ปีการศึกษา 2530

เครื่องทดสอบเครื่องจักรกลทางไฟฟ้า

โดย

นาย ลมศักดิ์ บุญมี เลขประจำตัว 27.1269

นาย เอกพงศ์ สุขเฉหกุล เลขประจำตัว 27.1296

นาย เกียรติ จิระมานะพันธ์ เลขประจำตัว 27.1301

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. ประภาษ ไพรสุวรรณา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2530

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องทดสอบเครื่องจักรกลทางไฟฟ้า

ผู้จัดทำ

1. นาย สมศักดิ์ บุญมี (27-1269)
2. นาย เอกพงศ์ สุขเณศกุล (27-1296)
3. นาย เกียรติ จิระมานะพันธ์ (27-1301)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. ประกาษ ไพรสุวรรณา)

เครื่องทดสอบเครื่องจักรกลทางไฟฟ้า

สมศักดิ์ บุญมี
เอกพงศ์ สุขเกษกุล
เกียรติ จิระมวนะพันธ์
ผศ. ประภาษ ไพรสุวรรณา อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2530

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันนี้ ทางโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ต้องใช้เครื่องจักรกลทางไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก ซึ่งเครื่องจักรเหล่านี้จำเป็นจะต้องมีคุณภาพในการใช้งานตามคุณสมบัติที่ระบุมาบนแผ่นป้าย(name plate)ของแต่ละชนิด ถ้าคุณสมบัติเหล่านี้ไม่ได้ตามข้อกำหนดอาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อระบบหรือการผลิตได้ จึงจำเป็นต้องมีการทดสอบคุณสมบัติของเครื่องจักรนี้ ก่อนจะนำมาใช้งาน นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้เพื่อช่วยในการศึกษาทางด้านเครื่องจักรกลทางไฟฟ้า โดยได้นำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการประมวลผลด้วย

หลักการของเครื่องทดสอบเครื่องจักรกลทางไฟฟ้า โดยการนำเครื่องจักรกลทางไฟฟ้ามาต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง(coupling with DC.Generator) เพื่อช่วยในการวัดแรงบิด (torque) ของเครื่องจักรกลทางไฟฟ้า และทำการวัดความเร็วรอบ(speed) เพื่อนำเข้าไปประมวลผลในคอมพิวเตอร์ และแสดงคุณสมบัติของเครื่องจักรกลทางไฟฟ้าออกมาเป็นกราฟขณะใช้งานในภาวะต่างๆ และสามารถนำไปเปรียบเทียบกับหลักการทางทฤษฎีได้

MACHINE TESTER

SOMSAK BOONMEE 271269

AKEKAPHONG SUKNETKUL 271296

KIAT CHIRAMANAPHUN 271301

Assistant Profressor PRAPAS PRISUWUNNA (Advisor)

Abstract

Nowadays ,a lot of electrical machine have been facilitized in industrail factories , which there have to be as high quality as specific characteristic on their name plates of machine of each types . Disaster may be occured on the systems or the prodctive process , if their charateristics aren't like the specific . Therefore , the characteristics machine testing are required , before use . In the other hand its experiments can be used to study electrical machine operation and then computer have been applied with a processing of these .

The operation of machine tester is that ; bring electrical machine which has to be tested coupling to dynamometer for torque measurement and use tachometer for speed measurement , throughout voltage,amper,and power measurement And the measurement result are shown on digital displays , then take them into computer to commute and show the characteristics in graph and can be compared with the theory .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

ส่วนที่ 1 เครื่องวัดความเร็วรอบ และ เครื่องวัดแรงบิด

บทที่ 1	ทรานสดิวเซอร์	หน้า	1
บทที่ 2	ดิจิตอลโวล์ทมิเตอร์ 3หลักครึ่ง	หน้า	27
บทที่ 3	ดิจิตอลสปีดทรานสดิวเซอร์	หน้า	38
บทที่ 4	การคำนวณและการออกแบบ	หน้า	45
บทที่ 5	การทดลองและผลการทดลอง	หน้า	50
บทที่ 6	บทสรุป และ วิจารณ์	หน้า	54

ส่วนที่ 2 การอ่านข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์

บทที่ 1	บทนำ	หน้า	1
บทที่ 2	หลักการ และ ทฤษฎี	หน้า	2
บทที่ 3	การออกแบบวงจร	หน้า	14
บทที่ 4	ผลการทดลอง	หน้า	17
บทที่ 5	สรุป และ วิจารณ์	หน้า	22

ภาคผนวก	หน้า	ก
กิตติกรรมประกาศ	หน้า	ข
หนังสืออ้างอิง	หน้า	ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
ทรานสดิวเซอร์

ทรานสดิวเซอร์เป็นอุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานอย่างหนึ่งให้กลับกลายเป็นพลังงานอีกอย่างหนึ่ง ทรานสดิวเซอร์ทำให้ขอบเขตการทำงานของวิชาการทางด้านไฟฟ้าและอีเล็กทรอนิกส์กว้างขวางขึ้น ซึ่งก็หมายถึง การทำให้เกิดประโยชน์มากขึ้นนั่นเอง จะขอยกตัวอย่าง การทำงานของเครื่องขยายเสียง ซึ่งเป็นอุปกรณ์อีเล็กทรอนิกส์ที่ทุกคนรู้จักกันดีและใช้กันเป็นประจำในชีวิตประจำวัน เครื่องขยายเสียงประกอบด้วยไมโครโฟน ออดิโอแอมปลิไฟเออร์ และลำโพงเสียง ไมโครโฟนทำหน้าที่รับเสียงพูดและเปลี่ยนให้เป็นพลังงานไฟฟ้า และด้วยเสียงพูดธรรมดานั้น ไมโครโฟนจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลของคลื่นเสียงได้เป็นพลังงานไฟฟ้าที่มีศักย์ไฟฟ้าประมาณ 0.5-1 โวลท์ สัญญาณไฟฟ้านี้จะถูกขยายโดยออดิโอแอมปลิไฟเออร์ให้มีพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้น คือมีศักย์ไฟฟ้าเพิ่มเป็นจำนวน 10 หรือ 100 โวลต์ แล้วจึงทำหน้าที่ไปขับลำโพงเสียงให้ทำงาน จนได้เป็นเสียงพูดที่ถูกขยายให้ดังขึ้นมากมายหลายเท่า จะเห็นได้ว่าถ้าปราศจากทรานสดิวเซอร์ คือ ไมโครโฟนและลำโพงเสียงแล้ว จะไม่สามารถมีเครื่องขยายเสียงได้ ปัจจุบันนี้ทรานสดิวเซอร์มีบทบาทมาก สามารถแปลงหรือเปลี่ยนพลังงานนานาชนิดให้เป็นพลังงานอีกอย่างหนึ่งได้

1. ส่วนประกอบของทรานสดิวเซอร์

โดยทั่วไปทรานสดิวเซอร์จะประกอบด้วยส่วนใหญ่ ๆ 2 ส่วน คือ

(1) ส่วนที่รับพลังงาน (Sensing Part) ส่วนนี้ทำหน้าที่รับพลังงานแล้วทำหน้าที่ปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมขึ้น ตัวอย่างเช่น ทรานสดิวเซอร์ที่ใช้วัดความดันโดยอาศัยกลไกของการเปลี่ยนแปลงอินดัคแตนซ์ชนิดหนึ่งซึ่งประกอบด้วยไดอะแฟรมสำหรับรับความดัน จากไดอะแฟรมจะมีก้านไปต่อกับแกนของทรานสฟอร์เมอร์ เมื่อความดันเปลี่ยนแปลงไป จะทำให้แกนของทรานสฟอร์เมอร์เคลื่อนที่จึงเป็นผลให้อินดัคแตนซ์เปลี่ยนแปลงไป ส่วนต้นของทรานสดิวเซอร์คือส่วนของไดอะแฟรมนั้นถือได้ว่าเป็น Sensing part เพราะทำหน้าที่รับการเปลี่ยนแปลงความดัน และขยายหรือปรับปรุงการเปลี่ยนแปลงของความดันให้เป็นการเคลื่อนที่ ซึ่งก็ยังเป็นพลังงานชนิดเดียวกันอยู่ ยังไม่ได้ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานกลของความดันให้เป็นพลังงานอย่างอื่น

2. ส่วนที่เปลี่ยนแปลงพลังงาน (transduction part)

ส่วนนี้ของทรานสดิวเซอร์ทำหน้าที่เปลี่ยนหรือแปลงพลังงาน จากตัวอย่างของทรานสดิวเซอร์ สำหรับวัดความดันที่กล่าวถึงข้างต้นนั้น ส่วนของทรานสฟอร์เมอร์ คือทั้งแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และทั้งขดลวด ถือได้ว่าเป็น transduction part เนื่องจากส่วนนี้ทำหน้าที่เปลี่ยนจากพลังงานกลของความดันให้เป็นพลังงานไฟฟ้า คือเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอินดัยแตนซ์ของทรายสฟอร์เมอร์ จอทำให้คุณสมบัติอย่างหนึ่งของไฟฟ้าคือศักย์ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปด้วย

2. การแบ่งชนิดของทรานสดิวเซอร์

เนื่องจากทรานสดิวเซอร์มีบทบาทกว้างขวางมากในการทำงาน ดังนั้นการแบ่งชนิดจึงมีได้หลายอย่างเช่นกัน ทั้งนี้อาศัยหลักเกณฑ์ต่าง ๆ กันในการแบ่ง

2.1 แบ่งตามความต้องการพลังงานของทรานสดิวเซอร์

(1) แอ็คตีฟทรานสดิวเซอร์ เป็นทรานสดิวเซอร์ที่สามารถปล่อยพลังงานได้เอง เช่น โฟโต้อีเล็คติริคเซลล์บางชนิด เมื่อได้รับพลังงานแล้วจะสามารถปล่อยพลังงานไฟฟ้าได้เองเป็นต้น

(2) พลาสีฟทรานสดิวเซอร์ เป็นทรานสดิวเซอร์ที่ปล่อยพลังงานไม่ได้เอง ต้องอาศัยพลังงานจากภายนอก เช่นอินดักแตนซ์ทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ทรานสฟอร์เมอร์นั้น จะสามารถทำงานได้ต้องป้อนไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดของทรานสดิวเซอร์ จึงจะสามารถทำให้ศักย์ไฟฟ้าทางเอาท์พุทเปลี่ยนแปลงไปได้

อย่างไรก็ดี การแบ่งเป็นแอ็คตีฟและพลาสีฟทรานสดิวเซอร์อาจอาศัยหลักการที่อธิบายอีกอย่างหนึ่งได้ เช่นอาศัยว่าพลังงานของสัญญาณทางด้านอินพุทนั้นถูกป้อนโดยอินพุทหรือไม่ ถ้าถูกป้อนจะเรียกว่าเป็นพาสสีฟทรานสดิวเซอร์ หรือถ้าพลังงานเอาท์พุทไม่ถูกป้อนโดยอินพุท จะเรียกว่าเป็นแอ็คตีฟทรานสดิวเซอร์ ดังนั้น ตามหลักการดังกล่าวนี้ แอ็คตีฟ-ทรานสดิวเซอร์จึงเป็นทรานสดิวเซอร์ที่ซึ่งถูกเลี้ยงโดยต้นตอของพลังงานภายนอก แม้ว่าจะถูกควบคุมโดยสัญญาณอินพุทก็ตาม ตัวอย่างของทรานสดิวเซอร์ดังกล่าวคือ resistive displacement transducer ซึ่งศักย์ไฟฟ้าทางด้านเอาท์พุทถูกเลี้ยงโดยแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ถูกป้อนเข้าไปยังรีสิสเตอร์ ละการเคลื่อนที่ของ sliding contact จะเป็นตัวกำหนดศักย์ไฟฟ้าทางด้านเอาท์พุท ส่วนพาสสีฟทรานสดิวเซอร์นั้น ต้นตอของพลังงานทางด้านเอาท์พุทก็คือสัญญาณอินพุทนั่นเอง ตัวอย่างเช่น thermocouple จัดได้ว่าเป็นพาสสีฟสดิว-เซอร์ชนิดหนึ่ง เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างรอยต่อของโลหะจะเป็นตัวสร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้าอีกนัยหนึ่ง เทอร์มิสเตอร์ถือได้ว่าเป็นแอ็คตีฟทรานสดิวเซอร์ ทั้งนี้เนื่องจากต้องการพลังงานภายนอก เช่น แรงเคลื่อนไฟฟ้าของวงจรบริดจ์เป็นตัวกำหนดเอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 แบ่งตามกลไกการทำงาน

ตัวอย่างของการแบ่งเช่นนี้ได้แก่

(1) Variable resistance transducer เป็นทรานสดิวเซอร์ที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงรีลิสแตนซ์ในขณะทำงาน ตัวอย่างเช่นทรานสดิวเซอร์วัดความดันที่ใช้เส้นลวดซึ่งเรียกว่า strain gage transducer เมื่อความดันเปลี่ยนแปลงไปทำให้เส้นลวดถูกยืดออก เป็นผลให้รีลิสแตนซ์เพิ่มขึ้น และทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของไฟฟ้าในที่สุด

(2) Variable inductance transducer เป็นทรานสดิวเซอร์ที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงอินดันแตนซ์ในขณะทำงาน ตัวอย่างเช่นทรานสดิวเซอร์ที่ใช้วัดความดันซึ่งประกอบด้วยไดอะแฟรมซึ่งต่อกับแกนของทรานสฟอร์เมอร์ เมื่อความดันเปลี่ยนแปลงไป จะทำให้แกนของทรานสฟอร์เมอร์เคลื่อนไป ทำให้อินดักแตนซ์เปลี่ยนแปลงไปในที่สุด

(3) Variable capacitance transducer เป็นทรานสดิวเซอร์ที่อาศัยการเปลี่ยนแปลงคาปาซิแตนซ์ในขณะทำงาน ตัวอย่างเช่น displacement transducer ที่ใช้วัดการเคลื่อนที่เมื่อมีการเคลื่อนที่จะทำให้ระยะห่างระหว่างแผ่นคาปาซิเตอร์เปลี่ยนแปลงไป จึงมีผลทำให้ค่า dielectric ของคาปาซิเตอร์นั้นเปลี่ยนแปลงไป จึงเป็นผลให้คาปาซิเตอร์เปลี่ยนแปลงไปในที่สุด

2.3 แบ่งตามชนิดของการเปลี่ยนพลังงาน

การแบ่งชนิดนี้ขึ้นอยู่กับว่าทรานสดิวเซอร์นั้นเปลี่ยนพลังงานชนิดใดให้เป็นอีกชนิดหนึ่ง ตัวอย่างเช่น

(1) Mechano-electric transducer เป็นทรานสดิวเซอร์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ตัวอย่างได้แก่ไมโครโฟน ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงพลังงานกลของคลื่นเสียงให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้า หรือทรานสดิวเซอร์ที่ใช้วัดความดันจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลของความดันให้เป็นพลังงานไฟฟ้าเช่นกัน

(2) Electro-mechanical transducer เป็นทรานสดิวเซอร์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล ตัวอย่างเช่นลำโพงเสียง (loud speaker) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลของคลื่นเสียงเป็นต้น

(3) Thermo-electrical transducer เป็นทรานสดิวเซอร์ที่เปลี่ยนพลังงานอุณหภูมิให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ตัวอย่างเช่นเทอร์มิสเตอร์ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป ทำให้รีสิสแตนซ์เปลี่ยนแปลงไปด้วย จึงเป็นผลให้มีการเปลี่ยนแปลงไฟฟ้าในที่สุด หรือ Thermocouple เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ศักย์ไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) Photo-electric transducer เป็นทรานสดิวเซอร์ที่เปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ตัวอย่างเช่นโฟโต้อีเล็คตริคเซลล์ เมื่อได้รับแสง จะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้า หรือบางชนิดอาจเปลี่ยนรีสิสแตนซ์, หรืออาจเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าได้

นอกจากตัวอย่างดังกล่าวแล้ว ยังมีทรานสดิวเซอร์ต่าง ๆ ที่สามารเปลี่ยนแปลงพลังงานอย่างหนึ่งให้กลายเป็นพลังงานอีกอย่างหนึ่งได้มากมาย นอกจากนั้น ทรานสดิวเซอร์หลายชนิดยังอาศัยการเปลี่ยนแปลงพลังงานอย่างหนึ่งให้เป็นอีกอย่างหนึ่ง แต่เป็นเพียงกลไกระหว่างทางเท่านั้น ตัวอย่างเช่น displacement transducer ซึ่งอาศัยการทำงานของโฟโต้อีเล็คตริคเซลล์ ทรานสดิวเซอร์ดังกล่าวนี้ประกอบด้วยดวงไฟซึ่งเป็นต้นตอของแสงสว่างเพื่อส่องไปยังโฟโต้เซลล์ มีชัตเตอร์ซึ่งสามารถทำให้เคลื่อนที่ปิดกั้นทางเดินของแสงระหว่างดวงไฟกับโฟโต้เซลล์ เมื่อจะวัดการเคลื่อนที่ จะอาศัยผลการเคลื่อนที่นั้นไปเคลื่อนชัตเตอร์ด้วย ซึ่งหมายถึงว่าจำนวนแสงที่ส่องโฟโต้เซลล์จะเปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้นทรานสดิวเซอร์นี้จึงจัดอยู่ในชนิด Mechano - electrical transducer แต่มีกลไกการทำงานในส่วนกลางทางเป็นชนิด Photo - electric transducer

2.4 แบ่งตามการใช้ที่ส่วนใดของระบบ

(1) อินพุททรานสดิวเซอร์ เป็นทรานสดิวเซอร์ที่เป็นส่วนประกอบอย่างหนึ่งทางด้านอินพุทของระบบเครื่องมือ เช่น ไมโครโฟนถือได้ว่าเป็นอินพุททรานสดิวเซอร์ของระบบเครื่องขยายเสียงเป็นต้น

(2) เอาท์พุททรานสดิวเซอร์ เป็นทรานสดิวเซอร์ที่เป็นส่วนประกอบอย่างหนึ่งทางด้านเอาท์พุทของระบบเครื่องมือ เช่นลำโพงเสียง ถือได้ว่าเป็นเอาท์พุททรานสดิวเซอร์ของระบบเครื่องขยายเสียง เป็นต้น

2.5 แบ่งตามชนิดของสัญญาณที่ใช้

(1) Analog transducer ทรานสดิวเซอร์ส่วนใหญ่จะให้สัญญาณเอาท์เป็นอะนาล็อก

(2) Digital transducer ทรานสดิวเซอร์ประเภทนี้จะให้สัญญาเอาท์พุทเป็นดิจิตอลอย่างไรก็ดี ไม่ได้หมายถึง analog - to - analog transducer ที่มี analog - to- digital converter เป็นส่วนประกอบ แต่หมายถึงทรานสดิวเซอร์ที่เป็นดิจิตอลจริง ๆ โดยมีเอาท์พุทเป็นดิจิตอล หรืออยู่ในรูปแบบที่เปลี่ยนเป็นดิจิตอลได้อย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รวดเร็ว ตัวอย่างเช่นทรานสดิวเซอร์วัดอุณหภูมิซึ่งอาศัยการเปลี่ยนแปลงใน resonant frequency ของผลึกควอตซ์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของความถี่นั้นสามารถแสดงได้โดยใช้ digital counter ตัวอย่างที่ชัดเจนอีกอย่างหนึ่งคือ displacement transducer ที่มีแผ่นหมุนซึ่งสร้างรหัสไว้เป็นช่องทึบและช่องโปร่ง ถ้าหมุนแผ่นดังกล่าวให้ผ่าน optical detectors จะสามารถได้เอาท์พุทเป็นดิจิตอลซึ่งได้สัดส่วนกับการเคลื่อนที่ซึ่งต้องการวัด ทรานสดิวเซอร์ชนิดนี้ใช้มากสำหรับวัดการหมุนของแกนของเครื่องบางอย่าง

2.6 แบ่งตามข้อมูลหรือความต้องการที่ใช้วัด เช่น displacement transducer เป็นทรานสดิวเซอร์ที่ใช้วัดการเคลื่อนที่ นอกจากนี้ยังมีทรานสดิวเซอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิ, อัตราเร็ว, อัตราเร่ง, แรง, ความดัน, และการไหลเป็นต้น ตารางที่ 1.1 แสดงชนิดต่าง ๆ ของทรานสดิวเซอร์พร้อมทั้งวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้วัดพร้อมทั้งตัวอย่าง

3. หลักการออกแบบและการเลือกทรานสดิวเซอร์

การออกแบบและการเลือกทรานสดิวเซอร์อาศัยข้อมูลและการกระทำหลายอย่าง สามารถแบ่งปัจจัยต่าง ๆ ออกเป็น 3 ข้อดังต่อไปนี้คือ

3.1 ปัจจัยทางด้านสัญญาณ

(1) Acduracy ความแม่นยำของทรานสดิวเซอร์เป็นปัจจัยที่สำคัญซึ่งจะต้องนำมาพิจารณาในการเลือกและการออกแบบเป็นขั้นตอน เพราะงานแต่ละอย่างอาจต้องการทรานสดิวเซอร์ที่มีความแม่นยำต่างกัน

(2) Sensitivity ความไวของทรานสดิวเซอร์เป็นปัจจัยอีกอย่างหนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณา อาจแสดงความไวได้โดยใช้ transfer characteristic ซึ่งสามารถหาได้ดังสมการ

$$S = \frac{\Delta Q_o}{\Delta Q_i}$$

การเปลี่ยนแปลง ΔQ_i ของจำนวนทางอินพุทที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง ΔQ_o ทางด้านเอาท์พุท เมื่อนำมาหารกันจะได้ค่าความไวของทรานสดิวเซอร์ (S) ความไวของทรานสดิวเซอร์นี้อาจรายงานชื่อต่าง ๆ กันดังนี้ gauge factor, calibration constant, gain, attenuation factor, scale factor เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) Linearity ความเป็นเชิงเส้นของทรานสดิวเซอร์เป็นปัจจัยอีกข้อหนึ่งที่มีความสัมพันธ์ ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพของทรานสดิวเซอร์

(4) Input impedance ในการออกแบบทรานสดิวเซอร์นั้น จำเป็นต้องพิจารณาถึงอินพุทอิมปีแดนซ์ของทรานสดิวเซอร์ด้วย เพราะถึงว่าทรานสดิวเซอร์ที่ได้รับการออกแบบนั้นสามารถเชื่อมโยงกันได้อย่างเหมาะสมกับระบบของแอมปลิไฟเออร์

(5) Frequency response การตอบสนองต่อความถี่เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะต้องพิจารณาเพราะการออกแบบทรานสดิวเซอร์ที่มีการตอบสนองต่อความถี่อย่างเหมาะสมต่อสัญญาที่จะทำการตรวจวัด ย่อมทำให้สามารถตรวจวัดสัญญาณได้ครบถ้วน โดยไม่สูญหายหรือผิดเพี้ยนไป

(6) การทำงานของระบบ ในการออกแบบและเลือกทรานสดิวเซอร์เพื่อนำมาใช้งานนั้น จะต้องคำนึงถึงการทำงานของระบบด้วย เช่นระบบที่อาศัย feedback, differential system, Null method

3.2 ปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์

การออกแบบและการเลือกทรานสดิวเซอร์ ก็เช่นเดียวกันกับในเรื่องอื่น ๆ คือจะต้องคำนึงถึงปัจจัยทางด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย ปัจจัยที่สำคัญมีดังนี้คือ

(1) Availability วัสดุที่นำมาสร้างทรานสดิวเซอร์ควรจะต้องสามารถหามาได้หรือซื้อมาได้ เพราะถ้าได้มีการออกแบบทรานสดิวเซอร์โดยใช้วัสดุที่ไม่สามารถจัดหามาได้ ก็ย่อมไม่มีประโยชน์ หรือจะทำให้เกิดปัญหาในภายหลัง

(2) Cost ราคาของวัสดุหรือของทรานสดิวเซอร์มีความสำคัญที่จะต้องนำมาพิจารณาด้วย มีตัวอย่างอยู่หลายครั้งที่แสดงให้เห็นว่าทรานสดิวเซอร์ที่สร้างขึ้นด้วยราคาพอสมควรสามารถใช้งานได้ดีเท่ากับทรานสดิวเซอร์ที่มีราคาแพงมาก

(3) Mean time between failure (MTBF) ความคงทนของทรานสดิวเซอร์ในการใช้งานก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่ง ทรานสดิวเซอร์ที่สามารถใช้งานได้นานย่อมมีคุณค่ามากกว่าทรานสดิวเซอร์ที่เสื่อมได้ง่ายหรือเสียเร็ว ปัจจัยนี้ยิ่งมีความสำคัญมากเมื่อต้องออกแบบทรานสดิวเซอร์สำหรับฝังเข้าไปในร่างกาย ในกรณีเช่นนี้ย่อมต้องการทรานสดิวเซอร์ที่มีคุณสมบัติดีเยี่ยมและมีความคงทนมากด้วย

3.3 ปัจจัยทางสภาวะแวดล้อม

ปัจจัยทางสภาวะแวดล้อมนี้มีหลายอย่าง ขึ้นอยู่กับว่าจะนำทรานสดิวเซอร์ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้รับการสร้างนั้นไปใช้ที่ใด อย่างไรก็ดี จะกล่าวถึงปัจจัยทางสภาวะแวดล้อมเพียงบางประการเท่านั้น

(1) การรบกวนทางสัญญาณ ทรานสดิวเซอร์ที่ต้องถูกนำไปใช้ในสภาวะแวดล้อมที่มีการรบกวนมาก ย่อมต้องได้รับการออกแบบให้สามารถป้องกันการรบกวนนั้น ๆ ได้ หรือสามารถกำจัดการรบกวนได้ดี

(2) การรับภาระเกิน ทรานสดิวเซอร์ที่ถูกนำไปใช้ที่ร่างกายส่วนหนึ่งส่วนใดอาจได้รับอิทธิพลจากภาวะแวดล้อม ทำให้ทรานสดิวเซอร์ต้องได้รับภาระเกิน บางครั้งอาจทำให้ทรานสดิวเซอร์ทำงานผิดปกติไปหรืออาจทำให้เสื่อมไปได้

(3) อุณหภูมิและความชื้น ทรานสดิวเซอร์ที่ได้รับการออกแบบย่อมจะต้องทราบคุณสมบัติบางอย่างของสภาวะแวดล้อม เช่นควรทราบว่าจะต้องทำงานในช่วงอุณหภูมิเท่าใด จะได้ทำการออกแบบให้เหมาะสม จึงจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถึงแม้ว่าทรานสดิวเซอร์จะได้รับการออกแบบให้มีการชดเชยเมื่ออุณหภูมิภาวะแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปก็ตาม

(4) ความต้องการทางด้านความปลอดภัย ปัจจัยข้อนี้จะต้องคำนึงถึงเสมอ โดยเฉพาะเมื่อการออกแบบอุปกรณ์สำหรับใช้ในทางการแพทย์ ย่อมต้องการพิจารณาเป็นพิเศษ

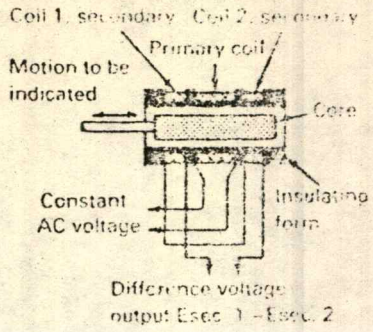
(5) ทรานสดิวเซอร์ที่ต้องฝังกายในร่างกาย ทรานสดิวเซอร์ที่ได้รับการออกแบบเพื่อใช้ฝังในร่างกาย นอกจากจะคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้ว จะต้องคำนึงถึงปัจจัยพิเศษดังต่อไปนี้คือ การกัดกร่อนของทรานสดิวเซอร์ต่อเนื้อเยื่อ, พิษของวัสดุที่เกิดจากทรานสดิวเซอร์ต่อเนื้อเยื่อของร่างกายหรือแม้แต่ว่าทรานสดิวเซอร์เมื่อฝังอยู่ในร่างกายนานๆ อาจถูกกัดกร่อนโดยอีเล็คโตรลัยท์ นอกจากนั้นยังต้องคำนึงถึงพลังงานที่ทรานสดิวเซอร์ต้องใช้และขนาดของทรานสดิวเซอร์ที่จะต้องทำการออกแบบด้วย

เมื่อได้พิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ในข้อใหญ่ทั้ง 3 ข้อแล้วก็สามารถจะกำหนดและเขียนข้อกำหนดเฉพาะของทรานสดิวเซอร์ที่จะทำการออกแบบและสร้างต่อไป.

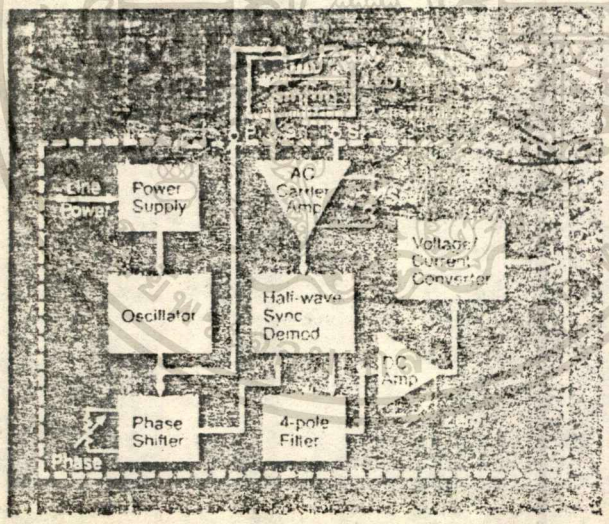
Linear variable differential transformer transducer

ทรานสดิวเซอร์สำหรับวัดการเคลื่อนที่ที่สำคัญซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมและการแพทย์ คือ linear variable differential transformer (LVDT) รูปที่ 3.1 แสดง mutual inductance element ที่พบได้บ่อย โดยจะป้อนไฟฟ้าทางเอาท์พุทที่ได้สัดส่วนกับการเคลื่อนที่ของแกนที่เคลื่อนที่แยกจากกันได้ (separate movable core)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



A linear variable differential transformer (LVDT). (Courtesy of Schaevitz Engineering, Pennsauken, N.J.)



ผังของ LVDT IEM/CAS series ซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้กับไฟฟ้าสลับ ซึ่งทำให้ได้ excitation, amplification, demodulation, และ dc power เพื่อใช้งานกับ LVDT ทรานสดิวเซอร์และปล่อยกระแสไฟฟ้าเอาท์พุท 4-20 มิลลิแอมแปร์ไปยัง process control loops

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(separate movable core) ส่วนAC carrier excitation ถูกป้อนเข้าไปยังขดลวดไพรมารีย์ (รูปที่ 3.2) ขดลวดเซคันดารีย์ 2 ขดซึ่งอยู่ห่างจากขดลวดไพรมารีย์ด้วยระยะทางเท่ากัน จะถูกต่อไปยังภายนอกด้วยวงจร series-opposing circuit การเคลื่อนที่ของแกนแม่เหล็กจะทำให้ mutual inductanceแปรผันไป ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดให้มีศักย์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำจากขดลวดไพรมารีย์ไปยังขดลวดเซคันดารีย์

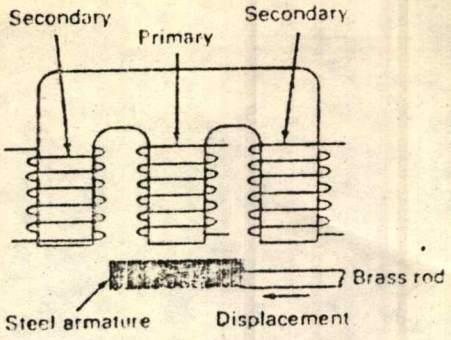
ถ้าแกนของทรานสฟอร์เมอร์อยู่ตรงตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างขดลวดเซคันดารีย์ ศักย์ไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำในขดลวดเซคันดารีย์แต่ละขดจะมีค่าเท่ากัน แต่จะมีเฟสต่างกัน 180 องศา ดังนั้นจึงไม่มีกระแสไฟฟ้าส่งออกมาทางเอาท์พุท แต่ถ้าแกนเคลื่อนที่ออกไปจากกึ่งกลาง จะทำให้ mutual inductance ของขดลวดไพรมารีย์ที่กระทำกับขดลวดเซคันดารีย์ขดหนึ่งจะมีค่ามากกว่าอีกขดหนึ่ง จึงทำให้มี differential voltage เกิดขึ้นคร่อมขดลวดเซคันดารีย์ที่ต่อเป็นอนุกรม และศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนั้นได้สัดส่วนเป็นเชิงเส้นกับการเคลื่อนที่ของแกน

เนื่องจากไม่มีการสัมผัสกันระหว่างแกนและขดลวด ดังนั้นส่วนประกอบของ LVDT จึงไม่มีการสึกหรอหรือเสื่อมสลาย ทำให้ไม่มี hysteresis และเนื่องจากไม่มีความเสียดทาน ดังนั้นจึงสามารถใช้วัดการเปลี่ยนแปลงที่เป็นไดนามิคได้ LVDT ไม่มีผลจาก mechanical overload ดังนั้นจึงทำให้มีความเชื่อถือได้สูงมาก นอกจากนั้น LVDT และส่วนที่หมุนได้คือ rotary variable differential transformer (RVDT) ได้ถูกนำมาใช้ในงานตรวจวัดต่าง ๆ ด้วยเช่นเดียวกัน

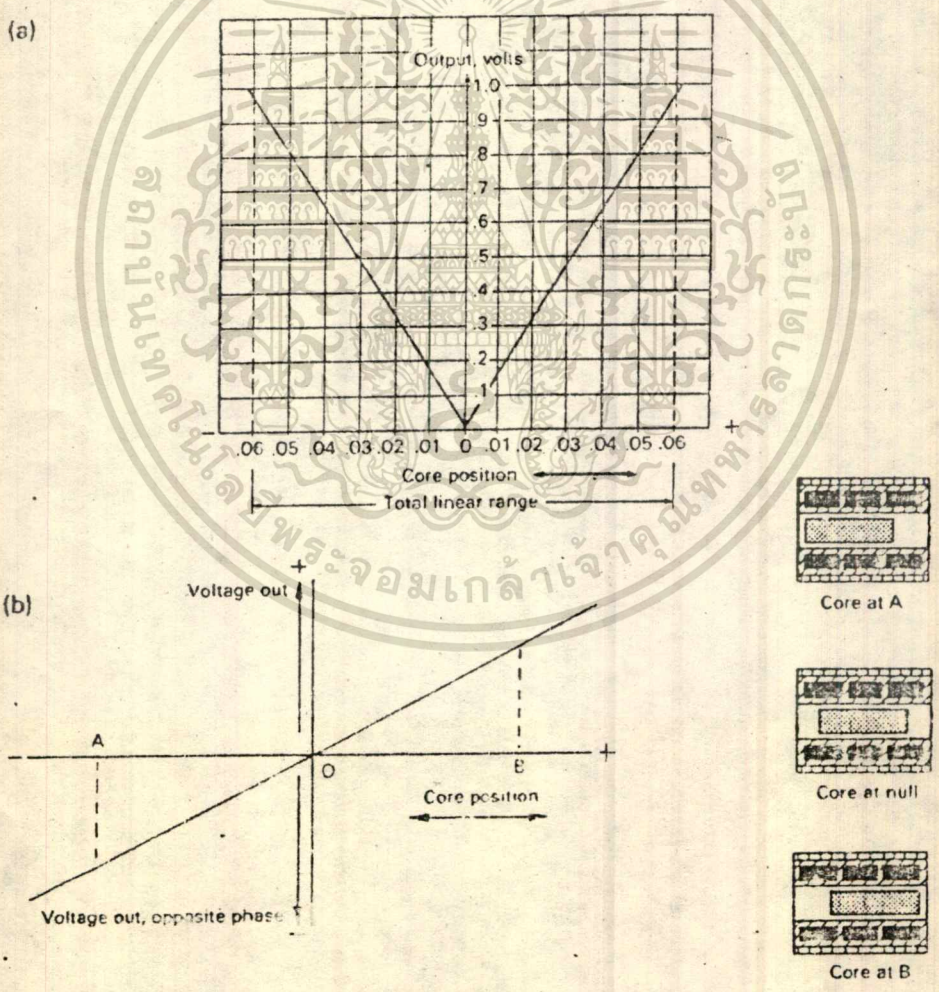
Variable reluctance inductive transducer ชนิดที่พบบ่อยคือ E-pickup ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.3 ทรานสดิวเซอร์ชนิดนี้มีการทำงานทางไฟฟ้าคล้ายกันกับ LVDT นอกจากว่าในการทำหน้าที่นั้นจะมีการแปรผันของค่า reluctance ของช่องว่างที่เป็นอากาศซึ่งอยู่ระหว่าง iron - core pole pieces และ magnetic armature ของทรานสฟอร์เมอร์ โดยวิธีนี้ differential voltage จึงเกิดขึ้นได้เมื่อตำแหน่งของอาเมเจอร์เปลี่ยนแปลงไป แต่ไม่เหมือนกับเอาท์พุทของ LVDT ซึ่งศักย์ไฟฟ้านี้ไม่เป็นสัดส่วนเชิงเส้นตรงกับตำแหน่งของอาเมเจอร์ ดังนั้น E - pickup และ reluctance transformers อื่น ๆ จึงมักใช้เป็น null - position transducers มากกว่าที่จะใช้เป็น displacement transducers แต่คล้ายกับ LVDT คือ E-pickup ไม่เปลี่ยนแปลงจาก mechanical overloads

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

024640



E-pickup variable reluctance inductive element. (Courtesy of Schaevitz Engineering, Pennsauken, N.J.)



