



ปีการศึกษา 2535

เครื่องวัดความสั่นสะเทือนด้วยผลึกพิไรซออิเล็กทริก

PIEZOELECTRIC ACCELEROMETER

โดย

นาย บัณฑิต	ธารณมัย	321156
นาย วินัย	กรตระกูลกาญจน์	321302
น.ส. วิยดา	วงศ์อนุสรณ์	321305

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ วิทยา ทิพย์สุวรรณเพชร

ปริญญาโท ปีการศึกษา 2535

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม


คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องวัดความสั่นสะเทือนด้วยผลึกพิไรโซอิเล็กทริก

PIEZOELECTRIC ACCELEROMETER

ผู้จัดทำ

1. นาย บัณฑิต ธารณามัย 321156
2. นาย วินัย กรตระกูลกาญจน์ 321302
3. น.ส. วิยดา วงศ์อนุสรณ์ 321305


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ วิทยา ทิพย์สุวรรณพร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการใช้ 032680

เครื่องวัดความสั่นสะเทือนด้วยผลึกพิไรโซอิเล็กทริก
PIEZOELECTRIC ACCELEROMETER

นาย	บัณฑิต	ธารณามัย	321156
นาย	วินัย	กรตระกูลกาญจน์	321302
น.ส.	วิยดา	วงศ์อนุสรณ์	321305
อาจารย์ที่ปรึกษา			
อาจารย์ วิทยา ทิพย์สุวรรณพร			
ปีการศึกษา 2535			

บทคัดย่อ

เครื่องวัดความสั่นสะเทือนด้วยผลึกพิไรโซอิเล็กทริกเป็นเครื่องมือตรวจวัดความสั่นสะเทือนของเครื่องจักร ครอบคลุมตั้งแต่ผลจากมอเตอร์, เครื่องยนต์ จะทำให้เครื่องจักรเกิดความสั่นสะเทือนในระดับหนึ่ง ซึ่งสามารถตรวจวัดและเก็บข้อมูลได้ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดภายหลัง เพื่อพิจารณาอาการผิดปกติที่เกิดขึ้น การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงระดับความสั่นสะเทือน หรือการเปลี่ยนแปลงของความถี่ ทำให้ทราบถึงระดับความรุนแรงของปัญหา เพื่อทำการแก้ไขต่อไป เครื่องวัดความสั่นสะเทือนตัวนี้ได้เชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการเก็บบันทึกข้อมูลและแสดงผล ทำให้เห็นการเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจน

PIEZOELECTRIC ACCELEROMETER

BUNDIT THARANAMAI 321156

VINAI KORNTRAKOOKAN 321302

WIYADA WONGANUSORN 321305

ADVISER

VIDHAYA THIPSUWUNPORN

ACADEMIC YEAR 1992

Abstract

The most important pickup for vibration shock and general purpose absolute motion measurement is the accelerometer. Motors and engines effects cause the acceleration of machine, that generally has any level which could be measured and stored. For consider the variation of acceleration level or frequency made we know the trouble on machine. This accelerometer interfaces with microcomputer to store data and clearly show variable acceleration graph.

สารบัญ

บทคัดย่อ

ABSTRACT

บทที่ 1	บทนำ.....	1
	การนำเครื่องวัดความสั่นสะเทือนไปใช้งานอุตสาหกรรม.....	1
บทที่ 2	ทฤษฎี.....	8
	2.1 ทฤษฎี ทรานซิวเซอร์พีโซอิเล็กทริก.....	8
	2.2 เครื่องวัดความสั่นสะเทือน.....	14
	2.3 วงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล.....	19
	2.4 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม.....	25
	โปรแกรมแอสแซมบลีสำหรับการส่งข้อมูลอนุกรม.....	36
บทที่ 3	การออกแบบและหลักการทำงาน.....	41
	3.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องวัดความสั่นสะเทือน.....	41
	3.2 หลักการทำงานทั่วไป.....	42
	3.3 การเขียนโปรแกรมภาษาซีในการสื่อสารแบบอนุกรม.....	56
	3.4 การเขียนโปรแกรมแสดงผลทางกราฟฟิก.....	65
บทที่ 4	การทดลองและผลการทดลอง.....	67
บทที่ 5	บทวิจารณ์และสรุป.....	80

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

บรรณานุกรม

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1.1	แผนผังการซ่อมบำรุง	2
รูปที่ 1.2	การกำหนดจุดตรวจวัดและตำแหน่งบนเครื่องจักร	3
รูปที่ 1.3	การนำไมโครริบรีเซตเซอร์มาประกอบการแสดงผล	4
รูปที่ 1.4	การรั้งเครื่องวัดความสั่นสะเทือนตรวจวัดสภาพมอเตอร์ บันทึก สะสมข้อมูล	6
รูปที่ 1.5	ตัวอย่างการวัดวิเคราะห์ความสั่นสะเทือนของตลับลูกปืน	7
รูปที่ 2.1	PIEZOELECTRIC TRANSDUCER	9
รูปที่ 2.2	วงจรสมมูลย์ของ PIEZOELECTRIC TRANSDUCER	12
รูปที่ 2.3	การใช้ความต้านทานอนุกรมเพื่อเพิ่มค่า TIME CONSTANT	13
รูปที่ 2.4	ลักษณะการออกแบบของ PIEZOELECTRIC ACCELEROMETER	16
รูปที่ 2.5	การออกแบบค่าความเก็บประจุของเครื่อง วัดความสั่นสะเทือน	18
รูปที่ 2.6	บล็อกไดอะแกรมของระบบ DATA ACQUISITION	19
รูปที่ 2.7	การเปลี่ยนแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล	20
รูปที่ 2.8	ความผิดพลาดจากการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ	21
รูปที่ 2.9	วงจรการสุ่มและการคงค่า	22
รูปที่ 2.10	วงจรเปลี่ยนสัญญาณอนุตติแบบ SUCCESSIVE APPROXIMATION	23
รูปที่ 2.11	บล็อกไดอะแกรมของการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอนาลอก เป็นดิจิตอล แบบการประมาณค่า	24
รูปที่ 2.13	การส่งตัวอักษร 8 บิตแบบ ASYNCHRONOUS	26
รูปที่ 2.14	ตัวจับเวลา 1 ทางงานในโหมด 2 แบบโรลดาใหม่ 8 บิต	29

รูปที่ 3.1	ACCELEROMETER	44
รูปที่ 3.2	แสดงภาคตัดขวางของ ACCELEROMETER	44
รูปที่ 3.3	CABLE	46
รูปที่ 3.4	แสดงการติดตั้งสายที่ถูกต้อง	46
รูปที่ 3.5	COUPLER	48
รูปที่ 3.6	บล็อกไดอะแกรมของ COUPLER	50
รูปที่ 3.7	บล็อกไดอะแกรมของเอทวดี 0804	52
รูปที่ 3.8	TIMING DIAGRAM ของเอทวดี 0804	53
รูปที่ 3.9	การต่อขาสัญญาณ RS 232	54
รูปที่ 3.10	แสดงหน้าจอเมนู	66
รูปที่ 4.1	แสดง เครื่องจักรและตำแหน่งที่ทำการวัด	69
รูปที่ 4.2	แสดง เครื่องจักรและตำแหน่งที่ทำการวัด	74
รูปที่ 4.3	แสดง เครื่องจักรและตำแหน่งที่ทำการวัด	77

บทที่ 1

บทนำ

การนำเครื่องวัดความสั่นสะเทือนไปใช้งานอุตสาหกรรม

การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์

สิ่งที่วิศวกรซ่อมบำรุงปรารถนาก็คือ ต้องการให้เครื่องจักรทำงานได้ตามปกติ เดินเรียบสม่ำเสมอมีประสิทธิภาพและเป็นมาตรฐานเดียวกันตลอด ระยะเวลาหนึ่งถึงค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด จึงต้องมีการวางแผนระบบการซ่อมบำรุงต่างๆ ตามความเหมาะสมของแต่ละโรงงาน โดยมีเป้าหมายหลักคือ

1. ลดข้อขัดข้องหรือขจัดปัญหาการทำงานของเครื่องจักรให้หมดไป โดยเพิ่มความมั่นใจในการทำงานของเครื่องจักรให้สูงขึ้น
2. ถ้าหลีกเลี่ยงการหยุดเครื่องจักรไม่ได้ ก็ต้องพยายามลดเวลาการหยุดเครื่องจักรให้น้อยที่สุด โดยวางแผนการซ่อมบำรุง กำลังแรงงาน และอะไหล่อย่างมีประสิทธิภาพ
3. ลดค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุง ศึกษาหาวิธีการซ่อมบำรุงสมัยใหม่ เพื่อนำไปสู่การประหยัดและเพิ่มผลผลิต

เพื่อให้บริการเป้าหมายดังกล่าว มีเทคนิคการซ่อมบำรุงอย่างหนึ่งที่ใช้กันแพร่หลายในประเทศก็คือ "การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน" (Preventive Maintenance) ในขณะที่ประเทศอุตสาหกรรมชั้นนำได้ใช้วิธีการนี้มานานกว่า 20 ปีทีเดียว

เทคนิคการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันก็คือ การบำรุงรักษาล่วงหน้าก่อนที่เครื่องจักรจะเกิดการชำรุดขัดข้องกะทันหันในระหว่างการผลิต โดยออกแบบวางแผนทั้งทางด้าน การหล่อลื่น การตรวจสภาพเครื่องจักร การวัดการเสื่อมสภาพ ตลอดจนการทำความสะอาดเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอ เช่น ทุกสัปดาห์ ทุกเดือน หรือทุก 6 เดือน ตามความเหมาะสมของเครื่องจักรแต่ละชนิด

ในการวางแผนซ่อมบำรุงเครื่องจักรการกำหนดเวลาซ่อมบำรุง เป็นเรื่องที่สำคัญมากถ้ากำหนดช่วงเวลาการซ่อมถี่เกินไปจะทำให้เกิดการสิ้นเปลือง และในทางตรงกันข้ามถ้ากำหนดเวลาการซ่อมห่างเกินไป เครื่องจักรอาจเกิดการขัดข้องเสียหายก่อนที่จะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีการซ่อมบำรุง ดังนั้นความเหมาะสมในการกำหนดช่วงความถี่ในการซ่อมบำรุงควรพิจารณาจากองค์ประกอบต่างๆรวมกัน เช่น คำแนะนำของผู้ผลิต เครื่องจักร ,สภาพการใช้งาน ประวัติความขัดข้องที่ผ่านมาและการซ่อมบำรุงตามการเสื่อมสภาพของเครื่องจักร เป็นต้น

1. กำหนดการซ่อมบำรุงตามเวลา

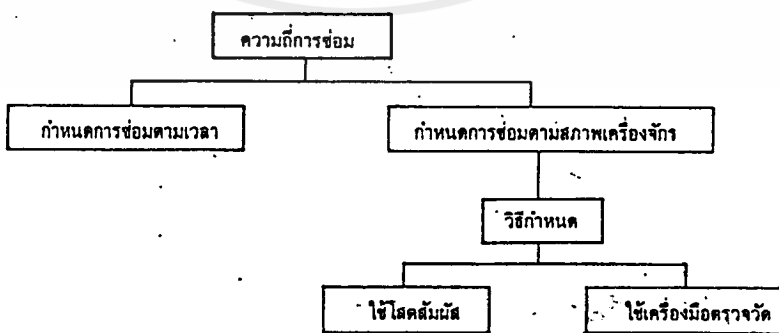
เป็นการซ่อมบำรุงโดยใช้เวลาทำงานของเครื่องจักรเป็นความถี่-ห่างของการกำหนดเวลา เช่น การกวาดชั้นฆ่าสกรู การเปลี่ยนชิ้นส่วน การทำความสะอาดเครื่องจักร เป็นการซ่อมบำรุงแก้ปัญหาเล็กๆก่อนที่จะเกิดการเสียหายขัดข้องขนาดใหญ่ uly มักจะได้รับคำแนะนำจากหนังสือคู่มือเกี่ยวกับเครื่องจักร การกำหนดความถี่การซ่อมบำรุงวิธีนี้เหมาะสำหรับการซ่อมบำรุงชิ้นส่วนเครื่องจักร ที่อยู่ภายในและไม่สามารถตรวจจากสภาพภายนอกได้ เช่น การเปลี่ยนซีล การกวาดชั้นฆ่าสกรูภายใน การตรวจสอบการแตกร้าวสึกหรอ หรือการซ่อมใหญ่มอเตอร์ การล้างทำความสะอาดภายในขดลวด เป็นต้น

2. กำหนดการซ่อมบำรุงตามการเสื่อมสภาพ

การกำหนดการซ่อมวิธีนี้ เป็นวิธีที่สามารถใช้ประโยชน์สูงสุดจากการใช้งานของเครื่องจักร เมื่อเครื่องจักรอุปกรณ์ทำงานจนกระทั่งเสื่อมสภาพลง ก็ควรจะซ่อมบำรุงรักษาหรือปรับปรุงให้กลับคืนสู่สภาพเดิมหรือดียิ่งขึ้น

การกำหนดความถี่การซ่อมบำรุงวิธีนี้ เหมาะสำหรับเครื่องจักรที่สามารถตรวจวัดการเสื่อมสภาพได้เช่น ตรวจวัดความร้อน เสียง ความสั่นสะเทือน เป็นต้น

แผนผังการซ่อมบำรุง



รูปที่ 1.1 แผนผังการซ่อมบำรุง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

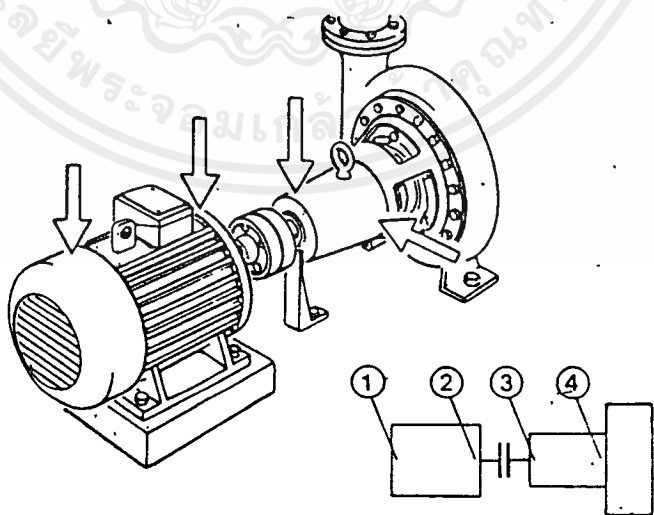
วิธีการวัดการเสื่อมสภาพ

ตรวจวัดการเสื่อมสภาพด้วยความรู้สึกละ :

เป็นวิธีการพื้นฐานแบบง่าย ๆ uly ั้บระสาทรสตัสมัศ ประสบการณั้จากการสังเกตุและความรู้สึกละที่คลุกคลีอยู่กั้บเครื่องจักรนั้นๆ เช่น ร้อนผิดปกติ เสียงดัง สั่น มีกลิ่นผิดปกติการตรวจวัดการเสื่อมสภาพวิธีนี้โอกาสผิดพลาดจะมื้มาก เนื่องจากระสตัสมัศแต่ละคนมื้ความแตกต่างกัน ไม่สามารถบันทึกเป็นข้อมูลได้ แต่ข้อดีก็คื้ เหมาะสำหรับการตรวจวัดการเสื่อมสภาพในระยะเริ่มแรก

ตรวจวัดการเสื่อมสภาพด้วยเครื่องมือวัด :

เป็นผลมาจากการวิวัฒนาการทางด้านเทคโนโลยีอันรวดเร็ว มื้การออกแบบผลิตเครื่องมือวัดต่างๆเป็นจนวนมาก สามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมกั้บงาน ทาาให้ได้ผลการตรวจวัดถูกต้องเป็นมาตรฐานเดียวกัน สามารถเก็บเป็นข้อมูลประวัติ ใช้ประเมินการเสื่อมสภาพและวิเคราะห์ว่า เครื่องจักรอยู่ในสภาพใดและสามารถพยากรณ์ว่า จะใช้งานเครื่องจักรต่อไปได้อีกนานเท่าใด การบำรุงรักษาวิธีนี้เรียกว่า "การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์"

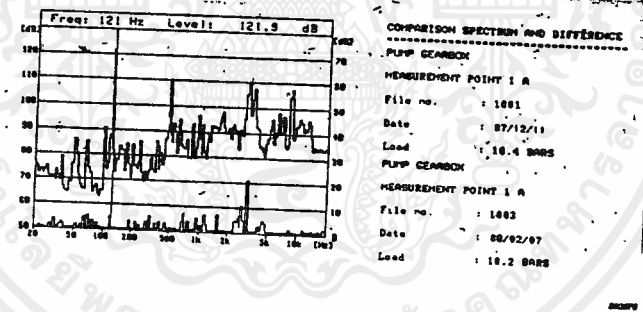


รูปที่ 1.2 การกำหนดจุดการตรวจวัด และตำแหน่งบนเครื่องจักร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์

การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ หมายถึงการบำรุงรักษาโดยการตรวจวัดการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ เพื่อตรวจวัดแนวโน้มสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นในขณะที่เครื่องจักรทำงานทำให้ทราบว่าเครื่องจักรทำงานอยู่ในสภาพใด เพื่อคาดคะเนการซ่อมบำรุงล่วงหน้า โดยนำข้อมูลจากการตรวจวัดบันทึก วิเคราะห์ผล และแก้ไขปัญหา ซึ่งข้อดีที่ชัดเจนของการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์คือ ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายการซ่อมบำรุงประมาณ 20 % และทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นถึง 2 เท่า เพื่อให้งานบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น จำเป็นต้องมีการปรับปรุงระบบงานและติดตามความเจริญก้าวหน้าของเครื่องมือวัด และเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงาน ปัจจุบันระบบไมโครคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการประยุกต์ใช้กับเครื่องมือวัดเกือบทุกประเภท



รูปที่ 1.3 การนำไมโครคอมพิวเตอร์มาประกอบการแสดงผล

จากรูปเป็นผลที่ได้จากเครื่องมือวัดความสั่นสะเทือน (Accelerometer) ที่ใช้ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ช่วยในการตรวจวัด บันทึกข้อมูล แสดงแนวโน้มการเสื่อมสภาพเครื่องจักร และรายงานด้วยตัวเลข รูปกราฟ มีความสะดวก รวดเร็ว และใช้งานง่าย นอกจากนี้แล้วการใช้เครื่องมือวัดอื่นๆ เช่น เครื่องมือวัดอุณหภูมิ เครื่องมือฟังเสียงคลื่นความถี่สูง เครื่องมือวิเคราะห์ผลการสึกหรอ เครื่องมือตรวจสอบสภาพตลับลูกปืน จะทำให้ได้ข้อมูล เฉพาะอย่างที่จะเห็นแนวโน้มการผิดปกติที่เด่นชัดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการนำเครื่องวัดความสั่นสะเทือนมาใช้กับวิธีการบำรุงรักษา

ก่อนที่จะกำหนดช่วงเวลา ความถี่ในการตรวจวัดสภาพเครื่องจักรควรมีฟังก์ชันการของระบบเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการปฏิบัติ ลักษณะของขั้นตอนต่างๆไปแบ่งได้ดังนี้

ขั้นตอนแรก : การพิจารณาความเป็นไปได้ของเครื่องจักร ที่จะกำหนดให้เป็นการบำรุงรักษาตามการเสื่อมสภาพ การดูประวัติเครื่องจักร จำนวนแบบของเครื่องจักร ความสำคัญต่อขบวนการผลิต ชนิดและความถี่ของการขัดข้อง และแนวโน้มที่จะเกิดการขัดข้องอีก

ขั้นตอนที่สอง : การเลือกเครื่องจักรที่สามารถตรวจวัดควบคุมได้ง่ายและความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ร่วมกับวิธีการบำรุงรักษา

ขั้นตอนที่สาม : พิจารณาว่าจะวัดอย่างไรและตรงจุดใด โดยการเลือกตำแหน่งที่ดีที่สุดที่บอกสภาพการขัดข้องของเครื่องจักร ส่วนใหญ่จะเป็นตำแหน่งที่ทำให้เกิดอาการผิดปกติ เช่น วกส์กับตลับลูกปืน แทนเครื่องจักร หน้าแปลนต่อกำลัง เป็นต้น

ขั้นตอนที่สี่ : เป็นการกำหนดระยะเวลาว่าจะตรวจวัดบ่อยมากน้อยเพียงใด

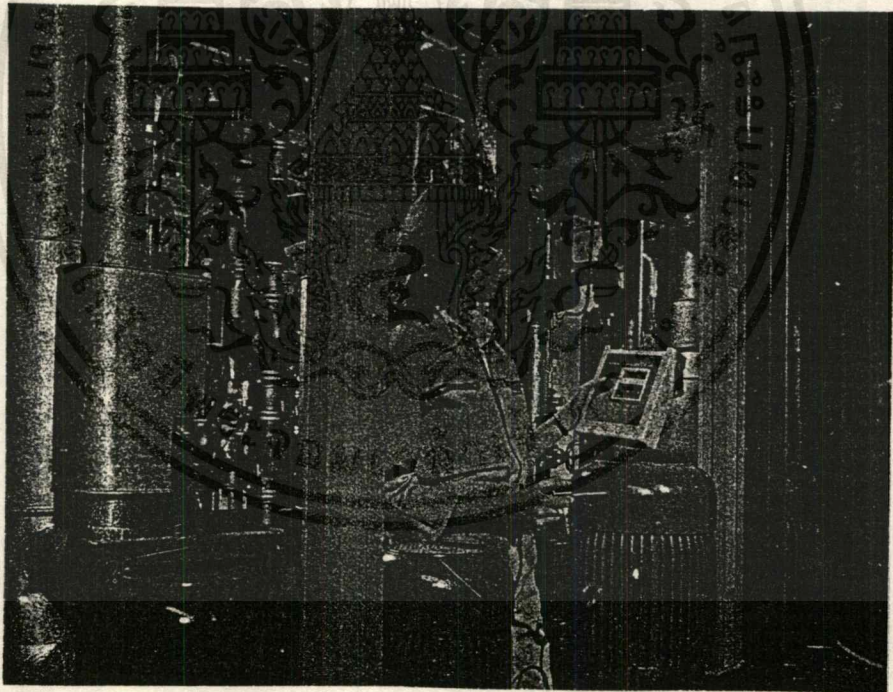
ขั้นตอนที่ห้า : เป็นการกำหนดระดับหรือค่าพิกัดการตรวจวัด แสดงระดับการทำงานปกติของเครื่องจักร

ขั้นตอนที่หก : เป็นการกำหนดเส้นหรือขอบเขตความรุนแรงแต่ละระดับ เช่น อาจแบ่งเป็นระดับ ปกติดี พอใช้ และต้องแก้ไข โดยอ้างอิงจากระดับมาตรฐานแต่ละประเภทของเครื่องจักร

สรุปขั้นตอนการเตรียมการระยะแรกเริ่มจาก การกำหนดช่วงเวลาการตรวจวัด การทำแผนการตรวจวัด การเก็บรวบรวมข้อมูลและบันทึก การวิเคราะห์ผล เพื่อจะหาสาเหตุของปัญหาและทำการแก้ไขปรับปรุงต่อไป

เครื่องวัดความสั่นสะเทือน (ACCELEROMETER)

เป็นเครื่องมือตรวจวัดความสั่นสะเทือนของเครื่องจักร ปกติเครื่องจักรทำงานโดยได้รับแรงขับเคลื่อนจากเครื่องต้นกำลัง ซึ่งอาจเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า เครื่องยนต์ กังหัน จะทำให้เครื่องจักรเกิดความสั่นสะเทือนในระดับหนึ่ง ซึ่งสามารถตรวจวัดได้และเก็บข้อมูลนั้นไว้เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ตรวจวัดภายหลัง เพื่อพิจารณาอาการผิดปกติที่เกิดขึ้นจากการเสื่อมสภาพของเครื่องจักร ความไม่สมดุลหรือการติดตั้งเครื่องจักรที่ไม่ตรงแนวศูนย์ (Misalignment) ปกติการเปลี่ยนแปลงจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการผิดปกติของเครื่องจักร การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความสั่นสะเทือนหรือความถี่ จะทราบถึงระดับความรุนแรงของปัญหาว่าจะต้องแก้ไขอย่างไร



รูปที่ 1.4 การใช้เครื่องวัดความสั่นสะเทือน ตรวจวัดสภาพมอเตอร์ บันทึก สะสมข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

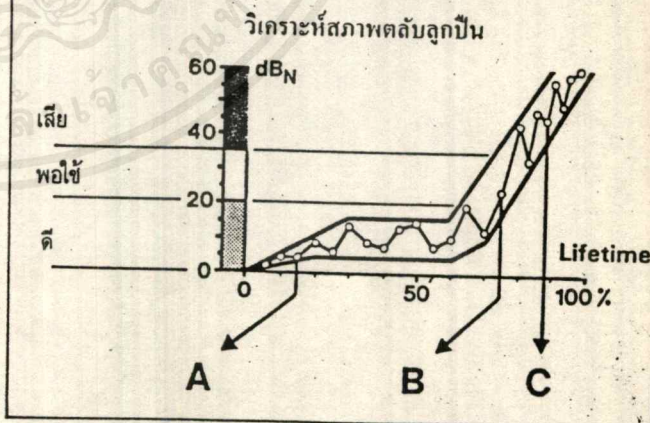
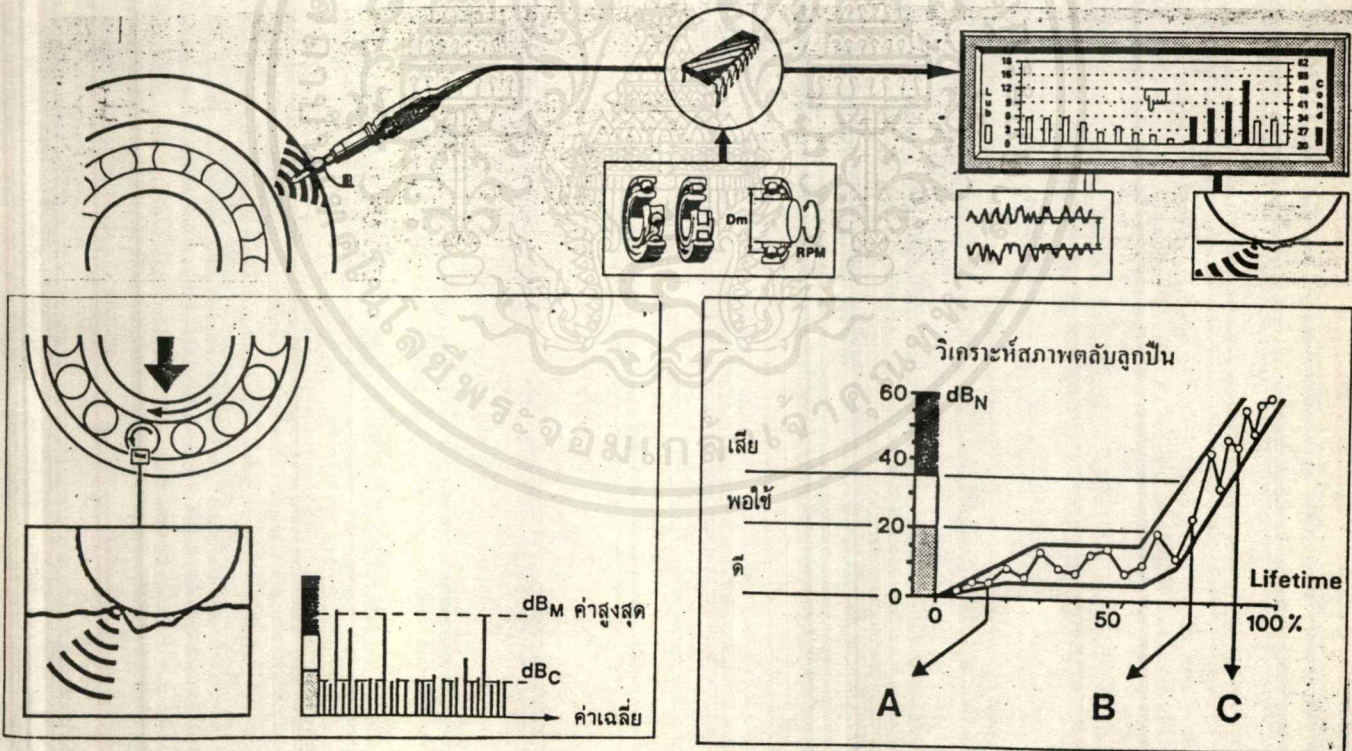
การวิเคราะห์ประมวลผล

เครื่องวัดความสั่นสะเทือนในปัจจุบัน จะแบ่งการวิเคราะห์ประมวลผลแสดงผล
ได้เป็น 2 แบบคือ

1. เป็นเครื่องมือวัดค่ารวม (Overall) วัดระดับความสั่นสะเทือนของเครื่องจักร
ทั้งหมดแสดงผลในรูปของค่าตัวเลข ถ้าความสั่นสะเทือนเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นจากครั้งที่ผ่าน
มา จนถึงระดับอันตรายก็จะสร้างสัญญาณเตือนให้ทราบ

2. เป็นแบบวิเคราะห์ประมวลผลในรูปของเสป็คตรัมความถี่ความสั่นสะเทือน ของ
ส่วนประกอบในเครื่องจักรทั้งหมด แยกระดับความสั่นสะเทือนที่ความถี่ต่างๆทำให้ทราบ
รายละเอียดและสาเหตุความสั่นสะเทือนที่ผิดปกติว่าเกิดจากส่วนประกอบใด

งานโครงการชิ้นนี้เป็นการวัดวิเคราะห์แบบแรก คือวัดค่ารวมของระดับความ
สั่นสะเทือนเป็นตัวเลขและเชื่อมต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อแสดงผลการวัดต่อไป



ความถี่ในการตรวจวัด ช่วง A 1-4 เดือน/ครั้ง
 ช่วง B ทุกวัน-ทุกสัปดาห์/ครั้ง
 ช่วง C ตรวจวัดอย่างใกล้ชิด

รูปที่ 1.5 ตัวอย่างการวัดวิเคราะห์ความสั่นสะเทือนของตลับลูกปืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 ทฤษฎี ทรานซิวเซอร์พิริโซอิเล็กทริก (Piezoelectric Transducer)

เมื่อใดก็ตามที่วัตถุของแข็งที่มีรูปร่างแน่นอน ถูกทำให้เสียรูปภายใต้แรงกระทำภายนอก จะเกิดประจุไฟฟ้า หากมีการนำไฟฟ้าจะมีผลกระทบย้อนกลับ นั่นคือ วัตถุจะเสียรูปเชิงกล เป็นผลตอบสนอง การกระทำนี้ให้ชื่อว่า ปรากฏการณ์พิริโซอิเล็กทริก (Piezoelectric effect) หลักการสำคัญของการเปลี่ยนรูปพลังงานไฟฟ้าเชิงกล (electromechanical) คือ การนำวิธีการนี้ไปประยุกต์ใช้ทั้ง 2 ทิศทาง คือถ้า อินพุตเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกล แล้วให้สัญญาณทางไฟฟ้าเป็นเอาต์พุต ก็จะเป็นพื้นฐานของเครื่องมือต่างๆไป ที่ใช้สำหรับวัด ความเร่ง ความเร็ว และความดัน สามารถนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ วิธีการกำเนิดกำลังไฟฟ้าที่มีแรงดันสูง กระแสต่ำ เช่นการราชาในกรจุดระเบิดเครื่องยนต์ (Spark-ignition) และ การกรองฝุ่นด้วยไฟฟ้าสถิต (electrostatic dust filter) งานทางกลับกันถ้าอินพุต เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า แล้วให้การเปลี่ยนแปลงทางกลเป็นเอาต์พุต จะใช้ใน การสั่นสะเทือนที่มีค่าน้อยๆ (small vibration shaker) , ระบบโซนาร์ สำหรับเสียง (sonar system for acoustic ranging) , ตัวตรวจจับทิศทาง, อุปกรณ์การตรวจสอบ อุลตราซันดิก ไรดอยไม่ทำลาย (ultrasonic nondestructive) และอื่นๆอีกมากมาย

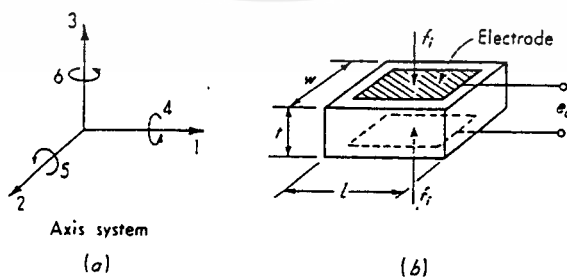
วัสดุที่แสดงออกถึงลักษณะความสำคัญ และ ผลกระทำของพิริโซอิเล็กทริก แบ่ง ได้ 3 กลุ่ม ตามธรรมชาติคือ ควอตซ์ (quartz), ดีเกลิโอ (rochelle salt) และ คริสตัลสังเคราะห์ (tithium sulfur, ammonium dihydrogen phopphase) โดย การแยกชั้นเซรามิกซ์ที่เป็นไฟฟ้า (ferro electric) เช่น barium titnate และแผ่นฟิล์มโพลีเมอร์ที่มีรูปร่างแน่นอน เพราะเหตุโครงสร้างที่ไม่สมมาตรตามธรรมชาติ วัตถุที่เป็นผลึกจะแสดงปฏิกิริยาออกมา ถึงแม้จะไม่มีขบวนการใดๆสำหรับ เซรามิกซ์ที่เป็น ไฟฟ้า จะต้องถูกแยกชั้นเทียมโดยวิธีใช้สนามแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีความเข้มมากๆให้กับวัตถุ (ขณะที่ถูกให้ความร้อนสูงๆ มีอุณหภูมิเหนือจุดคูรี (curie point) ของวัสดุนั้น) และทำ ให้เย็นลงอย่างช้าๆ ขณะที่ยังมีสนามนั้นอยู่ เมื่อสนามภายนอกถูกนำออกไปจากวัสดุที่เย็นแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรบกวนที่ยังคงเหลือจะถูกเก็บไว้ภายในและวัสดุนั้นจะแสดงผลของ พิโซอิเล็กทริก ผลของ พิโซอิเล็กทริก สามารถถูกทำให้เกิดผลตอบสนอง (หรือเป็นสาเหตุ) การเสียรูปเชิงกลของวัสดุในโหมดต่างๆกัน เช่น การขยายออกของความหนา, ตามขวาง, แรงเหวี่ยงตามความหนา, แรงเหวี่ยงที่ผิว จุดศูนย์ คือจุดศูนย์กลางของวัสดุที่วัสดุสูญเสียความเป็นไฟฟ้า มันถูกจำกัดจุดศูนย์กลางที่สุดที่วัสดุจะสามารถถูกใช้ได้

ในโหมดของผลจากการเคลื่อนที่ขึ้นอยู่กับรูปร่าง และการหาทิศทางของตัววัตถุ ซึ่งสัมพันธ์กับแกนผลึก และตำแหน่งของอิเล็กโทรด (electrode) อิเล็กโทรดที่เป็นโลหะ จะถูกทำให้เป็นแผ่น วางบนผิวหน้าของวัสดุพิโซอิเล็กทริกที่เลือกไว้ เพื่อที่จะนำสายสัญญาณซึ่งสามารถยึดติดกับแผ่นโลหะ สำหรับการนำประจุไฟฟ้าเข้าหรือออก เริ่มจากการที่วัสดุพิโซอิเล็กทริกเป็นฉนวนไฟฟ้า แล้วแผ่นอิเล็กโทรดก็จะกลายเป็นตัวเก็บประจุ อุปกรณ์พิโซอิเล็กทริก ใช้สำหรับเปลี่ยนการเคลื่อนที่ทางกลไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ดังนั้นอาจจะคิดได้ว่าเป็นการกำเนิดประจุไฟฟ้าและตัวเก็บประจุ การเสียรูปเชิงกลทำให้เกิดประจุประจุนี้เป็นผลทำให้ปรากฏแรงดันค่าหนึ่งระหว่างอิเล็กโทรด ซึ่งเป็นไปตามกฎสำหรับตัวเก็บประจุ $E = Q/C$ ผลของพิโซอิเล็กทริก คือทิศทางและความไว ในแรงตึงนั้น จะทำให้เกิดช่วงของแรงดันจำกัด ขณะที่มีการกดอัดด้านตรงข้ามกัน

ต่อไปจะแสดงถึงลักษณะสำคัญของพิโซอิเล็กทริก ที่เปลี่ยนการเคลื่อนที่ไปเป็นแรงดันโดยการศึกษา การเสียรูปในโหมด 1 ปกติ คือมีการขยายตัวออกในด้านของความหนา ดังรูปที่ 2.1(a)



รูปที่ 2.1 Piezoelectric transducer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่าคงที่ 2 กลุ่มหลัก ค่าคงที่ g และ d จะถูกนำมาพิจารณา สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้ barium titanate และมีการขยายของความหนา ค่า g ที่เกี่ยวข้องจะเป็น g_{33} แสดงได้ดังนี้

$$g_{33} = \frac{\text{สนามไฟฟ้าในทิศทาง 3}}{\text{ความเค้นที่ 3 ในทิศทาง 3}} = \frac{e_o/t}{f_i/w_l}$$

ดังนั้นถ้าเรารู้ค่า g สำหรับวัสดุที่นำมาและในทิศ t เราสามารถคำนวณแรงดันทางออกต่อหน่วยได้ สำหรับ barium titanate จะมีค่า $Q=12 \cdot 10^{-3}$ (V/m) (N/m^2) และเป็น $50 \cdot 10^{-3}$ สำหรับควอตซ์ ตัวอย่างเช่น พลีกควอตซ์หนา 0.1 มีความยาว 0.88 V/(lb/in²) จะแสดงให้เห็นว่ามีแรงดันทางออกมากขณะที่มีความเค้นเพียงเล็กน้อย

แรงที่ถูกาใช้ไปจะก่อให้เกิดประจุไฟฟ้า d แสดงได้ดังนี้

$$d_{33} = \frac{\text{ประจุที่เกิดขึ้นในทิศทาง 3}}{\text{แรงที่ 3 ในทิศทาง 3}} = \frac{Q}{f_i}$$

ซึ่งงานความเป็นจริงแล้ว d_{33} สามารถคำนวณได้จาก g_{33} ถ้ารู้ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของวัสดุ จะได้

$$C = \frac{\epsilon w_l}{t}$$

$$g_{33} = \frac{\text{สนามไฟฟ้า}}{\text{ความเค้น}} = \frac{e_o w_l}{t f_i} = \frac{e_o C}{\epsilon f_i} = \frac{Q}{\epsilon f_i} = \frac{d_{33}}{\epsilon}$$

$$d_{33} = \epsilon g_{33}$$

ค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของควอตซ์ประมาณเท่ากับ $4.06 \cdot 10^{-11}$ F/m และสำหรับ Barium titanate คือ $1.250 \cdot 10^{-11}$ สำหรับควอตซ์จะได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$d_{11} = g_{11} = (4.06 \cdot 10^{-11})(50 \cdot 10^{-3}) = 2.03 \text{ pC/N}$$

(ตัวห้อยเป็น 11 เพราะว่าในควอดซ์ การขยายออกของความหนาจะอยู่ในแกนหลักเรียกว่าแกน 1) บางครั้งต้องการแสดงค่าแรงดันหรือประจุทาง เอาท์พุท ในเทอมของการเบี่ยงเบนของคริสตัล เริ่มตั้งแต่การเสีรูบเป็นเหตุให้เกิดประจุ เราต้องรู้ค่า modulus ของความยืดหยุ่นซึ่งเท่ากับ $8.6 \cdot 10^{11} \text{ N/m}^2$ สำหรับควอดซ์ และ $12 \cdot 10^{10}$ สำหรับ Barium titanate

หลังจากนั้นเราจะทำการพิจารณา อุปกรณ์พีระซีอิเล็กทรอนิกส์ เป็นทรานสดิวเซอร์กระจัด (displacement transducer) จุดประสงค์หลักคือวัดแรงดัน การสั่น ความเร่ง แต่เราจะพิจารณาการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งไปเป็นแรงดัน จำเป็นต้องพิจารณาให้ ทรานสดิวเซอร์, สายนำสัญญาณ (cable) และแอมพลิฟายส์ (amplifier) เป็น 1 หน่วย ค่าอิมพีแดนซ์ของทรานสดิวเซอร์โดยทั่วไปจะมีค่าสูงมาก ส่วนแอมพลิฟายส์นั้นโดยปกติชนิดที่มี อิมพีแดนซ์สูงจะใช้สำหรับเป็นบัฟเฟอร์ (buffer) มากกว่า อัตราขยายรวมจะ ปกติจะใช้ ชาร์จแอมพลิฟายส์ (charge amplifier) ค่าความจุไฟฟ้าของสายนำสัญญาณมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะสายนำสัญญาณที่มีความยาวของสายมากๆ สำหรับตัวทรานสดิวเซอร์เดี่ยวๆ นั้น ถ้ามีการเบี่ยงเบนทาง static Xi เกิดขึ้นและยังคงอยู่ แรงดันปลายจะถูกทำให้มากขึ้น แต่จะมีการสูญเสียประจุออกไปโดยตลอดที่ความต้านทานรั่วไหล (leakage resistance) ของ ทรานสดิวเซอร์ เริ่มที่ความต้านทานรั่วไหล โดยทั่วไปแล้วจะมีค่ามาก ($\cdot 10^{11}$ โอห์ม) การสูญเสียจะช้ามาก บางทีเป็นการยอมให้ตอบสนองกึ่งสถิต (quasi-static) น้อยที่สุด

อย่างไรก็ตาม เมื่ออุปกรณ์วัดแรงดันภายนอกที่มี อิมพีแดนซ์ทางเข้าต่ำ ถูกติดเข้ากับทรานสดิวเซอร์ ประจุไฟฟ้าจะถูกปล่อยออกมาอย่างรวดเร็ว เพื่อป้องกันการเบี่ยงเบนทางสถิต ที่มีค่าอิมพีแดนซ์สูง โดยทั่วไปแล้วจะไม่ใช้กับการวัดแบบสถิต ระบบที่ใช้ในทางการค้าจะใช้ ทรานสดิวเซอร์แบบควอดซ์ที่มีค่าความต้านทานรั่วไหลสูงมาก จะมีผลรวมความต้านทานทั้งหมด 10^{14} โอห์ม ซึ่งจะทำให้มีการรั่วไหลช้าๆอย่างมีประสิทธิภาพในการวัดแบบ สถิต

พิจารณารูป 2.2 ประจุที่เกิดจากผลึกแสดงไว้ดังนี้

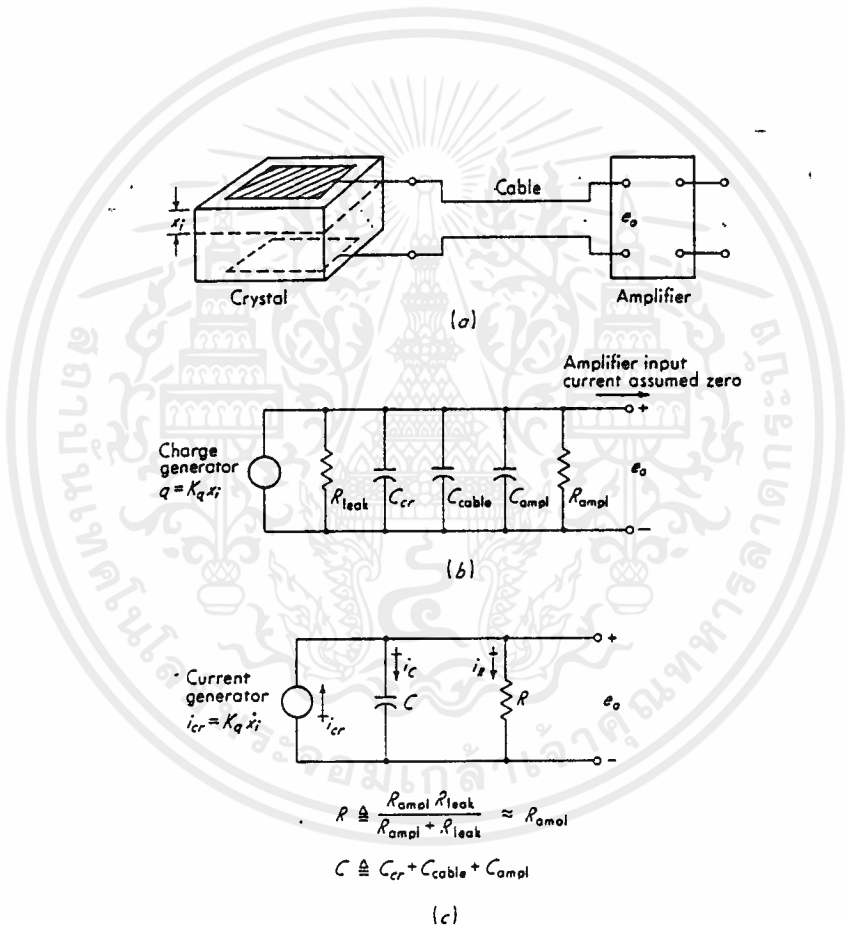
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$q = K_q X_i$$

เมื่อ

$$K_q = C \quad \text{cm}$$

$$X_i = \text{การเบี่ยงเบน, cm}$$



รูปที่ 2.2 วงจรสมมูลของ piezoelectric transducer
ค่า R และค่า C ในรูป 2.2(b) สามารถนำมารวมได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$i_{cr} = \frac{dq}{dt} = K_q(x_i)$$

เราจะเขียนได้ว่า

$$i_{cr} = i_c + i_R$$

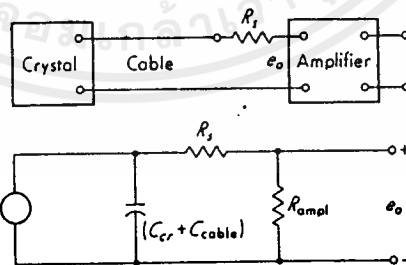
$$e_o = e_c = \int \frac{I_c dt}{C} = \int (I_{cr} - I_R) dt$$

$$C \frac{de_o}{dt} = i_{cr} - i_R = K_q(x_i) - \frac{e_o}{R}$$

$$\frac{e_o(D)}{x_i} = \frac{K D}{\tau D + 1}$$

เมื่อ $K = \text{ความไว} = \frac{K_q}{C} \text{ V/cm}$

$\tau = \text{time constant } RC, \text{sec}$



(R_{leak} and C_{amp} assumed negligible)

$$K \triangleq \frac{K_q}{C} \left(\frac{R_{amp}}{R_{amp} + R_s} \right)$$

$$r \triangleq (R_{amp} + R_s) C$$

$$C \triangleq C_{cr} + C_{cable}$$

รูปที่ 2.3 การนำความต้านทานอนุกรมเพื่อเพิ่มค่า time constance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เครื่องวัดความสั่นสะเทือน (Accelerometer)

Accelerometer คือเครื่องมือตรวจวัดความสั่นสะเทือนเป็นสิ่งสำคัญที่สุดของการ 'เก็บ' สำหรับการวัดการเคลื่อนที่สมบูรณ์ของการสั่น (Vibration), การเคลื่อนที่ชั่วขณะ (shock) เครื่องมือตัวนี้ถูกใช้อย่างกว้างขวางทางการค้า เพราะมีหลากหลายแบบและช่วงกว้างหลายช่วงในการที่จะตอบสนองความต้องการในการประยุกต์ใช้งานต่างๆกัน

ลักษณะที่ทำให้เป็นที่สนใจมีดังต่อไปนี้

1. การตอบสนองความถี่ เริ่มจาก '0' จนถึงค่าสูงสุดที่จำกัดไว้ การสั่นสะเทือนคงที่ (a คงที่) สามารถวัดได้ (ยกเว้น ทรานซิวเตอร์พีเอชอี เล็กทรอนิกส์)
2. การเปลี่ยนแปลงระยะทาง และความเร็วสามารถได้ค่ามาอย่างง่ายดายโดยการอินทิเกรตทางไฟฟ้า ซึ่งดีกว่า differentiation
3. การวัดของการเคลื่อนที่ชั่วขณะ สามารถได้ค่ามาง่ายกว่าการวัดระยะทางหรือความเร็ว
4. แรงที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเครื่องจักรกล ropyปกติแล้วจะเกี่ยวข้องกับความเร็ว มากกว่าระยะทาง และความเร็ว

Accelerometer สามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ชนิดหลักคือ

1. Deflection type accelerometer ซึ่งใช้สำหรับการวัด ความสั่นสะเทือน และ เคลื่อนที่ชั่วขณะ
2. Null balance type accelerometer ซึ่งใช้สำหรับการวัด ที่ต้องการความถูกต้องมากๆ

Deflection Type accelerometer

Accelerometer ที่ใช้อยู่โดยมากมีลักษณะตามรูป โดยมีรายละเอียดแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย เช่นวัสดุที่ใช้เป็นสปริง การเคลื่อนที่สัมพันธ์ของ ทรานซิวเตอร์ ซึ่งให้ค่า อินพุท เป็น X_i เราจะเขียนสมการได้ดังนี้
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{x_o(D)}{D^2 x_i} = \frac{x_o(D)}{x_i} = \frac{K}{D^2 \omega_n^2 / 2\zeta D / \omega_n + 1} \quad (2.1)$$

