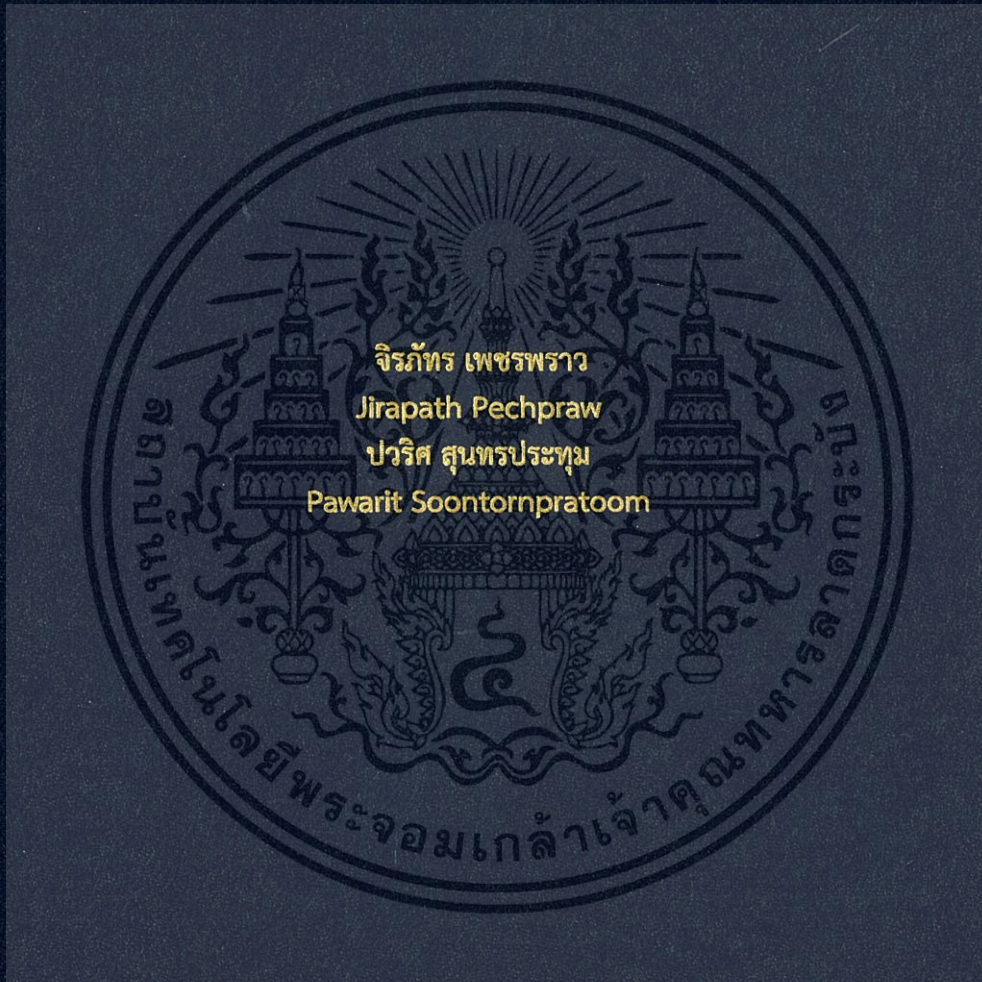


เครื่องกำเนิดสัญญาณรบกวน
Noise Generator



ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2560

เครื่องกำเนิดสัญญาณรบกวน

Noise Generator

จิรภัทร เพชรพราว

ปวริศ สุนทรประทุม

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา	2560
ภาควิชา	วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง	เครื่องกำเนิดสัญญาณรบกวน Noise Generator
ผู้จัดทำ	นายจิรภัทร เพชรพราว รหัสประจำตัว 57010192 นายปวริศ สุนทรประทุม รหัสประจำตัว 57010757

ปริญญาโทนี้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

๑
๑๗-๗

(รศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ)

อาจารย์ที่ปรึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ เครื่องกำเนิดสัญญาณรบกวน
นักศึกษา นายจิรภัทร เพชรพราว รหัสนักศึกษา 57010192
นายปวีริศ สุนทรประทุม รหัสนักศึกษา 57010757
ปริญญา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ปีการศึกษา 2560
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ รศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุขกิจ

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นโครงการเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า ซึ่งเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ประยุกต์ใช้ในงานเฉพาะทาง โดยหลักการทำงานจะแบ่งเป็นสามส่วนได้แก่ ส่วนของการสร้างสัญญาณรบกวนโดยใช้วงจรรวมเป็นตัวจ่ายไฟให้ไดโอดเพื่อสร้างสัญญาณรบกวน ส่วนที่สองของวงจรขยายสัญญาณเพื่อเพิ่มขนาดของสัญญาณรบกวนให้สามารถนำไปใช้งานได้ และส่วนสุดท้ายคือการติดตั้งเสาอากาศเพื่อกระจายสัญญาณรบกวน โดยการใช้งานเพื่อเป็นการป้องกันการก่อการร้าย ภายในประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Noise Generator		
Student	Mr. Jirapath Pechpraw	Student ID: 57010192	
	Mr. Pawarit Soontornpratoom	Student ID: 57010757	
Degree	Bachelor of Engineering		
Programs	Electronics		
Year	2017		
Thesis Advisor	Assoc.Ph.D. Phatarapong Phasukkit		

ABSTRACT

This project presents about creation of noise signal that's used in a specific application. The operation can be divided into three parts. First, Noise generator part that apply integrated circuit dispense power to diode for produce a noise signal. Second, The amplifier circuits that's used to increase the amplitude of the noise. Finally, The antenna spreads the noise to the outward for using it to prevent domestic terrorism.

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำโครงการและรายงานเครื่องกำเนิดสัญญาณรบกวน (Noise Generator) นี้ประสบความสำเร็จไปด้วยดีทั้งนี้เนื่องจากคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ รศ.ดร.ภัทรพงษ์ ผาสุกกิจ ที่คอยให้คำแนะนำตลอดการทำงานและให้ความช่วยเหลืออย่างเต็มที่ทั้งอุปกรณ์และสถานที่ รวมถึงอาจารย์ท่านอื่นๆในภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือต่างๆเสมอมา ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณในความอนุเคราะห์จากอาจารย์ทุกท่านที่คอยให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการทำโครงการนี้ และขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่มาช่วยเหลือและแนะนำในการทำโครงการนี้ จึงทำให้โครงการนี้สำเร็จไปด้วยดี และคณะผู้จัดทำได้รับความรู้เพิ่มมากยิ่งขึ้น ดังนั้นคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุกๆท่าน มา ณ ที่นี้

จิรภัทร เพชรพราว
ปวีศ สุนทรประทุม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	i
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ii
กิตติกรรมประกาศ.....	iii
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ ของการศึกษา.....	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	1
1.4 ขอบเขตการศึกษา.....	1
1.5 ระยะเวลาในการทำโครงการ.....	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.7 Block Diagram.....	3
บทที่ 2 หลักการ และ ทฤษฎี.....	4
2.1 สัญญาณรบกวน.....	4
2.1.1 สัญญาณรบกวนในตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์.....	4
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	7
3.1 วิธีที่ใช้ศึกษาค้นคว้าและการวิจัยทดลอง.....	7
3.2 ลักษณะข้อมูล การเลือกข้อมูล และการทดลอง.....	7
3.2.1 วงจรสร้างสัญญาณรบกวน.....	7
3.2.2 วงจรขยายสัญญาณ.....	9
3.3 เครื่องมือและวิธีการวิจัยการทดลอง.....	11
3.4 ขั้นตอนออกแบบและสร้างเครื่องมือ.....	12
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง.....	13
4.1 ผลการทดลอง.....	13
4.1.1 ผลการทดลองวัดสัญญาณที่เกิดจากวงจรสร้างสัญญาณรบกวนผ่านการขยาย สัญญาณ 4 Stage.....	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.1.2 ผลการทดลองวัดสัญญาณที่เกิดจากวงจรสร้างสัญญาณรบกวนผ่านการขยาย สัญญาณ 4 Stageและผ่าน Amplifier Module.....	18
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและขอเสนอแนะ.....	23
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	18
5.2 ปัญหาที่พบ.....	18
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	18
บรรณานุกรม.....	24
ภาคผนวก.....	25



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงระยะเวลาในการทำโครงการ.....	2
4.1 ผลการวัดขนาดสัญญาณเอาต์พุตก่อน-หลัง เปิดการทำงานของวงจรสร้างสัญญาณ รบกวนในหน่วย dBm.....	13
4.2 ผลการวัดขนาดสัญญาณเอาต์พุตก่อน-หลัง เพิ่มวงจร Amplifier Module ในวงจรสร้าง สัญญาณรบกวนในหน่วย dBm.....	18



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
1.1 Block Diagram.....	3
2.1 สัญญาณรบกวน.....	4
2.2 กราฟแสดง White Noise Spectrum.....	5
2.3 กราฟแสดง Noise Floor.....	6
3.1 วงจรสร้างสัญญาณรบกวน	7
3.2 ค่าของอุปกรณ์ต่างๆในวงจรสร้างสัญญาณรบกวน.....	8
3.3 วงจรขยายสัญญาณ	9
3.4 คุณสมบัติอุปกรณ์ขยายสัญญาณ.....	10
4.1 ผลการทดลองวัดค่าสัญญาณรบกวนจากไดโอด โดยยังไม่ผ่านวงจรขยาย ที่ 1.5 GHz.....	13
4.2 ผลการทดลองวัดสัญญาณที่ 100 MHz ก่อนเพิ่ม Amplifier Module.....	14
4.3 ผลการทดลองวัดสัญญาณที่ 500 MHz ก่อนเพิ่ม Amplifier Module.....	15
4.4 ผลการทดลองวัดสัญญาณที่ 1 GHz ก่อนเพิ่ม Amplifier Module.....	15
4.5 ผลการทดลองวัดสัญญาณที่ 1.5 GHz ก่อนเพิ่ม Amplifier Module.....	16
4.6 ผลการทดลองวัดสัญญาณที่ 2 GHz ก่อนเพิ่ม Amplifier Module.....	16
4.7 ผลการทดลองวัดสัญญาณที่ 2.5 GHz ก่อนเพิ่ม Amplifier Module.....	17
4.8 ผลการทดลองวัดสัญญาณที่ 3 GHz ก่อนเพิ่ม Amplifier Module.....	17
4.9 ผลการทดลองวัดค่าสัญญาณที่ 100 MHz หลังเพิ่ม Amplifier Module.....	18
4.10 ผลการทดลองวัดค่าสัญญาณที่ 500 MHz หลังเพิ่ม Amplifier Module.....	19
4.11 ผลการทดลองวัดค่าสัญญาณที่ 1 GHz หลังเพิ่ม Amplifier Module.....	19
4.12 ผลการทดลองวัดค่าสัญญาณที่ 1.5 GHz หลังเพิ่ม Amplifier Module.....	20
4.13 ผลการทดลองวัดค่าสัญญาณที่ 2 GHz หลังเพิ่ม Amplifier Module.....	20
4.14 ผลการทดลองวัดค่าสัญญาณที่ 2.5 GHz หลังเพิ่ม Amplifier Module.....	21
4.15 ผลการทดลองวัดค่าสัญญาณที่ 3 GHz หลังเพิ่ม Amplifier Module.....	21
4.16 เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม MS8609A Anritsu.....	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันอิเล็กทรอนิกส์มีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก ทั้งในเรื่องของการอำนวยความสะดวก หรือในกระบวนการผลิตต่าง ๆ จะเห็นโดยทั่วไปว่าเทคโนโลยีได้ถูกพัฒนาและนำมาใช้งานมากขึ้น ดังนั้นอิเล็กทรอนิกส์จึงเป็นสิ่งสำคัญที่สามารถเรียนรู้ได้ไม่สิ้นสุด

โครงการนี้จึงเป็นการศึกษาและออกแบบเครื่องกำเนิดสัญญาณรบกวน ซึ่งเป็นอุปกรณ์เฉพาะทางที่ใช้ในการป้องกันการก่อการร้าย เพื่อสามารถนำมาใช้งานได้จริงในการรบกวนการส่งสัญญาณคำสั่งการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของผู้ก่อการร้าย โดยเรียนรู้หลักการทำงานเพื่อเป็นประโยชน์ในการป้องกันเหตุการณ์ก่อการร้ายและเพื่อความมั่นคงของประเทศชาติ

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของวงจรสร้างสัญญาณรบกวน เพื่อเป็นพื้นฐานในวงจรอิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับการสร้างสัญญาณและการขยายสัญญาณ

1.2.2 สามารถออกแบบวงจรสร้างสัญญาณรบกวนได้และสามารถวิเคราะห์แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

สามารถออกแบบวงจรเครื่องสร้างสัญญาณรบกวนได้ โดยใช้หลักการวงจรรวมจ่ายไฟให้แก่ไดโอดเพื่อสร้างสัญญาณรบกวนและการขยายสัญญาณเพื่อให้สามารถนำสัญญาณไปใช้งานได้

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.4.1 ศึกษาและออกแบบเครื่องสร้างสัญญาณรบกวนที่มีความถี่ระหว่าง 100 MHz – 3 GHz และมีขนาดประมาณ 0 dB โดยใช้ไฟเลี้ยง 12 V.

1.4.2 เมื่อเปิดอุปกรณ์ สัญญาณที่ออกมาจากอุปกรณ์สามารถรบกวนสัญญาณวิทยุ, สัญญาณโทรศัพท์ และ WIFI ได้

1.5 ระยะเวลาในการทำโครงการ

ตั้งแต่วันที่ 21 มกราคม 256 ถึง 17 เมษายน 2561

รายละเอียด	มกราคม 2561				กุมภาพันธ์ 2561				มีนาคม 2561				เมษายน 2561			
	สัปดาห์ที่				สัปดาห์ที่				สัปดาห์ที่				สัปดาห์ที่			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.พัฒนาหัวข้อ โครงการเดิม																
2.หาข้อมูลเพิ่มเติม																
3.วาดลายวงจรใหม่																
4.ลงอุปกรณ์และ ทดสอบผล																
5.แก้ไขข้อผิดพลาด และสรุปผลจัดทำ กล่อง																
6.จัดทำรูปเล่ม โครงการ																

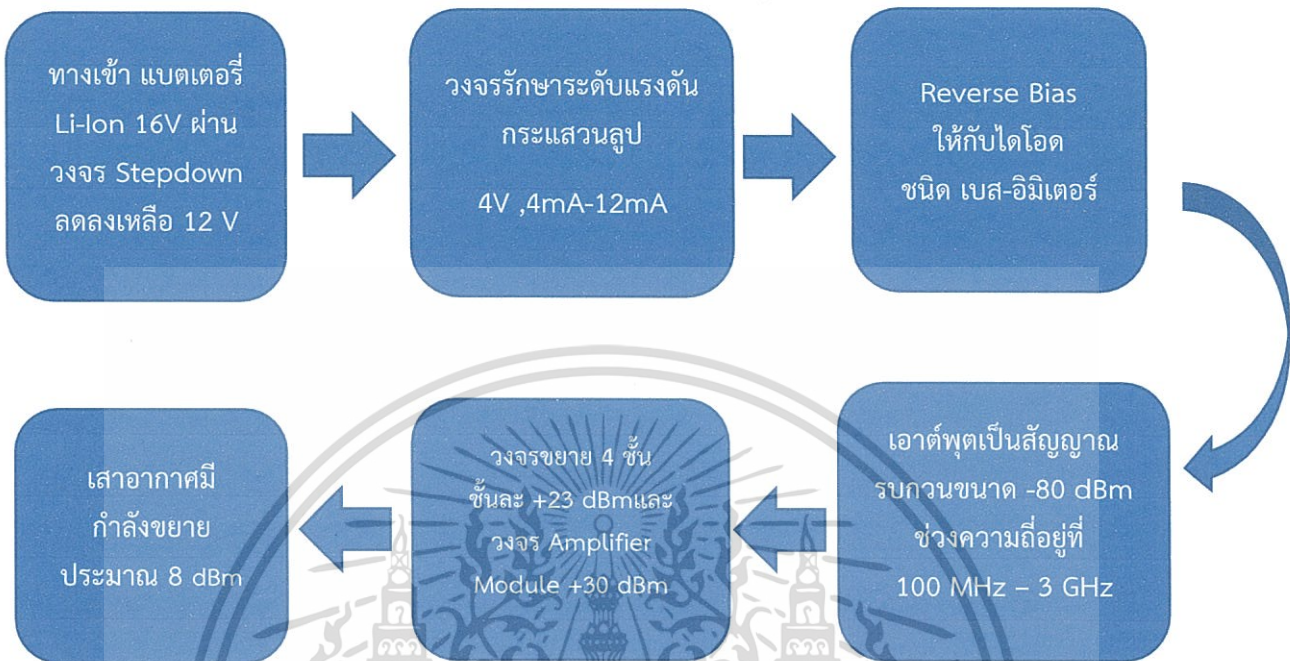
ตารางที่ 1.1 แสดงระยะเวลาในการทำโครงการ

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถเรียนรู้และเข้าใจหลักการทำงานของวงจรสร้างสัญญาณและวงจรขยาย และสามารถนำไปใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 Block Diagram



