

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องมือวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์

LASER RADAR SPEEDOMETER



โดย
นางสาวศุทธิณี สังคหพันธ์
นางสาวศุภมาศ เรือนศิริสติกย์

๒๗.
ค ๕๗๑๑
๒๕๕๙

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 72624
วัน,เดือน,ปี... 2.1.สิ.ย. 2550

b. 11๙๙๐๔๖๖
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าในรูปแบบใด ๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นที่พิมพ์แปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารบรรณารักษ์ที่สงวนไว้

(ลงชื่อ) *[Signature]* ผู้ตรวจ

ผ่านการตรวจชิ้นงานแล้ว

(ลงชื่อ) *[Signature]* ผู้ตรวจ

เครื่องมือวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์
LASER RADAR SPEEDOMETER



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง


เรื่อง เครื่องมือวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์

LASER RADAR SPEEDOMETER

ผู้จัดทำ

1. นางสาวศุภธินี สังคหพันธ์ 46010788

2. นางสาวศุภมาส เรือนศิริสถิตย์ 46010794


.....
(ผศ.ดร. พิพัฒน์ พรหมมี)

อาจารย์ที่ปรึกษา


.....
(ผศ.ดร. สมเกียรติ ฤกษ์วีระบุญ)

อาจารย์ที่ปรึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงการที่ 492403

เครื่องมือวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์

LASER RADAR SPEEDOMETER

โดย นางสาวศุทธิณี สังคหพันธ์ 46010788

นางสาวศุภมาส เรือนศิริสถิตย์ 46010794

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. พิพัฒน์ พรหมมี

ผศ.ดร. สมเกียรติ ฤกษ์วีระบุญ

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการสร้างเครื่องมือวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์ โดยอาศัยหลักการการเดินทางของแสงในอากาศ ซึ่งในการวัดจะส่งสัญญาณพัลส์สองลูกขึ้นไปในระยะเวลาที่ต่างกันด้วยเลเซอร์ โดยผ่านการมอดูเลตด้วยความถี่สูงไปยังรถในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของรถ สัญญาณพัลส์ที่สะท้อนกลับมาจะถูกนำมาประมวลผลโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 เมื่อได้ผลต่างของระยะทางจะนำมาคำนวณเป็นความเร็วและแสดงผลทาง LCD

ABSTRACT

This project present a design of Laser Radar Speedometer using time of light in the air. The laser modulated signals are sent in different times. The laser direction is opposite with the target direction. The reflected signals in different delay time are calculated to a speed of target movement. The speed is illustrated by a LCD display.

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ขั้นตอนในการทำโครงการ	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 เลเซอร์	2
2.1.1 ชนิดของเลเซอร์	4
2.1.2 เลเซอร์สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor Laser)	5
2.1.3 ปัจจัยอันตรายของแสงเลเซอร์	6
2.1.4 ระดับความอันตรายของเลเซอร์ (Laser Classes and Safety)	7
2.2 โฟโตดีเทกเตอร์ (Photodetector)	9
2.2.1 โฟโตไดโอด (Photodiodes)	9
2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (AT89S8252)	11
2.3.1 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89S8251	12
2.4 ตัวควบคุมโมดูล LCD	14
2.4.1 โมดูลแบบ LCD ขนาด 16 อักขร 1 บรรทัด (LCD16x1)	16
2.4.2 คำสั่งควบคุมโมดูล LCD	17
2.4.3 การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD	20
2.5 หลักการของเครื่องมือวัดความเร็วด้วยเลเซอร์	21
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	26
3.1 วงจรแปลงแรงดัน	26
3.2 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา	27
3.3 วงจรขับสัญญาณ	29
3.4 วงจรตรวจจับสัญญาณ	30
3.5 วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์	31
3.6 วงจรรวมสัญญาณ	32
3.6 วงจรตรวจจับเวลา	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.7 วงจรคุณสัญญาณ	34
3.8 วงจรนับ	35
3.9 ส่วนประมวลผล	40
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	41
4.1 วงจรแปลงแรงดัน	41
4.2 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา	42
4.3 วงจรจับสัญญาณ	43
4.4 วงจรตรวจจับสัญญาณ	44
4.5 วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์	45
4.6 วงจรรวมสัญญาณ	45
4.7 วงจรตรวจจับเวลา	46
4.8 วงจรคุณสัญญาณ	46
บทที่ 5 วิจัยและสรุป	49
5.1 วงจรแปลงแรงดัน	49
5.2 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา	49
5.3 วงจรจับสัญญาณ	49
5.4 วงจรตรวจจับสัญญาณ	49
5.5 วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์	50
5.6 วงจรรวมสัญญาณ	50
5.7 วงจรตรวจจับเวลา	50
5.8 วงจรคุณสัญญาณ	50
5.9 วงจรนับ	50
5.10 ไมโครคอนโทรลเลอร์	50

ภาคผนวก

บรรณานุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงชั้นพลังงานที่อยู่ในสถานะพื้น (ground state) และสถานะกระตุ้น (excited states)	2
รูปที่ 2.2 โฟตอนแสงไปกระตุ้นมีพลังงานเท่ากับขนาดของผลต่าง $E_0 - E_1$	3
รูปที่ 2.3 การปล่อยแสงแบบเกิดขึ้นเอง (spontaneous emission)	3
รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องกำเนิดเลเซอร์	5
รูปที่ 2.5 แสดง laser pointer ซึ่งเป็นเลเซอร์สารกึ่งตัวนำ	6
รูปที่ 2.6 โครงสร้างภายในของ HFBR2521	10
รูปที่ 2.7 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89S8251	14
รูปที่ 2.8 ไดอะแกรมการทำงานของโมดูล LCD แบบอักษร	15
รูปที่ 2.9 รูปร่างและการจัดขาโมดูล LCD แบบอักษร	16
รูปที่ 2.10 รูปแบบข้อมูลคำสั่งเลือกโหมดการป้อนข้อมูล	17
รูปที่ 2.11 รูปแบบข้อมูลคำสั่งควบคุมการแสดงผล	18
รูปที่ 2.12 รูปแบบข้อมูลคำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และข้อมูลตัวอักษร	18
รูปที่ 2.13 รูปแบบข้อมูลคำสั่งกำหนดฟังก์ชันการทำงาน	19
รูปที่ 2.14 รูปแบบข้อมูลเฟลค BUSY และ แอคเครส	20
รูปที่ 2.15 แสดงช่วงเวลาการทำงานของเครื่องมือวัดในขณะที่รถเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง	21
รูปที่ 2.16 ตัวอย่างการวัดความเร็วของรถโดยใช้ค่า $x = 0.5$ s	24
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ	26
รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมของวงจรแปลงแรงดัน	26
รูปที่ 3.3 วงจรแปลงแรงดัน	27
รูปที่ 3.4 บล็อกไดอะแกรมของวงจรถ่ายสัญญาณนาฬิกา	27
รูปที่ 3.5 วงจรถ่ายสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในระบบ	27
รูปที่ 3.6 timing diagram ของไอซี 74HC4040	28
รูปที่ 3.7 logic diagram ของ 74HC4040	28
รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมของวงจรจับสัญญาณ	29
รูปที่ 3.9 ลอจิกไดอะแกรมของไอซี 74LS06	29
รูปที่ 3.10 วงจรจับสัญญาณ	30
รูปที่ 3.11 บล็อกไดอะแกรมของวงจรตรวจจับสัญญาณ	30
รูปที่ 3.12 วงจรตรวจจับสัญญาณ	31
รูปที่ 3.13 บล็อกไดอะแกรมของวงจรถ่ายสัญญาณพัลส์	31
รูปที่ 3.14 วงจรถ่ายสัญญาณพัลส์	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.15 บล็อกไดอะแกรมของวงจรรวมสัญญาณ	32
รูปที่ 3.16 สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรรวมสัญญาณ	32
รูปที่ 3.17 วงจรรวมสัญญาณ	33
รูปที่ 3.18 บล็อกไดอะแกรมของวงจรตรวจจับเวลา	33
รูปที่ 3.19 วงจรตรวจจับเวลา	34
รูปที่ 3.20 บล็อกไดอะแกรมของวงจรคูณสัญญาณ	34
รูปที่ 3.21 วงจรคูณสัญญาณ	34
รูปที่ 3.22 บล็อกไดอะแกรมของวงจรมับ	35
รูปที่ 3.23 วงจรมับ	35
รูปที่ 3.24 วงจรโดยรวมของระบบ	36
รูปที่ 3.25 วงจรส่วนประมวลผลของระบบ	37
รูปที่ 3.26 ลายปริ้นท์ของวงจร โดยรวมของระบบ	38
รูปที่ 3.27 ลายปริ้นท์ของส่วนประมวลผลโดยใช้ MCS-51	38
รูปที่ 3.28 ลายปริ้นท์ของวงจรจับสัญญาณ	39
รูปที่ 3.29 บล็อกไดอะแกรมของโปรแกรมภาษาซี	40
รูปที่ 4.1 ผลการทดลองจากวงจรแปลงแรงดัน 6 V	41
รูปที่ 4.2 ผลการทดลองจากวงจรแปลงแรงดัน 5 V	41
รูปที่ 4.3 ผลการทดลองจากวงจรถ่ายกำเนิดสัญญาณนาฬิกา	42
รูปที่ 4.4 ผลการทดลองจากวงจรถ่ายกำเนิดสัญญาณนาฬิกา 2	42
รูปที่ 4.5 ผลการทดลองจากวงจรถ่ายกำเนิดสัญญาณนาฬิกา 3	43
รูปที่ 4.6 ผลการทดลองจากวงจรจับสัญญาณ	43
รูปที่ 4.7 ผลการทดลองจากวงจรตรวจจับสัญญาณ	44
รูปที่ 4.8 ผลการทดลองจากวงจรถ่ายกำเนิดสัญญาณพัลส์	45
รูปที่ 4.9 ผลการทดลองจากวงจรรวมสัญญาณ	45
รูปที่ 4.10 ผลการทดลองวงจรตรวจจับเวลา (D-FF)	46
รูปที่ 4.11 ผลการทดลองจากวงจรคูณสัญญาณ	46
รูปที่ 4.12 จอแสดงผลเมื่อทำการเปิดเครื่อง	47
รูปที่ 4.13 จอแสดงผลเมื่อไม่สามารถวัดความเร็วรถได้	47
รูปที่ 4.14 โครงสร้างภายในของเครื่องมือวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์	47
รูปที่ 4.15 เครื่องมือวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์	48
รูปที่ 4.16 ด้านหลังของเครื่องมือวัดประกอบด้วยส่วนแสดงผลด้วย LCD สวิตช์เปิด-ปิด	48

สวิตช์รีเซต และ พอร์ตสำหรับชาร์จแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่ใช้ในปัจจุบัน	12
ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ในการทำงานของขา RS , R/W และ E ของ โมดูล LCD แบบอักษร	16
ตารางที่ 2.3 รูปแบบบิต S/C และ R/L ซึ่งเกี่ยวกับการควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์ และตัวอักษร	19
ตารางที่ 3.1 ฟังก์ชันการทำงานของไอซี 74LS123	32



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของโครงการ

ปัจจุบันนี้เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความเร็วรถโดยอาศัยแสงเลเซอร์เป็นประโยชน์อย่างมากในงานด้านตำรวจ แต่เป็นอุปกรณ์ที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาแพง จึงได้มีแนวความคิดที่จะนำวัสดุที่มีราคาไม่แพงนักมาสร้างเครื่องมือวัดความเร็วรถเพื่อเป็นการลดงบประมาณในการสั่งซื้ออุปกรณ์จากต่างประเทศ

1.2 วัตถุประสงค์

- เพื่อสร้างอุปกรณ์วัดความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถ โดยมีความคลาดเคลื่อนของการวัดน้อยที่สุด
- เพื่อนำไปใช้ในภาคสนามได้

1.3 ขอบเขตของโครงการ

- มีจอแสดงผล (LCD)
- สามารถวัดความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถได้
- สามารถพกพาและใช้แบตเตอรี่

1.4 ขั้นตอนในการทำโครงการ

- ศึกษาธรรมชาติของเลเซอร์
- ศึกษาการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51
- สร้างบล็อกไดอะแกรมของโครงการทั้งหมดอย่างละเอียด
- แบ่งบล็อกไดอะแกรมทั้งหมดออกเป็นส่วน ๆ
- นำแต่ละส่วนมาสร้างเป็นวงจร
- นำทุกส่วนมาต่อรวมกันปรับแต่งให้สามารถมีเอาต์พุตออกมาได้
- ทดสอบและวัดความคลาดเคลื่อนของการวัด
- สรุปผลและวิจารณ์การทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ทำให้เครื่องทำงานได้ตามขอบเขตและเป้าหมายที่ได้วางไว้ และสามารถวัดความเร็วรถโดยแสดงผลออกทางจอแสดงผลได้ ถึงแม้ค่าความผิดพลาดจากการวัดอาจจะมีบ้าง แต่จะไม่มากและอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ และสามารถนำไปใช้ในภาคสนามได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 เลเซอร์

คำว่า Laser ย่อมาจาก Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation แสงเลเซอร์เป็นแสงที่มีสมบัติพิเศษแตกต่างจากแสงทั่ว ๆ ไป สมบัตินี้กล่าวประกอบด้วย

- เป็นแสงสีเดียว (monochromaticity)
- มีความพร้อมเพรียง (coherence)
- มีทิศทางที่แน่นอน (directionality)
- มีความเข้ม (Intensity หรือ Brightness) สูงมาก

ด้วยสมบัติพิเศษเหล่านี้ ทำให้แสงเลเซอร์ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากมาย เช่นทางด้านการสื่อสาร การทหาร บันทึกลง อุตสาหกรรม และการแพทย์

เพื่อจะเข้าใจการกำเนิดแสงเลเซอร์ ต้องเริ่มทำความเข้าใจตั้งแต่โครงสร้างของอะตอม ซึ่งเป็นหน่วยย่อยของธาตุหรือสสาร นักฟิสิกส์ได้เสนอแบบจำลองอะตอมว่าประกอบด้วยนิวเคลียสอยู่ตรงกลาง ซึ่งมีประจุบวก และมีอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบ โคจรอยู่โคจรรอบ การอยู่หรือการจับวางของอิเล็กตรอนในอะตอมทำให้อะตอม มีพลังงานค่าหนึ่ง ซึ่งอะตอมจะมีพลังงานได้เพียงบางค่าเท่านั้นขึ้นอยู่กับจำนวนอิเล็กตรอนและประจุบวกที่อยู่ในนิวเคลียสของอะตอมนั้น ถ้าอะตอมได้รับพลังงานกระตุ้นที่เหมาะสม จะมีผลทำให้อะตอมมีพลังงานสูงขึ้น แต่โคจรธรรมดาแล้ว เมื่อเวลาผ่านไปอย่างรวดเร็ว อะตอมจะคายพลังงานส่วนเกินที่ได้รับออกมา เพื่อให้มีพลังงานต่ำลง

เนื่องจากอิเล็กตรอนที่โคจรรอบนิวเคลียสในวงโคจรที่ต่างกัน จะมีพลังงานที่แตกต่างกัน ซึ่งพลังงานดังกล่าวบ่งชี้ถึงพลังงานของอะตอมนั่นเอง เมื่อทำการจัดเรียงพลังงานต่าง ๆ ของอะตอมที่สามารถมีได้ จากค่าน้อยไปหาค่ามาก สามารถเขียนแผนภาพชั้นพลังงาน (energy level) ของอะตอมได้ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงชั้นพลังงานที่อยู่ในสถานะพื้น (ground state) และ สถานะกระตุ้น (excited states)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

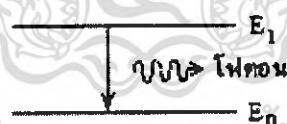
ในสภาวะสมดุลความร้อน เมื่อพิจารณาอะตอมหนึ่ง ๆ จะมีพลังงานอยู่ค่าหนึ่ง ซึ่งจะสามารถอยู่ในชั้นพลังงานใดชั้นพลังงานหนึ่งได้ แต่ในธรรมชาติ ธาตุและสารประกอบจะประกอบด้วยอะตอมจำนวนมาก ดังนั้นในชั้นพลังงานของอะตอมสำหรับธาตุหรือสารประกอบจึงมีอะตอมหรือประชากรอะตอมกระจายอยู่ในจำนวนที่แตกต่างกัน ซึ่งโดยมากแล้ว ประชากรอะตอมในชั้นพลังงานต่ำจะมีมากกว่าประชากรอะตอมในชั้นพลังงานสูง

การเปลี่ยนชั้นพลังงานของประชากรอะตอมสามารถเกิดขึ้นได้เมื่อมีพลังงานจากภายนอกมากระตุ้น เช่น การกระตุ้นโดยโฟตอนแสง (อนุภาคของแสง) ที่มีพลังงานเท่ากับความแตกต่างของระดับพลังงานพอดี กล่าวคือ ถ้าต้องการกระตุ้นอะตอมที่เดิมอยู่ในสถานะพื้น ให้ไปอยู่ในสถานะกระตุ้นที่ 1 โฟตอนแสงที่ไปกระตุ้นต้องมีพลังงานเท่ากับขนาดของผลต่าง $E_0 - E_1$



รูปที่ 2.2 โฟตอนแสงไปกระตุ้นมีพลังงานเท่ากับขนาดของผลต่าง $E_0 - E_1$

การเปลี่ยนชั้นพลังงานของอะตอมที่เกิดขึ้น โดยการดูดกลืนโฟตอนแสง เป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การดูดกลืนแสง (light absorption) แต่อะตอมที่อยู่ในชั้นพลังงาน E_1 จะไม่เสถียร เมื่อเวลาผ่านไปอย่างรวดเร็ว อะตอมนั้นจะกลับมามีพลังงาน E_0 เช่นเดิม โดยปลดปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปของโฟตอนแสง ที่มีพลังงานเท่ากับ $E_1 - E_0$ ปรากฏการณ์ปลดปล่อยโฟตอนโดยธรรมชาตินี้เรียกว่า การปล่อยแสงแบบเกิดขึ้นเอง (spontaneous emission)



รูปที่ 2.3 การปล่อยแสงแบบเกิดขึ้นเอง (spontaneous emission)

ในปี ค.ศ. 1917 ไอน์สไตน์ ได้เสนอว่า นอกเหนือจากปรากฏการณ์ปล่อยแสงแบบเกิดขึ้นเองแล้ว ยังสามารถทำให้เกิดการปล่อยแสงโดยการถูกกระตุ้น (stimulated emission) ได้ด้วย ซึ่งการปล่อยแสงโดยการถูกกระตุ้นนี้เป็นกลไกหลักในการกำเนิดแสงเลเซอร์ กล่าวคือ ในขณะที่อะตอมอยู่ในสถานะกระตุ้น เช่น อยู่ในชั้นพลังงาน E_1 ถ้ามีโฟตอนแสงจากภายนอกที่มีพลังงานเท่ากับความแตกต่างของระดับพลังงาน $E_1 - E_0$ เข้ามาชน จะทำให้อะตอมที่อยู่ในชั้นพลังงาน E_1 นี้ ถูกกระตุ้นให้ลงมายังชั้นพลังงาน E_0 โดยมีการคายพลังงานออกมาในรูปของโฟตอนที่มีพลังงานเท่ากับ $E_1 - E_0$ เนื่องจากโฟตอนแสงที่มาชนไม่ถูกดูดกลืนโดยอะตอมที่ถูกชน ทำให้จำนวนโฟตอนเพิ่มขึ้นเป็นสองอนุภาค (โฟตอนที่มากระตุ้นบวกกับโฟตอนที่ได้จากการเปลี่ยนสถานะของอะตอม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟตอนทั้งสองนี้มีพลังงานเท่ากัน มีความถี่เดียวกัน มีเฟสตรงกัน มีโพลาไรเซชันเหมือนกัน และเคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกัน ซึ่งถ้าพิจารณาในมุมมองของคลื่นแล้ว จะพบว่าเมื่อแสงสองขบวนมีความถี่ตรงกัน มีเฟสตรงกัน เคลื่อนที่ในทิศทางเดียวกัน สามารถที่จะรวมกันในลักษณะที่เสริมกันได้ ทำให้ได้คลื่นรวมที่มีขนาดโตขึ้น เกิดเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การขยายสัญญาณแสง (light amplification) ขึ้น ถ้าสามารถทำให้เกิดการขยายสัญญาณแสงในลักษณะนี้กับอะตอมเป็นจำนวนมาก ๆ ได้ ก็จะทำให้ได้สัญญาณแสงที่มีความเข้มสูงออกมา

จากที่กล่าวมา พบว่าปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการที่จะทำให้เกิดการขยายแสงโดยการกระตุ้นได้มาก ๆ ก็คือการทำให้มีประชากรอะตอมในสถานะกระตุ้นมาก ๆ ซึ่งในธรรมชาติเป็นไปไม่ได้ จึงต้องมีการหาวิธีการที่จะทำให้ประชากรอะตอมในสถานะกระตุ้น E_1 มากกว่าสถานะพื้น E_0

ปรากฏการณ์ที่ทำให้จำนวนประชากรอะตอมในชั้นพลังงานสูงมีมากกว่าประชากรในชั้นพลังงานต่ำ เรียกว่า ประชากรผกผัน (population inversion) ในทางปฏิบัติสามารถทำให้เกิดประชากรผกผันได้โดยการใช้พลังงานจากภายนอกปริมาณหนึ่งซึ่งเพียงพอจะทำให้ประชากรอะตอมมีสถานะเปลี่ยนไปจากสถานะพื้น E_0 ไปยังสถานะกระตุ้น E_1 และทำให้การกระตุ้นประชากรอะตอมในสถานะกระตุ้นให้ตกกลับมายังสถานะพื้น เพื่อให้ประชากรอะตอมปลดปล่อยโฟตอนแสงเป็นจำนวนมากออกมา

อย่างไรก็ตามการกระตุ้นประชากรอะตอมเพื่อให้มีการปล่อยแสงเพียงครั้งเดียวยังไม่สามารถทำให้ได้แสงเลเซอร์ออกมา เนื่องจากในความเป็นจริง ในขณะที่เดียวกับที่เกิดการปล่อยแสงโดยการถูกกระตุ้นก็จะมี การดูดกลืนแสงเกิดขึ้นด้วยโดยประชากรอะตอมในสถานะพื้น ทำให้ความเข้มแสงที่ได้มีปริมาณลดลง ดังนั้นเพื่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความเข้มของสัญญาณแสง จึงต้องทำให้เกิดปรากฏการณ์ปล่อยแสงโดยการถูกกระตุ้นอย่างต่อเนื่อง โดยการทำให้โฟตอนแสงที่ได้จากการปลดปล่อยของประชากรอะตอมมากระตุ้นให้เกิดการปลดปล่อยแบบถูกกระตุ้นซ้ำแล้วซ้ำอีก จนกระทั่งสัญญาณแสงมีความเข้มสูงขึ้นจนถึงจุดเลสซิง (lasing point) หรือจุดออสซิลเลตของเลเซอร์ (laser oscillating point) แสงที่ได้ออกมาจึงมีสมบัติเป็นแสงเลเซอร์

ด้วยสาเหตุที่แสงที่ได้นี้เกิดจากปรากฏการณ์ขยายสัญญาณโดยการปล่อยแสงแบบถูกกระตุ้น จึงเป็นที่มาของคำเต็ม laser ในภาษาอังกฤษที่มาจาก Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

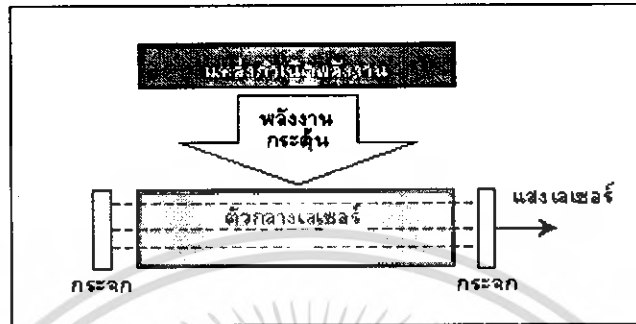
2.1.1 ชนิดของเลเซอร์

เมื่อนำปัจจัยที่กล่าวมาทั้งหมดในหัวข้อที่แล้วมาพิจารณา จะพบว่าในทางปฏิบัติ โครงสร้างของเครื่องกำเนิดแสงเลเซอร์จะต้องมีองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วน คือ

1. ตัวกลางเลเซอร์ (laser medium) เป็นวัสดุที่ถูกกระตุ้นแล้วให้แสงเลเซอร์ออกมา ซึ่งอาจเป็นแก๊สของแข็ง ของเหลว หรือสารกึ่งตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ออปติคัลเรโซเนเตอร์ (optical resonator) เป็นส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดเลเซอร์ที่ทำให้เกิดการปล่อยแสงแบบถูกกระตุ้นซ้ำแล้วซ้ำอีกจนถึงจุดเลเซอร์ ประกอบด้วยกระจก 2 แผ่น วางหันหน้าเข้าหากัน โดยระหว่างกลางมีตัวกลางเลเซอร์อยู่
3. แหล่งกำเนิดพลังงาน (energy source) เป็นตัวกระตุ้นให้อะตอมอยู่ในสภาวะที่เป็นประชากรผกผัน



รูปที่ 2.4 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องกำเนิดเลเซอร์

กระจกที่ทำหน้าที่เป็นออปติคัลเรโซเนเตอร์สองบานนั้น มีความสามารถในการสะท้อนแสงได้ต่างกันเล็กน้อย กล่าวคือ กระจกแผ่นหลังตัวกลางเลเซอร์สามารถสะท้อนแสงได้หมด ในขณะที่กระจกแผ่นหน้าสะท้อนแสงได้เกือบหมด โดยมีปริมาณแสงบางส่วนทะลุผ่านไปได้ แสงที่ทะลุผ่านไปก็คือแสงเลเซอร์นั่นเอง เราสามารถแบ่งชนิดของเลเซอร์ตามลักษณะของตัวกลางเลเซอร์ได้ดังนี้

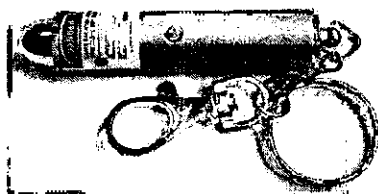
- Gas Laser: สารตัวกลางเลเซอร์มีลักษณะเป็นก๊าซ เช่น CO₂ Laser, Argon Laser, Xenon Laser, He-Ne Laser
- Solid State Laser: ใช้สารตัวกลางเลเซอร์ที่เป็นแท่งผลึกแข็ง เช่น Nd:YAG Laser, Ruby Laser
- Dye Laser: สารตัวกลางมีลักษณะเป็นของเหลว เช่น Rhodamin 6G Laser
- Semiconductor Laser: เป็นเลเซอร์ที่ใช้สารตัวกลางเลเซอร์เป็นสารกึ่งตัวนำ เช่น Diode Laser ชนิดต่าง ๆ

เลเซอร์ที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมในปัจจุบัน ได้แก่ He-Ne Laser, Argon-Ion Laser, Carbon dioxide Laser, Ruby Laser, Nd:YAG Laser, Semiconductor Laser และ Excimer Laser

2.1.2 เลเซอร์สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor Laser)

เป็นเลเซอร์ที่ใช้สารกึ่งตัวนำเป็นตัวกลาง และเป็นเลเซอร์ที่มีจำนวนมากที่สุด มีลักษณะคล้ายกับ LED (light emitting diode) แต่มีลักษณะพิเศษบางประการ ทำให้แสงที่ออกมาเป็นเลเซอร์ โดย LED จะให้แสงจากการปล่อยแสงแบบเกิดขึ้นเองแต่เลเซอร์สารกึ่งตัวนำให้แสงจากการปล่อยแสงโดยการถูกกระตุ้นแสง ในเลเซอร์ชนิดนี้เกิดจากการรวมตัว (recombination) ของอิเล็กตรอน กับ "หลุม" (hole) ที่บริเวณรอยต่อ P-N ของสารกึ่งตัวนำ เช่น GaAs, GaP และ GaAlAs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 แสดง laser pointer ซึ่งเป็นเลเซอร์สารกึ่งตัวนำ สมัยนี้หาซื้อได้ง่าย ราคาถูก แต่น้อยคนที่จะรู้ว่าแสงที่ให้นั้นเป็นอันตรายต่อนัยน์ตาได้

ความยาวคลื่นของแสงขึ้นกับชนิดของสารกึ่งตัวนำที่ใช้เป็นตัวกลาง โดยความยาวคลื่นหลัก ๆ คือ 650, 770, 809, 1100 และ 1500 นาโนเมตร สามารถประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์หลายชนิด เช่น ปริ้นเตอร์ เลเซอร์พอยน์เตอร์ กำลังของเลเซอร์ที่ได้มีตั้งแต่ระดับ มิลลิวัตต์ ถึง วัตต์ แต่สามารถนำเลเซอร์สารกึ่งตัวนำหลาย ๆ อัน มารวมกันในรูปแบบของอาร์เรย์ (array) มีกำลังสูงเป็นระดับ กิโลวัตต์ ได้

2.1.3 ป้องภัยอันตรายของแสงเลเซอร์

ความยาวคลื่นแสง

ความยาวคลื่นเป็นเรื่องค่อนข้างสำคัญที่ต้องทำความเข้าใจ แม้ว่าตาของมนุษย์เราสามารถเห็นแสงที่มีความยาวคลื่นได้เฉพาะช่วง 400 - 700 นาโนเมตร แต่ไม่ว่าแสงความยาวคลื่นช่วงไหน ทั้งที่มองเห็นและมองไม่เห็น ถ้าเข้าถึงตาก็สามารถทำอันตรายอย่างมากได้

โดยทั่วไปแล้ว แสงในช่วง 400 - 1500 นาโนเมตร ซึ่งครอบคลุมช่วงที่ตาเรามองเห็นและช่วงที่เป็นอินฟราเรด จะสามารถผ่านเลนส์ตาเข้าไปถึงเรตินาได้ ซึ่งช่วงที่เป็นอินฟราเรด ไม่ว่าจะมีความเข้มมากขนาดไหน เราก็ไม่สามารถเห็นได้ แต่จะสามารถทำอันตรายต่อเรตินาได้ เช่นเดียวกับคาร์บอนไดออกไซด์ เลเซอร์ ที่อยู่ในช่วงอินฟราเรด ก็สามารถตัดผ้าหรือเจาะไหม้ได้ ส่วนแสงในช่วงอัลตราไวโอเล็ต (ความยาวคลื่นประมาณ 100 - 400 นาโนเมตร) แม้ว่าจะผ่านไปถึงเรตินาได้ไม่ดีเท่ากับช่วง 400 - 1500 นาโนเมตร แต่สามารถทำอันตรายต่อแก้วตาและเลนส์ส่วนนอกได้ ซึ่งจะช่วยให้ตาบอดถาวรได้เช่นกัน

การจะเข้าใจรายละเอียดในเรื่องเหล่านี้ก็ต้องเข้าใจว่าตามีส่วนประกอบเป็นอย่างไร และมีสมบัติเชิงแสง อย่างเช่น ค่าการดูดกลืนแสง เป็นอย่างไร ถ้าจะสรุปโดยง่ายก็คือ เลเซอร์ ไม่ว่าจะช่วงความยาวคลื่นไหน ๆ ก็สามารถทำอันตรายต่อตามนุษย์ถึงขนาดทำให้ตาบอดได้ การปล่อยเลเซอร์ชนิดที่เป็นพัลส์และต่อเนื่อง ก็มีอันตรายแตกต่างกัน เลเซอร์ชนิดพัลส์ โดยเฉพาะที่มีช่วงเวลาของพัลส์น้อยกว่า มิลลิวินาที เพียงแค่พัลส์เดียวก็อาจจะทำให้ตาบอดได้ แต่ถ้าเป็นแบบต่อเนื่องก็จะต้องใช้เวลาานกว่านี้ในการทำอันตรายต่อตา

ระยะห่างจากแหล่งกำเนิด

ระยะห่างจากแหล่งกำเนิดแสงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งซึ่งต้องทำความเข้าใจให้ดี ถ้าลำแสงเลเซอร์เข้าตาไม่ว่าเราจะอยู่ห่างเท่าใด ก็ยังมีอันตรายค่อนข้างสูง เพราะแสงที่ออกจากเลเซอร์มีสมบัติประการสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่แตกต่างจากแสงจากแหล่งอื่นๆ คือ แสงจะคงสภาพเป็นลำแสงค่อนข้างดี ไม่ค่อยบานออกมากนัก ทำให้ความเข้มแสงของแสงเลเซอร์ที่ระยะห่างต่าง ๆ จากเลเซอร์จะไม่แตกต่างกัน ถ้าเป็นกรณีที่แสงเลเซอร์ไม่ตกกระทบหรือสะท้อนผิววัตถุที่ขรุขระก่อน อาจทำให้แสงที่สะท้อน ออกมาลดสภาพการเป็นลำแสงลงบ้าง โดยแสงจะบานออกค่อนข้างเร็ว นั่นคือถ้าอยู่ห่างจากจุดที่สะท้อน ก็จะทำให้ลดอันตรายจากแสงได้ เพราะแสงมีความเข้มน้อยลง แต่ถ้าแสงสะท้อนจากวัตถุที่เป็นกระจกหรือโลหะเรียบ ๆ ก็ยังคงมีสภาพเป็นลำแสง และมีความเข้มสูง ซึ่งเป็นอันตรายเหมือนกับการมองลำแสง โดยตรงที่ไม่ได้สะท้อนอะไรเลย

2.1.4 ระดับความอันตรายของเลเซอร์ (Laser Classes and Safety)

