

การออกแบบและสร้างเครื่องส่ง เครื่องรับสัญญาณ 3 ช่อง ระบบรวมสัญญาณโดยการแบ่งเวลา



นาย สุรศักดิ์ ลกุลสัมเจริญ

003990

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2524

i 18062013

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A THREE-CHANNEL TIME
DIVISION MULTIPLEXING TRANSMITTER AND A RECEIVER

Mr. Surasak Sakullimchareon

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1981

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบและสร้างเครื่องส่ง เครื่องรับสัญญาณ 3 ช่อง ระบบรวม สัญญาณโดยการแบ่งเวลา
ชื่อผลิต	นาย สุรศักดิ์ สุกุลลิ้มเจริญ
อาจารย์ที่ปรึกษา	คำสตราจารย์ อภรณ์ เก่งพล
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา	2524



บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์นี้ เป็นการศึกษาข้อมูล ออกแบบ สร้างและทดสอบเครื่องส่ง เครื่องรับ
ขั้วลสารแบบที่ใช้ระบบการรวมสัญญาณโดยการแบ่งเวลา ขั้วลสารที่ใช้เป็นสัญญาณเสียงที่มีย่าน
ความถี่ 300-3400 Hz. การส่งสัญญาณขั้วลสารจากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับใช้แบบ PAM-TDM
โดยใช้ความถี่ในการสุ่มตัวอย่างสัญญาณมีค่า 8000 Hz. การซินโครไนซ์ระหว่างเครื่องส่งกับ
เครื่องรับทำได้โดยการส่งพัลส์ซินโครไนซ์ ซึ่งมีความกว้างของพัลส์เท่ากับความกว้างของตัวอย่าง
สัญญาณขั้วลสาร แต่มีขนาดความสูง สูงกว่าขนาดสูงที่สุดของสัญญาณตัวอย่าง

การทดสอบการทำงานของเครื่องส่ง เครื่องรับโดยส่งสัญญาณผ่านสายโทรศัพทียาวประ-
มาณ 20 เมตร ปรากฏผลว่า เครื่องส่งและเครื่องรับสามารถรับส่งสัญญาณได้คุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่
ดีล้มความมุ่งหมาย

ในการส่งสัญญาณไขว้สุ่มตัวอย่างมีความถี่ 3400 Hz. โดยใช้ความถี่ในการสุ่มตัวอย่าง
8000 Hz. ส่งผ่านสายสั้นๆ ปรากฏว่าสัญญาณที่รับได้มีความเพี้ยน 27.8 เปอร์เซ็นต์ จากการ
วิเคราะห์หาล่าเหตุพบว่าความเพี้ยนส่วนใหญ่เกิดจากความถี่ของการสุ่มตัวอย่างสัญญาณมีค่าน้อยไป
และการลัดกันสัญญาณนอกย่านความถี่ของวงจรผ่านย่านความถี่ต่ำยังไม่ดีพอ

จากการวิเคราะห์หาค่า signal to noise ratio นั้น ปรากฏผลว่าเครื่องรับ
ในระบบ PAM-TDM สามารถให้อัตราส่วนของ signal to noise ratio ของสัญญาณทาง
ออกต่อ signal to noise ratio ของสัญญาณทางเข้า เท่ากับอัตราส่วนของความกว้าง
ย่านความถี่ของช่องสัญญาณต่อความกว้างย่านความถี่ของสัญญาณข่าวสารที่ใช้ส่ง

v

Thesis Title	Design and Construction of a Three-Channel Time Division Multiplexing Transmitter and a Receiver
Name	Mr. Surasak Sakullimchareon
Thesis Advisor	Professor Arporn Kengpol
Department	Electrical Engineering
Academic Year	1981

ABSTRACT

This thesis presents the design, construction and testing of a 3-channel time division multiplexing transmitter and a receiver. The voice frequency having a bandwidth between 300-3400 Hz is used as an information. The transmitter sends an information to the receiver in PAM-TDM by using sampling frequency 8000 Hz. The transmitter sends the synchronizing pulses, which have the same pulse width as the sampled pulse but the magnitude higher than the highest magnitude of the sampled pulse, to the receiver for synchronization.

System performance is tested by sending the information through the telephone line about 20 metres long, the received signal has rather good quality as expected.

