



ปีการศึกษา 2533

การวิเคราะห์ปริมาณและลักษณะน้ำฝนในประเทศไทย



นายชวัญชัย บุปผาอินทร์ 301049  
นายศิเรก เรืองรัตนตรี 301076  
นายชเนศ ดิยะสิทธิ์กุลโกวิท 301093

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. ถวิล พึ่งมา

ปฏิทินฉบับนี้ ปีการศึกษา 2533

ภาควิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง การวิเคราะห์ปริมาณและลักษณะน้ำฝนในประเทศไทย

ผู้จัดทำ

1. นายชวัญชัย บุปผาอินทร์ 301049
2. นายดิเรก เรืองรัตนตรัย 301076
3. นายชเนศ ดิษะสิทธิ์กุลโกวิท 301093



*[Handwritten Signature]*

อาจารย์ปรึกษา

รศ. กวีล นิงมา

1127920

เลขหม..... 1-39153 ๕5

เลขทะเบียน..... 0879๕6

วัน, เดือน, ปี 1๕๓๔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อยู่ใต้อิทธิพลของลิขสิทธิ์  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงแหล่งที่มาที่ปรากฏไว้

## สารบัญ

บทที่	หน้า
บทคัดย่อ	1
1. บทนำ	3
2. เครื่องวัดปริมาณน้ำฝน	4
2.1 ประเภทของเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน	4
2.1.1 เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบ TIPPING BUCKET	4
2.1.2 เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบ DROPPING CALCULATION	4
2.2 หลักการของระบบเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบใหม่	6
2.3 อุปกรณ์สำคัญของชุดเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบอ่านค่าทันทีทันใด	7
3. การสร้างและการติดตั้ง ระบบการวัดปริมาณน้ำฝน-ระบบสื่อสารไมโครเวฟ	19
3.1 ส่วนประกอบและอุปกรณ์ของเครื่อง TIPPING BUCKET	19
3.2 หลักการทำงานของเครื่อง TIPPING BUCKET	21
3.3 ส่วนประกอบและอุปกรณ์ของชุดรับน้ำฝนแบบอ่านค่าทันทีทันใด	23
3.4 การออกแบบและหลักการทำงานของชุดรับน้ำฝน	25
3.5 การเปรียบเทียบการบันทึกผล-การวัดระหว่างเครื่อง TIPPING BUCKET กับเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบอ่านค่าทันทีทันใด	27
3.6 การแสดงผลการวัดสัญญาณทางคอมพิวเตอร์	28
3.7 ส่วนประกอบและการทำงานของ อนุภาค ทู ดิจิตอล คอนเวอร์เตอร์ การ์ด (ANALOG TO DIGITAL CONVERTER CARD)	30
3.8 การแสดงผลและการบันทึกข้อมูลทางคอมพิวเตอร์	33
3.9 การติดตั้งอุปกรณ์ของการรับส่งสัญญาณไมโครเวฟ	34
3.9.1 อุปกรณ์ทางด้านส่ง (TRANSMITTER)	34
3.9.2 อุปกรณ์ทางด้านรับ (RECEIVER)	37
4. การทดลองและผลการทดลอง	39
4.1 การทดลองวัดข้อมูลของปริมาณน้ำจากเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบอ่านค่าทันทีทันใด	39
4.2 การทดลองวัดข้อมูลของปริมาณน้ำจากเครื่องแบบ TIPPING BUCKET	43
4.3 การเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณน้ำที่วัดได้จากเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบอ่านค่าทันทีทันใดกับเครื่อง TIPPING BUCKET	46
4.4 การทดลองการอินเตอร์เฟสโดยเอ ทู ดี คอนเวอร์เตอร์ การ์ด	50
4.5 การทดลองส่ง-รับสัญญาณไมโครเวฟ	51
5. บทสรุป	52

**สารบัญ (ต่อ)**

กิตติกรรมประกาศ	53
เอกสารอ้างอิง	54
ภาคผนวก	55



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์ปริมาณและลักษณะน้ำฝนในประเทศไทย

ชวนิชก์ บุพผาอินทร์  
ดิเรก เวียงรัตนศรี  
ชเนศ ตีระสิทธิ์กุล เกวีก  
รศ.ถวิล พึ่งมา อาจารย์ที่ปรึกษา  
ปีการศึกษา 2533

บทคัดย่อ

ในการสื่อสารที่ใช้คลื่นความถี่ในย่านไมโครเวฟนั้น มักจะประสบปัญหาในเรื่องของการ  
จางหายและการลดทอนของสัญญาณไมโครเวฟ โดยเฉพาะในช่วงที่มีฝนตกเนื่องจากประเทศไทย  
ตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น จึงทำให้มีฝนตกชุกเกือบตลอดทั้งปี ปัญหาดังกล่าวจึงมีผลกระทบท่อ  
การสื่อสารไมโครเวฟในประเทศไทย

ดังนั้นเพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าว การศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลของปริมาณน้ำฝน จึงเป็น  
สิ่งจำเป็นอย่างมาก อนึ่ง เครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝนที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ ไม่สามารถให้ข้อมูลที่  
ลักษณะตามความต้องการที่จะนำมาวิเคราะห์ได้ ปริมาณฝนเหล่านั้นจึงได้นำเลเซอร์ของวัด  
ปริมาณน้ำฝนที่มีความละเอียดสูง สามารถอ่านค่า ปริมาณน้ำฝนได้แม่นยำในขณะใดขณะหนึ่ง จากนั้น  
นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์การลดทอนของสัญญาณไมโครเวฟที่ความถี่ 19.9 GHz เพื่อให้ได้  
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนที่ตกกับการลดทอนของสัญญาณไมโครเวฟอันจะทำให้สามารถชดเชย  
สัญญาณที่ถูกลดทอนได้ และการสื่อสารก็เป็นไปอย่างราบรื่น ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่วัดได้ในแต่ละปี  
ถูกเก็บบันทึก โดยเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำเป็นสถิติไว้ใช้ในการชดเชยสัญญาณไปเลย เสมอไป

THE ANALYSIS OF RAINFALL VOLUME IN THAILAND

Chawanut Buppha-in

Direk Ruangrattana-trai

Thaned Tiyasatkulkowit

Ass.Professor Tawil Puangma Advisor

Abstract

The effect of signal attenuation and fading caused by the heavy rain is a vary big problem to the communication systems, especially to Thailand which situated in the tropical area.

To solving such problem , the study and analysis of rainfall data is very important. Unfortunately, the existing of rainfall measuring equipment at the moment can not get satisfy results due to low accuracy.

This paper described the design and implementation of a highly accurate rainfall measuring equipment, which can read out the capacity of rainfall at each short period of time. The results then analized with 19.9 GHz<sub>2</sub> Microwave signal to find out the relationship between the rainfall capacity and the attenuation of signal.

## บทที่ 1 บทนำ

ในปัจจุบัน ความต้องการในการใช้การสื่อสารระบบไมโครเวฟ มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการที่จะตอบสนองความต้องการเหล่านั้น ให้เป็นที่เพียงพอซึ่งวิธีการก็คือ การเพิ่มย่านความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ ให้มีค่าสูงขึ้นกว่าย่านความถี่ 10 GHz แต่การเพิ่มย่านความถี่ให้สูงขึ้นนั้น มีปัญหาตามมามากโดยเฉพาะการลดทอนของสัญญาณไมโครเวฟ อันเนื่องมาจากฝน และการลดทอนจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความถี่สูงขึ้น

การลดทอนกำลังลงเนื่องจากฝนขึ้นอยู่กับส่วนประกอบต่าง ๆ ของตัวกลางในเส้นทางการสื่อสาร เช่น ปริมาณของฝนที่ตกตามระยะทางของการสื่อสาร ความหนาแน่นของฝนตามระยะทางนั้น ความเร็วและทิศทางของลมซึ่งมีผลต่อมุมเอียงของเม็ดฝน รูปร่างของเม็ดฝน รูปร่างและขนาดของพายุ ออณหภูมิของน้ำฝน หรืออาจพูดได้ว่าการลดทอนกำลังลงของคลื่นไมโครเวฟของระบบการสื่อสารใด ๆ เป็นสัดส่วนกับส่วนประกอบต่าง ๆ ของสภาพแวดล้อมและภูมิอากาศ ในเส้นทางสื่อสารวิทยุนั้น ๆ

ถึงแม้ว่าการลดทอนของสัญญาณไมโครเวฟ จะเกิดจากหลายสาเหตุด้วยกันที่เกี่ยวข้องเนื่องจากฝน แต่ปริมาณฝนที่ตกมากหรือน้อยในระยะเวลาต่าง ๆ กัน ก็เป็นสาเหตุสำคัญที่จะมีผลต่อการลดทอนสัญญาณ ฉะนั้นข้อมูลปริมาณน้ำฝนจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่เราต้องการเพื่อการวิจัยและพัฒนาาระบบสื่อสารต่อไปในอนาคต

ในการศึกษาสัญญาณไมโครเวฟที่ขาดหายไป หรือถูกลดทอนในชั้นบรรยากาศที่มีฝนตกจำเป็นอย่างหนึ่งที่จะต้องใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำฝน ซึ่งข้อมูลทางด้านนี้ได้มีการทดลองและเก็บรวบรวมไว้แล้วในต่างประเทศแถบยุโรป แต่ว่าข้อมูลเหล่านี้ก็ไม่เหมาะสมกับประเทศไทยแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น ประเทศไทย ดังนั้นจึงต้องมีการวิจัยเพื่อหาข้อมูลในสภาพอากาศของประเทศไทย เพื่อให้เป็นประโยชน์ในการออกแบบระบบการสื่อสารเพื่อให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ทั้งนี้ การที่จะได้ข้อมูลของปริมาณน้ำฝน จำเป็นต้องใช้เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนและเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เป็นเครื่องวัดแบบที่โมเลกุลเอ็ชดมากนั้ก จะวัดค่าปริมาณน้ำฝนเป็นค่าเฉลี่ยอย่างหยาบ ๆ ซึ่งเหมาะกับการนำไปใช้ในการพยากรณ์อากาศแต่ถ้าจะนำมาใช้เพื่อศึกษาเปรียบเทียบกับสัญญาณไมโครเวฟ จะต้องใช้เครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝนที่ละเอียดพอ สามารถอ่านค่าปริมาณน้ำฝนได้ตลอดเวลา ปริมาณในพจนานุกรมฉบับนี้จึงได้เสนอเครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝนแบบอ่านค่าได้ทันทีทันใด โดยใช้ โฟลว์เซนเซอร์ เป็นตัววัดปริมาณการไหลผ่านของน้ำ

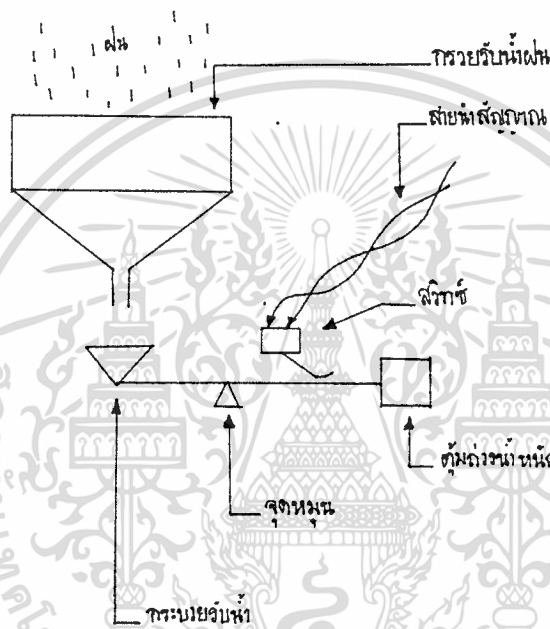
และเพื่อให้เครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝนแบบที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้เข้าเชื่อถือ ในปริมาณพจนานุกรมฉบับนี้ จึงได้แสดงข้อมูลของการทดลองเปรียบเทียบเกี่ยวกับเครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝนแบบที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ให้เห็นว่า แตกต่างกันอย่างไร แบบไหนเหมาะสมกับการนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลน้ำฝน เพื่อการศึกษาถึงผลกระทบต่อสัญญาณไมโครเวฟ

## บทที่ 2 ประเภทของเครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝน

### 2.1 ประเภทของเครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝนในปัจจุบัน

เครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝนที่ชั้กันอยู่ในปัจจุบันจะแสดงผลออกมาเป็นค่าเฉลี่ยไม่สามารถอ่านค่าในขณะที่ขณะหนึ่งได้ ที่นิยมใช้มีอยู่ 2 ชนิดคือ

#### 2.1.1 เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบ TIPPING BUCKET มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.1

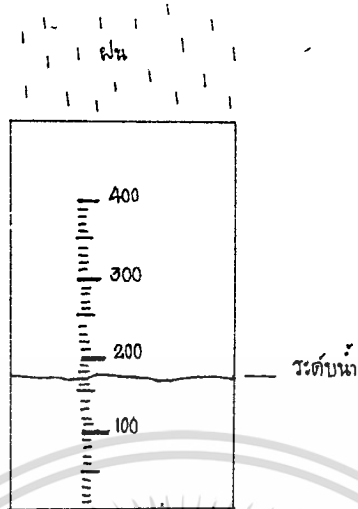


รูปที่ 2.1 เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบ TIPPING BUCKET

เมื่อกระบอกวัดรับน้ำฝนจนเต็มกระบอก จะทำให้โมเมนต์ที่ตำแหน่งของกระบอกมีค่ามากกว่าโมเมนต์ที่ตำแหน่งของค้ำน้ำหนัก จึงเกิดการเทน้ำออกจากกระบอกและทุก ๆ ครั้งที่กระบอกเทน้ำออกก็จะไปกดสวิตช์ครั้งหนึ่ง ทำให้สามารถรู้ปริมาณน้ำโดยการนับจำนวนพัลส์จากสวิตช์ว่ามีกี่ครั้งในเวลาที่กำหนด แต่เครื่องวัดแบบนี้มีข้อเสียคือถ้าฝนตกหนัก กระบอกจะเทน้ำไม่ทันจะต้องมีน้ำฝนจำนวนหนึ่งทิ้งไปเฉย ๆ โดยไม่ผ่านกระบอก ฉะนั้นค่าที่วัดได้มักจะน้อยกว่าความจริงเสมอ

#### 2.1.2 เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบ DROPPING CALCULATION มีลักษณะดังแสดงใน

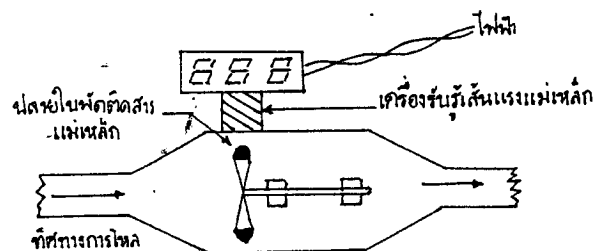
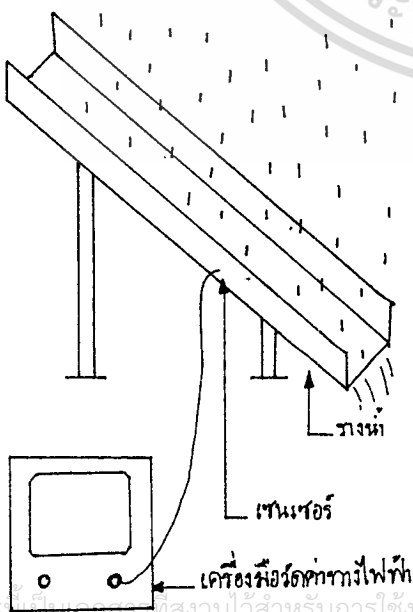
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 2.2  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.2 เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบ DROPPING CALCULATION

เครื่องวัดแบบนี้สามารถอ่านค่าปริมาณน้ำฝนออกมาเป็นค่าความสูงได้ โดยอาศัยหลักการวัดปริมาณน้ำที่ตกลงมาภาชนะในเวลาที่จำกัด ซึ่งภาชนะนี้ได้อ่านตัวเลขความสูงสำหรับอ่านค่าไว้แล้ว โดยอ่านออกมาเป็น มม./ซม.

เนื่องจากเครื่องวัดทั้ง 2 แบบดังกล่าวจะแสดงค่าออกมาเป็นค่าเฉลี่ย ไม่สามารถอ่านค่าปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งได้ จึงมีผู้คิดค้นเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบอ่านค่าตามเวลาขึ้น 2 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.3 และ 2.4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

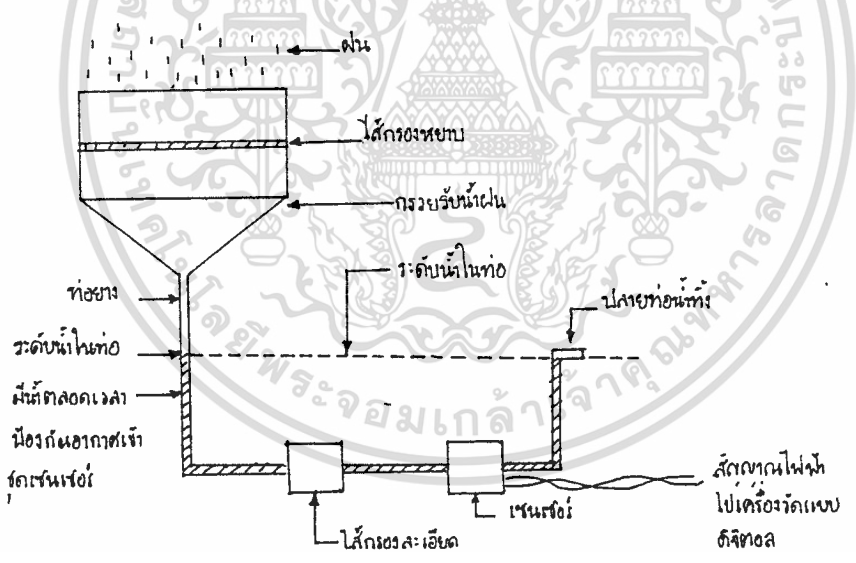
รูป 2.3 เครื่องวัดแบบวัดค่าทางไฟฟ้า

รูป 2.4 เครื่องวัดแบบใช้กึ่งน้ำหนัก

เครื่องวัดปริมาณน้ำมันคงแสดงในรูปที่ 2.3 นี้ใช้หลักการที่ว่าปริมาณน้ำมันวางแปรผัน โดยตรงกับค่าทางไฟฟ้า ส่วนเครื่องวัดคงแสดงในรูปที่ 2.4 นี้ใช้หลักการปริมาณน้ำที่ไหล ผ่านกั้นหินแปรผันโดยตรงกับความเร็วการหมุนกั้นหิน อย่างไรก็ตาม เครื่องมือวัดทั้ง 2 แบบนี้ ไม่ค่อยมีผู้นิยมใช้ เพราะสัดส่วนระหว่างปริมาณน้ำมันและค่าที่วัดได้ไม่เป็นลิเนียร์ เนื่องจากค่า ทางไฟฟ้าและความฝืดของกั้นหิน

2.2 หลักการของระบบเครื่องวัดน้ำมันแบบใหม่ (แบบอ่านค่าทันทีทันใด)

ระบบของเครื่องวัดปริมาณน้ำมันแบบอ่านค่าได้ทันที ถูกจัดไว้ดังแสดงในรูป 2.5 ซึ่ง ปลายท่อน้ำทั้งจะต้องให้อยู่ในระดับที่สูงกว่าโพล์เซ็นเซอร์ (Flow Sensor) และให้มันน้ำยังอยู่ ตลอดเวลาเพื่อป้องกันไม่ให้อากาศเข้าสู่คัพโพล์เซ็นเซอร์อื่นเนื่องจากอากาศสามารถเคลื่อนที่ผ่าน โพล์เซ็นเซอร์แล้วสามารถทำให้โรเตอร์ภายในโพล์เซ็นเซอร์หมุนได้ ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่ได้รับ ได้ผิดพลาด



รูป 2.5 ระบบชุดวัดปริมาณน้ำมันแบบอ่านค่าได้ทันที

เมื่อมีฝนตก น้ำฝนซึ่งเข้ามาที่กรวยรับน้ำฝนจะถูกกรองโดยไส้กรองหยาบ ซึ่งทำด้วยตะแกรงตาข่ายอยู่ที่ปากกรวยเพื่อกันเศษใบไม้ แมลงต่างๆไม่ให้ลงไปในห้องอันก่อให้เกิดการอุดตันได้ น้ำที่ไหลลงไปในห้องจะไปเพิ่มระดับความสูงของน้ำในห้องด้านที่ต่อกับกรวยให้สูงขึ้นกว่าระดับน้ำที่ปลายท่อน้ำทิ้งจึงเกิดความไม่สมดุลของแรงดันน้ำที่ระดับเดียวกันก็จะเกิดการดันน้ำที่ปลาย ท่อน้ำทิ้งให้ไหลออกไป เพื่อปรับความกดดันของน้ำที่ระดับเดียวกันเท่านั้น กล่าวคือ ถ้าน้ำเข้า