เนื่องจากเลเซอร์มีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดก็มีหลายแบบ กำลังความเข้มก็แตกต่างกัน อันตรายที่เกิดขึ้นจากการใช้ก็แตกต่างกันไปมากบ้างน้อยบ้าง หรือบางอันอาจจะไม่เกิดอันตรายเลยแม้จะจ้องลำแสงสัก 5 นาที แต่บางชนิดเพียงแค่ว่าแสงสะท้อนจากขอบแผ่นพลาสติกก็อาจทำให้ตาบอดได้ ดังนั้นระดับของความระมัดระวัง การป้องกัน ก็จะแตกต่างกันไป ไม่ใช่ว่าเลเซอร์ชนิดใดก็มีมาตรการป้องกันเข้มงวดที่สุดเหมือนกันหมด เช่น ถ้าใช้ฮีเลียมนีออนเลเซอร์ ขนาด 1 ไมโครวัตต์ ก็ไม่ต้องสร้างห้องพิเศษ ไม่ต้องใส่แว่นตาป้องกัน ด้วยเหตุนี้จึงมีการแบ่งระดับความอันตรายของเลเซอร์ โดยแบ่งเป็น 4 ระดับ (Class) ดังนี้

ระดับที่ 1 (Class 1)

เป็นเลเซอร์ที่กำลังน้อยมากจนถือได้ว่าปลอดภัย โดยเลเซอร์ระดับนี้จะไม่เป็นอันตรายต่อตา ผิวหนัง หรือส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย ซึ่งในการใช้งานเลเซอร์ระดับชั้นนี้ไม่ต้องมีการควบคุม หรือมีเครื่องหมายเตือน นอกจากป้ายติดไว้ที่เลเซอร์ว่าเป็นเลเซอร์ระดับที่ 1 ตัวอย่างเช่น ฮีเลียมนีออนเลเซอร์ ขนาด 1 ไมโครวัตต์

ระดับที่ 1M (Class 1M: Magnifier)

เลเซอร์ระดับที่ 1M ประกอบด้วยเลเซอร์ที่กำลังมากกว่าเลเซอร์ระดับที่ 1 แต่มีลำแสงที่ diffuse นั่นหมายถึงลำแสงสามารถขยายออกได้โดยใช้อุปกรณ์ทางทัศนศาสตร์

“เท่าที่พบมา เลเซอร์ระดับนี้ไม่ทำให้เกิดอันตราย”

ระดับที่ 2 (Class 2)

เลเซอร์ในระดับนี้จะเป็เลเซอร์ที่กำลังต่ำและมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงที่สามารถเห็นได้ (ความยาวคลื่นในช่วง 400-700 นาโนเมตร) โดยมีกำลังไม่เกิน 1 มิลลิวัตต์ และต้องเป็น ชนิดต่อเนื่องเท่านั้น เลเซอร์ในระดับชั้นนี้ไม่ได้จัดว่าปลอดภัยเหมือนเลเซอร์ระดับที่ 1 แต่มีอันตรายไม่มากนักและถ้าแสงเลเซอร์ในระดับชั้นนี้เข้าตา การหลับตาทันทีที่รู้ว่าแสงเข้า ซึ่งปกติจะเร็วมาก (ประมาณ 0.25 วินาที) ก็จะเป็นการป้องกันอันตรายที่เพียงพอ เพราะช่วงเวลาที่รับเอาแสงจะสั้นมากจนไม่เป็นอันตราย ตัวอย่างของเลเซอร์ในระดับที่ 2 นี้ได้แก่ ฮีเลียมนีออนเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่น 632.8 นาโนเมตร (สีแดง) และมีกำลัง

ไม่เกิน 1 มิลลิวัตต์ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในห้องทดลองระดับชั้นมัธยมหรือการทดลองพื้นฐานในระดับมหาวิทยาลัย สำหรับมาตรการป้องกันที่ใช้คือ การติดป้ายที่เลเซอร์ แสดงว่าเป็นเลเซอร์ระดับที่ 2 และการมีป้ายเตือน

“เท่าที่พบมา เลเซอร์ระดับนี้ไม่ทำให้เกิดอันตราย แต่ให้หลีกเลี่ยงการจ้องไปที่ลำแสง”

ระดับที่ 2M (Class 2M: Magnifier)

เลเซอร์ระดับที่ 2M ประกอบด้วยเลเซอร์ประเภทเดียวกับในระดับที่ 2 แต่ให้กำลังมากกว่าเลเซอร์ระดับที่ 2 และมีลำแสงที่ diffuse นั่นหมายถึงลำแสงสามารถขยายออกได้โดยใช้อุปกรณ์ทางทัศนศาสตร์

“ให้หลีกเลี่ยงการจ้องไปที่ลำแสง”

ระดับที่ 3R (Class 3R: Restricted)

ประกอบด้วยเลเซอร์ทั้งในย่านที่ตามองเห็นและมองไม่เห็น ย่านที่ตามองเห็น (ความยาวคลื่นช่วง 400 - 700 นาโนเมตร): ประกอบด้วยเลเซอร์ที่มีกำลังอยู่ระหว่าง 1 มิลลิวัตต์ ถึง 5 มิลลิวัตต์ ย่านที่ตามองไม่เห็น (เช่น อินฟราเรด และอัลตราไวโอเล็ต): ประกอบด้วยเลเซอร์ที่มีกำลังมากกว่ากำลังของเลเซอร์ระดับที่ 1 แต่ไม่น้อยกว่า 5 เท่าของกำลังของเลเซอร์ระดับที่ 1 ตัวอย่างของเลเซอร์ระดับที่ 3R คือ เลเซอร์อาร์กอน ที่ให้แสงสีเขียว มีความยาวคลื่น 514.5 นาโนเมตร ที่มีกำลัง 5 มิลลิวัตต์

“อย่ามองเข้าไปในลำแสงเลเซอร์หรือแสงสะท้อนของเลเซอร์”

ระดับที่ 3B (Class 3B)

ประกอบด้วยเลเซอร์ทั้งในย่านที่ตามองเห็นและมองไม่เห็น ย่านที่ตามองเห็น (ความยาวคลื่นช่วง 400 - 700 นาโนเมตร): ประกอบด้วยเลเซอร์ที่มีกำลังอยู่ระหว่าง 5 มิลลิวัตต์ ถึง 500 มิลลิวัตต์ ย่านที่ตามองไม่เห็น (เช่น อินฟราเรด และอัลตราไวโอเล็ต): ประกอบด้วยเลเซอร์ที่มีกำลังมากกว่า 5 เท่าของกำลังของเลเซอร์ระดับที่ 1 แต่ต่ำกว่า 500 มิลลิวัตต์

“อย่ามองเข้าไปในลำแสงเลเซอร์หรือแสงสะท้อนของเลเซอร์ เลเซอร์ที่มีกำลังสูงอาจทำอันตรายต่อผิวหนังได้”

เลเซอร์ในระดับที่ 3 ทั้งสองระดับย่อยนี้ เป็นเลเซอร์ที่มีกำลังปานกลาง และจะพบในห้องทดลองวิจัยทั่ว ๆ ไป ซึ่งมีอันตรายมากขึ้น ต้องมีอุปกรณ์ป้องกัน

ระดับที่ 4 (Class 4)

เลเซอร์ในระดับนี้ คือเลเซอร์ทั้งหลายที่ไม่สามารถจัดอยู่ในระดับอื่น ๆ ข้างต้นได้ แต่จะเป็นเลเซอร์ที่มีกำลังสูงมาก (มากกว่า 5 มิลลิวัตต์) ลำแสงเลเซอร์ระดับนี้ถือว่ามีอันตรายต่อ นัยน์ตาและผิวหนังอย่างยิ่ง แม้กระทั่งลำแสงที่สะท้อนแล้วก็ยังสามารถทำอันตรายได้ ตัวอย่างเช่น เลเซอร์อาร์กอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในทางอื่นใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด 2 วัตต์ หรือ นีโอติเมียมแก็กเลเซอร์ชนิดพัลส์ 20 นาโนวินาที ที่มีความเข้ม 1 จูลต่อตารางเซนติเมตร โดยการใช้งานกับเลเซอร์เหล่านี้มีมาตรการ โดยทั่วไปคล้ายกับระดับที่ 3 แต่จะรัดกุมยิ่งขึ้น เช่น ต้องใช้ อนุญาตในระบบควบคุมการเปิดปิดเลเซอร์

“อย่ามองเข้าไปในลำแสงเลเซอร์หรือแสงสะท้อนของเลเซอร์”

หมายเหตุ: กฎเกณฑ์ในการแบ่งระดับชั้นของเลเซอร์มีความแตกต่างกันไปตามประเทศ เช่น อังกฤษ หรือ ยุโรป ก็มีระบบหนึ่ง ในสหรัฐอเมริกา แต่ละรัฐก็อาจมีระบบที่ต่างกัน แต่ก็ต่างกันเฉพาะตรงข้อปลีกย่อย เท่านั้น ประเด็นหลักต่าง ๆ ยังคงเหมือนกัน เช่น เลเซอร์ชนิดพัลส์กำลังสูง จะเป็นระดับที่ 4 เสมอ

2.2 โฟโตดีเทคเตอร์ (Photodetector)

เป็นอุปกรณ์วัดความเข้มแสงที่สามารถเปลี่ยนสัญญาณแสงให้กลายเป็นสัญญาณ ไฟฟ้า ได้โดยการดูดกลืนพลังงานของโฟตอนไปใช้ในการกระตุ้นให้สารหรือวัสดุมีการปลดปล่อยพาหะอิสระทำให้เกิดการนำไฟฟ้าขึ้น โฟโตดีเทคเตอร์มีด้วยกันหลายชนิดและมีการนำไปใช้งานที่แตกต่างกัน หลักการพื้นฐาน

โฟโตดีเทคเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนสัญญาณแสงที่ตกกระทบตัวเครื่องให้กลายเป็นสัญญาณ ไฟฟ้า เช่น สักข์หรือกระแส อุปกรณ์วัดปริมาณความเข้มแสงหลายๆ ชนิดจะทำการแปลงสัญญาณนี้โดยการสร้างคู่อิเล็กตรอน - โฮลอิสระ (electron-hole pairs) ขึ้นจากการดูดกลืนโฟตอน อิเล็กตรอนอิสระนี้จะเกิดขึ้นในแถบการนำ (Conduction band) และโฮลอิสระเกิดในแถบวาเลนซ์ (Valence band) พาหะอิสระเหล่านี้จะเกิดการเคลื่อนที่ในอุปกรณ์วัดจนสร้างสนามไฟฟ้าและทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า ประจุไฟฟ้า (e) ที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะถูกเก็บสะสมรวบรวมไว้ที่วงจรภายนอกหรือประจุไว้ในแบตเตอรี่ ประเภทของโฟโตดีเทคเตอร์

โฟโตดีเทคเตอร์สามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ได้อย่างหลากหลายตามแต่การนำไปใช้งาน แต่โดยทั่วไปแล้วจะสามารถแบ่งได้ดังนี้ Photoresistor , Photovoltaic cell , Photodiode และ Photomultiplier Tube

2.2.1 โฟโตไดโอด (Photodiodes)

โฟโตไดโอด เป็นอุปกรณ์ประเภทหนึ่งของโฟโตดีเทคเตอร์ เป็นสิ่งประดิษฐ์รับแสงชนิดโฟโตอิเล็กทริกแบบภายใน (internal photoelectric) ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ โดยจะเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า การต่อโฟโตไดโอดเพื่อใช้งานจะเป็นแบบไบอัสกลับ ทั้งนี้เพราะไม่ต้องการให้โฟโตไดโอดทำงานในทันทีทันใด แต่ต้องการให้ไดโอดทำงานเฉพาะเมื่อมีปริมาณแสงสว่างมากพอตามที่กำหนดเสียก่อน กล่าวคือ เมื่อมีแสงตกกระทบ อิเล็กตรอนที่ยึดติดอยู่กับอะตอมในข่ายผลึกจะแตกหลุด เกิดเป็นอิเล็กตรอนอิสระและโฮลอิสระขึ้น อิเล็กตรอนและโฮลเหล่านี้จะเคลื่อนที่เข้าไปในเขตปลอดพาหะ (Depletion region) เกิดเป็นกระแสไฟฟ้าย้อนกลับด้วยปริมาณที่แปรเปลี่ยนตามความเข้มแสง เรียกว่า กระแสโฟโต (photo current , I_{ph}) โฟโตไดโอดมักใช้ตรวจวัดความเข้มแสงในงานทางด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิทยาศาสตร์และในอุตสาหกรรมที่ต้องการความแม่นยำสูง สารกึ่งตัวนำที่นิยมนำมาทำเป็นโฟโตไดโอด ได้แก่ ซิลิกอน (Si), อินเดียมแกเลียมอะเซไนด์ (InGaAs), เจอร์มาเนียม (Ge), แกเลียมไนไตรด์ (GaN) และซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) ซึ่งไวต่อแสงในช่วงความยาวคลื่นต่างๆกัน

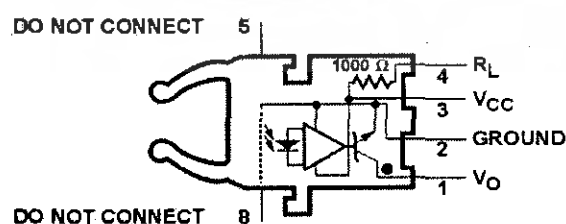
โฟโตไดโอดมีคุณสมบัติเด่นดังนี้ คือ

- สัญญาณเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงตามความเข้มของแสงอินพุตแบบเชิงเส้นได้ดี (excellent linearity)
- มีสัญญาณรบกวนต่ำ (low noise)
- ตอบสนองต่อแสงในช่วงความยาวคลื่นแสงที่กว้าง (wide spectral response)
- มีความคงทนทางกลศาสตร์ (mechanical ruggedness)
- มีขนาดกะทัดรัดและเบา (compact & light weight)
- มีอายุการใช้งานยาวนาน (long life time)

โฟโตไดโอดใช้ประโยชน์ในงาน

- วัดความเข้มแสง
- ชัตเตอร์แสง
- กำหนดตำแหน่งของเครื่องมือกล
- การวัดระยะทางไกลด้วยแสงอินฟราเรด
- ตรวจจับสัญญาณแสงที่มีความถี่สูง

โฟโตไดโอดมีลักษณะเป็น p-n junction ได้แก่ พีเอ็นโฟโตไดโอด (pn Photodiode), พินโฟโตไดโอด (pin Photodiode) และอะวอลานซ์โฟโตไดโอด (Avalanche Photodiode, APD) ในระบบการสื่อสารด้วยแสงนิยมใช้โฟโตไดโอดชนิดพิเศษที่ทำงานได้รวดเร็วมาก คือ พินโฟโตไดโอด และอะวอลานซ์โฟโตไดโอด แต่ในที่นี้เราจะใช้ HFBR2521 เป็นตัวรับสัญญาณแสงที่สะท้อนกลับมา มีโครงสร้างภายใน ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 โครงสร้างภายในของ HFBR2521

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติที่สำคัญของ HFBR2521

- มีโฟโตไดโอดและวงจรขยายสัญญาณอยู่ภายใน
- รับสัญญาณได้ในช่วงแสงสีแดง ความยาวคลื่น 660 nm.
- มีสัญญาณรบกวนต่ำ
- วงจรภายในประกอบด้วยอุปกรณ์ประเภท TTL

2.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (AT89C51)

คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 อนุกรม AT89xx

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
- ภายในมีหน่วยความจำ โปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
- หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม
- ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
- ไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิต อย่างน้อย 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
- สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิป
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI สำหรับอนุกรม AT89Sxx
- มีวอตช์ดีด็อกไทมเมอร์ในตัว สำหรับในอนุกรม AT89Sxx

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชที่ใช้ในปัจจุบัน

เบอร์ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์	หน่วยความจำโปรแกรม (กิโลไบต์)	หน่วยความจำข้อมูล	จำนวนไทมเมอร์/ แกนเตอร์ 16 บิต
AT89C1051	แบบแฟลชขนาด 1	แรม 64 ไบต์	1
AT89C2051	แบบแฟลชขนาด 2	แรม 128 ไบต์	2
AT89C51	แบบแฟลชขนาด 4	แรม 128 ไบต์	2
AT89C52	แบบแฟลชขนาด 8	แรม 256 ไบต์	3
AT89C55	แบบแฟลชขนาด 20	แรม 256 ไบต์	3
AT89S8252	แบบแฟลชขนาด 8	แรม 256 ไบต์ อีอีพรอม 2 กิโลไบต์	3
AT89S53	แบบแฟลชขนาด 12	แรม 256 ไบต์	3
P89C51RD2	แบบแฟลชขนาด 64	แรม 1 กิโลไบต์	3

2.3.1 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89S8251

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาการใช้งานพื้นฐานเหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.7 โดยมีรายละเอียดขั้นต้นดังนี้

ขา Vcc เป็นขาป้อนแรงดันไฟเลี้ยง 5 โวลต์

ขา GND เป็นขากราวด์

ขาพอร์ต 0 (P0.0 – P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตพอร์ตสามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0 – A7) และขาข้อมูล (D0 – D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานให้เป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาข้อมูล

ขาพอร์ต 1 (P1.0 – P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 1 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนั้นในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทมเมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทมเมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาพอร์ต 2 (P2.0 – P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 2 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุต สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อ ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8 – A15)

ขาพอร์ต 3 (P3.0 – P3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุตสำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 3 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุต ก็สามารถทำได้โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อ ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนั้นขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ มีรายละเอียดดังนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา $\overline{\text{INT0}}$

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา $\overline{\text{INT1}}$

P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเทอร์ไทมเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับสัญญาณอินเทอร์ไทมเมอร์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ WR ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ RD ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ขา รีเซต (Reset) ใช้ในการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซ็ตสถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซตอย่างน้อย 2 แมกซ์ซีไอเคล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างปกติ

ขา $\overline{\text{ALE/PROG}}$ (Address Latch Enable/Program Pulse Input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมเพื่อทำหน้าที่ควบคุมการแลตช์ (latch) ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขาสำหรับรับพัลส์ของการโปรแกรมสำหรับ โปรแกรม ข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีพรอม

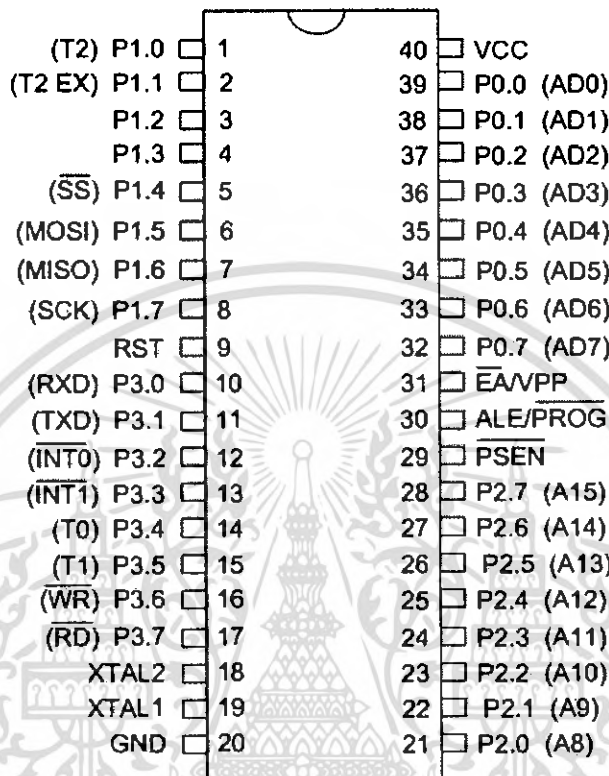
ขา $\overline{\text{PSEN}}$ (Program Store Enable) ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้ง ในแต่ละแมกซ์ซีไอเคล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีการส่งสัญญาณใดๆ ออกมา

ขา $\overline{\text{EA/VPP}}$ (External Access Enable/Programming Voltage Input) ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายในหรือภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยถ้ามีสถานะเป็น “0” เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้ามีสถานะเป็น “1” เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ที่ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูง สำหรับการโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51 แบบแฟลช ต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรมคือ +12 V

ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตัลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

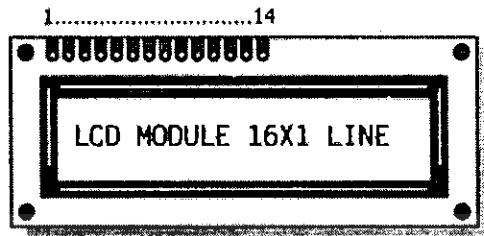


รูปที่ 2.7 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51

2.4 ตัวควบคุมโมดูล LCD

ในการใช้งานโมดูล LCD จำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมให้ดีเสียก่อน จึงยกตัวอย่างโมดูล LCD แบบอักษร เพราะสามารถเข้าใจง่าย ให้รูปที่ 2.8 เป็นบล็อกไดอะแกรมภายในของชิปควบคุม LCD เบอร์ HD447780 ซึ่งใช้โมดูล LCD แบบอักษรประกอบด้วย

แฟลค BUSY เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แจ้งสถานะการทำงานของตัวควบคุมให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่าตัวควบคุมพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือคำสั่งหรือไม่ ดังนั้นก่อนการส่งข้อมูลหรือคำสั่งมายังตัวควบคุมต้องตรวจสอบสถานะของแฟลค BUSY นี้เสียก่อน



- ขา 1 : GND
- ขา 2 : +V
- ขา 3 : Brightness ปรับความสว่าง
- ขา 4 : RS
- ขา 5 : R/W
- ขา 6 : E
- ขา 7-14 : D0-D7

รูปที่ 2.9 รูปร่างและการจัดขาโมดูล LCD แบบอักษร

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ในการทำงานของขา RS, R/W และ E ของโมดูล LCD แบบอักษร

RS	R/W	E	การทำงาน
0	0		เขียนคำสั่ง
0	1		อ่านสถานะของโมดูล LCD
1	0		เขียนข้อมูล
1	1		อ่านข้อมูล

2.4.1 โมดูลแบบ LCD ขนาด 16 อักษร 1 บรรทัด (LCD16x1)

สำหรับโมดูล LCD ที่ยกมาใช้ในการเรียนรู้ในการทดลอง เป็นขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด เนื่องจากราคาถูก ง่าย และเป็น โมดูล LCD ที่มีโครงสร้างเป็นมาตรฐาน มีผู้ผลิตหลายราย และมีกรรมวิธีแตกต่างกันออกไปตามผู้ผลิต อาทิ LM020L ของฮิตาชิ DMC-16117A ของคอปเท็กซ์ เป็นต้น อย่างไรก็ตามคอนโทรลเลอร์ที่ใช้คือเบอร์เดียวกันนั่นคือเบอร์ HD44750 ของฮิตาชิโมดูลแบบ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ขนาด 16 x 1 มีขนาดใช้งานทั้งสิ้น 14 ขา มีการจัดขาตั้งในรูปแบบที่ 2.9 สำหรับรายละเอียดการทำงานของแต่ละขามีดังนี้

V_{SS} (ขา 1) : ต่อกราวด์

V_{DD} (ขา 2) : ต่อไฟเลี้ยง +5 โวลต์

V_0 (ขา 3) : เป็นขาอินพุตรับแรงดันเพื่อปรับความเข้มของการแสดงผล

RS (ขา 4) : เป็นขาอินพุตใช้ในการแยกชนิดของข้อมูลที่ทำการประมวลผลในขณะนั้นว่าเป็นคำสั่งสำหรับรีจิสเตอร์ IR หรือเป็นข้อมูลสำหรับรีจิสเตอร์ DR โดยถ้าขานี้เป็น “0” ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นคำสั่ง แต่ถ้าขาเป็น “1” ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นข้อมูลสำหรับการแสดงผล

R/W (ขา 5) : เป็นขาที่ใช้เลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับโมดูล LCD ถ้าเป็น “0” เป็นการกำหนดให้เขียนข้อมูล แต่ถ้าเป็น “1” จะเป็นการอ่านข้อมูล

E (ขา 6) : เป็นขาสำหรับสัญญาณพัลส์เอ็นเอเบิล โมดูล LCD ให้ทำงาน

D0-D7 (ขา 7-14) : เป็นขาที่ใช้เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่าง LCD กับอุปกรณ์ภายนอกขนาด 8 บิต

ขา RS, R/W และ E จะใช้งานร่วมกัน โดยมีความสัมพันธ์แสดงในตารางที่ 2.2

2.4.2 คำสั่งควบคุมโมดูล LCD

ในการเขียนคำสั่งลงในตัวควบคุม แน่่อนว่าต้องกำหนดให้ RS และ R/W เป็น “0” แล้วเขียนคำสั่งตามไป คำสั่งควบคุมโมดูล LCD ของชิปควบคุม HD44780 ที่สำคัญมี 9 คำสั่งดังนี้

เคลียร์ตัวแสดงผล (Clear display) มีข้อมูลคำสั่งเป็น 01H เป็นคำสั่งที่ใช้เขียนข้อมูลช่องว่างหรือ space เข้าไปในแรมเก็บข้อมูลแสดงผลทั้งหมด เมื่อตัวควบคุมเอ็กซีคิวต์คำสั่งนี้ จะทำการกำหนดแอดเดรสของแรมเก็บข้อมูลแสดงผลเป็น 0 เคอร์เซอร์จะกลับไปอยู่ที่ตำแหน่งซ้ายมือสุดของจอแสดงผล แล้วเซตบิต I/D ให้เป็น “1”

คำสั่ง return home ต้องกำหนดให้บิต 1 ของข้อมูลเป็น “1” เป็นคำสั่งให้เคอร์เซอร์เคลื่อนที่กลับไปยังตำแหน่งซ้ายสุดของจอแสดงผล แต่ข้อมูลบนจอแสดงผลไม่เปลี่ยนแปลง นั่นคือ ข้อมูลคำสั่งของคำสั่งนี้ จะเป็น 02H หรือ 03H ก็ได้

คำสั่งเลือกโหมดการป้อนข้อมูล (Entry mode Set)

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
0	0	0	0	0	1	I/D	S

รูปที่ 2.10 รูปแบบข้อมูลคำสั่งเลือกโหมดการป้อนข้อมูล

บิต S เป็นบิตที่ใช้ในการกำหนดลักษณะของการแสดงผล เมื่อมีการป้อนข้อมูล ถ้าหากบิต S เป็น "1" เมื่อเกิดข้อมูลใหม่บนจอแสดงผล ตัวเคอร์เซอร์จะอยู่กับที่ แต่ตัวอักษรข้อมูลเดิมจะถูกดันไปทางซ้าย แต่ถ้าหากบิตนี้เป็น "0" เมื่อเกิดข้อมูลใหม่ตัวเคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวา

บิต I/D เป็นบิตที่ใช้กำหนดว่า เมื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลแล้ว แอดเดรสของ DDRAM เพิ่มขึ้นหรือลดลงหนึ่งแอดเดรส โดยถ้าบิตนี้เป็น "1" แอดเดรสของ DDRAM จะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าเป็น "0" แอดเดรสจะลดลง

ดังนั้น ข้อมูลคำสั่งที่เกิดขึ้นสำหรับคำสั่งนี้ได้แก่ 04H-07H (4 ข้อมูลคำสั่ง) และที่ใช้บ่อยคือ 06H หมายถึง กำหนดให้เมื่อเกิดข้อมูลใหม่ เคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวามือ และแอดเดรสของ DDRAM เพิ่มขึ้น

คำสั่งควบคุมการแสดงผล

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
0	0	0	0	I	D	C	B

รูปที่ 2.11 รูปแบบข้อมูลคำสั่งควบคุมการแสดงผล

บิต D ใช้ควบคุมการเปิดปิดจอแสดงผล ถ้าบิตนี้เป็น "1" จะเป็นเปิดจอแสดงผล ถ้าเป็น "0" จะเป็นการปิดจอแสดงผล

บิต C ใช้ควบคุมการแสดงตัวเคอร์เซอร์บนจอแสดงผล ถ้าต้องการให้มีเคอร์เซอร์แสดงผลบนจอแสดงผล ต้องกำหนดให้บิตนี้เป็น "1" ถ้ากำหนดให้เป็น "0" จะเป็นการปิดเคอร์เซอร์ หรือไม่แสดงเคอร์เซอร์

บิต B ใช้ควบคุมการกระพริบเคอร์เซอร์ ถ้าบิตนี้เป็น "1" เคอร์เซอร์จะกระพริบ

ดังนั้นจะมีข้อมูลคำสั่งได้ตั้งแต่ 08H - 0FH (8 รูปแบบคำสั่ง) ที่ใช้บ่อยคือ 0CH เป็นการสั่งให้เปิดจอแสดงผล แต่ไม่แสดงเคอร์เซอร์ และ 0FH เป็นการให้เปิดจอแสดงผล แสดงเคอร์เซอร์ และสั่งให้เคอร์เซอร์กระพริบ

คำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และข้อมูลตัวอักษร

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
0	0	0	1	S/C	R/L:	*	*

รูปที่ 2.12 รูปแบบข้อมูลคำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และข้อมูลตัวอักษร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และตัวอักษรบนจอแสดงผล ขึ้นอยู่กับการกำหนดบิต S/C และ R/L ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 2.3 รูปแบบบิต S/C และ R/L ซึ่งเกี่ยวกับการควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และตัวอักษร

S/C	R/L	ลักษณะการเลื่อน	ข้อมูลคำสั่ง
0	0	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางซ้าย	10H -13H
0	1	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางขวา	14H- 17H
1	0	เลื่อนตัวอักษรใหม่ไปทางซ้าย	18 H -1BH
1	1	เลื่อนตัวอักษรใหม่ไปทางขวา	1C- 1FH

คำสั่งกำหนดฟังก์ชันการทำงาน

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
0	0	1	DL	N	F	*	*

รูปที่ 2.13 รูปแบบข้อมูลคำสั่งกำหนดฟังก์ชันการทำงาน

บิต DL ใช้กำหนดจำนวนบิตที่ใช้ติดต่อส่งผ่านข้อมูล ถ้าบิตนี้เป็น "0" จะเป็นการติดต่อแบบ 4 บิต แต่ถ้าเป็น "1" จะเป็นแบบ 8 บิต

บิต N ใช้กำหนดจำนวนบรรทัดของการแสดงผล ถ้าเป็น "0" จะแสดงผล 1 บรรทัด ถ้าเป็น "1" แสดง 2 บรรทัด ในกรณีที่จอแสดงผล

สามารถแสดงได้มากกว่า 2 บรรทัด และต้องการให้แสดงผลมากกว่า 2 บรรทัด ก็กำหนดบิต N นี้ให้เป็น "1" จุดที่น่าสังเกตคือ โมดูล LCD แบบ 16 ตัว

อักษร 1 บรรทัด แม้จะมีบรรทัดการแสดงผลเพียง 1 บรรทัด แต่จะต้องกำหนด N ให้เป็น "1" เนื่องจากแอดเดรสของ DDRAM แบ่งเป็น 2 ช่วงคือ 00H และ 40H

บิต F ใช้เลือกความละเอียดของตัวอักษรให้การแสดงผล ถ้าบิตนี้เป็น "0" จะเป็นการแสดงผลแบบ 5x7จุด และถ้าเป็น "1" จะแสดงผลเป็นแบบ 5x10จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งเลือกแอดเดรสของ CGRAM

เมื่อต้องการกำหนดแอดเดรสของ CGRAM ต้องกำหนดให้บิต 7 เป็น “0” บิต 6 เป็น “1” ส่วนอีก 6 บิตที่เหลือจะแทนด้วยค่าแอดเดรสของ CGRAM อยู่ระหว่าง 00H-3FH

คำสั่งเลือกแอดเดรสของ DDRAM

ใช้ในการเลือกแอดเดรสของ DDRAM ก่อนที่จะทำการอ่านหรือเขียนข้อมูล โดยบิต 7 ต้องเป็น “1” และ ข้อมูลอีก 7 บิตที่เหลือจะเป็นค่าแอดเดรสของ DDRAM จะอยู่ระหว่าง 8CH-FFH ทั้งนี้จำนวนแอดเดรสยังขึ้นอยู่กับการกำหนดสถานะที่บิต N ด้วย “0” แอดเดรสของ DDRAM จะอยู่ระหว่าง 80H-0CFH และถ้าบิต N เป็น แอดเดรสของ DDRAM จะมีช่วงคือ 8CH-87H และ 0C0H-0C7H

คำสั่งแฟลก BUSY และ แอดเดรส

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
BF	A	A	A	A	A	A	A

แอดเดรสไบต์สูง

แอดเดรสไบต์ต่ำ

รูปที่ 2.14 รูปแบบข้อมูลแฟลก BUSY และ แอดเดรส

เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านแฟลก BUSY (BF) โดยแฟลกนี้จะเป็นตัวบอกสถานะของตัวควบคุม LCD ว่าพร้อมจะรับข้อมูลหรือไม่ ถ้าหากบิต BF เป็น “0” แสดงว่าตัวควบคุม LCD พร้อมรับข้อมูลหรือไม่ แต่ถ้าเป็น “1” แสดงว่า ขณะนี้ตัวควบคุม LCD ยังอยู่ในกระบวนการทำงานภายในหรือกำลังประมวลผลข้อมูลอยู่ ยังไม่พร้อมรับข้อมูลหรือคำสั่ง เมื่อต้องการอ่านแฟลกต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น “1” ด้วย แต่สัญญาณที่ RS ยังต้องเป็น “0” อยู่เพราะข้อมูลนี้เป็นข้อมูลคำสั่ง นอกจากนี้ ยังใช้เป็นคำสั่งอ่านข้อมูลแอดเดรสของ CGRAM และ DDRAM ด้วย โดยบิต 0 บิต 6 เป็นค่าข้อมูลของแอดเดรสที่ต้องการอ่าน