(a) Absolute magnitude of output voltage, and (b) phase-referenced output voltage as a function of LVDT core position. (Courtesy of Schaevitz Engineering, Pennsauken, N.J.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะของ LVDT และ RVDT มีดังต่อไปนี้คือ

(1) สามารถวัดรายละเอียดได้ดีเยี่ยม

(2) hyteresis มีค่าน้อยมาก

(3) การตอบสนองและคุณลักษณะทางพลวัตดีเยี่ยม

(4) คุณลักษณะทางอุณหภูมิดีเยี่ยม

(5) ความไวต่อการสั่นสะเทือนและสภาพแวดล้อมดี

(6) ความเป็นเชิงเส้น, ความสามารถทาง mechanical overloads, และความทนทานดีเยี่ยม

1. ช่วงการทำงานของ LVDT

ช่วงการทำงานคือการเคลื่อนที่มากที่สุดของแกนจากตำแหน่งศูนย์ที่ทำให้ได้เอาท์พุทมีค่าเป็นเชิงเส้นตรง ระยะทางที่แกนเคลื่อนที่ไปเรียกว่า full-scale displacement เนื่องจากแกนสามารถถูกทำให้เคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งศูนย์ได้ทั้งสองข้าง ดังนั้นช่วงในการทำงานที่เป็นเชิงเส้นตรง (linear operating range) จึงมีค่าเป็น 2 เท่าของการเคลื่อนที่เต็มสเกล (full -scale displacement) มักรายงานเป็นเครื่องหมายบวกหรือลบ และเรียกว่าเป็น nominal linear range ซึ่งถือได้ว่าเป็นพื้นฐานที่สำคัญของ LVDT

ช่วงที่เป็นเชิงเส้นตรงของ LVDT นั้นแปรผันไปได้ตามความถี่ ส่วน nominal liear range เป็นค่าที่กล่าวถึงสำหรับความถี่หนึ่งความถี่ใด เมื่อ LVDT ถูกนำมาใช้ตามความถี่ที่ได้บ่งไว้ ช่วงความเป็นเชิงเส้นที่แท้จริงจะมีค่าเท่ากันหรือดีกว่า nominal value แต่ถ้าความเป็นเชิงเส้นตรงไม่สำคัญมากนัก ช่วงการทำงานก็สามารถใช้ในช่วงที่เกิน nominal linear range ได้

ปัจจัยอื่นที่มีผลต่อช่วงการทำงานที่เป็นเชิงเส้นตรงของ LVDT คือรีสิสแตนท์ของโหลด โดยทั่วไป nominal linear range ถูกบ่งไว้สำหรับรีสิสแตนซ์ของโหลดที่มีค่าสูง คือประมาณ 50 กิโลโอห์มจนถึง 0.5 เมกะโอห์ม แต่ถ้าต้องการรีสิส - แตนซ์ของโหลดที่มีค่าต่ำ ก็ควรพิจารณาผลต่อ linear range ด้วย

2. ความไวของ LVDT

ความไวของ LVDT สามารถบ่งค่าเป็น nominal full - scale output นั่นก็คือเป็นเอาท์พุทของ LVDT ที่ซึ่งแกนอยู่ในตำแหน่งที่มี full- scale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

displacement และด้วยศักย์ไฟฟ้าอิสซุทซึ่งป้อนเข้าไปยังขดไพรมารีย์ตามที่ได้บ่งไว้ โดยทั่วไปมักรายงานความไวเป็นค่ามิลลิโวลต์ต่อค่าการเคลื่อนที่ของแกนที่เป็นหน่วย 1/1000 นิ้วฟุตต่อไฟฟ้าที่มากระตุ้น 1 โวลต์ (mV/mil/V)

เอาท์พุทตามอุดมคติของ LVDT เมื่อแกนอยู่ที่ตำแหน่งใดก็ตามจะเป็นผลคูณของ sensitivity, core displacement และ input voltage ศักย์ไฟฟ้าเอาท์พุทที่เป็นจริงนั้นขึ้นอยู่กับ load resistance และ excitation frequency ถ้าใช้ load resistance ที่มีค่าสูง จะทำให้ความแตกต่างระหว่างเอาท์พุทตามอุดมคติและเอาท์พุทที่เป็นจริงมีค่าน้อยมาก แต่ถ้าใช้ load resistance ที่มีค่าต่ำก็ต้องพิจารณาผลต่อเอาท์พุทด้วย ความไวทางด้านศักย์ไฟฟ้านั้นแปรผันไปตามความถี่ที่ใช้กระตุ้น ดังนั้นจะต้องพิจารณาด้วย

3. ความเป็นเชิงเส้นของ LVDT

ศักย์ไฟฟ้าเอาท์พุทของ LVDT นั้นมีค่าเป็นเชิงเส้นตรง (linearity) อย่างแม่นยำของการเคลื่อนที่ของแกนภายในช่วงของการเคลื่อนไหวที่ได้บ่งไว้ ศักย์ไฟฟ้าเอาท์พุทแปรผันกับการเคลื่อนที่ของแกนเป็นเชิงเส้นตรงภายในช่วงที่ได้บ่งไว้ (รูปที่ 3.4) แต่ถ้าอยู่นอกเหนือ nominal linear range เอาท์พุทจะเริ่มเบี่ยงเบนออกไปจากเส้นตรง

โดยทั่วไปมักรายงานความเป็นเชิงเส้นตรงว่าเป็นเปอร์เซ็นต์ของ full-range output ความเป็นเชิงเส้นตามแบบฉบับของ LVDT มาตรฐานนั้นมีค่า 0.25% ของ full-range แต่สามารถเพิ่มความเป็นเชิงเส้นตรงได้โดยเทคนิคการสร้างพิเศษ คือเพิ่มได้ถึง 0.05% ของ full-range อย่างไรก็ดี ถ้าให้ LVDT ทำงานอยู่ในช่วงที่น้อยกว่า nominal linear range จะได้ความเป็นเชิงเส้นดีขึ้น

4. Null voltage ของ LVDT

ศักย์ไฟฟ้าของ LVDT เมื่อปรับให้แกนอยู่ในตำแหน่งที่มีศักย์ไฟฟ้าน้อยที่สุดนั้นเรียกว่า Null voltage ตามอุดมคติแล้ว เอาท์พุทของ LVDT ที่ null core position ควรมีค่าเป็นศูนย์ อย่างไรก็ดี quadrature voltage และ hermonic components ของไฟฟ้าจากต้นทอไม่สามารถหักล้างไปได้

quadrature voltage เป็นผลจากความแตกต่างในคาปาซิแตนซ์ของขดลวดระหว่างขดลวดไพรมารีย์กับขดลวดเซคันดารีย์ของแต่ละขด เอาท์พุทของเซคันดารีย์

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นไม่ได้อยู่ในเฟสเดียวกันพอดี ดังนั้นจึงไม่สามารถหักล้างไปได้หมด

harmonic components เกิดจาก harmonic distortion ในสัญญาณที่มากระตุ้นหรืออาจเกิดจากความไม่สมบูรณ์ของวัสดุแม่เหล็ก ทำให้ศักย์ไฟฟ้าเซคันดารีย์ของ harmonic frequency ไม่สามารถหักล้างกันไปได้หมด

อย่างไรก็ดี ในการใช้งานทั่วไปนั้น ศักย์ไฟฟ้า quadrature และ harmonic ไม่มีความสำคัญ คือมีค่าน้อยกว่า 0.25% ของ full- scale ยิ่งกว่านั้น ถ้า LVDT ถูกนำมาใช้กับ signal conditioning และ demodulator ที่เหมาะสม จะไม่มีผลจาก null voltage

null voltage จาก LVDT ใดก็ตามนั้นจะต้องบ่งค่าสำหรับวงจรที่ใช้ เพราะอาจมีค่าแตกต่างกันไปได้ optinum null voltage rating สำหรับ LVDT มาตรฐานได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.5 ซึ่งสามารถนำไปใช้งานส่วนใหญ่ได้ในทางปฏิบัติ คือ (1) Primary voltage ถูกทำให้สมดุลย์กับ common circuit return หรือ ground อาจโดย grounded center tap จากต้นตอหรือโดยรีสิสเตอร์ 2 ตัวที่มีค่าเท่ากันต่อลง ground, (2) ปลายข้างหนึ่งของขดเซคันดารีย์ถูกนำไปต่อกับ common circuit return หรือ ground อันเดียวกัน

5. ความถี่ที่ใช้กระตุ้น (excitation frequency) ของ LVDT

LVDT สามารถถูกออกแบบสำหรับการใช้งานที่ความถี่ใดก็ได้ ตั้งแต่ช่วง 50 เฮิทซ์ขึ้นไปจนถึง 1 เมกะเฮิทซ์หรือมากกว่านั้น อย่างไรก็ดี ทรานสฟอร์เมอร์มาตราฐานที่ใช้กันอยู่นั้นได้สร้างขึ้นมาใช้ในช่วง 50-25,000 เฮิทซ์ เมื่อต้องใช้ LVDT ในสภาพแวดล้อมที่มีการสั่นสะเทือน ควรต้องใช้ excitation frequency ที่มีค่าอย่างน้อยมากกว่า 10 เท่าของความถี่ของการสั่นสะเทือนนั้น เช่น ถ้าการสั่นสะเทือนมีความถี่ 6 เฮิทซ์ การใช้ excitation frequency 60 เฮิทซ์ก็ใช้ได้

ความไวและประสิทธิภาพของ LVDT นั้นเพิ่มขึ้นตาม excitation frequency โดยทั่วไป excitation frequency ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 1-5 กิโลเฮิทซ์ ถึงแม้ว่าศักย์ไฟฟ้าเอาท์พุทแปรผันไปตาม excitation frequency แต่การเปลี่ยนแปลงนั้นไม่ได้สัดส่วน โดยตรงกับความถี่

6. Excitation voltage ของ LVDT

ศักย์ไฟฟ้าหางด้านอินพุทของ LVDT มาตราฐานนั้นมีค่า 1-10 โวลต์ ถึงแม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่าอาจจะใช้ศักย์ไฟฟ้าที่มีค่าต่างจากนี้ได้ excitation power ที่ต้องการนั้นแปรผันไปตามขนาดของทรานสฟอร์เมอร์และการใช้งาน แต่ในการใช้งานส่วนมากจะต้องการพลังงานเพียงเศษส่วนของวัตต์เท่านั้น เอาท์พุทของ LVDT นั้นบางครั้งจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มศักย์ไฟฟ้าทางขดลวดไพรมารีย์ แต่ที่จริงนั้นจะถูกจำกัดด้วย excitation power ทั้งนี้เนื่องจากว่าเมื่อพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจะทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นด้วย กระแสไฟฟ้าของ LVDT ที่ใช้กระตุ้นเมื่อศักย์ไฟฟ้าคงที่นั้นจะมีค่าลดลงเมื่อ excitation frequency เพิ่มขึ้น ดังนั้นศักย์ไฟฟ้าอินพุทเมื่อ excitation frequency มีค่าถี่มากขึ้นก็ย่อมจะมีค่าสูงขึ้นไปด้วยแต่อยู่ภายในขีดจำกัดของ maximum input power อย่างไรก็ดี ศักย์ไฟฟ้าอินพุทนั้นจะต้องไม่มากจนทำให้เกิด core saturation หรือมากกว่า breakdown voltage ของฉนวนของขดลวด

7. LVDT phase angle

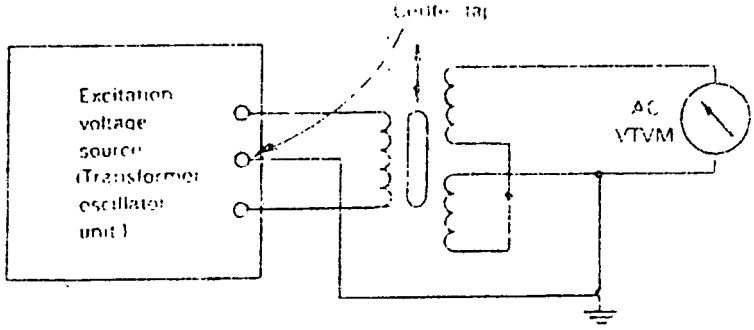
LVDT ที่ได้รับการออกแบบดีแล้วเมื่อเปรียบเทียบ phase angle ของศักย์ไฟฟ้าเอาท์พุทกับศักย์ไฟฟ้าอินพุทต้องคงที่ตลอด และจะเปลี่ยนแปลงทันที 180 องศาเมื่อแกนผ่าน null อย่างไรก็ดี การเคลื่อนที่ของแกนผ่าน linear range จะทำให้เอาท์พุทของ phase angle เคลื่อนไปเพียงเล็กน้อยโดยทั่วไปน้อยกว่า 1 องศาซึ่งถือว่ามีความสำคัญ คุณลักษณะของ phase angle ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.6

phase angle ของศักย์ไฟฟ้าเอาท์พุทมีค่า 2 ค่าที่แตกต่างกัน 180 องศา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าแกนอยู่ข้างหนึ่งข้างใดของ null เมื่อไม่ได้บ่งไว้เฉพาะ ค่าของ phase angle จะเป็นค่าที่อยู่ใกล้ศูนย์ โดยทั่วไป phase angle อยู่ระหว่าง -20 องศาและบวก 75 องศา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของทรานสฟอร์เมอร์, โหลด, และปัจจัยอื่นอีก

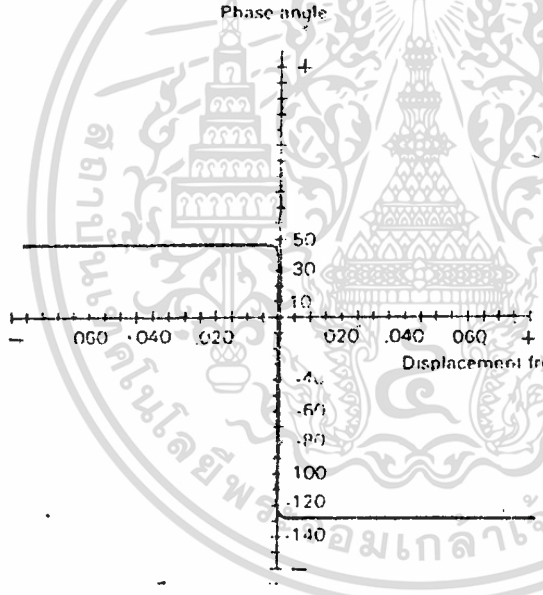
ถ้าอิมปีแดนซ์ของโหลดทางด้านเอาท์พุทมีค่าสูงมาก ศักย์ไฟฟ้าทางด้านเอาท์พุทจะมีค่าเท่ากับ secondary emf ทั้งทางด้าน amplitude และ phase แต่ถ้าอิมปีแดนซ์ของโหลดมีค่าต่ำ phase ของศักย์ไฟฟ้าเอาท์พุทที่ปรากฏออกมาโหลดสามารถคำนวณได้โดยทฤษฎีของวงจร A.C. พื้นฐาน

phase angle ที่คำนวณโดยวิธีการดังกล่าวข้างต้นนั้นเป็นเพียงวิธีอย่างคร่าว ทั้งนี้เนื่องจากไม่ได้คำนึงถึงอิมปีแดนซ์ของวงจรเซคันดารีย์ซึ่งมีผลต่ออิมปีแดนซ์ของไพรมารีย์ อย่างไรก็ดี เนื่องจากมีการควบกันอย่างหลวม ๆ ระหว่างไพรมารีย์และเซคันดารีย์ ผลเช่นนี้จึงมีค่าน้อย แต่ถ้าความถี่สูงจะมีผลของคาปาซิแดนซ์ในขดลวดด้วย วงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

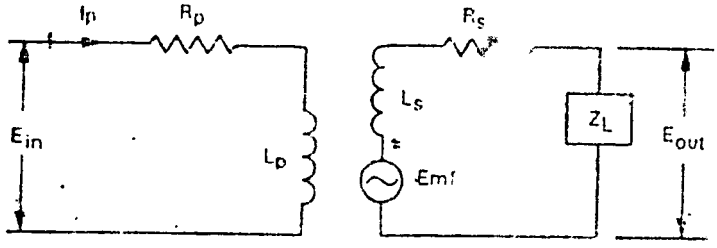


ผังแสดงการต่อ LVDT สำหรับการวัด null voltage



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง constant phase angle

[illegible] LVDT กับตำแหน่งของแกน



Note: Emf leads I_p in phase by 90 degrees

วงจรสมมูลย์อย่างง่ายของ LVDT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมบูรณ์ซึ่งอาศัยข้อสมมติดังกล่าวได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.7

8. แกนของ LVDT

ความยาวของแกนแม่เหล็ก (magnetic core) ที่ใช้กับ LVDT มาตราฐานจะทำให้เกิดเป็นเชิงเส้นตรงมากที่สุดในการทำงานของ rated linear range ตาม excitation frequency ที่ได้บ่งไว้ ในทางปฏิบัติ maximum linear range จะมีค่ามากกว่า nominal linear range ความยาวของแกนที่แตกต่างกันจะทำให้ความไวของ LVDT เพิ่มขึ้นซึ่งก็จะคุ้มค่าเหนือผลเสียคือความเป็นเชิงเส้นตรงที่ลดน้อยลง ในการใช้งานของ LVDT ที่ซึ่งขนาดของแกนมีความสำคัญนั้นความยาวของแกนสามารถทำให้ลดน้อยลงได้ ดังนั้นการเลือกแกนสามารถกระทำได้สำหรับชนิดของทรานสฟอร์เมอร์เฉพาะอย่างที่ซึ่ง actual linear range ที่ต้องการนั้นอาจมีค่าน้อยกว่า

ถ้าต้องใช้ LVDT ในช่วงของความถี่ที่กระตุ้นมากกว่าใช้ที่ความถี่เดียว ก็จะต้องเลือกความยาวของแกนให้เหมาะสม

โครงสร้างของแกนของ LVDT

ตามแบบฉบับแล้วแกนของ LVDT ทำจาก nickel-iron alloy รูปทรงกระบอก ทางเดินของ magnetic flux ที่ผ่านแกนเป็นปรากฏการณ์ทางด้านของผิวหน้า ดังนั้นในการใช้งานที่ต้องการให้มีน้ำหนักของแกนน้อยก็อาจสร้างแกนเป็นรูปท่อกลวงได้โดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพของ magnetic flux ลดน้อยลง

9. ความเชื่อถือได้ของ LVDT

ชีวิตการทำงานทางด้านเชิงกลของ LVDT นั้นถือได้ว่าควรจะทำได้ตลอดไปโดยไม่มีที่สิ้นสุดถึงอย่างไรก็ดี อาจเกิดการล้มเหลวทางด้านไฟฟ้าเกิดขึ้นได้ การล้มเหลวนี้อาจจะเกิดเนื่องจากขดลวดลัดวงจรหรือขดลวดขาด อย่างไรก็ดี การใช้ศักย์ไฟฟ้าต่ำและขดลวดไม่ได้เคลื่อนไหวมักจะทำให้ไฟฟ้าลัดวงจรในขดลวดได้ ดังนั้นภาวะที่ขดลวดขาดจึงอาจเป็นไปได้มากกว่า.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรของสัญญาณแบบดิฟเฟอเรนเชียล (differential Amplifier)

วงจรขยายสัญญาณแบบอินสตรูเมนเตชั่น (Instumentation Amplifier)

วงจรขยายสัญญาณซึ่งมีประโยชน์มากที่สุด ในการวัดต่าง ๆ ในเครื่องมือวัดและระบบควบคุมทั้งหลายคือ วงจรขยายสัญญาณแบบอินสตรูเมนเตชั่น ซึ่งอาจจะประกอบด้วยออปแอมหลายตัว พร้อมกับความเต้านทานค่าแน่นอนอีก ยังผลให้ได้วงจรขยายสัญญาณซึ่งมีเสถียรภาพสูง มีประโยชน์มากในการวัดค่าต่าง ๆ ที่ต้องการความแน่นอนมาก ปัจจุบันวงจรขยายสัญญาณอินสตรูเมนเตชั่นมีขายอยู่หลายแบบในลักษณะของวงจรร่วม แต่ราคายังค่อนข้างจะแพงอยู่ แต่อย่างไรก็ตามในการวัดค่าต่าง ๆ ซึ่งต้องการคุณภาพและความแน่นอนสูง เราจำเป็นจะต้องอาศัยวงจรขยายสัญญาณเหล่านี้ เพราะถ้าหากแต่เพียงออปแอมธรรมดาจะไม่สามารถสร้างวงจรที่มีคุณภาพและความแน่นอนสูงได้อย่างแท้จริง

วงจรขยายสัญญาณอีกแบบหนึ่ง ซึ่งจะมีคุณภาพคล้ายคลึงกับวงจรขยายสัญญาณแบบอินสตรูเมชั่น คือวงจรเราจะเริ่มต้นบทนี้ด้วยการพิจารณาถึงคุณสมบัติของดิฟแอมซึ่งมักจะมีคุณสมบัติ ดีกว่าวงจรขยายสัญญาณแบบกลับหรือไม่กลับศักดา ซึ่งได้กล่าวมาแล้วจากดิฟแอม เราก็สามารถจะพิจารณาถึงวงจรขยายสัญญาณแบบอินสตรูเมเตชั่น หรืออินแอม ต่อได้ในช่วงสุดท้ายของบท เราจะพิจารณาถึงวงจรขยายสัญญาณแบบบริดจ์ หรือบริดจ์แอม ซึ่งจะเกี่ยวโยงถึงทั้งอินแอมและดิฟแอมป์

วงจรขยายสัญญาณแบบดิฟเฟอเรนเชียลของ Op-amp

คุณสมบัติประการสำคัญของดิฟแอมคือ สามารถที่จะหรือขยายสัญญาณระดับต่ำซึ่งจมอยู่ในสัญญาณรบกวนระดับสูงกว่าได้มาก ดังนั้นในหัวข้อนี้เราจะพิจารณาวงจรดิฟแอมเพื่อที่จะได้วิเคราะห์ถึงคุณสมบัติเบื้องต้นก่อน

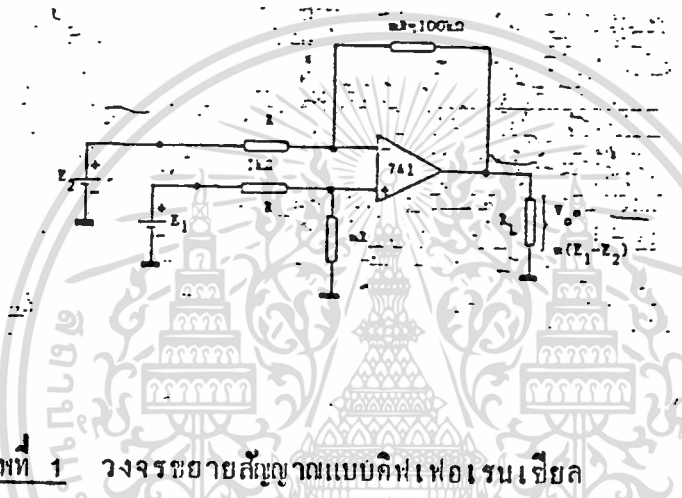
เราอาจจะสร้างดิฟแอมหนึ่งตัว และความต้านทานค่าแน่นอน (1%) อีก 4 ตัวได้ ดังเช่นที่แสดงในภาพที่ 1 ซึ่งจะเห็นว่าประกอบด้วยจุดสัญญาณเข้าสองจุด เขียนแทนด้วยสัญญลักษณ์ (-) และ (+) โดยถือเอาขาสัญญลักษณ์เข้า (-) หรือ (ƒ) ของออปแอมอันใกล้ที่สุดเป็นหลัก ถ้าเราลัดวงจรศักดา E_1 ศักดา E_2 จะกลายเป็นสัญญาณเข้าของวงจรขยายศักดาสัญญาณแบบกลับศักดา ซึ่งจะมีค่าขยายเท่ากับ m นั่นคือศักดาสัญญาณออกจะเท่ากับ $-nE_2$ แต่ถ้าเราลัดวงจรศักดา E_2 เราจะได้ศักดาที่ขาสัญญาณเข้า (+) ของออปแอมเป็น $E_1 m$ ($m \neq 1$) ซึ่งจะกลายเป็นศักดาสัญญาณเข้าของวงจรขยายศักดาสัญญาณแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

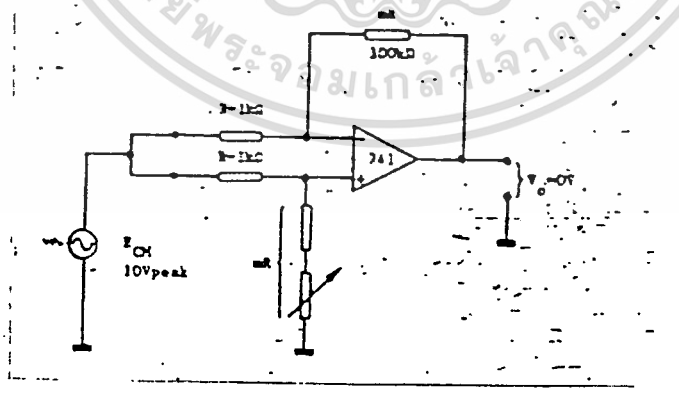
ไม่กลับสัญญา และมีค่าขยายเท่ากับ ($m \neq 1$) ดังนั้น สัญญาณออกจะมีค่าเท่ากับ mE_1 นั่นคือค่าขยายสัญญาณจะเท่ากับ m ในกรณีที่ทั้ง E_1 และ E_2 มีค่าไม่เท่ากับศูนย์ เราจะได้สัญญาณออก V_o เท่ากับ

$$V_o = mE_1 - mE_2 = m(E_1 - E_2)$$

นั่นคือ สัญญาณออกของดิฟแอมป์ จะมีค่าแปรผันโดยตรงกับผลต่างของสัญญาณเข้า ซึ่งจ่ายที่จุดสัญญาณเข้า (+) และ (-) ตัวคูณจะเรียกว่าค่าขยายแบบดิฟเฟอเรนเชียล จะถูกกำหนดโดยอัตราส่วนของความต้านทาน



ภาพที่ 1 วงจรขยายสัญญาณแบบดิฟเฟอเรนเชียล



ภาพที่ 2 ค่าขยายแบบคอมมอนโหมดควรจะเท่ากับศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณแบบคอมมอนโหมด

สัญญาณออกของดิฟแอมเมื่อสัญญาณเข้าทั้งสองมีค่าเท่ากัน จะเท่ากับศูนย์ดังเช่นที่แสดงในภาพที่ 2 สัญญาณเข้าในลักษณะเช่นนี้เราเรียกว่าเป็นสัญญาณเข้าแบบคอมมอนโหมด (common-mode, input voltage), E_{CM} ศักดาสัญญาณออกจะเท่ากับศูนย์ก็ต่อเมื่ออัตราส่วนของความต้านทานคู่บนและคู่ล่างเท่ากันพอดี ในทางปฏิบัติ เราอาจจะปรับความคลาดเคลื่อนของอัตราส่วนความต้านทานของทั้งคู่ได้โดยการอาศัยโปเทนทิโอมิเตอร์ต่ออนุกรมกับความต้านทานตัวใดตัวหนึ่ง ดังเช่นที่แสดงในภาพที่ 2 และควรจะปรับโปเทนทิโอมิเตอร์ จนกระทั่งได้ระดับศักดาสัญญาณออกเท่ากับศูนย์มาก ดังนั้นค่าขยายศักดาคอมมอนโหมด (V_o/E_{CM}) ก็จะมีค่าใกล้เคียงกับศูนย์ด้วย คุณสมบัติที่กล่าวมานี้ เป็นคุณสมบัติของสำคัญของดิฟแอมซึ่งจะทำให้สามารถเลือกขยายสัญญาณระดับต่ำ ซึ่งยังอยู่ในสัญญาณแบบดิฟเฟอเรนเชียลโหมดส่วนสัญญาณระดับสูงเป็นแบบคอมมอนโหมด ซึ่งจะยังผลให้ศักดาสัญญาณออกเป็นค่าขยายของศักดาสัญญาณเข้าแบบดิฟเฟอเรนเชียลโหมดเท่านั้น

การปรับปรุงประสิทธิภาพของดิฟแอมขั้นมูลฐาน

1. การเพิ่มความต้านทานจุดสัญญาณเข้า

ข้อเสียใหญ่สองประการของวงจรดิฟแอม ซึ่งเราได้พิจารณามาแล้วมีดังนี้ คือ ประการแรกความต้านทานจุดสัญญาณเข้าที่มีค่าต่ำ และประการที่สองการเปลี่ยนค่าขยายศักดาสัญญาณทำได้ยาก ข้อเสียบางประการแรกอาจจะแก้โดยการบัฟเฟอร์ในภาพที่ 3 (a) ศักดาสัญญาณออกของออปแอม A_L เมื่อเทียบกับศักดินาดินจะเท่ากับ E_2 สัญญาณออกแบบดิฟเฟอเรนเชียลจะตกคร่อม R_L นั่นคือศักดาตกคร่อม R_L หรือV_oจะเท่ากับผลต่างของ E_1 และ E_2($V_o=E_1-E_2$) จะสังเกตได้ว่าสัญญาณออกของดิฟแอมแบบมูลฐานมีลักษณะเป็นสัญญาณเดี่ยว นั่นคือด้านหนึ่งของ R_L ได้ต่ออยู่ กับ จุดศักดาดิน ส่วนสัญญาณออกของวงจรในภาพที่ 3 (a) มีลักษณะเป็นสัญญาณออกแบบดิฟเฟอเรนเชียล นั่นคือขาของ R_L จะไม่ต่อจุดศักดาดินเลยทั้งสองขา และ V_o จะเป็นศักดาตกคร่อม R_L นั่นคือจะเป็นศักดาที่วัดจากขาใดขาหนึ่งของ R_L เมื่อเทียบกับศักดาที่อีกขาหนึ่งของ R_L

2. ค่าขยายปรับได้

ข้อเสียประการที่สองของดิฟแอมขั้นมูลฐาน คือการปรับค่าขยายจะทำได้ยาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหานี้อาจจะแก้ไขได้ง่าย โดยการเติมความต้านทานอีก 3 ตัว กับดิฟแอมแบบบัฟเฟอร์ ดังเช่นนี้ที่แสดงในภาพที่ 3 (b) ซึ่งจะได้ดิฟแอมแบบความต้านทานจุดสัญญาณเข้าสูง พร้อมกับการปรับค่าขยายจะกระทำได้ง่ายขึ้น

เนื่องจากสัญญาณเข้าแบบดิฟเฟอเรนเชียลของออปแอม แต่ละตัวเท่ากับศูนย์ ดังนั้นศักดาสัญญาณที่จุด 1 และจุด 2 จะเท่ากับ E_1 และ E_2 ตามลำดับ ยังผลให้ศักดาตกคร่อม aR เท่ากับ $E_1 - E_2$ ความต้านทาน จะอยู่ในลักษณะของโปเทนทิเอมมิเตอร์ ใช้ในการปรับค่าขยาย และกระแสไหลผ่านจะเท่ากับ

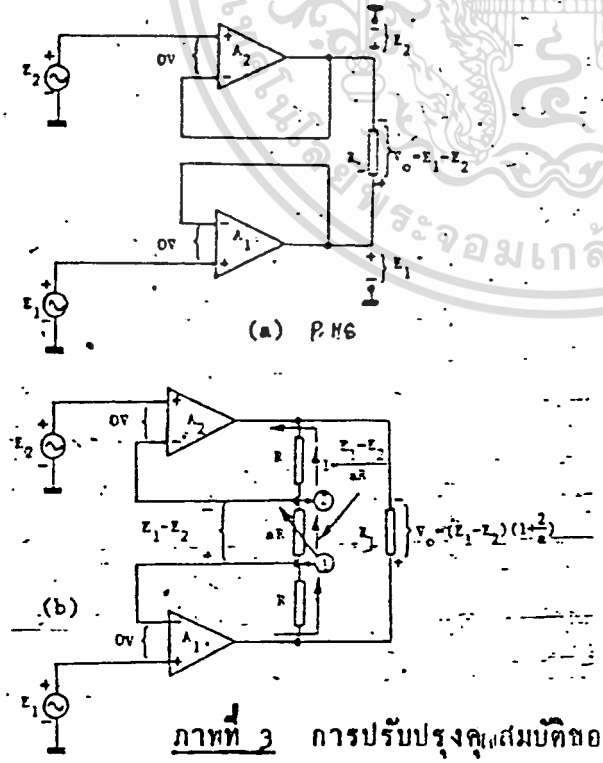
$$I = \frac{E_1 - E_2}{aR}$$

ทิศทางการไหลของกระแส I จะเป็นไปตามเช่นนี้แสดงในภาพที่ 3 ถ้าระดับศักดา E_1 สูงกว่าระดับศักดา E_2 กระแส I ดังกล่าวนี้จะไหลผ่านความต้านทานทั้งสองตัว ศักดาซึ่งตกคร่อมความต้านทานทั้งสามตัวจะกำหนดค่าของซึ่งอาจจะเขียนได้เป็นสมการ

$$V_o = I(aR+2R) = \frac{E_1 - E_2}{aR}(aR+2R)$$

ซึ่งจะเขียนต่อได้เป็น

$$V_o = (1+\frac{2}{a})(E_1 - E_2)$$



ภาพที่ 3 การปรับปรุงคุณสมบัติของดิฟแอมขั้นมูลฐาน

ตัวอย่าง ในภาพที่ 3 (b) ถ้า E_1 = 10 มิลลิโอห์ม E_2 = 5 มิลลิโวล์ท aR = 2 กิโลโอห์ม และ R = 9 กิโลโอห์ม จะคำนวณหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>วิธีทำ</u> เนื่องจาก aR = 1 กิโลโอห์ม และ R = 9 กิโลโอห์ม

$$a = \frac{aR}{R} = \frac{2K}{9K} = \frac{2}{3}$$

จากสมการ เราจะได้

$$I + \frac{2}{a} = I + \frac{2}{(2/9)} = IO$$

นั่นคือ $V_o = (IOmV - 5mV)(10) = 50\ mV$

<u>วงจรขยายสัญญาณแบบอินสตรูเมนเตชั่น</u>

<u>การปฏิบัติงานของวงจร</u>

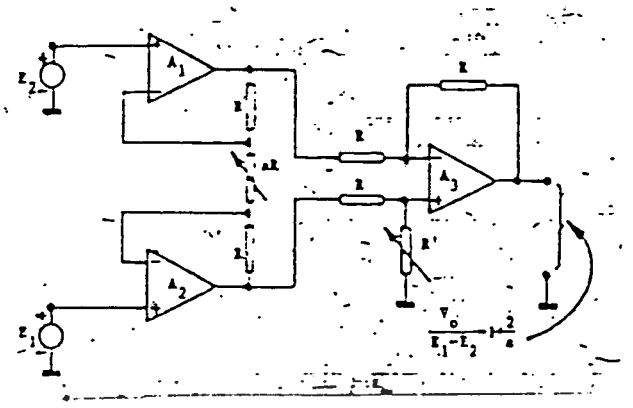
วงจรอินแอม เป็นวงจรขยายสัญญาณแบบซึ่งมีประโยชน์ มีความแน่นอนและใช้งานได้มากที่สุดแบบหนึ่งในปัจจุบัน เราอาจจะต่ออินแอมได้จากออปแอม 3 ตัว และความต้านทาน 7 ตัว ดังเช่นนี้แสดงในภาพที่ 4 ซึ่งจะประกอบด้วยวงจรดิฟแอมแบบบัฟเฟอร์เป็นภาคแรก ตามด้วยดิฟแอมแบบสัญญาณออกเดี่ยวเป็นภาคที่สอง ออปแอม A_3 และความต้านทาน R อีก 4 ตัว จะทำหน้าที่เป็นดิฟแอมแบบมีค่าขยายสัญญาณดิดเฟอเรนเชียลเท่ากับหนึ่งความต้านทานจะเป็นแบบปรับค่าได้เพื่อที่จะได้ปรับค่าขยายคอมมอนโหมดให้เท่ากับศูนย์ ส่วนค่าขยายจะปรับได้โดยอาศัยโปเทนทิโอมิเตอร์ ยังผลให้ค่าขยายศักดาสัญญาณเท่ากับ

$$\frac{V_o}{E_1 - E_2} = 1 + \frac{2}{a}$$

<u>คุณสมบัติของอินแอมจะสรุปได้ดังนี้คือ</u>

1. ค่าขยายศักดาสัญญาณเข้าแบบดิฟเฟอเรนเชียลไปเป็นสัญญาณออกเดี่ยวจะถูกกำหนดโดยความต้านทานเพียงตัวเดียว
2. ค่าความต้านทานจุดสัญญาณเข้าสูงมาก และไม่เปลี่ยนไปตามค่าขยายศักดาสัญญาณ
3. V_o จะไม่ขึ้นกับสัญญาณเข้าส่วนที่เป็นสัญญาณคอมมอนโหมดของ E_1 และ E_2 แต่จะขึ้นกับผลต่างของ E_1 และ E_2 เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตัวอย่าง จากภาพที่ 4 R = 25 กิโลโอห์ม และ aR = 50 โอห์ม จงคำนวณหาค่าขยายสัญญาณ

วิธีทำ จากสมการเราจะได้

$$a = \frac{aR}{R} = \frac{50}{25000}$$

$$\frac{V_0}{E_1 - E_2} = 1 + 2/a = 1 + \frac{2}{\frac{50}{25000}} = 1001$$

คุณสมบัติของออปแอมป์

- ไบอัส
- ออฟเซท
- ดริฟท์

ออปแอมเป็นที่นิยมกันมากในการขยายสัญญาณ ทั้งศักดาสลับและศักดาตรง หรือแม้ในกรณีที่มีสัญญาณทั้งสองประเภทผสมกัน ในการปฏิบัติงานเป็นวงจรขยายสัญญาณศักดาตรง จะปรากฏว่าคุณสมบัติบางอย่างของออฟแอมอาจจะทำให้สัญญาณออกมีความคลาดเคลื่อนไปได้มาก ศักดาสัญญาณออกในอุดมคติควรจะเท่ากับศักดาสัญญาณเข้า คูณด้วยค่าขยายสัญญาณแบบลูกปิดของวงจร แต่ออปแอมในทางปฏิบัติจะมีความคลาดเคลื่อนระหว่างสัญญาณออกจริง และสัญญาณออกในอุดมคติในถ้าระดับสัญญาณออกมีค่าสูงเมื่อเทียบกับระดับสัญญาณคลาดเคลื่อนเราก็อาจจะไม่ต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของออปแอมที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนเหล่านี้ได้ แต่ถ้าสัญญาณคลาดเคลื่อนและสัญญาณออกที่แท้จริงมีระดับใกล้เคียงกัน เราก็ต้องพยายามลดระดับสัญญาณคลาดเคลื่อนให้มีค่าต่ำที่สุด คุณสมบัติของออปแอม ซึ่งจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสำหรับสัญญาณออกแบบศักดาตรงมีดังนี้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

