

การพัฒนาอุปกรณ์นำทางคนตาบอดโดยใช้เทคนิคทางคลื่นแสง



นาย ชัยวัฒน์ สูงกิจบูลย์
นางสาวนันทนา เมธีเกรียงไกร

เลขหม.....
เลขทะเบียน 47277
วัน, เดือน, ปี 27 ส.ย. 2546

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

ปัญหาพิเศษ/โครงการพิเศษที่เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Development of guiding device for blind based on optical technique



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
Academic Year 2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษ/ปัญหาพิเศษเรื่อง การพัฒนาอุปกรณ์นำทางคนตาบอดโดยใช้เทคนิคทางคลื่นแสง

นักศึกษา นาย ชัยวัฒน์ สูงกิจบูลย์
นางสาวนันทนา เมธีเกรียงไกร

ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. ปรีชา ยูพาพิน

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นับโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ	ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	
อาจารย์สำราญ คุณิพงษ์	
กรรมการ	
รศ.ดร.ปรีชา ยูพาพิน	
ผศ.เควีวัลย์ คีตะจิตต์	
อาจารย์เบญจพล ต้นผู้	



(ผศ. วิชาญ เตชิตธีระ)

หัวหน้าภาควิชา

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์โดยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการพิเศษเรื่อง/ปัญหาพิเศษ การพัฒนาอุปกรณ์นำทางคนตาบอดโดยใช้เทคนิคทางคลื่น
แสง

นักศึกษา นายชัยวัฒน์ สูงกิจบูลย์
นางสาวนันทนา เมธีเกรียงไกร

ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์

ปีการศึกษา 2545

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ รศ.ดร. ปรีชา ยูพาพิน

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษฉบับนี้เป็นโครงการชุด "การพัฒนาอุปกรณ์นำทางคนตาบอดโดยใช้เทคนิคทางแสง" ซึ่งได้พัฒนามาจากโครงการชุดการ "พัฒนาอุปกรณ์นำทางคนตาบอดโดยใช้เทคนิคทางคลื่นแสง ชุดที่ 1 " ในปีการศึกษา 2544 ซึ่งในโครงการชุดนี้ได้ทำงานพัฒนาในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมการแสดงผลของสัญญาณเตือนโดยการสั่น และสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title Development of guiding device for blind base on optical technique

Name Mr.Chaiwat Soongkijbool
 Miss.Nuntana Matheekrieangkrai

Department Applied Physics

Program Applied Physics

Academic year 2002

Special Project Advisor Assoc.Prof.Dr. Preecha Yupapin

Abstract

The special project is the development of a guiding device for blind base on optical technique which is advanced from the development of a guiding device for blind base on optical technique 1 or "Walking Stick 1" in academic year 2001. For this project is advanced in the part of microcontroller which operating is effective more than Walking Stick 1 and warning signal is showed by vibrating and voice signal.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้ผู้จัดทำมีความภูมิใจที่จะนำเสนออย่างมาก เนื่องจากโครงการที่น่าเสนอนี้เป็นโครงการที่เป็นประโยชน์แก่ผู้ที่มีความพิการทางสายตา อีกทั้งทางผู้จัดทำมีความตั้งใจ ห่มเท้างแรงกาย แรงใจ และกำลังทรัพย์ เพื่อให้โครงการชิ้นนี้สำเร็จลุล่วง แม้ว่าในระยะเวลา 1 ปีที่ผ่านมาผู้จัดทำได้ประสบปัญหามากมาย แต่ผู้จัดทำก็ไม่เคยคิดจะย่อท้อ อาทิเช่น อุปกรณ์ที่สั่งซื้อไม่เป็นไปตามที่คาดคิด คือ เลเซอร์และตัวขับเคลื่อน ซึ่งจำเป็นต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศไม่ได้ส่งมาโดยไม่แจ้งให้ทางผู้จัดทำทราบก่อน ทำให้ไม่สามารถจัดทำโครงการชิ้นนี้ได้อย่างสมบูรณ์ นี่เป็นเพียงปัญหาส่วนหนึ่งที่เกิดขึ้น แต่ไม่ว่าปัญหาจะมากน้อยเพียงใดก็ตามผู้จัดทำก็สามารถผ่านพ้นมาได้ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้น ผู้จัดทำก็ได้รับความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ อย่างมากมายจากบุคคลเหล่านี้ ซึ่งถ้าไม่ได้บุคคลเหล่านี้โครงการนี้ก็คงจะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้อย่างแน่นอน อันได้แก่

บิดาและมารดา

ซึ่งเป็นผู้ที่คอยให้กำลังใจ คอยห่วงใย และให้ความเข้าใจในเรื่องต่าง ๆ เสมอมา ไม่ว่าจะเป็นเรื่องการกลับบ้านซึ่งแทบจะไม่ได้กลับเลย หรือเรื่องกำลังทรัพย์

ศ.ดร. ปรีชา ยูพาพิน

ผู้ให้แนวทางในการจัดทำโครงการชิ้นนี้ขึ้นมา ทั้งยังให้ความรู้ คำปรึกษาต่าง ๆ และช่วยแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นให้ผ่านไปได้

อาจารย์ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา และถามไถ่ความคืบหน้า

รุ่นพี่ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ที่คอยให้คำปรึกษา และให้คำแนะนำเมื่อมีปัญหา

เพื่อน ๆ ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ขอบคุณที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือ ไม่ว่าจะเป็น อุปกรณ์ คอมพิวเตอร์ สถานที่ที่ใช้ทำโครงการ คำปรึกษา และความรู้ต่าง ๆ อธิบายให้ผู้จัดทำมีความเข้าใจยิ่งขึ้น

นาย ชัยวัฒน์

สูงกิจบูลย์

นางสาว นันทนา

เมธิเกรียงไกร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญของโครงงานพิเศษ	1
1.2 ที่มาของโครงงานพิเศษ	1
1.3 วัตถุประสงค์	1
1.4 ขอบข่ายการทำงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น	
2.1 การแทรกสอดแบบเซลล์ฟิสิกส์เชิง	4
2.2 การวัดระยะทางโดยใช้เทคนิคเซลล์ฟิสิกส์เชิง	14
2.3 โครงสร้างของเลเซอร์ไดโอด	15
2.4 คุณสมบัติต่าง ๆ ของอุปกรณ์ปล่อยแสง	20
2.5 โครงสร้างและการทำงานของารับแสง	22
2.6 โครงสร้างของอุปกรณ์รับแสง	24
2.7 คุณสมบัติของอุปกรณ์รับแสง	26
2.8 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล	28
2.9 ไมโครคอนโทรลเลอร์	34
บทที่ 3 การดำเนินงานและการวิจัย	
3.1 การดำเนินงานและการวิจัย"อุปกรณ์นำทางคนตาบอดโดยใช้เทคนิคทางคลื่นแสง" ปีการศึกษา 2544	36
3.2 การดำเนินงานและการวิจัย"อุปกรณ์นำทางคนตาบอดโดยใช้เทคนิคทางคลื่นแสง" ปีการศึกษา 2545	38
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง(ต่อ)

4.2	วิธีการทดสอบ	41
4.3	ผลการทดสอบ	43
4.4	วิจารณ์ผลการทดสอบ	48
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ		
5.1	สรุปผลการทดลอง	49
5.2	ปัญหาที่พบ	50
5.3	แนวทางการพัฒนา	50
เอกสารอ้างอิง		
ภาคผนวก		
ภาคผนวก ก	รูปของงานวิจัย รูปวงจร และโปรแกรม	52
	- โปรแกรมที่ใช้ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์	56
ภาคผนวก ข	ข้อมูลเกี่ยวกับไอซีที่ใช้ในงานวิจัย	60
	- ข้อมูลของไอซีแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลเบอร์ LTC 1298	61
	- ข้อมูลของไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51	69
	- ข้อมูลของไอซีบันทึกลงและเล่นเสียงเบอร์ ISD1420	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1	กำหนดการสำหรับการทำโครงการ	2
ตารางที่ 2	แสดงการเลือกช่องสัญญาณของ LTC 1298	31
ตารางที่ 3	แสดงรหัสเอาท์พุท	33
ตารางที่ 4	แสดงผลการทดลองวิธีที่ 1	44
ตารางที่ 5	แสดงผลการทดลองวิธีที่ 2	47
ตารางที่ 6	แสดงผลการทดสอบการทำงานของโปรแกรม	47



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1	แสดงแบบจำลองของการแทรกสอดแบบเซลล์ที่มีกึ่งซิง	4
รูปที่ 2.2(a)	แผนภาพแสดงผลการแทรกสอดแบบเซลล์ที่มีกึ่งซิงในชุดของเลเซอร์ไดโอด	5
	(b) แผนภาพแสดงเลเซอร์แบบควิตี้ภายนอก	
	(c) แผนภาพแสดงวงจรมุม	
รูปที่ 2.3	แสดงลักษณะการเกิดเซลล์ที่มีกึ่งซิงที่เกิดโดยเลเซอร์ไดโอด	6
รูปที่ 2.4	แสดงการคำนวณรูปคลื่นของฟังก์ชัน $F(\Phi)$ ที่ค่า C ต่าง ๆ	8
รูปที่ 2.5	การทดลองรูปคลื่นของสัญญาณเซลล์ที่มีกึ่งซิงที่ค่า A ต่าง ๆ กัน	9
รูปที่ 2.6	แสดงการคำนวณแอมพลิจูดของสัญญาณเซลล์ที่มีกึ่งซิงกับค่า แอดดีชันนอลขึ้นทางแสงรวม A ที่แหล่งกำเนิดเลเซอร์ชนิดต่างๆ	11
รูปที่ 2.7	แสดงการคำนวณแอมพลิจูดของสัญญาณเซลล์ที่มีกึ่งซิงและ SNR กับการฉีดกระแสของเลเซอร์ชนิด FP	13
รูปที่ 2.8	แสดงการสัญญาณเซลล์ที่มีกึ่งซิงในการวัดระยะทาง	15
รูปที่ 2.9 (a)	แสดงโครงสร้างทั่วไปของเลเซอร์ไดโอด	15
	(b) แสดงโครงสร้างของเลเซอร์ไดโอดแบบแบบแคบและแบบเฟรม	16
รูปที่ 2.10	แสดงโครงสร้าง, ระดับพลังงานพลังงานและลักษณะการเปลี่ยนแปลง ค่าดัชนีหักเหของเลเซอร์	17
รูปที่ 2.11	แสดงโครงสร้างแบบพลาสมาไดรฟ์	19
รูปที่ 2.12	แสดงโครงสร้างของเอ็มเบดดิ้งไดรฟ์	20
รูปที่ 2.13	แสดงรูปคลื่นเอาท์พุทของแสงและการมอดูเลตในการส่งสัญญาณดิจิตอล	21
รูปที่ 2.14	คุณสมบัติการมอดูเลตความเข้มแสงของอุปกรณ์ปล่อยแสง	22
รูปที่ 2.15	แสดงบริเวณปลอดภัย	23
รูปที่ 2.16	แสดงหลักการการทำงานการรับแสงและระดับพลังงานของพินโฟโตไดโอด	25
รูปที่ 2.17	แสดงหลักการการทำงานการรับแสงและระดับพลังงานของอะวาลานซ์โฟโตไดโอด	26
รูปที่ 2.18	แสดงแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้และกระแสที่เกิดแสง	27
รูปที่ 2.19	แสดงการทำงานของวงจรการแปลงสัญญาณแบบซีกเซสซีฟ-แอ็พริออคซิเมชัน	29
รูปที่ 2.20	แสดงวงจรการแปลงสัญญาณแบบซีกเซสซีฟ-แอ็พริออคซิเมชัน	30
รูปที่ 2.21	แสดงข้อมูลอินพุต	31
รูปที่ 2.22	แสดงกราฟการส่งสัญญาณของรหัสดิจิตอล	32
รูปที่ 2.23	แสดงการทำงานของวงจรส่งสัญญาณของ LTC1298	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของอุปกรณ์	36
รูปที่ 3.2 แสดงลำดับการทำงานของอุปกรณ์	37
รูปที่ 3.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงาน	38
รูปที่ 3.4 แสดงลำดับการทำงานของอุปกรณ์	40
รูปที่ 4.1 แสดงการจัดอุปกรณ์ทดสอบวงจรแปลงสัญญาณโดยสังเกต จากกราฟที่ได้จากออสซิลโลสโคป	42
รูปที่ 4.2 แสดงการต่ออุปกรณ์ทดสอบค่าการแปลงสัญญาณเทียบกับโปรแกรมแสดงผล	42
รูปที่ 4.3 แสดงตัวอย่างที่วัดได้จากสัญญาณออสซิลโลสโคป	43
รูปภาคผนวก	
รูปภาคผนวก ก	
- รูปแสดงงานวิจัยชุดอุปกรณ์นำทางคนตาบอด	53
- รูปแสดงวงจรคอนโทรลเลอร์ วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้แสดงผล	53
- รูปของวงจรส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์และวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล	54
- รูปของวงจรบันทึกและเล่นเสียง	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ/ปัญหาพิเศษ

โครงการพิเศษฉบับนี้เป็นโครงการพิเศษที่จัดทำขึ้นเพื่อเป็นการช่วยเหลือผู้ที่พิการทางดวงตา เป็นการสานต่อโครงการที่เคยทำขึ้นครั้งนี้มีชื่อว่า "Walking Stick 2" หรือ "ไม้เท้าเสียงอุปสรรค" สำหรับที่มีความพิการทางสายตา โดยอาศัยความรู้เกี่ยวกับฟิสิกส์เข้ามาประยุกต์ใช้ ซึ่งโครงการพิเศษที่เราจัดทำขึ้นมานี้จะอาศัยหลักการแทรกสอดแบบเซล์ฟมิกซิง (Self-Mixing Interference : SMI) ซึ่งก็คือการแทรกสอดแบบรวมกันในตัวเอง กล่าวคือเมื่อมีการยิงลำแสงเลเซอร์ (Laser) ออกจากตัวขับเลเซอร์(Driver) สู่วัตถุที่เราต้องการพิจารณา แล้วเกิดการสะท้อนกลับ ซึ่งจะมีลำแสงส่วนหนึ่งกลับเข้าสู่ตัวตรวจวัด(Detector) ในที่นี้คือ โฟโตไดโอด (Photodiode) ส่วนกำลังที่สะท้อนกลับมากจะมากหรือน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุที่เราพิจารณา ว่ามีการดูดกลืน(Absorption) มากน้อยเพียงใด และแสงที่สะท้อนกลับมาจะรวมกับแสงที่ยังออกไป ทำให้เกิดเป็นการแทรกสอดแบบเซล์ฟมิกซิง

1.2 วัตถุประสงค์

การทำโครงการพิเศษอุปกรณ์ไม้เท้าคนตาบอดนี้ คณะผู้จัดทำมีความประสงค์ที่จะจัดทำขึ้นมาเพื่อ

- 1.2.1 ศึกษาการแทรกสอดแบบเซล์ฟมิกซิง (Self-Mixing)
- 1.2.2 ศึกษาการแปลงแสงไฟฟ้า(O/E) และศึกษาการแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอล
- 1.2.3 ศึกษาการแสดงผลโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)
- 1.2.4 เพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่มีความพิการทางสายตา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ในโครงการพิเศษเรื่องการพัฒนาอุปกรณ์นำทางคนตาบอด มีผู้จัดทำโครงการ 2 คน โดยแบ่งงานออกเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

- 1.3.1 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ได้แก่
 - 1.3.1.1 การแทรกสอดแบบเซล์ฟมิกซิง (Self-Mixing)
 - 1.3.1.2 คุณสมบัติและโครงสร้างของเลเซอร์ไดโอดและโฟโตไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนลิขสิทธิ์เป็นดิจิตอล (Digital) อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1.3.1.4 การประมวลสัญญาณ
- 1.3.1.5 วงจรที่เกี่ยวข้อง
- 1.3.2 ทำการต่อวงจรที่ศึกษาและหาข้อมูลไว้เรียบร้อยแล้ว
- 1.3.3 ทำการทดลองวงจรที่ต่อไว้ ถ้าพบปัญหาทำการแก้ไขและดัดแปลงให้พร้อมใช้งานจากนั้นสังเกตแรงดันกับระยะทาง พร้อมทั้งเขียนกราฟของวัสดุที่เป็นสิ่งกีดขวางแต่ละชนิด ซึ่งมีความแตกต่างกัน
- 1.3.4 ทำการทดลองใช้จริง
- 1.3.5 พัฒนาวงจรให้มีขนาดเล็ก

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีการดำเนินงาน

ตารางที่ 1 กำหนดการสำหรับการทำโครงการนี้มีขั้นตอนการวิจัยดังนี้

กิจกรรม	ม.ย.	ก.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
	2545	2545	2545	2545	2545	2545	2546	2546
ส่งชื่อโครงการและ เลขชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	😊							
ศึกษาทฤษฎีที่ เกี่ยวข้องกับโครงการ		😞						
เลือกอุปกรณ์ที่ใช้และจัดซื้อ			😊					
ออกแบบวงจรที่ต้องใช้และ เขียนรายงานโครงการ				😊				
ดำเนินการในส่วนขอ ไม่โครคอนโทรลเลอร์					😊			
ดำเนินการในส่วน AVD และ ของการเขียนโปรแกรม						😊		
ทำการปรับปรุงและแก้ไข							😊	
เขียนรายงานโครงการ								😊

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.5.1 ผู้ที่มีความพิการทางสายตามีความสะดวกและปลอดภัยในการเดินทางมากขึ้น
- 1.5.2 ได้รับความรู้เรื่อง การแทรกสอดแบบเซลฟ์มิกซิง (Self-Mixing Interference)
- 1.5.3 พัฒนาทักษะด้านกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาของผู้จัดทำ
- 1.5.4 สามารถนำหลักการในโครงการพิเศษนี้ไปพัฒนาให้เกิดประโยชน์ด้านอื่นได้
- 1.5.5 ทำให้ผู้จัดทำมีความชำนาญในการศึกษาและการต่อวงจรมากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

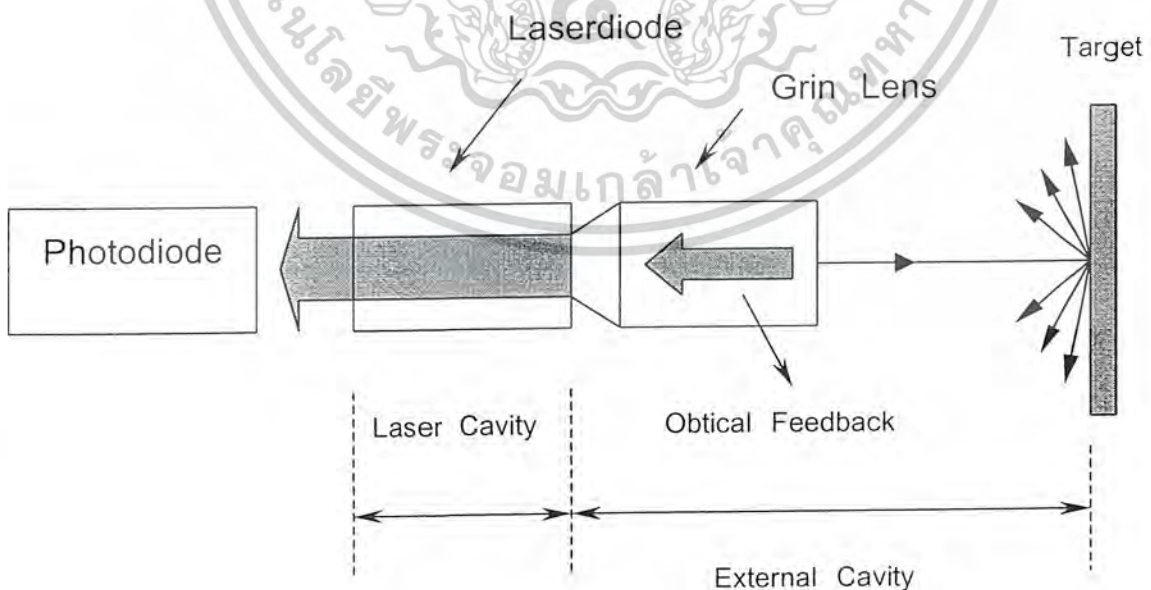
บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการเบื้องต้น

2.1 การแทรกสอดแบบเซลฟ์มิกซ์ซิง(Self-Mixing Interference)

การแทรกสอดแบบเซลฟ์มิกซ์ซิง (Self-Mixing Interference) เป็นการแทรกสอดชนิดหนึ่ง โดยอาศัยเทคนิคการย้อนกลับของแสง กล่าวคือ การศึกษาการแทรกสอดแบบเซลฟ์มิกซ์ซิงนี้ เรา จะใช้เลเซอร์ไดโอด (Laserdiode หรือ LD Package) เป็นแหล่งกำเนิดแสงซึ่งภายในเลเซอร์ไดโอดนี้ จะมีโฟโตไดโอด (Photodiode) อยู่ด้วย โดยจะทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับแสงที่เข้ามา แล้วทำการประมวลผลแปลงผลเป็นค่าที่ต้องการวัดหลักการคือ เมื่อมีการยิงลำแสงออกจากเลเซอร์ไดโอด แล้ว ลำแสงจะตกกระทบวัตถุที่เราพิจารณา (Target) จากนั้นจะมีลำแสงบางส่วนเกิดการย้อนกลับ ซึ่งจะ มากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับการดูดกลืน (Absorbtion) ของวัตถุที่เราพิจารณาหรือดูที่สัมประสิทธิ์การ สะท้อน

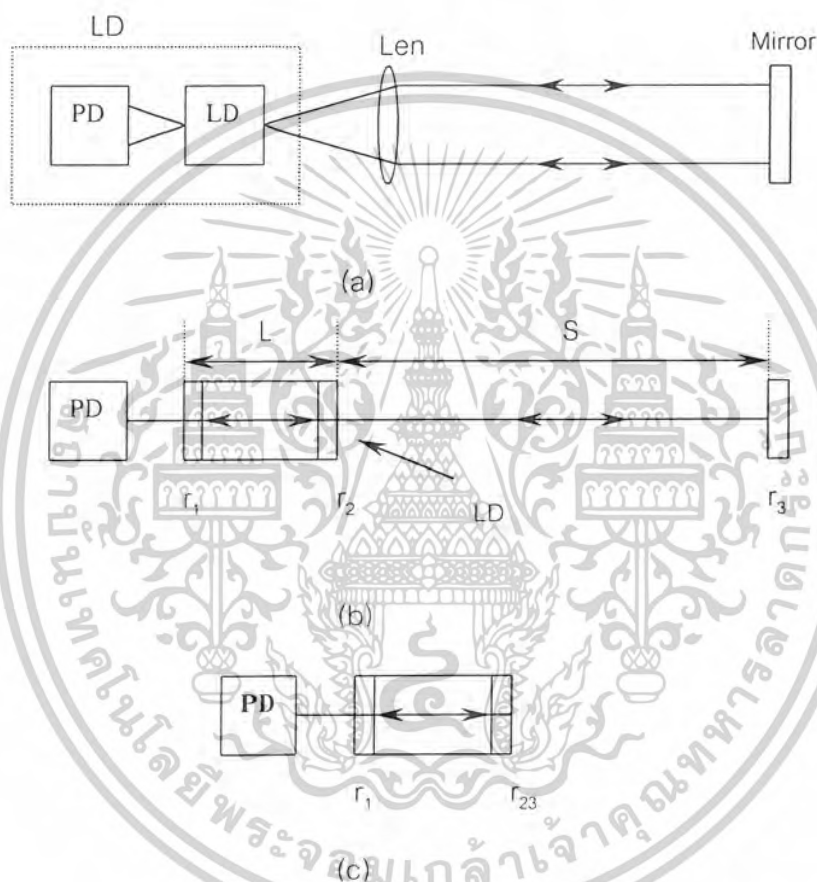
เมื่อแสงมีการย้อนกลับในแนวเดิมแสงจะเกิดการรวมกันกับแสงที่ยิงไปสู่วัตถุโดยเกิดการ แทรกสอดกันภายในตัวเลเซอร์ไดโอด และมีโฟโตไดโอดที่อยู่ภายในเลเซอร์ไดโอดเป็นตัวตรวจจับ สัญญาณที่เข้ามา จากนั้นโฟโตไดโอดจะส่งสัญญาณที่เข้ามานั้นเข้าสู่หน่วยประมวลผลแปลงผลเป็น ค่าที่ต้องการวัด



รูป 2.1 แสดงแบบจำลองของการแทรกสอดแบบเซลฟ์มิกซ์ซิง (Self-Mixing Interference) เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่นำไปเผยแพร่ขายโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของการแทรกสอดแบบเซลฟ์มิกซ์ซิง (Self-Mixing Interference) ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ทางแสงภายนอก เช่น ผลึกแยกลำแสง หรือ ตัวตรวจจับแสงภายนอก เป็นต้น ใช้เพียงชุดเลเซอร์ไดโอดที่มีโฟโตไดโอดอยู่ในตัวก็เพียงพอ ทำให้ง่ายต่อการใช้งาน ขนาดกะทัดรัด และประหยัด

- อธิบายการเกิดเซลฟ์มิกซ์ซิงโดยเลเซอร์แบบมีแควิตีภายนอก ดังนี้



รูปที่ 2.2 (a) แผนภาพแสดงผลการแทรกสอดแบบเซลฟ์มิกซ์ซิงในชุดของเลเซอร์ไดโอด
(b) แผนภาพแสดงเลเซอร์แบบแควิตีภายนอก
(c) แผนภาพแสดงวงจรสมมูล

สัญญาณที่ได้จากการแทรกสอดแบบการแทรกสอดแบบเซลฟ์มิกซ์ซิงนี้เป็นสัญญาณการแทรกสอดชนิดหนึ่ง เรียกว่า "สัญญาณการแทรกสอดแบบการแทรกสอดแบบเซลฟ์มิกซ์ซิง" ซึ่งทำให้เกิดขึ้นได้โดยการจัดชุดอุปกรณ์ ซึ่งประกอบด้วยไดโอดเซมิคอนดักเตอร์เลนส์ และกระจกสะท้อนภายนอก ดังรูปที่ 1(b) ซึ่งระยะระหว่างเลเซอร์ไดโอด และวัตถุที่ทดสอบ คือ "S" ในกรณีนี้ใช้โฟโตไดโอดที่อยู่ภายในเลเซอร์ไดโอดเป็นตัวตรวจวัดสัญญาณการแทรกสอดที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ 2.1(a) ผลของการเกิดค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแทรกสอดแบบเซลฟ์มิกซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลองเลเซอร์ไดโอดแบบแควิตี้ภายนอก ดังรูปที่ 2.1(b) โดยกระจกภายนอกมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนเป็น r_3 ถูกนำมาต่อกับเลเซอร์ไดโอด ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของกระจกที่ประกอบอยู่เป็น r_1 และ r_2 ตามลำดับ และเมื่อวงจรมูล ดังรูปที่ 2.1(c) จะมีประสิทธิภาพการสะท้อนของด้านประกอบของเลเซอร์ไดโอดเป็น r_{23} ซึ่ง

$$r_{\text{eff}} = r_{23} = r_2 + (1-r_2^2) r_3 \exp(-j\omega_r \tau_D) \quad (1)$$

เมื่อกำหนด $\xi = (1-r_2^2) \frac{r_3}{r_2}$ เป็นค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดการสะท้อนกลับจากวัตถุเข้ามาในแควิตี้เลเซอร์ไดโอด ดังนั้นสมการที่ (1) จะได้

$$r_{\text{eff}} = r_{23} = r_2 [1 + \xi \exp(-j\omega_r \tau_D)] \quad (2)$$

โดย $\omega_r \tau_D = 2\pi\nu_r \tau_D$ แทนเฟสที่เปลี่ยนไปเนื่องจากการย้อนกลับทางแสง

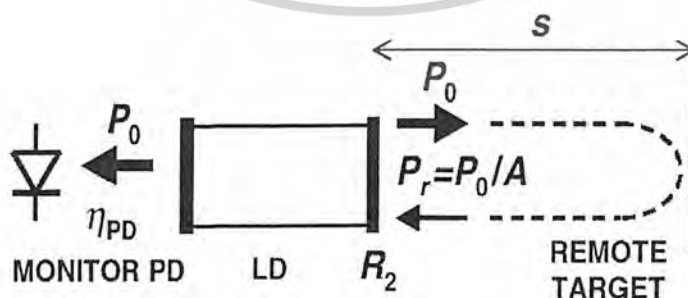
$\tau_D = \frac{2D}{c}$ แทนค่าเวลาไป-กลับระหว่างเลเซอร์ไดโอดกับวัตถุที่เรา

พิจารณา เมื่อ c คือ ความเร็วแสง

D แทน ระยะระหว่างเลเซอร์ไดโอดกับวัตถุที่เราพิจารณา

ν_r แทน ความถี่ของแสงย้อนกลับจากวัตถุที่เราพิจารณา

- อธิบายการเกิดเซลฟ์มิกซึ่งที่เกิดจากเลเซอร์ไดโอดชนิดต่างๆ



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะการเกิดเซลฟ์มิกซึ่งที่เกิดโดยเลเซอร์ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับกำลังของแสงที่ย้อนกลับสามารถหาได้จากสมการ

$$P(\Phi) = P_0 [1 + m F(\Phi)] \quad (3)$$

โดยที่ P_0 คือ กำลังที่ปล่อยออกไปโดยเลเซอร์ไดโอด

m คือ ค่าดัชนีการมอดูเลต (modulate index)

$F(\Phi)$ คือ ฟังก์ชันของเฟสการแทรกสอด Φ ซึ่ง $\Phi = 2ks$ ที่ 2π

ค่าดัชนีการมอดูเลต และลักษณะของฟังก์ชัน $F(\Phi)$ ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์การย้อนกลับทางแสง (C) ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$C = \frac{KS \sqrt{1 + \alpha^2}}{L_{las} n_{las}} \quad (4)$$

โดย α คือ แฟกเตอร์ของความกว้างสเปกตรัม (linewidth) ของเลเซอร์ไดโอด

L_{las} คือ ความยาวเลเซอร์แควิตี

n_{las} คือ ดัชนีหักเหที่แควิตี

และค่า K สามารถหาได้จาก

$$k = \frac{c}{\sqrt{A}} \frac{1 - R_2}{R_2} \quad \epsilon \leq 1 \quad (5)$$

โดย A คือ ค่ากำลังรวมแอตเทินนูเอชัน (Attenuation) ทางแสงภายนอกแควิตี

R_2 คือ กำลังเอาท์พุทที่สะท้อนมาทางด้านหน้าของเลเซอร์ไดโอด(ดังรูปที่ 2.3)