2.4.3 การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD

ในการเขียนข้อมูลเพื่อควบคุมให้โมดูล LCD แสดงผลตามที่ผู้ใช้งานต้องการต้องส่งคำสั่ง (Instruction) แล้วกำหนดโหมดการทำงานให้แก่โมดูล LCD ก่อน จากนั้นจึงค่อยส่งข้อมูล (data) ที่ต้องการแสดงผล เนื่องจากบัสข้อมูลของโมดูล LCD มี 8 เส้นคือ D0-D7 และใช้เป็นทางผ่านของทั้งคำสั่งและข้อมูล ดังนั้นในการส่งคำสั่งและข้อมูลจึงต้องอาศัยการกำหนดสัญญาณลอคที่ขา RS ถ้าหากที่ขา RS ได้รับลอค “1” ข้อมูลที่ป้อนให้ขณะนั้นเป็นข้อมูลที่ใช้ในการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการเขียนหรืออ่านข้อมูลใน CGRAM และ DDRAM เริ่มต้นต้องกำหนดแอดเดรสที่ต้องการอ่านหรือเขียนก่อน โดยใช้คำสั่งเลือกแอดเดรส จากนั้นกำหนดให้ขา RS เป็น "1" เพื่อแจ้งให้ตัวควบคุมภายในโมดูล LCD ทราบว่าข้อมูลที่ปรากฏต่อไปนี้เป็นข้อมูลปกติไม่ใช่คำสั่ง

ในกรณีที่ต้องการอ่านข้อมูลต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น "1" ข้อมูลขนาด 8 บิต (หรือ 4 บิต) ก็จะปรากฏบนบัสข้อมูล โดยข้อมูลที่อ่านออกมาได้จะเป็นข้อมูลจากแอดเดรสของ CGRAM หรือ DDRAM ตามที่ต้องการ

ในกรณีที่ต้องการเขียนข้อมูล เมื่อกำหนดแอดเดรสและป้อนลอจิก "1" ให้ขา RS แล้ว แล้วต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น "0" ข้อมูลที่อยู่บนบัสข้อมูลจะถูกเขียนลงในรีจิสเตอร์ DR จากนั้นจึงถ่ายทอกลงใน DDRAM ต่อไป

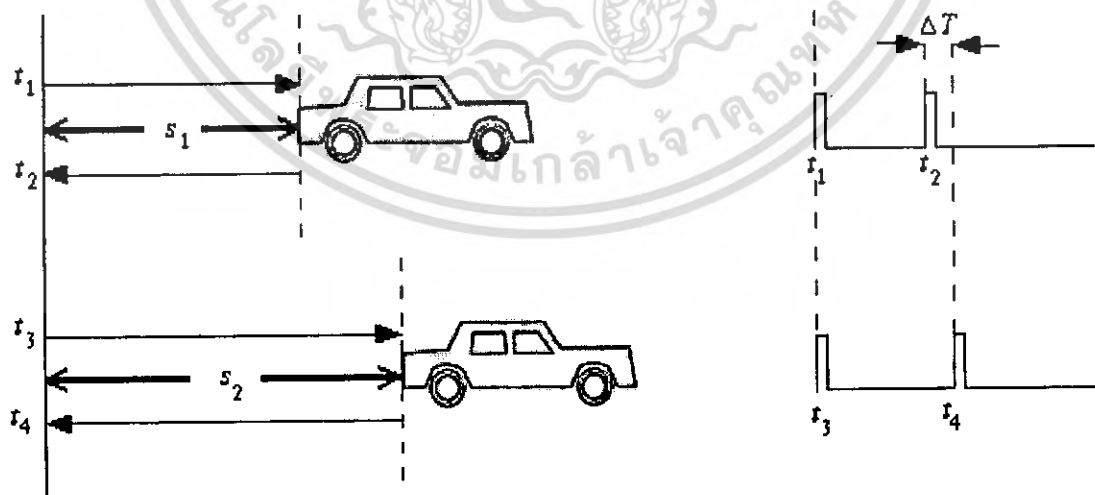
2.5 หลักการของเครื่องมือวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์

เครื่องมือวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์ จะอาศัยหลักการการเดินทางของแสงในอากาศ และคุณสมบัติการสะท้อนของแสง ซึ่งในการวัดจะส่งพัลส์สองลูกขึ้นไปในระยะเวลาที่ต่างกันด้วยเลเซอร์ โดยจะมีการมอดูเลตพัลส์ด้วยสัญญาณความถี่สูงก่อนที่จะส่งออกไปในอากาศ ทั้งนี้ก็เพื่อให้สามารถส่งสัญญาณออกไปได้ในระยะไกล อธิบายขั้นตอนการคำนวณหาความเร็วรถได้ โดยกำหนดเงื่อนไขดังนี้

1) ยิงเลเซอร์ไปยังรถในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของรถ ในกรณีนี้จะยิงขณะที่รถเคลื่อนที่ออกจากเครื่องมือวัด

2) ยิงเลเซอร์ออกไปเป็นขบวนพัลส์โดยมีความถี่ตามที่ได้กำหนดไว้

จากสมการในการคำนวณหาความเร็วรถ
$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$



รูปที่ 2.15 แสดงช่วงเวลาการทำงานของเครื่องมือวัดในขณะที่รถเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

- กำหนดให้ t_1 คือ เวลาที่เริ่มส่งพัลส์ลูกแรกออกไป (s)
 t_2 คือ เวลาที่พัลส์ลูกแรกสะท้อนกลับมา (s)
 t_3 คือ เวลาที่ส่งพัลส์ลูกที่สองออกไป (s)
 t_4 คือ เวลาที่พัลส์ลูกที่สองสะท้อนกลับมา (s)
 s_1 คือ ระยะทางที่รถอยู่ห่างจากเครื่องมือวัด ในขณะที่ส่งพัลส์ลูกแรกออกไป (m)
 s_2 คือ ระยะทางที่รถอยู่ห่างจากเครื่องมือวัด ในขณะที่ส่งพัลส์ลูกที่สองออกไป (m)
 c คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของแสงในอากาศ มีค่าประมาณ 3×10^8 m/s
 x คือ ช่วงเวลาที่ต่างกันในการส่งพัลส์ลูกแรกกับลูกที่สองที่ต้องการเก็บค่า (s)
 v คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถ (m/s)

พิจารณาจากรูปที่ 2.15

หา Δs

$$s_1 = \frac{c}{2}(t_2 - t_1)$$

$$s_2 = \frac{c}{2}(t_4 - t_3)$$

จาก $\Delta s = s_2 - s_1$

แทนค่าได้ $\Delta s = \frac{c}{2}[(t_4 - t_3) - (t_2 - t_1)]$

ให้ $\Delta T = (t_4 - t_3) - (t_2 - t_1)$
 $\therefore \Delta s = \frac{c\Delta T}{2}$ (m)

หมายเหตุ ในการหา Δs จะคิดจากการเดินทางของแสงเท่านั้น ไม่เกี่ยวข้องกับช่วงเวลาที่ต่างกันในการส่งพัลส์ทั้งสองลูก

หา Δt

ระยะเวลาที่เปลี่ยนไป (Δt) = ช่วงเวลาที่ต่างกันในการส่งพัลส์ลูกแรกกับลูกที่สอง
 + ช่วงเวลาที่ต่างกันที่แสงใช้ในการเดินทางจากเครื่องมือวัด
 ไปเป็นระยะ s_1 และ s_2

$$\Delta t = x + \left[\frac{(t_4 - t_3) - (t_2 - t_1)}{2} \right]$$

$$= x + \left(\frac{\Delta T}{2} \right) \quad ; \quad \Delta T = (t_4 - t_3) - (t_2 - t_1)$$

$$\therefore \Delta t = \frac{2x + \Delta T}{2} \quad (s)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่าลงในสูตร $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$

ได้ $v = \left(\frac{c\Delta T}{2} \right) / \left(\frac{2x + \Delta T}{2} \right)$

$$v = \frac{c\Delta T}{2x + \Delta T} \quad (\text{m/s})$$

สูตรการคำนวณหาความเร็วรถ

$$v = \frac{c\Delta T}{2x + \Delta T} \quad (\text{m/s})$$

สามารถคำนวณระยะทางต่ำสุดและสูงสุดที่เครื่องมือสามารถวัดความเร็วรถได้ดังนี้

ค่าระยะทางต่ำสุดคำนวณจากความกว้างของพัลส์ที่ถูกทำให้แคบเพื่อนำมาใช้ในการคำนวณระยะเวลาซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปในบทที่ 3 ความกว้างของพัลส์นี้มีค่า 40 ns ดังนั้นถ้าหากระยะทางระหว่างเครื่องมือกับรถอยู่ต่ำเกินไป พัลส์ที่สะท้อนกลับมาก็จะชนกับพัลส์ที่ส่งไป ดังนั้นระยะเวลาเดินทางของพัลส์ทั้งไปและกลับจะต้องมีค่ามากกว่า 40 ns ซึ่งนำมาคำนวณเป็นระยะทางได้ดังนี้

$$s = ct$$

$$s = 3 \times 10^8 \times 40 \times 10^{-9}$$

$$s = 12 \text{ m}$$

เมื่อคิดเป็นระยะทางไปอย่างเดียวแล้วจะได้ระยะทาง 6 เมตรเป็นระยะทางต่ำสุดระหว่างเครื่องมือวัดกับรถ

ค่าระยะทางสูงสุดระหว่างรถกับเครื่องมือวัดตัดสินจากความกว้างของพัลส์ที่เป็นสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมจังหวะการทำงานของเครื่องเก็บข้อมูลซึ่งจะกล่าวถึงในบทที่ 3 ซึ่งในที่นี้จะใช้สัญญาณที่มีความกว้างของพัลส์ 0.95 μs นับจากการส่งพัลส์ออกไปดังนั้นพัลส์ที่สะท้อนกลับมาก็จะต้องกลับมาถึงเครื่องมือวัดก่อนเวลา 0.95 μs จึงจะไม่เกิดการผิดพลาด นำมาคำนวณเป็นระยะทางได้ดังนี้

$$s = ct$$

$$s = 3 \times 10^8 \times 0.95 \times 10^{-6}$$

$$s = 285 \text{ m}$$

เมื่อคิดเป็นระยะทางไปกลับแล้วจะได้ระยะทาง 142.5 เมตรเป็นระยะทางสูงสุดระหว่างเครื่องมือวัดกับรถ

จึงสามารถสรุปได้ว่าเครื่องมือวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์สามารถวัดความเร็วรถได้ที่ช่วงของระยะทาง 6 – 142.5 เมตร

ความเร็วต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถวัดความเร็วรถได้ สามารถคำนวณได้ดังนี้

เนื่องจากวงจรนับจะทำการนับรอบสัญญาณคาบเวลาที่ถูกคูณด้วยความถี่ 66.667 MHz คิดเป็นคาบเวลาได้ 15 ns เครื่องมือวัดจะสามารถคำนวณค่าออกมาเป็นความเร็วรถได้ก็ต่อเมื่อ ค่าที่นับได้จากวงจรนับในช่วงเวลา $t_4 - t_3$ และ $t_2 - t_1$ มีค่าต่างกันอย่างน้อย 1 รอบสัญญาณ (15 ns) หรือ $\Delta T \geq 15$ ns

$$\text{เวลา } 15 \text{ ns แสงเดินทางได้ } 3 \times 10^8 \times 15 \times 10^{-9} = 4.5 \text{ m}$$

\therefore รถต้องเดินทางได้ระยะทางอย่างต่ำ 2.25 เมตร ก่อนที่จะมีการเก็บค่าอีกครั้ง นั่นคือ $s_2 - s_1 \geq 2.25 \text{ m}$ เมื่อเวลาผ่านไป x วินาที

กำหนดให้ $x = 0.5$ วินาที

$$\text{เวลาผ่านไป } 0.5 \text{ วินาที รถเดินทางได้ } 2.25 \text{ m}$$

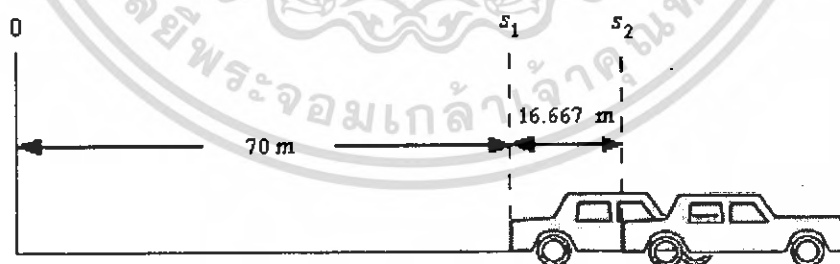
$$\text{เวลาผ่านไป } 1 \text{ วินาที รถเดินทางได้ } 2.25 / 0.5 = 4.5 \text{ m}$$

\therefore รถต้องมีความเร็วอย่างต่ำ 4.5 m/s หรือ 16.2 km/h

สรุปได้ว่า ค่าความเร็วต่ำสุดที่เครื่องมือสามารถวัดความเร็วรถได้ ขึ้นอยู่กับค่าความถี่ของสัญญาณที่ใช้ในวงจรคูณสัญญาณ และช่วงเวลาที่แตกต่างกันในการส่งพัลส์ลูกแรกและพัลส์ลูกที่สองที่ต้องการเก็บค่า ถ้าความเร็วของรถต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ เครื่องมือวัดจะคำนวณค่าความเร็วรถออกมาเป็น 0 km/h

ตัวอย่างการคำนวณ

รถเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 120 km/h ให้ $s_1 = 70 \text{ m}$, $x = 0.5 \text{ s}$



รูปที่ 2.16 ตัวอย่างการวัดความเร็วของรถโดยใช้ค่า $x = 0.5 \text{ s}$

$$\text{Sol}^n \quad \text{ความเร็ว } 120 \text{ km/h} = \frac{120 \times 10^3}{60 \times 60} = 33.333 \text{ m/s}$$

ส่งพัลส์ออกไปลูกที่หนึ่ง รถอยู่ที่ระยะ s_1 (70 m) จากเครื่องมือวัด

แสงเดินทาง 3×10^8 เมตร ใช้เวลา 1 วินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงเดินทาง 70 เมตร ใช้เวลา $\left(\frac{1}{3 \times 10^8}\right) \times 70 = 233.33 \text{ ns}$

แสงเดินทางไปกลับเป็นระยะทาง 140 เมตร ใช้เวลา 466.67 ns

$$\therefore t_2 - t_1 = 466.67 \text{ ns}$$

เวลาผ่านไป Δt

$$\text{จาก } \Delta t = x + \left(\frac{\Delta T}{2}\right)$$

แต่ $\frac{\Delta T}{2} \ll x$ จึงได้ว่า $\Delta t \approx x = 0.5 \text{ s}$

เวลาผ่านไป 1 วินาที รถเดินทางได้ 33.333 m

เวลาผ่านไป 0.5 วินาที รถเดินทางได้ $0.5 \times 33.333 \approx 16.667 \text{ m}$

$$\therefore \Delta s = 16.667 \text{ m}$$

ไปกลับได้ระยะทาง = 33.334 m

นำระยะทางที่ได้ไปคำนวณหาเวลาที่แสงใช้ในการเดินทาง

$$\text{ระยะทาง } 33.334 \text{ m} \text{ แสงใช้เวลาในการเดินทาง } \frac{33.334}{3 \times 10^8} = 1.111 \times 10^{-7} \text{ s}$$

$$\therefore \Delta T = 1.111 \times 10^{-7} \text{ s}$$

$$\text{จาก } v = \frac{c\Delta T}{2x + \Delta T}$$

$$\begin{aligned} \text{แทนค่า} \quad v &= \frac{3 \times 10^8 (1.111 \times 10^{-7})}{2(0.5) + (1.111 \times 10^{-7})} \\ &= 33.330 \text{ m/s} \end{aligned}$$

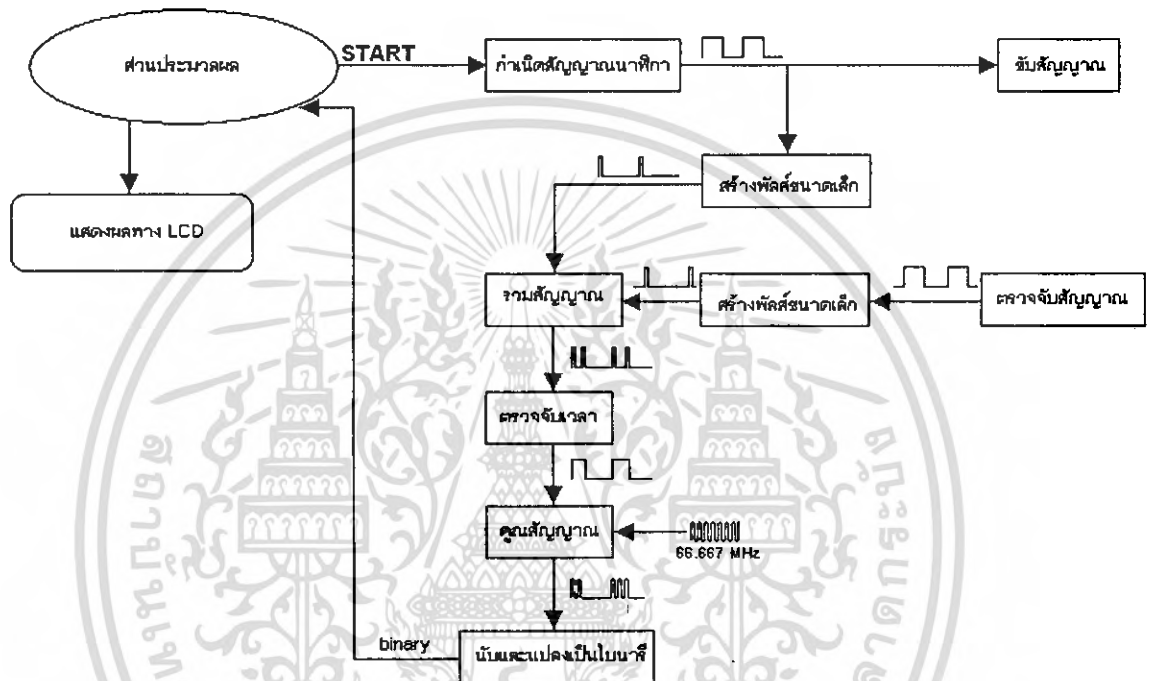
$$\therefore v = 119.988 \text{ km/h}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

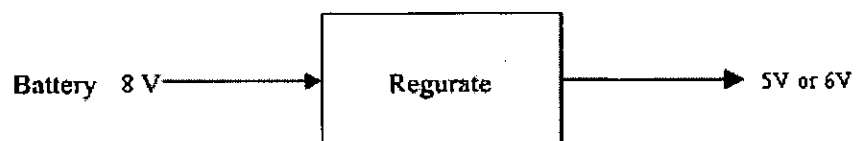
บล็อกไดอะแกรมการทำงานของระบบ



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบ

3.1 วงจรแปลงแรงดัน

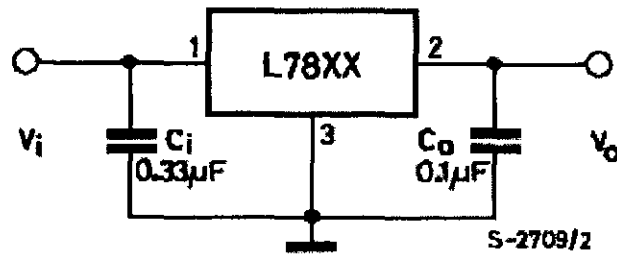
ในส่วนของวงจรแปลงแรงดันนี้ จะทำหน้าที่ในการแปลงแรงดันจากแบตเตอรี่ 8 V ให้ลดลงเหลือเพียง 5 V และ 6 V โดยใช้ไอซี L7805 และ L7806 ตามลำดับ



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมของวงจรแปลงแรงดัน

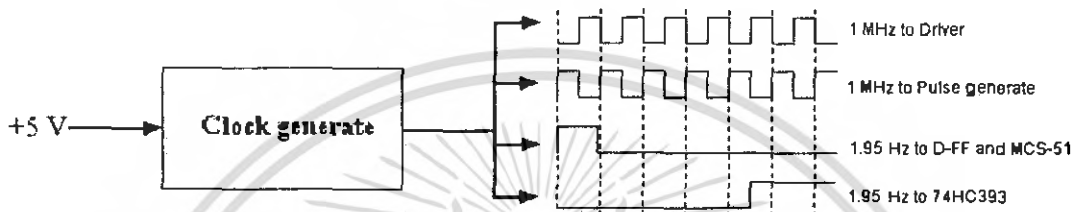
วงจรทั่วไปในการใช้ไอซีตระกูล 78xx มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



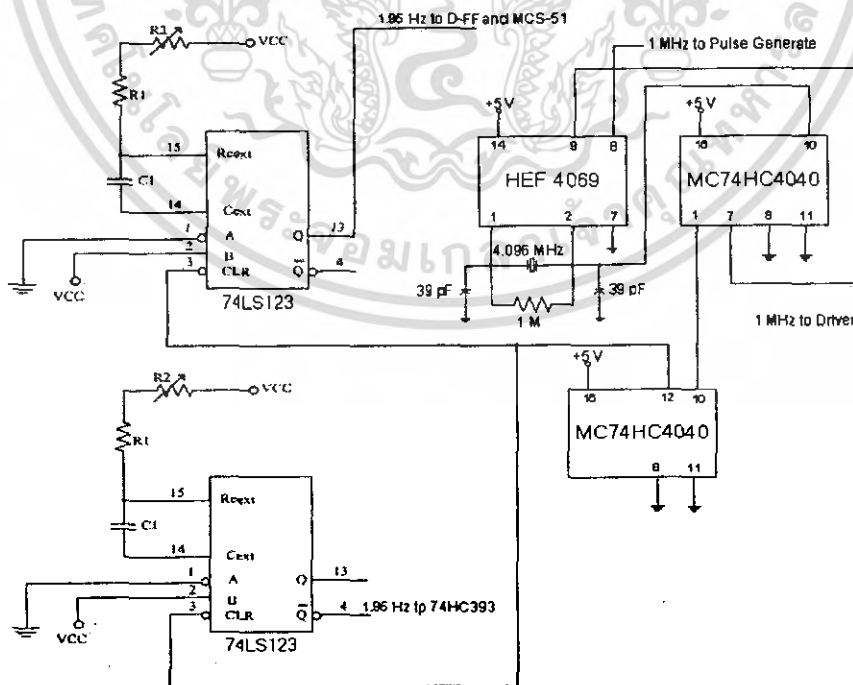
รูปที่ 3.3 วงจรแปลงแรงดัน

3.2 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา



รูปที่ 3.4 บล็อกไดอะแกรมของวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

สร้างสัญญาณนาฬิกาที่มีลักษณะ 4 รูปแบบเพื่อนำไปใช้ในการควบคุมจังหวะการทำงานของส่วนต่างๆ ได้แก่ วงจรขับ วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ วงจรตรวจจับเวลา(D-FF) วงจรนับ (74HC393) และ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (89C51) ซึ่งเราใช้คริสตอลออสซิลเลเตอร์ความถี่ 4.096 MHz ไอซีHEF4069 ร่วมกับ ไอซี MC74HC4040 มาเป็นตัวสร้างสัญญาณนาฬิกาความถี่ 1.024 MHz และ 1.95 Hz รวมทั้งใช้ ไอซี 74 LS123 ในการทำให้ได้รูปสัญญาณที่มี Duty Cycle ตามที่เราต้องการได้เป็นวงจรดังรูปที่ 3.5

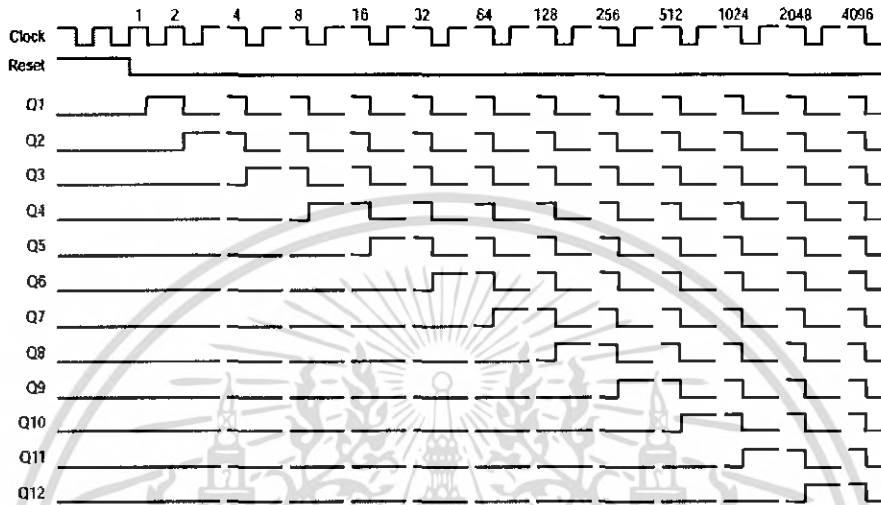


รูปที่ 3.5 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในระบบ

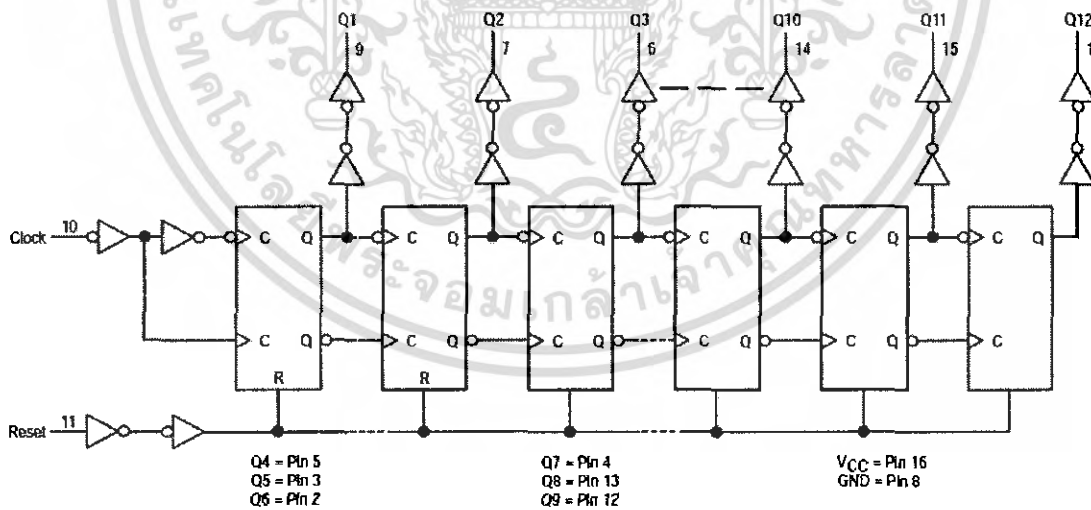
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยไอซี HEF4069 เป็น inverter ใช้ในการขับออสซิลเลเตอร์ ได้เป็นความถี่ 4.069 MHz ป้อนเข้า ไอซี 74HC4040 ซึ่งเป็นวงจรหารความถี่ทำงานตามไทม์มิ่งไดอะแกรม (timing diagram) และ ลอจิก ไดอะแกรม (logic diagram) ดังรูปที่ 3.6

MC74HC4040A



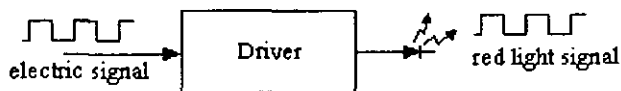
รูปที่ 3.6 timing diagram ของไอซี 74HC4040



รูปที่ 3.7 logic diagram ของ 74HC4040

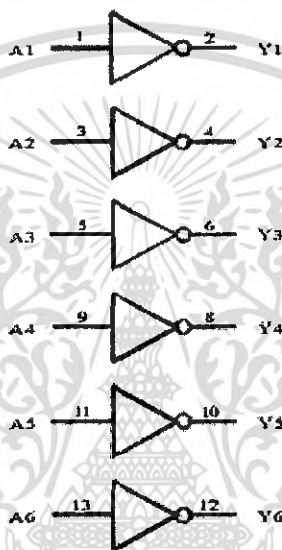
ส่วนการ สร้างสัญญาณพัลส์จะสร้างที่สัญญาณขอขาขึ้นของสัญญาณ 1.95 Hz จาก 74HC4040 สร้างเป็นพัลส์ที่มี Duty Cycle ที่เราต้องการ

3.3 วงจรขับสัญญาณ



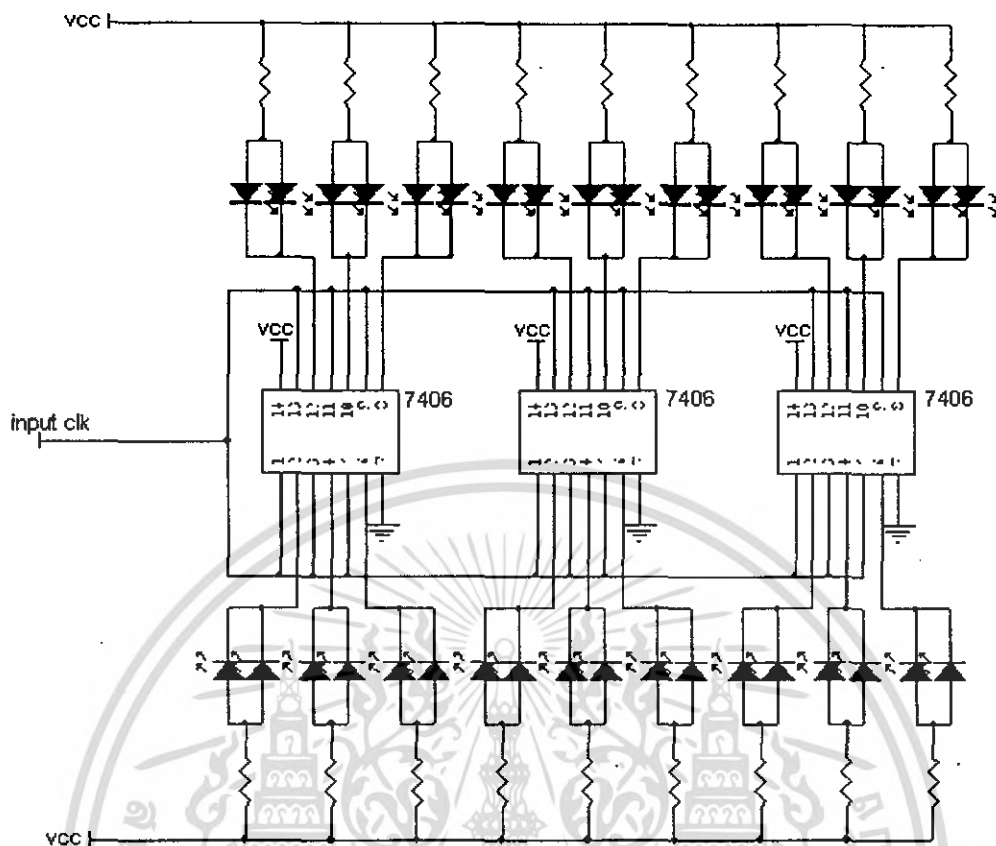
รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมของวงจรขับสัญญาณ

วงจรขับสัญญาณ ในการทดลองครั้งนี้ใช้ไอซี 74LS06 ซึ่งเป็นอินเวอร์เตอร์บัฟเฟอร์ และ open collector มีลอจิกไดอะแกรมดังนี้



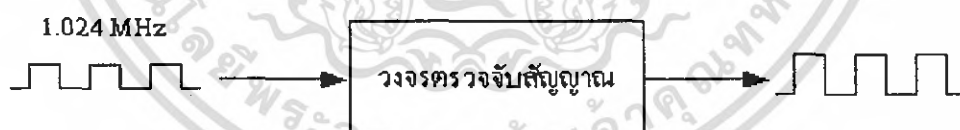
รูปที่ 3.9 ลอจิกไดอะแกรมของไอซี 74LS06

ไอซี 74LS06 หนึ่งตัวสามารถขับเลขเซอร์โคไดโอดได้ 12 ตัว ดังนั้นเราจึงใช้ไอซี 74LS06 จำนวน 3 ตัวในการขับเลขเซอร์โคไดโอด 36 ตัวด้วยกัน โดยเลขเซอร์โคไดโอดจะทำงานตามจังหวะของสัญญาณนาฬิกาที่ได้รับ



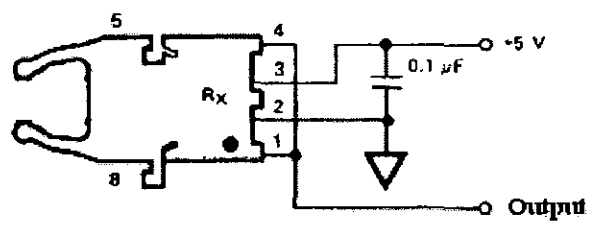
รูปที่ 3.10 วงจรจับสัญญาณ

3.4 วงจรตรวจจับสัญญาณ



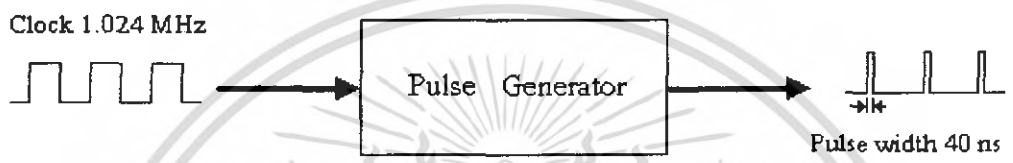
รูปที่ 3.11 บล็อกโคอะแกรมของวงจรตรวจจับสัญญาณ

