

เครื่องวัดค่าอิมพีแดนซ์ของน้ำนมยูเอชที

Impedance Measurements for Testing UHT Milk



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
โดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีการละเมิดให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 55659.....
วันเดือนปี 24 พ.ศ. 2548.....

i.....

ปริญญาโทปีการศึกษา 2546

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องวัดค่าอิมพีแดนซ์ของน้ำมันยูเอชที

ผู้จัดทำ นาย ภาณุมาศ รัตนเดธา

นาย ยุทธชัย รัตนรัตน์



อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ คงศักดิ์ อนันตธีรรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดค่าอิมพีแดนซ์ของน้ำนมยูเอชที

โดย

นาย ภาณุมาศ รัตนเดระ

นาย ยุทธชัย รัตนรัตน์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ คงศักดิ์ อนันตศิริบุญรัตน์

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอถึง วงจรออสซิลเลทอย่างง่าย ที่ใช้ตรวจสอบค่าอิมพีแดนซ์ของอาหารหรือสารตัวกลาง ซึ่งในโครงการเป็นวงจรที่ใช้ตรวจสอบค่าอิมพีแดนซ์ของอาหารที่บรรจุอยู่ในกล่องพลาสติก โดยอาศัยการวัดการเปลี่ยนแปลงค่าความนำของอาหารที่บรรจุอยู่ในกล่องพลาสติกนั้นๆ ค่าอิมพีแดนซ์ของอาหารที่บรรจุอยู่ในกล่องพลาสติกซึ่งมีค่าเท่ากับ ตัวต้านทานต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุ ค่าอิมพีแดนซ์นี้จะถูกนำไปเป็นส่วนประกอบของวงจรออสซิลเลทเพื่อที่จะให้เข้าสู่เงื่อนไขการออสซิลเลทและไม่ออสซิลเลท ส่วนวงจรออสซิลเลทที่ใช้คือ วงจร current-feedback operational amplifier (CFOA)

TEST INSTRUMENT OF UHT MILK

By

Mr. Panumat Ratanatara

Mr. Yuthachai Rattanarat

Advisor

Kongsak Anuntahiranrat

ABSTRACT

In this project , we present a simple circuit for measuring impedance based on an oscillator. The circuit is intended for testing the sterility of the plastic bottle food products , where it must measure the conductivity charges of the plastic bottle food in a nondestructive way. The measured impedance in modeled as a resistor representing the conductivity of the food in series with a capacitor. The oscillator is build with fast current-feedback operational amplifiers(CFOA). To measure the resistive component of the impedance.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	i
กิตติกรรมประกาศ.....	iii
สารบัญ	iv
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการจัดทำโครงงาน	2
1.3 ขั้นตอนการศึกษาและจัดทำโครงการ	2
1.4 เนื้อหาที่จะกล่าวในปฏิญานพนธ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	4
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับนม	4
2.2 ทฤษฎีตัวเก็บประจุ	11
2.3 ออสซิลเลเตอร์ (OSCILLATOR)	15
บทที่ 3 หลักการออกแบบ	22
3.1 ขั้นตอนการทำงาน	22
3.2 ไฟล์ชุดการทำงาน	23
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	24
4.1 ผลการทดลองวัดค่าอิมพีแดนซ์ของนม	24
4.2 ผลการทดลองการเกิดการ Oscillate ของนมเสีย	26
4.3 ผลการทดลองการไม่เกิดการ Oscillate ของนมดี	28
4.4 ผลการทดลองเปรียบเทียบออปแอมป์	30
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและแนวทางการพัฒนา	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของตัวเก็บประจุ	11
รูปที่ 2.2 แสดงพื้นที่ของแผ่นเพลท	12
รูปที่ 2.3 ออสซิลเลทเตอร์เปลี่ยนกระแสตรงเป็นกระแสสลับ	15
รูปที่ 2.4 อุปกรณ์กำหนดความถี่	18
รูปที่ 2.5 การป้อนกลับทางบวก	19
รูปที่ 2.6 แสดงรูปวงจร current – feedback operation amplifiers	21
รูปที่ 4.1 แสดงรูปวงจร current – feedback operation amplifiers เพื่อทำ Rx	26
รูปที่ 4.2 แสดงรูปคลื่นการออสซิลเลท	27
รูปที่ 4.3 แสดงรูปวงจร current + feedback operation amplifiers โดยเปลี่ยนค่า C	28
รูปที่ 4.4 แสดงรูปคลื่นการไม่ออสซิลเลท	29
รูปที่ 4.5 แสดงรูปวงจร current – feedback operation amplifiers โดยเปลี่ยนเมอร์ออปแอมป์	30



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของวัสดุต่างๆ	13
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าอิมพีแดนซ์ของนมยูเอชทีสภาพดี	24
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าอิมพีแดนซ์ของนมยูเอชทีสภาพเสีย	25
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความถี่จากการเปลี่ยนเบอร์ออปแอมป์	31



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ปัจจุบันนมพร้อมดื่มหรือนมสดที่จำหน่ายให้กับผู้บริโภคมีมากมายหลายชนิด และแต่ละชนิดก็มีประโยชน์ต่อร่างกายมากน้อยต่างกัน คนไทยส่วนใหญ่จึงเห็นความสำคัญของการบริโภคนม นมยูเอชทีก็เป็นนมอีกชนิดหนึ่งที่นิยมบริโภคกันมาก เพราะฉะนั้นผู้จัดทำจึงมีความสนใจที่จะศึกษาในเรื่องของวิธีการตรวจสอบสภาพนมยูเอชทีโดยทำเครื่องวัดค่าอิมพีแดนซ์ของน้ำนมยูเอชที เพื่อสามารถตรวจสอบนมก่อนการบริโภคได้

มีหลากหลายวิธีในการตรวจสอบสภาพนมยูเอชที เช่นการตรวจด้วยความรู้สึก การตรวจสอบความเป็นกรดหรือการตรวจหาจุลินทรีย์ ซึ่งแต่ละวิธีได้มีผู้เชี่ยวชาญและทดลองปฏิบัติกันมาแล้วแต่ยังไม่มีการทดสอบด้วยการวัดค่าอิมพีแดนซ์ของน้ำนมยูเอชทีดังนั้นผู้จัดทำจึงได้ทำเครื่องวัดค่าอิมพีแดนซ์ของน้ำนมยูเอชทีโดยอาศัยหลักการของตัวเก็บประจุเป็นแนวทางในการทดลองตลอดทั้งภาคเรียน

หลักการของตัวเก็บประจุอธิบายได้ดังนี้ ตัวเก็บประจุประกอบด้วยแผ่นเพลทสองแผ่นประกบกันและมีไดอิเล็กทริกชั้นกลาง จากนั้นเมื่อทำการป้อนแรงดันให้ตัวเก็บประจุจะทำให้เกิดการประจุ จากหลักการเดียวกันผู้จัดทำจึงใช้แผ่นเพลททองแดงสองแผ่นมาประกบกันโดยให้นมยูเอชทีเป็นตัวชั้นกลางจึงเกิดวงจรปิดของตัวเก็บประจุขึ้นมา จากนั้นทำการป้อนแรงดันให้กับวงจรทำให้เกิดความจุขึ้นมาแล้วทำการวัดค่าอิมพีแดนซ์ เพราะฉะนั้นจึงนำค่าอิมพีแดนซ์ที่ได้ไปสร้างเครื่องวัดค่าอิมพีแดนซ์ของน้ำนมยูเอชที โดยใช้วงจรออสซิลเลตเป็นตัวกำหนดสภาพน้ำนมยูเอชที

1.2 วัตถุประสงค์ของการจัดทำโครงการ

- 1) เพื่อศึกษาถึงค่าอิมพีแดนซ์ของน้ำนมสภาพดีที่ยังไม่หมดอายุและน้ำนมสภาพเสียที่หมดอายุแล้ว
- 2) เพื่อศึกษาถึงการทดสอบน้ำนมยูเอชทีกับการเกิดการออกซิเดชันเพื่อกำหนดสภาพน้ำนมว่าดีหรือเสีย
- 3) เพื่อทำการทดลองใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวัดทางอิเล็กทรอนิกส์ในห้องทดลองให้สามารถทำงานร่วมกันได้
- 4) เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบและใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาต่อไป

1.3 ขั้นตอนการศึกษาและการจัดทำโครงการ

เริ่มต้นจากศึกษาเรื่องของน้ำนมยูเอชทีทั้งน้ำนมดีและน้ำนมเสียว่ามีค่า อิมพีแดนซ์แตกต่างกันอย่างไร จากนั้นศึกษาการทำงานของตัวเก็บประจุเพื่อนำไปเป็นอุปกรณ์ในวงจรออกซิเดชัน ขั้นตอนมาศึกษาวงจรออกซิเดชันแล้วทำการประกอบวงจรออกซิเดชันขึ้นมา สุดท้ายกำหนดเงื่อนไขในการออกซิเดชัน

1.4 เนื้อหาที่จะกล่าวในปริญญานิพนธ์

ในส่วนของเนื้อหาบทที่ 2 เป็นความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับนม , ตัวเก็บประจุ , วงจรออสซิลเลท ว่ามีหลักการทำงานอย่างไร บทที่ 3 อธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนการทำงาน และ ผังภูมิการทำงาน บทที่ 4 เป็นผลการทดลองและวิเคราะห์ผลที่ได้ซึ่งประกอบด้วยผลการทดลองที่ละขั้นตอน และในบทที่ 5 เป็นการสรุปผลการทดลองรวมถึงแนวทางพัฒนาปรับปรุงต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับนมและผลิตภัณฑ์นม

น้ำนม หมายถึง ของเหลวสะอาดบริสุทธิ์ กลั่นได้จากเต้านมโคที่มีสุขภาพสมบูรณ์ ปราศจากโคโลสตรัม โดยในทางเคมีนั้นน้ำนมจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบต่าง ๆ

2.1.1 องค์ประกอบของน้ำนม

น้ำ : น้ำทำหน้าที่ให้ของเหลวทั้งหมดในนม (total solid) และวิตามินบางชนิด ละลายอยู่ในรูปสารละลายหรือสารแขวนลอย น้ำในน้ำนมมีประมาณ 87% ทั้งในชั้นกับของแข็ง ทั้งหมดที่มีอยู่ในนม

ไขมัน : ไขมันมีความสำคัญในแง่เศรษฐกิจ เพราะการซื้อขายน้ำนมหรือผลิตภัณฑ์ ในปัจจุบันนี้ใช้ปริมาณไขมันเป็นมาตรฐาน โดยบทบาทอันสำคัญของไขมันในน้ำนมก็คือ เกี่ยวกับรสชาติของนมและผลิตภัณฑ์นมไขมันนั้นไม่สามารถจะใช้ไขมันราคาถูกชนิดอื่นใดมาทดแทนกันได้และยังมีความสำคัญเกี่ยวกับ texture ของผลิตภัณฑ์ เช่น ความนุ่ม (soft) ความละมุนละไม (smooth) แต่ในทางตรงกันข้ามก็อาจเป็นปัญหาให้น้ำนมและผลิตภัณฑ์เสียรสได้ เช่น รสหืน

โปรตีน : โปรตีนในน้ำนมประกอบไปด้วยกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายเป็นจำนวนมากและปริมาณที่มีสูงเกือบเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย โดยโปรตีนที่พบมากที่สุดคือน้ำนมคือ เคซีน ซึ่งเป็นโปรตีนที่พบอยู่ในน้ำนมเท่านั้น

น้ำตาลแลคโตส : แลคโตสเป็นคาร์โบไฮเดรตหลักในน้ำนมซึ่งมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมไอศกรีม นมข้น และนมผงเป็นอย่างมาก เนื่องจากในผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีอัตราส่วนของแลคโตสค่อนข้างสูง

แร่ธาตุ : ในทางโภชนาการแล้วถือว่าแคลเซียมและฟอสฟอรัสมีความสำคัญมากที่สุดคือน้ำนมทั้งหมดคือน้ำนม นอกจากนี้แล้วยังมีโปตัสเซียม โวเดียม แมกนีเซียม และคอลลอยด์ ซึ่งหากมีปริมาณคอลลอยด์สูงกว่าปกติแสดงว่าน้ำนมที่รีดได้มาจากโคที่เป็นโรคเต้านมอักเสบ

สารประกอบอินทรีย์ : สารประกอบอินทรีย์ที่พบในน้ำนมมีปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เช่น สารประกอบที่แปรสภาพมาจากอาหารสัตว์ สารประกอบที่เกิดขึ้นในกระบวนการสังเคราะห์น้ำนม เช่น กรดอะมิโน กรดอะมิโน รงมทั้งแอมโมเนีย ตลอดจนสารที่ได้จากการย่อยสลายเอมไซม์ ได้แก่ ซัลไฟด์ เมอร์คัปแทนท์ และสารประกอบคาร์บอนิล

2.1.2 คุณสมบัติของนม

สีของนม : น้ำนมมีสีที่แตกต่างกันตั้งแต่สีขาวออกน้ำเงินจนเกือบเหลืองทอง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธ์ ปริมาณไขมัน ของแข็งที่ไม่รวมไขมัน และธรรมชาติของอาหารที่วัวกินเข้าไปโดยส่วนที่เป็นสีขาวนั้นจะเป็นสีของเคซีน ส่วนสีเหลืองที่ปนอยู่ซึ่งอาจเป็นสีขาวเหลืองหรือเหลืองอมขาวนั้นเป็นสีของครีมซึ่งเกิดจากแคโรทีนอยด์ในน้ำนม ถ้าตักตะกอนแล้วแยกเอาเคซีนออกไปน้ำใส ๆ ที่เหลือจะมีสีฟ้าหรือเขียวอ่อน ซึ่งเป็นสีของแล็กโทฟลาวิน (lactoflavin) หรือ ไรโบฟลาวิน (riboflavin) ในน้ำนม

รสและกลิ่นของน้ำนม : จะมีกลิ่นเฉพาะซึ่งระเหยไปทันทีเมื่อนมถูกอากาศ ส่วนรสนั้นมีรสหวานเล็กน้อย

ความเหนียว : ความเหนียวเกิดจากเคซีนในน้ำนม จึงได้มีการทำกาวจากเคซีน

สัมประสิทธิ์ของการขยายตัว : น้ำนมจะขยายตัวเมื่อถูกความร้อนและหดตัวเมื่อเย็น

ความเป็นกรด : ในธรรมชาติแล้วน้ำนมมีฤทธิ์เป็นกรดเล็กน้อย มีค่า pH ระหว่าง 6.3 - 6.9 วัวที่เป็นโรคเต้านมอักเสบมีผลทำให้น้ำนมที่รีด ได้มีค่าเป็นด่าง จึงสามารถใช้ค่าความเป็นกรดบ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำนมได้

ความถ่วงจำเพาะ : ความถ่วงจำเพาะของน้ำนมมีค่าระหว่าง 1.027-1.035 และมีค่าเฉลี่ย 1.032 ที่อุณหภูมิ 20 °C ถ้ามีการเติมน้ำลงในน้ำนมความถ่วงจำเพาะจะมีค่าลดลง

จุดเยือกแข็ง : น้ำนมมีจุดเยือกแข็งต่ำกว่าน้ำเพราะมีองค์ประกอบต่าง ๆ ละลายอยู่ จุดเยือกแข็งของน้ำนมมีค่าเท่ากับ -0.55 °C จุดเยือกแข็งของน้ำนมใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบดูว่ามีการเติมน้ำเจือปนลงในน้ำนมหรือไม่

จุดเดือด : จุดเดือดของน้ำนมมีค่าเท่ากับ 100.17 °C

ดัชนีการหักเหของแสง (Refractive index) : ดัชนีหักเหของน้ำนมมีค่าเท่ากับ 1.344 - 1.348 โดยถ้ามีการเติมน้ำในน้ำนมจะทำให้ค่าดัชนีลดลง

การนำไฟฟ้า : ในสารละลายน้ำนมมีประจุต่าง ๆ อยู่มากโดยเฉพาะประจุคลอไรด์ ประมาณร้อยละ 70 ประจุเหล่านี้เป็นตัวนำไฟฟ้าแกดิกการนำไฟฟ้าของน้ำนมมีค่าเท่ากับ 0.005 โหมห์ ถ้าสูงตั้งแต่ 0.006 โหมห์ ขึ้นไปอาจกล่าวได้ว่าน้ำนมดังกล่าวมาจากเต้านมของโคที่เป็นเต้านมอักเสบ

