

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การออกแบบวงจรขยายกำลังสำหรับระบบแพร่กระจายคลื่นโทรทัศน์แบบดิจิทัล
แหล่งเงินทุน งบประมาณเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์

ประจำปีงบประมาณ 2555 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 72,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2554 ถึง กันยายน 2555

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

1. นายชูชาติ พุดระกุล สำนักงานคณบดี (งานเทคโนโลยีสารสนเทศ) คณะวิศวกรรมศาสตร์

2. ผศ.สุรพล บุญจันทร์ สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์

3. ผศ. ดร.พิสิฐ บุญศรีเมือง สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์

4. นายณรงค์ศักดิ์ มโนสิทธิชัย สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

ไม่กี่ปีที่ผ่านมาการออกแบบผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ในอุตสาหกรรมเทคโนโลยีการแพร่ภาพโทรทัศน์ มาตรฐานการมอดูเลตแบบดิจิทัลได้เข้ามามีอิทธิพลและบทบาทที่สำคัญอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบ การแพร่ภาพโทรทัศน์ในปัจจุบัน ได้มีเครื่องส่งสัญญาณที่ทันสมัยซึ่งกำลังถูกนำมาใช้งานและเป็นส่วนหนึ่ง ของการเปลี่ยนแปลงไปสู่เทคโนโลยีระบบโทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน (DVB-T)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบและสร้างวงจรขยายกำลังสำหรับระบบการแพร่ภาพโทรทัศน์ ดิจิทัล DVB-T ในย่านความถี่ UHF แบนด์วิดท์ในช่วงความถี่ 470 – 860 MHz โดยใช้ทรานซิสเตอร์กำลัง (MOSFET) BLF888A ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของบริษัท NXP ที่มีคุณสมบัติเด่น คือ มีอัตราขยายสูง สามารถ ควบคุมกำลังงานได้ง่าย ความน่าเชื่อถือสูงและมีประสิทธิภาพดีเยี่ยม ดังแสดงได้จากผลการจำลองการทำงาน จากนั้นได้ทำการสร้างวงจรขยายกำลังในการวิจัยนี้

คำสำคัญ : วงจรขยายกำลัง การแพร่ภาพโทรทัศน์ดิจิทัล โทรทัศน์ดิจิทัลภาคพื้นดิน (DVB-T)

Research Title: Power Amplifier Circuit Design for Digital Video Broadcasting.....

Researcher Chouchart Poutrakul, Surapol Boonjun, Pisit Boonsrimuang and
Narongsak Manositthichai.....

Faculty: Engineering..... Department Dean Office (Information Technology).....

ABSTRACT

For the past few years, new product design in the broadcast industry has been dominated by emerging digital modulation standards. A specific example is broadcast television, where many new transmitter systems are currently being set up as part of the conversion to digital terrestrial television.

This research has been to desire and fabricate a power amplifier for digital broadcasting television (DVB-T). The operating frequency over the full UHF band from 470 MHz to 860 MHz by using BLF888A LDMOS transistor model (RF power transistor) [24]. Because of their features and benefits; high power gain, easy to control, excellent reliability and high efficiency. As shown by the simulation results in this research.

Keyword : Power amplifier, Digital broadcasting television, Digital terrestrial television (DVB-T)

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2555 และความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่าน ซึ่งไม่อาจจะนำมากล่าวได้ทั้งหมด

คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ท่านอธิการบดี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนการดำเนินการวิจัยและอำนวยความสะดวกทุกประการ

ขอขอบคุณ สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในการอำนวยความสะดวก อีกทั้งยังให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองวิจัย

ขอขอบคุณ คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ เจ้าของเอกสาร บทความ ตำรา หนังสือทุกท่านที่คณะผู้วิจัยใช้ในการสืบค้นข้อมูลที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ ณ ที่นี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยขอมอบให้กับผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายชูชาติ พุตระกูล