วงจรตรวจจับสัญญาณจะใช้ HFBR2521 เป็นตัวตรวจจับสัญญาณที่สะท้อนกลับมา ซึ่งโครงสร้างภายในของ HFBR2521 จะประกอบด้วยโฟโตรีซิสเตอร์และส่วนที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จึงมีขนาดเพิ่มขึ้น และจะถูกส่งไปเป็นอินพุตของวงจรถ่ายสัญญาณพัลส์ต่อไป วงจรตรวจจับสัญญาณแสดงดังรูปที่ 3.12



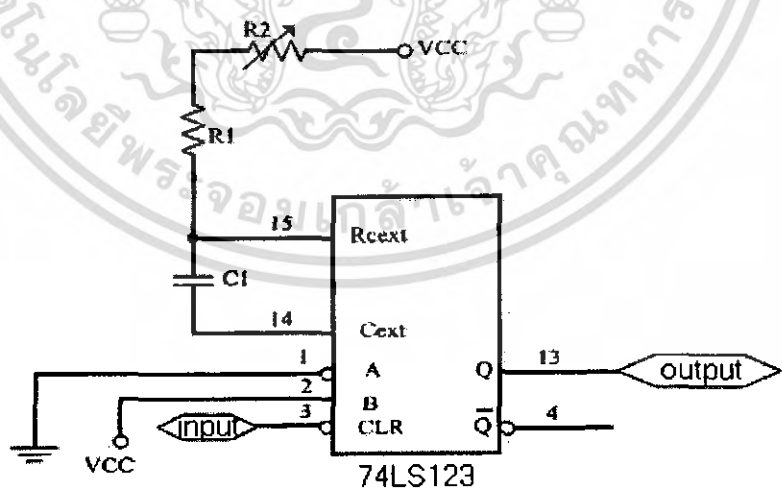
รูปที่ 3.12 วงจรตรวจจับสัญญาณ

3.5 วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์



รูปที่ 3.13 บล็อกไดอะแกรมของวงจรถ่ายสัญญาณพัลส์

ส่วนของวงจรถ่ายสัญญาณพัลส์จะใช้ไอซีเบอร์ 74LS123 ซึ่งจะสามารถผลิตเอาต์พุตเป็นลักษณะโมโนสเตเบิล มัลติไวเบเรเตอร์ (Monostable Multivibrator) ในส่วนของวงจรมีจะทำเป็น 2 ส่วน โดยส่วนหนึ่งจะรับสัญญาณอินพุตที่เป็นสัญญาณที่ส่งออกไปกับเลเซอร์ และอีกส่วนหนึ่งจะรับสัญญาณอินพุตที่เป็นสัญญาณที่สะท้อนกลับมาเพื่อนำมาใช้เป็นสัญญาณควบคุมจังหวะการกำเนิดสัญญาณเอาต์พุตออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 วงจรถ่ายสัญญาณพัลส์

โดยเอาต์พุตที่ออกมาจะเป็นไปตามฟังก์ชันตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ฟังก์ชันการทำงานของไอซี 74LS123

LS123
FUNCTIONAL TABLE

INPUTS			OUTPUTS	
CLEAR	A	B	Q	\bar{Q}
L	X	X	L	H
X	H	X	L	H
X	X	L	L	H
H	L	↑		
H	↓	H		
↑	L	H		

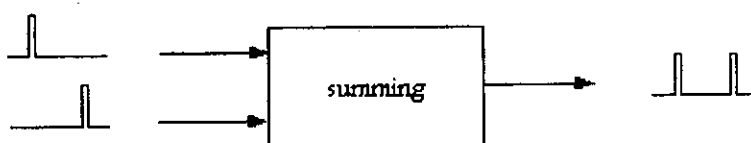
เมื่อป้อนอินพุต A เป็นกราวด์ (A เป็นสถานะ Low) และ B เป็นไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลต์ (B เป็นสถานะ High) ตามตารางจะสามารถสร้างเอาต์พุตเป็นพัลส์ออกทางขา Q (ขา13) ได้เมื่อสัญญาณนาฬิกาเป็นขอบขาขึ้น สามารถกำหนดความกว้างของพัลส์ที่ต้องการได้จากค่าของ $C1$, $R1$ และ $R2$ ซึ่งในกรณีนี้เราต้องการค่าของความกว้างพัลส์ 40 ns จึงใช้ค่าของ $R1$ เท่ากับ $5\text{ k}\Omega$ และใช้ค่าของ $C1$ เท่ากับ 1 pF

3.5 วงจรรวมสัญญาณ



รูปที่ 3.15 บล็อกโคแอดแกรมของวงจรรวมสัญญาณ

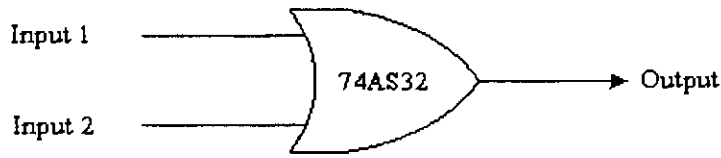
ในส่วนนี้ของวงจรนี้ จะใช้ ไอซีเบอร์ 74AS32 (OR GATE) มาทำหน้าที่รับอินพุตที่เป็นสัญญาณ 2 สัญญาณที่ส่งมาจากวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ เพื่อนำสัญญาณเหล่านี้มารวมกันทางแกนเวลา (Time Domain) โดยสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะเป็นสัญญาณพัลส์ 2 ลูก ซึ่งระยะห่างระหว่างพัลส์ทั้ง 2 ลูกนี้คือระยะเวลาตั้งแต่ส่งสัญญาณออกไปกับเลเซอร์จนได้รับสัญญาณสะท้อนกลับมา ลักษณะของสัญญาณที่ได้จากวงจรรวมสัญญาณจะแสดงดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรรวมสัญญาณ

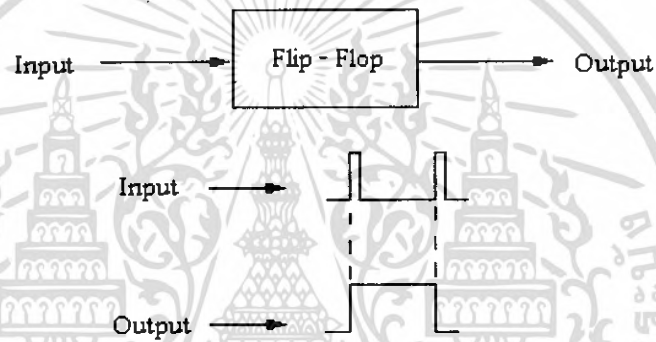
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรรวมสัญญาณ แสดงดังรูปที่ 3.17



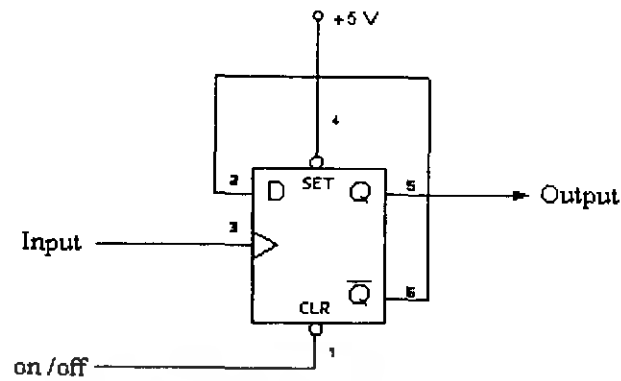
รูปที่ 3.17 วงจรรวมสัญญาณ

3.6 วงจรตรวจจับเวลา



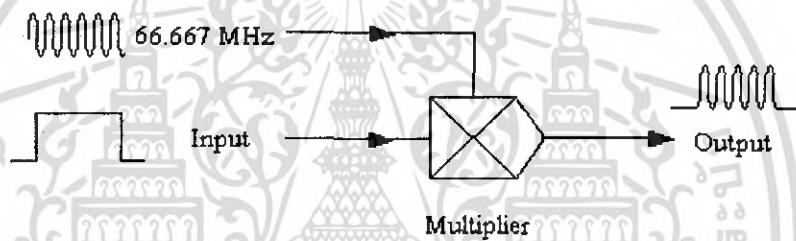
รูปที่ 3.18 บล็อกโคอะแกรมของวงจรตรวจจับเวลา

ในส่วนของวงจรมีจะใช้ไอซีเบอร์ 74HC74 (D – Flip Flop) เป็นตัวตรวจจับเวลา ซึ่งทำหน้าที่แปลงระยะห่างระหว่างสัญญาณสองสัญญาณเพื่อหาค่าแตกต่างของเวลา โดยสัญญาณที่จะให้เป็นอินพุตคือ สัญญาณเอาต์พุตจากวงจรรวมสัญญาณ การทำงานของ D – Flip Flop จะใช้ขอบขาขึ้นของสัญญาณอินพุตควบคุมการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณเอาต์พุต คือเมื่อพัลส์ถูกแรกถูกส่งเข้ามาเป็นอินพุต ขอบขาขึ้นของสัญญาณพัลส์จะทำให้เอาต์พุตของ D – Flip Flop เปลี่ยนสถานะจาก “0” เป็น “1” และจะค้างค่านี้นี้ไว้ จนกระทั่งมีอินพุตที่เป็นสัญญาณพัลส์อีกลูกหนึ่งเข้ามา เอาต์พุตของ D – Flip Flop ก็จะเปลี่ยนสถานะจาก “1” เป็น “0” จึงทำให้ได้เอาต์พุตจากวงจรมี D – Flip Flop เป็นลักษณะสัญญาณพัลส์ลูกเดียว ซึ่งความกว้างของพัลส์นั้น ก็คือระยะเวลาตั้งแต่เริ่มส่งสัญญาณออกไปกับเลขออร์ จนกระทั่งได้รับสัญญาณสะท้อนกลับมา เวลาก็คือ $t_2 - t_1$ ซึ่งได้อธิบายไปแล้วในบทที่สอง เอาต์พุตที่ได้จากวงจรมีจะส่งไปยังวงจรมีสัญญาณต่อไป ส่วนในการหาช่วงเวลาของ $t_4 - t_3$ ก็จะทำเช่นเดียวกับการหา $t_2 - t_1$ ออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.19



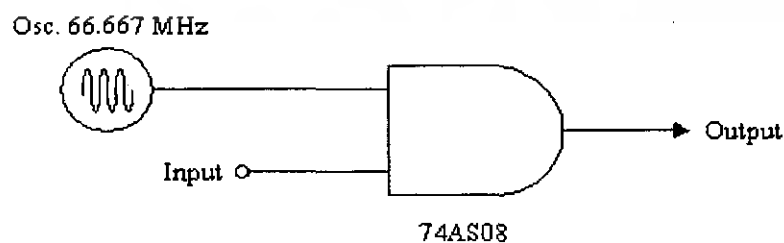
รูปที่ 3.19 วงจรตรวจจับเวลา

3.7 วงจรคูณสัญญาณ



รูปที่ 3.20 บล็อกโคอะแกรมของวงจรคูณสัญญาณ

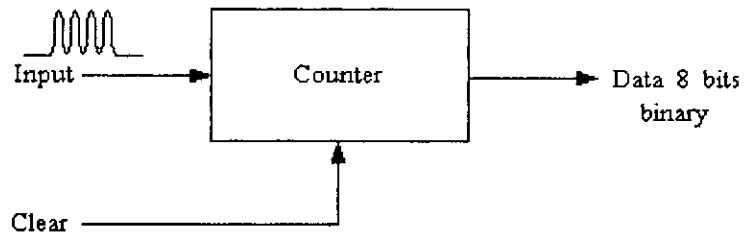
ในส่วนของวงจรนี้จะใช้ไอซีเบอร์ 74AS08 มาทำหน้าที่คูณสัญญาณ โดยอินพุตของระบบคือสัญญาณเอาต์พุตจาก D – Flip Flop ซึ่งเป็นพัลส์ที่มีความกว้างค่าหนึ่ง สัญญาณพัลส์นี้จะผ่านเข้ามายังวงจรคูณสัญญาณ โดยมีสัญญาณความถี่สูง 66.667 MHz เป็นตัวคูณกับสัญญาณพัลส์ที่รับเข้ามา ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าเมื่อสัญญาณอินพุตผ่านระบบนี้แล้ว สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะเป็นสัญญาณพัลส์ที่ถูกแบ่งความกว้างของพัลส์ออกเป็นสัญญาณที่มีช่วงคาบเล็กลงจำนวนหนึ่งและจะถูกส่งต่อไปยังวงจรนับออกแบบวงจรได้ดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 วงจรคูณสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

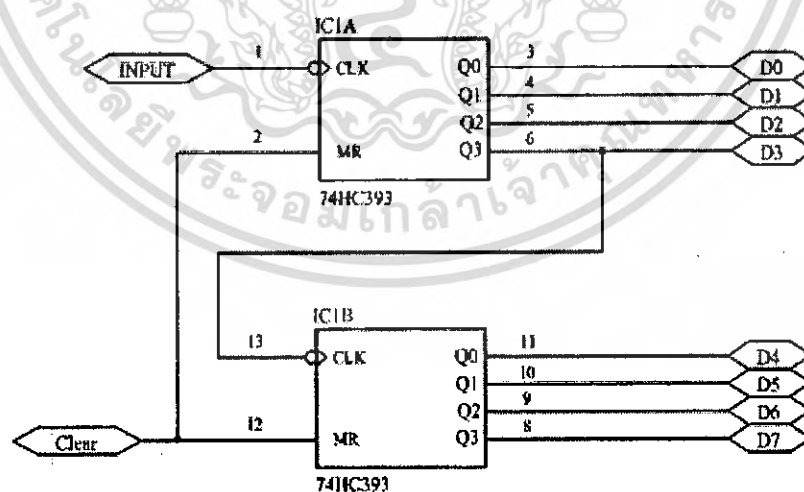
3.8 วงจรนับ



รูปที่ 3.22 บล็อกไดอะแกรมของวงจรถับ

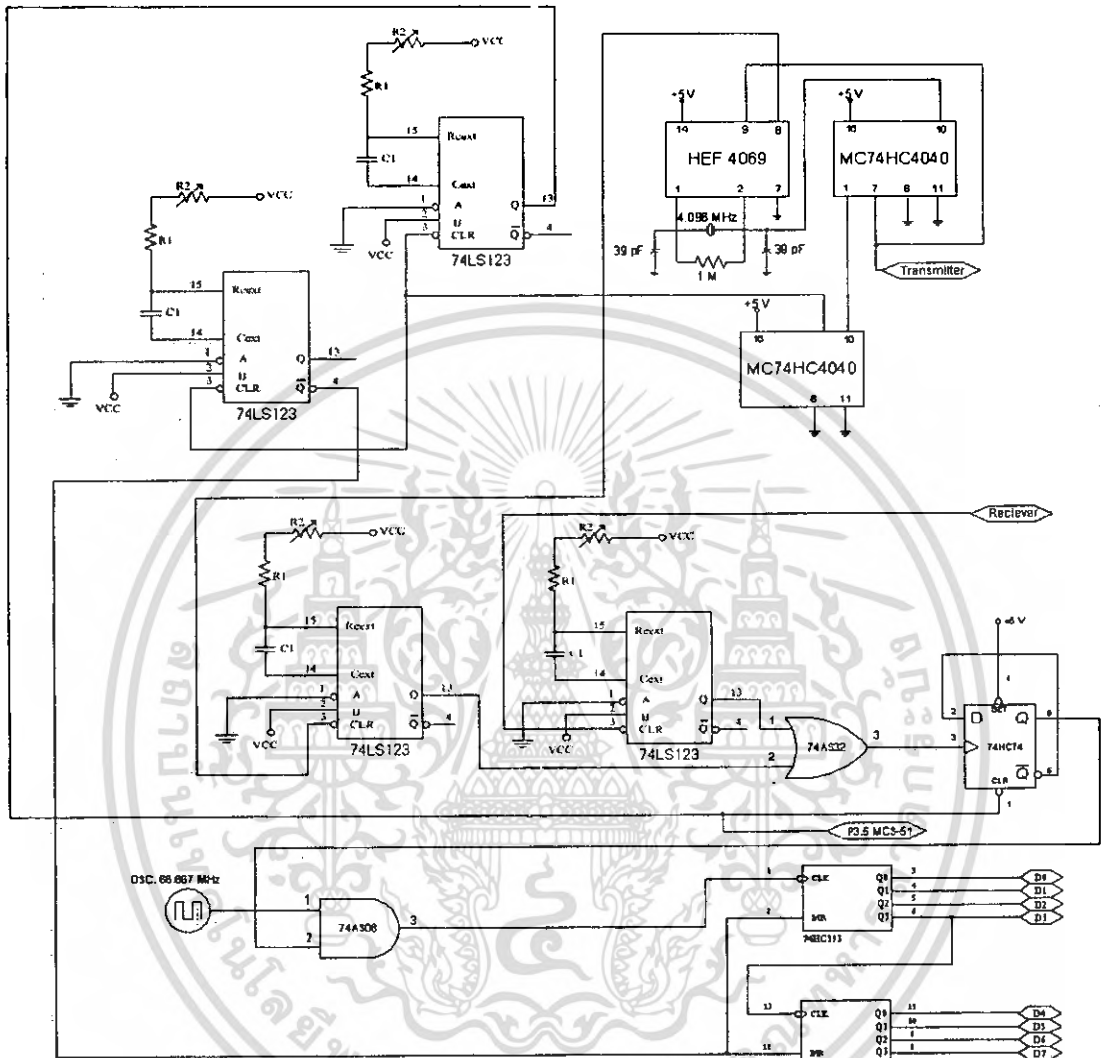
ในส่วนของวงจรถับจะใช้ไอซีเบอร์ 74HC393 (8 Bit Counter) มาทำหน้าที่นับสัญญาณอินพุต ซึ่งเป็นสัญญาณเอาต์พุตจากวงจรถับสัญญาณ โดยวงจรถับจะทำการนับทุก ๆ คาบของสัญญาณความถี่ 66.667 MHz ค่าที่นับได้นี้จะส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการคำนวณออกมาเป็นช่วงเวลา (คือ คำนวณความกว้างของสัญญาณพัลส์จาก D – Flip Flop นั่นเอง) โดยวิธีการก็คือ นำค่าที่นับได้จากวงจรถับมาคูณกับคาบเวลาของสัญญาณความถี่ 66.667 MHz (15 nsec) จะได้ค่าเวลาออกมาเป็น 2 ช่วง คือ $t_2 - t_1$ และ $t_4 - t_3$

ส่วนสัญญาณ Clear นั้น จะใช้สัญญาณอินเวอร์สของพัลส์กว้าง 4.5 μ s ความถี่ 1.95 Hz (จากที่ได้กล่าวไปแล้วในส่วนของวงจรถับสัญญาณนาฬิกา) เป็นตัวบอกให้เริ่มนับและหยุดนับพร้อมทั้งคงค่าที่นับได้ เพราะถ้าป้อนสัญญาณที่ได้จากการคูณเข้าไปนับโดยตรงจะเกิดปัญหาคือ การนับจะไม่เป็นระเบียบและไม่สามารถหาค่าเอาต์พุตที่จะนำไปประมวลผลได้ ออกแบบวงจรถับได้ดังรูปที่ 3.23



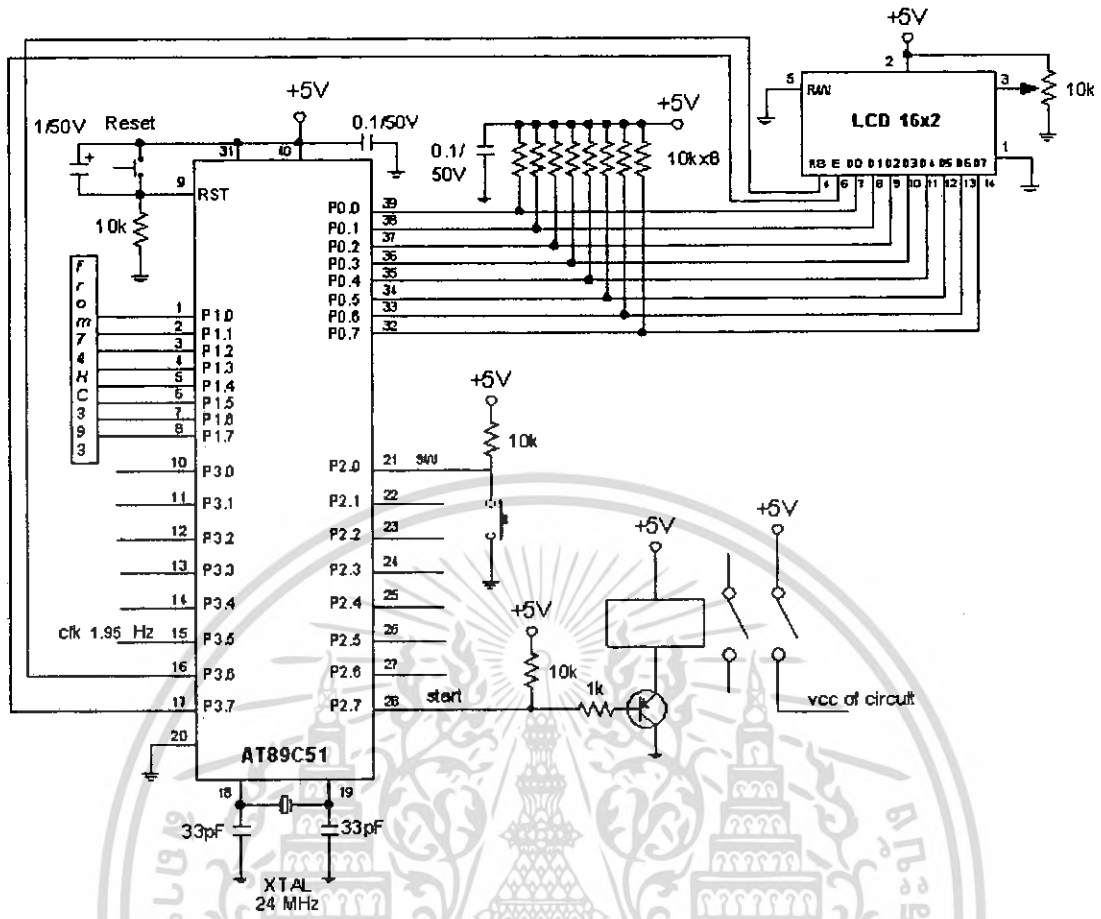
รูปที่ 3.23 วงจรถับ

สามารถเขียนวงจรโดยรวมของระบบได้ดังนี้



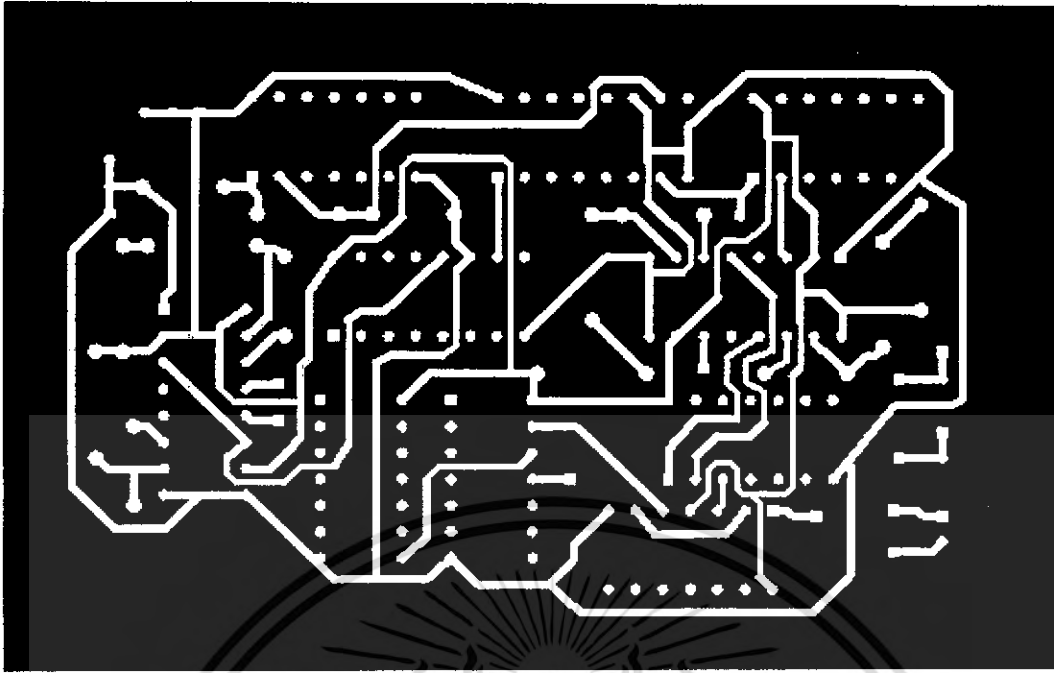
รูปที่ 3.24 วงจรโดยรวมของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

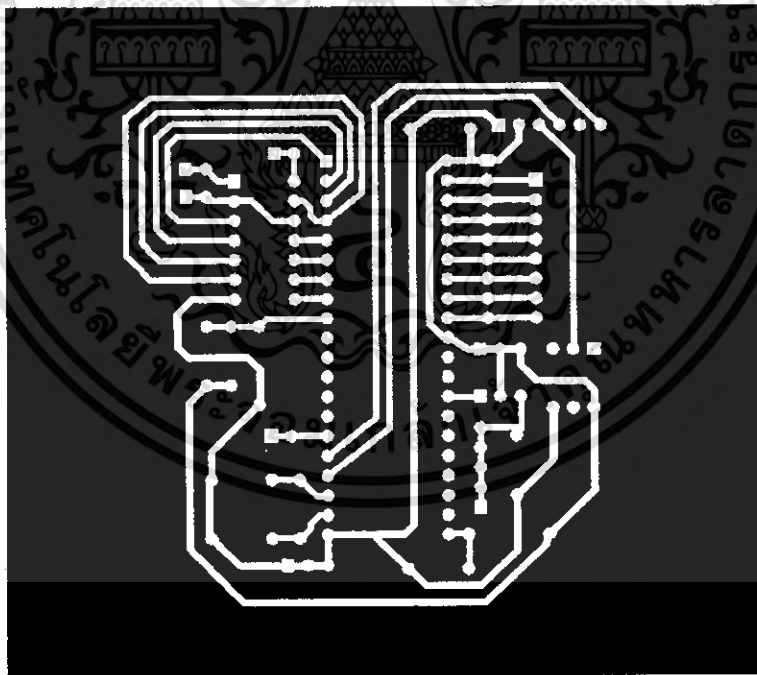


รูปที่ 3.25 วงจรส่วนประมวลผลของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

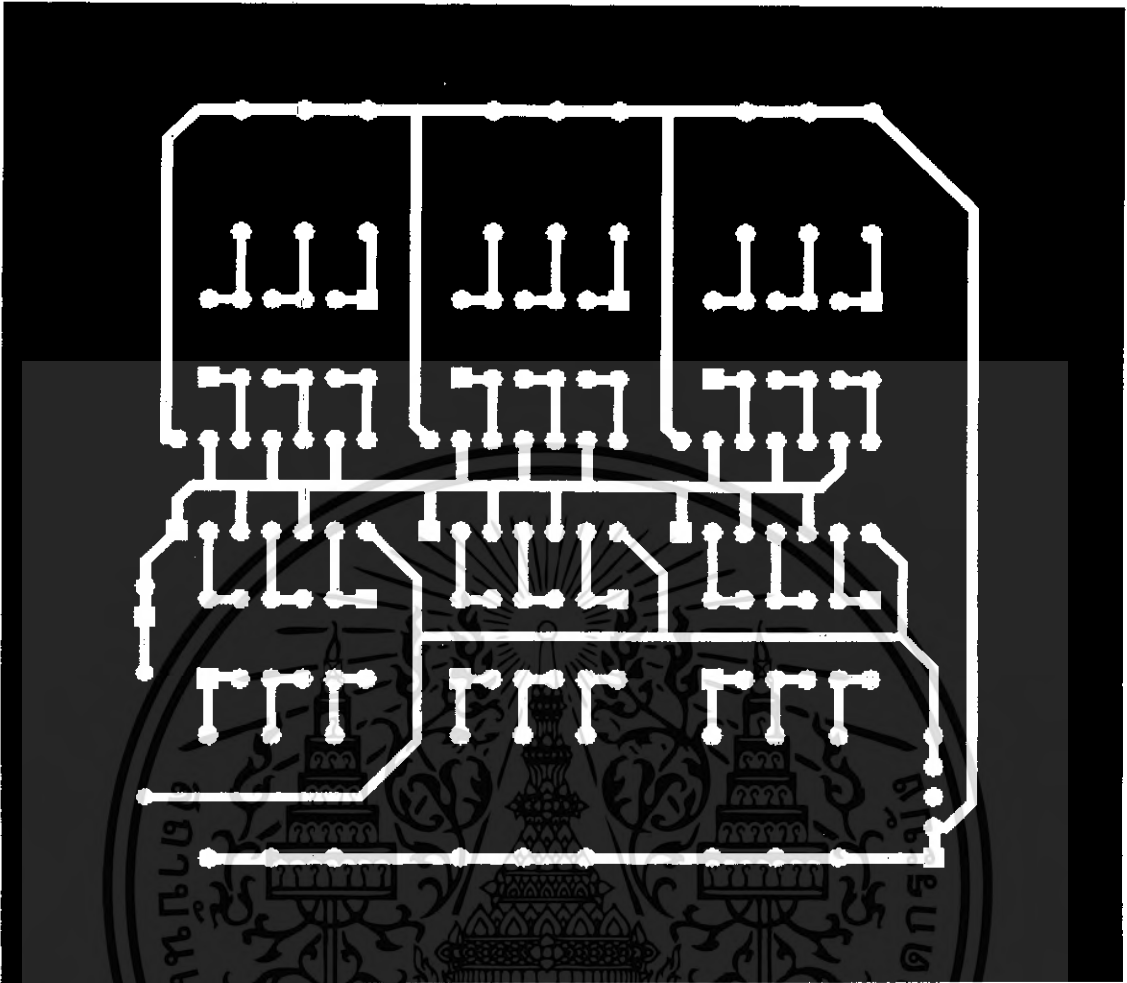


รูปที่ 3.26 ลายปริ้นท์ของวงจร โดยรวมของระบบ



รูปที่ 3.27 ลายปริ้นท์ของส่วนประมวลผล โดยใช้ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

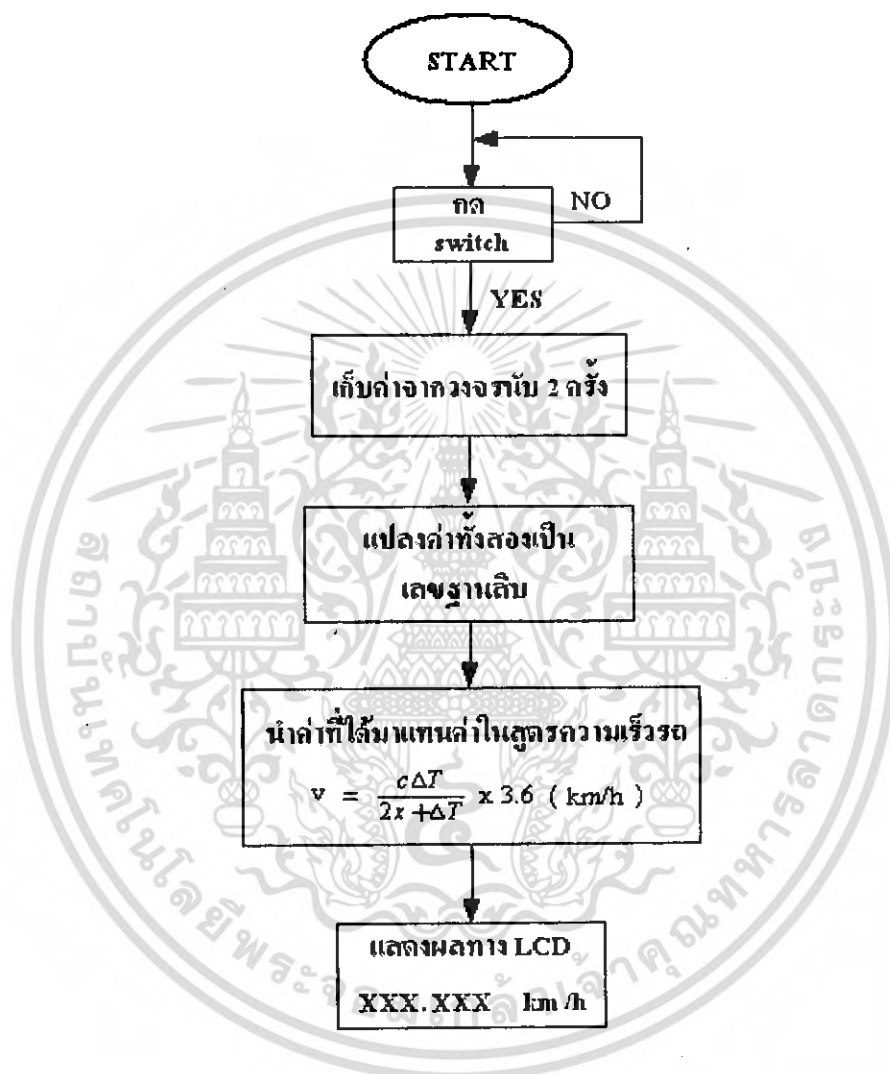


รูปที่ 3.28 ลายปรี้นท์ของวงจรจับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9 ส่วนประมวลผล

ในส่วนนี้ได้เขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์โดยใช้ภาษาซีร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 โดยมีบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมดังนี้