2.1.3 ประเภทของนมพร้อมดื่ม

นมพร้อมดื่มหรือนมสดผ่านความร้อนจะเป็นนมสดที่จำหน่ายให้กับผู้บริโภค โดยตรงแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. นมสดพาสเจอร์ไรซ์ (PASTEURIZED MILK) หมายถึง กรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนไม่ต่ำกว่า 63 องศาเซลเซียส และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 30 นาที หรือทำให้ร้อนไม่ต่ำกว่า 72 องศาเซลเซียส และคงอยู่ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 16 วินาที แล้วจึงทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ภายในเวลาที่เหมาะสม ทั้งนี้ต้องผ่านกรรมวิธีทำให้นมสดเป็นเนื้อเดียวกัน

2. นมสดสเตอริไลส์ (STERILIZATION MILK) หมายถึง นมสดที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนไม่ต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส ภายในเวลาที่เหมาะสม ทั้งนี้ต้องผ่านกรรมวิธีทำนมสดให้เป็นเนื้อเดียวกัน

3. นมสดยูเอชที (ULTRA HIGH TEMPERATURE MILK) หมายถึง นมสดที่ผ่านกรรมวิธีฆ่าเชื้อด้วยความร้อนไม่ต่ำกว่า 133 องศาเซลเซียส ไม่น้อยกว่า 1 วินาที แล้วบรรจุลงในภาชนะภายใต้สภาวะที่ปราศจากเชื้อ ทั้งนี้ต้องผ่านกรรมวิธีทำนมสดให้เป็นเนื้อเดียวกัน

อย่างไรก็ตาม การแบ่งประเภทของนมพร้อมดื่มดังกล่าวข้างต้นเป็นการแบ่งจากลักษณะการผลิต ซึ่งถ้าสังเกตนมพร้อมดื่มที่มีจำหน่ายในท้องตลาดจะสามารถแบ่งประเภทของนมพร้อมดื่มออกได้เป็น 2 ประเภท คือ นมไม่ปรุงแต่ง หรือที่เรียกกันว่านมจืด นมพร้อมดื่มประเภทนี้จะผลิตจากนมโคทั้งหมด (100%) ไม่มีส่วนผสมอื่นใดเลย และอีกประเภทหนึ่งคือ นมปรุงแต่ง ซึ่งได้แก่ นมประเภทที่มีรสหวานทั้งหลาย นมพร้อมดื่มประเภทนมปรุงแต่งจะเป็นที่นิยมของผู้บริโภค เนื่องจากการปรุงรสโดยการเติมน้ำตาลจะทำให้ นมพร้อมดื่มมีรสชาติดีขึ้น นอกจากนี้ในปัจจุบันยังนิยมปรุงแต่งสีและกลิ่นของนมอีกด้วย ซึ่งการปรุงแต่งกลิ่นสีของนมพร้อมดื่มนี้ผู้ผลิตมักจะให้สัมพันธ์กัน เช่น นมปรุงแต่งรสกาแฟก็จะแต่งกลิ่นกาแฟ และเปลี่ยนสีนมสดให้มีสีน้ำตาลแก่ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม รสของนมปรุงแต่งนั้นส่วนมากจะมีรสเดียวกับไอศกรีมซึ่งส่วนมากจะเป็นรสผลไม้ สำหรับการปรุงแต่งกลิ่นผู้ผลิตจะนิยมปรุงแต่งกลิ่นด้วยสารสังเคราะห์ที่เรียกว่า ESSENCE

สูตรของนมปรุงแต่งที่ผลิตออกมาจำหน่ายในท้องตลาดนั้นก็มีมากมายหลายสูตรทั้งนี้แล้วแต่ความนิยมของผู้บริโภค แต่จากการสำรวจตลาดพบว่า นมปรุงแต่งที่ได้รับความนิยมมากมีประมาณ 2 สูตร ดังต่อไปนี้

1. นมปรุงแต่งรสช็อกโกแลต นมปรุงแต่งรสนี้ นับเป็นนมที่มีผู้บริโภคนิยมบริโภคมากที่สุด ไม่ว่าจะเป็นกรณีของประเทศไทยแตกต่างประเทศ ซึ่งนมปรุงแต่งรสช็อกโกแลตนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ ประเภทที่มีตะกอนผงโกโก้ และประเภทที่ไม่มีตะกอนผงโกโก้ ส่วนผสมหลักของนมปรุงแต่งรสช็อกโกแลตนี้ คือ นมโคร้อยละ 94 (อาจใช้นมโคพร่องมันเนยหรือนมโคขาดมันเนยแทน) น้ำตาลทรายร้อยละ 5 และผงโกโก้ร้อยละ 1 (รวมทั้งกลิ่นสังเคราะห์และโกโก้ตามความเหมาะสม) สำหรับนมปรุงแต่งประเภทไม่มีตะกอนผงโกโก้จะต้องเติมสารชนิดที่เรียกว่า COCOLOID หรือมีชื่อทางวิชาการว่า SODIUM SLGENATE ซึ่งสกัดได้จากสาหร่ายทะเล ส่วนสารแต่งสีให้เป็นโกโก้คือ คาราเมลหรือน้ำตาลคั่วให้ใหม่

2. นมปรุงแต่งรสกาแฟ นมปรุงแต่งรสนี้ นับเป็นนมที่มีผู้บริโภคนิยมเป็นอันดับสองรองจากนมรสช็อกโกแลต ส่วนผสมจะคล้ายกับนมรสช็อกโกแลต แต่จะใช้ผงกาแฟและ/หรือกลิ่นกาแฟสังเคราะห์ตามความเหมาะสม สำหรับการแต่งสีให้เป็นสีน้ำตาลแก่ก็จะใช้คาราเมลหรือน้ำตาลคั่วให้ใหม่เช่นเดียวกับนมรสช็อกโกแลต

นมปรุงแต่งที่ผลิตขายอยู่ในตลาดปัจจุบัน ความจริงจะเรียกชื่อนมปรุงแต่งก็ไม่ถูกต้องนัก เพราะอยู่ในรูปของนมปรุงแต่ง นมคั้นรูป และนมแปลงไขมัน เนื่องจากไม่ได้ใช้นมโคเป็นวัตถุดิบแต่ใช้นมคั้นรูปเป็นวัตถุดิบแทน นอกจากนี้นมปรุงแต่งในท้องตลาดยังจำแนกประเภทตามกรรมวิธีการผลิต คือ นมปรุงแต่งพาสเจอร์ไรซ์ นมปรุงแต่งสเตอริไลส์ และนมปรุงแต่งยูเอชที

2.1.4 วิธีการตรวจสอบคุณภาพน้ำนม

การตรวจสอบคุณภาพน้ำนมดิบมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะบ่งชี้ถึง ความสด สะอาด บริสุทธิ์ ลักษณะที่ผิดปกติ คุณภาพทางด้านสุขศาสตร์ การปลอมปน และการปนเปื้อนของสารเคมีต่าง ๆ โดยการตรวจสอบนั้นจะเริ่มทำกันที่ศูนย์รับน้ำนมซึ่งเป็นการตรวจสอบคุณภาพน้ำนมดิบที่เกษตรกรนำมาส่งก้อยที่ทางศูนย์จะรับและนำขึ้นชั่งน้ำหนัก ซึ่งวิธีการตรวจสอบมีทั้งที่

สามารถกระทำต่อหน้าเกษตรกรและมีทั้งที่จำเป็นและไม่จำเป็นต้องใช้ห้องปฏิบัติการโดยควรพิจารณาวิธีการตรวจให้เหมาะสมกับสถานการณ์ของแต่ละห้องที่ซึ่งควรเป็นวิธีที่ง่าย ไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก และมีประสิทธิภาพ โดยวิธีที่พิสูจน์แล้วว่าได้ผลดีมีดังต่อไปนี้

การตรวจสอบด้วยความรู้สึกล้มผัส (Sensory Test) : เป็นการตรวจสอบลักษณะภายนอกทั่วไปของน้ำมันดิบ เช่น สี กลิ่น รสชาติ สิ่งสกปรก (ส่วนมากมักมีเศษดิน หรือสารอินทรีย์อื่นติดมา) ลักษณะที่ผิดปกติ (ไม่เป็นเมือก หรือเป็นสายยืด) อุณหภูมิ

การตรวจสอบความเป็นกรด : โดยวิธีทดสอบที่สำคัญ คือ การทดสอบด้วยแอลกอฮอล์ การตกตะกอนเมื่อต้มเดือด และการทำปฏิกิริยากับด่าง

การตรวจสอบองค์ประกอบ : เป็นการตรวจสอบหาปริมาณไขมัน โปรตีน และของแข็งทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำมันดิบ

การตรวจการปลอมปน : ทำได้โดยนำตัวอย่างของน้ำมันที่สงสัยมาเปรียบเทียบกับน้ำมันที่ปกติปราศจากการปลอมปน

Electrical Techniques : วิธีการนี้ใช้คุณสมบัติทางไฟฟ้าของจุลินทรีย์เพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการตรวจหาจุลินทรีย์ในน้ำมันดิบแทนการตรวจนับโดยตรง (Conventional Method) โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธีได้แก่วิธี Impedance (ใช้คุณสมบัติทางด้าน การต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าโดยตรง) วิธี Indirect Impedance (ใช้คุณสมบัติทางด้าน การต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าโดยอ้อม) และวิธี Conductance (ใช้คุณสมบัติทางด้าน การนำไฟฟ้า)

การตรวจหาจุลินทรีย์โดยใช้ Electrical Techniques นี้ในแต่ละวิธีก็จะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป โดยรายละเอียดของวิธีต่างๆ มีดังต่อไปนี้

IMPEDANCE

เป็นการต้านทานในวงจรไฟฟ้าต่อการไหลของไฟฟ้ากระแสสลับที่วัดได้ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการต้านทานจริงของไฟฟ้ากระแสตรง เมื่อจุลินทรีย์เจริญอาหารเลี้ยงเชื้อ ก็จะทำการ Metabolize สารอาหารโมเลกุลใหญ่ เช่น น้ำตาลแลคโตส โปรตีน และไขมัน ซึ่งนำกระแสได้ไม่ดี (ต่ำ) ไปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นที่สามารถนำกระแสไฟฟ้าได้ดีขึ้น เช่น กรดไขมัน กรดอะมิโน และกรดอินทรีย์อื่น ๆ ทำให้ลด Impedance ของน้ำมันดิบ (ตัวกลาง) เมื่อวัดค่า Impedance ของอาหารเลี้ยงเชื้อในแต่ละช่วงเวลาแล้ว จะได้กราฟที่มีรูปร่างค่อนข้างแน่นอนเฉพาะตัวของเชื้อแต่ละสปีชีส์และสายพันธุ์ หากเป็นเชื้อผสมอาจต้องใช้สารยับยั้งการเจริญเข้าช่วยได้ เทคนิคนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ต่ำถึง 10-100 เซลล์ หากเริ่มต้นที่จุลินทรีย์ในน้ำนมดิบที่ทดสอบ 10^5 - 10^7 CFU/ml จะตรวจสอบได้ในเวลาเพียง 3-5 ชั่วโมงเท่านั้น และหากมี 10^4 - 10^5 CFU/ml ใช้เวลา 5-7 ชั่วโมง เป็นต้น เวลาที่ใช้ทั้งหมดเป็นเวลาที่จุลินทรีย์เพิ่มจำนวนขึ้นไปจนถึง 10^6 - 10^7 CFU/ml โดยในทางอุตสาหกรรมเราใช้หลักการนี้มาประยุกต์ใช้เป็นเครื่อง Bactometer

INDIRECT IMPEDANCE

เป็นการตรวจวัดหาอัตราการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แทนการตรวจวัดการเจริญของจุลินทรีย์โดยตรง ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะถูกดูดซับไว้ด้วยด่าง (Alkaline Solution) ทำให้เกิด Electrical Signal ที่ไม่เกี่ยวข้องกับตัวอาหารเลี้ยงเชื้อเลย ขุดนี้ทำให้เราสามารถใส่ Selective Media ได้หลายชนิดและใช้ได้กับตัวอย่างที่มีความเข้มข้นเกลือสูง โดยวิธีนี้ไม่ได้สนใจปริมาณจุลินทรีย์ (Biomass) แต่กลับสนใจกิจกรรม (Activity) ของจุลินทรีย์มากกว่า เพื่อใช้เป็นตัวบอกเวลาที่ใช้ในการทดสอบ (Detection Time) จุลินทรีย์ Facultative Anaerobic ส่วนใหญ่มักใช้กระบวนการหายใจ (Aerobic) หากมีออกซิเจนเพียงพอ ซึ่งจะทำให้คาร์โบไฮเดรตถูกใช้ผ่านวิธี Tricarboxylic Acid (TCA) เพื่อสร้างพลังงานคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ

CONDUCTANCE

เป็นการวัดปริมาณของจุลินทรีย์ เพื่อบ่งบอกปริมาณของจุลินทรีย์โดยการวัดการเปลี่ยนแปลงการนำไฟฟ้า (Conductance) ของอาหารหรือสารตัวกลาง คอนดักแตนซ์นั้นจะแปรผกผันกับจำนวนจุลินทรีย์เริ่มต้น กล่าวคือเมื่อจุลินทรีย์เริ่มต้นด้วยแบคทีเรีย 10^2 CFU/ml จะใช้เวลาตรวจวัด (คอนดักแตนซ์เปลี่ยน, เพิ่มขึ้น) นานกว่าเมื่อเริ่มต้นด้วย 10^8 CFU/ml เป็นต้น วิธีการนี้จึงใช้ทดแทนการตรวจ total count เช่นตรวจสอบว่าน้ำนมดิบมีสิ่งปนเปื้อนมาากน้อยเพียงใด โดยดูจากเวลาในการตรวจหาการเปลี่ยนแปลงคอนดักแตนซ์ หากใช้เวลานานแสดงว่ามีเชื้อปนเปื้อนอยู่น้อย หากใช้เวลาน้อยแสดงว่ามีเชื้อปนเปื้อนอยู่มากและสามารถทราบด้วยการทำการพามาตรฐานระหว่างปริมาณเชื้อกับเวลาไว้ก่อน การทดสอบนี้มีความไว (Sensitivity) ต่ำมากคือแม้ว่าจุลินทรีย์อยู่ประมาณ 1 ตัว ระบบก็สามารถตรวจวัดได้ การตรวจหากิจกรรมของจุลินทรีย์เช่นนี้ทำให้ทราบผลเร็วกว่าและถูกต้องมากกว่าวิธีทางจุลินทรีย์วิทยาทั่วไป (Traditional microbiology methods) โดยให้ผลเพียงไม่กี่ชั่วโมงแทนที่จะใช้เวลานานหลายวัน หลักการทางจุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชีววิทยายังคงไม่เปลี่ยนแปลงการตรวจวัดวิธีนี้นิยมใช้ระบบ Malthus ตรวจหากิจกรรมของจุลินทรีย์
จึงผลิตอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีความเหมาะสมต่อระบบทำให้เกิดผลที่ดีที่สุดและรวดเร็วที่สุดด้วย

RADIOMETRY

คล้ายกับวิธี Impedance and Conductance โดยวิธีนี้จะเป็นการตรวจหาอัตราการผลิต
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งได้จากการที่จุลินทรีย์ทำการ Metabolize คาร์โบไฮเดรต กับ
ออกซิเจน โดยถ้ามีน้ำนมดิบมีปริมาณจุลินทรีย์อยู่มาก ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ก็จะมีมาก
ด้วยเช่นกัน

COLORIMETRY

เป็นการตรวจวัดรังสีในแสงที่ยิงเข้าไปในน้ำนมดิบแล้วสะท้อนกลับออกมาเมื่อมีการ
เปลี่ยนแปลงของค่า pH หรือ ค่า Eh (Oxidation reduction potential) เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของสี
เนื่องจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ เช่น จากใสเป็นดำ ซึ่งทำให้สามารถบอกจำนวนของจุลินทรีย์ได้ ซึ่ง
ความขุ่นของตัวอย่างจะไม่มีผลกระทบต่อ การตรวจวัดสี

