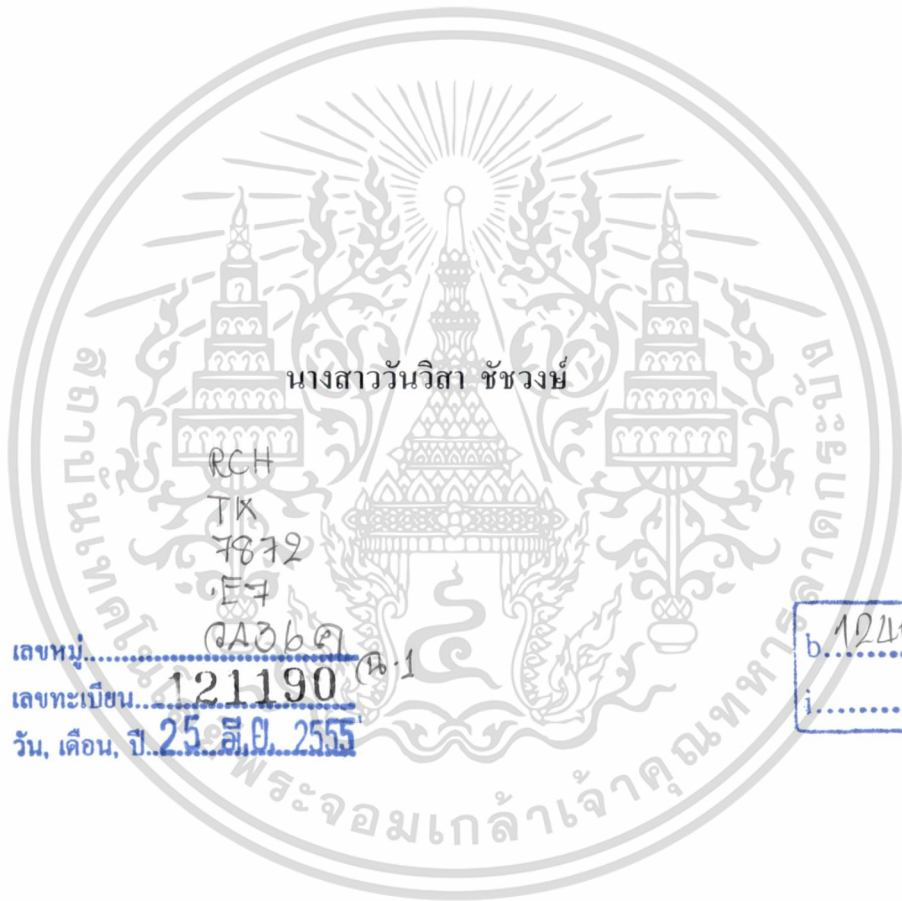


รายงานการวิจัย

เครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสี โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบิร์นสไตน์

Gain Chrominance Equalizer using Bernstein Polynomials



ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดีด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาด้านวิชาการจากรองศาสตราจารย์ ดร. กนก เจนจิระพงศ์เวช ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์และกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง รวมถึงบิดา มารดา ที่คอยให้ความกรุณาและกำลังใจ ผู้วิจัยขอขอบความสำเร็จนี้แก่ท่านทั้งสอง

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์อรลภ แสงอรุณ และอาจารย์วิโรจน์ พิราจเนนชัย ที่ให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำในทุก ๆ ด้าน พร้อมทั้งให้ความกรุณาและกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ดร. ไพฑูรย์ รักเหลือ ที่ให้ความเอื้อเฟื้อ สนับสนุน และคำแนะนำในการทำการทดลอง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ คุณสิทธิพงษ์ พวงพยอม คุณประทีป เทียนชัยอนันต์ คุณประสิทธิ์ แซ่เบ๊ คุณกษม จิระพงษ์ คุณธนพล พึ่งตัวเอง และ คุณภควันต์ แห่งชาติ ที่ให้ความช่วยเหลือในงานวิจัยสำเร็จสมบูรณ์

วันวิสา รัชชงษ์

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) เครื่องปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณสี โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบิร์นสไตน์

ชื่อโครงการ(ภาษาอังกฤษ) Gain Chrominance Equalizer using Bernstein Polynomials

แหล่งเงิน ทุนรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์

ประจำปีงบประมาณ 2554 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 64,900 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2553 ถึง 30 กันยายน 2554

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัดและ อีเมล

นางสาววันวิสา ชัชวงษ์

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง kcvanvis@kmitl.ac.th

คำสำคัญ (Keywords) Bernstein Polynomials, Linear Chrominance Distortions, Modulated 20T Sine-squared Pulse, Video Equalizer

บทคัดย่อ

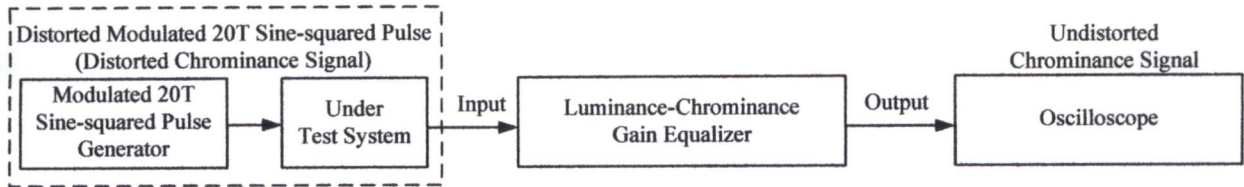
โครงการวิจัยนี้นำเสนอเครื่องปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณสี โดยใช้โพลีโนเมียลแบบ เบิร์นสไตน์ที่มีความถี่คลื่นพาหีสี่ย่อย 4.43 MHz ในโทรทัศน์ระบบ PAL เพื่อแก้ความผิดเพี้ยนของสัญญาณวิดีโอ ที่ ± 1 dB ± 2 dB และ ± 3 dB สามารถทำการชดเชยความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายของสัญญาณสีโดยปราศ จากข้อด้อย คุณลักษณะทางเฟส ความผิดเพี้ยนดังกล่าวจะมีผลกระทบต่อภาพจริงของโทรทัศน์ทำให้คุณภาพลดลง ซึ่งสามารถ แสดงได้โดยตรงจากสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ โดยในการตรวจสอบและวัดความ ผิดเพี้ยนจะดูที่ฐานของพัลส์ จากผลการทดลองพบว่าเครื่องปรับเท่าทางอัตราขยายที่ได้นำเสนอนี้สามารถแก้ ความผิดเพี้ยนของสัญญาณวิดีโอในระบบโทรทัศน์สีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Abstract

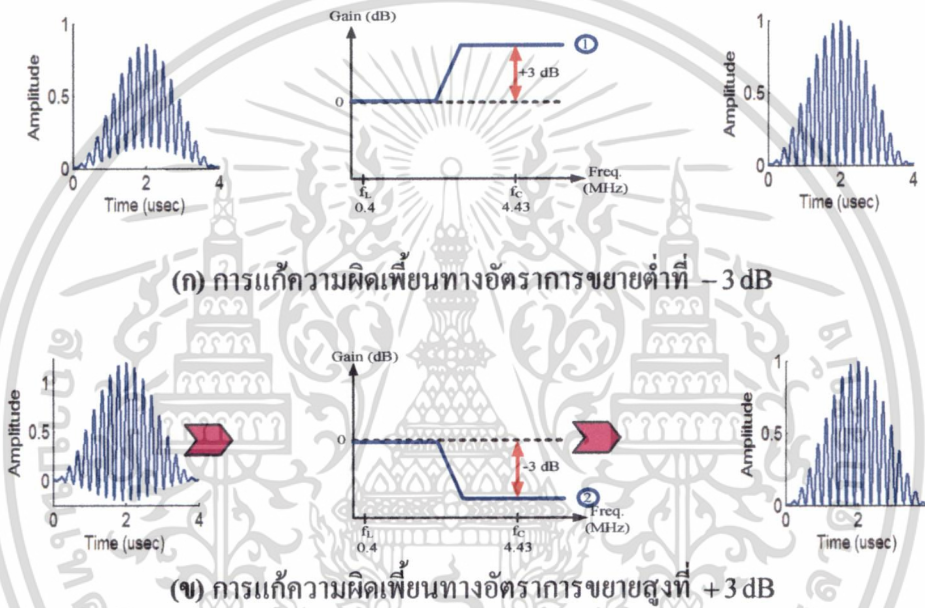
This research project presents the gain chrominance equalizer for correcting the video test signal distortion at color sub-carrier 4.43 MHz in PAL television system. The proposed gain chrominance equalizer was implemented based on Bernstein polynomials at ± 1 dB, ± 2 dB and ± 3 dB which can compensate the gain chrominance distortion without degrading its phase characteristics. This chrominance distortion affect on the TV image by degrading the image quality. In addition, the chrominance distortions can be revealed by the modulated 20T sine-squared pulse test signal which affects the baseline of pulse. According to the results, the proposed gain chrominance equalizer is also proved to be efficient in equalizing for the video test signal in television system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปผลงาน



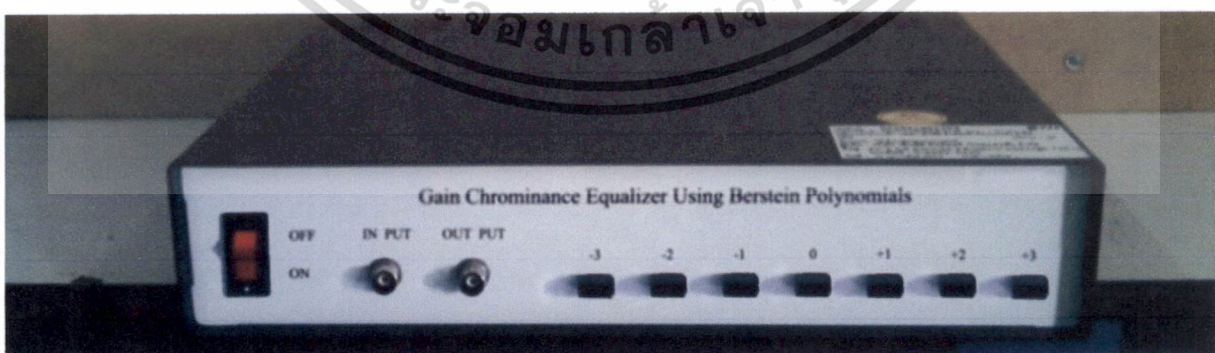
รูป ก1 บล็อกไดอะแกรมแนวความคิดของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณสี



(ก) การแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำที่ -3 dB

(ข) การแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูงที่ +3 dB

รูป ก2 ตัวอย่างการแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายของสัญญาณสีที่ ±3 dB



รูป ก3 เครื่องปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณสี โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบิร์ตสไตน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการ III เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อภาษาไทย	II
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
รูปผลงาน	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	XI
สารบัญรูป	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	3
1.4 สมมุติฐานของการศึกษา	3
1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
บทที่ 2 วิธีการดำเนินการวิจัย	6
2.1 บทนำ	6
2.2 ความไม่เท่ากันของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง	6
2.2.1 ความไม่เท่ากันทางอัตราขยาย (Gain Inequality)	7
2.2.2 ความไม่เท่ากันทางเวลาประวิง (Delay Inequality).....	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3 สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ₁ ไซน์กำลังสองพัลส์.....	8
2.4 ทฤษฎีและสูตรสำเร็จของการวัดความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยาย.....	11
2.5 ผลกระทบของความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยาย.....	12
2.6 โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์.....	17
2.6.1 ทฤษฎีโพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์.....	17
2.6.2 การออกแบบวงจรกรองความถี่แอนาล็อก โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์.....	22
2.6.3 การเปรียบเทียบวงจรกรองความถี่แอนาล็อกแบบอื่น.....	24
2.7 สรุป.....	28
บทที่ 3 ผลการวิจัย.....	29
3.1 บทนำ.....	29
3.2 การออกแบบวงจรปรับแก้ทางอัตรการขยาย.....	29
3.3 การจำลองการทำงาน ด้วยโปรแกรม MATLAB.....	34
3.4 การออกแบบวงจรปรับแก้ทางอัตรการขยาย ด้วยเทคนิคการสร้างแบบออปแอมป์เดี่ยว.....	38
3.4.1 การสร้างวงจรปรับแก้ทางอัตรการขยายต่ำที่ -1 dB.....	38
3.4.2 การสร้างวงจรปรับแก้ทางอัตรการขยายต่ำที่ -2 dB.....	41
3.4.3 การสร้างวงจรปรับแก้ทางอัตรการขยายต่ำที่ -3 dB.....	42
3.4.4 การสร้างวงจรปรับแก้ทางอัตรการขยายสูงที่ +1 dB.....	42
3.4.5 การสร้างวงจรปรับแก้ทางอัตรการขยายสูงที่ +2 dB.....	45
3.4.6 การสร้างวงจรปรับแก้ทางอัตรการขยายสูงที่ +3 dB.....	46
3.5 การจำลองการทำงาน ด้วยโปรแกรม MATLAB.....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5.1 การจำลองสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์	47
3.5.2 การจำลองการทำงานของวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยาย	50
3.6 ผลการทดลอง	61
3.7 สรุป.....	65
บทที่ 4 เครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสี่ โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์	66
4.1 บทนำ	66
4.2 การออกแบบวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยาย	66
4.2.1 วงจรสวิตช์ในการปรับเปลี่ยนการทำงาน	66
4.2.2 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 12V เป็นแรงดันไฟฟ้า +5V และ -5V	67
4.2.3 วงจรปรับเท่าทางอัตรการขยาย.....	68
4.3 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสี่ โดยใช้ โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์.....	69
4.3.1 การแสดงผลกระทบของความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายที่มีต่อภาพโทรทัศน์สีจริง.....	69
4.3.2 การแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยาย ด้วยเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของ สัญญาณสี่ โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์	75
4.4 สรุป.....	90
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	91
5.1 สรุป.....	91

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.2 ข้อเสนอแนะ	92
เอกสารอ้างอิง.....	93
ภาคผนวก ก.....	95
ภาคผนวก ข.....	98



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าแม่สี RGB ของภาพสีที่ไม่มีคามผิดเพี้ยน กับภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายอย่าง เดียวที่ ± 1 dB ± 2 dB และ ± 3 dB.....	17
3.1 การเปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ของภาพสีต้นแบบกับภาพสีหลังผ่านการแก้ความผิดเพี้ยนด้วย เครื่องต้นแบบวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายที่ ± 2 dB.....	64
4.1 เปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ของภาพสีที่ไม่มีคามผิดเพี้ยนกับภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตรา การขยายที่ ± 1 dB ± 2 dB และ ± 3 dB.....	74
4.2 เปรียบเทียบค่าแม่สี R G B ของภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายอย่างเดียว และภาพสีหลังผ่าน การแก้ปัญหาคามผิดเพี้ยนด้วยเครื่องปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณสี โดยใช้โพลีโนเมียลแบบ เบิร์นสไตน์.....	88

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 การส่งสัญญาณ โทรทัศน์.....	1
2.1 ความไม่เท่ากันทางขนาดของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง.....	7
2.2 ความไม่เท่ากันทางเวลาประวิงของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง.....	8
2.3 บล็อกไดอะแกรมการสร้างสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์.....	9
2.4 การรวมสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง.....	9
2.5 สเปกตรัมความถี่ของสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์.....	10
2.6 สัญญาณมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายอย่างเดียว.....	11
2.7 เครื่อง PAL Television Generator TSG-271.....	13
2.8 เครื่อง Color Gain & Delay Test Set MS321A.....	13
2.9 สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ และภาพสีจริงที่ไม่มีความผิดเพี้ยน.....	14
2.10 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำที่ -1 dB.....	14
2.11 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำที่ -2 dB.....	14
2.12 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำที่ -3 dB.....	14
2.13 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูงที่ +1 dB.....	14
2.14 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูงที่ +2 dB.....	14
2.15 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูงที่ +3 dB.....	14
2.17 ฟังก์ชันความถี่ต่ำผ่าน.....	18
2.18 การแปลงแกนความถี่จาก $\Omega \rightarrow \omega$	20
2.19 ผลตอบสนองทางขนาดของวงจรความถี่ต่ำผ่านแบบเบียร์นสไตน์ อันดับ 4.....	23
2.20 ผลตอบสนองทางเฟสของวงจรความถี่ต่ำผ่านแบบเบียร์นสไตน์ อันดับ 4.....	23
2.21 ผลตอบสนองทางเวลาประวิงของวงจรความถี่ต่ำผ่านแบบเบียร์นสไตน์ อันดับ 4.....	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