รูปที่ 3.29 บล็อกไดอะแกรมของโปรแกรมภาษาซี

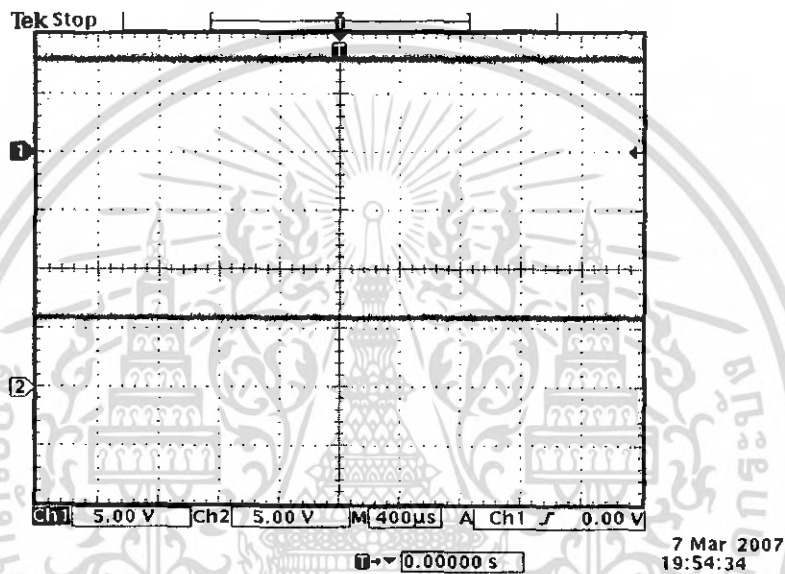
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

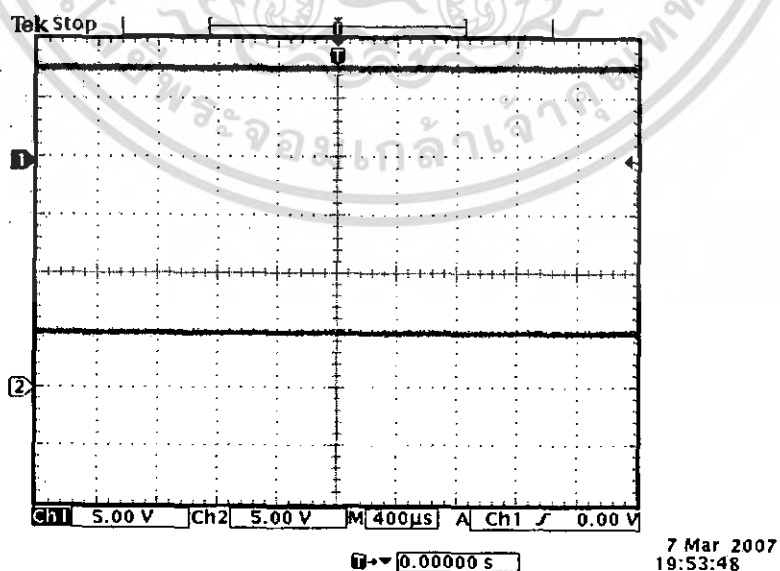
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วงจรแปลงแรงดัน

จากการทดลองใช้แบตเตอรี่ 8 โวลต์ ป้อนเข้าเป็นสัญญาณอินพุต เมื่อผ่านวงจรแปลงแรงดันแล้ว ได้สัญญาณเอาต์พุตที่มีแรงดัน 6 โวลต์และ 5 โวลต์เพื่อจ่ายให้กับวงจรจับและวงจรอื่นๆตามลำดับ ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2



รูปที่ 4.1 ผลการทดลองจากวงจรแปลงแรงดัน 6 V

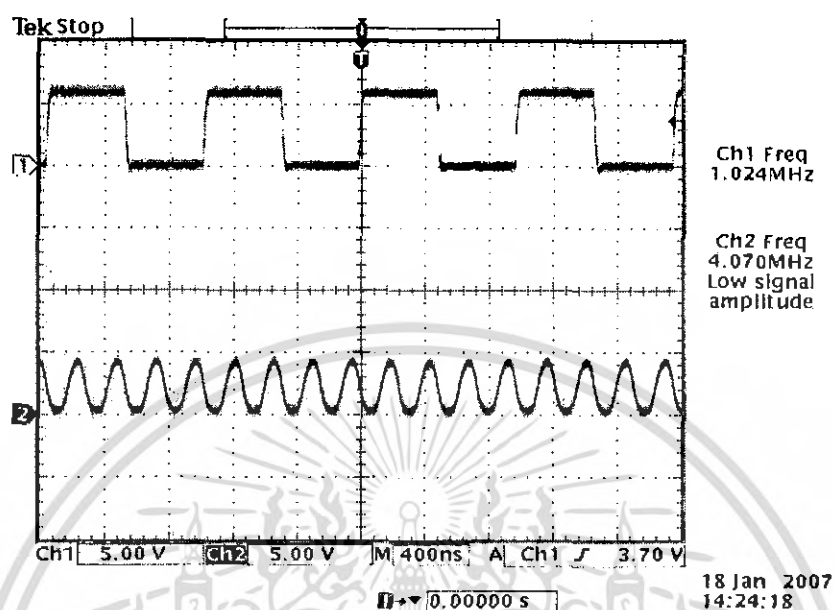


รูปที่ 4.2 ผลการทดลองจากวงจรแปลงแรงดัน 5 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

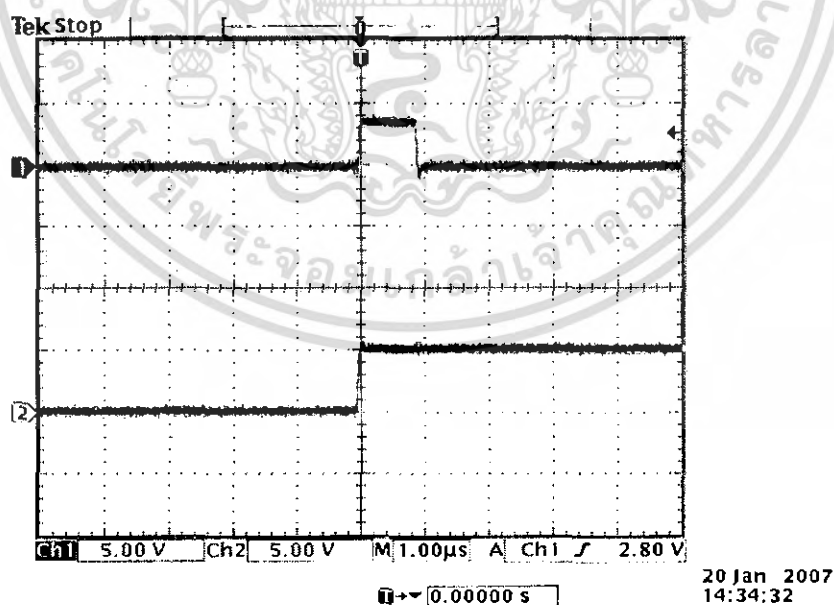
เมื่อต่อวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาตามรูปแบบที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 3 ได้เอาต์พุตดังนี้



รูปที่ 4.3 ผลการทดลองจากวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

Ch1 คือ สัญญาณเอาต์พุตความถี่ 1.024 MHz ใช้ในการป้อนวงจรจับ

Ch2 คือ สัญญาณอินพุตความถี่ 4.096 MHz

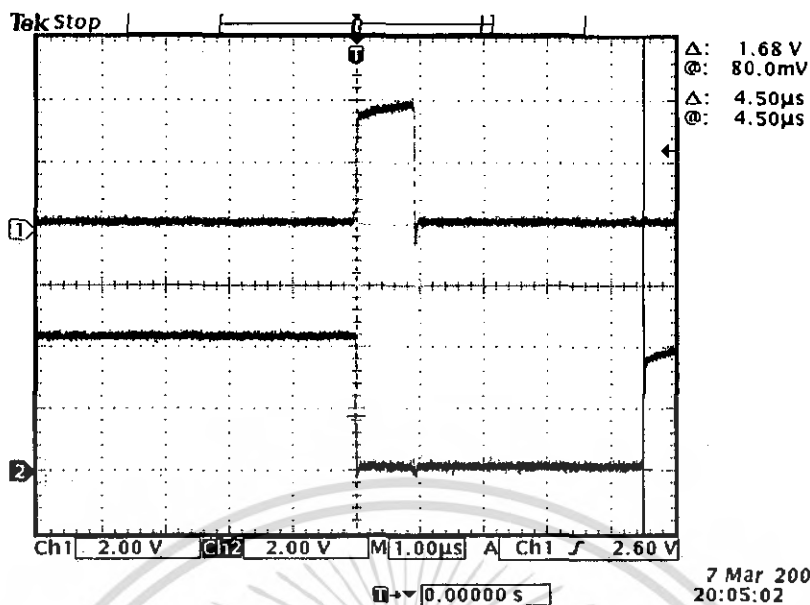


รูปที่ 4.4 ผลการทดลองจากวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา 2

Ch1 คือ เอาต์พุตเป็นพัลส์กว้าง 0.95 μ s ความถี่ 1.95 Hz ใช้ในการป้อนเข้า D-FF และ MCS-51

Ch2 คือ สัญญาณอินพุตความถี่ 1.95 Hz ใช้ในการกำเนิดพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ผลการทดลองจากวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา 3

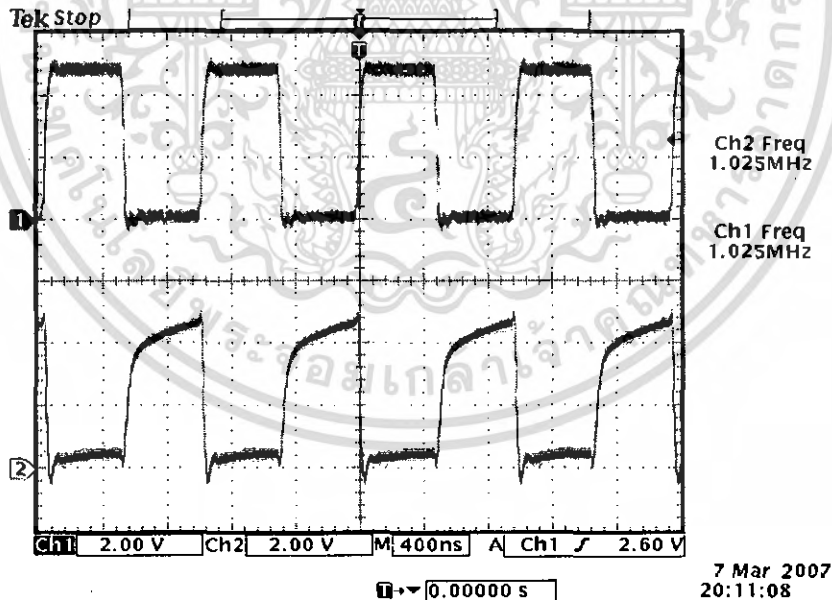
Ch1 คือ สัญญาณเอาต์พุตความถี่ 1.95 Hz ใช้ในการป้อนเข้า D-FF และ MCS-51

Ch2 คือ สัญญาณเอาต์พุตความถี่ 1.95 Hz ใช้ในการป้อนเข้า 74HC393

4.3 วงจรจับสัญญาณ

เมื่อนำสัญญาณความถี่ 1.024 MHz ไปจับเลเซอร์ไดโอดโดยใช้ไอซี 74LS06 ได้ผลการทดลองดัง

รูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ผลการทดลองจากวงจรจับสัญญาณ

Ch1 คือ สัญญาณอินพุตความถี่ 1.024 MHz

Ch2 คือ สัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้จากเลเซอร์ไดโอด

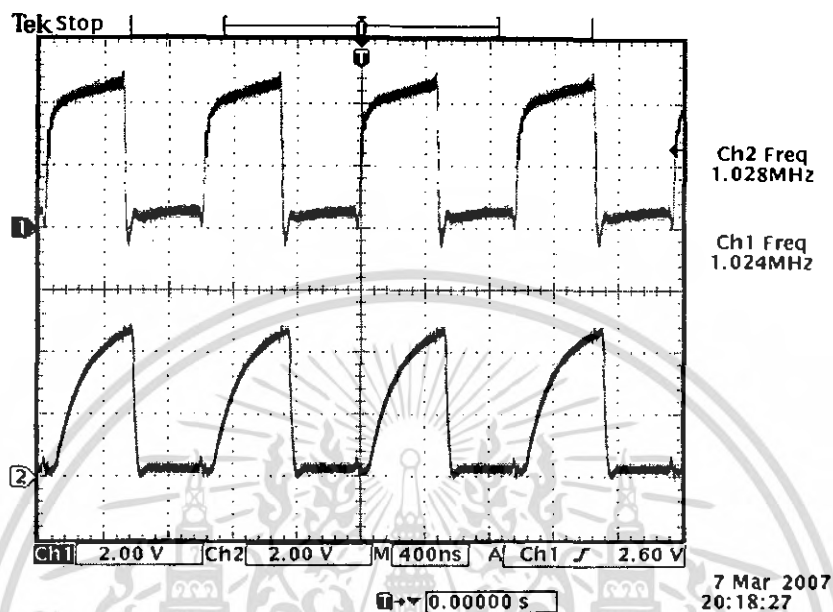
เนื่องจากไอซี 74LS06 เป็นอินเวอร์เตอร์ ดังนั้นสัญญาณที่ควบคุมให้เลเซอร์ไดโอดทำงานจึงมี
ลอจิกที่ตรงกันข้ามกับสัญญาณอินพุต สัญญาณเอาต์พุตที่วัดได้จากเลเซอร์ไดโอดจึงกลับเฟสกับสัญญาณ

อินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 วงจรตรวจจับสัญญาณ

เมื่อทดลองรับสัญญาณที่ส่งโดยตรงจากจากเลเซอร์ไดโอด โดยใช้โฟโต้ไดโอดได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ผลการทดลองจากวงจรตรวจจับสัญญาณ

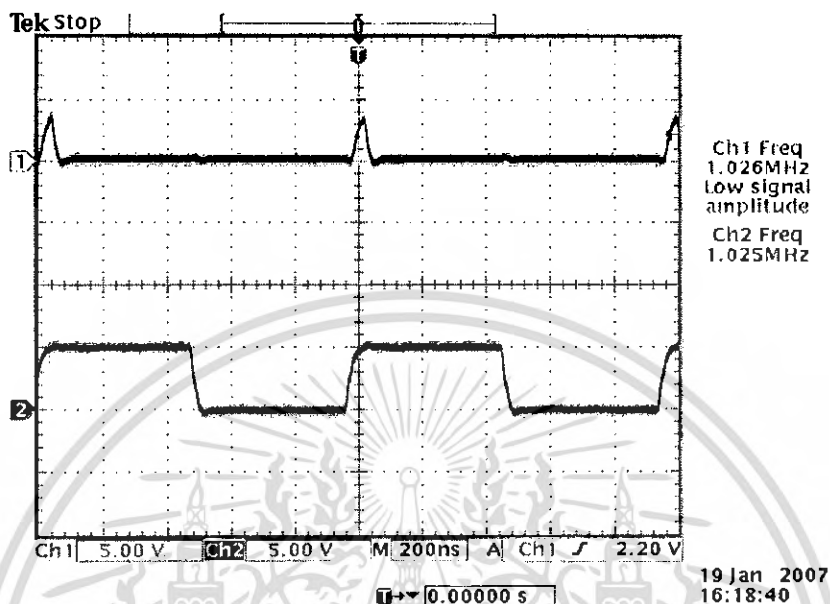
Ch1 คือ สัญญาณที่ส่งไปกับเลเซอร์ไดโอด

Ch2 คือ สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรรับสัญญาณ

จะเห็นได้ว่าสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากโฟโต้ไดโอด มีขนาดเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับสัญญาณที่ส่งออกไปกับเลเซอร์ไดโอด

4.5 วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์

เมื่อนำสัญญาณนาฬิกาที่ได้จากวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา มาสร้างเป็นพัลส์ขนาดเล็กได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.8



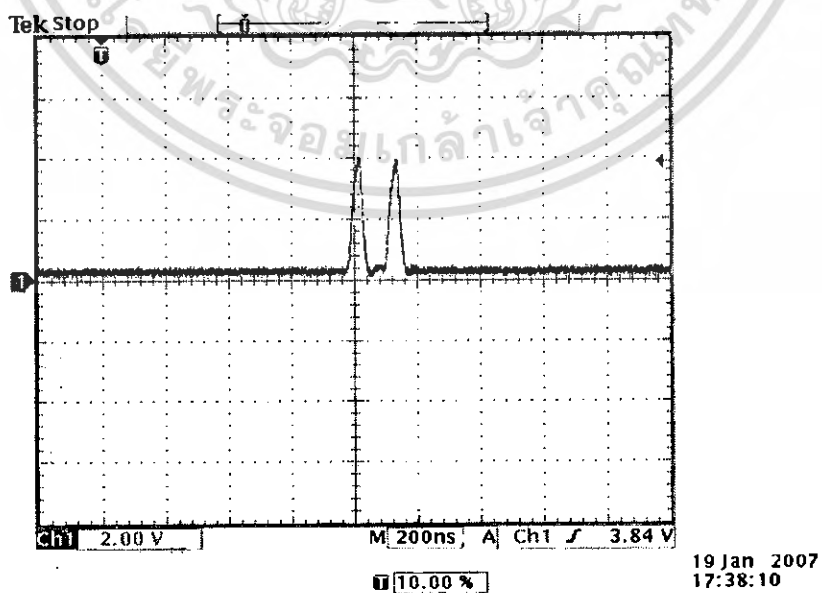
รูปที่ 4.8 ผลการทดลองจากวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์

Ch1 คือ สัญญาณพัลส์ความกว้าง 40 ns

Ch2 คือ สัญญาณนาฬิกาที่มีเฟสตรงกับสัญญาณที่ส่งไปกับเลเซอร์

4.6 วงจรรวมสัญญาณ

วงจรรวมสัญญาณจะทำการนำพัลส์ขนาด 40 ns ของสัญญาณที่มีช่วงต่างทางเวลามารวมกัน

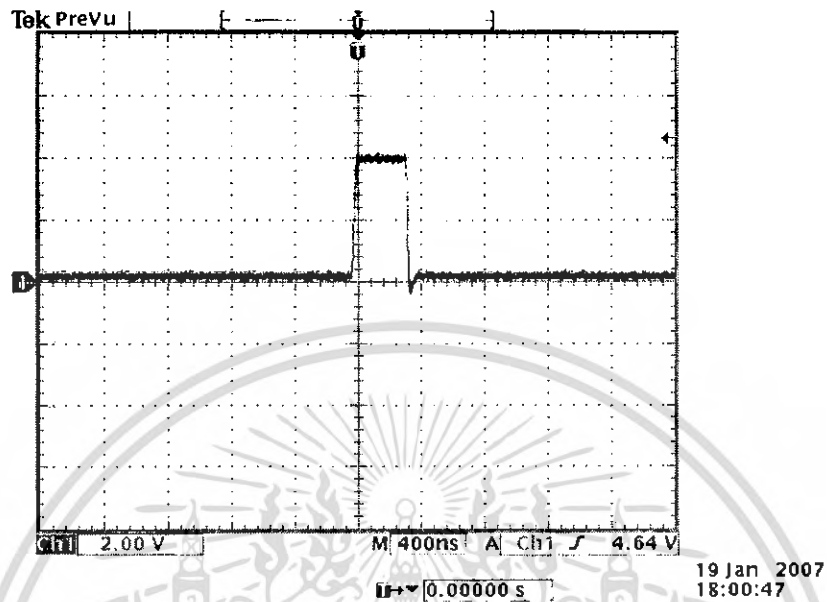


รูปที่ 4.9 ผลการทดลองจากวงจรรวมสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.7 วงจรตรวจจับเวลา

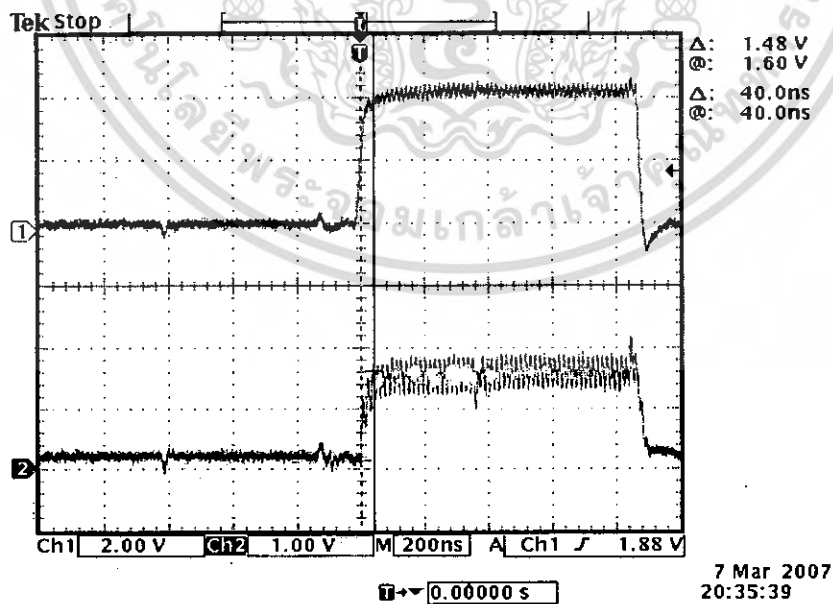
เมื่อได้เอาต์พุตของวงจรรวมสัญญาณแล้วจะทำการหาช่วงเวลาระหว่างอินพุตทั้งสองได้ผลดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ผลการทดลองวงจรตรวจจับเวลา (D-FF)

4.8 วงจรคูณสัญญาณ

จากนั้นวงจรคูณสัญญาณจะทำการคูณสัญญาณช่วงเวลาที่ได้เข้ากับความถี่ 66.667 MHz ได้สัญญาณดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ผลการทดลองจากวงจรคูณสัญญาณ

Ch1 คือ สัญญาณช่วงเวลาจาก D-FF

Ch2 คือ สัญญาณที่คูณกับความถี่ 66.667 MHz

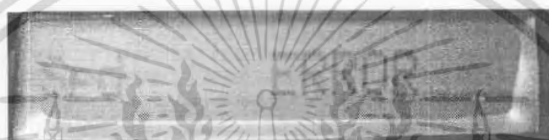
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อทำการเปิดเครื่อง เครื่องมือวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์จะแสดงผลที่หน้าจอดังรูป 4.12



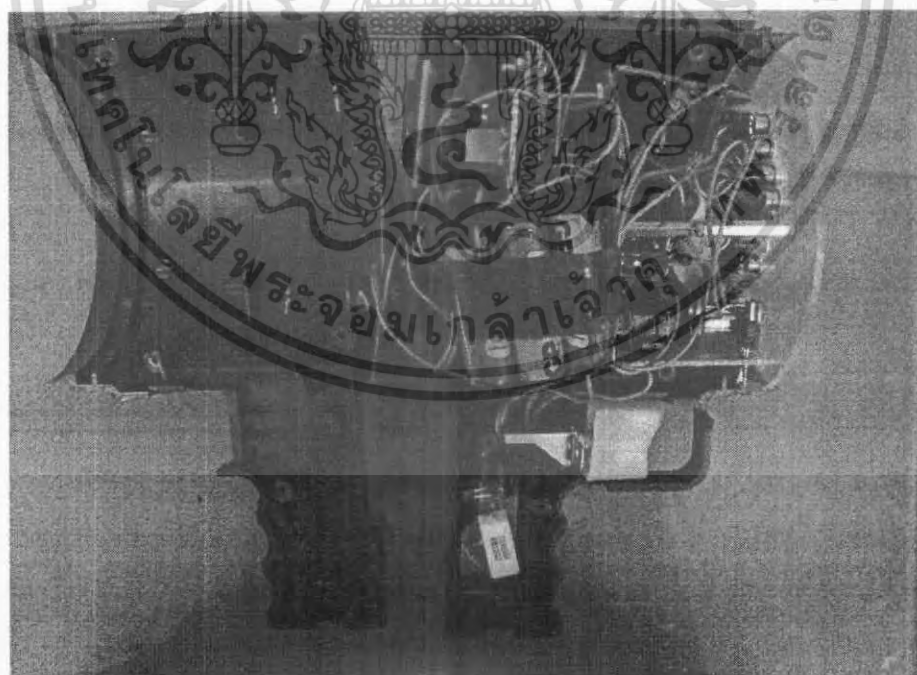
รูปที่ 4.12 จอแสดงผลเมื่อทำการเปิดเครื่อง

และหากเครื่องมือไม่สามารถวัดความเร็วรถได้ซึ่งอาจสืบเนื่องมาจากความเร็วรถไม่ได้อยู่ในย่านที่เครื่องมือสามารถทำงานได้ หรือ แสงเลเซอร์ไม่สามารถสะท้อนกลับมายังเครื่องมือวัดได้ จะทำการแสดงผลดังรูปที่ 4.13



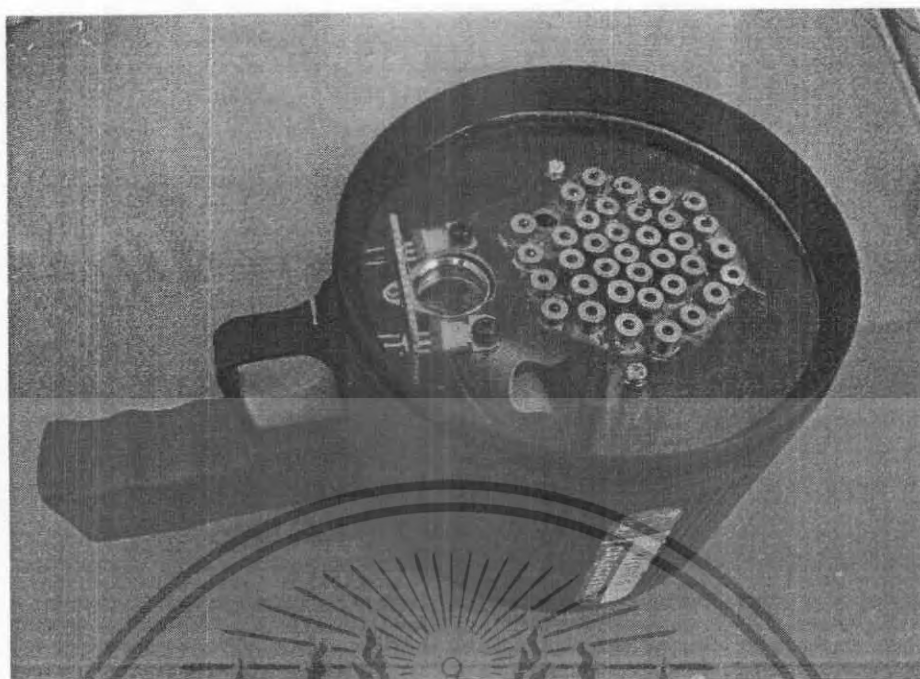
รูปที่ 4.13 จอแสดงผลเมื่อไม่สามารถวัดความเร็วรถได้

เมื่อทำการประกอบวงจรและวัสดุต่างๆที่เตรียมไว้จะได้เครื่องมือวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์ดังรูปที่ 4.14 และ 4.15

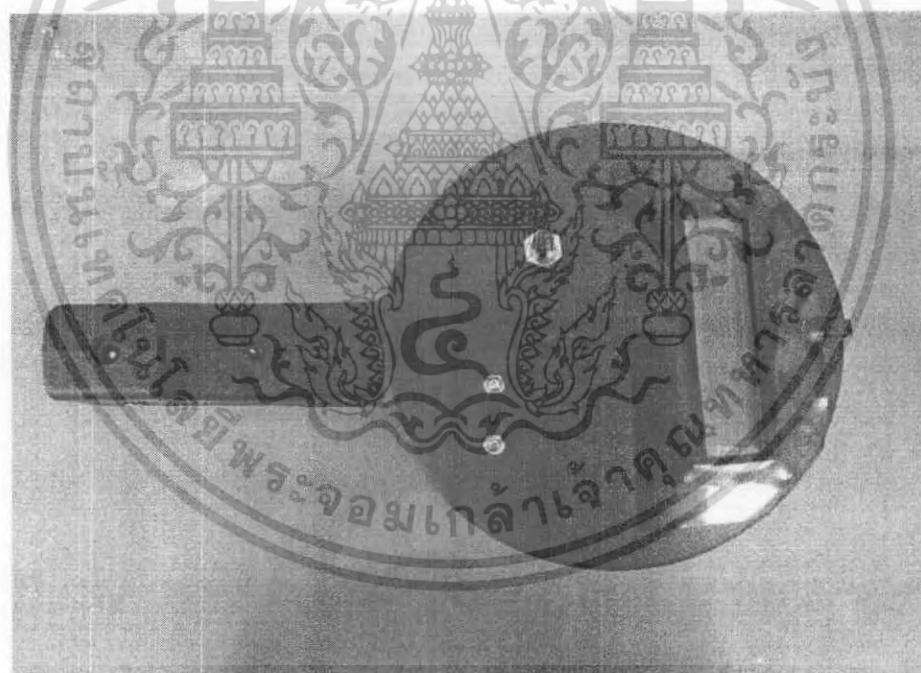


รูปที่ 4.14 โครงสร้างภายในของเครื่องมือวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 เครื่องมือวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์



รูปที่ 4.16 ด้านหลังของเครื่องมือวัดประกอบด้วยส่วนแสดงผลด้วย LCD สวิตช์เปิด-ปิด สวิตช์รีเซ็ต และพอร์ตสำหรับชาร์จแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วิจารณ์และสรุป

ในบทนี้จะทำการวิเคราะห์ผลการทดลองในแต่ละวงจร โดยจะแสดงปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาของวงจรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยจะแบ่งออกเป็น

- 1) วงจรแปลงแรงดัน
- 2) วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา
- 3) วงจรขับสัญญาณ
- 4) วงจรตรวจจับสัญญาณ
- 5) วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์
- 6) วงจรรวมสัญญาณ
- 7) วงจรตรวจจับเวลา
- 8) วงจรคูณสัญญาณ
- 9) วงจรนับ
- 10) ไมโครคอนโทรลเลอร์

5.1 วงจรแปลงแรงดัน

ในส่วนของวงจรนี้ใช้ไอซี L7805 และ L7806 แปลงแรงดันจากแบตเตอรี่ 8 โวลต์ ได้แรงดัน 5 โวลต์และ 6 โวลต์ตามลำดับ

5.2 วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

ในส่วนของวงจรนี้ใช้ไอซี HEF4069 กับไอซี 74HC4040 ได้เอาต์พุตเป็นสัญญาณนาฬิกาความถี่ 1.024 MHz และ 1.95 Hz และเมื่อนำสัญญาณความถี่ 1.95 Hz ไปเป็นสัญญาณอินพุตให้กับไอซี 74LS123 ได้เอาต์พุตเป็นสัญญาณพัลส์กว้าง 0.95 μ s และ อินเวอร์สของพัลส์กว้าง 4.5 μ s ตามที่ต้องการ

5.3 วงจรขับสัญญาณ

จากการทดลองที่ผ่านมา มีการทดลองใช้วงจรขับในรูปแบบต่างๆ ซึ่งมักประสบปัญหาเรื่องไอซีที่ใช้ขับเลขอร์มีกำลังไม่พอและสามารถขับเลขอร์ไดโอดได้เพียงจำนวนไม่กี่ตัวเท่านั้นทำให้ต้องใช้ไอซีจำนวนมากในการขับเลขอร์ไดโอดหลายตัว จึงได้พัฒนามาเป็นวงจรขับสัญญาณซึ่งใช้ไอซี 7406 ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นอินเวอร์เตอร์บัฟเฟอร์ และ โอเพ่นคอลเลกเตอร์ สามารถทนแรงดันที่ขาเอาต์พุตได้สูงจึงไม่มีปัญหาเรื่องกำลังในการขับเลขอร์ไดโอดหลายตัว

5.4 วงจรตรวจจับสัญญาณ

เนื่องจากส่วนของวงจรตรวจจับสัญญาณใช้อุปกรณ์ทางแสงคือโฟโตไดโอด เป็นตัวกลางในการแปลงค่าแสงที่รับได้มาเป็นไฟฟ้าและเป็นอุปกรณ์ที่ต้องการความแม่นยำในการรับแสง ปัญหาที่เกิดขึ้นคือโฟโตไดโอดมีขนาดเล็กสามารถรับแสงได้ที่มุมการสะท้อนที่แคบ และต้องการปริมาณแสงที่มากพอสำหรับการประมวลผลเป็นสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งจากการทดลองพบว่ากำลังแสงที่ผ่านการสะท้อนจากวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มายังโฟลต์โคโอดไม่มากพอที่จะทำให้โฟลต์โคโอดประมวลค่าได้ จึงมีแนวคิดในการแก้ไขปัญหาคือ การใช้เลนส์เข้าช่วยรวมแสงให้อยู่ในจุดที่โฟลต์โคโอดสามารถอ่านค่าได้

5.5 วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์

วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่เราต้องการพัลส์ที่มีความกว้าง 40 ns โดยสร้างจากไอซี 74LS123 ซึ่งได้ค่าความกว้างพัลส์ตามที่เรต้องการ

5.6 วงจรรวมสัญญาณ

ในส่วนนี้สามารถรวมสัญญาณพัลส์ของค่านับและส่งให้อยู่บนแกนเวลาเดียวกันได้ตามที่ต้องการ

5.7 วงจรตรวจจับเวลา

ในส่วนวงจรตรวจจับเวลาเป็นการนำผลจากวงจรรวมสัญญาณมาทำให้เป็นพัลส์ที่มีความกว้างเป็นคาบเวลา ($t_1 - t_2$) และ ($t_2 - t_3$) ที่ใช้ในการคำนวณ

