลในฐานข้อมูลนั้น สำหรับขั้นตอนการติดต่อเพิ่มข้อมูลของ ASP ที่ต้องการติดต่อกับเพิ่มข้อมูล Access จะต้องอาศัยไคลเอนต์ของเพิ่มข้อมูลนั้นช่วย ซึ่งวิธีการติดต่อกับมี 3 วิธี คือ ODBC (Open Database Connectivity), DSNLess, OLEDB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4.4 การติดต่อฐานข้อมูลโดยใช้ ODBC

การติดต่อแบบนี้จะต้องมีการกำหนดชื่อ DSN (Data Source Name) ให้กับ ODBC โดยจะต้องกำหนดชื่อ ไฟล์ฐานข้อมูลและชนิดของไคร์เวอร์ว่าเป็นอะไร

ข้อดีสำหรับการติดต่อแบบนี้จะสะดวกถ้าผู้ใช้ต้องการเปลี่ยนฐานข้อมูลจาก Access เป็นอย่างอื่น เช่น SQL Server หรือ Oracle เป็นต้น เพราะสามารถใช้ชื่อเดิมแต่เปลี่ยนคุณสมบัติภายในเท่านั้น หลังจากนั้นก็สามารถใช้งานได้ต่อไป โดยไม่จำเป็นต้องแก้โปรแกรมใหม่ เพราะ ASP ไม่ได้สนใจว่าภายในใช้ไคร์เวอร์อะไรอยู่ ดังนั้นการเขียนคำสั่งเพื่อติดต่อฐานข้อมูล Access หรือ SQL Server จะเขียนเหมือนกัน คือ

```
Set ObjDB=Server.CreateObject("ADODB.Connection")
ObjDB.Open DSN-name,"",""
```

โดยที่ DSN-name คือชื่อของ DSN ที่สร้างและกำหนดไคร์เวอร์ไว้แล้ว

ส่วนข้อเสียก็คือผู้ใช้จะต้องไปเซตอัป ODBC และสร้าง DSN ที่เซิร์ฟเวอร์นั้น นั่นหมายความว่า คุณจะต้องเข้าไปทำงานที่เซิร์ฟเวอร์นั้น ถ้าเป็นเซิร์ฟเวอร์ที่เป็นบริษัทของผู้ใช้เองก็จะมีปัญหาอะไร ถ้าเป็นบริษัทที่ใช้บริการอยู่ หรือเซิร์ฟเวอร์ที่บริการฟรี คงจะเป็นเรื่องยากสำหรับการเข้าไปเซตอัป

สรุปขั้นตอนการติดต่อกับฐานข้อมูล Access

1. สร้างฐานข้อมูลด้วย Access
2. สร้าง DSN โดยกำหนดชื่อ DSN และเลือกฐานข้อมูลที่ต้องการ
3. เขียนโค้ด ASP เพื่อติดต่อฐานข้อมูล โดยใช้คำสั่ง

```
Set ObjDB=Server.CreateObject("ADODB.Connection")
ObjDB.Open DSN-name,"",""
```

โดยที่ ObjDB เป็นออปเจกต์ที่ติดต่อฐานข้อมูล

DSN-Name เป็นชื่อของ DSN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4.4 การติดต่อฐานข้อมูลโดยใช้ ODBC

การติดต่อแบบนี้จะต้องมีการกำหนดชื่อ DSN (Data Source Name) ให้กับ ODBC โดยจะต้องกำหนดชื่อไฟล์ฐานข้อมูลและชนิดของไคลเอนต์ของไคลเอนต์ว่าเป็นอะไร

ข้อดีสำหรับการติดต่อแบบนี้จะสะดวกถ้าผู้ใช้ต้องการเปลี่ยนฐานข้อมูลจาก Access เป็นอย่างอื่น เช่น SQL Server หรือ Oracle เป็นต้น เพราะสามารถใช้ชื่อเดิมแต่เปลี่ยนคุณสมบัติภายในเท่านั้น หลังจากนั้นก็สามารถใช้งานได้ต่อไป โดยไม่จำเป็นต้องแก้ไขโปรแกรมใหม่ เพราะ ASP ไม่ได้สนใจว่าภายในใช้ไคลเอนต์อะไรอยู่ ดังนั้นการเขียนคำสั่งเพื่อติดต่อฐานข้อมูล Access หรือ SQL Server จะเขียนเหมือนกัน คือ

```
Set ObjDB=Server.CreateObject("ADODB.Connection")
ObjDB.Open DSN-name,"",""
```

โดยที่ DSN-name คือชื่อของ DSN ที่สร้างและกำหนดไคลเอนต์ไว้แล้ว

ส่วนข้อเสียก็คือผู้ใช้จะต้องไปเซตอัพ ODBC และสร้าง DSN ที่เซิร์ฟเวอร์นั้น นั่นหมายความว่าผู้ใช้งานจะต้องเข้าไปทำงานที่เซิร์ฟเวอร์นั้น ถ้าเป็นเซิร์ฟเวอร์ที่เป็นบริษัทของผู้ใช้เองก็จะมีปัญหาอะไร ถ้าเป็นบริษัทที่ใช้บริการอยู่ หรือเซิร์ฟเวอร์ที่บริการฟรี คงจะเป็นเรื่องยากสำหรับการเข้าไปเซตอัพ

สรุปขั้นตอนการติดต่อกับฐานข้อมูล Access

1. สร้างฐานข้อมูลด้วย Access
2. สร้าง DSN โดยกำหนดชื่อ DSN และเลือกฐานข้อมูลที่ต้องการ
3. เขียนโค้ด ASP เพื่อติดต่อฐานข้อมูล โดยใช้คำสั่ง

```
Set ObjDB=Server.CreateObject("ADODB.Connection")
ObjDB.Open DSN-name,"",""
```

โดยที่ ObjDB เป็นออปเจกต์ที่ติดต่อฐานข้อมูล
DSN-Name เป็นชื่อของ DSN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เขียนคำสั่ง SQL เพื่อดึงข้อมูลมาใช้งาน
5. เขียนโค้ด ASP เพื่อติดต่อเรกคอร์ดเซต โดยใช้คำสั่ง

```
Set ObjRS=Server.CreaeObject("ADODB.Recordset")
```

โดยที่ ObjRS เป็นออปเจกต์ที่ติดต่อเรกคอร์ดเซต

6. เขียนคำสั่งให้เอ็กซิวคิวต์ SQL ด้วยคำสั่ง

```
Set ObjRS=ObjDB.Execute (SQL)
```

7. เขียนคำสั่งเพื่อดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล ที่คุณอาจจะใช้พร้อมเพอร์ดีและเมธอดของเรกคอร์ดเซตดังตารางที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 แสดงการเขียนคำสั่งเพื่อดึงข้อมูลจากฐานข้อมูล ที่อาจจะใช้ “property” และ “method”

คำสั่ง	ประเภท	หน้าที่
AbsolutePage	Property	ตำแหน่งของหน้าขณะนั้น
AbsolutePosition	property	ตำแหน่งขณะนั้น
BOF	property	ตำแหน่งเริ่มต้นของไฟล์
CursorType	property	ประเภทเคอร์เซอร์
EOF	property	(Forward,Static,Dynamic,Keyset)
LockType	property	ตำแหน่งสุดท้ายของไฟล์
MaxRecoeds	property	ล็อกเรคคอร์ดสำหรับการแก้ไขและอัปเดต
Name	property	จำนวนเรคคอร์ดสูงสุดที่รับมา
PageCount	property	ชื่อฟิลด์
PageSize	property	จำนวนหน้าทั้งหมด
RecordCount	property	จำนวนเรคคอร์ดต่อหน้า
Value	property	จำนวนเรคคอร์ดทั้งหมด
AddNew	method	ข้อมูลในฟิลด์นั้น
Clone	method	การเพิ่มเรคคอร์ด
Close	method	ก๊อปปี้เรคคอร์ดเซต
Delete	method	ปิดเรคคอร์ดเซต
MoveNext	method	ลบเรคคอร์ดเซต
MovePrevious	method	ย้ายพอยเตอร์ไปยังเรคคอร์ดถัดไป
MoveFirst	method	ย้ายพอยเตอร์กลับไปเรคคอร์ดที่ผ่านมา
MoveLast	method	ย้ายพอยเตอร์ไปเรคคอร์ดแรก
Open	method	ย้ายพอยเตอร์ไปเรคคอร์ดสุดท้าย
UpDate	method	เปิดเรคคอร์ดเซต แล้วอัปเดตเรคคอร์ดเซต

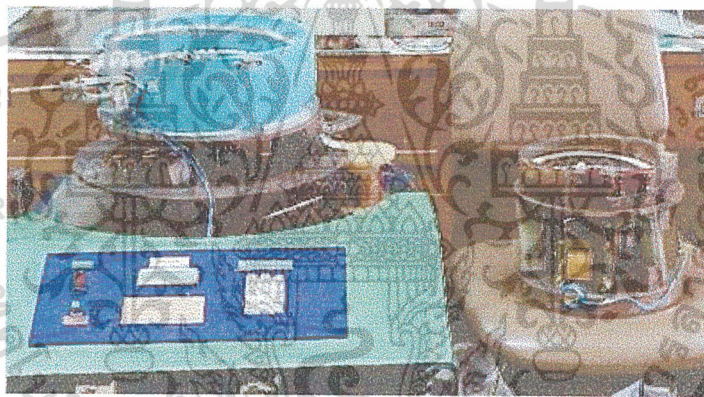
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ระบบที่ดำเนินการพัฒนาขึ้น

3.1 ระบบขามวงกลมสั้นสะท้อนลำแสงเม็ดยา

ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมเคลื่อนที่ของเม็ดยาตามหลักทฤษฎีเบื้องต้นในระบบขามวงกลมสั้นสะท้อนลำแสงเม็ดยาที่มีอยู่เดิม พร้อมทั้งดำเนินการพัฒนาสร้างระบบที่มีขนาดเล็กลงกว่าเดิม โดยแสดงเปรียบเทียบไว้ในรูปที่ 39



รูปที่ 39 แสดงการเปรียบเทียบระบบขามวงกลมสั้นสะท้อนลำแสงเม็ดยาที่ใช้ในการทดสอบตามทฤษฎีกับที่พัฒนาขึ้นให้มีขนาดเล็กลง

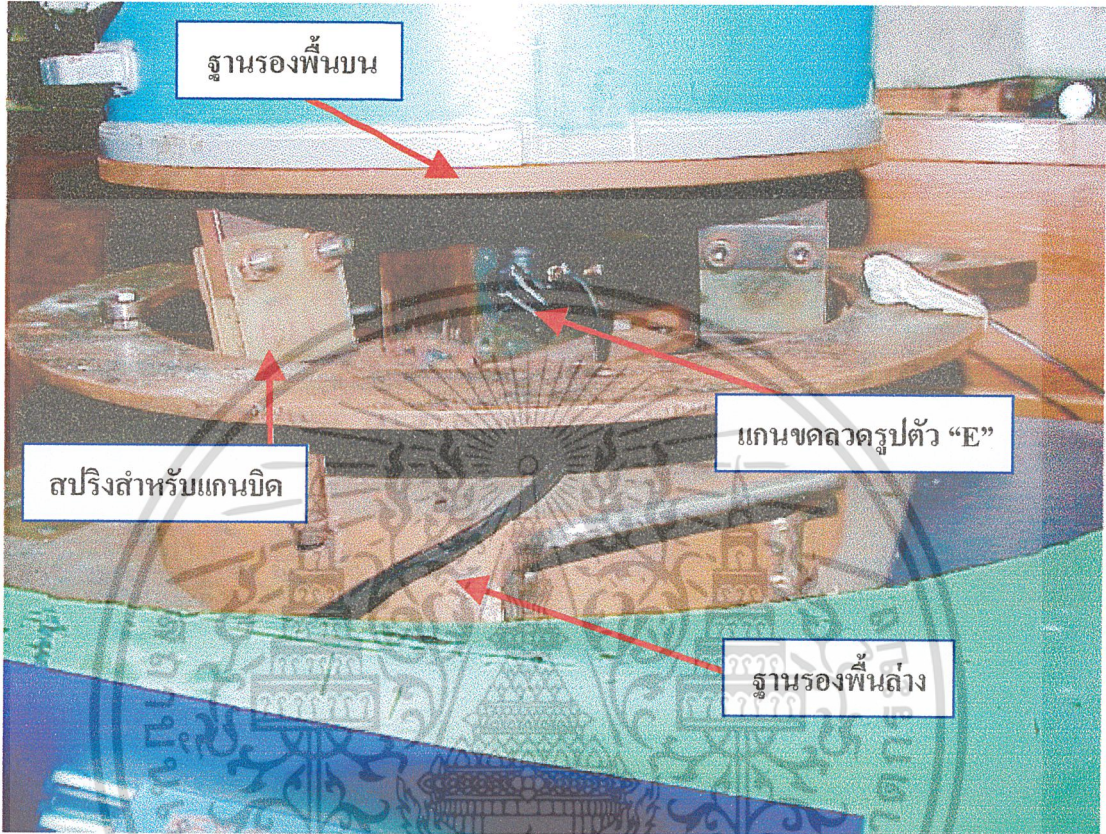
ขามวงกลมมีระบบเดิมทำด้วยพีวีซี โดยเชื่อมแถบพีวีซีทำหน้าที่เป็นทางเดินรูปเกลียวตรงบริเวณด้านใน ส่วนขามระบบใหม่พร้อมเกลียวได้จากการหล่อแบบด้วยอีพอกซีเรซิน (Epoxy Resin)

ระบบขับเคลื่อนขามวงกลมมีส่วนประกอบหลัก ดังนี้คือ

- 1.) แกนขดลวดรูปตัว “E” พร้อมขดลวด
- 2.) ฐานเหล็กทรงพื้นล่าง
- 3.) ฐานเหล็กทรงพื้นบนพร้อมแกน “T”
- 4.) แผ่นอีพอกซี ทำหน้าที่เป็นสปริงสำหรับแกนบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะโดยรวมจะแสดงไว้ในรูปที่ 40



รูปที่ 40 แสดงส่วนประกอบของระบบขับเคลื่อนขามวงกลม

3.2 วงจรตรวจจับสัญญาณการเคลื่อนที่ผ่านของเม็ดยา

3.2.1 การทำงานของวงจรตรวจจับสัญญาณ

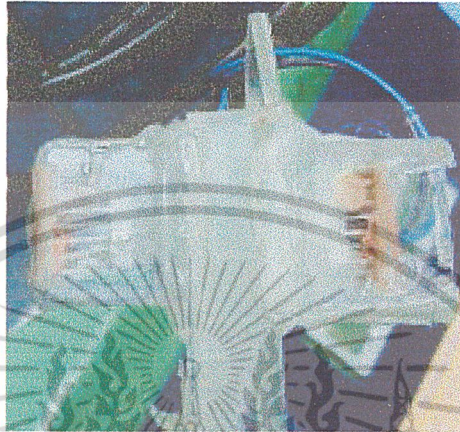
การตรวจจับสัญญาณใช้หลักการทางแสง โดยวงจรจะทำหน้าตรวจสัญญาณที่ได้จากการบดบังแสงของเม็ดยา ลักษณะตัวตรวจจับที่สร้างขึ้นเป็นดังรูปที่ 41 และรูปที่ 42 แสดงแผนผังของวงจรซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน หลักๆ ด้วยกันคือ

3.2.1.1 การตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณแสง

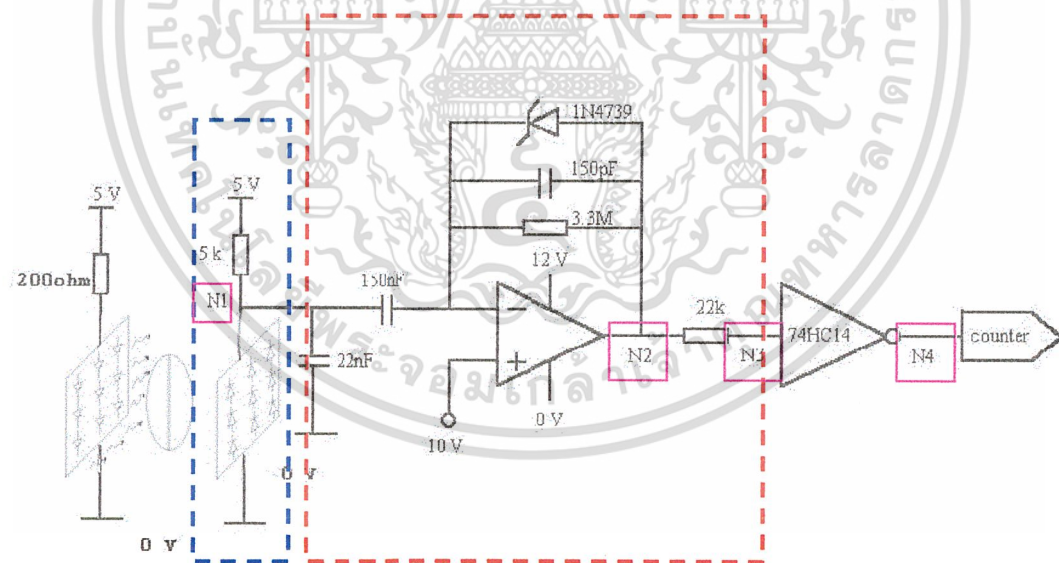
เมื่อเม็ดยาเคลื่อนที่ผ่านระหว่างแนวอะเรย์ของไดโอดเปล่งแสงและอะเรย์ของโฟโตไดโอดชนิดอินฟราเรด กระแสรั่วไหลของโฟโตไดโอดอะเรย์จะมีค่าลดลงทำให้ความต่างศักย์ที่ตกคร่อมตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้านทาน 5 กิโลโอห์มมีค่าลดลง โดยจะแปรตามขนาดของพื้นที่บางส่วนของอะเรย์ที่ถูกเม็ดยาบังแสง ยิ่งถูกบังแสงมากขึ้นขนาดของสัญญาณจะเพิ่มขึ้นตาม



รูปที่ 41 แสดงอะเรย์ตัวตรวจจับเม็ดยา (Detector array)



รูปที่ 42 แผนผังแสดงวงจรตรวจจับสัญญาณ

- ส่วนของ Detector: ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ
- ส่วนของการ Differentiate: คิฟเฟอเรนชิเอทสัญญาณ
- ส่วนของการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล (Analog - to - Digital)

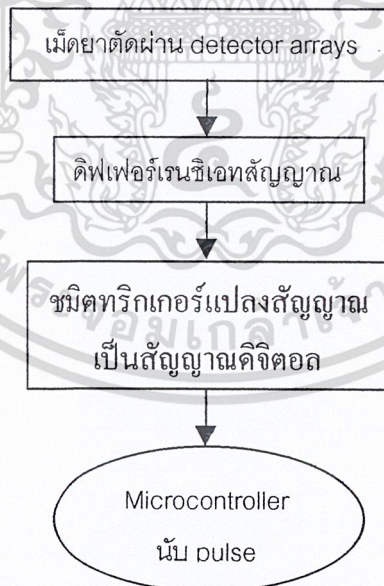
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 การดิฟเฟอเรนเชียล

เมื่อมีสัญญาณการตัดแสงที่เนื่องจากการลำเลียงเม็ดยาที่ทิ้งช่วงห่าง หรือติดกันมาก็ตามเข้ามา ยังส่วนนี้วงจรจะทำการดิฟเฟอเรนเชียลเพื่อทำการแยกพัลส์สัญญาณออกจากกัน และกลับเฟสจากบวกเป็นลบ แต่เนื่องจากมีความต่างศักย์อ้างอิงเป็น 10 โวลต์ ดังนั้นสัญญาณจะลดระดับลงมาเป็นลบเมื่อเทียบกับระดับความต่างศักย์อ้างอิง โดยจะไม่มีทางที่สัญญาณจะลดระดับลงไปต่ำกว่า 0 โวลต์ เนื่องจากมีซีเนอร์ไดโอดเป็นตัวยกระดับของสัญญาณไว้

3.2.1.3 การแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิทัล

สัญญาณที่ได้จากวงจรขยายผลต่างจะยังไม่มีความเป็นระเบียบ และมีค่าความต่างศักย์ไม่แน่นอน ดังนั้นก่อนที่จะนำสัญญาณไปใช้จึงต้องมีการจัดระเบียบสัญญาณก่อน โดยการแปลงจากสัญญาณอนาลอกไปเป็นสัญญาณทีทีแอล (TTL) 1 บิต โดยผ่านขมิททริกเกอร์อินเวอร์สเตอร์ 74HC14 ก่อนที่จะส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการนับจำนวนพัลส์ของสัญญาณ โดยที่เราสามารถสรุปการทำงานของวงจรตรวจจับสัญญาณ ได้ดังรูปที่ 43

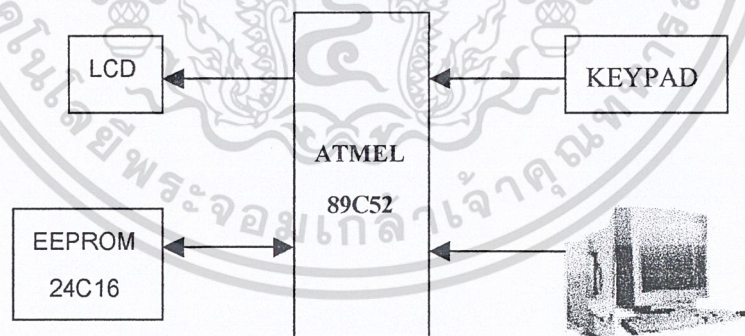


รูปที่ 43 แสดงโคอะแกรมของวงจรตรวจจับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การทำงานของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการทำงานของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์จะต้องจ่ายไฟเลี้ยงให้ 5 โวลต์สำหรับ chip 89C52 ที่ขา 40 เป็นไฟบวกและขา 20 เป็นกราวด์ จะทำให้ชิพทำงานตาม โปรแกรมที่อัดไว้ โดยเมื่อเริ่มทำงาน ชิพ HD44780 จะทำการรับข้อมูลที่ต้องการแสดงผลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ และจะกำเนิดสัญญาณที่ใช้ควบคุม LCD ข้อมูลที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งให้กับ HD44780 จะเก็บในหน่วยความจำบนชิพ HD44780 ในที่นี้คือแสดงเมนูให้ดูและรอรับค่าการเลือกจากคีย์แพด (Keypad) แต่ขณะเดียวกันตลอดเวลาจะมีการตรวจจับสัญญาณจากพอร์ทอนุกรม (Serial port) ด้วย โดยเมื่อมีสัญญาณการรับค่าจะคีย์แพดหรือจากพอร์ทอนุกรมก็ตามจะมีการส่งค่าที่รับมาได้ไปเก็บที่ชิพ 89C52 แล้วกลับไปทำงานของ LCD ชิพ HD44780 จะรับข้อมูลเข้าไป ส่งสัญญาณควบคุม LCD ปรากฏเป็นตัวเลขของเมนูที่รับมา (กรณีของพอร์ทอนุกรมจะเลือกเมนูให้เป็น 3 เสมอค่าที่ได้รับจากพอร์ทอนุกรมจะเป็นจำนวนยาที่จะทำการนับ) แล้วเข้าไปทำงานตามเมนูที่เลือก ซึ่งทุกครั้งที่จบการทำเมนูที่เลือกจะต้องแสดงจำนวนยาที่เหลือในภาชนะใส่ยาขณะเดียวกันก็จะมีการเก็บจำนวนยาที่เหลือในภาชนะใส่ยาลงไปใน EEPROM เพื่อว่าเมื่อเลิกใช้งานเครื่องจ่ายยาแล้วค่าของจำนวนเม็ดยาทั้งหมดในภาชนะใส่ยาจะยังคงอยู่เมื่อเปิดใช้งานครั้งต่อไป ซึ่งจากที่อธิบายมาจะสามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 44



รูปที่ 44 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

3.4 การทำงานของโปรแกรมเครื่องจ่ายยา

เริ่มการทำงานของ โปรแกรมจะให้แสดงหน้าจอดังนี้

MENU

เอกสารนี้เป็นเอกสาร **KEY1: CHECK TOTOAL** เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KEY2: ADD DRUG TOTAL

KEY3: ENTER

KEY4: CLEAR TOTAL

SELECT

แล้วรอรับค่าจากคีย์แพคว่าต้องการทำงานไหน โดยที่เป็นกคจะเขียนให้ scan ไว้ตลอดเวลา ขณะเดียวกันก็จะคอยตรวจจับสัญญาณจากพอร์ทอนุกรมด้วย กรณีรับค่าจากคีย์แพค

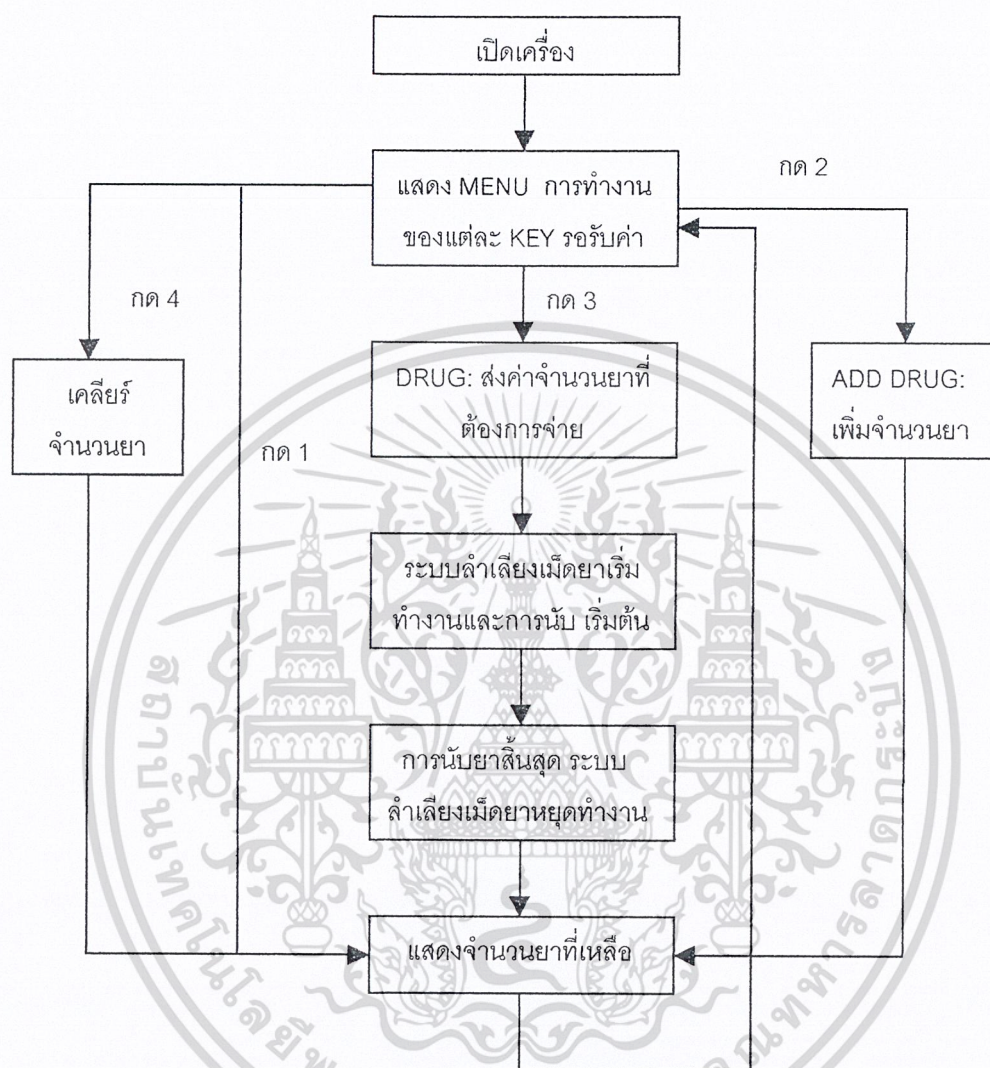
กค 1 จะปรากฏจำนวนยาทั้งหมดที่มีอยู่ในภาชนะใส่ยาขณะนั้น โดยจะไปเรียกค่าจำนวนยาทั้งหมดที่เก็บไว้ใน register มาแปลงค่าแสดงออกทางจอ LCD

กค 2 เมื่อต้องการเพิ่มจำนวนยา หน้าจอ LCD จะปรากฏขึ้น ADD DRUG: แล้วรอรับค่าจากคีย์แพคว่าต้องการจำนวนยาเพิ่มเท่าไร โดยที่เหล็กรวมกับยาของเก่าที่มีอยู่แล้วจะต้องไม่เกิน 30000 เม็ด ถ้าเกินจะขึ้นให้ป้อนใหม่ แต่ถ้าไม่เกินก็จะขึ้นจำนวนยารวมทั้งหมด

กค 3 เมื่อต้องการทำการจ่ายยา หน้าจอ LCD จะปรากฏขึ้น DRUG: แล้วรอรับค่าจำนวนยาที่ต้องการนับ โดยจะรับได้ 5 ตำแหน่ง แต่ถ้าไม่ถึงก็กด * หรือถ้าต้องการลบค่าที่ใส่ผิดให้กด # แล้วเมื่อรับค่าเสร็จหมดแล้ว เครื่องก็จะทำการนับยา โดยไปสั่งทำงานใน port 2 ให้ควบคุมการทำงานของ detector เมื่อ port 2 รับค่ามาเป็น 1 หรือก็คือมียาผ่าน จอ LCD ก็จะทำการนับค่ายาลดลงมาทีละหนึ่ง จนครบที่กำหนดแล้วเครื่องจะแสดงค่าที่เหลือทั้งหมดภายในภาชนะใส่ยา

กค 4 เมื่อต้องการลบจำนวนยาที่มีอยู่ทั้งหมดทิ้งไป โดยเราจะให้ค่า Total = 0 ไปเก็บใน register และนำไปแสดงค่าที่หน้าจอ LCD

หลังจากแสดงจำนวนยาทั้งหมดในภาชนะใส่ยาแล้วจะกระโดดกลับไป SELECT รอรับค่าการเลือกคีย์ต่อไป แต่ถ้ากรณีที่มีการกดค่าจำนวนยาที่จะนับจากพอร์ทอนุกรม การเลือกเมนูจะเป็น 3 เสมอ แล้วรับค่าที่ส่งมาจากพอร์ทอนุกรมเก็บเข้าในชิพ 89C52 ทำให้ drug มีค่าเท่ากับค่าที่ส่งมาจากพอร์ทอนุกรมแล้วจึงทำการนับยา ซึ่งลักษณะการทำงานของโปรแกรมจะเป็นดังรูปที่ 45



