

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัย

การพัฒนาระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก
System Development for Measuring Dry Rubber Content in
Latex Using Ultrasonic



ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมด้วย

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

RCH

QC

ปีงบประมาณ 2551

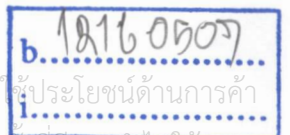
๒๔๗

๐๒๕๗ก

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน.....105800

วันที่เดือนปี..... 2 S.ค. 2552



ผู้ดูแลเอกสารทั้งฉบับ ลดทงให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) “การพัฒนาระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก”

(ภาษาอังกฤษ) “System Development for Measuring Dry Rubber Content in Latex Using Ultrasonic”

ชื่อผู้วิจัย (ภาษาไทย) นาย อภินัย ฤกษ์รัตน์

(ภาษาอังกฤษ) Mr. Apinai Rerkratn

หน่วยงานที่รับผิดชอบงานวิจัย และที่อยู่

กอง/คณะ คณะวิศวกรรมศาสตร์
กรม/มหาวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กระทรวง/ทบวง กระทรวงศึกษาธิการ
ที่อยู่ ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์ 0-2739-0643 โทรสาร 0-2739-2384

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมด้วยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ประจำปี.....2551..... จำนวนเงิน.....499,000.....บาท
ระยะเวลาการทำการวิจัย.....1.....ปี ตั้งแต่.....1.....ตุลาคม..2550.....ถึง.....30.....กันยายน..2551

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาแบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก โดยระบบที่พัฒนาขึ้นมาจะประกอบด้วย วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ วงจรขยายสัญญาณ ภาชนะบรรจุน้ำยางที่ทำกรวด วงจรตรวจจับสัญญาณ วงจรเปรียบเทียบแรงดัน วงจรไม้มิง วงจรแอมป์เปิดแอนด์โฮลด์ และวงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย โดยค่าแรงดันเอาต์พุทของระบบจะขึ้นอยู่กับระดับปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางที่นำมาทดสอบ โดยจากการทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้นมา กับน้ำยางที่มีความเข้มข้นของเนื้อยางต่างกันผลปรากฏว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นมาสามารถนำมาใช้วัดระดับปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางที่นำมาทดสอบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

This research project presents the system development for measuring dry rubber content in latex using ultrasonic wave. The proposed system consists of the pulse generator, voltage amplifier, detector circuit, voltage comparator, timing circuit, saw-tooth generator, and sample-and-hold circuit. The rubber content in latex can be determined from the output voltage obtained from the proposed system. Experimental results from measuring the latex with different concentrations show that the dry rubber content can be achieved.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
สารบัญ.....	III
สารบัญตาราง.....	V
สารบัญรูป.....	VI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....	1
1.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	1
1.3 ยางพารา.....	2
1.3.1 การผลิตยางพารา.....	2
1.3.2 รูปแบบของยางพารา.....	3
1.3.3 โครงสร้างหลักที่มีผลกระทบต่อสมบัติของยางพารา.....	4
1.3.4 ยางพาราประเภทอื่น ๆ (ปรับสภาพโครงสร้าง).....	5
1.3.5 การผสมยางพารากับพอลิเมอร์ชนิดอื่น.....	6
บทที่ 2 คลื่นอัลตราโซนิก.....	8
2.1 คุณสมบัติของคลื่นอัลตราโซนิก.....	9
2.1.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นอัลตราโซนิก.....	9
2.1.2 ความถี่ คาบเวลา และความยาวคลื่น(Frequency Period and wavelength).....	10
2.1.3 อิมพีแดนซ์ของเสียง(Acoustic impedance) สัมประสิทธิ์การสะท้อน (Reflectivity) และสัมประสิทธิ์การลดทอน(Attenuation).....	12
2.2 เทคนิคในการวัดสำหรับคลื่นอัลตราโซนิก.....	13
2.2.1 เทคนิคการวัดโดยใช้การวัดเฟส.....	13
2.2.2 เทคนิคการวัดโดยใช้การวัดจำนวนพัลส์.....	14
บทที่ 3 ระบบวัดน้ำยางแห้งด้วยคลื่นอัลตราโซนิก.....	17
3.1 วงจรสำหรับขับหัวอัลตราโซนิก (Pulse Generator Circuit).....	19
3.2 วงจรขยายสัญญาณอัลตราโซนิก (Amplifier Circuit).....	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเห็นว่าเป็นการผิดกฎหมาย
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.3 วงจรตรวจจับสัญญาณ(Detector Circuit).....	24
3.4 วงจรประมวลผลสัญญาณ(Signal processing circuit).....	25
3.4.1 วงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย(Saw-tooth generator circuit).....	26
3.4.2 วงจรสร้างสัญญาณคาบเวลา(Timing circuit).....	28
3.4.3 วงจรแซมเปิลแอนด์โฮลด์(Sample and hold circuit).....	29
3.5 วงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล (A TO D Converter)...	30
3.6 ภาชนะบรรจุสารละลายที่ทำการวัด(Test Object) และการติดตั้งหัวเซนเซอร์อัลตราโซนิก(Ultrasonic Sensor).....	33
บทที่ 4 การทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้นมา.....	35
บทที่ 5 บทสรุป.....	47
เอกสารอ้างอิง.....	48
ภาคผนวก ก ลักษณะการวางเลย์เอาต์ของคั่นแบบระบบวัดปริมาณเนื้อเยื่อแห้งในน้ำยาล้างด้วยคลื่นอัลตราโซนิก.....	49
ภาคผนวก ข คั่นแบบระบบวัดปริมาณเนื้อเยื่อแห้งในน้ำยาล้างด้วยคลื่นอัลตราโซนิก.....	50
ภาคผนวก ค ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์.....	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกในแบบของคลื่นตามยาวและคลื่นตามขวาง.....	11
3.1 ค่าความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกในแบบของคลื่นตามยาวและคลื่นตามขวาง.....	30
3.2 คุณสมบัติของบอร์ดแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลรุ่น ET-AD12.....	33



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นตามยาว.....	9
2.2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นตามขวาง.....	9
2.3 แสดงช่วงความถี่ของคลื่นอัลตราโซนิก.....	10
2.4 แสดงองค์ประกอบของคลื่นอัลตราโซนิก.....	10
2.5 คลื่นอัลตราโซนิกเดินทางผ่านวัสดุสองชนิดที่มีค่าอิมพีแดนซ์ของเสียงแตกต่างกัน.....	12
2.6 บล็อกไดอะแกรมของเทคนิคการวัดโดยใช้การวัดเฟส.....	13
2.7 บล็อกไดอะแกรมของเทคนิคการวัดโดยใช้การวัดจำนวนพัลส์.....	14
2.8 เทคนิคการวัดโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกด้วยวิธีต่างๆ ที่ใช้ในงานการตรวจสอบแบบ ไม่ทำลาย.....	16
3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบวัดปริมาณเนื้อเยื่อในน้ำอย่างด้วยคลื่นอัลตราโซนิก.....	17
3.2 บล็อกไดอะแกรมของระบบวัดปริมาณเนื้อเยื่อในน้ำอย่างด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่ใช้วิธี การแซมเปิลแอนด์โฮลด์.....	18
3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ (Pulse Generator).....	19
3.4 วงจรสร้างสัญญาณพัลส์โดยใช้ไอซี LM555.....	20
3.5 ลักษณะของพัลส์เอาต์พุตของวงจรถูกกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ทำการออกแบบขึ้นมา.....	23
3.6 วงจรขยายสัญญาณอัลตราโซนิก (Amplifier Circuit).....	23
3.7 วงจรตรวจจับสัญญาณ.....	24
3.8 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน.....	24
3.9 สัญญาณในวงจรตรวจจับสัญญาณ.....	25
3.10 วงจรประมวลผลสัญญาณ.....	25
3.11 ลักษณะรูปแบบและสัญญาณของวงจรถูกกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย.....	26
3.12 วงจรสร้างสัญญาณคาบเวลา.....	28
3.13 วงจรภายใน IC CD4538.....	29
3.14 วงจรแซมเปิลแอนด์โฮลด์.....	30
3.15 วงจรภายในของบอร์ดแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลรุ่น ET-AD12.....	31
3.16 บล็อกไดอะแกรมของระบบวัดปริมาณเนื้อเยื่อในน้ำอย่างด้วยคลื่นอัลตราโซนิก.....	31
3.17 บล็อกไดอะแกรมของวงจรวัดปริมาณเนื้อเยื่อในน้ำอย่างด้วยคลื่นอัลตราโซนิก.....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.18 ลักษณะหัวอัลตราโซนิกของบริษัท FUJI&CO.(Piezo Science) รุ่น FUS-110A.....	33
3.19 ลักษณะของการติดตั้งหัวอัลตราโซนิกตัวรับและตัวส่งเข้ากับกล่องพลาสติก(ด้านบน).....	34
3.20 ลักษณะของการติดตั้งหัวอัลตราโซนิกตัวรับและตัวส่งเข้ากับกล่องพลาสติก(ด้านข้าง).....	34
4.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบวัดปริมาณเนื้อเยื่อในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก.....	35
4.2 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับวัดปริมาณเนื้อเยื่อในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก.....	35
4.3 การทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับวัดปริมาณเนื้อเยื่อในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตรา โซนิก.....	35
4.4 สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรกำเนิดสัญญาณอัลตราโซนิก.....	37
4.5 สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรมหาสัญญาณอัลตราโซนิก.....	37
4.6 สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรตรวจจับสัญญาณ.....	38
4.7 สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน.....	38
4.8 สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรไม้มิ่ง.....	39
4.9 สัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณสัญญาณพื้นเลื่อยและวงจรไม้มิ่ง.....	39
4.10 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรแอมป์เปิด แอนคโวลต์.....	40
4.11 สัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์เมื่อเทียบกับสัญญาณแอมป์ลิง.....	40
4.12 ค่าคาบเวลาในการส่งผ่านคลื่นสัญญาณอัลตราโซนิกเมื่อเทียบกับค่าความเข้มข้นของ สารละลายน้ำตาล.....	41
4.13 ค่าระดับแรงดันของสัญญาณเอาต์พุตของวงจรเมื่อเทียบกับค่าความเข้มข้นของสารละลาย น้ำตาล.....	41
4.14 ค่าระดับแรงดันของสัญญาณเอาต์พุตของวงจรเมื่อเทียบกับค่าคาบเวลาในการส่งผ่าน คลื่นสัญญาณอัลตราโซนิก.....	42
4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของน้ำยางและแรงดันเอาต์พุตของวงจร.....	42
4.16 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับระบบวัดปริมาณเนื้อเยื่อในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก.....	43
4.17 ลายวงจรพิมพ์และการลงอุปกรณ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับระบบวัดปริมาณเนื้อเยื่อ ในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก.....	43
4.18 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับระบบวัดปริมาณเนื้อเยื่อในน้ำยางด้วย คลื่นอัลตราโซนิก.....	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.19 การลงอุปกรณ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับระบบวัดปริมาณเนื้องานหนึ่งในน้ำยางด้วย คลื่นอัลตราโซนิก.....	44
4.20 วงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับระบบวัดปริมาณเนื้องานหนึ่งในน้ำยางด้วย คลื่นอัลตราโซนิก (ด้านลายทองแดง).....	45
4.21 วงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับระบบวัดปริมาณเนื้องานหนึ่งในน้ำยางด้วย คลื่นอัลตราโซนิก (ด้านอุปกรณ์).....	45
4.22 การลงอุปกรณ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับระบบวัดปริมาณเนื้องานหนึ่งในน้ำยางด้วย คลื่นอัลตราโซนิก.....	46
ก1 แสดงการวางเลย์เอาต์ด้านหน้าของต้นแบบระบบวัดปริมาณเนื้องานหนึ่งในน้ำยางด้วยคลื่น อัลตราโซนิก.....	49
ก2 แสดงการวางเลย์เอาต์ด้านบนของต้นแบบระบบวัดปริมาณเนื้องานหนึ่งในน้ำยางด้วยคลื่นอัล ตราโซนิก.....	49
ก3 แสดงการวางเลย์เอาต์ด้านหลังของต้นแบบระบบวัดปริมาณเนื้องานหนึ่งในน้ำยางด้วยคลื่นอัล ตราโซนิก.....	49
ข1 ต้นแบบระบบวัดปริมาณเนื้องานหนึ่งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก.....	50
ข2 ด้านหน้าของต้นแบบระบบวัดปริมาณเนื้องานหนึ่งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก.....	50
ข3 ด้านบนของต้นแบบระบบวัดปริมาณเนื้องานหนึ่งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก.....	51
ข4 ด้านหลังของต้นแบบระบบวัดปริมาณเนื้องานหนึ่งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก.....	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ยางพาราจัดได้ว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ ปีหนึ่งๆ สามารถทำรายได้เข้าประเทศปีละหลายแสนล้านบาท โดยเฉพาะในช่วง 10 เดือนแรกของปี 2549 (มกราคม-ตุลาคม) มีการส่งออกยางพาราเพิ่มมากขึ้นถึงร้อยละ 50.9 ซึ่งปัจจุบันถึงแม้ว่าประเทศไทยจะมีศักยภาพในการผลิตยางพาราอยู่ในระดับสูงเมื่อเทียบกับประเทศอื่นๆ แต่ประเทศไทยยังคงมีข้อจำกัดต่างๆอีก ไม่ว่าจะเป็นการขาดแคลนเทคโนโลยีในการผลิต และเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของน้ำยาง นอกจากนี้ เกษตรกรผู้ปลูกยางส่วนใหญ่ยังเป็นเกษตรกรรายย่อยขาดอำนาจการต่อรองเนื่องจากต้องพึ่งพ้อคค้าคนกลาง ทำให้ขายยางได้ในราคาต่ำ โดยปัญหาหนึ่งที่สำคัญของเกษตรกรผู้ปลูกยางก็คือการขาดเครื่องมือในการวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง เนื่องจากในการซื้อขายน้ำยางนั้นพ้อคค้าที่ทำการซื้อน้ำยางจะตีราคาน้ำยางโดยดูจากปริมาณเนื้อยางแห้ง (Dry Rubber Content) ในน้ำยาง สำหรับการวัดค่าปริมาณน้ำยางแห้งนี้พ้อคค้าจะใช้ เครื่องมือวัดที่เรียกว่า เมโทรแล็ก (Metrolac) ซึ่งจะใช้หลักการวัดค่าความถ่วงจำเพาะแบบไฮโกรมิเตอร์ (Hygrometer) ซึ่งเกษตรกรผู้ปลูกยางไม่มีทางเลือก ต้องเชื่อตามพ้อคค้า หรือหากจะใช้วิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ โดยการทำตัวอย่างแห้งก็จะต้องใช้เวลานานซึ่งไม่ทันแก่การซื้อขายน้ำยางภายในสวนยาง

จากปัญหาต่างๆดังที่กล่าวมา ทางผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic) ขึ้นมาเพื่อให้เกษตรกรผู้ปลูกยางใช้ในการวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางได้ด้วยตัวเองโดยไม่จำเป็นต้องพึ่งพ้อคค้าเพียงอย่างเดียว ซึ่งอาจจะถูกเอาเปรียบได้

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. พัฒนาระบบสำหรับใช้วัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก
2. พัฒนาเทคนิคและเครื่องมือทางด้านอัลตราโซนิก
3. เพื่อศึกษาหาความถี่ของคลื่นอัลตราโซนิกที่เหมาะสมสำหรับใช้วัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง
4. พัฒนาเทคนิคในการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย ด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

1.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการพัฒนาต้นแบบระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกเพื่อให้เกษตรกรผู้ปลูกยางใช้ในการวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางได้ด้วยตัวเองโดยไม่ต้องพึ่งเครื่องมือจากพ่อค้าเพียงอย่างเดียว

1.3 ยางพารา

ยางพารา[1] คือวัสดุพอลิเมอร์ที่มีต้นกำเนิดจากของเหลวของพืชบางชนิด ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาว คล้ายน้ำมัน มีสมบัติเป็นคอลลอยด์ อนุภาคเล็ก มีตัวกลางเป็นน้ำ ยางพาราเป็นน้ำยางจากต้นไม้ยืนต้นมีถิ่นกำเนิดบริเวณกลุ่มน้ำอเมซอน ประเทศบราซิล และเปรู ทวีปอเมริกาใต้ ซึ่งชาวอินเดียนแดงเผ่ามายัน ในอเมริกากลาง ได้รู้จักการนำยางพารามาใช้ก่อนปี พ.ศ. 2000 โดยการจุ่มเท้าลงในน้ำยางดิบเพื่อทำเป็นรองเท้า ส่วนเผ่าอื่น ๆ ก็นำไปใช้ประโยชน์ในการทำผ้ากันฝน ทำขวดใส่ น้ำ แปะทำลูกบอลยางเล่นเกมต่าง ๆ เป็นต้น จนกระทั่งคริสโตเฟอร์ โคลัมบัสได้เดินทางมาสำรวจทวีปอเมริกาใต้ ในระหว่างปี พ.ศ. 2036-2039 และได้พบกับชาวพื้นเมืองเกาะไฮติที่กำลังเล่นลูกบอลยางซึ่งสามารถกระดอนได้ ทำให้คณะผู้เดินทางสำรวจประหลาดใจจึงเรียกว่า "ลูกบอลผีสิง"ต่อมาในปี พ.ศ. 2279 นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสชื่อชาลส์ มารีเดอลา คองตามีน (Charles Merie de la Condamine) ได้ให้ชื่อเรียกยางตามคำพื้นเมืองของชาวไมกาวา "คาโอชู" (Caoutchouc) ซึ่งแปลว่าต้นไม้ร้องไห้ และให้ชื่อเรียกของเหลวที่มีลักษณะขุ่นขาวคล้ายน้ำมันซึ่งไหลออกมาจากต้นยางเมื่อกรีดเป็นรอยแผลว่า ลาเทกซ์(latex) และใน พ.ศ. 2369 ฟาราเดย์ (Faraday) ได้รายงานว่ายางพาราเป็นสารที่ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนและไฮโดรเจน มีสูตรเคมีคือ C_5H_8 หลังจากนั้นจึงได้มีการปรับปรุงสมบัติของยางพาราเพื่อให้ใช้งานได้กว้างขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์

1.3.1 การผลิตยางพารา

แหล่งผลิตยางพาราที่ใหญ่ที่สุดในโลกคือ แถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้คิดเป็นร้อยละ 90 ของแหล่งผลิตทั้งหมด ส่วนที่เหลือมาจากแอฟริกากลาง ซึ่งพันธุ์ยางที่ผลิตในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ คือ พันธุ์ฮีเวียบราซิลเลียนซิส (Hevea brasiliensis) น้ำยางที่กรีดได้จากต้นจะเรียกว่าน้ำยางสด (field latex) น้ำยางที่ได้จากต้นยางมีลักษณะเป็นเม็ดยางเล็ก ๆ กระจายอยู่ในน้ำ (emulsion) มีลักษณะเป็นของเหลวสีขาว มีสภาพเป็นคอลลอยด์ มีปริมาณของแข็งประมาณร้อยละ 30-40 pH 6.5-7 น้ำยางมีความหนาแน่นประมาณ 0.975-0.980 กรัมต่อมิลลิลิตร มีความหนืด 12-15 เซนติพอยส์ ส่วนประกอบในน้ำยางสดแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ

1. ส่วนที่เป็นเนื้อยาง 35%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ส่วนที่ไม่ใช่ยาง 65%
 1. ส่วนที่เป็นน้ำ 55%
 2. ส่วนของลู่ทอยด์ 10%

น้ำยางสดที่กรี๊ดได้จากต้นยาง จะคงสภาพความเป็นน้ำยางอยู่ได้ไม่เกิน 6 ชั่วโมง เนื่องจากแบคทีเรียในอากาศ และจากเปลือกของต้นยางขณะกรี๊ดยางจะลงไป ในน้ำยาง และกินสารอาหารที่อยู่ในน้ำยาง เช่น โปรตีน น้ำตาล ฟอสโฟไลปิด โดยแบคทีเรียจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นหลังจากแบคทีเรียกินสารอาหาร คือ จะเกิดการย่อยสลายได้เป็นก๊าซชนิดต่าง ๆ เช่น ก๊าซคาร์บอน ไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน เริ่มเกิดการบูดเน่าและส่งกลิ่นเหม็น การที่มีกรดที่ระเหยง่ายเหล่านี้ในน้ำยางเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ค่า pH ของน้ำยางเปลี่ยนแปลงลดลง ดังนั้นน้ำยางจึงเกิดการสูญเสียสภาพ ซึ่งสังเกตได้จาก น้ำยางจะค่อย ๆ หนืดขึ้น เนื่องจากอนุภาคของยางเริ่มจับตัวเป็นเม็ดเล็ก ๆ และจับตัวเป็นก้อนใหญ่ขึ้น จนน้ำยางสูญเสียสภาพ โดยน้ำยางจะแยกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อยาง และส่วนที่เป็นเซรัม ดังนั้นเพื่อป้องกันการสูญเสียสภาพของน้ำยางไม่ให้อนุภาคของเม็ดยางเกิดการรวมตัวกันเองตามธรรมชาติ จึงมีการใส่สารเคมีลงไปในน้ำยางเพื่อเก็บรักษาน้ำยางให้คงสภาพเป็นของเหลว โดยสารเคมีที่ใช้ในการเก็บรักษาน้ำยางเรียกว่า สารป้องกันการจับตัว (Anticoagulant) ได้แก่ แอมโมเนีย โซเดียมซัลไฟด์ โพร์มาลดีไฮด์ เป็นต้น เพื่อที่รักษาน้ำยางไม่ให้เสียสูญเสียสภาพ

การนำยางพาราไปใช้งานมีอยู่ 2 รูปแบบคือ รูปแบบน้ำยาง และรูปแบบยางแห้ง ในรูปแบบน้ำยางนั้นน้ำยางสดจะถูกนำมาแยกน้ำออกเพื่อเพิ่มความเข้มข้นของเนื้อยางขึ้นตอนหนึ่งก่อนด้วยวิธีการต่าง ๆ แต่ที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมคือการใช้เครื่องเซนตริฟิวส์ ในขณะที่การเตรียมยางแห้งนั้นมักจะใช้วิธีการใส่กรดอะซิติกลงในน้ำยางสด การใส่กรดอะซิติกเจือจางลงในน้ำยาง ทำให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อน เกิดการแยกชั้นระหว่างเนื้อยางและน้ำ ส่วนน้ำที่ปนอยู่ในยางจะถูกกำจัดออกไปโดยการรีดด้วยลูกกลิ้ง 2 ลูกกลิ้ง วิธีการหลัก ๆ ที่จะทำให้ยางแห้งสนิทมี 2 วิธีคือ การรมควันยาง และการทำยางเครพ แต่เนื่องจากยางผลิตได้มาจากเกษตรกรจากแหล่งที่แตกต่างกัน ทำให้ต้องมีการแบ่งชั้นของยางตามความบริสุทธิ์ของยางนั้น ๆ

1.3.2 รูปแบบของยางพารา

ยางพาราสามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภทตามลักษณะรูปแบบของยางดิบ ได้แก่

- น้ำยาง
 - น้ำยางสด
 - น้ำยางข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ยางแผ่นผึ่งแห้ง : ยางที่ได้จากการนำน้ำยางมาจับตัวเป็นแผ่น โดยสารเคมีที่ใช้จะต้องตามเกณฑ์ที่กำหนด ส่วนการทำให้แห้งอาจใช้วิธีการผึ่งลมในที่ร่ม หรืออบในโรงอบก็ได้แต่ต้องปราศจากควัน
- ยางแผ่นรมควัน
- ยางเครพ
- ยางแท่ง : ก่อนปี 2508 ยางพาราที่ผลิตขึ้นมา ส่วนใหญ่จะผลิตในรูปของยางแผ่นรมควัน ยางเครพ หรือน้ำยางข้น ซึ่งยางพาราเหล่านี้จะไม่มีกระบวนการมาตรฐานการจัดชั้นยางที่ชัดเจน ตามปกติจะใช้สายตาในการพิจารณาตัดสินชั้นยาง ต่อมาในปี 2508 สถาบันวิจัยยางมาเลเซีย (Rubber Research Institute of Malaysia) ได้มีการผลิตยางแท่งขึ้นเป็นแห่งแรก เพื่อเป็นการปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพของยางพาราให้ได้มาตรฐาน เหมาะสมกับการใช้งาน จนทำให้ยางแท่งเป็นยางพาราชนิดแรกที่ผลิตมา โดยมีกระบวนการควบคุมคุณภาพให้ได้มาตรฐาน ตลอดจนมีการระบุคุณภาพของยางดิบที่ผลิตได้แน่นอน
- ยางแท่งความหนืดคงที่ : เป็นยางที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมทำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการควบคุมความหนืดของยางที่ใช้ในการแปรรูป เช่น อุตสาหกรรมยางท่อ, อุตสาหกรรมทำกาวยาง
- ยางskim: ยางskimเป็นยางพาราที่ได้จากการจับตัวน้ำยางskim (skim latex) ด้วยกรดแล้วนำยางที่ได้ไปทำการรีดแผ่นและทำให้แห้ง โดยน้ำยางskimเป็นน้ำส่วนที่เหลือจากการทำน้ำยางข้นด้วยการนำน้ำยางสดมาทำการเซนตริฟิวส์ แยกอนุภาคเม็ดยางออกจากน้ำ ซึ่งอนุภาคเม็ดยางเบากว่าน้ำ ส่วนใหญ่จึงแยกตัวออกไปเป็นน้ำยางข้น น้ำยางข้นที่ได้มีปริมาณเนื้อยางอยู่ร้อยละ 60-63 ซึ่งน้ำยางskimคือส่วนที่เหลือจากการเซนตริฟิวส์แยกเนื้อยางส่วนใหญ่ออกไปแล้ว ก็ยังมีส่วนของเนื้อยางออกมาด้วย ซึ่งเป็นเนื้อยางที่มีขนาดอนุภาคเล็ก ๆ มีปริมาณเนื้อยางอยู่ร้อยละ 3-6

1.3.3 โครงสร้างหลักที่มีผลกระทบต่อสมบัติของยางพารา

ยางพารามีชื่อทางเคมีคือ ซิส-1,4-พอลิไอโซพรีน (cis-1,4-polyisoprene) เป็นโมเลกุลที่ประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจนล้วน ทำให้มีสมบัติไม่ทนต่อน้ำมัน แต่เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดี ใน 1 โมเลกุลจะประกอบด้วยหน่วยของไอโซพรีน (C₅H₈) มาต่อกันเป็นสายโซ่ยาวแบบเส้นตรงใน 1 หน่วยไอโซพรีนจะมีพันธะคู่และหมู่อัลฟาเมทิลีนที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา ทำให้สามารถวัลคาไนซ์ได้ด้วยกำมะถัน และทำให้ยางทำปฏิกิริยาได้ง่ายด้วยออกซิเจนและโอโซน ทำให้ยางเกิดการเสื่อมสภาพได้ง่ายเช่นเดียวกัน ดังนั้นการออกสูตรยางเอกซารีนเป็นเอกซารีนที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในระดับวิชาการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำเป็นจะต้องมีแอนติออกซิแดนท์และแอนตี้ไอโซแนนท์ร่วมด้วย ยางพารามีสายโซ่ที่เคลื่อนไหว หักงอไปมาได้ง่าย ทำให้ยางพาราคงสภาพยืดหยุ่นได้ดี มีอุณหภูมิของการเปลี่ยนสถานะคล้ายแก้ว ประมาณ -72°C สามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิต่ำมาก สำหรับความสม่ำเสมอในโครงสร้างโมเลกุล ทำให้ยางพาราสามารถตกผลึกได้เมื่อยืด การเกิดผลึกเนื่องจากการยืดตัวยังทำให้ยางคงรูปมีสมบัติเชิงกลดีขึ้น นั่นคือ ยางจะมีความทนทานต่อแรงดึง ความทนทานต่อการฉีกขาด และความต้านทานต่อการขูดถูสูงขึ้น ยางพารามีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยสูง อยู่ในช่วง 200,000 ถึง 400,000 และมีการกระจายตัวของน้ำหนักโมเลกุลกว้างมาก ทำให้ยางแข็งเกินไปที่จะนำไปแปรรูปโดยตรง จะต้องมีการบดยาง ก่อนที่จะนำไปใช้ในกระบวนการผลิต ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการบดยางโดยทั่วไปจะใช้เครื่องบดยางสองลูกกลิ้ง

