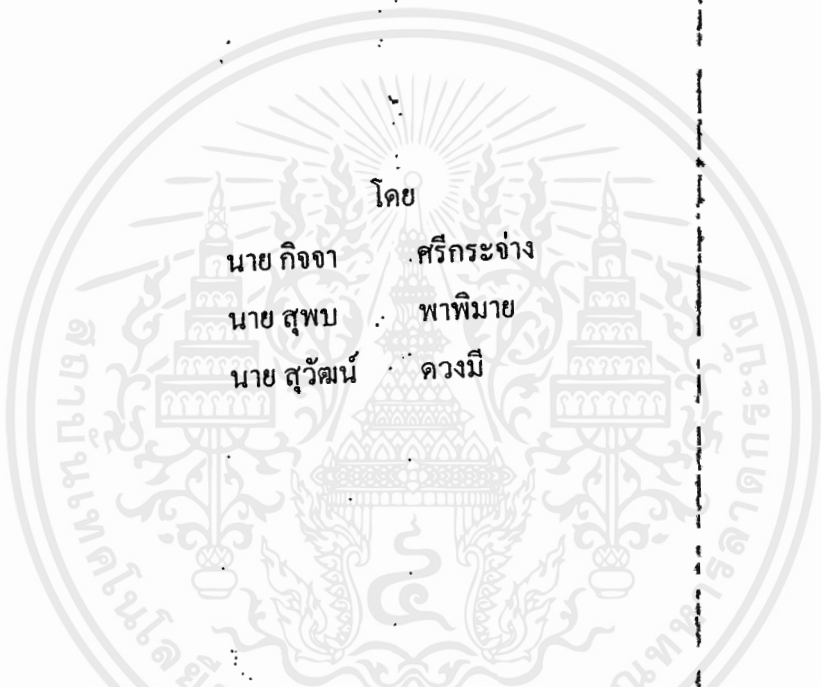




เครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์  
**LASER BEAM PROFILE ANALYZER**

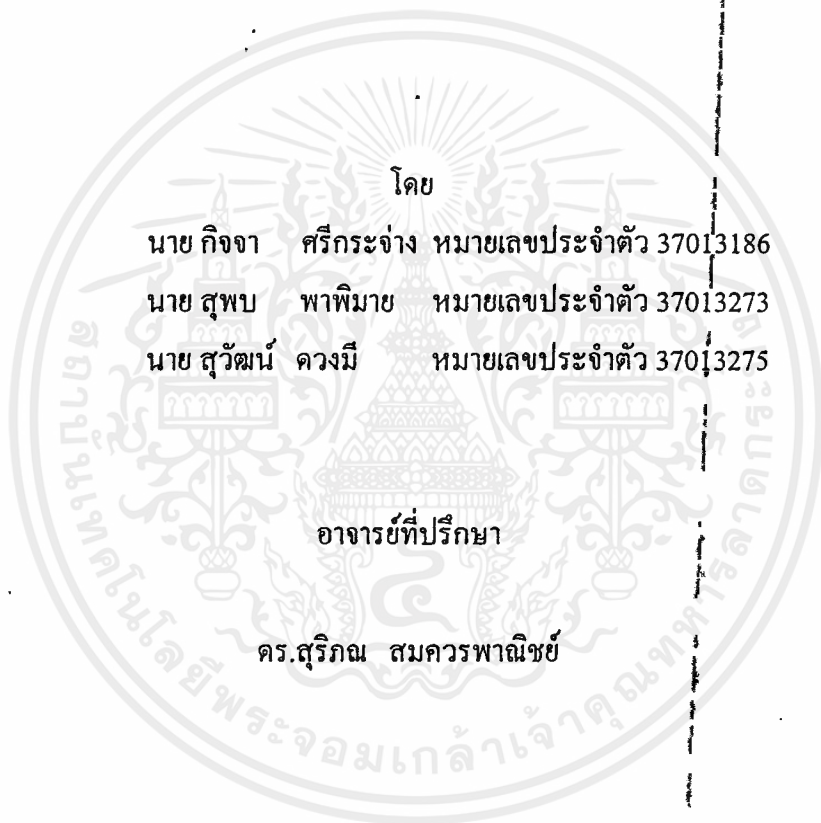


โดย  
 นาย กิจจา ศรีกระจำง  
 นาย สุพบ พาพิมาย  
 นาย สุวัฒน์ ดวงมี

วัน เดือน ปี.....-1. ต.ค 2539  
 เลขทะเบียน..... 038372  
 เลขเรียกหนังสือ..... T 94342 ๑๒๗๑

‘ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
 สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
 ปีการศึกษา 2539

เครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์  
LASER BEAM PROFILE ANALYZER



ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2539

เรื่อง เครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์

Laser Beam Profile Analyzer

ผู้จัดทำ

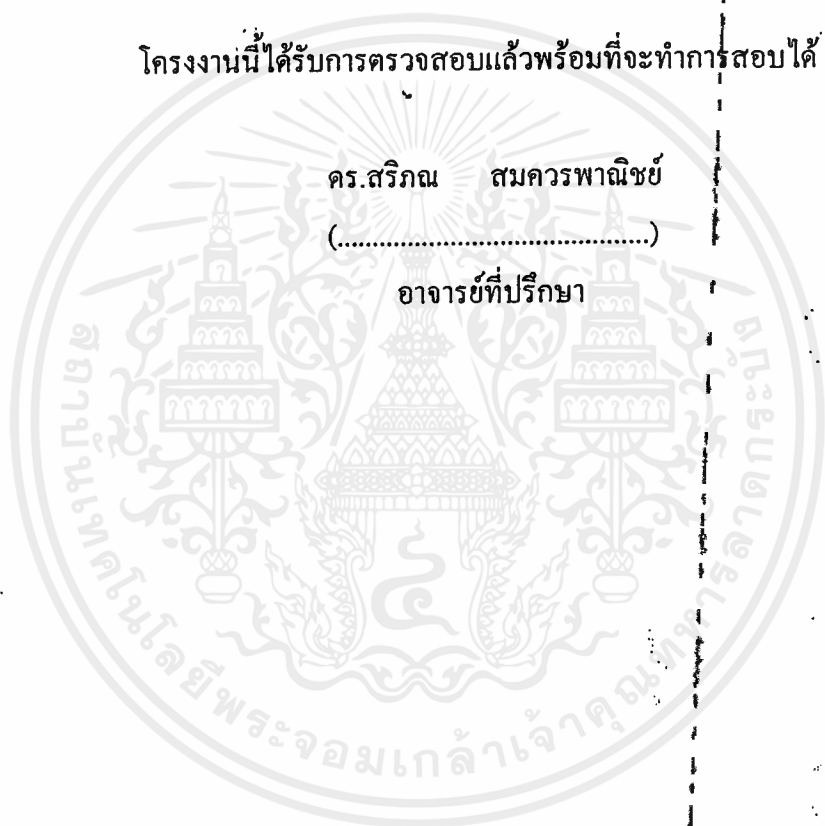
1. นายกิจจา ศรีกระจำง 37013186
2. นายสุพบ พาพิมาย 37013273
3. นายสุวัฒน์ ควงมี 37013275

โครงการนี้ได้รับการตรวจสอบแล้วพร้อมที่จะทำการสอบได้

ดร.ศรภณ สมควรพาณิชย์

(.....)

อาจารย์ที่ปรึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานปีการศึกษา 2539

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ (Laser Beam Profile Analyzer)

ผู้จัดทำ

1. นายกิจจา ศรีกระจ่าง 37013186
2. นายสุพบ พาพิมาย 37013273
3. นายสุวัฒน์ ดวงมี 37013275

ดร. สุริภณ สมควรพาณิชย์

(.....)

อาจารย์ที่ปรึกษา

## เครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์

กิจจา ศรีกระจำง

สุพบ พาพิมาย

สุวัฒน์ ดวงมี

ดร.สุริภณ สมควรพาณิชย์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2539

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันได้มีการนำเลเซอร์มาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ทั้งในด้านวิชาการการแพทย์ ด้านงานอุตสาหกรรม ด้านระบบอาวุธของทหาร เป็นต้น ซึ่งเป็นแนวความคิดเบื้องต้น ในการกระทำเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ ปริญญาโทฉบับนี้ เป็นการศึกษาคุณสมบัติเกี่ยวกับรูปร่างของลำแสงเลเซอร์ โดยการนำลำแสงเลเซอร์มาวิเคราะห์โดยผ่านทางเครื่องสแกนเนอร์ที่จะทำหน้าที่กวาดลำแสงเลเซอร์มาเข้าเลเซอร์ดีเทคเตอร์ เพื่อเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า จากนั้นก็นำสัญญาณไฟฟ้าที่ได้มาเข้าวงจรที่ทำหน้าที่เปลี่ยนจากสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งสัญญาณดิจิตอลนี้จะนำไปใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์รูปร่างของลำแสงเลเซอร์โดยใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อหาคุณสมบัติของลำแสงเลเซอร์ เช่น ความกว้างของลำแสงเลเซอร์ ความเข้มสูงสุดลำแสงเลเซอร์ กำลังของลำแสงเลเซอร์ เป็นต้น

## LASER BEAM PROFILE ANALYZER

Kijja Srikrajang

Supob Papimai

Suwat Duangmee

Dr.Suripon Somkaunpanich Advisor

1996

### Abstract\*

In present days, lasers are used widespread in many applications, such as in medical science, in industry, in military and etc. This draws our intention to invent an instrument system so called Laser Beam Scanner to measure properties of its profile such as beam profile intensity, beam radius, maximum intensity and even power level

The diagnosed beam is reflected by rotating shiny metal (mirror) to a photodiode, which converts an optical signal into an electrical signal. The signal is amplified, digitized by A/D converter and fed into a personal computer to analyse the intensity profile and its properties.

ภาคผนวก ก. วงจรและบล็อกไดอะแกรม

ภาคผนวก ข. DATA SHEET



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

บทคัดย่อ	
Abstract	
สารบัญ	
สารบัญรูปภาพ	
สารบัญตาราง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	1
1.2 จุดประสงค์	2
1.3 โครงสร้างของปริญญาานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานของแสงเลเซอร์	4
2.1 บทนำ	4
2.2 ชนิดของเลเซอร์	4
2.3 โหมดของแสงเลเซอร์	5
2.4 คุณสมบัติของแสงเลเซอร์	7
2.5 คุณลักษณะของลำแสงเลเซอร์	9
2.6 คุณสมบัติของลำแสงเลเซอร์ที่ต้องการหา	12
บทที่ 3 โครงสร้างของเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์	13
3.1 บทนำ	13
3.2 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ (Hardware)	14
3.3 โครงสร้างทาง Mechanics	27
3.4 โครงสร้างทาง โปรแกรม	30
3.5 การใช้งานเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์	32
บทที่ 4 ผลการทดลอง	33
4.1 บทนำ	33
4.2 การทดลองวงจรเลเซอร์ดีเทคเตอร์และวงจรรขยาย	33
4.3 การทดลองวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์	36
4.4 การทดลองวงจร Analog to Digital Converter	40

บทที่ 5 การวิเคราะห์ค่าแสงเลเซอร์	42
5.1 บทนำ	42
5.2 โครงสร้างของโปรแกรม	42
5.3 การวิเคราะห์	43
5.4 การใช้งานโปรแกรม	45
บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์	47
6.1 บทนำ	47
6.2 สรุป	47
6.3 สรุปปัญหาและอุปสรรคในการสร้างเครื่องวิเคราะห์ค่าแสงเลเซอร์	48
6.4 แนวทางการพัฒนาต่อไป	48
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก ก. วงจรและบล็อกไดอะแกรม	
ภาคผนวก ข. SOURCE PROGRAM	
ภาคผนวก ค. DATA SHEET	

## สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 โหมดภาคตัดขวางของเลเซอร์ (Transverse Beam Mode)	6
รูปที่ 2.2 การกระจายความเข้มของแสงในโหมดเป็นแบบเกาส์เซียน	6
รูปที่ 2.3 แสดงความเป็นระเบียบของคลื่น	7
(ก) คลื่นที่มีความเป็น โคฮีเรนต์	
(ข) คลื่นที่ไม่มีควม ำ ป โน คี ๓๓	
รูปที่ 2.4 การกระจายความเข้มของแสงเลเซอร์เป็นแบบเกาส์เซียนที่มีความสมมาตรรอบแกน	8
(ก) เป็น TEM <sub>00</sub> โหมด	
(ข) สาริตโดยการยิงแสงเลเซอร์กระทบวัสดุ รุ่ที่เกิดเป็นรูปลั้ น โค้งเกาส์เซียน	
รูปที่ 2.5 ลักษณะการกระจายของคลื่นแสงเลเซอร์	9
รูปที่ 2.6 การแผ่ขยายขนาดของลำแสงเลเซอร์	10
รูปที่ 2.7 การกระจายคลื่นของลำแสงเลเซอร์	11
รูปที่ 2.8 รูปร่างลำแสงเลเซอร์	11
รูปที่ 3:1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์	13
รูปที่ 3:2 โครงสร้างพื้นฐานของ PIN Diode	14
รูปที่ 3.3 วงจรเลเซอร์ดีเทคเตอร์	15
รูปที่ 3.4 รูปเลเซอร์ดีเทคเตอร์	15
รูปที่ 3.5 ออปแอมป์ต่อใช้งานแบบ Inverting Amp	16
รูปที่ 3.6 ออปแอมป์ต่อใช้งานแบบ Non-Inverting Amp	17
รูปที่ 3.7 ออปแอมป์ต่อใช้งานแบบ Buffer	17
รูปที่ 3.8 วงจรบัฟเฟอร์และวงจรขยาย	18
รูปที่ 3.9 (ก) แสดงการต่อวงจร Parallel Comparator A/D Converter	19
(ข) ตารางความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุตที่เป็นอนาลอกและเอาต์พุตที่เป็นดิจิตอล	
รูปที่ 3.10 แสดงผังการทำงานภายในของ CA3318	21

รูปที่ 3.11 แสดงการควบคุม CA3318 ด้วยการให้ขาควบคุมเฟสไปควบคุมระดับลอจิกของของ สัญญาณนาฬิกา	23
(ก) เมื่อให้ขาควบคุมเฟสเป็น “0”	
(ข) เมื่อให้ขาควบคุมเฟสเป็น “1”	
รูปที่ 3.12 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล	24
รูปที่ 3.13 วงจรอินเวอร์ตเฟส	25
รูปที่ 3.14 แสดงการกำหนดแอดเดรสของพอร์ตในคอมพิวเตอร์	26
รูปที่ 3.15 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 VDC	27
รูปที่ 3.16 โครงสร้างส่วนฐานรองเลเซอร์	28
รูปที่ 3.17 แสดงโครงสร้างในส่วนสแกนแสงเลเซอร์	28
รูปที่ 3.18 วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	29
รูปที่ 3.19 ก่อร่างบรรจุ Power Supply	29
รูปที่ 3.20 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรม	31
รูปที่ 3.21 การต่อใช้งานเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์	32
รูปที่ 4.1 วงจรชุดรับแสงเลเซอร์	33
<del>รูปที่ 4.2 แรงดันเอาต์พุตของวงจรเลเซอร์ดีเทคเตอร์</del>	<del>33</del>
รูปที่ 4.3 วงจรเลเซอร์ดีเทคเตอร์และวงจรขยาย	34
รูปที่ 4.4 แรงดันเอาต์พุตของวงจรขยาย	35
รูปที่ 4.5 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน	37
รูปที่ 4.6 เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันที่ความเร็วค่าที่ 1	37
รูปที่ 4.7 เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันที่ความเร็วค่าที่ 2	38
รูปที่ 4.8 เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันที่ความเร็วค่าที่ 3	38
รูปที่ 4.9 เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันที่ความเร็วค่าที่ 4	39
รูปที่ 4.10 วงจรทดลอง Analog to Digital Converter	40
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุตและแรงดันเอาต์พุต	40
รูปที่ 5.1 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรม	43
รูปที่ 5.2 แสดงเวลาที่ลำแสงวิ่งผ่านรู	44

## สารบัญตาราง

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวงจร Analog to Digital Converter

หน้า

41



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 บทนำ

ในปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีเลเซอร์มาใช้กันอย่างแพร่หลายเช่น ในทางอุตสาหกรรม ได้นำเลเซอร์มาใช้ในการตัด, การเจาะแผ่นโลหะ การแกะสลักลายและการเชื่อม การปรับแต่งผิวหน้าโลหะ และใช้ในการวัดระยะทาง ในทางการแพทย์ได้นำเลเซอร์มาใช้ในการผ่าตัดอวัยวะ หรือเป็นกล้องส่องดูภายใน ในทางสื่อสาร ได้นำเลเซอร์มาช่วยในการส่งข้อมูล โดยอาศัยแสงเลเซอร์เป็นตัวนำข้อมูลโดยผ่านทางเส้นใยนำแก้ว ในทางทหารก็ได้นำเลเซอร์มาใช้อย่างมากมายเช่น เลเซอร์ชี้เป้า สำหรับยิงระเบิด(Laser Guide Bomb) หรือสำหรับติดตั้งเครื่องยิงที่ติดตั้งอาวุธปืนชนิดต่าง ๆ สำหรับชี้เป้าหรือสำหรับวัดระยะของเป้าหมาย ในงานอุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ ใช้ในการเก็บข้อมูล, ข้อมูลของภาพและเสียงลงบนแผ่นคอมแพคดิสก์ และการพิมพ์ เช่นในด้านการบันเทิง เช่นนำมาใช้ในงานคอนเสิร์ต ในชีวิตประจำวันเราก็เห็นการใช้เลเซอร์อยู่บ่อย ๆ เช่น อุปกรณ์สำหรับเช็คสินค้า เซ็คบาร์โค้ดตามห้างสรรพสินค้าทั่วไป

ทั้งหมดนี้เป็นเพียงบางตัวอย่างที่เราได้นำเลเซอร์มาใช้ซึ่งแต่ละอย่างที่ใช้ก็จะมีความแตกต่างของเลเซอร์ที่ใช้ในเรื่องของคุณสมบัติของมันเช่น การตัด, การเจาะชิ้นงาน ต้องการเลเซอร์ที่มีความเข้มแสง ความกว้าง (beam) ที่มีค่าเฉพาะค่าหนึ่ง ถ้าจะใช้เลเซอร์ในการผ่าตัดอวัยวะภายใน คุณสมบัติของเลเซอร์ที่จะใช้ก็ต้องมีคุณสมบัติแตกต่างกับงานที่ใช้ทั่วไป เพราะในการผ่าตัดความกว้าง (beam) จะต้องเล็กที่สุด เพราะถ้าความกว้างของ (beam) มากในการผ่าตัดจะมีผลไปยังอวัยวะข้างเคียงได้ หรือในทางทหาร การนำเลเซอร์มาใช้สำหรับชี้เป้าถ้าเข้าศึกซึ่งอยู่ในระยะไกล การที่จะช่วยให้ความแม่นยำในการทำลายมีมากยิ่งขึ้นดังนั้น เลเซอร์จะต้องมี Power มากยิ่งขึ้นตามลำดับ

ที่กล่าวมานั้นเป็นข้อแตกต่างของคุณสมบัติที่ใช้ในแต่ละงาน ซึ่งเราอาจจะพูดได้ว่า เรื่องคุณสมบัติต่าง ๆ ของเลเซอร์เป็นปัญหาส่วนหนึ่งที่เราจะต้องจัดการให้ได้ก่อนที่จะนำเลเซอร์ไปใช้งาน ปัญหานี้เองจึงทำให้มีการคิดเครื่องมือสำหรับ วัดหรือแสดงถึงคุณสมบัติของเลเซอร์ ซึ่งเป็นที่มาของ (Laser Beam Profile) Project ซึ่งจะใช้สำหรับวัดเพื่อหาคุณสมบัติต่างๆ ของเลเซอร์ก่อนนำเลเซอร์นั้นไปใช้งาน

## 1.2 จุดประสงค์

จากตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานเลเซอร์ในงานด้านต่างๆ ในหัวข้อที่ผ่านมา พบว่าเลเซอร์ที่ประยุกต์ใช้งานต่างๆ นั้น มีคุณสมบัติไม่เหมือนกัน ทำไมเลเซอร์บางชนิดถึงมีความสามารถในการตัด เจาะ โลหะได้ บางชนิดใช้งานเป็นเพียงตัวชี้เป้า และลำแสงเลเซอร์ที่คนเรามองเห็นว่าเป็นลำแสงที่เล็กมากนั้นแท้จริงแล้วเป็นอย่างไร ในปฏิญานิพนธ์นี้เป็นการสร้างเครื่องมือชิ้นหนึ่งขึ้นมาเพื่อเป็นตัววัดคุณสมบัติของลำแสงเลเซอร์ที่ใช้งานต่างๆ ว่ามีคุณสมบัติเกี่ยวกับความเข้มของลำแสง ความกว้างของลำแสง กำลังของลำแสง ในลำแสงเลเซอร์แต่ละชนิดว่ามีค่าเท่าไร มีรูปร่างของลำแสงเป็นรูปอย่างไร

## 1.3 โครงสร้างของปฏิญานิพนธ์

โครงสร้างของปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบไปด้วยเนื้อหาที่เกี่ยวกับทฤษฎีและ โครงสร้างเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์โดยแบ่งออกได้ 5 บทดังนี้

### 1.3.1 บทที่ 1 บทนำ

กล่าวนำเกี่ยวกับการใช้งานเลเซอร์ในงานต่างๆ จุดประสงค์ของการสร้างเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ และโครงสร้างของปฏิญานิพนธ์

### 1.3.2 บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานของลำแสงเลเซอร์

แสดงทฤษฎีพื้นฐาน คุณสมบัติของลำแสงเลเซอร์ คุณลักษณะของลำแสงเลเซอร์ และคุณสมบัติต่างๆของลำแสงเลเซอร์ที่ต้องการวิเคราะห์ในปฏิญานิพนธ์นี้

### 1.3.3 บทที่ 3 โครงสร้างของเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์

กล่าวถึงโครงสร้างและการทำงานของเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์

### 1.3.4 บทที่ 4 ผลการทดลอง

แสดงการทดลองวงจรต่างๆ ที่ใช้ในเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ และผลการทดลอง

### 1.3.5 บทที่ 5 การวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์

เป็นการแสดงการวิเคราะห์หาคุณสมบัติของลำแสงเลเซอร์ โดยใช้คอมพิวเตอร์ ซึ่งจะใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ทำการวิเคราะห์

### 1.3.6 บทที่ 6 สรุปและวิจารณ์

เป็นบทที่จะสรุปผลการทำงานของเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ที่ได้สร้างขึ้นมา และวิจารณ์การทำงานเครื่อง รวมถึงสรุปทั้งปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการสร้างเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ และแนวทางในการพัฒนาต่อไป



## บทที่ 2

# ทฤษฎีพื้นฐานของแสงเลเซอร์

### 2.1 บทนำ

เลเซอร์(Laser) เป็นลำแสงชนิดหนึ่งซึ่งมีความพิเศษแตกต่างไปจากแสงธรรมดาทั่วไปที่เรา รู้จักกันหรือมองเห็น เนื่องจากแสงเลเซอร์จะเป็นแสงความถี่เดียวซึ่งมีสีเพียงสีเดียวอันแตกต่างไป จากสีอื่นๆ เช่น แสงสีขาวจากดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นแสงสีที่ประกอบไปด้วยแสงสีหลายความถี่ไม่เป็น จังหวะต่อเนื่องกันรวมกันอยู่เกิดเป็นผลรวมคือ แสงสีขาวที่ตาเรามองเห็นและมีลักษณะการแพร่ กระจายแตกแยกออกไปทุกทิศทาง ส่วนลำแสงเลเซอร์นั้นจะพุ่งเป็นลำขนานกันไปเกือบทั้งหมด โดยความยาวคลื่นแสงจะมีค่าเท่ากันและได้จังหวะกันทั้งหมด จึงเป็นการเสริมกำลังร่วมกันได้ เป็น ค่าความสว่างมากที่สุดกว่าทุกแสงที่เรารู้จัก

โดยคำว่า Laser เป็นคำย่อมาจาก Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation ซึ่งมีความหมายว่าเป็นแสงที่ได้จากการขยายอนุของแสงหรือโฟตอน(Photon) ด้วยการ กระตุ้นให้เกิดการแผ่รังสีออกมา

เลเซอร์คือ ผลิตภัณฑ์ที่สร้างจากสารซึ่งให้แสงออกมา เมื่อได้รับการกระตุ้นจากแหล่ง พลังงาน

ในบทนี้อธิบายทฤษฎีพื้นฐานของเลเซอร์ ชนิดของเลเซอร์ คุณสมบัติของแสงเลเซอร์ คุณลักษณะของลำแสงเลเซอร์ที่ใช้ในเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์นี้

### 2.2 ชนิดของเลเซอร์

เลเซอร์สามารถเกิดขึ้นได้ทั้งจากของแข็ง ของเหลว และแก๊สอื่นๆอีกหลายชนิด วิธีการ กระตุ้นสารให้เกิดแสงเลเซอร์มีหลายวิธี อาจจะเป็นการใช้ไฟฟ้า แสง ปฏิกิริยาเคมี หรือใช้แสง เลเซอร์ ดังนั้นเราสามารถเลือกผลิตเครื่องเลเซอร์ให้เหมาะสมกับการใช้งานแต่ละชนิดได้ ซึ่งชนิด ของเลเซอร์มีดังต่อไปนี้

#### 2.2.1 เลเซอร์แก๊ส(Gas Lasers)

การกระตุ้นแก๊สให้เกิดแสงเลเซอร์มักจะทำโดยกระตุ้นโดยใช้กระแสไฟฟ้า โดยที่เลเซอร์ที่ นิยมใช้กันมากก็เป็นเลเซอร์ที่ใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์(CO<sub>2</sub>) ซึ่งเรียกว่าคาร์บอนไดออกไซด์

เลเซอร์ และที่พบบ่อยคือฮีเลียมนีออนเลเซอร์เป็นเครื่องที่ให้ลำแสงสีแดง พลังงานต่ำ ขนาดเล็ก อาร์กอน(Ar)เลเซอร์ ใช้กันมากทางการแพทย์ รวมทั้งเลเซอร์จากคริปตอน(Krypton,Kr) ทอง(Gold,Au) และทองแดง(Copper,Cu) ในสภาวะเป็นไอ

### 2.2.2 เลเซอร์สี(Dye Lasers)

เลเซอร์ชนิดนี้ทำมาจากของเหลวที่มีสีย้อมบางชนิดปนอยู่ เมื่อถูกกระตุ้นด้วยแสงธรรมดาที่มีความเข้มสูงมาก หรือแสงเลเซอร์ ก็จะปล่อยแสงเลเซอร์ออกมา ข้อดีของแสงชนิดนี้คือทำให้ได้ลำแสงที่มีความยาวคลื่นที่ต่าง ๆ กันทั้งนี้เพราะอะตอมในสภาวะเร้าของของเหลวให้แสงที่มีความยาวคลื่นกว้าง เครื่องเลเซอร์ชนิดนี้จะมีปริซึมช่วยขยายแสงเลเซอร์ให้มีความยาวคลื่นแคบลงดังนี้ เราสามารถปรับเลือกใช้ความยาวคลื่นที่ต้องการได้

### 2.2.3 เซมิคอนดักเตอร์เลเซอร์ชิป(Semiconductor Lasers Chip)

เป็นเครื่องขนาดเล็กมาก ทำจากวัสดุของแข็งชิ้นเล็กๆ เรียกว่าเซมิคอนดักเตอร์(สารกึ่งตัวนำ) เมื่อถูกกระตุ้นโดยกระแสไฟฟ้าเลเซอร์ชิปจะปล่อยลำแสงเล็กๆออกมา

### 2.2.4 เลเซอร์ของแข็ง(Solid Lasers)

ทำจากแท่งของแข็งซึ่งโปร่งแสงเช่น แท่งทับทิมสังเคราะห์และมรกตสังเคราะห์ เครื่องเลเซอร์ ประเภทนี้ได้แก่ Nd-Yag(Neodymium-yttrium-aluminium-garnet) และ Nd glass(Neodymium in glass) ใช้ในอุตสาหกรรมเพื่อการตัด การเจาะ และการัดลวดลาย

### 2.2.5 เลเซอร์เคมี(Chemical Lasers)

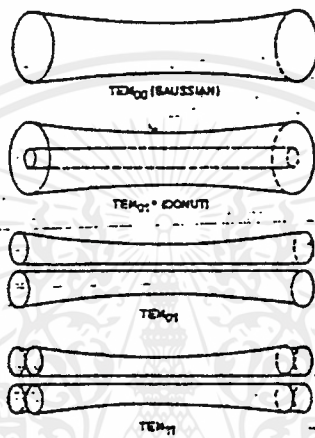
เมื่อผสมสารเคมีบางชนิดเข้าด้วยกัน จะทำให้เกิดปฏิกิริยาอย่างรุนแรงให้ความร้อนออกมาในปริมาณมาก ความร้อนนี้สามารถนำไปใช้กระตุ้นอะตอมของสารเคมีให้ปล่อยแสงเลเซอร์ออกมา ตัวอย่างเช่นปฏิกิริยาของไฮโดรเจนและฟลูออรีน ให้แก๊สไฮโดรเจนฟลูออไรด์(HF) ในสภาวะเร้าและลำแสงเลเซอร์ เลเซอร์อื่นๆที่ใช้หลักการเดียวกันได้แก่คาร์บอนมอนอกไซด์(CO) ไฮโดรเจนโบรไมด์(HBr) และไฮโดรเจนไซยาไนด์(HCN) เลเซอร์

## 2.3 โหมดของแสงเลเซอร์<sup>[3]</sup>

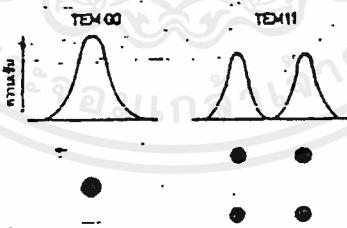
การที่แสงก็เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นเดียวกับไมโครเวฟ ดังนั้นจึงมีคุณสมบัติการเกิดโหมด(Mode) ซึ่งในที่นี้พิจารณาในลักษณะความเข้ม (Intensity) โหมดที่เกิดขึ้นมีทั้งโหมดที่พิจารณาตามความยาวของตัวเลเซอร์ (Longitudinal Beam Mode) และโหมดที่พิจารณาตามภาคตัด

ขวาง (Transverse Beam Mode) หรือ TEM Mode (Transverse Electromagnetic) ที่เราสนใจคือ TEM Mode เพราะแสดงถึงการกระจายความเข้มของแสงบนภาคตัดขวางของตัวเลเซอร์

ตัวอย่างของโหมดที่เห็นบ่อยได้แก่  $TEM_{00}$ (Gaussian)  $TEM_{01}$   $TEM_{01}$   $TEM_{11}$  แสดงไว้ในรูปที่ 2.1 ซึ่งการกระจายความเข้มของแสงจะเป็นแบบเกาส์เซียน (Gaussian) เช่นเดียวกับความถี่ดังรูปที่ 2.2 จุดดำที่เห็นคือบริเวณที่มีความเข้มสูง



รูปที่ 2.1 โหมดภาคตัดขวางของเลเซอร์ (Transverse Beam Mode)



รูปที่ 2.2 การกระจายความเข้มของแสงในโหมดเป็นแบบเกาส์เซียน

การเกิดโหมดเป็นผลมาจากการออกแบบตัวรีโซแนนซ์แสงซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้งานด้วย โหมด  $TEM_{00}$  เป็นลักษณะอุดมคติของการใช้งานในการเจาะตัดหรือเชื่อมวัสดุ เนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลเซอร์ชนิดนี้สามารถโฟกัสให้เกิดจุดขนาดเล็กซึ่งมีกำลังงานสูงมากบริเวณผิวงาน โหมดนี้บางครั้งเราเรียกว่า Gaussian Mode ซึ่งกำลังงานส่วนใหญ่จะอยู่บริเวณศูนย์กลางของลำแสง

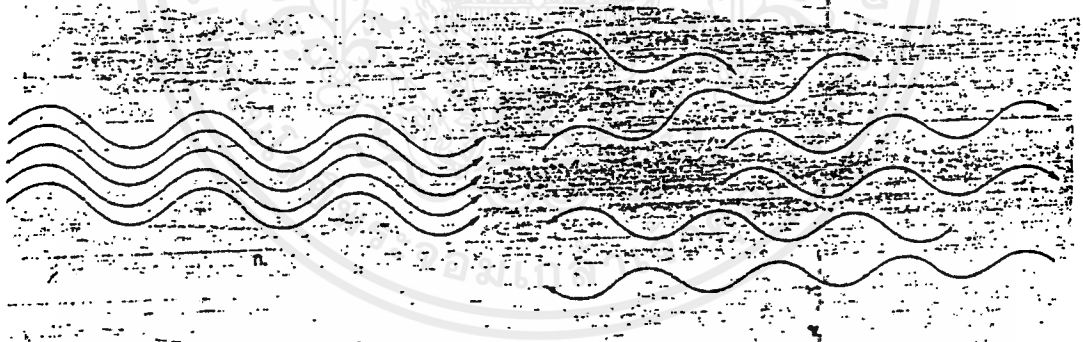
โหมด  $TEM_{01}$  เป็นโหมดที่มีความเข้มสูงบริเวณวงแหวน ลักษณะนี้จะให้กำลังสูงบริเวณรอบจุดโฟกัส มีประสิทธิภาพในการให้ความร้อนได้ไว ใช้ในการประยุกต์งานเจาะอีกรูปแบบหนึ่ง

## 2.4 คุณสมบัติของแสงเลเซอร์ (Laser Beam Characteristics) <sup>13)</sup>

แสงเลเซอร์มีคุณสมบัติหลายประการที่แตกต่างจากแสงธรรมดาทั่วไป ซึ่งมีดังนี้

### 2.4.1 มีความเป็นโคฮีเรนต์ (Coherent)

โคฮีเรนต์ (Coherent) คือความเป็นระเบียบของคลื่น ซึ่งอธิบายได้ว่าคลื่นจะเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน มีเฟสเหมือนกันตลอดหน้าคลื่น ดังรูปที่ 2.3 แสงเลเซอร์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความเป็นระเบียบสูง หรือมีความเป็น โคฮีเรนต์สูง คลื่นที่เป็นระเบียบจะทำให้พลังงานตกกระทบสูง เนื่องจากโมเมนตัมของโฟตอนแต่ละตัวเสริมกันในทิศทางเดียวกัน เปรียบได้ว่าเมื่อแสงเลเซอร์ตกกระทบพื้นผิววัสดุ โฟตอนจะเข้ากระทบพร้อมเพรียงกัน