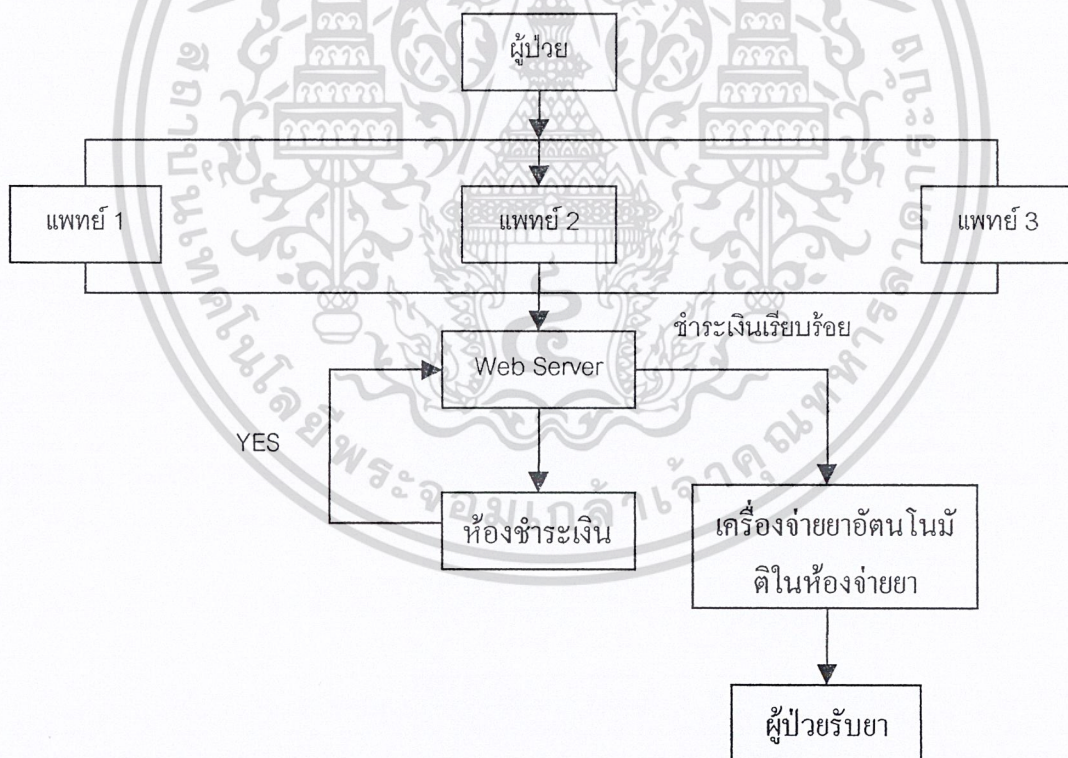
รูปที่ 45 แสดงโปรแกรมของ โปรแกรมเครื่องจ่ายยา

3.5 การส่งจ่ายยาผ่านทางเครือข่ายเน็ตเวิร์กภายในองค์กร (INTRANET)

ระบบโรงพยาบาลในปัจจุบันประสบปัญหาต่างๆมากมาย อาทิเช่น ปัญหาความล่าช้าของระบบการจ่ายยาด้วยคน, ปัญหาจำนวนคนไข้ที่มีจำนวนมากขึ้นทุกวัน, ความไม่พอเพียงของบุคลากร และปัญหาค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้นทุกวัน เป็นต้น การนำเอาระบบคอมพิวเตอร์เน็ตเวิร์คและเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติเข้ามามีส่วนร่วมในองค์กรจะช่วยให้ประหยัดทั้งเวลา, ค่าใช้จ่าย, กำลังคน อีกทั้งยังเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการพัฒนามาตรฐานการให้บริการ และการรักษาที่ดีของโรงพยาบาลนั้นๆด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำงานของระบบการสั่งจ่ายและคิดราคายาทางเครือข่ายเน็ตเวิร์คที่สมบูรณ์ในกรณีที่มี ได้มีสวัสดิการเหมาจ่ายในอัตราเดียวแล้วจะต้องมีบัตรผู้ป่วยเป็นแบบบาร์โค้ดเพื่อความสะดวก ดัง รูปที่ 46 จะแสดงขั้นตอนการทำงาน ผู้ป่วยมารับการตรวจรักษาจะนำบัตรผู้ป่วยมายื่นให้เจ้าหน้าที่ เพื่อจัดแผนกและห้องตรวจโรคที่ผู้ป่วยจะต้องไป เมื่อผู้ป่วยเข้าพบแพทย์และมีการสั่งยาลงบนหน้า WebPages ผ่านมาทางเครือข่ายมาเก็บลงบนฐานข้อมูลที่ Web Server และจะมีการส่งหน้า WebPages อีกหน้าไปยังห้องชำระเงินที่คำนวณราคายาให้เสร็จเรียบร้อย รอผู้ป่วยมาชำระเงิน เมื่อผู้ ป่วยเดินมาก็จะมีการรูดบาร์โค้ดแจ้งยอดให้มีการชำระเงินเรียบร้อยแล้วก็จะส่งกลับไปยัง Web Server ว่าได้มีการชำระเงินแล้ว Web Server ก็จะส่ง WebPages อีกหน้าที่เป็นรายละเอียดการสั่งยาของ แพทย์มาห้องจ่ายยา เครื่องจ่ายยาอัตโนมัติจะนับและจัดยาตามใบสั่งให้กับผู้ป่วยโดยมีผู้ช่วยเภสัช กรควบคุมดูแล และเภสัชกรตรวจสอบความถูกต้องในขั้นสุดท้าย ซึ่งกระบวนการทั้งหมดนี้จะเรียง ลำดับก่อนหลังตามผู้ป่วยที่มาชำระเงิน



รูปที่ 46 แสดงไดอะแกรมขั้นตอนการทำงานของระบบเครือข่ายเน็ตเวิร์ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.1 องค์ประกอบที่สำคัญ

ระบบเริ่มแรกที่พัฒนาขึ้นมีส่วนประกอบคือ

3.5.1.1 เครื่อง Server

ซึ่งทำหน้าที่เป็นทั้ง Web-Server และ Database-Server โดยให้บริการหน้า pages ของใบสั่งยาผ่านระบบเครือข่าย อีกทั้งยังเป็นที่เกี่ยวข้องข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับระบบการส่งยาลงบนระบบ Database และยังทำหน้าที่สำคัญ อีกอย่างหนึ่งคือ เป็นตัวกลางสำหรับส่งข้อมูลการสั่งจ่ายยา และควบคุมรวมทั้งตรวจสอบการทำงานของเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ ผ่านทาง Serial Port (Com1) อีกด้วย

3.5.1.2 เครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ

เป็นเครื่องที่ทำหน้าที่ในการนับเม็ดยา ซึ่งมีความเร็วในการทำงานสูง และมีความถูกต้องของการนับจำนวนเม็ดยาที่สูงอีกด้วย โดยในการสั่งงานเครื่องจ่ายยาอัตโนมัตินี้ สามารถที่จะควบคุมเครื่องได้ทั้ง 2 ทาง คือ ควบคุมที่เครื่องจ่ายยาอัตโนมัติเอง และสามารถที่จะควบคุมผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ โดยใช้การเชื่อมต่อกันระหว่างเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติและเครื่อง Server ผ่านทาง Serial port

3.5.1.3 เครื่อง Client

เปรียบเสมือนเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ของแพทย์แต่ละคน เมื่อมีคนไข้เข้ามารับการรักษา ก็จะต้องมีการสั่งยาให้แก่คนไข้ โดยแทนที่จะกรอกลงในกระดวยเหมือนแต่ก่อน ก็เปลี่ยนมาใช้เทคโนโลยีของ Web Browser แทนได้อย่างรวดเร็ว

โดยแต่เดิมการสั่งยา แพทย์จะเขียนลงบนกระดวย(ใบสั่งยา) แล้วจึงให้คนไข้ไปสั่งยานั้นๆ ไปยังห้องจ่ายยาเพื่อคิดราคาจ่ายเงินและให้เภสัชกรประจำห้องจ่ายยาเป็นคนจ่ายยา แต่ในระบบนี้ได้นำเครื่องคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในการเขียนใบสั่งยา โดยอาศัยเทคโนโลยีของ Web Browser เข้ามาแทนที่ใบสั่งยา โดยแพทย์แต่ละคนสามารถที่จะป้อนข้อมูลรายละเอียดการสั่งยาได้ เหมือนกับที่ต้องกรอกลงในกระดวย แล้วรายละเอียดของการสั่งยาชนิดต่างๆ ที่แพทย์ได้สั่งให้แก่คนไข้ นั้น ก็จะถูกส่งไปยังห้องจ่ายยาที่มีเครื่อง Server อยู่ แล้วจะถูกเก็บลงฐานข้อมูลภายในเครื่อง Server เพื่อทำการสั่งจ่ายยาที่เครื่องจ่ายยาอัตโนมัติต่อไป

ยกตัวอย่าง กระบวนการทำงาน เช่น เมื่อแพทย์ทำการสั่งยา “ยาลดไข้” เป็นจำนวน “50 เม็ด” โดยการป้อนข้อมูลผ่านทางหน้า WebPages ใบสั่งยา รายการยาดังกล่าวจะถูกส่งมายังเครื่อง Server ที่อยู่ภายในห้องจ่ายยาหลังจากขั้นตอนการชำระเงินแล้ว โดยถ้ามีเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติเครื่องใดที่มีตัวยาชนิดดังกล่าวบรรจุอยู่ เครื่อง Server ก็จะทำการสั่งยาชนิดนั้นๆ ไปยังเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติในทันที แต่ถ้าในกรณีที่มีตัวยาชนิดดังกล่าว ไม่ได้ถูกบรรจุอยู่ในเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติตัวใดๆ เลย ก็จะขึ้นข้อความแจ้งต่อผู้ช่วยเภสัชกร บนหน้าจอของเครื่อง Server ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของโรงพยาบาลสุราษฎร์ธานี การนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การเชื่อมต่อกันของเครื่องถ่ายยาอัตโนมัติกับเครื่องคอมพิวเตอร์ (Server)

เครื่องทั้งสอง มีการเชื่อมต่อกันผ่านทางมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 (Serial Port) โดยอาศัยหัวต่อ (Connector) แบบ DB-9 ทั้งคู่ และเชื่อมต่อกันด้วยสาย Serial-to-Serial (อาจจะรู้จักกันในชื่อว่า “สาย Laplink”) ทำให้เกิดการรับส่งข้อมูลถึงกันได้

3.5.3 การส่งงาน(ส่งข้อมูล) จากเครื่อง Server ไปยังเครื่องถ่ายยาอัตโนมัติ

เริ่มแรกก่อนที่เครื่อง Server จะทำการส่งข้อมูลจำนวนเมื่อยาที่จะส่งจ่ายออกไปยังเครื่องถ่ายยาอัตโนมัติ นั้น จะต้องมีการตรวจสอบสถานะการทำงานของเครื่องถ่ายยาอัตโนมัติก่อน ว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลจากเครื่อง Server หรือไม่ โดยถ้าเครื่องถ่ายยามีความพร้อมที่จะรับข้อมูลได้นั้น จะมีการส่งคำสั่งสัญญาณที่แสดงถึงความพร้อมของเครื่องกลับมายังเครื่อง Server แล้วหลังจากนั้นเครื่อง Server จะทำการส่งข้อมูลจำนวนเมื่อยาที่ต้องการ ไปยังเครื่องถ่ายยาอัตโนมัติทันที แต่ถ้าเครื่องถ่ายยาอัตโนมัติมีสถานะการทำงาน ที่ยังไม่พร้อมจะรับข้อมูลนั้น เครื่อง Server จะทำการวนส่งคำสั่งตรวจสอบอยู่เป็นระยะๆ จนกว่าจะได้รับคำสั่งสัญญาณตอบกลับมาถึงความพร้อมของเครื่อง ก็จะมีการส่งข้อมูลต่อไป

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

4.1 ผลทดสอบการทำงานของระบบขามวงกลมสั้นสะท้อนลำเลียงเม็ดยา

4.1.1 อัตราการลำเลียงเม็ดยา

จากผลการทดลองดังในตารางที่ 6 และ 7 แสดงให้เห็นว่าความเร็วในการจ่ายยาของเครื่องจ่ายยา มีความเร็วกว่าใช้คนนับประมาณ 3.5 เท่า ในเวลาที่เท่ากัน คนนับเม็ดยาได้ 100 เม็ด แต่เครื่องจะสามารถจ่ายได้ถึง 350 เม็ด ซึ่งสามารถเฉลี่ยได้คือ 385 เม็ดต่อนาที อีกทั้งเครื่องนั้นไม่มีปัญหาของความเหนียวล้าเหมือนกับคน สามารถทำงานติดต่อกันได้โดยที่รักษาระดับความเร็วในการจ่าย และความแม่นยำของวงจรมันได้อย่างดีอีกด้วย

ตารางที่ 6 ความเร็วในการนับเม็ดยา 100 เม็ดของเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ (วินาที)
1	15.45
2	15.27
3	15.86
4	16.31
5	15.47
เฉลี่ย	15.67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ความเร็วในการนับเม็ดยา 100 เม็ด ของคน

คนที่	เวลาที่ใช้ (วินาที)
1	55.78
2	54.86
3	49.73
4	56.84
5	55.57
เฉลี่ย	54.56

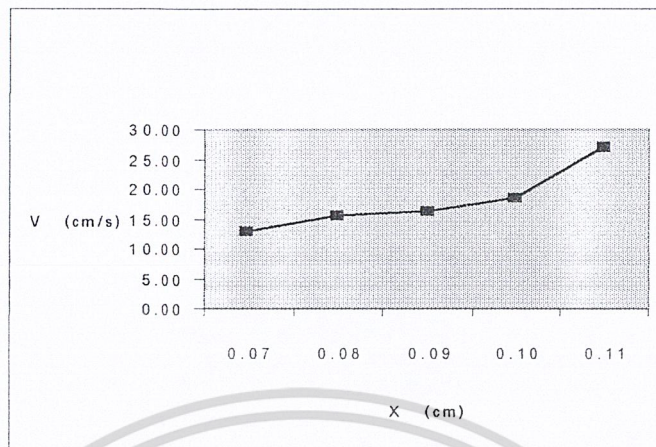
4.1.2 ผลการทดลองแอมป์ลิจูดการเต้นของชามวงกลม

จากการทดลองการวัดแอมป์ลิจูดการเต้นของชามวงกลมพบว่าเมื่อชามอามีแอมป์ลิจูดเพิ่มขึ้น การเคลื่อนที่ของเม็ดยาจะเร็วขึ้นตามไปด้วย โดยในการศึกษาแอมป์ลิจูดของชามวงกลมนี้จะศึกษาโดยคิดเลเซอร์ไว้ที่ขอบของชามวงกลม และวัดแอมป์ลิจูดการเต้นของชามวงกลมที่เปลี่ยนไปได้ โดยวัดแอมป์ลิจูดการแกว่งของจุดสว่างของเลเซอร์ที่เปลี่ยนไป จากนั้นนำมาคำนวณเพื่อหาแอมป์ลิจูดการเต้นของชามวงกลม จะได้ค่าดังตารางที่ 8 และ 9

ตารางที่ 8 แสดงค่าแอมป์ลิจูดการเต้นของชามวงกลมและความเร็วในการเคลื่อนที่ของเม็ดยาตามทางเดินรูปเกลียวในชามวงกลมขณะที่มียา 1 เม็ด

X (cm)	V (cm/s)
0.07	13.04
0.08	15.73
0.09	16.39
0.10	18.61
0.11	26.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

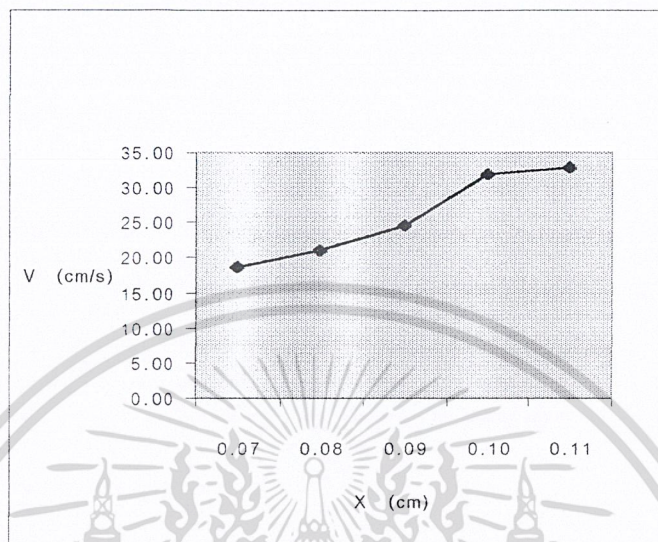


รูปที่ 47 แสดงผลความเร็วการลำเลียงเมล็ดยา กับแอมพลิจูดของการสั่นของชามวงกลม สำหรับยาเม็ดเดี่ยว

ตารางที่ 9 แสดงค่าแอมพลิจูดการสั่นของชามวงกลมและความเร็วในการเคลื่อนที่ของเมล็ดยาในชามวงกลม ขณะที่มีเมล็ดยาอยู่จำนวนมาก

X (cm)	V (cm/s)
0.07	18.76
0.08	21.13
0.09	24.58
0.10	32.00
0.11	32.86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



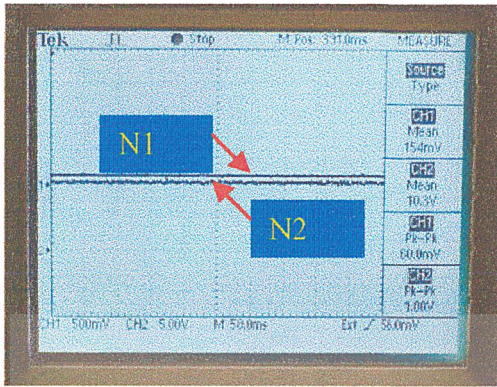
รูปที่ 48 แสดงผลความเร็วการลำเลียงเม็ดคากับแอมพลิฟิเคชันของขามวงกลม
สำหรับยาที่มีการคั่นจากเบื้องล่าง

4.2 ผลการทดลองวงจรตรวจจับเม็ดยา

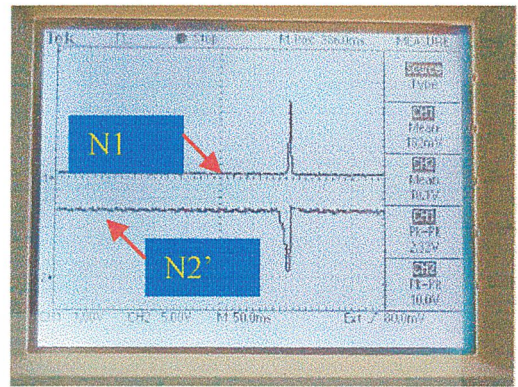
4.2.1 ผลการทดลองกรณีเม็ดยาทั้งระยะ

รูปแสดงสัญญาณเปรียบเทียบขณะ ไม่มีเม็ดยาผ่านและขณะมีเม็ดยาผ่านตัวตรวจจับที่ตำแหน่ง
ของสัญญาณอ้างอิงจากรูปที่ 42

สัญญาณที่ตำแหน่งนี้ N2 เป็นสัญญาณที่ผ่านการขยายสัญญาณมาแล้ว โดยสัญญาณจะอยู่ที่
ระดับประมาณ 10 โวลต์ เท่ากับ โวลต์อ้างอิงของตัวขยายสัญญาณเมื่อมีเม็ดยาตัดผ่านตัวตรวจจับ
สัญญาณที่ N1 เกิดเป็นพัลส์ของสัญญาณขึ้น เนื่องจากตัวขยายสัญญาณที่ใช้ในวงจรเป็นตัวขยาย
สัญญาณแบบลบ ทำให้สัญญาณเป็นลบเทียบความต่างศักย์อ้างอิงเมื่อสัญญาณที่ N1 เพิ่มขึ้น



(ก)

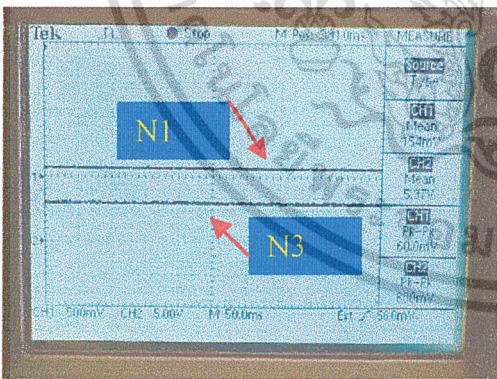


(ข)

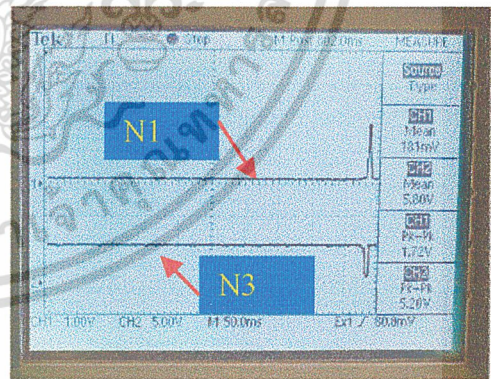
รูปที่ 49 แสดงสัญญาณขณะที่สัญญาณผ่านวงจรดีฟเฟอร์เรนซิเอท

(ก) ขณะไม่มีเม็ดยาผ่าน (ข) ขณะมีเม็ดยาผ่าน

ก่อนที่จะส่งสัญญาณผ่านไปยังขมิตต์ริกเกอร์เพื่อแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นดิจิตอลนั้นจะต้องลดระดับของสัญญาณ (ความต่างศักย์) ให้อยู่ในช่วงที่ขมิตต์ริกเกอร์สามารถรับได้ โดยจะต่อความต้านทานอนุกรมกับวงจรเพื่อลดความต่างศักย์



(ก)



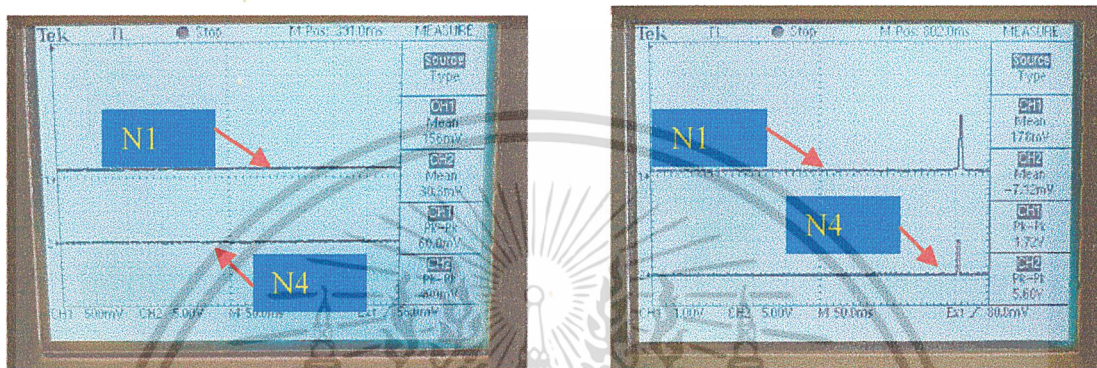
(ข)

รูปที่ 50 แสดงสัญญาณก่อนเข้าขมิตต์ริกเกอร์ ก) ขณะไม่มีเม็ดยาผ่าน

(ข) ขณะมีเม็ดยาผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณจะกลับเฟสเป็นบวกอีกครั้งหลังจากที่สัญญาณผ่านขมิตต์ทริกเกอร์แล้ว ซึ่งสัญญาณจะกลายเป็นสัญญาณดิจิทัล นั่นคือมีเฉพาะ high และ low เท่านั้น โดยจะตัดสัญญาณอินพุตที่ผ่านขมิตต์ทริกเกอร์ทิ้งไปเมื่อระดับของสัญญาณไม่ถึงระดับที่จะทำให้สัญญาณเอาต์พุตของขมิตต์ทริกเกอร์มีค่าเป็น high



(ก)

(ข)

รูปที่ 51 แสดงสัญญาณขณะผ่านขมิตต์ทริกเกอร์แล้ว (ก) ขณะไม่มีเม็ดยาผ่าน (ข) ขณะมีเม็ดยาผ่าน

ตารางที่ 10 แสดงค่าความต่างศักย์ที่ตำแหน่งต่างๆ ขณะไม่มีเม็ดยาผ่าน

ตำแหน่ง	ความต่างศักย์ของพัลส์สัญญาณ
N1	157 mV
N2	10.3 V
N3	5.97 V
N4	30.3 mV

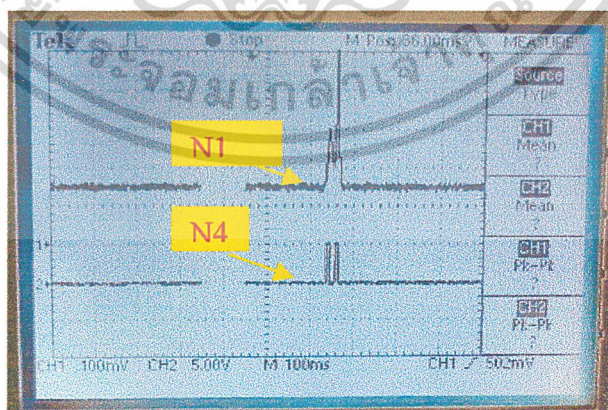
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 แสดงค่าความต่างศักย์ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ขณะมีเม็ดยาผ่าน

ตำแหน่ง	ความต่างศักย์ของพัลส์สัญญาณ
N1	2.2 V
N2	10 V
N3	1.72 V
N4	5.6 V

4.2.2 ผลการทดลองการแก้ปัญหาเม็ดยาติดกัน

ในตัวตรวจจับชนิด โมโนสเตเบิลที่ใช้ในการนับเม็ดยาของเครื่องจ่ายยาเดมินั้นจะไม่สามารถแยกสัญญาณที่อยู่ติดกัน โดยที่สัญญาณยังไม่แยกจากกันอย่างชัดเจนได้ เนื่องจากเมื่อเวลานับเม็ดยาที่ผ่านไปแล้วจะเกิดการหน่วงของสัญญาณทำให้เม็ดยาที่ติดกันแล้วผ่านตัวตรวจจับ ตัวตรวจจับจะไม่สามารถตรวจนับเม็ดยาได้เป็นผลให้เกิดการผิดพลาดในการนับได้ แต่ตัวตรวจจับตัวใหม่ที่ได้ถูกนำมาใช้ในวงจรตรวจจับเม็ดยานี้จะใช้เวลาของแสงที่ผ่านตัวตรวจจับเป็นตัวอ้างอิง โดยเมื่อเม็ดยาบังแสงที่ตัวตรวจจับมากที่สุดจะทำให้เกิดพัลส์สูงสุดและลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเม็ดยาผ่านไป แต่ถ้าหากมีเม็ดยาที่ติดกันผ่านตัวตรวจจับนี้ก็จะสามารถแยกพัลส์ได้ ดังรูปที่ 52 เนื่องจากจะมีพัลส์ที่มีค่าสูงสุดแต่ละพัลส์เมื่อเม็ดยาบังแสงตัวตรวจจับได้มากที่สุด

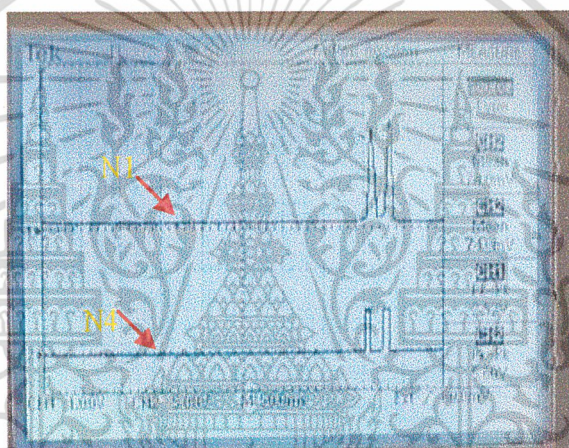


รูปที่ 52 กราฟแสดงการแยกพัลส์สัญญาณเมื่อผ่านวงจรตรวจจับแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 53 เม็ดยา 2 เม็ดติดกัน

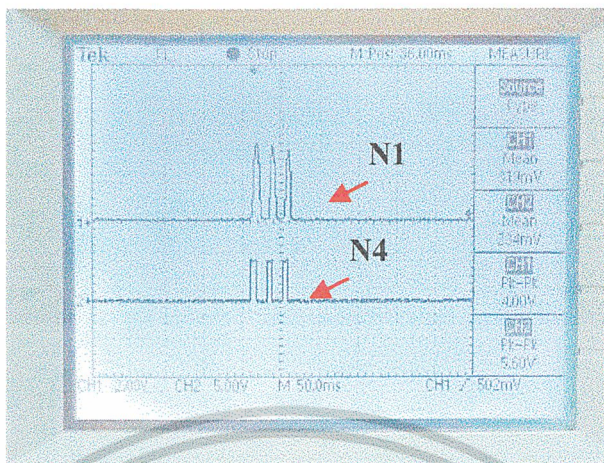


รูปที่ 54 สัญลักษณ์ที่สามารถตรวจสอบได้เมื่อเม็ดยา 2 เม็ดติดกัน

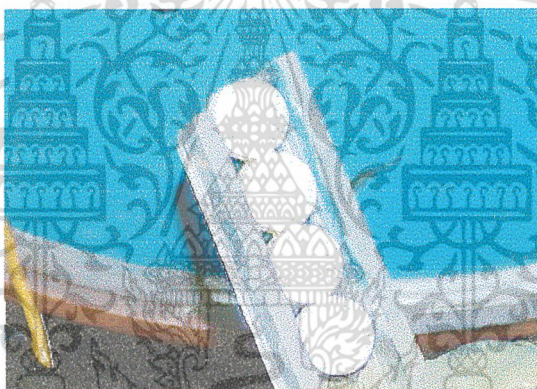


รูปที่ 55 เม็ดยา 3 เม็ดติดกัน

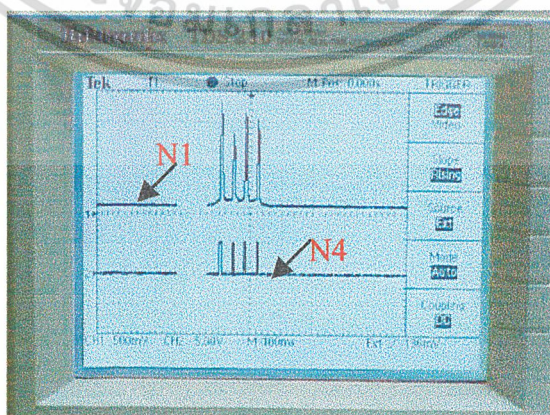
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 56 สัญญาณที่สามารถตรวจสอบได้เมื่อเม็ดยา 3 เม็ดติดกัน