รูปที่ 1.1 Block Diagram

- ทางเข้า
สัญญาณที่ทางเข้าได้มาจากแบตเตอรี่ Li-Ion 16V และถูกลดระดับแรงดันให้เหลือ 12V จ่ายกระแสตาม load อยู่ที่ประมาณ 135 mA
- ทางออก
สัญญาณรบกวน ที่มีความถี่ตั้งแต่ 100 MHz – 3 GHz มีขนาดของสัญญาณ ประมาณ -10 ถึง 0 dBm
- โครงการทั้งหมด ใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟ ใช้กำลังไฟประมาณ 50mW

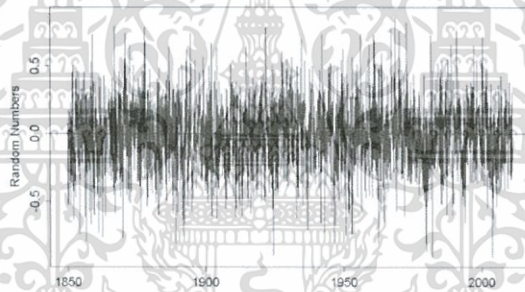
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 สัญญาณรบกวน

คือ สิ่งที่ทำให้การสื่อสารมีประสิทธิภาพด้อยลง โดยอาจเป็นตัวกลางหรือสิ่งที่ยุบยงการติดต่อสื่อสาร ทำให้การติดต่อสื่อสารมีความติดขัด สะดุดชะงัก หรือเป็นไปอย่างไม่มีประสิทธิภาพ และบางครั้งอาจทำให้ไม่สามารถทำการติดต่อสื่อสารได้เลย ในทำการการติดต่อสื่อสารนั้น เราจะถือว่าการติดต่อสื่อสารมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อทั้ง ผู้ส่งข้อความ (Sender) และผู้ที่ทำการรับข้อความ (Receiver) มีความเข้าใจในข้อมูลตรงกันหรือเหมือนกัน และนั่นหมายความว่าข่าวสาร (Message) ที่ผู้ส่งได้ทำการส่งไปนั้นจะต้องเป็นที่เข้าใจแจ่มแจ้งซาบซึ้งเป็นอย่างดีแก่ผู้รับ แต่ในสภาพความเป็นจริงแล้ว การติดต่อสื่อสารของมนุษย์จะต้องประสบกับปัญหาและอุปสรรคหลายประการซึ่งจะทำให้การติดต่อสื่อสารลดประสิทธิภาพลง และทำให้ไม่ได้ผลเท่าที่ควร เราเรียกดังกล่าวที่ทำให้การสื่อสารไม่มีประสิทธิภาพว่า “สิ่งรบกวน” (Noise)



รูปที่ 2.1 สัญญาณรบกวน

2.1.1 สัญญาณรบกวนในตัวอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

วงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ พบสัญญาณรบกวน 3 ชนิดคือ

1. สัญญาณรบกวนที่เกิดจากอุณหภูมิ (Thermal noise) เกิดขึ้นมาเนื่องจากการ เคลื่อนที่แบบสุ่มตามอุณหภูมิของอิเล็กตรอนที่วิ่งผ่านตัวนำ ที่มีความต้านทานภายในวงจร โดยสเปกตรัมกำลัง (Power Spectrum) ของสัญญาณรบกวนนี้จะมีลักษณะที่ เรียบ หรือกล่าวได้ว่าทุก ๆ ฮาร์โมนิคของสัญญาณรบกวนจะมีค่าพลังงาน เท่ากันอย่างต่อเนื่องตลอดย่านสเปกตรัม บางครั้งจะเรียก สัญญาณรบกวนประเภทนี้ว่าสัญญาณรบกวนขาว (white noise)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สัญญาณรบกวนฟลิคเกอร์ (Flicker noise)

สัญญาณรบกวน $1/f$ (1/f Noise) จะให้ระดับสัญญาณรบกวนเป็นเส้นกราฟที่มีความชัน $1/f$ ซึ่งจะมีค่าลดลงเรื่อย ๆ เมื่อความถี่เพิ่มมากขึ้น ระดับของสัญญาณรบกวนนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพในกระบวนการผลิต

3. ไวท์นอยส์ (White Noise)

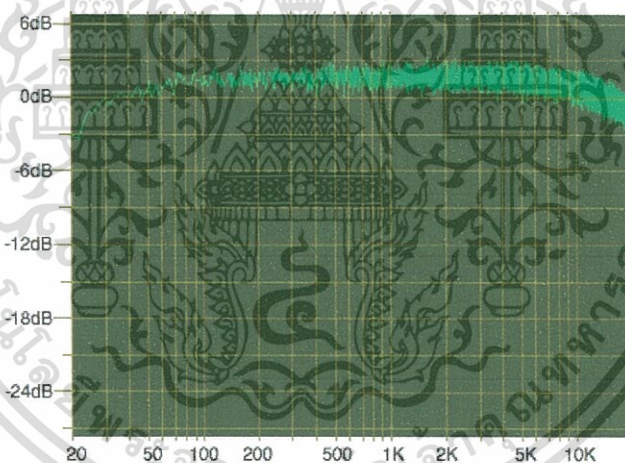
ในการประมวลผลสัญญาณ ไวท์นอยส์ คือ “สัญญาณสุ่มที่มีค่าเท่ากันตลอดทุกย่านความถี่ โดยให้สเปกตรัมของพลังงานคงที่” ในเชิงอิเล็กทรอนิกส์ไวท์นอยส์นี้จำเป็นต่อการได้อิมพัลส์เรสปอนส์ของวงจร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวงจรขยายและอุปกรณ์เครื่องเสียง เราจะไม่ใช้ไวท์นอยส์ในการทดสอบลำโพง เพราะด้วยคุณสมบัติมีสเปกตรัมของพลังงานคงที่ที่ทุกๆความถี่รวมทั้งที่ความถี่สูง แต่จะใช้ ฟิงค์นอยส์ในการทดสอบอุปกรณ์จำพวกทรานซิสเตอร์เช่นลำโพงและไมโครโฟนแทน

3.1 ขอทนอยส์ (Shot Noise)

เป็นสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นทั่วไปในชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ทั้งหลาย สาเหตุของการเกิดขอทนอยส์ก็คือความไม่แน่นอนในการปล่อยอิเล็กตรอน ของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์นั่นเอง หาได้ดังนี้

$$\sigma_i = \sqrt{2qI\Delta f} \quad (\text{สมการที่ 2.1})$$

โดย $q = 1.602 \times 10^{-19}$ C, I = กระแสที่จ่ายให้แก่ไดโอด, Δf = Bandwidth ของสัญญาณที่ใช้



รูปที่ 2.2 กราฟแสดง White Noise Spectrum

4. SNR (Signal-Noise Ratio) หมายถึง อัตราส่วนของขนาดสัญญาณที่ส่งต่อขนาดสัญญาณรบกวน แสดงเป็นสูตรคือ

$$SNR = \frac{PowerSignalValue}{PowerNoiseValue} \quad (\text{สมการที่ 2.2})$$

หาก SNR มีค่ามากแสดงว่าสัญญาณที่รับมีความเสถียรแต่หากมีค่าน้อยแสดงว่าสัญญาณเริ่มมีความไม่เสถียร ในโครงการนี้ต้องการให้ขนาดของสัญญาณรบกวนมีคามากเพื่อจะทำให้ค่า SNR มีค่าต่ำ

5. ค่านอยส์ฟลอร์ (Noise Floor)

ในทฤษฎีของสัญญาณ นอยส์ฟลอร์ คือ การวัดค่าสัญญาณที่สร้างจากผลรวมของทุกๆแหล่งจ่าย นอยส์และสัญญาณที่ไม่ต้องการภายใต้ระบบการวัด โดยนิยามของนอยส์ คือ สัญญาณใดๆที่ไม่ใช่ สัญญาณที่ตรวจจับอยู่ ในการส่งสัญญาณคลื่นวิทยุและอิเล็กทรอนิกส์



รูปที่ 2.3 กราฟแสดง Noise Floor

6. ENR (Excess Noise Ratio)

คือค่าที่เพิ่มขึ้นจาก Noise Floor โดยเกิดจากตัวอุปกรณ์ สูตรคือ

$$\text{Noise Power (dBm/Hz)} = -174 \text{ dBm/Hz} + \text{ENR (ENR} > 17 \text{ dB)}$$

$$\text{ดังนั้น ENR} = \text{Noise power} + 174 \text{ dBm/Hz}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีที่ใช้ศึกษาค้นคว้าและการวิจัยทดลอง

ในการศึกษาวงจรและหลักการการทำงานของเครื่องสร้างสัญญาณรบกวน (Noise Generator) ได้แบ่งการทำงานในหลายๆส่วน โดยศึกษาจาก Data sheet ของอุปกรณ์หลักๆที่สำคัญ แล้วนำมาออกแบบวงจรและคำนวณค่าของอุปกรณ์ต่าง ๆที่ใช้ในวงจรรวม ทดลองแล้ววิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้น และแก้ปัญหาความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

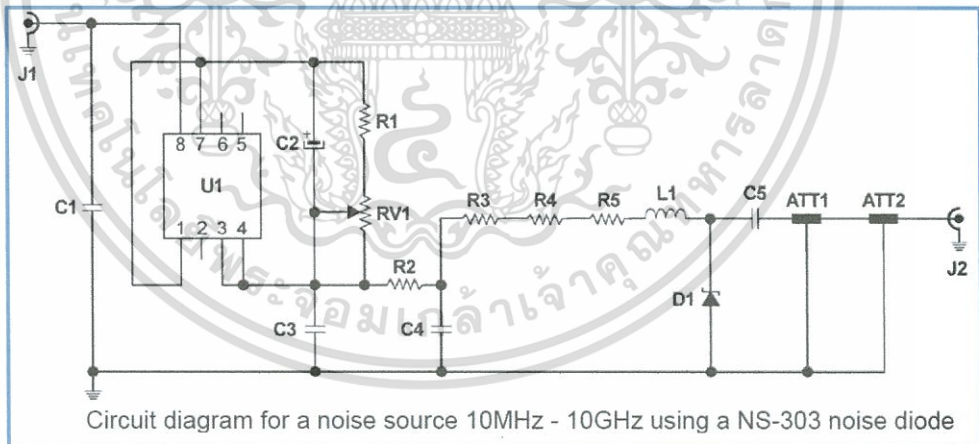
3.2 ลักษณะข้อมูล การเลือกข้อมูล และการทดลอง

ในการออกแบบได้ศึกษาข้อมูลจาก Data sheet ของอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร เพื่อสามารถหาค่าของอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการออกแบบตามขอบเขตการศึกษา โดยแบ่งเป็นส่วนของการทำงานดังนี้

3.2.1 วงจรสร้างสัญญาณรบกวน

1. LP 2951

เป็น Regulator ชนิดกำลังงานต่ำที่มีกระแสแรงและ Voltage drop ต่ำ โดยกระแสแรงจะมีการเพิ่มขึ้นน้อยมากเมื่อยังคงทำงานอยู่ พร้อมทั้งมีกระแสเอาต์พุตคงที่ 8-10 mA และยังสามารถรวมถึงการตรวจจับเอาต์พุตเมื่อเอาต์พุตมีค่าน้อยมากๆ สุดท้ายยังสามารถ Regulate หรือปรับค่าได้ตั้งแต่ 1.24 – 29 V



รูปที่ 3.1 วงจรสร้างสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเลือกค่าอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นไปตาม Data Sheet

Part list		
D1	CZRL5235B-G Noise diode	CZRL5235B
U1	LP2951CMX in case SMD SO8	LP2951CMX
C1	10 nF 0805	
C2	1 μ F 25 V Tantalum	
C3	100 nF 0805	
C4	1 nF 0805 COG	CCB-1n
C5	2 x 1 nF 0805 COG in parallel, see description	CCB-1n
ATT1	6 dB chip attenuator dc-12 GHz	
ATT2	7 or 8 dB external attenuator dc-12 GHz or better dc-18 GHz	
J1	BNC female connector	
J2	SMA male panel mount connector Suhner 13SMA50-0-172	SMA-24A
R1	100 Ω 1206	
R2	18 Ω 0805	
R3, R4, R5	33 to 68 Ω each 0603	
L1	6.8 or 8.2 nH 0603	BCQ-6n8-A
RV1	100 Ω trimmer multi turn SMD	POT-SM-101-M
PC BOARD	25N or RO4003 or RO4350 or equivalents, 30 mils, ϵ_r 3.40 size 11x51 mm, see description	25N-30

รูปที่ 3.2 ค่าของอุปกรณ์ต่างๆในวงจรสร้างสัญญาณรบกวน

ในวงจรของผู้จัดทำไม่มี Attenuator เนื่องจาก ในส่วนภาคขยายสัญญาณ ขนาดของสัญญาณรบกวนที่ออกจากไดโอด มีขนาดที่สามารถรับไปขยายต่อได้ โดยไม่จำเป็นต้องลดทอนสัญญาณ จึงตัดในส่วนของ Attenuator ออกไปจากวงจรสร้างสัญญาณ

จากไดอะแกรม ชั้นแรกให้จ่ายแรงดันไฟกระแสสลับ 28V ไปที่ J1 ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานสำหรับเครื่องกำเนิดสัญญาณรบกวนทั้งหมด โดยที่ U1 จะทำหน้าที่ควบคุมและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าสำหรับไดโอดให้เป็น 8-12V โดยที่กระแสที่ผ่านไดโอดจะมีค่า 8-10mA สามารถปรับค่าได้โดย R ทริมเมอร์ RV1 R3, R4, R5 ควรมีค่ารวมกันอยู่ที่ประมาณ 100-220 Ω และควรใช้โมเดล 0603 เป็น SMD ซึ่งสำคัญมาก เพราะจะช่วยให้เกิดค่าความจุแฝง น้อยที่สุด ทั้งนี้ค่าความจุไฟฟ้าแฝงก็สามารถเกิดได้จากการออกแบบลายวงจร และมีความเสี่ยงสูงมากสำหรับวงจรความถี่สูงเพราะถ้ามีค่าความจุไฟฟ้าสูงมากเกินไปอาจทำให้วงจรทำงานไม่ดีเท่าที่ควรได้

C5 คือ DC Block Output Capacitor เป็นตัวเก็บประจุที่ทำหน้าที่ป้องกันไฟเลี้ยง DC เข้าสู่ วงจรขยายเพราะอาจทำให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์ขยายสัญญาณได้และยอมให้สัญญาณผ่านไปได้ โดยทำการลดทอนสัญญาณน้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ เพื่อให้ส่วนขยายสามารถนำสัญญาณไปขยายต่อได้

D1 คือ Noise Source Diode เมื่อไดโอดได้รับไฟเลี้ยงโดยมีค่าประมาณ 8-10 mV จะสร้างสัญญาณรบกวนที่มีความถี่ตั้งแต่ 10MHz – 3 GHz โดยมีค่าประมาณ -80 dBm/Hz