มากก็จะไปดันน้ำที่ซึ่งไว้ให้ไหลออกไปจากปลายท่อน้ำทิ้งเท่ากับปริมาณน้ำที่เข้ามา

ในขณะที่มีการไหลของน้ำในท่อนั้นเกิดจากแรงกดดันของน้ำไม่เท่ากันนั้น น้ำจะถูกกรองอีกครั้งโดยไส้กรองละเอียดซึ่งทำเป็นเครื่องกรองน้ำคล้ายเครื่องกรองน้ำส้ม น้ำที่ไหลผ่านโพลีเมอร์ เช่น เซลลูลอส จะทำให้โรเตอร์ภายใน โพลีเมอร์ เช่น เซลลูลอส หมุน และบนโรเตอร์จะมีแถบสีขาวดำสลับกันอย่างละ 8 แถบ ฉะนั้นเมื่อแถบสีขาวหมุนตัดผ่านแสงเลเซอร์ที่มีอยู่ภายในตัว โพลีเมอร์ เช่น เซลลูลอส ก็จะทำให้เกิดการสะท้อนของแสงกลับเกิดการนับจำนวนพัลส์ต่อช่วงเวลาหนึ่ง ๆ โดย โพลีเมอร์ เช่น เซลลูลอส จะให้ค่าออกมาเป็นความถี่ของพัลส์ ค่าที่ได้จะถูกนำไปแปลงเป็นค่าปริมาณไฟฟ้าโดยใช้ คอนเวอร์เตอร์ ค่าแรงดันไฟฟ้านี้จะถูกนำไปบันทึกในเครื่องแสดงผลอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา และเนื่องจากการเทียบค่า (CALIBRATE) แรงดันไฟฟ้าให้เป็นค่าปริมาณน้ำฝน เราก็สามารถอ่านค่าปริมาณน้ำฝนได้จากค่าที่บันทึกโดยเครื่องแสดงผลได้ตลอดเวลา

### 2.3 อุปกรณ์ที่สำคัญของชุดเครื่องรับน้ำฝนแบบอ่านค่าทันทีทันใด

#### 2.3.1 โพลีเมอร์ เช่น เซลลูลอส การเลือกใช้โพลีเมอร์ เช่น เซลลูลอส ที่ใช้อยู่โดยทั่วไปมี 3 แบบ คือ

แบบ โมเมนตัม โพลีเมอร์ (Momentum Flowmeter)

แบบ โวลุ่มเมตริก โพลีเมอร์ (Volumetric Flowmeter)

แบบ แมส โพลีเมอร์ (Mass Flowmeter)

ซึ่งแต่ละแบบก็มีประเด็นในการเลือกใช้ตามจุดประสงค์ โดยดูจากการตัดสินใจดังนี้

#### ชนิดของของเหลว (TYPE OF FLUID)

\* ของเหลวหรือก๊าซ (Liquid or Gas)

\* ส่วนผสมทางซีเมนต์ (Slurry)

\* ของผสมหลายชนิด (Multi-Phase)

#### รายละเอียดพิเศษของของเหลว

\* ความสะอาดหรือสกปรก (Clean or Dirty)

\* มีผลต่อสุขภาพ-สิ่งมีชีวิต (Hygienic)

\* ก่อให้เกิดสนิมหรือทำให้สึกกร่อน (Corrosive)

\* ขูดลอกหรือก่อให้เกิดการลอก (Abrasive)

\* สามารถติดไฟได้ (High Flammability)

\* ความลื่น - การไหล (Low Lubricity)

\* การวัดปริมาณ (Fluids Causing Scaling)

#### ลักษณะที่ต้องการของโพลีเมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

\* ความถูกต้อง แม่นยำ (Precision)

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

\* ขนาดของการนำของเหลว (Diameter Range)

- \* ข้อย้ำจำกัดทางอุณหภูมิ (Temperature Range)
- \* ข้อย้ำจำกัดทางความดัน (Pressive Maximum)
- \* ความข้น หรือความหนืด ที่สามารถวัดได้ (Viscosity Range)
- \* อัตราการไหล (Flow Range)
- \* แรงดันที่ทำให้เกิดสภาพการสูญเสียการไหล อันเนื่องมาจาก FLOW METER (Press loss created by FLOW METER)
- \* ความรวดเร็วในการติดตั้ง (Sensitivity to Installation)
- \* ความรวดเร็วในการให้สัญญาณ การสั่น การเดิน (Sensitivity to Pulsation)
- \* ระยะเวลาของการตอบสนอง (Response Time)
- \* องค์ประกอบภายนอกที่ต้องการ (Ambient conditions required)

**องค์ประกอบล้อมรอบที่ตกลงการใช้ในการตัดสินใจ**

- \* อุณหภูมิล้อมรอบ (Ambient Temperature)
- \* ความชื้น (Humidity)
- \* สามารถติดตั้งไว้ในบรรยากาศปกติ (Exposure to Weather)
- \* ระดับของการกระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Level of Electromagnetic Radiation)
- \* การสั่นสะเทือน (Vibration)
- \* พื้นที่ที่ต้องการ (Classification of The Area Requiring)
- \* ความปลอดภัย การป้องกันการเสียหาย (Intrinsic Safety, Explosion proof)

สำหรับการเลือกใช้นี้ของ ไฟลว์มิเตอร์ ต้องพิจารณาตามหัวข้อดังนี้ โดยจะมีตารางของการเปรียบเทียบคุณสมบัติต่าง ๆ ดังนี้



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Notes
Flowmeter type	Liquid or gas	Slurry	Two-phase	Other	Diameter range <sup>d</sup> (mm)	Temperature range <sup>e</sup> (°C) <sup>†</sup>	Flow range <sup>d</sup> (m <sup>3</sup> /hr (kg/hr))	Pressure loss	Sensitivity to installation <sup>‡</sup>	Initial cost	
Momentum <sup>1</sup> Orifice	L G	† x	† ?	† ••	50-1000	up to +540	1-3 x 10 <sup>6</sup> (L) 10-4 x 10 <sup>6</sup> (G)	† H	† H	† L, M	Concentric ISO orifice with differential pressure cell assumed. Eccentric used for two-phase flow.
Venturi	L G	•	•	••	50-1200	-180 to +540	30-7000 (L) 400-10 <sup>5</sup> (G)	M	M, L	M, H	
Target	L G	‡	•	•	12-100	-45 to +540	1-5 x 10 <sup>4</sup> (L) 0.5- (G)	H	H	M	
Variable area	L G	x	x		15-150	-300 to ‡350	10 <sup>-2</sup> -1000 (L) 10 <sup>-4</sup> -2000 (G)	M	L	L	Glass, plastic assumed; higher ratings for steel.
Volume Positive displacement	L G	x	‡	•••	4-1000	-30 to +315 (L) -50- +120 (G)	0.01-2000 (L) 0.01-3000 (G)	H, M	L	H	
Turbine	L G	x	x	•••	5-600	-200 to +260	0.01-10000 (L) 0.01-10 <sup>3</sup> (G)	M	H	L, M	Assumes high precision instruments rather than robust etc. Pelton wheel for very low flows.
Vortex	L G	x	x	••	12-200	-40 to +200	3-3000 (L) 50-10 <sup>5</sup> (G)	H, M	H	L, M	Fluidic flowmeter suitable for very low flows.
Electromagnetic	L	••	••	••	2-3000	-50 to +190	10 <sup>-2</sup> -3 x 10 <sup>5</sup>	L	M	M	Only available commercially for electrically conducting fluids.
Ultrasonic transit time	L G	‡	‡	•	3-3000 (L) 20-2000 (G)	-40 to +200	3-3 x 10 <sup>5</sup> (L) 3-10 <sup>6</sup> (G)	L	M, H	M, H	Single beam design are more sensitive to installation. Correlation and Doppler for two-phase flows.
Mass Thermal	G	x	x	•	3-6	0 to +65	3 x 10 <sup>-4</sup> -0.03	M	L	M	Available as a by-pass flowmeter for higher flows (up to 400 m <sup>3</sup> /hr). Low flow liquid versions available.
Wheatstone Bridge	L	x	x	••	6-60	-30 to +150	(0.05-2.5 x 10 <sup>4</sup> )	n/a	L	H	Specialist instrument more suitable for R. & D laboratory
Angular momentum	L	x	x	••	20-30	-40 to +150	(100-5 x 10 <sup>3</sup> )	M	M	M	Particularly suitable for aircraft fuel flow.
Coriolis	L	•	x	••	1-150	-75 to +245	(5-5 x 10 <sup>3</sup> )	M	M, L	H	

† ••• Very high; •• more suitable; high; \* Suitable; medium; † blank Uncertain; lower; ‡ Unsuitable.

L = Low; M = Medium; H = High.

Notes

1 Some proprietary devices offer special features: higher differential pressure, linear characteristic, suitable for pulsating flows, etc.

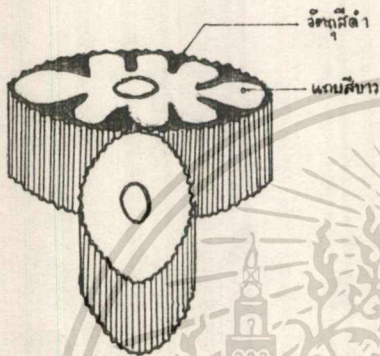
2 Observe specific constraints for each type of meter: installed life, solids limits, material compatibility, etc.

3 Larger or smaller sizes may be available.

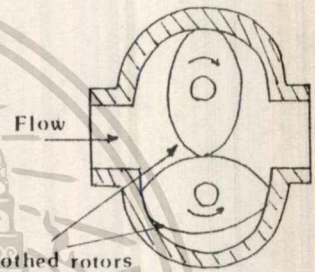
4 Other ranges may be available.

5 Flow conditioning may be used in some applications to reduce this effect.

สำหรับการเลือกใช้ชนิดของ Volumetric Flowmeter ในการวัดปริมาณน้ำ โดยเราเลือกแบบ Positive Displacement สำหรับของเหลว ซึ่งแบบนี้จะมีเซ็นเซอร์ที่ใช้ เป็นแบบโรเตอร์ที่มีรูปร่างเป็นวงรี 2 ตัว บนตัวโรเตอร์จะมีแถบสีขาวดำสลับกันสีละ 8 แถบ ดัง รูปที่ 2.6 และใช้แสงเลเซอร์นับจำนวนของแถบสีขาวในขณะที่โรเตอร์หมุน โดยอาศัยของแสงที่ ว่าคลื่นแสงจะสะท้อนกลับเมื่อกระทบวัตถุสีขาว แต่จะถูกดูดกลืนเมื่อกระทบวัตถุสีดำก็จะสามารถนับ จำนวนพัลส์ออกมาได้



รูป 2.6 แสดงแถบสีบนโรเตอร์



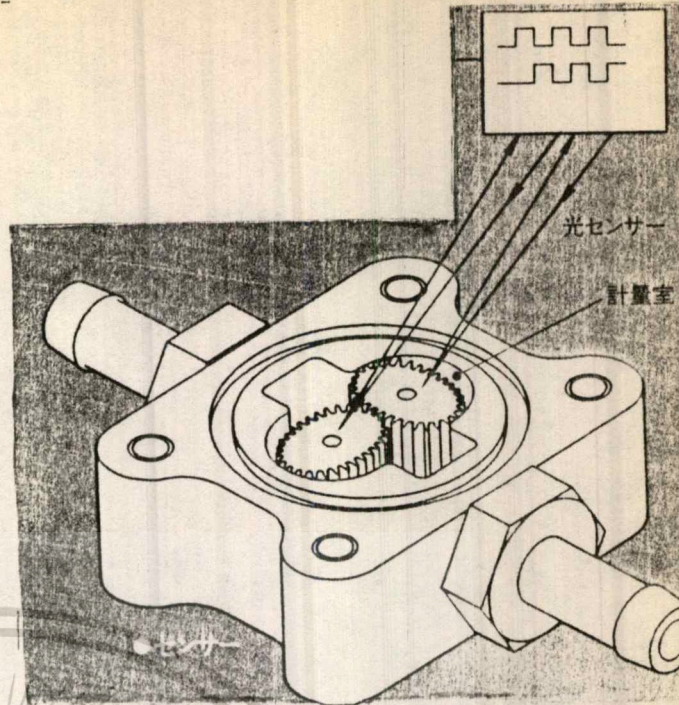
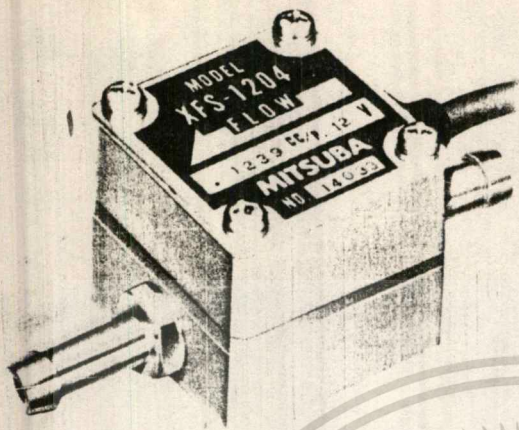
รูป 2.7 แสดงการไหลผ่านของน้ำและ การหมุนของโรเตอร์

เมื่อน้ำเข้ามาในตัว โฟลว์เซ็นเซอร์ น้ำจะถูกปิดกั้นโดยโรเตอร์ทั้งสองและน้ำจะดันโรเตอร์ทั้งสองให้หมุนดังแสดงในรูปที่ 2.7 ซึ่งจะเปิดช่องให้น้ำผ่านไปทางด้านข้างจำนวน 1 cc. และเมื่อโรเตอร์หมุนครบ 1 รอบจะให้น้ำผ่านออกไปได้ 1 cc. ในขณะที่เดียวกันแสงเลเซอร์ สามารถนับแถบสีขาวได้ 8 แถบ ทำให้ได้ output ออกมา 8 พัลส์

โฟลว์เซ็นเซอร์ที่เลือกใช้นี้เป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท Mitsuba จำกัด โมเดล XF1204 มีคุณสมบัติดังนี้

- ความผิดพลาดไม่เกิน  $\pm 1\%$
- โรเตอร์หมุน 1 รอบจะให้น้ำผ่าน 1 cc. และจะให้พัลส์ที่เอาท์พุท 8 พัลส์
- ปริมาณน้ำสูงสุดที่ผ่านได้ 45 ลิตรต่อชั่วโมง
- ทำงานเที่ยงตรงที่อุณหภูมิ -10 ถึง 60 องศาเซลเซียส
- ใช้ไฟเลี้ยง 12 v<sub>dc</sub>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.8 เซ็นเซอร์ XFS-1204

2.3.2 เอฟ/วี คอนเวอร์เตอร์ (F/V Converter) : สัญญาณที่ออกมาจากโฟลว์เซ็นเซอร์ ซึ่งอยู่ในรูปของความถี่ของพัลส์จะถูกแปลงเป็นระดับของความต่างศักย์โดย F/V Converter โมเดล KAZ-731 Converter นี้จะทำงานในช่วง Low Speed ตั้งแต่ 2  $\mu$ H<sub>z</sub> ถึงช่วง High Speed 10 KH<sub>z</sub>

เอฟ/วี คอนเวอร์เตอร์ จะให้เอาต์พุตเป็นความต่างศักย์ (Voltage) หรือกระแส (Current) จากอินพุตที่เป็นความถี่ (Frequency)

มีโหมดสวิตช์ (MODE SWITCH) ให้เลือกใช้ฟังก์ชัน 4 แบบ และสามารถปรับอินพุตเทอร์มินอล ให้เข้ากับเซ็นเซอร์ชนิดต่างๆ

เทอร์มินอลต่าง ๆ

อินพุตเทอร์มินอล : + 12 v : ซัพพลาย (supply) สำหรับเซ็นเซอร์

in + : สัญญาณอินพุตบวก

in - : สัญญาณอินพุตลบ

COM : กราวด์ (GND) สำหรับสัญญาณอินพุต

EVENT เทอร์มินอล : ถ้าทำการช้อตกับ com จะทำการปรับ อินพุตให้เหลือ 1 ใน 10 เท่า ของระดับ แต่เอาต์พุตจะไม่เปลี่ยน

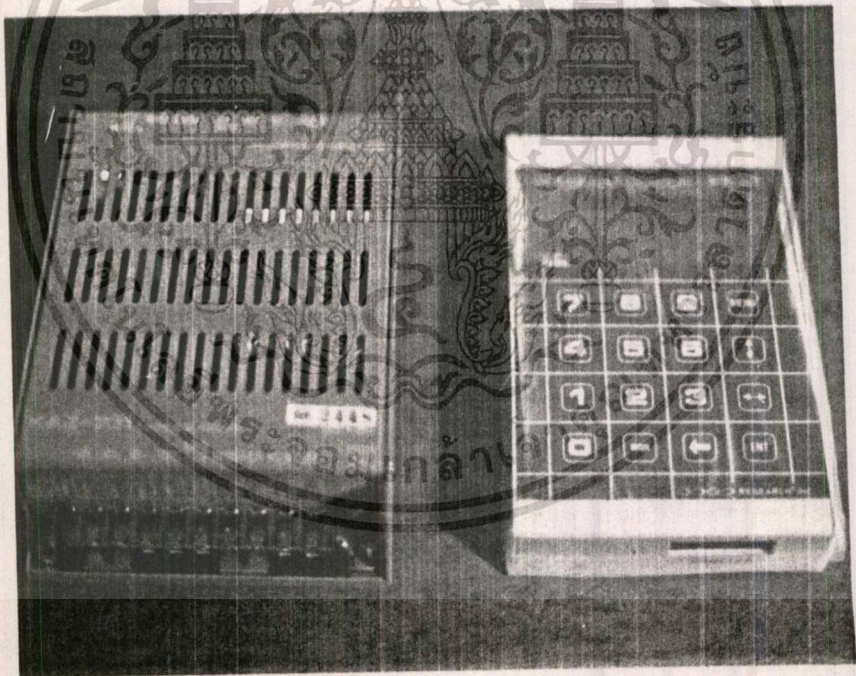
อนาลอก เอาพุทท์ : กระแส ; สำหรับเลือกเอาต์พุตที่เป็นกระแสออก

โวลท์เตจ ; สำหรับเลือกเอาต์พุตที่เป็นโวลท์เตจออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้ภายในงานเพื่อเตรียม AC 100 V ; ซัพพลายสำหรับเครื่อง ประโยชน์ด้านการค้า ไม่พวกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และ FG ; อีเฟรมกราวด์ (Frame Ground) ที่ต้องติด

ข้อดีของการเลือกใช้ FREQUENCY TO VOLTAGE CONVERTER KAZ 731

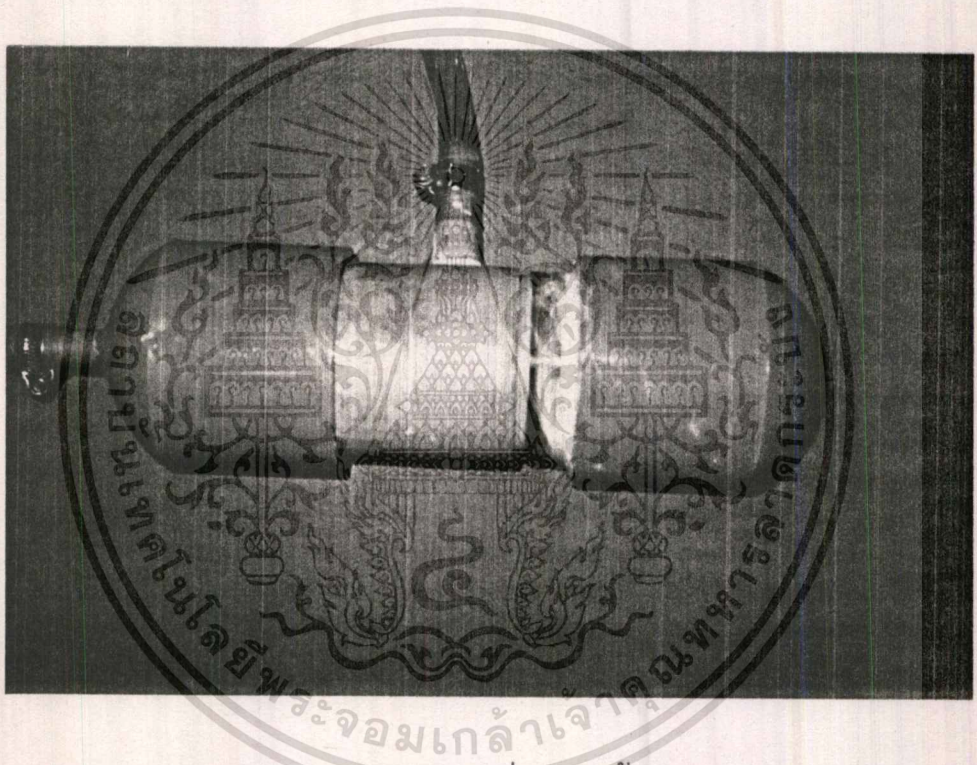
1. มีความแน่นอนในการวัด การเกิดสัญญาณที่เกิดอย่างช้า (Ultra Low Speed) โดยไม่มีการกระเพื่อม (ripple) และให้ผลตอบสนองอย่างทันทีทันใด แม้อัตราจะเป็น 1 รอบ ต่อ ชม.
2. มีความแน่นอนในการวัด การขึ้น ๆ ลง ๆ ของการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเห็นจาก 1 รอบต่อนาที ถึง 100 รอบต่อนาที
3. การวัดการไหลสามารถวัดการไหลแล้วให้ค่าการไหลทันทีทันใดได้ หรือเลือกใช้ฟังก์ชันอื่นได้ เช่น Time average, Divide, Moving Average โดยโปรแกรมด้วยเครื่อง PL-1 (Program Loader)
4. ให้ความแน่นอน รวดเร็วในการแปลงสัญญาณเมื่อเริ่มและหยุด
5. ควบคุมการเปิด - ปิด ของการไหลข้อมูล โดยไม่ก่อให้เกิดการรบกวน การกระเพื่อมของสัญญาณในขณะที่ทำการเปิด - ปิด



