



ปีการศึกษา 2532

โคคาที่เตอร์ บ้าย ิพาต์อินเทอร์รัฟ

(COUNTER BY PHOTO INTERRUPT)

โดย

นาย วิจารย์ าชดิภฏจนเรือง 29.1175

นาย ิศาล ปิตะวาสนา 29.1176

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. อภินันท์ มัลลยานนท์

ปริญญาโทปีการศึกษา 2532

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง COUNTER BY PHOTO INTERRUPT

ผู้จัดทำ

1. นายวิโรจน์ รัชติกาญจนเรือง

29.1175
2. นายวิศาล ปิตะวาสนา

29.1176

ผศ.อภิรักษ์ มัดษานนท์

อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....)



วิจารณ์ วิชาศึกษาจนเรื่อง

วิศาล ปิตะวาสนา

ผศ.อภิรักษ์ มัดยานนท์

ปีการศึกษา 2532

บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เรียบเรียงขึ้นมาเพื่อประกอบการสร้าง เครื่องมือ 2 ชนิด คือ เครื่องวัดอัตราเร็วของรถจักรยาน (SPEED METER) และ เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (HEART RATE METER) ซึ่งเครื่องมือวัดทั้งสองนี้มีหลักการสร้างมาจากพื้นฐานเดียวกัน คือหลักการ อินเทอร์เน็ต แสง วิทยาอุปกรณ์รับ-ส่งแสงในย่านอินฟราเรด (Optoelectronic) เพื่อให้ได้ สัญญาณพัลส์ออกมาสำหรับนำไปเข้าวงจรนับเพื่อประมวลผล โดยมีส่วนผลิต ความถี่มาตรฐาน เป็นส่วนที่คอยสร้างสัญญาณพัลส์มาตรฐาน สำหรับป้อนให้กับวงจรนับเพื่อเป็นค่าอ้างอิงสำหรับการประมวลผลอีกต่อหนึ่ง เมื่อได้ผลออกมาแล้ว ผลที่ได้ก็就会被แสดงโดยส่วนแสดงผล ซึ่งใช้ LED 7 เซกเมนต์ เป็น ตัวแสดง ซึ่ง เครื่องมือวัดทั้งสองนี้เราจะเน้นการนำไปใช้งานได้จริง มีความ สะดวกปลอดภัย ง่ายและราคาไม่แพงเป็นหลัก .

COUNTER BY PHOTO INTERRUPT

Wirote Chotkanjanaruang

Wisan Pitawatsana

Assistant professor.

Apinung mongyanon Advisor

1989

Abstract

This Thesis was present for the purpose to design 2 devices. One is "Speed Meter" and the other is "Heart Rate Meter". This 2 devices have the same basic principle by use the principle of "counter by photo interrupt". Because we want the pulse signal which was generate from the part of interruption to stimulate the counter circuit. To get the pulse signal, we use the optoelectronic device to be the sensor part. On the other hand , we must have the standard pulse generater for generate pulse signal to be use as a reference pulse signal. The main purpose of this project is capability in the actual work ,comfortable in usage with a cheaper price in design.

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	ทฤษฎีของเครื่องวัดอัตราการเดินของหัวฯฯ	2
	2.1 การทำงานของหัวฯฯ	2
	2.2 เครื่องวัดอัตราการเดินของหัวฯฯ	7
	2.2.1 อุปกรณ์ออปติคัลเลเซอร์	8
	2.2.2 วงจรขยายแรงดัน	11
	2.2.3 วงจรม่านสเตเบิล	19
	2.2.4 วงจรนับ	21
	2.2.5 วงจรแอสซิงโครนัส	26
	2.2.6 วงจรถอดรหัส	27
	2.2.7 วงจรสร้างความถี่มาตรฐาน	29
	2.2.8 หน่วยความจำ	31
	2.2.9 ส่วนแสดงผล	34
บทที่ 3	การออกแบบ	38
	3.1 อุปกรณ์ออปติคัลเลเซอร์	38
	3.2 วงจรขยายสัญญาณแรงดัน	38
	3.3 วงจรม่านสเตเบิลและวงจรม่านหารถี่	40
	3.4 วงจรสร้างความถี่มาตรฐาน	42
	3.5 วงจรนับ	43
	3.6 วงจรแอสซิงโครนัส	44
	3.7 หน่วยความจำ	44
	3.8 วงจรถอดรหัส	51
	3.9 ส่วนแสดงผล	52
บทที่ 4	การทดสอบและผลการทดลอง	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารของเครื่องวัดความเร็วรถจักรยานยนต์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

หากมีข้อผิดพลาดหรือข้อสงสัย กรุณาแจ้งให้ทราบเพื่อปรับปรุงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6 การออกแบบ

6.1 อุปกรณ์ส่งคลื่นแสงอินฟราเรด	63
6.2 อุปกรณ์รับคลื่นแสงอินฟราเรด	63
6.3 วงจรสร้างความถี่มาตรฐาน	63
6.4 วงจรหาความถี่	65
6.5 วงจรนับ	66
6.6 วงจรแลทซ์	66
6.7 วงจรถอดรหัส	67
6.8 ส่วนแสดงผล	67
6.9 ส่วนของการออกแบบลายวงจร	67
บทที่ 7 การทดสอบเครื่องวัดความเร็วรถจักรยาน	69
บทที่ 8 สรุปผลและวิจารณ์	71
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

บทที่ 1

บทนำ

โครงการที่จะกล่าวต่อไปนี้ ประกอบไปด้วย 2 วงจรคือ วงจรเครื่องวัดอัตราเร็วของรถจักรยาน และวงจรเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ โดยที่ทั้งสองวงจรจะใช้หลักการเดียวกัน คือ จะสร้างสัญญาณพัลส์จากอุปกรณ์รับ-ส่งแสง (Optoelectronic) จากนั้นจะนำไปผ่านวงจรนับซึ่งประกอบด้วย ส่วนของวงจรแลทช์ วงจรเข้ารหัส และวงจรส่วนแสดงผล โดยมี วงจรสร้างความถี่มาตรฐานเป็นส่วนที่ใช้สำหรับสร้างพัลส์อ้างอิงให้กับวงจร ซึ่งจะขอแยกกล่าวพอเป็นสังเขปดังนี้

1. วงจรเครื่องวัดความเร็วรถจักรยาน ใช้หลักการ อินเทอร์เน็ต สัญญาณระหว่างตัวรับ-ส่ง ทำให้เกิดเป็นสัญญาณพัลส์ขึ้น สำหรับตัวรับ-ส่งแสงที่เราใช้แสงอินฟราเรด และเนื่องจากแสงอินฟราเรดมีความถี่สูงมากจะพบอยู่ทั่วๆ ไปรวมทั้งแสงอาทิตย์ด้วย ดังนั้นเราจึงต้องพยายามป้องกันมิให้แสงจากภายนอกเข้าไปรบกวนด้วย เมื่อเราได้สัญญาณพัลส์แล้ว สัญญาณพัลส์ดังกล่าวก็จะถูกนำไปไว้ในวงจรนับอีกคู่หนึ่ง เพื่อประมวลผลแล้วแสดงออกมาเป็นอัตราเร็วที่ส่วนแสดงผลต่อไป

2. วงจรเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ก็มีหลักการเช่นเดียวกันกับวงจรเครื่องวัดความเร็วรถจักรยาน แต่เราเพิ่มส่วนของหน่วยความจำ (EPROM) เข้าไปอีกส่วนหนึ่ง เพื่อเป็นส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั้งหมดที่ต้องการแสดง เนื่องจากข้อมูลที่เรากำลังจะเก็บเข้าไปในนั้น เราต้องเขียน (write) เข้าไปเอง ดังนั้นเราจึงต้องใช้หน่วยความจำที่สามารถเขียนข้อมูลเข้าไปได้ เราจึงใช้ อิพรอม ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดอีกทีหนึ่ง

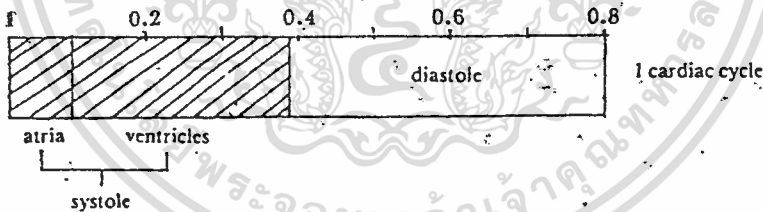
สำหรับรายละเอียดของการทำงานแต่ละวงจร ทฤษฎีพื้นฐานของแต่ละส่วน การออกแบบวงจร รวมทั้งการทดสอบเมื่อนำไปใช้งานจริง ก็จะได้อธิบายรายละเอียดต่อไป.

บทที่ 2

ทฤษฎีของ เครื่อง วัดอัตราการเต้นของหัวใจ

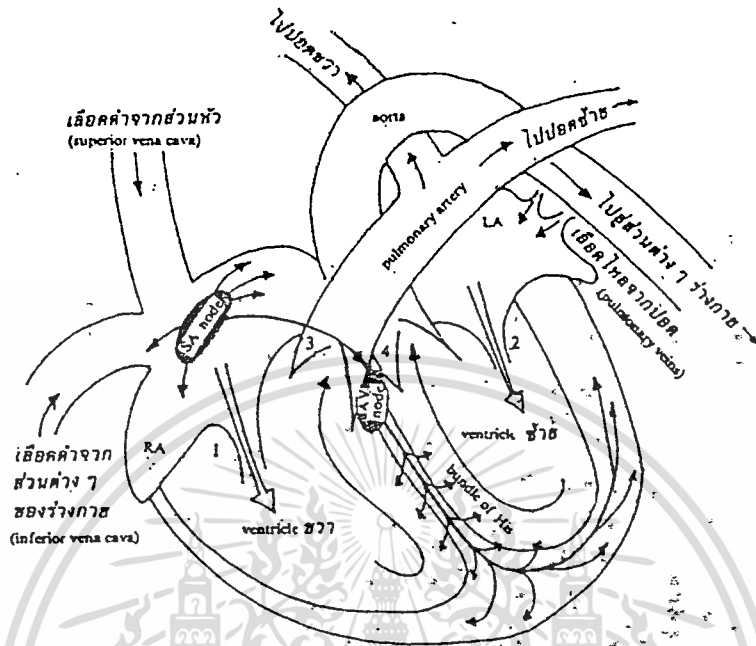
2.1 การทำงานของหัวใจ

หัวใจของคนเราจะทำการบีบตัวและคลายตัวอย่างถูกต้องแน่นอนสลับไปมา เพื่อให้การไหลเวียนของเลือดเป็นไป อย่างถูกต้องด้วย วัฏจักรหัวใจคนเรานั้นมีการหดตัวประมาณ 60-80 ครั้งต่อวินาที การทำงานของหัวใจจะทำงานเป็นระยะๆ และเป็นจังหวะที่สม่ำเสมอจนตลอดเวลา ทั้งนี้เกิดจากการที่กล้ามเนื้อของหัวใจหดตัวนั่นเอง ซึ่งเราเรียกว่าการเต้นของหัวใจ (Heart beat or Contraction of heart) หัวใจเต้นหนึ่งครั้งประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนที่บีบตัวเรียกว่า ซิสทอล (Systole) และตอนที่คลายตัวหรือพองตัวเรียกว่า ไดแอสทอล (Diastole) รวมกันเป็น 1 คาบิกแอก ไซเคิล (cardiac cycle) กินเวลาประมาณ 0.8 วินาที วัฏจักรเป็นการบีบตัวของหัวใจห้องบน 0.1 วินาที หัวใจห้องล่าง 0.3 วินาที และหัวใจคลายตัว 0.4 วินาที ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดง cardiac cycle

การเต้นของหัวใจที่เป็นจังหวะสม่ำเสมอจนตลอดนั้น ต้องมีระบบประสาทคอยควบคุมอีกทีหนึ่ง ดังรูปที่ 2.2

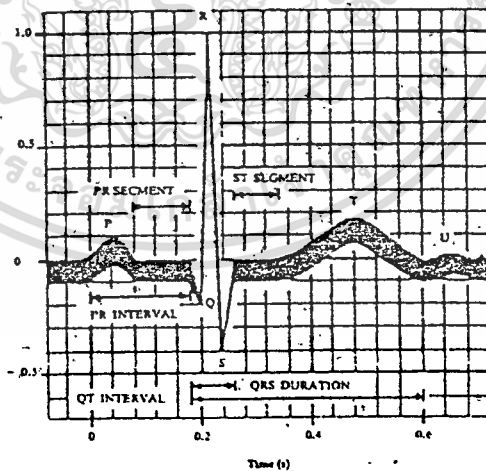


รูปที่ 2.2 แสดงแผนภาพหัวใจคนแสดงทิศทางการไหลเวียนเลือดและการกระจายกระแสประสาท

การควบคุมเริ่มต้นที่เอส เอ เจนค (SA node) ย่อมาจาก sino-atrial node เป็นกลุ่มกล้ามเนื้อหัวใจที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นเซลล์ที่กำเนิดกระแสประสาทแพร่ไปเองได้ จึงทำให้หัวใจเต้นโดยไม่ต้องได้รับกระแสประสาทจากสมองหรือไขสันหลัง

กระแสประสาทเกิดเองจากเอส เอ เจนค จะแพร่ไปทั่วกล้ามเนื้อหัวใจห้องบน ทำให้เกิดการหดตัวและแพร่ไปยัง เอวี เจนค (A.V node) ย่อจาก atrio-ventricular node เอวี เจนค นั้นจะมีเส้นใยประสาทกระจายไปสู่กล้ามเนื้อหัวใจห้องล่างทั้งหมด เรียกว่า ประสาทนี้ว่าบันเดิล ออฟ ฮิส (bundle of His) ในการเห็นยวajan เกิดการเต้นของหัวใจนี้ บราคว่ามีการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าเกิดขึ้นด้วย ภัยการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ไฟฟ้าที่กล้ามเนื้อหัวใจนี้เราเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวณไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า จะสามารถวัดได้จากนอกตัว ภัยและชีวบาวัวที่แขนซ้ายและขั้วลบวัวที่แขนขวา ไม่วกรณใดทงสน อทงห้ามมเหตดแปลงเนื้อหา และตองอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครทมการนำไปใช้

เรียกว่า วัคลีค 1 (lead I) ถ้าแตะขั้วลบและขั้วบวกไว้ที่แขนขวากับขาซ้ายตามลำดับเรียกว่า วัคลีค 2 (lead II) และถ้าแตะขั้วลบและบวกที่แขนซ้ายกับขาซ้ายตามลำดับเรียกว่า วัคลีค 3 (lead III) เรียกการวัดแบบนี้ว่า อิเล็กโทรคาดีโอแกรม (Electrocardiogram) ย่อว่า ECG. คลื่นที่ได้ให้ชื่อ "P", "QRS complex" และ "T" โดย "P" เกิดจากการบีบตัวของหัวใจห้องบน "QRS complex" เกิดจากการบีบตัวของหัวใจห้องล่าง และ "T" เกิดจากการคลายตัวของหัวใจห้องล่าง หลักการของการวัดค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้านี้เป็นวิธีทางอ้อม โดยถือว่าเนื้อเยื่อและน้ำมันอกเซลล์ทั้งหลาย (อยู่ในสภาพที่มีค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าคงที่) ที่อยู่ระหว่างหัวใจกับขั้วไฟฟ้าที่แตะที่ผิวหนังนั้นเป็นตัวนำกระแสเรียกว่า วอลุ่ม คอนดักเตอร์ (volume conductor) ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่วัดได้จึงเป็นการเปลี่ยนแปลงของกลัสมเนื้อหัวใจเอง จากรูปร่างมาตรฐานของ ECG. สามารถบอกความผิดปกติของหัวใจได้ เช่น บอกอัตราการเต้นหัวใจ การกระจายกระแสประสาทในหัวใจ บริเวณเนื้อตายมากหรือน้อย รวมทั้งตำแหน่งและขนาดหัวใจด้วย

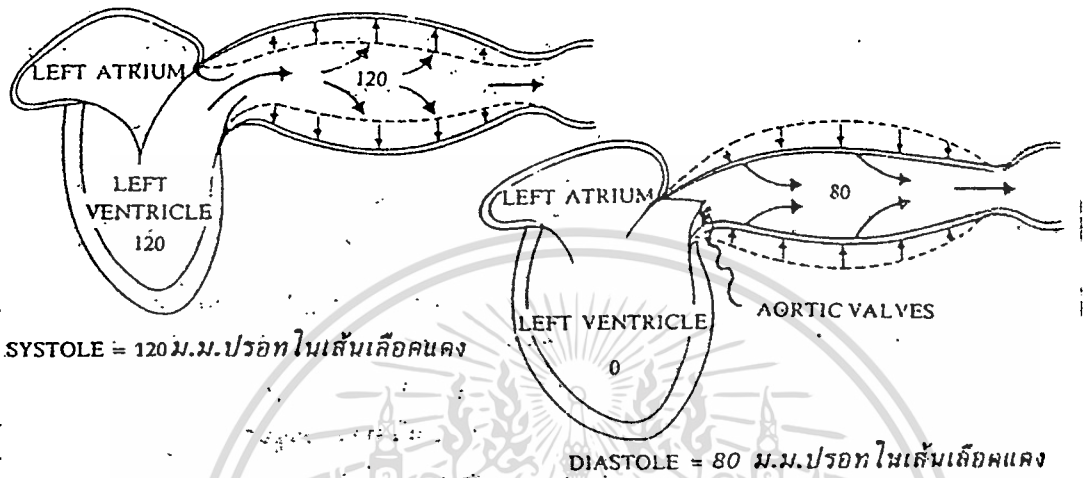


รูปที่ 2.3 แสดงแผนภาพ Electrocardiogram

จากแผนภาพอิเล็กโทรคาดีโอแกรม (ECG) แสดงคลื่นไฟฟ้าหัวใจ แกนนอนแสดงระยะเวลาที่เกิดคลื่น และแกนตั้งแสดงค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของคลื่นเป็นมิลลิโวลต์ ลูกศรแสดงค่าเวลาต่างๆ ขณะและระหว่างการเกิดคลื่น เป็น

วันที่

อัตราการบีบเลือดจากหัวใจ (CO) ความคุมารยทั้งระบบคอมพิวเตอร์และระบบประสาทอัตโนมัติ



รูปที่ 2.4 แสดงการเกิดความดันเลือดในเส้นเลือดแดง ขณะหัวใจบีบและคลายตัว

จากภาพแสดงการเกิดความดันเลือดในเส้นเลือดแดง ขณะบีบและคลายตัว ขณะที่หัวใจห้องล่างซ้ายบีบตัว จะเกิดความดัน 120 ม.ม.ปรอท ซึ่งเป็นแรงดันเลือดออกไปสู่เส้นเลือดแดง เส้นเลือดแดงมีคหุ่่นได้ค้ จึงร่งพองออกด้วยค่าแรงดันเท่ากันคือ 120 ม.ม.ปรอทความดันเลือดในเส้นเลือดแดงใกล้หัวใจจึงเท่ากับ 120 ม.ม.ปรอท ขณะหัวใจห้องล่างซ้ายคลายตัวความดันในหัวใจลดลงเป็นศูนย์ แต่ในเส้นเลือดแดงคงเหลือ 80 ม.ม.ปรอท เพราะผนังเส้นเลือดหดกลับคืนขนาดเดิม และเลือดยังมีอยู่ในเส้นเลือดเพราะไหลกลับเข้าหัวใจไม่ได้เนื่องจากลิ้นหัวใจปิด ความดันเลือดนี้หมายถึงความดันภายในหลอดเลือดเมื่อเทียบกับค่าความดันบรรยากาศ การร่งพองแล้วหดกลับของผนังเส้นเลือดแดงนี้จะทำให้เลือดถูกดันไปข้างหน้าในตำแหน่งถัดไปเรื่อยๆ ความความยาวของเส้นเลือดแดงและตรงกับจังหวะการเต้นของหัวใจพอดี เราสามารถจับสัมผัส

การเต้นของเส้นเลือดแดงนี้ได้ เรียกว่า จังหวะการ (pulse) ซึ่งเกิดขึ้นไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลอดความยาวเส้นเลือดแดง แต่จุดที่สามารถจับได้ชัดและสะดวกคือ ข้อมือ คำนวณมาตรฐานหัวแม่มือ - เริ่มตั้งแต่เส้นเลือดแดงใหญ่ ความดันเลือด 120 ม.ม.ปรอท จะลดลงเรื่อยๆ ตามความยาวจนถึงเส้นโลหิตฝอยเหลือเพียง 30 ม.ม.ปรอท และเส้นเลือดคาเล็กประมาณ 10 ม.ม.ปรอทซึ่งไม่แรงพอที่จะดันเลือดกลับหัวใจได้ตามเส้นเลือดคาเล็ก เส้นเลือดคานี้มีลักษณะเป็นระยะๆ ตามความยาว ลึนจะอยู่ในลักษณะ เป็ดทำให้เลือดไหลผ่านเข้าไปได้ แต่ย้อนกลับไม่ได้ เมื่อกล้ามเนื้อที่อยู่ตามตัวหดตัวก็ช่วยกดบีบเส้นเลือดคาเล็ก ทำให้เลือดถูกบีบให้ไหลไปข้างหน้าจนกลับเข้าหัวใจได้

เลือดเป็นของเหลวที่คั่งไม่เข้าไหลไปตามท่อจากคันท่อข้างหนึ่งไปสู่อีกข้างหนึ่งได้จะต้องมีความดันที่คันท่อสูงกว่าปลายท่อ ถ้าท่อมีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ ความต้านทานต่อการไหลจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ความต้านทานต่อการไหลจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สำหรับอัตราการไหลของเลือดนี้ถูกควบคุมให้มากขึ้น น้อยลงได้โดยการควบคุมขนาดของเส้นเลือดโดย 1)ระบบประสาทอัตโนมัติ 2)ระบบฮอร์โมน 3)สภาพของเนื้อเยื่อ ระบบประสาทอัตโนมัติจะทำงานอย่างไร เมื่อใด ย่อมขึ้นอยู่กับคำสั่งงานจากสมอง สมองจะสั่งงานอย่างไรขึ้นอยู่กับกการได้รับรายงานจากหน่วยรับรู้ ซึ่งคอยวัดระดับความดันเลือดแดงที่อยู่ที่แขนงเส้นเลือดแดง เพื่อรักษาระดับความดันเลือดให้กลับสู่ปกติ อนึ่งระบบนี้ยังควบคุมปริมาณเลือดที่มีมาจากหัวใจ ด้วยการสั่งให้หัวใจเต้นช้าหรือเร็วขึ้นได้ตามลำดับของการเปลี่ยนแปลงความดันเลือดที่สูงขึ้นหรือต่ำลงนั้นด้วย อัตราการเต้นของหัวใจ .

อัตราการเต้นของหัวใจแต่ละบุคคลจะเร็วหรือช้า อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามลักษณะต่างๆ คือ -

1. มีอัตราเป็นปกติกลับกับขนาดของร่างกาย
2. เปลี่ยนแปลงไปตามเมตาบอลิซึมของร่างกาย โดยเฉพาะถ้าร่างกายมี activity อยู่เสมอมันจะยิ่งเต้นเร็ว
3. เกี่ยวกับเพศ ซึ่งเพศหญิงจะเต้นเร็วกว่าเพศชาย
4. เกี่ยวกับการฝึกหัดกล้ามเนื้อทำงาน ถ้าฝึกนานๆ อาจทำให้เต้นช้าลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทต่างว ซึ่งมีนั่ง นอน ยืน เดินเป็นต้น หรืออาจเกี่ยวกับการออกกำลังกาย

6. เกี่ยวกับแพธโรลจิคอล (pathological variation) เกิดจากการเป็นโรคภัยไข้เจ็บต่างว เช่นการเสียเลือดทำให้การเต้นเร็วขึ้น การช็อคทำให้เต้นเร็วขึ้นแล้วก็อ่อนลง คอหอยเป็นพิษทำให้เต้นเร็วขึ้นด้วย และถ้าเป็นโรคของหัวใจก็ทำให้อัตราการเต้นเปลี่ยนแปลงไปด้วย.

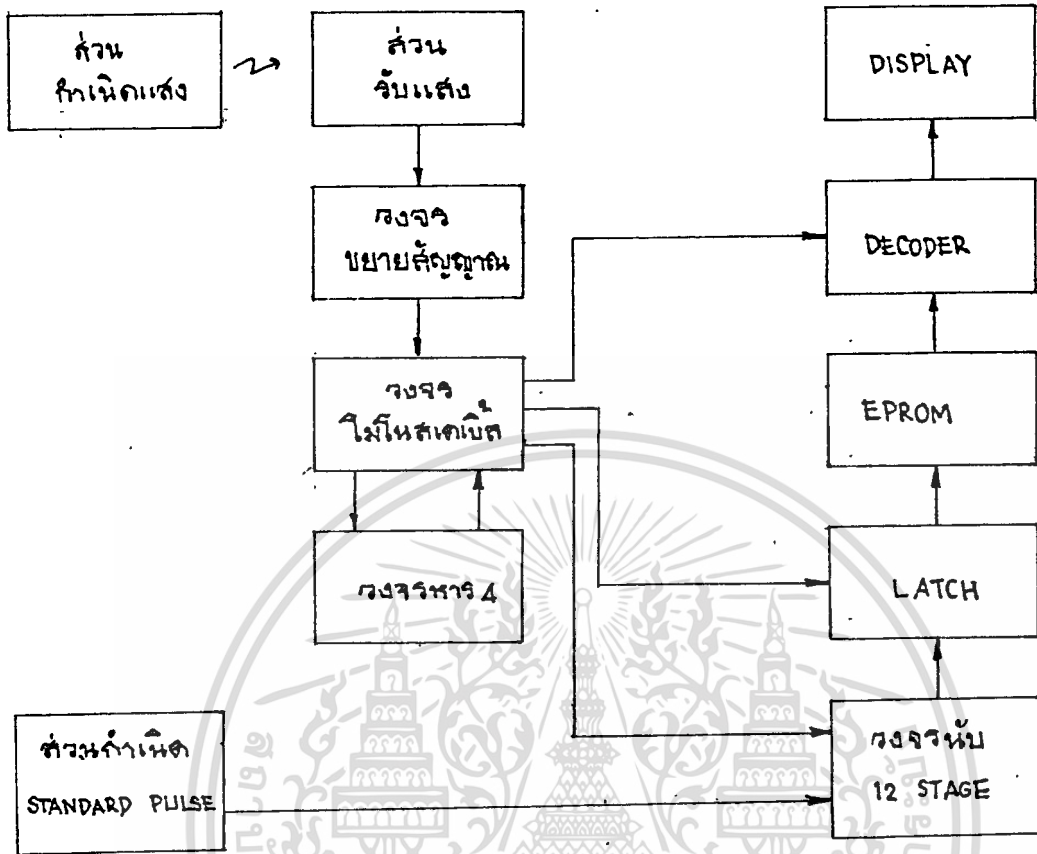
อัตราการเต้นของหัวใจของคนในวัยต่างว มีดังนี้

วัย	ครั้ง/นาที
- เด็กที่อยู่ทารก	140
- เด็กที่เพิ่งคลอด	120
- เด็กโรค	100
- วัยรุ่น	80
- ผู้ใหญ่	75
- วัยกลางคน	70
- วัยชรา	75-80

ในการตรวจสอบการทำงานของหัวใจนั้นมีด้วยกันหลายวิธี เช่น วิธีวัดแรงดันของเลือดที่จุดต่างว หรือวัดอัตราการเต้นของหัวใจก็ได้ การวัดอัตราการเต้นของหัวใจนั้น ทำได้โดยใช้หูฟังของแพทย์หาที่หน้าอก เพื่อบันทึกจำนวนครั้งก่อนนาฬิกา หรือใช้นิ้วชี้และนิ้วกลางวางหาที่บริเวณข้อมือด้านในใต้ฐานหัวแม่มือ แล้วนับอัตราการเต้นที่รู้สึกได้ด้วยมือ การใช้วิธีนี้ถ้าเราเพลอเรอหรือเราวางมือไม่สนิท อาจทำให้จำนวนผิดพลาดได้ง่าย ดังนั้นเพื่อง่ายและสะดวกต่อการตรวจนับอัตราการเต้นของหัวใจ จึงได้นำหลักการของวงจรนับมาประยุกต์ใช้

2.2 เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (HEART RATE METER)

เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจนี้ นำหลักการของวงจรนับมาประยุกต์ใช้ ด้วยการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันของเลือดที่บริเวณนี้ให้เป็นสัญญาณพัลส์ ตรวจจับอุปกรณ์ออปติคัลอิเล็กทรอนิกส์ (Optoelectronic) ที่ทำงานบนย่านความถี่แสงอินฟราเรด มาตรวจจับระดับแรงดันของเลือดที่เปลี่ยนแปลง พร้อมทั้งขยายขนาดของแรงดันนั้นด้วยพรีแอมป์เชอร์เบอร์ "MRD360" สัญญาณที่ผ่านเข้า



รูปที่ 2.5 แสดงบล็อกโคเคแกรมของวงจรเครื่องวัดน้ำหนัก
การเดินของหัววัด

ต่อไปจะขอแยกอธิบายส่วนต่างๆ ดังนี้

2.2.1 อุปกรณ์ออปติอิเล็กทรอนิกส์ (Optoelectronic)

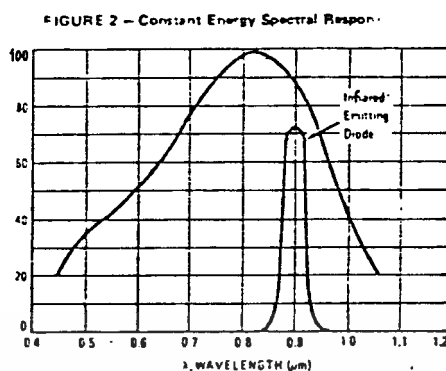
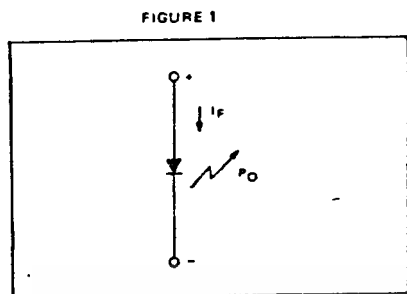
อุปกรณ์ออปติอิเล็กทรอนิกส์นั้นมีส่วนด้วยกันมากมายหลายชนิด และจะทำให้แสงทำงานในย่านต่างๆ จึงต้องเลือกให้เหมาะสม ในที่นี้เลือกใช้แสงในย่านอินฟราเรด เนื่องจากเป็นย่านความถี่ที่สามารถตรวจจับการรบกวนจากภายนอกได้ อุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนแรกของวงจรนี้แยกออกเป็น อุปกรณ์รับและส่งแสงอินฟราเรด ดังนี้.

-อุปกรณ์ส่งคลื่นแสงอินฟราเรด (Infrared light emitting diode) ซึ่งจะให้แสงในย่านอินฟราเรดเมื่อให้กระแสไบอัสตรง (Ip) ไหลผ่านไบอัสที่รอยต่อพีเอ็น (PN) ส่วน $\text{light output power (Po)}$ เป็นฟังก์ชันของ

ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กระแส (I_p) และวัดค่าในหน่วยมิลลิวัตต์ (mW)

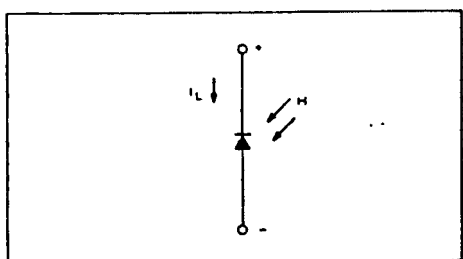


รูปที่ 2.6 แสดงตัวรับ-ส่งคลื่นแสง

-อุปกรณ์รับคลื่นแสงอินฟราเรด (Photo sensor) ให้ผลตอบสนองในย่านแสงที่มองเห็นได้ทั้งหมด ซึ่งจะให้ผลดีเท่ากับแสงในย่านใกล้อินฟราเรด ผลตอบสนองจะมากขึ้นขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ และกึ่งพิวชั่น คีพ (diffusion depth) ของรอยต่อพีเอ็นที่รับแสงสำหรับซิลิกอน พรักเซ็นเซอร์ (silicon photosensor) ทั้งหมด (diodes, transistors, darlington, triacs) แสดงพื้นฐานที่เหมือนกัน คือให้ผลตอบสนองความถี่ย่านใกล้อินฟราเรด ซึ่งจะได้อธิบายแต่ละชนิดดังนี้

ก. พรัก ไดโอด (Photo diodes.)

