ปีการศึกษา 2532

การวัดค่าแอมปลิจูดของคลื่นน้ำ

(Water wave Amplitude Measurement)

โดย

นายมณภพ ภู่ประเสริฐ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.สิทธิชัย โภไคยอุดม

026941

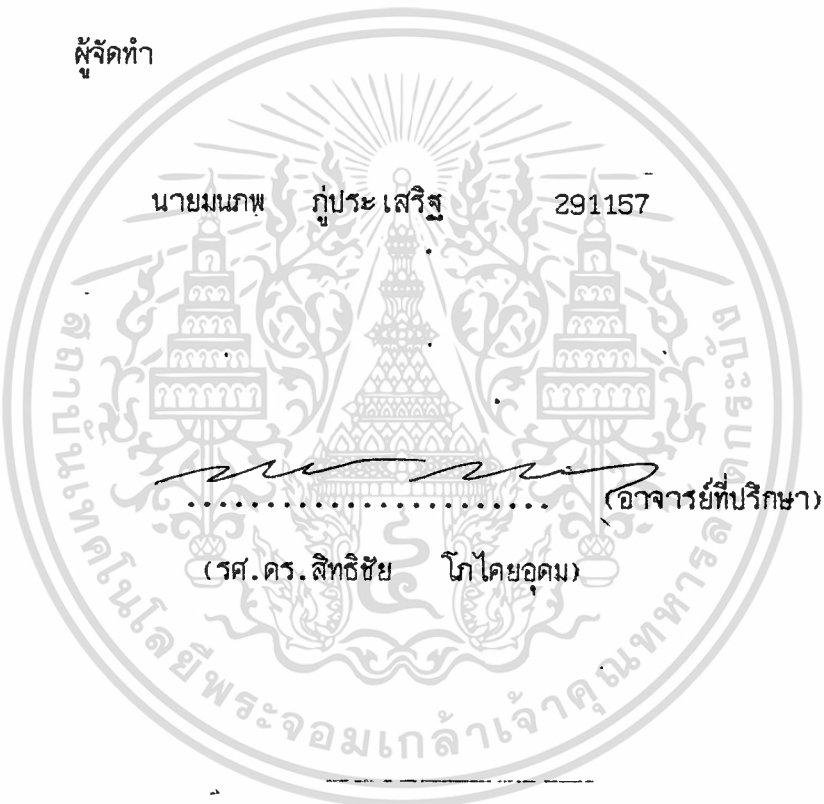
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2532

เรื่อง การวัดค่าแอมปลิจูดของคลื่นน้ำ

ผู้จัดทำ

นายมนภพ ภู่ประเสริฐ 291157



..... (อาจารย์ที่ปรึกษา)

(รศ.ดร.สิทธิชัย โภไคยอุดม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

026941

การวัดค่าแอมปลิจูดของคลื่นน้ำ

(Water Wave Amplitude Measurement)

มนภพ ภู่ประเสริฐ 291157

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.สิทธิชัย โภไดยอุดม

ปีการศึกษา 2532

บทคัดย่อ

ในการศึกษาเรื่องคลื่นของนักศึกษาทางวิทยาศาสตร์ มักจะใช้คลื่นน้ำในการทดลอง เพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติของคลื่น และการวัดค่าแอมปลิจูด (Amplitude) ของคลื่นน้ำโดยทั่วไปจะใช้สายตาในการวัด ซึ่งอาจจะทำให้ได้ค่าที่ผิดจากความจริงไปมากอันจะทำให้นักศึกษาไม่เข้าใจในเรื่องที่กำลังได้อย่างถ่องแท้ จึงได้มีความคิดที่จะนำวงจรอิเลคโทรนิคส์มาใช้ในการวัดเพื่อที่จะได้ค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น

หลักการที่ใช้นั้นคือ จะใช้ตัวดีเทค (detect) ค่าแอมปลิจูดคลื่นน้ำที่มีลักษณะเป็นตัวเก็บประจุที่เปลี่ยนค่าได้ เมื่อระดับน้ำเปลี่ยนแปลงต่อเข้ากับวงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillater) เพื่อกำเนิดความถี่ค่าต่าง ๆ ตามแต่ระดับของน้ำซึ่งจะนำผลการเปลี่ยนแปลงนี้มาใช้ หาค่าแอมปลิจูดคลื่นน้ำ โดยใช้แสดงออกมาทาง แอล อี ดี 7 เซกเมนต์ (LED 7 SEGMENTS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

			หน้า
บทที่	1	บทนำ	1
บทที่	2	ทฤษฎีและโครงสร้าง	2
	2.1	โครงสร้าง	2
	2.2	ภาคดีเทคเตอร์	3
	2.3	ภาคประมวลผลสัญญาณ	10
	2.4	ภาคแสดงผล	19
บทที่	3	การสร้างและคำนวณ	21
	3.1	ภาคดีเทคเตอร์	21
	3.2	ภาคประมวลผลสัญญาณ	45
	3.3	ภาคแสดงผล	49
บทที่	4	การทดสอบและผลการทดสอบ	54
บทที่	5	สรุปและวิจารณ์	61
กิตติกรรมประกาศ			65
หนังสืออ้างอิง			66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันเครื่องมือวัดทางอิเลคทรอนิคส์จะให้ผลจากการวัดที่เที่ยงตรงมาก ซึ่งทั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งเกิดจากการใช้วงจร และวิธีในการวัดที่เหมาะสม ในการสร้างเครื่องวัดระดับแอมปลิจูดของคลื่นน้ำที่ได้พยายามที่จะใช้วิธีและวงจร ที่จะทำให้เกิดค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด วงจรส่วนที่สำคัญที่สุดสำหรับเครื่องวัดแอมปลิจูดของน้ำคือ วงจรส่วนที่จะเปลี่ยนสัญญาณค่าแอมปลิจูดของน้ำให้ออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้า ที่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีรูปแบบ วงจรส่วนที่ได้ใช้ในการสร้างยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้จริง เพราะค่าความผิดพลาดมีค่าค่อนข้างสูง จะเห็นได้ว่าหลักการที่ใช้ในเครื่องมือวัดจะคล้ายกัน ไม่ว่าเครื่องวัดนั้นจะแตกต่างกันเพียงใดก็ตาม

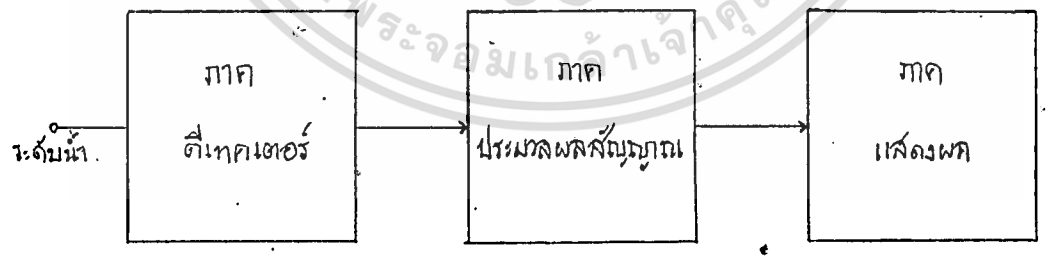
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและโครงสร้าง

2.1 โครงสร้าง

ในการออกแบบและการสร้างเครื่องมือวัดต่างๆ เราควรแบ่งส่วนการทำงานของเครื่องมือนั้นเป็นส่วนๆ แล้วออกแบบไปทีละส่วน เพื่อความสะดวกต่อการวางแผนในการสร้าง เครื่องวัดแอมปลิจูดของคลื่นน้ำที่ได้สร้างขึ้นมานี้ ก็จะแบ่งส่วนการทำงานออกเป็น 3 ภาคใหญ่ๆ เช่นเดียวกับเครื่องมือวัดอื่นๆ โดยได้แสดงส่วนการทำงานของเครื่องไว้ในภาพที่ 2.1.1



ภาพที่ 2.1.1

เราจะอธิบายถึงหลักการในวงจรภาคต่างๆไว้ในหัวข้อต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ภาคดีเทคเตอร์ (Detector)

เนื่องจากเราได้ใช้วงจรทางอิเลคทรอนิคส์ (Electronic Circuit) ในการวัด จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนสัญญาณค่าแอมปลิจูดของน้ำที่ต้องการวัด ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเสียก่อน และนำสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ไปใช้หาค่าแอมปลิจูดคลื่นน้ำต่อไป

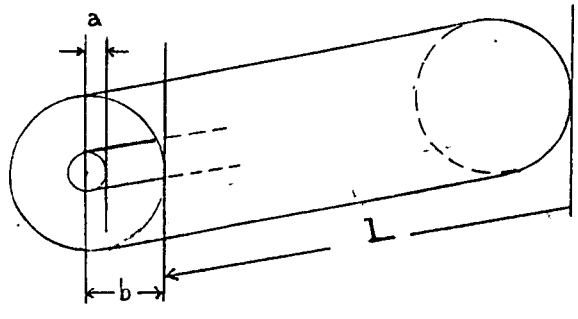
ได้มีแนวความคิดที่จะใช้วิธีการดีเทคอยู่ 2 วิธีคือ

1. การใช้ระดับคลื่นน้ำไปเปลี่ยนค่าคาปาซิแทน (Capacitance) ของตัวดีเทค
2. การใช้ระดับคลื่นน้ำไปเปลี่ยนค่าความต้านทานของตัวดีเทค

2.2.1 การใช้ระดับคลื่นน้ำไปเปลี่ยนค่าคาปาซิแทนของตัวดีเทค

เราจะใช้คุณสมบัติของตัวเก็บประจุในการดีเทคระดับคลื่นน้ำ โดยถ้าค่าคาปาซิแทนของตัวดีเทคเปลี่ยนไปตามระดับน้ำที่เกิดจากระลอกคลื่น เราสามารถนำเอาการเปลี่ยนแปลงนี้มาหาค่าแอมปลิจูดคลื่นน้ำได้

พิจารณาสายโคแอคเชียล (Coaxial cable) ที่มีรัศมีของตัวนำภายในเป็น a และรัศมีของฉนวนภายนอกเป็น b และมีความยาว L ดังภาพที่ 2.2.1



ภาพที่ 2.2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าคาปาซิแทนของสายโคแอคเชียลนี้คือ

$$C = \frac{2\pi\epsilon L}{\ln(b/a)} \qquad \ldots(2.1)$$

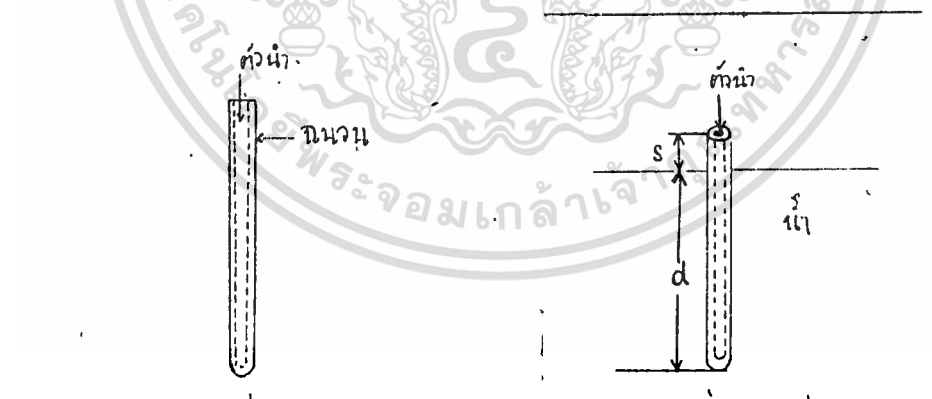
โดยที่ $$\epsilon = \epsilon_0\epsilon_r \qquad \ldots(2.2)$$

ϵ คือค่าเพอร์มิททิวิตี (permittivity) ของฉนวน

ϵ_r คือค่ารีเลทิพ เพอร์มิททิวิตี (relative permittivity) ของฉนวน

ϵ_0 คือค่าเพอร์มิททิวิตีของฟรีสเปซ (permittivity of free space)

จากสมการ (2.1) ถ้า a และ b คงที่ จะเห็นได้ว่า ค่าคาปาซิแทนของสายจะแปรผันตรงกับความยาว L ซึ่งเราจะนำความสัมพันธ์นี้มาใช้ โดยจะใช้ตัวดีเทคที่มีลักษณะเช่นเดียวกับสายโคแอคเชียล แต่จะหุ้มฉนวนปิดปลายข้างหนึ่งไว้ ดังภาพที่ 2.2.2(a) และนำเอาปลายข้างที่หุ้มฉนวนไปจุ่มในน้ำ ดังภาพที่ 2.2.2 (b)



ภาพที่ 2.2(a) ภาพที่ 2.2(b)

ภาพที่ 2.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติว่า น้ำนั้นเป็นน้ำบริสุทธิ์ซึ่งเป็นฉนวน และเพื่อความสะดวกในการพิจารณา จะสมมติให้อาณาเขตน้ำรอบตัวดีเทคเป็นวงกลมรัศมี c. ซึ่ง c>>b ค่าคาปาซิแทนของระบบนี้จะเกิดจาก ค่าคาปาซิแทน 2 ส่วน คือ ค่าคาปาซิแทนในส่วนที่ตัวดีเทคอยู่ในน้ำ และค่าคาปาซิแทนในส่วนที่ตัวดีเทคพ้นน้ำ จะแสดงภาพตัดขวางของแต่ละส่วนไว้ในภาพที่ 2.2.3

ภาพที่ 2.2.3

เราจะประมาณค่าคาปาซิแทนของระบบได้คือ

$$C = C_1 + C_2 \qquad \ldots(2.3)$$

$$C_1 = \frac{2\pi\epsilon_v s}{\ln(b/a)} \qquad \ldots(2.4)$$

$$C_2 = \frac{1}{\frac{\ln(b/a)}{2\pi\epsilon_v d} + \frac{\ln(c/b)}{2\pi\epsilon_{น้ำ} d}} \qquad \ldots(2.5)$$

โดยที่ a. คือรัศมีของตัวนำในตัวดีเทค

b คือรัศมีของฉนวนในตัวดีเทค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

c คือรัศมีของบริเวณน้ำ

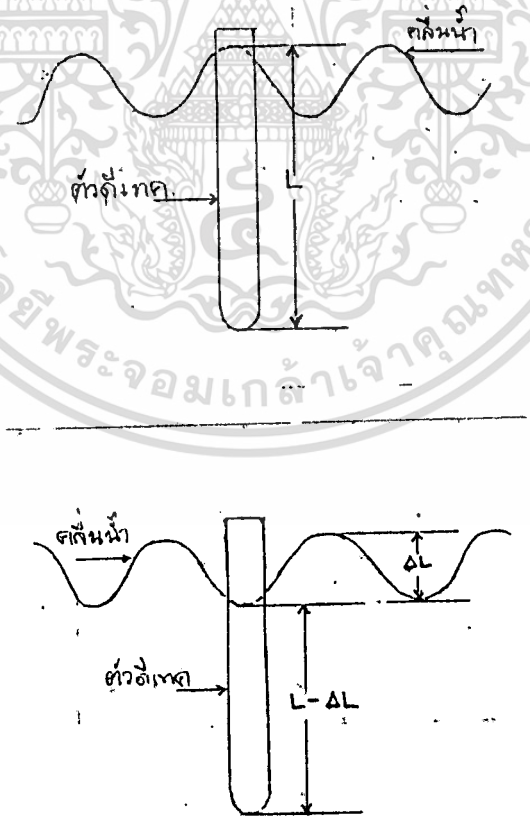
d คือความยาวส่วนตัวดีเทคที่อยู่ในน้ำ

s คือความยาวส่วนตัวดีเทคที่อยู่พ้นน้ำ

ϵ_r คือค่าเพอร์มิททิวิตีของฉนวน

$\epsilon_{น้ำ}$ คือค่าเพอร์มิททิวิตีของน้ำ

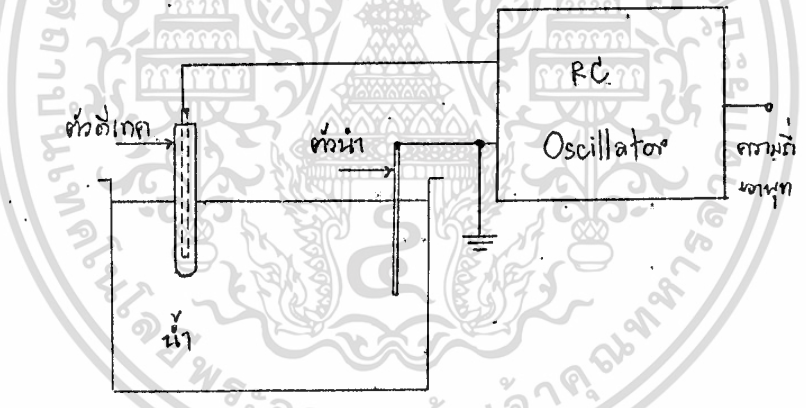
จากสมการ (2.3) ถึง (2.5) จะเห็นได้ว่าค่าคาปาซิแทนของระบบจะขึ้นอยู่กับค่าความยาวส่วนตัวดีเทคที่อยู่ในน้ำ ถ้าเรากำหนดให้ตัวดีเทคจุ่มอยู่ในน้ำในตำแหน่งคงที่ เมื่อมีคลื่นน้ำเกิดขึ้นดังภาพที่ 2.2.4



ภาพที่ 2.2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่า เมื่อมีคลื่นน้ำเกิดขึ้น ขณะที่ยอดคลื่นและท้องคลื่นกระทบตัวดีเทคจะทำให้ค่าความยาวส่วนของตัวดีเทคที่อยู่ในน้ำเปลี่ยนไป ซึ่งจะทำให้ค่าคาปาซิแทนของระบบเปลี่ยนไปด้วย เราจะนำผลการเปลี่ยนแปลงอันนี้มาใช้ โดยต่อวงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) ขึ้น แล้วใช้ระบบนี้เป็นตัวคาปาซิเตอร์ ที่ใช้กำหนดความถี่ในการออสซิลเลต (Oscillate) ดังภาพที่ 2.2.5 ซึ่งถ้าค่าคาปาซิแทนของระบบเปลี่ยนไป เนื่องจากคลื่นน้ำจะทำให้ความถี่ของการออสซิลเลตเปลี่ยนไปด้วย และเราจะนำผลการเปลี่ยนแปลงความถี่นี้ส่งไปให้วงจรภาคต่อไป

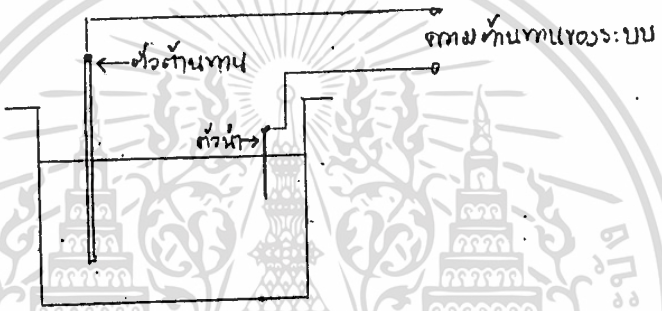


ภาพที่ 2.2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การใช้ระดับคลื่นน้ำไปเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของตัวดีเทค

วิธีนี้ก็ใช้หลักการคล้าย ๆ กับวิธีที่แล้ว โดยเราจะใช้ตัวดีเทคเป็นแท่งวัตถุที่มีความต้านทานจุ่มลงในน้ำดังภาพที่ 2.2.6



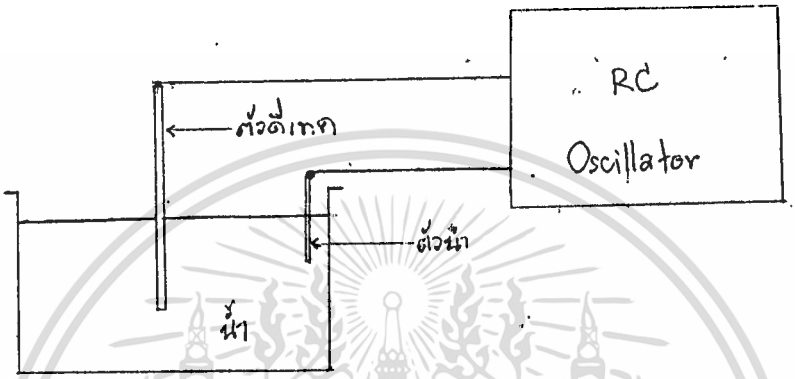
ภาพที่ 2.2.6

เราจะประมาณค่าความต้านทานของระบบได้คือ

ความต้านทานของระบบ = ความต้านทานส่วนที่วัตถุพ้นน้ำ + ความต้านทานส่วนที่วัตถุอยู่ในน้ำ ...(2.6)

ซึ่งถ้าเรากำหนดให้ตัววัตถุและตัวนำที่จุ่มในน้ำอยู่ในตำแหน่งคงที่ จะเห็นได้ว่าค่าความต้านทานของระบบจะเปลี่ยนไปตามค่าความยาวส่วนของวัตถุในน้ำ ซึ่งจะทำให้ความต้านทานของระบบมีค่าต่างๆกันไปตามแต่ระดับคลื่น เราจะนำการเปลี่ยนแปลงอันนี้มาใช้ได้ 2 วิธี โดยอาจจะต่อเข้ากับวงจรอาร์ซีออสซิลเลเตอร์ (RC Oscillator) ดังภาพที่ 2.2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2.7

โดยใช้ระบบเป็นความต้านทานที่กำหนดความถี่ในการออสซิลเลต และนำผลการเปลี่ยนแปลงความถี่ไปใช้เช่นเดียวกับหลักการในหัวข้อที่ 2.2.1 หรืออาจจะใช้เคอร์เรนท์ ซอร์ซ (current source) จ่ายกระแสค่าคงที่ให้กับระบบ เราทราบกันดีจากกฎของโอห์ม (OHM's Law) ว่า

$$V = IR \qquad \ldots(2.7)$$

ฉะนั้น เมื่อเราจ่ายกระแสค่าคงที่ให้กับระบบ โวลเตจ (voltage) ที่ตกคร่อมระบบจะเปลี่ยนไปตามความต้านทานของระบบอันเนื่องมาจากดลื่นน้ำ เราจะนำผลการเปลี่ยนแปลงโวลเตจนี้ส่งไปให้วงจรภาคต่อไป

ในที่นี้เราจะเลือกใช้วิธีหลัง เนื่องจากค่อนข้างสะดวกกว่ามาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
026941

2.3 ภาคประมวลผลสัญญาณ

เนื่องจากสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากภาคดีเทค เป็นสัญญาณที่มีความสัมพันธ์กับระดับน้ำที่เปลี่ยนแปลงเนื่องมาจากคลื่นน้ำเท่านั้น ฉะนั้นวงจรภาคนี้จะมีหน้าที่นำสัญญาณจากภาคดีเทคมาจัดการให้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าแอมปลิจูดของคลื่นน้ำ วงจรภาคประมวลผลสัญญาณที่ใช้สำหรับภาคดีเทคเตอร์ 2 แบบที่กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.2 จะไม่เหมือนกัน เพราะสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากภาคดีเทคในหัวข้อที่ 2.2.1 จะอยู่ในรูปความถี่ส่วนสัญญาณที่ได้จากภาคดีเทคในหัวข้อที่ 2.2.2 จะอยู่ในรูปโวลเตจ จึงจะได้กล่าวถึงวงจรภาคประมวลผลสัญญาณ สำหรับภาคดีเทคแต่ละแบบดังต่อไปนี้