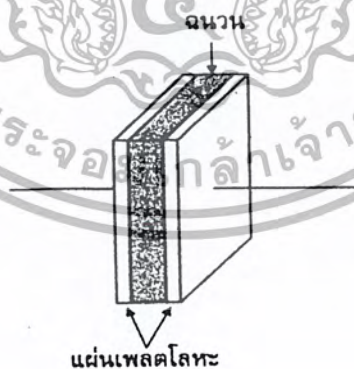


2.2 ทฤษฎีตัวเก็บประจุ

ตัวเก็บประจุประกอบด้วยเพลตโลหะคั่นด้วยฉนวนตั้งแต่ 2 แผ่นขึ้นไป ซึ่งเพลตทุกแผ่นต่างก็ต่อเข้ากับขดลวดเส้นใดเส้นหนึ่งจากจำนวนที่มีอยู่ 2 เส้น ฉนวนไฟฟ้าเรียกว่า ไดอิเล็กทริก (dielectric) ทำหน้าที่กั้นกระแสที่ไหลสม่ำเสมอเมื่อต่อตัวเก็บประจุเข้ากับแบตเตอรี่จะทำให้กระแสไหลเป็นช่วงสั้นๆ และจะเกิดประจุไฟฟ้าสะสมขึ้นบนเพลต กระแสจะหยุดไหลเมื่อความต่างศักย์ของตัวเก็บประจุจะถึงค่าที่ฉนวนจะยอมให้กระแสไหลผ่านได้ การที่ตัวเก็บประจุขงกั้นกระแสที่ไหลสม่ำเสมอแต่ยอมให้กระแสที่เปลี่ยนแปลงไหลผ่านไปได้ทำให้ เรานำไปใช้ในเรื่องการแยกส่วนต่างๆ ของวงจรโดยรักษาความต่างศักย์ที่แตกต่างกันในขณะที่สัญญาณยังคงเดินทางระหว่างส่วนต่างๆ ได้ตัวเก็บประจุเป็นอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับเวลาใช้ควบคุมสิ่งต่างๆ ให้เกิดขึ้นตามลำดับ

โครงสร้างของตัวเก็บประจุ

ประกอบด้วยแผ่น โลหะที่ทำเป็นแผ่นเพลต 2 แผ่นมาวางชิดกันมีฉนวนที่ผลิตมาจากวัสดุต่างชนิดกันมากันกลางแผ่นตัวนำทั้งสองข้างเรียกว่า "ไดอิเล็กทริก"



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัยที่มีผลต่อค่าการเก็บประจุ

ค่าการเก็บประจุจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการ ดังนี้

1. พื้นที่ของแผ่นเพลต
2. ชนิดของไดอิเล็กตริก

พื้นที่ของแผ่นเพลต (A)

ค่าการเก็บประจุเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่ของแผ่นเพลต โดยพื้นที่สามารถคำนวณได้จากการนำเอาความกว้างคูณเข้ากับความยาวของแผ่นเพลต ดังแสดงในรูป จากตัวอย่างจะเห็นว่าแผ่นเพลตในรูป (จ) มีพื้นที่เป็นสองเท่าของแผ่นเพลตในรูป (ก) และค้ำค่าการเก็บประจุเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่ ดังนั้น แผ่นเพลตในรูป (ข) จึงมีค่าการเก็บประจุเป็นสองเท่าของแผ่นเพลตในรูป (ก)



รูปที่ 2.2 แสดงพื้นที่ของแผ่นเพลต

ชนิดของไดอิเล็กตริก (K)

สารไดอิเล็กตริกมีคุณสมบัติเป็นฉนวน และมีผลต่อเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นระหว่างแผ่นเพลต ดังนั้น ชนิดของวัสดุที่นำมาใช้เป็นไดอิเล็กตริกจึงมีผลต่อค่าการเก็บประจุ ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก (Dielectric Constant, K) เป็นค่าที่ใช้แสดงถึงความสามารถในการที่จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นเมื่อนำวัสดุต่างชนิดกันมาทำเป็นฉนวนคั่นระหว่างแผ่นเพลต สุญญากาศเป็นไดอิเล็กตริกที่มีประสิทธิภาพน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับวัสดุชนิดอื่น นั่นคือ มีค่าคงที่ไดอิเล็กตริกเท่ากับ 1

สำหรับไดอิเล็กทริก ชนิดอื่นนั้นจะใช้สุญญากาศเป็นตัวอ้างอิงในการแสดงค่า ตัวอย่างเช่น ไมก้า มีค่าคงที่ไดอิเล็กทริกเท่ากับ 50 หมายความว่า ไมก้าสามารถทำให้เส้นแรงแม่เหล็ก สามารถก่อตัวได้ง่ายกว่าสุญญากาศถึง 5 เท่า และด้วยค่าการเก็บประจุเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าคงที่ไดอิเล็กทริก ดังนั้น ตัวเก็บประจุแบบไมก้าจึงมีค่าการเก็บประจุมากกว่าตัวเก็บประจุที่ใช้สุญญากาศเป็นไดอิเล็กทริกถึง 5 เท่า ส่วนไดอิเล็กทริกของวัสดุชนิดอื่นๆ แสดงในตาราง

วัสดุ	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก (K)
สุญญากาศ	1.0
อากาศ	1.0006
เทฟลอน	2.0
ซีฟิ่ง	2.25
กระดาษ	2.5
อำพัน	2.65
ยาง	3.0
น้ำมัน	4.0
ไมก้า	5.0
เซรามิก	6.0
แบคคาไลต์	7.0
แก้ว	7.5
น้ำ	78.0
นม	69.5
นมพร้อมมันเนย	63

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของวัสดุต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรการคำนวณค่าการเก็บประจุ

ด้วยปัจจัยที่กำหนดค่าการเก็บประจุ ได้แก่ พื้นที่ของแผ่นเพลต ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลตและชนิดของไดอิเล็กตริก ดังนั้นสามารถเขียนใส่การความสัมพันธ์ได้ ดังนี้

$$C = \frac{(8.85 \times 10^{-12}) \times K \times A}{d}$$

โดยที่ C = ค่าการเก็บประจุ มีหน่วยเป็น ฟารัด (F)

K = ค่าคงที่ไดอิเล็กตริก

A = พื้นที่ของแผ่นเพลต มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m²)

d = ระยะห่างระหว่างแผ่นเพลต มีหน่วยเป็น เมตร (m)

8.85×10^{-12} ค่าความเพอร์มิตติวิตี (Permittivity) มีหน่วยเป็น ฟารัด/เมตร (F/m)

ในโครงการนี้ผู้จัดทำได้ทำเซนเซอร์ตัวเก็บประจุขึ้นมา อาศัยหลักการเลียนแบบตัวเก็บประจุ ซึ่งประกอบด้วยแผ่นเพลต 2 แผ่นประกบกันแล้วใช้ไดอิเล็กตริกชั้นกลาง

ขั้นตอนการทำเซนเซอร์ตัวเก็บประจุ

1. การทำแผ่นเพลต ใช้แผ่นเพลตทองแดงสองแผ่นที่มีขนาด กว้าง 3 cm ยาว 10 cm และหนา 0.1 cm เพราะฉะนั้นแผ่นเพลตทองแดงมีพื้นที่(A)เท่ากับ $3 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$ มีค่า 30 cm^2
2. เตรียมนมยูเอชที 1 กลองที่มีความหนา(d) 4 cm ซึ่งนมยูเอชที มีค่าไดอิเล็กตริก(K) 69.5
3. ใช้แผ่นเพลตทองแดงหนีบกลองนม ก็จะได้ตัวเก็บประจุขึ้นมา สามารถหาค่าความจุได้ดังนี้

วิธีทำ คำนวณหาความจุของเซนเซอร์ตัวเก็บประจุ จากสมการข้างบน

$$C = \frac{(8.885 \times 10^{-12} \text{ F/m}) \times 69.5 \times 30 \text{ m}^2}{0.04 \text{ m}}$$

คำตอบ = $0.4613 \mu\text{F}$ ค่าความจุนี้เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณ

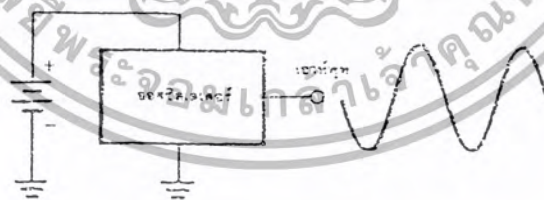
จากนั้นผู้จัดทำใช้เครื่อง RLC อิมพีแดนซ์วัดค่าความจุของตัวเซนเซอร์ตัวเก็บประจุได้ค่า $0.065 \mu\text{F}$ ซึ่งเซนเซอร์ตัวเก็บประจุนี้จะนำไปเป็นส่วนประกอบของวงจรออสซิลเลทต่อไป

2.3 ออสซิลเลเตอร์ (OSCILLATOR)

แอมพลิฟายเออร์ต้องการสัญญาณอินพุท AC สำหรับการสร้างสัญญาณเอาต์พุท AC แต่ออสซิลเลเตอร์ไม่สามารถทำเช่นนี้ได้ ออสซิลเลเตอร์เป็นวงจรที่สร้างสัญญาณ AC และออสซิลเลเตอร์ถูกออกแบบให้สร้างสัญญาณได้หลายแบบเช่น รูปสามเหลี่ยมหรือรูปฟันเลื่อย ช่วงความถี่ของออสซิลเลเตอร์มีตั้งแต่ต่ำกว่า 1 Hz ไปยังมากกว่า 10 GHz ($10 \text{ GHz} = 1 * 10^{10} \text{ Hz}$) รูปคลื่นและความถี่ขึ้นอยู่กับการใช้งาน ออสซิลเลเตอร์มีการออกแบบได้หลายวิธีจะขอกล่าวถึงวงจรที่เป็นที่นิยมมากที่สุดและอธิบายการออสซิลเลทที่ไม่ต้องการ

2.3.1 คุณสมบัติของออสซิลเลเตอร์

ออสซิลเลเตอร์เป็นวงจรที่เปลี่ยน DC เป็น AC ซึ่งแสดงในรูป 2.3 อินพุทที่ไปยังออสซิลเลเตอร์เป็น DC เมาเวอร์ชันพลาซและเอาต์พุทเป็นคลื่น AC รูปไซน์ ออสซิลเลเตอร์ส่วนมากเป็นแอมพลิฟายเออร์ที่มีการป้อนกลับถ้าการป้อนกลับเป็นบวก ดังนั้นแอมพลิฟายเออร์อาจจะออสซิลเลท (สร้างกระแสสลับ)



รูปที่ 2.3 ออสซิลเลเตอร์เปลี่ยนกระแสตรงเป็นกระแสสลับ

แอมพลิฟายเออร์จะออสซิลเลทถ้าสภาวะต่าง ๆ ถูกต้องเช่น เมื่อปรับ volume control ให้มีค่าสูงมาก ดังนั้นจะมีเสียงรบกวนและมีเสียงหลงเกิดขึ้นซึ่งเป็นการออสซิลเลท การไปอยกกลับในการนี้เมื่อเป็นคลื่นเสียงรบกวนค่าโหม่งๆ ไปยังไมโครโอฟีน แต่ถ้าการไปอยกกลับแบบนี้จะรบกวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบอย่างเช่นตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ คอยล์หรือหม้อแปลง ต่อไปยังอินพุทของแอมพลิฟายเออร์ และต่อไปยังเอาต์พุทของแอมพลิฟายเออร์

การป้อนกลับอย่างเดียวจะไม่รับประกันการออสซิลเลท เราทราบว่าจะบางทีถ้าปรับ volume control ให้ลดลง การออสซิลเลทอาจจะหยุด แต่การป้อนกลับยังคงมีอยู่ ในตอนนี้อัตราขยายมีไม่เพียงพอสำหรับการเอาชนะอัตราการสูญเสียในทางเดิน ของการป้อนกลับ สำหรับการออสซิลเลท อัตราการขยายจำเป็นต้องมีค่ามากกว่าอัตราการสูญเสียในทางเดินของการป้อนกลับและสัญญาณป้อนกลับต้องมีเฟสเดียวกับอินพุทของแอมพลิฟายเออร์ ซึ่งเรียกว่าการป้อนกลับแบบบวก เมื่ออินพุทและเอาต์พุทของแอมพลิฟายเออร์มีเฟสต่างกัน (อย่างเช่น ในแอมพลิฟายเออร์แบบ common-emitter) วงจรป้อนกลับจะมีการสร้างเฟสตรงข้าม

ออสซิลเลเตอร์มีการใช้งานอย่างกว้างขวาง ตัวอย่างบางส่วนเป็นดังข้างล่างนี้

1. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เช่น คอมพิวเตอร์ เครื่องคิดเลข และนาฬิกาข้อมือ ใช้ออสซิลเลเตอร์ในการสร้างสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่ซึ่งเป็นการกำหนดวงจรลอจิกชนิดต่าง ๆ ร่วมกัน
2. เครื่องกำเนิดสัญญาณในออสซิลเลเตอร์ที่สร้างควมดีและรูปคลื่นซึ่งใช้ในการทดสอบ วัดขนาด หรือแก้ปัญหาในระบบอิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ
3. โทรศัพท์แบบ touch-tone เครื่องมือวัดเสียงดนตรี และเครื่องส่งที่มีการควบคุมระยะไกลสามารถใช้ออสซิลเลเตอร์ในการสร้างควมดีต่าง ๆ ตามความต้องการ
4. เครื่องส่งวิทยุและเครื่องส่งโทรทัศน์ ใช้ออสซิลเลเตอร์สำหรับการพัฒนาสัญญาณพื้นฐานเพื่อส่งไปยังเครื่องรับ

การใช้งานออสซิลเลเตอร์มีความต้องการแตกต่างกัน ออสซิลเลเตอร์ที่มีเสถียรภาพจะสร้างสัญญาณที่มีแอมพลิจูดและความถี่คงที่ ความต้องการอีกอย่างคือความสามารถในการสร้างช่วงความถี่ออสซิลเลเตอร์แบบปรับควมดีได้ (VFO) เป็นสิ่งที่ต้องการและออสซิลเลเตอร์ที่กล่าว

2.4 วงจรกำเนิดคลื่นรูปไซน์ (Sine Wave Generators)

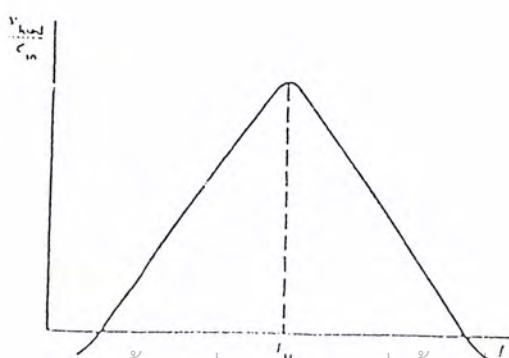
การทดสอบ และการประเมินผลวงจรเชิงเส้นต้องการอินพุทที่เป็นสัญญาณรูปคลื่นไซน์ การสร้างรูปคลื่นไซน์ที่มีความเพี้ยนต่ำ (low distortion) ไม่ง่ายเหมือนการกำเนิดสัญญาณคลื่นรูปสามเหลี่ยมหรือคลื่นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

มีส่วนประกอบที่จำเป็นสำหรับวงจรกำเนิดรูปคลื่นไซน์ความถี่ขึ้นต่ำ อยู่ 4 ส่วน คือ อุปกรณ์ที่กำหนดความถี่ (frequency determining device) , วงจรขยาย (amplifier) , การป้อนกลับทางบวก (positive feedback) และ การป้อนกลับทางลบ (adaptive negative feedback) ซึ่งวงจรกำเนิดรูปคลื่นไซน์ใด ๆ ที่คุณสร้างจะต้องประกอบด้วยส่วนประกอบเหล่านี้ อุปกรณ์กำหนดความถี่จะต้องเลือกที่ความถี่หนึ่งที่ต้องการ (ซึ่งไม่ได้เลือก) จะถูกกำจัดออกไปอย่างรวดเร็วสำหรับวงจรกำเนิดความถี่ความถี่เสียง วงจร RC ปกติจะใช้วงจรกรองความถี่แบบความถี่ผ่านเฉพาะช่วงชนิดไม่ขยายสัญญาณ (passive bandpass filters) หรือวงจรกรองความถี่ออกเฉพาะช่วงชนิดไม่ขยายสัญญาณ (passive notch filter) สองวงจรนี้แสดงดังรูปที่ 2.4 สำหรับความสัมพันธ์ของอุปกรณ์, ความถี่กึ่งกลาง (f_0) ของวงจรผ่านสัญญาณแบบวินบริดจ์ และวงจรคัดความถี่ออกเฉพาะช่วงแบบคิ้วี่เฟลด์ (wien-bridge bandpass และ twin T notch) คือ

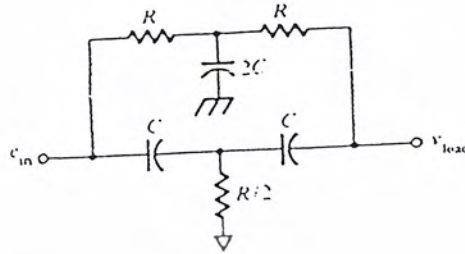
$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$



(ก) รูปแบบวงจรกรองความถี่แบบวินบริดจ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเปลี่ยนแปลง และต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค) รูปแบบวงจรกรองความถี่แบบรูปตัวทีที่แฝด