เมื่อ $K = 1/\omega_n^2 \text{ cm}/(\text{cm}/\text{s}^2)$

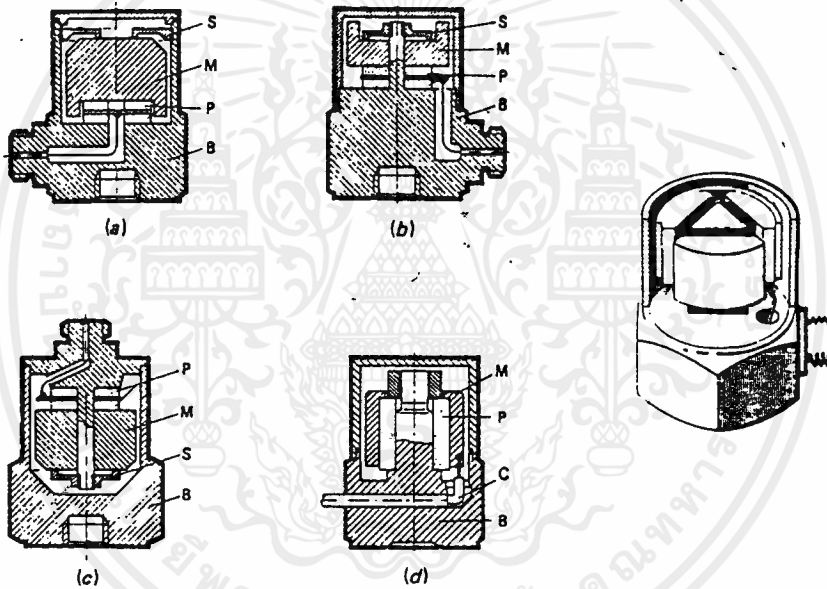
ค่าแรงดันทางออก $e_o = K_e K_o$ จะเป็นค่าที่ได้ส่วนใหญ่ของทรานซิวเซอร์ การเคลื่อนที่ สมการ 2.1 อยู่ในรูปแบบของ ทรานสเฟอร์ ฟังก์ชันของความเร่งกับแรงดัน เราจะเห็นได้ว่า เครื่องวัดความสั่นสะเทือน เป็นเครื่องมือที่เป็นอุปกรณ์ลำดับสอง (second order) ดังนั้นงานต่างๆทั้งหมดที่แตกต่างกันไปสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ทันที การตอบสนองความถี่เริ่มมากขึ้นจากค่า 0 จนถึงตัวประกอบย่อยบางค่าของ ω_n ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าความถูกต้องที่ต้องการ และการหน่วงการตอบสนองความถี่สูงจะต้องมีการเปลี่ยนค่าความไว $K = 1/\omega_n^2$

เครื่องวัดความสั่นสะเทือนพีริซออิเล็กทริก ถูกใช้อย่างกว้างขวางสำหรับการสั่นและเคลื่อนที่ชั่วขณะ โดยปกติแล้วมันจะไม่ให้ค่าเอาท์พุท สำหรับการสั่นสะเทือนที่มีความเร่งคงที่ เพราะเป็นคุณสมบัติพื้นฐานของทรานซิวเซอร์เคลื่อนที่แบบพีริซออิเล็กทริก แต่มันจะทำให้ค่าแรงดันทางออกมีขนาดใหญ่ มีขนาดของทรานซิวเซอร์เล็กและสามารถทำให้มีความถี่ธรรมชาติสูงมาก ซึ่งจำเป็นสำหรับการวัดเคลื่อนที่ชั่วขณะ จะให้ค่าที่ถูกต้องไม่มีการแบ่งค่าความหน่วงกับการสูญเสียความร้อนที่เป็นวัสดุเดียวที่มีการสูญเสียพลังงาน เป็นผลจากการที่มีอัตราการหน่วง (damping ratio) ที่ต่ำมากๆ แต่ก็สามารถยอมรับได้เนื่องจากมีค่าความถี่ธรรมชาติสูง ทรานสเฟอร์ ฟังก์ชัน เป็นดังนี้

$$\frac{e_o(D)}{x_i''} = \frac{[K_q / C \omega_n^2] D}{(\zeta D + 1)(D^2 / \omega_n^2 + 2\zeta D / \omega_n + 1)}$$

การตอบสนองที่ความถี่นั้นถูกจำกัดโดย คุณสมบัติของพีริซออิเล็กทริก ขณะที่การตอบสนองความถี่สูงถูกจำกัดโดย เรซแนนซ์เชิงกล อัตราความหน่วง เครื่องวัดความสั่นสะเทือนพีริซออิเล็กทริก โดยปกติแล้วจะไม่กำหนดมาโดยผู้ผลิตแต่สามารถทำให้เป็น 0 ได้

สำหรับการใช้งานโดยส่วนใหญ่ ค่าความถูกต้องของช่วงความถี่ การวัดความสั่นสะเทือน (5% ทั้งด้านความถี่สูงและความถี่ต่ำ) คือ $3 < < 0.2 \mu$ การตอบสนองความถี่ต่ำ จะให้ค่าความถูกต้อง ที่ต้องการค่ามาก ซึ่งสามารถกระทำได้โดยใช้วอลเตจแอมพลิฟายส์ ที่มีค่าอิมพีแดนซ์มากๆ หรือ ชาร์จ แอมพลิฟายส์



S: Spring M: Mass P: Piezoelectric element B: Base C: Cable

รูปที่ 2.4 ลักษณะการออกแบบของ Piezoelectric accelerometer

- (a) Peripheral-mounted compression design
- (b) Center-mounted compression design
- (c) Inverted center-mounted compression design
- (d) Shear design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบรายละเอียดของ เครื่องวัดความสั่นสะเทือนด้วยพิริชอีเล็กตริก สามารถแปรเปลี่ยนไปตามการเลือกว่าจะเน้นลักษณะส่วนใด สำหรับการนำไปใช้งาน เฉพาะแต่ละอย่างไปไม่มีรูปแบบเพียงอย่างเดียวที่เป็นจริงสำหรับทุกสถานการณ์ รูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นการออกแบบที่แตกต่างกันจากผู้ผลิตเพียงรายเดียว การออกแบบการกดอัดพื้นฐาน ในรูป 2.4a เป็นลักษณะที่ง่ายที่สุดและหยวบที่สุด และมีสปริงต่อมวลดีที่สุดในแง่ของ โครงสร้าง (housing) ที่ทำตัวเป็นเช่นส่วนอินดิเคเตอร์ของระบบสปริง/มวล ทำให้มีความเร่งต่อค่าอินพุตที่แปลกปลอม (noise base bending และสนามแม่เหล็ก) base bending ความเค้นที่พื้นผิวเป็นเหตุให้เกิด การรั้งงอที่ผิวของการติดตั้ง

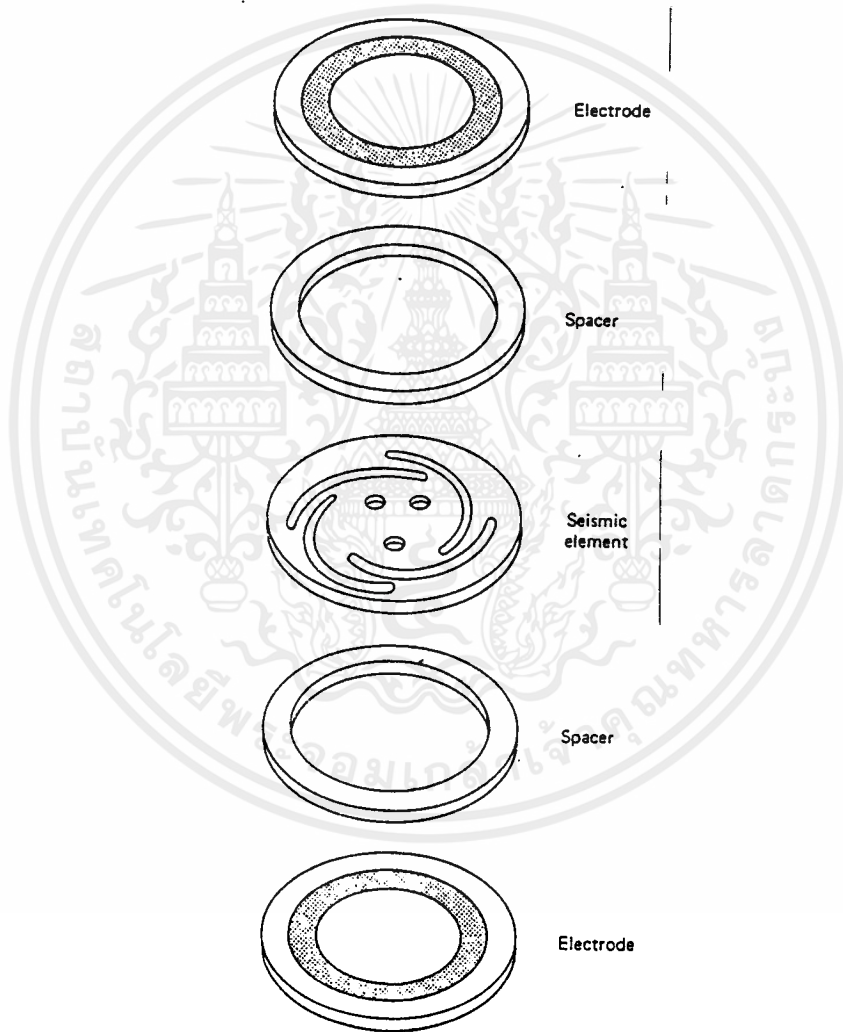
การลดการตอบสนองต่อค่าอินพุตที่แปลกปลอมนั้น สามารถใช้การวัดที่ปลาย ด้านเดียว (single-ended compression) หรือการออกแบบ counter-mounted ดังรูป 2.4b การออกแบบเฉพาะของความเค้นจาก base-bending เช่นเดียวกับรูป 2.4d

วงจรรีเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก ซึ่งออกแบบให้ เครื่องวัดความสั่นสะเทือนด้วย พิริชอีเล็กตริก ซึ่งมีชาร์จ แอมพลิฟายส์ รวมอยู่ด้วยภายในโครงสร้างของเครื่องมือ นั้น สายนำสัญญาณเดี่ยว 2 ตัวนำ ซึ่งสามารถส่งได้ทั้งกำลังขยาย และสัญญาณที่วัดได้ต่อกับ เครื่องมือ ไปยังแหล่งจ่ายที่มีกระแสคงที่ ซึ่งจะให้ค่าสัญญาณทางออกระดับสูง (high-level) ไปยังออสซิลโลสโคป (oscilloscope) หรือ เครื่องวิเคราะห์สัญญาณ signal analyzer การจัดแบบนี้ ย่อมทำให้มีความไวสูงมากเท่ากับเครื่องวัดความสั่นสะเทือน ที่มี ความถี่สูง, มีขนาดเล็ก ลดผลกระทบจากสายนำสัญญาณและการจำกัดความยาว, และมีราคา ถูก ข้อได้เปรียบนี้แตกต่างกับการลดช่วงอุณหภูมิ วงจรรีเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็ก (microcircuit electronic) ถูกจำกัดอุณหภูมิมากกว่าตัว เครื่องวัดความสั่นสะเทือน และการ ปรับสัญญาณไปใช้งานด้านอื่นๆน้อยกว่า (แอมพลิฟายส์ที่ถูกสร้างมาพร้อมกันนั้น อาจจะยอม ให้มีการปรับเพียงเล็กน้อยหรือไม่เลย)

เครื่องวัดความสั่นสะเทือนด้วยพิริชอีเล็กตริก มีการใช้อย่างกว้างขวางในงาน เฉพาะอย่าง การตอบสนองความถี่กับความไวนั้นจะปรากฏแบบเฉพาะเท่านั้น เช่น เครื่องวัดความสั่นสะเทือนของการเคลื่อนที่ชั่วขณะ อาจจะมีค่า 0.004 pC/g และความถี่ธรรมชาติ 250,000 Hz ขณะที่หน่วย (unit) ที่ถูกออกแบบมาสำหรับการวัดระดับต่ำ (low-level) เป็น 1000 pC/g กับ 7000 Hz หน่วยที่เล็กที่สุด (เพื่อลดความผิดพลาด

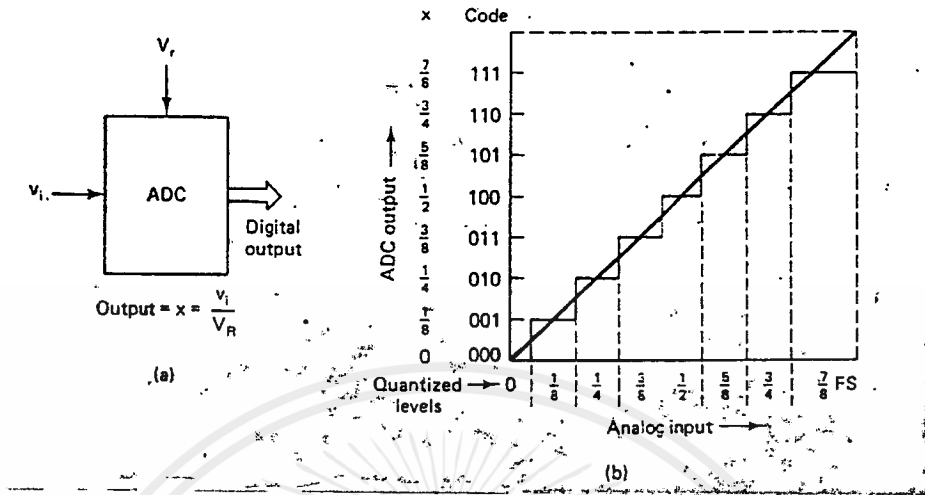
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ mass-loading ในการวัดบนโครงสร้างที่มีน้ำหนักเบา) มีขนาดประมาณ 3*3 mm ซึ่งมีมวล 0.5 g (รวมสายนำสัญญาณด้วย)



รูปที่ 2.5 การออกแบบค่าความเก็บประจุของเครื่องวัดความสั่นสะเทือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ประการใด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 การเปลี่ยนแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

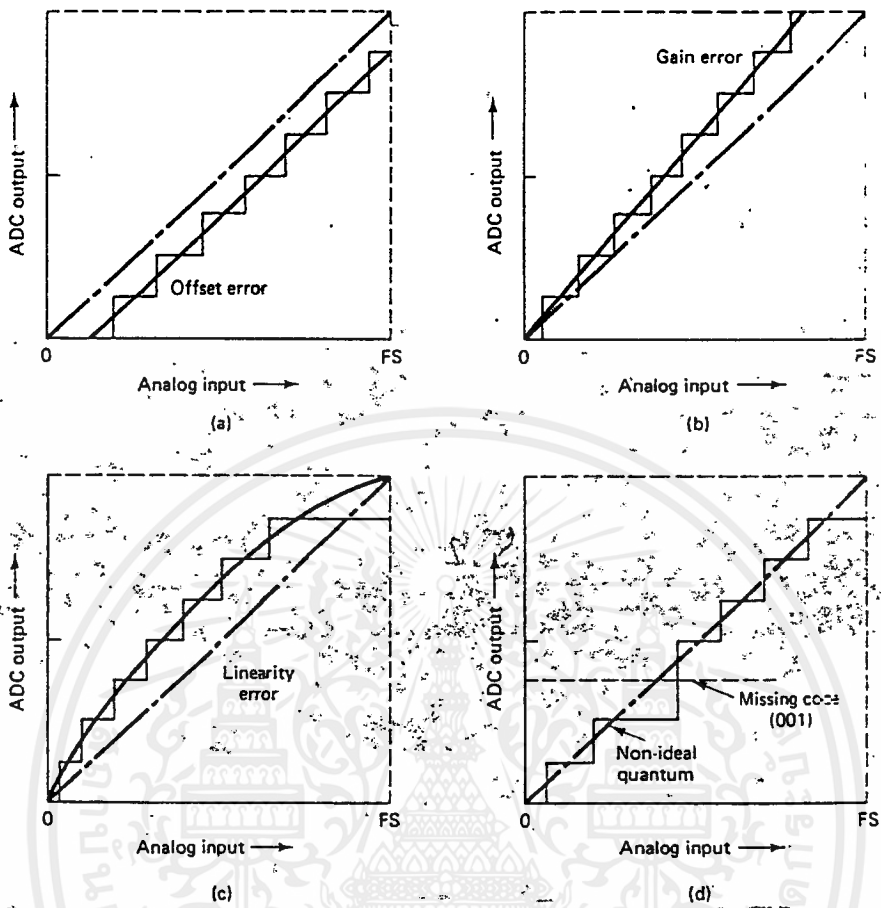
(a) ความสัมพันธ์ของอินพุตและเอาต์พุต

(b) คุณสมบัติของ ADC ขนาด 3 บิต

ค่าผิดพลาดที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ

ค่าเอาต์พุตที่ได้ อาจเกิดการเบี่ยงเบนได้ เมื่อพิจารณาจาก ค่าทรานสเฟอรัฟังก์ชันของเอาต์พุต ซึ่งจะคลาดเคลื่อนจากค่าอินพุตในอุดมคติ (Ideal Input) ในรูปที่ 2.8a เกิดออฟเซ็ท (offset) หรือ Zero error ความลาดชันของ ทรานสเฟอรัฟังก์ชัน จะมีระยะห่างจากค่าอินพุตในอุดมคติ รูปที่ 2.8b แสดงถึง Gain error

ADC ในท้องตลาดโดยทั่วไปจะมี ออฟเซ็ท และ gain error อยู่เล็กน้อยซึ่งสามารถกำจัดได้ด้วยการปรับแต่ง และนอกจากนี้ยังมีความผิดพลาดไม่เป็นเชิงเส้นอีกสองอย่างคือ ในรูปที่ 2.8c Integral linearity error ซึ่งเป็นการเบี่ยงเบนสูงที่สุดของ ทรานสเฟอรัฟังก์ชัน และรูปที่ 2.8d Differential linearity error



รูปที่ 2.8 ความผิดพลาดจากการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ

การสุ่มและการคงค่า (sample and hold)

วงจรเอชดีต้องการเวลาในการแปลงสัญญาณหรือที่เรียกว่า conversion time เพื่อเปลี่ยนสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลที่เหมาะสม ถ้าสัญญาณอะนาลอกมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างช่วงเวลาการแปลง เอาต์พุตของวงจรเปลี่ยนสัญญาณอาจเกิดความผิดพลาด จึงต้องมีการป้องกันด้วยวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ

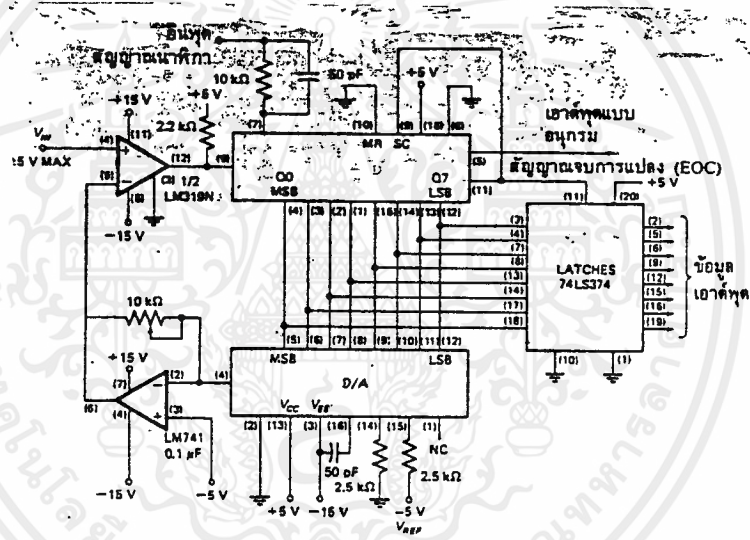
เพื่อใช้จับสัญญาณอะนาลอกที่จุดเริ่มของการเปลี่ยนสัญญาณ แล้วเก็บไว้ในตัวเก็บประจุระหว่างช่วงเวลาการแปลง หลังจากที่มีการเปลี่ยนสัญญาณเสร็จสิ้น จึงจับสัญญาณอะนาลอกค่าใหม่มาเก็บไว้อีกครั้ง เป็นเช่นนี้ต่อไป เราจึงมักได้พบเห็นวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณปรากฏ

คู่กับวงจรเอชดีเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลแบบใช้การประมาณค่า
(Successive Approximation A/D Converter)

วงจรเอทูดี้แบบนี้มีข้อได้เปรียบทางด้านความละเอียด เพราะความละเอียด 8 บิต สามารถกำหนดได้จากสัญญาณนาฬิกา n ลูก ตัวอย่างเช่น วงจรแปลงขนาด 8 บิต ต้องการพัลส์ของสัญญาณนาฬิกาเพียง 8 ลูก ในขณะที่แบบใช้วงจรมัลติเพล็กซ์พัลส์ถึง 256 ลูก วงจร SA (Successive Approximation) แสดงไว้ดังรูปที่ 2.10 หัวใจของวงจรคือ SAR (successive approximation register) ซึ่งมีการทำงานดังต่อไปนี้

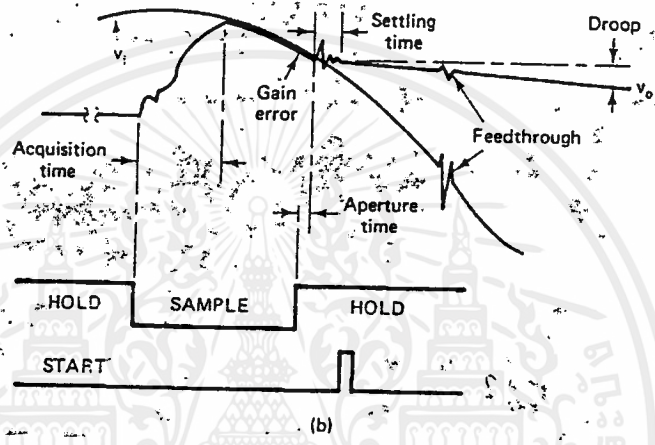
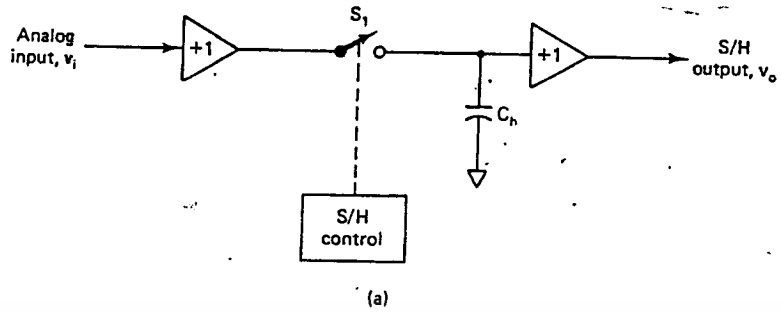


รูปที่ 2.10 วงจรเปลี่ยนสัญญาณเอทูดี้แบบ successive approximation

เมื่อเริ่มทำการเปลี่ยนสัญญาณ พัลส์ลูกแรกจะทำการส่งบิตที่มีนัยสำคัญสูงสุดไปยังดีทิวเอ รโดย SAR จะรอสัญญาณจากวงจรเปรียบเทียบ ซึ่งทำการตรวจสอบว่าเอาต์พุตของวงจรดีทิวเอมากกว่าหรือน้อยกว่าแรงดันอินพุต V_{in} ถ้าเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบมีระดับ "high" เอาต์พุตของดีทิวเอจึงต่ำกว่า V_{in} SAR จะทำการเก็บบิตที่มีนัยสำคัญสูงสุดไว้ ถ้าเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบเป็นระดับ "low" เอาต์พุตของดีทิวเอจึงมากกว่า V_{in} SAR จะทำการรีเซตบิตที่มีนัยสำคัญสูงสุดนั้น

พัลส์ลูกต่อมาก็จะทำงานเช่นเดียวกัน รโดยบิตที่ได้ก็คือ บิตที่มีนัยสำคัญรองลงมา SAR ทำงานแบบนี้ไปจนถึงบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด แต่ละบิตใช้สัญญาณนาฬิกาเพียงลูกเดียว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 วงจรการสุ่มและการคงค่า

(a) รูปแสดงวงจรการสุ่มและการคงค่า

(b) รูปแสดงสัญญาณ

การอินเตอร์เฟสกับไมโครโปรเซสเซอร์

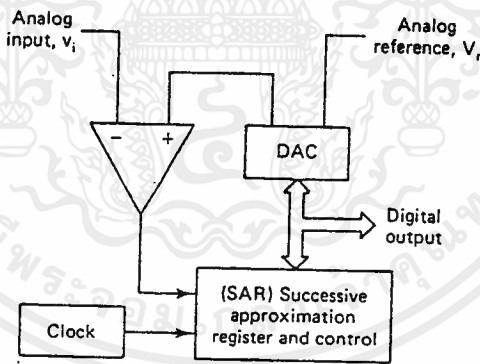
การอินเตอร์เฟสกับเอทวดีนั้น ไมโครโปรเซสเซอร์มีหน้าที่ 3 อย่าง อย่างแรกคือสั่งให้เอทวดีเริ่มทำการแปลงสัญญาณ อย่างที่สองคือ ตรวจสอบสถานะของข้อมูล (สาย DATA READY) จนกว่าการเปลี่ยนสัญญาณจะเสร็จสิ้นลง ส่วนอย่างสุดท้ายคือ อ่านข้อมูลอินพุตที่เป็นดิจิตอลเข้ามา การสั่งงานไมโครโปรเซสเซอร์นั้นต้องให้มีการทำงานตามลำดับและมีคาบเวลาที่เหมาะสมสำหรับเอทวดีแต่ละตัวด้วย

เมื่อครบทุกบิตแล้ว SAR ก็ทำการส่งสัญญาณ EOC (end of conversion) ออกไป

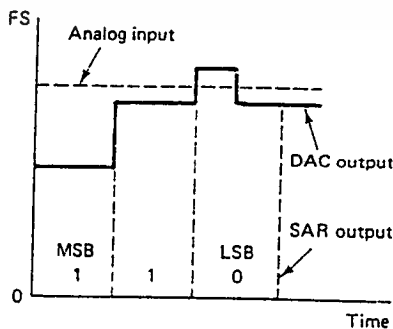
สัญญาณ EOC เป็นตัวบอกว่าสายสัญญาณเอาต์พุตที่ขนานกันมาทุกเส้นมีข้อมูลดิจิทัลของสัญญาณอินพุตครบถ้วนแล้ว ถ้าสัญญาณ EOC ถูกต่อไปยังอินพุตที่เป็นจุดเริ่มการเปลี่ยนสัญญาณการเปลี่ยนสัญญาณก็จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ ADC ยังสามารถส่งเอาต์พุตดิจิทัลแบบอนุกรมได้อีกด้วย ขึ้นอยู่กับการควบคุมของ SAR

วงจรในรูปที่ 2.10 ใช้แรงดันอินพุตสูงสุด ± 5 โวลต์ อินพุตแบบไม่กลับของออปแอมป์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนกระแสเป็นแรงดัน (current to voltage converter) ต่อเข้ากับ -5 โวลต์แทนที่จะต่อลงกราวด์ เป็นการยกระดับแรงดันอะนาลอกจาก -5 โวลต์ ถึง $+5$ โวลต์ แทน 0 ถึง 10 โวลต์ สัญญาณไฟสลักรูปขายนี้นจึงสามารถต่อโดยตรงเข้ากับอินพุตของเอชดีวีจีนี้ได้

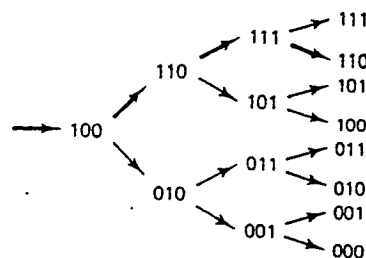
วงจรแปลงเอชดีวีจีชนิดนี้มีความเร็วสูง และความละเอียดสูง จึงเป็นวงจรที่นำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 2.11 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรเอชดีวีจีแบบใช้การประมาณค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การส่งข้อมูลแบบอนุกรม

การส่งข้อมูลจากวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลไปยัง คอมพิวเตอร์ นั้น ต้องผ่านวงจรหนึ่งๆเพื่อรับข้อมูลแบบขนานจากเอพูตี แล้วส่งออกมาเป็นแบบอนุกรมเพื่อส่งไปยังคอมพิวเตอร์ วงจรควบคุมในโครงงานนี้ใช้ตัว ไมโครโปรเซสเซอร์ 51(MCS51) เบอร์ 8031 เป็นตัวควบคุม

8031 เป็นชิพในตระกูล MCS51(เพียงแต่ไม่มีหน่วยความจำภายในเท่านั้น)

การต่อเชื่อมแบบอนุกรม

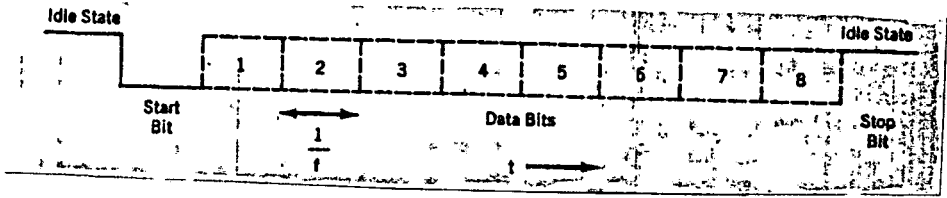
พอร์ตอนุกรมเป็นแบบ full Duplex สามารถที่จะรับและส่งพร้อมกันได้ โดย ทาหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์การรับ หมายถึงพอร์ตสามารถที่จะรับไบต์ที่สอง ก่อนที่ตัวแรกจะถูกรับ ไปได้จากรีจิสเตอร์ตัวรับ อย่างไรก็ตามไบต์ตัวแรกจะต้องถูกอ่านไปก่อนที่ช่วงเวลาการ รับไบต์ตัวที่สองจะสิ้นสุด มิฉะนั้นไบต์ตัวแรกจะถูกซ่อนและสูญหายไปได้ในพอร์ตอนุกรม รีจิสเตอร์ตัวรับและตัวส่งจะเข้าถึงติดต่อกัน ตัวรีจิสเตอร์ SBUF ใน SFR <special function register> แม้ว่าทางโครงสร้างรีจิสเตอร์ทั้งสองจะแยกกันอยู่ก็ตาม

พอร์ตอนุกรมของ MCS51 สามารถเลือกทำงานได้ 4โหมด แต่ในที่นี้จะกล่าวถึง ส่วนที่ใช้ ก็คือ

การทำงานโหมด 1 : Standard 8-bit UART

เป็นการส่งข้อมูลขนาด 10 บิตผ่านช่องทาง TXD หรือรับเข้ามาผ่าน RXD โดยรูปแบบบิตจะประกอบด้วย 1 บิต start เป็น '0' แปรบิตข้อมูล LSBเป็นตัวแรกที่รับ และส่งข้อมูลนี้ และอีก 1 บิต stop มีค่า '1' การรับบิต stop จะนำไปเก็บที่บิต RB8 ของ SFR รีจิสเตอร์ SWN อัตราบิตแปรผันได้ตามการตั้งตัวจับเวลา

ข้อมูลจำนวน 10 บิต ผ่านช่องทาง TXD (หรือรับผ่าน RXD ในที่นี้จะกล่าวถึง การส่งผ่านข้อมูลเพียงอย่างเดียว) ประกอบด้วย start บิต ข้อมูล 8 บิต และบิต stop ดังรูป การรับบิต stop จะส่งเข้า RB8 ในรีจิสเตอร์ SWN การตั้งอัตราบิต เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 การส่งตัวอักษร 8bit แบบ asynchronous

ความเร็วของบิตจะแปรผันได้ านตัวจับเวลา 1 รูปที่ แสดงถึงการำใช้งานทั้งหมด 1 พร้อมกับแผนภูมิแผนภูมิเวลาสำหรับการส่งและรับ

การส่งจะเริ่มงานด้วยคำสั่งที่ใช้ SBUF เป็นรีจิสเตอร์รับข้อมูล สัญญาณ "write to sbuf" ก็จะบรรจุค่า '1' เข้าไปในคำสั่งที่ 9 านรีจิสเตอร์การเคลื่อนส่งและแพลตฟอร์มหน่วยควบคุมการส่ง (tx control block) ก็จะแสดงการถูกร้องขอให้ส่งข้อมูลการส่ง ข้อมูลจะส่งที่ช่วง s1p1 ของวัฏจักรแมชชีน และจะตามด้วยบิตตัวต่อมา านช่วงเวลาของสัญญาณนาฬิกาที่หารด้วย 16 ถูกตั้งที่ตัวนับ ดังนั้น แต่ละบิตจะถูกชิงค์ด้วยการหาร 16 ของตัวนับมาซ์สัญญาณ "write to sbuf"

การส่งจะเริ่มด้วยการส่ง active สัญญาณ send และใส่บิต start เข้าที่ TXD ช่วงเวลานั้น 1 บิต สัญญาณข้อมูลก็จะ active ซึ่งก็จะ enable การส่งบิตออกจากรีจิสเตอร์ การเคลื่อนส่งออกไปยังขา TXD พัลส์เลื่อนตัวบิตแรกจะเกิดขึ้นหลังเวลาการทำงานแล้ว 1 บิต

ขณะที่ข้อมูลเลื่อนออกทางขวา ค่า '0' จะถูกใส่เข้าทางซ้าย เมื่อ MSB ของข้อมูล 1 ไบต์อยู่ที่ตำแหน่ง เอาท์พุท ของรีจิสเตอร์ตัวเลื่อน ขณะนั้นค่า '1' จะเริ่มถูกเข้าเป็นตำแหน่งเก่า ที่ o/p หลังจากที MSB ถูกส่งไปและทุกตำแหน่งเมื่อถูกส่งไปแล้ว ทีเหลือในรีจิสเตอร์ ทีเหลือในรีจิสเตอร์การเคลื่อนจะเป็น '0' หมด สถานะแพลตฟอร์มหน่วยควบคุมการส่ง (tx control unit) ก็จะเลื่อนเป็นตัวสุดท้าย และส่งสัญญาณ send ดิสเอเบิลและการเช็ต t1 จะเกิดขึ้น ช่วงลูกที่ 10 ของการหาร 16 หลังการส่งสัญญาณ strobe "write to SBUF"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราบือด

อัตราบือดในรหมด 1 ถูกกำหนดได้ด้วยค่าอัตรา overflow ที่เกิดขึ้น จากการกำหนดค่าในรีจิสเตอร์ TH1 เป็นตัวสร้างอัตราบือด

อัตราบือดสามารถคำนวณจาก อัตรา overflow ที่เกิดขึ้นในตัวจับเวลา 1 และค่าบิตใน SMOD เป็นดังนี้

$$\text{อัตราบือด} = \frac{(2^{\text{smod}} * \text{อัตรา overflow ของตัวจับเวลา 1})}{32}$$

$$= \frac{(2^{\text{smod}})}{32} * \frac{(\text{ความถี่ออสซิลเลเตอร์})}{12 * (256 - \text{TH1})}$$

รายละเอียดของรีจิสเตอร์ค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการส่งข้อมูลอนุกรม

Accumulator

ACC ที่มีขนาด 8 บิต เป็นแอกคิวมิวเลเตอร์ ใช้เป็นตัวกลางถ่ายทอดข้อมูลในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก IO

Port 1

รีจิสเตอร์ P1 ของกลุ่มรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (SFR) เป็นตัวรีจิสเตอร์ที่แลทซ์ค่าของพอร์ต 1 ขณะใช้งานต่อกับ A\D

Port 3

ขณะใช้งาน ส่งข้อมูลผ่านออกทาง P3 ไปถึง RS 232

Program Status Word : รีจิสเตอร์แสดงสถานะโปรแกรม

เป็นรีจิสเตอร์ที่แสดงผลที่ได้หลังจากการใส่คำสั่งต่าง ๆ และใช้เป็นกลุ่มเลือกการทำงานของรีจิสเตอร์กลุ่มต่างๆ มีรายละเอียด ดังตาราง

CY	AC	FO	RS1	RS0	OV	-	P
----	----	----	-----	-----	----	---	---

ตารางที่ 2.1 PSW : Program Status Word (PSW)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- CY PSW7 แฟลกตัวทด จะเซต หรือเคลียร์ด้วยฮาร์ดแวร์หรือซอฟต์แวร์ ระหว่างผลลัพธ์หลังการไต่คำสั่งทางคณิตศาสตร์ หรือ ตรรกศาสตร์ที่แน่นอน
- AC PSW6 แฟลกตัวทดของ Auxiliary จะเซต หรือเคลียร์ด้วยฮาร์ดแวร์หรือซอฟต์แวร์ ระหว่างการบวกและลบ ที่แสดงผลจากการทดหรือยืมจากบิตที่ 3 ของ ACC
- FO PSW5 แฟลก 0 จะเซต หรือเคลียร์ด้วยซอฟต์แวร์ที่ผู้ใช้งานกำหนดสถานะจากแฟลกนี้เอง
- RS1 PSW4 รีจิสเตอร์ตัวควบคุมการเลือกแบ่งค้ด้วยค่า RS1 และ RS0
- RS0 PSW3 จะเซต หรือเคลียร์ด้วยซอฟต์แวร์ เพื่อเลือกกลุ่มรีจิสเตอร์ทำงานในแต่ละแบ่งค้โดยปรับค่าใน RS1 และ RS0 ให้อื่น่าเป็นลคคุมลักษณะการเลือกแบ่งค้ดังต่อไปนี้

RS1	RS0	เลือกแบ่งค้	ค่าแอดเดรส
0	0	แบ่งค้ 0	00H-07H
0	1	แบ่งค้ 1	08H-0FH
1	0	แบ่งค้ 2	10H-17H
1	1	แบ่งค้ 3	18H-1FH
- OV PSW2 แฟลก Overflow จะเซต หรือเคลียร์ด้วยฮาร์ดแวร์ระหว่างการไต่คำสั่งที่แสดงถึงการเกิดลคคุม Overflow ทางคณิตศาสตร์
- PSW1 บิตสำรอง จะไม่สามารถเซต หรือเคลียร์ด้วยผู้ใช้เพราะสำรองไว้สำหรับผู้สร้าง
- P PSW0 จะเซต หรือเคลียร์ด้วยฮาร์ดแวร์ในแต่ละวัฏจักรคำสั่ง แสดงถึงตัวเลขค่า '1' ในแต่ละบิตของ Accumulator

Serial Data Buffer

บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรมแบ่งออกเป็นรีจิสเตอร์ 2 ตัว ตัวแรกเป็นบัฟเฟอร์การส่ง และอีกตัวเป็นบัฟเฟอร์การรับ เมื่อข้อมูลถ่ายเทเข้า SBUF มันจะถ่ายเข้าบัฟเฟอร์การส่งซึ่งเป็นตัวจัดการส่งข้อมูล แบบอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Control register

กลุ่ม SFR ที่เป็น IE, TMOD, TCON, SCON และ PCON จะประกอบด้วยบิตที่ใช้ในการควบคุม และแสดงสถานะของการใช้งานในระบบอินเทอร์รัพต์ ตัวจับเวลา/ตัวนับ จะกล่าวถึงต่อไป

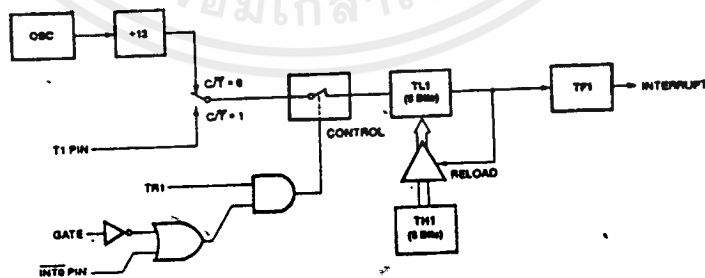
ตัวจับเวลา/ตัวนับ (Timer/Counter)

MCS 51 มี 16 บิต ตัวจับเวลา/ตัวนับ 2 ตัวคือ

Timer/Counter

กำหนดให้ทำงานเป็นตัวจับเวลาโดยการเคลียร์รีจิสเตอร์ TMOD ในกลุ่ม SFR ในฟังก์ชันของ Timer ตัวรีจิสเตอร์จะเพิ่มค่าทุกๆวัฏจักรแมชชีนประกอบด้วย 12 คาบของ Oscillator อัตราการนับแต่ละครั้งจะกินเวลาเป็น 1/12 ของความถี่ Oscillator เลือกทำงานได้ 4 โหมด ตั้งแต่ 0-3 เราใช้โหมด 2

โหมด 2 มีการทำงานโดยการกำหนดให้ตัวนับ 8 บิตของ TL1 แต่ไหลดใหม่โดยอัตโนมัติทุกาใหม่ทุกครั้ง เมื่อมีการ overflow จาก TL1 ดังรูป ไม่เพียงแต่ TF1 จะปรับเป็น 1 แต่ TL1 จะถูกไหลดโดยอัตโนมัติจากค่าที่ตั้งไว้ใน TH1



รูปที่ 2.14 ตัวจับเวลา 1 ทำงานในโหมด 2 แบบไหลดใหม่ 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

GATE	C/T	M1	MO	GATE	C/T	M1	MO
------	-----	----	----	------	-----	----	----

ตารางที่ 2.2 TMOD : Timer/Counter Mode Control Register

<-----Timer R1-----><-----Timer R0----->

GATE : ควบคุมเกต เมื่อเซตเป็น '1' จะเป็นอินเอาต์ ตัวจับเวลา/ตัวนับเท่านั้น ขณะที่ขา INTx มีสถานะสูง และขาควบคุม TRx ใน TCON จะถูกเซตเป็น '1' เมื่อตัวนับภายในถูกเคลียร์ให้อินเอาต์ เมื่อไรก็ตามที่ปิดควบคุม TRx ถูกเซตเป็น '1'

C/T : เลือกการทำงานแบบตัวจับเวลาหรือตัวนับ ถ้าเป็น '0' จะเลือกทำงานเป็นตัวจับเวลา (รอยใช้สัญญาณนาฬิกาภายในเป็นสัญญาณเข้าอ้างอิงถึง) ถ้าเป็น '1' จะเป็นการทำงานแบบตัวนับ และรับสัญญาณเข้าที่ขา Tx

M1	MO	การทำงาน
0	0	ทำงานแบบตัวจับเวลาของ MCS-51 ใช้ TLx เป็นตัวบ่อนปิดอีก 5 บิต
0	1	การใช้ตัวจับเวลา/ตัวนับ ขนาด 16 บิต จะใช้ THx และ TLx เป็นตัวนับ ไม่มี Prescaler
1	0	การไหลขนาด 8 บิตโดยอัตโนมัติที่ตัวนับและตัวจับเวลารอยใช้ THx เก็บค่าที่ตั้งไว้และจะถ่ายเข้าไปที่ TLx ใหม่อีกครั้งที่เกิด Overflow คือ TLx ถูกนับเป็น '0' หมด
1	1	ตัวจับเวลา 0 ทำงาน รอยให้ TLO และ TH0 เป็นตัวนับแยกกัน

TF1	TR1	TF0	TR0	IE0	IT1	IE0	IT0
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

ตาราง 2.3 TCON : Timer/Counter Control Register

TF1 TCON.7 ตัวจับเวลา 1 แพลกเป็น '1' เมื่อเกิด Overflow ถูกเซตเป็นหนึ่งด้านฮาร์ดแวร์ทางสัญญาณ เมื่อตัวจับเวลา/ตัวนับ Overflow และจะเคลียร์ตัวเองเมื่ออินเตอร์รัพต์ไปแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- TR1 TCON.6 ตัวจับเวลา 1 เป็นตัวควบคุมบิตาให้เริ่มทำงาน จะเซตหรือเคลียร์ด้วยซอฟต์แวร์ที่จะมาทำาให้ ตัวจับเวลา/ตัวนับ 1 เริ่มหรือหยุดการทำงาน
- TF0 TCON.5 ตัวจับเวลา 0 แพลกเป็น '1' เมื่อเกิด Overflow ถูกเซตเป็นหนึ่งด้านฮาร์ดแวร์ทางสัญญาณเมื่อตัวจับเวลา/ตัวนับ Overflow เคลียร์ตัวเองเมื่ออินเตอร์รัพต์ไปแล้ว
- TR0 TCON.4 ตัวจับเวลา 0 เป็นตัวควบคุมบิตาให้เริ่มทำงาน จะเซตหรือเคลียร์ด้วยซอฟต์แวร์ที่จะมาทำาให้ตัวจับเวลา/ตัวนับ
- IE1 TCON.3 อินเตอร์รัพต์ 1 เป็นแพลกขอบสัญญาณเซตด้วยฮาร์ดแวร์เมื่อสัญญาณขอบการอินเตอร์รัพต์ปรากฏเข้าที่ขา INT1 และเคลียร์เมื่อการทำงานอินเตอร์รัพต์สิ้นสุด
- IT1 TCON.2 อินเตอร์รัพต์ 1 รูปแบบการควบคุมบิต จะเซตหรือเคลียร์ด้วยซอฟต์แวร์ที่จะเป็นตัวกำหนดให้การกระตุ้นอินเตอร์รัพต์จากภายนอกที่ขอบขาลงหรือระดับแรงดันต่ำ โดยถ้า IT1=1 จะควบคุมอินเตอร์รัพต์ด้วยขอบขาลง และถ้า IT=0 จะควบคุมด้วยอินเตอร์รัพต์ระดับแรงดันต่ำ
- IE0 TCON.1 อินเตอร์รัพต์ 0 เป็นแพลกขอบสัญญาณเซตด้วยฮาร์ดแวร์เมื่อสัญญาณขอบการอินเตอร์รัพต์ปรากฏเข้าที่ขา INTO และเคลียร์เมื่อการทำงานอินเตอร์รัพต์สิ้นสุด
- IT0 TCON.0 อินเตอร์รัพต์ 0 เป็นรูปแบบการควบคุมบิตจะเซตหรือเคลียร์ได้ด้วยซอฟต์แวร์ที่จะเป็นตัวกำหนดให้การกระตุ้นอินเตอร์รัพต์จากภายนอกเป็นแบบขอบขาลงหรือเป็นแบบระดับแรงดันต่ำ

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI
-----	-----	-----	-----	-----	-----	----	----

ตารางที่ 2.4 SCON : เรจิสเตอร์ควบคุมพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย SM0, SM1 เป็นตัวกำหนดการเข้ารหัสโหมดต่างๆของพอร์ตอนุกรม ดังนี้

SM0	SM1	โหมด	ลักษณะการทำงาน	อัตราบิต
0	0	0	เลื่อนเรจิสเตอร์	$f_{osc}/12$
0	1	1	8-บิต UART	แปรผันได้ตามการเลือกตัวจับเวลา
1	0	2	9-บิต UART	$f_{osc}/64$ หรือ $f_{osc}/32$
1	1	3	9-บิต UART	แปรผัน

* UART : Universal Asynchronous Receiver/Transceiver

SM2 ควบคุมอินาเบิล การเข้ารหัสโปรเซสเซอร์หลายตัวในการสื่อสารซึ่งกันและกัน ในโหมด 2 และ 3 ถ้า SM2 เซตเป็น 1 ดังนั้น RI จะต้องไม่แอ็คทีฟ ถ้ามีการรับบิตที่เก้า ทาให้บิต RB8 นี้เป็น 0

ในโหมด 1 ถ้า SM2 เซตเป็น 1 ดังนั้น RI จะไม่แอ็คทีฟถ้า STOP บิตไม่ถูกรับในโหมด 0 SM2 ควรมีค่าเท่ากับ 0

REN ตัวอินาเบิลอนุกรมการรับ เซตเป็น '1' ด้วยโปรแกรมในการเลือกอินาเบิลการรับและเป็น '0' ด้วยโปรแกรม เมื่อให้เป็นดิสเอเบิล

TB8 เป็นข้อมูลบิตที่เก้าซึ่งจะถูกส่งในโหมด 2 และ 3 ซึ่งจะทาให้เป็น '1' หรือ '0' ได้ด้วยการโปรแกรม

RB8 ในโหมด 2 และ 3 ข้อมูลบิตที่เก้าถูกรับไป
ในโหมด 1 ถ้า SM2=0 RB8 จะกลายเป็น STOP บิตที่ถูกรับไป
ในโหมด 0 RB8 ไม่ใช้

TI เป็นแฟลกอินเตอร์รัพต์การส่ง เซตด้วยฮาร์ดแวร์คือที่สัญญาณปลายช่วงเวลาของบิตที่แปดในโหมด 0 หรือที่จุดเริ่มต้นของบิต STOP ในโหมดอื่น ในการส่งแบบอนุกรมของทุกโหมดจะต้อง เคลียร์บิตนี้ด้วยโปรแกรมหลังการส่ง

RI เป็นแฟลกอินเตอร์รัพต์การรับเซตด้วยฮาร์ดแวร์คือสัญญาณที่ปลายช่วงเวลาของบิตที่แปดในโหมด 0 หรือที่จุดครึ่งทางของช่วงบิต STOP ในโหมดอื่นในการรับแบบอนุกรม ยกเว้นกรณีใช้ SM2 จะต้องเคลียร์บิตนี้ด้วยโปรแกรมหลังการรับ

การอินเตอร์รัพต์ตัวจับเวลา 0 และตัวจับเวลา 1 จะทำงานได้ด้วยค่าของแฟลก TF0 และ TF1 ที่เซตเป็น 1 เมื่อค่าในเรจิสเตอร์ของตัวจับเวลา/ตัวนับถูกเพิ่มจากหนึ่งหมดทุกบิตกลายเป็นศูนย์หมดทุกบิต (การตั้งอินเตอร์รัพต์ของตัวจับเวลา 0 จะตั้งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

าทำงานอินเตอร์รัพต์ไม่ได้ ถ้าให้ทำงานในโหมด 3 หลังจากการเกิดอินเตอร์รัพต์ตัวจับเวลาแฟลคดังกล่าวจะถูกเคลียร์ให้เป็น 0 เมื่อฮาร์ดแวร์บนชิปเข้าทำงานในโปรแกรมบริการของการอินเตอร์รัพต์ตัวจับเวลาแล้ว

EA	X	ET2	ES	ET1	EX1	ETO	EXO
----	---	-----	----	-----	-----	-----	-----

ตารางที่ 2.5 เรจิสเตอร์การอินเตอร์รัพต์อินาเบิล : IE

สัญลักษณ์ ตำแหน่งบิต

ฟังก์ชัน

EA	IE.7	จะดีสเอเบิลการอินเตอร์รัพต์ทั้งหมด ถ้า EA=0 จะไม่มีการอินเตอร์รัพต์ในการตอบรับ ถ้า EA=1 สามารถที่จะอินเตอร์รัพต์ได้ ุดยแต่ละแหล่งอินเตอร์รัพต์จะมีอิสระานการเซตหรือเคลียร์าให้อินาเบิลแต่ละบิตก่อนได้
-	IE.6	สำรอง
ET2	IE.5	จะอินาเบิลหรือดีสเอเบิลอินเตอร์รัพต์ Overflow ของตัวจับเวลา 2 ถ้า ET=0 การอินเตอร์รัพต์ตัวจับเวลา 2 จะดีสเอเบิล
ES	IE.4	จะอินาเบิลหรือดีสเอเบิลอินเตอร์รัพต์พอร์ตอนุกรม ถ้า ES=0 การอินเตอร์รัพต์พอร์ตอนุกรมจะดีสเอเบิล
ET1	IE.3	จะอินาเบิลหรือดีสเอเบิลอินเตอร์รัพต์ Overflow ของตัวจับเวลา 1 ถ้า ET1=0 การอินเตอร์รัพต์ตัวจับเวลา 1 จะดีสเอเบิล
EX1	IE.2	จะอินาเบิลหรือดีสเอเบิลอินเตอร์รัพต์จากภายนอก 1 ถ้า EX1=0 การอินเตอร์รัพต์จากภายนอก 1 จะดีสเอเบิล
ETO	IE.1	จะอินาเบิลหรือดีสเอเบิลอินเตอร์รัพต์ Overflow ของตัวจับเวลา 0 ถ้า ETO=0 การอินเตอร์รัพต์ตัวจับเวลา 0 จะดีสเอเบิล
EXO	IE.0	จะอินาเบิลหรือดีสเอเบิลอินเตอร์รัพต์จากภายนอก 0 ถ้า EX0=0 การอินเตอร์รัพต์จากภายนอก 0 (INT0) จะดีสเอเบิล