2.22 การเปรียบเทียบผลตอบสนองทางขนาดของวงจรรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับ 4.....	25
2.23 การเปรียบเทียบผลตอบสนองทางเฟสของวงจรรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับ 4.....	26
2.24 การเปรียบเทียบผลตอบสนองทางเวลาประวิงของวงจรรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับ 4.....	27
2.25 การเปรียบเทียบผลตอบสนองทางเฟสของวงจรรองผ่านแถบความถี่แบบ Bessel-Thomson	27
3.1 ผลตอบสนองทางขนาดของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายที่ ± 1 dB ± 2 dB และ ± 3 dB	31
3.2 บล็อกไดอะแกรมแนวความคิดของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณสี่	32
3.3 ตัวอย่างการแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายของสัญญาณสี่ที่ ± 3 dB	33
3.4 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายต่ำที่ -1 dB	35
3.5 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายต่ำที่ -2 dB	35
3.6 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายต่ำที่ -3 dB	36
3.7 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายสูงที่ $+1$ dB	36
3.8 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายสูงที่ $+2$ dB	37
3.9 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายสูงที่ $+3$ dB	37
3.10 วงจรสมมูลของการสร้างแบบออปแอมป์เดี่ยว.....	38
3.11 วงจรกำเนิดสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์	47
3.12 สัญญาณมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่ไม่มีคามผิดเพี้ยน.....	48
3.13 สัญญาณมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำที่ -1 dB	48
3.14 สัญญาณมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำที่ -2 dB	48
3.15 สัญญาณมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำที่ -3 dB	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.16 สัญญาณมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูงที่ +1 dB	49
3.17 สัญญาณมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูงที่ +2 dB	49
3.18 สัญญาณมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูงที่ +3 dB	49
3.19 วงจรปรับเท่าทางอัตราขยายต่ำที่ -1 dB	51
3.20 วงจรปรับเท่าทางอัตราขยายต่ำที่ -2 dB	52
3.21 วงจรปรับเท่าทางอัตราขยายต่ำที่ -3 dB	53
3.22 วงจรปรับเท่าทางอัตราขยายสูงที่ +1 dB	54
3.23 วงจรปรับเท่าทางอัตราขยายสูงที่ +2 dB	55
3.24 วงจรปรับเท่าทางอัตราขยายสูงที่ +3 dB	56
3.25 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายต่ำที่ -1 dB	57
3.26 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตที่ -1 dB	57
3.27 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายต่ำที่ -2 dB	57
3.28 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตที่ -2 dB	58
3.29 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายต่ำที่ -3 dB	58
3.30 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตที่ -3 dB	58
3.31 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายสูงที่ +1 dB	59
3.32 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตที่ +1 dB	59
3.33 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายสูงที่ +2 dB	59
3.34 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตที่ +2 dB	60
3.35 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายสูงที่ +3 dB	60
3.36 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตที่ +3 dB	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการ **XI** เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.37 เครื่องต้นแบบวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสี.....	61
3.38 การทดลองเครื่องต้นแบบวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสี	61
3.39 สัญญาณเอาต์พุตแสดงบนจอออสซิลโลสโคป	62
3.40 ผลกระทบต่อภาพโทรทัศน์สีจริงเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายที่ ± 2 dB	62
3.41 ภาพโทรทัศน์สีจริงหลังจากผ่านการแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายที่ ± 2 dB.....	63
3.42 เปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ของภาพสีต้นแบบกับภาพสีหลังผ่านการแก้ความผิดเพี้ยนด้วย เครื่องต้นแบบวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายที่ + 2 dB	64
3.43 เปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ของภาพสีต้นแบบกับภาพสีหลังผ่านการแก้ความผิดเพี้ยนด้วย เครื่องต้นแบบวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายที่ - 2 dB	65
4.1 วงจรสวิตซ์ในการปรับเปลี่ยนการทำงาน	66
4.2 แผ่น PCB ของวงจรปรับเปลี่ยนการทำงาน	67
4.3 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้า	67
4.4 แผ่น PCB ของวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้า.....	68
4.5 แผ่น PCB ของวงจรปรับเท่าทางขนาดที่ ± 1 dB ± 2 dB และ ± 3 dB	68
4.6 เครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสี โดยใช้โพลิโนเมียลแบบเบิร์นสไตน์.....	68
4.7 เครื่อง PAL Television Generator TSG-271	69
4.8 เครื่อง Color Gain & Delay Test Set MS 321A.....	70
4.9 การแสดงผลกระทบของความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายที่มีต่อภาพโทรทัศน์สีจริง	70
4.10 ภาพสีที่ใช้เป็นภาพอ้างอิงหรือภาพสีที่ไม่มีความผิดเพี้ยน	70

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.11 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ +1 dB.....	71
4.12 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ +2 dB.....	72
4.13 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ +3 dB.....	72
4.14 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ -1 dB.....	73
4.15 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ -2 dB.....	73
4.16 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ -3 dB.....	74
4.17 กราฟแสดงเปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ของภาพสีที่ไม่มี ความผิดเพี้ยนกับภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ ± 1 dB ± 2 dB และ ± 3 dB.....	75
4.18 เครื่อง Color Gain & Delay Test Set MS 321A.....	70
4.19 การแสดงผลกระทบของความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่มีต่อภาพโทรทัศน์สีจริง	70
4.20 ภาพสีที่ใช้เป็นภาพอ้างอิงหรือภาพสีที่ไม่มี ความผิดเพี้ยน	70
4.21 สัญญาณทดสอบ 20T ไลน์กำลังสองพัลส์ที่ผ่านเครื่องปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณ สี โดยใช้โพลิโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์ที่ -1 dB.....	78
4.22 สัญญาณทดสอบ 20T ไลน์กำลังสองพัลส์ที่ผ่านเครื่องปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณ สี โดยใช้โพลิโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์ที่ -2 dB.....	78
4.23 สัญญาณทดสอบ 20T ไลน์กำลังสองพัลส์ที่ผ่านเครื่องปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณ สี โดยใช้โพลิโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์ที่ -3 dB	79
4.24 สัญญาณทดสอบ 20T ไลน์กำลังสองพัลส์ที่ผ่านเครื่องปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณ สี โดยใช้โพลิโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์ที่ +1 dB	79

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.25 สัญญาณทดสอบ 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่ผ่านเครื่องปรับเท่าทางอัตราการขยายของสัญญาณ สี โดยใช้โพลิโนเมียลแบบเบิร์ตสไตน์ที่ +2 dB	80
4.26 สัญญาณทดสอบ 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่ผ่านเครื่องปรับเท่าทางอัตราการขยายของสัญญาณ สี โดยใช้โพลิโนเมียลแบบเบิร์ตสไตน์ที่ +3 dB	80
4.27 เปรียบเทียบของภาพที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายที่ +1 dB และภาพหลังการแก้ไขความ ผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายแล้ว	82
4.28 เปรียบเทียบของภาพที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายที่ +2 dB และภาพหลังการแก้ไขความ ผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายแล้ว	83
4.29 เปรียบเทียบของภาพที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายที่ +3 dB และภาพหลังการแก้ไขความ ผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายแล้ว	84
4.30 เปรียบเทียบของภาพที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายที่ -1 dB และภาพหลังการแก้ไขความ ผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายแล้ว	85
4.31 เปรียบเทียบของภาพที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายที่ -2 dB และภาพหลังการแก้ไขความ ผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายแล้ว	86
4.32 เปรียบเทียบของภาพที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายที่ +3 dB และภาพหลังการแก้ไขความ ผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายแล้ว	87
4.33 เปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ของภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยาย และภาพสีที่ได้รับการ แก้ไขความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายด้วยเครื่องปรับเท่าทางอัตราการขยายของสัญญาณสี โดยใช้ โพลิโนเมียลแบบเบิร์ตสไตน์	89

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่

หน้า

4.33 เปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ของภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยาย และภาพสีที่ได้รับการแก้ไขความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายด้วยเครื่องปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณสี โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์..... 89