ด้วยเหตุนี้ค่า C พารามิเตอร์จึงขึ้นกับค่าฟีดแบ็ค (feedback) ที่สะท้อนกลับ และที่น่าสนใจคือ ระยะห่างจากเป้าหมาย (S) ค่า C พารามิเตอร์เป็นหลักสำคัญ เนื่องจากเป็นตัวแบ่งแยกความแตกต่างของฟีดแบ็คโดยจะแบ่งได้เป็น

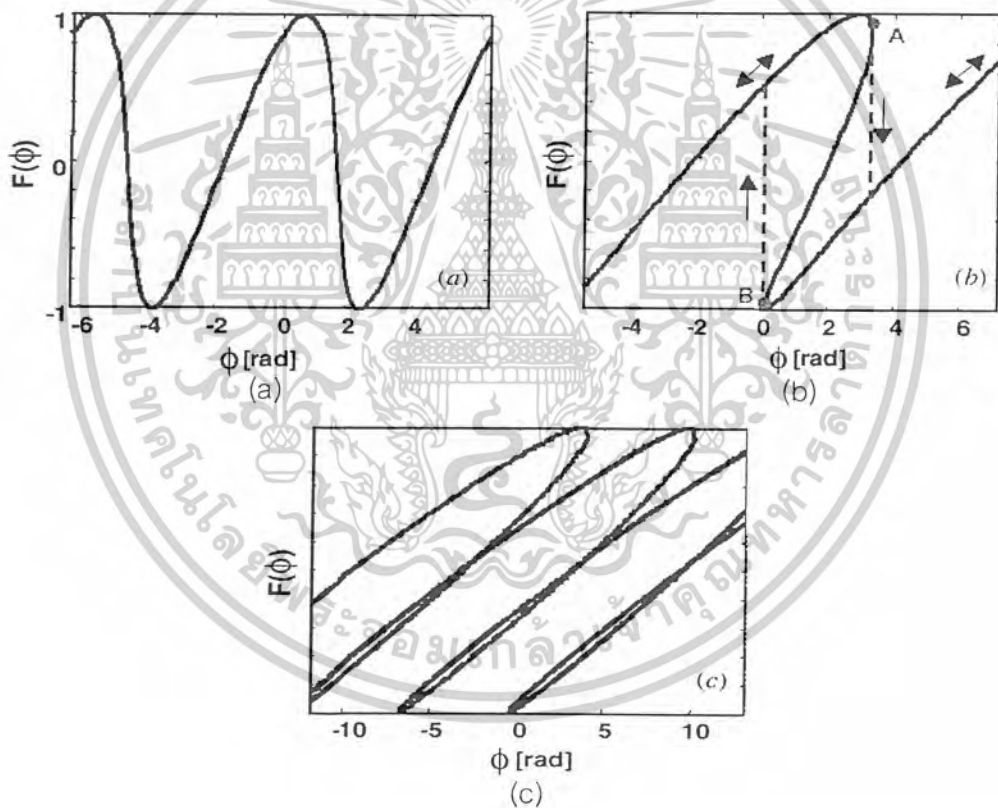
1. เมื่อ $C \ll 1$ แสดงว่าค่าฟีดแบ็คอ่อน (weak feedback) มาก ฟังก์ชัน $F(\Phi)$ จะเป็นฟังก์ชันของโคไซน์ (cosine) และ m เป็นปฏิภาคผกผันกับ \sqrt{A}

2. เมื่อ $0.1 < C < 1$ มีค่าฟีดแบ็คอ่อน (weak feedback) ฟังก์ชัน $F(\Phi)$ จะบิดไปแสดงว่ามีรูปร่างไม่สมมาตร ดังรูปที่ 2.3 (a) และ m เป็นปฏิภาคผกผันกับ \sqrt{A}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

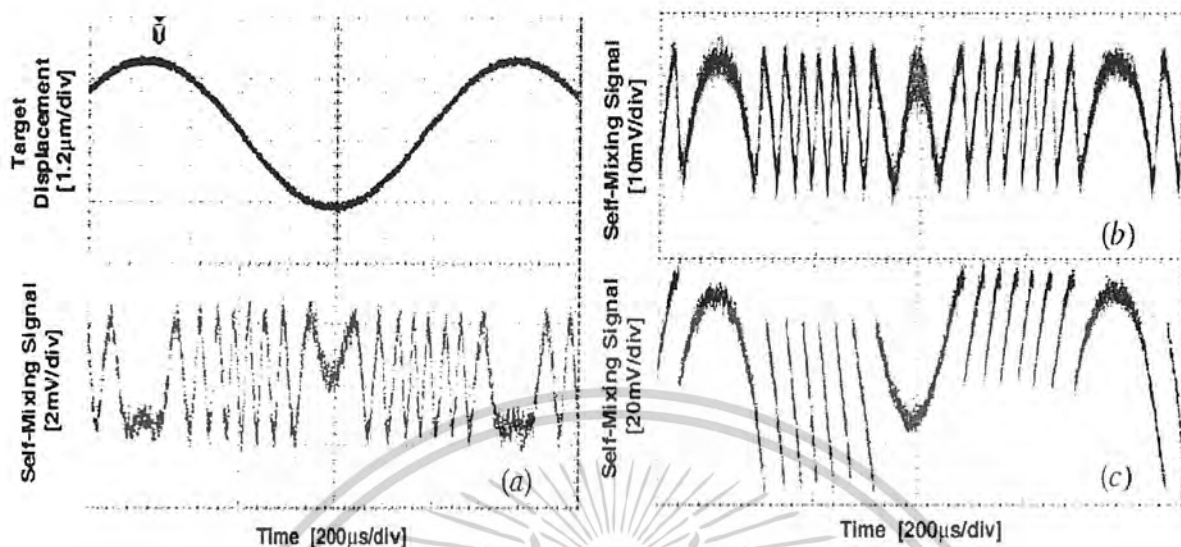
3. เมื่อ $1 < C < 4.6$ มีค่าฟีดแบ็ค (weak feedback) พอสสมควร ฟังก์ชัน $F(\Phi)$ จะมี 3 ค่า ของเฟสที่แน่นอน เช่น ในระบบที่เป็นไบสเทเบิล (bistable) มีสถานะเสถียรสองสถานะ และไม่เสถียรหนึ่งสถานะดังรูปที่ 2.4 (b) ค่า m จะเพิ่ม เมื่อค่า \sqrt{A} เพิ่ม \sqrt{A} แต่จะไม่มีค่ามากกว่าค่า สัญญาณการแทรกสอดจะกลายเป็นลักษณะฟันเลื่อย และเป็นฮิสเทอรีซิส (hysteresis) หมายถึง สัญญาณจากโฟโตนิกเทกเตอร์เกิดความแตกต่างอาจขึ้นหรือลง ขึ้นกับระยะทางของวัตถุที่ทดสอบว่า เพิ่มขึ้นหรือลง

4. เมื่อ $C > 4.6$ มีค่าฟีดแบ็คเข้ม (strong feedback) ฟังก์ชัน $F(\Phi)$ จะได้ 5 ค่า ดังรูปที่ 2.4 (c)



รูปที่ 2.4 แสดงการคำนวณรูปคลื่นของฟังก์ชัน $F(\Phi)$ ที่ค่า C ต่างๆ ดังนี้ (a) $C = 0.7$, (b) $C = 3$, (c) $C = 10$ ใน (b) ส่วนของ AB ไม่เสถียร เมื่อระบบใน A และ Φ เพิ่ม จะกระโดดลงมาตามเส้นประ เมื่อระบบใน B และ Φ ลดลงมันจะกระโดดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การทดลองรูปคลื่นของสัญญาณเซล์ฟมิกซ์ซึ่งที่ค่า A ต่างๆ กัน รูปบนซ้าย สัญญาณขับ ลำโพงที่ 657 Hz, $1.2 \mu\text{m}/\text{div}$ (a) $A \approx 2 \times 10^3, C \leq 1$ (b) $A \approx 8 \times 10^6, C \approx 1$ (c) $A \approx 4 \times 10^5, C > 1$

จากรูปที่ 2.4 (a) – (c) แสดงการคำนวณรูปร่างของ $F(\Phi)$ และรูปที่ 2.5 แสดงรูปสัญญาณ ต่อเวลาของกระแส (time-domain photocurrent) ของสัญญาณเซล์ฟมิกซ์ซึ่งที่ได้ เมื่อเฟสของสนาม สะท้อนกลับมีการเปลี่ยนแปลงแบบไซน์ไซดอล (sinusoidal) ตัวอย่างเช่น การเคลื่อนย้ายเป้าหมาย ระยะไกลของลำโพง ผลของสัญญาณเซล์ฟมิกซ์ซึ่ง คือ ฟังก์ชันของเฟสและแนวการแทรกสอดที่ สมบูรณ์ที่แต่ละค่าเวลา เฟสจะเปลี่ยนไป 2π ผลที่ได้ก็คือคาบร่วมตบสนองต่อเป้าหมายที่เคลื่อนที่ คือ $\lambda/2$

การนำมาประยุกต์ใช้ในลักษณะต่างๆ ของเซลล์ฟมิกซ์ซึ่ง เป็นที่น่าสนใจที่จะทำการวิเคราะห์ ในเรื่องนี้ ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าสัญญาณแอมพลิจูดของพารามิเตอร์ L_{las} (ความยาวของเลเซอร์แควิตี), S (ระยะห่างจากเป้าหมาย) และ A (ค่าแอมพลิจูดของแสงภายนอกแควิตี) เนื่องจากสัญญาณ แอมพลิจูดเป็นปริมาณผกผันกับ \sqrt{A} จึงเป็นประโยชน์ในการหาสูงสุดที่สามารถยอมรับค่ากำลังรวม แอมพลิจูดของสัญญาณโดยมีอัตราสัญญาณรบกวน (signal-to-noise ratio) SNR และเป็นตัว กำหนดขีดจำกัดเงื่อนไขการทำงานที่จะนำไปประยุกต์ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มต้นจากทฤษฎีการวิเคราะห์แอมพลิจูดโฟโตเคอเรนซ์ (photocurrent) ของสัญญาณเซลฟิมิกซึ่ง โดย S_1 สามารถคำนวณได้จาก

$$S_1 = \eta_{pd} \frac{q}{h\nu} P_0 \frac{2K\tau_p}{\tau_{las}} \frac{\frac{I}{I_{th}} - \frac{N_0}{N_{th}}}{\frac{I}{I_{th}} - 1}$$

$$= \eta_{pd} \frac{q}{h\nu} P_0 \frac{2\varepsilon\tau_p(1-R_2)}{\tau_{las} \sqrt{A}\sqrt{R_2}} \frac{\frac{I}{I_{th}} - \frac{N_0}{N_{th}}}{\frac{I}{I_{th}} - 1} \quad (6)$$

โดย $\eta_{pd} = \eta_{coupl} \times \eta_q$ ซึ่งได้จากการวัดสัมประสิทธิ์ของโฟโตไดโอดคัปปลิง (photodiode coupling efficiency : η_{coupl}) และสัมประสิทธิ์ควอนตัม (quantum efficiency : η_{pd})

และ τ_{las} คือ คาบเวลาไป-กลับในหนึ่งรอบ (laser round-trip time)

I คือ กระแสทำงาน

I_{th} คือ กระแสขีดเริ่ม

N_0/N_{th} คือ ค่าความหนาแน่นของพาหะที่เคลื่อน (transparency carrier density)

โดยค่า N_0/N_{th} มีค่ามากกว่าค่าความหนาแน่นของพาหะขีดเริ่ม ค่าแอมพลิจูด S_1 เป็นครึ่งหนึ่งของสัญญาณพิกทิวที่เคลื่อนไปเมื่อเฟสของสนามสะท้อนกลับเปลี่ยนไปน้อยกว่า 2π แสดงดังสมการที่ (3) ซึ่งจะสมบูรณ์เมื่อเป็นไปตามเงื่อนไข $C \leq 1$ รูปที่ 4 แสดงผลการคำนวณแอมพลิจูดของสัญญาณเซลฟิมิกซึ่งโฟโตเคอเรนซ์ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของ A ที่แหล่งกำเนิดเลเซอร์ไดโอดชนิดต่างๆโดยให้ระยะห่างจากเป้าหมาย $S = 1$ และแหล่งกำเนิดทั้งหมดมีพารามิเตอร์เป็น $\lambda = 850 \text{ nm}$, $P_0 = 10 \text{ mW}$ (ยกเว้น เลเซอร์ชนิด VCSEL ปล่อยแสง 3 mW), $\eta_{pd} = 0.016$, $\alpha = 5$, $\varepsilon = 0.5$ สำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ เป็นดังนี้

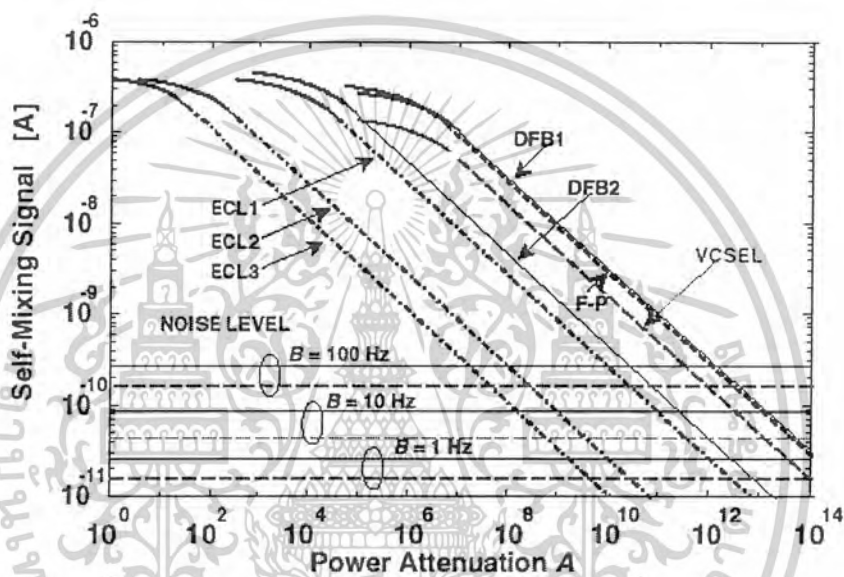
- FP : $L_{las} = 350 \mu\text{m}$, $\tau_p = 1.6 \text{ ps}$; $R_2 = 0.35$

- DFB 1 : $kL = 2$ (k คือ grating coupling factor), $L_{las} = 350 \mu\text{m}$, $\tau_p = 1.34 \text{ ps}$,

$R_2 = 0.25$

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (KMITA) และสงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ELC (เลเซอร์แควิตีภายนอก) 1 : $L_{las} = 0.01 \text{ m}$, $\tau_p = 1.9 \text{ ps}$; $R_2 = 0.35$
- ELC 2 : $L_{las} = 0.1 \text{ m}$, $\tau_p = 1.9 \text{ ps}$; $R_2 = 0.35$
- ELC3 : $L_{las} = 0.1 \text{ m}$, $\tau_p = 2.5 \text{ ps}$; $R_2 = 0.8$
- VCSEL : $L_{las} = 1.2 \mu\text{m}$, $\tau_p = 1.4 \text{ ps}$; $R_2 = 0.992$, $P_0 = 3 \text{ mW}$



รูปที่ 2.6 แสดงการคำนวณแอมพลิจูดของสัญญาณเซลฟ์มิกซิ่งกับค่าแอตเทนนูเอชันทางแสงรวม A ที่แหล่งกำเนิดเลเซอร์ชนิดต่างๆ เส้นหนาแสดงขอบเขต $C \geq 1$ เส้นแนวนอนแสดงระดับสัญญาณรบกวน (เส้นประแนวอนแสดงถึงเลเซอร์ชนิด VCSEL)

ช่วงกว้างของการทำงานเชิงเส้น ($S \propto 1/\sqrt{A}$) สามารถรับขอบเขต $C < 1$ (เส้นบาง) ได้ ด้วยเหตุนี้การสร้างลักษณะของเซลฟ์มิกซิ่งเช่นนี้ทำให้รับสัญญาณสะท้อนกลับได้ดีและวัดการกระเจิงกลับได้ดังรูปที่ 2.6 ขอบเขตที่ $C \geq 1$ (เส้นหนา) มีความสำคัญด้วยเหตุ 2 ประการ คือ

1. ถ้าสิ่งที่สนใจคือการวัดการสะท้อนกลับ ที่ขอบเขต $C \geq 1$ ซึ่งมีค่าแอตเทนนูเอชันต่ำกว่าที่จำกัด สำหรับการงานเชิงเส้น เพราะค่า $F(\Phi)$ ไม่มากกว่าค่าไซน์ไซดอล (sinusoidal) เช่น เกิด high-order harmonic และเกิดสัญญาณที่เหมาะสมในช่วงที่ค่าฟีดแบ็ค(feedback)เพิ่ม
2. ขอบเขตนี้เป็นประโยชน์มากสำหรับการวัดการเคลื่อนที่เพราะสัญญาณแสดงการสวิตช์

ซึ่งอย่างรวดเร็วทุกๆ $\lambda/2$ และนี้ทำให้การตรวจวัดการเคลื่อนที่ง่าย แม้ไม่ทราบทิศทาง เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับโครงการวิจัยนี้เพื่อใช้ประโยชน์เท่านั้น ไม่สามารถนำออกเผยแพร่ไปใช้ประโยชน์อื่นใดได้ เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการวัดค่า SNR เราสมมุติว่าการวัดถูกจำกัดโดยความสัมพันธ์กับความเข้มของสัญญาณรบกวนในโฟโตเคอเรนทอยส์ (photocurrent noise) หาได้จาก

$$I_n^2 = 2q\eta pd \frac{q}{h\nu} FP_0 B \quad (7)$$

โดย B คือ ค่าแบนวิดท์ที่ได้จากการวัด

F คือ แฟคเตอร์ของสัญญาณรบกวนส่วนเกิน

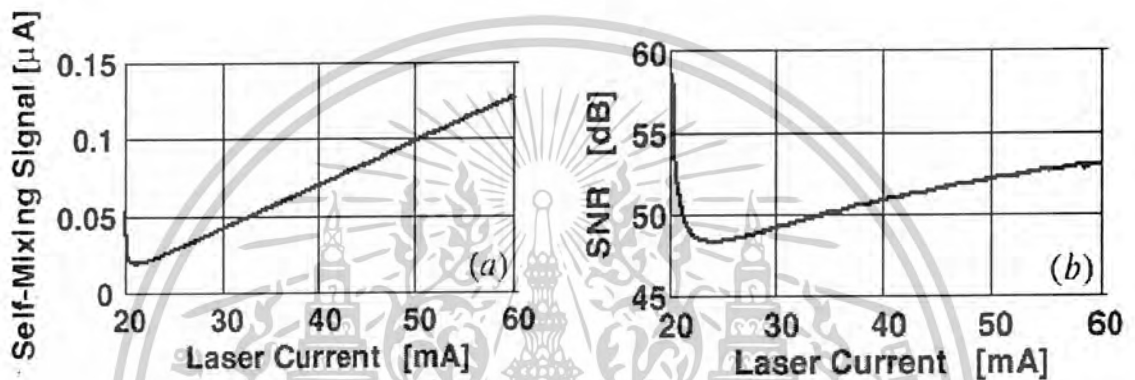
ระดับสัญญาณรบกวนแสดงดังรูปที่ 2.6 ซึ่งสามารถวัดค่าแบนวิดท์ได้ 3 ค่า (1, 10, 100 Hz) ทำให้สามารถพิจารณาได้ว่า เลเซอร์ชนิดฟาบรี-เพอโรท (Fabry-Perot) หรือ FB มีค่า $A \approx 10^{12}$ ทำให้ทนทานได้ดีและให้สัญญาณแบนวิดท์ 100 Hz ผ่านจากรูปที่ 2.6 สามารถบันทึกค่าสัญญาณเซลฟ์มิกส์ซึ่งที่ใหญ่ที่สุดของเลเซอร์ชนิด FP และชนิด DFB กับค่าเกรตติงคัปปลิงแฟคเตอร์ (grating coupling factor) ได้ เลเซอร์เหล่านี้ดีที่สุดที่ทำงานในขอบเขตที่เป็นฮิสเตอร์รีซิส ($C > 1$) เนื่องจากมันสามารถทนได้สูงกว่าค่าแอ็คทีฟที่ 10^7 ขึ้นไป และยอมให้ทำงานที่เบี่ยงหมายกระเจิงแสง เลเซอร์ชนิด DFB จะใช้งานได้ดีขึ้นอยู่กับค่าเกรตติงคัปปลิงแฟคเตอร์ (grating coupling factor : kL) ซึ่งส่งผลกับทั้งค่าไลฟ์ไทม์ (lifetime) และค่าเอ๊าท์พุตการสะท้อนของกระจก R_2 การให้ค่าแอ็คทีฟที่ 10^7 ทางแสง สัญญาณจะได้เลเซอร์ชนิด ECL จะมีค่าสนามแม่เหล็กเล็กกว่าเลเซอร์ชนิด FP และชนิด DFB ทั้งนี้เกี่ยวข้องกับค่าความยาวของเลเซอร์แควิตีที่ยาวกว่าของ ECL ด้วย เลเซอร์ชนิด ECL ต้องการมากกว่าค่าออปติคัลฟีดแบ็ค (optical feedback) ที่เข้มเพื่อจะได้มี ค่าฟีดแบ็คที่เหมาะสมกับค่า $C > 1$ ส่วนเลเซอร์ชนิด VCSEL จะให้สัญญาณที่เล็กกว่าเลเซอร์ชนิด FP

ในการกำหนดเงื่อนไขการทำงานทางแสงของการตรวจวัดสัญญาณเซลฟ์มิกส์และการฉีดกระแสเลเซอร์ไดโอดเป็นที่น่าสนใจพิจารณาจากรูปที่ 5 แสดงการคำนวณแอมพลิจูดของสัญญาณเซลฟ์มิกส์ซึ่งและ SNR เมื่อ $C = 1$ สำหรับเลเซอร์ชนิด FP ที่ค่าขีดเริ่มมีค่า 20 mA ที่ค่าขีดเริ่มนี้ค่า SNR จะแสดงค่าสูงสุดจากนั้นมันจะค่อย ๆ ลดลงจนเป็นค่าน้อยที่สุด และมันจะเพิ่มอีกครั้งเมื่อฉีดกระแสเข้าไป มันเป็นเหตุผลว่าการทำงานที่เหนือค่าขีดเริ่มจะทำได้ดีกว่ามาก อย่างไรก็ตามการทำงานที่จุดนี้จะไม่เหมาะสมด้วยเหตุผล 2 ประการ คือ

1. การที่ได้รับค่าช็อตโนยส์ลิมิต (shot-noise-limit) การทำงานจะใช้โอพ-แอม (Op-Amp) ขยายสัญญาณ เมื่อลดค่าระดับกำลังที่ต้องการจะทำให้ความต้านทานฟีดแบ็ค (feedback resistance) มาก ด้วยเหตุนี้จึงสามารถหาขีดจำกัดแบนด์วิดท์ (bandwidth) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทำงานของเซลล์มิกซ์ซึ่งโดยทั่วๆ ไปจะสามารถสังเกตได้ เมื่อเลเซอร์ไดโอดทำงานใน โหมดสัญญาณแนวยาว (single – longitudinal mode) หรืออย่างน้อยมันจะแสดงไซด์โหมด (side-mode) มากกว่า 7-8 dB เจ็อนไข่นี้ไม่ยังไม่เป็นที่น่าพอใจ หากเลเซอร์ทำงานเหนือค่าขีดเริ่ม ดังนั้นจากรูปที่ 5 จะสรุปการทำงานทางแสง และค่า SNR ที่ได้รับโดยการเพื่อการฉีดกระแสให้เลเซอร์ไดโอด



รูปที่ 2.7 แสดงการคำนวณแอมพลิจูดของสัญญาณเซลล์มิกซ์ซึ่งและ SNR กับกระแสของเลเซอร์ชนิด FP ที่กระแสขีดเริ่ม 20 mA และมีความแตกต่างของสัณฐานประสิทธิ์ 38.4 % (กำลังที่เลเซอร์ปล่อยออกไปที่ 60 mA คือ 11.2 mW) ขอต-นอยส์-ลิมิต (Shot-noise-limited) ตรวจวัดโดยการสมมติให้ $B = 100$ Hz, $C = 1$, $S = 1$ m

ดังนั้นจึงสรุปการวิเคราะห์ทฤษฎีของปรากฏการณ์เซลล์มิกซ์ซึ่งในเลเซอร์ไดโอด ได้ดังนี้

- รูปร่างที่ไม่สมมาตรของฟังก์ชัน $F(\Phi)$ เมื่อ $C > 0.5$ สามารถแยกทิศทางการเคลื่อนของเป้าหมาย ซึ่งเป็นจุดสำคัญ คุณลักษณะของเซลล์มิกซ์ซึ่งในเลเซอร์ไดโอดทำให้ กระจางในการวัดการแทรกสอดที่เคลื่อนที่ว่าเป็นไปได้ในการใช้ช่องการแทรกสอดเดี่ยว (single interferometric channel)
- สัณฐานประสิทธิ์การมอดูเลต m อยู่ในช่วงพีคแบ็คที่พอเหมาะ ในช่วง 0.5 – 5% จึงจะทำให้วัดค่าอื่นๆ ได้
- สัญญาณเซลล์มิกซ์ซึ่งจะรับได้จากช่องการแทรกสอดเดี่ยว (single-longitudinal mode) ของเลเซอร์ไดโอดชนิด FP ซึ่งไซด์โหมด (side-mode) จะใหญ่กว่า 7-8 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การวัดระยะทางโดยใช้เทคนิคเซลล์พิกัสซึ่ง

ประโยชน์อีกอย่างหนึ่งของเทคนิคการแทรกสอดแบบเซลล์พิกัสซึ่งก็คือ ความสามารถในการหาระยะทางของเป้าหมาย ระยะทางของเป้าหมายที่หยุดนิ่งสามารถวัดได้ จากการเกิดมอดูเลตของการกระจายของคลื่นของเลเซอร์ไดโอดด้วยรูปคลื่นแบบสามเหลี่ยม กำลังของเลเซอร์ไดโอดจะทำให้เกิดการมอดูเลตแบบสามเหลี่ยม นอกจากนี้สัญญาณของการแทรกสอดแบบเซลล์พิกัสซึ่งจะถูกช้อนทับด้วยตัวมันเอง โดยลำดับคลื่น (wavenumber) $k = 2\pi/\lambda$ จะเปลี่ยนไปโดย $\Delta k = -2\pi\Delta\lambda / \lambda^2$ โดยการนับจำนวน N ของการเกิดแนวการแทรกสอด เมื่อทราบค่าความยาวคลื่นที่เปลี่ยนไป ความยาวคลื่นจะหาได้จาก

$$S = \frac{\lambda^2}{2\Delta\lambda} N \quad (8)$$

ซึ่งตัวอย่างของรูปคลื่นเซลล์พิกัสซึ่งในกรณีนี้แสดงดังรูปที่ 2.8 ซึ่งบอกถึงค่าอนุลอกที่ได้มาจากการนับพัลส์ด้วยความละเอียดของการนับถูกจำกัดโดยปริมาณของความคลาดเคลื่อน $\Delta s = \pm \lambda^2 / 2\Delta\lambda$ การใช้โครงสร้างแบบสเตทออฟดิอาทอมัลติอิเล็กโทรด (state-of-the-art multi-electrode DBR structure) สามารถปรับสัญญาณเพิ่มจนถึง 375 GHz ความถูกต้องอยู่ที่ 0.5 mm จะรับระยะทางได้ที่ 0.6 m ซึ่งสามารถเปรียบได้กับที่ค่าความถูกต้อง 4 mm ที่ใช้เลเซอร์ไดโอดชนิด FP ซึ่งมีราคาถูก และมีค่าการเลื่อนของความถี่แสง (optical frequency shift) 36 GHz

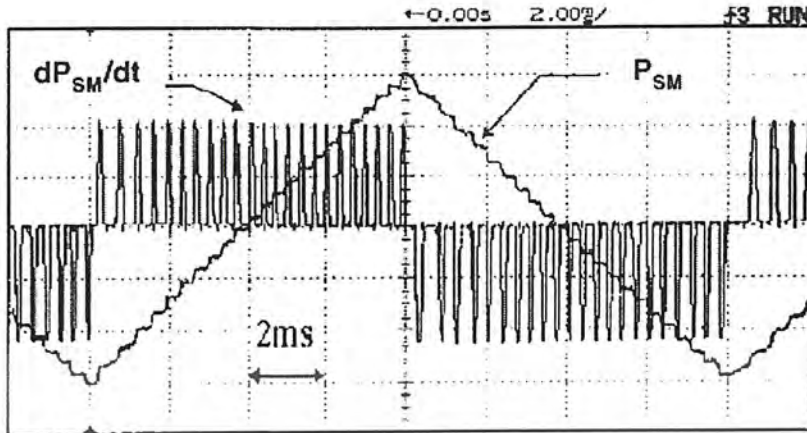
การปรับปรุงความถูกต้องสามารถทำได้ โดยการวัดค่าความถี่ของสัญญาณเซลล์พิกัสซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.8 โดยใช้สมการ

$$S = \frac{\lambda^2}{4d\lambda/dt} (f_{up} + f_{down}) \quad (9)$$

เมื่อ f_{up} คือ ความถี่ที่ลาดขึ้น

f_{down} คือ ความถี่ที่ลาดลง

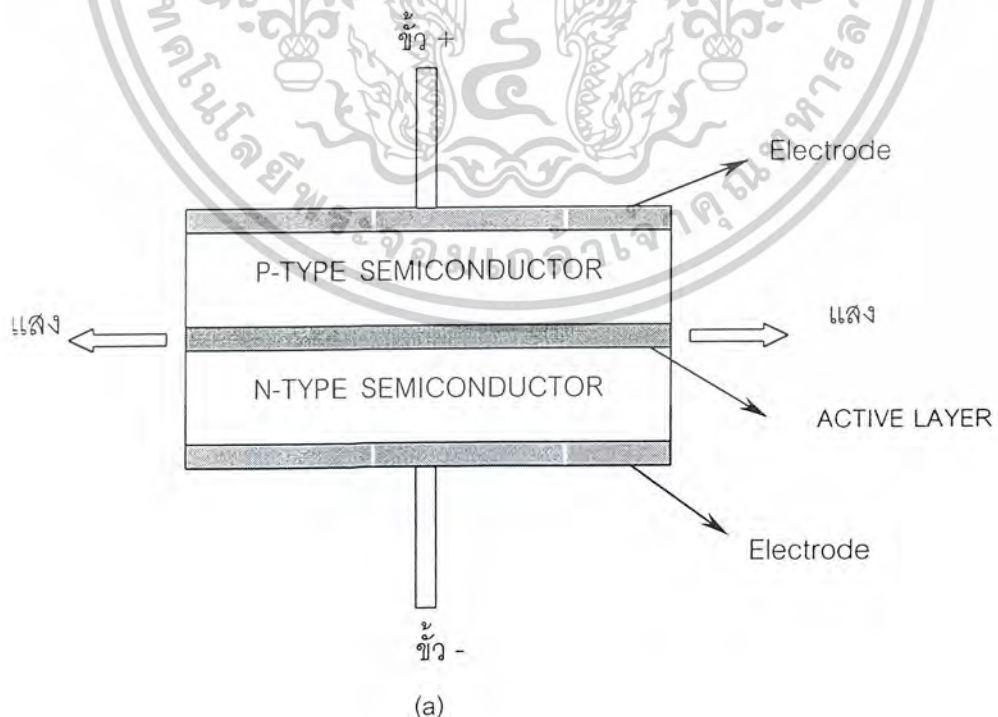
ในกรณีนี้การฉีดกระแสที่ถูกลมอดูเลตโดยสัญญาณรูปสามเหลี่ยม รวมทั้งการทำให้ความยาวคลื่นเป็นเชิงเส้น ดังนั้นจึงหลีกเลี่ยงความไม่เป็นเชิงเส้น เนื่องจากผลทางความร้อน โดยการใช้วิธีนี้คือ ความละเอียดสามารถปรับปรุงโดยการเพิ่มแพ็คเกจเป็น 8 และ ความถูกต้องทั้งหมดเป็น ± 0.5 mm ซึ่งรับได้ที่ช่วง 1-2 m โดยใช้เลเซอร์ไดโอดชนิด FP เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