รูปที่ 2.3 แสดงความเป็นระเบียบของคลื่น

(ก) คลื่นที่มีความเป็นโคฮีเรนต์

(ข) คลื่นที่ไม่มีความเป็นโคฮีเรนต์

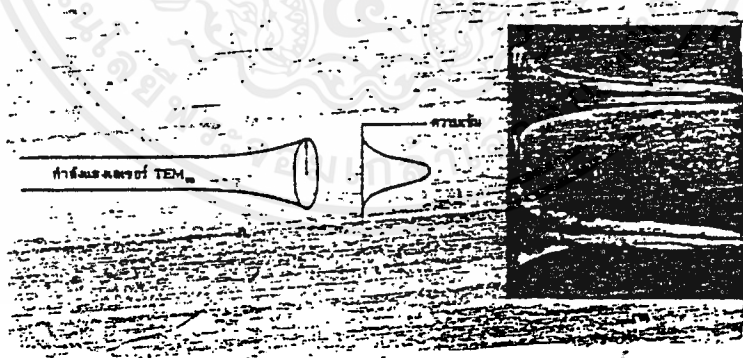
### 2.4.2 แสงสีเดียว (Monochromaticity)

แสงเลเซอร์คือแสงที่มีความบริสุทธิ์สูง คือมีแบนด์วิดท์แคบ สาเหตุเกิดจากขบวนการเกิดของเลเซอร์เกิดจากการปล่อยโดยการกระตุ้นระหว่างชั้นพลังงาน 2 ชั้นซึ่งมีค่าความแตกต่างของชั้นพลังงาน  $\Delta E$  ที่แน่นอนคงที่ ความถี่ของแสงเลเซอร์มีค่า  $\nu = \Delta E / h$  จึงมีค่าแน่นอนตามไปด้วย จากรูปที่ 2.4 แสงสีขาวยุติได้จากแหล่งกำเนิดดวงอาทิตย์หรือหลอดไฟที่มีช่วงสเปกตรัมจากช่วงอินฟราเรดถึงอุลตราไวโอเล็ต ตั้งแต่ประมาณ 3000 GHz หรือความยาวคลื่น  $100\mu\text{m}$  จนถึง 6,000,000 GHz หรือความยาวคลื่น  $0.05\mu\text{m}$  ถ้าพิจารณาการแผ่ของคลื่น ความยาวคลื่นจะได้  $\Delta\lambda = 100\mu\text{m} - 0.05\mu\text{m} = 99.95\mu\text{m}$  ในขณะที่เลเซอร์ที่บีมมีค่า  $\Delta\lambda$  ประมาณ  $0.001\mu\text{m}$

ตามปกติแล้วความบริสุทธิ์ของแหล่งกำเนิดแสงพิจารณาในรูปของสเปกตรัมแบนด์วิดท์สัมพัทธ์ (Relative Spectral Bandwidth) คือ  $\Delta\lambda / \lambda_0$  เมื่อ  $\lambda_0$  คือความยาวคลื่นกลางของแหล่งกำเนิดแสง (Center Wave Length)

### 2.4.3 ความเข้มภาคตัดขวางมีการกระจายแบบเกาส์เซียน

ในรูปที่ 2.4 ก. ซึ่งเป็นกรณีของ  $TEM_{00}$  โหมด ซึ่งการกระจายนี้ยังเป็นแบบสมมาตรรอบแกน ดังสังเกตเห็นจากรูปที่ 2.4 ข. เป็นการทดลองนำแสงเลเซอร์ที่ไม่มีกรวมแสงยังไปกระทบวัสดุชนิดหนึ่ง ความร้อนของแสงทำให้เกิดรูที่เป็นรูที่ปลายของเส้นโค้งเกาส์เซียนที่สมมาตรรอบแกน



รูปที่ 2.4 การกระจายความเข้มของแสงเลเซอร์เป็นแบบเกาส์เซียนที่มีความสมมาตรรอบแกน

(ก) เป็น  $TEM_{00}$  โหมด

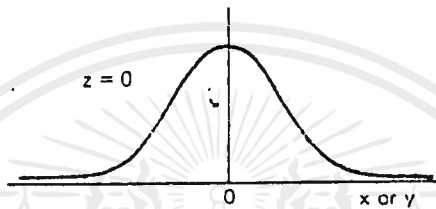
(ข) สารที่โดนยิงแสงเลเซอร์กระทบวัสดุ รูที่เกิดเป็นรูเส้นโค้งเกาส์เซียน

## 2.5 คุณลักษณะของลำแสงเลเซอร์

การที่แสงเลเซอร์เป็นโคฮีเรนต์ทำให้มีลักษณะเป็นลำแสงที่ขนานกัน คือมีหน้าคลื่นตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ ซึ่งลำแสงเลเซอร์นั้นมีคุณลักษณะที่น่าสนใจในดังต่อไปนี้

### 2.5.1 ความเข้มของลำแสง (Intensity Profile)

พิจารณาลำแสงเลเซอร์ที่เดินทางในอากาศ ลักษณะการกระจายของคลื่นแสงจะเป็นการกระจายแบบเกาส์เซียน (Gaussian Distribution) แสงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 ลักษณะการกระจายของคลื่นแสงเลเซอร์

พิจารณาสมการ

$$I(x) = I_0 \exp[-2(r/w)^2]$$

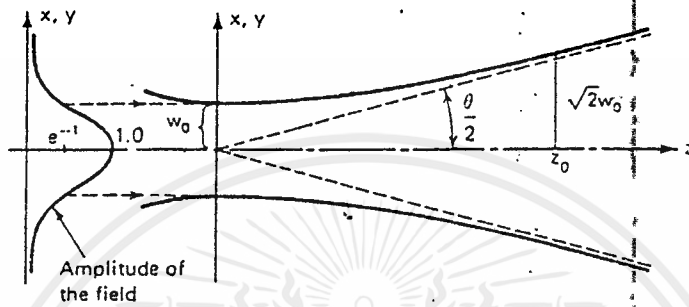
ถ้า  $r = w$  จะได้

$$I(r=w) = I_0 \exp(-2) = I_0 / e^2$$

เมื่อ	$I_0$ = ค่าความเข้มของแสงสูงสุด (Maximum Intensity)	[watt/A]
	$I(x)$ = ค่าความเข้มที่จุด $x$ ใดๆ	[watt/A]
	$r$ = รัศมีของลำแสงเลเซอร์ที่จุด $x$ ใดๆ	[เมตร]
	$w$ = ความกว้างของลำแสงเลเซอร์	[เมตร]

## 2.5.2 ความกว้างของลำแสง (Beam Radius)

พิจารณาลำแสงของเลเซอร์ที่เดินทางในอากาศ เมื่อพิจารณาลำแสงในแนวด้านข้างของลำแสงเป็นรูปแสดงการแผ่ขยายขนาดของลำแสงเลเซอร์ ดังรูปที่ 2.6 จะได้



รูปที่ 2.6 การแผ่ขยายขนาดของลำแสงเลเซอร์

พิจารณาสมการ การหาค่าความกว้างของลำแสงเลเซอร์ที่จุด  $z$  ใดๆ จะได้

$$w = w_0 [1 + (z \lambda / \pi w_0^2)]^{1/2}$$

- เมื่อ  $w_0$  = beam waist คือ ส่วนที่แคบที่สุดของลำแสงเลเซอร์ [เมตร]  
 $w(z)$  = beam radius ของลำแสงเลเซอร์ที่ระยะทาง  $z$  ใดๆ [เมตร]  
 $z$  = ระยะห่างระหว่างจุดที่แคบที่สุดของลำแสงเลเซอร์ถึงจุดใดๆ [เมตร]  
 $\lambda$  = ค่าความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์ [เมตร]

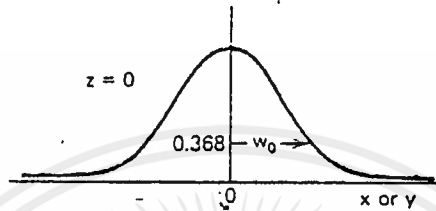
จากรูปที่ 2.6 พิจารณามุมของการกระจาย (Beam Divergence) ของลำแสงเลเซอร์ได้ดังนี้

$$\theta = \lambda / \pi w_0$$

เมื่อ  $\theta$  = มุมของการกระจายของลำแสงที่จุด  $z$  ใดๆ

### 2.5.3 กำลังของแสง (Power Profile)

พิจารณารูปการกระจายคลื่นของลำแสงเลเซอร์ดังรูปที่ 2.7 ค่าความเข้มของแสงมีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางพื้นที่



รูปที่ 2.7 การกระจายคลื่นของลำแสงเลเซอร์  
พิจารณาค่ากำลังของลำแสงได้จากสมการ ดังต่อไปนี้

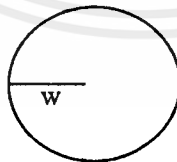
$$P = I/2 \cdot A$$

เมื่อ  $P$  = กำลังของลำแสงเลเซอร์ [วัตต์]

$I/2$  = ค่าความเข้มเฉลี่ยของลำแสงเลเซอร์ [วัตต์/ตารางพื้นที่]

$A$  = ขนาดของพื้นที่ของลำแสงเลเซอร์ [ตารางพื้นที่]

พิจารณาลำแสงเลเซอร์จะมีรูปร่างเป็นวงกลมดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 รูปร่างลำแสงเลเซอร์

ดังนั้น พื้นที่ของลำแสงเลเซอร์เท่ากับ  $\pi w^2$

ดังนั้นจะได้ค่ากำลังของลำแสงเลเซอร์เท่ากับ  $P = I/2 \cdot \pi w^2$  วัตต์

## 2.6 คุณสมบัติของลำแสงเลเซอร์ที่ต้องการหา

จากหัวข้อที่ผ่านมา ทำให้ทราบถึงคุณลักษณะของลำแสงเลเซอร์ต่างๆ แล้วว่ามีรูปร่างของการกระจายของคลื่นแสงเป็นการกระจายแบบเกาส์เซียน ซึ่งจากรูปร่างของการกระจายคลื่นแสงนั้น ทำให้เราสามารถหาค่าคุณสมบัติเกี่ยวกับความเข้มของลำแสง ความกว้างของลำแสง กำลังของลำแสง จากความสัมพันธ์ต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 2.5 ดังนั้น การสร้างเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ขึ้นมาเพื่อเป็นเครื่องมือในการวัดและวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์โดยที่คุณสมบัติที่จะทำการวิเคราะห์มีดังนี้

2.6.1 ค่าความเข้มสูงสุดของลำแสง (Maximum Intensity)

2.6.2 ขนาดความกว้างของลำแสง (Beam Radius)

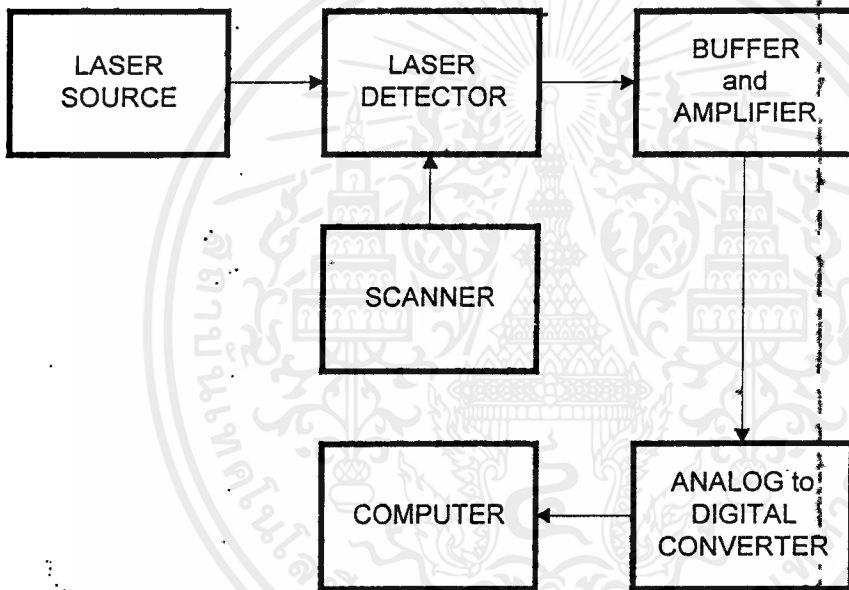
2.6.3 กำลังของลำแสง (Power of Beam )

### บทที่ 3

## โครงสร้างของเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์

### 3.1 บทนำ

บทนี้แสดงทฤษฎีเบื้องต้นและรายละเอียดโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์และโครงสร้างทางโปรแกรม ของเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ โดยโครงสร้างของเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์แสดงไว้ดังบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์

โดยเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์นี้มีโครงสร้างทางเครื่องกล (Mechanic) โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ และโครงสร้างทางโปรแกรม

วงจรเลเซอร์ดีเทคเตอร์ที่ใช้ในเครื่องจะทำหน้าที่รับเอาสัญญาณแสงเลเซอร์เปลี่ยนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อนำเอาสัญญาณไฟฟ้านั้นมาเป็นข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์

วงจรขยายใช้ออปแอมป์ทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่ได้จากวงจรเลเซอร์ดีเทคเตอร์ให้มีขนาด(Amplitude) ใหญ่ขึ้นวงจรแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอลหรือเอชดี เป็นวงจรที่ทำหน้าที่แปลงสัญญาณอินพุตที่เป็นอนาลอกให้ได้เอาท์พุตที่เป็นค่าของดิจิตอล ในเครื่องวิเคราะห์ลำ

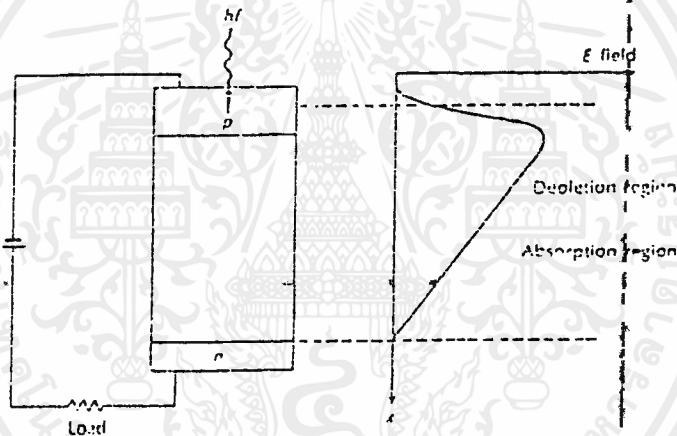
แสงเลเซอร์นี้จะให้ วงจรเอทูดิแปลงสัญญาณจากตัวดีเทกแสงเลเซอร์เพื่อให้ข้อมูลให้กับ คอมพิวเตอร์เพื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของลำแสงเลเซอร์

### 3.2 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ (Hardware)

เป็นโครงสร้างในส่วนของตัวเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ซึ่งประกอบ ประกอบด้วย อุปกรณ์และวงจรต่างๆที่ใช้ในเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ ดังต่อไปนี้

#### 3.2.1 วงจรเลเซอร์ดีเทกเตอร์

ดีเทกเตอร์ที่ใช้ในเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์นี้ใช้ดีเทกเตอร์ชนิด PIN Diode



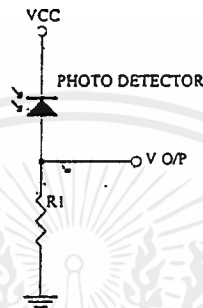
รูปที่ 3.2 โครงสร้างพื้นฐานของ PIN Diode

รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างเบื้องต้นของ PIN Diode ซึ่ง PIN Diode เป็นการพัฒนาดีเทกเตอร์ เพื่อให้มีชั้น Depletion Region กว้างมากขึ้น โดยให้ประมาณเท่ากับชั้น i (Intrinsic Layer) ดังนั้นใน ชั้นนี้จึงเป็นชั้น Absorption Region ซึ่งจะทำให้ดีเทกเตอร์ ชนิดนี้มี Response Time ที่เร็วมาก ซึ่ง น้อยกว่า 1 nSec

หน้าที่ของเลเซอร์ดีเทกเตอร์คือ รับเอาสัญญาณแสงเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าโดย ในเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์นี้ใช้โฟโตนิก ไดโอด ชนิด PIN Diode เป็นตัวดีเทกเตอร์แสงเลเซอร์

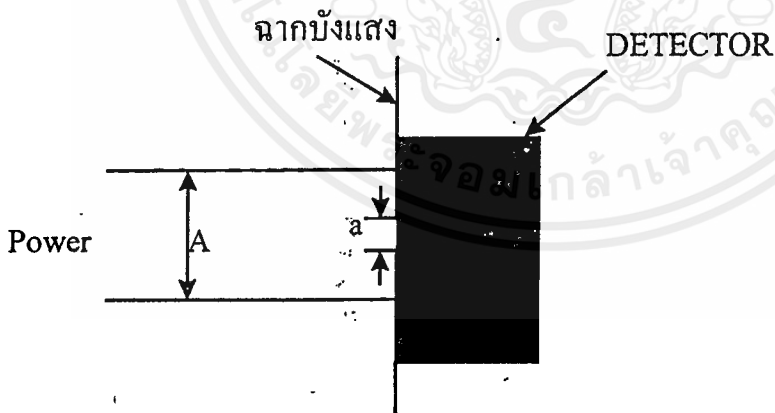
โดยปกติการของโฟโตไดโอด จะทำงานในแบบรีเวอร์สไบอัส ซึ่งจะทำให้มีความไวในการรับรู้สูงกว่าการใช้งานแบบฟอร์เวิร์สไบอัส ซึ่งการทำงานของแบบรีเวอร์สไบอัสจะมีความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงเส้นระหว่างระดับแสงสว่างกับกระแสเอาต์พุต

ในวงจรเลเซอร์ดีเทคเตอร์นี้ใช้โฟโตไดโอด ชนิด PIN Diode เบอร์ MRD721



รูปที่ 3.3 วงจรเลเซอร์ดีเทคเตอร์

ในการใช้งานตัวดีเทคแสงเลเซอร์นั้น จากส่วนของวงจรในส่วนชุดรับแสงเลเซอร์ ต้องการกำหนดรายละเอียด (Resolution) ของการดีเทคสัญญาณ สามารถทำได้โดยการเจาะรูที่แผ่นที่บังตัวดีเทคเตอร์ ทำให้แสงไปตกกระทบในส่วนที่เราต้องการจริงๆ



รูปที่ 3.4 รูปเลเซอร์ดีเทคเตอร์

พิจารณาค่าความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของแสงจากแหล่งกำเนิด (Source) กับ กำลังที่ตกกระทบที่เลเซอร์ดีเทคเตอร์

ให้ กำลังที่ออกจากแหล่งกำเนิด เท่ากับ P  
 กำลังที่ออกจากแหล่งกำเนิด เท่ากับ P<sub>detect</sub>  
 ความเข้มของแสงเลเซอร์เท่ากับ I  
 ให้พื้นที่ของรูที่จะเท่ากับ a  
 พื้นที่ของลำแสงเลเซอร์เท่ากับ A

จะได้รับความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของแสงจากแหล่งกำเนิด (Source) กับ กำลังที่ตกกระทบบนที่เลเซอร์ดีเทคเตอร์ดังนี้

$$P = I \cdot A$$

$$P_{\text{detect}} = I \cdot a$$

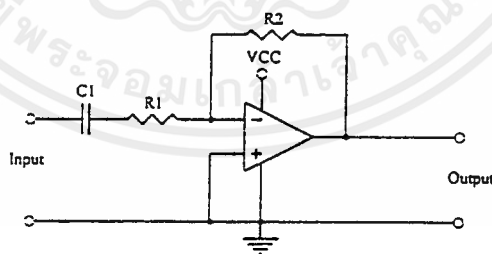
$$P_{\text{detect}} = (a/A) \cdot P$$

$$\text{หรือ } P_{\text{detect}} \propto P$$

### 3.2.2 วงจรขยาย

ในการใช้งานวงจรขยายในเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์นี้ จะใช้วงจรขยายแบบอินเวอร์ติ่ง เพื่อทำการขยายแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรเลเซอร์ดีเทคเตอร์เพื่อให้มีระดับแรงดันที่มากขึ้น

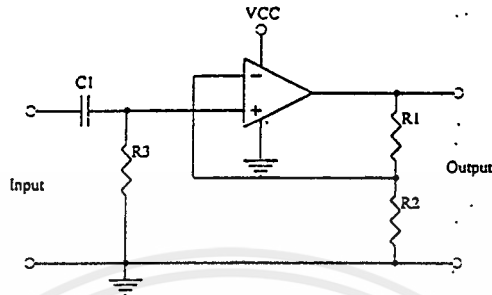
โดยทั่วไปวงจรอินเวอร์ติ่งแบบอินเวอร์ติ่งที่มีความถี่ในการทำงานแบบลูปปิด (Close Loop) เพราะสามารถควบคุมอัตราขยายได้ด้วยการป้อนกลับแบบลบจากเอาต์พุตไปยังอินพุต อัตราการขยายจะถูกควบคุมด้วยอุปกรณ์ประกอบรวมภายนอก



รูปที่ 3.5 อินเวอร์ติ่งต่อใช้งานแบบ Inverting Amp

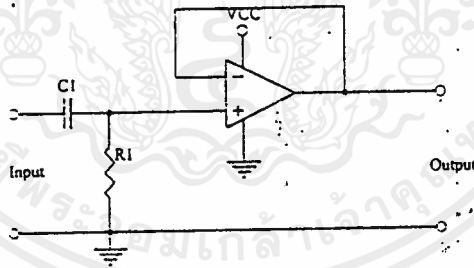
รูปที่ 3.5 แสดงการจัดวงจรแบบอินเวอร์ติ่ง (Inverting Amp) คือกลับขั้วสัญญาณ ที่อัตราการขยายปกติ (A) คงที่ ซึ่งอัตราการขยายแรงดันสามารถกำหนดได้จากอัตราส่วนของ  $R2/R1$

สำหรับอินพุตอิมพีแดนซ์ของวงจรจะมีค่าประมาณเท่ากับ  $R1$  นั่นคือเราสามารถกำหนดได้ทั้งอัตราการขยายและอินพุตอิมพีแดนซ์ของวงจร



รูปที่ 3.6 ออปแอมป์ต่อใช้งานแบบ Non-Inverting Amp

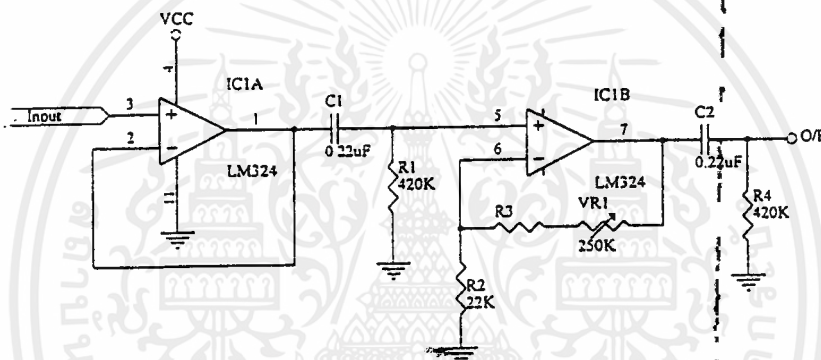
รูปที่ 3.6 แสดงการจัดวงจรแบบนอนอินเวอร์ติ้ง (Non-Inverting Amp) คือไม่กลับขั้วสัญญาณ แบบอัตราขยายวงจร (A) คงที่ ซึ่งการต่อแบบนี้จะให้อัตราขยายแรงดันเท่ากับ  $(R1+R2)/R2$  ซึ่งอินพุตอิมพีแดนซ์ของออปแอมป์ได้ค่อนข้างนานกับ  $R3$  ซึ่งทำให้ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์โดยรวมมีค่าประมาณ  $R3$



รูปที่ 3.7 ออปแอมป์ต่อใช้งานแบบ Buffer

รูปที่ 3.7 เป็นการจัดวงจรแบบให้แรงดันเอาต์พุตเท่ากับแรงดันอินพุต (Buffer) คืออัตราการขยายแรงดันของวงจรเท่ากับหนึ่ง โดยมีการป้อนกลับแบบลบ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยที่การต่อแบบนี้ทำให้ค่าอินพุตอิมพีแดนซ์สูงมาก แต่สามารถกำหนดได้โดยการนำ  $R1$  มาต่อทางด้านอินพุต

ในเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ ใช้วงจรขยายที่ใช้ออปแอมป์เบอร์ LM324 เนื่องจากว่าไอซี LM324 มีคุณสมบัติที่ใช้แหล่งจ่ายไฟด้านเดียว(Single Supply) คือด้านบวก โดยในเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์นี้ใช้วงจรขยาย 2 ภาคคือโดย IC1A ทำหน้าที่เป็นวงจรมีอัตราขยายเท่ากับหนึ่ง ส่วน IC1B ที่เป็นวงจรรขยายแบบนอนอินเวอร์ตติ้ง(ไม่กลับขั้วสัญญาณ) R1 420K ทำหน้าที่เป็นอินพุทอิมพีแดนซ์ของวงจรรขยาย และ R2,R3 และ VR1 ทำหน้าที่ควบคุมอัตราการขยายของวงจรรขยาย VR1 จะช่วยทำให้สามารถปรับค่าอัตราการขยายให้มีค่าเปลี่ยนแปลงได้ตามขนาดของสัญญาณอินพุทเพื่อป้องกันไม่ให้สัญญาณเอาต์พุทมีขนาดใหญเกินไป ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 วงจรมีอัตราขยายและวงจรรขยาย

### 3.2.3 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

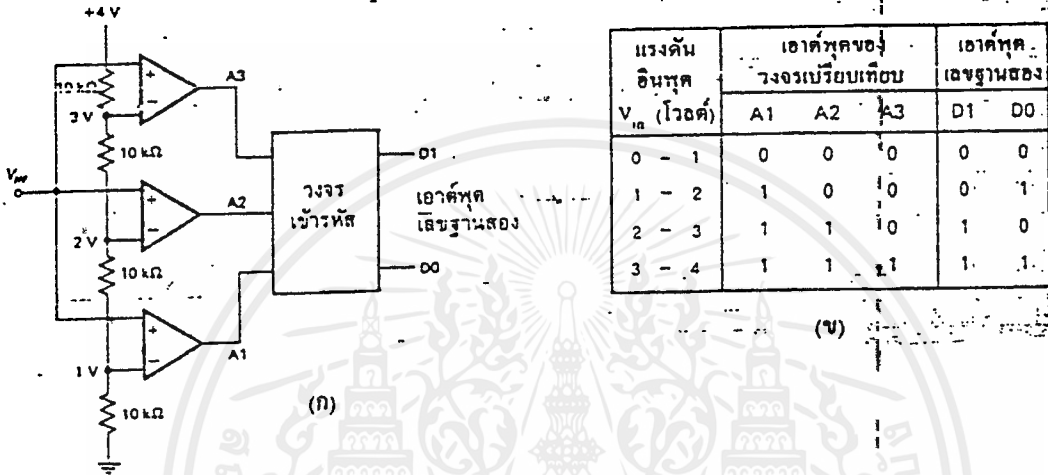
วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล(Analog to Digital Converter) ใช้สำหรับแปลงแรงดันเอาต์พุทของวงจรรเลเซอร์ดีเทคเตอร์ที่ผ่านวงจรรขยายสัญญาณแล้ว เพื่อนำเอาสัญญาณดิจิตอลที่เป็นค่าตัวเลขไปวิเคราะห์หาค่าคุณสมบัติของลำแสงเลเซอร์

วงจรมีแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (analog to digital converter) ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป มีหลายแบบ แต่ที่ใช้ในเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์นี้เป็นแบบวงจรมีเปรียบเทียบขนานหรือแบบ “แฟลช” (Parallel Comparator Simultaneous “Flash” A/D Converter)



วงจรเอชดีแบบนี้ใช้หลักการง่าย ๆ อีกทั้งยังเป็นวิธีที่รวดเร็วที่สุด คือใช้วงจรเปรียบเทียบที่  
 ต่อขนานกัน ดังรูปที่ 3.9 ก.

ประกอบด้วยออปแอมป์ที่ต่อเป็นวงจรเปรียบเทียบ และตัวต้านทานคือไว้เพื่อแบ่งแรงดันที่  
 ขาอินพุตแบบกลับ (Inverting) ให้มีขนาดต่าง ๆ กัน



รูปที่ 3.9 (ก) แสดงการต่อวงจร Parallel Comparator A/D Converter

(ข) ตารางความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุตที่เป็นอนาล็อกและเอาต์พุตที่เป็นดิจิทัล

จากหลักการของวงจรเปรียบเทียบทั่วไป เมื่อแรงดันอินพุตที่ขาอินพุตแบบไม่กลับ (Non-Inversion) มีค่าสูงกว่าที่ขาอินพุตแบบกลับ เอาต์พุตจะได้แรงดันค่าสูงสุดได้จากตารางรูปที่ 3.9 ข จะเข้าใจยิ่งขึ้นว่าที่แรงดันค่าต่าง ๆ มีผลต่อเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแต่ละตัวอย่างไรซึ่งเอาต์พุตที่ได้จากวงจรเปรียบเทียบนี้จะนำไปเข้ารหัสให้เป็นเลขฐานสองต่อไป

จำนวนของวงจรเปรียบเทียบที่ต้องใช้ในวงจรขึ้นอยู่กับขนาดของสัญญาณอนาล็อกที่อินพุต

จากวงจรรูปที่ 3.9 ถ้าแรงดันอินพุตมีค่า 1 โวลต์ไม่เพียงพอที่จะทำให้อุปกรณ์เปรียบเทียบตัวใดให้ค่าเอาต์พุตเป็น "high"

ที่แรงดันระหว่าง 1 ถึง 2 โวลต์ วงจรเปรียบเทียบที่มีระดับเทรชโฮลด์ (Threshold) ค่าสูง ก็จะให้เอาต์พุตเป็น "high"

แรงดัน 2-3 โวลต์ วงจรเปรียบเทียบทั้ง A1 และ A2 ให้เอาต์พุตเป็น "high" ถ้าแรงดันอินพุตมากกว่า 3 โวลต์ วงจรเปรียบเทียบก็จะให้เอาต์พุตเป็น "high" ทั้งหมด

เมื่อต้องการวงจรที่มีความละเอียดสูงขึ้น จำเป็นต้องใช้วงจรเปรียบเทียบเพิ่มขึ้น เช่น ถ้าต้องการความละเอียด 3 บิต ต้องใช้วงจรเปรียบเทียบ 7 ตัว ความละเอียด 4 บิต ต้องใช้วงจรเปรียบเทียบ 15 ตัว (16 ระดับ) โดยหาจำนวนวงจรเปรียบเทียบได้จาก  $2^N - 1$  เมื่อ N แทนจำนวนบิตหรือความละเอียดที่ต้องการ

ข้อเสียของวงจรเอทูดิแบบนี้ คือ จะเห็นได้ว่าที่ความละเอียด 8 บิต ต้องใช้วงจรเปรียบเทียบมากถึง 255 ตัวและ เอาต์พุตที่ได้ไม่เป็นเลขฐานสอง ต้องมีวงจรเพิ่มเติมไปทำการเข้ารหัส

ข้อดีของวงจรเอทูดิแบบนี้คือความเร็วสูงมาก บางครั้งจึงเรียกววงจรเอทูดิแบบนี้ว่าแบบ "แฟลช" (Flash type A/D Converter) วงจรเอทูดิชนิดนี้ใช้เวลาในการแปลงได้เร็วในระดับนาโนวินาทีทีเดียว

### ไอซี CA3318 Flash A/D Converter

CA3318 เป็นไอซีทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแบบแฟลชขนาด 8 บิต โดยที่คำว่าแฟลช นั้นเป็นรูปแบบการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลรูปแบบหนึ่งที่มีความเร็วในการแปลงสัญญาณสูงกว่าแบบอื่นๆ

หัวใจสำคัญของการแปลงสัญญาณ(ไม่ว่า A/D หรือ D/A) คือค่าความถูกต้องของการแปลงสัญญาณ ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าความละเอียด (Resolution) ของการแปลงสัญญาณ

### โครงสร้างและการทำงานของ CA3318

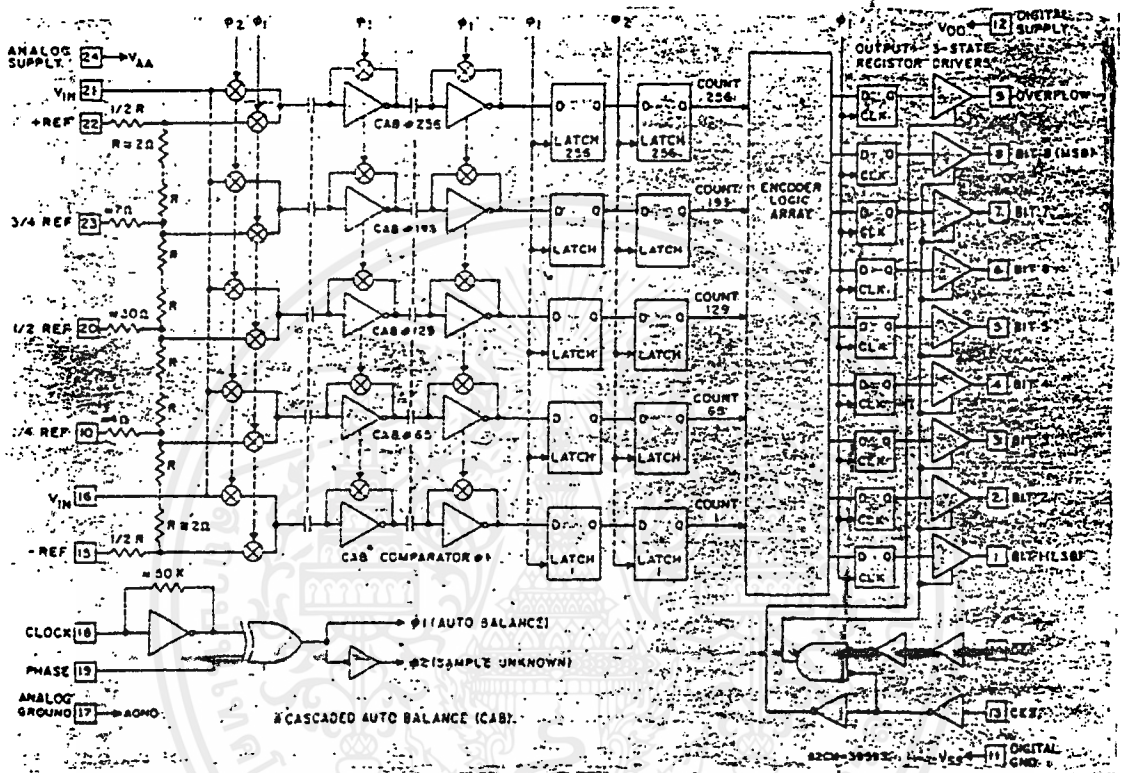
โครงสร้างภายในและการทำงานของ CA3318 แสดงดังรูปที่ 3.10

ชุดสวิทช์อิเล็กทรอนิกส์(ส่วนที่เห็นเป็นกากบาทอยู่ภายใน) ทำการสุ่มสัญญาณเข้ามาสู่ตัวเปรียบเทียบจำนวน 256 ชุด ตัวเปรียบเทียบนี้ทำหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตที่เป็นอนาลอกกับแรงดันอ้างอิงของตัวเปรียบเทียบทั้ง 256 ชุดที่ได้กำหนดไว้แล้ว