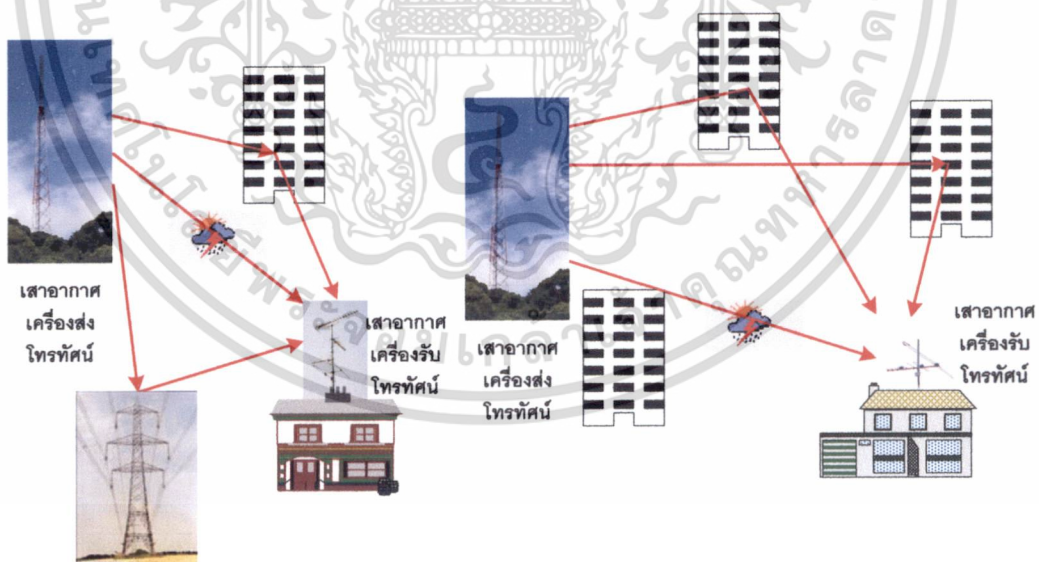


บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

โทรทัศน์คือการส่งกระจายเสียงพร้อมทั้งภาพที่เคลื่อนไหวออกไปในรูปของสัญญาณโทรทัศน์ และรับสัญญาณนี้มาเปลี่ยนให้เป็นเสียงและภาพที่ต้องการ ส่วนการส่งและการรับโทรทัศน์สีก็มีลักษณะคล้ายคลึงกัน กล่าวคือเป็นการกระจายเสียงพร้อมทั้งภาพสีที่เคลื่อนไหวออกไปในรูปของสัญญาณโทรทัศน์สีและรับสัญญาณนี้มาเปลี่ยนให้เป็นเสียงและภาพสีที่ต้องการ ในประเทศไทยจะใช้หลักการส่งและรับสัญญาณโทรทัศน์สีระบบ PAL (Phase Alternate Line) ซึ่งมีจุดเด่นที่สำคัญคือได้รับการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดจากความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายและเฟส (Amplitude and Phase Distortions) โดยที่สาเหตุของความผิดเพี้ยนดังกล่าวเกิดจากการที่สัญญาณเดินทางผ่านสภาวะอากาศที่แปรปรวนทำให้สัญญาณเกิดการจางหาย (Fading) หรือเกิดจากการสะท้อนของคลื่นสัญญาณจากวัตถุขนาดใหญ่ เช่น ภูเขา หรือ ตึกสูง ทำให้สายอากาศเครื่องรับโทรทัศน์จะมีคลื่นที่เดินทางมาถึงทั้งในวิถีตรง และหลายวิถี (Multipath) แสดงดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 การส่งสัญญาณโทรทัศน์

นอกจากนั้นในการส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่มีขนาดและความถี่แตกต่างกันผ่านวงจรขยายสัญญาณ หรือวงจรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง จะทำให้ต้องใช้เวลาานมากน้อยและมีการขยายมากน้อยแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่างกันออกไปตามแต่ขนาดและความถี่ของสัญญาณโทรทัศน์ ซึ่งจะมีผลต่อสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีและสัญญาณคลื่นพาห้ที่น้อยมาก ความผิดเพี้ยนดังกล่าวที่เกิดขึ้นจะส่งผลทำให้ภาพสีของเครื่องรับโทรทัศน์มีสีที่ผิดเพี้ยนไปจากภาพสีของเครื่องส่งโทรทัศน์ [1-2] ด้วยเหตุนี้จึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องทำการแก้ไขความผิดเพี้ยนในโทรทัศน์ระบบ PAL มีวิธีการปรับปรุงแก้ไขปัญหาในเรื่องนี้โดยใช้สัญญาณทดสอบ (Test Signals) แบบต่าง ๆ ตามความเหมาะสมซึ่งขึ้นอยู่กับระบบที่จะทดสอบ โดยการใส่สัญญาณทดสอบเข้าไปช่วงสัญญาณแบลิ่งกึ่งทางแนวตั้ง [2-3] ในทางปฏิบัติพบว่าความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นมักเกิดได้ง่ายในย่านความถี่สูงหรือสัญญาณสี (Chrominance Signal) ที่ความถี่คลื่นพาห้ที่น้อย 4.43 MHz ส่งผลให้เกิดความไม่เท่ากันของสัญญาณส่องสว่าง (Luminance Signal) ที่ย่านความถี่ต่ำและสัญญาณสีที่ย่านความถี่สูงได้ 3 กรณี [2] [4] คือ ความไม่เท่ากันทางอัตราการขยายอย่างเฉียว ความไม่เท่ากันทางเวลาประวิงอย่างเฉียว และความไม่เท่ากันทางอัตราการขยายและเวลาประวิงพร้อมกัน ส่งผลให้ภาพสีมีความอึมตัวของสี หรือความเข้มของสีไม่ถูกต้อง (Incorrect Color Saturation) มีสีของสี (Hue) หรือการที่ตามองเห็นสีที่ผิดไป สีเกิดความมัว (Color Smearing) และเกิดการซึมของสี (Color Bleeding) โดยเฉพาะที่ขอบวัตถุ หรือขอบตัวอักษรทำให้ภาพสีที่ได้มีคุณภาพลดลง [3] [5] ในโครงการวิจัยนี้จะเน้นการแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายที่เกิดขึ้นของสัญญาณสีในย่านความถี่สูง โดยทำการชดเชยทางอัตราการขยายของสัญญาณสีให้มีค่าเท่ากับสัญญาณส่องสว่างเพื่อแก้ความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นจากการส่งผ่านระบบโทรทัศน์ หรือเรียกว่าวงจรปรับเท่า (Equalizer) หลังจากทำการแก้ไขความผิดเพี้ยนโดยผ่านเครื่องปรับเท่าทางอัตราการขยายของสัญญาณสี โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบิร์นสไตน์ จะได้ภาพสีต้นแบบ (Original Picture) ที่มีคุณภาพดีกลับมาเหมือนเดิมแล้วจึงทำการส่งออกอากาศต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการทางคณิตศาสตร์ของโพลีโนเมียลแบบเบิร์นสไตน์
2. เพื่อออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านและวงจรกรองความถี่สูงผ่าน ที่มีคุณลักษณะทางขนาดราบเรียบที่สุด และมีเฟสเป็นเชิงเส้น
3. เพื่อศึกษาชนิดและรูปแบบความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นในระบบการส่งสัญญาณโทรทัศน์
4. เพื่อศึกษาและจำลองสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์
5. เพื่อจำลองและออกแบบวงจรปรับเท่าทางอัตราการขยายของสัญญาณสี ด้วยโปรแกรม Matlab

และ Pspice

6. เพื่อแก้ปัญหาความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายของสัญญาณในเครื่องรับโทรทัศน์ ที่ความถี่พาห้อย่อย 4.43 MHz ในระบบ PAL โดยการสร้างเครื่องปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณ โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์

1.3 ขอบเขตการวิจัย

ทำการสร้างและออกแบบวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณเพื่อช่วยยกระดับที่ +1 dB +2 dB และ +3 dB หรือลดระดับที่ -1 dB -2 dB และ -3 dB เพื่อแก้ไขความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายในเครื่องรับโทรทัศน์ ที่ความถี่พาห้อย่อย 4.43 MHz ในระบบ PAL โดยใช้สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์เพื่อดูการยกระดับหรือลดระดับสัญญาณที่เกิดขึ้น

1.4 สมมุติฐานของการศึกษา

Janchitrapongvej K. and Ikeda T. (1986) [6] ได้นำเสนอการแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายของสัญญาณเป็นครั้งแรก โดยใช้วงจรแอกทีฟดิสทริบิวท์อาซี แต่มีข้อเสียในเรื่องของเวลาประวิงไม่ราบเรียบ จึงจำเป็นต้องมีวงจรชดเชยเฟสมาช่วยปรับเวลาประวิง ทำให้วงจรที่ได้มีความซับซ้อนและมีขนาดใหญ่ขึ้น ต่อมาได้มีการพัฒนางจร หรือวิธีการจากนักวิจัยท่านอื่น ๆ อันดับแรกคือการเลือกใช้อุปกรณ์ในการสร้างวงจร เช่น URC (Uniformly Distributed RC Line) [7] DURC (Double Layers Capacitor URC) [8] และ MOSFET [9] หรือการเลือกที่จะแก้ปัญหาคงไม่ราบเรียบของเวลาประวิง เช่น การเลือกใช้เบสเซลโพลีโนเมียลมาออกแบบสร้างฟังก์ชันถ่ายโอน การนำโทโพโลยี Transconductor-Capacitor ต่อкасцепต์กับวงจรกรองผ่านทุกความถี่แบบไบควอด (All-pass Biquads) [10] การเลือกใช้ CMOS Gate ไปจับวงจร Distributed RC Line [11] และการออกแบบอัลกอริทึมที่เหมาะสมที่สุด (Optimization Algorithm) บนพื้นฐานของ CMOS Multi-output OTA [12] ดังนั้นเพื่อลดความยุ่งยากในการออกแบบวงจรและความซับซ้อน ในวิทยานิพนธ์นี้จึงเลือกนำเบียร์นสไตน์โพลีโนเมียลมาออกแบบฟังก์ชันถ่ายโอน และสร้างเครื่องปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณที่ ± 1 dB ± 2 dB และ ± 3 dB โดยใช้เบียร์นสไตน์โพลีโนเมียล เพื่อแก้ไขความผิดเพี้ยนของสัญญาณที่เกิดขึ้นในการส่งผ่านระบบโทรทัศน์

1.5 วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายของสัญญาณในเครื่องรับโทรทัศน์ที่ความถี่พาห้อย่อย 4.43 MHz ในระบบ PAL โดยใช้สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T

ไชน์กำลังสองพัลส์มาใช้ทดสอบระบบการส่งสัญญาณภาพโทรทัศน์ โดยมีรายละเอียดระเบียบวิธีการวิจัยดังนี้

1. รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) การวิจัยจะเน้นวิธีการศึกษา วิเคราะห์ ทดลองและสรุปผลการทดลองอย่างมีขั้นตอน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ศึกษาสมการทางคณิตศาสตร์ของ โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์

