

เครื่องชาร์จไร้สาย
CORDLESS CHARGER

ศรวุฒิ อินทงาม
SARAWUT INTANGAM
ศรุตพงษ์ ตานพินธ์ศิริ
SAROOTPONG TANAPHANSIRI

ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2556

เครื่องชาร์จไร้สาย
CORDLESS CHARGER

โดย

ศรวุฒิ อินตางาม

ศรุตพงศ์ ธนาพันธ์สิริ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. ประภากร สุวรรณะ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2556

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2556

สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

เรื่อง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เครื่องชาร์จไร้สาย

Cordless Charger

ผู้จัดทำ นาย ศรารุณี อินตางาม

รหัสประจำตัว 53011539

นาย ศรุติพงษ์ ธนาพันธ์ศิริ

รหัสประจำตัว 53011541

ปริญญาานิพนธ์นี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว



(ผศ. ประภากร สุวรรณะ)

อาจารย์ที่ปรึกษา

14 / 20 / 2557

หัวข้อปริญญานิพนธ์

นักศึกษา

ปริญญา

สาขาวิชา

ปีการศึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

เครื่องชาร์จไร้สาย

นาย ศรารุฒิ อินตางาม รหัสประจำตัว 53011539

นาย ศรุติพงษ์ ธนาพันธ์สิริ รหัสประจำตัว 53011541

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

2556

ผศ. ประภากร สุวรรณะ

บทคัดย่อ

โครงการนี้อธิบายถึงการออกแบบและสร้างเครื่องชาร์จไร้สาย ซึ่งประกอบได้วงจรหลักสองชุด คือ ชุดวงจรภาคส่งและชุดวงจรภาครับ โดยหลักการทำงานของวงจรภาคส่งจะมีส่วนของวงจรกำเนิดสัญญาณเพื่อใช้ในการขับ MOSFET 2 ตัว และทำการจ่ายพลังงานไปยังขดลวดฝั่งส่ง และวงจรภาครับจะมีขดลวดเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กและวงจร Rectifier เพื่อทำหน้าที่เปลี่ยนให้กลายเป็นไฟฟ้ากระแสตรงให้กับอุปกรณ์ที่ต้องการใช้งาน

Thesis Title	Cordless Charger		
Student	Mr. Sarawut	Intangam	ID.53011539
	Mr. Sarootpong	Thanaphansiri	ID.53011541
Degree	Bachelor of Engineering		
Program	Electronics Engineering		
Year	2013		
Thesis Advisor	Assist.Prof.Prapakorn Suwanna		

Abstract

This project describes the design and construction of a cordless charger that contains two primary circuits, transmitter and receiver. The transmitter has a signal generator for driving 2 MOSFETS and transfer energy to transmitter coil. And the receiver has a coil for induce electromagnetic field from transmitter and Rectifier for converting electromagnetic field to DC that electronics device to use.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการและรายงานฉบับนี้สำเร็จลุล่วงโดยสมบูรณ์เพราะได้รับคำแนะนำและคำปรึกษาจาก ผศ. ประภากร สุวรรณะ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำโครงการและรายงานในครั้งนี้ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์ของท่าน และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆ คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีในโครงการและรายงานฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายศรารุณี อินตางาม

นายศรุตพิงศ์ ธนาพันธ์ศิริ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูปภาพ.....	XI
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ภาคส่งพลังงาน.....	1
1.1.1 วงจรกำเนิดพัลส์.....	1
1.1.2 วงจรขับมอสเฟต.....	1
1.2 ภาครับพลังงาน.....	1
1.2.1 วงจรเรียงกระแส.....	1
1.2.2 วงจรกรองสัญญาณ.....	1
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....	2
2.1 วงจรเรียงกระแส.....	2
2.1.1 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์.....	3
2.2 วงจรเรโซแนนซ์.....	4
2.2.1 วงจรเรโซแนนซ์แบบอนุกรม.....	4
2.2.2 วงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน.....	4
2.2.3 แฟกเตอร์คุณภาพ.....	5
2.3 ตัวเหนี่ยวนำ.....	6
2.3.1 การเหนี่ยวนำในตัวเอง.....	6
2.3.2 การเหนี่ยวนำระหว่างขดลวด 2 ขด.....	6
2.3.3 หน่วยของค่าความเหนี่ยวนำ.....	8
2.3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อความเหนี่ยวนำ.....	8
2.3.4.1 จำนวนรอบของขดลวด.....	8
2.3.4.2 พื้นที่ของขดลวด.....	9
2.3.4.3 ความยาวของขดลวด.....	9
2.3.4.4 วัสดุที่นำมาทำแกนภายในขดลวด.....	9

สารบัญ

	หน้า
2.3.5 สูตรการคำนวณหาค่าความเหนี่ยวนำ.....	10
2.3.6 การต่อตัวเหนี่ยวนำ.....	10
2.3.6.1 การต่อตัวเหนี่ยวนำแบบอนุกรมหรืออันดับ.....	11
2.3.6.2 การต่อตัวเหนี่ยวนำแบบขนาน.....	11
2.4 วงจรกรองความถี่.....	11
2.4.1 วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ.....	12
2.5 วงจรแมทซิ่ง.....	13
บทที่ 3 การออกแบบเครื่องชาร์จไร้สาย.....	14
3.1 ส่วนประกอบหลักของเครื่องชาร์จไร้สาย.....	14
3.2 การออกแบบภาคส่งพลังงาน.....	14
3.2.1 วงจรกำเนิดพัลส์.....	14
3.2.2 วงจรขับมอสเฟต.....	15
3.3 การออกแบบภาครับพลังงาน.....	15
3.3.1 วงจรเรียงกระแส.....	15
3.3.2 วงจรกรองสัญญาณ.....	16
3.4 การออกแบบขดลวดของวงจรเครื่องชาร์จไร้สาย.....	16
3.5 การคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ของขดลวด.....	17
3.6 การคำนวณค่าตัวเก็บประจุที่แมทซิ่งโดยใช้โปรแกรม Pspice ที่ความถี่เดียวกัน.....	21
บทที่ 4 การทดสอบคุณสมบัติของเครื่องชาร์จไร้สาย.....	25
4.1 ตารางบันทึกผลการทดลองของการขับมอสเฟสแบบ Full Bridge โดยใช้ขดลวดฝั่งรับ แบบสี่เหลี่ยม ขนาด 10x10.....	25
4.2 ตารางบันทึกผลการทดลองของการขับมอสเฟสแบบ Full Bridge ที่ขดลวดฝั่งรับรูปแบบสี่เหลี่ยม โดยใช้ วงจรแมทซิ่ง C.....	30
4.3 ตารางบันทึกผลการทดลองของการขับมอสเฟสแบบ Full Bridge ที่ขดลวดฝั่งรับรูปแบบแปดเหลี่ยม โดยใช้ วงจรแมทซิ่ง C..... ที่ $V_{in} = 60V$, $L_{ฝั่งส่ง} = 98.56 \mu H$ แบบสี่เหลี่ยม และ $R_1 = 20 \text{ Ohm}$	31
4.4 ตารางบันทึกผลการทดลองของการขับมอสเฟสแบบ Full Bridge ที่ขดลวดฝั่งรับรูปแบบแปดเหลี่ยม โดยใช้ วงจรแมทซิ่ง C ที่ $V_{in} = 120V$, $L_{ฝั่งส่ง} = 98.56 \mu H$ แบบสี่เหลี่ยม และ $R_1 = 20 \text{ Ohm}$	35

สารบัญ

หน้า

4.5 ตารางบันทึกผลการทดลองของการขับมอสเฟสแบบ Full Bridge ที่ขดลวดฝั่งรับรูปแบบแปดเหลี่ยม โดยใช้ วงจรแมทซิ่ง C ที่ $V_{in} = 60V$, $L_{\text{ฝั่งส่ง}} = 98.56 \mu H$ แบบสี่เหลี่ยม, $R_1 = 20 \text{ Ohm}$ และ $R_2 = 180 \text{ Ohm}$	39
4.6 ตารางบันทึกผลการทดลองของการขับมอสเฟสแบบ Full Bridge ที่ขดลวดฝั่งรับรูปแบบแปดเหลี่ยม โดยใช้ วงจรแมทซิ่ง C ที่ $V_{in} = 120V$, $R_1 = 20 \text{ Ohm}$, $L_{\text{ฝั่งส่ง}} = 98.56 \mu H$ แบบสี่เหลี่ยม และ $R_2 = 180 \text{ Ohm}$	40
4.7 ตารางบันทึกผลการทดลองของการขับมอสเฟสแบบ Full Bridge ที่ โหลดค่า 20 โอห์ม, ความถี่ 80 kHz และ ค่า $Q = 3$	41
4.7 ตารางบันทึกผลการทดลองของการขับมอสเฟสแบบ Half Bridge ที่ โหลดค่า 20 โอห์ม, ความถี่ 80 kHz และ ค่า $Q = 3$	42
บทที่ 5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง.....	43
บรรณานุกรม.....	i
ภาคผนวก.....	ii

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.7.4 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ขดลวดฝั่งรับมีค่า 114.86 μ H โดยการเปลี่ยนค่าขดลวดฝั่งส่ง.....	42
4.8.1 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ขดลวดฝั่งรับมีค่า 114.86 μ H โดยการเปลี่ยนค่าขดลวดฝั่งส่ง.....	42

สารบัญรูปร่างภาพ

รูปที่	หน้า
2.1(ก) แรงดันไฟตรงซีกบวกออก.....	2
2.1(ข) แรงดันไฟตรงซีกลบออก.....	2
2.2 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์.....	3
2.3(ก) ความสัมพันธ์ระหว่าง Impedance และค่าของวงจรเรโซแนนซ์ แบบอนุกรม.....	4
2.3(ข) ความสัมพันธ์ระหว่าง Impedance และค่าของวงจรเรโซแนนซ์ แบบขนาน.....	4
2.4 กราฟเปรียบเทียบระหว่าง วงจรที่มีค่า Q มาก และ ค่า Q น้อย.....	5
2.5 การต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าคร่อมเข้ากับขดลวด.....	6
2.5(ก) สนามแม่เหล็กเกิดการขยายตัว.....	7
2.5(ข) สนามแม่เหล็กอยู่ในสภาวะคงที่.....	7
2.5(ค) สนามแม่เหล็กเกิดการยุบตัว.....	7
2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบของขดลวดกับค่าความเหนี่ยวนำ.....	8
2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของขดลวดกับค่าความเหนี่ยวนำ.....	9
2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างวัสดุที่นำมาทำแกนภายในขดลวดกับค่าความเหนี่ยวนำ.....	10
2.9 วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำอันดับต่างๆ.....	12
2.10 กราฟแสดงอัตราการขยายแรงดันเชิงความถี่.....	12
2.11 วงจรแมทซ์ชิงระหว่าง R L C.....	13
3.1 วงจรกำเนิดพัลส์.....	14
3.2 วงจรสำหรับขับมอเตอร์.....	15
3.3 วงจรเรียงกระแส.....	15
3.4 วงจรฟิลเตอร์.....	16
3.5 การเหนี่ยวนำพลังงานไฟฟ้าที่ขดลวดฝั่งรับและขดลวดฝั่งส่ง.....	16
3.6 ขดลวดแบบใช้ลวดทองแดงทำเป็นวงกลม.....	18
3.7 ขดลวดแบบใช้ลวดทองแดงทำเป็นวงกลมหลายชั้น.....	18
3.8 ขดลวดแบบใช้ลวดทองแดงทำเป็นขดกันหอยชั้นเดียว.....	18
3.9 ขดลวดแบบใช้ลวดทองแดงทำเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส.....	19
3.10 ขดลวดแบบใช้ทองแดงทำเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า.....	19
3.11 การเกิดความต้านทานที่ผิวของเส้นลวดเมื่อทำงานที่ความถี่สูง.....	20
3.12 การต่อวงจร C โดยวิธีแมทซ์ชิงโดยใช้โปรแกรม Pspice.....	21
3.13 กราฟค่า C ที่แมทซ์ชิง โดยใช้โปรแกรม Pspice.....	21

บทที่ 1

บทนำ

เครื่องชาร์จไร้สาย นั้นเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับจ่ายไฟให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบไร้สาย ซึ่งมีแนวโน้มว่าจะได้รับความนิยมในอนาคต เพราะมีความสะดวกสบายในการใช้งานสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าหลายประเภท เช่น โทรศัพท์เคลื่อนที่ Notebook Tablet รวมไปถึงรถยนต์ไฟฟ้า โดยส่วนประกอบหลักทั้งหมด 2 ส่วนด้วยกัน คือ ภาคส่งพลังงาน ภาครับพลังงาน

1.1 ภาคส่งพลังงาน

1.1.1 วงจรกำเนิดพัลส์

เป็นวงจรที่ใช้ไอซี TL494 สร้างพัลส์จากไฟฟ้ากระแสตรง โดยพัลส์ที่สร้างได้จะนำไปขับ MOSFET ต่อไป

1.1.2 วงจรขับมอสเฟต(MOSFET)

เป็นวงจรที่ใช้ IC IR2110 นำพัลส์สูง ไปให้แก่ MOSFET หรือ IGBT ชนิด N-Channel เพื่อจ่ายความต่างศักย์ที่มีค่าประมาณ 500-600 โวลต์ออกไป

1.2 ภาครับพลังงาน

1.2.1 วงจรเรียงกระแส

ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงโดยผ่านชุดของไดโอด 4 ตัว ต่อแบบฟูลบริดจ์ในการจัดเรียงกระแส ลักษณะของไฟตรงมีรูปร่างเป็นพัลส์ (Pulsating DC) ซึ่งจะมีการกระเพื่อม (Ripple Voltage) สูงมาก

1.2.2 วงจรกรองสัญญาณ

ทำหน้าที่กรองแรงดันกระเพื่อมให้มีการกระเพื่อมน้อยลง โดยวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะสามารถทำงานได้ดีเมื่อมีค่าเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งเปอร์เซ็นต์การกระเพื่อมควรน้อยกว่า 10 % โดยสามารถสร้างขึ้นได้จากอุปกรณ์ที่เป็นรีแอคทีฟ (Reactive) ได้แก่ ตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งจะต่อในลักษณะวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low pass filter)

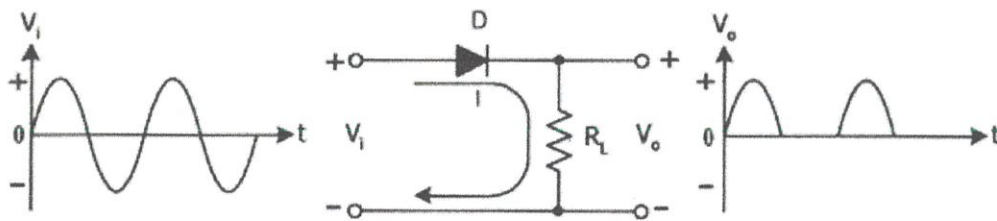
บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

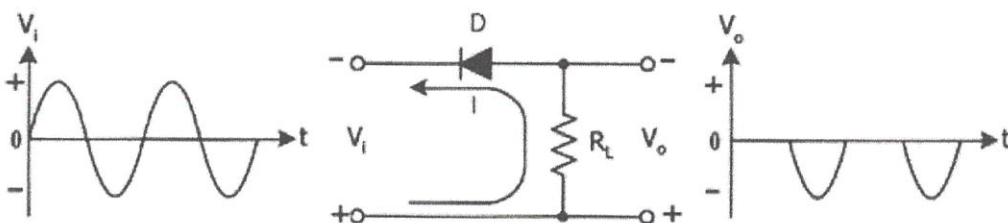
2.1 วงจรเรียงกระแส

วงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ จะต้องใช้แรงดันเลี้ยงวงจรเป็นแรงดันไฟตรง (DC) โดยทำการแปลงแรงดันไฟสลับ (AC) ให้เป็นแรงดันไฟตรง (DC) วงจรที่ทำหน้าที่ดังกล่าวนี้เรียกว่าวงจรเรกติไฟเออร์ (Rectifier Circuit) หรืออาจเรียกว่าวงจรเรียงกระแส อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่นี้คือไดโอด ไดโอดที่นิยมนำมาใช้งานในวงจรเรกติไฟเออร์เป็นไดโอดชนิดซิลิกอน

การทำงานของไดโอดเรกติไฟเออร์ใช้หลักการจ่ายไบอัสตรง และการจ่ายไบอัสกลับให้ตัวไดโอด เพื่อให้ไดโอดนำกระแสและหยุดนำกระแสตามสภาวะไบอัสที่จ่ายแรงดันที่ผ่านการเรกติไฟเออร์แล้ว ได้แรงดันออกมาเป็นไฟตรงซีกบวกหรือแรงดันไฟตรงซีกลบ แรงดันไฟตรงจะได้ออกมาซีกใดขึ้นอยู่กับการจัดวงจรไดโอดเรกติไฟเออร์ ถ้าไดโอดจัดให้ขาแคโทด (K) ออกเอาต์พุตได้แรงดันซีกบวกออกมา และถ้าไดโอดจัดให้ขาแอนโนด (A) ออกเอาต์พุตได้แรงดันซีกลบออกมามีลักษณะการเรกติไฟเออร์เบื้องต้น แสดงดังรูป



รูปที่ 2.1(ก) แรงดันไฟตรงซีกบวกออก



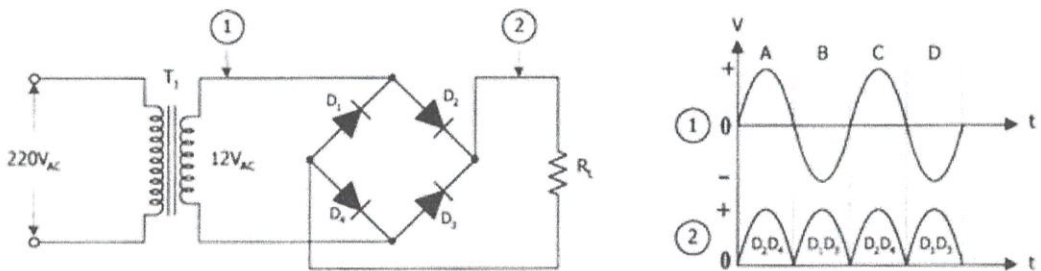
รูปที่ 2.1(ข) แรงดันไฟตรงซีกลบออก

จากรูปที่ 2.1(ก) แสดงการเรกติไฟเออร์เบื้องต้น ได้แรงดันไฟตรงซึ่งบวกออกเอาต์พุต โดยต่อขา A รับแรงดันไฟสลับอินพุต และต่อขา K ออกเอาต์พุต ไดโอด D จะได้รับไบอัสตรงเมื่อแรงดันไฟสลับซึ่งบวกป้อนให้ขา A ไดโอด D นำกระแส มีกระแส I ไหลผ่านไดโอดไปตกคร่อมโหลด RL เป็นแรงดันออกเอาต์พุต VO ซึ่งบวก

ส่วนรูปที่ 2.1(ข) แสดงการเรกติไฟเออร์เบื้องต้นได้แรงดันไฟตรงซึ่งลบออกเอาต์พุต โดยต่อขา K รับแรงดันไฟสลับอินพุต และต่อขา A ออกเอาต์พุต ไดโอด D จะได้รับไบอัสตรงเมื่อแรงดันไฟสลับซึ่งลบป้อนให้ขา K ไดโอด D นำกระแสมีกระแส I ไหลผ่านโหลด RL ไหลผ่านไดโอด D เป็นแรงดันออกเอาต์พุต VO ซึ่งลบ

2.1.1 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier Circuit)

วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave) อีกแบบหนึ่ง คือวงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ แรงดันไฟสลับจะต่อเข้าที่ สองมุมของวงจบบริดจ์และเอาต์พุตจะถูกนำออกที่ สองมุมที่เหลือ ดังในรูป