In transmitting the sinusoidal wave having a frequency of 3400 Hz direct to the receiver by using sampling frequency 8000 Hz, the distortion of received signal was measured to be 27.8 % . From the analysis of

the received signal, it was found that insufficient sampling frequency and the efficiency of ejecting out-band frequency in low-pass filter are the major causes of distortion.

From the signal to noise ratio analysis, it was shown that the ratio of output signal to noise ratio to input signal to noise ratio of the PAM-TDM system equals to the ratio of the channel bandwidth to the information bandwidth.

กิตติกรรมประกาศ



ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ อภรณ์ เก่งพล ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ใน
ฐานะอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างยิ่ง ในการที่ท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์
มากแก่ข้าพเจ้า และท้ายสุดในการตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ อยู่ถนอม และรองศาสตราจารย์ ดร.
ประสิทธิ์ ประพัฒมงคลการ ที่กรุณาให้คำแนะนำที่มีคุณค่าแก่ข้าพเจ้า ตลอดจนการตรวจแก้ไข-
วิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
1.1 แสดงการรวมสัญญาณโดยการแบ่งความถี่	2
2.1 a) แสดงระบบการรวมสัญญาณเข้าวาล์ว 3 ช่องสัญญาณโดยการแบ่งเวลา	9
2.1 b) แสดงสัญญาณทางด้านเครื่องส่งที่จุดต่าง ๆ	10
2.1 c) แสดงสัญญาณที่รับได้ทางเครื่องรับเฉพาะช่อง 1	10
2.2 a) แสดงการสุ่มสัญญาณ $f(t)$ ด้วยขบวนพัลส์ (Impulse Train).....	16
2.2 b) แสดงรูปร่างของสัญญาณเข้าวาล์วและสเปกตรัมของสัญญาณเข้าวาล์ว	16
2.2 c) แสดงคาบของสเปกตรัมของสัญญาณเข้าวาล์วในรูป 2.2 (b)	16
3.1 d) แสดงการวัดเวลาของสัญญาณควบคุมสำหรับเครื่องส่ง 3 ช่องสัญญาณใน ระบบการรวมสัญญาณโดยการแบ่งเวลา	22
3.2 แสดงวงจร Astable Multivibrator ที่ใช้วงจรรวม LM 555	25
3.3 แสดงวงจรสมมูลย์ และรูปร่างของคลื่นของวงจรรวม LM 555	27
3.4 แสดง Logic Diagram ของวงจรรวม CD 4022 B	30
3.5 แสดงสัญญาณขาออกที่จุดต่าง ๆ ของวงจรรวม CD 4022 B	30
3.6 a) แสดงวงจรของ CD 4022 B ที่ใช้งาน	31
3.6 b) แสดงเอาท์พุทที่จุดต่าง ๆ ของวงจรในรูป (a)	31
3.7 แสดงวงจรภายในวงจรรวมเบอร์ CD 4009 C	33
3.8 แสดงวงจรภายในวงจรรวมเบอร์ CD 4011 C	33
3.9 แสดงวงจรของหน่วยสร้างสัญญาณควบคุมสำหรับเครื่องส่ง และเครื่องรับ..	35
3.10 แสดงการวัดเวลาของหน่วยสร้างสัญญาณควบคุม	36
3.11 แสดงรูปด้านบนของวงจรรวม CD 4016 C	37
3.12 เป็นรูปเพื่อใช้ประกอบในการหาค่าตัวเก็บประจุเชื่อมโยง	38
3.13 แสดงการต่อวงจรรวม LF 356 N ให้ทำงานเป็นวงจร Voltage follower,	40