รูป 2.9 F/V CONVERTER

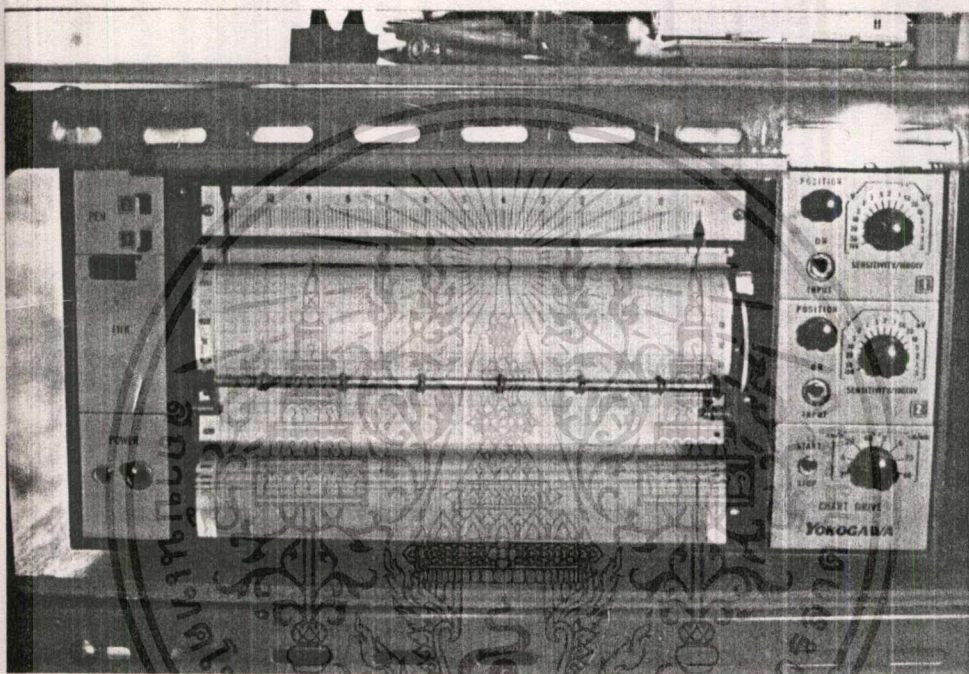
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3 เครื่องกรองน้ำ เป็นส่วนของภากรกรองละเอียดเพื่อกรองไม่ให้สิ่งสกปรกที่แขวนลอยมากับน้ำผ่านเข้าไปยังโพล์เซ็นเซอร์ เพราะจะทำให้ไปอุดตันโรเตอร์ที่อยู่ภายในเซ็นเซอร์ได้ และยังอาจทำให้พื้นของโรเตอร์เกิดความฝืดจนโรเตอร์หมุนไม่ปกติจากเดิมที่เราใช้หม้อกรองที่ใช้กรองของเหลว เช่น เครื่องกรองน้ำมันเบนซิน แต่เมื่อทำการทดลองหลาย ๆ ครั้งจะมีสิ่งอุดตันไปเกาะที่ไส้กรองซึ่งลักษณะของเครื่องกรองแบบนี้จะถอดไส้กรองเปลี่ยนไม่ได้ซึ่งเป็นผลทำให้ต้องทำการเปลี่ยนหม้อกรองใหม่ เราจึงได้ทำการสร้างเลียนแบบลักษณะของเครื่องกรองน้ำดื่มที่มีขายตามท้องตลาด ซึ่งมีรูปร่างดังรูป 2.10 โดยไส้กรองข้างในนั้นเป็นไส้กรองที่มีขายกันทั่ว ๆ ไป ส่วนตัวถังนั้นเราใช้ท่อประปาพลาสติกมาประกอบกันเป็นตัวถังโดยมีเกลียวหมุนเพื่อเปลี่ยนไส้กรองได้เมื่อมันสกปรก



รูป 2.10 เครื่องกรองน้ำ

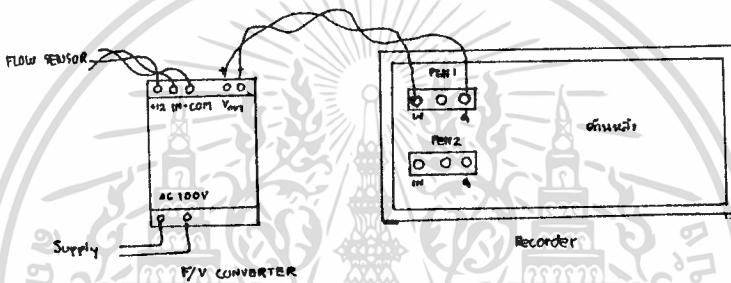
2.3.4 เครื่องแสดงผล (Recorder) จะบันทึกผลเป็นค่าปริมาณน้ำฝนได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ซึ่งจริง ๆ แล้วเครื่องนี้จะบันทึกค่าแรงดันไฟฟ้าแต่ด้วยการเปรียบเทียบค่า (calibrate) แล้วจะสามารถอ่านค่าปริมาณน้ำฝนได้เลย และจะชอกล่าวรายละเอียดของการเปรียบเทียบค่าในหัวข้อของการออกแบบขนาดชุดรับน้ำฝน



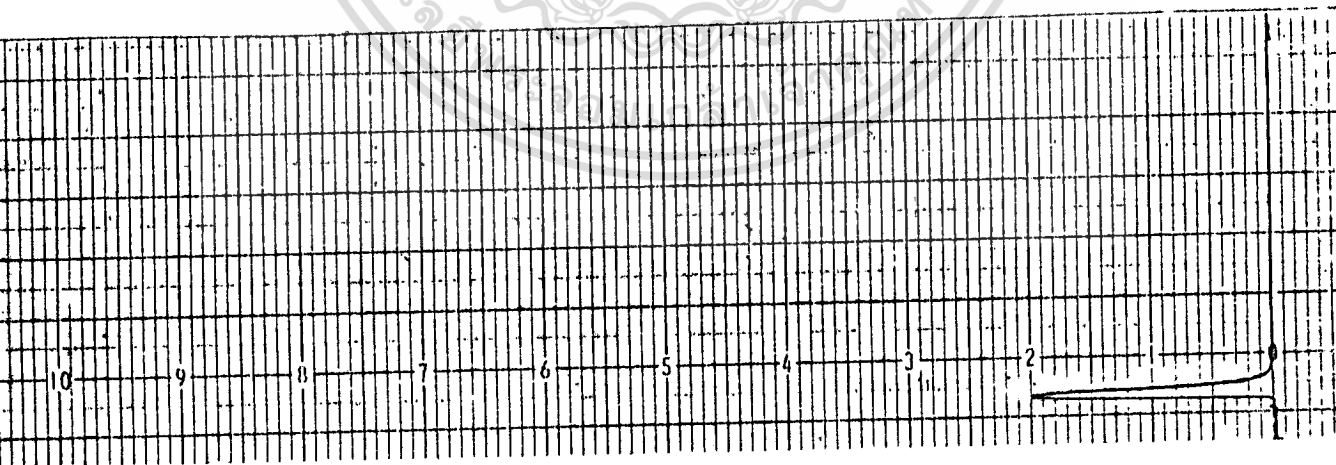
รูป 2.11 เครื่องบันทึกผล

### หลักการทํางานของเครื่องบันทึกผล

ข้อมูลที่อยู่ในรูปความต่างศักย์ที่เป็นเอาต์พุตจาก เอฟ/วี คอนเวอร์เตอร์ จะป้อนเข้าทางขาอินพุต + , COM ของเครื่องบันทึกผล (Recorder) เครื่องบันทึกผลจะทำการพล็อตค่าของแรงดันดังกล่าวลงบนกระดาษบันทึกผล ซึ่งค่าของแรงดันดังกล่าวเราจะสามารถอ่านค่าได้จากการกำหนดสเกลของเครื่องบันทึกผล



รูป 2.12 การนำสัญญาณเข้าเครื่องบันทึกผล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการ **รูป 2.13 กระดาษกราฟที่ใช้บันทึกผล** นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดแอมพลิจูดของเครื่องบันทึกผล จะมีเกณฑ์ในการปรับดังนี้

- มีช่องรับสัญญาณ 2 ช่อง (Channel 1, Channel 2)
- ความไว (sensitivity) /100 DIV : หน่วย โวลต์หรือ มิลลิโวลต์ /100 DIV เป็น  
การปรับค่าทางแกนแนวนอนที่จะกำหนดว่าใช้กี่โวลต์/100 ช่องเล็ก (หรือพูดอีกอย่างหนึ่งว่า  
ช่องละกี่โวลต์) ซึ่งสเกลนี้เราจะนำไปใช้เพื่อความสัมพันธ์อื่น ๆ ได้ (ในการทดลองของ  
โปรเจ็คนี้ใช้เป็นสเกลทางความสูง หน่วยเป็น มม.)
- ชาร์ต ไดรฟ์ (Chart Drive) : เป็นการปรับค่าของการเลื่อนของแกนเวลา

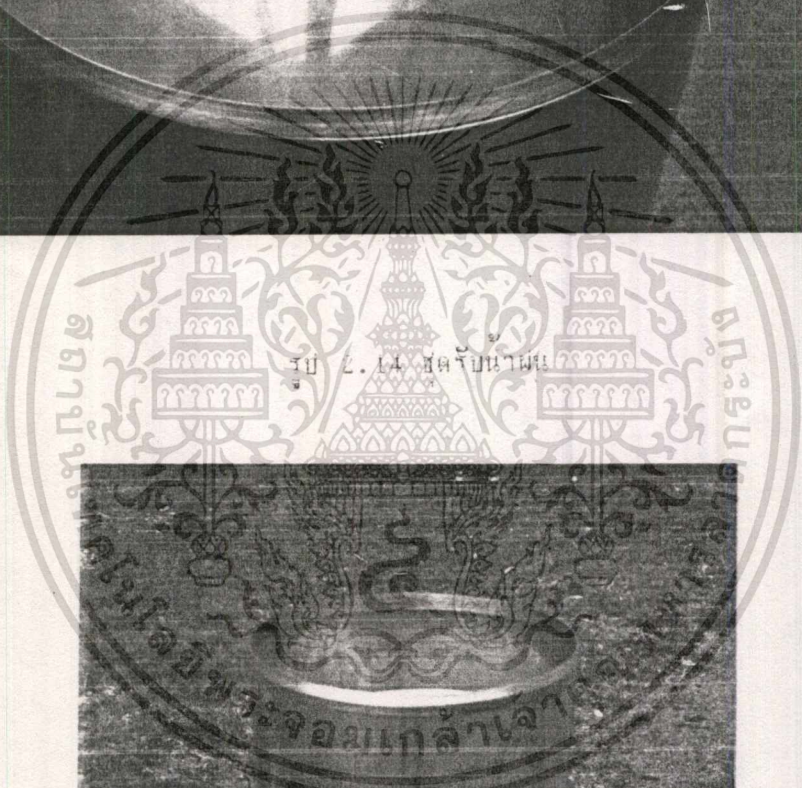
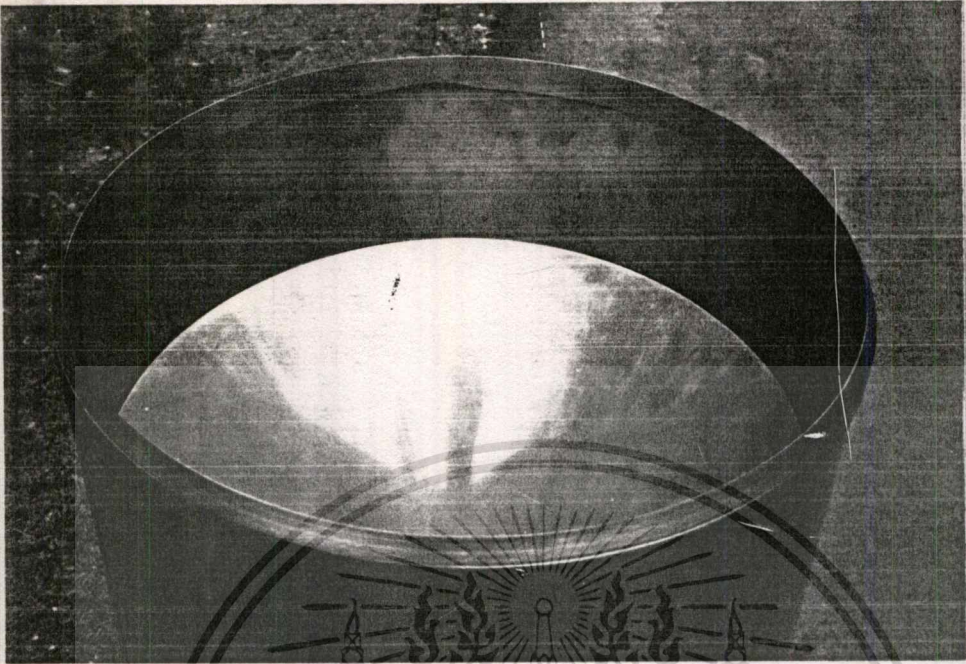


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.5 ชุดรับน้ำฝน เป็นอุปกรณ์ที่มีรูปทรงเป็นตัวตั้งทรงกระบอก มีส่วนช่องปากที่จะรับน้ำฝนเป็นวงกลม ซึ่งจะกล่าวรายละเอียดและการสร้างในบทที่ 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

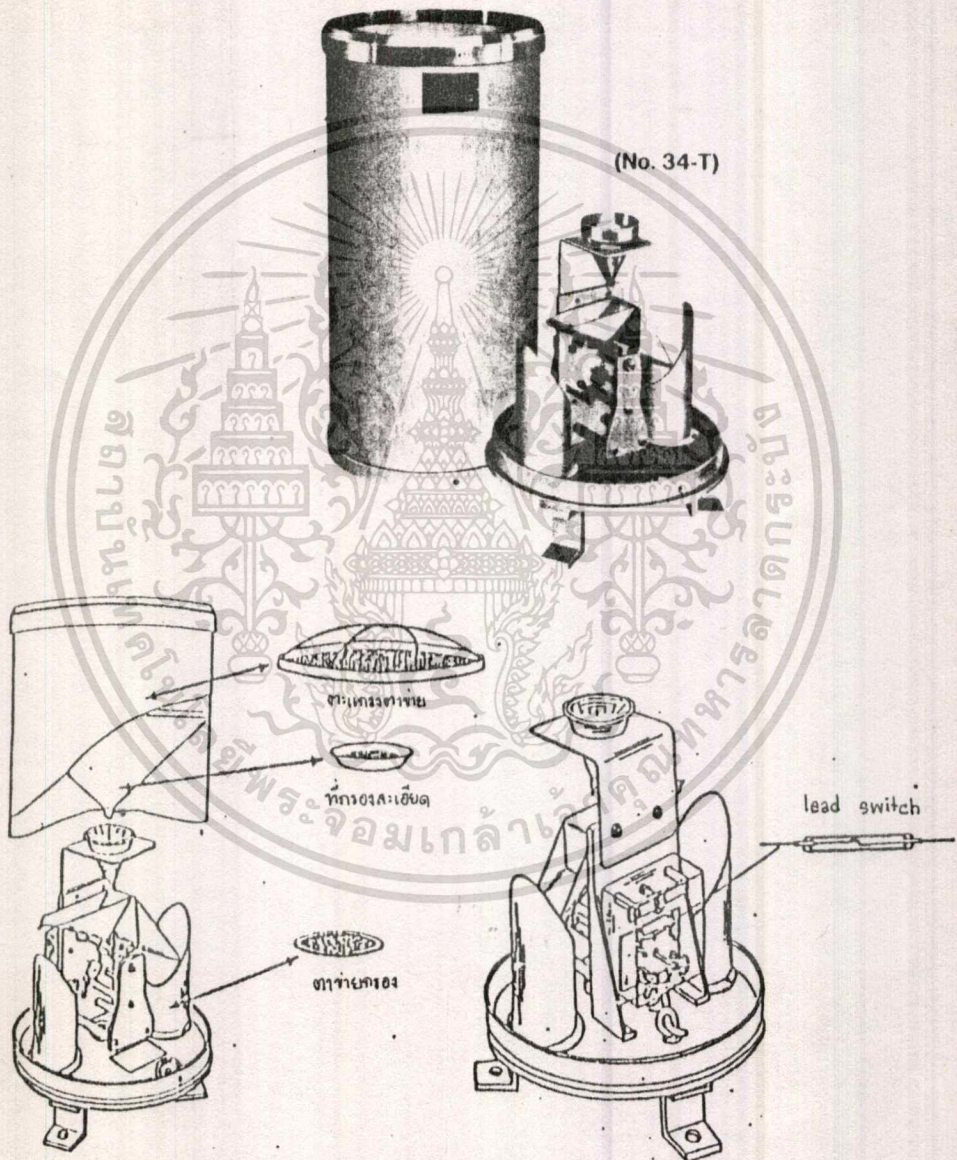


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังต้องระวังการนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมศิลปากรทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3 การสร้างและการติดตั้ง ระบบการวัดปริมาณน้ำฝน-ระบบสื่อสารไมโครเวฟ

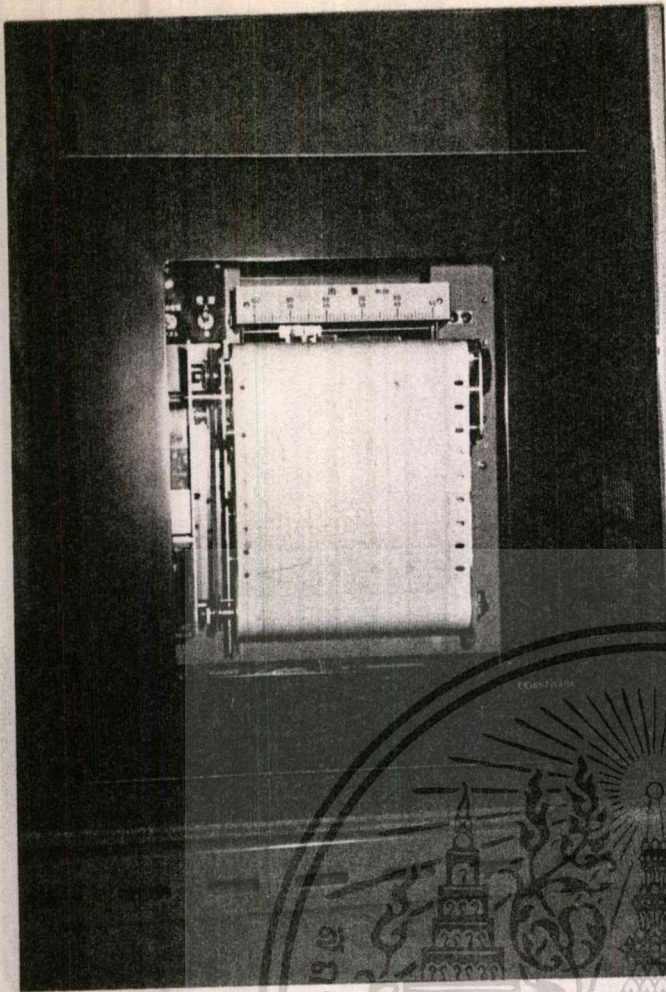
#### 3.1 ส่วนประกอบและอุปกรณ์ของเครื่อง TIPPING BUCKET

เครื่อง TIPPING BUCKET ที่ใช้ในการทดลองนี้มีเส้นผ่านศูนย์กลางของปากทรงกระบอกที่รับน้ำฝน 20 ซม. ซึ่งมีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 4.2 และคุณสมบัติของเครื่องบอกไว้ว่าการเทน้ำ 1 ครั้งจะเท่ากับปริมาณความสูงของน้ำ 1 มม. ในภาชนะทรงกระบอก



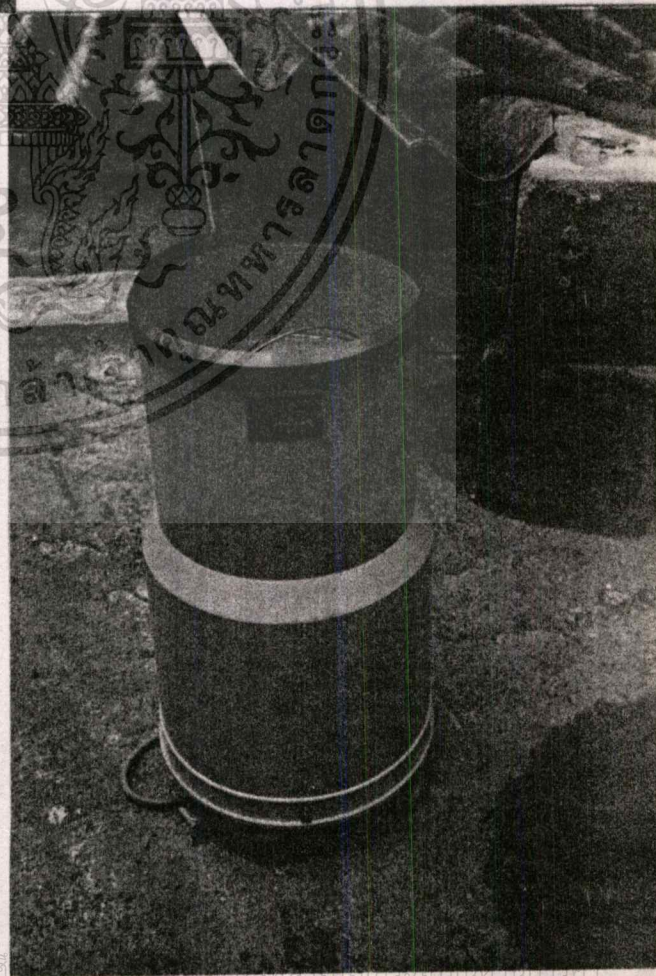
รูป 3.1 เครื่อง TIPPING BUCKET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.2 เครื่องบันทึกผล (Recorder)  
สำหรับ TIPPING BUCKET