รูปที่ 57 เม็ดยา 4 เม็ดติดกัน



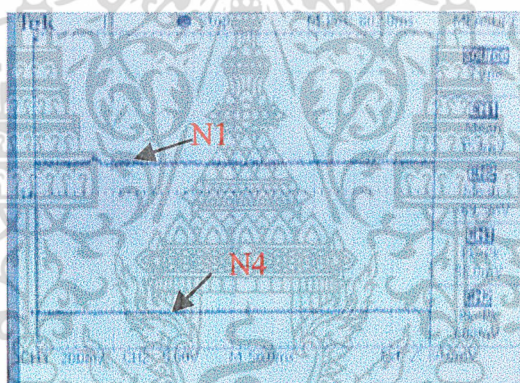
รูปที่ 58 สัญญาณที่สามารถตรวจสอบได้เมื่อเม็ดยา 4 เม็ดติดกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลการทดลอง เม็ดยาแตกหัก



รูปที่ 59 เม็ดยาแตกหัก



รูปที่ 60 สัญลักษณ์ที่สามารถตรวจสอบได้เมื่อเม็ดยาแตกหัก

ตารางที่ 12 แสดงค่าความต่างศักย์ของสัญลักษณ์ที่ตำแหน่งที่ 4 เมื่อมีเม็ดยาแตกหักผ่านวงจร

ตำแหน่ง	ความต่างศักย์ของฟิล์มสัญลักษณ์
N4	56 mV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองในการรันโปรแกรมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

เมื่อเปิดเครื่องหรือรีเซตจะขึ้นเมนูที่ใช้เครื่องแต่ละคีย์มา ดังรูปที่ 61 ตามลำดับ



รูปที่ 61 แสดงเมนูการทำงานของคีย์

- (ก) แสดงเมนู
- (ข) แสดงเมนูการกดคีย์ 1 จะเป็นการตรวจจำนวนยาทั้งหมดในภาชนะใส่ยา
- (ค) แสดงเมนูการกดคีย์ 2 จะเป็นการเพิ่มจำนวนยาในภาชนะใส่ยา
- (ง) แสดงเมนูการกดคีย์ 3 จะเป็นการใส่จำนวนยาเพื่อที่จะทำการนับ
- (จ) แสดงเมนูการกดคีย์ 4 จะเป็นการทำเคลียร์ค่ายาทั้งหมดในภาชนะใส่ยา
- (ฉ) แสดงเมนูการเลือกคีย์

เมื่อเราเลือกกดเมนูตามข้างบนจะเป็นดังนี้

ถ้ากด 1 จะแสดงจำนวนยาทั้งหมด ดังรูปที่ 62

รูปที่ 62 แสดงจำนวนยาทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กค 2 จะแสดงดังรูปที่ 63



รูปที่ 63 แสดงการเพิ่มจำนวนยา

จากนั้นรอรับค่ายาที่ต้องการจะเพิ่ม เมื่อเรียบร้อยจะปรากฏจำนวนยาทั้งหมดในภาชนะ

กค 3 เป็นการใส่จำนวนยาเพื่อทำการนับต่อไป ดังรูปที่ 64



รูปที่ 64 แสดงการรับค่ายาที่ต้องการจะนับ

และรอรับค่าจำนวนยาที่ต้องการจะนับ เมื่อเรียบร้อยเครื่องจะเปิดจ่ายไฟ ทำให้เกิดการสั่นและนับยาจนครบจำนวน แล้วแสดงจำนวนยาทั้งหมดที่เหลือในภาชนะใส่ยา

4.4 ผลการทดลองการออกแบบ Webpage และ การเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์

สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

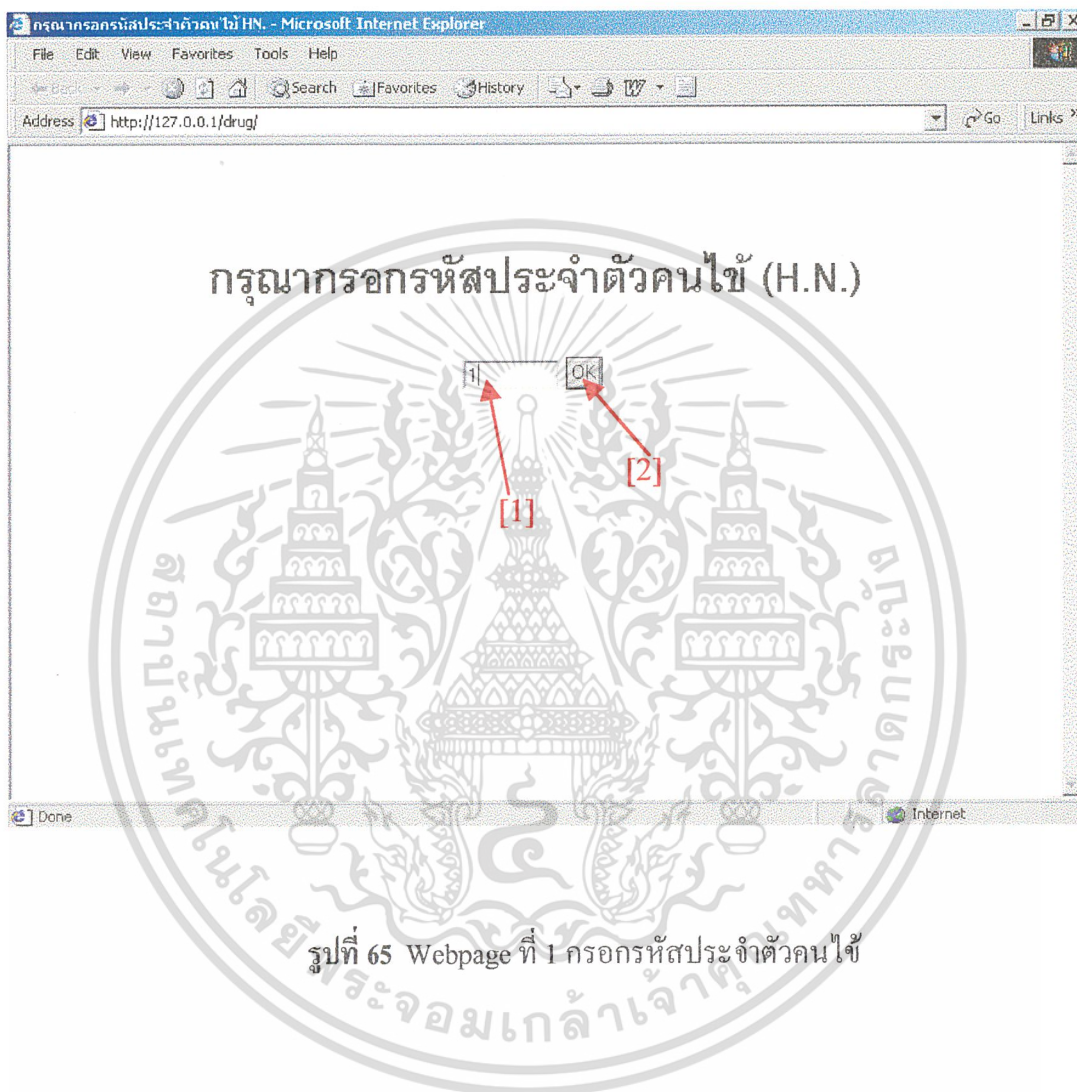
4.4.1 การสั่งจ่ายยาโดยผ่านระบบคอมพิวเตอร์เน็ตเวิร์ค

เริ่มแรก เมื่อคนไข้เข้าพบแพทย์ หลังจากการตรวจโรค แพทย์จะทำการสั่งจ่ายยา ลงบนหน้า Webpage จ่ายยา ที่เครื่องคอมพิวเตอร์ของแพทย์เอง และเมื่อสั่งจ่ายแล้วเสร็จ หน้า Webpage ดังกล่าวจะถูกส่งมาเก็บลงบนฐานข้อมูลที่ Web Server และจะมีการส่งหน้า Webpage อีกหน้าหนึ่ง เกี่ยวกับรายละเอียดการสั่งจ่ายยาของแพทย์ ไปยัง Server ในห้องจ่ายยา เพื่อคิดราคาและเตรียมดำเนินการจ่ายยาผ่านทางเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ ซึ่งใช้เพียงการกดปุ่มจากหน้า Webpage เท่านั้น ในการสั่งให้เครื่องทำงาน

โดยมีรายละเอียดของหน้า Webpage ที่เกี่ยวข้องกับใบสั่งยาตามลำดับ ดังต่อไปนี้ คือ

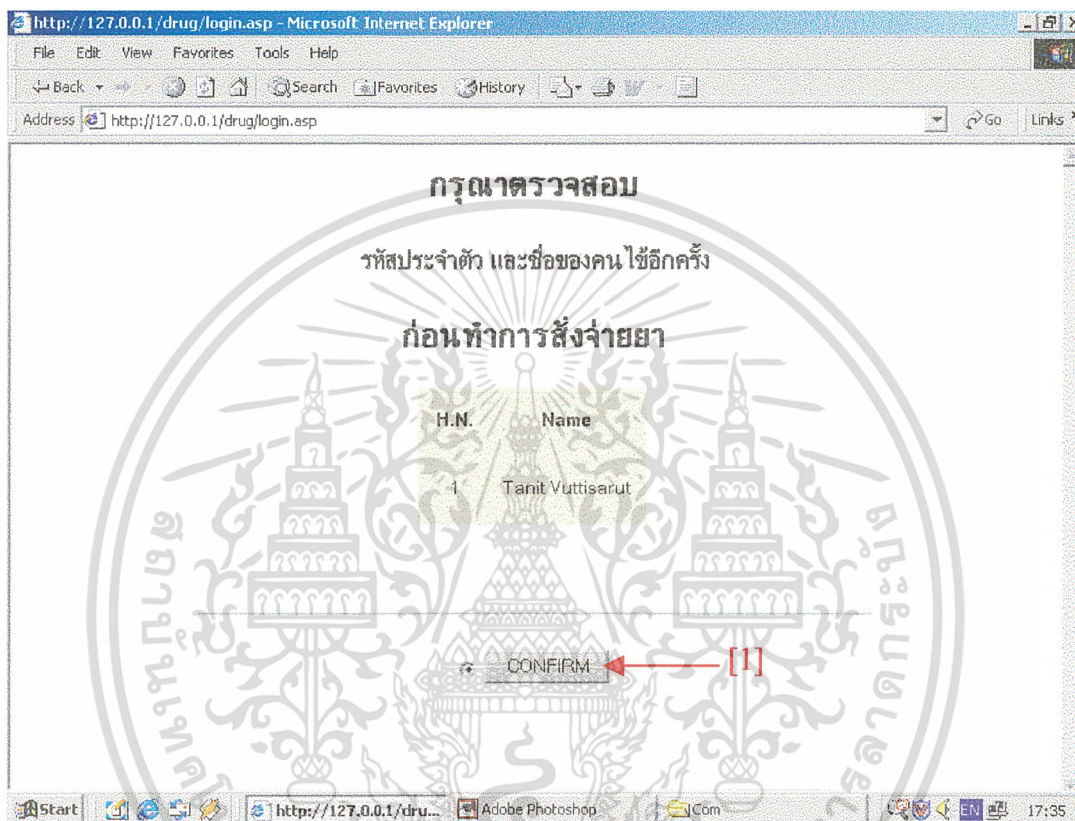
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Webpage ที่ 1 ซึ่งจะมีลักษณะเป็นดังรูปที่ 65 แพทย์จะต้องใส่รหัสประจำตัวคนไข้ ลงในส่วนรับข้อมูล จากนั้น Click Mouse ที่ปุ่ม “OK”



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Webpage ที่ 2 ซึ่งจะมีลักษณะเป็นดังรูปที่ 66 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับรายชื่อของคนไข้ เพื่อให้แพทย์ยืนยันอีกครั้งหนึ่ง ถ้าถูกต้องให้ Click Mouse ที่ปุ่ม “CONFIRM”



รูปที่ 66 Webpage ที่ 2 ตรวจสอบรหัสประจำตัวและชื่อคนไข้ก่อนทำการจ่ายยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Webpage ที่ 3 ซึ่งเป็นลักษณะดังรูปที่ 67 เป็นแบบฟอร์มใบสั่งยา โดยให้แพทย์ทำการกรอกข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับยา เช่น (ชื่อยา, ขนาด, ลักษณะการรับประทาน, ทานครั้งละกี่เม็ด, สั่งทั้งสิ้นกี่เม็ด) แล้วจากนั้น Click Mouse ที่ปุ่ม “CONFIRM” เพื่อสั่งจ่ายยา

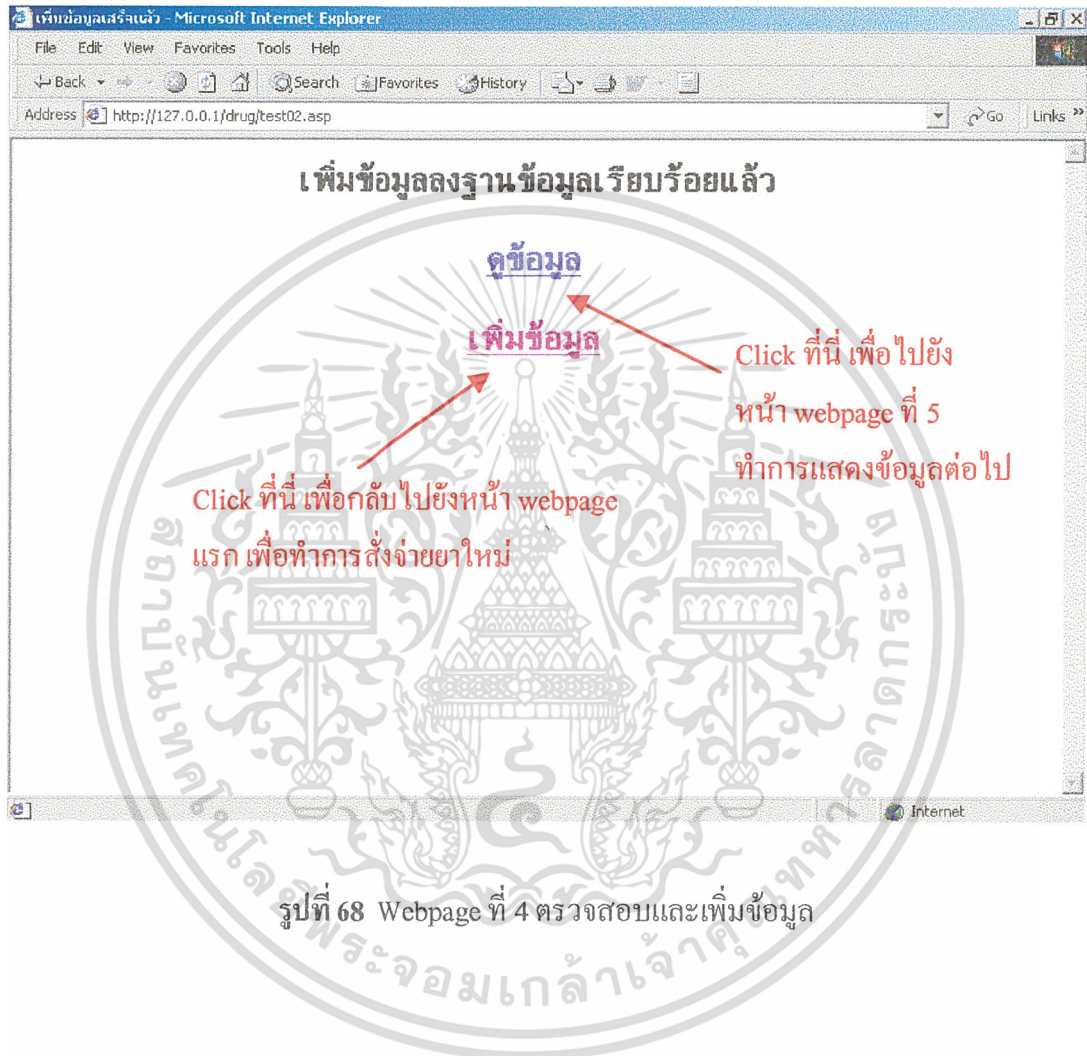
ชื่อยาที่ต้องการจะสั่ง	ขนาด	ทุก	ชั่วโมง	ครั้งละ	รวม
1. ยาลดไข้ แก้ปวด	100mg	<input type="radio"/>	6	2	60
2. ยานก้อเกล็บ	1000mg	<input type="radio"/>	ชั่วโมง	2	45
3. ยาลดน้ำมูก	250mg	<input type="radio"/>	ชั่วโมง	1	30

CONFIRM [2]

รูปที่ 67 Webpage ที่ 3 แบบฟอร์มใบสั่งยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Webpage ที่ 4 ซึ่งจะมีลักษณะเป็นดังรูปที่ 68 แสดงข้อความรายงานการรับข้อมูลการสั่งจ่ายยาของเครื่อง Server โดยที่สามารถจะทำการดูข้อมูลการสั่งยาครั้งล่าสุด หรือทำการสั่งยาเพิ่มก็ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในหน้า Webpage ที่ 4 ถ้าเราเลือก Click ที่ “ดูข้อมูล” ก็จะปรากฏหน้า Webpage ที่ 1 ขึ้นมา เพื่อให้กรอกรหัสประจำตัวของคนไข้ที่ต้องการจะดูรายการการสั่งจ่ายยาของแพทย์ได้

Webpage ที่ 5 ซึ่งจะมีลักษณะเป็นดังรูปที่ 69 แสดงรายการการสั่งจ่ายยาครั้งล่าสุดของคนไข้ที่ได้กรอกไปดังใน webpage ที่ 1 เพื่อเรียกดูข้อมูลที่เพิ่มในฐานข้อมูล โดยแสดงรายละเอียดออกมาในลักษณะดังนี้

กรณาทดสอบ
รหัสประจำตัวและชื่อของคนไข้คือ รังทอง ทาการสั่งจ่ายยา
ชื่อ-นามสกุล คนไข้ : Tanit Vuttisarut

ลำดับที่	ชื่อยาที่สั่ง	ขนาด	รับประทาน	รายละเอียด			ครั้งจะ	ทั้งสิ้น	
1	ยาคลอซีแล็ปรด	100mg	ทุก	6 ชม.			2 เม็ด	60	
2	ยาแก๊วกแลม	1000mg	ก่อนอาหาร	เช้า	กลางวัน	เย็น	2 เม็ด	45	
3	ยาคลน้ามุก	250mg	หลังอาหาร	เช้า	กลางวัน	เย็น	ก่อนนอน	1 เม็ด	30

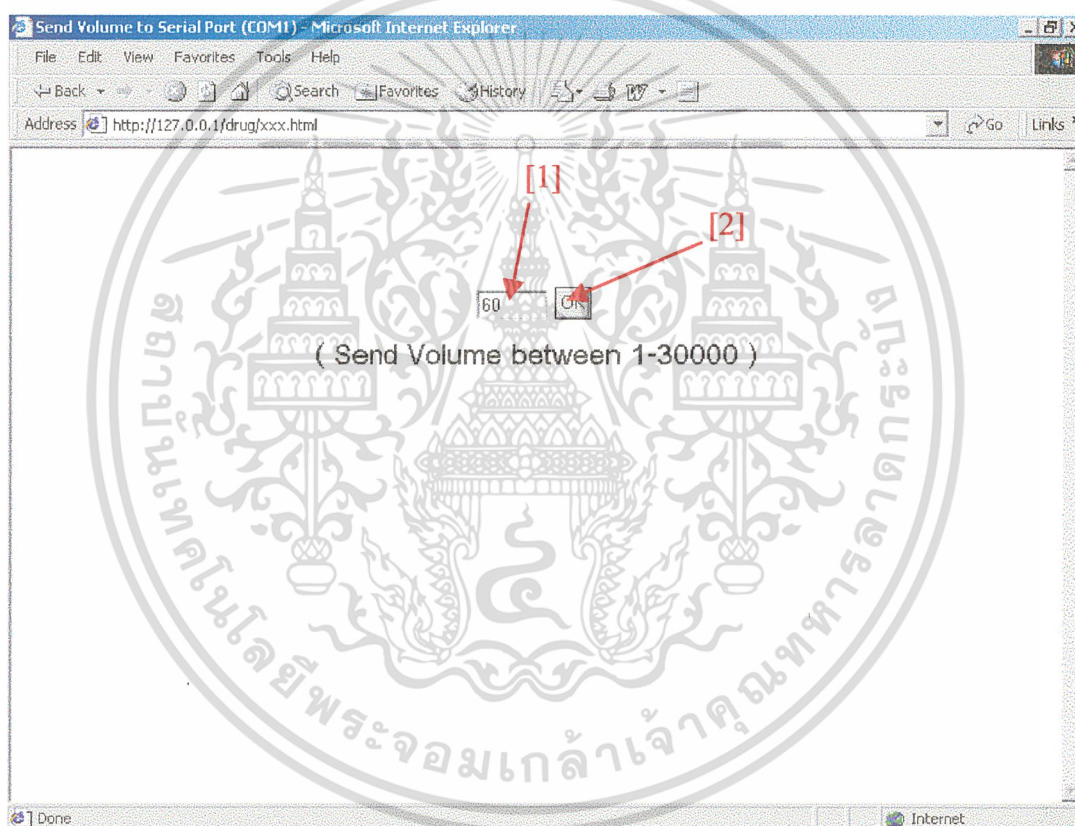
รูปที่ 69 Webpage ที่ 5 ตรวจสอบฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ผลของการการเชื่อมต่อกันระหว่างเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติและเครื่องคอมพิวเตอร์

เครื่องทั้งสอง มีการเชื่อมต่อกันผ่านทางมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 (Serial Port) โดยอาศัยหัวต่อ (Connector) แบบ DB-9 ทั้งคู่ และเชื่อมต่อกันด้วยสาย Serial-to-Serial (อาจจะรู้จักกันในชื่อว่า “สาย Laplink”) ทำให้เกิดการรับส่งข้อมูลถึงกันได้

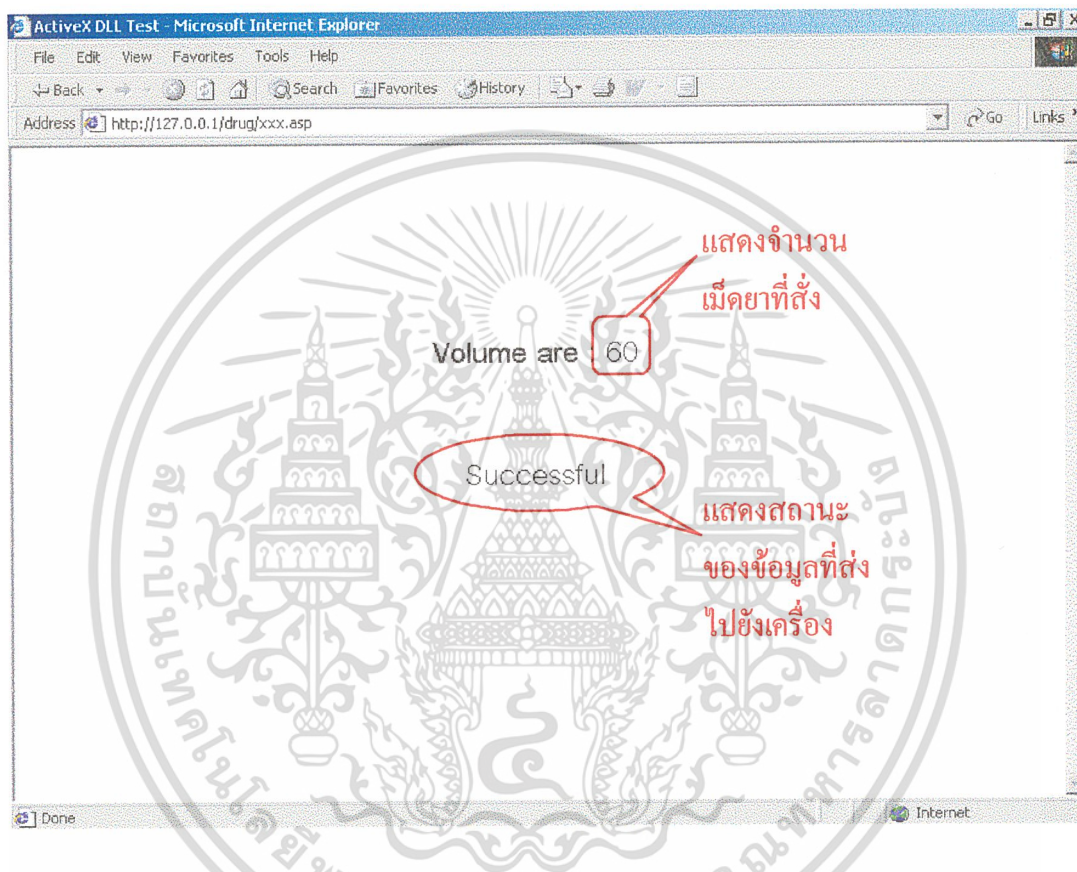
Webpage ที่ 6 ซึ่งจะมีลักษณะเป็นดังรูปที่ 70 เป็น Webpage สำหรับการรับค่าจำนวนเม็ดยาที่ต้องการจะส่งจ่ายยา โดยให้ระบุจำนวนเม็ดยาลงในช่องดังกล่าว (ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1-30,000 เม็ด) จากนั้นให้ Click Mouse ที่ปุ่ม “OK”



รูปที่ 70 Webpage ที่ 6 จำนวนเม็ดยาที่ส่งจ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Webpage ที่ 7 ซึ่งจะมีลักษณะเป็นดังรูปที่ 71 แสดงสถานะของการส่งจ่ายยา อันเนื่องมาจาก หน้า webpage ที่ผ่านมา โดยจะแสดงค่าของจำนวนเม็ดยาที่ส่งจ่ายยา และคำว่า “Successful” ที่แสดงว่าจำนวน เม็ดยาที่ส่ง ไปตอนนี้ ได้ถูกจัดให้อยู่ในคิวของการส่งจ่ายยาเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 71 Webpage ที่ 7 แสดงสถานะการส่งข้อมูล ไปยัง Server

การส่งจ่ายยาจากคอมพิวเตอร์ไปเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ โดยเริ่มจากคอมพิวเตอร์จะมีหน้า Webpage ที่ 7 ให้ใส่ค่าจำนวนเม็ดยาที่ต้องการส่งจ่ายยา กด Enter เมื่อหน้า Webpage ที่ 7 ปรากฏ ขึ้นพร้อมกับคำว่า “Successful” แสดงว่าจำนวนเม็ดยาที่ต้องการจะส่งจ่ายนั้น ได้ถูกบันทึกลงบน ระบบฐานข้อมูลที่อยู่ภายในเครื่อง Server เรียบร้อยแล้ว จากนั้นเครื่อง Server จะทำหน้าที่ส่งข้อมูล จำนวนเม็ดยาผ่านทาง Serial port เพื่อ ไปส่งจ่ายยาที่เครื่องจ่ายยาอัตโนมัติ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากผลของโครงการพิเศษเครื่องจ่ายยาอัตโนมัติจะเห็นว่าได้มีการพัฒนาในหลายส่วน ทั้งทางด้านตัวเครื่องที่ทำให้มีขนาดเล็กลงจากเดิมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร เป็น 19.5 เซนติเมตร ซึ่งจะช่วยลดน้ำหนักและปริมาณพื้นที่จัดวาง มีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องความเร็วในการเคลื่อนที่ของเม็ดยาที่แปรตามแอมพลิจูดการสั่นของขามวงกลม นอกจากนี้ในส่วนในตัวเครื่องแล้วยังมีส่วนของวงจรตรวจจับที่ใช้ตัวตรวจจับแบบอาร์เรย์ (Array detector) ทำให้มีความแม่นยำในการตรวจจับนับเม็ดยามากขึ้นมีความผิดพลาดเพียง 0.01 เปอร์เซ็นต์ที่อัตราเร็ว 385 เม็ดต่อนาที โดยในส่วนนี้จะมีการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาควบคุมการนับและทำงานทางด้าน การแสดงผลออกหน้าจอ LCD และเก็บค่าจำนวนเม็ดยาที่เหลือในชามอ่าง ซึ่งสามารถจัดการกับจำนวนยาในชามอ่างได้ถึง 30,000 เม็ด และในส่วนสุดท้ายที่ได้พัฒนาคือการเชื่อมต่อทางเน็ตเวิร์คที่สามารถสั่งงานจากห้องตรวจโรคไปยังเครื่องจ่ายยาได้ โดยการสั่งงานผ่านทางเน็ตเวิร์คนั้นจะทำให้แพทย์เป็นคนส่งข้อมูลยาไปที่ห้องจ่ายเงิน เมื่อมีการจ่ายเงินข้อมูลก็ถูกส่งไปยังห้องจ่ายยาที่อยู่ติดกันและคนไข้ก็จะสามารถไปรอรับยาได้ทันที เนื่องจากมีข้อมูลที่แพทย์ส่งมาอยู่แล้วจึงไม่ต้องเสียเวลาคีย์ข้อมูล เพียงแค่รับแจ้งรหัสคนไข้ซึ่งอาจอยู่ในรูปของบัตรประจำตัวแถบแม่เหล็กหรือบาร์โค้ดแล้วส่งข้อมูลผ่านไปยังระบบอัตโนมัติในห้องยาเพื่อจ่ายยาสำหรับคนไข้รายนั้นๆ