5.8 วงจรคูณสัญญาณ

ส่วนของวงจรคูณสัญญาณ มีปัญหาเนื่องจากสัญญาณที่ได้จากออสซิลเลเตอร์ความถี่สูงมีส่วนของไฟติชี่ ทำให้สัญญาณที่ได้ไม่เป็นค่าลอจิก 0 และ 1 ตามที่ต้องการ

5.9 วงจรนับ

วงจรมีปัญหาที่สืบเนื่องจากวงจรคูณสัญญาณได้ โดยใช้ไอซีที่มีระดับแรงดันอ้างอิงระหว่างลอจิก 0 และ 1 ที่ 1.3 โวลต์ ซึ่งเป็นระดับที่สามารถนับค่าจากสัญญาณที่มีส่วนของไฟติชี่ได้ในระดับที่ต้องการ

5.10 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ในส่วนนี้จะมีปัญหาเล็กน้อยในการเขียนซอฟต์แวร์เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นำค่าที่ได้จากวงจรมานำทำการประมวลผล เพื่อหาความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่ได้จาก D-FF ซึ่งจะต้องให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นำค่าที่นับได้จากวงจรมานำทำการประมวลผลในช่วงที่วงจรมีการนับค่าเท่านั้น

ข้อจำกัดในการทำงานของเครื่องมือวัดความเร็วรถด้วยเลเซอร์ คือ

1. ถ้าค่าความเร็วของรถมีค่าต่ำกว่า 16.2 km/h จะแสดงผลเป็น 0 km/h และ ถ้ามีความเร็วมากกว่า 16.2 km/h แต่ไม่ถึง 32.4 km/h จะแสดงผลเป็น 16.2 km/h ซึ่งจะแสดงผลได้เป็นจำนวนเท่าของ 16.2 km/h ไปเรื่อยๆ ทำให้มีค่าความผิดพลาดได้สูงสุดถึง 16.2 km/h เนื่องจากความถี่ของออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ในวงจรมีค่า 66.667 MHz ซึ่งยังมีความละเอียดไม่เพียงพอ
2. ระยะห่างระหว่างรถและเครื่องมือวัดต้องมีค่าอยู่ในช่วง 6 – 142.5 เมตรเท่านั้นดังที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2
3. แสงเลเซอร์เมื่อไปกระทบกับรถ จะต้องสามารถสะท้อนกลับมายังเลนส์รวมแสงของภาครับได้เท่านั้นจึงจะสามารถวัดความเร็วรถได้ ซึ่งในทางปฏิบัติสามารถทำได้ยาก

บรรณานุกรม

- 1 อุดม รานอก , ภาษาซีสำหรับควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 , บริษัท ไอดีซี อินโฟ คิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด
- 2 <http://www.alldatasheet.com>
- 3 http://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/device/diode_transistor/diode.htm
- 4 http://www.sc.mahidol.ac.th/scpy/Optics/basic_laser.htm



