



ปีการศึกษา 2537

โปรแกรมการวิเคราะห์ความเรียบของผิวโลหะจากการวัดแบบหัวเข็ม บนไมโครคอมพิวเตอร์



ศศ.วิทยา ทิพย์สุวรรณพร

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2537

ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง โปรแกรมการวิเคราะห์ความเรียบของผิวโลหะจากการวัดแบบหัวเข็ม บนไมโครคอมพิวเตอร์

ผู้จัดทำ

1. นาย วีระชัย สุขย่อย 35.102116
2. นาย สรรพกิจ เย็นจิตร 35.102120



( ผศ.วิทยา ทิพย์สุวรรณพร )

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# โปรแกรมการวิเคราะห์ความเรียบของผิวโลหะจากการวัดแบบหัวเข็ม บนไมโครคอมพิวเตอร์

วีระชัย สุขย่อย

สรรพกิจ เย็นจิตร

ผศ.วิชา ทิพย์สุวรรณพร อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2537

## บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาวิธีการเขียนโปรแกรมเพื่อรองรับผลจากการวัดความเรียบของพื้นผิวโลหะจากเครื่องวัดความเรียบของพื้นผิวโลหะ(Surface Instrument)แบบใช้หัวอ่าน (Stylus) โดยการเขียนโปรแกรมบนไมโครคอมพิวเตอร์สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะทำการรับสัญญาณข้อมูลที่ได้จากเครื่องวัดความขรุขระของพื้นผิวโลหะซึ่งเป็นสัญญาณไฟฟ้าที่เป็นสัญญาณอนาล็อกแล้วแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลเข้าสู่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ แล้วใช้โปรแกรมนี้วิเคราะห์หาค่าคุณลักษณะ(Characteristic)ที่สำคัญของความขรุขระ(Roughness) ซึ่งได้แก่ค่าพารามิเตอร์  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$  และมีการเก็บบันทึกข้อมูลไว้ เพื่อที่จะได้นำเอาไปใช้ในการวิเคราะห์ในวิธีการของการควบคุมคุณภาพ(Quality Control)

PROGRAMING FOR SURFACE INSTRUMENT FOR SURFACE MEASUREMENT  
OF SURFACE ROUGHNESS BY STYLUS INSTRUMENT ON MICROCOMPUTER

Veerachai Sukyoy

Suppakit Yenjit

Assistant Professor Widhaya Thipsuwunporn Advisor

1994

**Abstract**

This thesis present investigation a programing that use support data from measuring of surface roughness by stylus instruments. We write program on microcomputer to analysis data which received from measuring device that measured the surface roughness. This data is analog signal and then convert to digital signal, which shall transfer to microcomputer. We apply this program to analysis the important characteristic of surface roughness such as the value of parameter  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$  and record this data to analysis in Quality Control process.

## สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการวัดความขรุขระของพื้นผิว	
2.1 ลักษณะการวัดพื้นผิวโดยทั่วไป	3
2.2 ศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะพื้นผิวโลหะ	5
2.3 พารามิเตอร์ของความขรุขระของพื้นผิว	14
2.4 คุณสมบัติพื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องวัดแบบใช้หัวเข็ม	19
2.5 หลักการและการปฏิบัติสำหรับการวัดความขรุขระ ของพื้นผิวโดยใช้เครื่องวัดแบบหัวเข็ม	19
บทที่ 3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้าง	
3.1 การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี	
3.1.1 การเขียนโปรแกรมภาษาซีในการสื่อสาร แบบอนุกรม	21
3.1.2 วิธีการหาพารามิเตอร์ต่างๆของพื้นผิว	26
3.1.3 การเขียนโปรแกรมภาพสามมิติ	27
3.2 ภาคแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล	31
3.3 การสร้างตัวกำเนิดสัญญาณที่ได้จากการวัดพื้นผิว	33
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	35
บทที่ 5 การวิจารณ์และสรุป	38
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
บรรณานุกรม	

## บทที่ 1

### บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆภายในประเทศได้มีการพัฒนาและเจริญเติบโตขึ้นเรื่อยๆ มีทั้งผลิตภัณฑ์ที่ต้องใช้ในชีวิตประจำวันและผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรม ตัวอย่างเช่น ชิ้นส่วนต่างๆของรถยนต์หรือรถจักรยานยนต์ ชิ้นส่วนอุปกรณ์และอะไหล่ของเครื่องจักร และผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น

ในกระบวนการผลิตและการประกอบผลิตภัณฑ์เหล่านี้ ชิ้นส่วนบางชิ้นจะมีความเรียบของผิวโลหะเข้ามามีบทบาทสำคัญ เพื่อประโยชน์ดังนี้

1. ลดการเสียดสีระหว่างโลหะสองชิ้น
2. เพื่อให้การเคลือบผิวหรือการพ่นสีมีความสวยงามคงทน
3. กันการรั่วซึมที่รอยประกบระหว่างโลหะสองชิ้น หรือกันการรั่วของซีล
4. ลดการสึกหรอของโลหะที่เกิดจากการเสียดสี
5. เพื่อการประกอบชิ้นงานให้สนิทแนบแน่น

ลักษณะงานอุตสาหกรรมที่มีความเรียบของผิวโลหะเข้ามามีบทบาทสำคัญ ซึ่งมีตัวอย่างที่เห็นได้ทั่วไปดังเช่น

1. การประกอบเครื่องยนต์
2. การผลิตเครื่องจักรกล
3. การผลิตเครื่องมือต่างๆ
4. การผลิตแม่พิมพ์โลหะ
5. การผลิตชิ้นส่วนอุปกรณ์และอะไหล่ของเครื่องจักรกลหรือเครื่องยนต์

ฯลฯ

จุดประสงค์ของการวัดความเรียบของผิวโลหะ โดยทั่วไปมีดังนี้

1. เพื่อตรวจสอบชิ้นงานให้เป็นไปตามข้อกำหนดของการผลิตหรือแบบแปลน(drawing)
2. เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม
3. เพื่อสร้างมาตรฐานของชิ้นงาน

จะเห็นได้ว่าความหยาบหรือความเรียบของพื้นผิววัสดุเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญอย่างหนึ่งในการผลิตทางอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมการผลิตอาหารกระป๋อง อุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์รถจักรยานยนต์ อุตสาหกรรมเครื่องจักรกล เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบ

ความหยาบหรือละเอียดของพื้นผิวชิ้นงานซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งของการตรวจสอบ(Inspection)ในแผนกควบคุมคุณภาพ(Quality Control) เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานตามแบบหรือเกณฑ์ที่โรงงานกำหนดไว้และเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประโยชน์ในการคำนวณทางสถิติที่เกี่ยวกับการควบคุมคุณภาพของการผลิตซึ่งจะกระทำโดยวิศวกรควบคุมคุณภาพ การวัดความหยาบหรือละเอียดของพื้นผิวชิ้นงานจึงมีความจำเป็นเพิ่มขึ้น แต่การใช้เครื่องวัดโดยทั่วไปยังมีความยุ่งยากอยู่ ทั้งในการเก็บข้อมูลและการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของความขรุขระของพื้นผิวชิ้นงาน จากเหตุดังกล่าวจึงได้มีแนวคิดจะใช้คอมพิวเตอร์ในการเก็บข้อมูลและการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์



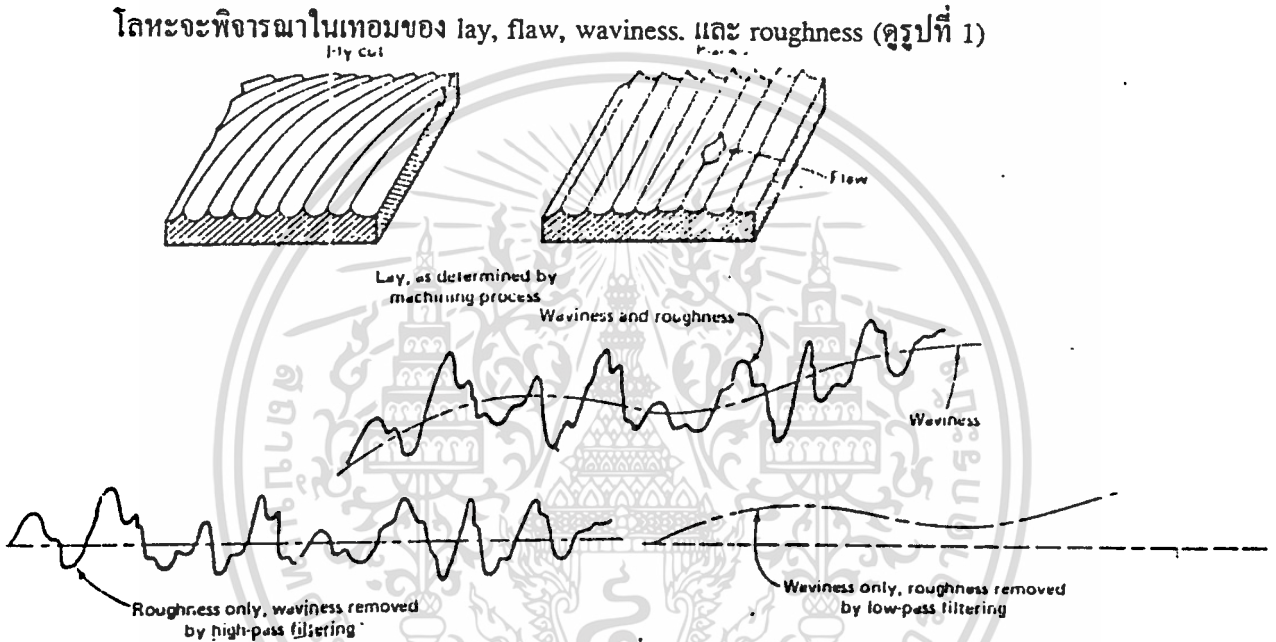
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีเกี่ยวกับการวัดความขรุขระของพื้นผิว

#### 2.1 ลักษณะการวัดพื้นผิวโลหะโดยทั่วไป

การหาค่าความหยาบของชิ้นงานไม่เพียงแต่จะแสดงคุณสมบัติของผิวโลหะในสเกลที่ละเอียดกว่ากล้องจุลทรรศน์ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการป้องกันความผิด การสึกหรอจากการเสียดสีกันของวัสดุ ความสะอาดในกระบวนการผลิตอาหาร การรั่วของซีล ฯลฯ การศึกษาคุณลักษณะของผิวโลหะจะพิจารณาในเทอมของ lay, flaw, waviness, และ roughness (ดูรูปที่ 1)



รูปที่ 1

lay คือ ลักษณะทิศทางของสวดลายที่ปกคลุมผิวโลหะ

flaw คือ ข้อบกพร่องหรือตำหนิที่มีอยู่เดี่ยวๆ

waviness คือ ลักษณะของผิวที่เป็นลอนหรือเป็นลูกคลื่น

roughness คือ ความหยาบหรือความขรุขระของผิวโลหะ

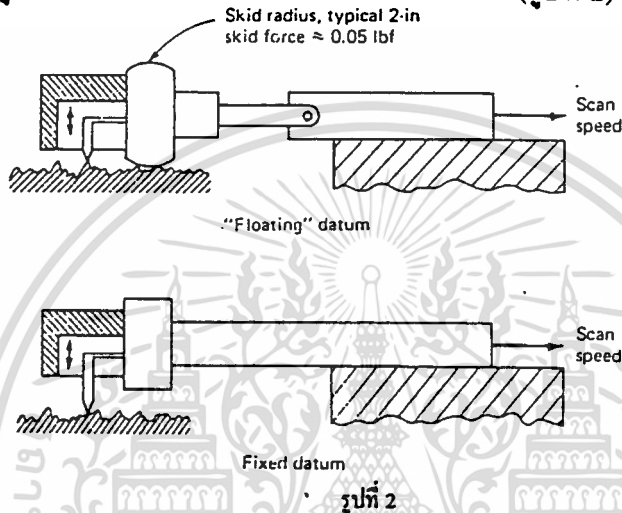
waviness + roughness เรียกว่า profile

profile คือ ลักษณะของผิวโลหะที่มองในแนวพื้นที่หน้าตัด

โดยมากการวัดพื้นผิวโลหะจะทำการวัดด้วยเครื่องวัดแบบหัวเข็ม หัวเข็มแบบที่เป็นเพชรจะมีรัศมีที่ปลายเข็มประมาณ 0.001 นิ้ว ใช้แรงที่กระทำต่อชิ้นงานตัวอย่างประมาณ 0.0001 ถึง 0.001 ปอนด์ และสามารถขีดเพื่อทำการวัดได้มากกว่า 0.0002 นิ้ว การวัดที่มีความละเอียดสูงมากอาจใช้ gage blocks ที่ใช้หัวเข็มที่มีรัศมี 0.00005 นิ้ว และลดแรงกดของหัวเข็มลง ขนาดของหัวเข็มไม่สามารถที่จะลดลงให้ต่ำกว่า 0.00005 นิ้ว เพราะจะทำให้แรงกดของปลายเข็มเริ่มที่จะเกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดล่างของวัสดุต่างๆ ทำให้วัสดุผิดรูปไปเนื่องจากการวัด จึงต้องกำหนดขอบเขตของแนวการวัด และความเร็วในการลากหัวเข็มจะต้องช้าๆ ( 0.0001 ถึง 0.1 นิ้ว/วินาที ) การใช้แรงกดของหัวเข็มอย่างเพียงพอและความเร็วในการวัดช้าพอ หัวเข็มจะให้ค่าที่เป็นจริงตามพื้นผิว หัวเข็มอาจจะเป็นปลอกในแนวตั้งติดกับแคร่เลื่อนหรือคาน การใช้แคร่เลื่อนจะใช้เฉพาะวัดความเป็นลอน(waviness) และเหล็กแหลมใช้วัดความขรุขระ(roughness) การวัดรูปด้านข้าง(profile)จะใช้ shorress สำหรับเป็นฐานที่อยู่กับที่ ซึ่งต้องใช้กลไกทางเครื่องกลเข้ามาช่วย (รูปที่ 2)

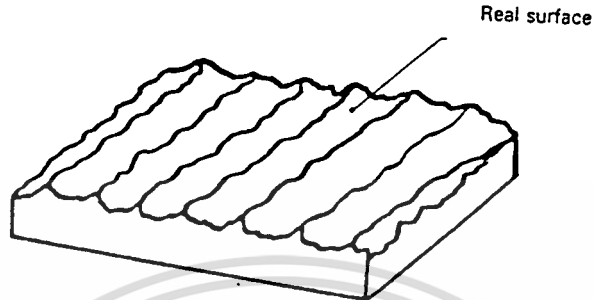


เครื่องมือวัดหากต้องการความไวจะใช้ moving coil เป็นตัวเปลี่ยนสัญญาณการเคลื่อนที่ของหัวเข็ม แต่ใช้กับการวัดพื้นผิวโลหะที่มีความละเอียดสูงได้ จึงจะต้องใช้ LVDT ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันมาเป็นตัวเปลี่ยนความถี่แทน ซึ่งจะปรับความไวจากน้อยไปจนเต็มสเกล เครื่องวัดจะต้องมีแอมเพิลทบอกค่าความไวของอัตราขยายระหว่างการเคลื่อนที่ของหัวเข็มและเครื่องบันทึกค่า สำหรับแกนตั้งการขยายสูงสุดเกือบจะเท่ากับหนึ่งล้านเท่า ในแกนนอนมีกำลังขยายห้าร้อยเท่า กำลังขยายในแกนตั้งและแกนนอนต่างจากการมองโดยตรง เราสามารถใช้กราฟอริบยาให้เข้าใจได้ รูปที่ แสดงการวัดพื้นผิวโลหะที่เกิด flaw โดยผ่านกระบวนการทางเครื่องกลที่มีการจ่ายไฟฟ้า กำหนดให้ Z มีอัตราขยายห้าร้อย และ X,Y มีอัตราขยายสองร้อย เมื่อหัวเข็มมีการเคลื่อนที่ในแนวนอนด้วยความเร็วคงที่ โครงสร้างของพื้นผิวโลหะเป็นลักษณะงานที่มีเวลาเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย สามารถที่จะหาเวลามาตราฐานโดยใช้วิธีการกรองแล้วหาค่าเฉลี่ยโดยแยกความขรุขระกับลักษณะที่เป็นลอน จากตัวอย่าง โครงสร้างมีลักษณะเป็นรูป sin มีความยาวคลื่น 0.005 นิ้ว มีความละเอียด 0.05 นิ้ว/วินาที ความถี่ 10 Hz ปรับให้ตัดความยาวคลื่นออกเป็นค่าความยาวคลื่น 0.0003, 0.01, 0.03, 0.1 และ 0.3 นิ้ว การวัดความขรุขระที่มีความยาวคลื่นมากต้องใช้ตัวกรองเพื่อให้ความยาวคลื่นสั้น สำหรับการวัด profile เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของความขรุขระสามารถนำมาเปรียบเทียบกับข้อกำหนดตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

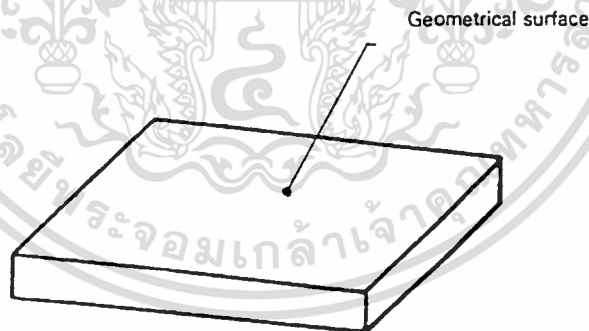
## 2.2 ศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะพื้นผิวโลหะ

1. REAL SURFACE คือ ผิวของชิ้นงานต่างๆ ไป (ดูรูปที่ 3)



รูปที่ 3

2. GEOMETRICAL SURFACE คือ ผิวงานทางเรขาคณิต ซึ่งเป็นผิวงานในอุดมคติ (ดูรูปที่ 4)

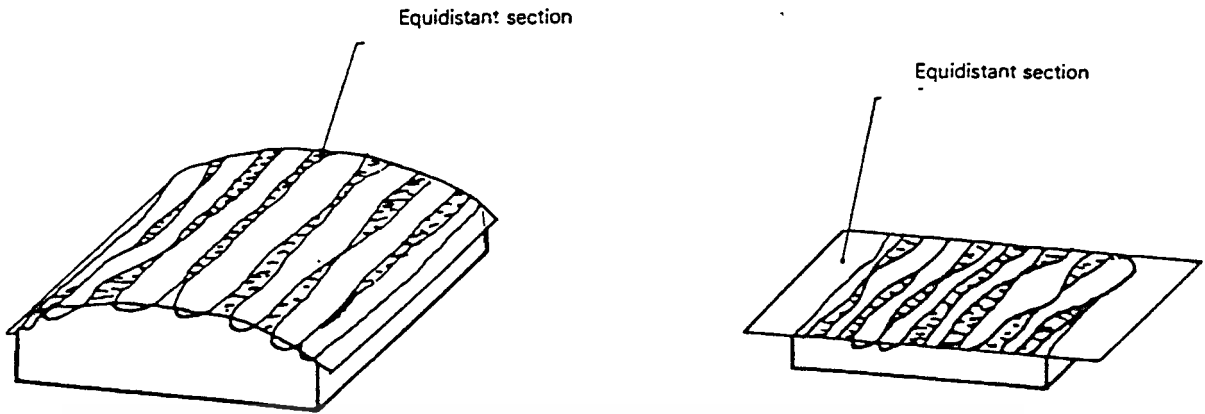


รูปที่ 4

3. REFERENCE SURFACE คือ ผิวงานอ้างอิงที่ใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ของความขรุขระของพื้นผิว ผิวงานอ้างอิงมีลักษณะเป็นผิวงานทางเรขาคณิต

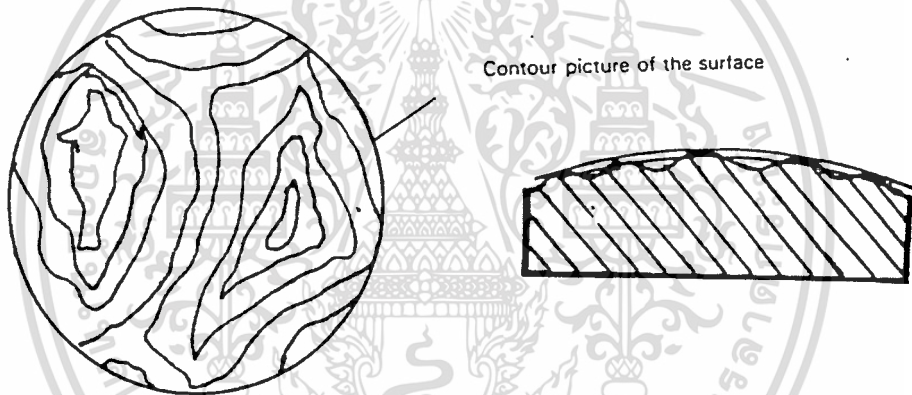
4. EQUIDISTANT SECTION คือ ผิวงานที่เกิดจากการตัดผิวงานจริง แล้วเปรียบเทียบกับผิวงานทางเรขาคณิตที่มีขนาดเท่ากัน(ดูรูปที่ 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



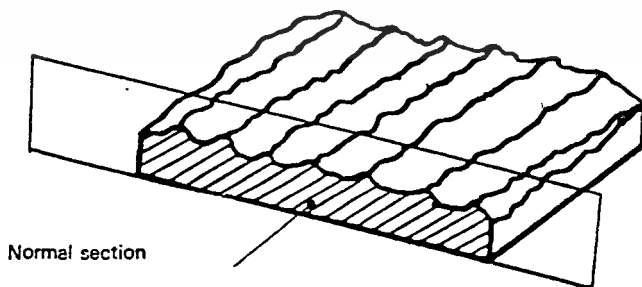
รูปที่ 5

5. CONTOUR PICTURE OF THE SURFACE คือ จำนวนลายเส้นด้านตัดของผิวงาน  
จริงบน Equidistant section (ดูรูปที่ 6)



รูปที่ 6

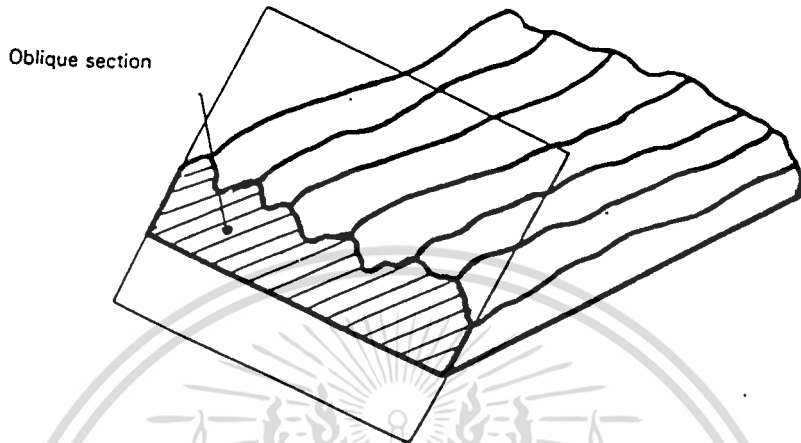
6. NORMAL SECTION คือ ส่วนที่เกิดจากการตัดชิ้นงานในแนวตั้งฉากกับผิวงาน (ดูรูป  
ที่ 7)



รูปที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

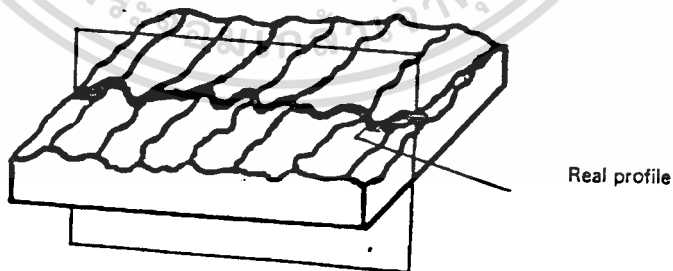
7. OBLIQUE SECTION คือ ส่วนที่เกิดจากการตัดชิ้นงานในแนวที่เอียงเทียบกับผิวงาน(ดูรูปที่ 8)



รูปที่ 8

8. SURFACE PROFILE คือ เส้นบนผิวงานที่เกิดจากการตัดชิ้นงานใดๆ โดยใช้ระนาบหนึ่งๆ

9. REAL PROFILE คือ เส้นบนผิวงาน ซึ่งเกิดจากการตัด Real Surface โดยใช้ระนาบหนึ่งๆ (ดูรูปที่ 9)

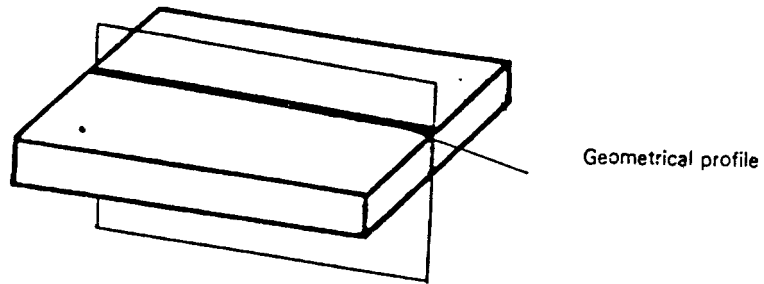


รูปที่ 9

10. GEOMETRICAL PROFILE คือ เส้นบนผิวงาน ซึ่งเกิดจากการตัด Geometrical

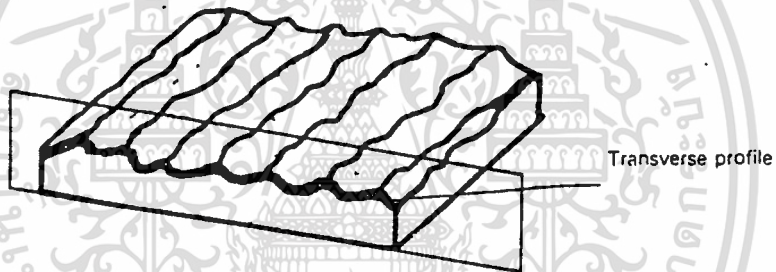
Surface (ดูรูปที่ 10) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



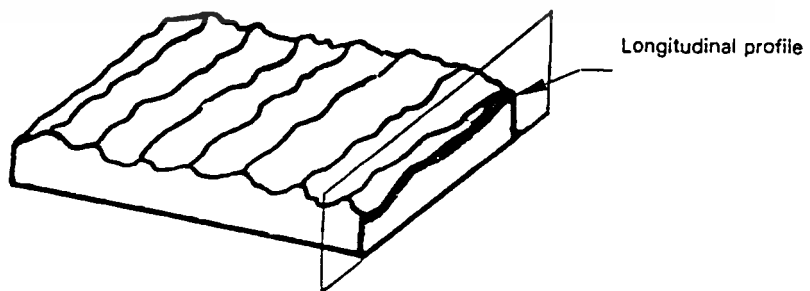
รูปที่ 10

11. TRANSVERSE PROFILE คือ เส้นบนผิวงานซึ่งมีแนวเส้นที่ตั้งฉากกับ Surface Lay (ดูรูปที่ 11)



รูปที่ 11

12. LONGITUDINAL PROFILE คือ เส้นบนผิวงานซึ่งใช้ระนาบที่ขนานกับ Surface Lay (ดูรูปที่ 12)



รูปที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

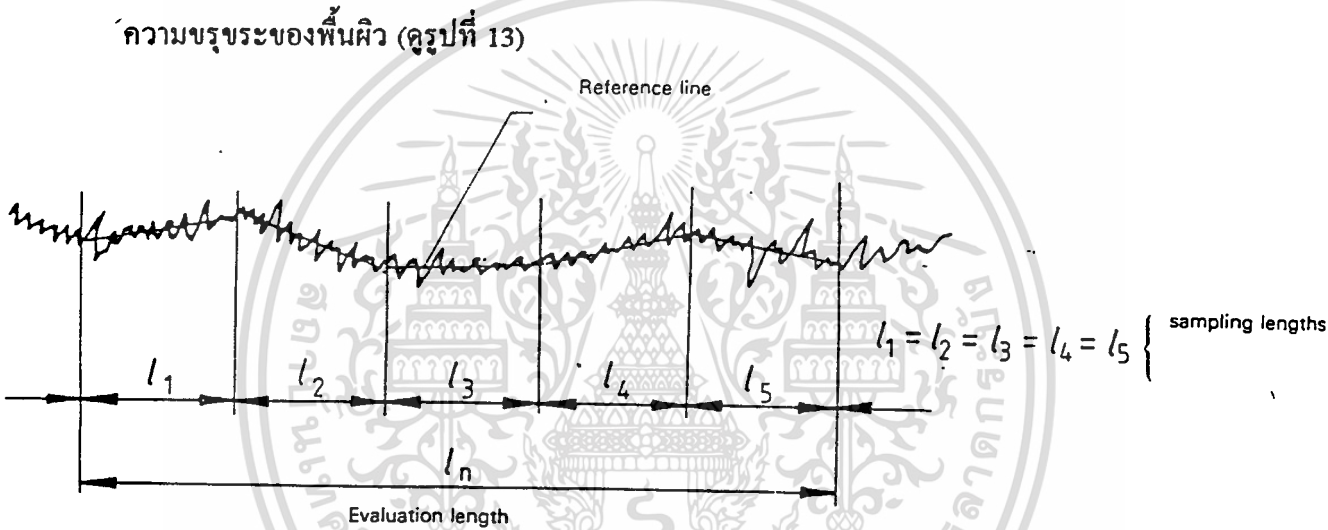


13. PERIODIC PROFILE คือ Profile ที่สามารถเขียนหรือวาดอธิบายอย่างคร่าวๆ โดยมี ลักษณะรูปที่เป็นช่วง ๆ หรือคาบเวลา สำหรับตัวอย่างเช่นรูป Profile ที่ได้จากการกลิ้ง

14. RANDOM PROFILE คือ profile ที่ไม่ใช่ periodic profile ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยมี ลักษณะเป็น random function สำหรับตัวอย่าง เช่น profile จากการฝนหรือการลับ การยิงปืน และการระเบิดหิน เป็นต้น

15. REFERENCE LINE คือ เส้นที่มีความสัมพันธ์กับการทำการประเมินหาค่าพารามิเตอร์ของ profile

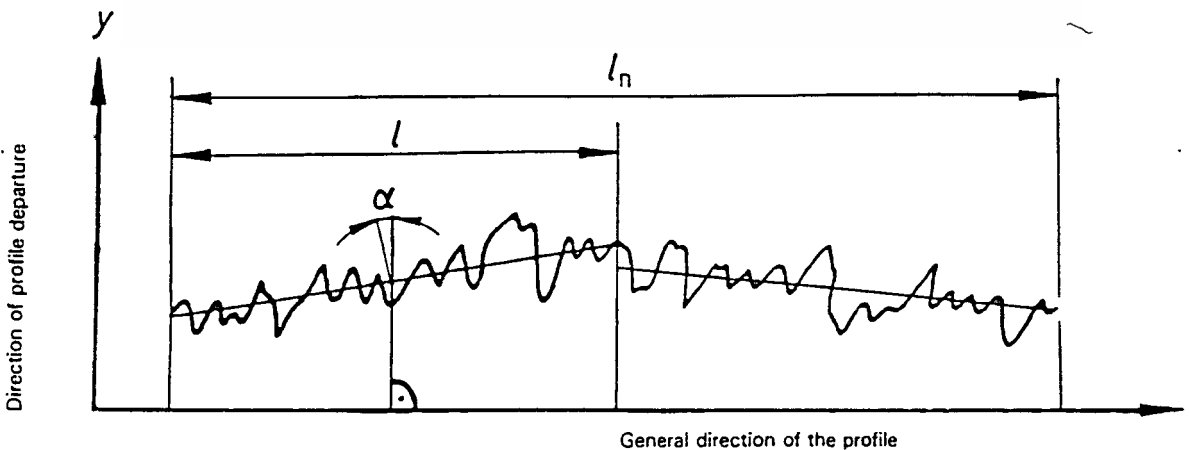
16. SAMPLING LENGTH,  $l$  คือ ความยาวของเส้นที่อ้างอิง ที่ใช้สำหรับแยกลักษณะ ความขรุขระของพื้นผิว (ดูรูปที่ 13)