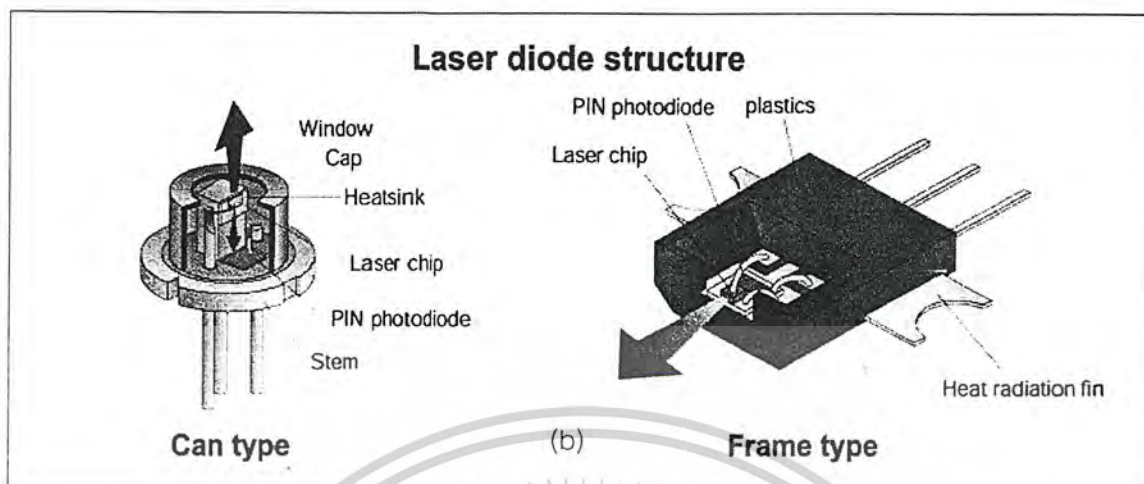
รูปที่ 2.8 แสดงการสัญญาณเซลล์ฟิสิกส์ซึ่งในการวัดระยะทาง โดยกระแสโมดูลของเลเซอร์ชนิด FP มีค่า 0.8 mA และสัญญาณอนาล็อกที่ได้มาจากการนับพัลส์

2.3 โครงสร้างของเลเซอร์ไดโอด (Laserdiode : LD)

โดยทั่วไปแล้ว LD จะมีโครงสร้างเป็น 3 ชั้น ในการทำให้เกิดการสั่นของเลเซอร์ (Laser Oscillation) นั่นคือส่วนที่ทำหน้าที่เป็นเรโซเนเตอร์ (Resonator) ซึ่งเรียกว่าชั้นทำงาน (Active Layer) มีตำแหน่งอยู่ระหว่างสารกึ่งตัวนำชนิดพี (p-type) และชนิดเอ็น (n-type)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

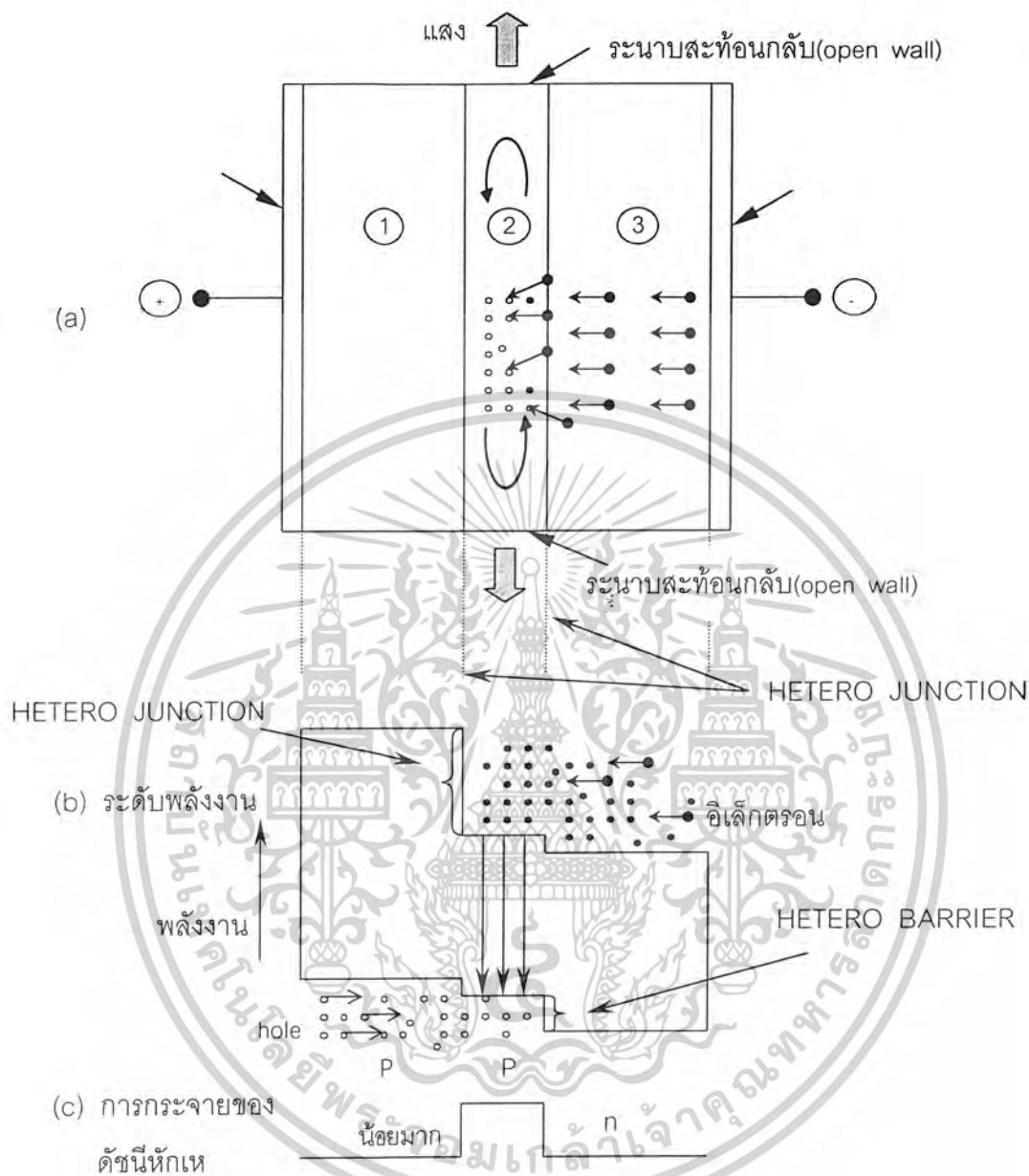


รูปที่ 2.9 (a) แสดงโครงสร้างทั่วไปของเลเซอร์ไดโอด

(b) แสดงโครงสร้างของเลเซอร์ไดโอดแบบแค้น(Can type)และแบบเฟรม(Frame type)

จากรูปที่ 2.9 (a) ถ้าให้กระแสไหลจากขั้ว + ไปยังขั้ว - (ทำการฉีดกระแส : Current Injection) จะเกิดแสงเลเซอร์ออกมาในทิศทางที่แสดงด้วยลูกศรเกี่ยวกับวิธีการเกิดการออกสติกเลต ของเลเซอร์นั้น อธิบายโดยเน้นบริเวณชั้นทั้ง 3 ของสารกึ่งตัวนำชนิดพี, ชนิดเอ็นและชั้นทำงาน (Active Layer) สำหรับ โครงสร้างของสารกึ่งตัวนำแบบนี้เรียกวารอยต่อดับเบิลเฮเทโร นั้นหมายความว่ารอยต่อของชั้นของสาร ประกอบต่างกันนั้นมี 2 ด้าน โครงสร้างระดับพลังงาน , ระดับพลังงานและลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่า ดัชนีหักเหของเลเซอร์ไดโอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

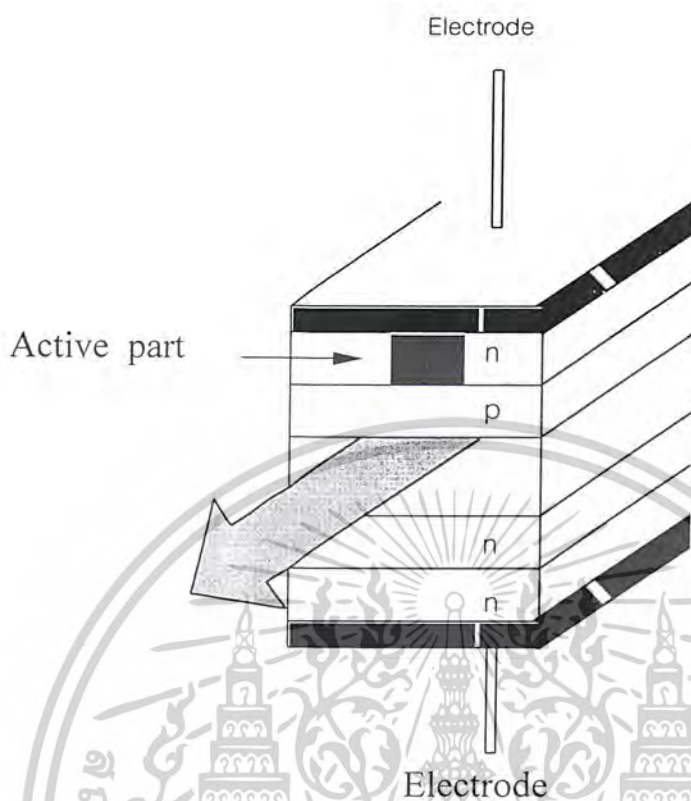


รูปที่ 2.10 (a) แสดงโครงสร้าง
 (b) ระดับพลังงานพลังงาน
 (c) ลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าดัชนีหักเหของเลเซอร์

ในการทำให้เกิดการสั่นของเลเซอร์ (Laser Oscillation) นั้นจะต้องทำให้ผลต่างระหว่างระดับพลังงานของแถบนำ (Conduction Band) ของชั้นทำงานมีค่ามากพร้อมทั้งทำให้ผลต่างระหว่าง พลังงานของแถบนำกับแถบวาเลนซ์ของสารกึ่งตัวนำชนิดพี (p-type) มีค่ามากด้วย นอกจากนี้ยังต้องทำระดับพลังงานของแถบวาเลนซ์ของสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (n-type) มีค่าต่ำกว่าระดับพลังงานของแถบนำของชั้นทำงานด้วยจากนั้นจึงนำมาเชื่อมต่อกันจะได้ระดับพลังงานไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงดังรูป 2.10 (b) เมื่อทำให้กระแสไหลจากสารกึ่งตัวนำที่มีการเชื่อมต่อกันในลักษณะที่กล่าวมาในข้างต้น โดยให้มีทิศทางไหลจากสารกึ่งตัวนำชนิดพี (p-type) ไปยังชนิดเอ็น (n-type) จะเป็นผลให้อิเล็กตรอนส่วนเกินที่มีอยู่ในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (n-type) ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.10(a) ส่วนที่ 1 เคลื่อนที่ไปยังชนิดพี (p-type) และโฮลส่วนเกินที่มีอยู่ในชนิดพี (p-type) แสดงในรูปที่ 2.10(a) ส่วนที่ 3 เคลื่อนที่ไปยังชนิดเอ็น (n-type) ผลของการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและโฮลเหล่านี้ทำให้เกิดอิเล็กตรอนและโฮลอยู่ในชั้นทำงาน (Active Layer) แสดงในรูปที่ 2.10(a) ส่วนที่ 2 และโดยทั่วไปชั้นทำงาน (Active Layer) จะใช้สารกึ่งตัวนำชนิดพี (p-type) เมื่อมาถึงจุดนี้ให้สังเกตถึงระดับพลังงานของทั้ง 3 ชั้นที่แสดงใน รูปที่ 2.10 จะเห็นว่ามีความกึ่งของพลังงานเรียกว่า เฮเทอโรบาร์ริเออร์ (Hetero Barrier) ขึ้นทำให้อิเล็กตรอนและโฮลที่เคลื่อนที่ไปนั้นถูกขังอยู่ในชั้นทำงาน (Active Layer) เป็นผลให้เกิดสภาพการกระจายแบบอินเวอร์ชัน (Inversion Distribution) ได้อย่างดี ทำให้มีการขยายความเข้มของการปล่อยแสงโดยการทำให้ดัชนีหักเหของชั้นทำงาน (Active Layer) มีค่ามากกว่าชั้นข้างเคียง ดังรูป 2.10(c) แสงที่ถูกปล่อยออกมาจะถูกกักเดินทางอยู่ในชั้นทำงาน ผลจากการกักอิเล็กตรอนและโฮลไว้ในชั้นทำงาน ทำให้ได้การปล่อยแสงที่มีประสิทธิภาพดี

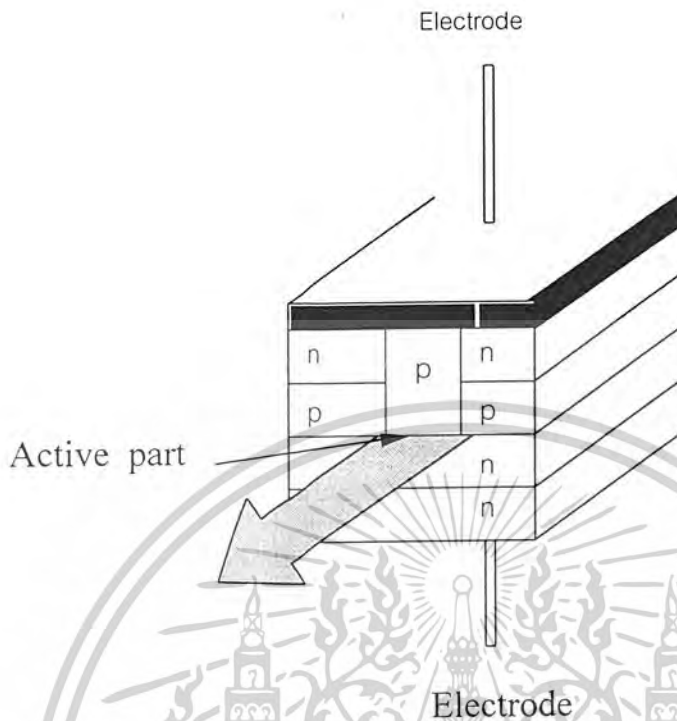
ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่าแสงจะออกมาจากระนาบสะท้อนกลับ โดยที่ระนาบการสะท้อนกลับนี้ทำจากสิ่งที่มีคมมาก ๆ คล้ายกับนำมิดโคนไปตัดสารกึ่งตัวนำที่ประกบกันเป็นเลเซอร์ไดโอดให้มีช่องเปิดเรียกว่าโอเพ่นวอลล์ (Open Wall) ซึ่งการทำเช่นนี้แสงเลเซอร์จะถูกกักขังอยู่ในชั้นทำงานได้ดีแต่เมื่อมันเดินทางมาถึงช่องเปิด จะหลุดออกข้างนอกตลอดแนวช่องเปิดทำให้ประสิทธิภาพการเชื่อมแสงเข้ากับเส้นใยแสงไม่ดีด้วยเหตุนี้ เพื่อเป็นการทำให้ประสิทธิภาพดี จำเป็นต้องมีการปรับปรุงเพื่อให้มีปฏิริยาการนำคลื่นแสงในทิศทางแนวนอน ตัวอย่างหนึ่งของวิธีการปรับปรุงคือ สิ่งที่เรียกว่า โครงสร้างแบบพลาแนสโตริป (Planar Stripe Structure) แสดงดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 แสดงโครงสร้างแบบพลาแนลสไตรป์ (Planar Stripe Structure)

เพื่อให้การผลิตเลเซอร์ไดโอด (การสร้างขั้วผลึกและขั้วไฟฟ้า) ทำได้ง่ายโดยให้โครงสร้างเป็น 5 ชั้น และทำให้บริเวณที่กระแสไหลมีขนาดแคบ ส่วนของการสั่นของเลเซอร์ (Laser Oscillation) เป็นการใช้หลักการที่ทำให้การสั่นเกิดขึ้น เฉพาะตรงส่วนที่ทำให้กระแสไหล นั่นคือตรงส่วนที่มีการกระตุ้นเท่านั้น จากรูปที่ 2.9 ชั้นบนสุดเป็นชั้นที่มีขั้วไฟฟ้าบวกติดอยู่เป็นสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นเกือบทั้งหมด แต่จะมีเฉพาะส่วนหนึ่งเท่านั้นที่แคบมากที่เป็นชนิดพี (p-type) ซึ่งจะทำให้ไม่มีกระแสไหลตรงส่วนเชื่อมต่อของสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (n-type) กับ ชนิดพี (p-type) เนื่องจากคุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำนั้นกระแสจะไม่ไหลจากชนิดเอ็นไปชนิดพี แต่จะไหลจากตรงส่วนเชื่อมต่อของสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (n-type) ไป ชนิดพี (p-type) นั่นคือ ส่วนของชนิดพี (p-type) ของชั้นที่ 1 จะทำหน้าที่เป็นทางไหลของกระแสกลายเป็นแถบสไตรป์ (Stripe) หนึ่งของชั้นทำงาน จึงเรียกว่า "ชนิดพลาแนลสไตรป์" โครงสร้างแบบอื่นที่มีคุณสมบัติดีกว่าแบบชนิดพลาแนลสไตรป์และนิยมใช้กันมากคือ แบบชนิดเอ็มเบดดิ้งสไตรป์ (Embedding Stripe Type) ดังแสดงในรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงโครงสร้างของเอ็มเบดดิ้งสไตรป์ (Embedding Stripe Type)

โครงสร้างนี้มีลักษณะที่ทำให้ค่าดัชนีหักเหของชั้นทำงาน มีชั้นของสารกึ่งตัวนำชนิดพีอยู่ ซึ่งจะเหมือนกับชนิดของพลาสมาไดรฟ์ และกระแสจะไหลเฉพาะส่วนนี้เท่านั้นจากข้างบนไปข้างล่างนอกจากจะทำให้เกิดการสั่นของเลเซอร์ (Laser Oscillation) ด้วยกระแสที่มีค่าน้อยแล้ว ยังทำให้ค่าดัชนีหักเหของชั้นทำงานมีค่าสูงมากอีก จึงเป็นผลให้ประสิทธิภาพของการกักแสงเพิ่มขึ้น สามารถได้แสงที่เปล่งออกมาเป็นลำแสงที่คมชัดมากกว่า

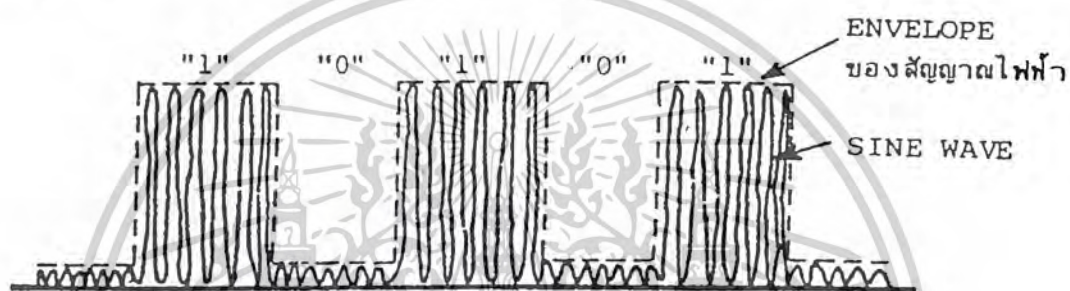
2.4 คุณสมบัติต่าง ๆ ของอุปกรณ์เปล่งแสง

คุณสมบัติต่าง ๆ ของอุปกรณ์เปล่งแสง ได้แก่

- คุณสมบัติการผสมของแสงกับไฟฟ้า นั่นคือกำลังเอาต์พุต (Output Power) ของแสง และ ความเป็นเชิงเส้น (Linearity)
- ความกว้างของสเปกตรัมของแสง
- ความเร็วในการตอบสนองต่อความถี่ (Frequency Response Speed) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

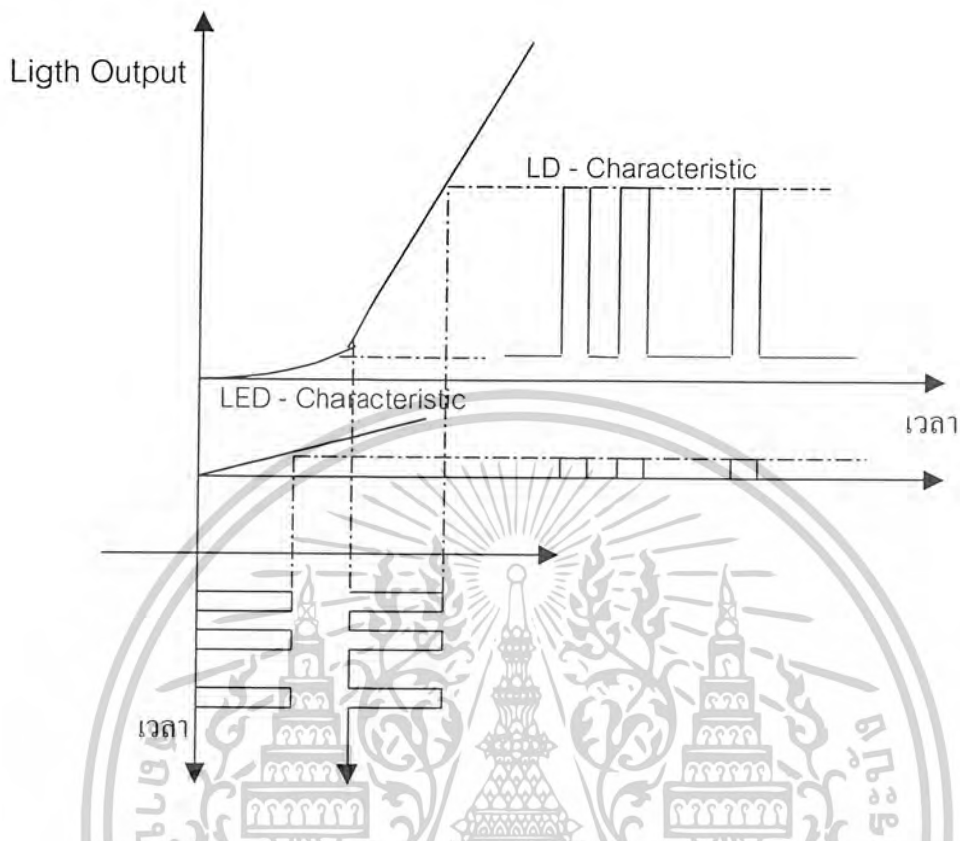
(Multiplex) ในระบบการส่งสัญญาณอนาล็อกของการส่งสัญญาณพาหะ และการส่งสัญญาณไมโครเวฟที่ใช้อยู่ทั่วไป แต่จะใช้การผสมที่เรียกว่า การมอดูเลตความเข้มแสง (Intensity Modulation) ซึ่งทำการผสมโดยตรงกับความเข้มแสง ตัวอย่างเช่น เลขดิจิทัลของรูปคลื่นเอาท์พุทที่ได้จะแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.13 กล่าวคือ แสงจะเกิดการกระพริบสว่างหรือดับตามสัญญาณไฟฟ้าที่เป็น "1" หรือ "0" ในความเป็นจริงแล้วความยาวคลื่นของสัญญาณคลื่นจะมีค่าสั้นกว่าของสัญญาณไฟฟ้ามาก ดังนั้นในการเ็นวิลิอพอ (Envelop) "1" ของสัญญาณไฟฟ้าจะมีแสงที่มีความยาวคลื่นหลายค่าอยู่ข้างใน ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แสดงรูปคลื่นเอาท์พุทของแสงและการมอดูเลตในการส่งสัญญาณดิจิทัล

สำหรับคุณสมบัติการมอดูเลตของอุปกรณ์ปล่อยแสงแสดงดังรูปที่ 2.14 ซึ่งจะเห็นได้ว่าเนื่องจากแอลอีดี (LED) ใช้ปรากฏการณ์การปล่อยแสงตามธรรมชาติ ดังนั้นปริมาณของแสงที่ปล่อยออกมาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสที่ป้อนเข้าไปกระตุ้นแต่สำหรับเลเซอร์ไดโอดนั้นใช้การเกิดการสั่น (Oscillation) โดยการกระตุ้นให้ปล่อยแสง (Stimulating Emission) ดังนั้นปริมาณของแสงที่ปล่อยออกมาจะมีลักษณะเพิ่มปริมาณขึ้นอย่างรวดเร็ว เมื่อเลยค่ากระแสขีดเริ่ม (Threshold value current) ไปแล้ว เกี่ยวกับสเปกตรัมของแสงนั้นเลเซอร์ไดโอดนั้นมีพลังงานเป็นช่วงแคบๆ เนื่องจากกระบวนการสั่น (Oscillation) ทำให้มีสเปกตรัมของแสงแคบ นอกจากนั้นการทำงานสว่างหรือดับ (กระพริบ) ของแสงนั้น ถ้าหากการรวมกันของอิเล็กตรอนกับโฮลยิ่งสั้นจะยิ่งมีความเร็วมาก กล่าวคือ ถ้าหากอิเล็กตรอนและโฮลมีจำนวนมาก นั่นคือความหนาแน่นของกระแสมีค่ามากเท่าไรจะทำให้ค่าเฉลี่ยของเวลาการรวมตัวของอิเล็กตรอนและโฮลมีค่าน้อย ส่วนถ้าเป็นความถี่จะได้หลายจิกกะเฮิร์ต (GHz) ซึ่งความถี่เหล่านี้จะแสดงความเร็วของการตอบสนองของความถี่ของเลเซอร์ไดโอด ยิ่งไปกว่านั้น ถ้าหากทำการไบอัสกระแสให้มีค่าเข้าใกล้กระแสขีดเริ่มมากเท่าไรจะยิ่งมีความเร็วในการตอบสนองมากขึ้นเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 คุณสมบัติการมอดูเลตความเข้มแสงของอุปกรณ์เปล่งแสง

2.5 โครงสร้างและการทำงานของกรับแสง

การรับแสงหมายถึงการเปลี่ยนแสงให้เป็นสนามไฟฟ้า ในการทำงานนี้แบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ

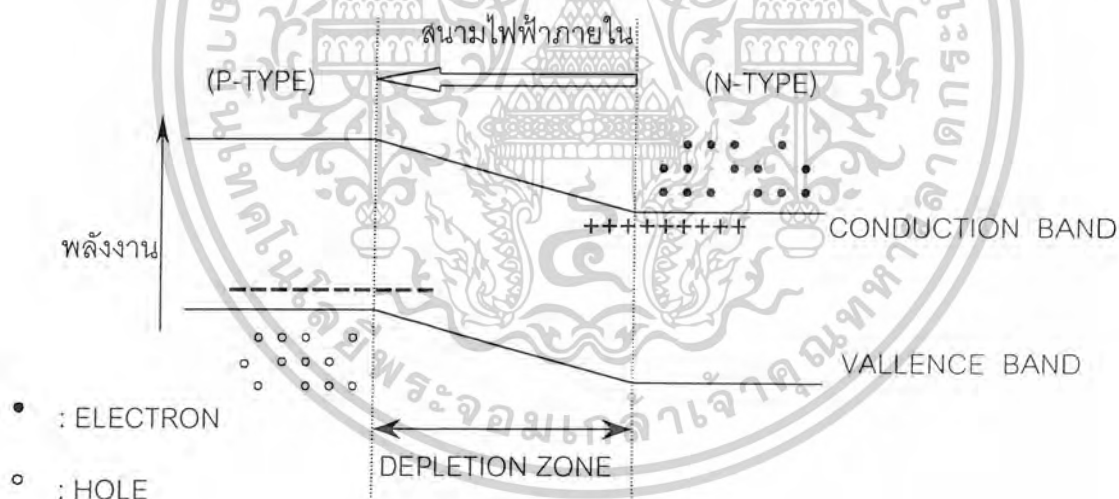
วิธีที่ 1 เป็นการเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าได้โดยตรงเรียกว่า "ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก" (Photo electric effect)

วิธีที่ 2 ทำได้โดยการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานความร้อนก่อน แล้วจึงเปลี่ยนเป็นไฟฟ้า เรียกว่า "ปรากฏการณ์เซินซิวิตีฮีท" (Sensitivity heat effect)