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Code โปรแกรมภาษาซี

```
#include "reg51.h"

#define NumPulse 3

//-----
// Define I/O Port
//
#define LCD P0
#define CNT P1
//at P0 sfr LCD; // LCD display 8-bit
//at P1 sfr CNT; // Pulse Counted
sbit RS = P3^6; // LCD Cmd/Data
sbit E = P3^7; // LCD Enable
sbit DR = P3^5; // Data Ready
sbit SW = P2^0; // Start Switch
sbit VCC = P2^7; // Enable Vcc

//-----
// Global Variable
//
unsigned char LogPulse[NumPulse];
unsigned char i;
float diff;
float speed;

void InitLCD() {
    unsigned int i;

    LCD = 0x00;
    E = 0;
    RS = 0;

    // Rising Time
    for (i=0;i<255;i++) ;
    for (i=0;i<255;i++) ;
    for (i=0;i<255;i++) ;
    for (i=0;i<255;i++) ;
    for (i=0;i<255;i++) ;
    for (i=0;i<255;i++) ;
    for (i=0;i<255;i++) ;
    for (i=0;i<255;i++) ;
    for (i=0;i<255;i++) ;
    for (i=0;i<255;i++) ;
    for (i=0;i<255;i++) ;
    for (i=0;i<255;i++) ;
    for (i=0;i<255;i++) ;
    for (i=0;i<255;i++) ;
    for (i=0;i<255;i++) ;

    RS = 0;

    // Init LCD
    LCD = 0x38;
    E = 1;
    E = 0;
    for (i=0;i<200;i++) ;
    for (i=0;i<200;i++) ;
    for (i=0;i<200;i++) ;
    for (i=0;i<200;i++) ;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

// Display on without cursor
LCD = 0x0C;
E = 1;
E = 0;
for (i=0;i<200;i++) ;
for (i=0;i<200;i++) ;
for (i=0;i<200;i++) ;
for (i=0;i<200;i++) ;

// clear display
LCD = 0x01;
E = 1;
E = 0;
for (i=0;i<200;i++) ;
for (i=0;i<200;i++) ;
for (i=0;i<200;i++) ;
for (i=0;i<200;i++) ;
for (i=0;i<200;i++) ;
for (i=0;i<200;i++) ;

}

void WriteLCD(unsigned char ch) {
    unsigned int i;
    RS = 1;
    LCD = ch;
    E = 1;
    E = 0;
    for (i=0;i<50;i++) ;
}

void PrintLCD(unsigned char stt[]) {
    unsigned char i;
    for (i=0;stt[i]!=0;i++)
        WriteLCD(stt[i]);
}

void GotoLCD(unsigned char addr) {
    unsigned int i;

    RS = 0;
    LCD = addr | 0x80;
    E = 1;
    E = 0;
    for (i=0;i<50;i++) ;
}

void delayx() {
    unsigned char i,j;
    for (i=0;i<255;i++)
        for (j=0;j<255;j++)
            ;
}

void main(void) {

    InitLCD();
    GotoLCD(0x00);
    PrintLCD("Spd 000.");
    GotoLCD(0x40);
    PrintLCD("000 km/h");
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hex inverter

HEF4069UB
gates

DESCRIPTION

The HEF4069UB is a general purpose hex inverter. Each of the six inverters is a single stage.

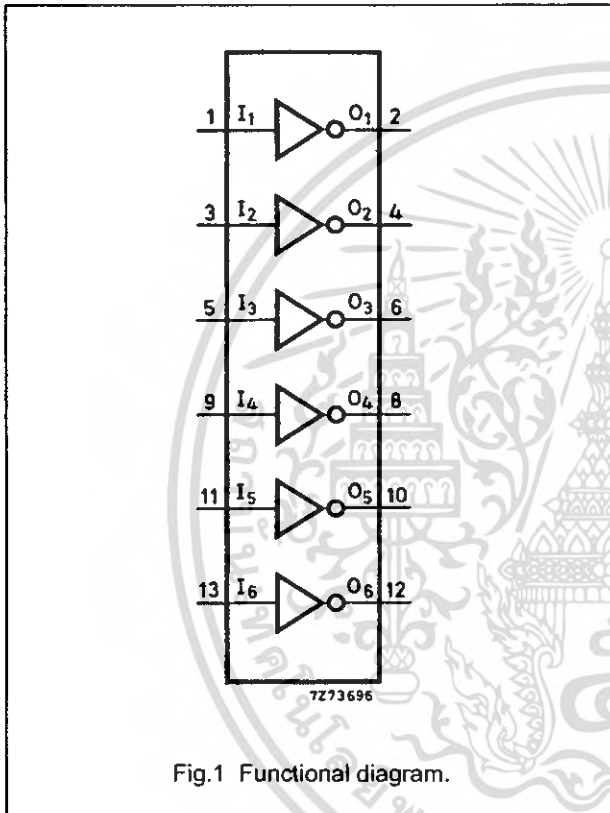


Fig.1 Functional diagram.

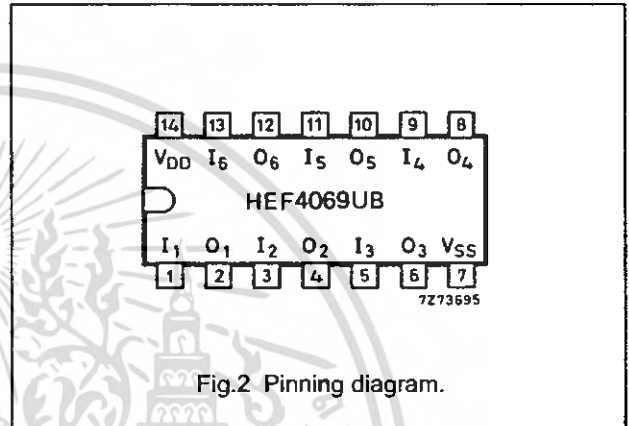


Fig.2 Pinning diagram.

HEF4069UBP(N): 14-lead DIL; plastic (SOT27-1)

HEF4069UBD(F): 14-lead DIL; ceramic (cerdip) (SOT73)

HEF4069UBT(D): 14-lead SO; plastic (SOT108-1)

(): Package Designator North America

FAMILY DATA, I_{DD} LIMITS category GATES

See Family Specifications for V_{IH}/V_{IL} unbuffered stages

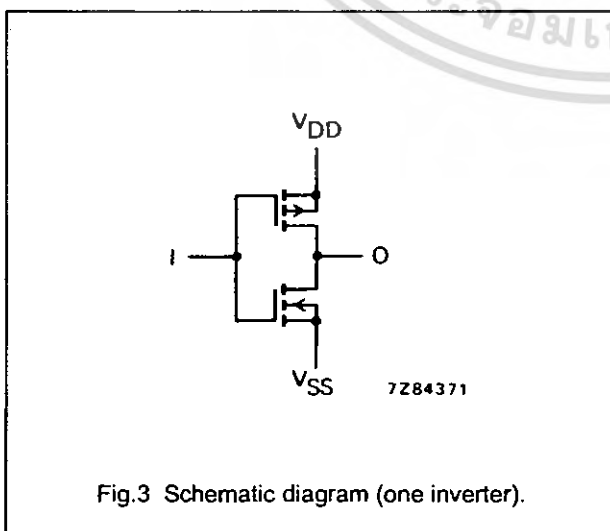


Fig.3 Schematic diagram (one inverter).

Hex inverter

HEF4069UB
gates

AC CHARACTERISTICS

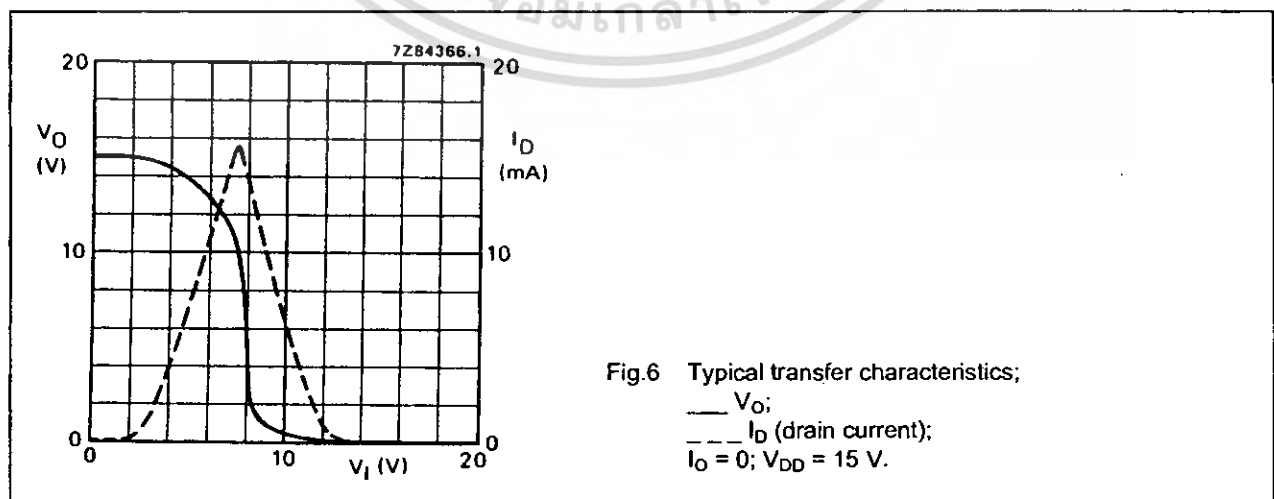
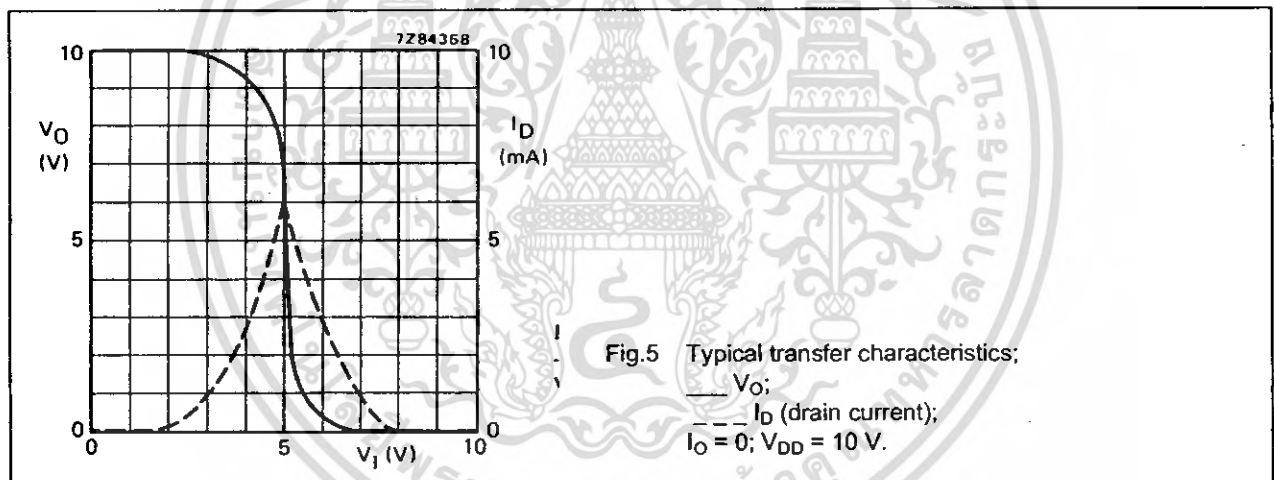
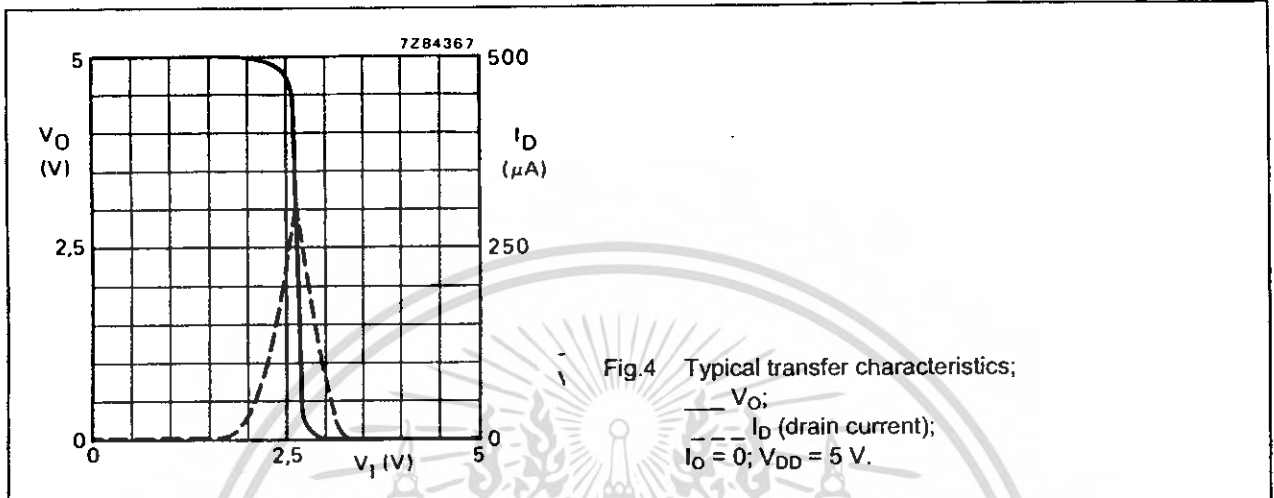
V_{SS} = 0 V; T_{amb} = 25 °C; C_L = 50 pF; input transition times ≤ 20 ns

	V _{DD} V	SYMBOL	TYP.	MAX.	TYPICAL EXTRAPOLATION FORMULA	
Propagation delays I _n → O _n HIGH to LOW	5	t _{PHL}	45	90 ns	18 ns + (0,55 ns/pF) C _L	
	10		20	40 ns	9 ns + (0,23 ns/pF) C _L	
	15		15	25 ns	7 ns + (0,16 ns/pF) C _L	
	LOW to HIGH	5	t _{PLH}	40	80 ns	13 ns + (0,55 ns/pF) C _L
		10		20	40 ns	9 ns + (0,23 ns/pF) C _L
		15		15	30 ns	7 ns + (0,16 ns/pF) C _L
Output transition times HIGH to LOW	5	t _{THL}	60	120 ns	10 ns + (1,0 ns/pF) C _L	
	10		30	60 ns	9 ns + (0,42 ns/pF) C _L	
	15		20	40 ns	6 ns + (0,28 ns/pF) C _L	
	LOW to HIGH	5	t _{TLH}	60	120 ns	10 ns + (1,0 ns/pF) C _L
		10		30	60 ns	9 ns + (0,42 ns/pF) C _L
		15		20	40 ns	6 ns + (0,28 ns/pF) C _L

	V _{DD} V	TYPICAL FORMULA FOR P (μW)	
Dynamic power dissipation per package (P)	5	600 f _i + Σ (f _o C _L) × V _{DD} ²	where f _i = input freq. (MHz) f _o = output freq. (MHz) C _L = load capacitance (pF) Σ (f _o C _L) = sum of outputs V _{DD} = supply voltage (V)
	10	4 000 f _i + Σ (f _o C _L) × V _{DD} ²	
	15	22 000 f _i + Σ (f _o C _L) × V _{DD} ²	

Hex inverter

HEF4069UB
gates



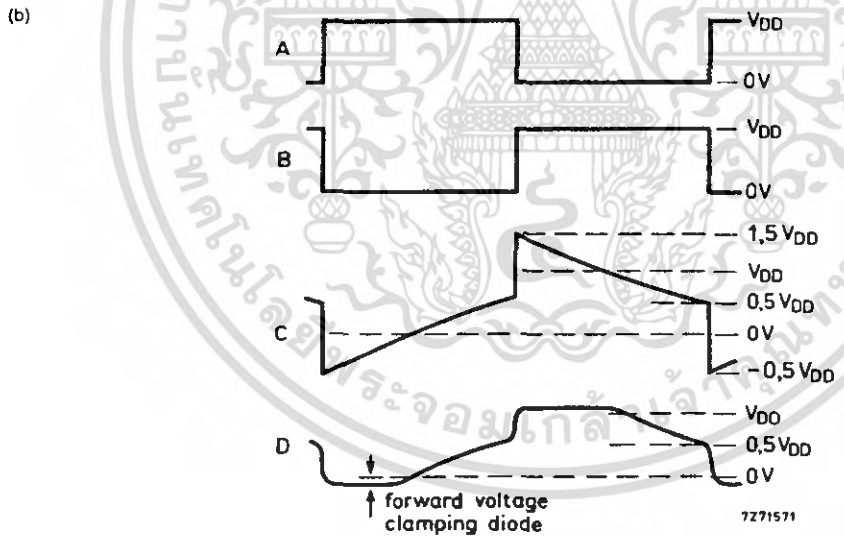
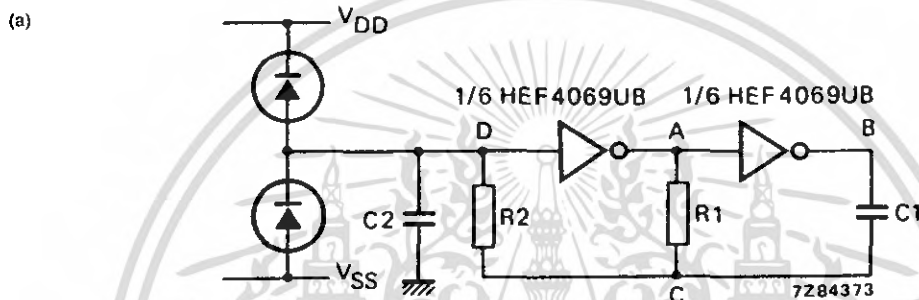
Hex inverter

HEF4069UB
gates

APPLICATION INFORMATION

Some examples of applications for the HEF4069UB are shown below.

In Fig.7 an astable relaxation oscillator is given. The oscillation frequency is mainly determined by R1C1, provided R1 << R2 and R2C2 << R1C1.



The function of R2 is to minimize the influence of the forward voltage across the protection diodes on the frequency; C2 is a stray (parasitic) capacitance. The period T_p is given by $T_p = T_1 + T_2$, in which

$$T_1 = R1C1 \ln \frac{V_{DD} + V_{ST}}{V_{ST}} \text{ and } T_2 = R1C1 \ln \frac{2V_{DD} - V_{ST}}{V_{DD} - V_{ST}} \text{ where}$$

V_{ST} is the signal threshold level of the inverter. The period is fairly independent of V_{DD} , V_{ST} and temperature. The duty factor, however, is influenced by V_{ST} .

Fig.7 (a) Astable relaxation oscillator using two HEF4069UB inverters; the diodes may be BAW62; C2 is a parasitic capacitance. (b) Waveforms at the points marked A, B, C and D in the circuit diagram.

Hex inverter

HEF4069UB
gates

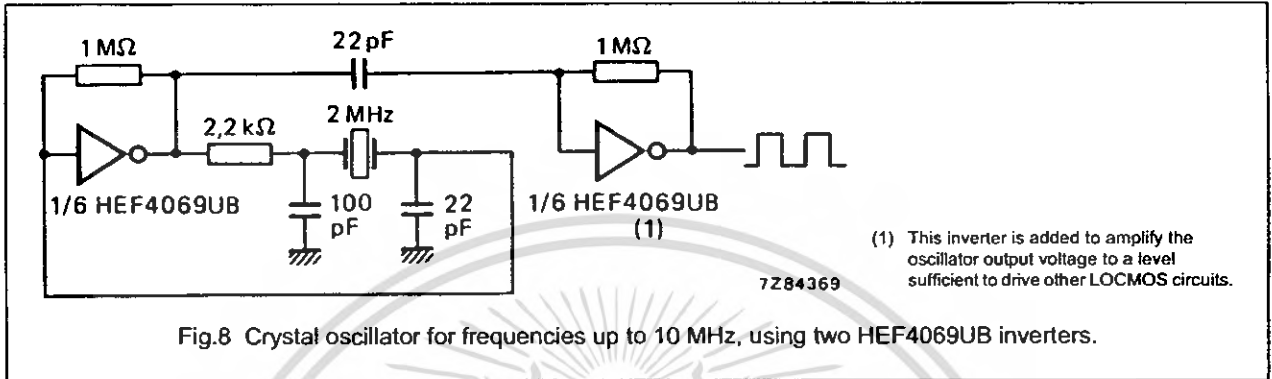


Fig.8 Crystal oscillator for frequencies up to 10 MHz, using two HEF4069UB inverters.

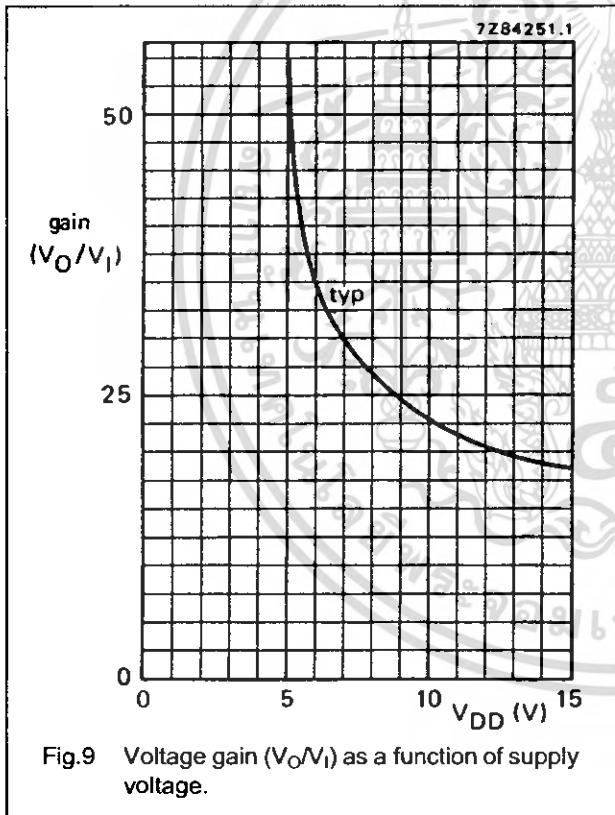


Fig.9 Voltage gain (V_O/V_I) as a function of supply voltage.

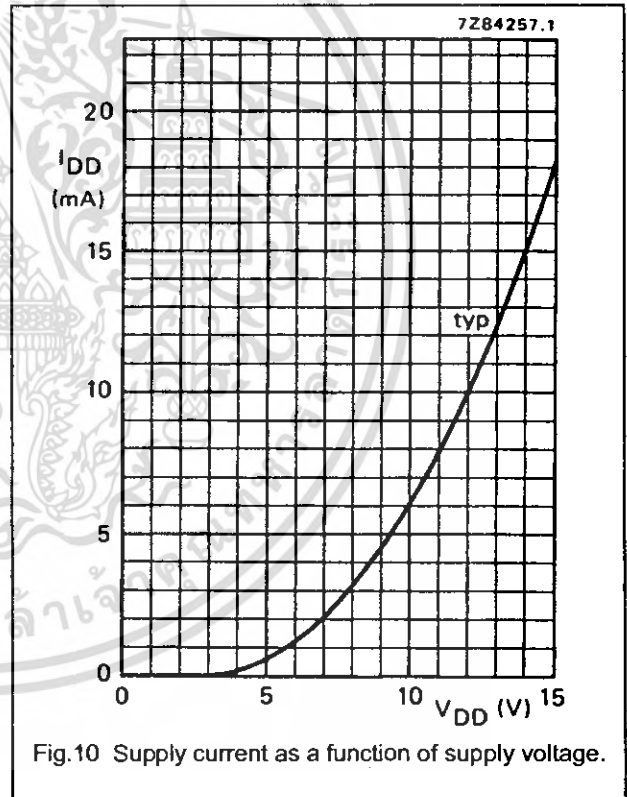


Fig.10 Supply current as a function of supply voltage.

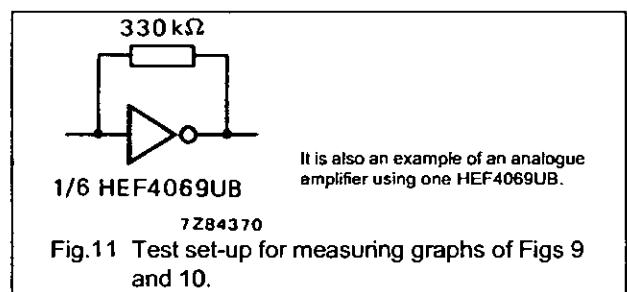


Fig.11 Test set-up for measuring graphs of Figs 9 and 10.

Hex inverter

HEF4069UB
gates

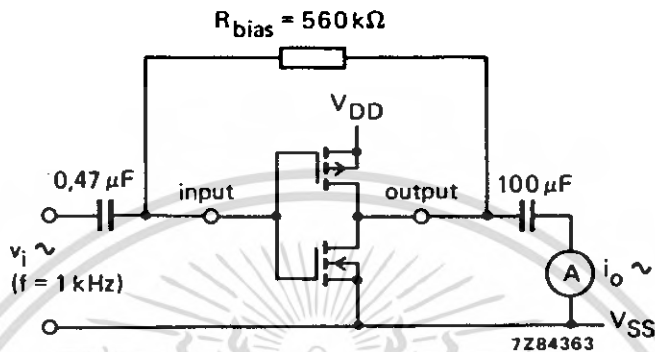
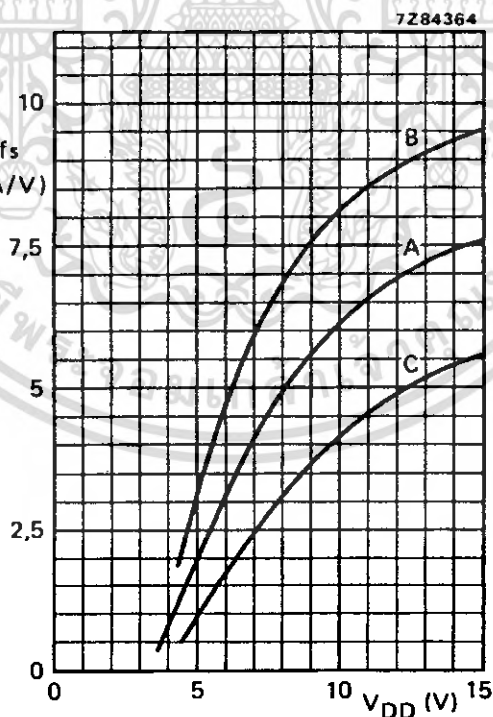


Fig.12 Test set-up for measuring forward transconductance $g_{fs} = di_o/dv_i$ at v_o is constant (see also graph Fig.13).



A : average.
 B : average + 2 s.
 C : average - 2 s, where:
 's' is the observed standard deviation.

Fig.13 Typical forward transconductance g_{fs} as a function of the supply voltage at $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

12-stage binary ripple counter

74HC/HCT4040

FEATURES

- Output capability: standard
- I_{CC} category: MSI

GENERAL DESCRIPTION

The 74HC/HCT4040 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with "4040" of the "4000B" series. They are specified in compliance with JEDEC standard no. 7A.

The 74HC/HCT4040 are 12-stage binary ripple counters with a clock input (\overline{CP}), an overriding asynchronous master reset input (MR) and twelve parallel outputs

(Q_0 to Q_{11}). The counter advances on the HIGH-to-LOW transition of \overline{CP} .

A HIGH on MR clears all counter stages and forces all outputs LOW, independent of the state of \overline{CP} .

Each counter stage is a static toggle flip-flop.

APPLICATIONS

- Frequency dividing circuits
- Time delay circuits
- Control counters

QUICK REFERENCE DATA

GND = 0 V; $T_{amb} = 25\text{ }^\circ\text{C}$; $t_r = t_f = 6\text{ ns}$

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYPICAL		UNIT
			HC	HCT	
t_{PHL} / t_{PLH}	propagation delay \overline{CP} to Q_0 Q_n to Q_{n+1}	$C_L = 15\text{ pF}$; $V_{CC} = 5\text{ V}$	14	16	ns
			8	8	ns
f_{max}	maximum clock frequency		90	79	MHz
C_I	input capacitance		3.5	3.5	pF
C_{PD}	power dissipation capacitance per package	notes 1 and 2	20	20	pF

Notes

1. C_{PD} is used to determine the dynamic power dissipation (P_D in μW):

$$P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o) \text{ where:}$$

f_i = input frequency in MHz

f_o = output frequency in MHz

$\sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ = sum of outputs

C_L = output load capacitance in pF

V_{CC} = supply voltage in V

2. For HC the condition is $V_I = \text{GND to } V_{CC}$
For HCT the condition is $V_I = \text{GND to } V_{CC} - 1.5\text{ V}$

ORDERING INFORMATION

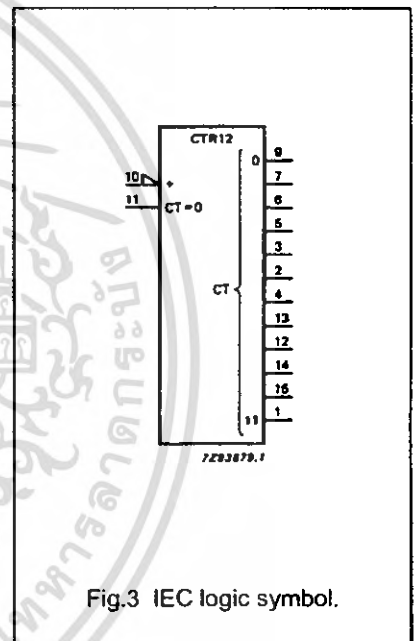
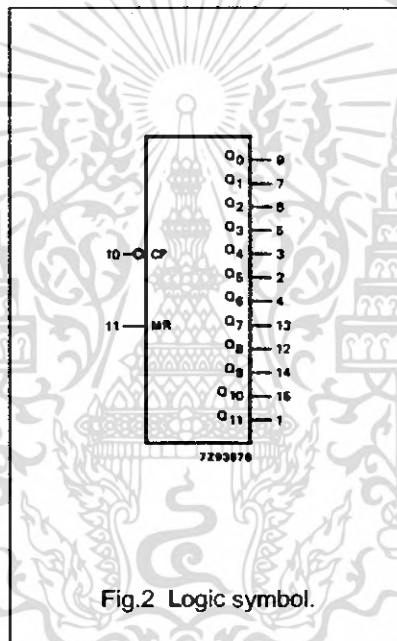
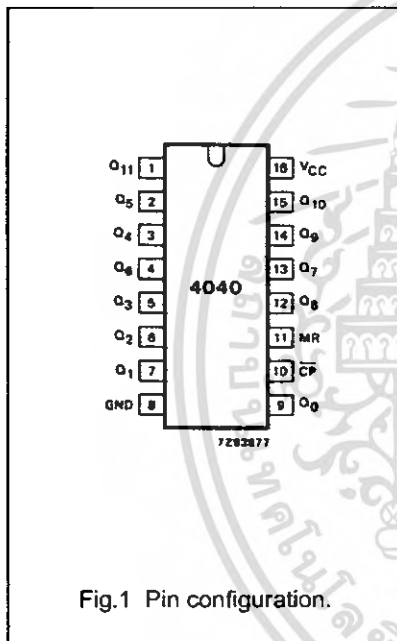
See "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information".

12-stage binary ripple counter

74HC/HCT4040

PIN DESCRIPTION

PIN NO.	SYMBOL	NAME AND FUNCTION
8	GND	ground (0 V)
9, 7, 6, 5, 3, 2, 4, 13, 12, 14, 15, 1	Q ₀ to Q ₁₁	parallel outputs
10	\overline{CP}	clock input (HIGH-to-LOW, edge-triggered)
11	MR	master reset input (active HIGH)
16	V _{CC}	positive supply voltage



12-stage binary ripple counter

74HC/HCT4040

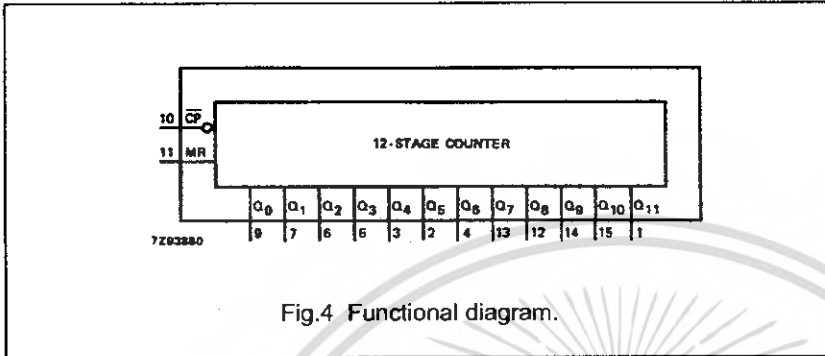


Fig.4 Functional diagram.

FUNCTION TABLE

INPUTS		OUTPUTS
CP	MR	Q _n
↑	L	no change
↓	L	count
X	H	L

Notes

- H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level
X = don't care
↑ = LOW-to-HIGH clock transition
↓ = HIGH-to-LOW clock transition

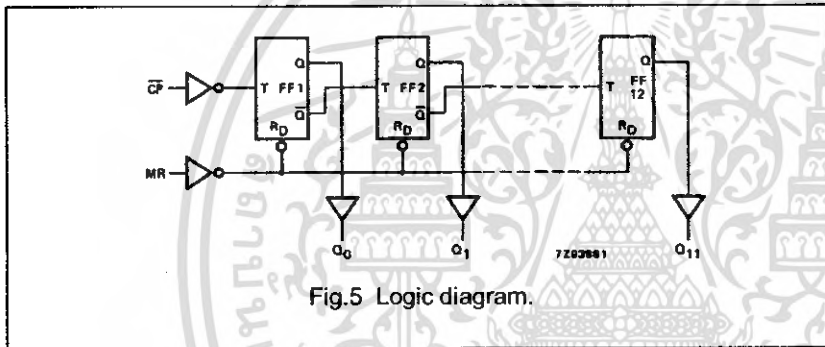


Fig.5 Logic diagram.

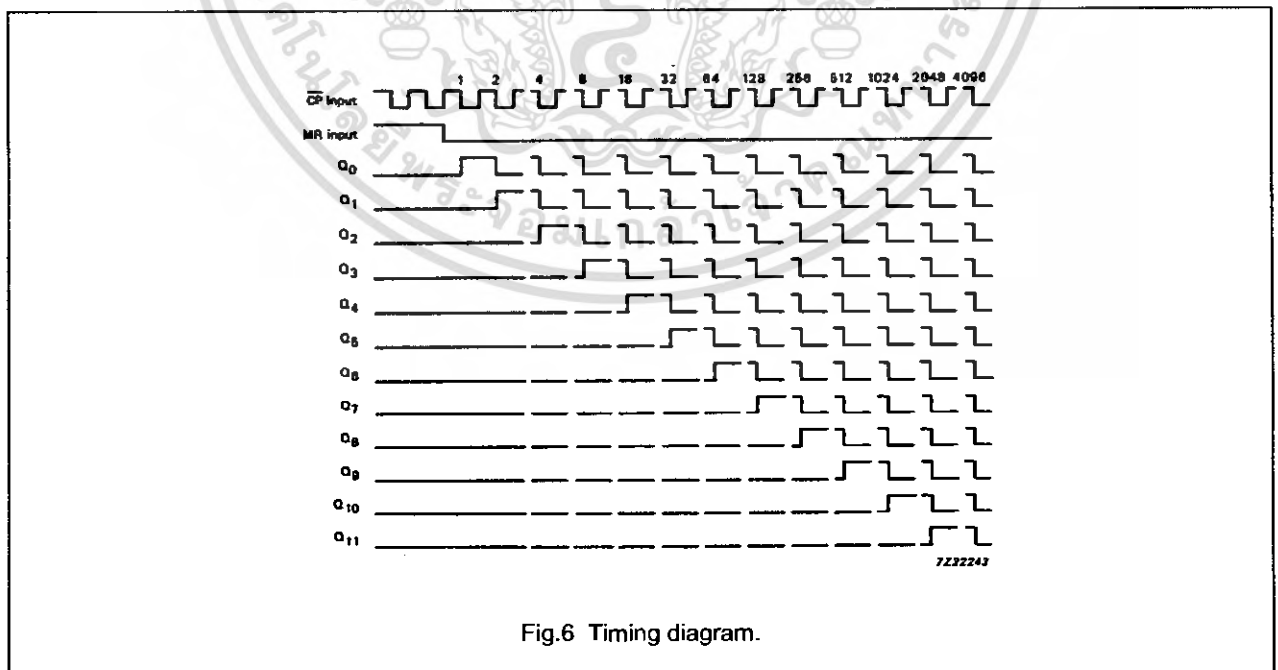


Fig.6 Timing diagram.

12-stage binary ripple counter

74HC/HCT4040

DC CHARACTERISTICS FOR 74HC

For the DC characteristics see "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications".

Output capability: standard

I_{CC} category: MSI

AC CHARACTERISTICS FOR 74HC

GND = 0 V; t_r = t_f = 6 ns; C_L = 50 pF

SYMBOL	PARAMETER	T _{amb} (°C)							UNIT	TEST CONDITIONS	
		74HC								V _{CC} (V)	WAVEFORMS
		+25			-40 to +85		-40 to +125				
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.	max.			
t _{PHL} /t _{PLH}	propagation delay CP to Q ₀		47 17 14	150 30 26		190 38 33		225 45 38	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.7
t _{PHL} /t _{PLH}	propagation delay Q _n to Q _{n+1}		28 10 8	100 20 17		125 25 21		150 30 26	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.7
t _{PHL}	propagation delay MR to Q _n		61 22 18	185 37 31		230 46 39		280 56 48	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.7
t _{THL} /t _{TLH}	output transition time		19 7 6	75 15 13		95 19 16		110 22 19	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.7
t _w	clock pulse width HIGH or LOW	80 16 14	14 5 4		100 20 17		120 24 20		ns	2.0 4.5 6.0	Fig.7
t _w	master reset pulse width; HIGH	80 16 14	22 8 6		100 20 17		120 24 20		ns	2.0 4.5 6.0	Fig.7
t _{rem}	removal time MR to CP	50 10 9	8 3 2		65 13 11		75 15 13		ns	2.0 4.5 6.0	Fig.7
f _{max}	maximum clock pulse frequency	6.0 30 35	27 82 98		4.8 24 28		4.0 20 24		MHz	2.0 4.5 6.0	Fig.7

12-stage binary ripple counter

74HC/HCT4040

DC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

For the DC characteristics see "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications".

Output capability: standard

I_{CC} category: MSI

Note to HCT types

The value of additional quiescent supply current (ΔI_{CC}) for a unit load of 1 is given in the family specifications.

To determine ΔI_{CC} per input, multiply this value by the unit load coefficient shown in the table below.

INPUT	UNIT LOAD COEFFICIENT
\overline{CP}	0.85
MR	1.10

AC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

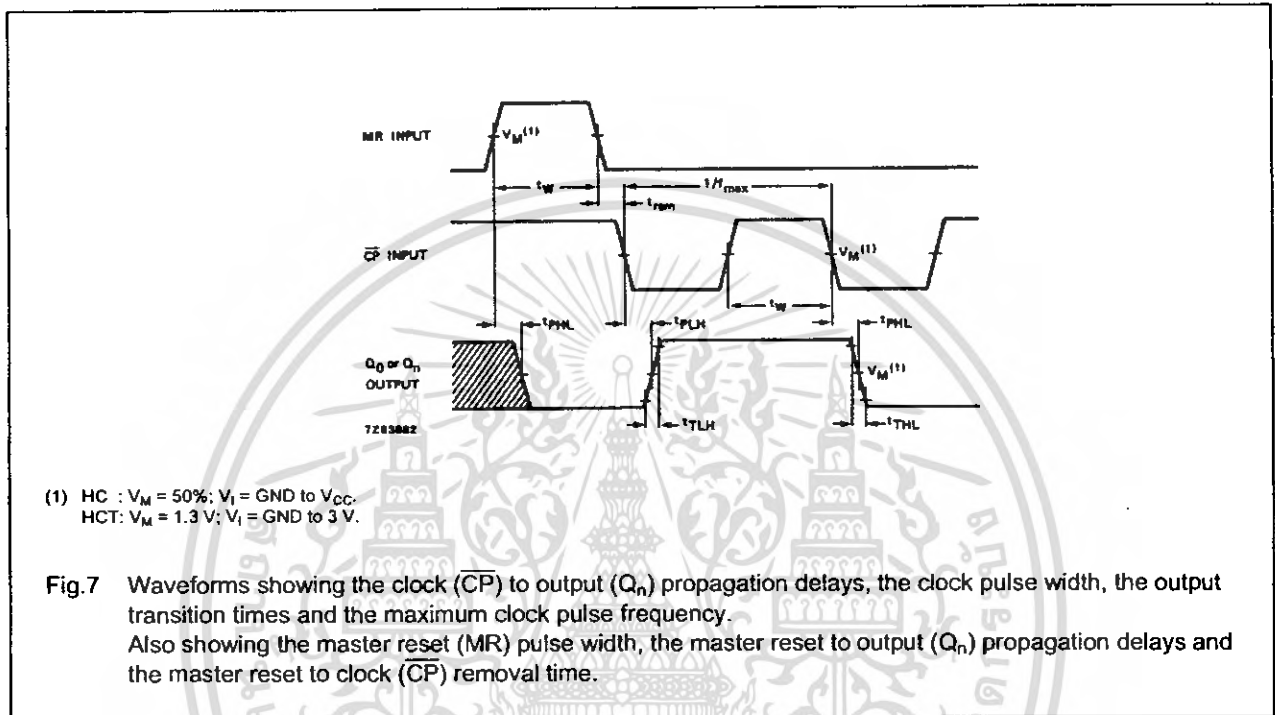
GND = 0 V; $t_r = t_f = 6$ ns; $C_L = 50$ pF

SYMBOL	PARAMETER	T _{amb} (°C)							UNIT	TEST CONDITIONS	
		74HCT								V _{CC} (V)	WAVEFORMS
		+25			-40 to +85		-40 to +125				
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.	max.			
t _{PHL} /t _{PLH}	propagation delay \overline{CP} to Q ₀		19	40		50		60	ns	4.5	Fig.7
t _{PHL} /t _{PLH}	propagation delay Q _n to Q _{n+1}		10	20		25		30	ns	4.5	Fig.7
t _{PHL}	propagation delay MR to Q _n		23	45		56		68	ns	4.5	Fig.7
t _{THL} /t _{TLH}	output transition time		7	15		19		22	ns	4.5	Fig.7
t _w	clock pulse width HIGH or LOW	16	7		20		24		ns	4.5	Fig.7
t _w	master reset pulse width; HIGH	16	6		20		24		ns	4.5	Fig.7
t _{rem}	removal time MR to \overline{CP}	10	2		13		15		ns	4.5	Fig.7
f _{max}	maximum clock pulse frequency	30	72		24		20		MHz	4.5	Fig.7

12-stage binary ripple counter

74HC/HCT4040

AC WAVEFORMS



PACKAGE OUTLINES

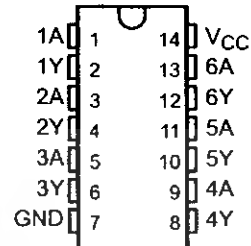
See "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Outlines".

SN54LS06, SN54LS16, SN74LS06, SN74LS16 HEX INVERTER BUFFERS/DRIVERS WITH OPEN-COLLECTOR HIGH-VOLTAGE OUTPUTS

SDLS020A - MAY 1990

- Converts TTL Voltage Levels to MOS Levels
- High Sink-Current Capability
- Input Clamping Diodes Simplify System Design
- Open-Collector Driver for Indicator Lamps and Relays
- Package Options Include "Small Outline" Packages, Ceramic Chip Carriers, and Standard Plastic and Ceramic 300-mil DIPs

SN54LS06, SN54LS16 . . . J PACKAGE
SN74LS06, SN74LS16 . . . D OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



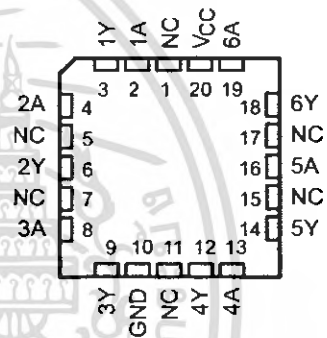
description

These monolithic hex inverter buffers/drivers feature high-voltage open-collector outputs to interface with high-level circuits (such as MOS), or for driving high-current loads, and are also characterized for use as inverter buffers for driving TTL inputs. The 'LS06 has a rated output voltage of 30 V and the 'LS16 has a rated output voltage of 15 V. The maximum sink current for the SN54LS06 and SN54LS16 is 30 mA and the SN74LS06 and SN74LS16 is 40 mA.

These circuits are compatible with most TTL families. Inputs are diode-clamped to minimize transmission-effects, which simplifies design. Typical power dissipation is 175 mW and average propagation delay time is 8 ns.

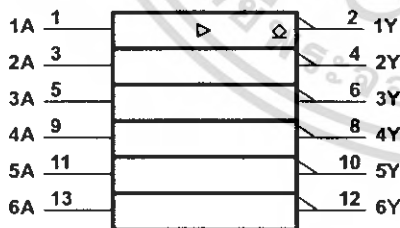
The SN54LS06 and SN54LS16 are characterized over the full military temperature range of -55°C to 125°C. The SN74LS06 and SN74LS16 are characterized for operation from 0°C to 70°C.

SN54LS06, SN54LS16 . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)



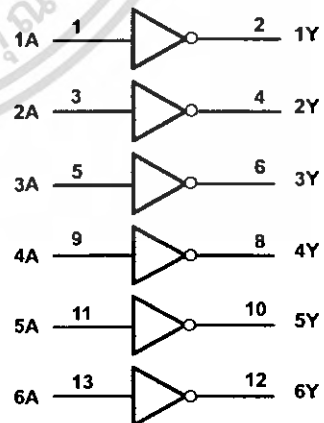
NC - No internal connection

logic symbol†



† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12. Pin numbers shown are for D, J, and N packages.

logic diagram (positive logic)



UNLESS OTHERWISE NOTED this document contains PRODUCTION DATA information current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.



TEXAS
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 1990, Texas Instruments Incorporated

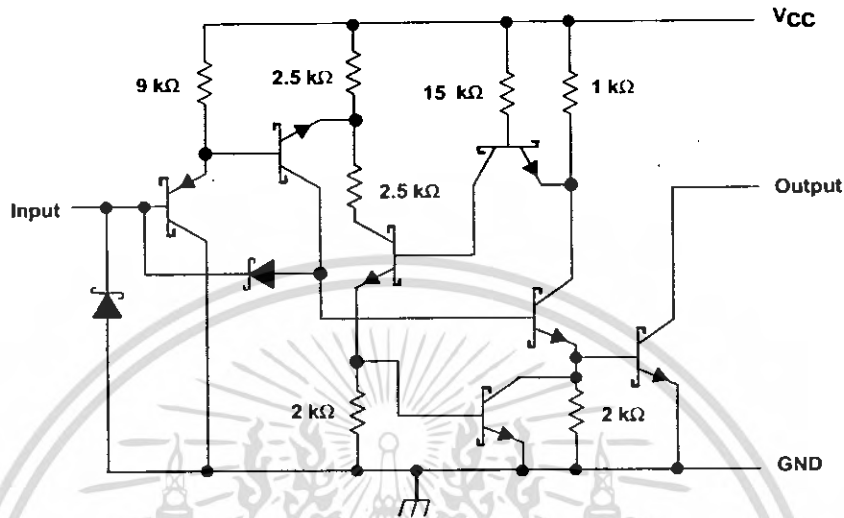
ใช้งานภายใต้เงื่อนไขการรับประกันของ Texas Instruments ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจาก Texas Instruments

SN54LS06, SN54LS16, SN74LS06, SN74LS16

HEX INVERTER BUFFERS/DRIVERS WITH OPEN-COLLECTOR HIGH-VOLTAGE OUTPUTS

SDLS020A – MAY 1990

schematic (each gate)



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Supply voltage, V_{CC}	7 V
Input voltage, V_I (see Note 1)	5.5 V
Output voltage, V_O (see Notes 1 and 2): SN54LS06, SN74LS06	30 V
SN54LS16, SN74LS16	15 V
Operating free-air temperature range: SN54LS06, SN54LS16	-55°C to 125°C
SN74LS06, SN74LS16	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. This are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTES: 1. Voltage values are with respect to network ground terminal.

2. This is the maximum voltage that should be applied to any output when it is in the off state.

recommended operating conditions

		SN54LS06 SN54LS16			SN74LS06 SN74LS16			UNIT
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V_{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
V_{IH}	High-level input voltage	2			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage				0.8			V
V_{OH}	High-level output voltage				30			V
					15			
I_{OL}	Low-level output current				30			mA
T_A	Operating free-air temperature	-55		125	0		70	°C

PRODUCT PREVIEW information concerns products in the formative or design phase of development. Characteristic data and other specifications are design goals. Texas Instruments reserves the right to change or discontinue these products without notice.



TEXAS
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

สงวนลิขสิทธิ์ © 1990 โดย Texas Instruments Incorporated. การใช้งานโดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย. ข้อมูลนี้เป็นข้อมูลเบื้องต้นและอาจมีการเปลี่ยนแปลงโดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า. โปรดอ่านเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้.

SN54LS06, SN54LS16, SN74LS06, SN74LS16 HEX INVERTER BUFFERS/DRIVERS WITH OPEN-COLLECTOR HIGH-VOLTAGE OUTPUTS

SDLS020A - MAY 1990

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS†		SN54LS06 SN54LS16		SN74LS06 SN74LS16		UNIT
			MIN	TYP‡	MAX	MIN	
V_{IK}	$V_{CC} = \text{MIN}$,	$I_I = -12 \text{ mA}$			-1.5		V
I_{OH}	$V_{CC} = \text{MIN}$,	$V_{IL} = 0.8 \text{ V}$	'LS06, $V_{OH} = 30 \text{ V}$		0.25		mA
			'LS16, $V_{OH} = 15 \text{ V}$		0.25		
V_{OL}	$V_{CC} = \text{MIN}$,	$V_{IH} = 2 \text{ V}$	$I_{OL} = 16 \text{ mA}$		0.25 0.4		V
			$I_{OL} = 30 \text{ mA}$		0.7		
			$I_{OL} = 40 \text{ mA}$		0.7		
I_I	$V_{CC} = \text{MAX}$,	$V_I = 7 \text{ V}$			1		mA
I_{IH}	$V_{CC} = \text{MAX}$,	$V_I = 2.4 \text{ V}$			20		μA
I_{IL}	$V_{CC} = \text{MAX}$,	$V_I = 0.4 \text{ V}$			-0.2		mA
I_{CCH}	$V_{CC} = \text{MAX}$				18		mA
I_{CCL}	$V_{CC} = \text{MAX}$				60		mA

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at $V_{CC} = 5 \text{ V}$, and $T_A = 25^\circ\text{C}$.

switching characteristics, $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ (see Note 3)

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	A	Y	$R_L = 110 \Omega$	$C_L = 15 \text{ pF}$				ns
t_{PHL}					7 15			
					10 20			