แนวทางในการพัฒนาระบบจ่ายยาและปัญหาต่างๆต่อไป เช่น ในด้านการกระชากของตัวชามอ่างเมื่อโซลิดสเตตรีเลย์ (Solid-state relay) ถูกสั่งปิด โดยจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือกำลังไฟที่ป้อนให้กับระบบต้นตะเทียนด้วยการควบคุมเฟส และมีการใช้โปรแกรมเมเบิลเคาน์เตอร์ (programmable counter) และหน่วยแสดงผล (display unit) แบ่งเบาภาระของไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนในด้านระบบป้องกันของเครื่องข่ายเน็ตเวิร์คจะมีการเก็บรหัสประจำตัวและรหัสผ่านของบุคลากรทุกคนในโรงพยาบาล และกำหนดส่วนของเครื่องข่ายที่บุคลากรแต่ละแผนกจะเข้าได้ เช่น ในส่วนของการสั่งยาให้กับผู้ป่วยจะเข้าได้แต่แพทย์เท่านั้น เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. คุสติ เครื่องงาม, สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ เล่ม 1, พิมพ์ครั้งที่ 1, หน้าที่ 339-360, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ. 2542.
2. สุรชัย สุขสกุลชัย, วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์, พิมพ์ครั้งที่ 2, ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันพระจอมเกล้า ธนบุรี, พ.ศ. 2539.
3. ชีรวัดน์ ประกอบผล, การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์, พิมพ์ครั้งที่ 2, บริษัท แซทไฟร์พรินติ้ง จำกัด, พ.ศ. 2541.
4. สุนทร วิฑูสรพจน์, การโปรแกรมภาษาแอสเซมบลีของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051, พิมพ์ครั้งที่ 1, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), พ.ศ. 2537.
5. ผศ. มนต์ชัย เทียนทอง, การโปรแกรมภาษาซี, ครั้งที่ 1, โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, พ.ศ. 2535.
6. น.ต.ไพศาล โมลิตกุลมงคล, พัฒนา Web Database ด้วย ASP, ครั้งที่ 1, หจก.ไทยเจริญการพิมพ์, พ.ศ. 2538.
7. Geoffrey Boothroyd, Corrado Poli, Laurence E. Murch, Automatic Assembly, Marcel Dekker, Inc., 1982.
8. David W. Pessen, Industrial Automation Circuit Design and Components, John Wiley & Sons, Inc., 1990.
9. Ben-Zion Sandler, Robotics Designing the Mechanisms for Automated Machinery, pp.281-351, Prentice-Hall International, Inc., 1991.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#include "c:\mc51\8051io.h"
#include "c:\mc51\8051reg.h"
#include "c:\mc51\small\8051lcd.c"

extern char register cputick;
char con[12]={0x21,0x48,0x28,0x18,0x44,0x24,0x14,0x42,0x22,0x12,0x41,0x11};
          /* 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  *  #  *
/
char as[10]={'0','1','2','3','4','5','6','7','8','9'};
char converst[10]={0x30,0x31,0x32,0x33,0x34,0x35,0x36,0x37,0x38,0x39};
unsigned register char s[5],buffer[10],ch[5],flag1;
unsigned register int a,d,e,i,j,h,n,p,t,num,columm,row,val;
unsigned register int drug,ndrug1,ndrug2,ndrug3,ndrug4,ndrug5,total;
unsigned register char c;

main( )
{
    serinit(9600);
    i_LCD( );
    menu( );
    delay(500);
    chktotal_1( );
    delay(500);
    chktotal_2( );
    delay(500);
    chktotal_3( );
    delay(500);
    chktotal_4( );
    delay(500);

while(1)
{
    cputick=0;
    if(c=chkch( ))
        val=3;
    else
    {
        show_select( );
        delay(250);
        clr( );
        t=0;
        key( );
        val=_atoi(s);
    }
    switch(val)
    {
        case 1 :
            {
                read( );

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        show_total1();
        delay(300);
        break;
    }
    case 2 :
    {
        t=1;
        add( );
        show_total1();
        delay(300);
        break;
    }
    case 3 :
    {
        t=1;
        Drug( );
        delay(300);
        break;
    }
    case 4 :
    {
        total=0;
        puttotal( );
        show_total1();
        delay(300);
        break;
    }
    default :
    {
        ERROR( );
        delay(250);
        break;
    }
}
}
}

menu( )
{
    clr();
    LCDWI(0x80);
    LCDWD('M');
    LCDWD('E');
    LCDWD('N');
    LCDWD('U');
}

chktotal_1( )
{
    เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
    ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

```

clr( );
LCDWI(0x80);
LCDWD('K');
LCDWD('E');
LCDWD('Y');
LCDWD('1');
LCDWD(':');
LCDWD('C');
LCDWD('H');
LCDWD('E');
LCDWI(0xc0);
LCDWD('C');
LCDWD('K');
LCDWD(' ');
LCDWD('T');
LCDWD('O');
LCDWD('T');
LCDWD('A');
LCDWD('L');

```

```

}
chktotal_2()
{

```

```

clr( );
LCDWI(0x80);
LCDWD('K');
LCDWD('E');
LCDWD('Y');
LCDWD('2');
LCDWD(':');
LCDWD('A');
LCDWD('D');
LCDWD('D');
LCDWI(0xc0);
LCDWD(' ');
LCDWD('T');
LCDWD('O');
LCDWD('T');
LCDWD('A');
LCDWD('T');

```

```

}
chktotal_3( )
{

```

```

clr( );
LCDWI(0x80);
LCDWD('K');
LCDWD('E');
LCDWD('Y');

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LCDWD('3');
LCDWD(':');
LCDWD('E');
LCDWD('N');
LCDWD('T');
LCDWI(0xc0);
LCDWD('E');
LCDWD('R');
}

```

```

chktotal_4( )

```

```

{
    clr( );
    LCDWI(0x80);
    LCDWD('K');
    LCDWD('E');
    LCDWD('Y');
    LCDWD('4');
    LCDWD(':');
    LCDWD('C');
    LCDWD('L');
    LCDWD('E');
    LCDWI(0xc0);
    LCDWD('A');
    LCDWD('R');
}

```

```

show_select( )

```

```

{
    clr( );
    LCDWI(0x80);
    LCDWD('S');
    LCDWD('E');
    LCDWD('L');
    LCDWD('E');
    LCDWD('C');
    LCDWD('T');
}

```

```

write( )

```

```

{
    eewrite(0,buffer[0]);
    eewrite(1,buffer[1]);
    eewrite(2,buffer[2]);
    eewrite(3,buffer[3]);
    eewrite(4,buffer[4]);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

read( )
{
    buffer[0]=eeread(0);
    buffer[1]=eeread(1);
    buffer[2]=eeread(2);
    buffer[3]=eeread(3);
    buffer[4]=eeread(4);
}

```

```

key( )
{
    s[0]=' ';
    s[1]=' ';
    s[2]=' ';
    s[3]=' ';
    s[4]=' ';
    p=1;
    n=0;
    while(p)
    {
        if((c=chkch( ))|(c!=0))
        {
            if(t==0)
            {
                delay(250);
                s[0]=as[3];
                p=0;
            }
            else
            {
                column=0xef;
                scan( );
            }
        }
    }
}

```

```

scan( )
{
    for(i=0;i<4;i++)
    {
        row=(column<<i);
        row|=0x0f;
        P0=row;
        if(P0!=row)
        {
            num=~P0;
            for(j=0;j<12;j++)
            {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(num==con[j])
{
if(t==0)
{
buffer[0]="";
if(j<10)
{
delay(250);
buffer[0]=j;
s[0]=as[buffer[0]];
LCDWI(0x80);
LCDWD(s[0]);
delay(250);
p=0;
}
}
else
{
if(j<=10)
{
delay(250);
if(j<10)
{
buffer[n]=j;
s[n]=as[buffer[n]];
}
else
{
n=n-1;
s[n]=0x20;
n=n-1;
}
LCDWI(0x80);
LCDWD(s[0]);
LCDWD(s[1]);
LCDWD(s[2]);
LCDWD(s[3]);
LCDWD(s[4]);
delay(250);
++n;
if(n==5)
p=0;
}
if(j==11)
{
delay(250);
p=0;
}
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}
}
}
}
}

```

```

ERROR( )

```

```

{
    LCDWI(0x80);
    LCDWD('E');
    LCDWD('R');
    LCDWD('R');
    LCDWD('O');
    LCDWD('R');
}

```

```

show_total( )

```

```

{
    clr( );
    LCDWI(0x80);
    LCDWD('T');
    LCDWD('O');
    LCDWD('T');
    LCDWD('A');
    LCDWD('L');
    LCDWD(':');
    LCDWI(0xc0);
    LCDWD(buffer[0]);
    LCDWD(buffer[1]);
    LCDWD(buffer[2]);
    LCDWD(buffer[3]);
    LCDWD(buffer[4]);
    delay(500);
    write( );
}

```

```

puttotal( )

```

```

{
    buffer[4]=converst[total%10];
    buffer[3]=converst[(total/10)%10];
    buffer[2]=converst[(total/100)%10];
    buffer[1]=converst[(total/1000)%10];
    buffer[0]=converst[total/10000];
}

```

```

show_add( )

```

```

{
    clr( );
    LCDWI(0x80);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LCDWD('A');
LCDWD('D');
LCDWD('D');
delay(1000);
}

add( )
{
  ADDDRUG();
  delay(250);
  clr( );
  key( );
  d=_atoi(s);
  e=d+total;
  if((e<0)|(e>30000))
  {
    ERROR( );
    delay(250);
  }
  else
  {
    total=0;
    total=e;
  }
  puttotal( );
}

ADDDRUG( )
{
  clr( );
  LCDWI(0x80);
  LCDWD('A');
  LCDWD('D');
  LCDWD('D');
  LCDWD(' ');
  LCDWD('D');
  LCDWD('R');
  LCDWD('U');
  LCDWD('G');
}

Drug( )
{
  KDRUG( );
  delay(250);
  clr( );
  ndrugs1=0;
  ndrugs2=0;
  ndrugs3=0;

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ndrug4=0;
ndrug5=0;
ch[0]="";
ch[1]="";
ch[2]="";
ch[3]="";
ch[4]="";
if(c!=0)
{
  gets( );
  drug=_atoi(ch);
}
else
{
  key( );
  drug=_atoi(s);
}
count( );
if(ndrug1!=0)
{
  drug=ndrug1;
  ndrug1=0;
  count( );
}
if(ndrug2!=0)
{
  drug=ndrug2;
  ndrug2=0;
  count( );
}
if(ndrug3!=0)
{
  drug=ndrug3;
  ndrug3=0;
  count( );
}
if(ndrug4!=0)
{
  drug=ndrug4;
  ndrug4=0;
  count( );
}
if(ndrug5!=0)
{
  drug=ndrug5;
  ndrug5=0;
  count( );
}
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

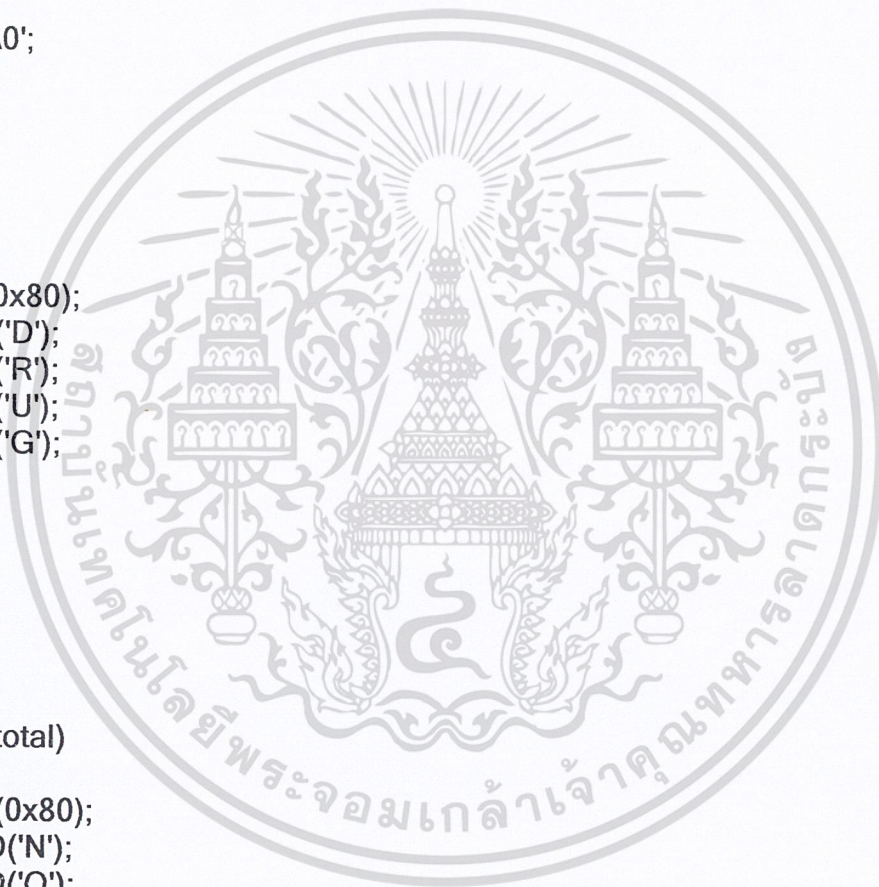
```

gets( )
{
  for(h=0;h<5;h++)
  {
    if(h==0)
    ch[0]=c;
    else
    {
      ch[h]=getch(putch());
      if(ch[h]==0x0a)
      h=5;
    }
    ch[5]='\0';
  }
}

KDRUG( )
{
  clr( );
  LCDWI(0x80);
  LCDWD('D');
  LCDWD('R');
  LCDWD('U');
  LCDWD('G');
}

count( )
{
  int b,l;
  b=0;
  l=0;
  if(drug>total)
  {
    LCDWI(0x80);
    LCDWD('N');
    LCDWD('O');
    LCDWD(' ');
    LCDWD('D');
    LCDWD('R');
    LCDWD('U');
    LCDWD('G');
    delay(300);
    drug=0;
  }
  asm " CLR P2.0";
  while(drug!=0)
  {
    flag1=P3;

```

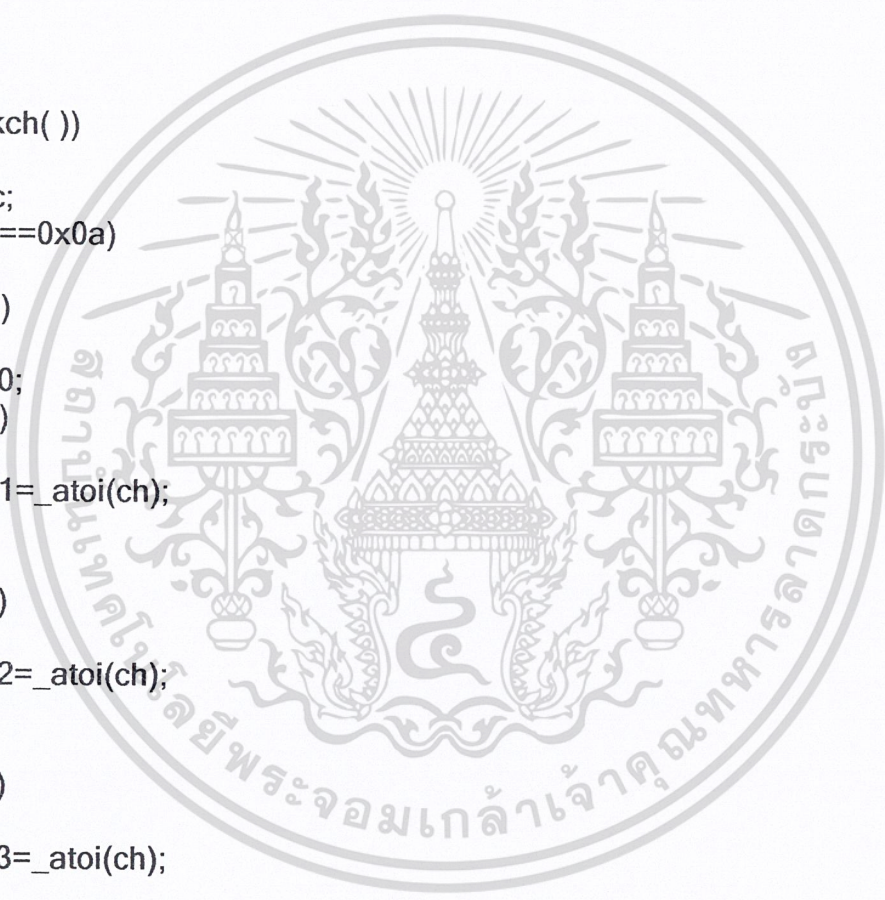


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if((flag1&0x04)==0x04)
{
  delay(5);
  a=0;
}
else
{
  if(a==0)
  {
    --total;
    --drug;
    run( );
    a=1;
  }
}
if(c=chkch( ))
{
  ch[b]=c;
  if(ch[b]==0x0a)
  b=5;
  if(b==5)
  {
    ch[5]=0;
    if(l==0)
    {
      ndrug1=_atoi(ch);
      b=0;
    }
    if(l==1)
    {
      ndrug2=_atoi(ch);
      b=0;
    }
    if(l==2)
    {
      ndrug3=_atoi(ch);
      b=0;
    }
    if(l==3)
    {
      ndrug4=_atoi(ch);
      b=0;
    }
    if(l==4)
    {
      ndrug5=_atoi(ch);
      b=0;
    }
  }
  l++;
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
    else
        b++;
    }
}
asm " SETB P2.0";
puttotal( );
show_total1( );
}

```

```

run( )
{
    buffer[8]=converst[drug%10];
    buffer[7]=converst[(drug/10)%10];
    buffer[6]=converst[(drug/100)%10];
    buffer[5]=converst[(drug/1000)%10];
    buffer[4]=converst[drug/10000];
    put( );
}