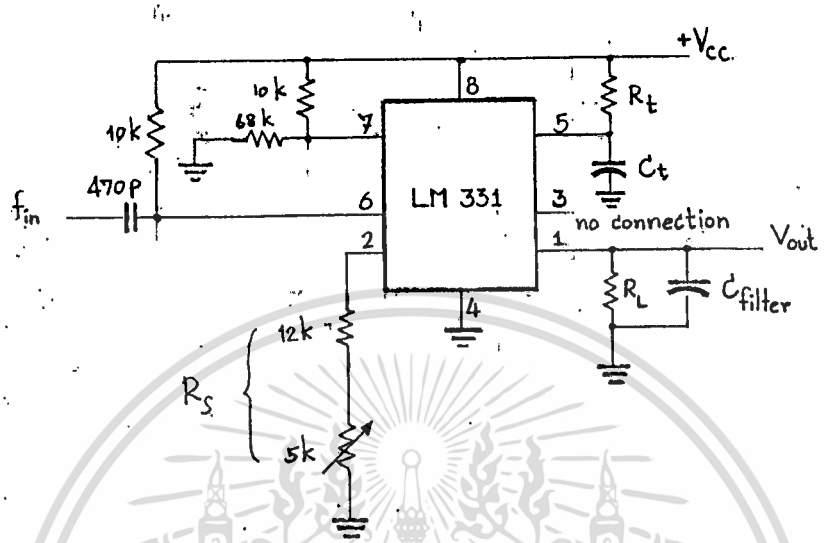
2.3.1 ภาคประมวลผลสำหรับภาคดีเทคในหัวข้อที่ 2.2.1

ในภาคนี้จะประกอบด้วยวงจรย่อย ๆ หลายส่วนดังนี้

- วงจรเปลี่ยนความถี่เป็นโวลเตจ (Frequency to Voltage Converter หรือ FVC

สัญญาณที่ได้จากภาคดีเทคในหัวข้อที่ 2.2.1 จะอยู่ในรูปของความถี่ซึ่งไม่สะดวกต่อการใช้งานจึงจำต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของโวลเตจเสียก่อน ในที่นี้จะใช้ไอซีสำเร็จรูปเบอร์ LM 331 เป็นตัว FVC โดยลักษณะการต่อใช้งานจะเป็นดังภาพที่ 2.3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3.1

โวลเตจเอาท์พุท (V_{out}) จะมีความสัมพันธ์กับความถี่ที่ป้อนให้(f_{in})ดังนี้

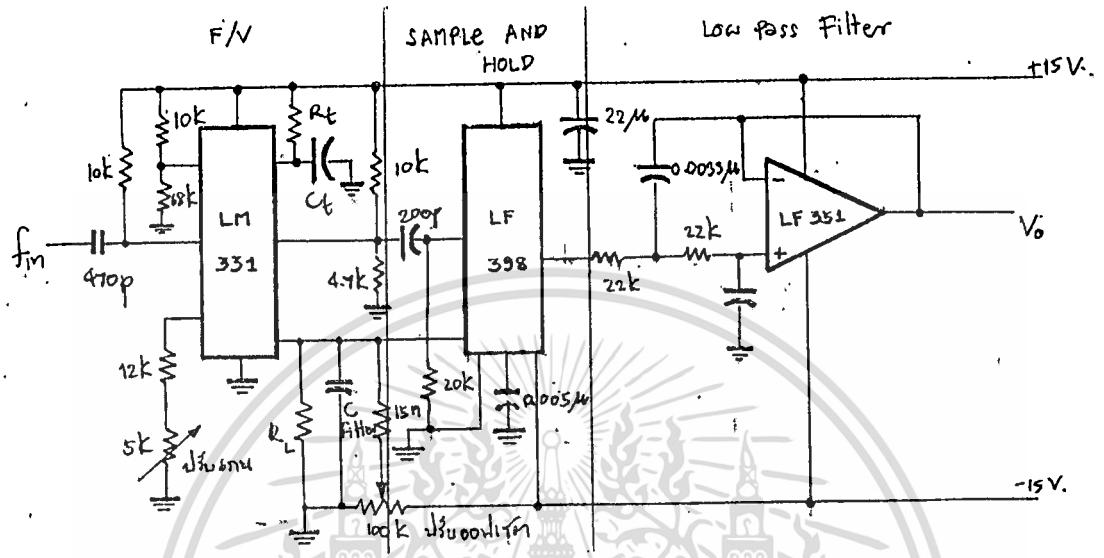
$$V_{out} = f_{in} * 2.09\ V. * (R_L / RS) * (1.1 R_t C_t) \quad ...(2.8)$$

และมีเอาท์พุทริปเปิล (output ripple) ดังนี้

$$\text{output ripple } (V_{p-p}) = (1/C_{filter}) * (1.9\ V.) * (1.1 R_t C_t)/R_S \quad ...(2.9)$$

ค่าเอาท์พุทริปเปิลที่ได้อาจจะมีค่าสูง และอาจทำให้เกิดค่าผิดพลาดในการวัดได้พอสมควร เพื่อที่จะลดค่าเอาพุทริปเปิลเราจะใช้วงจร แซมเปิล แอน โฮล (Sample and Hold) เข้ามาช่วย โดยจะใช้ไอซีเบอร์ LF 398 เป็นตัวแซมเปิล แอน โฮล โดยจะต่อวงจรดังภาพที่ 2.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

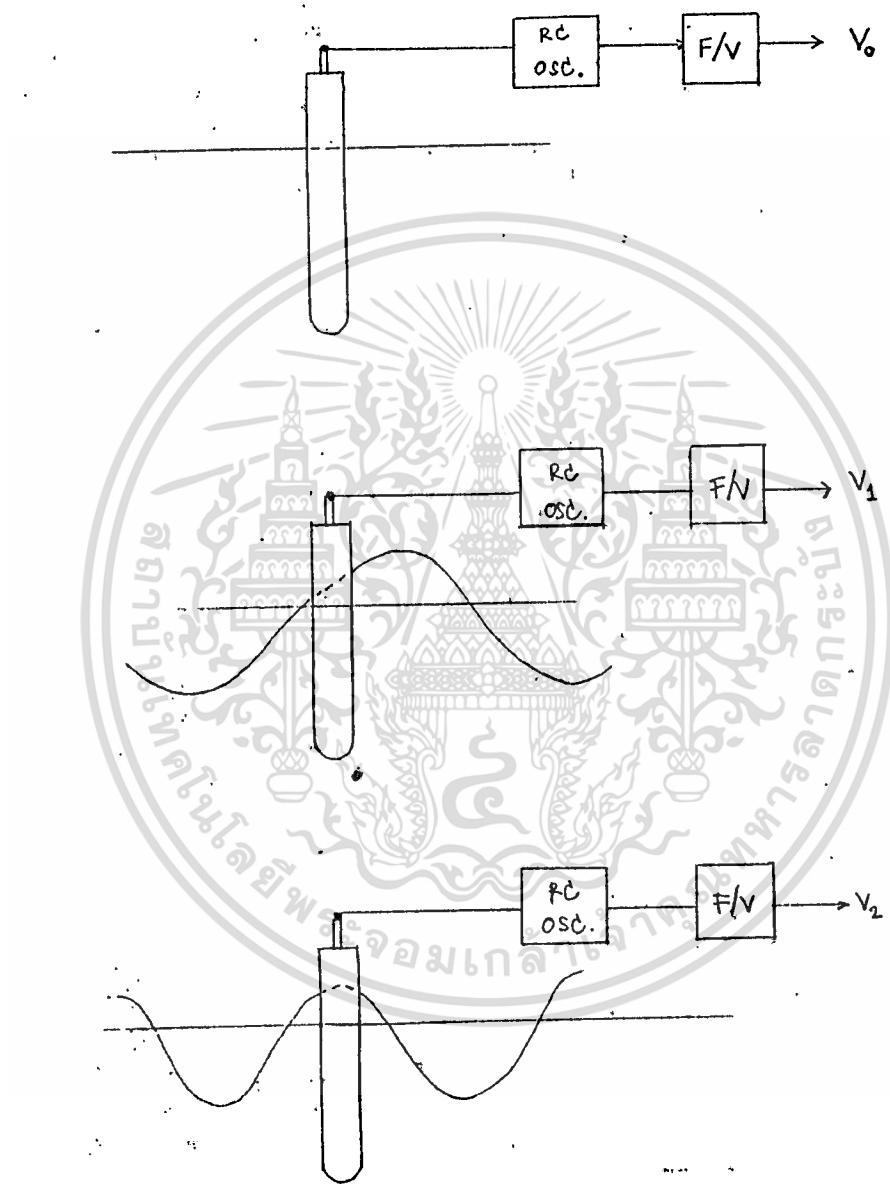


ภาพที่ 2.3.2

วงจรแซมเปิล แอน โฮล จะช่วยลดเอาท์พุทริปเปิล โดยจะแซมเปิลโวลเตจเอาท์พุทริปเปิลสูงสุดของ LF 331 แล้วโฮลไว้ และจะแซมเปิลใหม่ ขณะที่ค่าเอาท์พุทริปเปิลมีค่าสูงสุดอีกครั้งพอดี และก่อนที่จะนำเอาท์พุทของ LF 331 ไปใช้ควรจะให้ผ่าน โลว์พาส ฟิลเตอร์ (Low-pass Filter) เสียก่อน เพื่อลดน็อยซ์ (noise) ที่เกิดจาก LF 331

จะเห็นได้ว่า โวลเตจเอาท์พุทที่ได้จาก F/V จะมีค่าเปลี่ยนไปตามความถี่ที่มาจากภาคดีเทค เราจะนำผลการเปลี่ยนแปลงโวลเตจนี้มาใช้ในการวัด โดยเมื่อเราต้องการวัด จะต้องจุ่มตัวดีเทคลงในน้ำนิ่งเสียก่อน ภาคดีเทคจะให้ความถี่ค่าคงที่ออกมา ซึ่งจะทำให้เอาท์พุทโวลเตจของ F/V มีค่าคงที่ด้วย พิจารณาภาพที่ 2.3.3 ซึ่งแสดงถึงเอาท์พุทโวลเตจของวงจร F/V ที่เกิดขึ้นเมื่อมีคลื่นน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเพื่อประโยชน์ของผู้ใช้บริการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.3.3

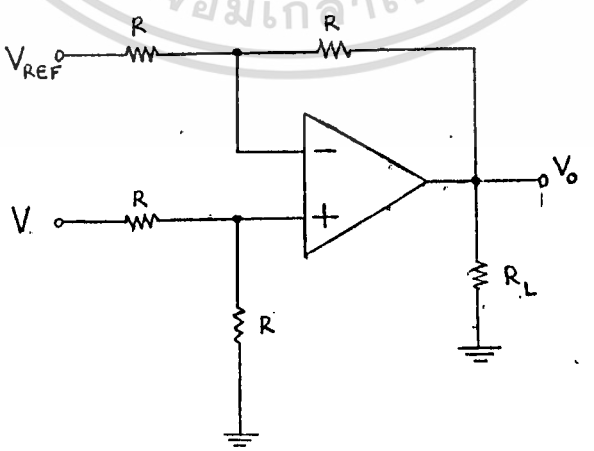
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากภาพที่ 2.3.3 V_o เป็นโวลเตจที่ได้ขณะที่น้ำนิ่ง V_1 เป็นโวลเตจที่ได้ขณะที่น้ำเปลี่ยนระดับ V_2 เป็นโวลเตจที่ได้ขณะที่ส่วนแอมปลิจูดของคลื่นกำลังผ่านตัวดีเทคพอดี จะเห็นได้ว่าผลต่างของโวลเตจระหว่าง V_o และ V_2 จะมีค่าสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบผลต่างระหว่าง V_o กับ โวลเตจที่เกิดจากระดับน้ำค่าอื่นๆ

ถ้าเราสามารถวัดผลต่างระหว่าง V_o และ V_2 ได้เราก็จะทราบค่าสัญญาณไฟฟ้าที่มีความสัมพันธ์กับแอมปลิจูดคลื่นน้ำได้ โดยการวัดผลต่างสูงสุด ซึ่งจะใช้วงจรในส่วนต่อไป

- วงจรหาผลต่างจากโวลเตจอ้างอิง

เพื่อที่จะทราบค่าผลต่างโวลเตจสูงสุด เราจะต้องสร้างค่าโวลเตจ V_o ขึ้นเองแล้วนำโวลเตจที่ได้จากการวัดมาหาผลต่าง การสร้าง V_o เป็นโวลเตจอ้างอิง(V_{ref}) กระทำโดยกำหนดว่าในการวัดทุกครั้ง จะต้องให้ความยาวของตัวดีเทคที่อยู่ในน้ำขณะน้ำนิ่งมีค่าคงที่ทุกครั้ง ซึ่งวงจร F/V จะให้โวลเตจคงที่ออกมา ค่า V_{ref} ที่เราจะนำมาใช้เพื่อหาผลต่างก็จะเอามาจากโวลเตจค่านี้ การหาผลต่างของโวลเตจจะใช้วงจรซับแทรคเตอร์ (subtractor) จากออปแอมป์ (op amp) อย่างง่ายๆ ดังภาพที่ 2.3.4



ภาพที่ 2.3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

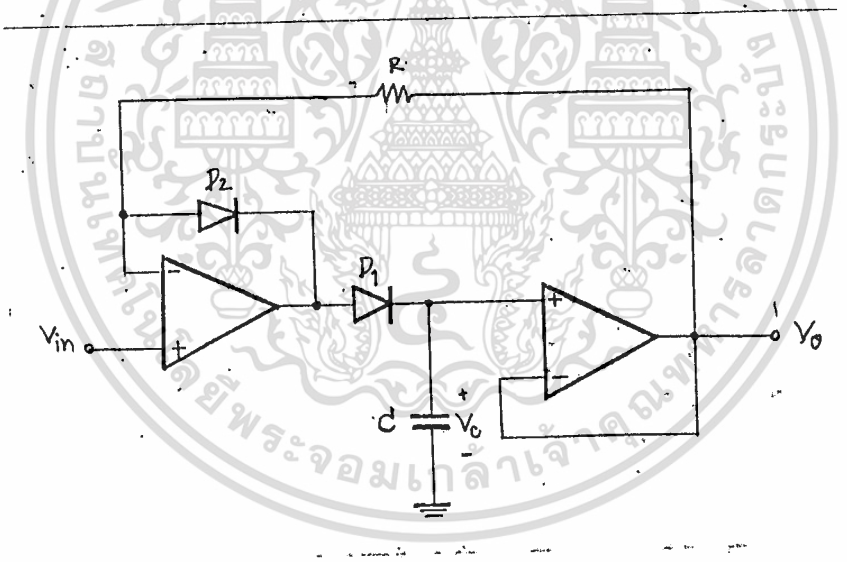
ค่าของผลต่างจะเป็นดังนี้

$$V_o = V - V_{ref} \qquad (2.10)$$

ขณะที่น้ำนิ่งค่าผลต่างที่ได้จะเป็นศูนย์ และเมื่อเกิดคลื่นน้ำค่าผลต่างที่ได้จะมีค่าเปลี่ยนไปเรื่อยๆและจะนำผลต่างนี้ส่งไปยังวงจรพีค ดีเทคเตอร์เพื่อหาค่าผลต่างสูงสุด

- วงจรพีค ดีเทคเตอร์ (Peak Detector)

วงจรพีค ดีเทคเตอร์จะทำหน้าที่จับสัญญาณโวลเตจอินพุทค่าบวกหรือลบมากที่สุดไว้ ในที่นี้จะใช้พีค ดีเทคเตอร์แบบที่จับโวลเตจค่าบวกมากที่สุด มาจับค่าผลต่างสูงสุดที่ได้จากวงจรซับแทรคเตอร์ ซึ่งลักษณะของวงจรโดยทั่วไปจะเป็นดังภาพที่ 2.3.5



ภาพที่ 2.3.5

วงจรในภาพที่ 2.3.5 จะดีเทคและรักษาระดับโวลเตจอินพุทค่าบวกมากที่สุดเอาไว้ A_2 คือบัฟเฟอร์ (buffer) ซึ่งเอาท์พุทจะมีค่าเท่ากับโวลเตจสูงสุดที่ดีเทคไว้ ค่าโวลเตจสูงสุดที่ดีเทคไว้จะถูกเก็บไว้ที่ C

เมื่อ $V_o > V_c, V_{in}$ ของ A_1 จะเป็นบวก ทำให้เอาพุทของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A_1 เป็นบวก D_1 จะ ON A_1 จะชาร์จ C จน V_c มีค่าเท่ากับ V_s ขณะที่ D_1 ON D_2 จะ OFF เพราะโวลเตจเอาพุทที่ A_1 จะมีค่ามากกว่าโวลเตจที่ขาอินเวอร์ติงของตัวมันซึ่งมีค่าเท่ากับ V_c และ V_o เมื่อ A_1 ชาร์จ C จน $V_c = V_s$ V_{in} จะเท่ากับศูนย์ จะทำให้ A_1 หยุดชาร์จ C ค่า V_c จะคงที่อยู่ได้เพราะอินพุท อิมพีแดนซ์ (input impedance) ของ A_2 และอิมพีแดนซ์จากการถูกรีเวิร์ส ไบอัส (reverse bias) ของ D_2 มีค่าสูงมากและถ้า $V_s < V_c$ V_{in} จะเป็นลบ เอาพุทของ A_1 จะเป็นลบ D_1 จะ OFF D_2 จะ ON ค่า V_o จะยังคงเท่ากับค่าโวลเตจสูงสุดที่เก็บไว้ใน C

อย่างไรก็ตาม ค่าโวลเตจที่เก็บไว้ใน C จะลดลงเรื่อยๆตามเวลา เนื่องจากกระแสรั่วไหลของ D_1 , กระแสอินพุทไบอัส (input bias) ของ A_2 และค่าความต้านทานเสมือนที่ขนาน C อยู่ สมมติว่าความต้านทานเสมือนมีค่าสูงมาก เราจะได้อัตราการลดลงของ V_c ต่อเวลาคือ

$$V_c/t \quad V_o/t \doteq I_{leakage}/C \qquad \ldots(2.11)$$

จากสมการที่ (2.11) จะเห็นว่าถ้าเราใช้ C ค่าต่ำจะเป็นผลดี เนื่องจากเราได้ใช้วงจรนี้ในการเก็บค่าผลต่างโวลเตจสูงสุดไว้ ซึ่งหากว่าแอมปลิจูดคลื่นน้ำลดระดับลง ค่าผลต่างโวลเตจสูงสุดจะมีค่าลดลงจากเดิม

การใช้ C ค่าต่ำจะทำให้วงจรพีด ดีเทคเตอร์สามารถลดระดับ Vc ลงได้อย่างรวดเร็วกว่าการที่ใช้ C ค่าสูงทำให้การวัดระดับของแอมปลิจูดคลื่นน้ำมีการตอบสนองต่ออินพุทอย่างรวดเร็ว

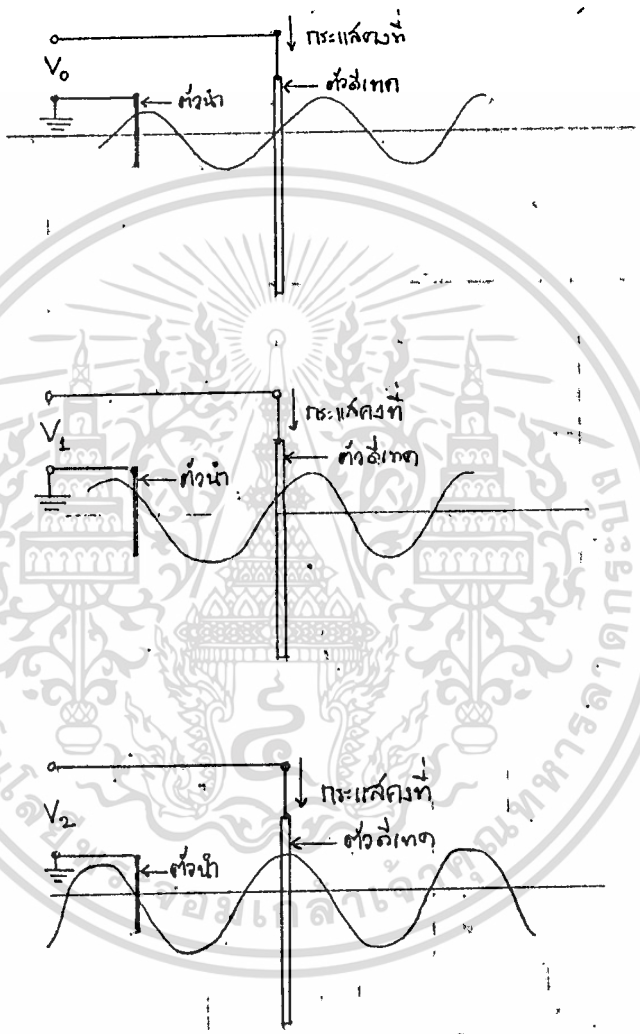
ค่าเอาพุทที่ได้จากวงจรพีด ดีเทคเตอร์ จะเป็นโวลเตจที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับแอมปลิจูดของคลื่นน้ำ เราจะนำค่าที่ได้ส่งไปยังภาคแสดงผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ภาคประมวลผลสัญญาณสำหรับภาคดีเทคเตอร์ในหัวข้อ 2.2.2

เนื่องจากสัญญาณที่ได้จากภาคดีเทคเตอร์ในหัวข้อที่ 2.2.2 อยู่ในรูปของโวลเตจอยู่แล้ว จึงสามารถนำมาใช้ได้เลยโดยใช้หลักการคล้าย ๆ กับวิธีในหัวข้อที่ 2.3.1 โดยในการวัดแต่ละครั้งจะต้องให้ค่าความยาวของตัวดีเทค ในน้ำขณะน้ำนิ่งมีค่าคงที่ทุกครั้ง ค่าโวลเตจที่ได้จากภาคดีเทคเตอร์ขณะน้ำนิ่งจะถือเป็นโวลเตจอ้างอิง (VREF) เมื่อมีคลื่นน้ำผ่านตัวดีเทค โวลเตจที่ตกคร่อมตัวดีเทคจะมีค่าเปลี่ยนไปเรื่อย ๆ ลักษณะของโวลเตจขณะที่คลื่นน้ำจะเป็นดังภาพที่ 2.3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$V_2 > V_1 > V_0$$

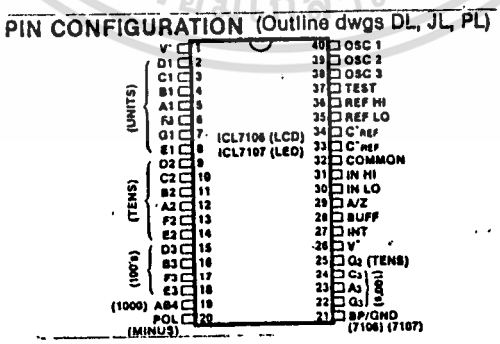
ภาพที่ 2.3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจะได้นำผลต่างโวลเตจนี้ส่งไปให้วงจรพีด ดีเทคเตอร์ ในลักษณะเช่นเดียวกับในหัวข้อที่ 2.3.1 เพื่อที่จะหาค่าผลต่างโวลเตจสูงสุด อันเกิดจากการที่ยอดคลื่นกำลังผ่านตัวดีเทคพอดี ค่าผลต่างสูงสุดที่ได้ก็จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับค่าแอมปลิจูดคลื่นน้ำ และจะส่งไปยังภาคแสดงผลเช่นเดียวกับในหัวข้อที่ 2.3.1