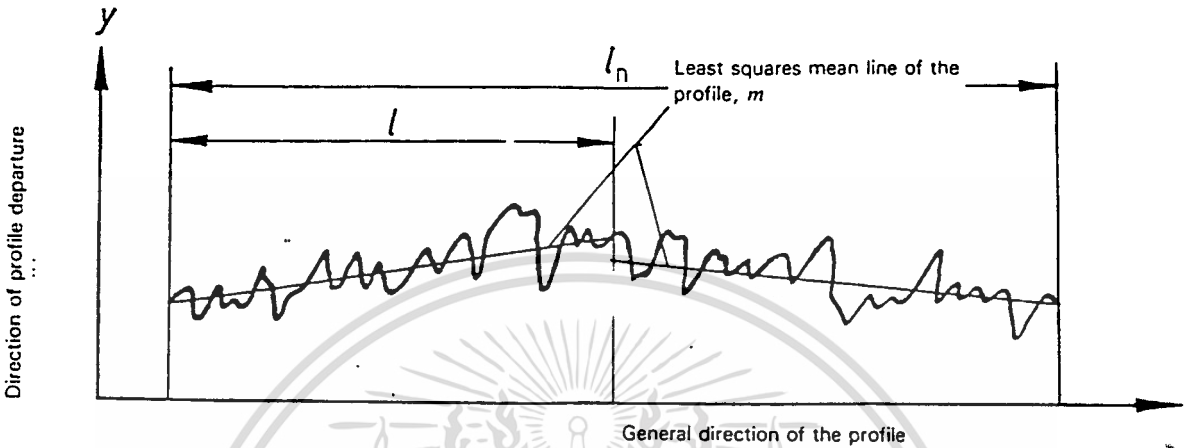
รูปที่ 13

17. EVALUATION LENGTH,  $l_n$  คือ การหาความยาวของผิวหน้าที่เกินเป็นการกำหนด ค่าความยาวที่มากกว่า sampling length

18. PROFILE DEPARTURE,  $y$  คือ ระยะระหว่างจุดของ profile และ reference line ใน แนวการวัด (ดูรูปที่ 14)

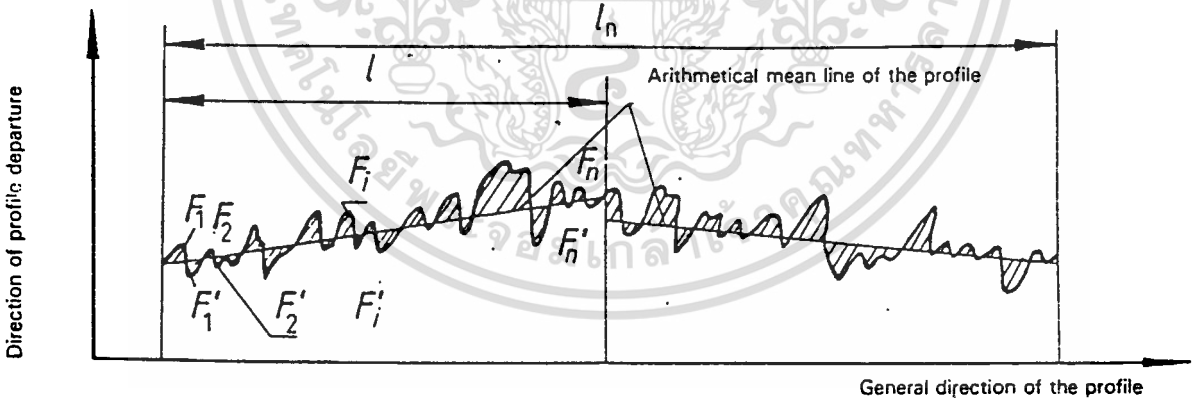


19. LEAST SQUARES MEAN LINE OF THE PROFILE ( MEAN LINE ),  $m$  คือ reference line ที่ได้จากผลรวมของกำลังสองของ profile departures ภายใน sampling length (ดูรูปที่ 15)



รูปที่ 15

20. ARITHMETICAL MEAN LINE OF THE PROFILE ( CENTRE LINE ) คือ reference line ที่เป็น geometrical profile และขนานกับแนวระนาบของ profile ตลอดแนวของ sampling length นั่นคือ ผลรวมของพื้นที่ที่กำหนดโดย centre line กับ profile ซึ่งเท่ากันทั้งสองด้าน (ดูรูปที่ 16)



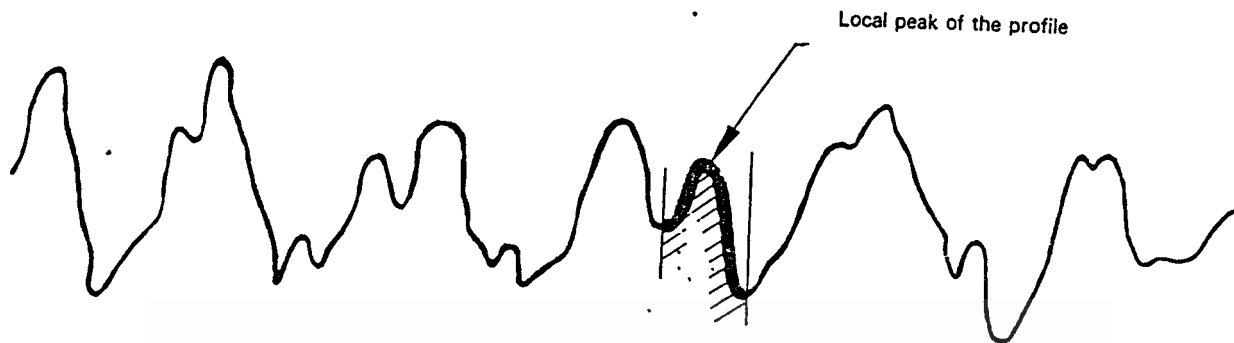
$$\sum_{i=1}^n F_i = \sum_{i=1}^n F'_i$$

รูปที่ 16

21. MEAN LINE SYSTEM คือ กระบวนการคำนวณที่ใช้สำหรับการหาค่าของพารามิเตอร์ของความขรุขระ ซึ่งจะใช้ mean line เป็น reference line

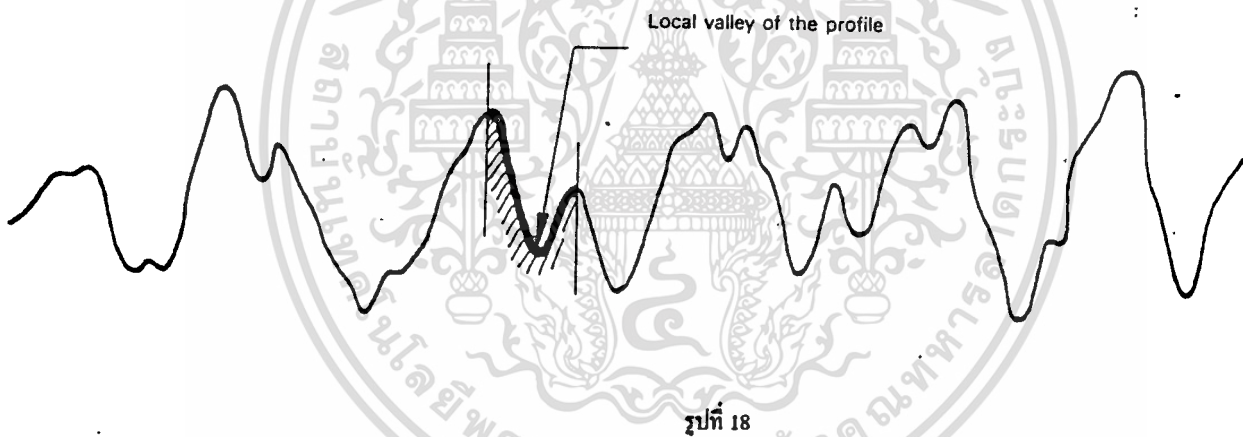
22. LOCAL PEAK OF PROFILE คือ ส่วนของ profile ที่อยู่ระหว่างจุดต่ำสองจุดของ profile (ดูรูปที่ 17)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 17

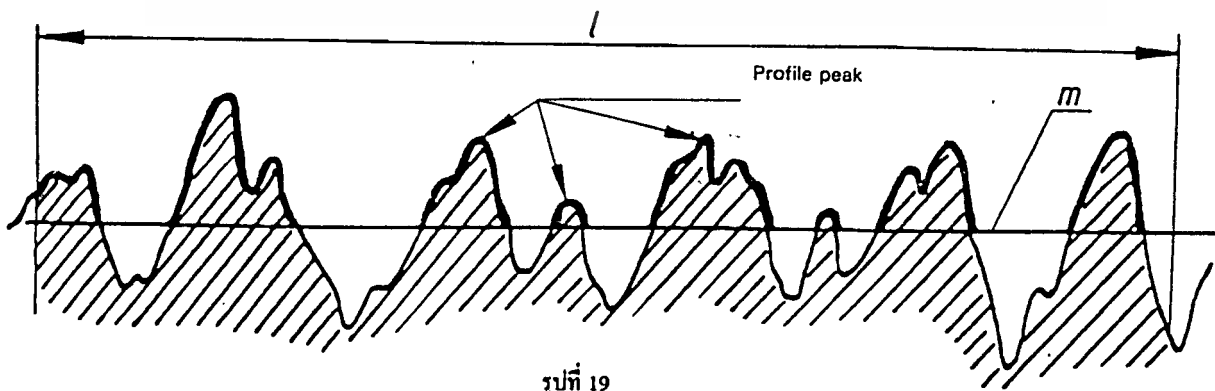
23. LOCAL VALLEY OF PROFILE คือ ส่วนของ profile ที่อยู่ระหว่างจุดสูงสุดสองจุดของกราฟของ profile (ดูรูปที่ 18)



รูปที่ 18

24. LOCAL IRREGULARITY หมายถึง local peak และ local valley ที่อยู่ติดกัน

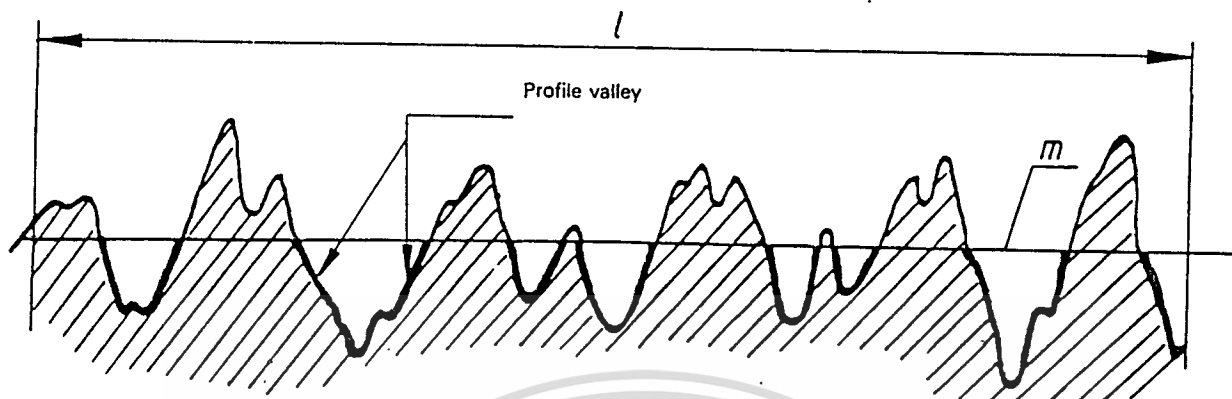
25. PROFILE PEAK คือ ส่วนของ profile ที่อยู่เหนือเส้น mean line (ดูรูปที่ 19)



รูปที่ 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

26. PROFILE VALLEY ส่วนของ profile ที่อยู่ต่ำกว่าเส้น mean line (ดูรูปที่ 20)



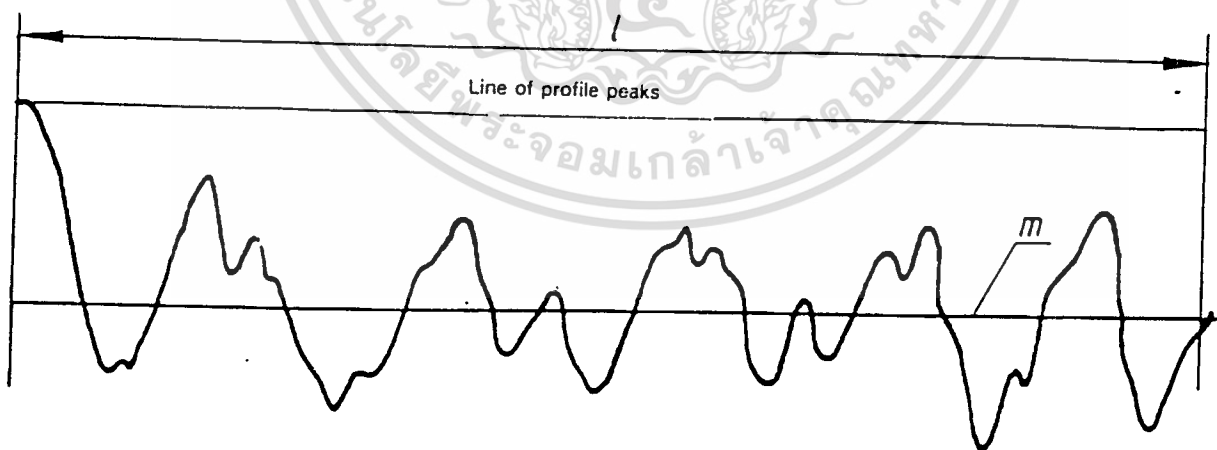
รูปที่ 20

27. PROFILE IRREGULARITY หมายถึง profile peak และ profile valley ที่อยู่ชิดติดกัน

28. SURFACE LAY คือ ทิศทางหรือแนวของความหยาบละเอียดที่กระจายไปทั่วพื้นผิว

29. SURFACE ROUGHNESS คือ พื้นผิวที่ไม่สม่ำเสมอในเนื้อที่เล็กๆของพื้นผิวชิ้นงาน (ซึ่งก็คือความขรุขระของพื้นผิวนั่นเอง)

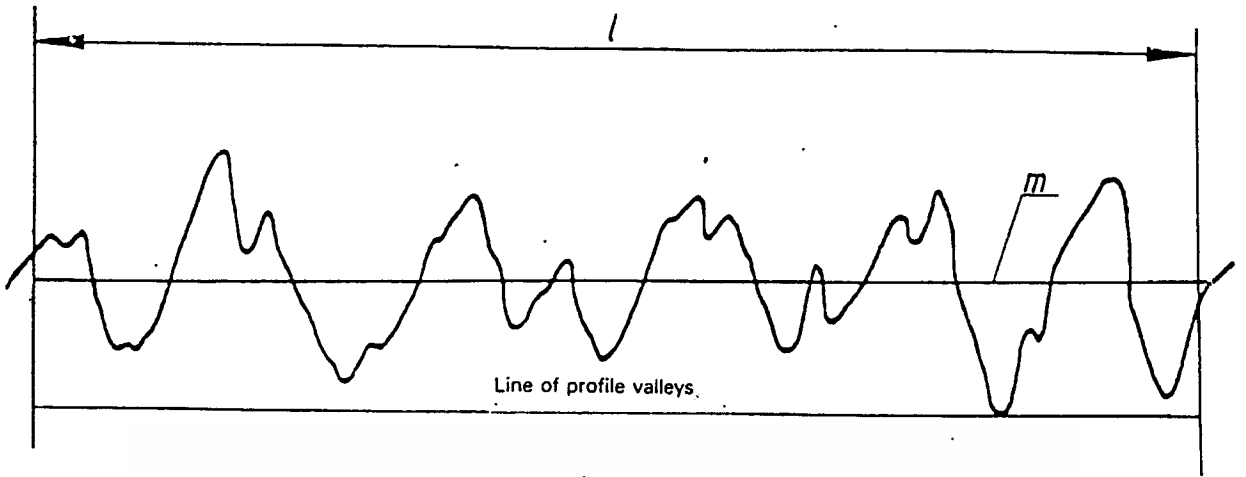
30. LINE OF PROFILE PEAK คือ เส้นที่ขนานกับเส้น mean line และตัดผ่านจุดสูงสุดของ profile ภายในความยาวของ sampling length (ดูรูปที่ 21)



รูปที่ 21

31. LINE OF PROFILE VALLEY คือ เส้นที่ขนานกับเส้น mean line และตัดผ่านจุดต่ำสุดของ profile ภายในความยาว sampling length (ดูรูปที่ 22)

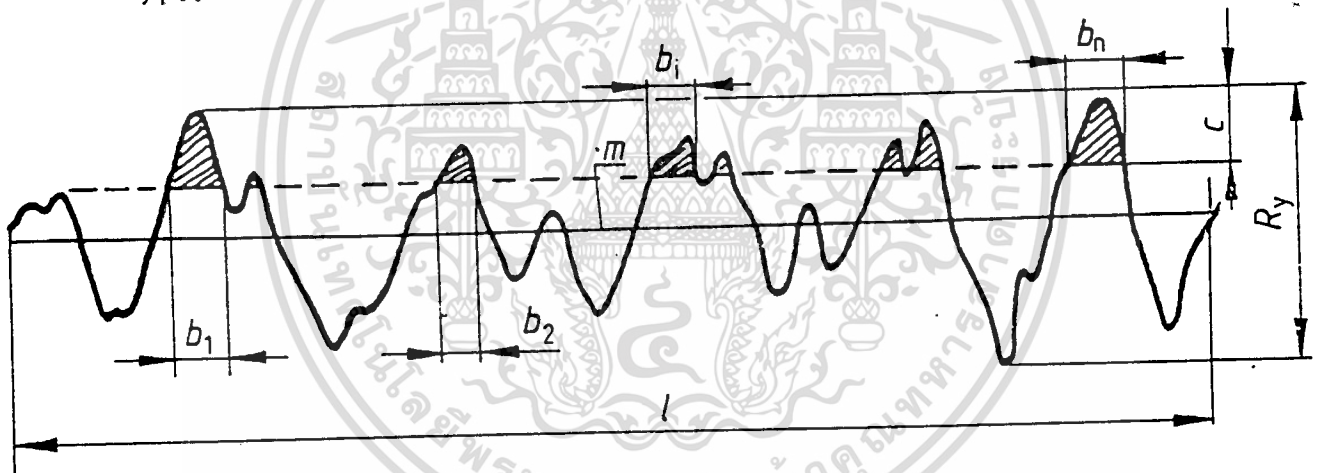
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 22

32. PROFILE SECTION LEVEL,  $c$  คือ ระยะระหว่างเส้น line of profile peak และ ขนานกับเส้นที่ตัดกับ profile

profile section level นี้สามารถที่จะกำหนดค่าได้ ในหน่วยไมโครเมตรหรือเป็น % ของ  $R_y$  (ดูรูปที่ 23)

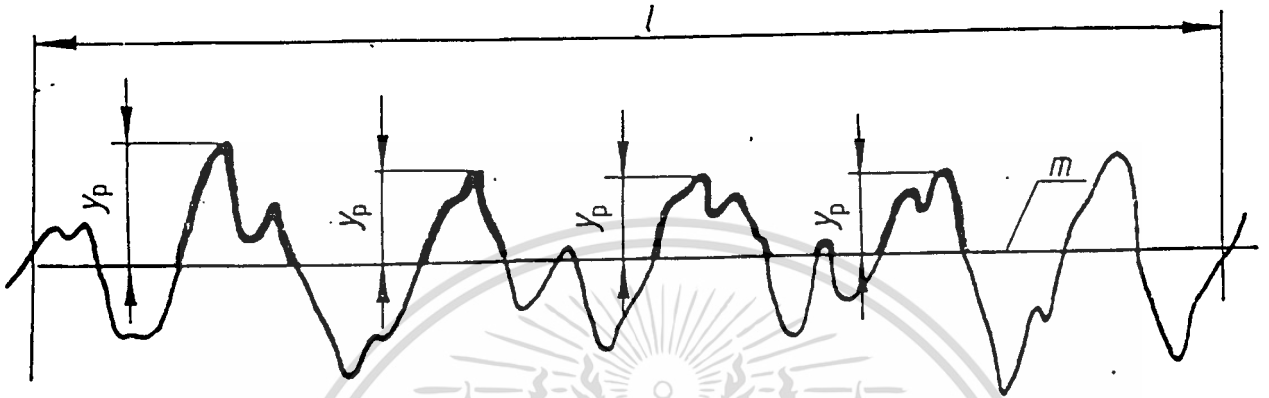


รูปที่ 23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

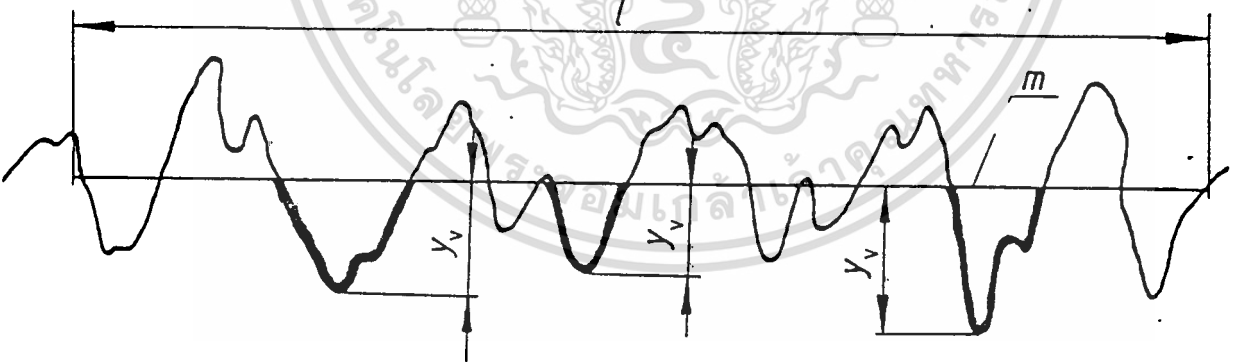
## 2.3 พารามิเตอร์ของความขรุขระของพื้นผิว(Surface Roughness Parameters)

1. PROFILE PEAK HEIGHT,  $y_p$ : ระยะทางระหว่างเส้นเฉลี่ยและจุดสูงสุดของยอดกราฟ  
( รูปที่ 24)



รูปที่ 24

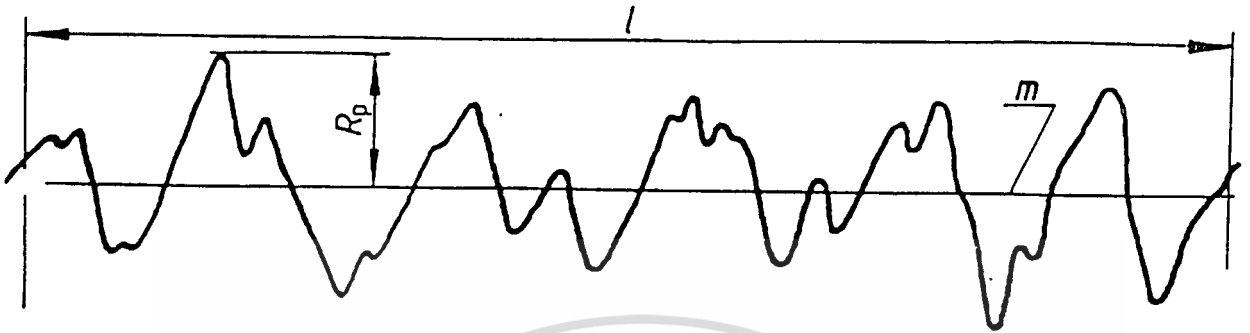
2. PROFILE VALLEY DEPTH,  $y_v$ : ระยะทางระหว่างเส้นเฉลี่ยและจุดต่ำสุดของกราฟ  
( รูปที่ 25)



รูปที่ 25

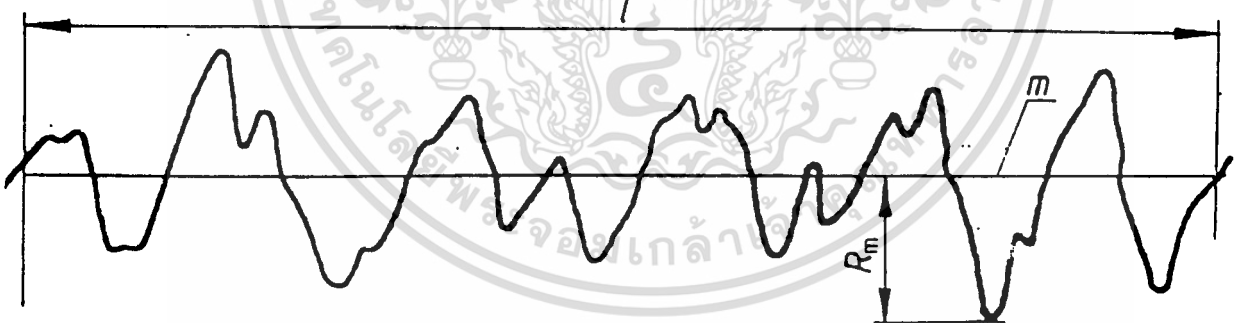
3. MAXIMUM PROFILE PEAK HEIGHT,  $R_p$ : ระยะทางระหว่างจุดสูงสุดและเส้นเฉลี่ย  
( รูปที่ 26)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 26

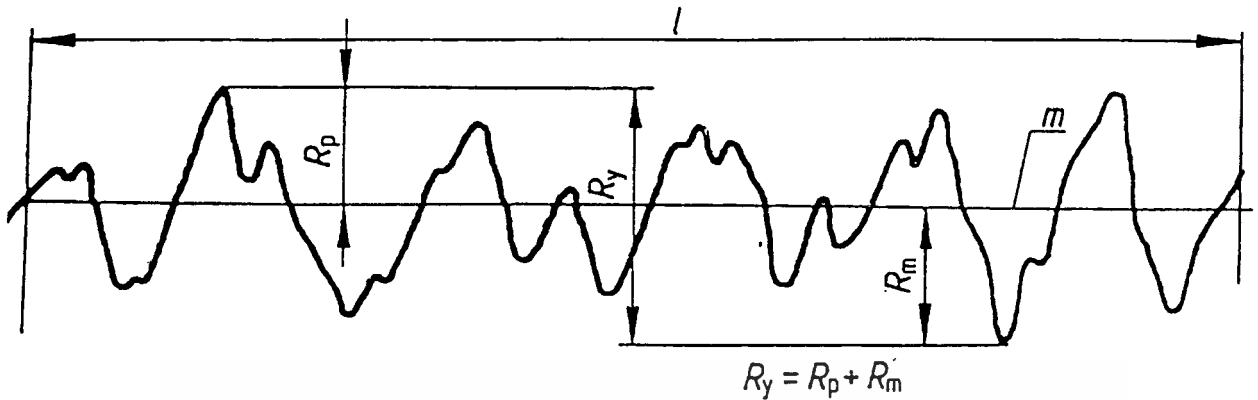
4. MAXIMUM PROFILE VALLEY DEPTH,  $R_m$  : ระยะทางระหว่างจุดต่ำสุดกับเส้นเฉลี่ย (ดูรูปที่ 27)



รูปที่ 27

5. MAXIMUM HEIGHT OF THE PROFILE,  $R_p$  ( $R_{max}$ ) : ระยะระหว่างเส้นของจุดสูงสุด ( $R_p$ ) กับเส้นของจุดต่ำสุด ( $R_m$ ) ดังรูปที่ 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



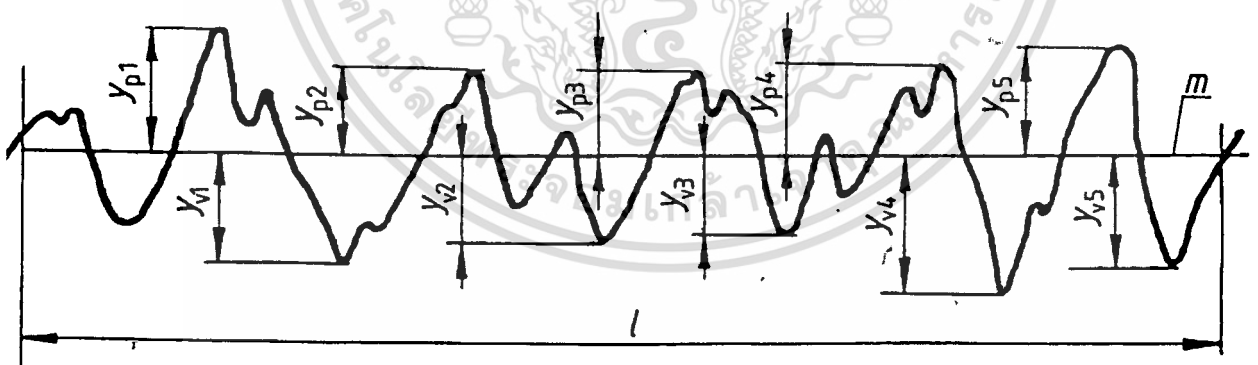
รูปที่ 28

6. TEN POINT HEIGHT OF IRREGULARITIES,  $R_z$  : ค่าเฉลี่ยของค่าสัมบูรณ์ของความสูงของ profile peak จำนวน 5 จุดและความลึกของ profile valley ภายในความยาว sampling length (ดูรูปที่ 29) หาได้จากสมการ

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}|}{5}$$

$y_{pi}$ : เป็นส่วนนูนที่สูงที่สุดของยอดกราฟ

$y_{vi}$ : เป็นส่วนที่ลึกที่สุดของกราฟ



รูปที่ 29

7. MEAN HEIGHT OF PROFILE IRREGULARITIES,  $R_c$ : ผลบวกของค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์ของความสูงของ profile peak และความลึกของ profile valley ซึ่งหาได้จากสมการ

$$R_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_{pi}| + \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n |y_{vj}|$$

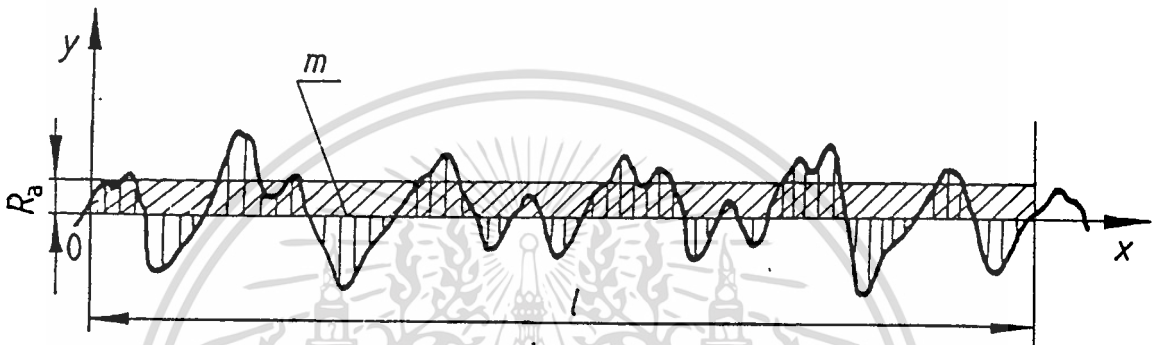
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ARITHMETICAL MEAN DEVIATION OF THE PROFILE,  $R_a$ : ค่าสัมบูรณ์ของตัวเลขเฉลี่ยของ profile ภายใต้อความยาว sampling length  $l$  (ดูรูปที่ 30) ซึ่งหาได้จากสมการ

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx$$

หรือ

$$R_a \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$



รูปที่ 30

9. ROOT-MEAN-SQUARE DEVIATION OF THE PROFILE,  $R_q$ : ค่า root-mean-square ของ profile ภายใต้อความยาว sampling length. ซึ่งหาได้จากสมการ