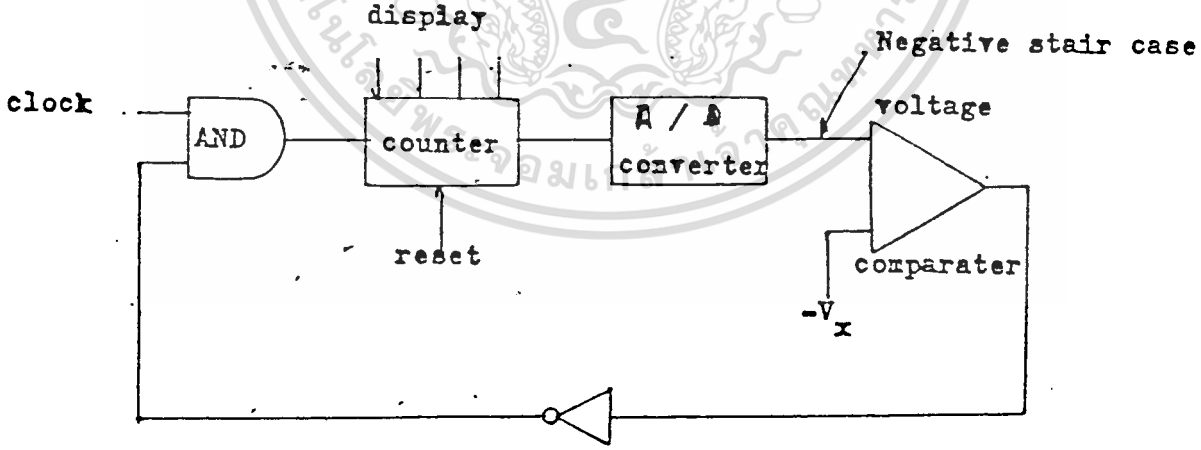
1. กระแสไบอัส ณ. จุดสัญญาณเข้า
2. กระแสออปเซท ณ. จุดสัญญาณเข้า
3. ดักดาออปเซท ณ. จุดสัญญาณออก
4. ดริฟท์

. การเปลี่ยนอนาออกเป็นดิจิตอล

มีอยู่หลายวิธี

1. Comparision type A-DC
2. Capacitor charging type pulse width Mod.
   - Single slope
   - Dual slope
   - Guad slope
3. S/A-ADC (Succesive Approxipation)

.1 Comparision type ADC



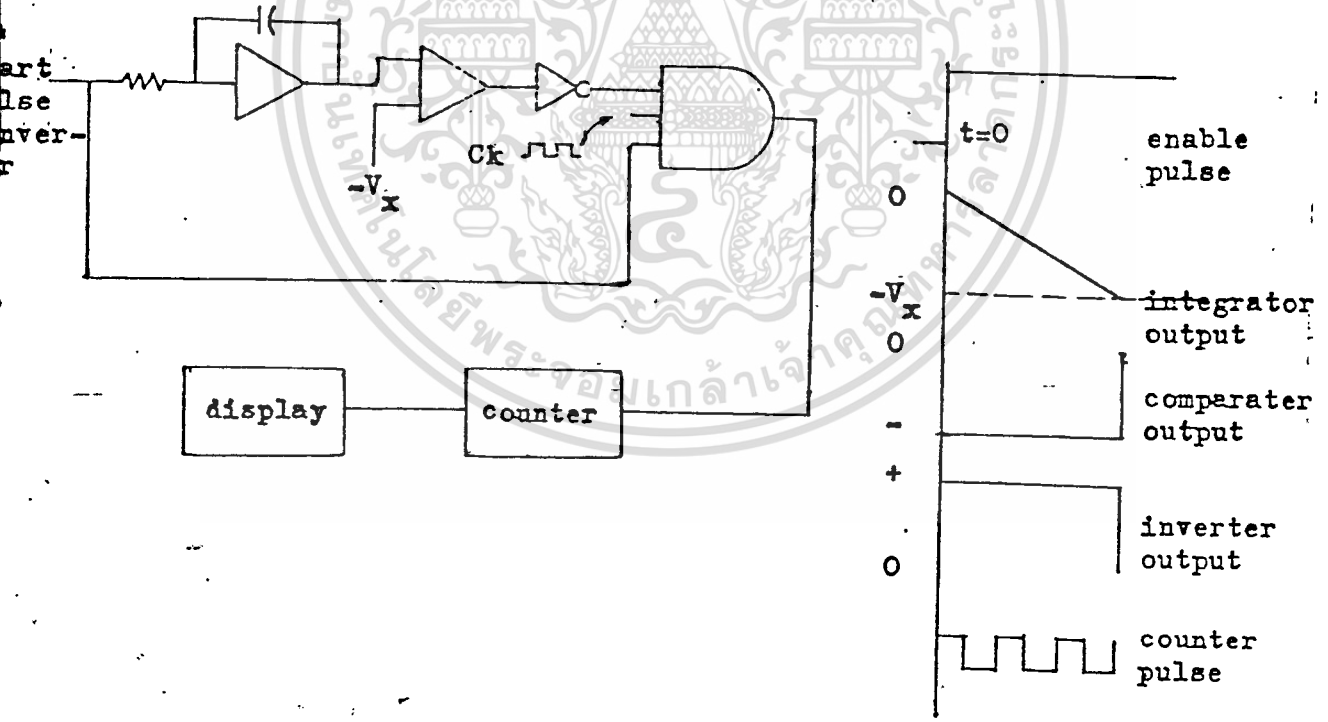
รูปที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน

1. counter Count ต่อเมื่อมีสัญญาณนาฬิกาเข้ามา
2. กำหนดเอาท์พุทที่ออกจาก Comparater เป็น Negative
3. Inverter จะเปลี่ยนเป็น positive
4. AND gate ทำงานทำให้สัญญาณนาฬิกา (clock) เข้ามา
5. ให้ Binary ออกมาที่ counter
6. D/A Converter จะเปลี่ยนเป็น Negative stair case voltage
7. มา Compare กับ $-V_x$ ให้เอาท์พุทออกมา
8. และfeedback ไปที่ AND gate อีกโดยผ่าน Inverter

2 Single - slope A/D



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

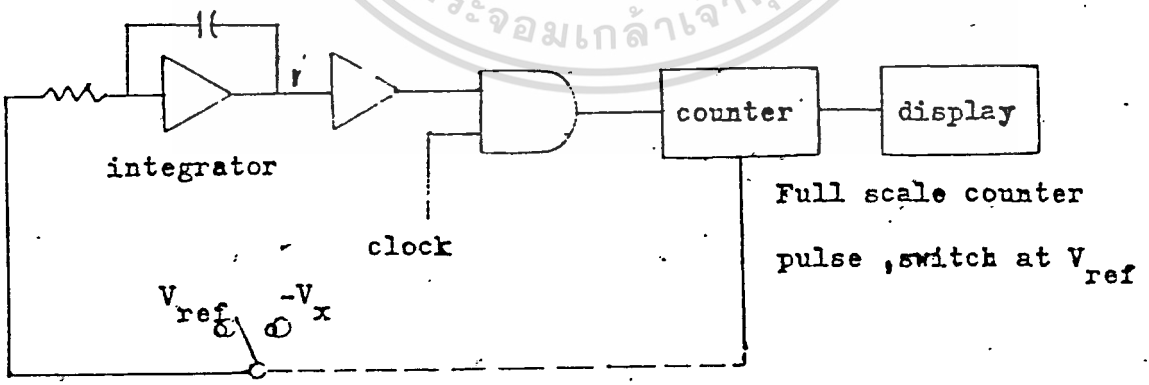
หลักการทำงาน

1. ให้เอาท์พุทของ Comparator เป็น Negative
2. Invertor จะเปลี่ยนเป็น positive
3. เตรียมที่จะ enable AND gate
4. เริ่มการ start counter
5. Counter จะนับไปเรื่อง ๆ จนถึงแรงเคลื่อนเท่ากับ
6. ค่าที่ถูกแสดงออกมาที่ display

หมายเหตุ ค่าความต้านทานและค่าคอนเดนเซอร์ เป็นวงจรสำหรับ Integrator output เพื่อจะได้เป็นอินพุทเข้าไปที่ Comparator ซึ่งวิธีแบบ Single slope A/D มักมีปัญหาเกี่ยวกับค่าความต้านทาน และค่าคอนเดนเซอร์เราแก้ไขได้โดยใช้วิธีทำให้สัญญาณนาฬิกา (clock) มีความถี่สูง ๆ

3 Dual slope

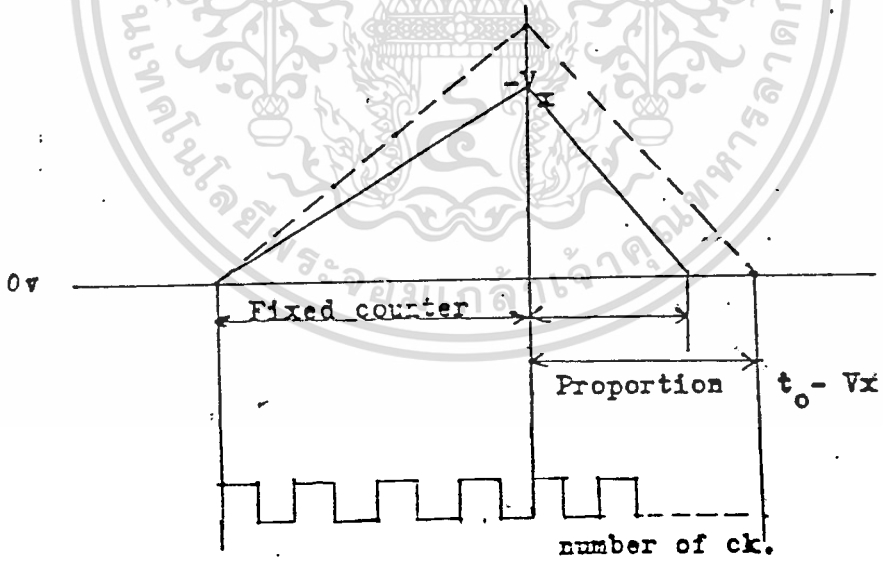
Zero-crossing detecter



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

หลักการทำงาน

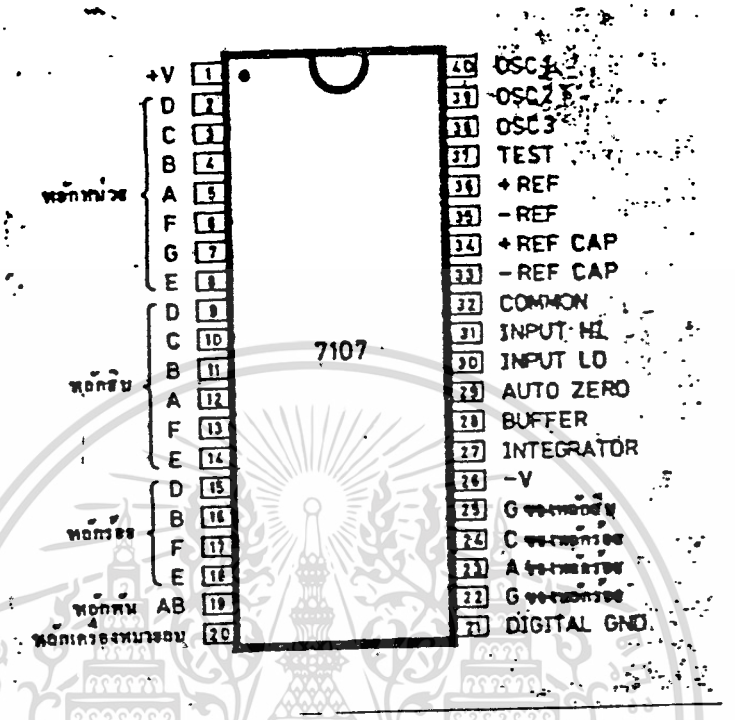
1. ตำแหน่งสวิทช์มาอยู่ที่ $-V_x$ ซึ่งจะเป็นการ Reset counter
2. Integrate ในวงจรจะทำการอินทิเกรทไปเรื่อง ๆ
3. ในช่วงนี้เอาท์พุทของ Zero-vrossing detector high
4. AND gate จะเปิดไปเรื่อย ๆ ทำให้ counter clock ไปเรื่อง ๆ
5. ในกรณีใช้แบบ $3\frac{1}{2}$ digit count จะนับไปจนครบ 2,000 pulses จนถึง Full scale
6. เอาท์พุทจาก counter จะทำให้ตำแหน่งสวิทช์เปลี่ยนจาก- V_x ไปที่ Vref และวัดค่า Vref
7. ที่ Vref จะต้อง limit ในการวัดไว้ เช่น 2.20 มิลลิโวลท์
8. จำนวนสัญญาณนาฬิกาที่นับได้จะเป็นค่าของ $-V_x$ ตามรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ดิจิตอลโวล์ทมิเตอร์ 3 หลักครึ่ง



รูปที่ 1 แสดงลักษณะรูปร่างของ ICL - 7107 เมื่อมองจากด้านบน พร้อมทั้งชื่อเรียกขาต่าง ๆ

ข้อดีของเบอร์ 7107

ไอซีเบอร์ ICL 7107 เป็นไปซีดิจิตอลโวล์ทมิเตอร์ที่ได้เปรียบเบอร์อื่น ๆ อยู่มาก ซึ่งข้อดีเด่นพอจะสรุปได้ดังนี้

1. อุปกรณ์แอคทีฟที่จำเป็นทั้งหมดในการทำดิจิตอลโวล์ทมิเตอร์ถูกบรรจุไปในไอซีเบอร์นี้เพียงตัวเดียว
2. เป็นไปซีชนิด CMOS จึงดึงกระแสต่ำมาก คือน้อยกว่า 1.8 mA (ไม่นับกระแสที่ LED ดึง)
3. แสดงค่าแรงดันออกมาได้ 3 หลัก (และ 1 หมายความว่าหลักทางซ้ายมือสุดเป็นได้แค่เลข 1)
4. เอาท์พุทจาก 7107 สามารถต่อเข้าแผงแสดงตัวเลขแบบ LED ได้โดยตรง
5. มีความแม่นยำสูง คือผิดพลาดไม่เกิน 1 ของตัวเลขหลักสุดท้าย และมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

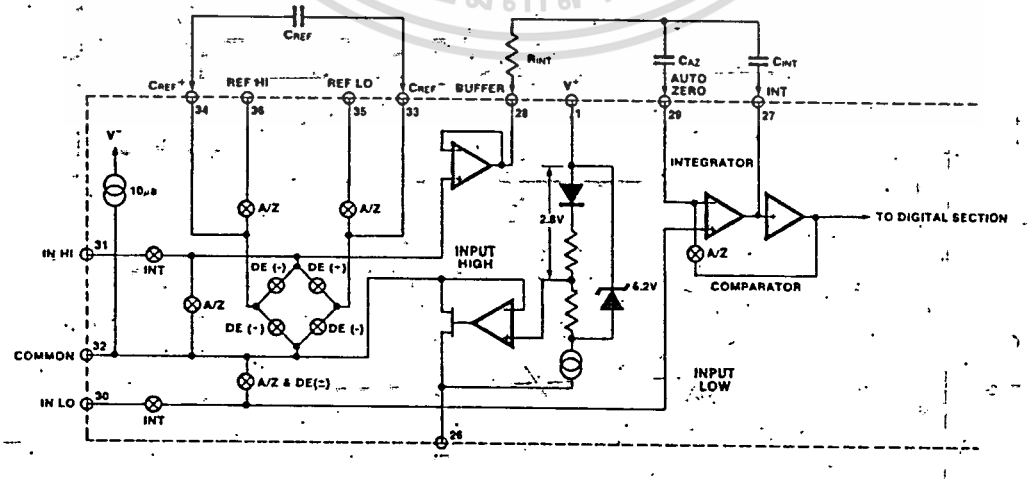
เสถียรภาพในการทำงานดีเยี่ยม

6. ปรับศูนย์เองโดยอัตโนมัติ เช่น ถ้าแรงดันอินพุทเป็น เอาท์พุทก็จะอ่านค่าได้ 000.0 โวลท์จริง
7. ดึงกระแสจากอินพุทน้อยกว่า 10 μA
8. มีเครื่องหมายบอกขั้วเลขขลบของแรงดันที่วัดได้บนแผงแสดงได้อัตโนมัติการวัดจึงไม่ต้องระวังเรื่องขั้วของสายวัด
9. แรงดันอินพุท และแรงดันมาตรฐานสำหรับวงจรเป็นแบบลอยได้ ไม่จำเป็นต้องมีขั้นหนึ่งลงกราวน์ จึงทำให้ใช้งานได้กว้างขวางมาก เช่นวัดแรงดันแบบดิฟเฟอเรเชียลได้
10. วัดแรงดันอินพุทได้เต็มเสกส 199.9 หรือ 1.999 ได้ แล้วแต่การปรับ

หลักการทำงานของ 7107

ICL7107 ใช้หลักการที่เรียกว่า 2ดูอัลสโลปอินทิเกรชั่น" (dual slope interation) ซึ่งเป็นเทคนิคในการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลที่นิยมที่สุด ในขณะนี้ ICL 7107 แบ่งออกเป็น 3 ภาคใหญ่ ๆ คือ ภาคอนาล็อก ภาคสัญญาณนาฬิกา และภาคดิจิตอล

ภาคอนาล็อก



รูปที่ 2 ผังการทำงานภายในเฉพาะส่วนอนาล็อกของไปซีเบอร์ ICL 7107 และอุปกรณ์ภายนอกที่ต่อเข้ากับส่วนนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2 แสดงผังการทำงานในส่วนอนาล็อกภายในอีเบอร์ ICL7107 สัญญาณลักษณ์วงกลมนี้แล้วมีกากะบาดภายในนั้นหมายถึง สวิทช์อิเลคทรอนิคส์ที่จะครบวงจรยอมให้กระแสไหลผ่านได้เฉพาะเมื่ออยู่ในช่วงทำงานตามที่มีตัวอักษรย่อกำกับอยู่ข้าง ๆ วงกลมนั้น ๆ

ในการวัดค่าแรงดันภายนอกแต่ละครั้ง วงจรภายในจะทำงาน 3 ช่วง คือ 1. ปรับศูนย์อัตโนมัติ (A/Z) 2. อินทิเกรทสัญญาณ (INT) และ 3. ดีอินทิเกรท (DE) ซึ่งจะอธิบายเรียงตามลำดับ

ช่วงปรับศูนย์อัตโนมัติ (A/Z) ช่วงนี้จะมีเหตุการณ์เกิดขึ้น 3 อย่าง

1. ขั้วอินพุททั้งสอง (IN HI และ IE LO) จะถูกตัดออกจากแรงดันที่จะวัด และขั้วอินพุททั้งสอง ภายในจะถูกลัดวงจรเข้ากับขา
2. ตัวเก็บประจุ C_{REF} จะถูกประจุให้มีแรงดันเป็น (แรงดัน V_{REF} คือ แรงดันที่ป้อนเข้าขั้ว + REF และ - REF)
3. สวิทช์จะต่อมหมึ่การป้อนกลับครบรอบเพื่อประจุ ให้มีแรงดันชดเชยกับผลของออฟเซ็ทต่าง ๆ ในภาคบัฟเฟอร์ภาคอินทิเกรทเตอร์

และภาคเปรียบเทียบ

พูดง่าย ๆ ว่าก่อนทำการวัด จะลัดวงจรอินพุทภายในลงกราน์ด์ให้แรงดันอินพุทเป็นศูนย์จริง ๆ แล้วดูผลของแรงดันออฟเซ็ทต่าง ๆ ที่จะทำให้เอาพุทคลาดเคลื่อนไปแล้วป้อนกลับเอาคลาดเคลื่อนนี้มาเก็บไว้ในตัวเก็บประจุ C_{AZ} เพื่อสร้างผลหักล้างกับออฟเซ็ทนั้น ขณะทำการวัดจริง ๆ

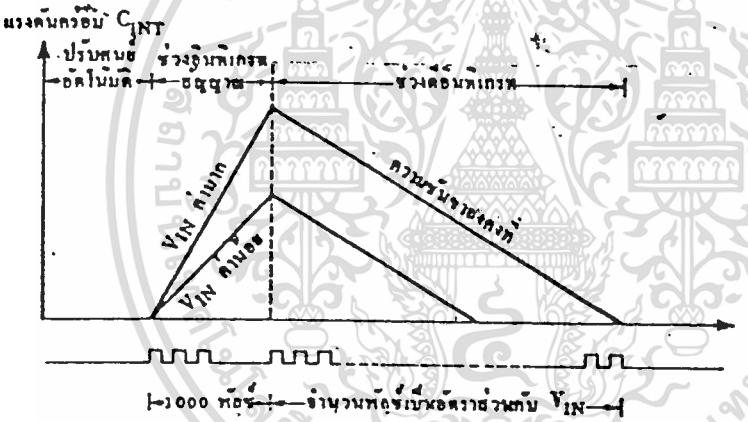
ช่วงอินทิเกรทสัญญาณ (INT) ในช่วงนี้การป้อนกลับจะยุติไปและขั้วอินพุททั้งสองถูกต่อเข้ากับขาไอซีเพื่อรับรู้แรงดันอินพุทนอกที่จะทำการ วัดขณะนี้วงจรอินทิเกรทเตอร์จะทำงานโดย C_{INT} จะถูกประจุให้มีแรงดันสูงขึ้นเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับค่า V_{IN} ซึ่งป้อนเข้าระหว่างขา IN LO และ IN HI) เมื่อถึงระยะเวลาคงที่ค่าหนึ่งซึ่งกำหนดมาจากจำนวนพัลซ์ของสัญญาณนาฬิกา (สำหรับดิจิตอลโวล์ทมิเตอร์ขนาด 3½ หลักทั่ว ๆ ไปจะใช้จำนวนพัลซ์ 1,000 ลูก) วงจรอินทิเกรทเตอร์ก็จะหยุดทำงาน ดังนั้นขณะนี้วงจรคันร่อม C_{INT} จะขึ้นกับค่า V_{IN} โดยตรง พร้อมกันนั้นก็จะรู้ขั้นของสัญญาณคร่อม C_{INT} ด้วยว่าเป็นบวกหรือลบ

ช่วงดีอินทิเกรท (DE) ช่วงนี้เป็นช่วงสุดท้าย เมื่อเริ่มทำการทำงานนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

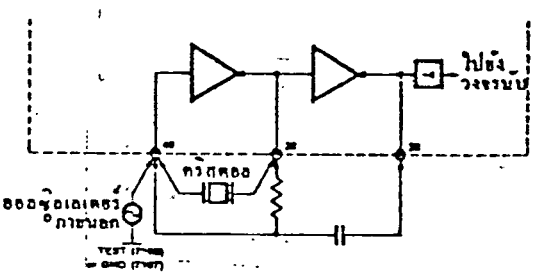
จะถูกต่อเข้ากับขั้ว COMMON อย่างภายใน และขั้ว IN HI ก็ถูกนำไปโยงเข้าที่ C_{REF} ภายในด้วย วงจรภายในจะจัดทิศทางการต่อขั้วให้ถูกต้อง เพื่อทำให้วงจรอินทิเกรทเตอร์ทำงานในทิศทางที่จะให้เอาท์พุท (แรงดันคร่อม C_{INT}) ค่อย ๆ ลดลงเป็นศูนย์ เวลาที่ให้เอาท์พุทเป็นศูนย์พอดี (ซึ่งนับจากจำนวนพัลซ์ของสัญญาณนาฬิกา) นี้จะเป็นอัตราส่วนกับแรงดันอินพุทสำหรับเบอร์ ICL 7107 จำนวนพัลซ์ของสัญญาณนาฬิกาที่ได้นี้จะถูกแปลงไปปรากฏเป็นตัวเลขบนแผงแสดงซึ่งจะอ่านค่าได้เป็น $1,000V_{IN}/V_{REF}$

ข้อดีของหลักการแบบดูอัลสโลปอินทิเกรชั่น คือไม่ต้องใช้อุปกรณ์ภายนอกที่ดีมากนัก เช่นการเปลี่ยนแปลงค่า C_{REF} C_{INT} และ C_{AZ} ไม่มีผลกับความแม่นยำของวงจรเพราะมันจะปรับศูนย์ตัวเองก่อนทำงานทุกครั้ง และผลที่ได้เป็นอัตราส่วนซึ่งจะหักล้างกันไปความแม่นยำจริง ๆ ขึ้นกับค่าของ V_{REF} และเสถียรภาพของแปลงกำเนิดสัญญาณนาฬิกา



รูปที่ 3 แสดงแรงดันคร่อม C_{INT} ที่ช่วงเวลาทำงานทั้งสาม และจำนวนพัลซ์ของสัญญาณนาฬิกา

ภาคสัญญาณนาฬิกา



รูปที่ 4 ภาคกำเนิดสัญญาณนาฬิกา พร้อมวิธีการติดอุปกรณ์ภายนอกทั้ง 3วิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4 แสดงการจัดวงจรในภาคสร้างสัญญาณนาฬิกา ICL7107 การต่ออุปกรณ์ภายนอกเพื่อให้วงจรในภาคนี้มีอยู่ 3 วิธีด้วยกันคือ

1. ต่อตัวต้านทานและตัวเก็บประจุเข้าที่ขา 38,39 และ 40 ของ ไอซีเพื่อให้วงจรออสซิลเลตที่ความถี่ที่ต้องการ
2. ต่อคริสตอล เข้าระหว่าง 39 และ 40 เพื่อให้ออสซิลเลตที่ความถี่ที่ต้องการอย่างแม่นยำ หรือ
3. ป้อนความถี่จากวงจรออสซิลเลตเตอร์ภายนอกมาเข้าที่ขา 40 และกราวน์ โดยสัญญาณความถี่นี้จะต้องมีขนาดแกว่งจาก + 5V และกราวน์

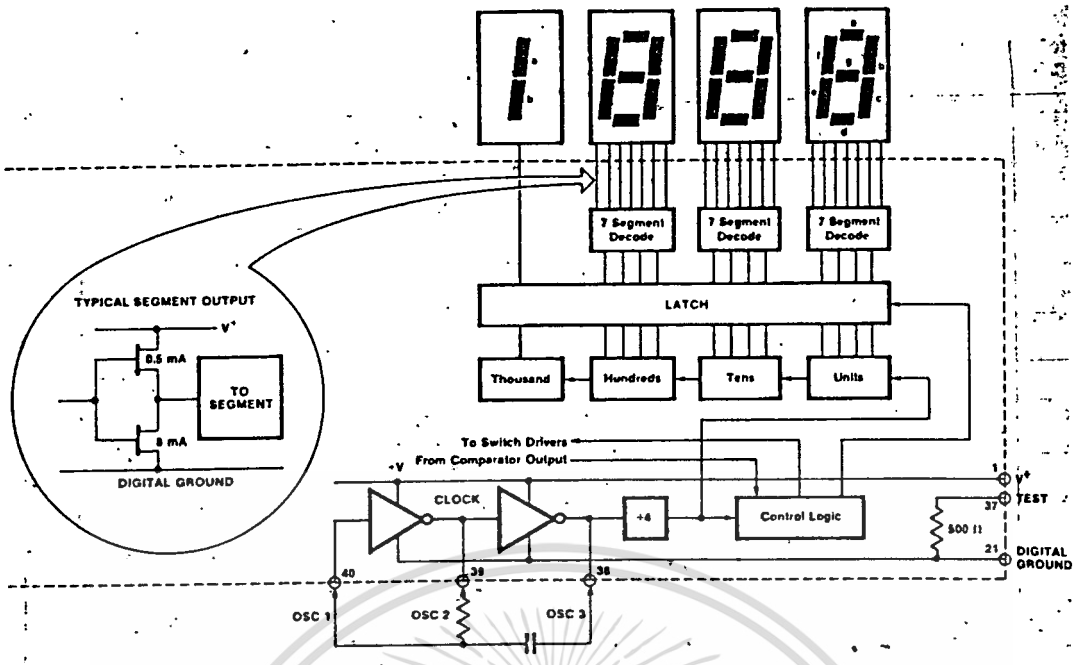
ความถี่ที่ได้จากวิธีใดวิธีหนึ่งจะถูกหาร 4 แล้วจึงจะไปป้อนเป็นสัญญาณนาฬิกาให้กับภาคดิจิตอล

วิธีที่ประหยัดที่สุดก็คือวิธีแรก ซึ่งจะสามารถคำนวณหาความถี่ได้ดังนี้ $f=0.45/RC$ โดยทั่วไปจะใช้ R มีค่าประมาณ 100 K

ถ้าต้องการให้วงจรทั้งหมดได้รับการรบกวนจากความถี่ของไฟบ้านน้อยที่สุด ความถี่ของออสซิลเลตเตอร์ควรเป็นจำนวนเท่าของ 50 เช่น เป็น 40kHz, $66\frac{2}{3}$kHz 100 kHz และ 200 kHz เป็นต้น ถ้าต้องการลดผลจากไฟ 60 Hz ด้วย สำหรับบางประเทศก็ควรใช้ความถี่เป็น 48kHz 60kHz 80kHz 120 kHz และ 240kHz เป็นต้น

สัญญาณนาฬิกาที่ได้นี้จะถูกนำไปใช้ในการสั่งงานให้ภาคอนาล็อก แบ่งการทำงานออกเป็น 3 ช่วง เช่น สมมุติว่าเราให้ภาคกำเนิดสัญญาณนาฬิกาออสซิลเลตที่ความถี่ 48 kHz เมื่อผ่านวงจรหาร 4 ก็จะเหลือความถี่เป็น 12kHz ซึ่งหมายความว่าใน 1 วินาทีจะมีพัลซ์ออกไป 12,000 ลูก จำนวนพัลซ์จะกำหนดระยะเวลาการทำงานของแต่ละครั้งแต่ละช่วง ถ้าขนาดสัญญาณอินพุทมีค่าเต็มสเกลที่กำหนดไว้พอดี จำนวนพัลซ์ 1,000 ลูก จะกำหนดเวลาช่วงอินทิเกรทอีก 2,000 ลูกจะถูกใช้ให้ดี อินทิเกรทสัญญาณลงเป็นศูนย์โวล์ท และอีก 1,000 ลูกจะใช้ในการปรับค่าศูนย์อัตโนมัติ ถ้าขนาดสัญญาณน้อยกว่าแรงดันเต็มสเกลช่วงเวลาดีอินทิเกรทจะสั้นลง และช่วงเวลาปรับศูนย์อัตโนมัติก็จะนานขึ้น รวมความแล้วในการอ่านค่าแรงดันอินพุทปรากฏบนแผงแสดงตัวเลขครั้งหนึ่ง ๆ ต้องใช้จำนวนพัลซ์ทั้งสิ้น 4,000 ลูก 12,000 ลูก ต่อวินาที ก็จะอ่านค่าแรงดันได้ 3 ครั้งต่อวินาที ดังนั้นถ้าความถี่เป็น 48 kHz ก็จะสุ่มแรงดันของสัญญาณอินพุทมาอ่านค่าได้ 3 ครั้งต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5 ภาคดิจิตอลของ ICL 7107

รูปที่ 5 แสดงภาคดิจิตอล ของไอซีเบอร์ ICL 7107 ภาคนี้จะนับจำนวนพัลซ์ในช่วงเวลาดีอินทิเกรทมานับจำนวนแล้วแปลงให้มีสัญญาณถูกต้อง ที่จะทำให้ LED แสดงตัวเลขออกมาอย่างถูกต้องกระแสที่ป้อนให้แก่ LED แต่ละส่วน (segment) จะถูกจำกัดที่ปริมาณ 8 mA ซึ่งก็พอเพียงที่จะทำให้ LED แบบอาโนดร่วม ขนาดตัวเลขสูงประมาณ 0.3"หรือ 0.43" สว่างพอสำหรับการใช้งานในที่ร่ม แต่เอาท์พุทขา 19 (ซึ่งต่อกันหลักซ้ายมือสุด ซึ่งแสดงตัวเลข 1) สามารถจะรับกระแสจาก LED ได้ 2 ส่วนคือทนกระแสได้ 16 mA

สำหรับการต่อภาคดิจิตอลเข้ากับตัวแสดงผล LED ให้ดูคำกำกับขาต่าง ๆ ที่แสดงในรูปที่แสดงรูปที่ 1 ซึ่งขาไอซีที่จะต้องต่อไปยังภาคแสดงผลที่อยู่ทั้งสอง 17 ขา คือ ขาที่ 2 ถึงขาที่ 25 สำหรับจุดทศนิยมของตัวเลขแสดงผลต่อต่างหาก โดยการต่อจากตำแหน่งขาจุดทศนิยมของตัวแสดงผลหลักนั้น ๆ ผ่านตัวต้านทาน 150 ลงกราวน์

ถ้าแรงดันอินพุทสูงค่าเต็มสเกลของวงจร ภาคดิจิตอลแสดงค่าออกมาเป็น 1 หรือ-1 เท่านั้น อีก 3 หลักทางขวามือจะดับมืด ถ้าแรงดันอินพุทเป็นลบก็จะมีเครื่องหมายเลขลบปรากฏทางซ้ายมือสุด ส่วนแรงดันบวกจะไม่มีเครื่องหมายแสดงออกมา

หลักการทำงาน

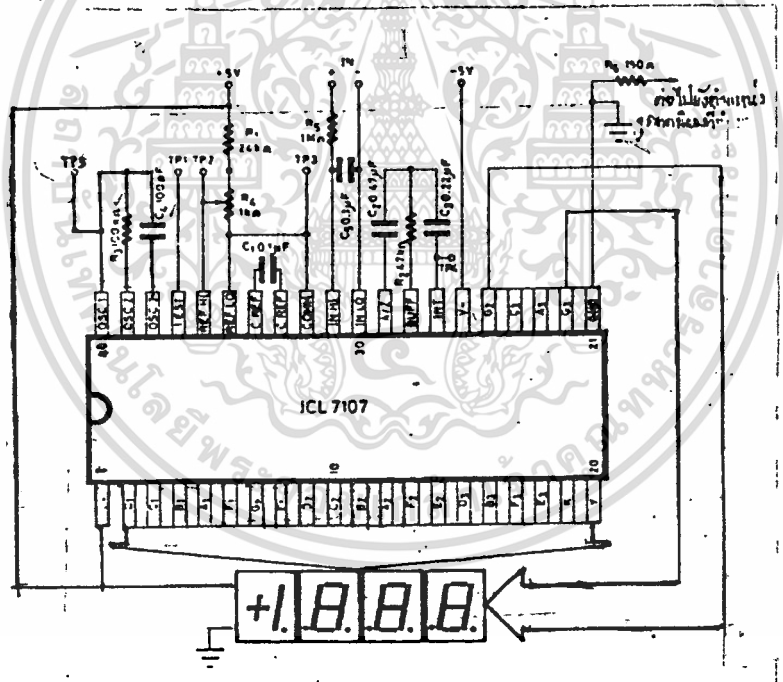
หลักการทำงานก็เป็นดังที่ ได้อธิบายมาแล้วในหัวข้อก่อน ๆ R_3 และ C_4 เป็นตัวกำหนดความถี่ของวงจรออสซิเลเตอร์ตามค่าที่ให้ไว้นี้จะให้ความถี่ออกมาประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

48kHz และ R_I จะทำหน้าที่ตัดสัญญาณรบกวนไฟสลับที่อาจจะแทรกปนเข้ามาที่ขั้วอินพุท R_1 และ R_4 จะทำหน้าที่แบ่งแรงดัน 2.8 V จากในตัวไอซีมาเพื่อสร้างแรงดันมาตรฐาน (V_{REF}) ขึ้นมา

ตัวต้านทาน R_6 เพิ่มเติมขึ้นมาเพื่อป้อนไฟเลี้ยงให้แก่ทศนิยม LED หลักที่ต้องการ (ในที่นี้จุดทศนิยมที่ต้องการอยู่ที่หลักที่ 2 นับจากขวามือทางด้านซ้ายมือของตัวเลข) อินพุทอิมพิแดนซ์ของวงจรนี้จะมากกว่า 10^{12} โอห์ม ถึงกระแสจากอินพุทประมาณ 2 pA และการวัดเป็นแบบดิฟเรนเชียล (คือไม่ต้องการให้อินพุทสายหนึ่งต่อลงกราวนด์) ทำให้สะดวกแก่การวัดมาก

แหล่งจ่ายไปที่ ICL 7107 ต้องการคือ ±5V ซึ่งจ่ายกระแสได้มากกว่า 200 mA (จ่ายถึงขนาดนี้ได้เป็นครั้งคราวเท่านั้นปกติจะถึงเพียง 1 mA เท่านั้น).