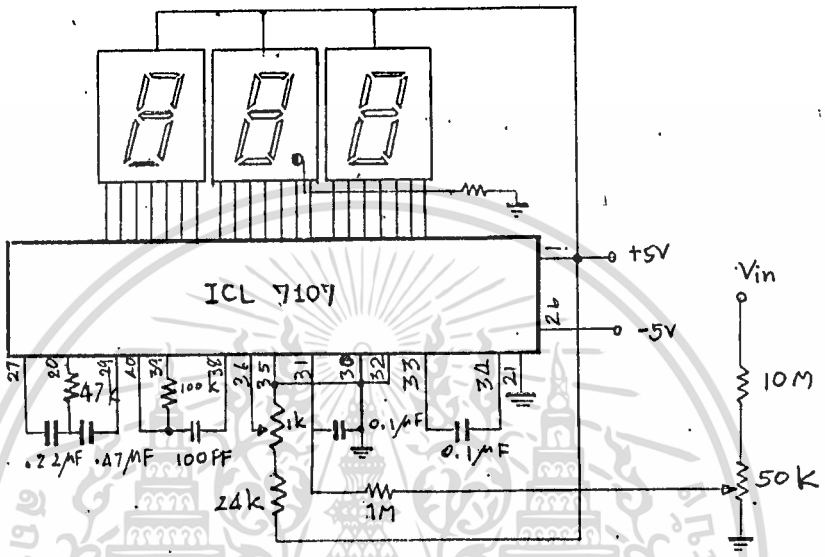
2.4 ภาคแสดงผล

เนื่องจากสัญญาณที่มาจากภาคประมวลผลสัญญาณจะเป็นโวลเตจทั้งสิ้น ไม่ว่าจะใช้ตัวดีเทคเป็นแบบใด ฉะนั้นจะใช้วงจรแสดงผลร่วมกันได้ วงจรที่ใช้แสดงผลจะใช้ไอซี สำเร็จรูปเบอร์ ICL 7017 ซึ่งเป็นอนาลอก - ดิจิตอล คอนเวิตเตอร์ (Analog to Digital Converter) โดยจะรับสัญญาณอินพุทเป็นอนาลอก มาเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอลพร้อมทั้งมีวงจรภายในสำหรับขับ แอล อี ดี ได้ด้วย ลักษณะของ ICL 7107 และตำแหน่ง V1 ได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.4.1 การต่อใช้งานทั่วไปจะเป็นดังภาพที่ 2.4.2



ภาพที่ 2.4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4.2

จะอธิบายการทำงานของ ICL 7107 ไว้คร่าว ๆ คือ

ICL 7107 จะนำเอาสัญญาณความถี่จากขา 38, 39, และ 40 มาใช้ในการทำงานของวงจรภายใน และจะนำสัญญาณโวลเตจอินพุทที่ขา IN HI และ IN LO มาเปลี่ยนเป็นสัญญาณทางดิจิตอล แล้วแสดงผลออกทาง แอล อี ดี 7 เซกเมนต์ ขนาด 3 1/2 หลัก โดยขนาดของสัญญาณอินพุทที่ ICL 7107 จะแสดงค่าโวลเตจฟูลสเกล (full scale) ออกทาง แอล อี ดี จะมีค่าเป็น 2 เท่าของโวลเตจที่ตกคร่อมที่ขา REF LO และ REF HI (V_{REF}) เราสามารถที่จะนำโวลเตจจากวงจรพีค ดีเทคเตอร์ มาจ่ายให้กับ ICL 7170 ให้แสดงออกมาเป็นตัวเลข โดยการปรับค่า V_{REF} ที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การคำนวณและการสร้าง

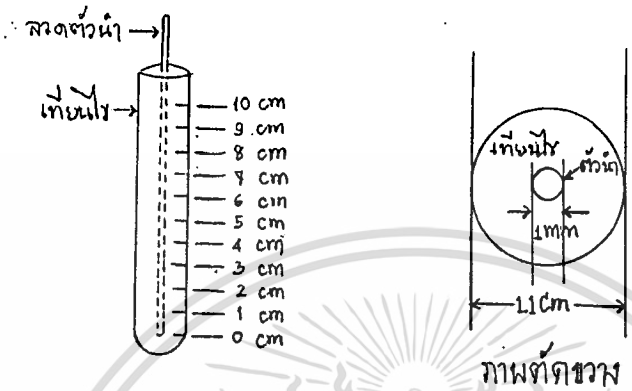
ในบทนี้จะได้กล่าวถึงการสร้างและการเลือกใช้วงจรในแต่ละภาคตามหัวข้อต่อไปนี้

3.1 ภาคดีเทคเตอร์

ในหัวข้อที่ 2.2 ได้กล่าวถึงหลักการของตัวดีเทคอยู่ 2 แบบ ซึ่งจะเลือกแบบที่เหมาะสมกว่ามาใช้งานจริง ในขั้นแรกได้พิจารณาที่จะใช้ตัวดีเทคตามหลักการในหัวข้อที่ 2.2.1 ซึ่งจะใช้การเปลี่ยนแปลงระดับน้ำไปเปลี่ยนแปลงค่าคาปาซิแทนของตัวดีเทคและระบบที่วัด โดยได้ทดลองต่อเข้าในวงจรอสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ (Astable Multivibrator) ที่ใช้ไอซีเบอร์ 555 เป็นตัวกำเนิดสัญญาณความถี่ และจะใช้ระบบเป็นตัวคาปาซิเตอร์ที่กำหนดความถี่ที่เอาพุทไอซี 555

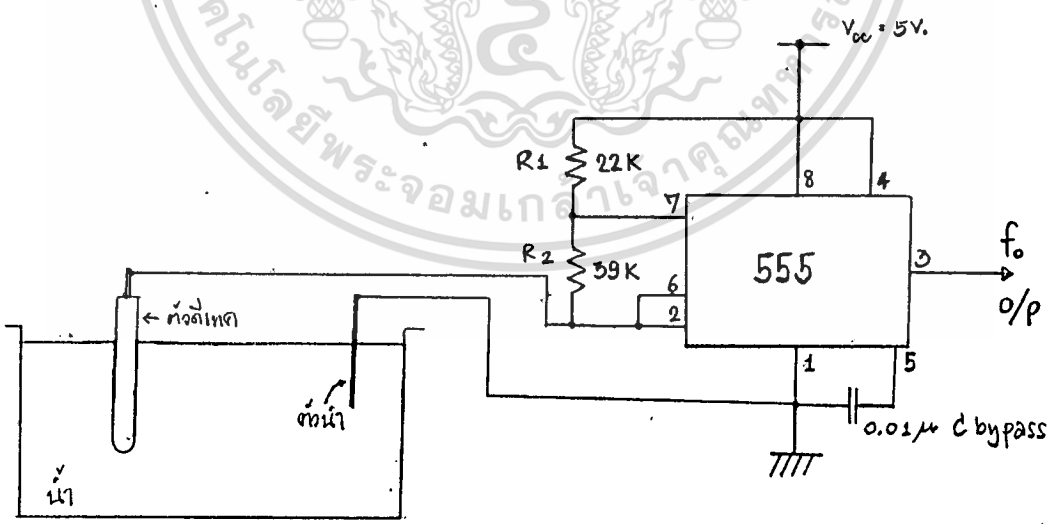
จากสมการที่ (2.3) ถึงสมการที่ (2.5) ซึ่งเราได้ประมาณค่าคาปาซิแทนของระบบไว้ จะเห็นได้ว่าถ้าเราทราบค่าเพอร์มิททิวิตีของฉนวนของตัวดีเทค เราจะสามารถประมาณค่าคาปาซิแทนของระบบที่ค่าความยาวของตัวดีเทคในน้ำระดับต่าง ๆ ได้ สำหรับฉนวนที่พอจะหาได้และทราบค่าเพอร์มิททิวิตีนั้นได้พิจารณาที่จะใช้เทียนไข เพราะสามารถสร้างได้ง่าย จึงนำเทียนไขมาหล่อหุ้มตัวนำใช้เป็นตัวดีเทค โดยลักษณะของตัวดีเทคได้แสดงไว้ในภาพที่ 3.1.1 และได้แบ่งสเกลความยาวไว้บนตัวดีเทคให้มีระดับตั้งแต่ 0-10 แต่ละระดับห่างกัน 1 cm เมื่อนำไปจุ่มน้ำและต่อเข้ากับไอซี 555 ดังภาพที่ 3.1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพตัดขวาง

ภาพที่ 3.1.1



ภาพที่ 3.1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

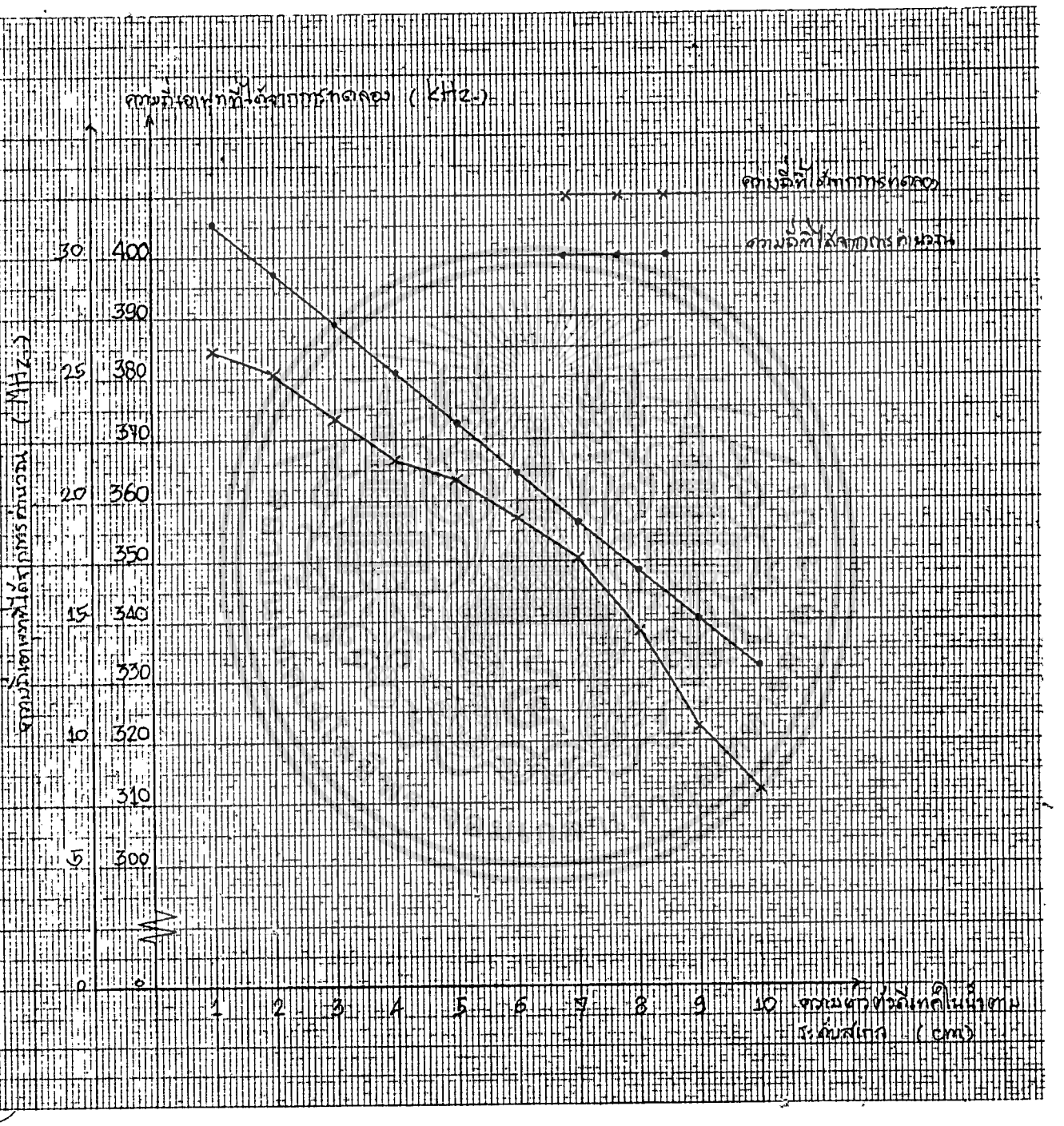
จะได้ความถี่เอาพุทที่มีค่าเปลี่ยนไปตามความยาวตัวดีเทคในน้ำ ในภาพที่ 3.1.3 ได้แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เอาพุทจากไอซี 555 กับความยาวของตัวดีเทคในน้ำตามระดับสเกลตั้งแต่ 0-10 cm เปรียบเทียบกับความสัมพันธ์ระหว่างค่าความถี่เอาพุทที่ได้จากการคำนวณกับความยาวของตัวดีเทคในน้ำตามระดับสเกล

โดยค่าความถี่เอาพุทที่ได้จากการคำนวณ จะคำนวณจากสมการความถี่เอาพุทของไอซี 555 ดังสมการ

$$\text{ความถี่เอาพุท } (fo) = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2)\,C} \qquad \ldots\ldots\ldots(3.1)$$

และค่า C ก็คือค่าคาปาซิแทนที่คำนวณได้จากสมการที่ (2.2) ถึง (2.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



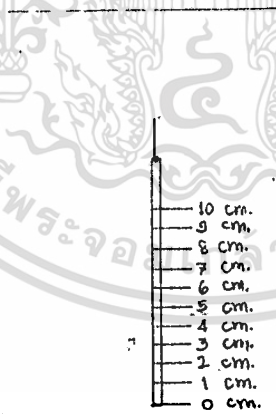
ภาพที่ 3.1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลที่ได้ จะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงความถี่เอาพุทจากไอซี 555 เทียบกับการเปลี่ยนแปลงค่าความยาวของตัวดีเทคในน้ำจะมีค่าไม่คงที่อย่างมาก อีกทั้งค่าความถี่เอาพุทของไอซี 555 จะต่างจากค่าความถี่เอาพุทจากการคำนวณมากอันอาจเนื่องมาจากการหล่อเทียนหุ้มตัวนำไม่ดีเท่าที่ควร หรืออาจเป็นเพราะสเตรย์ คาปาซิแทนซ์ (Stray capacitance) ของระบบมีค่าสูง

เราไม่สามารถนำตัวดีเทคที่สร้างขึ้นมานี้ไปใช้งานได้ เพราะเราต้องการตัวดีเทคที่ให้ความถี่เอาพุทมีความสัมพันธ์กับค่าความยาวของตัวดีเทคในน้ำแบบเชิงเส้น เพื่อที่จะนำความสัมพันธ์แบบเชิงเส้นนี้ไปประมาณค่าใช้ในวงจรภาคต่อไป

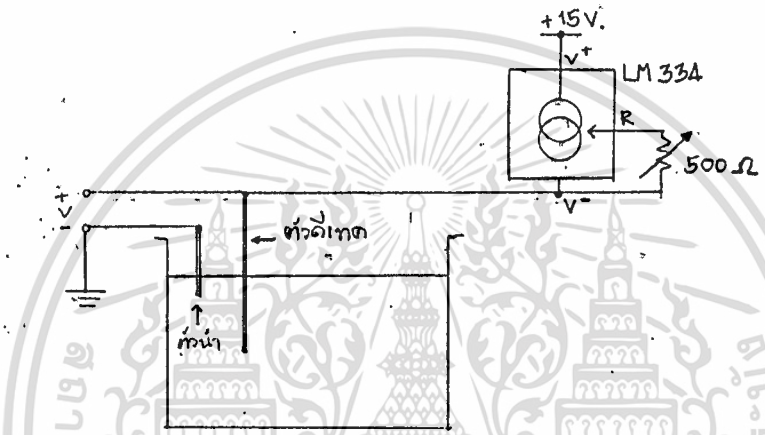
จึงได้มีความคิดที่จะใช้ตัวดีเทคตามทฤษฎีในหัวข้อที่ 2.2.2 โดยใช้ลวดต้านทานที่มีค่าความต้านทาน 1.865 /m เป็นตัวดีเทค ดังแสดงไว้ในภาพที่ 3.1.4 และได้แบ่งสเกลบนตัวดีเทคไว้เช่นเดียวกับการใช้ตัวดีเทคเป็นเทียนไขหุ้มตัวนำ



ภาพที่ 3.1.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

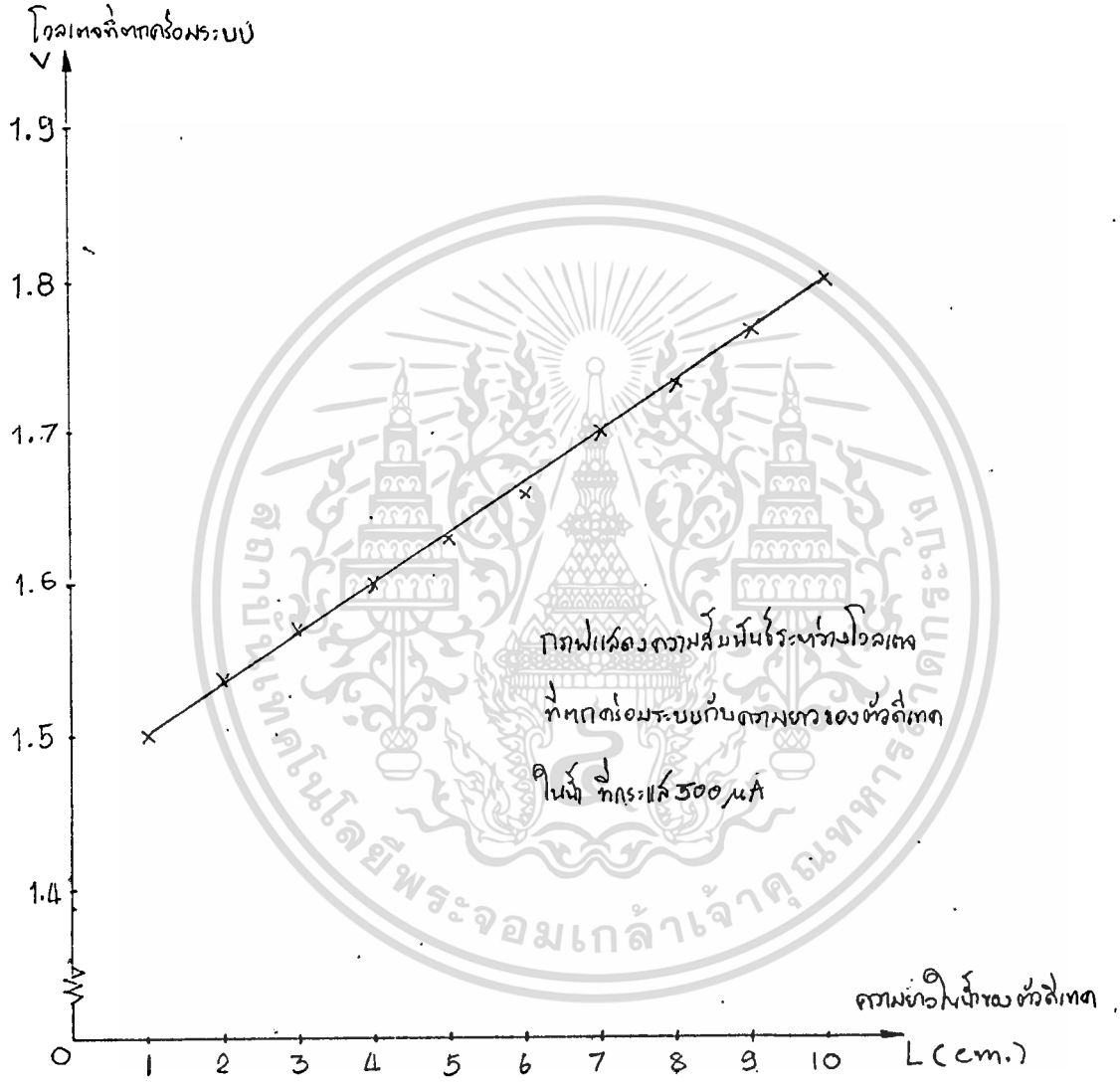
เมื่อนำตัวดีเทคไปจุ่มน้ำ และใช้ไอซีเบอร์ LM 334 เป็นเคอร์เรนท์ ซอร์ซ (Current Source) จ่ายกระแสค่าคงที่ ซึ่งปรับค่ากระแสได้โดย R_1 ให้กับระบบดังภาพที่ 3.1.5



ภาพที่ 3.1.5

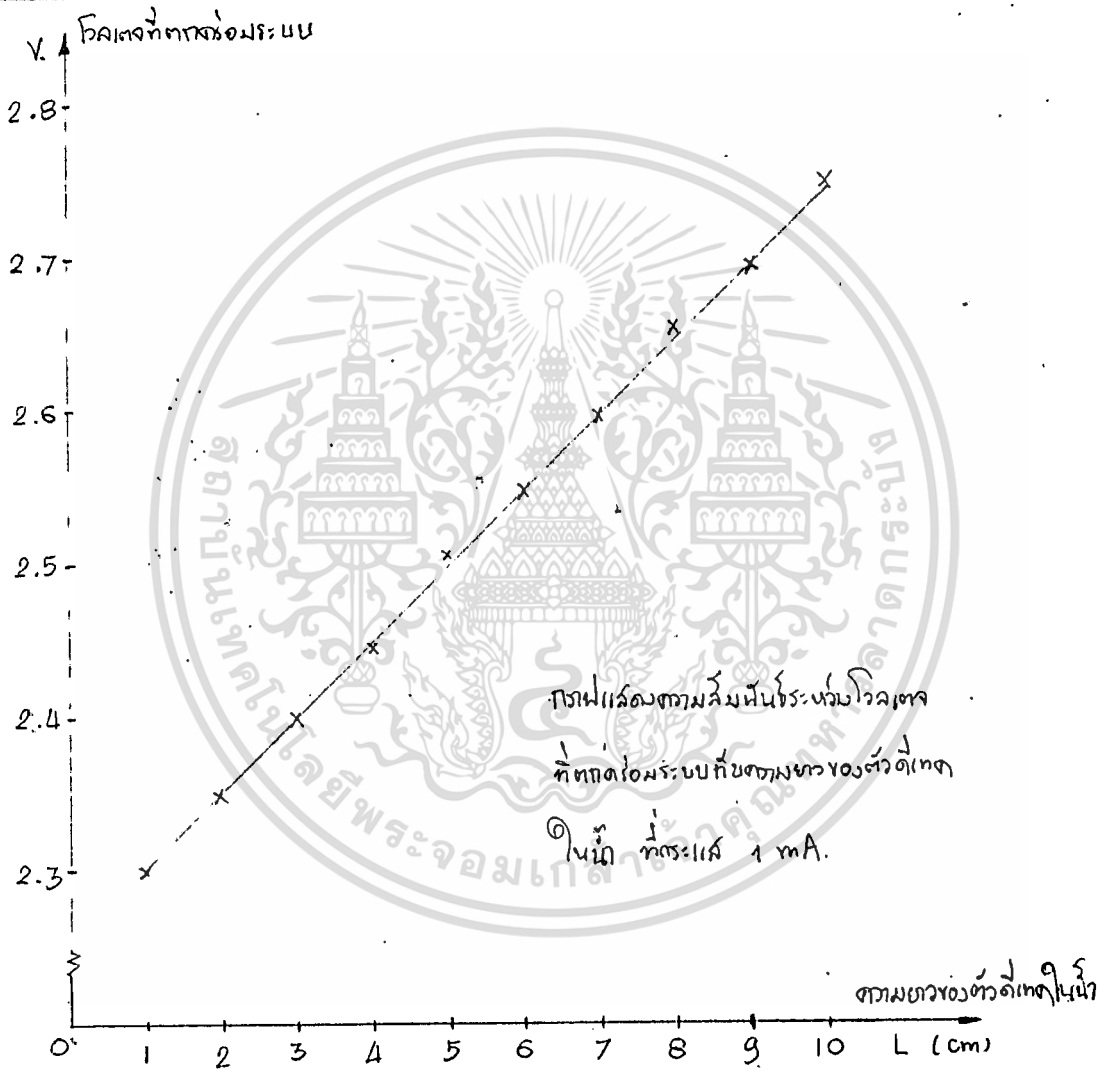
เราจะทดลองจ่ายกระแสค่าต่าง ๆ ให้กับระบบแล้วพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างโวลเตจที่ตกคร่อมระบบกับค่าความยาวของตัวดีเทคในน้ำ ตามค่าสเกลที่แบ่งไว้ซึ่งความสัมพันธ์นี้ได้แสดงไว้ในภาพที่ 3.1.6 ถึงภาพที่ 3.1.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