รูป 3.3 เครื่อง TIPPING BUCKET

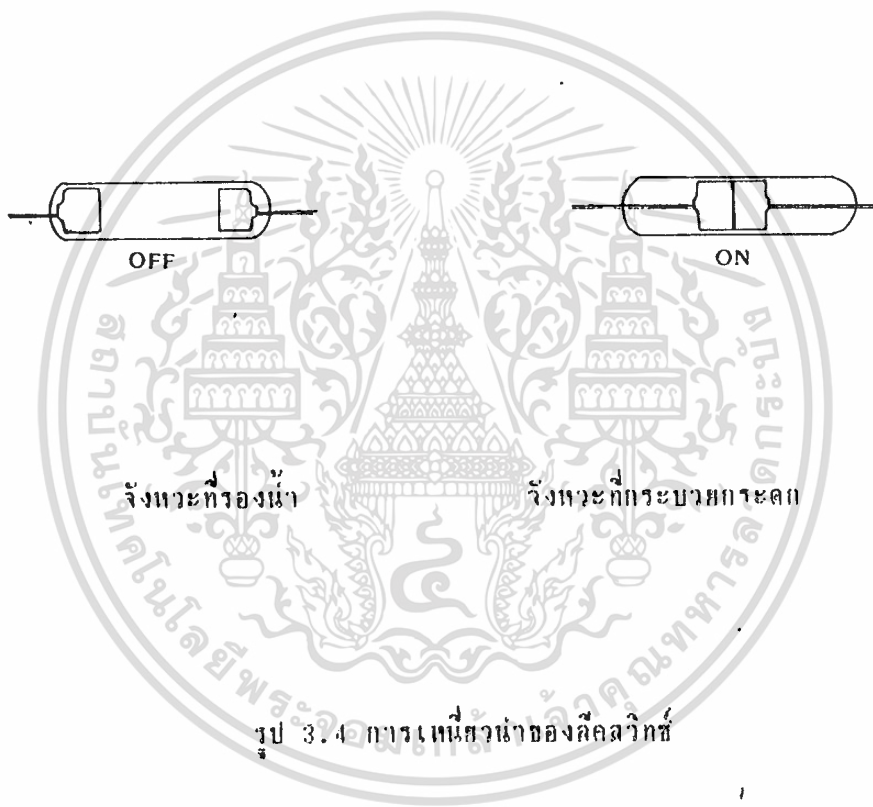


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

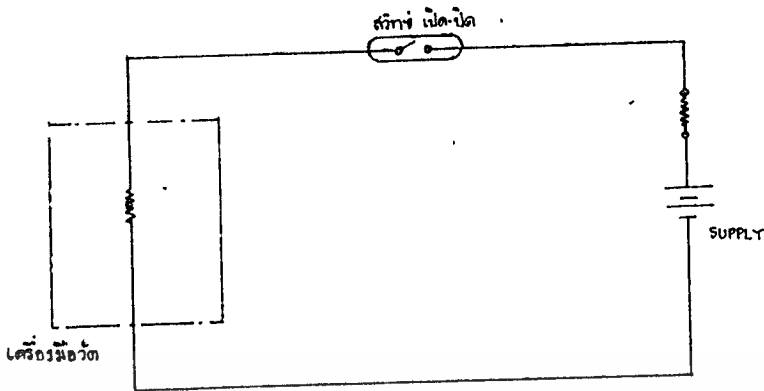
### 3.2 หลักการทำงานของเครื่อง TIPPING BUCKET

ลักษณะที่จะนำเป็นผลการวัดของเครื่อง TIPPING BUCKET เกิดขึ้นจากการกระดกของกระบวยรองน้ำซึ่งอยู่ในตัวเครื่อง การกระดกของกระบวยจะกระดกทุก ๆ 3 L.4 ซีซี (1 มม. ของที่หนักหน้าคัตร์มี 10 ซม.) เมื่อกระดกแล้วเทน้ำทิ้งไป ในขณะที่กระดกแล้วเทน้ำทิ้งไป กระบวยอีกอันหนึ่งจะขึ้นมาจับน้ำแทนจนได้ปริมาณจนได้ปริมาณที่กำหนดแล้วจะกระดกเทน้ำทิ้ง สลับกันไป

การกระดกของกระบวยแต่ละครั้ง จะทำให้เกิดการเหนี่ยวน้ำหนักแม่เหล็กซึ่งมีลักษณะเป็นลีดสวิทช์ (Lead Switch) ก่อให้เกิดเป็นสวิทช์ปิด-เปิด (ON-OFF) ดังรูป



จากการกระดกของกระบวยแล้วทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของลีดสวิทช์ปิด-เปิด เช่นนี้ จะก่อให้เกิดการปิด-เปิดของวงจรในการทดลอง และการใช้งานของเครื่อง TIPPING BUCKET เพราะลักษณะที่ตัวเครื่องทำงานแบบกระดกขึ้น-กระดกลง เช่นนี้ ในการทดลองบทที่ 4 จึงจำเป็นต้องสร้างวงจรป้อนไฟเพื่อทำให้การปิด-เปิดสวิทช์นี้เกิดเป็นการสร้างพัลส์เพื่อนำไปนับต่อไป

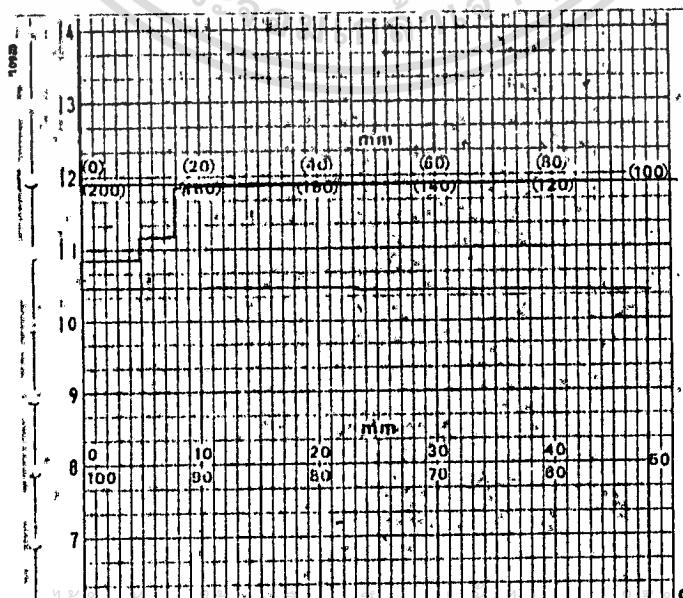


รูป 3.5 วงจรที่ทำการป้อนไฟ

การบันทึกผลของเครื่องแบบ TIPPING BUCKET

สัญญาณที่เกิดการเหนี่ยวนำสำลักซ์ในตัวถังรับน้ำ จะส่งมายังเครื่องบันทึกผล แล้วจะทำให้การพล็อตค่าความถี่ของพัลส์ที่เกิดจากการกระดกของกระบวยในรูปของความต่างศักย์ ซึ่งสร้างเป็นความสัมพันธ์ทางความสูง ซึ่งสามารถกำหนดสเกลได้ที่เครื่องบันทึกผล

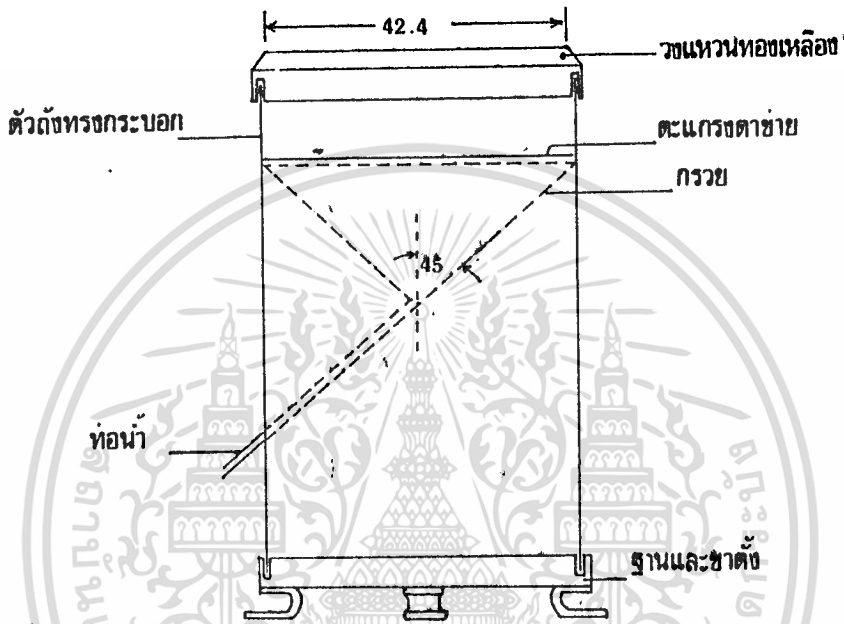
กระดาษบันทึกผลของเครื่องบันทึกผลในแบบที่ใช้กับ TIPPING BUCKET จะวางแกนคล้ายกับกระดาษบันทึกผลของเครื่องบันทึกผลที่ใช้เครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบที่อ่านค่าทันทีทันใด คือในแนวนอนจะเป็นค่าความสูงของปริมาณน้ำ (แรงดัน) ในแนวตั้งจะเป็นแกนเวลา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานเชิงเทคนิคเท่านั้น เมื่อผู้ดูที่เห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามรูป 3.6 กระดาษบันทึกผลของเครื่องบันทึกผลเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 ส่วนประกอบและอุปกรณ์ของชุดรับน้ำฝนแบบอ่านค่าทันทีทันใด

ในการสร้างชุดรับน้ำฝนนี้เป็นการสร้างตัวถังทรงกระบอกที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นวงกลม ภายในตัวถังทรงกระบอกจะมีกรวยสำหรับให้น้ำไหลลงไปในท่อไปยังเครื่องกรองน้ำและส่วนอื่น ๆ ถัดไป ใช้น้ำฝนที่กล่าวนี้มีลักษณะดังรูปที่ 3.7



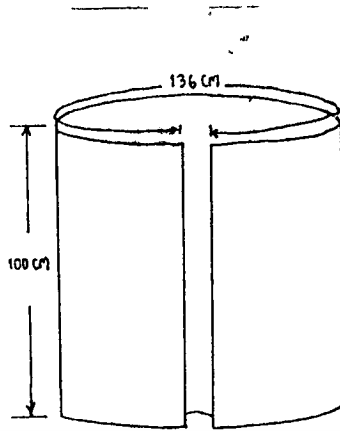
รูป 3.7 ชุดรับน้ำฝน

ส่วนประกอบของชุดรับน้ำฝนประกอบด้วย

3.3.1 วงแหวนทองเหลือง มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเท่ากับ 42.4 ซม. ซึ่งเป็นค่าที่ได้มาจากทดลอง และจะใช้กับระบบชุดรับน้ำฝนนี้ตลอดไป จะกล่าวรายละเอียดในภายหลัง ขอบบนของวงแหวนทองเหลืองมีลักษณะดังแสดงในรูป 3.7 เพื่อป้องกันการกระเด็นของเม็ดฝนในกรณีตกลงมาที่ขอบพอดี สำหรับขอบล่างจะทำเป็นร่องตลอดวงเพื่อสวมลงบนตัวถังทรงกระบอก สาเหตุที่เลือกใช้ทองเหลืองเพราะทนทาน สวมงามและขึ้นรูปง่าย

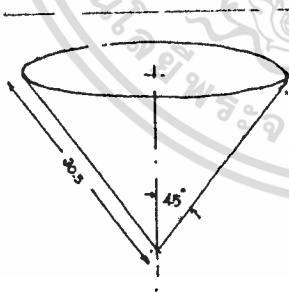
3.3.2 ตัวถังทรงกระบอก ทำจากโลหะแผ่นสแตนเลสนำมาทำเป็นทรงกระบอกให้มีความสูง 1 เมตร ดังรูปที่ 3.8 และเชื่อมตรงรอยต่อให้ติดกันโดยเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวถังนี้เท่ากับ 43 ซม. จึงจะพอดีกับร่องของขอบล่างของวงแหวนทองเหลือง และเส้นรอบวงของตัวถังจะเท่ากับ 136 ซม. (จากการวัดค่าแนวโดยใช้ 2πr)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการค้าได้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

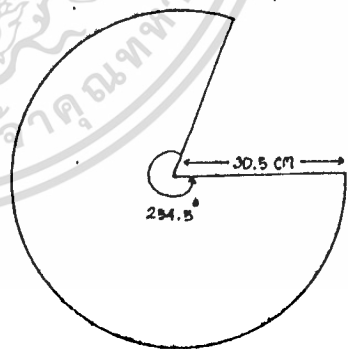


รูป 3.8 แสดงการสร้างตัวถังทรงกระบอก

3.3.3 กรวย จะอยู่ภายในตัวถังทรงกระบอกเพื่อรวบรวมน้ำฝนให้มารวมกันแล้วไหลลงในท่อ กรวยมีความลาดเอียง 45 องศา เนื่องจากกรวยจะติดไว้ภายในตัวถังทรงกระบอก ฉะนั้นเส้นผ่านศูนย์กลางของปากกรวยจึงเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวถังทรงกระบอก ซึ่งเท่ากับ 43 ซม. กรวยจึงมีรัศมีที่ปากกรวย 21.5 ซม. และเนื่องจากมีความลาดเอียง 45 องศาหาทางด้านลาดเอียงจึงเท่ากับ  $21.5 * \sqrt{2}$  (30.5 ซม.)



รูป 3.9 แสดงขนาดของกรวย



รูป 3.10 แสดงแผ่นค้ของกรวย

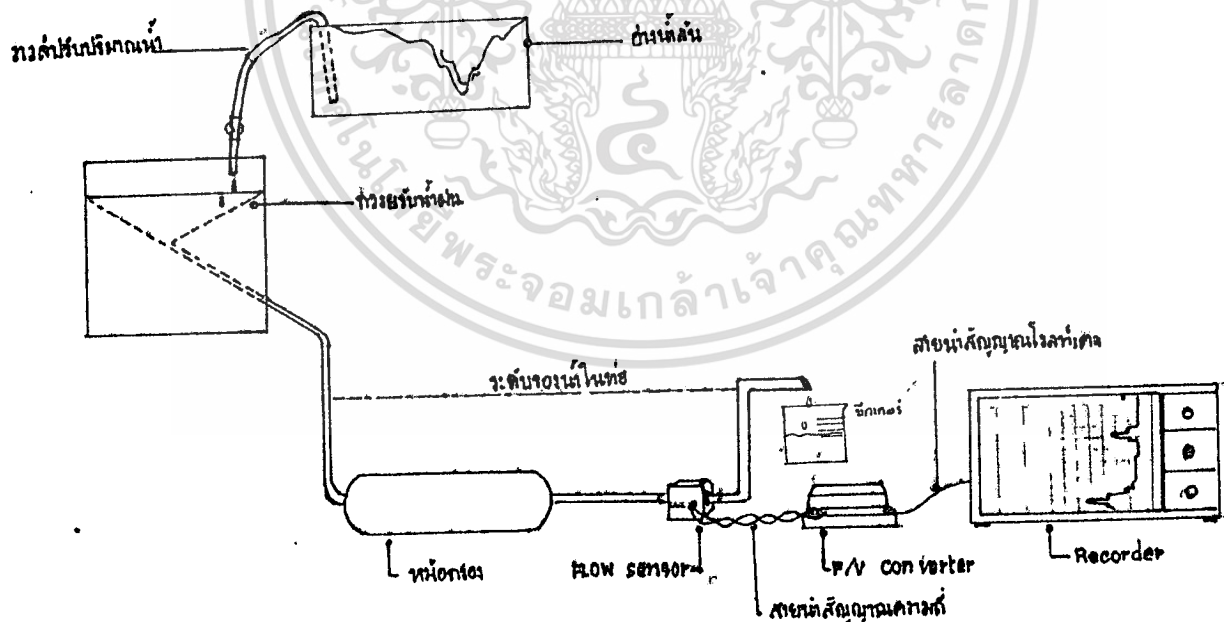
ในการสร้างกรวย จะสร้างวงกลมที่มีรัศมี 30.5 ซม. โดยเส้นรอบวงของปากกรวยจะเป็นส่วนเดียวกับส่วนโค้งของวงกลม ดังรูปที่ 3.4 จากการคำนวณเส้นรอบวงของปากกรวยมีค่าเท่ากับ 136 ซม. ซึ่งจะวัดส่วนโค้งนี้โดยการเทียบว่า เส้นรอบวงของวงกลมจะรองรับมุม 360° ฉะนั้นส่วนโค้งของวงกลมยาว 136 ซม. จะรองรับมุม 254.5° จึงสามารถสร้างกรวย

3.3.4 ตะแกรงตาข่าย เพื่อใช้กรองใบไม้และแมลงไม่ให้ลงไปในตัวและจะติดตั้งไว้บนปากกรวย

3.4.5 ท่อสแตนเลส ซึ่งปลายข้างหนึ่งต่อกับกรวย ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งต่อกับสายยาง ท่อสแตนเลสจะถูกวางในลักษณะทำมุม 45° กับตัวถังทรงกระบอก

### 3.4 การออกแบบและหลักการทำงานของชุดรับน้ำฝน

การคำนวณหาขนาดของพื้นที่หน้าตัดวงกลมที่จะรองรับน้ำฝนนั้น เราสามารถหาได้จาก การทดลองซึ่งจะทำการทดลองปล่อยน้ำด้วยอัตราเร็วค่าต่าง ๆ ด้วยการปรับวาล์วจนกว่าจะ อ่านค่าแรงดันไฟฟ้าที่เครื่องบันทึกผลได้ครั้งละ 10 ช่อง แล้วทำการจับเวลาเพื่อวัดปริมาณน้ำจำนวนหนึ่ง แล้วนำมาคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำ จากนั้นใช้ความสัมพันธ์ของปริมาตรทรงกระบอก  $V = \pi r^2 h$  ก็จะได้ค่าเฉลี่ยของรัศมีของวงกลมในของวงแหวนทองเหลืองที่จะรองรับน้ำฝน ดังแสดงในตารางที่ 3.1



รูป 3.11 แสดงการจัดชุดการทดลองหาขนาดชุดรับน้ำฝน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงผลการทดลองหาขนาดของชุดรับน้ำฝน

เครื่องมือ บันทึกผล (mm/hr)	ปริมาตรที่วัดได้จาก บีกเกอร์ (cc)			เวลาที่ใช้ วัดปริมาณ (วินาที)	ปริมาตรที่วัดได้ (cc/hr)	วัดที่ (ซม.)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3			
50	932.1	932.0	933.0	480	6992.75	21.099196
100	945.7	944.0	944.5	240	14171.00	21.238572
150	884.8	884.5	884.0	150	21226.40	21.227529
200	945.0	944.0	945.4	120	28340.00	21.277823
250	980.0	979.0	979.5	100	35262.00	21.188906
300	939.0	938.7	938.0	80	42235.50	21.169142
350	955.7	955.7	956.2	70	49158.85	21.1442.3
400	932.7	932.5	934.0	60	55984.00	21.107025
450	879.0	878.0	879.0	50	63264.00	21.154226
500	788.0	788.0	786.0	40	70860.00	21.239321
วัดที่เฉลี่ย หรือประมาณ						21.180188 21.20

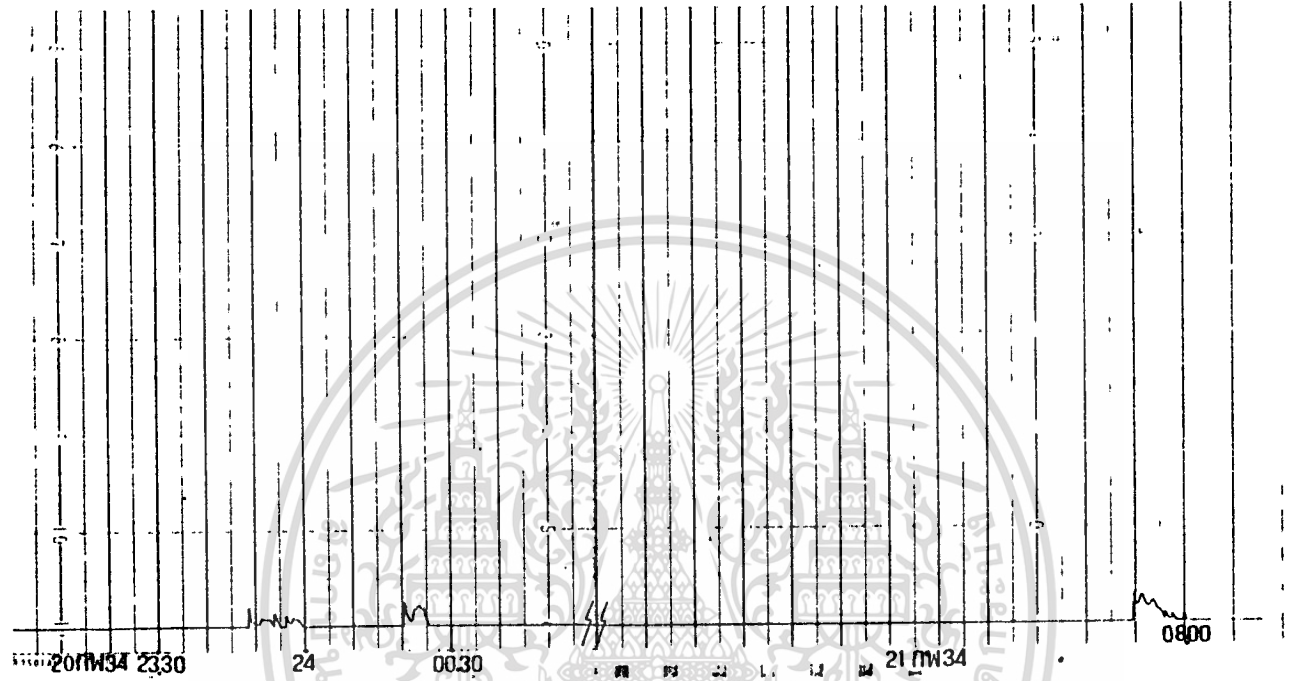
หมายเหตุ ใช้สเกล Sensitivity ของเครื่องบันทึกผลเป็น 10 V/100 DIV

เนื่องจากเครื่องบันทึกผลจะแสดงค่าแรงดันไฟฟ้า และค่าแรงดันไฟฟ้าของเครื่องจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา ฉะนั้นเพื่อให้สะดวกต่อการอ่านค่าที่ไหลออกมาเป็นปริมาณน้ำฝน เราจึงทำการกำหนดให้ค่าแรงดันไฟฟ้าสัมพันธ์กับค่าของปริมาณน้ำฝน วัดที่กำหนดให้ค่า 10 DIV (10 ช่อง) เท่ากับปริมาณน้ำฝน 100 mm./hr. และเนื่องจากในการทดลองได้ใช้ค่าความไว (Sensitivity) ของเครื่องบันทึกผลด้วยค่า 10 V/100 DIV ดังนั้น 10 DIV (10 ช่อง) ก็จะมีค่า 1 V. ฉะนั้นเราสามารถกำหนดเป็นค่ามาตรฐานของชุดเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนนี้ก็คือแรงดันไฟฟ้า 1 V. จะเท่ากับปริมาณน้ำฝน 100 mm./hr.