ข้อมูลทั้งหมดจากตัวเปรียบเทียบ(เป็น "0" หรือ "1") ส่งเข้า D ฟลิปฟลอปชุดโดยตรง เป็นไปในลักษณะตัวเปรียบเทียบชุดที่ 1 ส่งข้อมูลเข้า D ฟลิปฟลอป ชุดที่ 1 คือส่งเข้าชุดใดชุดมัน D ฟลิปฟลอปทำหน้าที่เป็นซีพรีจิสเตอร์ทำงานในโหมดสัญญาณนาฬิกา(ตอบสนองต่อสัญญาณนาฬิกาเฉพาะขอบขาขึ้นและขอบขาลงของพัลส์เท่านั้น) ทำการแลตช์ (Latch) ข้อมูลไว้ชั่วขณะจนกว่าจะมีข้อมูลใหม่เข้ามาจึงจะเลื่อน(Shift) ข้อมูลนั้นเข้าชุดเข้ารหัส (Encoder Logic Array) เพื่อ

แปลงข้อมูลทั้ง 256 ค่าออกเป็นข้อมูลดิจิทัลขนาด 9 บิต(รวมบิตส่วนเกินด้วย) ส่งต่อไปยังเอาต์พุต  
รีจิสเตอร์ เอาต์พุตนี้สามารถควบคุมได้ด้วย /CE1 และ CE2

การทำงานทั้งหมดนี้เราสามารถควบคุมได้ที่ขาควบคุมเฟส(ขา 19)



รูปที่ 3.10 แสดงผังการทำงานภายในของ CA3318

คุณสมบัติของ CA3318

คุณสมบัติแบบคร่าวๆของ CA3318 มีดังนี้

- ใช้เทคโนโลยี CMOS/SOS
- ใช้เทคนิคการแปลงข้อมูลแบบขนาน
- อัตราการแปลงข้อมูล 15 MSPS ที่ 5 โวลต์
- ให้เอาต์พุตขนาด 8 บิต
- ใช้แหล่งจ่ายไฟชุดเดียว 4 - 6.5 โวลต์
- แยกระบบกราวด์ของอนาลอกกับดิจิทัลออกจากกันโดยเด็ดขาด

- g) กำลังงานสูญเสีย 200 มิลลิวัตต์
- h) แรงดันอินพุตอยู่ในช่วง 0-6.4 โวลต์
- i) สัญญาณนาฬิกา 20 MHz

### สัญญาณนาฬิกากับเฟส

CA3318 ใช้เทคนิคการแปลงสัญญาณแบบขนานเป็นลำดับ (Sequential Parallel Technique) โดยอาศัยการจัดระดับลอจิกของสัญญาณนาฬิกาไปควบคุมจังหวะการทำงานของส่วนต่างๆ ให้สอดคล้องกัน ซึ่งจุดประสงค์คือความเร็ว

จากรูปโครงสร้างภายใน รูปที่ 3.10 ขาป้อนสัญญาณนาฬิกา (ขา 18) และขาควบคุมเฟส (ขา 19) ต่อกับวงจรลอจิกเกตชุดหนึ่ง ซึ่งวงจรนี้ทำหน้าที่จัดสัญญาณนาฬิกาให้แบ่งเป็นเฟส 2 เฟสคือ  $\Phi 1$  (Auto Balance) และ  $\Phi 2$  (Sample Unknown) ซึ่งทั้ง 2 เฟสนี้จะถูกจัดให้อยู่ในช่วงลอจิก "0" หรือ "1" ของสัญญาณนาฬิกา (ใน 1 คาบเวลา) เราควบคุมได้โดยใช้ขาควบคุมเฟส

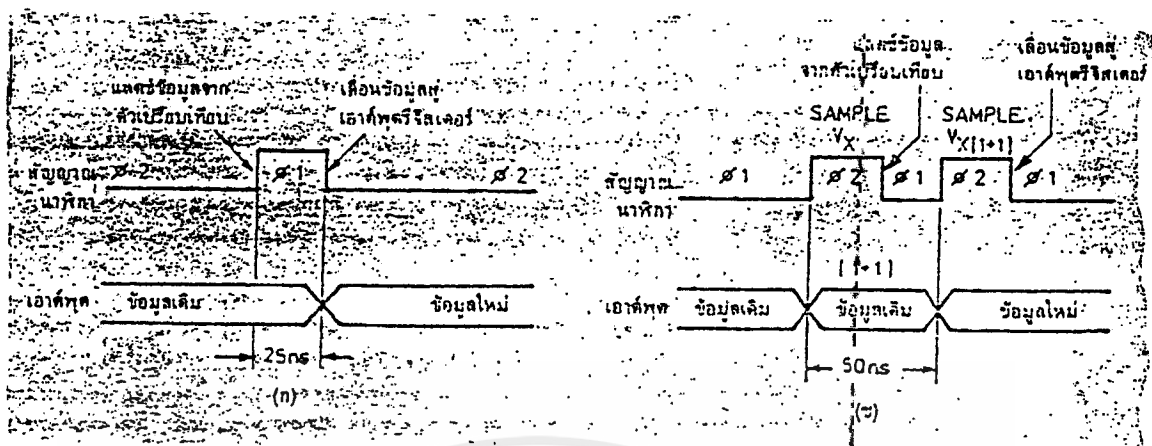
จากการจัด  $\Phi 1$  และ  $\Phi 2$  ให้อยู่คนละช่องสัญญาณนาฬิกาด้วยขาควบคุมเฟสนี้ ทำให้เราสามารถควบคุมความเร็วในการแปลงสัญญาณของ CA3318 ให้เปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณนาฬิกาได้

### การควบคุม CA3318

เราสามารถใช้ขาควบคุมเฟสควบคุมความเร็วในการแปลงสัญญาณของ CA3318 ได้ 2 วิธี คือ

โดยการป้อนลอจิก "0" เข้าที่ขาควบคุมเฟส แสดงดังรูปที่ 3.10 (ก)  $\Phi 1$  จะถูกจัดให้อยู่ในลอจิก "1" และ  $\Phi 2$  ถูกจัดให้อยู่ในลอจิก "0" ของสัญญาณนาฬิกา ข้อมูลจากตัวเปรียบเทียบ(อนาล็อก) จะถูกแลตซ์ไว้ที่ขอบขาขึ้นของพัลส์  $\Phi 1$  และเมื่อถึงขอบขาลงของพัลส์  $\Phi 1$  แล้ว ก็จะมีการเลื่อนข้อมูลนั้นส่งเข้าเอาท์พุทรีจิสเตอร์ต่อไป ซึ่งวิธีนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเสร็จสิ้นภายในครึ่งคาบเวลาของสัญญาณนาฬิกาเท่านั้น

โดยการป้อนลอจิก "1" เข้าที่ขาควบคุมเฟส แสดงดังรูปที่ 2.14 (ข)  $\Phi 1$  จะถูกจัดให้อยู่ในลอจิก "0" และ  $\Phi 2$  ถูกจัดให้อยู่ในลอจิก "1" ของสัญญาณนาฬิกา เมื่อถึงขอบขาลงของพัลส์  $\Phi 2$  ข้อมูลจากตัวเปรียบเทียบ(อนาล็อก) ถูกแลตซ์ไว้จนกว่าจะถึงขอบขาขึ้นของพัลส์  $\Phi 2$  ลูกต่อมาจึงจะทำการเลื่อนข้อมูลส่งเข้าเอาท์พุทรีจิสเตอร์ วิธีนี้จะแปลงสัญญาณเสร็จสิ้นภายใน 1 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา



รูปที่ 3.11 แสดงการควบคุม CA3318 ด้วยการใช้ควบคุมเฟสไปควบคุมระดับลอจิกของของสัญญาณนาฬิกา

(ก) เมื่อให้ขาควบคุมเฟสเป็น “0”

(ข) เมื่อให้ขาควบคุมเฟสเป็น “1”

เราสามารถให้ขาควบคุมเฟสควบคุมความเร็วในการแปลงสัญญาณของ CA3318 ได้ 2 วิธี คือ

เห็น่วาวิธีแรกใช้เวลาในการแปลงสัญญาณน้อยกว่าวิธีที่และสำหรับงานที่ต้องการความเร็วในการแปลงสัญญาณควรเลือกวิธีแรกจะเหมาะสมกว่า

การประยุกต์ใช้งาน

ส่วนใหญ่แล้ว CA3318 นำไปใช้ในระบบที่ต้องการ การประมวลผลด้วยความเร็วสูงมาก ๆ เช่น การวิเคราะห์สัญญาณเรดาร์ การวิเคราะห์สัญญาณทรานเซียนต์ การวิเคราะห์อาการเคลื่อนที่ของวัตถุ ใช้ในอุปกรณ์แปลงสัญญาณภาพระบบดิจิทัลในเครื่องรับโทรทัศน์ เป็นต้น

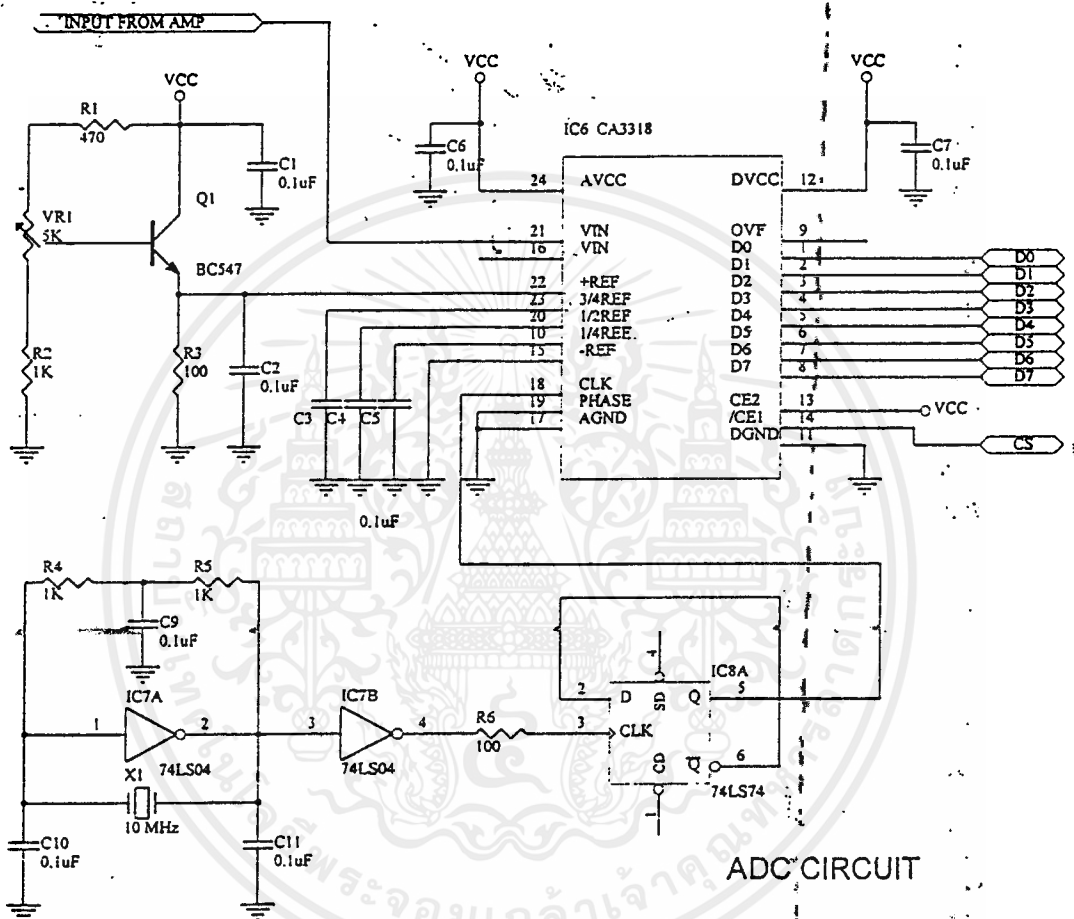
CA3318 ออกแบบภาคเอาต์พุตโดยใช้ตัวขับ 3 สถานะ (3-State Driver) เพื่อเชื่อมโยงกับไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิต โดยเฉพาะ

แต่โดยทั่วไปแล้วขั้นตอนหลักของการเชื่อมโยงตัวแปลงสัญญาณเข้ากับไมโครโปรเซสเซอร์มี 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ

ป้อนคำสั่ง (Command) ไมโครโปรเซสเซอร์ที่ให้ตัวแปลงสัญญาณเริ่มต้นการแปลงสัญญาณ

‘ต้องมีการตรวจสอบสถานะทางอินพุต (Data Ready) จนกระทั่งการแปลงสัญญาณเสร็จสิ้น  
สมบูรณ์

ทำการอ่านข้อมูลเป็นดิจิทัลเข้าสู่ไมโครโปรเซสเซอร์

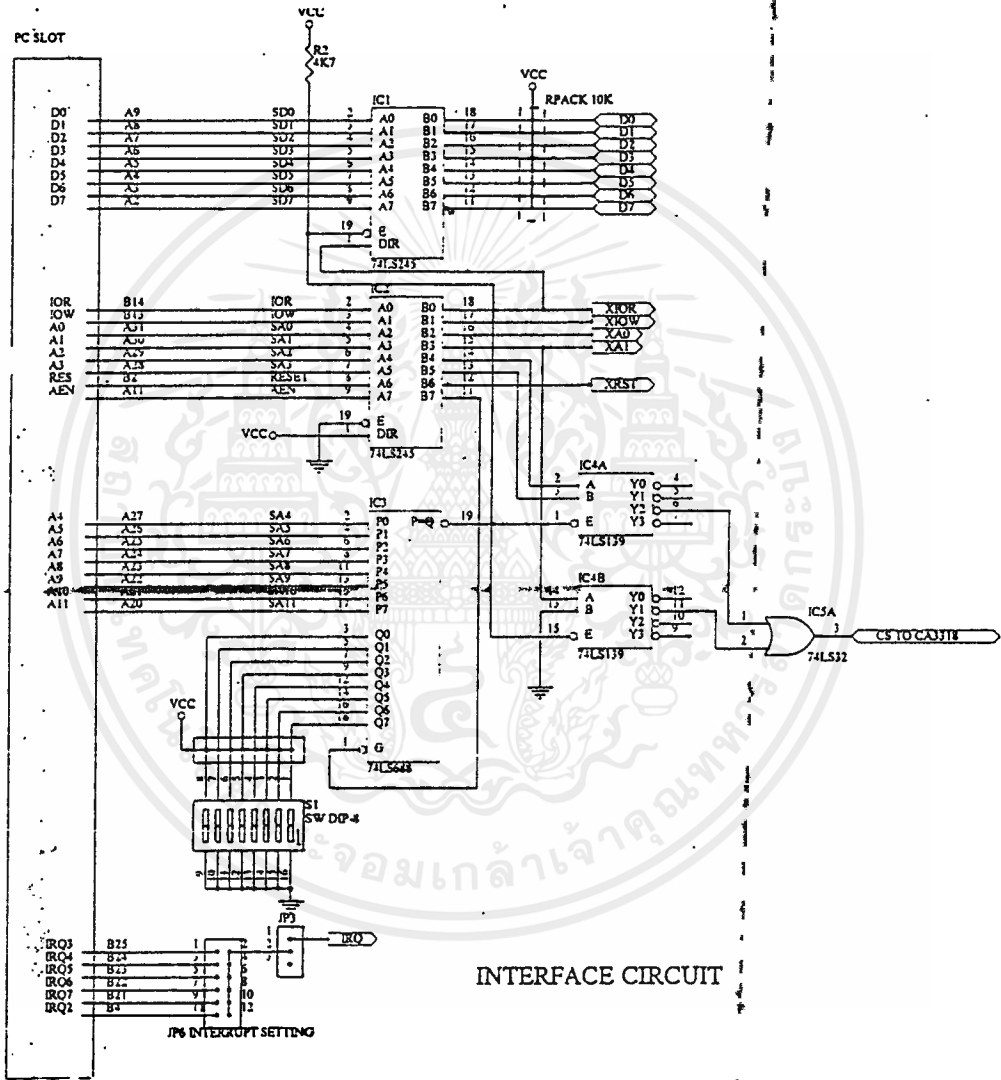


รูปที่ 3.12 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล

วงจรในรูปที่ 3.12 เป็นวงจรที่ใช้งานจริง ซึ่งสามารถประยุกต์การใช้งานในการเชื่อมต่อ (Interface) กับคอมพิวเตอร์ได้ โดยใช้ไอซีเบอร์ CA3318 เป็นเฟลชเอ็ทที่ทำหน้าที่เป็นตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลโดยที่สามารถรับค่าสัญญาณอินพุตที่เป็นสัญญาณอนาลอกได้ในย่าน 0-5V

### 3.2.4 วงจรอินเทอร์เฟซ (Interface)

วงจรอินเทอร์เฟซทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลสามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ โดยทำหน้าที่กำหนดแอดเดรสของพอร์ตให้กับวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล ให้คอมพิวเตอร์มองเห็นเป็นอุปกรณ์อินพุทเอาต์พุทของระบบคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.13 วงจรอินเทอร์เฟซ

จากวงจรในรูปที่ 3.13 IC1 และ IC2 เบอร์ 74LS245 ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ให้กับคาตาบัส (D0-D7) และสัญญาณควบคุม (IOR,IOW,RES,AEN) และ สัญญาณแอดเดรส (A0-A3) และ IC3 เบอร์ 74LS 688 และ DIP Switch S1 ทำหน้าที่เป็นวงจรถอดรหัส(Decode) แอดเดรสพอร์ต เพื่อนำสัญญาณเอาต์พุตไปเป็นสัญญาณควบคุมการทำงานของ IC4 เบอร์ 74LS139 ซึ่ง IC4 ทำหน้าที่ถอดรหัสแอดเดรสพอร์ตด้วย

เนื่องจากพื้นฐานทางฮาร์ดแวร์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ การเชื่อมกับอุปกรณ์ภายนอกจะกระทำผ่านพอร์ต ดังนั้นก็ต้องทราบค่าแอดเดรสของพอร์ต คอมพิวเตอร์จึงสามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้ การกำหนดแอดเดรสของพอร์ตนั้น คอมพิวเตอร์จะใช้แอดเดรสทั้งหมด 12 เส้น(A0-A11) ซึ่งสามารถกำหนดให้แอดเดรสของพอร์ตเป็นเลขฐาน 16 ได้ 3 หลัก ดังตัวรูปที่ 3.14

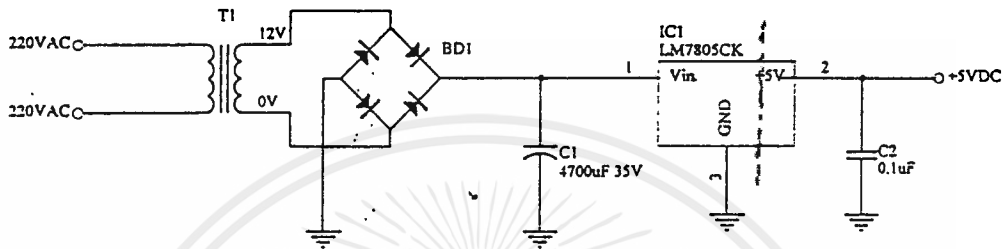
A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X=0,1
		H				H				H		H=0-9,A,B,C,D,E,F

รูปที่ 3.14 แสดงการกำหนดแอดเดรสของพอร์ตในคอมพิวเตอร์

จากวงจรในรูปที่ 3.13 IC3 เบอร์ 74LS688 ทำหน้าที่กำหนดแอดเดรสพอร์ต A11-A4 และ IC4 เบอร์ 74LS139 ทำหน้าที่กำหนดแอดเดรสพอร์ต A3-A0 โดยที่สัญญาณ CS (Chip Select) ที่เป็นเอาต์พุตของ IC5A จะไปคอยกำหนดให้ ADC ทำงาน และในวงจรนี้ ADC ถูกกำหนดให้มีแอดเดรสพอร์ตที่หมายเลข 30Ah

### 3.2.5 เพาเวอร์ซัพพลาย (Power Supply)

เป็นวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ทำหน้าที่จ่ายกระแสและแรงดันให้กับวงจรเพื่อให้วงจรสามารถทำงานได้



รูปที่ 3.15 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง 5 VDC

รูปที่ 3.15 แสดงวงจรจ่ายไฟให้กับวงจรเลเซอร์ดีเทคเตอร์และวงจรรขยาย โดยใช้ไอซีเรกกูเลเตอร์แรงดันขนาด 5 โวลต์

### 3.3 โครงสร้างทาง Mechanics

เป็นโครงสร้างในส่วนของชุดสแกนแสงเลเซอร์โดยประกอบด้วยส่วนประกอบ 2 ส่วนคือ

#### 3.3.1 ส่วนฐานสำหรับวางเลเซอร์

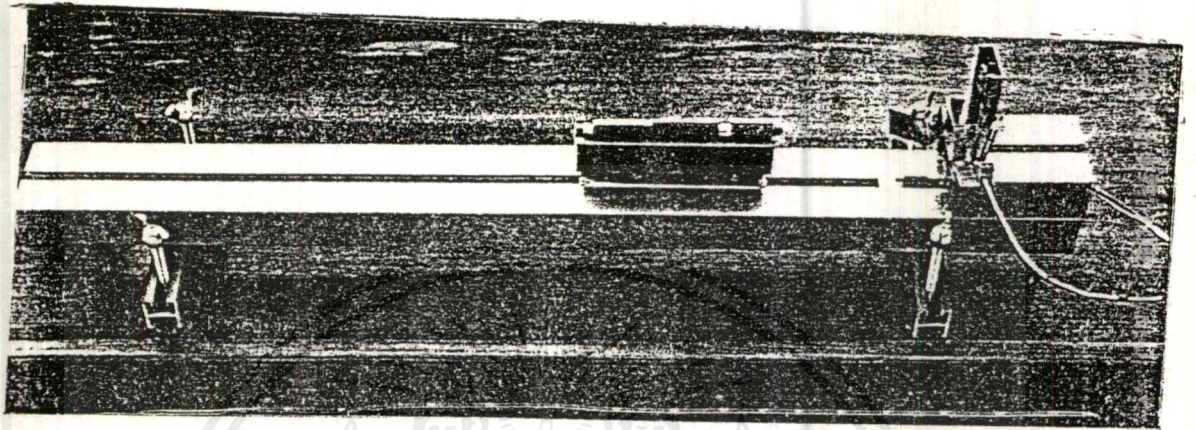
ประกอบด้วยส่วนที่เป็นฐานรองเพื่อใช้สำหรับวางตัวกำเนิดแสงเลเซอร์และใช้สำหรับปรับระดับความสูงของตัวสแกนให้ได้ระดับพอดีกับระดับของลำแสงเลเซอร์พอดีในกรณีใช้แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ที่มีรูปร่างอื่นๆซึ่งไม่สามารถวางบนฐานรองที่สร้างขึ้นมาได้และมีขนาดความสูงมากกว่าจุดกึ่งกลางของตัวสแกนลำแสงซึ่งจุดนี้เราสามารถจะปรับระดับส่วนฐานรองให้มีความสูงพอเหมาะกับความสูงของแหล่งกำเนิดแสงนั้นได้โดยการปรับตัวน็อตสกรูทั้ง 4 ตัวดังแสดงในรูปที่

3.16

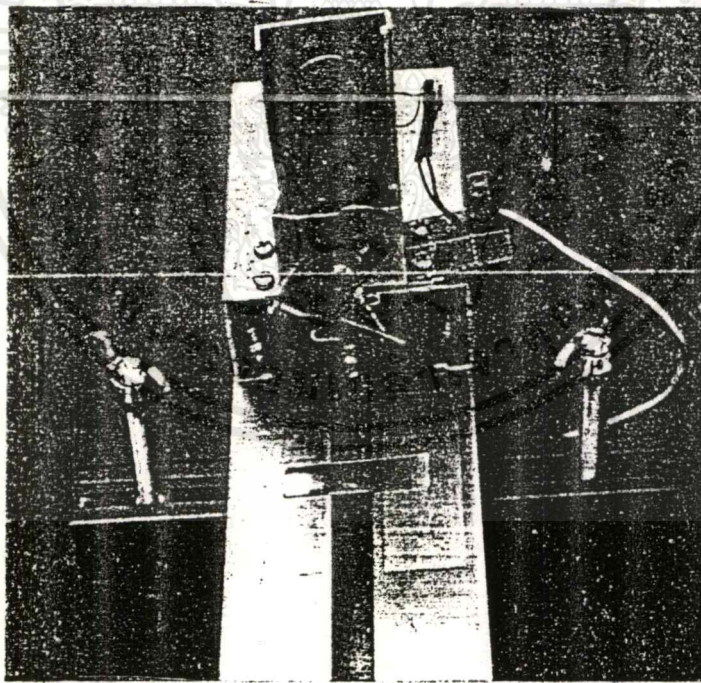
#### 3.3.2 ส่วนสแกนลำแสงเลเซอร์

ประกอบด้วยส่วนที่เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่สามารถปรับความเร็วของมอเตอร์ได้ง่ายโดยใช้การปรับระดับแรงดัน และส่วนที่เป็นแผ่นโลหะขัดผิวมันเพื่อใช้ทำหน้าที่สะท้อนแสง

เลเซอร์ให้กับวงจรตรวจจับแสงเลเซอร์ ดังแสดงดังรูปที่ 3.17



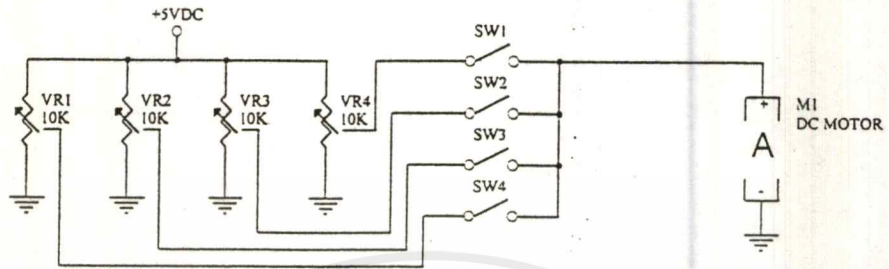
รูปที่ 3.16 โครงสร้างส่วนฐานรองเลเซอร์



รูปที่ 3.17 แสดงโครงสร้างในส่วนสแกนแสงเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่แผ่นโลหะขั้วม้วนนั้นยึดติดอยู่กับมอเตอร์ โดยที่มอเตอร์สามารถปรับความเร็วรอบของการหมุนได้โดยสามารถควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ได้โดยการปรับแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์โดยวงจรที่ใช้สำหรับควบคุมความเร็วมอเตอร์แสดงได้ดังวงจรในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.18 วงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

รูปที่ 3.19 แสดงกล่องที่บรรจุวงจรแหล่งจ่ายไฟกระแสตรงที่ใช้สำหรับจ่ายแรงดันให้วงจรเลเซอร์ดีเทคเตอร์ วงจรขยายและวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์



รูปที่ 3.19 กล่องบรรจุ Power Supply

แนวความคิดในการสร้างในส่วนของ mechanic ก็คือการเริ่มจากการทดลองเพื่อที่จะให้ลำแสงเลเซอร์ที่ส่องมาในทางตรงเคลื่อนที่ผ่านตัวคิเทคัลญูญูณซึ่งเราสามารถทำได้โดยการแกว่งแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ไปมาให้ผ่านตัวคิเทคัลญูญูณซึ่งแน่นอนความเร็วในการแกว่งนั้นย่อมไม่คงที่อย่างแน่นอนจึงเกิดแนวความคิด ในการที่จะหาตัวมาช่วยในการทำให้ ลำแสงเคลื่อนที่ผ่านตัวคิเทคัลญูญูณโดยให้ความเร็วมีค่าคงที่มากที่สุดดังนั้นเราจึงได้ส่วนประกอบที่เรียกว่า ตัวสแกนลำแสงขึ้นมาซึ่งสามารถดูได้ในรูปส่วนของ mechanic จากรูปที่ 3.17

ทั้งสองส่วนได้รับการปรับปรุงมาจากเทอมที่ผ่านมา โดยในส่วนฐานสำหรับวางเลเซอร์ได้ปรับปรุงให้สามารถปรับระดับในแนวตั้งสามารถเคลื่อนขึ้นลงได้ เพื่อให้เหมาะกับความสูงของแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ที่นำมาทำการวัด โดยสังเกตจากรูปที่ 3.16 จะเห็นน๊อตยาว 4 ตัวที่สามารถปรับระดับได้ ซึ่งวิธีการปรับนั้น เราต้องทราบถึงระดับความสูงของแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ แล้วจึงพยายามปรับระดับให้บริเวณกึ่งกลางของตัวสะท้อนลำแสงมีระดับความสูงเท่ากับความสูงของลำแสงเลเซอร์ โดยให้ความสูงของด้านหัวหรือท้ายของฐานอยู่ระดับเดียวกัน ซึ่งเราสามารถวัดได้โดยใช้ไม้บรรทัดวัดเปรียบเทียบกัน หรือใช้ระดับน้ำวางบนฐานรอง โดยที่ลูกน้ำต้องอยู่ตรงกลางระดับน้ำ เมื่อทำการปรับระดับเรียบร้อยแล้ว ควรที่จะทำให้ฐานแน่น โดยปรับน๊อตที่ใส่ไว้กับน๊อตตัวผู้ทั้ง 4 ตัว เพื่อให้แน่ใจว่าฐานรองจะไม่เกิดการสั่นเมื่อตัวสแกนเริ่มทำงาน หรือมอเตอร์เริ่มหมุน ซึ่งเป็นอันเสร็จเรียบร้อยในการปรับระดับส่วนฐานรองให้เหมาะสมกับความสูงของลำแสงเลเซอร์พร้อมที่จะใช้งานต่อไป

ในส่วนชุดสแกนลำแสง ก็ได้รับการปรับปรุงให้สามารถปรับความเร็วมอเตอร์ได้ 4 ระดับด้วยกัน ซึ่งมีความสะดวกมากขึ้น โดยสังเกตได้จากรูป 3.19 จะเห็นเป็นกลไกมีสวิทช์อยู่ด้านหน้าซ้ายเป็นสวิทช์ปิดเปิด ทางด้านขวาที่เหลืออีก 4 อันเป็นสวิทช์สำหรับปรับความเร็วของตัวสแกนให้เหมาะสมกับขนาดของลำแสง

### 3.4 โครงสร้างทางโปรแกรม

โครงสร้างทางโปรแกรมนี้อจะเป็น โปรแกรมที่นำค่าของข้อมูลที่ได้จากวงจร Analog to Digital Converter มาทำการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่างๆของแสงเลเซอร์ โดยที่จะแสดงเป็นโพวัซาร์จที่แสดงโครงสร้างและการทำงานของโปรแกรม ซึ่งแบ่งการทำงานของเป็น 3 ส่วนดังนี้

### 3.4.1 ส่วนที่ทำหน้าที่รับข้อมูล

ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของวงจรในส่วนเอทูดิ และที่รับข้อมูลจากเอทูดิมาเก็บ โดยจำนวนของข้อมูลที่ต้องการนั้นสามารถเลือกจำนวนได้ตามต้องการ

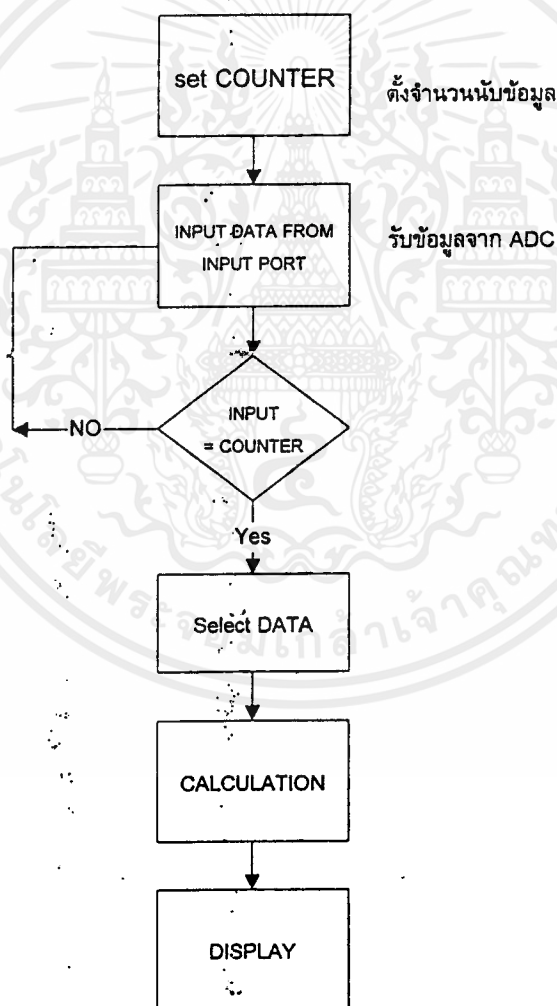
### 3.4.2 ส่วนที่ทำหน้าที่คำนวณ

ทำหน้าที่เลือกข้อมูลที่อ่านได้จากวงจรเอทูดิ มาทำการคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลที่รับเข้ามา เพื่อให้ได้ค่าคุณสมบัติต่าง ตามสูตรและวิธีการวิเคราะห์

### 3.4.3 ส่วนที่ทำหน้าที่แสดงผล

ทำหน้าที่แสดงผลของการวิเคราะห์ที่ได้ให้ออกมาทางจอภาพคอมพิวเตอร์

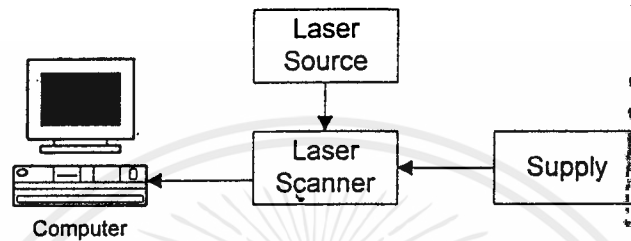
โดยการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมเครื่องแสดงคังไฟว์ชาร์จรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 ไฟว์ชาร์จแสดงการทำงานของโปรแกรม

### 3.5 การใช้งานเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์

เป็นวิธีการใช้งานเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ในการวัดคุณสมบัติของลำแสงเลเซอร์ ซึ่งเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์นี้ต้องใช้ร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล โดยที่การแสดงผลคุณสมบัติของลำแสงเลเซอร์นี้จะแสดงออกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยรูปที่ 3.20 แสดงการต่อใช้งานเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ร่วมกับคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.21 การต่อใช้งานเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์

ซึ่งวิธีการใช้งานเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์มีดังต่อไปนี้

3.5.1 ทำการปรับระดับฐานรองของตัวสแกนเลเซอร์ให้ได้ระดับกับตำแหน่งของลำแสงเลเซอร์ที่จะทำการวัด

3.5.2 ต่อวงจรชุดเลเซอร์คิเทคเตอร์กับวงจรขยาย เข้ากับวงจรเอทูดี้ที่ต่ออยู่กับคอมพิวเตอร์

3.5.3 เปิดสวิทซ์ให้มอเตอร์หมุน และทำการยิงแสงเลเซอร์ไปที่ตัวสแกน

3.5.4 ใช้คอมพิวเตอร์ทำการคำนวณคุณสมบัติของลำแสงเลเซอร์ โดยใช้รันโปรแกรมชื่อ

LASER.EXE

## บทที่ 4

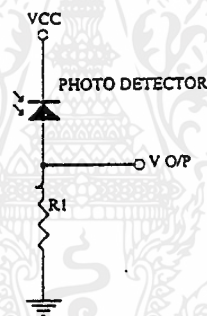
### ผลการทดลอง

#### 4.1 บทนำ

บทนี้จะ เป็นรายละเอียดของการทดลอง และผลการทดลอง ของวงจรต่างๆ ที่ใช้งานใน เครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ ที่ได้ทำการทดลองในระหว่างการดำเนินการสร้างเครื่องนี้ เพื่อต้องการทราบผลการทำงานของวงจรต่างๆ ที่ใช้ และได้มีการบันทึกผลไว้ รายละเอียดดังนี้