เมื่อมีแสงตกลงที่รอยต่อพีเอ็น จะเกิดคู่ของโฮลและอิเล็กตรอนขึ้นมาโดยเป็นพาหะเคลื่อนที่ ทำให้เกิดกระแสไหล (IL) ความเข้มพลังงานแสงของแสง (H) วัดเป็นมิลลิวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร เป็นตัวชี้การไหลของกระแส "IL" ที่การแผ่คลื่นแสงเป็นศูนย์จะทำให้เกิดกระแสรั่วเล็กน้อย ซึ่งเรียกว่า Dark-current (I_d)

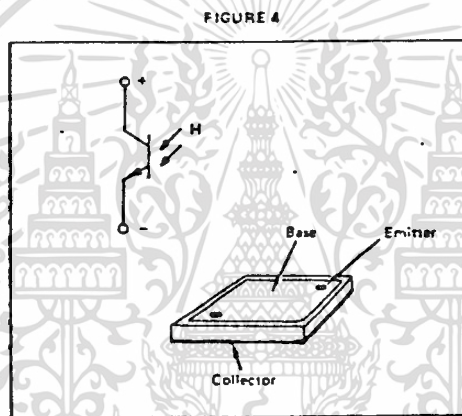


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 2.7 ที่แสดงวงจรตัวตรวจจับ

ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

ข. ทรานซิสเตอร์แสง (Phototransistors)

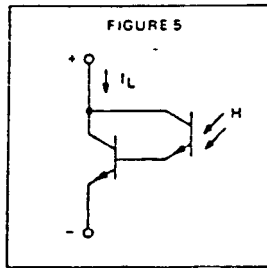
ทรานซิสเตอร์แสง เป็นทรานซิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการแผ่ของแสง รอยต่อคอลเลคเตอร์-เบส (collector-base) จะใหญ่และทำหน้าที่เป็นรีเวอร์สไบอัส ทรานซิสเตอร์แสง (reversed biased photodiode) คือ ทรานซิสเตอร์ที่ถูกไบอัสกลับควบคุมทรานซิสเตอร์ กระแส collector (IL) ขึ้นอยู่กับความเข้มของการแผ่แสง (H) และอัตราขยายกระแส dc ของทรานซิสเตอร์ ในกรณีที่ไม่มีทรานซิสเตอร์ถูกปิดสวิตช์โดยยังคงมีกระแสรั่วอยู่ที่เรียกว่า collector dark-current (I_{ceo})



รูปที่ 2.8 แสดงทรานซิสเตอร์แสง

ค. ทรานซิสเตอร์แสงคู่ (Photodarlington)

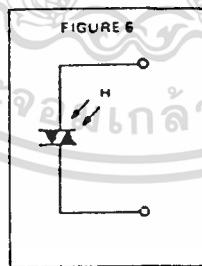
ทรานซิสเตอร์แสงคู่ นั้นจริง ๆ แล้วก็มีหลักการทำงานในลักษณะเดียวกับทรานซิสเตอร์แสง รอยต่อของคอลเลคเตอร์-เบสของไดรเวอร์ ทรานซิสเตอร์ (Driver transistor) เป็นตัวรับการแผ่แสงและควบคุมไดรเวอร์ ทรานซิสเตอร์แล้วตัวไดรเวอร์ ทรานซิสเตอร์จะไปควบคุมฟอลโลว์ ทรานซิสเตอร์ (following transistor) อีกทีหนึ่ง โครงสร้างแบบคาร์ลิงตันนี้ ให้อัตราขยายกระแสที่สูง ส่งผลให้ตัวรับแสงมีความไวแสงสูงมาก



รูปที่ 2.9 แสดงทรานซิสเตอร์แสง

ง. ทรานซิสเตอร์แสง (Phototriacs)

เราใช้ขาเกิดของทรานซิสเตอร์แสง เป็นตัวรับการแผ่แสงและกระตุ้นให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน เมื่อถึงระดับความเข้มแสงที่กำหนด (H) ในกรณีที่ไม่มีแสง ทรานซิสเตอร์จะไม่ถูกกระตุ้นและจะยังคงมีกระแสรั่วเรียกว่าพีค บล็อกกิ้ง เคอเรนท (peak blocking current : I_{drn}) อุปกรณ์ตัวนี้เป็น Bilateral และถูกออกแบบให้สวิตช์สัญญาณไฟกระแสสลับด้วย.



รูปที่ 2.10 แสดงทรานซิสเตอร์แสง

2.2.2 วงจรขยายสัญญาณแรงดัน.

วงจรขยายสัญญาณแรงดันนี้ประกอบด้วย วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส และ

ซิงค์เกิ้ล ซัพพลาย (single supply) โดยจะให้เอาต์พุตเป็นพัลส์ไปกระตุ้นวง-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์อื่น การค้า
จรรยาบรรณเปิดให้ทำงาน สำหรับวงจรขยายสัญญาณแรงดันนั้นใช้โรเบอर्टเรชั่น-
ไม่อาจรู้ได้ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

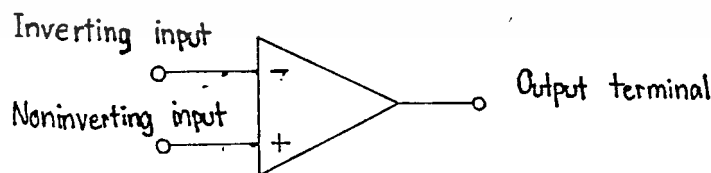
แอมป์ (Operation amplifier :Op-Amp) ทั้งหมดทั้งนั้นจะขอล่าถึงออป-แอมป์ดังนี้.

รือเปอร์เรชันแอมป์ (ออปแอมป์)

วงจรรออปแอมป์นี้จะให้อัศรารชยาสที่สูงมาก และโคชอาศัยการบ้อนกลับแบบลบผ่านองค์ประกอบพาสซีฟภายนอก ในการควบคุมลักษณะการทำงาน และกำหนดหน้าที่ของวงจรรให้ขึ้นอยู่กบองค์ประกอบที่ใช้บ้อนกลับเท่านั้น โคชไม่ขึ้นอยู่กบพารามิเตอร์ภายในของออปแอมป์เลย ดังนั้นจึงสะดวกมากที่จะใช้ออปแอมป์เป็นตัวขยายกำลังงานโคชตลอด และอาศัยองค์ประกอบที่ใช้บ้อนกลับเป็นตัวกำหนดาห์วงจรรออปแอมป์หาหน้าทีต่างว กัน สำหรับออปแอมป์แบบอุดมคติจะมีคุณสมบัติตามเงื่อนไขดังนี้.

1. อัศรารชยาสแรงคั้นสูงมากจนเป็นอนันต์
2. ความค้ำทานทางอินพุตสูงมากจนเป็นอนันต์
3. ความค้ำทานทาง เอาท์พุตค้ำมากจนเป็นศูนย์
4. กระแสออฟเซตทางอินพุตเป็นศูนย์
5. แรงคั้นออฟเซตทางอินพุตเป็นศูนย์
6. ลักษณะสมบัติเชิงความถี่ขยายได้ค้ำตั้งแต่ไฟตรง จนความถี่สูง เป็นอนันต์
7. ไม่มีข้อบกพร่องอื่นว

ออปแอมป์ทั่วว เบนั้นจะมีขั้วสัญญาณเข้า 2 ขั้ว และค้อกับแหล่งจ่ายกระแสตรงค้ำบวก 1 ขั้ว กับค้ำลบอีก 1 ขั้ว

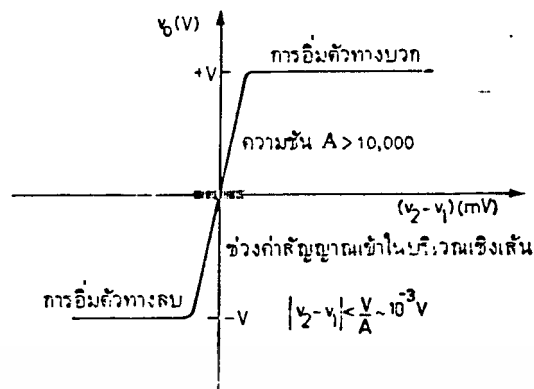


รูปที่ 2.11 แสดงสัญลักษณ์อย่างง่ายของออปแอมป์

ออปแอมป์มีช่วงการทำงาน 3 ช่วงคือช่วงเชิงเส้น 1 เขต ช่วงอิมค้ว

2 เขตค้ำรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

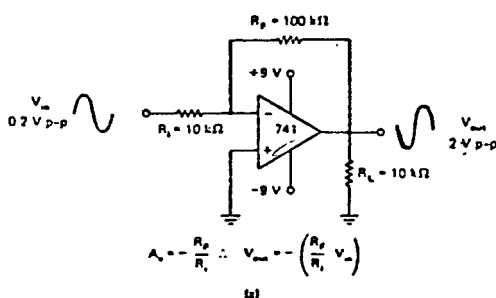


รูปที่ 2.12 แสดงช่วงการทำงานของออปแอมป์

ในช่วงเชิงเส้นแรงดันออก " V_o " จะสัมพันธ์กับผลต่างแรงดันเข้า ($V_2 - V_1$) แบบเป็นเชิงเส้นคือ $V_o = A(V_2 - V_1)$ เมื่อ A คืออัตราขยายแรงดันมีค่าตั้งแต่ 10,000 ขึ้นไป สำหรับแหล่งจ่ายกระแสตรงขนาด 10 ถึง 15 โวลต์ ความกว้างของเขตเชิงเส้นสำหรับสัญญาณ จะมีประมาณ 1 mV หรือน้อยกว่า - วงจรเชิงเส้นพื้นฐาน.

1. วงจรขยายกลับเฟส (Inverting-amp)

วงจรขยายของออปแอมป์มีอัตราขยายแรงดันสูงมาก และมีลักษณะของการขยายเป็นเส้นตรง สามารถควบคุมอัตราขยายได้โดยใช้อุปกรณ์ภายนอกไม่กี่ตัว วงจรขยายกลับเฟสแบบมาตรฐานตามรูปที่ 2.13 ใช้เป็นแบบลูบปิดเรียกว่า การป้อนกลับแบบลบ โดยนำเอาห์พุทซึ่งกลับเฟสกับอินพุทอีกที แล้ววงจรภายในของออปแอมป์จะพยายามปรับเอาห์พุท จนกระทั่งความต่างศักย์ระหว่างอินพุทเข้าใกล้ศูนย์



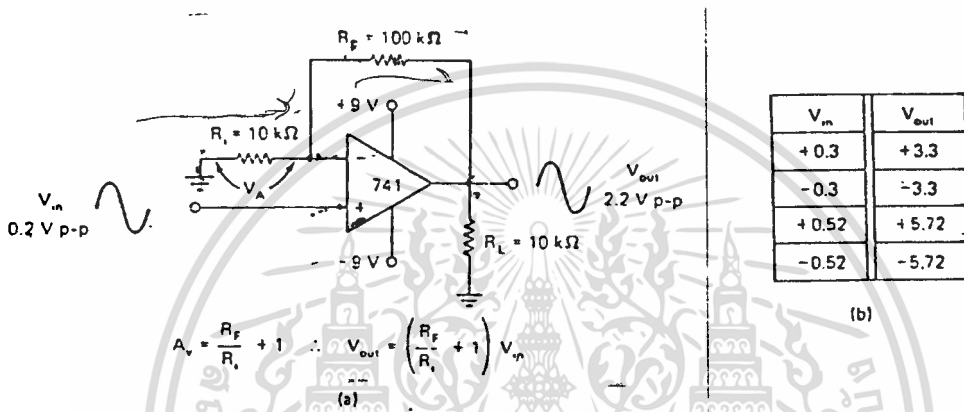
V_{in}	V_{out}
+0.3	-3
-0.3	+3
+0.52	-5.2
-0.52	+5.2

(b)

รูปที่ 2.13 แสดงวงจรขยายแบบกลับเฟส

2. วงจรขยายไม่กลับเฟส (Non-inverting amp)

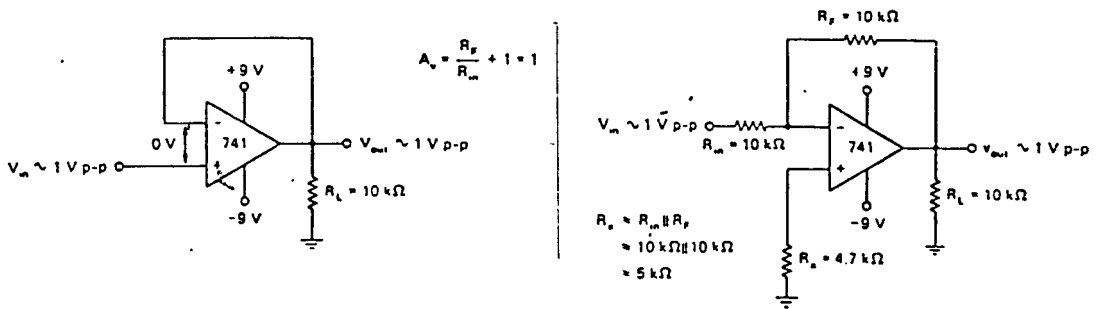
วงจรนี้จะแตกต่างกับวงจรอินเวอร์ตติง ในแง่ของอัตราขยายและเฟสของเอาต์พุต วงจรนี้จะรับแรงดันอินพุตจะถูกป้อนเข้าที่ขั้วบวก (ในขณะที่สัญญาณอินพุตของวงจรอินเวอร์ตติงจะถูกป้อนเข้าที่ขั้วลบ) และมีแรงดัน " V_a " ทดคร่อมตัวต้านทาน R_1 แล้วศักดาที่ขั้วอินพุตลบจะถูกบังคับให้มีขนาดเท่ากับศักดาที่ขั้วอินพุตบวก และจะหาอัตราขยายและแรงดันเอาต์พุตได้ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แสดงวงจรขยายแบบไม่กลับเฟส

3. วงจรตามแรงดัน (Voltage follow)

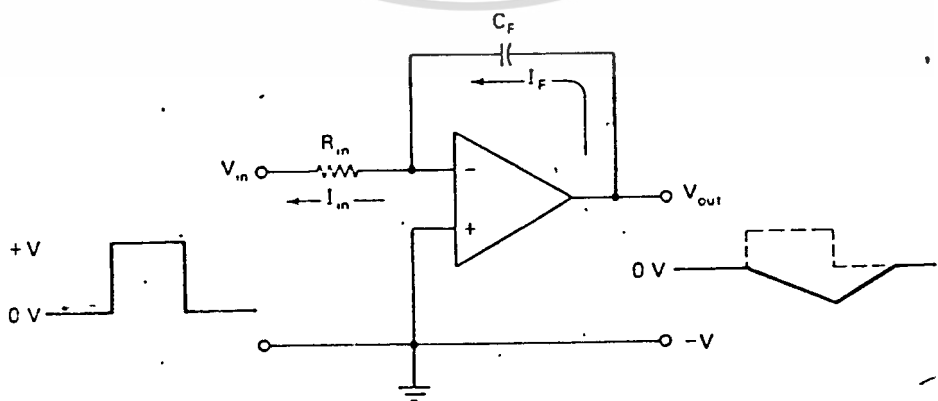
วงจรตามแรงดันจะให้อัตราขยายเท่ากับหนึ่ง เพื่อนำไปใช้เป็นบัฟเฟอร์ ทรานซิสเตอร์สามารถใช้วงจรอินเวอร์ตติงหรืออินเวอร์ตติงก็ได้ แต่การใช้วงจรอินเวอร์ตติงจะมีข้อเสียคือ อินพุตอิมพีแดนซ์ของวงจรจะมีค่าลดลงเหลือเพียงเท่ากับความต้านทานของ R_{in} ส่วนตัวต้านทาน R_x ที่ขั้วบวกมีไว้เพื่อลดกระแสออฟเซตที่อินพุต (ทำให้เกิดสมดุลที่ขั้วอินพุตทั้งสอง) ค่า R_x ควรมีความประมาณ R_{in} หนานกับ R_x



รูปที่ 2.15 แสดงวงจรตามแรงดัน

4. วงจรอินทิเกรเตอร์ (Integrator)

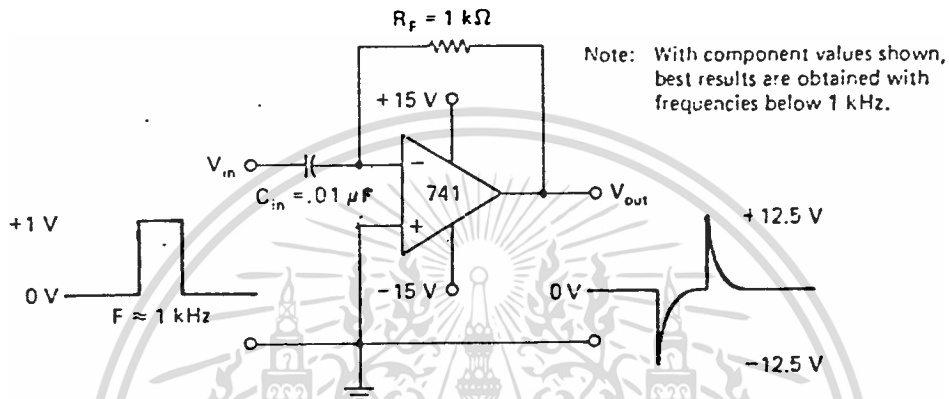
วงจรอินทิเกรเตอร์นี้ เป็นวงจรที่สามารถทำการอินทิเกรตสัญญาณ ที่ป้อนเข้าอินพุต หรือวงจรจะสะสมสัญญาณที่ป้อนเข้าจากอินพุตเรื่อยๆ ภายในช่วงเวลาหนึ่ง และแสดงผลการสะสมนี้ออกทางเอาต์พุต ดังรูปที่ 2.16 ตัวเก็บประจุจะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับป้อนสัญญาณกลับ ถ้าสัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้าให้อยู่ในลักษณะคงที่ อัตราการเปลี่ยนแปลงของเอาต์พุตจะมีค่าคงที่ด้วย นั่นคือความชันของแรงดันเอาต์พุตจะเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง และเมื่อแรงดันอินพุตตกลงเหลือศูนย์วอลท์ ตัวเก็บประจุก็จะคลายประจุเป็นแบบเชิงเส้นเช่นกัน ผลก็คือแรงดันที่เอาต์พุตมีลักษณะ เป็นรูปสามเหลี่ยมกลับเฟส ในการนำไปใช้นั้นถ้าเราต่อตัวต้านทานป้อนกลับขนานกับตัวเก็บประจุ จะทำให้วงจรมีเสถียรภาพมากขึ้น



รูปที่ 2.16 แสดงวงจรอินทิเกรเตอร์

5. วงจรดิฟเฟอเรนเชียล (Differentiator)

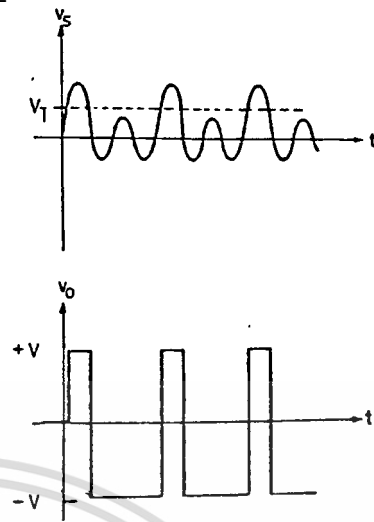
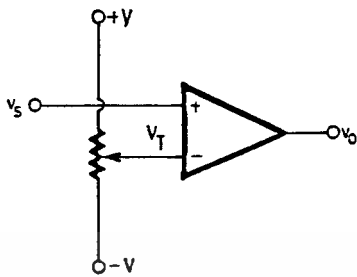
วงจรดิฟเฟอเรนเชียลนั้นใช้เป็นวงจรที่จะแสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของอินพุตเทียบกับเวลา วงจรนี้จะมีหลักการค่อนข้างคล้ายกับวงจรอินทิเกรเตอร์ มีการชาร์จและคายประจุของตัวเก็บประจุผ่านตัวต้านทานทางเอาต์พุต แรงดันเอาต์พุตดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 แสดงวงจรดิฟเฟอเรนเชียล

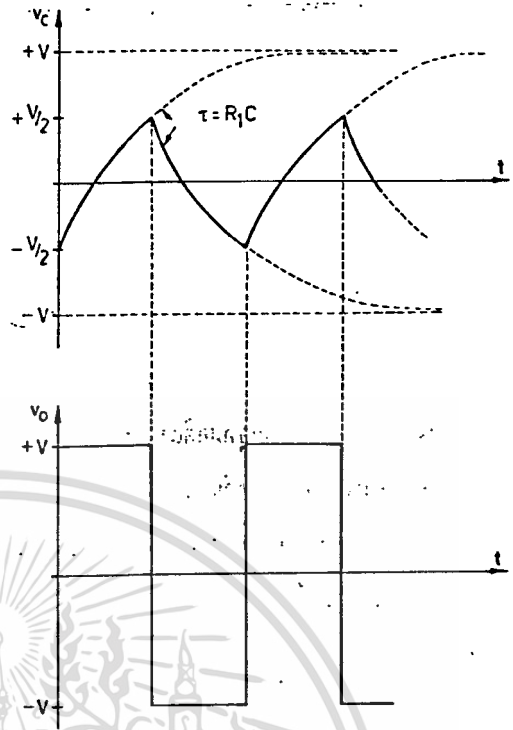
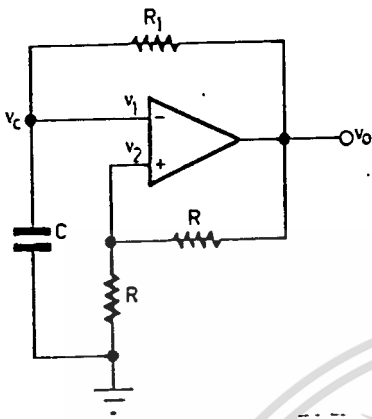
วงจรไม่เชิงเส้น ถ้า $(V_2 - V_1) > 1$ มิลลิโวลต์ ออปแอมป์นั้นจะอยู่ในสภาพอิ่มตัว ทรานซิสเตอร์อาจอยู่ในสภาพอิ่มตัวทางบวกหรือทางลบก็ได้ - วงจรไม่เชิงเส้นพื้นฐาน.

1. วงจรเปรียบเทียบ (Comparator) เนื่องจากออปแอมป์มีอัตราขยายวงรอบเปิดสูงมาก หาก V_2 มากกว่า V_1 เพียงไม่กี่มิลลิโวลต์ก็จะทำให้ออปแอมป์อิ่มตัวทางบวก หรือถ้า V_1 มากกว่า V_2 เพียงไม่กี่มิลลิโวลต์ก็อปแอมป์ก็จะอิ่มตัวทางลบ ดังนั้นออปแอมป์วงรอบเปิดจึงเหมาะสำหรับนำมาใช้เป็นวงจรเปรียบเทียบมากกว่า สัญญาณที่ชั่วช้างาจะมีค่ามากกว่าอีกข้างหนึ่งโดยมีแรงดันเปรียบเทียบค่าหนึ่ง ถ้าแรงดันเข้ามากกว่าแรงดันอ้างอิง ก็จะได้ V_o เท่ากับ $+V$ ถ้าแรงดันเข้าน้อยกว่าแรงดันอ้างอิงก็จะได้ V_o เท่ากับ $-V$



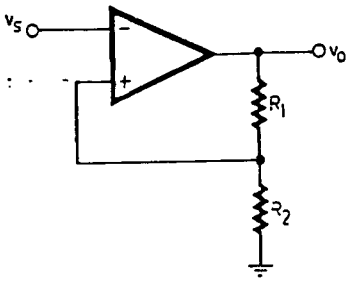
รูปที่ 2.18 แสดงวงจรออปแอมป์เบริชแบบเทียบ

2. วงจรชมิทริกเกอร์ (Schmitt trigger) วงจรนี้ทางานโดยใช้หลักการป้อนกลับแบบบวก อาศัยสัญญาณออกป้อนกลับมายังขั้วบวกของออปแอมป์ ถ้าสัญญาณออก เป็นบวก การป้อนกลับแบบนี้ก็จะทำให้แรงดันออก เป็นบวกมากขึ้นเรื่อยๆ จนอิ่มตัวที่ $+V$ ถ้าสัญญาณออก เป็นลบ การป้อนกลับแบบนี้ก็จะทำให้แรงดันออก เป็นลบมากขึ้นเรื่อยๆ จนอิ่มตัวที่ $-V$ ดังนั้นออปแอมป์จะอยู่ในสถานะอิ่มตัวทางบวกหรือทางลบเท่านั้นโดยพิจารณาจาก ถ้าแรงดันเข้า $V_s < (R_2 * V) / (R_1 + R_2)$ แรงดันออกจะเป็น $+V$ ถ้า $V_s > (R_2 * V) / (R_1 + R_2)$ แรงดันออกเป็น $-V$ ส่วนกรณี V_2 มีค่าระหว่าง $-(R_2 * V) / (R_1 + R_2)$ และ $(R_2 * V) / (R_1 + R_2)$ แล้ว สถานะของแรงดันออกจะเป็นบวกหรือลบก็ขึ้นอยู่กับว่า ขนาดของแรงดันเข้า นั้นเกิน $(R_2 * V) / (R_1 + R_2)$ ครึ่งสุดท้ายงานทางบวกหรือลบ การที่แรงดันออกมีสถานะเสถียรอยู่ 2 สถานะ และมีค่าขึ้นอยู่กับเหตุการณ์ในอดีต หมายความว่า วงจรนี้มีฮิสเทอรีซิส (hysteresis) และในกรณี $R_1 = R_2$ จะได้แรงดันเข้าและออกดังรูปที่ 2.19

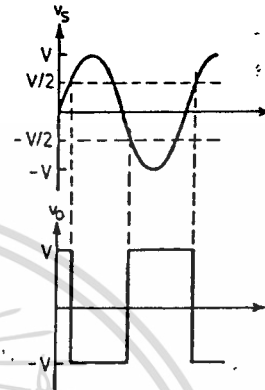
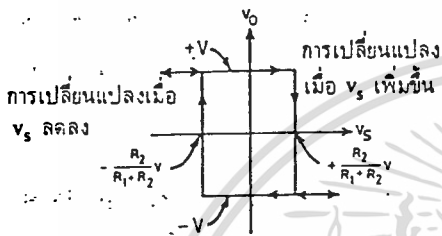


รูปที่ 2.19 แสดงวงจรมัลติทริกเกอร์

3. วงจรกำเนิดคลื่นสามเหลี่ยม ได้จากการรวมกันของวงจรมัลติ-
 ทริกเกอร์กับวงจรหน่วงเวลา ซึ่งป้อนสัญญาณกลับมายังขั้วลบของออปแอมป์
 เนื่องจากมีตัวเก็บประจุต่อระหว่างขั้วลบกับกราวด์ ดังนั้นแรงดันที่ขั้วลบจะไม่
 สามารถเปลี่ยนแปลงทันทีทันใด การเปลี่ยนแรงดันต้องอาศัยการอัดและการ
 คายประจุของตัวเก็บประจุ โดยผ่านความต้านทาน R_1 ในช่วงเวลาที่ยังแรงดัน
 คร่อมตัวเก็บประจุมีค่าระหว่าง $+V/2$ และ $-V/2$ แรงดันออกจะมีค่าคงตัวอยู่ที่
 $+V$ หรือ $-V$



สถานะสัญญาณออก	ช่วงสัญญาณเข้าที่เกี่ยวข้อง
+V	$v_s < \frac{R_2}{R_1 + R_2} V$
-V	$v_s > \left[\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] V$



ตัวอย่างรูปคลื่นในกรณีที่ $R_1 = R_2$

รูปที่ 2.20 แสดงวงจรกำเนิดคลื่นสามเหลี่ยม

จากรูป 10.19 ข. สมมติที่เวลา $t=0$ แรงดันออกเพิ่งจะเปลี่ยนเป็น +V เมื่อ V_o จ่ายกระแสให้ตัวเก็บประจุผ่านทาง R_1 ให้มีค่าเข้าหา +V เมื่อ V_o มีค่าถึง $+V/2$ ออปแอมป์จะเปลี่ยนสถานะกลับทิศทางการไหลประจุแก่ตัวเก็บประจุ และทำให้แรงดันออกเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่าง +V และ -V ช่วงเวลาของการเปลี่ยนแปลงนั้นอาจเปลี่ยนได้โดยการเปลี่ยนค่า $R_1 \times C$ หรืออัตราการไหลของตัวต้านทานที่ป้อนกลับทางบวกทั้งสอง.

2.2.3 วงจรมัลติสแตเบิ้ล.

ภายหลังจากได้สัญญาณพัลส์ออกมาจากวงจรขยายแรงดัน สัญญาณพัลส์จะถูกนำมาเข้าวงจรมัลติสแตเบิ้ล มัลติไวเบรเคอร์เพื่อควบคุมเวลาที่จะไปรีเซตวงจรนับ วงจรแลทช์ และวงจรถอยหลัง ก่อนอื่นจะขอกล่าวถึงวงจรมัลติไวเบรเคอร์พอสังเขปดังนี้

-วงจรมัลติไวเบรเคอร์ (Multivibrator)

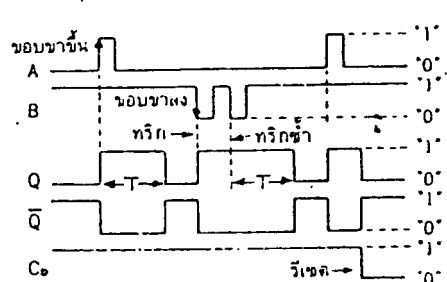
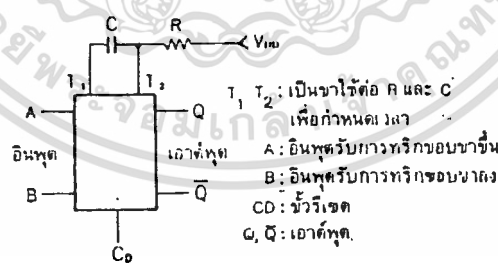
วงจรมัลติไวเบรเคอร์ เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ชนิดหนึ่งที่ทำให้กำเนิดสัญญาณพัลส์หรือสี่เหลี่ยม เป็นวงจรที่ประกอบด้วยไอซีตัวต้านทานไปและตัวเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำออกจำหน่ายหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประจุมี 2 แบบคือแบบให้กำเนิดสัญญาณพัลส์อย่างต่อเนื่องเรียกว่า อะสเทเบิล มัลติไวเบรเตอร์ (astable multivibrator) กับแบบที่กำเนิดพัลส์เพียง เมื่อได้รับสัญญาณกระตุ้นจากภายนอก เรียกว่า มอนอสเทเบิล มัลติไวเบรเตอร์ (monostable multivibrator) ซึ่งวงจรมัลติไวเบรเตอร์นี้มิใช่ในวงจรทาง คณิตศาสตร์อย่างแพร่หลาย เช่น ในการกำเนิดสัญญาณพัลส์ สัญญาณนาฬิกาควบคุมระบบ ให้งานทางานความจังหวะ ควบคุมลำดับการทางานและช่วงเวลาการทางานของ วงจร เป็นต้น

มอนอสเทเบิล มัลติไวเบรเตอร์

วงจรมอนอสเทเบิล มัลติไวเบรเตอร์ เป็นวงจรหนึ่งที่นิยมาใช้งานวงจรพัลส์และสวิตชิ่ง ลักษณะพิเศษของวงจรนี้ก็คือ เมื่อมีสัญญาณมากระตุ้นที่อินพุต เอาท์พุตจะ เปลี่ยนสถานะและคงอยู่เป็น เวลาชั่วขณะแล้วจึงกลับสู่สภาพเดิม โดยที่ ช่วงเวลาของพัลส์สามารถกำหนดค่าให้สั้นหรือยาวได้ โดยการเลือกค่า R, C ที่เหมาะสม วงจรชนิดนี้ใช้ในวงจรเครื่องมือแสดงผลต่าง ๆ เครื่องมือจ่ายไฟ ครองชนิดสวิตชิ่ง เรคกูเรเตอร์ วงจรมอดูเลตสัญญาณพัลส์ที่ใช้ในการสื่อสาร ใช้ เป็นนาฬิกาหรือตัวตั้ง เวลา เมื่อมีคำสั่งให้ทางานจะส่ง เอาท์พุตออกไปควบคุม ให้เครื่องจักรใด เครื่องหนึ่งทางานในช่วง เวลาที่กำหนดแล้วหยุดเองโดยอัตโนมัติ



หลักการทำงาน

ในสภาพปกติขณะที่ไม่มีอินพุตเลยนั้น เอาต์พุต $Q = "0"$ และ $\bar{Q} = "1"$ อยู่ตลอดเวลา ถ้ามีสัญญาณเข้ามาที่อินพุต A หรือ B จะทำให้ $Q = "1"$ นานช่วงเวลาหนึ่ง หลังจากนั้นจึงเปลี่ยนกลับเป็น $"0"$ ตามเดิม ช่วงเวลานี้กำหนดค่าโดยค่าของ R และ C ที่ต่อที่ขา T1 และ T2 ขั้วอินพุตสำหรับสัญญาณกระตุ้นมี 2 ขั้วคือ A และ B ทำงานเมื่อสัญญาณเป็นขอบขาขึ้น ส่วนขั้วรีเซต (CD) ใช้รีเซตเอาต์พุต ถ้า $Q = "1"$ อยู่เมื่อป้อน $"1"$ เข้าที่ขา CD นี้จะทำให้ Q เป็น $"0"$ ทันทีและจะคงสภาพนี้ตลอดเวลาที่ยังมีสัญญาณรีเซตนี้ปกติถ้าไม่มีสัญญาณให้ต่ออยู่ที่ $"0"$ คุณสมบัติในการให้ทริกซ้ำ (retriggerable) คือเมื่อป้อนพัลส์กระตุ้นที่ขา A และ B จะทำให้โมโนสเตเบิลเริ่มทำงานและจับเวลา (สมมติเวลาเป็น T วินาที ได้จาก R และ C) โดยก่อนหมดเวลา T วินาทีถ้ามีสัญญาณพัลส์กระตุ้นเข้ามา การจับเวลาจะเริ่มต้นใหม่ ถ้าการกระตุ้นต่อเนื่องจะได้ $"1"$ ตลอดเวลา ความกว้างของพัลส์แปรตามผลคูณของ $C \times$ และค่าของ R

สัญญาณที่ได้จากวงจรมัลติไวเบรเตอร์ จะถูกนำไปรีเซตวงจรนับ วงจรแลตช์ และวงจรถอดรหัส ดังจะกล่าวถึงแต่ละวงจรดังนี้

2.2.4 วงจรนับ (Counter)

วงจรนับจะใช้ในการนับจำนวนพัลส์ หรือนับสัญญาณที่เป็น $"0"$ กับ $"1"$ สลับกันไป ถ้าสามารถแปลงสิ่งของหรือวัตถุที่วิ่งผ่านเป็นสัญญาณพัลส์ โดยใช้ตัวตรวจวัด (sensor) ก็สามารถนำวงจรนับจำนวนพัลส์นั้น เพื่อรู้จำนวนสิ่งของที่ได้