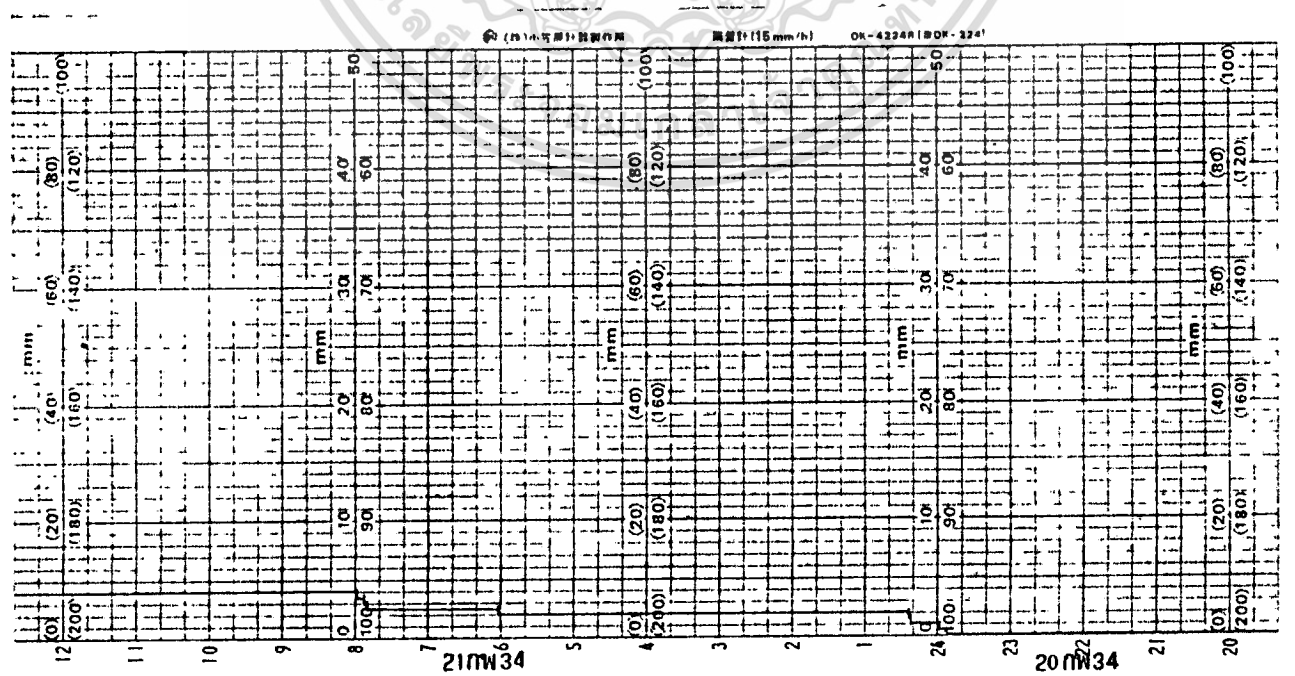
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.5 การเปรียบเทียบการบันทึกผล-การวัด ระหว่างเครื่อง TIPPING BUCKET กับเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบอ่านค่าทันทีทันใด

จากการบันทึกผลที่ใช้กระดาษบันทึกผลของทั้งสองเครื่อง จะนำเอาผลการวัดปริมาณน้ำฝนในขณะเดียวกันมาแสดงดังรูป



รูป 3.12 กระดาษกราฟบันทึกผลของเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบอ่านค่าทันทีทันใด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น รูป 3.13 กระดาษกราฟบันทึกผลของเครื่อง TIPPING BUCKET

จากกราฟบันทึกผลของเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนทั้งสองแบบ จะเห็นได้ว่าเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบที่อ่านค่าได้ทันทีทันใด (Real Time) จะอ่านค่าปริมาณของน้ำฝนตามเวลาที่เกิดขึ้นจริง (เอาที่พทนั้นจะแปรผันตามค่าปริมาณของน้ำฝน) เครื่องมือวัดที่มีลักษณะของสัญญาณที่เกิดขึ้นตามเวลานี้เป็นข้อดีที่เราเลือกใช้เพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์การลดทอนของคลื่นไมโครเวฟที่เกิดจากฝน

สำหรับเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบ TIPPING BUCKET จะมีลักษณะเด่นในการหาค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนที่ตกเป็นหน่วย มม./ชม.

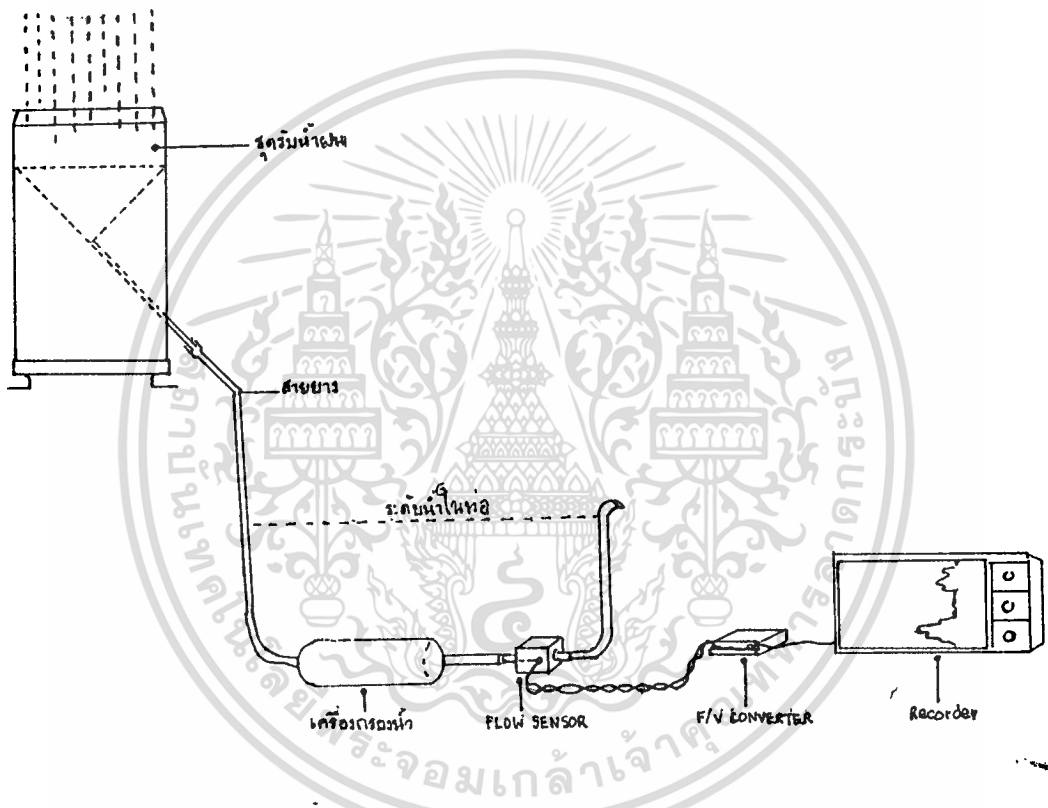
สำหรับเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบที่อ่านค่าได้ทันทีทันใดนั้น เรามีแนวทางที่จะหาค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนในหน่วยที่ใช้วัดกันเพื่อพยากรณ์อากาศได้โดยใช้คอมพิวเตอร์ทำการหาพื้นที่ใต้เส้นกราฟของการบันทึกข้อมูลของน้ำฝนและทำการเฉลี่ยในหน่วยเวลา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.6 การแสดงผลการวัดสัญญาณทางคอมพิวเตอร์

การแสดงผลการวัดสัญญาณจากเครื่องวัดปริมาณน้ำฝน แสดงผลบนแรคคอร์ดเดอร์ (Recorder) ซึ่งจะแปลงลักษณะสัญญาณจากความถี่ เป็นความต่างศักย์ โดยใช้ F/V Converter เป็นตัวแปรรูปสัญญาณก่อนนำเข้าแรคคอร์ดเดอร์ (Recorder) ที่จะพลอต (Plot) ลงบนกระดาษขั้วแท็ก เพื่อแสดงให้เห็นถึงลักษณะของสัญญาณที่ได้รับมา

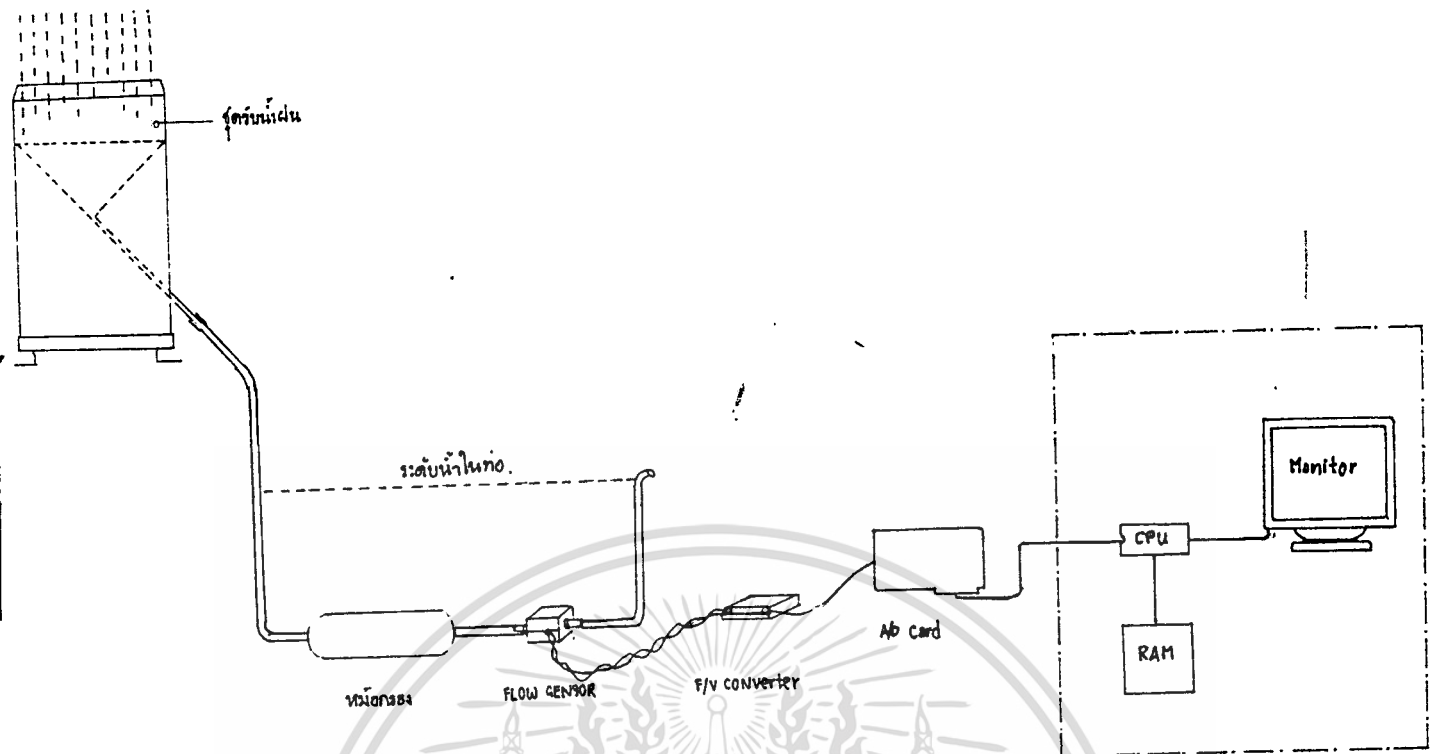


รูป 3.14 ระบบสุ่รับปริมาณน้ำฝนแบบอ่านค่าได้ทันทีทันใด

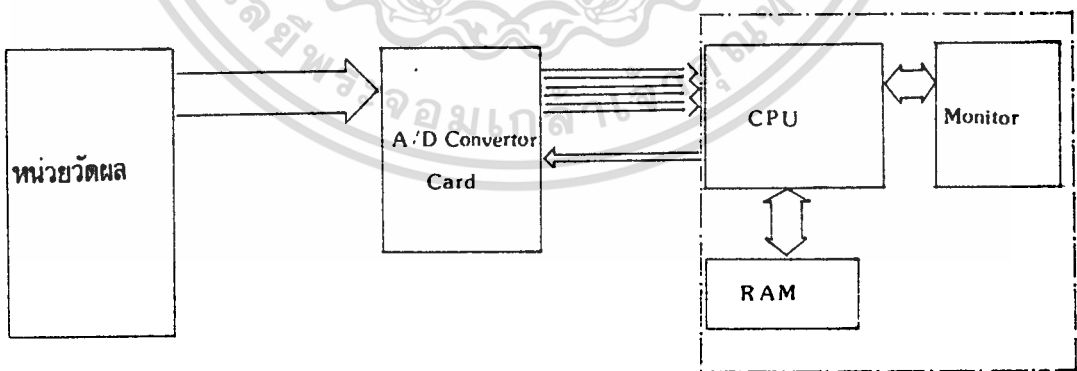
สาเหตุของการนำการอินเตอร์เฟส (Interface) มาใช้งาน

ในการแสดงผลแบบดังกล่าว เรามีแนวทางในการนำเสนอข้อมูลโดยแสดงผล, เก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ประมวลผลข้อมูลโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ (ใช้การ Interface) ซึ่งจะแสดงผลอย่างทันทีที่ได้รับสัญญาณจากหน่วยวัดโดยแสดงผลบนจอภาพ (Monitor) เก็บรวบรวมข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลของสัญญาณ โดยหน่วยประมวลผล .

ดังนั้นในการที่เราจะติดต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ เราจะต้องทำการแปลงสัญญาณที่ได้จากหน่วยวัด ซึ่งอยู่ในรูปสัญญาณอะนาล็อก (analog) ให้เป็นสัญญาณดิจิทัล (Digital) เสีย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ก่อน จึงต้องทำการอินเตอร์เฟส (Interface) โดยใช้ A/D Converter ทำให้สามารถไม่ว่าลรัถิใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงข้อมูลของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ต่หต่อระหว่างอุปกรณ์ภายนอก (หน่วยวัด) และคอมพิวเตอร์ดังรูป 3.15



รูป 3.15 ระบบชุดรับปริมาณน้ำผ่านแบบอ่านค่าได้ทันทีทันใดที่ใช้คอมพิวเตอร์แสดงผล



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูป 3.16 Block Diagram ของระบบที่ใช้คอมพิวเตอร์แสดงผล

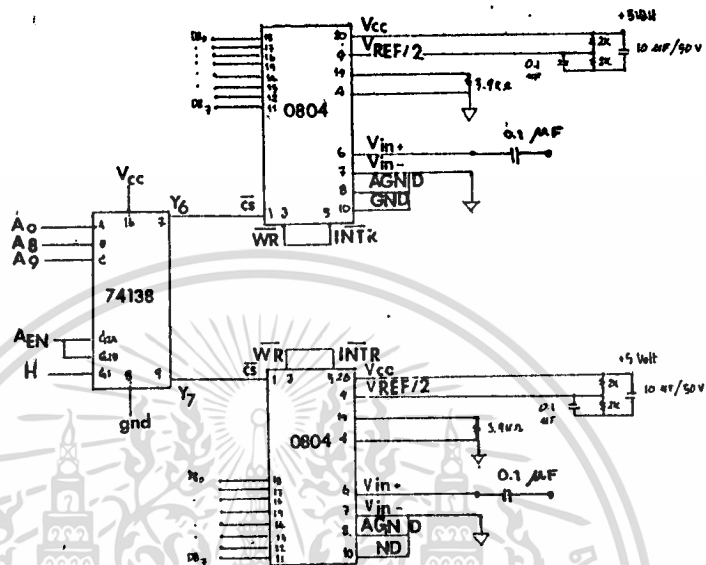
### 3.7 ส่วนประกอบและการทำงานของ อนุาลอก ๆ ดิจิตอล คอนเวอร์เตอร์ การ์ด

(Analog to Digital Converter Card)

ภายในเครื่องคอมพิวเตอร์ ได้มีการออกแบบให้สามารถที่จะเพิ่มเติมวงจรหาอินเตอร์เฟสเข้าไปภายหลังได้ โดยผ่านทางสล๊อตที่อยู่บน Main Board โดยวงจรอินเตอร์เฟสนี้จะออกแบบให้อยู่บนการ์ดที่สามารถเสียบลงที่สล๊อตที่ว่าง โดยการควบคุมและการตรวจสอบสภาพการทำงานรวมทั้งการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ที่เป็นชิพซีพพอร์ท หรือการ์ดต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบของคอมพิวเตอร์ จะกระทำได้ด้วยผ่านทางพอร์ท I/O ของระบบ ดังนั้นในการที่จะใช้งานหรือควบคุมติดต่อการทำงานของอุปกรณ์เหล่านี้ เราจะได้โดย รับ - ส่ง ผ่านสัญญาณในลักษณะที่ OUT ข้อมูลจากพอร์ท I/O นี้แล้ว IN เข้าที่ CPU โดยการตั้งชื่อ หรืออ้างแอดเดรสสำหรับพอร์ทที่เราจะทำการติดต่อ แอดเดรสที่เราอ้างถึงนี้เราจะใช้เส้นแอดเดรส  $A_0 - A_2$  บนบัสแอดเดรส

การตั้งชื่อหรืออ้างแอดเดรสที่เราอ้างถึงนี้ เราจะใช้เส้นแอดเดรส ที่ 300 H สำหรับช่องสัญญาณที่ 1 และ 301 H สำหรับสัญญาณช่องที่ 2 (ในที่นี้ใช้ช่องสัญญาณหนึ่งสำหรับหน่วยวัดปริมาณน้ำฝน อีกช่องหนึ่งสำหรับหน่วยวัดสัญญาณคลื่นไมโครเวฟ) เราจะสามารถเขียนแอดเดรสดังกล่าวในรูปของเลขไบนารี (Binary) เพื่อทำการสร้างรหัสสำหรับช่องรับสัญญาณได้ดังนี้

	$A_9$	$A_8$	$A_7$	$A_6$	$A_5$	$A_4$	$A_3$	$A_2$	$A_1$	$A_0$	
CH 1 300 H	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	B
CH 2 301 H	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	B



รูป 3.17 วงจรแปลง A/D Converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของ เอ/ดี คอนเวอร์เตอร์ การ์ด (A/D Converter Card)

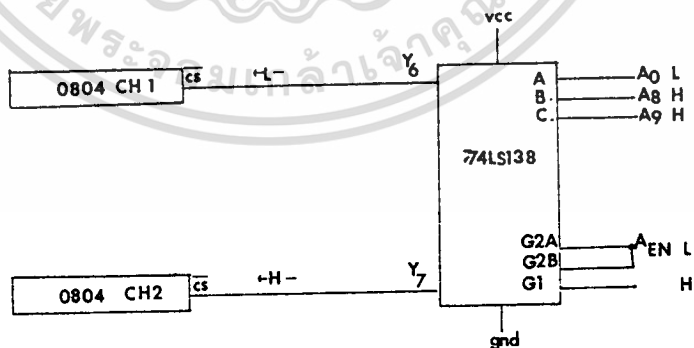
เมื่อ เอ/ดี การ์ด (A/D Card) ได้รับสัญญาณ จาก เอฟ/วี คอนเวอร์เตอร์ (F/V Converter) สัญญาณดังกล่าวจะเข้ามาที่ขา  $V_{in+}$ ,  $V_{in-}$  ของไอซี 0804 ไอซี 0804 จะทำการแปลงสัญญาณอนาล็อก ที่มีลักษณะ Serial ต่อเนื่องมาตลอดเวลา ใช้เป็นรูปสัญญาณ ดิจิตอล (ไบนารี) 8 บิต ที่มีลักษณะขนาน โดยการควอนไทเซชัน สัญญาณอินพุต เพื่อจัดระดับสำหรับการ โค้ด (Code) รหัสใส่เป็นเอาต์พุต ออกไป

การป้องกันข้อมูลให้กับ ซีพียู ของคอมพิวเตอร์ สำหรับโครงการนี้จะป้อนข้อมูลจากภายนอก คือหน่วยวัดทั้ง 2 หน่วย เข้าไปยังคอมพิวเตอร์เพียงทิศทางเดียว จะไม่มีการป้อนข้อมูลกลับมายังพอร์ท ภายนอก จึงไม่จำเป็นต้องใช้ พอร์ทอินพุต/เอาต์พุต ใช้ ดีคอร์ดเดอร์ (Decorder) เลือกการสวิตซ์ CH1 หรือ CH2 โดยใช้สัญญาณจาก 2 CH สลับกันเข้ามาตามแต่ละเวลาของตัวมัน ในการเซฟเลือก CH จะทำการ ดีคอร์ดเดอร์ไว้ คือ

CODE 300 H : สำหรับช่องสัญญาณที่ 1

CODE 301 H : สำหรับช่องสัญญาณที่ 2

เมื่อ ซีพียู รัน (run) มาถึงแอดเดรส ดังกล่าว ก็จะไปสวิตซ์ให้ IC ตัวนั้น ๆ ทำงาน การตั้งแอดเดรส แบบฟิกซ์ (Fix) เราใช้ ไอซี 74 LS 138 เป็นตัวดีคอร์ดเดอร์ ให้ ไอซี ทั้ง 2 ตัว