#### 4.2 การทดลองวงจรเลเซอร์ดีเทคเตอร์และวงจรขยาย

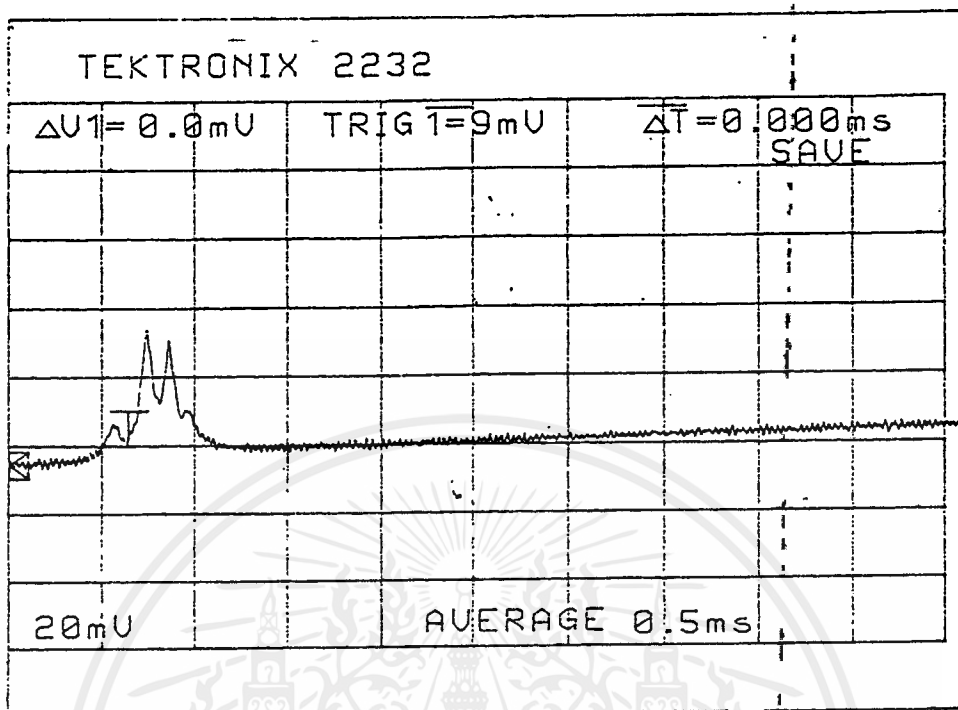
เป็นการทดลองเพื่อทดสอบวงจรที่ใช้ในการดีเทคแสงเลเซอร์ และวงจรขยายสัญญาณที่ได้ จากวงจรเลเซอร์ดีเทคเตอร์



รูปที่ 4.1 วงจรชุดรับแสงเลเซอร์

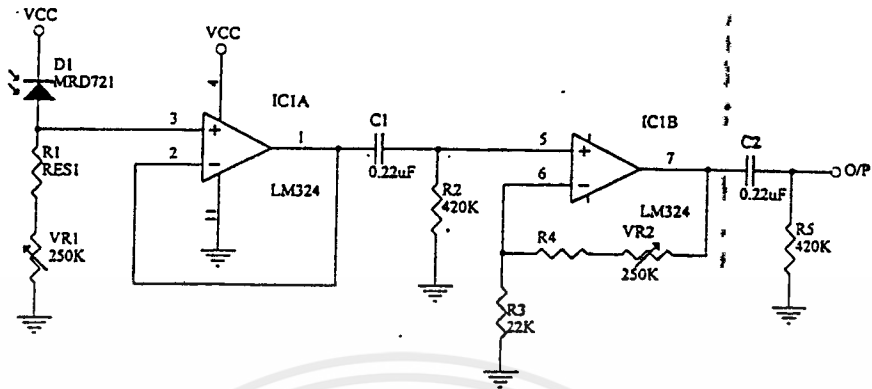
ใช้วงจรในรูปที่ 4.1 ทำการทดลองโดยใช้แหล่งจ่ายแสงเลเซอร์ที่เป็นเลเซอร์พอยเตอร์ (Laser Pointer) และทำการทดลองโดยให้แสงเลเซอร์สะท้อนตัวสะท้อนแสงเลเซอร์ที่อยู่ในชุด สแกนเข้ามาที่ตัวดีเทคเตอร์ วัดแรงดันที่เอาท์พุทโดยใช้ออสซิลโลสโคป และทำการปรับค่า VR1 เพื่อให้ได้แรงดันเอาท์พุทที่เหมาะสม ทำการวัดผลที่เอาท์พุทของวงจรและบันทึกผลการทดลอง

ทำการวัดผลการทดลองโดยใช้ออสซิลโลสโคปวัดแรงดันที่เอาท์พุทได้ผลการทดลองดัง รูปที่ 4.2



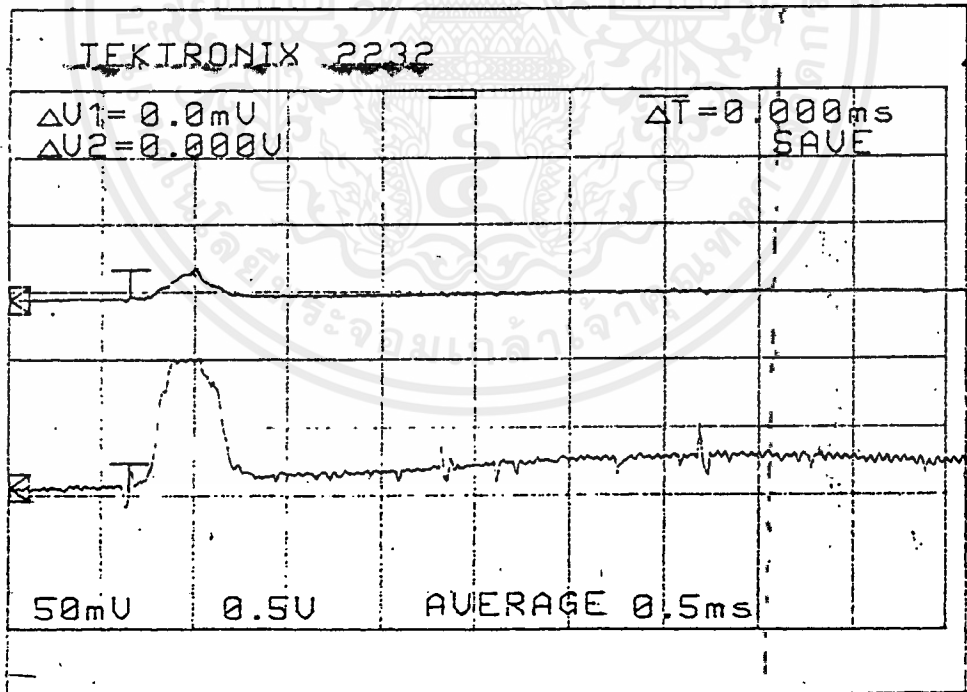
รูปที่ 4.2 แรงดันเอาต์พุตของวงจรเลเซอร์ดีเทคเตอร์

ทำการทดลองต่อไปโดยใช้วงจรในรูปที่ 4.3 โดยทำการต่อวงจรเลเซอร์ดีเทคเตอร์เข้ากับวงจรขยายแล้วทำการทดลองเหมือนเดิม ทำการวัดเอาต์พุตของวงจรขยายโดยใช้ออสซิลโลสโคป แล้วทำการปรับอัตราขยายของวงจรขยายเพื่อให้ได้แรงดันที่เอาต์พุตของวงจรมีค่าไม่มากกว่าค่าแรงดันอ้างอิงของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล โดยในที่นี้ปรับให้มีเอาต์พุตมีค่าไม่มากกว่า 5 โวลต์



รูปที่ 4.3 วงจรเลเซอร์ดีเทคเตอร์และวงจรขยาย

วัดผลการทดลองโดยใช้ออสซิลโลสโคปและบันทึกผลการทดลองได้ดังรูปที่ 4.4

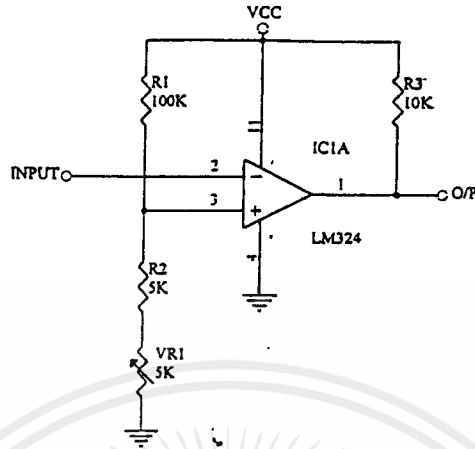


รูปที่ 4.4 แรงดันเอาต์พุตของวงจรขยาย

### 4.3 การทดลองวงจรควบคุมความเร็วมอเตอร์

ในเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์นี้ ในส่วนระบบการสแกนลำแสงเลเซอร์นั้นใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงทำการขับเคลื่อนหมุนที่มีโลหะขัดผิวมันสะท้อนติดอยู่ การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ ทำโดยการปรับแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ในการทดลองนี้จะเป็นการทดลองเพื่อทดสอบการควบคุมความเร็วมอเตอร์ในความเร็วต่างๆ เพื่อทำการควบคุมความเร็วให้มีค่าพอเหมาะไม่มากหรือค่าเกินไป เนื่องจากความเร็วมอเตอร์มากจะทำให้ความเร็วในสแกน กวาดลำแสงเลเซอร์ไปที่ตัวดีเทคเตอร์นั้นเร็วมากทำให้เราวัดรูปร่างของลำแสงเลเซอร์ได้มีขนาดเล็ก ทำให้เราไม่สามารถเก็บรายละเอียดของลำแสงได้เท่าที่ควร แต่ถ้าความเร็วต่ำจะทำให้การสแกนกวาดลำแสงเลเซอร์ไปที่ตัวดีเทคเตอร์นั้นช้ามาก เมื่อทำการวัดรูปร่างของลำแสงเลเซอร์ได้กว้างมาก ดังนั้นจึงควรใช้ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่พอเหมาะในการสแกนกวาดลำแสงเลเซอร์เพื่อเมื่อทำการวัดแล้วให้ได้รูปร่างของลำแสงเลเซอร์ที่พอดี และทำการทดลองวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ต่างๆ หากค่าความเร็วเชิงมุมของลำแสงเลเซอร์ที่ตกกระทบที่ตัวดีเทคเตอร์

ทำการทดลองวัดความเร็วของมอเตอร์โดยใช้วงจรในรูปที่ 4.6 โดยวงจรนี้จะรับเอาสัญญาณเอาต์พุทของวงจรขยาย มาเปรียบเทียบกับแรงกับดันอ้างอิง ซึ่งในที่นี้ใช้แรงดันอ้างอิงเท่ากับ 0.1 โวลต์ เมื่อแรงดันเอาต์พุทของวงจรขยายมีค่ามากกว่าแรงดันอ้างอิง เอาต์พุทของวงจรเปรียบเทียบแรงดันก็จะให้ค่าเท่ากับแรงดัน แต่ถ้าน้อยกว่าจะเท่ากับแรงดัน 5 โวลต์ ทำให้ได้เอาต์พุทเป็นรูปพัลส์ที่เวลาที่ลำแสงเลเซอร์ถูกกวาดไปตกกระทบที่ตัวดีเทคเตอร์ ใช้ออสซิลโลสโคปทำการวัดเอาต์พุทของวงจรเปรียบเทียบแรงดันที่ค่าความเร็วมอเตอร์ที่ค่าต่างๆ โดยทำการทดลอง 4 ค่า ความเร็ว



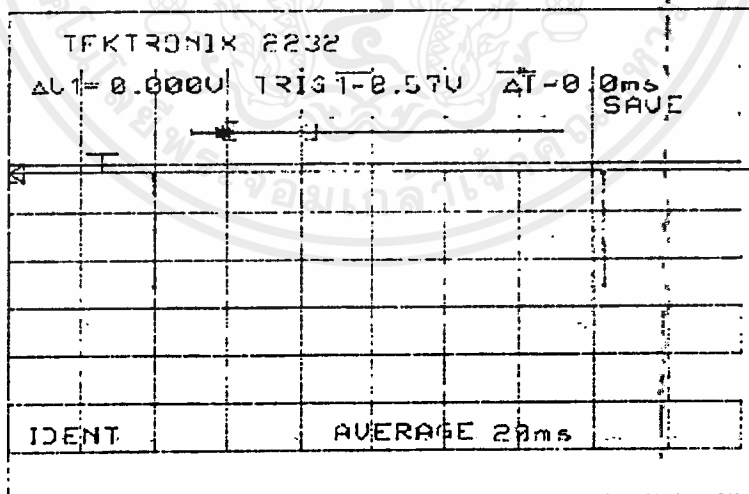
รูปที่ 4.5 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

วัดผลการทดลองและบันทึกผลการทดลองได้ผลการทดลองดังนี้

4.3.1 ที่ความเร็วค่าที่ 1

แสดงเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันดังรูปที่ 4.6 ได้ความเร็วของมอเตอร์เท่ากับ

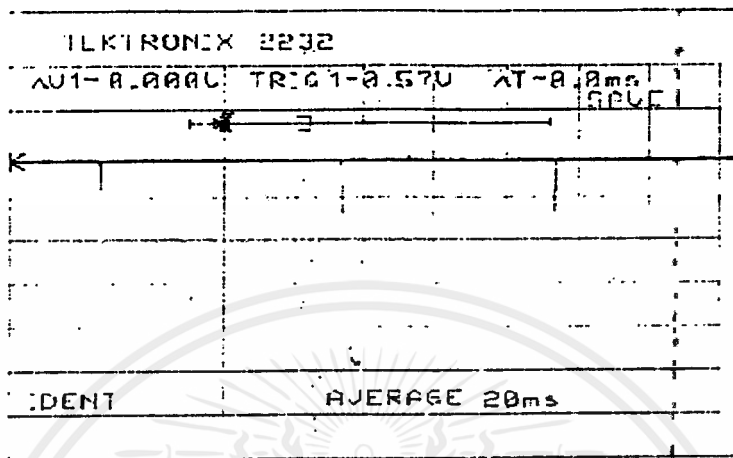
8.06 รอบ/วินาที



รูปที่ 4.6 เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันที่ความเร็วค่าที่ 1

## 4.3.2 ที่ความถี่ค่าที่ 2

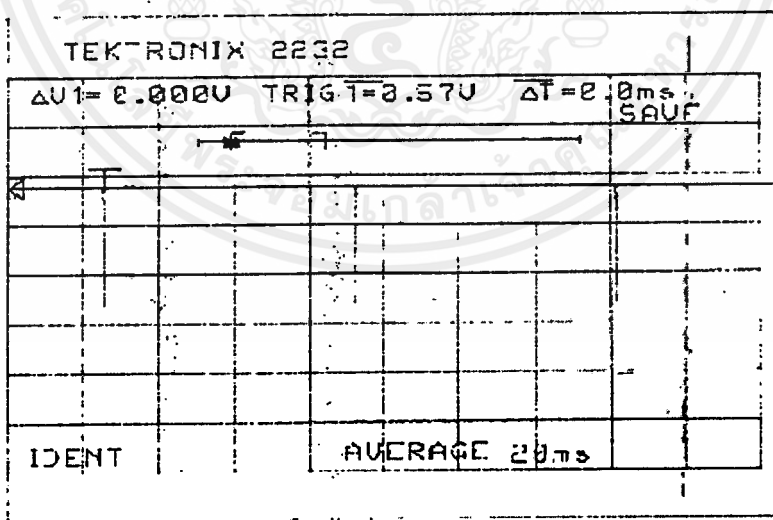
แสดงเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันดังรูปที่ 4.7 ได้ความเร็วของมอเตอร์เท่ากับ 8.62 รอบ/วินาที



รูปที่ 4.7 เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันที่ความเร็วค่าที่ 2

## 4.3.3 ที่ความถี่ค่าที่ 3

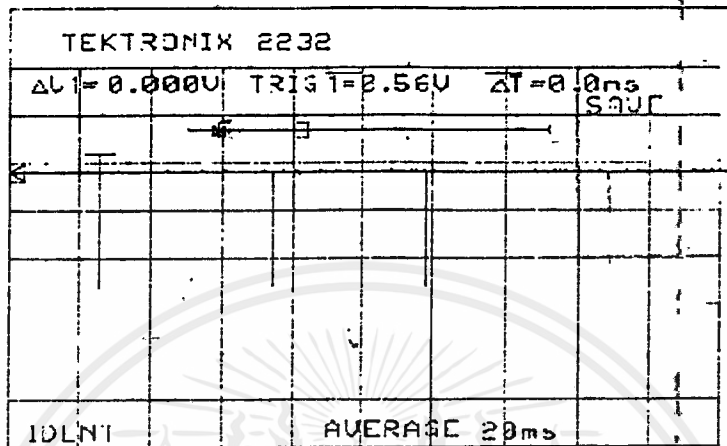
แสดงเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันดังรูปที่ 4.8 ได้ความเร็วของมอเตอร์เท่ากับ 14.7 รอบ/วินาที



รูปที่ 4.8 เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันที่ความเร็วค่าที่ 3

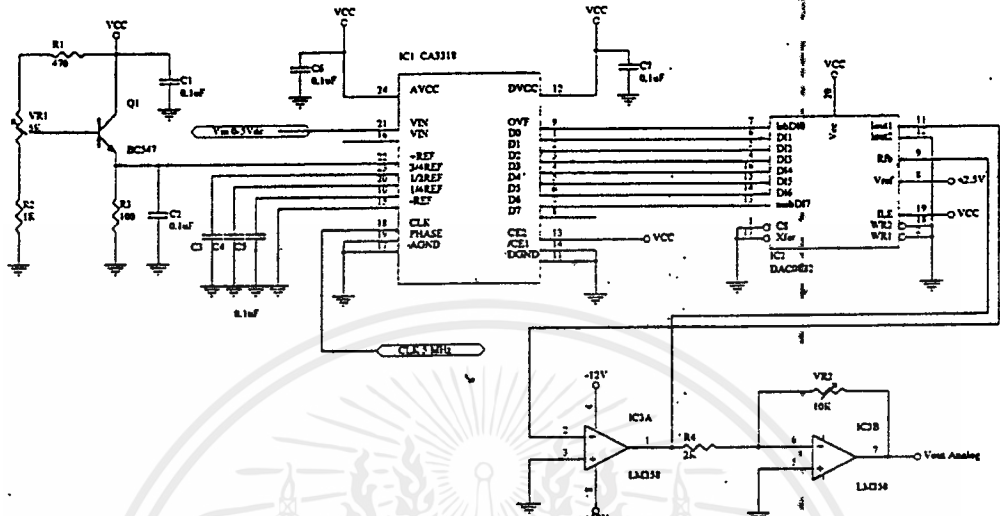
#### 4.3.4 ที่ความเร็วค่าที่ 4

แสดงเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันดังรูปที่ 4.9 ได้ความเร็วของมอเตอร์เท่ากับ 20 รอบ/วินาที



รูปที่ 4.9 เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดันที่ความเร็วค่าที่ 4

#### 4.4 การทดลองวงจร Analog to Digital Converter



รูปที่ 4.10 วงจรทดลอง Analog to Digital Converter

วงจรในรูปที่ 4.10 เป็นวงจรการใช้งานพื้นฐานของวงจร Analog to Digital Converter

โดยทำการต่อวงจรทดลองตามรูปที่ 4.11 ใช้ IC เบอร์ CA3318 ทำหน้าที่เป็นจุดแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 8 บิตโดยให้สัญญาณอนาลอกอินพุตที่เป็นแรงดันปรับค่าได้ 0-5V

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้นจะได้ความละเอียดของสัญญาณ} &= 5/256 \\ &= 0.0195V \end{aligned}$$

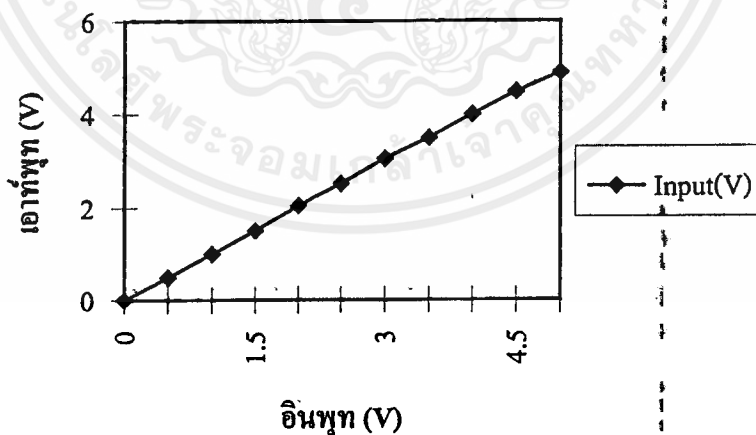
ซึ่งก็สามารถรับสัญญาณได้ตั้งแต่ 0V-5V โดยมีความแตกต่างของแต่ละช่วง(Step) เป็น 0.0195V แล้วทำการบันทึกค่า

วัดผลการทดลองผลการทดลองวงจรเอชดู โดยวัดแรงดันเอาต์พุตที่วงจร Digital to Analog Converter หรือ ดิพูเอ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.1 และเมื่อนำข้อมูลในตารางที่ 4.1 ไปพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันดิซีอินพุตและเอาต์พุตแสดงได้ดังรูปที่ 4.11

Input(V)	Output(V)
0.5	0.49
1	1
1.5	1.5
2	2.05
2.5	2.52
3	3.05
3.5	3.5
4	4
4.5	4.5
4.9	4.9

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวงจร Analog to Digital Converter

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุตและเอาต์พุต



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุตและแรงดันเอาต์พุต

## บทที่ 5

### การวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์

#### 5.1 บทนำ

บทนี้จะเป็นการกล่าวถึง การวิเคราะห์หาค่าคุณสมบัติของลำแสงเลเซอร์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้น มาทำการวิเคราะห์

#### 5.2 โครงสร้างของโปรแกรม

โปรแกรมนี้พัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษาซี เป็นโปรแกรมที่นำค่าของข้อมูลที่ได้จากวงจร Analog to Digital Converter มาทำการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ต่างๆของแสงเลเซอร์ โดยที่จะแสดงเป็นไฟว์ชาร์ตที่แสดง โครงสร้างและการทำงานของ โปรแกรม ซึ่งแบ่งการทำงานของเป็น 3 ส่วนดังนี้

##### 5.2.1 ส่วนที่ทำหน้าที่รับข้อมูล

ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของวงจรในส่วนเอทูดิ และที่รับข้อมูลจากเอทูดิมาเก็บโดยจำนวนของข้อมูลที่ต้องการนั้นสามารถเลือกจำนวนได้ตามต้องการ

##### 5.2.2 ส่วนที่ทำหน้าที่คำนวณ

ทำหน้าที่เลือกข้อมูลที่อ่านได้จากวงจรเอทูดิ มาทำการคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลที่รับเข้ามา เพื่อให้ได้ค่าคุณสมบัติต่าง ตามสูตรและวิธีการวิเคราะห์

##### 5.2.3 ส่วนที่ทำหน้าที่แสดงผล

ทำหน้าที่แสดงผลของการวิเคราะห์ที่ได้ให้ออกมาทางจอภาพคอมพิวเตอร์ โดยการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมเครื่องแสดงดัง ไฟว์ชาร์จรูปที่ 5.1

### 5.3.2 การหาค่าพลังงานของลำแสงเลเซอร์

การหาค่าพลังงานของลำแสงเลเซอร์ตกกระทบบั้วรับแสง นั้นสามารถหาค่าได้ โดยเราต้องทราบขนาดของรูที่เป็นฉากบังตัวรับแสง เมื่อทราบขนาดพื้นที่ที่สามารถหาค่าพลังงานได้ดังนี้

$$P = I/2 \cdot A$$

เมื่อ  $P$  = พลังงานของลำแสงเลเซอร์

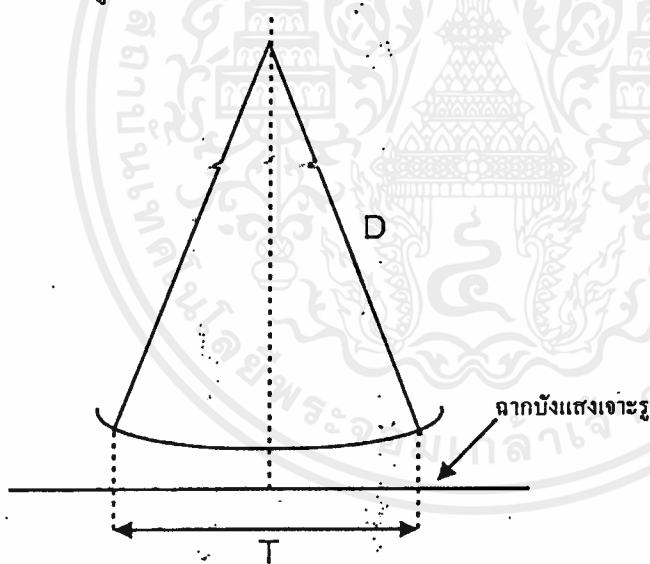
$I$  = ค่าความเข้มสูงสุดของลำแสงเลเซอร์

$A$  = พื้นที่ของรู

โดยที่พลังงานของลำแสงเลเซอร์มีค่าเท่ากับขนาดของพื้นที่รูคูณกับค่าเฉลี่ยของความเข้มของลำแสงเลเซอร์ที่ตกกระทบบั้วรับแสง

### 5.3.3 การหาค่าความกว้างลำแสงเลเซอร์

เมื่อมอเตอร์หมุน ทำให้แผ่นโลหะสะท้อนแสงหมุนกวาดลำแสงเลเซอร์ผ่านรูที่บังตัวรับแสง ซึ่งแสดงดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 แสดงเวลาที่ลำแสงวิ่งผ่านรู

ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ มีดังต่อไปนี้

เมื่อทำการอ่านค่าข้อมูลจากวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลได้ จะทำให้ทราบ จำนวนข้อมูลว่ามีทั้งหมดกี่ค่า

สามารถหาค่าของเวลาทั้งหมดของลำแสงเลเซอร์ที่กวาดผ่านรูได้ เท่ากับ จำนวนของข้อมูล คูณกับอัตราการ Sampling

$$T = \text{จำนวนข้อมูล} \times \text{Sampling Rate}$$

เมื่อ ADC CA3318 ใช้ Clock ขนาด 5 MHz จะได้ Sampling Rate = 200 nSec

หาค่าความเร็วเชิงมุมของลำแสงที่กวาดผ่านรูได้ดังนี้

$$\omega = 2\pi N$$

เมื่อ  $\omega$  = ความเร็วเชิงมุมของแสง

$N$  = ความเร็วของมอเตอร์

หาความเร็วของแสงในแนวเส้นตรง ได้ดังนี้

$$V = D \omega$$

เมื่อ  $D$  = รัศมี ( ระยะทางจากแผ่น โลหะสะท้อนถึงจุดตัวรับแสง )

ดังนั้น จะได้ระยะทางของลำแสงที่ผ่านรู ดังนี้

$$S = V T$$

เมื่อ  $S$  = ระยะความกว้างของลำแสงเลเซอร์

$T$  = เวลาทั้งหมดของลำแสงเลเซอร์ที่กวาดผ่านรู

## 5.4 การใช้งานโปรแกรม

การใช้งานโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ลำแสงมีดังต่อไปนี้

5.4.1 Run โปรแกรมที่ชื่อ LASER.EXE โปรแกรมจะทำการอ่านข้อมูลจาก ADC มาทำการพล็อตรูปออกทางจอภาพ

5.4.2 จากนั้นโปรแกรมจะทำการ ให้ใส่ค่าความเร็วมอเตอร์ โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าความเร็วเชิงมุมของแสงให้

5.4.3 โปรแกรมจะ ให้ใส่ค่าระยะทางจากโลหะสะท้อนแสงจนถึงตัวรับแสง โปรแกรมจะทำการคำนวณค่าความเร็วของแสงในแนวเส้นตรง

5.4.4 โปรแกรมจะ ให้ใส่ค่าพื้นที่ของรู

#### 5.4.5 โปรแกรมจะคำนวณค่าความกว้างของลำแสง ค่าความเข้มสูงสุด และค่าพลังงานของลำแสงเลเซอร์ออกมาแสดงทางจอภาพ



## บทที่ 6

### สรุปและวิจารณ์

#### 6.1 บทนำ

เป็นบทที่การพัฒนาและสร้างเครื่องมือเพื่อใช้วัดคุณสมบัติของลำแสงเลเซอร์ ที่เรียกว่า เครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ โดยจะเป็นการสรุปผลการทํางาน ปัญหาและอุปสรรคที่พบใน ระหว่างดำเนินการสร้างเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์

#### 6.2 สรุป

เลเซอร์มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน โดยที่ลำแสงเลเซอร์ต่างๆ ไปนั้นมี คุณสมบัติเบื้องต้นเหมือนกันคือ เป็นแสงสีเดียว (Monochromatic) เป็นแสงโคฮีเรนต์ (Coherent) ซึ่งในลำแสงเลเซอร์นั้นก็จะมีคุณลักษณะของลำแสงเลเซอร์ที่เกี่ยวกับ ความกว้างของลำแสง ความเข้มของแสง กำลังของแสง ซึ่งค่านี้มีความแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของเลเซอร์

การวิเคราะห์คุณลักษณะของลำแสงเลเซอร์นั้น เป็นการวิเคราะห์โดยอาศัยทฤษฎีเกี่ยวกับการกระจายคลื่นของลำแสงเลเซอร์ โดยพิจารณาว่าการกระจายคลื่นของลำแสงเลเซอร์นั้นเป็นการกระจายแบบเกาส์เซียน ทำให้เราสามารถหาค่าความกว้างของลำแสง ความเข้มของแสง กำลังของแสงได้ ซึ่งการวิเคราะห์และคำนวณหาค่าคุณลักษณะต่างๆของลำแสงเลเซอร์ที่ได้กล่าวมาแล้ว เป็นการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมาคำนวณหาค่า โดยอ้างอิงทฤษฎีเกี่ยวกับคุณลักษณะลำแสงเลเซอร์ที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2

การวิเคราะห์คุณลักษณะของลำแสงเลเซอร์ โดยใช้คอมพิวเตอร์นั้น โดยการอ่านค่าของการกระจายคลื่นของลำแสงเลเซอร์ผ่านวงจรแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอล เพื่อต้องการให้เป็นค่าที่คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจได้ จากนั้นก็ทำการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้โปรแกรมมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่อ่านเข้ามา

จากการดำเนินการสร้างเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ที่ผ่านมา เป็นการสร้างโดยการประยุกต์เอาทฤษฎีเบื้องต้นของลำแสงเลเซอร์มาเป็นตัวอย่างในการพัฒนาเครื่องมือนี้ขึ้นมา ทำให้สามารถเข้าใจคุณสมบัติของเลเซอร์ คุณลักษณะของลำแสงเลเซอร์ได้ดีขึ้น และสามารถสร้างเครื่องมือขึ้นมาเพื่อทำการวัดได้

### 6.3 สรุปปัญหาและอุปสรรคในการสร้างเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์

การดำเนินงานที่ผ่านมาพบปัญหาในการสร้างเครื่อง โดยสามารถแจกแจงรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

#### 6.3.1 ปัญหาเกี่ยวกับการสร้างส่วนเลเซอร์สแกน

พบปัญหาเกี่ยวกับการบังคับให้ส่วนฐานรองไม่สั่นสะเทือนในระหว่างที่มอเตอร์กำลังหมุน และปัญหาเกี่ยวกับการยึดแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ การแก้ปัญหานั้นได้ทำการทดลองและปรับเปลี่ยนการสร้างในส่วนฐานรองเพื่อให้ดีขึ้น โดยได้มีการออกแบบและสร้างฐานรองขึ้นมาดังแสดงในรูปที่ 3.15 โดยที่สามารถปรับระดับความสูงของตัวคิเทคแสงเลเซอร์ และปรับระยะห่างระหว่างตัวคิเทคแสงเลเซอร์และตัวกำเนิดแสงเลเซอร์

#### 6.3.2 ปัญหาเกี่ยวกับวงจรแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอล

ปัญหาที่พบคือจากเดิมเคยใช้ IC เบอร์ ADC0804 เป็นวงจรแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอล แต่เมื่อทำการทดสอบวงจร โดยทำการเขียนโปรแกรมอ่านข้อมูลจากวงจรแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอลแล้วพบว่าความเร็วในการแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.1 mSec ซึ่งมีค่าต่ำทำให้ไม่สามารถอ่านค่าได้เร็วพอ ทำให้ไม่สามารถอ่านข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับรูปร่างของลำแสงเลเซอร์ได้ละเอียดพอ ซึ่งได้แก้ปัญหาโดยการเปลี่ยนไปใช้ IC เบอร์ CA3318 เป็นวงจรแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอล แทนซึ่งเป็นวงจรแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิตอล ที่มีอัตราในการแปลงสูงทำให้สามารถอ่านรายละเอียดของ

### 6.4 แนวทางการพัฒนาต่อไป

จากการสร้างเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ และได้ทำการทดลองวัดค่าความกว้างของลำแสง ค่าความเข้มของแสงสูงสุด และค่าพลังงานของลำแสงนั้น พอจะสรุปแนวทางในการพัฒนาเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ คือ จากผลการวัด การทดลองที่ได้ไม่เป็นมาตรฐาน ไม่สามารถนำไปใช้งานจริงได้ เนื่องจากในขั้นตอนการสร้างไม่ได้มีการนำเครื่องมือวัดที่ได้มาตรฐานมาอ้างอิง ในการทดลองต่อไปควรที่จะหาแหล่งกำเนิดลำแสงเลเซอร์ที่มีค่าพลังงาน ค่าความกว้างของลำแสง และค่าความเข้มของลำแสงที่ทราบค่าออกมาเป็นค่าที่แน่นอน และได้มาตรฐาน มาทำการทดลอง จะทำได้การสร้าง และการปรับแต่งวงจรที่ใช้ในเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ให้ผลการวัดออกมาใกล้เคียงมากที่สุด หรือถูกต้อง

## บรรณานุกรม

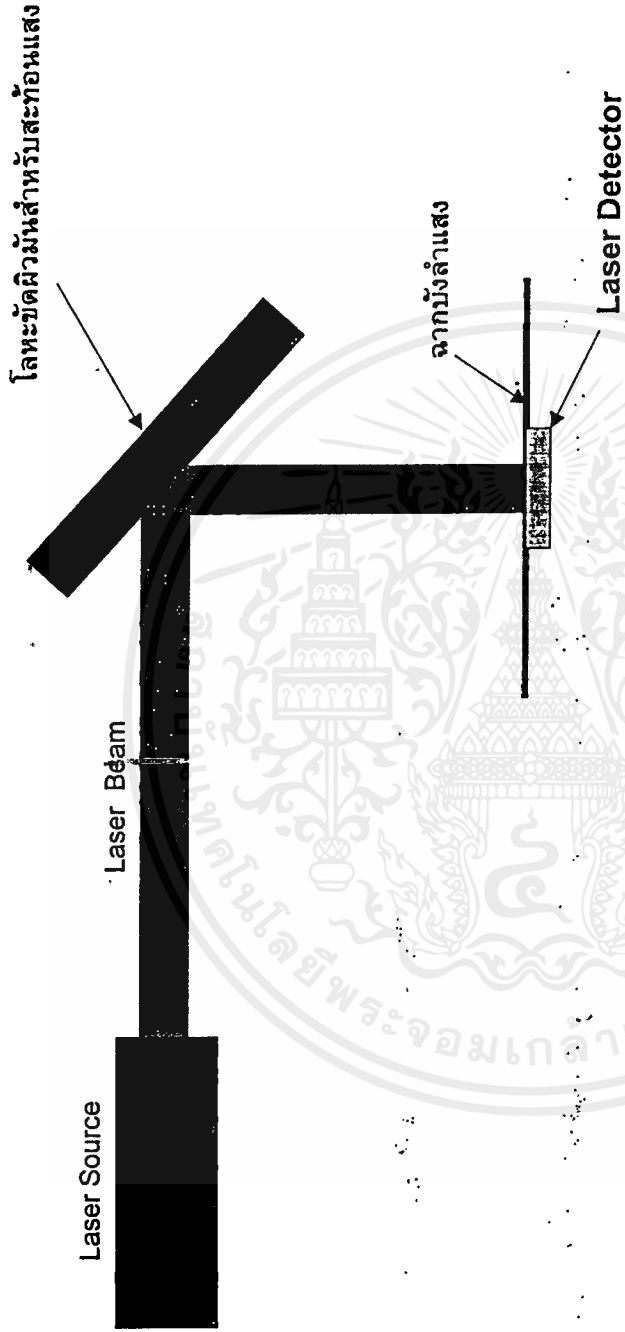
1. ชูเกียรติ จันทธานี, “หลักการทํางานเครื่องเล่นเลเซอร์และคอมแพคดิสก์”, บ.ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน), หน้า 23-30 , 2539
2. ผศ.ดร.พงษ์จันทร์ จันทยศ, “เปิดประตูสู่เลเซอร์”, บ.โปรดักทีฟมีค จำกัด, หน้า 1-13 , 2537
3. สุวิษ จิตรเกษมสุข, “เทคโนโลยีเลเซอร์”, วารสารเซมิคอนดักเตอร์, เล่มที่ 87, หน้า 222-231 , มี.ย. 2531
4. เปรมจิตร วิสุทธิศิริ, “วงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล”, วารสารเซมิคอนดักเตอร์, เล่มที่ 103, หน้า 302-309 , ธ.ค. 2533
5. “ไอซีน่าสน”, วารสารเซมิคอนดักเตอร์, เล่มที่ 103, หน้า 274-277 , ก.ย. 2532
6. Joseph T. Verdeyen, “LASER ELECTRONICS”, 2<sup>nd</sup> Ed, Prentice-Hall International, p 62-77, 1989

ผนวก ก.