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดแรงบิด (TORQUE MEASUREMENT)

เมื่อเราจำเป็นต้องทำความเข้าใจถึงวิธีการวัดค่าแรงบิดที่เป็นปัญหาที่แท้จริง เราจึงควรที่จะทำการศึกษาและเข้าใจด้วยว่า "แรงบิดเป็นแรงพยายามที่จะทำให้หมุนไป" โดยที่เราจะวัดออกมาในรูปผลคูณของแรงกับรัศมี

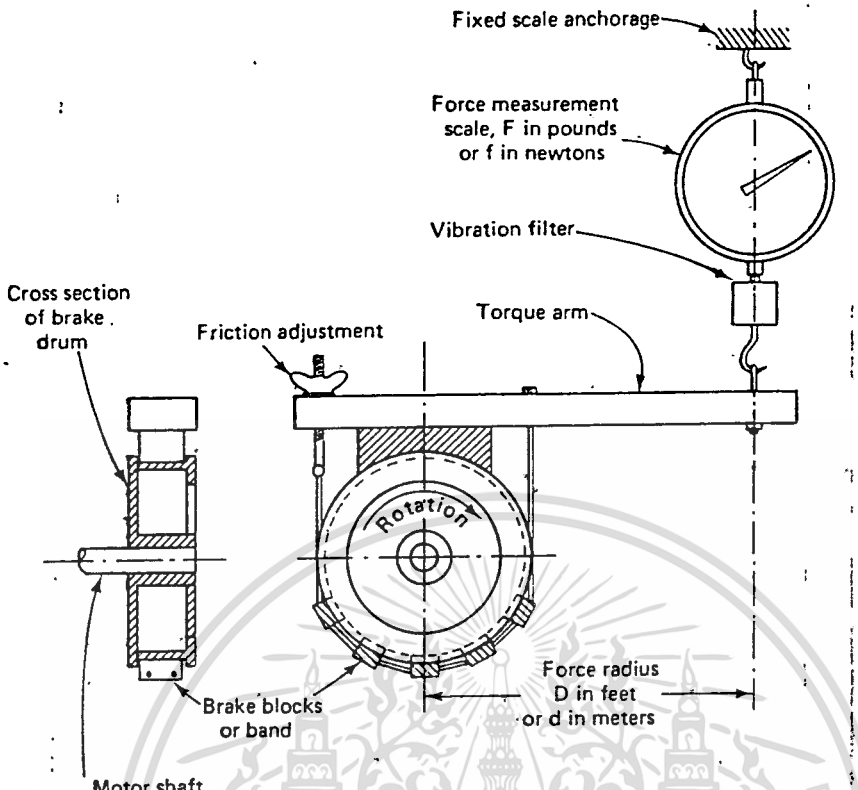
๑. พรอนี่เบรค (PRONY BRAKE) ในความคิดที่เริ่มจะวัดค่าแรงบิดของวัตถุนั้นเป็นการยากที่จะวัดแรงที่กำลังเคลื่อนที่อยู่นี้ได้อย่างเที่ยงตรง วิธีการในขั้นต้นและยังคงเป็นเครื่องมือที่ยังใช้กันอยู่ นั่นก็คือ " พรอนี่เบรค " รูปทรงของพรอนี่เบรคเป็นแถบเบรคที่ยึดติดแน่นกับแกนได้ด้วยการขันตัวสกรู ซึ่งพรอนี่เบรคจะพันรอบเบรคดรัมที่หมุนและมีน้ำช่วยระบายความร้อนแนวโน้มของกลไกการเบรคอยู่ที่การเคลื่อนตัวไปรอบ ๆ ด้วยดรัมทำให้มีแรงที่เกิดมาจากแรงเสียดทานที่ถ่ายทอดมาจากแรงบิดของกลไกการขับเคลื่อน แรงเสียดทานนี้จะเกิดขึ้นระหว่างดรัมกับที่ห้ามล้อ โดยแรงนี้จะสัมพันธ์กับแรงที่กดลงบนที่ยึดจับแกนด้วยแถบเบรคซึ่งต่ออยู่กับตาชั่ง

เพื่อทำการวัดด้วยเครื่องมือนี้ ขณะที่กำลังหมุนอยู่ ตัวยึดเบรคสามารถที่จะปรับไปจนกระทั่งได้ความเร็วรอบ (รอบ/นาที)ที่ต้องการ ภายใต้สภาวะนี้ แรงบิดที่ได้จากตัวขับต้นกำลังจะถูกดูดกลืนโดยตัวเบรคและจะไปปรากฏผลขึ้นที่ตาชั่ง (โดยนำผลที่อ่านได้นั้นไปคูณกับความยาวของแขนเบรค ก็จะได้ค่าแรงบิด) ในตัวขับต้นกำลังขนาดใหญ่ ตัวเบรคต้องมีน้ำช่วยระบายความร้อนอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากกำลังของตัวขับที่ให้ออกมาจะเปลี่ยนไปเป็นแรงเสียดทานซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่ผิวหน้าของตัวเบรค พรอนี่เบรคนี้อาจจะสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงได้ถ้าการระวังมีไม่ดีเท่าที่ควร

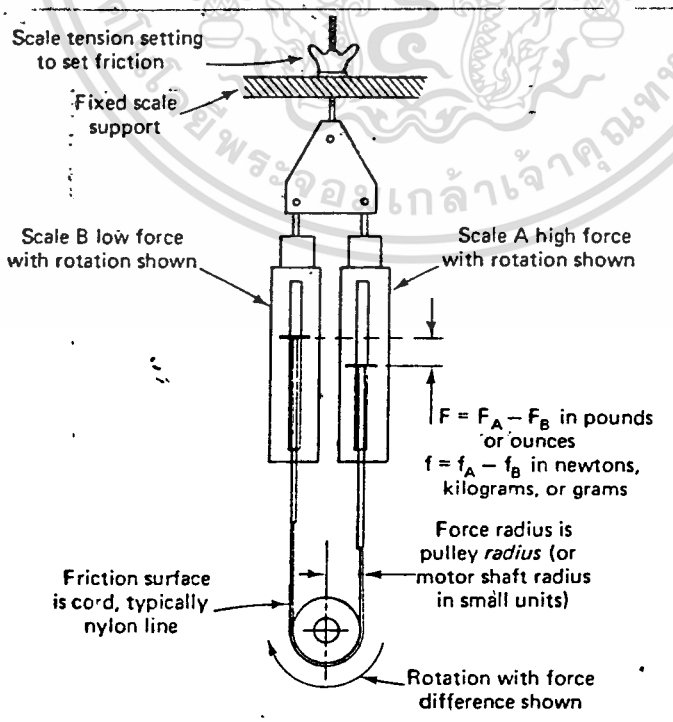
๒. พรอนี่เบรคชนิดที่เครื่องชั่ง ๒ เครื่อง (2 - SCALE PRONY BRAKE)

ในตัวขับต้นกำลังที่มีขนาดเล็ก เราจะใช้พรอนี่เบรคชนิดนี้เป็นเครื่องมือวัด รัศมีของอาร์มที่ใช้จะเป็นรัศมีของมู่เล่ย์แบบมีร่อง หรือถ้าตัวขับมีขนาดเล็กมาก เราจะใช้แค่รัศมีของเพลามอเตอร์ แรงเสียดทานนั้นจะเปลี่ยนแปลงตามการเคลื่อนที่ของเครื่องชั่งทั้ง ๒ และการผูกเชือกว่าแน่นหรือหลวมแค่ไหน (เชือกนี้เปรียบเสมือนแถบเบรค) แรงบิดสัพท์ที่ต้องการคือผลต่างระหว่างค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่งเนื่องจากไม่มีการระบายความร้อน ระบบนี้จึงใช้ได้กับพวกเซอร์โวมอเตอร์ขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Typical prony brake for motor torque measurement.



Torque T = F x D converted to pounds feet
or t = f x d converted to newton meters

Typical two-scale prony brake for motor torque measurement.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

๓. <u>ไดนาโมมิเตอร์</u> (DYNAMOMETER) เป็นเครื่องวัดแรงบิดที่มีประโยชน์หลายด้าน ก็ได้แก่ ไดนาโมมิเตอร์ ตัวไดนาโมมิเตอร์ใช้ได้ทั้งเป็นตัวรับและตัวสร้างแรงบิด ดังนั้นมันจึงมีความคล่องตัวกว่าการใช้พรอนี่เบรคหรือเครื่องมือวัดแรงบิดชนิดอื่น ๆ ในกรณีที่ใช้ - เป็นตัวรับแรงบิด

ไดนาโมมิเตอร์เป็นเครื่องจักรไฟฟ้ากระแสตรงชนิดขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กต่อขนาน โดยจะใช้ที่มีขนาดและความเร็วรอบที่เหมาะสม หลักการของไดนาโมมิเตอร์เหมือนกับหลักการของเครื่องจักรกลไฟฟ้าที่ขับหมุนโหลดทั่ว ๆ ไป ที่มีพฤติกรรมแบบมอเตอร์ (MOTOR ACTION) และพฤติกรรมแบบเจนเนอร์เรเตอร์ (GENERATOR ACTION) เกิดขึ้นพร้อมกัน เมื่อทำหน้าที่เป็นตัวรับพลังงาน ไดนาโมมิเตอร์จะทำหน้าที่เหมือนเป็นเจนเนอเรเตอร์ โดยโวลเตจที่เกิดขึ้นจะต่อเข้ากับโหลดความต้านทาน การปรับค่าความต้านทานของโหลดไปพร้อมกับค่าโวลเตจที่เกิดจากไดนาโมมิเตอร์ จะเป็นตัวกำหนดกระแสที่ไหลในตัวมัน เนื่องจากกระแสที่ไหลในขดลวดอาร์มาเจอร์นี้จะทำให้เกิดพฤติกรรมแบบมอเตอร์ขึ้นจึงมีแรงบิดเหนี่ยวรั้งที่คอยต้านทานการหมุนเกิดขึ้นที่ขดลวดอาร์มาเจอร์ แรงของแรงบิดที่เกิดขึ้นในอาร์มาเจอร์ที่เป็นอย่างนี้เพราะกระทำกับสนามแม่เหล็ก ดังนั้น เมื่อไดนาโมมิเตอร์ขณะที่รับแรงจากภายนอก สนามแม่เหล็กมีทีท่าว่าจะถูกดึงให้หมุนไปรอบ ๆ อย่างสม่ำเสมอด้วยพฤติกรรมแบบมอเตอร์ที่เกิดขึ้นนี้

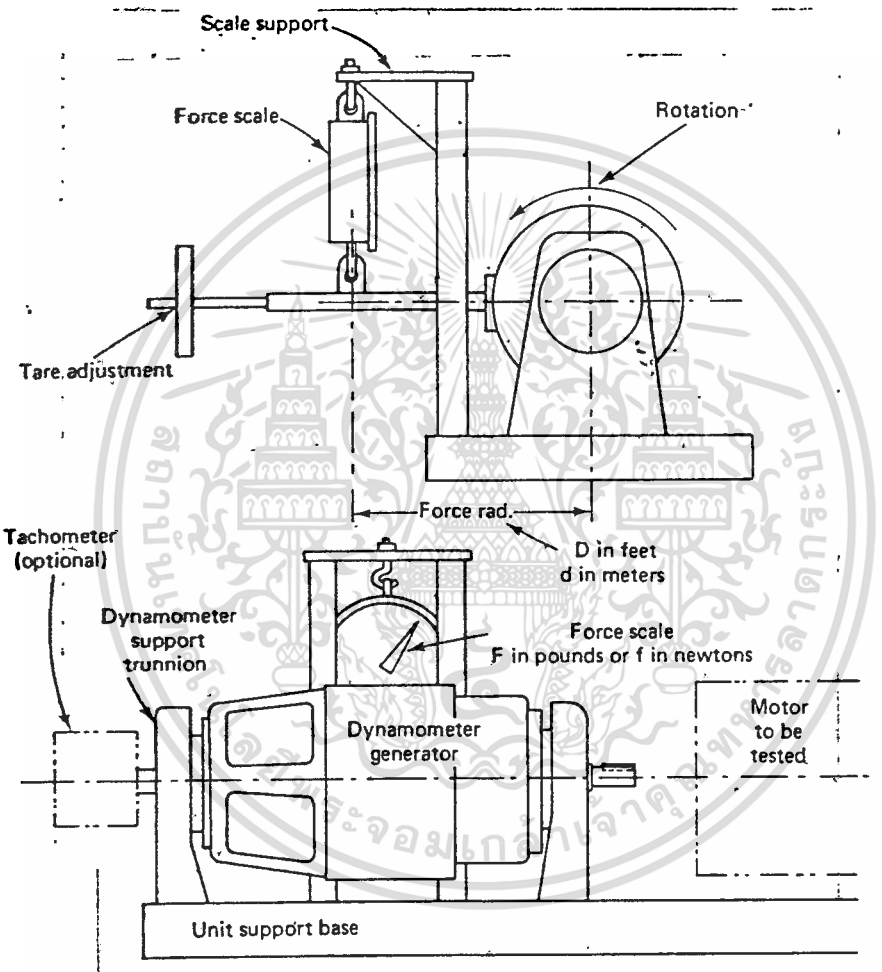
สเตเตอร์และโครงสร้างที่ที่ห่อหุ้มของไดนาโมมิเตอร์จะติดตั้งอยู่กับตลับลูกปืนที่แรงเสียดทานต่ำ ซึ่งต่อรวมเข้ากับแกนของโรเตอร์ที่เป็นอาร์มาเจอร์ ทั้งสนามแม่เหล็ก ตัวโครง และส่วนประกอบอื่น จะถูกทำให้สมดุลย์ด้วยน้ำหนักที่เหมาะสม เพื่อขจัดผลของแรงบิดที่เกิดจาก - แรงโน้มถ่วง

ขณะทำงาน สเตเตอร์ของไดนาโมมิเตอร์มีทีท่าว่าจะหมุนอยู่บนลูกปืนที่รองรับตัวมันและถูกดันกลับ (ดึงรั้งไว้)ตรงที่แขนของแรงบิดกับตาชั่ง ความยาวจากจุดกึ่งกลางของแกนตัวโรเตอร์ถึงจุดที่ติดกับตาชั่ง เป็นระยะโมเม็นต์ของแรงบิด

ในการวัดแรงบิดและกำลัง เราไม่จำเป็นที่จะต้องไปวัดปริมาณทางไฟฟ้าในตัวไดนาโมมิเตอร์ เราเพียงแค่จดบันทึกค่าความยาวของแขนของแรงบิด แรงที่ตาชั่ง ความเร็วรอบ (อ่านจากทาโคมิเตอร์)

พลังงานที่ได้จากตัวไดนาโมมิเตอร์ จะสูญเสียไปกับตัวความต้านทาน ซึ่งถ้าเราทิ้งไว้นาน ๆ ควรจะมีการระบายความร้อนให้โหลดความต้านทานนั้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Typical electric dynamometer for motor or generator torque.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ดิจิตอลสปีดทรานสดิวเซอร์

(DIGITAL SPEED TRANSDUCER)

หน่วยที่นิยมใช้วัดความเร็วแกนหมุนใช้เป็นรอบต่อนาที (revolution per minute rpm) ดังนั้น การวัดความเร็วแกนหมุนจึงต้องมีเครื่องหมายอ้างอิงเป็นห้วงๆสม่ำเสมอติดบนหรือในแกนที่จะวัดโดยรอบ ให้รู้ว่ามีเครื่องหมายอ้างอิงผ่านตัวเซ็นเซอร์ (Sensor) ที่อยู่ใกล้แกนหมุนในช่วงเวลาหนึ่ง โดยใช้วงจรนับทางอิเลคทรอนิคส์ และวงจรช่วงเวลาที่แม่นยำกำหนดให้วงจรนับทำงานตามช่วงเวลาที่กำหนดเป็นช่วงๆ

ในระบบของเครื่องวัดความเร็วรอบ (Tacho Meter) ประกอบด้วยตัวทรานสดิวเซอร์ วงจรอนุเคราะห์ที่จำเป็น วงจรอนุเคราะห์สุดแต่ประสงค์ (เช่นบอกเป็นตัวเลขบนแผงแสดงผลเป็นตัวเลข) ดังแสดงในบล็อกไดอะแกรมตามรูปที่ 1

ทรานสดิวเซอร์ประกอบด้วยเครื่องหมายอ้างอิงเป็นห้วงๆติดบนแกนเซ็นเซอร์ที่เหมาะสมอยู่ใกล้กับแกนทำหน้าที่เปลี่ยนความเร็วการหมุนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าให้วงจรอนุเคราะห์จำเป็นที่เหมาะสมเป็นเซ็นเซอร์ และวงจรอนุเคราะห์สุดแต่ความประสงค์ที่กำหนดหน้าที่ให้บอกค่าเป็นดิจิตอล โดยใช้อัตราการ Sampling ที่เหมาะสมเป็นอินพุทของเครื่องนับอิเลคทรอนิคส์

1. ชนิดของทรานสดิวเซอร์

เซ็นเซอร์ของทรานสดิวเซอร์ชนิดดิจิตอลมีหลายชนิด เช่น ชนิดไฟฟ้า (ความจุกระแสสลับ) ชนิดไฟฟ้าสถิตย์ (ความจุกระแสตรง) ชนิดแม่เหล็ก (กระแสเอ็ดดี้ , การเปลี่ยนรีลัคแตนซ์ แม่เหล็กถาวร) ชนิดแม่เหล็กไฟฟ้า (ไมโครเวฟ, แสง) ชนิดคลื่นสัตย์ (คลื่นเสียง คลื่นลม) ชนิดความร้อน ชนิดสารเคมี แต่สองชนิดหลังไม่นิยมใช้เพราะใช้งานลำบาก มีผลต่อสภาวะแวดล้อม และมีผลต่อการตอบสนองความเร็วช้า ช่วงการทำงาน (dynamic range) ความละเอียด (resolution) ความลิเนียร์ (linearity) และผลตอบสนองของความเร็ว (Speed response) ส่วนระบบดิจิตอลทาโคมิเตอร์สมบัติเหล่านี้มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และส่วนใหญ่ขึ้นกับวงจรภายนอกที่ต่อเข้ากับทรานสดิวเซอร์

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1 แสดงโมเดลระบบการบริหารงานบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งสำคัญเกี่ยวกับทรานสดิวเซอร์ตรงที่ความง่าย ขนาดเล็ก ส่วนประกอบห้วงๆ บนแกนชนิดเซ็นเซอร์ และสัญญาณที่ได้ออกมา เมื่อได้สัญญาณแล้วป้อนให้วงจรอนุเคราะห์ให้เปลี่ยนเป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยมเข้าวงจร decade counter ส่วนใหญ่มักใช้ตัวเลข 4 หลัก และช่วงแลท (latch) เพื่อแสดงค่าตัวเลขค้างไว้ก่อนจะมีการอ่านเข้ามาใหม่

ช่วงการทำงาน คือ อัตราส่วนของความเร็วแกนสูงสุดต่อความเร็วต่ำสุดที่สามารถวัดอย่างเที่ยงตรงได้ สำหรับช่วงความเร็วต่ำสุด คือ 1 พัลซ์ ใน 1 วินาที หรือ 60 รอบ/นาที ถ้าต่ำกว่านี้ค่าที่อ่านได้จะไม่เที่ยงตรง เพื่อเพิ่มให้อ่านค่าได้เที่ยงตรงขึ้นจำเป็นต้องเพิ่มห้วงบนแกน เช่น ถ้าเพิ่มเป็น 60 ห้วง ก็จะอ่านความเร็วต่ำสุดได้ถึง 1 รอบ/นาที หรืออาจเพิ่มช่วงเวลาการรีเซท counter ให้สูงขึ้นก็ได้ แต่จะทำให้ผลตอบสนองเสียไป

ค่าเที่ยงตรง (linearity) ขึ้นกับจำนวนขี่เพื่องบนแกน ถ้าสม่ำเสมอจะไม่ขึ้นกับทรานสดิวเซอร์เลย ดังนั้นความเที่ยงตรงจึงขึ้นอยู่กับวงจรอนุเคราะห์ว่าจะมีเวลาอ้างอิง (reference - time) เสถียรภาพแค่ไหน

ความไว (sensitivity) คือ อัตราส่วนของสัญญาณจากทรานสดิวเซอร์เมื่อขี่เพื่องของแผ่นจานอยู่ใกล้ตัวเซ็นเซอร์ (sensor) มากที่สุด ต่อเมื่อขี่เพื่องของแผ่นจานอยู่ไกลจากตัวเซ็นเซอร์มากที่สุด ซึ่งรวมถึงคุณสมบัติของทรานสดิวเซอร์และความละเอียดของขี่เพื่องด้วย

ความไวของทรานสดิวเซอร์ควรมีค่าสูง และไม่ขึ้นอยู่กับความเร็วรอบของเพลา นอกจากนั้นผลของตำแหน่งขี่เพื่องของแผ่นจานควรจะทำให้สัญญาณเปลี่ยนแปลงไปอย่างมากเมื่อเทียบ

พารามิเตอร์ที่สำคัญต่อการใช้งานก็คือ รูปทรงเลขาคณิต สมบัติทางกายภาพชนิดพลังงานที่ใช้ ชนิดพลังงานที่ดัดแปลง และชนิดของเซ็นเซอร์ เป็นตัวจำกัดการใช้งานว่าทรานสดิวเซอร์นั้นควรใช้แบบไหน แต่ในแบบที่ใช้ในงานนี้เราใช้แบบชนิดแสงเป็นตัวทรานสดิวเซอร์ เพราะเป็นทรานสดิวเซอร์ที่ตอบสนองได้ไว

2. ระบบของดิจิทอลทาโคมิเตอร์

ระบบดิจิทอลทาโคมิเตอร์ ประกอบด้วยตัวทรานสดิวเซอร์ที่สร้างพัลส์ตามแกนที่แบ่งเป็นช่วงหมุนผ่านเซ็นเซอร์ซึ่งอยู่กับที่ได้พัลส์ที่มีแอมปลิจูดคงที่ ไม่เปลี่ยนตามความเร็วของแกนสภาวะแวดล้อมและตัวแปรอื่นๆ ในวงจรที่ต่อด้วยวงจรอนุเคราะห์จึงทำหน้าที่เพียงแค่นับและแสดงหรือเปลี่ยนพัลส์ต่อช่วงเวลานั้น

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งของทรานสดิวเซอร์แบบดิจิตอล คือ อัตราของสัญญาณรบกวน และความแตกต่างของสภาวะทั้งสอง (ช่วงที่มีพัลส์ และไม่มีพัลส์ หรือช่วงค่าสูงสุด หรือต่ำสุดของสัญญาณตามวงจรอนุเคราะห์ที่กำหนดสภาวะความแตกต่าง แล้วนับจำนวนพัลส์ต่อหน่วยเวลา เพราะฉะนั้นความเที่ยงตรง ความละเอียด และช่วงการทำงานของทาโคมิเตอร์จึงขึ้นอยู่กับสมบัติของวงจรอนุเคราะห์ ไม่ขึ้นกับทรานสดิวเซอร์ แม้ว่าทรานสดิวเซอร์จะอยู่ในสภาพไม่ดี อย่างไรก็ตามก็สามารถแยกวงจรอนุเคราะห์ออกจากทรานสดิวเซอร์ได้ โดยการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูด หรือเฟส ระหว่างทรานสดิวเซอร์กับวงจรไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงนี้เลย

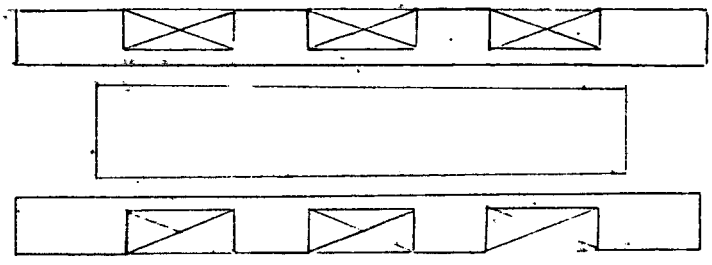
สรุปแล้วในการออกแบบดิจิตอลทาโคมิเตอร์ ต้องทำให้ตัวทรานสดิวเซอร์ได้ทำงานอย่างอิสระ และทำงานในช่วงกว้างขึ้น แม้ว่าสัญญาณจะมีแอมปลิจูดเปลี่ยนไปก็ไม่มีผลต่อการทำงาน เพียงแต่ต้องเพิ่มวงจรภายนอกเข้าไปเท่านั้น

3. นิยามและอธิบายสมบัติสมรรถนะ

สมบัติสมรรถนะพื้นฐานของทรานสดิวเซอร์มักระบุด้วยความเที่ยงตรง (accuracy) กับผลจากการหนีศูนย์กลางของเพลา การแกว่งส่ายหรือสั่นสะเทือนของเพลา การแปลไปของชพพลายโวลเทจ และการแปรไปของพารามิเตอร์ในทรานสดิวเซอร์ ตลอดจนนิสัยของสภาพแวดล้อม

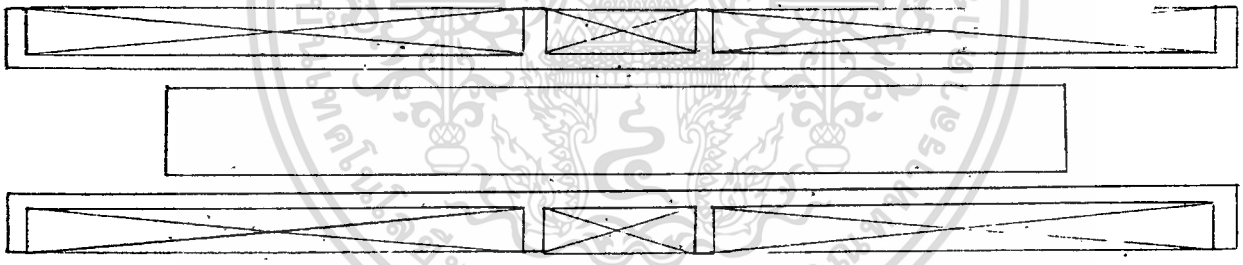
ภายใต้สภาพทุกสภาพการ ระดับสัญญาณจากทรานสดิวเซอร์เมื่อตำแหน่งของเพลาอยู่ที่ตำแหน่ง " ไม่เกิดสัญญาณ " จะต้องน้อยกว่า detection threshold ของวงจรอิเลคทรอนิคส์อนุเคราะห์ในทำนองเดียวกันเมื่อตำแหน่งของเพลาอยู่ที่ตำแหน่ง " เกิดสัญญาณ " ระดับสัญญาณจากขั้วทรานสดิวเซอร์จะต้องอยู่สูงกว่า detection threshold เสมอ ดังนั้นทรานสดิวเซอร์จะต้องมีความไวของ signal / no-signal สูงซึ่งยังผลให้ระดับการดีเทคเตอร์สามารถตั้งให้สูงกว่า noise ผลของการหนีศูนย์กลาง การแกว่งส่าย หรือสั่นสะเทือน ผลของสภาวะแวดล้อม การรบกวนอื่นๆ ฯลฯ เพื่อให้แน่ใจว่าระดับสัญญาณเท่านั้นที่อยู่เหนือ threshold ของดีเท็คเตอร์ ส่วน noise และผลของการรบกวนอื่นๆรวมกันแล้วต่ำกว่า threshold

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



อัตราส่วน 1 : 1

ภาพแสดง LVDT ที่ออกแบบให้ช่องอากาศมีน้อย

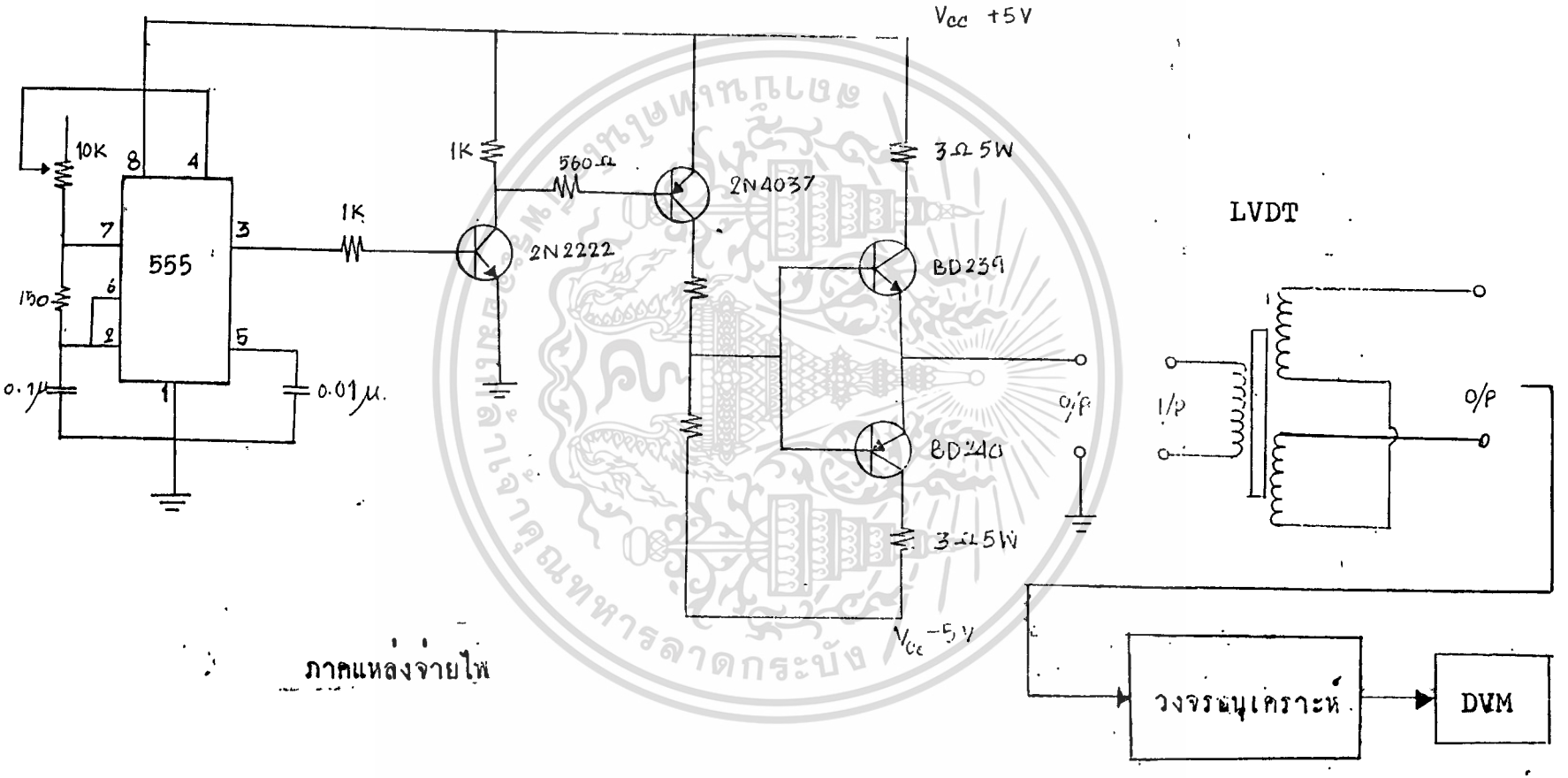


อัตราส่วน 1 : 1

ภาพแสดง LVDT ที่ออกแบบให้ช่องอากาศมีมาก

รูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ภาพแสดงแหล่งจ่าย และ Linear Variable Differential Trasformer (LVDT)

หลักการทำงานของวงจรจ่ายไฟ

ไอซี 555 ที่ใช้ในวงจรจะต่อวงจรเป็นวงจรอะสเตเบิ้ล มัลติไวเบรเตอร์ รูปที่ๆ สร้างรูปคลื่นสี่เหลี่ยมอย่างต่อเนื่องเพื่อนำไปทริกทรานซิสเตอร์ของวงจรจ่ายไฟ เพื่อสร้างไฟกระแสสลับป้อนเข้าสู่ลิเนียวาไรเอเบิ้ลดิฟเฟอร์เรนเชียลทรานฟอร์มเมอร์โดย ความถี่ของวงจรอะสเตเบิ้ล มัลติไวเบรเตอร์สามารถคำนวณได้จาก

$$T = 0.693(R_A + 2R_B)C \qquad \text{วินาที}$$

ดังนั้น $f = 1.443/(R_A + 2R_B)C$ เฮิร์ท

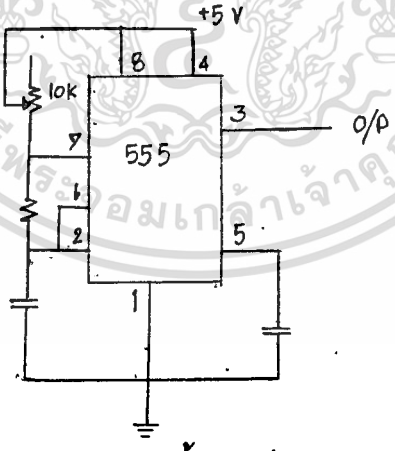
โดยจะมีค่าDuty Cycle $\approx$ 0.5

จากหลักการคำนวณข้างต้นเมื่อเราใช้ค่า R_A = 4.65 ohm R_B = 150 ohm C=.01ufarad

$f = 1.443/(9.65 + 2(150))c$ เฮิร์ท

$= 14.49$ K เฮิร์ท

จากความถี่ที่คำนวณได้ข้างต้น วงจรจ่ายไฟจะสามารถจ่ายไฟความถี่เดียวกันกับความถี่ที่วงจรอะสเตเบิ้ล มัลติไวเบรเตอร์สร้างได้ (รูปที่ 4.3)



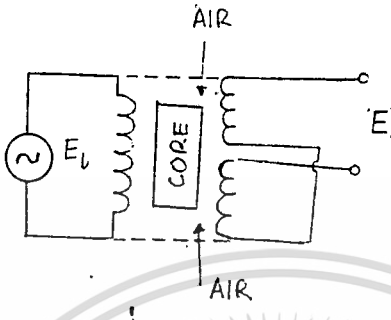
รูปที่ 4.3 วงจรอะสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์

ความถี่จากวงจรอะสเตเบิ้ล มัลติไวเบรเตอร์จะทำการทริกทรานซิสเตอร์เบอร์ 2 N 2222 ในช่วงที่เป็น 5 โวลท์ เข้าขาเบสทรานซิสเตอร์เบอร์ 2 N 2222 จะสามารถไปทริกทรานซิสเตอร์ เบอร์ 2 N 4037 BD239 BD 240 ทำงานด้วย ซึ่งจะทำให้ที่เอาท์พุทมีค่าเป็น + 5 โวลท์ เมื่อเทียบกับกราวด์เมื่อไฟ 0 โวลท์ เข้าที่ขาเบสทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N 2222 จะทำให้ได้เอาท์พุทมีค่าเป็น -5 โวลท์

เอกสารนี้ได้รับการสนับสนุนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การคำนวณและการออกแบบ

การออกแบบลิเนียร์วาไรเอเบิ้ล ดิฟเฟอร์เรนเชียล ทรานฟอร์มเมอร์ (LVDT)
การทำงานของ LVDT จะทำงานโดยอาศัยหลักการดังนี้



$$E_o = \frac{E_i}{N_1}(n_1 - n_2)$$

รูปที่ 4.4

E_o ผลต่างของแรงดันไฟฟ้า(Differential voltage)

E_i แหล่งจ่ายไฟ (Input voltage)

N_1 จำนวนรอบของขดลวดทางด้านปฐมภูมิ

n_1 จำนวนรอบของขดลวดทางด้านทุติยภูมิ ที่แกน (Core)คัดผ่านขดที่1

n_2 จำนวนรอบของขดลวดทางด้านทุติยภูมิ ที่แกน (Core)คัดผ่านขดที่2

ค่าของผลต่างของแรงดันไฟฟ้านั้นจะขึ้นกับการเคลื่อนที่ของแกน (แกนที่ใช้จะใช้แกนที่เป็น ตัวนำแม่เหล็ก(ferro magnetic)) เมื่อแกนเคลื่อนที่ไปทางใด จะทำให้โวลท์เตจทางด้านนั้นมากกว่าอีกด้านหนึ่ง ซึ่งจะทำให้ได้ค่าโวลท์เตจ เพิ่มขึ้นตามระยะทางของแกนที่เคลื่อนที่ไปจากจุดศูนย์กลาง

จากสมการ

$$E = 4.44NfBA$$

E แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลท์)

N จำนวนรอบของขดลวด

f ความถี่(เฮิร์ท)

B ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (เวเบอร์/ตารางเมตร)

A พื้นที่หน้าตัดของแกน(ตารางเมตร)

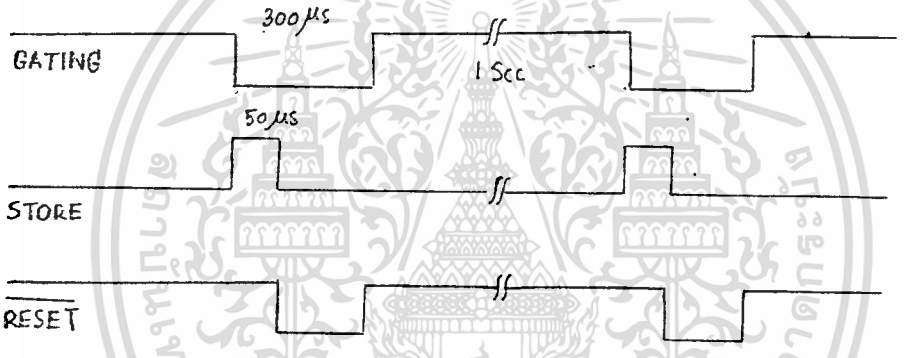
จะเห็นว่าเมื่อค่าของ จำนวนรอบของขดลวด ความถี่ และพื้นที่หน้าตัดของแกน แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำ จะขึ้นอยู่กับค่าของความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก ซึ่งความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนาแน่นหลักซ์แม่เหล็กระหว่างแกนกลาง (แกนเฟอร์ไรท์) กับแกนอากาศ จะมีค่าต่างกันมาก เมื่อพื้นที่หน้าตัดที่ใช้มีค่าเท่ากัน(ความซึมซาบเส้นแรงแม่เหล็ก ของแกนเฟอร์ไรท์มีค่ามากกว่าแกนอากาศมาก) ดังนั้นในการออกแบบจึงต้องทำให้ เส้นแรงแม่เหล็กที่ผ่านแกนทั้งสองมีค่าสมดุลย์กัน

การออกแบบเครื่องวัดความเร็วรอบ

การออกแบบเครื่องวัดความเร็วรอบนั้น ได้ใช้ไอซีเบอร์ ICM7217A ซึ่งต้องการสัญญาณอินพุท คือ RESET COUNT GATING และSTORE ซึ่งสัญญาณนั้นต้องมีลักษณะ



รูปที่ 4.5 สัญญาณเข้า ICM 7217A

สัญญาณ $\overline{\text{STORE}}$

$\text{Duty Cycle} = t_{off}/(t_{on} + t_{off}) = 50\mu/(1.00025+50\mu) \approx 5\times10^{-5}$

ดังนั้น $R_B/(R_A + 2R_B) = 5\times10^{-5}$

$t_{on} = 0.69(R_A+R_B)C$

$t_{off} = 0.69R_BC = 50\mu\text{sec}$

$f \approx 1 \text{ เฮิร์ท} = 1/0.69(R_A + 2R_B).C$

เลือกใช้ $C = 0.47\mu F$

$\therefore R_A+2R_B = 3.08$ เมกกะโอห์ม

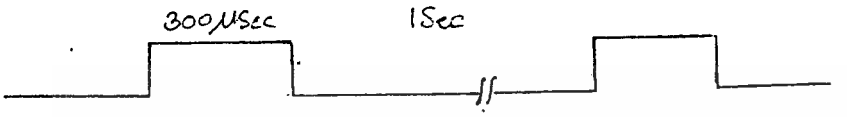
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก t_{off} = 50 μs