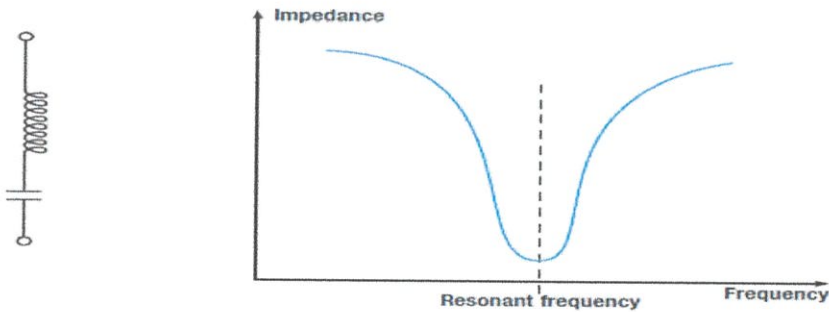
รูปที่ 2.2 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์

ในแต่ละครึ่งไซเคิลของวงจรอินพุตสมมุติว่าเมื่อขั้ว A ของขดทุติยภูมิมีค่าเป็นบวก และขั้ว B มีค่า เป็นลบจึงเหมือนกับครึ่งไซเคิลลบถูกป้อนเข้าทางขดปฐมภูมิของหม้อแปลง ไดโอด D2 และ D3 จะอยู่ในลักษณะไบอัสตรงดังนั้นกระแสจึงไหลครบวงจรจากขั้ว A ผ่านไดโอด D2 ความต้านทานโหลดและ ไดโอด D3 แล้วกลับเข้าสู่ขั้ว B ของหม้อแปลง และเมื่อแรงดันไฟสลับเปลี่ยนข้างมาเป็นขั้วบวก ที่ขั้ว B และเป็นลบที่ขั้ว A การนำกระแสของไดโอดจะเปลี่ยนไปโดยเริ่มจากจุด B ของขดทุติยภูมิ ผ่าน D4 ความต้านทานโหลด และ D1 กลับเข้าขั้ว A ของหม้อแปลง ทิศทางแรงดันตกคร่อมโหลดจะมีทิศทางเดียวกับตอนแรกคือ มีขั้วบวกอยู่ทางด้านบน ดังนั้นการนำกระแสไดโอดจะเกิดสลับกันทีละสองตัว D2 กับ D3 และ D1 กับ D4

2.2 วงจรเรโซแนนซ์

วงจรเรโซแนนซ์เป็นวงจรผสมที่ต่อร่วมกันอยู่ระหว่างตัวเก็บประจุกับวงจรเหนี่ยวนำซึ่งมีความสำคัญและที่ใช้มากพอสมควรในวงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบอะนาล็อก ด้วยผลต่อสัญญาณกระแสสลับของขดลวดและตัวเก็บประจุ ซึ่งแตกต่างกันไปในทางตรงกันข้ามจะทำให้เกิดผลต่อแรงดันกระแสตรงและแรงดันกระแสสลับตกคร่อมวงจรขึ้น เมื่อวงจรได้รับแรงดันกระแสตรงจะเกิดการต่อต้านและยอมให้สัญญาณกระแสสลับบางความถี่ผ่านเป็นต้น จากคุณสมบัติเช่นนี้จึงสามารถนำวงจรเรโซแนนซ์ไปใช้เป็นชุดสร้างความถี่ให้กับวงจรออสซิลเลเตอร์นำมาใช้สำหรับเลือกให้สัญญาณที่ต้องการผ่านใช้เป็นวงจรกั้นหรือกำจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการ

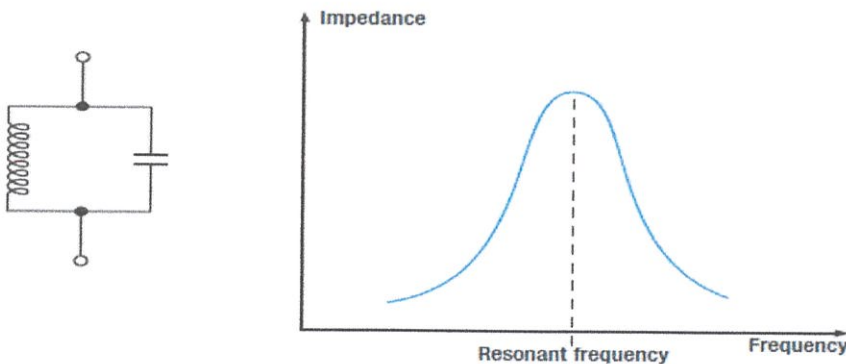
2.2.1 วงจรเรโซแนนซ์ แบบ อนุกรม (series resonant)



รูปที่ 2.3 (ก) ความสัมพันธ์ระหว่าง Impedance และความถี่ของวงจรเรโซแนนซ์ แบบ อนุกรม

คุณสมบัติของวงจรคือ จะมีค่า Impedance ต่ำที่ความถี่ เรโซแนนท์ ทำให้กระแสไหลได้สูงสุด

2.2.2 วงจรเรโซแนนซ์ แบบ ขนาน (parallel resonant)

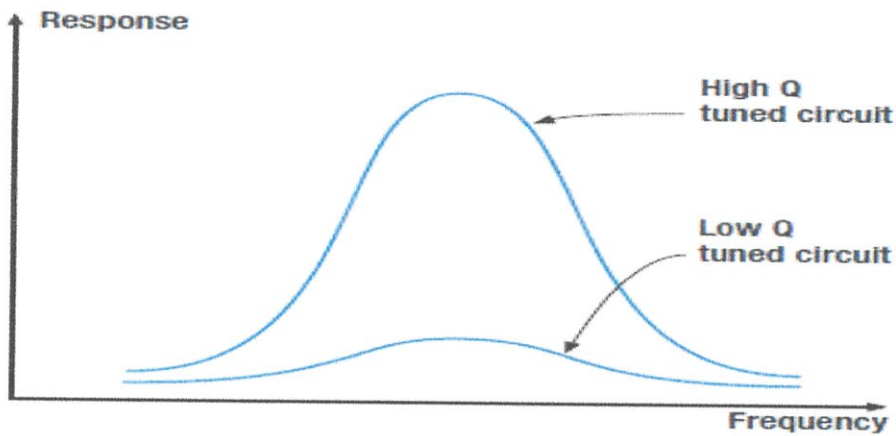


รูปที่ 2.3 (ข) ความสัมพันธ์ระหว่าง Impedance และความถี่ของวงจรเรโซแนนซ์แบบขนาน

คุณสมบัติของวงจรคือ จะมีค่า Impedance สูงที่ความถี่ เรโซแนนท์ ทำให้กระแสไหลได้ต่ำสุด ตรงข้ามกับวงจรแรก

2.2.3 แฟกเตอร์คุณภาพ (Q)

คุณสมบัติหนึ่งของวงจร เรโซแนนท์ ก็คือ ค่า Q ของวงจร ค่านี้จะเป็นการบอกถึง bandwidth ของวงจร ถ้าค่า Q มีค่ามากแสดงว่าวงจรจะมี bandwidth น้อย มีความคมของสัญญาณสูงกว่า (ดูรูปประกอบ)



รูปที่ 2.4 กราฟเปรียบเทียบระหว่าง วงจรที่มีค่า Q มากและ ค่า Q น้อย

ค่า Q สามารถคำนวณได้จาก

$$Q = \text{resonant frequency} / \text{bandwidth} \quad (2.1)$$

ค่า bandwidth ในรูป เราจะนับจากจุด f-low ถึง f-high ซึ่งทั้งสองจุดนี้เป็นจุดที่สัญญาณตกลง 3 dB จากความแรงสูงสุด
ความถี่ เรโซแนนท์ สามารถหาได้จากสูตร

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.2)$$

$$C = \frac{1}{4\pi^2 f^2 L} \quad (2.3)$$

$$L = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C} \quad (2.4)$$

2.3 ตัวเหนี่ยวนำ (Inductor)

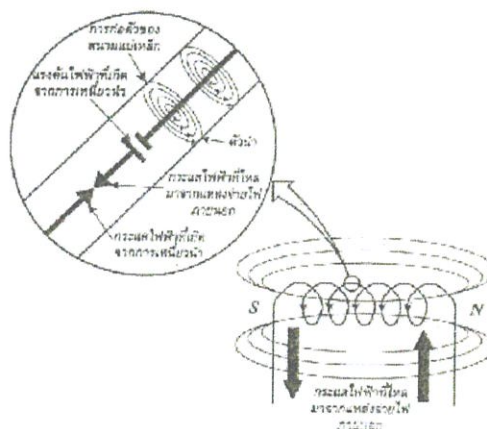
เป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้ในการปรับความถี่ของเครื่องรับวิทยุและ โทรทัศน์โดยอาศัยหลักการของลวดทองแดง นำมาขดหลาย ๆ รอบที่เรียกว่าคอย (Coil) แล้วจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไป เพื่อให้แสดงคุณสมบัติของตัวเหนี่ยวนำ โครงสร้างประกอบด้วยขดลวด (Coil) พันรอบแกน (Core) ซึ่งแกนนี้อาจจะเป็นแกนอากาศ, แกนเหล็ก, หรือแกนเฟอร์ไรท์ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของการเหนี่ยวนำไฟฟ้า ตัวเหนี่ยวนำชนิดต่าง ๆ

2.3.1 การเหนี่ยวนำในตัวเอง

เมื่อเราจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ไหลเข้าไปในเส้นลวดตัวนำจะปรากฏว่ามีเส้นแรงแม่เหล็กเกิดขึ้นที่รอบๆเส้นลวดตัวนำ และมีทิศทางตามกฎมือซ้ายถ้าเรานำเอาลวดมาขดเป็นคอยล์เพื่อให้เกิดคุณสมบัติของตัวนำโดย ต่อจากแหล่งจ่ายไฟ กระแสตรงแล้วใช้กฎมือซ้าย ซึ่งจะบอกให้เราทราบว่า นิ้วหัวแม่มือซ้ายจะแสดง ทิศทางของสนามแม่เหล็กชี้ขึ้นเหนือ ของขดลวดและจำนวนนิ้วที่เหลือทั้ง 4 นิ้ว ที่กำรอบขดลวดจะเป็นทิศทางการไหลของกระแสอิเล็กตรอน

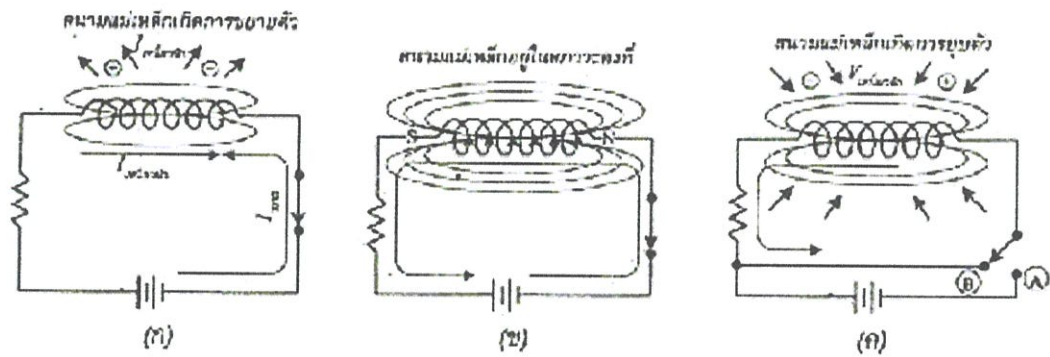
2.3.2 การเหนี่ยวนำระหว่างขดลวด 2 ขด

เมื่อเรานำขดลวด 2 ขดมาวางไว้ใกล้กันแล้วจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ขดลวดตัวนำขดหนึ่งจะพบว่าเมื่อกระแสไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงย่อมจะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงและสามารถยุบตัวติดกับขดลวดตัวนำอีกตัวหนึ่งที่วางอยู่ใกล้ ได้ซึ่งจะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำตกร่วมที่ขดลวดตัวนำทั้งสอง เรียกว่า เกิดการเหนี่ยวนำการต่อตัวเหนี่ยวนำแบบอันดับ ค่าอินดักแตนซ์รวมของวงจรจะเท่ากัน ค่าอินดักแตนซ์ของตัวเหนี่ยวนำแต่ละตัวรวมกันการต่อตัวเหนี่ยวนำแบบขนาน ค่าอินดักแตนซ์รวมจะมีค่าน้อยเท่ากับตัวเหนี่ยวนำที่มีค่าอินดักแตนซ์ที่น้อยที่สุดในวงจร



รูปที่ 2.5 การต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าคร่อมเข้ากับขดลวด

รูปที่ 2.5 แสดงการต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าคร่อมเข้ากับขดลวด เป็นผลทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด ซึ่งกระแสไฟฟ้านี้จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก และความเข้มของสนามแม่เหล็ก จะเพิ่มขึ้นจากค่าศูนย์ไปจนถึงค่าสูงสุดในช่วงเวลาสั้นๆ โดยการขยายตัวของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จะเริ่มจากส่วนกลางของลวดตัวนำ ซึ่งการขยายตัวของเส้นแรงแม่เหล็กนี้จะเป็นการเคลื่อนที่ตัดกับตัวนำที่อยู่กับที่ ดังนั้น จึงส่งผลให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น (การเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า) การที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำแล้วทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำภายในนี้ เรียกว่า การเหนี่ยวนำภายใน (Self-Inductance)



รูปที่ 2.5(ก) สนามแม่เหล็กเกิดการขยายตัว

รูปที่ 2.5(ข) สนามแม่เหล็กอยู่ในสภาวะคงที่

รูปที่ 2.5(ค) สนามแม่เหล็กเกิดการยุบตัว

เมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุดจะทำให้สนามแม่เหล็กซึ่งจะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณกระแสไฟฟ้าก็ถึงค่าสูงสุดด้วย และทำให้สนามแม่เหล็กไฟฟ้า ไม่เกิดการขยายตัว อีกต่อไปโดยจะรักษาระดับให้คงที่ไว้เมื่อกระแสไฟฟ้าคงที่แล้วการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กจึงไม่เกิดขึ้น ดังนั้น การเคลื่อนที่ตัดกันระหว่างตัวเหนี่ยวนำและสนามแม่เหล็กที่ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจึงไม่เกิดขึ้น และสุดท้าย กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่จะไปต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร ก็จะไม่เกิดขึ้นด้วยเช่นกัน ดังแสดงในรูป 2.5(ข) ขดลวดจะรับพลังงานไฟฟ้า และเก็บไว้ในรูปของพลังงานสนามแม่เหล็ก เช่นเดียวกับกรณีในตัวเก็บประจุ ที่เก็บพลังงานไฟฟ้าในรูปของสนามไฟฟ้านั่นเองถ้าปรับสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง B ดังแสดงในรูป 2.5(ค) กระแสไฟฟ้าที่ไหลมาจากแบตเตอรี่จะมีค่าเท่ากับศูนย์ และทำให้สนามแม่เหล็กยุบตัวลงมา ทั้งนี้เนื่องจาก ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในวงจรจึงไม่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กอีกต่อไป และถึงแม้เส้นแรงแม่เหล็กจะยุบตัวลงมา แต่ก็ยังเป็นการเคลื่อนที่ตัดกับขดลวดตัวนำอยู่ เป็นเหตุให้มีการเคลื่อนที่ตัดกันระหว่างตัวเหนี่ยวนำ และสนามแม่เหล็ก ส่งผล

ให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเกิดขึ้นในขดลวด ซึ่งผลที่ตามมาก็คือ เกิดกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ที่จะไหลไปในทิศทางเดียวกันกับกระแสไฟฟ้าของวงจรซึ่งไหลอยู่ก่อนหน้านี้อีกแล้ว ขดลวดในขณะนี้จะเปลี่ยนพลังงานสนามแม่เหล็กไปเป็นพลังงานไฟฟ้า และคืนพลังงานที่เก็บสะสมไว้ในตอนแรกออกมา หลังจากเวลาผ่านไปสนามแม่เหล็กก็จะยุบตัวหมด แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำก็จะกลายเป็นศูนย์ และกระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำภายในวงจรก็จะไม่เกิดขึ้นอีก

2.3.3 หน่วยของค่าความเหนี่ยวนำ

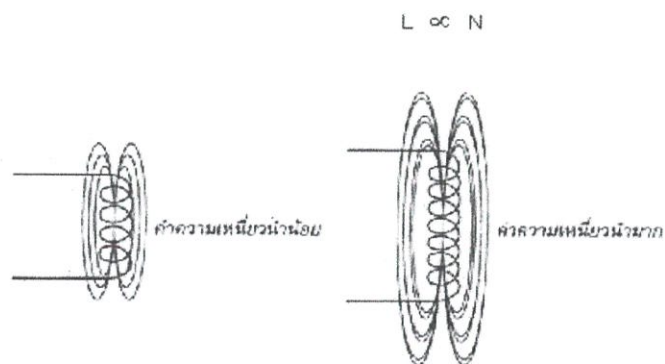
หน่วยที่ใช้ในการวัดค่าความเหนี่ยวนำ คือ เฮนรี ซึ่งได้ชื่อนักฟิสิกส์ชาวอเมริกา คือ ท่านโยเซฟ เฮนรี เป็นผู้ทำการทดลองเรื่องแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ค่าความเหนี่ยวนำ 1 เฮนรี คือเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเข้าไปในขดลวดตัวนำ เปลี่ยนแปลง 1 แอมป์/วินาที ทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 1 โวลต์

2.3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อค่าความเหนี่ยวนำ

ค่าความเหนี่ยวนำถูกกำหนดโดย 4 ปัจจัย ดังนี้

2.3.4.1 จำนวนรอบของขดลวด

ถ้าตัวเหนี่ยวนำมีจำนวนรอบของขดลวดมากขึ้น ดังแสดงในรูป สนามแม่เหล็กที่เกิดจากการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้าในขดลวดก็จะเกิดขึ้นมากด้วย สนามแม่เหล็กปริมาณมากนี้ จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นในตัวเหนี่ยวนำที่เรียกว่า "Counter EMF หรือ Back EMF" และจากการที่มีเส้นแรงแม่เหล็กจำนวนมากตัดกับขดลวด จึงส่งผลให้ค่าความเหนี่ยวนำมากตามไปด้วย ดังนั้น ค่าความเหนี่ยวนำ (L) จึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนรอบของขดลวด (N)



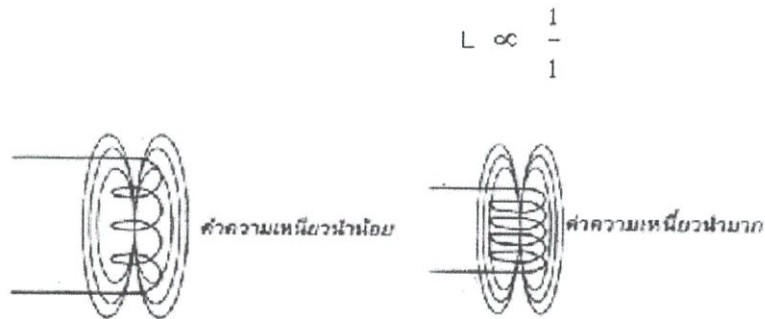
รูปที่ 2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนรอบของขดลวดกับค่าความเหนี่ยวนำ

2.3.4.2 พื้นที่ของขดลวด

ถ้าพื้นที่ของขดลวดเพิ่มขึ้นสำหรับขดลวดที่มีจำนวนรอบใดๆ ดังแสดงในรูป จะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กมีจำนวนมากขึ้นด้วย และการมีสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำเพิ่มขึ้นตาม ดังนั้น ค่าความเหนี่ยวนำ (L) จึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่ของขดลวด (A)

2.3.4.3 ความยาวของขดลวด

ถ้าทำให้ขดลวดจำนวน 4 รอบ ขยายพื้นที่ออก (นั่นคือความยาวของขดลวดเพิ่มขึ้น) ดังแสดงในรูป ผลรวมของสนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นจากขดลวดแต่ละขดจะมีปริมาณลดลงในทางกลับกันถ้าขดลวดที่มีจำนวนเท่าเดิมนำมาพันให้อยู่ชิดกันมากขึ้น (ความยาวของขดลวดสั้นลง) สนามแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดในแต่ละขดจะเสริมซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่มีปริมาณมากขึ้น ทำให้ค่าความเหนี่ยวนำมีค่ามากตามไปด้วย ดังนั้น ค่าความเหนี่ยวนำจึงเป็นสัดส่วนผกผันกับความยาวของขดลวด