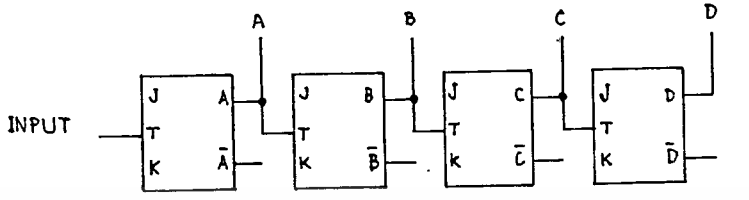
วงจรนับเป็นวงจร Sequential ที่ประกอบด้วยฟลิปฟล็อป (Flip Flop : FF) หลายๆ สเตจ ซึ่งอาจจะต่อกันแบบต่างๆ เพื่อที่จะนับจำนวนของไบนารี (binary) ที่ป้อนไปเข้าวงจรนับทำหน้าที่ต่างๆ ดังนี้

- ใช้ับจำนวนของอินพุตพัลส์
- ใช้สร้างพัลส์ รีเลท พัลส์ (Time Related pulse) เพื่อควบคุมการทำงานของการทำงานวงจรต่าง ๆ

- ใช้เป็น Program Counter กำหนดแอดเดรส ของคำสั่งต่าง ๆ

1. แบบ รีบเบิล เคิร์ฟเตอร์(ripple counter)

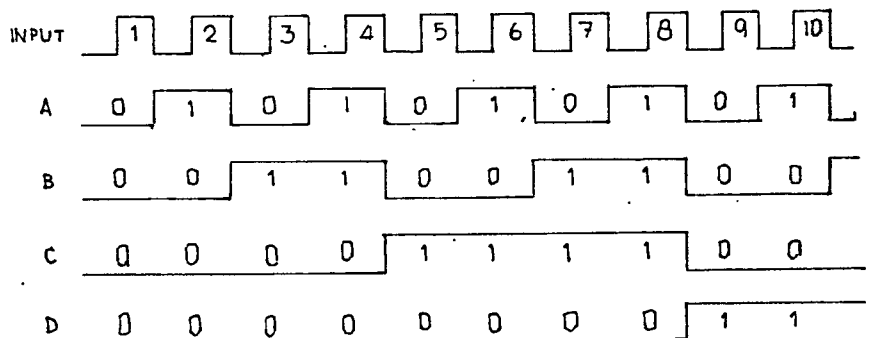
มีลักษณะเป็นฟลิปฟล็อปต่อแบบลำดับกัน (cascade) โดยเอาที่เอาต์พุตตัวหนึ่งมาใช้เป็นอินพุตของตัวถัดไปดังรูป 2.22



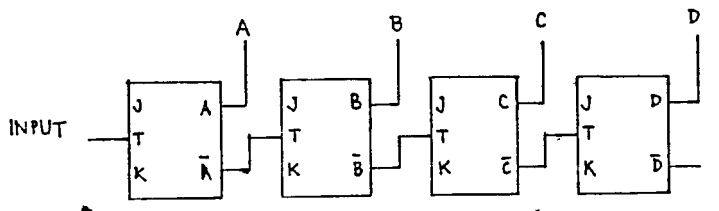
รูปที่ 2.22 แสดงวงจรนับขึ้น

เมื่อพัลส์แรกเข้ามา A-FF ก็จะอยู่ในสภาวะ "1" คือ 0001 (DCBA) พัลส์ที่ 2 เข้ามาที่ A-FF ก็จะหาที่ A-FF อยู่ในลักษณะ รีเซต ในขณะเดียวกันเอาต์พุตก็จะกลับจากภาวะ "1" เป็นภาวะ "0" ขณะเดียวกัน B-FF ถูกเซต สถานะที่เอาต์พุต B เป็นภาวะ "1" เอาต์พุตก็จะ เป็น 0010 เมื่อพัลส์ที่ 3 เข้ามา A-FF ก็จะเซตอีกครั้งหนึ่ง เอาต์พุต A ก็จะเปลี่ยนจากภาวะ "0" เป็นภาวะ "1" ตอนนี้ตัวเลขที่เก็บในวงจรนับ (DCBA) ก็จะเป็น 0011 เมื่อมีพัลส์ที่ 4 เข้ามา A-FF ก็จะถูกรีเซตอีกครั้งหนึ่ง เอาต์พุต A จะเปลี่ยนภาวะ "1" เป็นภาวะ "0" ในขณะเดียวกัน B-FF ก็จะรีเซตเกิดเอาต์พุต B เปลี่ยนจากภาวะ "1" เป็นภาวะ "0" ในขณะนั้น C-FF ก็จะถูกรีเซต เอาต์พุต C ก็จะเป็นภาวะ "1" จะได้ 0100 (DCBA) ภาวะต่าง ๆ ทางของเคียวกันจะได้ดังตารางรูปที่ 2.23 ดังนี้

D	C	B	A
0	0	0	0
0	0	0	1
0	0	1	0
		⋮	
1	1	0	1
1	1	1	0
1	1	1	1

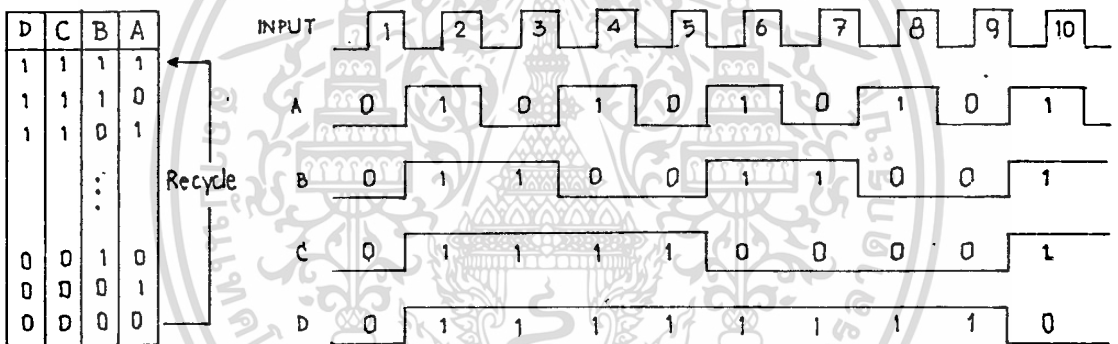


วงจรมับลง (Down counter)



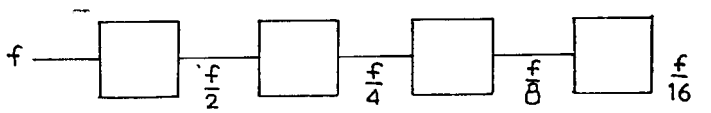
รูปที่ 2.24 แสดงวงจรมับลง

วงจรมับลงมีการทำงานเช่นเดียวกับวงจรมับขึ้น (Up counter) แต่ผลที่ได้กลับกัน จะสังเกตได้ว่าถ้าใช้ฟลิปฟล็อปน้อยตัว การนับก็จะได้จำนวนน้อย ถ้าใช้ฟลิปฟล็อปมากก็จะนับได้จำนวนมาก ภาวต่างว แสดงดังการารูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 แสดงภาวต่างว

จะพิจารณาได้ว่า เบนารี เคอร์เคอร์ ถูกใช้เป็นตัวหารความถี่ได้ความจนวนฟลิปฟล็อปที่ใช้ เช่น 4 ฟลิปฟล็อป



รูปที่ 2.26 แสดงวงจรมับ เบนารี เคอร์เคอร์

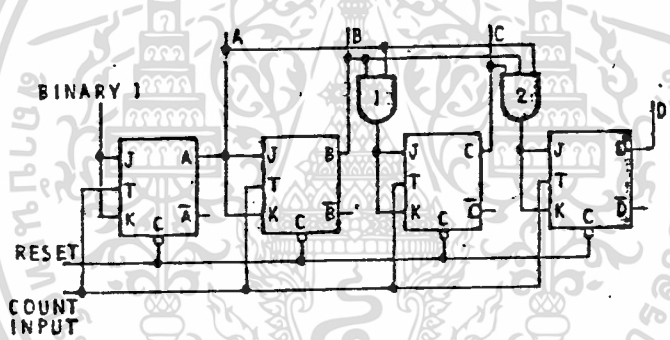
ตามรูปจะเห็นว่าถ้า F เข้ามาผ่านฟลิปฟล็อปตัวแรกจะถูกหารไป 1/2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าผ่านฟลิปฟล็อปตัวที่ 2 จะถูกหารไป 1/4 ผ่านตัวที่ 3 จะถูกหารไป 1/8 และไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อไปเรื่อย ๆ

2. ซิงโครนัส เคาท์เตอร์ (Synchronous counter)

แบบนารี เคาท์เตอร์แบบ รีบเบิล เคาท์เตอร์ นั้นจะมีปัญหาในการนับ เมื่อมีพัลส์เข้ามาเร็วเป็นเมกะเฮิรตซ์ จะเกิดภาวะนับไม่ทัน เพราะถูกจำกัดโดย ดีเลย์ ไทม์ (delay time) ส่งผ่านระหว่างฟลิปฟล็อปในวงจรนับนั้นต้องใช้เวลามาก เราสามารถลดผลของ ดีเลย์ ไทม์และเพิ่มความเร็วในการนับของวงจรโดยใช้วงจรที่เรียกว่า ซิงโครนัส เคาท์เตอร์ ใช้นาฬิกาพัลส์ (clock-pulse) ที่ถูกนับเนื่องจากฟลิปฟล็อปเปลี่ยนสถานะเวลาเดียวกัน ฉะนั้นผลของค่า ดีเลย์ ไทม์จะเท่ากับวงจรฟลิปฟล็อปตัวเดียวกัน จึงทำให้การนับมีความเร็วสูงขึ้น



รูปที่ 2.27 แสดงวงจรซิงโครนัส เคาท์เตอร์

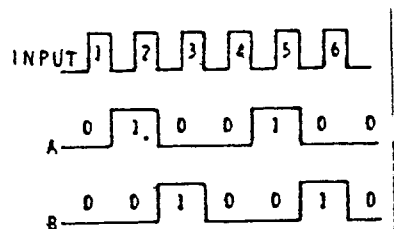
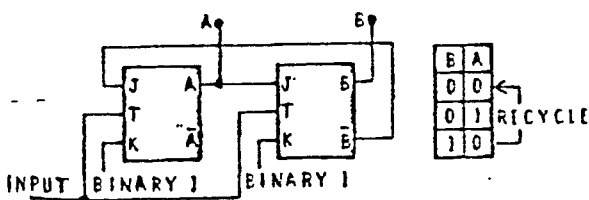
จากรูปที่ 2.27 จะเห็นว่าค่าของ JK อินพุตของ A-FF ถูกต่อเข้ากับแบบนารีภาวะที่ "1" เพื่อทำให้ฟลิปฟล็อปทำงานได้ดีขึ้น จะส่งเอาต์พุตควบคุม JK อินพุตของ B-FF และเอาต์พุตของ A-FF และ B-FF จะควบคุม C-FF ที่ JK อินพุต เพื่อจะทำให้ C-FF เปลี่ยนภาวะตาม A-FF และ B-FF จะต้องถูกเช็ค และ C-FF จึงจะเปลี่ยนภาวะที่พัลส์นับลูกแรก หลังจาก A-FF และ B-FF ส่วน D ก็จะถูกควบคุมโดย A-FF, B-FF และ C-FF คือในเวลาเดียวกันที่มีพัลส์เข้ามาจะทำให้เอาต์พุตที่ฟลิปฟล็อป A,B,C,D จะทอกเกิ้ล (toggle) ในเวลาเดียวกัน

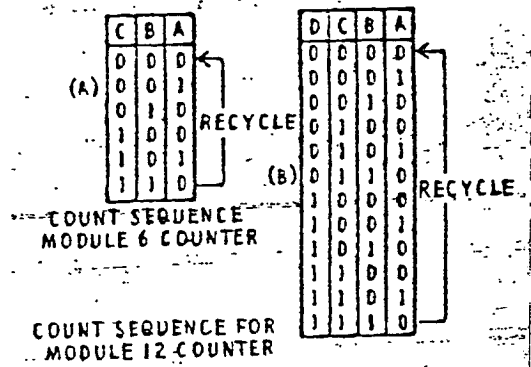
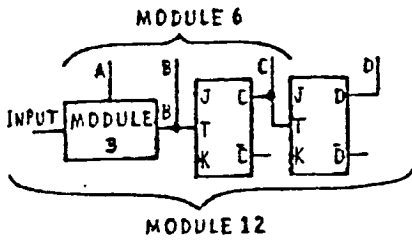
เตอร์ คือ

1. ซิงค์โรคนัส เคาทเตอร์ นับได้จำนวนความถี่สูงกว่า เร็วกว่าแบบรีปเปิ้ล เคาทเตอร์ เมื่อใช้ฟลิปฟลอปชนิดเดียวกัน

2. ฟลิปฟลอปทุกตัวในการนับแบบ ซิงค์โรคนัส เคาทเตอร์จะเปลี่ยนสถานะในเวลาเดียวกัน และเมื่อเปลี่ยนตัวนับจากภาวะหนึ่งไปอีกภาวะหนึ่งจะได้รับภาวะที่แน่นอน

3. แบบมอดุลัส (Modulus) เป็นการปรับปรุงการนับที่มาจากบนาริเคาทเตอร์ทั้งสองแบบ โดยการนำเอาสัญญาณของสัญญาณแบบกลับ (Feed back) และควบคุมขาบน JK วงจรนี้สามารถให้นวจรต่าง ๆ ได้โดยการต่อวงจรนับ 3 ถ้าให้เอาต์พุต A, เอาต์พุต B มีภาวะ 0 ทั้งคู่ เมื่อพัลส์แรกเข้ามาที่ B ของ B-FF จะเป็นภาวะ "1" จะทำให้ J ของ A-FF เป็นภาวะ "1" ด้วย เมื่อพัลส์ที่ 2 เข้ามา A-FF จะเซต ทำให้เอาต์พุต A มีภาวะเป็น "1" และทำให้ J ของ B-FF เป็น "1" ด้วย เมื่อพัลส์ที่ 3 เข้ามา A-FF จะอยู่ในภาวะรีเซต ทำให้เอาต์พุต A มีภาวะเป็น 0 และ B-FF จะเซต ทำให้เอาต์พุต B มีภาวะเป็น "1" และทำให้ J ของ A-FF เป็น 0, J ของ B-FF เป็น 0 เมื่อพัลส์ที่ 4 เข้ามาจะกลับไปยังภาวะเดิมรอบใหม่คือเอาต์พุต A เป็น 0 เอาต์พุต B เป็น 0 วงจรนี้จะเป็นวงจรหาร 3 ขาออกของ A-FF และ B-FF จะมีความถี่เป็น $1/3$ ของความถี่อินพุต จากพื้นฐานวงจรนี้สามารถทำให้เป็นวงจรหาร 3, 6, 12 ได้ดังแสดงงานรูปที่ 2.28 และ 2.29

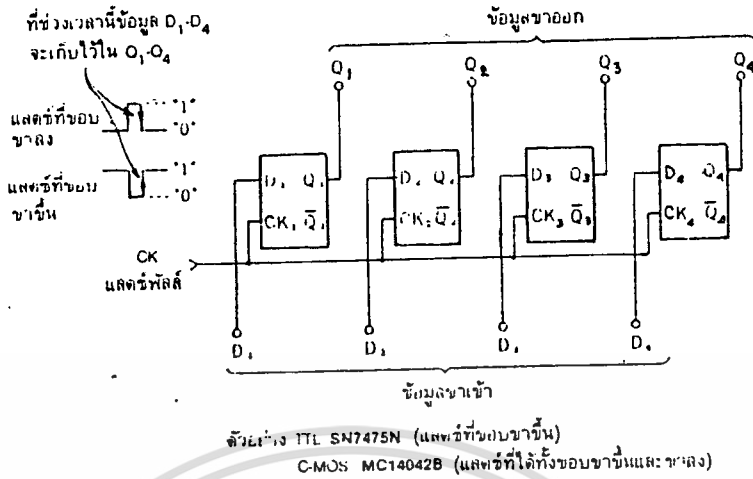




รูปที่ 2.29 แสดงวงจรหาร 6, 12

2.25 วงจรแลทช์ (Latch)

วงจรแลทช์เป็นวงจรที่มีข้อมูลไหลผ่านเข้ามา ภายเมื่อให้สัญญาณแลทช์ข้อมูลจะไม่สามารถผ่านเข้ามาได้อีก แต่จะเก็บค่าสุดท้ายที่ผ่านเข้ามานั้นไว้ในวงจร จนกว่าจะเปิดวงจรและได้รับสัญญาณแลทช์ใหม่อีก วงจรแลทช์นี้ภายในจะเป็นลักษณะของฟลิปฟล็อป D ประกอบกันอยู่ ขอยกตัวอย่างการนำวงจรแลทช์ดังนี้ สมมุติว่าวงจรเครื่องมือที่มีภาคเอาต์พุตเป็นการแสดงผลด้วยตัวเลข และให้ผลของตัวเลข เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เช่น เครื่องนับความถี่จะนับความถี่ที่ผ่านเข้ามาในเวลา 1 วินาที ภายเมื่อเริ่มนับจะนับ 1, 2, ... 10000 ... เมื่อครบ 1 วินาที แล้ว ก็จะแสดงผลเป็นผลลัพธ์ตรงกับเอาต์พุตของวงจรนับ จะทำให้ตัวเลขกระพริบจนดูไม่รู้เรื่อง ดังนั้นวงจรแลทช์ช่วยทำให้เมื่อนับครบ 1 วินาทีแล้ว ก็จะมีพัลส์ส่งไปยังวงจรแลทช์ ำให้เอาต์พุตแสดงผลที่เวลานั้น ได้ผลแล้วก็ค้างไว้ และวงจรก็จะรีเซตภาคนับเริ่มนับใหม่ านขณะที่นับใหม่นั้นวงจรก็จะแสดงผลค้างไว้จนกว่าจะมีพัลส์แลทช์ส่งมา เพื่อรับผลลัพธ์ตัวใหม่



รูปที่ 2.30 แสดงโครงสร้างของวงจรแลตช์ 4 บิต

ในรูปที่ 2.30 เราใช้ D-FF 4 ตัวมาต่อเป็นวงจรแลตช์ 4 บิตได้ เมื่อมีสัญญาณพัลส์ป้อนเข้าที่ขั้ว CK ของ D-FF ทุกตัว ข้อมูลที่ขั้ว D จะถูกส่งผ่านไปที่เอาต์พุต Q สมมุติว่าเราป้อนค่า 1010 เข้าที่ D1 ถึง D4 เมื่อมีสัญญาณพัลส์เข้าที่ขั้ว CK เอาต์พุตของฟลิปฟล็อปจะเป็น 1010 เหมือนอินพุต และเอาต์พุตจะคงค่า 1010 นี้ไว้ แม้ค่าที่ป้อนเข้าทางอินพุตจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรก็ตาม

D-FF มีทั้งแบบที่ทริกด้วยขอบขาขึ้นและขอบขาลงของพัลส์ ถ้าเป็นแบบทริกที่ขอบขาขึ้นสัญญาณแลตช์ปกติจะเป็น "1" เมื่อต้องการแลตช์จะเป็นพัลส์หัวลง และใช้ขอบขาขึ้นในการแลตช์ค่า ถ้าเป็นแบบที่ทริกด้วยขอบขาลง ปกติสัญญาณแลตช์จะเป็น "0" เมื่อแลตช์จะเป็นพัลส์หัวขึ้นและใช้ขอบขาลงในการแลตช์

สำหรับไอซีที่เป็นไอซีถาวรและมีฟังก์ชันการแลตช์ค่าในตัว จะมีขาหนึ่งของไอซีเป็นขาของ Latch Enable (LE) ซึ่งขา LE นี้ถ้าเป็น "0" วงจรแลตช์ภายในจะไม่ทำงาน ไอซีจะเป็นไอซีถาวรธรรมดา ถ้าขา LE เป็น "1" จะแลตช์ค่าอินพุตในช่วงเวลานั้นเก็บไว้และถาวรออกมาที่เอาต์พุต ดังนั้นการทำงานของขา LE จึงเป็นการแลตช์ ค่าที่ขอบขาขึ้นของสัญญาณ ไอซีที่มีแลตช์อยู่ภายในเช่นนี้ใช้งานได้ง่ายและนิยมนำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2.2.6 วงจรถอดรหัส (Decoder)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

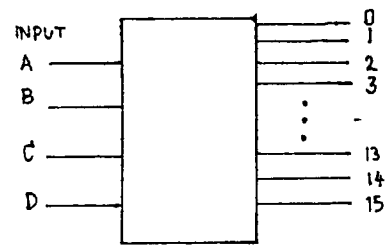
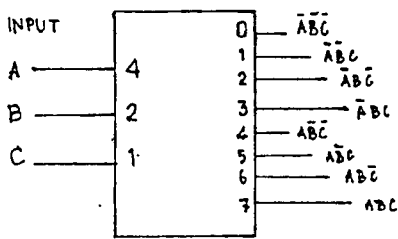
วงจรถอดรหัสใช้เป็นตัวเปลี่ยนรหัสอินพุตให้เป็นรหัสอื่นตามที่ต้องการ เช่น เปลี่ยนรหัส BCD เป็นรหัสของเลขฐานสิบ หรือเลขฐานอื่น ๆ

BCD to Decimal Decoder คือการประยุกต์ของวงจรถอดรหัสเลขฐานสองแปลงเป็นเลขฐานสิบ จะมีอินพุตของวงจรเป็นบิตที่ขนานกัน 4 บิต ตัวเลขที่แทน BCD คือ 0000 ถึง 1001 ใช้เกท 10 ตัว ทำงานตามอินพุต และถอดรหัสออกมาเป็นเอาต์พุตทั้งหมด 10 ค่าของเอาต์พุตโดยเริ่มจาก 0 ถึง 9 เอาต์พุตของวงจรถอดรหัสนี้จะมีภาวะ "1" เมื่อ BCD เข้ามามีค่าตรงกับเลขฐานสิบที่กำหนด ค่าต่าง ๆ แสดงการวางรูปที่ 2.31

No.	BCD INPUT				DECIMAL OUTPUT									
	D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
1	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H
2	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
3	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H
4	L	H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
5	L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
6	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
7	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
8	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
9	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
INVALID	H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

รูปที่ 2.31 แสดงวงจรถอดรหัส

ยังมีการถอดรหัสอีก 2 วิธี คือใช้ 1 ถึง 8 คือ อ็อกทัล ดีโคเดเจอร์ (Octal decoder) และใช้ 1 ถึง 16 คือ เฮกซะเดซิมาล ดีโคเดเจอร์ (Hexadecimal decoder) ดังรูปที่ 2.32



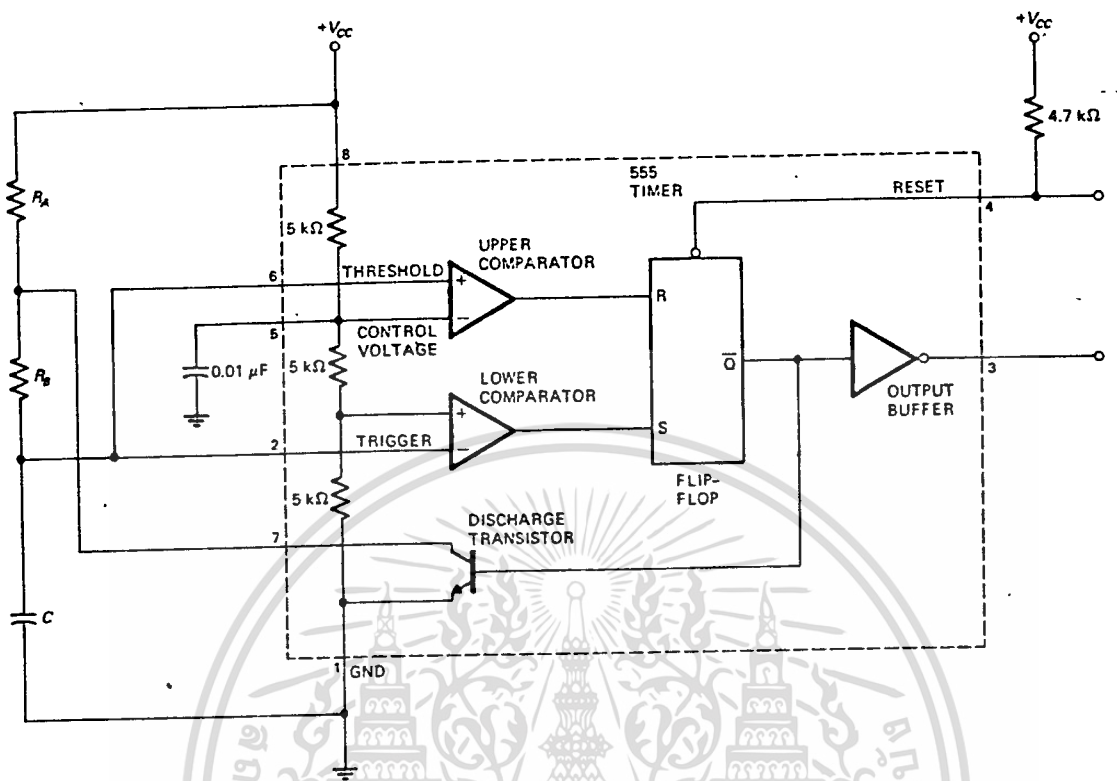
รูปที่ 2.32 แสดง Octal decoder และ Hexadecimal decoder

อีกรูปแบบหนึ่งของวงจรถอดรหัสที่ใช้คือ BCD to 7-segment Decoder Driver การเลือกวงจรมานี้ใช้ค่ามาตรฐาน 8421 BCD INPUT CODE และสร้างบิตเอาต์พุตพิเศษ เพื่อใช้ในการอ่านตัวเลข 7 ส่วนจาก display 7-segment decimal readout display โอซีชนิดนี้ ทำหน้าที่เป็นทั้งตัวแปลงรหัสจากรหัสบีซีดี เป็นรหัส 7-เซกเมนต์ ในขณะที่เดียวกันก็จะเป็นตัวขับกระแสให้ LED ด้วย

Segment readout คือส่วนประกอบที่เป็นอิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้ในคิสเพลย์ของตัวเลขฐานสิบ ตั้งแต่เลข 0-9 หรืออาจเป็นตัวหนังสือ

2.2.7 วงจรสร้างความถี่มาตรฐาน

วงจรสร้างความถี่มาตรฐานนี้เราใช้ไอซีเบอร์ 555 เป็นตัวสร้างความถี่มาตรฐาน ซึ่งไอซี 555 นี้เป็นไอซีอเนกประสงค์ที่นิยมใช้กันมาก เพราะสะดวกและราคาถูก ซึ่งวงจรภายในนั้นจะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.33 ต่อไปนี้

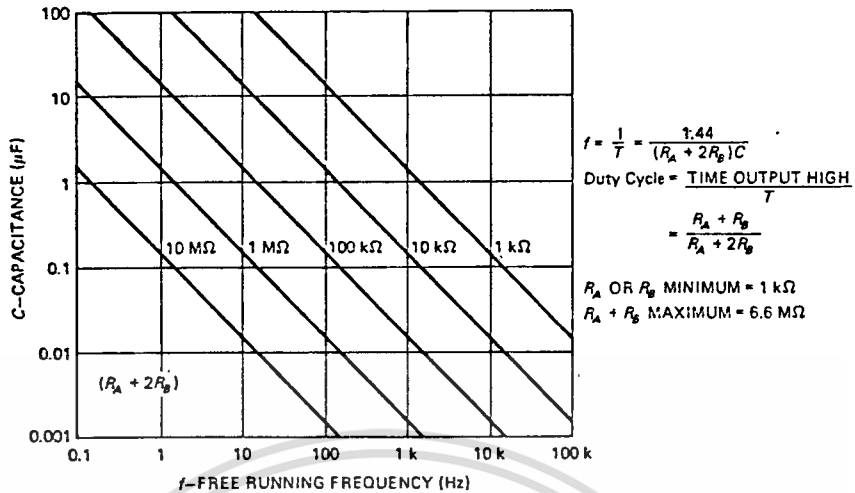


รูปที่ 2.33 แสดงวงจรภายในของไอซี 555

จากรูปจะเห็นว่า มี ออปแอมป์ 2 ตัว เป็นตัวเปรียบเทียบแรงดัน โดย เอาท์พุทที่ได้จะไปเข้าตัวฟลิปฟลอป เพื่อให้เอาท์พุทออกมาเป็นพัลส์ที่ขา 3 โดย ผ่านอินเวอร์เตอร์ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ สำหรับคาบเวลาของพัลส์นั้นเราสามารถตั้งได้โดยเลือกค่า C, Ra, Rb ที่เหมาะสมตามสมการต่อไปนี้

$$F = 1/T = 1.44/(R_a + R_b)C$$

ซึ่งความสัมพันธ์ของค่าต่าง ๆ ในสมการข้างต้นแสดงด้วยกราฟดังรูปที่ ต่อมา



รูปที่ 2.34 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณความถี่

เราจะเห็นว่าเมื่อเราใช้ไอซี 555 เป็นตัวสร้างความถี่มาตรฐานนั้นเราก็เพียงแค่เลือกค่า R และ C ที่เหมาะสมเท่านั้นก็จะได้ความถี่ที่เราต้องการ ซึ่งเป็นการสะดวกมาก

2.2.8 หน่วยความจำ

หน้าที่ของไอซีหน่วยความจำคือ เก็บข้อมูลไว้หรือให้ข้อมูลที่เก็บไว้เมื่อทำการอ่าน เรียกว่าแบบเขียนและอ่านได้ (Read-Write Memory) นอกจากนั้นยังมีหน่วยความจำแบบเขียนข้อมูลเข้าไปครั้งเดียว และข้อมูลนั้นคงจะอยู่ตลอดไป เมื่อใช้งานจริงเราจะใช้อ่านข้อมูลออกมาอย่างเดียว เราเรียกหน่วยความจำแบบนี้ว่าอ่านได้อย่างเดียว (Read Only Memory (ROM))

การนำข้อมูลเข้าเก็บไว้ในรอม (ROM) เราเรียกว่าการโปรแกรมรอม (Programming) ถ้าเราไม่คำนึงถึงกรรมวิธีในการโปรแกรมแล้ว ในห้องตลาดมีรอมให้เลือกใช้หลายประเภทคือ

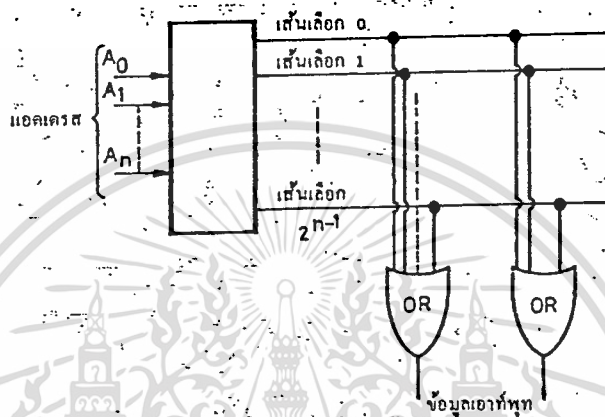
1. โปรแกรมมาจากโรงงานผู้ผลิตเลย
2. ผู้ใช้งานมาโปรแกรมเองคอน้าใช้งานตามต้องการ

3. ผู้ใช้งานโปรแกรมคอน้าใช้งาน แต่สามารถลบได้ด้วยกรรมวิธีที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (Erasable Programmable Rom) หรืออีพรอม (EPROM) ไม่ว่ากรณีใดทางสนธิสัญญาห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะโครงสร้างของรอม

เนื่องจากรอม หลังจากโปรแกรมมาแล้วให้อ่านอย่างเดียว จึงมีลักษณะภายในที่ไม่ยุ่งยาก านหน่วยความจำแต่ละบิตสามารถเชื่อมต่อกับสายข้อมูลเข้าที่พหุแบบ OR กันได้โดยผ่านวงจรเลือกอีกเล็กน้อยตามรูปที่ 2.35 เกท OR จะหาหน้าที่ผ่านข้อมูลจากบิตาหนึ่งก็ให้ที่ถูกเลือกไปออก เอาท์พุท



รูปที่ 2.35 แสดงโครงสร้างของ ROM

ROM มีด้วยกันหลายแบบดังนี้

1. มาสค์ รอม (MASK ROM)

การเก็บข้อมูลในหน่วยความจำนั้น มีข้อมูลหลายชนิดที่จะเป็นข้อมูลคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง เช่น ตัวเลข, ชื่อ, ที่อยู่, รูปแบบของสัญลักษณ์และตัวอักษร เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้เรามักจะเขียนเก็บไว้เหมือนๆเอามาใช้ก็อ่านเพียงอย่างเดียว เหมือนกับการอัดเพลงลงบนแผ่นเสียง ข้อมูลที่เป็นเสียงดนตรีจะแน่นอน ทางโรงงานจะปั๊มแผ่นเสียงออกมาขายเป็นหมื่นๆ แผ่นที่อัดเพลงเหมือนกันเวลาเราเอามาฟัง ก็เปรียบเหมือนการอ่านข้อมูลอย่างเดียว

ในขั้นตอนการทำไอซีรอมในโรงงานนั้น จะออกแบบหน้ากากสำหรับทำไอซีโดยเฉพาะ โดยการนำเอาข้อมูลที่คงที่เหล่านี้มาออกแบบหน้ากาก แล้วผลิตไอซีออกมาเป็นจำนวนมาก ทำให้ได้ไอซีที่ราคาถูกและข้อมูลถูกต้องแน่นอน ไอซีรอมพวกนี้เราเรียกว่าเป็นรอม ชนิด มาสค์ รอม