จะได้ R_B = 154 โอห์ม

R_A = 3.07 เมกกะโอห์ม

สัญญาน GATING



รูปที่ 4.6 สัญญานเกรทติ้ง

$T = 1.1RC$, $T = 300\mu s$

ใช้ $C = 0.05\mu F$

∴ ใช้ R = 5.45 Kohm

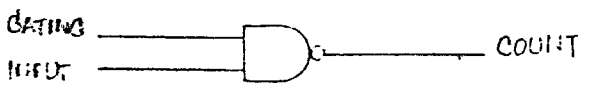
สัญญาน Reset

จากสัญญาณ $\overline{STORE}$ และ $\overline{GATING}$ สามารถสร้างสัญญาณ $\overline{RESET}$ ได้

รูปที่ 4.7 แสดงสัญญานรีเซ็ท

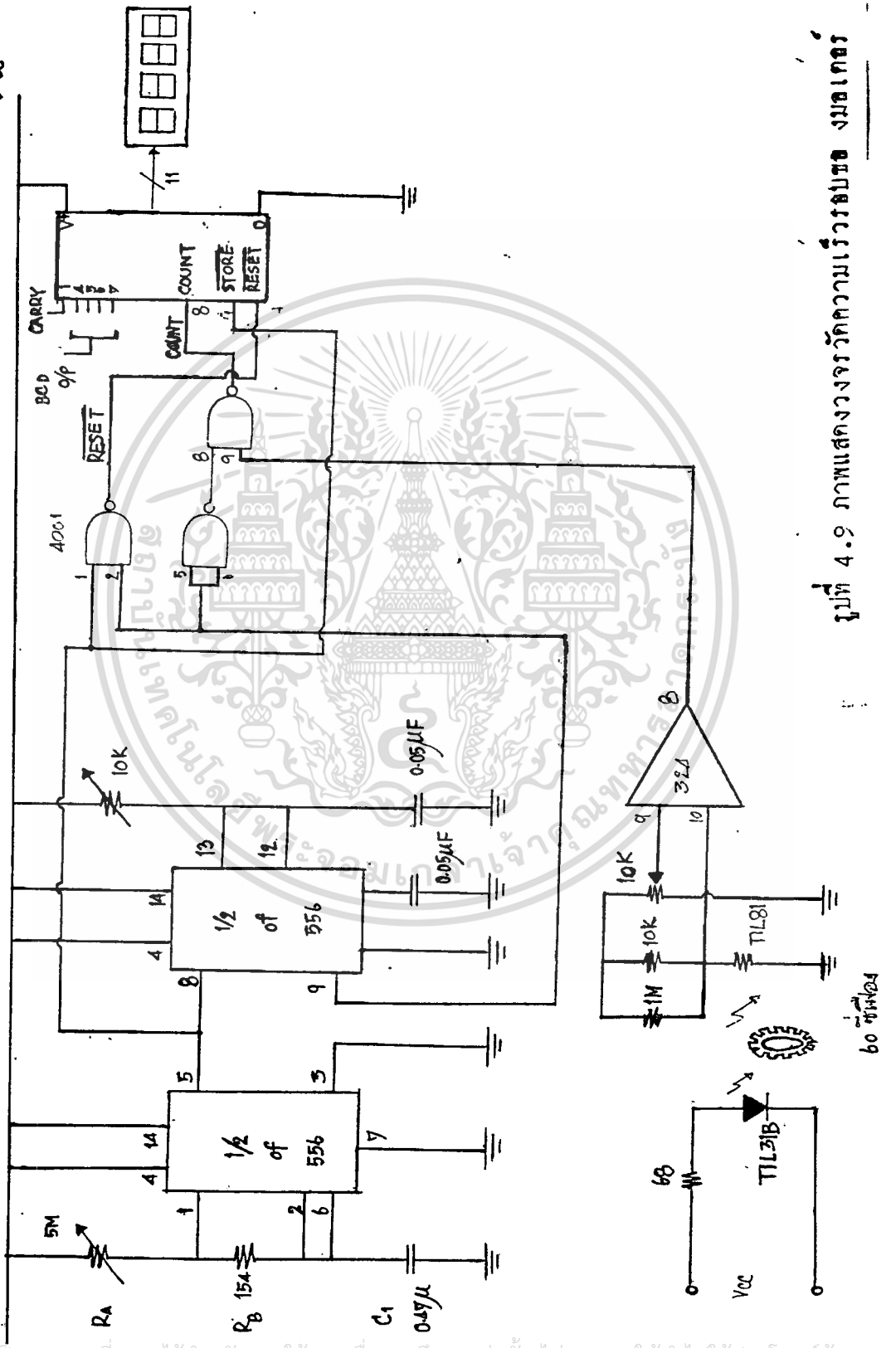
สัญญาณ COUNT

คือสัญญาณการนับของ ICM 7217A สามารถสร้างได้



รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาน COUNT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



รูปที่ 4.9 ภาพแสดงวงจรวัดความเร็วรอบของมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจร

วงจรนับความถี่และทาโคมิเตอร์วงจรนี้ใช้ไอซีเบอร์ 556 ไทม์เมอร์คู่ เพื่อสร้างสัญญาณเกท,สัญญาณสะสม สัญญาณรีเซ็ท โดยไทม์เมอร์ตัวหนึ่งจะใช้เป็นตัว อะสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ ซึ่งใช้ R_A, R_B และ C เพื่อสร้างเอาท์พุท(556ขา5) ที่มีค่าบวกนานประมาณ 1 วินาที และค่าลบนานประมาณ300 ถึง 500 ไมโครวินาทีเพื่อจะนำมาใช้เป็นสัญญาณเกท

G_H (gating positive time) = $0.693(R_A + R_B).C$

G_L (gating low time) = $0.693R_B.C$

ระบบจะถูกปรับแต่งด้วยการใช้โปเทนชิโอมิเตอร์ขนาด 5 เมกกะโอห์ม (R_A)ซึ่งใช้เป็นตัวปรับอย่างหยาบและโปเทนชิโอมิเตอร์ขนาด 1 กิโลโอห์ม(R_B)เป็นตัวปรับละเอียด

ส่วนไทม์เมอร์อีกตัวใน556 จะเอาไว้สร้าง one-shot ทริกเกอร์ เมื่อได้รับสัญญาณเกท ขณะที่มีสภาวะเป็น negative-going edge เอาท์พุทที่เป็น (556ขา9) จะถูกอินเวอร์ทเพื่อใช้เป็นพัลส์สะสมและคงค่าสัญญาณรีเซ็ทไว้ที่ระดับสูง เมื่อผ่านพ้นไป พัลส์สะสมจะเปลี่ยนเป็นระดับที่สูง รีเซ็ทจะกลายเป็นระดับต่ำเพื่อที่จะทำการรีเซ็ทตัววงจรนับใช้สำหรับวัดค่าใหม่ต่อไป ความกว้างของพัลส์one-shot จะมีค่าประมาณ 50 ไมโครวินาที เมื่อชดเชยสัญญาณเกทอย่างละเอียดด้วยR ต้องระวังที่จะให้ค่า G อย่างน้อยที่สุดต้องเท่ากับความกว้างของพัลส์ one-shot

ในภาคอินพุทใช้ ทรานสดิวเซอร์ คือ TIL 31B เป็นภาคส่งและ TIL 81 เป็นภาครับ เมื่อช่วงว่างของซี่เฟืองผ่านมา ภาครับจะมีความต้านทานต่ำ ทำให้เอาท์พุทที่ออกจากอะบแอมป์เป็น + V เมื่อช่วงทึบของซี่เฟืองผ่านมา จะทำให้เอาท์พุทออกมาเป็น 0 ซึ่งจะเป็นความถี่ตามการหมุนของซี่เฟือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดลอง และ ผลการทดลอง

จากเครื่องวัดความเร็วรอบที่สร้างขึ้น สามารถแสดงผลได้ดังตาราง

ความถี่ที่ป้อนให้(เฮิร์ท)	ความถี่ที่วัดได้(เฮิร์ท)	ค่าผิดพลาด
1500	1500	0.00
1490	1490	0.00
1480	1480	0.00
1460	1460	0.00
1450	1449	1.00
1440	1439	1.00
1420	1419	1.00
1400	1398	2.00

จากลิเนียร์วาไรเอเบิล ดิฟเฟอเรนเชียลทรานฟอร์มเมอร์ ที่สร้างขึ้นทั้ง 2 แบบ เมื่อนำมาทำการทดลอง ได้ผลดังตาราง

แบบช่องว่างแกนอากาศน้อย

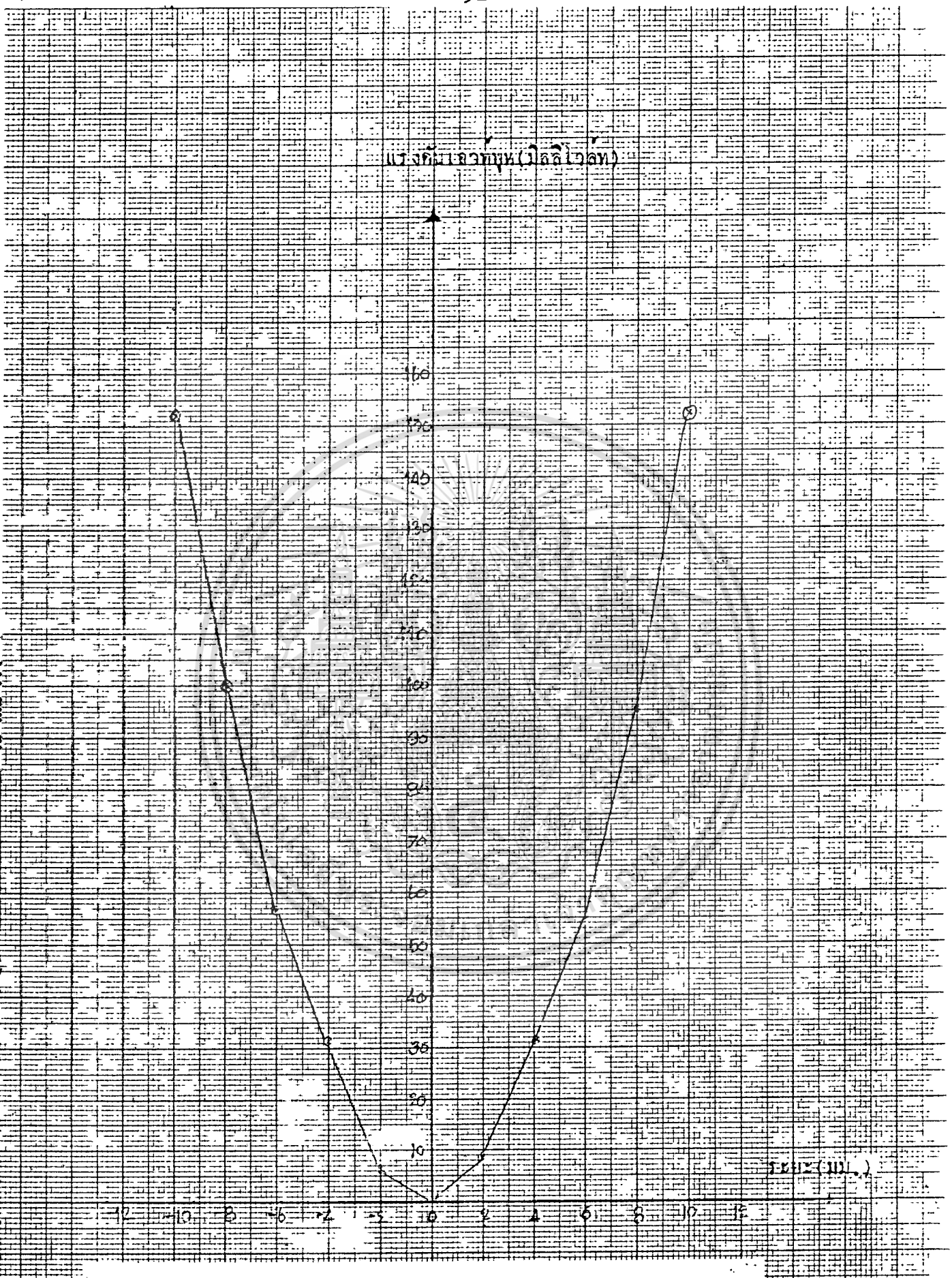
ระยะที่เลื่อนจากจุดกึ่งกลาง (มม.)	แรงดันไฟฟ้าเมื่อเลื่อนแกนไปทาง	
	ขวา(มิลลิโวลท์)	ซ้าย(มิลลิโวลท์)
0.00	0.00	0.00
2.00	9.00	6.00
4.00	32.00	32.00
6.00	55.00	56.00
8.00	95.00	100.00
10.00	152.00	152.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบช่องว่างแกนอากาศมาก

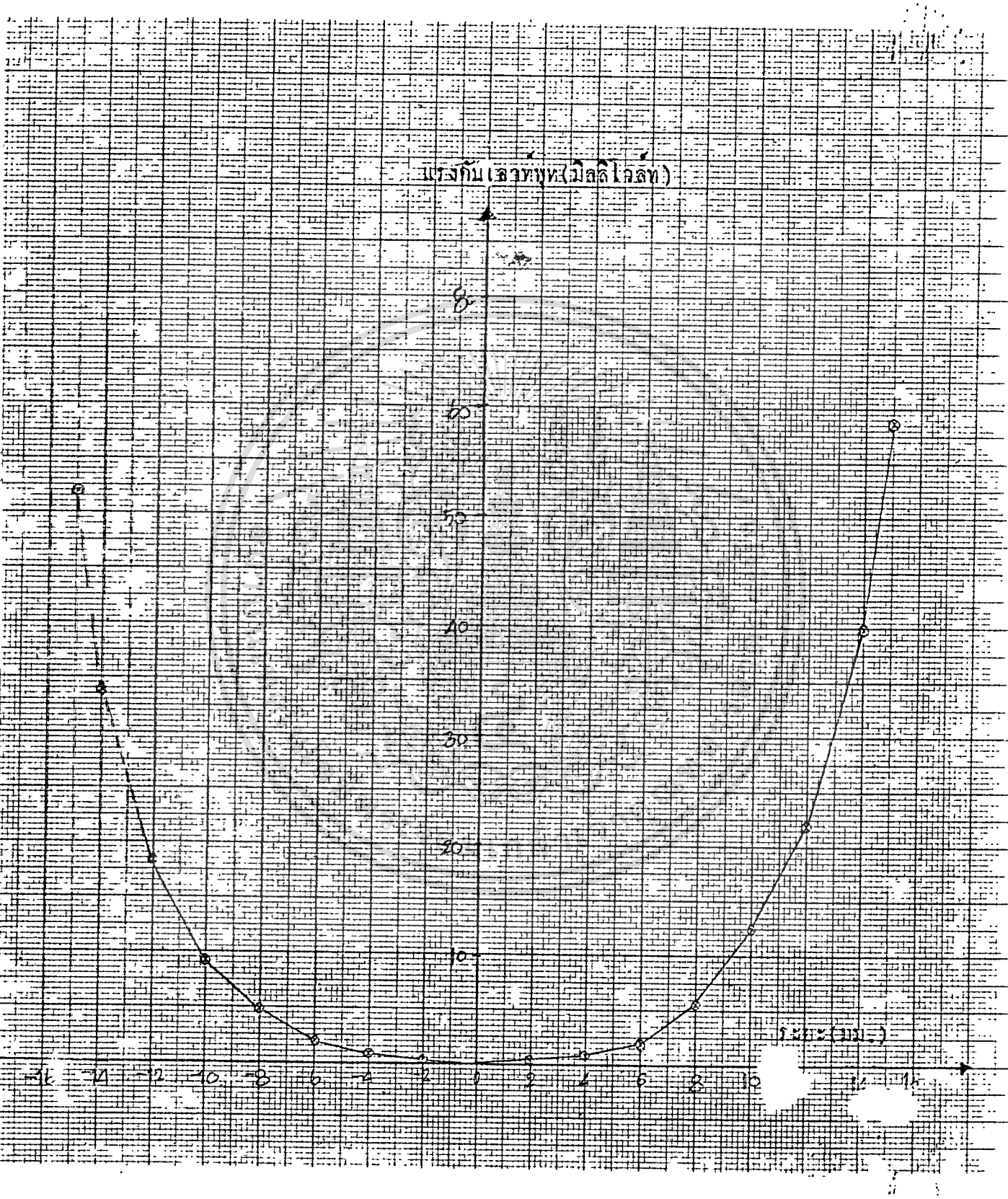
ระยะที่เลื่อนจากศูนย์กลาง (มม.)	แรงดันไฟฟ้าเมื่อเลื่อนแกนไปทาง	
	ขวา(มิลลิโวลท์)	ซ้าย(มิลลิโวลท์)
0.00	0.00	0.00
2.00	0.40	0.40
4.00	0.90	0.90
6.00	2.00	1.90
8.00	5.20	4.80
10.00	12.00	9.30
12.00	22.00	18.20
14.00	39.60	33.80
15.00	58.30	52.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเลื่อนของแกนกับแรงดันเอาท์พุท
แบบช่องแกนขากลับน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเลื่อนของแกนกับแรงกันเอาท์พุท
แบบของแกนอากาศมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทสรุปและวิจารณ์

ลิเนียร์วาไรเอเบิ้ล ดิฟเฟอร์เรนเชียลทรานฟอร์มเมอร์ (LVDT)

ในส่วนของการออกแบบนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงส่วนต่างๆดังต่อไปนี้ คือ ส่วนของแกนอากาศที่ออกแบบ ส่วนของแกนเฟอร์ไรท์ จำนวนรอบของขดลวดที่ใช้ ความถี่ที่ใช้ รวมถึงแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับลิเนียร์วาไรเอเบิ้ล ดิฟเฟอเรนเชียลทรานฟอร์มเมอร์

จากผลการทดลอง ได้ใช้ช่วงของแกนอากาศที่ต่างกัน ซึ่งมีผลต่อแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุทที่ต่างกัน แบบช่วงแกนอากาศมาก เมื่อนำผลการทดลองมาเขียนกราฟ(แสดงในบทผลการทดลอง) จะเห็นได้ว่า ไม่มีความเป็นลิเนียร์ เมื่อนำไปเทียบกับผลทางทฤษฎี(รูปที่ 6.1) จะไม่สามารถนำมาใช้งานได้ ทั้งนี้เนื่องจากช่วงของแกนอากาศมีมากเกินไป จึงทำให้ในส่วนของการเหนี่ยวนำไฟฟ้าที่ส่วนปลายของท่อ เมื่อแกนเลื่อนมาสุดปลายท่อมีมากกว่าอีกด้านหนึ่งมาก จึงทำให้ขาดความเป็นลิเนียร์ไป

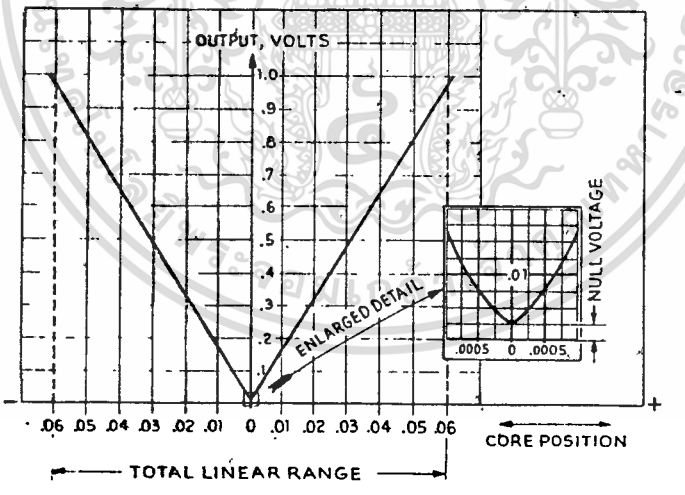


Figure 9.27 *V graph. Absolute magnitude of LVDT output voltage as a function of core position. (Inset is a magnified view of the null region.) Courtesy Schaevitz Engineering Co.*

รูปที่6.1

ในส่วนของช่วงแกนอากาศน้อย เมื่อนำมาเขียนกราฟ(แสดงในบทผลการทดลอง) จะเห็นว่ามีความเป็นลิเนียร์ดีขึ้น เมื่อนำไปเทียบกับผลทางทฤษฎี(รูปที่6.1) จะเห็นว่า

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-มีผลใกล้เคียงกัน ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้

ผลของความถี่ของสัญญาณวาไรแอเบิ้ล คือ เพลเรนเซียลทรานสฟอร์มเมอร์นั้น ซึ่งความถี่ที่ใช้ในการทดลองนี้คือ 14.49 กิโลเฮิร์ท ซึ่งได้ผลออกมาดี แต่อาจจะมีความถี่ที่เหมาะสมกว่านี้ก็ได้

เครื่องวัดความเร็วรอบ

จากเครื่องวัดความเร็วรอบที่สร้างขึ้นได้นั้น มีผลการทดลองที่น่าพอใจ แต่ยังไม่สะดวกในการใช้งาน เนื่องจากต้องมีแผ่นซี่เฟืองทำให้ยุ่งยากแก่การติดตั้ง ควรจะพัฒนาให้มีความสะดวกมากกว่านี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอ่านข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เพราะคอมพิวเตอร์มีการทำงานที่รวดเร็ว การนำเอาเครื่องคอมพิวเตอร์มาช่วยงานบางอย่างสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้ และบางอย่างสามารถประหยัดแรงงานคนได้ ในการจดบันทึกข้อมูลเราสามารถนำคอมพิวเตอร์มาช่วยได้ดังเช่น ในกรณีนี้ได้นำเอาคอมพิวเตอร์ IBM PC มาช่วยโดยใช้โปรแกรมภาษาปาสคาล

สำหรับปริญญานิพนธ์นี้ได้มีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาช่วยจดข้อมูล ซึ่งได้กระทำออกมาเป็นชุดสำเร็จสำหรับงานนี้โดยเฉพาะ ค่าต่าง ๆ ที่อ่านเข้ามาจะนำไปใช้ได้ทันที ซึ่งถ้าจะนำไปใช้ในงานอื่นก็สามารถทำได้โดยการดัดแปลงโปรแกรมเพียงเล็กน้อย

แนวความคิดที่นำมาใช้สำหรับปริญญานิพนธ์นี้เป็นแนวคิดแบบง่าย ๆ แต่สามารถนำมาใช้งานได้ ในทางทฤษฎีการส่งข้อมูลจากโปรแกรมอาจจะมองว่าเป็นวิธีที่ใช้เวลามาก แต่สำหรับงานนี้นั้นเวลาที่เสียไปเพียงไม่กี่ไมโครวินาทีเท่านั้น เมื่อเทียบกับเวลาการเปลี่ยนแปลงข้อมูลแล้วจะน้อยมากจนไม่มีผลเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

สำหรับวิธีการอ่านข้อมูลในปริญญานิพนธ์นี้จะได้อธิบายเป็นส่วน ๆ ไปดังต่อไปนี้

2.1 แนวความคิด

ค่าต่าง ๆ ที่ได้แสดงออกมาทางเครื่องมือวัดสำหรับปริญญานิพนธ์นี้ แต่ละค่ามี 4 หลักเท่ากัน แต่มีค่าในหน่วยต่างกัน ดังนั้นจึงใช้วิธีอ่านข้อมูลทีละหลักเข้ามาก่อน แล้วใช้โปรแกรมเป็นตัวตั้งค่าให้ตรงกับเครื่องมือวัด จึงมีย่านในการใช้งานกว้างมาก นอกจากนี้จำนวนค่าของข้อมูลเราก็สามารถกำหนดได้ตามต้องการโดยแก้ในโปรแกรม วิธีนี้จึงมีความยืดหยุ่นมาก วิธีนี้ประกอบไปด้วยสองส่วนหลักคือส่วนโปรแกรม และ ส่วนวงจร

ส่วนโปรแกรม : โปรแกรมที่ใช้เป็นภาษาปาสคาล ส่วนโปรแกรมนี้สามารถแบ่งเป็นอีกสองส่วนย่อย ๆ คือ ส่วนของการอ่านและแสดงผล และ ส่วนที่เป็นกราฟ ขั้นตอนต่าง ๆ ของการทำงานมีดังนี้

2.1.1. การป้อนค่ากำหนดของมอเตอร์ เป็นการกำหนดค่าของมอเตอร์ที่ทดสอบโดยอ่านจากป้ายแสดงคุณสมบัติของมอเตอร์ เพื่อนำเอาค่าเหล่านี้มาเป็นค่าพื้นฐานสำหรับใช้ในการคำนวนต่อไป ในส่วนนี้ใช้คำสั่งพื้นฐานง่าย ๆ เช่น Readln, Writeln, Write เป็นต้น

2.1.2. อ่านข้อมูล เป็นการบันทึกข้อมูลจากเครื่องมือวัดมาเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์โดยมีหลักการคือ ค่าที่แสดงออกมาของเครื่องมือวัดเป็นลักษณะของตัวเลข 7 segment คือหนึ่งหลักจะมีข้อมูลอย่างน้อยที่สุด 7 บิท (bit) ซึ่งข้อมูลนี้ใช้ในการขับหลอด 7 segment โดยที่เราสามารถเทียบค่าได้เช่น 7 segment แสดงค่า 8 ข้อมูลที่ขับจะเป็น 1111111 ในฐานสอง เมื่อแปลงเป็นฐานสิบก็คือเลข 127 จากนั้นจะทำการเทียบค่าออกมาเป็นค่าจริง ในที่นี้ 127 ก็คือเลข 8 ทำเช่นนี้จนครบแล้วจึงคำนวน การอ่านข้อมูลจากมิเตอร์นั้นจะทำการอ่านค่ามาเก็บไว้ในหน่วยความจำซึ่งเราเลือกใช้แอดเดรส (address) ที่ว่างโดยสามารถดูได้จากคู่มือของเครื่องว่า เครื่องที่ใช้นั้นมีแอดเดรสใดว่างอยู่ ซึ่งเครื่องที่ใช้ในที่นี้เลือกใช้แอดเดรส Ø300-Ø310 เมื่ออ่านค่าและคำนวนเรียบร้อยจะแสดงผลทางจอของคอมพิวเตอร์

2.1.3. การแสดงผล เครื่องจะแสดงผลออกทางจอ และ ทางเครื่องพิมพ์ การแสดงผลทางจอ มีค่าต่าง ๆ ที่อ่านแล้วคำนวนออกมาได้ และในตอนท้ายหลังจากอ่านค่าต่าง ๆ มาครบแล้วจะนำเอาค่าเหล่านั้นมาเขียนกราฟลงในกราฟเดียวกัน ในที่นี้สามารถทำได้โดยทำค่าต่าง ๆ ให้เป็นค่าต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วย (per unit) ดังนั้นจุดของค่าต่าง ๆ จึงสามารถใช้แกนร่วมกันได้อย่างไม่มีปัญหา นอกจากนี้เส้นที่เขียนแต่ละเส้นจะมีลักษณะของเส้นต่างกัน เนื่องจากจอของคอมพิวเตอร์ที่ไม่ใช่จอสีจึงแยกเส้นต่าง ๆ ออกด้วยลักษณะของเส้น ส่วนกราฟเส้นใดแทนค่าใดนั้น สามารถเขียนกำกับไว้ได้ที่ด้านขวาของจอ

2.2 ภาษาปาสคาล

สำหรับในส่วนของโปรแกรมได้เลือกใช้ภาษาปาสคาล และ ในส่วนของกราฟใช้โปรแกรมชุด TOOL BLOCK ในเทอร์โบกราฟฟิคของปาสคาลดังนั้นจึงได้นำลักษณะของภาษาและการใช้มากล่าวไว้ในที่นี้โดยสังเขป ดังนี้

ภาษาปาสคาลจัดเป็นภาษาชั้นสูงภาษาหนึ่งที่ใช้คอมไพล์เลอร์ (compliller) แปลคำสั่งเป็นโค้ดที่พร้อมจะให้เครื่องคำนวนได้ทันที และ เก็บไฟล์ที่แปลเรียบร้อยแล้วนี้เป็นไฟล์ที่มีชนิดของไฟล์เป็น .COM (สำหรับไฟล์เก่าที่เป็นภาษาปาสคาลเป็นไฟล์ชนิด .PAS จะเก็บไว้เพื่อการพัฒนาโปรแกรมต่อไป) ดังนั้นในการคำนวนแต่ละครั้งจึงกินเวลาน้อยกว่าภาษาที่มีโครงสร้างการคำนวนแบบคำสั่งต่อคำสั่ง เช่นภาษาเบสิคเป็นต้น นอกจากนี้ภาษาปาสคาลยังเป็นภาษาที่มีลักษณะเป็นภาษาแบบโครงสร้าง จึงเป็นการง่ายในการสร้างคำเพื่อใช้ในโปรแกรมหลัก ในโปรแกรมหนึ่ง ๆ ของภาษาปาสคาลจะประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ สามส่วน คือ

ส่วนหัวของโปรแกรม (program heading) ประกอบด้วยคำว่า PROGRAM ชื่อโปรแกรม และ อุปกรณ์ที่ติดต่อด้วย โดยเขียนไว้ในวงเล็บ

ส่วนข้อกำหนด (declaration part) เป็นส่วนที่จะบอกคอมไพล์เลอร์ว่าเราจะกำหนดอะไรบ้าง โดยการกำหนดมีดังต่อไปนี้

กำหนดลาเบล (label declaration <LABEL>)

กำหนดค่าคงที่ (constant declaration <CONST>)

กำหนดชนิด (type definition <TYPE>)

กำหนดตัวแปร (variable declara··on <VAR>)

กำหนดโพรซิเดอร์ และ ฟังก์ชัน (proceder and function declaration)

คำย่อที่ให้ไว้ในวงเล็บคือคำที่ใช้กำหนดค่าต่าง ๆ ในส่วนย่อยนี้เป็นการกำหนดในเรื่องของตัวแปรสามเรื่องคือ ค่าคงที่, ชนิด และ ตัวแปร สำหรับลาเบล เป็นการกำหนดชื่อให้แก่ส่วนใดส่วนหนึ่งของโปรแกรมในการอ้างถึงเมื่อใช้คำสั่ง GOTO ส่วน โพรซิเดอร์ และ ฟังก์ชัน ใช้ในเรื่องของการสร้างคำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนย่อยทั้งห้าส่วนในส่วนข้อกำหนดนี้หากเราไม่กำหนดในหัวข้อใดก็ไม่ต้องเขียน

ส่วนคำสั่ง (statement part) เป็นส่วนหลักของโปรแกรมที่เป็นส่วนซึ่งสั่งให้เครื่องปฏิบัติ ในส่วนนี้จะต้องเริ่มต้นด้วยคำว่า BEGIN และจบด้วย END. ซึ่งจะขาดไม่ได้ ระหว่างคำทั้งสองนี้เป็นที่สำหรับเขียนคำสั่งจะมีกี่คำสั่งก็ได้ขึ้นกับโปรแกรม

2.2.1 การกำหนดตัวแปร

การกำหนดตัวแปรในภาษาปาสคาลจะต้องกำหนดชนิดของตัวแแปรก่อนที่จะใช้งาน ทำให้สามารถกำหนดตัวแปรได้มากแบบกว่า สามารถกำหนดได้กว้างกว่า และ สามารถควบคุมได้ การกำหนดตัวแปรทำได้โดยขึ้นต้นด้วยคำสั่ง VAR หลังจากนั้นก็เป็นการระชนิดของตัวแปรที่ต้องการ ซึ่งเป็นทั้งแบบมาตรฐาน และ แบบที่สามารถกำหนดขึ้นมาเองได้ ตัวแปรแบบมาตรฐานได้แก่

Integer เป็นตัวเลขจำนวนเต็มมีค่าตั้งแต่ -32,768 ถึง 32,767

Byte เป็นเลขจำนวนเมกำหนดค่าได้ตังแต่ 0 ถึง 255

Real เป็นเลขจำนวนจริงกำหนดค่าได้ตั้งแต่ 1E-38 ถึง 1E+38 หรือ 10^{-38} ถึง 10^{38}

Boolean เป็นจำนวนตรรกบอกความเป็น จริง หรือ เท็จ ถ้าต้องการเปรียบเทียบ

Char เป็นตัวแปรแบบอักขระหนึ่งตัว ซึ่งอักขระนั้นใช้ตัวเลขแบบ ASCII แทน

String เป็นตัวแปรแบบอักขระเรียงกัน ส่วนมากจะเขียนในรูปคำหรือข้อความ สำหรับในเทอร์โบปาสคาลจะต้องกำหนดความยาวของตัวแปรนั้น คือจำนวนอักขระที่มากที่สุดที่ตัวแปรนั้นจะมีได้

การกำหนดตัวแปรนอกจากแบบมาตรฐานดังที่กล่าวมาแล้ว อาจจะกำหนดได้เพิ่มอีกโดยใช้วิธีกำหนดชนิด (TYPE) ชนิดที่ใช้กำหนดแบบตัวแปรสามารถกำหนดโดยขึ้นต้นด้วยคำว่า TYPE= แล้วกำหนดตัวแปรตามโดยให้อยู่ภายในคำว่า VAR และใช้เครื่องหมาย : ตามแบบที่กำหนด เช่น

```
VAR day of week : DAY
```

หรืออาจจะกำหนดโดยตรงภายในคำว่า VAR ก็ได้เช่น

```
VAR day of week : (MOn,Tue,Wed,Thr,Fri,Sat,Sun)
```

CONST เป็นการกำหนดค่าคงที่เพื่ออ้างถึงต่อไป โดยมีจุดประสงค์เพื่อ

- ให้โปรแกรมอ่านง่าย เช่นในโปรแกรมที่เขียนว่า TIME:=100 จะไม่บอกอะไรเลย แต่ถ้าเขียนว่า TIME:= MAXTIME (ซึ่งต้องกำหนดไว้ก่อนแล้วภายหลัง CONST ว่า MAXTIME:=100) จะอ่านโปรแกรมได้ง่ายกว่า

- ให้แก้โปรแกรมง่ายต่อไปในการพัฒนาโปรแกรม เช่น ถ้าต้องการเปลี่ยนค่า MAXTIME

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายถึงค่าเวลาสูงสุดจาก 100 เป็น 200 ก็เพียงแต่เปลี่ยน MAXTIME เท่านั้น ซึ่งไม่ต้องเปลี่ยนค่า 100 ในโปรแกรมซึ่งอ้างถึงทุก ๆ แห่งจะเป็นการเสียเวลามากกว่าการกำหนดไว้ก่อน

- ให้เขียนโปรแกรมได้สั้นกว่า เช่น ค่า Pi แทนที่จะเขียนเป็น 3.1415926536E+00 ก็สามารถเขียนเพียงแค่ Pi

สำหรับค่าคงที่ที่เทอร์โบปาสคาลกำหนดไว้ให้แล้ว โดยที่เราไม่ต้องกำหนดอีกคือ

```
Pi = 3.1415926536E+00

False = truth value false

Maxint = 32767
```

ข้อสังเกตุต่าง ๆ สำหรับเทอร์โบปาสคาล

- ตัวอักษรที่ใช้เป็นอักษรเล็กหรือใหญ่ก็มีความหมายเช่นเดียวกัน
- ชื่อเฉพาะ (Indentifiers) ซึ่งตั้งขึ้นเพื่อเป็นชื่อต่าง ๆ จะต้องเขียนขึ้นต้นด้วยตัวอักษรและสามารถตามด้วยตัวเลข หรือ _ (ขีดเส้นใต้) หรือไม่ก็ได้แต่ต้องไม่ใช่เครื่องหมาย ในเทอร์โบปาสคาลมีความยาวได้ถึง 127 ตัว และมีความหมายทุกกตัว
- การเขียนชื่อเฉพาะจะต้องเขียนให้ติดกัน ถ้าเว้นวรรคจะถือว่าเป็นอีกคำหนึ่ง เช่น จะตั้งชื่อตัวแปรว่า my birth day จะต้องเขียนเป็น my_birth_dey
- การแยกคำแยกด้วยเครื่องหมาย ,
- แยกประโยคคำสั่งด้วย ;
- เว้นวรรคเป็นการควบคุมถ้อยคำ หรือ ประโยคคำสั่ง ซึ่งจะใช้วรรคหรือขึ้นบรรทัดใหม่ก็ได้
- ในหนึ่งบรรทัดจะต้องยาวไม่เกิน 255 ตัวอักษร
- ในภาษาเบสิคเขียนว่า A=B ซึ่งในความหมายเดียวกันนี้สำหรับภาษาปาสคาลเขียนเป็น A:=B (: กับ = ให้เขียนติดกัน) มีความหมายว่าให้นำค่า B ไปไว้ใน A จึงสามารถเขียนเป็น A:=A +1 ได้ โดยมีความหมายจ่า นำค่า A+1 ไปไว้ใน A ส่วนเครื่องหมาย = หมายถึงเท่ากับตรงๆใช้ในการเปรียบเทียบ
- เมื่อใช้คำสั่ง WRITELN กับตัวแปรที่เป็นเลข ผลจริงจะพิมพ์ออกโดยให้ตัวเลขหน้าจุด 1 ตัว หลังจุด 10 ตัว และค่ายกกำลัง(คือ E+-38)หากไม่ต้องการให้พิมพ์เป็นเลขยกกำลังจะต้องใช้คำสั่งเป็น WRITELN(a:m:n) โดย A เป็นเลขจำนวนจริง m เป็นจำนวนตัวเลขทั้งหมดที่ต้องการให้พิมพ์รวมทั้งจุด และ n เป็นตัวเลขหลังจุด หากตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจุดมากกว่าที่กำหนดจะปัดเศษขึ้นเมื่อมากกว่า5 นอกนั้นปัดลง ส่วนตัวเลขหน้าจุดหากน้อยกว่าที่กำหนด จะเว้นว่างไว้ เพื่อให้ตำแหน่งจุดตรงกัน ถ้ามากกว่าจะพิมพ์เพิ่มให้

-เครื่องหมายต่างๆที่ใช้(Relational Operators)

< น้อยกว่า

<= น้อยกว่าหรือเท่ากับ

= เท่ากับ

> มากกว่า

>= มากกว่าหรือเท่ากับ

<> ไม่เท่ากับ

2.2.2คำสั่งในภาษาปาสคาล

คำพื้นฐาน(Reserved Words) คำเหล่านี้จะนำไปกำหนดใหม่ไม่ได้ คำพื้นฐานเหล่านี้คือ:

*absolute	*external	nil	*shr
and	file	not	*string
array	for	of	then
begin	forward	or	to
case	function	packed	type
const	goto	procedure	until
div	if	program	var
do	in	record	while
downto	*inline	repeat	with
else	label	set	*xor
end	mod	*shl	

สำหรับตัวที่มีครื่องหมายดอกจันแสดงว่าไม่มีกำหนดไว้ในปาสคาลมาตรฐาน

ชื่อเฉพาะที่เป็นมาตรฐาน(Standard Identifier)คำเหล่านี้ไม่สามารถกำหนดหน้าที่ให้ใหม่ได้ เช่นอาจนำไปใช้ในการกำหนด ชนิด,ค่าคงที่,ตัวแปร,โพรซีเจอร์ หรือ ฟังก์ชั่น แต่ไม่ควรทำและต้องระวัง ห้ามนำไปใช้ในโปรแกรมที่พิมพ์จากเครื่อง

คำสั่งที่เป็นเงื่อนไข(Conditional statements)ในภาษาปาสคาลมีลักษณะของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยคเงื่อนไข หลายลักษณะ ดังต่อไปนี้

:คำสั่ง if

คำสั่งif ใช้กำหนดว่า ถ้าเป็นไปตามเงื่อนไข ให้กระทำ(อย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง) และจบเพียงเท่านี้ นั่นคือถ้าไม่เป็นไปาตามเงื่อนไขจะไม่มีการกระทำเกิดขึ้น หรือกระทำประโยคคำสั่งต่อไปที่ตามหลัง else จะสังเกตุได้ว่า else ต้องไม่มีเครื่องหมาย ; ลักษณะของ if-then-else คือ

```
if a+1=2 then a=1
else a=-3;
```

ซึ่งใช้เครื่องหมาย ;เป็นการจบประโยคคำสั่ง(if ถือว่าเป็น 1ประโยคคำสั่งใหญ่)สรุปได้ว่าโครงสร้าง if ในภาษาปาสคาลจะเป็น

```
if ประโยคเงื่อนไข then ประโยคคำสั่ง
```

หรือ

```
if ประโยคเงื่อนไข then ประโยคเงื่อนไขที่ 1
else ประโยคเงื่อนไขที่ 2;
```

-ข้อสังเกตุ ถ้าประโยคคำสั่งภายในเป็น ประโยคคำสั่งผสม(compound statement)จะต้องขึ้นต้นด้วย begin และจบด้วย end และถ้าเป็นประโยคสุดท้ายจะต้องปิดด้วยเครื่องหมาย ;

:คำสั่ง case(case statement)

---ในกรณีที่มีทางเลือกหลายทางและเป็นทางเลือกเฉพาะกรณี หากใช้คำสั่ง if จะต้องซ้อนกันหลายชั้น ซึ่งยุ่งยาก จะใช้โครงสร้าง case แทน.