```

```

put( )
{
    LCDWI(0x80);
    LCDWD('D');
    LCDWD('R');
    LCDWD('U');
    LCDWD('G');
    LCDWD(':');
    LCDWD(' ');
    LCDWD(' ');
    LCDWD(' ');
    LCDWI(0xc0);
    LCDWD(buffer[4]);
    LCDWD(buffer[5]);
    LCDWD(buffer[6]);
    LCDWD(buffer[7]);
    LCDWD(buffer[8]);
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- **Low-Voltage and Standard-Voltage Operation**
 - 5.0 ($V_{CC} = 4.5V$ to 5.5V)
 - 2.7 ($V_{CC} = 2.7V$ to 5.5V)
 - 2.5 ($V_{CC} = 2.5V$ to 5.5V)
 - 1.8 ($V_{CC} = 1.8V$ to 5.5V)
- **Internally Organized 128 x 8 (1K), 256 x 8 (2K), 512 x 8 (4K), 1024 x 8 (8K) or 2048 x 8 (16K)**
- **2-Wire Serial Interface**
- **Schmitt Trigger, Filtered Inputs for Noise Suppression**
- **Bidirectional Data Transfer Protocol**
- **100 kHz (1.8V, 2.5V, 2.7V) and 400 kHz (5V) Compatibility**
- **Write Protect Pin for Hardware Data Protection**
- **8-Byte Page (1K, 2K), 16-Byte Page (4K, 8K, 16K) Write Modes**
- **Partial Page Writes Are Allowed**
- **Self-Timed Write Cycle (10 ms max)**
- **High Reliability**
 - **Endurance: 1 Million Write Cycles**
 - **Data Retention: 100 Years**
 - **ESD Protection: >3000V**
- **Automotive Grade and Extended Temperature Devices Available**
- **8-Pin and 14-Pin JEDEC SOIC, 8-Pin PDIP, 8-Pin MSOP, and 8-Pin TSSOP Packages**

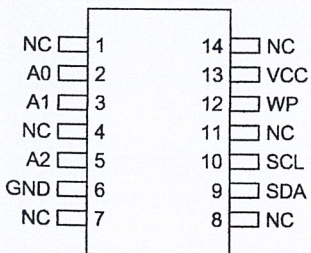
Description

The AT24C01A/02/04/08/16 provides 1024/2048/4096/8192/16384 bits of serial electrically erasable and programmable read only memory (EEPROM) organized as 128/256/512/1024/2048 words of 8 bits each. The device is optimized for use in many industrial and commercial applications where low power and low voltage operation are essential. The AT24C01A/02/04/08/16 is available in space saving 8-pin PDIP, (AT24C01A/02/04/08/16), 8-Pin MSOP (AT24C01A/02), 8-Pin TSSOP (AT24C01A/02/04/08/16), and 8-Pin and 14-Pin JEDEC SOIC (AT24C01A/02/04/08/16) packages and is accessed via a 2-wire serial interface. In addition, the entire family is available in 5.0V (4.5V to 5.5V), 2.7V (2.7V to 5.5V), 2.5V (2.5V to 5.5V) and 1.8V (1.8V to 5.5V) versions.

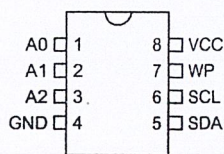
Pin Configurations

Pin Name	Function
A0 - A2	Address Inputs
SDA	Serial Data
SCL	Serial Clock Input
WP	Write Protect
NC	No Connect

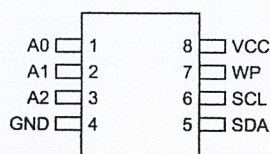
14-Pin SOIC



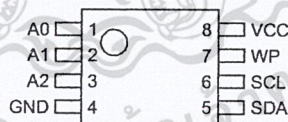
8-Pin PDIP



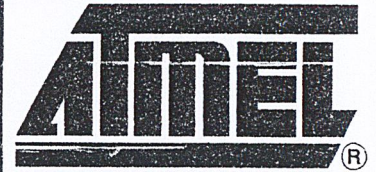
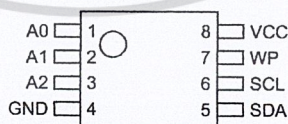
8-Pin SOIC



8-Pin TSSOP



8-Pin MSOP



2-Wire Serial EEPROM

1K (128 x 8)

2K (256 x 8)

4K (512 x 8)

8K (1024 x 8)

16K (2048 x 8)

AT24C01A
AT24C02
AT24C04
AT24C08
AT24C16

Rev. 0180D-10/98



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

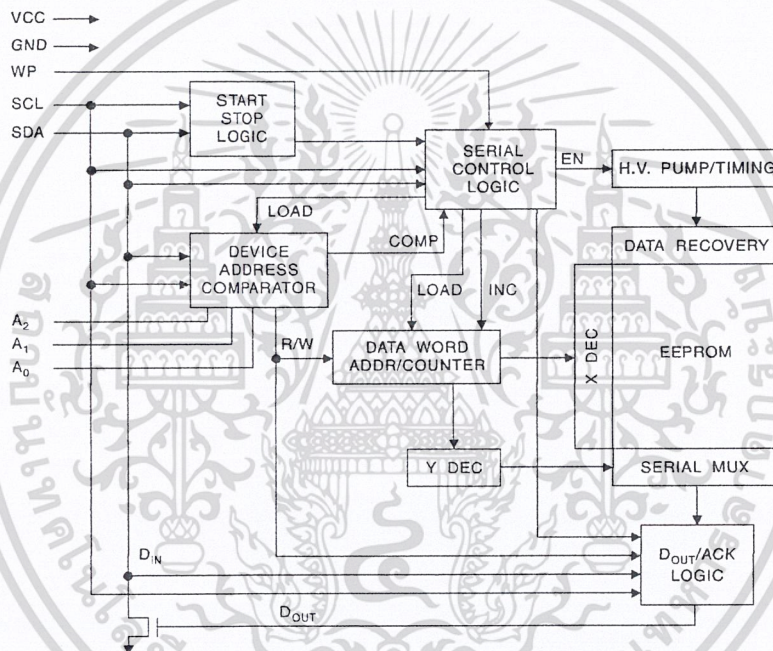


Absolute Maximum Ratings

Operating Temperature	-55°C to +125°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage.....	6.25V
DC Output Current.....	5.0 mA

***NOTICE:** Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Block Diagram



Pin Description

SERIAL CLOCK (SCL): The SCL input is used to positive edge clock data into each EEPROM device and negative edge clock data out of each device.

SERIAL DATA (SDA): The SDA pin is bidirectional for serial data transfer. This pin is open-drain driven and may be wire-ORed with any number of other open-drain or open collector devices.

DEVICE/PAGE ADDRESSES (A2, A1, A0): The A2, A1 and A0 pins are device address inputs that are hard wired for the AT24C01A and the AT24C02. As many as eight 1K/2K devices may be addressed on a single bus system (device addressing is discussed in detail under the Device Addressing section).

The AT24C04 uses the A2 and A1 inputs for hard wire addressing and a total of four 4K devices may be addressed on a single bus system. The A0 pin is a no connect.

The AT24C08 only uses the A2 input for hardwire addressing and a total of two 8K devices may be addressed on a single bus system. The A0 and A1 pins are no connects.

The AT24C16 does not use the device address pins which limits the number of devices on a single bus to one. The A0, A1 and A2 pins are no connects.

WRITE PROTECT (WP): The AT24C01A/02/04/16 has a Write Protect pin that provides hardware data protection. The Write Protect pin allows normal read/write operations when connected to ground (GND). When the Write Protect pin is connected to V_{CC}, the write protection feature is enabled and operates as shown in the following table.

WP Pin Status	Part of the Array Protected				
	24C01A	24C02	24C04	24C08	24C16
At V _{CC}	Full (1K) Array	Full (2K) Array	Full (4K) Array	Normal Read/Write Operation	Upper Half (8K) Array
At GND	Normal Read/Write Operations				

AT24C02, 2K SERIAL EEPROM: Internally organized with 256 pages of 1-byte each, the 2K requires an 8-bit data word address for random word addressing.

AT24C04, 4K SERIAL EEPROM: The 4K is internally organized with 256 pages of 2 bytes each. Random word addressing Chip Number requires a 9-bit data word address.

AT24C08, 8K SERIAL EEPROM: The 8K is internally organized with 4 blocks of 256 pages of 4 bytes each. Random word addressing requires a 10-bit data word address.

AT24C16, 16K SERIAL EEPROM: The 16K is internally organized with 8 blocks of 256 pages of 8 bytes each. Random word addressing requires an 11-bit data word address.

Memory Organization

AT24C01A, 1K SERIAL EEPROM: Internally organized with 128 pages of 1-byte each, the 1K requires a 7-bit data word address for random word addressing.

Pin Capacitance⁽¹⁾

Applicable over recommended operating range from T_A = 25°C, f = 1.0 MHz, V_{CC} = +1.8V.

Symbol	Test Condition	Max	Units	Conditions
C _{I/O}	Input/Output Capacitance (SDA)	8	pF	V _{I/O} = 0V
C _{IN}	Input Capacitance (A ₀ , A ₁ , A ₂ , SCL)	6	pF	V _{IN} = 0V

Note: 1. This parameter is characterized and is not 100% tested.

DC Characteristics

Applicable over recommended operating range from: T_{AI} = -40°C to +85°C, V_{CC} = +1.8V to +5.5V, T_{AC} = 0°C to +70°C, V_{CC} = +1.8V to +5.5V (unless otherwise noted).

Symbol	Parameter	Test Condition	Min	Typ	Max	Units
V _{CC1}	Supply Voltage		1.8		5.5	V
V _{CC2}	Supply Voltage		2.5		5.5	V
V _{CC3}	Supply Voltage		2.7		5.5	V
V _{CC4}	Supply Voltage		4.5		5.5	V
I _{CC}	Supply Current V _{CC} = 5.0V	READ at 100 kHz		0.4	1.0	mA
I _{CC}	Supply Current V _{CC} = 5.0V	WRITE at 100 kHz		2.0	3.0	mA
I _{SB1}	Standby Current V _{CC} = 1.8V	V _{IN} = V _{CC} or V _{SS}		0.6	3.0	μA
I _{SB2}	Standby Current V _{CC} = 2.5V	V _{IN} = V _{CC} or V _{SS}		1.4	4.0	μA
I _{SB3}	Standby Current V _{CC} = 2.7V	V _{IN} = V _{CC} or V _{SS}		1.6	4.0	μA
I _{SB4}	Standby Current V _{CC} = 5.0V	V _{IN} = V _{CC} or V _{SS}		8.0	18.0	μA
I _{LI}	Input Leakage Current	V _{IN} = V _{CC} or V _{SS}		0.10	3.0	μA
I _{LO}	Output Leakage Current	V _{OUT} = V _{CC} or V _{SS}		0.05	3.0	μA
V _{IL}	Input Low Level ⁽¹⁾		-0.6		V _{CC} × 0.3	V
V _{IH}	Input High Level ⁽¹⁾		V _{CC} × 0.7		V _{CC} + 0.5	V
V _{OL2}	Output Low Level V _{CC} = 3.0V	I _{OL} = 2.1 mA			0.4	V
V _{OL1}	Output Low Level V _{CC} = 1.8V	I _{OL} = 0.15 mA			0.2	V

Note: 1. V_{IL} min and V_{IH} max are reference only and are not tested.





AC Characteristics

Applicable over recommended operating range from $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +1.8\text{V}$ to $+5.5\text{V}$, $CL = 1$ TTL Gate and 100pF (unless otherwise noted).

Symbol	Parameter	2.7-, 2.5-, 1.8-volt		5.0-volt		Units
		Min	Max	Min	Max	
f_{SCL}	Clock Frequency, SCL		100		400	kHz
t_{LOW}	Clock Pulse Width Low	4.7		1.2		μs
t_{HIGH}	Clock Pulse Width High	4.0		0.6		μs
t_I	Noise Suppression Time ⁽¹⁾		100		50	ns
t_{AA}	Clock Low to Data Out Valid	0.1	4.5	0.1	0.9	μs
t_{BUF}	Time the bus must be free before a new transmission can start ⁽¹⁾	4.7		1.2		μs
$t_{HD.STA}$	Start Hold Time	4.0		0.6		μs
$t_{SU.STA}$	Start Set-up Time	4.7		0.6		μs
$t_{HD.DAT}$	Data In Hold Time	0		0		μs
$t_{SU.DAT}$	Data In Set-up Time	200		100		ns
t_R	Inputs Rise Time ⁽¹⁾		1.0		0.3	μs
t_F	Inputs Fall Time ⁽¹⁾		300		300	ns
$t_{SU.STO}$	Stop Set-up Time	4.7		0.6		μs
t_{DH}	Data Out Hold Time	100		50		ns
t_{WR}	Write Cycle Time		10		10	ms
Endurance ⁽¹⁾	5.0V, 25°C , Page Mode	1M		1M		Write Cycles

Note: 1. This parameter is characterized and is not 100% tested.

Device Operation

CLOCK and DATA TRANSITIONS: The SDA pin is normally pulled high with an external device. Data on the SDA pin may change only during SCL low time periods (refer to Data Validity timing diagram). Data changes during SCL high periods will indicate a start or stop condition as defined below.

START CONDITION: A high-to-low transition of SDA with SCL high is a start condition which must precede any other command (refer to Start and Stop Definition timing diagram).

STOP CONDITION: A low-to-high transition of SDA with SCL high is a stop condition. After a read sequence, the stop command will place the EEPROM in a standby power mode (refer to Start and Stop Definition timing diagram).

ACKNOWLEDGE: All addresses and data words are serially transmitted to and from the EEPROM in 8-bit words. The EEPROM sends a zero to acknowledge that it has received each word. This happens during the ninth clock cycle.

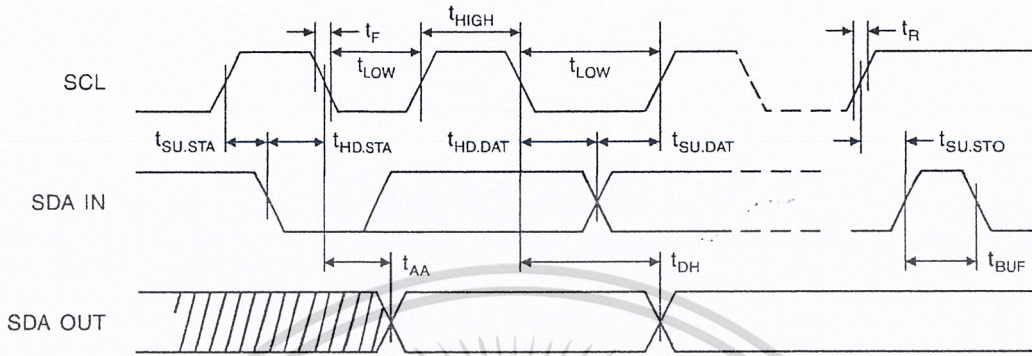
STANDBY MODE: The AT24C01A/02/04/08/16 features a low power standby mode which is enabled: (a) upon power-up and (b) after the receipt of the STOP bit and the completion of any internal operations.

MEMORY RESET: After an interruption in protocol, power loss or system reset, any 2-wire part can be reset by following these steps:

1. Clock up to 9 cycles.
2. Look for SDA high in each cycle while SCL is high.
3. Create a start condition as SDA is high.

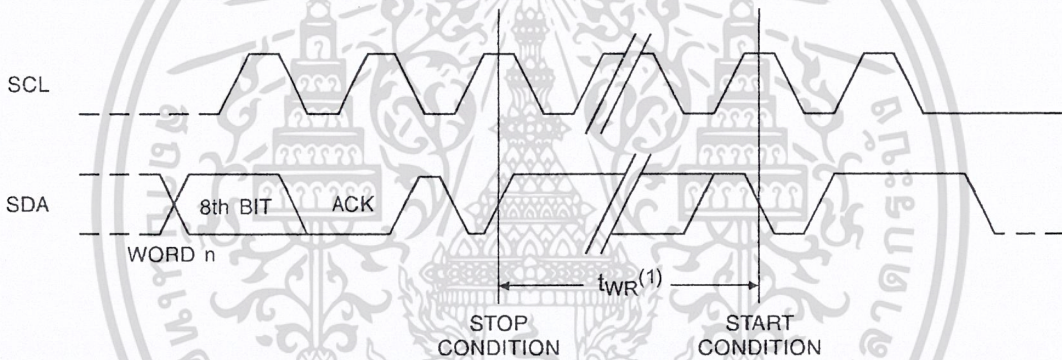
Bus Timing

SCL: Serial Clock, SDA: Serial Data I/O



Write Cycle Timing

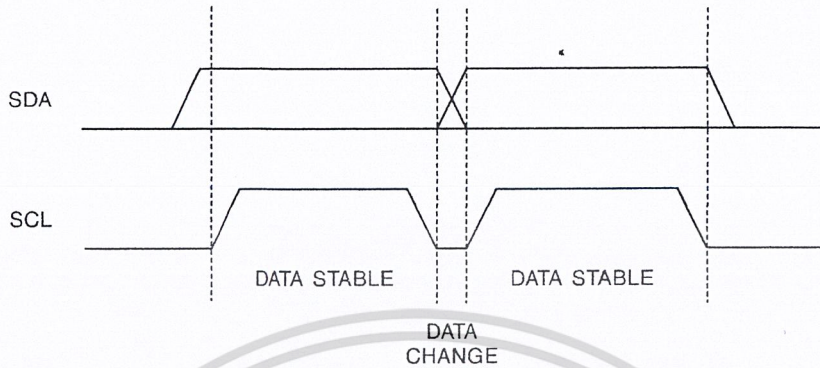
SCL: Serial Clock, SDA: Serial Data I/O



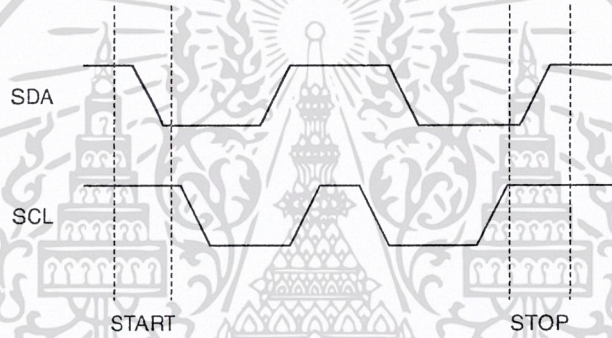
Note: 1. The write cycle time t_{WR} is the time from a valid stop condition of a write sequence to the end of the internal clear/write cycle.



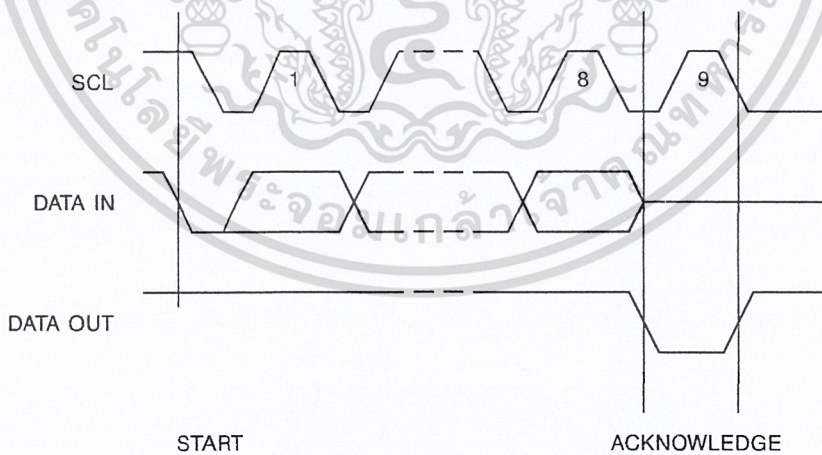
Data Validity



Start and Stop Definition



Output Acknowledge



Device Addressing

The 1K, 2K, 4K, 8K and 16K EEPROM devices all require an 8-bit device address word following a start condition to enable the chip for a read or write operation (refer to Figure 1).

The device address word consists of a mandatory one, zero sequence for the first four most significant bits as shown. This is common to all the EEPROM devices.

The next 3 bits are the A2, A1 and A0 device address bits for the 1K/2K EEPROM. These 3 bits must compare to their corresponding hard-wired input pins.

The 4K EEPROM only uses the A2 and A1 device address bits with the third bit being a memory page address bit. The two device address bits must compare to their corresponding hard-wired input pins. The A0 pin is no connect.

The 8K EEPROM only uses the A2 device address bit with the next 2 bits being for memory page addressing. The A2 bit must compare to its corresponding hard-wired input pin. The A1 and A0 pins are no connect.

The 16K does not use any device address bits but instead the 3 bits are used for memory page addressing. These page addressing bits on the 4K, 8K, and 16K devices should be considered the most significant bits of the data word address which follows. The A0, A1 and A2 pins are no connect.

The eighth bit of the device address is the read/write operation select bit. A read operation is initiated if this bit is high and a write operation is initiated if this bit is low.

Upon a compare of the device address, the EEPROM will output a zero. If a compare is not made, the chip will return to a standby state.

Write Operations

BYTE WRITE: A write operation requires an 8-bit data word address following the device address word and acknowledgment. Upon receipt of this address, the EEPROM will again respond with a zero and then clock in the first 8-bit data word. Following receipt of the 8-bit data word, the EEPROM will output a zero and the addressing device, such as a microcontroller, must terminate the write sequence with a stop condition. At this time the EEPROM enters an internally-timed write cycle, t_{WR} , to the nonvolatile memory. All inputs are disabled during this write cycle and the EEPROM will not respond until the write is complete (refer to Figure 2).

PAGE WRITE: The 1K/2K EEPROM is capable of an 8-byte page write, and the 4K, 8K and 16K devices are capable of 16-byte page writes.

A page write is initiated the same as a byte write, but the microcontroller does not send a stop condition after the first data word is clocked in. Instead, after the EEPROM

acknowledges receipt of the first data word, the microcontroller can transmit up to seven (1K/2K) or fifteen (4K, 8K, 16K) more data words. The EEPROM will respond with a zero after each data word received. The microcontroller must terminate the page write sequence with a stop condition (refer to Figure 3).

The data word address lower three (1K/2K) or four (4K, 8K, 16K) bits are internally incremented following the receipt of each data word. The higher data word address bits are not incremented, retaining the memory page row location. When the word address, internally generated, reaches the page boundary, the following byte is placed at the beginning of the same page. If more than eight (1K/2K) or sixteen (4K, 8K, 16K) data words are transmitted to the EEPROM, the data word address will "roll over" and previous data will be overwritten.

ACKNOWLEDGE POLLING: Once the internally-timed write cycle has started and the EEPROM inputs are disabled, acknowledge polling can be initiated. This involves sending a start condition followed by the device address word. The read/write bit is representative of the operation desired. Only if the internal write cycle has completed will the EEPROM respond with a zero allowing the read or write sequence to continue.

Read Operations

Read operations are initiated the same way as write operations with the exception that the read/write select bit in the device address word is set to one. There are three read operations: current address read, random address read and sequential read.

CURRENT ADDRESS READ: The internal data word address counter maintains the last address accessed during the last read or write operation, incremented by one. This address stays valid between operations as long as the chip power is maintained. The address "roll over" during read is from the last byte of the last memory page to the first byte of the first page. The address "roll over" during write is from the last byte of the current page to the first byte of the same page.

Once the device address with the read/write select bit set to one is clocked in and acknowledged by the EEPROM, the current address data word is serially clocked out. The microcontroller does not respond with an input zero but does generate a following stop condition (refer to Figure 4).

RANDOM READ: A random read requires a "dummy" byte write sequence to load in the data word address. Once the device address word and data word address are clocked in and acknowledged by the EEPROM, the microcontroller must generate another start condition. The microcontroller now initiates a current address read by sending a device address with the read/write select bit high. The EEPROM acknowledges the device address and serially clocks out



the data word. The microcontroller does not respond with a zero but does generate a following stop condition (refer to Figure 5).

SEQUENTIAL READ: Sequential reads are initiated by either a current address read or a random address read. After the microcontroller receives a data word, it responds with an acknowledge. As long as the EEPROM receives an

acknowledge, it will continue to increment the data word address and serially clock out sequential data words. When the memory address limit is reached, the data word address will “roll over” and the sequential read will continue. The sequential read operation is terminated when the microcontroller does not respond with a zero but does generate a following stop condition (refer to Figure 6).

Figure 1. Device Address



Figure 2. Byte Write

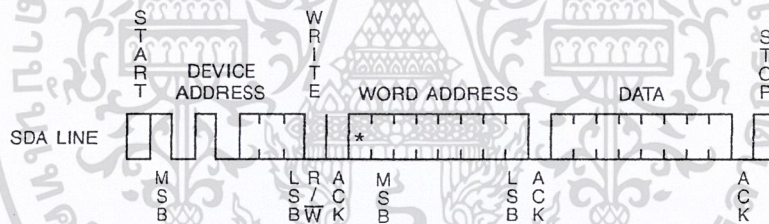
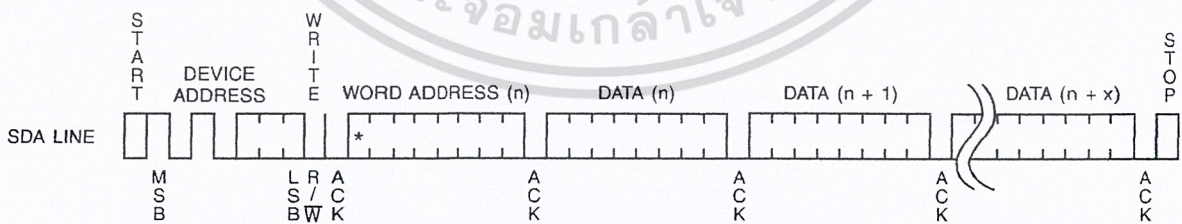


Figure 3. Page Write



(* = DON'T CARE bit for 1K)

Figure 4. Current Address Read

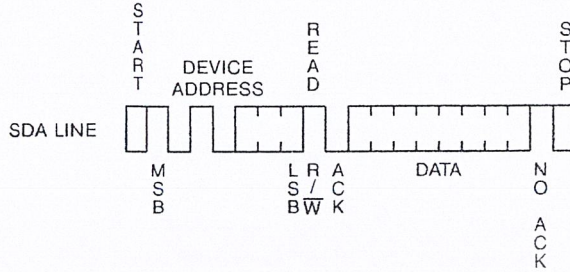


Figure 5. Random Read

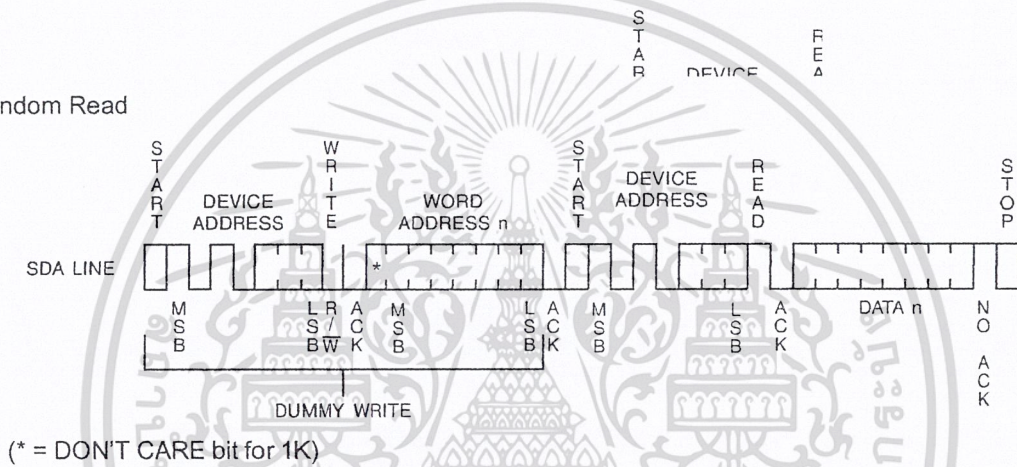
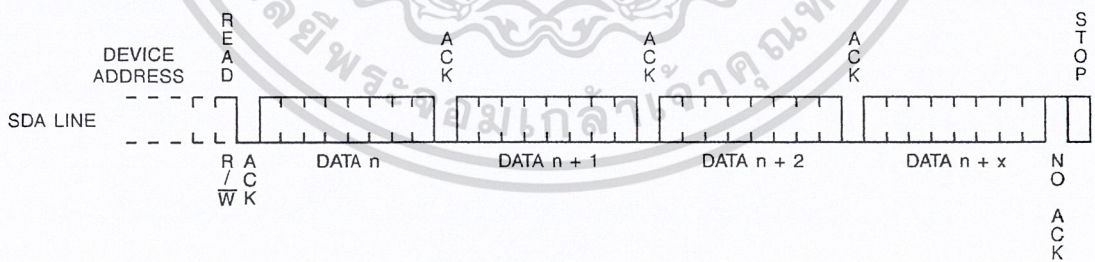


Figure 6. Sequential Read





AT24C16 Ordering Information

t_{WR} (max) (ms)	I_{CC} (max) (μA)	I_{SB} (max) (μA)	f_{MAX} (kHz)	Ordering Code	Package	Operation Range
10	3000	18	400	AT24C16-10PC	8P3	Commercial (0°C to 70°C)
				AT24C16N-10SC	8S1	
				AT24C16-10SC	14S	
				AT24C16-10TC	8T	
10	3000	18	400	AT24C16-10PI	8P3	Industrial (-40°C to 85°C)
				AT24C16N-10SI	8S1	
				AT24C16-10SI	14S	
				AT24C16-10TI	8T	
10	1500	4	100	AT24C16-10PC-2.7	8P3	Commercial (0°C to 70°C)
				AT24C16N-10SC-2.7	8S1	
				AT24C16-10SC-2.7	14S	
				AT24C16-10TC-2.7	8T	
10	1500	4	100	AT24C16-10PI-2.7	8P3	Industrial (-40°C to 85°C)
				AT24C16N-10SI-2.7	8S1	
				AT24C16-10SI-2.7	14S	
				AT24C16-10TI-2.7	8T	

Package Type

8P3	8-Lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
8S1	8-Lead, 0.150" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (JEDEC SOIC)
8T	8-Lead, 0.170" Wide, Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP)
14S	14-Lead, 0.150" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (JEDEC SOIC)
Options	
Blank	Standard Operation (4.5V to 5.5V)
-2.7	Low Voltage (2.7V to 5.5V)
-2.5	Low Voltage (2.5V to 5.5V)
-1.8	Low Voltage (1.8V to 5.5V)

AT24C16 Ordering Information (Continued)

t _{WR} (max) (ms)	I _{CC} (max) (μA)	I _{SB} (max) (μA)	f _{MAX} (kHz)	Ordering Code	Package	Operation Range
10	1000	4	100	AT24C16-10PC-2.5	8P3	Commercial (0°C to 70°C)
				AT24C16N-10SC-2.5	8S1	
				AT24C16-10SC-2.5	14S	
				AT24C16-10TC-2.5	8T	
	1000	4	100	AT24C16-10PI-2.5	8P3	Industrial (-40°C to 85°C)
				AT24C16N-10SI-2.5	8S1	
				AT24C16-10SI-2.5	14S	
				AT24C16-10TI-2.5	8T	
10	800	3	100	AT24C16-10PC-1.8	8P3	Commercial (0°C to 70°C)
				AT24C16N-10SC-1.8	8S1	
				AT24C16-10SC-1.8	14S	
				AT24C16-10TC-1.8	8T	
	800	3	100	AT24C16-10PI-1.8	8P3	Industrial (-40°C to 85°C)
				AT24C16N-10SI-1.8	8S1	
				AT24C16-10SI-1.8	14S	
				AT24C16-10TI-1.8	8T	

Package Type	
8P3	8-Lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
8S1	8-Lead, 0.150" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (JEDEC SOIC)
8T	8-Lead, 0.170" Wide, Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP)
14S	14-Lead, 0.150" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (JEDEC SOIC)
Options	
Blank	Standard Operation (4.5V to 5.5V)
-2.7	Low Voltage (2.7V to 5.5V)
-2.5	Low Voltage (2.5V to 5.5V)
-1.8	Low Voltage (1.8V to 5.5V)

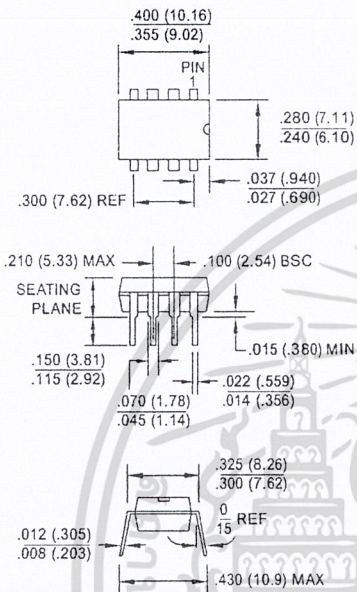




Packaging Information

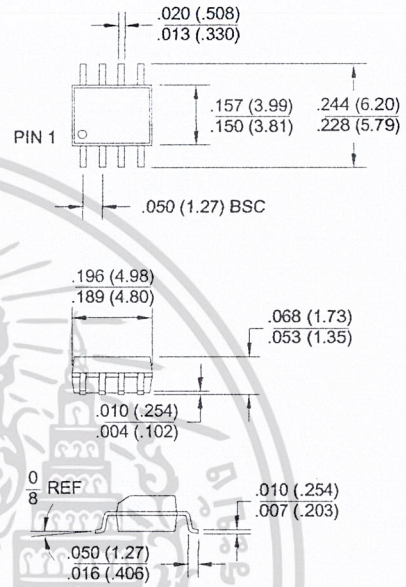
8P3, 8-Lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

Dimensions in Inches and (Millimeters)
JEDEC STANDARD MS-001 BA



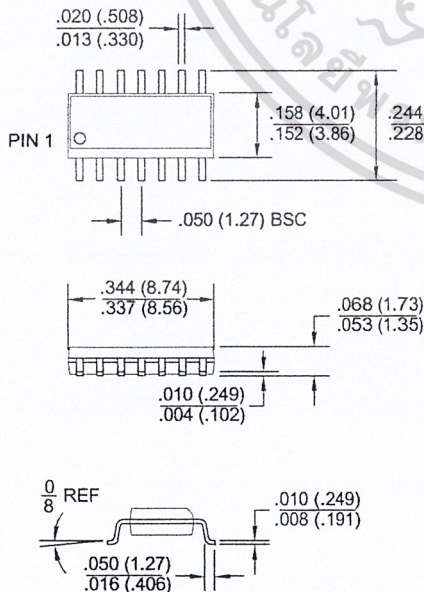
8S1, 8-Lead, 0.150" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (JEDEC SOIC)

Dimensions in Inches and (Millimeters)



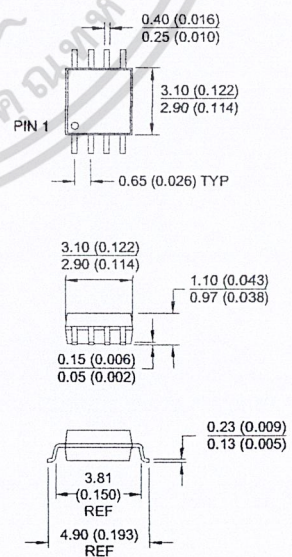
14S, 14-Lead, 0.150" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (SOIC)

Dimensions in Inches and (Millimeters)



8M, 8-Lead, 0.118" Wide, Miniature Small Outline (MSOP)

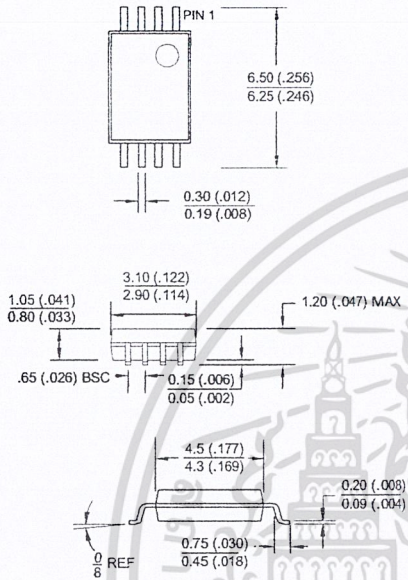
Dimensions in Millimeters and (Inches)



* Controlling dimension: millimeters

Packaging Information

8T, 8-Lead, Plastic Thin Small Outline Package (TSOP)
 Dimensions in Millimeters and (Inches)*



*Controlling dimension: millimeters



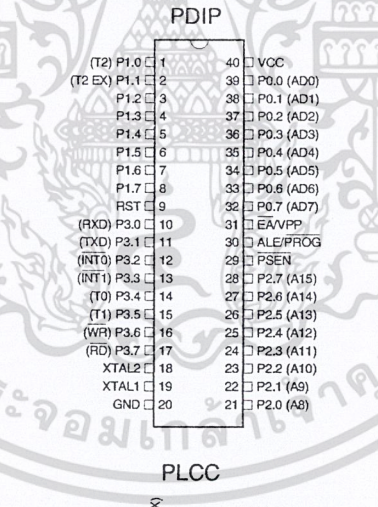
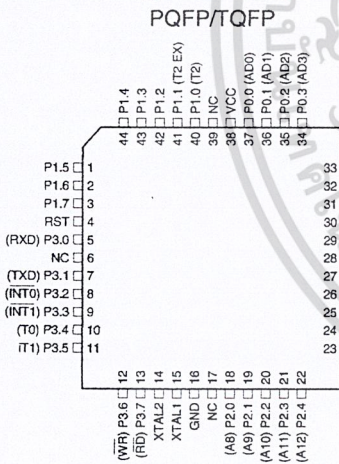
Features

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

Description

The AT89C52 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 8K bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard 80C51 and 80C52 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C52 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

Pin Configurations



**8-bit
Microcontroller
with 8K Bytes
Flash**

AT89C52

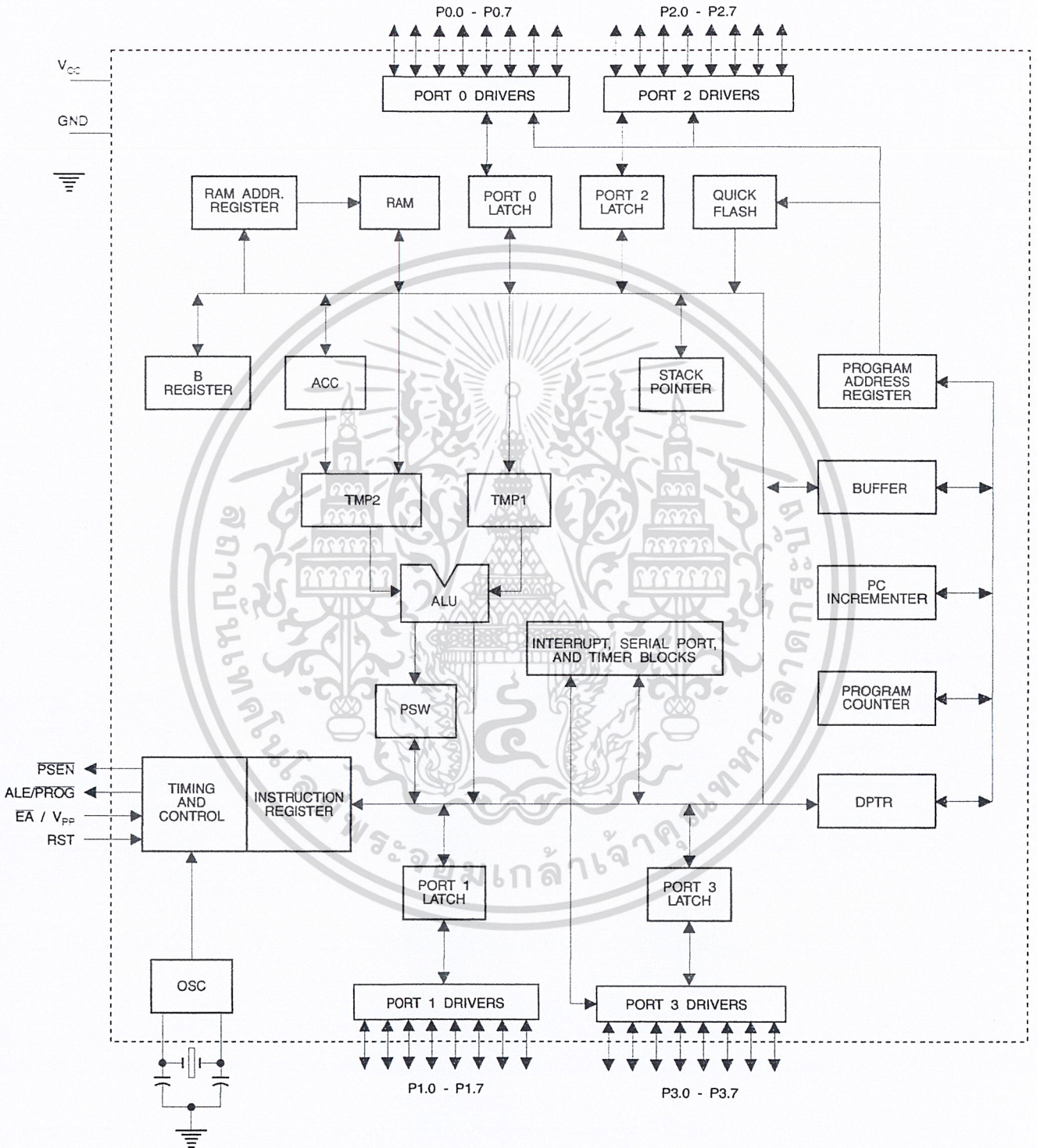
Rev. 0313H-02/00



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Block Diagram



The AT89C52 provides the following standard features: 8K bytes of Flash, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full-duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89C52 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Description

VCC

Supply voltage.

GND

Ground.

Port 0

Port 0 is an 8-bit open drain bi-directional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1

Port 1 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

In addition, P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively, as shown in the following table.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P1.0	T2 (external count input to Timer/Counter 2), clock-out
P1.1	T2EX (Timer/Counter 2 capture/reload trigger and direction control)

Port 2

Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, Port 2 uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3

Port 3 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51, as shown in the following table.

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	INT1 (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	\overline{WR} (external data memory write strobe)
P3.7	\overline{RD} (external data memory read strobe)

RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/PROG

Address Latch Enable is an output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input (PROG) during Flash programming.

In normal operation, ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency and may be used for external





timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external data memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

PSEN

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

When the AT89C52 is executing code from external program memory, PSEN is activated twice each machine cycle, except that two PSEN activations are skipped during each access to external data memory.

EA/VPP

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

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

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming when 12-volt programming is selected.

XTAL1

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

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Table 1. AT89C52 SFR Map and Reset Values

0F8H									0FFH
0F0H	B 00000000								0F7H
0E8H									0EFH
0E0H	ACC 00000000								0E7H
0D8H									0DFH
0D0H	PSW 00000000								0D7H
0C8H	T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000			0CFH
0C0H									0C7H
0B8H	IP XX000000								0BFH
0B0H	P3 11111111								0B7H
0A8H	IE 0X000000								0AFH
0A0H	P2 11111111								0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX							9FH
90H	P1 11111111								97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000			8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DPL 00000000	DPH 00000000				PCON 0XXX0000	87H

Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in Table 1.

Note that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

User software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke

new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

Timer 2 Registers Control and status bits are contained in registers T2CON (shown in Table 2) and T2MOD (shown in Table 4) for Timer 2. The register pair (RCAP2H, RCAP2L) are the Capture/Reload registers for Timer 2 in 16-bit capture mode or 16-bit auto-reload mode.

Interrupt Registers The individual interrupt enable bits are in the IE register. Two priorities can be set for each of the six interrupt sources in the IP register.

Table 2. T2CON – Timer/Counter 2 Control Register

T2CON Address = 0C8H					Reset Value = 0000 0000B			
Bit Addressable								
Bit	TF2	EXF2	RCLK	TCLK	EXEN2	TR2	C/T2	CP/RL2
	7	6	5	4	3	2	1	0

Symbol	Function
TF2	Timer 2 overflow flag set by a Timer 2 overflow and must be cleared by software. TF2 will not be set when either RCLK = 1 or TCLK = 1.
EXF2	Timer 2 external flag set when either a capture or reload is caused by a negative transition on T2EX and EXEN2 = 1. When Timer 2 interrupt is enabled, EXF2 = 1 will cause the CPU to vector to the Timer 2 interrupt routine. EXF2 must be cleared by software. EXF2 does not cause an interrupt in up/down counter mode (DCEN = 1).
RCLK	Receive clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its receive clock in serial port Modes 1 and 3. RCLK = 0 causes Timer 1 overflow to be used for the receive clock.
TCLK	Transmit clock enable. When set, causes the serial port to use Timer 2 overflow pulses for its transmit clock in serial port Modes 1 and 3. TCLK = 0 causes Timer 1 overflows to be used for the transmit clock.
EXEN2	Timer 2 external enable. When set, allows a capture or reload to occur as a result of a negative transition on T2EX if Timer 2 is not being used to clock the serial port. EXEN2 = 0 causes Timer 2 to ignore events at T2EX.
TR2	Start/Stop control for Timer 2. TR2 = 1 starts the timer.
C/T2	Timer or counter select for Timer 2. C/T2 = 0 for timer function. C/T2 = 1 for external event counter (falling edge triggered).
CP/RL2	Capture/Reload select. CP/RL2 = 1 causes captures to occur on negative transitions at T2EX if EXEN2 = 1. CP/RL2 = 0 causes automatic reloads to occur when Timer 2 overflows or negative transitions occur at T2EX when EXEN2 = 1. When either RCLK or TCLK = 1, this bit is ignored and the timer is forced to auto-reload on Timer 2 overflow.

Data Memory

The AT89C52 implements 256 bytes of on-chip RAM. The upper 128 bytes occupy a parallel address space to the Special Function Registers. That means the upper 128 bytes have the same addresses as the SFR space but are physically separate from SFR space.

When an instruction accesses an internal location above address 7FH, the address mode used in the instruction

specifies whether the CPU accesses the upper 128 bytes of RAM or the SFR space. Instructions that use direct addressing access SFR space.

For example, the following direct addressing instruction accesses the SFR at location 0A0H (which is P2).