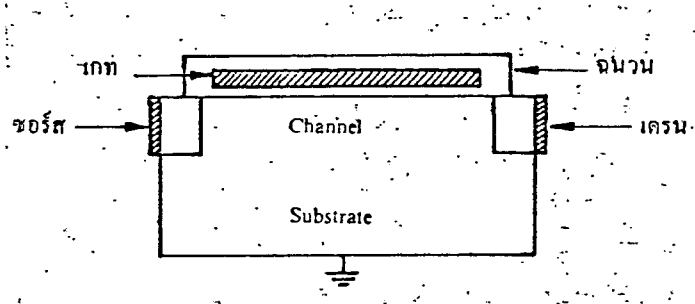
เก็บข้อมูล ข้อมูลที่จะเก็บเป็นเพียงภาวะ "0" หรือ "1" เท่านั้น ส่วนนาฬิกามาส์ค รอมจะใช้ทรานซิสเตอร์หรือมอสเฟตเพียงหนึ่งตัวแทนข้อมูล 1 บิต ทรานซิสเตอร์ตัวใดไม่มีขั้วอิมีคเตอร์ก็จะทำให้ข้อมูล "1" ตัวใดที่มีขั้วอิมีคเตอร์ต่อออกมาถึงวงจรภายนอกก็มีข้อมูลเป็น "0" ข้อมูลที่เกิดจากการทำแบบโครงสร้างของวงจรแบบนี้จะอยู่คงทน แม้คับไฟแหล่งจ่ายไฟจะไม่สูญหาย และสามารถถอดไอซีจากซ็อกเก็ตออกมาเปลี่ยนในวงจรอื่นได้รคง่าย

2. PROM (PROM)

เป็นรอมชนิดที่สามารถโปรแกรมข้อมูลเองได้ พรอมนั้นที่เข้าข้อมูลสามารถเป็นอินพุตได้ ทำให้เราสามารถเขียนข้อมูลเข้าไปได้เอง กรรมวิธีในการเขียนข้อมูลจะยุ่งยากและกินเวลามากกว่า RAM ปกติจะต้องใช้เครื่องโปรแกรมพรอมที่หาขึ้นมาเฉพาะสำหรับการเขียนข้อมูลของพรอมนี้ พรอมชนิดโปรแกรมได้เพียงครั้งเดียว ส่วนมากจะเป็นพรอมชนิดไบโพลาร์ (bipolar PROM) ซึ่งภายในประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ ตำแหน่งใดที่ต้องการให้เก็บข้อมูล "1" ก็ทำลายฟิวส์เส้น บริเวณใดที่ต้องการเก็บข้อมูล "0" ก็ไม่ทำลายฟิวส์บริเวณนั้น ดังนั้นพรอมชนิดนี้จึงสามารถเขียนข้อมูลได้ครั้งเดียว

3. EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)

รอมชนิดนี้มีคุณสมบัติเด่นมากคือ ผู้ใช้สามารถโปรแกรมได้ ลบได้รวมทั้งโปรแกรมใหม่ได้ ลักษณะการทำงานของรอมพวกนี้ สามารถโปรแกรมได้จะใช้หลักของฟิวส์เชื่อมโยงเสมอ แล้วแต่ว่าจะเป็ฟิวส์ประเภทใด รอมแบบลบได้ก็ใช้หลักการนี้ แทนที่จะเป็นฟิวส์ธรรมดา เขาใช้ฟิวส์แบบมีสภาพเชื่อมต่อเหมือนเคมีไดนาอีพรอม ฟิลด์เอฟเฟกต์ (FET) แบบพิเศษที่มีเกทลอยแยกต่างหาก เรียกว่า "แบบเกทลอย" (Floating gate) ดังรูปที่ 2.36 เป็นเพท ที่ทำหน้าที่เป็นฟิวส์



รูปที่ 2.36 แสดง FET แบบ Floating Gates

เฟตแบบเกตลอยจะทำหน้าที่แทนพิวส์ได้ ตามรูปเป็นเฟตแบบ P แชนเนล ซึ่งจะนำกระแสได้ระหว่าง เดรนและซอร์สถ้าเกตมีศักย์ไฟฟ้าเป็นลบ เกตจะไม่เชื่อมต่อกับอะไรเลย แต่จะถูกล้อมรอบด้วยจนวน ถึงแม้จะไม่เชื่อมต่อกับอะไรเลย แต่ก็อาจจะถูกทำให้เดรนเป็นลบมากขึ้น เมื่อเทียบกับซอร์ส อิเล็กตรอนจะมีพลังงานสูงพอที่จะทะลุผ่านจนวนไปอยู่ในเกตได้ และเมื่ออิเล็กตรอนหลุดไปค้างอยู่ในเกตแล้วจะไม่มีความดันระหว่าง เดรนกับซอร์สต่ำลง จึงก็คือนั่น สักค่าของเกตจะเป็นลบทำให้ความต้านทานระหว่าง เดรนกับซอร์สต่ำลง หรือนำกระแสได้เหมือนกับพิวส์ที่เชื่อมต่อกันนั่นเอง

การที่เราจะทำให้พิวส์นี้ขาด หรือความต้านทานระหว่าง เดรนกับซอร์สสูงเหมือนเดิมก็ต้องไปไล่อิเล็กตรอนที่ติดในเกตออกไป ทำได้โดยนำแสงอุลตราไวโอเลตมากกกระทบเกตนี้เป็นการกระตุ้นอิเล็กตรอน เพื่อให้มีพลังงานสูงขึ้นจนสามารถทะลุจนวนออกมาได้ การฉายแสงไม่ควรนานเกินไป ปกติจะใช้เวลา 5 ถึง 10 นาติ ถ้านานมากก็จะทำลาย PROM ได้

สำหรับการโปรแกรมข้อมูล ทำโดยการป้อนแรงดันไฟฟ้าสูงประมาณ 25 โวลต์ไปที่เกตของมอสเฟตที่ต้องการเก็บข้อมูลเป็น "0" ถ้าตัวเกตเก็บข้อมูลเป็น "1" เราก็ไม่ต้องป้อนแรงดันไฟฟ้า มอสเฟตเหล่านี้สามารถเก็บกักอิเล็กตรอนได้ยาวนานมาก แม้ไม่มีแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงวงจรอยู่ ดังนั้นข้อมูลที่เขียนไว้จึงไม่สูญหายไปไหน

2.2.9 ส่วนแสดงผล (Display)

ส่วนแสดงผลมักใช้แอลอีดี (LED) มาแสดงผลออกเป็นตัวเลข แอลอีดีจะ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ (Copyright) โดยบริษัท เทคโนโลยีการคำนวณ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นแบบ 7 ซีคหรือ 7 เซกเมนต์ ถูกสร้างขึ้นด้วยการเปลี่ยนแปลง ของส่วนที่ เปล่งแสงออกมาจกขั้วแก๊ส คีลซาร์ท โพล์ ไครอิก (gas discharge flow-diode) หรือไครอิคชนิดเปล่งแสงได้ (light emitting diode) ซึ่งจะแบ่ง ออกเป็น 2 ชนิดตามการต่อวงจรภายในคือชนิดแคโทดร่วม (common cathod) และชนิดแอโนดร่วม (common anode) แอลอีดีแต่ละดวงหรือแต่ละซีคจะมีชื่อกา กับเป็น a ถึง g มีคุณสมบัติทางไฟฟ้าเหมือนแอลอีดีทั่วๆ ไป คือเมื่อปล่อยกระแส ไหลผ่านจากแอโนดไปยังแคโทดจนแอลอีดีเปล่งแสง จะมีแรงดันตกคร่อมแอลอีดี ประมาณ 1.5 ถึง 2 โวลต์ กระแสที่ไหลผ่านควรมีขนาดระหว่าง 10 ถึง 30 มิลลิแอมป์ วิธีจำกัดกระแสที่ไหลผ่านแอลอีดี มักใช้ตัวต้านทานต่ออนุกรมกับแอลอีดี และแหล่งจ่ายไฟ

การใช้งานแอลอีดี 7 เซกเมนต์ ปกติมักใช้ร่วมกับไอซีถอดรหัส บีซีดี 7-421 7 เซกเมนต์ ดีโคเดอร์ ไคเวอร์ ซึ่งก็จะมี 2 แบบคือ ชนิดใช้กับแอลอีดี 7 ซีค ชนิดแคโทดร่วม กับแบบที่ใช้กับชนิดแอโนดร่วม ไอซีถอดรหัสนี้จะมีขาอินพุตเป็น A,B,C,D เพื่อรับรหัสเข้าในรูปแบบ 8421 code แล้วได้เอาต์พุตเป็น a,b,c,d,e,f,g มีลักษณะดังรูปที่ 2.37

NO.	8421 CODE				OUTPUT						
	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
3	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
6	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
9	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1

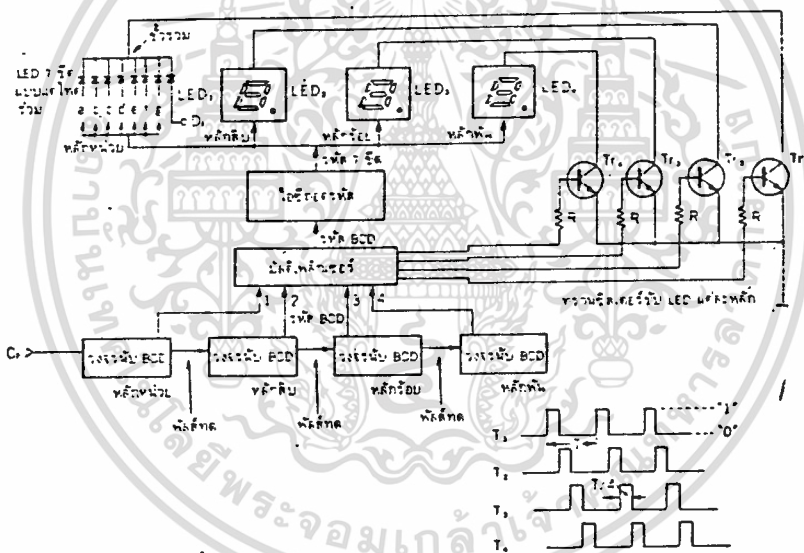
รูปที่ 2.37 แสดงส่วนแสดงผล :

สำหรับการขับแอลอีดีมีด้วยกัน 2 แบบคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
1.การขับแบบสแตติก (Static driver) การขับแบบนี้แต่ละหลักต้องมี
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซีถอดรหัสและแอลอีดี 7 ซีกของตัวเอง เป็นการขับแอลอีดี 7 ซีกโดยตรง

2. การขับแบบไดนามิก (Dynamic driver) เป็นวิธีการขับแอลอีดี 7 - ซีกหลายๆ ตัวพร้อมกัน โดยใช้ไอซีถอดรหัสเพียงตัวเดียว วิธีนี้ไอซีถอดรหัส จะถอดรหัสให้ตัว เลขแต่ละตัวเรียงตามกันไป และเวียนกลับมาตลอดเวลา ในวงจรจะมีส่วนที่เพิ่มเข้ามาคือ มัลติเพล็กซ์เซอร์ (Multiplexer) ซึ่งจะเป็น ตัวควบคุมการผ่านตัวเลขจากวงจรขับไปบ่อนำให้ไอซีถอดรหัส และกำหนดช่วง เวลาควบคุมการติดสว่างของแอลอีดี 7 ซีกแต่ละหลัก สมมติช่วงเวลาเป็น T_1, T_2, T_3 และ T_4 ตามลำดับกล่าวคือ T_1 ควบคุมหลักหน่วย T_2 ควบคุมหลักสิบ T_3 ควบคุมหลักร้อย T_4 ควบคุมหลักพันตามลำดับ



รูปที่ 2.38 แสดงการขับแบบไดนามิก

จากรูปที่ 2.38 ในช่วงเวลา T_1 เป็น "1" มัลติเพล็กซ์เซอร์จะผ่านตัวเลขหลักหน่วยจากวงจรนับเข้าสู่อิซีแอลอีดี 7 ซีกขับแอลอีดี 7 ซีกทุกตัว แต่จะมีตัวเข้าสู่อิซีแอลอีดี 7 ซีกที่ติดสว่างที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า มัลติเพล็กซ์เซอร์จะนำพัลส์ T_1 ไปขับทรานซิสเตอร์ Tr_2 ทำให้ Tr_1 ทำงาน เกิดมีกระแสไหลผ่าน LED_1 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ผ่านมาทาง Tr_1 ได้ ส่วนทรานซิสเตอร์ตัวอื่นๆ ในช่วงเวลานั้นจะไม่ทำงาน ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฟิลล์ T.2, T.3 และ T.4 เป็น "0"

เมื่อช่วงเวลาเปลี่ยนไป มัลติเพล็กซ์เซอร์ก็จะผ่านตัวเลขหลักนั้นไป ไปให้ไอซีถอดรหัส และจับเป็นตัวเลขแสดงผลบนแอลอีดีตัวใหม่ ตามวิธีการเช่นนี้เรื่อยๆ ไป ก็จะได้ตัวเลขทุกตัวแสดงบนแอลอีดีได้ครบทุกหลัก แอลอีดีนี้จะสลับกันติดสว่างเรียงตามลำดับกันไป และจะวนเวียนอยู่เช่นนี้ตลอดเวลา ถ้าความถี่ของฟิลล์ต่ำ เราจะได้เห็นแอลอีดีกระพริบ แต่ถ้าเพิ่มความถี่ฟิลล์ขึ้นมาเรื่อยๆ จนถึงประมาณ 50 เฮิรตซ์เราจะมองไม่เห็นแอลอีดีกระพริบ เพราะสายตาของคนเราจะไม่ไหวพอ



การออกแบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึง การสร้างเครื่องมือวัดอัตราการเต้นของหัวใจ เช่น การเลือกใช้อุปกรณ์ในภาคต่างๆ ของเครื่องรวมถึงอธิบายวิธีการทำงานของวงจร ในแต่ละส่วนนั้นด้วย ดังจะเรียงเป็นลำดับดังนี้

3.1 อุปกรณ์ออปติคัลอิเล็กทรอนิกส์ (Optoelectronic)

อุปกรณ์ออปติคัลอิเล็กทรอนิกส์ ถือเป็นส่วนแรกของเครื่องมือนี้ ประกอบด้วยอุปกรณ์ส่งและรับคลื่นแสงอินฟราเรด โดยเลือกใช้คลื่นแสงในย่านที่ตัดการรบกวนจากภายนอก มีลักษณะดังนี้

3.1.1 อุปกรณ์ส่งคลื่นแสงอินฟราเรด (Infrared Emitting Diode)

อุปกรณ์ส่งคลื่นแสงอินฟราเรดนี้จะใช้เบอร์ "MLED930" ถูกออกแบบมาให้ใช้งานที่ต้องการกำลังส่งสูง โดยใช้พลังงานในการขับ (ทำงาน) ต่ำ และช่วงเวลาคอยสนองเร็วมาก ให้ค่าต่างๆ ดังนี้

"High-power output" = 650 ไมโครวัตต์ "If" = 100 มิลลิแอมป์

"Infrared emission" = 900 นาโนเมตร

"Low Drive current" = 10 มิลลิแอมป์ เมื่อเป็น 70 ไมโครวัตต์

3.1.2 อุปกรณ์รับแสงอินฟราเรด (Sensitivity Photodarlington Transistor)

อุปกรณ์รับคลื่นแสงนี้เราใช้เบอร์ "MRD360" เป็นทรานซิสเตอร์ชนิด "NPN" ซิลิกอน ถูกออกแบบมาให้ใช้ในการตรวจสอบงานทางอุตสาหกรรม ,งานควบคุมชิ้นคอน ,เคิร์ฟเตอร์ ,ซอฟเตอร์ (Softer) ,สวิทช์ซิง (Switching) และลอจิก เซอร์กิต (Logic circuit) หรืองานที่ออกแบบ เพื่อให้ได้ความไวในการรับแสงสูงมาก ที่ระดับความเข้มของแสงต่ำ มีค่าต่างๆ ดังนี้

-รับแสงที่มองเห็นได้ และย่านใกล้ความถี่อินฟราเรด

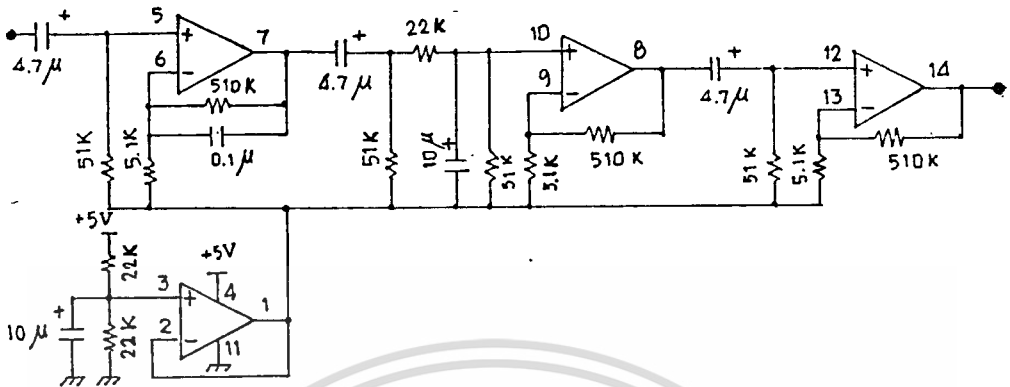
-Minimum Light Current ประมาณ 12 มิลลิแอมป์ ที่ "H" = 0.5

มิลลิวัตต์ต่อตาราง เซนติเมตร

3.2 วงจรขยายสัญญาณแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าในส่วนนี้ของวงจรรขยายแรงดันนี้เราใช้ออปแอมป์เบอร์ "MC3403" ซึ่งเป็นไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซี 14 ขา ซึ่งภายในจะประกอบด้วยออปแอมป์ 4 ตัวแล้วนำมาต่อเข้าเป็นวงจรดังรูปที่ 3.1

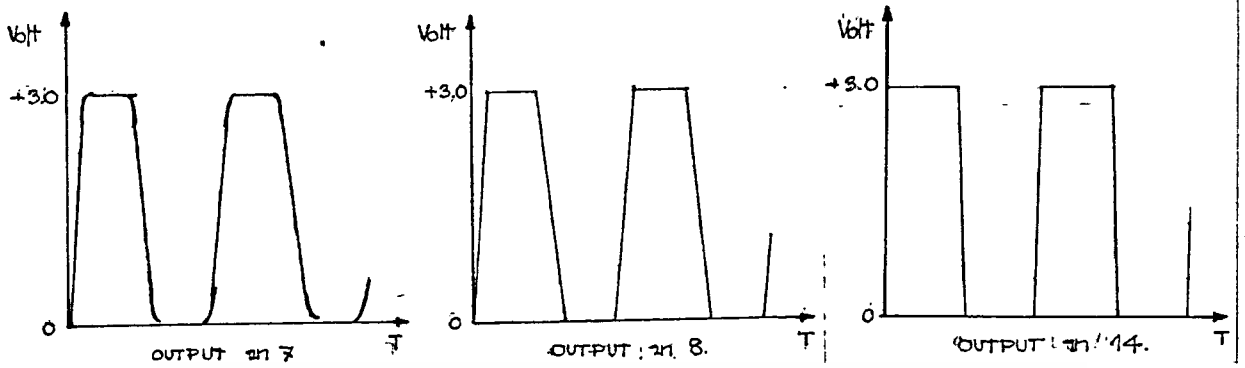


รูปที่ 3.1 แสดงวงจรขยายสัญญาณแรงดัน

จากรูปเนื่องจากออปแอมป์มีขาทั้งขา + และ - ซึ่งขา + จะที่ป้อนให้มันจะต้องขา +V และ -V ซึ่งเป็นการไม่สะดวก ดังนั้นเราจึงใช้หลักการของซิงค์เกิ้ลซัพพลาย (Single Supply) คือใช้ไฟเลี้ยงเฉพาะ +V และ 0 (ground) เท่านั้น โดยแบ่งแรงดันให้เหลือครึ่งหนึ่งของซัพพลายคือ 2.5 โวลต์แล้วป้อนเข้าที่วงจรในส่วนขยาย เพื่อใช้เป็นแรงดันอ้างอิง (voltage reference) ด้วยเหตุนี้เราจึงสามารถที่จะออปแอมป์เบอร์คิงกล่าวได้เพราะเป็นครีอก ออปแอมป์ (Quad Op-Amp) ที่ใช้แรงดันบวกกับกรานด์ในการทำงาน

สำหรับวงจรที่ใช้ในส่วนขยายแรงดันนี้ เราใช้แบบวงจรขยายไม่กลับเฟส (Non-inverting Amp) เนื่องจากสัญญาณที่ได้จากนิ้วมือนั้นเป็นระดับแรงดันของเสียงที่มีระดับที่ต่ำมากเป็นมิลลิโวลต์ และมีลักษณะคล้ายกับซายด์เวฟ (Sine wave) ดังนั้นเราจึงต้องการอัตราขยายที่สูงพอ ซึ่งในที่นี้เราจะให้มีอัตราขยายเท่ากับ 100 เท่าดังนั้นเราจึงใช้ R_{in} และ R_f เท่ากับ 5.1 และ 510 กิโลโห์มตามลำดับ และเนื่องจากอัตราขยาย 100 เท่านี้เกินขนาดของซัพพลายคือ 5 โวลต์ ดังนั้นสัญญาณขยายจะถูกตัดยอดออกไป และมีระดับต่ำกว่าซัพพลายประมาณ 2 โวลต์ ดังนั้นเราจะได้อาห์พุทของออปแอมป์แต่ละตัวเหลือประมาณ 3 โวลต์ โดยที่ในแต่ละส่วนของวงจรขยายก็จะยิ่งทำให้สัญญาณมีลักษณะเป็นรูปสี่-

เหลี่ยมมากขึ้นตามลำดับ ดังแสดงโดยกราฟรูปที่ 3.2 ดังต่อไปนี้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

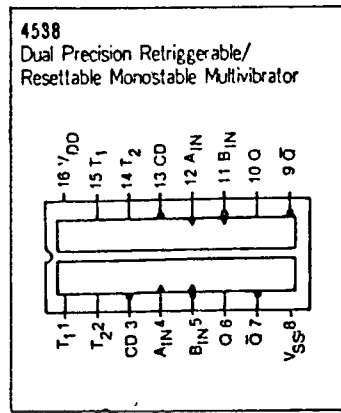


รูปที่ 3.2 แสดงรูปกราฟสัญญาณที่ขาต่าง ๆ ของออปแอมป์

สำหรับค่า "C" 4.7 ไมครอนั้น เราใช้สำหรับป้องกันสัญญาณรบกวนจากภายนอก และเนื่องจากความถี่ที่เข้าวงจรนี้เป็นความถี่ค่าเท่านั้น เราจึงเพิ่มวงจรกรองความถี่ค่าเข้าไประหว่างส่วนที่ 1 กับส่วนที่ 2 ส่วน "C" 0.1 ไมครอนั้นต่อไว้เพื่อเพิ่มเสถียรภาพของวงจร ซึ่งจะทำให้ลดปัญหาซึ่งเกิดจากตัวเก็บประจุชนิด electrolytic (Cs) ซึ่ง "Cs" นั้นไม่ใช่ตัวเก็บประจุที่สมบูรณ์แบบมองเห็นด้วยตา แต่เป็นตัวเก็บประจุเสมือนที่เสมือนคร่อมที่อินพุต ส่วน "R" 51 กิโลโห์มนั้น มีไว้เพื่อลดกระแสออฟเซตที่อินพุต ทำให้เกิดสมดุลที่ขาทั้งสอง หลังจากสัญญาณผ่านส่วนนี้แล้ว จะใช้ฟิลล์เป็นรูปสี่เหลี่ยมเพื่อจะป้อนเข้ายังส่วนอื่นๆ ต่อไป

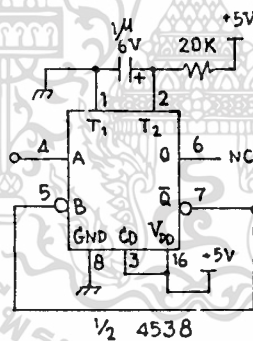
3.3 วงจรมโนสเทเบิลและวงจรมัลติฮาร์ส

วงจรมโนสเทเบิลนั้นเราใช้ไอซีเบอร์ 4538 ซึ่งภายในตัวแยกออกเป็น 2 ส่วนที่ทำงานได้โดยลักษณะเดียวกัน ไอซี 4538 นี้เป็นคูอัล ฟิสชั่น รีจิสเตอร์ / รีเซตเทเบิล มโนสเทเบิล มัลติวเบเรเตอร์ (Dual Precision Retwiggerable / Pesetable Monostable Multivibrator) ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงไอซีเบอร์ 4538

ภายในวงจรแยกใช้งานเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนหนึ่งเป็นการจัดช่วงเวลาที่ได้จากพัลส์ของวงจรขยายแรงดันใหม่ตามค่า "T" ซึ่งได้จากผลคูณของค่า R กับ C ส่วนนี้จะได้ "T" เป็น 20 ms ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรโมโนสเตเบิล

รอยที่สัญญาณที่ได้แยกออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนแรกจะนำใบควบคุมวงจรออกรหัสโดยตรง อีกสองส่วนแยกออกเป็นแชนเนล A (Channel A) และ B รอยที่แชนเนล A เป็นสัญญาณเกี่ยวกับส่วนแรก และ แชนเนล B เป็นสัญญาณส่วนแรกที่ถูกนำเข้าวงจรนับหาร 4 ออกมา ทั้งสองแชนเนลที่ถูกเลือกใช้จะต้องผ่านวงจรโมโนสเตเบิลไอซี 4538 ส่วนที่สอง ซึ่งส่วนนี้จะจัดช่วงเวลา "T" เป็น 0.47 มิลลิเซค ได้สัญญาณ "Q" ไปรีเซตและเป็นสัญญาณนาฬิกาให้กับวงจรนับและสัญญาณ

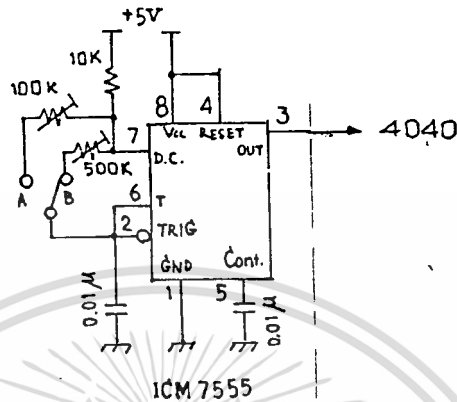
สัญญาณ "Q" ไปเป็นสัญญาณแลตซ์ให้กับวงจรแลตซ์ดังรูปที่ 3.5 นำไปใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณ "Q" ไปเป็นสัญญาณแลตซ์ให้กับวงจรแลตซ์ดังรูปที่ 3.5 นำไปใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณ ไม่ว่าจะเป็นใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สำหรับข้อที่ 4024 นี้เป็น 7 สเตจ 7 นาฬิก้า (7 Stage-Counter) เป็นวงจรนับขึ้นโดยใช้ "Positive logic" กล่าวคือทุก
นาฬิกา (clock) เปลี่ยนแปลงจาก "1" ไปยัง "0" นาฬิก้าจะนับเพิ่ม
ขึ้น สำหรับสัญญาณที่เข้ามามีจะถูกหารด้วยค่าต่างๆ ตั้งแต่ 2 ยกกำลัง 1
จนถึง 2 ยกกำลัง 7 คือ 128 แล้วได้เป็นสัญญาณเอาต์พุตออกมา สำหรับ
ค่าต่างๆ เป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นส่วนนี้จะผลิตความถี่มาตรฐานเป็น 2 แชลล์ในอนุญาตข้อคล้องกับวงจรการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอมานสเตเบิล 2 แชนแนลได้กล่าวถึงมาแล้วคือแชนแนล A จะผลิตความถี่ 1000 เฮิรตซ์และแชนแนล B จะผลิตความถี่ 250 เฮิรตซ์ (สอดคล้องกับวงจรนับหาร 4) เพื่อทำหน้าที่พัลส์เป็นสัญญาณคล็อกให้กับวงจรนับในส่วนถัดไป ลักษณะดังรูปที่



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรสร้างความถี่มาตรฐาน

3.5 วงจรนับ

ในส่วนนี้ของวงจรนับนี้เราใช้ไอซีเบอร์ 4040 เป็นตัวนับ ไอซีเบอร์นี้เป็น 12 สเตจ ไบนารี แคทเคเตอร์ ได้เอาพุทออกมา 12 ค่า ไอซีมีลักษณะนับขึ้นจาก Positive logic กล่าวคือทุกครั้งที่เกิดคล็อกเปลี่ยนแปลงจาก "1" ไปยัง "0" แคทเคเตอร์จะนับเพิ่มขึ้นอีกหนึ่ง สำหรับสัญญาณที่เข้ามาจะถูกหารด้วยค่าต่างๆ ตั้งแต่ 2 ยกกำลัง 1 ไปจนกระทั่ง 2 ยกกำลัง 12 หรือ 4096 ได้เป็นสัญญาณเอาพุทออกมา สำหรับคุณสมบัติต่างๆ เป็นดังนี้

-ฮารีเซต รอยบกกติการาซึ่งานจะาให้อยูานสถานะเป็นกราวด์ ถ้ามีอินพุทเข้ามาที่ฮารีเซต เอาพุททุกขาจะเป็นกราวด์หมดและคงสถานะนี้ไว้จนกระทั่งฮารีเซตกลับมาเป็นกราวด์เช่นเดิม

-ขาคล็อกควรมีค่า คล็อก ไรท์ และคล็อก พลล เร็วกว่า 5 ไมโครวินาที

-เนื่องจากเป็นรีปเบิล แคทเคเตอร์ ดังนั้นเอาพุทจะเปลี่ยนตามลำดับกัน -ไป และค่าที่ไม่ถูกต้องจะส่งผลสั้นๆ ในช่วงเซตคั้ง ทม์ (setting time)

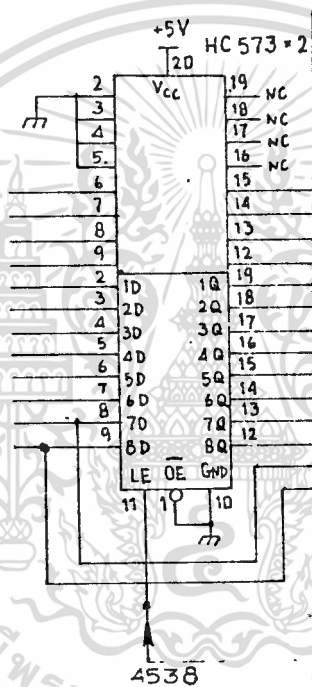
-ความถี่ที่ป้อนเข้าใช้งานได้สูงสุดคือ 6 เมกกะเฮิรตซ์ ที่ระดับแรงดัน 10 โวลท์ และ 2 เมกกะเฮิรตซ์ ที่ระดับแรงดัน 5 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการเรียนการสอนที่ออกโดยหน่วยงานนี้ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต
-กระแสทั้งหมดเป็น 0.4 mA ที่แรงดัน 5 โวลท์ และ 0.8 มิลลิแอมป์
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ระดับแรงดัน 10 โวลต์ เมื่ออัตราความถี่เป็น 1 เมกะเฮิรต์

3.6 วงจรแลทช์

เอาต์พุต 12 ค่าจากวงจรนับ จะถูกนำเข้าวงจรแลทช์ ซึ่งในที่นี้ใช้ไอซีเบอร์ "HC573" จำนวน 2 ตัวเพื่อให้ได้แคสเคดอย่างอีพროม สำหรับไอซีที่เป็นวงจรแลทช์นี้จะมีสัญญาณ "Q" จากโมรินสเตเบิลมาควบคุมขาแลทช์ อินาเบิล (LE) ให้ได้รับสัญญาณแลทช์ตามที่กำหนด เพื่อให้การทางานสอดคล้องกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.7



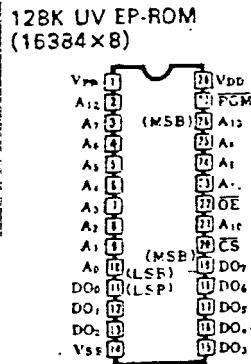
รูปที่ 3.7 แสดงวงจรแลทช์

3.7 หน่วยความจำ

หน่วยความจำที่เราจะใช้อีพროมเข้ามาช่วยในการทางานของระบบ เพื่อให้เกิดความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้นในการใช้แสดงค่า อีกทั้งเอาต์พุตที่ได้จะคอยควบคุมตัวทรานซิสเตอร์ซึ่งควบคุมหลักต่างๆ ของส่วนที่แสดงผลอีกทีหนึ่งด้วย เรายังจากเราต้องโปรแกรมค่าของข้อมูลต่างๆ ลงไปในอีพროม เพื่อใช้เป็นข้อมูลที่จะแสดงผลออกมาที่ส่วนแสดงผล ซึ่งในวงจรนี้เราเลือกใช้อีพროมเบอร์ "27C128"

ซึ่งมีความจุ 16 กิโลไบต์ รอยมีขาแอกเคสอยู่ที่ขา AO-A13 รวมทั้งหมคเป็น 14 ไม่ว่าการใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา และขาข้อมูลออกที่ขา DO-D7 รวมทั้งหมคเป็น 8 ขา ดังแสดงในรูปที่ 3.8



C27128 M5L27128K
TMM27128D MBM27128
HN4827128 μ PD27128D
Am27128 MBM27C128

รูปที่ 3.8 แสดง EPROM 27C128

ซึ่งข้อมูลที่บรรจุอยู่ในอีพรอมนั้นได้มาจากรบรแกรมดังนี้

```

10 CLEAR
20 F=1000
30 FOR N=0 TO 4095
40 AD=4096*12+N*4
50 GOSUB 90
60 NEXT N
70 BSAVE "rate.bin"
80 END
90 REM
100 IF N=0 THEN DN=9999 : GOTO 120
110 DN=INT(600*F/K)
120 IF DN>9999 THEN DN=9999
130 DN4=INT(DN/1000) : DN3=INT((DN-1000*DN4)/100)
140 DN2=INT((DN-1000*DN4-100*DN3)/10)
150 DN1=INT(DN-1000*DN4-100*DN3-10*DN2)