คำสั่ง case จะประกอบไปด้วย ข้อความ(expression) และประโยคคำสั่งจำนวนหนึ่ง แต่ละประโยคคำสั่งจะขึ้นต้นด้วย case label ที่มีชนิดเดียวกับตัวเลือก(current value)และถ้าไม่มีค่าของ (case label)ตรงกับค่าตัวเลือก ก็จะไม่ทำประโยคคำสั่งหรือไม่ก็ทำตามประโยคคำสั่งที่ตามหลัง else

case label ประกอบด้วยค่าคงที่จำนวนหนึ่ง หรือช่วงย่อย(subrange)ซึ่งแยกด้วยเครื่องหมาย' ' ตามด้วยเครื่องหมาย : กรณีช่วงย่อยเขียนเป็นค่าคงที่ 2จำนวนจะแยกด้วยเครื่องหมาย '..'(เช่น min..1939)ชนิดของค่าคงที่จะต้องเป็นชนิดเดียวกันกับชนิดของตัวเลือก ประโยคคำสั่งตามcase label มาจะถูกกระทำถ้าค่าของตัวเลือกมีค่าเท่ากับค่าคงที่ค่าใดค่าหนึ่ง หรืออยู่ในช่วงที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของตัวเลือกที่ใช้ได้คือ ชนิดธรรมดาทั้งหมด เช่น สเกลาร์ ยกเว้นจำนวนจริง

ตัวอย่างการใช้คำสั่ง case

ตัวอย่างที่ 1

```
Case Operator Of
    '+':Result:=Result+Answer;
    '-':Result:=Result-Answer;
    '*':Result:=Result*Answer;
    '/':Result:=Result/Answer;
```

ตัวอย่างที่ 2

```
CAse Year Of
    Min..1939:Begin
              Time:=PreWorldWar2;
              Writeln('The world at peace.');
              end;
    1946..Max:Begin
              Time:=PostWorldWar2;
              Writeln('Building a new world');
              End;
    Else
              Time:=WorldWar2;
              Writeln('WE are at war.');
    End;
```

:คำสั่ง For

คำสั่ง For แสดงว่าค่าประโยคคำสั่งที่ประกอบอยู่จะกระทำซ้ำอยู่จนกระทั่งค่าตัวแปรมีค่าเท่ากับค่าตัวแปรที่ควบคุม(control variable) การเพิ่มค่าจะใช้กับคำว่า to ถ้าลดค่าจะใช้กับคำว่า downto

ค่าตัวแปรที่ควบคุม(ค่าเริ่มต้นและค่าสุดท้าย)จะต้องเป็นชนิดเดียวกัน ซึ่งเป็นชนิดธรรมดาเช่น สเกลาร์ ยกเว้น จำนวนจริง ถ้าค่าเริ่มต้นมากกว่าค่าสุดท้าย เมื่อใช้ to หรือน้อยกว่าค่าสุดท้ายเมื่อใช้ downto จะไม่ทำประโยคคำสั่งที่ประกอบเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

:ตัวอย่างการใช้คำสั่ง For

```
For i:=2 to 100 do
 ifA[i]>Max then Max:=A[i];
For i:=1 to NoOfLines do
  Begin
      Readln(line);
      If Length(Line)<Limit then
         Shortlines:=Shortlines+1;
      Else
         Longlines:=Longlines+1;
  End;
```

สังเกตุว่า ประโยคคำสั่งที่ประกอบอยู่ในคำสั่งFor จะต้องไม่มีค่าของตัวแปรควบคุม ถ้าการทำซ้ำถูกกำหนดก่อนที่จะถึงค่าสุดท้าย จะใช้คำสั่ง goto แต่ในทางปฏิบัติจริง ควรใช้คำสั่งwhile หรือ repeat แทน

:คำสั่ง Repeat

เป็นคำสั่งที่ใช้ควบคุมการทำซ้ำซึ่งจะต้องเป็นชนิดของบูลลีน ประโยคคำสั่งระหว่างคำพื้นฐาน 'repeat' และ 'until' จะกระทำตามลำดับซ้ำๆกันจนข้อกำหนดเป็นจริง ซึ่งจะตรงข้ามกับคำสั่ง While . คำสั่งrepeatจะถูกกระทำอย่างน้อยหนึ่งครั้ง โดยเงื่อนไขที่กำหนดจะถูกตรวจสอบในตอนท้ายของวงรอบการทำงาน(loop)

:ตัวอย่างการใช้คำสั่ง Repeat

```
Repeat
      Write(m,'Delete this item?(y/n)');
      Readln(Answer);
Until Upcase(Answer) in ['y','n'];
```

2.2.3 คณิตศาสตร์ของบูลลีน

การเขียนโปรแกรมหาใช้คณิตศาสตร์ของบูลลีนเข้าช่วยจะทำให้เขียนโปรแกรมได้กว้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชวางยิ่งขึ้น ที่สำคัญและนำมาใช้มากในโปรแกรมภาษาสูงคือ and or และ not

And หมายถึง "และ/กับ" มีค่าความจริงเป็นจริงเมื่อ ค่าจริง and ค่าจริงดังตาราง ค่าความจริงต่อไปนี้

A	B	AB
T	T	T
T	F	F
F	T	F
F	F	F

Or หมายถึง"หรือ" มีค่าความจริงเป็นเท็จ เมื่อ ค่าเท็จ or ค่าเท็จค่าความจริงดังนี้

A	B	A+B
T	T	T
T	F	T
F	T	T
F	F	F

Not หมายถึงกลับค่าความจริง จากจริงเป็นเท็จ จากเท็จเป็นจริง

A	$\overline{A}$
T	F
F	T

สำหรับการนำข้อมูลที่ได้มาเขียนกราฟนั้นโปรแกรมการเขียนกราฟได้ใช้ เทอร์โบ-กราฟฟิค-ทูลบ็อกซ์(Turbo Graphix Toolbox)ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จ(graphics tools)สำหรับเทอร์โบ ปาสคาล เข้ามาช่วย ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไป

2.3 เทอร์โบ กราฟฟิค ทูลบ็อกซ์

ก่อนที่จะใช้ เทอร์โบ กราฟฟิค ทูลบ็อกซ์ จะต้องเข้าใจถึงกราฟฟิคและการแสดงออกบนจอ

:พิกเซล(Pixels) คือองค์ประกอบพื้นฐานที่แสดงออกมาเป็นรูป เป็นจุดเล็กๆต่อกันบนจอ

:สกรีน(screen)คือรูปของจุดที่สร้างขึ้นแสดงเท็กซ์(text)หรือรูปกราฟฟิค(Graphic images)ขึ้นอยู่กับชนิดของกราฟฟิค การ์ด(graphic card)ในระบบ ซึ่งสกรีนที่แสดงประกอบด้วยจุดมีมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแนวนอนและแนวตั้งโดยที่จำนวนจุดของแต่ละระบบมีดังนี้

-ไอบีเอ็ม 640x220

-เฮอร์คิวลิส 720x350

-เชนิธ 640x225

โพรซิเดอร์และฟังก์ชั่นที่มีผลต่อสกรีนคือ

ClearScreen CopyScreen GetScreen InvertScreen

LoadScreen SaveScreen SelectScreen SwapScreen

:คาแรกเตอร์และฟอนทส์(Character and Fonts) คือ ตัวอักษร ตัวเลข หรือสัญญลักษณ์ที่ถูกแทนขึ้นมาบนจอด้วยจุด โดยลำดับของจุดได้กำหนดในเทกซ์

สำหรับในเทอร์โบ กราฟฟิค มีอยู่2แบบ หรือ2ฟอนทส์

1.แบบธรรมดา 4x6 จุดใช้ในการแสดงส่วนหัวของวินโดว์(window headers), พายชาร์ทลาเบล(pie chart label)หรือเทกซ์อื่นๆ ซึ่งแสดงเป็นจำนวนเท่าของ4x6พิกเซล

2.แบบใหญ่(8x8พิกเซลสำหรับไอบีเอ็มการ์ด 9x14สำหรับเฮอร์คิวลิส และ8x9สำหรับเชนิธ) ซึ่งไม่เหมือนกับที่ใช้ในปกติ

โพรซิเดอร์และฟังก์ชั่นที่มีผลต่อเทกซ์คือ

DC DrawTextW Defineheader TextDown

DefineTextWindow Textleft DisplayChar

TextRight DrawAscii TextUp DrawText

2.3.1 ระบบคู่ลำดับ (Coordinate Systems)

ระบบคู่ลำดับคือวิธีที่ใช้บอกตำแหน่งเทียบกับแกนนอนและแกนตั้ง ในทางคณิตศาสตร์และในเทอร์โบ กราฟฟิค ทูลบ็อกซ์ แกนนอนแทนด้วยแกนx และแกนตั้งแทนด้วยแกนy ตำแหน่งที่พิจารณาคือตำแหน่งที่จุดนั้นห่างจากแกนx และแกนy เท่าไร

2.3.2 ระบบคู่ลำดับสัมบูรณ์ (Absolute Coordinate System)

ระบบคู่ลำดับสัมบูรณ์ของสกรีน(Absolute Screen Coordinate System)อ้างถึงมอนิเตอร์สกรีน(monitor screen)ทั้งหมดและคาแรกเตอร์จริง(actual character)และตำแหน่งจุดบนสกรีน โดยคู่ลำดับx จะเพิ่มขึ้นไปทางขวา และคู่ลำดับy จะเพิ่มขึ้นเมื่อเลื่อนลงด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 ระบบคู่ลำดับเวิรลด์ (World Coordinate System)

สำหรับกราฟฟิคโดยมากคู่ลำดับของระบบสกรีนสัมบูรณ์จะแปลงเป็นคู่ลำดับธรรมดาได้ไม่ง่ายนัก ระบบคู่ลำดับเวิรลด์จะเป็นระบบคู่ลำดับที่กำหนดขึ้นเฉพาะงาน ค่าที่ใช้ในระบบคู่ลำดับเวิรลด์สามารถกำหนดได้โดยไม่ต้องเกี่ยวข้องกับคู่ลำดับของพิกเซล ซึ่งในเทอร์โบ กราฟฟิค ทูลบ็อกซ์ เรียกว่า กำหนดเวิรลด์(defineworld)

ระบบคู่ลำดับเวิรลด์มักใช้สำหรับกำหนดสเกลของรูป ดังนั้นจะสามารถกำหนดลงในวิน-โดว์ได้ หลังจากที่ได้กำหนดเวิรลด์สำหรับวินโดว์ รูปต่างๆจะมีสเกลที่เหมาะสมกับวินโดว์

โพรซิเดอร์และฟังก์ชั่นที่มีผลต่อเวิรลด์คือ

DefineWorld FindWorld ResetWorld SelectWorld

2.3.4 วินโดว์ (Window)

วินโดว์คือพื้นที่ของสกรีนที่กำหนดไว้เขียนรูป วินโดว์ที่ต่างกันจะมีรูปและเทกซ์ที่ต่างกัน ซึ่งสามารถแสดงได้อย่างต่อเนื่องบนสกรีน แต่ละวินโดว์จะเคลื่อนย้ายได้อย่างอิสระกัน สามารถวางไว้บนวินโดว์อื่น เก็บ เรียก หรือลบออกจากหน่วยความจำได้ วินโดว์สามารถเก็บไว้เดี่ยวๆหรือเป็นกลุ่มทั้งไปและกลับจากดิสค์ วินโดว์หลายๆวินโดว์สามารถเก็บไว้ในแรม และสามารถนำไปแสดงยังสกรีน หรือนำกลับจากสกรีนได้ สามารถตีกรอบและกำหนดชื่อของวินโดว์ได้ทั้งข้างบนและข้างล่าง สำหรับ วินโดว์ที่ใช้งานอยู่เรียกว่า "แอคทีฟ วินโดว์"

วินโดว์หนึ่งๆสามารถกำหนดขนาดและพื้นที่ได้ โดยกำหนดคู่ลำดับxและyของมุมบนซ้ายและมุมล่างขวา โดยคู่ลำดับY กำหนดหน่วยเป็น1 พิกเซล และคู่ลำดับx กำหนดหน่วยทีละ 8พิกเซล คู่ลำดับเหล่านี้เรียกว่า "คู่ลำดับกำหนดวินโดว์(window definition coordinate)"

ขณะที่ใช้งานวินโดว์อยู่ จะสามารถกำหนดคู่ลำดับเวิรลด์ขึ้นใหม่โดยสามารถแสดงได้หลายรูปในหนึ่งวินโดว์ ซึ่งแต่ละรูปจะมีระบบคู่ลำดับของตัวเอง และสามารถเพิ่มค่าของแกนและตัวอักษรเพิ่มลงไปได้

โพรซิเดอร์และฟังก์ชั่นที่มีผลต่อวินโดว์คือ

ClearWinsowStack	RemoveHeader	SetHeaderon
Clip	ResetWindows	SetHeaderOff
Clipping	ResetWindowStack	SetHeaderToTop
CopyWindow	Restorewindow	SetHeaderToBottom

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DefineHeader	SaveWindow	SetWindowModeOff
DefineWindow	SaveWindowStack	SetWindowModeOn
DefineWorld	SelectWindow	StoreWindow
DrawBorder	SelectWorld	WindowSize
GetWindow	SetBackground	WindowStackSize
InvertWindow	SetBackground8	Windowx
LoadWindow	SetClippingon	Windowy
LoadWindowStack	SetClippingOff	

2.3.4 การใช้เทอร์โบ กราฟฟิค ทูลบ็อกซ์

ในการใช้เทอร์โบ กราฟฟิค ทูลบ็อกซ์ เริ่มแรกจะต้องใส่ไฟล์ของระบบเบื้องต้นในโปรแกรมโดยใช้ เทอร์โบ ปาสคาล อินครูด ไดเรกทีฟ โดยอินครูด ไดเรกทีฟ คือคำสั่งที่บอกคอมไพเลอร์ให้อ่านโปรแกรมที่อยู่ในไฟล์ที่กำหนดลงไปด้วย ไดเรกทีฟนี้ขึ้นต้นด้วย $I ตามด้วยชื่อไฟล์และจุดหลังไฟล์ เพื่อให้เทอร์โบ กราฟฟิค ทูลบ็อกซ์ เข้าใจคำสั่งจะต้องใส่วงเล็บครอบชื่อไฟล์และต้องใส่ อินครูด ไดเรกทีฟ ในคอลัมน์แรกของโปรแกรมก่อนที่จะมีการเรียกใช้อินครูดไฟล์

เทอร์โบ กราฟฟิค ทุกโปรแกรมจะต้องมีไฟล์ระบบต่อไปนี้ คือ

```
{$I TYPEDEF.SYS}
{$I GRAPHIX.SYS}
{$I KERNEL.SYS}
```

จะต้องก๊อปปี้กราฟฟิค ไฟล์สำหรับฮาร์ดแวร์ของเครื่องลงไปยังไฟล์GRAPHIX.SYS โดยอ้างเทอร์โบ กราฟฟิค แบทช์โปรแกรม ตัวอย่างเช่น tginst.hgc หรือ tginst.ibmถ้าใช้ไม่ถูกต้องการทำงานจะผิดไป ต่อไปก่อนที่จะเรียกเทอร์โบ กราฟฟิค รูทีนสำหรับใช้ในโปรแกรม จะต้องอินนิเชียลไลส์ ระบบกราฟฟิค โดยเรียก โพรซิเดอร์ initgraphic ในตอนท้ายของโปรแกรมจะต้องเรียก leavegraphic เพื่อที่จะกลับไปยังระบบเดิมที่ เทกซ์โหมด

ในเทอร์โบ กราฟฟิค ทูลบ็อกซ์ จะอยู่ในดิสค์แยกต่างหาก ซึ่งสามารถเลือกใช้เฉพาะไฟล์ที่ต้องการได้

ไฟล์พื้นฐานของระบบซึ่งจะต้องอินครูด เพราะว่ามีตัวแปรโกลบอล ดรอว์อิงค์พื้นฐาน และรูทีนของระบบ ที่จำเป็นต้องใช้ในกราฟฟิค ส่วนไฟล์คำสั่งระดับสูงจะใช้เมื่อต้องการเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่3

การออกแบบวงจร

ในส่วนของวงจรที่ใช้นี้เป็นส่วนที่ต่อเชื่อมระหว่างเครื่องมือวัดกับตัวคอมพิวเตอร์ วงจรนี้เป็นตัวรับแอดเดรสจากโปรแกรม หลังจากผ่านการแปรรหัสแล้ว และ จะไปสั่งยังพอร์ทที่ต้องการ วงจรแปรรหัสใช้หลักการทางพีชคณิตของวงจรดิจิตอล โดยมีขั้นตอนการออกแบบดังต่อไปนี้

1. เลือกแอดเดรสที่จะใช้ โดยดูจากคู่มือการใช้งานของเครื่องคอมพิวเตอร์ว่ามีแอดเดรสใดที่ว่างอยู่และสามารถนำมาใช้ได้ ซึ่งในกรณีของเครื่อง IBM สามารถใช้แอดเดรสที่ A0-A9 และที่ A9 จะต้องเป็นลอจิก "1" เท่านั้น

2. นอกจากตำแหน่งแอดเดรสของพอร์ทแล้ว การอ่านข้อมูลจากพอร์ทยังต้องใช้สัญญาณจากขา IOR และขา AEN ซึ่งจะทำงานที่ลอจิก "0" ทั้งคู่

3. ดูว่าต้องใช้ลอจิกอะไรไปแปรรหัสบ้าง

4. นำขาแอดเดรส, IOR และ AEN มาต่อร่วมตามความสัมพันธ์ที่สามารถทำงานตามความต้องการได้ โดยใช้วงจรลอจิกต่าง ๆ ช่วยตามความเหมาะสม คือจะต้องให้ค่าที่ต้องการหรือผลลัพธ์ออกมาเพียงค่าเดียว เช่นมีอินพุทเป็นลอจิก "1" สองค่าแล้วต้องการให้ผลลัพธ์เป็นลอจิก "1" จะต้องเลือกใช้ "AND" เกท เป็นต้น

5. เลือกใช้ IC จากคู่มือการใช้งาน

สำหรับในการออกแบบวงจรจริงของปริญญานิพนธ์นี้

1. เลือกใช้แอดเดรส 0300-0313 (เลขฐานสิบหก)

2. ขา IOR และ AEN เป็น "0" ทั้งคู่

3. สัญญาณที่จะใช้แปลงรหัสของ IC 74 LS154 มีดังนี้

- ขา ABCD เป็นค่าใดก็จะมีเอาท์พุทเฉพาะเช่นเป็น 0000 เอาท์พุทจะออกที่ขา "1" ค่าเป็นลอจิก "0" หรือลอจิกต่ำ (low) ส่วนที่ขาเอาท์พุทอื่นจะเป็นลอจิก "1" หรือลอจิกสูง (high)

- ขา G1 ต้องเป็นลอจิก "0" หรือลอจิกต่ำ

- ขา G2 ต้องเป็นลอจิก "0" หรือลอจิกต่ำ

ส่วนสัญญาณที่จะใช้แปลงรหัสของ 74 LS139 มีดังนี้

- ขาเอ็นเนเบิลต้องเป็นลอจิก "0" หรือลอจิกต่ำ

- ขา A,B มีค่าตามที่เลือกเช่นเป็น 00 ขา Y0 มีเอาท์พุทเป็นลอจิก "0" หรือลอจิกต่ำ ส่วนขาเอาท์พุทอื่นเป็นลอจิกสูง

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สำหรับกรณีของ 74 LS154 นั้น ขา G1 ต้องเป็นลอจิก "Ø" ขา G2 ต้องเป็นลอจิก "Ø" แต่ขา ABCD เปลี่ยนค่าได้ ดังนั้นจึงต่อขา ABCD ด้วยขาที่เป็นแอดเดรส AØ A1 A2 A3 ตามลำดับ ส่วนขา G1 และ G2 หาได้จากการนำขาแอดเดรสที่เหลือและ IOR, AEN มาต่อสัมพันธ์กันทางลอจิก ซึ่งสามารถเขียนสมการออกมาได้เป็น

$$G1 = \overline{A8.A9}$$

$$G2 = \overline{(\overline{A5+A6+A7}).(\overline{A4+\overline{IOR}+AEN})}$$

สำหรับกรณีของ 74 LS139 ก็ในทำนองเดียวกัน เมื่อขา G เป็นลอจิก "Ø" ขา AB เปลี่ยนค่าได้ ดังนั้นจึงต่อขา AB ด้วยขาแอดเดรส AØ และ A1 ส่วนขา G หาได้ดังนี้

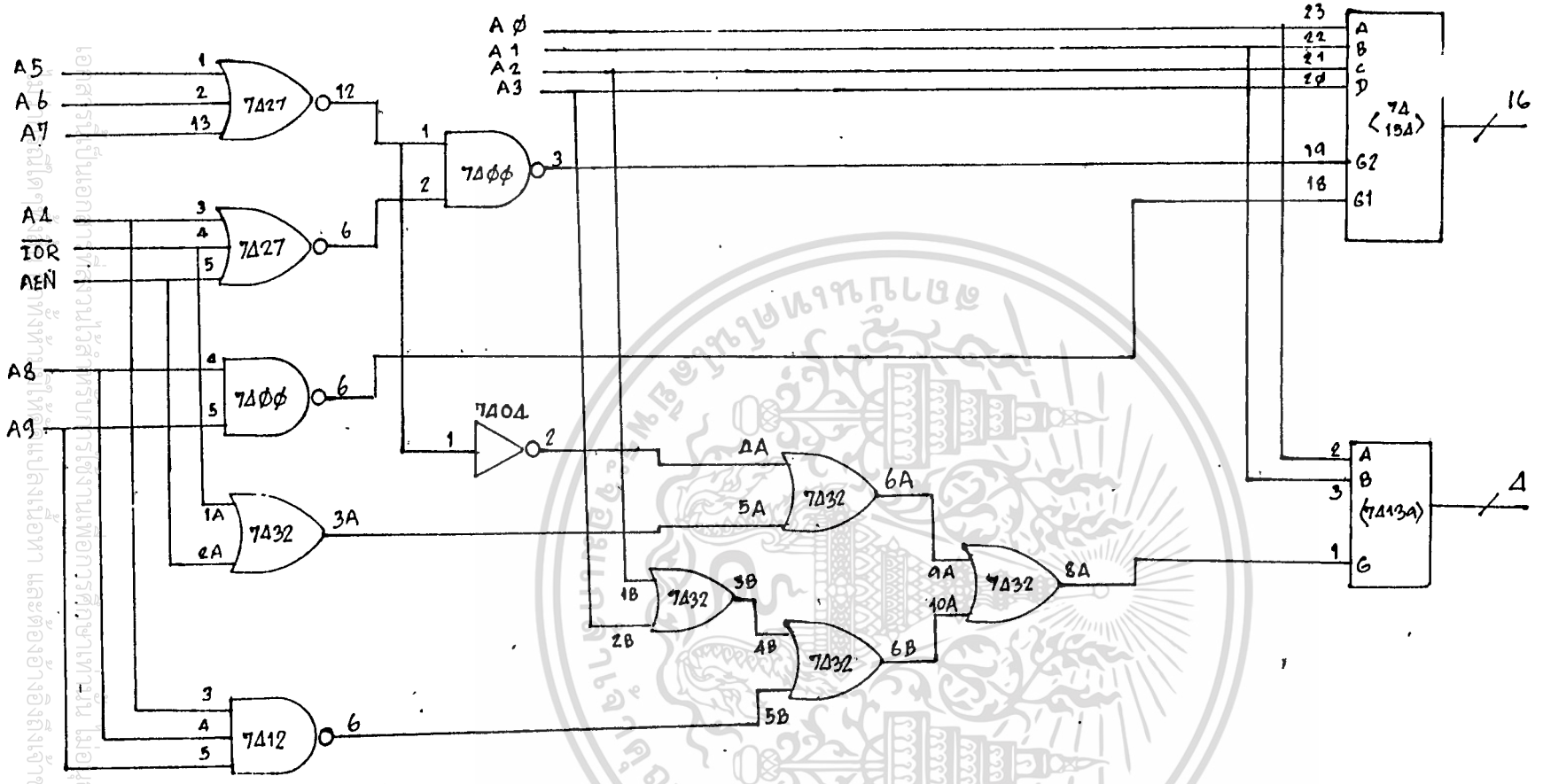
$$G = [(\overline{A5+A6+A7})+(\overline{IOR}+AEN)]+[(\overline{A4.A8.A9})+(A2+A3)]$$

5. สำหรับ IC ที่ใช้ในวงจรมีดังนี้

74 LSØØ	QUAD 2 INPUT NAND
74 LSØ4	HEX INVERTER
74 LS12	TRIPPLE 3 INPUT NAND O/C
74 LS27	TRIPPLE 3 INPUT NOR
74 LS32	QUAD 2 INPUT OR
74 LS139	DUAL 2 LINE TO 4 LINE DECODER/DEMULTIPLEXER
74 154	4 TO 16 LINE DECODER
74 LS373	OCTAL TRANSPARENT LATCH

หมายเหตุ กรณีที่เลือกใช้แอดเดรสใหม่ วงจรการแปลรหัสจะต้องเปลี่ยนใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรการอินเตอร์เฟส