```
MOV 0A0H, #data
```





Instructions that use indirect addressing access the upper 128 bytes of RAM. For example, the following indirect addressing instruction, where R0 contains 0A0H, accesses the data byte at address 0A0H, rather than P2 (whose address is 0A0H).

```
MOV @R0, #data
```

Note that stack operations are examples of indirect addressing, so the upper 128 bytes of data RAM are available as stack space.

Timer 0 and 1

Timer 0 and Timer 1 in the AT89C52 operate the same way as Timer 0 and Timer 1 in the AT89C51.

Timer 2

Timer 2 is a 16-bit Timer/Counter that can operate as either a timer or an event counter. The type of operation is selected by bit $C/\overline{T2}$ in the SFR T2CON (shown in Table 2). Timer 2 has three operating modes: capture, auto-reload (up or down counting), and baud rate generator. The modes are selected by bits in T2CON, as shown in Table 3. Timer 2 consists of two 8-bit registers, TH2 and TL2. In the Timer function, the TL2 register is incremented every machine cycle. Since a machine cycle consists of 12 oscillator periods, the count rate is 1/12 of the oscillator frequency.

Table 3. Timer 2 Operating Modes

RCLK +TCLK	CP/RL2	TR2	MODE
0	0	1	16-bit Auto-reload
0	1	1	16-bit Capture
1	X	1	Baud Rate Generator
X	X	0	(Off)

In the Counter function, the register is incremented in response to a 1-to-0 transition at its corresponding external

input pin, T2. In this function, the external input is sampled during S5P2 of every machine cycle. When the samples show a high in one cycle and a low in the next cycle, the count is incremented. The new count value appears in the register during S3P1 of the cycle following the one in which the transition was detected. Since two machine cycles (24 oscillator periods) are required to recognize a 1-to-0 transition, the maximum count rate is 1/24 of the oscillator frequency. To ensure that a given level is sampled at least once before it changes, the level should be held for at least one full machine cycle.

Capture Mode

In the capture mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 is a 16-bit timer or counter which upon overflow sets bit TF2 in T2CON. This bit can then be used to generate an interrupt. If EXEN2 = 1, Timer 2 performs the same operation, but a 1-to-0 transition at external input T2EX also causes the current value in TH2 and TL2 to be captured into RCAP2H and RCAP2L, respectively. In addition, the transition at T2EX causes bit EXF2 in T2CON to be set. The EXF2 bit, like TF2, can generate an interrupt. The capture mode is illustrated in Figure 1.

Auto-reload (Up or Down Counter)

Timer 2 can be programmed to count up or down when configured in its 16-bit auto-reload mode. This feature is invoked by the DCEN (Down Counter Enable) bit located in the SFR T2MOD (see Table 4). Upon reset, the DCEN bit is set to 0 so that timer 2 will default to count up. When DCEN is set, Timer 2 can count up or down, depending on the value of the T2EX pin.

Figure 1. Timer in Capture Mode

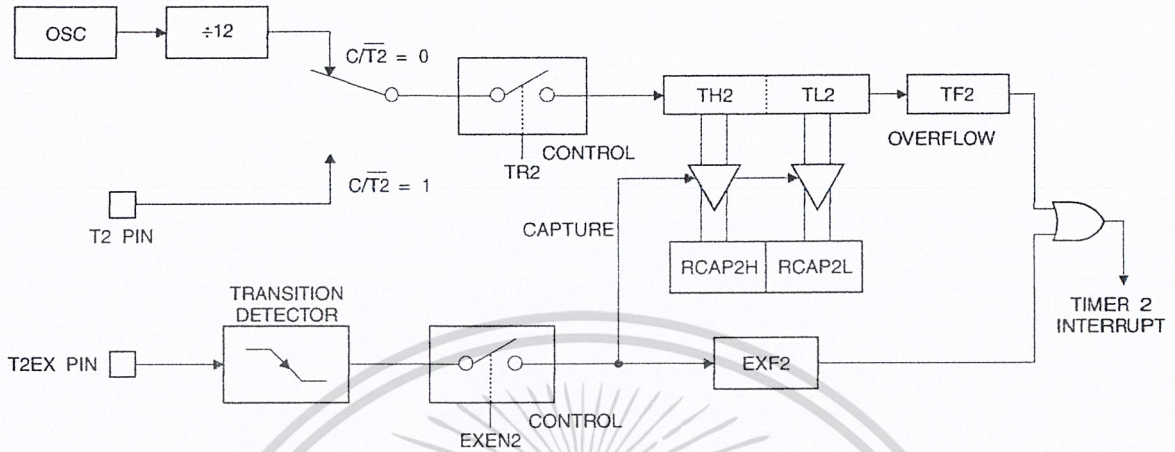


Figure 2 shows Timer 2 automatically counting up when DCEN = 0. In this mode, two options are selected by bit EXEN2 in T2CON. If EXEN2 = 0, Timer 2 counts up to 0FFFFH and then sets the TF2 bit upon overflow. The overflow also causes the timer registers to be reloaded with the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L. The values in Timer in Capture Mode RCAP2H and RCAP2L are preset by software. If EXEN2 = 1, a 16-bit reload can be triggered either by an overflow or by a 1-to-0 transition at external input T2EX. This transition also sets the EXF2 bit. Both the TF2 and EXF2 bits can generate an interrupt if enabled. Setting the DCEN bit enables Timer 2 to count up or down, as shown in Figure 3. In this mode, the T2EX pin controls

the direction of the count. A logic 1 at T2EX makes Timer 2 count up. The timer will overflow at 0FFFFH and set the TF2 bit. This overflow also causes the 16-bit value in RCAP2H and RCAP2L to be reloaded into the timer registers, TH2 and TL2, respectively. A logic 0 at T2EX makes Timer 2 count down. The timer underflows when TH2 and TL2 equal the values stored in RCAP2H and RCAP2L. The underflow sets the TF2 bit and causes 0FFFFH to be reloaded into the timer registers. The EXF2 bit toggles whenever Timer 2 overflows or underflows and can be used as a 17th bit of resolution. In this operating mode, EXF2 does not flag an interrupt.



Figure 2. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 0)

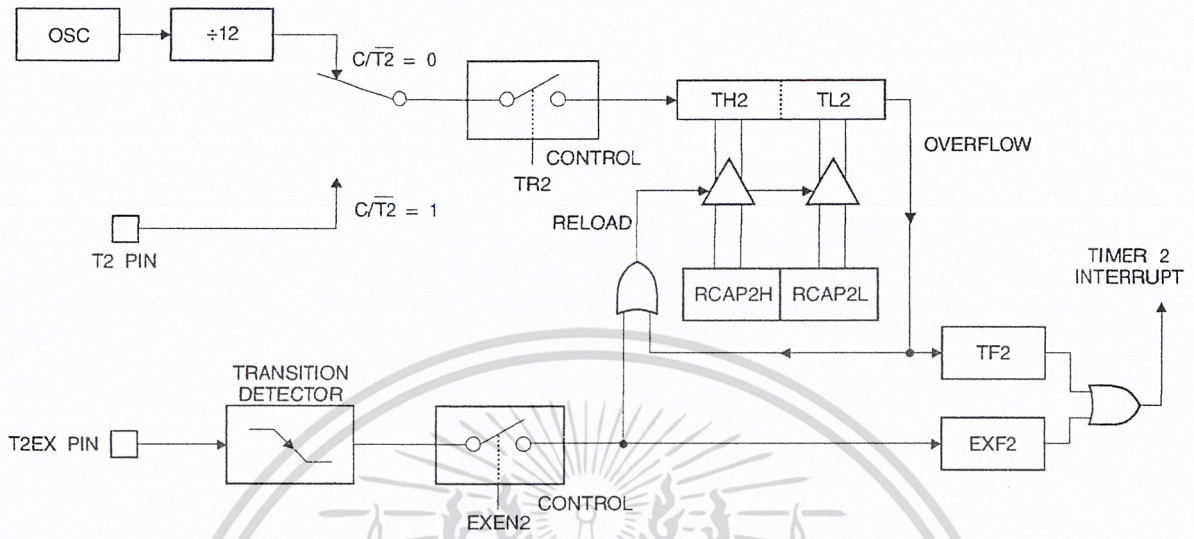


Table 4. T2MOD – Timer 2 Mode Control Register

T2MOD Address = 0C9H							Reset Value = XXXX XX00B	
Not Bit Addressable								
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	-	-	-	-	-	-	T2OE	DCEN

Symbol	Function
-	Not implemented, reserved for future
T2OE	Timer 2 Output Enable bit.
DCEN	When set, this bit allows Timer 2 to be configured as an up/down counter.

Figure 3. Timer 2 Auto Reload Mode (DCEN = 1)

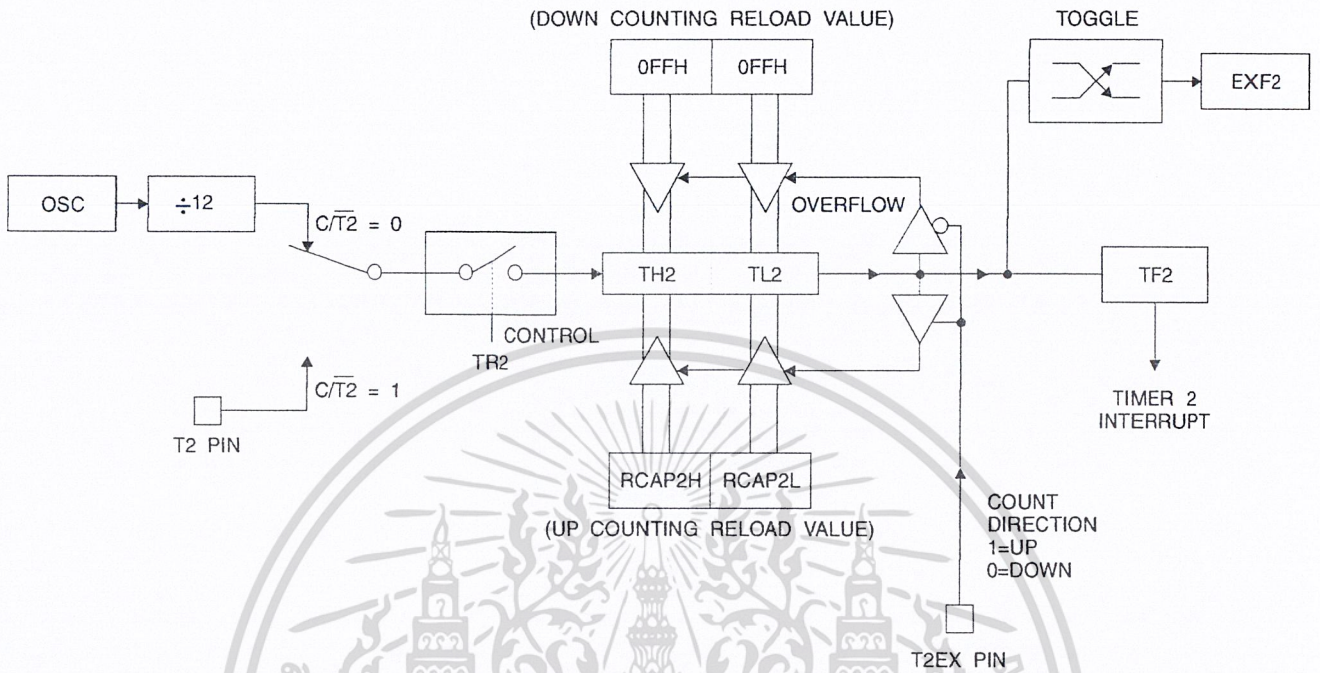
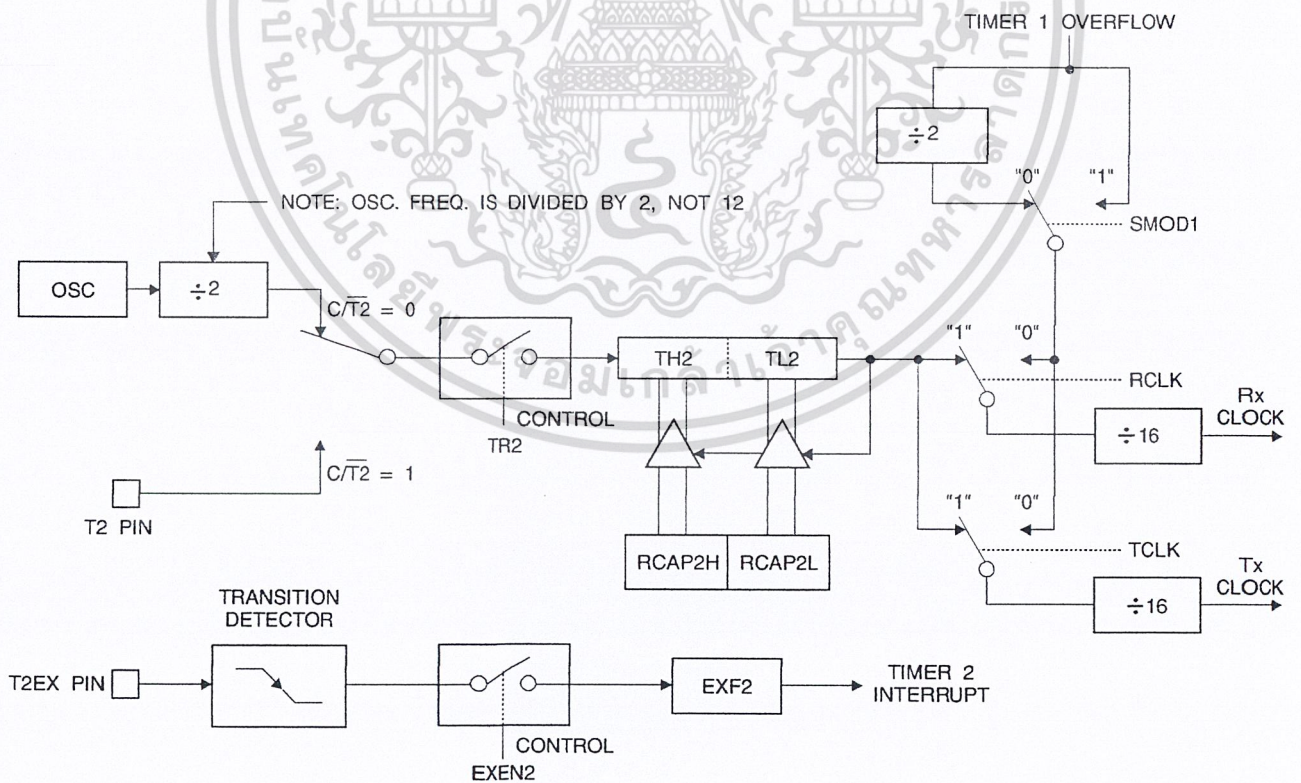


Figure 4. Timer 2 in Baud Rate Generator Mode



Baud Rate Generator

Timer 2 is selected as the baud rate generator by setting TCLK and/or RCLK in T2CON (Table 2). Note that the baud rates for transmit and receive can be different if Timer 2 is used for the receiver or transmitter and Timer 1 is used for the other function. Setting RCLK and/or TCLK puts Timer 2 into its baud rate generator mode, as shown in Figure 4.

The baud rate generator mode is similar to the auto-reload mode, in that a rollover in TH2 causes the Timer 2 registers to be reloaded with the 16-bit value in registers RCAP2H and RCAP2L, which are preset by software.

The baud rates in Modes 1 and 3 are determined by Timer 2's overflow rate according to the following equation.

$$\text{Modes 1 and 3 Baud Rates} = \frac{\text{Timer 2 Overflow Rate}}{16}$$

The Timer can be configured for either timer or counter operation. In most applications, it is configured for timer operation ($CP/T2 = 0$). The timer operation is different for Timer 2 when it is used as a baud rate generator. Normally, as a timer, it increments every machine cycle (at 1/12 the oscillator frequency). As a baud rate generator, however, it

increments every state time (at 1/2 the oscillator frequency). The baud rate formula is given below.

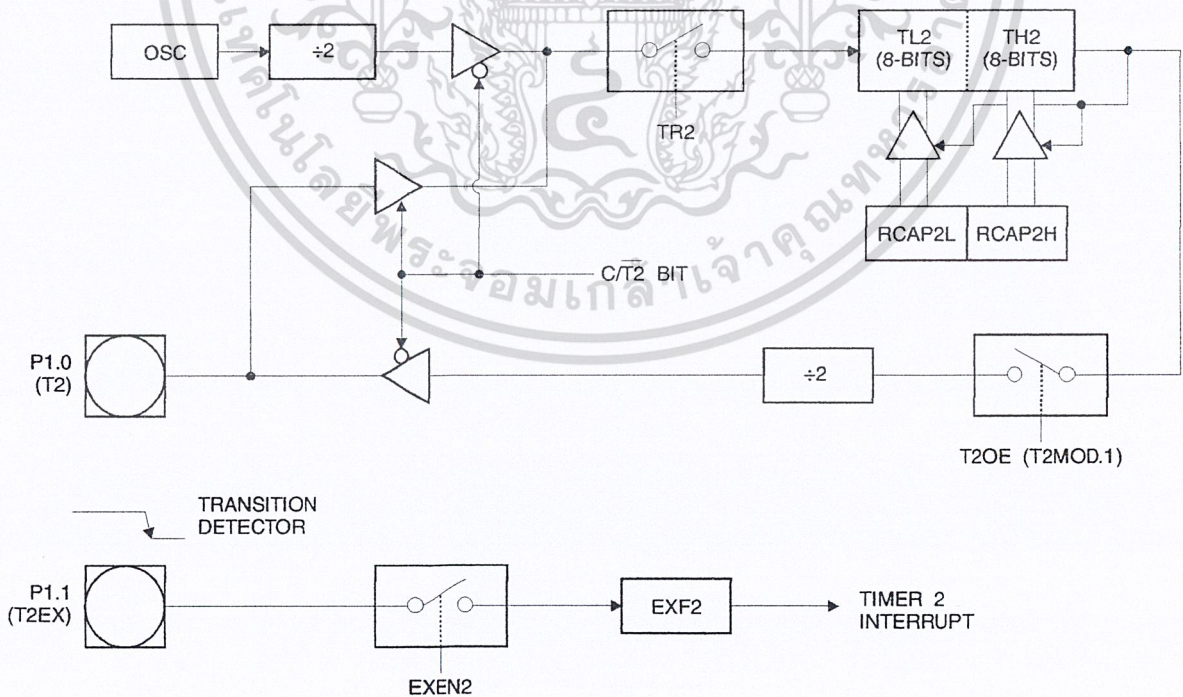
$$\frac{\text{Modes 1 and 3}}{\text{Baud Rate}} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{32 \times [65536 - (\text{RCAP2H}, \text{RCAP2L})]}$$

where (RCAP2H, RCAP2L) is the content of RCAP2H and RCAP2L taken as a 16-bit unsigned integer.

Timer 2 as a baud rate generator is shown in Figure 4. This figure is valid only if RCLK or TCLK = 1 in T2CON. Note that a rollover in TH2 does not set TF2 and will not generate an interrupt. Note too, that if EXEN2 is set, a 1-to-0 transition in T2EX will set EXF2 but will not cause a reload from (RCAP2H, RCAP2L) to (TH2, TL2). Thus when Timer 2 is in use as a baud rate generator, T2EX can be used as an extra external interrupt.

Note that when Timer 2 is running ($TR2 = 1$) as a timer in the baud rate generator mode, TH2 or TL2 should not be read from or written to. Under these conditions, the Timer is incremented every state time, and the results of a read or write may not be accurate. The RCAP2 registers may be read but should not be written to, because a write might overlap a reload and cause write and/or reload errors. The timer should be turned off (clear TR2) before accessing the Timer 2 or RCAP2 registers.

Figure 5. Timer 2 in Clock-out Mode



Programmable Clock Out

A 50% duty cycle clock can be programmed to come out on P1.0, as shown in Figure 5. This pin, besides being a regular I/O pin, has two alternate functions. It can be programmed to input the external clock for Timer/Counter 2 or to output a 50% duty cycle clock ranging from 61 Hz to 4 MHz at a 16 MHz operating frequency.

To configure the Timer/Counter 2 as a clock generator, bit C/T2 (T2CON.1) must be cleared and bit T2OE (T2MOD.1) must be set. Bit TR2 (T2CON.2) starts and stops the timer.

The clock-out frequency depends on the oscillator frequency and the reload value of Timer 2 capture registers (RCAP2H, RCAP2L), as shown in the following equation.

$$\text{Clock-Out Frequency} = \frac{\text{Oscillator Frequency}}{4 \times [65536 - (\text{RCAP2H} \cdot 256 + \text{RCAP2L})]}$$

In the clock-out mode, Timer 2 roll-overs will not generate an interrupt. This behavior is similar to when Timer 2 is used as a baud-rate generator. It is possible to use Timer 2 as a baud-rate generator and a clock generator simultaneously. Note, however, that the baud-rate and clock-out frequencies cannot be determined independently from one another since they both use RCAP2H and RCAP2L.

UART

The UART in the AT89C52 operates the same way as the UART in the AT89C51.

Interrupts

The AT89C52 has a total of six interrupt vectors: two external interrupts (INT0 and INT1), three timer interrupts (Timers 0, 1, and 2), and the serial port interrupt. These interrupts are all shown in Figure 6.

Each of these interrupt sources can be individually enabled or disabled by setting or clearing a bit in Special Function Register IE. IE also contains a global disable bit, EA, which disables all interrupts at once.

Note that Table shows that bit position IE.6 is unimplemented. In the AT89C51, bit position IE.5 is also unimplemented. User software should not write 1s to these bit positions, since they may be used in future AT89 products.

Timer 2 interrupt is generated by the logical OR of bits TF2 and EXF2 in register T2CON. Neither of these flags is cleared by hardware when the service routine is vectored to. In fact, the service routine may have to determine whether it was TF2 or EXF2 that generated the interrupt, and that bit will have to be cleared in software.

The Timer 0 and Timer 1 flags, TF0 and TF1, are set at S5P2 of the cycle in which the timers overflow. The values are then polled by the circuitry in the next cycle. However,

the Timer 2 flag, TF2, is set at S2P2 and is polled in the same cycle in which the timer overflows.

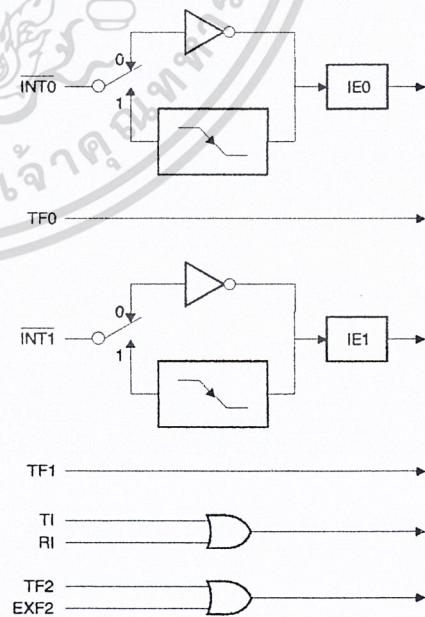
Table 5. Interrupt Enable (IE) Register

(MSB)								(LSB)
EA	-	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0	
Enable Bit = 1 enables the interrupt.								
Enable Bit = 0 disables the interrupt.								

Symbol	Position	Function
EA	IE.7	Disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt is acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.
-	IE.6	Reserved.
ET2	IE.5	Timer 2 interrupt enable bit.
ES	IE.4	Serial Port interrupt enable bit.
ET1	IE.3	Timer 1 interrupt enable bit.
EX1	IE.2	External interrupt 1 enable bit.
ET0	IE.1	Timer 0 interrupt enable bit.
EX0	IE.0	External interrupt 0 enable bit.

User software should never write 1s to unimplemented bits, because they may be used in future AT89 products.

Figure 6. Interrupt Sources



Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier that can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 7. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven, as shown in Figure 8. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

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

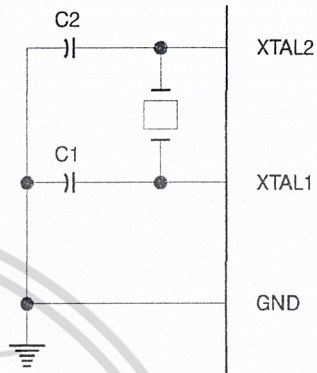
Note that when idle mode is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is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

Power-down Mode

In the power-down mode, the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power-down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power-down mode is terminated. The only exit from power-down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC}

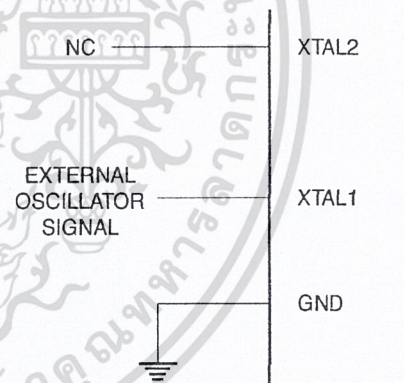
is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

Figure 7. Oscillator Connections



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

Figure 8. External Clock Drive Configuration



Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

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

Program Memory Lock Bits

The AT89C52 has three lock bits that can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the following table.

Lock Bit Protection Modes

Program Lock Bits				Protection Type
LB1	LB2	LB3		
1	U	U	U	No program lock features.
2	P	U	U	MOVC instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, EA is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash memory is disabled.
3	P	P	U	Same as mode 2, but verify is also disabled.
4	P	P	P	Same as mode 3, but external execution is also disabled.

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the \overline{EA} pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value and holds that value until reset is activated. The latched value of EA must agree with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

Programming the Flash

The AT89C52 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage (V_{CC}) program enable signal. The Low-voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C52 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third-party Flash or EPROM programmers.

The AT89C52 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

	$V_{PP} = 12V$	$V_{PP} = 5V$
Top-side Mark	AT89C52 xxxx yyww	AT89C52 xxxx - 5 yyww

	$V_{PP} = 12V$	$V_{PP} = 5V$
Signature	(030H) = 1EH (031H) = 52H (032H) = FFH	(030H) = 1EH (031H) = 52H (032H) = 05H

The AT89C52 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.