1.3.4 ยางพาราประเภทอื่น ๆ (ปรับสภาพโครงสร้าง)

- ยางฮีเวียพลัส เอ็มจี (Heveaplus MG) : ยางพาราที่มีการปรับสภาพโครงสร้างให้มีโครงสร้างโมเลกุลของเทอร์โมพลาสติกโดยโครงสร้างของยางเป็นสายโซ่หลัก (Backbone chain) และโครงสร้างของพอลิเมทิลเมทาไครเลท (Polymethyl methacrylate) เป็นสายโซ่ที่มาต่อกับยางพารา (Graft chain) เรียกว่า กราฟโคพอลิเมอร์
- ยางพาราอีพอกไซด (ENR) : ยางพาราอีพอกไซด เป็นยางที่นำยางพารามาปรับโครงสร้างโดยใช้สารเคมีจำพวกกรดเปอร์ออกซี (peroxy acid) ซึ่งยางจะมีลักษณะเป็นสีน้ำตาลเข้มกว่ายางพาราปกติ ซึ่งสามารถเตรียมได้ทั้งชนิดน้ำยางและยางแห้ง โดยมีการผลิตขึ้นเพื่อปรับปรุงสมบัติบางประการของยางพาราให้ดีขึ้น เช่น ทำให้ยางมีความเป็นขี้ผึ้งมากขึ้น สามารถทนต่อน้ำมัน และตัวทำละลายที่ไม่มีขี้ผึ้งได้มากขึ้น สามารถทนต่อไอโซน และการซึมผ่านของอากาศได้ดี เพราะพันธะคู่ในโครงสร้างยางพารามีปริมาณน้อยลง อย่างไรก็ตามก็จะมีสมบัติบางประการที่ด้อยกว่ายางพารา เช่น มีความยืดหยุ่นต่ำลง และหากนำไปวัลคาไนซ์ด้วยกำมะถันยางจะไม่ทนต่อความร้อน ยาง ENR มักใช้ในอุตสาหกรรมกาว หรือสารยึดติด รองเท้า สี และยางรถยนต์ เป็นต้น
- ยางผง (Powder Rubber) : ยางผง เป็นยางที่ผลิตออกมาในลักษณะที่เป็นเม็ด เพื่อให้สะดวกในการใช้งานกล่าวคือสามารถใช้งานในลักษณะการผลิตแบบต่อเนื่องได้และสามารถใช้ได้ทันทีโดยไม่ต้องผ่านการบดหรือตัดยาง
- ยางพาราสะกัดโปรตีน (DPNR) : ยางพาราสะกัดโปรตีนเป็นยางที่มีการดัดแปลงสภาพของยาง เพื่อให้มีปริมาณโปรตีนในยางต่ำซึ่งจะเป็นการลดปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนโตรเจนและปริมาณเถ้าในยาง เนื่องจากการที่ยางมีโปรตีนในยาง (ร้อยละ 1) ทำให้ยางเกิดการวัลคาไนซ์เร็ว สมบัติบางประการของผลิตภัณฑ์ไม่ดี ไม่สามารถนำมาใช้งานในด้านวิศวกรรมได้ เนื่องจากสมบัติความทนทานต่อแรงกดหรือแรงกระแทกต่ำ และอาจมีการเกิดอาการแพ้โปรตีน ในผลิตภัณฑ์ที่มีการสัมผัสโดยตรง เช่น ถุงมือ ทำให้มีความจำเป็นต้องลดปริมาณโปรตีนโดยการเตรียมน้ำยางที่มีโปรตีนต่ำก่อนนำไปทำผลิตภัณฑ์ หรือ ล้างน้ำหลาย ๆ ครั้ง สำหรับผลิตภัณฑ์ที่แยกโปรตีนด้วยการละลายน้ำได้

- ยางไซโคลซ์(Cyclised Rubber) : ยางที่ปรับสภาพโครงสร้างโมเลกุลของยาง โดยให้โมเลกุลของยางเกิดการเชื่อม โยงกันเองจนเป็นวง ทำให้มีสัดส่วนของพันธะที่ไม่อิ่มตัวลดลง ทำให้สมบัติยางเปลี่ยนไปและมีความแข็งแรงขึ้น
- ยางเอสพี(SP Rubber) : ยางเอสพีหมายถึงยางที่มีส่วนผสมของยางวัลคาไนซ์ เช่น ยางเอสพี 20 คือ ยางที่มีส่วนผสมของยางที่วัลคาไนซ์อยู่ 20 ส่วนในยาง 100 ส่วน เป็นต้น

1.3.5 การผสมยางพารากับพอลิเมอร์ชนิดอื่น

ยางพาราเป็นยางที่มีสมบัติเด่นด้านความเหนียวติดกันที่ดี, สมบัติด้านการขึ้นรูปที่ดี, ความร้อนสะสมในขณะการใช้งานต่ำ เป็นต้น แต่ก็มีสมบัติบางประการที่เป็นข้อด้อย ดังนั้นในการแก้ไขข้อด้อยนั้น สามารถทำได้โดยการเลือกเอาสมบัติที่ดีจากยางสังเคราะห์ชนิดอื่นมาทดแทน เช่น สมบัติด้านความทนทานต่อการขีดขูดของยางบิวตาไดอิน (BR), สมบัติความทนทานต่อน้ำมันของยางไนไตรล์ (NBR), สมบัติความทนทานต่อความร้อนและโอโซนของยาง EPDM เป็นต้น โดยการผสมยางพารากับยางสังเคราะห์เหล่านี้เข้าด้วยกัน แต่การที่จะผสมให้เข้ากันได้นั้นยางสังเคราะห์ชนิดนั้น ๆ ต้องไม่มีความเป็นขั้วเหมือนกับยางพารา จึงจะทำให้ยางผสมรวมเข้ากันได้เป็นเฟสเดียวกันได้ดีขึ้น เช่น ยาง BR, SBR, EPDM และ NBR (เกรดที่มีอะครีโลไนไตรล์ต่ำ ๆ) ซึ่งปัจจัยที่มีผลโดยตรงต่อสมบัติของยางผสมที่ได้นั้น มีดังนี้

- ความเหนียวของยาง ยางพาราก่อนที่จะทำการผสมต้องทำการลดความเหนียวในตอนเริ่มต้นการผสมให้เท่ากับยางสังเคราะห์หรือใกล้เคียงซึ่งจะทำให้ยางทั้งสองผสมเข้ากันได้ดีขึ้น
- ระบบการวัลคาไนซ์ของยาง ระบบที่ใช้ในการวัลคาไนซ์ต้องมีความเหมือนหรือแตกต่างกันไม่มากนัก เพื่อป้องกันการแยกเฟสของยางผสมขณะที่ทำการผสมยาง
- ความเป็นขั้วของยาง ในกรณีที่ทำการผสมยางที่มีความเป็นขั้วแตกต่างกันมาก

ควรพิจารณาถึงความสามารถในการกระจายตัวของสารเคมีในยางแต่ละชนิด โดยเฉพาะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารตัวเร่งและสารตัวเติม เพราะสารเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะกระจายตัวได้ดีในยางที่มีความเป็นขี้ ซึ่งอาจส่งผลให้ยางผสมมีสมบัติต่ำลงจากที่ควรจะเป็น หากการกระจายตัวของสารเคมีไม่ดีเท่าที่ควร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 คลื่นอัลตราโซนิค

คลื่นอัลตราโซนิคเป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิร์ต ซึ่งสูงเกินกว่าที่มนุษย์จะสามารถได้ยิน โดยปกติแล้วช่วงความถี่ของคลื่นอัลตราโซนิคที่ใช้ในการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย จะใช้ความถี่ในช่วง 100 กิโลเฮิร์ต จนถึง 50 เมกกะเฮิร์ต คลื่นอัลตราโซนิคมีคุณสมบัติในการเคลื่อนที่เหมือนกับคลื่นเสียงความถี่ต่ำ แต่มีคุณสมบัติพิเศษที่ต่างออกไปคือ มีความถี่ที่สูง มีความยาวคลื่นที่สั้น มีการหักเหของคลื่นน้อย จึงเป็นการง่ายที่จะทำการ โฟกัสหรือกำหนดทิศทางของคลื่น

ด้วยลักษณะพิเศษดังกล่าวจึงมีการนำคลื่นอัลตราโซนิคมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆเช่น ระบบสร้างภาพตัดขวางด้วยคลื่นอัลตราโซนิคเพื่อใช้ในการตรวจสอบหาจุดบกพร่องภายในวัตถุ หรือใช้ในการตรวจดูอวัยวะภายในร่างกายสำหรับการวินิจฉัยโรคเนื่องจากคลื่นอัลตราโซนิคไม่เป็นอันตรายต่อเนื้อเยื่อภายในร่างกาย นอกจากนี้คลื่นอัลตราโซนิคยังนิยมนำมาใช้ในการตรวจสอบวัตถุแบบไม่ทำลายเนื่องจากคลื่นอัลตราโซนิคจะไม่ก่อความเสียหายต่อวัตถุที่ทำการตรวจสอบ

คลื่นอัลตราโซนิคเป็นคลื่นกลที่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ ดังนั้นฟิสิกส์ของคลื่นอัลตราโซนิคจึงสามารถอธิบายได้เช่นเดียวกับคลื่นเสียง โดยลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นอัลตราโซนิคจะเป็นการเคลื่อนที่ในลักษณะการสั่นแบบฮาร์มอนิกส์ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยการใช้แบบจำลองการสั่นของมวลที่ยึดติดอยู่กับสปริง โดยที่เมื่อคลื่นอัลตราโซนิคเคลื่อนที่เข้าไปในตัวกลางจะเกิดการถ่ายทอดพลังงานให้กับอนุภาคที่ประกอบกันขึ้นเป็นตัวกลาง ทำให้อนุภาคเกิดการเคลื่อนที่ออกจากสภาวะสมดุลเนื่องจากวัตถุตัวกลางประกอบด้วยอนุภาคย่อยยึดเหนี่ยวกันเป็นโครงข่าย จึงมีค่าแรงยึดเหนี่ยวกันระหว่างอนุภาคเปรียบเสมือนอนุภาคแต่ละตัวถูกผูกติดกันไว้ด้วยสปริงที่ทำให้อนุภาคที่เคลื่อนที่กลับสู่สภาวะสมดุล และการถ่ายทอดพลังงานของอนุภาคแต่ละตัวเป็นทอดๆต่อเนื่องกันไป จึงทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของคลื่นอัลตราโซนิคขึ้น

เนื่องจากวัสดุแต่ละชนิดมีค่าความหนาแน่นและคุณสมบัติความยืดหยุ่นแตกต่างกันไปจึงส่งผลให้ขนาดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและระยะห่างระหว่างแต่ละอนุภาคจะแตกต่างกันไปด้วย ดังนั้นจึงทำให้การถ่ายทอดพลังงานระหว่างอนุภาคของวัตถุแต่ละชนิดแตกต่างกันออกไป จากหลักการที่กล่าวมาข้างต้นนี้จึงมีการนำคลื่นอัลตราโซนิคมาประยุกต์ใช้ในการทดสอบหรือวัดคุณสมบัติของวัตถุ โดยไม่ต้องทำลายวัตถุที่นำมาทดสอบ โดยการวัดค่าความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิคที่เคลื่อนผ่านวัตถุ(ตัวกลาง) ซึ่งจะสามารถบอกค่าความหนาแน่น ตลอดจนคุณสมบัติความยืดหยุ่นในวัตถุแต่ละชนิดได้

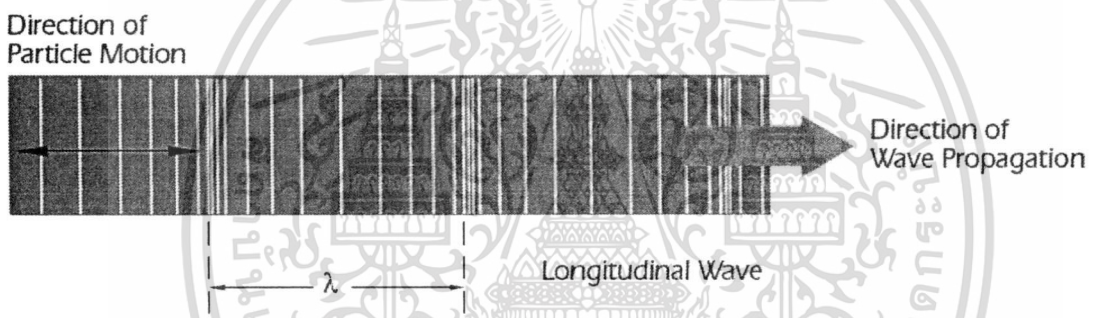
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 คุณสมบัติของคลื่นอัลตราโซนิก

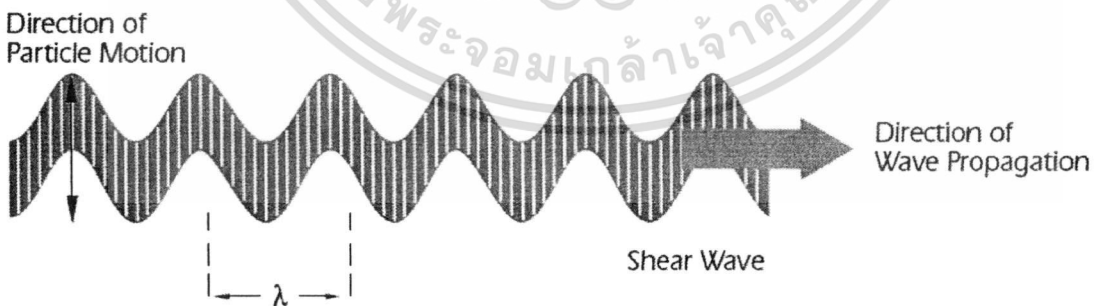
คลื่นอัลตราโซนิก[2-3]ที่ใช้ในตรวจสอบแบบไม่ทำลายจะมีคุณสมบัติที่สำคัญที่ควรทราบก่อนนำไปประยุกต์ใช้งานดังนี้

2.1.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นอัลตราโซนิก

ลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นอัลตราโซนิกผ่านตัวกลางต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นตัวกลางที่มีลักษณะเป็นก๊าซ, ของเหลวหรือของแข็ง จะมีลักษณะการเคลื่อนที่ที่อยู่สองแบบคือ แบบแรกทิศทางการสั่นของอนุภาคตัวกลางจะอยู่ในทิศทางเดียวกันกับทิศทางการแพร่ของคลื่น ซึ่งเราเรียกการเคลื่อนที่แบบนี้ว่า คลื่นตามยาว(Longitudinal wave) และการเคลื่อนที่อีกแบบหนึ่งทิศทางการสั่นของอนุภาคของตัวกลางจะอยู่ในแนวตามขวางหรือตั้งฉากกับทิศทางการแพร่กระจายของคลื่นซึ่งเราเรียกการเคลื่อนที่ของคลื่นแบบนี้ว่า คลื่นตามขวาง(Shear wave) โดยลักษณะของการเคลื่อนที่ของคลื่นทั้งสองแบบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.1 และรูปที่ 2.2 ตามลำดับ



รูปที่ 2.1 ลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นตามยาว

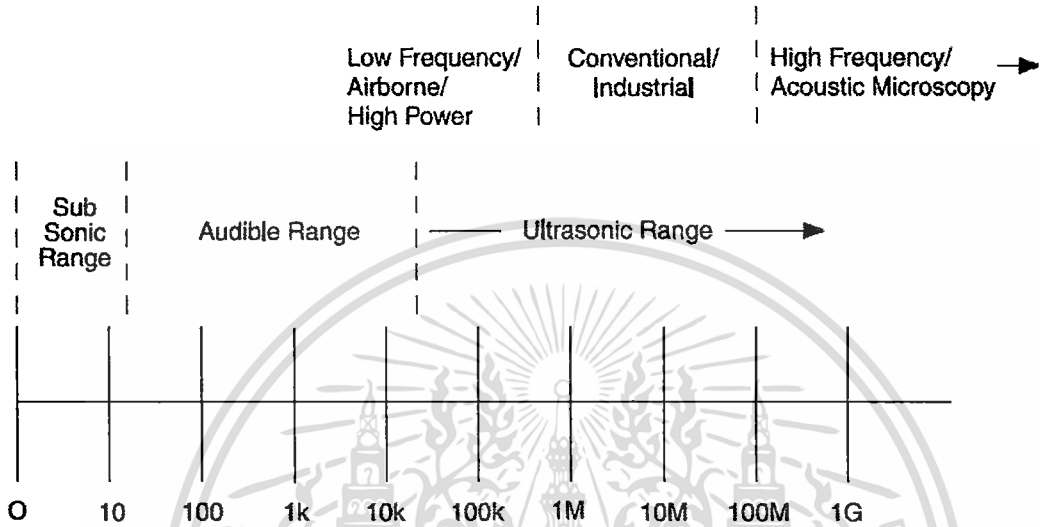


รูปที่ 2.2 ลักษณะการเคลื่อนที่ของคลื่นตามขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

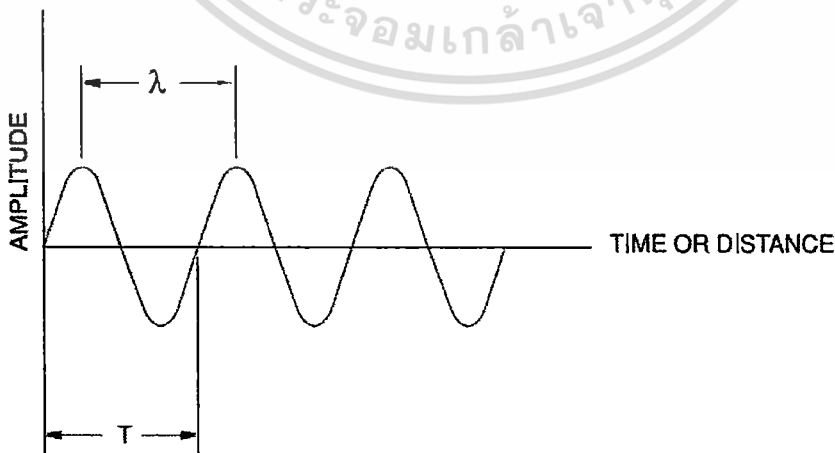
2.1.2 ความถี่ คาบเวลา และความยาวคลื่น(Frequency Period and wavelength)

คลื่นอัลตราโซนิกจะมีลักษณะการสั่นและการเคลื่อนที่ในรูปแบบของคลื่นซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการเคลื่อนที่ของแสง แต่อย่างไรก็ตามคลื่นอัลตราโซนิกไม่สามารถเดินทางผ่านในระบบสุญญากาศ(Vacuum) ได้เนื่องจากคลื่นอัลตราโซนิกต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ เช่น ของเหลวหรือของแข็ง จากรูปที่ 2.3 แสดงช่วงความถี่ของคลื่นอัลตราโซนิก



รูปที่ 2.3 แสดงช่วงความถี่ของคลื่นอัลตราโซนิก

จากรูปที่ 2.3 คลื่นอัลตราโซนิกจะเป็นคลื่นเสียงที่สูงกว่าความถี่ 20 กิโลเฮิร์ต โดยคุณสมบัติสำคัญของคลื่นอัลตราโซนิกจะเหมือนกับคลื่นทั่วไปคือประกอบไปด้วย ค่าความยาวคลื่น(λ) และค่าคาบเวลาของคลื่น(T) ซึ่งสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงองค์ประกอบของคลื่นอัลตราโซนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.4 เราสามารถหาค่าความถี่(Frequency), ค่าความเร็ว(Velocity) และความยาวคลื่น(wavelength)ของคลื่นอัลตราโซนิกได้ดังสมการที่(2.1) ถึงสมการที่ (2.3)

$$f = 1/T \quad (2.1)$$

$$\lambda = c/f \quad (2.2)$$

$$\lambda = c*T \quad (2.3)$$

เมื่อ λ = ความยาวคลื่น

c = ความเร็วของคลื่นในวัสดุ

f = ความถี่

T = คาบเวลา

โดยค่าความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกในแบบของคลื่นตามยาว(Longitudinal wave) และคลื่นตามขวาง(Shear wave) สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.1

Table 1
Acoustic Properties of Materials

Material	Longitudinal Velocity		Shear Velocity		Acoustic Impedance (Kg/m ² s x 10 ⁶)
	(in/μs)*	(m/s)	(in/μs)*	(m/s)	
Acrylic resin (Perspex*)	0.107	2,730	0.056	1,430	3.22
Aluminum	0.249	6,320	0.123	3,130	17.06
Beryllium	0.508	12,900	0.350	8,880	23.5
Brass, naval	0.174	4,430	0.083	2,120	37.30
Cadmium	0.109	2,780	0.059	1,500	24.02
Columbium	0.194	4,920	0.083	2,100	42.16
Copper	0.183	4,660	0.089	2,260	41.61
Glycerine	0.076	1,920	—	—	2.42
Gold	0.128	3,240	0.047	1,200	62.60
Inconel*	0.29	5,820	0.119	3,020	49.47
Iron	0.232	5,900	0.127	3,230	45.43
Iron, cast					
(slow)	0.138	3,500	0.087	2,200	25.00
(fast)	0.220	5,600	0.126	3,220	40.00
Lead	0.085	2,160	0.028	700	24.49
Manganese	0.183	4,660	0.093	2,350	34.44
Mercury	0.057	1,450	—	—	19.66
Molybdenum	0.246	6,250	0.132	3,350	63.75
Motor Oil (SAE 20 or 30)	0.069	1,740	—	—	1.51
Nickel, pure	0.222	5,630	0.117	2,960	49.99
Platinum	0.156	3,960	0.066	1,670	84.74
Polyamide, (nylon, Perlon*)					
(slow)	0.087	2,200	0.043	1,100	4.0
(fast)	0.102	2,600	0.047	1,200	3.10
Polystyrene	0.092	2,340	—	—	2.47
Polyvinylchloride, PVC, hard	0.084	2,395	0.042	1,060	3.35
Silver	0.142	3,600	0.063	1,590	37.76
Steel, 1020	0.232	5,890	0.128	3,240	45.63
Steel, 4340	0.230	5,850	0.128	3,240	45.63
Steel, 302	0.223	5,660	0.123	3,120	45.45
austenitic stainless Steel, 347	0.226	5,740	0.122	3,090	45.40
austenitic stainless Tin	0.131	3,320	0.066	1,670	24.20
Titanium, Ti 150A	0.240	6,100	0.123	3,120	27.69
Tungsten	0.204	5,180	0.113	2,870	99.72
Uranium	0.133	3,370	0.078	1,980	63.02
Water (20°C)	0.058	1,480	—	—	1.48
Zinc	0.164	4,170	0.095	2,410	29.61
Zirconium	0.183	4,650	0.089	2,250	30.13

* Conversion Factor: 1 m/s = 3.937 x 10⁻⁵ in/μs

Source: Nondestructive Testing Handbook 2nd Edition Volume 7

Ultrasonic Testing ASNT 1991 ed Paul McIntire

ตารางที่ 2.1 ค่าความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกในแบบของคลื่นตามยาวและคลื่นตามขวาง

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

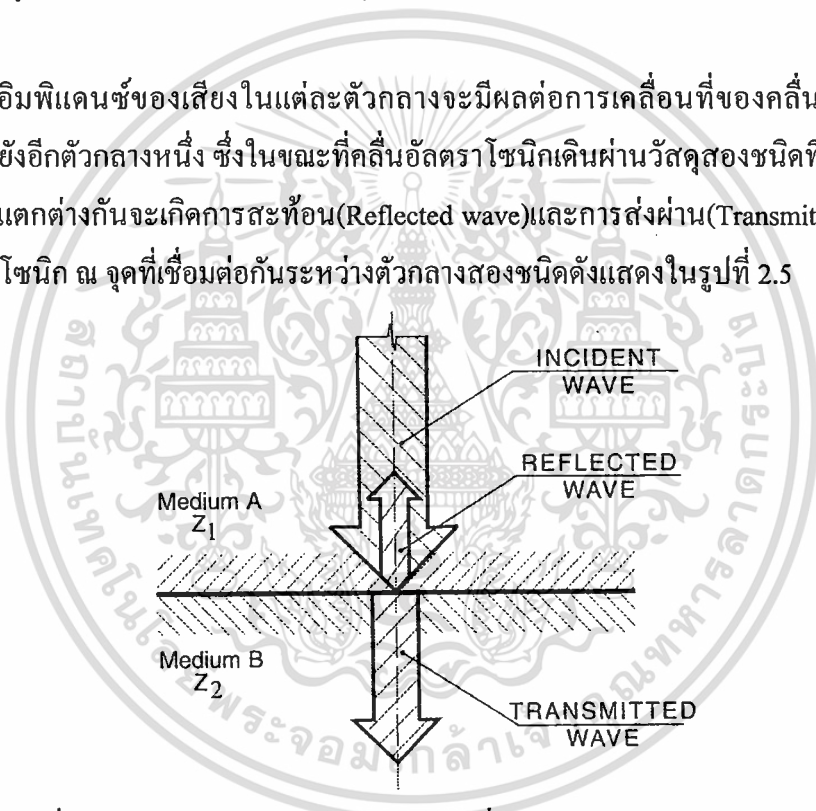
2.1.3 อิมพีแดนซ์ของเสียง(Acoustic impedance) สัมประสิทธิ์การสะท้อน(Reflectivity) และสัมประสิทธิ์การลดทอน(Attenuation)

ค่าความสัมพันธ์ของอิมพีแดนซ์ของเสียงในวัสดุจะแปรผันตรงกับค่าความเร็วของคลื่นเสียงในวัสดุและความหนาแน่นของวัสดุตัวกลางดังสมการที่ (2.4)

$$Z = \rho * c \tag{2.4}$$

- เมื่อ $Z =$ ค่าอิมพีแดนซ์ของเสียง
- $c =$ ความเร็วของคลื่นเสียงในวัสดุ
- $\rho =$ ค่าความหนาแน่นของวัสดุ

โดยค่าอิมพีแดนซ์ของเสียงในแต่ละตัวกลางจะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง ซึ่งในขณะที่คลื่นอัลตราโซนิคเดินทางผ่านวัสดุสองชนิดที่มีค่าอิมพีแดนซ์ของเสียงแตกต่างกันจะเกิดการสะท้อน(Reflected wave)และการส่งผ่าน(Transmitted wave)ของคลื่นอัลตราโซนิค ณ จุดที่เชื่อมต่อกันระหว่างตัวกลางสองชนิดดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 คลื่นอัลตราโซนิคเดินทางผ่านวัสดุสองชนิดที่มีค่าอิมพีแดนซ์ของเสียงแตกต่างกัน

จากรูปที่ 2.5 เราสามารถคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน(Reflection co-efficient: R) และสัมประสิทธิ์การส่งผ่าน(Transmission co-efficient : T) พลังงานของคลื่นอัลตราโซนิคเมื่อคลื่นเดินทางผ่านตัวกลางที่1 ที่มีค่าอิมพีแดนซ์ของเสียงเท่ากับ Z_1 ไปยังตัวกลางที่2 ที่มีค่าอิมพีแดนซ์ของเสียงเท่ากับ Z_2 ได้จากสมการที่ (2.5) และ (2.6)

$$R = (Z_2 - Z_1)^2 / (Z_2 + Z_1)^2 \tag{2.5}$$

$$T = 4 * Z_1 * Z_2 / (Z_1 + Z_2)^2 \tag{2.6}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ (2.5) และสมการที่ (2.6) เราสามารถหาค่าพลังงานที่ส่งผ่านไปยังตัวกลางที่ 2 ได้ตั้งสมการที่ (2.7)

$$\text{Energy transferred in the medium of propagation (dB)} = 20 \log_{10} 4 * Z_1 * Z_2 / (Z_1 + Z_2)^2 \quad (2.7)$$

นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณหาค่าพลังที่สะท้อนกลับไปยังตัวกลางที่ 1 ได้จากสมการที่ (2.8)

$$\text{Energy reflection in the medium of propagation (dB)} = 20 \log_{10} (Z_2 - Z_1)^2 / (Z_2 + Z_1)^2 \quad (2.8)$$