วิธีการคำนวณ สูตรที่ใช้คือ Short noise จากไดโอด

$$\sigma_i = \sqrt{2qI\Delta f}, \sigma_i^2 = P(\text{Watt})$$

$$q = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}, I = 10 \text{ mA},$$

$$\Delta f = (100 \text{ MHz} - 3 \text{ GHz}) = 2.9 \text{ GHz}$$

จากการคำนวณ จะได้ $\sigma_i^2 = P = 9.2916 \times 10^{-12} \text{ Watt}$

หลังจากนั้น นำ กำลังที่ได้ ในหน่วย วัตต์ มาแปลงเป็น หน่วย dBm โดย

$$P_{(dBm)} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_W}{1W} \right) + 30 \text{ dBm}$$

$$P_{(dBm)} = 10 \log_{10} \left(\frac{9.2916 \times 10^{-12} W}{1W} \right) + 30 \text{ dBm}$$

$$P_{(dBm)} = -80.3 \text{ dBm}$$

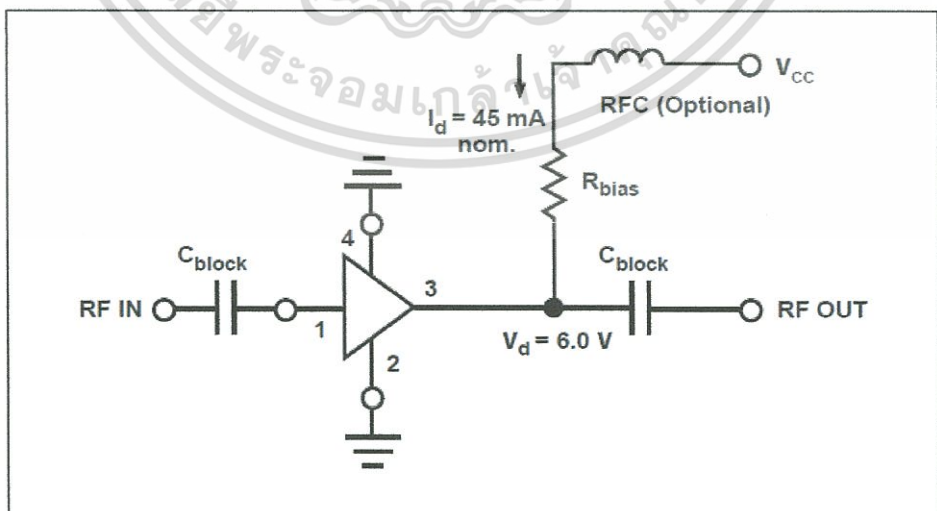
เป้าหมายของโครงการคือต้องการสัญญาณรบกวนที่มีขนาดประมาณ 0-10 dBm และ เนื่องจาก อุปกรณ์ขยายแรงดันแต่ละวงจร มีค่า gain +23 dB จึงเพิ่มวงจรขยาย 4 วงจรเพื่อเพิ่มระดับแอมพลิจูดของสัญญาณ จะได้ดังนี้

$$P_{\text{Noise Output}(dBm)} = P_{\text{Noise Input}(dBm)} + \text{Gain}(dB)$$

$$P_{\text{Noise Output}(dBm)} = -80.3 \text{ dBm} + 92 \text{ dB}$$

$$P_{\text{Noise Output}(dBm)} = 11.7 \text{ dBm}$$

3.2.2 วงจรขยายสัญญาณ



รูปที่ 3.3 วงจรขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. C Block: ส่วนใหญ่แล้วกำหนด Low Frequency Response ของตัวขยาย สำหรับความถี่ ตั้งแต่ 1 – 3.4 GHz ส่วนใหญ่จะใช้ C Ceramic ชนิด 0805 SMD สำหรับความถี่ที่เกิน 5 GHz จะใช้ขนาด 0603 หรือเล็กกว่าเพื่อลดค่าความเหนี่ยวนำ (ใช้ C Ceramic เพื่อ loss ที่ต่ำที่ความถี่น้อยกว่า 10 GHz)

การเลือกค่า C Block : DC–60 MHz (0.1uF) 100MHz (1nF) 400MHz (100pF)

1.2GHz (10pF) 2.4GHz (4p7) 10GHz (1–2 pF)

2. RFC: ใช้แบ่งแรงดันที่ใช้ไบอัสกับ R bias ทำหน้าที่ปรับค่าเอาต์พุตให้เข้ากับตัวขยาย โดยค่าอิมพีแดนซ์ของ RFC ควรมากกว่า 500 โอห์ม

3. การเลือกค่า RFC :

DC to 60 MHz (100uH to 10 uH SMD 1210 Choke)

100MHz (10uH SMD 1210 Choke)

400MHz (100nH SMD 1008 หรือ 1210)

1.2GHz (47uH SMD 1008 หรือ 1210)

2.4GHz (22uH SMD 1008 หรือ 1210 Choke)

3.4GHz (15nH SMD 0805 Choke)

4. MMIC อุปกรณ์ขยายสัญญาณ

โดยการเลือกโมเดลอุปกรณ์ ต้องการอุปกรณ์ขยายความถี่สูง จึงเลือกใช้โมเดล INA-10386

INA-10386 Electrical Specifications^[1], $T_A = 25^\circ\text{C}$

Symbol	Parameters and Test Conditions: $V_d = 6\text{V}$, $Z_0 = 50\ \Omega$	Units	Min.	Typ.	Max.
GP	Power Gain ($ S_{21} ^2$) $f = 1.5\ \text{GHz}$	dB	23.0	26.0	
ΔGP	Gain Flatness $f = 0.1\ \text{to}\ 1.5\ \text{GHz}$	dB		± 1.0	
$f_3\ \text{dB}$	3 dB Bandwidth ^[2]	GHz		1.8	
ISO	Reverse Isolation ($ S_{12} ^2$) $f = 2.0\ \text{GHz}$	dB		30	
VSWR	Input VSWR $f = 0.1\ \text{to}\ 2.0\ \text{GHz}$			1.5:1	
	Output VSWR $f = 0.1\ \text{to}\ 2.0\ \text{GHz}$			1.5:1	
NF	50 Ω Noise Figure $f = 1.5\ \text{GHz}$	dB		3.8	
$P_1\ \text{dB}$	Output Power at 1 dB Gain Compression $f = 1.5\ \text{GHz}$	dBm		10	
IP_3	Third Order Intercept Point $f = 1.5\ \text{GHz}$	dBm		23	
t_D	Group Delay $f = 1.5\ \text{GHz}$	psec		250	
I_d	Device Current	mA	35	45	55
dV/dT	Device Voltage Temperature Coefficient	mV/ $^\circ\text{C}$		+10	

Notes:

1. The recommended operating current range for this device is 40 to 60 mA. Typical performance as a function of current is on the following page.

รูปที่ 3.4 คุณสมบัติอุปกรณ์ขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. R Bias

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อกำหนดค่ากระแสที่จะเข้าสู่วงจรขยายสัญญาณโดยกระแสปกติที่ควรเข้าสู่ วงจรขยายมีค่า 45 mA. ดังนั้นจึงต้องหาค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อม R Bias เสียก่อน จะได้ว่า

$$V_{CC} = V_d + V_{R\ Bias}$$

$$V_{R\ Bias} = V_{CC} - V_d$$

$$V_{R\ Bias} = 12 - 6 = 6\ V$$

หลังจากนั้น คำนวณหาค่าความต้านทานที่ต้องใช้

$$V = IR$$

$$R = \frac{V}{I} = \frac{6}{45 \times 10^{-3}} = 133\ \text{ohm}$$

ต่อไปคำนวณหาค่ากำลังอย่างต่ำที่ตัวต้านทานต้องทนได้

$$P = IV = 45 \times 10^{-3} \times 6 = 270\ \text{mW}$$

จากค่าที่ได้มาจึงเลือกใช้ตัวต้านทานที่มีค่าเท่ากับ 133 ohm และ กำลังที่ทนได้ 500 mW

3.3 เครื่องมือและวิธีการวิจัยการทดลอง

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยผลการทดลอง

- Power Supply สำหรับการทดสอบวงจร
- Multimeter สำหรับวัดค่าต่าง ๆ
- Oscilloscope สำหรับวัดและวิเคราะห์กราฟผลการทดลอง
- Digital Mobile Radio Transmitter Tester สำหรับการวัดและวิเคราะห์กราฟสเปกตรัม
- Athena สำหรับใช้ทดสอบการทำงานของอุปกรณ์

3.3.2 วิธีการวิจัยการทดลอง

ออกแบบวงจรและคำนวณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ศึกษาจาก Data Sheet และ คำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา จึงออกแบบลายวงจร PCB เพื่อนำมากัดปรินท์ทำบอร์ดวงจรจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนออกแบบและสร้างเครื่องมือ

3.4.1 วาดวงจร Schematic

3.4.2 ออกแบบลายวงจร PCB

3.4.3 กัดปรินท์ลายวงจร

3.4.4 ลงอุปกรณ์ลงแผ่นวงจร

3.4.5 ทดสอบวงจร สังเกตการทำงาน และ บันทึกผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในการทดลองของโครงการนี้จะทำการทดสอบการขยายสัญญาณรบกวนของวงจรขยายสัญญาณ ออกเป็นช่วงต่าง ๆ โดยจะทำการวัดจากเอาต์พุตหลังจากผ่านวงจรขยาย 4 Stage และ Amplifier Module เป็นกราฟสเปกตรัม

4.1 ผลการทดลอง

ในการทดลองสร้างและวิเคราะห์ห้วงจรขยายสัญญาณโดยใช้อุปกรณ์ขยายสัญญาณเบอร์ LNA-10386 ผลปรากฏว่าสัญญาณที่ได้ออกมาจากไดโอดโดยยังไม่ผ่านวงจรขยายสัญญาณมีค่าประมาณ -33 dBm ที่ 1.5 GHz ซึ่งมีความมากกว่าที่คำนวณไว้ถึง 50 dBm สันนิษฐานว่าระดับของสัญญาณรบกวนที่เพิ่มขึ้นมากกว่าที่คำนวณไว้มาจาก Thermal Noise ซึ่งมาจากความร้อนของตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ และสายทองแดงของวงจร และอาจเกิดมาจากความผิดเพี้ยนของโพรบที่ใช้วัดค่าขนาดของสัญญาณรบกวนที่ออกมาจากไดโอด หลังจากนั้นพบว่าค่าระดับของสัญญาณรบกวนที่ผ่านจากวงจรขยาย 4 วงจร มีค่าประมาณ -18 dBm ที่ 1.5 GHz ซึ่งมีความเพิ่มขึ้นจากค่าสัญญาณรบกวนที่ได้จากไดโอดเพียง 15 dBm สันนิษฐานว่า ในช่วงความถี่ที่สูงสายทองแดงของวงจรจะประพฤติตัวเป็น ตัวเหนี่ยวนำ ทำให้ระดับของสัญญาณถูกลดทอนลง ระดับของสัญญาณรบกวนจึงไม่ได้เพิ่มขึ้นเท่าที่ควร ดังนั้นผลที่กล่าวมานั้นจึงนำ Amplifier Module มาต่อเพิ่มเข้ากับวงจร เพื่อเพิ่มระดับสัญญาณให้สามารถรบกวนสัญญาณในย่านความถี่ที่ต้องการได้



รูปที่ 4.1 ผลการทดลองวัดค่าสัญญาณรบกวนจากไดโอด โดยยังไม่ผ่านวงจรขยาย ที่ 1.5 GHz

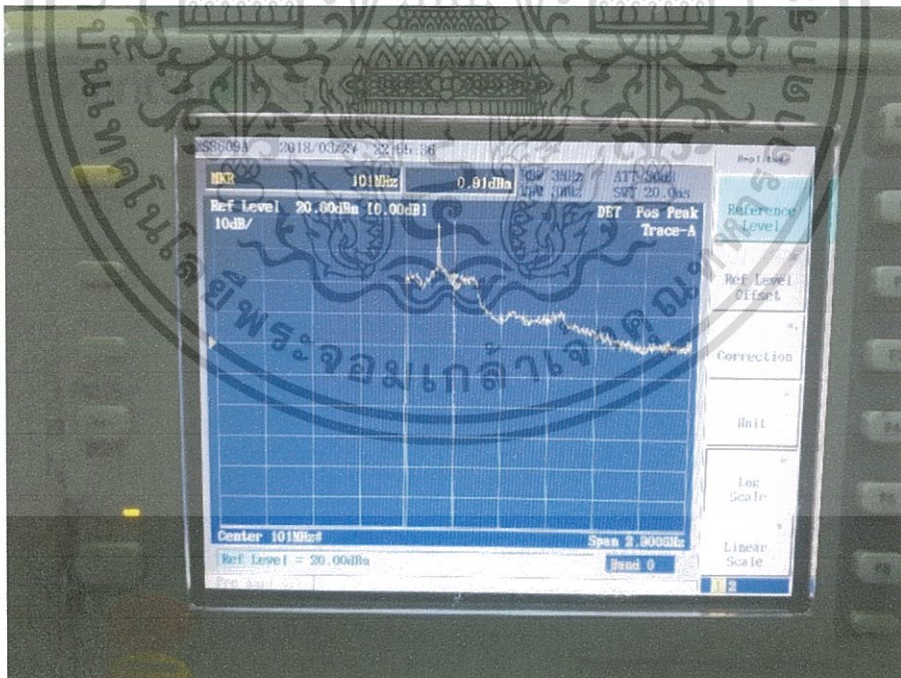
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 ผลการทดลองวัดสัญญาณที่เกิดจากวงจรสร้างสัญญาณรบกวนผ่านการขยายสัญญาณ 4 Stage

เริ่มต้นโดยจ่ายไฟเลี้ยง 12 V แก่วงจรสร้างสัญญาณรบกวน แล้วทำการวัดเอาต์พุตของสัญญาณ โดยใช้เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม MS8609A Anritsu เพื่อทำการวิเคราะห์ Amplitude ที่เปลี่ยนแปลงไป จะได้ข้อมูลดังตารางต่อไปนี้

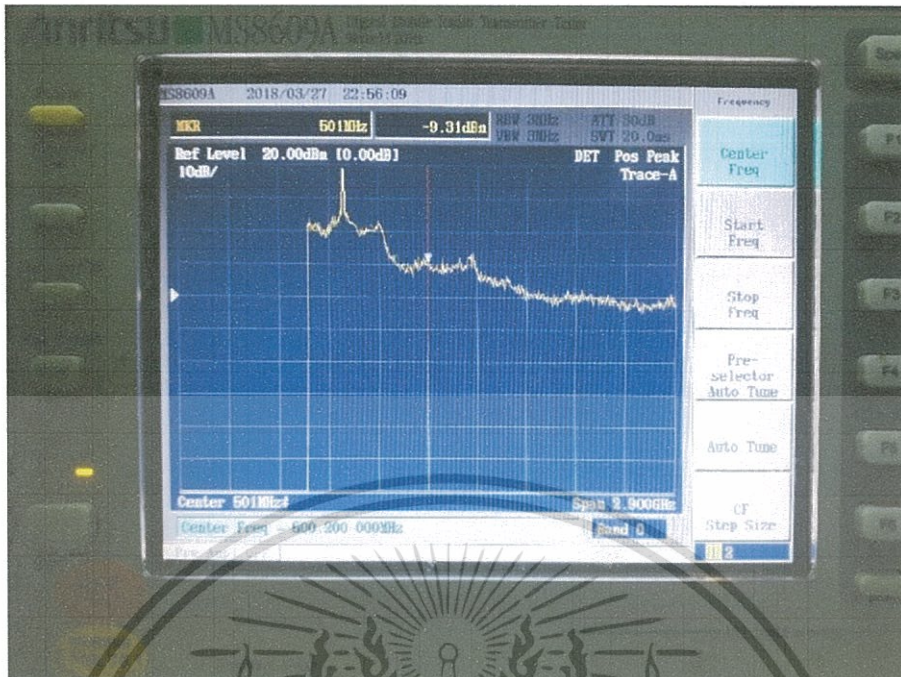
ความถี่ที่ทำการวัด(Hz)	Amplitude ขณะวงจรสร้างสัญญาณรบกวนยังไม่ทำงาน (dBm)	Amplitude ขณะวงจรสร้างสัญญาณรบกวนทำงาน (dBm)	Amplitude ที่เปลี่ยนแปลง (dBm)
100 MHz	-70	0.91	70.91
500 MHz	-82	-9.31	72.69
1 GHz	-88	-17.25	70.75
1.5 GHz	-89	-18.68	70.32
2 GHz	-89	-23.72	65.28
2.5 GHz	-89	-26.33	62.67
3 GHz	-90	-30.65	59.35

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวัดขนาดสัญญาณเอาต์พุต ก่อน-หลัง เปิดการทำงานของวงจรสร้างสัญญาณรบกวนในหน่วย dBm

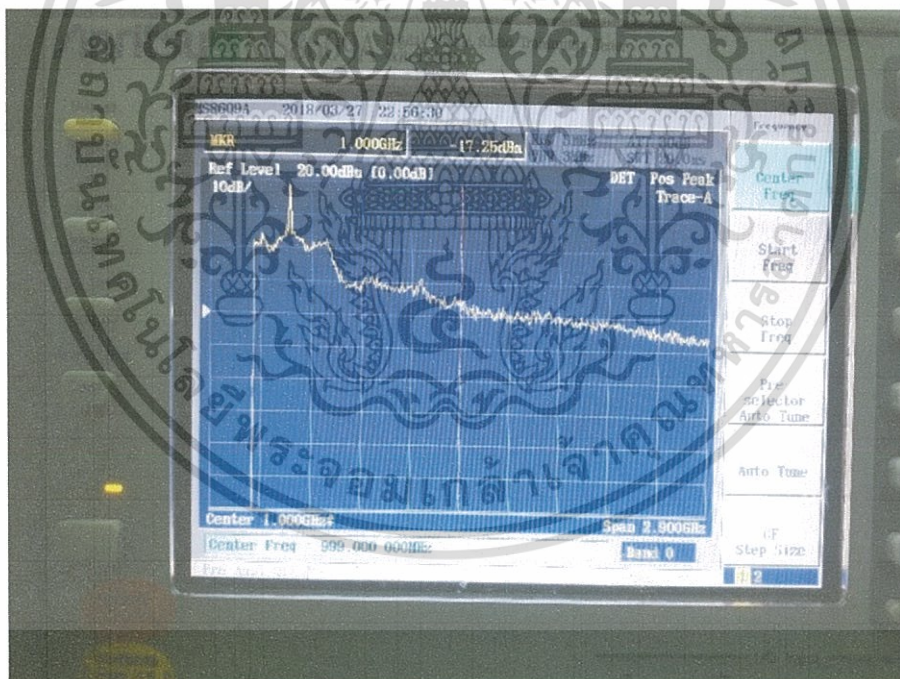


รูปที่ 4.2 ผลการทดลองวัดสัญญาณที่ 100 MHz ก่อนเพิ่ม Amplifier Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ผลการทดลองวัดสัญญาณที่ 500 MHz ก่อนเพิ่ม Amplifier Module