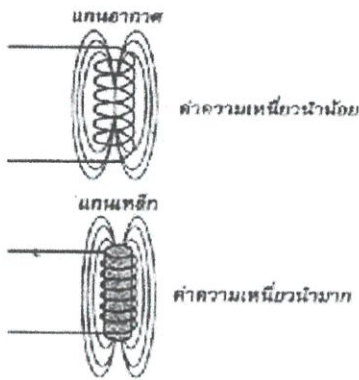


รูปที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของขดลวดกับค่าความเหนี่ยวนำ

2.3.4.4 วัสดุที่นำมาทำแกนภายในขดลวด (μ)

ตัวเหนี่ยวนำส่วนมากมีแกนที่ทำจากวัสดุจำพวกนิกเกิล โคบอลต์ เหล็ก เฟอร์ไรต์ หรืออัลลอยซึ่งแกนเหล่านี้มีคุณสมบัติที่จะช่วยรวมหรือเพิ่มความเข้มของสนามแม่เหล็ก ดังนั้น ค่าความซาบซึมได้ (Permeability) จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อค่าความเหนี่ยวนำ โดยถ้าค่าความซาบซึมได้ของวัสดุที่ใช้ทำแกนมีค่ามาก ก็จะทำให้ค่าความเหนี่ยวนำมีค่ามากตามไปด้วย ดังแสดงในตารางแสดงตัวอย่างของวัสดุหลายชนิดที่นำมาใช้ทำแกน

$$L \propto \mu$$



ค่าความซาบซึมได้ของวัสดุชนิดต่าง ๆ	
วัสดุ	ค่าความซาบซึมได้ (μ)
อากาศ หรือสุญญากาศ	1.26×10^{-6}
นิกเกิล	6.28×10^{-6}
เลบอลต์	7.56×10^{-5}
เหล็กหล่อ	1.1×10^{-4}
เหล็กแท่ง	5.56×10^{-4}
แกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้า	6.9×10^{-3}
เหล็กซิลิกอน	8.8×10^{-3}
เฟอร์ไรต์	0.126
ซูเปอร์มาลอย	1.26

รูปที่ 2.8 ความสัมพันธ์ระหว่างวัสดุที่นำมาทำแกนภายในขดลวดกับค่าความเหนี่ยวนำ

2.3.5 สูตรการคำนวณหาค่าความเหนี่ยวนำ

จากปัจจัยทั้ง 4 ประการที่มีผลต่อค่าความเหนี่ยวนำ ดังนั้นจึงสามารถนำมาเขียนเป็นสูตร

$$L = \frac{N^2 \times A \times \mu}{l} \tag{2.5}$$

คำนวณหาค่าความเหนี่ยวนำได้ดังนี้

โดยที่ L = ค่าความเหนี่ยวนำ มีหน่วยเป็น เฮนรี (H)

N = จำนวนของขดลวด

A = พื้นที่ของขดลวด มีหน่วยเป็น ตารางเมตร (m^2)

μ = ค่าความซาบซึมได้ (Permeability)

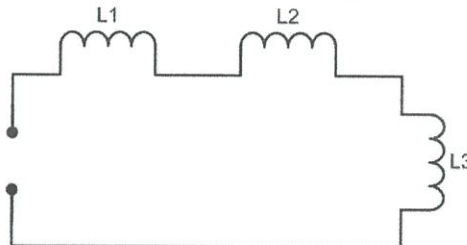
l = ความยาวของวัสดุที่นำมาทำแกน มีหน่วยเป็น เมตร (m)

2.3.6 การต่อตัวเหนี่ยวนำ

ตัวเหนี่ยวนำเป็นอุปกรณ์ที่ต้านการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าในวงจร การต่อตัวเหนี่ยวนำจะมีรูปแบบการต่อเช่นเดียวกับการต่อตัวต้านทาน นั่นคือ ต่อแบบอนุกรมหรืออับดับ และต่อแบบขนาน กรณีนำตัวเหนี่ยวนำจำนวน 2 ตัว หรือมากกว่ามาต่อกันแบบอนุกรมจะเป็นการเพิ่มความยาวให้กับขดลวด และทำให้ค่าความเหนี่ยวนำรวมเพิ่มขึ้น และเมื่อทำการต่อตัวเหนี่ยวนำแบบขนาน การหาค่าความเหนี่ยวนำรวมจะใช้วิธีคำนวณเช่นเดียวกับวิธีของตัวต้านทาน โดยที่ค่าความเหนี่ยวนำรวมที่ได้ จะมีค่าน้อยกว่าค่าความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำที่มีค่าน้อยที่สุดในวงจร

2.3.6.1 การต่อตัวเหนี่ยวนำแบบอนุกรมหรืออันดับ

เมื่อตัวเหนี่ยวนำหลายๆ ตัวมาต่อกันแบบอนุกรม ค่าความเหนี่ยวนำรวมจะคำนวณได้จากการนำค่าความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำทุกตัวมารวมกัน

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + \dots$$

(2.6)

2.3.6.2 การต่อตัวเหนี่ยวนำแบบขนาน

การคำนวณหาค่าความเหนี่ยวนำรวม เมื่อนำตัวเหนี่ยวนำมากกว่า 2 ตัว ต่อกันแบบขนาน

$$L_T = \frac{1}{(1/L_1) + (1/L_2) + (1/L_3) + \dots}$$
(2.7)

กรณีต่อตัวเหนี่ยวนำแบบขนาน 2 ตัว จะได้ค่าความเหนี่ยวนำรวมเป็น

$$L_T = \frac{L_1 \times L_2}{L_1 + L_2}$$
(2.8)

2.4 วงจรกรองความถี่

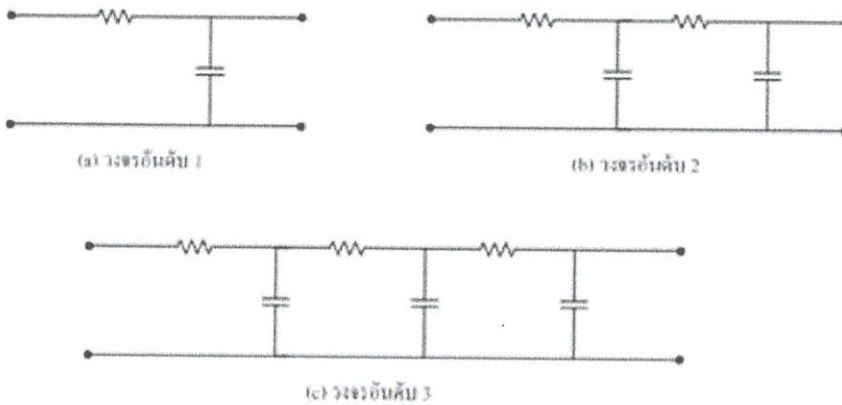
วงจรกรองความถี่หรือฟิลเตอร์ (Filter) คือวงจรไฟฟ้าที่ยอมให้สัญญาณไฟฟ้าที่ความถี่ใด ๆ ความถี่หนึ่งหรือช่วงความถี่ใดความถี่หนึ่งเท่านั้นผ่านไปได้ ส่วนความถี่อื่นหรือช่วงความถี่อื่น ๆ นอกเหนือจากที่กำหนดจะถูกสกัดออกไปซึ่งจะเป็นช่วงความถี่ใดนั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะของวงจรกรองความถี่มีด้วยกัน 2 แบบ คือ

1. แบบ Passive คือวงจรที่ประกอบขึ้นด้วยอุปกรณ์แบบพาสซีฟ ซึ่งหมายถึงอุปกรณ์ที่สามารถทำงานได้โดยไม่ต้องมีการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าเพื่อให้ทำงาน ซึ่งได้แก่ อุปกรณ์ประเภท ตัวต้านทาน (R) ตัวเก็บประจุ (C) และ ขดลวดเหนี่ยวนำ (L)

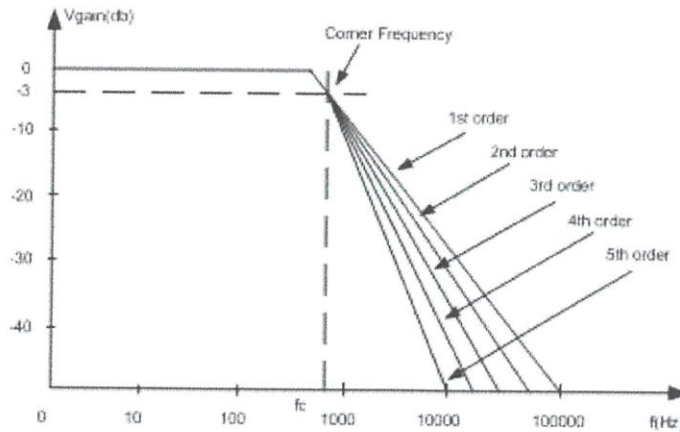
2. แบบ Active คือ วงจรที่ประกอบขึ้นด้วยอุปกรณ์ที่ต้องการไฟฟ้า เพื่อกระตุ้นการทำงานของตัวอุปกรณ์ ซึ่งได้แก่ อุปกรณ์ประเภท ทราณซิสเตอร์ หรือ ไอซี

2.4.1 วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำ (Low Pass Filter: LPF)

หมายถึง วงจรที่จะยอมให้สัญญาณความถี่ตั้งแต่ 0 Hz ถึงความถี่ที่กำหนดผ่านไปได้ ส่วนความถี่ตั้งแต่ที่กำหนดสูงขึ้นไปเรื่อย ๆ จะลดทอนไปตามลำดับ ลักษณะของวงจรมีตั้งแต่อันดับหนึ่งขึ้นไป ดังรูป



รูปที่ 2.9 วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำอันดับต่างๆ



รูปที่ 2.10 กราฟแสดงอัตราการขยายแรงดันเชิงความถี่

จากรูปวงจรเมื่อทำการป้อนความถี่ต่ำเข้าวงจร ที่ C จะมีค่า X_C สูง ทำให้ความถี่ต่ำไหลผ่าน R ที่มีค่าความต้านทานน้อยกว่า X_C ได้สะดวก ระดับสัญญาณ Output จึงผ่านได้มาก แต่เมื่อความถี่สูงกว่าจุดที่กำหนด ค่า X_C จะลดลง ทำให้ความถี่ ผ่านขดลวดได้ลดลง บางส่วนที่ผ่านไปได้ก็จะถูก C ดึงลงกราวด์ ระดับสัญญาณ Output จึงผ่านได้น้อยมาก

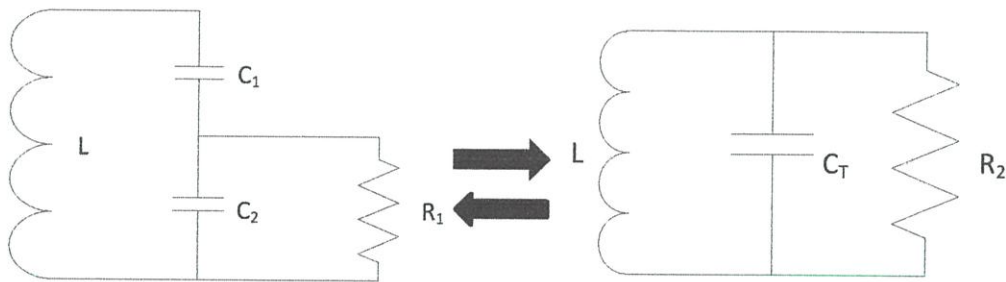
ในทางทฤษฎีวงจรกรองความถี่ต่ำจะยอมให้สัญญาณใดๆ ที่มีความถี่ตั้งแต่ 0 Hz จนถึงความถี่ที่กำหนดซึ่งเรียกว่า ความถี่คutoff หรือ ความถี่ขอบเขต (Cutoff Frequency) ผ่านไปได้โดยไม่มี การลดทอนของสัญญาณ และถ้าความถี่ของสัญญาณเข้ามีค่าเกินที่กำหนดไว้ สัญญาณออกควรมีค่าเป็นศูนย์ แต่ในทางปฏิบัติไม่สามารถจะทำได้ เนื่องจากการตอบสนองสัญญาณที่ความถี่ต่างๆ ของอุปกรณ์ประเภทพาสซีฟ จะเป็นแบบค่อยเป็นค่อยไปไม่เปลี่ยนแปลงทันทีทันใด

2.5 วงจรแมทซิ่ง (Matching circuit)

วงจรแมทซิ่ง(Matching circuit) เป็นวงจรที่ใช้ในการแปลงค่าอิมพีแดนซ์ของวงจร หรือ โครงข่ายเพื่อให้วงจรหรือโครงข่ายมีค่าอิมพีแดนซ์ตามที่เรต้องการ เพื่อให้วงจร หรือโครงข่าย ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ/หรือ ให้เกิดการถ่ายทอดกำลังสูงสุด

$$R_1 < R_2 \quad (2.9)$$

$$Q = \frac{f_0}{BW} \quad (2.10)$$



รูปที่ 2.11 วงจรแมทซิ่ง ระหว่าง R L C

$$Q \geq \sqrt{\frac{R_2}{R_1} - 1} \quad (2.11)$$

$$|X_{C1}| = \sqrt{\frac{R_1^2 R_2^2}{R_1(Q^2 + 1) - R_2}} \quad (2.12)$$

$$|X_{C2}| = \frac{QR_2}{Q^2 + 1} - \frac{R_1^2 |X_{C1}|}{R_1^2 + |X_{C1}|^2} \quad (2.13)$$

$$|X_L| = \frac{R_2}{Q} \quad (2.14)$$

บทที่ 3

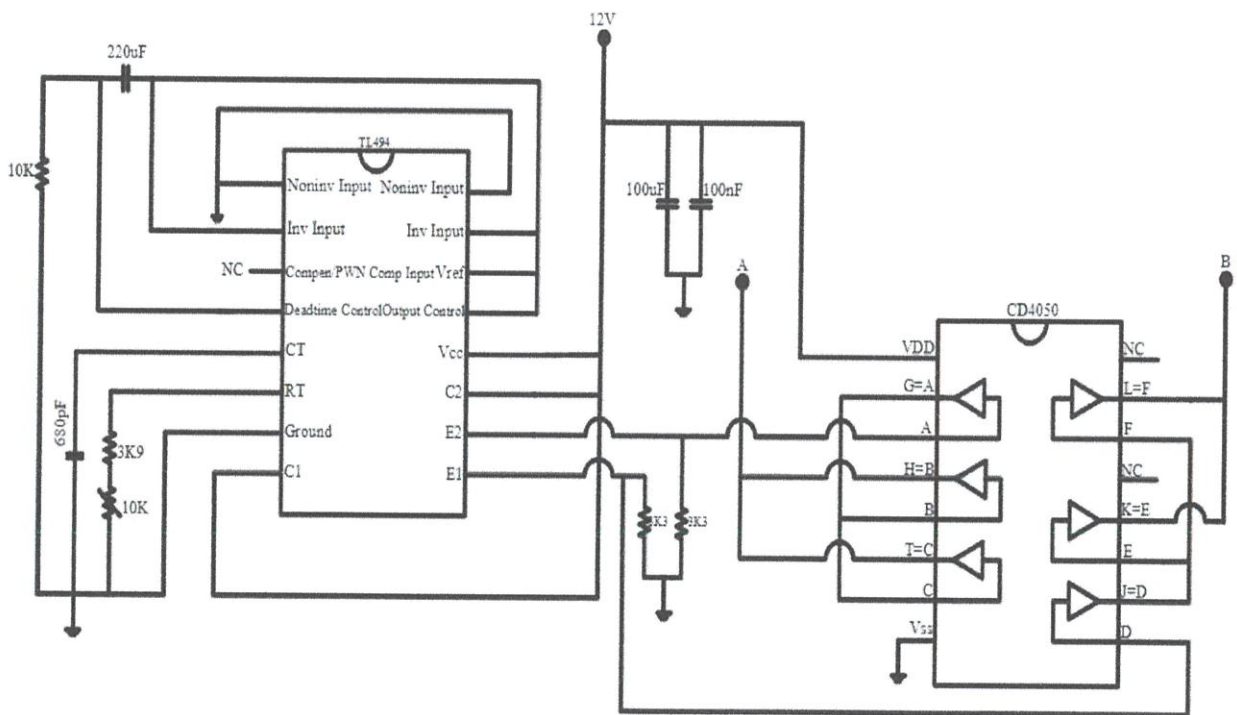
การออกแบบเครื่องชาร์จไร้สาย

3.1 ส่วนประกอบหลักของเครื่องชาร์จไร้สาย

1. ภาคส่งพลังงาน
2. ภาครับพลังงาน

3.2 การออกแบบภาคส่งพลังงาน

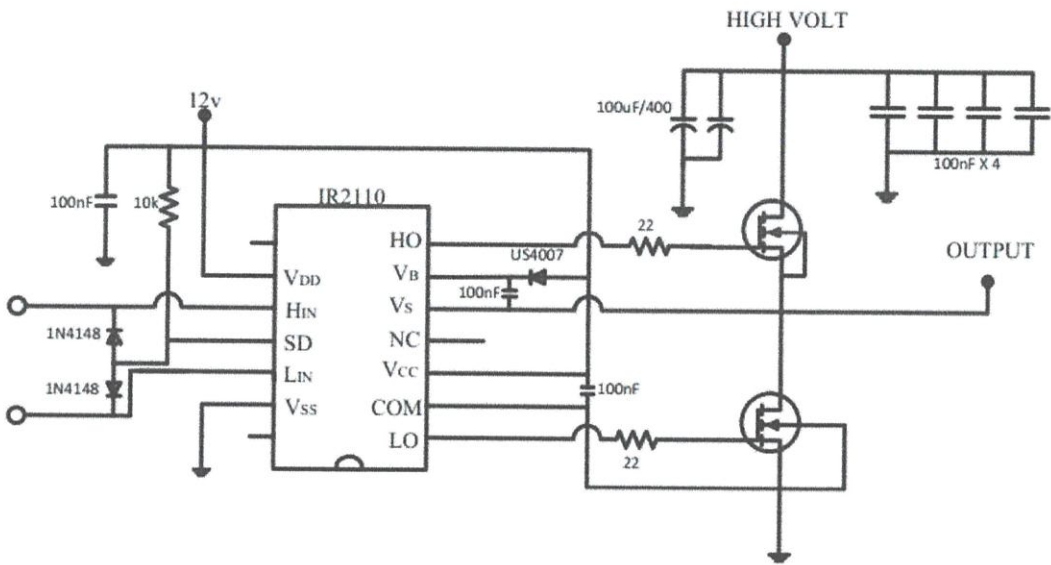
3.2.1 วงจรกำเนิดพัลส์



รูปที่ 3.1 วงจรกำเนิดพัลส์

สร้างสัญญาณโดยใช้ไอซี TL494 เป็นตัวสร้างพัลส์สี่เหลี่ยมเพื่อส่งต่อไปขับมอสเฟตโดยผ่านไอซี CD4050 ซึ่งเป็นตัวป้องกันวงจรฝั่งกำเนิดพัลส์หากที่แรงดันสูงจากส่วนขับมอสเฟตย้อนกลับมา

3.2.2 วงจรขับมอสเฟต(MOSFET)