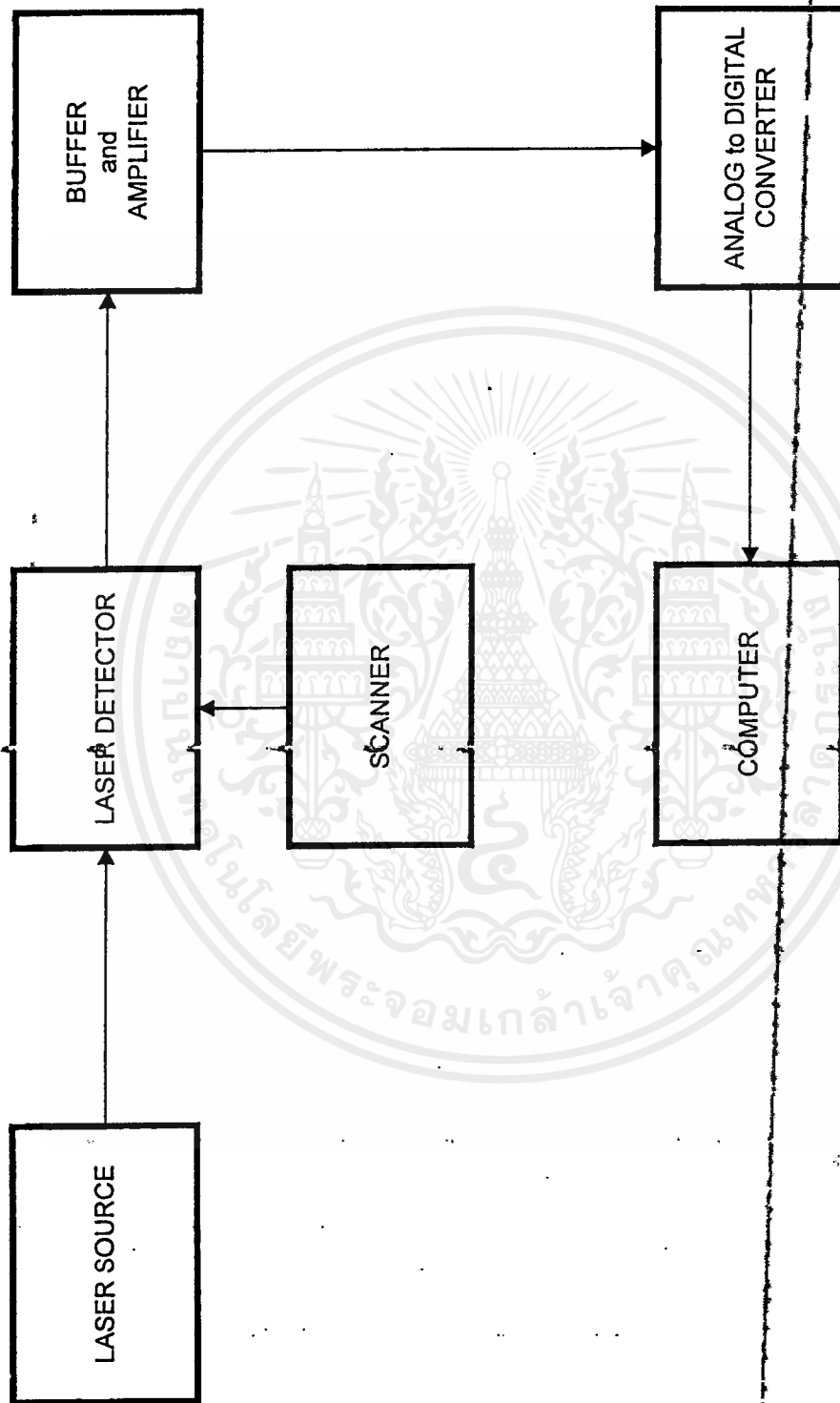
วงจร และ บล็อกไดอะแกรม



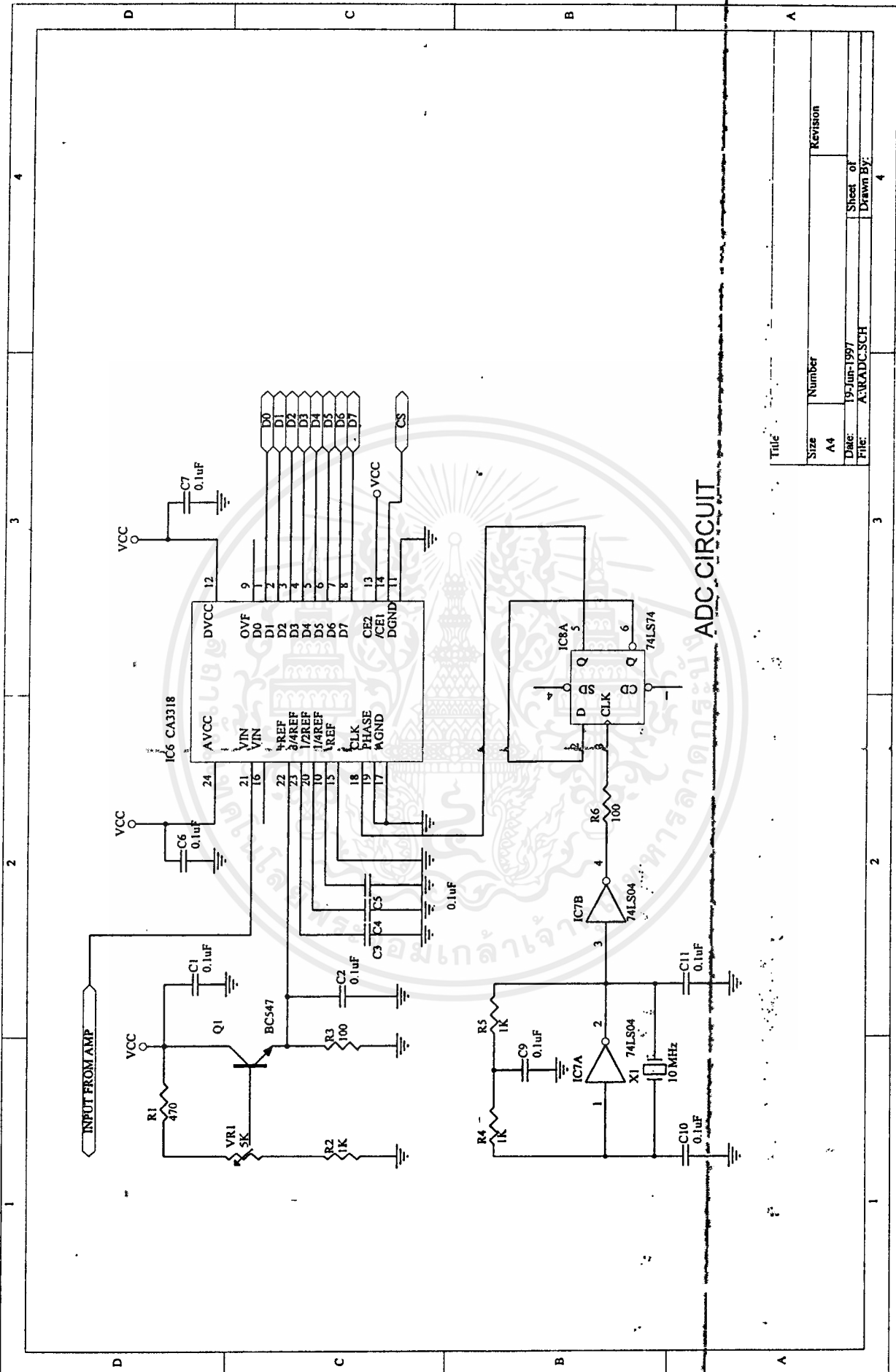
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงวิธีการที่ใช้วัดคุณลักษณะของลำแสงเลเซอร์



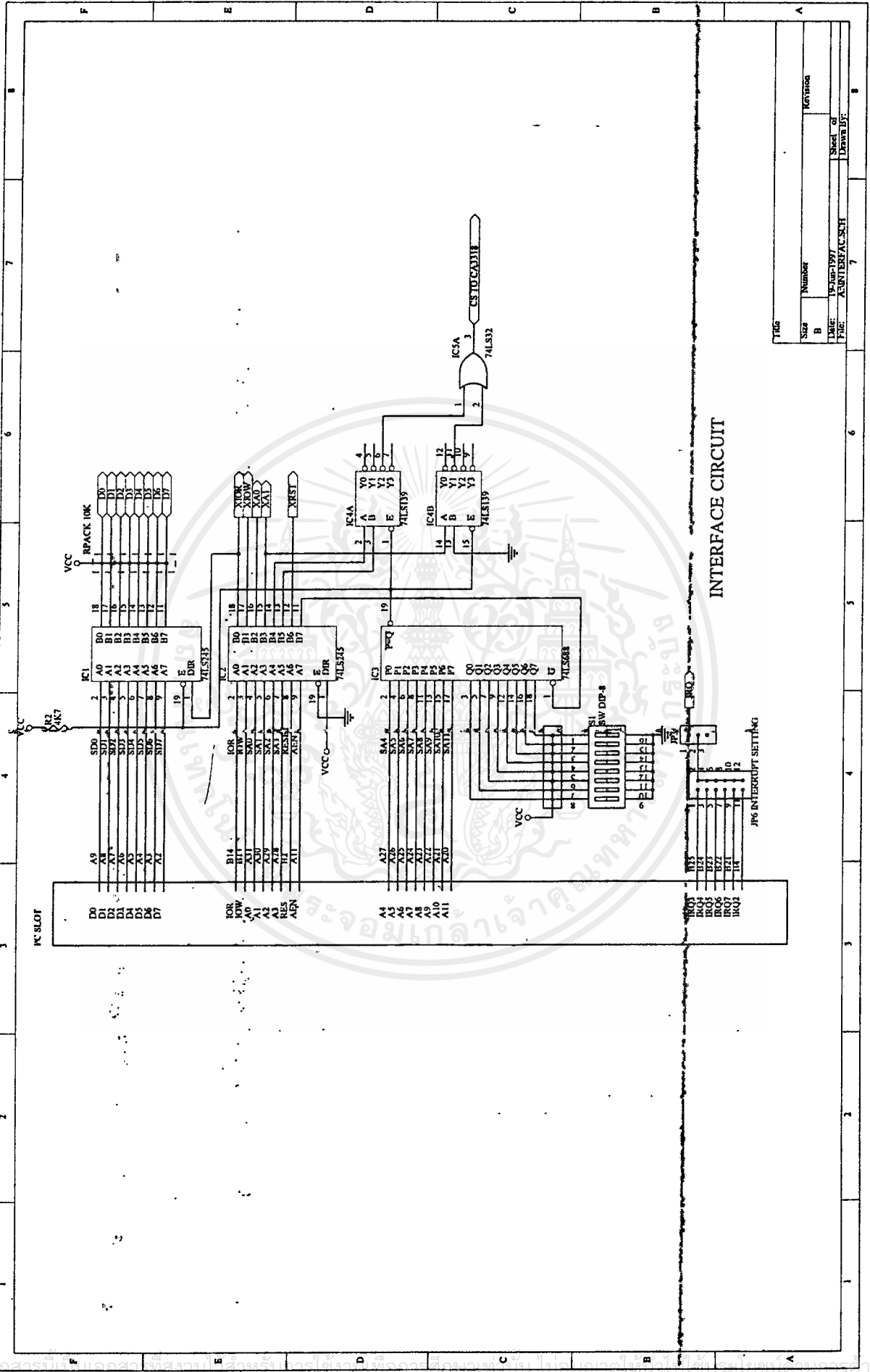
**LASER BEAM PROFILER BLOCK DIAGRAM**



ADC CIRCUIT

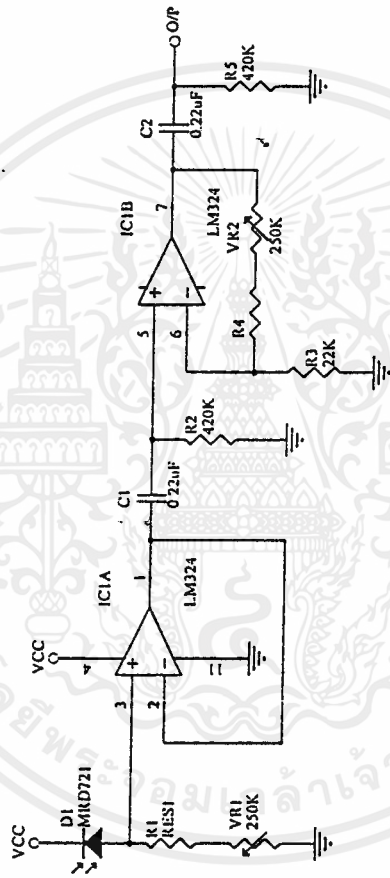
Title	
Size	Number
A4	Revision
Date: 19-Jun-1997	Sheet of
File: A:\R\ADC.SCH	Drawn By:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



INTERFACE CIRCUIT

File	7
Size	Number
B	kovinca
NAME	8-10-1997
FILE	ASUNTERVAL.SCH
	Sheet 2
	Drawn by



## LASER DETECTOR AND AMPLIFIER

Title	Number	Revision
Size	A4	
Date:	18-Mar-1997	Sheet of
File:	AVPROJ1.LSCHE	Drawn By:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเชิงพาณิชย์ การทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจะถือว่าผิดกฎหมาย  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนวก ข.

**SOURCE PROGRAM**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*Program Project 3R/2 */
```

```
/*Laser Beam Profile */
```

```
#include <stdio.h>
```

```
#include <graphics.h>
```

```
#include <conio.h>
```

```
#include <stdarg.h>
```

```
#include <math.h>
```

```
#include <stdlib.h>
```

```
#include <dos.h>
```

```
#define sampling 200
```

```
void makegraph(int y[]);
```

```
void main(void)
```

```
{
```

```
int data_end[201]={0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,
```

```
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,
```

```
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,
```

```
5,5,10,10,20,20,30,30,40,40,50,50,70,70,80,82,82,80,78,75,
```

```
75,75,80,82,86,90,90,95,95,100,105,107,110,115,120,130,130,145
```

```
,140,140,
```

```
135,130,130,125,120,115,110,108,102,100,95,95,90,92,93,90,82,7
```

```
4,70,65,
```

```
60,50,45,40,35,30,20,20,10,10,8,7,5,5,0,0,0,0,0,0,
```

```
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,
```

```
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,
```

```
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0 };
```

```
int mi,bw,bp;
```

```
float r; /*w=angle velocity,v=velocity,r=radius */
```

```
int n; /*n=motor speed */
```

```
float w,v,s; /*s=distance */
```

```
float t,p; /*t=time,p=power */
```

```
int k; /*k=amount of data in beam */
```

```
float A; /*A=area */
```

```

int i=0,j=0,l=0;      /* counter */
int x,y,Max=0;      /*buffer */
int Real_data[200];

clrscr();

makegraph(data_end);

getchar();

clrscr();
while (i<=200)
{
x=data_end[i];
if (x>0)
j++;
y=x;
Real_data[l]=x;
if (x>Max)
Max=x;
i++;
k=j;
}
gotoxy(25,3);printf("Amount of Data > 0 = %d\n",j);
gotoxy(25,5);printf("Maximum Value is %d ",Max);
getchar();
clrscr();
gotoxy(25,3);printf("LASER BEAM PROFILE ANALYSIS");
gotoxy(30,5);printf("PROJECT 3R KMITL");
gotoxy(10,7);printf("Please Enter Motor Speed:");
scanf("%d",&n);
w = 2*3.1428*n;
gotoxy(10,9);printf("Angle Velocity of Motor is %f radian/sec",w);
gotoxy(10,11);printf("Enter the radius of Beam:");
scanf("%f",&r);
v = r*w;

```

```

gotoxy(10,13);printf("Velocity of Beam is %f meters/sec",v);
t = k*0.2E-6;
s = v*t;
gotoxy(10,15);printf("Enter the Area of Hole:");
scanf("%f",&A);
p=(145*A)/2;
gotoxy(10,17);printf("1. Beam Width = %f meters.",s);
gotoxy(10,19);printf("2. Maximum Intensity = %d watt/A",Max);
gotoxy(10,21);printf("3. Beam Power = %f watts",p);
gotoxy(10,23);printf("Press any key to continue:");
while (!kbhit()) /* do nothing */;
}

```

```

void makegraph(int y[])
{
int driver,mode,i,x=110,max=500;
int xstep,maxvalue,minvalue;
int key;
char Max_Inten[5];
char Beam_Width[5];
char Beam_Power[5];
char dist[5];
driver=DETECT;
mode=2;
initgraph(&driver,&mode,"");
setfillstyle(1,7);
bar3d(0,0,635,470,0,0);
setfillstyle(0,0);
bar3d(110,60,510,400,0,0);
setcolor(BLUE);
settextstyle(1,0,3);
outtextxy(140,20,"Laser Beam Profile Analyzer");
outtextxy(140,430,"Please any key to start Analysis");
/* outtextxy(20,400,"Maximum Intensity=");

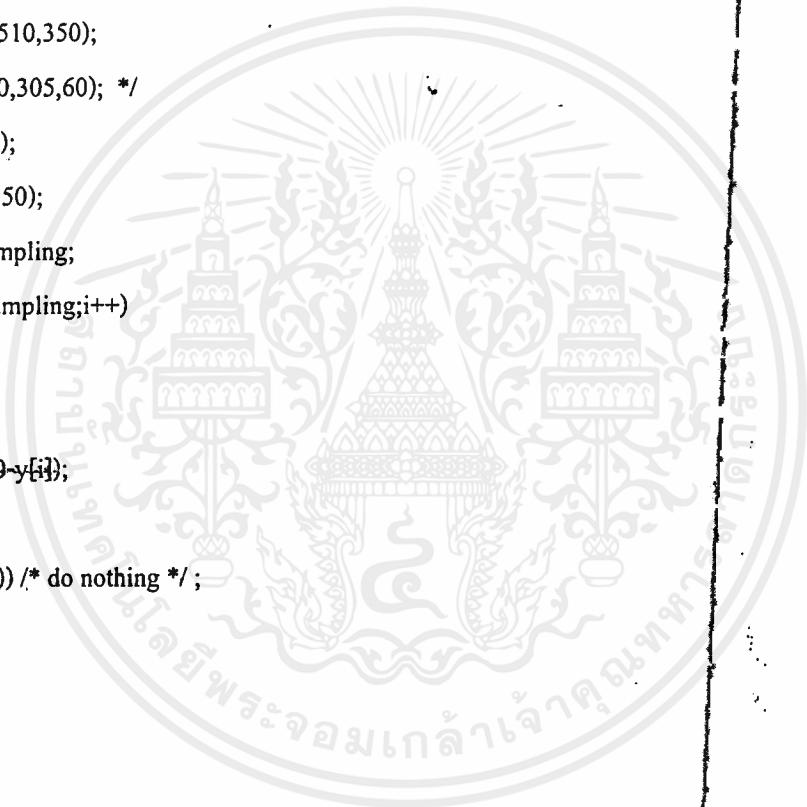
```

```

outtextxy(300,430,"Beam Width=");
outtextxy(20,430,"Beam Power=");
setcolor(12);
itoa(data2,Beam_Width,10);
outtextxy(460,430,Beam_Width);
itoa(data1,Max_Inten,10);
outtextxy(270,400,Max_Inten);
itoa(data3,Beam_Power,10);
outtextxy(180,430,Beam_Power); /*
setcolor(WHITE);
setlinestyle(0,0,2);
line(110,350,510,350);
/* line(305,400,305,60); */
setcolor(RED);
moveto(110,350);
xstep=400/sampling;
for (i=0;i<=sampling;i++)
{
x=x+xstep;
--lineto(x,350-y[i]);
}
while (!kbhit()) /* do nothing */;