1.2 วิเคราะห์หาสมการฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer function) ของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน และวงจรกรองความถี่สูงผ่าน โดยใช้ โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์ ซึ่งมีลักษณะเด่นที่สำคัญคือจะได้วงจรกรองความถี่แอนาล็อกที่มีความราบเรียบมากที่สุด และมีเฟสเป็นเชิงเส้น พร้อมทำการสรุปเปรียบเทียบกับวงจรกรองความถี่แบบเดิมที่มีอยู่

1.3 วิเคราะห์หาสมการวงจรปรับเท่าทางอัตราการขยายต่ำที่ -1 dB -2 dB และ -3 dB และสมการวงจรปรับเท่าทางอัตราการขยายสูงที่ +1 dB +2 dB และ +3 dB ตามลำดับ เพื่อนำสมการที่ได้มาสร้างวงจรโดยใช้อุปกรณ์แบบแอคทีฟ แล้วจำลองด้วยโปรแกรม MATLAB และโปรแกรม PSpice

1.4 ศึกษาสัญญาณทดสอบที่ใช้ในการส่งสัญญาณโทรทัศน์สี ในที่นี้ใช้สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์

1.5 จำลองสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ด้วยโปรแกรม MATLAB และโปรแกรม PSpice เพื่อนำมาป้อนให้กับวงจรปรับเท่าทางอัตราการขยายของสัญญาณสีที่ได้ออกแบบไว้แล้วในหัวข้อ 1.3

1.6 ทดสอบระบบทั้งหมดที่ได้ออกแบบด้วยโปรแกรม PSpice พร้อมทำการแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้ได้สัญญาณเอาต์พุตที่ดีที่สุด คือมีฐานหรือเฮนเว โลปราบเรียบที่สุด แล้วทำการสรุปผลการทดลอง

1.7 สร้างเครื่องปรับเท่าทางอัตราการขยายของสัญญาณสี เพื่อแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายต่ำ หรือยกระดับที่ +1 dB +2 dB และ +3 dB และแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายสูง หรือลดระดับที่ -1 dB -2 dB และ -3 dB ตามลำดับ

1.8 ทดสอบระบบทั้งหมดด้วยอุปกรณ์ทางฮาร์ดแวร์

1.9 ทำการสรุปผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.10 วิเคราะห์ สรุปผลทั้งหมด พร้อมเขียนเล่มรายงานการวิจัย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

- 2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม MATLAB และโปรแกรม PSpice
- 2.2 ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope)
- 2.3 เครื่องกำเนิดสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ (TSG 271 PAL Television Generator)

2.4 โทรทัศน์สี เพื่อใช้ในการแสดงภาพสี

2.5 กล้องดิจิทัล หรือเครื่องเล่นแผ่น CD เพื่อกำเนิดภาพสีที่ถูกต้อง

3. การวิเคราะห์ข้อมูลวิจัย

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ โพลีโนเมียลแบบเบียร์นส์ไตน์ โพลีโนเมียลแบบบัตเตอร์เวิร์ธ โพลีโนเมียลแบบเซฟบีเซฟ และโพลีโนเมียลแบบทอมสัน

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยซอฟต์แวร์ ได้แก่ โปรแกรม MATLAB และ โปรแกรม PSpice

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยฮาร์ดแวร์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. มีความรู้ความเข้าใจในระบบการสื่อสารของสัญญาณโทรทัศน์ การรับ-ส่งสัญญาณ และปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบ
2. สามารถแสดงให้เห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในสัญญาณโทรทัศน์ การแก้ปัญหาความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายที่เกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม
3. สร้างเครื่องปรับแก้ทางอัตราการขยายที่มีประสิทธิภาพ ราคาประหยัดกว่าการตั้งซื้อเครื่อง Color Gain and Delay Test Set MS321A มาใช้ในการแสดงการแก้ปัญหาความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายของสัญญาณสีในเครื่องรับโทรทัศน์ ที่ความถี่พาห่อย่อย 4.43 MHz ในระบบ PAL ที่เกิดขึ้น
4. สามารถเพิ่มความเข้าใจในการรับ - ส่งสัญญาณโทรทัศน์สีให้นักศึกษาระดับปริญญาตรี นักศึกษาระดับปริญญาโท และบุคคลที่สนใจทั่วไป

บทที่ 2

วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 บทนำ

ปัจจุบันนี้โทรทัศน์ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากต่อความเป็นอยู่ในชีวิตประจำวัน ทำให้ทราบข่าวสารและความบันเทิงต่าง ๆ ดังนั้นในการที่จะให้สัญญาณภาพปรากฏต่อหน้าผู้ชมทางบ้านอย่างมีคุณภาพและสมบูรณ์แบบจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการตรวจสอบสัญญาณภาพทางด้านส่ง ในระบบงานด้านการส่งสัญญาณโทรทัศน์นั้น สัญญาณภาพจะถูกส่งผ่านวงจรต่าง ๆ อีกมากมาย รวมทั้งสายส่งก่อนที่สัญญาณภาพจะถูกส่งออกอากาศ ดังนั้นอาจจะทำให้สัญญาณโทรทัศน์เกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายและ/หรือเวลาประวิงเปลี่ยนไปจากเดิม ดังนั้นจึงต้องทำการแก้ไขให้กลับเป็นปกติก่อนที่จะส่งสัญญาณภาพออกอากาศไป วิธีการตรวจสอบความผิดเพี้ยนดังกล่าวจะกระทำโดยการป้อนสัญญาณทดสอบรวมไปกับสัญญาณภาพ โดยการใส่เข้าไปในช่วงของสัญญาณแบดลิงกิงทางแนวตั้ง (Vertical Interval Test Signal : VITS) หรือเรียกว่าสัญญาณทดสอบ VITS ผ่านระบบที่ต้องการตรวจสอบ แล้วถ้าสัญญาณทดสอบเสียรูปจะทำให้ทราบการสูญเสียหรือความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นระหว่างทางได้ เป็นที่ทราบกันดีว่าสัญญาณภาพจริงนั้นไม่สามารถที่จะทำการวัดความผิดเพี้ยนได้โดยตรง จึงจำเป็นต้องใช้สัญญาณทดสอบเข้ามาช่วย ในโครงการวิจัยนี้จึงเลือกใช้สัญญาณทดสอบที่สร้างขึ้นไม่ยากมีรูปแบบง่าย ๆ และสามารถวัดค่าได้ นั่นคือสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ (Modulated 20T Sine-Squared Pulse Test Signal) โดยในการตรวจสอบและวัดความผิดเพี้ยนจะดูที่ฐานของพัลส์ ซึ่งความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นนี้มีผลกระทบต่อสัญญาณภาพทั้งสิ้น ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จะทำการแก้ปัญหาความผิดเพี้ยนในส่วนของอัตราการขยาย โดยในการออกแบบวงจรกรองความถี่แอนาลอกจะใช้ทฤษฎีการประมาณค่าแบบเบียร์นสไตน์ หรือ เบียร์นสไตน์โพลีโนเมียลที่มีลักษณะเด่นในการออกแบบคือได้วงจรกรองความถี่ที่มีความราบเรียบที่สุด (Maximally Flat) ประกอบกับข้อได้เปรียบอื่น ๆ เช่น สามารถควบคุมคุณลักษณะทางขนาด และเฟส ความเป็นเชิงเส้นของเฟส ความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลงเฟส โดยใช้พารามิเตอร์ 3 ตัวในการควบคุม คือ n K และ ε

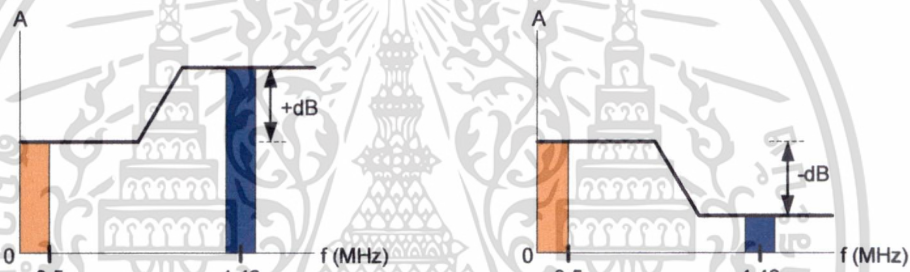
2.2 ความไม่เท่ากันของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง

ความไม่เท่ากันของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง (Chrominance-Luminance Inequalities) สามารถเกิดได้ 2 ลักษณะ คือความไม่เท่ากันทางขนาด และความไม่เท่ากันทางเวลาประวิง ระหว่าง

สัญญาณสี (Chrominance Signal) และสัญญาณส่องสว่าง (Luminance Signal) [5] ซึ่งความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นจากความไม่เท่ากันของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่างนี้สามารถนำมาใช้วัดคุณสมบัติของสายส่งสำหรับงานด้านโทรทัศน์ได้ โดยการตรวจวัดความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นจะใช้สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ (Modulated 20T Sine-Squared Pulse) ซึ่งสัญญาณทดสอบนี้สร้างขึ้นไม่ยากมีรูปแบบง่าย ๆ และสามารถวัดค่าได้