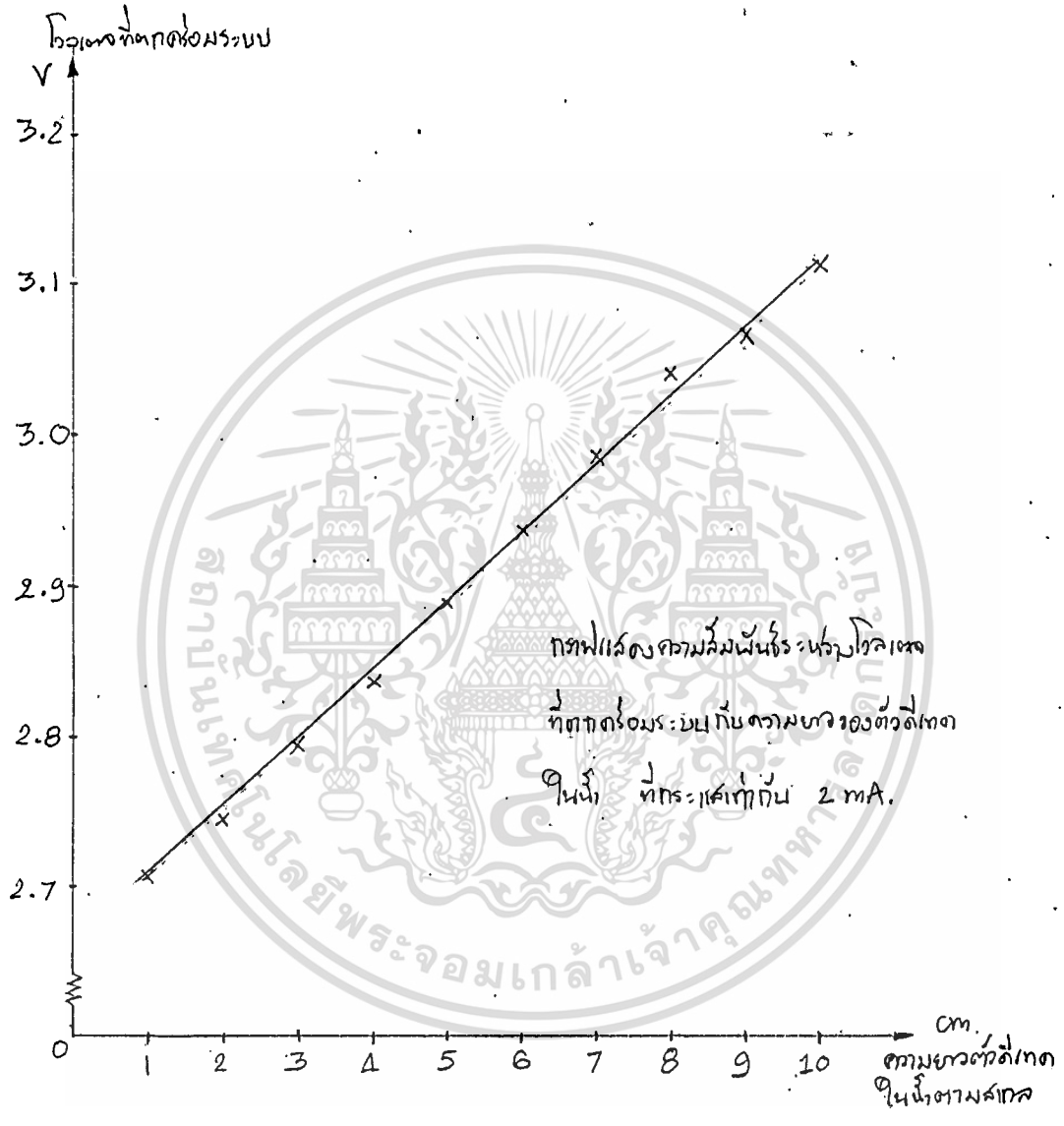
ภาพที่ 3.1.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



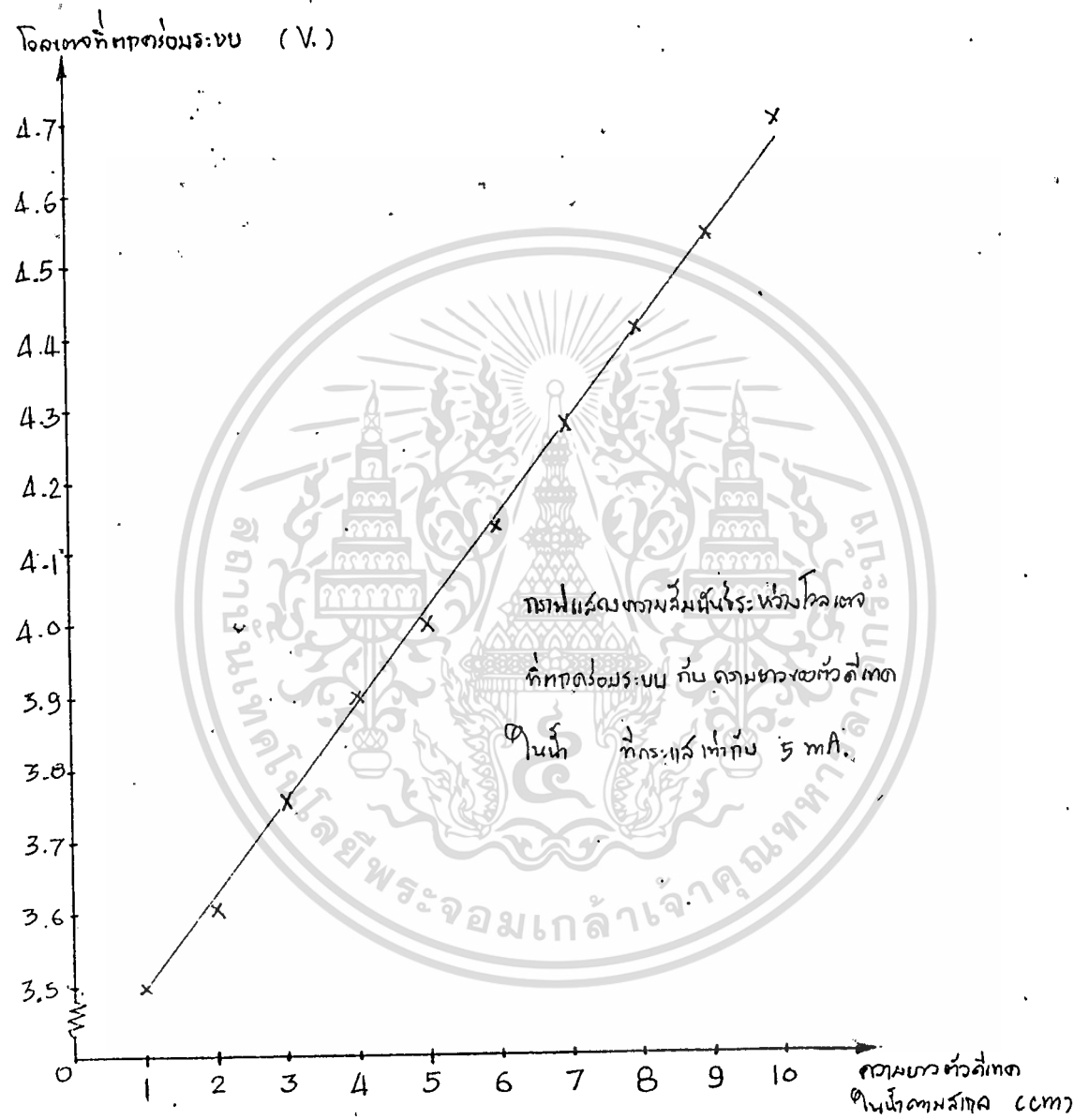
ภาพที่ 3.1.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



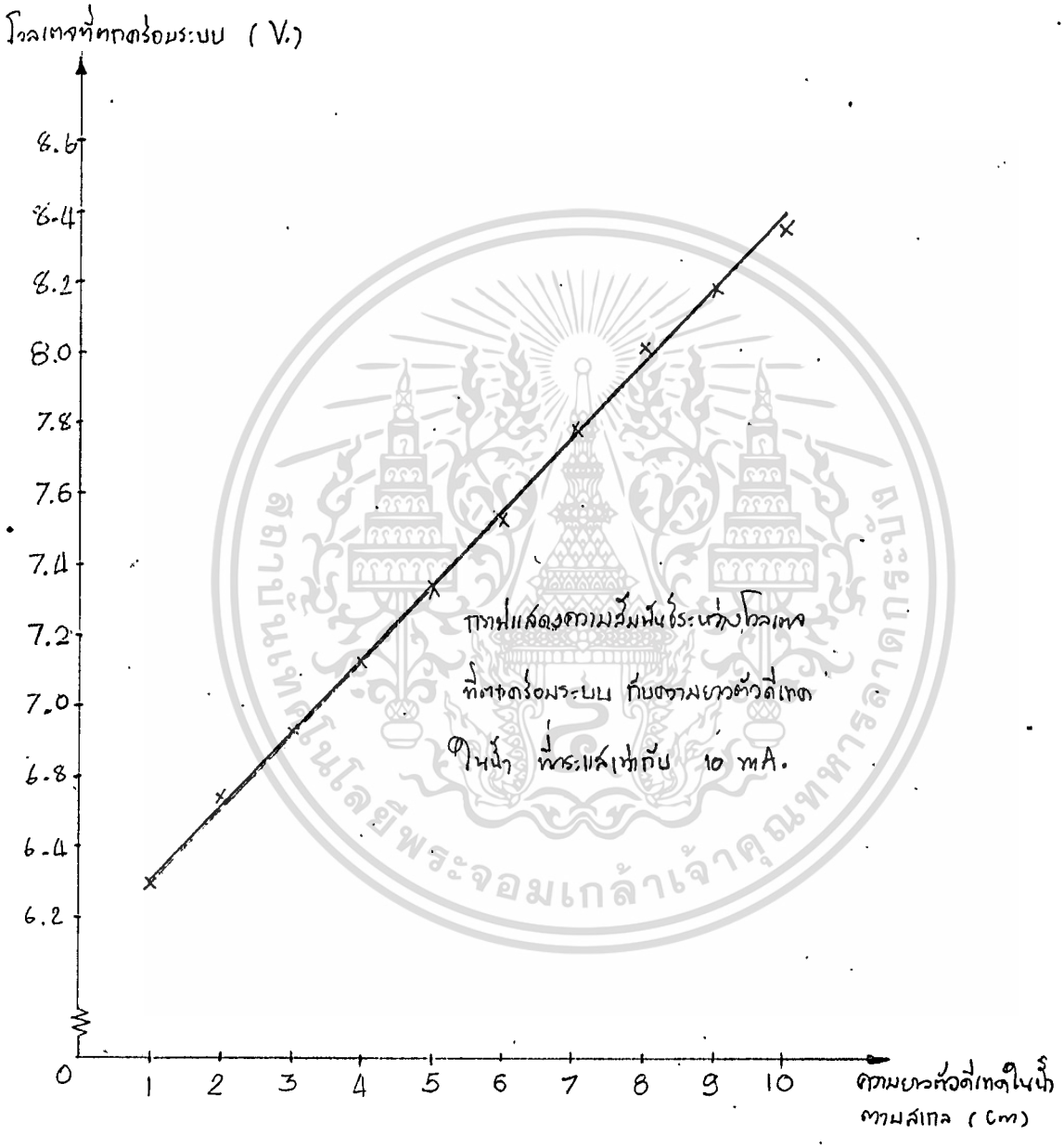
ภาพที่ 3.1.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

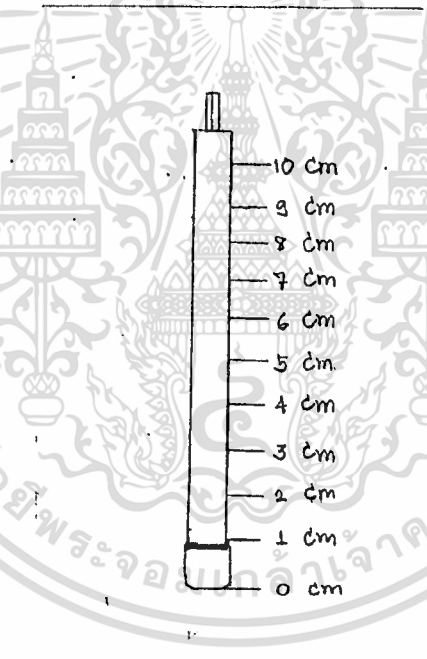


ภาพที่ 3.1.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลที่ได้ จะเห็นว่าความสัมพันธ์ของค่าโวลเตจที่ตกคร่อมระบบกับค่าความยาวของตัวดีเทคในน้ำเกือบจะเป็นเชิงเส้น ซึ่งจะนำไปใช้งานได้ แต่เมื่อทดลองสร้างคลื่นน้ำขึ้นแล้วใช้ตัวดีเทคแบบนี้ ไปดีเทคระดับน้ำจะพบว่าโวลเตจที่ตกคร่อมระบบแทบจะไม่เปลี่ยนแปลงเลย แสดงว่าตัวดีเทคนี้ไม่มีความไวเพียงพอในการวัดแอมปลิจูดคลื่นน้ำ

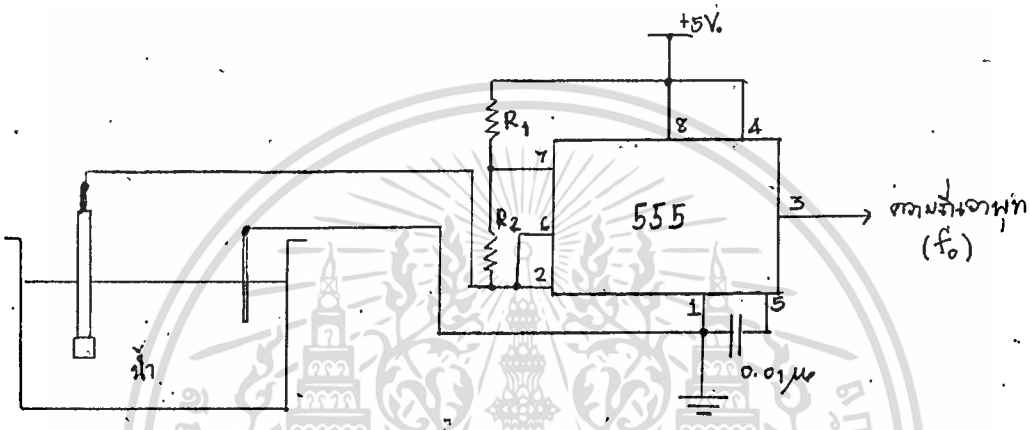
ดังนั้น จึงได้มีความคิดที่จะนำตัวดีเทคตามทฤษฎีในหัวข้อที่ 2.2.1 มาใช้อีกครั้งโดย ได้ทดลองใช้สายไฟที่ใช้เดินไฟบ้านตัดแบ่งส่วนออกแล้วหุ้มปลายเป็นตัวดีเทคดังลักษณะในภาพที่ 3.1.11



ภาพที่ 3.1.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

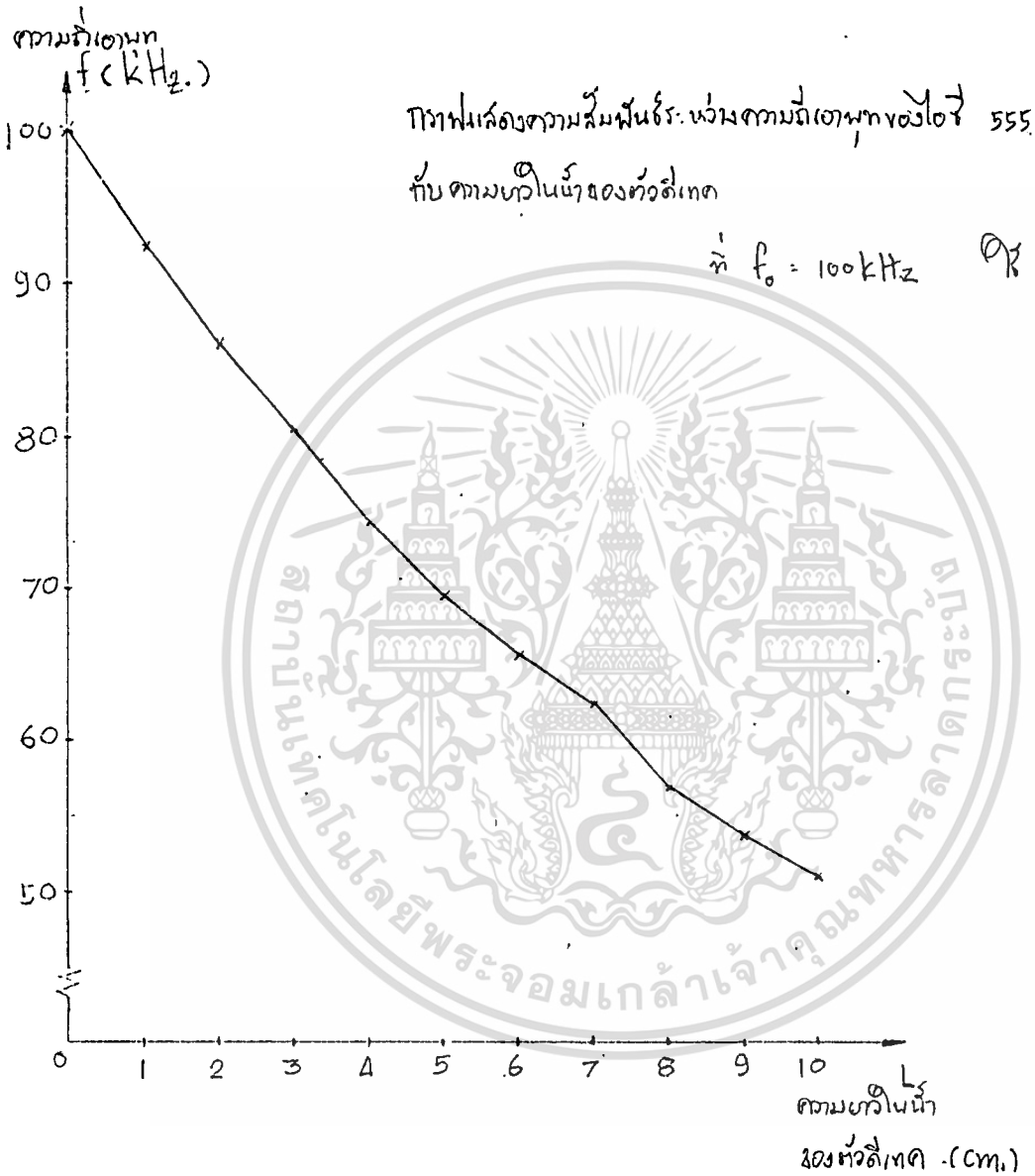
โดยแบ่งสเกลไว้บนตัวดีเทคตั้งแต่ 0-10 cm เช่นเดียวกับที่ผ่านมา , แล้วต่อเข้ากับไอซี 555 นำไปจุ่มน้ำทำหน้าที่เป็น อสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ ดังภาพที่ 3.1.12



ภาพที่ 3.1.12

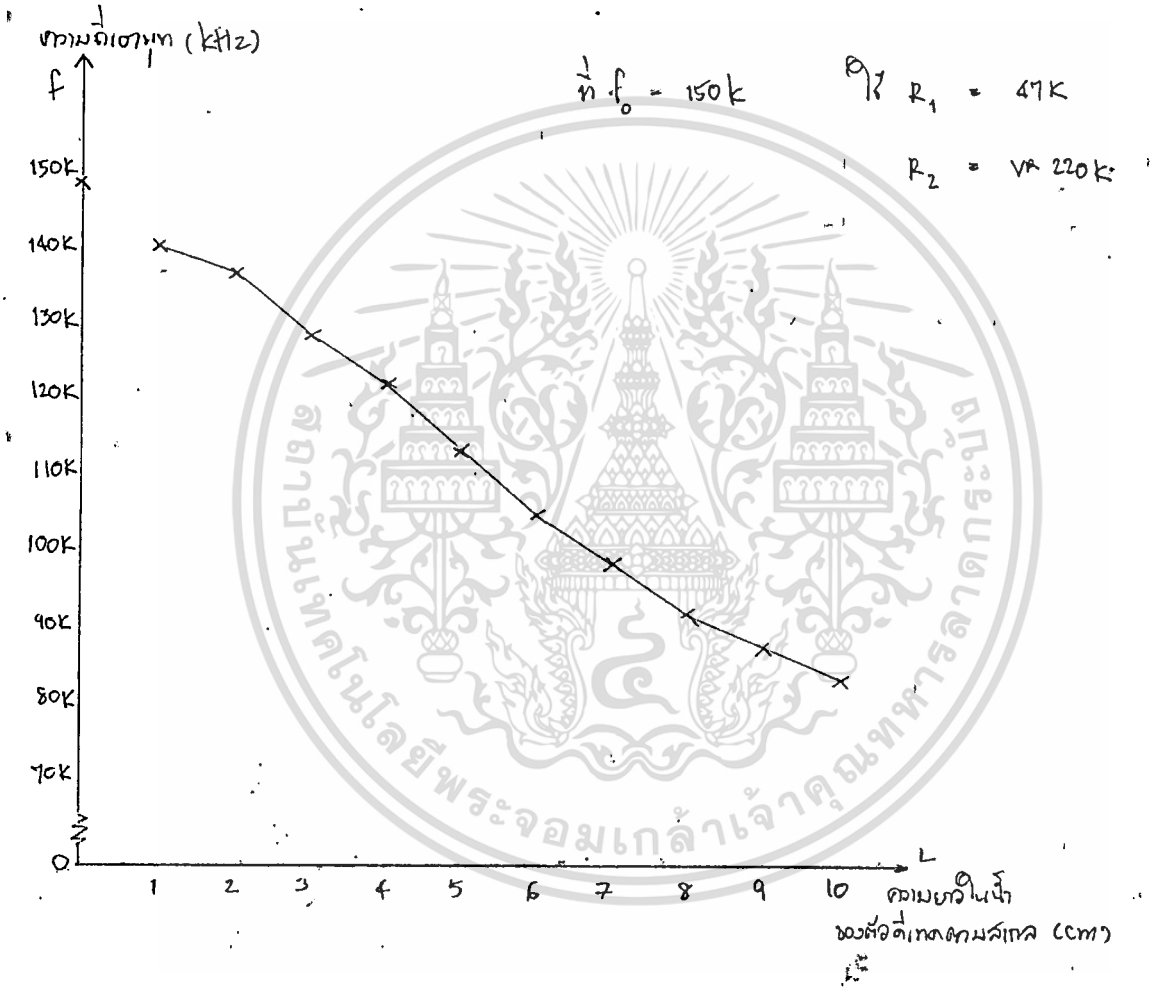
จากนั้น ได้ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เอาพุทและความยาวของตัวดีเทคในน้ำที่ค่าความถี่ fo ค่าต่าง ๆ (fo คือ ค่าความถี่เอาพุทที่ระดับผิวน้ำอยู่ที่สเกล 0 cm) ซึ่งจะต้องใช้ค่า R_1 และ R_2 ค่าต่าง ๆ กันดังแสดงไว้ในภาพที่ 3.1.13 ถึงภาพที่ 3.1.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