2.2 เทคนิคในการวัดสำหรับคลื่นอัลตราโซนิก

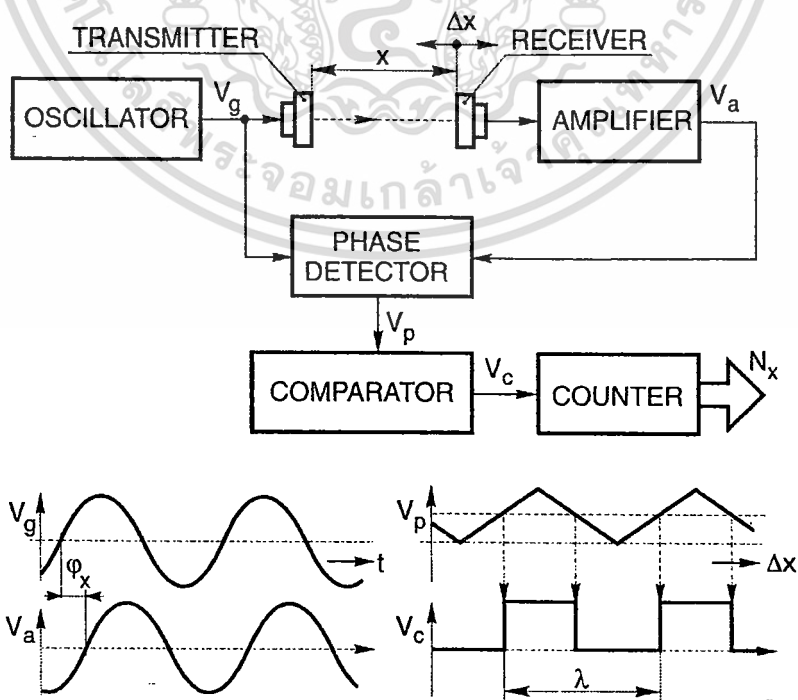
สำหรับเทคนิคที่ใช้ในการวัดสำหรับคลื่นอัลตราโซนิกที่นิยมใช้ทั่วไปจะมีอยู่ 2 วิธีคือ

1. เทคนิคการวัดโดยใช้การวัดเฟส
2. เทคนิคการวัดโดยใช้การวัดจำนวนพัลส์

โดยรายละเอียดในแต่ละวิธีสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.2.1 เทคนิคการวัดโดยใช้การวัดเฟส

สำหรับเทคนิคนี้จะใช้หลักการวัดเฟสของสัญญาณคลื่นอัลตราโซนิกที่ส่งออกไปจากหัวตัวส่งและสัญญาณคลื่นอัลตราโซนิกที่ได้รับจากหัวตัวรับ โดยส่วนประกอบของวงจรย่อยสำหรับเทคนิคนี้สามารถแสดงได้ดังบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมของเทคนิคการวัดโดยใช้การวัดเฟส

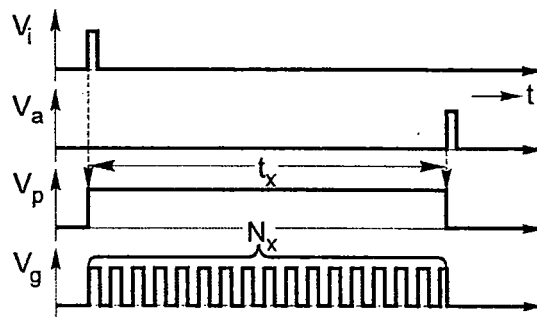
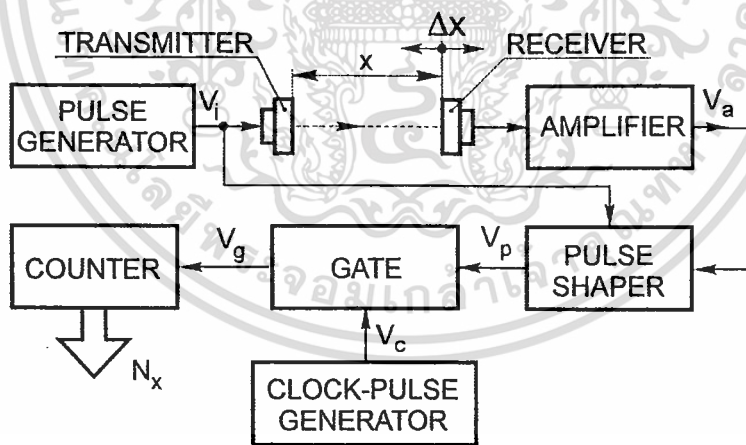
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.6 เราจะใช้การวัดระยะทางระหว่างตัวส่ง(Transmitter) และตัวรับ(Receiver) มาใช้อธิบายหลักการทำงานในรูปที่ 2.6 โดยการทำงานจะเริ่มตั้งแต่วงจรกำเนิดสัญญาณ(Oscillator) จะสร้างสัญญาณ(V_g) เพื่อส่งไปจับหัวอัลตราโซนิคตัวส่งให้กำเนิดสัญญาณอัลตราโซนิคออกไป คลื่นอัลตราโซนิคที่ส่งออกมาจะเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง(อากาศ, น้ำ หรือวัสดุต่างๆ)ที่ระยะ X ไปกระทบหัวอัลตราโซนิคตัวรับทำให้เกิดสัญญาณไฟฟ้าขึ้นมา สัญญาณที่ได้จะถูกขยายโดย วงจรขยายสัญญาณ(Amplifier circuit) ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น สัญญาณเอาท์พุท (V_a) จะถูกส่งไปยัง วงจรเฟสดีเทกเตอร์(Phase detector circuit) เพื่อเปรียบเทียบเฟสกับสัญญาณจากวงจรมกำเนิด สัญญาณ ซึ่งวงจรเฟสดีเทกเตอร์จะให้ค่าความแตกต่างเฟสของสัญญาณทั้งสองออกมาในรูป สัญญาณ(V_p) ซึ่งจะส่งไปยังวงจรคอมพาราเตอร์(Coparator circuit) เพื่อเปลี่ยนสัญญาณ(V_p) ให้ เป็นสัญญาณพัลส์ (V_c) ซึ่งจะถูกรับโดยวงจรมับ(Counter circuit) ซึ่งจะให้ค่าจำนวนพัลส์ N_x ออกมา โดยค่า N_x ที่ได้นี้จะนำไปคำนวณหาค่า ΔX จากสมการที่ (2.9)

$$\Delta X = (N_x \pm 1) * \lambda \quad (2.9)$$

2.2.2 เทคนิคการวัดโดยใช้การวัดจำนวนพัลส์

สำหรับเทคนิคนี้จะใช้หลักการวัดจำนวนพัลส์มาใช้ โดยลักษณะรูปแบบของเทคนิค นี้สามารถแสดง ได้ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมของเทคนิคการวัดโดยใช้การวัดจำนวนพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรรูปที่ 2.7 เทคนิคนี้จะใช้พัลส์ในการวัดค่าคาบเวลาที่คลื่นอัลตราโซนิกเดินทางจากหัวอัลตราโซนิกตัวส่งไปยังหัวอัลตราโซนิกตัวรับ โดยรายละเอียดของการทำงานมีดังนี้ การทำงานของวงจรจะเริ่มตั้งแต่วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์(Pulse generator circuit) ส่งพัลส์แรงดัน(Voltage pulse: Vi) ไปขับหัวอัลตราโซนิกเพื่อส่งคลื่นอัลตราโซนิกด้วยความเร็ว C ไปยังหัวอัลตราโซนิกตัวรับ สัญญาณเอาท์พุทจากวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์อีกส่วนหนึ่งจะถูกส่งไปยังวงจรจัดสัญญาณพัลส์(Pulse shaper circuit) เพื่อสร้างสัญญาณพัลส์(Vp) ไปเปิดเกต(Gate) ให้สัญญาณนาฬิกา(Clock:Vc) จากวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา(Clock-pulse generator) ไปขับวงจรมับ(Counter circuit) เพื่อทำการนับพัลส์ จากนั้นสัญญาณที่ตกกระทบหัวอัลตราโซนิกตัวรับจะถูกขยายโดยวงจรขยายสัญญาณ(Amplifier circuit) กลายเป็นแรงดันเอาท์พุท(Va) เพื่อส่งไปยังวงจรจัดสัญญาณพัลส์(Pulse shaper circuit) เพื่อสร้างสัญญาณพัลส์(Vp) ไปปิดเกต(Gate) เพื่อหยุดการส่งสัญญาณนาฬิกา(Clock: Vc) จากวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไปยังวงจรมับ วงจรมับก็จะหยุดทำงานและแสดงค่า Nx ออกมา ค่า Nx ที่ได้จะสัมพันธ์กับระยะทางระหว่างตัวส่งและตัวรับ (X) โดยเราสามารถคำนวณหาระยะทาง X ได้จากสมการที่ (2.10)

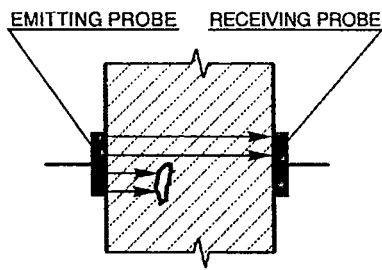
$$X = Ct_x \quad (2.10)$$

เมื่อ X = ระยะทางระหว่างตัวส่งและตัวรับ
 C = ค่าความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกในวัสดุ
 t_x = ค่าคาบเวลาที่คลื่นอัลตราโซนิกเคลื่อนที่จากตัวส่งไปยังตัวรับ

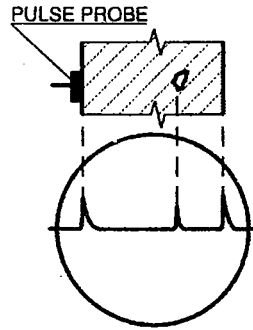
หรือ
$$N_x = f * t_x \quad (2.11)$$

เมื่อ f = ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา
 t_x = ค่าคาบเวลาที่คลื่นอัลตราโซนิกเคลื่อนที่จากตัวส่งไปยังตัวรับ

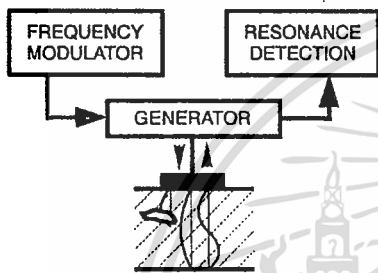
นอกจากนี้ยังมีเทคนิคการวัดโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกด้วยวิธีอื่นๆที่ใช้ในงานการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย(Nondestructive testing) ดังรูปที่ 2.8



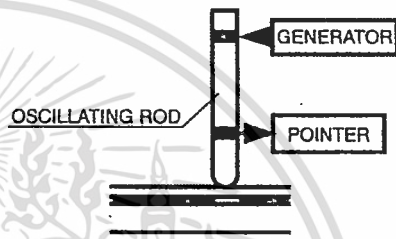
a TRANSMISSION METHOD



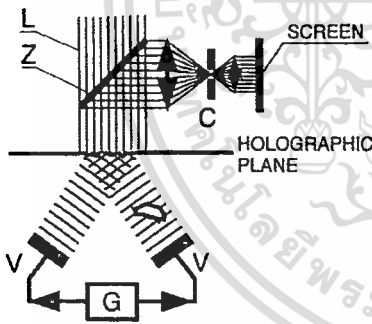
b PULSE REFLECTION METHOD



c RESONANCE METHOD

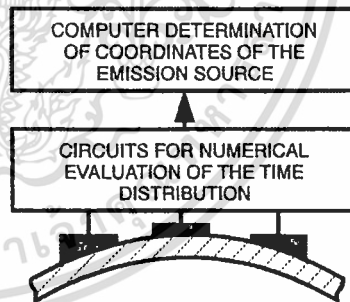


d IMPEDANCE METHOD



L - LASER LIGHT BEAM
 Z - SEMI-TRANSPARENT MIRROR
 C - APERTURE
 V - EMITTING TRANSDUCER(S)
 G - GENERATOR

e HOLOGRAPHIC METHOD



f ACOUSTIC EMISSION METHOD

รูปที่ 2.8 เทคนิคการวัดโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิกด้วยวิธีต่างๆ ที่ใช้ในงานการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

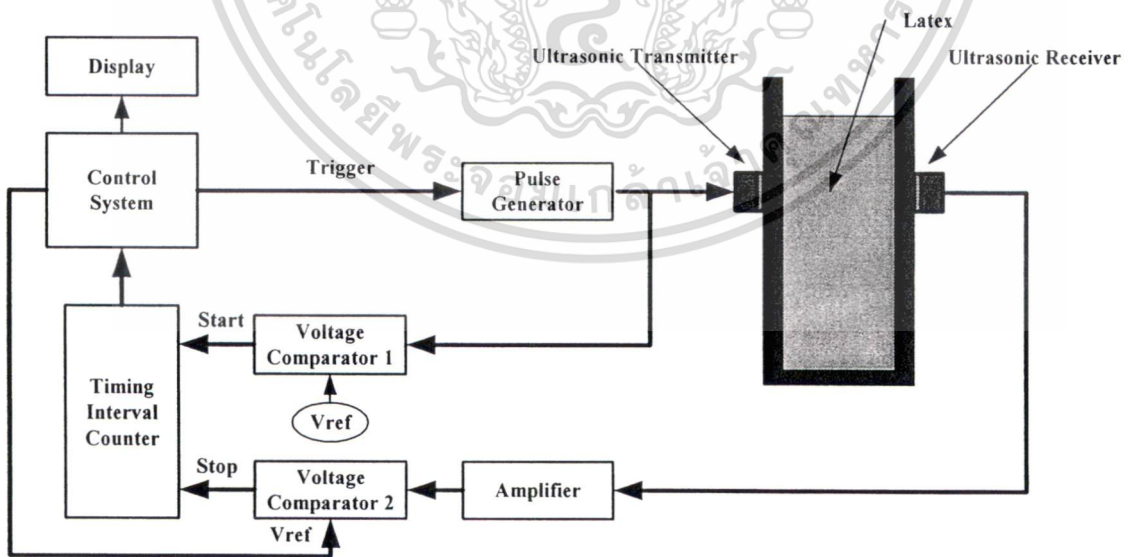
บทที่ 3

ระบบวัดน้ำยางแห้งด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

คลื่นอัลตราโซนิกเป็นคลื่นที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิร์ต ซึ่งสูงเกินกว่าที่หูของมนุษย์จะได้ยิน คลื่นอัลตราโซนิกจะมีลักษณะความยาวคลื่นที่สั้น มีการหักเหน้อย ทำให้เป็นการง่ายที่จะโฟกัสหรือกำหนดทิศทางของคลื่น จากคุณสมบัติดังกล่าวจึงมีการนำคลื่นอัลตราโซนิกมาประยุกต์ใช้งานต่างๆ เช่น ระบบสร้างภาพทางการแพทย์ เพื่อใช้ในการวินิจฉัยโรคต่างๆ ระบบวัดระยะทาง และที่นิยมกันมากที่สุดคือการนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบวัสดุแบบไม่ทำลาย

ลักษณะของคลื่นอัลตราโซนิกจะมีลักษณะเป็นคลื่นกลที่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ ซึ่งความเร็วในการเคลื่อนที่ของคลื่นอัลตราโซนิกในแต่ละตัวกลางจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับวัสดุที่เป็นตัวกลางว่ามีคุณสมบัติความยืดหยุ่น หรือ ขนาดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค ตลอดจนระยะห่างระหว่างอนุภาคด้วยว่าต่างกันอย่างไร ซึ่งปัจจัยดังกล่าวมานี้จะเป็นตัวกำหนดความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกที่ผ่านแต่ละตัวกลาง

จากหลักการดังกล่าวทางผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะนำคลื่นอัลตราโซนิกมาประยุกต์ใช้ในการวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง โดยอาศัยการวัดความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิกที่เคลื่อนที่ผ่านน้ำยาง ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง โดยลักษณะบล็อกไดอะแกรมของระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่จะพัฒนาขึ้นสามารถแสดงดังรูปที่ 3.1



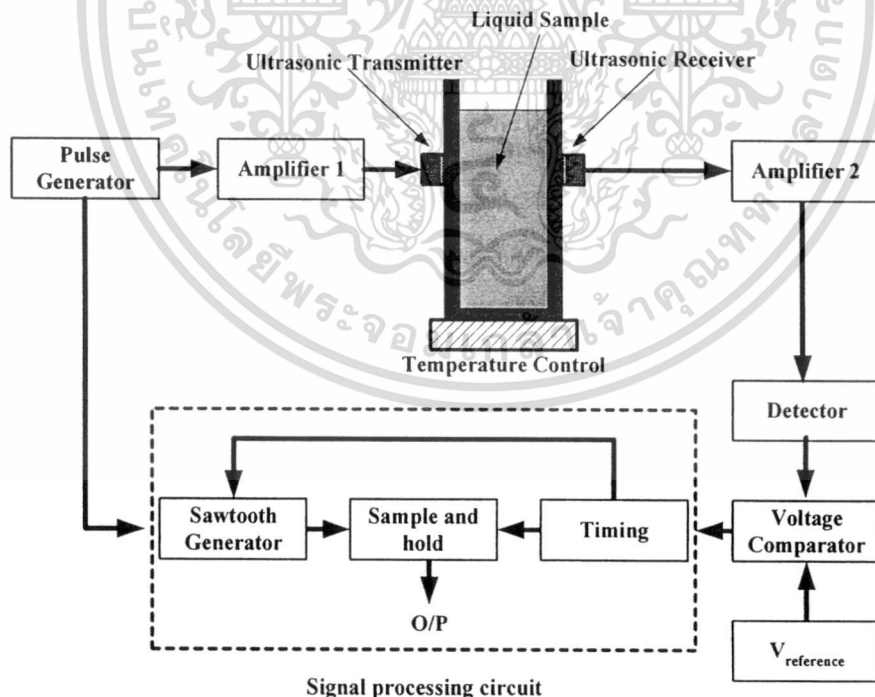
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับงานวิจัยและจะไม่เผยแพร่โดยไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากสำนักหอสมุดกลาง
แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุม (Trigger) ไปยังวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ (Pulse Generator) เพื่อกำเนิดสัญญาณไปขับหัวอัลตราโซนิกตัวส่ง (Ultrasonic Transmitter) เพื่อทำให้เกิดคลื่นอัลตราโซนิกส่งผ่านไปยังน้ำยาง (Latex) ที่นำมาทำการวัด โดยขณะนี้มีสัญญาณส่วนหนึ่งจากวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์จะถูกส่งไปยังวงจรเปรียบเทียบแรงดันชุดที่ 1 (Voltage Comparator 1) เพื่อสร้างสัญญาณไปกระตุ้นให้วงจรนับคาบเวลา (Timing Interval Counter) เริ่มทำการนับคาบเวลา จากนั้นคลื่นอัลตราโซนิกจะผ่านน้ำยางที่นำมาวัดไปกระทบกับหัวอัลตราโซนิกตัวรับ (Ultrasonic Receiver) เกิดเป็นสัญญาณไฟฟ้าขึ้นมา สัญญาณไฟฟ้าที่ได้จะถูกนำไปขยายสัญญาณโดยวงจรขยายสัญญาณ (Amplifier) ก่อนส่งไปยังวงจรเปรียบเทียบแรงดันชุดที่ 2 (Voltage Comparator 2) เพื่อสร้างสัญญาณไปหยุดการนับคาบเวลาของวงจรนับคาบเวลา ซึ่งค่าของคาบเวลาที่ได้จะเป็นค่าเวลาที่คลื่นอัลตราโซนิกใช้ในการเคลื่อนที่ผ่านน้ำยางที่นำมาวัด

สำหรับคาบเวลาที่เราวัดได้นี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำยางที่นำมาวัดว่ามีปริมาณเนื้อยางแห้งว่ามีปริมาณเท่าไร ความถี่ของคลื่นอัลตราโซนิก ขนาดความยาวของภาชนะใส่น้ำยางที่นำมาทดสอบ ซึ่งทางผู้วิจัยจะได้ทำอธิบายรายละเอียดต่อไป

จากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.1 ทางผู้วิจัยจะได้นำวิธีการแซมเปิลแอนด์โฮลด์ (Sample and Hold method) มาใช้ประยุกต์ระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่จะพัฒนาขึ้น โดยลักษณะรูปแบบของวงจรทั้งหมดสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.2



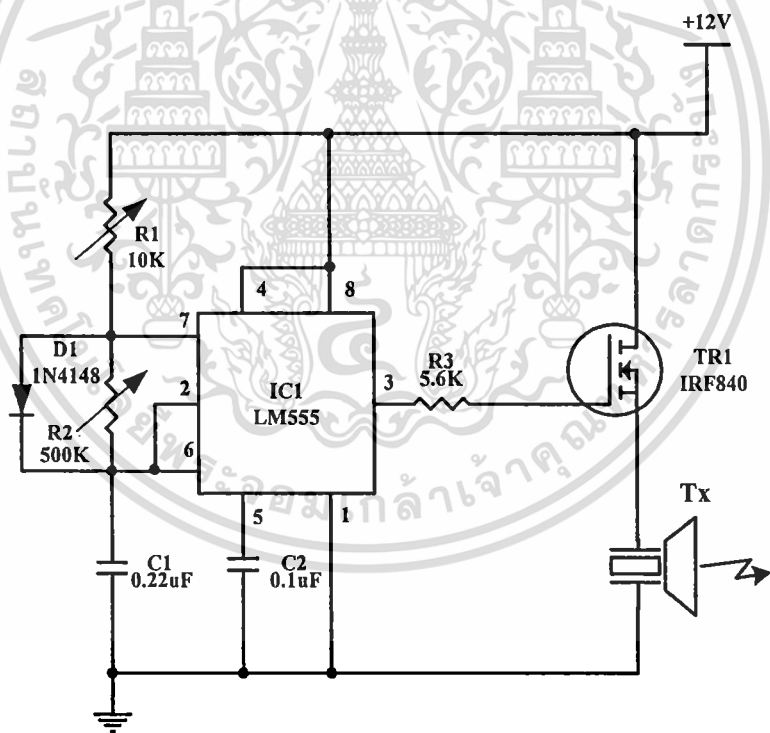
รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมของระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่ใช้วิธีการแซมเปิลแอนด์โฮลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรในรูปที่ 3.2 ส่วนประกอบของระบบวัดปริมาณเนื้อเยื่อแห้งในน้ำอย่างด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่ใช้ได้แก่ วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์(Pulse Generator Circuit) วงจรขยายสัญญาณ (Amplifier Circuit) ภาชนะบรรจุสารละลายที่ทำการวัด(Test Object) วงจรตรวจจับสัญญาณ (Detector Circuit) วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ(Comparator Circuit) วงจรไทม์มิ่ง(Timing Circuit), วงจรแซมเปิล แอนด์โฮลด์(Sample and Hold Circuit) และวงจรกำเนิดสัญญาณสัญญาณฟันเลื่อย (Sawtooth Generator Circuit) ซึ่งวงจรทั้งหมดที่กล่าวมาจะทำงานร่วมกันเพื่อให้สัญญาณเอาต์พุตที่เป็นสัดส่วนกับระดับความเข้มข้นของสารละลายที่นำมาทดสอบ สำหรับวิธีการออกแบบวงจรในแต่ละส่วนประกอบสามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

3.1 วงจรสำหรับขับหัวอัลตราโซนิก (Pulse Generator Circuit)

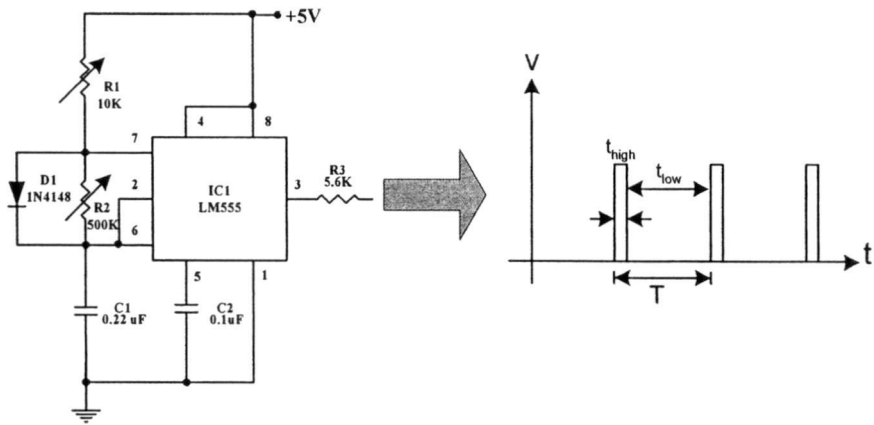
สำหรับวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์จะใช้ไอซี 555[4] เป็นตัวกำเนิดสัญญาณพัลส์ เอาท์พุทของไอซี 555 จะถูกขยายโดยส่งไปขับ TR1 IRF840[5] ก่อนที่จะส่งไปขับหัวอัลตราโซนิกโดยลักษณะของวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ (Pulse Generator)

จากวงจรรูปที่ 3.3 ไอซี LM555 จะถูกต่อให้ทำงานในรูปแบบของวงจรออสเตเบิล(Astable circuit)ดังวงจรในรูปที่ 3.4 โดยเราสามารถหาค่าคาบเวลาและความถี่ของสัญญาณเอาต์พุตสำหรับขับหัวอัลตราโซนิกได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรสร้างสัญญาณพัลส์โดยใช้ไอซี LM555

จากวงจรในรูปที่ 3.4 เราจะนำไดโอดมาต่อขนานกับ R2 เพื่อช่วยในการจัดค่าความถี่ (Duty-cycle) ของเอาต์พุตจากวงจร (ในวงจรนี้เราใช้ R1, R2 และ C1 ในการควบคุมการสร้างพัลส์ที่มีความถี่ต่างๆ) เราสามารถคำนวณหาค่าคาบเวลาที่เอาต์พุตมีค่าสูง (t_{high}), ค่าคาบเวลาที่เอาต์พุตมีค่าต่ำ (t_{low}), ค่าคาบเวลารวมทั้งหมด (T), ค่าความถี่ (f) และค่าความถี่พัลส์ของวงจรได้จากสมการที่ (3.1), (3.2), (3.3), (3.4) และ (3.5) ตามลำดับ

$$t_{high} = 0.695 * R1 * C1 \quad (3.1)$$

$$t_{low} = 0.695 * R2 * C1 \quad (3.2)$$

$$T = t_{high} + t_{low} = 0.695 * (R1 + R2) * C1 \quad (3.3)$$

$$f = 1/T \quad (3.4)$$

$$\text{Duty Cycle}(\%) = (t_{high}/T) * 100 \quad (3.5)$$

จากสมการที่ (3.1) ถึง (3.5) ในการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์จะต้องคำนึงถึงความถี่ของหัวอัลตราโซนิกที่นำมาใช้ในการทดลองซึ่งในงานวิจัยนี้เราจะใช้หัวอัลตราโซนิกของบริษัทของ บริษัท FUJI&CO.(Piezo Science) รุ่น FUS-110A ซึ่งมีความถี่ใช้งานอยู่ที่ประมาณ 110 กิโลเฮิร์ต ดังนั้นในการออกแบบวงจรเราจะออกแบบให้วงจรสร้างพัลส์ที่มีค่าคาบเวลาที่เอาต์พุตมีค่าสูง (t_{high}) มีค่าคาบเวลาเท่ากับ $1/(110 * 10^3) = 9.0909 \mu s$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ (3.1) ถึง (3.5) เราสามารถที่จะออกแบบหาค่าอุปกรณ์ที่จะใช้ในกรณีที่ต้องการปรับค่าคาบเวลาที่เอาท์พุทมีค่าสูง(t_{high})มีค่าคาบเวลาเท่ากับ 9.0909 μs โดยในการออกแบบเราจะทำการตั้งค่า $C1 = 4.7 \text{ nF}$, และทำการปรับค่า $R1$ และ $R2$ เพื่อได้สัญญาณพัลส์ที่มีคุณสมบัติตามต้องการดังนี้

จากสมการที่ (3.1) เรากำหนดค่า $C1 = 4.7 \text{ nF}$ และ ค่า $t_{high} = 9.0909 \mu s$ ดังนั้นจะหาค่า $R1$ ได้ดังสมการ(3.6)

$$R1 = t_{high} / 0.695 * C1 \quad (3.6)$$

แทนค่า t_{high} และค่า $C1$ ลงในสมการที่(3.6)

$$R1 = 9.0909 * 10^{-6} / (0.695 * 4.7 * 10^{-9})$$

เพราะฉะนั้นจะได้

$$R1 = 2783.07 \text{ Ohm}$$

แต่ในการใช้งานจริงเราจะใช้ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้(VR 10 Kohm) มาใช้ในการปรับค่าคาบเวลา t_{high} ให้ได้ 9.0909 μs ตามต้องการ สำหรับสัญญาณพัลส์ที่เราออกแบบนี้เราจะกำหนดค่าดิวตีไซเคิลไว้ที่ 1 เปอร์เซนต์ ดังนั้นเราสามารถหาคาบเวลารวมทั้งหมด(T)ได้ดังนี้