NOTE 3: Load circuit and voltage waveforms are shown in Section 1 of *TTL Logic Data Book*, 1988.

PRODUCT PREVIEW Information concerns products in the formative or design phase of development. Characteristic data and other specifications are design goals. Texas Instruments reserves the right to change or discontinue these products without notice.

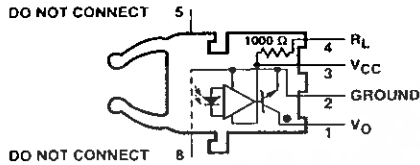


**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

โปรดใช้งานนี้ในลักษณะการทดลองเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงหรือทำซ้ำโดยไม่ขออนุญาตจากบริษัท

HFBR-25X1 Receiver



Pin #	Function
1	V _O
2	Ground
3	V _{CC}
4	R _L
5	Do not connect
8	Do not connect

Note: Pins 5 and 8 are for mounting and retaining purposes only. Do not electrically connect these pins.

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Min.	Max.	Units	Reference
Storage Temperature	T _S	-40	+85	°C	
Operating Temperature	T _A	-40	+85	°C	
Lead Soldering Cycle	Temp.		260	°C	Note 1
	Time		10	sec	
Supply Voltage	V _{CC}	-0.5	7	V	Note 2
Output Collector Current	I _{OAV}		25	mA	
Output Collector Power Dissipation	P _{OD}		40	mW	
Output Voltage	V _O	-0.5	18	V	
Pull-up Voltage	V _P	-5	V _{CC}	V	
Fan Out (TTL)	N		5		

Notes:

- 1.6 mm below seating plane.
- It is essential that a bypass capacitor 0.01 μF be connected from pin 2 to pin 3 of the receiver. Total lead length between both ends of the capacitor and the pins should not exceed 20 mm.

Receiver Electrical/Optical Characteristics

0°C to 70°C, 4.75 V ≤ V_{CC} ≤ 5.25 V unless otherwise specified

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions	Ref.
Input Optical Power Level for Logic "0"	P _{R(L)}	-21.6		-9.5	dBm	V _{OL} = 0.5 V I _{OL} = 8 mA	Notes 1, 2, 4
		-21.6		-8.7		V _{OL} = 0.5 V I _{OL} = 8 mA, 25°C	
Input Optical Power Level for Logic "1"	P _{R(H)}			-43	dBm	V _{OL} = 5.25 V I _{OH} ≤ 250 μA	Note 1
High Level Output Current	I _{OH}		5	250	μA	V _O = 18 V, P _R = 0	Note 3
Low Level Output Current	V _{OL}		0.4	0.5	V	I _{OL} = 8 mA, P _R = P _{R(L)MIN}	Note 3
High Level Supply Current	I _{CCH}		3.5	6.3	mA	V _{CC} = 5.25 V, P _R = 0	Note 3
Low Level Supply Current	I _{CCL}		6.2	10	mA	V _{CC} = 5.25 V P _R = -12.5 dBm	Note 3
Effective Diameter	D		1		mm		
Numerical Aperture	NA		0.5				
Internal Pull-up Resistor	R _L	680	1000	1700	Ω		

Notes:

- Optical flux, P (dBm) = 10 Log [P (μW)/1000 μW].
- Measured at the end of the fiber optic cable with large area detector.
- R_L is open.
- Pulsed LED operation at I_F > 80 mA will cause increased link t_{PLH} propagation delay time. This extended t_{PLH} time contributes to increased pulse width distortion of the receiver output signal.

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของบริษัทเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

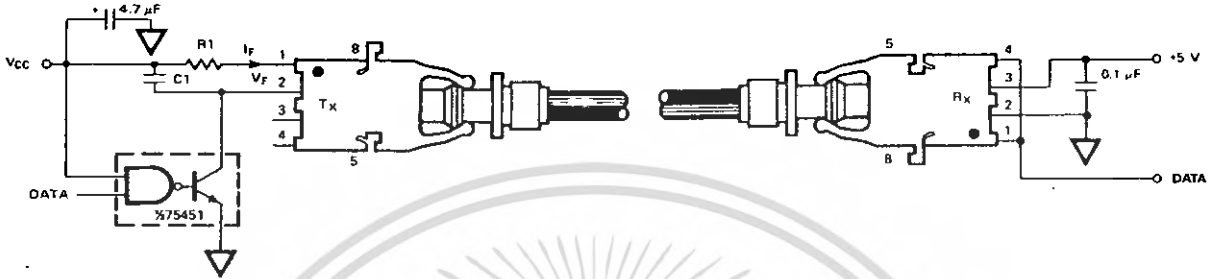


Figure 11. Required 1 Mbd Interface Circuit.

The HFBR-25X2 receiver can not be overdriven when using the required interface circuit shown in Figure 11.

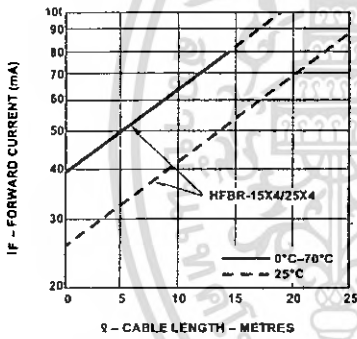


Figure 12. Guaranteed System Performance for the HFBR-15X4/25X4 Link with Standard Cable.

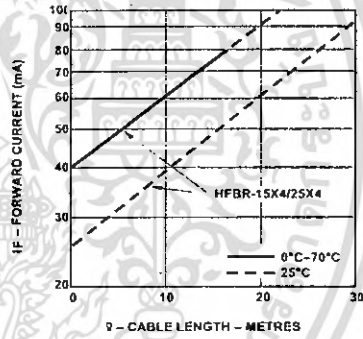


Figure 13. Guaranteed System Performance for the HFBR-15X4/25X4 Link with Improved Cable.

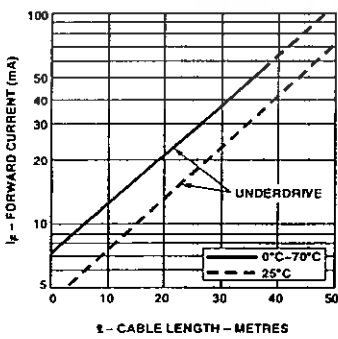


Figure 14. Guaranteed System Performance for the HFBR-15X2/25X2 Link with Standard Cable.

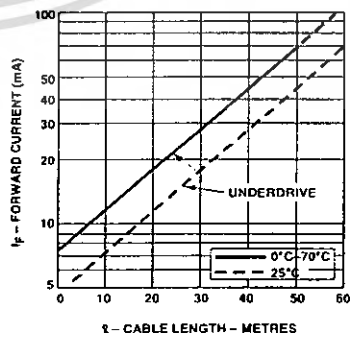


Figure 15. Guaranteed System Performance for the HFBR-15X2/25X2 Link with Improved Cable.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dual D-type flip-flop with set and reset; positive-edge trigger

74HC/HCT74

FEATURES

- Output capability: standard
- I_{CC} category: flip-flops

GENERAL DESCRIPTION

The 74HC/HCT74 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with low power Schottky TTL (LSTTL). They are specified in compliance with JEDEC standard no. 7A.

The 74HC/HCT74 are dual positive-edge triggered, D-type flip-flops with individual data (D) inputs, clock (CP) inputs, set (\bar{S}_D) and reset (\bar{R}_D) inputs; also complementary Q and \bar{Q} outputs.

The set and reset are asynchronous active LOW inputs and operate independently of the clock input. Information on the data input is transferred to the Q output on the LOW-to-HIGH transition of the clock pulse. The D inputs must be stable one set-up time prior to the LOW-to-HIGH clock transition for predictable operation.

Schmitt-trigger action in the clock input makes the circuit highly tolerant to slower clock rise and fall times.

QUICK REFERENCE DATA

GND = 0 V; T_{amb} = 25 °C; t_r = t_f = 6 ns

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYPICAL		UNIT
			HC	HCT	
t _{PHL} / t _{PLH}	propagation delay nCP to nQ, n \bar{Q}	C _L = 15 pF; V _{CC} = 5 V	14	15	ns
	n \bar{S}_D to nQ, n \bar{Q}		15	18	ns
	n \bar{R}_D to nQ, n \bar{Q}		16	18	ns
f _{max}	maximum clock frequency		76	59	MHz
C _I	input capacitance		3.5	3.5	pF
C _{PD}	power dissipation capacitance per flip-flop	notes 1 and 2	24	29	pF

Notes

1. C_{PD} is used to determine the dynamic power dissipation (P_D in μW):

$$P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o) \text{ where:}$$

f_i = input frequency in MHz

f_o = output frequency in MHz

∑ (C_L × V_{CC}² × f_o) = sum of outputs

C_L = output load capacitance in pF

V_{CC} = supply voltage in V

2. For HC the condition is V_I = GND to V_{CC}
For HCT the condition is V_I = GND to V_{CC} - 1.5 V

Dual D-type flip-flop with set and reset;
positive-edge trigger

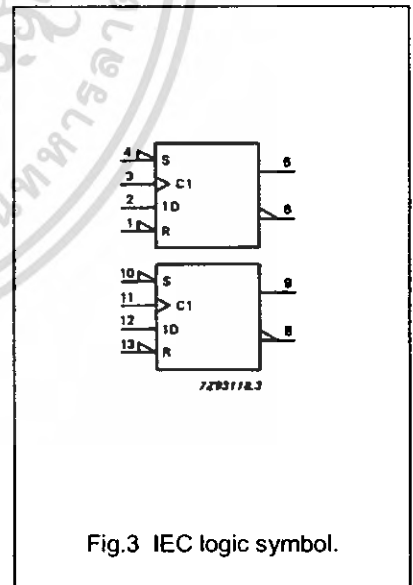
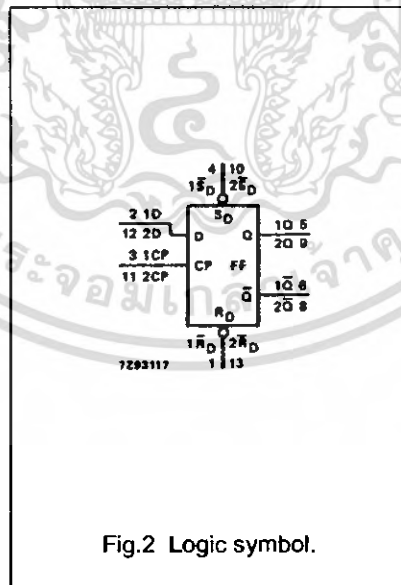
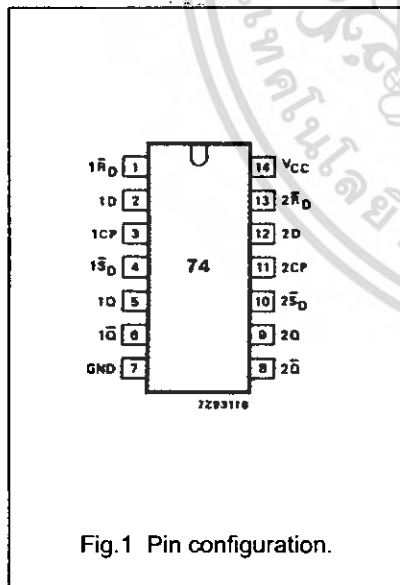
74HC/HCT74

ORDERING INFORMATION

TYPE NUMBER	PACKAGE		
	NAME	DESCRIPTION	VERSION
74HC(T)74N	DIP14	plastic dual in-line package; 14 leads (300 mil)	SOT27-1
74HC(T)74D	SO14	plastic small outline package; 14 leads; body width 3.9 mm	SOT108-1
74HCT74DB	SSOP14	plastic shrink small outline package; 14 leads; body width 5.3 mm	SOT337-1
74HCT74PW	TSSOP14	plastic thin shrink small outline package; 14 leads; body width 4.4 mm	SOT402-1

PIN DESCRIPTION

PIN NO.	SYMBOL	NAME AND FUNCTION
1, 13	$1\bar{R}_D, 2\bar{R}_D$	asynchronous reset-direct input (active LOW)
2, 12	1D, 2D	data inputs
3, 11	1CP, 2CP	clock input (LOW-to-HIGH, edge-triggered)
4, 10	$1\bar{S}_D, 2\bar{S}_D$	asynchronous set-direct input (active LOW)
5, 9	1Q, 2Q	true flip-flop outputs
6, 8	$1\bar{Q}, 2\bar{Q}$	complement flip-flop outputs
7	GND	ground (0 V)
14	V _{CC}	positive supply voltage



Dual D-type flip-flop with set and reset;
positive-edge trigger

74HC/HCT74

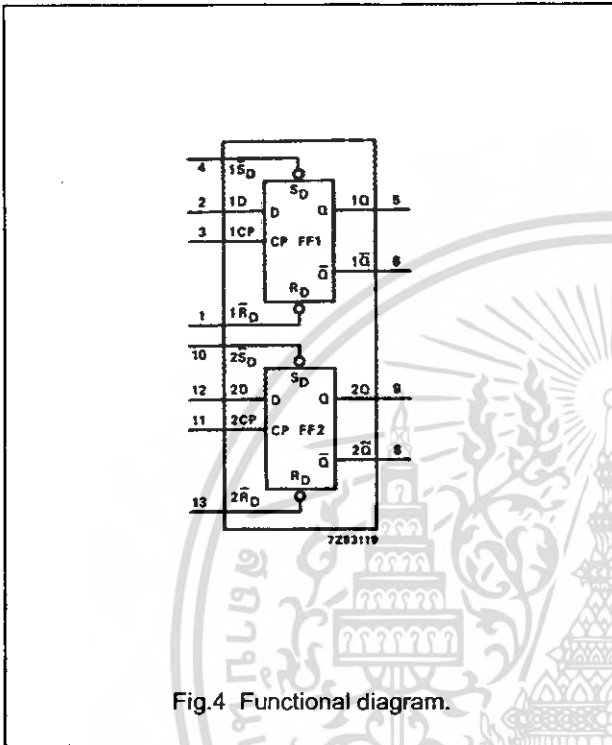


Fig.4 Functional diagram.

FUNCTION TABLE

INPUTS				OUTPUTS	
\bar{S}_D	\bar{R}_D	CP	D	Q	\bar{Q}
L	H	X	X	H	L
H	L	X	X	L	H
L	L	X	X	H	H

INPUTS				OUTPUTS	
\bar{S}_D	\bar{R}_D	CP	D	Q_{n+1}	\bar{Q}_{n+1}
H	H	\uparrow	L	L	H
H	H	\uparrow	H	H	L

Note

- 1. H = HIGH voltage level
- L = LOW voltage level
- X = don't care
- \uparrow = LOW-to-HIGH CP transition
- Q_{n+1} = state after the next LOW-to-HIGH CP transition

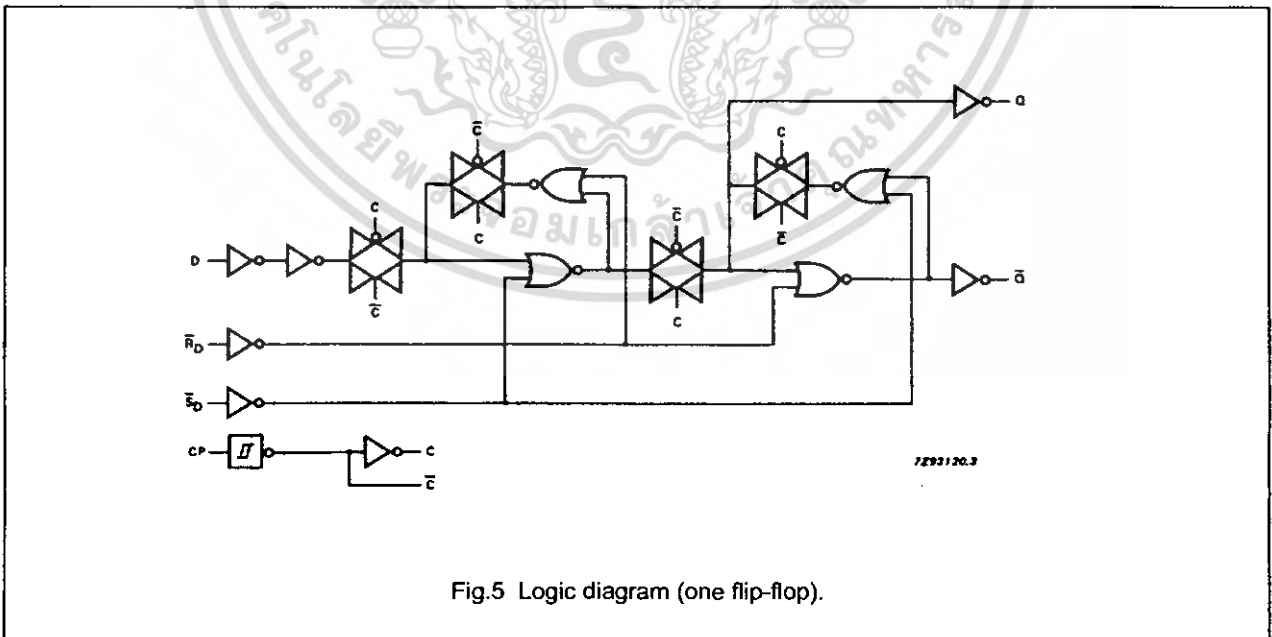


Fig.5 Logic diagram (one flip-flop).

Dual D-type flip-flop with set and reset; positive-edge trigger

74HC/HCT74

DC CHARACTERISTICS FOR 74HC

For the DC characteristics see "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications".

Output capability: standard

I_{CC} category: flip-flops

AC CHARACTERISTICS

GND = 0 V; t_r = t_f = 6 ns; C_L = 50 pF

SYMBOL	PARAMETER	T _{amb} (°C)						UNIT	TEST CONDITIONS	
		74HC							V _{CC} (V)	WAVEFORMS
		+25		-40 to +85		-40 to +125				
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.			
t _{PHL} / t _{PLH}	propagation delay nCP to nQ, nQ̄	47	175	220	265	ns	2.0	Fig.6		
		17	35	44	53					
		14	30	37	45					
t _{PHL} / t _{PLH}	propagation delay nS _D to nQ, nQ̄	50	200	250	300	ns	2.0	Fig.7		
		18	40	50	60					
		14	34	43	51					
t _{PHL} / t _{PLH}	propagation delay nR _D to nQ, nQ̄	52	200	250	300	ns	2.0	Fig.7		
		19	40	50	60					
		15	34	43	51					
t _{THL} / t _{TLH}	output transition time	19	75	95	110	ns	2.0	Fig.6		
		7	15	19	22					
		6	13	16	19					
t _w	clock pulse width HIGH or LOW	80	19	100	120	ns	2.0	Fig.6		
		16	7	20	24					
		14	6	17	20					
t _w	set or reset pulse width LOW	80	19	100	120	ns	2.0	Fig.7		
		16	7	20	24					
		14	6	17	20					
t _{rem}	removal time set or reset	30	3	40	45	ns	2.0	Fig.7		
		6	1	8	9					
		5	1	7	8					
t _{su}	set-up time nD to nCP	60	6	75	90	ns	2.0	Fig.6		
		12	2	15	18					
		10	2	13	15					
t _h	hold time nCP to nD	3	-6	3	3	ns	2.0	Fig.6		
		3	-2	3	3					
		3	-2	3	3					
f _{max}	maximum clock pulse frequency	6.0	23	4.8	4.0	MHz	2.0	Fig.6		
		30	69	24	20					
		35	82	28	24					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Dual D-type flip-flop with set and reset; positive-edge trigger

74HC/HCT74

DC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

For the DC characteristics see "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications".

Output capability: standard

I_{CC} category: flip-flops

Note to HCT types

The value of additional quiescent supply current (ΔI_{CC}) for a unit load of 1 is given in the family specifications.

To determine ΔI_{CC} per input, multiply this value by the unit load coefficient shown in the table below.

INPUT	UNIT LOAD COEFFICIENT
nD	0.70
n \overline{R}_O	0.70
n \overline{S}_D	0.80
nCP	0.80

AC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

GND = 0 V; t_r = t_f = 6 ns; C_L = 50 pF

SYMBOL	PARAMETER	T _{amb} (°C)							UNIT	TEST CONDITIONS	
		74HCT								V _{CC} (V)	WAVEFORMS
		+25			-40 to +85		-40 to +125				
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.	max.			
t _{PHL} /t _{PLH}	propagation delay nCP to nQ, n \overline{Q}		18	35		44		53	ns	4.5	Fig.6
t _{PHL} /t _{PLH}	propagation delay n \overline{S}_D to nQ, n \overline{Q}		23	40		50		60	ns	4.5	Fig.7
t _{PHL} /t _{PLH}	propagation delay n \overline{R}_D to nQ, n \overline{Q}		24	40		50		60	ns	4.5	Fig.7
t _{THL} /t _{TLH}	output transition time		7	15		19		22	ns	4.5	Fig.6
t _w	clock pulse width HIGH or LOW	18	9		23		27		ns	4.5	Fig.6
t _w	set or reset pulse width LOW	16	9		20		24		ns	4.5	Fig.7
t _{rem}	removal time set or reset	6	1		8		9		ns	4.5	Fig.7
t _{su}	set-up time nD to nCP	12	5		15		18		ns	4.5	Fig.6
t _h	hold time nCP to nD	3	-3		3		3		ns	4.5	Fig.6
f _{max}	maximum clock pulse frequency	27	54		22		18		MHz	4.5	Fig.6

Dual D-type flip-flop with set and reset;
positive-edge trigger

74HC/HCT74

AC WAVEFORMS

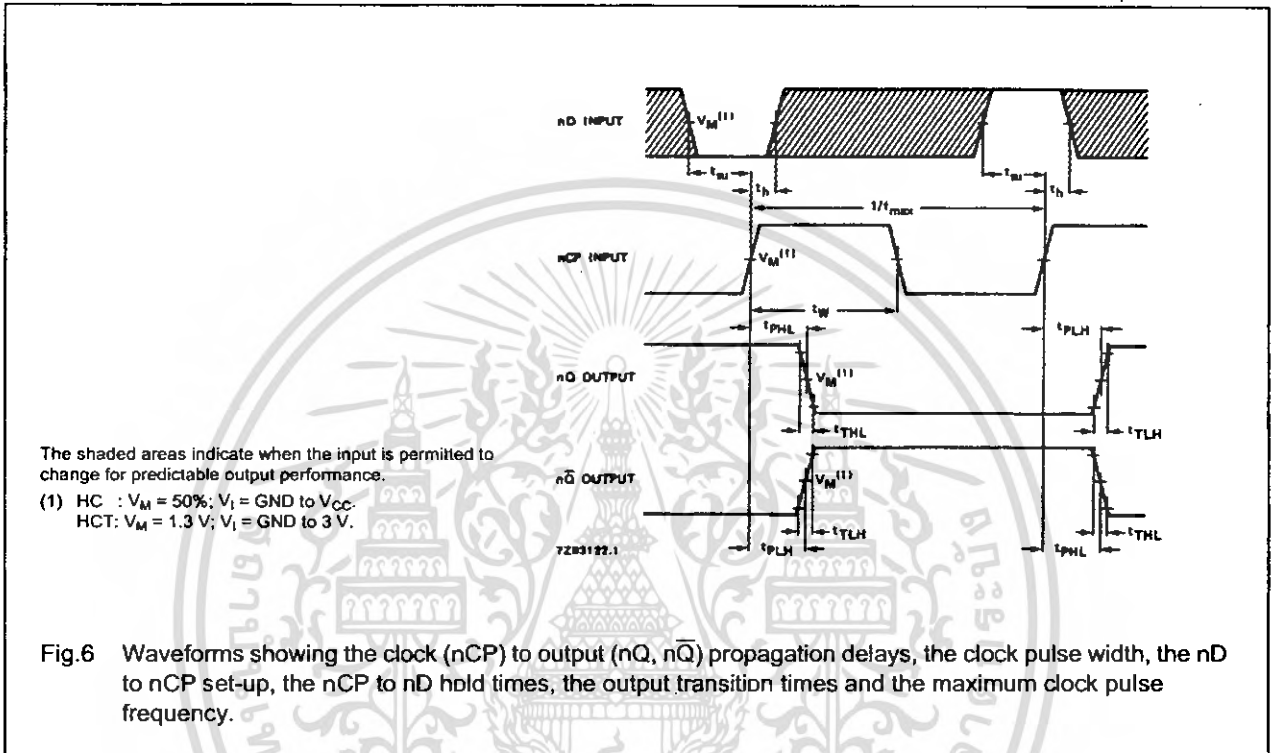


Fig.6 Waveforms showing the clock (nCP) to output (nQ, nQ̄) propagation delays, the clock pulse width, the nD to nCP set-up, the nCP to nD hold times, the output transition times and the maximum clock pulse frequency.

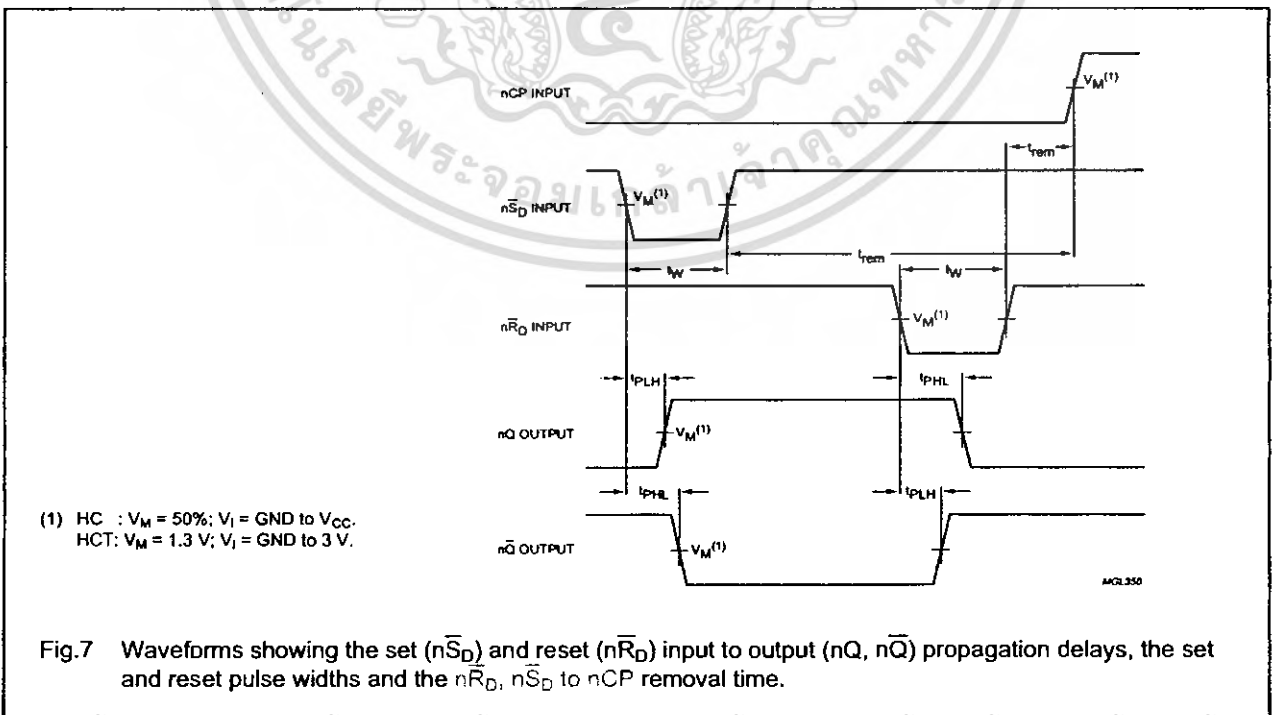


Fig.7 Waveforms showing the set (nSD) and reset (nRD) input to output (nQ, nQ̄) propagation delays, the set and reset pulse widths and the nRD, nSD to nCP removal time.

Dual 4-bit binary ripple counter

74HC/HCT393

FEATURES

- Two 4-bit binary counters with individual clocks
- Divide-by any binary module up to 28 in one package
- Two master resets to clear each 4-bit counter individually
- Output capability: standard
- I_{CC} category: MSI

GENERAL DESCRIPTION

The 74HC/HCT393 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with low power Schottky TTL (LSTTL). They are specified in compliance with JEDEC standard no. 7A.

The 74HC/HCT393 are 4-bit binary ripple counters with separate clocks (1 \overline{CP} and 2 \overline{CP}) and master reset (1MR and 2MR) inputs to each counter. The operation of each half of the "393" is the same as the "93" except no external clock connections are required.

The counters are triggered by a HIGH-to-LOW transition of the clock inputs. The counter outputs are internally connected to provide clock inputs to succeeding stages. The outputs of the ripple counter do not change synchronously and should not be used for high-speed address decoding.

The master resets are active-HIGH asynchronous inputs to each 4-bit counter identified by the "1" and "2" in the pin description.

A HIGH level on the nMR input overrides the clock and sets the outputs LOW.

QUICK REFERENCE DATA

GND = 0 V; T_{amb} = 25 °C; t_r = t_f = 6 ns

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYPICAL		UNIT
			HC	HCT	
t _{PHL} / t _{PLH}	propagation delay n \overline{CP} to nQ ₀	C _L = 15 pF; V _{CC} = 5 V	12	20	ns
	nQ to nQ _{n+1}		5	6	ns
	nMR to nQ _n		11	15	ns
f _{max}	maximum clock frequency		99	53	MHz
C _I	input capacitance		3.5	3.5	pF
C _{PD}	power dissipation capacitance per counter	notes 1 and 2	23	25	pF

Notes

1. C_{PD} is used to determine the dynamic power dissipation (P_D in μ W):

$$P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o) \text{ where:}$$

f_i = input frequency in MHz

f_o = output frequency in MHz

$\sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ = sum of outputs

C_L = output load capacitance in pF

V_{CC} = supply voltage in V

2. For HC the condition is V_I = GND to V_{CC}
For HCT the condition is V_I = GND to V_{CC} - 1.5 V

ORDERING INFORMATION

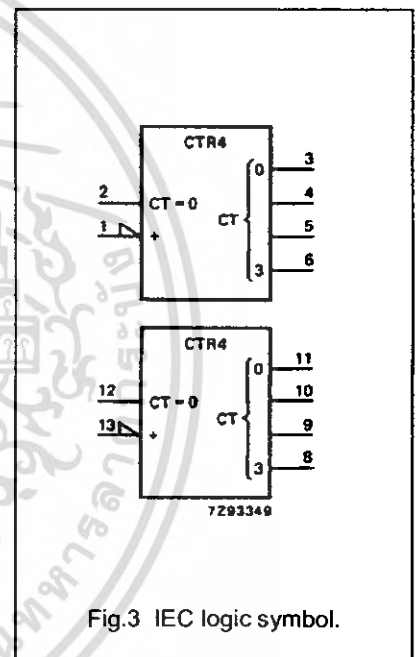
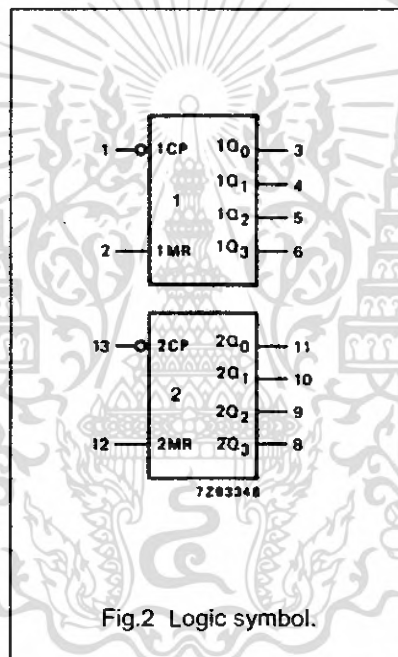
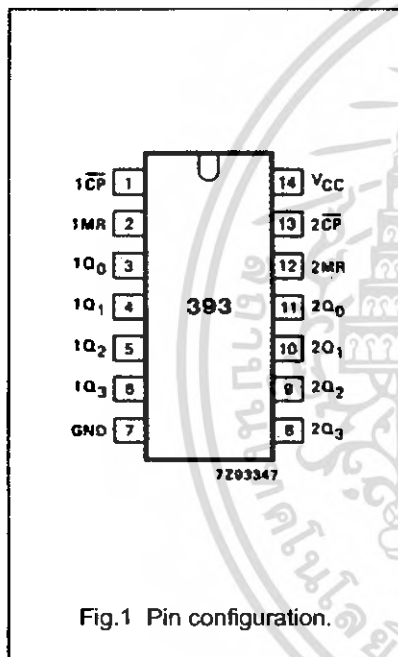
See "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Information".

Dual 4-bit binary ripple counter

74HC/HCT393

PIN DESCRIPTION

PIN NO.	SYMBOL	NAME AND FUNCTION
1, 13	1CP, 2CP	clock inputs (HIGH-to-LOW, edge-triggered)
2, 12	1MR, 2MR	asynchronous master reset inputs (active HIGH)
3, 4, 5, 6, 11, 10, 9, 8	1Q ₀ to 1Q ₃ , 2Q ₀ to 2Q ₃	flip-flop outputs
7	GND	ground (0 V)
14	V _{CC}	positive supply voltage



Dual 4-bit binary ripple counter

74HC/HCT393

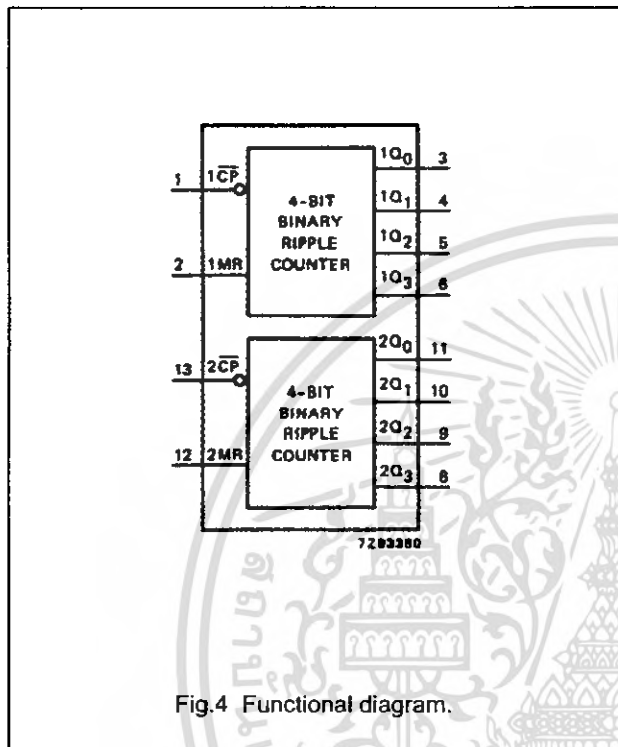


Fig.4 Functional diagram.

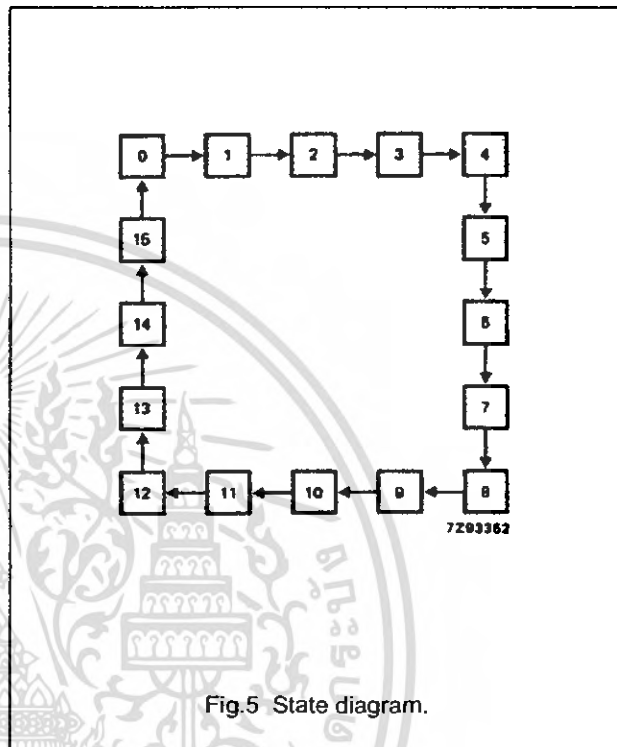


Fig.5 State diagram.

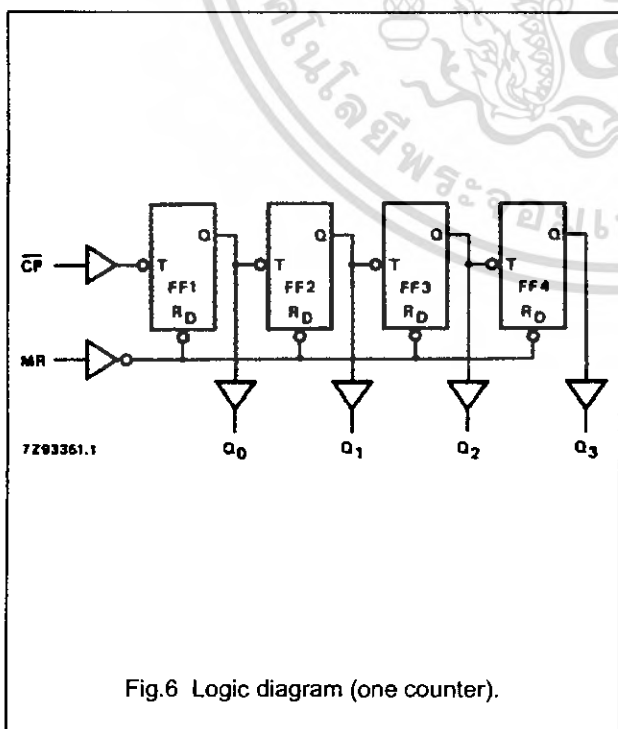


Fig.6 Logic diagram (one counter).

COUNT SEQUENCE FOR 1 COUNTER

COUNT	OUTPUTS			
	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃
0	L	L	L	L
1	H	L	L	L
2	L	H	L	L
3	H	H	L	L
4	L	L	H	L
5	H	L	H	L
6	L	H	H	L
7	H	H	H	L
8	L	L	L	H
9	H	L	L	H
10	L	H	L	H
11	H	H	L	H
12	L	L	H	H
13	H	L	H	H
14	L	H	H	H
15	H	H	H	H

Notes

- H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level

Dual 4-bit binary ripple counter

74HC/HCT393

DC CHARACTERISTICS FOR 74HC

For the DC characteristics see "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications".

Output capability: standard

I_{CC} category: MSI

AC CHARACTERISTICS FOR 74HC

GND = 0 V; t_r = t_f = 6 ns; C_L = 50 pF

SYMBOL	PARAMETER	T _{amb} (°C)						UNIT	TEST CONDITIONS		
		74HC							V _{CC} (V)	WAVEFORMS	
		+25			-40 to +85		-40 to +125				
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.				max.
t _{PHL} /t _{PLH}	propagation delay nCP to nQ ₀		41 15 12	125 25 21		155 31 26	190 38 32	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.7	
t _{PHL} /t _{PLH}	propagation delay nQ _n to nQ _{n+1}		14 5 4	45 9 8		55 11 9	70 14 12	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.7	
t _{PHL}	propagation delay nMR to nQ _n		39 14 11	140 28 24		175 35 30	210 42 36	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.8	
t _{THL} /t _{TLH}	output transition time		19 7 6	75 15 13		95 19 16	110 22 19	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.7	
t _w	clock pulse width HIGH or LOW	80 16 14	17 6 5		100 20 17		120 24 20	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.7	
t _w	master reset pulse width; HIGH	80 16 14	19 7 6		100 20 17		120 24 20	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.8	
t _{rem}	removal time nMR to nCP	5 5 5	3 1 1		5 5 5		5 5 5	ns	2.0 4.5 6.0	Fig.8	
f _{max}	maximum clock pulse frequency	6 30 35	30 90 107		5 24 28		4 20 24	MHz	2.0 4.5 6.0	Fig.7	

Dual 4-bit binary ripple counter

74HC/HCT393

DC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

For the DC characteristics see "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Family Specifications".

Output capability: standard

I_{CC} category: MSI

Note to HCT types

The value of additional quiescent supply current (ΔI_{CC}) for a unit load of 1 is given in the family specifications. To determine ΔI_{CC} per input, multiply this value by the unit load coefficient shown in the table below.

INPUT	UNIT LOAD COEFFICIENT
1CP	0.4
2CP	0.4
1MR	1.0
2MR	1.0

AC CHARACTERISTICS FOR 74HCT

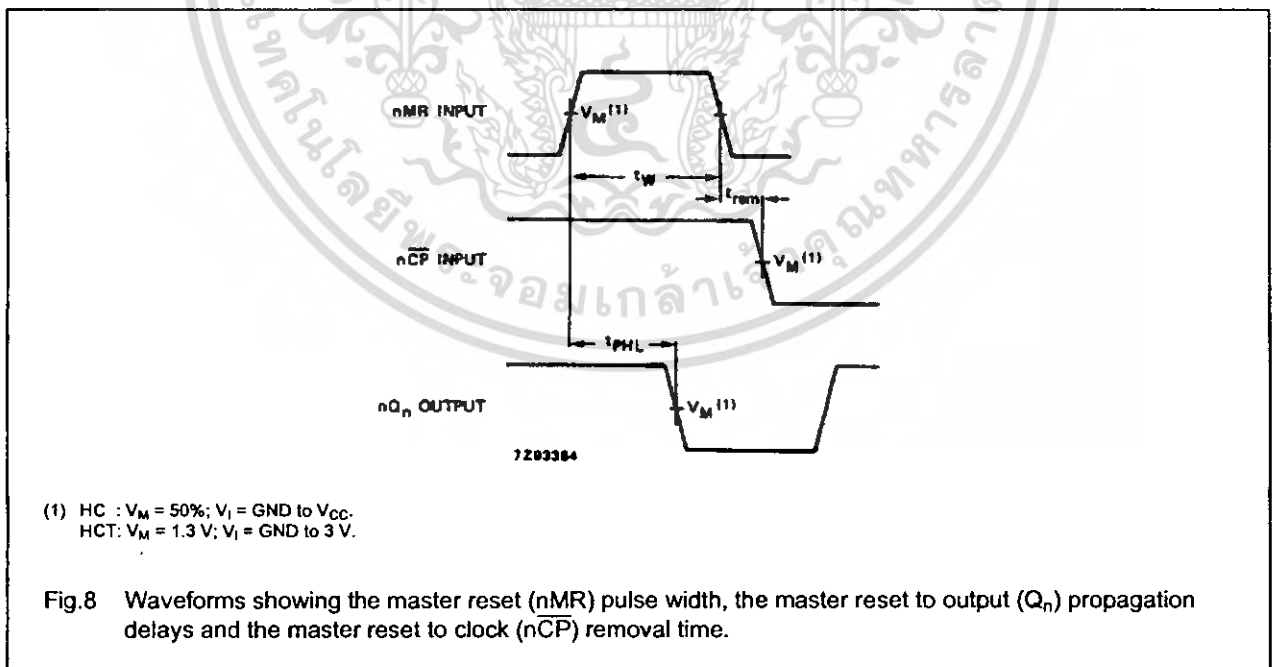
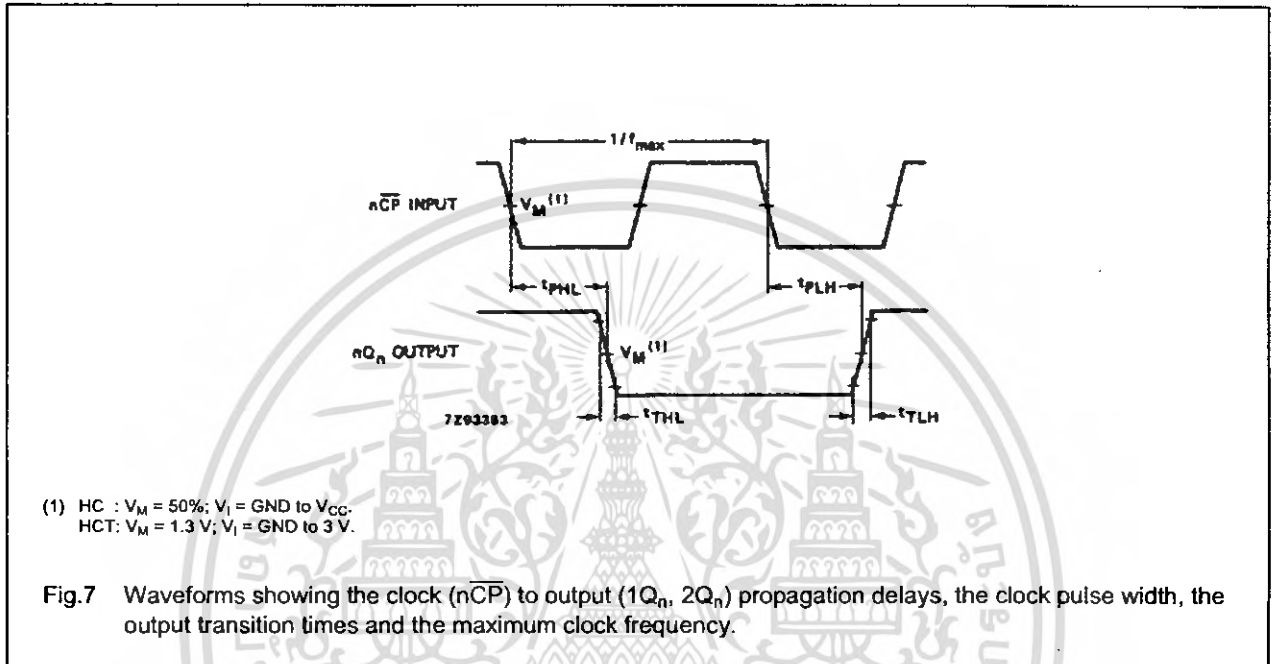
GND = 0 V; $t_r = t_f = 6$ ns; $C_L = 50$ pF

SYMBOL	PARAMETER	T _{amb} (°C)						UNIT	TEST CONDITIONS	
		74HCT							V _{CC} (V)	WAVEFORMS
		+25			-40 to +85		-40 to +125			
		min.	typ.	max.	min.	max.	min.			
t _{PHL} / t _{PLH}	propagation delay nCP to nQ ₀	15	25		31		38	ns	4.5	Fig.7
t _{PHL} / t _{PLH}	propagation delay nQ _n to nQ _{n+1}	6	10		13		15	ns	4.5	Fig.7
t _{PHL}	propagation delay nMR to nQ _n	18	32		40		48	ns	4.5	Fig.8
t _{THL} / t _{TLH}	output transition time	7	15		19		22	ns	4.5	Fig.7
t _w	clock pulse width HIGH or LOW	19	11		24		29	ns	4.5	Fig.7
t _w	master reset pulse width; HIGH	16	6		20		24	ns	4.5	Fig.8
t _{rem}	removal time nMR to nCP	5	0		5		5	ns	4.5	Fig.8
f _{max}	maximum clock pulse frequency	27	48		22		18	MHz	4.5	Fig.7

Dual 4-bit binary ripple counter

74HC/HCT393

AC WAVEFORMS



PACKAGE OUTLINES

See "74HC/HCT/HCU/HCMOS Logic Package Outlines".