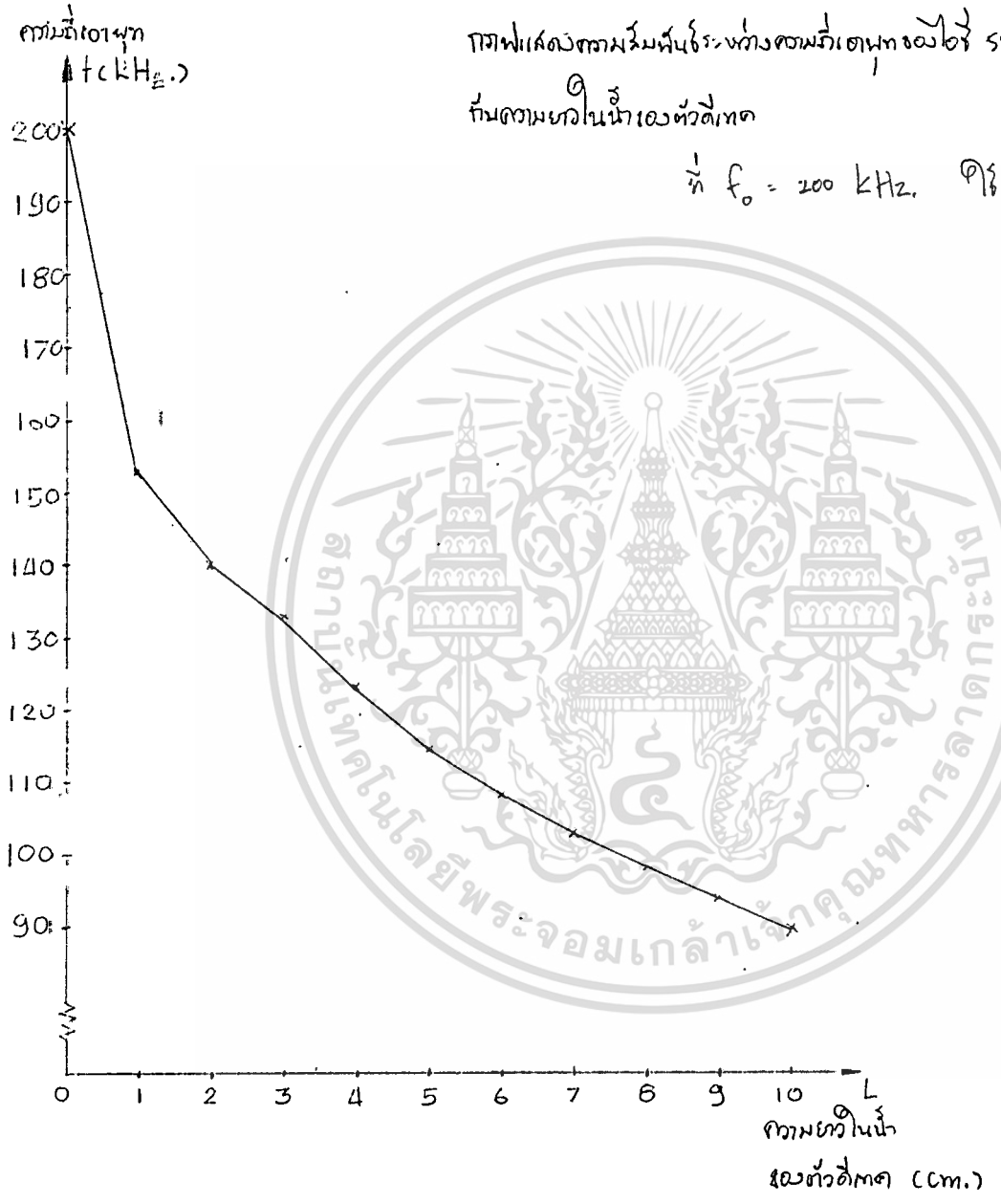
ภาพที่ 3.1.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



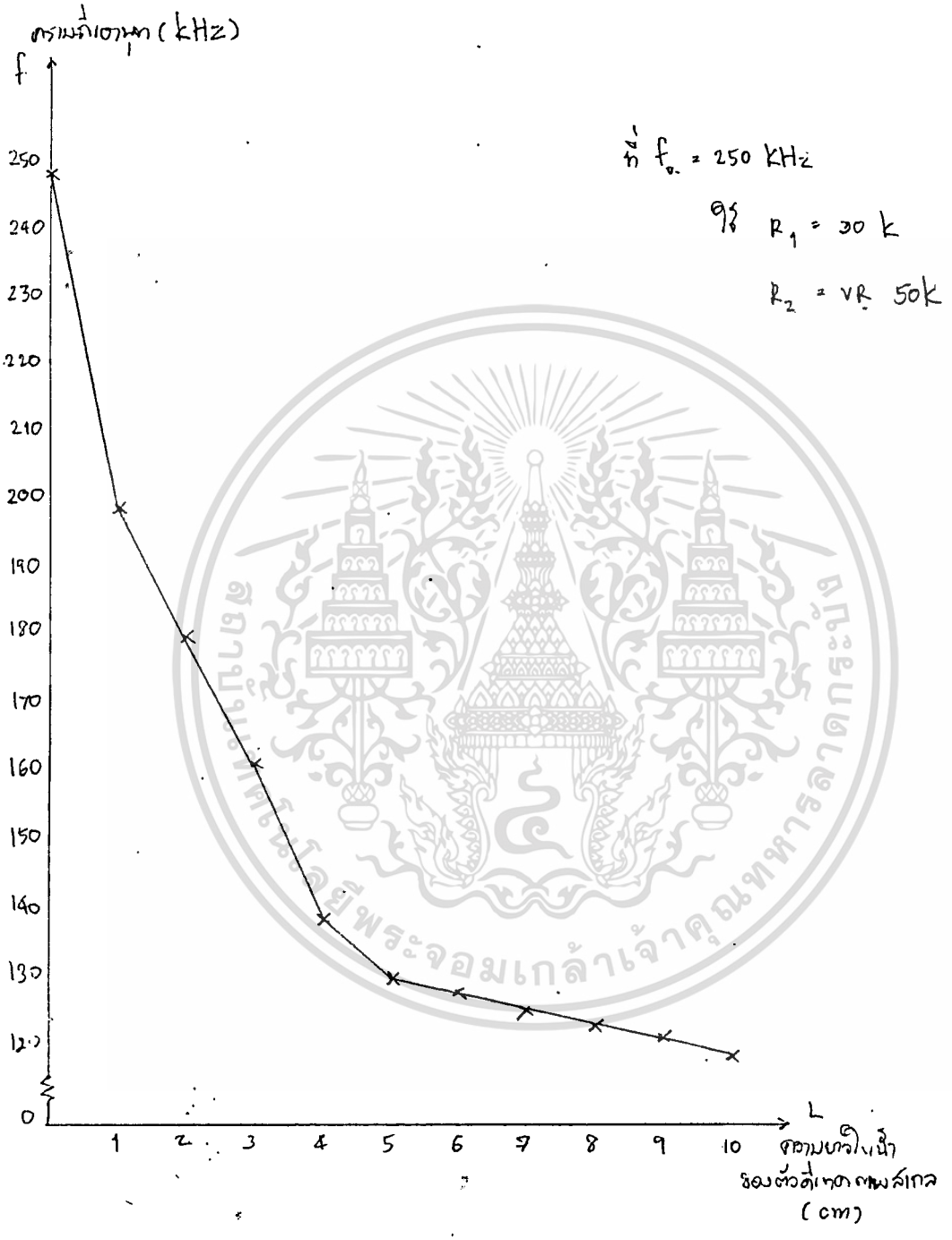
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เอาพุทของไอซี 555
กับความยาวในน้ำของตัวตีเทค

ที่ f_o = 200 kHz. ใช้ R_1 = 47K

R_2 = VR 220 K

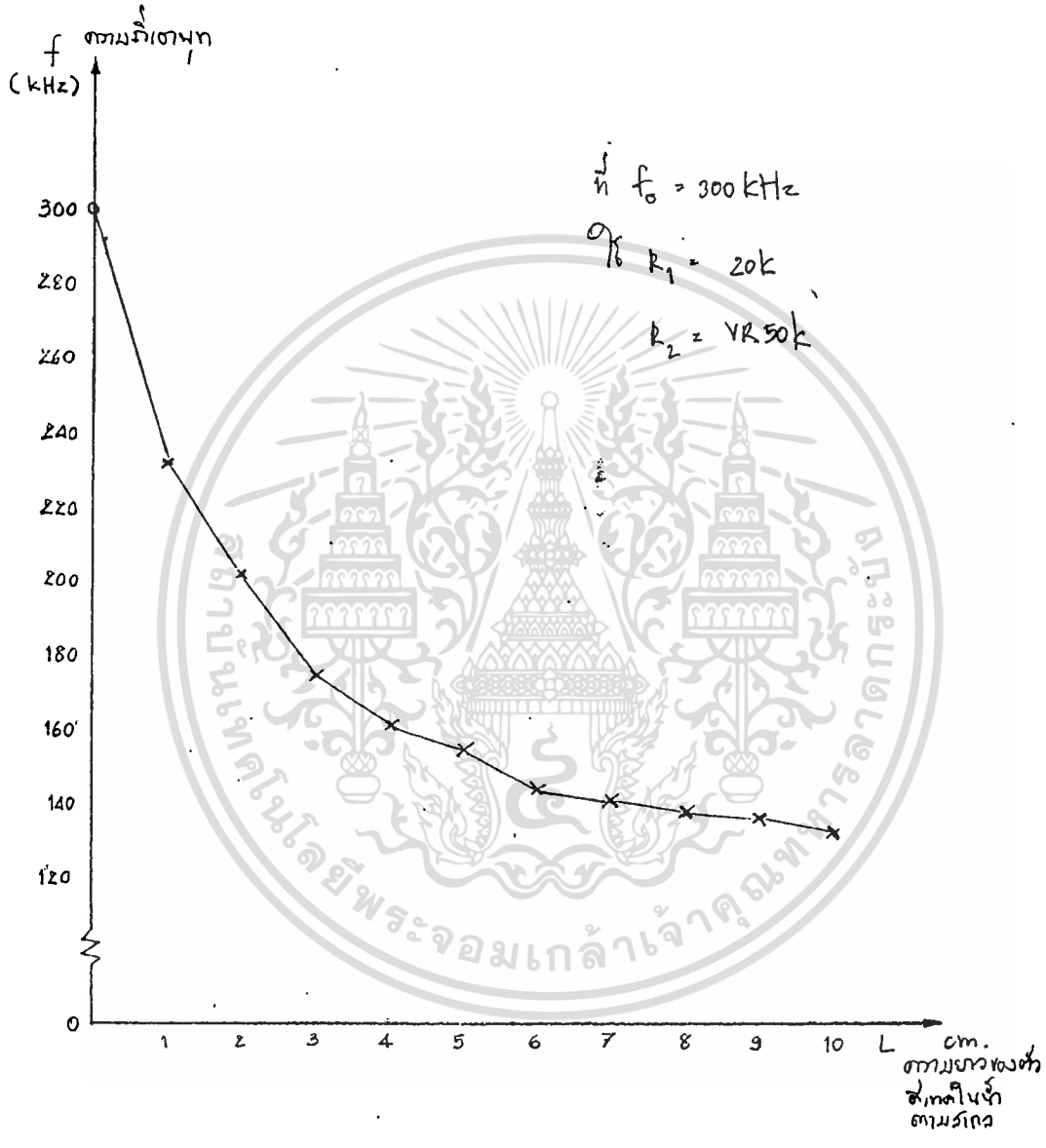
ภาพที่ 3.1.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



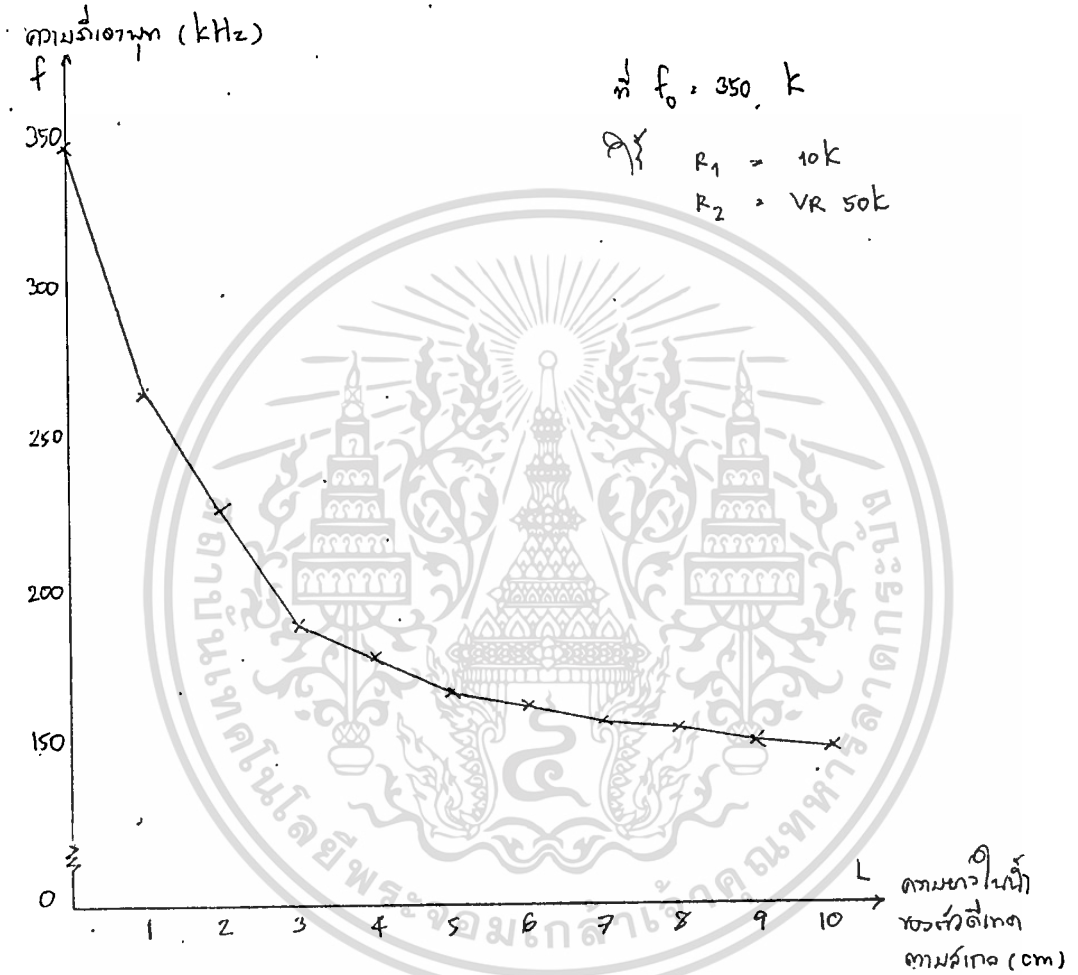
ภาพที่ 3.1.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



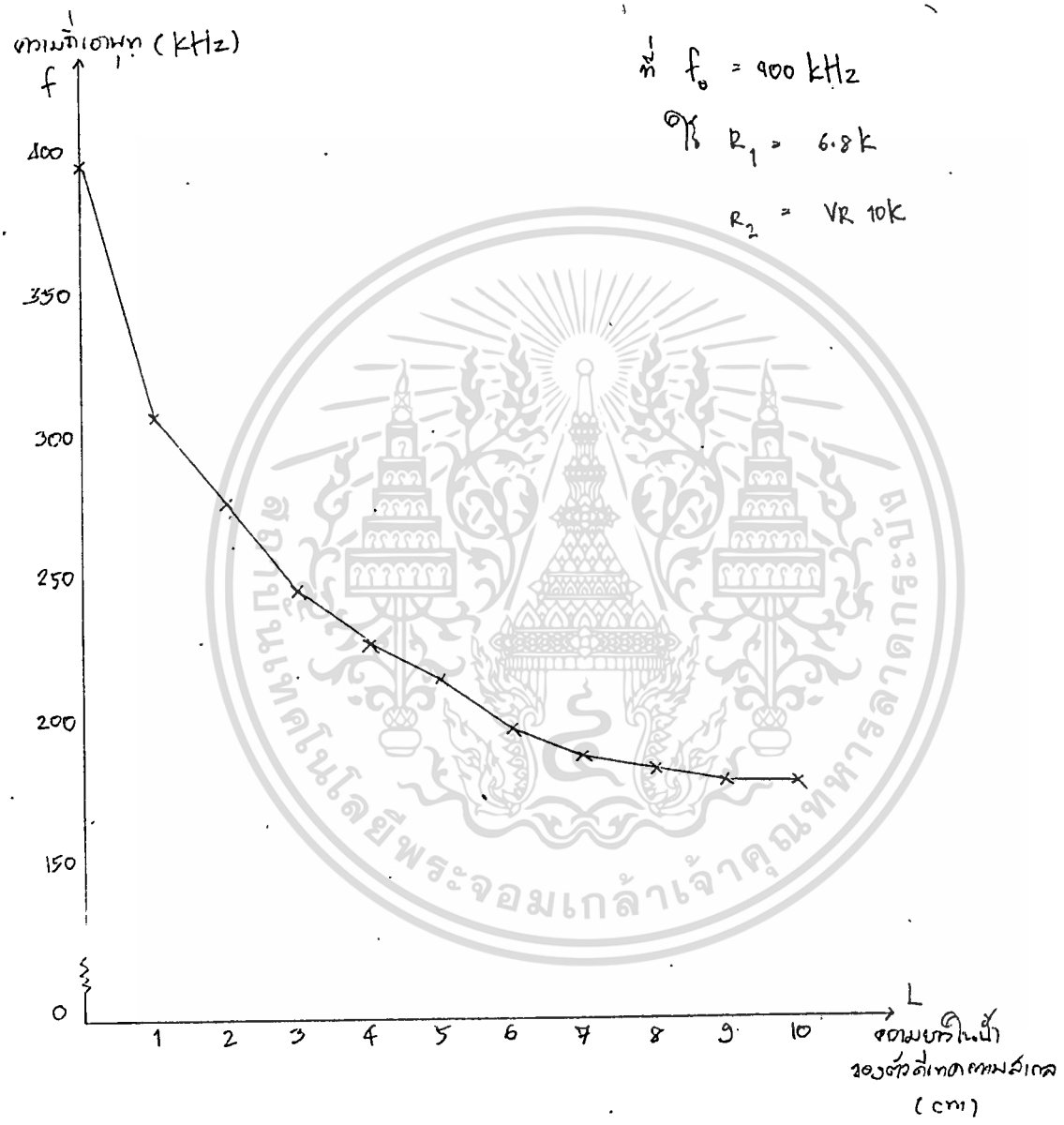
ภาพที่ 3.1.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



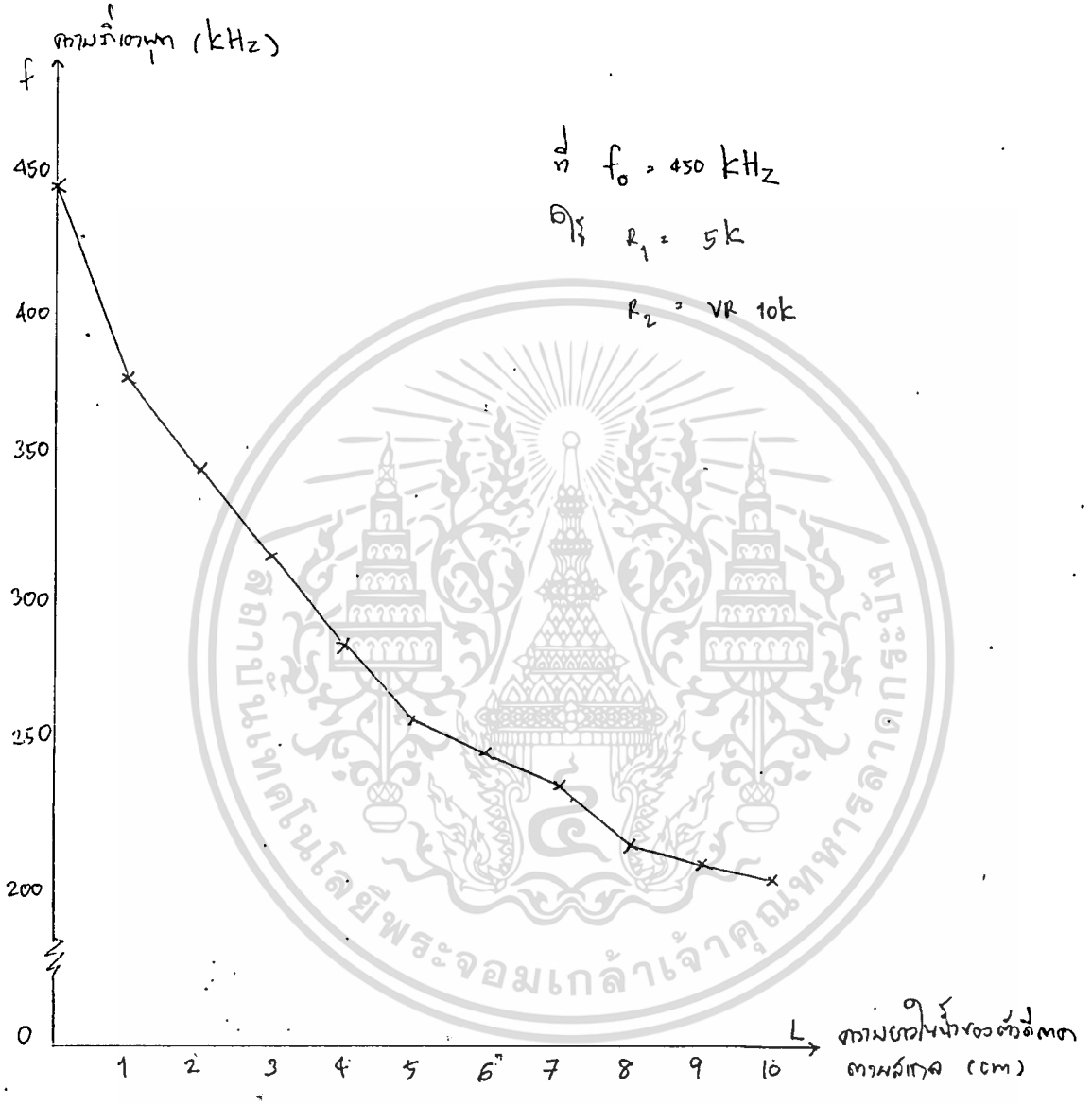
ภาพที่ 3.1.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