จากสมการที่(3.5) เรากำหนดค่า $C1 = 4.7 \text{ nF}$ และ ค่า $t_{high} = 9.0909 \mu s$ ดังนั้นเราจะหาค่า T ได้ดังสมการที่(3.7)

$$T = t_{high} * 100 / \text{Duty Cycle}(\%) \quad (3.7)$$

แทนค่า t_{high} และค่า Duty Cycle ลงในสมการที่(3.7)

$$T = 9.0909 * 10^{-6} * 100 / 1$$

เพราะฉะนั้นจะได้

$$T = 909.09 \mu s$$

ดังนั้นจะได้ค่าคาบเวลาทั้งหมด(T)เท่ากับ 909.09 μs จากค่าคาบเวลาทั้งหมดที่ได้เราจะนำมาคำนวณหาค่าคาบเวลาที่เอาท์พุทมีค่าต่ำ(t_{low}) ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่(3.3) เรากำหนดค่า $T = 909.09 \mu\text{s}$ และ ค่า $t_{\text{high}} = 9.0909 \mu\text{s}$ ดังนั้นจะหาค่า t_{low} ได้ดังสมการที่(3.8)

$$t_{\text{low}} = T - t_{\text{high}} \quad (3.8)$$

แทนค่า T และ ค่า t_{high} ลงในสมการที่(3.8)

$$t_{\text{low}} = 909.09 \mu\text{s} - 9.0909 \mu\text{s}$$

เพราะฉะนั้นจะได้

$$t_{\text{low}} = 899.999 \mu\text{s}$$

ดังนั้นจะได้ค่าคาบเวลาที่เอาท์พุทมีค่าต่ำ (t_{low}) เท่ากับ $899.999 \mu\text{s}$ จากค่าคาบเวลาที่เอาท์พุทมีค่าต่ำ (t_{low}) ที่คำนวณได้เราจะนำมาคำนวณหาค่าความต้านทาน $R2$ ได้ดังนี้

จากสมการที่(3.2) กำหนดค่า $t_{\text{low}} = 899.999 \mu\text{s}$ และ $C1 = 4.7\text{nF}$ ดังนั้นจะหาค่า $R2$ ได้ดังสมการที่(3.9)

$$R2 = t_{\text{low}} / 0.695 * C1 \quad (3.9)$$

แทนค่า t_{low} และ $C1$

$$R2 = 899.999 * 10^{-6} / 0.695 * 4.7 * 10^{-9}$$

เพราะฉะนั้นจะได้

$$R2 = 275523.9553 \text{ โอห์ม}$$

แต่ในการใช้งานจริงเราจะใช้ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ (VR 500 KOhm) มาใช้ในการปรับค่าคาบเวลา t_{low} ให้ได้ $899.999 \mu\text{s}$ ตามต้องการ ดังนั้นจากการออกแบบวงจรทั้งหมดที่กล่าวมาเราจะได้อุปกรณ์สำหรับใช้ในวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ดังนี้

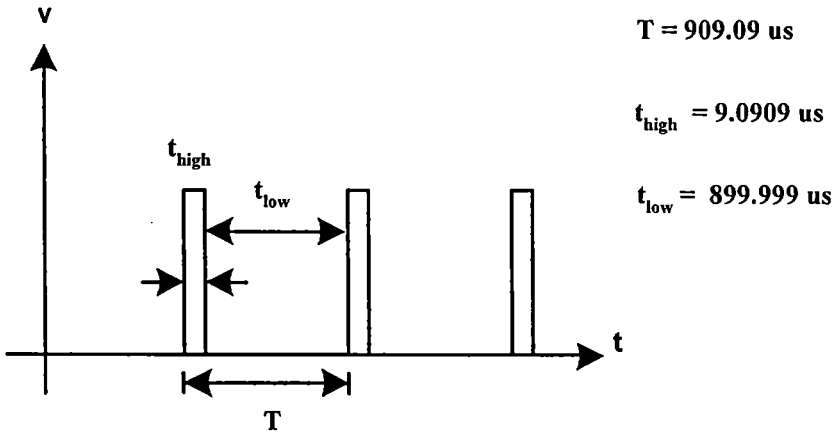
$$R1 = 2783.07 \text{ Ohm (ใช้ VR 10 KOhm)}$$

$$R2 = 275523.9553 \text{ Ohm (ใช้ VR 500 KOhm)}$$

$$C1 = 4.7\text{nF}$$

ซึ่งค่าอุปกรณ์ดังที่กล่าวจะทำให้วงจรในรูปที่ 3.3 กำเนิดสัญญาณพัลส์ที่มีคุณสมบัติดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

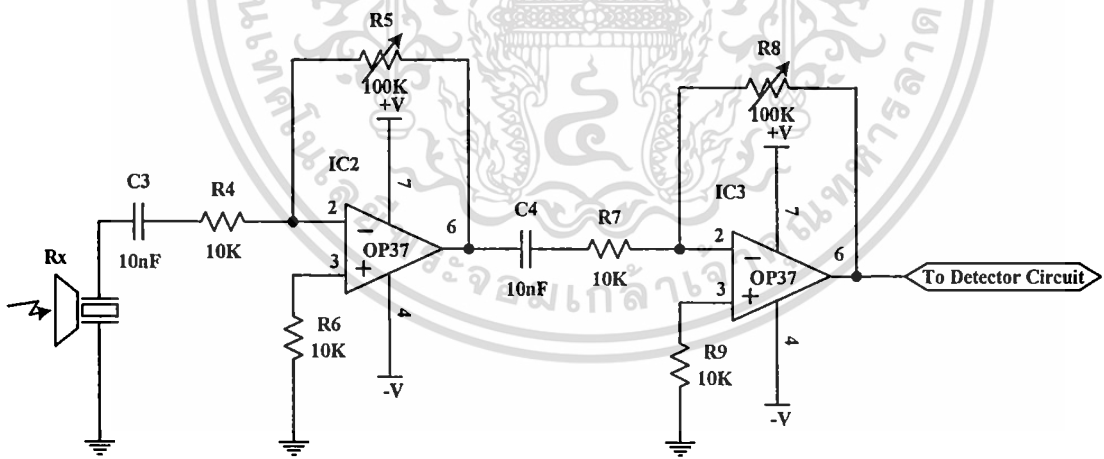


รูปที่ 3.5 ลักษณะของพัลส์เอาท์พุทของวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ที่ทำการออกแบบขึ้นมา

สัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์จะถูกส่งไปขยายสัญญาณ โดยวงจรขยายสัญญาณ ก่อนที่จะถูกส่ง ไปขับหัวอัลตราโซนิกตัวส่งต่อไปดังวงจรในรูปที่ 3.3 ดังที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว

3.2 วงจรขยายสัญญาณอัลตราโซนิก (Amplifier Circuit)

วงจรขยายสัญญาณอัลตราโซนิกจะทำหน้าที่ขยายสัญญาณจากหัวอัลตราโซนิก โดยใช้ไอซี OP37[6] สำหรับลักษณะของวงจรขยายสัญญาณอัลตราโซนิกสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรขยายสัญญาณอัลตราโซนิก (Amplifier Circuit)

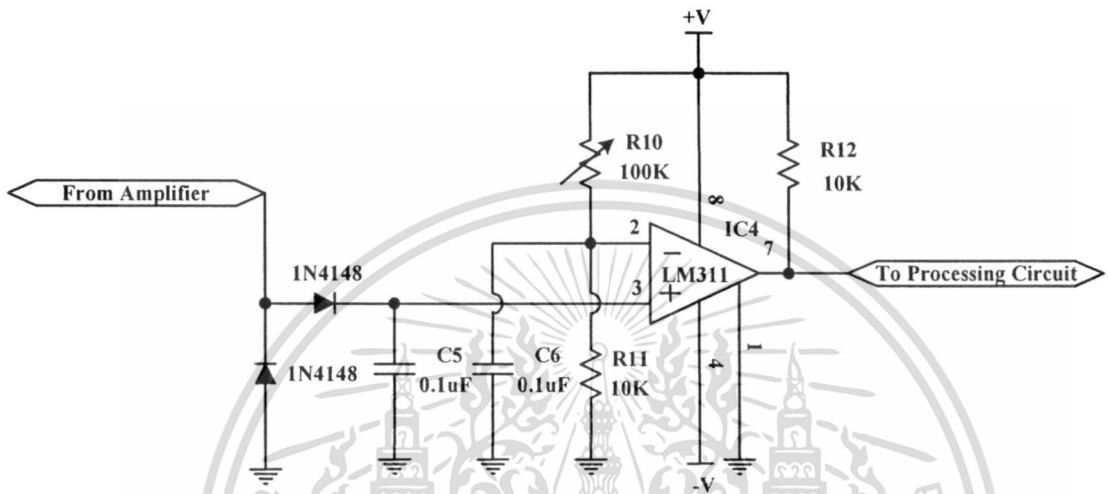
จากวงจรในรูปที่ 3.6 เมื่อคลื่นอัลตราโซนิกจากหัวอัลตราโซนิกตัวส่ง(Tx) เคลื่อนที่ผ่านกล่องบรรจุแชมเปิล(Sample)หรือน้ำยางไปกระทบหัวอัลตราโซนิกตัวรับ(Rx) ซึ่งจะเปลี่ยนคลื่นอัลตราโซนิกให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า สัญญาณจากหัวอัลตราโซนิกตัวรับจะถูกขยายด้วยวงจรขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Amplifier circuit) ด้วยอัตราขยายประมาณ 100 เท่า สัญญาณที่หลังจากผ่านวงจรขยายสัญญาณแล้ว จะถูกส่งต่อไปยังวงจรตรวจจับสัญญาณ(Detector circuit) ต่อไป

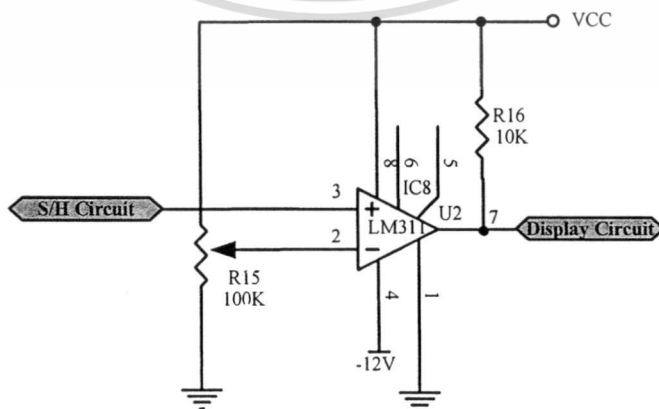
3.3 วงจรตรวจจับสัญญาณ(Detector Circuit)

สัญญาณจากวงจรขยายสัญญาณอัตราโชนิกจะถูกส่งไปยังวงจรตรวจจับสัญญาณซึ่งมีลักษณะ ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 วงจรตรวจจับสัญญาณ

จากรูปที่ 3.7 วงจรตรวจจับสัญญาณจะอาศัยหลักการของวงจรเรียงกระแส(Rectifier circuit) โดยใช้ D1,D2 เบอร์ 1N4148 สัญญาณแรงดันไฟตรงที่ได้จะถูกส่งไปยังวงจรเปรียบเทียบแรงดัน IC4 LM311[7] โดยวงจรเปรียบเทียบแรงดันจะทำหน้าที่ในการเปรียบเทียบค่าแรงดันที่ได้จากวงจรตรวจจับสัญญาณกับค่าแรงดันอ้างอิง(Voltage Reference: Vref) หากแรงดันที่ได้จากวงจรตรวจจับสัญญาณมากกว่าค่าแรงดันอ้างอิงก็จะสร้างสัญญาณส่งไปยังวงจรประมวลผลสัญญาณ(Processing circuit) ต่อไป

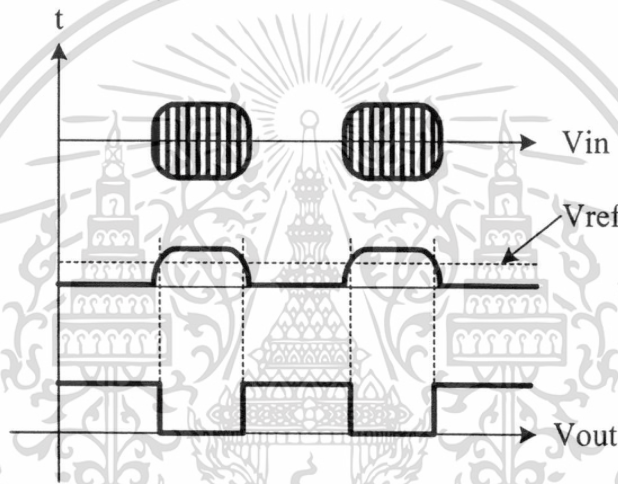


รูปที่ 3.8 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรในรูปที่ 3.8 ด้วยคุณสมบัติของ IC LM311 ซึ่งทางด้านเอาต์พุตมีลักษณะการทำงานแบบสวิตช์ ที่ขา 7 สามารถต่อกับแหล่งจ่ายไฟอื่นที่มีขนาดสูงกว่าแหล่งจ่ายไฟลบ (ขา 4) ได้ถึง 40 โวลต์ แต่ในส่วนของวงจรนี้จะต่อกับแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ โดยมี R16 ต่อไว้เพื่อจำกัดกระแสเอาต์พุต โดยจากลักษณะการทำงานแบบสวิตช์นั้นเมื่อ ขา 2 มีแรงดันสูงกว่า 3 จะทำให้สวิตช์เปิดวงจรแรงดันที่เอาต์พุตจะเท่ากับแหล่งจ่ายไฟที่ต่อกับขา 7 ซึ่งก็คือ 5 โวลต์ แต่เมื่อแรงดันที่ขา 2 (V_{ref}) ต่ำกว่าที่ขา 3 (แรงดันจากวงจรตรวจจับสัญญาณแรงดันยอก) ก็จะทำให้สวิตช์ปิดวงจรเอาต์พุตที่ขา 7 ก็จะถูกต่อกับขา 1 ซึ่งต่ออยู่กับกราวด์ แรงดันเอาต์พุตก็จะเป็น 0 ซึ่งเราจะนำสัญญาณนี้ส่งไปยังวงจรประมวลผลสัญญาณ(Processing circuit)ต่อไป

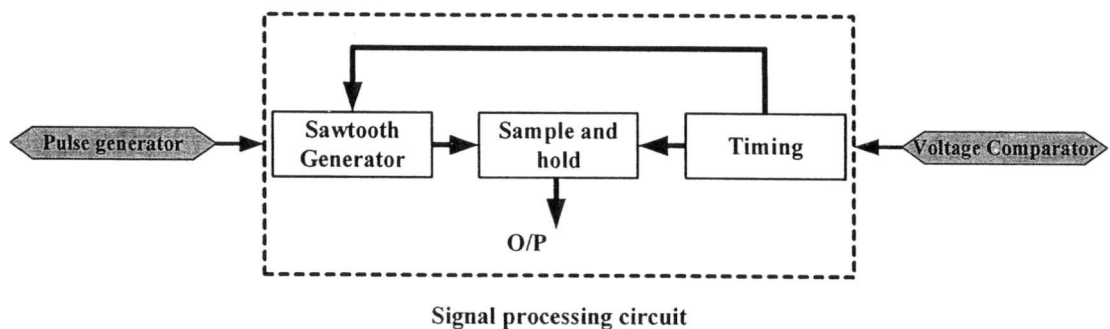
สำหรับลักษณะของสัญญาณเมื่อผ่านวงจรตรวจจับสัญญาณและวงจรเปรียบเทียบแรงดันสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 สัญญาณในวงจรตรวจจับสัญญาณ

3.4 วงจรประมวลผลสัญญาณ(Signal processing circuit)

วงจรประมวลผลสัญญาณจะประกอบด้วยวงจรย่อย 3 วงจรได้แก่ วงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย(Saw-tooth generator circuit), วงจรสร้างสัญญาณคาบเวลา(Timing circuit) และวงจรแซมเปิลแอนด์โฮลด์(Sample and hold circuit) โดยลักษณะของวงจรประมวลผลสัญญาณสามารถแสดงได้ดังบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.10

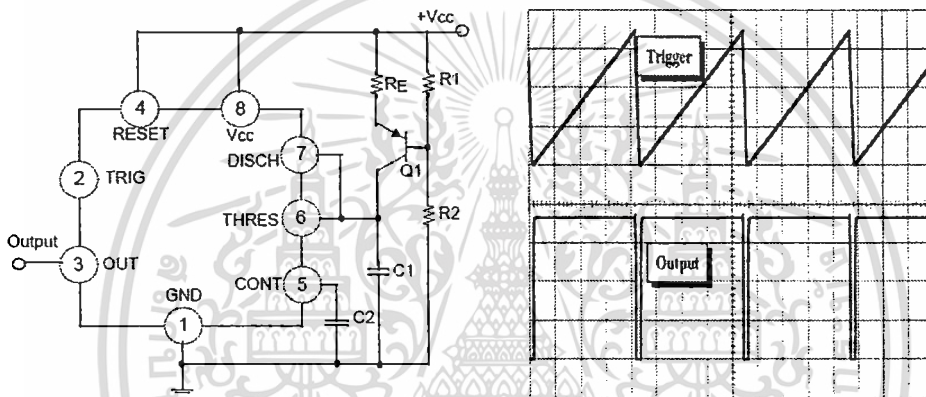


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 3.10 วงจรประมวลผลสัญญาณ อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรในรูปที่ 3.10 วงจรประมวลผลสัญญาณจะทำหน้าที่ในการแปลงค่าคาบเวลาของสัญญาณให้เป็นสัญญาณเอ๊าท์พุทที่เป็นสัดส่วนกับระดับความเข้มข้นของสารละลาย(น้ำยาง)ที่นำมาทดสอบ โดยรายละเอียดของวงจรย่อยในแต่ละส่วนของวงจรประมวลผลสัญญาณสามารถแสดงได้ดังนี้

3.4.1 วงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย(Saw-tooth generator circuit)

วงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อยหรือที่เรียกอีกอย่างว่าวงจรกำเนิดแรงดัน “เรมพ์” (Ramp-voltage generator) จะทำหน้าที่ในการสร้างแรงดันที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาสำหรับป้อนให้กับวงจรแชนเนลแอนด์โฮลด์โดยลักษณะรูปแบบและสัญญาณของวงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อยสามารถแสดงดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 ลักษณะรูปแบบและสัญญาณของวงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย

จากวงจรในรูปที่ 3.11 เราใช้ IC LM555 ร่วมกับ PNP Transistor Q1 และ R1, R2 และ R_E มาสร้างเป็นวงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย โดยจากวงจรในรูปที่ 3.11 เราสามารถหาค่า I_C ได้จากสมการที่ (3.10)

$$I_C = V_{CC} - V_E / R_E \quad (3.10)$$

เมื่อ V_E หาได้จากสมการที่ (3.11)

$$V_E = V_{BE} + (R_2 * V_{CC} / R_1 + R_2) \quad (3.11)$$

จากสมการที่ (3.10) และ (3.11) สามารถยกตัวอย่างการคำนวณได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีเจตนาไปใช้

จากวงจรในรูปที่ 3.11 ถ้าให้ $V_{CC} = 15 \text{ V}$, $R_E = 20 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ และ $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$ ดังนั้นจากสมการที่ (3.10) และ (3.11) จะได้

$$V_E = 0.7 + (10 \times 10^3 \times 15 / (5 \times 10^3)) + (10 \times 10^3) = 10.7 \text{ โวลต์}$$

$$I_C = 15 - 10.7 / 20 \times 10^3 = 0.215 \text{ mA}$$

เมื่อมีสัญญาณมากระตุ้นที่ขา 2 (สัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์) จะทำให้เกิดกระแสไหลผ่าน C_1 ด้วยค่ากระแสคงที่ที่มาจากทรานซิสเตอร์ PNP (Q1) และตัวต้านทานที่ใช้กำหนดกระแส

จากวงจรในรูปที่ 3.10 ค่าเอาต์พุตของวงจรจะมีลักษณะเป็นรูปสัญญาณฟันเลื่อยโดยเราสามารถที่จะคำนวณหาค่า เกรเดียนท์ (Gradient : S) ของสัญญาณรูปฟันเลื่อยได้จากสมการที่ (3.12) ดังนี้

$$S = V_{p-p} / T \quad (3.12)$$

เมื่อ V_{p-p} = แรงดันพีค-ทูป (Vpeak-to-peak)

ถ้าเราให้ค่าแรงดัน V_C คือค่าประจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุไฟฟ้าหารด้วยค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุนั้น ดังนั้นเราสามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ได้ดังสมการที่ (3.13)

$$V = Q / C \quad (3.13)$$

เมื่อ V = แรงดันตกคร่อมตัวเก็บประจุนั้นหน่วยเป็น โวลต์ (V)

C = ความจุไฟฟ้ามีหน่วยเป็นฟารัด (F)

Q = ค่าประจุไฟฟ้ามีหน่วยเป็นคูลอมป์(C)

เราทำการหารทั้งสองข้างของสมการ(3.13) ด้วย T จะได้สมการที่ (3.14)

$$V/T = (Q/T)/C \quad (3.14)$$

จากสมการที่(3.12) สามารถเขียนสมการใหม่ได้ดังสมการที่(3.15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$S = I/C \quad (3.15)$$

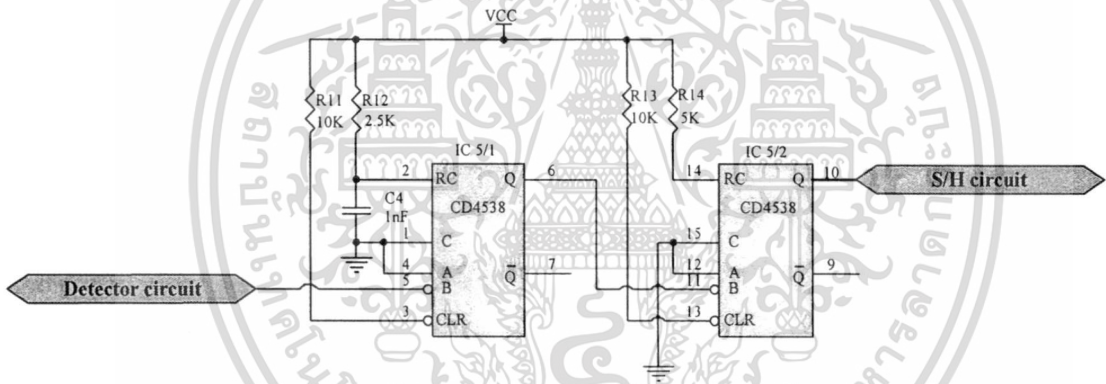
ดังนั้นจากกระแส I_C ที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 0.215 mA และกำหนดค่า $C = 0.022 \mu\text{F}$ เราจะสามารถหาค่า S ได้ดังนี้

$$S = I/C = 0.218\text{mA}/0.022\mu\text{F} = 9.77\text{V/ms}$$

ดังนั้นจากวงจรในรูปที่ 3.11 เราจะได้สัญญาณฉุ่พินเลี้ยงที่มีอัตราการเพิ่มขึ้นของแรงดัน 9.77V/ms

3.4.2 วงจรสร้างสัญญาณคาบเวลา(Timing circuit)

วงจรสร้างสัญญาณคาบเวลาจะทำหน้าที่ในการสร้างสัญญาณไปทำการแซมเปิดค่าแรงดันจากวงจรกำเนิดสัญญาณฟืนเลี้ยง โดยลักษณะของวงจรสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 วงจรสร้างสัญญาณคาบเวลา

จากวงจรในรูปที่ 3.12 วงจรจะประกอบไปด้วย IC5 CD4538[8] ซึ่งเป็นไอซีที่ประกอบด้วยวงจรโมโนสเตเบิ้ล 2 ชุดดังแสดงในรูปที่ 3.13 โดยในการนำมาใช้งานจะกำหนดการทำงานที่ขอบขาลง(Negative-going Transition) ของอินพุทโดยสามารถกำหนดคาบเวลาของวงจรโมโนสเตเบิ้ลแต่ละชุดได้ดังสมการที่ (3.16)

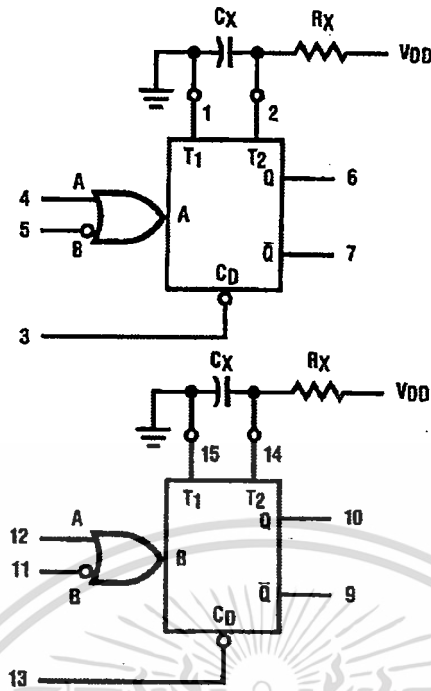
$$PW_{out} = R_x C_x \quad (3.16)$$

เมื่อ PW_{out} คือ ค่าคาบเวลาเอาต์พุทของวงจร(วินาที)

R_x คือ ค่าความต้านทานที่ต่อภายนอกสำหรับกำหนดค่าคาบเวลา(โอห์ม)

C_x คือ ค่าความจุไฟฟ้าที่ต่อภายนอกสำหรับกำหนดค่าคาบเวลา(ฟารัด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

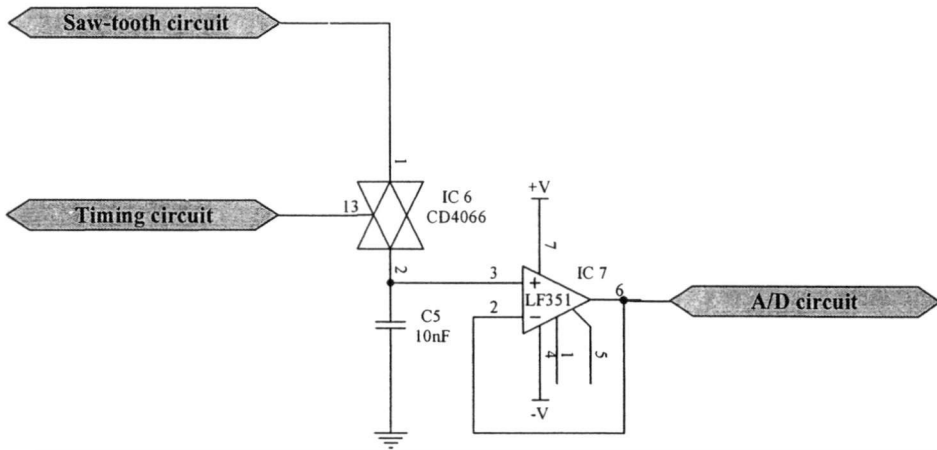


รูปที่ 3.13 วงจรภายใน IC CD4538

จากวงจรในรูปที่ 3.12 การทำงานของวงจรมีดังนี้คือสัญญาณที่ได้จากเอาต์พุตของวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์จะถูกป้อนให้กับอินพุตของ IC5/1 ที่ต่อเป็นวงจรโมโนสเตเบิลที่กำหนดการทำงานที่ขอบขาลง (Negative-going Transition) ของอินพุต โดยเราสามารถจะทำการปรับช่วงเวลาในการแซมเปิดได้โดยการปรับค่า R_x สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรโมโนสเตเบิลตัวที่ 1 จะถูกป้อนให้กับอินพุตของวงจรโมโนสเตเบิลตัวที่ 2 ที่กำหนดการทำงานที่ขอบขาลงเช่นเดียวกันกับวงจรโมโนสเตเบิลตัวที่ 1 โดยมีค่าคาบเวลาของพัลส์เอาต์พุตเท่ากับ 400 นาโนวินาทีโดยพัลส์เอาต์พุตของวงจรโมโนสเตเบิลตัวที่ 2 นี้จะถูกส่งไปควบคุมการแซมเปิดค่าแรงดันจากวงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อยต่อไป

3.4.3 วงจรแซมเปิดแอนด์โฮลด์(Sample and hold circuit)

วงจรแซมเปิดแอนด์โฮลด์จะทำหน้าที่ในการแซมเปิดค่าแรงดันจากวงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อยโดยการควบคุมการแซมเปิดสัญญาณจากวงจรสร้างสัญญาณคาบเวลา เพื่อนำแรงดันที่ได้ส่งไปยังวงจรแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอลเพื่อส่งให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลต่อไป สำหรับลักษณะของวงจรแซมเปิดแอนด์โฮลด์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 วงจรแซมเปิลแอนด์โฮลด์