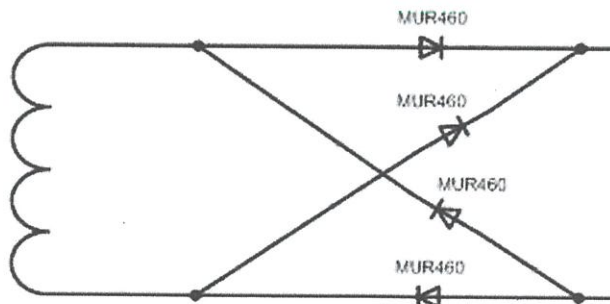


รูปที่ 3.2 วงจรสำหรับขับมอสเฟต

ไอซี IR2110 จะนำพัลส์จากวงจรถูกเนตพัลส์มาเพื่อขับมอสเฟต

3.3 การออกแบบภาครับพลังงาน

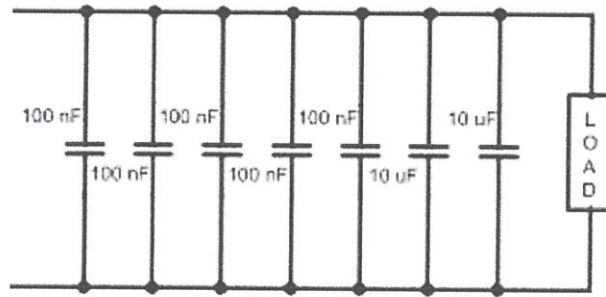
3.3.1 วงจรเรียงกระแส (Rectifier)



รูปที่ 3.3 วงจรเรียงกระแส (Rectifier)

วงจรเรียงกระแส (Rectifier) จัดเรียงกระแสสลับให้เป็นกระแสตรงโดยใช้ไดโอด MUR460 4 ตัว ในการจัดเรียงกระแส

3.3.2 วงจรกรองสัญญาณ (Ripple Filter)

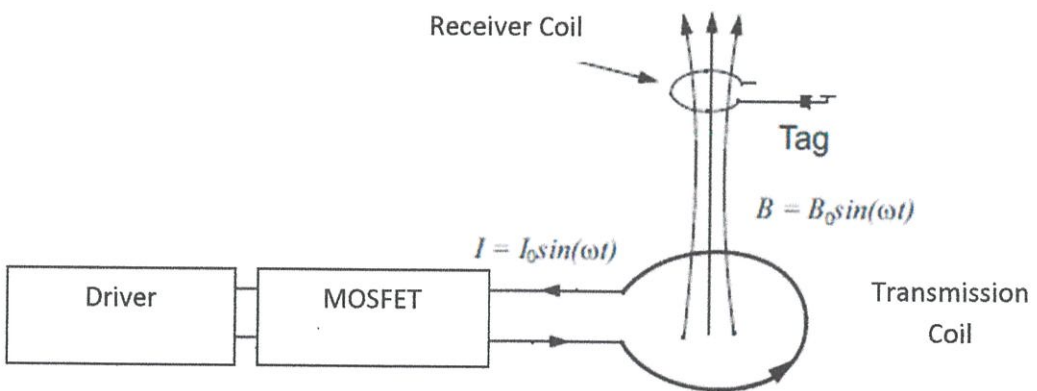


รูปที่ 3.4 วงจรฟิลเตอร์

วงจรมีใช้ตัวเก็บประจุขนาด 100 nF 5 ตัว และ 10 uF 2 ตัว ต่อแบบขนานกันเพื่อกรองแรงดันกระเพื่อมให้มีการกระเพื่อมน้อยลง ทำให้ไฟฟ้ากระแสตรงเรียบขึ้น

3.4 การออกแบบขดลวดของวงจรเครื่องชาร์จไร้สาย

การออกแบบขดลวดของวงจรเครื่องชาร์จไร้สาย ที่เหมาะสมคือสามารถเหนี่ยวนำพลังงานไฟฟ้าจากขดลวดฝั่งส่งเพื่อให้เพียงพอต่อการชาร์จ การเหนี่ยวนำพลังงานไฟฟ้าของขดลวดแสดงดังรูป



รูปที่ 3.5 การเหนี่ยวนำพลังงานไฟฟ้าที่ขดลวดฝั่งรับและขดลวดฝั่งส่ง

จากรูป 3.5 สามารถคำนวณแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดฝั่งรับที่เหนี่ยวนำจากขดลวดฝั่งส่งได้จากสมการ

$$V_0 = 2\pi f S n_{rec} Q_L B_0 \cos \alpha \tag{3.1}$$

โดยที่	V_0	คือแรงดันไฟฟ้าฝั่งรับ
	f	คือความถี่ที่ใช้งาน
	S	คือพื้นที่ผิวของขดลวดฝั่งรับ
	n_{rec}	คือจำนวนรอบของขดลวดฝั่งรับ
	Q_L	คือค่า quality factor
	B_0	คือสนามแม่เหล็กที่เกิดระหว่างขดลวด
	α	คือมุมที่ขดลวดฝั่งรับทำมุมกับขดลวดฝั่งส่ง

สนามแม่เหล็ก B_0 สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$B_0 = \frac{\mu_0 N I a^2}{2} \left(\frac{1}{r^3} \right) \quad (3.2)$$

โดยที่	μ_0	คือค่า Permeability ของอากาศเท่ากับ $4\pi \times 10^{-7} \text{ h/m}$
	N	คือจำนวนขดลวดของฝั่งส่ง
	I	คือกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขดลวดฝั่งส่ง
	a	คือพื้นที่ของขดลวดฝั่งส่ง
	r	คือระยะระหว่างขดลวดฝั่งรับและขดลวดฝั่งส่ง

ค่า $NI_{(\text{rms})}$ สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$(NI)_{(\text{rms})} = \frac{2V_{\text{rec}(\text{rms})}(a^2+r^2)^{3/2}}{2\pi f S (nQ_L)_{\text{rec}} \mu_0 a^2 \cos \alpha} \quad (3.3)$$

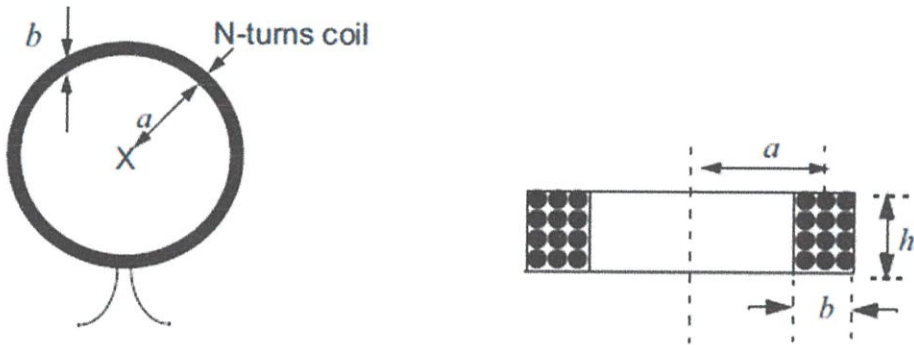
3.5 การคำนวณค่าตัวแปรต่างๆ ของขดลวด

ในส่วนของการคำนวณหาตัวแปรต่างๆ ของขดลวด ต้องทำการกำหนดขนาดและรูปร่างของขดลวดก่อน ซึ่งขดลวดที่ใช้มีหลายรูปแบบและมีการคำนวณหาตัวแปร L_s ต่างกันดังตัวอย่าง



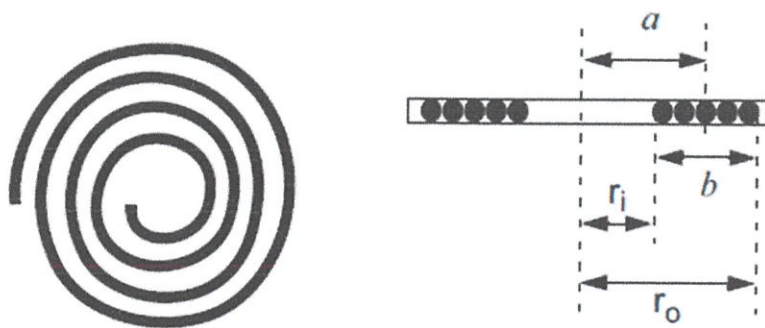
$$L_s = 0.01257a \left[2.031 \log_{10} \left(\frac{16a}{d} - 2 \right) \right] \quad (\mu\text{H}) \quad (3.4)$$

รูปที่ 3.6 ขดลวดแบบใช้ลวดทองแดงทำเป็นวงกลมรอบเดียว



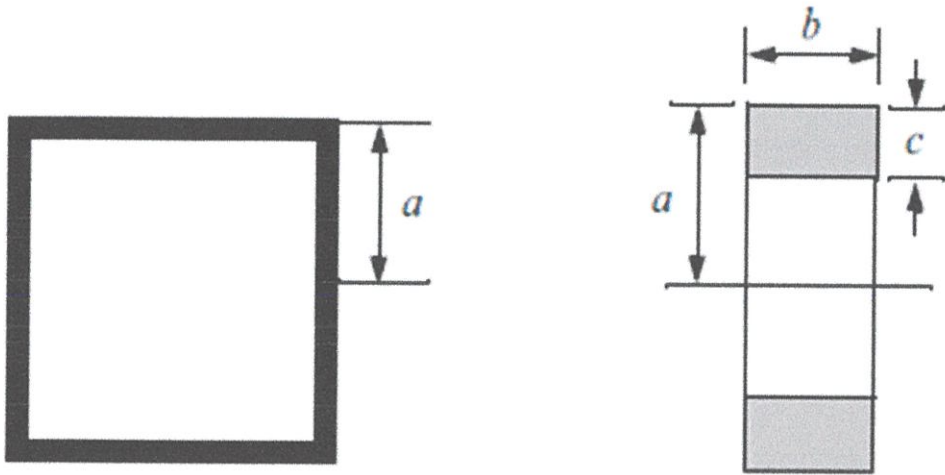
$$L_s = \frac{0.31(aN)^2}{6a+9h+10b} \quad (\mu\text{H}) \quad (3.5)$$

รูปที่ 3.7 ขดลวดแบบใช้ขดลวดทองแดงทำเป็นวงกลมหลายชั้น



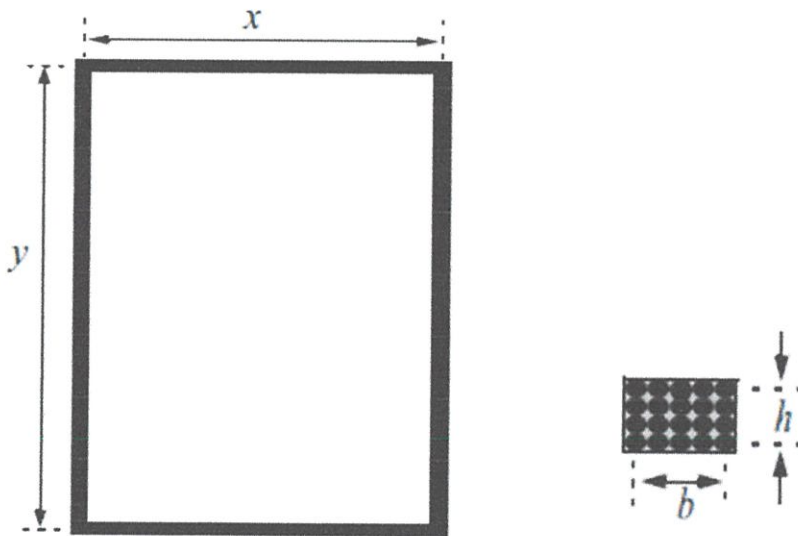
$$L_s = \frac{0.3937(aN)^2}{8a+11b} \quad (\mu\text{H}) \quad (3.6)$$

รูปที่ 3.8 ขดลวดแบบใช้ลวดทองแดงทำเป็นขดกันหอยชั้นเดียว



$$L_s = 0.008aN^2 \left[2.3031 \log_{10} \left(\frac{a}{b+c} \right) + 0.2235 \left(\frac{b+c}{a} \right) + 0.726 \right] (\mu\text{H}) \quad (3.7)$$

รูปที่ 3.9 ขดลวดแบบใช้ลวดทองแดงทำเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส

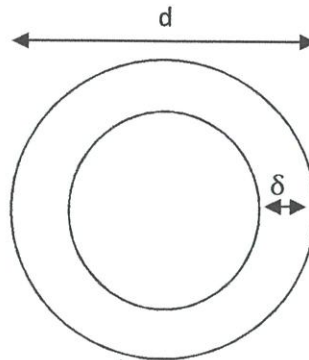


$$L_s = \frac{0.0276(\text{CN})^2}{1.908\text{C} + 9\text{b} + 10\text{h}} (\mu\text{H}) \quad (3.8)$$

$$\text{โดย } \text{C} = \text{x} + \text{y} + 2\text{h} \quad (3.9)$$

รูปที่ 3.10 ขดลวดแบบใช้ทองแดงทำเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า

ค่าความต้านทานของขดลวดในทางกระแสสลับ $r_{s(AC)}$ ขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลาง (d) ของเส้นลวด และความต้านทานที่ผิวของเส้นลวดเมื่อทำงานที่ความถี่สูง (Skin depth : δ) ดังรูป



รูปที่ 3.11 การเกิดความต้านทานที่ผิวของเส้นลวดเมื่อทำงานที่ความถี่สูง

ถ้าเส้นผ่านศูนย์กลาง (d) ของเส้นลวดน้อยกว่า สองเท่าของความต้านทานที่ผิวของเส้นลวด เมื่อทำงานที่ความถี่สูง (Skin depth : δ) ค่าความต้านทานของขดลวดในทางกระแสสลับ $r_{s(AC)}$ คำนวณด้วยสมการ

$$\text{ถ้า } d < 2\delta; \quad r_{s(AC)} = \frac{\rho l_T}{A} \left(1 + \left(\frac{1}{48} \right) \left(\frac{d}{2\delta} \right)^2 \right) \quad (3.10)$$

และถ้าเส้นผ่านศูนย์กลาง (d) ของเส้นลวดมากกว่า สองเท่าของความต้านทานที่ผิวของเส้นลวดเมื่อทำงานที่ความถี่สูง (Skin depth : δ) ค่าความต้านทานของขดลวดในทางกระแสสลับ $r_{s(AC)}$ คำนวณด้วยสมการ

$$\text{ถ้า } d < 2\delta; \quad r_{s(AC)} = \frac{\rho l_T}{A_{AC}} \quad (3.11)$$

$$A_{AC} = \frac{\pi}{4} (d^2 - (d - 2\delta)^2) \quad (3.12)$$

โดยที่ ρ คือความต้านทานของวัสดุ = $1.724 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$ (ทองแดง)

l_T คือความยาวทั้งหมดของสายอากาศเท่ากับ $2n_{rec}(x + y)$

n_{rec} คือจำนวนรอบของขดลวด

A_{AC} คือพื้นที่หน้าตัดของเส้นลวดที่ทำงานในย่านความถี่สูง

ค่าความต้านทานที่ผิวลวดเมื่อทำงานที่ความถี่สูง (Skin depth : δ) สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}} \tag{3.13}$$

โดยที่ f คือค่าความถี่ที่ใช้งาน

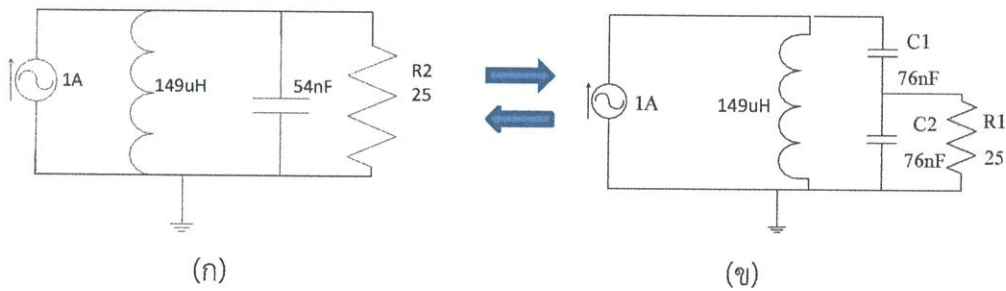
μ คือค่า Permeability เท่ากับ $\mu_0 \mu_r$

μ_0 คือค่า Permeability ของอากาศเท่ากับ $4\pi \times 10^{-7} \text{ h/m}$

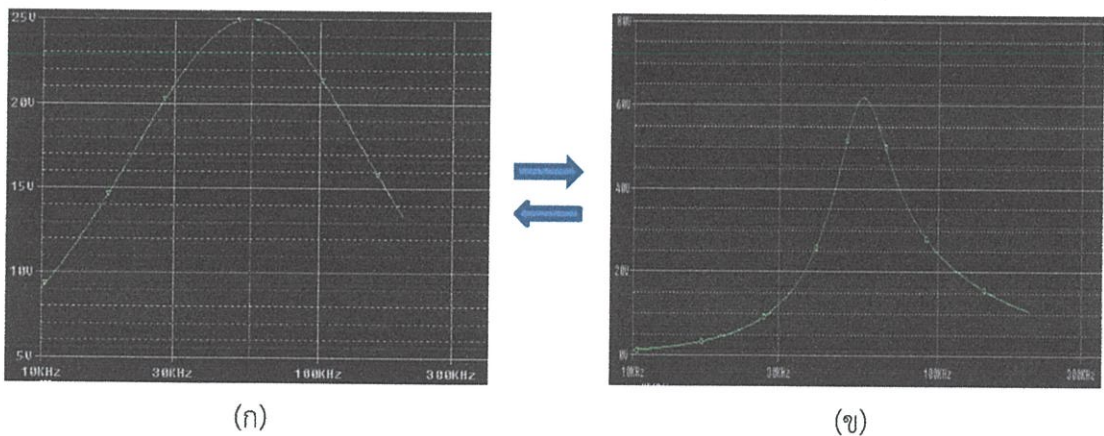
μ_r คือค่า Permeability ของอากาศเท่ากับ 1

σ คือค่าความนำของวัสดุ = $5.8 \times 10^7 \text{ mho/m}$ (ทองแดง)

3.6 การคำนวณค่าตัวเก็บประจุที่แมทซ์ซิ่ง โดยใช้โปรแกรม Pspice ที่ความถี่เดียวกัน



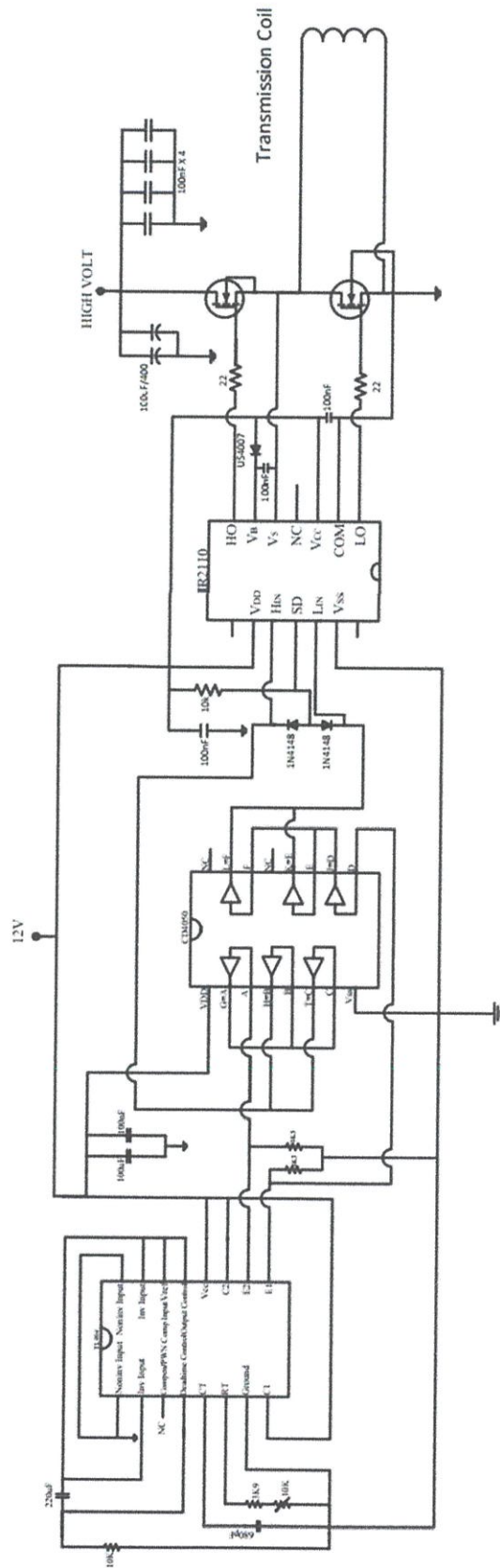
รูปที่ 3.12 การต่อวงจร C โดยวิธีแมทซ์ซิ่ง โดยใช้โปรแกรม Pspice