วิธีการตรวจสอบแสงโดยใช้ปรากฏการณ์เซินซิวิตีฮีท (Sensitivity heat effect) นั้น โดยทั่วไปจะมีการตอบสนองช้ามาก จึงใช้กับเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) และโบโรมิเตอร์ (Borometer) แต่ไม่สามารถนำมาใช้กับการสื่อสารด้วยแสง ดังนั้น สำหรับการสื่อสารด้วยแสงจึงควรทำความเข้าใจในโครงสร้างและการทำงานของกรับแสงโดยปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก (Photoelectric effect)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการของปรากฏการณ์ โฟโตอิเล็กทริก (Photo electric effect) จะใช้กระบวนการดูดพลังงาน กล่าวคือ เมื่อมีแสงมาตกกระทบสารกึ่งตัวนำอิเล็กตรอนที่อยู่ในแถบวาเลนซ์ (Valance band) จะเลื่อนขึ้นไปอยู่ที่แถบนำ (conduction band) แต่การเลื่อนขึ้นไปนี้จะมีเพียงอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปเท่านั้นและในที่สุดมันจะเข้าไปรวมกันใหม่กับโฮลในแถบวาเลนซ์ (Valance band) อีก ทำให้ไม่ได้รับปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (Photo electric effect) ด้วยเหตุนี้การที่จะเปลี่ยนแสงให้เป็นไฟฟ้านั้นจะต้องใช้สภาพการแยกกันของอิเล็กตรอนกับโฮลก่อนที่มันจะรวมกันสำหรับอุปกรณ์รับแสงกึ่งตัวนำ ก็เช่นเดียวกับอุปกรณ์กำเนิดแสง นั่นคือการแยกอิเล็กตรอนกับโฮลนั้น โดยทั่วไปจะใช้รอยต่อพี-เอ็น (P-N Junction) ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่าที่รอยต่อพี-เอ็น นั้นจะเกิดสนามไฟฟ้าในที่ว่าง (Space electric field) ขึ้น แต่มันจะถูกดึงด้วยอิเล็กตรอนของสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น (N-type) และโฮลของสารกึ่งตัวนำชนิดพี (P-type) ซึ่งมีประจุไฟฟ้าเป็นลบและบวก ตามลำดับเป็นผลให้เกิดบริเวณที่ไม่มีอิเล็กตรอนและโฮลขึ้นตรงรอยต่อบริเวณนี้เรียกว่า เขตปลอดพาหะ (Depletion Zone) ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แสดงบริเวณปลอดพาหะ (Depletion Zone)

ในสภาพเช่นนี้เมื่อมีแสงมาตกกระทบทางด้านสารกึ่งตัวนำชนิดพี แสงนั้นจะถูกดูดพร้อมทั้งเคลื่อนที่ไปยังสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น แต่ที่บริเวณปลอดพาหะ (Depletion Zone) อิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดจากพลังงานและแสงจะถูกสนามไฟฟ้า (Space electric field) แยกไปในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปทางด้านสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและโฮลเคลื่อนที่ไปทางสารกึ่งตัวนำชนิดพี อนึ่งที่บริเวณที่อยู่จากริมเขตปลอดพาหะ (Depletion Zone) นั้น เนื่องจากไม่มีสนามไฟฟ้า ปรากฏการณ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดจากปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กตริก (Photo electric effect) จะรวมตัวกันใหม่ ในระหว่างการเคลื่อนที่ แต่สำหรับอิเล็กตรอนและโฮลที่เคลื่อนที่เข้าไปในสนามไฟฟ้า (Space electric field) แล้วนั้นจะสามารถเข้าไปยังไปบริเวณตรงข้ามได้ ผลที่ได้คือจะเกิดแรงดันไฟฟ้าที่เป็นสัดส่วนกับปริมาณอิเล็กตรอนและโฮลที่ถูกแยกกระหว่างปลายทั้งสองของสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น และชนิดพี ถ้าหากนำวงจรรายนอกมาต่อกับปลายทั้งสองนี้จะทำให้อิเล็กตรอนและโฮลสามารถรวมตัวกันได้โดยผ่านวงจรรายนอก นั่นคือมีกระแสไหลนั่นเอง กระแสที่เกิดขึ้นบริเวณเขตปลอดพาหะ (Depletion Zone) เรียกว่า "กระแสเลื่อนลอย (Drift Current)" ส่วนกระแสที่เกิดขึ้นตรงบริเวณที่อยู่ห่างจากบริเวณเขตปลอดพาหะ (Depletion Zone) เรียกว่า "กระแสแพร่ซึม (Diffusion Current)" และกระแสนี้เป็นหลักการของการแปลงแสงเป็นไฟฟ้า

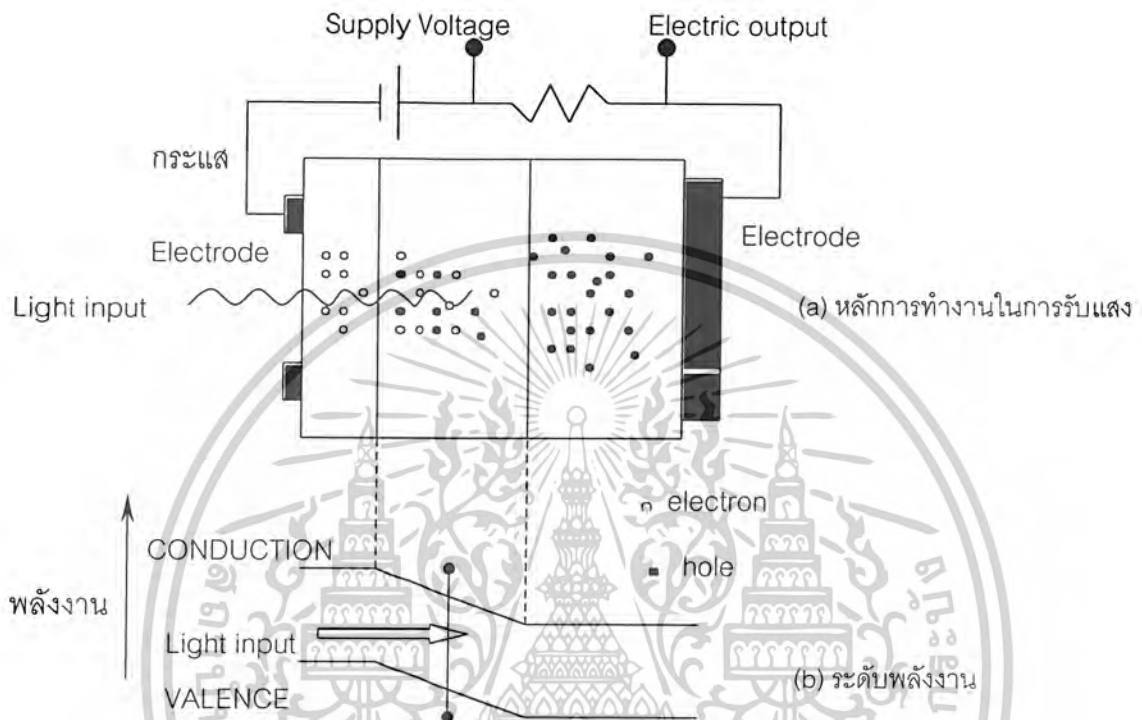
2.6 โครงสร้างของอุปกรณ์รับแสง

ในหัวข้อที่แล้วได้กล่าวถึงสนามไฟฟ้า (Space electric field) ตรงรอยต่อพี-เอ็น (P-N Junction) ที่ทำให้อิเล็กตรอนและโฮลเคลื่อนที่ไปในทิศทางตรงกันข้าม แต่ถ้าหากแรงดันกลับทิศทางจากภายนอก กล่าวคือทางด้านสารกึ่งตัวนำชนิดพีให้โพลลบและทางด้านสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นให้โพลบวกจะทำให้การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและโฮลตรงรอยต่อมีอัตราเร่งเพิ่มขึ้น

อุปกรณ์รับแสงที่เป็นสารกึ่งตัวนำนั้นแบ่งออกเป็นพวกใหญ่ๆ ได้ 2 พวกตามปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้จากภายนอก คือ โฟโตไดโอด (Photodiode ; PD) กับอะวาลานซ์โฟโตไดโอด (Avalanche Photodiode ; APD) พวกโฟโตไดโอด (Photodiode ; PD) นั้น เป็นพวกที่ได้รับการป้อนแรงดันไฟฟ้าปริมาณน้อย ส่วนพวกอะวาลานซ์โฟโตไดโอด (Avalanche Photo Diode : APD) เป็นพวกที่ได้รับการป้อนแรงดันไฟฟ้าปริมาณมาก

ตัวอย่างของโฟโตไดโอด (Photodiode : PD) คือ พินโฟโตไดโอด (PIN-PD) ดังแสดงในรูปที่ 11 พิน (PIN) หมายถึงในระหว่างสารกึ่งตัวนำชนิดพี และชนิดเอ็นมีสารกึ่งตัวนำที่เรียกว่า "สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์" (Intrinsic : I) คั่นอยู่ตามที่ได้กล่าวมาแล้ว ว่ากระแสเลื่อนลอยนั้นเกิดขึ้นในเขตปลอดพาหะ และผลของสนามไฟฟ้าทำให้มีการตอบสนองเร็วแต่ในทางตรงกันข้ามกระแสแพร่ซึมเกิดขึ้นภายนอกเขตปลอดพาหะนั้นมีการตอบสนองช้า ดังนั้นถ้าความกว้างของเขตปลอดพาหะยิ่งกว้างมากเท่าใด สัมประสิทธิ์ควอนตัมและความเร็วการตอบสนองความถี่ยิ่งดีขึ้น ความกว้างของเขตปลอดพาหะนี้ ถ้าความหนาแน่นของอิเล็กตรอนและโฮลของสารกึ่งตัวนำชนิดพีและชนิดเอ็นยิ่งต่ำจะยิ่งกว้าง ดังนั้นสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ (Intrinsic : I) ที่คั่นระหว่างสารกึ่งตัวนำชนิดพีและชนิดเอ็นจึงมีหน้าที่เพื่อทำให้ความกว้างของเขตปลอดพาหะกว้างขึ้นนั่นเอง เนื่องจากโฟโตไดโอดที่ใช้ในระบบการสื่อสารนั้น โดยทั่วไปต้องการความเร็วในการตอบสนองสูง ไม่ดังนั้นส่วนใหญ่จะใช้ PIN-PD ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

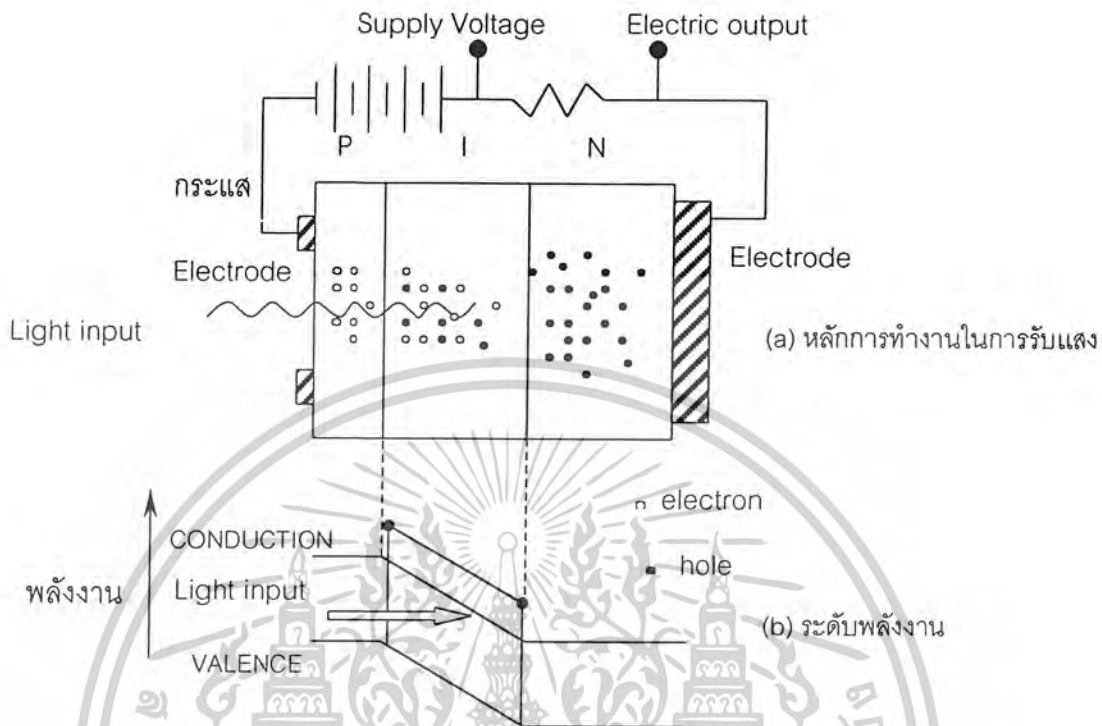
ดังรูปที่ 2.16 แสดงหลักการทำงานการรับแสงและระดับพลังงานของ PIN-PD และดังรูปที่ 2.17 แสดงหลักการทำงานการรับแสงและระดับพลังงานของอะวาลานซ์โฟโตไดโอด



รูปที่ 2.16 แสดงหลักการทำงานการรับแสงและระดับพลังงานของ PIN-PD

อนึ่งอะวาลานซ์โฟโตไดโอด (APD) ใช้ปฏิบัติการขยายแบบอะวาลานซ์ (Avalanche) ของอิเล็กตรอนและโฮลในสารกึ่งตัวนำ เมื่อเปรียบเทียบกับโฟโตไดโอดแล้ว เป็นอุปกรณ์รับแสงที่ให้กระแสเป็นจำนวนมาก หลักการทำงานของช็อตนอยซ์ (Shot Noise) แสดงดังรูปที่ 2.17 สำหรับโครงสร้างนั้น ส่วนใหญ่ทางด้านพีของรอยต่อพี-เอ็น จะมีสารกึ่งตัวนำแบบพีที่มีความหนาแน่นของโฮลสูงติดอยู่ (ส่วนที่แสดงด้วย P+ ในรูป) โดยการทำให้สนามไฟฟ้าภายในบริเวณใกล้ๆ รอยต่อที่มีชั้นพี (P-Layer) เป็นศูนย์กลางมีค่ามาก อิเล็กตรอนที่ดูดแสงมาตกกระทบจากด้าน P+ และถูกกระตุ้นจากแถบวาเลนซ์ไปยังแถบนำในระหว่างที่อิเล็กตรอนได้รับอัตราเร่งและผ่านชั้นพี (P-Layer) นั้นจะได้รับพลังงานจำนวนมากกว่าผลต่างของพลังงานของแถบวาเลนซ์และทำให้เกิดอิเล็กตรอนกับโฮลใหม่ได้และอิเล็กตรอนกับโฮลใหม่นี้ยังถูกสนามไฟฟ้าเร่งอัตราเร่งให้อีก ทำให้อิเล็กตรอนกับโฮลใหม่ออกมาอีก เมื่อกระบวนการนี้เกิดอย่างต่อเนื่องจำนวนอิเล็กตรอนและโฮลจะเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก (Avalanche) เป็นผลให้เกิดการขยายที่เรียกว่าการเพิ่มจำนวนแบบอะวาลานซ์ (Avalanche Multiplication)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดงหลักการทำงานการรับแสงและระดับพลังงานของอะวาลานส์โฟโตไดโอด

2.7 คุณสมบัติของอุปกรณ์รับแสง

ประสิทธิภาพของอุปกรณ์รับแสงประเมินได้จากคุณสมบัติต่างๆ ได้แก่ สัมประสิทธิ์ควอนตัม (Quantum efficient) ซึ่งแสดงว่าแสงที่ได้รับมานั้นถูกเปลี่ยนเป็นไฟฟ้ามากเท่าไร ความไวในการรับแสง (ระดับรับแสงต่ำสุดที่ต้องการสำหรับการส่งที่มีคุณภาพ) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการออกแบบระยะการถ่ายทอดของระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นและความเร็วในการตอบสนองการทำงาน สำหรับสัมประสิทธิ์ควอนตัม (Quantum efficient) กำหนดจากสารและโครงสร้างของอุปกรณ์รับแสง แต่สำหรับความไวในการรับแสงนั้นจะเกี่ยวข้องกับขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้

เนื่องจากอะวาลานส์โฟโตไดโอดใช้ปรากฏการณ์ขยายแบบอะวาลานส์ ตามที่กล่าวมาแล้ว ในข้างต้นดังนั้นจึงมีความไวสูง 10-20 dB (10-100 เท่า) เมื่อเทียบกับโฟโตไดโอด สัญญาณรบกวน (noise) ที่เกิดในอุปกรณ์รับแสงที่มีสิ่งๆที่เรียกว่า ช็อตนอยซ์ (Shot noise) ซึ่งเป็นสัญญาณรบกวนอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่เกิดจาดแสง (Photo current) ที่เกิดจากการกระตุ้นอิเล็กตรอนอย่างไม่เป็นระเบียบทางเวลาโดยคุณสมบัติของช็อตนอยซ์ (Shot noise) เป็นดังสมการต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

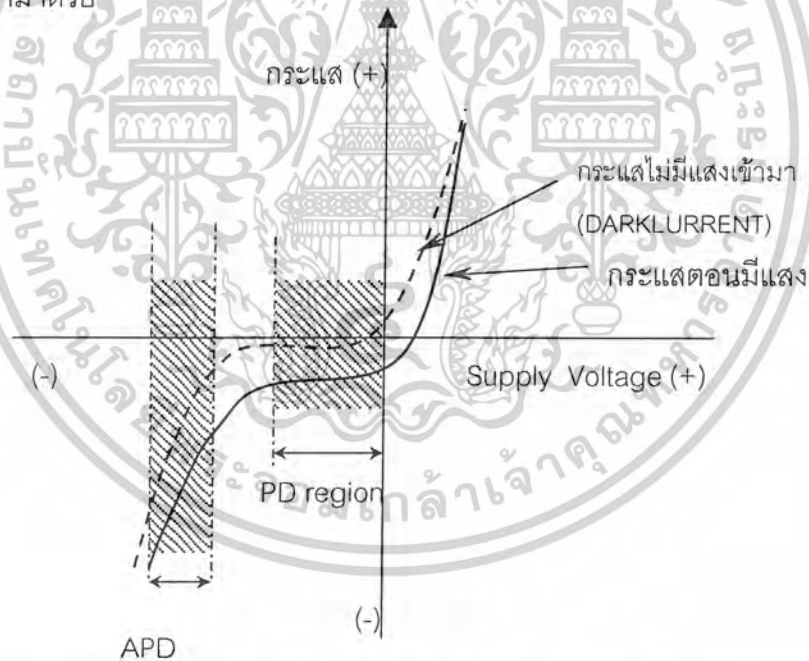
$$\text{กระแสช็อตตอยซ์ (Shot noise Current)} = \alpha I_0 M^{2+F}$$

โดย M คือ อัตราการขยายกระแสของอุปกรณ์รับแสง

I_0 คือ กระแสที่เกิดจากโฟโตเคอเรนท์ (Photo Current) เมื่อ M=1 (กรณีของ PD)

F คือ จำนวนสัญญาณรบกวนที่มากเกินไป (excess noise figure) เมื่อเทียบกับ M

จากสมการจะเห็นว่าที่ระดับการรับแสงที่เท่ากัน ถ้าหารทำให้แรงดันไฟฟ้าในทิศทางกลับที่ป้อนให้มีค่าสูง และทำให้อัตราการขยายกระแสมากขึ้นนั้น สัญญาณเอาต์พุต-ไอโอเอ็มทู (Output Signal IOM2) จะเพิ่มมากขึ้นด้วย แต่ช็อตตอยซ์ (Shot noise) ก็เพิ่มมากด้วยเช่นกัน คุณสมบัติของอุปกรณ์รับแสงทั่วไปแสดงดังรูปที่ 2.18 จากรูปจะช่วยให้เข้าใจความแตกต่างของบริเวณการทำงานของ อะวาลานซ์โฟโตไดโอด และโฟโตไดโอดได้ดี และในรูปที่ 2.18 นี้ ได้แสดงการไหลของกระแสที่ เรียกว่า "กระแสมืด" (dark current) ที่เกิดในสภาพที่มีแรงดันไฟฟ้าในทิศทางกลับป้อนให้ แต่ไม่มีแสงเข้ามาด้วย



รูปที่ 2.18 แสดงแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้และกระแสที่เกิดแสง (Photo current)

กระแสมืดนี้มีลักษณะพิเศษ คือ มันจะเพิ่มความเร็วว่าการเพิ่มขึ้นของสัญญาณออก (Output Signal) ช็อตตอยซ์ (Shot Noise) เป็นสิ่งที่เกิดจากกระแสมืดและอื่นๆ ที่เป็นแหล่งกำเนิดกรณีของโฟโตไดโอด เนื่องจาก M=1 ดังนั้น ช็อตตอยซ์ (Shot Noise) จึงมีค่าไม่มาก แต่สำหรับกรณีของอะวาลานซ์โฟโตไดโอดจำเป็นต้องระวังเกี่ยวกับค่าของ M ความเร็วในการตอบสนองความถี่เป็นสิ่งที่กำหนดจากระยะเวลา ที่มีสัญญาณแสงเข้ามาจนกระทั่งเกิดปรากฏการณ์ดูดแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การแปลงปริมาณอนาลอกเป็นรหัสดิจิทัล (Analog to Digital Conversion)

สำหรับการแปลงปริมาณอนาลอกไปเป็นรหัสดิจิทัลนี้ เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถรับคำสั่งที่เราป้อนจากการเขียนโปรแกรมได้ ทำให้สามารถควบคุมการแสดงผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ วงจรที่ใช้ทำหน้าที่ดังกล่าวมีอยู่หลายแบบได้แก่ การแปลงสัญญาณแบบแฟลช (Flash ADC) การแปลงสัญญาณแบบดิจิตอลแรมพ์ (Digital-ramp ADC) การแปลงสัญญาณแบบแทรกกิง (Tracking ADC) การแปลงสัญญาณแบบซิงเกิลสโลป (Single Slope ADC) การแปลงสัญญาณแบบ (Dual Slope ADC) วงจรแปลงสัญญาณแบบซัคเซสซีฟ-แอ็พพร็อกซิเมชัน (Successive-Approximation ADC) สำหรับการเลือกใช้ชิพที่นำมาแปลงสัญญาณสามารถพิจารณาได้จาก

1. ความละเอียดของสัญญาณอินพุต
2. ความเร็วในการจับสัญญาณ
3. ความกว้างของสัญญาณ
4. ราคาประหยัด

สำหรับไอซีที่ใช้เป็นตัวแปลงสัญญาณที่เลือกใช้ในโครงงานนี้ คือ LTC1298 ซึ่งมีคุณลักษณะดังนี้

- มีความละเอียด 12 บิต
- มี 8 ขา ชนิดเฮลโอไอซีพลาสติกแพ็คเกจ (Soic Plastic Package)
- ราคาถูก
- จ่ายกระแสต่ำ : 250 μ A
- Shutdown อัดโนมิตีที่ 1 nA
- ความถูกต้อง $\pm 3/4$ LSD MAX DNL
- ใช้แรงดัน 5 V – 9 V ในการทำงาน
- ใช้เวลาในการแปลงสัญญาณ 60 μ s
- อัตราการแซมปีง (Sampling rate) : 11.1 ksp/s
- มี 2 แชนเนล แบบมัลติเพล็กซ์เซอร์
- มีการเปรียบเทียบสัญญาณ I/O แบบ SPI (Serial Peripheral คือ เป็นการอินเตอร์เฟสสัญญาณแบบอนุกรม)

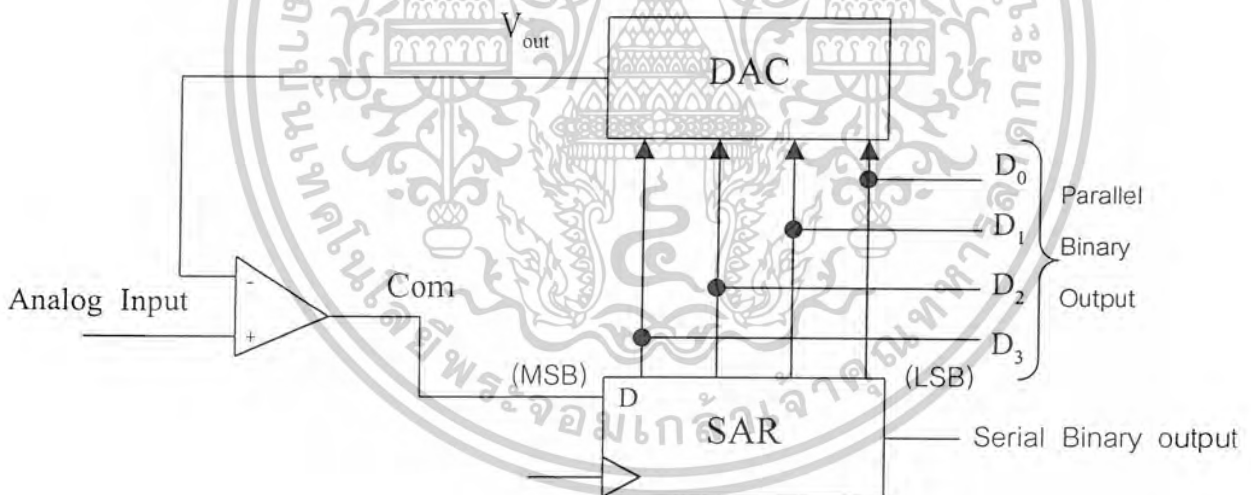
โดยไอซีที่ใช้ในโครงงานนี้มีลักษณะแบบซัคเซสซีฟ-แอ็พพร็อกซิเมชัน (Successive-Approximation ADC) ซึ่งมีลักษณะการทำงานเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลแบบซัคเซสซีฟ-แอ็พพร็อกซิเมชัน

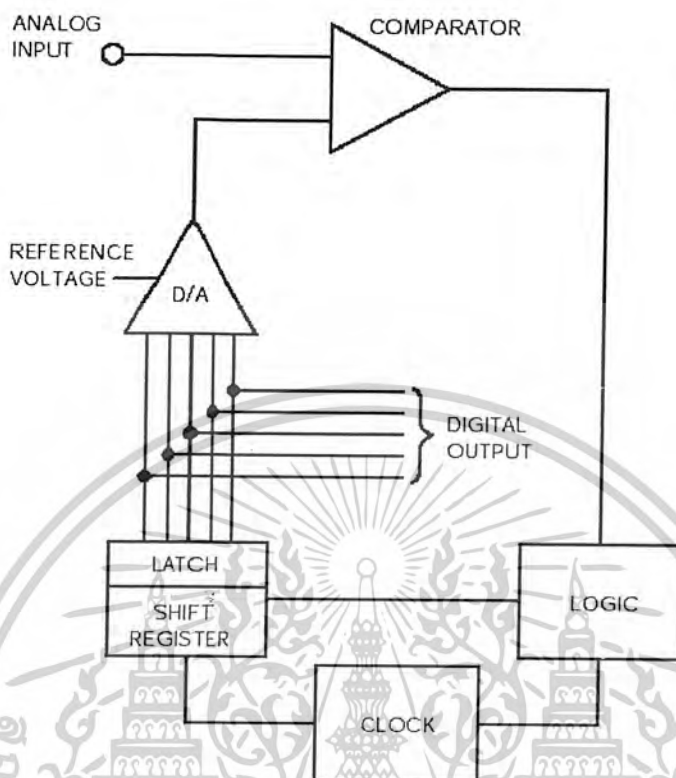
วงจรการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลแบบซัคเซสซีฟ-แอ็พพร็อกซิเมชัน (Successive – Approximation ADC) เป็นวงจรแปลงสัญญาณที่ใช้กันอย่างแพร่หลายวงจรหนึ่ง เนื่องจากแปลงสัญญาณได้เร็วกว่าแบบอื่นๆ ยกเว้นแบบแฟลช (Flash ADC) วงจรแบบซัคเซสซีฟ-แอ็พพร็อกซิเมชัน (Successive – Approximation ADC:SAR) และวงจรเปรียบเทียบ แสดงดังรูป

วงจรจะทำงานโดยทำให้บิตภายในของ SAR เป็นลอจิก 1 ที่ละบิต โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญสูงสุดก่อน และค่าของบิตต่างๆ ใน SAR จะถูกส่งไปยัง DAC เพื่อแปลงสัญญาณอนาลอกทุกๆ ครั้งที่แต่ละบิตถูกกำหนดให้เป็นลอจิก 1 ตัวเปรียบเทียบจะเปรียบเทียบเอาต์พุตของ DAC ว่ามากหรือน้อยกว่าสัญญาณอนาลอกที่อินพุต ถ้าเอาต์พุตของ DAC มีค่ามากกว่าสัญญาณอนาลอกที่อินพุต เอาต์พุตของตัวเปรียบเทียบจะเป็นลอจิก 0 เป็นผลให้บิตนั้นๆ ใน SAR ถูกรีเซ็ตเป็น 0 แต่ถ้าครบหลังจากครบทุกบิต แล้วรหัสดิจิทัลใน SAR จะแทนสัญญาณอนาลอกที่อินพุต ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 แสดงการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณแบบซัคเซสซีฟ-แอ็พพร็อกซิเมชัน (Successive – Approximation ADC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 แสดงวงจรแปลงแปลงสัญญาณแบบตัดเซตซีพ-แอ็พหรือคิเมชัน

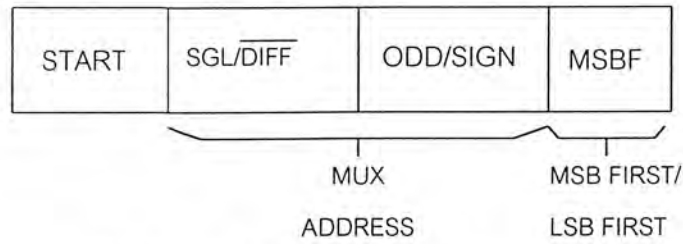
จากรูปที่ 2.20 จะเห็นได้ว่าเมื่อสัญญาณอนาลอกเข้ามาจะต้องผ่านตัวเปรียบเทียบสัญญาณ (Comparator) เป็นอันดับแรกโดยอ้างอิงกับแรงดันอ้างอิง ก็จะได้สัญญาณที่เป็นดิจิตอล ซึ่งจะถูเก็บไว้ในชิพทริจิสเตอร์ (Shift Register) และเอาสัญญาณไปใช้เป็นตัวอ้างอิงกับสัญญาณที่เข้ามาใหม่ด้วย โดยจะส่งสัญญาณผ่านแลทช์ (Latch) เอาท์พุทที่ได้จะมีความละเอียดมากหรือน้อยก็ขึ้นกับจำนวนบิตของเอาท์พุทซึ่งก็ขึ้นกับความสามารถของตัวไอซีที่ใช้

การทำงานของตัวเปรียบเทียบสัญญาณ LTC1298

1. การอินพุตข้อมูล (Input Data Word)

สำหรับ LTC1298 เมื่อสัญญาณนาฬิกา (clock data) เข้าไปที่ขา D_{in} ของ LTC1298 จะรับรู้ที่ขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา โดยข้อมูลขาเข้า (Input Data Word) มีส่วนประกอบดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แสดงข้อมูลขาเข้า (Input Data Word)