2.2.1 ความไม่เท่ากันทางอัตราขยาย (Gain Inequality)

ความไม่เท่ากันทางอัตราขยายของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง หลังจากผ่านระบบที่ต้อง การทดสอบแล้วเกิดความผิดเพี้ยนขึ้น ซึ่งเรียกว่าความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายแสดงดังรูปที่ 2.1



(ก) ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูง (ข) ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำ

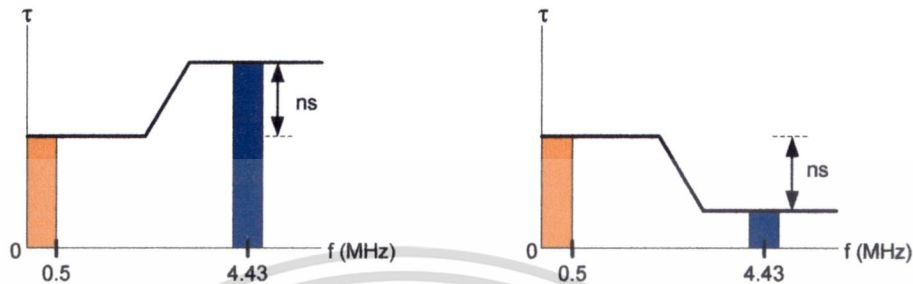
รูปที่ 2.1 ความไม่เท่ากันทางขนาดของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง

รูปที่ 2.1 แสดงความไม่เท่ากันทางอัตราขยายของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง โดยสัญญาณส่องสว่างจะอยู่ในย่านความถี่ต่ำ ประมาณ 0 – 0.5 MHz ส่วนสัญญาณสีจะอยู่ที่ความถี่คลื่นพาห่สีย่อย (Color Sub-carrier) 4.43 MHz จะเห็นว่าสัญญาณทั้งสองมีขนาดไม่เท่ากัน รูปที่ 2.1 (ก) จะมีขนาดของสัญญาณสีมากกว่าสัญญาณส่องสว่าง แสดงผลต่างในหน่วย dB ได้ค่าเป็นบวก หรือเรียกว่าความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูง (High-Gain Chrominance Distortion) ส่วนรูปที่ 2.1 (ข) จะมีขนาดของสัญญาณสีน้อยกว่าสัญญาณส่องสว่าง แสดงผลต่างในหน่วย dB ได้ค่าเป็นลบ หรือเรียกว่าความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำ (Low-Gain Chrominance Distortion) ในการแก้ความผิดเพี้ยนดังกล่าว จะต้องใช้วงจรปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณสี (Gain Chrominance Equalizer) เพื่อทำการยกระดับ หรือลดระดับทางขนาดของสัญญาณสีให้มีขนาดเท่ากับของสัญญาณส่องสว่างนั่นเอง

2.2.2 ความไม่เท่ากันทางเวลาประวิง (Delay Inequality)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความไม่เท่ากันทางเวลาประวิงของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง หลังจากผ่านระบบที่
ต้องการทดสอบแล้วเกิดความผิดเพี้ยนขึ้น ซึ่งเรียกว่าความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแสดงดังรูปที่ 2.2



(ก) ความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Advanced (ข) ความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Delayed
รูปที่ 2.2 ความไม่เท่ากันทางเวลาประวิงของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง

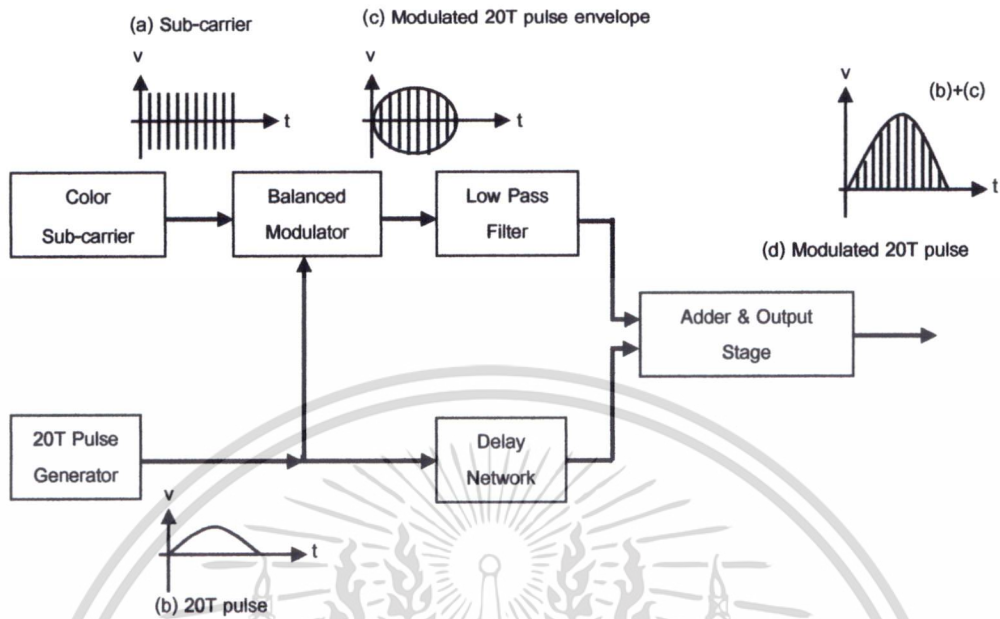
รูปที่ 2.2 แสดงความไม่เท่ากันทางเวลาประวิงของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง จะเห็นว่า
สัญญาณทั้งสองมีเวลาประวิงไม่เท่ากัน แสดงผลต่างในหน่วย ns รูปที่ 2.2 (ก) จะมีค่าเวลาประวิงของ
สัญญาณสีมากกว่าสัญญาณส่องสว่าง หรือเรียกความผิดเพี้ยนนี้ว่าความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ
Advanced Chrominance ส่วนรูปที่ 2.2 (ข) จะมีค่าเวลาประวิงของสัญญาณสีน้อยกว่าสัญญาณส่อง
สว่าง หรือเรียกความผิดเพี้ยนนี้ว่าความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงแบบ Delayed Chrominance ในการแก้
ความผิดเพี้ยนดังกล่าวจะต้องใช้วงจรปรับเท่าทางประวิง (Delay Chrominance Equalizer) เช่นกัน

2.3 สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์

สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ คือสัญญาณไชน์กำลังสองพัลส์ที่มีช่วงเวลา
ครึ่งหนึ่งของแอมพลิจูด หรือ H.A.D เท่ากับ 20T มอดูเลตกับสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่คลื่นพาห้สีย่อย
สามารถสร้างขึ้นจากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมการสร้างสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์
โดยเริ่มจากเครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์ (รูปที่ 2.3 b) โดยสัญญาณดังกล่าวมีช่วงเวลาครึ่งหนึ่งของ
แอมพลิจูด หรือ H.A.D เท่ากับ 20T แล้วมอดูเลตกับสัญญาณความถี่คลื่นพาห้สีย่อย (รูปที่ 2.3 a) จะได้
รูปที่ 2.3 c ซึ่งสัญญาณที่ผ่านการมอดูเลตแล้ว จะผ่านวงจรรองความถี่ต่ำเพื่อกรองเอาฮาร์โมนิกที่ไม่
ต้องการออก ส่วนสัญญาณรูปที่ 2.3 b อีกทางหนึ่งจะผ่านวงจรหน่วงเวลา (Delay Network) เพื่อปรับให้
สัญญาณรูปที่ 2.3 b กับรูปที่ 2.3 c มีเวลา (Timing) เท่ากัน แล้วจึงผ่านวงจรรวม (Adder) ก็จะได้
สัญญาณมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ในรูปที่ 2.3 d ซึ่งสัญญาณทดสอบดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ใ
การตรวจสอบ และวัดความผิดเพี้ยนในการส่งผ่านระบบโทรทัศนส์ได้เป็นอย่างดี

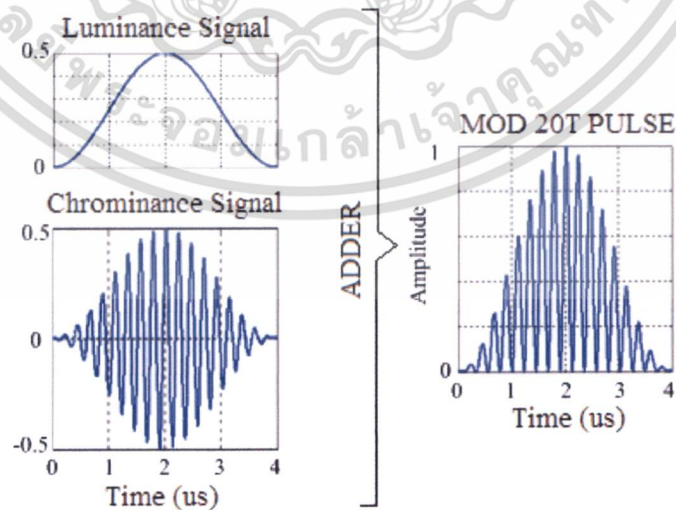
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 บล็อกไดอะแกรมการสร้างสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์