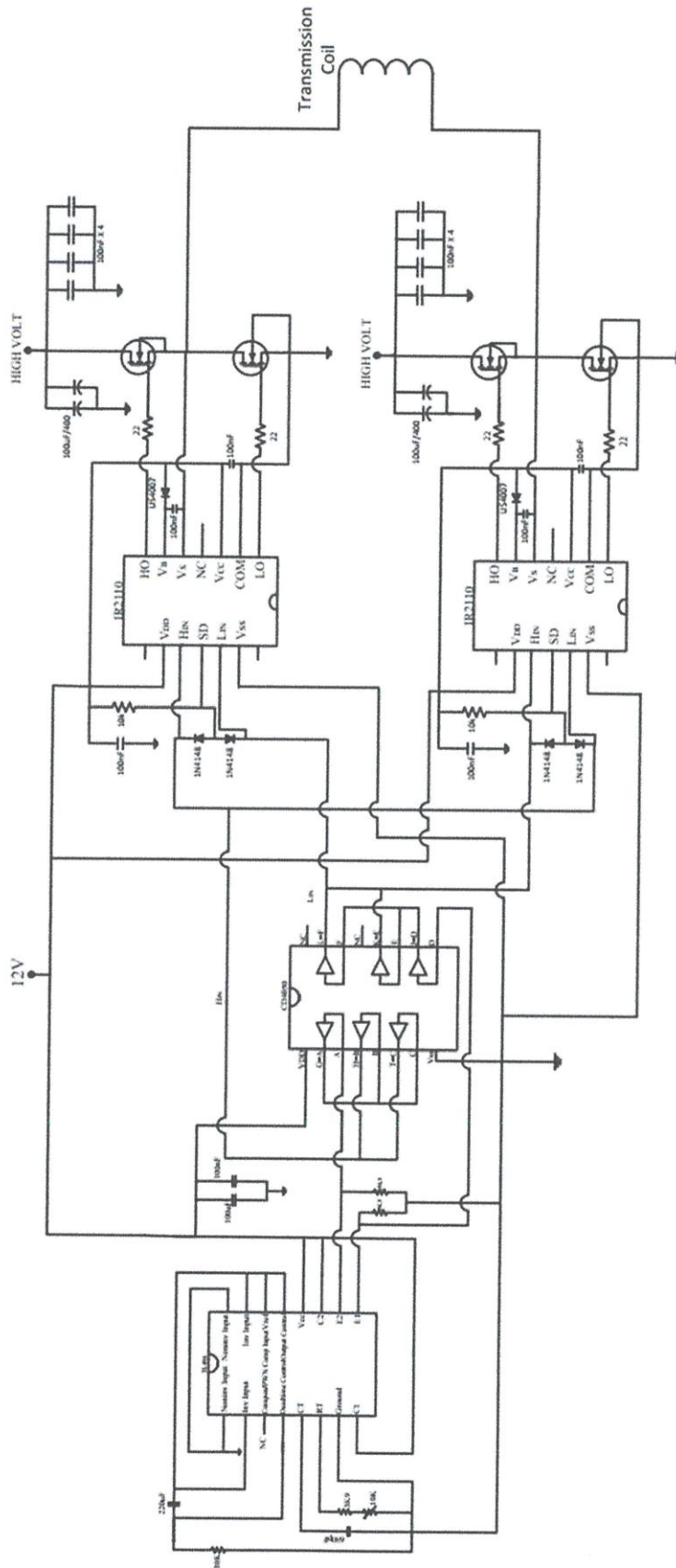
รูปที่ 3.13 กราฟการจำลองจากโปรแกรม Pspice

(ก) กราฟการจำลองของวงจรรูป 3.12(ก) ได้ค่า $F=56.556K$ $V_{out}=24.999$

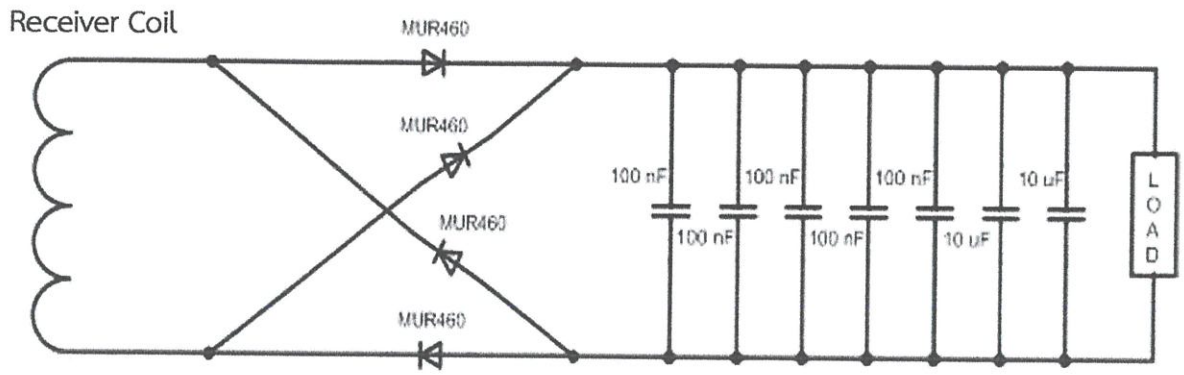
(ข) กราฟการจำลองของวงจรรูป 3.12(ข) ได้ค่า $F=56.556K$ $V_{out}=61.950$



รูปที่ 3.14 วงจรสับเปลี่ยนภาคส่งแบบ Half Bridge



รูปที่ 3.13 วงจรสับเปลี่ยนภาคส่งแบบ Full Bridge



รูปที่ 3.13 วงจรสับเปลี่ยนภาครับ

บทที่ 4

การทดสอบคุณสมบัติของเครื่องชาร์จไร้สาย

4.1 ตารางบันทึกผลการทดลองของการขับมอสเฟสแบบ Full Bridge โดยใช้ขดลวดฝั่งรับแบบสี่เหลี่ยม ขนาด 10x10

ตารางที่ 4.1.1 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุต, พาวเวอร์เอาต์พุต และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 100 kHz

$L (Rx) = 149\mu\text{H}$ $RxCoil = 24 \text{ Turns } 10*10 \text{ cm}$ $C (\text{Resonance}) = 30 \text{ nF}$

$V_{in} = 12 \text{ V}$

R_{load} (Ohm)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
300	0.19	19.20	2.5416	1.2288	48.3475
150	0.13	11.24	1.8216	0.8422	46.2369
75	0.09	6.26	1.3416	0.5225	38.9461
50	0.07	4.37	1.1016	0.3819	34.6712
25	0.06	2.34	0.9816	0.2181	22.2177

ตารางที่ 4.1.2 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุต, พาวเวอร์เอาต์พุต และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 100 kHz

$L (Rx) = 149\mu\text{H}$ $RxCoil = 24 \text{ Turns } 10*10 \text{ cm}$ $C (\text{Resonance}) = 30 \text{ nF}$

$V_{in} = 60 \text{ V}$

R_{load} (Ohm)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
300	0.89	97.50	53.6616	31.6875	59.05061
150	0.58	56.70	35.0616	21.4326	61.1284
75	0.37	31.65	22.4616	13.3563	59.4628
50	0.30	22.03	18.2616	9.7064	53.1520
25	0.21	11.82	12.8616	5.5884	43.4510

ตารางที่ 4.1.3 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 120 kHz

$$L (Rx) = 149\mu H$$

$$RxCoil = 24 \text{ Turns } 10*10 \text{ cm}$$

$$C (\text{Resonance}) = 22 \text{ nF}$$

$$V_{in} = 12 \text{ V}$$

R_{load} (Ohm)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
300	0.14	16.63	1.9416	0.9218	47.4792
150	0.09	9.52	1.3416	0.6042	45.0359
75	0.07	5.23	1.1016	0.3647	33.1068
50	0.06	3.63	0.9816	0.2635	26.8478
25	0.04	1.914	0.7416	0.1465	19.7594

ตารางที่ 4.1.4 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 120 kHz

$$L (Rx) = 149\mu H$$

$$RxCoil = 24 \text{ Turns } 10*10 \text{ cm}$$

$$C (\text{Resonance}) = 22 \text{ nF}$$

$$V_{in} = 60 \text{ V}$$

R_{load} (Ohm)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
300	0.63	83.70	38.0616	23.3523	61.3539
150	0.41	48.40	24.8616	15.6170	62.8160
75	0.27	26.49	16.4616	9.3562	56.8369
50	0.21	18.39	12.8616	6.7638	52.5894
25	0.15	9.790	9.2616	3.8337	41.3941

ตารางที่ 4.1.5 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 140 kHz

$L (R_x) = 149\mu\text{H}$

$R_{x\text{Coil}} = 24 \text{ Turns } 10*10 \text{ cm}$

$C (\text{Resonance}) = 15 \text{ nF}$

$V_{\text{in}} = 12 \text{ V}$

R_{load} (Ohm)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
300	0.11	1.5816	14.94	0.7440	47.0417
150	0.07	1.1016	8.37	0.4670	42.3970
75	0.05	0.8616	4.52	0.2724	31.6162
50	0.04	0.7416	3.11	0.1936	26.1179
25	0.04	0.7416	1.63	0.1071	14.4539

ตารางที่ 4.1.6 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 140 kHz

$L (R_x) = 149\mu\text{H}$

$R_{x\text{Coil}} = 24 \text{ Turns } 10*10 \text{ cm}$

$C (\text{Resonance}) = 15 \text{ nF}$

$V_{\text{in}} = 60 \text{ V}$

R_{load} (Ohm)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
300	0.5	75.80	30.2616	19.152	63.2885
150	0.32	42.50	19.4616	12.041	61.8739
75	0.21	23.03	12.8616	7.0717	54.9834
50	0.16	15.88	9.8616	5.0434	51.1426
25	0.12	8.40	7.4616	2.8224	37.8256

ตารางที่ 4.1.7 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 160 kHz

$$L (Rx) = 149\mu\text{H}$$

$$RxCoil = 24 \text{ Turns } 10*10 \text{ cm}$$

$$C (\text{Resonance}) = 12.35 \text{ nF}$$

$$V_{in} = 12 \text{ V}$$

R_{load} (Ohm)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
300	0.11	14.62	1.5816	0.7124	45.0481
150	0.07	8.22	1.1016	0.4504	40.8910
75	0.05	4.45	0.8616	0.2640	30.6445
50	0.04	3.06	0.7416	0.1876	25.3019
25	0.03	1.61	0.6216	0.1047	16.8463

ตารางที่ 4.1.8 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 160 kHz

$$L (Rx) = 149\mu\text{H}$$

$$RxCoil = 24 \text{ Turns } 10*10 \text{ cm}$$

$$C (\text{Resonance}) = 12.35 \text{ nF}$$

$$V_{in} = 60 \text{ V}$$

R_{load} (Ohm)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
300	0.48	74.20	29.0616	18.3521	63.1490
150	0.31	41.70	18.8616	11.5926	61.4613
75	0.20	22.67	12.2616	6.8523	55.8849
50	0.16	15.54	9.8616	4.8298	48.9761
25	0.12	8.24	7.4616	2.7159	36.3984

ตารางที่ 4.1.9 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุต, พาวเวอร์เอาต์พุต และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 63.94 kHz

$L (R_x) = 149\mu\text{H}$

$R_{x\text{Coil}} = 24 \text{ Turns } 10*10 \text{ cm}$

$C (\text{Resonance}) = 25 \text{ nF}$

$V_{in} = 12 \text{ V}$

R_{load} (Ohm)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
No Load	0.02	16.67	*	*	*
300	0.09	14.60	1.08	0.7105	65.7870
150	0.12	12.17	1.44	0.9874	68.5694
75	0.11	7.64	1.32	0.7782	58.9544
50	0.10	5.45	1.20	0.5941	49.5508
25	0.08	2.89	0.96	0.3341	34.8020

ตารางที่ 4.1.10 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุต, พาวเวอร์เอาต์พุต และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 63.94 kHz

$L (R_x) = 149\mu\text{H}$

$R_{x\text{Coil}} = 24 \text{ Turns } 10*10 \text{ cm}$

$C (\text{Resonance}) = 25 \text{ nF}$

$V_{in} = 60 \text{ V}$

R_{load} (Ohm)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
No Load	0.07	86.80	4.20	*	*
300	0.44	77.60	26.40	20.0723	76.0314
150	0.58	63.10	34.80	26.5440	76.2758
75	0.49	39.30	29.40	20.5932	70.0449
50	0.41	27.80	24.60	15.4568	62.8325
25	0.30	14.60	18.00	8.5264	47.3689

4.2 ตารางบันทึกผลการทดลองของการขับมอเตอร์แบบ Full Bridge ที่ขดลวดฝั่งรับ รูปแบบสี่เหลี่ยม โดยใช้ วงจรแมทซิ่ง C

ตารางที่ 4.2.1 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุต, พาวเวอร์เอาต์พุต และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 63.94 kHz

$L (R_x) = 149\mu\text{H}$ $R_{x\text{Coil}} = 24 \text{ Turns } 10 \times 10 \text{ cm}$

$C_1 (\text{Resonance}) = 76\text{nF}$ $C_2 (\text{Resonance}) = 76\text{nF}$

$V_{\text{in}} = 12 \text{ V}$

R_{load} (Ohm)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
No Load	0.30	13.80	3.60	*	*
300	0.08	12.50	0.96	0.5208	54.2500
150	0.17	11.80	2.04	0.3282	16.0882
75	0.20	10.70	2.40	1.5265	63.6041
50	0.25	9.90	3.00	1.9602	65.3400
25	0.32	7.60	3.84	2.3104	60.1667

ตารางที่ 4.2.2 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุต, พาวเวอร์เอาต์พุต และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 63.94 kHz

$L (R_x) = 149\mu\text{H}$ $R_{x\text{Coil}} = 24 \text{ Turns } 10 \times 10 \text{ cm}$

$C_1 (\text{Resonance}) = 76\text{nF}$ $C_2 (\text{Resonance}) = 76\text{nF}$

$V_{\text{in}} = 60 \text{ V}$

R_{load} (Ohm)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
No Load	0.10	73.30	6.00	*	*
300	0.38	66.30	22.80	14.6523	64.2645
150	0.62	63.30	37.20	26.7126	71.8080
75	1.02	58.50	61.20	45.6300	74.5588
50	1.32	54.00	79.20	58.3200	73.6363
25	1.60	40.80	96.00	66.5856	69.3600

4.3 ตารางบันทึกผลการทดลองของการขับมอสเฟสแบบ Full Bridge ที่ขดลวดฝั่งรับ
รูปแบบแปดเหลี่ยม โดยใช้ วงจรแมทซิ่ง C ที่ $V_{in} = 60V$, $L_{ขดลวด} = 98.56 \mu H$ แบบ
สี่เหลี่ยม และ $R_1 = 20 \text{ Ohm}$

ตารางที่ 4.3.1 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุต, พาวเวอร์เอาต์พุต และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 60 kHz
และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 2

R_2 (Ohm)	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (μH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
45	330.0	188.0	58.74	0.37	15.50	22.20	12.0125	54.1104
67	145.0	132.0	85.00	0.51	19.41	30.60	18.8374	61.5602
90	86.0	85.0	114.61	0.54	20.18	32.40	20.3616	62.8445

ตารางที่ 4.3.2 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุต, พาวเวอร์เอาต์พุต และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 80 kHz
และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 2

R_2 (Ohm)	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (μH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
45	-	-	-	-	-	-	-	-
67	94.0	115.0	69.27	0.45	18.42	27.00	16.9648	62.8327
90	72.0	62.0	85.00	0.38	16.97	22.80	14.3990	63.1537

ตารางที่ 4.3.3 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุต, พาวเวอร์เอาต์พุต และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 100 kHz
และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 2

R_2 (Ohm)	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (μH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
45	-	-	-	-	-	-	-	-
67	40.0	80.7	85.00	0.34	16.17	20.40	13.0734	64.0855
90	55.0	52.0	69.27	0.30	15.31	18.00	11.7198	65.1100

ตารางที่ 4.3.4 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุต, พาวเวอร์เอาต์พุต และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 60 kHz

และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 3

R ₂ (Ohm)	C ₁ (nF)	C ₂ (nF)	L (uH)	I _{in} (A)	V _{out} (V)	P _{in} (W)	P _{out} (W)	%eff (%)
100	126.7	126.7	85.00	0.50	19.15	30.00	18.3361	61.1204
134	88.0	82.0	114.61	0.51	19.55	30.60	19.1101	62.4514
175	63.7	55.0	145.56	0.58	21.33	34.80	22.7484	65.3691

ตารางที่ 4.3.5 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุต, พาวเวอร์เอาต์พุต และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 80 kHz

และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 3

R ₂ (Ohm)	C ₁ (nF)	C ₂ (nF)	L (uH)	I _{in} (A)	V _{out} (V)	P _{in} (W)	P _{out} (W)	%eff (%)
100	88.0	104.7	69.27	0.43	18.04	25.80	16.2721	63.0701
134	67.0	62.0	85.00	0.42	18.06	25.20	16.3081	64.7150
175	52.0	42.0	114.61	0.42	18.05	25.20	16.2901	64.6434

ตารางที่ 4.3.6 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุต, พาวเวอร์เอาต์พุต และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 100 kHz

และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 3

R ₂ (Ohm)	C ₁ (nF)	C ₂ (nF)	L (uH)	I _{in} (A)	V _{out} (V)	P _{in} (W)	P _{out} (W)	%eff (%)
100	79.7	76.0	58.74	0.31	15.23	18.60	11.5976	62.3529
134	47.7	42.0	77.53	0.32	15.77	19.20	12.4346	64.7638
175	36.7	34.7	98.47	0.38	17.27	22.80	14.9126	65.4063

ตารางที่ 4.3.7 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุต, พาวเวอร์เอาต์พุต และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 60 kHz
และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 4

R ₂ (Ohm)	C ₁ (nF)	C ₂ (nF)	L (uH)	I _{in} (A)	V _{out} (V)	P _{in} (W)	P _{out} (W)	%eff (%)
175	126.7	84.0	114.61	0.41	17.49	24.60	15.2950	62.1748
232	88.0	78.7	148.56	0.38	15.33	22.80	11.7504	51.5370
300	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.3.8 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุต, พาวเวอร์เอาต์พุต และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 80 kHz
และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 4

R ₂ (Ohm)	C ₁ (nF)	C ₂ (nF)	L (uH)	I _{in} (A)	V _{out} (V)	P _{in} (W)	P _{out} (W)	%eff (%)
175	62.0	62.0	85.00	0.40	17.52	24.00	15.3475	63.9480
232	52.0	40.0	114.61	0.41	17.80	24.60	15.8420	64.3984
300	34.7	30.0	148.56	0.51	19.98	30.60	19.9600	65.2288

ตารางที่ 4.3.9 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุต, พาวเวอร์เอาต์พุต และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 100 kHz
และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 4

R ₂ (Ohm)	C ₁ (nF)	C ₂ (nF)	L (uH)	I _{in} (A)	V _{out} (V)	P _{in} (W)	P _{out} (W)	%eff (%)
175	54.0	37.0	69.27	0.27	14.30	16.20	10.2245	63.1142
232	37.0	34.7	98.47	0.36	16.89	21.60	14.2636	66.0352
300	29.7	22.0	114.61	0.47	19.59	28.20	19.1884	68.0440

ตารางที่ 4.3.10 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุต, พาวเวอร์เอาต์พุต และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 60 kHz
และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 5