(ง) กรอบตอบสนองความถี่ของวงจรกรองความถี่รูปตัวทีที่แฝด

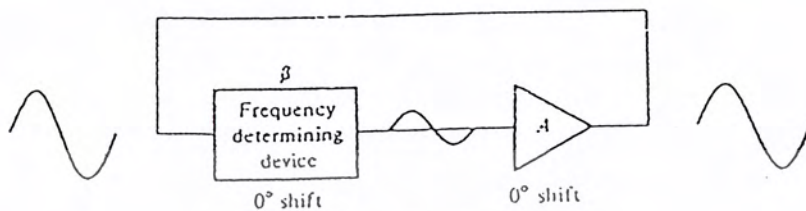
รูปที่ 2.4 อุปกรณ์กำหนดความถี่ RC

วงจรขยายสัญญาณเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการทำให้พลังงานที่สูญเสียไปในอุปกรณ์ กำหนดความถี่กลับคืนมา การออสซิลเลตเอต์พุทของวงจรขยายจะต้องป้อนกลับมาทางอินพุท ผ่านอุปกรณ์กำหนดความถี่ และสัญญาณที่ป้อนมาจากเอต์พุทของวงจรจะต้องมีเฟสเดียว (in phase) กับสัญญาณอินพุทเท่านั้น ความต่างเฟส(phase difference) ทั้งหลายระหว่างสัญญาณที่ ป้อนกลับ และสัญญาณอินพุทของวงจรขยาย จะทำให้เอต์พุทลดลงทำให้การออสซิลเลตหยุดลง ดังนั้นในส่วนการป้อนกลับ เอต์พุทจะต้องมีเฟสเดียวกับกับสัญญาณอินพุท นั่นคือการป้อนกลับ ทางบวก มันคือสิ่งที่ต้องการสำหรับการออสซิลเลต

รูปที่ 2.5 แสดงการป้อนกลับทางบวกสองแบบที่เป็นไปได้ว่าวงจรขยายสัญญาณจะป้อน

กลับเฟสเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) การเลื่อนเฟสเป็นศูนย์องศา



(ข) การเลื่อนเฟส 180 องศา

รูปที่ 2.5 การป้อนกลับทางบวก

รูปที่ 2.5 (ก) ซึ่งอุปกรณ์กำหนดความถี่ไม่มีการเลื่อนเฟสความถี่ของสัญญาณ ส่วนวงจรรูปที่ 2.5 (ข) อุปกรณ์กำหนดความถี่ต้องกลับเฟสของสัญญาณ 180 องศา ซึ่งสำคัญสุดท้ายสำหรับวงจรกำเนิดรูปคลื่นไซน์ความถี่ขึ้นต่อก็คือการป้อนกลับทางลบแบบปรับตัว (adaptive negative feedback)

วงจรรายในรูปที่ 2.5 ต้องเพิ่มสัญญาณอินพุทโดยตัวประกอบ A เพราะอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และห้ามเผยแพร่โดยไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลดทอน β จะต้องสมดุลกับการขยาย A คุณจึงจะได้รูปคลื่นไซน์ที่มีขนาดเท่าเดิม (stable amplitude) อย่างไรก็ตาม ถ้าอุปกรณ์กำหนดความถี่ลดทอนสัญญาณมากกว่าขยายเพิ่มเอาต์พุตจะมีขนาดเล็กลงเรื่อย ๆ จนในที่สุดการออสซิลเลตจะหยุดลงหรือถ้าวงจรขยายสัญญาณขยายสัญญาณมากกว่าการลดทอนของอุปกรณ์กำหนดความถี่ สัญญาณจะใหญ่ขึ้น ใหญ่ขึ้น จนเท่ากับขนาดที่วงจรขยายอิ่มตัว สรุปได้ว่า

- ขนาดของสัญญาณจะลด ถ้า $\beta A < 1$
- ขนาดของสัญญาณจะคงที่ ถ้า $\beta A = 1$ 2.5
- ขนาดของสัญญาณจะเพิ่ม ถ้า $\beta A > 1$

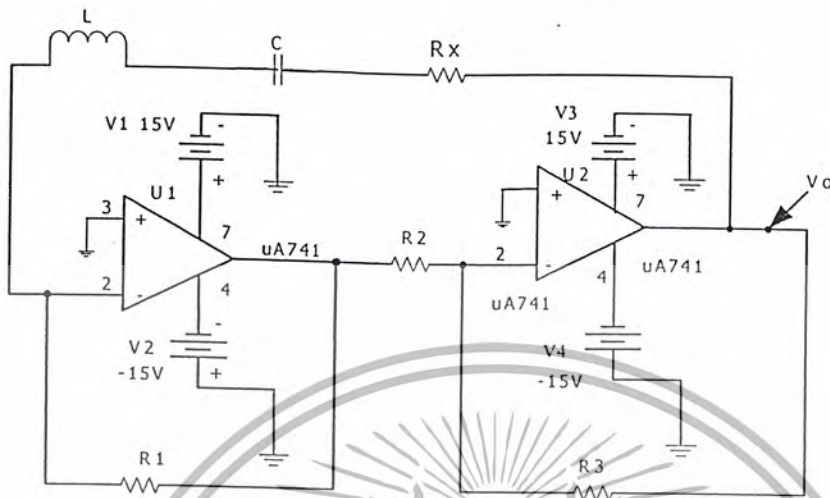
การกำเนิดสัญญาณคลื่นรูปไซน์ความถี่หนึ่ง อัตราการขยายในรูป βA จะต้องเป็น 1 อย่างแน่นอน ถ้าน้อยกว่านี้การออสซิลเลตก็จะหยุดลง และถ้ามากกว่านี้ความถี่ก็จะปรากฏจากอัตราขยายวงจรรูปเปิดของออปแอมป์ A_{OL} มีค่าสูง เราจะใช้การป้อนกลับทางลบเพื่อทำให้อัตราการขยาย (A) คงที่

อุปกรณ์กำหนดความถี่ก็ต้องลดทอนลงด้วย (β) สมการที่ 2.5 ถึงจะเป็นไปได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อจ่ายไฟให้วงจรอินพุตจะมีค่าน้อย สัญญาณจะไม่ใหญ่พอเท่าที่ต้องการ หรือถ้าเอาต์พุตของวงจรออสซิลเลตลดลง อินพุตจะลดลง ทำให้เอาต์พุตลดลงด้วย ทั้งสองปัญหานี้สามารถแก้ไขได้โดยใช้การป้อนกลับทางลบแบบปรับคัว (adaptive negative feedback) เมื่อเอาต์พุตต่ำกว่าการป้อนกลับจะน้อย อัตราการขยาย (A) จะมาก อัตราการขยายในรูป $\beta A > 1$ ขนาดของสัญญาณเอาต์พุตจะเพิ่ม การป้อนกลับทางลบแบบปรับคัว อัตราขยายของวงจรขยาย (A) จะลดลง ทำให้ $\beta A = 1$ และวงจรออสซิลเลตจะคงคัว

ถ้าเอาต์พุตเพิ่ม อัตราขยายของวงจรจะลดลง ทำให้ $\beta A < 1$ และเอาต์พุตจะลดลง ทำให้วงจรออสซิลเลตเอร์กลับสู่สภาวะคงคัวเหมือนเดิม การกำเนิดรูปคลื่นไซน์ความถี่หนึ่ง การป้อนกลับทางลบแบบปรับคัวเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 วงจร current – feedback operational amplifiers (CFOA)



รูปที่ 2.6 แสดงรูปวงจร current – feedback operational amplifiers

อธิบายการทำงาน

วงจรมีประเภทย่อแบบโอปแอมป์เบอร์ $\mu A 741$ สองตัวที่ต่อแบบ Inverting , L C Rx เป็นอุปกรณ์กำหนดความถี่ การทำงานของวงจรมีอธิบายได้ดังนี้ เอาต์พุตของวงจรมีเฟสเดียวกับสัญญาณอินพุตผ่านอุปกรณ์กำหนดความถี่ และสัญญาณที่ป้อนมาจากเอาต์พุตมีเฟสเดียวกับสัญญาณอินพุต ทำให้เกิดการออสซิลเลต แต่ถ้าเกิดการต่างเฟสขึ้นระหว่างวงจรมีเฟสเดียวกับสัญญาณอินพุตจะทำให้เอาต์พุตลดลงและทำให้การออสซิลเลตหยุดลง การป้อนกลับเป็นการป้อนกลับแบบบวก ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องการสำหรับการออสซิลเลต จากการทำงานของวงจรมีสามารถนำไปตรวจสอบค่าอิมพีแดนซ์ของนวมเยอซที่ทั้งสภาพดีและสภาพเสียได้ ซึ่งวิธีการตรวจสอบทำได้โดยกำหนดให้ค่า R_x ของวงจรมีค่าเท่ากับอิมพีแดนซ์ R_s ของนวมเสีย จากเงื่อนไขการเกิดการออสซิลเลต ที่บอกอัตราขยายมีค่าเท่ากับ 1 (R_1R_3/R_2R_x มีค่าเท่ากับ 1)ซึ่งค่า R_s ของนวมเสียทำให้อัตราขยายมีค่าเท่ากับ 1 และ R_s ของนวมเสียทำให้สัญญาณที่ป้อนมาจากเอาต์พุตมีเฟสเดียวกับสัญญาณอินพุต เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่า R_s ของนวมเสีย ทำให้วงจรมีเกิดการออสซิลเลต จากหลักการเดียวกัน R_s ของนวมดีมีค่าแตกต่างจาก R_s ของนวมเสีย นั่นคือมากกว่า เพราะฉะนั้นเมื่อนำวงจรออสซิลเลตไปตรวจสอบค่าอิมพีแดนซ์ของนวมดี และกำหนดให้ค่า R_x ของวงจรมีค่าเท่ากับ R_s ของนวมดี จะทำให้อัตราการขยายลดลงมีค่าน้อยกว่า 1 ส่งผลให้สัญญาณที่ป้อนมาจากเอาต์พุตต่างเฟสกับสัญญาณอินพุต ทำให้วงจรมีไม่เกิดการออสซิลเลต เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่า R_s ของนวมดีทำให้วงจรมีไม่เกิดการออสซิลเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

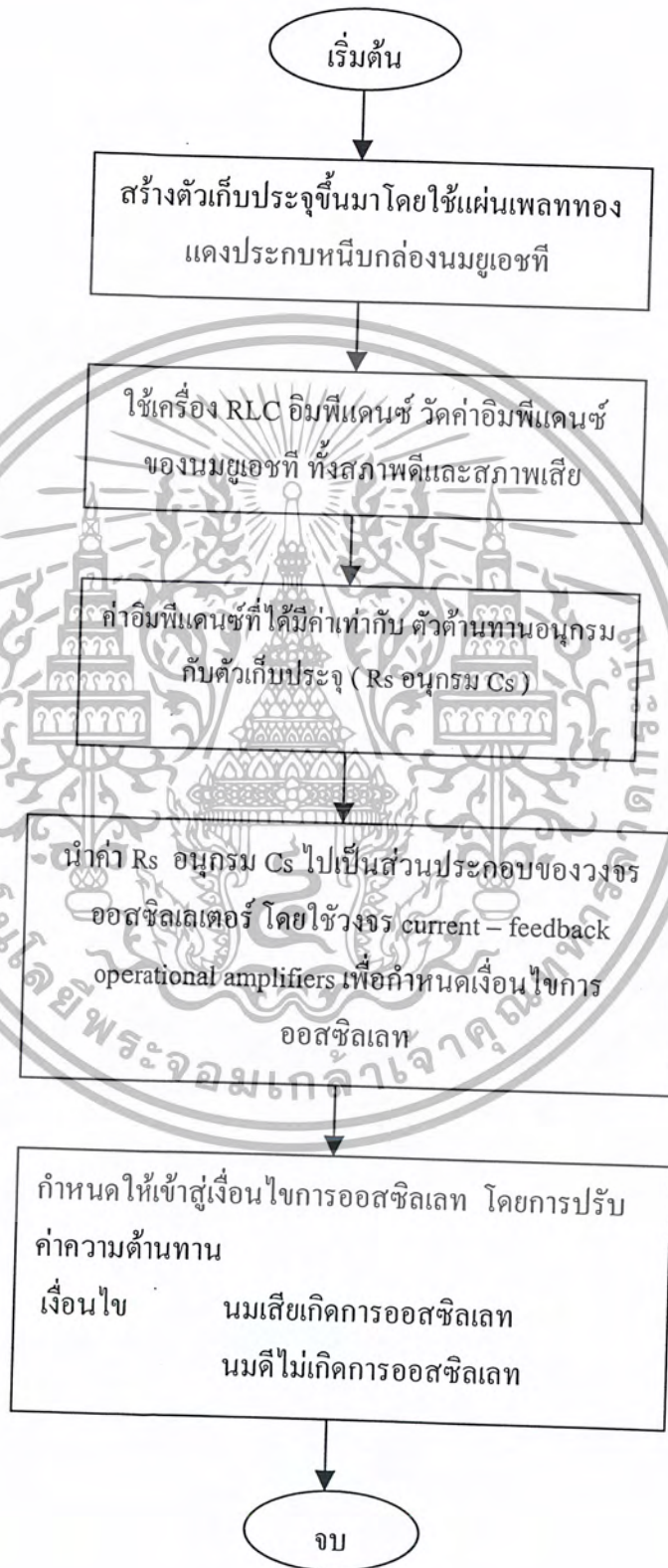
บทที่ 3

หลักการออกแบบ

3.1 ขั้นตอนการทำงาน

1. ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับตัวเก็บประจุ, นม, วงจรกำเนิดความถี่, MCS - 51
2. เมื่อทราบว่าใช้หลักการของตัวเก็บประจุในการทดสอบสภาพนมดี - นมเสีย แล้วจึงสร้างวงจรตัวเก็บประจุขึ้นมา
3. เริ่มจากทำแผ่นเพลท โดยตัดแผ่นเพลททองแดงเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ากว้าง 3 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตรหนา 1 มิลลิเมตร เพื่อเลียนแบบแผ่นเพลทในตัวเก็บประจุ
4. สร้างอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับหนีบจับกล่องนมขึ้นมา โดยใช้แผ่นเพลทหนีบจับกล่องนม UHT
5. วัดค่าอิมพีแดนซ์ของน้ำนมยูเอชทีสภาพดีและสภาพเสียด้วยเครื่องอิมพีแดนซ์ RLC
6. ค่าที่ได้จากการทำแผ่นเพลทหนีบกล่องนมนี้เป็นค่าของตัวเก็บประจุซึ่งมีค่าเท่ากับ R กับ C ต่ออนุกรมกัน (R_s อนุกรม C_s จากเอกสารอ้างอิง) เพราะฉะนั้นเราจึงนำ 2 ค่านี้ไปเป็นส่วนหนึ่งของวงจรออสซิลเลท
7. กำหนดค่าที่ได้จากวงจรให้เข้าสู่เงื่อนไขการออสซิลเลท และไม่ออสซิลเลท
8. ค่าที่ได้จากการออสซิลเลทจะเป็นตัวกำหนดว่าให้นมเสียเกิดการออสซิลเลทและ ให้นมดีไม่ออสซิลเลท

3.2 โพลีชาร์ตแสดงการทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองวัดค่าความจุ ค่าความต้านทานและค่า อิมพีแดนซ์ ของนพยูเอชที สภาพดีและสภาพเสียด้วยเครื่อง RLC อิมพีแดนซ์

การทดลองที่ 4.1 เป็นเป็นการใช้เครื่อง RLC อิมพีแดนซ์วัดค่าอิมพีแดนซ์ของนพยูเอชทีทั้งสภาพดีและเสีย ซึ่งวิธีการวัดทำได้โดยใช้แผ่นเพลททองแดงประกบหน้าด้านหลังของกล่องนพยูเอชทีจากนั้นต่อสายสัญญาณจาก แผ่นเพลททองแดงไปยังอินพุตของเครื่อง RLC อิมพีแดนซ์ แล้วทำการวัดค่าอิมพีแดนซ์ของนพยูเอชที ค่าอิมพีแดนซ์ที่ได้จะนำไปเป็นส่วนประกอบของวงจรรออสซิลเลท

ขั้นตอนการทดลองที่ 1

1. เตรียมนพยูเอชทีสภาพดีและสภาพเสียที่หามาอย่างละหนึ่งกล่อง
2. ใช้เครื่อง RLC อิมพีแดนซ์วัดค่าอิมพีแดนซ์ของนพยูเอชทีทั้งสองกล่อง
3. ป้อนความถี่ 800 Hz และ 1000 Hz
4. วัดค่าอิมพีแดนซ์และบันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ 1