ผศ.สุรพล บุญจันทร์

ผศ. ดร.พิสิฐ บุญศรีเมือง

นายณรงค์ศักดิ์ มโนสิทธิชัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 หลักการและเหตุผลของโครงการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	1
1.4 วิธีดำเนินงานวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.2 การทบทวนวรรณกรรม (Literature review).....	4
บทที่ 3 การแพร่ภาพโทรทัศน์พื้นฐาน (Television Broadcasting).....	5
3.1 ประเภทของการแพร่ภาพโทรทัศน์ [1].....	5
3.1.1 โทรทัศน์แอนะล็อก (Analog Television).....	5
3.1.2 โทรทัศน์ดิจิทัล (Digital Television).....	5
3.1.3 ประวัติความเป็นมาของโทรทัศน์.....	5
3.2 หลักการแพร่ภาพเบื้องต้น.....	6
3.2.1 การเสกนภาพ.....	7
3.2.2 ระบบการส่งสัญญาณโทรทัศน์แอนะล็อก.....	7
3.2.3 ระบบการส่งสัญญาณของโทรทัศน์ดิจิทัล.....	8
3.2.4 การส่งสัญญาณโทรทัศน์.....	8
3.2.5 ระบบการส่งสัญญาณโทรทัศน์ในประเทศไทย.....	8
3.3 โทรทัศน์ระบบดิจิทัล [9].....	9
3.3.1 กลไกการทำงานของโทรทัศน์ระบบดิจิทัล.....	9
3.3.2 การพัฒนาโทรทัศน์ภาคพื้นดิน (Terrestrial Television).....	10
3.3.3 การส่งโทรทัศน์ในระบบดิจิทัล (Digital).....	10
3.4 DVB-T.....	10
3.4.1 DVB (Digital Video Broadcasting).....	10
3.4.2 ATSC (Advanced TV System Committee) หรือ 8VSB (Vestigial Sideband).....	11
3.4.3 ISDB (Integrated Services Digital Broadcasting).....	11
3.4.4 DMB (Digital Media Broadcasting).....	11

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ทฤษฎีและการออกแบบวงจรขยายกำลังความถี่สูง.....	12
4.1 วงจรขยายกำลัง (Power Amplifier Circuit).....	12
4.1.1 คลาส A.....	13
4.1.2 คลาส B.....	13
4.1.3 คลาส AB.....	14
4.2 การวัดประสิทธิภาพของ Power Amplifiers [15]-[20].....	15
4.2.1 Output Gain.....	15
4.2.2 Power added efficiency.....	16
4.2.3 Total efficiency.....	16
4.3 อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังพื้นฐาน [20].....	16
4.3.1 ทรานซิสเตอร์.....	16
4.3.2 ทรานซิสเตอร์สนามไฟฟ้า [21].....	21
4.4 โปรแกรมจำลองการออกแบบ (Advance Design System: ADS).....	23
4.5 การออกแบบและสร้างวงจรขยายกำลังความถี่สูง.....	27
4.5.1 การออกแบบวงจรขยายกำลังสำหรับระบบ DVB-T.....	29
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	36
เอกสารอ้างอิง.....	37
ภาคผนวก.....	38
ภาคผนวก ก มาตรฐาน ETSI EN 300 744.....	39
ประวัติคณะผู้วิจัย.....	106

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ย่านความถี่ที่ใช้ในการส่งสัญญาณโทรทัศน์ในประเทศไทย.....	5
4.1 ค่าพารามิเตอร์สำหรับการออกแบบและสร้างวงจรขยายกำลังความถี่สูง.....	5