R_2 (Ohm)	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (uH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
260	124.7	64.0	133.00	0.28	12.65	16.80	8.0011	47.6257
290	115.0	66.7	148.56	0.26	11.60	15.60	6.7280	43.1282
470	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.3.11 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุต, พาวเวอร์เอาต์พุต และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 80 kHz
และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 5

R_2 (Ohm)	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (uH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
260	59.0	47.0	98.47	0.39	17.25	23.40	14.8781	63.5817
290	37.0	34.7	148.56	0.50	19.79	30.00	19.5822	65.2740
470	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.3.12 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุต, พาวเวอร์เอาต์พุต และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 100 kHz
และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 5

R_2 (Ohm)	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (uH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
260	47.0	40.0	85.00	0.33	16.04	19.80	12.8641	64.9701
290	28.8	26.7	114.61	0.39	17.63	23.40	15.5408	66.4139
470	21.8	19.4	148.56	0.45	18.82	27.00	17.7096	65.5912

4.4 ตารางบันทึกผลการทดลองของการขับมอสเฟสแบบ Full Bridge ที่ขดลวดฝั่งรับ
รูปแบบแปดเหลี่ยม โดยใช้ วงจรแมทซิ่ง C ที่ $V_{in} = 120V$, $L_{ฝั่งส่ง} = 98.56 \mu H$ แบบ
สี่เหลี่ยม และ $R_1 = 20 \text{ Ohm}$

ตารางที่ 4.4.1 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุต, พาวเวอร์เอาต์พุต และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 60 kHz
และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 2

R_2 (Ohm)	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (μH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
45	330.0	188.0	58.74	0.74	32.19	88.80	51.8098	58.3444
67	145.0	132.0	85.00	1.01	39.90	121.20	79.6005	65.6770
90	86.0	85.0	114.61	1.08	41.10	129.60	84.4605	65.1701

ตารางที่ 4.4.2 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุต, พาวเวอร์เอาต์พุต และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 80 kHz
และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 2

R_2 (Ohm)	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (μH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
45	-	-	-	-	-	-	-	-
67	94.0	115.0	69.27	0.88	37.50	105.60	70.3125	66.5838
90	72.0	62.0	85.00	0.75	34.95	90.00	61.0751	67.8612

ตารางที่ 4.4.3 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุต, พาวเวอร์เอาต์พุต และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 100 kHz
และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 2

R_2 (Ohm)	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (μH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
45	-	-	-	0.95	38.9	114.00	75.6605	66.3689
67	40.0	80.7	85.00	0.67	33.1	80.40	54.7805	68.1350
90	55.0	52.0	69.27	0.6	31.55	72.00	49.7701	69.1252

ตารางที่ 4.4.4 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 60 kHz

และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 3

R_2 (Ohm)	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (uH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
100	126.7	126.7	85.00	1.00	39.21	120.00	76.8712	64.0593
134	88.0	82.0	114.61	1.02	40.00	122.40	80.0000	65.3595
175	63.7	55.0	145.56	1.19	44.00	142.80	96.8000	67.7871

ตารางที่ 4.4.5 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 80 kHz

และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 3

R_2 (Ohm)	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (uH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
100	88.0	104.7	69.27	0.85	36.95	102.00	68.2651	66.9266
134	67.0	62.0	85.00	0.84	37.17	100.80	69.0804	68.5322
175	52.0	42.0	114.61	0.85	37.20	102.00	69.1920	67.8353

ตารางที่ 4.4.6 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 100 kHz

และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 3

R_2 (Ohm)	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (uH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
100	79.7	76.0	58.74	0.60	31.20	72.00	48.6720	67.6000
134	47.7	42.0	77.53	0.64	32.65	76.80	53.3011	69.4025
175	36.7	34.7	98.47	0.76	35.70	91.20	63.7245	69.8734

ตารางที่ 4.4.7 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 60 kHz
และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 4

R_2 (Ohm)	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (uH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
175	126.7	84.0	114.61	0.82	36.00	98.40	64.8000	65.8537
232	88.0	78.7	148.56	0.74	30.95	88.80	47.8951	53.9360
300	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.4.8 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 80 kHz
และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 4

R_2 (Ohm)	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (uH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
175	62.0	62.0	85.00	0.79	35.97	94.80	64.6920	68.2406
232	52.0	40.0	114.61	0.83	36.80	99.60	67.7120	67.9839
300	34.7	30.0	148.56	1.03	41.10	123.60	84.4605	68.3337

ตารางที่ 4.4.9 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 100 kHz
และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 4

R_2 (Ohm)	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (uH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
175	54.0	37.0	69.27	0.53	29.57	63.60	43.7192	68.7410
232	37.0	34.7	98.47	0.73	34.85	87.60	60.7261	69.3221
300	29.7	22.0	114.61	0.95	40.40	114.00	81.6080	71.5860

ตารางที่ 4.4.10 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 60 kHz
และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 5

R_2 (Ohm)	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (uH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
260	124.7	64.0	133.00	0.55	25.35	66.00	32.1311	48.6835
290	115.0	66.7	148.56	0.50	23.44	60.00	27.4717	45.7861
470	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.4.11 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 80 kHz
และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 5

R_2 (Ohm)	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (uH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
260	59.0	47.0	98.47	0.77	35.62	92.40	63.4392	68.6572
290	37.0	34.7	148.56	1.01	40.80	121.20	83.2320	68.6733
470	-	-	-	-	-	-	-	-

ตารางที่ 4.4.12 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 100 kHz
และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ(Q) = 5

R_2 (Ohm)	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (uH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
260	47.0	40.0	85.00	0.66	33.24	79.20	55.2449	69.7536
290	28.8	26.7	114.61	0.80	36.49	96.00	66.5760	69.3500
470	21.8	19.4	148.56	0.90	38.89	108.00	75.6216	70.0200

4.5 ตารางบันทึกผลการทดลองของการขับมอสเฟสแบบ Full Bridge ที่ขดลวดฝั่งรับ รูปแบบแปดเหลี่ยม โดยใช้ วงจรแมทซิ่ง C ที่ $V_{in} = 60V$, $L_{ฝั่งส่ง} = 98.56 \mu H$ แบบ สี่เหลี่ยม, $R_1 = 20 \text{ Ohm}$ และ $R_2 = 180 \text{ Ohm}$

ตารางที่ 4.5.1 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 60 KHz ที่ แพลกเตอร์คุณภาพต่างๆ

Q	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (μH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
3	64.0	52.0	148.56	0.56	20.83	33.60	21.6944	64.5668
4	88.0	78.7	114.61	0.52	19.83	31.20	19.6614	63.0174
5	110.0	104.7	98.47	0.53	19.94	31.80	19.8802	62.5163

ตารางที่ 4.5.2 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 80 KHz ที่ แพลกเตอร์คุณภาพต่างๆ

Q	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (μH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
3	47.0	38.8	114.61	0.42	18.26	25.20	16.67138	66.1563
4	69.0	58.7	85.00	0.37	17.05	22.20	14.53513	65.4735
5	100.0	76.0	69.27	0.35	16.24	21.00	13.18688	62.7947

ตารางที่ 4.5.3 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 100 KHz ที่ แพลกเตอร์คุณภาพต่างๆ

Q	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (μH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
3	36.7	34.7	98.47	0.38	17.58	22.80	15.4528	67.7755
4	59.7	48.7	69.27	0.31	15.64	18.60	12.2305	65.7553
5	74.0	64.0	58.74	0.28	16.69	16.80	13.9278	82.9036

4.6 ตารางบันทึกผลการทดลองของการขับมอสเฟสแบบ Full Bridge ที่ชดลวดฝั่งรับ
รูปแบบแปดเหลี่ยม โดยใช้ วงจรแมทซิ่ง C ที่ $V_{in} = 120V$, $R_1 = 20 \text{ Ohm}$, $L_{\text{ฝั่งส่ง}} =$
 98.56 uH แบบสี่เหลี่ยมและ $R_2 = 180 \text{ Ohm}$

ตารางที่ 4.6.1 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 60 KHz ที่
แพกเตอร์คุณภาพต่างๆ

Q	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (uH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
3	64.0	52.0	148.56	1.10	42.40	132.00	89.8880	68.0910
4	88.0	78.7	114.61	1.04	40.70	124.80	82.8245	66.3658
5	110.0	104.7	98.47	1.05	41.10	126.00	84.4605	67.0321

ตารางที่ 4.6.2 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 80 KHz ที่
แพกเตอร์คุณภาพต่างๆ

Q	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (uH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
3	47.0	38.8	114.61	0.84	37.89	100.80	71.7826	71.2129
4	69.0	58.7	85.00	0.75	35.64	90.00	63.5105	70.5672
5	100.0	76.0	69.27	0.70	34.24	84.00	58.6189	69.7844

ตารางที่ 4.6.3 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ความถี่ 100 KHz ที่
แพกเตอร์คุณภาพต่างๆ

Q	C_1 (nF)	C_2 (nF)	L (uH)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	%eff (%)
3	36.7	34.7	98.47	0.76	36.55	91.20	66.7951	73.2403
4	59.7	48.7	69.27	0.62	33.02	74.40	54.5160	73.2742
5	74.0	64.0	58.74	0.57	31.12	68.40	48.4227	70.7934

4.7 ตารางบันทึกผลการทดลองของการขับมอสเฟสแบบ Full Bridge ที่ โหลดค่า 20 โอห์ม, ความถี่ 80 kHz และ ค่า $Q = 3$

ตารางที่ 4.7.1 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ขดลวดฝั่งรับมีค่า 114.86 uH โดยการเปลี่ยนค่าขดลวดฝั่งส่ง

$L_{\text{ฝั่งส่ง}} = 98.56 \text{ uH}$ แบบสี่เหลี่ยม

$C_1 = 62 \text{ nF}$

$C_2 = 40 \text{ nF}$

V_{in} (V)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	Eff (%)
60(DC)	1.18	32.3	70.8	52.1645	73.6787
120(DC)	2.35	65.0	282.0	211.2500	74.9114
110(AC)	2.56	70.7	332.8	249.9245	75.0975

ตารางที่ 4.7.2 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ ที่ ขดลวดฝั่งรับมีค่า 114.86 uH โดยการเปลี่ยนค่าขดลวดฝั่งส่ง

$L_{\text{ฝั่งส่ง}} = 645.29 \text{ uH}$ ขนาด 12x12 จำนวน 50 รอบ ลวดเบอร์ 19 แบบแปดเหลี่ยม

$C_1 = 94 \text{ nF}$

$C_2 = 40 \text{ nF}$

V_{in} (V)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	Eff (%)
60(DC)	0.26	14.74	15.6	10.86338	69.6370
120(DC)	0.53	29.8	63.6	44.402	69.8144
110(AC)	0.63	35.6	81.9	63.368	77.3724

ตารางที่ 4.7.3 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ

ที่ขดลวดฝั่งรับมีค่า 114.86 μH โดยการเปลี่ยนค่าขดลวดฝั่งส่ง

$L_{\text{ฝั่งส่ง}} = 570 \mu\text{H}$ ขนาด 14x14 จำนวน 40 รอบ ลวดเบอร์ 19 แบบแปดเหลี่ยม

$C_1 = 62 \text{ nF}$ $C_2 = 40 \text{ nF}$

V_{in} (V)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	Eff (%)
60(DC)	0.1	9.08	6	4.12232	68.7053
120(DC)	0.2	18.68	24	17.44712	72.6963
110(AC)	0.24	22.8	35.04	25.992	74.1780

ตารางที่ 4.7.4 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ

ที่ขดลวดฝั่งรับมีค่า 114.86 μH โดยการเปลี่ยนค่าขดลวดฝั่งส่ง

$L_{\text{ฝั่งส่ง}} = 110 \mu\text{H}$ ขนาด 14x14 จำนวน 17 รอบ ลวดเบอร์ 19 แบบแปดเหลี่ยม

$C_1 = 52 \text{ nF}$ $C_2 = 40 \text{ nF}$

V_{in} (V)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	Eff (%)
60(DC)	0.67	24.3	40.2	29.5245	73.4440
120(DC)	1.36	49.9	163.2	124.5005	76.2870
110(AC)	1.55	56.6	212.35	160.178	75.4311

4.8 ตารางบันทึกผลการทดลองของการขับมอสเฟสแบบ Half Bridge ที่ โหลดค่า 20

โอห์ม, ความถี่ 80 kHz และ ค่า $Q = 3$

ตารางที่ 4.8.1 แสดงค่า พาวเวอร์อินพุท, พาวเวอร์เอาต์พุท และประสิทธิภาพ

ที่ขดลวดฝั่งรับมีค่า 114.86 μH โดยการเปลี่ยนค่าขดลวดฝั่งส่ง

$L_{\text{ฝั่งส่ง}} = 110 \mu\text{H}$ ขนาด 14x14 จำนวน 17 รอบ ลวดเบอร์ 19 แบบแปดเหลี่ยม

$C_1 = 52 \text{ nF}$ $C_2 = 40 \text{ nF}$

V_{in} (V)	I_{in} (A)	V_{out} (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	Eff (%)
220(AC)	0.86	63.7	267.5692	202.8845	75.8250

บทที่ 5

วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบคุณสมบัติของวงจร

จากการทดลองเพื่อทดสอบคุณสมบัติของเครื่องชาร์จไร้สายเจอร์พบว่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับหลายตัวแปร เช่น ความถี่ที่ใช้, ค่าความเหนี่ยวนำของขนาดของขดลวดปฐมภูมิ (Primary Coil) และขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Coil), ระยะห่างระหว่างขดลวดปฐมภูมิ และขดลวดทุติยภูมิ รวมถึงโพลต์ที่เอามาใช้ทดสอบนอกจากนี้ยังพบว่าถ้ามีการเรโซแนนซ์ที่ขดลวดฝั่งทุติยภูมิ จะทำให้เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพสูงขึ้นอีกถึง 5-20 เปอร์เซ็นต์ แต่อาจจะต้องคำนึงถึงค่าแฟกเตอร์คุณภาพ (Q) เนื่องจากถ้ามีค่าแฟกเตอร์คุณภาพสูงจะให้ช่วงแบนวิดธ์ของการเรโซแนนซ์แคบทำให้ยากลำบากในการทำซ้ำอีกครั้งนอกจากนี้ หากค่าแฟกเตอร์คุณภาพ มีมากจะทำให้กระแสไหลในขดลวดและ ตัวเก็บประจุเพิ่มขึ้นทำให้เกิด LOSS มากขึ้น

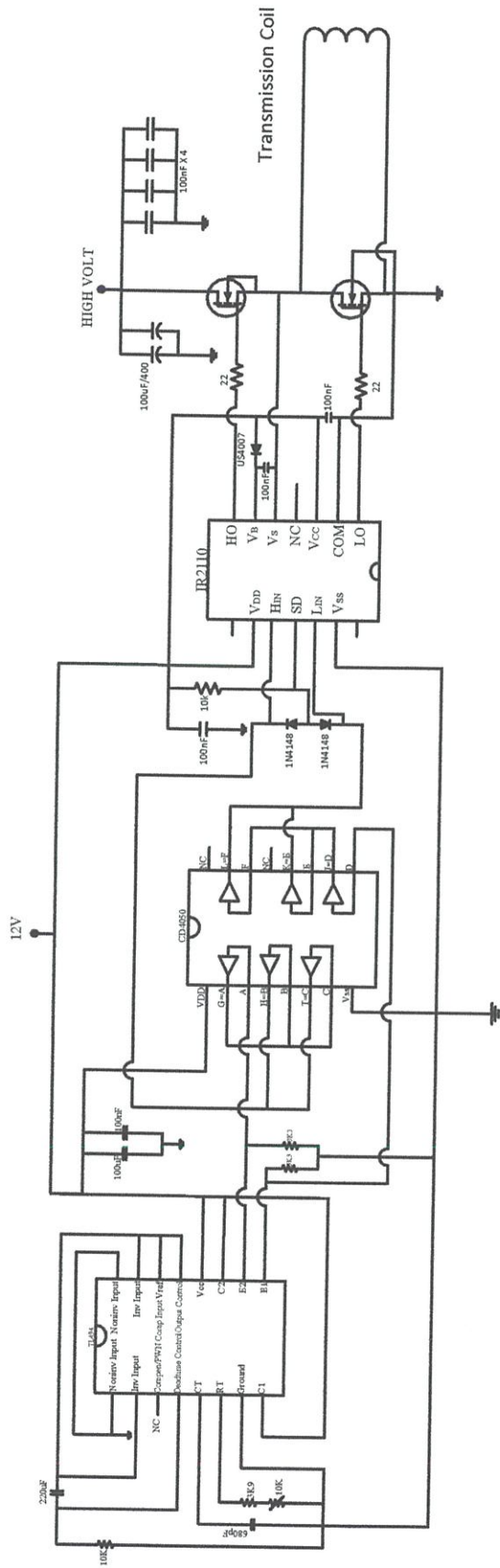
จากผลการทดลองทั้งหมดพบว่า การเปลี่ยนรูปแบบของวงจรเรโซแนนซ์ โดยใช้ ตัวเก็บประจุแบบแบ่งแรงดัน จะได้ค่าแรงดันที่เอาต์พุตมีค่าเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าขณะเปลี่ยนโพลต์ และ เมื่อทำการทดลองเพิ่มเติมโดย การปรับเปลี่ยนรูปแบบของขดลวดจากสี่เหลี่ยมเป็นแปดเหลี่ยม, การเปลี่ยนขนาดของเส้นลวดและการปรับขนาดของขดลวด การลดจำนวนรอบของขดลวดฝั่งส่ง ทำให้กำลังที่เอาต์พุตมีค่าสูงขึ้น พบว่าที่ความถี่ 80 กิโลเฮิรตส์ ค่าแฟกเตอร์คุณภาพเท่ากับ 3 ขดลวดฝั่งส่งมีค่าความเหนี่ยวนำ 110 ไมโครเฮนรี่ รูปแบบแปดเหลี่ยมขนาด 14x14 จำนวน 17 รอบ ขดลวดฝั่งรับมีค่าความเหนี่ยวนำ 114.86 ไมโครเฮนรี่ รูปแบบแปดเหลี่ยมขนาด 10x10 จำนวน 23 รอบ มีค่ากำลังงานเอาต์พุต 150 watt ตามต้องการ โดยค่าแรงดันอินพุตมีค่า 110 โวลต์ AC โดยวงจรแบบ Full Bridge และ ที่ค่าแรงดันอินพุตมีค่า 220 โวลต์ AC โดยวงจรแบบ Half Bridge มีค่ากำลังงานเอาต์พุต 200 watt

ที่ R2 ใกล้ R2max จะได้ค่า Efficiency ที่สูงขึ้น และค่า Voltage regulation ที่สูงขึ้น ที่ความต้านทานเท่ากัน พบว่า ความถี่ 80 กิโลเฮิรตส์ และค่าแฟกเตอร์คุณภาพ = 3 มีค่า Efficiency และ Voltage regulation ดีที่สุด