closegraph();
return;
}

```



ผนวก ค.

**DATA SHEET**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## LM124/LM224/LM324/LM2902 Low Power Quad Operational Amplifiers

### General Description

The LM124 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional  $\pm 15V$  power supplies.

### Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage
- The unity gain cross frequency is temperature compensated
- The input bias current is also temperature compensated

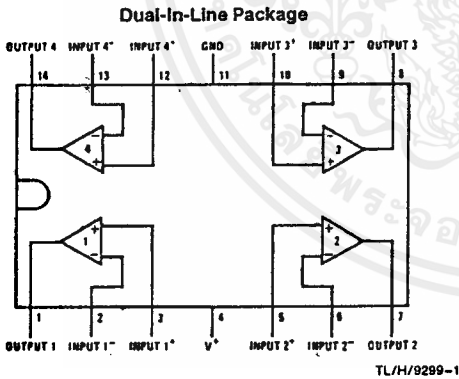
### Advantages

- Eliminates need for dual supplies
- Four internally compensated op amps in a single package
- Allows directly sensing near GND and  $V_{OUT}$  also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

### Features

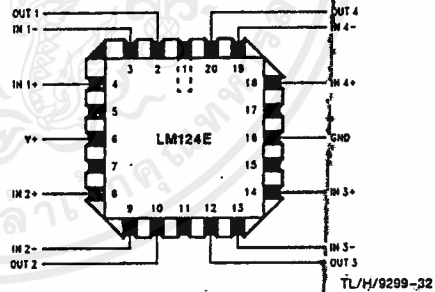
- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz  
(temperature compensated)
- Wide power supply range:  
Single supply 3V to 32V  
or dual supplies  $\pm 1.5V$  to  $\pm 16V$
- Very low supply current drain (700  $\mu A$ )—essentially independent of supply voltage
- Low input biasing current 45 nA  
(temperature compensated)
- Low input offset voltage 2 mV  
and offset current 5 nA
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing 0V to  $V^+ - 1.5V$

### Connection Diagram

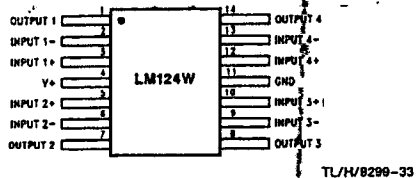


Top View

Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883\*\*,  
LM124AJ/883\*, LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324M,  
LM324AM, LM2902M, LM324N, LM324AN or LM2902N  
\*See NS Package Number J14A, M14A or N14A



Order Number LM124AE/883 or LM124E/883  
See NS Package Number E20A



Order Number LM124AW/883 or LM124W/883  
See NS Package Number W14B

\*LM124A available per JM38510/11006  
\*\*LM124 available per JM38510/11005

# Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications. (Note 9)

Parameter	LM124/LM224/LM324 LM124A/LM224A/LM324A	LM2902	LM124/LM224/LM324 LM124A/LM224A/LM324A	LM2902
Supply Voltage, $V^+$	32V	26V	–65°C to +150°C	–65°C to +150°C
Differential Input Voltage	32V	26V	–65°C to +150°C	260°C
Input Voltage	–0.3V to +32V	–0.3V to +26V	Storage Temperature Range	260°C
Input Current ( $V_{in} < -0.3V$ ) (Note 3)	50 mA	50 mA	Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	260°C
Power Dissipation (Note 1)	1130 mW	1130 mW	Soldering Information	260°C
Molded DIP	1260 mW	1260 mW	Dual-In-Line Package	260°C
Cavity DIP	800 mW	800 mW	Soldering (10 seconds)	260°C
Small Outline Package	Continuous	Continuous	Small Outline Package	215°C
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 2): $V^+ \leq 15V$ and $T_A = 25^\circ C$	Continuous	Continuous	Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Operating Temperature Range	0°C to +70°C	–40°C to +85°C	Infrared (15 seconds)	220°C
LM324/LM324A	–25°C to +85°C		See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.	250V
LM224/LM224A	–55°C to +125°C		ESD Tolerance (Note 10)	250V
LM124/LM124A				

# Electrical Characteristics $V^+ = +5.0V$ , (Note 4), unless otherwise stated.

Parameter	LM124		LM224A		LM324A		LM124/LM224		LM324		LM2902		Units
	Min Typ	Max	Min Typ	Max	Min Typ	Max	Min Typ	Max	Min Typ	Max	Min Typ	Max	
Input Offset Voltage	1	2	1	3	2	3	2	5	2	7	2	7	mV
Input Bias Current (Note 6)	20	50	40	80	45	100	45	150	45	250	45	250	nA
Input Offset Current	2	10	2	15	5	30	3	30	5	50	5	50	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 7)	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	V
Supply Current	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	mA
Large Signal Voltage Gain	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	0.7	1.2	V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	50	100	50	100	25	100	50	100	25	100	25	100	dB
Power Supply Rejection Ratio	70	85	70	85	65	85	70	85	65	85	50	70	dB
	65	100	65	100	65	100	65	100	65	100	50	100	dB

**Electrical Characteristics**  $V^+ = +5.0V$  (Note 4) unless otherwise stated (Continued)

Parameter	Conditions	LM124A		LM224A		LM324A		LM124/LM224		LM324		LM2902		Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 6)	$f = 1 \text{ kHz to } 20 \text{ kHz}, T_A = 25^\circ\text{C}$ (Input Referred)	-120			-120				-120			-120		dB
Output Current	Source $V_{IN}^+ = 1V, V_{IN}^- = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 2V, T_A = 25^\circ\text{C}$	20	40	20	40	20	40	20	40	20	40	20	40	mA
	Sink $V_{IN}^- = 1V, V_{IN}^+ = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 2V, T_A = 25^\circ\text{C}$	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	mA
Short Circuit to Ground	$V_{IN}^- = 1V, V_{IN}^+ = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 200 \text{ mV}, T_A = 25^\circ\text{C}$	12	50	12	50	12	50	12	50	12	50	12	50	$\mu\text{A}$
	(Note 2) $V^+ = 15V, T_A = 25^\circ\text{C}$	40	60	40	60	40	60	40	60	40	60	40	60	mA
Input Offset Voltage	(Note 5)	4		4		5		7		9		10		mV
Input Offset Voltage Drift	$R_S = 0\Omega$	7	20	7	20	7	30	7	30	7	30	7	30	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current	$I_{IN}(+) = I_{IN}(-), V_{CM} = 0V$	30		30		75		100		150		45	200	nA
Input Offset Current Drift	$R_S = 0\Omega$	10	200	10	200	10	300	10	300	10	300	10	300	pA/ $^\circ\text{C}$
Input Bias Current	$I_{IN}(+) \text{ or } I_{IN}(-)$	40	100	40	100	40	200	40	300	40	500	40	500	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 7)	$V^+ = +30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$ )	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	V
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = +15V$ ( $V_O$ Swing = 1V to 11V) $R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$	25		25		15		25		15		15		V/mV
	$V^+ = 30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$ )	26		26		26		26		26		22		V
Output Voltage Swing	$R_L = 2 \text{ k}\Omega$	27	28	27	28	27	28	27	28	27	28	23	24	V
	$R_L = 10 \text{ k}\Omega$	27	28	27	28	27	28	27	28	27	28	23	24	V
VOH	$V^+ = 5V, R_L = 10 \text{ k}\Omega$	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20	mV
VOL		5	20	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20	mV

## Electrical Characteristics $V^+ = +5.0V$ (Note 4) unless otherwise stated (Continued)

Parameter	Conditions	LM124A		LM224A		LM324A		LM124/LM224		LM324		LM2902		Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Current	Source	$V_O = 2V$		$V_{IN}^+ = +1V$ $V_{IN}^- = 0V, V^+ = 15V$		10 20		10 20		10 20		10 20		mA
	Sink	$V_O = 2V$		$V_{IN}^+ = +1V$ $V_{IN}^- = 0V, V^+ = 15V$		10 15		5 8		5 8		5 8		

Note 1: For operating at high temperatures, the LM324/LM224/LM2902 must be derated based on a  $+125^\circ C$  maximum junction temperature and a thermal resistance of  $88^\circ C/W$  which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM224/LM224A and LM124/LM124A can be derated based on a  $+150^\circ C$  maximum junction temperature. The dissipation is the total of all four amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.

Note 2: Short circuits from the output to  $V^+$  can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction.

Note 3: At values of supply voltage in excess of  $+15V$ , continuous short-circuits can cause excessive heating and eventual destruction. This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the  $V^+$  voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than  $-0.3V$  (at  $25^\circ C$ ).

Note 4: These specifications are limited to  $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$  for the LM124/LM124A,  $-40^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$  for the LM224/LM224A,  $-25^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$  for the LM324/LM324A, and the LM2902 specifications are limited to  $-40^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$ .

Note 5:  $V_O = 1.4V, R_S = 0\Omega$  with  $V^+$  from  $5V$  to  $30V$ ; and over the full input common-mode range ( $0V$  to  $V^+ - 1.5V$ ) for LM2902,  $V^+$  from  $5V$  to  $28V$ .

Note 6: The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.

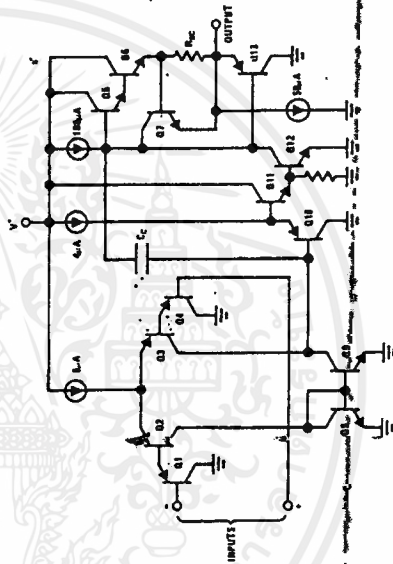
Note 7: The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than  $0.3V$  (at  $25^\circ C$ ). The upper end of the common-mode voltage range is  $V^+ - 1.5V$  (at  $25^\circ C$ ), but either or both inputs can go to  $+32V$  without damage ( $+28V$  for LM2902), independent of the magnitude of  $V^+$ .

Note 8: Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

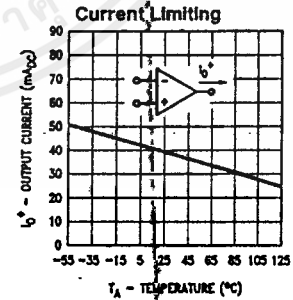
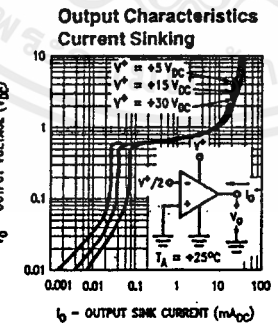
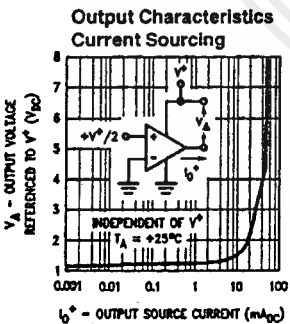
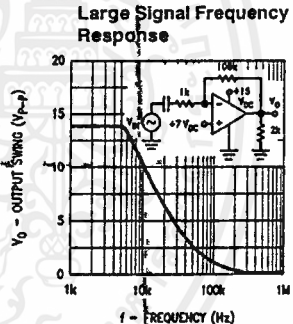
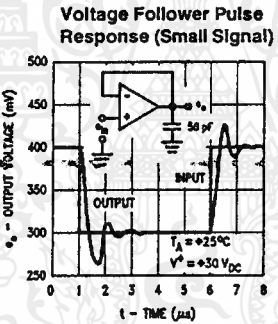
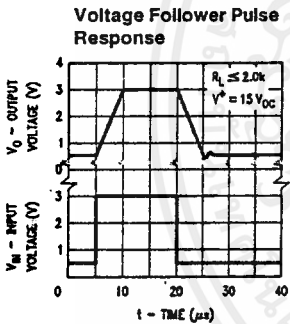
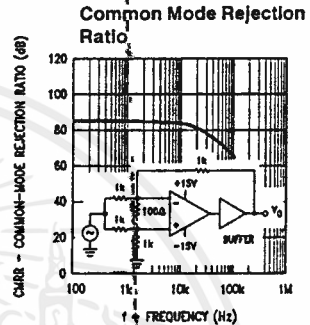
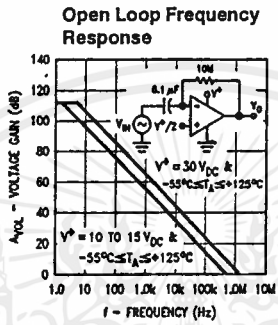
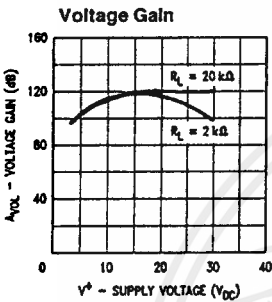
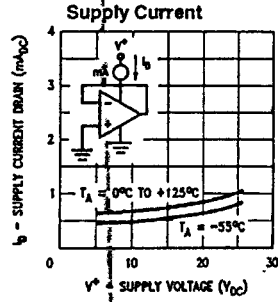
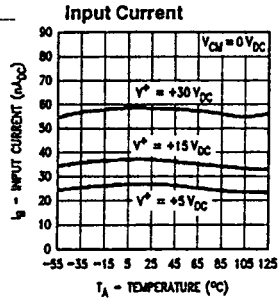
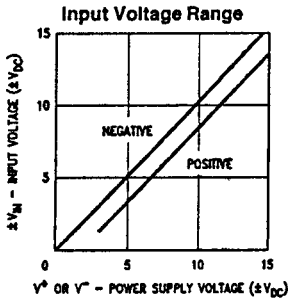
Note 9: Refer to RETS124AX for LM124A military specifications and refer to RETS124X for LM124 military specifications.

Note 10: Human body model,  $1.5k\Omega$  in series with  $100pF$ .

## Schematic Diagram (Each Amplifier)

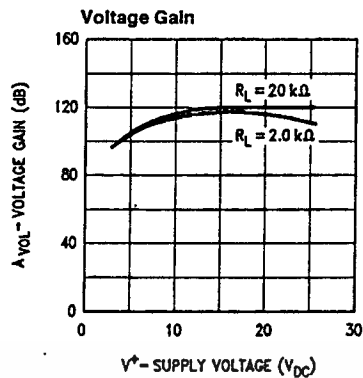
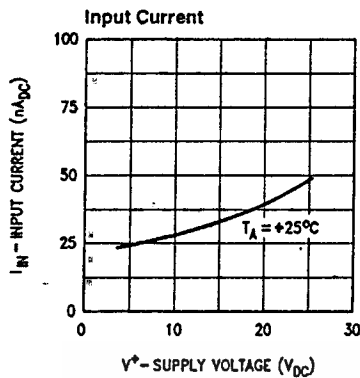


# Typical Performance Characteristics



TL/H/9289-3

## Typical Performance Characteristics (LM2902 only)



TL/H/8299-4

## Application Hints

The LM124 series are op amps which operate with only a single power supply voltage, have true-differential inputs, and remain in the linear mode with an input common-mode voltage of  $0\ V_{DC}$ . These amplifiers operate over a wide range of power supply voltage with little change in performance characteristics. At  $25^\circ C$  amplifier operation is possible down to a minimum supply voltage of  $2.3\ V_{DC}$ .

The pinouts of the package have been designed to simplify PC board layouts. Inverting inputs are adjacent to outputs for all of the amplifiers and the outputs have also been placed at the corners of the package (pins 1, 7, 8, and 14).

Precautions should be taken to insure that the power supply for the integrated circuit never becomes reversed in polarity or that the unit is not inadvertently installed backwards in a test socket as an unlimited current surge through the resulting forward diode within the IC could cause fusing of the internal conductors and result in a destroyed unit.

Large differential input voltages can be easily accommodated and, as input differential voltage protection diodes are not needed, no large input currents result from large differential input voltages. The differential input voltage may be larger than  $V^+$  without damaging the device. Protection should be provided to prevent the input voltages from going negative more than  $-0.3\ V_{DC}$  (at  $25^\circ C$ ). An input clamp diode with a resistor to the IC input terminal can be used.

To reduce the power supply drain, the amplifiers have a class A output stage for small signal levels which converts to class B in a large signal mode. This allows the amplifiers to both source and sink large output currents. Therefore both NPN and PNP external current boost transistors can be used to extend the power capability of the basic amplifiers. The output voltage needs to raise approximately 1 diode drop above ground to bias the on-chip vertical PNP transistor for output current sinking applications.

For ac applications, where the load is capacitively coupled to the output of the amplifier, a resistor should be used, from the output of the amplifier to ground to increase the class A bias current and prevent crossover distortion.

Where the load is directly coupled, as in dc applications, there is no crossover distortion.

Capacitive loads which are applied directly to the output of the amplifier reduce the loop stability margin. Values of  $50\ pF$  can be accommodated using the worst-case non-inverting unity gain connection. Large closed loop gains or resistive isolation should be used if larger load capacitance must be driven by the amplifier.

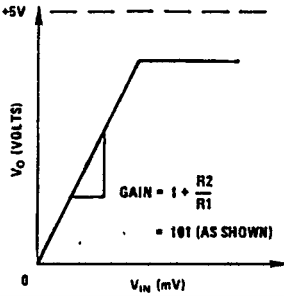
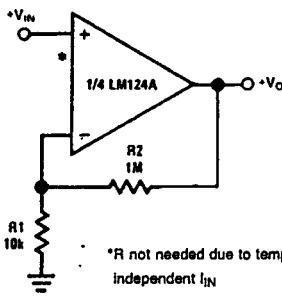
The bias network of the LM124 establishes a drain current which is independent of the magnitude of the power supply voltage over the range of from  $3\ V_{DC}$  to  $30\ V_{DC}$ .

Output short circuits either to ground or to the positive power supply should be of short time duration. Units can be destroyed, not as a result of the short circuit current causing metal fusing, but rather due to the large increase in IC chip dissipation which will cause eventual failure due to excessive junction temperatures. Putting direct short-circuits on more than one amplifier at a time will increase the total IC power dissipation to destructive levels, if not properly protected with external dissipation limiting resistors in series with the output leads of the amplifiers. The larger value of output source current which is available at  $25^\circ C$  provides a larger output current capability at elevated temperatures (see typical performance characteristics) than a standard IC op amp.

The circuits presented in the section on typical applications emphasize operation on only a single power supply voltage. If complementary power supplies are available, all of the standard op amp circuits can be used. In general, introducing a pseudo-ground (a bias voltage reference of  $V^+ / 2$ ) will allow operation above and below this value in single power supply systems. Many application circuits are shown which take advantage of the wide input common-mode voltage range which includes ground. In most cases, input biasing is not required and input voltages which range to ground can easily be accommodated.

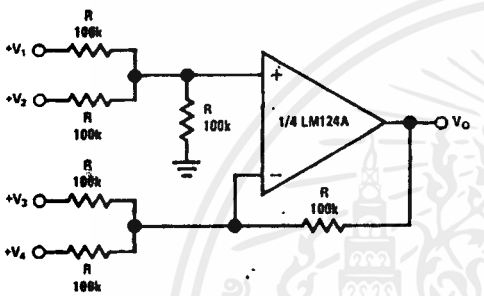
# Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{DC}$ )

## Non-Inverting DC Gain ( $0V \text{ Input} = 0V \text{ Output}$ )



TL/H/9299-5

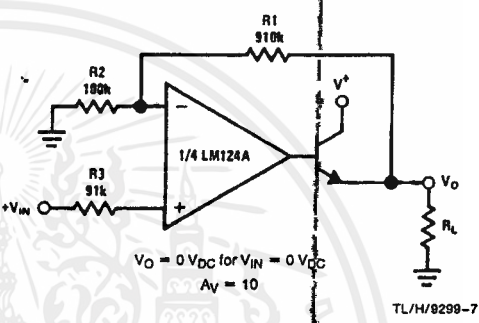
## DC Summing Amplifier ( $V_{IN}'S \geq 0 V_{DC}$ and $V_O \geq V_{DC}$ )



Where:  $V_O = V_1 + V_2 - V_3 - V_4$   
 $(V_1 + V_2) \geq (V_3 + V_4)$  to keep  $V_O > 0 V_{DC}$

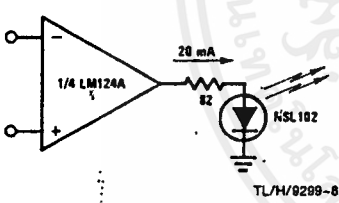
TL/H/9299-6

## Power Amplifier



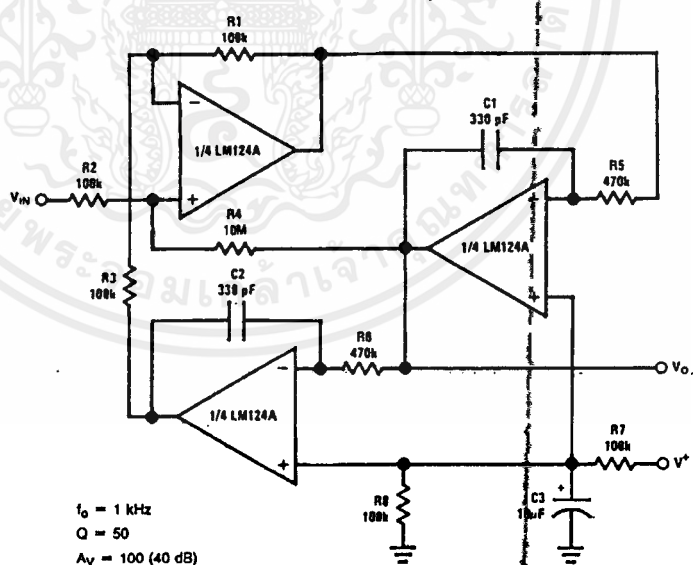
TL/H/9299-7

## LED Driver



TL/H/9299-8

## "BI-QUAD" RC Active Bandpass Filter



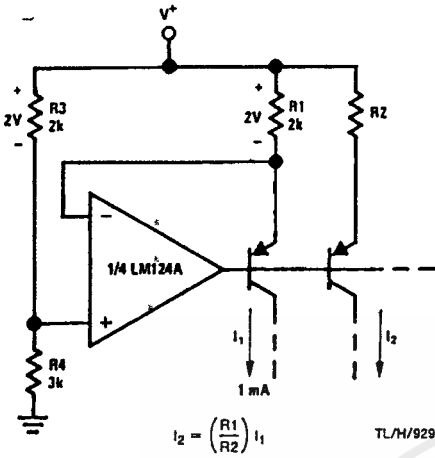
$f_0 = 1 \text{ kHz}$   
 $Q = 50$   
 $A_v = 100 \text{ (40 dB)}$

TL/H/9299-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

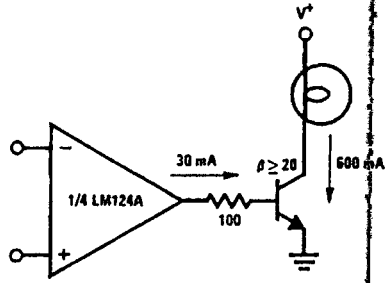
# Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{DC}$ ) (Continued)

Fixed Current Sources



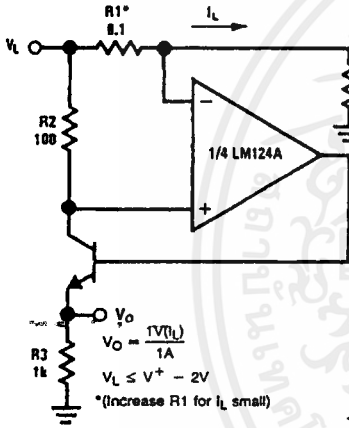
TL/H/9299-10

Lamp Driver



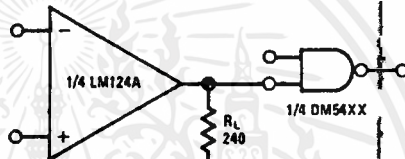
TL/H/9299-11

Current Monitor



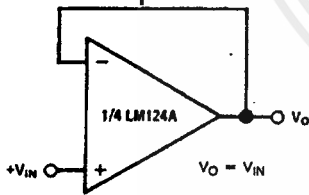
TL/H/9299-12

Driving TTL



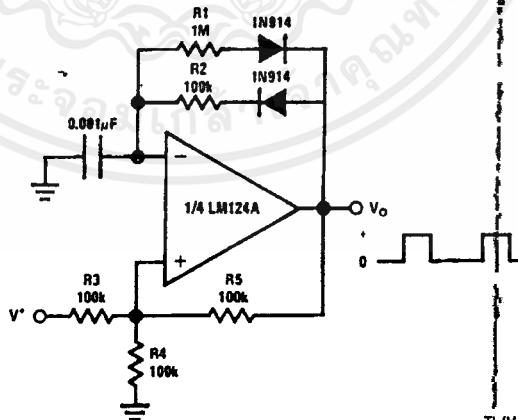
TL/H/9299-13

Voltage Follower



TL/H/9299-14

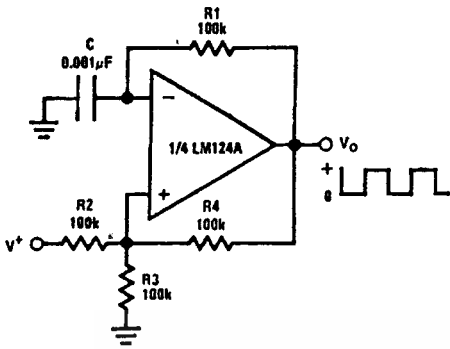
Pulse Generator



TL/H/9299-15

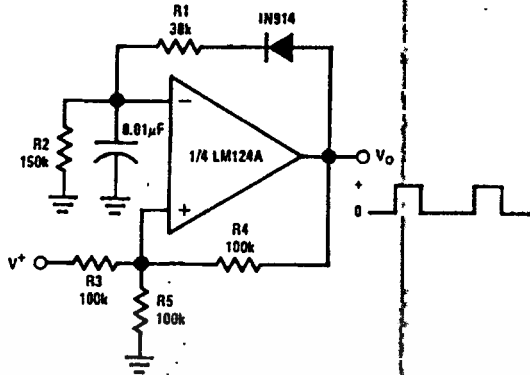
# Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{DC}$ ) (Continued)

**Squarewave Oscillator**



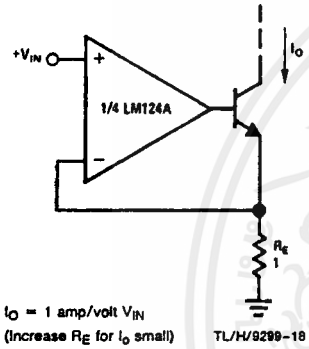
TL/H/9299-16

**Pulse Generator**



TL/H/9299-17

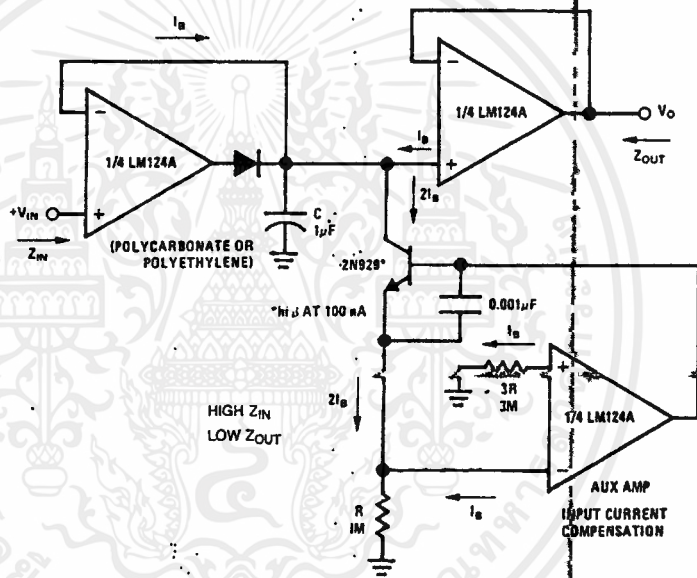
**High Compliance Current Sink**



$I_O = 1 \text{ amp/volt } V_{IN}$   
(Increase  $R_g$  for  $I_O$  small)

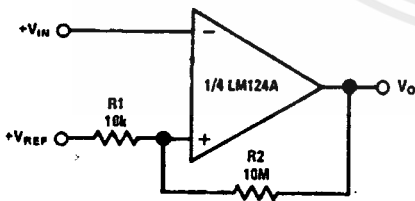
TL/H/9299-18

**Low Drift Peak Detector**



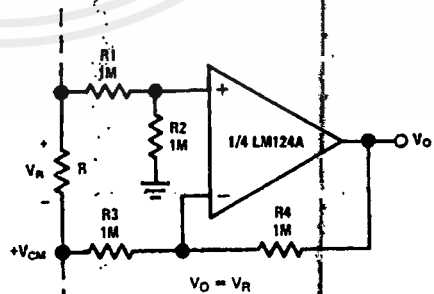
TL/H/9299-19

**Comparator with Hysteresis**



TL/H/9299-20

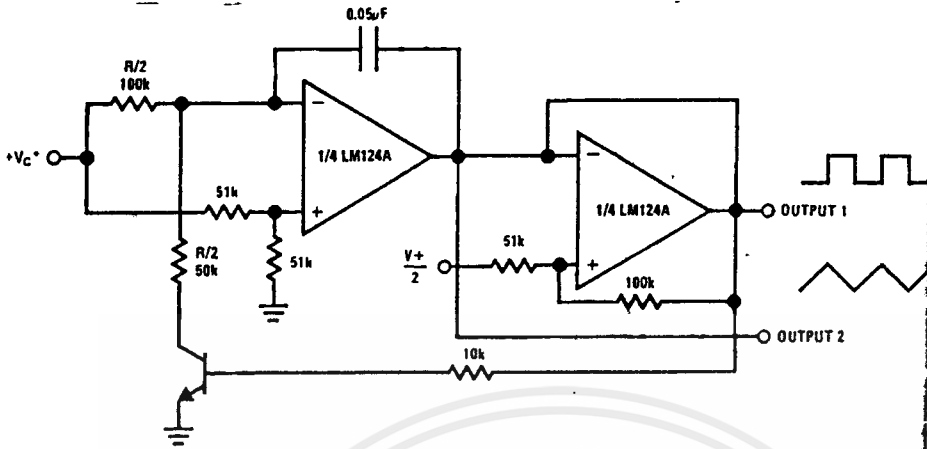
**Ground Referencing a Differential Input Signal**



TL/H/9299-21

## Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{DC}$ ) (Continued)

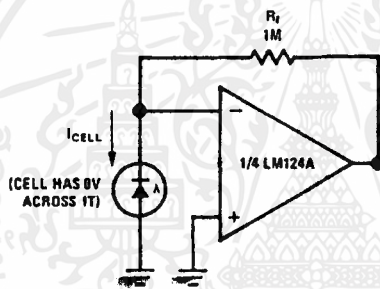
### Voltage Controlled Oscillator Circuit



\*Wide control voltage range:  $0 V_{DC} \leq V_C \leq 2(V^+ - 1.5 V_{DC})$

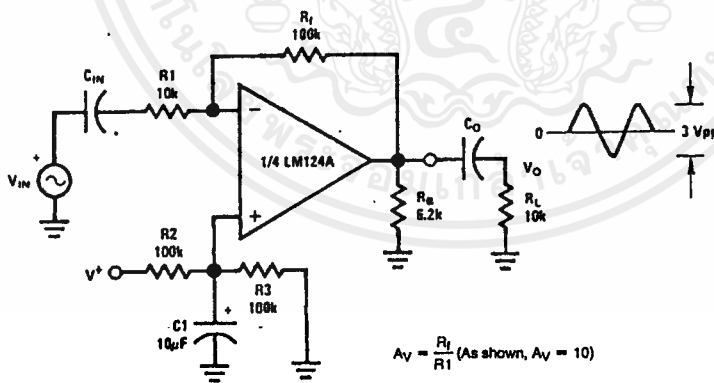
TL/H/9299-22

### Photo Voltaic-Cell Amplifier



TL/H/9299-23

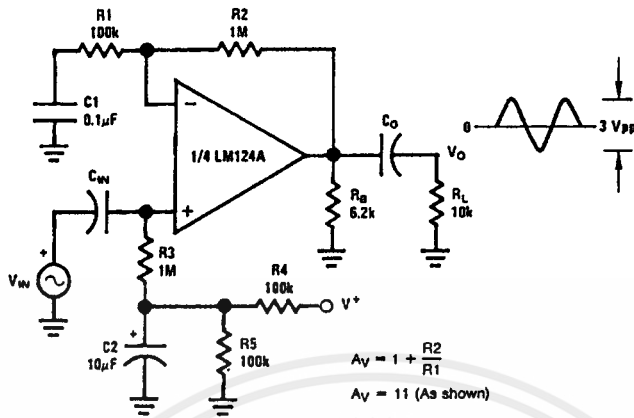
### AC Coupled Inverting Amplifier



TL/H/9299-24

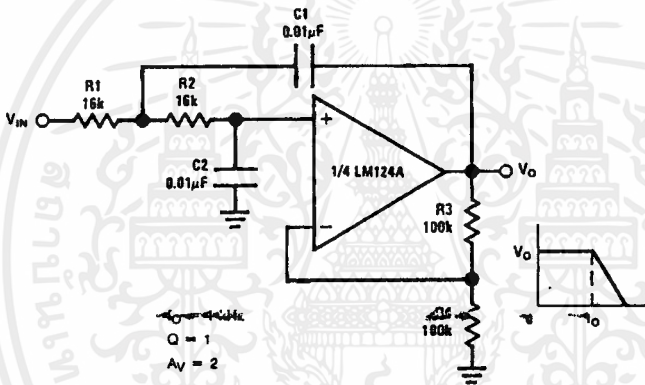
Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{DC}$ ) (Continued)

AC Coupled Non-Inverting Amplifier



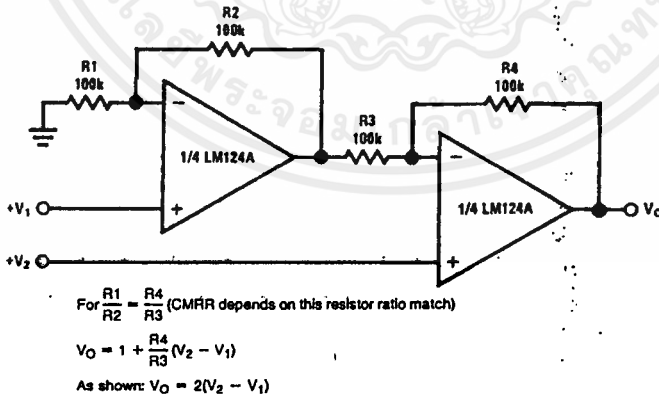
TL/H/9299-25

DC Coupled Low-Pass RC Active Filter



TL/H/9299-26

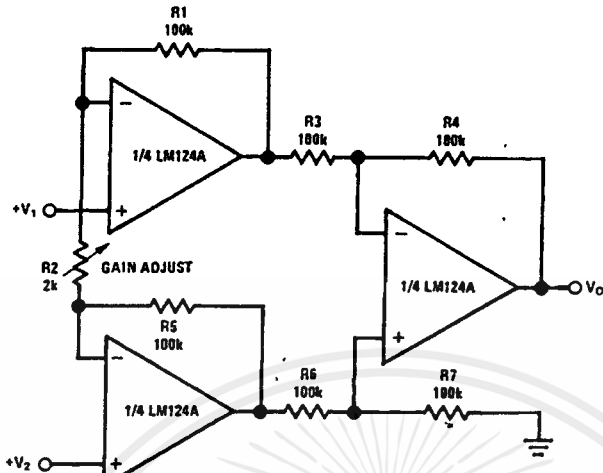
High Input Z, DC Differential Amplifier



TL/H/9299-27

Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{DC}$ ) (Continued)

High Input Z Adjustable-Gain  
DC Instrumentation Amplifier



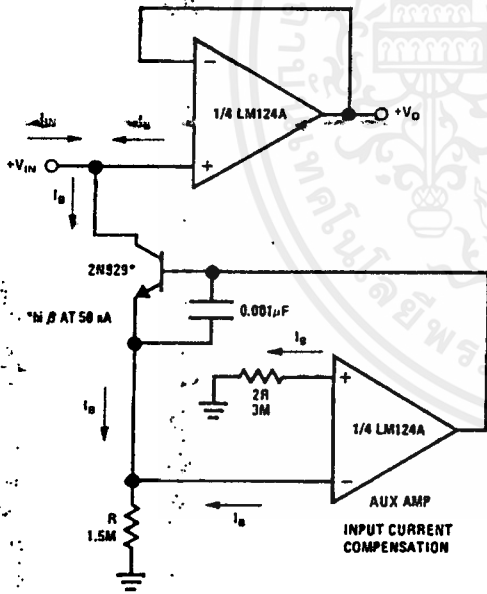
If  $R1 = R5$  &  $R3 = R4 = R6 = R7$  (CMRR depends on match)

TL/H/9299-28

$$V_O = 1 + \frac{2R1}{R2} (V_2 - V_1)$$

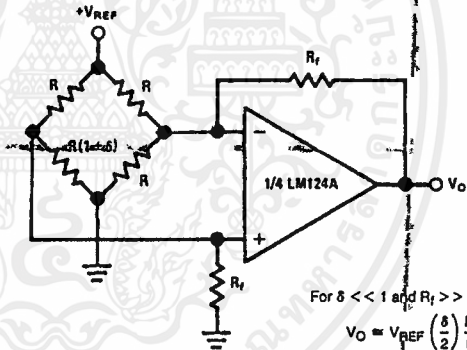
As shown  $V_O = 101 (V_2 - V_1)$

Using Symmetrical Amplifiers to  
Reduce Input Current (General Concept)



TL/H/9299-29

Bridge Current Amplifier



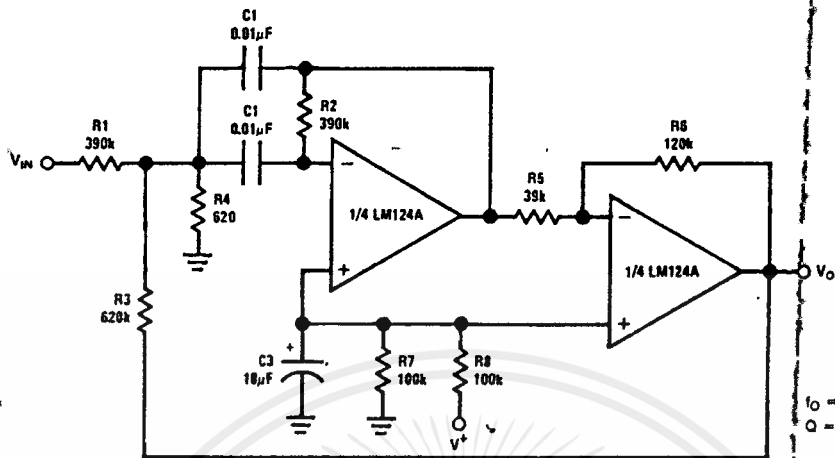
For  $\delta \ll 1$  and  $R_f \gg R$

$$V_O = V_{REF} \left( \frac{\delta}{2} \right) \frac{R_f}{R}$$

TL/H/9299-30

Typical Single-Supply Applications ( $V^+ = 5.0 V_{DC}$ ) (Continued)

Bandpass Active Filter



TL/H/9298-31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



### Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

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

### Operating Conditions

	Min	Max	Units
Supply Voltage ( $V_{CC}$ )	4.5	5.5	V
DC Input or Output Voltage ( $V_{IN}, V_{OUT}$ )	0	$V_{CC}$	V
Operating Temp. Range ( $T_A$ )			
MM74HCT688	-40	+85	°C
MM54HCT688	-55	+125	°C
Input Rise or Fall Times ( $t_r, t_f$ )		500	ns

### DC Electrical Characteristics ( $V_{CC} = 5V \pm 10\%$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Conditions	$T_A = 25^\circ C$			Units	
			Typ	74HCT $T_A = -40$ to $85^\circ C$	54HCT $T_A = -55$ to $125^\circ C$		
$V_{IH}$	Minimum High Level Input Voltage		2.0	2.0	2.0	V	
$V_{IL}$	Maximum Low Level Input Voltage		0.8	0.8	0.8	V	
$V_{OH}$	Minimum High Level Output Voltage <sup>a</sup>	$V_{IN} = 0.8V$ or $2.0V$ $ I_{OUT}  = 20 \mu A$ $ I_{OUT}  = 4.0$ mA, $V_{CC} = 4.5V$ $ I_{OUT}  = 4.8$ mA, $V_{CC} = 5.5V$	$V_{CC}$ 4.2 5.7	$V_{CC} - 0.1$ 3.98 4.98	$V_{CC} - 0.1$ 3.84 4.84	$V_{CC} - 0.1$ 3.7 4.7	V V V
$V_{OL}$	Maximum Low Level Voltage	$V_{IN} = 0.8V$ or $2.0V$ $ I_{OUT}  = 20 \mu A$ $ I_{OUT}  = 4.0$ mA, $V_{CC} = 4.5V$ $ I_{OUT}  = 4.8$ mA, $V_{CC} = 5.5V$	0 0.2 0.2	0.1 0.26 0.26	0.1 0.33 0.33	0.1 0.4 0.4	V V V
$I_{IN}$	Maximum Input Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND		$\pm 0.1$	$\pm 1.0$	$\pm 1.0$	$\mu A$
$I_{CC}$	Maximum Quiescent Supply Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND $I_{OUT} = 0 \mu A$		8.0	80	160	$\mu A$
		$V_{IN} = 2.4V$ or $0.5V$ (Note 4)		0.3	0.4	0.5	mA

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

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

Note 3: Power Dissipation temperature derating — plastic "N" package: -12 mW/°C from 65°C to 85°C; ceramic "J" package: -12 mW/°C from 100°C to 125°C.

Note 4: Measured per pin. All other inputs held at  $V_{CC}$  or ground.

### AC Electrical Characteristics

$V_{CC} = 5V$ ,  $T_A = 25^\circ C$ ,  $C_L = 15 pF$ ,  $t_r = t_f = 6 ns$  (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Conditions	Typ	Guaranteed Limit	Units
$t_{PHL}$	Maximum Propagation Delay - P or Q to Output		19	30	ns
$t_{PLH}$	Maximum Propagation Delay - P or Q to Output		13	22	ns
$t_{PHL}$	Maximum Propagation Delay - Enable to Output		13	20	ns
$t_{PHL}$	Maximum Propagation Delay - Enable to Output		10	18	ns

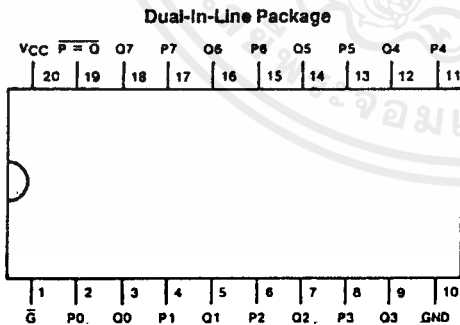