SMOD	-	-	-	GF1	GF0	PD	IDL
------	---	---	---	-----	-----	----	-----

ตารางที่ 2.6 PCON : Power Control Register

- SMOD PCON.7 เป็นการตั้งอัตราบอดเร็วเป็นสองเท่า เมื่อเซตเป็น 1 อัตราบอดจะเป็น สองเท่าเมื่อฟอร์ตอนุกรมถูกกำหนดที่ทำงานทั้งหมด 1,2,หรือ3
- PCON.6 สำรอง
- PCON.5 สำรอง
- PCON.4 สำรอง
- GF1 PCON.3 ำใช้เป็นแฟลกปิดตามจุดประสงค์ทั่วไป
- GF0 PCON.2 ำใช้เป็นแฟลกปิดตามจุดประสงค์ทั่วไป
- PD PCON.1 ปิดการเลือกพลังงานตก ปิดนี้ถูกเซตเมื่อเลือกทำงานในโหมดพลังงานตก
- IDL PCON.0 ปิดการเลือกแบบอุดมคติ ปิดนี้ถูกเซตเมื่อเลือกทำงานในโหมดอุดมคติ

สำหรับรีจิสเตอร์ตัวนี้เราใช้บิตเดียว คือ SMOD ถ้า SMOD ="0" ค่า K=1 ถ้า SMOD="1" ค่า K=2 ใช้สำหรับการคำนวณ อัตราบอด รีจิสเตอร์ไม่สามารถใช้คำสั่ง SETB ได้เพราะฉะนั้นต้องใช้วิธีการ OR (Set)หรือ AND (Clear)

โปรแกรมการส่งข้อมูลผ่านฟอร์ตอนุกรม

เป็นการกำหนดตัว MCS 51 ใช้ฟอร์ตอนุกรมส่งข้อมูลด้วยอัตราเร็ว 9600 บอด ที่ความถี่ oscillator 11.0592 MHz โดยโปรโตคอลแต่ละข้อมูลที่ส่งจะเป็นข้อมูลขนาด 8 บิต

เริ่มต้นจาก เซตการส่งอยู่ในโหมด 1 8 บิต UART SMO,SM1=01 ดิสเอเบิล การรับข้อมูล REN=0

ตัวจับเวลา 1 จะถูกโปรแกรมเป็นแบบ auto-reload เพื่อให้ได้ 9600 บอด ค่าาน TH1=FAH(250)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$TH1 = 256 - \left(\frac{K * Osc\ Freq}{348 * baud\ rate} \right)$$

ถ้า SMOD=0, K=1

ถ้า SMOD=1, K=2

ได้ TH1 เท่ากับ FAH หรือ 250 เนื่องจากค่า SMOD เป็น 1 ค่า K เป็น 2

$$\text{อัตราบอด} = \frac{(2^{smod} * \text{อัตรา overflow ของตัวจับเวลา } 1)}{32}$$

$$= \frac{(2^{smod})}{32} * \frac{(\text{ความถี่ออสซิลเลเตอร์})}{12 * (256 - TH1)}$$

แทนค่าต่างๆเข้าไปคือ SMOD = 1
 ความถี่ออสซิลเลเตอร์ = 11.592 MHz
 TH1 = 250

จะได้อัตราบอดที่ 9600 บอดพอดี

```
; *****  
; SERIAL PORT INTERFACING OF MCS 51 SERIES  
; *****  
; PROJECT : ACCELEROMETER  
; BY: BUNDIT THARANAMAI 321156  
; VINAI KORNTRAKOONKARN 321302  
; WIYADA WONGANUSORN 321305  
;-----  
org 0000H ;Power on and Reset  
;----- Constant -----  
; BAUDRATE equ 9600 ;Bit/sec  
; K equ 2 ;SMOD =80H  
; XTAL equ 11000000 ;XTAL Freq  
; TH1 equ 250 ;#FAH  
;----- Start -----  
START: jmp 0033h  
org 0033h ;Origin of program  
;----- Initial Register -----  
INIT_REG: mov A,#00H ;Clear Accumulator  
mov PSW,#10H ;Choose Bank 2  
mov R0,#100D  
mov R1,#10D  
;----- Initial Serial Port -----  
IN_SERIAL: clr EA ;Disable Interrupt  
orl PCON,#80H ;K = 2  
mov TMOD,#20H ;8 bit reload  
mov SCON,#50H ;Serial 8 bit  
;and receive
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        mov     TH1,#0FAH   ;Set Baud Rate = 9600
        setb   TR1         ;start Timer1
;----- Generate Clock Pulse -----
        STROBE:  clr     INT0       ;Start strobe pulse
                nop         ;no operation
                nop
                set     INT0       ;End strobe pulse
                call    DELAY
                jmp     ADC_P1
;----- Delay -----
        DELAY:   djnz   R0,DELAY    ;Waiting
                mov     R0,#100D
        DELAY1: djnz   R1,DELAY
                mov     R1,#10D
                ret
;----- Receive Data From Port1 -----
        ADC_P1:  mov     A,P1       ;Save 1 byte
                mov     B,A
;----- Main Program -----
        BEGIN_MAIN:  acall  RX1BYTE
                mov     A,B
                acall  TX1BYTE
                pop     ACC
                pop     ACC
                jmp     STROBE
                jmp     END_PG
```

```
;----- Receive 1 byte from serial port -----
RX1BYTE:   jnb     RI,$           ;Wait until RI='1'
           mov     A,SBUF
           clr     RI
           ret

;----- Transmit 1 byte to serial port -----
TX1BYTE:   clr     TI
           mov     SBUF,A
           jnb     TI,$           ;wait until TI=1
           ret

;----- End Of Program -----
END_PG:    end

;-----
```

อธิบายโปรแกรม

จุดประสงค์ของโปรแกรม SERIAL PORT INTERFACING นี้คือ รับข้อมูลจาก ADC ซึ่งเป็นค่าที่วัดได้จาก Piezoelectric sensor เพื่อทำการส่งข้อมูลที่ได้นี้ไปยัง PC เพื่อประมวลผล

วิธีการส่งข้อมูลแบบอนุกรมผ่านทางพอร์ตอนุกรมของ MCS-51 โดยวิธีการส่งอนุกรม 1 โดยข้อมูลที่ส่งนี้มีขนาด 8 บิต โดยมี start bit 1 บิตและ stop bit 1 บิต เริ่มแรก จะเริ่มสร้างสัญญาณ strobe โดย disable ที่ขา INTO เพื่อส่งสัญญาณการ WRITE และ READ ให้กับ ADC เพื่อทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูล อนุกรม เป็น ดิจิตอล และอ่านข้อมูลของ ADC เข้ามาไว้ที่พอร์ต 1 แล้วนำไปเก็บไว้ที่รีจิสเตอร์ B และจะรอรับข้อมูล 1 ไบต์จาก PC ข้อมูล 1 ไบต์นี้เป็นข้อมูลใด ๆ เพื่อที่จะบอกให้รู้ว่าเริ่มส่งข้อมูลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่ได้รับข้อมูล 1 ไบต์ จากพอร์ตอนุกรมแล้ว MCS-51ก็จะนำข้อมูลที่เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ B ส่งออกทางพอร์ตอนุกรมเพื่อส่งข้อมูลไปยัง PC และจะวนกลับไปสร้างสัญญาณ Strobe เพื่อรับข้อมูลจาก ADC และทำการส่งและรับข้อมูลต่อไป

แบ่งออกเป็นส่วนๆ ดังนี้

ส่วนเริ่มต้น เป็นส่วนเริ่มของโปรแกรม เมื่อทำการ Reset หรือ Power on ก็จะมีเริ่มโปรแกรมที่นี้

ส่วนค่าคงที่ เป็นการกำหนดค่าคงที่ต่างๆ ถ้าต้องการกำหนดค่าคงที่ ก็ไว้ที่

ส่วนนี้ได้

ส่วนเริ่มต้นของCPU เป็นการกระโดดเพื่อเข้ามาตำแหน่งของ Interrupt ภายนอกเริ่มต้นโปรแกรมที่แอดเดรสที่ 0033H

ส่วนให้ค่าเริ่มต้น เป็นการให้ค่าเริ่มต้นของรีจิสเตอร์ต่างๆ และมีการเลือกใช้ Bank 2 ของรีจิสเตอร์แสดงสถานะ ใช้หน่วยความจำภายในแอดเดรส 00H-17H

ส่วนให้ค่าเริ่มต้นของพอร์ตอนุกรม เป็นการกำหนดค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องรายละเอียดที่ทฤษฎี

ส่วนสร้างสัญญาณSTROBE เป็นการสร้างสัญญาณ WRITE และ READ ให้ ADC เพื่อ ADC ทำการแปลงสัญญาณอนาลอก จาก sensor ให้เป็นสัญญาณดิจิตอล และอ่านค่าจาก ADC มาไว้ยังพอร์ต 1

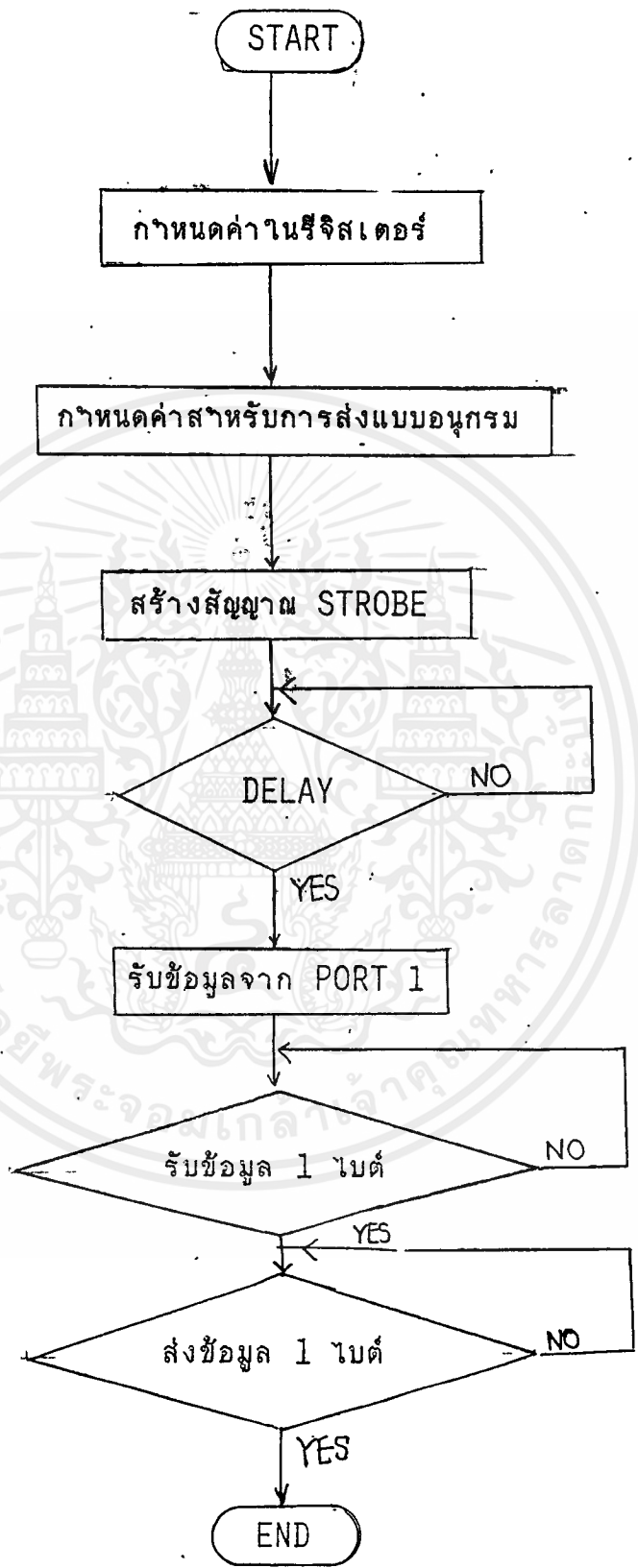
ส่วนถ่วงเวลา เป็นถ่วงเวลาประมาณ 3 ms. ก่อนทำการรับค่าเพื่อให้แน่ใจว่าค่าที่รับเข้ามานั้นถูกต้อง

ส่วนย้ายข้อมูล เป็นการย้ายข้อมูลจากพอร์ต 1 ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ B

ส่วนรับข้อมูล เป็นการรับข้อมูล 1 ไบต์จาก PC ผ่านทางพอร์ตอนุกรม รอยจะรอรับข้อมูลใดๆ เพื่อเป็นการบอกให้รู้ว่าเริ่มส่งข้อมูลได้

ส่วนส่งข้อมูล เป็นการส่งข้อมูลที่เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ B ออกไปยัง PC ผ่านทางพอร์ตอนุกรม

และเมื่อได้ทำงานครบทุกส่วนแล้ว จะวนกลับไปยังส่วนสร้างสัญญาณ STROBE อีกเพื่อทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจาก sensor และอ่านค่ามาเก็บไว้อย่างต่อเนื่อง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า. ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและหลักการทางาน

3.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องวัดความสั่นสะเทือน

ดังที่ได้กล่าวมาในบทก่อนหน้าแล้วว่าการวัดความสั่นสะเทือนนั้น สามารถแบ่ง การวัดได้เป็นสองแบบคือ วัดค่ารวม และวัดวิเคราะห์ค่าที่ความถี่ต่างๆกัน ในโครงการงาน นี้ได้วัดเป็นค่ารวมเพื่อหาระดับความสั่นสะเทือนโดยรวม

ตัวอย่างในการวัดความสั่นสะเทือนก็จะแบ่งออกเป็นสองประเภทคือ อย่างแรก การสั่นสะเทือนที่ไม่ต่อเนื่อง จะเกิดขึ้นชั่วขณะ เช่นการสั่นสะเทือนของการเกิดแผ่นดินไหว ซึ่งมีชื่อของเครื่องมือวัดว่า Seismograph จะต้องทำการวัดอยู่ตลอดเวลา เพื่อสังเกต และตรวจสอบการเกิดแผ่นดินไหว รวมทั้งโอกาสที่จะเกิดแผ่นดินไหวอีกด้วย อย่างที่สอง เป็นการสั่นสะเทือนที่ต่อเนื่องสม่ำเสมอ อันได้แก่การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรต่างๆ การวัดความสั่นสะเทือนในประเภทนี้ สามารถวัดเพื่อดูค่าระดับความสั่นสะเทือนเมื่อใดก็ได้ ไม่ต้องคอยตรวจสอบตลอดเวลา ตัวอย่างเครื่องมือวัดประเภทนี้คือ Vibration Meter และ Accelerometer

ในโครงการงานนี้จะกล่าวถึงการวัดความสั่นสะเทือนแบบต่อเนื่อง และเป็นการวัด ค่ารวม จะบอกถึงระดับความสั่นสะเทือน ของตัวอย่างที่วัดนั้นๆ ตัวอย่างที่นำมาวัด โดยมากคือ เครื่องจักร เครื่องยนต์ ซึ่งจะมีการสั่นสะเทือนที่ต่อเนื่องและมีการเปลี่ยนแปลงระดับความสั่นสะเทือนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้ยังใช้วัดความสั่นสะเทือนต่างๆได้อีกด้วย เช่น การแกว่งของมือ, แขน, จากแรงกระแทก เป็นต้น

การวัดความสั่นสะเทือนและสามารถนำไปใช้งานได้นั้น จำเป็นต้องมีการเก็บ ข้อมูลเอาไว้ และนำข้อมูลจากการวัดมาเปรียบเทียบได้ เพื่อจะพิจารณาถึงความเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้น ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น การศึกษาวิจัย, การบำรุงรักษา เครื่องจักร ดังที่ได้กล่าวเอาไว้ในบทที่ 1

3.2 หลักการทำงานทั่วไป

โครงการานนี้มีชื่อว่า เครื่องวัดความสั่นสะเทือนด้วยผลึกพิไรซออิเล็กทรอนิกส์ กล่าวคือ เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดความสั่นสะเทือนด้วย เซนเซอร์แบบผลึกพิไรซออิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะวัดค่าความสั่นสะเทือนได้ในหน่วย g (gravity : $1g = 9.80665 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) มีช่วงการวัดตั้งแต่ 0 ถึง 50 g

เมื่อเซนเซอร์แบบผลึกพิไรซออิเล็กทรอนิกส์ ได้รับแรงกระแทก หรือมีแรงกดต่อเซนเซอร์ ก็ให้ค่าประจออกมาเล็กน้อยขึ้นกับแรงที่กระทำ ประจุไฟฟ้าที่ได้จะผ่านวงจรเพื่อให้อุปกรณ์แปลงเป็นแรงดันออกมา แรงดันที่ได้จะมีค่าน้อยมากจึงต้องผ่านวงจรขยายสัญญาณและวงจรกรองความถี่ เพื่อให้ได้ระดับแรงดันที่มาตรฐานและความสั่นสะเทือนอยู่ในช่วงความถี่ที่ต้องการ วงจรที่กล่าวถึงนี้จะรวมอยู่ใน Coupler แรงดันจาก Coupler จะผ่านวงจรเอมูเตอเพื่อแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล และส่งข้อมูลแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ไปยังคอมพิวเตอร์ โดยผู้ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ MCS-51 เพื่อให้คอมพิวเตอร์รับค่าข้อมูลนั้นและนำค่ามาประมวลผล หาค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย ของช่วงการวัด รวมถึงแสดงกราฟ การเก็บข้อมูล และการเปรียบเทียบข้อมูล

สาเหตุที่เลือกใช้การส่งข้อมูลแบบอนุกรมเพราะว่าในการนำเครื่องวัดความสั่นสะเทือนไปใช้งานจริงนั้น คอมพิวเตอร์จะติดตั้งอยู่ในห้องควบคุมส่วนเครื่องจักรที่ต้องการวัดจะอยู่ห่างออกไป เซนเซอร์และอุปกรณ์การวัดกับส่วนประมวลผลและแสดงผลจะอยู่ห่างกัน จึงต้องใช้การสื่อสารที่สามารถส่งข้อมูลในระยะทางไกลได้โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเรื่องสายนำสัญญาณซึ่งต้องการเพียง 3 เส้นเท่านั้น คือ TXD, RXD และ GND. ในมาตรฐานการสื่อสารแบบ RS-232 จะมีการปรับแรงดันให้เป็น $\pm 15 \text{ Vdc}$ เพื่อให้สื่อสารในระยะทางที่ไกลขึ้นได้

ส่วนประกอบต่างๆของเครื่องวัดความสั่นสะเทือนมีดังนี้

1. Acceleration Sensor

Acceleration Sensor ที่ใช้ในการทดลองนี้มีชื่อทางการค้าว่า Piezo เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BEAM Accelerometer แบบ 8630B50 ลักษณะเด่นก็คือ มีขนาดกระทัดรัด น้ำหนักเบา มีความไวในการทำงานสูง ซึ่งลักษณะเหล่านี้มีความสำคัญในการวัดความสั่นสะเทือน และการเปลี่ยนแปลงทางกล

เป็น acceleration sensors ที่มีความไวสูง และมีการขยายประจุภายในตัวมีเอาต์พุตแบบ low-อิมพีแดนซ์ เหมาะสำหรับการนำไปใช้งานวิเคราะห์, ตรวจสอบ เพราะมีความไวสูงถึง 100 mV/g ทั้งที่มีขนาดเล็ก (น้อยกว่า 5 กรัม) วิธีการวัดคือให้ตัว acceleration sensor ติดกับวัตถุที่ต้องการวัดได้โดยตรง

หน่วยในการวัดค่าความสั่นสะเทือนคือค่า g (gravity)

$$1 \text{ g} = 9.80665 \text{ m.s}^{-2}$$

$$\text{หรือ } 1 \text{ ms}^{-2} = 0.1019 \text{ g}$$

การทำงาน

แรงสั่นสะเทือนที่ถูกทำให้เกิดขึ้น ในแนวตั้งฉากกับ Accelerometer ที่ติดอยู่กับฐานนั้นจะถูกเปลี่ยนแปลงเป็นสัญญาณประจุ ที่เป็นสัดส่วนกันโดยวัสดุที่เป็นแผ่นสำหรับตรวจจับ และสัญญาณประจุนี้จะถูกเปลี่ยนแปลงภายในให้มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย วงจรขยายขนาดเล็กซึ่งจะได้เป็นแรงดันที่มีค่าอิมพีแดนซ์ต่ำ

การใช้งาน

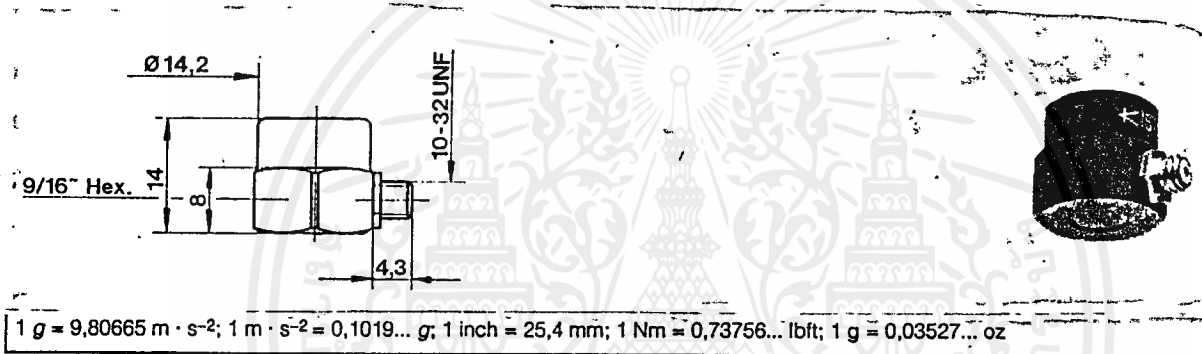
เนื่องจาก Piezo Beam Accelerometer มีน้ำหนักเบา โครงสร้างเล็ก ความไวสูงจึงเหมาะอย่างยิ่งในการวิเคราะห์กับการตรวจสอบ ทดสอบ การ Vibration Oscillation ในโครงสร้างทางกล

ลักษณะ

Piezo Beam Accelerometer ประกอบด้วย Transducer โครงสร้างที่เป็น Aluminium แข็ง, มีผลึก Piezoelectric ภายในและส่วนขยายประจุและ Piezo Beam Accelerometer ต้องต่อกับ Coupler ซึ่งเป็น Supply และตัวกำเนิดสัญญาณให้กับ Transducer สำหรับสายที่เชื่อมต่อเชื่อมระหว่าง PiezoBeam กับ Coupler เป็นสาย Coaxial ธรรมดา (ไม่จำเป็นต้องใช้สายที่มี high insulating และสัญญาณรบกวนต่ำ) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

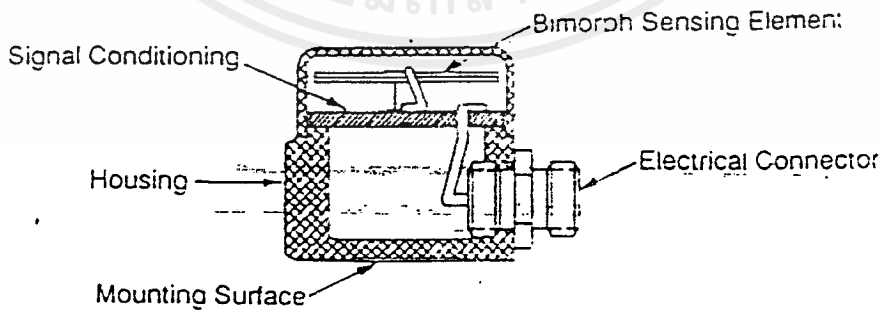
ลักษณะโดยทั่วไป

- น้ำหนักเบา
- ความไวสูง
- ให้ค่าถูกต้อง
- ความไวต่อความเค้นที่ฐานต่ำ
- ทนต่อสภาวะแวดล้อมที่ต่างกัน



Kistler Instrumente AG, CH-8408 Winterthur, Switzerland, Tel. (052) 83 11 11 Kistler Instrument Corp., Amherst, NY 14228-2171, USA, Phone (716) 691-5

รูปที่ 3.1 Accelerometer



รูปที่ 3.2 แสดงภาคตัดขวางของ Accelerometer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะเฉพาะ

Type		8630 B50
Range	g	0 ... 50
Overload vibration	g	80
shock(≤ 0.2 ms)	g	10,000
Sensitivity	mV/g	100
at 100 Hz 3 g _{rms}		
Time constant	s	1
Resonant frequency(mount)	kHz	22
Frequency range	Hz	0.5 ... 5k
Operating temperature range	C	0 ... 65
Temperature coefficient of sensitivity	%/°C	+0.02
Supply current	mA	2 ... 18
Supply voltage	VDC	20 ... 30
Output impedance		<100
Input impedance	K	>100
Output voltage,full scale	V	5
Output current	mA	2
at 4 mA supply		
Mass	g	4.5
Ground insulation	M	10
Housing material	Aluminium hard anodized	

การติดตั้ง

ใช้ Petro wax กับ Accelerometer เพื่อติดกับเครื่องจักรในส่วนที่ต้องการวัดจะทำให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ติดตั้งตามลักษณะดังรูป ต้องติดบนพื้นผิวเรียบและระมัดระวังไม่ให้ Accelerometer หล่นมาได้ เพราะจะทำให้ Accelerometer เสียหาย

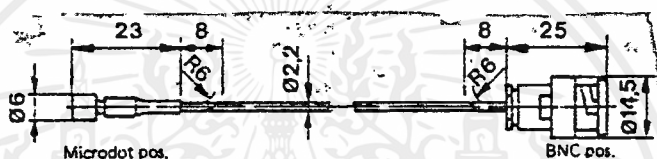
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับผูกพันไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผิวที่ติดนั้นต้องราบเรียบ และต้องตั้งฉากกับ Accelerometer ต้องสะอาดไม่ชื้นหรือมีเศษของคราบมันต่างๆ

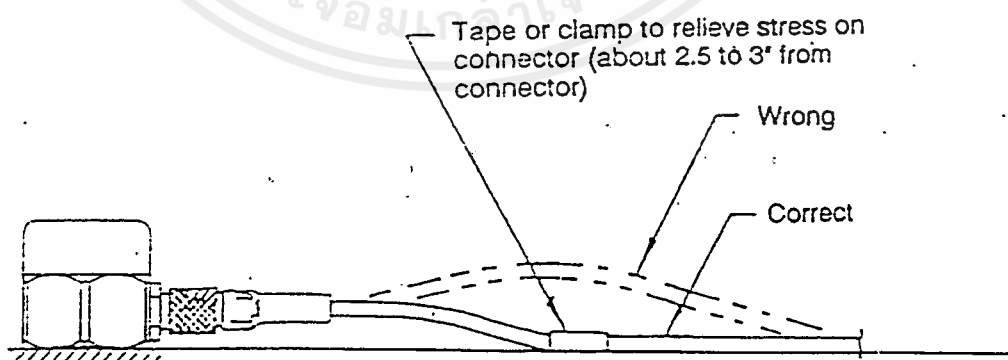
2. สายเคเบิล

สำหรับ Accelerometer แขนเดี่ยว ในที่นี่เราเลือกใช้สายเคเบิล ชนิด 1761 A2 ความยาว 2 เมตร เชื่อม Accelerometer Coupler เป็นสายโรคแอกเซียน ซึ่งมีความต้านทานของฉนวนซึ่งมีค่าคาปาซิแตนซ์ต่ำ ในช่วงอุณหภูมิ -5-70 องศาเซลเซียส



รูปที่ 3.3 Cable

การติดสายเคเบิล ต้องอยู่ใกล้ๆกับ Accelerometer อยู่บนผิวเดียวกันจะช่วยลดการเคลื่อนที่ระหว่าง Accelerometer connector กับ สายเคเบิลดังรูป



รูปที่ 3.4 แสดงการติดสายที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูแลรักษา

ต้องคอยระมัดระวังไม่ให้ Accelerometer ตก ส่วนconnectorและผิว- ต้องสะอาดปราศจากไขมันหรือคราบมัน พื้นผิวของAccelerometer มีสารเคลือบไว้ ซึ่ง ทำให้Accelerometerนี้มีความเหนียวแต่ถ้าเพราะ การทำความสะอาดให้ใช้ Freon TF spray นี้อทำความสะอาด และต้องระวังไม่ให้ถูกของมีคม เช่น ไขควง มีด เพราะ จะทำให้เกิดรอยที่ Accelerometerได้

เมื่อไม่ใช้ Accelerometer แล้วต้องเก็บไว้ในกล่องอุปกรณ์ตลอดเวลา

3.PiezoTron Coupler

ควอทซ์ทรานสดิวเซอร์ จะเปลี่ยนแปลงตัวแปรทางกลของความดัน แรง และ การสั่นสะเทือน ำให้กลายเป็น ประจุไฟฟ้า ประจุที่เกิดขึ้นนี้เป็นสัดส่วนกับแรงที่เกิดขึ้นบน ผลึกคริสตัลล์

วงจรรีเลคทรอนิกส์ขนาดเล็กลูกสร้างไว้ในตัวของทรานสดิวเซอร์ ซึ่งจะ เปลี่ยนสัญญาณประจุที่มีค่าอิมพีแดนซ์สูง ซึ่งกำเนิดโดยผลึกคริสตัลล์ให้กลายเป็นสัญญาณแรงดัน ระดับสูงที่มีค่าอิมพีแดนซ์ทางเอาท์พุทต่ำกว่า 100 โอห์ม สามารถใช้ได้กับสายเคเบิล เดี่ยว สายเคเบิลคู่หรือโคแอกเซียล ระหว่างทรานสดิวเซอร์ กับ couplerที่อยู่ไกลออกไป

การเปลี่ยนแปลงในการวัดการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ จะเป็นที่ยอมรับกัน มาก ในทางอุดมคติไม่ว่าสายเคเบิลจะมีความยาวมาก หรือมีการเคลื่อนที่ หรือในที่ที่มีความชื้นสูงหรือแม้แต่บรรยากาศที่เป็นพิษ ก็สามารถใช้อุปกรณ์เหล่านี้ได้อยู่ เครื่องมือนี้จะ กำจัดปัญหาต่างๆ ของ High impedance และให้ค่าความถี่ตอบสนองในช่วงที่ได้ออกมา

ระบบการวัดของ PiezoTron

ระบบการวัดของ PiezoTron จะประกอบด้วยทรานสดิวเซอร์ ที่มีวงจรรีเลค ทรอนิกส์อยู่ภายใน ,coupler ,อุปกรณ์ที่ใช้อ่านค่าและสายเคเบิลที่เหมาะสม

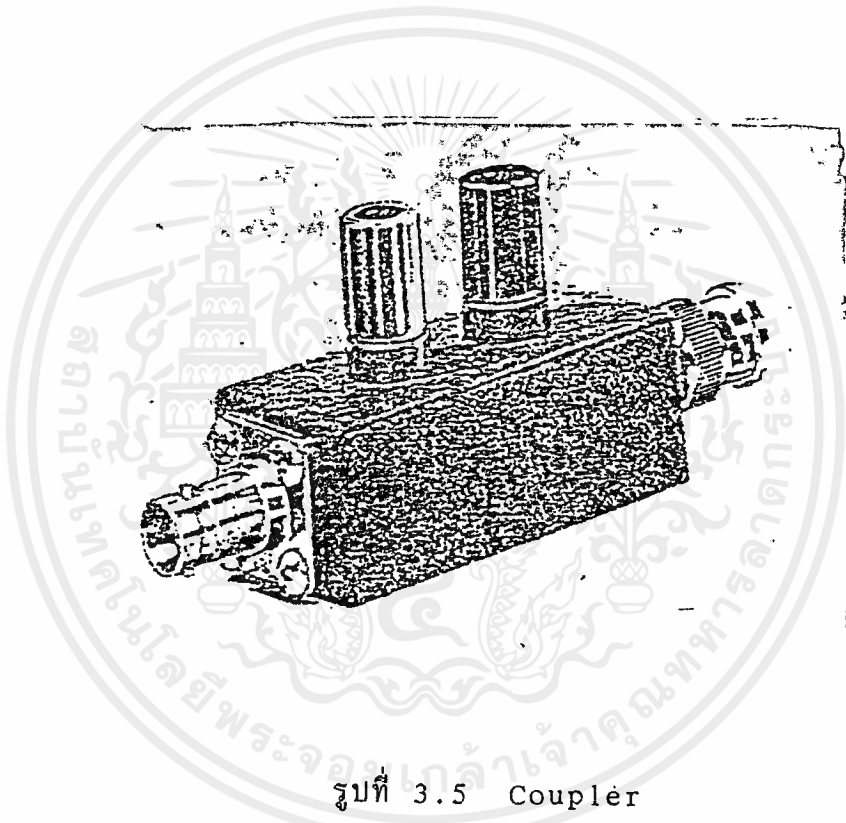
จุดประสงค์หลักของ coupler ในระบบการวัด คือ เป็นแหล่งจ่ายให้กับ PiezoTron ทรานสดิวเซอร์ ซึ่งมีค่ากระแสคั่งที่และส่งสัญญาณจาก ทรานสดิวเซอร์ไปยัง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์อ่านค่าซึ่งต่ออยู่ด้วยกัน การต่อนี้สามารถเป็นได้ทั้ง AC และ DC ขึ้นอยู่กับชนิดของ coupler ที่เลือกมา

ทรานสดิวเซอร์ต้องได้รับกระแสคงที่ระหว่าง 2-18 mA จาก coupler ค่าระดับคงที่ของกระแสสามารถคำนวณจากความยาวสายเคเบิลที่เข้า

Coupler ชนิดที่เลือกมาใช้

แบบที่ 5108 จะเป็นแหล่งจ่ายที่มีค่ากระแส สำหรับตัวเปลี่ยนแปลงอิมแดนซ์ ภายนอกตัวทรานสดิวเซอร์ สำหรับตัว coupler นั้นต้องการแหล่งจ่าย DC 24-32 โวลท์



ลักษณะ เฉพาะ

Input Characteristics

Constant Feed Current	mA	4
Full Scale Signal	V _{pp}	20

Transfer Characteristics

Gain	1
------	---

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Frequency Response 5% Hz .07-*

(with 1 meg load & 10 V_{pp})

Input/Output Coupling AC

Output Characteristics

Full Scale Signal Voltage V_{pp} 20

Current mA -

Impedance 100 in series
w/ 47 μF

DC output offset V -

Noise V_{rms} -

Power Source external
24-32 V DC
4 mA

Physical

Size LxHxW in 3.8x1.7x1.1

Weight g 65

Connectors

Input BNC (neg)

Output BNC (pos)

Power banana jacks

Front Panel Meter no

Enviromental

Operating temperature °C 0 to 50

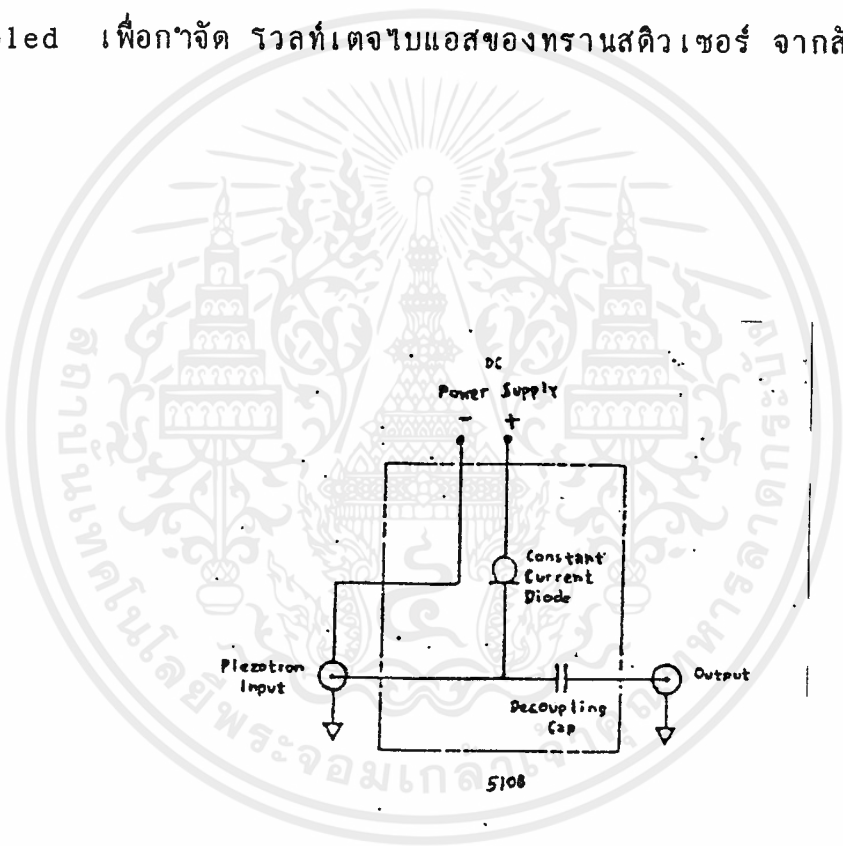
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*การตอบสนองความถี่สูง สามารถคำนวณได้จากกระแส ระดับสัญญาณ ความยาวของสายเคเบิล ตามสมการ

$$f_{max} \text{ {kHz}} = \frac{.32 \times (\text{piezo. input current {mA}} - 1 \text{ {mA}})}{\text{cable capacitance {\mu F}} \times (\text{signal amplitude {V}_{pp}})}$$

การทำงาน

Coupler ประกอบด้วย current diode ที่จำกัดกระแสไว้ที่ 4 mA เป็น AC coupled เพื่อจำกัด โวลท์ที่ตกโบนแอสของทรานสดิวเซอร์ จากสัญญาณที่วัดได้ ตามรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.6 Block diagram

การติดตั้ง

Coupler จะถูกติดตั้งไว้ในที่ที่ปลอดภัย จะต้องระมัดระวังไม่ให้อุณหภูมิเกินที่กำหนดไว้ และต้องไกลจาก shock และการสั่นที่มากเกินไป สายสัญญาณต้องอยู่ในเส้นทางที่จะต้องหลีกเลี่ยงเสียงจากการรบกวนที่ไม่จำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูแลรักษา

Coupler ไม้จำเป็นต้องมีการดูแลตลอดเวลาเพียงแต่ต้องเก็บไว้ในที่ที่สะอาด ไม้มีความชื้น และทำความสะอาดด้วย Freon TF spray เท่านั้น

4. วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

ในครงงานนี้ใช้ชิพเบอร์ ADC 0804 ซึ่งเป็นแบบ Successive Approximation ขนาด 8 บิต มีระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงที่พอเหมาะคือ ประมาณ 100 uSec เพราะเซนเซอร์ที่ใช้สามารถรับค่าข้อมูลได้ในช่วงความถี่ 0.5 ถึง 5000 Hz หรือ 0.2 ms ถึง 2 Sec และนอกจากนี้ยังมีข้อดีอื่นๆดังนี้

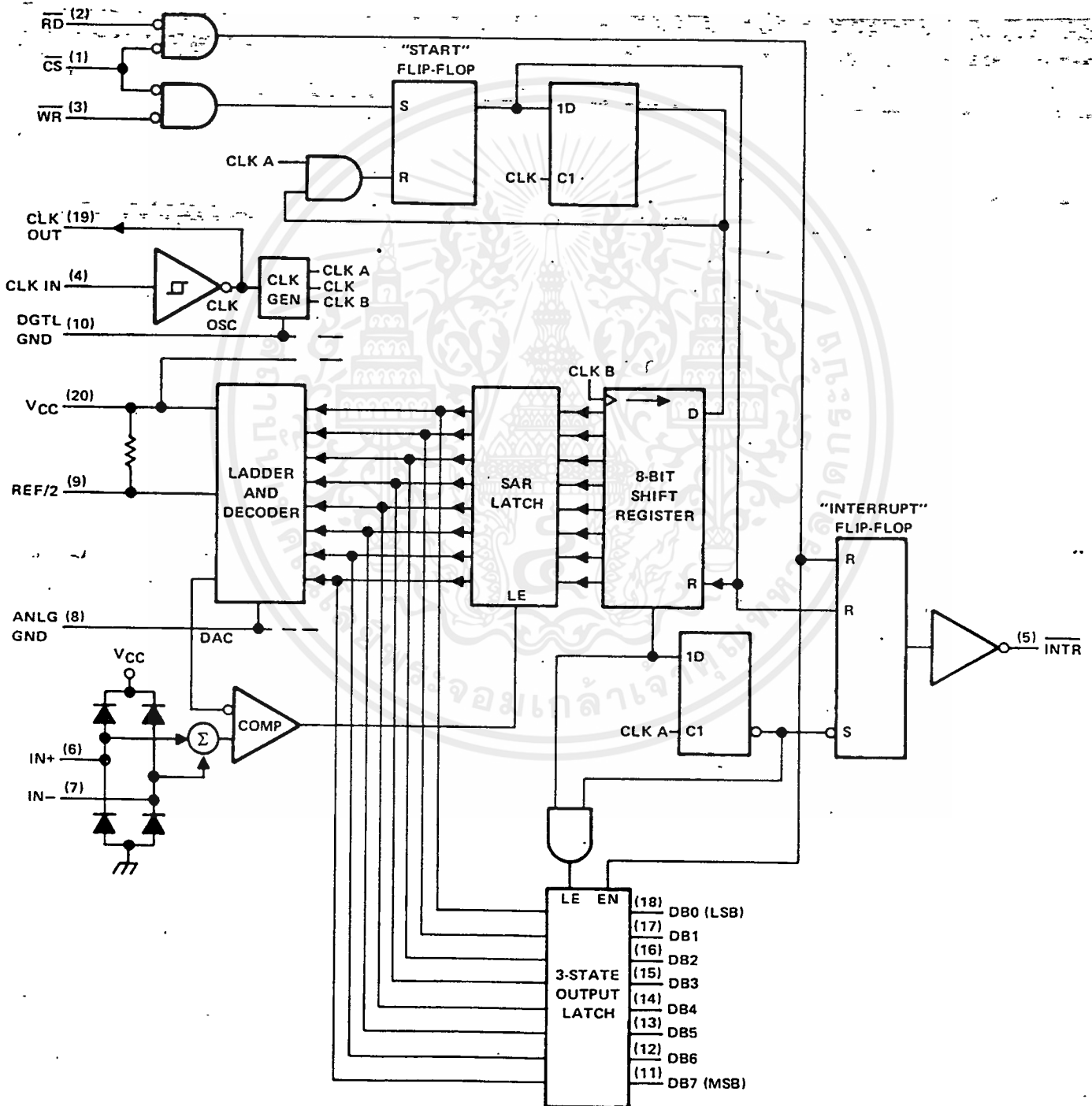
- สามารถเชื่อมต่อเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างสะดวก ไม้ต้องเพิ่มอุปกรณ์อื่นๆอีก และมี access time 135 nS
- สามารถวัดค่า analog input ที่ต่างระดับกันได้
- สามารถต่อรวมได้ทั้งอุปกรณ์แบบ MOS และ TTL
- มีแรงดันอ้างอิงที่ 2.5 V
- สามารถสร้างคล็อกได้ด้วยตัวเอง
- สามารถรับอินพุตได้ในช่วง 0-5 โวลต์
- ปรับ zero เองโดยอัตโนมัติ
- มีค่าความผิดพลาด ± 1 LSB
- ทำงานได้ที่อุณหภูมิสูงถึง 125 °c

ขั้นตอนการทำงานของวงจรเอทูดี้เป็นดังนี้ (ดูรูปที่ 3.7)

ADC จะรับอินพุตเข้าทางขาที่ 6 คล็อกภายในของ ADC จะเป็น 640 Hz ด้วยการกำหนดค่าความต้านทาน 10 K และ ค่าเก็บประจุ 150 pF (ดูรูปในภาคผนวก) ซึ่งจะทำให้ได้ระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงที่ประมาณ 100 us อดยให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ให้สัญญาณ WR แก่เอทูดี้เพื่อเริ่มการเปลี่ยนแปลงค่าอนาลอกอินพุต ในช่วงการเปลี่ยนแปลงนี้ จะไม่สามารถรับค่าข้อมูลดิจิตอล เพราะหากรับข้อมูลเข้าไปจะเป็นข้อมูลที่ผิดพลาด ดังนั้นจึงต้องมีการป้องกันคือต่อขา RD กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อจะรับข้อมูลได้ต่อเมื่อการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารหลวงวิเสสหรือการสงวนเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิใช่ข้อมูลที่เป็นลิขสิทธิ์หรือข้อมูลทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

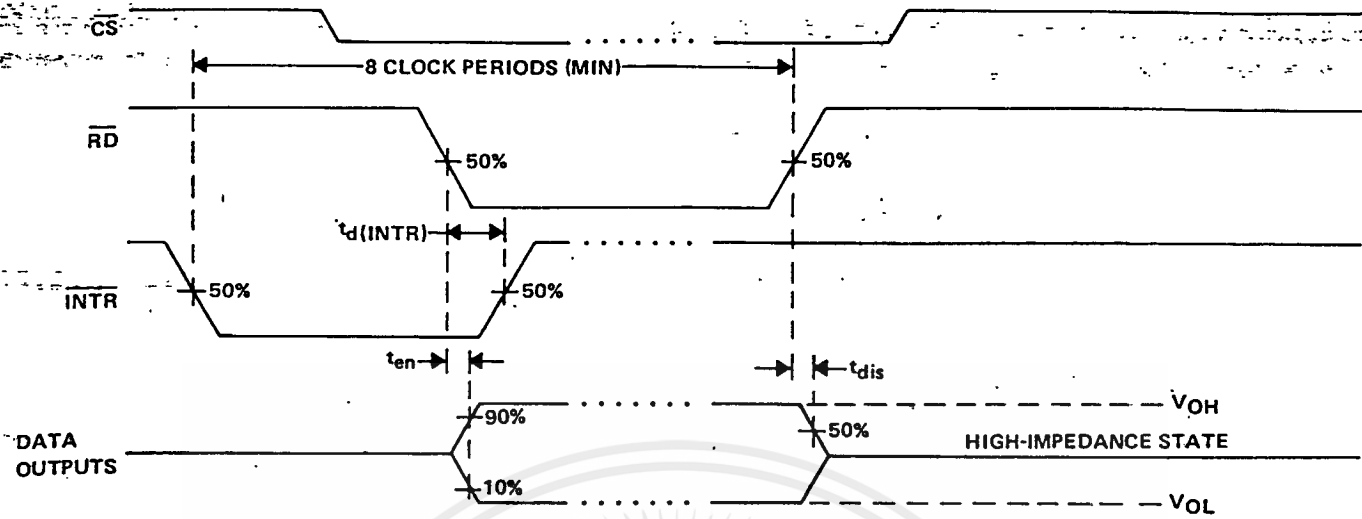
แปลงเสร็จสิ้นไปแล้วนั้นคือจะต้องมีการหน่วงเวลาไม่ต่ำกว่า 100 μ s แล้วจึงให้สัญญาณ RD แก่เอาต์เพื่อทำการรับข้อมูลจากเอาต์ที่ผู้ไมโครโปรเซสเซอร์ เพราะว่าสัญญาณข้อมูลโดยปกติจะมีสถานะเป็น High Impdance หรือ TRI STATE ซึ่งไม่สามารถรับข้อมูลได้จนกว่าจะมีสัญญาณ RD ให้แก่เอาต์ เมื่อรับข้อมูลได้แล้วอาจจะมีการหน่วงเวลาอีกเพื่อให้ได้คาบเวลาการสุ่มตามที่ต้องการ



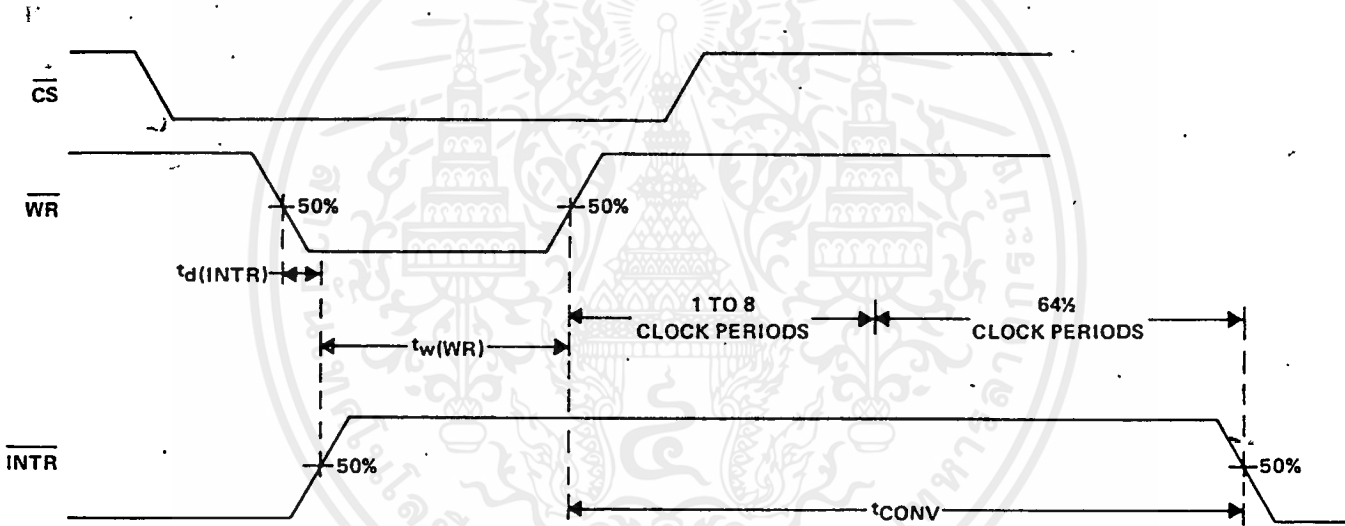
รูปที่ 3.7 แสดงบล็อกไดอะแกรมของเอาต์เบอร์ ADC 0804