F	Cp (pf)	Rp (M Ω)	Cs (pf)	Rs (k Ω)	R(k Ω)	Z (M Ω) (deg)	Z (M Ω) (rad)
800	63.55	12.39	67.69	739	736	3 $\theta = -75.9$	3 $\theta = 1.32$
1000	61.6	10.9	65	577	577	2.51 $\theta = -76.7$	2.51 $\theta = -1.33$

ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าอิมพีแดนซ์ของนพยูเอชทีสภาพดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

F	Cp (pf)	Rp (M Ω)	Cs (pf)	Rs (k Ω)	R(k Ω)	Z (M Ω) (deg)	Z (M Ω) (rad)
800	99.17	5.81	110.9	619	620	1.9 $\theta = -70.9$	1.9 $\theta = -1.37$
1000	93.41	4.9	99.35	454	454	1.61 $\theta = -70.9$	1.61 $\theta = -1.23$

ตารางที่ 2 ตารางแสดงค่าอิมพีแดนซ์ของนโมยเอชที่สภาพเสถียร

สรุป

จากตาราง เป็นการวัดค่าทางไฟฟ้าที่ประกอบด้วยค่าความจุ ค่าความต้านทาน และ ค่าอิมพีแดนซ์ ของนโมค และนโมเสย ซึ่งค่าที่นำไปใช้งานจะสนใจ สองค่าคือ Cs กับ Rs จะเห็นว่า ทั้งนโมคและนโมเสย มีค่าทั้งสองแตกต่างกัน เพราะฉะนั้นค่าทั้งสองที่ได้จึงสามารถนำไปเป็นตัวกำหนดเงื่อนไขการออกซิลเลทในวงจรออกซิลเลทได้

4.2 การทดลองการเกิดการออสซิลเลทโดยการปรับ R2 เพื่อหาค่า Rx

การทดลองที่ 4.2 นี้เป็นการทดลองการเกิดการออสซิลเลทของวงจร current – feedback operational amplifiers ซึ่งเป็นการทดลองหาค่าอิมพีแดนซ์ Rx ของวงจรให้มีค่าเท่ากับอิมพีแดนซ์ Rs ของนวมเสียเพื่อที่จะทำให้สามารถนำค่าอิมพีแดนซ์นี้ไปกำหนดเงื่อนไขการเกิดการออสซิลเลทหรืออาจกล่าวได้ว่ากำหนดคิให้นวมเสียเกิดการออสซิลเลทนั่นเอง

ขั้นตอนการทดลองที่ 2

1. ต่อดวงจรมีรูปที่ 4.1
2. ใช้ออปแอมป์เบอร์ $\mu\text{A} 741$
3. กำหนดค่า $C = 100 \text{ pF}$

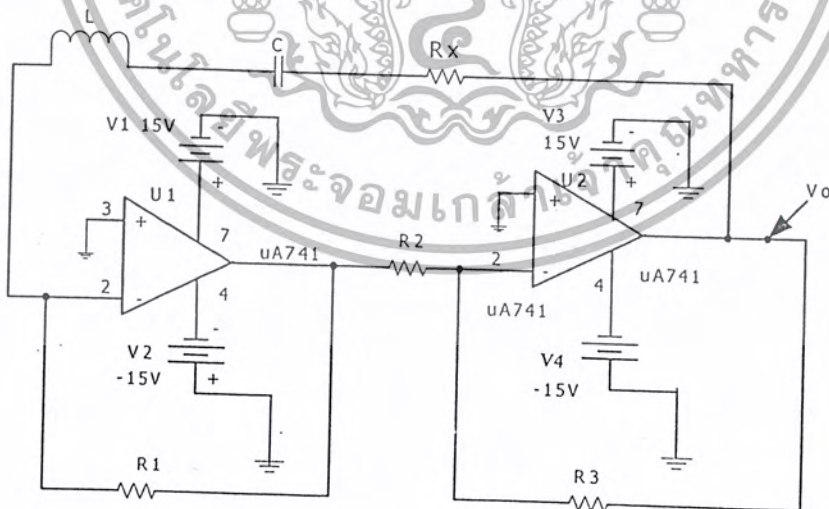
$$L = 2.532 \text{ H}$$

$$R1, R3 = 100 \text{ k}\Omega$$

$$R2 = 19.03 \text{ k}\Omega$$

$$f = 10 \text{ kHz}$$

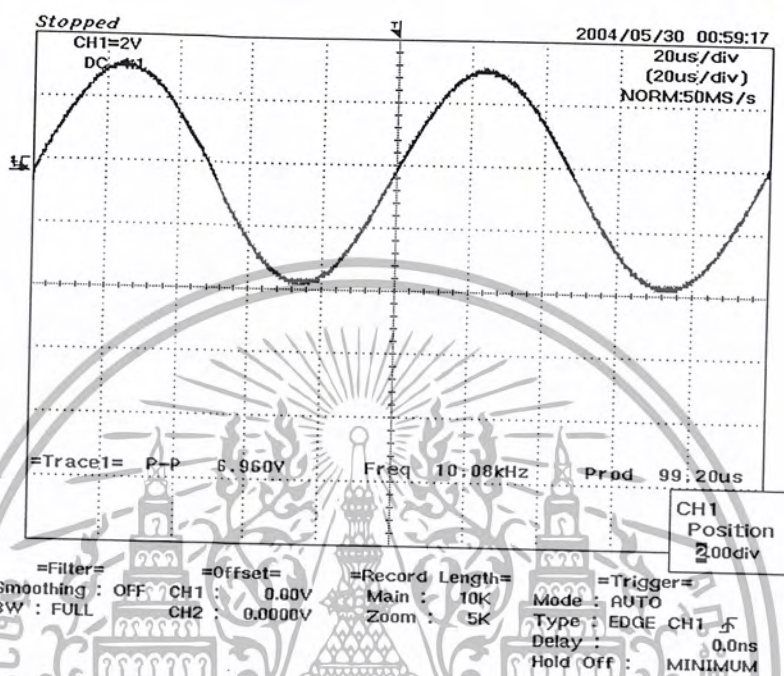
4. ปรับ R2 จนเกิดการออสซิลเลทได้ค่า Rx เท่ากับ $525 \text{ k}\Omega$
5. วัดรูปคลื่นทางเอาต์พุตและบันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 4.1 แสดงวงจร current – feedback operational amplifiers

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง



รูปที่ 4.2 แสดงรูปคลื่นการออสซิลเลท

สรุป

จากวงจรรูปที่ 4.1 อุปกรณ์ที่มีความสำคัญในการกำหนดการออสซิลเลทประกอบด้วย L, C และ Rx โดยที่ L และ C เป็นตัวกำหนดความถี่ หลังจากนั้นปรับ R2 จนเกิดการออสซิลเลท ทำให้ได้ค่า Rx มีค่าเท่ากับ 525 k Ω Rx ที่ทำให้เกิดการออสซิลเลทนี้มีค่าใกล้เคียงกับ Rs ของนมเสียว และจากรูปที่ 4.2 เป็นรูปคลื่นแสดงการเกิดการออสซิลเลทของนมเสียวที่วัดได้จากสัญญาณเอาต์พุต เพราะฉะนั้นเงื่อนไขที่หนึ่งคือ นมเสียวเกิดการออสซิลเลท

4.3 การทดลองการไม่เกิดการออสซิลเลทโดยการปรับ R2 เพื่อหาค่า Rx

การทดลองที่ 4.3 นี้เป็นการทดลองการไม่เกิดการออสซิลเลทของวงจร current – feedback operational amplifiers ซึ่งเป็นการทดลองหาค่าอิมพีแดนซ์ Rx ของวงจรให้มีค่าเท่ากับอิมพีแดนซ์ Rs ของนมติเพื่อที่จะทำให้สามารถนำค่าอิมพีแดนซ์นี้ไปกำหนดเงื่อนไขการไม่เกิดการออสซิลเลทหรืออาจกล่าวได้ว่ากำหนดให้นมติไม่เกิดการออสซิลเลท

ขั้นตอนการทดลองที่ 3

1. ต่อวงจรดังรูปที่ 4.3
2. ใช้โอปแอมป์เบอร์ $\mu\text{A} 741$
3. กำหนดค่า $C = 65 \text{ pF}$

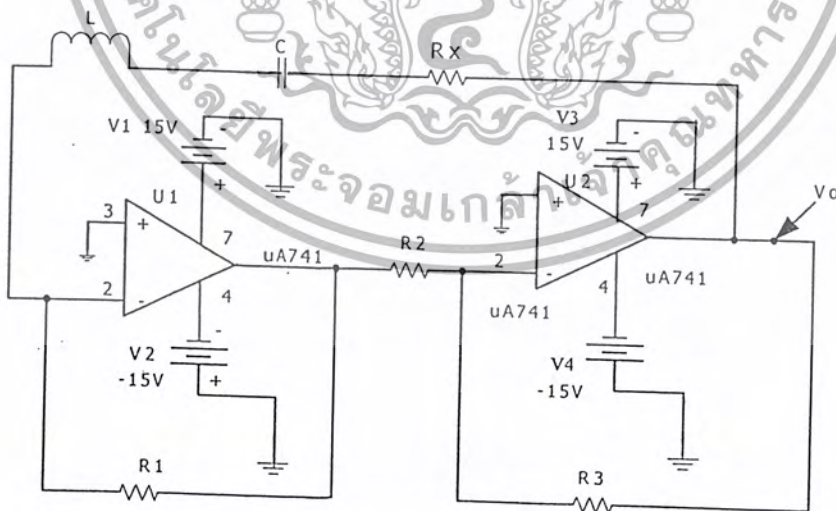
$$L = 2.532 \text{ H}$$

$$R1, R3 = 100 \text{ k}\Omega$$

$$R2 = 19.03 \text{ k}\Omega$$

$$f = 10 \text{ kHz}$$

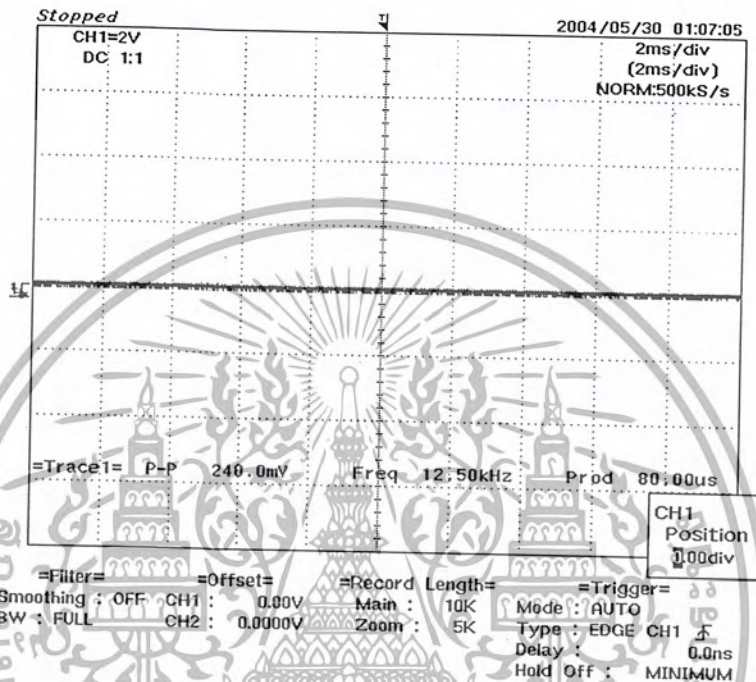
4. ปรับ R2 จนเกิดการออสซิลเลทได้ค่า Rx เท่ากับ $577 \text{ k}\Omega$
5. วัดรูปคลื่นทางเอาต์พุตและบันทึกผลการทดลอง



รูปที่ 4.3 แสดงวงจร current – feedback operational amplifiers โดยเปลี่ยนค่า C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง



รูปที่ 4.4 แสดงรูปคลื่นการไม่ออกสซิลเลท

สรุป

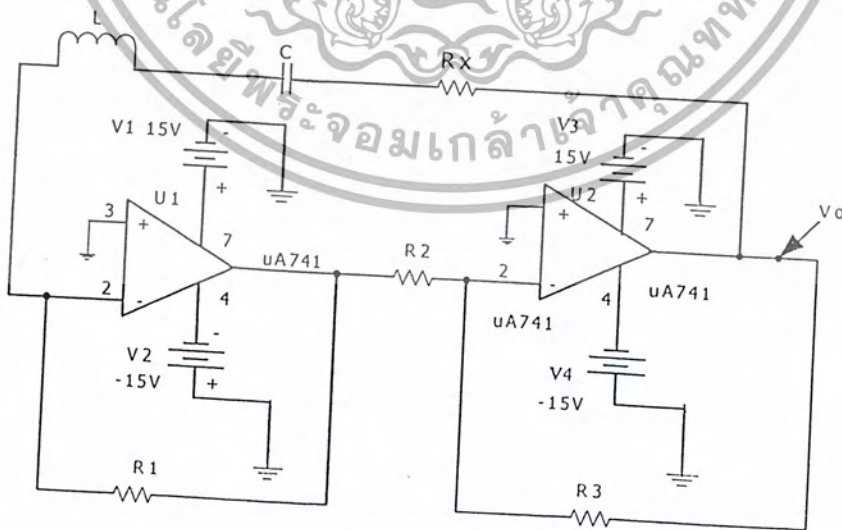
จากวงจรรูปที่ 4.2 อุปกรณ์ที่มีความสำคัญในการกำหนดการออกสซิลเลทประกอบด้วย L, C และ R_x โดยที่ L และ C เป็นตัวกำหนดความถี่ หลังจากนั้นปรับ R_2 จนไม่เกิดการออกสซิลเลท ทำให้ได้ค่า R_x มีค่าเท่ากับ $577 \text{ k}\Omega$ R_x ที่ทำให้เกิดการออกสซิลเลทนี้มีค่าใกล้เคียงกับ R_s ของนมตี และจากรูปที่ 4.4 เป็นรูปคลื่นแสดงการไม่เกิดการออกสซิลเลทของนมตีที่วัดได้จากสัญญาณเอาต์พุท เพราะฉะนั้นเงื่อนไขที่สองคือ นมตีไม่เกิดการออกสซิลเลท

4.4 การทดลองเปรียบเทียบออปแอมป์เบอร์ μA 741 กับ LF411 เพื่อเปรียบเทียบช่วงความถี่การทำงาน

การทดลองที่ 4.4 เป็นการทดลองเปรียบเทียบออปแอมป์เบอร์ μA 741 กับ LF411 ว่าเบอร์ใด มีความเที่ยงตรงกับการคำนวณเพื่อที่จะได้นำออปแอมป์เบอร์ที่มีความเที่ยงตรงสูงกว่าไปเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

ขั้นตอนการทดลองที่ 4

1. ต่อดวงจรรูปที่ 4.5
2. ใช้ออปแอมป์เบอร์ μA 741
3. กำหนดค่า $C = 0.1 \mu F$
 $L = 660 \mu H$
 $R1, R3 = 1 k\Omega$
 $R2 = 19.5 k\Omega$
 $Rx = 50 k\Omega$
4. วัดความถี่ทางเอาต์พุตและบันทึกผลการทดลอง
5. เปลี่ยนค่า L เป็น $440 \mu H$ และ $220 \mu H$, ทำตามข้อ 2-4
6. เปลี่ยนออปแอมป์เป็นเบอร์ LF411, ทำตามข้อ 3-5



รูปที่ 4.5 แสดงวงจร current – feedback operational amplifiers โดยเปลี่ยนเบอร์ออปแอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

L	μA741	คำนวณ	LF411
660 μH	$f = 15,625 \text{ Hz}$	$f = 19,588 \text{ Hz}$	$f = 19,215 \text{ Hz}$
440 μH	$f = 17,857 \text{ Hz}$	$f = 23,990 \text{ Hz}$	$f = 23,255 \text{ Hz}$
220 μH	$f = 21,739 \text{ Hz}$	$f = 33,927 \text{ Hz}$	$f = 31,948 \text{ Hz}$

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าความถี่จากการเปลี่ยนออปแอมป์

อธิบายการทำงาน

จากตารางเป็นการเปรียบเทียบการใช้ ออปแอมป์ เบอร์ μA741 กับ LF411 เพื่อเปรียบเทียบช่วงความถี่ว่าเบอร์ใดมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคำนวณ จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าเมื่อเปลี่ยนค่า L ตามตาราง ความถี่ที่ได้จากการใช้ออปแอมป์ เบอร์ μA741 มีค่าที่ห่างจากการคำนวณ แต่ถ้าเปลี่ยนออปแอมป์เป็นเบอร์ LF411 ค่าที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณ เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่าออปแอมป์เบอร์ LF411 มีความเที่ยงตรงสูงกว่า



บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและแนวทางการพัฒนา

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองวงจรออสซิลเลทโดยใช้ วงจร current – feedback operational amplifiers แล้วทำการวัดค่าวัดค่าอิมพีแดนซ์ เปรียบเทียบระหว่างนามดีและนเมสีย โดยขั้นตอนแรกทดลองนามดีก่อน กำหนดความถี่ที่ทำให้เกิดการออสซิลเลทที่ 10 kHz และกำหนดค่า C เท่ากับ 100 pF, $R_1 = R_3 = 100 \text{ k}\Omega$, $R_x = 525 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 19.03 \text{ k}\Omega$ และ $L = 2.532 \text{ H}$ จะได้ความต้านทานที่ทำให้เกิดการออสซิลเลท (R_x) ซึ่งมีค่าตรงกับค่าความต้านทานของนามดีที่เสี่ยตามตารางนเมสีย เพราะฉะนั้นเงื่อนไขที่ 1 คือ นเมสียเกิดการออสซิลเลท

จากวงจรเดิมเปลี่ยนค่า C ให้มีค่า 65 pF และ R_x เท่ากับ 577 k Ω ทำให้ไม่เกิดการออสซิลเลท ค่าความต้านทานที่ได้นั้นมีค่าตรงกับค่าความต้านทานของนามดี ตามตารางนามดี เพราะฉะนั้นเงื่อนไขที่ 2 คือ นเมดีไม่เกิดการออสซิลเลท

แนวทางการพัฒนา

1. ในการกำหนดช่วงความถี่ของการออกสวิตลเหล่านั้น ผู้จัดทำให้ออปแอมป์เบอร์ UA741 ซึ่งมีช่วงความถี่ที่แคบทำให้ค่าที่ได้ผิดพลาดจากทฤษฎีเล็กน้อยแต่ก็ถือว่าใกล้เคียง ถ้าต้องการค่าที่ถูกต้องจะต้องใช้ ออปแอมป์ ที่มีแถบช่วงความถี่กว้างซึ่งก็คือออปแอมป์ เบอร์ LF411
2. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับหนีบจับกล่องนมถ้าออกแบบให้หนีบจับกล่องนม โดยที่ไม่มีการเคลื่อนที่จะทำให้ค่าที่ได้มีความถูกต้องมากขึ้น
3. ในการวัดค่าอิมพีแดนซ์ของนม อุณหภูมิมีผลต่อการทดลอง ถ้าควบคุมอุณหภูมิให้คงที่จะทำให้ค่าที่ได้มีความเที่ยงตรงมากขึ้น



กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้และตัวโครงการ สามารถสำเร็จลงได้ด้วยดีก็เพราะได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูงจากอาจารย์ ดร.คงศักดิ์ อนันตศิริวัชรรัตน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและยังคอยให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง พร้อมทั้งยังได้ให้ความรู้และข้อคิดต่าง ๆ อีกเป็นอย่างมาก และขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้แก่ผู้จัดทำ ซึ่งผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ของผู้จัดทำที่ได้ให้การสนับสนุนทุกอย่างและเป็นผู้ให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ บริษัทซีที - เมจิ จำกัดที่ผลิตกล่องนมขึ้นมา และเพื่อนทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจและคอยช่วยเหลือในการเรียนและเป็นທີ່ปรึกษา จนทำให้ผู้จัดทำได้ทำงานนี้จนสำเร็จลงได้ตลอดจนขอบพระคุณทุก ๆ ท่านที่คอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำ

ผู้จัดทำ

นาย ภาณุมาศ รัตนเดธา

นาย ยุทธชัย รัตนรัตน์

เอกสารอ้างอิง

ยี่น ภู่วรรณ , ทฤษฎีการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ เล่ม 3, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด; 2528
ออปแอมป์ 741, กลุ่ม CNC

ผศ.วรพงษ์ ตั้งศรีรัตน์, ออปแอมป์ และการประมวลผลสัญญาณอนาลอก

Charles K.Alexander,Matthew N.O. Sadiku , Fundamental of Electric Circuits

D.M.Gibson and A.C. Jason, Instrumentation and Sensor for the Food Industry : Impedance
Techniques for Microbial Assay , P.464



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM741 Operational Amplifier

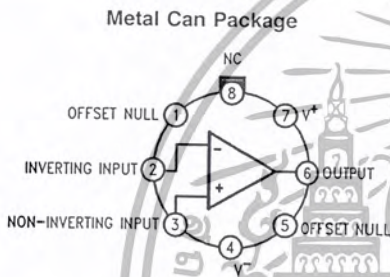
General Description

The LM741 series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications.

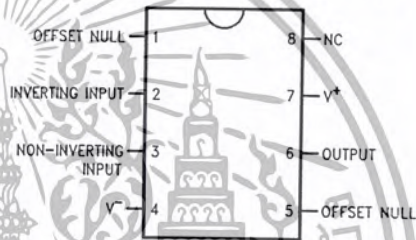
The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

The LM741C is identical to the LM741/LM741A except that the LM741C has their performance guaranteed over a 0°C to +70°C temperature range, instead of -55°C to +125°C.

Connection Diagrams



Dual-In-Line or S.O. Package



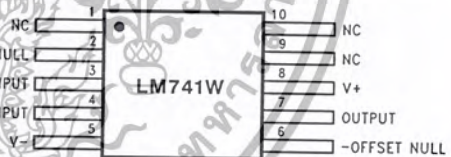
DS009341-3

Note 1: LM741H is available per JM98510/10101

Order Number LM741H, LM741H/883 (Note 1),
LM741AH/883 or LM741CH
See NS Package Number H08C

Order Number LM741J, LM741J/883, LM741CN
See NS Package Number J08A, M08A or N08E

Ceramic Flatpak

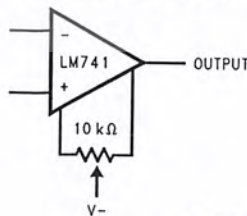


DS009341-6

Order Number LM741W/883
See NS Package Number W10A

Typical Application

Offset Nulling Circuit



DS009341-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.
(Note 7)

	LM741A	LM741	LM741C
Supply Voltage	±22V	±22V	±18V
Power Dissipation (Note 3)	500 mW	500 mW	500 mW
Differential Input Voltage	±30V	±30V	±30V
Input Voltage (Note 4)	±15V	±15V	±15V
Output Short Circuit Duration	Continuous	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range	-55°C to +125°C	-55°C to +125°C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Junction Temperature	150°C	150°C	100°C
Soldering Information			
N-Package (10 seconds)	260°C	260°C	260°C
J- or H-Package (10 seconds)	300°C	300°C	300°C
M-Package			
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	215°C	215°C	215°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.			
ESD Tolerance (Note 8)	400V	400V	400V

Electrical Characteristics (Note 5)

Parameter	Conditions	LM741A			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$		0.8	3.0	1.0	5.0		2.0	6.0	mV	
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_S \leq 50\Omega$			4.0						mV	
	$R_S \leq 10\text{ k}\Omega$						6.0		7.5	mV	
Average Input Offset Voltage Drift				15						$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
Input Offset Voltage Adjustment Range	$T_A = 25^\circ\text{C}, V_S = \pm 20\text{V}$	±10			±15			±15		mV	
Input Offset Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		3.0	30	20	200		20	200	nA	
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			70		85			300	nA	
Average Input Offset Current Drift				0.5						nA/°C	
Input Bias Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		30	80	80	500		80	500	nA	
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			0.210		1.5			0.8	μA	
Input Resistance	$T_A = 25^\circ\text{C}, V_S = \pm 20\text{V}$	1.0	6.0		0.3	2.0		0.3	2.0	M Ω	
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}, V_S = \pm 20\text{V}$	0.5								M Ω	
Input Voltage Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$							±12	±13	V	
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$									V	

Electrical Characteristics (Note 5) (Continued)

Parameter	Conditions	LM741A			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25^\circ\text{C}$, $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ $V_S = \pm 20\text{V}$, $V_O = \pm 15\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}$, $V_O = \pm 10\text{V}$	50			50	200		20	200		V/mV V/mV
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$, $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$, $V_S = \pm 20\text{V}$, $V_O = \pm 15\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}$, $V_O = \pm 10\text{V}$ $V_S = \pm 5\text{V}$, $V_O = \pm 2\text{V}$	32			25			15			V/mV V/mV V/mV
		10									
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 20\text{V}$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	± 16 ± 15									V V
	$V_S = \pm 15\text{V}$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$				± 12 ± 10	± 14 ± 13		± 12 ± 10	± 14 ± 13		V V
Output Short Circuit Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$	10 10	25	35 40		25			25		mA mA
Common-Mode Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$, $V_{CM} = \pm 12\text{V}$ $R_S \leq 50\Omega$, $V_{CM} = \pm 12\text{V}$	80	95		70	90		70	90		dB dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $V_S = \pm 20\text{V}$ to $V_S = \pm 5\text{V}$ $R_S \leq 50\Omega$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	86	96		77	96		77	96		dB dB
Transient Response	$T_A = 25^\circ\text{C}$, Unity Gain										
Rise Time			0.25	0.8		0.3			0.3		μs
Overshoot			6.0	20		5			5		%
Bandwidth (Note 6)	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.437	1.5								MHz
Slew Rate	$T_A = 25^\circ\text{C}$, Unity Gain	0.3	0.7			0.5			0.5		V/ μs
Supply Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$					1.7	2.8		1.7	2.8	mA
Power Consumption	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_S = \pm 20\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}$		80	150							mW mW
	$V_S = \pm 20\text{V}$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$			165							mW mW
LM741A	$V_S = \pm 20\text{V}$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$										mW mW
	$V_S = \pm 15\text{V}$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$					60	100				mW mW
LM741	$V_S = \pm 15\text{V}$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$					45	75				mW mW

Note 2: "Absolute Maximum Ratings" indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Note 5) (Continued)

Note 3: For operation at elevated temperatures, these devices must be derated based on thermal resistance, and T_j max. (listed under "Absolute Maximum Ratings"). $T_j = T_A + (\theta_{JA} P_D)$.

Thermal Resistance	Cerdip (J)	DIP (N)	HO8 (H)	SO-8 (M)
θ_{JA} (Junction to Ambient)	100°C/W	100°C/W	170°C/W	195°C/W
θ_{JC} (Junction to Case)	N/A	N/A	25°C/W	N/A

Note 4: For supply voltages less than $\pm 15V$, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

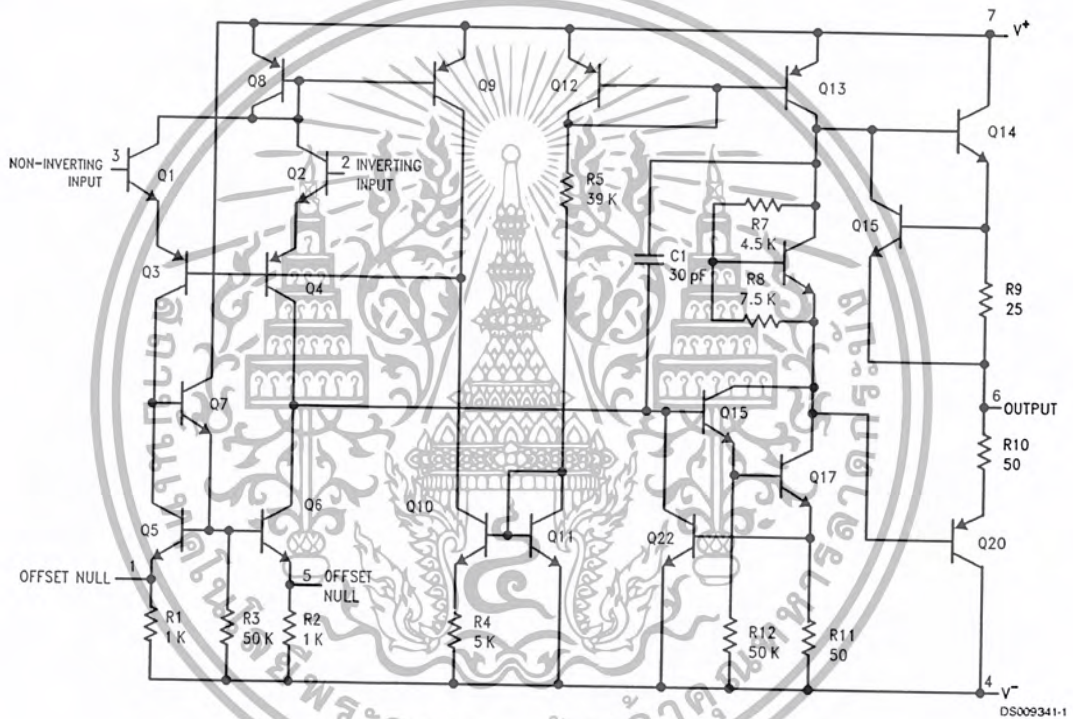
Note 5: Unless otherwise specified, these specifications apply for $V_S = \pm 15V$, $-55^\circ C \leq T_A \leq +125^\circ C$ (LM741/LM741A). For the LM741C/LM741E, these specifications are limited to $0^\circ C \leq T_A \leq +70^\circ C$.

Note 6: Calculated value from: BW (MHz) = $0.35/\text{Rise Time}(\mu s)$.

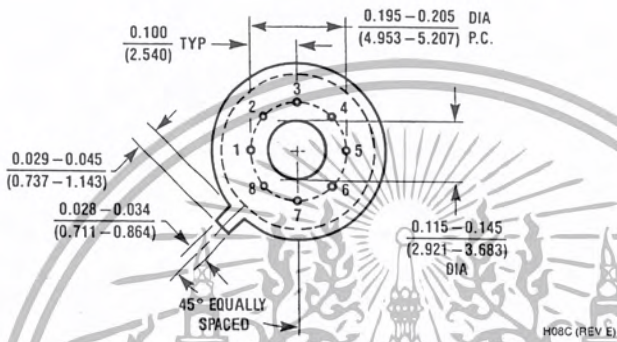
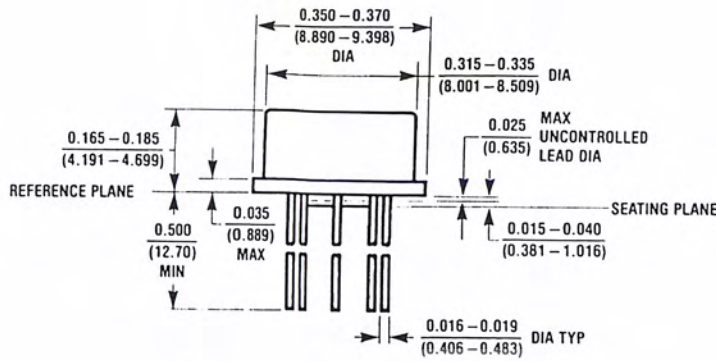
Note 7: For military specifications see RETS741X for LM741 and RETS741AX for LM741A.

Note 8: Human body model, 1.5 k Ω in series with 100 pF.