รูปที่	หน้า
3.14 แสดงการต่อวงจรแยกสัญญาณอินโครไนซ์	41
3.15 แสดงวงจรประกอบภายในและภายนอกของวงจรรวม CD 4046 BC	43
3.17 แสดงวงจร Fourth Order Butterworth Lowpass Filter	46
3.18 แสดงลักษณะสมบัติของวงจรผ่านย่านความถี่ต่ำที่ใช้ในการทดลอง	49
4.1 แสดงรายละเอียดวงจรเครื่องส่ง เครื่องรับ 3 ช่องระบบ PAM-TDM ...	51
4.1 ก. ภาพถ่ายสัญญาณที่ออกจากหน่วยกำเนิดขบวนพัลส์	52
4.1 ข. ภาพถ่ายสัญญาณควบคุมสัญญาณอินโครไนซ์	52
4.2 ก. ภาพถ่ายสัญญาณควบคุมสัญญาณอินโครไนซ์	52
4.2 ข. ภาพถ่ายสัญญาณควบคุมสัญญาณช่องที่ 1	52
4.3 ก. ภาพถ่ายสัญญาณควบคุมสัญญาณอินโครไนซ์	52
4.3 ข. ภาพถ่ายสัญญาณควบคุมสัญญาณช่องที่ 2	52
4.4 ก. ภาพถ่ายสัญญาณควบคุมสัญญาณอินโครไนซ์	53
4.4 ข. ภาพถ่ายสัญญาณควบคุมสัญญาณช่องที่ 3	53
4.5 ก. ภาพถ่าย OUTPUT เมื่อส่งสัญญาณช่องที่ 1 กับสัญญาณอินโครไนซ์	53
4.5 ข. ภาพถ่ายสัญญาณ INPUT ช่องที่ 1 ซึ่งมีความถี่ 2.5 kHz.	53
4.6 ก. ภาพถ่าย OUTPUT เมื่อส่งสัญญาณช่องที่ 1, 2, และ 3 กับสัญญาณ อินโครไนซ์	53
4.6 ข. ภาพถ่ายสัญญาณ INPUT ที่ป้อนให้กับช่องที่ 1 และที่ 3 ความถี่ 2.5 kHz.	53
4.7 ก. ภาพถ่ายสัญญาณที่มาจากทางด้านเครื่องรับโดยส่งช่อง 1 กับช่อง 3	56
4.7 ข. ภาพถ่ายสัญญาณอินโครไนซ์ที่ได้จากวงจรแยกสัญญาณอินโครไนซ์	56
4.8 ก. ภาพถ่ายสัญญาณ PAM ที่รับได้จากช่องที่ 2	56
4.8 ข. ภาพถ่ายสัญญาณ INPUT (920 Hz.) ที่ป้อนให้กับช่องที่ 2 ทางด้าน เครื่องส่ง	56

รูปที่	หน้า
4.9 ก. ภาพถ่ายสัญญาณ 1 kHz. ที่ป้อนให้กับช่องที่ 1 ทางด้านส่ง	56
4.9 ข. ภาพถ่ายสัญญาณที่รับได้จากช่องที่ 1 ทางด้านรับโดยผ่านวงจรผ่านต่ำ ...	56
4.10 ก. ภาพถ่ายสัญญาณ INPUT 2 kHz. ที่ป้อนให้กับ CH 1. ทางด้านส่ง ...	57
4.10 ข. ภาพถ่ายสัญญาณที่รับได้ทางด้านรับจาก CH 1.	57
4.11 ก. ภาพถ่ายสัญญาณ INPUT 3.4 kHz. ป้อนให้กับ CH 1. ทางด้านส่ง ..	57
4.11 ข. ภาพถ่ายสัญญาณที่ได้รับทางด้านรับจาก CH 1.	57
4.12 เป็นกราฟที่เขียนขึ้นระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ความถี่ของสัญญาณที่รับได้ โดยผ่านสายโทรศัพท์ (# 18 AWG) ยาว 10 เมตร และไม่ผ่านสาย โทรศัพท์เมื่อสัญญาณทางเข้าเป็นรูปโคไซน์ที่มีความถี่ตั้งแต่ 0-3.5 kHz.	58
4.13 เป็นกราฟที่เขียนขึ้นระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ความถี่ของสัญญาณที่รับได้ โดยไม่ผ่านสายโทรศัพท์ กับค่าความถี่ของการลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 8-16 kHz. เมื่อสัญญาณทางเข้าเป็นรูปโคไซน์ที่มีความถี่ 2500, 3000 และ 3500 Hz.	59
4.14 ภาพถ่ายสัญญาณ INPUT 3.4 kHz. ที่ป้อนให้กับ CH 2 และสัญญาณ OUTPUT ที่รับได้ทาง CH 2 โดยใช้ความถี่ในการลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 3 kHz. ส่งโดยตรงไม่ผ่านสายโทรศัพท์	60
4.15 ภาพถ่ายสัญญาณ INPUT 3.4 kHz. ที่ป้อนให้กับ CH 2 และสัญญาณ OUTPUT ที่รับได้ทาง CH 2 โดยใช้ความถี่ในการลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 10 kHz. ส่งโดยตรงไม่ผ่านสายโทรศัพท์	60
4.16 ภาพถ่ายสัญญาณ INPUT 3.4 kHz. ที่ป้อนให้กับ CH 2 และสัญญาณ OUTPUT ที่รับได้ทาง CH 2 โดยใช้ความถี่ในการลุ่มตัวอย่าง 14 kHz. ส่งโดยตรงไม่ผ่านสายโทรศัพท์	60
4.17 แสดงการผสมสัญญาณแบบ PAM	61