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



READ OPERATION TIMING DIAGRAM



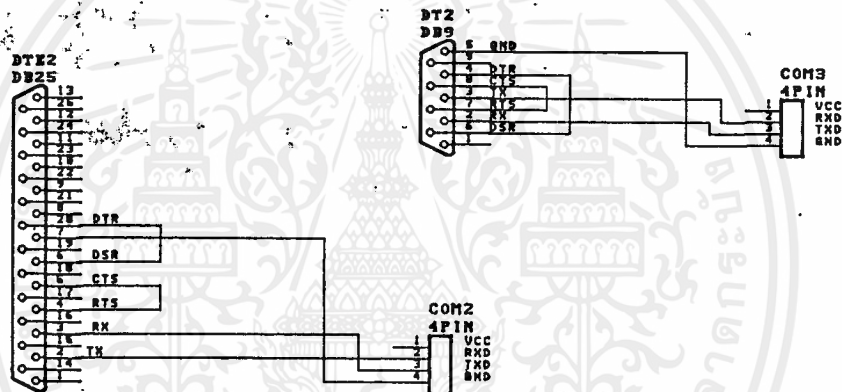
WRITE OPERATION TIMING DIAGRAM

รูปที่ 3.8 แสดง Timing Diagrams ของ ADC 0804

5. ไมโครโปรเซสเซอร์ MCS 51

ในโครงการนี้ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ MCS 51 เบอร์ 8031 ทำการรับข้อมูลจากเอ็ดดีและทำการจัดรูปแบบข้อมูลให้เป็นแบบอนุกรมตามมาตรฐาน RS 232 และส่งไปยังคอมพิวเตอร์ IBM PC ประมวลผลและแสดงผลต่อไป โดยใช้อัตราบิตที่ 9600 การให้ค่าเริ่มต้นแก่ MCS 51 ได้กล่าวไว้ในรายละเอียดของบทที่ 2 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อสายสัญญาณ RS 232 ระหว่าง MCS 51 และคอมพิวเตอร์ใช้เพียงสามเส้นเท่านั้นคือ RXD, TXD และ GND ทั้งนี้เพื่อความสะดวกและประหยัดสายนำสัญญาณ ในกรณีที่ต้องใช้สายนำสัญญาณที่ยาว uly จะไม่เกิดความผิดพลาดในการส่งข้อมูลขึ้นมา เพราะได้ต่อขาสัญญาณที่ต้องตรวจสอบข้อมูลของคอมพิวเตอร์ไว้ด้วยกัน (โดยต่อขา RTS กับ CTS และขา DSR กับ DTR) รูปที่ 3.9 แสดงการต่อคอนเนคเตอร์ทั้งแบบ 25 ขาและ 9 ขา



รูปที่ 3.9 แสดงการต่อขาสัญญาณ RS 232

สำหรับวงจรที่ำชำนการขับแรงดัน เพื่อส่งสัญญาณอนุกรม uly แสดงในภาคผนวก คือจะมีวงจรที่ปรับระดับแรงดันที่เหมาะสมเพราะสัญญาณ TXD และ RXD สำหรับการส่ง และรับข้อมูลอนุกรมมีระดับสัญญาณ TTL แต่สัญญาณแรงดัน RS 232 ของจะอยู่ในช่วง ± 15 โวลต์ จึงต้องมีวงจรอินเตอรพีสเพื่อจัดระดับสัญญาณให้เหมาะสม จากวงจรที่แสดง สามารถปรับระดับสัญญาณได้ ± 8 โวลต์ ซึ่งเพียงพอกับการสื่อสารข้อมูลในระยะที่ไม่ไกลนัก

6.แหล่งจ่ายแรงดัน

งานเครื่องวัดความชื้นสะท้อนเครื่องนี้ได้จัดทำแหล่งจ่ายให้แก่วงจรด้วย คือ มีแหล่งจ่ายสองระดับแรงดัน 30 โวลต์ให้กับ Coupler และ 5 โวลต์ ให้กับวงจรเอพูดี และ MCS 51 โดยใช้หม้อแปลงขนาด 24 Vac และ 9 Vac มาผ่านวงจรบริดจ์และเรกติไฟส์จะได้แรงดันระดับ 33 Vdc ผ่านวงจรเรกกูเลเตอร์ (เบอร์ LM317) ได้แรงดันประมาณ 30 Vdc เพื่อเป็นแหล่งจ่ายให้กับ Coupler (ต้องการระดับแรงดัน 24 ถึง 32 Vdc) และแรงดันระดับ 12 Vdc ผ่านวงจรเรกกูเลเตอร์เบอร์ LM 7805 ได้ระดับแรงดันที่ 5 Vdc เพื่อเป็นแหล่งจ่ายให้แก่วงจรเอพูดี และวงจร MCS 51 (ดูรูปวงจรในภาคผนวก)

การคำนวณค่าความต้านทานที่ใช้กับวงจรเรกกูเลเตอร์เบอร์ LM 317 ดูจากตารางนี้ จะมีสมการคือ

$$V_o = 1.25 V \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{adj} * R_2$$

สามารถละค่า I_{adj} ได้เพราะมีค่าน้อยมาก (เป็น uA)

เมื่อ $R_1 = 240$ โอห์ม

$R_2 = 5.6$ Kโอห์ม

จะได้ $V_o = 30$ โวลต์

สำหรับ LM 7805 เป็นเรกกูเลเตอร์ที่ให้ค่าเอาต์พุตเป็น 5 โวลต์โดยต้องให้โวลเตจอินพุตมากกว่า 8 โวลต์ เพราะจะเกิดโวลเตจตกคร่อมตัวเรกกูเลเตอร์ประมาณ 3 โวลต์ หากป้อนแรงดันอินพุตน้อยกว่านี้อาจทำให้ได้เอาต์พุตไม่ถึง 5 โวลต์ ทำให้วงจรเอพูดี และ MCS 51 ทำงานผิดพลาดหรืออาจไม่ทำงานได้

3.3 การเขียนโปรแกรมภาษา ซี ในการสื่อสารแบบอนุกรม

การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมอะซิงโครนัส

ก่อนที่จะได้เรียนรู้ของการทำงานของพอร์ตแบบอนุกรมนั้น ควรจะทำความเข้าใจเกี่ยวกับการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (asynchronous) เสียก่อน ในการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสนั้น ข้อมูลจะถูกส่งผ่านพอร์ตแบบอนุกรมครั้งละ 1 บิต ซึ่งแตกต่างจากการส่งแบบขนาน ซึ่งส่งครั้งละ 1 ไบต์ และระยะเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสแต่ละไบต์นั้นไม่จำเป็นต้องเท่ากัน จึงได้ชื่อว่าการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

ในการส่งผ่านพอร์ตข้อมูลแบบอนุกรมนั้น ข้อมูลแต่ละไบต์จะประกอบด้วย

1. บิตเริ่มต้น (start bit) 1 บิต
2. บิตข้อมูล (data bit) 7 หรือ 8 บิต
3. พาริตีบิต (parity bit) (จะมีหรือไม่ก็ได้)
4. บิตสิ้นสุด (stop bit) 1 หรือ 2 บิต

สถานะของสายส่งในขณะที่ไม่มีสัญญาณจะมีสถานะสูง ข้อมูลบิตใดที่มีค่า 0 จะทำให้สายส่งมีสถานะต่ำ ข้อมูลบิตใดที่มีค่า 1 จะทำให้สายส่งมีสถานะสูงอยู่ เช่นเดิม บิตเริ่มต้นใช้สำหรับบอกจุดเริ่มต้นของไบต์ข้อมูล โดยทำให้สถานะของสายส่งมีค่าต่ำเป็นเวลา 1 รอบ จากนั้นจะเป็นบิตของข้อมูล ตามด้วยพาริตีบิต ซึ่งจะมีหรือไม่ก็ได้ สุดท้ายคือบิตสิ้นสุด ซึ่งจะมี 1 หรือ 2 บิตก็ได้ขึ้นกับว่าต้องการชำระเท่าไร

พาริตีบิตหากมีในไบต์ข้อมูล ก็จะทำหน้าที่ตรวจเช็คความผิดพลาดของข้อมูล พาริตีมีค่า 2 อย่างคือ เป็น คู่ หรือ คี่ (even or odd) ถ้าเป็นคู่หมายความว่า เมื่อรวมพาริตีบิตแล้ว จำนวนบิตข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 มีจำนวนคู่ และถ้าเป็นคี่หมายความว่า เมื่อรวมพาริตีบิตแล้วจำนวนบิตข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 มีจำนวนคี่

อัตราการส่งข้อมูลมีหน่วยเป็น อัตราบิต (baud , bit per second) ค่าอัตราบิต ที่ต่ำสุดที่ใช้กันคือ 300 บิต ซึ่งจะใช้กันในรุ่นเก่า ส่วนเครื่องคอมพิวเตอร์ระดับ IBM PC สามารถใช้ค่าอัตราบิต ได้สูงถึง 9600 บิต และ 19200 บิต

มาตรฐาน RS-232

การที่จะเข้าใจว่าปัญหามากมายที่เกิดขึ้นกับพอร์ตแบบอนุกรมนั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร และทำไมถึงเกิดขึ้นได้ จะต้องเข้าใจถึงมาตรฐานของการสื่อสารแบบอนุกรมอะซิงโครนัสของ RS-232 มากพอสมควร

พอร์ตแบบอนุกรมส่วนใหญ่ จะรูปร่างขึ้นอยู่กับมาตรฐานของ RS-232 คือมีขา 25 ขาที่คอนเน็กเตอร์แต่ละปลายสายส่ง แต่ถึงแม้ว่าจะมีขาคำนวณเท่ากัน แต่พอร์ตส่วนใหญ่จะมีสัญญาณที่ไม่เหมือนสัญญาณของ RS-232 ทั้งหมด เพราะว่าบางสัญญาณไม่จำเป็นต้องใช้ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

สัญญาณ	ชื่อย่อ	หมายเลขขา
Request to send	RTS	4
Clear to send	CTS	5
Data set ready	DSR	6
Data terminal ready	DTR	20
Transmit data	TxD	2
Receive data	RxD	3
Ground	GRD	7

ตารางที่ 3.1

สัญญาณทั้งหมดมีมากกว่านี้ เพราะว่าแรกเริ่มนั้น พอร์ตอนุกรมถูกออกแบบมาเพื่อใช้งานร่วมกับรมเต็ม ดังนั้นเมื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์อื่น บางสัญญาณจึงไม่จำเป็น เพราะสัญญาณเหล่านี้ มีใช้เพื่อเป็นข้อตกลงระหว่างรมเต็มในคอมพิวเตอร์ว่า

1. คอมพิวเตอร์จะไม่ส่งข้อมูลให้กับรมเต็ม ก่อนที่รมเต็มจะพร้อมส่งข้อมูล
2. คอมพิวเตอร์จะไม่อ่านข้อมูลจากรมเต็ม ก่อนที่รมเต็มจะพร้อม

ความผิดพลาดของกรอบข้อมูล

ความผิดพลาดของกรอบข้อมูล (framing error) คือความผิดพลาดของการส่งข้อมูล ที่เกิดจากสัญญาณนาฬิกา (clock) ที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทั้งสองด้านมีเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าไม่เท่ากัน เพราะว่าจากการทำงานของพอร์ตอนุกรม เมื่อพอร์ตอนุกรมได้รับบิตเริ่มต้น ก็จะสุ่มอ่านค่าจากส่วนรับข้อมูลจาก 1 ครั้งต่อ 1 รอบ เพื่ออ่านบิตต่อไป ซึ่งระยะเวลาในการสุ่มอ่านแต่ละรอบกำหนดได้จาก อัตราบิต ถ้าหากว่าคอมพิวเตอร์ทั้งสองเครื่องมีสัญญาณนาฬิกาไม่ตรงกัน คอมพิวเตอร์ด้านรับก็จะอ่านข้อมูลจากส่วนรับข้อมูลของตนช้าเกินไป หรือเร็วเกินไปก่อนที่จะข้อมูลจะถูกส่งมาจากคอมพิวเตอร์ด้านส่ง ทำให้เกิดเฟรมมิ่ง เออร์เรอร์ขึ้น

ฮาร์ดแวร์แฮนด์เชกกิ้ง

ฮาร์ดแวร์แฮนด์เชกกิ้ง (hardware handshaking) คือวิธีที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมผ่านพอร์ตอนุกรม โดยจะต้องตรวจสอบสถานะของคอมพิวเตอร์ด้านการรับข้อมูลว่าพร้อมที่จะมีการรับข้อมูลหรือไม่ เมื่อคอมพิวเตอร์ด้านพร้อมที่จะส่งข้อมูลให้ ดังนั้นข้อมูลจะต้องไม่ถูกส่งออกไปจนกว่าสัญญาณพร้อมรับข้อมูลจะถูกกลับมาจากคอมพิวเตอร์ด้านรับ สัญญาณพร้อมรับข้อมูลของคอมพิวเตอร์ด้านรับคือ clear to send (CTS)

โปรแกรมจำลองการรับส่งข้อมูล จะมีรูปแบบดังนี้คือ

```
do {  
    while(not CTS) wait;  
    send (byte);  
} while (bytes to send);
```

หมายความว่า จะมีการตรวจสอบสถานะ CTS ตลอดเวลาว่าพร้อมจะรับข้อมูลหรือไม่ ถ้าไม่พร้อม ก็จะรอไปเรื่อยๆ แต่ถ้าพร้อม ก็จะส่งข้อมูลไปให้ จะทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ตลอดที่ยังมีข้อมูลที่จะต้องส่งอยู่

ปัญหาของการสื่อสาร

เพื่อที่จะให้การสื่อสารเป็นไปอย่างถูกต้อง สัญญาณหลายๆ สัญญาณถูกใช้เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลพร้อมเมื่อใดหรือข้อมูลบิตต่อไปจะถูกส่งมาเมื่อใด แต่ต่อมาเมื่อมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นประโยชน์ที่สมควรจะเผยแพร่เอกสารนี้ให้สาธารณชนโดยไม่คิดค่าลิขสิทธิ์ หรือหากมีผู้ใดต้องการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร กรุณาแจ้งให้ทราบล่วงหน้า

สื่อสารผ่านคอมพิวเตอร์ สัญญาณบางสัญญาณได้ถูกตัดทิ้งไป เพื่อว่าสายสัญญาณจะได้ลดน้อยลง และลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับสายส่ง สัญญาณจึงเหลือเพียง GND, TXD, และ RXD ซึ่งงานทางทฤษฎีแล้ว เมื่อคอมพิวเตอร์พร้อมที่จะส่งข้อมูล คอมพิวเตอร์อีกเครื่องจะต้องพร้อมรับข้อมูล แต่เมื่อลดสายสัญญาณลงแล้ว จะทำให้เกิดปัญหาตามมามากมาย ที่ยุ่งยากปัญหาหนึ่งคือ ปัญหาข้อมูลถูกเขียนทับ (overrun error)

ปัญหาข้อมูลถูกเขียนทับ

เมื่อการติดต่อผ่านพอร์ตอนุกรมใช้สายเพียง 2 สายนั้น จะต้องใช้กรรมวิธีพิเศษเล็กน้อยเพื่อให้พอร์ตตัวส่งเข้าใจว่าพอร์ตด้านรับพร้อมที่จะรับข้อมูลเสมอโดยการต่อขา 6, 8 และขา 20 ของคอนเน็กเตอร์เข้าด้วยกัน วิธีการเช่นนี้เป็นการตัดฮาร์ดแวร์เชคกึ่งไปนั่นเอง

แต่การทำเช่นนี้จะทำให้เกิดข้อมูลถูกเขียนทับได้ง่าย ซึ่งก็คือความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลอย่างหนึ่ง ที่เกิดขึ้นจากการที่คอมพิวเตอร์เครื่องส่ง ส่งข้อมูลใหม่มาให้คอมพิวเตอร์ด้านรับ ในขณะที่คอมพิวเตอร์ด้านรับยังไม่พร้อมที่จะรับข้อมูล เนื่องจากในขณะนั้นข้อมูลเดิมยังไม่ได้ถูกอ่านเข้า แต่ข้อมูลใหม่ถูกส่งกลับมาแล้ว ข้อมูลเดิมจึงถูกเขียนทับไป จึงเกิดเป็นความผิดพลาดของข้อมูลขึ้น

การใช้งานพอร์ตอนุกรมผ่าน BIOS

การใช้งานพอร์ตอนุกรมทำได้ 3 วิธีคือ ผ่านทางดอส ผ่านทาง BIOS และสุดท้ายคือ การเขียนโปรแกรมควบคุมพอร์ตอนุกรมโดยตรง

การเรียกพอร์ตอนุกรมผ่านทางดอสนั้น ไม่เหมาะสมเท่าใดนักเพราะว่าดอสไม่มีวิธีที่จะตรวจสอบสถานะของการรับส่งตัวพอร์ตอนุกรม

การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมโดยตรงนั้นคงไม่จำเป็น เพราะวิธีที่ง่ายกว่าและดีกว่าคือ การเรียกใช้ผ่าน BIOS อินเทอร์พรีตหมายเลข 14 ซึ่งมีรายละเอียดในส่วนต่างๆดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเตรียมสถานะเริ่มต้นของพอร์ต

ในการเตรียมสถานะของพอร์ตอนุกรมเราสามารถทำได้ โดยผ่านอินเทอร์รัพต์ หมายเลข 14 พิงก์ชั้นหมายเลข 0 โดยมีรีจิสเตอร์ AH เป็นตัวผ่านค่าหมายเลขของพิงก์ชั้น รีจิสเตอร์ AL ผ่านค่ารหัสที่จะตั้งสถานะของพอร์ตอนุกรม โดยมีความหมายแต่ละบิตดังตารางที่ 3.2

ตัวอย่างการใช้รหัสเพื่อเตรียมสถานะของพอร์ตอนุกรม เช่น อัตราบิต 9600 มีพาริตีคู่ มี 1 บิตสิ้นสุด และใช้ 8 บิตต่อ 1 ไบต์ข้อมูล จะได้รูปแบบดังตารางที่ 3.3

หมายเลขประจำบิต	ความหมาย
7, 6, 5	อัตรารับส่งข้อมูล 000 = 110 baud 001 = 150 baud 010 = 300 baud 011 = 600 baud 100 = 1200 baud 101 = 2400 baud 110 = 4800 baud 111 = 9600 baud
4, 3	พาริตี 00 หรือ 10 = ไม่มีพาริตี 01 = พาริตีคี่ 11 = พาริตีคู่
2	จำนวนของบิตสิ้นสุด 0 = 1 บิตสิ้นสุด 1 = 2 บิตสิ้นสุด
1, 0	จำนวนบิตในข้อมูล 1 ไบต์ 10 = 7 บิต 11 = 8 บิต

ตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิตที่	7	6	5	4	3	2	1	0
รหัส	1	1	1	1	1	0	1	1

ตารางที่ 3.3

เครื่องคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปจะมีพอร์ตอนุกรมได้มากถึง 7 พอร์ตโดยหมายเลขพอร์ตที่จะใช้สามารถกำหนดผ่าน รีจิสเตอร์ DX พอร์ตแรก (COM1) มีหมายเลข 0 พอร์ตต่อไปหมายเลข 1 เช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ ดังตัวอย่างการรับส่งสถานะของพอร์ต

```
void init_port(port,code)
int port;
unsigned char code;
{
    union REGS r;

    r.x.dx = port; /* หมายเลขพอร์ตอนุกรม */
    r.h.ah = 0; /* เรียกฟังก์ชันหมายเลข 0 ทำหน้าที่เตรียมสถานะ */
    r.h.al = code; /* รหัสตั้งสถานะเริ่มต้น */
    int86(0x14,&r,&r);
}
```

การส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม 1 ไบต์

อินเทอร์พอร์ดหมายเลข 14 ฟังก์ชันหมายเลข 1 ของ BIOS ทำหน้าที่ส่งข้อมูล 1 ไบต์ออกทางพอร์ตอนุกรม หมายเลขของพอร์ตอนุกรมที่จะทำการส่งข้อมูล สามารถกำหนดได้ผ่านรีจิสเตอร์ DX ข้อมูลที่จะทำการส่งอยู่ในรีจิสเตอร์ AL เมื่อทำการส่งเสร็จเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรียบร้อยแล้ว สถานะการส่งข้อมูลจะปรากฏในรีจิสเตอร์ AH เพื่อใช้สำหรับตรวจสอบว่าการส่งข้อมูลถูกต้องหรือไม่

ตัวอย่างโปรแกรมส่งข้อมูล 1 ไบต์

```
void sport(port,ch)
int port;
char ch;
{
    union REGS r;

    r.x.dx = port;          /* กำหนดหมายเลขพอร์ต */
    r.h.al = ch;           /* ตัวอักษรที่ต้องการส่ง */
    r.h.ah = 1;           /* ฟังก์ชันหมายเลข 1 ทาหน้าที่ส่งข้อมูล 1 ไบต์ */
    int86(0x14,&r,&r);
    if(r.h.ah & 128) {     /* ตรวจสอบบิตที่ 7 */
        printf("send error in serial port");
        exit(1);
    }
}
```

การตรวจสอบสถานะของพอร์ตอนุกรม

ฟังก์ชันหมายเลข 3 ของอินเทอร์พอร์ด หมายเลข 14 ของ BIOS ใช้ตรวจสอบสถานะของพอร์ตอนุกรม รีจิสเตอร์ DX ใช้สำหรับหมายเลขพอร์ตที่จะตรวจสอบสถานะของพอร์ต สามารถแปลความหมายได้จากรหัสที่ปรากฏในรีจิสเตอร์ AH และ AL ดังตารางที่ 3.4

สถานะของสายส่ง (AH)	
ความหมายของแต่ละบิตเมื่อมีค่าเป็น	ตำแหน่งของบิต
Data Ready	0
Overrun Error	1
Parity Error	2
Framing Error	3
Break-Detect Error	4
Transfer hold-register empty	5
Transfer shift-register empty	6
Time-out Error	7

สถานะของโมเด็ม (AL)	
ความหมายของแต่ละบิตเมื่อมีค่าเป็น	ตำแหน่งของบิต
Change in clear-to-send	0
Change in data-set-ready	1
Trailing-edge ring detector	2
Change in line signal	3
Clear-to-send	4
Data-set-ready	5
Ring indicator	6
Line signal detector	7

ตารางที่ 3.4

การรับข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม 1 บิต

จะเห็นว่าสัญญาณสถานะต่างๆ ส่วนใหญ่จะทำงานกับโมเด็ม ดังนั้นเมื่อนามาใช้กับอุปกรณ์อื่นจึงลดความสำคัญลง แต่ยังมีสัญญาณอีกสัญญาณหนึ่งที่มีความสำคัญมากคือ Data Ready ซึ่งจะเป็นตัวบอกว่า เมื่อไหร่ที่ข้อมูลถูกรับเข้ามาและพร้อมที่จะถูกอ่านไปเก็บ ดังตัวอย่างของการอ่านข้อมูลจากพอร์ต โดยจะใช้สถานะ Data Ready เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรับข้อมูลจากพอร์ตอนุกรม สามารถทำได้โดยการเรียกผ่าน BIOS อินเทอร์พรีตหมายเลข 14 ฟังก์ชันหมายเลข 2 รีจิสเตอร์ DX ใช้สำหรับกำหนดหมายเลขพอร์ต ข้อมูลที่อ่านได้จะถูกเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ AL เมื่อมีการอ่านข้อมูล สถานะของข้อมูล และพอร์ตจะสามารถตรวจดูได้ที่บิตที่ 7 ของรีจิสเตอร์ AH

ฟังก์ชัน readport() มีหน้าที่อ่านข้อมูลเข้ามา 1 ไบต์

```
readport(port)
int port; /* หมายเลขพอร์ต */
{
    union REGS r;

    /* รอจนกว่าจะได้รับตัวอักษร */
    while(!(check_stat(port)&256))
        if(kbhit()) { /* ยกเลิกเมื่อมีการกดคีย์ */
            getch();
            exit(1);
        }

    r.x.dx = port; /* กำหนดหมายเลขพอร์ต*/
    r.h.ah = 2; /* ฟังก์ชันหมายเลข 2 ทำหน้าที่อ่านตัวอักษร */
    int86(0x14,&r,&r);
    printf("read error");
    return r.h.al;
}
```

การทำงานของฟังก์ชันนี้จะรอจนกระทั่งข้อมูลถูกรับมาผ่านพอร์ตอนุกรม แล้วส่งค่าอักษรกลับมา แต่ว่าการทำงานเช่นนี้อาจทำให้โปรแกรมไม่หลุดจากลูปการทำงาน ดังเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นจึงต้องตรวจสอบสถานะของพอร์ตอนุกรมเสียก่อน รัคยใช้ฟังก์ชัน kbhit() เพื่อทดสอบว่า
ออกจากลูปได้ หากไม่มีข้อมูลใดๆ แต่ถ้ามีข้อมูลรับเข้ามา ฟังก์ชันก็จะผ่านไปเรียกอินเตอร์
รัฟเพื่ออ่านข้อมูลเข้ามาและเช่นเดียวกับการส่งข้อมูลบิต 7 ของรีจิสเตอร์ AH ใช้บอกว่
การอ่านข้อมูลมีข้อผิดพลาดหรือไม่

3.4 การเขียนโปรแกรมแสดงผลทางกราฟฟิก

ใช้โปรแกรมภาษาซีในการเขียนโปรแกรม การแสดงผล, การเก็บข้อมูล, การ
เปรียบเทียบข้อมูล, การรับข้อมูลแบบอนุกรม ตลอดจนการประมวลผลข้อมูล ดังได้แสดงตัว
โปรแกรมไว้ในภาคผนวก

เมื่อเริ่มเรียกใช้โปรแกรม จะขึ้นหน้าจอแสดงภาพกราฟฟิกก่อนเข้าสู่เมนูหลัก
เมื่อเข้าสู่เมนูหลัก จะให้เลือกรับค่าการทำงานดังนี้

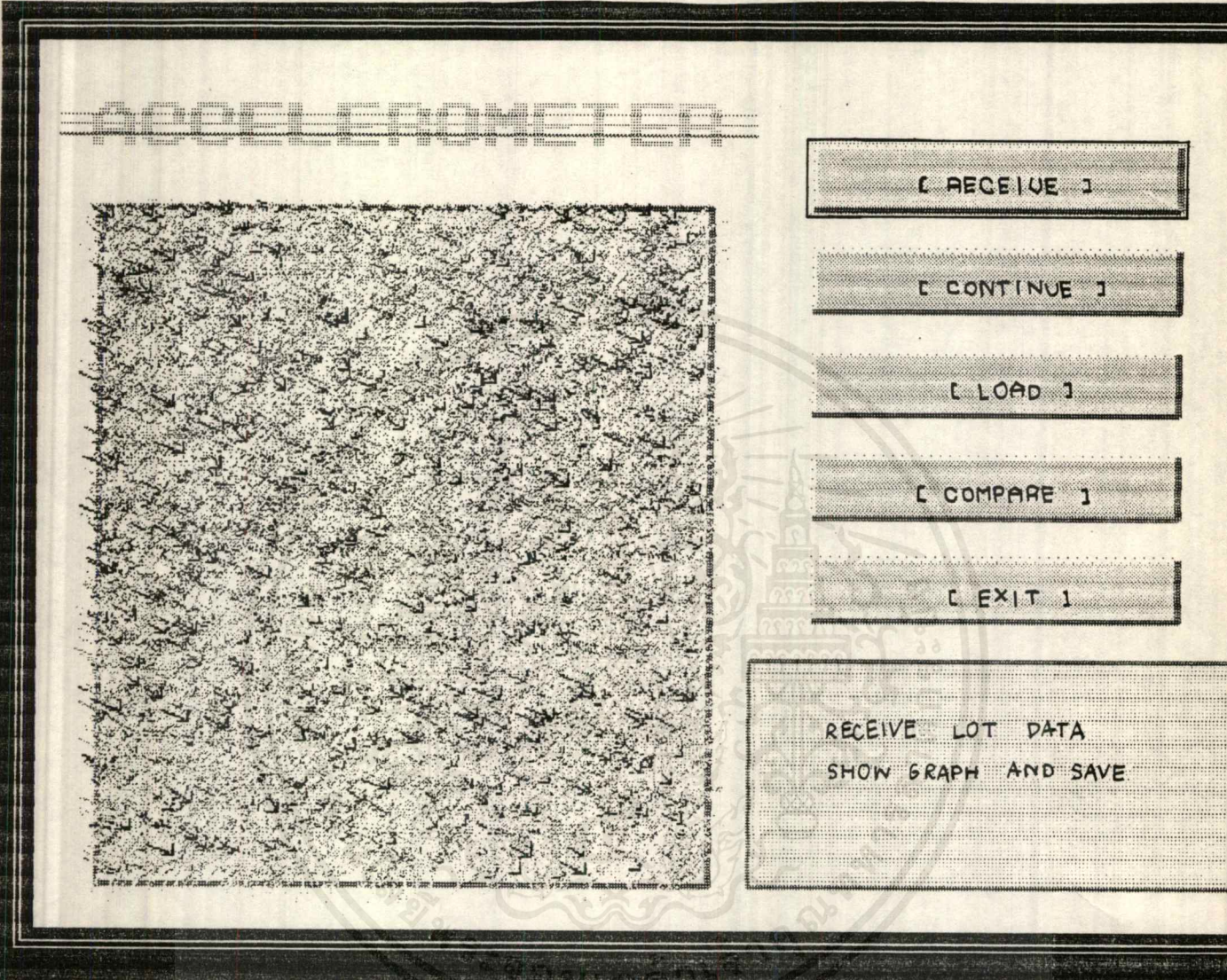
1. ฟังก์ชันรับค่าจาก Sensor และพลอตกราฟแสดงผลทีละชุด ชุดละ 300 ค่า
ซึ่งเป็นข้อมูลขณะวัด และจะประมวลผลและแสดงค่าสูงสุด, ค่าต่ำสุด และค่าเฉลี่ย ของข้อมูล
ชุดนั้นและสามารถเก็บข้อมูลเป็นไฟล์ได้

2. ฟังก์ชันรับค่าจาก Sensor และพลอตกราฟ อย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นค่าขณะ
นั้นๆและจะแสดงค่าระดับความสั่นสะเทือนเป็นตัวเลข

3. ฟังก์ชันดูข้อมูลในไฟล์ที่ได้จัดเก็บไว้ จะสามารถเรียกดูข้อมูลที่เคยวัดและ
ได้จัดเก็บเอาไว้เพื่อพิจารณาถึง ระดับความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรตัวเดียวนั้นๆที่เวลา
ต่างกันว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือไม่

4. ฟังก์ชันเปรียบเทียบระดับความสั่นสะเทือนของไฟล์ต่างกัน จะสามารถเรียก
ไฟล์ที่ได้จัดเก็บเอาไว้มาดูและทำการเปรียบเทียบกันได้ ฟังก์ชันนี้สำคัญมากในการพิจารณา
ว่าถึงเวลาที่ควรทำการซ่อมบำรุงเครื่องจักรหรือยัง รัคยดูจากระดับความสั่นสะเทือนของ
เครื่องจักรตัวเดียวกันที่ได้เปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน

5. ฟังก์ชันเพื่อออกจากโปรแกรม เมื่อจบการทำงานและต้องการออกจากโปร
แกรมให้เลือกรับค่าฟังก์ชันนี้



รูปที่ 3.10 แสดงเมนูหน้าจอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

จุดประสงค์

สามารถใช้กราฟแสดงผลของการสั่นสะเทือน

1. เพื่อแสดงให้เห็นว่า ระดับการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรที่จุดเดียวกัน ในเวลาต่างกัน ภายใต้การทำงานปกติและมีรบกวนที่ค่าหนึ่งๆ จะมีค่าระดับการสั่นสะเทือนคงที่
2. เพื่อแสดงให้เห็นว่า ระดับการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรที่จุดเดียวกัน ในเวลาต่างกัน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นกับเครื่องจักร จะทำให้ค่าระดับการสั่นสะเทือนเปลี่ยนแปลงไป
3. เพื่อแสดงให้เห็นว่า ระดับการสั่นสะเทือนของเครื่องจักรที่จุดต่างกัน ในเวลาต่างกัน ภายใต้การทำงานปกติ อาจมีค่าระดับการสั่นสะเทือนเท่ากัน หรือต่างกันก็ได้
4. สามารถสรุปได้ว่าค่าระดับความสั่นสะเทือนที่วัดได้นั้น ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของเครื่องจักรนั้นๆ

ขั้นตอนการเตรียมเครื่องวัดความสั่นสะเทือน มีลำดับดังนี้

1. เลือกเครื่องจักรที่ต้องการวัดความสั่นสะเทือน พร้อมทั้งกำหนดจุดที่ต้องการวัด ทำความสะอาดพื้นผิวของส่วนที่จะวัดให้สะอาดและแห้ง
2. เสียบปลั๊กไฟให้กับชุดส่งสัญญาณ และเปิดสวิทช์ ต่อ Sensor เข้ากับ Coupler และต่อ Coupler เข้ากับหัว BNC ของชุดส่งสัญญาณ พร้อมทั้งต่อ Supply +30 Vdc เข้ากับ Coupler และนำคอนเนคเตอร์ DB25 ต่อเข้ากับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ ซึ่งในโครงการนี้ได้ใช้ที่พอร์ต COM1
3. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ IBM PC หรือ Compatible (ความละเอียดของจอขนาด 640 * 480 จุด) และเรียกใช้โปรแกรม ACCELERO.EXE เพื่อทำการใช้งานในการวัดความสั่นสะเทือน
4. เลือกเมนูการใช้งานตามต้องการ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1เมนูรับค่าจาก Sensor และพลอตกราฟ ทีละจุด จุดละ 300 ค่า ซึ่งเป็นข้อมูลขณะวัด จะประมวลผลและแสดงค่า Maximum, Minimum, Average ของข้อมูลชุดนั้น และสามารถเก็บข้อมูลเป็นไฟล์ได้

4.2เมนูรับค่าจาก Sensor และพลอตกราฟ อย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นค่าขณะนั้นๆ และจะแสดงค่าระดับความสั่นสะเทือนเป็นตัวเลข

4.3เมนูดูข้อมูลในไฟล์ที่ได้จัดเก็บไว้ จะสามารถเรียกดูข้อมูลที่เคยวัดและได้จัดเก็บเอาไว้ เพื่อพิจารณาถึงระดับความสั่นสะเทือนที่อาจเกิดการเปลี่ยนแปลง

4.4เมนูเปรียบเทียบระดับความสั่นสะเทือนของไฟล์ต่างกัน จะสามารถเรียกไฟล์ที่ได้จัดเก็บเอาไว้มาดูและทำการเปรียบเทียบกันได้ เมนูนี้สำคัญมากในการพิจารณาว่าควรทำการซ่อมบำรุง เครื่องจักรหรือยัง รอดูจากระดับความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรที่ได้เปลี่ยนแปลงไปในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน

4.5เมนูเพื่อออกจากโปรแกรม

ในการวัดเครื่องจักรใดๆนั้น ควรจะมีข้อมูลที่สำคัญดังนี้

-วันที่ทำการวัด

-ชื่อเครื่องจักรที่ทำการวัด

-จุดบนเครื่องจักรที่ทำการวัด

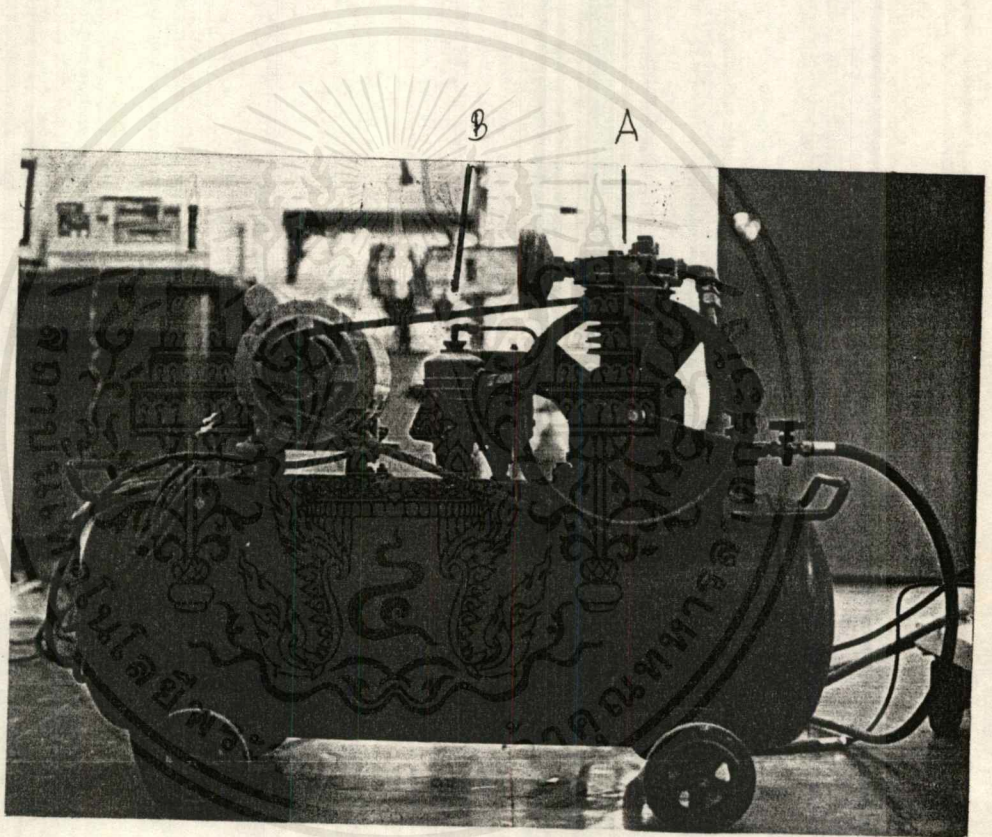
ในการทดลองเพื่อรับค่าข้อมูลมาแสดงผลได้ใช้เมนูที่ 1 เพื่อดูค่าระดับความสั่นสะเทือนของตัวอย่างที่วัดขณะนั้น ดังในการทดลองที่ 1, 2 และ 3 สำหรับการทดลองที่ 4 เป็นการเปรียบเทียบข้อมูลในไฟล์ต่างกัน จึงเรียกใช้เมนูที่ 4 ในเมนูที่ 2 เป็นการแสดงผลของระดับความสั่นสะเทือนที่ต่อเนื่องของค่าข้อมูลขณะนั้นๆ และจะหยุดการแสดงผลเมื่อมีการกดคีย์ใดๆ ในเมนูที่ 3 รัชเมื่อต้องการเรียกข้อมูลในไฟล์ที่เคยเก็บเอาไว้มาแสดงผล เมื่อจบการทำงานในทุกๆเมนูก็จะกลับเข้าสู่เมนูหลักเสมอ

การทดลองแบ่งออกเป็น 4 ตอนดังนี้

การทดลองตอนที่ 1

ใช้ Accelerometer Sensor ติดเข้ากับเครื่องจักรที่จุด A ดังรูป แล้วทำการวัดและบันทึกผล ๖ ครั้งในเวลาต่างกัน

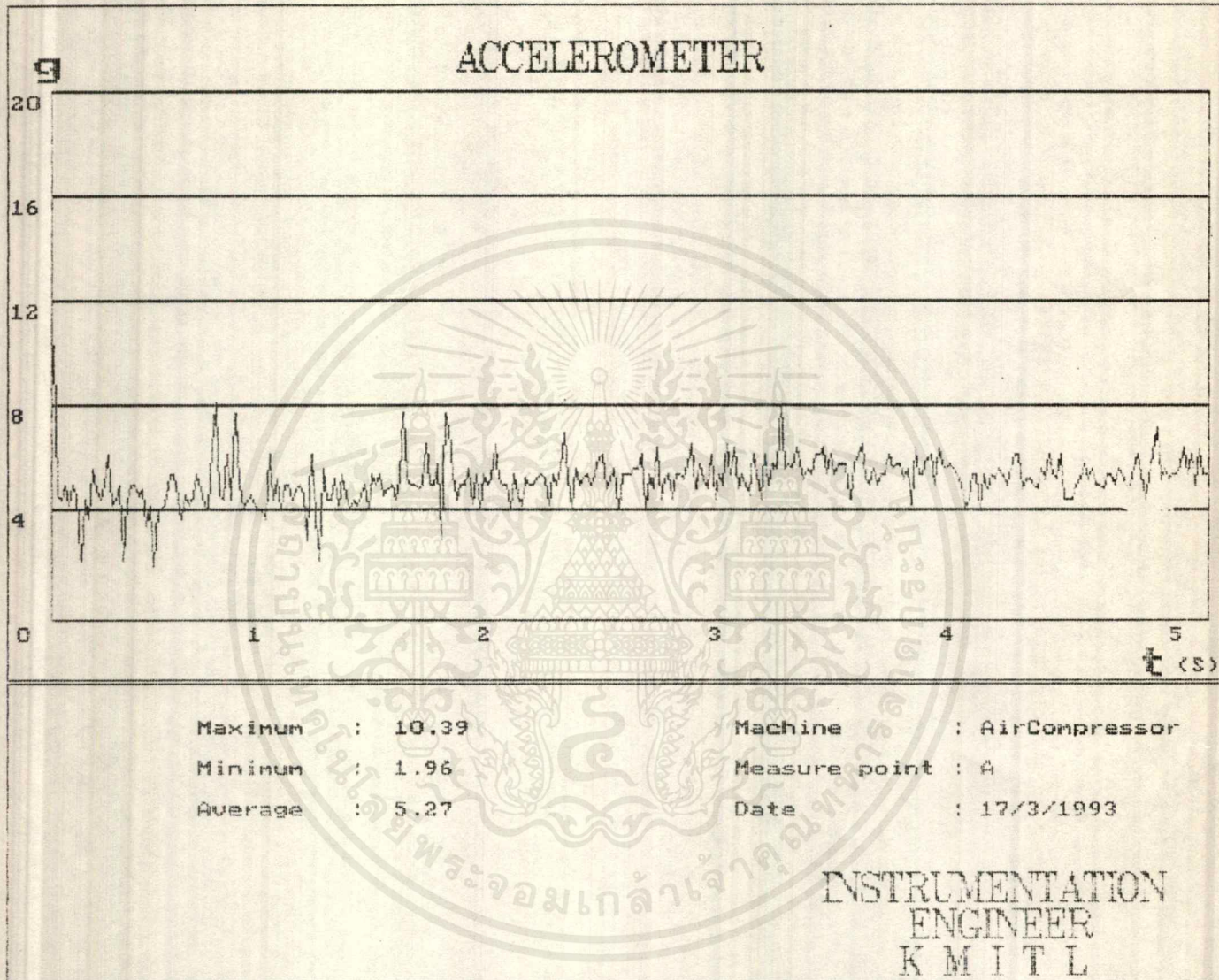
ทำการทดลองเช่นเดียวกันแต่เปลี่ยนเป็นจุด B



รูปที่ 4.1 แสดงเครื่องจักรและตำแหน่งที่ทำการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

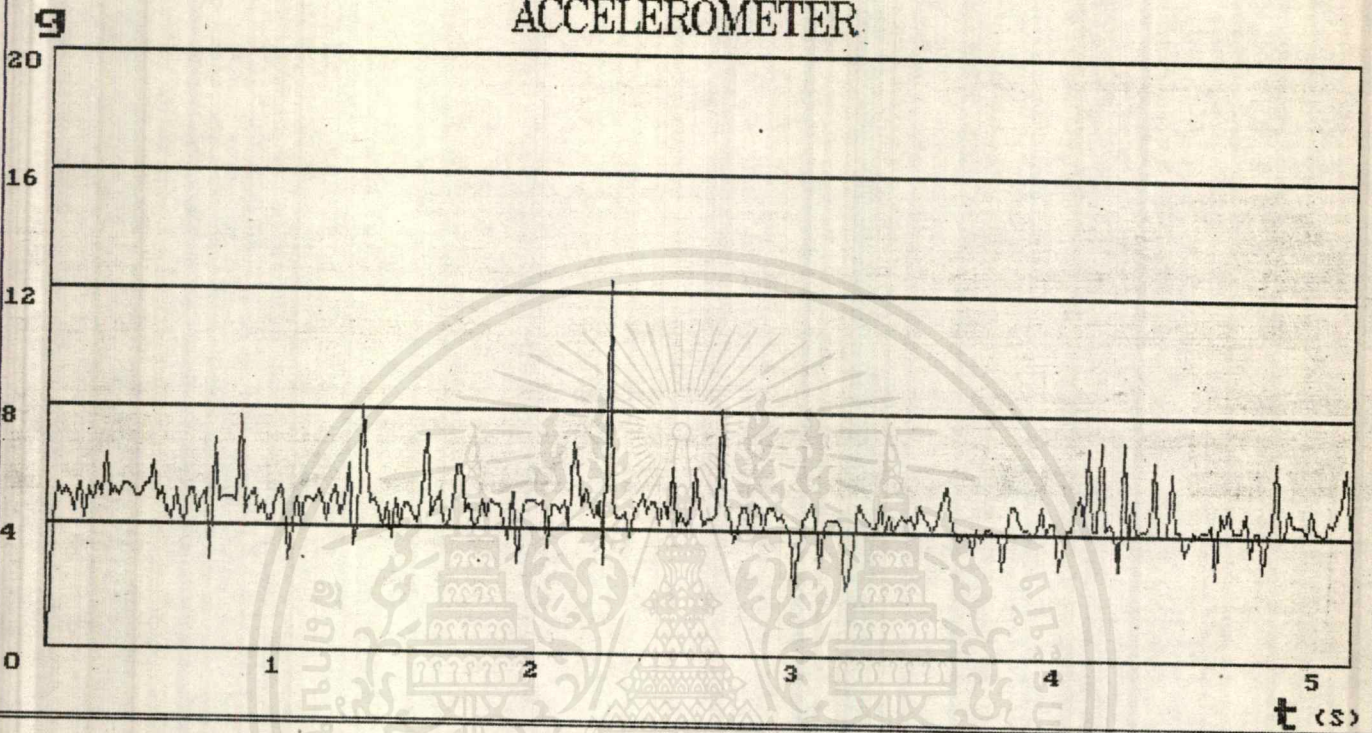
ผลการทดลองตอนที่ 1



ทดลองวัดที่จุด A ที่เวลา T_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACCELEROMETER



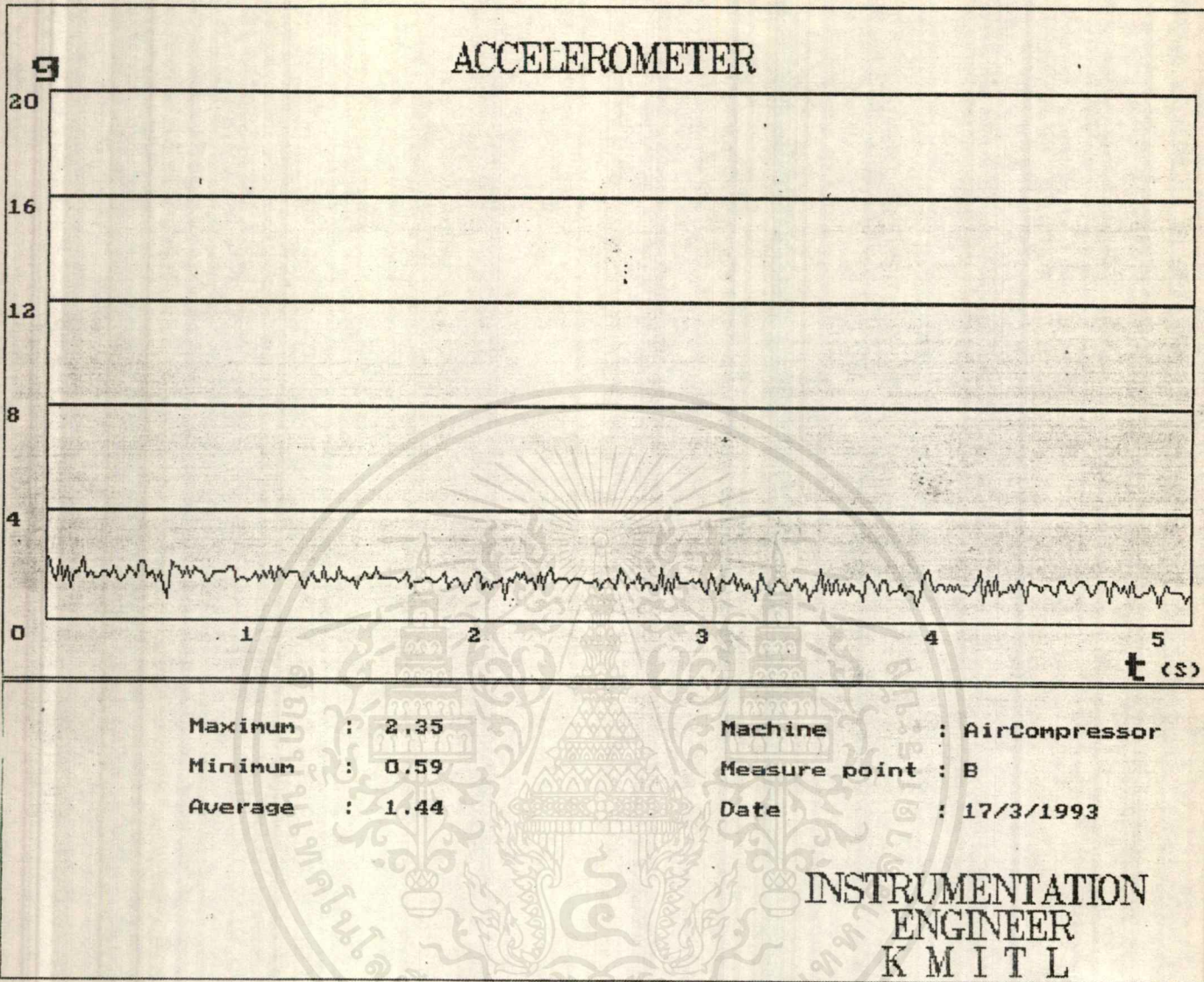
Maximum : 12.55
Minimum : 0.00
Average : 4.72