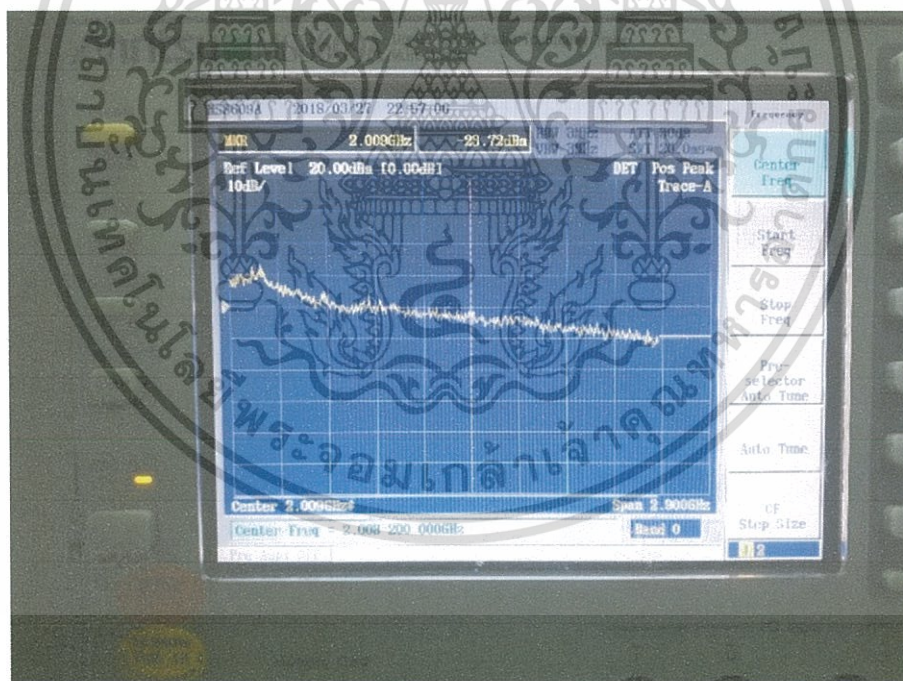


รูปที่ 4.4 ผลการทดลองวัดสัญญาณที่ 1 GHz ก่อนเพิ่ม Amplifier Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

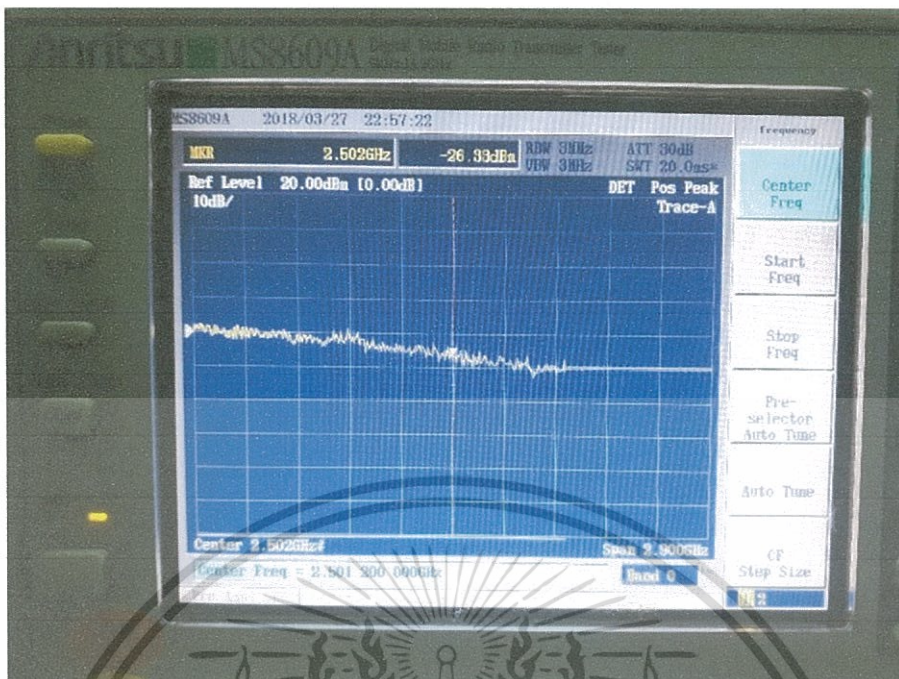


รูปที่ 4.5 ผลการทดลองวัดสัญญาณที่ 1.5 GHz ก่อนเพิ่ม Amplifier Module

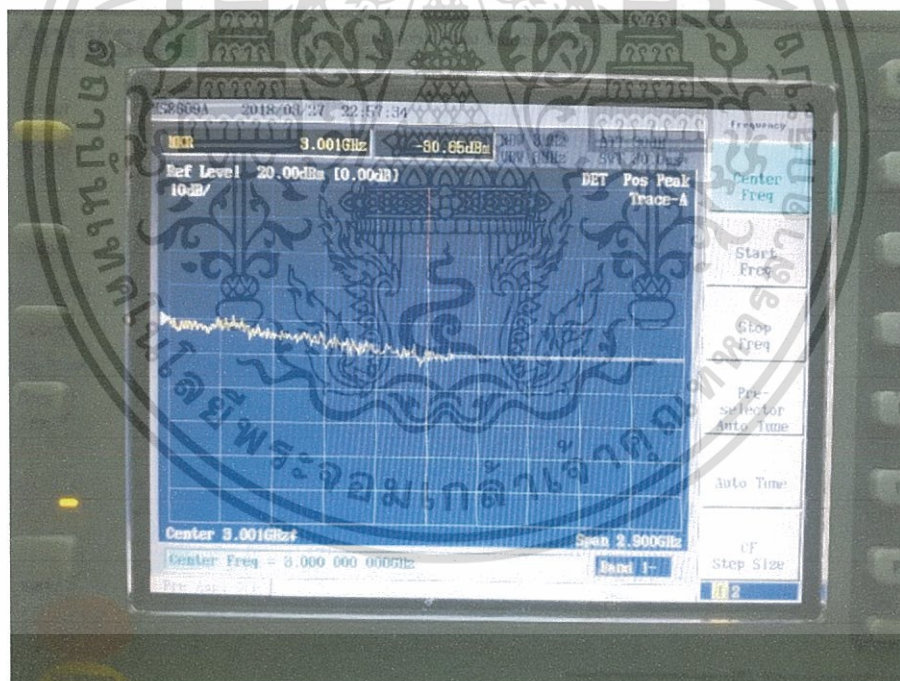


รูปที่ 4.6 ผลการทดลองวัดสัญญาณที่ 2 GHz ก่อนเพิ่ม Amplifier Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 ผลการทดลองวัดสัญญาณที่ 2.5 GHz ก่อนเพิ่ม Amplifier Module



รูปที่ 4.8 ผลการทดลองวัดสัญญาณที่ 3 GHz ก่อนเพิ่ม Amplifier Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการทดลองวัดสัญญาณที่เกิดจากวงจรสร้างสัญญาณรบกวนผ่านการขยายสัญญาณ 4 Stage และผ่าน Amplifier Module

ความถี่ที่ทำการวัด(Hz)	Amplitude ของวงจรสร้างสัญญาณรบกวนก่อนเพิ่ม Amplifier Module (dBm)	Amplitude ของวงจรสร้างสัญญาณรบกวนหลังเพิ่ม Amplifier Module (dBm)	Amplitude ที่เปลี่ยนแปลง (dBm)
100 MHz	0.91	14.39	13.48
500 MHz	-9.31	5.45	14.76
1 GHz	-17.25	-0.66	16.59
1.5 GHz	-18.68	-0.11	18.57
2 GHz	-23.72	-2.36	21.36
2.5 GHz	-26.33	-6.69	19.64
3 GHz	-30.65	-7.87	22.78

ตารางที่ 4.2 ผลการวัดขนาดสัญญาณเอาต์พุต ก่อน-หลัง เพิ่มวงจร Amplifier Module ในวงจรสร้างสัญญาณรบกวน ในหน่วย dBm

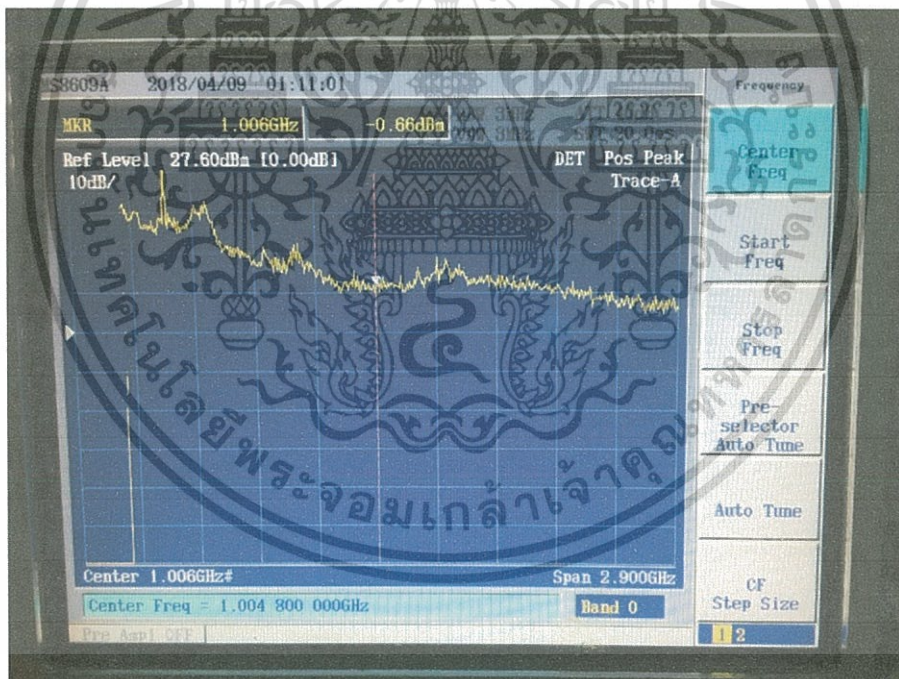


รูปที่ 4.9 ผลการทดลองวัดค่าสัญญาณที่ 100 MHz หลังเพิ่ม Amplifier Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

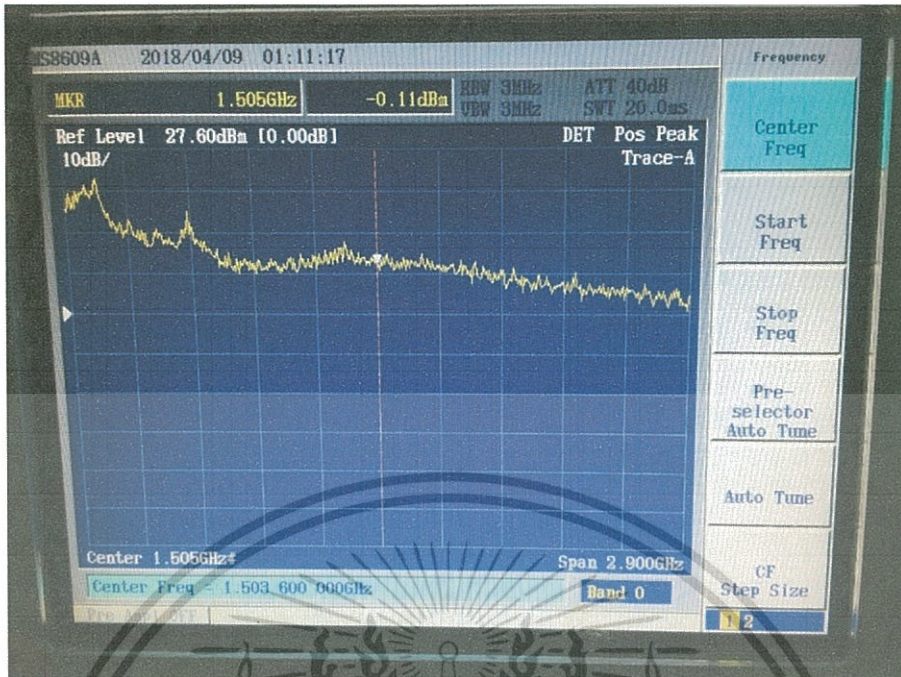


รูปที่ 4.10 ผลการทดลองวัดค่าสัญญาณที่ 500 MHz หลังเพิ่ม Amplifier Module

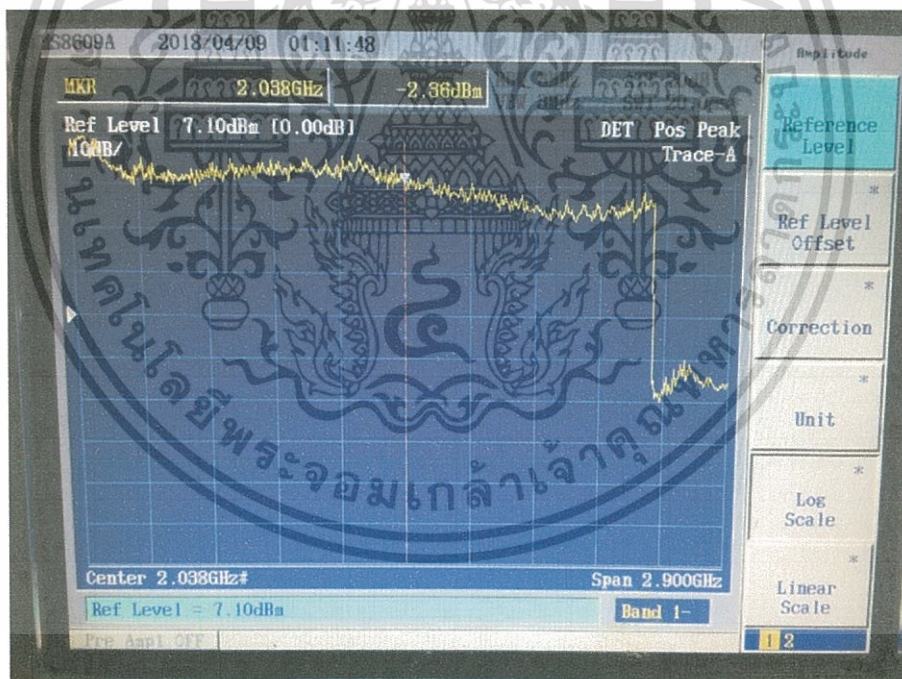


รูปที่ 4.11 ผลการทดลองวัดค่าสัญญาณที่ 1 GHz หลังเพิ่ม Amplifier Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

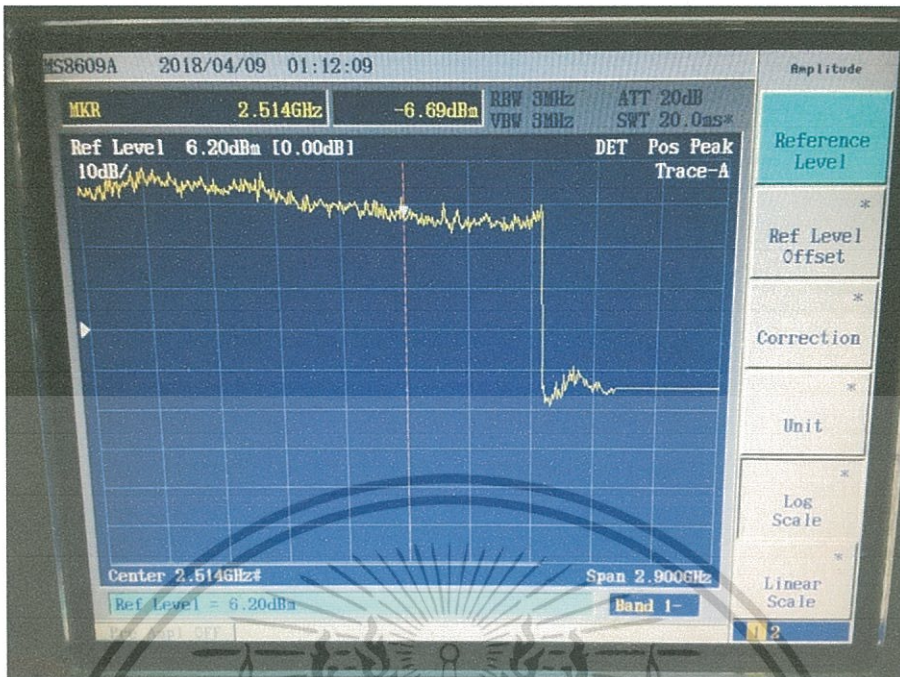


รูปที่ 4.12 ผลการทดลองวัดค่าสัญญาณที่ 1.5 GHz หลังเพิ่ม Amplifier Module

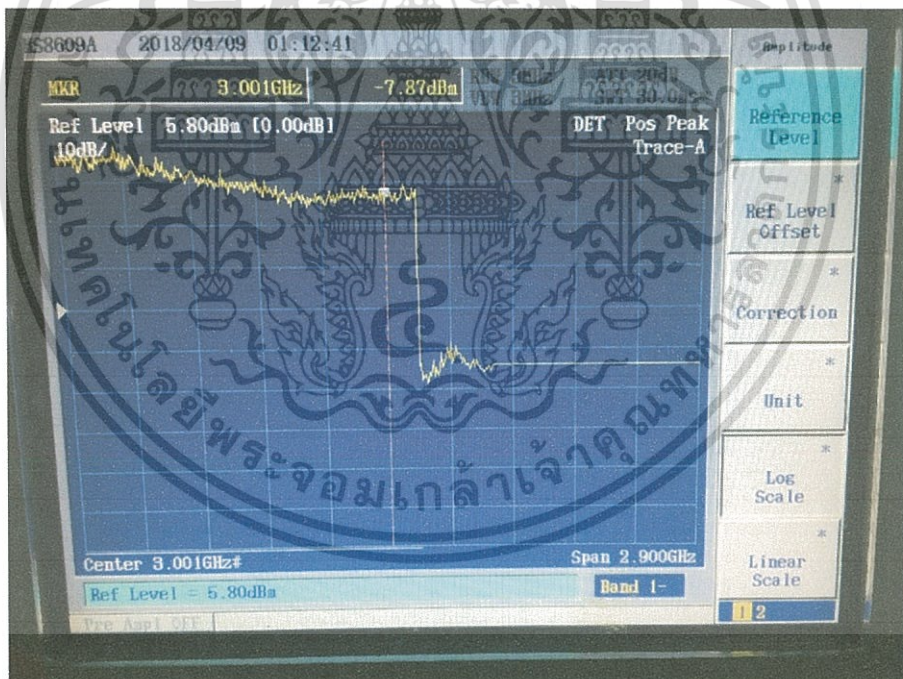


รูปที่ 4.13 ผลการทดลองวัดค่าสัญญาณที่ 2 GHz หลังเพิ่ม Amplifier Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