Programming Algorithm Before programming the AT89C52, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figure 9 and Figure 10. To program the AT89C52, take the following steps.

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise \overline{EA}/V_{PP} to 12V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse ALE/PROG once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

Data Polling The AT89C52 features Data Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written data on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data is valid on all outputs, and the next cycle may begin. Data Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/Busy The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/BSY output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

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

Chip Erase The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding ALE/PROG low for 10 ms. The code array is written with all 1s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be reprogrammed.





Reading the Signature Bytes The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H, 031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

- (030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
- (031H) = 52H indicates 89C52
- (032H) = FFH indicates 12V programming
- (032H) = 05H indicates 5V programming

Programming Interface

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

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

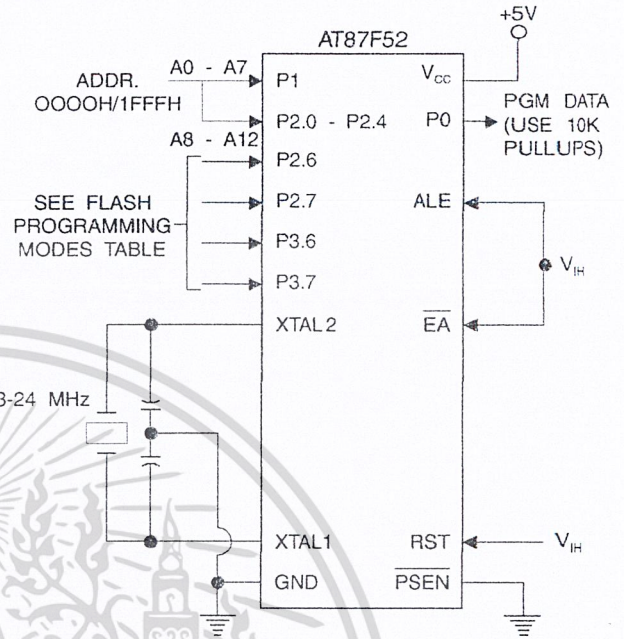
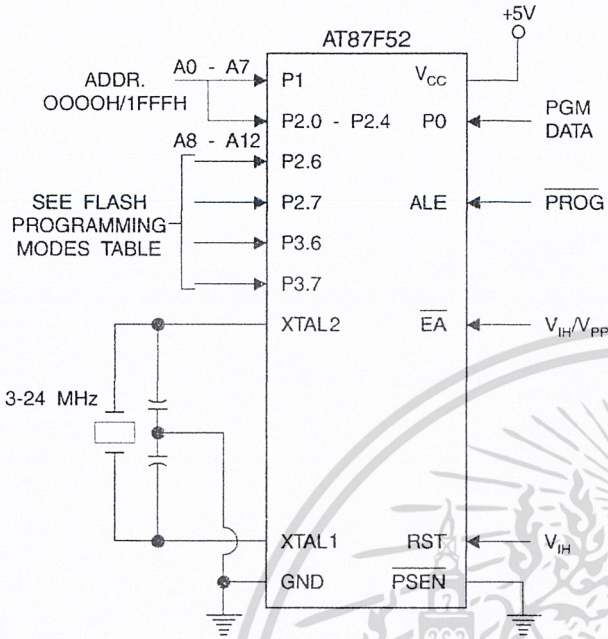
Flash Programming Modes

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

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

Figure 9. Programming the Flash Memory

Figure 10. Verifying the Flash Memory



Flash Programming and Verification Characteristics

T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = 5.0 ± 10%

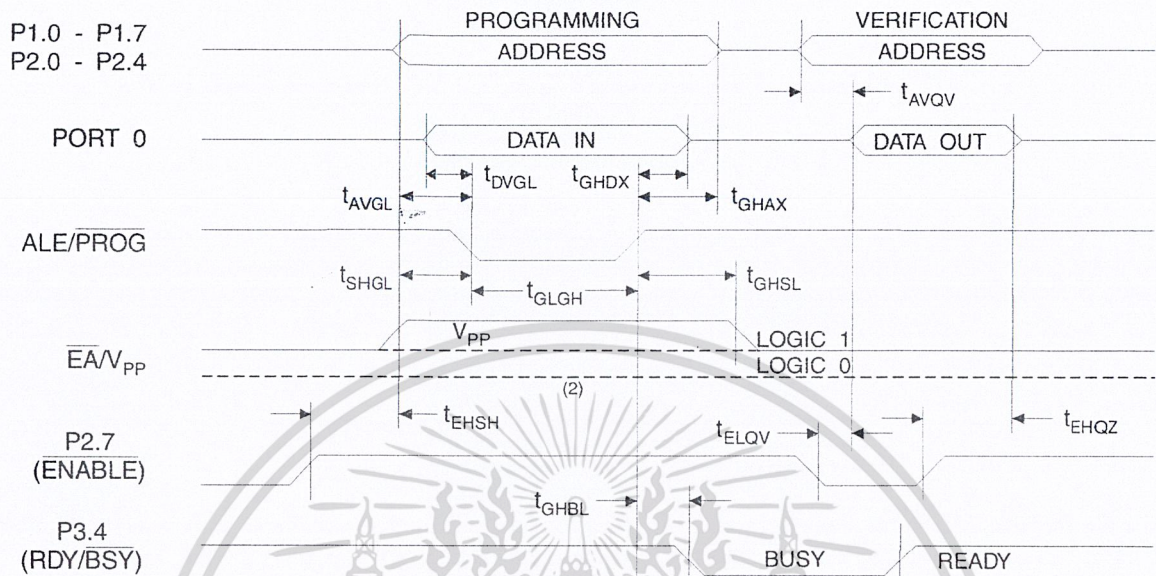
Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V _{PP} ⁽¹⁾	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I _{PP} ⁽¹⁾	Programming Enable Current		1.0	mA
1/t _{CLCL}	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t _{AVGL}	Address Setup to PROG Low	48t _{CLCL}		
t _{GHAX}	Address Hold after PROG	48t _{CLCL}		
t _{DVGL}	Data Setup to PROG Low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

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

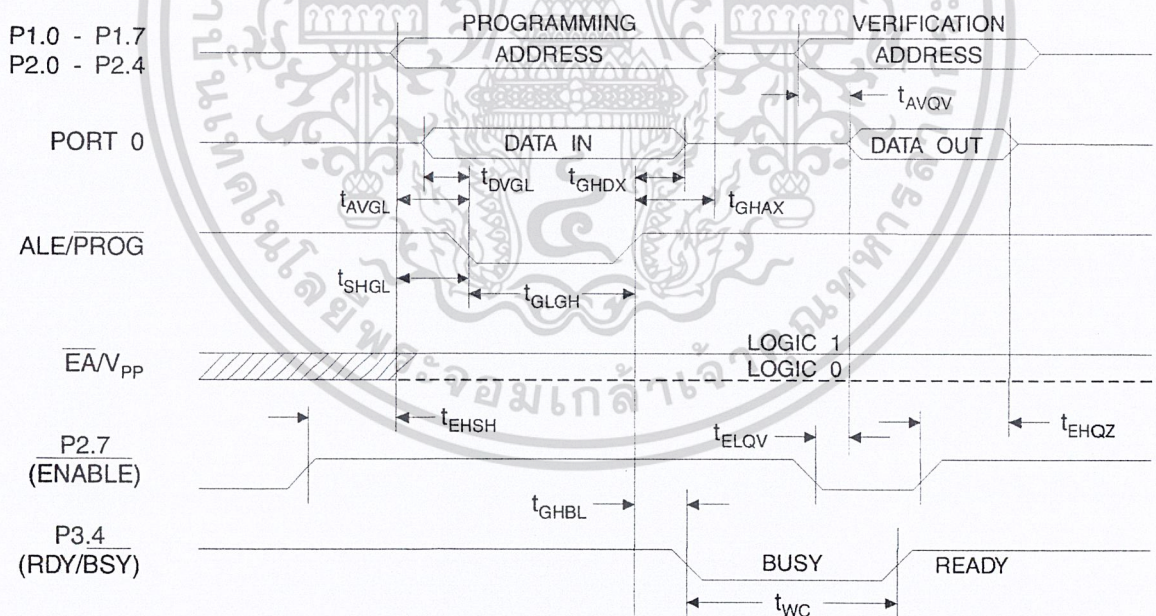




Flash Programming and Verification Waveforms - High-voltage Mode ($V_{PP}=12V$)



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



Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground.....	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage.....	6.6V
DC Output Current.....	15.0 mA

*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

DC Characteristics

The values shown in this table are valid for $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C and $V_{CC} = 5.0\text{V} \pm 20\%$, unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low-voltage	(Except $\bar{E}A$)	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
V_{IL1}	Input Low-voltage ($\bar{E}A$)		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
V_{IH}	Input High-voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{IH1}	Input High-voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{OL}	Output Low-voltage ⁽¹⁾ (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OL1}	Output Low-voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OH}	Output High-voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
V_{OH1}	Output High-voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	μA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}, V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	μA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, $\bar{E}A$)	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	K Ω
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		25	mA
		Idle Mode, 12 MHz		6.5	mA
	Power-down Mode ⁽¹⁾	$V_{CC} = 6\text{V}$		100	μA
		$V_{CC} = 3\text{V}$		40	μA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:

Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA

Maximum I_{OL} per 8-bit port:

Port 0: 26 mA Ports 1, 2, 3: 15 mA

Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA

If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

2. Minimum V_{CC} for Power-down is 2V.





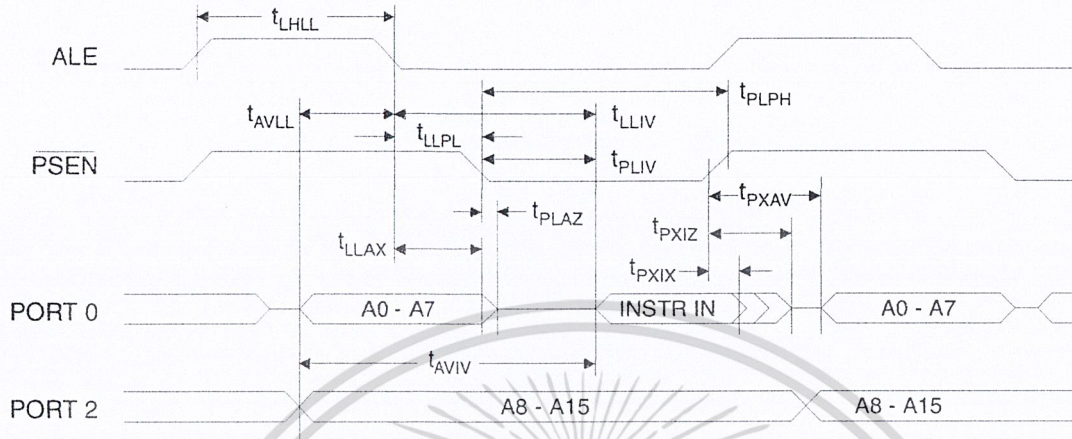
AC Characteristics

Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/ $\overline{\text{PROG}}$, and $\overline{\text{PSEN}}$ = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

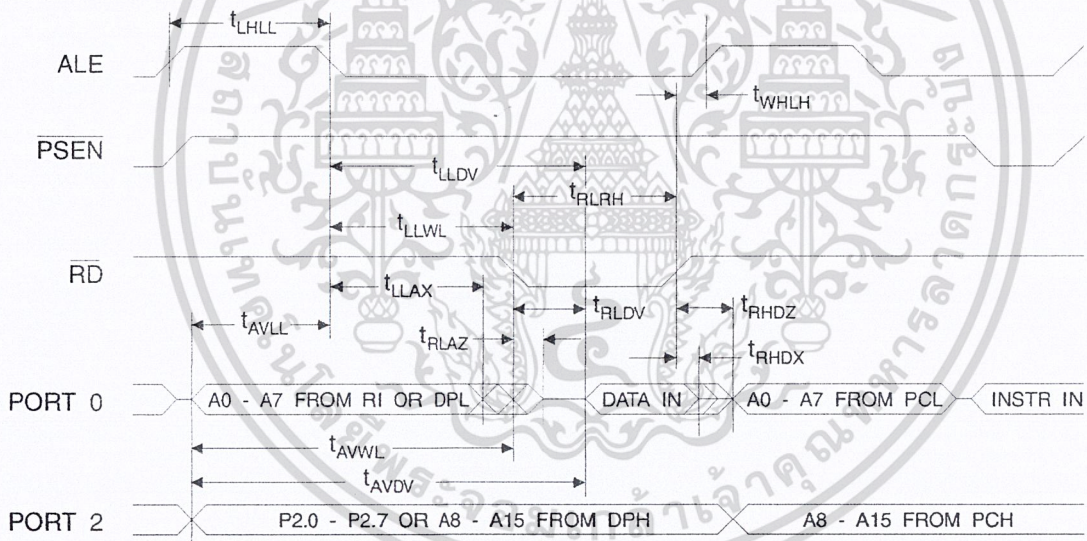
External Program and Data Memory Characteristics

Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{\text{CLCL}}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{\text{CLCL}}-40$		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		$t_{\text{CLCL}}-13$		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	48		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{\text{CLCL}}-65$	ns
t_{LLPL}	ALE Low to $\overline{\text{PSEN}}$ Low	43		$t_{\text{CLCL}}-13$		ns
t_{PLPH}	$\overline{\text{PSEN}}$ Pulse Width	205		$3t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{PLIV}	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{\text{CLCL}}-45$	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold after $\overline{\text{PSEN}}$	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float after $\overline{\text{PSEN}}$		59		$t_{\text{CLCL}}-10$	ns
t_{PXAV}	$\overline{\text{PSEN}}$ to Address Valid	75		$t_{\text{CLCL}}-8$		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{\text{CLCL}}-55$	ns
t_{PLAZ}	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	$\overline{\text{RD}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
t_{WLWH}	$\overline{\text{WR}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
t_{RLDV}	$\overline{\text{RD}}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{\text{CLCL}}-90$	ns
t_{RHDX}	Data Hold After $\overline{\text{RD}}$	0		0		ns
t_{RHDZ}	Data Float After $\overline{\text{RD}}$		97		$2t_{\text{CLCL}}-28$	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{\text{CLCL}}-150$	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		$9t_{\text{CLCL}}-165$	ns
t_{LLWL}	ALE Low to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	200	300	$3t_{\text{CLCL}}-50$	$3t_{\text{CLCL}}+50$	ns
t_{AVWL}	Address to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	203		$4t_{\text{CLCL}}-75$		ns
t_{QVWX}	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ Transition	23		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{QVWH}	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ High	433		$7t_{\text{CLCL}}-120$		ns
t_{WHQX}	Data Hold After $\overline{\text{WR}}$	33		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{RLAZ}	$\overline{\text{RD}}$ Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	$\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ High to ALE High	43	123	$t_{\text{CLCL}}-20$	$t_{\text{CLCL}}+25$	ns

External Program Memory Read Cycle

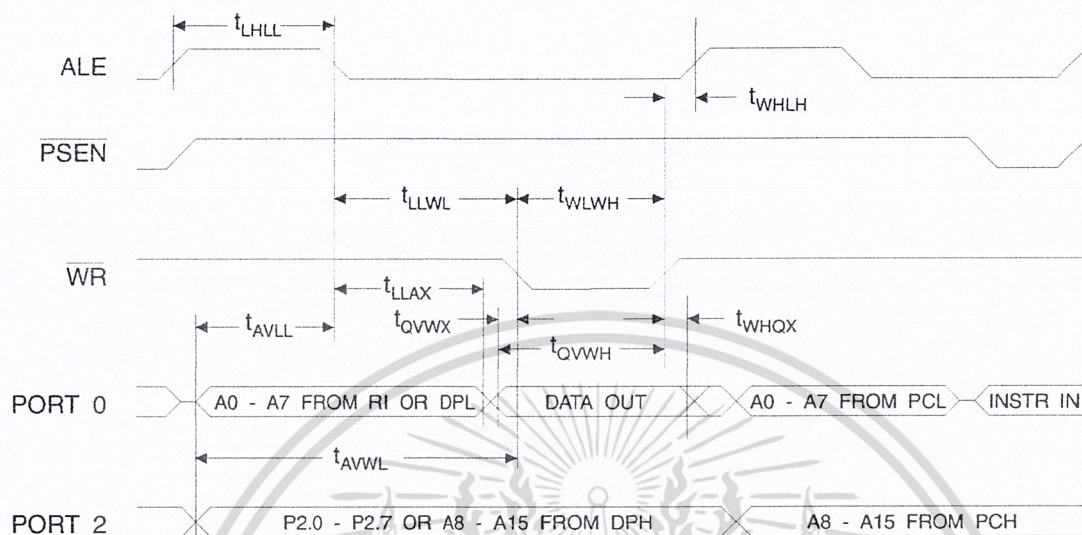


External Data Memory Read Cycle

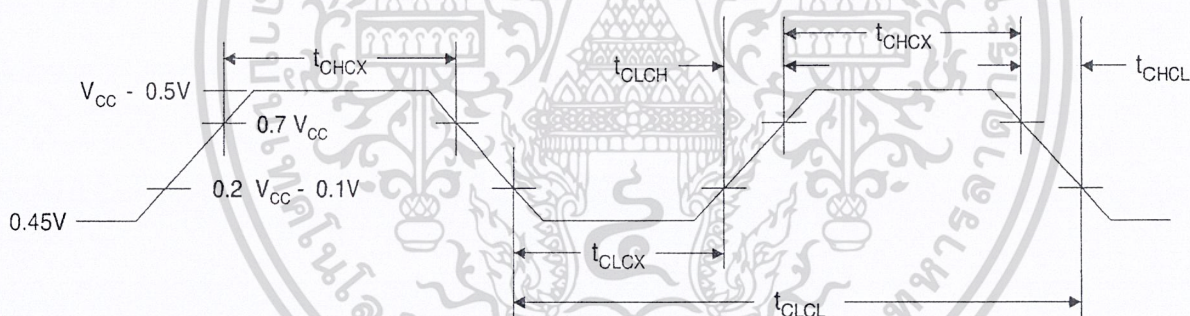


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้... ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า...
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	41.6		ns
t_{CHCX}	High Time	15		ns
t_{CLCX}	Low Time	15		ns
t_{CLCH}	Rise Time		20	ns
t_{CHCL}	Fall Time		20	ns



Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range	
12	5V ± 20%	AT89C52-12AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)	
		AT89C52-12JC	44J		
		AT89C52-12PC	40P6		
		AT89C52-12QC	44Q		
			AT89C52-12AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
			AT89C52-12JI	44J	
			AT89C52-12PI	40P6	
			AT89C52-12QI	44Q	
16	5V ± 20%	AT89C52-16AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)	
		AT89C52-16JC	44J		
		AT89C52-16PC	40P6		
		AT89C52-16QC	44Q		
			AT89C52-16AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
			AT89C52-16JI	44J	
			AT89C52-16PI	40P6	
			AT89C52-16QI	44Q	
20	5V ± 20%	AT89C52-20AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)	
		AT89C52-20JC	44J		
		AT89C52-20PC	40P6		
		AT89C52-20QC	44Q		
			AT89C52-20AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
			AT89C52-20JI	44J	
			AT89C52-20PI	40P6	
			AT89C52-20QI	44Q	
24	5V ± 20%	AT89C52-24AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)	
		AT89C52-24JC	44J		
		AT89C52-24PC	40P6		
		AT89C52-24QC	44Q		
			AT89C52-24AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
			AT89C52-24JI	44J	
			AT89C52-24PI	40P6	
			AT89C52-24QI	44Q	

Package Type

44A	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44Q	44-lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)



Atmel Headquarters

Corporate Headquarters
2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131
TEL (408) 441-0311
FAX (408) 487-2600

Europe

Atmel U.K., Ltd.
Coliseum Business Centre
Riverside Way
Camberley, Surrey GU15 3YL
England
TEL (44) 1276-686-677
FAX (44) 1276-686-697

Asia

Atmel Asia, Ltd.
Room 1219
Chinachem Golden Plaza
77 Mody Road Tsimhatsui
East Kowloon
Hong Kong
TEL (852) 2721-9778
FAX (852) 2722-1369

Japan

Atmel Japan K.K.
9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.
1-24-8 Shinkawa
Chuo-ku, Tokyo 104-0033
Japan
TEL (81) 3-3523-3551
FAX (81) 3-3523-7581

Atmel Operations

Atmel Colorado Springs

1150 E. Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906
TEL (719) 576-3300
FAX (719) 540-1759

Atmel Rousset

Zone Industrielle
13106 Rousset Cedex
France
TEL (33) 4-4253-6000
FAX (33) 4-4253-6001

Fax-on-Demand

North America:
1-(800) 292-8635
International:
1-(408) 441-0732

e-mail

literature@atmel.com

Web Site

<http://www.atmel.com>

BBS

1-(408) 436-4309

© Atmel Corporation 1999.

Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

Marks bearing ® and/or ™ are registered trademarks and trademarks of Atmel Corporation.

Terms and product names in this document may be trademarks of others.



Printed on recycled paper.

0313H-02/00/xM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MM74HC14 Hex Inverting Schmitt Trigger

General Description

The MM74HC14 utilizes advanced silicon-gate CMOS technology to achieve the low power dissipation and high noise immunity of standard CMOS, as well as the capability to drive 10 LS-TTL loads.

The 74HC logic family is functionally and pinout compatible with the standard 74LS logic family. All inputs are protected from damage due to static discharge by internal diode clamps to V_{CC} and ground.

Features

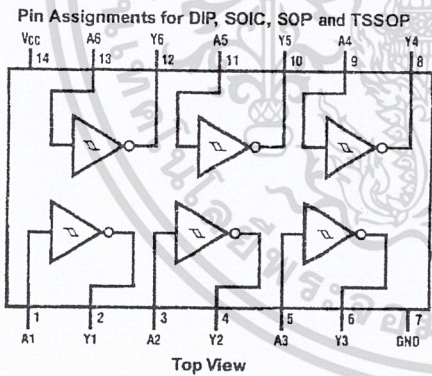
- Typical propagation delay: 13 ns
- Wide power supply range: 2–6V
- Low quiescent current: 20 μ A maximum (74HC Series)
- Low input current: 1 μ A maximum
- Fanout of 10 LS-TTL loads
- Typical hysteresis voltage: 0.9V at $V_{CC} = 4.5V$

Ordering Code:

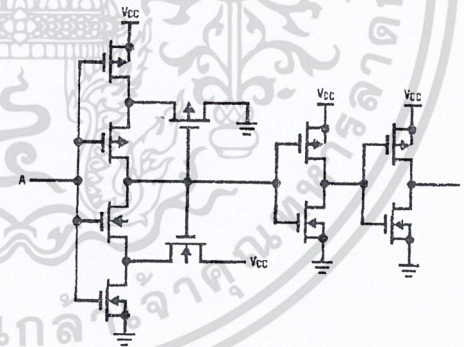
Order Number	Package Number	Package Description
MM74HC14M	M14A	14-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-120, 0.150" Narrow
MM74HC14SJ	M14D	14-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
MM74HC14MTC	MTC14	14-Lead Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP), JEDEC MO-153, 4.4mm Wide
MM74HC14N	N14A	14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram



Logic Diagram



Absolute Maximum Ratings (Note 1)

(Note 2)

Supply Voltage (V_{CC})	-0.5 to +7.0V
DC Input Voltage (V_{IN})	-1.5 to V_{CC} +1.5V
DC Output Voltage (V_{OUT})	-0.5 to V_{CC} +0.5V
Clamp Diode Current (I_{IK}, I_{OK})	± 20 mA
DC Output Current, per pin (I_{OUT})	± 25 mA
DC V_{CC} or GND Current, per pin (I_{CC})	± 50 mA
Storage Temperature Range (T_{STG})	-65°C to +150°C
Power Dissipation (P_D)	
(Note 3)	600 mW
S.O. Package only	500 mW
Lead Temperature (T_L)	
(Soldering 10 seconds)	260°C

Recommended Operating Conditions

	Min	Max	Units
Supply Voltage (V_{CC})	2	6	V
DC Input or Output Voltage (V_{IN}, V_{OUT})	0	V_{CC}	V
Operating Temperature Range (T_A)	-40	+85	°C

Note 1: Absolute Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.

Note 2: Unless otherwise specified all voltages are referenced to ground.

Note 3: Power Dissipation temperature derating --- plastic "N" package: --- 12 mW/°C from 65°C to 85°C.

DC Electrical Characteristics (Note 4)

Symbol	Parameter	Conditions	V_{CC}	$T_A = -25^\circ\text{C}$			$T_A = -40$ to 85°C			Units
				Typ	Guaranteed Limits		Guaranteed Limits			
V_{T+}	Positive Going Threshold Voltage	Minimum	2.0V	1.2	1.0	1.0	1.0	V		
			4.5V	2.7	2.0	2.0	2.0	V		
			6.0V	3.2	3.0	3.0	3.0	V		
		Maximum	2.0V	1.2	1.5	1.5	1.5	V		
			4.5V	2.7	3.15	3.15	3.15	V		
			6.0V	3.2	4.2	4.2	4.2	V		
V_{T-}	Negative Going Threshold Voltage	Minimum	2.0V	0.7	0.3	0.3	0.3	V		
			4.5V	1.8	0.9	0.9	0.9	V		
			6.0V	2.2	1.2	1.2	1.2	V		
		Maximum	2.0V	0.7	1.0	1.0	1.0	V		
			4.5V	1.8	2.2	2.2	2.2	V		
			6.0V	2.2	3.0	3.0	3.0	V		
V_H	Hysteresis Voltage	Minimum	2.0V	0.5	0.2	0.2	0.2	V		
			4.5V	0.9	0.4	0.4	0.4	V		
			6.0V	1.0	0.5	0.5	0.5	V		
		Maximum	2.0V	0.5	1.0	1.0	1.0	V		
			4.5V	0.9	1.4	1.4	1.4	V		
			6.0V	1.0	1.5	1.5	1.5	V		
V_{OH}	Minimum HIGH Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{IL}$ $|I_{OUT}| = 20 \mu\text{A}$	2.0V	2.0	1.9	1.9	1.9	V		
			4.5V	4.5	4.4	4.4	4.4	V		
			6.0V	6.0	5.9	5.9	5.9	V		
		$V_{IN} = V_{IL}$ $|I_{OUT}| = 4.0 \text{ mA}$ $|I_{OUT}| = 5.2 \text{ mA}$	4.5V	4.2	3.98	3.84	3.7	V		
			6.0V	5.7	5.48	5.34	5.2	V		
			6.0V	5.7	5.48	5.34	5.2	V		
V_{OL}	Maximum LOW Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{IH}$ $|I_{OUT}| = 20 \mu\text{A}$	2.0V	0	0.1	0.1	0.1	V		
			4.5V	0	0.1	0.1	0.1	V		
			6.0V	0	0.1	0.1	0.1	V		