Machine : AirCompressor
Measure point : A
Date : 17/3/1993

INSTRUMENTATION
ENGINEER
K M I T L

ทดลองวัดที่จุด A ที่เวลา T₂

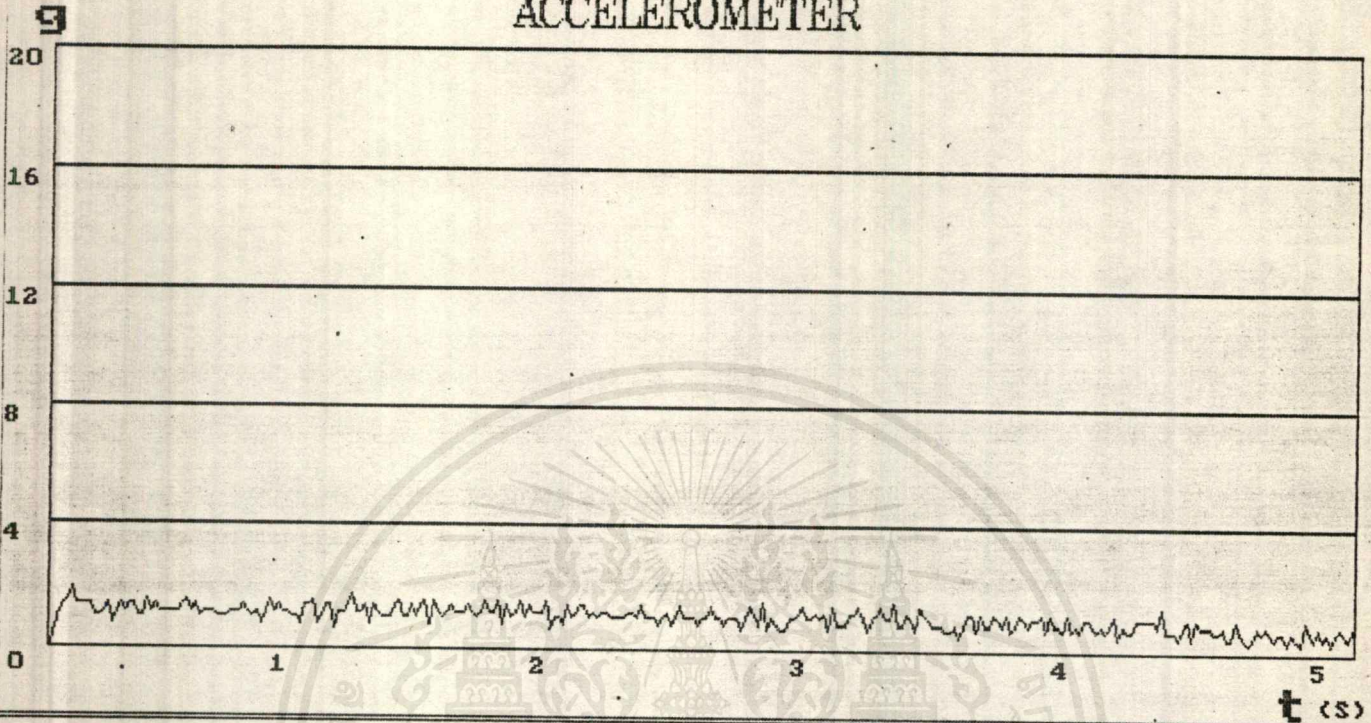
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ทดลองวัดที่จุด B ที่เวลา T_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACCELEROMETER



Maximum : 1.96
 Minimum : 0.00
 Average : 0.99

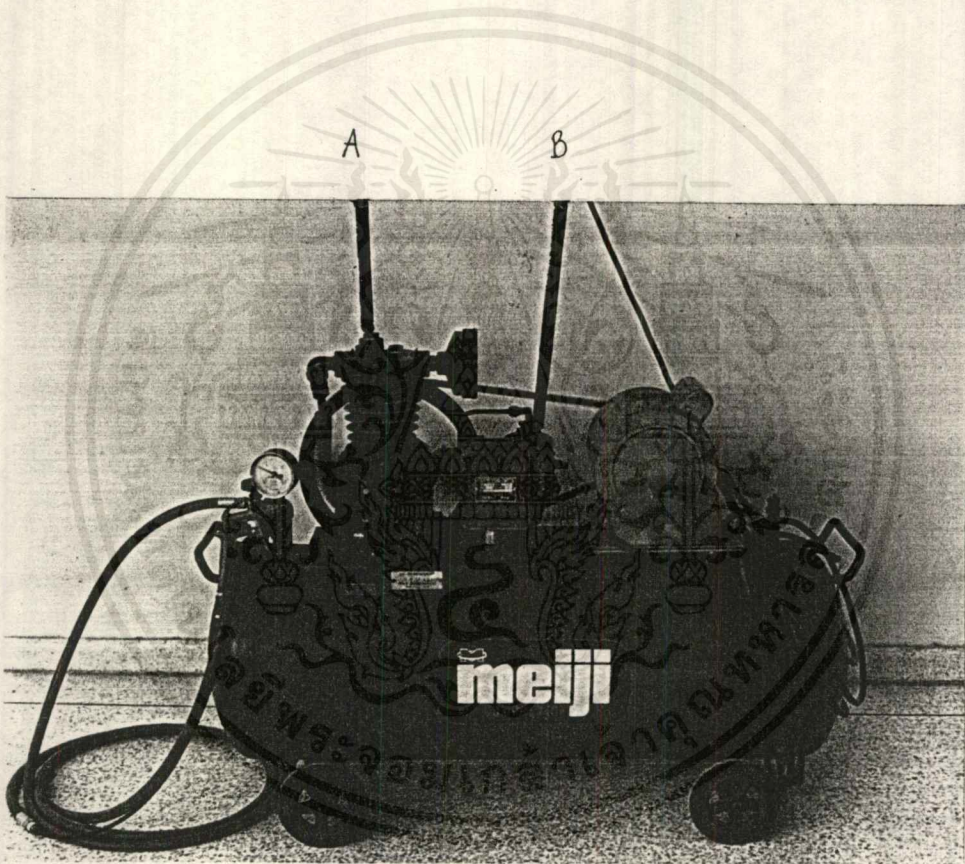
Machine : AirCompressor
 Measure point : B
 Date : 17/3/1993

INSTRUMENTATION
 ENGINEER
 KMITL

ทดลองวัดที่จุด B ที่เวลา T₂

การทดลองตอนที่ 2

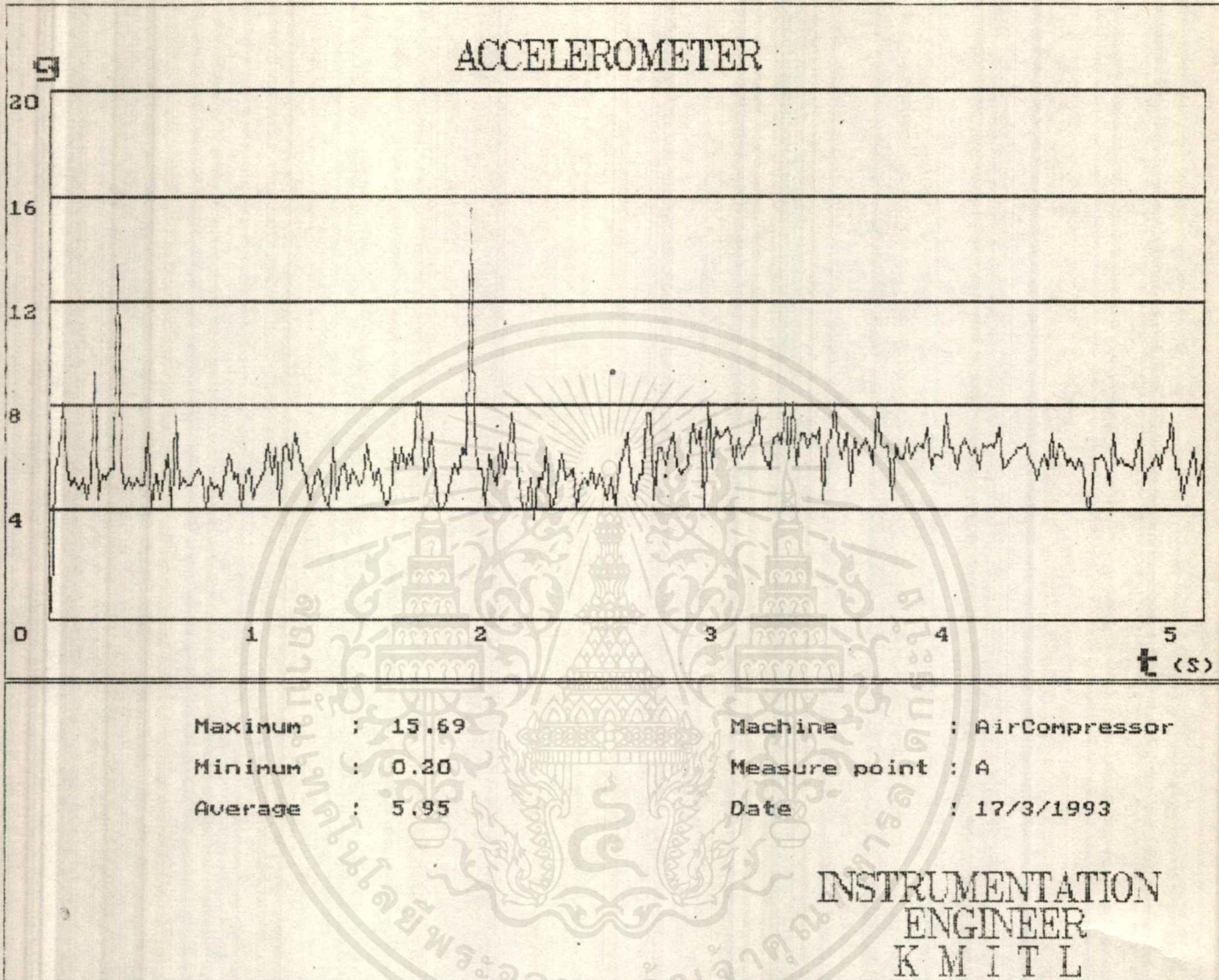
ใช้ Accelerometer ติดเข้ากับเครื่องจักรที่จุด A ดังรูป แล้วทำการวัดและบันทึกผล หลังจากนั้นให้สภาพการทำงานของเครื่องจักรเปลี่ยนแปลงไป (อุดรูทางลมออกของปั๊มลม) วัดและบันทึกผล



รูปที่ 4.2 แสดงเครื่องจักรและตำแหน่งที่ทำการวัด

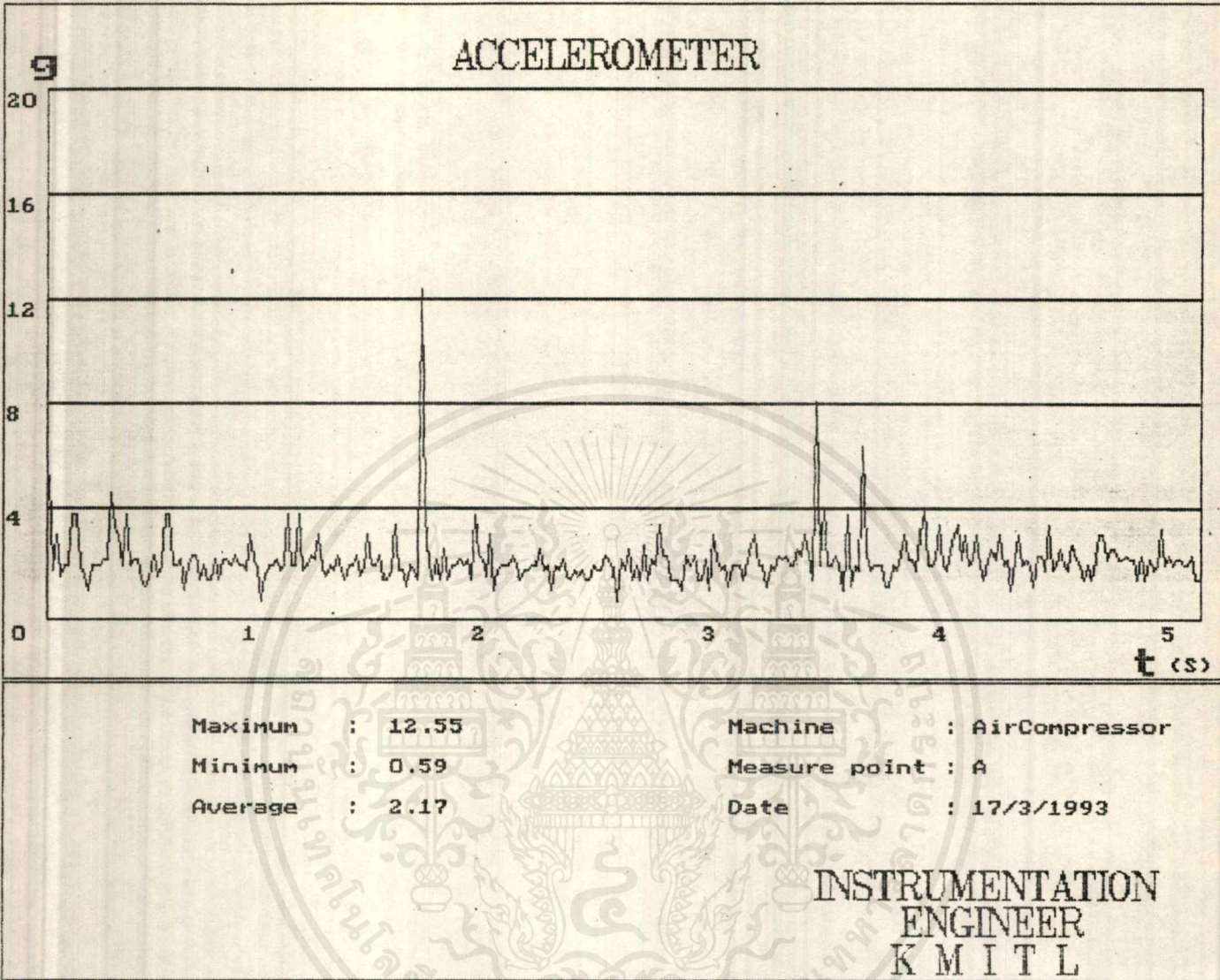
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองตอนที่ 2



ทดลองวัดที่จุด A ที่สภาพการทำงานปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ทดลองวัดที่จุด A ที่สภาพการทำงานเปลี่ยนแปลงไป

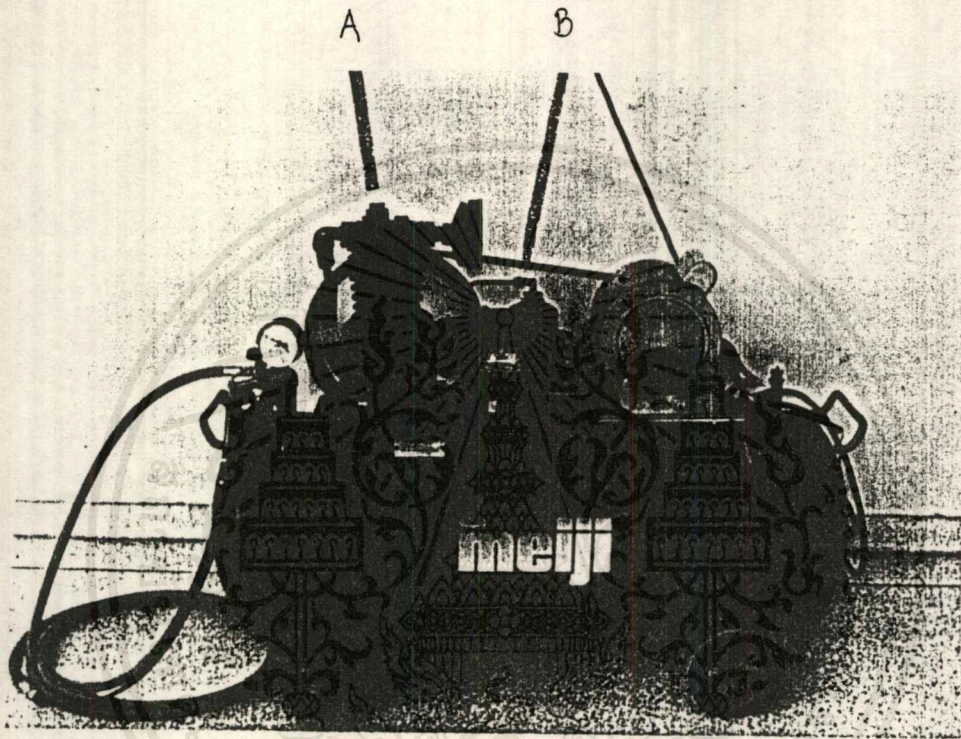
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองตอนที่ 3

ใช้ Accelerometer ติดเข้ากับเครื่องจักรที่จุด A ดังรูป แล้วทำการวัดและบันทึก

ผล

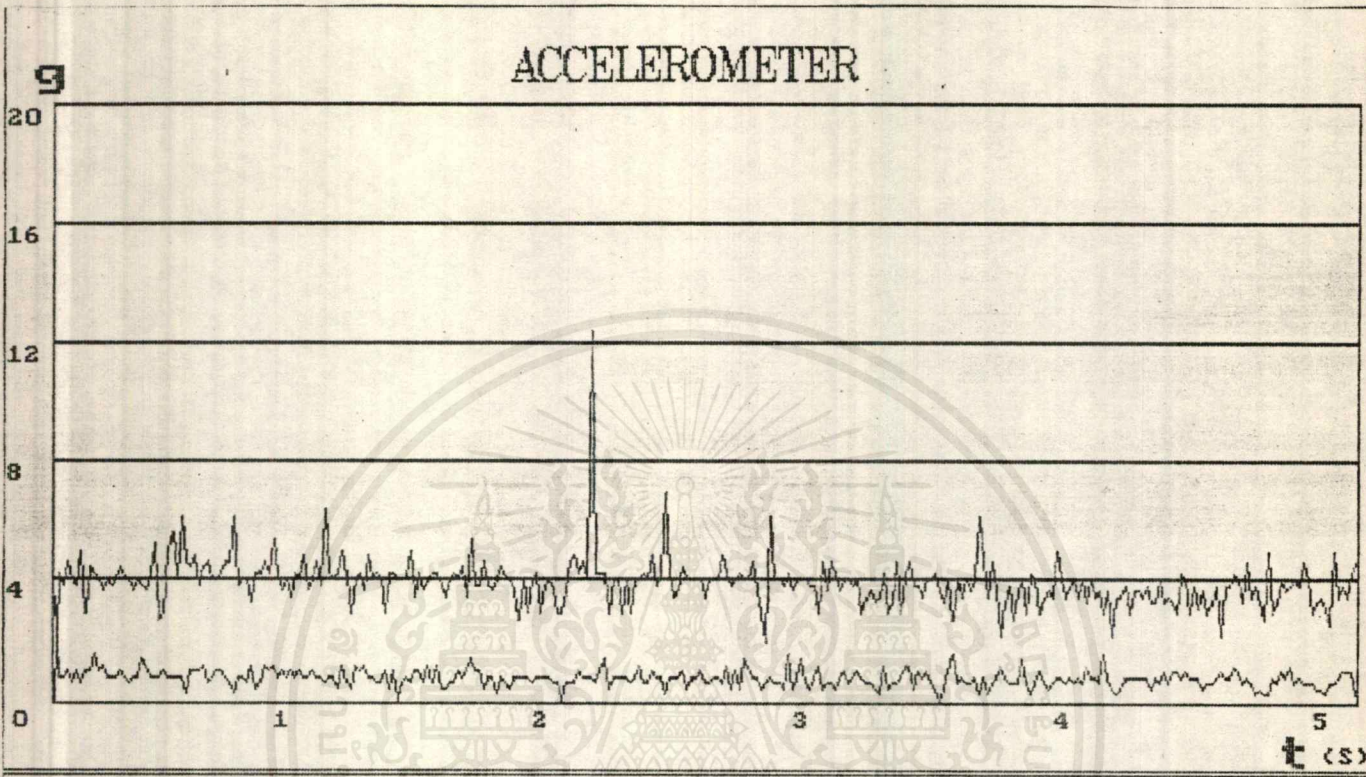
ทำการทดลองเช่นเดียวกันแต่เปลี่ยนเป็นจุด B



รูปที่ 4.3 แสดงเครื่องจักรและตำแหน่งที่ทำการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองตอนที่ 3



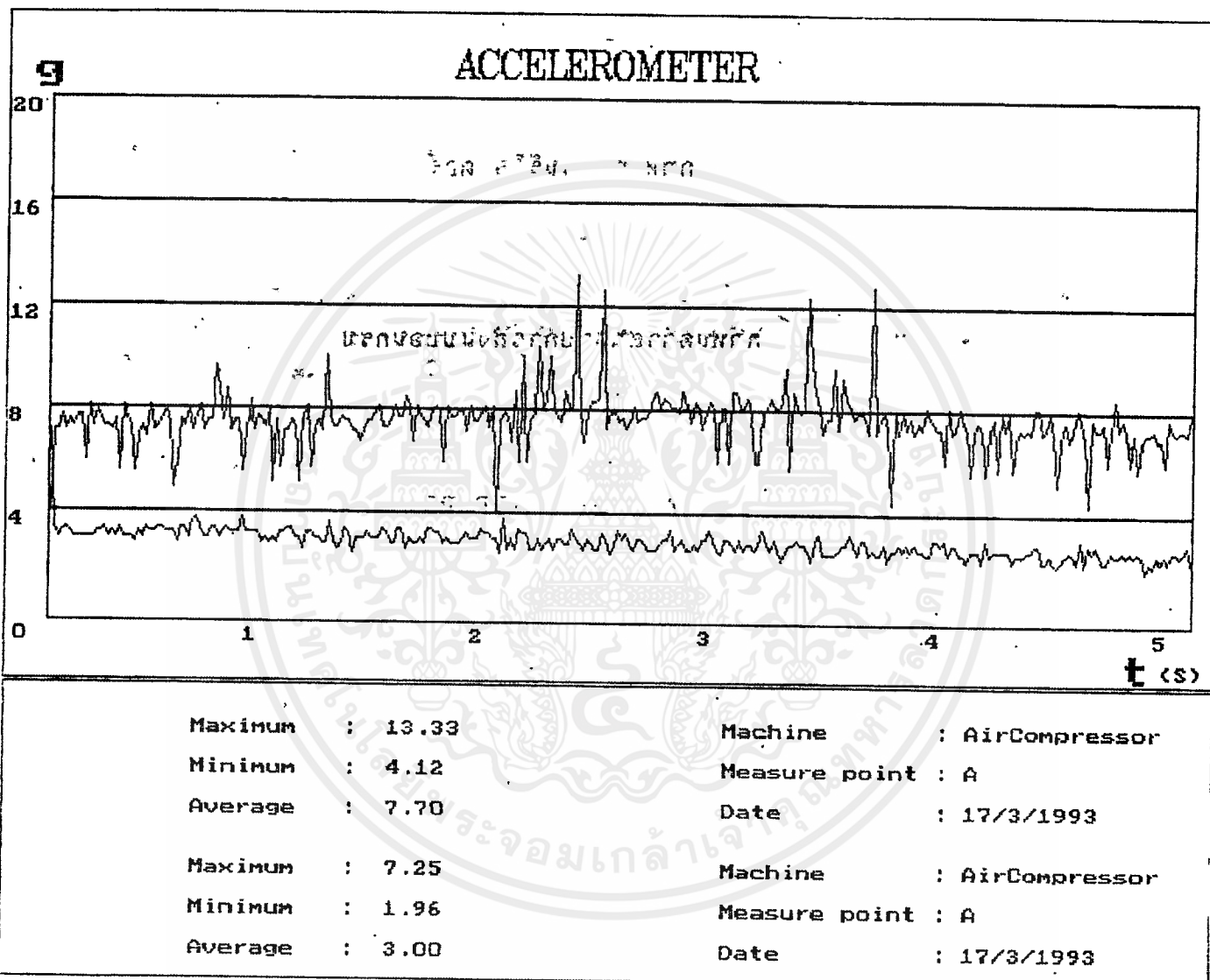
Maximum	: 12.55	Machine	: AirCompressor
Minimum	: 0.00	Measure point	: A
Average	: 4.00	Date	: 17/3/1993
Maximum	: 3.53	Machine	: AirCompressor
Minimum	: 0.00	Measure point	: B
Average	: 0.76	Date	: 17/3/1993

ทำการเปรียบเทียบค่าระดับความสั่นสะเทือนของจุด A และ B บนแกนเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองตอนที่ 4

เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการวัดความสั่นสะเทือน ในสภาวะการทำงานปกติและ
สภาวะการทำงานที่เครื่องจักรเปลี่ยนแปลง บนแกนเดียวกัน



ทำการเปรียบเทียบค่าระดับความสั่นสะเทือนบนแกนเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

สรุปผลการทดลองตอนที่ 1

จากกราฟแสดงการสั่นสะเทือนของบีมลม ที่จุด A เป็นการวัดการสั่นสะเทือนภายใต้การทำงานปกติ จะเห็นได้ว่า กราฟของการวัดทั้ง 2 ครั้ง มีขนาดและรูปร่างใกล้เคียงกัน

และจากกราฟแสดงการสั่นสะเทือนของบีมลม ที่จุด B เป็นการวัดการสั่นสะเทือนภายใต้การทำงานปกติ จะเห็นได้ว่า กราฟของการวัดทั้ง 2 ครั้ง มีขนาดและรูปร่างใกล้เคียงกัน จึงสรุปได้ว่า การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรใดๆ ภายใต้สภาวะการทำงานปกติ จะมีค่าเท่ากัน

สรุปผลการทดลองตอนที่ 2

จากกราฟแสดงการสั่นสะเทือนของบีมลม ที่จุด A ครั้งแรก เป็นการวัดการสั่นสะเทือนภายใต้การทำงานปกติ และครั้งถัดมาเป็นการวัดการสั่นสะเทือน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของบีมลมจะเห็นได้ว่า กราฟของการวัดทั้ง 2 ครั้ง มีขนาดและรูปร่างต่างกัน รดยกราฟแรกจะมีลักษณะสั่นสะเทือนที่ระดับหนึ่ง แต่กราฟของครั้งที่ 2 มีลักษณะของการสั่นสะเทือนที่ระดับแตกต่างกันไป เป็นการเปลี่ยนแปลงลดลง จะเห็นได้ว่ากราฟทั้ง 2 ตัวอย่างนี้มีค่าระดับของการวัดต่างกัน จึงสรุปได้ว่า การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรใด ๆ หากเกิดการเปลี่ยนแปลงของเครื่องจักรจะทำให้ค่าการสั่นสะเทือนที่วัดได้เปลี่ยนแปลงไป จากภายใต้สภาวะการทำงานปกติ

สรุปผลการทดลองตอนที่ 3

จากกราฟแสดงการสั่นสะเทือนของบีมลม ที่จุด A เป็นการวัดการสั่นสะเทือนภายใต้การทำงานปกติ และครั้งถัดมาเป็นการวัดการสั่นสะเทือนที่จุด B ที่สภาวะการทำงานปกติเช่นกันจะเห็นได้ว่า กราฟของการวัดทั้ง A และ B มีขนาดและรูปร่างต่างกันแต่มีลักษณะของการสั่นสะเทือนค่อนข้างจะคงที่ จึงสรุปได้ว่า การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรที่จุดต่างกัน ในเวลาต่างกัน ภายใต้การทำงานปกติ อาจมีค่าเท่ากัน หรือต่างกันก็ได้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาดให้นำไปเผยแพร่บนด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลองตอนที่ 4

จากกราฟแสดงการสั่นสะเทือนของบีมลุม ที่จุด A ครั้งแรก เป็นการวัดการสั่นสะเทือนภายใต้การทางานปกติ และครั้งถัดมาเป็นการวัดการสั่นสะเทือน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของบีมลุมจะเห็นได้ว่า กราฟของการวัดทั้ง 2 ครั้ง บนแกนเดียวกันมีขนาดและรูปร่างต่างกันโดยกราฟแรกจะมีลักษณะสั่นสะเทือนที่ระดับหนึ่ง แต่กราฟของครั้งที่ 2 มีลักษณะของการสั่นสะเทือนที่ระดับแตกต่างกันไป เป็นการเปลี่ยนแปลงลดลง จะเห็นได้ว่ากราฟทั้ง 2 ตัวอย่างนี้มีค่าระดับของการวัดต่างกัน จึงสรุปได้ว่า การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรใด ๆ หากเกิดการเปลี่ยนแปลงของเครื่องจักรจะทำให้ค่าการสั่นสะเทือนที่วัดได้เปลี่ยนแปลงไปจากภายใต้สภาวะการทางานปกติ

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองทั้ง 4 ตอน เราสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรใด ๆ ภายใต้สภาวะการทางานปกติ จะมีค่าคงที่เสมอ ที่ระดับๆ หนึ่ง
2. การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรใด ๆ ที่แต่ละจุดของเครื่องจักร จะมีค่าของระดับความสั่นสะเทือนเฉพาะของแต่ละจุดนั้น ซึ่งอาจจะเท่ากับค่าระดับความสั่นสะเทือนของจุดอื่นๆ ในเครื่องจักรตัวเดียวกัน หรืออาจจะต่างกันได้
3. การสั่นสะเทือนของเครื่องจักรใด ๆ ที่จุดหนึ่งๆ จะมีค่าระดับการสั่นสะเทือนคงที่ภายใต้สภาวะการทางานปกติ แต่เมื่อมีเหตุใดๆ ที่ทำให้เครื่องจักร มีการเปลี่ยนแปลงการสั่นสะเทือน จะทำให้ค่าระดับความสั่นสะเทือนที่จุดนั้น ๆ มีค่าเปลี่ยนแปลง เมื่อเทียบกับการทางานในสภาวะปกติ
4. ค่าระดับของความสั่นสะเทือนของเครื่องจักรใด ๆ ในสภาวะการทางานที่เปลี่ยนแปลงไปจากการทางานในสภาวะปกติ จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงของเครื่องจักร
5. เมื่อเครื่องจักรมีการเปลี่ยนแปลงการสั่นสะเทือนในทางมากขึ้น อาจทำให้ค่าระดับการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้มีค่ามากขึ้น หรืออาจจะมีค่าลดลงก็ได้ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าระดับที่วัดได้ในสภาวะการทางานปกติ

ในทางกลับกัน เมื่อเครื่องจักรมีการเปลี่ยนแปลงการสั่นสะเทือนในทางลดลง อาจทำให้ค่าระดับการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้มีค่ามากขึ้น หรืออาจจะมีค่าลดลงก็ได้ เมื่อเปรียบเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทียบกับค่าระดับที่วัดได้ในสภาวะการทำงานปกติ

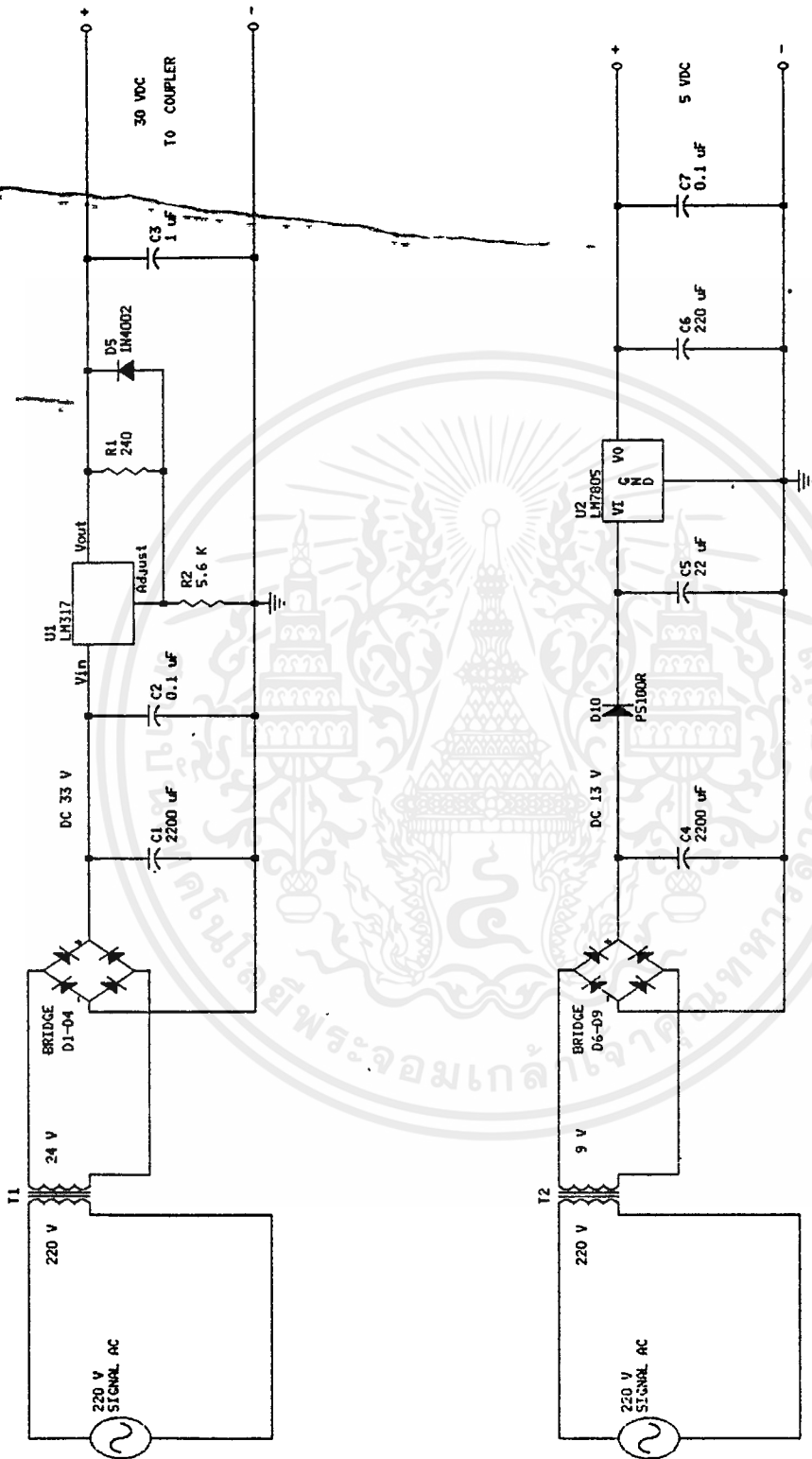
วิจารณ์ผลการทดลอง

จากกราฟทั้ง 4 การทดลอง จะเห็นว่า ผลที่ได้ค่าระดับของการสั่นสะเทือนไม่แตกต่างกันมากนัก และกราฟยากแก่การเปรียบเทียบค่า . เนื่องจากการสั่นของเครื่องจักรมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา และเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของเครื่องจักร เมื่อมีการทำงาน ทาาให้ค่าที่ได้ไม่คงที่

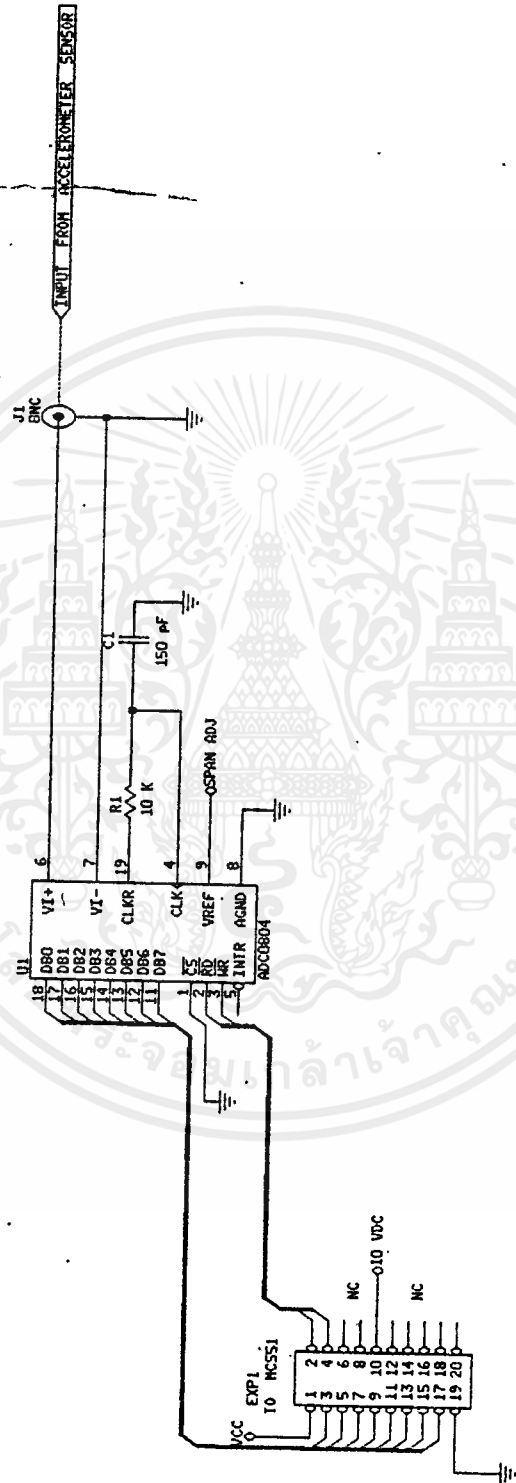




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดง วงจรแหล่งจ่ายไฟให้แก่อุปกรณ์ต่างๆ



รูปแสดง วงจร แปลงสัญญาณเอาต์พุตเป็นดิจิตอล

การแปลงฟูรีเยร์แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Fourier Transform: DFT)

DFT เป็นคณิตศาสตร์ที่ใช้ในสำหรับการแปลงข้อมูลในฐานของตัวแปรหนึ่งไปสู่อีกฐานหนึ่ง ในที่นี้คือการแปลงสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งปรกติแล้วมักจะใช้ออสซิลโลสโคปแสดงให้เห็นในฐานเวลา (แอมพลิจูด-เวลา) ให้ไปอยู่ในฐานความถี่ (แอมพลิจูด-ความถี่) ซึ่งจะต้องเสียเวลาในการคำนวณ โดยใช้สูตรการแปลงฟูรีเยร์แบบไม่ต่อเนื่อง

$$X_m = \sum_{k=0}^{N-1} x_k \exp(-j2\pi mk/N) \quad (1)$$

$$; m = 0, 1, 2, \dots, N/2$$

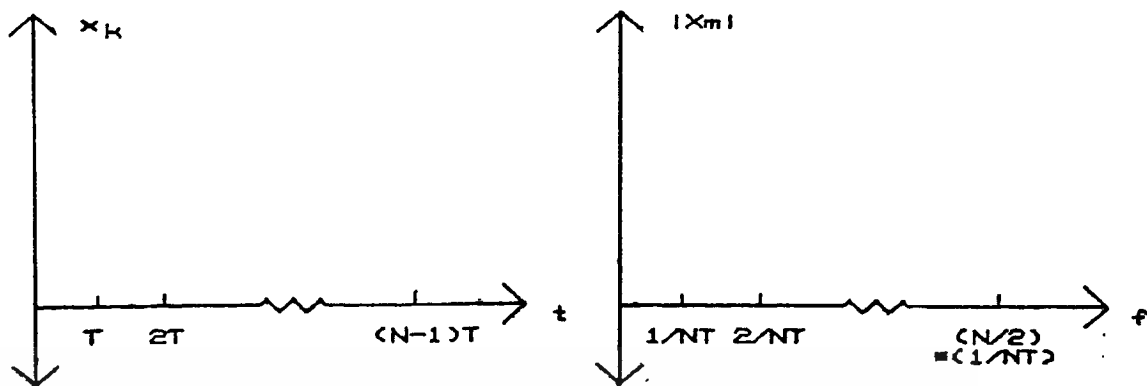
เมื่อ	k	คือ	ลำดับที่ของข้อมูลในฐานเวลา
	m	คือ	ลำดับที่ของข้อมูลในฐานความถี่
	x_k	คือ	ข้อมูลลำดับที่ k ในฐานเวลา
	X_m	คือ	ข้อมูลลำดับที่ m ในความถี่
	N	คือ	จำนวนข้อมูลทั้งหมดในฐานเวลา

ภายหลังการคำนวณเสร็จสิ้นนำข้อมูลมาเขียนกราฟได้โดยสเกลดังนี้

:ฐานเวลามีหน่วยเป็น วินาที

:ฐานความถี่มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์, เมื่อ T คือช่วงเวลาการสุ่มข้อมูล

ในรูปที่ 1 จะแสดงให้เห็นความแตกต่างของกราฟใน ฐานเวลา และฐานความถี่



ก. ฐานเวลา

ข. ฐานความถี่

รูปที่ 1 กราฟในฐานเวลาและฐานความถี่

จากสมการที่ 1 จะเห็นได้ว่าภายหลังการคำนวณผลจะได้ออกมาเป็นจำนวนเชิงซ้อนโดยจะแยกให้เห็นอย่างชัดเจนคือ

$$X_m = \sum_{k=0}^{N-1} x_k \cos(2\pi mk/N) - j \sum_{k=0}^{N-1} x_k \sin(2\pi mk/N) \quad (2)$$

$$; m = 0, 1, 2, \dots, N/2$$

ขนาดที่นำไปพลอตในกราฟฐานความถี่ หาได้จากขนาดของจำนวนเชิงซ้อน X_m นี้เอง และเนื่องจากข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลจากสัญญาณไฟฟ้า ซึ่งเป็นค่าจำนวนจริง ดังนั้นจากสมการที่ 1 และ 2 จะได้ว่า เมื่อ $x_k \in \mathbb{R}$;

$$\begin{aligned} X_m &= X_{N+m} \\ X_{N-m} &= X_m^* \quad (X_m^* \text{ หมายถึง conjugate}) \end{aligned} \quad (3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

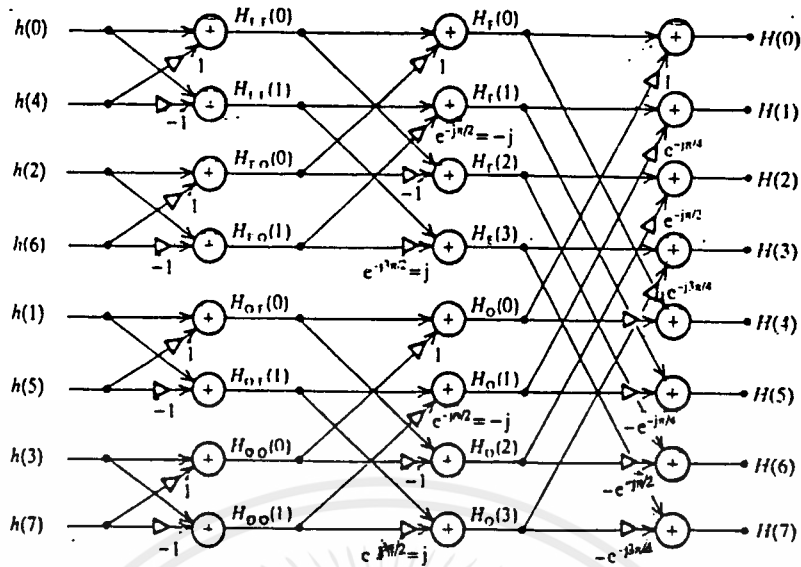
ในสมการที่ 3 แสดงให้เห็นถึงผลการแปลงในฐานความถี่ ลักษณะข้อมูลที่คำนวณได้มีลักษณะเป็นคาบความยาว N และมีข้อมูลเพียง $N/2$ ตัวเท่านั้นที่เป็นอิสระ และนำมาตีความหมายได้ นั่นคือ ข้อมูลในฐานเวลา N ตัวสามารถแปลงไปแสดงผลในฐานความถี่ได้ $N/2$ ตัว

ในการคำนวณฟูรีเยร์แบบไม่ต่อเนื่องดังกล่าว มีข้อเสียคือ จะต้องมีการบวกและคูณ จำนวนมากมายหลายครั้ง เพื่อที่จะให้ได้ตัวเลขออกมาและจะยิ่งเสียเวลามากขึ้นอีกหากจำนวนข้อมูลมีมากขึ้น

การแปลงฟูรีเยร์แบบเร็ว (Fast Fourier Transform: FFT)

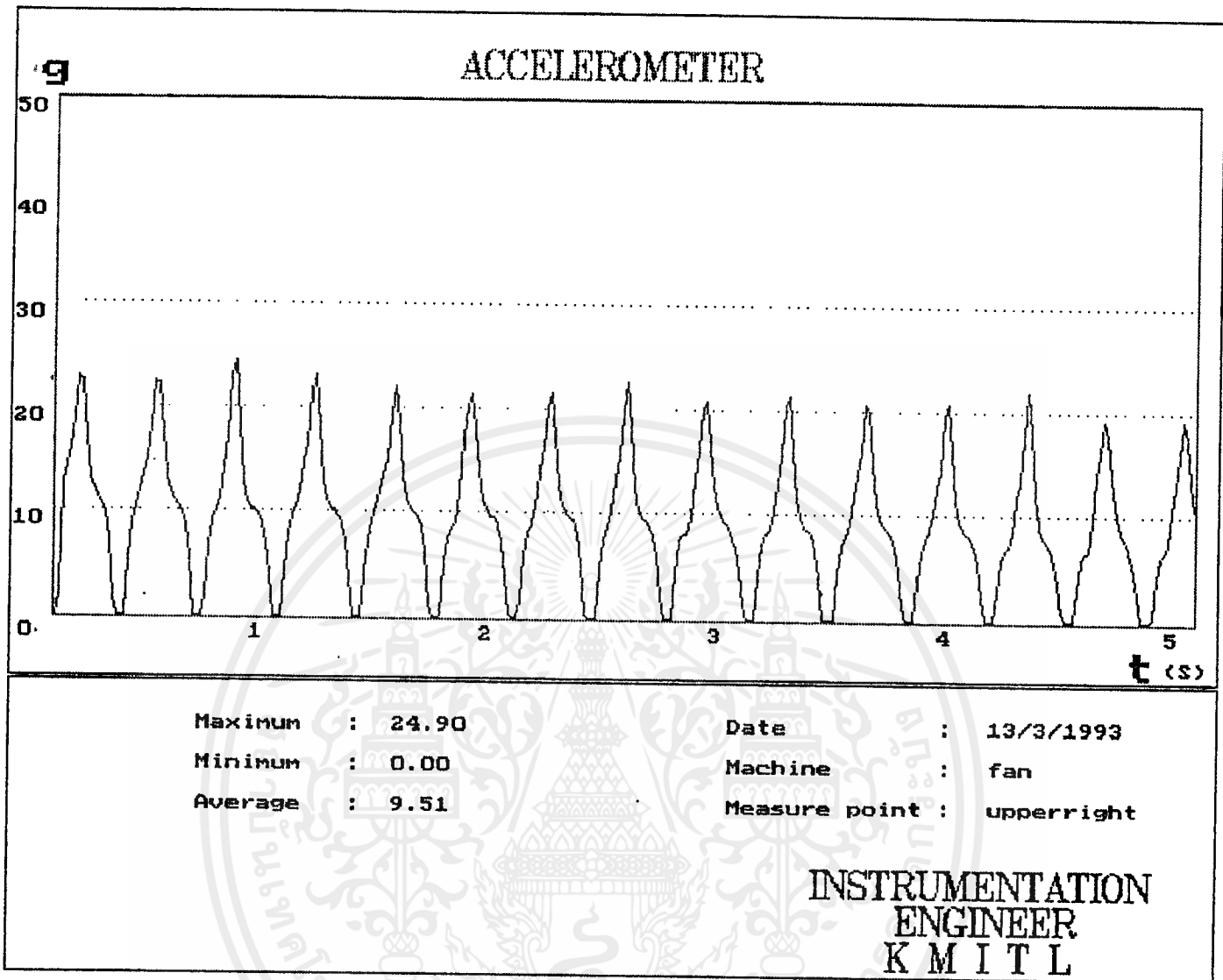
คือการคำนวณฟูรีเยร์แบบไม่ต่อเนื่อง โดยมีขั้นตอนพิเศษเข้าในอันที่จะลดเวลาในการคำนวณลง การคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์นั้น การคูณตัวเลขจะใช้เวลาในการคำนวณมากกว่าการบวกตัวเลขมากมายหลายเท่า การแปลงฟูรีเยร์แบบเร็วจึงเป็นวิธีที่สนองจุดประสงค์นี้ คือ พยายามลดจำนวนครั้งการคูณของการแปลงแบบฟูรีเยร์ไม่ต่อเนื่องลง ด้วยวิธีนี้ก็จะทำให้การคำนวณซับซ้อนและมีจำนวนครั้งของการบวกตัวเลขเพิ่มมากขึ้นด้วย แต่อย่างไรก็ตามโดยรวมแล้วเวลาที่ใช้ในการคำนวณจะลดลงได้อย่างมาก

การแปลงฟูรีเยร์แบบเร็ว ทำได้โดยการนำสมการของการแปลงฟูรีเยร์แบบไม่ต่อเนื่อง (สมการที่ 1) มาใช้โดยก่อนที่จะใช้สมการ จะต้องมีการจัดลำดับของข้อมูลใหม่เสียก่อน โดยการแยกออกเป็นฟังก์ชันคู่และฟังก์ชันคี่ไปเรื่อยๆ