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l y^2(x) dx}$$

ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับความหยาบของพื้นผิวโลหะ

1. ความยาวคลื่นของ  $R_q$  ของกราฟ

คือค่าของ  $2\pi$  คูณกับอัตราส่วนของ root-mean-square ที่เปลี่ยนไปของ  $R_q$  กับค่า root-mean-square ของความชันของกราฟ ( $\Delta_q$ )

หาได้จากสมการ

$$\lambda_q = 2\pi \frac{R_q}{\Delta_q}$$

โดย

$$\Delta_q = \sqrt{\frac{1}{l} \int_0^l \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 dx}$$

หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\Delta_q \approx \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{\Delta y_i}{\Delta x_i} \right)^2}$$

2. ความยาวคลื่นของ  $R_q$  ของกราฟ

คือค่าของ  $2\pi$  คูณอยู่กับอัตราส่วนของตัวเลขเฉลี่ย  $R_q$  กับตัวเลขเฉลี่ยความชัน

( $\Delta_a$ ) ซึ่งหาได้จากสมการ

$$\lambda_q = 2\pi \frac{R_q}{\Delta_a}$$

โดย

$$\Delta_a = \frac{1}{l} \int_0^l \left| \frac{dy}{dx} \right| dx$$

หรือ

$$\Delta_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\Delta y_i}{\Delta x_i} \right|$$

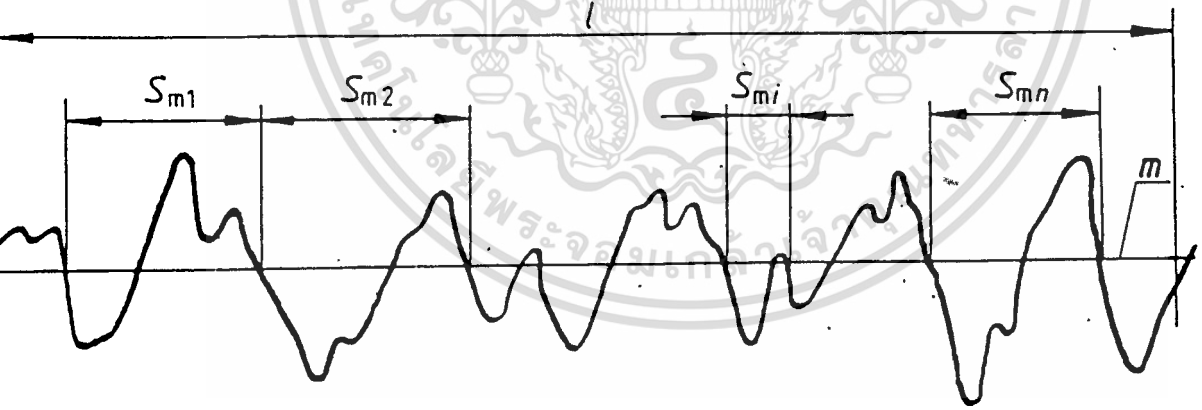
3.  $S_m$  คือค่าเฉลี่ยของความยาวช่วงคลื่นทั้งหมดของรูปกราฟ (รูปที่ 31) ซึ่งหาได้จากสมการ

การ

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi}$$

$S_{mi}$  เป็นความยาวของแต่ละช่วงคลื่น

$n$  เป็นจำนวนของช่วงคลื่นทั้งหมดของกราฟ



รูปที่ 31

## 2.4 คุณลักษณะพื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องวัดแบบใช้หัวเข็ม

1. มุมของเข็ม มีการกำหนดขนาดของมุมดังต่อไปนี้ ( radians(degrees) )

1.05(60); 1.57(90)

2. รัศมีของปลายเข็ม ปกติค่าของรัศมีของปลายเข็มมีหน่วยเป็น micrometer กำหนดไว้ดังต่อไปนี้ คือ

2; 5; 10

3. แรงกดที่ใช้ตอนหัวเข็มอยู่กับที่ มีค่าที่แนะนำสำหรับออกแรงกดตอนที่หัวเข็มอยู่กับที่ และค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงกดในการวัด กำหนดไว้ในตารางที่ 1

ค่าของรัศมีของปลายเข็ม( $\mu\text{m}$ )	2	5	10
แรงกดสูงสุดตอนที่หัวเข็มอยู่กับที่ newtons (grams-force)	0.0007 (0.07)	0.004 (0.4)	0.016 (1.6)
อัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงกด newtons/metre (grams-force/ $\mu\text{m}$ )	35 (0.003 5)	200 (0.020 0)	800 (0.080 0)

ตารางที่ 1 แสดงค่าแรงกดตอนที่หัวเข็มอยู่กับที่และค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงกดในการวัด

## 2.5 หลักการและการปฏิบัติสำหรับการวัดความขรุขระของพื้นผิวโดยใช้เครื่องวัดแบบหัวเข็ม

รูปแบบการกำหนดรายละเอียดข้อกำหนดของความเรียบของพื้นผิวในกระบวนการผลิต จำเป็นจะต้องเปรียบเทียบค่าของพารามิเตอร์ของความขรุขระของพื้นผิวซึ่งงานกับข้อกำหนดที่ระบุไว้ในแบบหรือเอกสารทางเทคนิคของการผลิต

ในการตรวจสอบความขรุขระของชิ้นงานสามารถทำให้เห็นรูปร่างของวัสดุที่เป็นเนื้อเดียวกันหรือเป็นพื้นที่ ที่มีความแตกต่างกันหลายๆชนิด ในกรณีที่มีการวัดความขรุขระของพื้นผิวมีรูปร่างเป็นเนื้อเดียวกัน ค่าพารามิเตอร์ของความขรุขระจะหาจากพื้นผิวทั้งหมดเพื่อที่จะใช้เปรียบเทียบกับข้อกำหนดที่ระบุไว้ในแบบหรือเอกสารทางเทคนิคของการผลิต

การระบุขอบเขตสูงสุด(upper limit)และขอบเขตต่ำสุด(lower limit)ของพารามิเตอร์ของความขรุขระของพื้นผิวเพื่อใช้เป็นการตรวจสอบค่าพารามิเตอร์ของความขรุขระของพื้นผิวที่วัดได้ ซึ่งจะเป็นความสะดวกในการตรวจสอบว่าสามารถจะยอมรับได้ตามที่ระบุไว้ในแบบหรือเอกสารทางเทคนิคของการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การระบุขอบเขตสูงสุดของพารามิเตอร์ของความขรุขระของพื้นผิว ค่าของพื้นผิวที่วิเคราะห์แล้วสามารถที่จะยอมรับได้ถ้าไม่มากกว่า 16% ของขอบเขตสูงสุดของพารามิเตอร์ของความขรุขระของพื้นผิวที่ตั้งไว้

### การหาค่าความยาว

เพื่อที่จะตัดสินใจว่าพื้นผิวชิ้นงานจัดอยู่ในลักษณะที่ต้องการหรือไม่ ให้ตั้งค่าพารามิเตอร์ของพื้นผิวขึ้นมาตัวหนึ่ง โดยกำหนดจากแต่ละค่าความยาวที่ทดลอง ค่าที่น่าเชื่อถือของการวัดจะขึ้นกับความยาวที่สุ่มทดลอง ค่าที่ประมาณจะเป็นไปตามค่าพารามิเตอร์ของความขรุขระของพื้นผิวและจะเป็นไปตามจำนวนของความยาวที่ประเมิน

การวัดพื้นผิวและการหาค่าความยาวที่มากขึ้นจะยังมีความน่าเชื่อถือต่อการตัดสินใจ ดังนั้นพื้นผิวที่ได้รับการตรวจสอบจะมีความแม่นยำสูงในการหาค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ของความขรุขระของพื้นผิว

### หลักการและปฏิบัติสำหรับการตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือวัดแบบหัวเข็ม

#### 1. การวัดค่าของพารามิเตอร์ของความขรุขระของพื้นผิวที่เป็นค่าเดี่ยวๆ

การตัดชิ้นงานตัวอย่างจะต้องมีความยาวของการสุ่มตัวอย่างชิ้นงาน (sampling lengths) เท่ากับที่กำหนดไว้ในการตรวจสอบความขรุขระของพื้นผิวของชิ้นงาน

โดยทั่วไปมักจะไม่น่าจะเป็นที่จะกำหนดค่าความยาวของการสุ่มตัวอย่างชิ้นงาน (sampling lengths) ในแบบหรือเอกสารทางเทคนิค ในกรณีนี้การวัดค่าพารามิเตอร์  $R_x$ ,  $R_y$  และ  $R_z$  จะใช้ค่าตามตารางที่ 1, 2 หรือ 3

อย่างไรก็ตาม ในกรณีพิเศษซึ่งต้องการที่จะเลือกค่าความยาวของการสุ่มตัวอย่างชิ้นงาน (sampling lengths) นอกเหนือจากที่กำหนดไว้ในตาราง จะต้องมีการคำนวณหาค่าความยาวจากตัวอย่างชิ้นงาน

## บทที่ 3

### ทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้าง

#### 3.1 การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี

##### 3.1.1 การเขียนโปรแกรมภาษาซีในการสื่อสารแบบอนุกรม

##### การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมอะซิงโครนัส

ก่อนที่จะได้เรียนรู้ของการทำงานของพอร์ตอนุกรมนั้นควรจะได้ทำความเข้าใจกับการสื่อสารแบบอะซิงโครนัส (asynchronous) เสียก่อน ในการสื่อสารแบบอะซิงโครนัสนั้น ข้อมูลจะถูกส่งผ่านพอร์ตอนุกรมครั้งละ 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) (จะมีหรือไม่มีก็ได้)
4. บิตสิ้นสุด (stop bit) 1 หรือ 2 บิต

สถานะของสายส่งในขณะที่ไม่มีสัญญาณจะมีสถานะสูง ข้อมูลบิตใดที่มีค่า 0 จะทำให้สายส่งมีสถานะต่ำ ข้อมูลบิตใดที่มีค่า 1 จะทำให้สายส่งมีสถานะสูง เช่นเดิม บิตเริ่มต้นใช้สำหรับบอกจุดเริ่มต้นของไบต์ข้อมูล โดยทำให้สถานะของสายส่งมีค่าต่ำเป็นเวลา 1 รอบ จากนั้นจะเป็นบิตของข้อมูล ตามด้วยพาริตีบิต ซึ่งจะมีหรือไม่มีก็ได้ สุดท้ายคือบิตสิ้นสุด ซึ่งจะมี 1 หรือ 2 บิตก็ได้ขึ้นกับว่าต้องการใช้เท่าไร

พาริตีบิตหากมีในไบต์ข้อมูลก็จะทำหน้าที่ตรวจเช็คความผิดพลาดของข้อมูลพาริตีมีค่า 2 อย่างคือ เป็นคู่ หรือ คี่ (even or odd) ถ้าเป็นคู่หมายความว่าเมื่อรวมพาริตีบิตแล้วจำนวนบิตข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 มีจำนวนคู่ และถ้าเป็นคี่หมายความว่า เมื่อรวมพาริตีแล้วจำนวนบิตข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 มีจำนวนคี่

อัตราการส่งข้อมูลมีหน่วยเป็น อัตราบ็อด ( baud , bit per second ) ถ้าอัตราบ็อด ที่ค่าต่ำที่ใช้กันคือ 300 บ็อด ซึ่งจะใช้กันในโมเด็มรุ่นเก่า ส่วนเครื่องคอมพิวเตอร์ระดับ IBM PC สามารถใช้อัตราบ็อด ได้สูงถึง 9600 บ็อด และ 19200 บ็อด

#### มาตรฐาน RS-232

การที่จะเข้าใจว่าปัญหามากมายที่เกิดขึ้นกับพอร์ตแบบอนุกรมนั้นเกิดขึ้นได้อย่างไร และทำไมถึงเกิดขึ้นได้ จะต้องเข้าใจถึงมาตรฐานของการสื่อสารแบบอนุกรมอะซิงโครนัสของ RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากพอสมควร พอร์ตแบบอนุกรมส่วนใหญ่ จะรูปร่างขึ้นอยู่กับมาตรฐานของ RS-232 คือมีขา 25 ขาที่คอนเน็กเตอร์แต่ละ ปลายสายส่ง แต่ถึงแม้ว่าจะมีขาจำนวนเท่ากันแต่พอร์ตส่วนใหญ่จะมี สัญญาณของ RS-232 ทั้งหมดเพราะว่าบางสัญญาณ ไม่จำเป็นต้องใช้ดังแสดงในตารางที่ 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

สัญญาณทั้งหมดนี้มีมากกว่านี้ เพราะว่าแรกเริ่มนั้น พอร์ตอนุกรมออกแบบมาเพื่อใช้งานกับ โมเด็ม ดังนั้นเมื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์อื่นเมื่อนำไปใช้กับอุปกรณ์อื่น บางสัญญาณจึงไม่จำเป็น เพราะสัญญาณเหล่านี้มีใช้เพื่อเป็นข้อตกลงระหว่างโมเด็มในคอมพิวเตอร์ว่า

- 1.คอมพิวเตอร์จะไม่ส่งข้อมูลให้กับโมเด็ม ก่อนที่โมเด็มจะพร้อมส่งข้อมูล
- 2.คอมพิวเตอร์จะไม่อ่านข้อมูลจากโมเด็ม ก่อนที่โมเด็มจะพร้อม

#### ความผิดพลาดของกรอบข้อมูล

ความผิดพลาดของกรอบข้อมูล(framing error)คือความผิดพลาดของการส่งข้อมูล ที่เกิด จากสัญญาณ(clock) ที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทั้งสองด้านมีค่าไม่เท่ากัน เพราะการเริ่ม การทำงานของพอร์ตอนุกรมเมื่อพอร์ตอนุกรมได้รับบิตเริ่มต้นก็จะสุ่มอ่านค่าจากส่วนรับข้อมูลจาก 1 ครั้งต่อ 1 รอบ เพื่ออ่านบิตต่อไป ซึ่งระยะเวลาในการสุ่มอ่านแต่ละรอบกำหนดได้จากอัตราบิตอด ถ้าหากว่าคอมพิวเตอร์ทั้งสองเครื่องมีสัญญาณนาฬิกาไม่ตรงกัน คอมพิวเตอร์ด้านรับก็จะอ่าน ข้อมูลจากส่วนรับข้อมูลของตนซ้ำเกินไปหรือเกิน ไปก่อนที่ข้อมูลจะถูกส่งมาจากคอมพิวเตอร์ด้าน ส่ง ทำให้เกิดเฟรมมิ่งเออร์เรอร์ขึ้น

### ฮาร์ดแวร์แฮนด์เชกกิ้ง

ฮาร์ดแวร์แฮนด์เชกกิ้ง ( hardware handshaking ) คือวิธีที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมผ่านพอร์ตอนุกรม โดยจะต้องตรวจสอบสถานะของคอมพิวเตอร์ด้านของการรับข้อมูลว่าพร้อมที่จะมีการรับข้อมูลหรือไม่ เมื่อคอมพิวเตอร์ด้านของการรับข้อมูลว่าพร้อมที่จะมีการรับข้อมูลหรือไม่ เมื่อคอมพิวเตอร์ด้านพร้อมที่จะส่งข้อมูลจะถูกกลับมาจากคอมพิวเตอร์ด้านรับ สัญญาณพร้อมรับข้อมูลของคอมพิวเตอร์ด้านรับคือ clear to send (CTS)

โปรแกรมจำลองการรับส่งข้อมูล จะมีรูปแบบดังนี้คือ

do

while(not CTS) wait;

send (byte);

while (bytes to send);

หมายความว่า จะมีการตรวจสอบสถานะ CTS ตลอดเวลาว่าพร้อมจะรับข้อมูลหรือไม่ ถ้าไม่พร้อมก็จะรอไปเรื่อยๆ แต่ถ้าพร้อม ก็จะส่งข้อมูลไปให้ จะทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆตลอดที่ยังมีข้อมูลที่จะต้องส่งอยู่

### ปัญหาของการสื่อสาร

เพื่อให้การสื่อสารเป็นไปอย่างถูกต้อง สัญญาณหลายๆ สัญญาณถูกใช้เพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลพร้อมเมื่อใดหรือข้อมูลไบต์ต่อไปจะถูกส่งมาเมื่อใดแต่ต่อมาเมื่อมีการสื่อสารผ่านคอมพิวเตอรื สัญญาณบางสัญญาณได้ถูกดึงออกไปเพื่อว่าสายสัญญาณจะได้ลดน้อยลง และลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับสายส่ง สัญญาณจึงเหลือเพียง GND , TXD, และ RTD ซึ่งในทางทฤษฎีแล้วเมื่อคอมพิวเตอรืพร้อมที่จะส่งข้อมูล คอมพิวเตอรือีกเครื่องจะต้องพร้อมรับข้อมูลแต่เมื่อลดสายสัญญาณลงแล้ว จะทำให้เกิดปัญหาตามมามากมาย ที่ยุ่งยากปัญหาหนึ่งคือ ปัญหาข้อมูลถูกเขียนทับ (overrun error)

### ปัญหาข้อมูลถูกเขียนทับ

เมื่อมีการติดต่อด้านพอร์ตอนุกรมใช้สายเพียง 2 สายนั้น จะต้องใช้กรรมวิธีพิเศษเล็กน้อยเพื่อให้พอร์ตตัวส่งเข้าใจว่าพอร์ตด้านรับเพื่อที่จะรับข้อมูลเสมอโดยการต่อขา 6,8 และ 20 ของคอนเน็กเตอร์เข้าด้วยกันวิธีการเช่นนี้เป็นการตัดฮาร์ดแวร์เชกกิ้งไปนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่การทำเช่นนี้จะทำให้เกิดข้อมูลถูกเขียนทับได้ง่าย ซึ่งก็คือความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลอย่างหนึ่งที่เกิดจากการที่คอมพิวเตอร์เครื่องส่ง ส่งข้อมูลใหม่มาให้คอมพิวเตอร์ด้านรับยังไม่พร้อมที่จะรับข้อมูลเนื่องจากในขณะนั้นข้อมูลเดิมยังไม่ได้ถูกอ่านเข้า แต่ข้อมูลใหม่ถูกส่งกลับมาแล้ว ข้อมูลเดิมจึงถูกเขียนทับ ไปจึงเกิดเป็นความผิดพลาดของข้อมูลขึ้น

### การใช้งานพอร์ตอนุกรมผ่าน BIOS

การใช้งานพอร์ตอนุกรมทำได้ 3 วิธีคือ ผ่านทางคอสม ผ่านทาง bios และสุดท้ายคือ การเขียนโปรแกรมควบคุมพอร์ตอนุกรมโดยตรง

การเรียกพอร์ตอนุกรมผ่านทางคอสนั้น ไม่เหมาะสมเท่าใดนักเพราะว่าคอสมไม่มีวิธีที่จะตรวจสอบสถานะของการรับส่งตัวพอร์ตอนุกรม

การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของพอร์ตอนุกรมโดยตรงนั้นคงไม่จำเป็นเพราะวิธีที่ง่ายและดีกว่าคือ การเรียกใช้ผ่าน bios อินเทอร์รัพต์หมายเลข 14 ซึ่งมีรายละเอียดในส่วนต่างๆ ดังนี้

#### การเตรียมสถานะเริ่มต้นของพอร์ต

ในการเตรียมสถานะของพอร์ตอนุกรมเราสามารถทำได้ โดยผ่านอินเทอร์รัพต์หมายเลข 14 ฟังก์ชัน รีจิสเตอร์ al ผ่านค่ารหัสที่จะตั้งสถานะของพอร์ตอนุกรมโดยมีความหมายแต่ละบิตดังตารางที่ 3.2

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

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

```
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*/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
r.h.al = code; /*รหัสตั้งสถานะเริ่มต้น*/
int86(ox14,&r,&r);
```

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 11 = 8

ตารางที่ 3.2

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

ตารางที่ 3.3

### การส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม 1 ไบต์

อินเทอร์เฟซหมายเลข 14 พิงก์ชั้นหมายเลข 1 ของ BIOS ทำหน้าที่ส่งข้อมูล 1 ไบต์ออกทางพอร์ตอนุกรม หมายเลขของพอร์ตอนุกรมที่จะทำการส่งข้อมูล สามารถกำหนดได้ผ่านรีจิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DX ข้อมูลที่จะทำการส่งอยู่ในรีจิสเตอร์ AL เมื่อทำการส่งเสร็จเรียบร้อยแล้ว สถานะการส่งข้อมูล จะปรากฏในรีจิสเตอร์ AH เพื่อใช้สำหรับตรวจสอบว่าการส่งข้อมูลถูกต้องหรือไม่

ตัวอย่างโปรแกรมส่งข้อมูล 1 ไบต์

```
void sport(port,ch)
int port;
char ch;
union RESG r; /*กำหนดหมายเลขพอร์ต*/
r.x.dx = port; /*ตัวอักษรที่ต้องการส่ง*/
r.h.al = ch; /*ฟังก์ชันหมายเลข 1 ทำหน้าที่ส่งข้อมูล 1 ไบต์*/
r.h.ah = 1;
int86(0x14,&r,&r);
if(r.h.ah & 128);
printf("send error in serial port ");
exit(1);
```

### 3.1.2 วิธีการหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆของพื้นผิว

เราจะรับข้อมูลที่เป็นจำนวนเต็ม(integer)เข้ามาเก็บไว้ในอาร์เรย์ โดยกำหนดจำนวนของอาร์เรย์ให้สัมพันธ์กับความยาวของ sampling length โดยใน project นี้ใช้ sampling length ที่ยาวสุดเท่ากับ 15 mm. ซึ่งจะใช้อาร์เรย์ขนาด 450 ดังนั้นจะมีอัตราส่วนเป็น 1:30

การหาค่า mean หรือ mean line

วิธีการหาค่า mean ใน project นี้จะนำเอาค่าของ data ที่เป็น integer จากอาร์เรย์ทั้งหมดมารวมกันแล้วหารด้วยขนาดของอาร์เรย์ จากนั้นก็คูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นค่าที่ได้จากค่าจริงของพื้นผิวหารด้วยค่าของข้อมูลที่เป็น integer ในอาร์เรย์(จากการทดลอง ค่าสัมประสิทธิ์นี้เท่ากับ 0.2) เขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$\text{mean} = 0.2 \sum_{i=1}^n D_i$$

การหาค่า  $R_y$  หรือ  $R_{\max}$

วิธีการหาค่า  $R_y$  หรือ  $R_{\max}$  ใน project นี้จะนำเอาค่าของ data ที่เป็น integer จากอาร์เรย์ทั้งหมดมาหาค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด แล้วนำค่าทั้งสองนี้มาลบกัน จากนั้นก็คูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นค่าที่ได้จากค่าจริงของพื้นผิวหารด้วยค่าของข้อมูลที่เป็น integer ในอาร์เรย์ เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_y = 0.2(D_{\max} - D_{\min})$$

### การหาค่า $R_z$

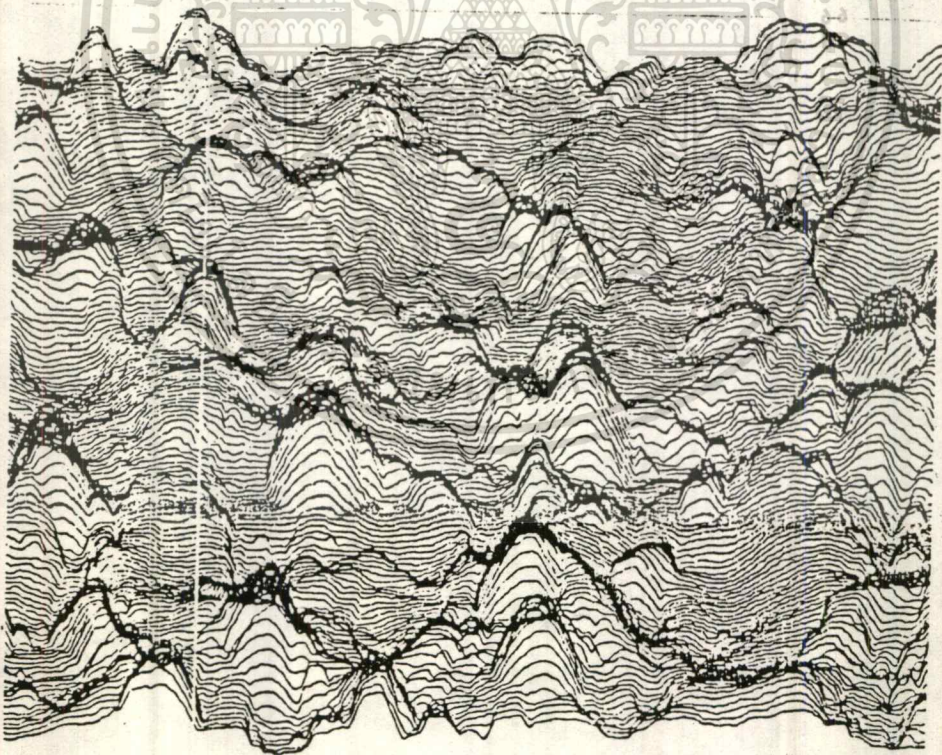
วิธีการหาค่า  $R_z$  ใน project นี้จะมีการกำหนดช่วงที่จะพิจารณา 5 ช่วงที่ติดต่อกัน และจะหาค่าสูงสุดและต่ำสุดของแต่ละช่วงนำมารวมกันแล้วหารด้วย 5 จากนั้นก็คูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นค่าที่ได้จากค่าจริงของพื้นผิวหารด้วยค่าของข้อมูลที่เป็น integer ในอาร์เรย์ ผลที่ได้จะเป็นค่าของ  $R_z$

### การหาค่า $R_x$

วิธีการหาค่า  $R_x$  ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยสัมบูรณ์ของ profile หาโดยการเปรียบเทียบค่าข้อมูลในอาร์เรย์ทั้งหมดกับค่า mean โดยนำค่าสัมบูรณ์จากการเปรียบเทียบมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมด

### 3.1.3 การเขียนโปรแกรมภาพสามมิติ

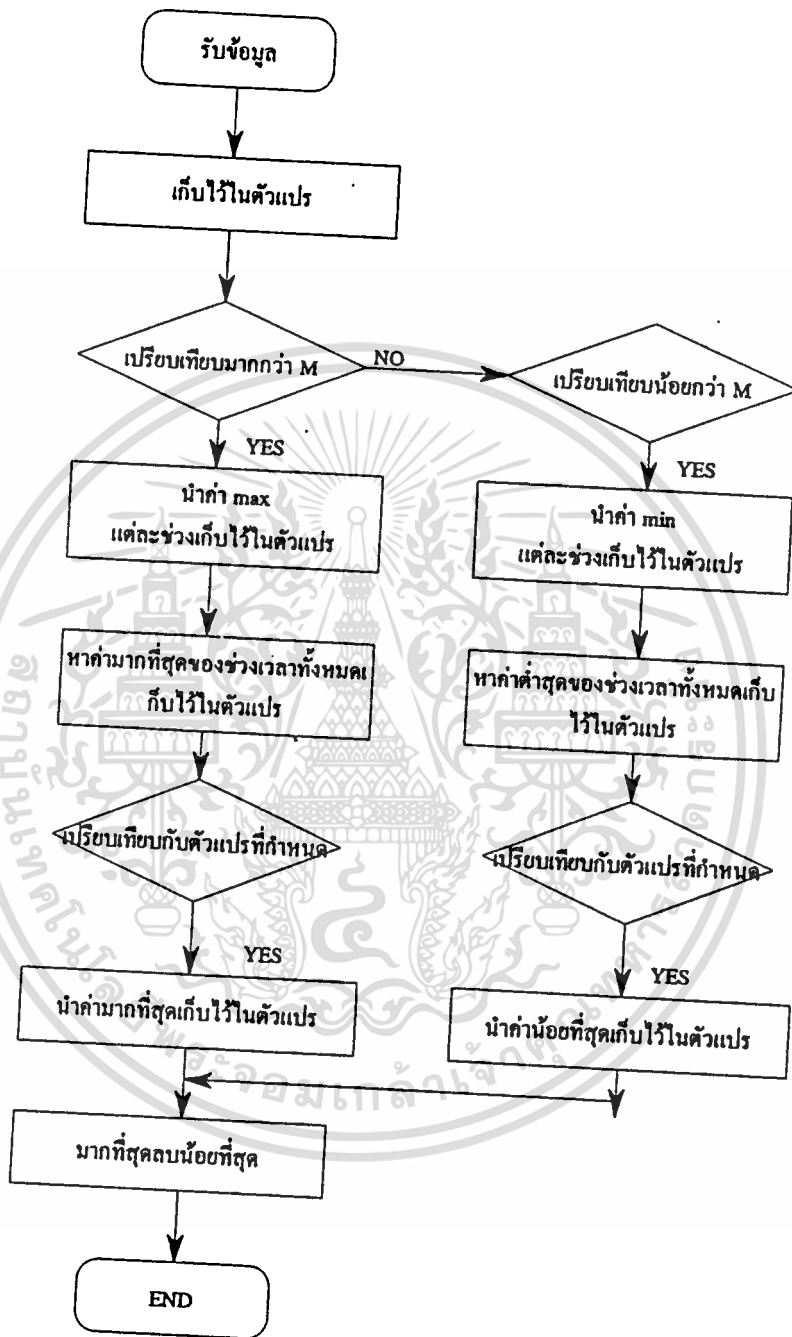
ในการวัดความเรียบของพื้นผิวด้วยเครื่องวัดแบบหัวเข็ม เราสามารถทำให้เกิดเป็นภาพที่เป็นเหมือนภูมิประเทศของพื้นผิวได้ โดยการให้หัวเข็มวัดพื้นผิวในลักษณะ scan เป็นพื้นที่ที่สี่เหลี่ยมขนาดเล็กๆ แล้วนำค่าที่วัดได้มาเรียงกันตามลักษณะที่วัดมาจากพื้นผิว ( ตัวอย่างภาพ ดังรูปที่ 32)



รูปที่ 32

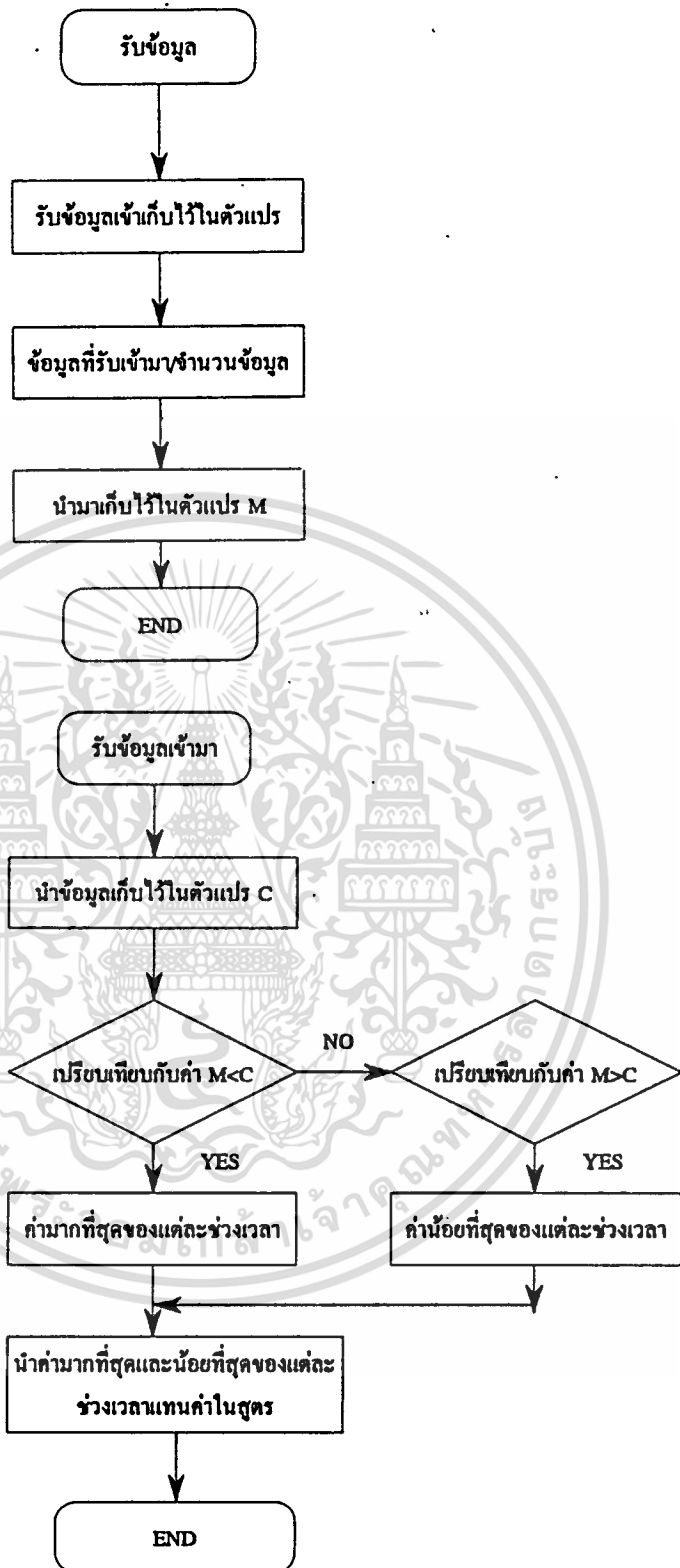
ในโครงการนี้ เราไม่ได้ใช้หัววัด ดังนั้นจึงเลือกใช้สัญญาณจาก Jazz 31 เป็นตัวสร้างภาพสามมิติแทน ซึ่งจะได้ภาพที่ไม่เหมือนจริงเพราะสัญญาณจะมาในลักษณะที่เป็น random