```

170 IF (DN4=15 AND DN3=0) THEN DN3=15

180 IF DN>999 THEN DN1=15

190 POKE AD, DN4*16+8

200 POKE AD+1, DN3*16+4

210 POKE AD+2, DN2*16+2

220 POKE AD+3, DN1*16+1

230 PRINT N;

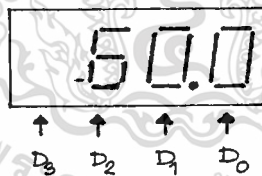
240 RETURN

จากโปรแกรมนี้เราจะเห็นได้ว่า ข้อมูลที่ได้จะคือนำไปเก็บไว้ในรูปของไบনারี เพราะว่าโดยทั่วไปแล้วข้อมูลที่อยู่ในอีพรอมนั้นจะถูกเก็บในรูปของไบনারีเท่านั้น ซึ่งเมื่อเรารัน (RUN) โปรแกรมดังกล่าวออกมาดูแล้วเราจะเห็นว่าข้อมูลแต่ละค่าจะถูกเก็บในรูปของเลขฐาน 16 ประกอบด้วย 2 หลัก โดยที่หลักแรกจะเป็นหลักที่ใช้แสดงค่าข้อมูลจริงว่า ที่ออกมาถึงส่วนแสดงผล ในขณะที่หลักหลังนั้นจะเป็นตัวเลขที่บ่งหลักหรือตำแหน่งของข้อมูล เนื่องจากส่วนแสดงผลนั้นเราใช้ 4 หลักดังนั้นตัวเลขบ่งตำแหน่งจะประกอบด้วย 4 ค่าเช่นกัน ซึ่ง 4 ค่าดังกล่าวนี้ ก็คือ 8, 4, 2, 1 ซึ่งคือค่า 1000, 0100, 0010, 0001 นั่นเอง เพราะว่าเราใช้ Tr. เป็นตัวสแกน สำหรับบ่งตำแหน่งที่จะแสดงผลโดยใช้ระดับสัญญาณจากแต่ละหลักดังกล่าวไปบัส Tr. เพื่อให้ Tr. ทำงาน ซึ่งในที่นี้เราใช้ระดับสัญญาณ "1" เป็นตัวบัส Tr. ดังนั้น Tr. จะทำงานได้ต้องได้รับระดับสัญญาณ "1" เท่านั้น ถ้า Tr. ได้รับระดับสัญญาณเป็น "0" Tr. ก็จะไม่ทำงานด้วยหลักการดังกล่าวเราจึงต้องใช้ค่า 8, 4, 2, 1 เป็นหลักในการ scan ค่าดังกล่าว ส่วนในหลักแรกนั้นก็จะถูกสแกน อยู่ระหว่าง 4 ค่าเช่นเดียวกัน แต่จะถูกแสดงออกมาครั้งละ 3 ค่าเท่านั้น โดยอีกค่าหนึ่งนั้นจะถูกแทนด้วยค่า "F" ซึ่งจะไม่ถูกแสดงออกมาที่ส่วนแสดงผล และเพื่อความเข้าใจที่ดียิ่งขึ้น จะขอยกตัวอย่างดังรูปที่ 3.9 ต่อไปนี้

แอสเกรส	ข้อมูล
:	:
OFA0 (4000)	F8
OFA1 (4001)	64
OFA2 (4002)	02
OFA3 (4003)	01
:	:
:	:

รูปที่ 3.9 แสดงตัวอย่างข้อมูลใน EPROM

จากการวางจะเห็นว่าค่าแอสเกรสทั้ง 4 ค่านั้นก็คือค่า 4000, 4001, 4002, 4003 ตามลำดับ สมมติว่าเมื่ออีพროม ถูกกระตุ้นที่ขาแอสเกรส A0 ถึง A13 ซึ่งตรงกับค่าแอสเกรสแอสเกรสหนึ่งน 4 ค่านี้ เราจะได้เอาท์พุทออกมาที่ส่วน แสดงผลดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงค่าที่ได้ออกมาที่ส่วนแสดงผล

ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่า เมื่ออีพროมถูกกระตุ้นตรงตามแอสเกรสแอสเกรสหนึ่งน 4 ค่านี้มันจะมีขา A0, A1 ซึ่งจะถูกป้อนให้กับอีพโรมตลอดเวลา ตามความถี่ของไอซี 555 (250 และ 1000 Hz) ซึ่งที่ขา A0, A1 นี้จะทำให้แอสเกรส เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาระหว่าง 4 ค่าดังกล่าว คือ A0, A1 จะเปลี่ยนแปลงระหว่าง 00, 01, 10, 11 ทำให้เราได้เอาท์พุทออกมาดังรูปดังกล่าว

จากการที่ในส่วนของ 12 สเตจ เคาท์เตอร์นั้นจะให้เอาท์พุท 12 ขา คือ Q1-Q12 ดังนั้นจะให้ค่าได้สูงสุด 4096 ค่าเท่านั้น แต่เมื่อได้นำมาต่อเข้ากับไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พร้อมแล้ว แอ็คเครสจะถูกเพิ่มเป็น 14 ขาวยกเพิ่มขา A0 และ A1 เข้าเข้าม
หาให้ค่าสูงสุด 16384 ค่า ความตัวอย่างข้างต้นถ้าแอ็คเครสที่ออกจากส่วน
12 สเทจ เคอร์เตอร์มีค่าเป็น 1000 เมื่อค่าดังกล่าวถูกส่งผ่านมาที่อีพรอม แล้ว
ค่าดังกล่าวจะกลายเป็น 4000 ทันที ดังนั้นจากตัวอย่างข้างต้น ที่แอ็คเครส
4000 (OFA0) นั้น ก็มาจากส่วนของ 12 สเทจ เคอร์เตอร์ 1000 ค่า หรือ
เกิดจากไอซี 7555 ซึ่งเป็นตัวผลิตพัลส์ให้จำนวน 1000 ครั้งนั่นเอง ดังที่ได้
กล่าวมาแล้วว่าไอซี 7555 จะผลิตความถี่ออกมา 2 ค่าคือ 250 Hz (แชนเนล-
B) และ 1000 Hz (แชนเนล A) ดังนั้นถ้าเราต้องการข้อมูลที่ตำแหน่งแอ็คเครส
4000 (OFA0) เราจะต้องใช้เวลา 4 วินาที สำหรับแชนเนล B และ 1 วิ-
นาที่สำหรับแชนเนล A ซึ่งคือเราจะได้อัตราการเดินของหัวใจ 60.0 ครั้ง/นาที
(คาบของอัตราการเดินหัวใจ $T = 1$ วินาที) ซึ่งเราสามารถหาได้จากสูตรดังนี้

$$\text{อัตราการเดินของหัวใจ} = 60/T \text{ ครั้ง/นาที}$$

- เมื่อ T คือคาบเวลาของสัญญาณพัลส์ของหัวใจมีหน่วยเป็นวินาที

สำหรับข้อมูลที่อยู่ในตำแหน่งแอ็คเครสอื่น ๆ นั้น เนื่องจากมีข้อมูลทั้งหมด
ถึง 16384 ค่า ดังนั้นจะขอแสดงพอสังเขปดังรูปที่ 3.11 ต่อไปนี้

Address	Data	Address	Data
0	98	100	98
1	94	101	94
2	92	102	92
3	F1	103	F1
4	98	104	98
5	94	105	94
6	92	106	92
7	F1	107	F1
8	98	108	98
9	94	109	94
10	92	110	92

500	48	2002	02
501	84	2003	F1
502	02	2004	18
503	F1	2005	14
504	48	2006	92
505	74	2007	F1
506	62	2008	18
507	F1	2009	14
508	48	2010	92
509	74	:	:
510	22	:	:
:	:	3000	F8
:	:	3001	84
1000	28	3002	02
1001	44	3003	01
1002	02	3004	F8
1003	F1	3005	74
1004	28	3006	92
1005	34	3007	81
1006	92	3008	F8
1007	F1	3009	74
1008	28	3010	92
1009	34	:	:
1010	82	:	:
:	:	4000	F8
:	:	4001	64
2000	18	4002	02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4004	F8	7006	42
4005	54	7007	21
4006	92	7008	F8
4007	91	7009	34
4008	F8	7010	42
4009	54	:	:
4010	92	:	:
:	:	10000	F8
:	:	10001	24
5000	F8	10002	42
5001	44	10003	01
5002	82	10004	F8
5003	01	10005	24
5004	F8	10006	32
5005	44	10007	91
5006	72	10008	F8
5007	91	10009	24
5008	F8	10010	32
5009	44	:	:
5010	72	:	:
:	:	15000	F8
:	:	15001	14
7000	F8	15002	72
7001	34	15003	41
7002	42	15004	F8
7003	21	15005	14
7004	F8	15006	72
7005	34	15007	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15008	F8	16377	14
15009	14	16378	42
15010	72	16389	61
:	:	16380	F8
:	:	16381	14
16374	42	16382	42
16375	61	16383	61
16376	F8		

รูปที่ 3.11 แสดงตัวอย่างของข้อมูลที่อยู่ในอีพ롬

3.8 วงจรถอดรหัส

วงจรถอดรหัสนี้เราใช้ไอซีเบอร์ 4511 ซึ่งเป็น 7 เซกเมนต์ แลทช์ แอน ไคเวอร์ (7 Segment Latch and Driver) นั่นคือจะถอดรหัสสัญญาณพร้อมทั้งขับกระแสให้กับส่วนแสดงผลด้วย มีลักษณะการทำงานดังนี้คือ เมื่อมันได้รับข้อมูลซึ่งอยู่ในรูป "BCD Code" เข้ามาจะทำการเก็บไว้และแปลงไปเป็น 7 เซกเมนต์ในการทำงานปกติ "LT" และ "BL" จะทำงานที่สถานะ "high" และ แลทช์ อีนาเบิล (LE) จะทำงานที่สถานะ "low" เมื่อมีข้อมูลเข้ามาที่ขาอินพุต ข้อมูลดังกล่าวจะถูกแปลงเป็น 7 เซกเมนต์ เป็น รหัสขั้วโท รลจิก โครด ยกตัวอย่างเช่น เมื่อเราใส่ข้อมูลเป็น 0110 ข้อมูลดังกล่าวจะไปทำให้เอาต์พุต c,d,e,f,g เป็น "high" และ a,b เป็น "low" สำหรับค่าความต้านทานจากักกระแส เมื่อต่อเข้ากับแอลอีดี ดิสเพลย์ จะใช้ค่าความต้านทาน 15Ω รอห์ม สำหรับแรงดันที่ใช้ 5 โวลต์

-แลทช์ อีนาเบิล (Latch Enable:LE) ใช้เก็บ BCD code ถ้าอินพุต "high" เข้ามาข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำเข้ามาทันที และค่าสุดท้ายที่เก็บไว้จะถูกนำมาแสดงทันที ถ้า "LE" เป็น "low" จะแสดงค่าที่เปลี่ยนแปลงตัวถัดไป

-แบล็งค์กิ้งค์ (Blanking:BL) ใช้สำหรับปิดส่วนแสดงผล ถ้าได้รับอินพุต

"low" เข้ามา ขาเอาต์พุตของทุกขาจะอยู่ในสถานะ "low" นั่นคือส่วนแสดง-
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจะคับหมด อินพุท BL นี้อาจจะเป็นตัวควบคุมความสว่างได้ รัชยาช คิลตี้-
เซเคิล-มอดูเลติง (duty-cycle-modulating) ของรูปคลื่นความถี่สูง

-แลมป์ เทสต์ (LT) เราใช้สำหรับทดสอบในส่วนแสดงผล ถ้าได้รับอิน-
พุทสถานะเป็น "low" ทุกขาจะดับหมด รัชยาชไม่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่เข้ามาหรือ
สถานะของ "BL"

สำหรับค่าการหน่วงของเวลาจะเป็น 700 นาโนเซก (ns) ที่แรงดัน 5
โวลต์และเป็น 350 นาโนเซกที่แรงดัน 10 โวลต์ กระแสที่ใช้ไม่เกิน 25 มิลลิ-
แอมป์ต่อ เซก เมนท์

3.9 ส่วนแสดงผล

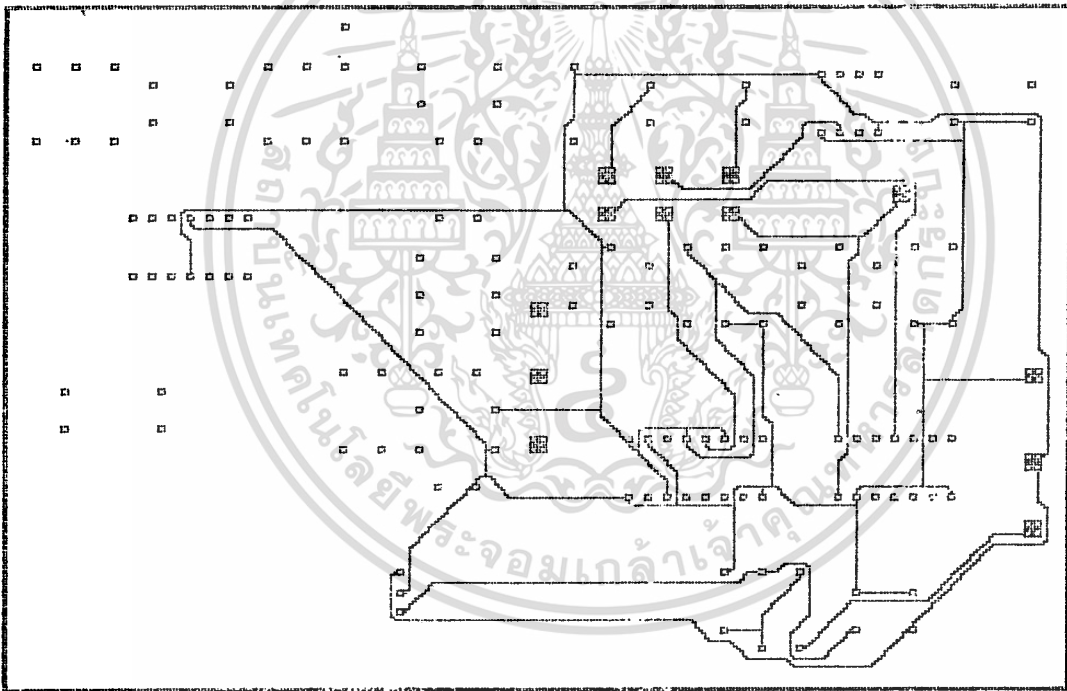
ส่วนแสดงผลของเครื่องมือวัดนี้ เราแสดงค่าจำนวนเต็ม 3 หลัก พร้อม
ทั้งทศนิยม 1 ตำแหน่ง รวมเป็น 4 หลัก เพื่อให้แสดงค่าได้ตั้งแต่ 14.6 จนถึง
999 ครั้งต่อนาที รัชยาชใช้ทรานซิสเตอร์ 4 ตัวทำหน้าที่เป็นตัวสแกนแต่ละหลัก คัง
ที่ได้อธิบายไปแล้วข้างต้น ซึ่งวงจรแต่ละส่วนคังที่ได้อธิบายมาแล้วนั้น เมื่อนำมา
ประกอบรวมเป็นวงจรทั้งหมดแล้ว เราจะให้วงจรคังแสดงในรูปที่ 3.12 คังนี้

บทที่ 4

การทดสอบและผลการทดลอง

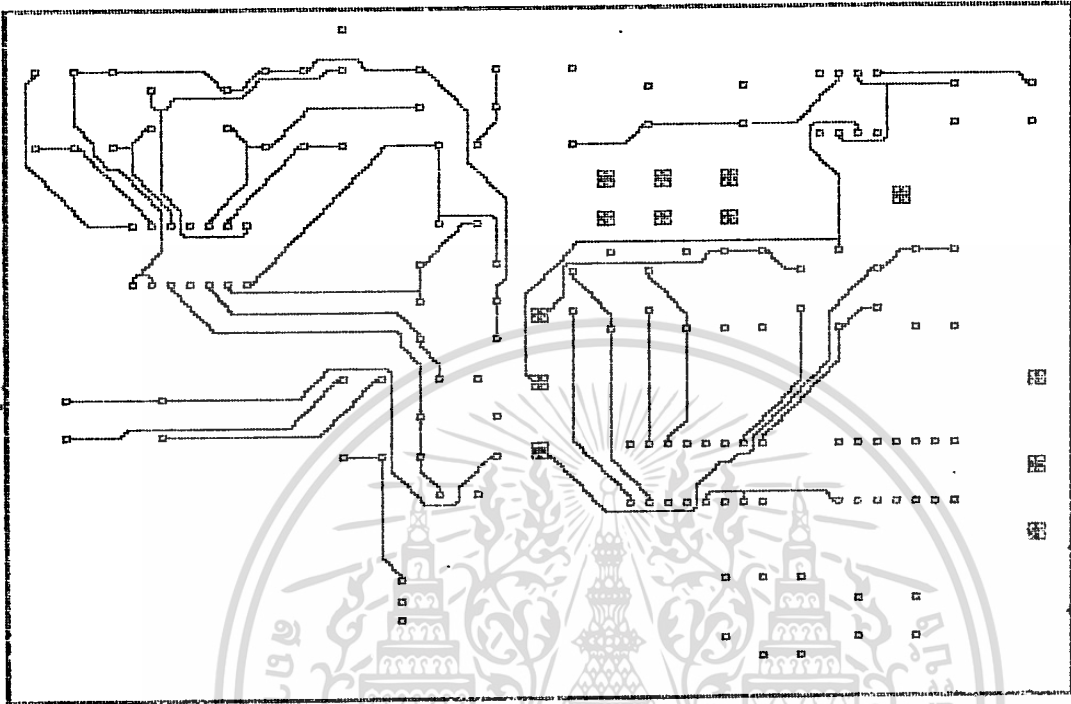
ในบทนี้จะขอกล่าวถึง การทดสอบและผลการทดลองวงจร เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ (HEART RATE METER) เริ่มต้นจากการออกแบบลายวงจร ซึ่งใช้แผ่นวงจร 2 แผ่น ระบายแผ่นที่ 1 มีขนาด ยาว 5.5 นิ้ว กว้าง 3.35 นิ้ว และแผ่นที่ 2 มีขนาดที่ 2 มีขนาด ยาว 5.4 นิ้ว กว้าง 3.4 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 4.1

checkplot v1.0 r4 3 Jan 1980 00:13:17
 file: b:hrate1 upper layer
 approx. size: 5.40 by 3.40 in. holes: 196



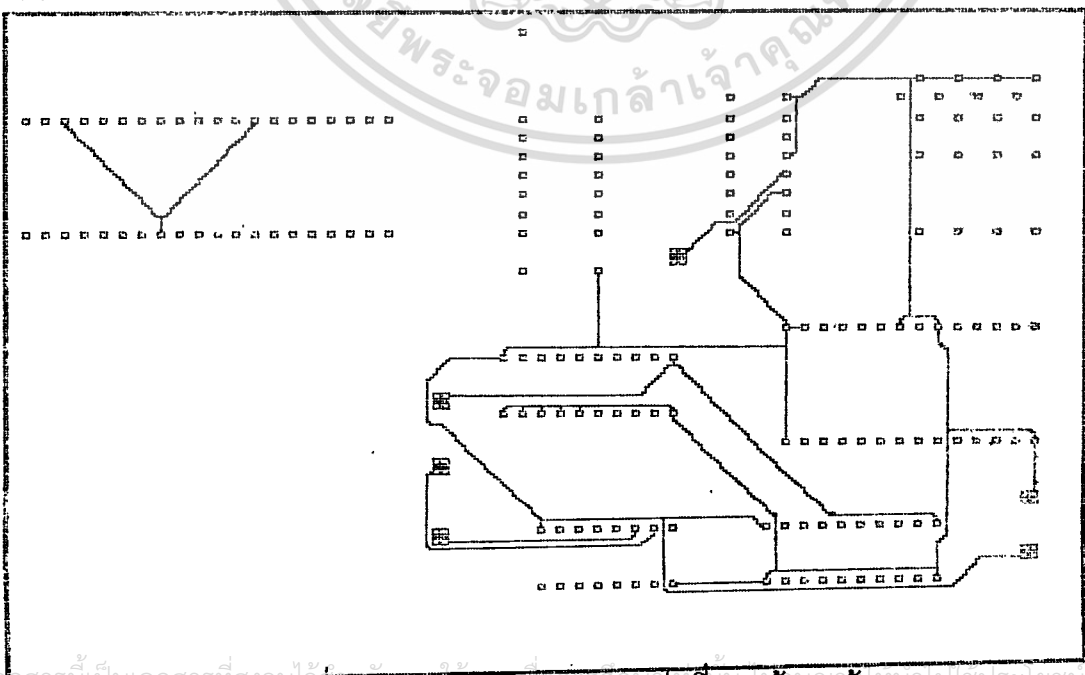
รูปที่ 4.1 แสดงลายวงจรแผ่นที่ 1 ด้านหน้า

checkplot v1.0 r4 3 Jan 1980 00:16:25
 file: b:hrate1 lower layer
 approx. size: 5.40 by 3.40 in. holes: 196



รูปที่ 4.2 แสดงลายวงจรแผ่นที่ 1 ด้านหลัง

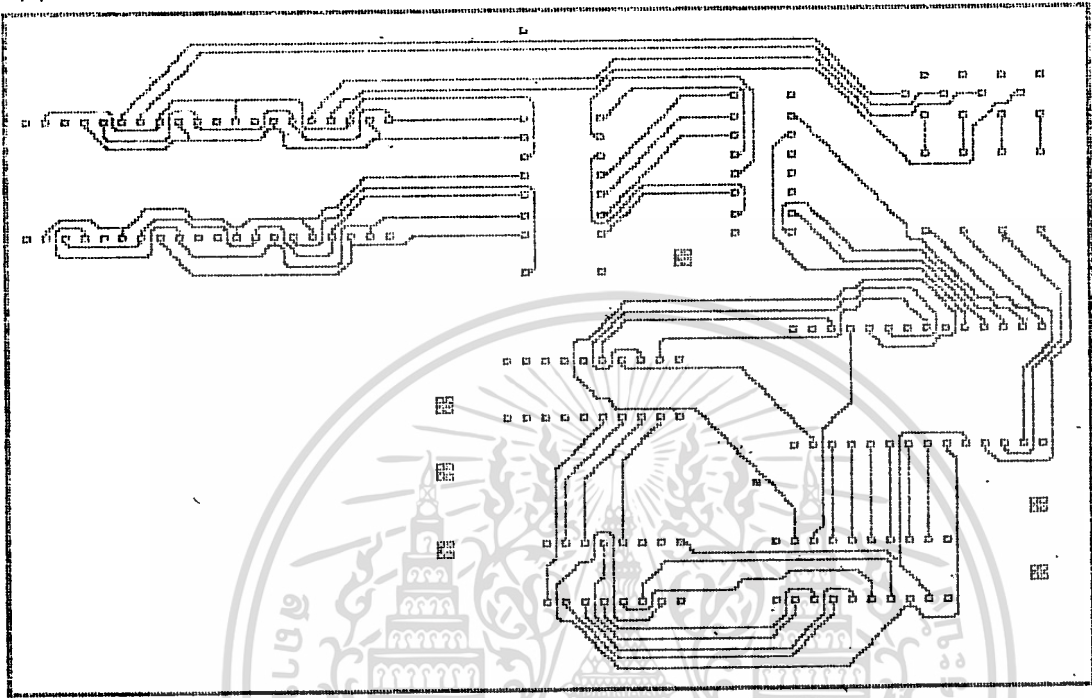
checkplot v1.0 r4 3 Jan 1980 00:20:57
 file: b:hrate upper layer
 approx. size: 5.50 by 3.35 in. holes: 201



รูปที่ 4.3 แสดงลายวงจรแผ่นที่ 2 ด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ ห้ามมิให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

checkplot v1.0 r4 3 Jan 1980 00:24:15
 file: b:hrate lower layer
 approx. size: 5.50 by 3.35 in. holes: 201



รูปที่ 4.4 แสดงลายวงจรแผ่นที่ 2 ด้านหลัง

สาเหตุที่เราใช้แผ่นวงจร 2 แผ่นเนื่องจากถ้าหากเราใช้แผ่นวงจรเพียงแผ่นเดียวออกแบบจะต้องใช้แผ่นวงจรที่มีขนาดใหญ่ ทำให้เมื่อประกอบวงจรเสร็จแล้วนำไปใส่กล่องจะต้องใช้กล่องที่ใหญ่ ทำให้เป็นการไม่สะดวกจึงแยกวงจรทั้งหมดออกเป็น 2 แผ่นดังกล่าว เมื่อทำการประกอบเข้าในกล่องก็จะทำการซ้อนกันเพื่อประหยัดเนื้อที่

การทดสอบวงจร

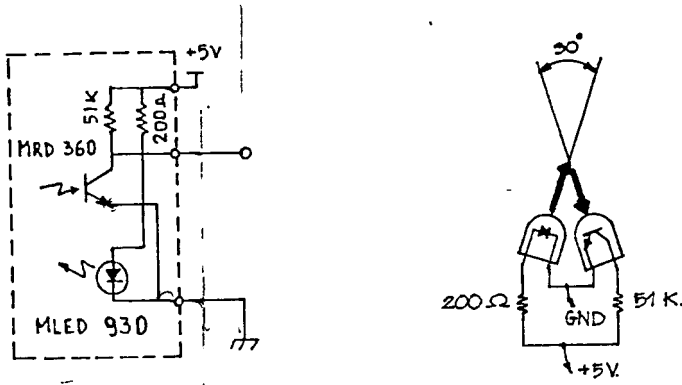
หลังจากประกอบวงจร เข้าไปในแผ่นวงจรแล้ว

ทำการวัดสัญญาณที่ขา

ต่าง ๆ ของวงจรจะได้ดังนี้

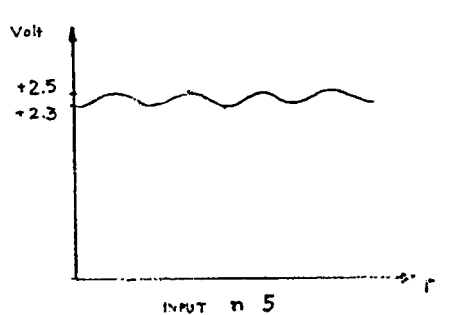
วงจรรับ-ส่งแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



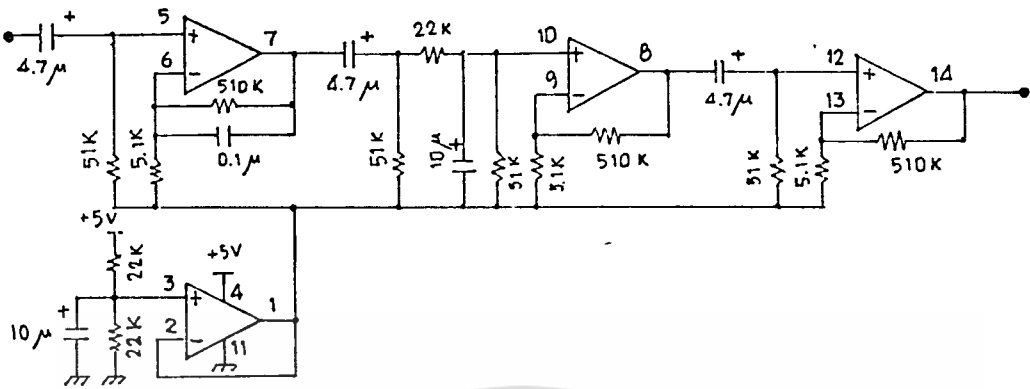
รูปที่ 4.5 แสดงวงจรรับส่งแสง

ก่อนอื่นจะขออธิบายถึงรายละเอียดของการวางตำแหน่งของตัวรับ-ส่งแสงในวงจรก่อนหน้านี้ เนื่องจากว่าวงจรในส่วนนี้ถ้าหากเราออกแบบไม่ดี จะทำให้เกิดการรบกวนจากแสงภายนอกได้ง่าย ดังนั้นวงจรนี้เราจึงใช้กล่องดำสีเหลี่ยมขนาดประมาณ ยาว 1.5 นิ้ว กว้าง 1.5 นิ้ว และสูง 1.0 นิ้ว เนื่องจากขนาดดังกล่าวจะเป็นขนาดที่พอเหมาะที่สามารถครอบตัวรับ-ส่งแสงไว้ทั้งหมด จากนั้นก็ทำการเจาะรูด้านบนของกล่องดังกล่าว เพื่อใช้เป็นส่วนที่จะนำนิ้วมือมาวาง เมื่อต้องการใช้งาน ระยะที่ขนาดของรูนั้นจะต้องไม่ใหญ่เกินกว่าขนาดของนิ้วมือคนมาตรฐาน สำหรับตัวรับ-ส่งนั้นจะวางห่างมุมกันประมาณ 30 องศา เพราะว่าจากการทดลองใช้มุมขนาดต่าง ๆ กันแล้วเราจะพบว่า เมื่อเราใช้มุม 30 องศาแล้ว ตัวรับจะรับสัญญาณได้แรงที่สุด สำหรับระยะห่างระหว่างตัวรับส่งกับนิ้วมือ (ซึ่งก็คือความสูงของกล่องนั่นเอง) คือ 1.0 นิ้ว ซึ่งเป็นระยะที่พอดีสำหรับแสงที่จะสะท้อนจากนิ้วมือไปเข้าตัวรับ และเมื่อลองทำการวัดระดับสัญญาณที่ได้รับได้จากตัวรับแล้วนำมาเขียนเป็นกราฟ จะได้รูปกราฟดังนี้



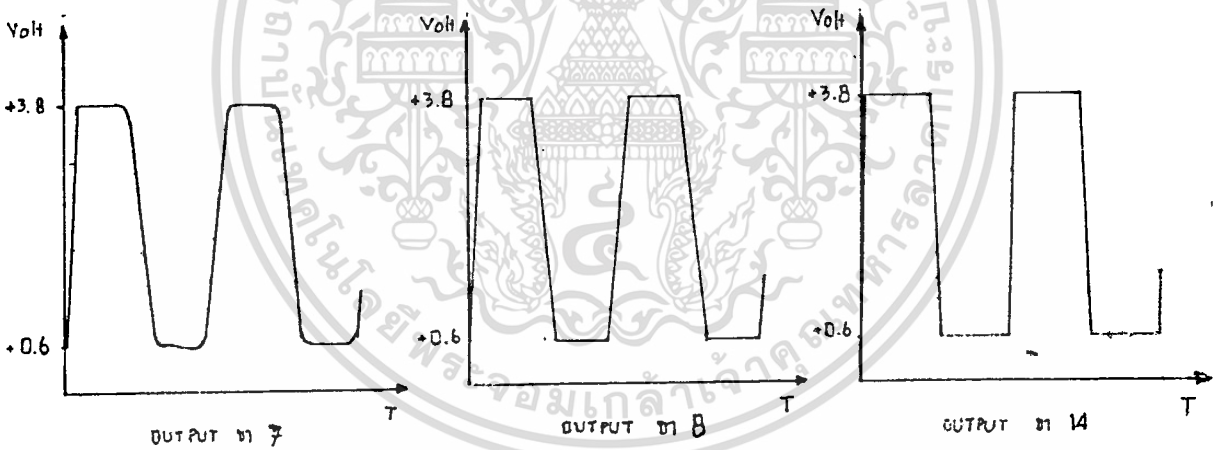
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งรูปที่ 4.6 กราฟแสดงระดับสัญญาณที่ตัวรับแสงนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรขยายแรงดัน



รูปที่ 4.7 แสดงส่วนของวงจรขยายแรงดัน

สำหรับในส่วนของวงจรขยายแรงดันนี้ เมื่อเราได้ระดับของสัญญาณพัลส์ที่ออกมาจากส่วนรับ-ส่งแล้วนำมาป้อนเข้าวงจรขยายแรงดันนี้ แล้วหาว่าวัตรระดับสัญญาณที่จุดต่างๆ จากนั้นนำมาเขียนกราฟจะได้รูปกราฟดังนี้

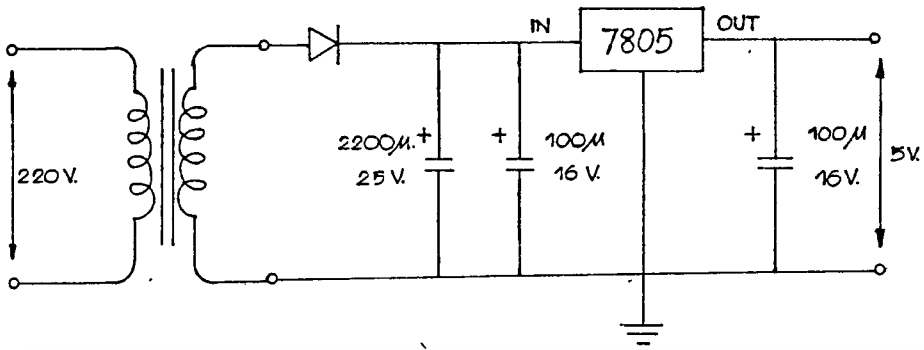


รูปที่ 4.8 กราฟแสดงระดับสัญญาณของวงจรขยายแรงดัน

หลังจากนั้นสัญญาณดังกล่าวก็จะถูกป้อนเข้าสู่วงจรในส่วนอื่นต่อไป ซึ่งรูปสัญญาณในส่วนที่เหลือนี้ก็เหมือนกับในทางทฤษฎี ดังที่ได้อธิบายไปแล้ว

สำหรับโพเลนซ์ที่จ่ายให้กับวงจรนั้น เราใช้หม้อแปลงว โฟกระแสสลับจาก 220 โวลต์ 1 หักกลายเป็นโฟกระแสตรง 9 โวลต์โดยใช้ไดโอด แล้วจึงไปผ่านตัวเรกูเลเตอร์ (Regulator) สัญญาณที่เหลือเป็นโฟกระแสตรง 5 โวลต์ อีกข้อหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แสดงวงจรผลิตไฟเลี้ยงสำหรับวงจร

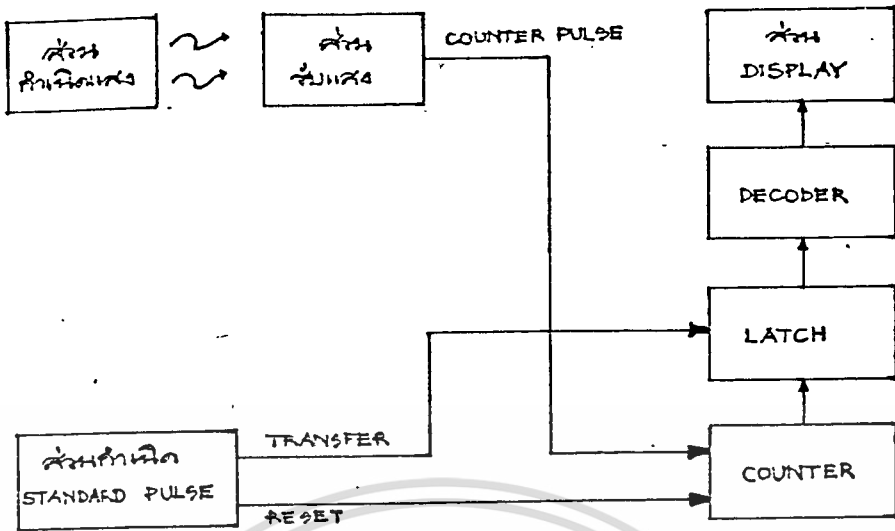
ซึ่งหม้อแปลงที่ใช้จะเป็นขนาดที่ทนกระแสได้ประมาณ 0.5 แอมป์ เพราะว่าวงจรดังกล่าวเมื่อลองวัดดูแล้วปรากฏว่า กินไฟสูงสุดไม่เกิน 0.5 แอมป์.