L : Low  
H : High

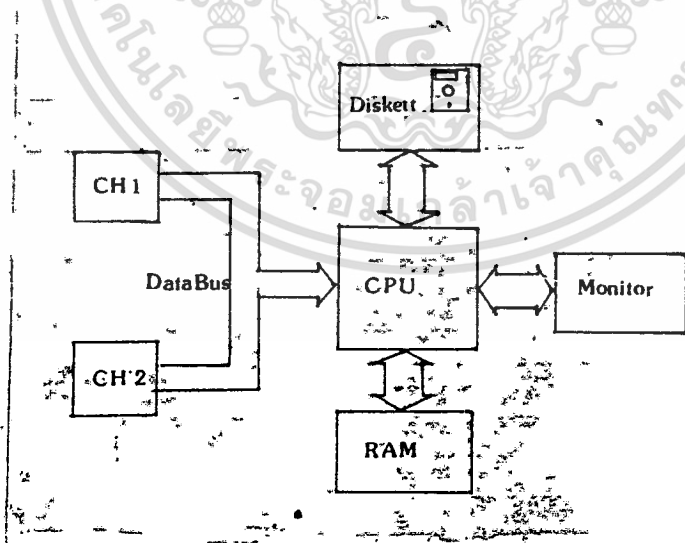
เอาท์พุทที่  $y_0$  "Low" นี้จะไป trig ให้  $\overline{cs}$  ซึ่งทำงานที่สถานะ low ทำให้ ไอซี 0804 ช่องสัญญาณที่ 1 ทำงานซึ่งเป็นผลให้เราได้รับข้อมูล  $D_{00} - D_{07}$  จากช่องสัญญาณที่ 2 ได้ การทำงานของช่องสัญญาณที่ 2 ก็เช่นกันเพียง เปลี่ยนให้ขา A มีสถานะ "High"

ดังนั้นเมื่อสามารถติดต่อพอร์ทอินพุท-เอาท์พุทภายนอกกับซีพียู ได้แล้ว เราก็สามารถ คอนโทรล เลือกลิวทซ์ว่าจะให้ช่องทางใดเข้ามาทำการแสดงผลหรือประมวลผล ทั้งนี้ ระยะเวลา ของการลิวทซ์ช่องทางที่ 12 เร็วมากจนทำให้สัญญาณที่รับได้สัญญาณต่อเนื่องทั้ง 2 ช่องทาง ปรุปรุแล้วเราจะสามารถ

- คอนโทรล การลิวทซ์เลือก ช่องทางเพื่อรับข้อมูล
- คอนโทรล การทำงานของ การ์ด, คอนโทรล ซัพพลาย (Control Supply)
- สามารถนำข้อมูลในรูปแบบดิจิตอลมาวิเคราะห์ลักษณะสัญญาณได้ แสดงออกที่จอภาพได้ สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ เราสามารถทำได้โดยการเขียนโปรแกรมควบคุมการรับข้อมูล

### 3.8 การแสดงผลและบันทึกข้อมูลของสัญญาณทางคอมพิวเตอร์

การรับข้อมูลจาก เอ/ดี การ์ด จะผ่านข้อมูลทาง คาตาบัส มายัง ซีพียู จากนั้นจะ โปรแกรมให้ ซีพียู แสดงผลมอนิเตอร์



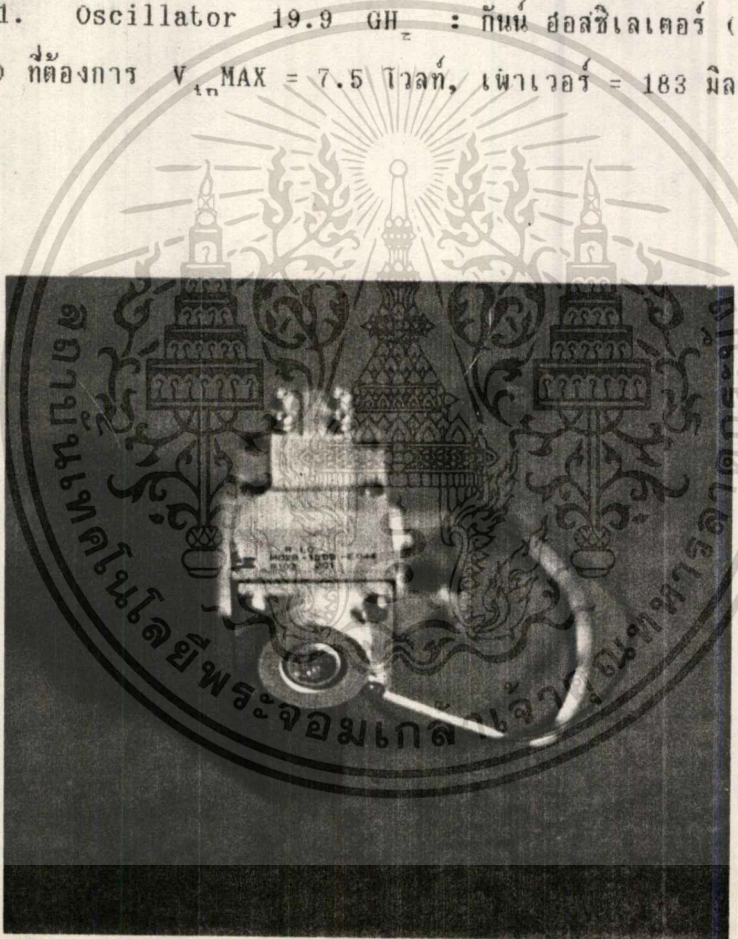
### 3.9 การติดตั้งอุปกรณ์ของการรับ-ส่งสัญญาณไมโครเวฟ

ข้อมูลของปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากเครื่องแบบใหม่ ซึ่งสามารถอ่านค่าของปริมาณน้ำได้  
ทุกช่วงเวลา (Real Time) จะเป็นข้อมูลที่เหมาะจะนำมาวิเคราะห์การลดทอนของคลื่นไม  
โครเวฟที่ทำการส่งขณะฝนตก อุปกรณ์ของเครื่องรับ-ส่งไมโครเวฟที่ทดลองจะติดตั้งในระยะห่าง  
กันประมาณ 150 เมตร เพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดในบริเวณกว้าง ซึ่งใกล้เคียงกับลักษณะ  
การสื่อสารจริง (ในการทดลองเราถือว่าปริมาณฝนที่ตกในบริเวณกว้างดังกล่าวมีค่าโดยเฉลี่ย  
เท่ากัน)

#### อุปกรณ์ของเครื่องรับ-ส่งไมโครเวฟ

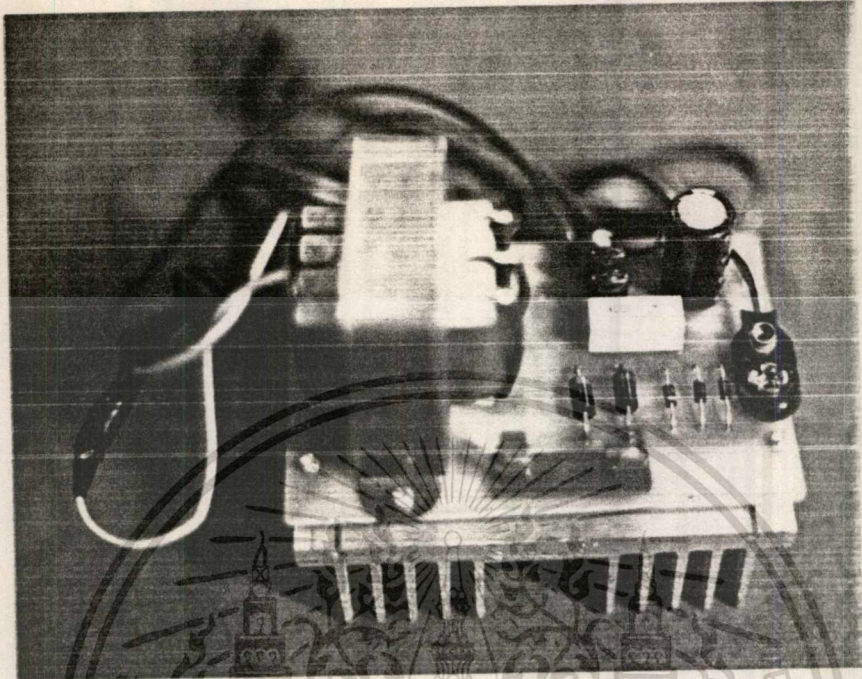
##### 3.9.1 อุปกรณ์ของเครื่องส่งไมโครเวฟ (Transmitter) ประกอบด้วย

1. Oscillator 19.9 GHz : กัทน์ ฮอสซึเลเตอร์ (Gunn Oscillator) ที่ต้องการ  $V_{MAX} = 7.5$  โวลท์, เพาเวอร์ = 183 มิลลิวัตต์

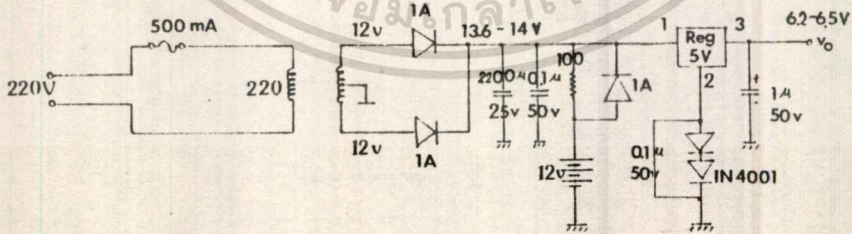


รูป 3.20 OSCILLATOR

2. Supply : มอเตอร์ไฟฟ้า Oscillator 6.2 ~ 6.5 volt

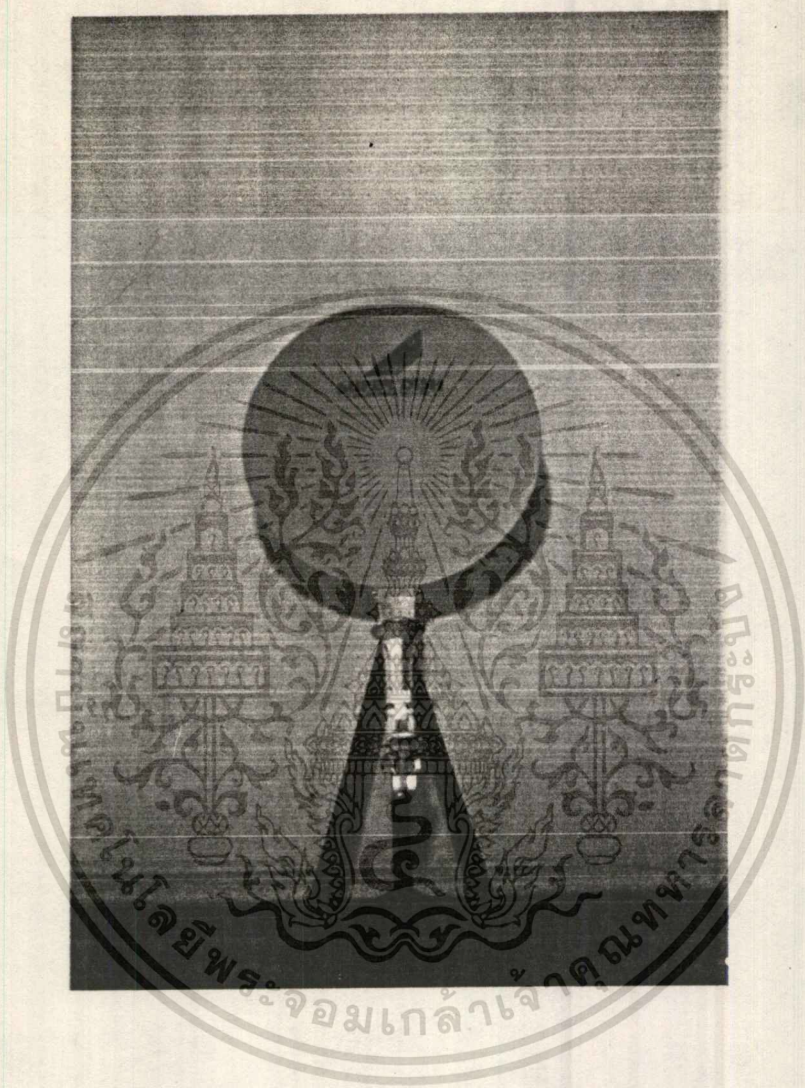


รูปที่ 3.21 ขั้วผลาย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรู๊ปใช้วิชา 221 ของจริงของชั้นพลายไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

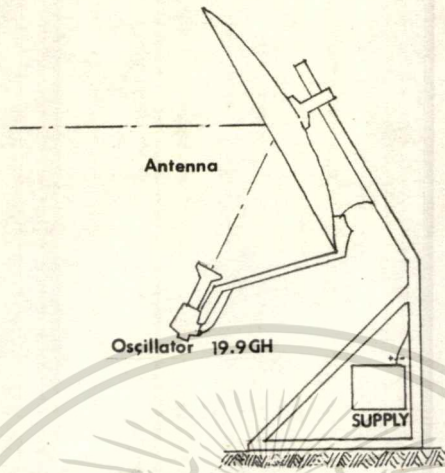
3. จานสายอากาศ : เป็นจานส่งสัญญาณแบบออฟเซต (Offset paraboloid) ที่ทำการบ่อนสัญญาณแล้วสะท้อนกลับที่เมนดิช (Main Dish) ซึ่งสามารถรับค่า มุมก้ม-เงยได้



รูป 3.23 จานสายอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการติดตั้ง : ติดตั้งในระยะห่างระหว่างเครื่องส่ง-เครื่องรับประมาณ 150 เมตรและติดตั้งซัพพลายที่ข้างตั้งของเครื่องส่งซึ่งบ่งกั้นน้ำเข้า

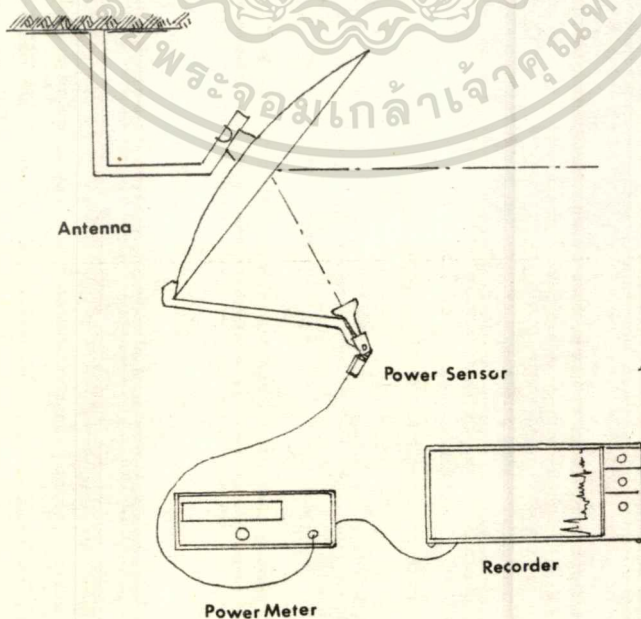


รูป 3.24 ลักษณะการติดตั้งจานสายอากาศทางด้านส่ง

3.9.2 อุปกรณ์ของเครื่องรับสัญญาณไมโครเวฟ (Receiver) ประกอบด้วย

1. จานสายอากาศ มีลักษณะเหมือนกันทางด้านส่ง

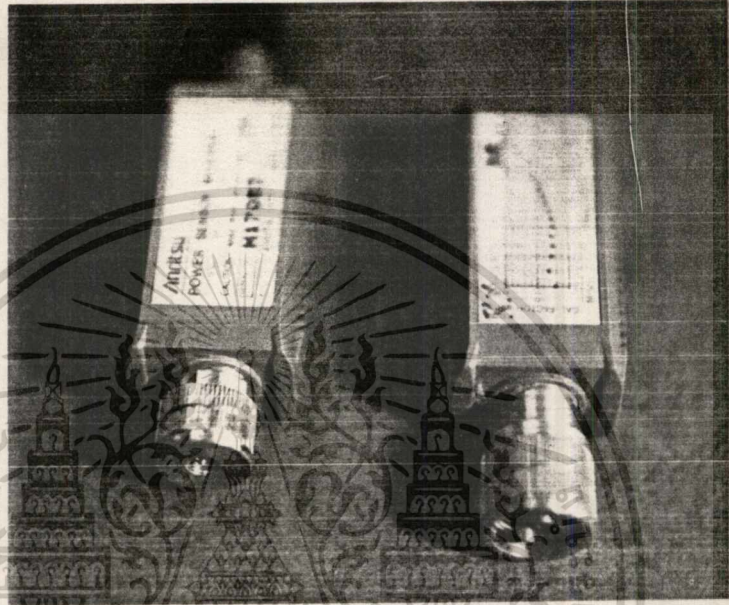
ลักษณะการติดตั้ง : จะนำสัญญาณที่รับได้จากจานผ่านเฟาเวอร์ เซนเซอร์ เพื่อรับความถี่ จากความถี่วิทยุมา เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าแล้วป้อนเข้าที่เฟาเวอร์มิเตอร์ โดยการตั้งค่าแคลิเบต แพลเตอร์ (Calibrate Factor) ตามเซนเซอร์ที่ใช้งาน



รูป 3.25 ลักษณะการติดตั้งจานสายอากาศทางตัวรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เพาเวอร์ เซ็นเซอร์ (Power Sensor) : เป็นตัวแปลงความถี่ที่รับมาจากงานสาธาอากาศจากความถี่วิทยุ (Radio Frequency) ลงมาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า โดยกำลังของคลื่นที่ทำการวัดจะอยู่ในย่าน  $-70 \text{ dB}_\mu$  ถึง  $-20 \text{ dB}_\mu$  เพาเวอร์ เซ็นเซอร์จะตอบสนองต่อความถี่ในย่านต่าง ๆ ไม่เท่ากัน เราจะดูค่าแคลิเบรเตเตอร์ (Calibrate Factor) ที่ใช้อย่างอิงของเซ็นเซอร์แต่ละตัวได้จากทางด้านหลังของเซ็นเซอร์



รูป 3.26 เพาเวอร์ เซ็นเซอร์

3. เพาเวอร์ มิเตอร์ (Power Meter) : เป็นตัวแสดงค่าความแรงของสัญญาณที่ได้รับมาจากงานสาธาอากาศเมื่อผ่านเซ็นเซอร์แล้ว ความถี่ของสัญญาณจะอยู่ในช่วงความถี่ต่ำ (Low Frequency) มิเตอร์สามารถแสดงค่าความแรงของสัญญาณในหน่วย  $\text{dB}$ ,  $\text{dB}_\mu$ , Watt ทั้งยังสามารถตั้งฟังก์ชันค่าต่าง ๆ ได้อีกมากมาย



รูป 3.27 เพาเวอร์ มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อผู้อื่น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งหากมีการนำไปใช้

### บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

ในการออกแบบระบบเครื่องรับน้ำฝนที่ได้ทำการคำนวณและสร้างในบทที่ 3 ทำให้เราสามารถได้เครื่องวัดน้ำฝนแบบค่าค่าที่เห็นที่ชัดเจน ซึ่งเหมาะกับการนำไปใช้งานจริงที่การลดทอนของสัญญาณไมโครเวฟในขณะที่มีฝนตก นอกจากนี้เรายังสามารถที่จะแสดงให้เห็นว่าเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบอ่านค่าได้ที่เห็นที่ชัดเจนนั้นสามารถวัดปริมาณน้ำฝนได้ละเอียดและใกล้เคียงกับปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาจริง ๆ มากกว่าเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนแบบเดิมที่ใช้กันอยู่กันไว้แต่เครื่องวัดแบบ TIPPING BUCKET ในบทนี้จะแสดงผลการทดลองของเครื่องแบบที่เราพัฒนาขึ้นใหม่เปรียบเทียบกับเครื่องแบบ TIPPING BUCKET ว่าแตกต่างกันอย่างไร

#### 4.1 การทดลองวัดข้อมูลของปริมาณน้ำจากเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนที่อ่านค่าได้ที่เห็นที่ชัดเจน

การที่จะนำเครื่องแบบใหม่ไปเปรียบเทียบกับเครื่องแบบที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เราจะต้องดูผลของข้อมูลในทางปฏิบัติก่อนว่าเครื่องแบบใหม่นั้นใกล้เคียงกับปริมาณน้ำที่ตกลงมาจริง ๆ และสามารถยอมรับได้เสียก่อน จึงจะนำไปเปรียบเทียบกับเครื่องแบบที่นิยมใช้กันอยู่

จากหลักเบื้องต้นของการวัดน้ำฝนที่ภาชนะทรงกระบอก ซึ่งจะคำนวณปริมาณน้ำได้จากความสูงของน้ำในภาชนะทรงกระบอกที่มีรัศมีค่าหนึ่ง ๆ โดยใช้ความสัมพันธ์  $V = \pi r^2 h$  จึงสามารถแสดงค่าปริมาณน้ำจริงของปริมาตรน้ำ (V) กับปริมาณความสูงน้ำ (h) เมื่อวัดค่าต่อหน่วยเวลา (ชม.) ได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ของอัตราการไหลกับปริมาณความสูงตามความเป็นจริง

ปริมาณความสูงต่อเวลา (mm/hr)	อัตราการไหล (cc/hr)
50	7059.787
100	14119.574
150	21179.361
200	28239.148
250	35298.935
300	42358.722
350	49418.509
400	56478.296
450	63538.083
500	70597.87

หมายเหตุ: ใช้รัศมีเฉลี่ย 21.2 ซม.