จากบล็อกไดอะแกรมการสร้างสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ในรูปที่ 2.3 สามารถนำมาเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ [2]

$$x(t) = \begin{cases} \frac{1}{2} \sin^2\left(\frac{\pi}{40T}\right) + \frac{A}{2} \sin^2\left(\frac{\pi(t-\tau)}{40T}\right) \cos \omega_c t & ; |t| \leq 20T \\ 0 & ; |t| > 20T \end{cases} \quad (2.1)$$

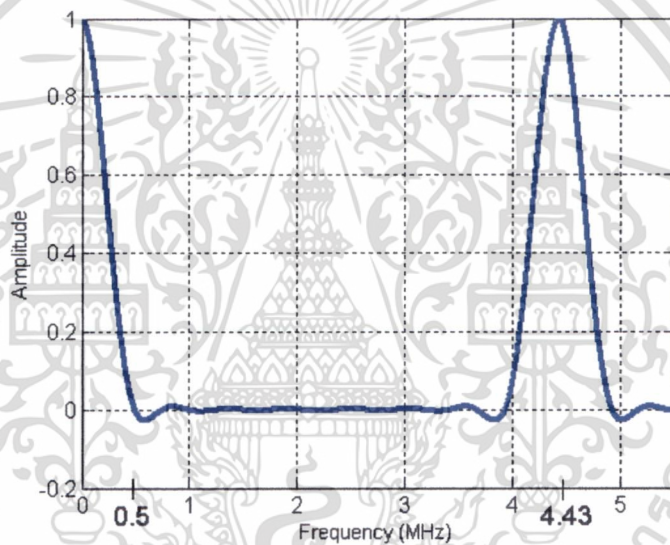


รูปที่ 2.4 การรวมสัญญาณสีกับสัญญาณสองสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ A คืออัตราขยายของสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ τ คือเวลาประวิงที่ล่าหลัง หรือนำหน้าสัญญาณที่ยังไม่ได้มอดูเลต $T = 0.1 \mu\text{s}$ สำหรับโทรทัศน์ระบบ PAL t คือเวลา และ ω_c คือความถี่เชิงมุมของพาหีส้อย หรือเท่ากับ $\omega_c = 2\pi f_c$ โดยที่ความถี่คลื่นพาหีส้อย (Color Sub-carrier) $f_c = 4.43 \text{ MHz}$

รูปที่ 2.4 แสดงการรวมสัญญาณระหว่างสัญญาณสี (Chrominance Signal) กับสัญญาณส่องสว่าง (Luminance Signal) จากการรวมกันในขอบข่ายเวลาขององค์ประกอบทั้งสองจะได้ลักษณะสัญญาณเหมือนสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ เมื่อนำมาพิจารณาในขอบข่ายความถี่เพื่อหาสเปกตรัมของสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ แสดงได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 สเปกตรัมความถี่ของสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์

สรุปได้ว่าสเปกตรัมของสัญญาณสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ ประกอบด้วยสัญญาณในย่านความถี่ต่ำที่ยังไม่ได้มอดูเลต และสัญญาณในย่านความถี่สูงที่มอดูเลตแล้วสอดคล้องกับย่านความถี่ของสัญญาณส่องสว่างคือที่ความถี่ต่ำ 0 – 0.5 MHz และสัญญาณสีที่ความถี่สูง 3.93 MHz – 4.93 MHz ในโทรทัศน์ระบบ PAL แสดงดังรูปที่ 2.5

ดังนั้นสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์เพียงสัญญาณเดียวก็เพียงพอในการตรวจสอบและวัดความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นกับสัญญาณภาพในการส่งผ่านของระบบโทรทัศน์ โดยในโครงการวิจัยจะใช้สัญญาณทดสอบนี้แสดงความผิดเพี้ยนที่เกิดจากความไม่เท่ากันทางอัตราขยายของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง นอกจากนั้นยังนำไปใช้ในการป้อนเข้าเครื่องปรับเท่าทางอัตราการขยายของสัญญาณสีที่ได้ออกแบบในโครงการวิจัยนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ทฤษฎีและสูตรสำเร็จของการวัดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยาย

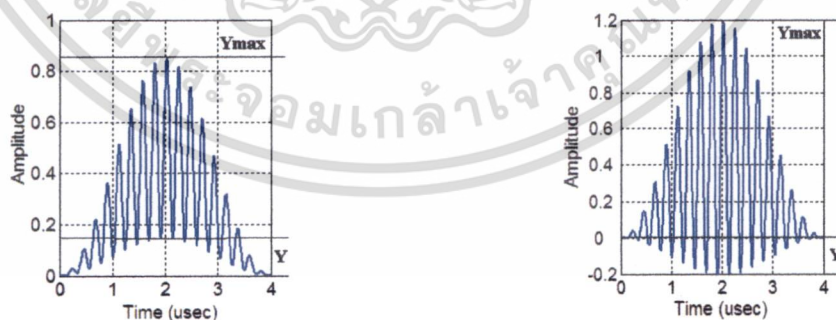
การหาค่าความผิดเพี้ยนทางอัตราขยาย ใช้สัญลักษณ์ A โดยในการคำนวณหาค่าความผิดเพี้ยนจะสัมพันธ์กับค่ายอดที่ฐานของพัลส์ กล่าวคือในทางปฏิบัติ ถ้าทราบค่ายอดจากฐานของพัลส์ก็สามารถที่จะหาความผิดเพี้ยนในระบบได้ว่าจะมีผลต่อสัญญาณทางด้านไหน เช่น ระบบอาจมีผลทางด้านความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายอย่างเดียว (Gain Distortion) หรือความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงอย่างเดียว (Delay Distortion) หรือมีทั้งความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายและเวลาประวิงเกิดขึ้นพร้อมกัน (Gain & Delay Distortions)

Rosman [13] ได้นำเสนอสูตรสำเร็จในการแสดงค่า A อย่างชัดเจน โดยกำหนดให้ A คือค่าความไม่เท่ากันทางอัตราขยายของสัญญาณสีกับสัญญาณส่องสว่าง ซึ่งต่อไปในโครงการวิจัยจะให้ A เป็นค่าความผิดเพี้ยนทางอัตราขยาย แสดงในหน่วย dB ในการอธิบายสูตรสำเร็จของความผิดเพี้ยนทางอัตราขยาย ดังนี้

การแสดงสูตรสำเร็จที่ใช้วัดค่าความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายอย่างเดียว จะได้ค่า $A \neq 1$ และค่า $\tau = 0$ เขียนสมการทฤษฎีการสร้างสัญญาณทดสอบมอดูเลต $20T$ ไซน์กำลังสองพัลส์ใหม่ได้เป็น

$$x(t) = \begin{cases} \frac{1}{2} \sin^2\left(\frac{\pi t}{40T}\right) + \frac{A}{2} \sin^2\left(\frac{\pi t}{40T}\right) \cos \omega_c t & ; |t| \leq 20T \\ 0 & ; |t| > 20T \end{cases} \quad (2.2)$$

นำสมการที่ (2.2) มาพล็อตกราฟสัญญาณมอดูเลต $20T$ ไซน์กำลังสองพัลส์ได้ดังรูปที่ 2.6



(ก) ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำ $A < 1$ (ข) ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูง $A > 1$

รูปที่ 2.6 สัญญาณมอดูเลต $20T$ ไซน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายอย่างเดียว

รูปที่ 2.6 (ก) แสดงความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำ (Low Gain Chrominance Distortion) ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-3 dB ($A < 1$) จะสังเกตว่าที่ฐานของพัลส์จะเป็นรูปโคไซน์เว้าขึ้น และมีขนาดสูงสุดน้อยกว่าหนึ่ง ในทางกลับกันรูปที่ 2.6 (ข) แสดงแสดงคามผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูง (High Gain Chrominance Distortion) ที่ +3 dB ($A > 1$) จะได้ว่าฐานของพัลส์จะเป็นรูปโคไซน์นูนขึ้น และมีขนาดสูงสุดมากกว่าหนึ่ง จากรูปที่ 2.6 จะสามารถแสดงค่าความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งคำนวณได้จากค่ายอดที่ฐานของพัลส์ โดยใช้สูตรคือ

$$A = \frac{1-y}{1+y} \quad (2.3)$$

เมื่อ y คือค่ายอดคอนอร์แมลไลซ์ที่ฐานของพัลส์ โดยกำหนดให้

$$y = \frac{Y}{Y_{\max}} \quad (2.4)$$

จากสมการที่ (2.3) สามารถแสดงในหน่วยเดซิเบลได้เป็น

$$A(\text{dB}) = 20 \log(A) \quad (2.5)$$

ยกตัวอย่างเช่นถ้าต้องการหาค่าความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายของรูปที่ 2.6 (ก) ให้หาค่า Y และ Y_{\max} จากนั้นนำไปแทนค่าในสมการที่ (2.4) ได้ค่า $y = 0.171$ แล้วนำค่าที่ได้ไปแทนลงในสมการที่ (2.3) ได้ $A = 0.7079$ นำไปแสดงในหน่วยเดซิเบลได้เท่ากับ -3 dB นั่นเอง เช่นเดียวกันถ้าต้องการหาค่าความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายของรูปที่ 2.6 (ข) ได้ค่า $y = -0.171$ และ $A = 1.4125$ นำไปแสดงในหน่วยเดซิเบลได้เท่ากับ +3 dB