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

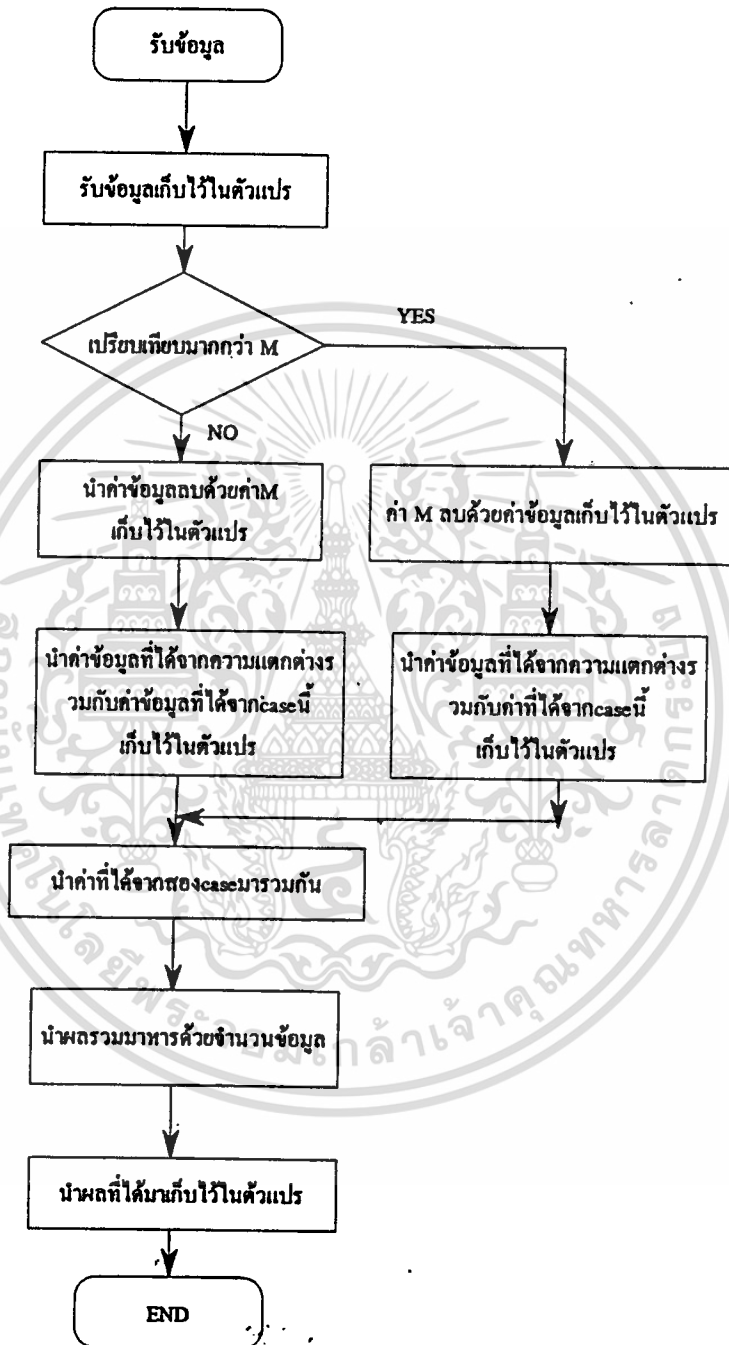


รูปที่ 33 แสดง flow chart การหาค่า  $R_1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 34 แสดง flow chart การหาค่า  $R_x$ 

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 35 แสดง flow chart การหาค่า  $R$ .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 8.2 ภาคแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล

ในปริยญาณิพนธ์ฉบับนี้ใช้ไอซี ADC 0809 ซึ่งใช้การแปลงแบบ successive approximation หลักการทำงานคือ เมื่อมีสัญญาณอนาลอกเข้ามา MSB จะให้เป็น 1 โดยบิตอื่นเป็น 0 ก่อน ดังนั้นจะเป็น 1000 0000 ดังนั้นเมื่อแปลงเป็นสัญญาณอนาลอกจะเท่ากับ 128 ถ้ามากกว่าสัญญาณที่เข้ามา MSB จะเท่ากับ 0 ต่อมาวงจรรีจิสเตอร์(register)จะเลื่อนบิตต่อไปเข้ามาเป็น 0100 0000 ซึ่งเท่ากับ 64 ถ้าสัญญาณที่เข้ามามากกว่าบิตนี้จะเป็น 1 ซึ่งจะกระทำไปเรื่อยๆจนมีค่าใกล้เคียงหรือเท่ากับสัญญาณที่เข้าจนครบ 8 บิต เมื่อแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลแล้ว ต่อไปจะนำข้อมูลนี้เข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะนำเข้าทางซีเรียลพอร์ท(serial port)ซึ่งเป็นการส่งแบบ RS232-C

ในปริยญาณิพนธ์ฉบับนี้การส่งข้อมูลสื่อสารแบบอนุกรมไม่ได้ใช้ซีพียู(CPU)ควบคุมการส่งข้อมูลให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ แต่ใช้วงจรคั้งในรูป ซึ่งใช้ 74165 ซึ่งเป็นไอซีแปลงข้อมูลแบบขนานให้เป็นแบบอนุกรม ในส่วนบิตเริ่มต้นจะใช้ 7474 ซึ่งเป็น ไอซี D-Flip Flop สร้างขึ้น

โดยหลักการทำงานสามารถอธิบายได้ดังนี้ เมื่อ ADC 0809 แปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิทัลเรียบร้อยแล้ว จะส่งสัญญาณ EOC (end of conversion) ออกมาให้ 74221 ซึ่งเป็น ไอซีสร้างสัญญาณโมโนสแตเบิล(monostable) ซึ่ง 74221 จะสร้างสัญญาณทริก(trig)เข้าที่ขา OE (output enable) ของ ADC 0809 และหน่วงสัญญาณช่วงหนึ่งก่อนส่งสัญญาณทริกไปเข้าที่ขา ชิฟ/โหลด (shift/load) ของ 74165 ก็เพื่อเป็นการนำข้อมูลเข้ามาจาก ADC 0809 มาชิฟ(shift)ข้อมูลออกเป็นแบบอนุกรมตามสัญญาณนาฬิกา ซึ่งได้กำหนดให้สัญญาณเท่ากับบอดเรต(baud rate) ในที่นี้ใช้บอดเรตเท่ากับ 9600 สร้างขึ้นโดยใช้คริสตอลความถี่ 1.8432 MHz แล้วหารด้วย 2 และยกกำลัง 5 จะได้ 57.6 kHz แล้วหารด้วย 6 จะได้ 9600 Hz พอดี

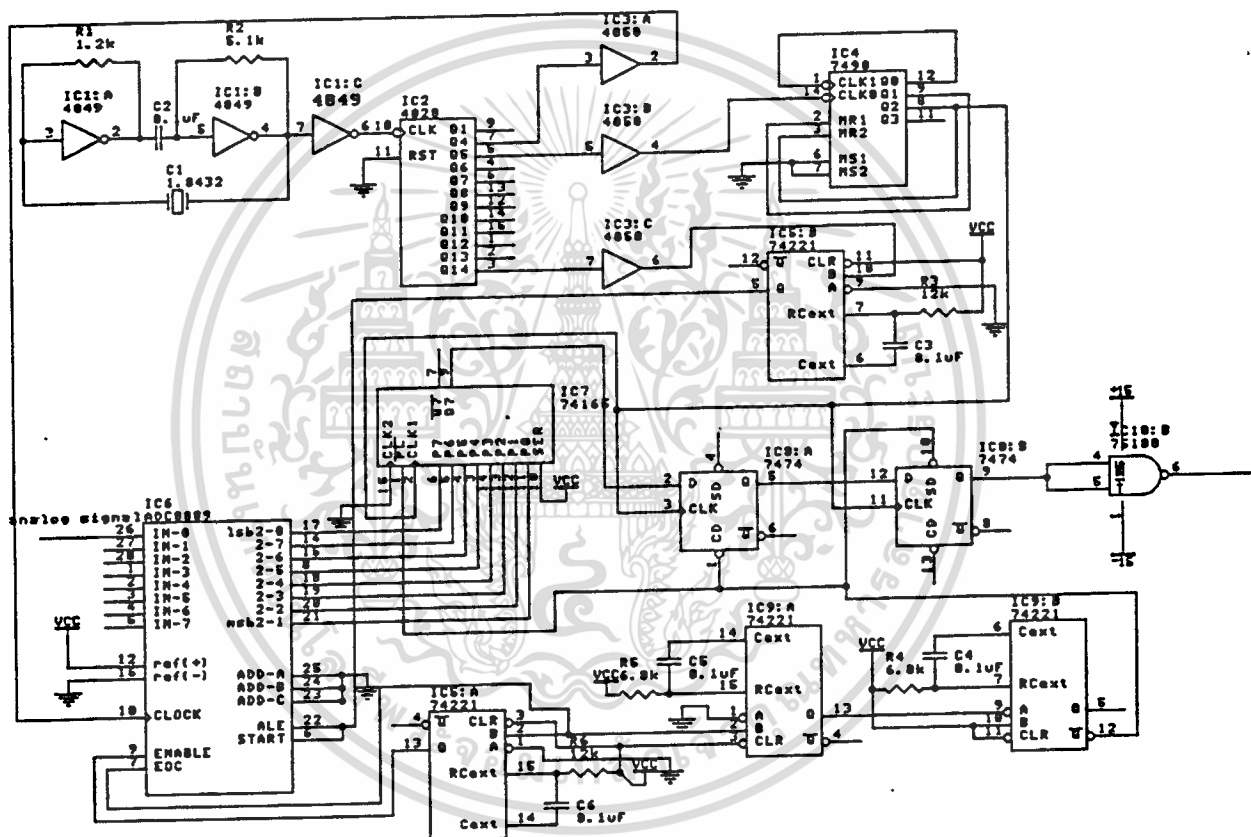
ในการสร้างบิตเริ่ม จะใช้ D-Flip Flop ที่มีขาเคลียร์(clear) ต่อมาจากขาเอาต์พุทของ 74165 เข้าขา D ของ 7474 2 ตัว โดยใช้สัญญาณเดียวกันกับ ชิฟ/โหลด เมื่อได้รับสัญญาณนี้ D-Flip Flop จะให้เอาต์พุทตัวแรกเป็น 0 และเอาต์พุทตัวหลังเป็น 1 ซึ่งจะนำหน้าสัญญาณข้อมูลเสมอ

ในส่วนบิตหยุด 74165 จะสร้างขึ้น คือ ในตอนที่ไม่มีสัญญาณอินพุทเข้ามา สัญญาณที่เอาต์พุทจะเป็น 1 เสมอ ซึ่งตรงกับสัญญาณบิตหยุดพอดี

ตามมาตรฐาน RS232-C ขนาดสัญญาณจะมีขนาดอยู่ในช่วง 3V ถึง 5V และช่วง -3V ถึง -15V ในที่นี้ใช้ไอซีเบอร์ MC1488 ในการแปลงสัญญาณให้อยู่ในช่วงดังกล่าว

ในส่วนการแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นดิจิทัลนี้ เราไม่สามารถแปลงสัญญาณทุกจุดบนเส้นสัญญาณอนาลอก เพื่อให้ได้รูปที่สวยงาม จึงได้กำหนดให้มีการแซมปลิง(sampling)แบบคง

ที่ คือให้สัญญาณนาฬิกาเป็นตัวกำหนด ในที่นี้ ใช้อัตราแรมปลิงเท่ากับ 112 Hz ส่วนสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้กับ ADC 0809 เท่ากับ 115.2 kHz



รูปที่ 36 วงจร A/D converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 การสร้างตัวกำเนิดของสัญญาณที่ได้จากการวัดพื้นผิว

ในปริศยานิพนธ์ฉบับนี้เราใช้ moving coil ในการให้กำเนิดสัญญาณจากการวัดพื้นผิว โดยอาศัยหลักการการกำเนิดแรงดันไฟฟ้าจากกฎของฟาราเดย์ที่ว่า เมื่อใดก็ตามถ้าตัวนำเคลื่อนที่ตัดเส้นแรงแม่เหล็กก็จะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นในตัวนำ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$e = Blv$$

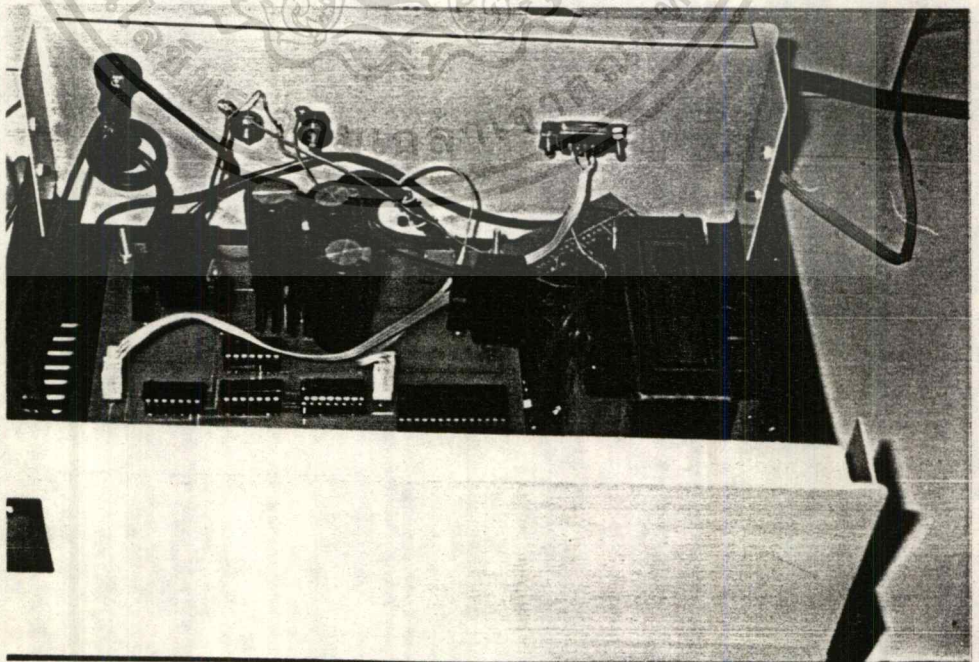
$e$  : แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (โวลท์)

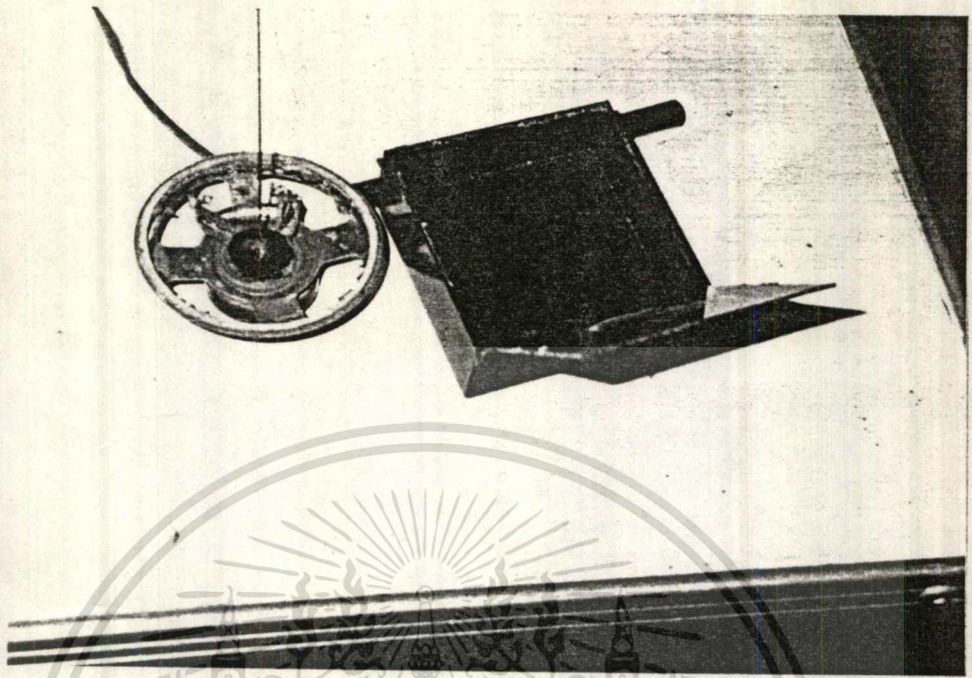
$B$  : ความหนาแน่นเส้นแรงแม่เหล็ก (เวเบอร์/ตารางเมตร)

$l$  : ความยาวของตัวนำ (เมตร)

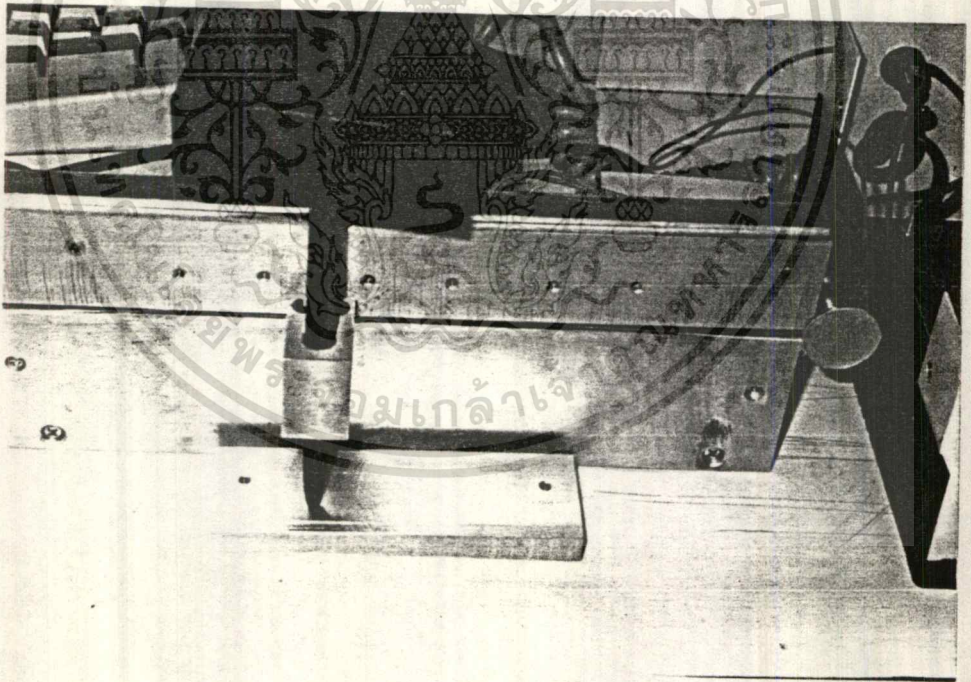
$v$  : ความเร็ว (เมตร/วินาที)

จากสมการข้างบนนี้ เราสามารถกำหนดให้  $B$  และ  $l$  คงที่ได้ ส่วนค่าของ  $v$  นั้นจะขึ้นอยู่กับความขรุขระของพื้นผิวที่วัดและความเร็วในการลากหัววัด สัญญาณที่ได้จะมีก่าน้อยมากอยู่ในหน่วยของมิลลิโวลท์(mV) ดังนั้นจะนำสัญญาณนี้เข้าวงจรขยายโดยใช้วงจรขยายออปแอมป์เพื่อที่จะได้สัญญาณในระดับโวลท์เพื่อส่งเข้าวงจร A/D Converter และเพื่อความเที่ยงตรงเราจึงสร้างเครื่องมือขึ้นมาเพื่อลากหัววัดนี้ด้วยความเร็วที่เท่ากันทุกครั้ง โดยเราจะใช้ synchronous motor ในการลากหัววัดนี้เพราะ synchronous motor จะมีความเร็วรอบในการหมุนคงที่ซึ่งมีความเร็วรอบประมาณ 4-5 รอบ/นาที





รูปที่ 38 ชุดที่กำเนิดสัญญาณจากพื้นผิวที่ทำจาก moving coil ของลำโพง



รูปที่ 39 ตัว driver ที่ไร้อากหวัค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทดลอง และผลการทดลอง

#### 4.1 การทดลอง

เนื่องจากเราไม่สามารถที่จะทดลองกับเครื่องวัดความเร็วของโลหะจริงๆได้ ในการทดลองนี้จะใช้อุปกรณ์ที่เราสร้างขึ้นมาจากอาศัยหลักการการกำเนิดไฟฟ้าของ moving coil จากลำโพงแทนสัญญาณที่มาจากเครื่องวัดความเร็วแทน ซึ่งโดยปกติสัญญาณที่ได้จากเครื่องวัดความเร็วของโลหะจะเป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่มีหน่วยหรือขนาดเป็น ไมโครโวลต์( $\mu\text{V}$ ) แล้วส่งเข้าวงจรขยายแรงดันให้อยู่ในช่วง 0-5 โวลต์ เมื่อผ่านวงจรขยายเรียบร้อยแล้วจึงส่งเข้าวงจร A/D converter แล้วส่งเข้า PC Computer ทางพอร์ทอนุกรม

#### การทดลองที่ 1

##### จุดประสงค์

1. เพื่อทดสอบการใช้โปรแกรมการรับข้อมูลจาก serial port ร่วมกับ A/D converter
2. เพื่อทดสอบโปรแกรมการหาค่าพารามิเตอร์ของความเร็วของผิวโลหะตามที่กำหนด

##### อุปกรณ์

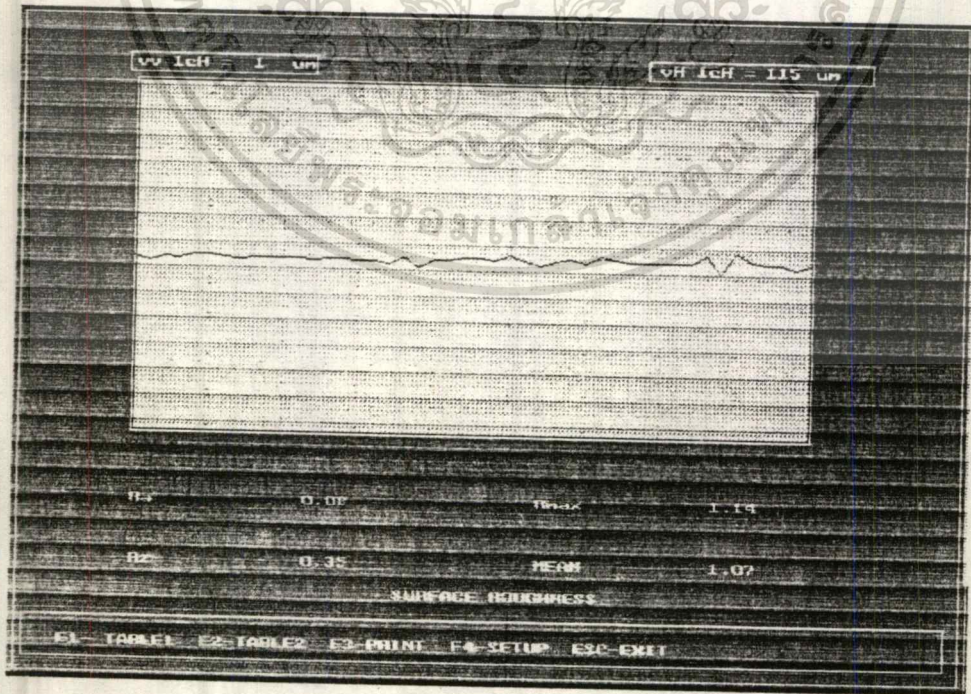
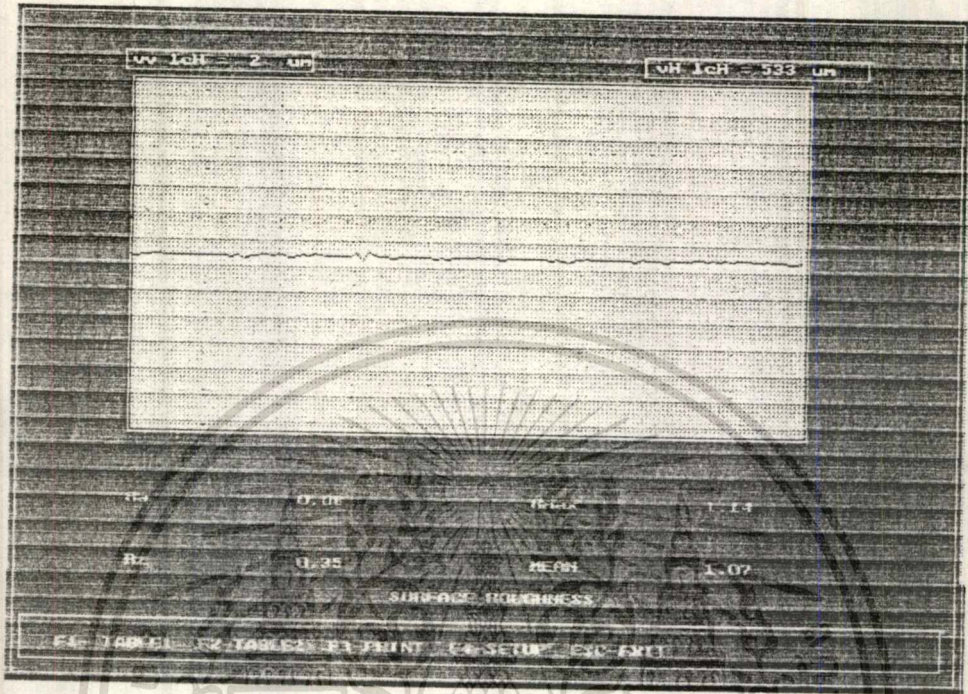
1. personal computer
2. A/D converter
3. อุปกรณ์ชุดกำเนิดสัญญาณจากพื้นผิว

##### วิธีการทดลอง. ต่ออุปกรณ์ต่างๆดังต่อไปนี้

- 1.1 ต่อ supply เข้าที่ A/D converter
- 1.2 ต่อ function generator เข้าที่ input ของ A/D converter
- 1.3 ต่อ output ของ A/D converter เข้าที่ serial port ของ personal computer
- 1.4 ต่อ micro scope ที่ input ของ A/D converter เพื่อวัดสัญญาณ input

2. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ และ run โปรแกรมขึ้นมา
3. เปิดสวิทซ์ให้ synchronous motor ทำงานเพื่อที่จะให้หัววัดลากเข็มไปบนชิ้นงานที่ใช้ทดสอบ
4. แล้วเลือกที่ receive เพื่อที่จะรับข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม
5. เมื่อโปรแกรมรับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมจะขึ้นจอภาพเพื่อเลือกสเกลที่จะแสดงภาพโดยการกด F1 และ F2 เมื่อเลือกเรียบร้อยแล้วกด Enter โปรแกรมก็จะแสดงภาพกราฟและค่าของพารามิเตอร์ต่างๆ

ผลการทดลองที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การทดลองที่ 2

### จุดประสงค์

เพื่อทดสอบโปรแกรมสามมิติ

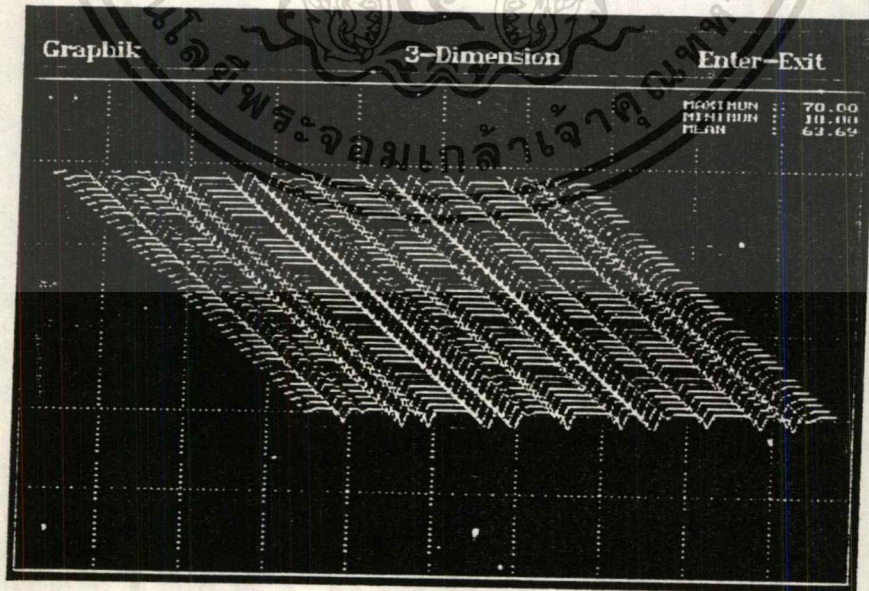
### อุปกรณ์

1. personal computer
2. A/D converter
3. อุปกรณ์ชุดกำเนิดสัญญาณจากพื้นผิว

### วิธีการทดลอง

1. ต่ออุปกรณ์การทดลองตามการทดลองที่ 1
2. run โปรแกรม และเลือกที่ 3DIMENSION
3. เปิดสวิตซ์ให้หัววัดลากเส้นบนชิ้นงาน เมื่อโปรแกรมแสดงเส้นที่ลากแล้ว ให้หัววัดลากเส้นใหม่โดยให้แต่ละเส้นเรียงต่อเนื่องกัน จนกว่าโปรแกรมจะแสดงคำว่า Complete
4. แสดงภาพที่เกิดขึ้น

### ผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทวิจารณ์และสรุป

#### 5.1 บทวิจารณ์

ในโครงการนี้จะเน้นถึงการรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งข้อมูลนี้จะอยู่ในรูปของเลขจำนวนเต็มเข้าสู่ไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อแสดงภาพและหาค่าพารามิเตอร์ของความเรียบที่จำเป็นบางส่วนที่ใช้กันบ่อยมากโดยโปรแกรมที่เขียนจากภาษาซี ซึ่งจากการทดลอง โปรแกรมก็สามารถที่จะรับข้อมูล แสดงภาพ และหาค่าพารามิเตอร์ได้ ภาพที่แสดงจะแสดงภาพในลักษณะของ profile เท่านั้น เนื่องจากวิธีการวัดซึ่งในโครงการนี้มีได้ใช้ตัวขับเคลื่อนหัววัดแบบที่กำหนดจุดหรือแกนแบบแกน X และแกน Y เป็นผลจากขอบเขตและข้อจำกัดของผู้จัดทำ