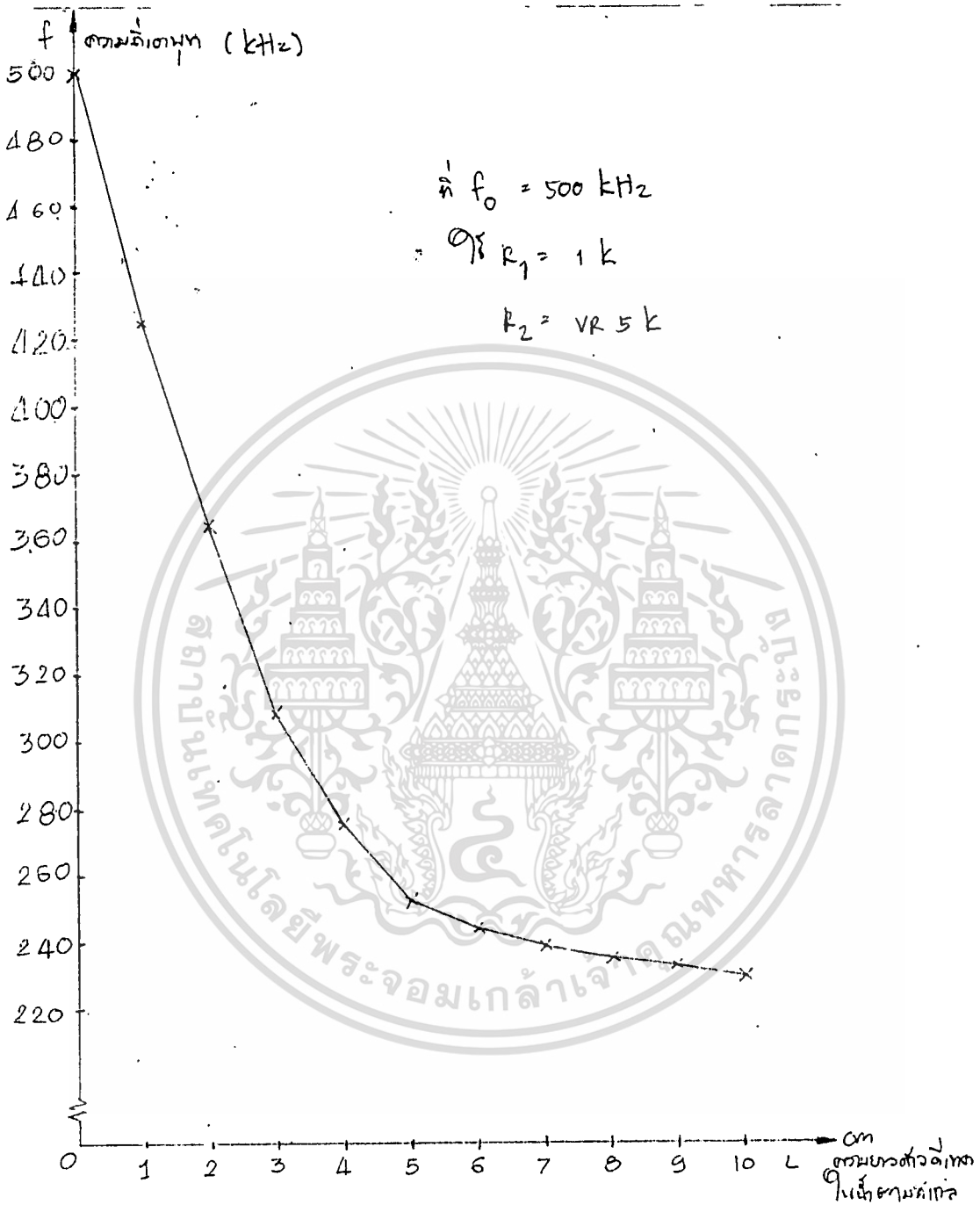
ภาพที่ 3.1.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



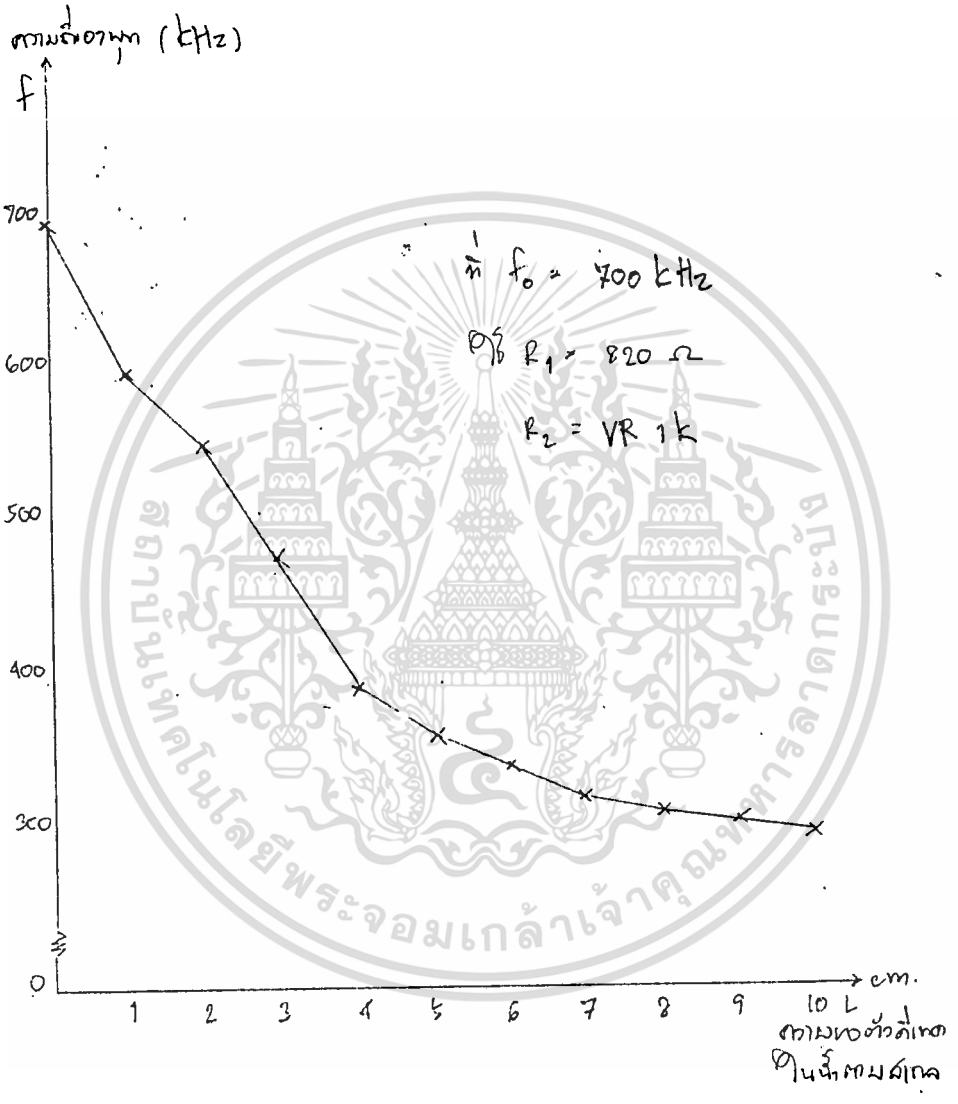
ภาพที่ 3.1.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



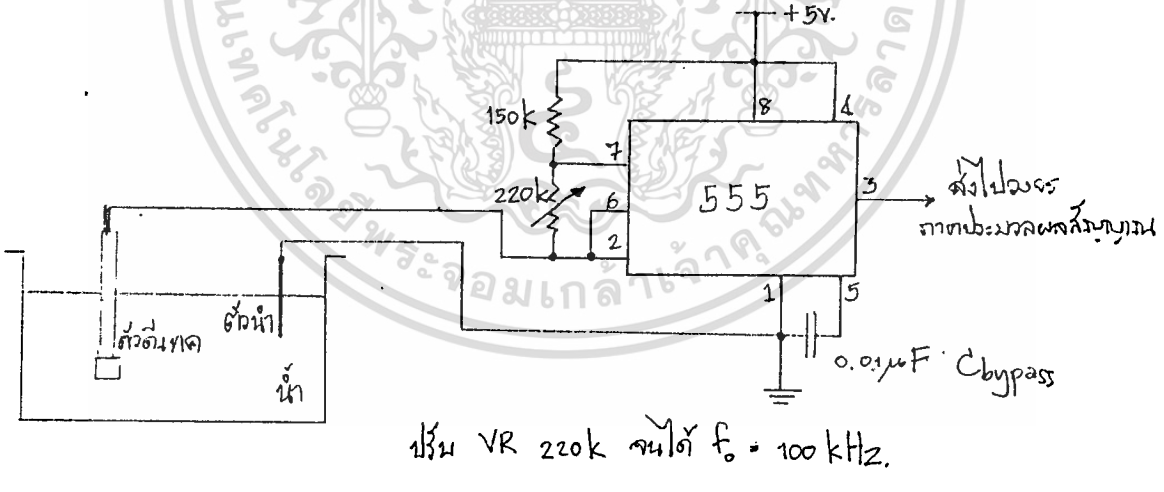
ภาพที่ 3.1.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลที่ได้จะเห็นว่า ความถี่เอาพุทมีความสัมพันธ์กับความยาวตัวดีเทคในน้ำเกือบจะเป็นแบบเชิงเส้น ในบางช่วงสเกลของตัวดีเทคและในบางค่าของ fo ซึ่งได้ตกลงใจที่จะเลือกใช้งานที่ fo = 100 KHz และที่ช่วงสเกล 1-5 cm ซึ่งในช่วงดังกล่าวเมื่อความยาวดีเทคในน้ำเปลี่ยนไป 1 cm จะนำความถี่เอาพุทเปลี่ยนไป ประมาณ 6 KHz และเนื่องจากเครื่องวัดนี้สร้างขึ้นเพื่อวัดคลื่นน้ำในการทดลองซึ่งมีแอมปลิจูดต่ำ ช่วงสเกลที่เลือกใช้ซึ่งมีความยาว 4 cm จึงเพียงพอต่อการวัด

ดังที่ได้กล่าวแล้วในบทที่ 2 ว่าในการวัดเราจะต้องกำหนดความยาวของตัวดีเทคขณะน้ำนิ่งคงที่ เพื่อที่จะได้ค่า V_{REF} ที่วงจรซับแทรกเตอร์คงที่ทุกครั้ง ในที่นี้จะกำหนดให้ระดับสเกล 2 cm อยู่ที่ระดับผิวน้ำทุกครั้งในการวัด

ฉะนั้น วงจรภาคดีเทคเตอร์ที่เลือกใช้ จึงเป็นดังภาพที่ 3.1.23



ภาพที่ 3.1.23

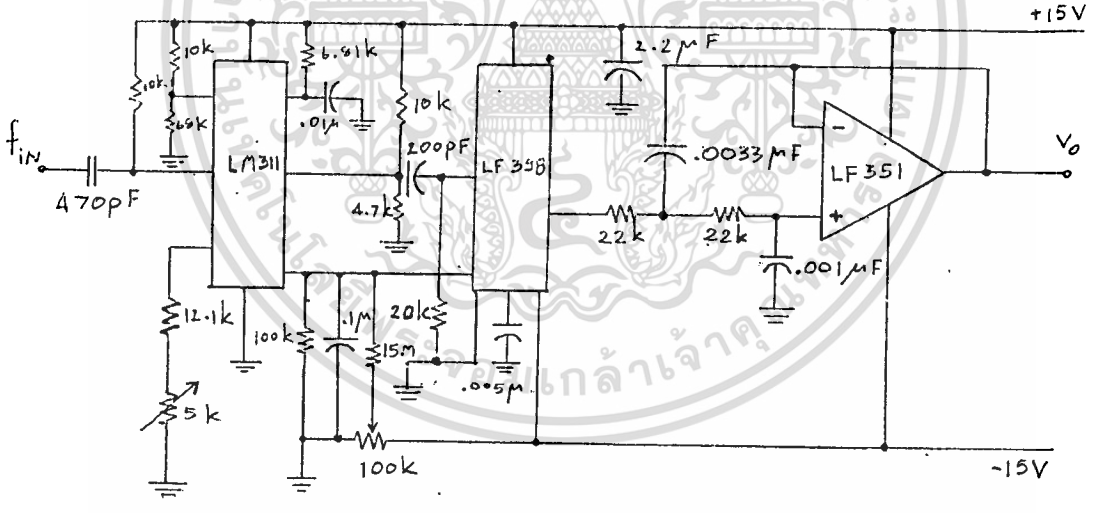
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ภาคประมวลผลสัญญาณ

เนื่องจากในหัวข้อที่แล้ว เราได้เลือกใช้ตัวดีเทคแบบคาปาซิเตอร์ ภาคประมวลผลสัญญาณจึงใช้ตังหลักการในหัวข้อที่ 2.3.1 โดยวงจรส่วนต่าง ๆ จะเป็นดังนี้คือ

3.2.1 วงจร F/V

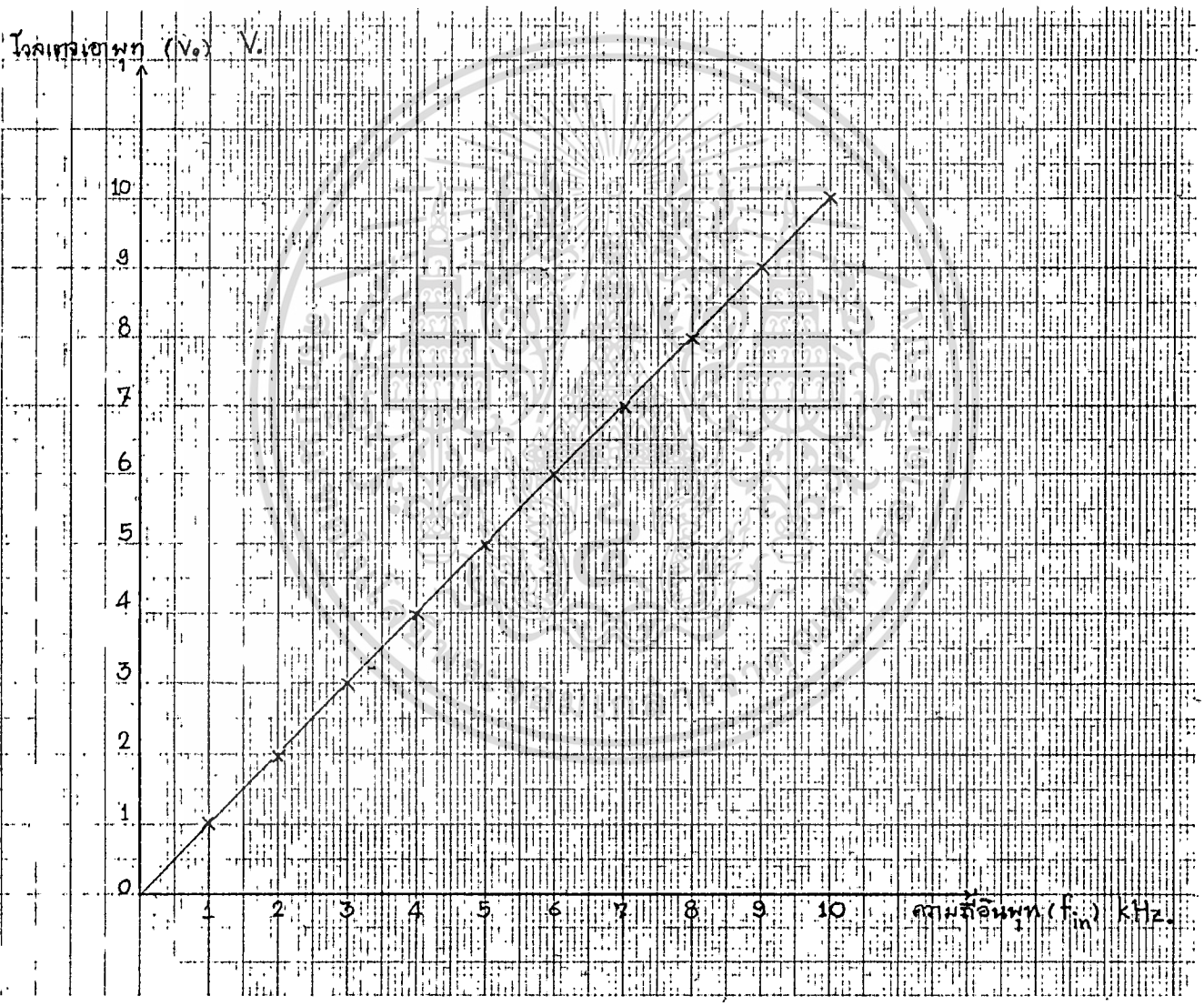
วงจรที่ใช้มีลักษณะเดียวกับวงจรในภาพที่ 2.3.2 โดยได้เลือกค่าอุปกรณ์ที่เหมาะสมวงจรได้แสดงไว้ในภาพที่ 3.2.1



ภาพที่ 3.2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

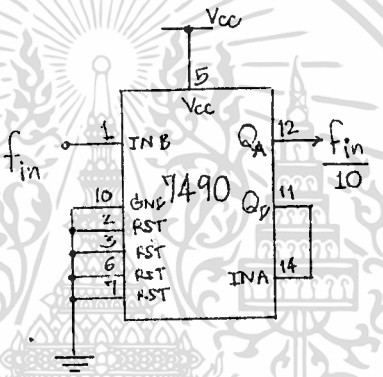
วงจรนี้ตั้งค่าให้ fin ฟูลสเกลของวงจรเป็น 10 KHz ซึ่งจะให้โวลเตจเอาพุท (Vo) เป็น 10 โวลท์ฟูลสเกล และที่ fin เป็นศูนย์จะเป็น 0 โวลท์ เราจะทดสอบวงจรนี้โดยป้อนความถี่ที่ค่าต่าง ๆ ตั้งแต่ 0 H_z จนถึง 10 KH แล้วพิจารณาโวลเตจเอาพุทที่ได้ซึ่งจะได้แสดงผลที่ได้ในภาพที่ 3.2.2



ภาพที่ 3.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรภาคดีเทค ความถี่เอาพุทที่ได้จะอยู่ในช่วง 69-93 KHz. ซึ่งสูงเกินไปสำหรับวงจร F/V ที่ใช้ จึงต้องนำความถี่จากภาคดีเทคมาหารเสียก่อน โดยได้ใช้ไอซี ทีทีแอล (IC TTL) 7490 เป็นวงจรหาร 10 ดังภาพที่ 3.2.3 ซึ่งเมื่อหารความถี่จากภาคดีเทคแล้วก็จะส่งไปให้วงจร F/V ความถี่เอาพุทของ F/V จึงกลายเป็น 6.9 - 9.3 KHz ซึ่งวงจร F/V จะให้เอาพุทอยู่ในช่วง 6.9 - 9.3 V.