บทที่4

ผลการทดลอง

การทดลองนี้เป็นการจำลองข้อมูลขึ้นเพื่อตรวจสอบดูว่า เครื่องคอมพิวเตอร์อ่านค่าได้ถูกต้องหรือไม่ ผลการทดลองมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

```
The Kind of Machine is a(ac) or d(dc) a
AC_Machine
Please enter the base value
 Vbase     =  999.9  volt
 Pbase     = 9999  watt
 Ibase     =  10.00  amp
 SyncSpeed = 9999
```

```
V1 =  0.0 volt      Vpu1  = 0.000
I1 = 0.00 amp       Ipu1  = 0.000
W1 =    0 watt      Wpu1  = 0.000
T1 = 0.00 N-m       Tpu1  = 0.000
S1 =    0 rpm       Slip1 = 1.000
```

```
V2 = 111.1 volt     Vpu2  = 0.111
I2 = 11.11 amp      Ipu2  = 1.111
W2 = 1111 watt      Wpu2  = 0.111
 2 = 11.11 N-m      Tpu2  = 1.163
   = 1111 rpm       Slip2 = 0.889
```

```
V3 = 222.2 volt     Vpu3  = 0.222
I3 = 22.22 amp      Ipu3  = 2.222
W3 = 2222 watt      Wpu3  = 0.222
T3 = 22.22 N-m      Tpu3  = 2.327
S3 = 2222 rpm       Slip3 = 0.778
```

```
V4 = 333.3 volt     Vpu4  = 0.333
I4 = 33.33 amp      Ipu4  = 3.333
W4 = 3333 watt      Wpu4  = 0.333
T4 = 33.33 N-m      Tpu4  = 3.490
S4 = 3333 rpm       Slip4 = 0.667
```

```
V5 = 444.4 volt     Vpu5  = 0.444
I5 = 44.44 amp      Ipu5  = 4.444
W5 = 4444 watt      Wpu5  = 0.444
T5 = 44.44 N-m      Tpu5  = 4.654
S5 = 4444 rpm       Slip5 = 0.556
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V6 = 555.5 volt	Vpu6 = 0.556
I6 = 55.55 amp	Ipu6 = 5.555
W6 = 5555 watt	Wpu6 = 0.556
T6 = 55.55 N-m	Tpu6 = 5.817
S6 = 5555 rpm	Slip6 = 0.444

V7 = 666.6 volt	Vpu7 = 0.667
I7 = 66.66 amp	Ipu7 = 6.666
W7 = 6666 watt	Wpu7 = 0.667
T7 = 66.66 N-m	Tpu7 = 6.981
S7 = 6666 rpm	Slip7 = 0.333

V8 = 777.7 volt	Vpu8 = 0.778
I8 = 77.77 amp	Ipu8 = 7.777
W8 = 7777 watt	Wpu8 = 0.778
T8 = 77.77 N-m	Tpu8 = 8.144
S8 = 7777 rpm	Slip8 = 0.222

V9 = 888.8 volt	Vpu9 = 0.889
I9 = 88.88 amp	Ipu9 = 8.888
W9 = 8888 watt	Wpu9 = 0.889
T9 = 88.88 N-m	Tpu9 = 9.307
S9 = 8888 rpm	Slip9 = 0.111

V10 = 999.9 volt	Vpu10 = 1.000
I10 = 99.99 amp	Ipu10 = 9.999
W10 = 9999 watt	Wpu10 = 1.000
T10 = 99.99 N-m	Tpu10 = 10.471
S10 = 9999 rpm	Slip10 = 0.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5

สรุปและวิจารณ์

จากการทดลองนี้ เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถอ่านข้อมูลได้ถูกต้อง และสามารถนำไปแสดงผลได้

ปริญญานิพนธ์นี้ยังมีข้อบกพร่องอยู่บ้างกล่าวคือ

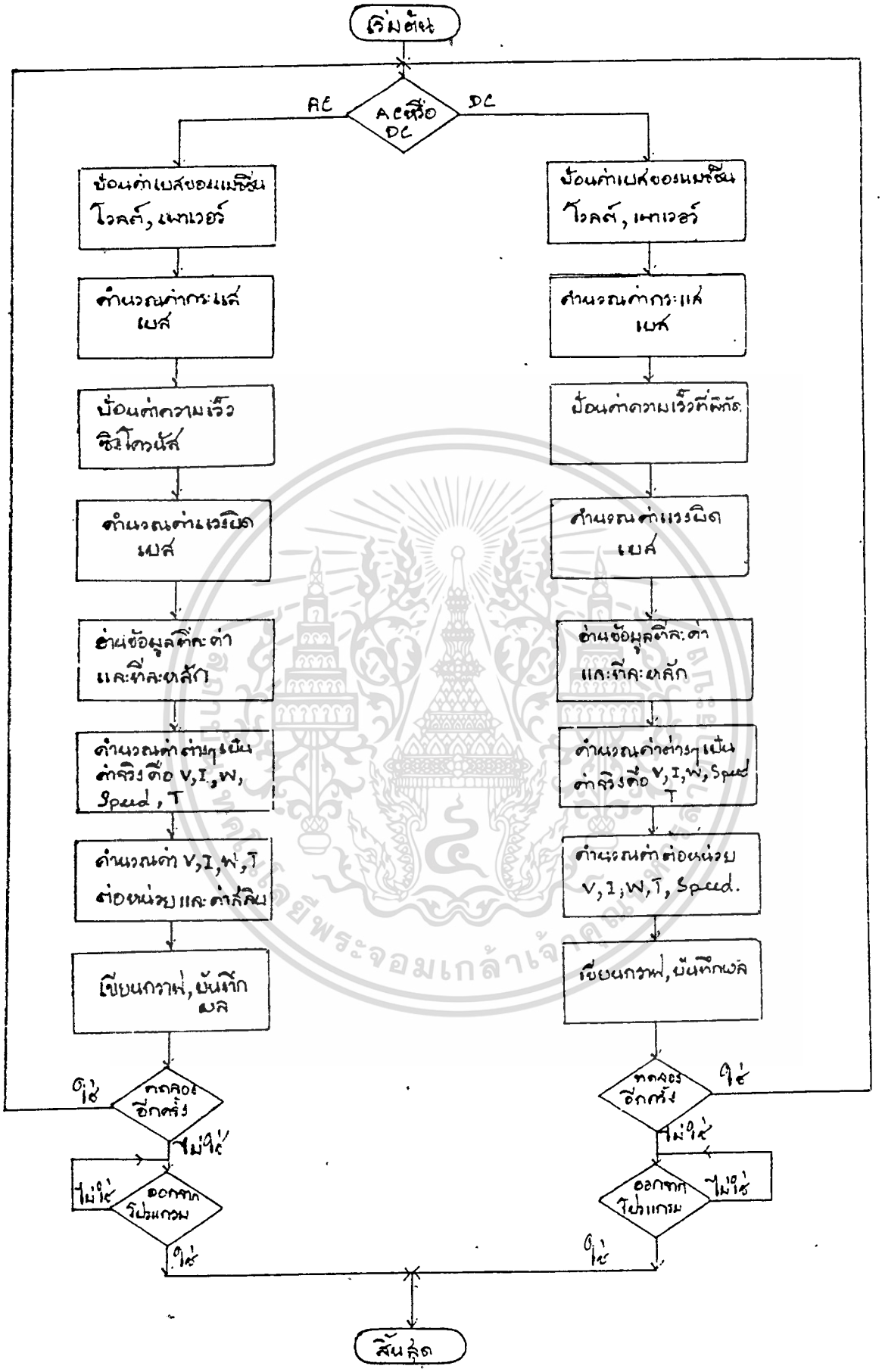
1. จำนวนข้อมูลจะต้องกำหนดขึ้นก่อนทำการทดลอง กรณีที่ข้อมูลการทดลองไม่เพียงพอจะไม่สามารถเพิ่มข้อมูลได้ทันที จะต้องกลับไปแก้ไขที่ส่วนโปรแกรมแล้วจึงทำการทดลองใหม่

2. การอ่านข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นการอ่านข้อมูลเฉพาะสัญญาณที่ขับหลอด 7 เซกเมนท์ ดังนั้นการคำนวณค่าจริงทำได้จากส่วนของโปรแกรม ถ้าข้อมูลมีการเปลี่ยนช่วง เครื่องคอมพิวเตอร์จะอ่านข้อมูลผิดพลาด เช่นกำหนดช่วงของการอ่านข้อมูลเป็น ๐๐.๐๐-99.99 แต่ข้อมูลที่อ่านเข้ามาเป็น๐.๐๐๐หรือ999.9(คือเลื่อนจุดทศนิยมไปที่หลักอื่น) จะทำให้เครื่องคอมพิเตอร์คำนวณค่าออกมาผิดพลาด แต่ที่ออกแบบมานี้ได้พิจารณาช่วงของข้อมูลไว้แล้ว นอกจากนี้การปรับตัวคูณจะทำได้ในโปรแกรม เครื่องคอมพิวเตอร์ไม่สามารถทำเองได้โดยอัตโนมัติ

3. การอ่านข้อมูลเป็นการอ่านสัญญาณที่ขับหลอด 7 เซกเมนท์เท่านั้นถ้ามีการแสดงผลที่เป็นลักษณะอื่นเครื่องจะไม่สามารถอ่านได้

4. ในส่วนของโปรแกรมจะใช้เวลาคอมไพล์นานพอสมควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงโฟลว์ชาร์ตของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Line 1    Col 1    Insert    Indent  A:LONG.PAS
program Machine_Tester;
{$I Typedef.sys}
{$I Graphix.sys}
{$I Kernel.sys}
{$I Windows.sys}
{$I FindWrld.hgh}
{$I Axis.hgh}
{$I Polygon.hgh}
{$I Spline.hgh}
type c=array[1..255]of integer;
     d=array[1..255]of real;

Const Nodata=11;

label again,back;

var m,n,j,e,f,g,p,k,SyncSpeed,RatedSpeed:integer;
    Vbase,Ibase,Pbase,Tbase :real;
    dV,dI,dW,dS,dT,Vdig,Idig,Wdig,Sdig,Tdig:c;
    V,I,W,S,T,Vpu,Ipu,Wpu,Slip,Pf,Tpu,Spu,Speed,xx,yy:d;
    aa,machine:char;

Procedure data;
Begin

      Line 47   Col 1    Insert    Indent  A:LONG.PAS
       Writeln('Please enter the base value ');
       Writeln(lst,'Please enter the base value ');
       Write(' Vbase      =  ');Read(Vbase);Writeln('  volt');
       Write(lst,' Vbase      =  ');Writeln(lst,'  volt');
       Write(' Pbase      = ');Read(Pbase);Writeln('  watt');
       Write(lst,' Pbase      = ');Writeln(lst,'  watt');
       Ibase:=(Pbase)/(Vbase);
       Writeln(' Ibase      =  ',Ibase:4:2,'  amp');
       Writeln(lst,' Ibase      =  ',Ibase:4:2,'  amp');
End;

Procedure DefineValue;
Begin
    If f=  63  then g:=0;
    If f=   6  then g:=1;
    If f=  91  then g:=2;
    If f=  79  then g:=3;
    If f= 102  then g:=4;
    If f= 109  then g:=5;
    If f= 125  then g:=6;
    If f=   7  then g:=7;
    If f= 127  then g:=8;
    If f= 111  then g:=9 else Write('');
End;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Line 71    Col 1    Insert     Indent  A:LONG.PAS

Procedure Kkr;
Begin
     e:=$0300;
     Repeat
          dV[n]:=port[e];
          f:=dV[n];
          DefineValue;
          Vdig[n]:=g;
          Writeln;
          n:=n+1;
          e:=e+1;
      Until n=5;
      n:=1;

    e:=$0304;
     Repeat
          dI[n]:=port[e];
          f:=dI[n];
          DefineValue;
          Idig[n]:=g;
          Writeln;
          n:=n+1;
          e:=e+1;

       Line 95   Col 1    Insert     Indent  A:LONG.PAS
      Until n=5;
      n:=1;

     e:=$0308;
     Repeat
          dW[n]:=port[e];
          f:=dW[n];
          DefineValue;
          Wdig[n]:=g;
          Writeln;
          n:=n+1;
          e:=e+1;
      Until n=5;
      n:=1;

     e:=$030c;
     Repeat
          dS[n]:=port[e];
          f:=dS[n];
          DefineValue;
          Sdig[n]:=g;
          Writeln;
          n:=n+1;
          e:=e+1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 Line 119  Col 1    Insert     Indent  A:LONG.PAS
Until n=5;
n:=1;

 :=$0310;
epeat
     dT[n]:=port[e];
     f:=dT[n];
     DefineValue;
     Tdig[n]:=g;
     Writeln;
     n:=n+1;
     e:=e+1;
Until n=5;

V[m]:=(Vdig[1]*1e2) + (Vdig[2]*1e1) + (Vdig[3]) + (Vdig[4]*1e-1);
 I[m]:=(Idig[1]*1e1) + (Idig[2]) + (Idig[3]*1e-1) + (Idig[4]*1e-2);
W[m]:=(Wdig[1]*1e3) + (Wdig[2]*1e2) + (Wdig[3]*1e1) + (Wdig[4]);
S[m]:=(Sdig[1]*1e3) + (Sdig[2]*1e2) + (Sdig[3]*1e1) + (Sdig[4]);
 T[m]:=(Tdig[1]*1e1) + (Tdig[2]) + (Tdig[3]*1e-1) + (Tdig[4]*1e-2);

Vpu[m]:=V[m]/Vbase;
 Ipu[m]:=I[m]/Ibase;
Wpu[m]:=W[m]/Pbase;


 Line 143  Col 1    Insert     Indent  A:LONG.PAS

dure kkr2 ;

Tpu[m]:=T[m]/Tbase;
n:=1;
m:=m+1;
If (V[m-1]-V[m-2])>=10.00) or (V[m]-V[m-1]=0.00) then Writeln;
Writeln('V',m-1,' = ',V[m-1]:4:1,' volt     Vpu',m-1,'  = ',Vpu[m-1]:4:3
Writeln(lst,'V',m-1,' = ',V[m-1]:4:1,' volt     Vpu',m-1,'  = ',Vpu[m-1]
Writeln('I',m-1,' = ',I[m-1]:4:2,' amp      Ipu',m-1,'  = ',Ipu[m-1]:4:3
Writeln(lst,'I',m-1,' = ',I[m-1]:4:2,' amp      Ipu',m-1,'  = ',Ipu[m-1]
Writeln('W',m-1,' = ',W[m-1]:4:0,' watt     Wpu',m-1,'  = ',Wpu[m-1]:4:3
Writeln(lst,'W',m-1,' = ',W[m-1]:4:0,' watt     Wpu',m-1,'  = ',Wpu[m-1]
Writeln('T',m-1,' = ',T[m-1]:4:2,' N-m      Tpu',m-1,'  = ',Tpu[m-1]:4:3
Writeln(lst,'T',m-1,' = ',T[m-1]:4:2,' N-m      Tpu',m-1,'  = ',Tpu[m-1]

dure AC_Machine;

Writeln('AC_Machine');
Writeln(lst,'AC_Machine');}
data;
Write(' SyncSpeed = ');Read(SyncSpeed);Writeln('  rpm');
Write(lst,' SyncSpeed = ');Writeln(lst,'  rpm');
Tbase:=(Pbase*60)/(2*Pi*SyncSpeed);

 Line 167  Col 1    Insert     Indent  A:LONG.PAS
Writeln('Tbase = ',Tbase:4:2,'  N-m');
Writeln(lst,'Tbase = ',Tbase:4:2,'  N-m');
m:=1;
n:=1;
j:=2;
Repeat
    kkr;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ''' ;
    Slip[m]:=(SyncSpeed-S[m])/SyncSpeed;
    kkr2;
    Writeln('S',m-1,' = ',S[m-1]:4:0,' rpm      Slip',m-1,' = ',Slip[m
    Writeln(lst,'S',m-1,' = ',S[m-1]:4:0,' rpm      Slip',m-1,' = ',Sl
    Repeat Until Keypressed;
Until m=NoData;


dure DC_Machine;

 Writeln('DC_Machine');
 Writeln(lst,'DC_Machine');
 data;
 Write('RatedSpeed= ');Read(RatedSpeed);Writeln(' rpm');
 Write(lst,'RatedSpeed= ');Writeln(lst,' rpm');
 Tbase:=(Pbase*60)/(2*Pi*RatedSpeed);
 Writeln('Tbase = ',Tbase:4:2,'  N-m');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 Line 172  Col 1    Insert     Indent  A:LONG.PAS
Repeat
     Kkr;
     Slip[m]:=(SyncSpeed-S[m])/SyncSpeed;
     Kkr2;
     Writeln('S',m-1,' = ',S[m-1]:4:0,' rpm       Slip',m-1,' = ',Slip[m-1
     Writeln(lst,'S',m-1,' = ',S[m-1]:4:0,' rpm       Slip',m-1,' = ',Slip[
     Repeat Until Keypressed;
Until m=NoData;


dure DC_Machine;

 Writeln('DC_Machine');
 Writeln(lst,'DC_Machine');
 data;
 Write('RatedSpeed= ');Read(RatedSpeed);Writeln(' rpm');
 Write(lst,'RatedSpeed= ');Writeln(lst,' rpm');
 Tbase:=(Pbase*60)/(2*Pi*RatedSpeed);
 Writeln('Tbase = ',Tbase:4:2,'  N-m');
 Writeln(lst,'Tbase = ',Tbase:4:2,'  N-m');
 m:=1;
 n:=1;
 j:=2;
 Repeat

 Line 196  Col 1    Insert     Indent  A:LONG.PAS
     Kkr;
     Spu[m]:=S[m]/RatedSpeed;
     Kkr2;
     Writeln('S',m-1,' = ',S[m-1]:4:0,' rpm       Spu',m-1,' = ',Spu[m-1]:
     Writeln(lst,'S',m-1,' = ',S[m-1]:4:0,' rpm       Spu',m-1,' = ',Spu[m
     Repeat until Keypressed;
 Until m=NoData;


dure Checking;

,a:plotarray;
:integer;


efineWindow(1,0,0,XMaxGlb,YMaxGlb);
efineWindow(2,0,0,XMaxGlb,YMaxGlb);
efineWorld(1,0,2,1.5,0);
efineWorld(2,0,0,1000,1000);
electWindow(1);
electWorld(1);

:=10;
or k:=1 to n do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Line 220  Col 1    Insert     Indent  A:LONG.PAS
   Begin
     If Vpu[k]<0 then a[k,1]:=0;
     If Vpu[k]>1.5 then a[k,1]:=1.5;
     If Ipu[k]<0 then a[k,2]:=0;
     If Ipu[k]>2 then a[k,2]:=2;
     a[k,1]:=Vpu[k];
     a[k,2]:=Ipu[k];
   End;
m:=50;
Spline(a,n,a[2,1],a[n-1,1],b,m);
ClearScreen;
DrawBorder;
SetlineStyle(0);
Drawaxis(5,5,5,19,20,30,0,0,true);
DrawPolygon(a,1,n-1,1,1,0);

n:=10;
For k:=1 to n do
   Begin
     If Vpu[k]<0 then a[k,1]:=0;
     If Vpu[k]>1.5 then a[k,1]:=1.5;
     If Wpu[k]<0 then a[k,2]:=0;
     If Wpu[k]>2 then a[k,2]:=2;
     a[k,1]:=Vpu[k];

  Line 244  Col 1    Insert     Indent  A:LONG.PAS
     a[k,2]:=Wpu[k];
   End;
m:=50;
Spline(a,n,a[2,1],a[n-1,1],b,m);
SetlineStyle(1);
Drawaxis(5,5,5,19,20,30,0,0,true);
DrawPolygon(a,1,n-1,2,1,0);

n:=10;
For k:=1 to n do
   Begin
     If Vpu[k]<0 then a[k,1]:=0;
     If Vpu[k]>1.5 then a[k,1]:=1.5;
     If Speed[k]<0 then a[k,2]:=0;
     If Speed[k]>2 then a[k,2]:=2;
     a[k,1]:=Vpu[k];
     a[k,2]:=Speed[k];
   End;
m:=50;
Spline(a,n,a[2,1],a[n-1,1],b,m);
SetlineStyle(2);
Drawaxis(5,5,5,19,20,30,0,0,true);
DrawPolygon(a,1,n-1,3,1,0);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Line 268  Col 1    Insert     Indent  A:LONG.PAS
  n:=10;
  For k:=1 to n do
     Begin
       If Vpu[k]<0 then a[k,1]:=0;
       If Vpu[k]>1.5 then a[k,1]:=1.5;
       If Pf[k]<0 then a[k,2]:=0;
       If Pf[k]>2 then a[k,2]:=2;
       a[k,1]:=Vpu[k];
       a[k,2]:=Pf[k];
     End;
  m:=50;
  Spline(a,n,a[2,1],a[n-1,1],b,m);
  SetlineStyle(3);
  Drawaxis(5,5,5,19,20,30,0,0,true);
  DrawPolygon(a,1,n-1,4,1,0);

  n:=10;
  For k:=1 to n do
     Begin
       If Vpu[k]<0 then a[k,1]:=0;
       If Vpu[k]>1.5 then a[k,1]:=1.5;
       If Tpu[k]<0 then a[k,2]:=0;
       If Tpu[k]>2 then a[k,2]:=2;
       a[k,1]:=Vpu[k];

    Line 292  Col 1    Insert     Indent  A:LONG.PAS
       a[k,2]:=Tpu[k];
     End;
  m:=50;
  Spline(a,n,a[2,1],a[n-1,1],b,m);
  SetlineStyle(4);}
  Drawaxis(5,5,5,19,20,30,0,0,true);
  DrawPolygon(a,1,n-1,5,1,0);

  SelectWorld(2);
  SelectWindow(2);

  DrawTextW(720,900,1,' Machine Data From Testing');
  DrawTextW(720,800,1,' X axis= Voltage in per unit');
  DrawTextW(720,700,1,' Y axis= Data in per unit');
  DrawTextW(720,600,1,' ***** Curent');
  DrawTextW(720,550,1,' *   *     Power');
  DrawTextW(720,500,1,' *****     ***** Slip(ac),Spu(dc)');
  DrawTextW(720,450,1,' ***  *  *** Power Factor');
  DrawTextW(720,400,1,' *** *** *** Torque');
  DrawTextW(720,350,1,' Read data again press (r)');
  DrawTextW(700,300,1,' Do you want to leave Graphic?(Y/N)');
  Hardcopy(false,1);
End;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Line 316  Col 1    Insert     Indent  A:LONG.PAS
n(main)
:       Write('The kind of Machine is a(ac) or d(dc) ');Readln(machine);
        Case machine of
           'a': AC_Machine;
           'd': DC_Machine;
        End;
        InitGraphic;
        Checking;
n:      Readln(aa);
        If (aa = 'r')or( aa = 'R') then
        Begin
           LeaveGraphic;
           Goto back;
        End;
        If (aa ='Y')or(aa='y') then LeaveGraphic
        else goto again;
        LeaveGraphic;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5400/7400 Quadruple 2-Input Positive-NAND Gate

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package			
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF
T.I.	SN54S00	J①	N①		W①	SN54H00	J①			W①	SN54LS00	J①			W①	SN5400	J①			W②	SN54L00	J①	N①	T②	
	SN74S00	J①	N①			SN74H00	J①	N①			SN74LS00	J①	N①			SN7400	J①	N①			SN74L00	J①	N①	T②	
FAIRCHILD	FM54S00/FM74S00	D①				FM54H00/FM74H00	D①			F②	FM54LS00/FM74LS00	D①			F①	FM 5400/FM7400	D①			F②					
	FC74S00/FC9S00	D①	P①			FC74H00/FC9H00	D①	P①			FC74LS00/FC9LS00	D①	P①		F①	FC7400/FC9N00	D①	P①							
MOTOROLA						MC3100	L①			F②						MC5400	L①			F②					
						MC3000	L①	P①		F②	SN74LS00		P①			MC7400	L①	P①		F②					
N.S.C.						DM54H00	J①	N①			DM54LS00					DM5400	J①	N①		W②	DM54L00	J①	N①		F②
	DM74S00		N①			DM74H00	J①	N①			DM74LS00					DM7400	J①	N①			DM74L00	J①	N①		F②
PHILIPS																									
	N74S00		①			GJH131/74H00		①			N74LS00		①			FJH131/7400		①							
SIGNETICS	N54S00	F①	A①		W①	S54H00	F①	A①		W②						S5400	F①	A①		W②					
	N74S00	F①	A①			N74H00	F①	A①			N74LS00		A①			N7400	F①	A①							
SIEMENS																FLH101		①							
FUJITSU						MB601		①	M①		74LS00		M①			MB400		①	N①						
HITACHI	HD74S00		①	P①							HD74LS00		P①			HD7400/HD2503		①	P①						
MITSUBISHI	M55000		P①								M74LS00		P①			M53200		P①							
NEC																									
	μPB2S00	D①									74LS00		C①			μPB201	D①	C①							
TOSHIBA																TD3400A		P①							

Electrical Characteristics SN54LS00/SN74LS00

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 70°C
Interemitter voltage	5.5V	Storage temperature range		−65°C to 150°C

recommended operating conditions

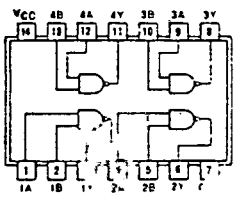
	SN54LS00			SN74LS00			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−400			−400	μA
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

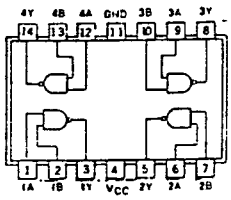
PARAMETER		TEST CONDITIONS†		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC}=MIN, I_I=−18mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC}=MIN, V_{IL}=V_{IL} max, I_{OH}=MAX		2.7	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC}=MIN, V_{IH}=2V, I_{OL}=4mA			0.2	0.4	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC}=MAX, V_I=7V				0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC}=MAX, V_{IH}=2.7V				20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC}=MAX, V_{IL}=0.4V				−0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current*	V_{CC}=MAX	54LS Family	−20		−100	mA
			74LS Family	−18		−100	
I_{CCH}	Supply current	V_{CC}=MAX	Total, outputs high		4	8	mA
I_{CCL}	Supply current		Total, outputs low		12	22	mA
I_{CC}	Supply current	V_{CC}=5V	Average per gate (50% duty cycle)		0.4		mA
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V_{CC}=5V, T_A=25°C, C_L=15pF, R_L=2kΩ			9	15	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output				10	15	ns

Pin Assignments (Top View)

①

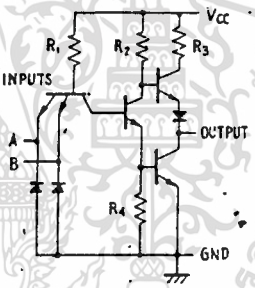


②



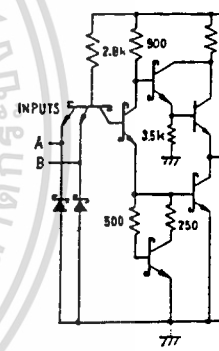
positive logic:
$Y = \overline{AB}$

Schematics (each gate)

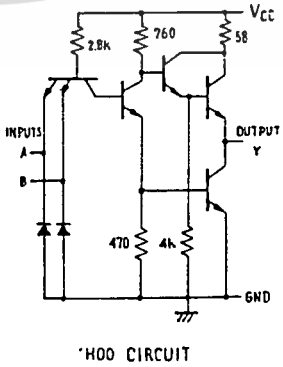


CIRCUIT	R_1	R_2	R_3	R_4
'00	4k	1.6k	130	1k
'L00	40k	20k	500	12k

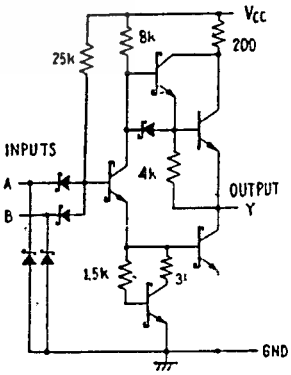
Input clamp diodes not on SN54L'/SN74L' circuits.
'00, 'L00 CIRCUITS



'S00 CIRCUIT



'H00 CIRCUIT



LS00 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at V_{CC}=5V, T_A=25°C.
* Not more than one output should be shorted at a time, and for SN54H'/SN74H' and SN54S'/SN74S', duration of short-circuit should not exceed 1 second.

5404/7404 Hex Inverter

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF
T.I.	SN54S04	J			W	SN54H04	J			W	SN54LS04	J			W	SN5404	J			W	SN54L04	J	N	T	
	SN74S04	J	N			SN74H04	J	N			SN74LS04	J	N			SN7404	J	N			SN74L04	J	N	T	
FAIRCHILD	FM54S04/FM84S04	D			F	FM54H04/FM84H04	D			F	FM54LS04/FM84LS04	D			F	FM5404/FM84N04	D			F					
	FC74S04/FC9S04	D	P			FC74H04/FC9H04	D	P			FC74LS04/FC9LS04	D	P		F	FM7404/FC9N04	D	P							
MOTOROLA						MC3100	L			F						MC5404	L			F					
						MC3000	L	P		F	SN74LS04		P			MC7404	L	P							
N.S.C.						DM54H04	J	N			DM54LS04					DM5404	J	N		W	DM54L04	J	N		F
	DM74S04		N			DM74H04	J	N			DM74LS04					DM7404	J	N			DM74L04	J	N		F
PHILIPS	N74S04					N74H04					N74LS04					FJH241/7404		J							
SIGNETICS	S54S04	F	A		W	S54H04	F	A		W						S5404	F	A		W					
	N74S04	F	A		W	N74H04	F	A			N74LS04		A			N7404	F	A							
SIEMENS																FLH211									
FUJITSU											74LS04		MF			MB418		MP							
HITACHI	HD74S04		P								HD74LS04		P			HD7404/HD2527		P							
MITSUBISHI	M55004		P								M74LS04		P			M53204		P							
NEC	74S04		C								74LS04		C			μPB235	D								
TOSHIBA																TD3404A		P							

Electrical Characteristics SN54LS04/SN74LS04

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 70°C
		Storage temperature range		−65°C to 150°C

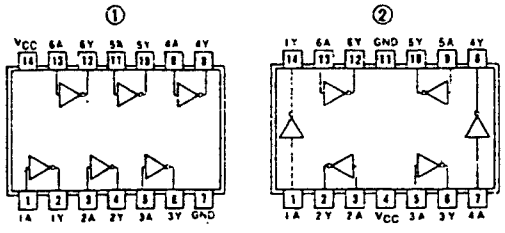
recommended operating conditions

	SN54LS04 MIN	NOM	MAX	SN74LS04 MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current I_{OH}			−400			−400	μA
Low-level output current I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

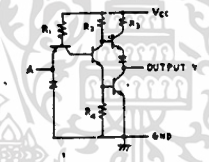
PARAMETER		TEST CONDITIONS †		MIN	TYP ‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC}=MIN, I_I=−18mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC}=MIN, V_{IL}=V_{IL} max, I_{OH}=MAX		2.7	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC}=MIN, V_{IH}=2V, I_{OL}=4mA				0.4	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC}=MAX, V_I=7V				0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC}=MAX, V_{IH}=2.7V				20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC}=MAX, V_{IL}=0.4V				−0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current *	V_{CC}=MAX	54LS Family	−20		−100	mA
			74LS Family	−20		−100	
I_{CCH}	Supply current	V_{CC}=MAX	Total, outputs high		1.2	2.4	mA
I_{CCL}	Supply current		Total, outputs low		3.6	6.6	mA
I_{CC}	Supply current	V_{CC}=5V	Average per gate (50% duty cycle)		0.4		mA
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V_{CC}=5V, C_L=15PF,	T_A=25°C, R_L=2KΩ		9	15	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output				10	15	ns

Pin Assignments (Top View)



positive logic :
$Y = \overline{A}$

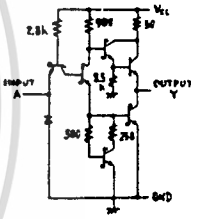
Schematics (each gate)



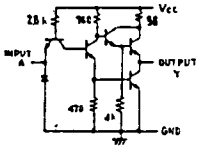
CIRCUIT	R1	R2	R3	R4
'04	4k	1.6k	130	1k
'L04	40k	20k	500	12k

Input clamp diodes not on SN54L7/SN74L' circuits.

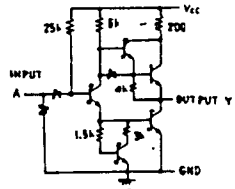
'04, 'L04 CIRCUITS



'S04 CIRCUIT



'H04 CIRCUIT



'LS04 CIRCUIT

·Resistor values shown are nominal and in ohms.

†For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡All typical values are at V_{CC}=5V, T_A=25°C
*Not more than one output should be shorted at a time, and for SN54H'/SN74H' and SN54S'/SN74S', duration of short-circuit should not exceed 1 second

5412/7412 Triple 3-Input Positive-NAND Gate with Open-Collector Output

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package			
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF
T.I.											SN54LS12	J①			W①	SN5412	J①			W①					
											SN74LS12	J①	N①			SN7412	J①	N①							
FAIRCHILD																FM5412/FM9N12	D①								
																FC7412/FC9N12	D①	P①							
MOTOROLA																									
N.S.C.											DM54LS12														
											DM74LS12														
PHILIPS											N74LS12		①			N7412		①							
SIGNETICS											N74LS12		A①												
SIEMENS																FLH501		①							
FUJITSU																									
HITACHI	HD74S12	①	PJ								HD74LS12		P①			HD7412	①	P①							
MITSUBISHI											M74LS12		P①												
NEC																									
TOSHIBA																									

Electrical Characteristics SN54LS12/SN74LS12

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 70°C
Interemitter voltage	5.5V	Storage temperature range		−65°C to 150°C

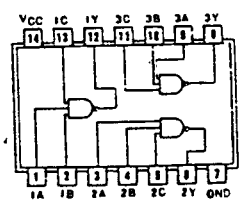
recommended operating conditions

	SN54LS12			SN74LS12			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output voltage, V_{OH}			5.5			5.5	V
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

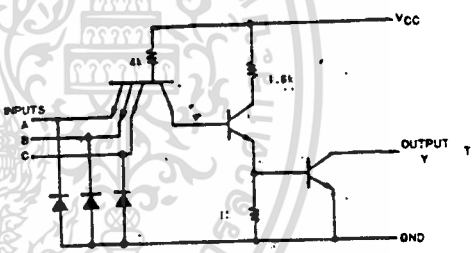
	PARAMETER	TEST CONDITIONS†		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC}=MIN, I_I=−18mA				−1.5	V
I_{OH}	High-level output current	V_{CC}=MIN, V_{IL} max, V_{OH}=5.5V				100	μA
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC}=MIN, V_{IH}=2V, I_{OL}=4mA			0.25	0.4	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC}=MAX, V_I=7V				0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC}=MAX, V_{IH}=2.4V				20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC}=MAX, V_{IL}=0.4V				−0.4	mA
I_{CCH}	Supply current	V_{CC}=MAX	Total, outputs high		0.7	1.4	mA
I_{CCL}	Supply current		Total, outputs low		1.8	3.3	mA
I_{CC}	Supply current	V_{CC}=5V	Average per gate (50% duty cycle)		0.42		mA
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V_{CC}=5V, T_A=25°C	C_L=15PF, R_L=2kΩ		17	32	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low level output		C_L=15PF, R_L=2kΩ		15	28	ns

Pin Assignment (Top View)

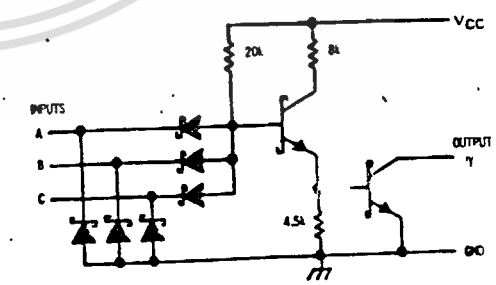


positive logic :
$Y = \overline{ABC}$

Schematics (each gate)



'12 CIRCUIT



'LS12 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms.

†For conditions shown as MAX, use the appropriate value specified under recommend operating conditions.
‡All typical values at V_{CC}=5V, T_A=25°C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

5427/7427 . Triple 3-Input Positive-NOR Gate

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package			
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF
T. I.											SN54LS27	J①				'N5427	J①			W①					
FAIRCHILD											SN74LS27	J①N①				'N7427	①N①								
MOTOROLA											FM54LS27/FM74LS27	W①			F①	FM5427/FM7427		J							
N. S. C.											FC74LS27/FC9LS27	W①	P①		F①	FC7427/FC9N..		P①							
PHILIPS											SN74LS27		P①			SN7427		P①							
SIGNETICS											DM54LS27		①			DM5427	J①	N①		W①					
SIEMENS											DM74LS27		①			DM7427	J①	N①		W①					
FUJITSU											N74LS27		①			N7427		①							
HITACHI											N74LS27		A①			N7427		A①							
MITSUBISHI																FLH621		①							
NEC											HD74LS27		P①			HD7427	①P①								
TOSHIBA											M53LS27		P①			M53227		P①							
											74LS27		C①												

Electrical Characteristics SN54LS27/SN74LS27

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 70°C
Interemitter voltage	5.5V	Storage temperature range		−65°C to 150°C

recommended operating conditions

	SN54LS27			SN74LS27			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−400			−400	μA
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

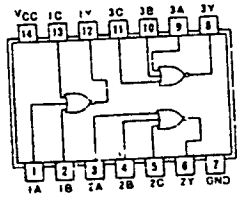
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER			TEST CONDITIONS†		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage				2			V
V_{IL}	Low-level input voltage						0.8	V
V_I	Input clamp voltage		V_{CC} = MIN, I_I = −18 mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage		V_{CC} = MIN, V_{IL} = V_{IL} max, I_{OH} = MAX		2.7	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage		V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2 V, I_{OL} = 4 mA			0.25	0.4	V
I_I	Input current at maximum input voltage		V_{CC} = MAX, V_I = 7 V				0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	Data inputs	V_{CC} = MAX, V_{IH} = 2.7 V				20	μA
I_{IL}	Low-level input current	Data inputs	V_{CC} = MAX, V_{IL} = 0.4 V				−0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current*		V_{CC} = MAX	54LS Family	−20		−100	mA
				74LS Family	−20		−100	
I_{CCH}	Supply current		V_{CC} = MAX	Total, outputs high		2.0	4	mA
I_{CCL}	Supply current			Total, outputs low		3.4	6.8	mA
I_{CC}	Supply current		V_{CC} = 5 V	Average per gate (50% duty cycle)		0.9		mA
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output		V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C, C_L = 15 pF, R_L = 2 kΩ			10	15	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output					10	15	ns

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.
* Not more than one output should be shorted at a time.

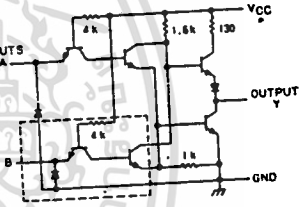
Pin Assignment (Top View)

①



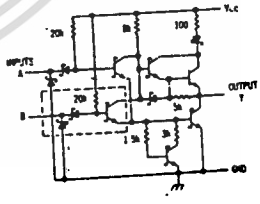
positive logic:
$Y = \overline{A + B + C}$

Schematics (each gate)



The portion of the schematic within the dashed lines is repeated for the C input of the '27.

'27 CIRCUIT



The portion of the schematic within the dashed lines is repeated for the C input of the 'LS27.

'LS27 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms.

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5432/7432 Quadruple 2-Input Positive-OR Gate

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF
T.I.	SN54S32	J①			W①						SN54LS32	J①			W①	SN5432	J①			W①					
	SN74S32	J①N①									74LS32	J①N①				SN7432	J①N①							
FAIRCHILD	FM54S32/FM93S32	D①			F①						FM54LS32/FM93LS32	D①			F①	FM5432/FM9N32	D①			F①					
	FC74S32/FC93S32	D①F①	P①		F①						FC74LS32/FC93LS32	D①F①	P①		F①	FC7432/FC9N32	D①F①	P①						
MOTOROLA											SN74LS32		P①											
N.S.C.											DM74LS32		①			DM5432	J①	N①		W①	DM54L32			
											DM54LS32		①			DM74232	J①N①				DM74L32			
PHILIPS	N74S32		①								N74LS32		①			N7432		①						
SIGNETICS											N74LS32		A①			5432	F①	A①		B①				
																7432	F①	A①						
SIEMENS																FLH631		①						
FUJITSU											74LS32		AA①											
HITACHI											HD74LS32		P①			HD7432	①P①							
MITSUBISHI											M53LS32		P①											
NEC											74LS32		C①											
TOSHIBA																								

Electrical Characteristics SN54LS32/SN74LS32

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 70°C
		Storage temperature range		−65°C to 150°C

recommended operating conditions

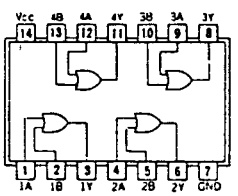
	SN54LS32 MIN	NOM	MAX	SN74LS32 MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−400			−400	μA
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER		TEST CONDITIONS†		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC}=MIN, I_I=−18mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC}=MIN, V_{IH}=2V, I_{OH}=MAX		2.7	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC}=MIN, V_{IL}=V_{IL} max, I_{OL}=4mA			0.25	0.4	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC}=MAX, V_I=7V				0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC}=MAX, V_{IH}=2.7V				20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC}=MAX, V_{IL}=0.4V				−0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current*	V_{CC}=MAX	54LS Family	−20		−100	mA
			74LS Family	−20		−100	
I_{CCH}	Supply current	V_{CC}=MAX	Total, outputs high		3.1	6.2	mA
I_{CCL}	Supply current		Total, outputs low		4.9	9.8	mA
I_{CC}	Supply current	V_{CC}=5V	Average per gate (50% duty cycle)		1.0		mA
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V_{CC}=5V, C_L=15pF,	T_A=25°C, R_L=2kΩ		14	22	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output				14	22	ns

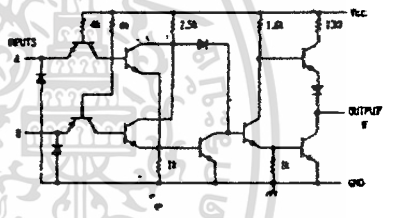
Pin Assignment (Top View)

①

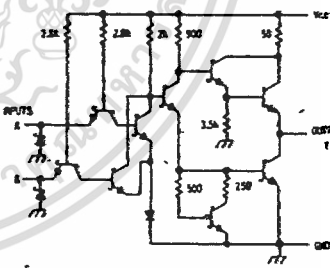


positive logic:
Y = A + B

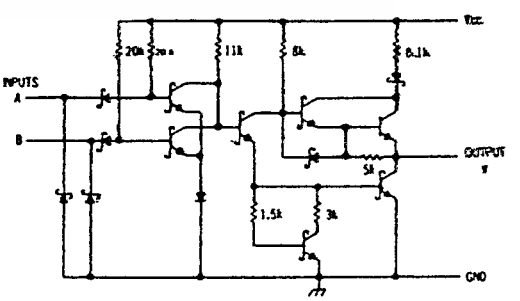
Schematics(each gate)



'32 CIRCUIT



'S32 CIRCUIT



'LS32 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms

†For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡All typical values are at V_{CC}=5V, T_A=25°C.
*Not more than one output should be shorted at a time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54139/74139 Dual 2-Line-to-4-Line Decoder/Demultiplexer

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF
[illegible]	SN54S139	J			W						SN54LS139	J①			W①									
	SN74S139	J	N								SN74LS139	J①	N①											
FAIRCHILD	[illegible]	P①									[illegible]	P①			F①									
	FC74S139	P①									FC74LS139	P①			F①									
MOTOROLA											SN74LS139		P①											
N.S.C.											DM54LS139		①											
	DM74S139										DM74LS139		①											
PHILIPS																								
	N74S139		J								N74LS139		①											
SIGNETICS	S54S139	F	B		W																			
	N74S139	F	B		W						N74LS139		A①											
SIEMENS																								
FUJITSU																								
											74LS139		M①											
HITACHI																								
											HD74LS139		P①											
MITSUBISHI																								
											M74LS139		P①											
NEC																								
											74LS139		C②											
AMD																								

Electrical Characteristics SN54LS139/SN74LS139

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7 V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to 125°C
Input voltage	7 V		SN74LS	0°C to 70°C