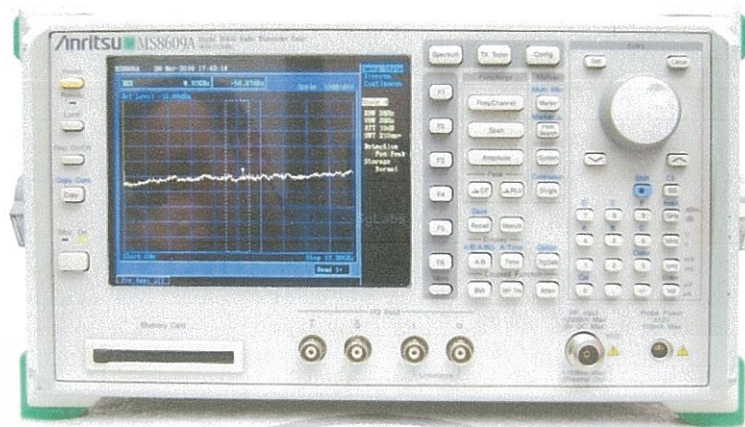


รูปที่ 4.14 ผลการทดลองวัดค่าสัญญาณที่ 2.5 GHz หลังเพิ่ม Amplifier Module



รูปที่ 4.15 ผลการทดลองวัดค่าสัญญาณที่ 3 GHz หลังเพิ่ม Amplifier Module

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 เครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม MS8609A Anritsu



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากสัญญาณรบกวนที่ได้จากไดโอดมีค่าประมาณ -33 dBm/Hz หลังผ่านวงจรขยายสัญญาณ 4 Stage พบว่าค่าสเปกตรัมที่ได้หลังผ่านวงจรขยายไม่เป็นไปตามที่คาดไว้อันเนื่องมาจากความสูญเสียจากสายทองแดงทำให้ผลที่ได้จากการขยายอยู่ที่ประมาณ $+10$ dB ซึ่งผลที่ควรจะได้ควรอยู่ที่ประมาณ $+23$ dBm ค่าสเปกตรัมที่ออกมาจากเอาต์พุตของวงจร มีขนาดอยู่ประมาณ -18.68 dBm ที่สัญญาณความถี่ 1.5 GHz และจะลดลงเรื่อย ๆ ตามความถี่ที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจาก การประพัตติตัวของทองแดงที่จะเป็นตัวเหนี่ยวนำเสมือนทำให้เกิดการลดทอนค่ามากขึ้นตามความถี่ที่สูงขึ้น หากต้องการนำไปใช้งาน ต้องต่อเพิ่มบอร์ดวงจรขยายสัญญาณอีก 1 Stage และ ต่อเพิ่มเสาสัญญาณ Athena เพื่อกระจายสัญญาณรบกวนให้ออกไปในอากาศ

5.2 ปัญหาที่พบ

- 1.ค่าสัญญาณที่ได้มามีค่าต่ำกว่าที่คำนวณไว้ และยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้จริง จึงต้องต่อวงจรขยายเพิ่มอีก 1 Stage
- 2.การทำให้อุปกรณ์ไร้สายเพื่อสะดวกในการใช้งานต้องการแหล่งพลังงานที่สามารถจ่ายให้กับวงจรขยายสัญญาณ อีก 1 ตัวซึ่งต้องการกระแสสูง ทำให้มีปัญหาในการหาแหล่งจ่ายที่มีขนาดเล็กและสามารถจ่ายกระแสได้นานพอสมควร
- 3.จากการที่วงจรขยายแรงสัญญาณต้องการกระแสสูงทำให้อุปกรณ์เปิดใช้งานต่อเนื่องนานไม่เกิน 1 ชม.

5.3 ข้อเสนอแนะ

- 1.ควรมีประสบการณ์และฝึกฝน การบัดกรีอุปกรณ์ SMD มาก่อนทำโครงการนี้และต้องศึกษา วงจร Low-noise amplifier มาจำนวนพอสมควรเพื่อจะได้ทราบว่าระดับสัญญาณใด วงจรขยายสัญญาณใดที่เหมาะสมในการนำไปขยายสัญญาณระดับนั้น ความถี่นั้น
- 2.ในวงจรความถี่สูง ควรออกแบบลายวงจร PCB ให้สั้นที่สุดเพื่อป้องกันการเกิดความจุไฟฟ้าแฝงน้อยที่สุดเพื่อให้เอาต์พุตออกมาตามต้องการ และทำให้ Power ดรอปให้น้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1]SMD (Surface Mount Device) (ออนไลน์)

แหล่งที่มา: <http://ledprocenter.com/led-%E0%B9%81%E0%B8%9A%E0%B8%9A-smd/>

๑๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๑

[2]SMD Resistor (ออนไลน์)

แหล่งที่มา: <http://www.hobby-hour.com/electronics/smdcalc.php>

๑๒ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๑

[3]SMD Capacitor (ออนไลน์)

แหล่งที่มา: http://www.radio-electronics.com/info/data/capacitor/smd_capacitor.php

๑๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๑

[4]SMD Inductor (ออนไลน์)

แหล่งที่มา: <http://www.avx.com/products/inductors/smd-power-inductors/>

๑๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๑

[5]SMD Integrated Circuit (ออนไลน์)

แหล่งที่มา: <http://www.repair-notebook.com/archives/1290>

๑๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๑

[6]SMD Zener Diode (ออนไลน์)

แหล่งที่มา: http://www.star-circuit.com/article/THE_ZENER_DIODE/ZENER-DIODE.html

๑๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๑

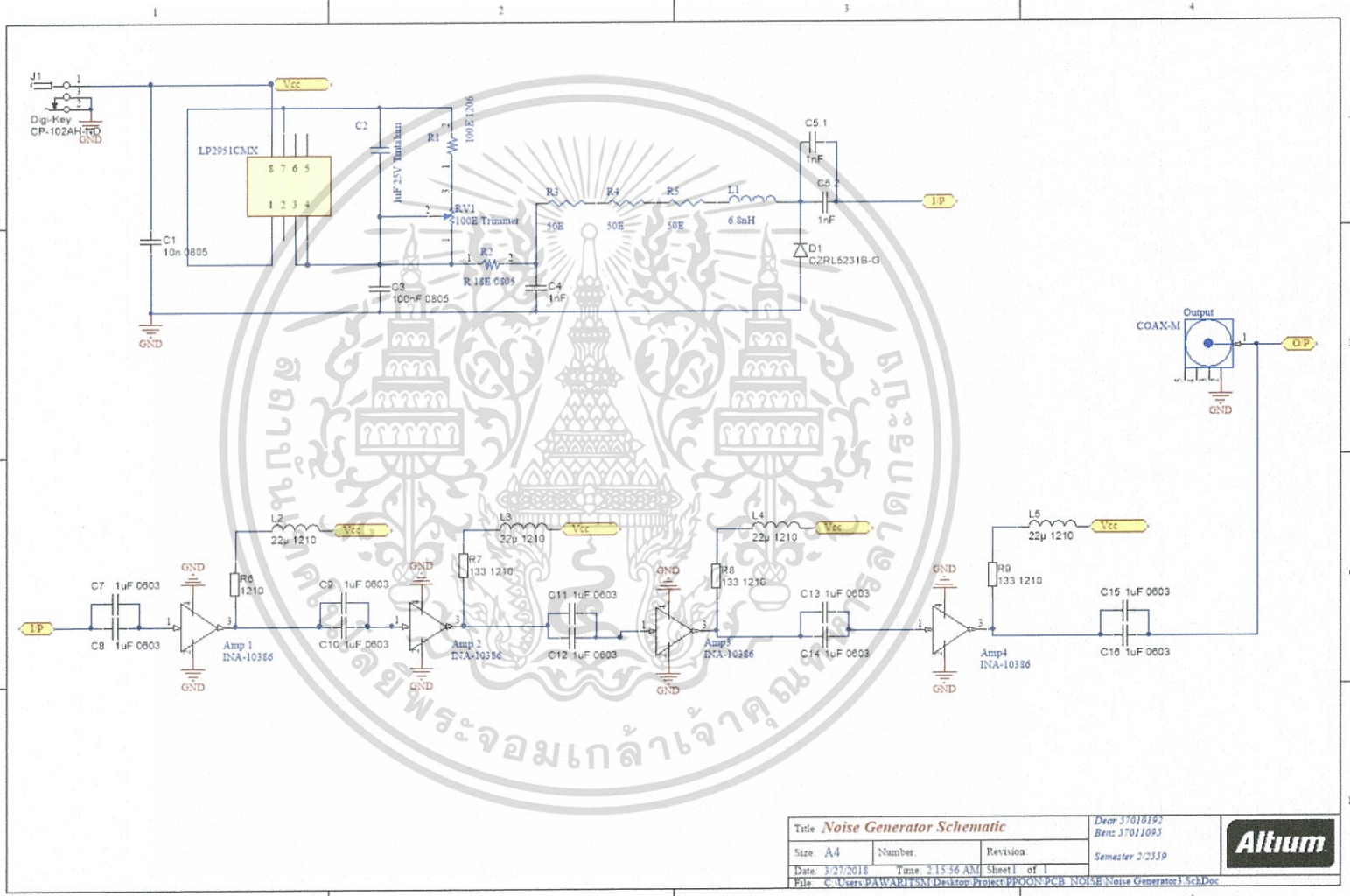
[7]สัญญาณรบกวน(ออนไลน์)

แหล่งที่มา : <http://503244015.eu5.org/noise.html>

๑๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๑

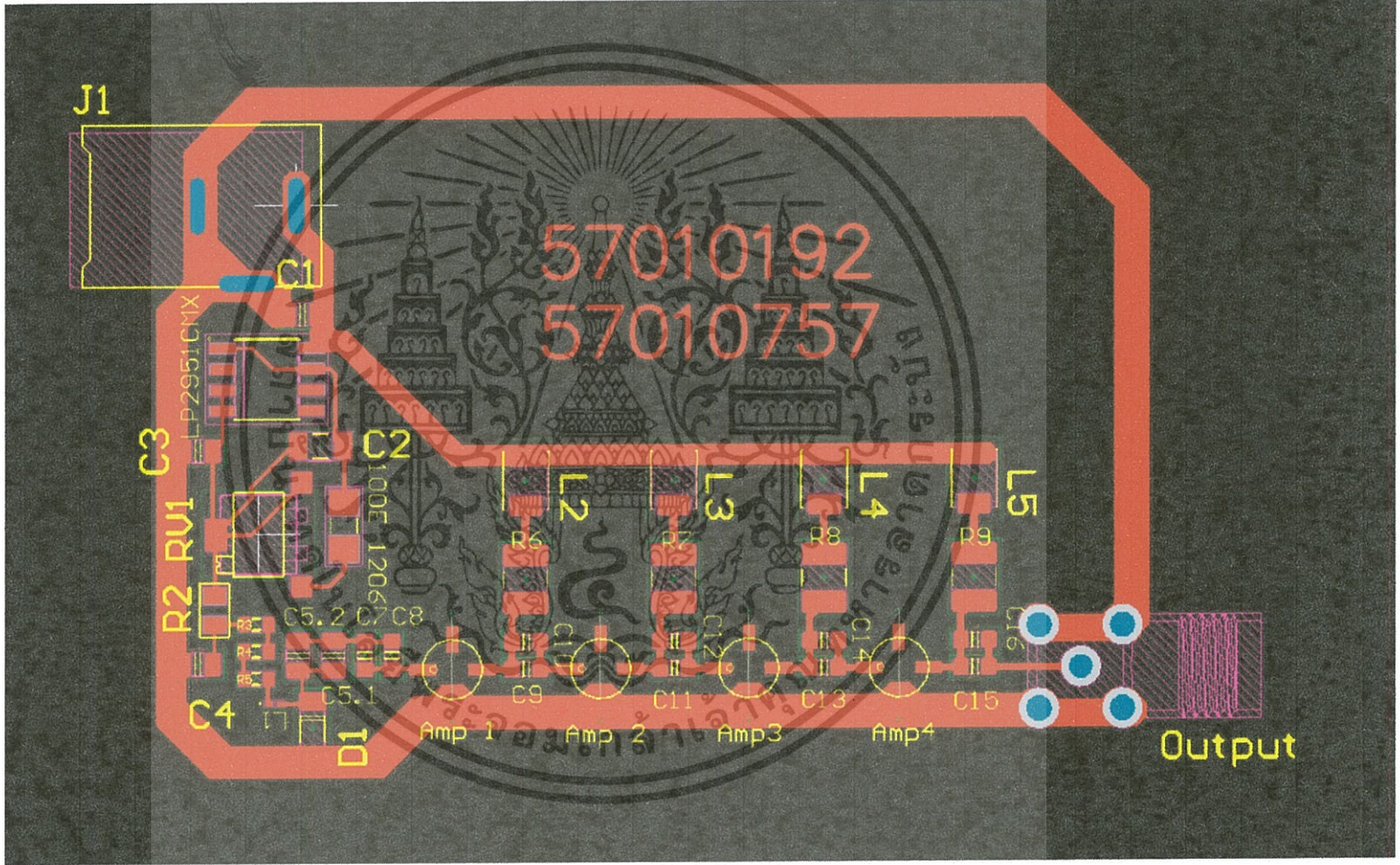


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title <i>Noise Generator Schematic</i>			Draw 3/010193
Size A4			Reviz 3/011693
Date 1/2/2018	Number	Revision	Semester 2/2359
Time 2:15:36 AM			Sheet 1 of 1
File ©:Users\PAWARTSM\Desktop\Project\BPOON\PCB_NOISE\Noise Generator3.Sch.Doc			







Low Noise, Cascadable Silicon Bipolar MMIC Amplifier

Technical Data

INA-10386

Features

- **Cascadable 50 Ω Gain Block**
- **3 dB Bandwidth:**
DC to 1.8 GHz
- **26 dB Typical Gain at 1.5 GHz**
- **10 dBm Typical P_{1dB} at 1.5 GHz**
- **Unconditionally Stable (k>1)**
- **Surface Mount Plastic Package**

Description

The INA-10386 is a low-noise silicon bipolar Monolithic Microwave Integrated Circuit (MMIC)

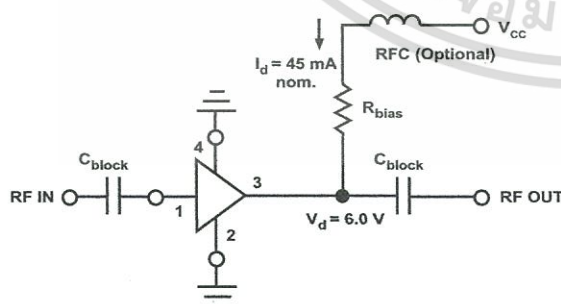
feedback amplifier housed in a low cost surface mount plastic package. It is designed for narrow or wide bandwidth commercial and industrial applications that require high gain and moderate power.