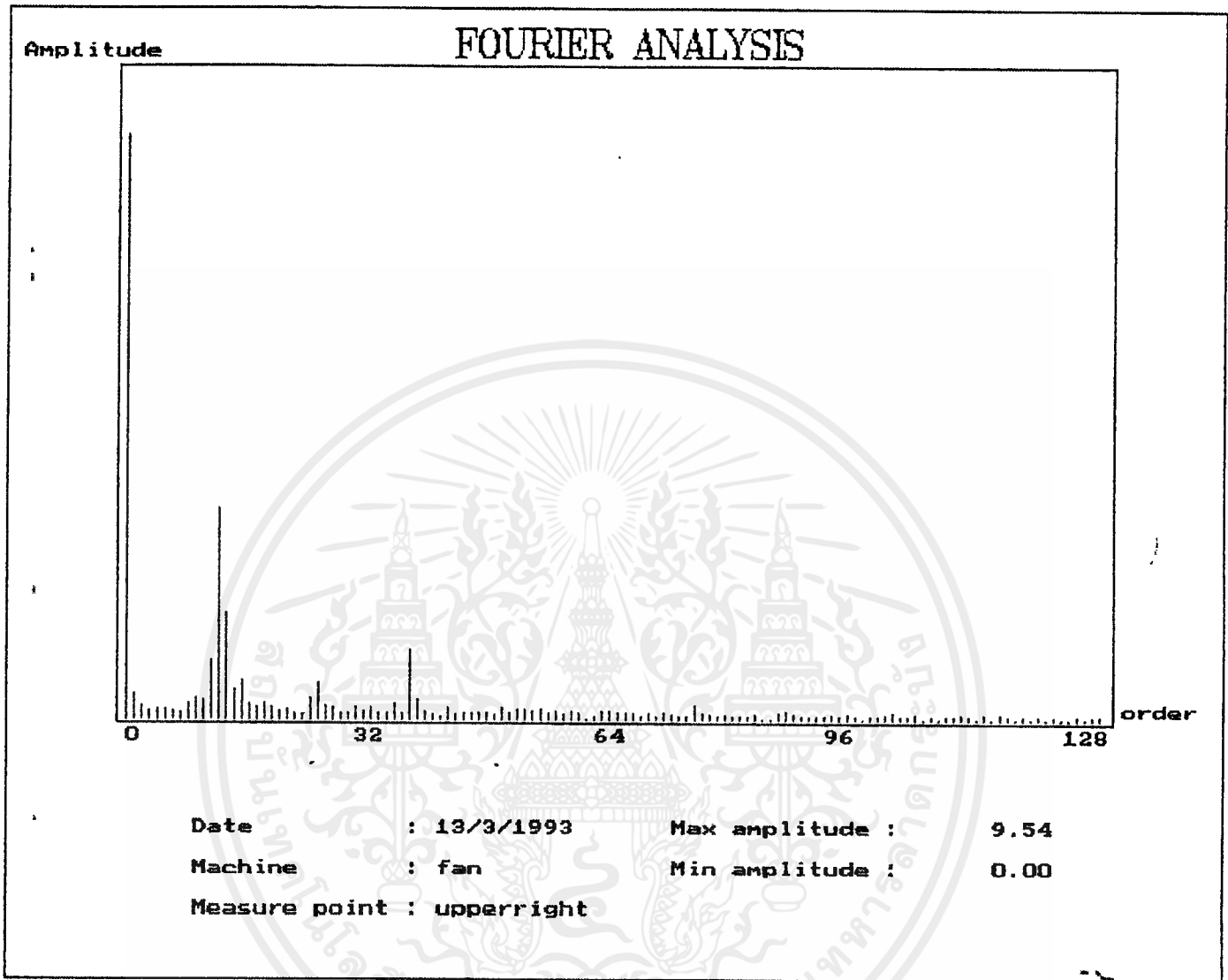
รูปที่ 2 แผนภาพผีเสื้อของข้อมูล 8 ข้อมูล

ด้วยเหตุนี้เอง เงื่อนไขอันหนึ่งของการคำนวณฟูเรียร์แบบเร็วก็คือ จำนวนข้อมูลที่จะนำมาคำนวณจะต้องมีจำนวนเป็นทวีคูณของ 2 แต่เมื่อใดก็ตาม หากจำนวนข้อมูลไม่เป็นทวีคูณของ 2 การที่จะนำมาคำนวณก็สามารถทำได้โดยการเติมศูนย์ต่อท้ายข้อมูลจนมีจำนวนเป็นทวีคูณของ 2 ตามต้องการ เช่นข้อมูลมี 1000 ตัว เราก็สามารถที่จะเติมท้ายด้วยศูนย์อีก 24 ตัว ก็จะได้จำนวนข้อมูล 1024 ตัวเท่ากับ 2^{10} ตัวพอดี และไม่มีผลต่อสเปกตรัมที่คำนวณด้วย



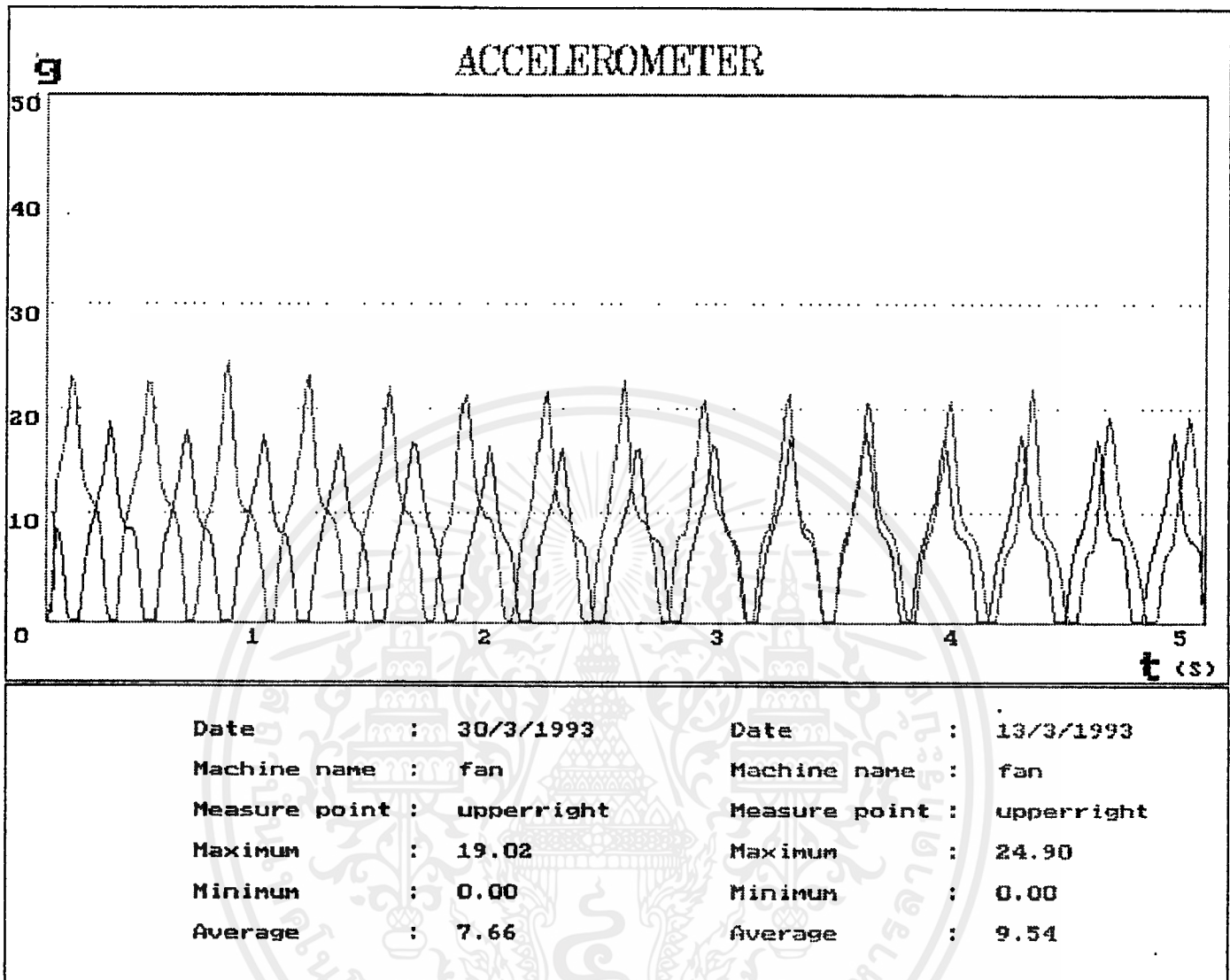
รูปแสดงตัวอย่างการวัดค่าระดับความสั่นสะเทือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



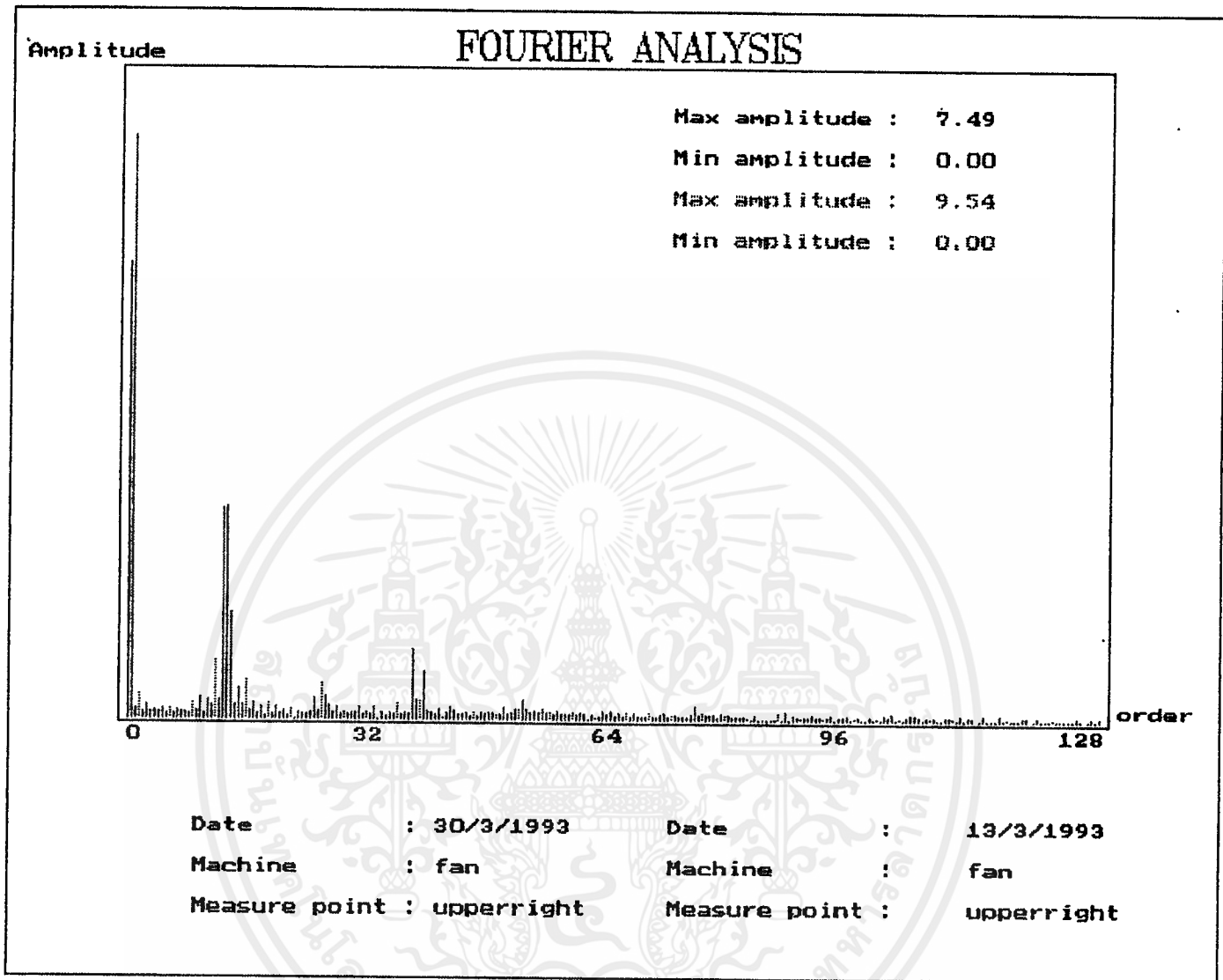
รูปแสดงการวิเคราะห์ระดับความสั่นสะเทือนโดยฟูเรียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงการเปรียบเทียบค่าระดับความสั่นสะเทือนที่โหลดต่างกันของเครื่องจักรเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงการวิเคราะห์ระดับความสั่นสะเทือนแบบเปรียบเทียบโดยฟูเรียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/* PROJECT 4J INSTRUMENTATION KMITL */
/* By BUNDIT THARANAMAI 321156 */
/* VINAI KORNTAKOONKARN 321302 */
/* WIYADA WONGANUSORN 321305 */
/* Adviser */
/* VIDHAYA THIPSUWANPORN */

```

```

#define TWO_PI 6.283185307
#define MAX_PTS 256
#define F_SPC 4
#define BASE 350
#define PORT 0 /* PORT 0 is COM1 */
/* #define code 227 or 0xE3 : baud 9600 : 1 start bit : no parity bit : */
/* 8 data bit : 1 stop bit : total 10 bit UART */

```

```

#include<conio.h>
#include<dos.h>
#include<graphics.h>
#include<math.h>
#include<stdio.h>
#include<stdlib.h>
#include<string.h>
#include<time.h>
#include<bios.h>

```

```

struct typePoint{
    char name[20];
    char set[20];
    char date[20];
    struct {
        unsigned int number;
    }
    get[302];
}point[2];

```

```

int graphdriver=DETECT,graphmode;
int errorcode;
char *driverpath="";

```

```

/* initial port serial port */

```

```

void port_init(port,code)
    int port ;
    unsigned char code ;
{
    union REGS r;
    r.x.dx = port; /* port number */
    r.h.ah = 0; /* use function 0 to init port */
    r.h.al = code; /* code of init port */
    int86(0x14,&r,&r);
}

```

```

/* send a byte to serial port */

```

```

void sport(port,c)
    int port;
    char c;
{
    union REGS r;
    r.x.dx = port; /* port number */

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

setcolor(YELLOW);
line(25,94,625,94);
line(25,145,625,145);
line(25,196,625,196);
line(25,247,625,247);
setcolor(CYAN);
outtextxy(425,420,"INSTRUMENTATION");
outtextxy(470,438,"ENGINEER");
outtextxy(465,456,"K M I T L");
setcolor(DARKGRAY);
settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
outtextxy(15,23,"g");
outtextxy(590,315,"t");
settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
outtextxy(610,320,"(S)");
setcolor(LIGHTBLUE);
outtextxy(3,45,"50");
outtextxy(3,96,"40");
outtextxy(3,147,"30");
outtextxy(3,198,"20");
outtextxy(3,249,"10");
outtextxy(6,305,"0");
outtextxy(127,305,"1");
outtextxy(248,305,"2");
outtextxy(369,305,"3");
outtextxy(490,305,"4");
outtextxy(610,305,"5");
setcolor(BLUE);
sprintf(text," %s",point[0].date);
outtextxy(380,350,"Date : ");
outtextxy(510,350,text);
sprintf(text," %s",point[0].name);
outtextxy(380,370,"Machine : ");
outtextxy(510,370,text);
sprintf(text," %s",point[0].set);
outtextxy(380,390,"Measure point : ");
outtextxy(510,390,text);
setcolor(LIGHTBLUE);

sport(PORT,'a');
dat[x] = rport(PORT);
/*dat[x] = random(100);*/
moveto(25,300-dat[x]);
while (!kbhit())
{
sport(PORT,'a');
dat[x] = rport(PORT);
/*dat[x] = random(100);*/
lineto(((2*x)+25),300-dat[x]);
dataavg = (dat[x]/5.1);
sprintf(text,"%5.2f",dataavg);
outtextxy(100,390,"Level : ");
bar(195,390,250,405);
outtextxy(195,390,text);
moveto(((2*x)+25),300-dat[x]);
delay(6);
x++;
if (x==301) {
x=0;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R");

```

setcolor(GREEN);
rectangle(1,332,638,478);
setcolor(YELLOW);
line(23,94,624,94);
line(23,145,624,145);
line(23,196,624,196);
line(23,247,624,247);
setcolor(DARKGRAY);
settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
outtextxy(15,23,"g");
outtextxy(590,315,"t");
settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
outtextxy(610,320,"(S)");
setcolor(LIGHTBLUE);
outtextxy(3,45,"50");
outtextxy(3,96,"40");
outtextxy(3,147,"30");
outtextxy(3,198,"20");
outtextxy(3,249,"10");
outtextxy(6,305,"0");
outtextxy(127,305,"1");
outtextxy(248,305,"2");
outtextxy(369,305,"3");
outtextxy(490,305,"4");
outtextxy(610,305,"5");

/* Find average first data */
total = 0;
for ( i = 0; i <=300; i++) {
    total = total + point[0].get[i].number;
}
avg1 = (total)/(300*5.1);

/* Find maximum first data */
temp = 0;
for ( i = 0; i <=300; i++) {
    c = point[0].get[i].number;
    if( temp <= c )
        temp = c;
}
maxi1 = temp/5.1;

/* Find minimum first data */
temp = 255;
for ( i = 0; i <=300; i++) {
    c = point[0].get[i].number;
    if( temp >= c )
        temp = c;
}
mini1 = temp/5.1;

/* Find average second data */
total = 0;
for ( i = 0; i <=300; i++) {
    total = total + point[1].get[i].number;
}
avg2 = (total)/(300*5.1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/* Find maximum second data */
```

```
temp = 0;  
for ( i = 0; i <=300; i++) {  
    c = point[1].get[i].number;  
    if( temp <= c )  
        temp = c;  
}  
maxi2 = temp/5.1;
```

```
/* Find minimum second data */  
temp = 255;  
for ( i = 0; i <=300; i++) {  
    c = point[1].get[i].number;  
    if( temp >= c )  
        temp = c;  
}  
mini2 = temp/5.1;
```

```
sprintf(text, " %4.2f",maxi1);  
outtextxy(100,410,"Maximum : ");  
outtextxy(230,410,text);  
sprintf(text, " %4.2f",mini1);  
outtextxy(100,430,"Minimum : ");  
outtextxy(230,430,text);  
sprintf(text, " %4.2f",avg1);  
outtextxy(100,450,"Average : ");  
outtextxy(230,450,text);  
sprintf(text, " %s",point[0].date);  
outtextxy(100,350,"Date : ");  
outtextxy(230,350,text);  
sprintf(text, " %s",point[0].name);  
outtextxy(100,370,"Machine name : ");  
outtextxy(230,370,text);  
sprintf(text, " %s",point[0].set);  
outtextxy(100,390,"Measure point : ");  
outtextxy(230,390,text);
```

```
setcolor(LIGHTRED);  
sprintf(text, " %4.2f",maxi2);  
outtextxy(380,410,"Maximum : ");  
outtextxy(510,410,text);  
sprintf(text, " %4.2f",mini2);  
outtextxy(380,430,"Minimum : ");  
outtextxy(510,430,text);  
sprintf(text, " %4.2f",avg2);  
outtextxy(380,450,"Average : ");  
outtextxy(510,450,text);  
sprintf(text, " %s",point[1].date);  
outtextxy(380,350,"Date : ");  
outtextxy(510,350,text);  
sprintf(text, " %s",point[1].name);  
outtextxy(380,370,"Machine name : ");  
outtextxy(510,370,text);  
sprintf(text, " %s",point[1].set);  
outtextxy(380,390,"Measure point : ");  
outtextxy(510,390,text);  
setcolor(LIGHTBLUE);  
for(x=0;x<=300;x++) {  
    line(((2*x)+23),300-point[0].get[x].number,(((2*x)+25),
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

300-point[0].get[x+1].number);
    delay(10);
}
setcolor(LIGHTRED);
for(x=0;x<=300;x++) {
    line(((2*x)+23),300-point[1].get[x].number,((2*x)+25),
        300-point[1].get[x+1].number);
    delay(10);
}
getch();
closegraph();
gotoxy(10,10);printf("Do you want to continue(y/n)?");
ch = getch();
switch(ch)
{
    case 'y':
        dft2(point);
        break;
    default:
        break;
}
main();
}

/* Discrete Fourier Transform with graphics output */
dft1()
{
    char    driverpath='',ch,text[20];
    double a,q,z;
    float   temp,c,maxi,mini;
    int     k,m,n,i,ampli;
    int     graphdriver=DETECT,graphmode;
    static double xt[MAX_PTS],fx[MAX_PTS],fy[MAX_PTS],xf[MAX_PTS];

    clrscr();
    gotoxy(10,10);printf("  Enter the number of sample points: ");
    gotoxy(10,12);printf(": The number is multiple of 2 only : ");
    gotoxy(10,14);printf(": Number  8,16,32,64,128,256 only! : ");
    gotoxy(50,10);scanf("%d",&n);

    detectgraph(&graphdriver,&graphmode);
    initgraph(&graphdriver,&graphmode,driverpath);
    cleardevice();
    setbkcolor(WHITE);
    setcolor(RED);
    rectangle(2,2,638,478);
    settextstyle(TRIPLEX_FONT,HORIZ_DIR,2);
    outtextxy(235,8, "FOURIER ANALYSIS");

    /* define the function here    */
    for ( m = 0 ; m < n ; m++ )
    {
        xt[m] = point[0].get[m].number/5;
    }
    setcolor(CYAN);
    settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
    outtextxy(585,342,"order");
    outtextxy(10,20,"Amplitude");
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setcolor(LIGHTMAGENTA);
outtextxy(65,355,"0");
outtextxy(185,355,"64");
outtextxy(310,355,"128");
outtextxy(430,355,"192");
outtextxy(555,355,"256");
setcolor(BLUE);
sprintf(text," %s",point[0].date);
outtextxy(100,400,"Date           :  ");
outtextxy(220,400,text);
sprintf(text," %s",point[0].name);
outtextxy(100,420,"Machine           :  ");
outtextxy(220,420,text);
sprintf(text," %s",point[0].set);
outtextxy(100,440,"Measure point :  ");
outtextxy(220,440,text);
setcolor(GREEN);
rectangle(60,30,580,352);
setcolor(LIGHTBLUE);

```

```

/* Compute DFT */
for ( k = 0 ; k < n/2 ; k++ )
{
    a = TWO_PI/n;
    fx[k] = 0.0;
    fy[k] = 0.0;
    z = 1.0/n;
    q = a*k;
    for ( m = 0 ; m < n ; m++ )
    {
        fx[k] = fx[k] + xt[m]*cos(m*q);
        fy[k] = fy[k] + xt[m]*sin(m*q);
    }
    xf[k] = sqrt(fx[k]*fx[k] + fy[k]*fy[k])*z;
    ampli = BASE-(int)(200*xf[k]);
    if ( ampli < 31 )
    {
        ampli = 31;
    }
    line(F_SPC*k+65,BASE,F_SPC*k+65,ampli);
}

```

```

/* find maximum data and minimum data */
setcolor(BLUE);
temp = 0;
for ( k = 0 ; k < n/2 ; k++ )
{
    c = xf[k];
    if ( temp <= c )
        temp = c;
}
maxi = temp;
sprintf(text,"%5.2f",maxi);
outtextxy(350,400,"Max amplitude :  ");
outtextxy(510,400,text);
temp = 10000;
for ( k = 0 ; k < n/2 ; k++ )
{
    c = xf[k];

```

```

        if ( temp >= c )
            temp = c;
    }
    mini = temp;
    sprintf(text,"%5.2f",mini);
    outtextxy(350,420,"Min amplitude : ");
    outtextxy(510,420,text);
    getch(); /* wait for keypress before exit */
    closegraph();
}

dft2()
{
    char driverpath='',ch,text[20];
    double a,q,z;
    float temp,c,maxi,mini;
    int k,m,n=256,i,ampli;
    int graphdriver=DETECT,graphmode;
    static double xt[MAX_PTS],fx[MAX_PTS],fy[MAX_PTS],xf[MAX_PTS];

    clrscr();
    detectgraph(&graphdriver,&graphmode);
    initgraph(&graphdriver,&graphmode,driverpath);
    cleardevice();
    setbkcolor(WHITE);
    setcolor(MAGENTA);
    rectangle(2,2,638,478);
    settextstyle(TRIPLEX_FONT,HORIZ_DIR,2);
    outtextxy(235,8, "FOURIER ANALYSIS");
    setcolor(GREEN);
    rectangle(60,30,580,352);

    /* define the first function here */
    for ( m = 0 ; m < n-; m++ )
    {
        xt[m] = point[0].get[m].number/5;
    }
    setcolor(CYAN);
    settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
    outtextxy(585,342,"order");
    outtextxy(10,20,"Amplitude");
    setcolor(LIGHTMAGENTA);
    outtextxy(65,355,"0");
    outtextxy(185,355,"64");
    outtextxy(310,355,"128");
    outtextxy(430,355,"192");
    outtextxy(555,355,"256");
    setcolor(BLUE);
    sprintf(text," %s",point[0].date);
    outtextxy(100,400,"Date : ");
    outtextxy(220,400,text);
    sprintf(text," %s",point[0].name);
    outtextxy(100,420,"Machine : ");
    outtextxy(220,420,text);
    sprintf(text," %s",point[0].set);
    outtextxy(100,440,"Measure point : ");
    outtextxy(220,440,text);
    setcolor(LIGHTBLUE);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                                /* Compute DFT */
for ( k = 0 ; k < n/2 ; k++ )
{
    a = TWO_PI/n;
    fx[k] = 0.0;
    fy[k] = 0.0;
    z      = 1.0/n;
    q      = a*k;
    for ( m = 0 ; m < n ; m++ )
        {
            fx[k] = fx[k] + xt[m]*cos(m*q);
            fy[k] = fy[k] + xt[m]*sin(m*q);
        }
    xf[k] = sqrt(fx[k]*fx[k] + fy[k]*fy[k])*z;
    ampli = BASE-(int)(200*xf[k]);
    if ( ampli < 30 )
        {
            ampli = 31;
        }
    line(F_SPC*k+65,BASE,F_SPC*k+65,ampli);
}

/* find maximum data and minimum data */
setcolor(BLUE);
temp = 0;
for ( k = 0 ; k < n/2 ; k++ )
{
    c = xf[k];
    if ( temp <= c )
        temp = c;
}
maxi = temp;
sprintf(text,"%5.2f",maxi);
outtextxy(350,50,"Max amplitude : ");
outtextxy(480,50,text);
temp = 10000;
for ( k = 0 ; k < n/2 ; k++ )
{
    c = xf[k];
    if ( temp >= c )
        temp = c;
}
mini = temp;
sprintf(text,"%5.2f",mini);
outtextxy(350,70,"Min amplitude : ");
outtextxy(480,70,text);
getch(); /* wait for keypress before plot second data */

/* define the second function here */
for ( m = 0 ; m < n ; m++ )
{
    xt[m] = point[1].get[m].number/5;
}
setcolor(GREEN);
sprintf(text," %s",point[1].date);
outtextxy(350,400,"Date : ");
outtextxy(500,400,text);
sprintf(text," %s",point[1].name);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;
outtextxy(500,420,text);
sprintf(text," %s",point[1].set);
outtextxy(350,440,"Measure point : ");
outtextxy(500,440,text);
setcolor(GREEN);

/* Compute DFT */
for ( k = 0 ; k < n/2 ; k++ )
{
a = TWO_PI/n;
fx[k] = 0.0;
fy[k] = 0.0;
z = 1.0/n;
q = a*k;
for ( m = 0 ; m < n ; m++ )
{
fx[k] = fx[k] + xt[m]*cos(m*q);
fy[k] = fy[k] + xt[m]*sin(m*q);
}
xf[k] = sqrt(fx[k]*fx[k] + fy[k]*fy[k])*z;
ampli = BASE-(int)(200*xf[k]);
if ( ampli < 30 )
{
ampli = 31;
}
line(F_SPC*k+67,BASE,F_SPC*k+67,ampli);
}

/* find maximum data and minimum data */
setcolor(GREEN);
temp = 0;
for ( k = 0 ; k < n/2 ; k++ )
{
c = xf[k];
if ( temp <= c )
temp = c;
}
maxi = temp;
sprintf(text,"%5.2f",maxi);
outtextxy(350,90,"Max amplitude : ");
outtextxy(480,90,text);
temp = 10000;
for ( k = 0 ; k < n/2 ; k++ )
{
c = xf[k];
if ( temp >= c )
temp = c;
}
mini = temp;
sprintf(text,"%5.2f",mini);
outtextxy(350,110,"Min amplitude : ");
outtextxy(480,110,text);
getch(); /* wait for keypress before exit */
closegraph();
}

/* FUNCTION GRAPH */

```

```

graph()
{
    char ch,driverpath='',text[20];
    double total;
    float avg,maxi,mini;
    int graphdriver=DETECT,graphmode;
    int c,i,x,temp;

    clrscr();
    detectgraph(&graphdriver,&graphmode);
    initgraph(&graphdriver,&graphmode,driverpath);
    setbkcolor(WHITE);
    setcolor(MAGENTA);
    rectangle(1,1,638,330);
    setcolor(RED);
    rectangle(24,43,626,301);
    settextstyle(TRIPLEX_FONT,HORIZ_DIR,2);
    outtextxy(235,15, "ACCELEROMETER");
    setcolor(GREEN);
    rectangle(1,332,638,478);
    setcolor(YELLOW);
    line(25,94,625,94);
    line(25,145,625,145);
    line(25,196,625,196);
    line(25,247,625,247);
    setcolor(CYAN);
    outtextxy(425,420, "INSTRUMENTATION");
    outtextxy(470,438, "ENGINEER");
    outtextxy(465,456, "K M I T L");
    setcolor(DARKGRAY);
    settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,2);
    outtextxy(15,23, "g");
    outtextxy(590,315, "t");
    settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
    outtextxy(610,320, "(S)");
    setcolor(LIGHTBLUE);
    outtextxy(3,45, "50");
    outtextxy(3,96, "40");
    outtextxy(3,147, "30");
    outtextxy(3,198, "20");
    outtextxy(3,249, "10");
    outtextxy(6,305, "0");
    outtextxy(127,305, "1");
    outtextxy(248,305, "2");
    outtextxy(369,305, "3");
    outtextxy(490,305, "4");
    outtextxy(610,305, "5");

    setcolor(BLUE);
    /* find average,maximum,minimum */
    temp = 0;
    for ( i = 0 ; i < 300 ; i++ ) {
        c = point[0].get[i].number;
        if ( temp <= c )
            temp = c;
    }
    maxi = (temp/5.1);
    sprintf(text, " %4.2f",maxi);
    outtextxy(100,350, "Maximum : ");
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

temp = 255;
for ( i = 0 ; i < 300 ; i++ ) {
    c = point[0].get[i].number;
    if ( temp >= c )
        temp = c;
}
mini = (temp/5.1);
sprintf(text," %4.2f",mini);
outtextxy(100,370,"Minimum : ");
outtextxy(195,370,text);
total = 0;
for ( i = 0 ; i < 300 ; i++ ) {
    total = total + point[0].get[i].number;
}
avg = (total/(300*5.1));
sprintf(text," %4.2f",avg);
outtextxy(100,390,"Average : ");
outtextxy(195,390,text);
sprintf(text," %s",point[0].date);
outtextxy(380,350,"Date : ");
outtextxy(510,350,text);
sprintf(text," %s",point[0].name);
outtextxy(380,370,"Machine : ");
outtextxy(510,370,text);
sprintf(text," %s",point[0].set);
outtextxy(380,390,"Measure point : ");
outtextxy(510,390,text);

setcolor(LIGHTBLUE);
for(x=0;x<300;x++) {
    line(((2*x)+25),300-point[0].get[x].number,((2*x)+27),
        300-point[0].get[x+1].number);
    delay(15);
}
getch();
closegraph();
}

/* FUNCTION INITIAL GRAPH */
void initial()
{
    graphdriver=DETECT;
    initgraph(&graphdriver,&graphmode,driverpath);
    errorcode=graphresult();
    if (errorcode != grOk) /* an error occurred */
    {
        closegraph();
        printf("Graphics error: %s\n", grapherrormsg(errorcode));
        printf("Press any key to halt:");
        getch();
        exit(1); /* return with error code */
    }
}

/* THESE FUNCTION USE FOR DRAW MENU */
void box1(int startx,int starty,int endx,int endy,char color)
{

```

```

    setcolor(color);
    line(startx,starty,startx,endy);
    line(startx,starty,endx,starty);
    line(startx,endy,endx,endy);
    line(endx,starty,endx,endy);
}

void box2(int startx,int starty,int endx,int endy,char col,char co2)
{
    setlinestyle(SOLID_LINE,0,THICK_WIDTH);
    setcolor(col);
    line(startx,starty,startx,endy);
    line(startx,starty,endx,starty);
    setcolor(co2);
    line(startx,endy,endx,endy);
    line(endx,starty,endx,endy);
    setfillstyle(SOLID_FILL,CYAN);
    bar(startx+2,starty+2,endx-2,endy-2);
}

void button(char col,char co2)
{
    box2(400,70,580,100,col,co2);
    box2(400,170,580,200,col,co2);
    box2(400,220,580,250,col,co2);
    box2(400,270,580,300,col,co2);
    box2(400,120,580,150,col,co2);
    box1(370,320,610,429,RED);
}

fchioce(int y)
{
    setlinestyle(SOLID_LINE,0,3);
    switch(y) {
        case 0: box1(397,67,583,103,LIGHTMAGENTA);break;
        case 1: box1(397,117,583,153,LIGHTMAGENTA);break;
        case 2: box1(397,167,583,203,LIGHTMAGENTA);break;
        case 3: box1(397,217,583,253,LIGHTMAGENTA);break;
        case 4: box1(397,267,583,303,LIGHTMAGENTA);break;
    }
}

fdelete(int y)
{
    switch(y) {
        case 0: box1(397,117,583,153,WHITE);
               box1(397,167,583,203,WHITE);
               box1(397,217,583,253,WHITE);
               box1(397,267,583,303,WHITE);break;

        case 1: box1(397,67,583,103,WHITE);
               box1(397,167,583,203,WHITE);
               box1(397,217,583,253,WHITE);
               box1(397,267,583,303,WHITE);break;

        case 2: box1(397,67,583,103,WHITE);
               box1(397,117,583,153,WHITE);
               box1(397,217,583,253,WHITE);
               box1(397,267,583,303,WHITE);break;
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

(317,67,583,103,WHITE);
    box1(397,117,583,153,WHITE);
    box1(397,167,583,203,WHITE);
    box1(397,267,583,303,WHITE);break;

    case 4: box1(397,67,583,103,WHITE);
    box1(397,117,583,153,WHITE);
    box1(397,167,583,203,WHITE);
    box1(397,217,583,253,WHITE);break;
}
}

```

```

old (char color)
{

```

```

    button(YELLOW,RED);
    setfillstyle(SOLID_FILL,LIGHTGRAY);
    bar(371,321,609,428);
    box1(374,324,606,425,WHITE);
    setcolor(color);
    outtextxy(450,85,"[ RECEIVE ]");
    outtextxy(450,135,"[ CONTINUE ]");
    outtextxy(450,185," [ LOAD ]");
    outtextxy(450,235,"[ COMPARE ]");
    outtextxy(450,285," [ EXIT ]");
}

```

```

void Putpixel()
{

```

```

    int x,r,y,i,h,w,color;

    w=348-52;
    h=427-102;
    randomize();
    for(i=0;i<2000;++i)
    {
        x=52+random(w-1);
        y=102+random(h-1);
        r=getmaxcolor();
        color=random(r);
        setcolor(color);
        line(x,y,x+color,y-5);
        line(x,y,x-5,y+color);
        color=random(r);
        line(x-color,y-5,x,y);
    }
}

```

```

/* MAIN FUNCTION OF PROGRAM */

```

```

main()
{

```

```

    int h,w=5000,y=0;

    port_init(PORT,227);
    initial();
    setfillstyle(SOLID_FILL,WHITE/*LIGHTCYAN*/);
    bar(20,20,619,450);
    box1(10,10,629,460,WHITE);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
box1(13,13,626,457,WHITE);
```

```
old(WHITE);
box1(397,67,583,103,LIGHTMAGENTA);
box1(50,100,350,429,RED);
settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,3);
setcolor(LIGHTRED);
outtextxy(46,50,"ACCELEROMETER");
setlinestyle(SOLID_LINE,0,1);
line(30,60,372,60);
setcolor(GREEN);
line(30,65,372,65);
line(30,55,372,55);
setfillstyle(SOLID_FILL,WHITE);
bar(52,102,348,427);
Putpixel();
settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
for(;;)
{
    union k {
        char c[2];
        int i;
    }key;
setfillstyle(SOLID_FILL,LIGHTGRAY);
bar(371,321,609,428);
setlinestyle(SOLID_LINE,0,1);
box1(374,324,606,425,WHITE);
setcolor(LIGHTGREEN);
if(y==0) {
    outtextxy( 400,350," RECEIVE LOT DATA ");
    outtextxy( 400,370," SHOW GRAPH AND SAVE");
}
if(y==1) {
    outtextxy( 400,350," CONTINUE RECEIVE DATA ");
    outtextxy( 400,370," AND SHOW GRAPH ");
}
if(y==2) {
    outtextxy( 400,350," LOAD OLD FILE ");
    outtextxy( 400,370," AND SHOW GRAPH ");
}
if(y==3) {
    outtextxy( 400,350," LOAD 2 FILES ");
    outtextxy( 400,370," TO COMPARE GRAPH ");
}
if(y==4) outtextxy( 400,350," OUT OF PROGRAM ");
    key.i = bioskey(0);

    if(!key.c[0]) switch(key.i)
    {
        case 18432 : w=w--; y=abs(5+w)%5; break;
        case 20480 : w=w++; y=abs(w)%5; break;
    }
    fchioce(y);
    fdelete ( y );
if( key.i == 7181 ) {
    switch(y) {

        case 0: box2(400,70,580,100,CYAN,CYAN);
                delay(100);
                box2(400,70,580,100,RED,YELLOW);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

outtextxy(450,85,"[ RECEIVE ]");
    delay(50); old(BLUE);delay(500);
    menuone();
    break;

    case 1: box2(400,120,580,150,CYAN,CYAN);
    delay(100);
    box2(400,120,580,150,RED,YELLOW);
    outtextxy(450,135,"[ CONTINUE ]");
    delay(50); old(BLUE);delay(500);
    menutwo();
    break;

    case 2: box2(400,170,580,200,CYAN,CYAN);
    delay(100);
    box2(400,170,580,200,RED,YELLOW);
    outtextxy(450,185," [ LOAD ]");
    delay(50); old(BLUE);delay(500);
    menuthree();
    break;

    case 3: box2(400,220,580,250,CYAN,CYAN);
    delay(100);
    box2(400,220,580,250,RED,YELLOW);
    outtextxy(450,235,"[ COMPARE ]");
    delay(50); old(BLUE);delay(500);
    menufour();
    break;

    case 4: box2(400,270,580,300,CYAN,CYAN);
    delay(100);
    box2(400,270,580,300,RED,YELLOW);
    outtextxy(450,285," [ EXIT ]");
    delay(50); old(BLUE);delay(500);
    closegraph();
    exit(0);
}
}
}
closegraph();
}

```

Nr. 8.8630 Ed. 8.90 P. 1 ... 2 .
Type

8630B5, 8630B50

PiezoBEAM®-Beschleunigungsaufnehmer
Accéléromètre PiezoBEAM®
PiezoBEAM® Accelerometer

Hochempfindlicher Beschleunigungsaufnehmer mit eingebautem Ladungsverstärker und niederohmigem Spannungsausgang. Haupteinsatzgebiet des Aufnehmers ist die Modalanalyse.

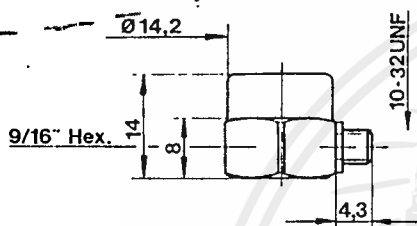
Trotz leichter Bauweise (<5g) hohe Empfindlichkeit (100, 1000 mV/g). Der masseisolierte Aufnehmer wird direkt auf das Messobjekt aufgeklebt. Kompatibel zu allen im Programm stehenden Kupplern.

Accéléromètre avec sensibilité élevée, amplificateur de charge intégré et tension de sortie à basse impédance. Utilisation principale en analyse modale.

Sensibilité élevée (100, 1000 mV/g), malgré construction légère (<5g). Le capteur isolé par rapport à la masse est collé directement sur l'objet à mesurer. Compatible avec tous les coupleurs-disponibles.

Accelerometer with high sensitivity, built-in charge amplifier and low-impedance voltage output. Main application field is modal analysis.

High sensitivity (100, 1000mV/g) despite lightweight construction (<5g). The ground isolated transducer is glued directly onto the object to be measured. Compatible with all couplers available in the program.



1 : 1

Technische Daten

Données techniques

Technical Data

Typ	Type	Type	8630B5	8630B50	
Bereich	Gamme	Range	g	±5	±50
Überlast Vibration Schock (≤0,2 ms)	Surcharge Vibration Choc (≤0,2 ms)	Overload Vibration Shock (≤0,2 ms)	g	±8	±80
Empfindlichkeit ±5 % bei 100 Hz, 3 g _{rms}	Sensibilité ±5 % à 100 Hz, 3 g _{rms}	Sensitivity ±5 % at 100 Hz, 3 g _{rms}	g	7000	10 000
Ansprechschwelle, nom.	Seuil de réponse, nom.	Threshold, nom.	mV/g	1000	100
Linearität, nom.	Linéarité, nom.	Linearity, nom.	μg _{rms}	120	1000
Zeitkonstante, nom.	Constante de temps, nom.	Time constant, nom.	%	±1	±1
Resonanzfrequenz (montiert)	Fréquence de résonance (monté)	Resonant frequency (mounted)	s	1	1
Frequenzbereich (±5 %)	Gamme de fréquence (±5 %)	Frequency range (±5 %)	kHz	≈9	≈22
Phaseverschiebung 4 ... 2000 Hz (4 ... 5000 Hz)	Déphasage 4 ... 2000 Hz (4 ... 5000 Hz)	Phase shift 4 ... 2000 Hz (4 ... 5000 Hz)	Hz	0,5 ... 2 k	0,5 ... 5 k
Seltenempfindlichkeit	Sensibilité latérale	Transverse sensitivity	°	<5	(<5)
Basdehnungsempfindlichkeit bei 250 με	Sensibilité de sollicitation à l'extension à 250 με	Base strain sensitivity at 250 με	%	≤1	≤1
Betriebstemperaturbereich	Gamme de température d'utilisation	Operating temperature range	g/με	<0,001	<0,001
Lagerungstemperaturbereich	Gamme de température de stockage	Storage temperature range	°C	0 ... 65	0 ... 65
Temperaturkoeffizient der Empfindlichkeit	Coefficient de température de la sensibilité	Temperature coefficient of sensitivity	°C	-23 ... 93	-23 ... 93
Speisestrom	Courant d'alimentation	Supply current	%/°C	-0,01	+0,02
Speisespannung	Tension d'alimentation	Supply voltage	mA	2 ... 18	2 ... 18
Ausgangsruhespannung	Tension de repos	Output bias voltage	VDC	20 ... 30	20 ... 30
Ausgangsimpedanz	Impédance de sortie	Output impedance	VDC	11 ±3	11 ±3
Eingangsimpedanz	Impédance d'entrée	Input impedance	Ω	<500	<100
Ausgangsspannung, Vollbereich	Tension de sortie, pleine gamme	Output voltage, full scale	kΩ	>100	>100
Ausgangsstrom bei 4 mA-Speisung	Courant de sortie avec alimentation 4 mA	Output current at 4 mA supply	V	±5	±5
Empfindlichkeitsänderung in Abhängigkeit des Speisestroms, 2 ... 8 mA, typ.	Changement de la sensibilité en fonction du courant d'alimentation, 2 ... 8 mA, typ.	Sensitivity change in function of the supply current, 2 ... 8 mA, typ.	mA	2	2
Masse	Masse	Mass	%	±1	±1
Masseisolation	Isolation par rapport à la masse	Ground insulation	g	4,5	4,5
Gehäusewerkstoff	Matériau du boîtier	Housing material	MΩ	10	10
			Aluminium, hard anodized		

1 g = 9,80665 m · s⁻²; 1 m · s⁻² = 0,1019... g; 1 inch = 25,4 mm; 1 Nm = 0,73756... lbf·ft; 1 g = 0,03527... oz

Beschreibung

Der PiezoBEAM®-Beschleunigungsaufnehmer besteht im wesentlichen aus dem Aufnehmergehäuse aus hart eloxiertem Aluminium, einem piezoelektrischen Messelement und einem eingebauten Ladungsverstärker.

Am Ausgang des hochempfindlichen Aufnehmers steht wie bei allen Piezotron®-Beschleunigungsaufnehmern ein niederohmiges Spannungssignal zur Verfügung, das proportional zur Beschleunigung ist.

Für die Speisung und Signalaufbereitung können alle im Programm befindlichen Kuppler verwendet werden.

Der Aufnehmer kann mit einem normalen Koaxialkabel, z.B. Typ 1761A... angeschlossen werden. Spezielle hochisolierende und rauscharme Anschlusskabel sind nicht notwendig.

Anwendung

Wegen seines leichten Gewichts, seinen kleinen Abmessungen und seiner hohen Empfindlichkeit eignet sich der PiezoBEAM®-Beschleunigungsaufnehmer besonders gut für Vibrations- und Schwingungsuntersuchungen an Strukturen sowie für die Modalanalyse.

Montage

Der Aufnehmer wird mittels Petro-Wachs direkt auf das Prüfobjekt aufgeklebt.

Zubehör

Petro-Wachs:

Description

L'accéléromètre PiezoBEAM® est composé principalement du boîtier en aluminium anodisé dur, de l'élément de mesure piézoélectrique et d'un amplificateur de charge incorporé.

Tout comme pour les accéléromètres à Piezotron®, un signal de tension à basse impédance, proportionnel à l'accélération, est disponible à la sortie de cet accéléromètre très sensible.

Tous les coupleurs du programme peuvent être utilisés pour l'alimentation et le traitement des signaux.

Le capteur peut être branché à l'aide d'un câble coaxial normal, p.ex. type 1761A... Des câbles spéciaux à isolement élevé et à faible bruit ne sont pas nécessaires.

Application

A cause de son poids réduit, de ses dimensions réduites et de sa sensibilité élevée, l'accéléromètre PiezoBEAM® est tout spécialement recommandé pour investigations de vibrations et d'oscillations dans structures mécaniques ainsi que pour l'analyse modale.

Montage

L'accéléromètre est collé directement sur l'objet à mesurer en utilisant la cire Petrowax.

Accessoires

Typ 8432

Cire Petrowax:

type 8432

Description

The PiezoBEAM® accelerometer consists of the transducer housing made of hard anodized aluminium, a piezoelectric measuring element and a built-in charge amplifier.

As with all Piezotron® accelerometers, a low-impedance voltage signal, proportional to the applied acceleration, is available at the output of this highly sensitive accelerometer.

All couplers available in the program can be used for power supply and signal processing.

The transducer can be connected by means of a normal coaxial cable, e.g. Type 1761A... Special highly insulating and a low-noise connecting cables are not required.

Application

Because of its low weight, low profile and high sensitivity, the PiezoBEAM® accelerometer is especially well suited for investigations of vibrations and oscillations in mechanical structures as well as for modal analysis.

Mounting

The accelerometer is directly glued to the object to be tested by means of Petro wax.

Accessories

Petro wax:

Type 8432

PIEZOTRON-KUPPLER
COUPLEURS PIEZOTRON
PIEZOTRON COUPLERS

Nr. 12.021
 Ed. 12.82
 P. 1...4
 Type

5108, 5112, 5116, 5120

Kuppler zur Speisung von Piezotron-Aufnehmern mit Konstantstrom und zur Signalaufbereitung (Zweileiter-System). Vier Typen für verschiedene Anforderungen. Ausführungen für externe Speisung, Batterie- und Netzspeisung, sowie mit Filtern und einstellbarer Verstärkung. Möglichkeit zur Überwachung des Aufnehmerstromkreises.

Piezotron® ist ein eingetragenes Warenzeichen der Kistler Instrumente AG, Winterthur.

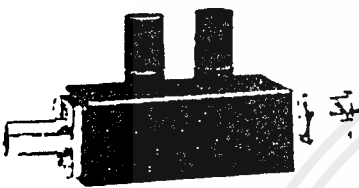
Coupleurs pour l'alimentation de capteurs Piézotron avec un courant constant et pour la conversion du signal (système à deux conducteurs). Quatre modèles pour des exigences différentes sont disponibles. Il existe des coupleurs pour une alimentation extérieure, une alimentation assurée par les batteries ou par le réseau ainsi qu'avec des filtres et un amplificateur réglable. Possibilité de surveillance du circuit du capteur.

Piezotron® est une marque déposée de Kistler Instrumente AG, Winterthur.

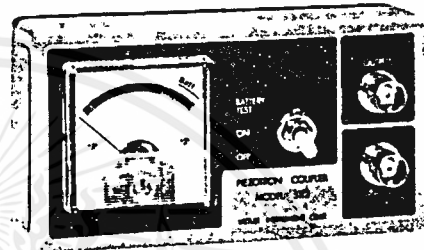
Piezotron couplers serve to power Piezotron transducers with a constant current and perform signal conditioning (two-wire system). Piezotron couplers come in four models to meet a wide range of requirements. They are either externally battery or mains powered, incorporate plug-in filters (depending on model) and an adjustable amplifier feature. Monitoring of the transducer power circuit is also possible.

Piezotron® is the registered trademark of Kistler Instrumente AG, Winterthur.