จากวงจรรูปที่ 3.14 จะประกอบไปด้วย IC6 CD4066[9] และ IC7 LF351[10] โดยการรับอินพุตมาจากวงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย เมื่อมีสัญญาณควบคุมจากวงจรสร้างสัญญาณคาบเวลามาควบคุมให้ IC6 CD4066 ซึ่งเป็นอะนาล็อกสวิตช์ทำการปิดวงจรเพื่อทำการแซมเปิล (Sample) สัญญาณอินพุตที่ได้จากวงจรกำเนิดสัญญาณฟันเลื่อย ไปเก็บประจุที่ C5 แรงดันที่ตกคร่อม C5 จะถูกส่งผ่าน IC7 LF351 ซึ่งถือเป็นบัฟเฟอร์ก่อนจะส่งสัญญาณที่แซมเปิลได้ไปยังวงจรแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอลต่อไป

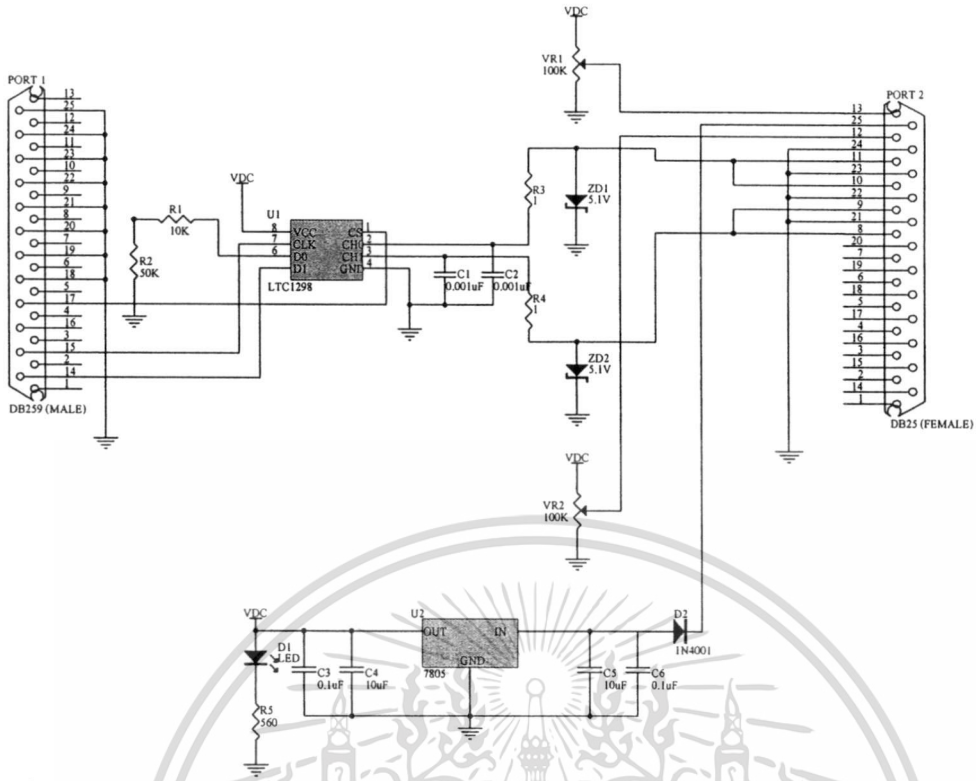
3.5 วงจรแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (A TO D Converter)

สำหรับวงจรแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลจะใช้บอร์ดของบริษัท ETT รุ่น ET-AD12 ซึ่งเป็นบอร์ดแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 12 บิต ให้เชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตเครื่องพิมพ์ (Printer Port) โดยมีลักษณะและคุณสมบัติของวงจรดังตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.15

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติของบอร์ดแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลรุ่น ET-AD12

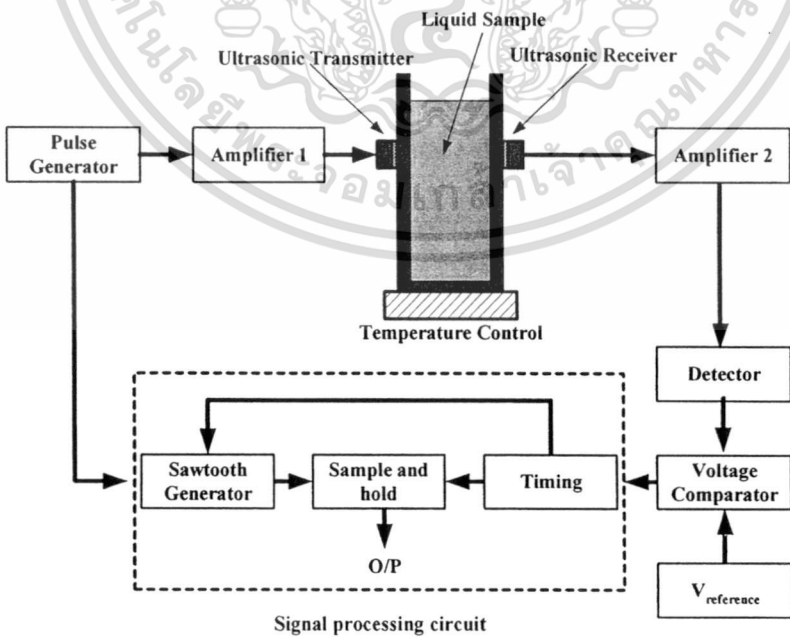
คุณสมบัติของของบอร์ด ET-AD12	
CONVERTION TIME	60µS
SAMPLING RATE	11.1 KHz
INPUT CHANNEL	2 CHANNEL
GAIN ERROR	+/- 2 LSB
ANALOG INPUT RANGE	-0.05 V TO +5.05 V
+VCC SUPPLY	+9 VDC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



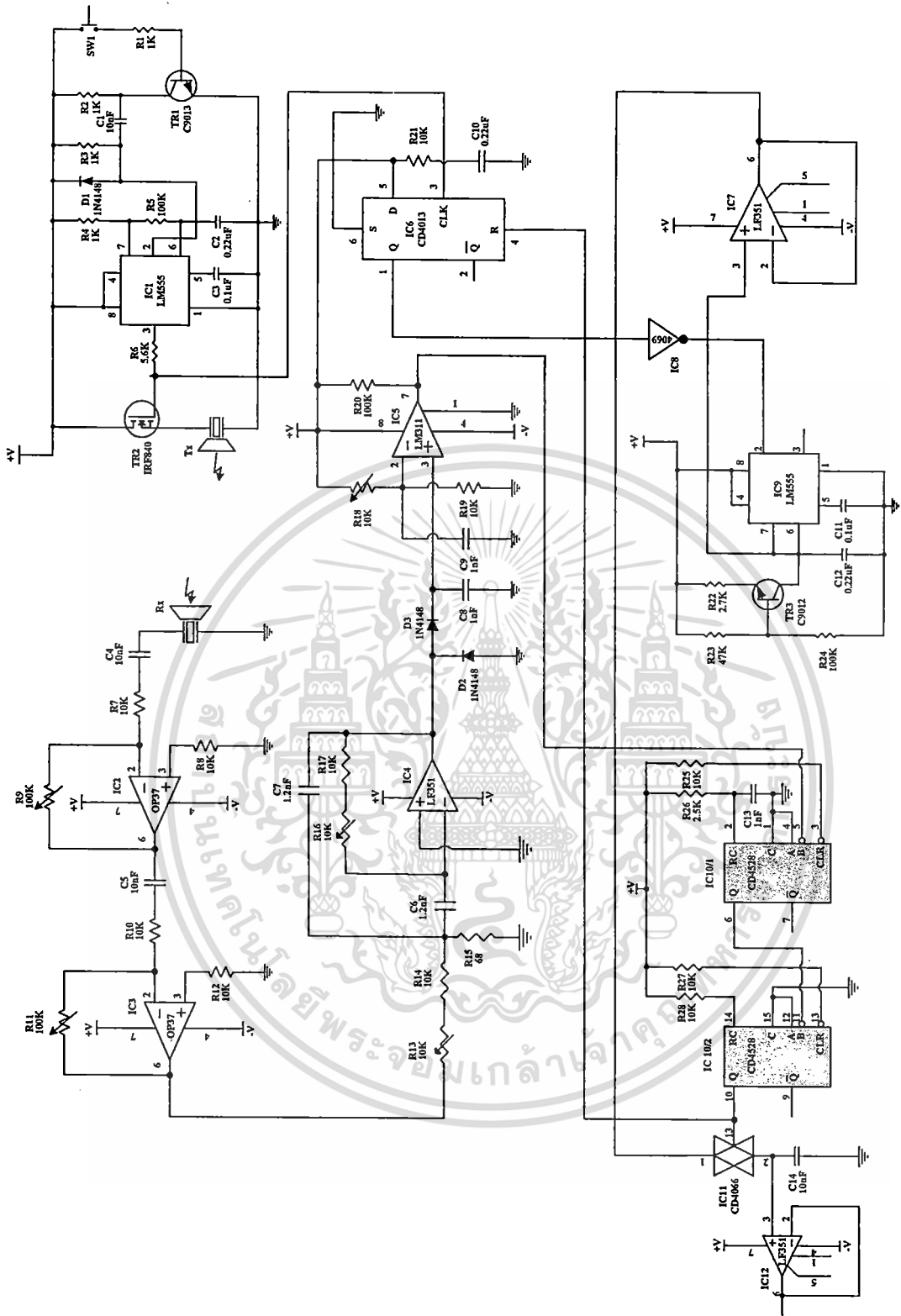
รูปที่ 3.15 วงจรภายในของบอร์ดแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลรุ่น ET-AD12

จากวงจรทั้งหมดที่ได้กล่าวมาเราสามารถแสดงส่วนประกอบของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับระบบวัดปริมาณเนื้องานแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่ใช้วิธีการแซมเปิลแอนด์โฮลด์ได้ดังบล็อกไดอะแกรมและวงจรในรูปที่ 3.16 และ รูปที่ 3.17 ตามลำดับ



รูปที่ 3.16 บล็อกไดอะแกรมของระบบวัดปริมาณเนื้องานแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

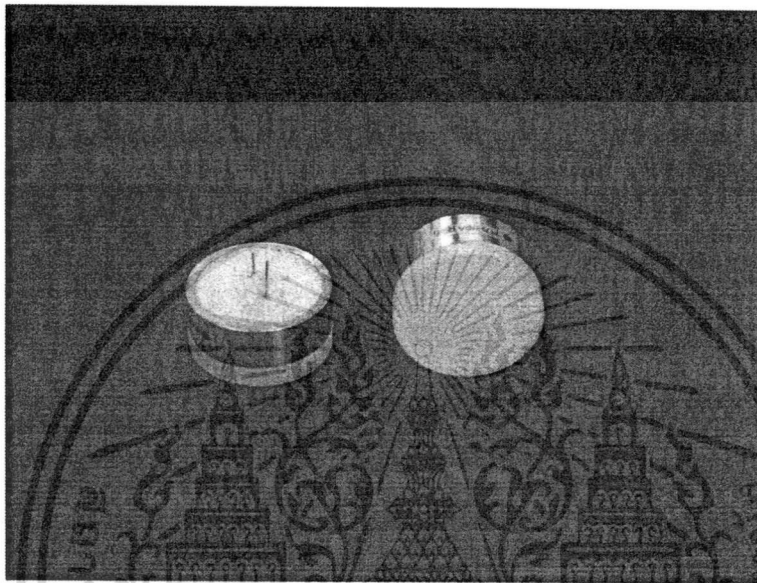


รูปที่ 3.17 บล็อกโคอะแกรมของวงจรวัดปริมาณน้ำอย่างแท้จริงในน้ำด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ภาพขณะบรรจุสารละลายที่ทำการวัด(Test Object) และการติดตั้งหัวเซนเซอร์อัลตราโซนิก(Ultrasonic Sensor)

สำหรับหัวเซนเซอร์ที่ใช้ในการทดสอบนี้จะใช้หัวอัลตราโซนิกของบริษัท FUJI&CO.(Piezo Science)รุ่น FUS-110A โดยลักษณะและคุณสมบัติของหัวเซนเซอร์อัลตราโซนิก รุ่นนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.18 และตารางที่ 3.2



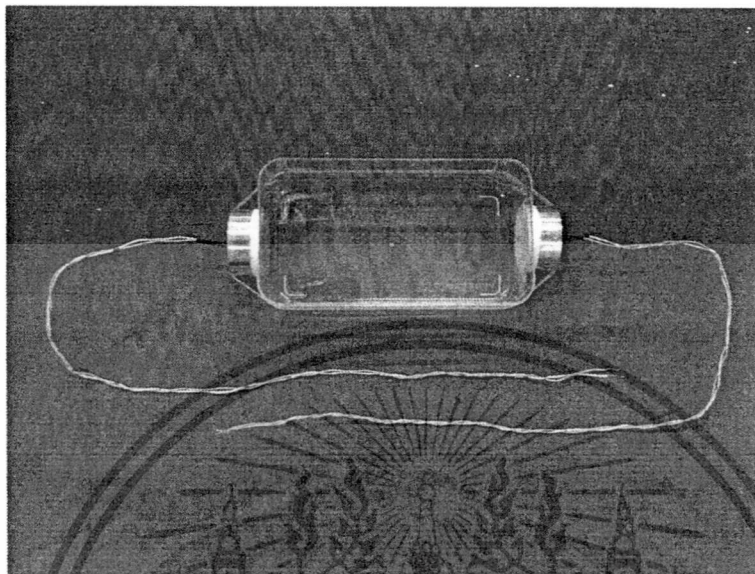
รูปที่ 3.18 ลักษณะหัวอัลตราโซนิกของบริษัท FUJI&CO.(Piezo Science) รุ่น FUS-110A

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติหัวอัลตราโซนิกของบริษัท FUJI&CO.(Piezo Science) รุ่น FUS-110A

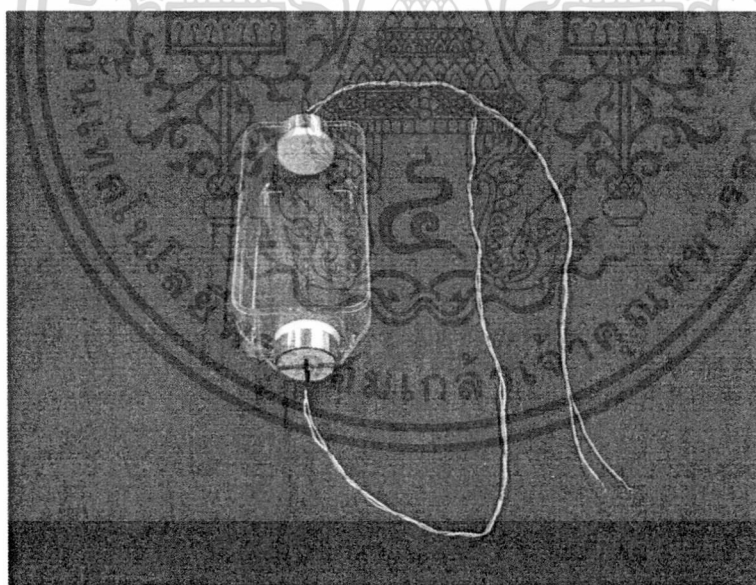
Nominal Frequency	110 KHz.
T/R Sensitivity	-54 dB ที่ 40 cm.
Max. Input Voltage	80 V.
Electrostatic Capacity	600 pF.
Irradiation Directivity	7 Degree
Dimension	Ø 37 mm. หนา 17.2 mm.

เราจะนำหัวอัลตราโซนิกมาประกอบเข้ากับตัวกล่องสำหรับบรรจุสายละลายที่ต้องการนำมาทดสอบ(น้ำยางพารา)ซึ่งเป็นกล่องพลาสติกโดยใช้ตัวคัปปลิง(Coupling)ในการเชื่อมต่อ เนื่องจาก การส่งคลื่นอัลตราโซนิกเข้าไปในเนื้อวัสดุที่ต้องการทดสอบ จำเป็นต้องมีตัวกลางมาช่วยในการส่งถ่ายพลังงานของคลื่นอัลตราโซนิกจากหัวอัลตราโซนิกไปยังกล่องพลาสติกที่บรรจุสารที่นำมาไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบ โดยในการทดสอบนี้จะใช้น้ำผึ้งเป็นตัวลบล้างระหว่างหัวอัลตราโซนิกกับกล่องพลาสติก โดยลักษณะของการติดตั้งหัวอัลตราโซนิกตัวรับและตัวส่งเข้ากับกล่องพลาสติกสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.19 และรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.19 ลักษณะของการติดตั้งหัวอัลตราโซนิกตัวรับและตัวส่งเข้ากับกล่องพลาสติก(ด้านบน)



รูปที่ 3.20 ลักษณะของการติดตั้งหัวอัลตราโซนิกตัวรับและตัวส่งเข้ากับกล่องพลาสติก(ด้านข้าง)

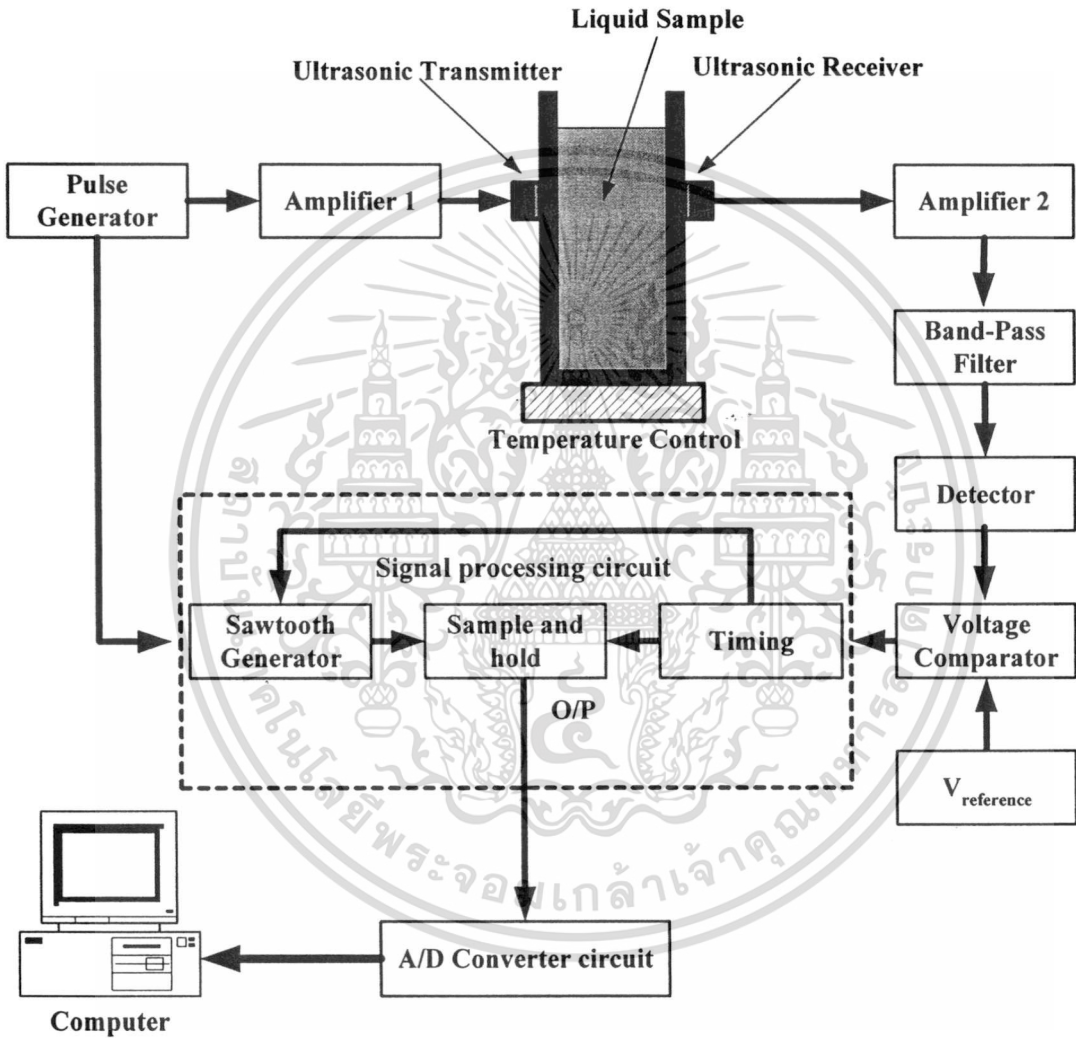
สำหรับขนาดของกล่องที่ใช้บรรจุสารละลายที่นำมาทดสอบมีขนาด กว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร และ สูง 5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

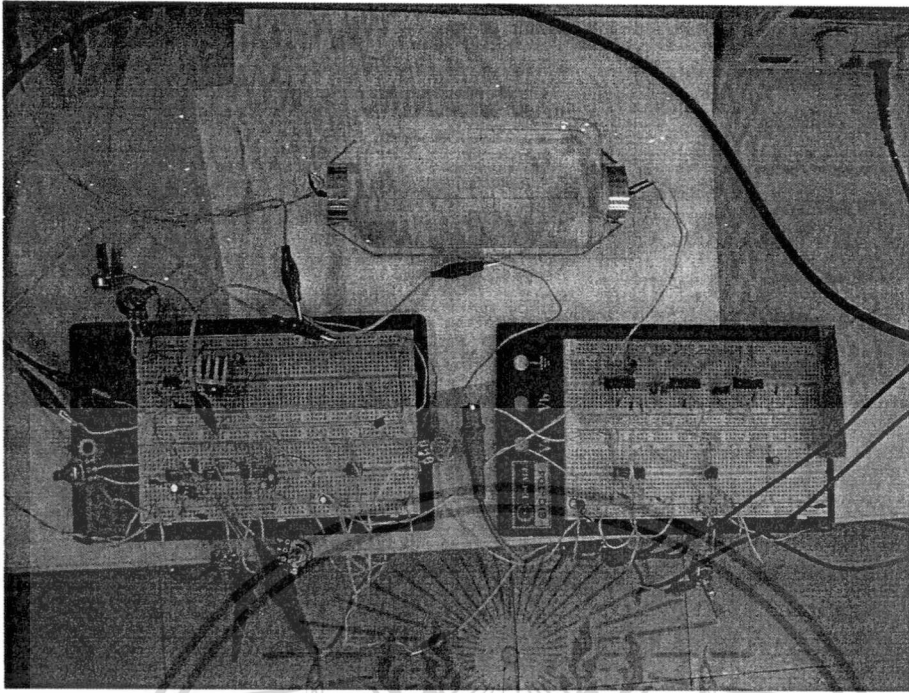
การทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้นมา

สำหรับในบทนี้จะเป็นการทดสอบระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมาโดยจะทำการนำเอาวงจรในบทที่ 3 มาทำการสร้างและทดสอบสัญญาณว่าเป็นไปตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ดังรายละเอียดตามบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 4.1 ดังนี้

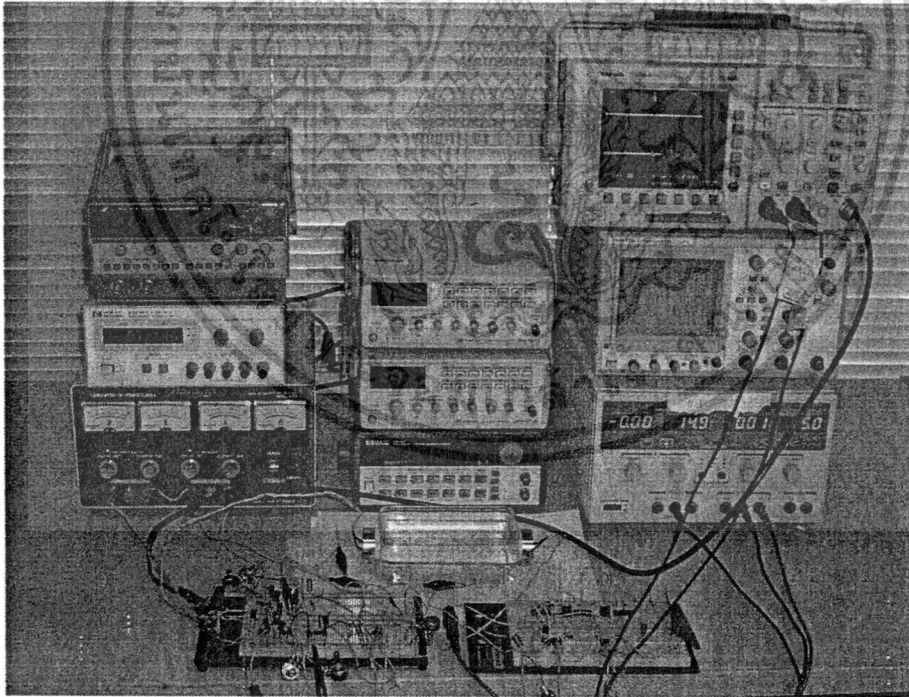


รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

จากบล็อกไดอะแกรมของระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกเราได้ทำการต่อวงจรสำหรับใช้ในการทดสอบวงจรดังรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3



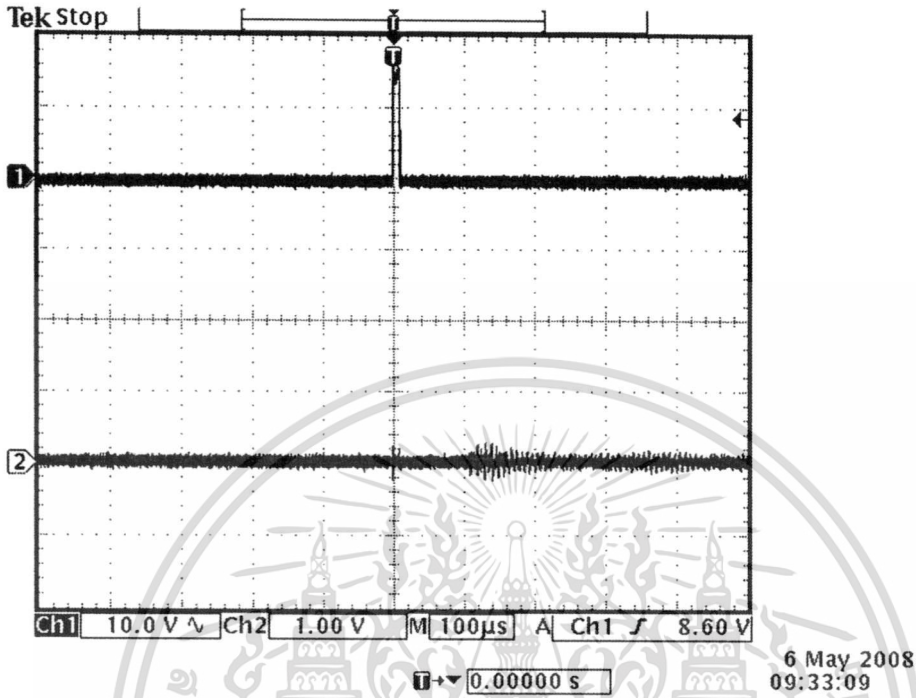
รูปที่ 4.2 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก



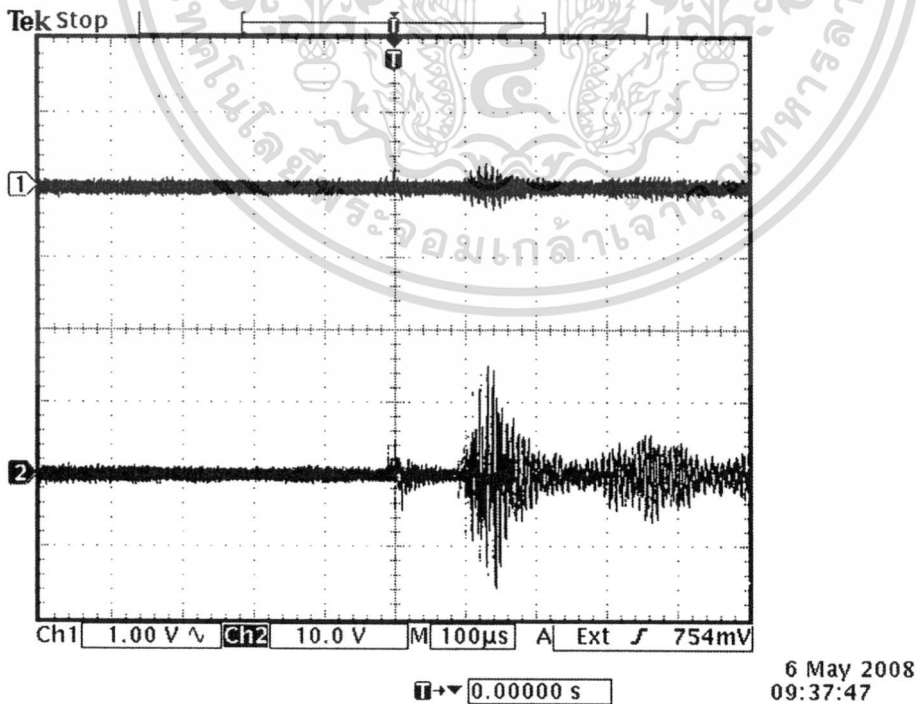
รูปที่ 4.3 การทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบส่วนต่างๆของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยาง ด้วยคลื่นอัลตราโซนิก โดยลักษณะของสัญญาณในวงจรส่วนต่างๆสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.4 ถึง รูปที่ 4.11