#### 5.2 สรุป

ในโครงการนี้เป็นเพียงแนวทางในการพัฒนาการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ร่วมกับเครื่องวัดพื้นผิวแบบใช้หัววัดที่เป็นเข็ม โดยการโปรแกรมภาษาซีเพื่อที่จะรองรับข้อมูลจากการวัดความเรียบจากเครื่องวัดแบบใช้หัวเข็ม เพื่อที่หาค่าพารามิเตอร์ของความเรียบของพื้นผิวที่นิยมใช้ในงานอุตสาหกรรมต่างๆมาพิจารณาขึ้นงานว่าเหมาะสมในการผลิตเพื่อให้มีคุณภาพตามที่ตลาดต้องการหรือไม่ ซึ่งยังต้องได้รับการพัฒนาให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความแน่นอนสามารถใช้ควบคู่กับเครื่องวัดความเรียบของผิวโลหะแบบใช้หัวเข็มได้จริงๆ และใกล้เคียงกับมาตรฐานทางอุตสาหกรรม

## ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#define TWO_PI 6.283185307
#define MAX_PTS 256
#define F_SPC 4
#define BASE 350
#define PORT 1
#define PORT1 0
#define CODE 227
#define ONE 0x3B00
#define TWO 0x3C00
#define THREE 0x3D00
#define FOUR 0x3E00
#define FIVE 0x3F00
#define SIX 0x4000
#define SEVEN 0x4100
#define EIGHT 0x4200
#define NINE 0x4300
#define TEN 0x4400
#define ESC 0x011B
#define Home 0x4700
#define Up 0x4800
#define PgUp 0x4900
#define Left 0x4B00
#define Right 0x4D00
#define End 0x4F00
#define Down 0x5000
#define PgDn 0x5100
#define Ins 0x5200
#define Enter 0x1C0D
#define UP_ARROW 0x4800
#define DOWN_ARROW 0x5000
#define RETURN 0x1c0d
#define ESCAPE 0x011b
#define PORTRAIT 0
#define LANDSCAPE 1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#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>

```

```

void frame(int x1,int y1,int x2,int y2,int color);
void hline(int x1,int y1,int x2,int color);
void vline(int x1,int y1,int y2,int color);
void box(int x1,int y1,int x2,int y2,int color);
void text(int x1,int y1,int color,char *st);

void box1(int startx,int starty,int endx,int endy,int color);
void boxback(int x0,int y0,int x1,int y1,int num,int r,int color1,int color2);
graph(int a,int b);
menuthree(void);
void menufour(void);
void Putpixel(void);
void signal(void);
void box4(int startx,int starty,int endx,int endy,int color1,int color2);
void Table5(void);
void Table6(void);
void fchioce(int y);
void old(char color);
void Putpixel(void);

```

```

struct typePoint{
    unsigned int get[452];
}

point[3];

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int y = 0,x1,x2,x3,x4,x5,x6,x7,x8,x9;
int x10,x11,x12,x13,x14,x15,x16,x17,x18;
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 sporu(port,c)

```

```

    int port;
    char c;
    {
    union REGS r;
    r.x.dx = port; /* port number */
    r.h.al = c;
    r.h.ah = 1;
    int86(0x14,&r,&r);
    if(r.h.ah & 128){
        printf("Send error detected in aerial port");
        delay(100);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        main();
    }
}

/* receive data from serial port */
rport(port)
    int port;
{
    union REGS r;
    r.x.dx = port;          /* port number */
    r.h.ah = 2;            /* use function 2 to receive char */
    int86(0x14,&r,&r);
    /* wait till receive a char */
    while(!(check_stat(PORT)&256))
        if(kbhit()) { /* cancel when keyboard hitted */
            getch();
            closegraph();
            main();
        }
    r.x.dx = port;
    r.h.ah = 2;
    if(r.h.ah & 128)
        printf("Read error detected in serial port");
    return r.h.ah;
}

/* check status of port */
check_stat(port)
    int port;
{
    union REGS r;
    r.x.dx = port;          /* port number */
    r.h.ah = 3;            /* use function 3 to check port status */
    int86(0x14,&r,&r);
    return r.x.ax;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/* This program use serial port to send and receive data
```

```
function save file */
```

```
struct typePoint get_in_file(void)
```

```
{ FILE *fp;
```

```
int x;
```

```
unsigned int temp[452];
```

```
char namep[8],keep[12],date[8];
```

```
clrscr();
```

```
frame(10,4,60,8,13);
```

```
text(13,6,4," Enter your file name : ");
```

```
gotoxy(37,6);
```

```
scanf("%s.ass",namep); sprintf(keep,"%s.ass",namep);
```

```
fp=fopen(keep,"wb");
```

```
for ( x = 0 ; x <= 452 ; x++)
```

```
{
```

```
temp[x] = point[0].get[x];
```

```
}
```

```
fwrite(&temp,sizeof(int),452,fp) ;
```

```
fclose(fp);
```

```
text(10,22,13,"Data save ready.");
```

```
getch();
```

```
}
```

```
/* function read data from file */
```

```
struct typePoint outfile(void)
```

```
{ FILE *fp;
```

```
unsigned int temp[452];
```

```
int x;
```

```
char fname[12],name[12];
```

```
clrscr();
```

```
box(10,4,60,8,1);
```

```
text(13,6,13." Please enter your file name : ");
```

```
gotoxy(45,6);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
scanf("%s.ass",fname);
sprintf(name,"%s.ass",fname);
if((fp = fopen(name,"rb")) == NULL)
{
    text(10,10,13,"Can't open file or file error");
    getch();
    main();
}
```

```
if(fread(temp,sizeof(int),452,fp) != 455)
{
    if(feof(fp)) printf("end of file");
    else printf("file read error");
}
for( x = 0 ; x <= 452 ; x++)
point[0].get[x] = temp[x];
fclose(fp);
}

void box4(int startx,int starty,int endx,int endy,int color1,int color2)
{
    setcolor(color1);
    rectangle(startx,starty,endx,endy);
    setfillstyle(SOLID_FILL,color2);
    bar(startx+2,starty+2,endx-2,endy-2);
}

void pb(int x,int y,int w,int h,int j,char *ch)
{
    setfillstyle(1,j);
    bar(x,y,x+w,y+h);
    setcolor(LIGHTGREEN);
    outtextxy((x+(w/2))-((strlen(ch)/2)*10),y+(h/2)-2,ch);
```

```

}
tchoice(int g)
{
    switch(g){
        case 0: pb(280,32,50,20,1,"1.5mm");break;
        case 1: pb(356,32,50,20,1,"4.8mm");break;
        case 2: pb(432,32,50,20,1,"15 mm");break;
    }
}
tdelete(int g)
{
    switch(g){
        case 0: pb(356,32,50,20,4,"4.8mm");
                pb(432,32,50,20,4,"15 mm");
                break;
        case 1: pb(280,32,50,20,4,"1.5mm");
                pb(432,32,50,20,4,"15 mm");
                break;
        case 2: pb(280,32,50,20,4,"1.5mm");
                pb(356,32,50,20,4,"4.8mm");
                break;
    }
}
vchoice(int v)
{
    switch(v){
        case 0:pb(280,76,50,20,1,"10");break;
        case 1:pb(356,76,50,20,1,"5");break;
        case 2:pb(432,76,50,20,1,"2");break;
        case 3:pb(280.120,50,20,1,"1");break:
        case 4:pb(356.120,50,20,1,"0.5");break:
    }
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

vdelete(int v)
{
switch(v){
case 0:pb(356,76,50,20,4,"5");
pb(432,76,50,20,4,"2");
pb(280,120,50,20,4,"1");
pb(356,120,50,20,4,"0.5");break;
case 1:pb(280,76,50,20,4,"10");
pb(432,76,50,20,4,"2");
pb(280,120,50,20,4,"1");
pb(356,120,50,20,4,"0.5");break;
case 2:pb(280,76,50,20,4,"10");
pb(356,76,50,20,4,"5");
pb(280,120,50,20,4,"1");
pb(356,120,50,20,4,"0.5");break;
case 3:pb(280,76,50,20,4,"10");
pb(356,76,50,20,4,"5");
pb(432,76,50,20,4,"2");
pb(356,120,50,20,4,"0.5");break;
case 4:pb(280,76,50,20,4,"10");
pb(356,76,50,20,4,"5");
pb(432,76,50,20,4,"2");
pb(280,120,50,20,4,"1");break;
}
}

```

```

/*setup measure program*/

```

```

setup()
{
int y=0,g=300,v=0,t=500,a,b;
detectgraph(&graphdriver,&graphmode);
initgraph(&graphdriver,&graphmode,driverpath);
box4(0,0,638,479,15,9);
box4(5,5,633,470,6,13);
box4(50,20,520,355,4,2);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

box4(10,410,628,460,4,8);
setcolor(4);
outtextxy(15,435," F1      F2      F3");
setcolor(0);
outtextxy(15,435," -TRAVEL  -SCALE  -EXIT");
setcolor(15);
outtextxy(250,370," SETUP FOR MEASURE");
pb(280,32,50,20,1,"1.5mm");
pb(356,32.50,20,4,"4.8mm");
pb(432.32,50,20,4,"15 mm");
pb(280,76,50,20,1,"10");
pb(356,76,50,20,4,"5");
pb(432,76,50,20,4,"2");
pb(280,120,50,20,4,"1");
pb(356,120,50,20,4,"0.5");
box4(420,145,485,223,2,2);
setcolor(15);
outtextxy(55,40,"LENGTH OF TRAVEL");
outtextxy(55,84,"GRAPH SCALE");
outtextxy(55,123,"uM/cm");
for(;;)
{
union h{
    int i;
    }tee;
tee.i=bioskey(0);
switch(tee.i)
{
case ONE :g=g++;y=abs(g)%3;
break;
case TWO :t=t++;v=abs(t)%5;
break;
case THREE : closegraph();main();
}
tchoice(y);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

tdelete(y);
vchoice(v);
vdelete(v);
if(tee.i==Enter)
{
    switch(y)
    {
        case 0:a=0;
        switch(v){
            case 0:b=0;break;
            case 1:b=1;break;
            case 2:b=2;break;
            case 3:b=3;break;
            case 4:b=4;break;
        }
        graph(a,b);
        return(0);
        case 1:a=1;
        switch(v){
            case 0:b=0;break;
            case 1:b=1;break;
            case 2:b=2;break;
            case 3:b=3;break;
            case 4:b=4;break;
        }
        graph(a,b);
        return(0);
        case 2:a=2;
        switch(v){
            case 0:b=0;break;
            case 1:b=1;break;
            case 2:b=2;break;
            case 3:b=3;break;
            case 4:b=4;break;
        }
    }
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

graph(a,b);
return(0);
}
}
}
}
}

```

```

void menuone(void)
{
int i;
char ch;

clrscr();
textmode(3);
text(35,10,13,"WAITING PLEASE...");
for(i=0;i<452;i++)point[0].get(i)=rport(PORT);
setup();
clrscr();
textmode(3);
gotoxy(10,12);
box(10,7,60,17,1);
frame(10,7,60,17,4);
text(13,13,13," Do you want to save data ? [y/n] ");
text(13,11,13," y : save ");
text(13,12,13," n : not save ");

gotoxy(53,13);
ch = getch();
switch(ch)
{ case 'y':
get_in_file();
main();break:
case 'n':
text(25,23,13,"Return to menu.\n");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    main();
    break;
default :
    goto loop1;
}
]

```

```

void menutwo(void)
{
char ch,*driverpath="",text[20];
float dataavg;
int c,v,x=0,graphdriver = DETECT,graphmode;
unsigned int dat[256];

clrscr();
textmode(3);
/*text[25,17,13," Press any key "];*/
getch();

detectgraph(&graphdriver,&graphmode);
initgraph(&graphdriver,&graphmode,driverpath);
setbkcolor(0);
setcolor(RED);
rectangle(0,0,638,50);
setcolor(RED);
rectangle(0,60,638,479);
for(v=143;v<479;v+=83){
setcolor(RED);
line(0,v,638,v);}
setcolor(LIGHTGRAY);
outtextxy(5,143,"10");
outtextxy(5,227,"5");
outtextxy(5,311,"0");
outtextxy(5,395,"-5");
outtextxy(5,479,"-10");

```

```

setcolor(CYAN);
outtextxy(10,25,"Graphik");
setcolor(RED);
outtextxy(200,25,"Continue");
outtextxy(500,25,"Enter-Exit");
getch();
setcolor(LIGHTBLUE);

sport(PORT,'a');
dat[x]=rport(PORT);
moveto(10,400-dat[x]);
while(!kbhit())
{
sport(PORT,'a');
dat[x] = rport(PORT);
lineto(((2*x)+10),400-dat[x]);
dataavg=(dat[x]/5.1);
sprintf(text,"%5.2f",dataavg);
outtextxy(325,25,"Level :");
bar(380,10,445,40);
outtextxy(380,25,text);
moveto(((2*x)+10),400-dat[x]);
delay(6);
x++;
if(x == 301)
{
x = 0;
sport(PORT,'a');
dat[x]=rport(PORT);
box4(0,60,638,479,4,0);
setcolor(RED);
for( v = 143 ; v <= 479 ; v += 83)
{
line(0,v,638,v);}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        setcolor(CYAN);
        moveTo(10,400-dat[x]);
    }
}
closegraph();
getch();
main();
}

```

```

/*SELECTION IS 3. DO THIS FUNCTION */

```

```

menuthree(void)

```

```

{
    clrscr();
    textmode(3);
    outfile();
    setup();
    closegraph();
    main();
}

```

```

/**** select2*****/

```

```

int Select2()

```

```

{int i,n;

```

```

    i=bioskey(0);

```

```

    switch(i){

```

```

        case ONE : printer();

```

```

            break;

```

```

        case Enter : n = 1;

```

```

            return n;

```

```

        }

```

```

    }

```

```

/***** Select3*****/

```

```

int Select3()

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{int i,n;

i=bioskey(0);
switch(i){

    case ONE : printer();
                break;

    case Enter : n = 1;
                return n;
                }
}

```

```

/*fuction graph*/ /*////////////////////////*/

graph(int a,int b)
{
char ch,text1[20],text[20];
float total,dataavg,temp,c,c1,c2,c3,c5,c4,e,f,m,t;
float avg,maxi[4],minv,meanl,maxp;
float mini[4],ra,rz,ry;
float bb[5];
int dd;
int rt[3];
int rtt;
int i,x,p,y,d[450];
unsigned int da[400];

```

```

clrscr();
rt[0] = 115;
rt[1] = 533;
rt[2] = 1666;
bb[0] = 10;
bb[1] = 5;
bb[2] = 2;
bb[3] = 1;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

bb[4] = .5;
box4(0,0,638,479,15,0);
box4(5,5,633,472,15,0);
box4(10,432,623,462,15,0);
box4(75,32,200,45,15,0);
box4(420,32,570,45,15,0);
setcolor(15);
outtextxy(80,35,"vv lcH =   um");
outtextxy(420,35," vH lcH =   um");
if(a == 0)
{
    rt = rt[0];
    sprintf(text1,"%4d",rt);
    outtextxy(490,35,text1);
    p=45;
    y=10;
}
if(a == 1)
{
    ru = rt[1];
    sprintf(text1,"%4d",ru);
    outtextxy(490,35,text1);
    p=112;
    y=4;
}
if(a == 2)
{
    rt = rt[2];
    sprintf(text1,"%4d",rt);
    outtextxy(490,35,text1);
    p=449;
    y=1;
}
if(b == 0)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

dd = bb[0];
sprintf(text,"%d",dd);
outtextxy(150,35,text);
t=5.1;
}
if(b == 1)
{
dd = bb[1];
sprintf(text,"%2d",dd);
outtextxy(150,35,text);
t=2.55;
}
if(b == 2)
{
dd = bb[2];
sprintf(text,"%2d",dd);
outtextxy(150,35,text);
t=1.02;
}
if(b == 3)
{
dd = bb[3];
sprintf(text,"%2d",dd);
outtextxy(150,35,text);
t=0.51;
}
if(b == 4)
{
dd = bb[4];
sprintf(text,"%2d",dd);
outtextxy(150,35,text);
t=0.255;
}
setcolor(2);
outtextxy(10,447," F1      F2      F3      F4      ESC ");

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setcolor(15);
outtextxy(10,447," - TABLE1 -TABLE2 -PRINT -SETUP -EXIT");
box4(80,50,532,300,15,9);
for( i = 80 ; i < 530; i += 5 )
{
putpixel(i,100,0x4);
putpixel(i,150,0x4);
putpixel(i,200,0x4);
putpixel(i,250,0x4);
}
for(i = 50 ; i < 300 ; i += 5 )
{
putpixel(130,i,0x4);
putpixel(180,i,0x4);
putpixel(230,i,0x4);
putpixel(280,i,0x4);
putpixel(330,i,0x4);
putpixel(380,i,0x4);
putpixel(430,i,0x4);
putpixel(480,i,0x4);
}
setcolor(9);
outtextxy(350,388,"MEAN");
outtextxy(80,344,"Ra");
outtextxy(80,388,"Rz");
outtextxy(350,344,"Rmax");

/**find m***/
cl = 0;
for( i = 0; i < 450 ; i++)
{
c = point[0].get[i];
cl += c;
}

m = (cl)/450;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    mean1 = m/25.5;
    sprintf(text,"%4.2f",mean1);
    setcolor(5);
    outtextxy(466,388,text);

    /*find ra */
    c1 = 0; c4 = 0;
    for( i = 0; i < 450 ; i++)
    {
        c = point[0].get[i];
        if( m < c)
        {
            c2 = c - m;
            c1 += c2;
        }
        else if( m > c)
        {
            c3 = m - c;
            c4 += c3;
        }
    }
    c5 = c1 + c4;
    ra = (c5/25.5)/450;
    sprintf(text,"%4.2f",ra);
    setcolor(5);
    outtextxy(196,344,text);

    /* find maximum,minimum */
    temp = 0;
    for( i = 0 ; i < 90 ; i++ )
    {
        c = point[0].get[i];
        if( temp <= c )
            temp = c;
    }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

maxi[0] = temp;
temp = 0;
for( i = 90 ; i < 180 ; i++ )
{
    c = point[0].get[i];
    if( temp <= c)
        temp = c;
}
maxi[1] = temp;
temp = 0;
for( i = 180 ; i < 270 ; i++ )
{
    c = point[0].get[i];
    if( temp <= c)
        temp = c;
}
maxi[2] = temp;
temp = 0;
for( i = 270 ; i < 360; i++ )
{
    c = point[0].get[i];
    if(temp <= c)
        temp = c;
}
maxi[3] = temp;
temp = 0;
for(i = 360;i < 450; i++ )
{
    c = point[0].get[i];
    if(temp <= c)
        temp = c;
}
maxi[4] = temp;
temp = 1000;
for( i = 0; i < 90 : i++ )

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    {
        c = point[0].get[i];
        if( temp >= c );
        temp = c;
    }
mini[0] = temp;
temp = 1255;
for( i = 90 ; i < 180 ; i++ )
    {
        c = point[0].get[i];
        if( temp >= c );
        temp = c;
    }
mini[1] = temp;
temp = 1255;
for( i = 180; i < 270 ; i++)
    {
        c = point[0].get[i];
        if( temp >= c );
        temp = c;
    }
mini[2] = temp;
temp = 1255;
for( i = 270 ; i < 360; i++)
    {
        c = point[0].get[i];
        if( temp >= c );
        temp = c;
    }
mini[3] = temp;
temp = 1255;
for i = 360 ; i < 450; i++)
    {
        c = point[0].get[i];

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        temp = c;
    }

    mini[4] = temp;

    rz = (((maxi[0]+maxi[1]+maxi[2]+maxi[3]+maxi[4])-(mini[0]+mini[1]+mini[2]+mini[3]+mini[4]))/25.5)/5;
    sprintf(text,"%4.2f",rz);
    outtextxy(196,388,text);

/*fine ry */
    temp = 0;
    for(i=0;i<450;i++)
    {
        c=point[0].get[i];
        if( temp <= c )
            temp = c;
        maxp = temp;
        temp = 1000;
        for(i=0;i<450;i++)
        {
            c = point[0].get[i];
            if(temp >= c)
                temp = c;
            minv = temp;
        }
        ry = (maxp - minv)/25.5;
    }
    setcolor(5);
    sprintf(text,"%4.2f",ry);
    outtextxy(466,344,text);
    setcolor(2);
    outtextxy(250,411," SURFACE ROUGHNESS");
    setcolor(0);
    for i = 0 ; i < p ; i++ )
    {
        d[i] = point[0].get[i] - (m);
        d[i+1] = point[0].get[i+1] - (m);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

e = (d[i]/t);
f = (d[i+1]/t);
if(e > 125.00) e = 124.00;
if(f > 125.00) f = 124.00;
if(e < -125.00) e = -124.00;
if(f < -125.00) f = -124.00;
line(((y*i)+80),(int)(175-e),(y*i)+(80+y),(int)(175-f));
delay(10);
}

```

```

for(;;)
{
union h{
int j;
}tee;
tee.j=bioskey(0);
switch(tee.j){
case ONE : Table5();
break;
case TWO : Table6();
break;
case THREE : printer();
break;
case FOUR : closegraph();
seup();
break;
case Enter :return(0);
case ESC : closegraph();
exit(0);
default:closegraph();
main();
break;
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/*****nenufour*****/
void menufour(void)
{
    signal();
}

```

```

/* FUNCTION GRAPH */

```

```

void signal(void)
{
    float temp,c,max,min,mean,mean1;
    char ch,*driverpath="",text[20];
    int x,y,n,i,graphdriver=DETECT,graphmode;
    detectgraph(&graphdriver,&graphmode);
    initgraph(&graphdriver,&graphmode,driverpath);
    setbkcolor(BLACK);
    setcolor(RED);
    rectangle(0,0,638,479);
    setcolor(RED);
    rectangle(5,5,633,50);
    setcolor(5);
    outtextxy(500,70,"MAXIMUM :");
    outtextxy(500,80,"MINIMUM :");
    outtextxy(500,90,"MEAN :");

    temp = 0;
    for(i = 0;i < 400;i++)
    {
        c = point[1].get[i];
        if(temp <= c)
            temp = c;
    }
    max = temp/25.5;

    setcolor(5);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    sprintf(text,"%4.2f",max);
    outtextxy(590,70,text);
    temp = 256;
    for(i = 0;i < 400;i++)
    {
        c = point[1].get[i];
        if(temp >= c)
            temp = c;
    }
    min = temp/25.5;
    setcolor(5);
    sprintf(text,"%4.2f",min);
    outtextxy(590,80,text);
    for(i = 0;i < 320;i++)
    {
        c += point[1].get[i];
    }
    mean = c;
    mean1 = mean/(400*25.5);
    setcolor(5);
    sprintf(text,"%4.2f",mean1);
    outtextxy(590,90,text);
    setcolor(CYAN);
    outtextxy(15,25,"Graphik");
    setcolor(15);
    outtextxy(15,25,"      3-Dimension");
    setcolor(4);
    outtextxy(510,25,"Enter");
    setcolor(15);
    outtextxy(510,25," -EXIT");
    setcolor(4);
    outtextxy(250,25," F1");
    setcolor(15);
    outtextxy(250,25," - PRINT");
    setcolor(GREEN);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

rectangle(5,60,633,470);
Putpixel();

for(y=0;y<50 ;y++)
{
    for( x = 0 ; x < 440 ; x++ )
        {
            point[0].get[x] = rport(PORT);
        }
    setcolor(15);
    line((x+50+y),(140+(y*2))-(point[0].get[x])/25,(x+50+y+1),(140+(y*2))-(point[0].get[x+1]/25));
    setcolor(BLACK);
    line((x+50+y),(140+(y*2))+1,(x+50+y),(140+(y*2))+1-(point[0].get[x])/25);
    getch();
}

n = Select3t();
if( n == 1)
{
    closegraph();
    main();
}
}

void Putpixel(void)
{
    int b;
    for(b=60;b<470;b+=5)
    {
        putpixel(63,b,0x2);
        putpixel(127,b,0x2);
        putpixel(191,b,0x2);
        putpixel(255,b,0x2);
        putpixel(319,b,0x2);
        putpixel(382,b,0x2);
        putpixel(446,b,0x2);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    putpixel(510,b,0x2);
    putpixel(574,b,0x2);
}
for(b=5;b<633;b+=5)
{
    putpixel(b,128,0x2);
    putpixel(b,196,0x2);
    putpixel(b,265,0x2);
    putpixel(b,333,0x2);
    putpixel(b,401,0x2);
}

}

/*-----*/
/* MAIN FUNCTION OF PROGRAM */
main()
{
    char *driverpath="";
    int h, w = 5000, y = 0,graphdriver = DETECT,graphmode;
    port_init(PORT,CODE);
    detectgraph(&graphdriver,&graphmode);
    initgraph(&graphdriver,&graphmode,driverpath);
    errorcode=graphresult();
    if(errorcode != grOk)
    {
        closegraph();
        printf("Graphics error : %s\n",grapherrormsg(errorcode));
        printf("Press any key to halt :");
        getch();
        exit(1);
    }

    box4(0,0,638,479,15,9);

    box4(5,5,633,474,15,8);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

old(RED);
box4(20,20,498,345,15,9);
setcolor(4);
outtextxy(10,10,"mm");
outtextxy(5,74,"10");
outtextxy(10,128,"5");
outtextxy(10,182,"0");
outtextxy(5,232,"-5");
-outtextxy(0,290,"-10");
outtextxy(20,355,"0");
outtextxy(79,355,"5");
outtextxy(138,355,"10");
outtextxy(198,355,"15");
outtextxy(257,355,"20");
outtextxy(316,355,"25");
outtextxy(376,355,"30");
outtextxy(435,355,"35");
outtextxy(495,355,"sec");
settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,3);
setcolor(LIGHTRED);
outtextxy(40,400,"SURFACE ROUGHNESS");
setcolor(7);
outtextxy(30,65,"SAMPLE SIGNAL");
Putpixel(0);
box1(513,67,613,103,4);

```

```

settextstyle(DEFAULT_FONT,HORIZ_DIR,1);
for(;;)
{ union k
  {
  char c[2];
  int i;
  }key;
setfillstyle(SOLID_FILL,RED);
bar(465,300,625,460);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        box1(465,388,625,462,1);
        setcolor(LIGHTMAGENTA);
        if(y == 0 )
            { outtextxy(475,410," RECEIVE LOT DATA");
              outtextxy(475,430,"SHOW GRAPH AND SAVE");
            }
        if(y==1){
            outtextxy(475,410," CONTINUE RECEIVE ");
            outtextxy(475,430,"DATA AND SHOW GRAPH");
        }
        if(y==2){
            outtextxy(475,410," LOAD OLD FILE");
            outtextxy(475,430," AND SHOW GRAPH ");
        }
        if(y==3) {
            outtextxy(475,410," DISPLAY 3D");
        }
        if(y==4) {outtextxy(475,410," 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;
            }
        fchiocce(y);
        fdelete(y);
        if(key.i==7181){
            switch(y){
                case 0:   old(GREEN);
                        outtextxy(515,35,"[ RECEIVE ]");
                        delay(100);
                        menuone();
                        close_graph();
                        main();
                        break;
                case 1:

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        delay(100);
        outtextxy(515,135,"[ CONTINUE ]");
        delay(50); old(GREEN); delay(500);
        menutwo();
        break;
    case 2: outtextxy(515,185,"[ LOAD ]");
        delay(50); old(GREEN); delay(500);
        menuthree();
        break;
    case 3: outtextxy(515,235,"[3DIMENSION]");
        delay(50); old(GREEN); delay(500);
        menufour();
        break;
    case 4: outtextxy(515,285,"[ EXIT ]");
        delay(50); old(GREEN); delay(500);
        closegraph();
        exit(0);
    }
}
}

```

```
void Table5(void)
```

```
{
```

```
    setfillstyle(SOLID_FILL,MAGENTA);
```

```
    bar(10,10,370,410);
```

```
    setcolor(BLACK);
```

```
    rectangle(15,15,365,405);
```

```
    rectangle(17,17,363,403);
```

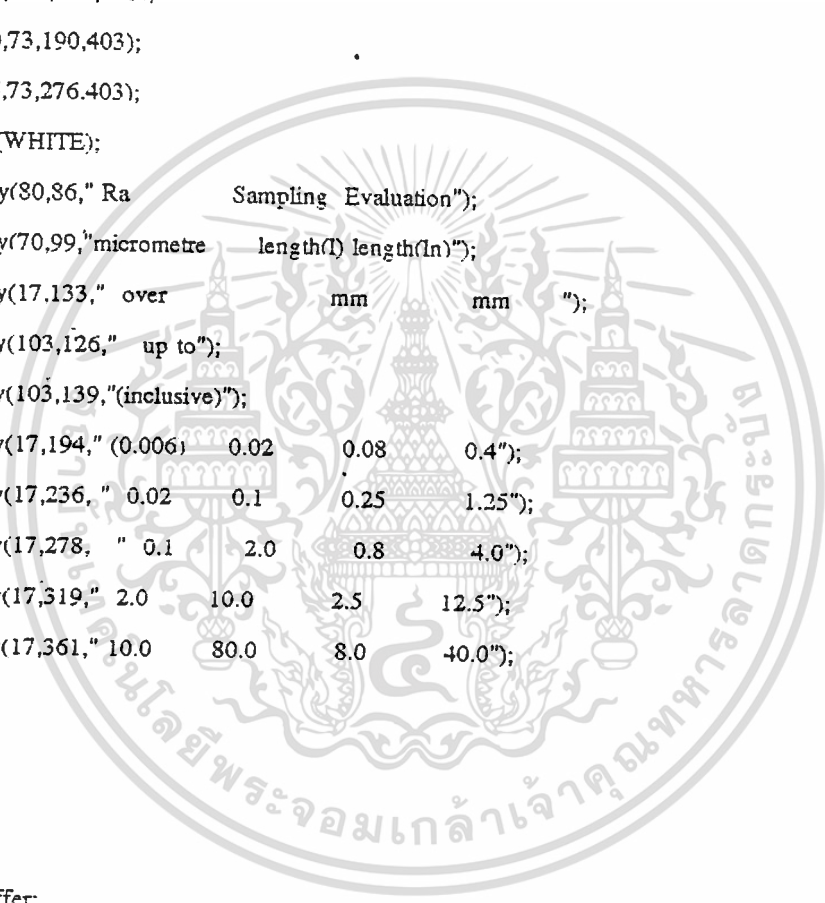
```
    setcolor(WHITE);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

outtextxy(17,31,"Table1-Sampling lengths for the measurement");
outtextxy(17,45, "      of Ra of non-periodic profiles");
outtextxy(17,59, "      for exemple ground profiles");
setcolor(BLACK);
line(17,73,363,73);
line(17,113,190,113);
line(17,153,363,153);
line(103,113,103,403);
line(190,73,190,403);
line(276,73,276,403);
setcolor(WHITE);
outtextxy(80,86," Ra      Sampling Evaluation");
outtextxy(70,99,"micrometre      length(l) length(ln)");
outtextxy(17,133," over      mm      mm      ");
outtextxy(103,126," up to");
outtextxy(103,139,"(inclusive)");
outtextxy(17,194," (0.006)  0.02  0.08  0.4");
outtextxy(17,236, " 0.02  0.1  0.25  1.25");
outtextxy(17,278, " 0.1  2.0  0.8  4.0");
outtextxy(17,319," 2.0  10.0  2.5  12.5");
outtextxy(17,361," 10.0  80.0  8.0  40.0");
getch();
}
printer()
{
void *buffer;
unsigned size;
char ans;
int n;
size=imagesize(150,100,420,250);
buffer=malloc(size);
getimage(150,100,420,250,buffer);
setfillstyle(1,15);
bar(150,100,420,250);
setcolor(RED);

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

outtextxy(200,140,"1 PORTRAIT PRINTING");
outtextxy(200,190,"2 LANDSCAPE PRINTING");
outtextxy(230,230,"select choice(1 or 2)");
ans=getch();
switch(ans){
    case '1' : putimage(150,100,buffer,COPY_PUT);
                free(buffer);
                printf(6,0);
                printf("\007");
                getch();
                break;
    case '2' : putimage(150,100,buffer,COPY_PUT);
                free(buffer);
                printf(6,1);
                printf("\007");
                break;
    default :
                printf("Out of menu");
                getch();
                closegraph();
                main();
}
printf("\007");
n = 1;
return n;
}
/*SELECT TABLE 2*/

```