		Storage temperature range		−65°C to 150°C

recommended operating conditions

	SN54LS139			SN74LS139			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			400			400	μA
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

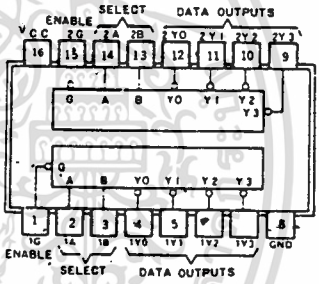
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

	PARAMETER*	TEST CONDITIONS†		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC} = MIN, I_I = −18mA				1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2 V, V_{IL} = 0.8 V, I_{OH} = −1mA	SN54LS	2.5	3.4		V
			SN74LS	2.7	3.4		
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2 V, V_{IL} = 0.8 V, I_{OL} = 8mA			0.35	0.5	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC} = MAX, V_I = 7 V				0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 2.7 V				20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 0.5 V				0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current*	V_{CC} = MAX		−20		−100	mA
I_{CC}	Supply current	V_{CC} = MAX, Outputs enabled and open			6.8	11	mA
t_{PLH} / t_{PHL}	from Binary select to Any output	V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C, C_L = 15pF, R_L = 2kΩ	2 levels of delay		13	20	ns
					22	33	
			3 levels of delay		18	29	ns
					25	38	
t_{PLH} / t_{PHL}	from Enable to Any output		2 levels of delay		16	24	ns
					21	32	

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable device type.
‡ All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.
* Not more than output should be shorted at a time.
* t_{PLH} = propagation delay time, low-to-high-level output; t_{PHL} = propagation delay time, high-to-low-level output.

Pin Assignment (Top View)

①



positive logic: see function table

Function Table

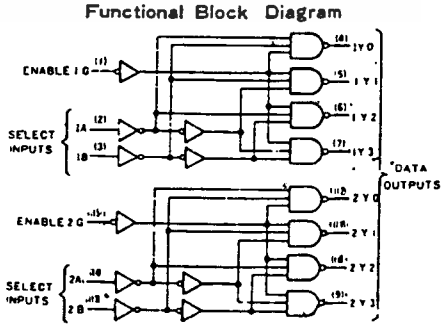
'S139 'LS139

(EACH DECODER/DEMULTIPLEXER)

INPUTS			OUTPUTS			
ENABLE	SELECT					
G	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3
H	X	X	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H
L	H	L	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	L

H = high level, L = low level, X = irrelevant

Functional Block Diagram



'S139 'LS139 DECODER/DEMULTIPLEXER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54154/74154 4-Line-to-16-Line Decoder/Demultiplexer

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF
T.I.																SN54154	J①			W①	SN54L154	J①			
																SN74154	J①	N①			SN74L154	J①	N①		
FAIRCHILD																	⑨①								
																FC74154	⑨①	P①							
MOTOROLA																SN74154		P①							
N.S.C.											DM54LS154	Ⓒ				DM54154	J①			F①	DM54L154A	D①	N①		F①
											DM74LS154	Ⓕ				DM74154	J①	N①		F①	DM74L154A	D①	N①		F①
PHILIPS											N74LS154	Ⓝ				N74154									
																S54154	F①	N①		Q①					
SIGNETICS																N74154		N①							
SIEMENS																FLY141		①							
FUJITSU																									
HITACHI											HD74LS154	P①				HD74154/HD2580	①	P①							
MITSUBISHI																M53354		P①							
NEC																μPB2154	D①								
TOSHIBA																									

Electrical Characteristics SN54154/SN74154

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54'	−55°C to 125°C
Input voltage	5.5V		SN74'	0°C to 70°C
		Storage temperature range		−65°C to 150°C

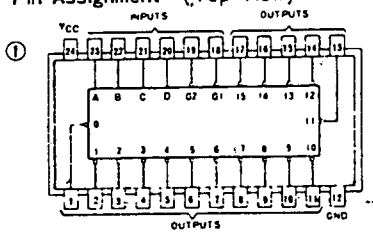
recommended operating conditions

	SN54154 MIN	NOM	MAX	SN74154 MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−800			−800	μA
Low-level output current, I_{OL}			16			16	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER*		TEST CONDITIONS†		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC}=MIN, I_I=−12mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC}=MIN, V_{IH}=2V, V_{IL}=0.8V, I_{OH}=−800μA		2.4	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC}=MIN, V_{IH}=2V, V_{IL}=0.8V, I_{OL}=16mA			0.2	0.4	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC}=MAX, V_I=5.5V				1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC}=MAX, V_I=2.4V				40	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC}=MAX, V_I=0.4V				−1.6	mA
I_{OS}	Short-circuit output current*	V_{CC}=MAX,	SN54'	−20		−55	mA
			SN74'	−18		−57	
I_{CC}	Supply current	V_{CC}=MAX See Note	SN54'		34	49	mA
			SN74'		34	56	
t_{PLH}	from A, B, C, or D inputs through 3 levels of logic	V_{CC}=5V, C_L=15pF,	T_A=25°C R_L=400Ω		24	36	ns
t_{PHL}	from A, B, C, or D inputs through 3 levels of logic				22	33	ns
t_{PLH}	from either strobe input				20	30	ns
t_{PHL}	from either strobe input				18	27	ns

Pin Assignment (Top View)



positive logic see function table

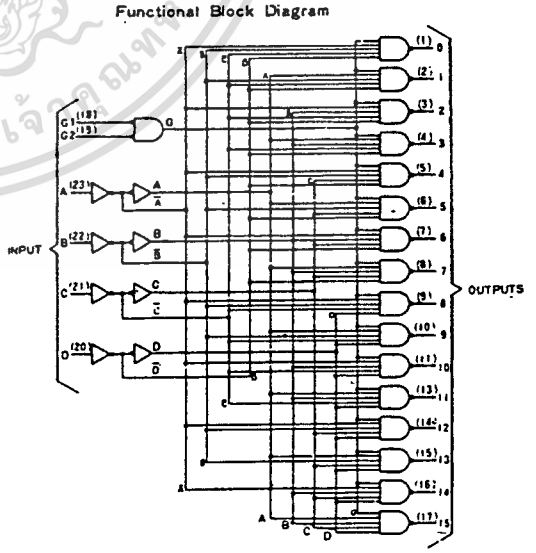
Function Table

154, 'L154

INPUTS G1	G2	D	C	B	A	OUTPUTS 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
L	L	H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
L	L	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
L	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

H = high level, L = low level, X = irrelevant

Functional Block Diagram



154, 'L154 4-LINE-TO-16-LINE DECODER/DEMULTIPLEXER

NOTE: I_{CC} is measured with all inputs grounded and all outputs open.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable type.
‡ All typical values are at V_{CC}=5V, T_A=25°C.
* Not more than one output should be shorted at a time.
* t_{PLH} = propagation delay time, low-to-high-level output
t_{PHL} = propagation delay time, high-to-low-level output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

54373/74373 Octal D-Type Transparent Latches and Edge-Triggered Flip-Flops

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package			
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF
T.I.	SN54S373	J ①									SN54LS373	J ①													
	SN74S373	J ①	N ①								SN74LS373	J ①	N ①												
FAIRCHILD																									
MOTOROLA																									
N.S.C.																									
PHILIPS																									
SIGNETICS																									
SIEMENS																									
FUJITSU																									
HITACHI																									
MITSUBISHI																									
NEC																									
TOSHIBA																									

Electrical Characteristics SN54LS373/SN74LS373.

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 70°C
		Storage temperature range		−65°C to 150°C

recommend operating conditions

		SN54LS373			SN74LS373			UNIT
		MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}		4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}				−1			−2.6	mA
High-level output voltage, V_{OH}				5.5			5.5	V
Pulse width, t_W	Clock enable high	15			15			ns
	Clock enable high	15			15			
Setup time, t_{SUTUP}		0↓			0↓			ns
Hold time, t_{hold}		10↓			10↓			ns
Operating free-air temperature, T_A		−55		125	0		70	°C

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

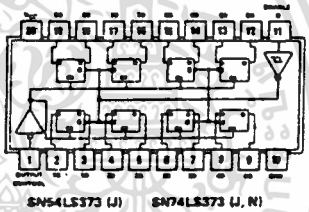
PARAMETER		TEST CONDITIONS‡		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_{IK}	Input clamp voltage	V_{CC}=MIN, I_I=−18mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC}=MIN, V_{IH}=2V, V_{IL}=V_{IL} max, I_{OH}=MAX		2.4	3.1		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC}=MIN, V_{IH}=2V, V_{IL}=V_{IL} max	I_{OL}=24mA		0.35	0.5	V
I_{OZH}	Off-state output current, high-level voltage applied	V_{CC}=MAX, V_{IH}=2V, V_O=2.7V				20	μA
I_{OZL}	Off-state output current, low-level voltage applied	V_{CC}=MAX, V_{IH}=2V, V_O=0.4V				−20	μA
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC}=MAX, V_I=7V				0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC}=MAX, V_I=2.7V				20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC}=MAX, V_I=0.4V				−0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current §	V_{CC}=MAX		−30		−130	mA
I_{CC}	Supply current	V_{CC}=MAX, Output control at 4.5V	'LS373		24	40	mA

switching characteristics, V_{CC}=5V, T_A=25°C

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS		TYP	MAX	UNIT
f_{max}			C_L=45pF, R_L=667Ω, See Notes 2 and 3				MHz
t_{PLH}	Data	Any Q			12	18	ns
t_{PHL}					12	18	
t_{PLH}	Clock or enable	Any Q			20	30	ns
t_{PHL}					18	30	
t_{PZH}	Output Control	Any Q			15	28	ns
t_{PZL}					25	36	
t_{PHZ}	Output Control	Any Q	C_L=5pF, R_L=667Ω, See Note 3		12	20	ns
t_{PLZ}					15	25	

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at V_{CC}=5V, T_A=25°C.
§ Not more than one output should be shorted at a time and duration of the short circuit should not exceed one second.

Pin Assignments (Top View)



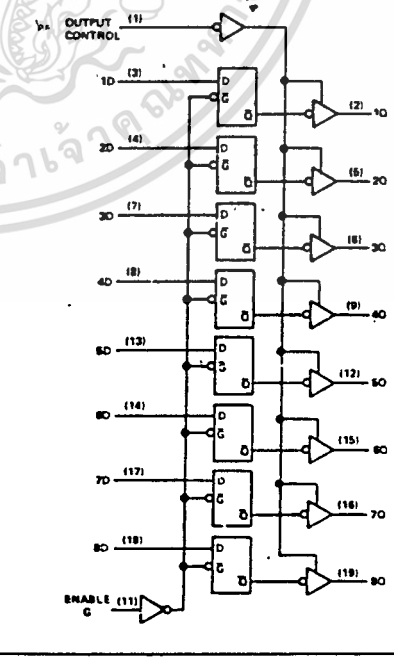
SN54LS373 (J) SN74LS373 (J, N)
SN54S373 (J) SN74S373 (J, N)

'LS373, 'S373 FUNCTION TABLE

OUTPUT CONTROL	ENABLE G	D	OUTPUT
L	H	H	H
L	H	L	L
L	L	X	Q_0
H	X	X	Z

'LS373, 'S373 TRANSPARENT LATCHES

'LS373, 'S373 TRANSPARENT LATCHES



NOTES: 2. Maximum clock frequency is tested with all outputs loaded.
3. See load circuits and waveforms on page 3-11.

f_{max} = maximum clock frequency
t_{PLH} = propagation delay time, low-to-high-level output
t_{PHL} = propagation delay time, high-to-low-level output
t_{PZH} = output enable time to high level
t_{PZL} = output enable time to low level
t_{PHZ} = output disable time from high level
t_{PLZ} = output disable time from low level

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPE TIL81
N-P-N PLANAR SILICON PHOTOTRANSISTOR

electrical characteristics at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

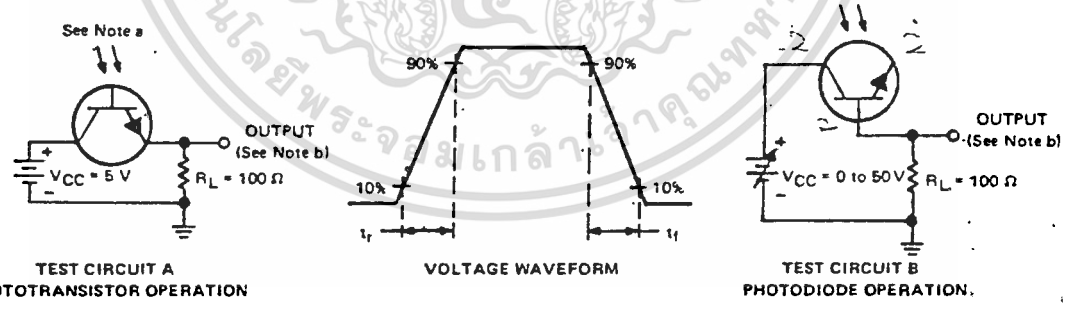
PARAMETER			TEST CONDITIONS			MIN	TYP	MAX	UNIT
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage		I_C = 100 μA,	I_E = 0,	E_e = 0	50			V
$V_{(BR)CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage		I_C = 100 μA,	I_B = 0,	E_e = 0	30			V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage		I_E = 100 μA,	I_C = 0,	E_e = 0	7			V
$V_{(BR)ECO}$	Emitter-Collector Breakdown Voltage		I_E = 100 μA,	I_B = 0,	E_e = 0	7			V
I_D	Dark Current	Phototransistor Operation	V_{CE} = 10 V,	I_B = 0,	E_e = 0			0.1	μA
			V_{CE} = 10 V, T_A = 100°C	I_B = 0,	E_e = 0,			20	
		Photodiode Operation	V_{CB} = 10 V,	I_E = 0,	E_e = 0			0.01	μA
I_L	Light Current	Phototransistor Operation	V_{CE} = 5 V, See Note 2	I_B = 0,	E_e = 5 mW/cm²,	5	22		mA
		Photodiode Operation	V_{CB} = 0 to 50 V, See Note 2	I_E = 0,	E_e = 20 mW/cm²,		170		μA
h_{FE}	Static Forward Current Transfer Ratio		V_{CE} = 5 V,	I_C = 1 mA,	E_e = 0		200		
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage		I_C = 2 mA, See Note 2	I_B = 0,	E_e = 20 mW/cm²,		0.2		V

NOTE 2: Irradiance (E_e) is the radiant power per unit area incident upon a surface. For these measurements the source is an unfiltered tungsten linear-filament lamp operating at a color temperature of 2870 K.

switching characteristics at 25°C free-air temperature

PARAMETER			TEST CONDITIONS	TYPICAL	UNIT
t_r	Rise Time	Phototransistor Operation	V_{CC} = 5 V, I_L = 800 μA, R_L = 100 Ω, See Test Circuit A of Figure 1	8	μs
t_f	Fall Time			6	
t_r	Rise Time	Photodiode Operation	V_{CC} = 0 to 50 V, I_L = 60 μA, R_L = 100 Ω, See Test Circuit B of Figure 1	350	ns
t_f	Fall Time			500	

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



TEST CIRCUIT A
PHOTOTRANSISTOR OPERATION

VOLTAGE WAVEFORM

TEST CIRCUIT B
PHOTODIODE OPERATION

NOTES: a. Input irradiance is supplied by a pulsed gallium arsenide infrared emitter with rise and fall times less than 50 ns. Incident irradiation is adjusted for specified I_L.
b. Output waveform is monitored on an oscilloscope with the following characteristics: $t_r \leq 25$ ns, $R_{in} \geq 1$ MΩ, $C_{in} \leq 20$ pF.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPE TIL81
N-P-N PLANAR SILICON PHOTOTRANSISTOR

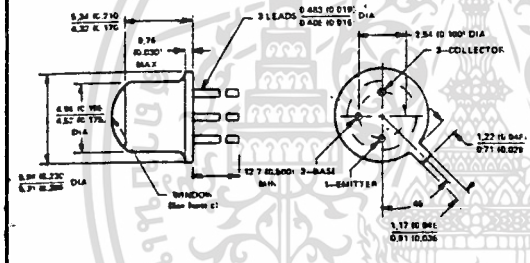
BULLETIN NO. DL-S 11688, MARCH 1972—REVISED MARCH 1976

- Recommended for Application in Character Recognition, Tape and Card Readers, Velocity Indicators, and Encoders
- Spectrally and Mechanically Matched with TIL31 IR Emitter
- Glass-to-Metal-Seal Header
- Base Contact Externally Available
- Saturation Level Directly Compatible with Most TTL/DTL

mechanical data

The device is in a hermetically sealed package with glass window. The outline of the TIL81 is similar to TO-18 except for the window. All TO-18 registration notes also apply to this outline

THE COLLECTOR IS IN ELECTRICAL CONTACT WITH THE CASE



NOTES:

a. All linear dimensions are in millimeters and parenthetically in inches.
b. The window is Corning 7052 glass or equivalent.
c. Window dimensions are:
Minimum diameter . . 3,2 (0.125)
Maximum extension from top of case 1,78 (0.070)

absolute maximum ratings at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

Collector-Base Voltage	50 V
Collector-Emitter Voltage	30 V
Emitter-Base Voltage	7 V
Emitter-Collector Voltage	7 V
Continuous Collector Current	50 mA
Continuous Device Dissipation at (or below) 25°C Free-Air Temperature (See Note 1)	250 mW
Operating Free-Air Temperature Range	−65°C to 125°C
Storage Temperature Range	−65°C to 150°C
Lead Temperature 1,6 mm (1/16 Inch) from Case for 10 Seconds	240°C

NOTE 1: Derate linearly to 125°C free-air temperature at the rate of 2.5 mW/°C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPES TIL31, TIL33, TIL34
P-N GALLIUM ARSENIDE INFRARED-EMITTING DIODES

TYPICAL CHARACTERISTICS

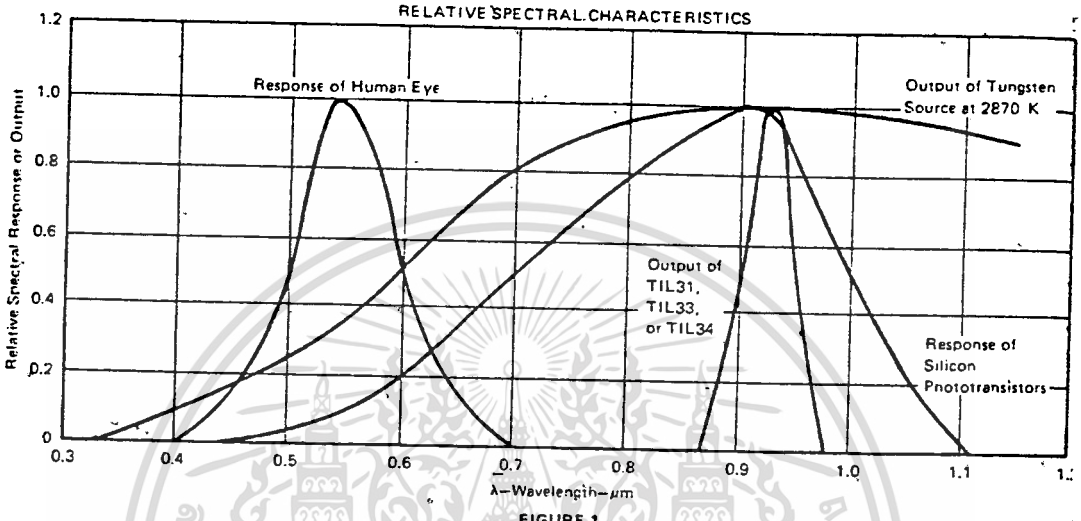


FIGURE 1

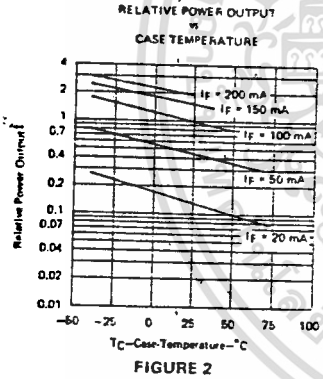


FIGURE 2

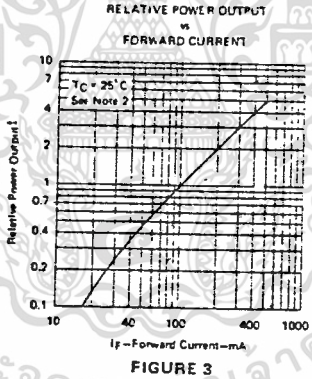


FIGURE 3

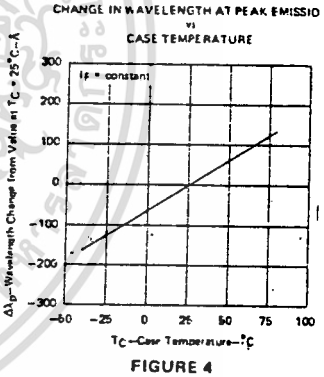


FIGURE 4

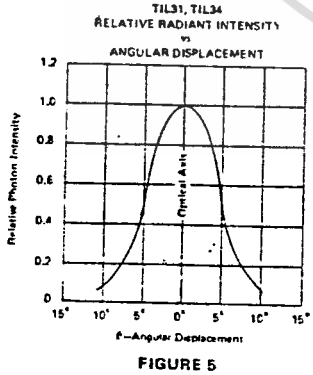


FIGURE 5

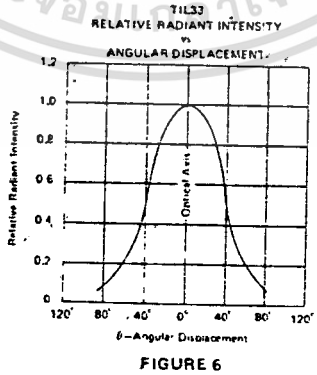


FIGURE 6

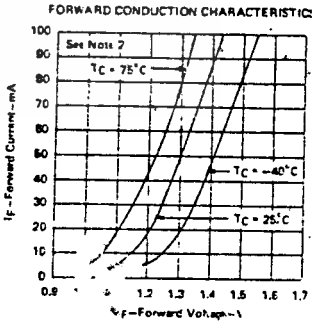


FIGURE 7

NOTE 2: This parameter must be measured using pulse techniques. t_w = 0.04 ms, duty cycle ≤ 10%.

‡Normalized to output at I_F = 10 mA, T_C = 25°C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INTERSIL

ICL7106/7107
3½ Digit Single Chip A/D Converter

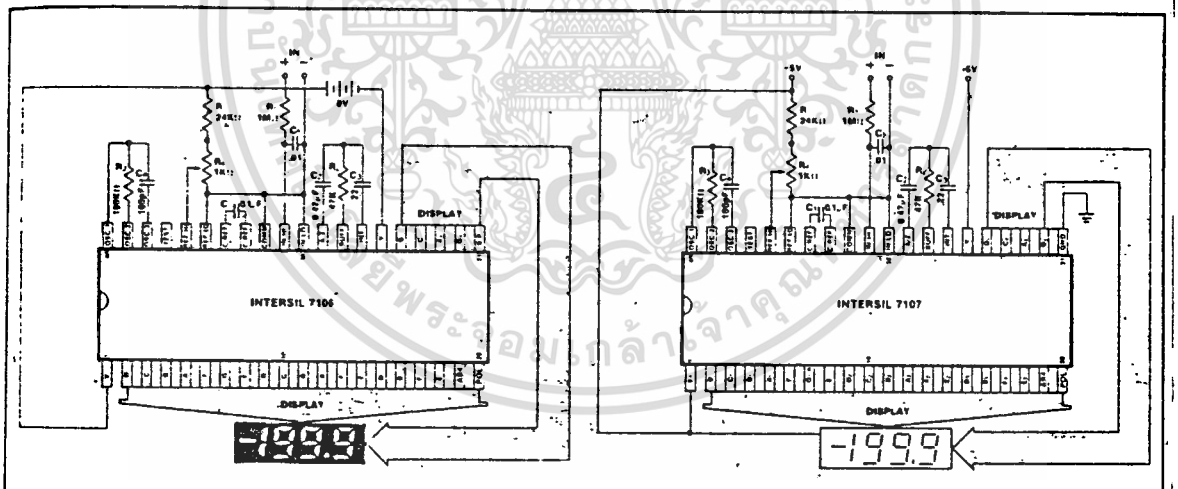
FEATURES

- Guaranteed zero reading for 0 volts input on all scales.
- True polarity at zero for precise null detection.
- 1 pA typical input current.
- True differential input and reference.
- Direct display drive - no external components required. — LCD ICL7106
  — LED ICL7107
- Low noise - less than 15μV p-p.
- On-chip clock and reference.
- Low power dissipation - typically less than 10mW.
- No additional active circuits required.
- Evaluation Kit available.

GENERAL DESCRIPTION

The Intersil ICL7106 and 7107 are high performance, low power 3-1/2 digit A/D converters containing all the necessary active devices on a single CMOS I.C. Included are seven-segment decoders, display drivers, reference, and a clock. The 7106 is designed to interface with a liquid crystal display (LCD) and includes a backplane drive; the 7107 will directly drive an instrument-size light emitting diode (LED) display.

The 7106 and 7107 bring together an unprecedented combination of high accuracy, versatility, and true economy. High accuracy like auto-zero to less than 10μV, zero drift of less than 1μV/°C, input bias current of 10 pA max., and roll-over error of less than one count. The versatility of true differential input and reference is useful in all systems, but gives the designer an uncommon advantage when measuring load cells, strain gauges and other bridge-type transducers. And finally the true economy of single power supply operation (7106), enabling a high performance panel meter to be built with the addition of only 7 passive components and a display.



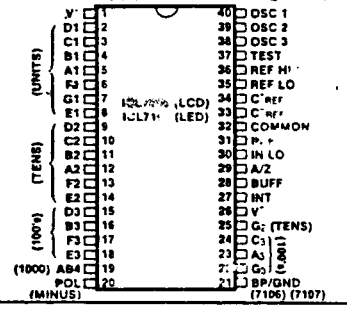
ICL7106 with Liquid Crystal Display

ICL7107 with LED Display

ORDERING INFORMATION

Part	Package	Temp. Range	Order Part #
7106	40 pin ceramic DIP	0°C to +70°C	ICL7106CDL
7106	40 pin plastic DIP	0°C to +70°C	ICL7106CPL
7106	40 pin CERDIP	0°C to +70°C	ICL7106CJL
7107	40 pin CERDIP	0°C to +70°C	ICL7107CJL
7107	40 pin ceramic DIP	0°C to +70°C	ICL7107CDL
7107	40 pin plastic DIP	0°C to +70°C	ICL7107CPL
7106 Kit 7107 Kit	Evaluation kits contain IC, display, circuit board, passive components and hardware. See page 10.		ICL7106EV/Kit ICL7107EV/Kit

PIN CONFIGURATION (Outline dwgs DL, JL, PL)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INTERSIL

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage (V^+)
- ICL7106 ..... 15V
- ICL7107 ..... +6V

Supply Voltage (V^-)
- ICL7106 ..... 15V
- ICL7107 ..... −9V

Analog Input Voltage (either input) (Note 1) ..... V^+ to V^-
Reference Input Voltage (either input) ..... V^+ to V^+
Clock Input
- ICL7106 ..... Test to V^+
- ICL7107 ..... Gnd to V^+

Power Dissipation (ICL7106 Note 2; ICL7107 Note 1)
- Ceramic Package 1000mW
- Plastic Package 800mW

Operating Temperature ..... 0°C to +70°C
Storage Temperature ..... −65°C to +160°C
Lead Temperature (Soldering, 60 sec) ..... 300°C

Stresses above those listed under Absolute Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Note 1: Input voltages may exceed the supply voltages provided the input current is limited to ±100μA.
Note 2: Dissipation rating assumes device is mounted with all leads soldered to printed circuit board.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Note 3)

CHARACTERISTICS	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Zero Input Reading	V_{IN} = 0.0V Full Scale = 200.0mV	-000.0	±000.0	+000.0	Digital R... ng
Ratiometric Reading	$V_{IN} = V_{REF}$ V_{REF} = 100mV	999	999/1000	1000	Digital R...
Rollover Error (Difference in reading for equal positive and negative reading near Full Scale)	$-V_{IN} = +V_{IN}$ ≈ 200.0mV	-1	±.2	+1	Counts
Linearity (Max. deviation from best straight line fit)	Full scale = 200mV or full scale = 2.000V	-1	±.2	+1	Counts
Common Mode Rejection Ratio (Note 4)	V_{CM} = ±1V, V_{IN} = 0V. Full Scale = 200.0mV		50		μV/V
Noise (Pk-Pk value not exceeded 95% of time)	V_{IN} = 0V Full Scale = 200.0mV		15		μV
Leakage Current | Input	V_{IN} = 0		1	10	pA
Zero Reading Drift	V_{IN} = 0 0° < T_A < 70°C		0.2	1	μV/°C
Scale Factor Temperature Coefficient	V_{IN} = 199.0mV 0° < T_A < 70°C (Ext. Ref. 0ppm/°C)		1	5	ppm/°C
V^+ Supply Current (Does not include LED current for 7107)	V_{IN} = 0		0.8	1.8	mA
V^- Supply Current (7107 only)			0.6	1.8	mA
Analog Common Voltage (With respect to Pos. Supply)	25kΩ between Common & Pos. Supply	2.4	2.8	3.2	V
Temp. Coeff. of Analog Common (With respect to Pos. Supply)	25kΩ between Common & Pos. Supply		80		ppm/°C
7106 ONLY Pk-Pk Segment Drive Voltage, Pk-Pk Backplane Drive Voltage (Note 5)	V^+ to V^- = 9V	4	5	6	V
7107 ONLY Segment Sinking Current (Except Pin 19) (Pin 19 only)	V^+ = 5.0V Segment voltage = 3V	5 10	8.0 16		mA mA

Note 3: Unless otherwise noted, specifications apply to both the 7106 and 7107 at T_A = 25°C, f_{clock} = 48kHz. 7106 is tested in the circuit of Figure 1. 7107 is tested in the circuit of Figure 2.
Note 4: Refer to "Differential Input" discussion below.
Note 5: Back plane drive is in phase with segment drive for 'off' segment, 180° out of phase for 'on' segment. Frequency is 20 times conversion rate. Average DC component is less than 50mV.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INTERSIL

ICM7217 Seri
ICM7227 Seri
4 Digit CM
Up/Down Count
Display Dri

FEATURES

- **Four decade, presettable up-down counter with parallel zero detect**
- **Settable register with contents continuously compared to counter**
- **Directly drives multiplexed 7 segment common anode or common cathode LED displays**
- **On-board multiplex scan oscillator**
- **Schmitt trigger on count input**
- **TTL compatible BCD I/O port, carry/borrow, equal, and zero outputs**
- **Display blank control for lower power operation; quiescent power dissipation < 5mW**
- **All terminals fully protected against static discharge**
- **Single 5V supply operation**

DESCRIPTION

The ICM7217 and ICM7227 are four digit, presettable up/down counters, each with an onboard presettable register continuously compared to the counter. The ICM7217 versions are intended for use in hardwired applications where thumbwheel switches are used for loading data, and simple SPDT switches are used for chip control. The ICM7227 versions are for use in processor-based systems, where presetting and control functions are performed under processor control.

These circuits provide multiplexed 7 segment LED display outputs, with common anode or common cathode configurations available. Digit and segment drivers are pro to directly drive displays of up to .8" character h (common anode) at a 25% duty cycle. The frequency onboard multiplex oscillator may be controlled with a capacitor, or the oscillator may be allowed to free Leading zeroes can be blanked. The data appearing at segment and BCD outputs is latched; the content c counter is transferred into the latches under external co by means of the Store pin.

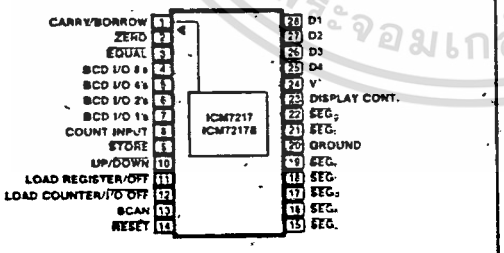
The ICM7217/7227 (common anode) and ICM7217A/7 (common cathode) versions are decade counters, provic maximum count of 9999, while the ICM7217B, 7 (common anode) and ICM7217C/7227C (common cat are intended for timing purposes, providing a maxi count of 5959.

These circuits provide 3 main outputs: a CARRY/BOR output, which allows for direct cascading of counte ZERO output, which indicates when the count is zero, a EQUAL output, which indicates when the count is equ the value contained in the register. Data is multiplexed t from the device by means of a tri-state BCD I/O port CARRY/BORROW, EQUAL, ZERO outputs, and the port will each drive one standard TTL load.

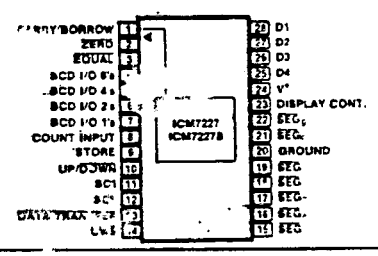
To permit operation in noisy environments and to pre multiple triggering with slowly changing inputs, the c input is provided with a Schmitt trigger.

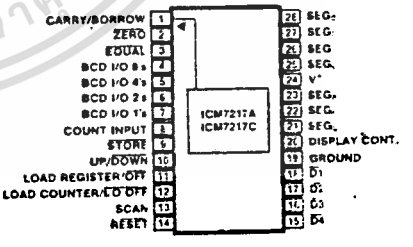
Input frequency is guaranteed to 2 MHz, although the d will typically run with f_{in} as high as 5 MHz. Counting comparing (EQUAL output) will typically run 750 kHz r mum.

PIN CONFIGURATIONS (OUTLINE DRAWINGS JI, PI)

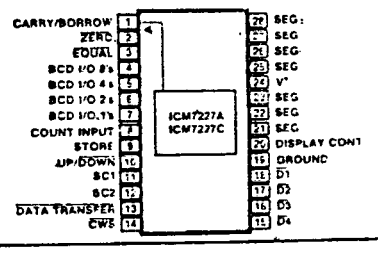


COMMON ANODE





COMMON CATHODE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Power Dissipation (common anode/Cerdip) ..... 1 W
Power Dissipation (common cathode/Plastic) ..... 0.5 W } Note 1
Supply Voltage V^+-V^- 6V
Input voltage (any terminal) ..... V^+ +0.3V, Ground −0.3V - Note 2
Operating temperature range ..... −20°C to +85°C
Storage temperature range ..... −55°C to +125°C

Absolute maximum ratings define stress limitations which if exceeded may permanently damage the device. For continuous operation these devices must be operated under the conditions defined under "Operating Characteristics."

OPERATING CHARACTERISTICS

V^- = 5V ±10%, T_A = 25°C, Test Circuit, Display Diode Drop 1.7V, unless otherwise specified

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply current (Lowest power mode)	I_{MIN}, (7217)	Display Off, LC, DC, UP/DN, ST, RS, BCD I/O Floating or at V^+ (Note 3)		350	500	µA
Supply current (Lowest power mode)	I_{MIN}, (7227)	Display off (Note 3)		300	500	µA
Supply current OPERATING	I_{OP}	Common Anode, Display On, all "8's"	175	200		mA
		Common Cathode, Display On, all "8's"	85	100		mA
Supply Voltage	V^+		4.5	5	5.5	V
Digit Driver output current	I_{DIG}	Common anode, $V_{OUT} = V^+ - 2.2V$	175	200		mA peak
Segment driver output current	I_{SEG}	Common anode, V_{OUT} = +1.3V	−25	−40		mA peak
Digit Driver output current	I_{DIG}	Common cathode, V_{OUT} = +1.3V	−75	−100		mA peak
Segment Driver output current	I_{SEG}	Common cathode $V_{OUT} = V^+ - 2V$	10	12.5		mA peak
$\overline{ST}$, $\overline{RS}$, UP/DN input pullup current	I_P	$V_{OUT} = V^+ - 2V$ (See Note 3)	5	25		µA
3 level input impedance	Z_{IN}			100		kΩ
BCD I/O input high voltage	V_{BIH}	ICM7217 common anode (Note 4)	1.3			V
		ICM7217 common cathode (Note 4)	4.1			V
		ICM7227 with 50pF effective load	3			V
BCD I/O input low voltage	V_{BIL}	ICM7217 common anode (Note 4)			0.8	V
		ICM7217 common cathode (Note 4)			3.7	V
		ICM7227 with 50pF effective load			1.5	V
BCD I/O input pullup current	I_{BPU}	ICM7217 common anode $V_{IN} = V^+ - 2V$ (Note 3)	5	25		µA
BCD I/O input pulldown current	I_{BPD}	ICM7217 common cathode V_{IN} = +1.3V (Note 3)	5	25		µA
$\overline{BCD}$ I/O, Carry/borrow zero, equal outputs output high current	I_{BOH}	$V_{OH} = V^+ - 1.5V$	100			µA
$\overline{BCD}$ I/O, Carry/borrow zero, equal outputs output low current	I_{BOL}	V_{OL} = +0.4V	−2			mA
Count input frequency (Guaranteed)	f_{in}	V^+ = 5V ± 10%, −20°C < T_A < +70°C	0	5	2	MHz
Count input threshold	V_{TC}	V^+ = 5V		2		V
Count input hysteresis	V_{HC}	V^+ = 5V		0.5		V
Display scan oscillator frequency	f_{ds}	Free-running (SCAN terminal open circuit)		10		KHz
Operating Temperature Range	T_A	Industrial temperature range	−20		85	°C

NOTE 1 These limits refer to the package and will not be obtained during normal operation.

NOTE 2 Due to the SCR structure inherent in the CMOS process used to fabricate these devices, connecting any terminal to a voltage greater than V^+ or less than V^- may cause destructive device latchup. For this reason it is recommended that the power supply to the device be established before any inputs are applied and that in multiple systems the supply to the ICM7217/7227 be turned on first.

NOTE 3 In the ICM7217 the Up/$\overline{Down}$, $\overline{Store}$, $\overline{Reset}$ and the BCD I/O as inputs have pullup devices which consume power when connected to the negative supply. When all these terminals are connected to the negative supply, with the display off, the device will consume typically 750 µA. The ICM7227 devices do not have these pullups and thus are not subject to this condition.

NOTE 4 These voltages are adjusted to allow the use of thumbwheel switches for the ICM7217 versions. Note that a positive level is taken as a logic zero for ICM7217 common-cathode versions only.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPES TIL31, TIL33, TIL34
P-N GALLIUM ARSENIDE INFRARED-EMITTING DIODES

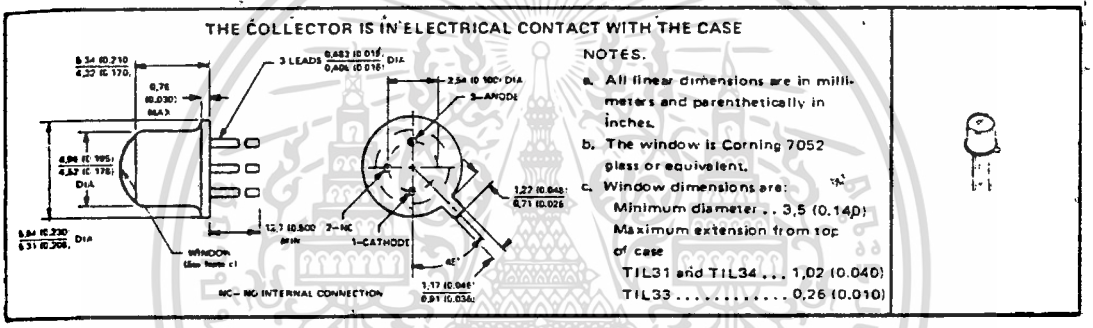
BULLETIN NO. DL-S 12209, NOVEMBER 1974—REVISED MARCH 1976

DESIGNED TO EMIT NEAR-INFRARED RADIATION WHEN FORWARD BIASED

- Output Spectrally Compatible with Silicon Sensors
- Mechanically Compatible with TIL81
- Typical Applications Include Card Readers, Encoders, Intrusion Alarms, Sector Sensors, Level Indicators, and Beginning-of-Tape/End-of-Tape Indicators

mechanical data

Each device is in a hermetically sealed welded case similar to JEDEC TO-18 with window. The TIL31 and TIL34 have convex lenses while that of the TIL33 is essentially flat. A coin header is used to increase dissipation capability. All TO-18 registration notes also apply to this outline. Approximate weight is 0.35 gram. All metal surfaces are gold plated.



absolute maximum ratings

Reverse Voltage at 25°C Case Temperature	2 V
Continuous Forward Current at 25°C Case Temperature (See Note 1)	200 mA
Operating Case Temperature Range	−65°C to 150°C
Storage Temperature Range	−65°C to 150°C
Lead Temperature 1,6 mm (1/16 Inch) from Case for 10 Seconds	240°C

operating characteristics at 25°C case temperature

PARAMETER		TEST CONDITIONS	TIL31			TIL33			TIL34			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
P_O	Radiant Power Output	I_F = 100 mA	3.3	6		2.5	5		1.6	3		mW
λ_p	Wavelength at Peak Emission		915	940	975	915	940	975	915	940	975	nm
$\Delta\lambda$	Spectral Bandwidth			50	75		50	75		50	75	nm
θ_{HI}	Half-Intensity Beam Angle			10°			80°			10°		
V_F	Static Forward Voltage			1.4	1.75		1.4	1.75		1.4	1.75	V
t_r	Radiant Pulse Rise Time‡	I_{FM} = 50 mA, t_w = 2 μs, f = 45 kHz		600			600			600		ns
t_f	Radiant Pulse Fall Time‡			350			350			350		

†Radiant intensity is calculated from $I_e = P_O/2\pi(1-\cos 0.5\theta_{HI})$. One sterdian is the solid angle at the center of a sphere subtended by a portion of the surface area equal to the square of the radius of the sphere. There are 4π steradians in a complete sphere.

‡Radiant pulse rise time is the time required for a change in radiant intensity from 10% to 90% of its steady-state value for a step change in current; radiant pulse fall time is the time required for a change in radiant intensity from 90% to 10% of its peak value for a step change in current.

NOTE 1: Derate linearly to 150°C case temperature at the rate of 1.6 mA/°C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประภาษ ไพรสุวรรณา ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ได้ให้ความรู้ แนวคิด และข้อแนะนำต่างๆแก่ผู้จัดทำ ตลอดจนให้กำลังใจในการทำโครงงานนี้มาตลอด อาจารย์ชัยยา คันศิลุชารมย์ ที่ได้ให้ความรู้ด้านคอมพิวเตอร์แก่ผู้จัดทำ ได้ช่วยแก้ไข และให้คำปรึกษา จนโครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และอาจารย์อีกหลายท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามในที่นี้ จึงขอขอบพระคุณมาอย่างสูงณ โอกาสนี้ด้วย

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ก้องเกียรติ ม สีมา, "ทฤษฎี และ การใช้งาน ไทม์เมอร์ ไอซี 555 ", อิเลคทรอนิคส์ เวิล์ด, 2528.
2. บุญเลิศ เชี่ยมทัศนา, "เรียนรู้ภาษาปาสคาล", ซีเอ็ด, 184 หน้า, 2530.
3. H.R.BHATIA Published by J.C.KAPOOR " Analytical Industrial Instrumentation " 1972 300 pages.
4. MARTIN A. PLONUS " Applied Electromagnetics " McGraw Hill 1984 613 pages.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า