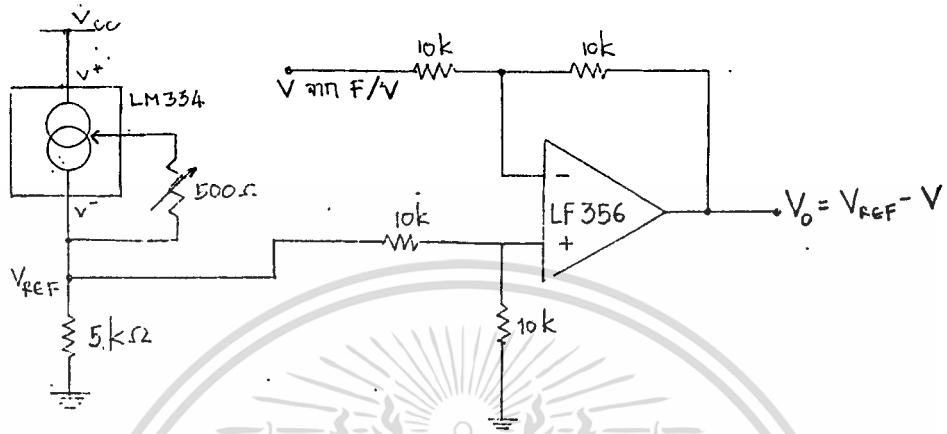


ภาพที่ 3.2.3

3.2.2 <u>วงจรหาผลต่างโวลเตจเมื่อเทียบกับ V_{REF}</u>

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ว่าจะใช้วงจรซับแทรคเตอร์มาหาผลต่างระหว่างโวลเตจที่ได้จากวงจร F/V กับ V_{REF} จากการกำหนดตำแหน่งตัวดีเทคในหัวข้อที่ 3.1 ให้ระดับสเกล 2 ซม. อยู่ตรงผิวน้ำพอดี ซึ่งจะทำให้ V_{REF} มีค่าเป็น 8.62 V. เนื่องจากที่ระดับสเกล 3 ซม. อยู่ตรงผิวน้ำ ค่าความถี่จากภาคดีเทคจะเป็น 80.62 KHz และเมื่อผ่านวงจรหาร 10 จะกลายเป็น 8.62 KHz วงจร F/V ที่จะให้เอาพุทเป็น 8.62 V. ซึ่งเป็นโวลเตจที่ได้ขณะที่น้ำนิ่ง วงจรซับแทรคเตอร์ที่ใช้จะเป็นดังภาพที่ 3.2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.2.4

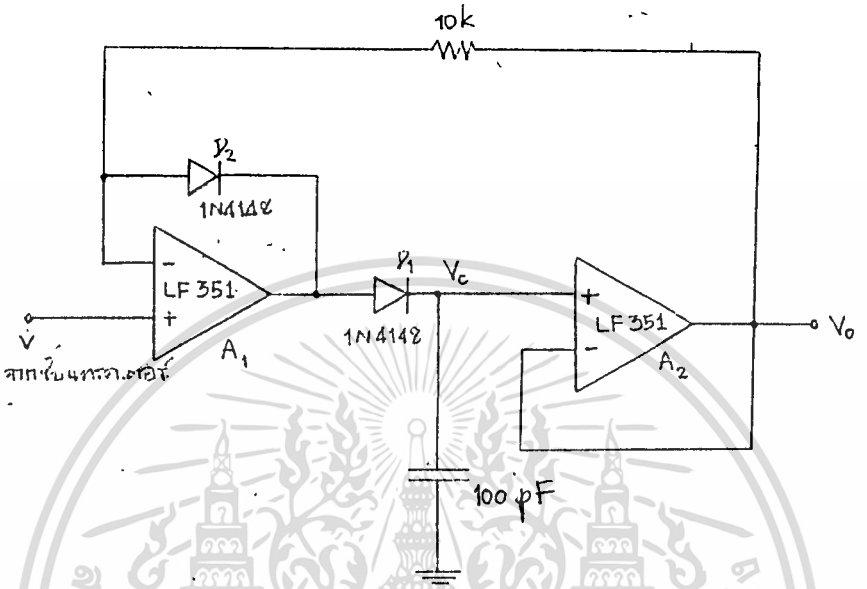
ซึ่งจะได้โวลเตจเอาพุท V_o เท่ากับ V_{REF} ซึ่งจะต่างกับในสมการที่ (2.10) ในบทที่ 2 เนื่องจากค่า V ที่เราต้องการจะมีค่าต่ำกว่าค่า V_{REF} เสมอ

จากวงจรได้สร้าง V_{REF} ขึ้นโดยใช้ไอซี LM 334 ซึ่งเป็นเคอร์เรนท์ซอร์ซ ปรับกระแสได้ โดยเปลี่ยนค่า R_1 จ่ายกระแสให้กับ R_L ค่า 5K โดยจะปรับกระแสของ LM 334 จนโวลเตจที่ตกคร่อม R_L เท่ากับ 8.62 V. พอดีเท่ากับ V_{REF} เมื่อมีโวลเตจอื่นมาจากวงจร F/V ก็จะเอาพุทเกิดขึ้นตามสมการที่ (2.10) และเมื่อวัดขณะที่น้ำนิ่งเอาพุทจะเป็นศูนย์เพราะเอาพุทของวงจร F/V จะเท่ากับ 8.62 V. ด้วย

3.2.3 วงจรพีค ดีเทคเตอร์

วงจรที่ใช้เป็นดังภาพที่ 3.2.5 การทำงานของมันเราได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ 2.3 และจะไม่กล่าวถึงอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



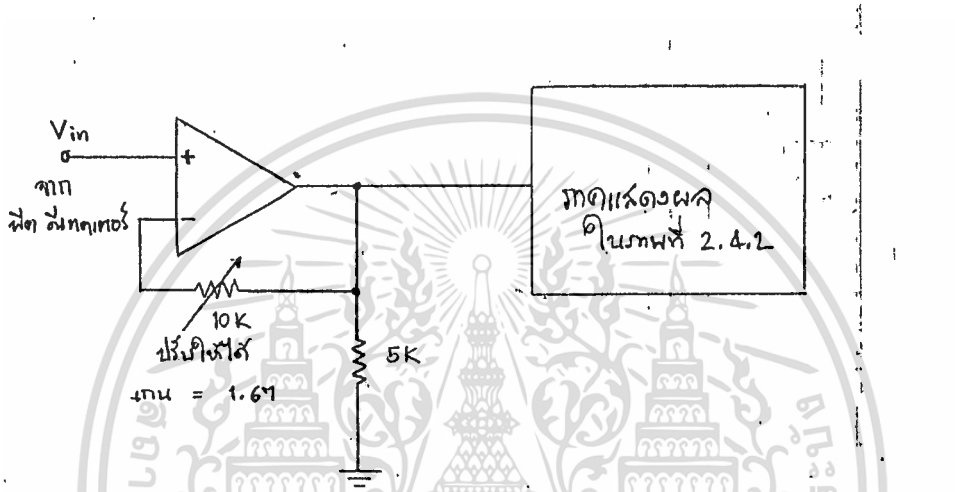
ภาพที่ 3.2.5

วงจรจะเก็บค่าผลต่างโวลเตจสูงสุดจากวงจรซันแทคเตอร์ไว้ ค่า C ที่ใช้ไม่ควรมีค่าสูงมากนัก เพราะเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงผลต่างสูงสุด จำทำให้การเก็บค่าผลต่างสูงสุดค่าใหม่เป็นไปได้ช้า ในที่นี้ใช้ค่า 100 PF และเมื่อได้ผลต่างโวลเตจสูงสุดแล้วก็จะส่งผลไปให้ภาคแสดงผลต่อไป

3.3 ภาคแสดงผล

ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.4 ว่าจะใช้ไอซี ICL 7107 เป็นหลักในการแสดงผลโดยวงจรจะเป็นลักษณะดังภาพที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3.1

โดยในวงจรนี้ เราได้ประมาณการแสดงผลว่า เมื่อโวลเตจอินพุท จากวงจรซับแทรคเตอร์ เปลี่ยนไป 0.6 V หมายถึงระดับน้ำเปลี่ยนไป 1 cm ซึ่งคิดจากการที่ภาคดีเทคเตอร์จะให้ความถี่เปลี่ยน ไปประมาณ 6 KHz และโวลเตจเอาพุทของ F /V จะเปลี่ยนไป 0.6 V ค่าที่ได้จาก พีค ดีเทคเตอร์ ก็จะ เปลี่ยนไป 0.6 V ด้วย

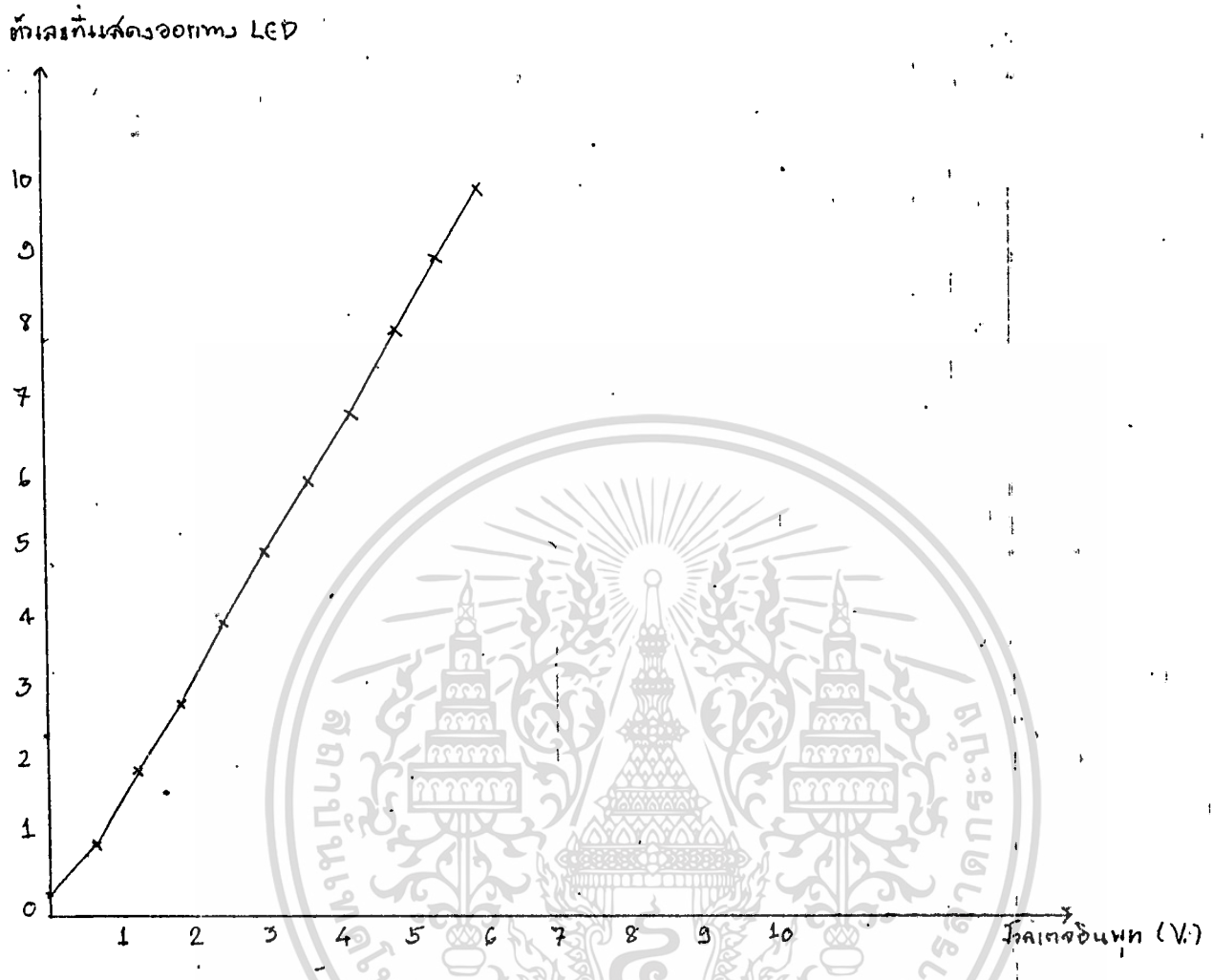
จากภาพที่ 3.3.1 เราจะใช้ LED เพียง 2 หลัก ในการแสดงผลโดยจะแสดงในหลักเซนติเมตรและมิลลิเมตรเท่านั้น สำหรับหลักที่อยู่ในช่วง x 0.1 มิลลิเมตร จะไม่นำเอามาใช้เพราะไม่มีความแน่นอนเท่าที่ควร การปรับค่า VR2 จะมีความสำคัญมาก ดัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ได้กล่าวในบทที่ 2 ค่าของ V_{REF} จะมีผลต่อความเที่ยงตรงของ ICL017 มาก วงจรขยายที่รับเอาพุทของ พีค ดีเทคเตอร์ มาจ่ายให้กับ R_g นั้น กระทำเพื่อความสะดวกใน การออกแบบ เพราะเราจะใช้ ICL 7107 เป็นเสมือนกับโวลท์มิเตอร์คือเมื่อมีเอาพุทเข้ามาเป็น 1 Volt ก็จะแสดงเลข 1.0 ออกทาง LED แต่จริง ๆแล้วค่าที่แสดงออกทาง LED เราต้องการให้เป็นค่าแอมปลิจูดของคลื่นน้ำ ซึ่งถ้ามีคลื่นน้ำขนาดแอมปลิจูด 1cm จะทำให้โวลเตจเอาพุทของ พีค ดีเทคเตอร์ เป็น 0.6 v ซึ่งถ้าไม่มีวงจรขยาย ค่าตัวเลขที่แสดงออกทาง LED ก็จะเป็นค่า 0.6 ซึ่งไม่ตรงกับที่เราต้องการ จึงใช้วงจรขยายที่มีอัตราการขยายเท่ากับ1/0.6 หรือ 1.67 เท่า เมื่อมีคลื่นน้ำขนาดแอมปลิจูด 1 cm ก็จะทำให้เกิดโวลเตจเอาพุทที่มี ดีเทคเตอร์เป็น 0.6 V โวลเตจเอาพุทที่วงจรขยายจะเป็น 0.6 x 1/0.6 = 1 V LED ก็จะแสดงเลข1.0 ออกมา และเมื่อมีคลื่นน้ำแอมปลิจูด n cm จะทำให้ LED แสดงค่าออกมาเป็น n.0 ตามที่เราต้องการ

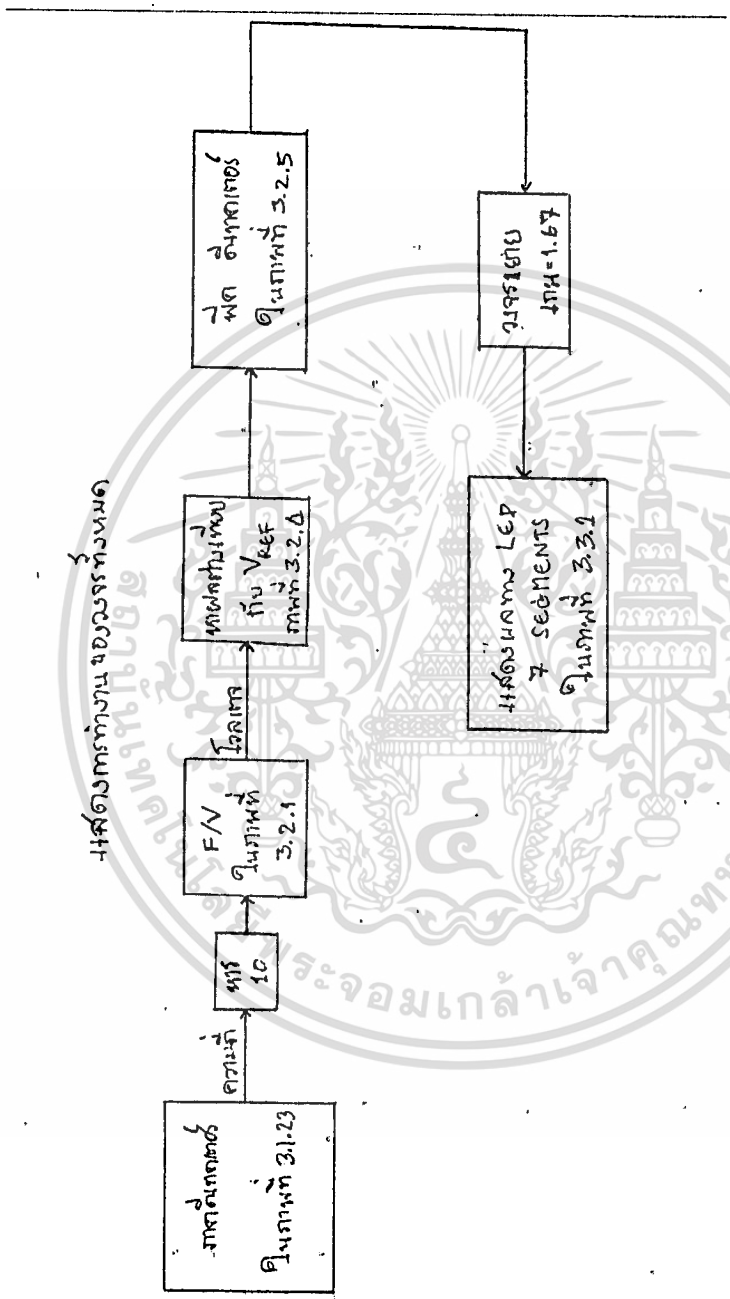
การทดสอบวงจรแสดงผลจะกระทำโดยป้อนโวลเตจอินพุทตั้งแต่ 0.6-6 V. ให้กับวงจรที่วงจร ขยายแล้วพิจารณากับผลของตัวเลขที่แสดงออกทาง LED ดังแสดงในที่ 3.3.2 และวงจรทั้งหมดของเครื่องวัดแอมปลิจูดคลื่นน้ำจะแสดงไว้ในภาพที่ 3.3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

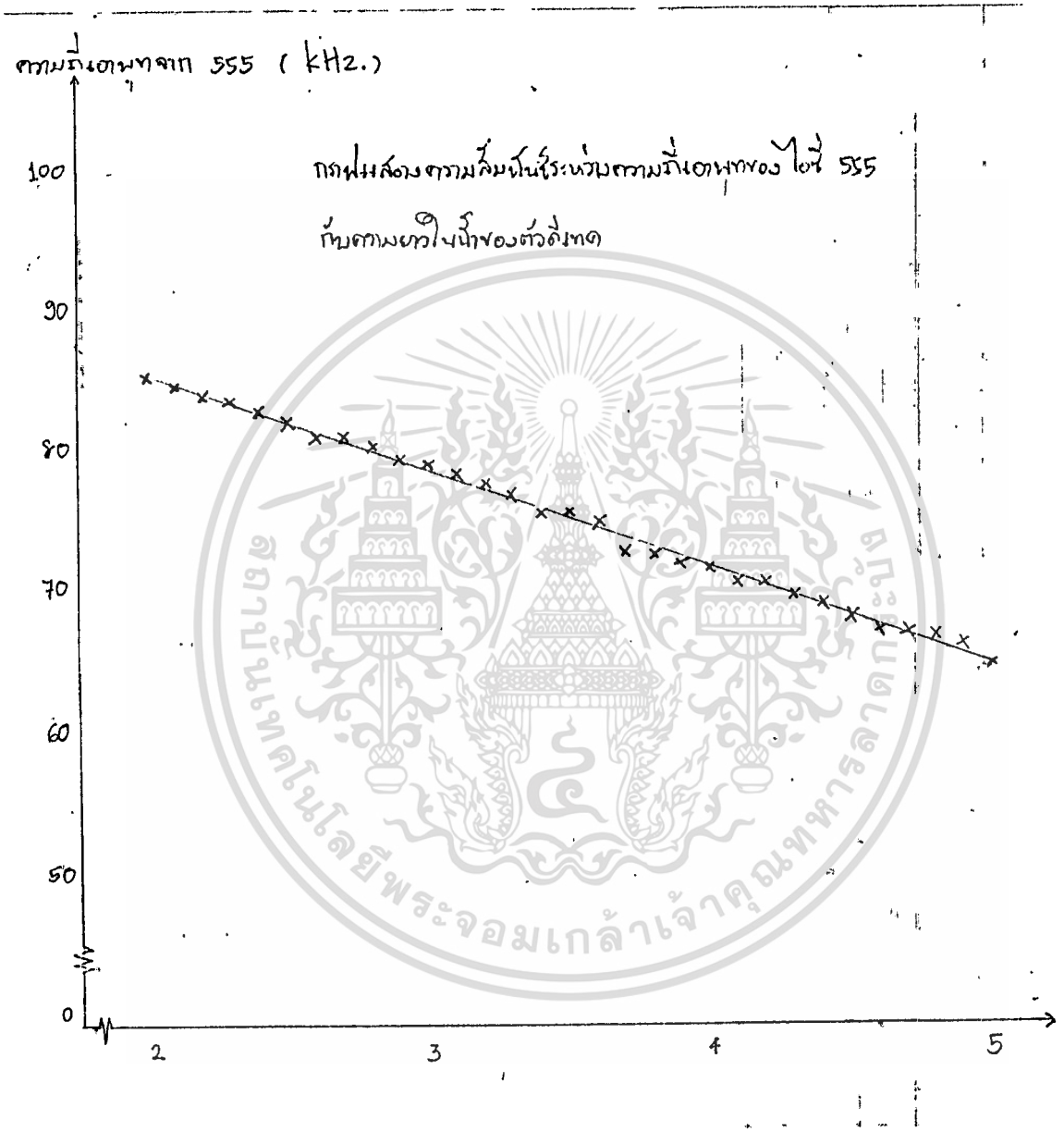
การทดสอบและผลการทดสอบ

ในการทดสอบวงจรที่ได้สร้างขึ้นมา เราไม่สามารถที่จะทดสอบโดยการนำไปวัดคลื่นน้ำจริง ๆ มาใช้ในการตรวจสอบระดับแอมปลิจูดที่แท้จริงของคลื่นน้ำได้อีกด้วย จึงต้องทดสอบโดยการประมาณ โดยใช้ตัวดีเทคจุ่มลงไปในน้ำเป็นระดับอ้างอิงหรือระดับผิวน้ำนิ่ง เช่น ถ้าเราทำให้ระดับผิวน้ำอยู่ที่ระดับสเกล 4 cm บนตัวดีเทคนั้นหมายถึง เราต้องการทดสอบความถูกต้องในการวัดคลื่นน้ำที่มีแอมปลิจูดเท่ากับ 1 cm นั่นเอง จากวงจรในภาพที่ 3 ซึ่งเป็นวงจรทั้งหมดของเครื่องวัดค่าแอมปลิจูดคลื่นน้ำ เราจะนำมาทดสอบโดยจะทดสอบวัดค่าสัญญาณเอาพุทที่วงจรส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. ความถี่เอาพุทจากไอซี 555
2. โวลเตจเอาพุทของ F/V
3. โวลเตจเอาพุทของพีค
4. โวลเตจเอาพุทของพีค ดีเทคเตอร์
5. ตัวเลขที่แสดงออกทาง LED 7 เซกเมนต์

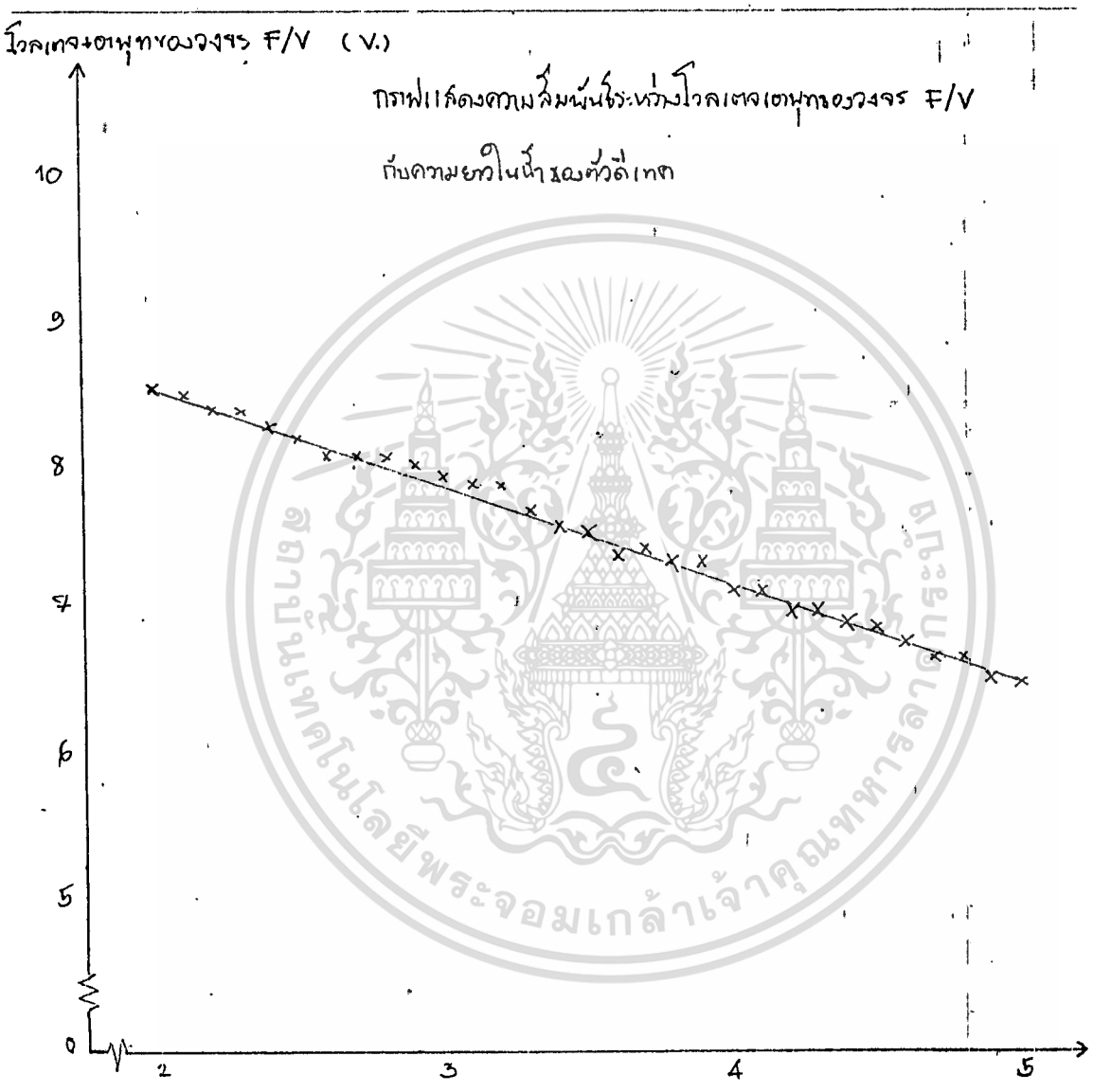
ซึ่งจะวัดค่าต่าง ๆ เหล่านี้ ขณะที่ระดับผิวน้ำอยู่ที่สเกล 2-5 cm บนตัวดีเทค โดยได้แบ่งสเกลช่วงนี้ออกเป็นช่วงย่อย ๆ ห่างกัน 1 mm และระดับสเกล 2 cm ก็คือระดับน้ำนิ่งที่เราใช้ในการวัดคลื่นน้ำจริง ๆ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่วัดได้เหล่านี้กับระดับผิวน้ำที่สเกลต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในภาพที่ 4.1 ถึงภาพที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