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.1 บล็อกไดอะแกรมระบบแพร่ภาพโทรทัศน์ดิจิทัล.....	5
2.2 การเพิ่มอัตราขยายของวงจรขยายกำลังย่านความถี่สูงโดยวิธี cascade.....	7
3.1 จานหมุนนิพโกว์ (Nipkow).....	8
3.2 พื้นฐานการส่งและรับสัญญาณ.....	8
3.3 หลักการแสกนภาพ.....	9
3.4 การส่งสัญญาณโทรทัศน์ดิจิทัลของภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วโลก.....	15
4.1 ตัวอย่างวงจรขยายสัญญาณทางปฏิบัติ [1].....	16
4.2 หลักการขยายกำลังสัญญาณของ Power Amplifier.....	16
4.3 วงจรขยายกำลังคลาส A.....	17
4.4 วงจรขยายกำลังคลาส B.....	17
4.5 วงจรขยายกำลังคลาส B แบบ push-pull.....	18
4.6 วงจรขยายกำลังคลาส C.....	18
4.7 ตัวอย่างการขยายสัญญาณ.....	19
4.8 โครงสร้างทรานซิสเตอร์.....	20
4.9 สัญลักษณ์ของทรานซิสเตอร์.....	21
4.10 วงจรคอมมอนอิมิตเตอร์.....	21
4.11 วงจรคอมมอนคอลเลคเตอร์.....	22
4.12 วงจรคอมมอนเบส.....	22
4.13 โครงสร้างของ FET.....	23
4.14 โครงสร้างของพื้นฐานของ MOSFET.....	23
4.15 ตัวอย่าง MOSFET (P-channel).....	24
4.16 หน้าต่างหลักของโปรแกรม ADS (ซ้าย) และหน้าต่างตั้งชื่อเพื่อสร้างโครงการใหม่ (ขวา).....	25
4.17 แสดงหน้าต่างสำหรับออกแบบ Schematic วงจรแสดงตัวอย่างของสัญลักษณ์ (Symbol) ประกอบด้วยตัวต้านทาน (Resistor) ค่าความต้านทานคือ 50 Ohm และชื่อของอุปกรณ์คือ “R1”.....	27
4.18 การสร้าง S-Parameter.....	28
4.19 แสดงการตั้งค่าพื้นฐานของ S_Para.....	29
4.20 ปุ่ม Simulate.....	30
4.21 หน้าต่าง Simulate (ซ้าย) และหน้าต่างแสดงกราฟ (ขวา).....	31
4.22 ตั้งค่ากราฟผลการจำลอง.....	29
4.23 ผลจากการจำลองและวงจร Schematic (Band pass filter).....	30
4.24 แสดงกราฟ S(21) และ Schematic ของ Low Pass Filter.....	31
4.25 โครงสร้างของ LDMOS RF transistor Power (BLF888A).....	29
4.26 การออกแบบวงจรขยายกำลังคลาส AB สำหรับระบบ DVB-T.....	30
4.27 แบบจำลองวงจรขยายกำลังคลาส AB สำหรับระบบ DVB-T ที่ออกแบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว.....	31

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.28 วงจรทดสอบแรงดันไฟฟ้าที่ขา Drain (VD1, VD2) และขา Gate (VG1, VG2) ของวงจรขยายกำลังคลาส AB สำหรับระบบ DVB-T	30
4.29 การทดสอบอัตราการใช้กำลังและผลกระทบจาก intermodulation ที่ฟังก์ชันของ Load Power $V_{DS} = 50 \text{ V}$; $I_{DQ} = 1.3 \text{ A}$ สำหรับระบบ DVB-T	30
4.30 การทดสอบประสิทธิภาพที่ขา Drain และค่า PAPR (peak-to-average ratio) ที่ฟังก์ชันของ Load Power $V_{DS} = 50 \text{ V}$; $I_{DQ} = 1.3 \text{ A}$ สำหรับระบบ DVB-T	30
4.31 การทดสอบอัตราการใช้กำลังและผลกระทบจาก intermodulation ที่ฟังก์ชันของความถี่ $P_{L(AV)} = 110 \text{ W}$; $V_{DS} = 50 \text{ V}$; $I_{DQ} = 1.3 \text{ A}$ สำหรับระบบ DVB-T	30
4.32 การทดสอบประสิทธิภาพที่ขา Drain และค่า PAPR (peak-to-average ratio) ที่ฟังก์ชันของความถี่ $P_{L(AV)} = 110 \text{ W}$; $V_{DS} = 50 \text{ V}$; $I_{DQ} = 1.3 \text{ A}$ สำหรับระบบ DVB-T	30
4.33 แผ่นปรินต์ลายวงจรขยายกำลังคลาส AB ที่ทำการออกแบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว	30
4.34 การจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์วงจรขยายกำลังคลาส AB สำหรับระบบ DVB-T	30
4.35 วงจรขยายกำลังคลาส AB สำหรับใช้งานกับระบบ DVB-T ย่านความถี่ 470-860 MHz	30