### AC Electrical Characteristics

$V_{CC} = 5V \pm 10\%$ ,  $C_L = 50 pF$ ,  $t_r = t_f = 6 ns$  (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Conditions	$T_A = 25^\circ C$		74HCT $T_A = -40 to 85^\circ C$		54HCT $T_A = -55 to 125^\circ C$		Units
			Typ	Guaranteed Limits	Guaranteed Limits				
$t_{PHL}$	Maximum Propagation Delay - P or Q to Output		23	35	44	53			ns
$t_{PLH}$	Maximum Propagation Delay - P or Q to Output		16	24	30	36			ns
$t_{PHL}$	Maximum Propagation Delay - Enable to Output		16	24	30	36			ns
$t_{PLH}$	Maximum Propagation Delay - Enable to Output		11	20	25	30			ns
$t_{THL}, t_{TLH}$	Maximum Output Rise and Fall Time		8	15	19	22			ns
$C_{PD}$	Power Dissipation Capacitance (Note 5)		45						pF
$C_{IN}$	Maximum Input Capacitance		5	10	10	10			pF

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

### Connection Diagram



### Truth Table

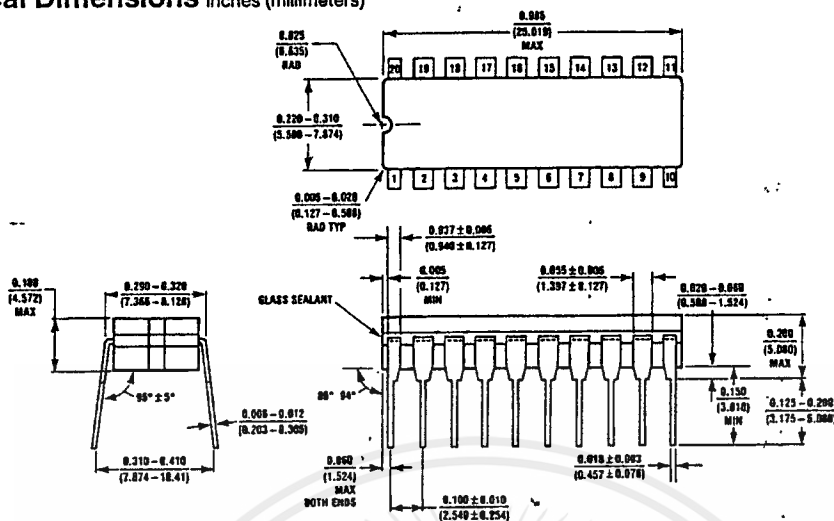
Inputs		P=Q
Data	Enable	
P, Q	G	
P=Q	L	L
P>Q	L	H
P<Q	L	H
X	H	H

TL/F/5371-1

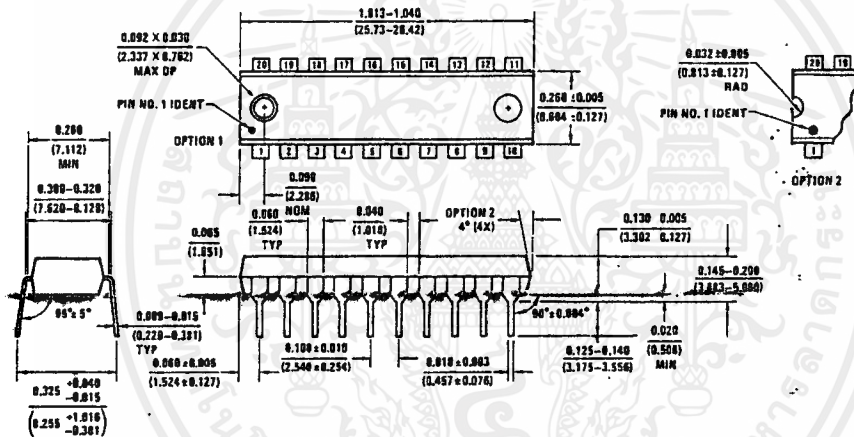
Top View

Order Number MM54HCT688 or MM74HCT688

Physical Dimensions Inches (millimeters)



Order Number MM54HCT688J or MM74HCT688J  
NS Package J20A



Order Number MM74HCT688N  
NS Package N20A

LIFE SUPPORT POLICY

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

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



National Semiconductor Corporation  
1111 West Bardin Road  
Arlington, TX 76017  
Tel: 1(800) 272-9959  
Fax: 1(800) 737-7018

National Semiconductor Europe  
Email: crj@europe.nsc.com  
Deutsch: Tel: (+49) 0-180-530 85 85  
English: Tel: (+49) 0-180-532 78 32  
Français: Tel: (+49) 0-180-532 93 58  
Italiano: Tel: (+49) 0-180-534 16 80

National Semiconductor Hong Kong Ltd.  
13th Floor, Straight Block,  
Ocean Centre, 5 Canton Rd.  
Tsimshatsui, Kowloon  
Hong Kong  
Tel: (852) 2737-1600  
Fax: (852) 2738-8960

National Semiconductor Japan Ltd.  
Tel: 81-043-299-2309  
Fax: 81-043-299-2408

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

## MM54HCT688/MM74HCT688 8-Bit Magnitude Comparator (Equality Detector)

### General Description

This equality detector utilizes advanced silicon-gate CMOS technology to compare bit for bit two 8-bit words and indicate whether or not they are equal. The  $P=Q$  output indicates equality when it is low. A single active low enable is provided to facilitate cascading of several packages and enable comparison of words greater than 8 bits.

This device is useful in memory block decoding applications, where memory block enable signals must be generated from computer address information.

The comparator combines the low power consumption of CMOS, but inputs are compatible with TTL logic levels, and the output can drive 10 low power Schottky equivalent loads.

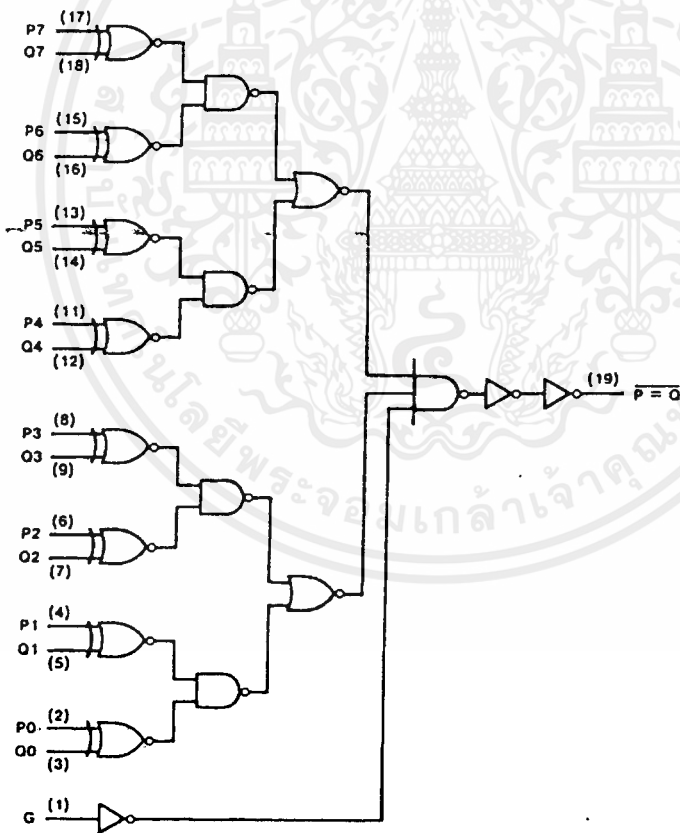
MM54HCT/MM74HCT devices are intended to interface between TTL and NMOS components and standard CMOS devices. These parts are also plug in replacements for LS-TTL devices and can be used to reduce power consumption in existing designs.

All inputs are protected from damage due to static discharge by diodes to  $V_{CC}$  and ground.

### Features

- TTL input compatible
- Typical propagation delay: 20 ns
- Low quiescent current: 80  $\mu$ A maximum (74HCT Series)
- Large output current: 4 mA
- Same as HCT521

### Logic Diagrams



TL/F/5371-2

December 1993

### Features

- CMOS Low Power with SOS Speed (150mW Typ.)
- Parallel Conversion Technique
- 15MHz Sampling Rate (67ns Conversion Time)
- 8-Bit Latched Tri-State Output with Overflow Bit
- $\pm 1$  LSB Accuracy (Typ.)
- Single Supply Voltage (4V to 7.5V)
- 2 Units in Series Allow 9-Bit Output
- 2 Units in Parallel Allow 30MHz Sampling Rate

### Applications

- TV Video Digitizing (Industrial/Security/Broadcast)
- High-Speed A/D Conversion
- Ultrasound Signature Analysis
- Transient Signal Analysis
- High Energy Physics Research
- High Speed Oscilloscope Storage/Display
- General Purpose Hybrid ADCs
- Optical Character Recognition
- Radar Pulse Analysis
- Motion Signature Analysis
- $\mu$ P Data Acquisition Systems

### Description

The CA3318C is a CMOS parallel (FLASH) analog-to-digital converter designed for applications demanding both low power consumption and high speed digitization.

The CA3318 operates over a wide full scale input voltage range of 4V up to 7.5V with maximum power consumption depending upon the clock frequency selected. When operated from a 5V supply at a clock frequency of 15MHz, the typical power consumption of the CA3318 is 150mW.

The intrinsic high conversion rate makes the CA3318 ideally suited for digitizing high speed signals. The overflow bit makes possible the connection of two or more CA3318s in series to increase the resolution of the conversion system. A series connection of two CA3318s may be used to produce a 9-bit high speed converter. Operation of two CA3318s in parallel doubles the conversion speed (i.e., increases the sampling rate from 15MHz to 30MHz).

256 paralleled auto balanced voltage comparators measure the input voltage with respect to a known reference to produce the parallel bit outputs in the CA3318.

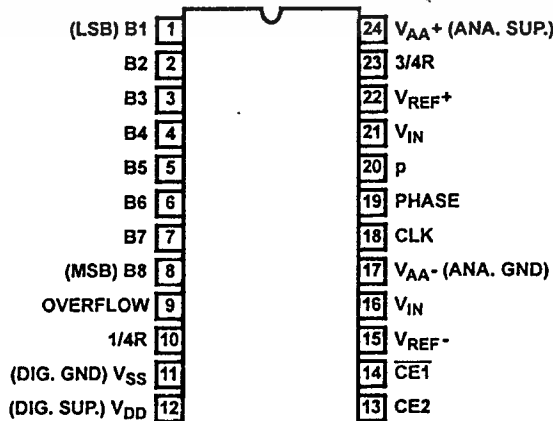
255 comparators are required to quantize all input voltage levels in this 8-bit converter, and the additional comparator is required for the overflow bit.

### Ordering Information

PART NUMBER	LINEARITY (INL)	SAMPLING RATE	TEMPERATURE RANGE	PACKAGE
CA3318CE	$\pm 1.5$ LSB	15MHz (67ns)	-40°C to +85°C	24 Lead Plastic DIP
CA3318CM	$\pm 1.5$ LSB	15MHz (67ns)	-40°C to +85°C	24 Lead Plastic SOIC
CA3318CD	$\pm 1.5$ LSB	15MHz (67ns)	-40°C to +85°C	24 Lead Ceramic DIP

### Pinout

CA3318C (PDIP, CDIP, SOIC)  
TOP VIEW



# Specifications CA3318C

## Absolute Maximum Ratings

DC Supply Voltage Range ( $V_{DD}$ or $V_{AA+}$ )	-0.5V to +8V
(Referenced to $V_{SS}$ or $V_{AA-}$ Terminal, Whichever is More Negative)	
<b>Input Voltage Range</b>	
CE2 and CE1	$V_{AA-}$ -0.5V to $V_{DD}$ + 0.5V
Clock, Phase, $V_{REF-}$ , 1/2 Ref.	$V_{AA-}$ -0.5V to $V_{AA+}$ + 0.5V
Clock, Phase, $V_{REF+}$ , 1/4 Ref.	$V_{SS}$ -0.5V to $V_{DD}$ + 0.5V
$V_{IN}$ , 3/4 REF, $V_{REF+}$	$V_{AA-}$ -0.5V to $V_{AA+}$ + 7.5V
Output Voltage Range, Bits 1-8, Overflow (Outputs Off)	$V_{SS}$ -0.5V to $V_{DD}$ + 0.5V
DC Input Current	±20mA
Clock, Phase, CE1, CE2, $V_{IN}$ , Bits 1-8, Overflow	
Operating Voltage Range ( $V_{DD}$ or $V_{AA+}$ )	4V Min to 7.5V Max
Recommended $V_{AA+}$ Operating Range	$V_{DD} \pm 1V$
Recommended $V_{AA-}$ Operating Range	$V_{SS} \pm 1V$
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering 10s)	+265°C

## Thermal Information

Thermal Resistance	$\theta_{JA}$	$\theta_{JC}$
Ceramic DIP Package	58°C/W	11°C/W
Plastic DIP Package	60°C/W	-
Plastic SOIC Package	75°C/W	-
Maximum Power Dissipation	0.67W	
Operating Temperature Range ( $T_A$ )	-40°C to +85°C	
<b>Junction Temperature</b>		
Ceramic Package	+175°C	
Plastic Package	+150°C	

**CAUTION:** Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

**Electrical Specifications** At +25°C,  $V_{AA+} = V_{DD} = 5V$ ,  $V_{REF+} = 6.4V$ ,  $V_{REF-} = V_{AA-} = V_{SS}$ , CLK = 15MHz.  
All Reference Points Adjusted, Unless Otherwise Specified.

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TP	MAX	UNITS
<b>SYSTEM PERFORMANCE</b>					
Resolution		8	-	-	Bits
Integral Linearity Error		-	-	±1.5	LSB
Differential Linearity Error		-	-	+1, -0.8	LSB
Offset Error, Unadjusted	$V_{IN} = V_{REF-} + 1/2$ LSB	-0.5	4.5	6.4	LSB
Gain Error Unadjusted	$V_{IN} = V_{REF+} - 1/2$ LSB	-1.5	0	1.5	LSB
<b>DYNAMIC CHARACTERISTICS</b>					
Maximum Input Bandwidth	(Note 1) CA3318C	2.5	5.0	-	MHz
Maximum Conversion Speed	CLK = Square Wave	15	17	-	MSPS
Signal to Noise Ratio (SNR) = $\frac{RMS\ Signal}{RMS\ Noise}$	$F_S = 15MHz, f_{IN} = 100kHz$	-	47	-	dB
	$F_S = 15MHz, f_{IN} = 4MHz$	-	43	-	dB
Signal to Noise Ratio (SINAD) = $\frac{RMS\ Signal}{RMS\ Noise+Distortion}$	$F_S = 15MHz, f_{IN} = 100kHz$	-	45	-	dB
	$F_S = 15MHz, f_{IN} = 4MHz$	-	35	-	dB
Total Harmonic Distortion, THD	$F_S = 15MHz, f_{IN} = 100kHz$	-	-46	-	dBc
	$F_S = 15MHz, f_{IN} = 4MHz$	-	-36	-	dBc
Effective Number of Bits (ENOB)	$F_S = 15MHz, f_{IN} = 100kHz$	-	7.2	-	Bits
	$F_S = 15MHz, f_{IN} = 4MHz$	-	5.5	-	Bits
Differential Gain Error	Unadjusted	-	2	-	%
Differential Phase Error	Unadjusted	-	1	-	%
<b>ANALOG INPUTS</b>					
Full Scale Range, $V_{IN}$ and $(V_{REF+}) - (V_{REF-})$	Notes 2, 4	4	-	7	V
Input Capacitance, $V_{IN}$		-	30	-	pF
Input Current, $V_{IN}$ , (See Text)	$V_{IN} = 5.0V, V_{REF+} = 5.0V$	-	-	3.5	mA
<b>REFERENCE INPUTS'</b>					
Ladder Impedance		270	500	800	$\Omega$

# Specifications CA3318C

**Electrical Specifications** At +25°C,  $V_{AA+} = V_{DD} = 5V$ ,  $V_{REF+} = 6.4V$ ,  $V_{REF-} = V_{AA-} = V_{SS}$ , CLK = 15MHz,  
All Reference Points Adjusted, Unless Otherwise Specified. (Continued)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>DIGITAL INPUTS</b>					
Low Level Input Voltage, $V_{OL}$ CE1, CE2	Note 4	-		$0.2V_{DD}$	V
Phase, CLK	Note 4	-		$0.2V_{AA}$	V
High Level Input Voltage, $V_{IN}$ CE1, CE2	Note 4	$0.7V_{DD}$		-	V
Phase, CLK	Note 4	$0.7V_{AA}$		-	V
Input Leakage Current, $I_I$ (Except CLK Input)	Note 3	-	$\pm 0.2$	$\pm 5$	$\mu A$
Input Capacitance, $C_{I1}$		-	3	-	pF
<b>DIGITAL OUTPUTS</b>					
Output Low (Sink) Current	$V_O = 0.4V$	4	10	-	mA
Output High (Source) Current	$V_O = 4.5V$	-4	-5	-	mA
Tri-State Output Off-State Leakage Current, $I_{OZ}$		-	$\pm 0.2$	$\pm 5$	$\mu A$
Output Capacitance, $C_O$		-		-	pF
<b>TIMING CHARACTERISTICS</b>					
Auto Balance Time ( $\phi_1$ )		33		$\infty$	ns
Sample Time ( $\phi_2$ )	Note 4	25		500	ns
Aperture Delay		-	15	-	ns
Aperture Jitter		-	100	-	ps
Data Valid Time, $T_D$	Note 4	-	50	65	ns
Data Hold Time, $T_H$	Note 4	25	40	-	ns
Output Enable Time, $T_{EN}$		-	18	-	ns
Output Disable Time, $T_{DIS}$		-	18	-	ns
<b>POWER SUPPLY CHARACTERISTICS</b>					
Device Current ( $I_{DD} + I_A$ ) (Excludes $I_{REF}$ )	Continuous Conversion (Note 4)	-	30	60	mA
	Auto Balance ( $\phi_1$ )	-	30	60	mA

**NOTES:**

1. A full scale sine-wave input of greater than  $F_{CLOCK}/2$  or the specified input bandwidth (whichever is less) may cause an erroneous code. The -3dB bandwidth for frequency response purposes is greater than 30MHz.
2.  $V_{IN}$  (Full Scale) or  $V_{REF+}$  should not exceed  $V_{AA+} + 1.5V$  for accuracy.
3. The clock input is a CMOS inverter with a 50kΩ feedback resistor and may be AC coupled with 1V<sub>p,p</sub> minimum source.
4. Parameter not tested, but guaranteed by design or characterization.

## Timing Waveforms

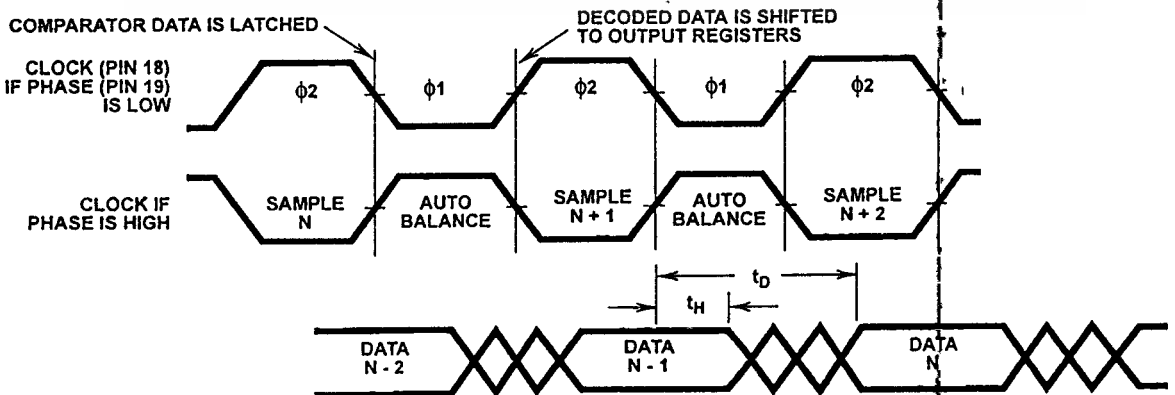


FIGURE 1. INPUT TO OUTPUT TIMING DIAGRAM

Timing Waveforms (Continued)

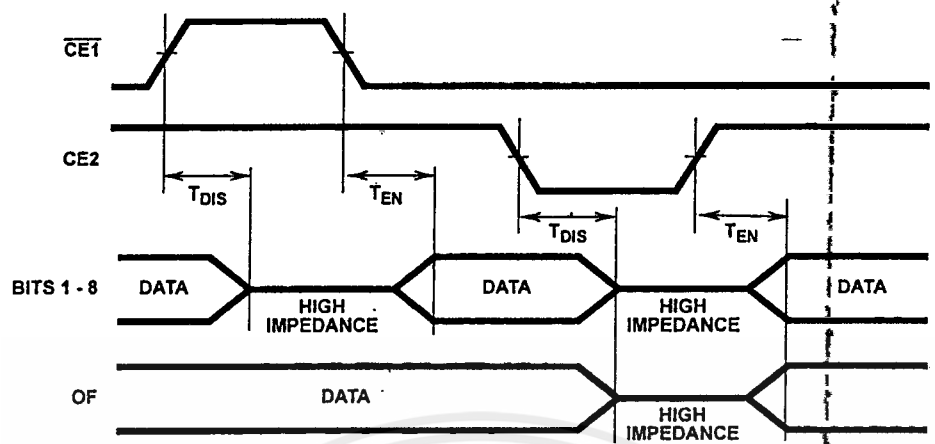


FIGURE 2. OUTPUT ENABLE TIMING DIAGRAM

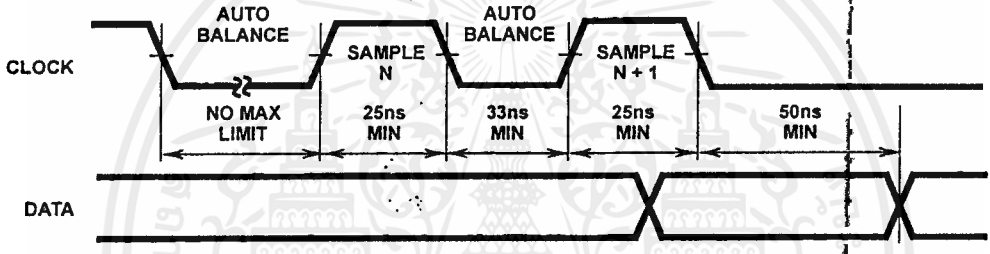


FIGURE 3A. STANDBY IN INDEFINITE AUTO BALANCE (SHOWN WITH PHASE = LOW)

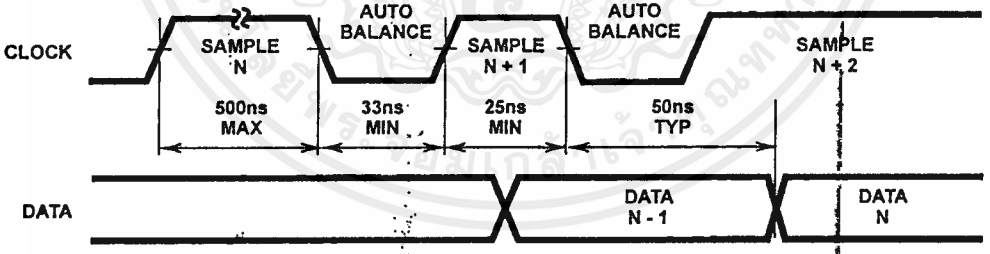


FIGURE 3B. STANDBY IN SAMPLE (SHOWN WITH PHASE = LOW)

FIGURE 3. PULSE MODE OPERATION

Typical Performance Curves

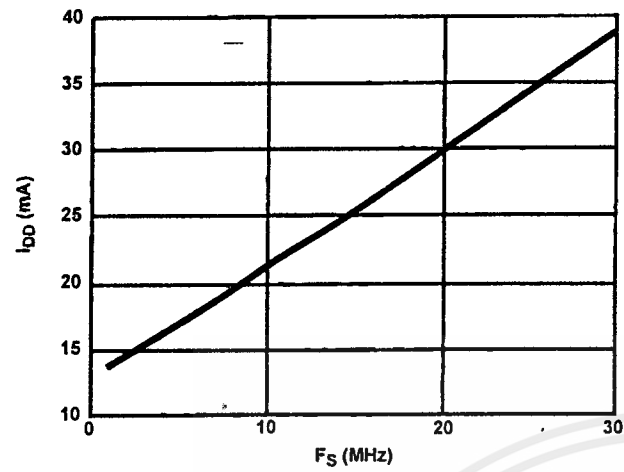


FIGURE 4. DEVICE CURRENT vs SAMPLE FREQUENCY

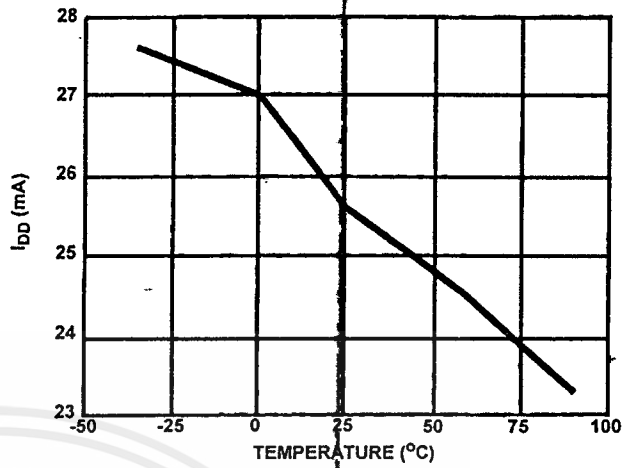


FIGURE 5. DEVICE CURRENT vs TEMPERATURE

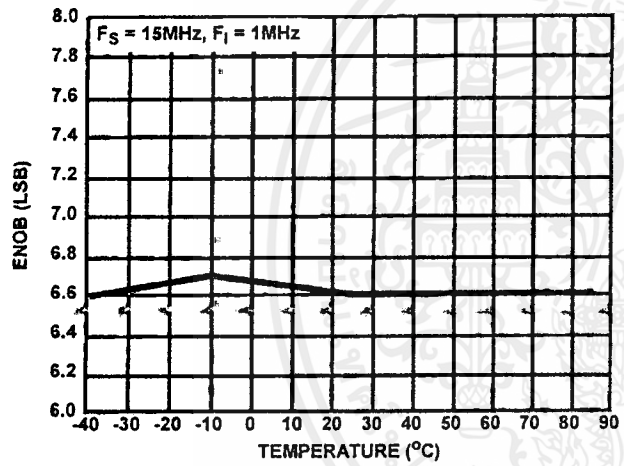


FIGURE 6. ENOB vs TEMPERATURE

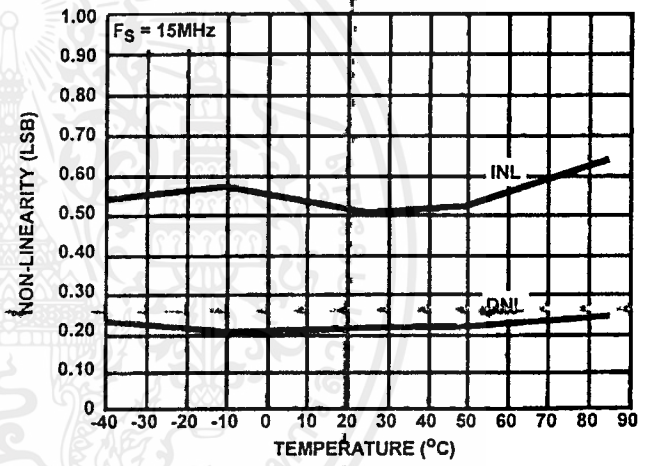


FIGURE 7. NON-LINEARITY vs TEMPERATURE

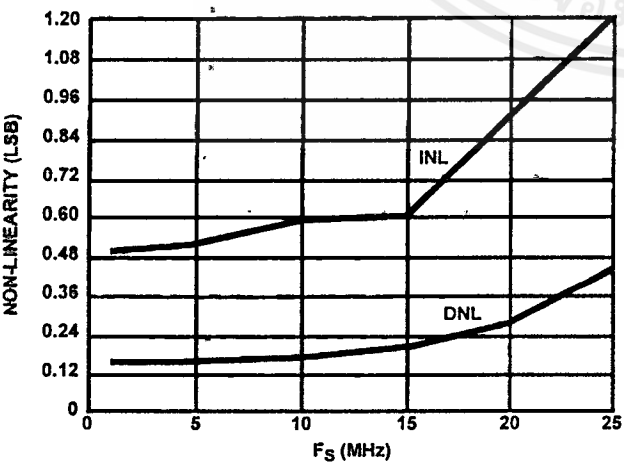


FIGURE 8. NON-LINEARITY vs SAMPLE FREQUENCY

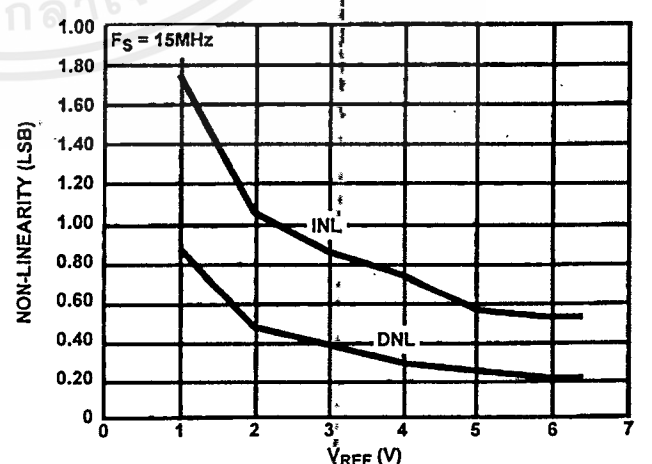


FIGURE 9. NON-LINEARITY vs REFERENCE VOLTAGE

Typical Performance Curves (Continued)

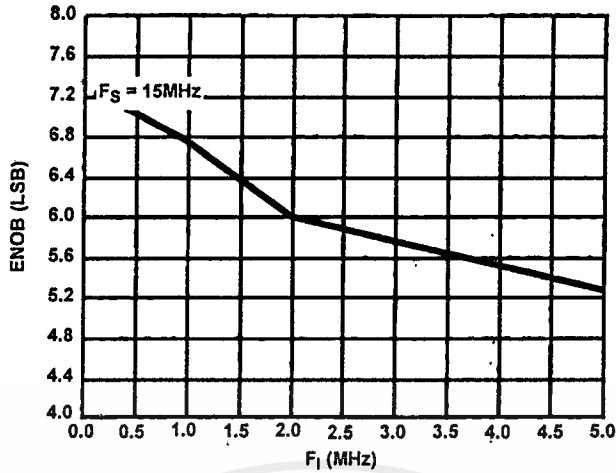


FIGURE 10. ENOB vs INPUT FREQUENCY

Pin Descriptions

PIN	NAME	DESCRIPTION	
1	B1	Bit 1 (LSB)	Output Data Bits (High = True)
2	B2	Bit 2	
3	B3	Bit 3	
4	B4	Bit 4	
5	B5	Bit 5	
6	B6	Bit 6	
7	B7	Bit 7	
8	B8	Bit 8 (MSB)	
9	OF	Overflow	
10	1/4 R	Reference Ladder 1/4 Point	
11	V <sub>SS</sub>	Digital Ground	
12	V <sub>DD</sub>	Digital Power Supply, +5V	
13	CE2	Tri-State Output Enable Input, Active Low, See Truth Table.	
14	CE1	Tri-State Output Enable Input Active High. See Truth Table.	
15	V <sub>REF-</sub>	Reference Voltage Negative Input	
16	V <sub>IN</sub>	Analog Signal Input	
17	V <sub>AA-</sub>	Analog Ground	
18	CLK	Clock Input	
19	PHASE	Sample clock phase control input. When PHASE is low, "Sample Unknown" occurs when the clock is low and "Auto Balance" occurs when the clock is high (see text).	
20	1/2 R	Reference Ladder Midpoint	
21	V <sub>IN</sub>	Analog Signal Input	
22	V <sub>REF+</sub>	Reference Voltage Positive Input	
23	3/4 R	Reference Ladder 3/4 Point	
24	V <sub>AA+</sub>	Analog Power Supply, +5V	

CHIP ENABLE TRUTH TABLE

CE1	CE2	B1 - B8	OF
0	1	Valid	Valid
1	1	Tri-State	Valid
X	0	Tri-State	Tri-State

X = Don't Care

Theory of Operation

A sequential parallel technique is used by the CA3318 converter to obtain its high speed operation. The sequence consists of the "Auto-Balance" phase,  $\phi_1$ , and the "Sample Unknown" phase,  $\phi_2$ . (Refer to the circuit diagram.) Each conversion takes one clock cycle\*. With the phase control (pin 19) high, the "Auto-Balance" ( $\phi_1$ ) occurs during the high period of the clock cycle, and the "Sample Unknown" ( $\phi_2$ ) occurs during the low period of the clock cycle.

\* The device requires only a single phase clock. The terminology of  $\phi_1$  and  $\phi_2$  refers to the high and low periods of the same clock. During the "Auto-Balance" phase, a transmission switch is used to connect each of the first set of 256 commutating capacitors to their associated ladder reference tap. Those tap voltages will be as follows:

$$V_{TAP}(N) = [(N/256) V_{REF-}] - (1/512) V_{REF+}$$

$$= [(2N - 1)/512] V_{REF-}$$

Where:

$V_{TAP}(n)$  = reference ladder tap voltage at point n.  
 $V_{REF-}$  = voltage across  $V_{REF-}$  to  $V_{REF+}$   
 N = tap number (1 through 256)

The other side of these capacitors are connected to single-stage amplifiers whose outputs are shorted to their inputs by switches. This balances the amplifiers at their intrinsic trip points, which is approximately  $(V_{AA+} - V_{AA-})/2$ . The first set of capacitors now charges to their associated tap voltages.

At the same time a second set of commutating capacitors and amplifiers is also auto-balanced. The balancing of the second-stage amplifier at its intrinsic trip point removes any tracking differences between the first and second amplifier stages. The cascaded auto-balance (CAB) technique, used here, increases comparator sensitivity and temperature tracking.

In the "Sample Unknown" phase, all ladder tap switches and comparator shorting switches are opened. At the same time  $V_{IN}$  is switched to the first set of commutating capacitors. Since the other end of the capacitors are now looking into an effectively open circuit, any input voltage that differs from the previous tap voltage will appear as a voltage shift at the comparator amplifiers. All comparators that had tap voltages greater than  $V_{IN}$  will go to a "high" state at their outputs. All comparators that had tap voltages lower than  $V_{IN}$  will go to a "low" state.

The status of all these comparator amplifiers is AC coupled through the second-stage comparator and stored at the end of this phase ( $\phi_2$ ) by a latching amplifier stage. The latch feeds a second latching stage, triggered at the end of  $\phi_1$ . This delay allows comparators extra settling time. The status of the comparators is decoded by a 256 to 9-bit decoder array, and the results are clocked into a storage register at the end of the next  $\phi_2$ .

A 3-stage buffer is used at the output of the 9 storage registers which are controlled by two chip-enable signals. CE1 will independently disable B1 through B6 when it is in a high state. CE2 will independently disable B1 through B8 and the 0 buffers when it is in the low state.

To facilitate usage of this device, a phase control input is provided which can effectively complement the clock as it enters the chip.

### Continuous-Clock Operation

One complete conversion cycle can be traced through the CA3318 via the following steps. (Refer to timing diagram.) With the phase control in a "low" state, the rising edge of the clock input will start a "sample" phase. During this entire "high" state of the clock, the comparators will track the input voltage and the first-stage latches will track the comparator outputs. At the falling edge of the clock, all 256 comparator outputs are captured by the 256 latches. This ends the "sample" phase and starts the "auto-balance" phase for the comparators: During this "low" state of the clock, the output of the latches settles and is captured by a second row of latches when the clock returns high. The second-stage latch output propagates through the decode array, and a 9-bit code appears at the D inputs of the output registers. On the next falling edge of the clock, this 9-bit code is shifted into the output registers and appears with time delay  $t_D$  as valid data at the output of the tri-state drivers. This also marks the end of the next "sample" phase, thereby repeating the conversion process for this next cycle.

### Pulse-Mode Operation

The CA3318 needs two of the same polarity clock edges to complete a conversion cycle: If, for instance, a negative going clock edge ends sample "N", then data "N" will appear after the next negative going edge. Because of this requirement, and because there is a maximum sample time of 500ns (due to capacitor droop), most pulse or intermittent sample applications will require double clock pulsing.

If an indefinite standby state is desired, standby should be in auto-balance, and the operation would be as in Figure 3A.

If the standby state is known to last less than 500ns and lowest average power is desired, then operation could be as in Figure 3B.

### Increased Accuracy

In most cases the accuracy of the CA3318 should be sufficient without any adjustments. In applications where accuracy is of utmost importance, five adjustments can be made to obtain better accuracy, i.e., offset trim; gain trim; and  $1/4$ ,  $1/2$  and  $3/4$  point trim.

#### Offset Trim

In general, offset correction can be done in the preamp circuitry by introducing a dc shift to  $V_{IN}$  or by the offset trim of the op amp. When this is not possible the  $V_{REF-}$  input can be adjusted to produce an offset trim. The theoretical input voltage to produce the first transition is  $1/2$  LSB. The equation is as follows:

$$V_{IN} \text{ (0 to 1 transition)} = \frac{1}{2} \text{ LSB} = \frac{1}{2} (V_{REF}/256) \\ = V_{REF}/512$$

If  $V_{IN}$  for the first transition is less than the theoretical, then a single-turn  $50\Omega$  pot connected between  $V_{REF-}$  and ground will accomplish the adjustment. Set  $V_{IN}$  to  $1/2$  LSB and trim the pot until the 0-to-1 transition occurs.

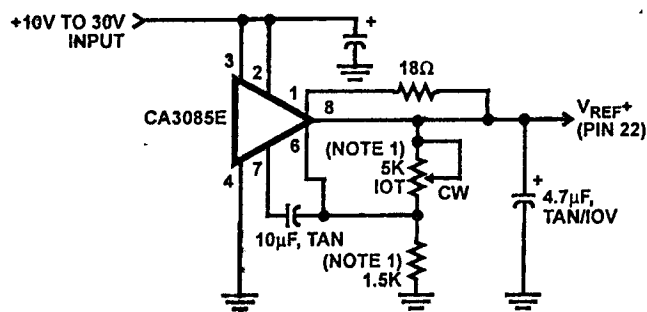
If  $V_{IN}$  for the first transition is greater than the theoretical, then the  $50\Omega$  pot should be connected between  $V_{REF-}$  and a negative voltage of about 2 LSB's. The trim procedure is as stated previously.

#### Gain Trim

In general, the gain trim can also be done in the preamp circuitry by introducing a gain adjustment for the op amp. When this is not possible, then a gain adjustment circuit should be made to adjust the reference voltage. To perform this trim,  $V_{IN}$  should be set to the 255 to overflow transition. That voltage is  $1/3$  LSB less than  $V_{REF+}$  and is calculated as follows:

$$V_{IN} \text{ (255 to 256 transition)} = V_{REF} - V_{REF}/512 \\ = V_{REF}(511/512)$$

To perform the gain trim, first do the offset trim and then apply the required  $V_{IN}$  for the 255 to overflow transition. Now adjust  $V_{REF+}$  until that transition occurs on the outputs.