```
print(int mode,int direction)
```

```
{
    char m;
    int i,j,k..Msb.Lsb;
    int maxx,maxy;
    maxx=getmaxx();
    maxy=getmaxy();
    setviewport(0,0,maxx,maxy,0);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

fprintf(stdprn, "\0x2B%c", 50);
switch(direction){
    case PORTRAIT : Lsb=maxx+1&0x00FF;
                    Msb=maxx+1>>8;
                    for(j=0;j<=maxy/8;j++){
                        fprintf(stdprn, "\x1B*%c%c%c%c", mode, Lsb, Msb);
                        for(i=0;i<=maxx;i++){
                            m=0;
                            for(k=0;k<8;k++){
                                m<<=1;
                                if(getpixel(i,j*8+k))m++;
                            }
                            fprintf(stdprn, "%c", m);
                        }
                        fprintf(stdprn, "\x0a");
                        fprintf(stdprn, "\x1b\x6a%c", 8);
                    }
                    break;
    case LANDSCAPE : Lsb=maxy+1&0x00ff;
                    Msb=maxy+1>>8;
                    for(j=0;j<maxx;j+=8){
                        fprintf(stdprn, "\x1B*%c%c%c%c", mode, Lsb, Msb);
                        for(i=maxy;i>=0;i--){
                            m=0;
                            for(k=0;k<8;k++){
                                m<<=1;
                                if(getpixel(j+k,i))m++;
                            }
                            fprintf(stdprn, "%c", m);
                        }
                        fprintf(stdprn, "\x0a");
                        fprintf(stdprn, "\x1b\x6A%c", 6);
                    }
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        fprintf(stdprn, "\f");
    }

void Table6(void)
{
    setfillstyle(SOLID_FILL, CYAN);
    bar(10, 10, 370, 410);
    setcolor(GREEN);
    rectangle(15, 15, 365, 405);
    rectangle(17, 17, 363, 403);
    setcolor(WHITE);
    outtextxy(17, 31, "Table2-Sampling lengths for the measurement");
    outtextxy(17, 45, "    of Rz and Ry of non-periodic profiles");
    outtextxy(17, 59, "    (for exemple ground profiles)");
    setcolor(GREEN);
    line(17, 73, 363, 73);
    line(17, 113, 190, 113);
    line(17, 153, 363, 153);
    line(103, 113, 103, 403);
    line(190, 73, 190, 403);
    line(276, 73, 276, 403);
    setcolor(WHITE);
    outtextxy(80, 86, "Rz, Ry    Sampling Evaluation");
    outtextxy(70, 99, "micrometre    length(l)    length(ln)");
    outtextxy(17, 133, "over            mm            mm    ");
    outtextxy(103, 126, "up to");
    outtextxy(103, 139, "(inclusive)");
    outtextxy(17, 194, "(0.025)    0.01    0.08    0.4");
    outtextxy(17, 236, "    0.10    0.50    0.25    1.25");
    outtextxy(17, 278, "    0.50    10.0    0.8    4.0");
    outtextxy(17, 319, "    10.0    50.0    2.5    12.5");
    outtextxy(17, 361, "    50.0    200.0    8.0    40.0");
    getch();
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void Table7(void)
{
    setfillstyle(SOLID_FILL,MAGENTA);
    bar(10,10,370,410);
    setcolor(BLACK);
    rectangle(15,15,365,405);
    rectangle(17,17,363,403);
    setcolor(WHITE);
    outtextxy(17,31,"Table3-Sampling lengths for the measurement");
    outtextxy(17,45, "      of Ra,Ry and Rz of periodic profiles");
    outtextxy(17,59, "      (for exemple ground profiles)");
    setcolor(BLACK);
    line(17,73,363,73);
    line(17,113,190,113);
    line(17,153,363,153);
    line(103,113,103,403);
    line(190,73,190,403);
    line(276,73,276,403);
    setcolor(WHITE);
    outtextxy(80,86," Sm      Sampling Evaluation");
    outtextxy(70,99,"micrometre length(l) length(ln)");
    outtextxy(17,133," over      mm      mm ");
    outtextxy(103,126," up to");
    outtextxy(103,139,"(inclusive)");
    outtextxy(17,194," (0.0)      0.032      0.08      0.4");
    outtextxy(17,236, " 0.032      0.1      0.25      1.25");
    outtextxy(17,278, " 0.1      0.32      0.8      4.0");
    outtextxy(17,319," 0.32      1      2.5      12.5");
    outtextxy(17,361," 1      3.2      8.0      40.0");
    getch();
}

```

/\* THESE FUNCTION USE FOR DRAW MENU \*/

```
void buttom(char col,char co2)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
box4(513,70,613,100,col,co2);
box4(513,170,613,200,col,co2);
box4(513,220,613,250,col,co2);
box4(513,270,613,300,col,co2);
box4(513,120,613,150,col,co2);
}

void fchioce(int y)
{
switch(y) {
case 0: box1(513,67,613,103,4);break;
case 1: box1(513,117,613,153,4);break;
case 2: box1(513,167,613,203,4);break;
case 3: box1(513,217,613,253,4);break;
case 4: box1(513,267,613,303,4);break;
}
}

fdelete(int y)
{switch(y) {
case 0: box1(513,117,613,153,56);
box1(513,167,613,203,56);
box1(513,217,613,253,56);
box1(513,267,613,303,56);break;
case 1: box1(513,67,613,103,56);
box1(513,167,613,203,56);
box1(513,217,613,253,56);
box1(513,267,613,303,56);break;
case 2: box1(513,67,613,103,56);
box1(513,117,613,153,56);
box1(513,217,613,253,56);
box1(513,267,613,303,56);break;
case 3: box1(513,67,613,103,56);
box1(513,117,613,153,56);
box1(513,167,613,203,56);
box1(513,267,613,303,56);break;
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        case 4: box1(513,67,613,103,56);
                box1(513,117,613,153,56);
                box1(513,167,613,203,56);
                box1(513,217,613,253,56);break;
    }
}

void old(char color)
{
    buttom(CYAN,BLUE);
    setcolor(color);
    outtextxy(515, 85,"[ RECEIVE ]");
    outtextxy(515,135,"[ CONTINUE ]");
    outtextxy(515,185,"[ LOAD ]");
    outtextxy(515,235,"[3DIMENSION]");
    outtextxy(515,285,"[ EXIT ]");
}

void Putpixel(void)
{int x,y;
    for x=20;x<=495;x+=5){
        putpixel(x,74,0x4);
        putpixel(x,128,0x4);
        putpixel(x,182,0x4);
        putpixel(x,232,0x4);
        putpixel(x,290,0x4);}
    for x=20;x<=345;x+=5){
        putpixel(79,x,0x4);
        putpixel(138,x,0x4);
        putpixel(198,x,0x4);
        putpixel(257,x,0x4);
        putpixel(316,x,0x4);
        putpixel(376,x,0x4);
        putpixel(435,x,0x4);!
    setlinestyle(SOLID_LINE,0.1);
    setcolor(14);
    line(20,182,20,180);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

line(20,180,50,100);  
 line(50,100,80,200);  
 line(80,200,100,140);  
 line(100,140,120,190);  
 line(120,190,125,190);  
 line(125,190,125,140);  
 line(125,140,130,200);  
 line(130,200,140,200);  
 line(140,200,150,140);  
 line(150,140,150,200);  
 line(150,200,160,170);  
 line(160,170,170,130);  
 line(170,130,180,170);  
 line(180,170,190,150);  
 line(190,150,200,180);  
 line(200,180,210,140);  
 line(210,140,220,180);  
 line(220,180,230,130);  
 line(230,130,240,190);  
 line(240,190,250,150);  
 line(250,150,255,150);  
 line(255,150,260,190);  
 line(260,190,270,120);  
 line(270,120,280,190);  
 line(280,190,290,130);  
 line(290,130,300,190);  
 line(300,190,310,160);  
 line(310,160,320,180);  
 line(320,180,330,140);  
 line(330,140,340,140);  
 line(340,140,350,180);  
 line(350,180,360,150);  
 line(360,150,370,170);  
 line(370,170,380,140);  
 line(380,140,390,140);



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    line(390,140,400,170);
    line(400,170,410,120);
    line(410,120,420,180);
    line(420,180,430,140);
    line(430,140,440,190);
    line(440,190,450,130);
    line(450,130,460,180);
    line(460,180,470,150);
    line(470,150,480,190);
    line(480,190,490,130);
    line(490,130,495,182);
}

void box1(int startx,int starty,int endx,int endy,int 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,int col1,int col2)
{
    setlinestyle(SOLID_LINE,0,THICK_WIDTH);
    setcolor(col1);
    line(startx,starty,startx,endy);
    line(startx,starty,endx,starty);
    setcolor(col2);
    line(startx,endy,endx,endy);
    line(endx,starty,endx,endy);
}

void boxback(int x0,int y0,int x1,int y1,int num,int r,int color1,int color2)
{int rr[17];
    rr[0] = x0-r+2;rr[1] = y0+r;rr[2] = x0;rr[3] = y0+2;rr[4] = x1;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

rr[5] = y0+2;r[6] = x1+r-2;r[7] = y0+r;r[8] = x1+r-2;r[9] = y1-r;
rr[10] = x1;r[11] = y1-2;r[12] = x0;r[13] = y1-2;r[14] = x0-r+2;
rr[15] = y1-r;r[16] = x0-r+2;r[17] = y0+r;
setcolor(color1);
line(x0-r,y0+r,x0,y0);
line(x0,y0,x1,y0);
line(x1,y0,x1+r,y0+r);
line(x1+r,y0+r,x1+r,y1-r);
line(x1+r,y1-r,x1,y1);
line(x1,y1,x0,y1);
line(x0,y1,x0-r,y1-r);
line(x0-r,y1-r,x0-r,y0+r);
setfillstyle(SOLID_FILL,color2);
fillpoly(num,rr);
}
/*****
void frame(int x1,int y1,int x2,int y2,int color)
{
int x,y;
textcolor(color);

gotoxy(x1+1,y1);
for(x=x1+1;x<x2;x++)
    cprintf(" ");
gotoxy(x1+1,y2);
for(x=x1+1;x<x2;x++)
    cprintf(" ");

for(y=y1+1;y<y2;y++)
{
    gotoxy(x1,y);
    cprintf(" ");
    gotoxy(x2,y);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    cprintf("ฉ");
}
gotoxy(x1,y1);
cprintf("");
gotoxy(x2,y1);
cprintf("ฟ");
gotoxy(x1,y2);
cprintf("ภ");
gotoxy(x2,y2);
cprintf("");
}

```

```

void hline(int x1,int y1,int x2,int color)
{
    int x;
    textcolor(color);
    gotoxy(x1,y1);
    for(x=x1;x<=x2;x++)
        cprintf(" ");
}

```

```

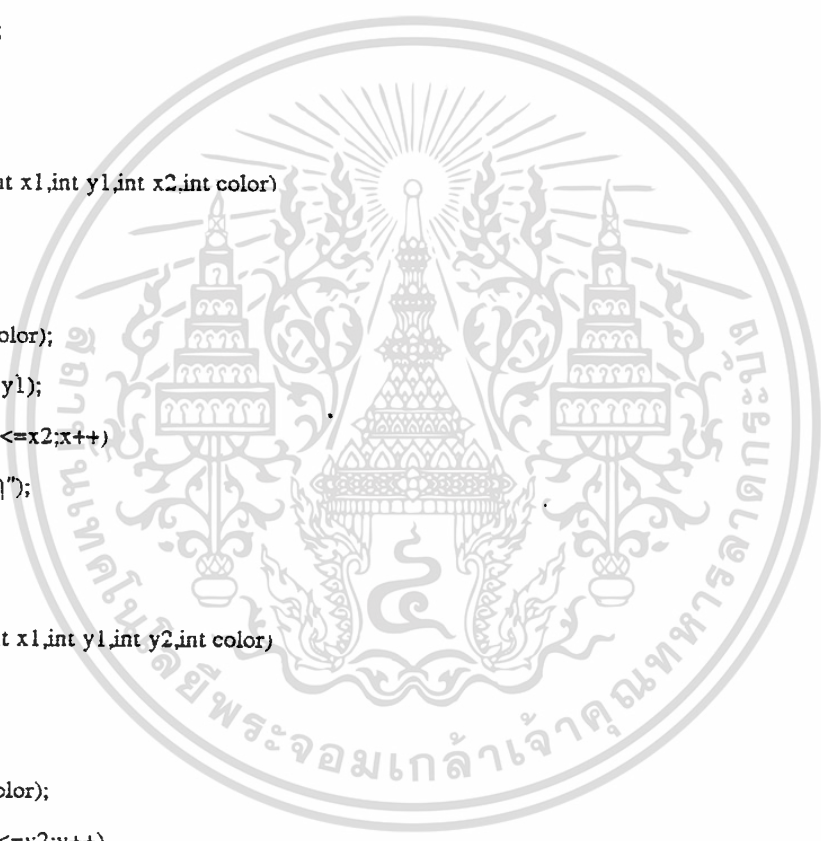
void vline(int x1,int y1,int y2,int color)
{
    int y;
    textcolor(color);
    for(y=y1;y<=y2;y++)
    {
        gotoxy(x1,y);
        cprintf("ฉ");
    }
}

```

```

void box(int x1,int y1,int x2,int y2,int color)
{
    int x,y;

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

textcolor(color);
textbackground(color);
for(y=y1;y<=y2;y++)
{
    gotoxy(x1,y);
    for(x=x1;x<=x2;x++)
        cprintf(" ");
}
textbackground(BLACK);
gotoxy(x1+1,y2+1);
for(x=x1+1;x<=(x2+1);x++)
    cprintf("๑");

for(y=y1+1;y<=y2;y++)
{
    gotoxy(x2+1,y);
    cprintf("๑");
}
textbackground(color);
}

void text(int x1,int y1,int color,char *st)
{
    textcolor(color);
    gotoxy(x1,y1);
    cprintf(st);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# TYPE SN75188 QUADRUPLE LINE DRIVER

## THERMAL INFORMATION MAXIMUM SUPPLY VOLTAGE vs FREE-AIR TEMPERATURE

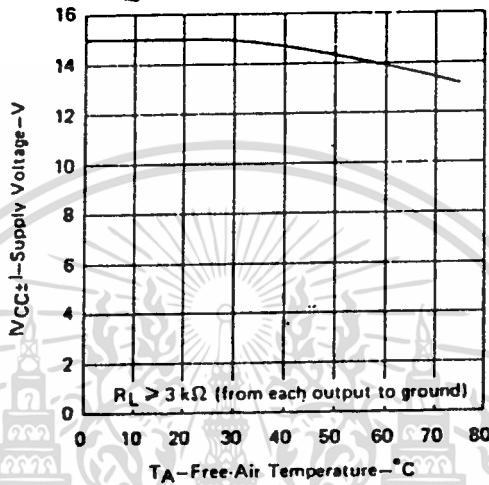


FIGURE 6

## TYPICAL APPLICATION DATA

Diodes placed in series with the VCC+ and VCC- leads will prevent the SN75188 in the fault condition where the device outputs are shorted to ±15 V and the power supplies are at low voltage and provide low-impedance paths to ground.

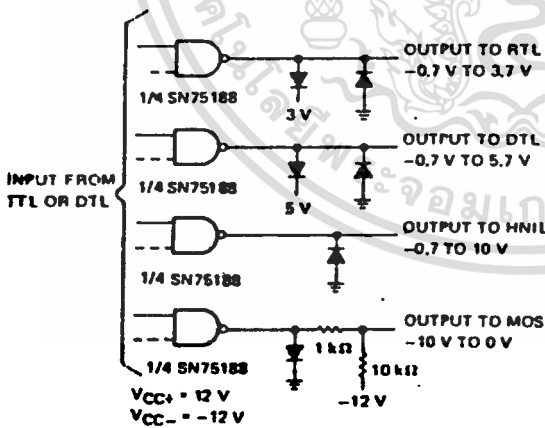


FIGURE 7—LOGIC TRANSLATOR APPLICATIONS

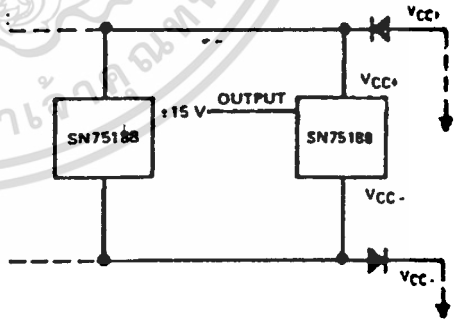


FIGURE 8—POWER SUPPLY PROTECTION TO MIL-POWER-OFF FAULT CONDITIONS OF EIA STANDARD RS-232C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



# TYPE SN75188 QUADRUPLE LINE DRIVER

REVISED JANUARY 1977

electrical characteristics over operating free-air temperature range,  $V_{CC+} = 9\text{ V}$ ,  $V_{CC-} = -9\text{ V}$   
(unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN	TYP <sup>†</sup>	MAX	UNIT	
$V_{IH}$	High-level input voltage			1.9			V	
$V_{IL}$	Low-level input voltage					0.8	V	
$V_{OH}$	High-level output voltage	$V_{IL} = 0.8\text{ V}$ , $R_L = 3\text{ k}\Omega$	$V_{CC+} = 9\text{ V}$ , $V_{CC-} = -9\text{ V}$	6	7		V	
			$V_{CC+} = 13.2\text{ V}$ , $V_{CC-} = -13.2\text{ V}$	9	10.5			
$V_{OL}$	Low-level output voltage	$V_{IH} = 1.9\text{ V}$ , $R_L = 3\text{ k}\Omega$	$V_{CC+} = 9\text{ V}$ , $V_{CC-} = -9\text{ V}$		-7	-6	V	
			$V_{CC+} = 13.2\text{ V}$ , $V_{CC-} = -13.2\text{ V}$		-10.5	-9		
$I_{IH}$	High-level input current	$V_I = 5\text{ V}$				10	$\mu\text{A}$	
$I_{IL}$	Low-level input current	$V_I = 0$				-1	-1.6	$\mu\text{A}$
$I_{OSIH}$	Short-circuit output current at high level †	$V_I = 0.8\text{ V}$ , $V_O = 0$		-6	-10	-12	$\text{mA}$	
$I_{OSIL}$	Short-circuit output current at low level †	$V_I = 1.9\text{ V}$ , $V_O = 0$		6	10	12	$\text{mA}$	
$r_o$	Output resistance, power off	$V_{CC+} = 0$ , $V_{CC-} = 0$ , $V_O = -2\text{ V to } 2\text{ V}$		300			$\Omega$	
$I_{CC+}$	Supply current from $V_{CC+}$	No load	$V_{CC+} = 9\text{ V}$ , All inputs at 1.9 V		15	20	$\text{mA}$	
			$V_{CC+} = 12\text{ V}$ , All inputs at 0.8 V		4.5	6		
		No load	$V_{CC+} = 9\text{ V}$ , All inputs at 0.8 V		5.5	7		
			$V_{CC+} = 15\text{ V}$ , All inputs at 1.9 V		34			
$I_{CC-}$	Supply current from $V_{CC-}$	No load	$V_{CC-} = -9\text{ V}$ , All inputs at 1.9 V		-13	-17	$\text{mA}$	
			$V_{CC-} = -12\text{ V}$ , All inputs at 0.8 V		-18	-23		
		No load	$V_{CC-} = -9\text{ V}$ , All inputs at 0.8 V		-0.015			
			$V_{CC-} = -15\text{ V}$ , All inputs at 1.9 V		-34			
$P_D$	Total power dissipation	$V_{CC+} = 9\text{ V}$ , $V_{CC-} = -9\text{ V}$ , No load		333			$\text{mW}$	
		$V_{CC+} = 12\text{ V}$ , $V_{CC-} = -12\text{ V}$ , No load		578				

<sup>†</sup>All typical values are at  $T_A = 25^\circ\text{C}$ .

<sup>††</sup>Not more than one output should be shorted at a time.

NOTE 4 The algebraic convention where the more positive (less negative) limit is designated as maximum is used in this data sheet for output voltage levels only, e.g., if -6 V is a maximum, the typical value is a more negative voltage.

switching characteristics,  $V_{CC+} = 9\text{ V}$ ,  $V_{CC-} = -9\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$

PARAMETER	TEST CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNIT
$t_{PLH}$	Propagation delay time, low-to-high-level output			220	350	$\text{ns}$
$t_{PHL}$	Propagation delay time, high-to-low-level output			100	175	$\text{ns}$
$t_{TLH}$	See Figure 1	Transition time, low-to-high-level output ‡		55	100	$\text{ns}$
$t_{THL}$			Transition time, high-to-low-level output ‡		45	75
$t_{TLM}$	See Figure 1	Transition time, low-to-high-level output §	$R_L = 3\text{ k}\Omega$ to $7\text{ k}\Omega$ , $C_L = 2500\text{ pF}$ ,		2.5	$\text{ns}$
$t_{TLM}$			Transition time, high-to-low-level output §			3.0

‡ Measured between 10% and 90% points of output waveform

§ Measured between +3 V and -3 V points on the output waveform (EIA RS 232C conditions)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

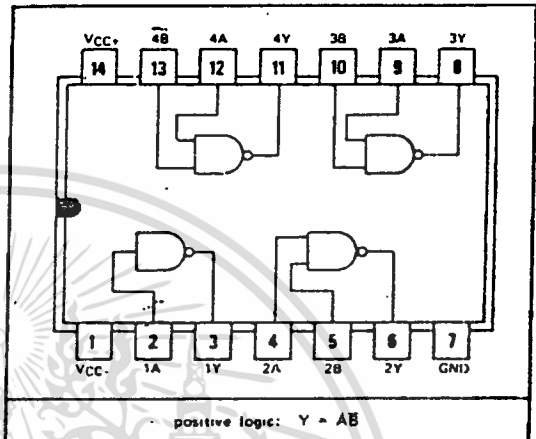
# INTERFACE CIRCUITS

# TYPE SN75188 QUADRUPLE LINE DRIVER

BULLETIN NO. DLS 771874, SEPTEMBER 1973 - REVISED JANUARY 1977

- Meets Specifications of EIA RS-232C
- Designed to be Interchangeable with Motorola MC1488
- Current-Limited Output . . . 10 mA Typical
- Power-Off Output Impedance . . . 300  $\Omega$  Min
- Slow Rate Control by Load Capacitor
- Flexible Supply Voltage Range
- Input Compatible with Most TTL and DTL Circuits

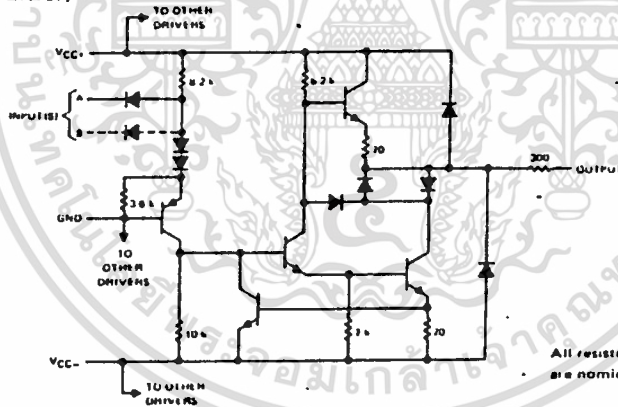
J OR N DUAL-IN-LINE PACKAGE  
OR NS SMALL-OUT-LINE PACKAGE  
(TOP VIEW)



### description

The SN75188 is a monolithic quadruple line driver designed to interface data terminal equipment with data communications equipment in conformance with the specifications of EIA Standard RS-232C with a diode in series with each supply voltage terminal as shown under typical applications. The device is characterized for operation from 0°C to 75°C.

### schematic (each driver)



FUNCTION TABLE

A	B	Y
H	H	L
L	X	H
X	L	H

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

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

Supply voltage $V_{CC+}$ at (or below) 25°C free-air temperature (see Notes 1 and 2)	15 V
Supply voltage $V_{CC-}$ at (or below) 25°C free-air temperature (see Notes 1 and 2)	-15 V
Input voltage range	-15 V to 7 V
Output voltage range	-15 V to 15 V
Continuous total dissipation at (or below) 25°C free-air temperature (see Note 2)	1 W
Operating free-air temperature range	0°C to 75°C
Storage temperature range	-65°C to 175°C
Lead temperature 1/16 inch from case for 60 seconds: J package	300°C
Lead temperature 1/16 inch from case for 10 seconds: N package	260°C

NOTES: 1. All voltage values are with respect to the network ground terminal.

2. For operation above 25°C free air temperature, refer to the Maximum Supply Voltage Curve, Figure 6, and the Dissipation Derating Curves in the Thermal Information Section, which begins on page 4-26. In the J package, SN75188 chips are glass-mounted.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ADC0808/ADC0809 8-Bit $\mu$ P Compatible A/D Converters with 8-Channel Multiplexer

### General Description

The ADC0808, ADC0809 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 8-channel multiplexer and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 8-channel multiplexer can directly access any of 8 single-ended analog signals.

The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE® outputs.

The design of the ADC0808, ADC0809 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0808, ADC0809 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For 16-channel multiplexer with common output (sample/hold p.c.t) see ADC0816 data sheet. (See AN-247 for more information.)

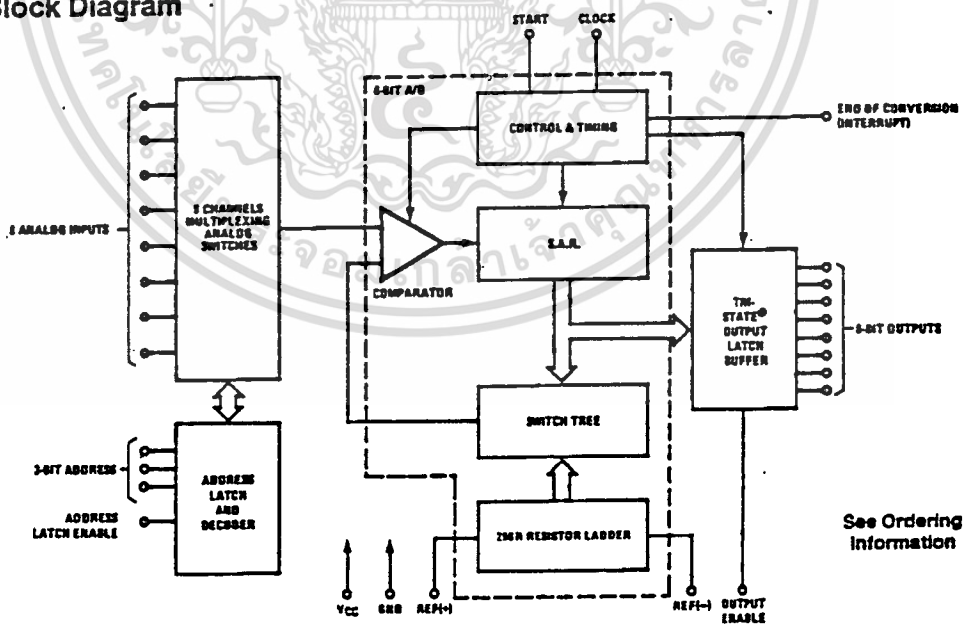
### Features

- Easy interface to all microprocessors
- Operates ratiometrically or with 5 V<sub>DC</sub> or analog span adjusted voltage reference
- No zero or full-scale adjust required
- 8-channel multiplexer with address logic
- 0V to 5V input range with single 5V power supply
- Outputs meet TTL voltage level specifications
- Standard hermetic or molded 28-pin DIP package
- 28-pin molded chip carrier package
- ADC0808 equivalent to MM74C949
- ADC0809 equivalent to MM74C949-1

### Key Specifications

- Resolution 8 Bits
- Total Unadjusted Error  $\pm 1/2$  LSB and  $\pm 1$  LSB
- Single Supply 5 V<sub>DC</sub>
- Low Power 15 mW
- Conversion Time 100  $\mu$ s

### Block Diagram



See Ordering Information

TLN/6672-1

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

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

Supply Voltage ( $V_{CC}$ ) (Note 3)	6.5V
Voltage at Any Pin	-0.3V to ( $V_{CC} + 0.3V$ )
Except Control Inputs	
Voltage at Control Inputs (START, OE, CLOCK, ALE, ADD A, ADD B, ADD C)	-0.3V to +15V
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at $T_A = 25^\circ\text{C}$	875 mW
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Molded Chip Carrier Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	400V

**Operating Conditions** (Notes 1 & 2)

Temperature Range (Note 1)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$
ADC0808CJ	$-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$
ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0809CCN	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$
ADC0808CCV, ADC0809CCV	$-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$
Range of $V_{CC}$ (Note 1)	4.5 $V_{DC}$ to 6.0 $V_{DC}$

**Electrical Characteristics**

Converter Specifications:  $V_{CC} = 5$   $V_{DC} = V_{REF+}$ ,  $V_{REF(-)} = \text{GND}$ ,  $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$  and  $f_{CLK} = 640$  kHz unless otherwise stated.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	ADC0808 Total Unadjusted Error (Note 5)	25°C $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$			$\pm 1/2$ $\pm 3/4$	LSB LSB
	ADC0809 Total Unadjusted Error (Note 5)	0°C to 70°C $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$			$\pm 1$ $\pm 1 1/4$	LSB LSB
	Input Resistance	From Ref(+) to Ref(-)	1.0	2.5		k $\Omega$
	Analog Input Voltage Range	(Note 4) V(+) or V(-)	GND-0.10		$V_{CC} + 0.10$	$V_{DC}$
$V_{REF(+)}$	Voltage, Top of Ladder	Measured at Ref(+)		$V_{CC}$	$V_{CC} + 0.1$	V
$\frac{V_{REF(+)} + V_{REF(-)}}{2}$	Voltage, Center of Ladder		$V_{CC}/2 - 0.1$	$V_{CC}/2$	$V_{CC}/2 + 0.1$	V
$V_{REF(-)}$	Voltage, Bottom of Ladder	Measured at Ref(-)	-0.1	0		V
$I_{IN}$	Comparator Input Current	$f_c = 640$ kHz, (Note 6)	-2	$\pm 0.5$	2	$\mu\text{A}$

**Electrical Characteristics**

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ 4.5V  $\leq V_{CC} \leq 5.5V$ ,  $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$  unless otherwise noted  
ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0809CCN and ADC0809CCV, 4.75V  $\leq V_{CC} \leq 5.25V$ ,  $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$  unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
<b>ANALOG MULTIPLEXER</b>						
$I_{OFF(+)}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC} = 5V$ , $V_{IN} = 5V$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$		10	200 1.0	nA $\mu\text{A}$
$I_{OFF(-)}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC} = 5V$ , $V_{IN} = 0$ , $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$	-200 -1.0	-10		nA $\mu\text{A}$

**Electrical Characteristics** (Continued)

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CJ  $4.5V \leq V_{CC} \leq 5.5V$ ,  $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$  unless otherwise noted  
 ADC0808CCJ, ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV,  $4.75 \leq V_{CC} \leq 5.25V$ ,  $-40^\circ C \leq T_A \leq +85^\circ C$  unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
<b>CONTROL INPUTS</b>						
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage		$V_{CC} - 1.5$			V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage				1.5	V
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN} = 15V$			1.0	$\mu A$
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN} = 0$	-1.0			$\mu A$
$I_{CC}$	Supply Current	$f_{CLK} = 640 \text{ kHz}$		0.3	3.0	mA
<b>DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)</b>						
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$I_O = -360 \mu A$	$V_{CC} - 0.4$			V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	$I_O = 1.6 \text{ mA}$			0.45	V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage EOC	$I_O = 1.2 \text{ mA}$			0.45	V
$I_{OUT}$	TRI-STATE Output Current	$V_O = 5V$ $V_O = 0$	-3		3	$\mu A$

**Electrical Characteristics**

Timing Specifications  $V_{CC} = V_{REF(+)} = 5V$ ,  $V_{REF(-)} = GND$ ,  $t_r = t_f = 20 \text{ ns}$  and  $T_A = 25^\circ C$  unless otherwise noted.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$t_{WS}$	Minimum Start Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
$t_{WALE}$	Minimum ALE Pulse Width	(Figure 5)		100	200	ns
$t_s$	Minimum Address Set-Up Time	(Figure 5)		25	50	ns
$t_H$	Minimum Address Hold Time	(Figure 5)		25	50	ns
$t_D$	Analog MUX Delay Time From ALE	$R_S = 0\Omega$ (Figure 5)		1	2.5	$\mu S$
$t_{H1}, t_{H0}$	OE Control to Q Logic State	$C_L = 50 \text{ pF}$ , $R_L = 10k$ (Figure 6)		125	250	ns
$t_{1H}, t_{0H}$	OE Control to Hi-Z	$C_L = 10 \text{ pF}$ , $R_L = 10k$ (Figure 6)		125	250	ns
$t_c$	Conversion Time	$f_c = 640 \text{ kHz}$ , (Figure 5) (Note 7)	90	100	118	$\mu S$
$f_c$	Clock Frequency		10	640	1280	kHz
$t_{EOC}$	EOC Delay Time	(Figure 5)	0		$8 + 2 \mu S$	Clock Periods
$C_{IN}$	Input Capacitance	At Control Inputs		10	15	pF
$C_{OUT}$	TRI-STATE Output Capacitance	At TRI-STATE Outputs, (Note 12)		10	15	pF

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.