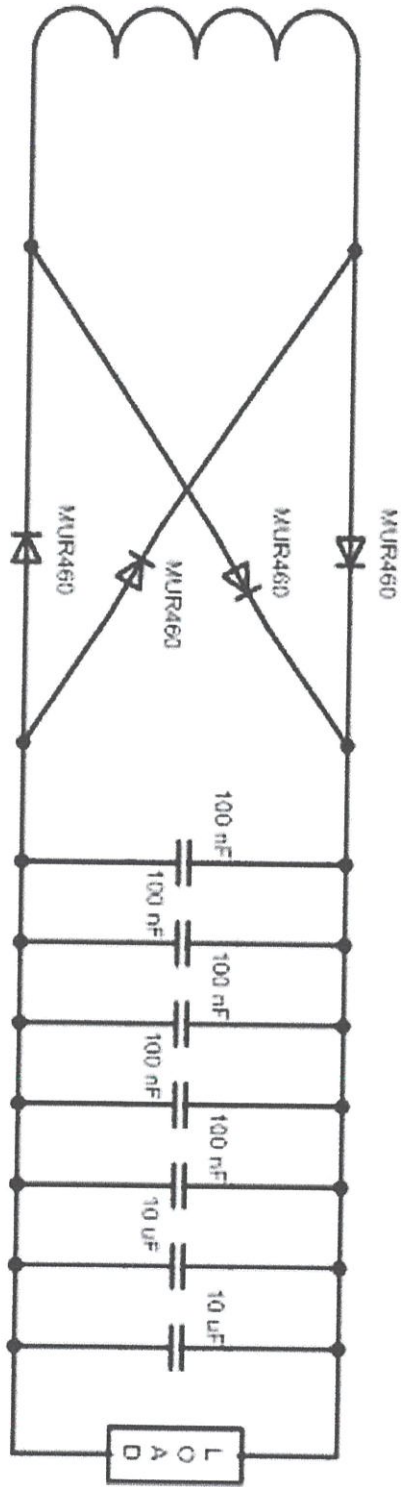
บรรณานุกรม

- 1) วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ 1 ผศ.ประภากร สุวรรณะ, ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 2) <http://www.wellwave-tech.com/article-knowledge/resonance-frequency> เรื่องเรโซแนนซ์
- 3) <http://www.elecnet.chandra.ac.th/learn/elearning/electronics1/inducter.php> เรื่องตัวเหนี่ยวนำ
- 4) http://www.kmitl.ac.th/~kpteeraw/data_com/datacom_52/Filter.htm เรื่องวงจรกรองความถี่
- 5) <http://203.172.182.172/~kriengsak/project/data/rectifier.htm> เรื่องการแปลงแรงดันไฟสลับเป็นแรงดันไฟตรง

ภาคผนวก



วงจรภาคส่งสั้มบูรณ์ แบบ Half Bridge



วงจรสั้มบูรณ์ ภาครับ

IR2110

HIGH AND LOW SIDE DRIVER

Features

- Floating channel designed for bootstrap operation
 Fully operational to +500V
 Tolerant to negative transient voltage
 dV/dt immune
- Gate drive supply range from 10 to 20V
- Undervoltage lockout for both channels
- Separate logic supply range from 5 to 20V
 Logic and power ground $\pm 5V$ offset
- CMOS Schmitt-triggered inputs with pull-down
- Cycle by cycle edge-triggered shutdown logic
- Matched propagation delay for both channels
- Outputs in phase with inputs

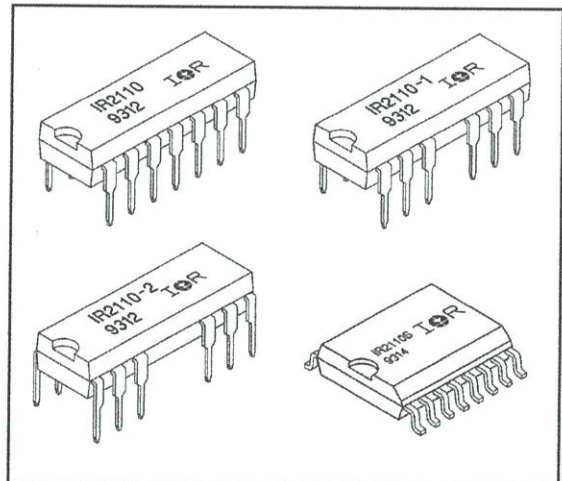
Description

The IR2110 is a high voltage, high speed power MOSFET and IGBT driver with independent high and low side referenced output channels. Proprietary HVIC and latch immune CMOS technologies enable ruggedized monolithic construction. Logic inputs are compatible with standard CMOS or LSTTL outputs. The output drivers feature a high pulse current buffer stage designed for minimum driver cross-conduction. Propagation delays are matched to simplify use in high frequency applications. The floating channel can be used to drive an N-channel power MOSFET or IGBT in the high side configuration which operates up to 500 volts.

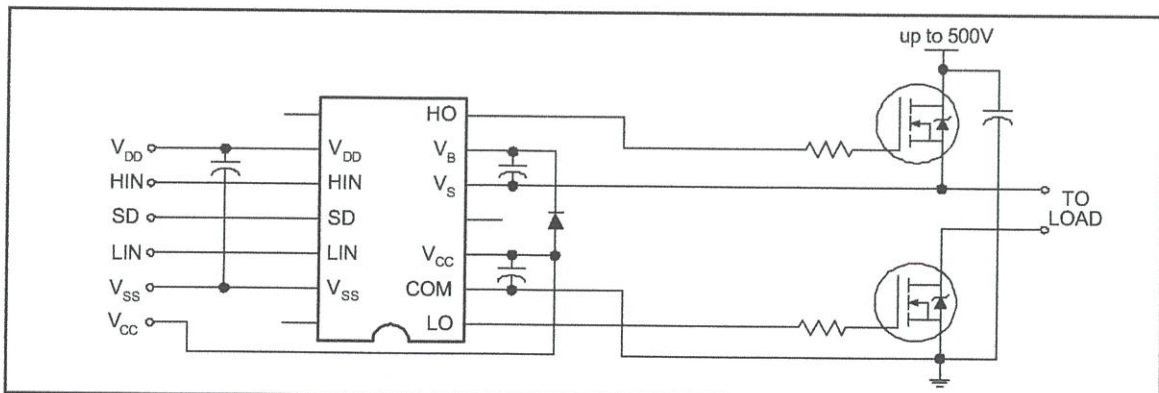
Product Summary

V_{OFFSET}	500V max.
I_{O+/-}	2A / 2A
V_{OUT}	10 - 20V
t_{on/off} (typ.)	120 & 94 ns
Delay Matching	10 ns

Packages



Typical Connection



Absolute Maximum Ratings

Absolute Maximum Ratings indicate sustained limits beyond which damage to the device may occur. All voltage parameters are absolute voltages referenced to COM. The Thermal Resistance and Power Dissipation ratings are measured under board mounted and still air conditions. Additional information is shown in Figures 28 through 35.

Symbol	Parameter Definition	Value		Units
		Min.	Max.	
V _B	High Side Floating Supply Voltage	-0.3	525	V
V _S	High Side Floating Supply Offset Voltage	V _B - 25	V _B + 0.3	
V _{HO}	High Side Floating Output Voltage	V _S - 0.3	V _B + 0.3	
V _{CC}	Low Side Fixed Supply Voltage	-0.3	25	
V _{LO}	Low Side Output Voltage	-0.3	V _{CC} + 0.3	
V _{DD}	Logic Supply Voltage	-0.3	V _{SS} + 25	
V _{SS}	Logic Supply Offset Voltage	V _{CC} - 25	V _{CC} + 0.3	
V _{IN}	Logic Input Voltage (HIN, LIN & SD)	V _{SS} - 0.3	V _{DD} + 0.3	
dV _S /dt	Allowable Offset Supply Voltage Transient (Figure 2)	—	50	V/ns
P _D	Package Power Dissipation @ T _A ≤ +25°C (14 Lead DIP)	—	1.6	W
	(14 Lead DIP w/o Lead 4)	—	1.5	
	(16 Lead DIP w/o Leads 5 & 6)	—	1.6	
	(16 Lead SOIC)	—	1.25	
R _{θJA}	Thermal Resistance, Junction to Ambient (14 Lead DIP)	—	75	°C/W
	(14 Lead DIP w/o Lead 4)	—	85	
	(16 Lead DIP w/o Leads 5 & 6)	—	75	
	(16 Lead SOIC)	—	100	
T _J	Junction Temperature	—	150	°C
T _S	Storage Temperature	-55	150	
T _L	Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	—	300	

Recommended Operating Conditions

The Input/Output logic timing diagram is shown in Figure 1. For proper operation the device should be used within the recommended conditions. The V_S and V_{SS} offset ratings are tested with all supplies biased at 15V differential. Typical ratings at other bias conditions are shown in Figures 36 and 37.

Symbol	Parameter Definition	Value		Units
		Min.	Max.	
V _B	High Side Floating Supply Absolute Voltage	V _S + 10	V _S + 20	V
V _S	High Side Floating Supply Offset Voltage	Note 1	500	
V _{HO}	High Side Floating Output Voltage	V _S	V _B	
V _{CC}	Low Side Fixed Supply Voltage	10	20	
V _{LO}	Low Side Output Voltage	0	V _{CC}	
V _{DD}	Logic Supply Voltage	V _{SS} + 5	V _{SS} + 20	
V _{SS}	Logic Supply Offset Voltage	-5	5	
V _{IN}	Logic Input Voltage (HIN, LIN & SD)	V _{SS}	V _{DD}	
T _A	Ambient Temperature	-40	125	°C

Note 1: Logic operational for V_S of -4 to +500V. Logic state held for V_S of -4V to -V_Bs.

Dynamic Electrical Characteristics

V_{BIAS} (V_{CC} , V_{BS} , V_{DD}) = 15V, C_L = 1000 pF, T_A = 25°C and V_{SS} = COM unless otherwise specified. The dynamic electrical characteristics are measured using the test circuit shown in Figure 3.

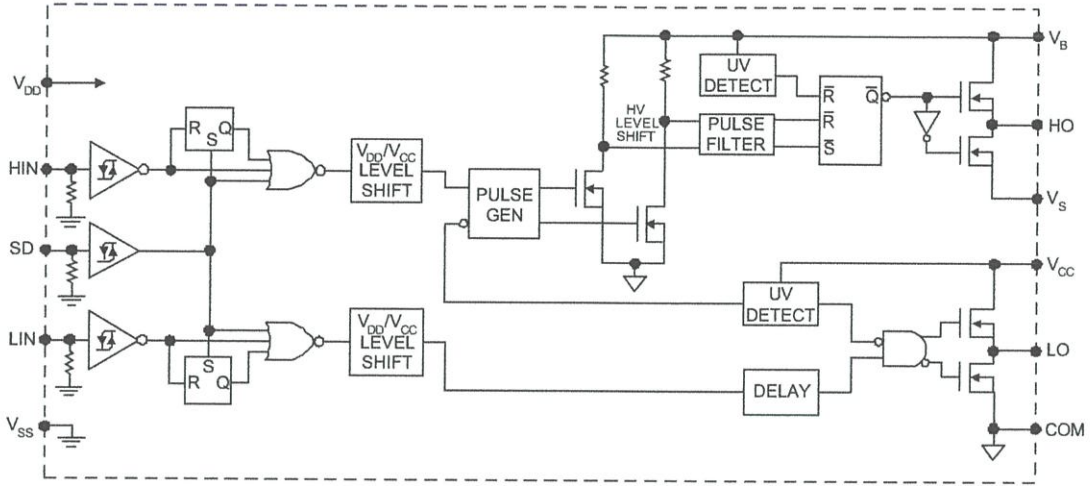
Symbol	Parameter Definition	Figure	Value			Units	Test Conditions
			Min.	Typ.	Max.		
t_{on}	Turn-On Propagation Delay	7	—	120	150	ns	$V_S = 0V$
t_{off}	Turn-Off Propagation Delay	8	—	94	125		$V_S = 500V$
t_{sd}	Shutdown Propagation Delay	9	—	110	140		$V_S = 500V$
t_r	Turn-On Rise Time	10	—	25	35		
t_f	Turn-Off Fall Time	11	—	17	25		
MT	Delay Matching, HS & LS Turn-On/Off	—	—	—	10		

Static Electrical Characteristics

V_{BIAS} (V_{CC} , V_{BS} , V_{DD}) = 15V, T_A = 25°C and V_{SS} = COM unless otherwise specified. The V_{IN} , V_{TH} and I_{IN} parameters are referenced to V_{SS} and are applicable to all three logic input leads: HIN, LIN and SD. The V_O and I_O parameters are referenced to COM and are applicable to the respective output leads: HO or LO.

Symbol	Parameter Definition	Figure	Value			Units	Test Conditions
			Min.	Typ.	Max.		
V_{IH}	Logic "1" Input Voltage	12	9.5	—	—	V	
V_{IL}	Logic "0" Input Voltage	13	—	—	6.0		
V_{OH}	High Level Output Voltage, $V_{BIAS} - V_O$	14	—	—	1.2		$I_O = 0A$
V_{OL}	Low Level Output Voltage, V_O	15	—	—	0.1		$I_O = 0A$
I_{LK}	Offset Supply Leakage Current	16	—	—	50	μA	$V_B = V_S = 500V$
I_{QBS}	Quiescent V_{BS} Supply Current	17	—	125	230		$V_{IN} = 0V$ or V_{DD}
I_{QCC}	Quiescent V_{CC} Supply Current	18	—	180	340		$V_{IN} = 0V$ or V_{DD}
I_{QDD}	Quiescent V_{DD} Supply Current	19	—	15	30		$V_{IN} = 0V$ or V_{DD}
I_{IN+}	Logic "1" Input Bias Current	20	—	20	40		$V_{IN} = V_{DD}$
I_{IN-}	Logic "0" Input Bias Current	21	—	—	1.0		$V_{IN} = 0V$
V_{BSUV+}	V_{BS} Supply Undervoltage Positive Going Threshold	22	7.5	8.6	9.7	V	
V_{BSUV-}	V_{BS} Supply Undervoltage Negative Going Threshold	23	7.0	8.2	9.4		
V_{CCUV+}	V_{CC} Supply Undervoltage Positive Going Threshold	24	7.4	8.5	9.6		
V_{CCUV-}	V_{CC} Supply Undervoltage Negative Going Threshold	25	7.0	8.2	9.4		
I_{O+}	Output High Short Circuit Pulsed Current	26	2.0	2.5	—	A	$V_O = 0V, V_{IN} = V_{DD}$ $PW \leq 10 \mu s$
I_{O-}	Output Low Short Circuit Pulsed Current	27	2.0	2.5	—		$V_O = 15V, V_{IN} = 0V$ $PW \leq 10 \mu s$

Functional Block Diagram



Lead Definitions

Lead	
Symbol	Description
VDD	Logic supply
HIN	Logic input for high side gate driver output (HO), in phase
SD	Logic input for shutdown
LIN	Logic input for low side gate driver output (LO), in phase
VSS	Logic ground
VB	High side floating supply
HO	High side gate drive output
VS	High side floating supply return
VCC	Low side supply
LO	Low side gate drive output
COM	Low side return

Lead Assignments

<p>14 Lead DIP</p>	<p>14 Lead DIP w/o Lead 4</p>	<p>16 Lead DIP w/o Leads 4 & 5</p>	<p>16 Lead SOIC (Wide Body)</p>
IR2110	IR2110-1	IR2110-2	IR2110S
Part Number			



SWITCHMODE™ Pulse Width Modulation Control Circuit

The TL494 is a fixed frequency, pulse width modulation control circuit designed primarily for SWITCHMODE power supply control.

- Complete Pulse Width Modulation Control Circuitry
- On-Chip Oscillator with Master or Slave Operation
- On-Chip Error Amplifiers
- On-Chip 5.0 V Reference
- Adjustable Deadtime Control
- Uncommitted Output Transistors Rated to 500 mA Source or Sink
- Output Control for Push-Pull or Single-Ended Operation
- Undervoltage Lockout

MAXIMUM RATINGS (Full operating ambient temperature range applies, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	TL494C	TL494I	Unit
Power Supply Voltage	V _{CC}	42		V
Collector Output Voltage	V _{C1} , V _{C2}	42		V
Collector Output Current (Each transistor) (Note 1)	I _{C1} , I _{C2}	500		mA
Amplifier Input Voltage Range	V _{IR}	-0.3 to +42		V
Power Dissipation @ T _A ≤ 45°C	P _D	1000		mW
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	R _{θJA}	80		°C/W
Operating Junction Temperature	T _J	125		°C
Storage Temperature Range	T _{stg}	-55 to +125		°C
Operating Ambient Temperature Range TL494C TL494I	T _A	0 to +70 -25 to +85		°C
Derating Ambient Temperature	T _A	45		°C

NOTE: 1. Maximum thermal limits must be observed.

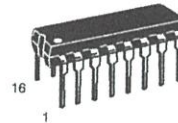
TL494

SWITCHMODE PULSE WIDTH MODULATION CONTROL CIRCUIT

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

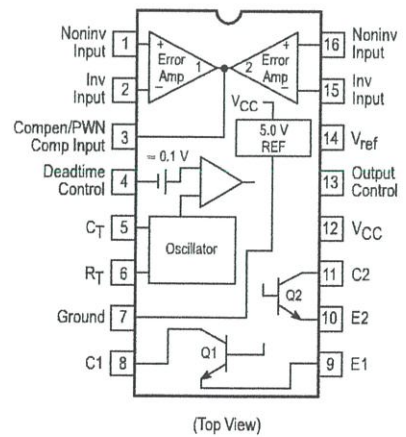


D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751B
(SO-16)



N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 648

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
TL494CD	T _A = 0° to +70°C	SO-16
TL494CN		Plastic
TL494IN	T _A = -25° to +85°C	Plastic

TL494

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Power Supply Voltage	V_{CC}	7.0	15	40	V
Collector Output Voltage	V_{C1}, V_{C2}	–	30	40	V
Collector Output Current (Each transistor)	I_{C1}, I_{C2}	–	–	200	mA
Amplified Input Voltage	V_{in}	–0.3	–	$V_{CC} - 2.0$	V
Current Into Feedback Terminal	I_{fb}	–	–	0.3	mA
Reference Output Current	I_{ref}	–	–	10	mA
Timing Resistor	R_T	1.8	30	500	k Ω
Timing Capacitor	C_T	0.0047	0.001	10	μ F
Oscillator Frequency	f_{osc}	1.0	40	200	kHz

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 15$ V, $C_T = 0.01$ μ F, $R_T = 12$ k Ω , unless otherwise noted.)

For typical values $T_A = 25^\circ\text{C}$, for min/max values T_A is the operating ambient temperature range that applies, unless otherwise noted.

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
-----------------	--------	-----	-----	-----	------

REFERENCE SECTION

Reference Voltage ($I_O = 1.0$ mA)	V_{ref}	4.75	5.0	5.25	V
Line Regulation ($V_{CC} = 7.0$ V to 40 V)	Reg _{line}	–	2.0	25	mV
Load Regulation ($I_O = 1.0$ mA to 10 mA)	Reg _{load}	–	3.0	15	mV
Short Circuit Output Current ($V_{ref} = 0$ V)	I_{SC}	15	35	75	mA

OUTPUT SECTION

Collector Off-State Current ($V_{CC} = 40$ V, $V_{CE} = 40$ V)	$I_{C(off)}$	–	2.0	100	μ A
Emitter Off-State Current $V_{CC} = 40$ V, $V_C = 40$ V, $V_E = 0$ V)	$I_{E(off)}$	–	–	–100	μ A
Collector–Emitter Saturation Voltage (Note 2) Common–Emitter ($V_E = 0$ V, $I_C = 200$ mA) Emitter–Follower ($V_C = 15$ V, $I_E = -200$ mA)	$V_{sat(C)}$ $V_{sat(E)}$	– –	1.1 1.5	1.3 2.5	V
Output Control Pin Current Low State ($V_{OC} \leq 0.4$ V) High State ($V_{OC} = V_{ref}$)	I_{OCL} I_{OCH}	– –	10 0.2	– 3.5	μ A mA
Output Voltage Rise Time Common–Emitter (See Figure 12) Emitter–Follower (See Figure 13)	t_r	– –	100 100	200 200	ns
Output Voltage Fall Time Common–Emitter (See Figure 12) Emitter–Follower (See Figure 13)	t_f	– –	25 40	100 100	ns

NOTE: 2. Low duty cycle pulse techniques are used during test to maintain junction temperature as close to ambient temperature as possible.

TL494

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = 15\text{ V}$, $C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$, unless otherwise noted.)