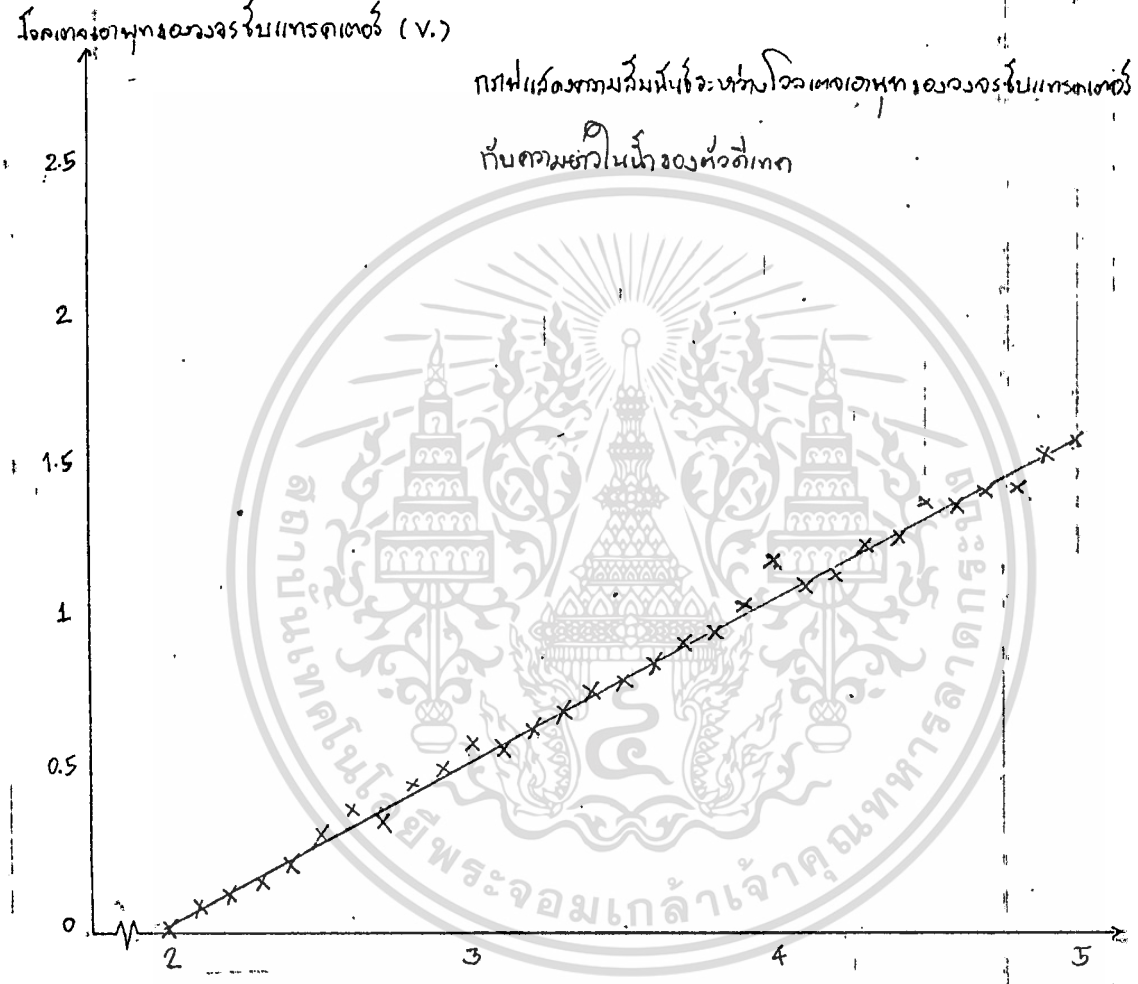
ภาพที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2

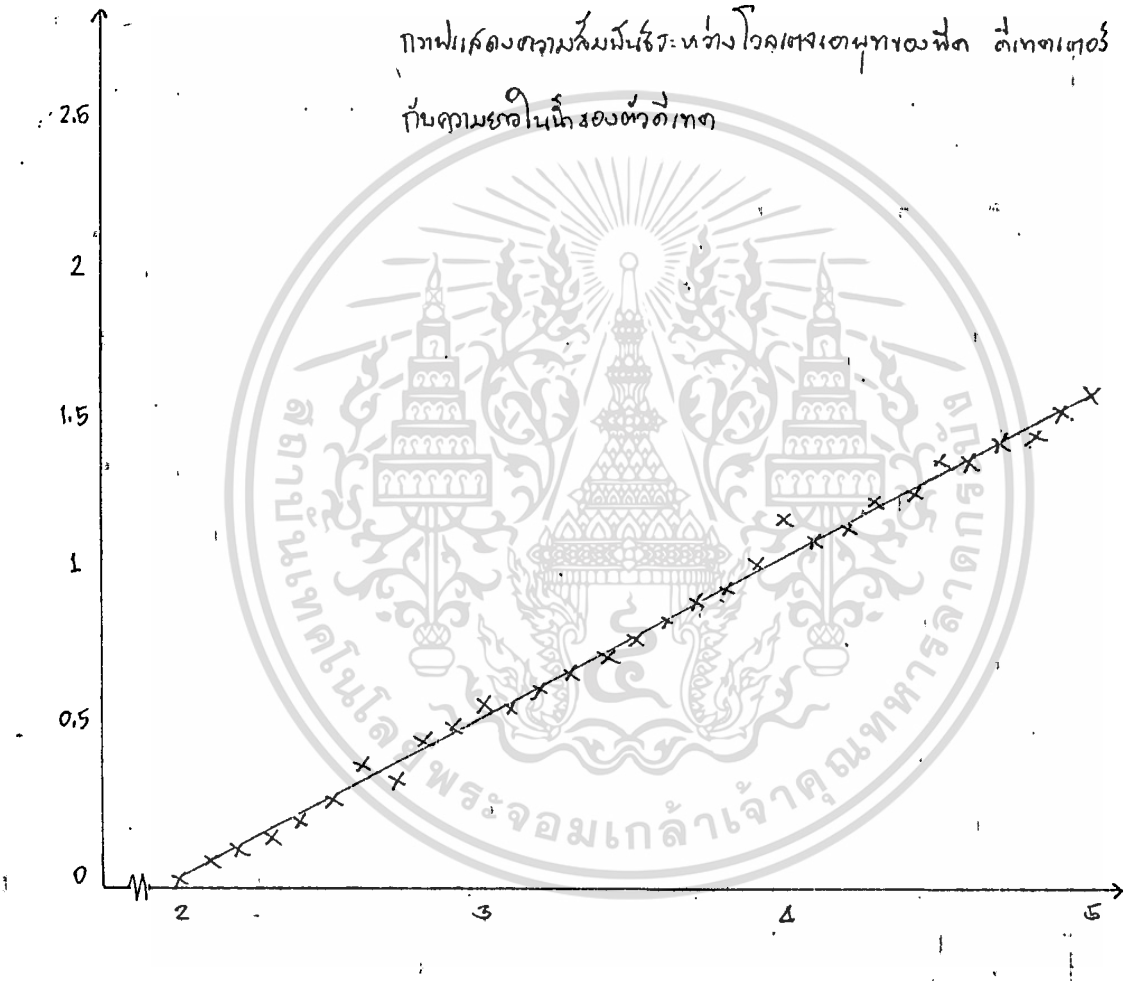
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3

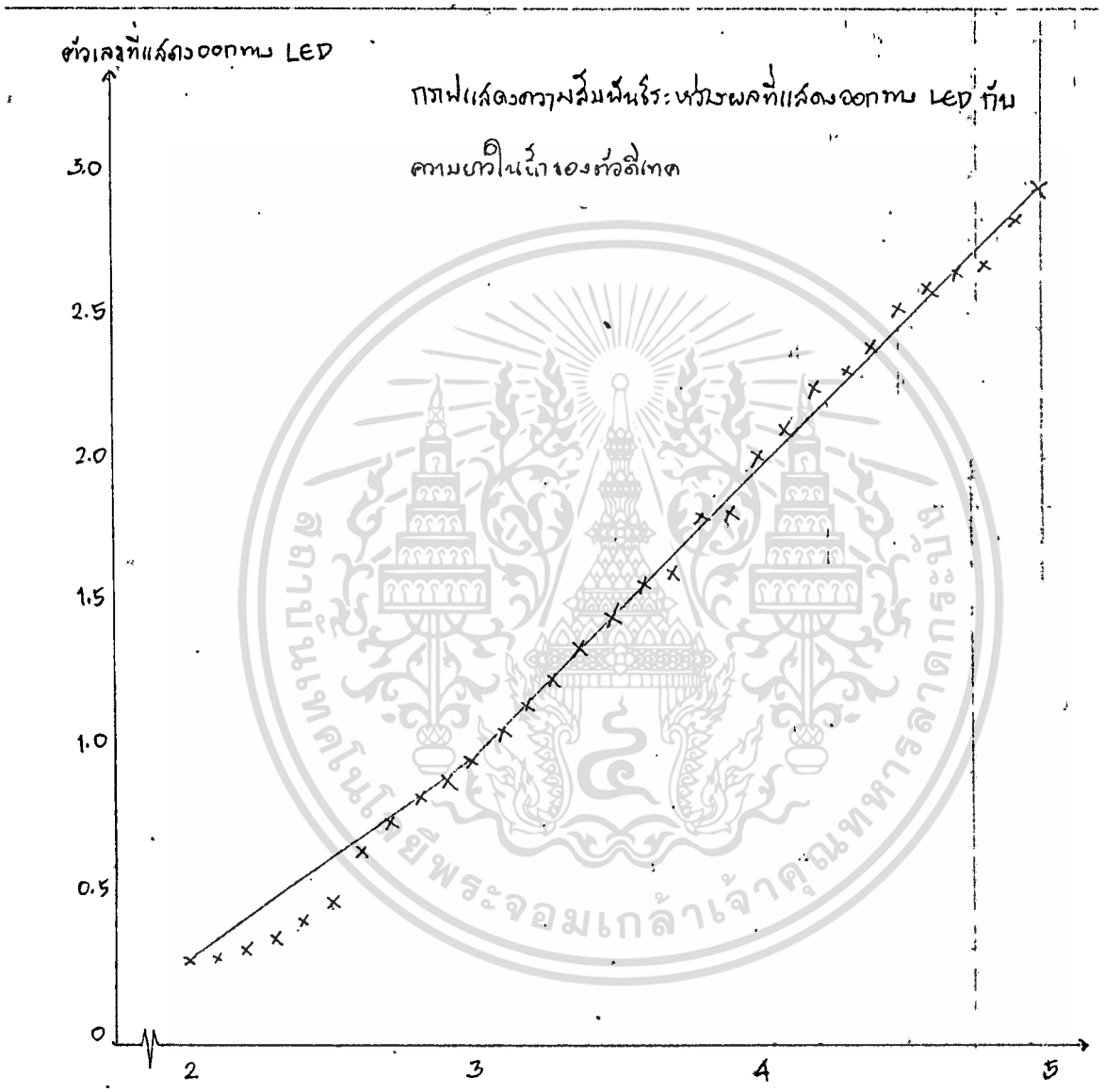
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โวลเตจเตนท์ของฟีต ดีเทคเตอร์ (V.)



ภาพที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลที่ได้จะเห็นว่า จะมีค่าความผิดพลาดในการวัดเกิดขึ้นมากพอสมควร ซึ่งอาจเกิดจากการที่เราได้ประมาณให้ ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เอาพุทของไอซี 555 และความยาวของตัวดีเทคในน้ำ เป็นระบบเชิงเส้นในการแสดงผลซึ่งในความเป็นจริงแล้วไม่เป็นเช่นนั้น หรืออาจเกิดจากในการวัดเราไม่สามารถทำให้ระดับผิวน้ำ อยู่ที่สเกลต่าง ๆ ได้ตามต้องการอย่างแท้จริง เพราะการใช้สายตาในการกะให้ระดับผิวน้ำอยู่บนตัวดีเท่ด ณ ค่าสเกลต่าง ๆ จะเกิดความผิดพลาด อีกทั้งภาคแสดงผลซึ่งใช้ ICL . 7107 ก็มีความคลาดเคลื่อนสูงพอสมควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

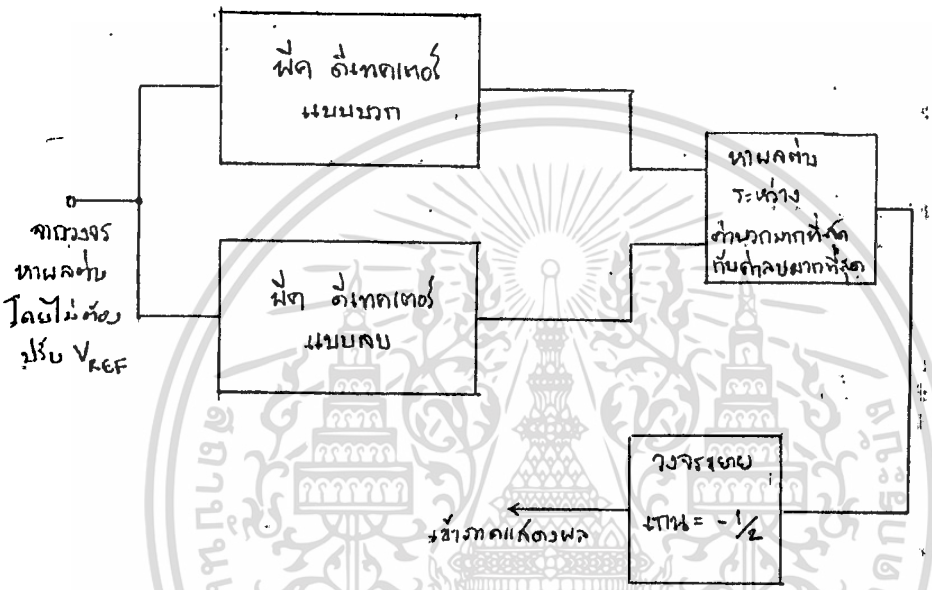
บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์

องค์ประกอบที่สำคัญที่สุดของ เครื่องวัดระดับคลื่นน้ำที่ได้สร้างขึ้นมานี้ ก็คือ ตัวดี เทค จะ เห็นได้ชัดว่าค่าผิดพลาดที่ได้จากการวัดส่วนใหญ่เป็นผลมาจากตัวดี เทค ใน การทำการทดลอง ได้ทดลองที่จะใช้ตัวดี เทคหลายแบบ เพื่อให้ได้ผลที่ดี แต่ก็ไม่สามารถที่ จะหาตัวดี เทคที่พอจะมีมาตรฐาน ในการวัดได้ แม้แต่ตัวดี เทคที่ได้ เลือกใช้ในวงจรใช้งาน จริงก็ตาม ซึ่ง เราได้ เลือกใช้ที่ค่า fo = 100 KHz. และที่ช่วงความยาวสเกล 1 - 5 cm. ที่ช่วงขอบเขตนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ เอาพุทจากภาคดี เทค เตอร์ กับความ ยาวตัวดี เทค ในน้ำก็ยังไม่ เป็น เชิง เส้นอย่างสมบูรณ์ จะทำให้ค่าที่วัดได้มีค่าผิดพลาดได้สูง เพราะ เราได้ประมาณให้ความสัมพันธ์นี้ เป็น เชิง เส้นในการแสดงผล และอีกประการที่สำ คัญคือ วงจรออสซิส เตอร์ ซึ่งใช้ IC 555 อาจจะไม่สามารถกำ เนิดความถี่ได้ทัน กับการ เปลี่ยนแปลงค่าคาปาซิแทนของตัวดี เทคที่ เป็นไปอย่างรวด เร็ว นอกจากนี้วงจรภาค แสดงผลที่ใช้ก็ยังไม่มีความละ เอียดเพียงพออีกด้วย

การวัดอาจจะกระทำได้โดยไม่ต้องปรับ Vref ให้ยุ่งยาก โดยการให้ Vref มีค่าคงที่ซึ่งอาจจะไม่ใช่โวล เตจขณะน้ำนิ่งก็ได้ แล้วใช้วงจรพีค ดี เทค เตอร์ ทั้งแบบ บวกและแบบลบ เก็บค่าผล ต่างสูงสุดทั้งทางบวกและทางลบไว้ แล้วนำค่าผลต่างโวล เตจสูง สุดทั้งทางบวกและทางลบมาหาผลต่างกลับหารด้วยสอง ซึ่งทำได้โดยการใช้วงจรขยายที่มี อัตราการขยาย -1/2 ก็จะได้ค่าผลต่างที่ เท่ากับผลที่ได้จากวิธีการปรับ Vref โดยออก แบบวงจรภาค peak detecter ใหม่ เป็นดังภาพที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.1

ซึ่งจะทำให้วงจรง่ายต่อการใช้มากขึ้น แต่จะมีผลเสียคือต้องใช้อุปกรณ์มากขึ้น ซึ่งการใช้อุปกรณ์ยิ่งมากขึ้นก็จะยิ่งทำให้เกิดค่าความผิดพลาดได้มากขึ้น

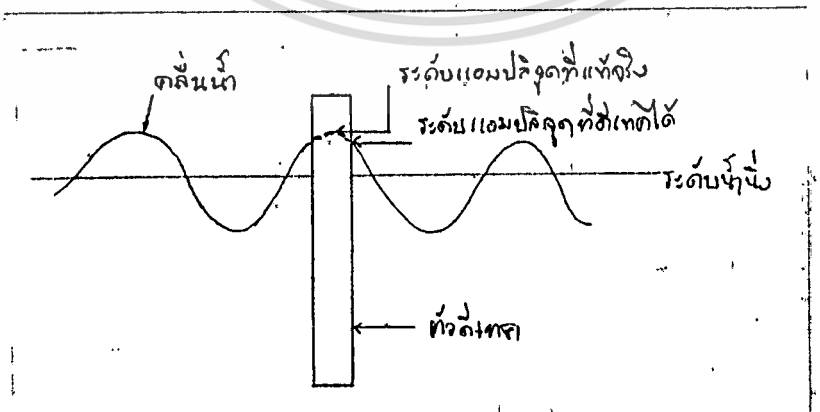
สำหรับวิธีการดีเทค โดยใช้ตัวดีเทคเป็นตัวต้านทานนั้น อาจจะมีความเซนซิทิฟมากขึ้นถ้าเราใช้ตัวต้านทานที่มีค่ามาก ๆ แต่ก็ไม่สามารถหาตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานสูงขนาดนั้นได้ ในการทดลองน้ำที่เราใช้ตัวดีเทคจุ่มลงไปได้ใช้น้ำประปา ซึ่งจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความต้านทานหลายร้อยกิโลโอห์มซึ่งถ้าจะต้องการให้ตัวดีเทคมีความเซนซิทีฟก็ต้องใช้ตัวต้านทานที่มีค่าอย่างน้อยหลายสิบกิโลโอห์มขึ้นไป ซึ่งไม่สามารถจะหามาได้ จริงๆแล้วถ้าวิธีนี้ได้ผลจะทำให้สามารถออกแบบวงจรวัดค่าได้ง่ายกว่าวิธีที่ใช้คาปาซิเตอร์เป็นตัวเก็บประจุมาก จึงได้มีความพยายามอย่างมากที่จะใช้วิธีนี้ แต่ก็ไม่สามารถหาตัวดีเทคแบบนี้มีคุณสมบัติเหมาะสมได้ ในการทดลองใช้ทั้งลวดต้านทาน, ไส้ฮีทเตอร์, ไส้ดินสอ เป็นตัวดีเทคแต่ทั้งหมดที่กล่าวมานี้ไม่มีตัวใดเลยที่มีความต้านทานสูงเกิน 10 cm ต่อความยาวของตัวดีเทค 10 cm

อันที่จริงยังมีแนวความคิดอีกมาก ที่นำมาใช้ในการหาค่าแอมปลิจูดคลื่นน้ำ เช่น การใช้เม็ดแม่เหล็กพลาสติกลอยอยู่ในน้ำ แล้วใช้แม่เหล็กถาวรมาจ่อไว้เหนือตัวมัน จากนั้นวัดค่าสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนไปเนื่องจากการกระเพื่อมของระดับน้ำ แต่วิธีดังกล่าวยุ่งยากมาก เพราะจะต้องยังคับให้เม็ดแม่เหล็กลอยอยู่ในน้ำในตำแหน่งคงที่ ซึ่งก็จะทำให้การวัดไม่ได้ผล

ข้อผิดพลาดอีกประการหนึ่งที่สำคัญในการใช้ตัวดีเทคแบบตัวคาปาซิเตอร์หรือตัวต้านทานจุ่มในน้ำ เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 5.2 จะเห็นว่า ค่าแอมปลิจูดน้ำที่ผ่านตัวดีเทคไม่ใช่ค่าแอมปลิจูดคลื่นน้ำที่แท้จริง



ภาพที่ 5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตาม การสร้างเครื่องวัดแอมปลิจูดน้ำนี้ก็เป็นเพียงการแสดงแนวความคิดที่จะใช้วงจรอิเลคทรอนิคส์ให้เกิดประโยชน์ในด้านใหม่ๆ เท่านั้น การที่จะนำไปใช้งานจริง ๆ จะต้องมีการปรับปรุงอีกมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณอาจารย์ ร.ศ.ด.ร.สิทธิชัย โภไคยอุดม ที่ให้ความกรุณาให้แนวความคิดและคำปรึกษาในด้านต่างๆ คุณความดีใด ๆ ที่มีอยู่ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอมอบแด่ บิดา มารดา และคณาบูรพาจารย์ทุกท่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. E.J. Kenedy ,Operational Amplifier Circuits Theory and Applications , (Holt ,Rinehart and Winston ; 1988)
2. National Linear Data Book I , National Semiconductor ,Inc ,(1976)
3. Linear Applications ,Vol I, National Semiconductor ,Inc ,(1976)
4. R.A. Gayakwad ,Op - Amps and Linear Intregrated Circuits , (Prentice - Hall , 1988)
5. W.H. Hayt ,Engineering Electromagnetics , (MCGraw - Hill , 1981)
6. M.A. Lavghton & M.G. Say ,Electrical Engineer's Reference Book ,(MCGraw - Hill , 1986)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้