Type 5108



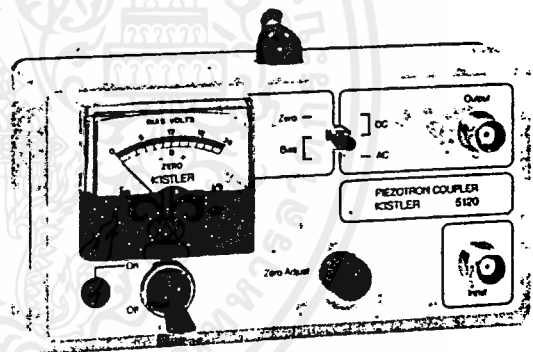
Type 5112



Type 5116



Type 5120



TECHNISCHE DATEN

DONNEES TECHNIQUES

TECHNICAL DATA

	Speisestrom Courant Current	Verstärkung Gain Gain	Frequenzbereich (±5%) Gamme de fréquence (±5%) Frequency range (±5%)	Filter Filtre Filter	Ausgangs-impedanz Impédance de sortie Output impedance	Spannungsversorgung Alimentation Power supply	Abmessungen Dimensions Dimensions	Masse Masse Mass
Type	mA	—	Hz...kHz	—	Ω	V	mm	g
5108	4	1	0,07...>200	—	100 b)	24...32 = c)	100 × 45 × 30	65
5112	2	1	0,07...>200	—	100 b)	3 × 9V = d)	120 × 65 × 55	300
5116	2...18	1	0,07...200 a)	a)	20	220/110 ≈	150 × 75 × 85	585
5120	2...18	0,5...5	0...180 a)	a)	20	220/110 ≈	150 × 75 × 85	585

Betriebstemperaturbereich °C 0...50

a) ohne Filter, für Filter siehe «ZUBEHÖR»

b) in Serie mit 47 μF

c) durch externe Spannungsquelle

d) Typ IEC 6F22 (Transistorbatterie)

Température d'utilisation °C 0...50

a) sans filtre, pour filtres voir «ACCESSOIRES»

b) en série avec 47 μF

c) alimentation externe

d) type IEC 6F22 (pile transistor)

Operating temperature range °C 0...50

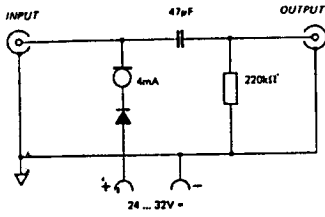
a) without filter, for filters see «ACCESSORIES»

b) in series with 47 μF

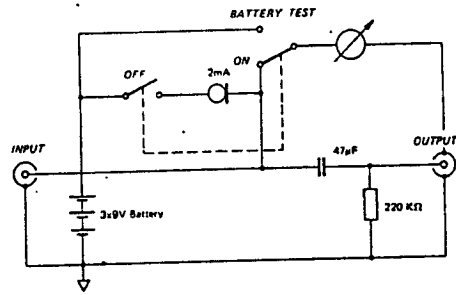
c) external power supply

d) type IEC 6F22 (transistor battery)

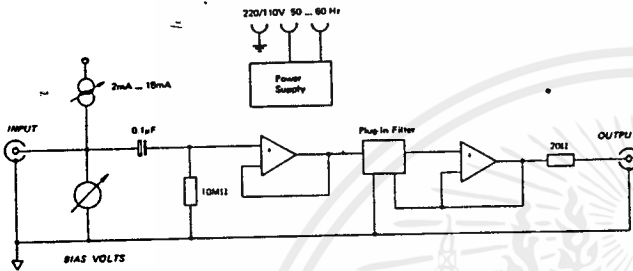
Type 5108



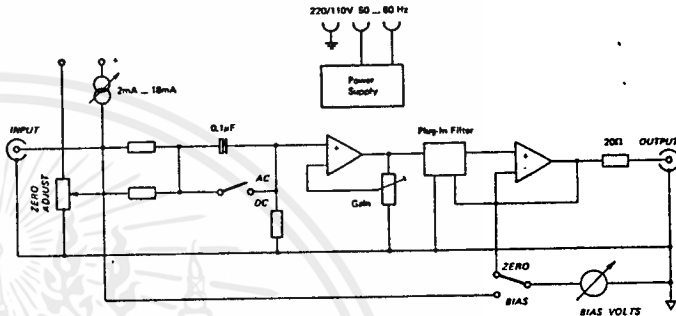
Type 5112



Type 5116



Type 5120



KUPPLER TYP 5108

Dieser Kuppler benötigt eine externe Speisung, die nicht stabilisiert zu werden braucht, d.h. es können z.B. einfache Netzteile oder Fahrzeugbatterien eingesetzt werden. Der Kuppler ist mit einem Verpolschutz ausgestattet. Das Instrument kann dank seiner geringen Abmessungen direkt auf ein Anzeigergerät, z.B. ein Oszilloskop aufgesteckt werden. Da Wechselspannungskopplung verwendet wird, ist die Aufnehmerspannung dem Ausgangssignal nicht überlagert.

KUPPLER TYP 5112

Für die Speisung dieses Kupplers werden drei 9V-Batterien benötigt. Um deren Lebensdauer zu vergrößern, wird ein Speisestrom von nur 2mA verwendet. Mit dem eingebauten Zeigerinstrument kann der Aufnehmerkreis auf Kurzschluss und Unterbrechung überwacht sowie ein Batterietest durchgeführt werden. Da Wechselspannungskopplung verwendet wird, ist die Aufnehmerspannung dem Ausgangssignal nicht überlagert.

KUPPLER TYP 5116

Dieser Kuppler ist netzgespeist, verfügt über eine einstellbare Konstantstromquelle und kann mit verschiedenen Filtern ausgerüstet werden. Mit dem eingebauten Zeigerinstrument kann der Aufnehmerkreis auf Kurzschluss und Unterbrechung überwacht werden. Da Wechselspannungskopplung verwendet wird, ist die Aufnehmerspannung dem Ausgangssignal nicht überlagert.

KUPPLER TYP 5120

Dieser Kuppler entspricht in seinen Eigenschaften dem Typ 5116, bietet jedoch folgende Vorteile: Der Typ 5120 kann sowohl mit Wechsel- als auch mit Gleichspannungskopplung betrieben werden, was besonders für Aufnehmer mit langer Zeitkonstante geeignet ist. Der Nullpunkt ist dabei zwischen ±2,5V einstellbar. Zusätzlich ist die Verstärkung des Kupplers zwischen 0,5 und 5 einstellbar.

COUPLEUR TYPE 5108

Ce coupleur requiert une alimentation extérieure qui peut être nonstabilisée: il peut s'agir, par exemple, de simple alimentations électriques ou de batteries de voiture. Le coupleur est muni d'une sécurité contre l'inversion des pôles. Grâce à ses dimensions compactes, l'instrument peut être monté directement sur un indicateur, par exemple sur un oscilloscope. Comme le couplage s'effectue avec une tension alternative, la tension de repos du capteur ne se superpose pas au signal de sortie.

COUPLEUR TYPE 5112

L'alimentation de ce coupleur requiert trois batteries de 9V. Pour prolonger leur durée, un courant électrique de seulement 2mA est utilisé. L'affichage incorporé permet de surveiller tout court-circuit et toute interruption dans le circuit du capteur et de contrôler la batterie. Comme le couplage s'effectue avec une tension alternative, la tension de repos du capteur ne se superpose pas au signal de sortie.

COUPLEUR TYPE 5116

Ce coupleur est alimenté par le réseau, dispose d'une source de courant constant réglable et peut être muni de différents filtres. L'affichage incorporé permet de surveiller tout court-circuit et toute interruption dans le circuit du capteur. Comme le couplage s'effectue avec une tension alternative, la tension de repos du capteur ne se superpose pas au signal de sortie.

COUPLEUR TYPE 5120

Ce coupleur possède les mêmes qualités que le type 5116 mais présente les avantages suivants: le type 5120 fonctionne avec un couplage par tension alternative ou par tension continue, ce qui convient surtout aux capteurs à longue constante de temps. La position zéro est réglable entre ±2,5V. En outre, l'amplification du coupleur est réglable entre 0,5 et 5.

COUPLEUR MODEL 5108

Power for this coupler is derived externally and does not need stabilising, i.e. it can be supplied by car batteries or from the mains, for example. Internal protection is provided to prevent damage due to false polarity connections. The instrument's small size and compact shape permit easy, direct attachment to indicating instruments, eg. an oscilloscope. The Type 5108 is AC coupled, thereby eliminating the transducer bias voltage from the measured signal.

COUPLEUR MODEL 5112

Three 9-volt batteries power this coupler. To extend the life of the batteries, the coupler operates at a current of only 2mA. A pointer meter is incorporated in the coupler, indicating the integrity of the transducer circuit and the battery condition. The Type 5112 is AC coupled, thereby eliminating the transducer bias voltage from the measured signal.

COUPLEUR MODEL 5116

The Type 5116 coupler is a line powered coupler equipped with an adjustable constant current source and may be equipped with various filters. A pointer meter is incorporated in the coupler, indicating the integrity of the transducer circuit. The Type 5116 is AC coupled, thereby eliminating the transducer bias voltage from the measured signal.

COUPLEUR MODEL 5120

The Type 5120 coupler incorporates all the features of the Type 5116, and offers the following advantages: The Type 5120 can be either AC or DC coupled, which is particularly suitable for transducers with a long time constant. The zero point is adjustable between ±2,5V. Furthermore, the coupler's amplification can be set between 0,5 and 5.

FUNKTIONSBESCHREIBUNG

Alle Kuppler besitzen Stromquellen. Diese ist bei den Typen 5116 und 5120 einstellbar. Der Strom dient der Energieversorgung des Impedanzwandlers im Piezotron-Aufnehmer. Dieser ist über ein gewöhnliches, zweidrahtiges Kabel anschliessbar, über welches auch das Messsignal zum Kuppler gelangt (Zweileiter-System).

Die wechsellspannungsgekoppelten Typen 5108, 5112 und 5116 entfernen den meist unerwünschten Gleichspannungsanteil des Messsignals, der von der Gleichstromversorgung des Aufnehmers stammt. Der Typ 5120 lässt sowohl Gleich- als auch Wechsellspannungskopplung zu.

Wechsellspannungskopplung (AC) wird für dynamische Messungen verwendet, Gleichspannungskopplung (DC) erlaubt eine quasistatische Kalibrierung einiger Piezotron-Aufnehmer.

Die Typen 5116 und 5120 können mit Tiefpassfiltern ausgestattet werden, siehe «ZUBEHÖR».

BETRIEB

Den Kuppler mit Betriebsenergie versorgen, siehe «TECHNISCHE DATEN». Die netzgespeisten Kuppler sind auf die auf der Unterseite angegebene Spannung eingestellt. Zur Umstellung dieser Spannung sowie zum Sicherungsaustausch ist das Gerät von der Unterseite her zu öffnen (Achtung: spannungsführende Teile).

Anschluss des Piezotron-Aufnehmers an die Buchse *Input* mit beliebigem Kabel, z.B. Typ 1761A..., siehe «ZUBEHÖR». Hochisolierende und rauscharme Kabel sind nicht notwendig.

Anschluss eines Verbindungskabels zwischen der Buchse *Output* und einem Anzeige- oder Registriergerät, z.B. mit dem Kabel Typ 1601B... Der Typ 5108 kann direkt auf ein Anzeigegerät gesteckt werden. Soll an diesen Kuppler dennoch ein Kabel angeschlossen werden, kann dafür z.B. das Kabel Typ 1603B... verwendet werden.

Beim Typ 5120 kann der Nullpunkt des Ausgangssignals mit dem Potentiometer *Zero Adjust* eingestellt und in der Stellung *Zero* des Schalters angezeigt werden.

EINGANGSKREISÜBERWACHUNG

Die Eingangskreisüberwachung erfolgt durch Messen des Gleichspannungsanteils des Aufnehmersignals durch ein Voltmeter. Wird der Typ 5108 verwendet, muss ein Voltmeter dem Aufnehmer parallel geschaltet werden. Bei den restlichen Kupplern kann das eingebaute Instrument verwendet werden. Beim Typ 5120 ist auf *Bias* zu schalten.

Eine Anzeige zwischen 0 und 3V bzw. über 20V (rote Felder) bedeutet Kurzschluss bzw. Unterbrechung des Aufnehmerkreises, eine Anzeige zwischen 3 und 20V (grünes Feld) bedeutet normalen Betrieb.

KOPPLUNG

Die Typen 5108, 5112 und 5116 sind wechsellspannungsgekoppelt (AC). Der Typ 5120 ist je nach Stellung des Schalters wechsellspannungs- bzw. gleichspannungsgekoppelt AC bzw. DC.

EINSTELLUNG DER VERSTÄRKUNG

Die Kuppler Typ 5108, 5112 und 5116 haben die fixe Verstärkung 1. Der Typ 5120 ist werkseitig ebenfalls auf Verstärkung 1 eingestellt, doch kann diese im Bereich 0,5...5 geändert werden. Dazu ist die Rückwand abzunehmen (Achtung: spannungsführende Teile) und das sich ganz links oben befindliche Potentiometer zu justieren. Zur Bestimmung der Verstärkung wird ein Generator 1V/1000 Hz an den Eingang *Input* angeschlossen und die Spannung am Ausgang *Output* gemessen.

DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT

Tous les coupleurs possèdent une source de courant. Pour les types 5116 et 5120, elle est réglable. Le courant sert à l'alimentation énergétique du convertisseur d'impédance dans le capteur Piezotron. Celui-ci peut être raccordé à un câble ordinaire à deux conducteurs par lequel le signal parvient aussi au coupleur (système à deux conducteurs).

Les coupleurs types 5108, 5112 et 5116 avec un couplage par tension alternative suppriment la tension continue du signal qui provient de l'alimentation en courant continu du capteur. Le coupleur type 5120 permet un couplage par tension continue ou par tension alternative.

Le couplage par tension alternative (AC) est utilisé pour les mesures dynamiques; le couplage par tension continue (DC) permet un étalonnage quasistatique de quelques capteurs Piezotron.

Les coupleurs type 5116 et 5120 peuvent être munis de filtres passe-bas, cf. «ACCESSOIRES».

FONCTIONNEMENT

Alimenter le coupleur en courant électrique, cf. «DONNEES TECHNIQUES». Les coupleurs alimentés par le réseau sont réglés sur la tension indiquée à la partie inférieure. Le changement de cette tension et des fusibles doit s'effectuer en ouvrant l'appareil par la partie inférieure. (Attention: pièces sous tension).

Raccordement du capteur Piezotron à la douille *Input* par un câble ordinaire, par exemple le type 1716A..., cf. «ACCESSOIRES». Les câbles avec une grande isolation et traitement contre le bruit de fond ne sont pas nécessaires.

Raccordement d'un câble de connexion entre la douille *Output* et un indicateur ou enregistreur, par exemple par le câble type 1601B... Le coupleur type 5108 peut être monté directement sur un indicateur. Si un câble doit être raccordé à ce coupleur, il faut employer, par exemple, le câble type 1603B...

Pour le coupleur type 5120, le point *Zero* du signal de sortie peut être réglé avec le potentiomètre *Zero Adjust* et indiqué à la position *Zero* du commutateur.

SURVEILLANCE DU CIRCUIT DE L'ENTREE

La surveillance du circuit de l'entrée s'effectue en mesurant avec un voltmètre la tension continue du signal du capteur. Si le coupleur type 5108 est utilisé, un voltmètre doit être branché parallèlement au capteur. Quant aux autres coupleurs, l'instrument intégré peut être utilisé. Pour le coupleur type 5120, il faut commuter sur *Bias*.

Une indication située entre 0 et 3V, respectivement à plus de 20V (zones rouges) signifie un court-circuit, respectivement une interruption du circuit du capteur; une indication située entre 3 et 20V (zone verte) signifie un fonctionnement normal.

COUPLAGE

Les coupleurs types 5108, 5112 et 5116 sont couplés par une tension alternative (AC). Le coupleur 5120 est couplé par une tension alternative ou continue en fonction de la position AC ou DC du commutateur.

REGLAGE DE L'AMPLIFICATION

Les coupleurs types 5108, 5112 et 5116 ont une amplification fixe réglée sur 1. Le coupleur type 5120 comprend aussi une amplification réglée à l'usine sur 1, mais elle peut être variée entre 0,5 et 5. Dans ce but, il faut enlever le dos de l'appareil (attention: pièces sous tension) et ajuster le potentiomètre situé en haut tout à gauche. Pour déterminer l'amplification, un générateur de 1V/1000 Hz est raccordé à l'entrée *Input* et la tension est mesurée à la sortie *Output*.

DESCRIPTION OF FUNCTION

All couplers have constant currents which are adjustable in the case of the Types 5116 and 5120. The current powers the impedance converter in the Piezotron transducer. The transducer can be connected via a conventional 2-lead cable, which is also used to transmit the measured signal to the coupler (two-wire system).

The AC coupled models Type 5108, 5112 and 5116 eliminate the - in most cases undesirable - DC voltage from the measured signal originating from the transducer's DC power supply. The Type 5120 can be either AC or DC coupled.

AC coupling is used for dynamic measurements, whereas DC coupling allows quasistatic calibration of some Piezotron transducers.

The Types 5116 and 5120 may be equipped with low-pass filters, see «ACCESSORIES».

OPERATION

Apply power to the coupler, see «TECHNICAL DATA». The mains powered couplers are to be set at the voltage indicated on their bottom. Open the instrument from the bottom to change the voltage or replace the fuses. (Caution: live conductors!)

Connect the Piezotron transducer to the *Input* socket with any cable, e.g. type 1761A..., see «ACCESSORIES». Highly insulated and low-noise cables are not essential.

Attach a connecting cable between the *Output* socket and an indicating or recording instrument, e.g. with a Type 1601B cable. The Type 5108 can be connected directly to an indicating instrument. Should, however, a cable be connected to this coupler, use the cable Type 1603B..., for example.

On the Type 5120, the zero point of the measured signal can be set by means of the *Zero Adjust* potentiometer and is indicated in the *Zero* switch position.

INPUT CIRCUIT MONITORING

The input circuit is monitored by determining the DC voltage of the transducer signal through a voltmeter. When using a Type 5108 coupler, connect the voltmeter parallel to the transducer. In the case of the other couplers, use the incorporated meter. When using the Type 5120 coupler, switch to *Bias*.

A reading of between 0 and 3V or above 20V (red sector) indicates that the input circuit is shortcircuit or open, a reading of between 3V and 20V (green sector) indicates normal operation.

COUPLING

The Types 5108, 5112 and 5116 are AC coupled. Depending on the switch setting, the 5120 coupler can be either AC or DC coupled.

SETTING THE AMPLIFICATION

The couplers Types 5108, 5112 and 5116 have a fixed amplification factor of 1. The model 5120 is factory set at 1, but the amplification factor may subsequently be altered between 0,5 and 5. For altering the amplification, remove the back panel (caution: live connectors), and adjust the potentiometer located in the top left-hand corner. A generator 1V/1000 Hz is connected to the *Input* end and the voltage at the *Output* end is measured to determine the amplification.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STELLUNG DER STROMQUELLE

Kuppler Typ 5108 und 5112 haben eine fix einstellte Stromquelle von 4 mA bzw. 2 mA. Die Typen 5116 und 5120 sind werksseitig ebenfalls auf 4 mA eingestellt, doch kann dies im Bereich von 2 bis 18 mA geändert werden. Eine Erhöhung des Stroms ist nur bei Auftreten von hochfrequenten Signalen und gleichzeitig langen Kabeln notwendig. Dazu ist die Rückwand abzunehmen (Vorsicht: spannungsführende Teile) und das sich dort befindliche Potentiometer zu justieren. Dazu ist ein Amperemeter zwischen dem Eingang *Input* und die Elektronikmasse anzuschließen. Falls Piezotron-Aufnehmer mit Strömen von mehr als 4 mA betrieben werden, muss die Leistungseinschränkung ihres Betriebstemperaturbereichs in Kauf genommen werden.

Die folgende Tabelle gibt die höchste brauchbare Signalfrequenz in Abhängigkeit von Speisestrom und Kabellänge (Kabelkapazität) an:

Maximale Signalfrequenz

	2m/200pF	5m/500pF	10m/1nF	20m/2nF	50m/5nF	100m/10nF	200m/20nF	500m/50nF	1000m/100nF
4 mA	320 kHz	130	65	30	13	6,5	3	1,3	0,6
2 mA	960 kHz	380	190	100	38	20	10	3,8	2
4 mA	2250 kHz	900	450	225	90	45	20	9	4,5
2 mA	5500 kHz	2200	1100	550	220	110	55	22	11

REGLAGE DE LA SOURCE DU COURANT

Les coupleurs types 5108 et 5112 ont une source de courant réglée à l'usine à 4 mA respectivement 2 mA. Les coupleurs 5116 et 5120 ont aussi un courant de 4 mA, mais celui-ci peut être réglé entre 2 et 18 mA. Une augmentation du courant d'alimentation est seulement nécessaire si des signaux de haute fréquence apparaissent et en même temps avec des longs câbles. Dans ce but, il faut enlever le dos de l'appareil (attention: pièces sous tension) et ajuster le potentiomètre situé en bas dans le coin gauche. En outre, il faut brancher un ampèremètre entre l'entrée *Input* et la masse de l'électronique. Au cas où les capteurs Piezotron fonctionnent avec un courant dépassant 4 mA, il faut tenir compte d'un abaissement de leur température de fonctionnement.

Le tableau suivant indique la fréquence de signal maximale utilisable en fonction du courant d'alimentation et de la longueur (capacité) de câble.

Fréquence du signal maximale

SETTING THE CURRENT SOURCE

The coupler Types 5108 and 5112 have a current source factory set at 4 mA and 2 mA respectively. The Types 5116 and 5120 are also powered by 4 mA, but this can be altered in the range of 2...18 mA. Increasing the current is only necessary when high-frequency signals are transmitted via long cables. When altering the current, remove the back panel (caution: live conductors), and set the potentiometer located in the bottom left-hand corner. In addition, connect an ammeter between the *Input* and electronics ground. Should Piezotron transducers need to be powered by a current higher than 4 mA, the operating temperature range is reduced.

The following table indicates the highest useful signal frequency as a function of current and cable length (cable capacity).

Maximum Signal Frequency

ACCESSOIRES

Câbles

Type 1761A2	l = 2 m
Type 1761A5	l = 5 m
Type 1761A10	l = 10 m
Type 1761Asp...m	l = ...m

Filtres passe-bas (selon demande)

Typ/Type	-1 dB bei/à/at	-3 dB bei/à/at	-20 dB bei/à/at
5316	96 kHz ±20%	180 kHz ±10%	470 kHz ±20%
5316A...	a) 0,54 · fc ±20%	fc ±10%	2,6 · fc ±20%
5318A...	b) 0,54 · fc ±20%	fc ±10%	2,6 · fc ±20%

a) fc gemäss Reihe E6: 1 kHz...220 kHz
b) fc gemäss Reihe E6: 10 Hz...680 Hz

a) fc selon série E6: 1 kHz...220 kHz
b) fc selon série E6: 10 Hz...680 Hz

a) fc according to series E6: 1 kHz...220 kHz
b) fc according to series E6: 10 Hz...680 Hz

Sperrfilter (auf Anfrage)

Filtre d'encoche (selon demande)

Notch filters (on request)

Typ/Type	Sperrfrequenz Fréquence de blocage Notch frequency	Für Aufnehmer Pour capteur For transducer	-3 dB bei -3 dB à -3 dB at
5320A1	540 ± 30 kHz	603B	260 ± 10 kHz
5320A2	160 ± 5 kHz	601A	67 ± 5 kHz
5320A3	42 ± 2 kHz	8002 (808A)	17 ± 2 kHz
5320A4	60 ± 3 kHz	8044 (805A)	26 ± 3 kHz
5320A8	100 ± 10 kHz	606A	50 ± 5 kHz
5320A9	315 ± 15 kHz	602A, 601B	125 ± 10 kHz

LEISTUNGSFORMEN UND LIEFERUMFANG

Typ 5108 Piezotron-Kuppler für Fremdspeisung (24...32 V DC)
Typ 5112 Piezotron-Kuppler mit Batteriespeisung
Typ 5116 Piezotron-Kuppler mit Netzspeisung, Filter einsetzbar
Typ 5120 Piezotron-Kuppler mit Netzspeisung, einstellbare Verstärkung, Filter einsetzbar

COMMANDE ET FOURNITURE

Typ 5108 Coupleur Piezotron, alimentation externe (24...32 V DC)
Typ 5112 Coupleur Piezotron, alimentation par piles
Typ 5116 Coupleur Piezotron, alimenté par réseau, filtre à insérer
Typ 5120 Coupleur Piezotron, alimenté par réseau, gain ajustable, filtre à insérer

SUPPLY FORMS AND SCOPE OF DELIVERY

Type 5108 Piezotron Coupler, externally powered (24...32 V DC)
Type 5112 Piezotron Coupler, battery powered
Type 5116 Piezotron Coupler, line powered, filter to be inserted
Type 5120 Piezotron Coupler, line powered, adjustable gain, filter to be inserted

Lieferumfang: Siehe Angaben auf Preisliste.

Etendu de la fourniture: selon prix-courant.

Scope of delivery: see data on the price list.

ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804, ADC0805 8-Bit μ P Compatible A/D Converters

General Description

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804 and ADC0805 are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters that use a differential potentiometric ladder—similar to the 256R products. These converters are designed to allow operation with the NSC800 and INS8080A derivative control bus with TRI-STATE[®] output latches directly driving the data bus. These A/Ds appear like memory locations or I/O ports to the microprocessor and no interfacing logic is needed.

Differential analog voltage inputs allow increasing the common-mode rejection and offsetting the analog zero input voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

- Differential analog voltage inputs
- Logic inputs and outputs meet both MOS and TTL voltage level specifications
- Works with 2.5V (LM336) voltage reference
- On-chip clock generator
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero adjust required
- 0.3" standard width 20-pin DIP package
- 20-pin molded chip carrier or small outline package
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC}, 2.5 V_{DC}, or analog span adjusted voltage reference

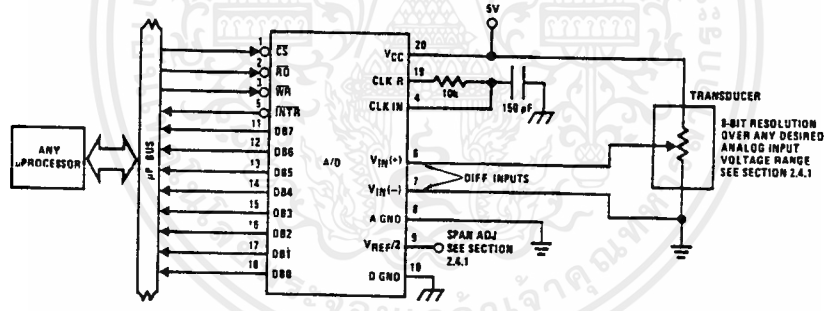
Features

- Compatible with 8080 μ P derivatives—no interfacing logic needed - access time - 135 ns
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"

Key Specifications

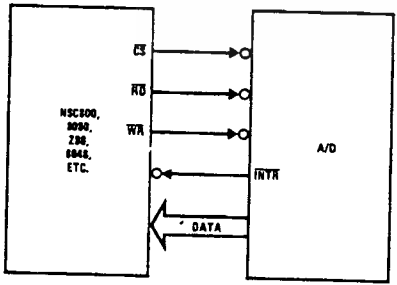
- Resolution 8 bits
- Total error $\pm 1/4$ LSB, $\pm 1/2$ LSB and ± 1 LSB
- Conversion time 100 μ s

Typical Applications



TL/H/5671-1

8080 Interface

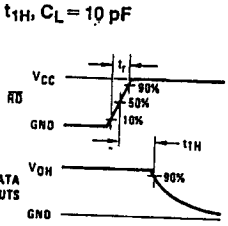
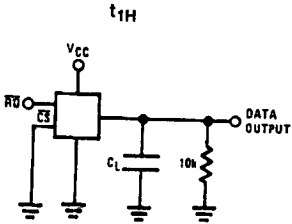


TL/H/5671-31

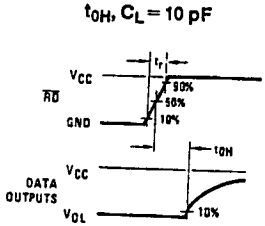
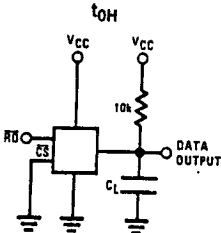
Error Specification (Includes Full-Scale, Zero Error, and Non-Linearity)

Part Number	Full-Scale Adjusted	V _{REF} /2 = 2.500 V _{DC} (No Adjustments)	V _{REF} /2 = No Connection (No Adjustments)
ADC0801	$\pm 1/4$ LSB		
ADC0802		$\pm 1/2$ LSB	
ADC0803	$\pm 1/2$ LSB		
ADC0804		± 1 LSB	
ADC0805			± 1 LSB

TRI-STATE Test Circuits and Waveforms



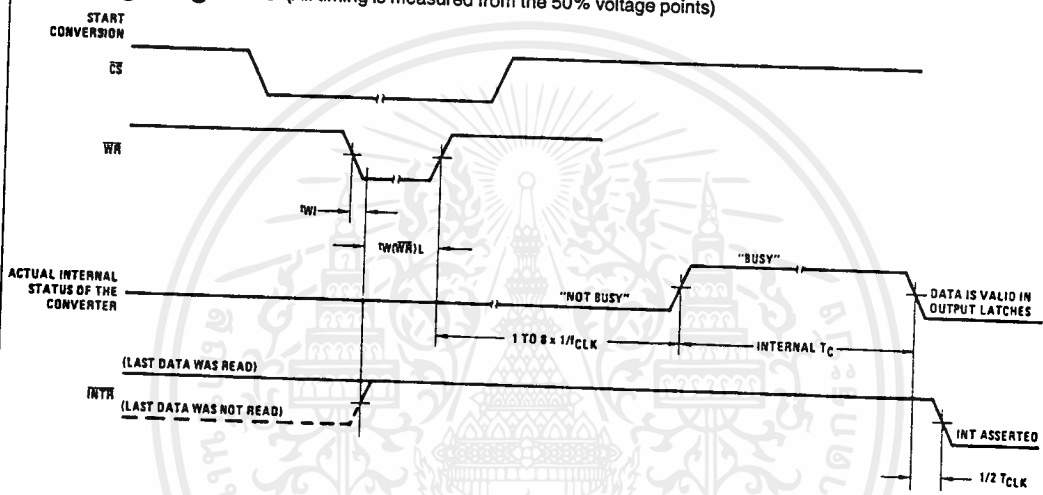
$t_1 = 20 \text{ ns}$



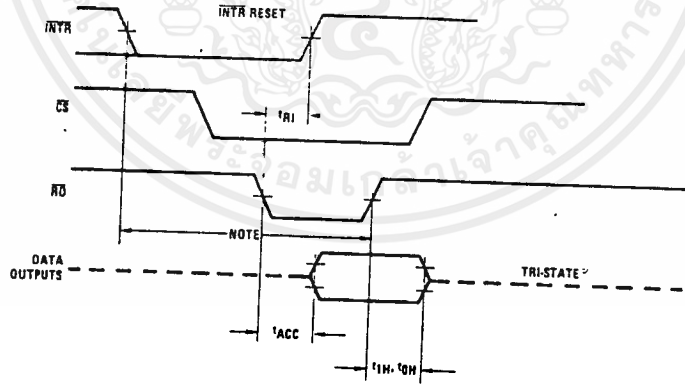
$t_0 = 20 \text{ ns}$

TL/H/5671-3

Timing Diagrams (All timing is measured from the 50% voltage points)



Output Enable and Reset INTR



Note: Read strobe must occur 8 clock periods ($8/1/CLK$) after assertion of interrupt to guarantee reset of INTR.

TL/H/5671-4

AC Electrical Characteristics (Continued)

The following specifications apply for $V_{CC} = 5V_{DC}$ and $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$, unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
CONTROL INPUTS [Note: CLK IN (Pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately]						
$V_{IN}(0)$	Logical "0" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	$V_{CC} = 4.75 V_{DC}$			0.8	V_{DC}
$I_{IN}(1)$	Logical "1" Input Current (All Inputs)	$V_{IN} = 5 V_{DC}$		0.005	1	μA_{DC}
$I_{IN}(0)$	Logical "0" Input Current (All Inputs)	$V_{IN} = 0 V_{DC}$	-1	-0.005		μA_{DC}
CLOCK IN AND CLOCK R						
V_{T+}	CLK IN (Pin 4) Positive Going Threshold Voltage		2.7	3.1	3.5	V_{DC}
V_{T-}	CLK IN (Pin 4) Negative Going Threshold Voltage		1.5	1.8	2.1	V_{DC}
V_H	CLK IN (Pin 4) Hysteresis, (V_{T+}) - (V_{T-})		0.6	1.3	2.0	V_{DC}
$V_{OUT}(0)$	Logical "0" CLK R Output Voltage	$I_O = 360 \mu A$ $V_{CC} = 4.75 V_{DC}$			0.4	V_{DC}
$V_{OUT}(1)$	Logical "1" CLK R Output Voltage	$I_O = -360 \mu A$ $V_{CC} = 4.75 V_{DC}$	2.4			V_{DC}
DATA OUTPUTS AND INTR						
$V_{OUT}(0)$	Logical "0" Output Voltage Data Outputs INTR Output	$I_{OUT} = 1.6 mA, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$ $I_{OUT} = 1.0 mA, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$			0.4 0.4	V_{DC} V_{DC}
$V_{OUT}(1)$	Logical "1" Output Voltage	$I_O = -360 \mu A, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$	2.4			V_{DC}
$V_{OUT}(1)$	Logical "1" Output Voltage	$I_O = -10 \mu A, V_{CC} = 4.75 V_{DC}$	4.5			V_{DC}
I_{OUT}	TRI-STATE Disabled Output Leakage (All Data Buffers)	$V_{OUT} = 0 V_{DC}$ $V_{OUT} = 5 V_{DC}$	-3		3	μA_{DC} μA_{DC}
I_{SOURCE}		V_{OUT} Short to Gnd, $T_A = 25^\circ C$	4.5	6		mA_{DC}
I_{SINK}		V_{OUT} Short to V_{CC} , $T_A = 25^\circ C$	9.0	16		mA_{DC}
POWER SUPPLY						
I_{CC}	Supply Current (Includes Ladder Current) ADC0801/02/03/04LCJ/05 ADC0804LCN/LCV/LCWM	$f_{CLK} = 640 kHz$, $V_{REF/2} = NC, T_A = 25^\circ C$ and $\overline{CS} = 5V$			1.1 1.9	1.8 2.5 mA mA

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

Note 2: All voltages are measured with respect to Gnd, unless otherwise specified. The separate A Gnd point should always be wired to the D Gnd.

Note 3: A zener diode exists, internally, from V_{CC} to Gnd and has a typical breakdown voltage of 7 V_{DC} .

Note 4: For $V_{IN}(-) \geq V_{IN}(+)$ the digital output code will be 0000 0000. Two on-chip diodes are tied to each analog input (see block diagram) which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the V_{CC} supply. Be careful, during testing at low V_{CC} levels (4.5V), as high level analog inputs (5V) can cause this input diode to conduct—especially at elevated temperatures, and cause errors for analog inputs near full-scale. The spec allows 50 mV forward bias of either diode. This means that as long as the analog V_{IN} does not exceed the supply voltage by more than 50 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0 V_{DC} to 5 V_{DC} input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.950 V_{DC} over temperature variations, initial tolerance and loading.

Note 5: Accuracy is guaranteed at $f_{CLK} = 640 kHz$. At higher clock frequencies accuracy can degrade. For lower clock frequencies, the duty cycle limits can be extended so long as the minimum clock high time interval or minimum clock low time interval is no less than 275 ns.

Note 6: With an asynchronous start pulse, up to 8 clock periods may be required before the internal clock phases are proper to start the conversion process. The start request is internally latched, see Figure 2 and section 2.0.

Note 7: The \overline{CS} input is assumed to bracket the \overline{WR} strobe input and therefore timing is dependent on the \overline{WR} pulse width. An arbitrarily wide pulse width will hold the converter in a reset mode and the start of conversion is initiated by the low to high transition of the \overline{WR} pulse (see timing diagrams).

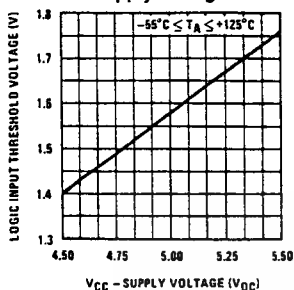
Note 8: None of these A/Ds requires a zero adjust (see section 2.5.1). To obtain zero code at other analog input voltages see section 2.5 and Figure 5.

Note 9: The $V_{REF/2}$ pin is the center point of a two resistor divider connected from V_{CC} to ground. Each resistor is 2.2k, except for the ADC0804LCJ where each resistor is 16k. Total ladder input resistance is the sum of the two equal resistors.

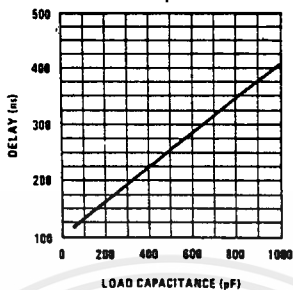
Note 10: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k Ω resistor.

Typical Performance Characteristics

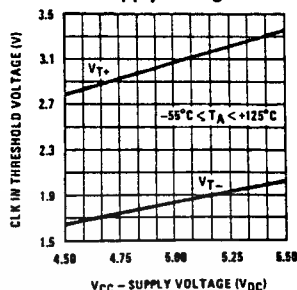
Logic Input Threshold Voltage vs. Supply Voltage



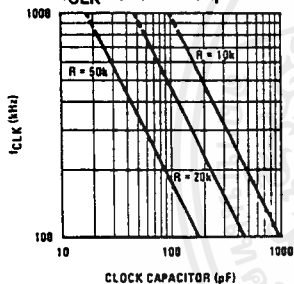
Delay From Falling Edge of RD to Output Data Valid vs. Load Capacitance



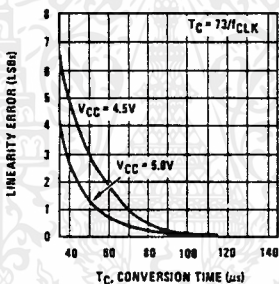
CLK IN Schmitt Trip Levels vs. Supply Voltage



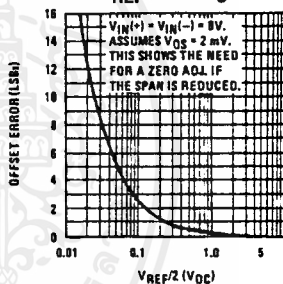
fCLK vs. Clock Capacitor



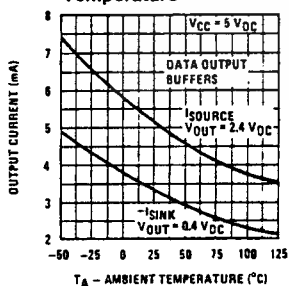
Full-Scale Error vs Conversion Time



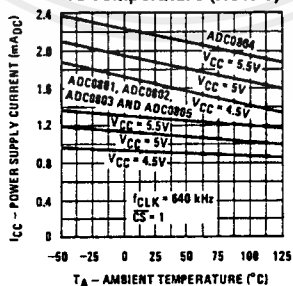
Effect of Unadjusted Offset Error vs. VREF/2 Voltage



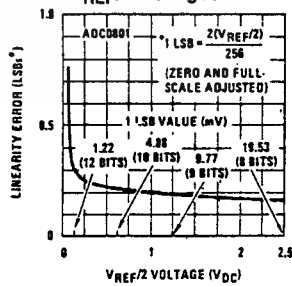
Output Current vs Temperature



Power Supply Current vs Temperature (Note 9)



Linearity Error at Low VREF/2 Voltages



Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

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

Supply Voltage (V_{CC}) (Note 3)	6.5V
Voltage	
Logic Control Inputs	-0.3V to +18V
At Other Input and Outputs	-0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Surface Mount Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at $T_A = 25^\circ\text{C}$	875 mW
ESD Susceptibility (Note 10)	800V

Operating Ratings (Notes 1 & 2)

Temperature Range	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
ADC0801/02LJ	$-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$
ADC0801/02/03/04LCJ	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$
ADC0801/02/03/05LCN	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$
ADC0804LCN	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$
ADC0802/03/04LCV	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$
ADC0802/03/04LCWMM	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$
Range of V_{CC}	$4.5 V_{DC}$ to $6.3 V_{DC}$

Electrical Characteristics

The following specifications apply for $V_{CC} = 5 V_{DC}$, $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ and $f_{CLK} = 640$ kHz unless otherwise specified.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
ADC0801: Total Adjusted Error (Note 8)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			$\pm 1/4$	LSB
ADC0802: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2 = 2.500 V_{DC}$			$\pm 1/2$	LSB
ADC0803: Total Adjusted Error (Note 8)	With Full-Scale Adj. (See Section 2.5.2)			$\pm 1/2$	LSB
ADC0804: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2 = 2.500 V_{DC}$			± 1	LSB
ADC0805: Total Unadjusted Error (Note 8)	$V_{REF}/2$ -No Connection			± 1	LSB
$V_{REF}/2$ Input Resistance (Pin 9)	ADC0801/02/03/05 ADC0804 (Note 9)	2.5 0.75	8.0 1.1		k Ω k Ω
Analog Input Voltage Range	(Note 4) $V(+)$ or $V(-)$	Gnd-0.05		$V_{CC} + 0.05$	V_{DC}
DC Common-Mode Error	Over Analog Input Voltage Range		$\pm 1/16$	$\pm 1/8$	LSB
Power Supply Sensitivity	$V_{CC} = 5 V_{DC} \pm 10\%$ Over Allowed $V_{IN}(+)$ and $V_{IN}(-)$ Voltage Range (Note 4)		$\pm 1/16$	$\pm 1/8$	LSB

AC Electrical Characteristics

The following specifications apply for $V_{CC} = 5 V_{DC}$ and $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
T_C	Conversion Time	$f_{CLK} = 640$ kHz (Note 6)	103		114	μs
T_C	Conversion Time	(Note 5, 6)	66		73	$1/f_{CLK}$
f_{CLK}	Clock Frequency Clock Duty Cycle	$V_{CC} = 5V$, (Note 5) (Note 5)	100 40	640	1460 60	kHz %
CR	Conversion Rate in Free-Running Mode	\overline{INTR} tied to \overline{WR} with $\overline{CS} = 0 V_{DC}$, $f_{CLK} = 640$ kHz	8770		9708	conv/s
$t_{W(\overline{WR})L}$	Width of \overline{WR} Input (Start Pulse Width)	$\overline{CS} = 0 V_{DC}$ (Note 7)	100			ns
t_{ACC}	Access Time (Delay from Falling Edge of \overline{RD} to Output Data Valid)	$C_L = 100$ pF		135	200	ns
t_{1H}, t_{0H}	TRI-STATE Control (Delay from Rising Edge of \overline{RD} to Hi-Z State)	$C_L = 10$ pF, $R_L = 10k$ (See TRI-STATE Test Circuits)		125	200	ns
t_{W1}, t_{R1}	Delay from Falling Edge of \overline{WR} or \overline{RD} to Reset of \overline{INTR}			300	450	ns
C_{IN}	Input Capacitance of Logic Control Inputs			5	7.5	pF
C_{OUT}	TRI-STATE Output Capacitance (Data Buffers)			5	7.5	pF

CONTROL INPUTS [Note: CLK IN (Pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately]

$V_{IN}(1)$	Logical "1" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN)	$V_{CC} = 5.25 V_{DC}$	2.0	15	V_{DC}
-------------	--	------------------------	-----	----	----------

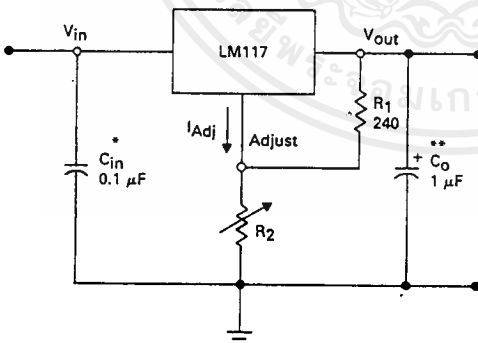
**THREE-TERMINAL ADJUSTABLE
 OUTPUT POSITIVE VOLTAGE REGULATORS**

The LM117/217/317 are adjustable 3-terminal positive voltage regulators capable of supplying in excess of 1.5 A over an output voltage range of 1.2 V to 37 V. These voltage regulators are exceptionally easy to use and require only two external resistors to set the output voltage. Further, they employ internal current limiting, thermal shutdown and safe area compensation, making them essentially blow-out proof.

The LM117 series serve a wide variety of applications including local, on card regulation. This device can also be used to make a programmable output regulator, or by connecting a fixed resistor between the adjustment and output, the LM117 series can be used as a precision current regulator.

- Output Current in Excess of 1.5 Ampere in K and T Suffix Packages
- Output Current in Excess of 0.5 Ampere in H Suffix Package
- Output Adjustable between 1.2 V and 37 V
- Internal Thermal Overload Protection
- Internal Short-Circuit Current Limiting Constant with Temperature
- Output Transistor Safe-Area Compensation
- Floating Operation for High Voltage Applications
- Standard 3-lead Transistor Packages
- Eliminates Stocking Many Fixed Voltages

STANDARD APPLICATION



* = C_{in} is required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter.

** = C_o is not needed for stability, however it does improve transient response.

$$V_{out} = 1.25 V \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{Adj} R_2$$

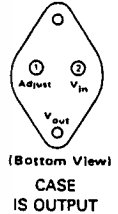
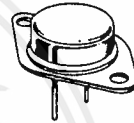
Since I_{Adj} is controlled to less than 100 μA , the error associated with this term is negligible in most applications.

LM117
LM217
LM317

**THREE-TERMINAL
 ADJUSTABLE POSITIVE
 VOLTAGE REGULATORS**

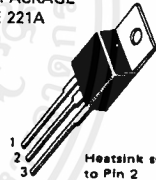
SILICON MONOLITHIC
 INTEGRATED CIRCUIT

**K SUFFIX
 METAL PACKAGE
 CASE 1**



Pins 1 and 2 electrically isolated from case. Case is third electrical connection.

**T SUFFIX
 PLASTIC PACKAGE
 CASE 221A**

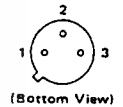


PIN 1. ADJUST
 2. V_{out}
 3. V_{in}

Heatsink surface connected to Pin 2

**H SUFFIX
 METAL PACKAGE
 CASE 79**

CASE IS OUTPUT



PIN 1. V_{in}
 2. ADJUST
 3. V_{out}

ORDERING INFORMATION

Device	Tested Operating Temperature Range	Package
LM117H LM117K	$T_J = -55^\circ C$ to $-150^\circ C$	Metal Can Metal Power
LM217H LM217K	$T_J = -25^\circ C$ to $+150^\circ C$	Metal Can Metal Power
LM317H LM317K LM317T	$T_J = 0^\circ C$ to $+125^\circ C$	Metal Can Metal Power Plastic Power
LM317BT*	$T_J = -40^\circ C$ to $+125^\circ C$	Plastic Power

*Automotive temperature range selections are available with special test conditions and additional tests. Contact your local Motorola sales office for information.

LM117, LM217, LM317

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Input-Output Voltage Differential	V_I-V_O	40	Vdc
Power Dissipation	P_D	Internally Limited	
Operating Junction Temperature Range LM117 LM217 LM317	T_J	-55 to +150 -25 to +150 0 to +150	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_I-V_O = 5.0$ V; $I_O = 0.5$ A for K and T packages; $I_O = 0.1$ A for H package;

$T_J = T_{low}$ to T_{high} [see Note 1]; I_{max} and P_{max} per Note 2; unless otherwise specified.)

Characteristic	Figure	Symbol	LM117/217			LM317			Unit
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Line Regulation (Note 3) $T_A = 25^\circ\text{C}$, $3.0\text{ V} \leq V_I-V_O \leq 40\text{ V}$	1	Reg _{line}	—	0.01	0.02	—	0.01	0.04	%/V
Load Regulation (Note 3) $T_A = 25^\circ\text{C}$, $10\text{ mA} \leq I_O \leq I_{max}$ $V_O \leq 5.0\text{ V}$ $V_O \geq 5.0\text{ V}$	2	Reg _{load}	—	5.0 0.1	15 0.3	—	5.0 0.1	25 0.5	mV %/V _O
Thermal Regulation ($T_A = +25^\circ\text{C}$) 20 ms Pulse	—	—	—	0.02	0.07	—	0.03	0.07	%/W
Adjustment Pin Current	3	I_{Adj}	—	50	100	—	50	100	μA
Adjustment Pin Current Change $2.5\text{ V} \leq V_I-V_O \leq 40\text{ V}$ $10\text{ mA} \leq I_L \leq I_{max}$, $P_D \leq P_{max}$	1,2	ΔI_{Adj}	—	0.2	5.0	—	0.2	5.0	μA
Reference Voltage (Note 4) $3.0\text{ V} \leq V_I-V_O \leq 40\text{ V}$ $10\text{ mA} \leq I_O \leq I_{max}$, $P_D \leq P_{max}$	3	V_{ref}	1.2	1.25	1.3	1.2	1.25	1.3	V
Line Regulation (Note 3) $3.0\text{ V} \leq V_I-V_O \leq 40\text{ V}$	1	Reg _{line}	—	0.02	0.05	—	0.02	0.07	%/V
Load Regulation (Note 3) $10\text{ mA} \leq I_O \leq I_{max}$ $V_O \leq 5.0\text{ V}$ $V_O \geq 5.0\text{ V}$	2	Reg _{load}	—	20 0.3	50 1.0	—	20 0.3	70 1.5	mV %/V _O
Temperature Stability ($T_{low} \leq T_J \leq T_{high}$)	3	T_S	—	0.7	—	—	0.7	—	%/V _O
Minimum Load Current to Maintain Regulation ($V_I-V_O = 40\text{ V}$)	3	I_{Lmin}	—	3.5	5.0	—	3.5	10	mA
Maximum Output Current $V_I-V_O \leq 15\text{ V}$, $P_D \leq P_{max}$ K and T Packages H Package $V_I-V_O = 40\text{ V}$, $P_D \leq P_{max}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ K and T Packages H Package	3	I_{max}	1.5 0.5	2.2 0.8	— —	1.5 0.5	2.2 0.8	— —	A
RMS Noise, % of V_O $T_A = 25^\circ\text{C}$, $10\text{ Hz} \leq f \leq 10\text{ kHz}$	—	N	—	0.003	—	—	0.003	—	%/V _O
Ripple Rejection, $V_O = 10\text{ V}$, $f = 120\text{ Hz}$ (Note 5) Without C_{Adj} $C_{Adj} = 10\text{ }\mu\text{F}$	4	RR	— 66	65 80	— —	— 66	65 80	— —	dB
Long-Term Stability, $T_J = T_{high}$ (Note 6) $T_A = 25^\circ\text{C}$ for Endpoint Measurements	3	S	—	0.3	1.0	—	0.3	1.0	%/1.0 k Hrs.
Thermal Resistance Junction to Case H Package K Package T Package	—	$R_{\theta JC}$	— — —	12 2.3 —	15 3.0 —	— — —	12 2.3 5.0	15 3.0 —	°C/W

NOTES: (1) $T_{low} = -55^\circ\text{C}$ for LM117 $T_{high} = +150^\circ\text{C}$ for LM117
 -25°C for LM217 $= +150^\circ\text{C}$ for LM217
 0°C for LM317 $= +125^\circ\text{C}$ for LM317

(2) $I_{max} = 1.5\text{ A}$ for K and T Packages
 $= 0.5\text{ A}$ for H Package
 $P_{max} = 20\text{ W}$ for K Package
 $= 20\text{ W}$ for T Package
 $= 2.0\text{ W}$ for H Package

(3) Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must

be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

(4) Selected devices with tightened tolerance reference voltage available.