ทฤษฎีของเครื่องวัดความเร็ว

จากหลักการของวงจรนับที่จะนับจำนวน เมื่อมีพัลส์เข้ามา ถ้าเราสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงสิ่งของหรือวัตถุที่วิ่งผ่านใบมาให้เป็นสัญญาณพัลส์ได้ด้วยการตรวจจับ (Sensor) แล้ว ก็จะสามารถนำวงจรนับมานับจำนวนพัลส์นั้น ทำให้รู้จำนวนของหรือวัตถุนั้นได้ และเมื่อเพิ่มวงจรถอดรหัสและส่วนแสดงผลเข้ามา ก็จะทำให้เราสามารถที่จะรู้ค่าจำนวนดังกล่าวได้โดยง่าย

จากหลักการดังกล่าวเช่นนี้ทำให้เราสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานทางด้าน การตรวจจับความเร็ว หรือเครื่องวัดความเร็ว (Speed meter) ได้ โดยที่แต่เดิมนั้น การจะทราบความเร็วได้นั้น จะต้องใช้กลไกที่ล้อโดยมีการสัมผัสกับซี่ล้อ (Spoke) ทำให้เกิดการขัดสี และมีผลถึงการสึกหรอของล้อ อีกทั้งต้องสูญเสียพลังงานในการขับเคลื่อนและเกิดการขัดสีตลอดเวลา ซึ่งถ้าเราพยายามลดการสูญเสียพลังงานให้น้อยที่สุด โดยการศึกษาวิธีที่จะทราบค่าความเร็ว การหมุนของล้อ โดยไม่สัมผัสซี่ล้อด้วยการใช้แผ่นโลหะที่จะทำการปิดกั้นแสงแทนเข้าที่ซี่ล้อ เมื่อล้อหมุนส่วนของซี่ล้อก็จะหมุนไปด้วยกัน ก็จะทราบความเร็ว

เครื่องวัดความเร็วนี้จะประกอบไปด้วยส่วนแรกที่เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะทำได้สัญญาณพัลส์ออกมาสู่ส่วนวงจรนับ ค่าที่ได้จะถูกถอดรหัสแล้วแสดงผลออกมาเป็นตัวเลข ภายในเครื่องจะมีส่วนของวงจรสร้างความถี่มาตรฐานมาช่วยควบคุมเวลา และจัดการทำงานให้ได้ความถูกต้องแม่นยำขึ้น ดังแสดงด้วยบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 5.1 ต่อไปนี้



รูปที่ 5.1 แสดงบล็อกโคะแกรมของวงจรเครื่องวัดความเร็ว
ของรถจักรยาน

ซึ่งรายละเอียดของวงจรแต่ละส่วนจะได้อธิบายต่อไปนี้

5.1 อุปกรณ์ส่งคลื่นแสงอินฟราเรด

คลื่นแสงอินฟราเรดจะมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 0.7 ไมครอนเมตรถึง 0.3 นาโนเมตร หรือช่วงความถี่ 10 ยกกำลัง 12 ถึง $4.3 \times (10)$ ยกกำลัง 14 เฮิรตซ์ สำหรับอุปกรณ์ส่งคลื่นแสงอินฟราเรดที่ใช้งานจะเลือกในย่านที่พยายามส่งการรบกวนจากคลื่นแสงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งทฤษฎีการหางานของตัวส่งคลื่นแสงอินฟราเรดนี้ ได้ทำการอธิบายรายละเอียดแล้ว ดังนั้นจะไม่ขออธิบายอีก

5.2 อุปกรณ์รับคลื่นแสงอินฟราเรด

สำหรับอุปกรณ์รับคลื่นแสงอินฟราเรดนี้ก็เช่นเดียวกัน เราต้องเลือกคู่ที่สามารถทำการรับแสง ในช่วงความถี่เดียวกันกับแสงที่ถูกส่งออกมาจากตัวส่งแสง ซึ่งรายละเอียดจะไม่ขอถามากล่าวอีก

5.3 วงจรชmitt ทรigger (Schmitt Trigger)

เมื่อระดับแรงดันของสัญญาณที่ได้จากตัวรับแสง ผ่านเข้าวงจรชmitt ทรigger เพื่อช่วยในการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอนาล็อก ว่าเป็นสัญญาณดิจิทัล 2 ระดับ กล่าวคือ เมื่อแรงดันของสัญญาณค่อยๆ เพิ่มขึ้นจาก 0 โวลต์จนถึงระดับแรงดันค่า

หนึ่งซึ่งกำหนดไว้ ชmitt ทรigger จะให้เอาต์พุตเป็น "1" ทันที ต่อมาเมื่อแรงดันลดลงต่ำกว่าค่าหนึ่งซึ่งกำหนดไว้ ชmitt ทรigger จะให้เอาต์พุตเป็น "0" ทันที ดังนั้นเมื่อแรงดันเปลี่ยนแปลงบ่อยๆ จะทำให้เอาต์พุตเป็น "1" และ "0" บ่อยๆ ซึ่งไม่ต้องการ ดังนั้นจึงต้องมีวงจรชmitt ทรigger เพื่อแปลงสัญญาณอนาล็อก ว่าเป็นสัญญาณดิจิทัล 2 ระดับ

คันค่อขว ลดลงจนต่ำถึงแรงคันอีกครั้งระดับหนึ่งแล้ว สมบัติทริกเกอร์ก็จะให้เอาท์พุท เป็น "0" ทันที ระดับแรงคันสูงกับค่าที่เข้าเปรียบเทียบกับนี้จะมีค่าไม่เท่ากัน ช่วง ห่างระหว่างระดับแรงคันทั้งสองนี้เรียกว่า ฮิสเทอรีซิส (Hysteresis)

5.4 วงจรสร้างความถี่มาตรฐาน

เราใช้ไอซีเบอร์ 555 ในการผลิตความถี่ ความถี่ที่ได้จะถูกทำให้เป็น ความถี่ที่ต่ำลง โดยผ่านวงจรนับหาร 10 จำนวน 2 ครั้ง จนได้ความถี่ประมาณไม่เกิน 10 เฮิร์ต พัลส์ที่ได้จะนำไปเป็นสัญญาณแลตซ์สำหรับวงจรแลตซ์ทำงาน และอีกส่วนหนึ่งจะนำไปเป็นสัญญาณรีเซตให้กับวงจรมานับ

5.5 วงจรมานับ

5.6 วงจรแลตซ์

5.7 วงจรถอดรหัส

5.8 ส่วนแสดงผล

เช่นเดียวกัน ในส่วนของรายละเอียดต่าง ๆ รวมทั้งทฤษฎีพื้นฐานจะไม่ ขอบกั้นมากล่าวอีก

การออกแบบ

ในบทนี้เราจะขอสืบถึงอุปกรณ์ที่ใช้ และการทำงานของวงจรส่วนต่างๆ ซึ่งแสดงถึงวงจรรวมในรูปที่ 6.1 ซึ่งรายละเอียดของการออกแบบ หรือการเลือกใช้อุปกรณ์เบอร์ต่างๆ จะขออธิบายเรียงลำดับดังนี้

6.1 อุปกรณ์ส่งคลื่นแสงอินฟราเรด

ในส่วนของการส่งคลื่นแสงอินฟราเรดนี้ เราใช้เบอร์ MLED 930 เป็นตัวส่ง เช่นเดียวกันกับในวงจรเครื่องวัดการเต้นของหัวใจ

6.2 อุปกรณ์รับคลื่นแสงอินฟราเรด เราใช้เบอร์ MRD 360

6.3 วงจรสร้างความถี่มาตรฐาน

เราใช้ออสซิลเลเตอร์ 555 เป็นตัวผลิตความถี่มาตรฐาน ดังได้กล่าวในเรื่องของวงจรวัดอัตราการเต้นของหัวใจแล้วว่า ออสซิลเลเตอร์ 555 นี้เป็นออสซิลเลเตอร์แบบประสงค์ สามารถใช้งานได้กว้างขวาง ครอบคลุมการต่ออุปกรณ์เพิ่มเข้าไปได้อีกเพียบไม่ก็ตัวเท่านั้น

ต่อไปนี้เราจะกล่าวถึงการคำนวณหาความถี่มาตรฐานที่ใช้ในวงจรนี้

-หาความยาวของเส้นรอบวงของล้อรถจักรยาน = A (ซ.ม.)

-กำหนดจำนวนแผ่นที่ใช้เป็นตัวอินเทอร์รัพ = B

-หาระยะห่างระหว่างแผ่นที่อยู่ติดกัน = C (ซ.ม.)

ดังนั้นเราจะได้

$$A/B = C$$

และเนื่องจากเราต้องการหน่วยที่ใช้วัดความเร็วนี้ให้มีหน่วยเป็น กิโลเมตร/ชั่วโมง ดังนั้นเราจะต้องแปลงค่าต่างๆ ให้เหมือนกัน

$$\text{จาก } 1 \text{ ชั่วโมง} = 3600 \text{ วินาที}$$

$$\text{และ } 1 \text{ กิโลเมตร} = 100,000 \text{ เซนติเมตร}$$

เพราะฉะนั้น เราจะได้สูตรของความถี่มาตรฐาน (F) ดังนี้

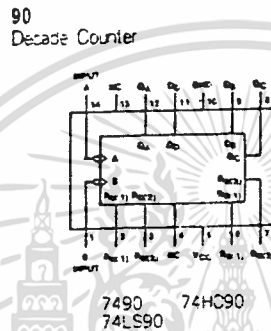
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F = 100,000 / (3,600 * C) \quad \text{หน่วยเป็นเฮิรต}$$

ดังนั้นเราจะเห็นว่า เมื่อขนาดของลอจิกจรรยาเปลี่ยนแปลงไปขนาดของความถี่มาตรฐานก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย.

6.4 วงจรหารความถี่

ในส่วนของวงจรหารความถี่นี้เราจะใช้ไอซีเบอร์ 7490 เป็นไอซีที่ภาษาใน มีวงจรนับ 2 ชุดดังแสดงในรูปที่ 6.2



รูปที่ 6.2 แสดงไอซีเบอร์ 7490

ซึ่งจากรูป วงจรนับทั้งสองชุดนั้นประกอบด้วย วงจรนับหาร 2 และวงจรนับหาร 5 อันที่นี้นำมาใช้เป็นวงจรนับหาร 10 (divide by 10 counter) ซึ่งเกิดจากวงจรนับหาร 5 คู่ออนุกรมด้วยวงจรนับหาร 2 โดยต่อหัวอินพุตเข้าที่ขา B.in (ขา 1) เมื่อได้เอาต์พุต D (ขา 11) นำไปต่อเข้าอินพุต A.in (ขา 14) ก็จะทำให้รูปคลื่นของวงจรนับหาร 10 จากหัวเอาต์พุต A (ขา 12)

ในส่วนวงจรหารความถี่มาตรฐานนี้ จะใช้ไอซีเบอร์ 7490 จำนวน 2 ตัว เพื่อให้สัญญาณพัลส์ที่เกิดขึ้นถูกหารด้วย 100 จนได้ความถี่ช่วงที่เราต้องการ ซึ่งก็คือประมาณไม่เกิน 10 เฮิรต

สำหรับหัวรีเซตของไอซีเบอร์นี้มีด้วยกัน 4 ขา แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่ม R.0 และ R.1 แต่ละกลุ่มมีขา 2 ขาคือเข้ากับแนนด์เกต (Nand gate) ซึ่งอยู่ภายนอก แล้วผ่านไปยัง R.0 และ R.9 ภายนอกอีกทีหนึ่ง ขาในกลุ่ม R.0 คือ R.0(1) และ R.0(2) นั้นปกติให้ต่ออยู่ที่ "0" เพื่อให้วงจรนับทำงานได้ ถ้า

ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งสองขาเป็น "1" จะรีเซตวงจรนับให้เอาต์พุตเป็น "0" หมก สำหรับขา R.9 ซึ่งเป็นขารีเซตพิเศษคือถ้าเป็น "1" ทั้งคู่จะทำให้เอาต์พุตแสดงเลข 9 หรือ 1001 ในที่นี้จะต่อขารีเซต 0 (R.0) และขารีเซต 9 (R.9) ลงกรานต์ทั้งหมด

6.5 วงจรนับ

ในส่วนของวงจรมานี้เราใช้ไอซีเบอร์ 74HC160 ซึ่งจะนับค่าเพิ่มขึ้นเมื่อลักษณะพัลส์ที่เข้ามาเป็นคล็อกที่มีการเปลี่ยนแปลงจาก "0" เป็น "1" หรือช่วงขอบขาขึ้นของสัญญาณพัลส์

ขาอินพุตของไอซี (ขา 3,4,5,6) จะต่อลงกรานต์ทั้งหมด เพื่อให้ค่าเริ่มต้นเป็น "0000" เมื่อวงจรมานับไปจนถึง 9 แล้วเมื่อมีสัญญาณพัลส์ลูกาใหม่เข้ามาอีก วงจรมานับหลักหน่วยจะส่งค่าสัญญาณทด (ripple carry output) (ขา 15) ไปยังขาอินพุต (ขา 7) ของทุกหลักให้ทำงานด้วย สำหรับการนับค่าที่เกินหลักสิบคือเมื่อมีค่าถึง 99 แล้วยังมีพัลส์อีก วงจรมานับหลักสิบก็จะส่งสัญญาณทดไปยังหลักต่อไป เป็นเช่นนี้จนครบทุกหลักที่ต้องการ การรีเซตค่าเริ่มต้นใหม่ให้ทำได้ที่ขาเคลียร์ (Clear) (ขา 1) คือเมื่อเรานับสัญญาณ "0" เข้ามา มันจะทำการรีเซตค่าใหม่ให้กลายเป็น "0000" สัญญาณที่ได้จากวงจรมานับเป็นรหัส 8421 (8421 BCD CODE) เข้าสู่วงจรแสดงค่าต่อไป

6.6 วงจรแสดง

จากที่กล่าวมาแล้วว่า วงจรแสดงมีส่วนช่วยให้ค่าแสดงผลสามารถสว่างให้อ่านได้ง่าย และคำนวนจนกว่าจะมีสัญญาณเลขใหม่เข้ามา ลักษณะของวงจรแสดงก็คือวงจรพลิกฟลิป ในที่นี้เราใช้ไอซีเบอร์ 74HC175 ซึ่งเป็นฟลิป-ฟลิปชนิดควอด ดี (QUAD D) ภายในมี D ฟลิปฟลิป (D-FF) จำนวน 4 ตัว สัญญาณอินพุตจากวงจรมานับ จะเข้าสู่วงจรทางอินพุตขา 4,5,12,13 ส่วนเอาต์พุตอยู่ที่ขา 2,7,10,15 ซึ่งจะทำให้เอาต์พุตเมื่อได้รับสัญญาณคล็อกจากวงจรมานับสร้างความถี่มาตรฐาน ในช่วงที่คล็อกเป็นขอบขาขึ้น มาควบคุมวงจรมานับให้ทำงาน ด้วยความสอดคล้องกันทั้งหมด สำหรับการรีเซตหรือการเคลียร์ที่ขา 1 จะทำงานด้วยเนกเกทีฟ พัลส์ (Negative pluse) หากการเคลียร์ค่าเอาต์พุต

6.7 วงจรถอดรหัส

วงจรถอดรหัสเราใช้อิซีเบอร์ TC5022 ซึ่งเป็น BCD to 7 Segment Decoder/Driver ทำการแปลงรหัส BCD จากอินพุต 4,5,6,7 ให้เป็นรหัส 7 เซกเมนต์ ในขณะเดียวกันก็จะเป็นตัวขับกระแสให้ แอลอีดี ทางานด้วย

ที่ขา "RBI" (Ripple Blanking Input), "BI" (Blanking Input) และ "RBO" (Ripple Blanking Output) มีหน้าที่ควบคุมที่อยู่หน้าตัวเลข เช่นค่าตัวเลข 29 วงจรถอดรหัสจะให้ค่าตัวเลข "0029" ปรากฏที่ แอลอีดี 4 หลักแต่เราต้องการให้ค่าที่แสดงเป็น "29" จึงต้องทำการดับค่า "00" ซึ่งทำได้โดยต่อขา "RBO" ของหลักสูงสุดมาเข้าขา "RBI" ของหลักรองลงมา ทำเช่นนี้จนถึงหลักรองสุดท้าย ขา "BI" ของทุกหลักจะต้องต่อลงกราวด์หมด หลักสุดท้าย (หลักหน่วย) จะปล่อยขา "RBO" วางไว้ และขา "RBI" ต่อลงกราวด์ เพื่อให้สามารถแสดงค่า "0" ได้เพียงหลักเดียว กรณีที่ตัวเลขเป็นศูนย์หมด ขา "RBO" จะเป็น "0" ถ้าไอซีถอดรหัสรหัส BCD ที่เป็น "0" และขา "RBI" มีสัญญาณ "0" ดังนั้นการควบคุมจากหลักสูงสุดจึงถ่ายทอดลงไปยังหลักถัดมาที่อยู่ต่ำกว่าได้

6.8 ส่วนแสดงผล

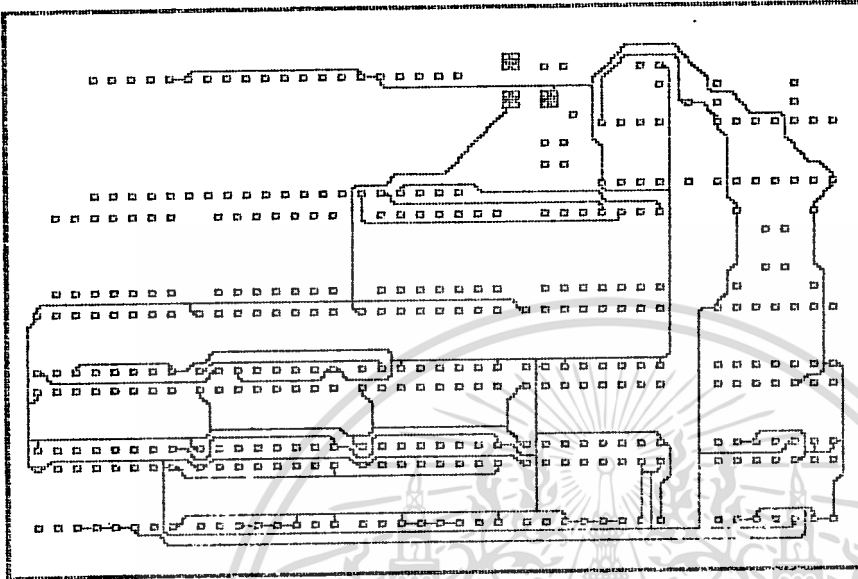
ในส่วนแสดงผลนี้เราใช้ แอลอีดี 7 เซกเมนต์ จำนวน 4 หลักเป็นตัวแสดงผล ซึ่งหลักการทางานของส่วนต่างๆ ภายในตัวแอลอีดีนั้นถ้าอธิบายไปแล้วย่างละเอียด จึงจะไม่ขอยกมากล่าวอีก สำหรับความต้านทานจากกัถกระแสที่เราใช้วงจรนี้เราใช้ค่า 100 โอห์ม เนื่องจากว่าเราต้องการความสว่างมากเมื่อเราใช้งานในตอนกลางวัน

6.9 ส่วนของการออกแบบลายวงจร

สำหรับในส่วนของการออกแบบลายวงจรนี้ เราใช้โปรแกรมสำเร็จรูป "Smartwork" เป็นตัวออกแบบ เนื่องจากว่าวงจรดังกล่าวจะต้องนำไปติดตั้งบนรถจักรยาน ดังนั้นการออกแบบเราจึงพยายามให้ได้ขนาดลายวงจรที่เล็กที่สุด เท่าที่จะเป็นไปได้ เนื่องจากเมื่อนำไปติดตั้งบนรถจักรยานแล้วจะได้กิน

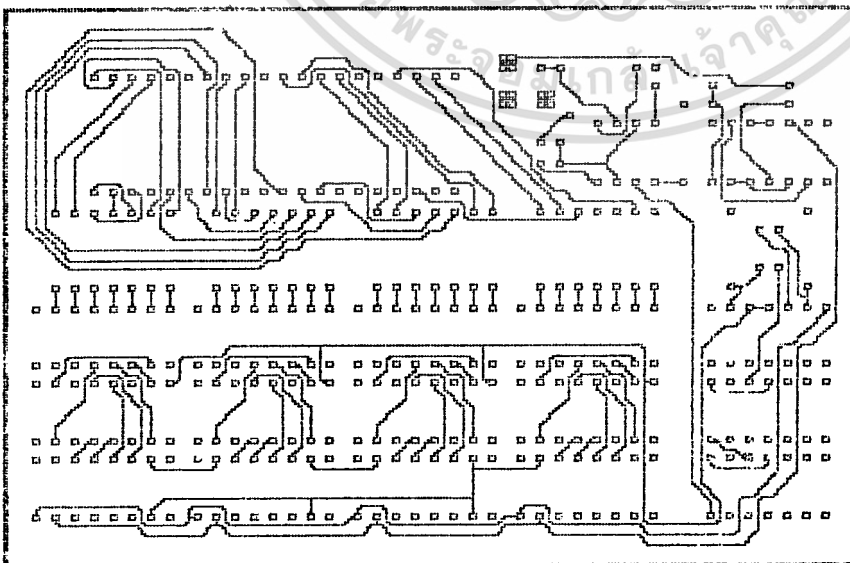
เนื้อที่ไม่มากและสะดวกต่อการติดตั้ง ซึ่งลายวงจรที่ออกแบบเป็นแบบ 2 หน้า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ทั้งแสดงในรูปแบบใดก็ได้ ไม่เว้นการแก้ไขทั้งต้นฉบับให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

checkplot v1.0 r4 3 Jan 1980 00:26:54
 file: b:san upper layer
 approx. size: 4.30 by 2.75 in. holes: 388



รูปที่ 6.3 แสดงลายวงจรของ เครื่องวัดความเร็วกำันหน้า

checkplot v1.0 r4 3 Jan 1980 00:29:08
 file: b:san lower layer
 approx. size: 4.30 by 2.75 in. holes: 388



รูปที่ 6.4 แสดงลายวงจรของ เครื่องวัดความเร็วกำันหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของกรมการขนส่งทางบก
 ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

การทดสอบเครื่องวัดความเร็วรถจักรยาน

เมื่อเราทำการประกอบวงจรดังกล่าวสำเร็จแล้ว ต่อไปนี้จะนำวงจรดังกล่าวไปทดสอบกับรถจักรยานจริง เพื่อเปรียบเทียบผลออกมาว่ามีค่าถูกต้องแน่นอนเพียงใด

สำหรับรถจักรยานที่นำมาทดสอบนี้ ทำการวัดความยาวของ เส้นรอบวง ใต้เท้ากับ 220 เซนติเมตร และใช้จำนวนแผ่นอินเทอร์รัพต์เท่ากับ 3 แผ่น ดังนั้นเราจะคำนวณหาค่าความถี่มาตรฐานได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{ความถี่มาตรฐาน} &= 100,000 / 3,600 * 73.3 \\ &= 0.37 \text{ เฮิร์ต}\end{aligned}$$

เนื่องจากเราทำการตั้งค่าของความถี่มาตรฐานเป็น 0.37 เฮิร์ต ดังนั้นจากสูตรการแปลงเป็นค่าของคาบเวลา (T) คือ

$$F = 1/T$$

ซึ่งจากสูตรดังกล่าว เราจะได้ค่าของคาบเวลาเท่ากับ 2.7 วินาที ดังนั้นตัวเลขที่แสดงค่าของความเร็วของการวัดบนหน้าปัดส่วนแสดงผลนั้น จะเปลี่ยนแปลงทุกวคาบเวลา 2.7 วินาที

สำหรับในส่วนของตัวรับ-ส่งแสงนั้น เราจะตั้งระยะให้ห่างกันประมาณ 3.0 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่พอเหมาะที่จะทำให้ตัวรับแสงสามารถรับแสงได้อย่างพอเพียง ระยะที่แผ่นอินเทอร์รัพต์นั้นสามารถผ่านเข้าไประหว่างตัวทั้งสองเพื่อกันแสงได้ ซึ่งในส่วนนี้ของตัวส่ง-รับแสงนี้เราจะใส่มันเข้าไปในกล่องสีดำ เพื่อเป็นการป้องกันการรบกวนจากแสงภายนอก ระยะเราจะเจาะช่องว่างเล็กๆ เพื่อให้แผ่นอินเทอร์รัพต์สามารถผ่านเข้าไปขัดแสงระหว่างตัวทั้ง 2 ได้

ส่วนขนาดของแผ่นอินเทอร์รัพต์ที่ใช้ทดสอบในวงจรนี้นั้น เราใช้ขนาดประมาณยาว 2 เซนติเมตรกว้าง 1 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดที่พอเหมาะมาหุ้และไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่เล็กจนเกินไป สำหรับตำแหน่งที่คิดแผ่นอินเทอร์รัพท์ เราพยายามที่จะคิดว่า หกสัปดาห์แห่งศูนย์กลางของล้อมากที่สุด เพื่อเป็นการสะดวกและลดอันตรายอันเนื่องมาจากอวัยวะบางส่วนของผู้ใช้อาจจะไปถูกส่วนอินเทอร์รัพท์ได้ในขณะขับขี่

ซึ่งจากผลของการทดสอบนั้น เราได้ผลเป็นที่น่าพอใจ กล่าวคือผลที่แสดงออกมาที่ส่วนแสดงผลนั้น จะให้ผลเหมือนกันที่ได้กล่าวไว้ทุกประการ เช่น ตัวเลขที่แสดงผลนั้น จะเปลี่ยนแปลงค่าของความเร็วทุกว 2.7 วินาที แต่ค่าความเร็ว ที่เราได้จากการวัดด้วยวิธีนี้ก็ยังคงคลาดเคลื่อนจากความเร็วจริงว อยู่บ้าง .



สรุปและวิจารณ์

จากโครงงานทั้งสอง เราพอจะสรุปได้ดังนี้

1. เครื่องวัดอัตราเร็วของรถจักรยาน เนื่องจากเราใช้หลักการของการอินเทอร์รัพท์ของแสง ดังนั้นเราจึงต้องพยายามที่จะตัดการรบกวนจากแสงภายนอกออกให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ แต่ก็ยังมีข้อพร่องอยู่คือ ยังมีแสงจากภายนอกเข้าไปรบกวนเพราะว่าเราไม่สามารถที่จะป้องกันได้ 100 % ถึงแม้จะใช้แสงในย่านอินฟราเรดก็ตาม และอีกส่วนหนึ่งที่เกิดปัญหาพอสมควรคือในส่วนผลิตความถี่มาตรฐาน เนื่องจากเราใช้ความถี่ต่ำมากทำให้เกิดปัญหาในด้านความแน่นอน (stable) ของความถี่ ซึ่งวิธีแก้ปัญหานี้ก็คือ ใช้หลักการหารความถี่เข้ามาช่วย ซึ่งก็ให้ผลเป็นที่น่าพอใจ แม้ว่าความแน่นอนจะสู้เครื่องวัดความเร็วที่คิดตามรถยนต์ไม่ก็ก็ตาม แต่เนื่องจากว่าโครงงานทั้งกลุ่มเราเน้นที่จะนำเอาหลักการ อินเทอร์รัพท์ของแสงมาประยุกต์ใช้งานจริง ๆ ร่วมกับวงจรนับ ว่าสามารถนำมาสร้างให้เป็นเครื่องมือวัดที่มีราคาถูก และใช้งานได้จริง ๆ

2. เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ ก็เช่นเดียวกันส่วนที่มีปัญหามากที่สุดก็คือ ส่วนของการรับ-ส่งแสง (SENSOR) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันในร่างกายคนเราตามอัตราการเต้นของหัวใจนั้น มีค่าน้อยมากเป็น mV ดังนั้นสัญญาณดังกล่าวจึงถูกรบกวนได้ง่าย ถ้าหากมีแสงจากภายนอกผ่านเข้าไปในวงจรส่วนรับ-ส่งแสง หรือเกิดจากไฟเลี้ยงที่จ่ายให้วงจร ถ้าหากมีระดับที่ไม่นิ่งพอ ก็จะเกิดความผิดพลาดได้ง่ายซึ่งเราพอที่จะสรุปผลที่มีต่อความถูกต้องแม่นยำแล้ว ที่สำคัญมีอยู่ 2 สาเหตุดังนี้

2.1 การกระเพื่อม (Ripple) ของภาคจ่ายไฟและจากผลของอุณหภูมิของอุปกรณ์ที่ใช้ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงการทำงานของอุปกรณ์บางประเภทอาจผิดพลาดได้

2.2 จากการปรับแต่งภาคต่าง ๆ เช่น งานภาคขยายแรงดันต้องมีการปรับแต่ง เพื่อให้การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ มีการเปลี่ยนแปลงที่ถูกต้อง

ซึ่งจากการที่ได้ทำการทดสอบเครื่องมือดังกล่าว ก็พอจะมองเห็นข้อผิดพลาดทั้งที่ได้กล่าวมานี้ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับข้อดีของเครื่องมือชนิดนี้คือ สามารถใช้งานได้ง่ายและสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย นอกจากนี้ยังมีความรวดเร็วในการวัดคือเราใช้เวลาเพียงไม่กี่วินาที ก็สามารถรู้อัตราการเต้นของหัวใจได้ ดังนั้นจึงคิดว่าเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจนี้ คงจะมีประโยชน์ในทางการแพทย์ไม่มากนัก





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Slotted Couplers/Interrupter Modules

Slotted couplers consist of an infrared emitting diode facing a photodetector in a molded plastic housing. A slot in the housing between the emitter and the detector provides a means of interrupting the signal. A wide selection of standard and custom housings with detector functions is available. All IREDs and photodetectors in the miniature Case 349 (see Silicon Photodetectors) can be used in these housings.

Translator Output ($V_{(BR)CEO} = 30\text{ V}$)

Package	Device	Current Transfer Ratio (CTR)			VCE(sat)			Low-Ioff Typ			VCE		
		% Min	IF mA	VCE Volts	VCE Max	IF mA	IC mA	IF	VCE Volts	RL Ω	IF mA	VCE Max	IC mA
	H21A1	5.0	20	5.0	0.4	30	1.8	12.60	5.0	2.5K	30	1.7	60
	H21A2	10	20	5.0	0.4	20	1.8	12.60	5.0	2.5K	30	1.7	60
	H21A3	20	20	5.0	0.4	20	1.8	12.60	5.0	2.5K	30	1.7	60
	H22A1	5.0	20	5.0	0.4	30	1.8	12.60	5.0	2.5K	30	1.7	60
	H22A2	10	20	5.0	0.4	20	1.8	12.60	5.0	2.5K	30	1.7	60
	H22A3	20	20	5.0	0.4	20	1.8	12.60	5.0	2.5K	30	1.7	60
	MOC7811	5.0	20	5.0	0.4	30	1.8	12.60	5.0	2.5K	30	1.8	50
	MOC7812	10	20	5.0	0.4	20	1.8	12.60	5.0	2.5K	30	1.8	50
	MOC7813	20	20	5.0	0.4	20	1.8	12.60	5.0	2.5K	30	1.8	50
	MOC7821	5.0	20	5.0	0.4	30	1.8	12.60	5.0	2.5K	30	1.8	50
	MOC7822	10	20	5.0	0.4	20	1.8	12.60	5.0	2.5K	30	1.8	50
	MOC7823	20	20	5.0	0.4	20	1.8	12.60	5.0	2.5K	30	1.8	50

Infrared Emitting Diodes

Motorola infrared emitting diodes are made by the liquid phase epitaxial process for long life and stability. They provide high power output and quick response at 930 nm with low input drive current.

Package	Device	Power Output μW Typ	IF mA	Emission Angle Typ	Peak Emission Wavelength nm Typ	Forward Voltage V Max	IF mA
 Actual Size Case 173-01 Plastic Style 2	MLED15	1300	30	145°	930	1.5	30
 Actual Size Case 349-01 Plastic Style 1	MLED71	2500	50	60°	940	1.8	50
 Actual Size Case 81A-06 Metal Style 2	MLED910	150	50	30°	900	1.5	50
 Actual Size Case 209-01 Metal Style 1	MLED930	650	100	30°	900	1.5	50

Silicon Photodetectors

A variety of silicon photodetectors are available, varying from simple PN diodes to complex, single chip 400 volt triac drivers. They are available in packages offering choices of viewing angle and size in either economical plastic cases or rugged, hermetic metal cans. They are spectrally matched for use with Motorola infrared emitting diodes.