จากรูป 2.21 แสดงจังหวะการอินพุตข้อมูล ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ Start (เป็นส่วนที่เกิดบิตเริ่มต้น) SGL/DIFF และ ODD/SIGN (เป็นส่วนของมัลติเพล็กซ์แอสเดรส ซึ่งใช้ในการเลือกช่องสัญญาณอินพุต ดังจะอธิบายในหัวข้อถัดไป) MSBF (เป็นส่วนที่ใช้ในการเลือกให้ทำงานที่บิตสูงหรือบิตต่ำ ในโครงงานนี้ใช้บิตสูง MSBF=0)

2. บิตเริ่มต้น (Start bit)

เมื่อมีสัญญาณนาฬิกาเป็นลอจิก 1 เข้าไปยังดิจิทัลอินพุต (D_{in} input) หลังจากที่เขาชิพซีเล็ค (chip select : CS) เป็นลอจิก 0 จะเกิดบิตเริ่มต้น (Start bit) ซึ่งบิตเริ่มต้นจะเริ่มส่งข้อมูล และรักษาบิตตามข้อมูลอินพุต (Input Data Word) ซึ่งจะไม่พิจารณาอินพุตที่เขา D_{in} จนกระทั่งเขาชิพซีเล็ค (chip select : CS) เป็น 1 อีกครั้ง

3. มัลติเพล็กซ์แอสเดรส (Multiplexer (MUX) Address)

จากบิตของข้อมูลอินพุต (Input Data Word) เมื่อมีบิตเริ่มต้น (start bit) การแปลงสัญญาณต้องการใช้มัลติเพล็กซ์แอสเดรส เพื่อเป็นการเลือกใช้ช่องสัญญาณอินพุต (channel) ของตัวแปลงสัญญาณจะวัดแรงความต่างศักย์ระหว่าง 2 ขาอินพุต (channel) แสดงโดย สัญญาณบวกและลบ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงการเลือกขาอินพุตของ LTC1298

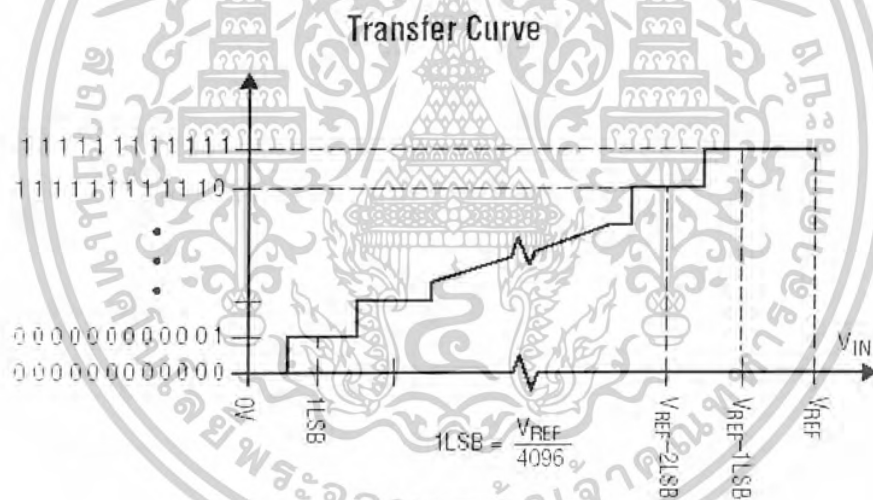
MUX ADDRESS		CHANNEL#	GND
SGL/DIFF	ODD/SIGN		
1	0	+	-
1	1	+	-
0	0	+	-
0	1	-	+

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2 อธิบายได้ว่า เมื่อให้ขา SGL/DIFF เป็นลอจิก 1 และขา ODD/SIGN เป็นลอจิก 0 เป็นการเลือกให้สัญญาณบวกเข้าที่ช่องสัญญาณ 0 (channel 0) และ สัญญาณลบเข้าที่ขากราวด์ (GND) เมื่อให้ขา SGL/DIFF เป็นลอจิก 1 และขา ODD/SIGN เป็นลอจิก 1 เป็นการเลือกให้สัญญาณบวกเข้าที่ช่องสัญญาณ 1 (channel 1) และ สัญญาณลบเข้าที่ขากราวด์ (GND) เมื่อให้ขา SGL/DIFF เป็นลอจิก 0 และขา ODD/SIGN เป็นลอจิก 0 เป็นการเลือกให้สัญญาณบวกเข้าที่ช่องสัญญาณ 0 และ สัญญาณลบเข้าที่ช่องสัญญาณ 1 เมื่อให้ขา SGL/DIFF เป็นลอจิก 0 และขา ODD/SIGN เป็นลอจิก 1 เป็นการเลือกให้สัญญาณลบเข้าที่ช่องสัญญาณ 0 และ สัญญาณบวกเข้าที่ช่องสัญญาณ 1

4. กราฟการส่งสัญญาณอินพุต (Transfer Curve)

LTC1298 มีอินพุตที่เข้ามาและการกำหนดรหัสดิจิตอลสำหรับการแปลงสัญญาณ เป็นดังนี้



รูปที่ 2.22 แสดงกราฟการส่งสัญญาณดิจิตอล (Transfer Curve)

ในตารางที่ 3 แสดงรหัสเอาต์พุต (output code) ที่ได้ โดยสมมุติให้มีแรงดันอ้างอิง (V_{REF}) เป็น 5 โวลต์ ทำให้สามารถคำนวณหาค่ารหัสดิจิตอลเอาต์พุตได้จากการนำแรงดันอ้างอิง (V_{REF}) หารด้วย 1 LSB หรือ 0.00122 แล้วนำค่าที่ได้มาแปลงเป็นเลขฐานสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 แสดงรหัสเอาต์พุต (output code)

OUTPUT CODE	INPUT VOLTAGE	INPUT VOLTAGE ($V_{REF} = 5.000V$)
1111111111111111	$V_{REF} - 1LSB$	4.99878V
1111111111111110	$V_{REF} - 2LSB$	4.99756V
⋮	⋮	⋮
0000000000000001	1LSB	0.00122V
0000000000000000	0V	0V

- วิธีการหาค่ารหัสเอาต์พุต (output code) ที่นำมาใช้ในการเขียนโปรแกรม จากตารางที่ 3 การแสดงค่ารหัสเอาต์พุต (output code) ซึ่งเราสามารถหาค่ารหัสเอาต์พุต (output code) นี้ได้ จากการคำนวณ โดยใช้สมการ

$$1 \text{ LSB} = \frac{V_{REF}}{2^n} = \frac{V_{REF}}{4096}$$

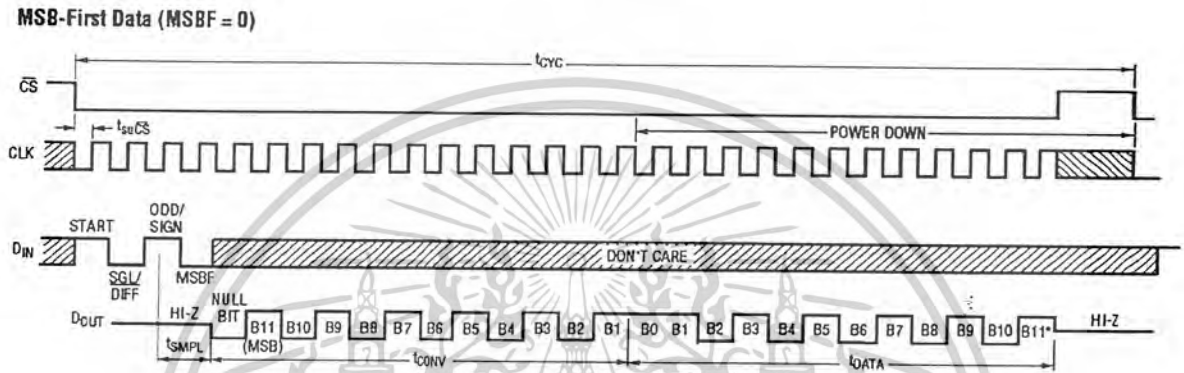
สำหรับโครงงานนี้ เราใช้ $V_{REF} = 4.96$ volt ดังนั้น จะได้ $1 \text{ LSB} = 0.0012109$ ซึ่งเราจะนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรม โดยเอาแรงดันที่ได้ไปหาร 1 LSB หรือหาร 0.0012109 แล้วนำค่าที่ได้ไปแปลงเป็นเลขฐานที่ต้องการใช้เขียนโปรแกรม

5. การส่งสัญญาณข้อมูล (Data transfer) ของ LTC1298

การส่งผ่านข้อมูลแบบซิงโครไนซ์ (synchronizes) ของแต่ละบิตจะถูกส่งที่ขอบขาของสัญญาณนาฬิกา (CLK) และมีการจับสัญญาณที่ขึ้นของสัญญาณนาฬิกา (CLK) ในระบบการรับส่งข้อมูล จากรูปที่ 2.23 แสดงการทำงานของการทำงานของการส่งสัญญาณของ LTC1298 การส่งผ่านข้อมูลจะเริ่มต้นจากการตกของสัญญาณของขาชิพซีเล็ค (chip select : CS) ดึงเส้นสัญญาณ CS หลังจากการเกิดการตกของสัญญาณที่ขาชิพซีเล็ค (chip select : CS) แล้วจะเกิดบิตเริ่มต้น (start bit) ในเส้นสัญญาณ ที่ขา D_{in} หลังจากบิตเริ่มต้นแล้ว จะมี 3 บิตของรหัสดิจิตอลที่อินพุตถูกเลื่อนเข้าไปใน D_{in} และเริ่มมีการแปลงสัญญาณที่เส้นสัญญาณของขา D_{out} หลังจากเกิดนูลล์บิต (null bit) แล้วจะส่ง

ผลให้การแปลงสัญญาณเอาต์พุตที่เส้นสัญญาณของขา D_{out} ข้อมูลจะมีการแลกเปลี่ยนกันจนกว่าจะครบเป็นเอกสารที่เขียนไว้สำหรับโปรแกรมเมอร์ที่สนใจศึกษาเอกสารนี้ต่อไป ไม่อย่างนั้นจะไม่สามารถใช้งานได้ทั้งนี้ทั้งนั้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่ขาชิพซีเล็ค (chip select : CS) เป็น 1 จะทำให้เกิดการรีเซ็ตก่อนที่จะมีการแปลงสัญญาณครั้งต่อไป สำหรับในโครงงานนี้เราพิจารณาการส่งสัญญาณที่ MSBF = 0 คือ เกิดบิตเริ่มต้นเมื่อขาชิพซีเล็ค (chip select : CS) เป็นลอจิกศูนย์



รูปที่ 2.23 แสดงการทำงานของ การส่งสัญญาณของ LTC1298

2.9 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นส่วนที่ใช้ในการประมวลผลที่ควบคุมด้วยชุดโปรแกรมคำสั่ง ทำหน้าที่เป็นส่วนควบคุมกลาง สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้ คือ AT89C51 ซึ่งมีคุณลักษณะดังนี้

- ชุดคำสั่งและขาสัญญาณเข้ากันได้กับ MCS-51
- มีหน่วยความจำชนิดแฟลช 4 กิโลไบต์
- ทำงานที่ช่วงความถี่ 0 เฮิรท์ – 24 เมกะเฮิรท์
- หน่วยความจำโปรแกรมมี 3 ระดับ
- ภายในแรม มีขนาด 128 x 8 บิต
- มี I/O 32 เส้นทาง
- มี ไทม์เมอร์/ เคาน์เตอร์ 2 ชุด 16 บิต
- มีแหล่งกำเนิดอินเทอร์รัพท์ 6 แหล่ง
- มีการส่งข้อมูลแบบอนุกรม

สำหรับการทำงานในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ จะเป็นตัวควบคุมการทำงานของส่วน

ที่ใช้ในการแสดงผล ซึ่งอธิบายได้ดังนี้ งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เสียงที่ดังบีบ ๆ เป็นส่วนที่ส่งสัญญาณมาจากบัลเซอร์ (Buzzer) ให้เรารับทราบ
- เสียงพูดเตือน เป็นส่วนที่ควบคุมโดยวงจรบันทึกเสียง แสดงผลทางลำโพงให้เรารับทราบ
- การสั่นเตือน เป็นส่วนที่ไม่ใครคอนโทรลเลอร์ควบคุมการหมุนของมอเตอร์ที่ใส่ในไม้เท้า ทำให้มีแรงเหวี่ยง จึงทำให้ไม้เท้าสั่นได้

สำหรับเสียงเตือนนี้เราใช้ชิพเบอร์ ISD1420 ในการบันทึกเสียง สาเหตุที่เลือกใช้ ISD1420 เนื่องจากคุณสมบัติดังนี้

- ใช้บันทึกเสียงได้ง่าย
- มีคุณภาพสูง
- เป็นชิพเดี่ยว (single chip) ระยะเวลาบันทึกได้ 20 วินาที
- สามารถบันทึกซ้ำได้ 100,000 ครั้ง
- ใช้แหล่งจ่ายขนาดเพียง 5 โวลต์
- ใช้ปุ่มกดในการบันทึกเสียง
- มีโหมดเพาเวอร์ดาวน์อัตโนมัติ (Automatic power down mode) คือ จะเข้าสู่โหมด สแตนด์บาย (standby mode) ทันทีที่มีการบันทึกเสียง และสแตนด์บายที่กระแส $0.5 \mu\text{A}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การดำเนินการและการวิจัย

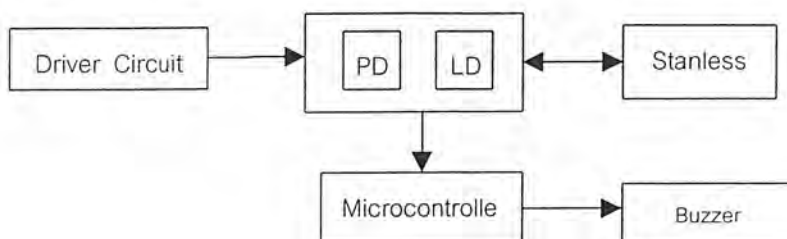
การดำเนินการและการวิจัยในโครงการ "ชุดอุปกรณ์นำทางคนตาบอดโดยเทคนิคทางคลื่นแสง" นี้เป็นการพัฒนามาจากโครงการชุด "อุปกรณ์นำทางคนตาบอดโดยเทคนิคทางคลื่นแสงในรุ่นที่ 1" ปีการศึกษา 2544 ดังนั้นในการดำเนินการและการวิจัยจึงจะของกล่าวถึงการดำเนินการและการวิจัยของ อุปกรณ์นำทางคนตาบอดโดยเทคนิคทางคลื่นแสงรุ่นที่ 1 ด้วย เพื่อให้ทราบถึงการทำงาน และรูปแบบการพัฒนาโครงการ โดยการดำเนินการและการวิจัยจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นการดำเนินงานและการวิจัยของชุด อุปกรณ์นำทางคนตาบอดโดยเทคนิคทางคลื่นแสงนี้ "ชุดอุปกรณ์นำทางคนตาบอดโดยเทคนิคทางคลื่นแสง" ในปีการศึกษา 2544 และในส่วนที่ 2 จะเป็นการดำเนินการและการวิจัยของ "อุปกรณ์นำทางคนตาบอดโดยเทคนิคทางคลื่นแสง" ในปีการศึกษา 2545

3.1 การดำเนินการและการวิจัย " อุปกรณ์นำทางคนตาบอดโดยเทคนิคทางคลื่นแสง " ปี 2544

3.1.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

- การแทรกสอดแบบเซลฟ์มิกซ์ซิง (Self – mixing Interference)
- ทฤษฎีและคุณสมบัติของเลเซอร์ไดโอด (Laserdiode) และโฟโตไดโอด (Photodiode)
- การทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์(Microcontroller),การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Convertor) และการใช้ชิพเบอร์ AT89C51
- โปรแกรมที่ใช้ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งในโครงการนี้ได้ใช้ โปรแกรมภาษาซี
- วงจรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ วงจรขับกระแส วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล และวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการแสดงผล โดยแสดงผลในรูปของสัญญาณเสียง

3.1.2 ขอบเขตความสามารถของระบบ ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงบล็อกโตะแกรมการทำงานของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเชิงนี้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

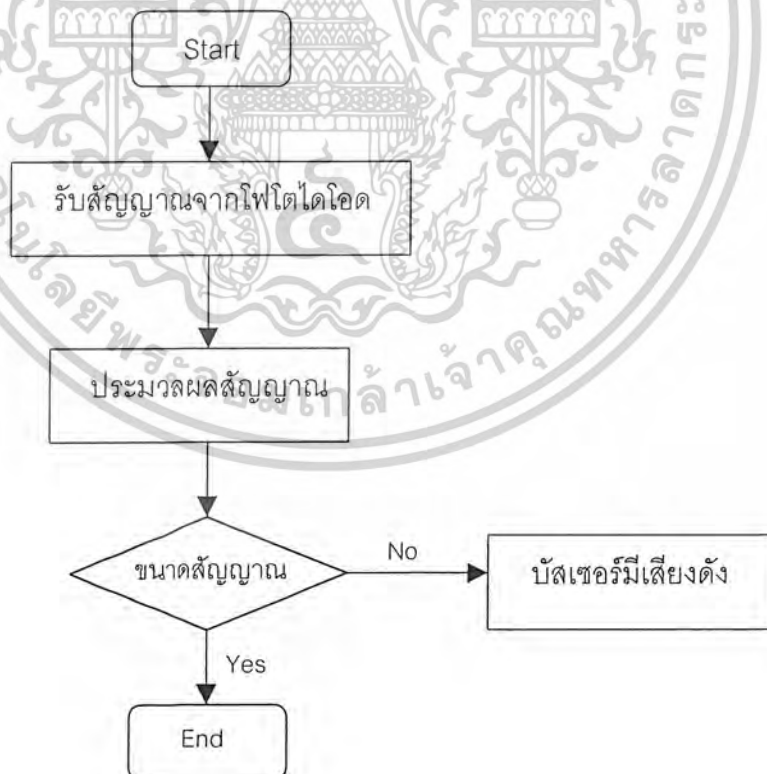
จากรูปที่ 3.1 เป็นการแสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของอุปกรณ์นำทางคนตาบอด โดยเทคนิคทางคลื่นแสงรุ่นที่ 1 จะพบว่าวงจรขับกระแสจะขับกระแสให้กับเลเซอร์ไดโอดที่อยู่ในเลเซอร์ไดโอดแพ็คเก็ต ให้สามารถปล่อยลำแสงไปยังวัตถุทดสอบ (สแตนด์เลส) ตามกำลังที่ต้องการ คือ 3 มิลลิวัตต์ จากนั้นแสงจะไปตกกระทบที่วัตถุทดสอบแล้วจะเกิดการสะท้อนกลับแนวเดิม ทำให้เกิดการแทรกสอดภายในเลเซอร์แควิตี โฟโตไดโอดจะทำการตรวจจับสัญญาณที่แทรกสอดกันแล้วส่งสัญญาณไปยังหน่วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ซีพียูเบอร์ AT90S8535 จะควบคุมการแสดงผลทางบัลเซอร์ (Buzzer) ในรูปสัญญาณเสียง

3.1.3 ทำการต่อวงจรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

- วงจรขับกระแสทำหน้าที่ขยายกระแสให้เลเซอร์ไดโอด โดยเลเซอร์ที่ใช้มีความยาวคลื่น 635 nm (ย่านสีแดง) มีกำลัง 10 mW
- วงจรในส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งใช้เป็นหน่วยประมวลผล

3.1.4 ทำการทดลองอุปกรณ์

3.1.5 ทำการเขียนโปรแกรม โดยมีลำดับการทำงาน ดังนี้



รูปที่ 3.2 แสดงลำดับการทำงานของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 นำวงจรขั้วกระแสมาต่อรวมกับวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1.6 ทดลองวงจรทั้งหมดกับวัตถุทดสอบ ดูว่าเป็นไปตามเงื่อนไขหรือไม่

3.1.7 สรุปผลการทดลองและปัญหา พร้อมเสนอแนะแนวทางการแก้ไข

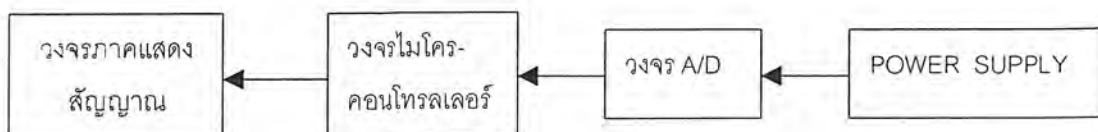
3.2 การดำเนินการและการวิจัย “ อุปกรณ์นำทางคนตาบอดโดยเทคนิคทางคลื่นแสง ” ปี 2545

3.2.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

- การแทรกสอดแบบเซล์ฟมิกซ์ซิง (Self-mixing Interference)
- ทฤษฎีและคุณสมบัติของเลเซอร์ไดโอด (Laserdiode) และโฟโตไดโอด (Photodiode)
- การทำงานของระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Converter) และการทำงานของชิพท์เบอร์ AT89C5 และ LTC1298
- โปรแกรมที่ใช้ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งในโครงการนี้ได้ใช้ โปรแกรมภาษาซี และแอสเซมบลี
- วงจรที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ วงจรขั้วกระแส วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลและวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ในการแสดงผล

3.2.2 ขอบเขตความสามารถของระบบ

- ส่วนของวงจรแปลงสัญญาณ คือ ทำการแปลงสัญญาณที่ได้ในรูปของปริมาณอนาลอกให้เป็นดิจิตอล
- ส่วนของวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้แสดงผลออกมา สำหรับโครงการนี้เราแสดงผลออกมาในรูปสัญญาณเสียงบี๊ๆ การสั่น และเสียงพูดเตือน



รูปที่ 3.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

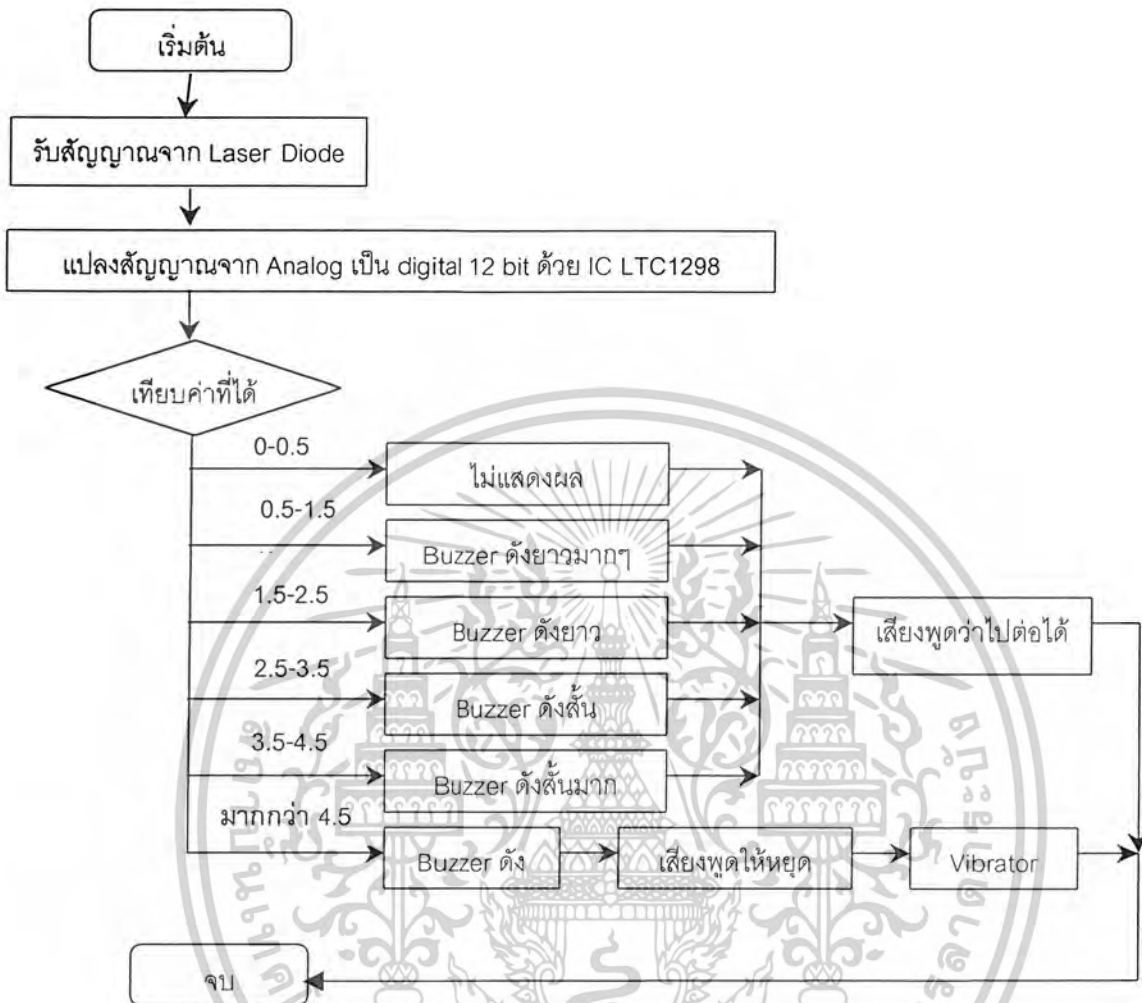
จากรูปที่ 3.3 จะเห็นได้ว่าสัญญาณที่วงจร A/D ได้รับเป็นสัญญาณที่ได้มาจากการแปลงค่าแรงดันจากแหล่งจ่ายแรงดัน (POWER SUPPLY) ซึ่งเป็นปริมาณอนาลอกเป็นดิจิทัล เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์แล้วควบคุมการแสดงผลให้เราทราบ โดยมีการทำงานเป็นดังนี้

- # ระดับที่ 1 : เป็นการส่งสัญญาณโดยการสั้นเมื่อเข้าใกล้วัตถุในระยะใกล้มาก พร้อมเสียงเตือน บีบๆ ดังถี่ๆ และมีเสียงเตือนให้หยุด
- # ระดับที่ 2 : เป็นการส่งสัญญาณเสียงเมื่อเข้าใกล้วัตถุในระยะใกล้ จะส่งสัญญาณเสียงบีบยาวขึ้น
- # ระดับที่ 3: เป็นการส่งสัญญาณเสียงเมื่อเข้าใกล้วัตถุในระยะไกลมากขึ้นจะส่งสัญญาณเสียงดังด้วยความถี่ยาวมากขึ้น และมีเสียงเตือนว่า ไปต่อได้

โดยสัญญาณที่ส่งมาให้ผู้พิการทางสายตารับรู้สามารถบอกระยะได้จากการแปลงผลของค่าความต่างศักย์ที่วัดได้จากสัญญาณการเกิดการแทรกสอดแบบเซลล์มิกซ์ซิง แต่ในที่นี้เราจึงให้แรงดันจากแหล่งจ่ายแรงดัน (power supply) แทนสัญญาณที่มาจากเกิดการแทรกสอดแบบเซลล์มิกซ์ซิง ซึ่งอาจทำให้ยังไม่ได้การแสดงผลค่าระยะทางที่แท้จริง

3.2.3 ทำการต่อวงจรที่เกี่ยวข้อง

3.2.4 เขียนโปรแกรมให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้ ซึ่งแสดงไว้ในส่วนของภาคผนวก โดยมีผังการทำงานดังนี้



รูปที่ 3.4 แสดงลำดับการทำงานของอุปกรณ์

3.2.5 ทำการติดตั้งวงจรที่สมบูรณ์แล้วเข้ากับตัวไมโคร เพื่อให้สามารถใช้งานได้

3.2.6 ทำการสรุปผลและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทำโครงงานพิเศษชิ้นนี้ พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางการพัฒนาปรับปรุงชิ้นงานให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จากผลการดำเนินงานและการวิจัยของทั้งในปีการศึกษา 2544 และในปีการศึกษา 2545 จะเห็นได้ว่ามีลักษณะการดำเนินงานและการวิจัยใกล้เคียงกัน แต่ในปีการศึกษา 2544 ได้ทำการทดลองในส่วนของวงจรขับเคลื่อน ขณะที่ในปีการศึกษา 2545 ใช้ แรงดันจากแหล่งจ่ายแรงดัน (POWER SUPPLY) แทน และนอกจากนี้ยังได้ทำการพัฒนาในส่วนของการแสดงผลและขนาดของชิ้นงานให้มีขนาดที่เล็กลง สามารถต่อเข้ากับไมโคร เพื่อให้พกพาได้สะดวกยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

สำหรับในบทนี้จะนำเสนอผลการทดสอบอุปกรณ์จะเป็นการทดสอบในลักษณะของการแสดงผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นไปตามการเขียนโปรแกรมที่กำหนดให้ส่งสัญญาณเสียงตามที่ค่าแรงดันกำหนดไว้ในโปรแกรม โดยแรงดันที่ให้ในที่นี้เราจ่ายให้จากแหล่งจ่ายแรงดัน (power supply) ซึ่งในความเป็นจริงแล้วต้องเป็นแรงดันที่ได้จากการแทรกสอดภายในเลเซอร์แควิตี (laser cavity) จากปรากฏการณ์การแทรกสอดแบบเซล์ฟมีกส์ซึ่ง แต่เนื่องจากปัญหาในการขาดอุปกรณ์ในส่วนของเลเซอร์ ทำให้โครงงานนี้ไม่สมบูรณ์ จึงมีความจำเป็นที่จะต้องใช้แรงดันจากแหล่งจ่ายแรงดัน (power supply) แทนแรงดันที่จับได้จากสัญญาณการเกิดของปรากฏการณ์การแทรกสอดแบบเซล์ฟมีกส์ซึ่ง

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1. Power Supply
2. ชุดวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล
3. ชุดวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์
4. ชุดวงจรในส่วนของผลการแสดงผล วงจรบันทึกเสียง