และเพื่อต้องการนำผลทางด้านปฏิบัติของเครื่องแบบใหม่ ไปเทียบกับความเป็จริงว่าไว้กั  
เคียงหรือไม่ เราต้องทดลองวัดปริมาตรน้ำต่อหน่วยเวลา และคำนวณหาความสูงของน้ำต่อหน่วย  
เวลาเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับทฤษฎีโลกทำการทดลองแล้ววัดปริมาตรจับเวลา เช่นเดียวกับการ  
หาขนาดของชุดรับน้ำฝนแบบที่ 3 จะเห็นได้ว่าเป็นการทดลองที่เหมือนกันจึงใช้ผลการทดลอง  
เดียวกันดังตารางที่ 4.2

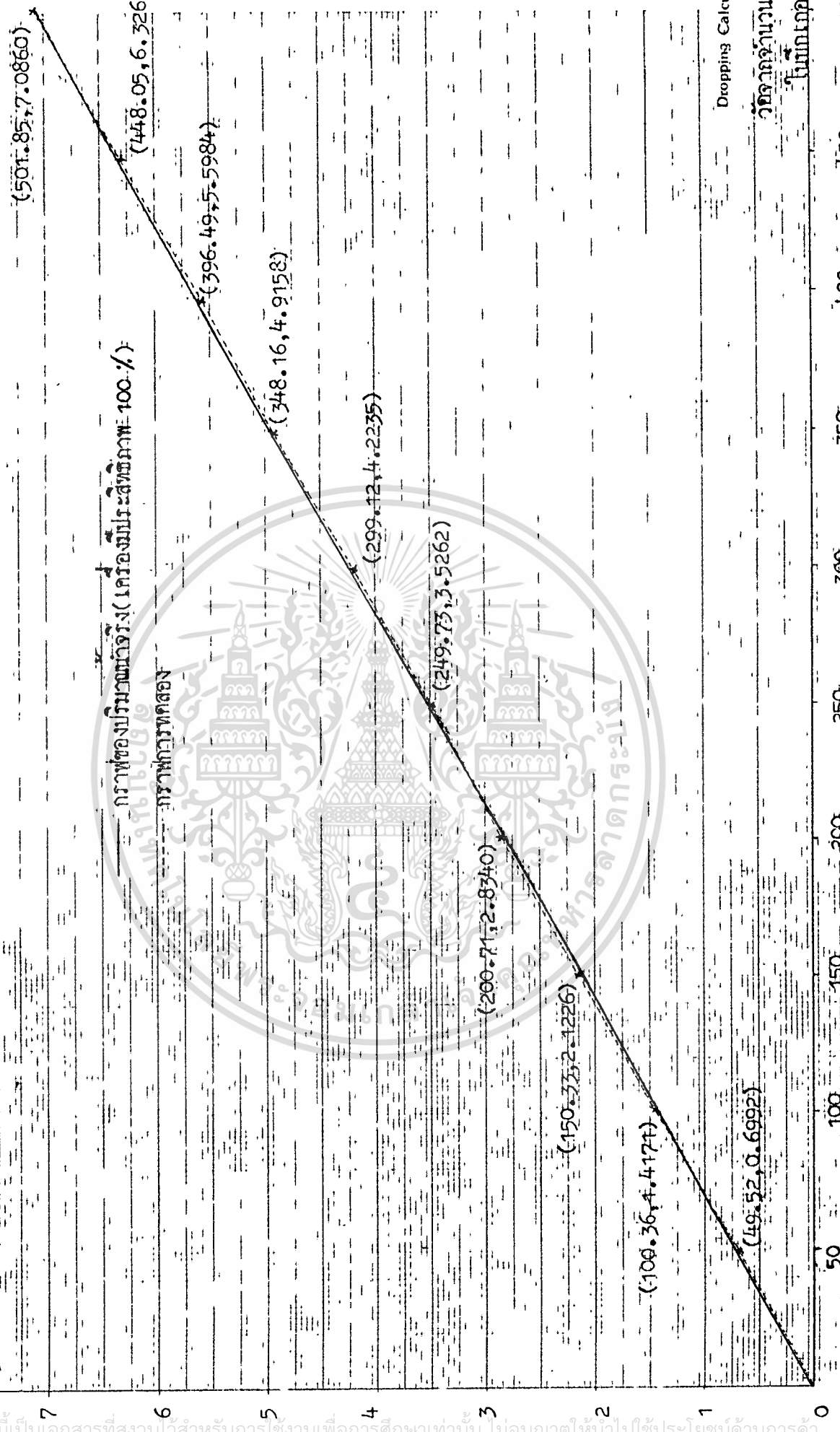
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองหาความสัมพันธ์ของอัตราการไหล  
กับปริมาณความสูงในทางปฏิบัติ

เครื่องมือ บันทึกผล (mm/hr)	ปริมาณที่วัดได้จาก บีกเกอร์ (cc)			เวลาที่ใช้ วัดปริมาตร (วินาที)	ปริมาตรที่วัดได้ (cc/hr)	ปริมาณความสูง ต่อเวลา (mm/hr)
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3			
50	932.1	932.0	933.0	480	6992.75	49.525219
100	945.7	944.0	944.5	240	14171.00	100.36422
150	884.8	884.5	884.0	150	21226.40	150.33315
200	945.0	944.0	945.4	120	28340.00	200.71427
250	980.0	979.0	979.5	100	35262.00	249.73841
300	939.0	938.7	938.0	80	42235.50	299.12730
350	955.7	955.7	956.2	70	49158.85	348.16105
400	932.7	932.5	934.0	60	55984.00	396.49921
450	879.0	878.0	879.0	50	63264.00	448.05884
500	788.0	788.0	786.0	40	70860.00	501.85650

หมายเหตุ ใช้รัศมีเฉลี่ย 21.2 ซม.

นำผลของทั้ง 2 ตารางมาเปรียบเทียบกันในกราฟ จากกราฟจะเห็นว่าผลของภาววัดใน  
ทางปฏิบัติจะใกล้เคียงกับปริมาณน้ำที่ตกลงมาจริง ๆ มาก จึงสามารถยอมรับได้ว่าเครื่องแบบใหม่  
นี้ใช้งานได้ตรงตามทฤษฎี

ปริมาณท่อวาง  
(x10<sup>4</sup> ต.บ.ต./กม.)



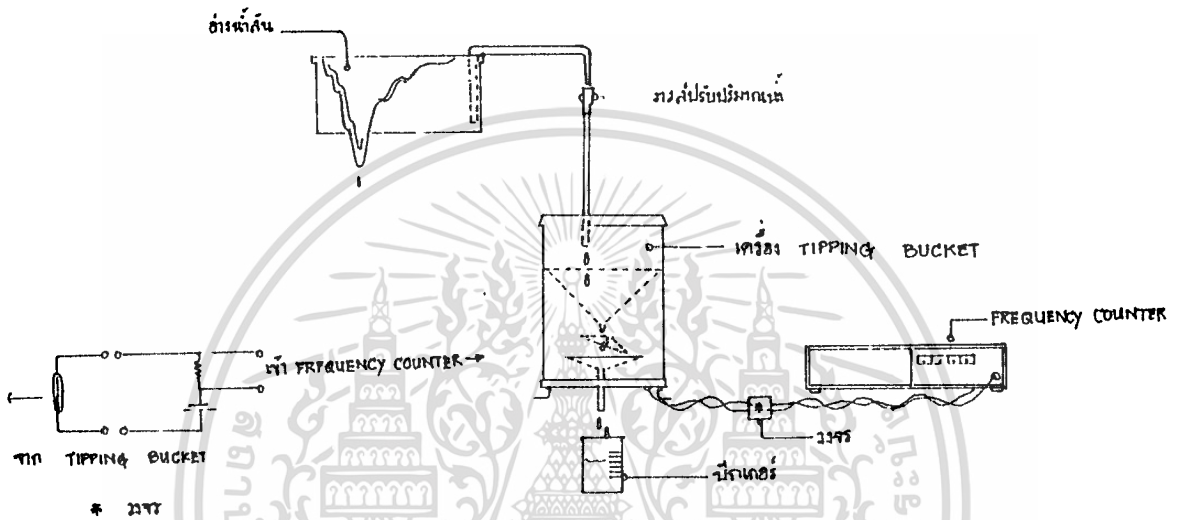
กราฟของปริมาณท่อวาง (โครงการประสิทธิ์ภาพ 100%)  
กราฟการทดลอง

Dropping Calc  
วัดจากจำนวน  
ไม้ท่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.2 การทดลองวัดสัมมูลของปริมาณน้ำจากเครื่องแบบ TIPPING BUCKET

ทำการทดลองหาความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำ (mm/hr) กับความถี่ของจำนวนพัลส์ (พัลส์ / ชม) โดยจัดชุดการทดลองดังในรูปที่ 4.2



รูป 4.2 แสดงชุดการทดลองของเครื่อง TIPPING BUCKET

เมื่อปล่อยให้น้ำไหลและอ่านค่าความถี่ที่นับได้ว่าเป็นเท่าไร แล้วใช้ปีกลวัดปริมาณน้ำ พร้อมกับจับเวลาแล้วนำมาคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำ ดังตาราง 4.3

ตาราง 4.3 แสดงผลการทดลองของเครื่อง TIPPING BUCKET

ความถี่ (pulse/hr)	ปริมาตรน้ำ (cc)	เวลา (นาที)	ปริมาตรน้ำต่อเวลา (cc/hr)	ปริมาณความสูงของน้ำ ต่อเวลา (mm/hr)
26.1124	297.0	20	891.0000	28.3614
53.3355	716.6	25	1710.2400	54.4386
69.0834	736.7	20	2210.1000	70.3496
97.6470	782.7	15	3130.8000	99.6564
125.5936	805.4	12	4027.0000	128.1834
144.5004	851.4	11	4644.0000	147.8231
177.6600	849.7	9	5664.6600	180.3119
199.5271	949.1	9	6327.3300	201.4052
220.5057	823.8	7	7061.1429	224.7631
246.4388	916.5	7	7855.7143	250.0551
272.4913	738.4	5	8860.8000	282.0480
310.3049	856.6	5	10279.2000	327.1971

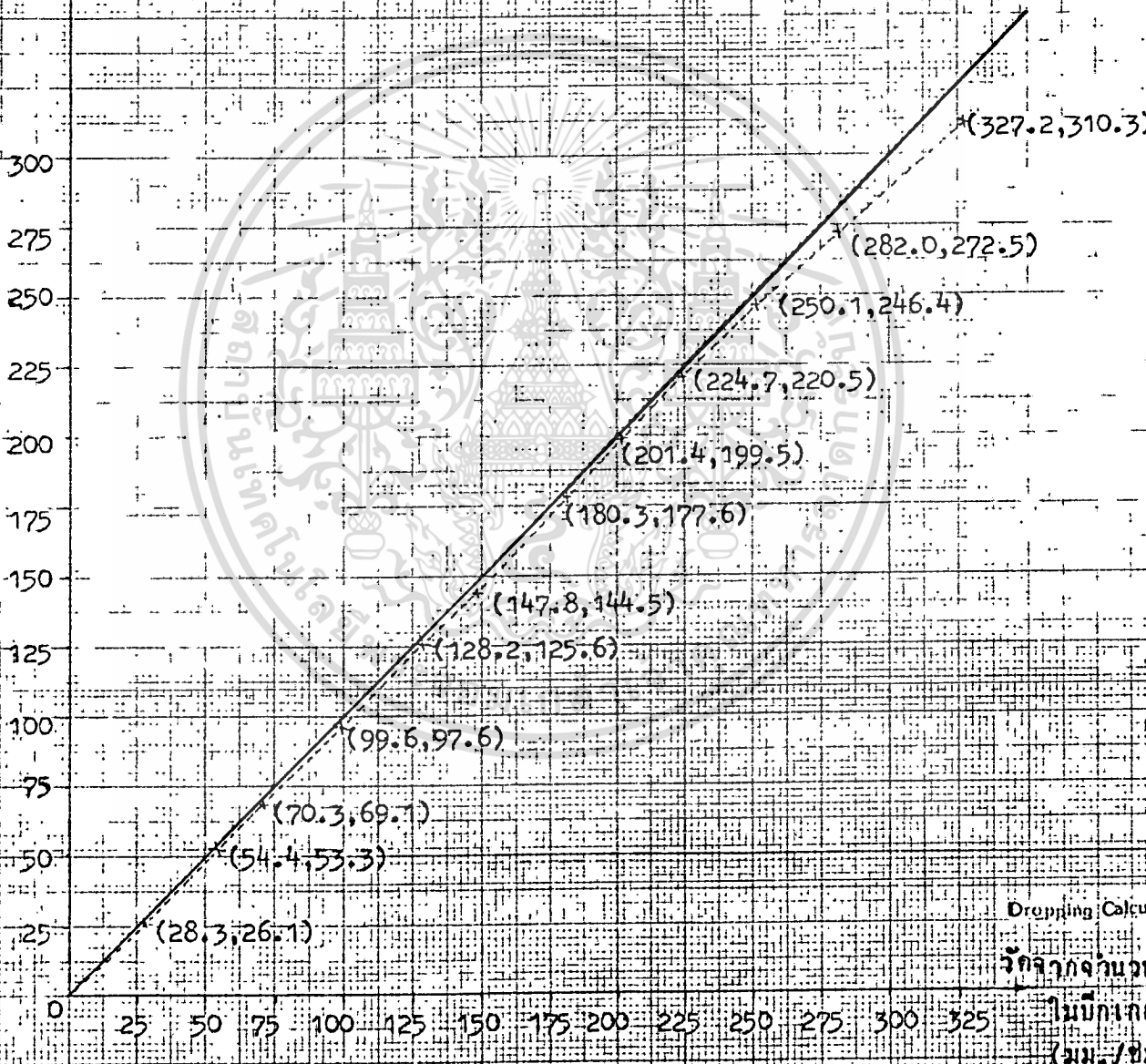
นำผลการทดลองมาแสดงในกราฟเพื่อเปรียบเทียบกับค่าของปริมาณน้ำจริงซึ่งค่าของปริมาณน้ำจริงได้มาจากคุณสมบัติของเครื่องที่บอกไว้ การเทน้ำของกระบอก 1 ครั้ง (1 pulse) จะเท่ากับปริมาณความสูงของน้ำ 1 มม. จากกราฟในรูป 4.4 จะเห็นว่าเส้นกราฟของการทดลองใกล้เคียงกับเส้นกราฟทฤษฎีในช่วง 0-200 มม./ชม. แต่ถ้าเลย 200 มม./ชม.

แล้วเส้นกราฟจะเริ่มไม่เป็นเส้นตรง จะได้ค่าที่น้อยกว่าความเป็นจริงแสดงว่าเครื่องแบบ TIPPING BUCKET มีขีดจำกัดของการวัดปริมาณน้ำฝนได้สูงสุดเพียง 200 mm/hr

รูป 4.4 กราฟเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณน้ำจริงและผลทางปฏิบัติของเครื่อง

แบบ TIPPING BUCKET

เอาทท์  
(ลิตร/ชม.)



กราฟของปริมาณน้ำจริง (เครื่องมีประสิทธิภาพ 100%)

กราฟการทดลอง

Dropping Calcu  
ได้จากจนวน  
ไม้ปักเก  
(ชม./ช)

### 4.3 การเปรียบเทียบข้อมูลปริมาณน้ำฝนระหว่างเครื่อง TIPPING BUCKET กับเครื่องแบบ โพลว์มิเตอร์

ในการเปรียบเทียบข้อมูลของปริมาณน้ำฝน ระหว่างเครื่อง Tipping Bucket กับเครื่องแบบ โพลว์เซ็นเซอร์ จะแสดงการเปรียบเทียบโดยนำข้อมูลน้ำฝนของทั้งสองเครื่องมาเทียบลงบนกราฟเดียวกัน ทั้งนี้แกนนอนจะเป็นค่าปริมาณความสูงของน้ำต่อหน่วยเวลา (mm/hr) ที่ได้จากการทดลองวัดปริมาณน้ำจริง ๆ โดยใช้ปิกเกอร์ ส่วนแกนตั้งจะเป็นค่าที่ได้จากการอ่านจากเครื่องวัดทั้ง 2 แบบ ในกรณีของเครื่อง Tipping Bucket ใช้เครื่องวัดความถี่ในการนับจำนวนพัลส์ ของปริมาณน้ำ ส่วนกรณีของเครื่องที่ใช้โพลว์เซ็นเซอร์ ได้ใช้เครื่องบันทึกผลแบบต่อเนื่องตลอดเวลา ซึ่งจะอ่านออกมาเป็นค่าปริมาณน้ำฝนได้เลย อันเนื่องจากการ Calibrate ค่าไว้แล้ว

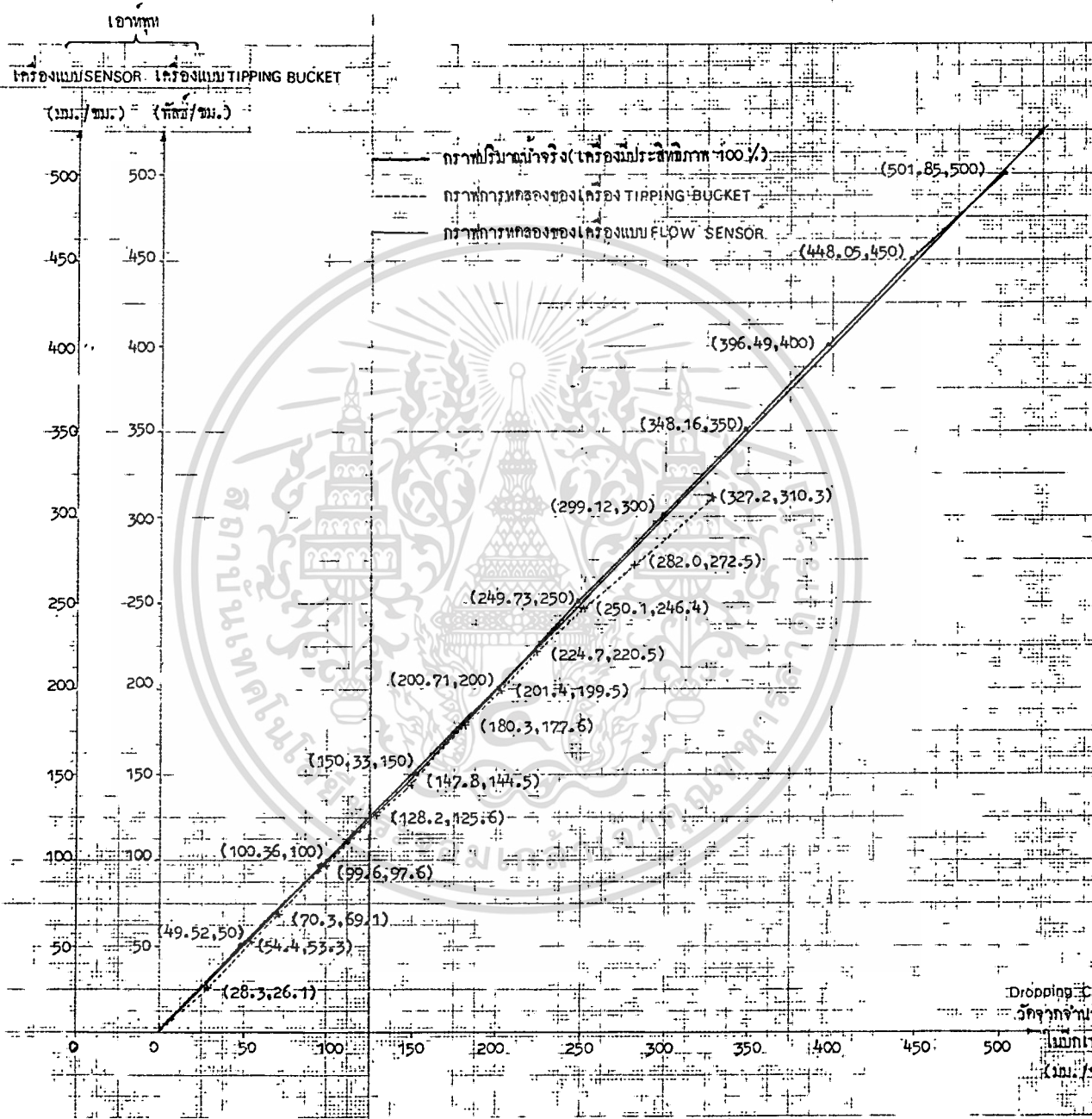
ตาราง 4.4 แสดงผลการทดลองของเครื่อง Tipping Bucket (จากตาราง 4.3)

ปริมาณความสูงต่อหน่วยเวลาที่วัดด้วยปิกเกอร์ (mm/hr)	ความถี่ที่อ่านได้จาก frequency Counter (pulse/hr)
28.36	26.11
54.43	53.33
76.34	69.08
99.65	97.64
128.18	125.59
147.82	144.50
180.31	177.66
201.4	199.52
224.76	220.5
250.05	246.43
228.04	272.49
327.19	310.30

ตาราง 4.5 แสดงผลการทดลองของเครื่องที่ใช้ โพลีเมอร์ (จากตาราง 4.2)

ปริมาณความสูงต่อหน่วยเวลา ที่วัดด้วยปากเกอร์ (mm/hr)	ปริมาณน้ำฝนที่อ่านได้จากเครื่องบันทึกผล แบบต่อเนื่องตลอดเวลา (mm/hr)
49.52	50
100.36	100
150.33	150
200.71	200
249.73	250
299.12	300
348.16	350
396.49	400
448.05	450
501.85	500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 เวิร์กการณเดีที่่างสั้น ยกทั้งที่มีม้เทีตดแบ่งถ่งเนื้อที่ และต้งย้งองเงงเงง ช้องเอีเกีลวทุกคั้งที่ม้การณไปไซ

หมายเหตุ คุณสมบัติของเครื่อง Tipping bucket กำหนดไว้ว่า การเทน้ำของกระบอก 1 ครั้ง (1 พัลซ์) เท่ากับปริมาณน้ำสูง 1 มม.