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

Note 4: Two on-chip diodes are tied to each analog input which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the  $V_{CC}$  supply. The spec allows 100 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 100 mV, the output code will be correct. To achieve an absolute  $0V_{DC}$  to  $5V_{CC}$  input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of  $4.900 V_{CC}$  over temperature variations, initial tolerance and loading.

Note 5: Total unadjusted error includes offset, full-scale, linearity, and multiplexer errors. See Figure 3. None of these A/Ds requires a zero or full-scale adjust. However, if an all zero code is desired for an analog input other than 0.0V, or if a narrow full-scale span exists (for example: 0.5V to 4.5V full-scale) the reference voltages can be adjusted to achieve this. See Figure 13.

Note 6: Comparator input current is a bias current into or out of the chopper stabilized comparator. The bias current varies directly with clock frequency and has little temperature dependence (Figure 6). See paragraph 4.0.

Note 7: The outputs of the data register are updated one clock cycle before the rising edge of EOC.

Note 8: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k $\Omega$  resistor.

## Functional Description

**Multiplexer.** The device contains an 8-channel single-ended analog signal multiplexer. A particular input channel is selected by using the address decoder. Table I shows the input states for the address lines to select any channel. The address is latched into the decoder on the low-to-high transition of the address latch enable signal.

TABLE I

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE		
	C	B	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

### CONVERTER CHARACTERISTICS

#### The Converter

The heart of this single chip data acquisition system is its 8-bit analog-to-digital converter. The converter is designed

to give fast, accurate, and repeatable conversions over a wide range of temperatures. The converter is partitioned into 3 major sections: the 256R ladder network, the successive approximation register, and the comparator. The converter's digital outputs are positive true.

The 256R ladder network approach (Figure 1) was chosen over the conventional R/2R ladder because of its inherent monotonicity, which guarantees no missing digital codes. Monotonicity is particularly important in closed loop feedback control systems. A non-monotonic relationship can cause oscillations that will be catastrophic for the system. Additionally, the 256R network does not cause load variations on the reference voltage:

The bottom resistor and the top resistor of the ladder network in Figure 1 are not the same value as the remainder of the network. The difference in these resistors causes the output characteristic to be symmetrical with the zero and full-scale points of the transfer curve. The first output transition occurs when the analog signal has reached  $+1/2$  LSB and succeeding output transitions occur every 1 LSB later up to full-scale.

The successive approximation register (SAR) performs 8 iterations to approximate the input voltage. For any SAR type converter, n-iterations are required for an n-bit converter. Figure 2 shows a typical example of a 3-bit converter. In the ADC0808, ADC0809, the approximation technique is extended to 8 bits using the 256R network.

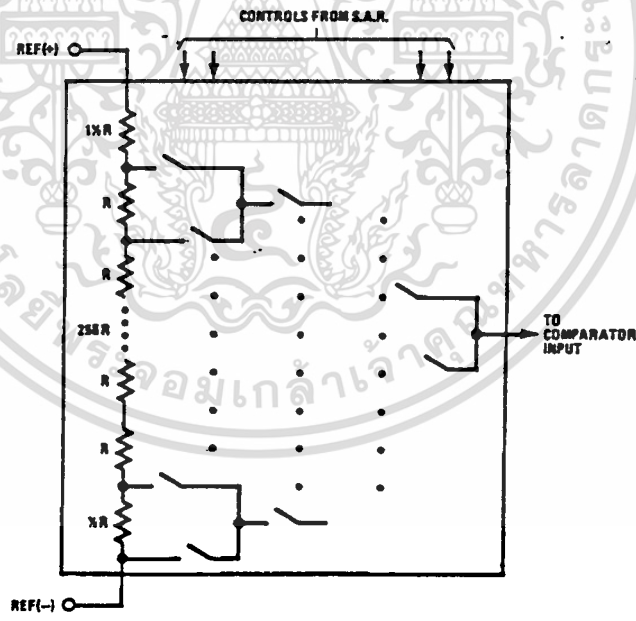


FIGURE 1. Resistor Ladder and Switch Tree

TU/H/6472-2

**Functional Description (Continued)**

The A/D converter's successive approximation register (SAR) is reset on the positive edge of the start conversion (SC) pulse. The conversion is begun on the falling edge of the start conversion pulse. A conversion in process will be interrupted by receipt of a new start conversion pulse. Continuous conversion may be accomplished by tying the end-of-conversion (EOC) output to the SC input. If used in this mode, an external start conversion pulse should be applied after power up. End-of-conversion will go low between 0 and 8 clock pulses after the rising edge of start conversion. The most important section of the A/D converter is the comparator. It is this section which is responsible for the ultimate accuracy of the entire converter. It is also the

comparator drift which has the greatest influence on the repeatability of the device. A chopper-stabilized comparator provides the most effective method of satisfying all the converter requirements.

The chopper-stabilized comparator converts the DC input signal into an AC signal. This signal is then fed through a high gain AC amplifier and has the DC level restored. This technique limits the drift component of the amplifier since the drift is a DC component which is not passed by the AC amplifier. This makes the entire A/D converter extremely insensitive to temperature, long term drift and input offset errors.

Figure 4 shows a typical error curve for the ADC0808 as measured using the procedures outlined in AN-179.

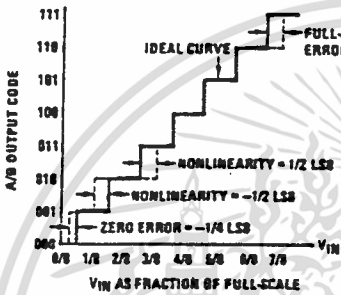


FIGURE 2. 3-Bit A/D Transfer Curve

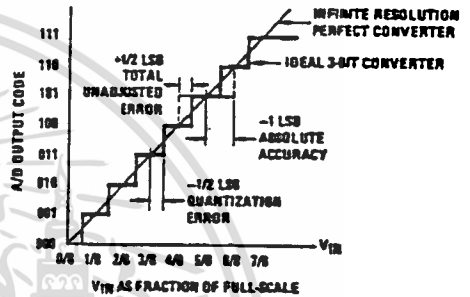


FIGURE 3. 3-Bit A/D Absolute Accuracy Curve

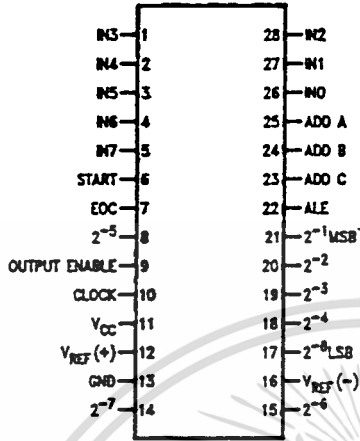


FIGURE 4. Typical Error Curve

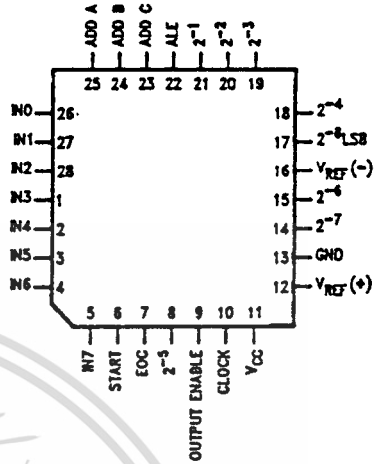
TL1V5672-3

### Connection Diagrams

Dual-In-Line Package



Molded Chip Carrier Package



TL/H/5672-11

Order Number ADC0808CCN, ADC0809CCN,  
ADC0808CCJ or ADC0809CCJ  
See NS Package J28A or N28A

TL/H/5672-12

Order Number ADC0808CCV or ADC0809CCV  
See NS Package V28A

### Timing Diagram

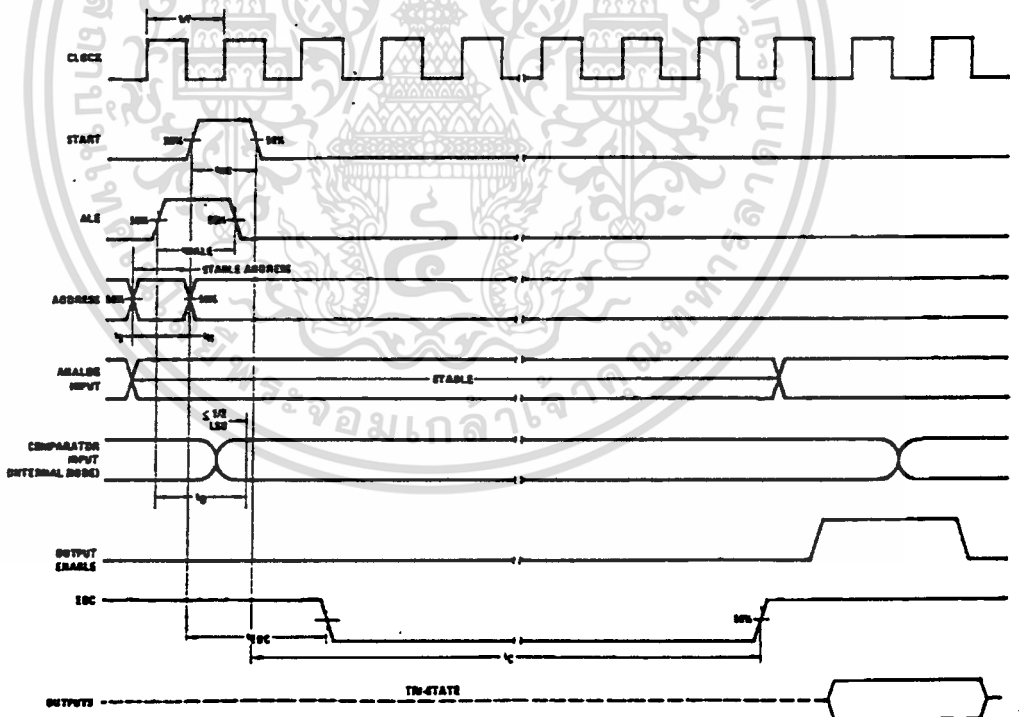


FIGURE 5

TL/H/5672-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Typical Performance Characteristics

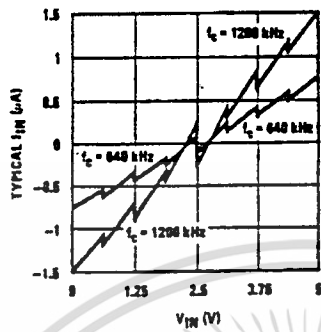


FIGURE 6. Comparator  $I_{IN}$  vs  $V_{IN}$  ( $V_{CC} = V_{REF} = 5V$ )

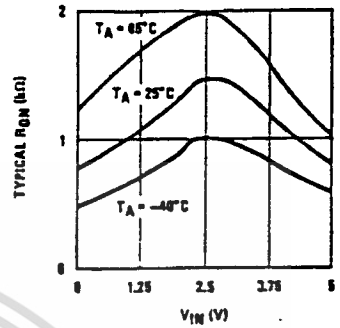


FIGURE 7. Multiplexer  $R_{ON}$  vs  $V_{IN}$  ( $V_{CC} = V_{REF} = 5V$ )

TL/M/5672-8

### TRI-STATE Test Circuits and Timing Diagrams

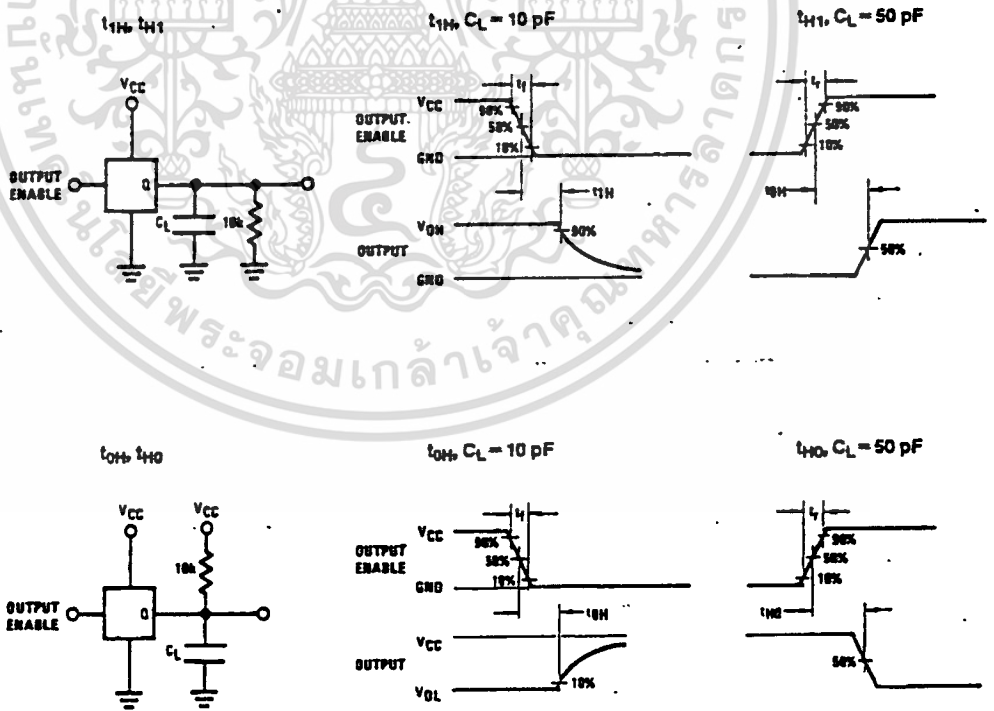


FIGURE 8

TL/M/5672-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Applications Information

## OPERATION

### 1.0 RATIOMETRIC CONVERSION

The ADC0808, ADC0809 is designed as a complete Data Acquisition System (DAS) for ratiometric conversion systems. In ratiometric systems, the physical variable being measured is expressed as a percentage of full-scale which is not necessarily related to an absolute standard. The voltage input to the ADC0808 is expressed by the equation

$$\frac{V_{IN}}{V_{FS} - V_Z} = \frac{D_X}{D_{MAX} - D_{MIN}} \quad (1)$$

- $V_{IN}$  = Input voltage into the ADC0808
- $V_{FS}$  = Full-scale voltage
- $V_Z$  = Zero voltage
- $D_X$  = Data point being measured
- $D_{MAX}$  = Maximum data limit
- $D_{MIN}$  = Minimum data limit

A good example of a ratiometric transducer is a potentiometer used as a position sensor. The position of the wiper is directly proportional to the output voltage which is a ratio of the full-scale voltage across it. Since the data is represented as a proportion of full-scale, reference requirements are greatly reduced, eliminating a large source of error and cost for many applications. A major advantage of the ADC0808, ADC0809 is that the input voltage range is equal to the supply range so the transducers can be connected directly across the supply and their outputs connected directly into the multiplexer inputs. (Figure 9).

Ratiometric transducers such as potentiometers, strain gauges, thermistor bridges, pressure transducers, etc., are suitable for measuring proportional relationships; however, many types of measurements must be referred to an absolute standard such as voltage or current. This means a system reference must be used which relates the full-scale voltage to the standard volt. For example, if  $V_{CC} = V_{REF} = 5.12V$ , then the full-scale range is divided into 256 standard steps. The smallest standard step is 1 LSB which is then 20 mV.

### 2.0 RESISTOR LADDER LIMITATIONS

The voltages from the resistor ladder are compared to the selected into 8 times in a conversion. These voltages are coupled to the comparator via an analog switch tree which is referenced to the supply. The voltages at the top, center and bottom of the ladder must be controlled to maintain proper operation.

The top of the ladder, Ref(+), should not be more positive than the supply, and the bottom of the ladder, Ref(-), should not be more negative than ground. The center of the ladder voltage must also be near the center of the supply because the analog switch tree changes from N-channel switches to P-channel switches. These limitations are automatically satisfied in ratiometric systems and can be easily met in ground referenced systems.

Figure 10 shows a ground referenced system with a separate supply and reference. In this system, the supply must be trimmed to match the reference voltage. For instance, if a 5.12V is used, the supply should be adjusted to the same voltage within 0.1V.

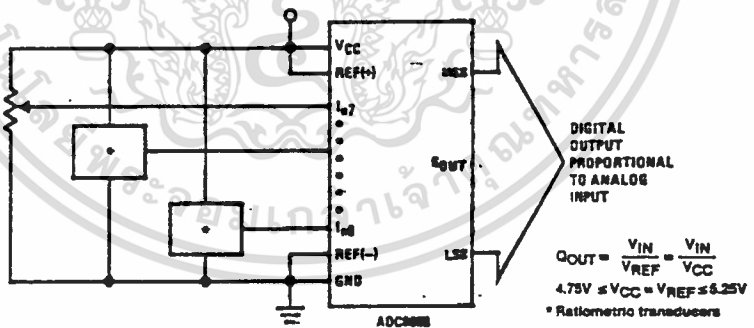


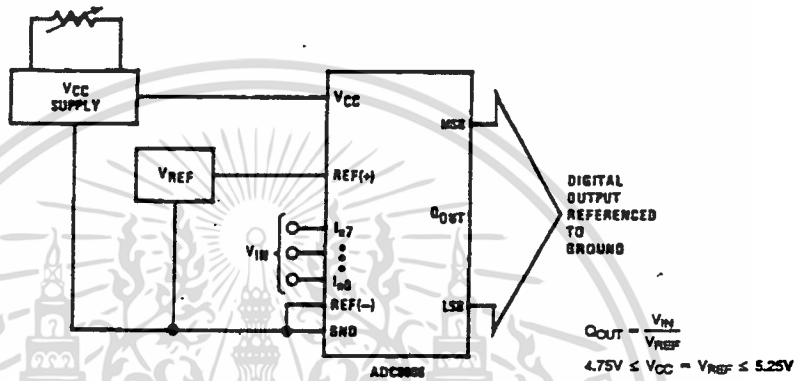
FIGURE 9. Ratiometric Conversion System

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

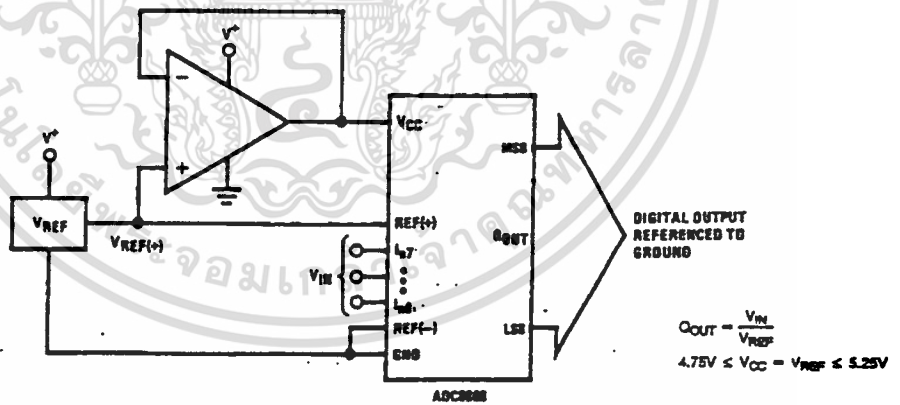
**Applications Information (Continued)**

The ADC0808 needs less than a milliamp of supply current so developing the supply from the reference is readily accomplished. In Figure 11 a ground referenced system is shown which generates the supply from the reference. The buffer shown can be an op amp of sufficient drive to supply the milliamp of supply current and the desired bus drive, or if a capacitive bus is driven by the outputs a large capacitor will supply the transient supply current as seen in Figure 12. The LM301 is overcompensated to insure stability when loaded by the 10  $\mu$ F output capacitor.

The top and bottom ladder voltages cannot exceed  $V_{CC}$  and ground, respectively, but they can be symmetrically less than  $V_{CC}$  and greater than ground. The center of the ladder voltage should always be near the center of the supply. The sensitivity of the converter can be increased, (i.e., size of the LSB steps decreased) by using a symmetrical reference system. In Figure 13, a 2.5V reference is symmetrically centered about  $V_{CC}/2$  since the same current flows in identical resistors. This system with a 2.5V reference allows the LSB bit to be half the size of a 5V reference system.



**FIGURE 10. Ground Referenced Conversion System Using Trimmed Supply**



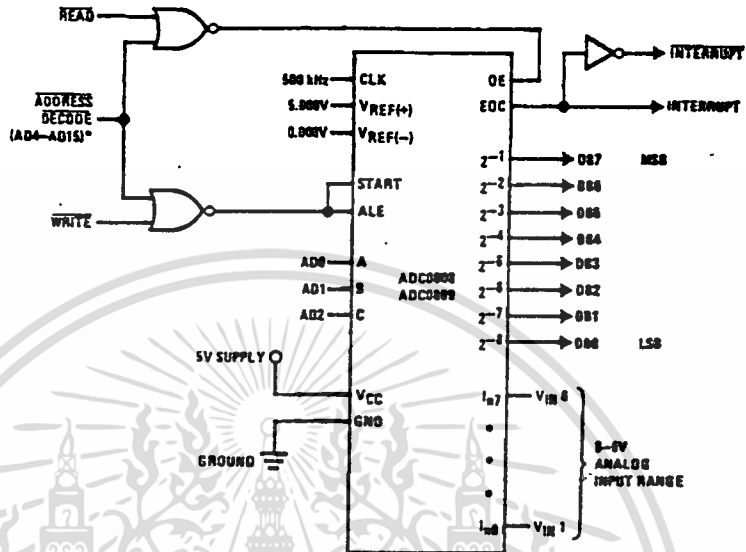
**FIGURE 11: Ground Referenced Conversion System with Reference Generating  $V_{CC}$  Supply**

TL/W/5672-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Typical Application



\*Address latches needed for 8085 and SC/MP interfacing the ADC0808 to a microprocessor

TL/M/5672-10

MICROPROCESSOR INTERFACE TABLE

PROCESSOR	READ	WRITE	INTERRUPT (COMMENT)
8080	MEMR	MEMW	INTR (Thru RST Circuit)
8085	RD	WR	INTR (Thru RST Circuit)
Z-80	RD	WR	INT (Thru RST Circuit, Mode 0)
SC/MP	NRDS	NWDS	SA (Thru Sense A)
6800	VMA=φ2•R/W	VMA=φ•R/W	IRQA or IRQB (Thru PIA)

Ordering Information

TEMPERATURE RANGE		-40°C to +85°C			-55°C to +125°C
Error	± 1/2 LSB Unadjusted	ADC0808CCN	ADC0808CCV	ADC0808CCJ	ADC0808CJ
	± 1 LSB Unadjusted	ADC0809CCN	ADC0809CCV		
Package Outline	N28A Molded DIP	V28A Molded Chip Carrier	J28A Ceramic DIP	J28A Ceramic DIP	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL4020AB



# CMOS 14-STAGE BINARY COUNTER

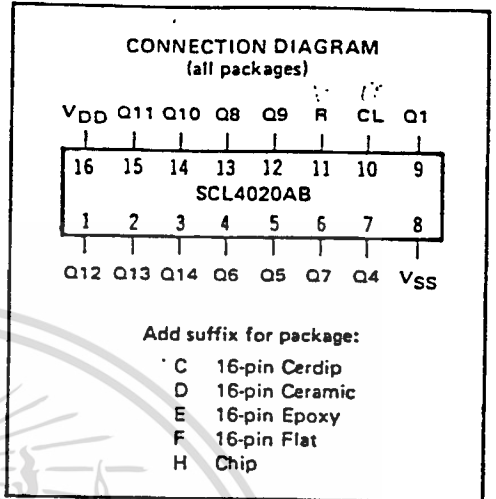
**FEATURES**

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

**DESCRIPTION**

The SCL4020AB consists of 14 ripple-carry binary counter stages with appropriate input buffers and reset circuitry. Buffered outputs are externally available from stages 1, and 4 through 14. The counter is reset to its "all zeroes" state by a high level on the Reset input. The counter is advanced one count on the negative-going transition of each input pulse. Isolation from external noise and the effects of loading is provided by output buffering.

Applications include time delay circuits, counter controls, and frequency-dividing circuits.



**RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS**

For maximum reliability:

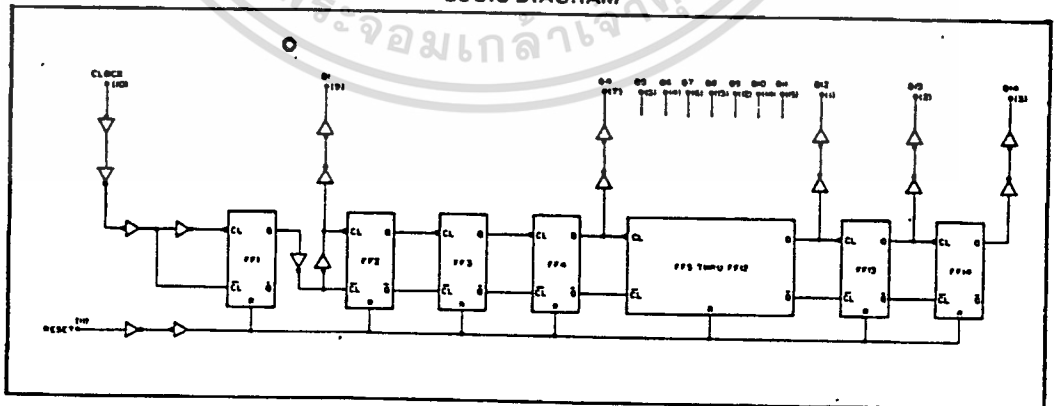
DC Supply Voltage	$V_{DD} - V_{SS}$	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	$T_A$	-55 to +125	°C
C, D, F, H Device		-40 to +85	°C
E Device			

**TRUTH TABLE**

CLOCK	RESET	OUTPUT STATE
	0	No Change
	0	Advance to next state
X	1	All Outputs are low

X = Don't Care

**LOGIC DIAGRAM**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS<sup>1</sup>

PARAMETER	V <sub>DD</sub> (V <sub>dC</sub> )	CONDITIONS	T <sub>LOW</sub> <sup>2</sup>		+25°C			T <sub>HIGH</sub> <sup>2</sup>		Units
			Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.	
QUIESCENT DEVICE CURRENT I <sub>DD</sub>	5	V <sub>IN</sub> =V <sub>SS</sub> or V <sub>DD</sub>	—	5	—	0.05	5	—	150	μAdc
	10	All valid input combinations	—	10	—	0.1	10	—	300	
	15		—	15	—	0.2	20	—	600	
OUTPUT HIGH (SOURCE) CURRENT C, D, F, H device	I <sub>OH</sub>	5	V <sub>OH</sub> = 4.6V	-0.15	—	-0.12	-0.5	—	-0.08	mA <sub>dc</sub>
		10	V <sub>OH</sub> = 9.5V	-0.37	—	-0.3	-1.15	—	-0.21	
		15	V <sub>OH</sub> = 13.5V V <sub>IN</sub> =V <sub>SS</sub> or V <sub>DD</sub>	-1.25	—	-1.0	-4.5	—	-0.69	
	E device	5	V <sub>OH</sub> = 4.6V	-0.14	—	-0.12	-0.5	—	-0.10	mA <sub>dc</sub>
		10	V <sub>OH</sub> = 9.5V	-0.35	—	-0.3	-1.15	—	-0.25	
		15	V <sub>OH</sub> = 13.5V V <sub>IN</sub> =V <sub>SS</sub> or V <sub>DD</sub>	-1.2	—	-1.0	-4.5	—	-0.85	
OUTPUT LOW (SINK) CURRENT C, D, F, H device	I <sub>OL</sub>	5	V <sub>OL</sub> = 0.4V	0.15	—	0.12	0.5	—	0.08	mA <sub>dc</sub>
		10	V <sub>OL</sub> = 0.5V	0.37	—	0.3	1.0	—	0.21	
		15	V <sub>OL</sub> = 1.5V V <sub>IN</sub> =V <sub>SS</sub> or V <sub>DD</sub>	1.25	—	1.0	5.8	—	0.69	
	E device	5	V <sub>OL</sub> = 0.4V	0.14	—	0.12	0.5	—	0.10	mA <sub>dc</sub>
		10	V <sub>OL</sub> = 0.5V	0.35	—	0.3	1.0	—	0.25	
		15	V <sub>OL</sub> = 1.5V V <sub>IN</sub> =V <sub>SS</sub> or V <sub>DD</sub>	1.2	—	1.0	5.8	—	0.85	

NOTES: <sup>1</sup> Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".  
<sup>2</sup> T<sub>LOW</sub> = -55°C for C, D, F, H device.  
 = -40°C for E device.  
 T<sub>HIGH</sub> = +125°C for C, D, F, H device.  
 = +85°C for E device.

DYNAMIC CHARACTERISTICS (C<sub>L</sub> = 50pF, T<sub>A</sub> = 25°C)

PARAMETER	V <sub>DD</sub> (V <sub>dC</sub> )	Min.	Typ.	Max.	Units	
<b>CLOCKED OPERATION</b>						
PROPAGATION DELAY TIME Clock to Q1	t <sub>PLH, t<sub>PML</sub></sub>	5	—	200	400	ns
		10	—	100	200	
		15	—	80	180	
Q <sub>1</sub> to Q <sub>1</sub> + 1	t <sub>PLH, t<sub>PML</sub></sub>	5	—	150 <sup>3</sup>	300	ns
		10	—	75	150	
		15	—	60	120	
OUTPUT TRANSITION TIME	t <sub>FLH, t<sub>FHL</sub></sub>	5	—	180	360	ns
		10	—	90	180	
		15	—	65	130	
MINIMUM CLOCK PULSE WIDTH	PW <sub>CL</sub>	5	—	100	200	ns
		10	—	50	100	
		15	—	40	80	
MAXIMUM CLOCK FREQUENCY	f <sub>CL</sub>	5	2.0	4.0	—	MHz
		10	4.0	8	—	
		15	5	10	—	
MAXIMUM CLOCK RISE AND FALL TIME	t <sub>CL, t<sub>CL</sub></sub>	5	15	—	—	μs
		10	15	—	—	
		15	5	—	—	
<b>RESET OPERATION</b>						
PROPAGATION DELAY TIME	t <sub>PML</sub>	5	—	300	600	ns
		10	—	150	300	
		15	—	120	240	
MINIMUM RESET PULSE WIDTH	PW <sub>R</sub>	5	—	150	300	ns
		10	—	75	150	
		15	—	60	120	
RESET REMOVAL TIME	t <sub>rem</sub>	5	—	250	500	ns
		10	—	125	250	
		15	—	100	200	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL4049UB Inverting  
SCL4050B Non-Inverting



CMOS  
HEX BUFFERS/CONVERTERS

FEATURES

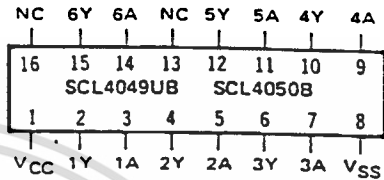
- ◆ Direct Drive of 2 TTL/DTL Loads
- ◆ Operation from Single Supply
- ◆ Pin-for Pin Replacements for SCL4009B, SCL4010B

DESCRIPTION

The SCL4049UB and SCL4050B are Inverting and Non-Inverting Hex Buffers, respectively, and feature logic-level conversion using only one supply voltage ( $V_{CC}$ ). The Input-signal high level ( $V_{IH}$ ) can exceed the  $V_{CC}$  supply voltage when these devices are used for logic-level conversions. These devices are intended for use as CMOS-to-DTL/TTL converters and can drive directly two DTL/TTL Loads.