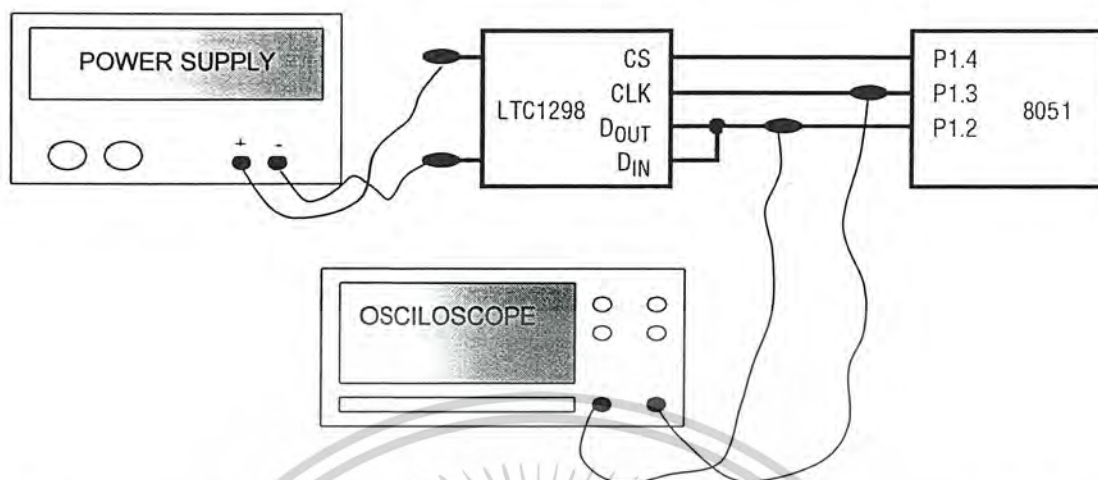
4.2 วิธีการทดสอบ

การทดสอบอุปกรณ์นี้จะทดสอบนี้จะทดสอบการทำงานของตัวไมโครและวงจรว่ามีการแสดงผลเป็นอย่างไรโดยทดสอบจากการทำงานของโปรแกรมว่าสามารถควบคุมการทำงานให้แสดงผลได้ตามที่ต้องการหรือไม่ และทดสอบการแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิตอลว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงไร

4.2.1 ทดสอบการแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิตอลได้ทำการทดลอง2วิธีด้วยกัน คือ

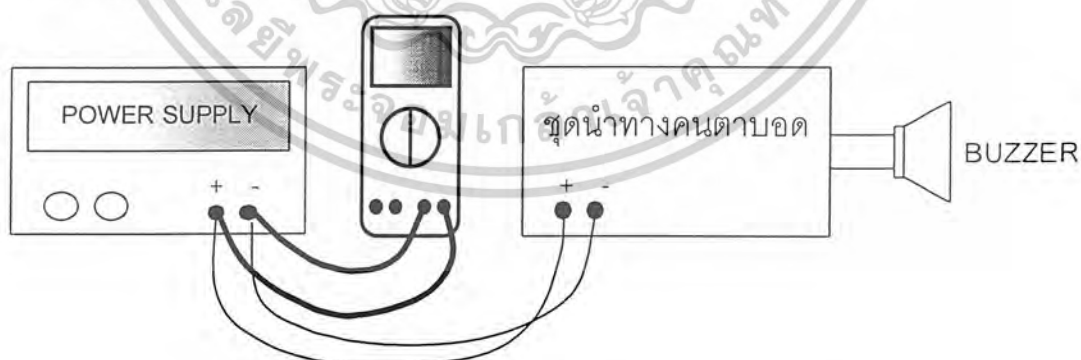
-วิธีที่ 1 : สังเกตรูปสัญญาณที่จับได้จากออสซิลโลสโคปแล้วนำไปที่คำนวณโดยการคำนวณนี้ค่าที่ได้จากสมการจะออกมาเป็นแรงดันที่วัดได้ซึ่งมีวิธีคำนวณคือ ดูสัญญาณ 12 บิตแล้วแปลงเป็นเลขฐานสิบแล้วคูณด้วย 1LSB หรือ ประมาณ 0.0012109 ดังที่ได้อธิบายในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.7 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลตารางที่ 3 จึงได้ค่าแรงดันที่ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลส่งออกมา การทดสอบนี้เพื่อจะแสดงว่าการแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอลของ LTC1298 มีความคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียง

ไร ซึ่งจะจัดอุปกรณ์ดังรูป
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงการจัตุอุปกรณ์ทดสอบวงจรแปลงสัญญาณโดยสังเกตกราฟที่ได้จากออสซิลโลสโคป

- วิธีที่ 2 : สังเกตการเปลี่ยนค่าความถี่ของบัสเซอร์ (หรือระยะเวลาในการดัง) เมื่อเปลี่ยนช่วงแรงดันที่จ่ายเข้าตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล ตรงกับที่ได้เขียนไว้ในโปรแกรมหรือไม่ โดยการเปลี่ยนระยะเวลาในการดังของบัสเซอร์นั้น ได้เขียนโปรแกรมแบ่งเป็นช่วงๆ ไว้ คือ 0-0.5(ไม่แสดงผล) / 0.5-1.5 (เสียงดังยาว) / 1.5-2.5 / 2.5-3.5 / 3.5-4.5 (เสียงจะดังสั้นลงหากช่วง แรงดันเพิ่ม) / มากกว่า 4.5 เสียงจะถี่มาก ซึ่งได้กำหนดค่าให้แสดงผลในช่วงต่างๆ ในการเขียนโปรแกรมการทดสอบนี้ เพื่อจะเปรียบเทียบค่าที่แสดงผลออกมากับค่าที่กำหนดไว้ในโปรแกรมว่ามีการทำงานคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใด โดยมีการจัตุอุปกรณ์ดังนี้



รูปที่ 4.2 แสดงการต่ออุปกรณ์ทดสอบค่าการแปลงสัญญาณเทียบกับโปรแกรมแสดงผล

4.2.2 ทดสอบการทำงานของโปรแกรมว่าสามารถควบคุมการทำงานให้แสดงผลเป็นไป

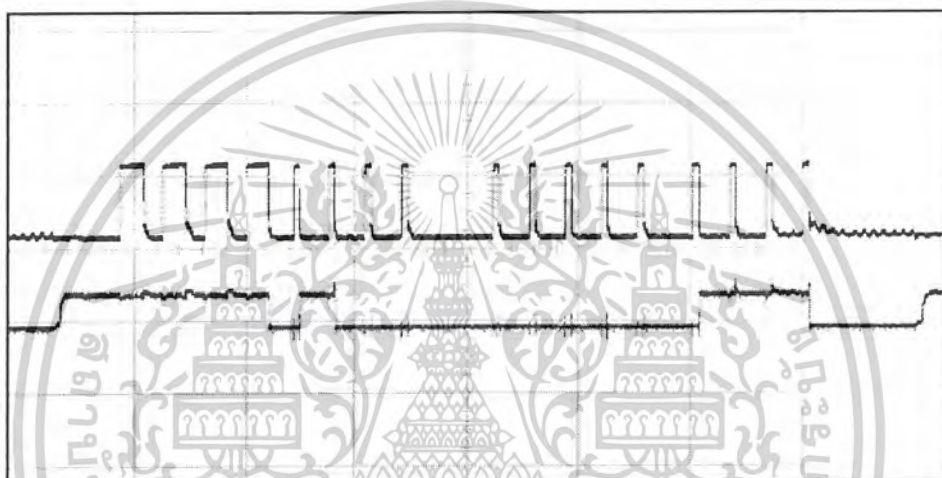
ตามผังลำดับการทำงานของอุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.4 หรือไม่
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดสอบ

4.3.1 ผลการทดสอบการแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิทัลได้ทำการทดลอง 2 วิธีด้วยกัน ซึ่งมีผลเป็นดังนี้

- ผลการทดสอบวิธีที่ 1

ดังที่ได้อธิบายวิธีการทดสอบไปแล้วในหัวข้อที่ 4.2 จะได้ผลการทดสอบในรูปของสัญญาณที่วัดได้จากออสซิลโลสโคป



รูปที่ 4.3 แสดงตัวอย่างรูปสัญญาณที่วัดได้จากออสซิลโลสโคป

จากรูปที่ 4.2 แสดงสัญญาณที่เป็นแบบ 2 ช่อง โดยสัญญาณแรก(สัญญาณเส้นบน) เป็นสัญญาณนาฬิกาที่มาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ป้อนเข้าไปที่ขา CLK ของไอซี LTC1298 ส่วนสัญญาณเส้นที่สอง(สัญญาณเส้นล่าง) เป็นสัญญาณที่จับได้จากขา D_{in} และ D_{out} ซึ่งเชื่อมเป็นจุดเดียวกันอยู่ โดยที่สัญญาณทั้งสองเส้นสัมพันธ์กันโดยสัญญาณที่จับได้จากขา D_{in} และ D_{out} จะเปลี่ยนที่สัญญาณขาของสัญญาณนาฬิกา ซึ่งสัญญาณจาก D_{out} ก็คือสัญญาณดิจิทัลที่นำไปใช้เขียนโปรแกรมนั่นเอง ส่วนวิธีการดูรูปสัญญาณได้อธิบายไว้ในส่วนของไอซีแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (LTC1298) ในหน้า 30-33

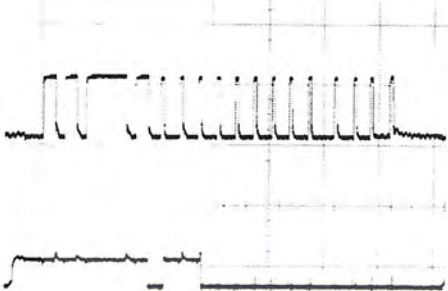


ตารางที่ 4 : แสดงผลการทดสอบวิธีที่ 1

รูปสัญญาณ	แรงดันจากแหล่งจ่าย	แรงดันที่คำนวณได้	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาด
			
	ขณะไม่ป้อนแรงดัน		
			
รูปสัญญาณ	แรงดันจากแหล่งจ่าย	แรงดันที่คำนวณได้	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาด
	0.3volts	0.308volts	3 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปสัญญาณ	แรงดันจากแหล่งจ่าย	แรงดันที่คำนวณได้	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาด
			
	0.6 volts	0.618 volts	3 %
รูปสัญญาณ	แรงดันจากแหล่งจ่าย	แรงดันที่คำนวณได้	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาด
			
	1.0 volts	1.084 volts	8 %
รูปสัญญาณ	แรงดันจากแหล่งจ่าย	แรงดันที่คำนวณได้	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาด
			
	2.5 volts	2.488 volts	0.5 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภูสัณญาณ	แรงดันจากแหล่งจ่าย	แรงดันที่คำนวณได้	เปอร์เซ็นต์ผิดพลาด
 C00h	3.5volts	3.719volts	6%
 F80h	4.5volts	4.804volts	7%
 FFFh	5.0volts	4.985volts	1%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 : แสดงผลการทดสอบวิธีที่ 2

ผลการทดลองการเปลี่ยนความถี่ของ Buzzer ต่อขนาดของแรงดันไฟฟ้า (Volts)									
Step	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	ค่าเฉลี่ย	โปรแกรม	Error(%)	หมายเหตุ
1	0.473	0.456	0.463	0.452	0.465	0.462	0.484	4.649	เสียงยาวมาก
2	1.361	1.366	1.390	1.450	1.410	1.395	1.492	6.463	เสียงยาว
3	2.251	2.224	2.240	2.231	2.239	2.237	2.499	10.495	เสียงสั้น
4	3.152	3.160	3.150	3.205	3.155	3.164	3.487	9.262	เสียงสั้นมาก
5	4.039	3.985	3.920	3.973	4.021	3.988	4.514	11.666	เสียงถี่ / สั้น
6	4.830	4.851	4.912	4.910	4.893	4.879	4.940	1.240	ไม่แสดงผล

4.3.2 ผลการทดสอบการทำงานของโปรแกรมว่าสามารถควบคุมการทำงานให้แสดงผลเป็นไปตามผังลำดับการทำงานของอุปกรณ์ ดังรูปที่ 3.4 หรือไม่ ผลที่ได้เป็นดังนี้

ตารางที่ 6 แสดงผลการทดสอบการทำงานของโปรแกรม

แรงดัน (Volt)	ลักษณะของสัญญาณเสียงบีบ	ลักษณะของสัญญาณเสียงพูดเตือน	ลักษณะของสัญญาณสั้น
0 - 0.5	ไม่แสดงผล	เตือนให้ไปต่อได้	ไม่สั้น
0.5 - 1.5	Buzzer ดังยาว	เตือนให้ไปต่อได้	ไม่สั้น
1.5 - 2.5	Buzzer ดังยาวน้อยลง	เตือนให้ไปต่อได้	ไม่สั้น
2.5 - 3.5	Buzzer ดังสั้น	เตือนให้ไปต่อได้	ไม่สั้น
3.5 - 4.5	Buzzer ดังสั้นมาก	เตือนให้ไปต่อได้	ไม่สั้น
มากกว่า 4.5	Buzzer ดังถี่	เตือนให้หยุด	สั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 วิจัยรณัผลการทดสอบ

จากการทดสอบจะพบว่าได้ผลค่อนข้างน่าพอใจ เนื่องจากมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 20 % โดยจะแบ่งการทดสอบเป็น

4.4.1 การทดสอบการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล มีวิธีการทดสอบ 2 วิธี

การทดสอบวิธีที่1 เป็นการทดสอบโดยใช้กราฟที่วัดได้จากออสซิลโลสโคปเปรียบเทียบกับสัญญาณดิจิตอลที่อื่นพุตเข้าไปที่ค่าแรงดันต่างๆ แล้วแปลงค่าแรงดันที่ได้เป็นเลขฐานสองเทียบกับกราฟ ซึ่งจากผลที่ได้แสดงว่า การแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอลมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างน้อย

การทดสอบวิธีที่2 เป็นการเปรียบเทียบแรงดันที่ได้จากการวัดกับแรงดันที่กำหนดไว้ในกรเขียนโปรแกรม ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างน้อย นั้นหมายความว่าค่าแรงดันที่แปลงจากอนาลอกเป็นดิจิตอลนั้นคลาดเคลื่อนไปจากโปรแกรมที่กำหนดไว้เล็กน้อย ดังนั้นการทำงานในส่วนของโปรแกรมจึงไม่มีปัญหา

4.4.2 การทดสอบการทำงานในส่วนการแสดงผล

จากตารางบันทึกผลการทดลองจะพบว่าการทำงานในส่วนนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ คือสามารถแสดงผลออกมาในรูปของสัญญาณเสียงพูด เสียงบีบๆ และการลั่นได้ตามค่าแรงดันที่จ่ายให้ ซึ่งจะมีการแสดงผลให้เราทราบที่ระดับต่างๆกันโดยที่ค่าแรงดันสูง สัญญาณเสียงบีบๆจะมีความถี่สูง ไม่เท่าจะสั้นและมีเสียงเตือนให้หยุดแสดงว่ามีระยะทางใกล้กับวัตถุ และที่ค่าแรงดันลดลงเสียงบีบๆ จะแสดงสัญญาณความถี่และระยะทางที่ห่างจากวัตถุลดลงตามลำดับ ซึ่งหากทำการต่อวงจรในส่วนของเลเซอร์ และวงจรกระแสขั้วดินแล้วคาดว่าจะสามารถใช้วัดระยะที่แท้จริงได้ ทั้งนี้ยังต้องขึ้นกับองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น วัตถุทดสอบมีการดูดกลืนแสง สิ่งแวดล้อมขณะทดสอบ ฯลฯ ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาในการวัดระยะทางที่แท้จริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในโครงการพิเศษชิ้นนี้เป็นการศึกษาเทคนิคเซลล์ฟิมิกส์ซึ่ง ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์โดยการนำมาใช้ในการสร้างโครงงานชิ้นนี้ขึ้นมา เพื่อให้ผู้มีความพิการทางสายตาได้ทราบระยะทางของวัตถุที่อยู่ข้างหน้าทำให้ไม่เดินชนกับวัตถุอื่นๆ ซึ่งโครงงานชิ้นนี้ได้พัฒนามาจากโครงงานชุดการพัฒนาอุปกรณ์นำทางคนตาบอดโดยใช้เทคนิคทางคลื่นแสงชุดที่ 1 สำหรับในชุดที่ 1 นั้น เนื่องจากวงจรมีขนาดใหญ่จึงไม่สามารถจัดให้อุปกรณ์อยู่ในรูปแบบของไม้เท้าได้ จึงได้มีการพัฒนาให้วงจรมีขนาดเล็กลง แต่สำหรับโครงงานชิ้นนี้วงจรมีขนาดเล็กลงแต่ยังไม่สามารถนำใส่ในไม้เท้าได้ จึงได้ทำการติดตั้งวงจรไว้ที่ด้านนอกของไม้เท้าซึ่งไม้เท้ายังคงใช้งานได้ นอกจากนี้แล้วยังได้มีการพัฒนาในส่วนของโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นคือมีสัญญาณเตือนในรูปแบบของสัญญาณเสียงปิ๊บๆ สัญญาณเสียงเตือน และสัญญาณสั้น ดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 4

สำหรับโครงงานพิเศษชุดนี้ แรงดันที่ได้ให้แรงดันจากแหล่งจ่ายแรงดัน (Power Supply) แทนค่าแรงดันที่จะได้จากการเกิดสัญญาณเซลล์ฟิมิกส์ซึ่ง ทำให้แรงดันที่ใช้อยู่ในระดับ 0-5 โวลต์ ซึ่งอาจต่างจากแรงดันที่ควรจะได้จริง แต่ในส่วนของการทำงานทั้งวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ไมโครคอนโทรลเลอร์และการแสดงผลสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์จากการทดลองอุปกรณ์ในบทที่ 4 จะเห็นได้ว่า ในส่วนของการทดสอบการแปลงสัญญาณซึ่งแสดงผลจากกราฟที่ได้จากออสซิลโลสโคป มีความคลาดเคลื่อนบ้างแต่การทำงานของตัวแปลงสัญญาณยังจัดว่าทำงานได้ค่อนข้างดี เมื่อเปรียบเทียบการแปลงสัญญาณกับการคำนวณแล้วทำให้ทราบค่าความคลาดเคลื่อนได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าไม่เกิน 20%

ในส่วนของการพัฒนาโครงงานจะเห็นได้ว่า ได้ทำการการพัฒนาในส่วนการแสดงผลให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และยังได้ทำการพัฒนาขนาดให้มีขนาดเล็กลง ดังที่ได้กล่าวไปแล้ว และเนื่องจากปัญหาในเรื่องของอุปกรณ์จึงไม่สามารถพัฒนางานในส่วนของวงจรขับกระแสและเลเซอร์ได้ สำหรับการดำเนินงานในส่วนนี้ของโครงงานอุปกรณ์นำทางคนตาบอดโดยใช้เทคนิคทางคลื่นแสงในปีการศึกษา 2544 ก็ยังคงมีปัญหาเช่นกัน กล่าวโดยสรุปคือไม่สามารถทำการวัดระยะทางที่แท้จริงได้ ทั้งนี้อาจเป็นสาเหตุเนื่องมาจากการต่อวงจรขับกระแสและวงจรตรวจจับสัญญาณเองนั้น ต้องใช้เทคโนโลยีในระดับสูงทั้งในเรื่องของขนาดและการรับสัญญาณ จึงเป็นไปได้ยากที่จะรับสัญญาณได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ อีกหลายประการ จึงจำเป็นต้องสั่งซื้ออุปกรณ์ต่างประเทศเพื่อให้ได้วงจรขับกระแสและวงจรตรวจจับสัญญาณที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะไม่เกิดปัญหาในการรับสัญญาณ ซึ่งจะทำให้อุปกรณ์นี้สามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ จึงจะขอเสนอแนะแนวทางการพัฒนาไว้ในหัวข้อที่ 5.3 เรื่อง แนวทางการพัฒนา

5.2 ปัญหาที่พบ

1. ความล่าช้าในการสั่งซื้ออุปกรณ์จากต่างประเทศ ทำให้ไม่สามารถทำการต่อวงจรได้ในส่วนของเลเซอร์ได้ จึงทำให้โครงงานไม่สมบูรณ์แบบ
2. วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์และวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลยังคงมีขนาดค่อนข้างใหญ่ ทำให้ไม่สามารถนำใส่ในไม้เท้าได้ จึงได้นำติดไว้ด้านนอกของไม้เท้า
3. ขณะทำการทดลองเนื่องจากปรับแรงดันเกินค่าที่วงจรสามารถจะทนได้ ทำให้ชิพ LTC 1298 เสียหาย จึงต้องซื้อใหม่ ส่งผลให้การทดลองล่าช้า

5.3 แนวทางการพัฒนา

1. การทำชิ้นงานให้มีขนาดเล็กลงสามารถใส่ในไม้เท้าได้โดยการต่อวงจรในแนวยาวในส่วนนี้สามารถพัฒนาได้โดยการกัดปรินท์ จะทำให้สามารถต่อวงจรได้ง่ายขึ้น
2. พัฒนาโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
3. สามารถทำการพัฒนาเพื่อนำไปใช้ในงานวัดระยะทางในการทดลองทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ได้โดยใช้หลักการเดียวกันนี้
4. พัฒนาอุปกรณ์ให้สามารถวัดระยะทางในแนวมุมเฉียงได้
5. ทำการติดเลเซอร์แบบเป็นแผง เพื่อลดปัญหาในเรื่องการสะท้อนกลับของสัญญาณที่เข้ามาในตัวเลเซอร์เกิดการแทรกสอดของสัญญาณ ในเลเซอร์แควิตีของเลเซอร์ไดโอดแพ็คเก็ต ทำให้สามารถตรวจจับสัญญาณได้ดียิ่งขึ้น จะทำให้การบอกระยะทางแม่นยำยิ่งขึ้น
6. สามารถนำโครงงานชุดนี้ไปพัฒนาในส่วนของวงจรขับเคลื่อนให้สามารถรับแรงดันจากสัญญาณเซลฟิมิกส์ซึ่ง ได้แทนแรงดันจากแหล่งจ่ายแรงดัน (Power Supply)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] รัชณี แสงสุริยา. 2543. การใช้เทคนิคเซลล์ที่มีกึ่งขิงในแหล่งกำเนิดเลเซอร์ไดโอดกับงานมาตรวิทยา. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาระบบควบคุมและเครื่องมือวัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- [2] วิชิต ศิริโชติ. 2544. การเขียนโปรแกรม MCS51 ด้วยภาษา C. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: บริษัท แอนนาดิжит กรุ๊ป จำกัด.
- [3] จุฑามาศ ททรัพย์สิน และรัชณีญา สีพิลา. 2544. การพัฒนาอุปกรณ์นำทางคนตาบอดโดยใช้เทคนิคทางคลื่นแสง. โครงการพิเศษปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [4] Guido Giuliani., Michele Norgia., Silvano Donati., and Theirry Bosch. Laser diode self-mixing technique for sensing applications. Journal of Applied Optics. 2002. pp. 283 - 294.
- [5] Sahin Kaya zdemir., Shigenohara., Sotetsu Takamiya., and Mirofumi Yoshida. "Noninvasive Blood Flow Measurement Using Speckle from a Self – Mixing Laserdiode : invitro and In vive experiments." Optic.Eng., Vol.39, No 9, 2000. pp. 2574- 2580.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

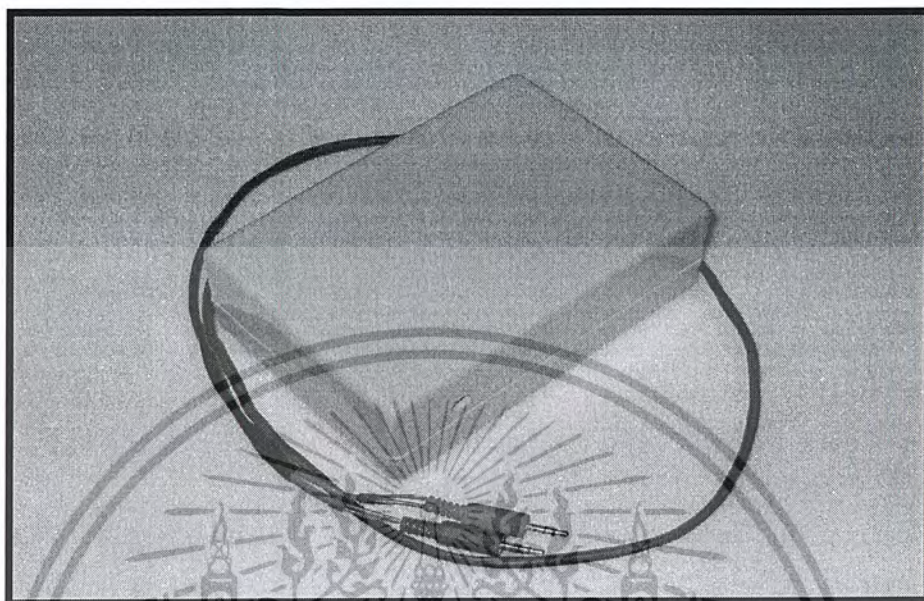


ภาคผนวก

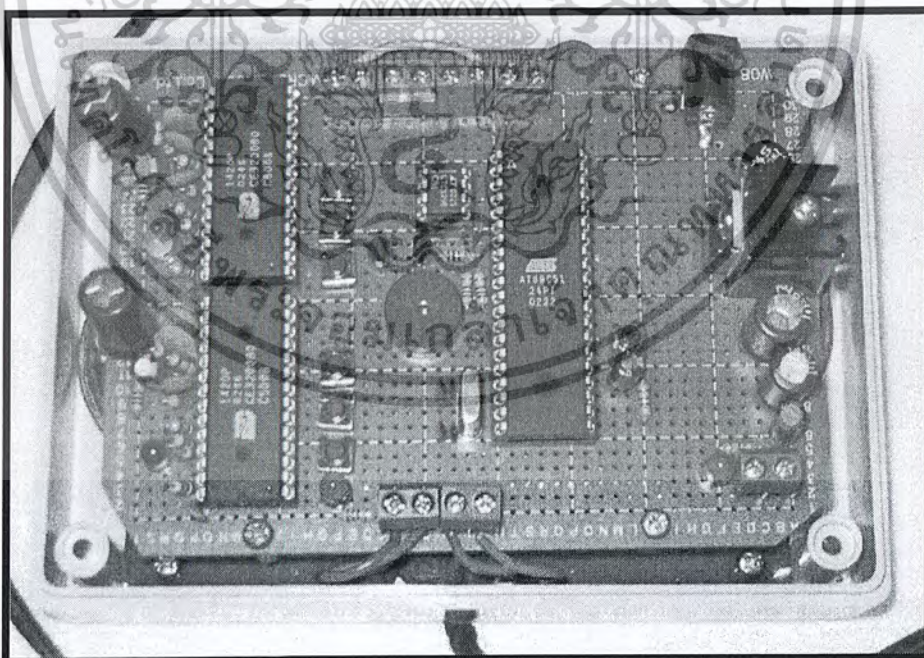
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