The INA series of MMICs is fabricated using Agilent's 10 GHz f_T, 25 GHz f_{MAX}, ISOSAT™-I silicon bipolar process which uses nitride self-alignment, submicrometer lithography, trench isolation, ion implantation, gold metallization and polyimide intermetal dielectric and scratch protection to achieve excellent performance, uniformity and reliability.

86 Plastic Package



Typical Biasing Configuration



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INA-10386 Absolute Maximum Ratings

Parameter	Absolute Maximum ^[1]
Device Current	80 mA
Power Dissipation ^[2,3]	750 mW
RF Input Power	+13 dBm
Junction Temperature	150°C
Storage Temperature	-65 to 150°C

Thermal Resistance:

$$\theta_{jc} = 100^{\circ}\text{C}/\text{W}$$

Notes:

1. Permanent damage may occur if any of these limits are exceeded.
2. $T_{\text{CASE}} = 25^{\circ}\text{C}$.
3. Derate at 10 mW/°C for $T_{\text{C}} > 75^{\circ}\text{C}$.

INA-10386 Electrical Specifications^[1], $T_{\text{A}} = 25^{\circ}\text{C}$

Symbol	Parameters and Test Conditions: $V_{\text{d}} = 6\text{V}$, $Z_0 = 50\ \Omega$	Units	Min.	Typ.	Max.
G_{P}	Power Gain ($ S_{21} ^2$) $f = 1.5\ \text{GHz}$	dB	23.0	26.0	
ΔG_{P}	Gain Flatness $f = 0.1\ \text{to}\ 1.5\ \text{GHz}$	dB		± 1.0	
$f_3\ \text{dB}$	3 dB Bandwidth ^[2]	GHz		1.8	
ISO	Reverse Isolation ($ S_{12} ^2$) $f = 2.0\ \text{GHz}$	dB		30	
VSWR	Input VSWR $f = 0.1\ \text{to}\ 2.0\ \text{GHz}$			1.5:1	
	Output VSWR $f = 0.1\ \text{to}\ 2.0\ \text{GHz}$			1.5:1	
NF	50 Ω Noise Figure $f = 1.5\ \text{GHz}$	dB		3.8	
$P_{1\ \text{dB}}$	Output Power at 1 dB Gain Compression $f = 1.5\ \text{GHz}$	dBm		10	
IP_3	Third Order Intercept Point $f = 1.5\ \text{GHz}$	dBm		23	
t_{D}	Group Delay $f = 1.5\ \text{GHz}$	psec		250	
I_{d}	Device Current	mA	35	45	55
dV/dT	Device Voltage Temperature Coefficient	mV/°C		+10	

Notes:

1. The recommended operating current range for this device is 40 to 60 mA. Typical performance as a function of current is on the following page.

INA-10386 Part Number Ordering Information

Part Number	No. of Devices	Container
INA-10386-TR1	1000	7" Reel
INA-10386-BLK	100	Antistatic Bag

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INA-10386 Typical Scattering Parameters ($Z_0 = 50 \Omega$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_d = 6 \text{ V}$)

Freq. GHz	S_{11}		S_{21}			S_{12}			S_{22}		k
	Mag	Ang	dB	Mag	Ang	dB	Mag	Ang	Mag	Ang	
0.05	.12	-9	26.6	21.4	-4	-35.2	.017	1	.11	-3	1.51
0.10	.11	-17	26.7	21.6	-8	-35.6	.017	3	.12	-10	1.50
0.50	.13	-79	26.7	21.6	-38	-35.7	.016	10	.07	-40	1.59
1.00	.17	-137	26.8	21.9	-80	-34.1	.020	43	.03	18	1.33
1.50	.21	171	26.0	20.0	-126	-33.1	.023	53	.07	32	1.26
2.00	.21	127	23.6	15.1	-168	-29.9	.032	55	.07	9	1.23
2.50	.19	106	21.7	12.2	159	-28.4	.038	58	.04	42	1.27
3.00	.14	86	19.2	9.1	127	-26.7	.048	55	.05	56	1.37
3.50	.07	85	16.8	6.9	97	-24.8	.058	50	.06	47	1.44
4.00	.08	148	14.2	5.1	70	-24.7	.058	51	.04	40	1.82

INA-10386 Typical Performance, $T_A = 25^\circ\text{C}$
(unless otherwise noted)

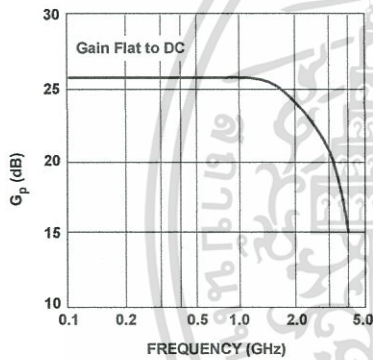


Figure 1. Typical Gain and Noise Figure vs. Frequency, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_d = 6 \text{ V}$.

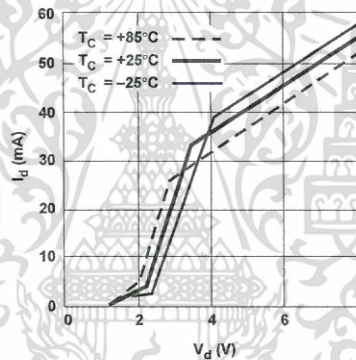


Figure 2. Device Current vs. Voltage.

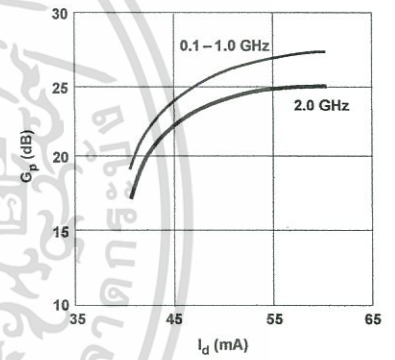


Figure 3. Power Gain vs. Current.

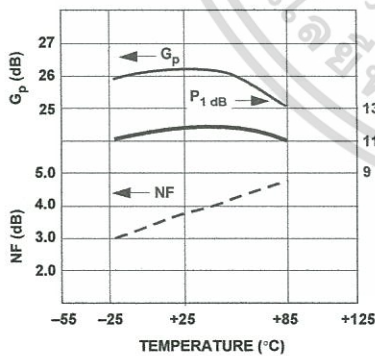


Figure 4. Output Power and 1 dB Gain Compression, NF and Power Gain vs. Case Temperature, $f = 1.5 \text{ GHz}$, $V_d = 6 \text{ V}$.

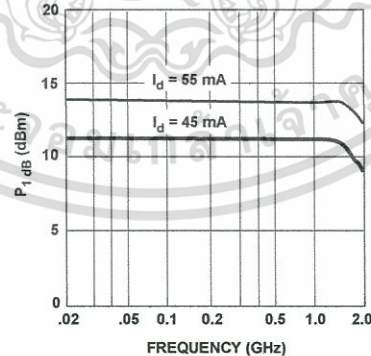


Figure 5. Output Power at 1 dB Gain Compression vs. Frequency.

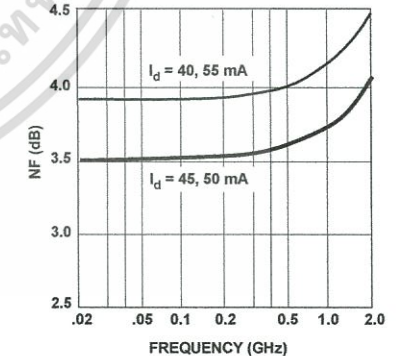
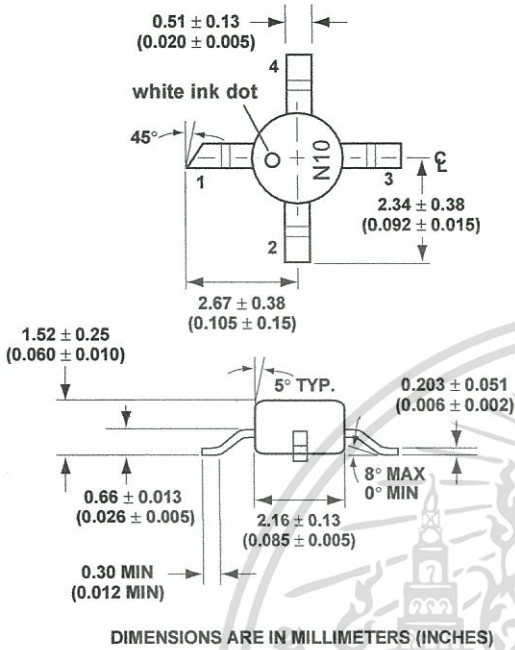


Figure 6. Noise Figure vs. Frequency.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



86 Plastic Package Dimensions



www.semiconductor.agilent.com

Data subject to change.

Copyright © 1999 Agilent Technologies

Obsoletes 5965-9679E

5967-6159E (11/99)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LP2951

Adjustable Micro Power Voltage Regulator

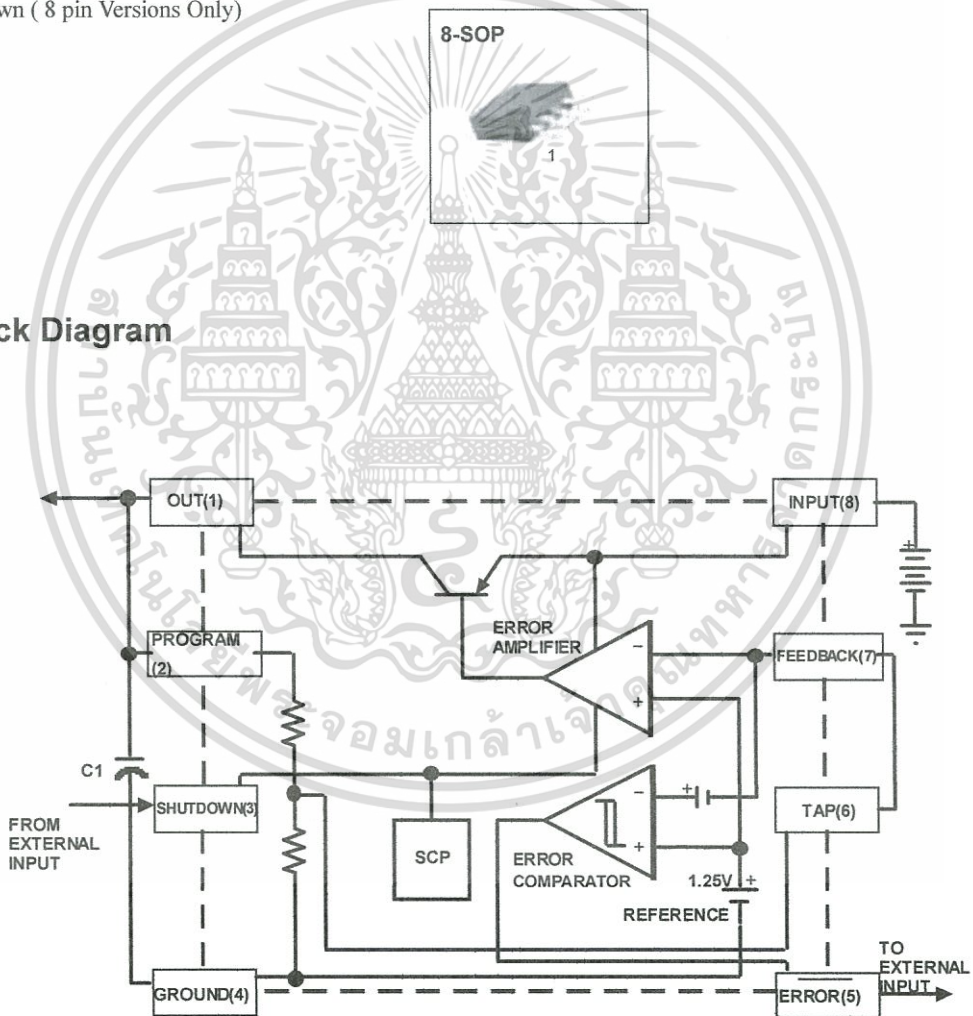
Features

- Low Quiescent Current
- Low Dropout Voltage
- Low Temperature Coefficient
- Tight Line and Load Regulation
- Guaranteed 100mA Output Current
- Internal Short Current & Thermal Limit
- Error Signals of Output Dropout (8 pin Versions Only)
- External Shut-down (8 pin Versions Only)

Description

The LP2951 is an adjustable micro power voltage regulator suitable for use in battery-powered systems. This regulator has various functions such as alarm which warns of a low output voltage, often due to falling batteries on the input, the external shutdown which enables the regulator to be switched on and off, current and temperature limiting.

Internal Block Diagram



Rev. 1.0.0

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Supply Voltage	V _{IN}	-0.3 ~ +30	V
Power Dissipation	P _D	Internally Limited	W
Thermal Resistance Junction-Air	R _{θJA}	127.5	°C/W
Storage Temperature Range	T _{STG}	-65 ~ +150	°C
Operating Junction Temperature Range	T _{OPR}	-40 ~ +125	°C



Electrical Characteristics

(Refer to the test circuit, $T_a = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified,)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
ALL VOLTAGE OPTIONS						
Output Voltage Temperature Coefficient	$\Delta V/\Delta T$	(Note1)	-	50	-	ppm/ $^{\circ}\text{C}$
Line Regulation (Note2)	ΔV	$(V_o + 1)V \leq V_{IN} \leq 28V$ $I_L = 50\text{mA}$	-	-	0.4	%
Load Regulation (Note2)	ΔV	$100\mu\text{A} \leq I_L \leq 100\text{mA}$	-	-	0.3	%
Dropout Voltage	V_D	$I_L = 100\mu\text{A}$	-	-	150	mV
		$I_L = 100\text{mA}$	-	-	600	mV
Ground Current	I_G	$I_L = 100\mu\text{A}$	-	-	140	μA
		$I_L = 100\text{mA}$	-	-	7	mA
Current Limit	I_{CL}	$V_O = 0V$	110	165	220	mA
8-PIN VERSIONS ONLY						
Reference Voltage	V_{REF}	(Note3)	1.235	1.26	1.285	V
	V_{REF}		1.225	1.26	1.295	V
ERROR COMPARATOR						
Output Low Voltage	V_{OL}	$V_{IN} = (V_o - 0.5)V, I_{OL} = 400\mu\text{A}$	-	150	400	mV
High Threshold Voltage	V_{TH}	(Note4)	25	60	-	mV
Low Threshold Voltage	V_{TL}	(Note4)	-	75	140	mV
Hysteresis	V_{HYS}	(Note4)	-	15	-	mV
SHUTDOWN INPUT						
Shutdown Threshold Range	V_{SD}	(Note5)	0.6	1.3	2.0	V
Shutdown Input Current	I_{SD}	$V_{SD} = 2.4V$	-	30	100	μA
		$V_{SD} = 28V$	-	450	750	μA

Note :

- Output or reference voltage temperature coefficient is defined as the worst case voltage change divided by the total temperature range.
- Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle.
- $V_{ref} \leq V_{out} \leq (V_{in} - 1V)$, $2.5V \leq V_{in} \leq 28V$, $100\mu\text{A} \leq I_L \leq 100\text{mA}$, $T_A \leq T_{AMAX}$.
- Threshold and hysteresis are expressed in terms of voltage differential at the Feedback terminal below the normal reference. To express these thresholds in terms of output voltage change, multiply by the error amplifier gain = $V_O / V_{REF} = (R_1 + R_2) / R_2$.
- $V_{shutdown} \leq 0.6V$, $V_{OUT} = ON$, $V_{shutdown} \geq 2.0V$, $V_{OUT} = OFF$.