Photodiodes

Photodiodes

Package	Type Number	Light Current μA Typ @ V_R Volts	H mW/cm ²	$V_{(BR)}$ Volts Min	Dark Current nA Max @ Volts	Response Time ns Typ
 Actual Size Case 209-02 Metal Convex Lens	MRD500	9.0	20	5.0	100	2.0 20 1.0
 Actual Size Case 210-01 Metal Flat Lens	MRD510	2.0	20	5.0	100	2.0 20 1.0
 Actual Size Case 349-01 Plastic, Style 1	MRD721	4.0	20	5.0	100	10 20 1.0

Phototransistors

Phototransistors		Type Number	Light Current		$V_{(BR)CEO}$ Volts Min	t_r, t_{on}, t_{off} μs @ V_{CC}	I_L Typ μA
Package			mA Typ	@ V_{CC}	mW/cm ²		
 Case 173-01 Plastic, Style 1	Actual Size 	MRD150	2.2	20	5.0	40	2.5 4.0 20 1000
	 Case 62-05 Metal, Style 1 Actual Size 	MRD310	3.5	20	5.0	50	2.0 2.5 20 1000
MRD300		8.0	20	5.0	50	2.0 2.5 20 1000	
MRD3050		0.1 Min	20	5.0	30	2.0 2.5 20 1000	
MRD3051		0.2 Min	20	5.0	30	2.0 2.5 20 1000	
MRD3054		0.5 Min	20	5.0	30	2.0 2.5 20 1000	
MRD3055		1.5 Min	20	5.0	30	2.0 2.5 20 1000	
MRD3056	2.0 Min	20	5.0	30	2.0 2.5 20 1000		
 Case 81A-06 Metal, Style 1 Case 81A-07 Metal, Style 1	Actual Size 	MRD601, 611*	1.5	5.0	20	50	1.5 1.5 30 800
	MRD602, 612*	3.5	5.0	20	50	1.5 1.5 30 800	
	MRD603, 613*	6.0	5.0	20	50	1.5 1.5 30 800	
	MRD604, 614*	8.5	5.0	20	50	1.5 1.5 30 800	
 Case 349-01 Plastic, Style 2	Actual Size 	MRD701	0.5	5.0	0.5	30	10 60* 5.0*

Photodarlington

Photodarlington									
Package	Type Number	Light Current			$V_{(BR)CEO}$ Volts Min	I_r, I_{on}, I_{off}		I_L Typ μA	
		mA Typ	@ V_{CC}	H mW/cm ²		μs	@ V_{CC}		
 Actual Size Case 62-05 Metal, Style 1	MRD370	10	5.0	0.5	40	15-40	5.0	1.0	
	MRD360	20	5.0	0.5	40	15-65	5.0	1.0	
 Actual Size Case 349-01 Plastic, Style 2	MRD711(1)	25	5.0	0.5	60	125-150*	5.0*		

(1) Photodarlington with integral base-emitter resistor.

Photo Triac Drivers

Package	Type Number	Latching Irradiance Level H _{LT} mW/cm ² Max	On-State R _{DS} Current mA Max	Off-State Output Terminal Voltage Volts Peak Min	Peak Blocking Current nA Typ
 Actual Size Case 62-05 Metal, Style 3	MRD3010	5.0	100	250	10
	MRD3011	2.0	100	250	10



MOTOROLA

MALED930

INFRARED-EMITTING DIODE

... designed for applications requiring high power output, low drive power and very fast response time. This device is used in industrial processing and control, light modulators, shaft or position encoders, punched card readers, optical switching, and logic circuits. It is spectrally matched for use with silicon detectors:

- High-Power Output — 650 μ W (Typ) @ $I_F = 100$ mA
- Infrared-Emission — 900 nm (Typ)
- Low Drive Current — 10 mA for 70 μ W (Typ)
- Popular TO-18 Type Package for Easy Handling and Mounting
- Hermetic Metal Package for Stability and Reliability

INFRARED-EMITTING DIODE
900 nm
PN GALLIUM ARSENIDE
250 MILLIWATTS



MAXIMUM RATINGS

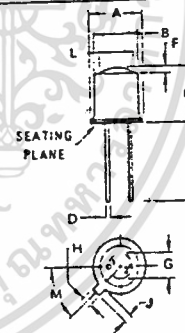
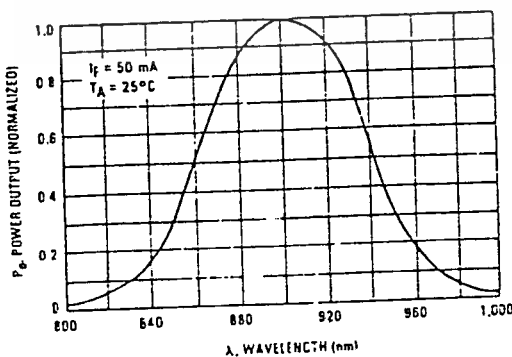
Rating	Symbol	Value	Unit
Reverse Voltage	V_R	60	Volts
Forward Current-Continuous	I_F	150	mA
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	$P_{D(1)}$	250 2.5	mW mW/ $^\circ\text{C}$
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-65 to +125	$^\circ\text{C}$

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristics	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	θ_{JA}	400	$^\circ\text{C/W}$

(1) Printed Circuit Board Mounting

FIGURE 1 — RELATIVE SPECTRAL OUTPUT



STYLE 1:

PIN 1, ANODE
PIN 2, CATHODE

NOTES:

1. PIN 2 INTERNALLY CONNECTED TO CASE
2. LEADS WITHIN 8.13 mm (0.005) RADIUS OF TRUE POSITION AT SEATING PLANE AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	5.31	5.84	0.209	0.230
B	4.57	4.95	0.179	0.195
C	5.08	6.35	0.200	0.250
D	0.41	0.48	0.016	0.019
F	0.51	1.02	0.020	0.040
G	2.54	ESC	0.100	ESC
H	0.59	1.17	0.023	0.046
J	0.64	1.27	0.025	0.050
K	12.70	—	0.500	—
L	3.35	4.01	0.132	0.158
M	45°	ESC	45°	ESC

CASE 209-01

MLED930

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic	Fig. No.	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Reverse Leakage Current (V _R = 3.0 V)	—	I _R	—	2.0	—	nA
Reverse Breakdown Voltage (I _R = 100 μA)	—	V _{(BR)R}	60	20	—	Volts
Forward Voltage (I _F = 50 mA)	2	V _F	—	1.25	1.5	Volts
Total Capacitance (V _R = 0 V, f = 10 MHz)	—	C _T	—	150	—	pF

OPTICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic	Fig. No.	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Total Power Output (Note 1) (I _F = 100 mA)	3, 4	P _O	200	650	—	μW
Radiant Intensity (Note 2) (I _F = 100 mA)	—	I ₀	—	1.5	—	mW/steradian
Peak Emission Wavelength	1	λ _P	—	900	—	nm
Spectral Line Half Width	1	Δλ	—	40	—	nm

NOTE:
1. Power Output, P_O, is the total power radiated by the device into a solid angle of 2π steradians. It is measured by directing all radiation leaving the device, within this solid angle, onto a calibrated silicon solar cell.
2. Irradiance from a Light Emitting Diode (LED) can be calculated by
$$H = \frac{I_0}{d^2}$$

where H is irradiance in mW/cm², I₀ is radiant intensity in mW/steradian,
d is distance from LED to the detector in cm.

FIGURE 2 — FORWARD CHARACTERISTICS

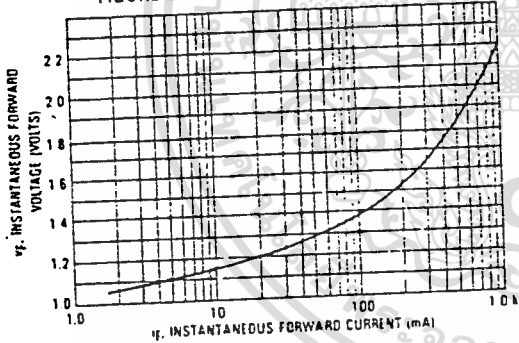


FIGURE 4 — INSTANTANEOUS POWER OUTPUT
versus FORWARD CURRENT

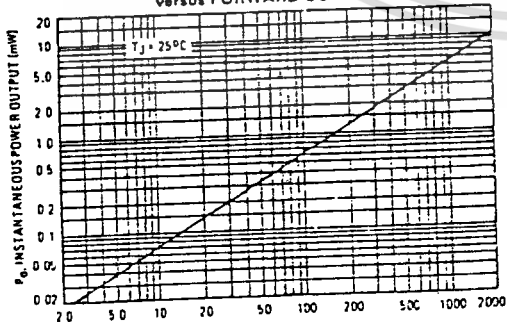


FIGURE 3 — POWER OUTPUT versus JUNCTION TEMPERATURE

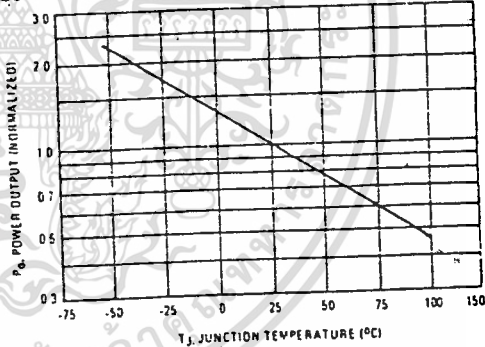
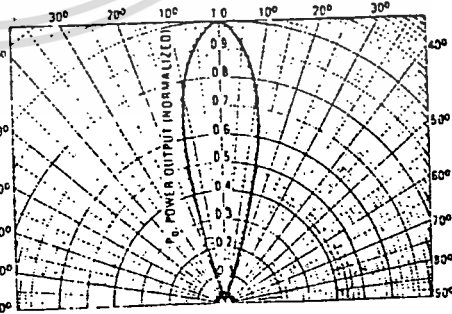


FIGURE 5 — SPATIAL RADIATION PATTERN





MRD360
MRD370

**NPN SILICON HIGH SENSITIVITY
PHOTODARLINGTON TRANSISTORS**

designed for application in industrial inspection, processing and control, counters, sorters, switching and logic circuit or any system requiring very high radiation sensitivity at low light levels.

- Popular TO-18 Type Hermetic Package for Easy Handling and Mounting
- Sensitive Throughout Visible and Near Infrared Spectral Range for Wider Application
- Minimum Light Current 12 mA at $H = 0.5 \text{ mW/cm}^2$ (MRD360)
- External Base for Added Control
- Switching Times —
 $t_r @ I_L = 1.0 \text{ mA peak} = 15 \mu\text{s}$ (Typ) — MRD370
 $t_f @ I_L = 1.0 \text{ mA peak} = 40 \mu\text{s}$ (Typ) — MRD370

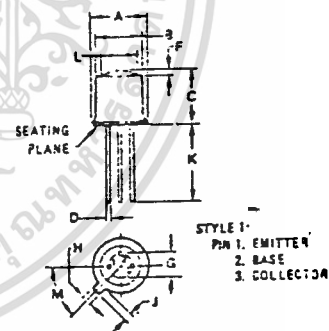
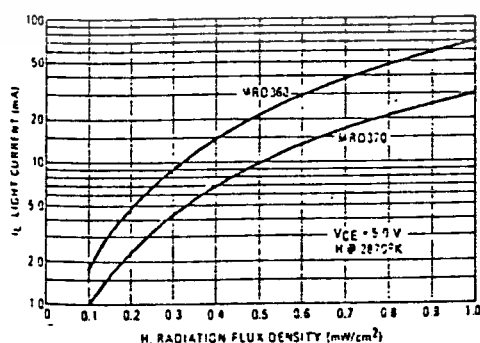
**PHOTODARLINGTON
TRANSISTORS**
NPN SILICON
40 VOLTS
250 MILLIWATTS



MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted).

Rating (Note 1)	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CE}	40	Volts
Collector-Base Voltage	V_{CB}	10	Volts
Emitter-Base Voltage	V_{EB}	50	Volts
Collector Current	I_C	250	mA
Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Note above 25°C	P_D	250 1.43	mW mW/°C
Working and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-65 to +200	°C

FIGURE 1 — LIGHT CURRENT versus IRRADIANCE



NOTES:

1. LEADS WITHIN .13 mm (.005) RADIUS OF TRUE POSITION AT SEATING PLANE, AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
2. PIN 3 INTERNALLY CONNECTED TO CASE.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	5.31	5.84	1.70	2.20
B	4.52	4.96	1.78	2.12
C	4.57	5.48	2.10	2.55
D	2.41	3.48	2.21	2.21
E	—	1.14	—	0.24
F	1.64	—	0.12	—
G	1.28	—	0.28	—
H	3.24	1.12	0.22	1.04
J	12.70	—	0.20	—
K	12.70	—	0.22	—
L	3.24	4.01	0.22	3.13
M	1.28	2.54	0.22	—

CASE 82-06
TO-18 Type

MRD360, MRD370

STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Collector Dark Current (V _{CE} = 10 V, I _B ≈ 0) T _A = 25°C	I _{CEO}	—	10	100	nA
Collector-Base Breakdown Voltage (I _C = 100 μA)	V _{IBR/CBO}	50	100	—	Volts
Collector-Emitter Breakdown Voltage (I _C = 100 μA)	V _{IBR/CEO}	40	80	—	Volts
Emitter-Base Breakdown Voltage (I _E = 100 μA)	V _{IBR/EBD}	10	15.5	—	Volts

OPTICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted.)

Characteristic	Device Type	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Light Current V _{CC} = 5.0 V, R _L = 10 Ohms (Note 1)	M= D360 MRD370	I _L	12 30	20 10	—	mA
Collector-Emitter Saturation Voltage (I _L = 10 mA, M = 2 mW/cm ² at 2870°K)		V _{CE(sat)}	—	0.5	1.0	Volts
Photo Current Rise Time (Note 2) (R _L = 100 ohms I _L = 1.0 mA peak)	M= D360 MRD370	t _r	—	15 15	100 100	μs
Photo Current Fall Time (Note 2) (R _L = 100 ohms I _L = 1.0 mA peak)	M= D360 MRD370	t _f	—	65 40	150 150	μs

NOTES:

1. Radiation flux density (H) equal to 0.5 mW/cm² emitted from a tungsten source at a color temperature of 2750°K.
2. For unsaturated response time measurements, radiation is provided by pulsed GaAs (gallium-arsenide) light-emitting diode (λ ≈ 0.9 μm) with a pulse width equal to or greater than 500 microseconds (see Figure 6) I_L = 1.0 mA peak.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MRD360, MRD370

TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS

FIGURE 2 - COLLECTOR-EMITTER SATURATION CHARACTERISTIC

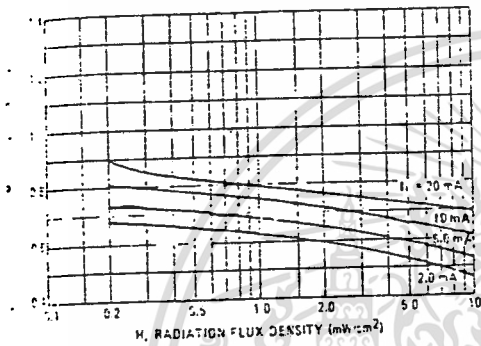


FIGURE 3 - COLLECTOR CHARACTERISTICS

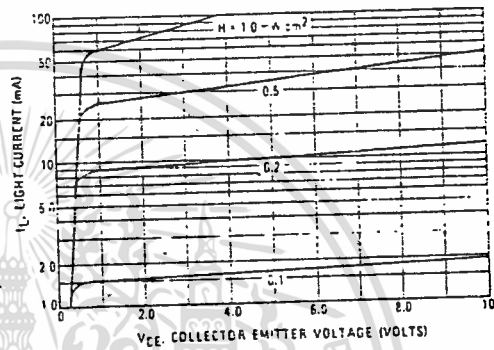


FIGURE 4 - NORMALIZED LIGHT CURRENT versus TEMPERATURE

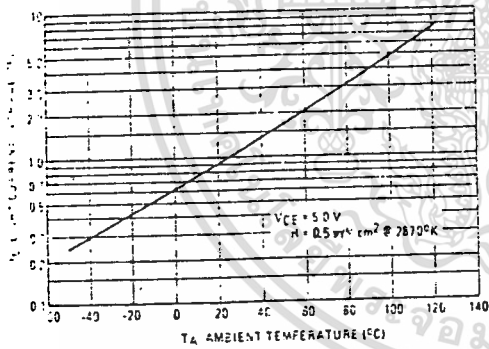


FIGURE 5 - DARK CURRENT versus TEMPERATURE

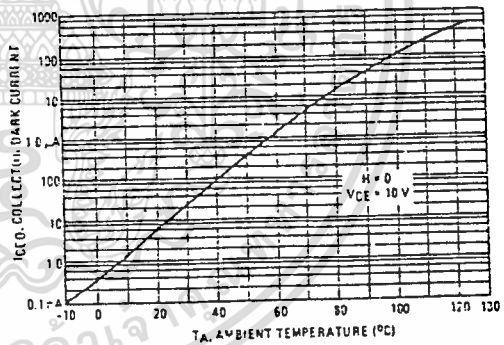
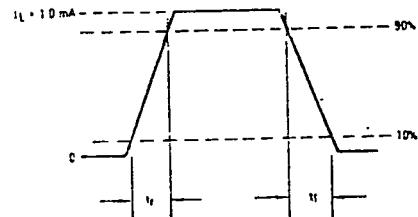
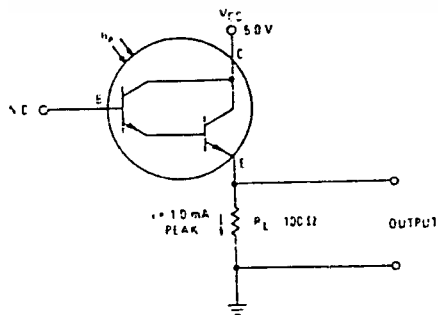


FIGURE 6 - PULSE RESPONSE TEST CIRCUIT AND WAVEFORM



MAD360, MAD370

FIGURE 7 - CONSTANT ENERGY SPECTRAL RESPONSE

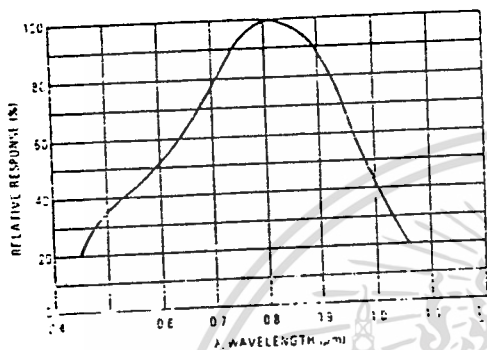
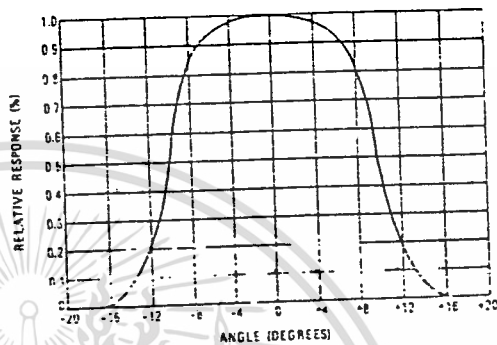
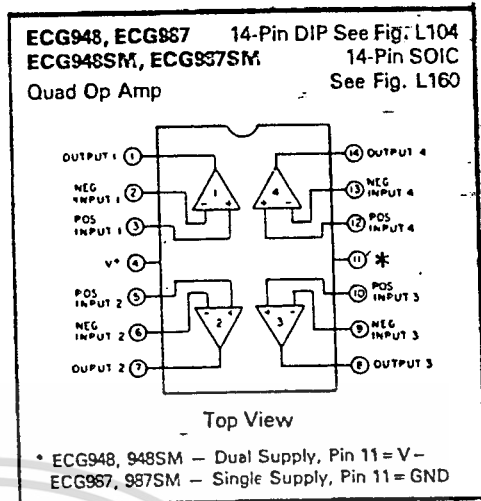
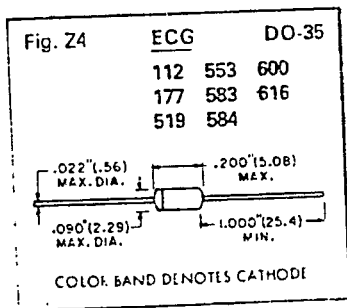


FIGURE 8 - ANGULAR RESPONSE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Silicon Small Signal Transistors (cont'd)

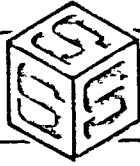
Breakdown Voltage		Type		Application	Collector Current I _c (A)	Collector Diss. P _D (W)	Current Gain h _{FE}	Freq in MHz f _t	Package
V _{CE}	V _{BO}	NPN	PNP						Case/Basing
5	12	ECG10	---	Lo Noise UHF/VHF Amp (GPE = 10 dB typ)	70 mA	.600	40 min	5 GHz	TO-92, T16
7	18	---	ECG12	Hi Gain, Hi Current Gen Purp	5	.75	180 min	120	
30	14	ECG23	---	Lo Noise, UHF, VHF Amp, RF Amp, HF IF Amp (GPE = 15 dB typ)	50 mA	.25	80	2 GHz	
30	15	ECG105	---	RF/IF Video Amp, Osc	50 mA	.6	20 min	800 min	
30	30	ECG233	---	Gen Purp	.1	.625	45 typ	300	
30	30	---	ECG232	Gen Purp-Darlington	.3	.625	50,000 typ	175	
35	25	ECG69	---	TV UHF/VHF Amp	50 mA	.25	70 typ	800 min	
35	35	ECG107	---	TV UHF/VHF Amp	50 mA	.25	70 typ	800 min	
40	20	ECG11	---	Hi Gain, Hi Current Gen Purp	5	.75	200 min	150	
40	30	ECG319P	---	TV IF Amp, AGC Controlled (Includes Metal Shield)	50 mA	.5	35 typ	300 min	
40	40	ECG172A	---	Gen Purp-Darlington	.3	.4	7,000 min	60	
40	40	ECG229	---	VHF Osc, IF Amp	50 mA	.425	30 min	600	
45	45	ECG47	---	Gen Purp, Hi Gain Amp	.2	.35	500 min	140	
60	50	---	ECG234	Gen Purp, Hi Gain Amp	50 mA	.2	400 typ	80 min	
70	50	ECG199	---	Gen Purp, Hi Gain Amp	.1	.36	400 typ	90 min	
70	70	ECG85	---	Gen Purp Amp, Sw	.4	.6	120 min	200 min	
75/80	40/80	ECG123AP	ECG159	Gen Purp	.6/1.0	.6	200 typ	300/200	
90	80	ECG2341	ECG2342	Darlington Driver, Sw, t _{off} = 1.5 μs (typ)	1	.80	2,000 min	---	
100	80	ECG289A	ECG290A	Gen Purp, Pwr Amp	.5	.5	100 min	120	
100	100	ECG46	---	Gen Purp-Darlington	.5	.625	10,000 min	200	
180	160	ECG194	---	Hi Speed Sw, Amp, t _f = .4 μs (typ)	.6	.35	100 typ	100	
300	300	ECG287	ECG288	HV Gen Purp	.5	.625	40 min	50	



ECG	1	2	3
10	B	E	C
11	E	C	B
12	E	C	B
23	B	E	C
46	E	B	C
47	E	B	C
69	B	E	C
85	E	C	B
107	E	C	B
106	E	B	C
123AP	E	B	C
159	E	B	C
172A	E	C	B
194	E	B	C
199	E	C	B
225	B	E	C
232	E	B	C
233	E	B	C
234	E	C	B
257	E	B	C
282	E	E	C
285A	E	C	B
290A	E	C	B
319F	B	E	C
2341	E	C	B
2342	E	C	B

• TO-98 Alt. Case - Fig. T

SCL4040AB



CMOS 12-STAGE BINARY COUNTER

FEATURES

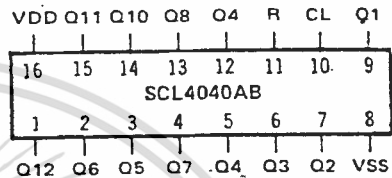
- ◆ 12 Fully Static Stages
- ◆ All 12 Buffered Outputs Available
- ◆ Common Reset Line
- ◆ 8MHz Counting Rate @ 10Vdc
- ◆ All Inputs Buffered

DESCRIPTION

The SCL4040AB consists of 12-ripple-carry binary counter stages with appropriate input buffers and reset circuitry. The counter is reset to its "all 0's" state by a high level on the Reset input. The counter is advanced one count on the negative-going transition of each input pulse. Isolation from external noise and the effects of loads is provided by output buffering.

Applications include time delay circuits, counter controls, and frequency dividers.

CONNECTION DIAGRAM (all packages)



Add suffix for package:

- C 16-pin Cerdip
- D 16-pin Ceramic
- E 16-pin Epoxy
- F 16-pin Flat
- H Chip

TRUTH TABLE

Clock	Reset	Output State
	0	No Change
	0	Advance to next state
x	1	All Outputs are low

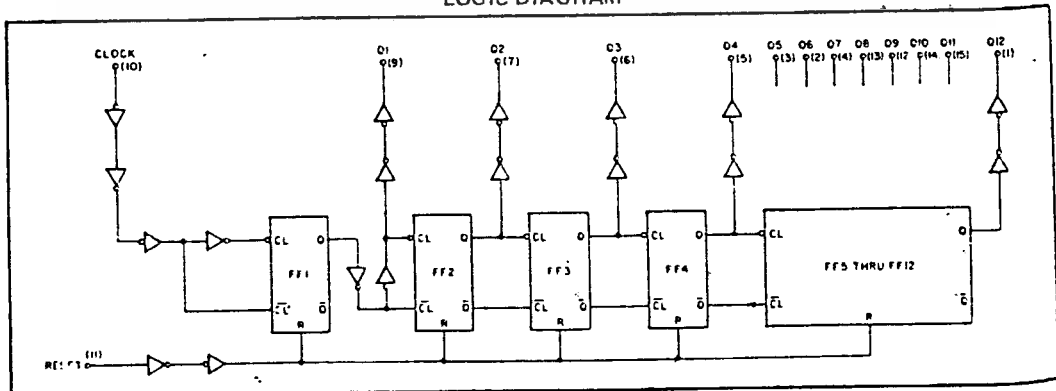
X = Don't Care

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

DC Supply Voltage	$V_{DD} - V_{SS}$	3 to 15	Vc
Operating Temperature	T_A	-55 to +125	°C
C, D, F, H Device		-40 to +85	°C
E Device			

LOGIC DIAGRAM



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS¹

PARAMETER	V _{DD} (V _{dc})	CONDITIONS	T _{LOW} ²		+25°C			T _{HIGH} ²		Units
			Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.	
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I _{DD}	5 V _{IN} =V _{SS} or V _{DD}	—	5	—	0.05	5	—	150	μAdc
		10 All valid input combinations	—	10	—	0.1	10	—	300	
		15	—	15	—	0.2	20	—	600	
OUTPUT HIGH (SOURCE) CURRENT C, D, F, H device	I _{OH}	5 V _{OH} =4.6V	-0.15	—	-0.12	-0.5	—	-0.08	—	mAdc
		10 V _{OH} =9.5V	-0.37	—	-0.3	-1.15	—	-0.21	—	
		15 V _{OH} =13.5V	-1.25	—	-1.0	-4.5	—	-0.69	—	
		V _{IN} =V _{SS} or V _{DD}								mAdc
		5 V _{OH} =4.6V	-0.14	—	-0.12	-0.5	—	-0.10	—	
		10 V _{OH} =9.5V	-0.35	—	-0.3	-1.15	—	-0.25	—	
OUTPUT LOW (SINK) CURRENT C, D, F, H device	I _{OL}	5 V _{OL} =0.4V	0.15	—	0.12	0.5	—	0.08	—	mAdc
		10 V _{OL} =0.5V	0.37	—	0.3	1.0	—	0.21	—	
		15 V _{OL} =1.5V	1.25	—	1.0	5.8	—	0.69	—	
		V _{IN} =V _{SS} or V _{DD}								mAdc
		5 V _{OL} =0.4V	0.14	—	0.12	0.5	—	0.10	—	
		10 V _{OL} =0.5V	0.35	—	0.3	1.0	—	0.25	—	

NOTES: ¹ Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".

² T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.

= -40°C for E device.

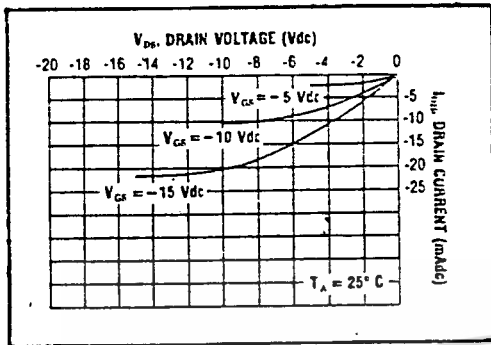
T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.

= + 85°C for E device.

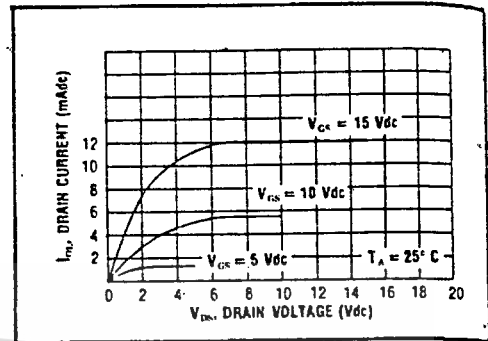
DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50pF, T_A = 25°C)

PARAMETER		V _{DD} (V _{dc})	Min.	Typ.	Max.	Units
CLOCKED OPERATION						
PROPAGATION DELAY TIME Clock to Q1	t _{PLH} , t _{PHL}	5	—	200	400	ns
		10	—	100	200	
		15	—	80	160	
Q _i to Q _{i+1}	t _{PLH} , t _{PHL}	5	—	150	300	ns
		10	—	75	150	
		15	—	60	120	
OUTPUT TRANSITION TIME	t _{TLH} , t _{TML}	5	—	180	360	ns
		10	—	90	180	
		15	—	65	130	
MINIMUM CLOCK PULSE WIDTH	PW _{CL}	5	—	100	200	ns
		10	—	50	100	
		15	—	40	80	
MAXIMUM CLOCK FREQUENCY	f _{CL}	5	2.0	4.0	—	MHz
		10	4.0	8.0	—	
		15	5.0	10.0	—	
MAXIMUM CLOCK RISE AND FALL TIME	t _{rCL} , t _{fCL}	5	15	—	—	μs
		10	15	—	—	
		15	5	—	—	
RESET OPERATION						
PROPAGATION DELAY TIME	t _{PHL}	5	—	300	600	ns
		10	—	150	300	
		15	—	120	240	
MINIMUM RESET PULSE WIDTH	PW _R	5	—	150	300	ns
		10	—	75	150	
		15	—	60	120	
RESET REMOVAL TIME	t _{rem}	5	—	250	500	ns
		10	—	125	250	
		15	—	100	200	

SCL4040AB

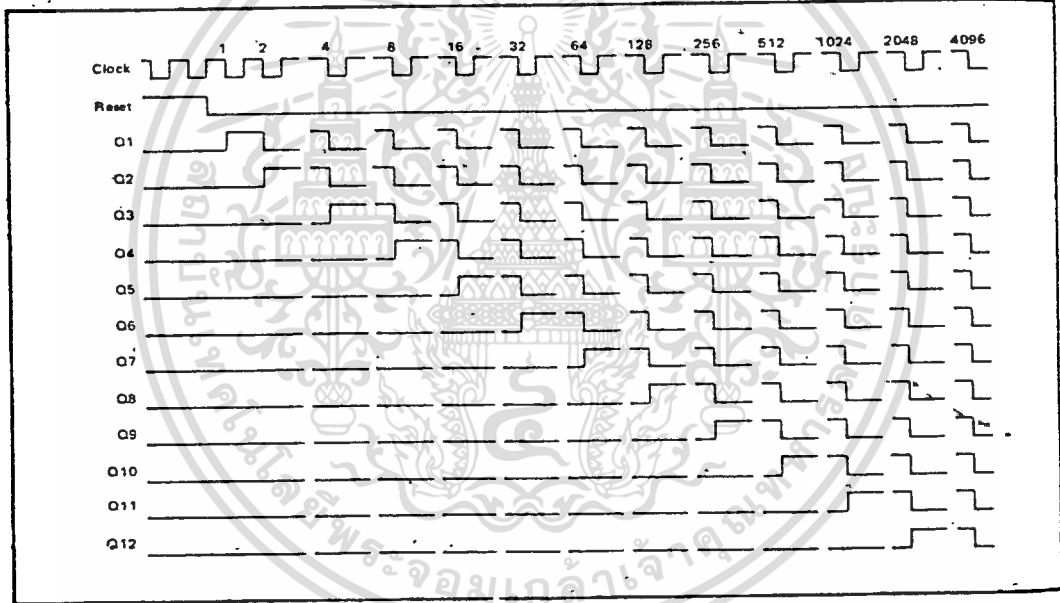


Typical P-Channel
Source Current Characteristics

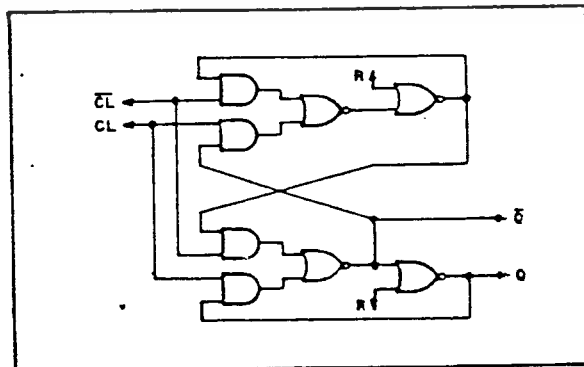


Typical N-Channel
Sink Current Characteristics

TIMING DIAGRAM



TYPICAL COUNTER STAGE



SCL4511B



CMOS BCD-TO-SEVEN SEGMENT LATCH/DECODER/DRIVER

FEATURES

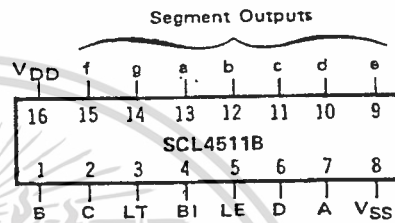
- High-Current Sourcing Bipolar Outputs (Up to 25 mA)
- Latched Storage of Input Code
- Blanking Input for Display Intensity Modulation
- Lamp Test Provision
- Readout Blanking for Illegal Input Combinations

DESCRIPTION

The SCL4511B provides the functions of a 4-bit storage latch, an 8421 BCD-to-seven segment decoder, and an output drive capability to source up to 25 mA of current. Lamp Test, Blanking, and Latch Enable inputs are used to test the display, turn off the display, and store a BCD code, respectively. It can be used with LED, incandescent, fluorescent, gas discharge, or liquid crystal readouts either directly or indirectly.