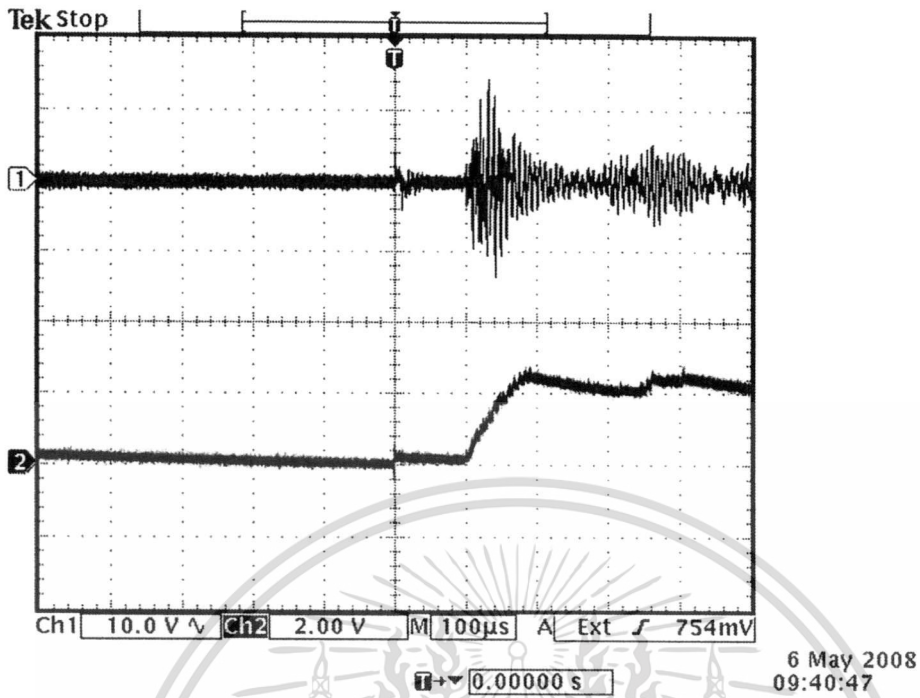


รูปที่ 4.4 สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรกำเนิดสัญญาณอัลตราโซนิก

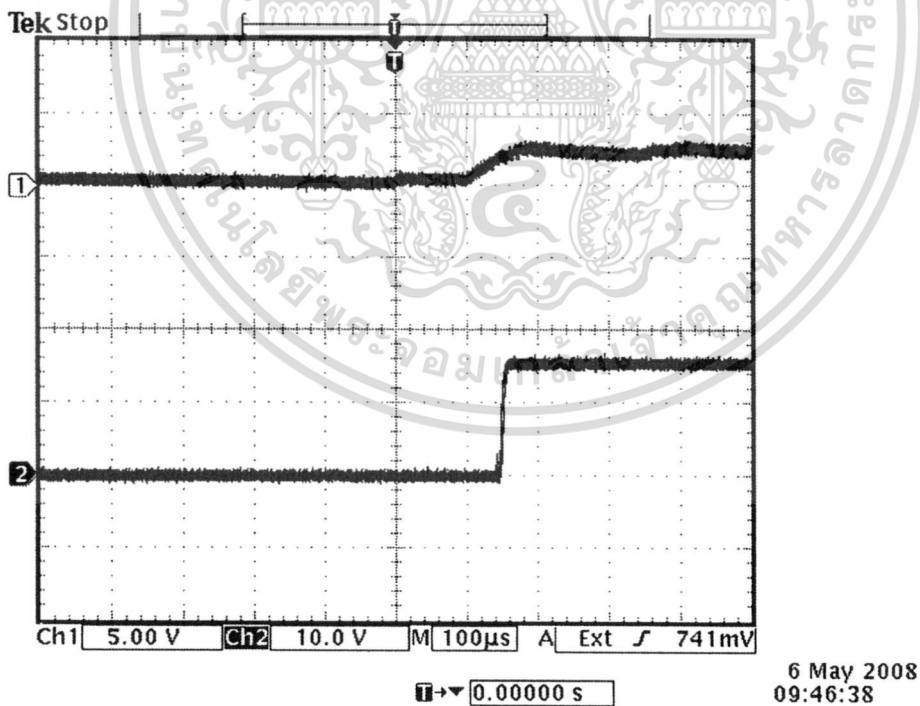


รูปที่ 4.5 สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรมหาสัญญาณอัลตราโซนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

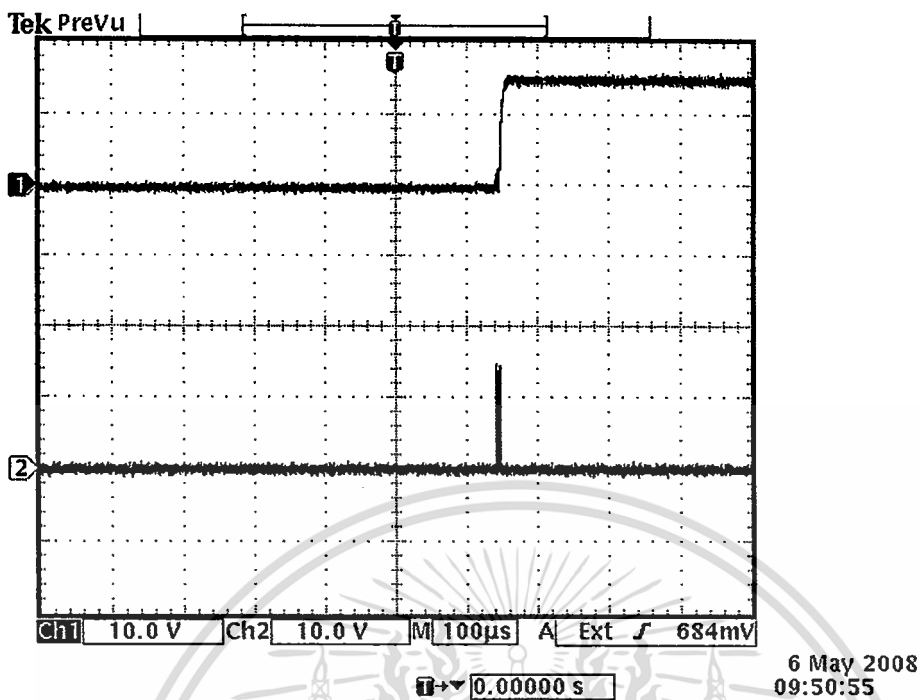


รูปที่ 4.6 สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรตรวจจับสัญญาณ

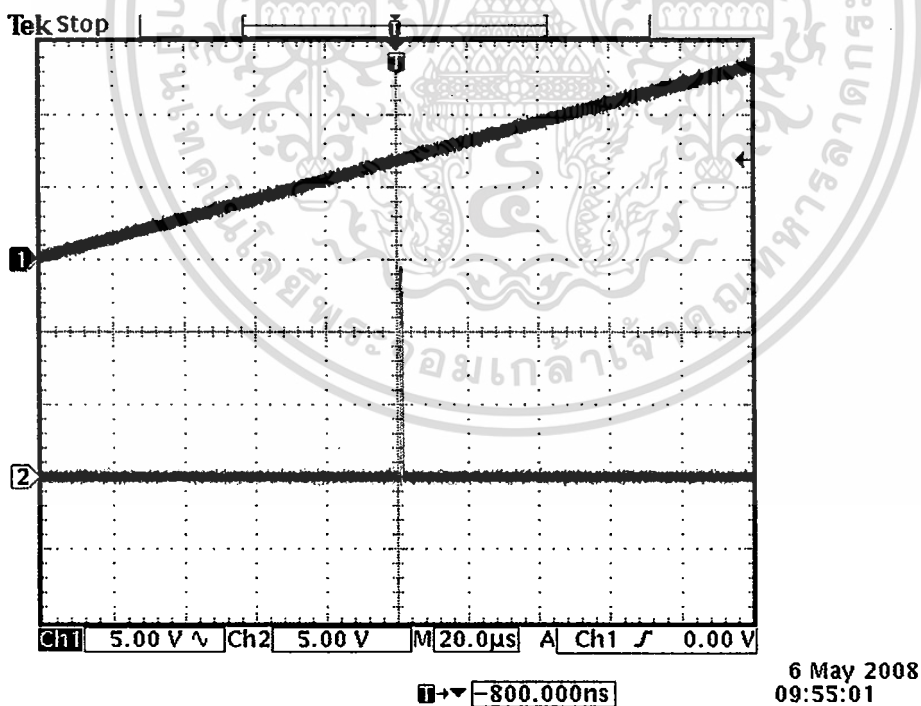


รูปที่ 4.7 สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

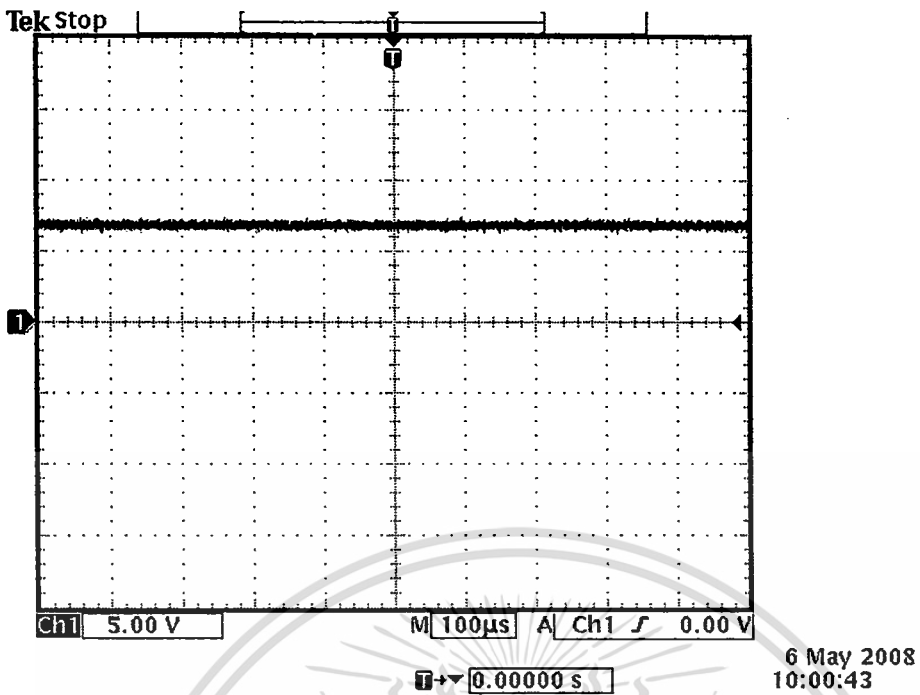


รูปที่ 4.8 สัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของวงจรไทม์มิ่ง

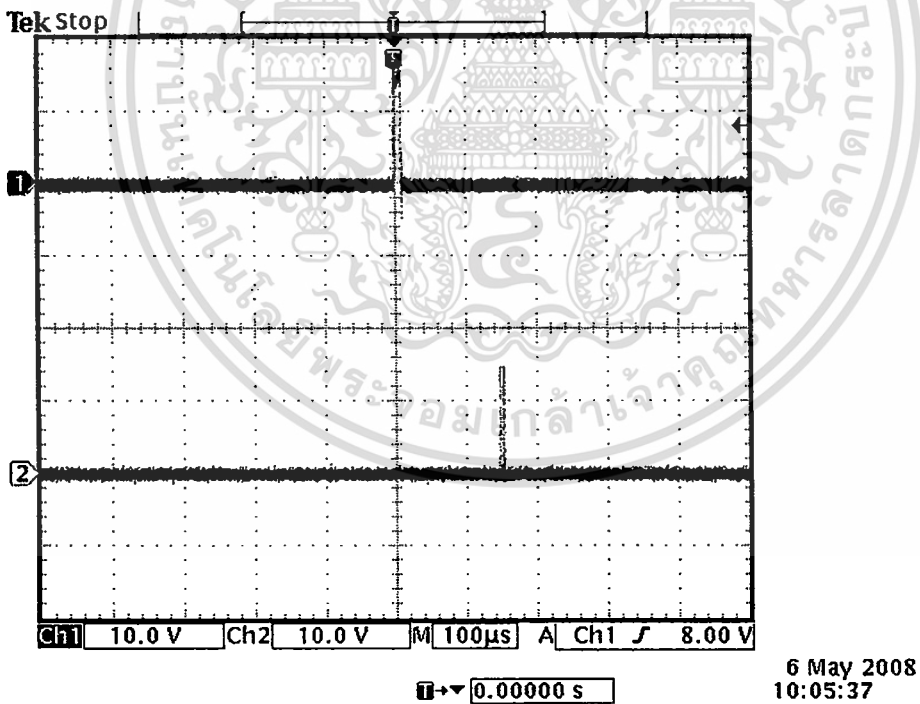


รูปที่ 4.9 สัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณสัญญาณฟันเลื่อยและวงจรไทม์มิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



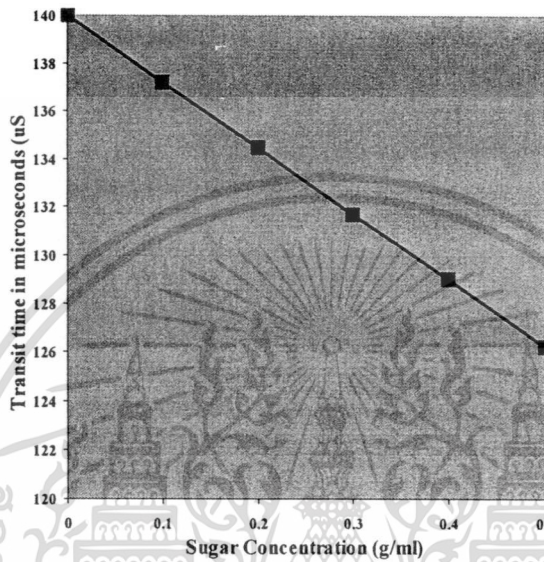
รูปที่ 4.10 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรแอมป์เปิด แอนด์โฮลด์



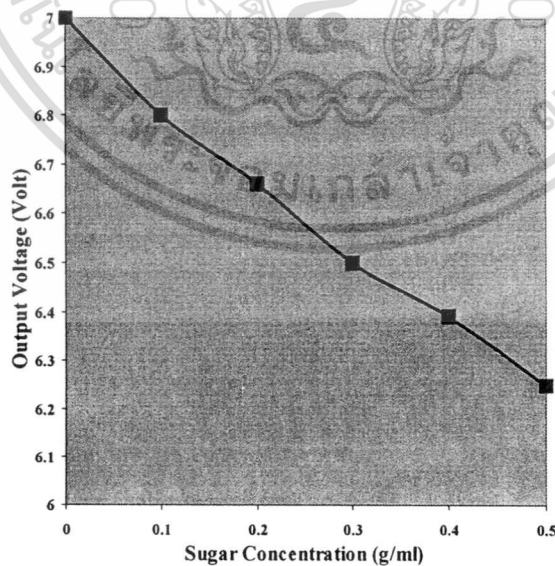
รูปที่ 4.11 สัญญาณจากวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์เมื่อเทียบกับสัญญาณแอมป์ลิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดสอบสัญญาณจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในส่วนต่างๆ ผลปรากฏว่าวงจรสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้นมาโดยใช้สารละลายน้ำตาลความเข้มข้นต่างๆ (0 g/ml, 0.1 g/ml, 0.2 g/ml, 0.3 g/ml, 0.4 g/ml, และ 0.5 g/ml) เติมลงในภาชนะบรรจุสำหรับสารละลายที่ทำการวัด แล้วทำการวัดระดับสัญญาณเอาต์พุทของวงจรที่ทำการสร้างขึ้นมา โดยลักษณะของสัญญาณเอาต์พุทที่วัดสามารถแสดงได้ดังกราฟในรูปที่ 4.12 ถึงรูปที่ 4.14

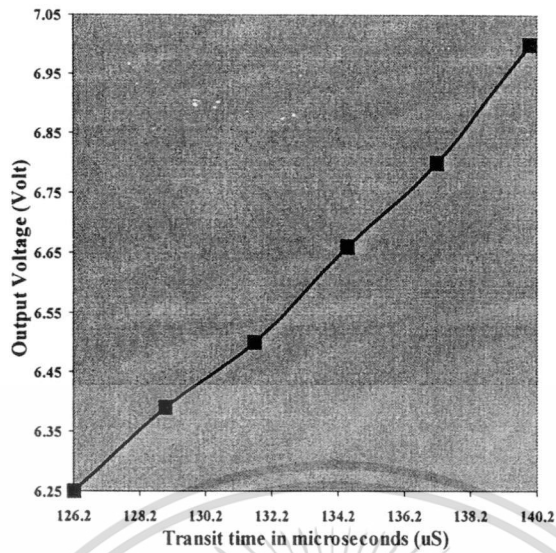


รูปที่ 4.12 ค่าคาบเวลาในการส่งผ่านคลื่นสัญญาณอัลตราโซนิกเมื่อเทียบกับค่าความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล



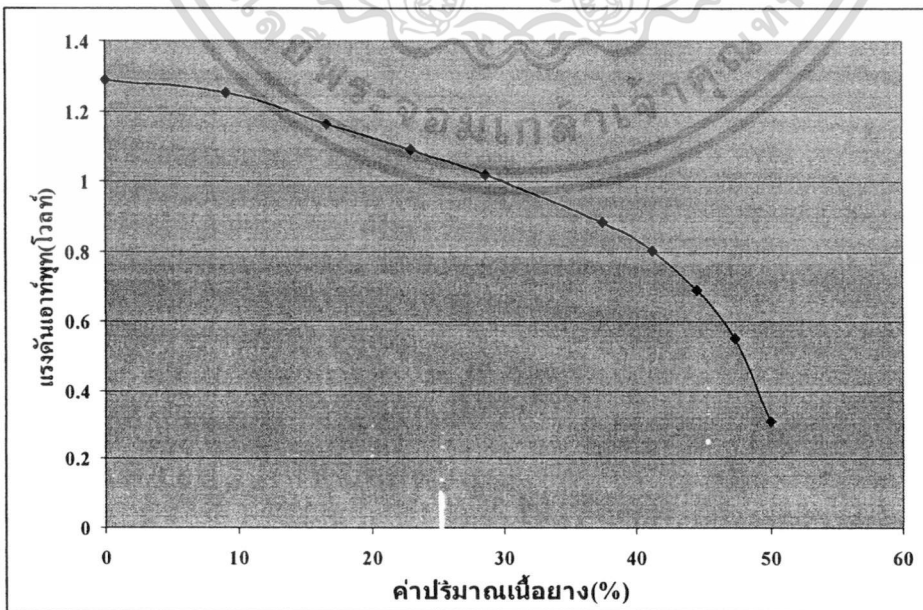
รูปที่ 4.13 ค่าระดับแรงดันของสัญญาณเอาต์พุทของวงจรเมื่อเทียบกับค่าความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 ค่าระดับแรงดันของสัญญาณเอาต์พุทของวงจรเมื่อเทียบกับค่าคาบเวลาในการส่งผ่าน คลื่นสัญญาณอัลตราโซนิก

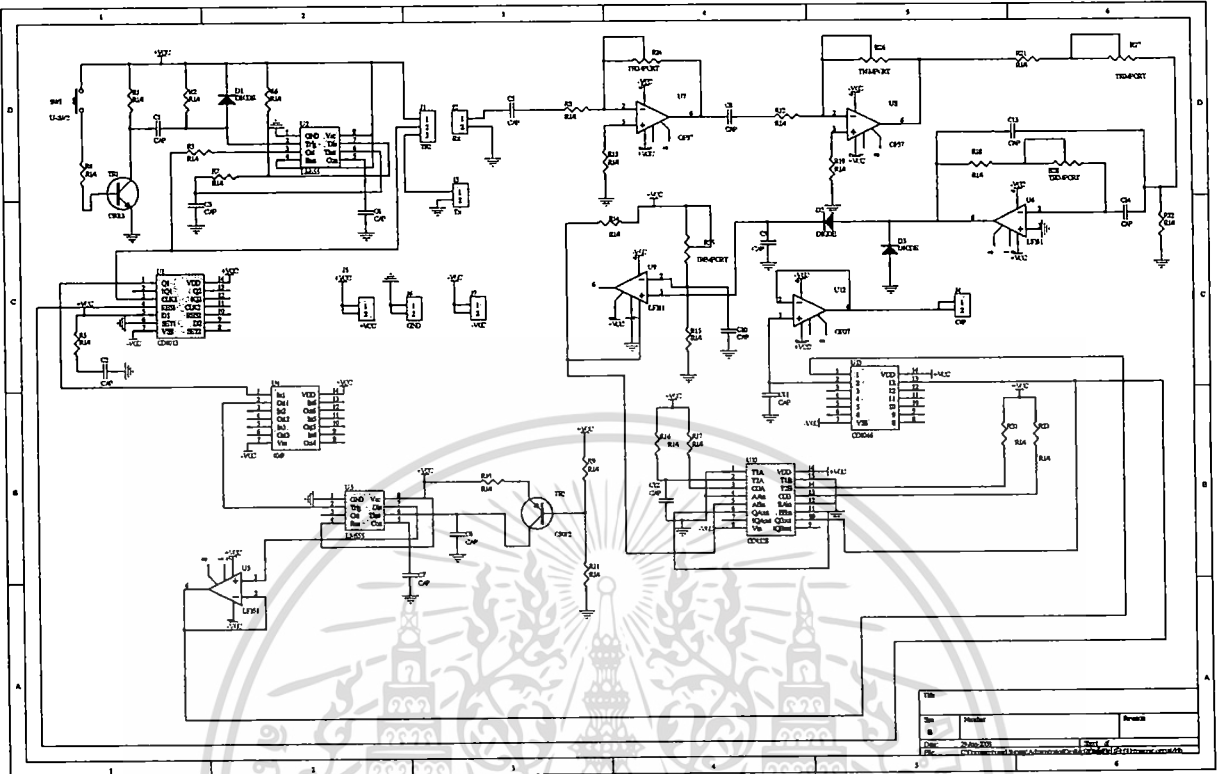
หลังจากทำการทดสอบระบบที่ออกแบบขึ้นกับสารละลายน้ำตาลผลปรากฏว่าวงจรในแต่ละส่วนสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ จากนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำการทดสอบระบบที่ออกแบบขึ้นมากับน้ำยางที่ทำการเจือจางด้วยน้ำที่ความเข้มข้นของเนื้อยาง 9.09, 16.66, 23.07, 28.57, 37.5, 41.17, 44.49, 47.36 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเอาต์พุทของวงจรและค่าความเข้มข้นของน้ำยางสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.15



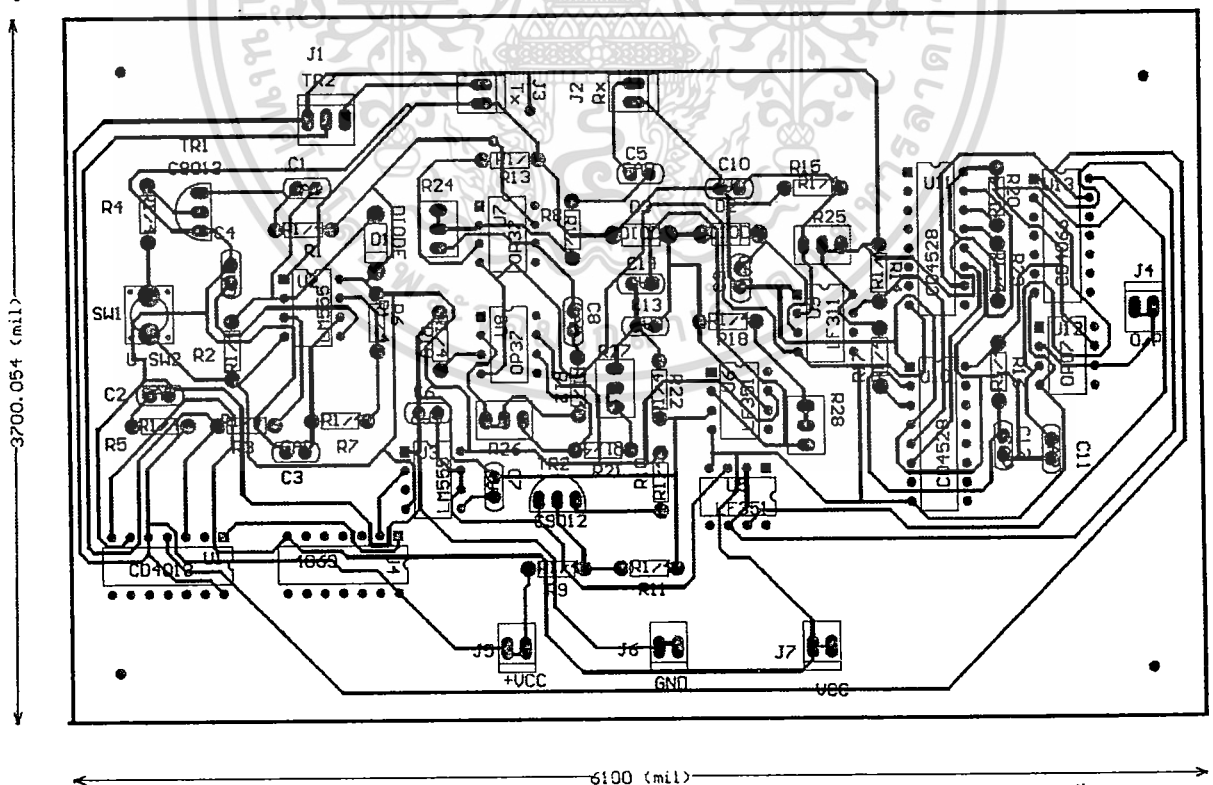
รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของน้ำยางและแรงดันเอาต์พุทของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งต่อไปทางผู้วิจัยจะได้สร้างต้นแบบของระบบระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วย
คลื่นอัลตราโซนิกต่อไป



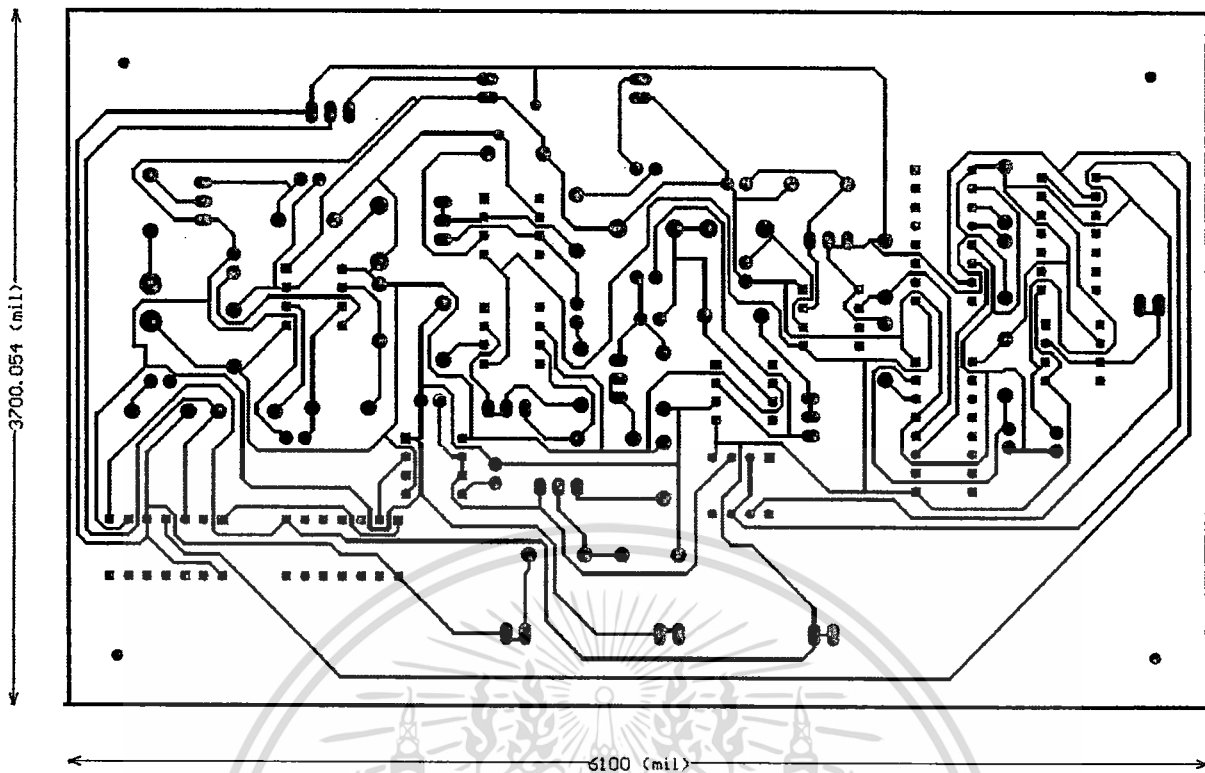
รูปที่ 4.16 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก



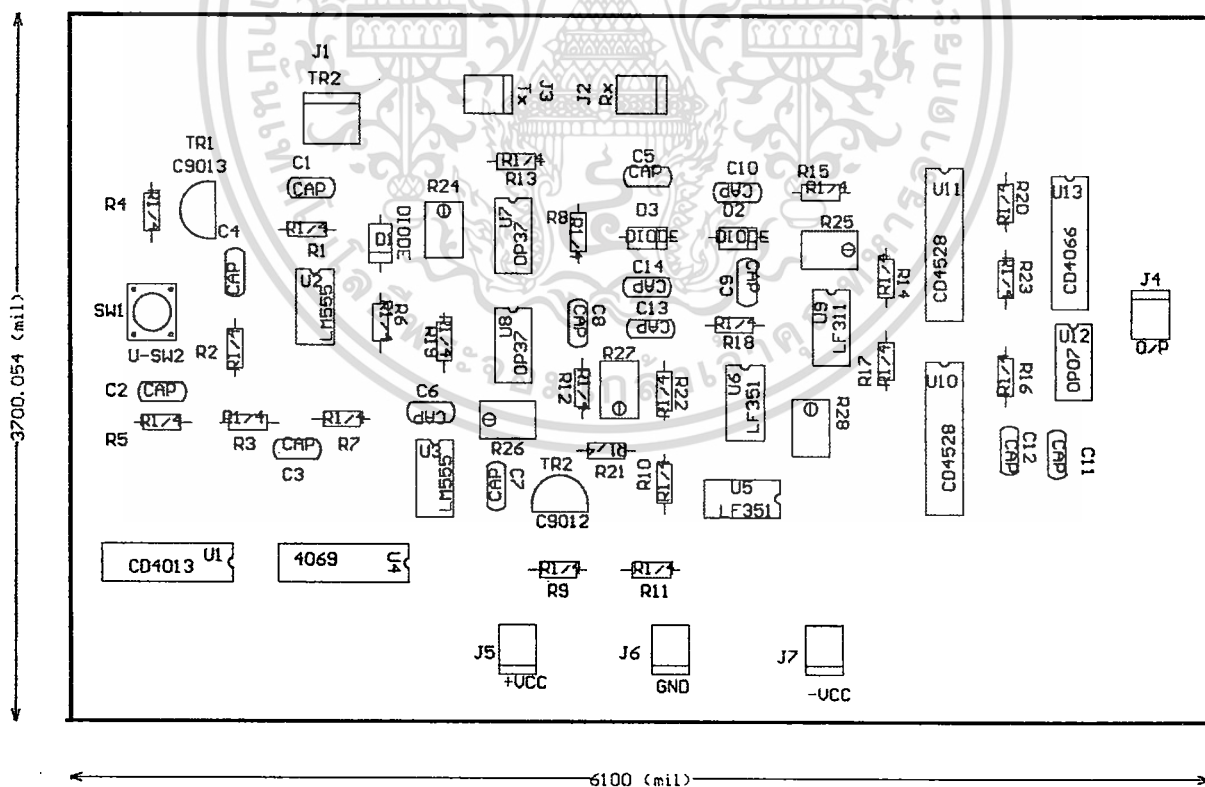
รูปที่ 4.17 ลายวงจรพิมพ์และการลงอุปกรณ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับระบบวัดปริมาณเนื้อ

ยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

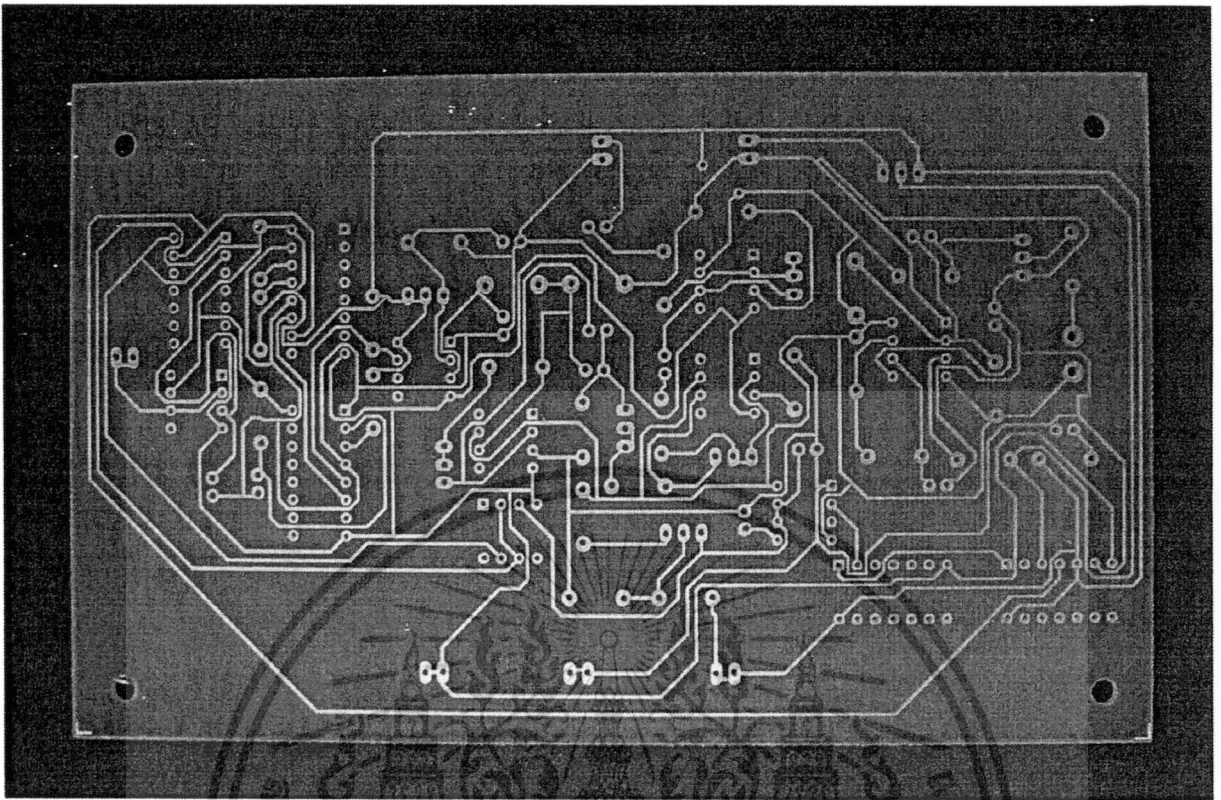


รูปที่ 4.18 ลายวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วย
คลื่นอัลตราโซนิก

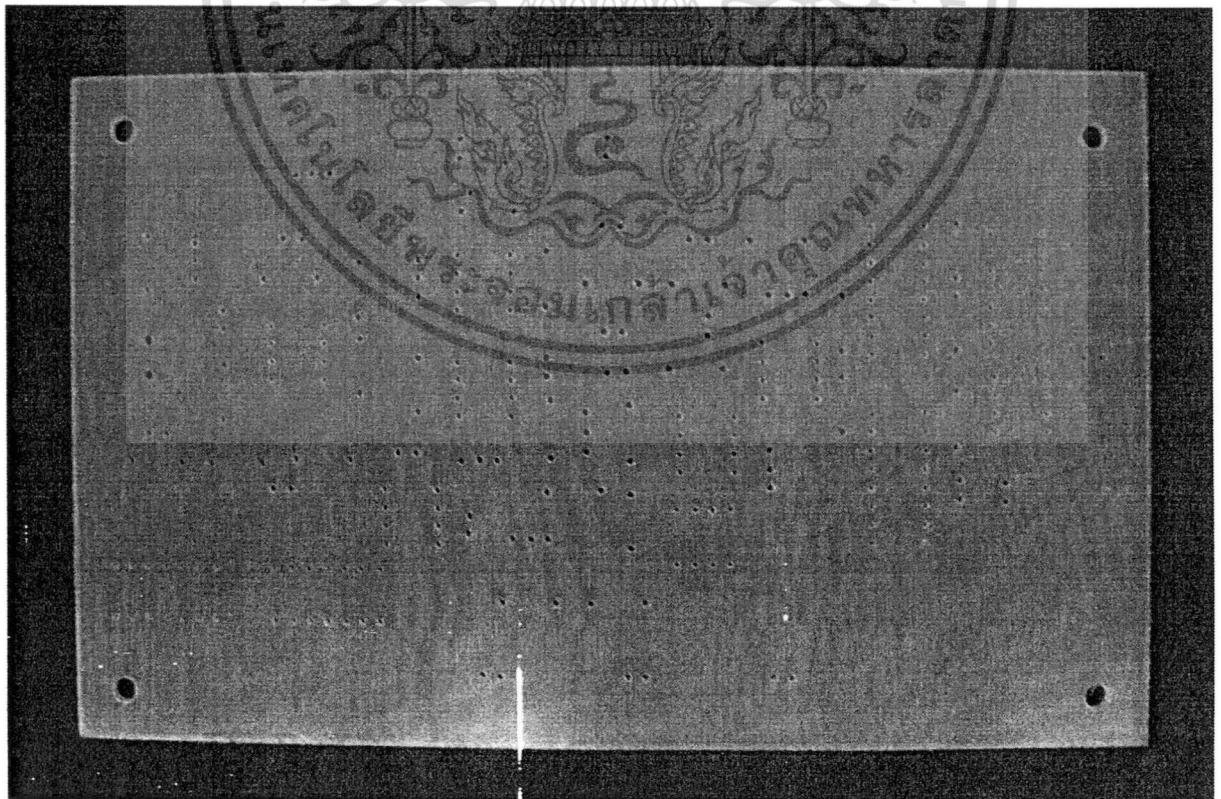


รูปที่ 4.19 การลงอุปกรณ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วย
คลื่นอัลตราโซนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

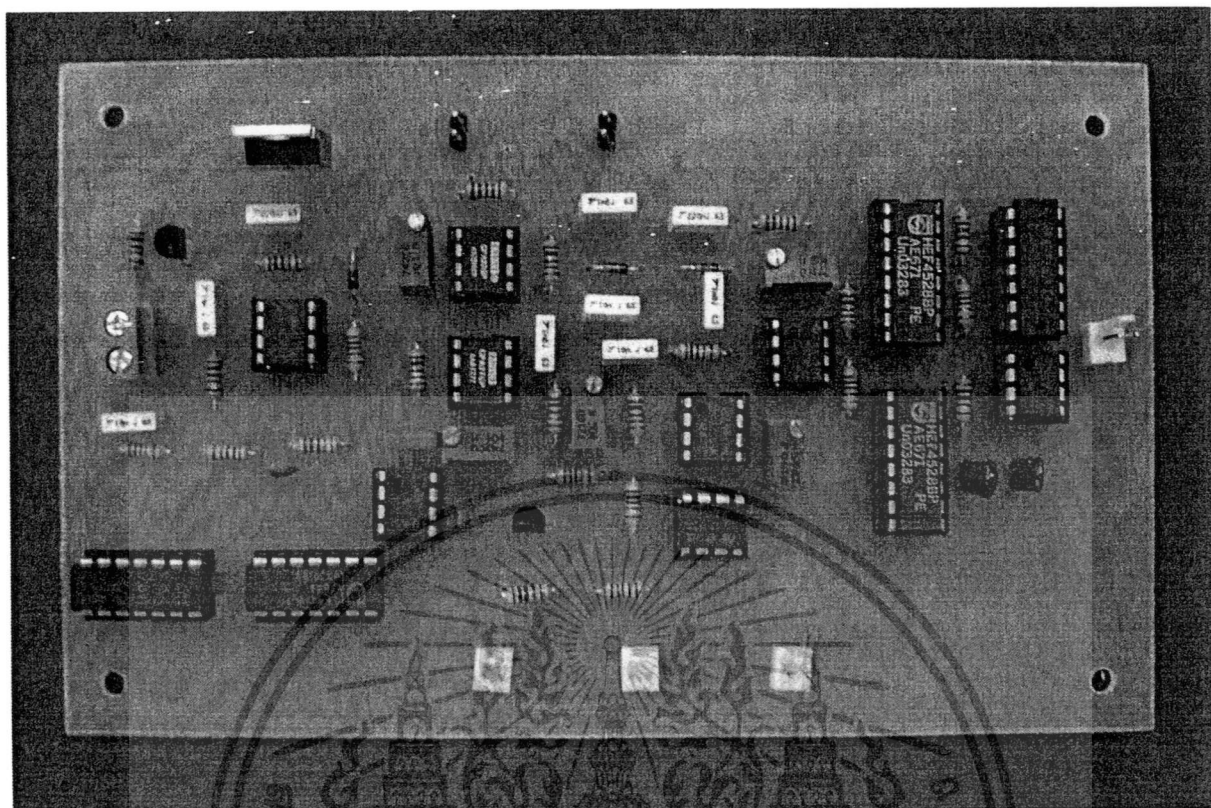


รูปที่ 4.20 วงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (ด้านลายทองแดง)



รูปที่ 4.21 วงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (ด้านอุปกรณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 การลงอุปกรณ์ของวงจรรีเลย์ทรอนิกส์สำหรับระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วย
คลื่นอัลตราโซนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

จากการทดสอบระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกพบว่าระบบที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมา สามารถที่จะตรวจสอบปริมาณน้ำยางที่นำมาทดสอบได้แต่ยังคงมีความผิดพลาดของผลการตรวจสอบอยู่บ้าง โดยทางผู้วิจัยสามารถสรุปข้อแนะนำแก่ผู้สนใจที่จะนำระบบที่ทำการสร้างขึ้น ไปพัฒนาต่อดังนี้

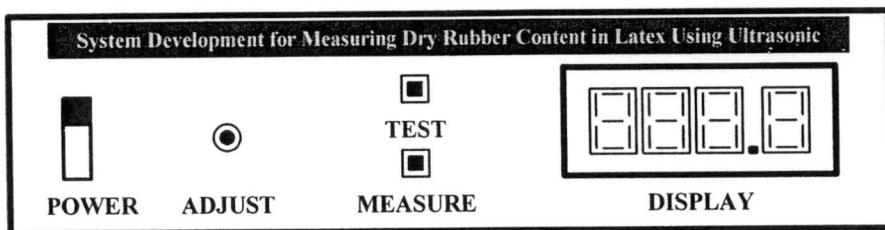
1. ระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกที่สร้างขึ้นมาใช้หัวอัลตราโซนิกความถี่ 110 กิโลเฮิร์ตซ์ ซึ่งส่งผลให้ค่าความละเอียดของการวัดต่ำ ดังนั้นหากมีการใช้หัวอัลตราโซนิกที่ความถี่สูงขึ้นก็จะทำให้ระบบมีค่าความละเอียดในการวัดสูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามหัวอัลตราโซนิกความถี่สูงจะมีราคาแพงมาก และต้องมีการปรับปรุงวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับใช้ในการสร้างสัญญาณขับหัวอัลตราโซนิก, วงจรสำหรับตรวจจับสัญญาณ ตลอดจนวงจรประมวลผลสัญญาณเพื่อให้สามารถทำงานได้ทันเวลา
2. ขนาดของภาชนะสำหรับบรรจุน้ำยางที่ใช้ในการทดสอบยังมีขนาดค่อนข้างใหญ่เนื่องจากความถี่ที่ใช้ในการทดสอบมีความถี่ไม่สูงมาก(110 กิโลเฮิร์ตซ์) ดังนั้นจึงต้องใช้ความยาวของภาชนะบรรจุมาก หากมีการใช้ความถี่ในการทดสอบสูงขึ้นจะสามารถลดขนาดของภาชนะสำหรับบรรจุน้ำยางลงได้

เอกสารอ้างอิง

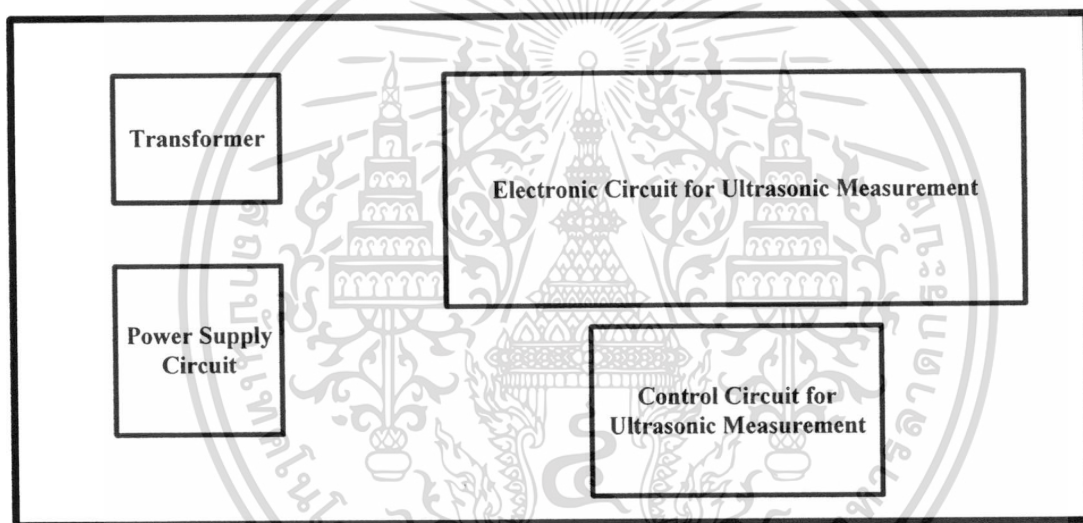
- [1] ยางธรรมชาติ, วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี: <http://th.wikipedia.org/>.
- [2] Ultrasonic Transducers Technical Notes. Olympus NDT. 2006.
- [3] Stefan Kocis and Zdenko Figura, “Ultrasonic Measurements and Technologies” Chapman & Hall. 1996.
- [4] NE/SA/SE555/SE555C Timer. Philips Semiconductors, 14 Feb 2003.
- [5] IRF840, 8A, 500V, 0.850 Ohm, N-Channel Power MOSFET. Fairchild Semiconductor Corporation. January 2002.
- [6] OP37, Low Noise, Precision, High Speed Operational Amplifier, Analog Devices, Inc., 2002.
- [7] LM111/LM211/LM311 Voltage Comparator, National Semiconductor Corporation. January 2001.
- [8] CD4538BM/CD4538BC Dual Precision Monostable, National Semiconductor Corporation. February 1988.
- [9] CD4066BC Quad Bilateral Switch, Fairchild Semiconductor Corporation. April 2002.
- [10] LF351 Single Operational Amplifier (JFET). Fairchild Semiconductor Corporation, 2001.

ภาคผนวก ก

ลักษณะการวางเลย์เอาต์ของต้นแบบระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก



รูปที่ ก1 แสดงการวางเลย์เอาต์ที่ด้านหน้าของต้นแบบระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก



รูปที่ ก2 แสดงการวางเลย์เอาต์ที่ด้านหลังของต้นแบบระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

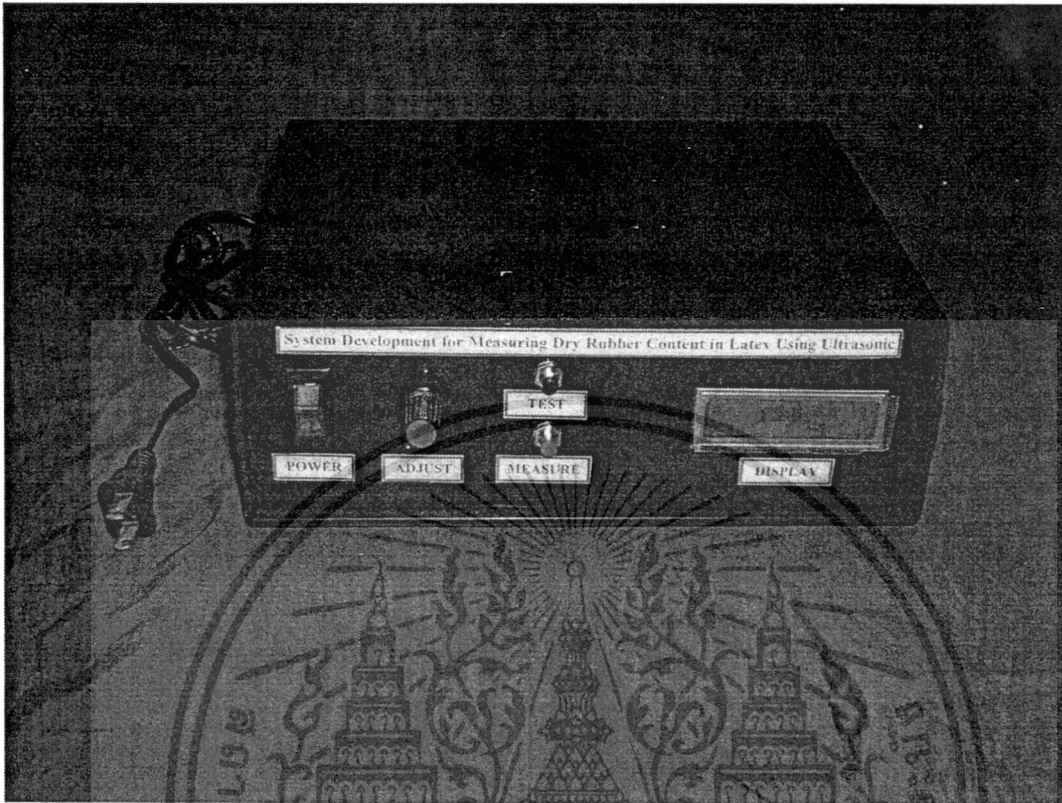


รูปที่ ก3 แสดงการวางเลย์เอาต์ที่ด้านหลังของต้นแบบระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

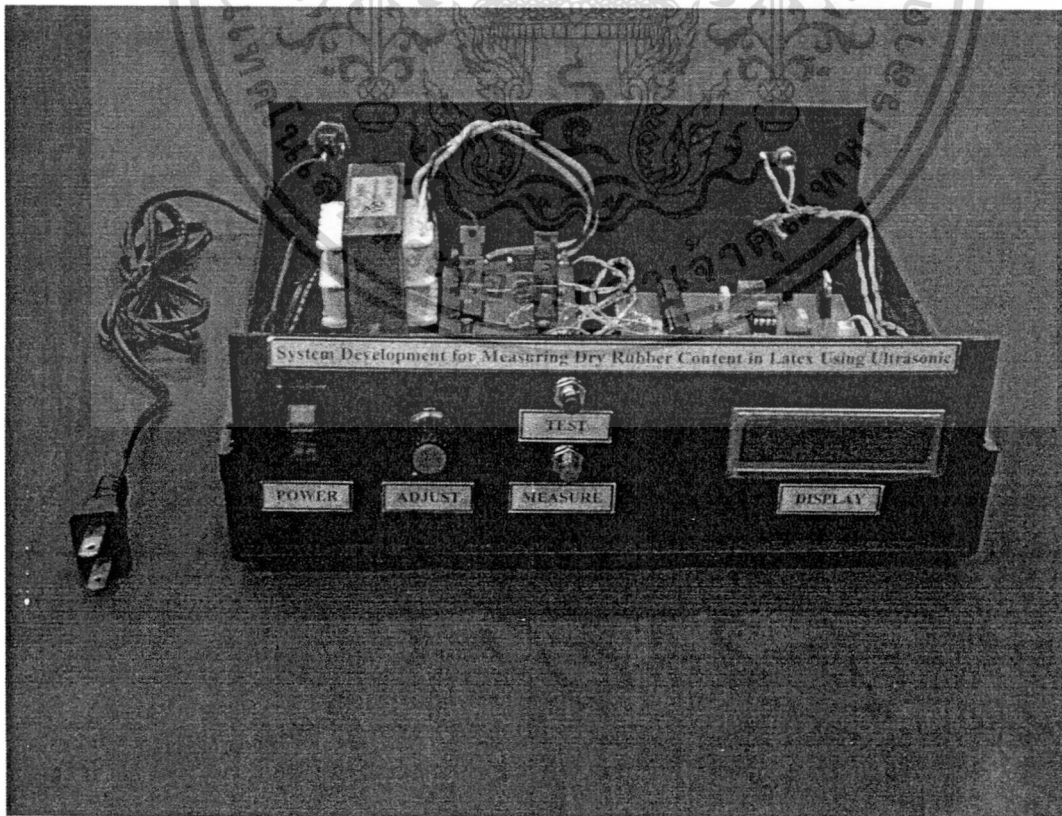
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ต้นแบบระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

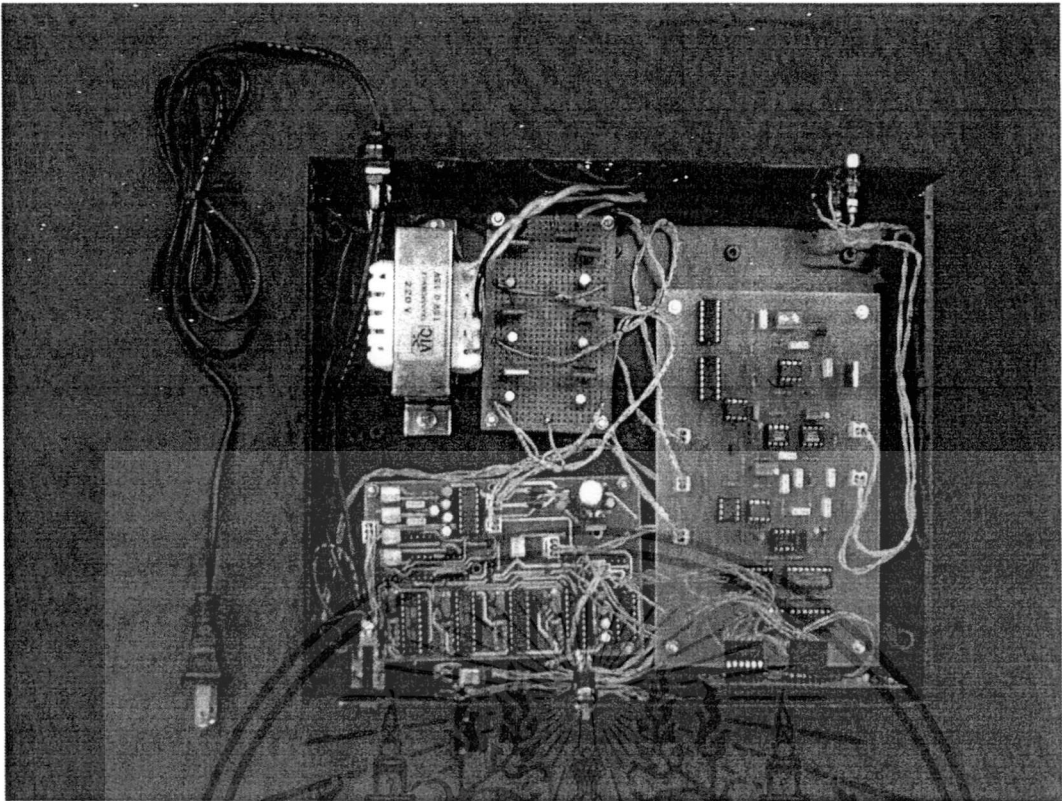


รูปที่ ข1 ต้นแบบระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

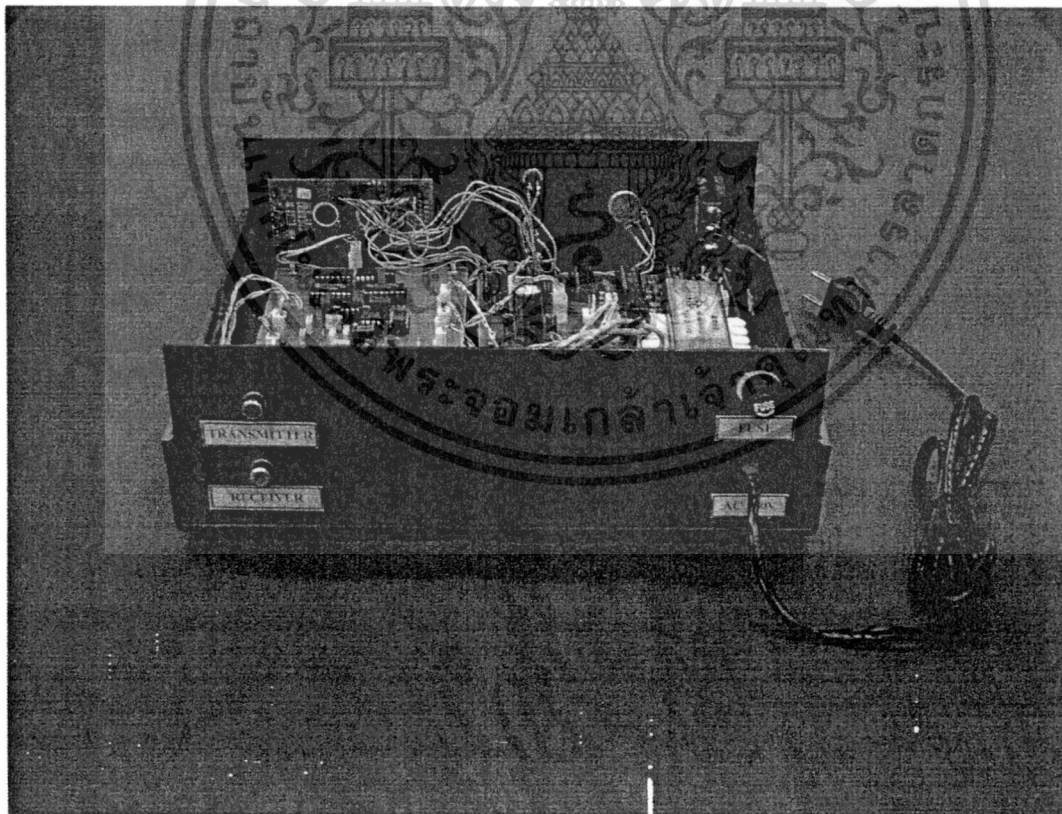


รูปที่ ข2 ด้านหน้าของต้นแบบระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข3 ด้านบนของต้นแบบระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก



รูปที่ ข4 ด้านหลังของต้นแบบระบบวัดปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

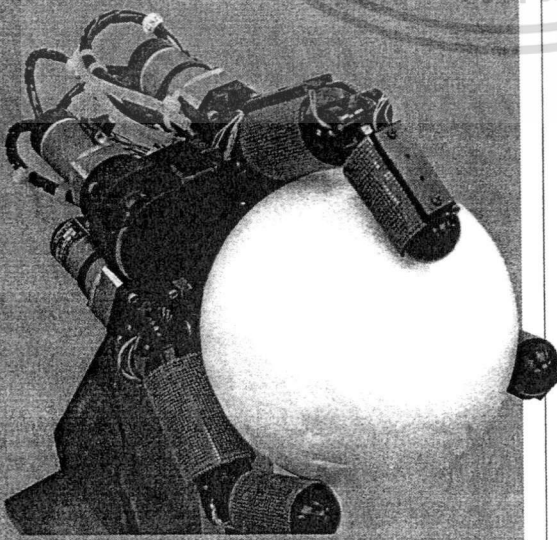
ภาคผนวก ค
ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

<http://www.sice.or.jp/sice2008/>

SICE Annual Conference 2008

International Conference on Instrumentation,
Control and Information Technology

Final Program and Papers
Aug. 20 (Wed.) ~ 22 (Fri.)
The University of Electro-Communications (UEC),
Chofu, Tokyo, JAPAN



Organized by

The Society of Instrument and Control Engineers (SICE), Japan

Supported by

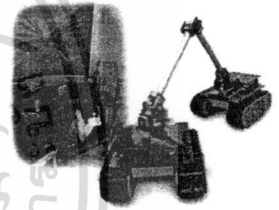
Chofu City, The Univ. of Electro-Communications, Japan

Technically Co-Sponsored by

IEEE/IES, IEEE/RAS, IEEE/CSS, IEEE/SMC, The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA), Institute of Control, Robotics and Systems (ICROS).

In association with

China Instrument and Control Society (CIS), Chinese Association of Automation (CAA), Chinese Automatic Control Society (CACS), International Measurement Confederation (IMEKO), IEEE Japan Council, IFAC NMO-Japan



Message

SICE2008 Committee

Plenary and Invited Talks

Program and Papers

Overview (Program at a Glance)

Session table

Presentation order

Abstracts and Final Papers

Authors Index

Interactive OS

Workshop

Special Event

Exhibition

Laboratory Tours

Welcome Reception, Banquet, Farewell Party

Information

General Information

Campus Map



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1B02-2	Homography-Based Image Mosaicing by Using EM Algorithm for Removing Inconsistent Overlaid Regions *Takeaki Iiyoshi (UEC), Wataru Mitsuhashi (UEC)	13:35	13:55	
1B02-3	Moment-Based Human Motion Recognition from the Representation of DMHI Templates *Md.AbdurRahman Ahad (Kyushu Inst. Tech.), T. Ogata (Kyushu Inst. Tech.), J.K. Tan (Kyushu Inst. Tech.), H.S. Kim (Kyushu Inst. Tech.), S. Ishikawa (Kyushu Inst. Tech.)	13:55	14:15	
1B02-4	Image Sequence Restoration Based on State Space Model Identification *Xin Lu (Iwate Univ.), Kiyoshi Nishiyama (Iwate Univ.)	14:15	14:35	
1B02-5	Visual Inspection With SVM *Takashi Muroasaki (DENSO Co.), Kuniyasu Yoshida (DENSO Co.), Hiroki Naganuma (System One Co.)	14:35	14:55	
1B03	Signal Processing (2) Chair: Wataru Mitsuhashi (UEC), Worapong Tangsrirat (KMITL)	13:15	15:15	Room03
1B03-1	An Novel Optimal Zero-Correlation Zone Sequence Set and Its Application to Ultrasonic Imaging *Takafumi Hayashi (Univ. of Aizu), Yuichi Takahashi (Univ. of Aizu), Shigeru Kanemoto (Univ. of Aizu)	13:15	13:35	
1B03-2	OTA-Based Electronically Adjustable Floating Positive/Negative Resistor *Wandee Petchmaneelumka (KMITL), Thawatchai Kamsri (NECTEC), Chalempam Wangwiwatthana (KMITL), Vanchai Riewruja (KMITL)	13:35	13:55	
1B03-3	A Voltage/Current Controlled Oscillator Using OTAs and RS Flip Flop Sawai Pongswatd (KMITL), *Amphawan Julsereewong (KMITL), Kitti Tirasesth (KMITL), Hirofumi Sasaki (Tokai Univ.), Yan Shi (Tokai Univ.)	13:55	14:15	
1B03-4	A Voltage-Mode Gray-Code Algorithmic ADC Somjai Arayawat (Rajamangala Univ. of Techn. Isan), Uthan Thubtong (KMITL), Prasit Julsereewong (KMITL), Vanchai Riewruja (KMITL), *Amphawan Julsereewong (KMITL)	14:15	14:35	
1B03-5	A Novel Resolver-to-DC Converter Based on OTA-Based Inverse-Sine Function Circuit *Anucha Kaewpoonsuk (Naresuan Univ.), Wandee Petchmaneelumka (KMITL), Apinal Rerkratn (KMITL), Sirichai Tamaruckwattana (KMITL), Vanchai Riewruja (KMITL)	14:35	14:55	
1B03-6	Ultrasonic Measuring Circuit Using Sample and Hold Method *Apinal Rerkratn (KMITL), Sakolkrit Akejakrawan (Naresuan Univ.), Anucha Kaewpoonsuk (Naresuan Univ.)	14:55	15:15	
1B04	Transportation Systems (1) Chair: Hikaru Shimizu (Fukuyama Univ.), Takeshi Nagae (UEC)	13:15	15:15	Room04
1B04-1	A Q Value-Based Dynamic Programming Algorithm with Boltzmann Distribution *Shanqing Yu (Waseda Univ.), Hongqiang Wang (waseda Univ.), Fengming Ye (waseda Univ.), Shingo Mabu (waseda Univ.), Kaoru Shimada (waseda Univ.), Kotaro Hirasawa (waseda Univ.)	13:15	13:35	
1B04-2	A Global Routing Strategy in Dynamic Traffic Environments with a Combination of Q Value-Based Dynamic Programming and Boltzmann Distribution *Shanqing Yu (Waseda Univ.), Fengming Ye (Waseda Univ.), Hongqiang Wang (Waseda Univ.), shigo Mabu (Waseda Univ.), Kaoru Shimada (Waseda Univ.), Songnian Yu (Shanghai Univ.), Kotaro Hirasawa (Waseda Univ.)	13:35	13:55	
1B04-3	Multi-objective Optimal Route Search for Road Networks by Dynamic Programming *Manoj Kanta Mainali (Waseda Univ.), Kaoru Shimada (Waseda Univ.), Shingo Mabu (Waseda Univ.), Kotaro Hirasawa (Waseda Univ.)	13:55	14:15	
1B04-4	A New Approach for LMTT Navigation by Fuzzy Inference and Ant Colony Algorithm *Xianhui Song (Dong-A Univ.), Hyun Tae Han (Dong-A Univ.), Dong Gi Shin (Dong-A Univ.), Jin Woo Lee (Dong-A Univ.), Kwon Soon Lee (Dong-A Univ.)	14:15	14:35	
1B04-5	A Development of Deterministic Signal Control System in Urban Road Networks *Hikaru Shimizu (Fukuyama Univ.), Masa-aki Kobayashi (Fukuyama Univ.), Haruko Fujii (Yuge National College), Shigekazu Katagiri (Fukuyama Univ.)	14:35	14:55	
1B04-6	Research into a Continuous Type Train Location Detection Method with Three-inductive Wires for Warning Time Optimum Control of Level Crossing *Taiyo Matsumura (Nihon Univ.), Takashi Ono (Nihon Univ.)	14:55	15:15	
1B05	Intelligent Systems (2) Chair: Keiji Tatsumi (Osaka Univ.)	13:15	14:55	Room05
1B05-1	Learning from Errors: A Bio-Inspired Approach for Hypothesis-Based Machine Learning *Dennis Gamrad (Univ. of Duisburg-Essen), Dirk Soeffker (Univ. of Duisburg-Essen)	13:15	13:35	
1B05-2	Integrating Dynamic Track Sectioning into a Hybrid Planning Infrastructure *Alexander Schmidt (Univ. of Paderborn), Philipp Adelt (Univ. of Paderborn), Natascha Esau (Univ. of Paderborn)	13:35	13:55	
1B05-3	Naphtha's Price Forecasting Using Neuro-Fuzzy System *Porntip Visetsripong (The National Institute of Development Administration)	13:55	14:15	
1B05-4	A Stock Trading Model for Multi-Brands Optimization Based on Genetic Network Programming with Control Nodes *Yan Chen (Waseda Univ.), Etsushi Ohkawa (Waseda Univ.), Shingo Mabu (Waseda Univ.), Kaoru Shimada (Waseda Univ.), Kotaro Hirasawa (Waseda Univ.)	14:15	14:35	
1B05-5	Traffic Flow Prediction with Genetic Network Programming *Wei Wei (Waseda Univ.), Huiyu Zhou (Waseda Univ.), Manoj Kanta Mainali (Waseda Univ.), Kaoru Shimada (Waseda Univ.), Shingo Mabu (Waseda Univ.), Kotaro Hirasawa (Waseda Univ.)	14:35	14:55	
1B06	Computational Intelligence (1) Chair: Takehiko Ogawa (Takushoku Univ.)	13:15	13:55	Room06
1B06-1	Fuzzy C-Means Clustering for DNA Computing Readout Method Implemented on LightCycler System Muhammad Faiz Mohamed Saaid (Universiti Teknologi Malaysia), *Zuwairie Ibrahim (Universiti Teknologi Malaysia), Nor Haniza Sarmin (Universiti Teknologi Malaysia), John A. Rose (Ritsumeikan Asia Pacific Univ.)	13:15	13:35	
1B06-2	Prototype Selection Based on Minimal Consistent Subset and Genetic Algorithms *Boontee Kruatrachue (KMITL), Marut Hongsamart (KMITL)	13:35	13:55	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1B03

Signal Processing (2)

Time: 13:15-15:15
Place: Room03

Chair: Wataru Mitsuhashi (UEC), Worapong Tangsrirat (KMITL)

13:15-13:35 1B03-1

An Novel Optimal Zero Correlation Zone Sequence Set and Its Application to Ultrasonic Imaging

*Takafumi Hayashi (Univ. of Aizu),
Yuichi Takahashi (Univ. of Aizu),
Shigeru Kanemoto (Univ. of Aizu)

The present paper introduces the construction of sequences having a zero-correlation zone. The proposed sequence set can be generated from an arbitrary perfect sequence of length $k(2n-1)$ for $k > 0$ and $n > 0$. The proposed zero-correlation zone sequence set satisfies the theoretical bound of the sequence member size for the zero-correlation zone and the sequence period (an optimal zero-correlation zone sequence set). The proposed sequence set is applied for a synthetic aperture ultrasonic imaging. The proposed sequence set is suitable for real-time synthetic aperture ultrasonic imaging.

13:35-13:55 1B03-2

OTA Based Electronically Adjustable Floating Positive Negative Resistor

*Wandee Petchmaneeumka (KMITL), Thawatchai Kamsri (NECTEC),
Chaleampan Wangwattana (KMITL), Vanchai Riewruja (KMITL)

This paper presents a method to realize an operational transconductance amplifier (OTA) based adjustable floating resistor. The magnitude of the resulting resistance can be electrically varied by changing the external bias currents of OTAs. The proposed resistor is based on an active network termed dual-output voltage-to-current (DO-V/I) converter, which is the OTA-based voltage-to-current converter with electronically variable property. The realization method provides both a positive and a negative resistance using the same scheme. The proposed design is attractive in the terms of simple configuration and low cost. Experimental results showing the circuit performance based on the use of the commercially available OTAs are included.

13:55-14:15 1B03-3

A Voltage Current Controlled Oscillator Using OTAs and RS Flip Flop

Sawai Pongswatd (KMITL), *Amphawan Juisereewong (KMITL),
Kitti Tirasesth (KMITL), Hirofumi Sasaki (Tokai Univ.),
Yan Shi (Tokai Univ.)

This paper presents an electronic oscillator specially designed to be controlled in oscillation frequency by the control voltage and external bias current signals. The realization technique is simple and inexpensive based on the use of commercial available devices. The proposed circuit consists of operational transconductance amplifiers (OTAs) and an RS Flip Flop to generate tunable sawtooth and square waves. Experimental results verifying the performances of the proposed circuit are in close agreement with the expected values. An application example showing the usefulness of the proposed voltage controlled oscillator in phase-locked loop frequency synthesizer is also introduced.

14:15-14:35 1B03-4

A Voltage-Mode Gray-Code Algorithmic ADC

Somjai Arayawat (Rajamangala Univ. of Techn. Isan),
Uthan Thubtong (KMITL), Prasit Juisereewong (KMITL),
Vanchai Riewruja (KMITL), *Amphawan Juisereewong (KMITL)

This paper presents a design technique of a Gray-code algorithmic analog-to-digital converter (ADC) operating in voltage mode. The realization method is based on the use of commercial available devices. The proposed converter comprises the operational transconductance amplifiers (OTAs), diodes, resistors, and voltage comparator to synthesize the triangular-like DC transfer characteristic and digital output for one-bit cell ADC. An N-bit resolution can be simply implemented by cascading the N proposed one-bit cells. Experimental results verifying the circuit performances are agreed with the theoretical values.

14:35-14:55 1B03-5

A Novel Resolver to DC Converter Based on OTA Based Inverse Sine Function Circuit

*Anucha Kaewpoonsuk (Naresuan Univ.),
Wandee Petchmaneeumka (KMITL), Apinai Rekratn (KMITL), Sirichai
Tammaruckwattana (KMITL), Vanchai Riewruja (KMITL)

A new technique for realizing the resolver-to-DC converter using the OTA-based inverse-sine function circuit is presented. The proposed converter comprises the demodulator, absolute detector, minimum detector, unity-gain amplifier, controlled signal logic circuit, and OTA-based inverse-sine function circuit. The output voltage is linearly proportional to the resolver angle with maximum absolute error of about 0.195%, which is less than the error from the conventional resolver-to-DC converter based on the similar OTA-based inverse-sine function circuit. PSpice simulation and experimental results verifying the performances of the proposed circuit are in close agreement with the expected values.

14:55-15:15 1B03-6

Ultrasonic Measuring Circuit Using Sample and Hold Method

*Apinai Rekratn (KMITL),
Sakolkrit Akejakrawan (Naresuan Univ.),
Anucha Kaewpoonsuk (Naresuan Univ.)

This paper presents the simple ultrasonic measuring circuit using sample and hold method. The proposed method is to measure the transit time of ultrasonic wave in fluid. The system consists of the pulse generator circuit, amplifier circuits, band pass filter, detector circuit, comparator circuit, timing circuit, saw-tooth generator circuit, and sample and hold circuit. The voltage output signal of the proposed technique is proportional to the transit time. The sugar solution with differential concentrations was measured in our experiment as an illustrative case study. Experimental results show that the proposed method can measure the transition time of the ultrasonic signal with satisfied sensitivity and good linearity.

Ultrasonic Measuring Circuit Using Sample and Hold Method

Apinai Rerkratn¹, Sakolkrit Akejakrawan², and Anucha Kaewpoonsuk²

¹ Electronics Research Center, Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Chalongkrung Rd, Ladkrabang, Bangkok, 10520, Thailand.

(Tel +66 -2-739-0643, Fax +66-2739-2384, Email : apinai@yahoo.com)

² Department of Physics, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand
(Tel: +66-5-526-1000-4; E-mail: anuchak@nu.ac.th)

Abstract: This paper presents the simple ultrasonic measuring circuit using sample and hold method. The proposed method is to measure the transit time of ultrasonic wave in fluid. The system consists of the pulse generator circuit, amplifier circuits, band pass filter, detector circuit, comparator circuit, timing circuit, saw-tooth generator circuit, and sample and hold circuit. The voltage output signal of the proposed technique is proportional to the transit time. The sugar solution with differential concentrations was measured in our experiment as an illustrative case study. Experimental results show that the proposed method can measure the transition time of the ultrasonic signal with satisfied sensitivity and good linearity.

Keywords: Ultrasonic, Transit time, Sample and hold.

1. INTRODUCTION

Ultrasonic measurements have been widely used for food characterization including measurements of the concentration of simple solutions, density of liquid component, emulsion droplet size, meat composition, and temperature. Ultrasonic sensors are, in many cases, ideal for on-line applications[1-4]. The speed of sound in fluid depends on the density of fluid. Therefore, the concentration of all diluted or mixed substances can be measured by the ultrasonic measurement. The measurement of the transit time of the ultrasonic signal in fluid allows the determination of the sound speed of sound in this fluid. There are several techniques to measure the transit time of ultrasonic signal such as phase evaluation measuring method, pulse measuring method, and frequency multiplication method [1-2]. However, these approaches have the complicated configurations. To minimize the number of devices in transit time measurement, the ultrasonic measuring circuit using sample and hold method is presented in this paper. The voltage output signal of the proposed technique is proportional to the transit time. The sugar solution with differential concentrations was measured in our experiment to confirm the performances of the proposed technique.

Experimental results verify that the proposed method can be applied to measure the transition time of the ultrasonic signal with good performances.

2. THE PROPOSED CIRCUIT

The proposed ultrasonic measuring circuit using sample and hold method is shown in Fig. 1. The system consists of the pulse generator circuit, two amplifier circuits, band pass filter, detector circuit, comparator circuit, timing circuit, sawtooth generator circuit, and sample and hold circuit. The generated pulses from the pulse generator are applied to the first amplifier and sawtooth generator. The output signal of

the pulse generator is amplified by the first amplifier to yield the pulse signal of 20 V peak amplitude. The amplified signal is then applied to the ultrasonic transmitter for generating the ultrasonic wave. The time of propagation of the ultrasonic wave from the transmitter to the receiver is varied by the concentration of the tested solution. The receiver output is amplified by the second amplifier to increase the output level before sending to the band-pass filter. The amplitude of the filter output is detected by using the detector circuit to compare with the reference voltage ($V_{reference}$). The comparator output is supplied to the timing circuit for generating two pulse signals. One pulse signal is used to control the sample and hold circuit [5]. Another pulse becomes the reset signal of the saw-tooth generator. The sawtooth waveform is sampled and thus transmitted to the output node (O/P). The last value sampled is held until the sawtooth signal is sampled again. Thus the output voltage is varied by the sampling period, which is directly proportional to the transit time

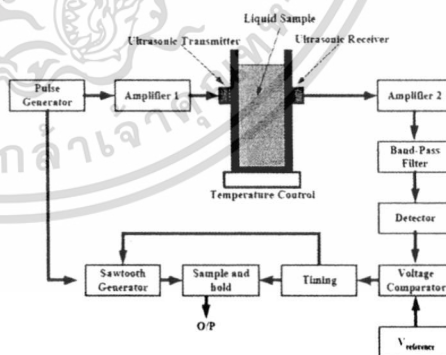


Fig. 1 Block diagram of proposed ultrasonic measuring circuit using sample and hold method.

3. CIRCUIT DESCRIPTION

From the proposed circuit as shown in Fig. 2. the pulse generator circuit employs LM555, C9013, and IRF840 integrated circuits to generate the pulses to drive the ultrasonic transmitter. The measured signals from this circuit are illustrated in Fig. 3.

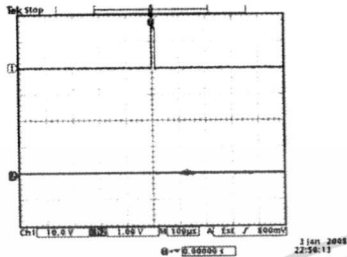


Fig. 3 Measured signals of the pulse generator circuit.

From Fig. 3, the upper trace shows the output signal of the pulse generator circuit and the lower trace shows the measured signal of the ultrasonic transmitter.

The output signal of the ultrasonic receiver as shown in Fig.4 was amplified by using two OP37 devices.

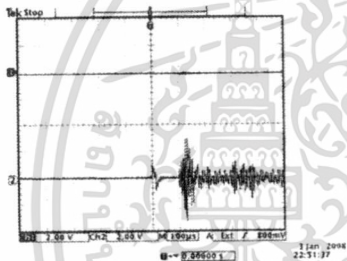


Fig. 4 Output signal of the amplifier circuit.

Fig. 4 shows the measured results of the signals of the amplifier circuit. The upper trace shows the sampling of the ultrasonic receiver output whereas the lower trace shows the signal of the amplifier circuit.

From the proposed circuit in Fig 2., the sample and hold circuit based on LM555, CD4528, and CD4066 devices was employed for sampling the signal to output node(O/P). The measured signals from the sample and hold circuit are shown in Fig. 5

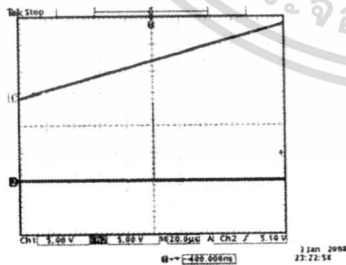


Fig. 5 Measured signals the sample and hold circuit.

From Fig. 5, the upper trace shows the measured signal of the sawtooth generator circuit, and the lower trace shows sampling signal.

The output signal of the sample and hold circuit are shown in Fig. 6.

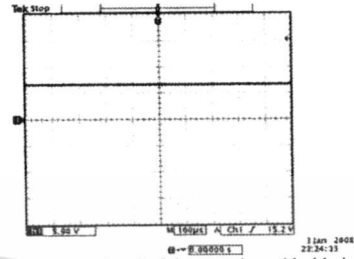
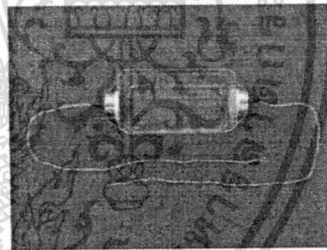


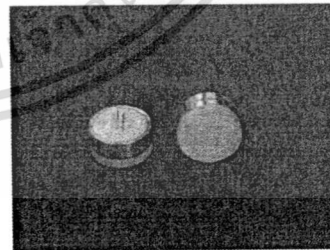
Fig. 6 Output signal of the sample and hold circuit.

4. SENSOR USED IN THE EXPERIMENT

The vessel of the tested solution in Fig.7(b) is a rectangular box connected with two ultrasonic sensors as shown in Fig. 7(b) The dimensions of the vessel are 150 millimeters in length, 50 millimeters in width, and 50 millimeters in height. In addition, the vessel was made from plastic of 1 millimeter in thick. The plastic vessel is preferred because it has low attenuation and its internal reflection is lower than that of glass. Each ultrasonic sensor is mounted on the periphery of the vessel by using the of little honey. The ultrasonic sensors used in this paper are the ultrasonic ceramic transducers with the frequency of 100 kHz.



(a) Vessel of the tested solution.



(b) Ultrasonic sensors.

Fig. 7 Vessel and sensors for our experiment.

5. EXPERIMENTAL RESULTS

The performances of the proposed method were studied through the experiment by using the sugar solution with differential concentrations. The procedure for each measurement can be explained as follows.

(1) Prepare the solution with six difference concentrations in 20 °C water, i.e. 0 g/ml, 0.1 g/ml, 0.2 g/ml, 0.3 g/ml, 0.4 g/ml, and 0.5 g/ml.

(2) Fill the solution in the vessel.

(3) Measure and record the transit time by using the oscilloscope at the ultrasonic transmitter and receiver.

(4) Measure and record the output voltage of the sample and hold circuit.

The relations between the transit time and the sugar concentration, the output voltage and the sugar concentration, and the transit time and the output voltage are shown in Fig. 8(a), 8(b), and 8(c), respectively. It is evident that output voltage is directly proportional to the transit time with linear relation.

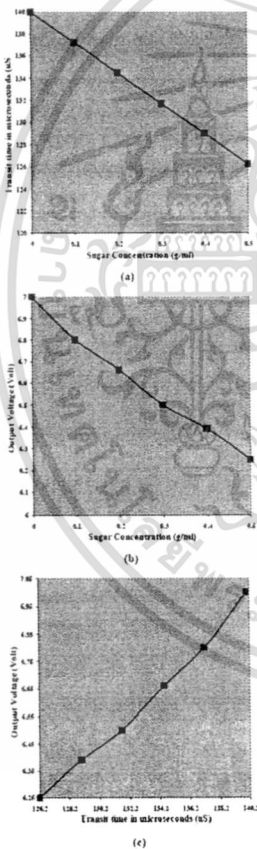


Fig. 8 Experimental results

6. CONCLUSION

The ultrasonic measuring circuit using sample and hold method has described in this paper. The proposed technique is simple and expensive. Experimental results show that the proposed technique can function correctly and measure the transit time of ultrasonic signal with good results.

7. ACKNOWLEDGEMENT

The authors would like to thank the National Research Council of Thailand for financial support.

REFERENCES

- [1] Stefan Kocis and Zdenko Figura, "Ultrasonic Measurement and Technologies", Shapman&Hall, 1992.
- [2] K. Imano, D. Okuyama, and N. Chubachi., "Technique of Measuring Sound Velocity in Liquid and Solid Materials using Frequency Multiplication Type Ultrasonic Correlation System". Electronics Letters. 15th August 1991 Vol.27 No.17, pp. 1562-1564.
- [3] Alf Puttmer, Peter Hauptmann, and Bernd Henning, "Ultrasonic Density Sensor for Liquids", Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control, IEEE Transactions on Volume 47, Issue 1, Jan. 2000 Page(s):85 - 92.
- [4] Alf Puttmer, Peter Hauptmann, and Bernd Henning, "Ultrasonic Measurement of Density of Liquids flowing in tubes", 1995 IEEE Ultrasonics Symposium, Volume 2, 7-10 Nov. 1995 Page(s):1105 - 1108.
- [5] Behzad Razavi, "Design of sample-and-hold amplifiers for high-speed low-voltage A/D converters", Custom Integrated Circuits Conference, 1997., Proceedings of the IEEE 1997, 5-8 May 1997 Page(s):59 - 66.