Typical Performance Characteristics

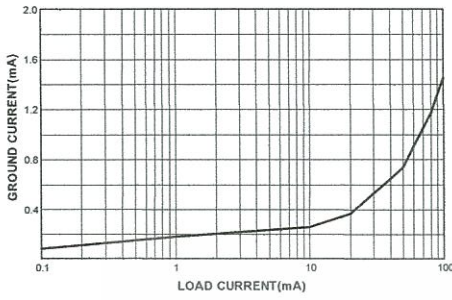


Figure 1. Quiescent Current

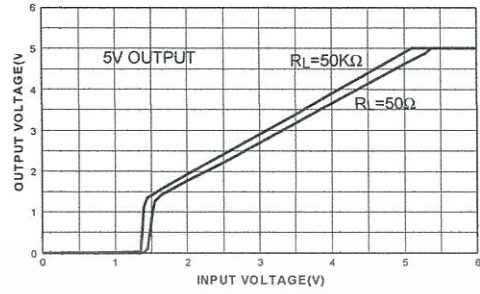


Figure 2. Dropout Characteristics

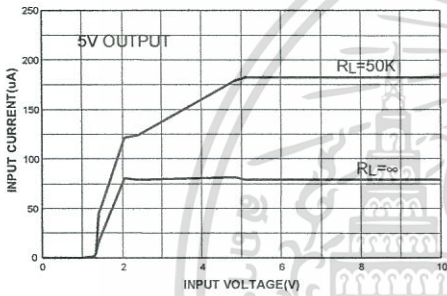


Figure 3. Input Current

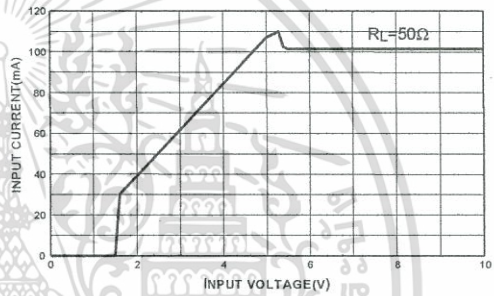


Figure 4. Input Current

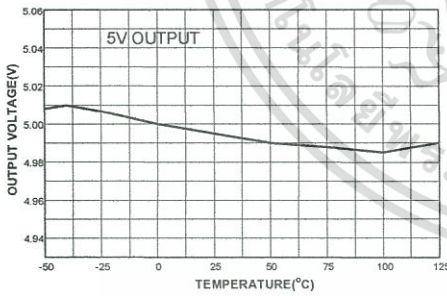


Figure 5. Output Voltage vs. Temperature

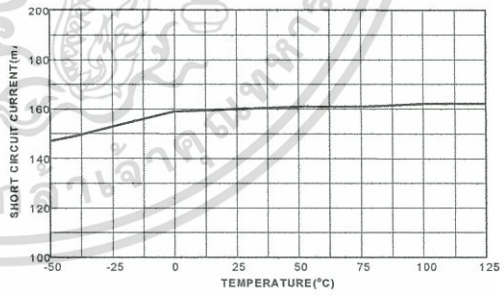


Figure 6. Short Circuit Current

Typical Performance Characteristics (Continued)

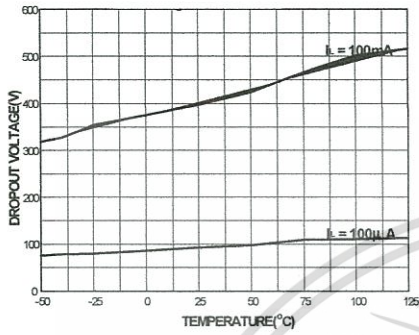


Figure 7. Dropout Voltage

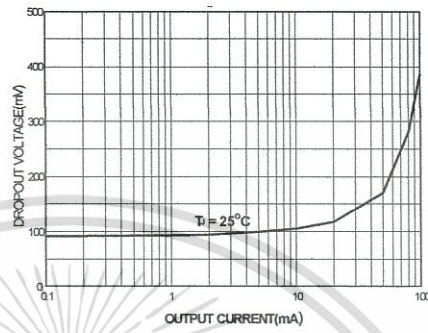
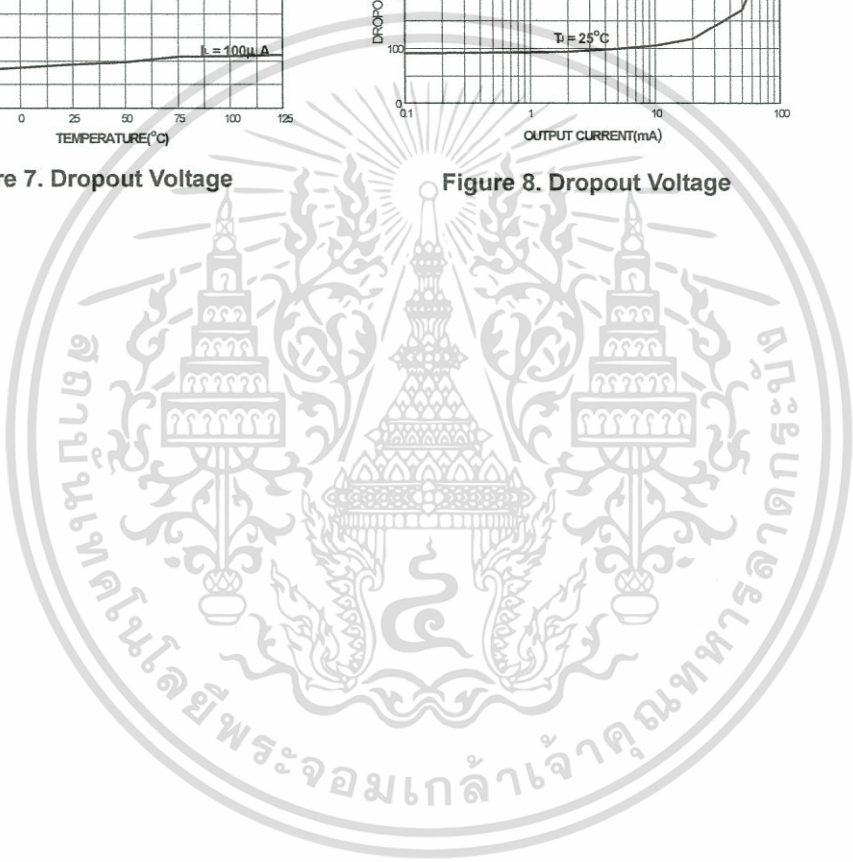
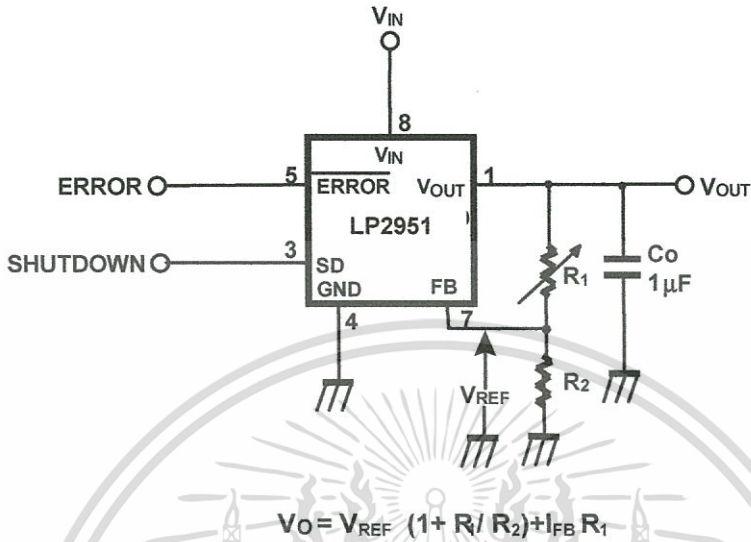


Figure 8. Dropout Voltage



Typical Application



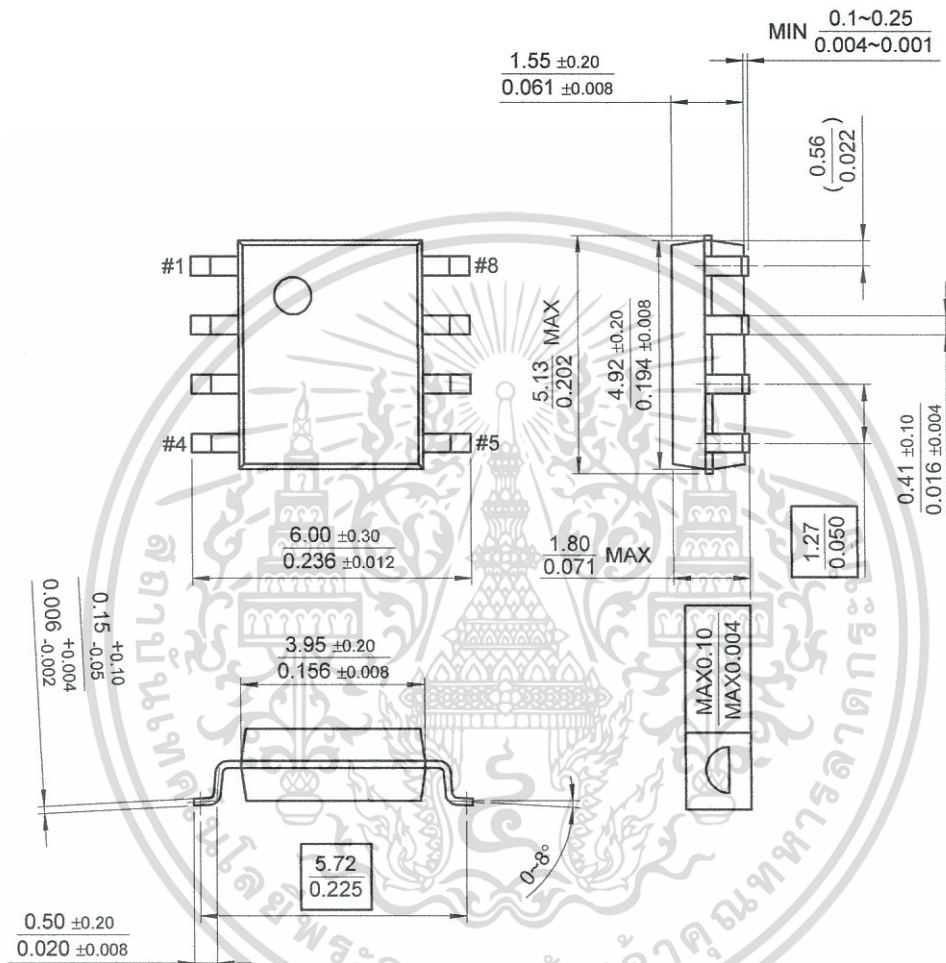
CO is required between the output and ground for stability at output voltages of 5V or more. since IFB is controlled to less than 40nA, the error associated with this term is negligible in most applications. At lower output voltage, more capacitance is required. without this capacitance the part will oscillate.

Mechanical Dimension

Package

Dimensions in millimeters

8-SOP



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ordering Information

Product Number	Package	Operating Temperature
LP2951CM	8-SOP	-40 ~ +125°C







DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD 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 (c) 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 of the user.
2. A critical component in 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.

www.fairchildsemi.com

5/19/01 0.0m 001
Stock#DSxxxxxxx
© 2001 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Surface Mount Zener Diodes



SMD Diodes Specialist

CZRL5225-G Thru. CZRL5267-G

Voltage: 3.0 ~ 75V

Power Dissipation: 500mW

RoHS Device

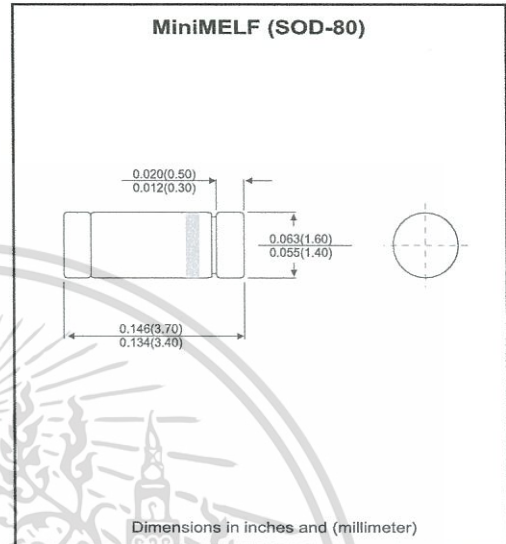


Features

- Silicon planar power Zener diodes.
- For use in stabilizing and clipping circuits with higher power rating.
- Standard Zener voltage tolerance is $\pm 5\%$ with a "B" suffix.

Mechanical Data:

- Case: MiniMELF glass case (SOD-80)
- Weight: approx. 0.05g



Electrical Characteristics (at $T_A=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Zener current (See table "Characteristics")			
Power dissipation at $T_A=25^\circ\text{C}$	P_{tot}	500 ⁽¹⁾	mW
Thermal resistance, junction to ambient air	$R_{\theta JA}$	300 ⁽¹⁾	$^\circ\text{C/W}$
Junction temperature	T_J	175	$^\circ\text{C}$
Storage temperature range	T_{Stg}	-65 to +150	$^\circ\text{C}$

Note: Valid provided that electrodes are kept at ambient temperature.

Surface Mount Zener Diodes



SMD Diodes Specialist

ELECTRICAL CHARACTERISTIC (CZRL5225-G Thru. CZRL5267-G)
 Max VF=1.25V at IF=200mA, At TA=25°C unless otherwise specified.

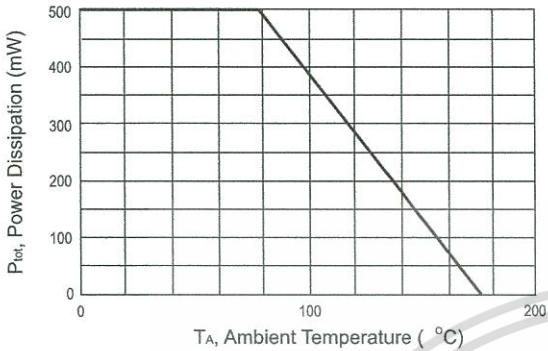
Type NO.	Nominal Zener Voltage at IZT VZ(V) (Note 3)	Test Current IZT (mA)	Maximum Zener Impedance (Note 2)		Typical Temperature Coefficient VZ (%/°C)	Max reverse Leakage Current		Maximum Regulator Current IZM (mA) (Note 2.)
			at IZT ZZT(ohm)	at IZK=0.25mA ZZK(ohm)		IR (uA)	VR (V)	
CZRL5225B-G	3	20	29	1600	-0.075	50	1	152
CZRL5226B-G	3.3	20	28	1600	-0.07	25	1	138
CZRL5227B-G	3.6	20	24	1700	-0.065	15	1	126
CZRL5228B-G	3.9	20	23	1900	-0.06	10	1	115
CZRL5229B-G	4.3	20	22	2000	-0.055	5	1	106
CZRL5230B-G	4.7	20	19	1900	±0.030	5	2	97
CZRL5231B-G	5.1	20	17	1600	±0.030	5	2	89
CZRL5232B-G	5.6	20	11	1600	0.038	5	3	81
CZRL5233B-G	6	20	7	1600	0.038	5	3.5	76
CZRL5234B-G	6.2	20	7	1000	0.045	5	4	73
CZRL5235B-G	6.8	20	5	750	0.05	3	5	67
CZRL5236B-G	7.5	20	6	500	0.058	3	6	61
CZRL5237B-G	8.2	20	8	500	0.062	3	6.5	55
CZRL5238B-G	8.7	20	8	600	0.065	3	6.5	52
CZRL5239B-G	9.1	20	10	600	0.068	3	7	50
CZRL5240B-G	10	20	17	600	0.075	3	8	45
CZRL5241B-G	11	20	22	600	0.076	2	8.4	41
CZRL5242B-G	12	20	30	600	0.077	1	9.1	38
CZRL5243B-G	13	9.5	13	600	0.079	0.5	9.9	35
CZRL5244B-G	14	9	15	600	0.082	0.1	10	32
CZRL5245B-G	15	8.5	16	600	0.082	0.1	11	30
CZRL5246B-G	16	7.8	17	600	0.083	0.1	12	28
CZRL5247B-G	17	7.4	19	600	0.084	0.1	13	27
CZRL5248B-G	18	7	21	600	0.085	0.1	14	25
CZRL5249B-G	19	6.6	23	600	0.086	0.1	14	24
CZRL5250B-G	20	6.2	25	600	0.086	0.1	15	23
CZRL5251B-G	22	5.6	29	600	0.087	0.1	17	21
CZRL5252B-G	24	5.2	33	600	0.087	0.1	18	19.1
CZRL5253B-G	25	5	35	600	0.089	0.1	19	18.2
CZRL5254B-G	27	4.6	41	600	0.09	0.1	21	16.8
CZRL5255B-G	28	4.5	44	600	0.091	0.1	21	16.2
CZRL5256B-G	30	4.2	49	600	0.091	0.1	23	15.1
CZRL5257B-G	33	3.8	58	700	0.092	0.1	25	13.8
CZRL5258B-G	36	3.4	70	700	0.093	0.1	27	12.6
CZRL5259B-G	39	3.2	80	800	0.094	0.1	30	11.6
CZRL5260B-G	43	3	93	900	0.095	0.1	33	10.6
CZRL5261B-G	47	2.7	105	1000	0.095	0.1	36	9.7
CZRL5262B-G	51	2.5	125	1100	0.096	0.1	39	8.9
CZRL5263B-G	56	2.2	150	1300	0.096	0.1	43	--
CZRL5264B-G	60	2.1	170	1400	0.097	0.1	46	--
CZRL5265B-G	62	2	185	1400	0.097	0.1	47	--
CZRL5266B-G	68	1.8	230	1600	0.097	0.1	52	--
CZRL5267B-G	75	1.7	270	1700	0.098	0.1	56	--

Notes:

- (1) The Zener impedance is derived from the 1KHZ AC volt age which results when an AC current having an RMS value equal to 10% of the Zener current (IZT or IZK) is superim posed on IZT or IZK. Zener impedance is m easured at two points to insure a sharp knee on the breakdown curve and to eliminate unstable units.
- (2) Valid provided that electrodes at a distance of 10mm from case are kept at ambient temperature.
- (3) Tested under thermal equilibrium and DC test conditions.