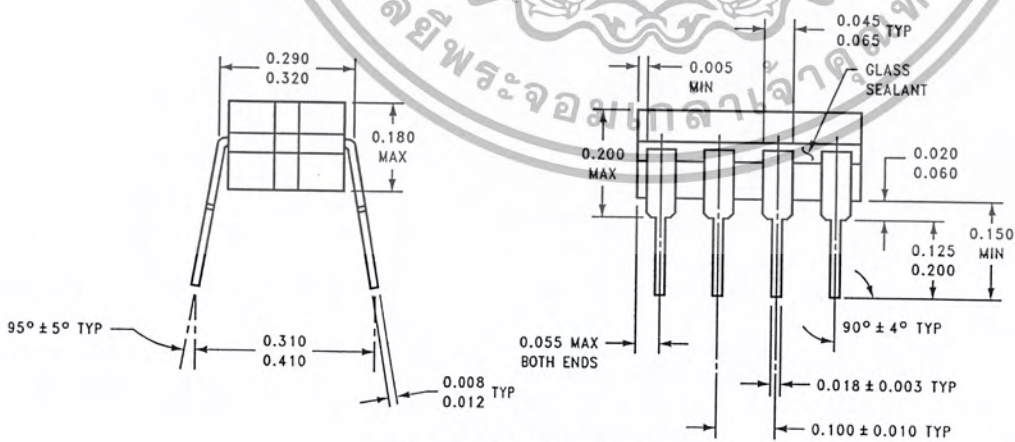
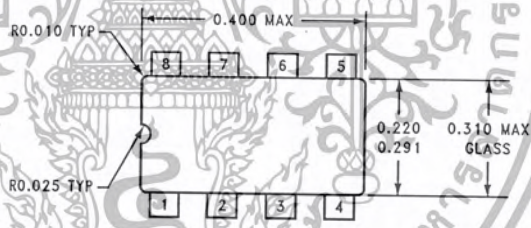
Schematic Diagram



Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



Metal Can Package (H)
 Order Number LM741H, LM741H/883, LM741AH/883, LM741AH-MIL or LM741CH
 NS Package Number H08C

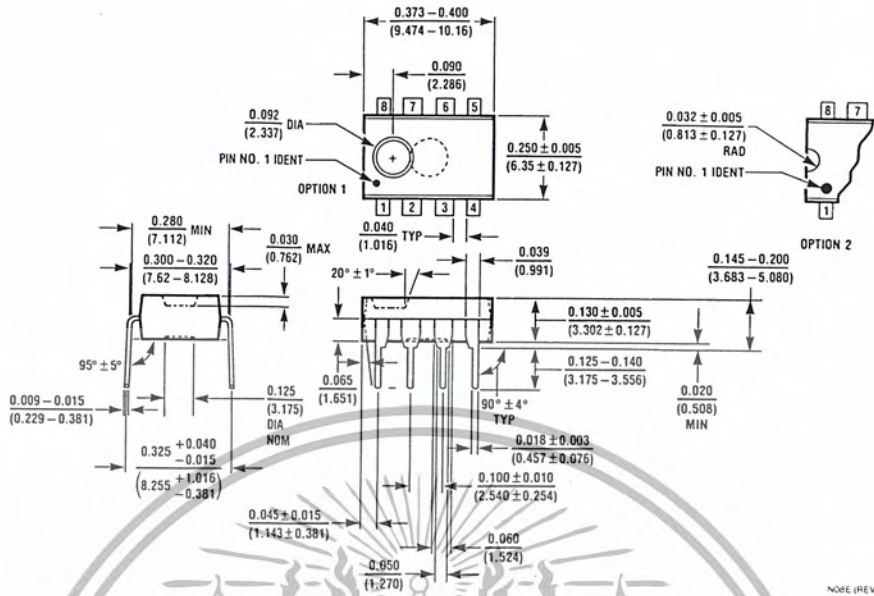


Ceramic Dual-In-Line Package (J)
 Order Number LM741J/883
 NS Package Number J08A

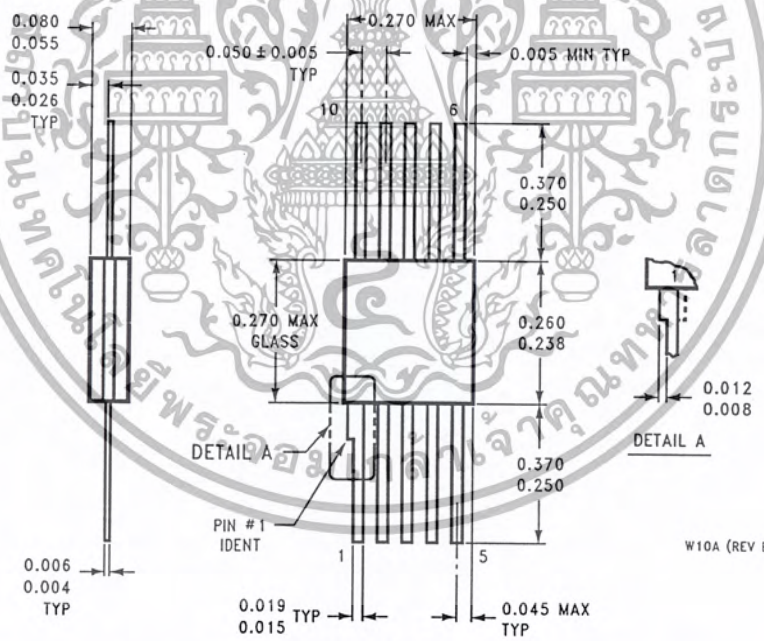
J08A (REV K)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Dual-In-Line Package (N)
 Order Number LM741CN
 NS Package Number N08E



10-Lead Ceramic Flatpak (W)
 Order Number LM741W/883, LM741WG-MPR or LM741WG/883
 NS Package Number W10A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Notes



LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.



National Semiconductor
Corporation
Americas
Tel: 1-800-272-9959
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com
www.national.com

National Semiconductor
Europe
Fax: +49 (0) 180-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 69 9508 6208
English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171
Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

National Semiconductor
Asia Pacific Customer
Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: ap.support@nsc.com

National Semiconductor
Japan Ltd.
Tel: 81-3-5639-7560
Fax: 81-3-5639-7507

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LF411 Low Offset, Low Drift JFET Input Operational Amplifier

General Description

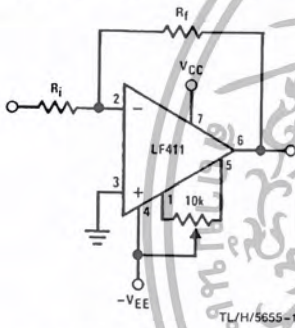
These devices are low cost, high speed, JFET input operational amplifiers with very low input offset voltage and guaranteed input offset voltage drift. They require low supply current yet maintain a large gain bandwidth product and fast slew rate. In addition, well matched high voltage JFET input devices provide very low input bias and offset currents. The LF411 is pin compatible with the standard LM741 allowing designers to immediately upgrade the overall performance of existing designs.

These amplifiers may be used in applications such as high speed integrators, fast D/A converters, sample and hold circuits and many other circuits requiring low input offset voltage and drift, low input bias current, high input impedance, high slew rate and wide bandwidth.

Features

- Internally trimmed offset voltage 0.5 mV(max)
- Input offset voltage drift 10 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (max)
- Low input bias current 50 pA
- Low input noise current 0.01 pA/ $\sqrt{\text{Hz}}$
- Wide gain bandwidth 3 MHz(min)
- High slew rate 10V/ μs (min)
- Low supply current 1.8 mA
- High input impedance $10^{12}\Omega$
- Low total harmonic distortion $A_V = 10$, $R_L = 10\text{k}\Omega$, $V_O = 20\text{ Vp-p}$, $\text{BW} = 20\text{ Hz} - 20\text{ kHz}$ < 0.02%
- Low 1/f noise corner 50 Hz
- Fast settling time to 0.01% 2 μs

Typical Connection

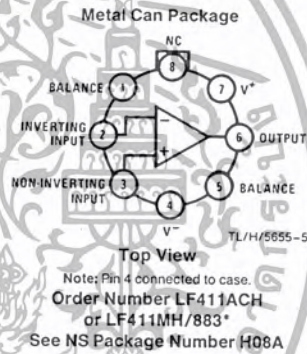


Ordering Information

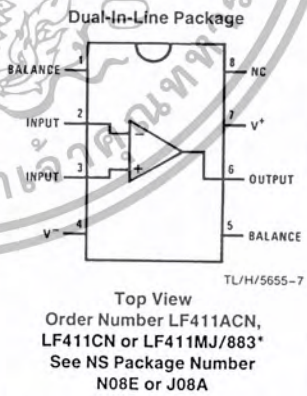
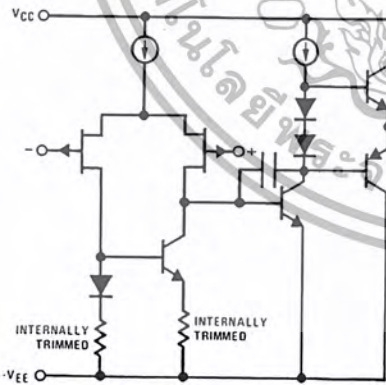
LF411XYZ

- X indicates electrical grade
- Y indicates temperature range
- "M" for military
- "C" for commercial
- Z indicates package type
- "H" or "N"

Connection Diagrams



Simplified Schematic



BI-FET III™ is a trademark of National Semiconductor Corporation.

*Available per JM38510/11904

LF411 Low Offset, Low Drift JFET Input Operational Amplifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications. (Note 8)

	LF411A	LF411	H Package	N Package
Power Dissipation (Notes 2 and 9)			670 mW	670 mW
$T_{j,max}$			150°C	115°C
θ_{jA}			162°C/W (Still Air) 65°C/W (400 LF/min Air Flow)	120°C/W
θ_{jC}			20°C/W	
Operating Temp. Range			(Note 3)	(Note 3)
Storage Temp. Range			-65°C ≤ T _A ≤ 150°C	-65°C ≤ T _A ≤ 150°C
Lead Temp. (Soldering, 10 sec.)			260°C	260°C
ESD Tolerance				Rating to be determined.

DC Electrical Characteristics (Note 4)

Symbol	Parameter	Conditions	LF411A			LF411			Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V _{OS}	Input Offset Voltage	R _S = 10 k Ω , T _A = 25°C		0.3	0.5	0.8	2.0	mV	
$\Delta V_{OS}/\Delta T$	Average TC of Input Offset Voltage	R _S = 10 k Ω (Note 5)		7	10	7	20 (Note 5)	$\mu V/^{\circ}C$	
I _{OS}	Input Offset Current	V _S = $\pm 15V$ (Notes 4, 6)		25	100	25	100	μA	
I _B	Input Bias Current	V _S = $\pm 15V$ (Notes 4, 6)	T _J = 25°C	50	200	50	200	μA	
			T _J = 70°C	4		4		μA	
			T _J = 125°C	50		50		μA	
R _{IN}	Input Resistance	T _J = 25°C	10 ¹²			10 ¹²			Ω
A _{VOL}	Large Signal Voltage Gain	V _S = $\pm 15V$, V _O = $\pm 10V$, R _L = 2k, T _A = 25°C	50	200	25	200		V/mV	
		Over Temperature	25	200	15	200		V/mV	
V _O	Output Voltage Swing	V _S = $\pm 15V$, R _L = 10k	± 12	± 13.5	± 12	± 13.5		V	
V _{CM}	Input Common-Mode Voltage Range		± 16	± 19.5	± 11	± 14.5		V	
				-16.5		-11.5		V	
CMRR	Common-Mode Rejection Ratio	R _S ≤ 10k	80	100	70	100		dB	
PSRR	Supply Voltage Rejection Ratio	(Note 7)	80	100	70	100		dB	
I _S	Supply Current		1.8	2.8	1.8	3.4		mA	

AC Electrical Characteristics (Note 4)

Symbol	Parameter	Conditions	LF411A			LF411			Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
SR	Slew Rate	V _S = $\pm 15V$, T _A = 25°C	10	15		8	15		V/ μs
GBW	Gain-Bandwidth Product	V _S = $\pm 15V$, T _A = 25°C	3	4		2.7	4		MHz
e _n	Equivalent Input Noise Voltage	T _A = 25°C, R _S = 100 Ω , f = 1 kHz		25			25		nV/ \sqrt{Hz}
i _n	Equivalent Input Noise Current	T _A = 25°C, f = 1 kHz		0.01			0.01		pA/ \sqrt{Hz}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Note 1: Unless otherwise specified the absolute maximum negative input voltage is equal to the negative power supply voltage.

Note 2: For operating at elevated temperature, these devices must be derated based on a thermal resistance of θ_{JA} .

Note 3: These devices are available in both the commercial temperature range $0^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq 70^{\circ}\text{C}$ and the military temperature range $-55^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq 125^{\circ}\text{C}$. The temperature range is designated by the position just before the package type in the device number. A "C" indicates the commercial temperature range and an "M" indicates the military temperature range. The military temperature range is available in "H" package only.

Note 4: Unless otherwise specified, the specifications apply over the full temperature range and for $V_S = \pm 20\text{V}$ for the LF411A and for $V_S = \pm 15\text{V}$ for the LF411. V_{OS} , I_B , and I_{OS} are measured at $V_{CM} = 0$.

Note 5: The LF411A is 100% tested to this specification. The LF411 is sample tested to insure at least 90% of the units meet this specification.

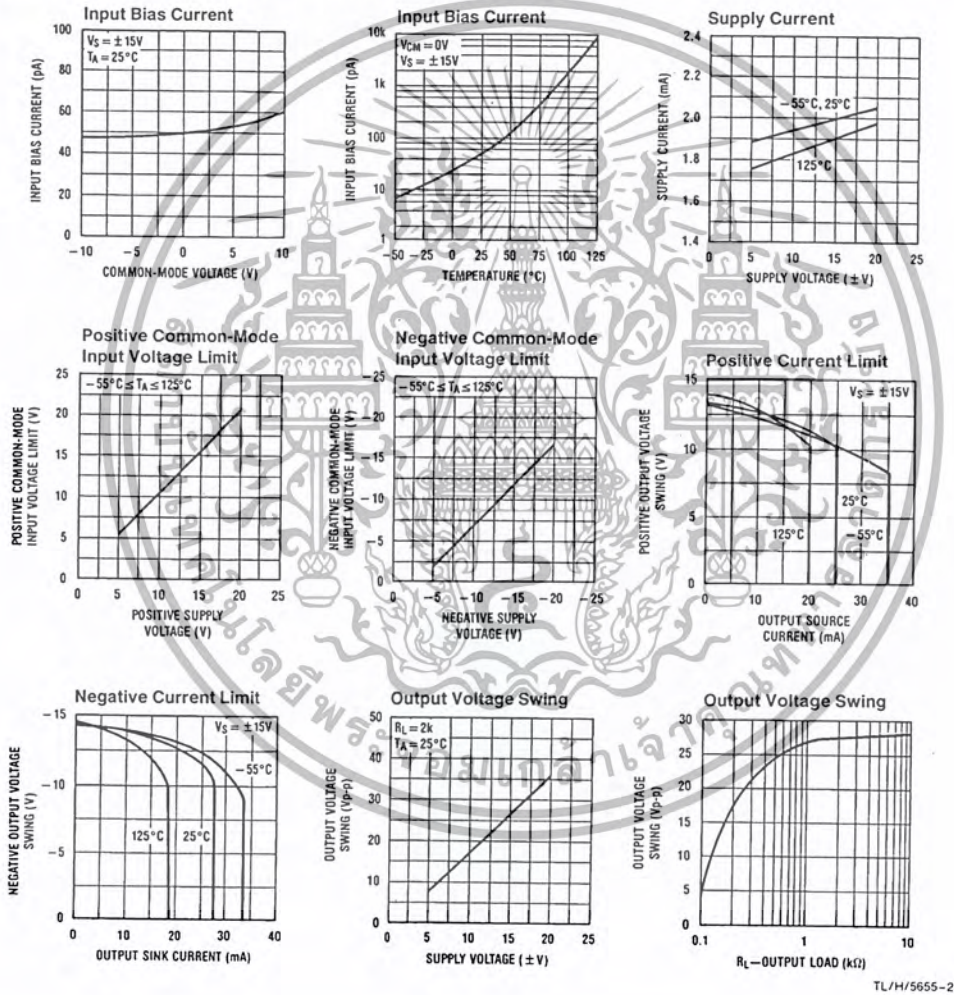
Note 6: The input bias currents are junction leakage currents which approximately double for every 10°C increase in the junction temperature, T_J . Due to limited production test time, the input bias currents measured are correlated to junction temperature. In normal operation the junction temperature rises above the ambient temperature as a result of internal power dissipation, P_D . $T_J = T_A + \theta_{JA} P_D$ where θ_{JA} is the thermal resistance from junction to ambient. Use of a heat sink is recommended if input bias current is to be kept to a minimum.

Note 7: Supply voltage rejection ratio is measured for both supply magnitudes increasing or decreasing simultaneously in accordance with common practice, from $\pm 15\text{V}$ to $\pm 5\text{V}$ for the LF411 and from $\pm 20\text{V}$ to $\pm 5\text{V}$ for the LF411A.

Note 8: RETS 411X for LF411MH and LF411MJ military specifications.

Note 9: Max. Power Dissipation is defined by the package characteristics. Operating the part near the Max. Power Dissipation may cause the part to operate outside guaranteed limits.