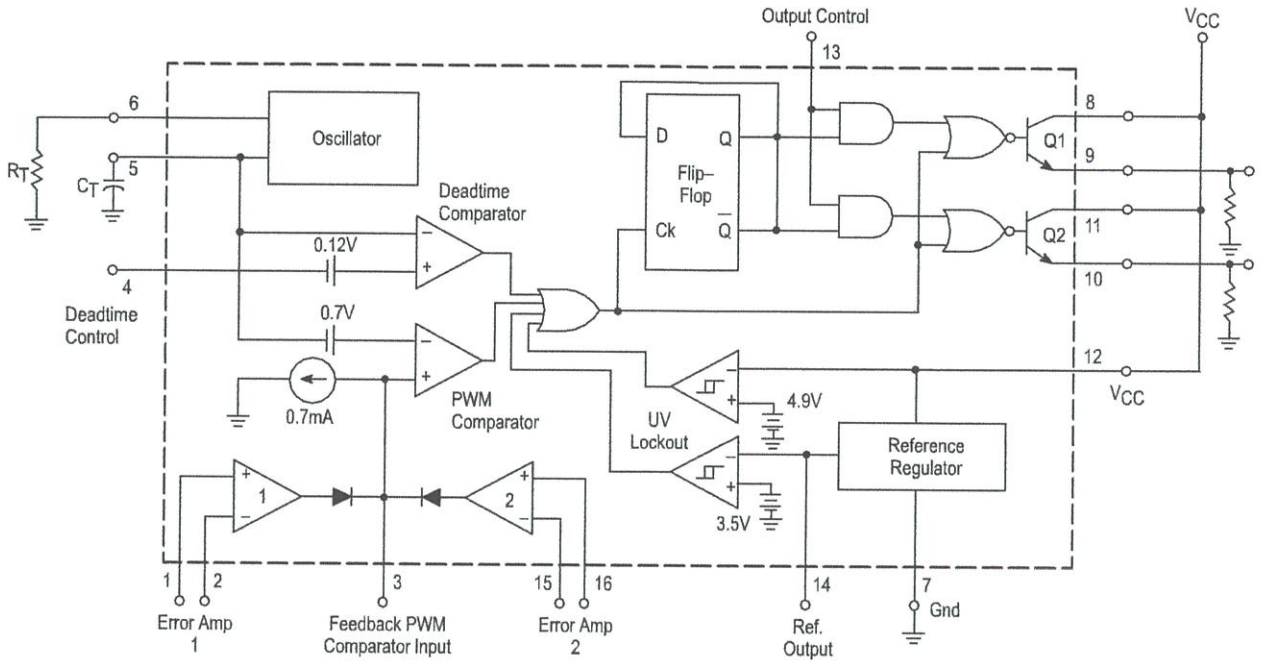
For typical values $T_A = 25^\circ\text{C}$, for min/max values T_A is the operating ambient temperature range that applies, unless otherwise noted.

Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
ERROR AMPLIFIER SECTION					
Input Offset Voltage (V_O (Pin 3) = 2.5 V)	V_{IO}	–	2.0	10	mV
Input Offset Current (V_O (Pin 3) = 2.5 V)	I_{IO}	–	5.0	250	nA
Input Bias Current (V_O (Pin 3) = 2.5 V)	I_{IB}	–	–0.1	–1.0	μA
Input Common Mode Voltage Range ($V_{CC} = 40\ \text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	V_{ICR}	–0.3 to V_{CC} –2.0			V
Open Loop Voltage Gain ($\Delta V_O = 3.0\ \text{V}$, $V_O = 0.5\ \text{V}$ to 3.5 V, $R_L = 2.0\ \text{k}\Omega$)	A_{VOL}	70	95	–	dB
Unity–Gain Crossover Frequency ($V_O = 0.5\ \text{V}$ to 3.5 V, $R_L = 2.0\ \text{k}\Omega$)	f_{C-}	–	350	–	kHz
Phase Margin at Unity–Gain ($V_O = 0.5\ \text{V}$ to 3.5 V, $R_L = 2.0\ \text{k}\Omega$)	ϕ_m	–	65	–	deg.
Common Mode Rejection Ratio ($V_{CC} = 40\ \text{V}$)	CMRR	65	90	–	dB
Power Supply Rejection Ratio ($\Delta V_{CC} = 33\ \text{V}$, $V_O = 2.5\ \text{V}$, $R_L = 2.0\ \text{k}\Omega$)	PSRR	–	100	–	dB
Output Sink Current (V_O (Pin 3) = 0.7 V)	I_{O-}	0.3	0.7	–	mA
Output Source Current (V_O (Pin 3) = 3.5 V)	I_{O+}	2.0	–4.0	–	mA
PWM COMPARATOR SECTION (Test Circuit Figure 11)					
Input Threshold Voltage (Zero Duty Cycle)	V_{TH}	–	2.5	4.5	V
Input Sink Current ($V_{Pin\ 3} = 0.7\ \text{V}$)	I_{I-}	0.3	0.7	–	mA
DEADTIME CONTROL SECTION (Test Circuit Figure 11)					
Input Bias Current (Pin 4) ($V_{Pin\ 4} = 0\ \text{V}$ to 5.25 V)	I_{IB} (DT)	–	–2.0	–10	μA
Maximum Duty Cycle, Each Output, Push–Pull Mode ($V_{Pin\ 4} = 0\ \text{V}$, $C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$) ($V_{Pin\ 4} = 0\ \text{V}$, $C_T = 0.001\ \mu\text{F}$, $R_T = 30\ \text{k}\Omega$)	DC _{max}	45 –	48 45	50 50	%
Input Threshold Voltage (Pin 4) (Zero Duty Cycle) (Maximum Duty Cycle)	V_{th}	– 0	2.8 –	3.3 –	V
OSCILLATOR SECTION					
Frequency ($C_T = 0.001\ \mu\text{F}$, $R_T = 30\ \text{k}\Omega$)	f_{osc}	–	40	–	kHz
Standard Deviation of Frequency* ($C_T = 0.001\ \mu\text{F}$, $R_T = 30\ \text{k}\Omega$)	$\sigma_{f_{osc}}$	–	3.0	–	%
Frequency Change with Voltage ($V_{CC} = 7.0\ \text{V}$ to 40 V, $T_A = 25^\circ\text{C}$)	$\Delta f_{osc} (\Delta V)$	–	0.1	–	%
Frequency Change with Temperature ($\Delta T_A = T_{low}$ to T_{high}) ($C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$)	$\Delta f_{osc} (\Delta T)$	–	–	12	%
UNDERVOLTAGE LOCKOUT SECTION					
Turn–On Threshold (V_{CC} increasing, $I_{ref} = 1.0\ \text{mA}$)	V_{th}	5.5	6.43	7.0	V
TOTAL DEVICE					
Standby Supply Current (Pin 6 at V_{ref} , All other inputs and outputs open) ($V_{CC} = 15\ \text{V}$) ($V_{CC} = 40\ \text{V}$)	I_{CC}	– –	5.5 7.0	10 15	mA
Average Supply Current ($C_T = 0.01\ \mu\text{F}$, $R_T = 12\ \text{k}\Omega$, $V_{Pin\ 4} = 2.0\ \text{V}$) ($V_{CC} = 15\ \text{V}$) (See Figure 12)		–	7.0	–	mA

* Standard deviation is a measure of the statistical distribution about the mean as derived from the formula, $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (X_n - \bar{X})^2}{N - 1}}$

TL494

Figure 1. Representative Block Diagram



This device contains 46 active transistors.

Figure 2. Timing Diagram

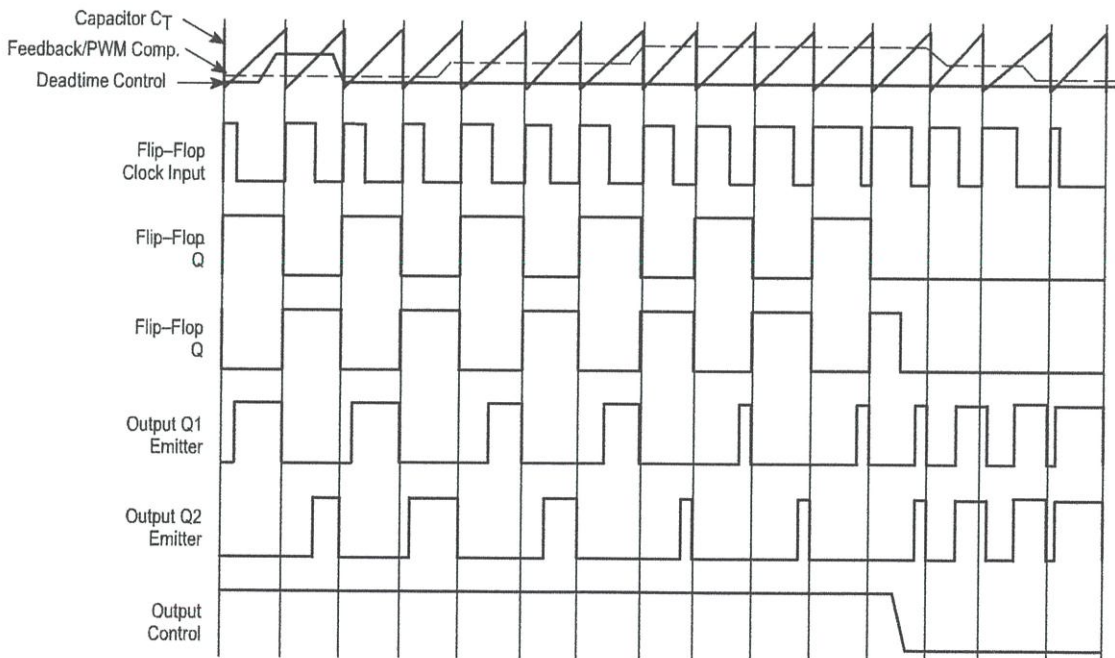


Figure 14. Error-Amplifier Sensing Techniques

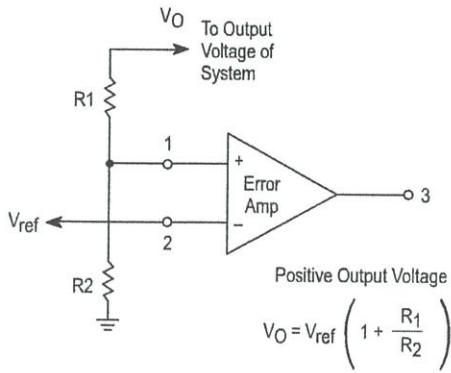
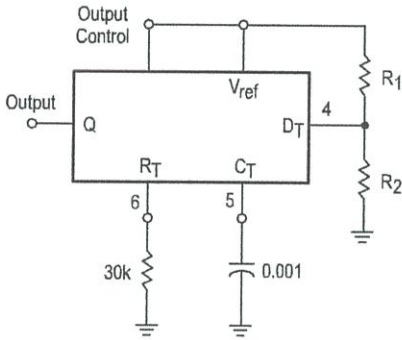


Figure 15. Deadtime Control Circuit



$$\text{Max. \% on Time, each output} = 45 - \left(\frac{80}{1 + \frac{R_1}{R_2}} \right)$$

Figure 16. Soft-Start Circuit

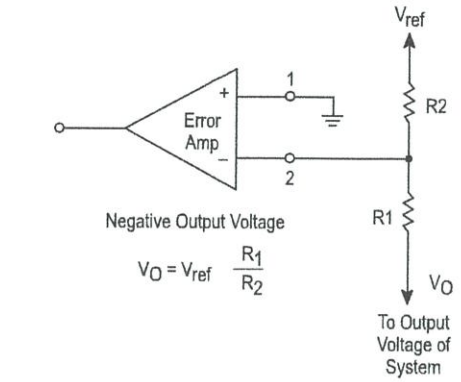
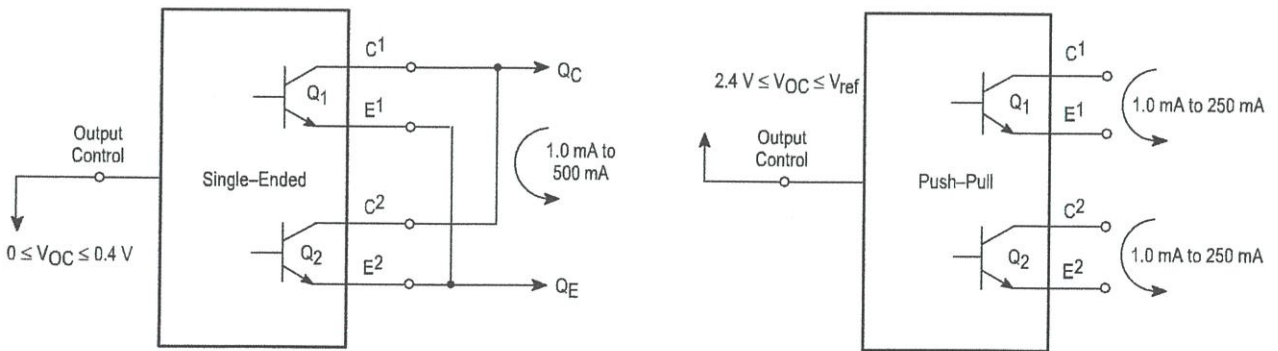


Figure 17. Output Connections for Single-Ended and Push-Pull Configurations



CD4049UBC • CD4050BC Hex Inverting Buffer • Hex Non-Inverting Buffer

General Description

The CD4049UBC and CD4050BC hex buffers are monolithic complementary MOS (CMOS) integrated circuits constructed with N- and P-channel enhancement mode transistors. These devices feature logic level conversion using only one supply voltage (V_{DD}). The input signal high level (V_{IH}) can exceed the V_{DD} supply voltage when these devices are used for logic level conversions. These devices are intended for use as hex buffers, CMOS to DTL/TTL converters, or as CMOS current drivers, and at $V_{DD} = 5.0V$, they can drive directly two DTL/TTL loads over the full operating temperature range.

Features

- Wide supply voltage range: 3.0V to 15V
- Direct drive to 2 TTL loads at 5.0V over full temperature range
- High source and sink current capability
- Special input protection permits input voltages greater than V_{DD}

Applications

- CMOS hex inverter/buffer
- CMOS to DTL/TTL hex converter
- CMOS current "sink" or "source" driver
- CMOS HIGH-to-LOW logic level converter

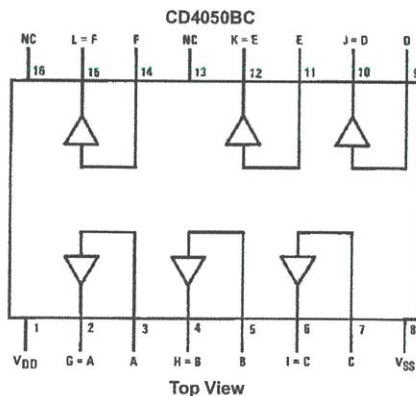
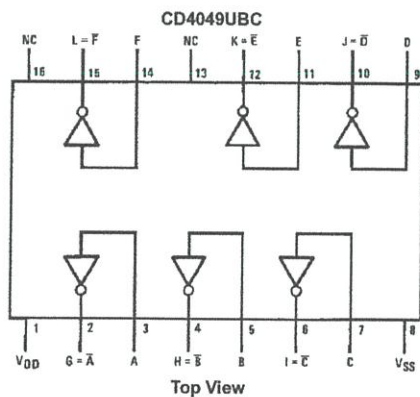
Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
CD4049UBCM	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow
CD4049UBCN	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide
CD4050BCM	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow
CD4050BCN	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagrams

Pin Assignments for DIP



SMPS MOSFET

IRFB17N50L

HEXFET® Power MOSFET

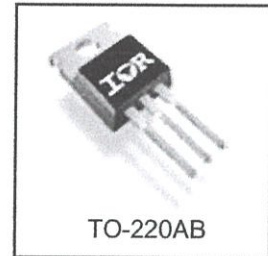
Applications

- Switch Mode Power Supply (SMPS)
- Uninterruptible Power Supply
- High Speed Power Switching
- ZVS and High Frequency Circuit
- PWM Inverters

V_{DSS}	R_{DS(on) typ.}	I_D
500V	0.28Ω	16A

Benefits

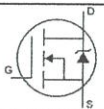
- Low Gate Charge Qg results in Simple Drive Requirement
- Improved Gate, Avalanche and Dynamic dv/dt Ruggedness
- Fully Characterized Capacitance and Avalanche Voltage and Current
- Low Trr and Soft Diode Recovery
- High Performance Optimised Anti-parallel Diode



Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
I _D @ T _C = 25°C	Continuous Drain Current, V _{GS} @ 10V	16	A
I _D @ T _C = 100°C	Continuous Drain Current, V _{GS} @ 10V	11	
I _{DM}	Pulsed Drain Current ①	64	
P _D @ T _C = 25°C	Power Dissipation	220	W
	Linear Derating Factor	1.8	W/°C
V _{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 30	V
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	13	V/ns
T _J	Operating Junction and	-55 to + 150	°C
T _{STG}	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 seconds (1.6mm from case)	300	
	Mounting Torque, 6-32 or M3 screw	10	lbf.in(N.m)

Diode Characteristics

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
I _S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	16	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode. 
I _{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	64		
V _{SD}	Diode Forward Voltage	—	—	1.5	V	T _J = 25°C, I _S = 16A, V _{GS} = 0V ④
t _{rr}	Reverse Recovery Time	—	170	250	ns	T _J = 25°C I _F = 16A T _J = 125°C di/dt = 100A/μs ④
Q _{rr}	Reverse Recovery Charge	—	470	710		
I _{RRM}	Reverse Recovery Current	—	810	1210	nC	T _J = 25°C T _J = 125°C
t _{on}	Forward Turn-On Time	—	7.3	11	A	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L _S +L _D)

Typical SMPS Topologies

- Bridge Converters
- All Zero Voltage Switching

www.irf.com

IRFB17N50L

International
IR Rectifier

Static @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	500	—	—	V	$V_{GS} = 0V, I_D = 250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.6	—	V/°C	Reference to $25^\circ\text{C}, I_D = 1\text{mA}$ ⑥
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	0.28	0.32	Ω	$V_{GS} = 10V, I_D = 9.9A$ ④
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	3.0	—	5.0	V	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250\mu A$
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	50	μA	$V_{DS} = 500V, V_{GS} = 0V$
		—	—	2.0	mA	$V_{DS} = 400V, V_{GS} = 0V, T_J = 125^\circ\text{C}$
I_{GSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	$V_{GS} = 30V$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100		$V_{GS} = -30V$

Dynamic @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
g_{fs}	Forward Transconductance	11	—	—	S	$V_{DS} = 50V, I_D = 9.9A$
Q_g	Total Gate Charge	—	—	130	nC	$I_D = 16A$ $V_{DS} = 400V$ $V_{GS} = 10V$ ④
Q_{gs}	Gate-to-Source Charge	—	—	33		
Q_{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	59		
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	21	—	ns	$V_{DD} = 250V$ $I_D = 16A$ $R_G = 7.5\Omega$ $V_{GS} = 10V$ ④
t_r	Rise Time	—	51	—		
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	50	—		
t_f	Fall Time	—	28	—		
C_{iss}	Input Capacitance	—	2760	—	pF	$V_{GS} = 0V$ $V_{DS} = 25V$ $f = 1.0\text{MHz}$
C_{oss}	Output Capacitance	—	325	—		
C_{rss}	Reverse Transfer Capacitance	—	37	—		
C_{oss}	Output Capacitance	—	3690	—		
C_{oss}	Output Capacitance	—	84	—		
$C_{oss\ eff.}$	Effective Output Capacitance	—	159	—		

Avalanche Characteristics

Symbol	Parameter	Typ.	Max.	Units
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy②	—	390	mJ
I_{AR}	Avalanche Current①	—	16	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy①	—	22	mJ

Thermal Resistance

Symbol	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	0.56	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	0.50	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	62	

Notes:

- ① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature. ④ Pulse width $\leq 300\mu s$; duty cycle $\leq 2\%$.
- ② Starting $T_J = 25^\circ\text{C}$, $L = 3.0\text{mH}$, $R_G = 25\Omega$, $I_{AS} = 16A$.
- ③ $I_{SD} \leq 16A$, $di/dt \leq 347A/\mu s$, $V_{DD} \leq V_{(BR)DSS}$, $T_J \leq 150^\circ\text{C}$