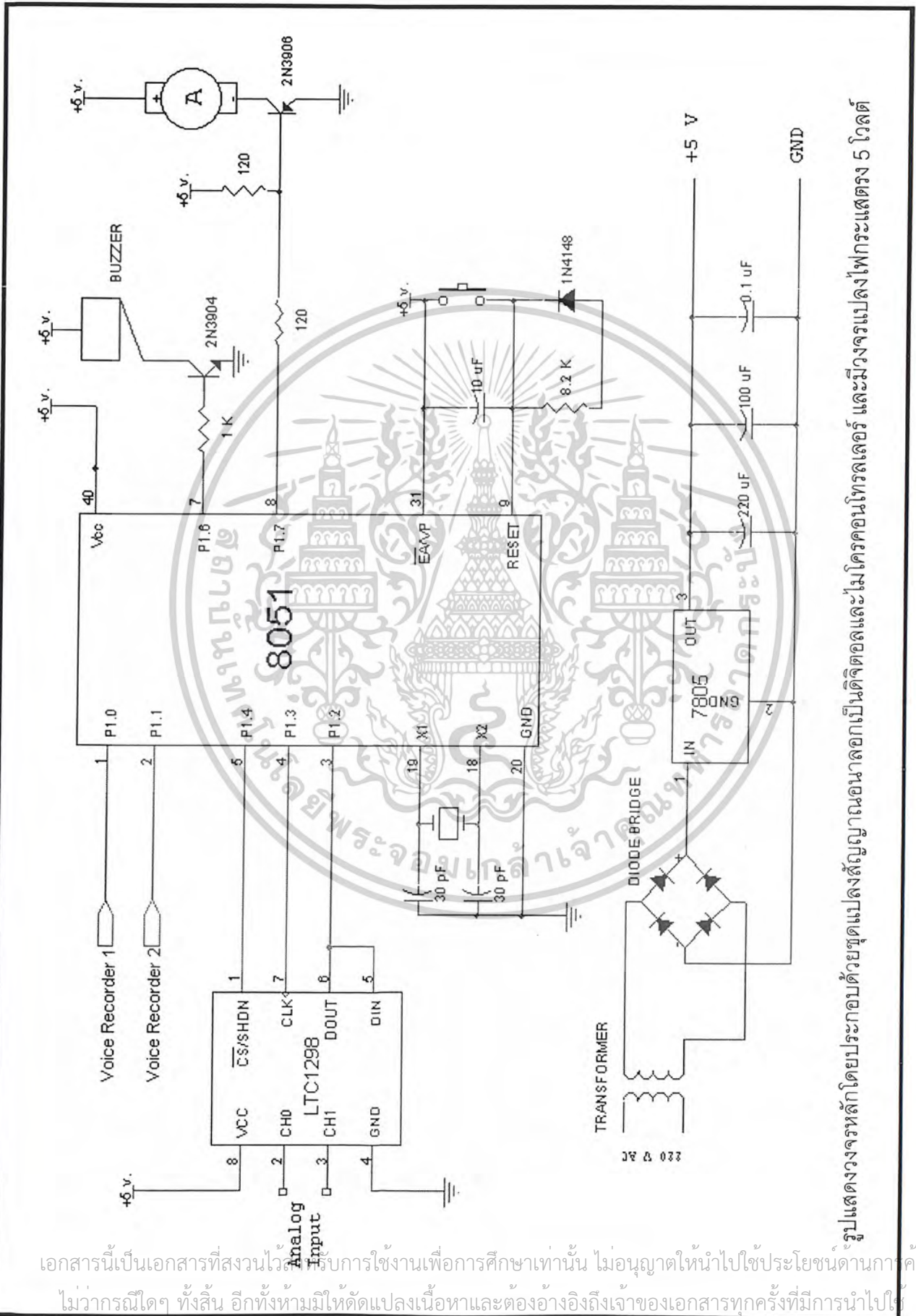


รูปแสดงงานวิจัยชุดอุปกรณ์นำทางคนตาบอด



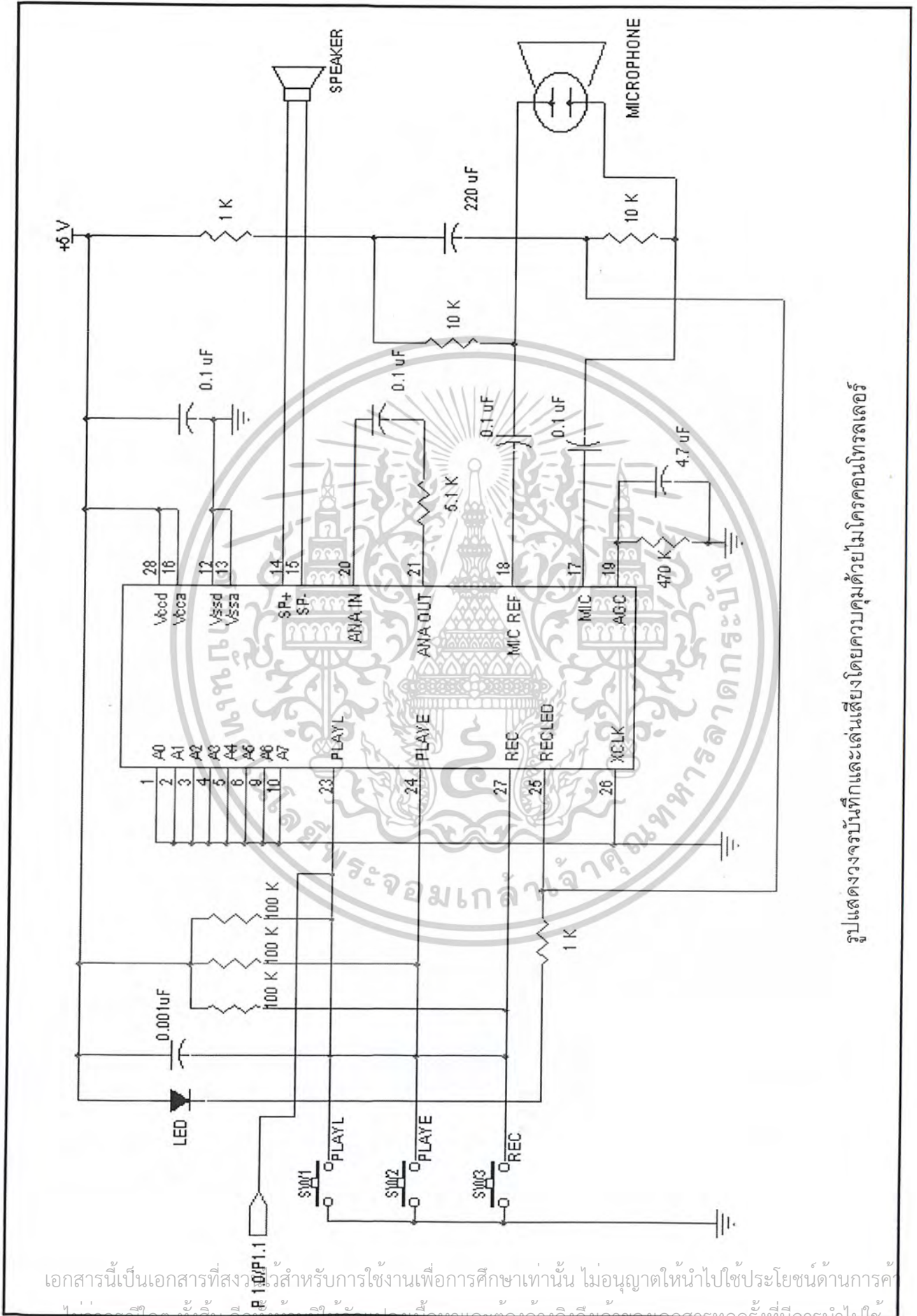
รูปแสดงวงจรคอนโทรลเลอร์ วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล
และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้แสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงวงจรหลักโดยประกอบด้วยชุดแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์ และมีวงจรมองแปลงไฟกระแสตรง 5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงวงจรจับที่กและเล่นเสียงโดยควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51 ให้รับค่าจากวงจรมัลติเพลกซ์สัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลและแสดงผลโดยใช้บัลเซอร์, ไวเบเรเตอร์ และชุดบันทึกและเล่นเสียง

```
#include "c:\mc\8051io.h"
#include "c:\mc\8051reg.h"
#include "c:\mc\8051bit.h"
#include "c:\mc\8051int.h"
register unsigned char i;
register unsigned int top,bottom;
main()
{ while(1)
  { setbit(P1.0)
    setbit(P1.1)
    clrbit(P1.6)
    setbit(P1.7)
    readADC();
    check(); } }
readADC()
{ asm
  { MOV A,#0ffh
    SETB P1.4
    CLR P1.4
    MOV R4,#04
LOOP1: RLC A
    CLR P1.3
    MOV P1.2,C
    SETB P1.3
    DJNZ R4,LOOP1
    SETB P1.2
    CLR P1.3
    MOV R4,#09
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LOOP2: MOV  C,P1.2
        RLC  A
        SETB P1.3
        CLR  P1.3
        DJNZ R4,LOOP2
        MOV  top,A
        CLR  A
        MOV  R4,#04
LOOP3: MOV  C,P1.2
        RLC  A
        SETB P1.3
        CLR  P1.3
        DJNZ R4,LOOP3
        MOV  R4,#04
LOOP4: RRC  A
        DJNZ R4,LOOP4
        MOV  bottom,A
        SETB P1.4
    } }
check()
{ if((top>0x)&&(top<=0x))
  { buzzer1(); }
  if((top>0x)&&(top<=0x))
  { buzzer2(); }
  if((top>0x)&&(top<=0x))
  { buzzer3 (); }
  if((top>0x)&&(top<=0x))
  { buzzer4(); }
  if((top>0x)&&(top<=0x))
  { buzzer5();
    vibrator();
    speaker2(); }}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

buzzer1()
  { for(i=0;i<2;i++)
    { setbit(P1.6)
      delay(1000);
      clrbit(P1.6)
      delay(200); }
    speaker1(); }

```

```

buzzer2()
  { for(i=0;i<2;i++)
    { setbit(P1.6)
      delay(800);
      clrbit(P1.6)
      delay(200); }
    speaker1(); }

```

```

buzzer3()
  { for(i=0;i<2;i++)
    { setbit(P1.6)
      delay(600);
      clrbit(P1.6)
      delay(200); }
    speaker1(); }

```

```

buzzer4()
  {for(i=0;i<2;i++)
    {setbit(P1.6)
      delay(400);
      clrbit(P1.6)
      delay(200); }
    speaker1(); }