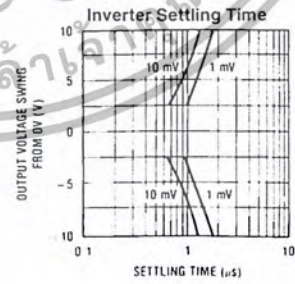
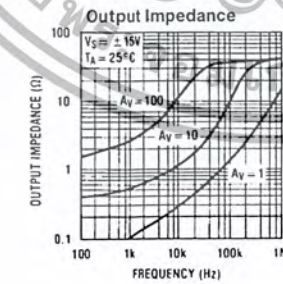
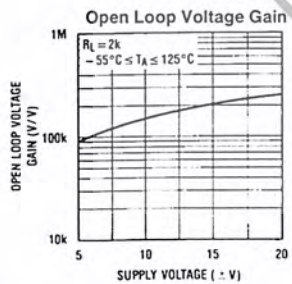
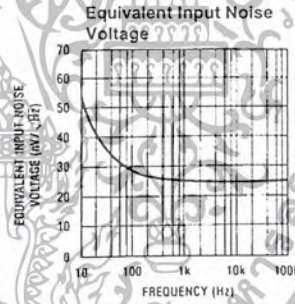
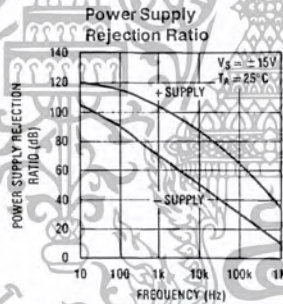
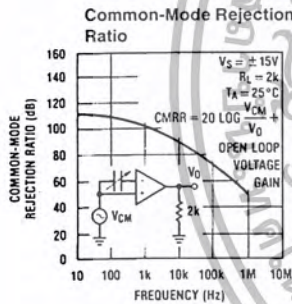
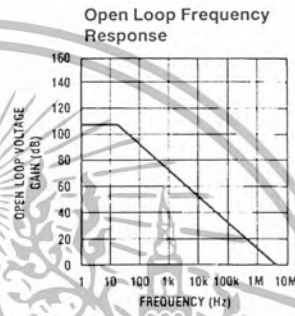
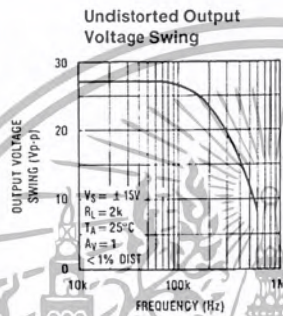
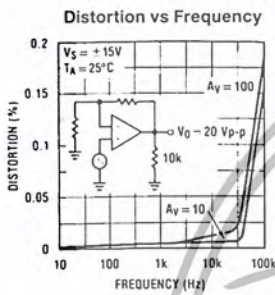
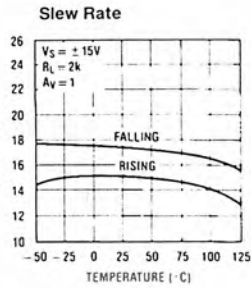
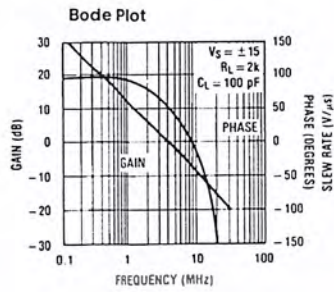
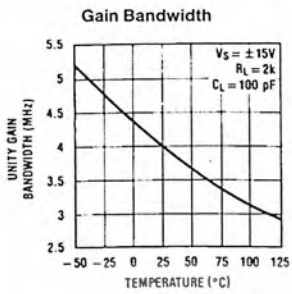
Typical Performance Characteristics



TL/H/5655-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

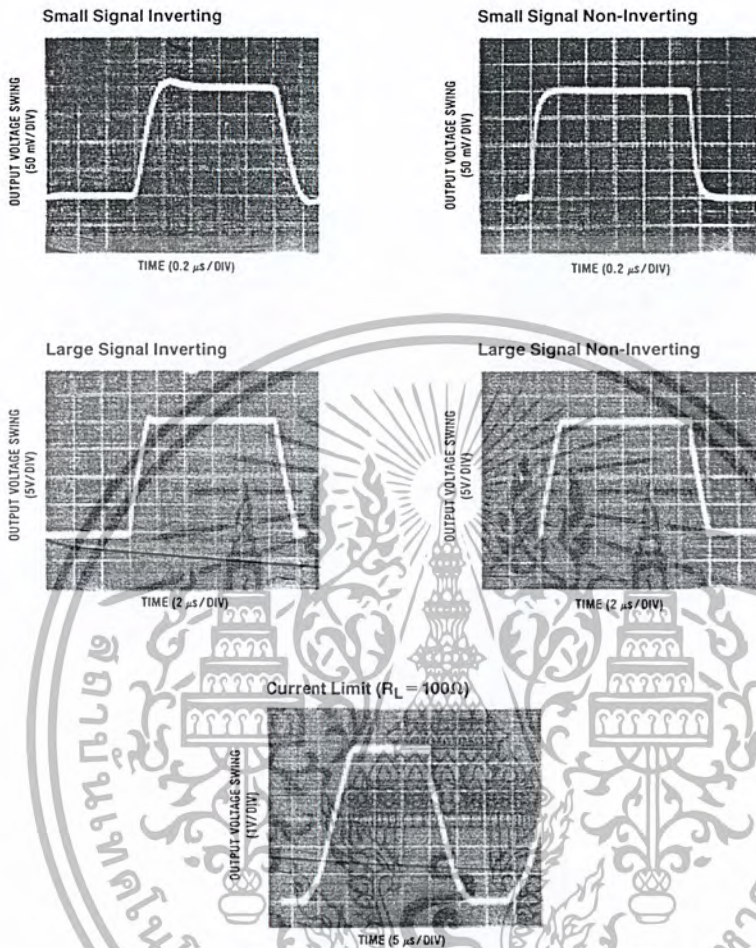
Typical Performance Characteristics (Continued)



TL/H/5655-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pulse Response $R_L = 2\text{ k}\Omega$, $C_L = 10\text{ pF}$



TL/H 5655-4

Application Hints

The LF411 series of internally trimmed JFET input op amps (BI-FET II™) provide very low input offset voltage and guaranteed input offset voltage drift. These JFETs have large reverse breakdown voltages from gate to source and drain eliminating the need for clamps across the inputs. Therefore, large differential input voltages can easily be accommodated without a large increase in input current. The maximum differential input voltage is independent of the supply voltages. However, neither of the input voltages should be allowed to exceed the negative supply as this will cause large currents to flow which can result in a destroyed unit.

Exceeding the negative common-mode limit on either input will force the output to a high state, potentially causing a reversal of phase to the output. Exceeding the negative common-mode limit on both inputs will force the amplifier output to a high state. In neither case does a latch occur since raising the input back within the common-mode range again puts the input stage and thus the amplifier in a normal operating mode.

Exceeding the positive common-mode limit on a single input will not change the phase of the output; however, if both inputs exceed the limit, the output of the amplifier may be forced to a high state.

Application Hints (Continued)

The amplifier will operate with a common-mode input voltage equal to the positive supply; however, the gain bandwidth and slew rate may be decreased in this condition. When the negative common-mode voltage swings to within 3V of the negative supply, an increase in input offset voltage may occur.

The LF411 is biased by a zener reference which allows normal circuit operation on $\pm 4.5\text{V}$ power supplies. Supply voltages less than these may result in lower gain bandwidth and slew rate.

The LF411 will drive a $2\text{ k}\Omega$ load resistance to $\pm 10\text{V}$ over the full temperature range. If the amplifier is forced to drive heavier load currents, however, an increase in input offset voltage may occur on the negative voltage swing and finally reach an active current limit on both positive and negative swings.

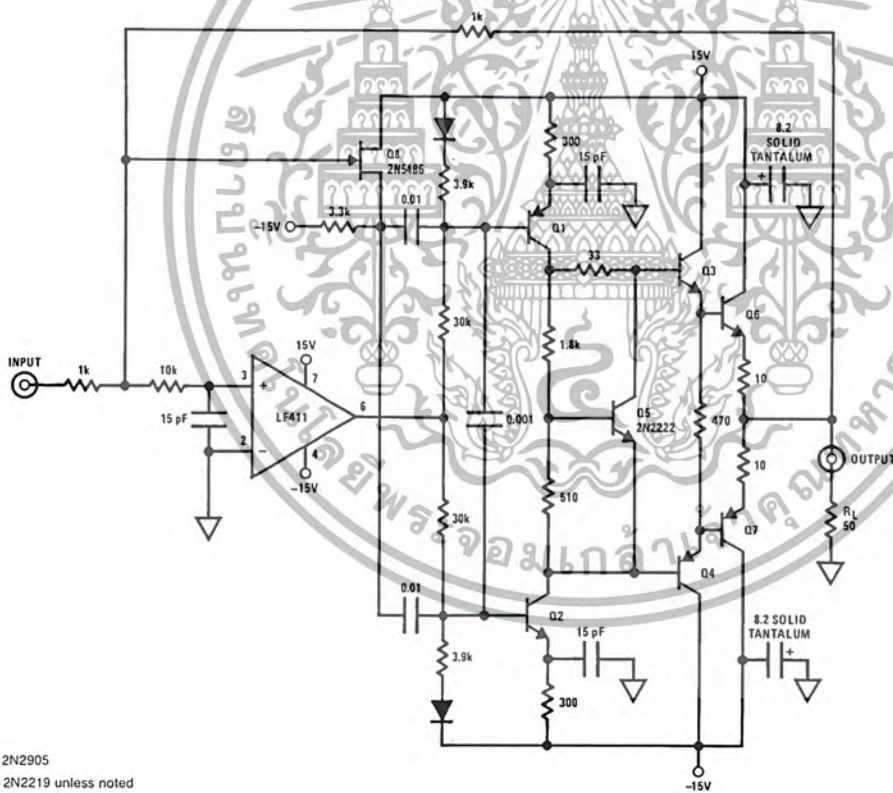
Precautions should be taken to ensure that the power supply for the integrated circuit never becomes reversed in polarity or that the unit is not inadvertently installed backwards in a socket as an unlimited current surge through the resulting forward diode within the IC could cause fusing of the internal conductors and result in a destroyed unit.

As with most amplifiers, care should be taken with lead dress, component placement and supply decoupling in order to ensure stability. For example, resistors from the output to an input should be placed with the body close to the input to minimize "pick-up" and maximize the frequency of the feedback pole by minimizing the capacitance from the input to ground.

A feedback pole is created when the feedback around any amplifier is resistive. The parallel resistance and capacitance from the input of the device (usually the inverting input) to AC ground set the frequency of the pole. In many instances the frequency of this pole is much greater than the expected 3 dB frequency of the closed loop gain and consequently there is negligible effect on stability margin. However, if the feedback pole is less than approximately 6 times the expected 3 dB frequency, a lead capacitor should be placed from the output to the input of the op amp. The value of the added capacitor should be such that the RC time constant of this capacitor and the resistance it parallels is greater than or equal to the original feedback pole time constant.

Typical Applications

High Speed Current Booster



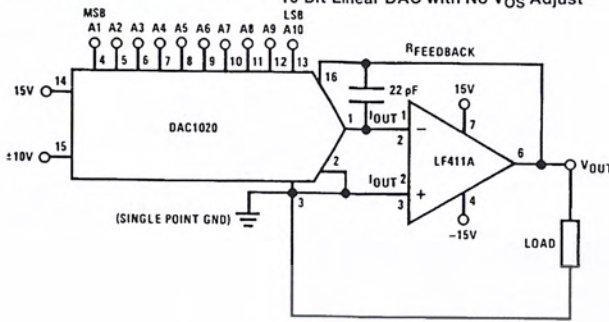
PNP = 2N2905
NPN = 2N2219 unless noted
TO-5 heat sinks for Q6-Q7

TL/H/5655-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

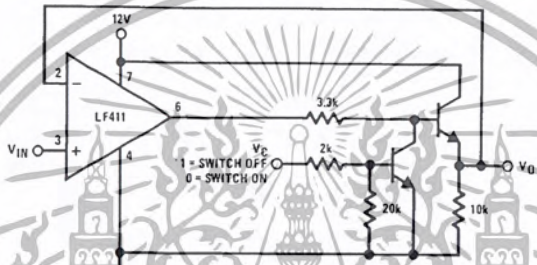
10-Bit Linear DAC with No V_{OS} Adjust



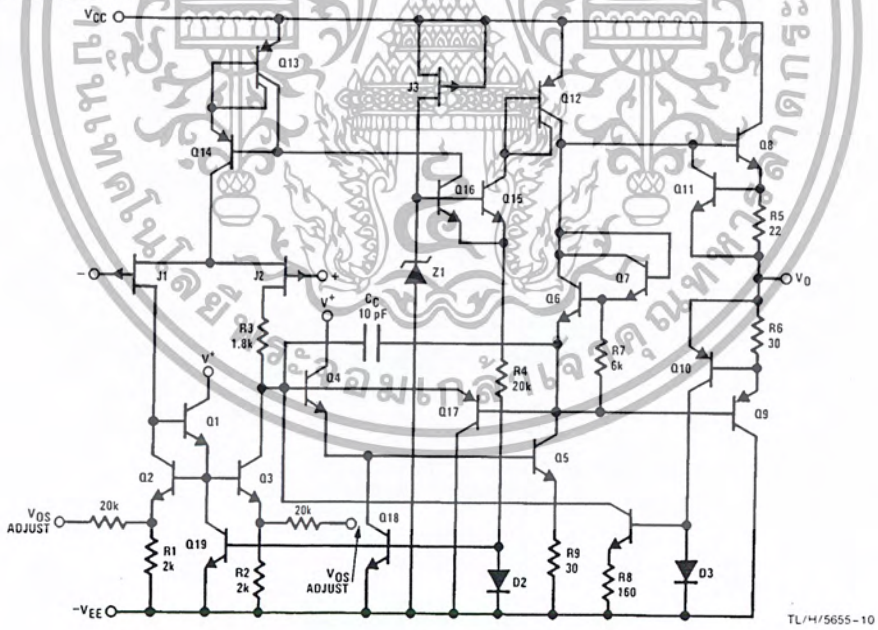
$$V_{OUT} = -V_{REF} \left(\frac{A_1}{2} + \frac{A_2}{4} + \frac{A_3}{8} + \dots + \frac{A_{10}}{1024} \right)$$

$-10V \leq V_{REF} \leq 10V$
 $0 \leq V_{OUT} \leq -\frac{1023}{1024} V_{REF}$
 where $A_N = 1$ if the A_N digital input is high
 $A_N = 0$ if the A_N digital input is low

Single Supply Analog Switch with Buffered Output



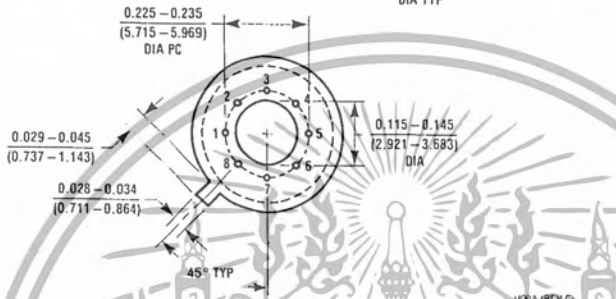
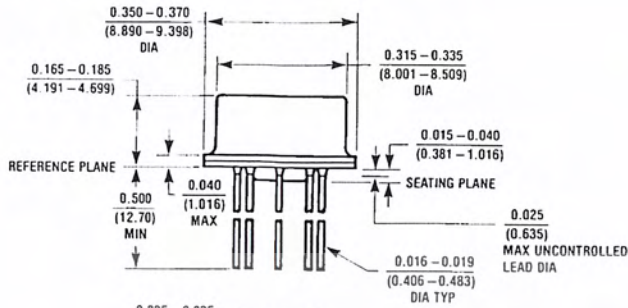
Detailed Schematic



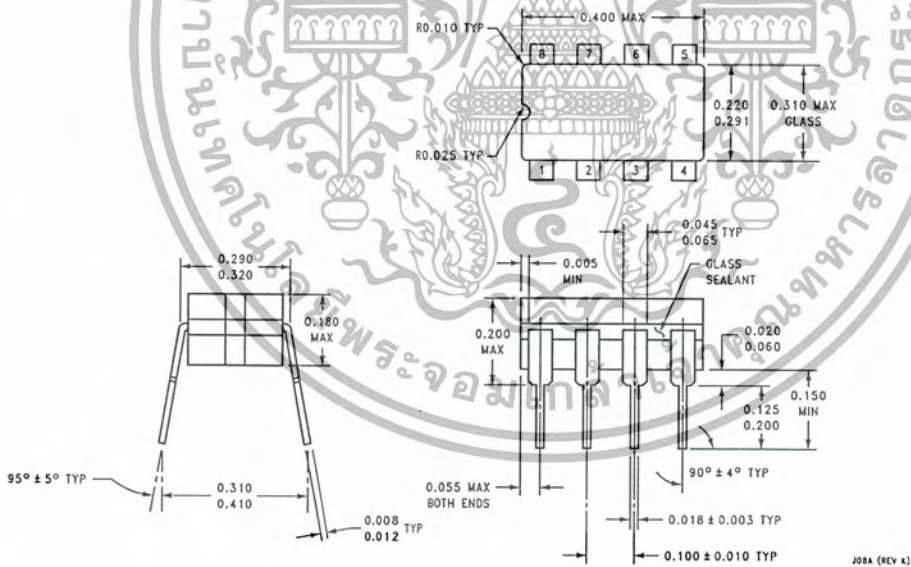
TL/4/5655-10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters)



Metal Can Package (H)
Order Number LF411MH/893 or LF411ACH
NS Package Number H08A



Ceramic Dual-In-Line Package (J)
Order Number LF411MJ/883
NS Package Number J08A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