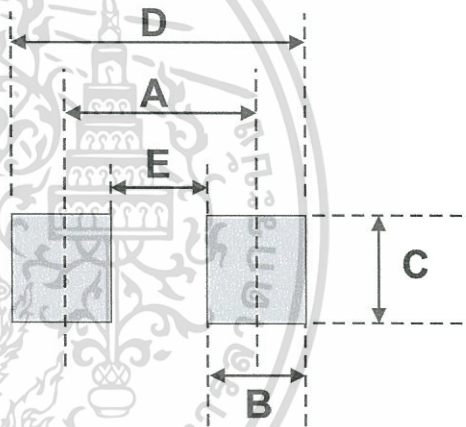
RATING AND CHARACTERISTIC CURVES (CZRL5225-G Thru. CZRL5267-G)

Fig.1 Admissible power dissipation vs. ambient temperature



Suggested PAD Layout

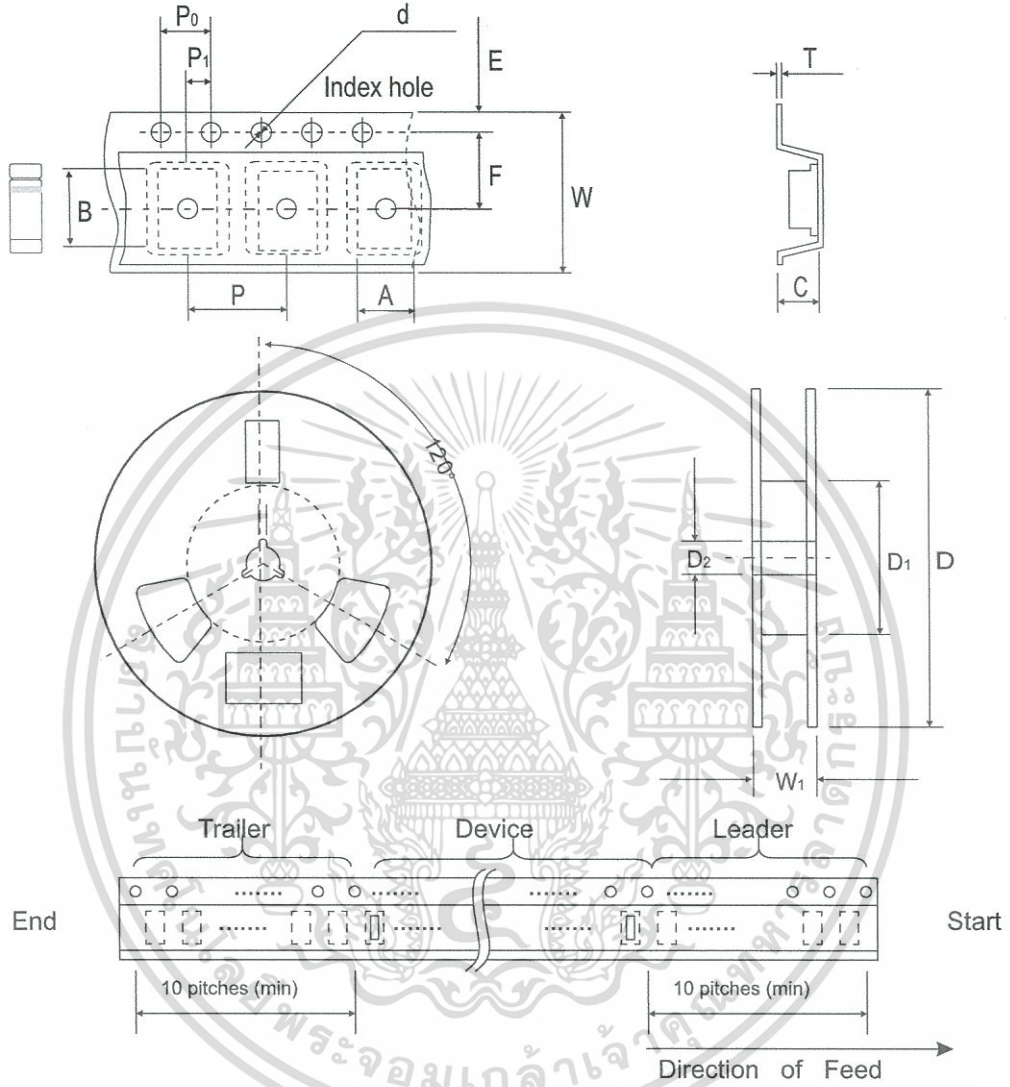
SIZE	Mini-MELF (SOD-80)	
	(mm)	(inch)
A	3.40	0.134
B	1.30	0.051
C	1.70	0.067
D	5.10	0.201
E	1.70	0.067



Standard Package

Case Type	Qty per Reel	Reel Size
	(Pcs)	(inch)
Mini-MELF (SOD-80)	2500	7

Reel Taping Specification



Mini-MELF (SOD-50)	SYMBOL	A	B	C	d	D	D1	D2
	(mm)	2.0 (max)	3.9 (max)	2.0 (max)	1.55 ± 0.10	178 ± 1.00	50.0 MIN.	13.0 ± 0.20
	(inch)	0.078(max)	0.153 (max)	0.078 (max)	0.061 ± 0.004	7.00 ± 0.039	1.969 MIN.	0.512 ± 0.008

Mini-MELF (SOD-50)	SYMBOL	E	F	P	P0	P1	W	W1
	(mm)	1.75 ± 0.10	3.50 ± 0.05	4.00 ± 0.10	4.00 ± 0.10	2.00 ± 0.05	8.00 ± 0.30	14.4 MAX.
	(inch)	0.689 ± 0.004	0.138 ± 0.002	0.157 ± 0.004	0.157 ± 0.004	0.079 ± 0.002	0.314 ± 0.012	0.567 MAX

Mouser Electronics

Authorized Distributor

Click to View Pricing, Inventory, Delivery & Lifecycle Information:

Comchip Technology:

CZRL5226B-G CZRL5231B-G



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Coaxial Amplifier

ZHL-42W+

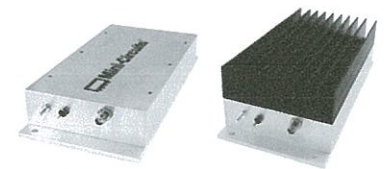
50Ω Medium High Power 10 to 4200 MHz

Features

- wideband, 10 to 4200 MHz
- high IP3, +38 dBm typ.
- high gain, 30 dB min.

Applications

- communication systems
- cellular
- instrumentation
- laboratory



ZHL-42WX+

ZHL-42W+

CASE STYLE: U36

Connectors	Model
SMA	ZHL-42W+
SMA	ZHL-42WX+

+RoHS Compliant

The +Suffix identifies RoHS Compliance. See our web site for RoHS Compliance methodologies and qualifications

Electrical Specifications at 25°C

Parameter	Condition (MHz)	ZHL-42W+ ▲ ZHL-42WX+			Units
		Min.	Typ.	Max.	
Frequency Range		10	—	4200	MHz
Gain	10-4200	30	34	40	dB
Gain Flatness	10-4200	—	±1.3	±1.8	dB
Output Power at 1dB compression*	10-4200	+28	+30	—	dBm
Output Power at 3dB compression**	10-4200	+29	+31	—	dBm
Noise Figure	10-4200	—	6	—	dB
Output third order intercept point	10-4200	—	+38	—	dBm
Input VSWR	10-4200	—	—	2.5	:1
Output VSWR	10-4200	—	—	2.7	:1
DC Supply Voltage		—	15	—	V
Supply Current		—	—	1.0	A

Open load is not recommended, potentially can cause damage.

With no load derate max. input power by 20 dB.

* +27 dBm at 3700-4200 MHz

** +28 dBm at 3700-4200 MHz

▲Heat sink not included. Alternative heat sinking and heat removal must be provided by the user to limit maximum base-plate temperature to 65°C, in order to ensure proper performance. For reference, this requires thermal resistance of user's external heat sink to be 1.3°C/W max.

Maximum Ratings

Parameter	Ratings
Operating Temperature	-20°C to 65°C
Storage Temperature	-55°C to 100°C
DC Voltage	+20V
Input RF Power (no damage)	+0 dBm

Permanent damage may occur if any of these limits are exceeded.

Notes

A. Performance and quality attributes and conditions not expressly stated in this specification document are intended to be excluded and do not form a part of this specification document.

B. Electrical specifications and performance data contained in this specification document are based on Mini-Circuit's applicable established test performance criteria and measurement instructions.

C. The parts covered by this specification document are subject to Mini-Circuits standard limited warranty and terms and conditions (collectively, "Standard Terms"); Purchasers of this part are entitled to the rights and benefits contained therein. For a full statement of the Standard Terms and the exclusive rights and remedies thereunder, please visit Mini-Circuits' website at www.minicircuits.com/WCLStore/terms.jsp



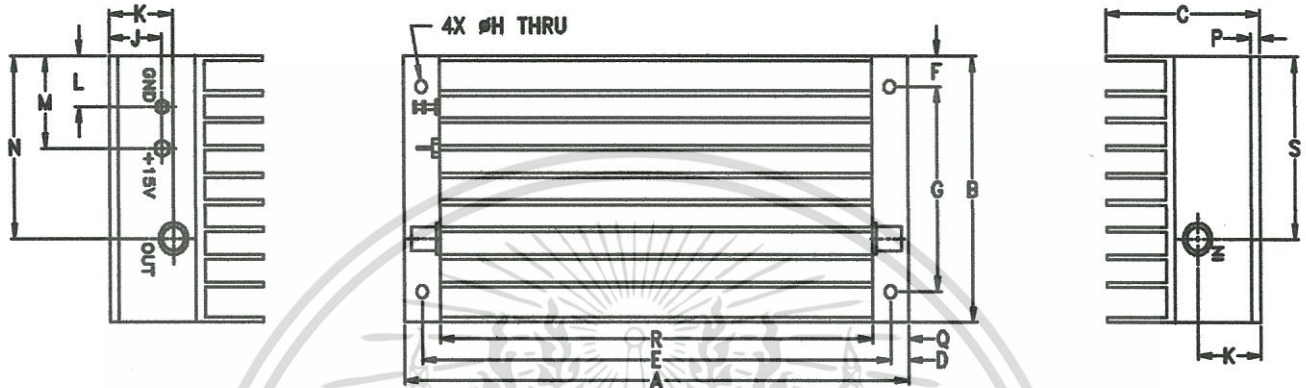
www.minicircuits.com P.O. Box 350166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 sales@minicircuits.com

REV. C
M153516
ZHL-42W+
CH/CP/AM
151026

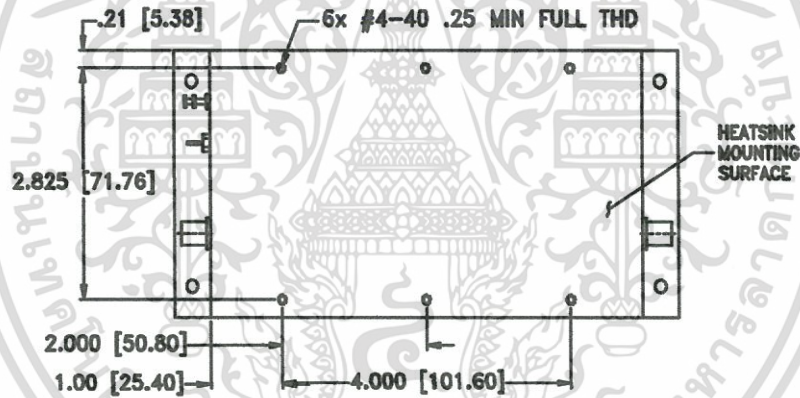
Page 1 of 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Outline Drawing for models with heatsink



MOUNTING INFORMATION FOR MODELS WITHOUT HEATSINK



Outline Dimensions (inch/mm)

A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	P	Q	R	S	wt
7.00	3.25	2.13	.25	6.500	.38	2.500	.156	.73	.88	.63	1.13	2.23	.125	.50	6.00	2.23	grams
177.80	82.55	54.10	6.35	165.10	9.65	63.50	3.96	18.54	22.35	16.00	28.70	56.64	3.18	12.70	152.40	56.64	900

*600 grams without heatsink

Notes

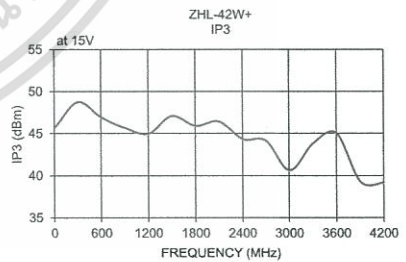
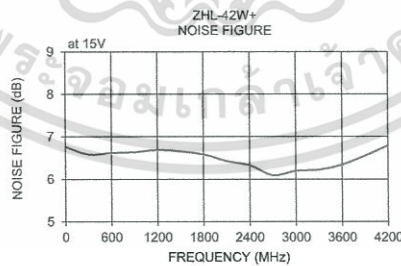
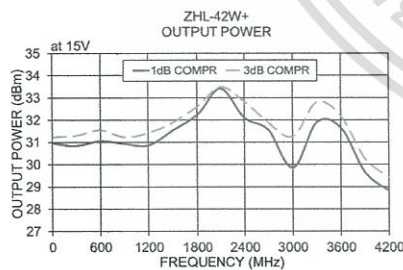
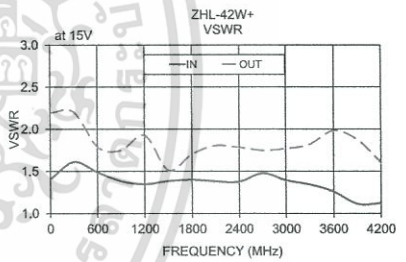
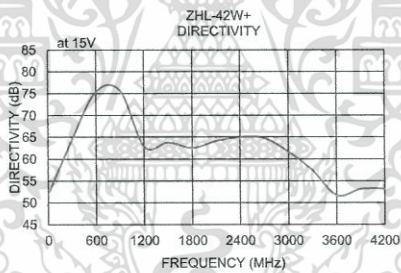
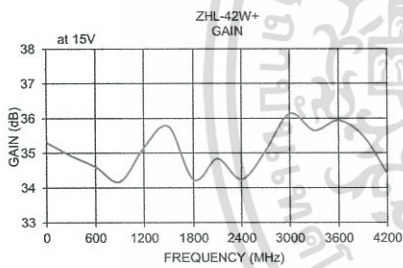
- A. Performance and quality attributes and conditions not expressly stated in this specification document are intended to be excluded and do not form a part of this specification document.
- B. Electrical specifications and performance data contained in this specification document are based on Mini-Circuit's applicable established test performance criteria and measurement instructions.
- C. The parts covered by this specification document are subject to Mini-Circuits standard limited warranty and terms and conditions (collectively, "Standard Terms"); Purchasers of this part are entitled to the rights and benefits contained therein. For a full statement of the Standard Terms and the exclusive rights and remedies thereunder, please visit Mini-Circuits' website at www.minicircuits.com/MCLStore/terms.jsp



www.minicircuits.com P.O. Box 350166, Brooklyn, NY 11235-0003 (718) 934-4500 sales@minicircuits.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FREQUENCY (MHz)	GAIN (dB)	DIRECTIVITY (dB)	VSWR (:1)		POUT at 1 dB COMPR. (dBm)	NOISE FIGURE (dB)	IP3 (dBm)
	15V	15V	IN	OUT	15V	15V	15V
10	35.29	52.49	1.42	2.19	30.95	6.75	45.72
300	34.92	64.51	1.61	2.20	30.83	6.58	48.73
600	34.60	75.41	1.49	1.78	31.06	6.62	46.90
900	34.17	75.61	1.38	1.75	30.92	6.63	45.65
1200	35.15	62.78	1.34	1.92	30.85	6.68	44.95
1500	35.75	63.73	1.38	1.51	31.52	6.65	47.07
1800	34.23	62.47	1.40	1.70	32.24	6.57	45.88
2100	34.83	64.07	1.38	1.80	33.41	6.42	46.42
2400	34.24	64.93	1.37	1.78	32.09	6.32	44.28
2700	35.07	64.73	1.47	1.75	31.55	6.09	44.15
3000	36.12	61.62	1.39	1.77	29.84	6.19	40.60
3300	35.64	57.37	1.34	1.82	31.88	6.21	43.74
3600	35.93	51.58	1.26	1.98	31.65	6.34	45.00
3900	35.49	53.06	1.11	1.87	29.64	6.55	39.23
4200	34.39	53.16	1.12	1.60	28.82	6.79	39.17



Notes

- A. Performance and quality attributes and conditions not expressly stated in this specification document are intended to be excluded and do not form a part of this specification document.
- B. Electrical specifications and performance data contained in this specification document are based on Mini-Circuit's applicable established test performance criteria and measurement instructions.
- C. The parts covered by this specification document are subject to Mini-Circuits standard limited warranty and terms and conditions (collectively, "Standard Terms"); Purchasers of this part are entitled to the rights and benefits contained therein. For a full statement of the Standard Terms and the exclusive rights and remedies thereunder, please visit Mini-Circuits' website at www.minicircuits.com/MCLStore/terms.jsp



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้