รูปที่		หน้า
4.18	แสดงสัญญาณโคไซน์และขบวนพัลส์	61
4.19	แสดงวงจรผ่านย่านความถี่ต่ำ $0-\omega_m$ และลักษณะสมบัติของวงจร	63
4.20	เป็นกราฟที่เขียนขึ้นจากสมการที่ (4-12) โดยให้ $\frac{A}{T_s} \tau = 1, t_o = 0$	68
4.22	เป็นกราฟที่เขียนขึ้นจากสมการที่ (4-14)	69
4.23	เป็นกราฟที่เขียนขึ้นจากสมการที่ (4-14) และจากการทดลอง	70
4.24 a)	แสดงสัญญาณตัวอย่างในช่องสัญญาณที่ 1 และที่ 2	71
4.24 b)	แสดงวงจรสมมูลย์ที่ใช้แทนช่องสัญญาณสื่อสาร	71
4.25	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณทางออกของช่องที่ 1 กับเวลา	72
4.26	เป็นกราฟแสดงการแก้มการ $0.1X = e^{-X} = Y$	75
4.27	แสดงการรวมสัญญาณและการแยกสัญญาณในระบบ PAM-TDM	77

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ข.
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง.
กิตติกรรมประกาศ	ฉ.
รายการรูปประกอบ	ช.
	
บทที่ 1. บทนำ	
1.1 การรวมสัญญาณ (Multiplexing)	1
1.2 ความเพี้ยน (Distortion) ของสัญญาณ	4
1.3 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์	5
1.4 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์	5
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากวิทยานิพนธ์นี้	6
บทที่ 2 ทฤษฎีบทและวิธีการต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบการรวมสัญญาณโดยการแข่งเวลา	
2.1 ทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Theorem)	7
2.2 การผสมสัญญาณเข้าวาลาร์กับพัลส์ในขบวนการคลื่น (Pulse Modulation)	8
2.3 การรวมสัญญาณโดยการแบ่งเวลา (Time Division Multiplexing)	8
2.4 วงจรสุ่มสัญญาณ (Sampling Circuit)	12
2.5 การซิงโครไนซ์ (Synchronization)	13
2.6 การผสมสัญญาณแบบความถี่ของพัลส์แปรตามตัวอย่างของสัญญาณ เข้าวาลาร์ , PAM	15

บทที่ 3	การออกแบบวงจร	
3.1	หลักการทั่วไป	20
3.2	การหาความถี่ของระบบ (System Frequency)	20
3.3	การออกแบบเครื่องส่ง 3 ช่อง สัญญาณในระบบการรวมสัญญาณโดย การแบ่งเวลา	24
	ก. การออกแบบหน่วยกำเนิดขบวนพัลส์	24
	ข. การออกแบบหน่วยสร้างสัญญาณควบคุม	29
	ค. วงจรลุ่มสัญญาณ (Sampling Circuit)	37
	ง. วงจรเอาต์พุต บัฟเฟอร์ แอมป์ไฟเออร์ (Out put Buffer Amplifier)	40
3.4	การออกแบบเครื่องรับ 3 ช่องสัญญาณในระบบการรวมสัญญาณโดยการ แบ่งเวลา	41
	ก. การออกแบบวงจรแยกสัญญาณซินโครไนซ์	41
	ข. หน่วยสร้างสัญญาณควบคุม	42
	ค. วงจรแยกสัญญาณ	45
	ง. วงจรผ่านย่านความถี่ต่ำ 0-3.4 KHZ	45
บทที่ 4	การทดสอบการทำงานของระบบและการวิเคราะห์ความเพี้ยน	
4.1	การวิเคราะห์หาความเพี้ยนของสัญญาณที่รับได้	61
4.2	เสียงแว่ว (Cross Talk)	71
4.3	พฤติกรรมของเสียงรบกวนในระบบ PAM - TDM	76
บทที่ 5	บทสรุปและวิจารณ์ผลการทำงานของเครื่องส่ง-เครื่องรับที่สร้างขึ้น	
	เอกสารอ้างอิง	86
	ประวัติผู้เขียน	88