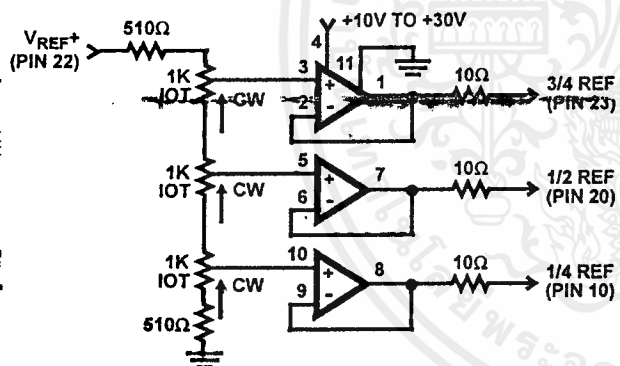


NOTE: Bypass  $V_{REF+}$  to analog GND near A/D with 0.1μF ceramic cap. Parts noted should have low temperature drift.

FIGURE 11. TYPICAL VOLTAGE REFERENCE SOURCE FOR DRIVING  $V_{REF+}$  INPUT

1/4 Point Trims

The 1/4, 1/2 and 3/4 points on the reference ladder are brought out for linearity adjusting or if the user wishes to create a nonlinear transfer function. The 1/4 points can be driven by the reference drivers shown (Figure 12) or by 2-K pots connected between  $V_{REF+}$  and  $V_{REF-}$ . The 1/2 (mid-) point should be set first by applying an input of 257/512 x ( $V_{REF}$ ) and adjusting for an output changing from 128 to 129. Similarly the 1/4 and 3/4 points can be set with inputs of 129/512 and 385/512 x ( $V_{REF}$ ) and adjusting for counts of 192 to 193 and 64 to 65. (Note that the points are actually 1/4, 1/2 and 3/4 of full scale +1 LSB.)



- NOTES:
1. All Op Amps = 3/4 CA324E
  2. Bypass all reference points to analog ground near A/D with 0.1μF ceramic caps.
  3. Adjust  $V_{REF+}$  first, then 1/3, 3/4 and 1/4 points.

FIGURE 12. TYPICAL 1/4 POINT DRIVERS FOR ADJUSTING LINEARITY (USE FOR MAXIMUM LINEARITY)

9-Bit Resolution

To obtain 9-bit resolution, two CA3318's can be wired together. Necessary ingredients include an open-ended ladder network, an overflow indicator, tri-state outputs, and chip-enable controls—all of which are available on the CA3318.

The first step for connecting a 9-bit circuit is to totem-pole the ladder networks, as illustrated in Figure 13. Since the absolute resistance value of each ladder may vary, external trim of the mid-reference voltage may be required.

The overflow output of the lower device now becomes the ninth bit. When it goes high, all counts must come from the upper device. When it goes low, all counts must come from the lower device. This is done simply by connecting the lower overflow signal to the CE1 control of the lower A/D converter and the CE2 control of the upper A/D converter. The tri-state outputs of the two devices (bits 1 through 8) are now connected in parallel to complete the circuitry. The complete circuit for a 9-bit A/D converter is shown in Figure 14.

Grounding/Bypassing

The analog and digital supply grounds of a system should be kept separate and only connected at the A/D. This keeps digital ground noise out of the analog data to be converted. Reference drivers, input amps, reference taps, and the  $V_{AA}$  supply should be bypassed at the A/D to the analog side of the ground. See Figure 15 for a block diagram of this concept. All capacitors shown should be low impedance 0.1μF ceramics and should be mounted as close to the A/D as possible. If  $V_{AA+}$  is derived from  $V_{DD}$ , a small (10Ω resistor or inductor and additional filtering (4.7μF tantalum) may be used to keep digital noise out of the analog system.

Input Loading

The CA3318 outputs a current pulse to the  $V_{IN}$  terminal at the start of every sample period. This is due to capacitor charging and switch feedthrough and varies with input voltage and sampling rate. The signal source must be capable of recovering from the pulse before the end of the sample period to guarantee a valid signal for the A/D to convert. Suitable high speed amplifiers include the HA-5033, HA-2542; and CA3450. Figure 16 is an example of an amplifier which recovers fast enough for sampling at 15MHz.

Output Loading

The CMOS digital output stage, although capable of driving large loads, will reflect these loads into the local ground. It is recommended that a local QMOS buffer such as CD74HC541 E be used to isolate capacitive loads.

Definitions

Dynamic Performance Definitions

Fast Fourier Transform (FFT) techniques are used to evaluate the dynamic performance of the converter. A low distortion sine wave is applied to the input, it is sampled, and the output is stored in RAM. The data is then transformed into the frequency domain with a 4096 point FFT and analyzed to evaluate the dynamic performance of the A/D. The sine wave input to the part is -0.5dB down from fullscale for all these tests.



# CA3318C

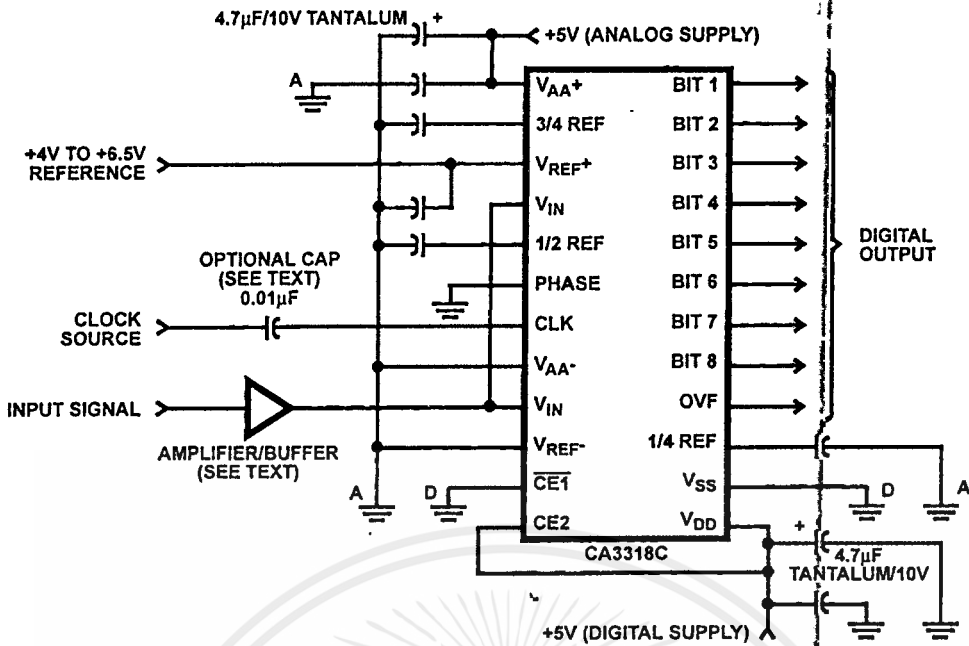


FIGURE 14. TYPICAL CIRCUIT CONFIGURATION FOR THE CA3318 WITH NO LINEARITY ADJUST

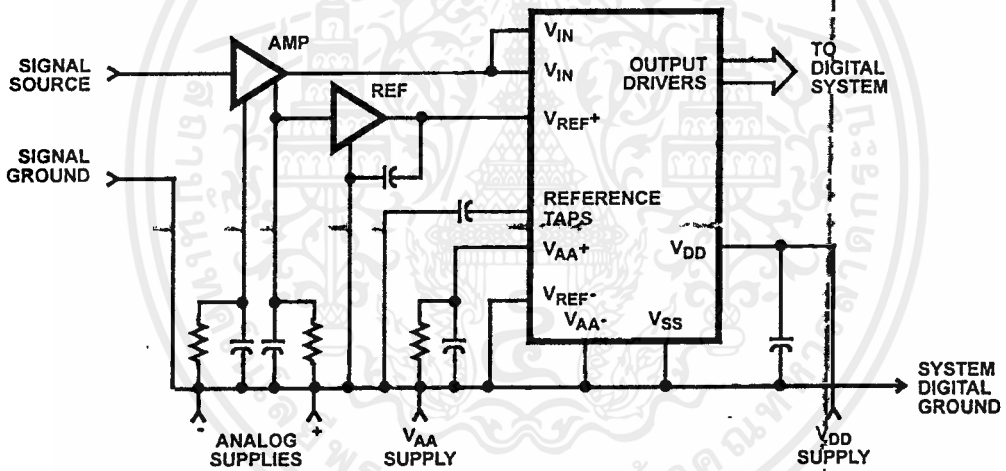
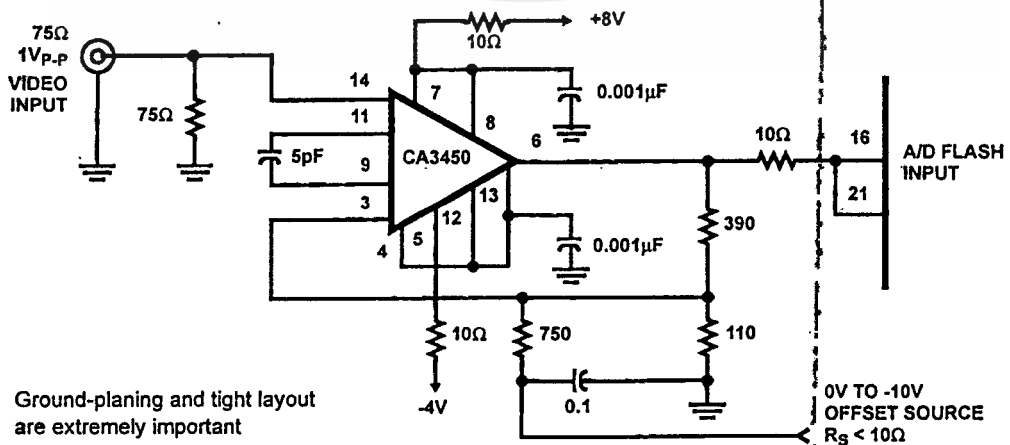


FIGURE 15. TYPICAL SYSTEM GROUNDING/BYPASSING



NOTE: Ground-planing and tight layout are extremely important

FIGURE 16. TYPICAL HIGH BANDWIDTH AMPLIFIER FOR DRIVING THE CA3318

TABLE 1. OUTPUT CODE TABLE

CODE DESCRIPTION	INPUT VOLTAGE (NOTE 1)		BINARY OUTPUT CODE									DECIMAL COUNT
	V <sub>REF</sub> 6.40V (V)	V <sub>REF</sub> 5.12V (V)	OF	MSB B8	B7	B6	B5	B4	B3	B2	LSB B1	
Zero	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 LSB	0.025	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
2 LSB	0.05	0.04	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
•	•	•										•
•	•	•										•
•	•	•										•
1/4 Full Scale	1.60	1.28	0	0	1	0	0	0	0	0	0	64
•	•	•										•
•	•	•										•
•	•	•										•
1/2 Full Scale - 1 LSB	3.175	2.54	0	0	1	1	1	1	1	1	1	127
1/2 Full Scale	3.20	2.56	0	1	0	0	0	0	0	0	0	128
1/2 Full Scale + 1 LSB	3.225	2.58	0	1	0	0	0	0	0	0	1	129
•	•	•										•
•	•	•										•
•	•	•										•
3/4 Full Scale	4.80	3.84	0	1	1	0	0	0	0	0	0	192
•	•	•										•
•	•	•										•
•	•	•										•
Full Scale - 1 LSB	6.35	5.08	0	1	1	1	1	1	1	1	0	254
Full Scale	6.375	5.10	0	1	1	1	1	1	1	1	1	255
Over Flow	6.40	5.12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	511

NOTE: 1. The voltages listed above are the ideal centers of each output code shown as a function of its associated reference voltage.

### Reducing Power

Most power is consumed while in the auto-balance state. When operating at lower than 15MHz clock speed, power can be reduced by stretching the sample ( $\phi_2$ ) time. The constraints are a minimum balance time ( $\phi_1$ ) of 33ns, and a maximum sample time of 500ns. Longer sample times cause droop in the auto-balance capacitors. Power can also be reduced in the reference string by switching the reference on only during auto-balance.

### Clock Input

The Clock and Phase inputs feed buffers referenced to  $V_{AA+}$  and  $V_{AA-}$ . Phase should be tied to one of these two potentials, while the clock (if DC coupled) should be driven at least from 0.2 to 0.7 x ( $V_{AA+} - V_{AA-}$ ). The clock may also be AC coupled with at least a 1  $V_{P-P}$  swing. This allows TTL drive levels or 5V QMOS levels when  $V_{AA+}$  is greater than 5V.

*Advance Information*  
**Phototransistor Detector**

The MRD901 series Silicon phototransistor detectors are multi-purpose devices capable for use in many applications. It is a side looking package that is designed for use in PC board mounted interruptive and reflective sensing applications. The device is ideally suited for use with an MLED91 series LED as a light source.

**Features:**

- Low Cost
- Well Suited For Use with Any MLED91 Series Infrared LED
- New Die Placement Technology Improves Acceptance Angle Symmetry
- New Mold Technology Improves Performance Under Variable Environmental Conditions
- New Lens Design Offers Improved Optical Performance
- EIA 468-A Compliant Tape and Reel Option Available (MRD901RLRE and MRD901ARLRE)

**Applications:**

- Low Bit Rate Communication Systems
- Keyboards
- Coin Handlers
- Daylight Sensor
- Paper Handlers
- Touch Screens
- Shaft Encoders
- General Purpose Interruptive and Reflective Event Sensors

**MAXIMUM RATINGS**

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	$V_{CE0}$	30	Volts
Device Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ (1) Derate above $55^\circ\text{C}$	$P_D$	150 2.0	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Ambient Operating Temperature	$T_{op}$	40 to 100	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature	$T_{stg}$	40 to 100	$^\circ\text{C}$
Lead Soldering Temperature (2)	$T_L$	260	$^\circ\text{C}$

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)**

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Collector Dark Current ( $V_{CE} = 10\text{ V}$ , $H = 0$ (dark))	$I_D$	—	10	100	nA
Collector-Emitter Breakdown Voltage ( $I_C = 100\ \mu\text{A}$ )	$BV_{CE0}$	30	—	—	Volts

**OPTICAL CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)**

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Collector Light Current ( $V_{CE} = 5.0\text{ V}$ , $H = 500\ \mu\text{W}/\text{sq cm}$ @ 940 nm) MRD901 MRD901A	$I_L$	0.1 0.7	1.0 —	— 2.6	mA mA
Saturation Voltage ( $H = 10\ \text{mW}/\text{sq cm}$ , Wavelength = 940 nm, $I_C = 2.0\ \text{mA}$ , $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$ )	$V_{CE(sat)}$	—	—	0.4	Volts

(1) Measured with device soldered into a typical printed circuit board.

(2) Maximum exposure time: five seconds. Minimum of 1/16 inch from the case. A heat sink should be applied in order to prevent the case temperature from exceeding  $100^\circ\text{C}$ .

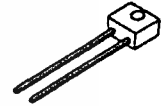
This document contains information on a new product. Specifications and information herein are subject to change without notice.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.

**MRD901  
Series**

Motorola Preferred Devices

**PHOTOTRANSISTOR  
DETECTOR**



CASE 422A-01  
STYLE 2



## TYPICAL CHARACTERISTICS

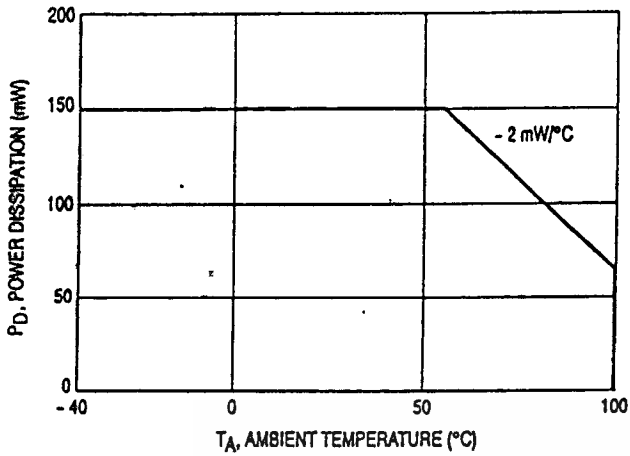


Figure 1. Power Dissipation

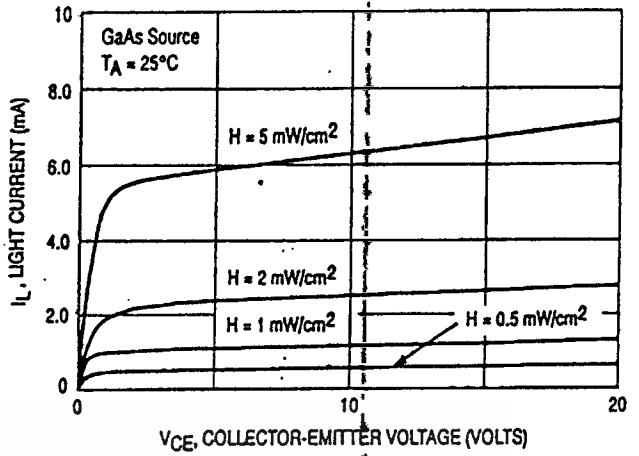


Figure 2. IC versus  $V_{ce}$

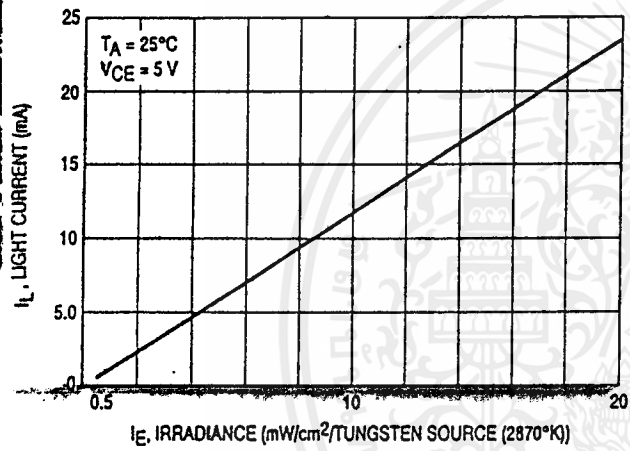


Figure 3. Collector Current versus Irradiance

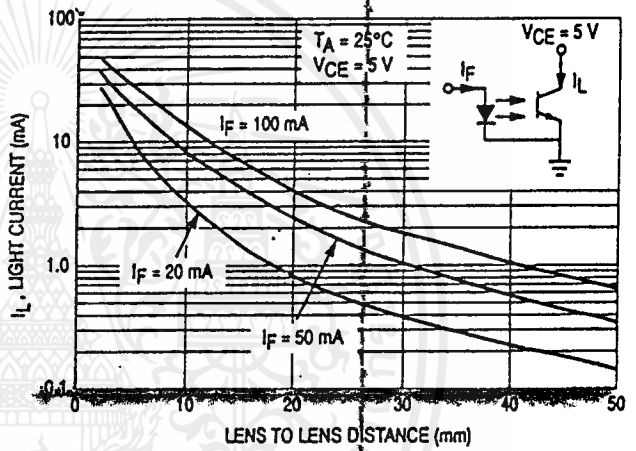


Figure 4. Coupled Characteristics of MLED91 and MRD901

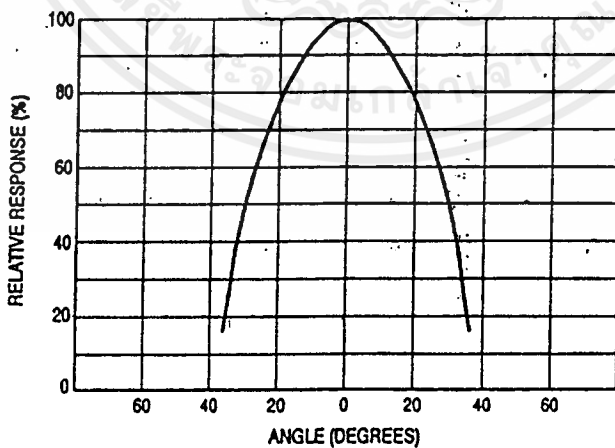


Figure 5. Angular Response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## LM78XX Series Voltage Regulators

### General Description

The LM78XX series of three terminal regulators is available with several fixed output voltages making them useful in a wide range of applications. One of these is local on card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. The voltages available allow these regulators to be used in logic systems, instrumentation, HiFi, and other solid state electronic equipment. Although designed primarily as fixed voltage regulators these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

The LM78XX series is available in an aluminum TO-3 package which will allow over 1.0A load current if adequate heat sinking is provided. Current limiting is included to limit the peak output current to a safe value. Safe area protection for the output transistor is provided to limit internal power dissipation. If internal power dissipation becomes too high for the heat sinking provided, the thermal shutdown circuit takes over preventing the IC from overheating.

Considerable effort was expended to make the LM78XX series of regulators easy to use and minimize the number

of external components. It is not necessary to bypass the output, although this does improve transient response. Input bypassing is needed only if the regulator is located far from the filter capacitor of the power supply.

For output voltage other than 5V, 12V and 15V the LM117 series provides an output voltage range from 1.2V to 57V.

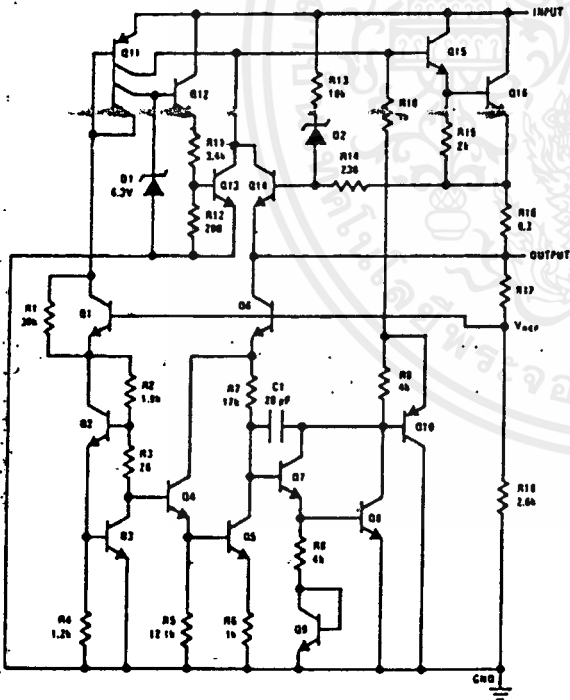
### Features

- Output current in excess of 1A
- Internal thermal overload protection
- No external components required
- Output transistor safe area protection
- Internal short circuit current limit
- Available in the aluminum TO-3 package

### Voltage Range

LM7805C	5V
LM7812C	12V
LM7815C	15V

### Schematic and Connection Diagrams



TL/H/7746-1

Metal Can Package  
TO-3 (K)  
Aluminum

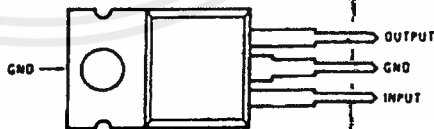


TL/H/7746-2

Bottom View

Order Number LM7805CK,  
LM7812CK or LM7815CK  
See NS Package Number KC02A

Plastic Package  
TO-220 (T)



TL/H/7746-3

Top View

Order Number LM7805CT,  
LM7812CT or LM7815CT  
See NS Package Number T03B

## Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Input Voltage ( $V_O = 5V, 12V$  and  $15V$ ) 35V  
 Internal Power Dissipation (Note 1) Internally Limited  
 Operating Temperature Range ( $T_A$ )  $0^\circ\text{C}$  to  $+70^\circ\text{C}$

Maximum Junction Temperature  
 (K Package)  $150^\circ\text{C}$   
 (T Package)  $150^\circ\text{C}$

Storage Temperature Range  $-65^\circ\text{C}$  to  $150^\circ\text{C}$   
 Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)  
 TO-3 Package K  $300^\circ\text{C}$   
 TO-220 Package T  $230^\circ\text{C}$

## Electrical Characteristics LM78XXC (Note 2) $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 125^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.

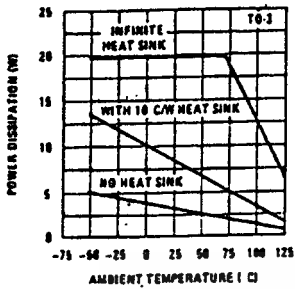
Output Voltage		5V			12V			15V			Units			
Input Voltage (unless otherwise noted)		10V			19V			23V						
Symbol	Parameter	Conditions			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
$V_O$	Output Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}, 5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}$			4.8	5	5.2	11.5	12	12.5	14.4	15	15.6	V
		$P_D \leq 15\text{ W}, 5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}$ $V_{\text{MIN}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{MAX}}$			4.75		5.25	11.4		12.6	14.25		15.75	V
					$(7.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 20)$			$(14.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 27)$			$(17.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 30)$			V
$\Delta V_O$	Line Regulation	$I_O = 500\text{ mA}, T_J = 25^\circ\text{C}$			3 50			4 120			4 150			mV
		$\Delta V_{\text{IN}}$			$(7 \leq V_{\text{IN}} \leq 25)$			$(14.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 30)$			$(17.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 30)$			V
		$0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$			50			120			150			mV
		$\Delta V_{\text{IN}}$			$(8 \leq V_{\text{IN}} \leq 20)$			$(15 \leq V_{\text{IN}} \leq 27)$			$(18.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 30)$			V
		$I_O \leq 1\text{ A}, T_J = 25^\circ\text{C}$			50			120			150			mV
		$\Delta V_{\text{IN}}$			$(7.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 20)$			$(14.6 \leq V_{\text{IN}} \leq 27)$			$(17.7 \leq V_{\text{IN}} \leq 30)$			V
$\Delta V_O$	Load Regulation	$T_J = 25^\circ\text{C}$			10 50			12 120			12 150			mV
		$5\text{ mA} \leq I_O \leq 1.5\text{ A}$			25			60			75			mV
		$250\text{ mA} \leq I_O \leq 750\text{ mA}$			50			120			150			mV
$I_Q$	Quiescent Current	$I_O \leq 1\text{ A}, T_J = 25^\circ\text{C}$			8			8			8			mA
		$0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$			8.5			8.5			8.5			mA
$I_Q$	Quiescent Current Change	$5\text{ mA} \leq I_O \leq 1\text{ A}$			0.5			0.5			0.5			mA
		$T_J = 25^\circ\text{C}, I_O \leq 1\text{ A}$ $V_{\text{MIN}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{MAX}}$			1.0			1.0			1.0			mA
		$I_O \leq 500\text{ mA}, 0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$			1.0			1.0			1.0			mA
		$\Delta V_{\text{IN}}$			$(7 \leq V_{\text{IN}} \leq 25)$			$(14.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 30)$			$(17.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 30)$			V
$V_{\text{OUT}}$	Output Noise Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}, 10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$			40			75			90			$\mu\text{V}$
		Ripple Rejection			62 80			55 72			54 70			dB
$V_{\text{OUT}}$	Ripple Rejection	$I_O \leq 1\text{ A}, T_J = 25^\circ\text{C}$ or $I_O \leq 500\text{ mA}$ $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}$			62			55			54			dB
		$\Delta V_{\text{IN}}$			$(8 \leq V_{\text{IN}} \leq 18)$			$(15 \leq V_{\text{IN}} \leq 25)$			$(18.5 \leq V_{\text{IN}} \leq 28.5)$			V
$V_{\text{OUT}}$	Dropout Voltage	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_{\text{OUT}} = 1\text{ A}$			2.0			2.0			2.0			V
	Output Resistance	$f = 1\text{ kHz}$			8			18			19			m $\Omega$
	Short-Circuit Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$			2.1			1.5			1.2			A
	Peak Output Current	$T_J = 25^\circ\text{C}$			2.4			2.4			2.4			A
	Average TC of $V_{\text{OUT}}$	$0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +125^\circ\text{C}, I_O = 5\text{ mA}$			0.6			1.5			1.8			mV/ $^\circ\text{C}$
$V_{\text{OUT}}$	Input Voltage Required to Maintain Line Regulation	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_O \leq 1\text{ A}$			7.5			14.6			17.7			V

Note 1: Thermal resistance of the TO-3 package (K, KC) is typically  $4^\circ\text{C/W}$  junction to case and  $35^\circ\text{C/W}$  case to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package (T) is typically  $4^\circ\text{C/W}$  junction to case and  $50^\circ\text{C/W}$  case to ambient.

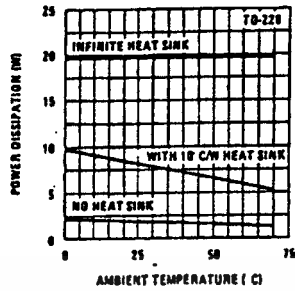
Note 2: All characteristics are measured with capacitor across the input of  $0.22\ \mu\text{F}$ , and a capacitor across the output of  $0.1\ \mu\text{F}$ . All characteristics except noise voltage and ripple rejection ratio are measured using pulse techniques ( $I_w \leq 10\text{ ms}$ , duty cycle  $\leq 5\%$ ). Output voltage changes due to changes in internal temperature must be taken into account separately.

# Typical Performance Characteristics

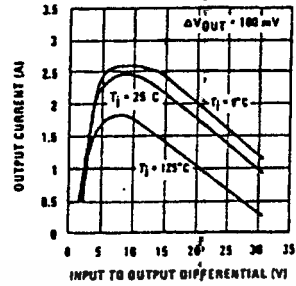
Maximum Average Power Dissipation



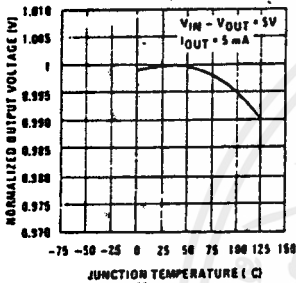
Maximum Average Power Dissipation



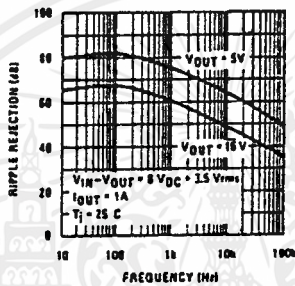
Peak Output Current



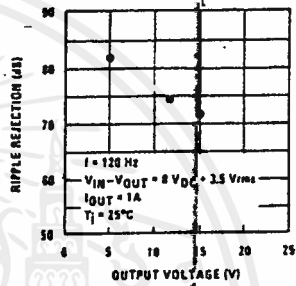
Output Voltage (Normalized to 1V at  $T_j = 25^\circ\text{C}$ )



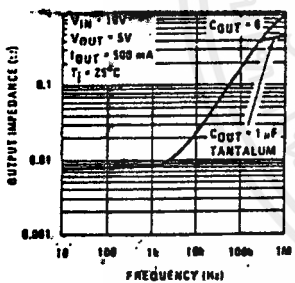
Ripple Rejection



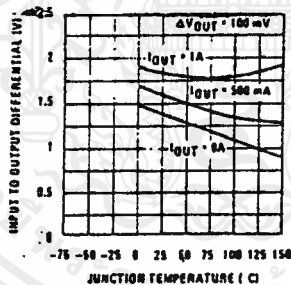
Ripple Rejection



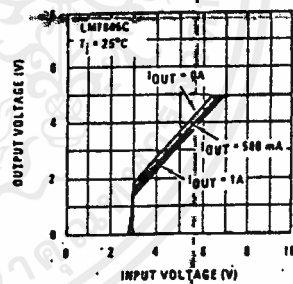
Output Impedance



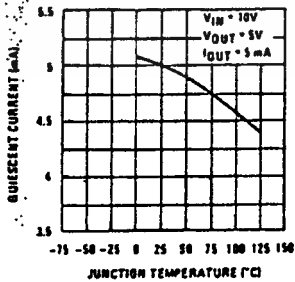
Dropout Voltage



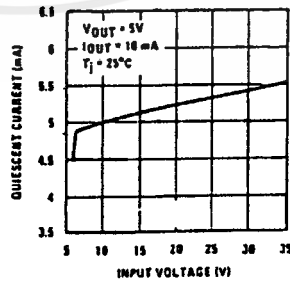
Dropout Characteristics



Quiescent Current

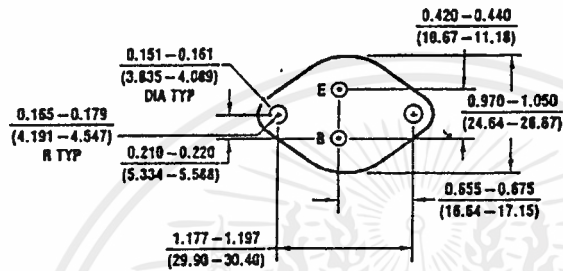
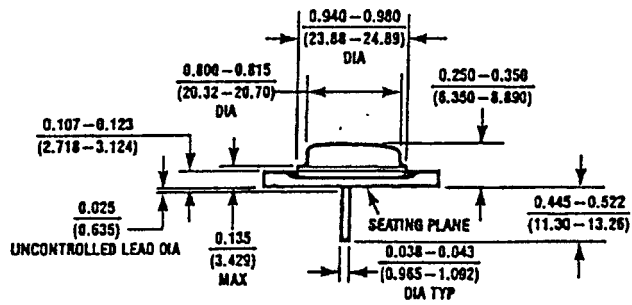


Quiescent Current



TL417746-4

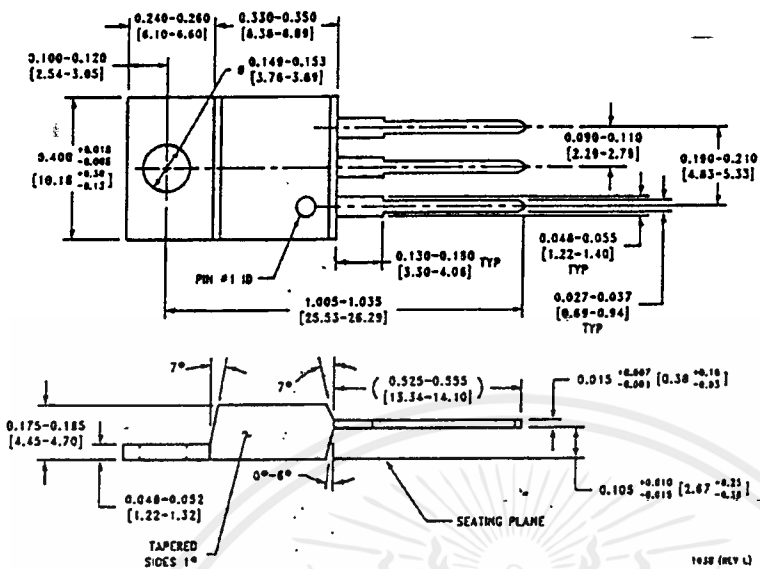
**Physical Dimensions** inches (millimeters)



Aluminum Metal Can Package (KC)  
 Order Number LM7805CK, LM7812CK or LM7815CK  
 NS Package Number KC02A

KC02A (REV C)

Physical Dimensions inches (millimeters) (Continued)



TO-220 Package (T)  
 Order Number LM7805CT, LM7812CT or LM7815CT  
 NS Package Number T03B

LIFE SUPPORT POLICY

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

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

<p><b>National Semiconductor Corporation</b>                  1111 West Bardin Road                  Arlington, TX 76017                  Tel: 1(800) 272-9956                  Fax: 1(800) 737-7018</p>	<p><b>National Semiconductor Europe</b>                  Fax: (+49) 0-180-530 85 88                  Email: cnjwge@twm2.nsc.com                  Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85                  English Tel: (+49) 0-180-532 78 32                  Français Tel: (+49) 0-180-532 93 58                  Italiano Tel: (+49) 0-180-534 16 80</p>	<p><b>National Semiconductor Hong Kong Ltd.</b>                  13th Floor, Straigt Block,                  Ocean Centre, 5 Canton Rd.                  Tsimshatsui, Kowloon                  Hong Kong                  Tel: (852) 2737-1800                  Fax: (852) 2738-9960</p>	<p><b>National Semiconductor Japan Ltd.</b>                  Tel: 81-043-299-2309                  Fax: 81-043-299-2408</p>
--	---	--	---

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใด ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้