```

```

buzzer5()
  { for(i=0;i<4;i++)
    {setbit(P1.6)
      delay(100);
      clrbit(P1.6)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
vibrator()
{ for(i=0;i<2;i++)
  { clrbit(P1.7)
    delay(1000);
    setbit(P1.7)
    delay(100); } }
```

```
speaker1()
{ clrbit(P1.0)
  setbit(P1.0) }
```

```
speaker2()
{ clrbit(P1.1)
  setbit(P1.1) }
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข้อมูลไอซีทีที่ใช้แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



LTC1286/LTC1298

Micropower Sampling 12-Bit A/D Converters In SO-8 Packages

FEATURES

- 12-Bit Resolution
- 8-Pin SOIC Plastic Package
- Low Cost
- Low Supply Current: 250 μ A Typ.
- Auto Shutdown to 1nA Typ.
- Guaranteed $\pm 3/4$ LSB Max DNL
- Single Supply 5V to 9V Operation
- On-Chip Sample-and-Hold
- 60 μ s Conversion Time
- Sampling Rates:
 - 12.5 ksp/s (LTC1286)
 - 11.1 ksp/s (LTC1298)
- I/O Compatible with SPI, Microwire, etc.
- Differential Inputs (LTC1286)
- 2-Channel MUX (LTC1298)
- 3V Versions Available: LTC1285/LTC1288

APPLICATIONS

- Battery-Operated Systems
- Remote Data Acquisition
- Battery Monitoring
- Handheld Terminal Interface
- Temperature Measurement
- Isolated Data Acquisition

DESCRIPTION

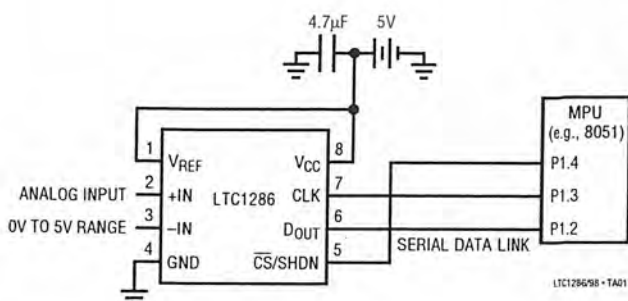
The LTC1286/LTC1298 are micropower, 12-bit, successive approximation sampling A/D converters. They typically draw only 250 μ A of supply current when converting and automatically power down to a typical supply current of 1nA whenever they are not performing conversions. They are packaged in 8-pin SO packages and operate on 5V to 9V supplies. These 12-bit, switched-capacitor, successive approximation ADCs include sample-and-holds. The LTC1286 has a single differential analog input. The LTC1298 offers a software selectable 2-channel MUX.

On-chip serial ports allow efficient data transfer to a wide range of microprocessors and microcontrollers over three wires. This, coupled with micropower consumption, makes remote location possible and facilitates transmitting data through isolation barriers.

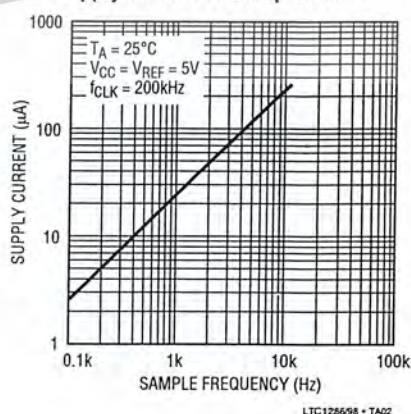
These circuits can be used in ratiometric applications or with an external reference. The high impedance analog inputs and the ability to operate with reduced spans (to 1.5V full scale) allow direct connection to sensors and transducers in many applications, eliminating the need for gain stages.

TYPICAL APPLICATIONS

25 μ W, SO-8 Package, 12-Bit ADC
Samples at 200kHz and Runs Off a 5V Supply



Supply Current vs Sample Rate



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

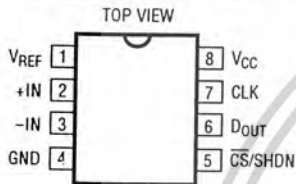
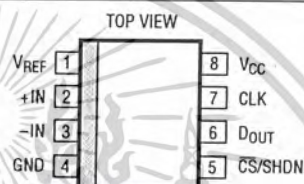
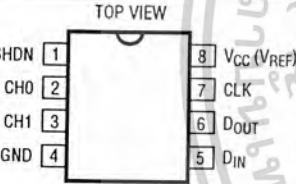
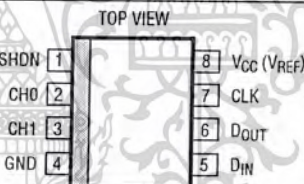
LTC1286/LTC1298

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Notes 1 and 2)

Supply Voltage (V_{CC}) to GND 12V
 Voltage
 Analog and Reference $-0.3V$ to $V_{CC} + 0.3V$
 Digital Inputs $-0.3V$ to $12V$
 Digital Output $-0.3V$ to $V_{CC} + 0.3V$

Power Dissipation 500mW
 Operating Temperature Range
 LTC1286C/LTC1298C $0^{\circ}C$ to $70^{\circ}C$
 LTC1286I/LTC1298I $-40^{\circ}C$ to $85^{\circ}C$
 Storage Temperature Range $-65^{\circ}C$ to $150^{\circ}C$
 Lead Temperature (Soldering, 10 sec.) $300^{\circ}C$

PACKAGE/ORDER INFORMATION

 <p>N8 PACKAGE 8-LEAD PLASTIC DIP $T_{JMAX} = 150^{\circ}C$, $\theta_{JA} = 130^{\circ}C/W$</p>	<p>ORDER PART NUMBER</p> <p>LTC1286CN8 LTC1286IN8</p>	 <p>S8 PACKAGE 8-LEAD PLASTIC SOIC $T_{JMAX} = 150^{\circ}C$, $\theta_{JA} = 175^{\circ}C/W$</p>	<p>ORDER PART NUMBER</p> <p>LTC1286CS8 LTC1286IS8</p> <p>PART MARKING</p> <p>1286 - 1286I</p>
 <p>N8 PACKAGE 8-LEAD PLASTIC DIP $T_{JMAX} = 150^{\circ}C$, $\theta_{JA} = 130^{\circ}C/W$</p>	<p>ORDER PART NUMBER</p> <p>LTC1298CN8 LTC1298IN8</p>	 <p>S8 PACKAGE 8-LEAD PLASTIC SOIC $T_{JMAX} = 150^{\circ}C$, $\theta_{JA} = 175^{\circ}C/W$</p>	<p>ORDER PART NUMBER</p> <p>LTC1298CS8 LTC1298IS8</p> <p>PART MARKING</p> <p>1298 1298I</p>

Consult factory for military grade parts.

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{CC}	Supply Voltage (Note 3)	LTC1286 LTC1298	4.5 4.5		9.0 5.5	V
f_{CLK}	Clock Frequency	$V_{CC} = 5V$	(Note 4)		200	kHz
t_{CYC}	Total Cycle Time	LTC1286, $f_{CLK} = 200kHz$ LTC1298, $f_{CLK} = 200kHz$	80 90			μs μs
t_{hDI}	Hold Time, D_{IN} After $CLK\uparrow$	$V_{CC} = 5V$	150			ns
t_{suCS}	Setup Time $\overline{CS}\downarrow$ Before First $CLK\uparrow$ (See Operating Sequence)	LTC1286, $V_{CC} = 5V$ LTC1298, $V_{CC} = 5V$	2 2			μs μs
t_{suDI}	Setup Time, D_{IN} Stable Before $CLK\uparrow$	$V_{CC} = 5V$	400			ns
t_{WHCLK}	CLK High Time	$V_{CC} = 5V$	2			μs
t_{WLCLK}	CLK Low Time	$V_{CC} = 5V$	2			μs
t_{WHCS}	\overline{CS} High Time Between Data Transfer Cycles	$V_{CC} = 5V$	2			μs
t_{WLCS}	\overline{CS} Low Time During Data Transfer	LTC1286, $f_{CLK} = 200kHz$ LTC1298, $f_{CLK} = 200kHz$	75 85			μs μs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LTC1286/LTC1298

CONVERTER AND MULTIPLEXER CHARACTERISTICS (Note 5)

PARAMETER	CONDITIONS	LTC1286			LTC1298			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Resolution (No Missing Codes)		●	12		12			Bits
Integral Linearity Error	(Note 6)	●	±3/4	±2	±3/4	±2		LSB
Differential Linearity Error		●	±1/4	±3/4	±1/4	±3/4		LSB
Offset Error		●	3/4	±3	3/4	±3		LSB
Gain Error		●	±2	±8	±2	±8		LSB
Analog Input Range	(Note 7 and 8)	●	-0.05V to $V_{CC} + 0.05V$					V
REF Input Range (LTC1286)	$4.5 \leq V_{CC} \leq 5.5V$		1.5V to $V_{CC} + 0.05V$					V
(Notes 7, 8, and 9)	$5.5V < V_{CC} \leq 9V$		1.5V to 5.55V					V
Analog Input Leakage Current (Note 10)		●		±1		±1		μA

DIGITAL AND DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Note 5)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{IH}	High Level Input Voltage	$V_{CC} = 5.25V$	●	2		V
V_{IL}	Low Level Input Voltage	$V_{CC} = 4.75V$	●		0.8	V
I_{IH}	High Level Input Current	$V_{IN} = V_{CC}$	●		2.5	μA
I_{IL}	Low Level Input Current	$V_{IN} = 0V$	●		-2.5	μA
V_{OH}	High Level Output Voltage	$V_{CC} = 4.75V, I_O = 10\mu A$	●	4.0	4.64	V
		$V_{CC} = 4.75V, I_O = 360\mu A$	●	2.4	4.62	V
V_{OL}	Low Level Output Voltage	$V_{CC} = 4.75V, I_O = 1.6mA$	●		0.4	V
I_{OZ}	Hi-Z Output Leakage	$\overline{CS} = High$	●		±3	μA
I_{SOURCE}	Output Source Current	$V_{OUT} = 0V$			-25	mA
I_{SINK}	Output Sink Current	$V_{OUT} = V_{CC}$			45	mA
R_{REF}	Reference Input Resistance (LTC1286)	$\overline{CS} = V_{CC}$ $\overline{CS} = GND$		5000 55		MΩ kΩ
I_{REF}	Reference Current (LTC1286)	$\overline{CS} = V_{CC}$ $t_{CYC} \geq 640\mu s, f_{CLK} \leq 25kHz$ $t_{CYC} = 80\mu s, f_{CLK} = 200kHz$	●	0.001 90 90	2.5 140 140	μA μA μA
I_{CC}	Supply Current	$\overline{CS} = V_{CC}$	●	0.001	±3.0	μA
		LTC1286, $t_{CYC} \geq 640\mu s, f_{CLK} \leq 25kHz$	●	220	460	μA
		LTC1286, $t_{CYC} = 80\mu s, f_{CLK} = 200kHz$	●	260	500	μA
		LTC1298, $t_{CYC} \geq 720\mu s, f_{CLK} \leq 25kHz$	●	320	600	μA
		LTC1298, $t_{CYC} = 90\mu s, f_{CLK} = 200kHz$	●	360	640	μA

DYNAMIC ACCURACY $f_{SMPL} = 12.5kHz$ (LTC1286), $f_{SMPL} = 11.1kHz$ (LTC1298) (Note 5)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
S/(N+D)	Signal-to-Noise Plus Distortion Ratio	1kHz/7kHz Input Signal		71/68		dB
THD	Total Harmonic Distortion (Up to 5th Harmonic)	1kHz/7kHz Input Signal		-84/-80		dB
SFDR	Spurious-Free Dynamic Range	1kHz/7kHz Input Signal		90/86		dB
	Peak Harmonic or Spurious Noise	1kHz/7kHz Input Signal		-90/-86		dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LTC1286/LTC1298

AC CHARACTERISTICS (Note 5)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
t_{SMPL}	Analog Input Sample Time	See Operating Sequence		1.5		CLK Cycles
$f_{SMPL (MAX)}$	Maximum Sampling Frequency	LTC1286 LTC1298	● ●	12.5 11.1		kHz kHz
t_{CONV}	Conversion Time	See Operating Sequence		12		CLK Cycles
t_{dDO}	Delay Time, CLK↓ to D _{OUT} Data Valid	See Test Circuits	●	250	600	ns
t_{dis}	Delay Time, CS↑ to D _{OUT} Hi-Z	See Test Circuits	●	135	300	ns
t_{en}	Delay Time, CLK↓ to D _{OUT} Enable	See Test Circuits	●	75	200	ns
t_{hDO}	Time Output Data Remains Valid After CLK↓	$C_{LOAD} = 100pF$		230		ns
t_f	D _{OUT} Fall Time	See Test Circuits	●	20	75	ns
t_r	D _{OUT} Rise Time	See Test Circuits	●	20	75	ns
C_{IN}	Input Capacitance	Analog Inputs, On Channel Analog Inputs, Off Channel Digital Input		20 5 5		pF pF pF

The ● denotes specifications which apply over the full operating temperature range.

Note 1: Absolute maximum ratings are those values beyond which the life of a device may be impaired.

Note 2: All voltage values are with respect to GND.

Note 3: These devices are specified at 5V. For 3V specified devices, see LTC1285 and LTC1288.

Note 4: Increased leakage currents at elevated temperatures cause the S/H to droop, therefore it is recommended that $f_{CLK} \geq 120kHz$ at 85°C, $f_{CLK} \geq 75kHz$ at 70° and $f_{CLK} \geq 1kHz$ at 25°C.

Note 5: $V_{CC} = 5V$, $V_{REF} = 5V$ and $CLK = 200kHz$ unless otherwise specified.

Note 6: Linearity error is specified between the actual end points of the A/D transfer curve.

Note 7: Two on-chip diodes are tied to each reference and analog input which will conduct for reference or analog input voltages one diode drop below GND or one diode drop above V_{CC} . This spec allows 50mV forward bias of either diode for $4.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$. This means that as long as the reference or analog input does not exceed the supply voltage by more than 50mV the output code will be correct. To achieve an absolute 0V to 5V input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.950V over initial tolerance, temperature variations and loading. For $5.5V < V_{CC} \leq 9V$, reference and analog input range cannot exceed 5.55V. If reference and analog input range are greater than 5.55V, the output code will not be guaranteed to be correct.

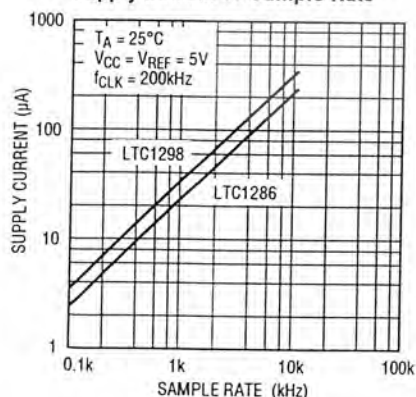
Note 8: The supply voltage range for the LTC1286 is from 4.5V to 9V, but the supply voltage range for the LTC1298 is only from 4.5V to 5.5V.

Note 9: Recommended operating conditions

Note 10: Channel leakage current is measured after the channel selection.

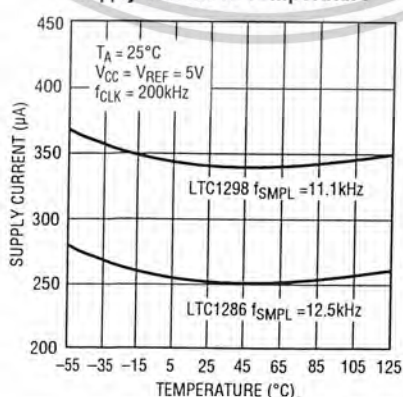
TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Supply Current vs Sample Rate



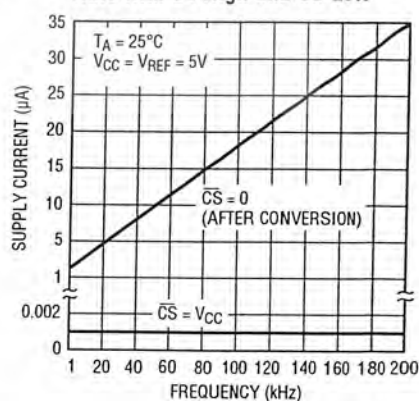
LT1286/98 G03

Supply Current vs Temperature



LT1286/98 G04

Shutdown Supply Current vs Clock Rate with CS High and CS Low

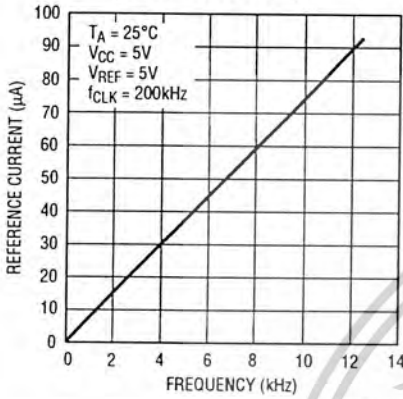


LT1286/98 G01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

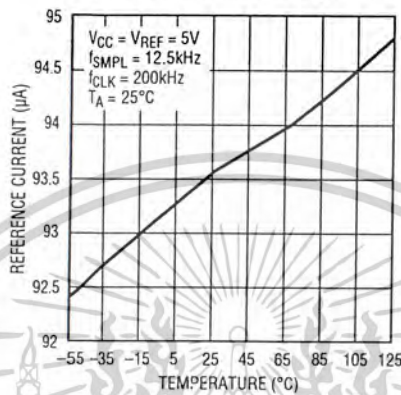
TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Reference Current vs Sample Rate (LTC1286)



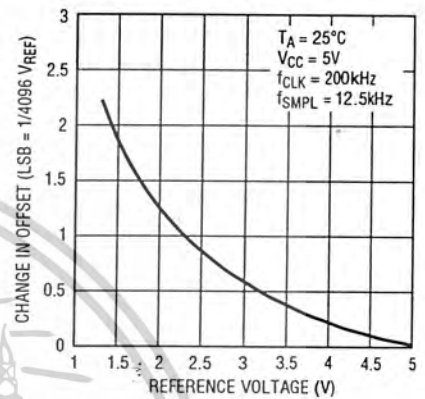
LT1286/98 G06

Reference Current vs Temperature



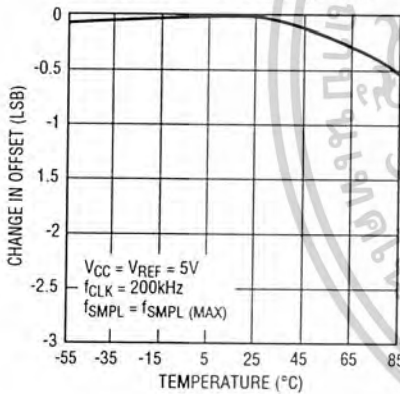
LT1286/98 G07

Change in Offset vs Reference Voltage



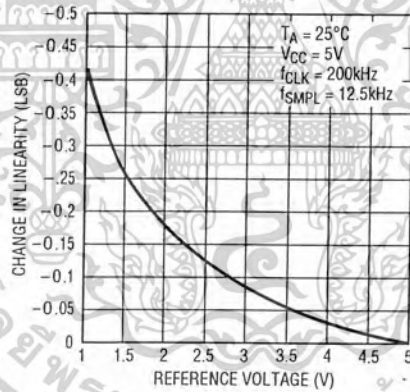
LT1286/98 G08

Change in Offset vs Temperature



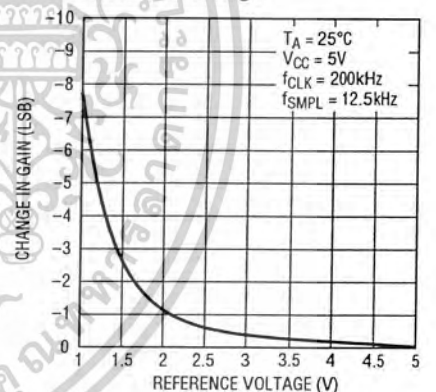
LT1286/98 G09

Change in Linearity vs Reference Voltage



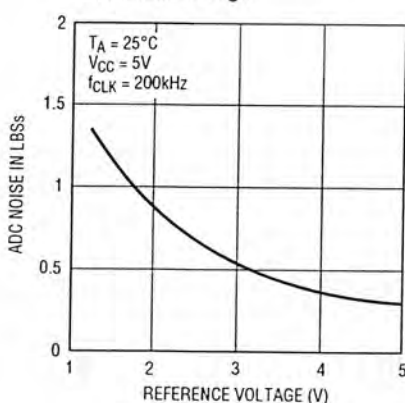
LT1286/98 G10

Change in Gain vs Reference Voltage



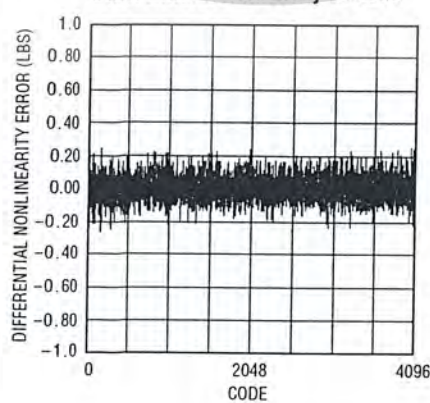
LT1286/98 G11

Peak-to-Peak ADC Noise vs Reference Voltage

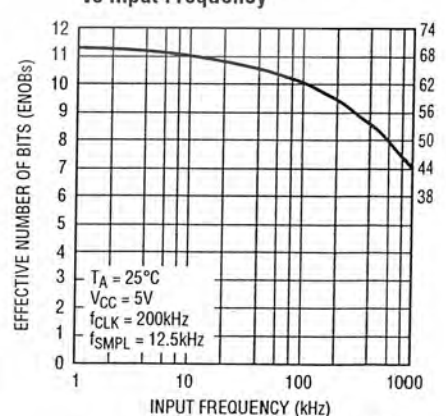


LT1286/98 G15

Differential Nonlinearity vs Code



Effective Bits and S/(N + D) vs Input Frequency



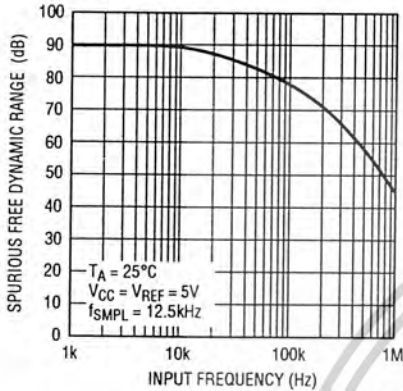
LTC 1286/98 G20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติเห็นาไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LTC1286/LTC1298

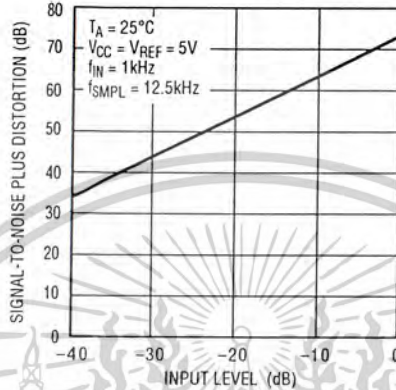
TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Spurious Free Dynamic Range vs Frequency



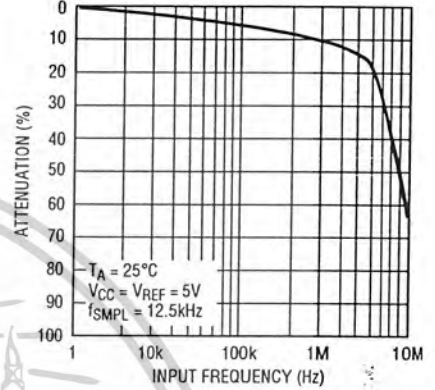
LTC1286/98 G27

S/(N+D) vs Input Level



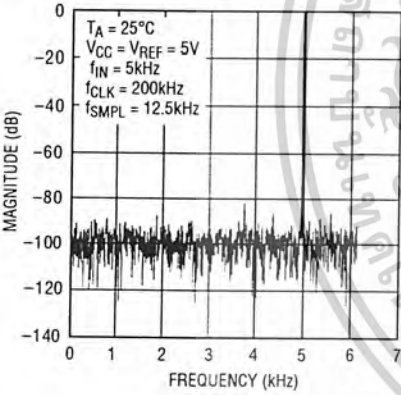
LTC1286/98 G25

Attenuation vs Input Frequency



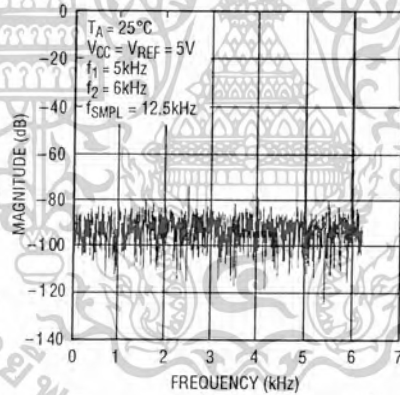
LTC1286/98 G26

4096 Point FFT Plot



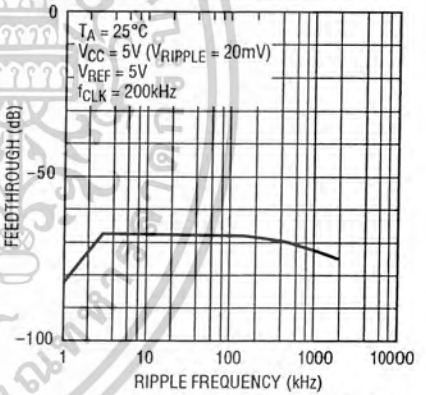
LTC1286/98 G21

Intermodulation Distortion



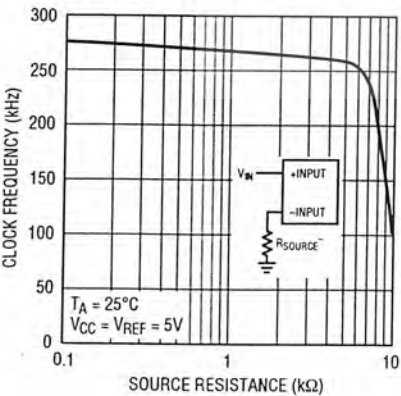
LTC1286/98 G24

Power Supply Feedthrough vs Ripple Frequency



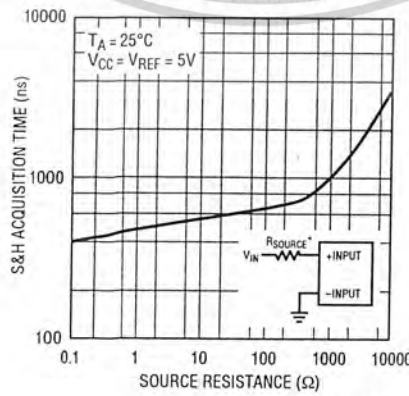
LTC1286/98 G22

Maximum Clock Frequency vs Source Resistance



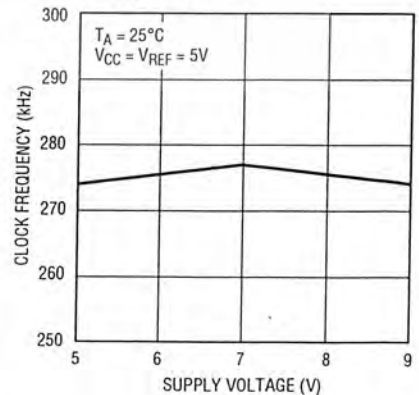
LTC1286/98 G12

Sample and Hold Acquisition Time vs Source Resistance



LTC1286/98 G16

Maximum Clock Frequency vs Supply Voltage

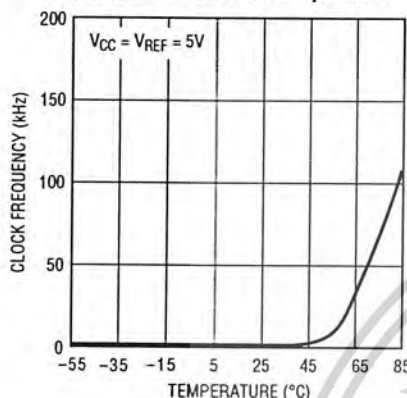


LTC1286/98 G13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

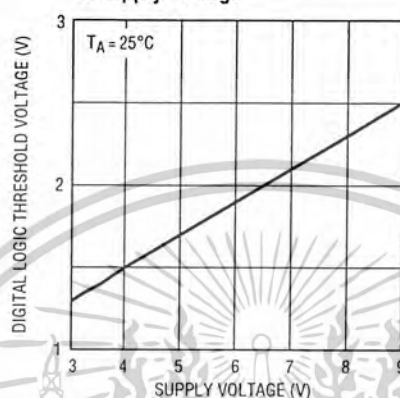
TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

Minimum Clock Frequency
for 0.1 LSB Error vs Temperature



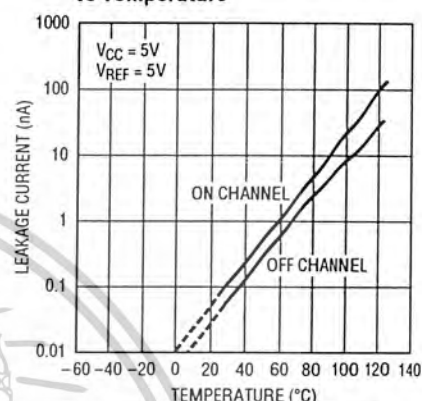
LT1286-98-G14

Digital Input Logic Threshold
vs Supply Voltage



LTC1286-98-G17

Input Channel Leakage Current
vs Temperature



1196-98-G19

PIN FUNCTIONS

LTC1286

V_{REF} (Pin 1): Reference Input. The reference input defines the span of the A/D converter.

IN⁺ (Pin 2): Positive Analog Input.

IN⁻ (Pin 3): Negative Analog Input.

GND (Pin 4): Analog Ground. GND should be tied directly to an analog ground plane.

$\overline{\text{CS}}/\text{SHDN}$ (Pin 5): Chip Select Input. A logic low on this input enables the LTC1286. A logic high on this input disables and powers down the LTC1286.

D_{OUT} (Pin 6): Digital Data Output. The A/D conversion result is shifted out of this output.

CLK (Pin 7): Shift Clock. This clock synchronizes the serial data transfer and determines conversion speed.

V_{CC} (Pin 8): Power Supply Voltage. This pin provides power to the A/D converter. It must be kept free of noise and ripple by bypassing directly to the analog ground plane.

LTC1298

$\overline{\text{CS}}/\text{SHDN}$ (Pin 1): Chip Select Input. A logic low on this input enables the LTC1298. A logic high on this input disables and powers down the LTC1298.

CHO (Pin 2): Analog Input.

CH1 (Pin 3): Analog Input.

GND (Pin 4): Analog Ground. GND should be tied directly to an analog ground plane.

D_{IN} (Pin 5): Digital Data Input. The multiplexer address is shifted into this input.

D_{OUT} (Pin 6): Digital Data Output. The A/D conversion result is shifted out of this output.

CLK (Pin 7): Shift Clock. This clock synchronizes the serial data transfer and determines conversion speed.

V_{CC}/V_{REF} (Pin 8): Power Supply and Reference Voltage. This pin provides power and defines the span of the A/D converter. It must be kept free of noise and ripple by bypassing directly to the analog ground plane.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

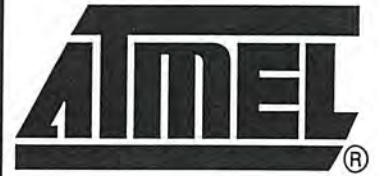
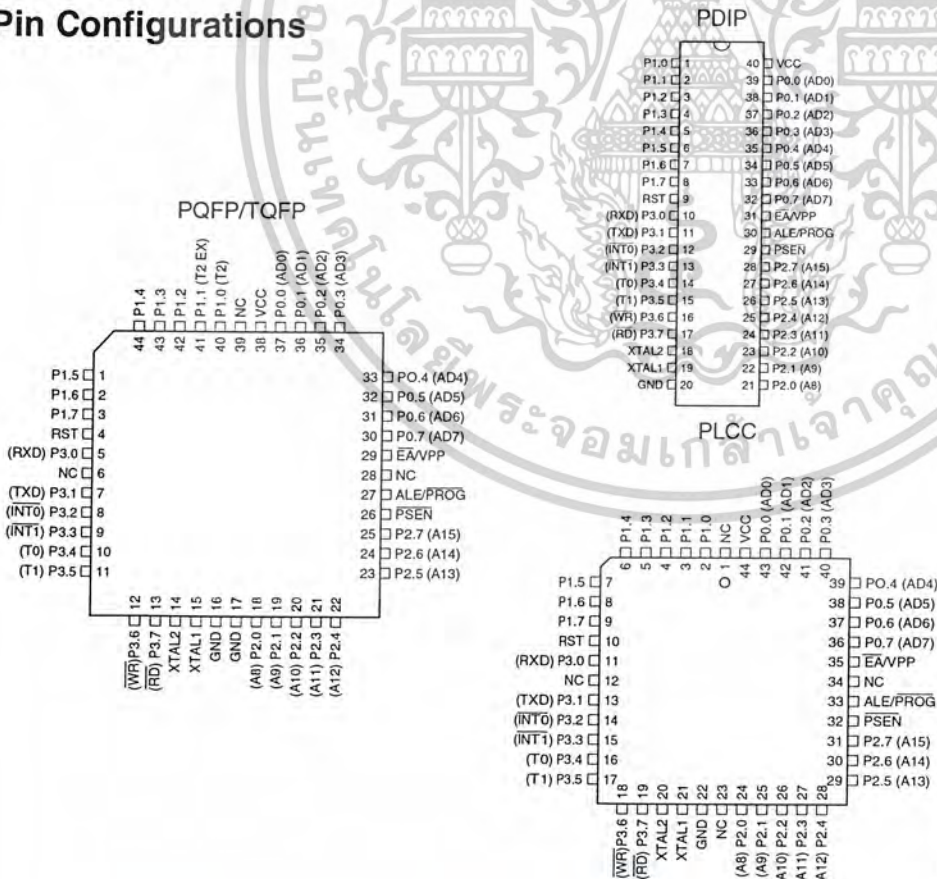
Features

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

Description

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

Pin Configurations



8-bit
Microcontroller
with 4K Bytes
Flash

AT89C51

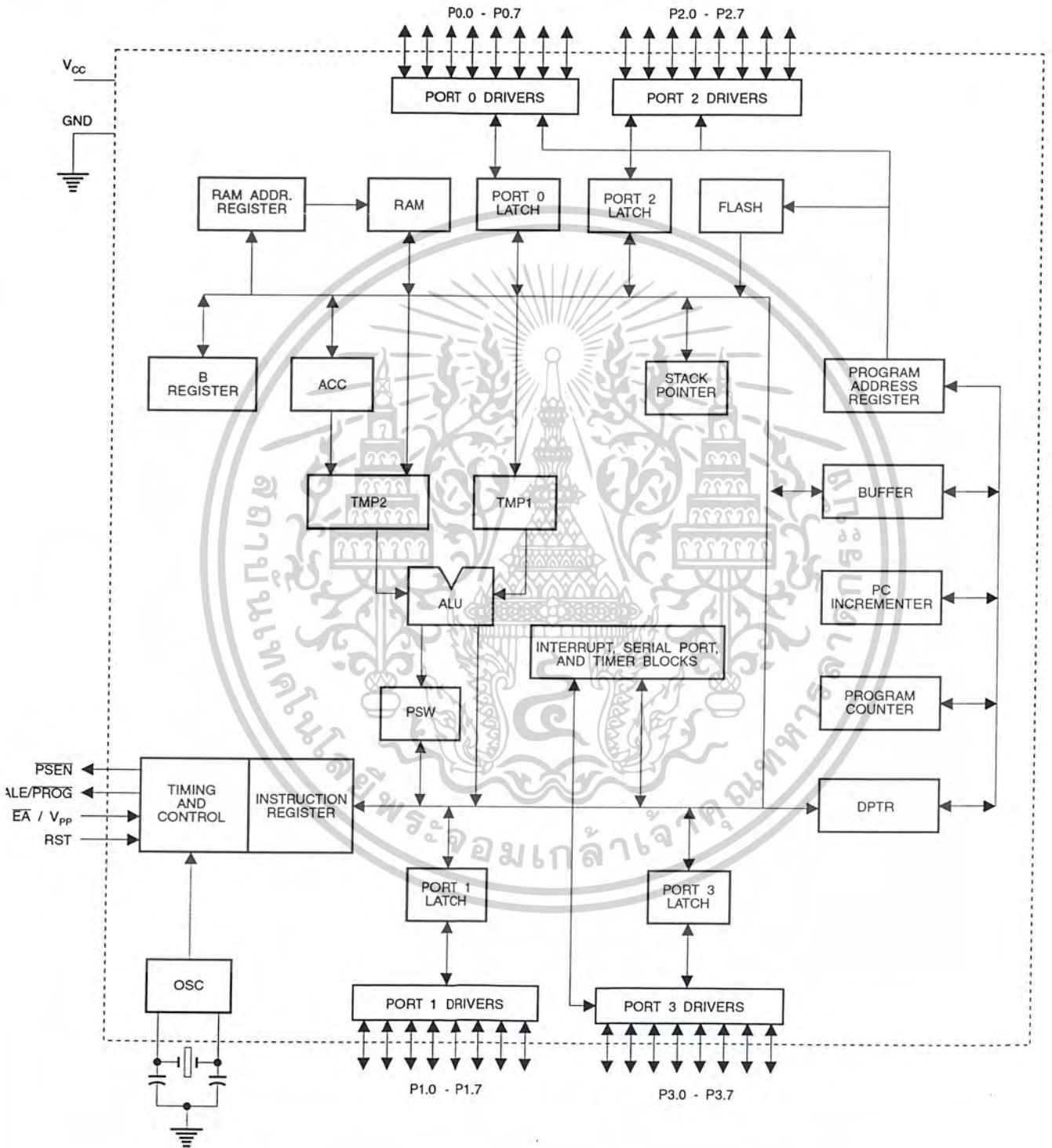
Rev. 0265G-02/00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





Block Diagram



AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนูญาติเห็นาเบไซประยชนดานการคา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT89C51

The AT89C51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 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 may 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.

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

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, it 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 listed below:

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	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	WR (external data memory write strobe)
P3.7	RD (external data memory read strobe)

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

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 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 AT89C51 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, for parts that require 12-volt V_{PP} .

XTAL1

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

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left

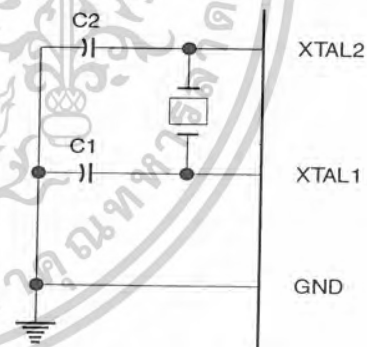
unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

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

It should be noted that when idle is terminated by a 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 is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

Figure 1. Oscillator Connections



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

Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

Mode	Program Memory	ALE	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

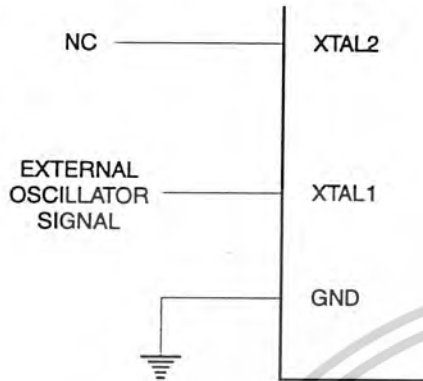
AT89C51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ซื้อได้เห็น และสั่งซื้อเอกสารนี้แล้ว

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AT89C51

Figure 2. External Clock Drive Configuration



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 Regis-

ters 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.

Program Memory Lock Bits

On the chip are three lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below.

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. It is necessary that the latched value of \overline{EA} be in agreement with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

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, \overline{EA} is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash is disabled
3	P	P	U	Same as mode 2, also verify is disabled
4	P	P	P	Same as mode 3, also external execution is disabled



ข้อมูลไอซีทีที่ใช้เป็นตัวบันทึกและเล่นเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ISD1400 Series

Single-Chip Voice Record/Playback Devices 16- and 20-Second Durations

FEATURES

- Easy-to-use single-chip voice Record/Playback solution
- High-quality, natural voice/audio reproduction
- Push-button interface
 - Playback can be edge- or level-activated
- Single-chip durations of 16 and 20 seconds
- Automatic power-down mode
 - Enters standby mode immediately following a Record or Playback cycle
 - Standby current 0.5 μ A (typical)
- Zero-power message storage
 - Eliminates battery backup circuits
- Fully addressable to handle multiple messages
- 100-year message retention (typical)
- 100,000 record cycles (typical)
- On-chip clock source
- No algorithm development required
- Single +5 volt power supply
 - Available in die form, DIP, and SOIC packaging
- Industrial temperature (-40°C to +85°C) versions available

ISD1400 SERIES SUMMARY

Part Number	Minimum Duration (Seconds)	Input Sample Rate (KHz)	Typical Filter Pass Band (KHz)
ISD1416	16	8.0	3.3
ISD1420	20	6.4	2.6

Information Storage Devices, Inc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GENERAL DESCRIPTION

Information Storage Devices' ISD1400 ChipCorder® Series provides high-quality, single-chip record/playback solutions to short-duration messaging applications. The CMOS devices include an on-chip oscillator, microphone preamplifier, automatic gain control, antialiasing filter, smoothing filter, and speaker amplifier. A minimum record/playback subsystem can be configured with a microphone, a speaker, several passives, two push-buttons, and a power source.

Recordings are stored in on-chip nonvolatile memory cells, providing zero-power message storage. This unique, single-chip solution is made possible through ISD's patented multilevel storage technology. Voice and audio signals are stored directly into memory in their natural form, providing high-quality, solid-state voice reproduction.

DETAILED DESCRIPTION

Speech/Sound Quality

The ISD1400 Series includes devices offered at 6.4 and 8.0 KHz sampling frequencies, allowing the user a choice of speech quality options. The speech samples are stored directly into on-chip nonvolatile memory without the digitization and compression associated with other solutions. Direct analog storage provides a very true, natural sounding reproduction of voice, music, tones, and sound effects not available with most solid-state digital solutions.

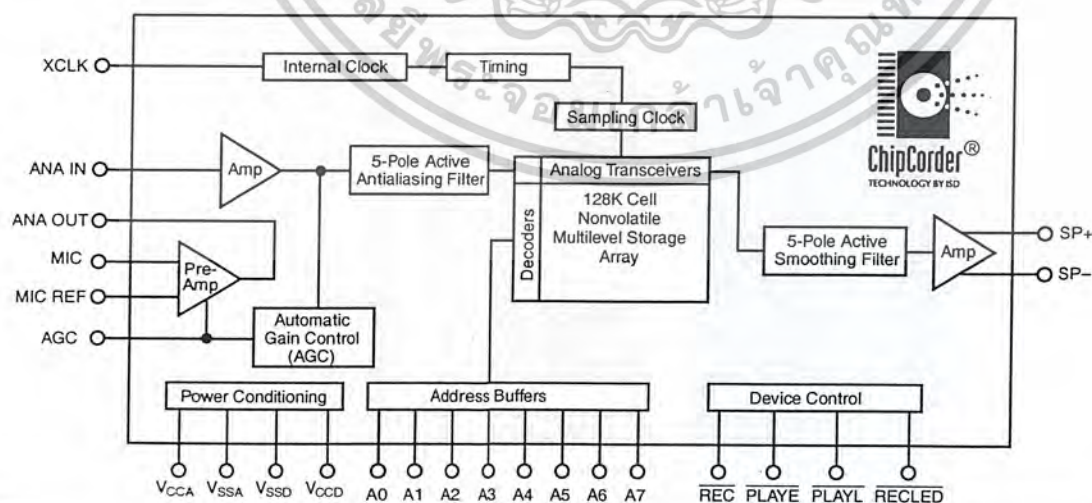
Duration

To meet end system requirements, the ISD1400 Series offers single-chip solutions at 16 and 20 seconds.

EEPROM Storage

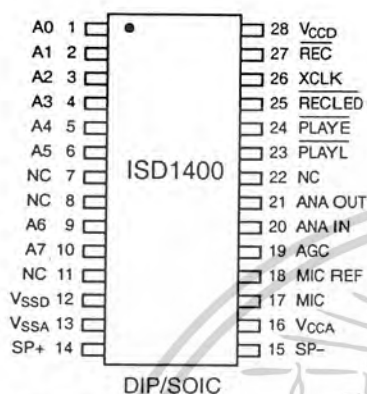
One of the benefits of ISD's ChipCorder technology is the use of on-chip nonvolatile memory, providing zero-power message storage. The message is retained for up to 100 years typically without power. In addition, the device can be re-recorded typically over 100,000 times.

ISD1400 SERIES BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISD1400 SERIES PINOUTS



NOTE: NC means Must Not Connect.

The ISD1400 Series storage array has 160 distinct addressable segments, providing the following resolutions. See the *ISD Application Notes and Design Manual* in this book for ISD1400 address tables.

Part Number	Minimum Duration (Seconds)
ISD1416	100 ms
ISD1420	125 ms

PIN DESCRIPTION

NOTE

The \overline{REC} signal is debounced for 50 ms on the rising edge to prevent a false retriggering from a push-button switch.

Basic Operation

The ISD1400 ChipCorder Series devices are controlled by a single Record signal, \overline{REC} , and either of two push-button control playback signals, \overline{PLAYE} (edge-activated playback), and \overline{PLAYL} (level-activated playback). The ISD1400 parts are configured for simplicity of design in a single-message application. Using the address lines will allow multiple message applications. Device operation is explained on page 1-75.

Automatic Power-Down Mode

At the end of a Playback or Record cycle, the ISD1400 Series devices automatically return to a low-power standby mode, consuming typically 0.5 μA . During a Playback cycle, the device powers down automatically at the end of the message. During a Record cycle, the device powers down immediately after \overline{REC} is released HIGH.

Addressing (optional)

In addition to providing simple message playback, the ISD1400 Series provides a full addressing capability.

Voltage Inputs (V_{CCA} , V_{CCD})

Analog and digital circuits internal to the ISD1400 Series use separate power buses to minimize noise on the chip. These power buses are brought out to separate pins on the package and should be tied together as close to the supply as possible. It is important that the power supply be decoupled as close as possible to the package.

Ground Inputs (V_{SSA} , V_{SSD})

Similar to V_{CCA} and V_{CCD} , the analog and digital circuits internal to the ISD1400 Series use separate ground buses to minimize noise. These pins should be tied together as close as possible to the device.

Record (\overline{REC})

The \overline{REC} input is an active-LOW Record signal. The device records whenever \overline{REC} is LOW. This signal must remain LOW for the duration of the Recording. \overline{REC} takes precedence over either Playback (\overline{PLAYE} or \overline{PLAYL}) signal. If \overline{REC} is pulled LOW during a Playback cycle, the Playback immediately ceases and Recording begins.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Record cycle is completed when $\overline{\text{REC}}$ is pulled HIGH or the memory space is filled.

An end-of-message marker (EOM) is internally recorded, enabling a subsequent Playback cycle to terminate appropriately. The device automatically powers down to standby mode when $\overline{\text{REC}}$ goes HIGH.

Playback, Edge-Activated ($\overline{\text{PLAYE}}$)

When a LOW-going transition is detected on this input signal, a Playback cycle begins. Playback continues until an end-of-message (EOM) is encountered or the end of the memory space is reached. Upon completion of the Playback cycle, the device automatically powers down into standby mode. Taking $\overline{\text{PLAYE}}$ HIGH during a Playback cycle will not terminate the current cycle.

Playback, Level-Activated ($\overline{\text{PLAYL}}$)

When this input signal transitions from HIGH to LOW, a Playback cycle is initiated. Playback continues until $\overline{\text{PLAYL}}$ is pulled HIGH, an EOM marker is detected, or the end of the memory space is reached. The device automatically powers down to standby mode upon completion of the Playback cycle.

NOTE

In Playback, if either $\overline{\text{PLAYE}}$ or $\overline{\text{PLAYL}}$ is held LOW during EOM or OVERFLOW, the device will still enter standby and the internal oscillator and timing generator will stop. However, the rising edge of $\overline{\text{PLAYE}}$ and $\overline{\text{PLAYL}}$ are not debounced and any subsequent falling edge (particularly switch bounce) present on the input pins will initiate another Playback.

Record LED Output ($\overline{\text{RECLE}}\overline{\text{D}}$)

The output $\overline{\text{RECLE}}\overline{\text{D}}$ is LOW during a Record cycle. It can be used to drive an LED to provide feedback that a Record cycle is in progress. In

addition, $\overline{\text{RECLE}}\overline{\text{D}}$ pulses LOW momentarily when an EOM is encountered in a Playback cycle.

Microphone Input (MIC)

The microphone input transfers its signal to the on-chip preamplifier. An on-chip Automatic Gain Control (AGC) circuit controls the gain of this preamplifier from -15 to 24 dB. An external microphone should be AC coupled to this pin via a series capacitor. The capacitor value, together with the internal 10 K Ohm resistance on this pin, determine the low-frequency cutoff for the ISD1400 Series passband. See the *ISD Application Notes and Design Manual* in this book for additional information on low-frequency cutoff calculations.

Microphone Reference (MIC REF)

The MIC REF input is the inverting input to the microphone preamplifier. This provides a noise-canceling or common-mode rejection input to the device when connected differentially to a microphone.

Automatic Gain Control (AGC)

The AGC dynamically adjusts the gain of the preamplifier to compensate for the wide range of microphone input levels. The AGC allows the full range of sound, from whispers to loud sounds, to be recorded with minimal distortion. The "attack" time is determined by the time constant of a 5 K Ω internal resistance and an external capacitor (C6 on the schematic on page 1-75) connected from the AGC pin to V_{SSA} analog ground. The "release" time is determined by the time constant of an external resistor (R5) and an external capacitor (C6) connected in parallel between the AGC Pin and V_{SSA} analog ground. Nominal values of 470 K Ω and 4.7 μF give satisfactory results in most cases.

Analog Output (ANA OUT)

This pin provides the preamplifier output to the user. The voltage gain of the preamplifier is determined by the voltage level at the AGC pin.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Analog Input (ANA IN)

The ANA IN pin transfers the input signal to the chip for recording. For microphone inputs, the ANA OUT pin should be connected via an external capacitor to the ANA IN pin. This capacitor value, together with the 3.0 K Ω input impedance of ANA IN, is selected to give additional cutoff at the low-frequency end of the voice passband. If the desired input is derived from a source other than a microphone, the signal can be fed, capacitively coupled, into the ANA IN pin directly.

External Clock Input (XCLK)

The external clock input for the ISD1400 devices has an internal pull-down device. The ISD1400 is configured at the factory with an internal sampling clock frequency that guarantees its minimum nominal record/playback time. For instance, an ISD1420 operating within specification will be observed to always have a minimum of 20 seconds of recording time. The sampling frequency is then maintained to a variation of $\pm 2.25\%$ over the commercial temperature and operating voltage ranges, while still maintaining the minimum specified recording duration. This will result in some devices having a few percent more than nominal recording time.

The internal clock has a $\pm 5\%$ tolerance over the industrial temperature and voltage range. A regulated power supply is recommended for industrial temperature parts. If greater precision is required, the device can be clocked through the XCLK pin as follows:

Part Number	Sample Rate	Required Clock
ISD1416	8.0 KHz	1024 KHz
ISD1420	6.4 KHz	819.2 KHz

These recommended clock rates should not be varied because the antialiasing and smoothing filters are fixed, and aliasing problems can occur if the sample rate differs from the one recom-

mended. The duty cycle on the input clock is not critical, as the clock is immediately divided by two internally. **IF THE XCLK IS NOT USED, THIS INPUT SHOULD BE CONNECTED TO GROUND.**

Speaker Outputs (SP+, SP-)

The SP+ and SP- pins provide direct drive for loudspeakers with impedances as low as 16 ohms. A single output may be used, but, for direct-drive loudspeakers, the two opposite-polarity outputs provide an improvement in output power of up to four times over a single-ended connection. Furthermore, when SP+ and SP- are used, a speaker-coupling capacitor is not required. A single-ended connection will require an AC-coupling capacitor between the SP pin and the speaker. The speaker outputs are in a high-impedance state during a record cycle, and held at V_{SSA} during Power Down.

Address Inputs (A0-A7)

The Address Inputs have two functions, depending upon the level of the two Most Significant Bits (MSB) of the address.

If either of the two MSBs is LOW, the inputs are **ALL** interpreted as address bits and are used as the start address for the current Record or Playback cycle. The address pins are inputs only and do not output internal address information as the operation progresses. Address inputs are latched by the falling edge of PLAYE, PLAYL, or REC.

OPERATIONAL MODES

The ISD1400 Series is designed with several built-in operational modes provided to allow maximum functionality with a minimum of additional components, described in detail below. The operational modes use the address pins on the ISD1400 devices, but are mapped outside the valid address range. When the two Most Significant Bits (MSBs) are HIGH (A6 and A7), the remaining address signals are interpreted as mode bits and not as address bits. Therefore, operational modes

and direct addressing are *not* compatible and cannot be used simultaneously.

There are two important considerations for using operational modes. First, all operations begin initially at address 0, which is the beginning of the ISD1400 address space. Later operations can begin at other address locations, depending on the operational mode(s) chosen. In addition, the address pointer is reset to 0 when the device is changed from Record to Playback but not from Playback to Record when A4 is HIGH in Operational Mode.

Second, an Operational Mode is executed when any of the control inputs, $\overline{\text{PLAYE}}$, $\overline{\text{PLAYL}}$, or $\overline{\text{REC}}$, go LOW and the two MSBs are HIGH. This Operational Mode remains in effect until the next LOW-going control input signal, at which point the current address/mode levels are sampled and executed.

NOTE

The two MSBs are on pins 9 and 10 for each ISD1400 Series device.

OPERATIONAL MODES DESCRIPTION

The Operational Modes can be used in conjunction with a microcontroller, or they can be hard-wired to provide the desired system operation.

A0 — Message Cueing

Message Cueing allows the user to skip through messages, without knowing the actual physical addresses of each message. Each control input LOW pulse causes the internal address pointer to skip to the next message. This mode should be used for Playback only, and is typically used with the A4 Operational Mode.

A1 — Delete EOM Markers

The A1 Operational Mode allows sequentially recorded messages to be combined into a single message with only one EOM marker set at the end of the final message. When this operational mode is configured, messages recorded sequentially are played back as one continuous message.

OPERATIONAL MODES TABLE

Address Ctrl. (HIGH)	Function	Typical Use	Jointly Compatible*
A0	Message cueing	Fast-forward through messages	A4
A1	Delete EOM markers	Position EOM marker at the end of the last message	A3, A4
A2	Unused		
A3	Looping	Continuous playback from Address 0	A1
A4	Consecutive addressing	Record/Play multiple consecutive messages	A0, A1
A5	Unused		

NOTE: An asterisk (*) indicates additional operational modes which can be used simultaneously with the given mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A2 — Unused**A3 — Message Looping**

The A3 Operational Mode allows for the automatic, continuously repeated playback of the message located at the beginning of the address space.

A message can completely fill the ISD1400 device and will loop from beginning to end. Pulsing PLAYE will start the Playback and pulsing PLAYL will end the Playback.

A4 — Consecutive Addressing

During normal operations, the address pointer will reset when a message is played through to an EOM marker. The A4 Operational Mode inhibits the address pointer reset, allowing messages to be recorded or played back consecutively. When the device is in a static state; i.e., not recording or playing back, momentarily taking this pin LOW will reset the address counter to zero.

A5 — Unused