จากกราฟดังรูป 4.4 เส้นกราฟของปริมาณน้ำจริงนั้นอธิบายได้ว่า ในการวัดปริมาณน้ำโดยใช้ปั๊กเกอร์ (ค่าทางแกนนอน) ถือได้ว่าเป็นค่าของปริมาณน้ำจริงๆ ส่วนค่าที่อ่านจากเครื่อง (ค่าทางแกนตั้ง) จะเท่ากับค่าทางแกนนอนเมื่อเครื่องวัดปริมาณน้ำฝนมีประสิทธิภาพ 100 % นั่นคือในทางความเป็นจริงนั้น ค่าทางแกนนอนจะต้องเท่ากับค่าทางแกนตั้ง (ค่าจริงจะเท่ากับค่าจากเครื่องวัดน้ำฝน)

จากการเปรียบเทียบกราฟของเครื่อง Tipping Bucket กับเครื่องที่ใช้ฟิล์มเซ็นเซอร์ ได้ข้อสรุปดังนี้

1. กราฟของเครื่อง Tipping bucket จะเริ่มไม่เป็นเส้นตรงเมื่อค่าปริมาณน้ำฝนมากกว่า 200 mm/hr ขึ้นไป แสดงว่าเครื่องแบบ tipping bucket มีขีดความสามารถในการวัดได้สูงสุด 200 mm/hr
2. กราฟของเครื่อง Tipping bucket จะอยู่ใต้เส้นกราฟของปริมาณน้ำจริงแสดงว่าเครื่อง Tipping bucket จะวัดได้น้อยกว่าความเป็นจริง
3. กราฟของเครื่องฟิล์มเซ็นเซอร์ จะเข้าใกล้เส้นกราฟของปริมาณน้ำจริงมากกว่ากราฟของเครื่อง Tipping bucket แสดงว่าเครื่องที่ใช้ฟิล์มเซ็นเซอร์มีความถูกต้องมากกว่าเครื่อง Tipping bucket

#### 4.4 การทดลองการอินเทอร์เฟซ อนุลอก ทู ดิจิตอล คอนเวอร์เตอร์ การ์ด (A/D converter card)

จากหัวข้อ(3.6)การแสดงผลการวัดสัญญาณทางคอมพิวเตอร์ เราจะทำการทดลองป้อนสัญญาณอนุลอกซึ่งสร้างจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ (Signal Generator) 2 เครื่อง (คือเป็น CH1 และ CH2) เข้าที่ขา  $V_{in+}$ ,  $V_{in-}$  ของ IC0804 ทั้ง 2 ตัว แล้วนำการ์ด A/D เสียบกับสล๊อต (Slot) ของเครื่องคอมพิวเตอร์แล้วทำการโหลดโปรแกรม ซึ่งทำการเช็คพอร์ทเพื่อทำการรับข้อมูลจากการ์ด

ปรับสัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณในช่วงความถี่ต่าง ๆ (ในการทดลองใช้ช่วงความถี่ย่าน  $10\text{ Hz}$ ) การ์ดจะทำการแปลงสัญญาณอนุลอกดังกล่าว แล้วส่งสัญญาณในรูปแบบดิจิตอลไปให้คอมพิวเตอร์ผ่านทางสล๊อตไปประมวลผลที่ CPU แล้วแสดงออกที่หน้าจอ ดังรูป



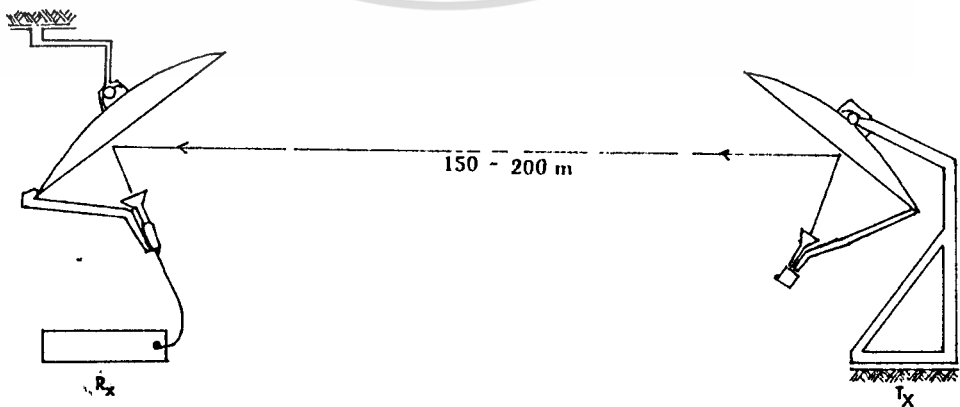
รูป 4.5 การแสดงผลของสัญญาณออกทางมอเินเตอร์

จากลักษณะของสัญญาณดังรูป เราส่งสัญญาณอนาล็อกผ่านการ์ดเข้าไป 2 CH โปรแกรมที่  
เราทำการโหลดไว้ จะทำการแซมปลิงสัญญาณที่ละช่องสัญญาณแล้วนำมาดีเท็คและแสดงผลลัพท์  
ที่ละช่องสัญญาณ แต่การแซมปลิงเรากำหนดไว้ที่ความถี่ของการแซมปลิงสูงจึงทำให้ดูเหมือนว่า  
สัญญาณที่เข้ามาทั้ง 2 ช่องสัญญาณต่อเนื่องตลอดเวลา

#### 4.5 การทดลองส่ง-รับสัญญาณไมโครเวฟ

ทำการติดตั้งเครื่องรับ-เครื่องส่ง โดทเครื่องส่งประกอบด้วยกาป้อนรีฟหลาย 6.2<sup>o</sup> 6.5  
โวลท์และไอซอสซิลเลเตอร์แบบกริวดอลก่าเน็คสัญญาณความถี่ 19.9 GHz สัญญาณจะถูก  
ป้อนออกที่ฮอร์น (HORN) ไปสะท้อนที่เมนดิช แนวทางการเดินทางของคลื่นจะขึ้นอยู่กับการปรับมุม  
ของเมนดิช ส่วนเครื่องรับจะใช้จานเสาอากาศแบบเดียวกันกับทางด้านเครื่องส่ง กล้องจะสะท้อน  
ที่เมนดิชมาเข้าฮอร์นของทางด้านรับ จากนี้จึงผ่านเพาเวอร์ เซนเซอร์มาที่เพาเวอร์มิเตอร์  
เราสามารถดูความแรงของสัญญาณได้ที่เพาเวอร์มิเตอร์

ในการทดลองนี้ระยะที่ทำการส่ง-รับคลื่นอยู่ในช่วง 150-200 เมตร เนื่องจากจานเสา  
อากาศที่เมนดิชของเครื่องรับ ล่าคลื่นจะรวมตัว (focus) ไปถึงฮอร์นแล้วผ่านเพาเวอร์ เซน  
เซอร์ซึ่งจะทำการแปลงสัญญาณความถี่จากความถี่วิทยุ (RF) มาเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเพื่อใ้  
ให้เพาเวอร์มิเตอร์บอกค่าสัญญาณที่ได้รับออกมาในรูปค่าของเพาเวอร์ของสัญญาณ (หน่วยเป็น  
Watt, dB<sub>m</sub>, dB<sub>p</sub>) สัญญาณที่รับได้นี้จะนำมาเตรียมวิเคราะห์เปรียบเทียบกับ  
การลดทอนที่จะเกิดจากปริมาณฝนต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้รูป 4.6 นี้การรับ-ส่งสัญญาณไมโครเวฟ เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทสรุป

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่วัดได้จากเครื่องแบบใหม่โดยใช้ โพล์วเซนเซอร์ วัดปริมาณการไหลผ่านของน้ำ สามารถให้ข้อมูลที่ละเอียดและถูกต้องมากกว่า เครื่องแบบที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันดังแสดงในกราฟรูปที่ 4.4 นอกจากนี้ยังสามารถอ่านค่าปริมาณน้ำฝนได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ซึ่งเหมาะกับการนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบการลดทอนของสัญญาณไมโครเวฟ แต่เครื่องแบบใหม่ที่ใช้โพล์วเซนเซอร์นี้ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ในการพยากรณ์อากาศ เนื่องจากเครื่องแบบใหม่นี้ไม่ได้แสดงค่าปริมาณน้ำฝนในรูปของค่าเฉลี่ย ดังนั้นจึงไม่สามารถบอกได้ว่าในแต่ละวัน มีปริมาณน้ำฝนตกเฉลี่ยกี่ มม./ชม. อย่างไรก็ตามถ้านำผลของการวัดปริมาณน้ำฝนของเครื่องแบบใหม่ที่ใช้โพล์วเซนเซอร์ มาทำการประมวลผล ในเครื่องคอมพิวเตอร์ ก็สามารถบอกค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยที่ตกในแต่ละวันได้

ในการศึกษาลักษณะสัญญาณไมโครเวฟขณะที่ฝนตก สามารถที่จะทำการศึกษา เก็บข้อมูลจากการออกแบบระบบส่ง-รับสัญญาณไมโครเวฟย่านความถี่สูง 19.9 GHz ที่ได้เสนอไว้ในหัวข้อ 3.9 เพื่อนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลสัญญาณไมโครเวฟ ซึ่งจะ เป็นประโยชน์ในการออกแบบระบบการสื่อสารไมโครเวฟให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำเพื่อการรวบรวมข้อมูล ขั้นตอนการทำงาน การสร้าง เครื่องมือ และการทดลอง ซึ่งทั้งหมดเหล่านี้ หวังไว้ว่าจะสามารถเป็นประโยชน์ต่อการสื่อสารต่อไป รวมทั้งผู้ปฏิบัติงานในโครงการนี้ จะมีความรู้ความสามารถ ประสบการณ์จากการฝึกฝน ปริญญานิพนธ์นี้จะสำเร็จลุล่วงลงไม่ได้ ถ้าขาดซึ่งการอบรมสั่งสอนการให้คำชี้แนะ คำปรึกษา รวมทั้งค่าใช้จ่ายจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา

คำแนะนำทางด้านวิชาการและความเอื้อเฟื้อในด้านอุปกรณ์จากท่านอาจารย์ภาควิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม ทุกท่าน

คำแนะนำ ความอนุเคราะห์ในเรื่องอุปกรณ์และสถานที่ จากอาจารย์และเจ้าหน้าที่ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คำปรึกษา คำแนะนำ การให้แนวทางในการปฏิบัติงาน การให้ความเป็นกันเอง รวมทั้งกำลังกาย กำลังใจเป็นอย่างดีจากพี่ Staff

ขอขอบพระคุณ รศ.ถวิล พึ่งมา อาจารย์ที่ปรึกษา

ท่านอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่าน

ท่านอาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่าน

อาจารย์อิทธิชัย อรุณศรีแสงไชย

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

คุณพิชญ์ บุญตรา

คุณนิเชช เสนาะล้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. เทคโนโลยีใหม่ในงานวิศวกรรม (Now Technology in Engineering)  
เอกสารประกอบการประชุมใหญ่ทางวิชาการประจำปี 2532 วิศวกรรมสถาน  
แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์  
เครื่องมือวัดปริมาณน้ำฝนชนิดเชิงตรงสูงสำหรับสภาพฝนตกหนักในประเทศไทย  
ถวิล พึ่งมา มนุษย์ สุขเกษม P.281-293
2. วิศวกรรมสาร ฉบับปีที่ 43 เล่มที่ 2 ประจำปี 2533 ISSN 0125-0523
3. เว็บไซต์ "การคำนวณอัตราฝนตกจากข้อมูลอุตุนิยมวิทยา เพื่อการศึกษาการลดทอน  
ของสัญญาณไมโครเวฟ" วิทยานิพนธ์ปริญญาโท 2523, สจล
4. การอินเตอร์เฟส IBM PC ซานินทร์ ถาวรศาสนวงศ์, ทิณกร คุ้ม
5. Tawil Paungma, Yoshiaki Moriya and Hisashi Sasomato, "Rainfall  
Intensity Recorder used Flow Sensor" The Institute of  
Electrical Engineering of Japan P.173-176, 1989
6. Mitsuba Electric MFG Co., Ltd. "Flow Sensor and Flow Meter  
data Sheet, 1988
7. An Introductory Guide to Flow Measurement, ROGER C. BAKER  
Chapter 3 Selection, Chapter 5 Volumetric Flow meter
8. Instruction manual KAZ-731, KAZ-731 F/V, F/I Converter  
user's manual Coco Reserch Inc.
9. "Aperture Antenna" Satellite Communication Technology :K.Miya
10. POWER METER ML 4803 A, POWER SENSOR MA [] AND MP [] OPERATION  
MANUAL : Anritsu

ภาคผนวก

DAILY RAINFALL IN MILLIMETRE

STATION : 455048 KHET LAT KRABANG

YEAR : 1990

DATE	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY.	JUN?	JUL?	AUG?	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-				
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	-				
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	4.2	-				
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-				
5	0.0	0.0	0.0	3.4	19.6	-	39.2	-				
6	0.0	0.0	0.0	0.0	28.8	-	-	-				
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-				
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-				
9	0.0	0.0	20.2	0.0	9.4	-	-	-				
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-				
11	0.0	0.0	0.0	0.0	21.6	-	-	-				
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-				
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-				
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-				
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-				
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	17.7	-				
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	-				
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	0.0	-				
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-				
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-				
21	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	-	-	-				
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-				
23	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	-	-	-				
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-				
25	0.0	0.0	0.0	0.0	12.6	-	-	-				
26	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	-	-	-				
27	0.0	0.0	0.0	5.4	6.4	-	-	-				
28	0.0	0.0	0.0	13.8	0.0	-	-	-				
29	0.0	0.0	0.0	12.4	3.4	-	-	-				
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-				
31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-	-	-				
N	31	28	31	30	31	-	6*	-				
TOTAL	0.0	0.0	20.2	35.0	117.6	-	61.1	-				
R-DAY	0	0	1	4	10	-	3	-				
MAX.	0.0	0.0	20.2	13.8	28.8	-	39.2	-				
DATE			9	28	6	-	5	-				

ANNUAL RAINFALL = 233.9\* MM. TOTAL NO. OF DAYS WITH RAINFALL = 18\*  
 DAILY MAXIMUM = 39.2\* MM. ON 5 JUL.

REMARKS : DAILY VALUE ARE ACCUMULATED RAINFALL BETWEEN 07.00-07.00 HOURS  
 R-DAY IS NO. OF DAYS WITH RAINFALL GREATER THAN OR EQUAL TO 0.1 MM.  
 "-" IS MISSING VALUE OR NO DATA REPORTED  
 "\*" MEANS INCOMPLETE DATA IN SPECIFIED MONTH AND/OR ANNUAL VALUES  
 "?" MEANS DATA ARE NOT VERIFIED ON THAT MONTH

**การเก็บบันทึกข้อมูลปริมาณน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804, ADC0805



A to D, D to A

## ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804, ADC0805 8-Bit $\mu$ P Compatible A/D Converters

### General Description

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804 and ADC0805 are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters which use a differential potentiometric ladder—similar to the 256R products. These converters are designed to allow operation with the NSC2000 and INS2090A derivative control bus, and TRI-STATE<sup>®</sup> output latches directly drive the data bus. These A/Ds appear like memory locations or I/O ports to the microprocessor and no interfacing logic is needed.

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

- Differential analog voltage inputs
- Logic inputs and outputs meet both MOS and TTL voltage level specifications
- Works with 2.5V (LM336) voltage reference
- On-chip clock generator
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero adjust required
- 0.3" standard width 20-pin DIP package
- Operates ratiometrically or with 5 V<sub>CC</sub>, 2.5 V<sub>CC</sub> or analog span adjusted voltage reference

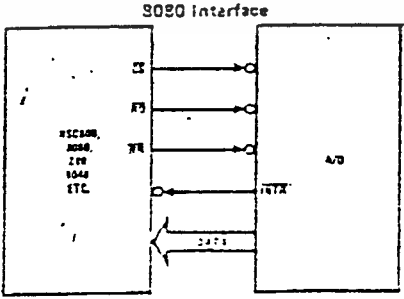
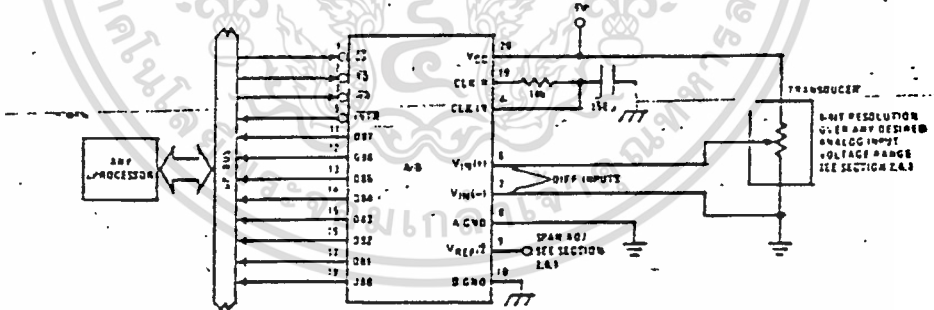
### Features

- Compatible with 2080  $\mu$ P derivatives—no interfacing logic needed—access time—135 ns
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"

### Key Specifications

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

### Typical Applications



ERROR SPECIFICATION INCLUDES FULL SCALE, ZERO ERROR AND NON-LINEARITY			
PART NUMBER	FULL SCALE ADJUSTED	V <sub>REF</sub> = 2.500 V <sub>CC</sub> (NO ADJUSTMENTS)	V <sub>REF</sub> = NO CONNECTION (NO ADJUSTMENTS)
ADC0801	$\pm 1/4$ LSB	$\pm 1/2$ LSB	$\pm 1$ LSB
ADC0802	$\pm 1/2$ LSB	$\pm 1$ LSB	$\pm 1$ LSB
ADC0803	$\pm 1/2$ LSB	$\pm 1$ LSB	$\pm 1$ LSB
ADC0804	$\pm 1/2$ LSB	$\pm 1$ LSB	$\pm 1$ LSB
ADC0805	$\pm 1/2$ LSB	$\pm 1$ LSB	$\pm 1$ LSB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54138/74138 3-Line-to-8-Line Decoder

	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	ICF	C	P	M	ICF	C	P	M	ICF	C	P	M	ICF	C	P	M	ICF	
T.I.	SN54S138	J	J		W		SN54LS138	J	J		W										
FAIRCHILD	SN74S138	J	J		W		SN74LS138	J	J		W										
	74S138	J	J		W		74LS138	J	J		W										
MOTOROLA	MC74S138	J	J		W		MC74LS138	J	J		W										
	74S138	J	J		W		74LS138	J	J		W										
N.S.C.	DM74S138	J	J		W		DM74LS138	J	J		W										
PHILIPS	N74S138	J	J		W		N74LS138	J	J		W										
SIGNETICS	S54S138	J	J		W		S54LS138	J	J		W										
	N74S138	J	J		W		N74LS138	J	J		W										
SIEMENS																					
FUJITSU							74LS138	J	J		W										
HTACHI							HD74LS138	J	J		W										
MTSUBISHI	M74S138	J	J		W		M74LS138	J	J		W										
NEC							74LS138	J	J		W										
TOSHIBA							74LS138	J	J		W										

Electrical Characteristics SN54LS138/SN74LS138

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V <sub>CC</sub>	TV	Operating free-air temperature range	SN74LS	-55°C to 125°C
Input voltage	TV	Storage temperature range	SN74LS	0°C to 70°C
			SN54LS	-65°C to 150°C

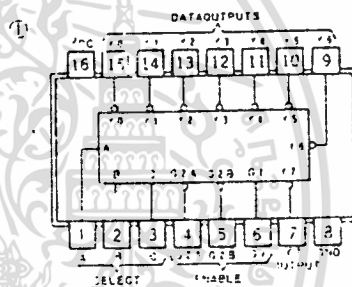
recommended operating conditions

	SN54LS138			SN74LS138			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I <sub>OH</sub>			400			400	mA
Low-level output current, I <sub>OL</sub>			4			4	mA
Operating free-air temperature, T <sub>a</sub>	-55	125	0	-55	125	0	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT	
V <sub>OH</sub>	High-level output voltage		2		V	
V <sub>OL</sub>	Low-level output voltage		0.8		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, V <sub>IH</sub> = 2V, V <sub>IL</sub> = 0.8V, I <sub>OH</sub> = 400mA	SN54LS 2.5	3.0	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> = 8mA	SN74LS 0.35	0.5	V	
I <sub>I</sub>	Input current at maximum input voltage	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> = 3V		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> = 0.8V		0.4	mA	
I <sub>OS</sub>	Short-circuit output current	V <sub>CC</sub> = MAX	20	-100	mA	
I <sub>CC</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> = MAX, Outputs enabled and open	6.3	10	mA	
t <sub>PLH</sub>	from Binary select to Any output	V <sub>CC</sub> = 5V, T <sub>a</sub> = 25°C, C <sub>L</sub> = 15pF, R <sub>L</sub> = 2kΩ	2	13	20	ns
t <sub>PLL</sub>			1	19	27	ns
t <sub>PHL</sub>	from Enable to Any output	levels of delay	2	12	9	ns
t <sub>PL</sub>			1	21	32	ns
t <sub>PH</sub>	from Enable to Any output	levels of delay	2	17	15	ns
t <sub>PH</sub>			1	25	18	ns

Pin Assignment (Top View)



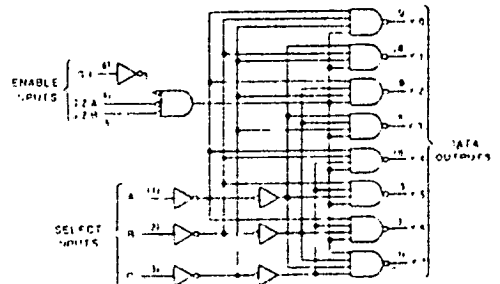
positive logic:  
see function table

Function Table

	INPUTS			OUTPUTS							
	ENABLE G1	G2	SELECT C B A	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
X	H	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H
L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
H	L	L	L	H	H	L	L	H	H	H	H
H	L	L	H	L	H	L	L	H	L	H	H
H	L	H	L	L	H	L	L	H	L	H	H
H	L	H	H	L	H	L	L	H	L	H	H
H	H	L	L	L	H	H	L	L	H	L	H
H	H	L	H	L	H	H	L	L	H	L	H
H	H	H	L	L	H	H	L	L	H	L	H
H	H	H	H	L	H	H	L	L	H	L	H

X = 0, 2 = 0.2A + 0.2B  
H = high level, L = low level, X = irrelevant

Functional Block Diagram



54138/74138 DECODER/DEMULPLEXER

Dimensions shown as MIN or MAX are the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable device type.  
 1. All logical values are at V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>a</sub> = 25°C.  
 2. Input noise: the rms output should be limited to 10% and duration of the short-circuit test should not exceed one second.  
 3. t<sub>PLH</sub> = propagation delay time, low-to-high level output.  
 4. t<sub>PHL</sub> = propagation delay time, high-to-low level output.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้