		$V_{IN} = V_{IH}$ $|I_{OUT}| = 4.0 \text{ mA}$ $|I_{OUT}| = 5.2 \text{ mA}$	4.5V	0.2	0.26	0.33	0.4	V		
			6.0V	0.2	0.26	0.33	0.4	V		
			6.0V	0.2	0.26	0.33	0.4	V		
I_{IN}	Maximum Input Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND	6.0V		± 0.1	± 1.0	± 1.0	μA		
I_{CC}	Maximum Quiescent Supply Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND $I_{OUT} = 0 \mu\text{A}$	6.0V		2.0	20	40	μA		

Note 4: For a power supply of 5V $\pm 10\%$ the worst case output voltages (V_{OH} , and V_{OL}) occur for HC at 4.5V. Thus the 4.5V values should be used when designing with this supply. Worst case V_{IH} and V_{IL} occur at $V_{CC} = 5.5\text{V}$ and 4.5V respectively. (The V_{IH} value at 5.5V is 3.85V.) The worst case leakage current (I_{IN} , I_{CC} , and I_{OZ}) occur for CMOS at the higher voltage and so the 6.0V values should be used.

AC Electrical Characteristics
 $V_{CC} = 5V, T_A = 25^\circ C, C_L = 15 pF, t_r = t_f = 6 ns$

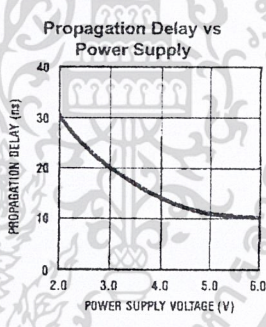
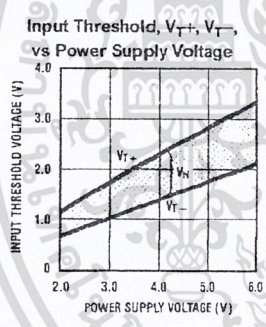
Symbol	Parameter	Conditions	Typ	Guaranteed Limit	Units
t_{PHL}, t_{PLH}	Maximum Propagation Delay		12	22	ns

AC Electrical Characteristics
 $V_{CC} = 2.0V to 6.0V, C_L = 50 pF, t_r = t_f = 6 ns$ (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Conditions	V_{CC}	$T_A = 25^\circ C$				Units
				Typ	Guaranteed Limits			
t_{PHL}, t_{PLH}	Maximum Propagation Delay		2.0V	60	125	156	188	ns
			4.5V	13	25	31	38	ns
			6.0V	11	21	26	32	ns
t_{TLH}, t_{THL}	Maximum Output Rise and Fall Time		2.0V	30	75	95	110	ns
			4.5V	8	15	19	22	ns
			6.0V	7	13	16	19	ns
C_{PD}	Power Dissipation Capacitance (Note 5)	(per gate)		27				pF
C_{IN}	Maximum Input Capacitance			5	10	10	10	pF

Note 5: C_{PD} determines the no load dynamic power consumption, $P_D = C_{PD} V_{CC}^2 f + I_{CC} V_{CC}$, and the no load dynamic current consumption, $I_S = C_{PD} V_{CC} f + I_{CC}$.

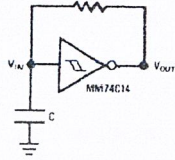
Typical Performance Characteristics



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

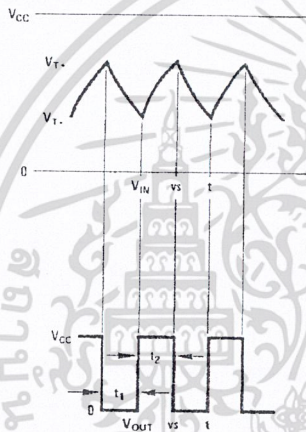
Typical Applications

Low Power Oscillator



$$t_1 \approx RC \ln \frac{V_{T+}}{V_{T-}}$$

$$t_2 \approx RC \ln \frac{V_{CC} - V_{T-}}{V_{CC} - V_{T+}}$$

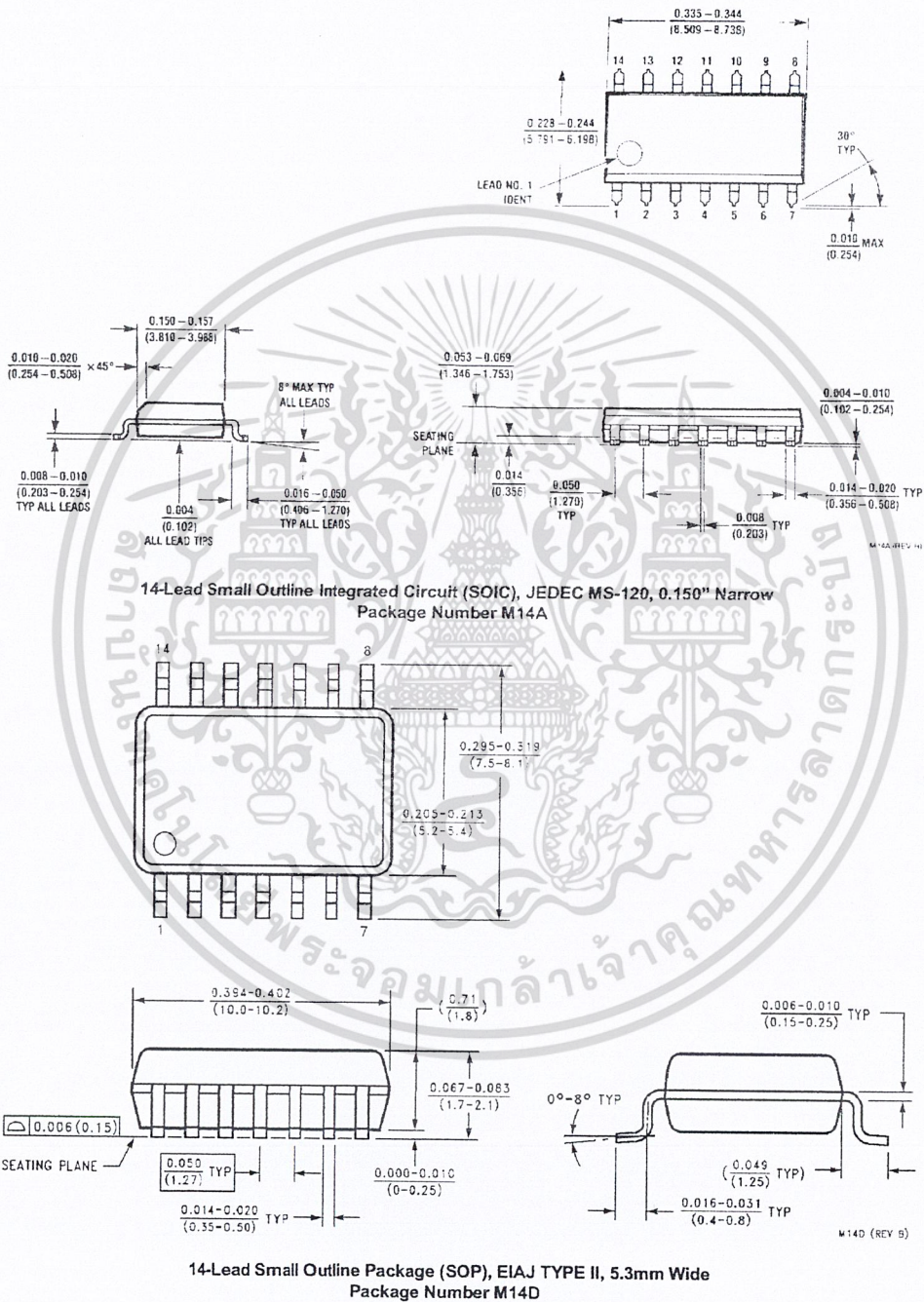


$$f \approx \frac{1}{RC \ln \frac{V_{T+}(V_{CC} - V_{T-})}{V_{T-}(V_{CC} - V_{T+})}}$$

Note: The equations assume $t_1 + t_2 \gg t_{pd0} + t_{pd1}$

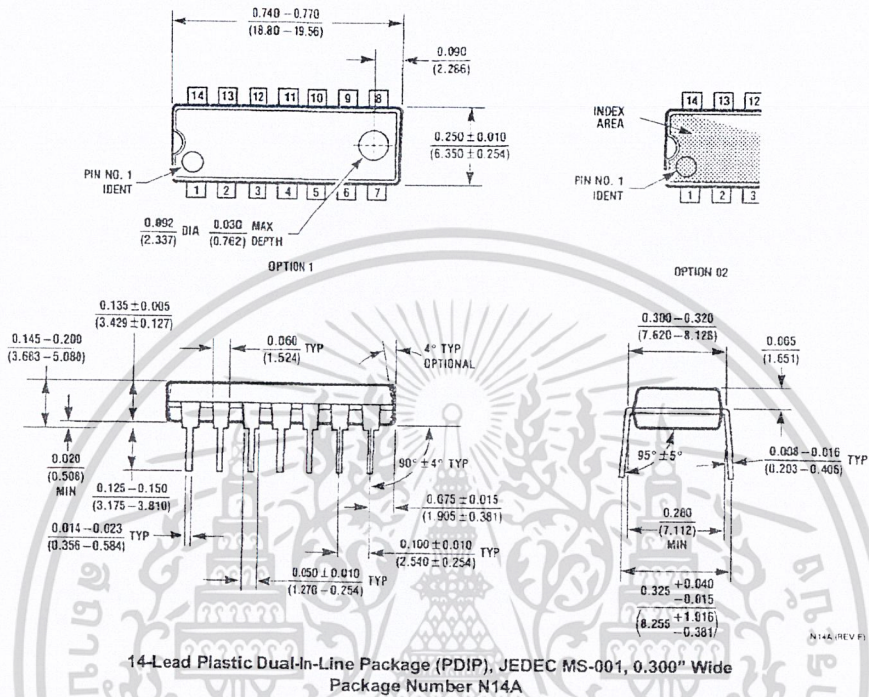
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



14-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide Package Number N14A

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

www.fairchildsemi.com

Fairchild does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and Fairchild reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM2902, LM324/LM324A

Quad Operational Amplifier

Features

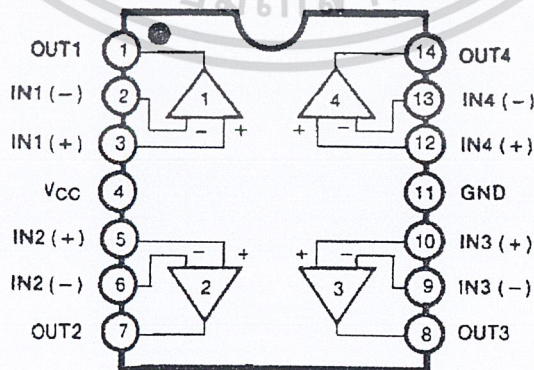
- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain: 100dB
- Wide power supply range:
LM324/LM324A : 3V~32V (or $\pm 1.5 \sim 15V$)
LM2902: 3V~26V (or $\pm 1.5V \sim 13V$)
- Input common-mode voltage range includes ground
- Large output voltage swing: 0V to $V_{CC} - 1.5V$
- Power drain suitable for battery operation

Description

The LM324/LM324A, LM2902 consist of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide voltage range. Operation from split power supplies is also possible so long as the difference between the two supplies is 3 volts to 32 volts. Application areas include transducer amplifier, DC gain blocks and all the conventional OP amp circuits which now can be easily implemented in single power supply systems.

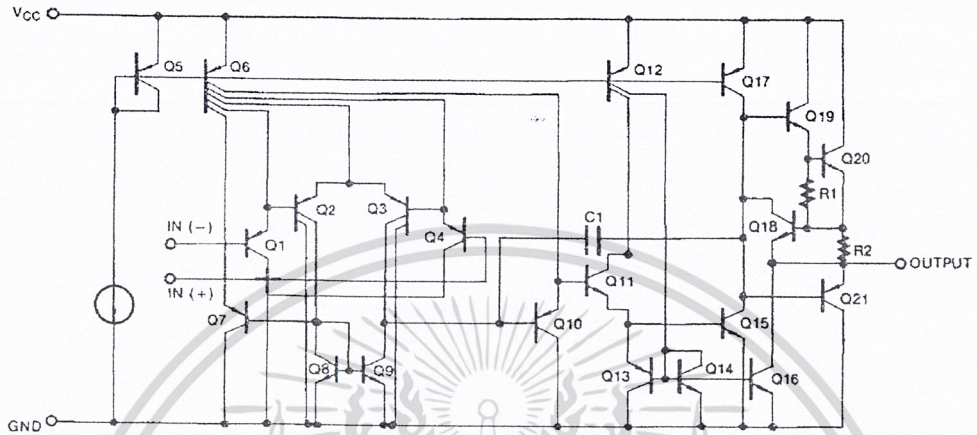


Internal Block Diagram



Schematic Diagram

(One Section Only)



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	LM324/LM324A	LM2902	Unit
Power Supply Voltage	V _{CC}	±16 or 32	±13 or 26	V
Differential Input Voltage	V _{I(DIFF)}	32	26	V
Input Voltage	V _I	-0.3 to +32	-0.3 to +26	V
Output Short Circuit to GND	-	Continuous	Continuous	-
Power Dissipation	P _D	570	570	mW
Operating Temperature Range	T _{OPR}	0 ~ +70	-40 ~ +85	°C
Storage Temperature Range	T _{STG}	-65 ~ +150	-65 ~ +150	°C

Electrical Characteristics

($V_{CC}=5.0V$, $V_{EE}=GND$, $T_A=25^\circ C$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	LM324			LM2902			Unit	
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
Input Offset Voltage	V_{IO}	$V_{CM} = 0V$ to $V_{CC} = 1.5V$ $V_{O(P)} = 1.4V$, $R_S = 0\Omega$	-	1.5	7.0	-	1.5	7.0	mV	
Input Offset Current	I_{IO}	-	-	3.0	50	-	3.0	50	nA	
Input Bias Current	I_{BIAS}	-	-	40	250	-	40	250	nA	
Common-Mode Input Voltage Range	$V_{I(R)}$	Note1	0	$V_{CC}-1.5$	-	0	-	$V_{CC}-1.5$	V	
Supply Current	I_{CC}	$R_L = \infty, V_{CC} = 30V$ (all Amps)	-	1.0	3	-	1.0	3	mA	
		$R_L = \infty, V_{CC} = 5V$ (all Amps) ($V_{CC} = 26V$ for LM2902)	-	0.7	1.2	-	0.7	1.2	mA	
Large Signal Voltage Gain	G_V	$V_{CC} = 15V$, $R_L \geq 2K\Omega$ $V_{O(P)} = 1V$ to $11V$	25	100	-	-	100	-	V/ mV	
Output Voltage Swing	$V_{O(H)}$	Note1	$R_L = 2K\Omega$	26	-	-	22	-	-	V
			$R_L = 10K\Omega$	27	28	-	23	24	-	V
	$V_{O(L)}$	$V_{CC} = 5V$, $R_L \geq 10K\Omega$	-	5	20	-	5	100	mV	
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	-	65	75	-	50	75	-	dB	
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	-	65	100	-	50	100	-	dB	
Channel Separation	CS	$f = 1KHz$ to $20KHz$	-	120	-	-	120	-	dB	
Short Circuit to GND	ISC	-	-	40	60	-	40	60	mA	
Output Current	ISOURCE	$V_{I(+)} = 1V$, $V_{I(-)} = 0V$ $V_{CC} = 15V$, $V_{O(P)} = 2V$	20	40	-	20	40	-	mA	
		$V_{I(+)} = 0V$, $V_{I(-)} = 1V$ $V_{CC} = 15V$, $V_{O(P)} = 2V$	10	13	-	10	13	-	mA	
	ISINK	$V_{I(+)} = 0V$, $V_{I(-)} = 1V$ $V_{CC} = 15V$, $V_{O(R)} = 200mV$	12	45	-	-	-	-	μA	
Differential Input Voltage	$V_{I(DIFF)}$		-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	V	

Note.

1. $V_{CC}=30V$ for LM324 , $V_{CC} = 26V$ for LM2902

Electrical Characteristics

($V_{CC} = 5.0V$, $V_{EE} = GND$, unless otherwise specified)

The following specification apply over the range of $0^{\circ}C \leq T_A \leq +70^{\circ}C$ for the LM324 ; and the $-40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$ for the LM2902

Parameter	Symbol	Conditions	LM324			LM2902			Unit	
			Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.		
Input Offset Voltage	V_{IO}	$V_{ICM} = 0V$ to $V_{CC} = 1.5V$ $V_{O(P)} = 1.4V$, $R_S = 0\Omega$	-	-	9.0	-	-	10.0	mV	
Input Offset Voltage Drift	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	-	-	7.0	-	-	7.0	-	$\mu V/^{\circ}C$	
Input Offset Current	I_{IO}	-	-	-	150	-	-	200	nA	
Input Offset Current Drift	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	-	-	10	-	-	10	-	$\mu A/^{\circ}C$	
Input Bias Current	I_{BIAS}	-	-	-	500	-	-	500	nA	
Common-Mode Input Voltage Range	$V_{I(R)}$	Note1	0	-	$V_{CC}-2.0$	0	-	$V_{CC}-2.0$	V	
Large Signal Voltage Gain	G_V	$V_{CC} = 15V$, $R_L \geq 2.0K\Omega$ $V_{O(P)} = 1V$ to $11V$	15	-	-	15	-	-	V/mV	
Output Voltage Swing	$V_{O(H)}$	Note1	$R_L = 2K\Omega$	26	-	-	22	-	-	V
			$R_L = 10K\Omega$	27	28	-	23	24	-	V
	$V_{O(L)}$	$V_{CC} = 5V$, $R_L \geq 10K\Omega$	-	5	20	-	5	100	mV	
Output Current	I_{SOURCE}	$V_{I(+)} = 1V$, $V_{I(-)} = 0V$ $V_{CC} = 15V$, $V_{O(P)} = 2V$	10	20	-	10	20	-	mA	
	I_{SINK}	$V_{I(+)} = 0V$, $V_{I(-)} = 1V$ $V_{CC} = 15V$, $V_{O(P)} = 2V$	5	8	-	5	8	-	mA	
Differential Input Voltage	$V_{I(DIFF)}$	-	-	-	V_{CC}	-	-	V_{CC}	V	

Note.

1. $V_{CC} = 30V$ for LM324 , $V_{CC} = 26V$ for LM2902

Electrical Characteristics

($V_{CC}=5.0V$, $V_{EE} = GND$, $T_A=25^\circ C$, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	LM324A			Unit
			Min.	Typ.	Max.	
Input Offset Voltage	V_{IO}	$V_{CM} = 0V$ to $V_{CC} = 1.5V$ $V_{O(P)} = 1.4V$, $R_S = 0\ \Omega$	-	1.5	3.0	mV
Input Offset Current	I_{IO}	-	-	3.0	30	nA
Input Bias Current	I_{BIAS}	-	-	40	100	nA
Input Common-Mode Voltage Range	$V_{I(R)}$	$V_{CC} = 30V$	0	-	$V_{CC}-1.5$	V
Supply Current (All Amps)	I_{CC}	$V_{CC} = 30V$	-	1.5	3	mA
		$V_{CC} = 5V$	-	0.7	1.2	mA
Large Signal Voltage Gain	G_V	$V_{CC} = 15V$, $R_L \geq 2\ K\Omega$ $V_{O(P)} = 1V$ to $11V$	25	100	-	V/mV
Output Voltage Swing	$V_{O(H)}$	Note1				
		$R_L = 2\ K\Omega$	26	-	-	V
	$R_L = 10\ K\Omega$	27	28	-	V	
	$V_{O(L)}$	$V_{CC} = 5V$, $R_L \geq 10\ K\Omega$	-	5	20	mV
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	-	65	85	-	dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	-	65	100	-	dB
Channel Separation	CS	$f = 1\ KHz$ to $20\ KHz$	-	120	-	dB
Short Circuit to GND	I_{SC}	-	-	40	60	mA
Output Current	I_{SOURCE}	$V_{I(+)} = 1V$, $V_{I(-)} = 0V$ $V_{CC} = 15V$	20	40	-	mA
	I_{SINK}	$V_{I(+)} = 0V$, $V_{I(-)} = 1V$ $V_{CC} = 15V$, $V_{O(P)} = 2V$	10	20	-	mA
		$V_{I(+)} = 0V$, $V_{I(-)} = 1V$ $V_{CC} = 15V$, $V_{O(P)} = 200mV$	12	50	-	μA
Differential Input Voltage	$V_{I(DIFF)}$	-	-	-	V_{CC}	V

Electrical Characteristics

($V_{CC} = 5.0V$, $V_{EE} = GND$, unless otherwise specified)

The following specification apply over the range of $0^{\circ}C \leq T_A \leq +70^{\circ}C$ for the LM324A

Parameter	Symbol	Conditions	LM324A			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Input Offset Voltage	V_{IO}	$V_{CM} = 0V$ to $V_{CC} = 1.5V$ $V_{O(P)} = 1.4V$, $R_S = 0\Omega$	-	-	5.0	mV	
Input Offset Voltage Drift	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	-	-	7.0	30	$\mu V/^{\circ}C$	
Input Offset Current	I_{IO}	-	-	-	75	nA	
Input Offset Current Drift	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	-	-	10	300	$pA/^{\circ}C$	
Input Bias Current	I_{BIAS}	-	-	40	200	nA	
Common-Mode Input Voltage Range	$V_{I(R)}$	$V_{CC} = 30V$	0	-	$V_{CC}-2.0$	V	
Large Signal Voltage Gain	G_V	$V_{CC} = 15V$, $R_L \geq 2.0K\Omega$	15	-	-	V/mV	
Output Voltage Swing	$V_{O(P-P)}$	$V_{CC} = 30V$	$R_L = 2K\Omega$	26	-	-	V
			$R_L = 10K\Omega$	27	28	-	
		$V_{CC} = 5V$, $R_L \geq 10K\Omega$	-	5	20	mA	
Output Current	I_{SOURCE}	$V_{I(+)} = 1V$, $V_{I(-)} = 0V$ $V_{CC} = 15V$	10	20	-	mA	
	I_{SINK}	$V_{I(+)} = 0V$, $V_{I(-)} = 1V$ $V_{CC} = 15V$	5	8	-	mA	
Differential Input Voltage	$V_{I(DIFF)}$	-	-	-	V_{CC}	V	

Typical Performance Characteristics

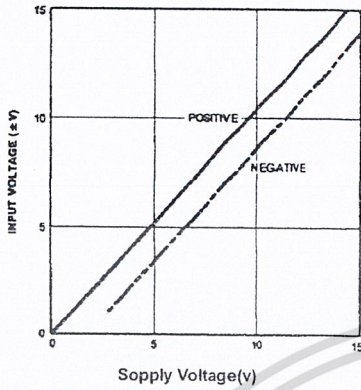


Figure 1. Input Voltage Range vs Supply Voltage

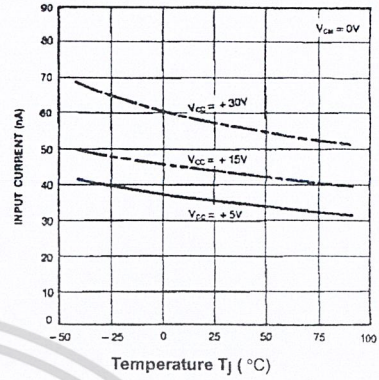


Figure 2. Input Current vs Temperature

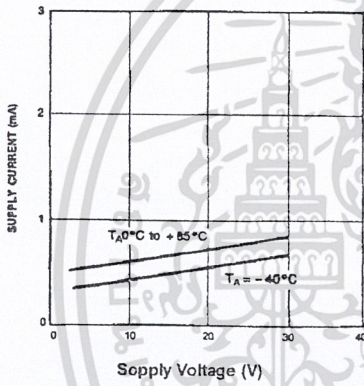


Figure 3. Supply Current vs Supply Voltage

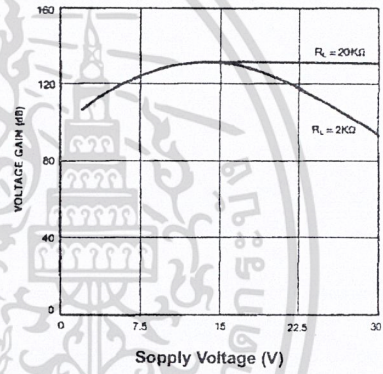


Figure 4. Voltage Gain vs Supply Voltage

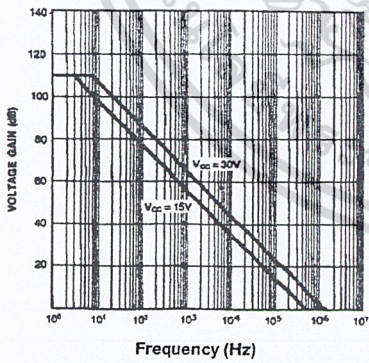


Figure 5. Open Loop Frequency Response

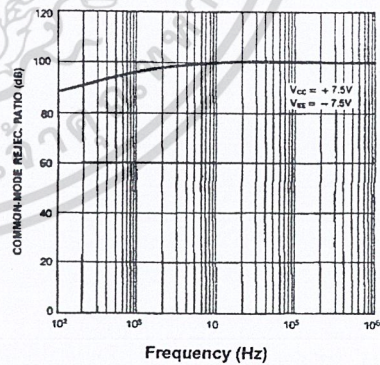


Figure 6. Common mode Rejection Ratio

Typical Performance Characteristics (continued)

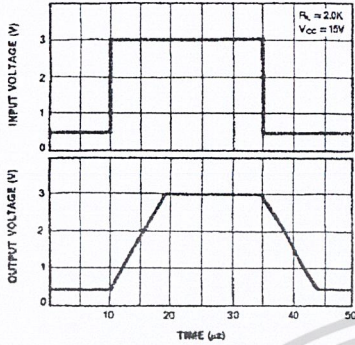


Figure 7. Slew Rate

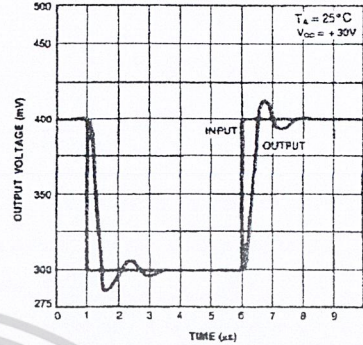


Figure 8. Voltage Follower Pulse Response

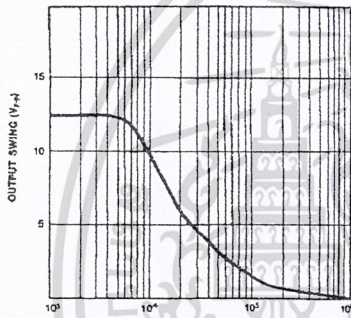


Figure 9. Large Signal Frequency Response

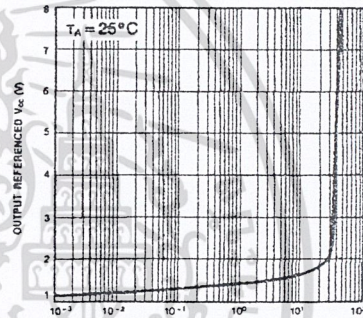


Figure 10. Output Characteristics vs Current Sourcing

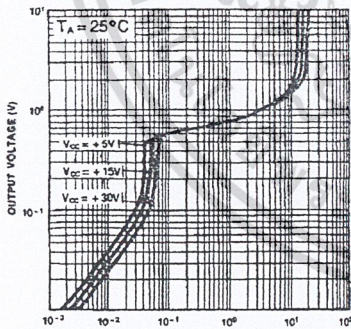


Figure 11. Output Characteristics vs Current Sinking

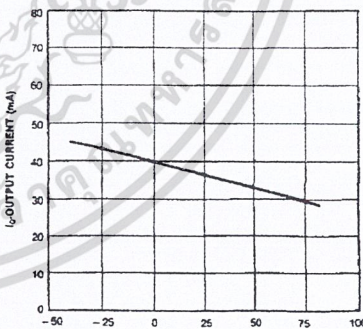
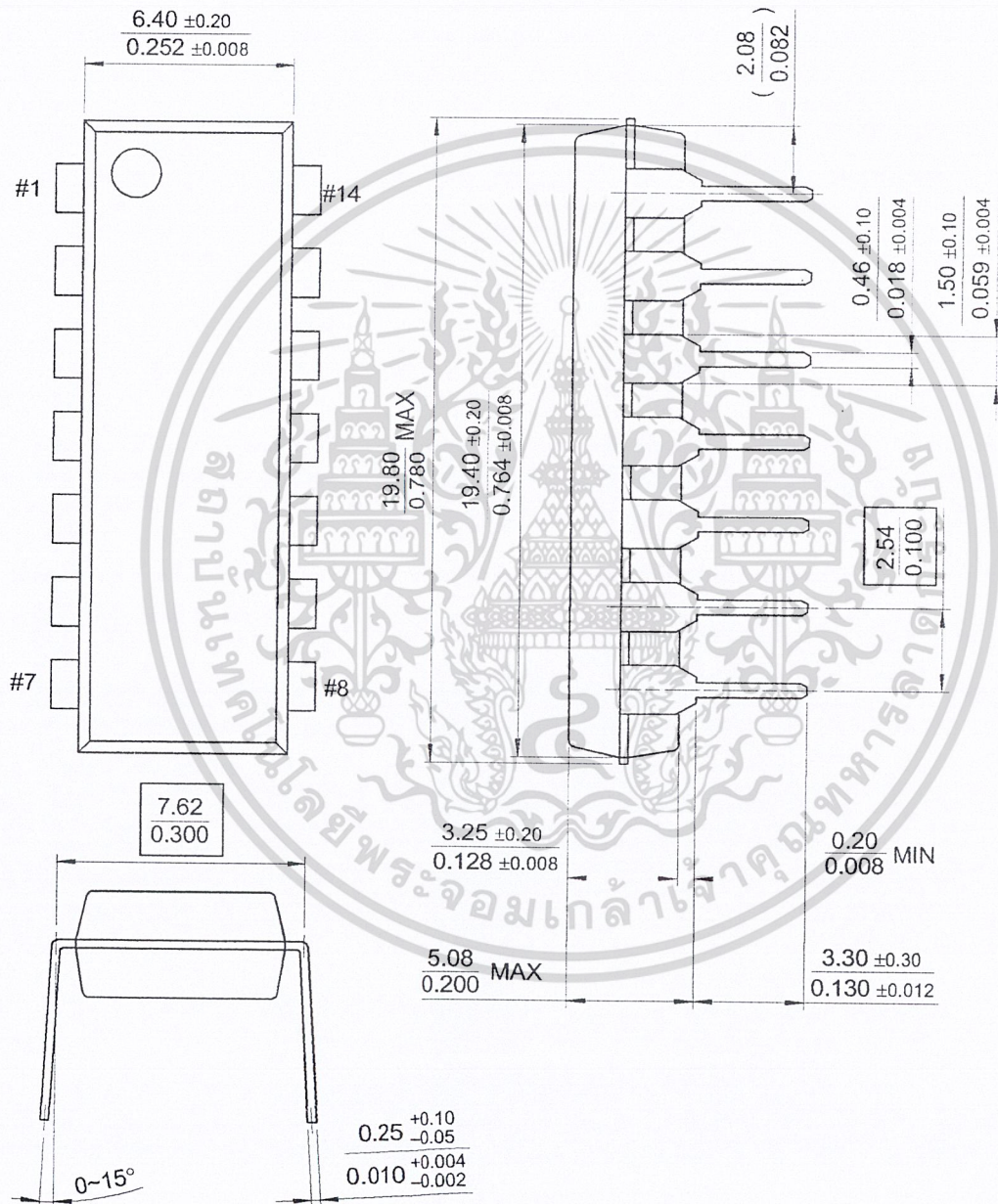


Figure 12. Current Limiting vs Temperature

Mechanical Dimensions

Package

14-DIP



Ordering Information

Product Number	Package	Operating Temperature
LM324N	14-SOP	0 ~ + 70 °C
LM324AN		
LM324M	14-SOP	
LM324AM		
LM2902N	14-DIP	-40 ~ + 85 °C
LM2902M	14-SOP	



ASCII TABLE

Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Char
0	0	000	NUL (null)	32	20	040	SPACE	64	40	100	Ø	96	60	140	`
1	1	001	SOH (start of heading)	33	21	041	!	65	41	101	A	97	61	141	a
2	2	002	STX (start of text)	34	22	042	"	66	42	102	B	98	62	142	b
3	3	003	ETX (end of text)	35	23	043	#	67	43	103	C	99	63	143	c
4	4	004	EOT (end of transmission)	36	24	044	\$	68	44	104	D	100	64	144	d
5	5	005	ENQ (enquiry)	37	25	045	%	69	45	105	E	101	65	145	e
6	6	006	ACK (acknowledge)	38	26	046	&	70	46	106	F	102	66	146	f
7	7	007	BEL (bell)	39	27	047	'	71	47	107	G	103	67	147	g
8	8	010	BS (backspace)	40	28	050	(	72	48	110	H	104	68	150	h
9	9	011	TAB (horizontal tab)	41	29	051	)	73	49	111	I	105	69	151	i
10	A	012	LF (NL line feed, new line)	42	2A	052	*	74	4A	112	J	106	6A	152	j
11	B	013	VT (vertical tab)	43	2B	053	+	75	4B	113	K	107	6B	153	k
12	C	014	FF (NP form feed, new page)	44	2C	054	,	76	4C	114	L	108	6C	154	l
13	D	015	CR (carriage return)	45	2D	055	-	77	4D	115	M	109	6D	155	m
14	E	016	SO (shift out)	46	2E	056	.	78	4E	116	N	110	6E	156	n
15	F	017	SI (shift in)	47	2F	057	/	79	4F	117	O	111	6F	157	o
16	10	020	DLE (data link escape)	48	30	060	0	80	50	120	P	112	70	160	p
17	11	021	DC1 (device control 1)	49	31	061	1	81	51	121	Q	113	71	161	q
18	12	022	DC2 (device control 2)	50	32	062	2	82	52	122	R	114	72	162	r
19	13	023	DC3 (device control 3)	51	33	063	3	83	53	123	S	115	73	163	s
20	14	024	DC4 (device control 4)	52	34	064	4	84	54	124	T	116	74	164	t
21	15	025	NAK (negative acknowledge)	53	35	065	5	85	55	125	U	117	75	165	u
22	16	026	SYN (synchronous idle)	54	36	066	6	86	56	126	V	118	76	166	v
23	17	027	ETB (end of trans. block)	55	37	067	7	87	57	127	W	119	77	167	w
24	18	030	CAN (cancel)	56	38	070	8	88	58	130	X	120	78	170	x
25	19	031	EM (end of medium)	57	39	071	9	89	59	131	Y	121	79	171	y
26	1A	032	SUB (substitute)	58	3A	072	:	90	5A	132	Z	122	7A	172	z
27	1B	033	ESC (escape)	59	3B	073	;	91	5B	133	[	123	7B	173	{
28	1C	034	FS (file separator)	60	3C	074	<	92	5C	134	\	124	7C	174	|
29	1D	035	GS (group separator)	61	3D	075	=	93	5D	135	]	125	7D	175	}
30	1E	036	RS (record separator)	62	3E	076	>	94	5E	136	^	126	7E	176	~
31	1F	037	US (unit separator)	63	3F	077	?	95	5F	137	_	127	7F	177	DEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้