The SCL4049UB and SCL4050B are interchangeable with SCL4009UB and SCL4010B devices, respectively. In these applications the SCL4049UB and SCL4050B are pin-compatible with the SCL4009UB and SCL4010B, respectively, and can be substituted for these devices in existing as well as in new designs. Terminal No. 16 is not connected internally on the SCL4049UB or SCL4050B; therefore, connection to this terminal is of no consequence to circuit operation.

CONNECTION DIAGRAM  
(all packages)



Add suffix for package:

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

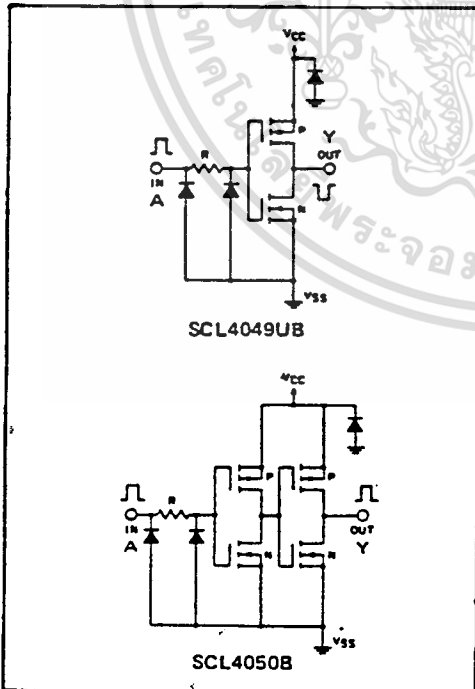
RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

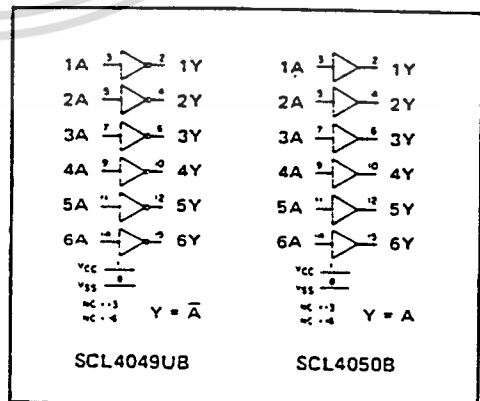
DC Supply Voltage	$V_{CC} - V_{SS}$	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	$T_A$	-55 to +125	°C
C, D, F, H Device		-40 to +85	°C
E Device			

Note: These devices contain input protection networks to  $V_{SS}$  only. Therefore,  $V_{IH} (max)$  may exceed  $V_{CC}$  without damage (subject to absolute maximum ratings).

SCHEMATIC DIAGRAMS



LOGIC DIAGRAMS



## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS <sup>1,2</sup>

PARAMETER	V <sub>CC</sub> (Vdc)	CONDITIONS	T <sub>LOW</sub> <sup>2</sup>		+25°C			T <sub>HIGH</sub> <sup>2</sup>		Units		
			Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.			
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I <sub>CC</sub>	V <sub>IN</sub> = V <sub>SS</sub> or V <sub>DD</sub> All valid input combinations	5	-	1.0	-	0.005	1.0	-	30	μAdc	
			10	-	2.0	-	0.01	2.0	-	60		
			15	-	4.0	-	0.02	4.0	-	120		
MINIMUM INPUT HIGH VOLTAGE SCL4049UB	V <sub>IH</sub>	V <sub>OL</sub> = 0.5V V <sub>OL</sub> = 1.0V V <sub>OL</sub> = 1.5V	5	-	4.0	-	2.75	4.0	-	4.0	Vdc	
			10	-	8.0	-	5.5	8.0	-	8.0		
			15	-	12.0	-	8.25	12.0	-	12.0		
MAXIMUM INPUT LOW VOLTAGE SCL4049UB	V <sub>IL</sub>	V <sub>OH</sub> = 3.5V V <sub>OH</sub> = 7.2V V <sub>OH</sub> = 10.8V	5	1.0	-	1.0	2.25	-	1.0	-	Vdc	
			10	2.0	-	2.0	4.5	-	2.0	-		
			15	3.0	-	3.0	6.75	-	3.0	-		
OUTPUT LOW (SINK) CURRENT C, D, F, H devices	I <sub>OL</sub>	V <sub>IN</sub> = V <sub>SS</sub> or V <sub>DD</sub>	5	4.0	-	3.2	6.4	-	2.4	-	mAdc	
			10	10	-	8.0	16	-	5.6	-		
			15	30	-	24.0	40	-	16.8	-		
			E device	5	3.8	-	3.2	6.4	-	2.6	-	mAdc
				10	9.6	-	8.0	16	-	6.4	-	
				15	28	-	24.0	40	-	19	-	

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

<sup>2</sup> T<sub>LOW</sub> = -55°C for C, D, F, H device.

= -40°C for E device.

T<sub>HIGH</sub> = +125°C for C, D, F, H device.

= + 85°C for E device.

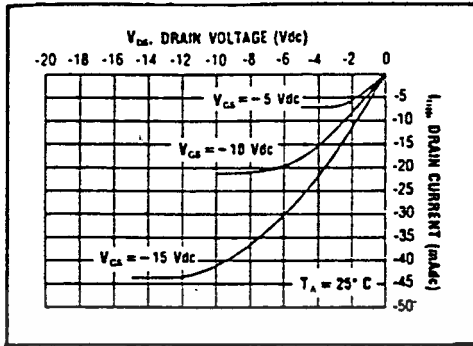
<sup>3</sup> These devices have been designed to meet the balanced output drive current specifications for Output High (Source) Current. Consult Family Specifications.

DYNAMIC CHARACTERISTICS (C<sub>L</sub> = 50pF, T<sub>A</sub> = 25°C)

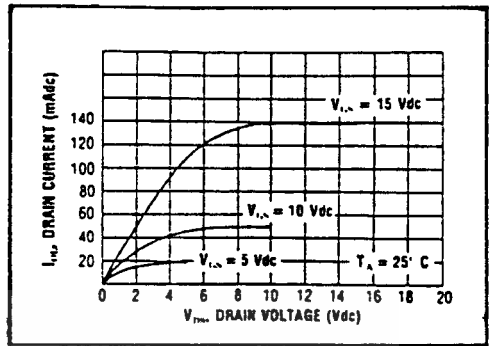
PARAMETER	V <sub>IN</sub> (Vdc)	V <sub>CC</sub> (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units		
PROPAGATION DELAY TIME SCL4049UB	I <sub>PLH</sub>	5	5	-	60	120	ns	
		10	10	-	32	65		
		15	15	-	25	50		
		10	5	-	45	90		
		15	5	-	45	90		
		10	10	-	30	60		
	SCL4050B	I <sub>PLH</sub>	5	5	-	70	140	ns
			10	10	-	40	80	
			15	15	-	30	60	
			10	5	-	45	90	
			15	5	-	40	80	
			10	10	-	30	60	
SCL4049UB	I <sub>PHL</sub>	5	5	-	32	65	ns	
		10	10	-	20	40		
		15	15	-	15	30		
		10	5	-	15	30		
		15	5	-	10	20		
		10	10	-	15	30		
	SCL4050B	I <sub>PHL</sub>	5	5	-	55	110	ns
			10	10	-	27	55	
			15	15	-	15	30	
			10	5	-	50	100	
			15	5	-	50	100	
			10	10	-	30	60	
OUTPUT TRANSITION TIME	t <sub>1LH</sub>	5	5	-	80	160	ns	
		10	10	-	40	80		
		15	15	-	30	60		
	t <sub>1HL</sub>	5	5	-	30	60		
		10	10	-	20	40		
		15	15	-	15	30		
INPUT CAPACITANCE SCL4049UB	C <sub>IN</sub>	-	-	-	15	22.5	pF	
		-	-	-	-	-		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

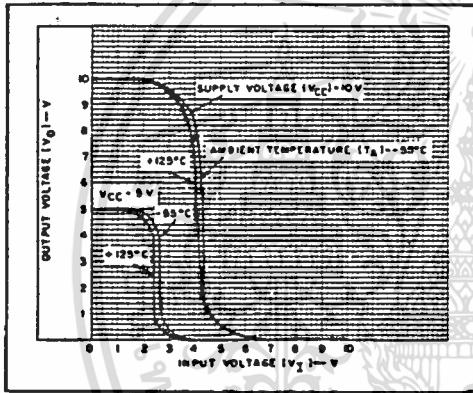
SCL4049B, SCL4050B



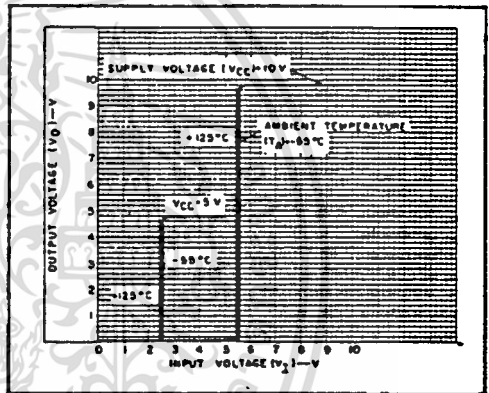
Typical P-Channel Source Current Characteristics



Typical N-Channel Sink Current Characteristics



Typical voltage transfer characteristics as a function of temperature for SCL4049UB.



Typical voltage transfer characteristics as a function of temperature for SCL4050B.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



5490/7490 Decade Counter

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package	
	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF
T.I.									SN54LS90	J	J	J	SN54LS90A	J	J	J	SN54LS90A	J	J	J
FAIRCHILD									SN74LS90	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J
MOTOROLA									SN74LS90	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J
N. S. C.									SN74LS90	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J
PHILIPS									SN74LS90	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J
SIGNETICS									SN74LS90	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J
SIEMENS									SN74LS90	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J
FUJITSU									SN74LS90	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J
HITACHI									SN74LS90	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J
MITSUBISHI									SN74LS90	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J
NEC									SN74LS90	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J
TOSHIBA									SN74LS90	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J	SN74LS90A	J	J	J

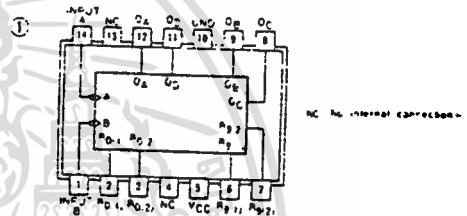
Electrical Characteristics SN54LS SN74LS90A

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range			
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS -55°C to 125°C
Input voltage	7V	temperature range	SN74LS 0°C to 70°C
Maximum output current (see Note 1)	5.5V	Storage temperature range	-65°C to 150°C

recommended operating conditions						
	SN54LS90A	SN74LS90A	UNIT			
	MIN	NOM	MAX			
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	4.5	5	5.5	V		
High-level output current, I <sub>OH</sub>			-400	mA		
Low-level output current, I <sub>OL</sub>			4	mA		
Count frequency, f <sub>count</sub>	A input	0	32	0	32	MHz
	B input	0	16	0	16	MHz
Pulse width, t <sub>p</sub>	A input	15	15	15	ns	
	B input	30	30	30	ns	
Reset inactive-state setup, t <sub>setup</sub>	Reset inputs	15	15	15	ns	
Reset inactive-state hold, t <sub>hold</sub>		25	25	25	ns	
Operating storage temperature, T <sub>A</sub>		-55	125	0	70	°C

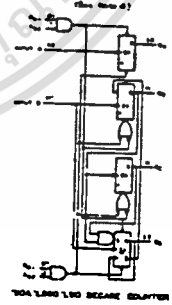
Pin Assignment (Top View)



Function Table

COUNT	OUTPUT				COUNT	OUTPUT				RESET COUNT			
	Q <sub>3</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>0</sub>		Q <sub>3</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>1</sub>	Q <sub>0</sub>	R <sub>0</sub>	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>
0	L	L	L	L	0	L	L	L	L	H	H	L	L
1	L	L	L	H	1	L	L	L	L	H	H	L	L
2	L	L	H	L	2	L	L	L	H	H	L	L	
3	L	L	H	H	3	L	L	H	L	H	L	L	
4	L	H	L	L	4	L	H	L	L	H	L	L	
5	L	H	L	H	5	L	H	L	H	H	L	L	
6	L	H	H	L	6	L	H	H	L	H	L	L	
7	L	H	H	H	7	L	H	H	H	H	L	L	
8	H	L	L	L	8	H	L	L	L	H	L	L	
9	H	L	L	H	9	H	L	L	H	H	L	L	

Functional Block Diagram



electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range					
PARAMETER*	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V <sub>IH</sub>	High-level input voltage		2		V
V <sub>IL</sub>	Low-level input voltage			0.8	V
V <sub>I</sub>	Input clamp voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>I</sub> = -10 mA		-1.5	V
V <sub>OH</sub>	High-level output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, V <sub>IH</sub> = 2V, V <sub>IL</sub> = 0.8V, I <sub>OH</sub> = -400 μA	2.7	3.4	V
V <sub>OL</sub>	Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, V <sub>IH</sub> = 2V, V <sub>IL</sub> = 0.8V, I <sub>OL</sub> = 8 mA	0.35	0.5	V
I <sub>I</sub>	Input current a	Any reset			0.1
		A input			0.2
I <sub>IH</sub>	High-level input current	Any reset			20
		A input	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> = 2.7V		40
I <sub>IL</sub>	Low-level input current	Any reset			-0.4
		A input	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> = 0.4V		-2.4
I <sub>OS</sub>	Short-circuit output current*	V <sub>CC</sub> = MAX	SN54LS	-20	-100
I <sub>CC</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> = MAX. See Note 2	SN74LS	-20	-100
t <sub>prop</sub>	from A to output Q <sub>a</sub>		32	42	nsec
	from B to output Q <sub>b</sub>		16		nsec
t <sub>PLH</sub>	from A to output Q <sub>a</sub>	V <sub>CC</sub> = 5V T <sub>A</sub> = 25°C C <sub>L</sub> = 15pF, R <sub>L</sub> = 2kΩ	10	16	nsec
t <sub>PHL</sub>	from A to output Q <sub>a</sub>		12	18	nsec
t <sub>PLH</sub>	from A to output Q <sub>d</sub>		32	48	nsec
t <sub>PHL</sub>	from A to output Q <sub>d</sub>		34	50	nsec
t <sub>PLH</sub>	from B to output Q <sub>b</sub>		10	16	nsec
t <sub>PHL</sub>	from B to output Q <sub>b</sub>		14	21	nsec
t <sub>PLH</sub>	from B to output Q <sub>c</sub>		21	32	nsec
t <sub>PHL</sub>	from B to output Q <sub>c</sub>		23	35	nsec
t <sub>PLH</sub>	from B to output Q <sub>d</sub>		21	32	nsec
t <sub>PHL</sub>	from B to output Q <sub>d</sub>		23	35	nsec
t <sub>PLH</sub>	from Set-to-C to Any output		26	40	nsec
t <sub>PLH</sub>	from Set-to-B to output Q <sub>a</sub> , Q <sub>d</sub>		20	30	nsec
t <sub>PLH</sub>	from Set-to-B to output Q <sub>b</sub> , Q <sub>c</sub>		26	40	nsec

- NOTES: 1. This is the voltage between two emitters of a multiple-emitter transistor. For this circuit, this rating applies between the two R<sub>0</sub> inputs, and it also applies between the two R<sub>1</sub> inputs.
2. I<sub>CC</sub> is measured with all outputs open, both R<sub>0</sub> inputs grounded following manufacturer's connector E 4.3 V, and all other inputs grounded.
3. Output Q<sub>a</sub> is connected to input B for "probability" count. Output Q<sub>c</sub> is connected to input C for "probability" count. Min = high level, L = low level, X = irrelevant.
4. The J and K inputs shown without connection are for reference only and are functionally at a high level.

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

‡ All typical values are at V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>A</sub> = 25°C.

\* Not more than one output should be shorted at a time.

§ Q<sub>a</sub>, Q<sub>b</sub> outputs are tested at I<sub>OL</sub> = 16 mA plus the limit value for I<sub>IL</sub> for the B input. This puts driving the B input while maintaining full fan-out capability.

¶ I<sub>OL</sub> = maximum output current.

‡ t<sub>PLH</sub> = propagation delay time, low to high-level output

‡ t<sub>PHL</sub> = propagation delay time, high-to-low-level output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 54165/74165 Parallel-Load 9-Bit Shift Register

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package	
T.I.									SN54LS165	JG			SN54165	JG						
FAIRCHILD									SN74LS165	JG	IND		FMS4165/FM93165	DD			FC74165	FC	3165	DD
MOTOROLA													MC74165							
N.S.C.													DM74165				DM54165A	JG	IND	FR
PHILIPS													DM74165A							
SIGNETICS													54165				54165	FT	BT	WD
SIEMENS													54165				54165	FC	BT	
FUJITSU													FL3451							
HITACHI																				
MITSUBISHI																				
NEC																				
TOSHIBA																				

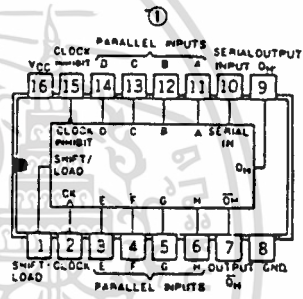
## Electrical Characteristics NS54LS165 SN74LS165

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range			
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	7V	Operating near	SN54LS: -55°C to 125°C
Input voltage	7V	temperature range	SN74LS: 0°C to 70°C
		Storage temperature range	-65°C to 150°C

recommended operating conditions						
	SN54LS165		SN74LS165		UNIT	
	MIN	NOM	MAX	MIN	MAX	
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	4.5	5	5.5	4.75	5.25	V
High-level output current, I <sub>OH</sub>			400		400	μA
Low-level output current, I <sub>OL</sub>			4		8	mA
Clock frequency, f <sub>clock</sub>	0		20	0	20	MHz
Width of clock input pulse, t <sub>w</sub> (clock)	75		75			ns
Width of load input pulse, t <sub>w</sub> (load)	15		15			ns
Clock-to-output setup time, t <sub>setup</sub>	30		30			ns
Parallel input setup time, t <sub>setup</sub>	10		10			ns
Serial input setup time, t <sub>setup</sub>	20		20			ns
Shift setup time, t <sub>setup</sub>	45		45			ns
Hold time at any input, t <sub>hold</sub>	0		0			ns
Operating free-air temperature, T <sub>A</sub>	-55		125	0	70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range						
PARAMETER*	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT	
V <sub>IH</sub>	High-level input voltage		2		V	
V <sub>IL</sub>	Low-level input voltage			0.8	V	
V <sub>I</sub>	Input clamp voltage	V <sub>CC</sub> - MIN, I <sub>I</sub> = -18 mA		-1.5	V	
V <sub>OH</sub>	High-level output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, V <sub>IH</sub> = 2V, V <sub>IL</sub> = 0.8V, I <sub>OH</sub> = -400 μA	2.7	3.5	V	
V <sub>OL</sub>	Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, V <sub>IH</sub> = 2V, V <sub>IL</sub> = 0.8V, I <sub>OL</sub> = 8 mA	0.35	0.5	V	
I <sub>I</sub>	Input current at maximum input voltage	SN74LS: V <sub>CC</sub> MAX, V <sub>I</sub> = 7V		0.3	mA	
		Other inputs		0.1		
I <sub>IH</sub>	High-level shift/load input	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> = 7V		60	μA	
	Other inputs			20		
I <sub>IL</sub>	Low-level shift/load input	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> = 0.4V		-1.2	mA	
	Other inputs			-0.4		
I <sub>OS</sub>	Short-circuit current †	V <sub>CC</sub> = MAX	SN54LS: -20	-100	mA	
			SN74LS: -20	-100		
I <sub>CC</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> = MAX, See Note 2		21	36	mA
f <sub>max</sub>	Maximum clock frequency		25	35	MHz	
t <sub>PLH</sub>	from L to any output	V <sub>CC</sub> = 5V, T <sub>A</sub> = 25°C, C <sub>L</sub> = 15 pF, R <sub>L</sub> = 2kΩ	22	35	ns	
t <sub>PHL</sub>	from H to any output		22	35		
t <sub>PLM</sub>	from clock to any output		27	46	ns	
t <sub>PHM</sub>			28	40		
t <sub>OLM</sub>	from H to output O <sub>n</sub>		19	25	ns	
t <sub>OLH</sub>			21	30		
t <sub>OHM</sub>	from H to output O <sub>n</sub>		21	30	ns	
t <sub>OHH</sub>			16	25		

## Pin Assignment (Top View)



positive logic:

## Function Table

165 (see Note 3)

SHIFT/LOAD	CLOCK INHIBIT	INPUTS				INTERNAL OUTPUTS		OUTPUT Q <sub>n</sub>
		CLOCK	SERIAL	PARALLEL A...M	Q <sub>A</sub>	Q <sub>B</sub>		
L	X	X	X	a...h	a	b	h	
H	L	L	X	X	Q <sub>A</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>n</sub>	
H	L	↑	M	X	M	Q <sub>A</sub>	Q <sub>n</sub>	
H	L	↑	L	X	L	Q <sub>A</sub>	Q <sub>n</sub>	
H	H	↑	X	X	Q <sub>A</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>n</sub>	

- NOTES: 1. This is the voltage between two emitters of a multiple-emitter transistor. For this circuit, this rating applies to the shif/ld input in conjunction with the clock or clock-inhibit inputs.
2. With the outputs open, clock inhibit and shif/ld at 4.5V, and a clock pulse applied to the clock input, I<sub>CC</sub> is measured first with the parallel inputs at 4.5V, then with the parallel inputs grounded.
3. M = high level (steady state), L = low level (steady state)  
 X = irrelevant (any input, including transitions)  
 ↑ = transition from low to high level  
 a...h = the level of steady-state input at inputs A thru H, respectively  
 Q<sub>A</sub>, Q<sub>B</sub>, Q<sub>n</sub> = the level of Q<sub>A</sub>, Q<sub>B</sub>, or Q<sub>n</sub>, respectively, before the indicated steady-state input conditions were established.  
 Q<sub>A</sub>, Q<sub>B</sub>, Q<sub>n</sub> = the level of Q<sub>A</sub> or Q<sub>B</sub>, respectively, before the most recent ↑ transition of the clock.

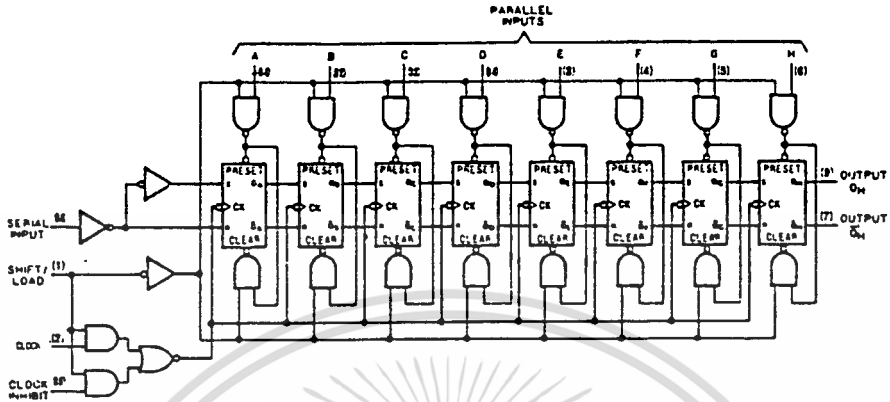
† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value under recommended operating conditions for the applicable device type.

‡ All typical values are at V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>A</sub> = 25°C.  
 \* Not more than one output should be shorted at a time.  
 † t<sub>PLH</sub> = Propagation delay time, low-to-high-level output  
 ‡ t<sub>PHL</sub> = Propagation delay time, high-to-low-level output

CONTINUED ON NEXT PAGE

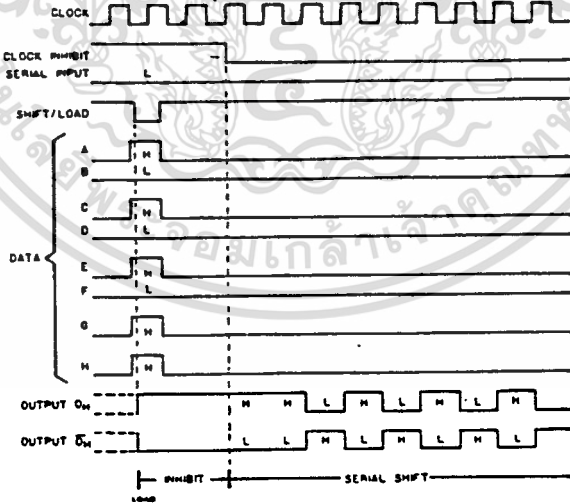
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Block diagram



165 PARALLEL-LOAD 8-BIT SHIFT REGISTER

typical shift and load, inhibit sequences



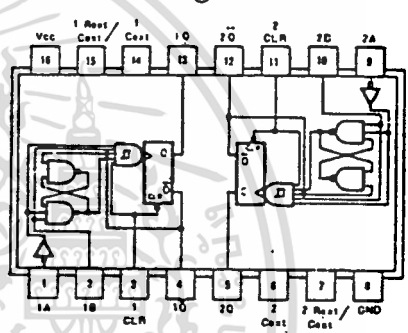
54221/74221 Dual Monostable Multivibrator with Schmitt-Trigger Input

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL					
	Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package		Device Type		Package			
	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF	C	P	M	CF		
T.I.									SN54LS221	J	D			SN74LS221	J	D						
FAIRCHILD									SN74LS221	J	D											
MOTOROLA																						
N.S.C.																						
PHILIPS									N74LS221		D			N74221		D						
SIGNETICS									N74LS221		C	D		N74221		A	D					
SIEMENS																						
FUJITSU									74LS221		M	D										
HTACH									H074LS221		P	D		H074221		P	D					
MITSUBISHI									M74LS221		P	D										
NEC																						
TOSHIBA																						

Electrical Characteristics SN54LS221/SN74LS221

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range			
Supply voltage V <sub>CC</sub>	7V	operating free air temperature range	SN54LS221 -55°C to 125°C
Input voltage	7V	storage temperature range	SN74LS221 -55°C to 125°C
Storage temperature range -55°C to 125°C			
recommended operating conditions			
	SN54LS221	SN74LS221	UNIT
Supply voltage V <sub>CC</sub>	4.5	5	5.5
High level output current I <sub>OH</sub>	-400	-400	mA
Low level output current I <sub>OL</sub>	0	0	mA
Rate of rise or fall of input signal	1	1	V/ns
Input signal delay time	40	40	ns
Output delay time	15	15	ns
External loading capacitance	14	14	100 pF
Internal loading capacitance	0	1800	1000 pF
Output duty cycle	50	50	%
Operating free air temperature T <sub>a</sub>	-55	125	0 to 75 °C

Pin Assignment (Top View)



positive logic: Low input to clear resets Q low and Q high regardless of d-c levels at A or B inputs.

Function Table

221, LS221 (EACH MONOSTABLE)

CLEAR	INPUTS			OUTPUTS	
	A	B	Q	Q̄	
L	X	X	L	H	
X	H	X	L	H	
X	X	L	L	H	
H	L	?	[Pulse]	[Pulse]	
H	?	H	[Pulse]	[Pulse]	

H = high level (steady state)  
 L = low level (steady state)  
 ? = transition from low to high level  
 ↓ = transition from high to low level  
 [Pulse] = one high-level pulse  
 [Pulse] = one low-level pulse  
 X = irrelevant

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range							
PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT		
V <sub>T+</sub>	Positive-going threshold voltage V <sub>CC</sub> = MIN, A input	1.0	1.0	2	V		
V <sub>T-</sub>	Negative-going threshold voltage V <sub>CC</sub> = MIN, A input	0.8	1.0	1.8	V		
V <sub>T+</sub>	Positive-going threshold voltage V <sub>CC</sub> = MIN, B input	1.0	1.0	2	V		
V <sub>T-</sub>	Negative-going threshold voltage V <sub>CC</sub> = MIN, B input	0.8	0.9	1.8	V		
V <sub>I</sub>	Input clamp voltage V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>I</sub> = -18mA			-1.5	V		
V <sub>OH</sub>	High-level output voltage V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>OH</sub> = -400µA	2.7	3.4	4.5	V		
V <sub>OL</sub>	Low-level output voltage V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>OL</sub> = 8mA	0.35	0.5	0.8	V		
I <sub>I</sub>	Input current at maximum input voltage V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> = 7V			0.1	mA		
I <sub>IH</sub>	High-level input current V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> = 2.7V			20	µA		
I <sub>IL</sub>	Low-level input current V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> = 0.4V			0.4	mA		
I <sub>OS</sub>	Short-circuit output current			100	mA		
I <sub>CC</sub>	Supply current			11	mA		
I <sub>PLH</sub>	from A to output Q	V <sub>CC</sub> = 5V, T <sub>A</sub> = 25°C, C <sub>L</sub> = 15pF, R <sub>L</sub> = 2kΩ		45	70	ns	
I <sub>PLH</sub>	from B to output Q			35	55	ns	
I <sub>PHL</sub>	from A to output Q̄			50	80	ns	
I <sub>PHL</sub>	from B to output Q̄			40	65	ns	
I <sub>PLH</sub>	from Clear to output Q			35	55	ns	
I <sub>PLH</sub>	from Clear to output Q̄			44	65	ns	
t <sub>1, out</sub>	from A or B to output Q or Q̄			70	120	150	ns
				20	47	70	ns
				600	670	750	ns
				6	6.9	7.5	ns

1 For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.  
 2 All typical values are at V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>A</sub> = 25°C.  
 3 Not more than one output should be shorted at a time.  
 4 t<sub>PLH</sub> = propagation delay time, low-to-high-level output.  
 5 t<sub>PLH</sub> = propagation delay time, high-to-low-level output.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จไปด้วยดีทางคณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ ผศ. วิชา พิทยสุวรรณพร ที่ให้คำแนะนำ และข้อมูลต่างๆที่เป็นประโยชน์ในการทำโครงการนี้ อ. ทรงชัย วีระทวิมาศ ที่ได้ให้คำแนะนำในการเขียนโปรแกรม เจ้าหน้าที่ store ที่ได้ให้ความสะดวกในการยืมอุปกรณ์ และการใช้คอมพิวเตอร์ในการทำโครงการนี้ ผู้ที่ลืมไม่ได้มากที่สุดซึ่งหากว่าไม่มีสองท่านนี้ ทางผู้จัดทำก็คงไม่มีโอกาสที่จะได้ทำโครงการนี้คือคุณพ่อและคุณแม่ และต้องขอบพระคุณเพื่อนๆชาววัดกุมฯที่ได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์และคำขู่ที่เป็นแรงกระตุ้นในบางครั้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

1. วิทยา เรืองพรวิสุทธิ คร., “คู่มือโปรแกรมภาษา C สำหรับผู้เริ่มต้น”, ซีเอ็ดยุคเกชั่น, 333 หน้า, 2536
2. ชันวา ศรีประโมง, “การเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับวิศวกรรม”, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหา นคร, 739 หน้า, 2537.
3. ISO 3274, “Instrument for the measurement of surface roughness by the profile method -Contact (stylus) instruments of consecutive profile transformation -Contact profile meters, system M”, International Standard, 7 p., 1975.
4. ISO 4287/1, “Surface roughness -Terminology -Part 1 : Surface and its parameters”, International Standard, 25 p., 1984.
5. ISO 4288, “Rules and procedures for the measurement of surface roughness using stylus instruments”, International Standard, 6 p., 1985.