(5) C_{Adj} , when used, is connected between the adjustment pin and ground.

(6) Since Long-Term Stability cannot be measured on each device before shipment, this specification is an engineering estimate of average stability from lot to lot.

LM117, LM217, LM317

SCHEMATIC DIAGRAM

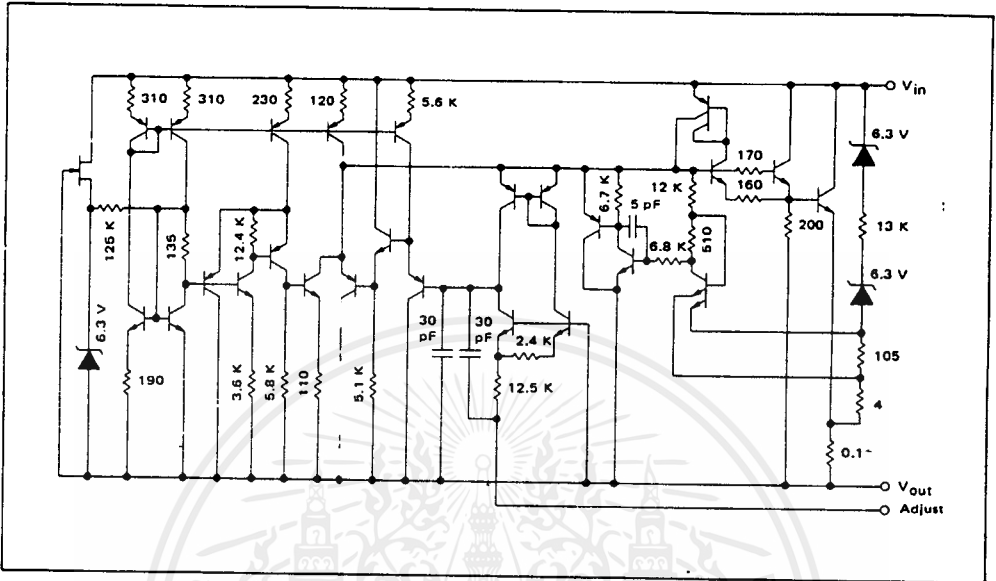
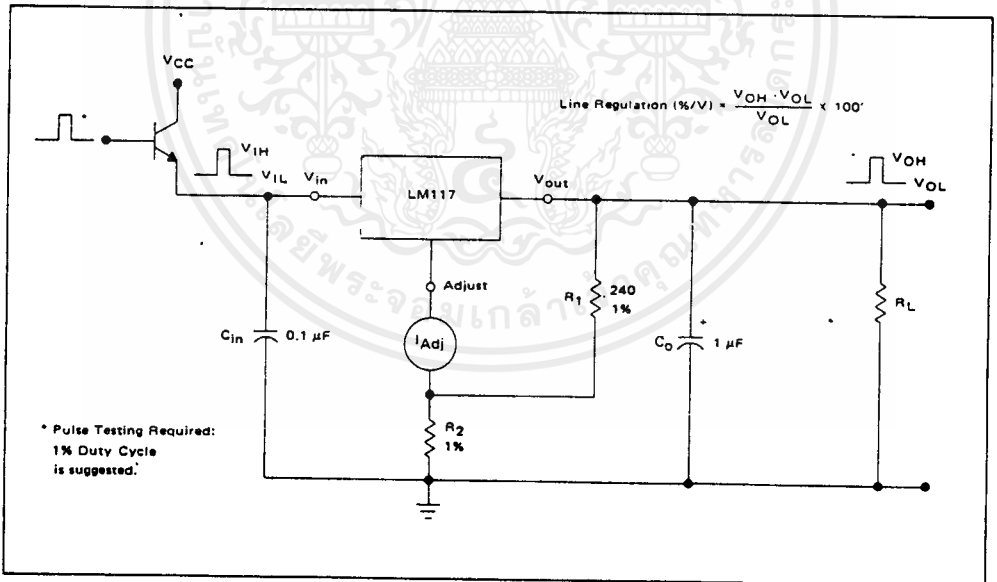


FIGURE 1 - LINE REGULATION AND $\Delta I_{Adj}/LINE$ TEST CIRCUIT



LM117, LM217, LM317

FIGURE 2 - LOAD REGULATION AND ΔI_{Adj} /LOAD TEST CIRCUIT

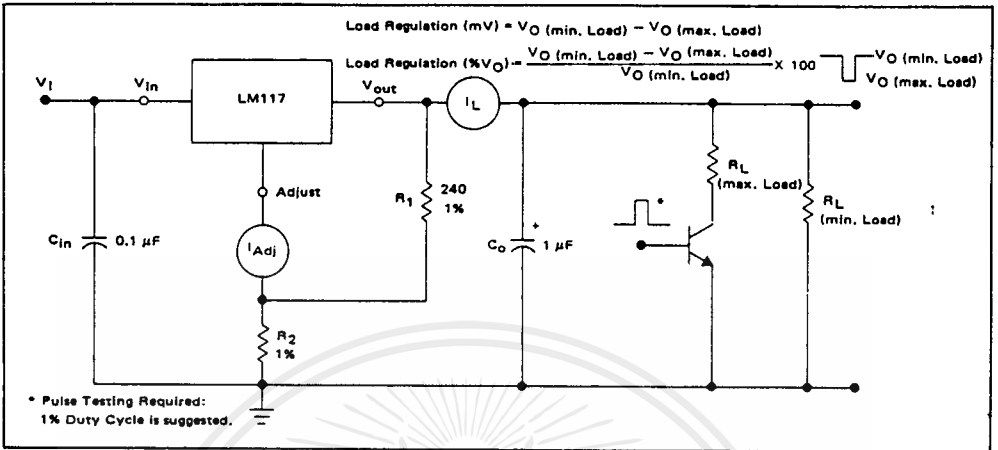


FIGURE 3 - STANDARD TEST CIRCUIT

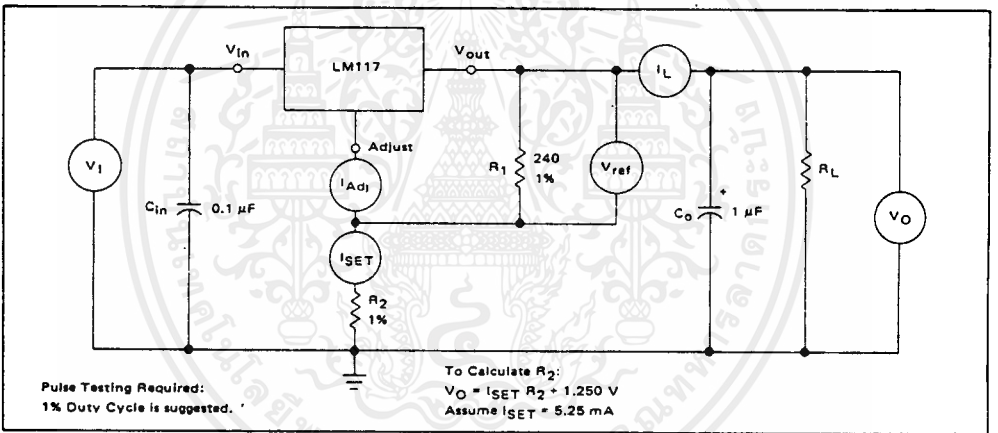
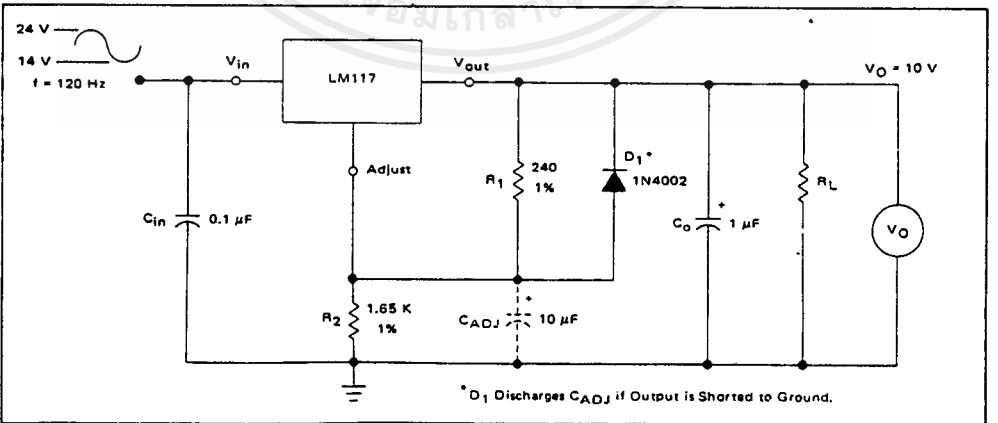


FIGURE 4 - RIPPLE REJECTION TEST CIRCUIT



LM117, LM217, LM317

FIGURE 5 – LOAD REGULATION

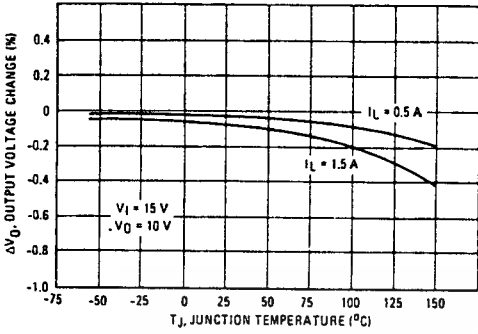


FIGURE 6 – CURRENT LIMIT

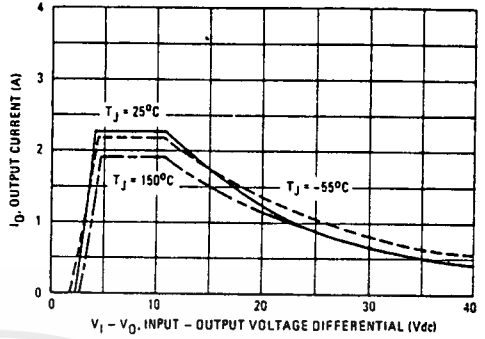


FIGURE 7 – ADJUSTMENT PIN CURRENT

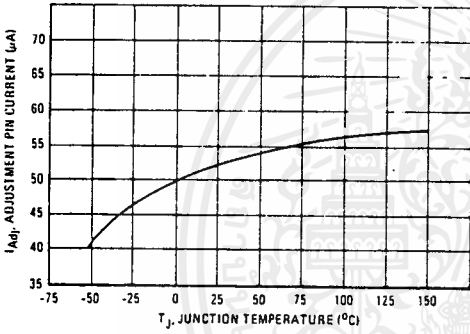


FIGURE 8 – DROPOUT VOLTAGE

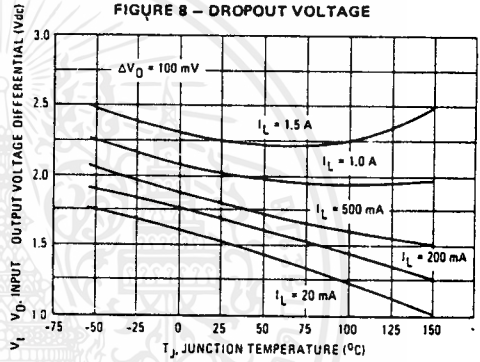


FIGURE 9 – TEMPERATURE STABILITY

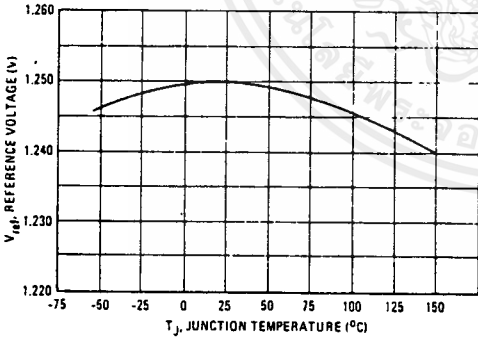


FIGURE 10 – MINIMUM OPERATING CURRENT

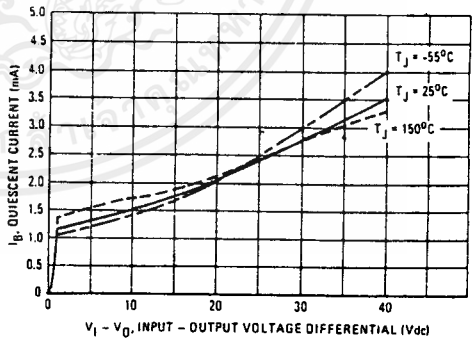


FIGURE 11 — RIPPLE REJECTION versus OUTPUT VOLTAGE

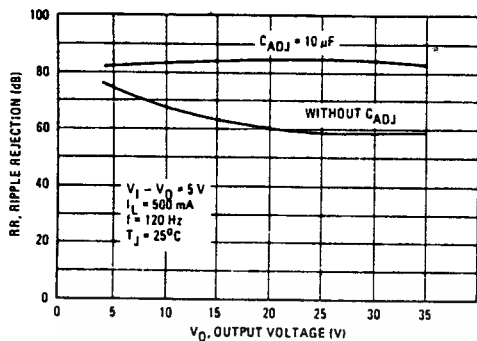


FIGURE 12 — RIPPLE REJECTION versus OUTPUT CURRENT

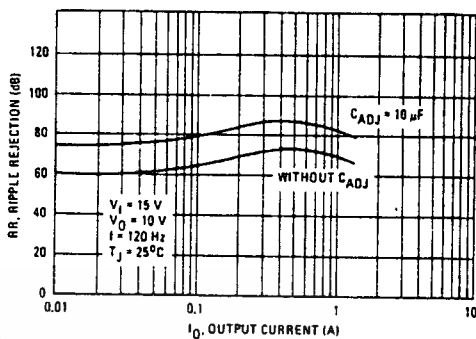


FIGURE 13 — RIPPLE REJECTION versus FREQUENCY

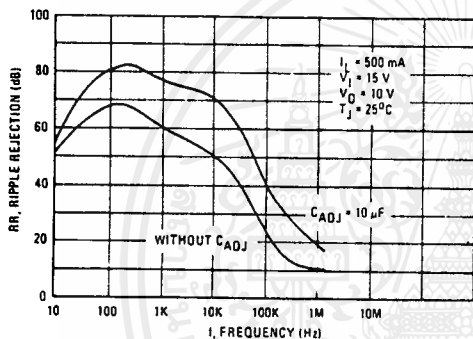


FIGURE 14 — OUTPUT IMPEDANCE

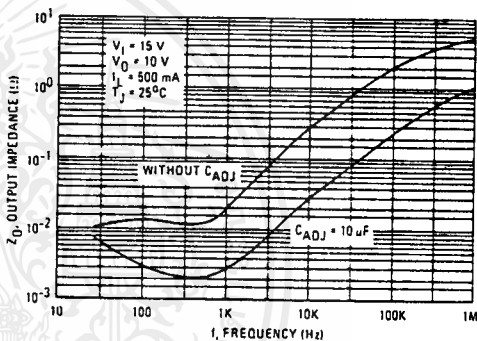


FIGURE 15 — LINE TRANSIENT RESPONSE

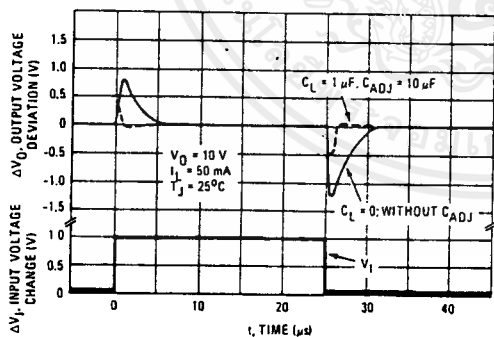
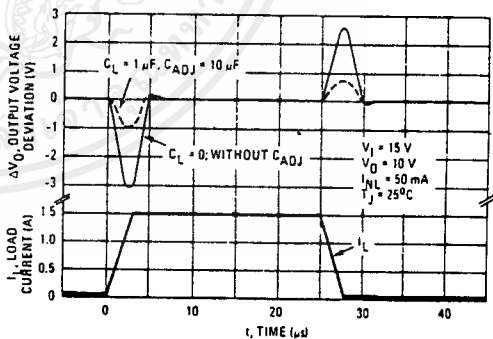


FIGURE 16 — LOAD TRANSIENT RESPONSE



APPLICATIONS INFORMATION

BASIC CIRCUIT OPERATION

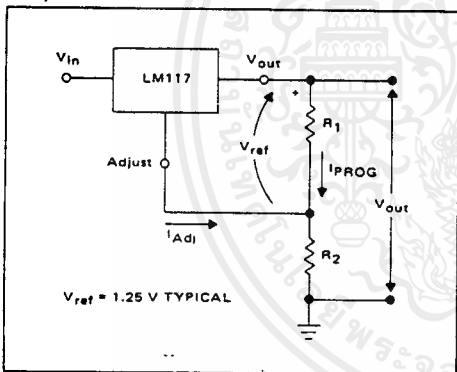
The LM117 is a 3-terminal floating regulator. In operation, the LM117 develops and maintains a nominal 1.25 volt reference (V_{ref}) between its output and adjustment terminals. This reference voltage is converted to a programming current (I_{PROG}) by R_1 (see Figure 17), and this constant current flows through R_2 to ground. The regulated output voltage is given by:

$$V_{out} = V_{ref} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{Adj} R_2$$

Since the current from the adjustment terminal (I_{Adj}) represents an error term in the equation, the LM117 was designed to control I_{Adj} to less than 100 μA and keep it constant. To do this, all quiescent operating current is returned to the output terminal. This imposes the requirement for a minimum load current. If the load current is less than this minimum, the output voltage will rise.

Since the LM117 is a floating regulator, it is only the voltage differential across the circuit which is important to performance, and operation at high voltages with respect to ground is possible.

FIGURE 17 - BASIC CIRCUIT CONFIGURATION



LOAD REGULATION

The LM117 is capable of providing extremely good load regulation, but a few precautions are needed to obtain maximum performance. For best performance, the programming resistor (R_1) should be connected as close to the regulator as possible to minimize line drops which effectively appear in series with the reference, thereby degrading regulation. The ground end of R_2 can be returned near the load ground to provide remote ground sensing and improve load regulation.

EXTERNAL CAPACITORS

A 0.1 μF disc or 1 μF tantalum input bypass capacitor (C_{in}) is recommended to reduce the sensitivity to input line impedance.

The adjustment terminal may be bypassed to ground to improve ripple rejection. This capacitor (C_{ADJ}) prevents ripple from being amplified as the output voltage is increased. A 10 μF capacitor should improve ripple rejection about 15dB at 120 Hz in a 10 volt application.

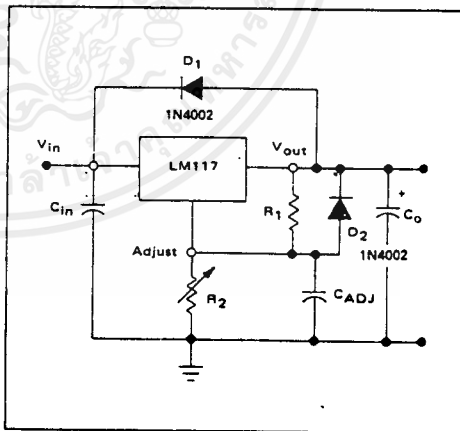
Although the LM117 is stable with no output capacitance, like any feedback circuit, certain values of external capacitance (C_o) in the form of a 1 μF tantalum or 25 μF aluminum electrolytic capacitor on the output swamps this effect and insures stability.

PROTECTION DIODES

When external capacitors are used with any I.C. regulator it is sometimes necessary to add protection diodes to prevent the capacitors from discharging through low current points into the regulator.

Figure 18 shows the LM117 with the recommended protection diodes for output voltages in excess of 25 V or high capacitance values ($C_o > 25 \mu F$, $C_{ADJ} > 10 \mu F$). Diode D_1 prevents C_o from discharging thru the I.C. during an input short circuit. Diode D_2 protects against capacitor C_{ADJ} discharging through the I.C. during an output short circuit. The combination of diodes D_1 and D_2 prevents C_{ADJ} from discharging through the I.C. during an input short circuit.

FIGURE 18 - VOLTAGE REGULATOR WITH PROTECTION DIODES



LM117, LM217, LM317

FIGURE 19 – "LABORATORY" POWER SUPPLY WITH ADJUSTABLE CURRENT LIMIT AND OUTPUT VOLTAGE

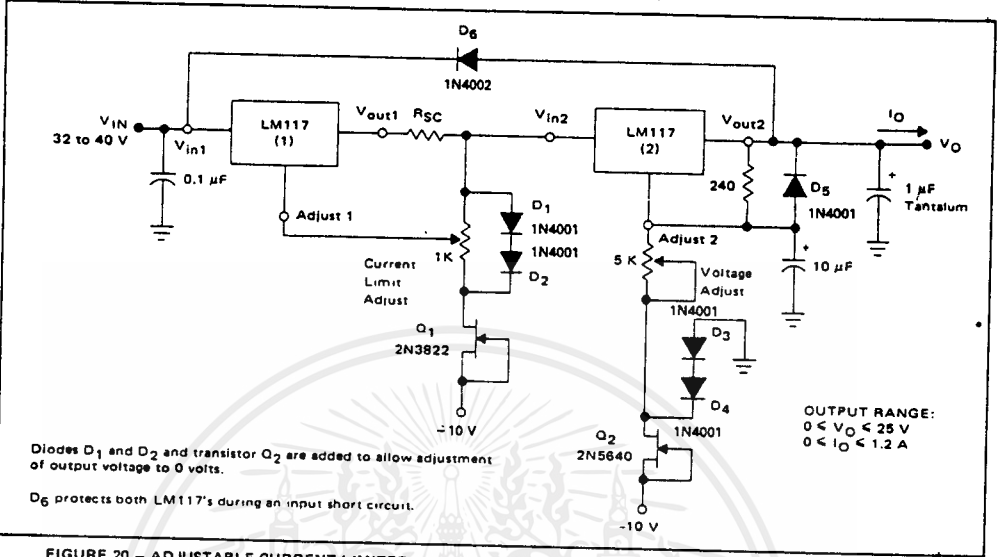


FIGURE 20 – ADJUSTABLE CURRENT LIMITER

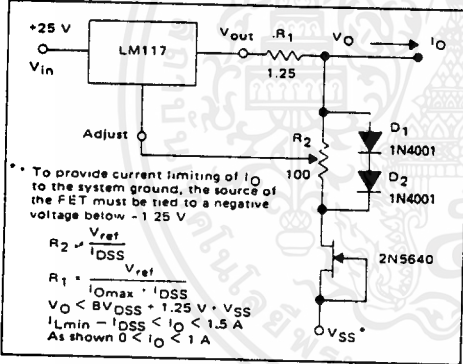


FIGURE 21 – 5 V ELECTRONIC SHUT DOWN REGULATOR

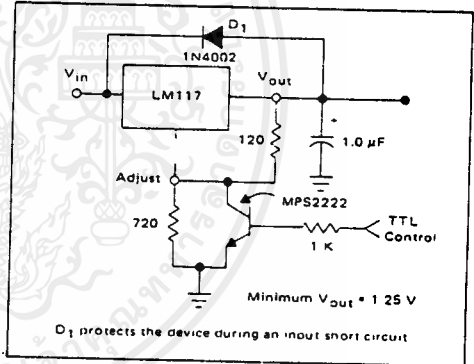


FIGURE 22 – SLOW TURN-ON REGULATOR

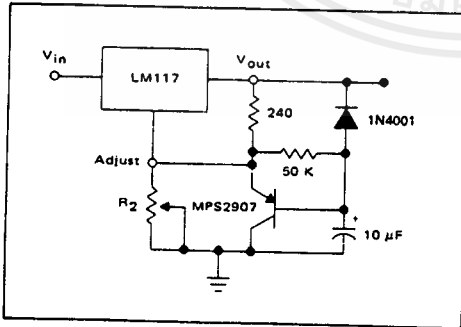
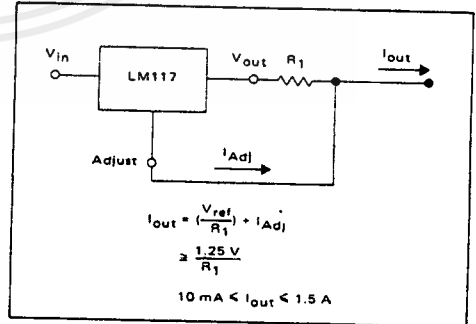


FIGURE 23 – CURRENT REGULATOR



MOTOROLA
SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA

MC78T00
Series

THREE-AMPERE
POSITIVE FIXED
VOLTAGE REGULATORS

SILICON MONOLITHIC
INTEGRATED CIRCUIT

THREE-AMPERE POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

This family of fixed voltage regulators are monolithic integrated circuits capable of driving loads in excess of 3.0 amperes. These three-terminal regulators employ internal current limiting, thermal shutdown, and safe-area compensation. Devices are available with improved specifications, including a 2% output voltage tolerance, on AC-suffix 5.0, 12 and 15 volt device types.

Although designed primarily as a fixed voltage regulator, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents. This series of devices can be used with a series-pass transistor to supply up to 15 amperes at the nominal output voltage.

- Output Current in Excess of 3.0 Amperes
- Power Dissipation: 30 W (K-Suffix), 25 W (T-Suffix)
- No External Components Required
- Output Voltage Offered in 2% and 4% Tolerance*
- Thermal Regulation is Specified
- Internal Thermal Overload Protection
- Internal Short-Circuit Current Limiting
- Output Transistor Safe-Area Compensation

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

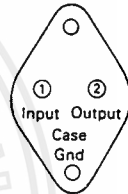
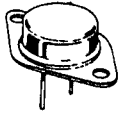
Rating	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (5.0 V-12 V) (15 V)	V_{in}	35 40	Vdc
Power Dissipation and Thermal Characteristics			
Plastic Package (Note 1)			
$T_A = +25^\circ\text{C}$	P_D	Internally Limited	
Thermal Resistance, Junction to Air	$R_{\theta JA}$	65	$^\circ\text{C/W}$
$T_C = +25^\circ\text{C}$	P_D	Internally Limited	
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	2.5	$^\circ\text{C/W}$
Metal Package (Note 1)			
$T_A = +25^\circ\text{C}$	P_D	Internally Limited	
Thermal Resistance, Junction to Air	$R_{\theta JA}$	35	$^\circ\text{C/W}$
$T_C = +25^\circ\text{C}$	P_D	Internally Limited	
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	2.5	$^\circ\text{C/W}$
Storage Junction Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	$^\circ\text{C}$
Operating Junction Temperature Range MC78T00C, AC	T_J	0 to -150	$^\circ\text{C}$

NOTE:

1. Although power dissipation is internally limited, specifications apply only for $P_O \leq P_{max}$.
 $P_{max} = 30\text{ W}$ for K package $P_{max} = 25\text{ W}$ for T package.

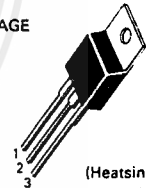
TYPE NO./VOLTAGE			
MC78T05	5.0 Volts	MC78T12	12 Volts
MC78T08	8.0 Volts	MC78T15	15 Volts

K SUFFIX
METAL PACKAGE
CASE 1



(Bottom View)

T SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 221A



- PIN 1. INPUT
 2. GROUND
 3. OUTPUT

(Heatsink surface connected to Pin 2)

ORDERING INFORMATION

Device	Output Voltage Tolerance	Tested Operating Junction Temp. Range	Package
MC78TXXCK MC78TXXACK	4% 2%*	0 to +125 $^\circ\text{C}$	Metal Power
MC78TXXCT MC78TXXACT	4% 2%*		Plastic Power
MC78TXXBT# MC78TXXABT#	4% 2%*	-40 to +125 $^\circ\text{C}$	Plastic Power

XX Indicates nominal voltage
 * 2% regulators are available in 5, 12 and 15 volt devices.

#Automotive temperature range selections are available with special test conditions and additional tests. Contact your local Motorola sales office for information.

MC78T00 Series

MC78T05AC, C

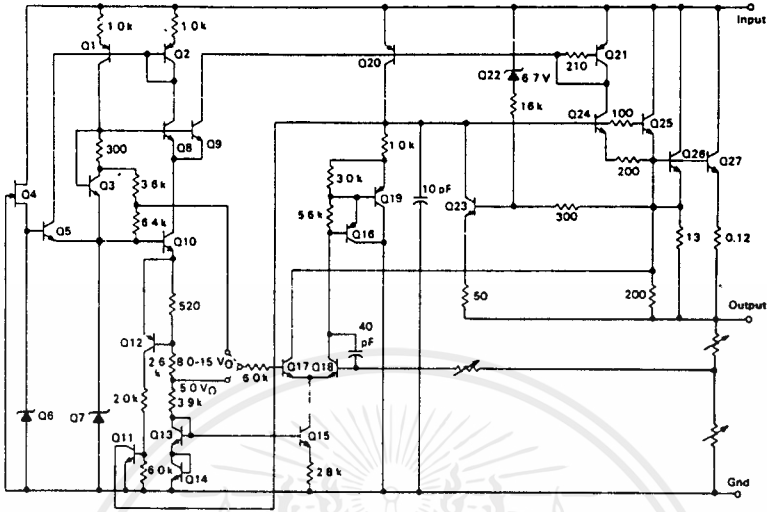
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{in} = 10\text{ V}$, $I_O = 3.0\text{ A}$, $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq 125^\circ\text{C}$, $P_O \leq P_{max}$ [Note 1], unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	MC78T05AC			MC78T05C			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 3.0\text{ A}$, $T_J = +25^\circ\text{C}$) ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 3.0\text{ A}$; $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 2.0\text{ A}$, $7.3\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 20\text{ Vdc}$)	V_O	4.9 4.8	5.0 5.0	5.1 5.2	4.8 4.75	5.0 5.0	5.2 5.25	Vdc
Line Regulation (Note 2) ($7.2\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 35\text{ Vdc}$, $I_O = 5.0\text{ mA}$, $T_J = +25^\circ\text{C}$; $7.2\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 35\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$, $T_J = +25^\circ\text{C}$; $8.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 12\text{ Vdc}$, $I_O = 3.0\text{ A}$, $T_J = +25^\circ\text{C}$; $7.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 20\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$)	Regline	—	3.0	25	—	3.0	25	mV
Load Regulation (Note 2) ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 3.0\text{ A}$, $T_J = +25^\circ\text{C}$) ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 3.0\text{ A}$)	Regload	— —	10 15	30 80	— —	10 15	30 80	mV
Thermal Regulation (Pulse = 10 ms, $P = 20\text{ W}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$)	Regtherm	—	0.001	0.01	—	0.002	0.03	% V_O/W
Quiescent Current ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 3.0\text{ A}$, $T_J = +25^\circ\text{C}$) ($5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 3.0\text{ A}$)	I_B	— —	3.5 4.0	5.0 6.0	— —	3.5 4.0	5.0 6.0	mA
Quiescent Current Change ($7.2\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 35\text{ Vdc}$, $I_O = 5.0\text{ mA}$, $T_J = +25^\circ\text{C}$; $5.0\text{ mA} \leq I_O \leq 3.0\text{ A}$, $T_J = +25^\circ\text{C}$; $7.5\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 20\text{ Vdc}$, $I_O = 1.0\text{ A}$)	ΔI_B	—	0.3	1.0	—	0.3	1.0	mA
Ripple Rejection ($8.0\text{ Vdc} \leq V_{in} \leq 18\text{ Vdc}$, $f = 120\text{ Hz}$, $I_O = 2.0\text{ A}$, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	RR	62	75	—	62	75	—	dB
Dropout Voltage ($I_O = 3.0\text{ A}$, $T_J = +25^\circ\text{C}$)	$V_{in}-V_O$	—	2.2	2.5	—	2.2	2.5	Vdc
Output Noise Voltage ($10\text{ Hz} \leq f \leq 100\text{ kHz}$, $T_J = +25^\circ\text{C}$)	V_n	—	10	—	—	10	—	$\mu\text{V}/V_O$
Output Resistance ($f = 1.0\text{ kHz}$)	R_O	—	2.0	—	—	2.0	—	m Ω
Short Circuit Current Limit ($V_{in} = 35\text{ Vdc}$, $T_J = +25^\circ\text{C}$)	I_{SC}	—	1.5	—	—	1.5	—	A
Peak Output Current ($T_J = -25^\circ\text{C}$)	I_{max}	—	5.0	—	—	5.0	—	A
Average Temperature Coefficient of Output Voltage ($I_O = 5.0\text{ mA}$)	TCV_O	—	0.2	—	—	0.2	—	mV/ $^\circ\text{C}$

NOTES:

- Although power dissipation is internally limited, specifications apply only for $P_O \leq P_{max}$:
 $P_{max} = 30\text{ W}$ for K package
 $P_{max} = 25\text{ W}$ for T package
- Line and load regulation are specified at constant junction temperature. Changes in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty cycle is used.

SCHMATIC DIAGRAM



VOLTAGE REGULATOR PERFORMANCE

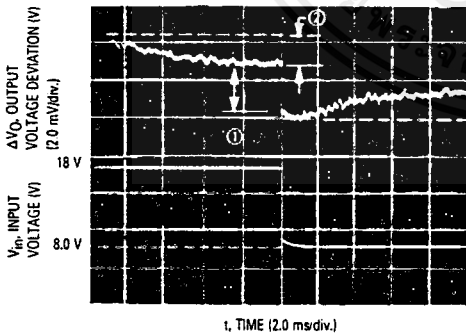
The performance of a voltage regulator is specified by its immunity to changes in load, input voltage, power dissipation, and temperature. Line and load regulation are tested with a pulse of short duration ($< 100 \mu s$) and are strictly a function of electrical gain. However, pulse widths of longer duration ($> 1.0 ms$) are sufficient to affect temperature gradients across the die. These temperature gradients can cause a change in the output voltage, in addition to changes caused by line and load regulation. Longer pulse widths and thermal gradients make it desirable to specify thermal regulation.

Thermal regulation is defined as the change in output voltage caused by a change in dissipated power for a specified time, and is expressed as a percentage output

voltage change per watt. The change in dissipated power can be caused by a change in either the input voltage or the load current. Thermal regulation is a function of I.C. layout and die attach techniques, and usually occurs within 10 ms of a change in power dissipation. After 10 ms, additional changes in the output voltage are due to the temperature coefficient of the device.

Figure 1 shows the line and thermal regulation response of a typical MC78T05AC to a 20 watt input pulse. The variation of the output voltage due to line regulation is labeled ① and the thermal regulation component is labeled ②. Figure 2 shows the load and thermal regulation response of a typical MC78T05AC to a 20 watt load pulse. The output voltage variation due to load regulation is labeled ① and the thermal regulation component is labeled ②.

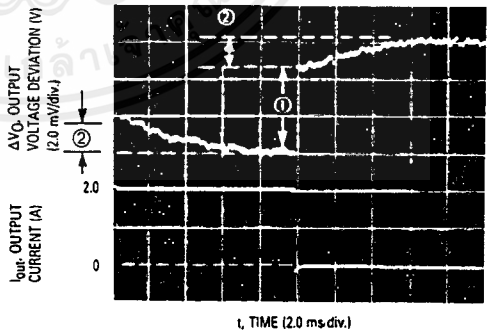
FIGURE 1 — LINE AND THERMAL REGULATION



MC78T05AC
 $V_O = 5.0 V$
 $V_{in} = 8.0 V \rightarrow 18 V \rightarrow 8.0 V$
 $I_{out} = 2.0 A$

① = $Reg_{line} = 2.4 mV$
 ② = $Reg_{therm} = 0.0015\%V_O W$

FIGURE 2 — LOAD AND THERMAL REGULATION



MC78T05AC
 $V_O = 5.0 V$
 $V_{in} = 15$
 $I_{out} = 0 A \rightarrow 2.0 A \rightarrow 0 A$

① = $Reg_{load} = 4.4 mV$
 ② = $Reg_{therm} = 0.0015\%V_O W$

MC78T00 Series

FIGURE 3 — TEMPERATURE STABILITY

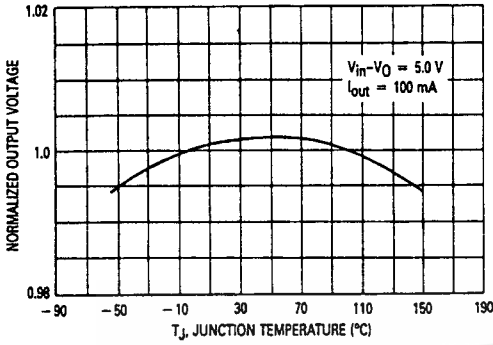


FIGURE 4 — OUTPUT IMPEDANCE

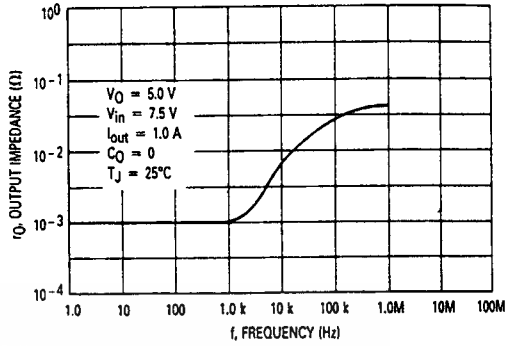


FIGURE 5 — RIPPLE REJECTION versus FREQUENCY

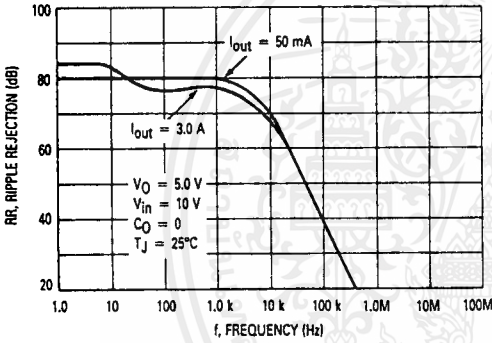


FIGURE 6 — RIPPLE REJECTION versus OUTPUT CURRENT

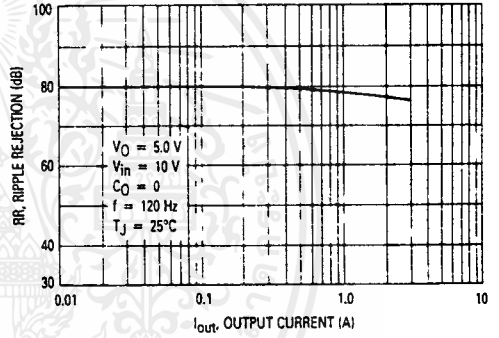


FIGURE 7 — QUIESCENT CURRENT versus INPUT VOLTAGE

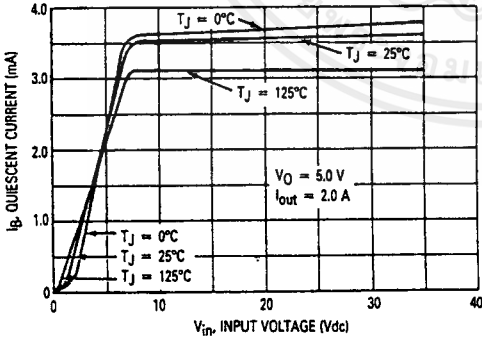
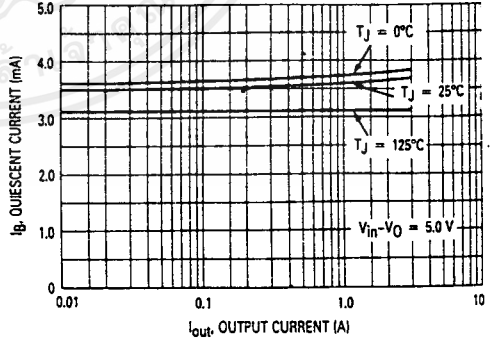


FIGURE 8 — QUIESCENT CURRENT versus OUTPUT CURRENT



MC78T00 Series

FIGURE 9 — DROPOUT VOLTAGE

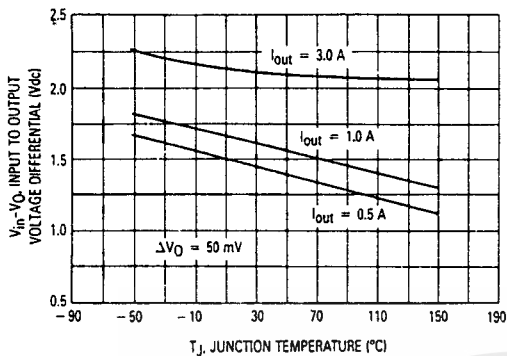


FIGURE 10 — PEAK OUTPUT CURRENT

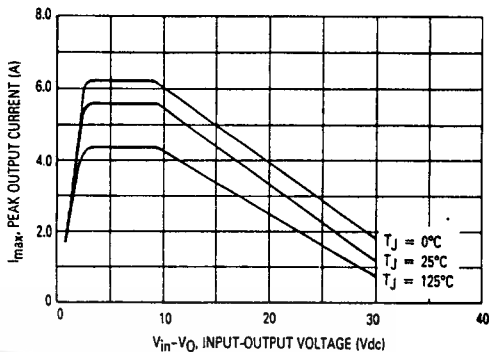


FIGURE 11 — LINE TRANSIENT RESPONSE

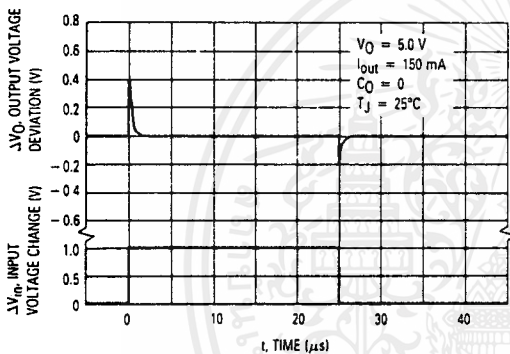


FIGURE 12 — LOAD TRANSIENT RESPONSE

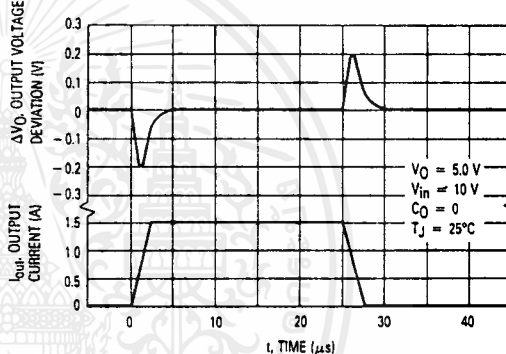


FIGURE 13 — MAXIMUM AVERAGE POWER DISSIPATION FOR MC78T00CK, ACK

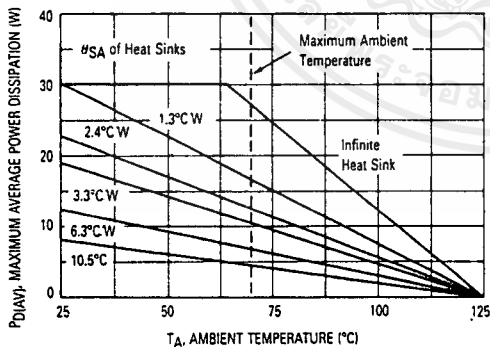
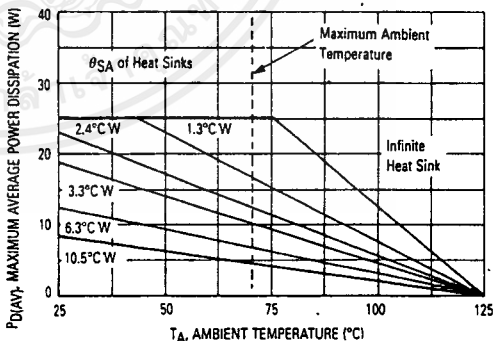


FIGURE 14 — MAXIMUM AVERAGE POWER DISSIPATION FOR MC78T00CT, ACT



MC78T00 Series

APPLICATIONS INFORMATION

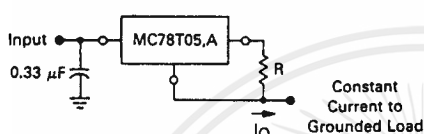
DESIGN CONSIDERATIONS

The MC78T00,A Series of fixed voltage regulators are designed with Thermal Overload Protection that shuts down the circuit when subjected to an excessive power overload condition, Internal Short-Circuit Protection that limits the maximum current the circuit will pass, and Output Transistor Safe-Area Compensation that reduces the output short circuit current as the voltage across the pass transistor is increased.

In many low current applications, compensation capacitors are not required. However, it is recommended that the regulator input be bypassed with a

capacitor if the regulator is connected to the power supply filter with long wire lengths, or if the output load capacitance is large. An input bypass capacitor should be selected to provide good high frequency characteristics to insure stable operation under all load conditions. A 0.33 μF or larger tantalum, mylar, or other capacitor having low internal impedance at high frequencies should be chosen. The bypass capacitor should be mounted with the shortest possible leads directly across the regulator's input terminals. Normally good construction techniques should be used to minimize ground loops and lead resistance drops since the regulator has no external sense lead.

FIGURE 15 — CURRENT REGULATOR



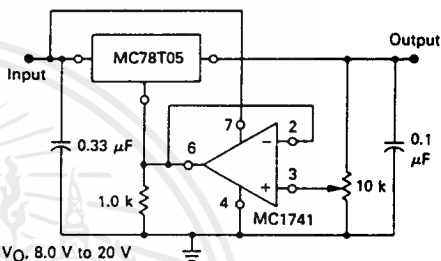
The MC78T05 regulator can also be used as a current source when connected as above. In order to minimize dissipation, the MC78T05 is chosen in this application. Resistor R determines the current as follows:

$$I_O = \frac{5.0 \text{ V}}{R} + I_B$$

$\Delta I_B \approx 0.7 \text{ mA}$ over line, load and temperature changes
 $I_B \approx 3.5 \text{ mA}$

For example, a 2-ampere current source would require R to be a 2.5 ohm, 15 W resistor and the output voltage compliance would be the input voltage less 7.5 volts.

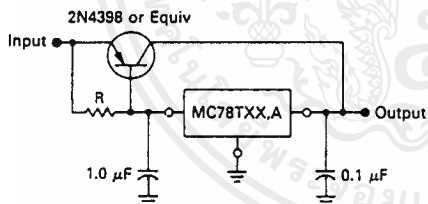
FIGURE 16 — ADJUSTABLE OUTPUT REGULATOR



V_O : 8.0 V to 20 V
 $V_{in} - V_O \geq 2.5 \text{ V}$

The addition of an operational amplifier allows adjustment to higher or intermediate values while retaining regulation characteristics. The minimum voltage obtainable with this arrangement is 3.0 volts greater than the regulator voltage.

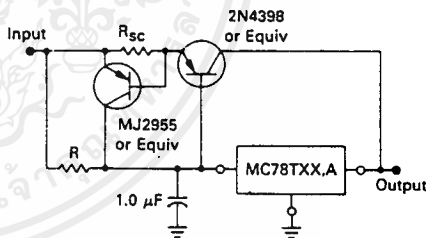
FIGURE 17 — CURRENT BOOST REGULATOR



XX = 2 digits of type number indicating voltage.

The MC78T00,A series can be current boosted with a PNP transistor. The 2N4398 provides current to 15 amperes. Resistor R in conjunction with the V_{BE} of the PNP determines when the pass transistor begins conducting; this circuit is not short-circuit proof. Input-output differential voltage minimum is increased by the V_{BE} of the pass transistor.

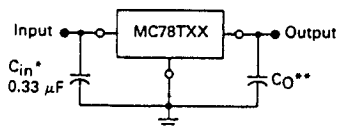
FIGURE 18 — CURRENT BOOST WITH SHORT-CIRCUIT PROTECTION



XX = 2 digits of type number indicating voltage.

The circuit of Figure 17 can be modified to provide supply protection against short circuits by adding a short-circuit sense resistor, R_{SC} , and an additional PNP transistor. The current sensing PNP must be able to handle the short-circuit current of the three-terminal regulator. Therefore, an eight-ampere power transistor is specified.

FIGURE 19 — STANDARD APPLICATION



A common ground is required between the input and the output voltages. The input voltage must remain typically 2.2 V above the output voltage even during the low point on the input ripple voltage.

XX = these two digits of the type number indicate voltage.

* = C_{in} is required if regulator is located an appreciable distance from power supply filter. (See Applications Information for details.)

** = C_O is not needed for stability; however, it does improve transient response.

กิติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์วิทยา ทิพย์สุวรรณพร ที่กรุณาให้คำปรึกษาและคำแนะนำ
ต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำโครงการงานจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี ขอขอบคุณ สถานีตำรวจวัด
แผ่นดินไหว จ. เชียงใหม่ ขอขอบคุณ คุณนิพนธ์ ศิริรัตน์ บริษัท ไทยยูนิค จำกัด ขอขอบคุณบริษัท
ศิลาริเสิร์ช จำกัด และบริษัท อีทีที จำกัด ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการทำ
โครงการงาน ขอขอบคุณ พ่อ แม่ และเพื่อนๆ ที่คอยเป็นกำลังใจให้ตลอดเสมอมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] วินัย เวชวิทยาลัง, "การบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์" , วารสารเทคนิคเครื่องกล ไฟฟ้า อุตสาหกรรม, ฉบับที่ 87, กรกฎาคม 2535.
- [2] บุญเลิศ เอี่ยมทัศนาศนา, "โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ภาษาซี " , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2532.
- [3] Ernest O. Doebelin, "Measurement Systems Application and Design", Mc Graw-Hill, Singapore, 1990.
- [4] Herbert Schildt, "C Power User's Guide", Mc Graw-Hill, Berkeley, USA, 1988.
- [5] James W. Dally, "Instrument for Engineering Measurement" Wiley, Singapore, 1984.
- [6] Joe Campbell, "C Programmer's Guide to Serial Communications", Howard W. Sams & Company, USA, 1989.
- [7] Roger L. Tokheim, "Digital Electronics", Mc Graw-Hill, USA, 1987.
- [8] Willis J. Tompkins, "Interfacing Sensors to The IBM PC" Prentice-Hall, USA, 1988.
- [9] "National Semiconductor", National Instruments, USA, 1990.
- [10] "Signetics Microcontroller User's Guide", Signetic Company, USA, 1989.