Applications include counter display drivers, seven-segment decimal display, and various clock, watch, and timer uses.

CONNECTION DIAGRAM (all packages)



Add suffix for package:

- C 16-pin Cerdip
- D 16-pin Ceramic
- E 16-pin Epoxy
- F 16-pin Flat
- H Chip

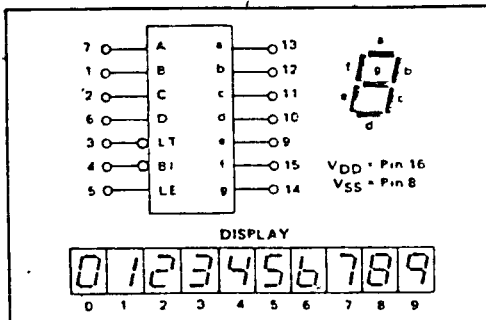
TRUTH TABLE

LE	BI	LT	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g	DISPLAY
X	X	0	X	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	8
X	0	1	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	2
0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	3
0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	5
0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7
0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	8
0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	9
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Blank
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	Blank
1	1	1	X	X	X	X	*	*	*	*	*	*	*	*

X = Don't care

* Depends upon the BCD code applied during the 0 to 1 transition of LE.

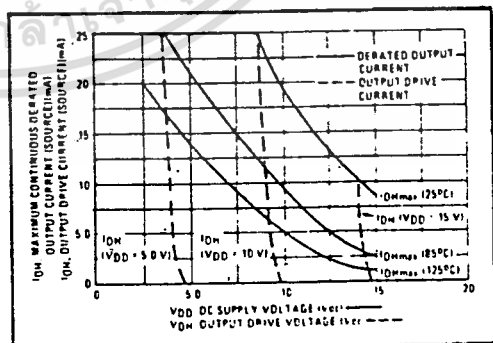
BLOCK DIAGRAM



RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

DC Supply Voltage	$V_{DD} - V_{SS}$	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	T_A	-55 to +125	°C
C, D, F, H Device		-40 to +85	°C
E Device			



Typical P-Channel Source Current Characteristics

The maximum continuous (worst case) derated output drive current applies to a single output with all other outputs sourcing an equal amount of current. Operation above the derating curve at a given temperature is not recommended.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS¹

PARAMETER	V _{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T _{LOW} ²		+25°C			T _{HIGH} ³		Units
			Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.	
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I _{DD}	V _{IN} = V _{ES} or V _{DD} All valid input combinations	—	5	—	0.05	5	—	150	μAdc
			—	10	—	0.1	10	—	300	
			—	20	—	0.2	20	—	600	
OUTPUT DRIVE VOLTAGE	V _{OUT}	I _{OH} = 0 mAdc - 5 -10 -15 -20 -25	4.99	—	4.99	5.0	—	4.95	—	Vdc
			—	—	—	4.25	—	—	—	
			—	—	3.9	4.13	—	—	—	
			—	—	—	3.95	—	—	—	
			—	—	3.4	3.75	—	—	—	
			—	—	—	3.5	—	—	—	
	10	I _{OH} = 0 mAdc - 5 -10 -15 -20 -25	9.95	—	9.99	10	—	9.95	—	Vdc
			—	—	—	9.25	—	—	—	
			—	—	9.0	9.15	—	—	—	
			—	—	—	9.03	—	—	—	
			—	—	8.6	8.90	—	—	—	
			—	—	—	8.75	—	—	—	
	15	I _{OH} = 0 mAdc - 5 -10 -15 -20 -25	14.99	—	14.99	15	—	14.95	—	Vdc
			—	—	—	14.25	—	—	—	
			—	—	14.0	14.18	—	—	—	
			—	—	—	14.06	—	—	—	
			—	—	13.6	13.95	—	—	—	
			—	—	—	13.80	—	—	—	
OUTPUT LOW (SINK) CURRENT C, D, F, H device	I _{OL}	V _{OL} = 0.4V	1.9	—	1.5	3.4	—	1.1	—	mAdc
		V _{OL} = 0.5V	5.0	—	4.0	6.5	—	2.8	—	
		V _{OL} = 1.5V V _{IN} = V _{ES} or V _{DD}	13.6	—	11.0	24	—	7.7	—	
	E device	V _{OL} = 0.4V	1.8	—	1.5	3.4	—	1.2	—	mAdc
		V _{OL} = 0.5V	4.8	—	4.0	6.5	—	3.2	—	
		V _{OL} = 1.5V V _{IN} = V _{ES} or V _{DD}	13.2	—	11.0	24	—	8.8	—	

NOTE: ¹ Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".² T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.

= -40°C for E device.

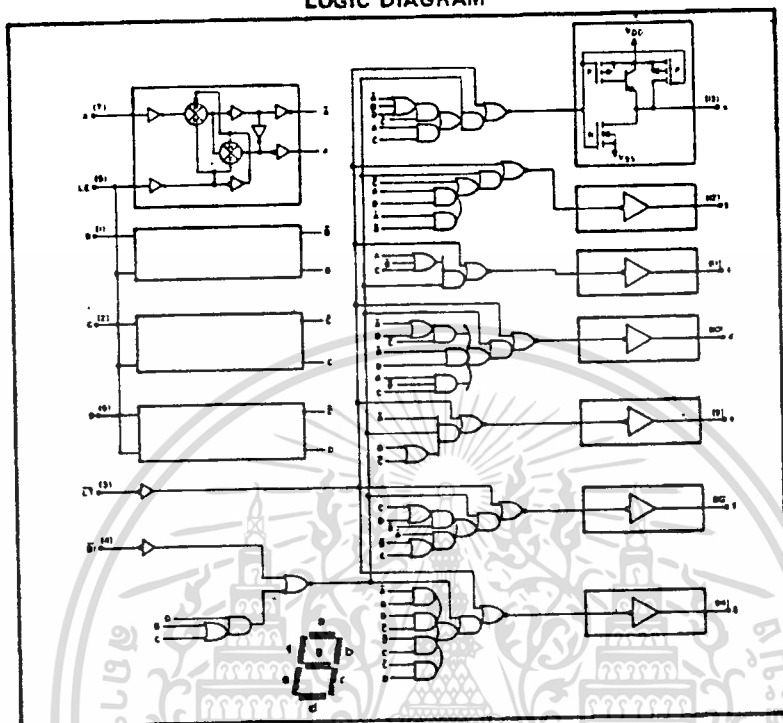
T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.

= + 85°C for E device.

DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50pF, T_A = 25°C)

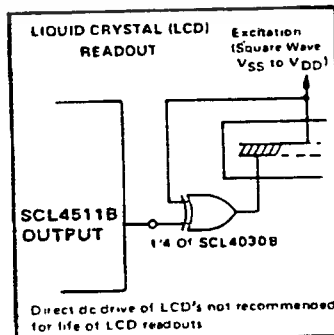
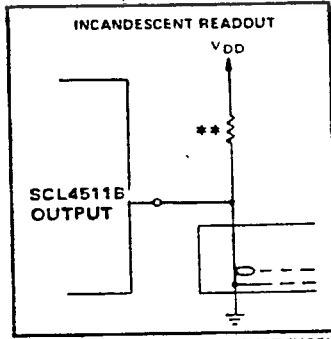
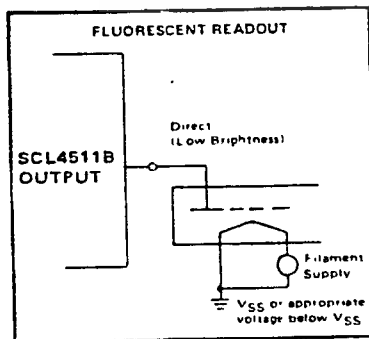
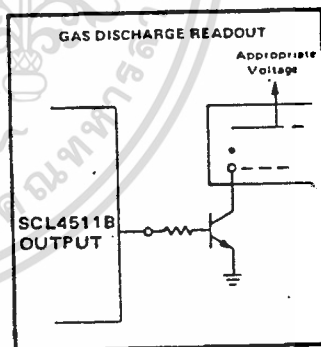
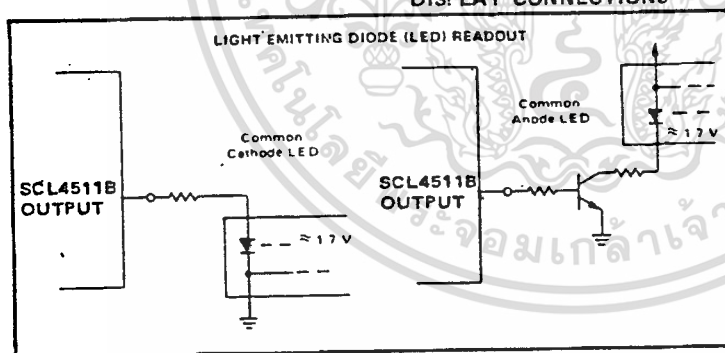
PARAMETER	V _{DD} (Vdc)	t _{in}	Typ.	Max.	Units
PROPAGATION DELAY TIME From Data Inputs	t _{PLH}	5	—	650	ns
		10	—	250	
		15	—	200	
	t _{PWL}	5	—	750	ns
		10	—	300	
		15	—	200	
From Blanking Input	t _{PLH}	5	—	300	ns
		10	—	125	
		15	—	100	
	t _{PWL}	5	—	500	ns
		10	—	200	
		15	—	160	
From Lamp Test Input	t _{PLH}	5	—	300	ns
		10	—	120	
		15	—	90	
	t _{PWL}	5	—	325	ns
		10	—	130	
		15	—	95	
OUTPUT TRANSITION TIME	t _{TLH}	5	—	50	ns
		10	—	40	
		15	—	35	
	t _{THL}	5	—	1000	ns
		10	—	1000	
		15	—	1000	
MINIMUM DATA INPUT SETUP TIME	t _{setup}	5	—	90	ns
		10	—	40	
		15	—	20	
MINIMUM DATA INPUT HOLD TIME	t _{hold}	5	—	-90	ns
		10	—	-40	
		15	—	-20	
MINIMUM LATCH ENABLE PULSE WIDTH	PW _{LT}	5	—	260	ns
		10	—	110	
		15	—	65	

LOGIC DIAGRAM



APPLICATIONS INFORMATION

DISPLAY CONNECTIONS



••A filament pre warm resistor is recommended to reduce filament thermal shock and increase the effective cold resistance of the filament.



MM54C160/MM74C160 Decade Counter with Asynchronous Clear MM54C161/MM74C161 Binary Counter with Asynchronous Clear MM54C162/MM74C162 Decade Counter with Synchronous Clear MM54C163/MM74C163 Binary Counter with Synchronous Clear

general description

These (synchronous presettable up) counters are monolithic complementary MOS (CMOS) integrated circuits constructed with N and P channel enhancement mode transistors. They feature an internal carry lookahead for fast counting schemes and for cascading packages without additional gating.

A low level at the load input disables counting and causes the outputs to agree with the data input after the next positive clock edge. The clear function for the C162 and C163 is synchronous and a low level at the clear input sets all four outputs low after the next positive clock edge. The clear function for the C160 and C161 is asynchronous and a low level at the clear input sets all four outputs low regardless of the state of the clock.

Counting is enabled when both count enable inputs are high. Input T is fed forward to also enable the carry out. The carry output is a positive pulse with a duration approximately equal to the positive portion of Q_A and can be used to enable successive cascaded stages. Logic transitions at the enable P or T inputs can occur when the clock is high or low.

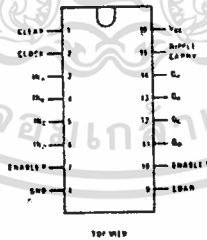
features

- High noise margin
- High noise immunity
- Tenth power TTL compatible
- Wide supply voltage range
- Internal look-ahead for fast counting schemes
- Carry output for N-bit cascading
- Load control line
- Synchronously programmable

1V guaranteed
0.45 V_{CC} typ
drives 2 LPTTL loads

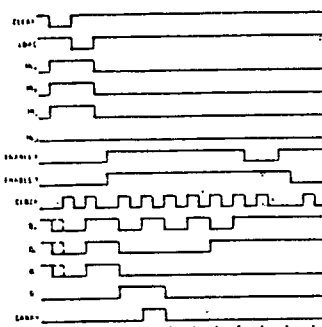
3V to 15V

connection diagram

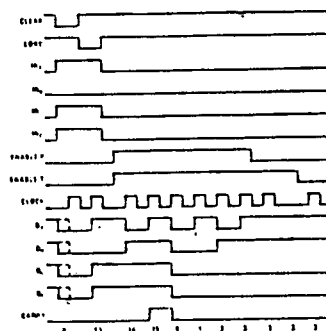


logic waveforms

C160, ... C162 Decade Counters



C161, ... C163 Binary Counters



MM54C160/MM74C160, MM54C161/MM74C161, MM54C162/MM74C162, MM54C163/MM74C163

absolute maximum ratings

Voltage At Any Pin (Note 1) -0.3V to $V_{CC} + 0.3V$
 Operating Temperature MM54C160/1/2/3 -55°C to +125°C
 MM74C160/1/2/3 -40°C to +85°C
 Storage Temperature -65°C to +150°C

Maximum V_{CC} Voltage
 Package Dissipation
 Operating V_{CC} Range
 Lead Temperature (Soldering 10 sec.)

18V
 500mW
 -3V to +15V
 300°C

electrical characteristics

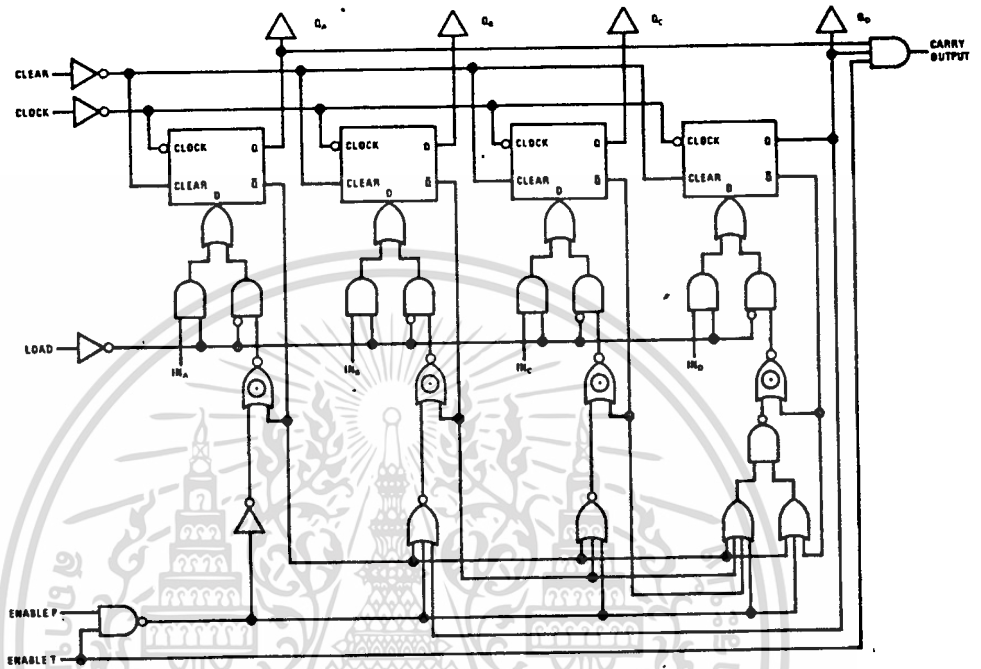
Min/Max limits apply across temperature range unless otherwise specified.

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
CMOS to CMOS					
Logical "1" Input Voltage $V_{IN(1)}$	$V_{CC} = 5V$ $V_{CC} = 10V$	3.5 8.0			V V
Logical "0" Input Voltage $V_{IN(0)}$	$V_{CC} = 5V$ $V_{CC} = 10V$			1.5 2.0	V V
Logical "1" Output Voltage $V_{OUT(1)}$	$V_{CC} = 5V, I_O = -10\mu A$ $V_{CC} = 10V, I_O = -10\mu A$	4.5 9.0			V V
Logical "0" Output Voltage $V_{OUT(0)}$	$V_{CC} = 5V, I_O = +10\mu A$ $V_{CC} = 10V, I_O = +10\mu A$			0.5 1.0	V V
Logical "1" Input Current $I_{IN(1)}$	$V_{CC} = 15V, V_{IN} = 15V$		-0.005	1.0	μA
Logical "0" Input Current $I_{IN(0)}$	$V_{CC} = 15V, V_{IN} = 0V$	-1.0	-0.005		μA
Supply Current I_{CC}	$V_{CC} = 15V$		0.05	300	μA
Input Capacitance	Any Input		5		pF
Propagation Delay Time from Clock to Q t_{pd0} or t_{pd1}	$V_{CC} = 5V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$ $V_{CC} = 10V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$		250 100	400 160	ns ns
Propagation Delay Time from Clock to Carry Out t_{pd0} or t_{pd1}	$V_{CC} = 5V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$ $V_{CC} = 10V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$		290 120	450 190	ns ns
Propagation Delay Time from T Enable to Carry Out t_{pd0} or t_{pd1}	$V_{CC} = 5V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$ $V_{CC} = 10V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$		180 70	290 120	ns ns
Propagation Time from Clear to Q t_{pd0} (C160 and C161 only)	$V_{CC} = 5V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$ $V_{CC} = 10V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$		190 80	300 150	ns ns
Time Prior to Clock that Data or Load Must be Present t_{SETUP}	$V_{CC} = 5V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$ $V_{CC} = 10V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$		120 30		ns ns
Time Prior to Clock that Enable P or T Must be Present t_{SETUP}	$V_{CC} = 5V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$ $V_{CC} = 10V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$		170 70	280 120	ns ns
Time Prior to Clock that Clear Must be Present t_{SETUP} (162, 163 only)	$V_{CC} = 5V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$ $V_{CC} = 10V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$		120 50	190 80	ns ns
Minimum Clock Pulses Width	$V_{CC} = 5V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$ $V_{CC} = 10V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$		90 35	170 70	ns ns
t_{WL} or t_{WH}	$V_{CC} = 5V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$ $V_{CC} = 10V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$			15 5.0	μs μs
Maximum Clock Rise or Fall Time	$V_{CC} = 5V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$ $V_{CC} = 10V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$				
Maximum Clock Frequency	$V_{CC} = 5V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$ $V_{CC} = 10V, C_L = 50pF, T_A = 25^\circ C$	2.0 5.5	3.0 6.5		MHz MHz
CMOS/LPTTL INTERFACE					
Logical "1" Input Voltage 54C 74C	$V_{CC} = 4.5V$ $V_{CC} = 4.75V$	$V_{CC}-1.5$ $V_{CC}-1.5$			V V
Logical "0" Input Voltage 54C 74C	$V_{CC} = 4.5V$ $V_{CC} = 4.75V$			0.8 0.8	V V
Logical "1" Output Voltage 54C 74C	$V_{CC} = 4.5V, I_O = -360\mu A$ $V_{CC} = 4.75V, I_O = -360\mu A$	2.4 2.4			V V
Logical "0" Output Voltage 54C 74C	$V_{CC} = 4.5V, I_O = +360\mu A$ $V_{CC} = 4.75V, I_O = +360\mu A$			0.4 0.4	V V
OUTPUT DRIVE (See 54C/74C Family Characteristics Data Sheet)					
Output Source Current I_{SOURCE}	$V_{CC} = 5V, V_{IN(0)} = 0V, V_{OUT} = 0V, T_A = 25^\circ C$	1.75			mA
Output Source Current I_{SOURCE}	$V_{CC} = 10V, V_{IN(0)} = 0V, V_{OUT} = 0V, T_A = 25^\circ C$	8.0			mA
Output Sink Current I_{SINK}	$V_{CC} = 5V, V_{IN(1)} = 5V, V_{OUT} = V_{CC}, T_A = 25^\circ C$	1.75			mA
Output Sink Current I_{SINK}	$V_{CC} = 10V, V_{IN(1)} = 10V, V_{OUT} = V_{CC}, T_A = 25^\circ C$	8.0			mA

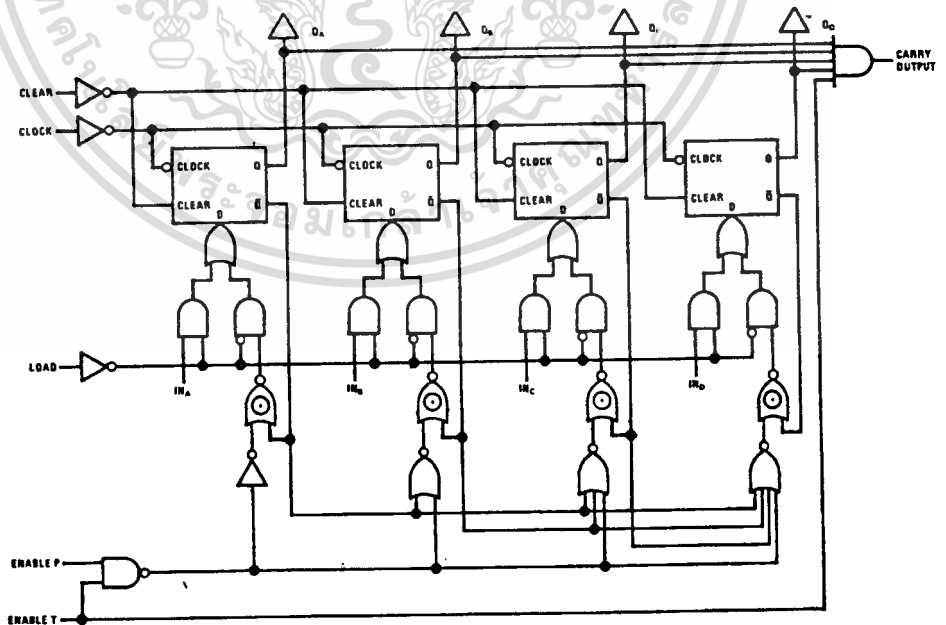
Note 1: This device should not be connected during power on conditions

logic diagrams

MM74C160, MM74C162; Clear is Synchronous for the MM74C162



MM74C161, MM74C163; Clear is Synchronous for the MM74C163





MM54C175/MM74C175 Quad D Flip-Flop

general description

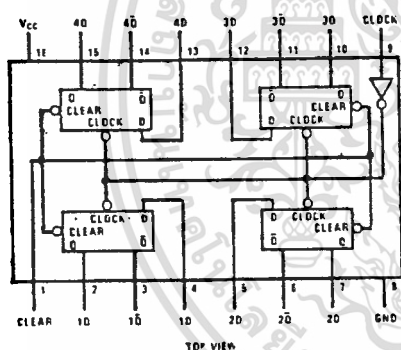
The MM54C175/MM74C175 consists of four positive-edge-triggered D-type flip-flops implemented with monolithic CMOS technology. Both true and complemented outputs from each flip-flop are externally available. All four flip-flops are controlled by a common clock and a common clear. Information at the D inputs meeting the set-up time requirements is transferred to the Q outputs on the positive going edge of the clock pulse. The clearing operation, enabled by a negative pulse at Clear input, clears all four Q outputs to logical "0" and $\bar{Q}$'s to logical "1."

All inputs are protected from static discharge by diode clamps to V_{CC} and GND.

features

- Wide supply voltage range¹ 3.0V to 15V
- Guaranteed noise margin 1.0V
- High noise immunity .045 V_{CC} typ
- Low power fan out of 2
- TTL compatibility driving 74L

connection diagram and truth table.

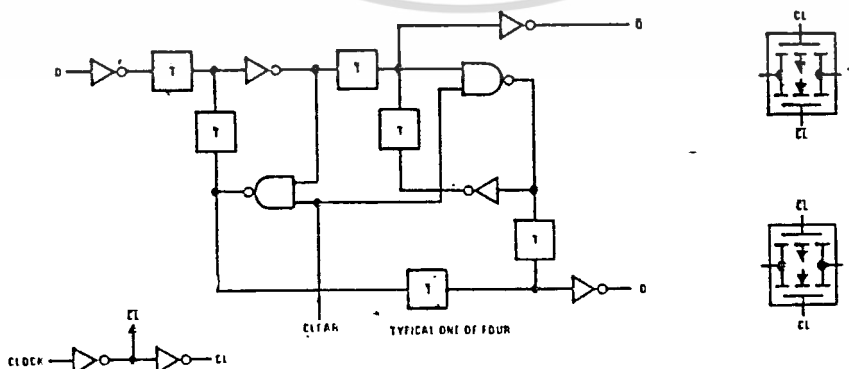


Each Flip-Flop

INPUTS			OUTPUTS	
CLEAR	CLOCK	D	Q	$\bar{Q}$
L	X	X	L	H
H	1	H	H	L
H	1	L	L	H
H	H	X	NC	NC
H	L	X	NC	NC

H = High level
L = Low level
X = Irrelevant
1 = Transition from low to high level
NC = No change

logic diagrams



absolute maximum ratings (Note 1)

Voltage at Any Pin	-0.3V to $V_{CC} + 0.3V$
Operating Temperature Range	-55°C to +125°C
MM54C175	-40°C to +85°C
MM74C175	-65°C to +150°C
Storage Temperature Range	500 mW
Package Dissipation	3.0V to 15V
Operating V_{CC} Range	18V
Absolute Maximum V_{CC}	300°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	

dc electrical characteristics Min/max limits apply across temperature range, unless otherwise noted.

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
CMOS TO CMOS					
Logical "1" Input Voltage ($V_{IN(1)}$)	$V_{CC} = 5.0V$ $V_{CC} = 10V$	3.5 8.0			V V
Logical "0" Input Voltage ($V_{IN(0)}$)	$V_{CC} = 5.0V$ $V_{CC} = 10V$			1.5 2.0	V V
Logical "1" Output Voltage ($V_{OUT(1)}$)	$V_{CC} = 5.0V, I_O = -10\mu A$ $V_{CC} = 10V, I_O = -10\mu A$	4.5 9.0			V V
Logical "0" Output Voltage ($V_{OUT(0)}$)	$V_{CC} = 5.0V, I_O = 10\mu A$ $V_{CC} = 10V, I_O = 10\mu A$			0.5 1.0	V V
Logical "1" Input Current ($I_{IN(1)}$)	$V_{CC} = 15V, V_{IN} = 15V$		0.005	1.0	μA
Logical "0" Input Current ($I_{IN(0)}$)	$V_{CC} = 15V, V_{IN} = 0V$	-1.0	-0.005		μA
Supply Current (I_{CC})	$V_{CC} = 15V$		0.05	300	μA
CMOS/LPTTL INTERFACE					
Logical "1" Input Voltage ($V_{IN(1)}$) MM54C175 MM74C175	$V_{CC} = 4.5V$ $V_{CC} = 4.75V$	$V_{CC}-1.5$ $V_{CC}-1.5$			V V
Logical "0" Input Voltage ($V_{IN(0)}$) MM54C175 MM74C175	$V_{CC} = 4.5V$ $V_{CC} = 4.75V$			0.8 0.8	V V
Logical "1" Output Voltage ($V_{OUT(1)}$) MM54C175 MM74C175	$V_{CC} = 4.5V, I_O = -360\mu A$ $V_{CC} = 4.75V, I_O = -360\mu A$	2.4 2.4			V V
Logical "0" Output Voltage ($V_{OUT(0)}$) MM54C175 MM74C175	$V_{CC} = 4.5V, I_O = 360\mu A$ $V_{CC} = 4.75V, I_O = 360\mu A$			0.4 0.4	V V
OUTPUT DRIVE (See 54C/74C Family Characteristics Data Sheet)					
Output Source Current (I_{SOURCE}) (P-Channel)	$V_{CC} = 5.0V, V_{OUT} = 0V$ $T_A = 25^\circ C$	-1.75	-3.3		mA
Output Source Current (I_{SOURCE}) (P-Channel)	$V_{CC} = 10V, V_{OUT} = 0V$ $T_A = 25^\circ C$	-8.0	-15		mA
Output Sink Current (I_{SINK}) (N-Channel)	$V_{CC} = 5.0V, V_{OUT} = V_{CC}$ $T_A = 25^\circ C$	1.75	3.6		mA
Output Sink Current (I_{SINK}) (N-Channel)	$V_{CC} = 10V, V_{OUT} = V_{CC}$ $T_A = 25^\circ C$	8.0	16		mA

ac electrical characteristics $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_L = 50\text{ pF}$, unless otherwise specified.

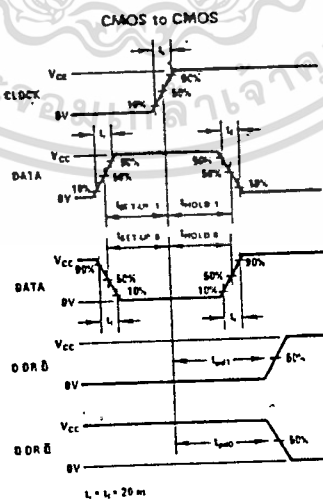
PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Propagation Delay Time to a Logical "0" (t_{pd0}) or Logical "1" (t_{pd1}) from Clock to Q or $\bar{Q}$	$V_{CC} = 5.0\text{V}$ $V_{CC} = 10\text{V}$		190 75	300 110	ns ns
Propagation Delay Time to a Logical "0" from Clear to Q	$V_{CC} = 5.0\text{V}$ $V_{CC} = 10\text{V}$		180 70	300 110	ns ns
Propagation Delay Time to a Logical "1" from Clear to $\bar{Q}$	$V_{CC} = 5.0\text{V}$ $V_{CC} = 10\text{V}$		230 90	400 150	ns ns
Time Prior to Clock Pulse that Data must be Present (t_{SET-UP})	$V_{CC} = 5.0\text{V}$ $V_{CC} = 10\text{V}$	100 40	45 16		ns ns
Time after Clock Pulse that Data must be Held (t_{HOLD})	$V_{CC} = 5.0\text{V}$ $V_{CC} = 10\text{V}$		-11 -4	0 0	ns ns
Minimum Clock Pulse Width	$V_{CC} = 5.0\text{V}$ $V_{CC} = 10\text{V}$		130 45	250 100	ns ns
Minimum Clear Pulse Width	$V_{CC} = 5.0\text{V}$ $V_{CC} = 10\text{V}$		120 45	250 100	ns ns
Maximum Clock Rise Time	$V_{CC} = 5.0\text{V}$ $V_{CC} = 10\text{V}$	15 5.0	450 125		μs μs
Maximum Clock Fall Time	$V_{CC} = 5.0\text{V}$ $V_{CC} = 10\text{V}$	15 5.0	50 50		μs μs
Maximum Clock Frequency	$V_{CC} = 5.0\text{V}$ $V_{CC} = 10\text{V}$	2.0 5.0	3.5 10		MHz MHz
Input Capacitance (C_{IN})	Clear Input (Note 2) Other Input		10 5.0		pF pF
Power Dissipation Capacitance (C_{PD})	Per Package (Note 3)		130		pF

Note 1: "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. Except for "Operating Temperature Range" they are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The table of "Electrical Characteristics" provides conditions for actual device operation.

Note 2: Capacitance is guaranteed by periodic testing.

Note 3: C_{PD} determines the no load ac power consumption of any CMOS device. For complete explanation see 54C/74C Family Characteristics application note, AN-90.

switching time waveforms



กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ก็เนื่องด้วยได้รับความแนะนำจาก ผศ. อภินันท์ มัชฌานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษา และความช่วยเหลือจากเพื่อน ๆ ทุกคน ที่ให้ยืมอุปกรณ์ แรงกาย ตลอดจนกำลังใจ จึงขอขอบคุณมา ณ.โอกาสนี้ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. กฤษฎา วิศวธีรานนท์ , "เรียน/เล่น/ใช้ ไอซีดิจิทัล" , คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2531.
2. เขาวน ชินรักษ์ และ พรณี ชินรักษ์ , "ชีววิทยา" , คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2529.
3. คร.มงคล เกษนครินทร์ และ คร.ชาติ ศรีไพวรรณ , "อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน" , คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2528.
4. รศ.เย็น ภูสุวรรณ และ วัฒนา เขียงกุล , "ไมโครโปรเซสเซอร์-ไมโครคอมพิวเตอร์" , ซีเอ็ดดูเคชั่น , 2531.
5. กลุ่ม CNS , "ออปแอมป์" , ฟิสิกส์เซนเตอร์.
6. ภาควิชาสัตววิทยา , "ชีววิทยา" , คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์-นครปฐม , 2530.
7. อุคม ณ.น่าน , "อิเล็กทรอนิกส์ดิจิทัล" , คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
8. กฤษฎา วิศวธีรานนท์ , "มาเรียนรู้ออปแอมป์ กันเถอะ" , วารสารเคมีคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ , ฉบับที่ 78 , 2530 , หน้า 148-159.
9. นิตินัย สุบรรณเสนี , "สลับเรตในออปแอมป์" , วารสารเคมีคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ , ฉบับที่ 87 , 2531 , หน้า 216-221.
10. Hewlett-Packard , "Optoelectronics / Fiber-Optics Application" , McGraw-Hill , 1981.
11. Tischlet Morris , "Optoelectronics : a text-lab manual" , New York book , 1986.