2.5 ผลกระทบของความผิดเพี้ยนทางอัตราขยาย

ในหัวข้อนี้จะแสดงผลกระทบต่อภาพโทรทัศน์สีจริงเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนขึ้นในระบบการส่งผ่านสัญญาณโทรทัศน์สีเทียบกับสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ที่เกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยาย อุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงผลกระทบของความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้น ได้แก่

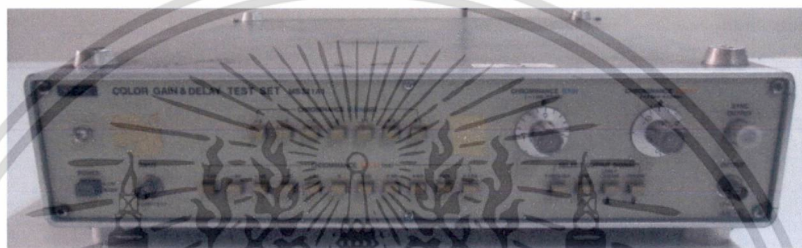
1. เครื่อง PAL Television Generator TSG-271
2. เครื่อง Color Gain & Delay Test Set MS321A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. โทรทัศน์สี



รูปที่ 2.7 เครื่อง PAL Television Generator TSG-271

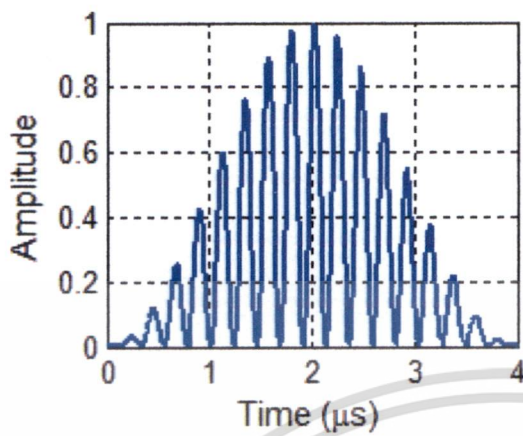


รูปที่ 2.8 เครื่อง Color Gain & Delay Test Set MS321A

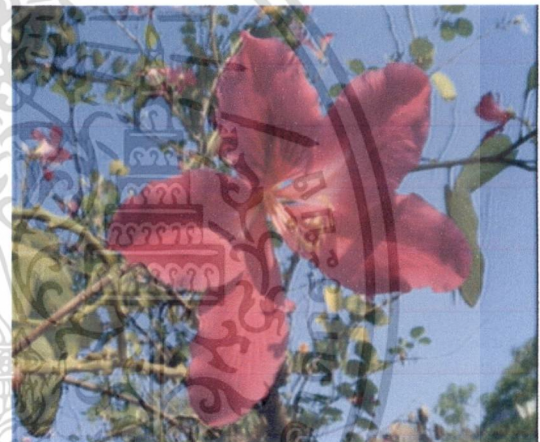
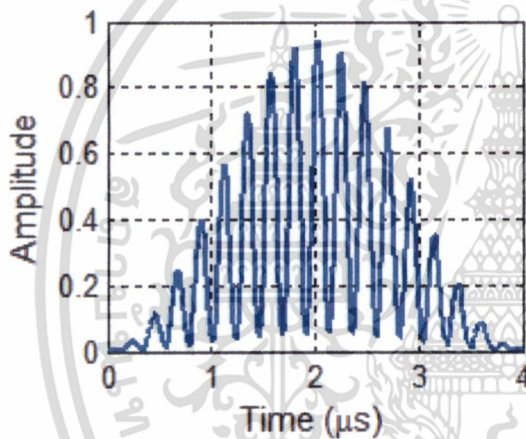
วิธีการแสดงผลกระทบที่มีต่อภาพโทรทัศน์สีจริงเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนขึ้นในระบบการส่งผ่าน โดยเริ่มจากการนำภาพสีต้นแบบ (Original Picture) มาปรากฏไว้ที่หน้าจอโทรทัศน์ ซึ่งภาพสีต้นแบบนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายที่เกิดขึ้น ส่วนทางด้านกรจำลองระบบที่ทำการทดสอบ (Under Test System) ให้เกิดความผิดเพี้ยนจะใช้เครื่อง PAL Television Generator TSG-271 ทำหน้าที่ในการป้อนสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ที่ไม่มี ความผิดเพี้ยน แสดงดังรูปที่ 2.7 ต่อเข้ากับเครื่อง Color Gain & Delay Test Set MS321A ทำหน้าที่ให้สัญญาณทดสอบที่รับเข้ามาเกิดความผิดเพี้ยน โดยสามารถปรับความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายให้เกิดขึ้นได้ตั้งแต่ -3 dB ถึง +3 dB แสดงดังรูปที่ 2.8 นำสัญญาณทดสอบที่เกิดความผิดเพี้ยนหลังจากผ่านระบบ Under Test System นี้ไปป้อนเข้าที่โทรทัศน์สี จะสังเกตเห็นว่าภาพสีต้นแบบจะมีสีและความสว่างผิดไปจากเดิม

การแสดงผลกระทบต่อภาพสีที่ปรากฏบนหน้าจอโทรทัศน์สีเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนขึ้นในระบบการส่งผ่านโทรทัศน์สีเทียบกับสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองที่เกิดความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยาย สามารถแสดงได้ดังนี้

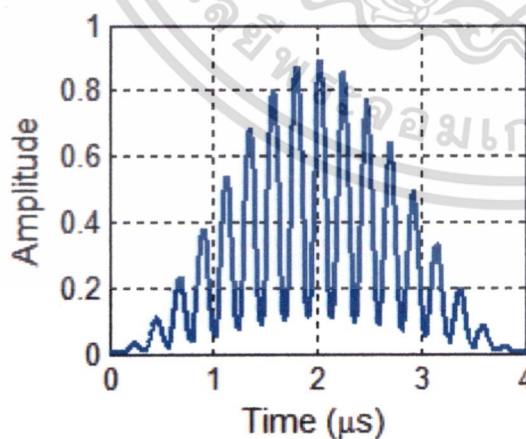
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ และภาพสีจริงที่ไม่มีความผิดเพี้ยน

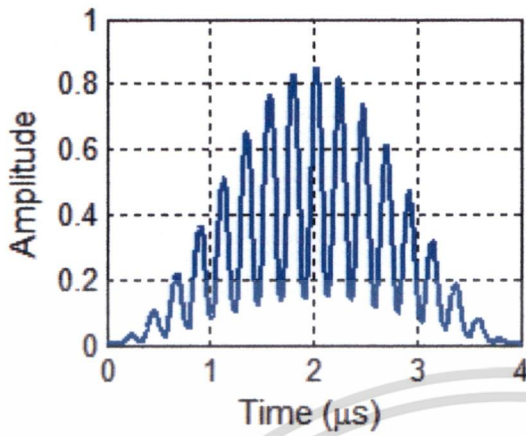


รูปที่ 2.10 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำที่ -1 dB

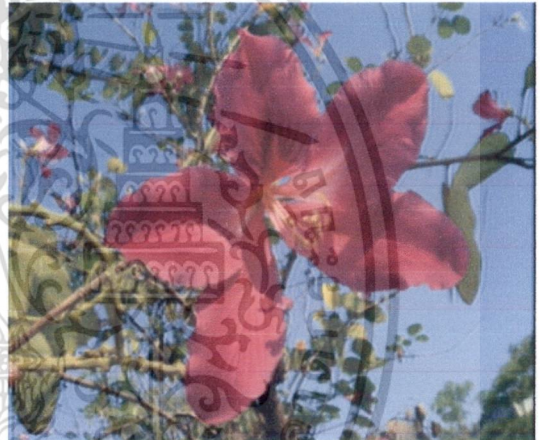
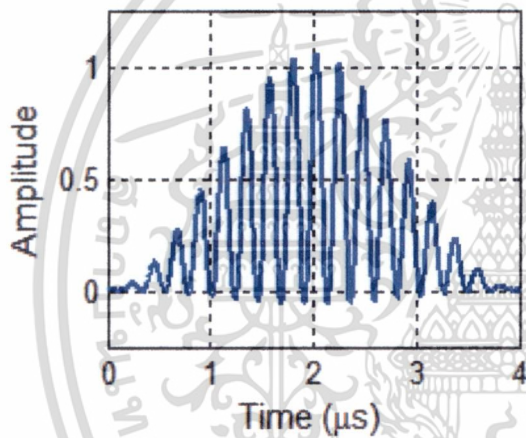


รูปที่ 2.11 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำที่ -2 dB

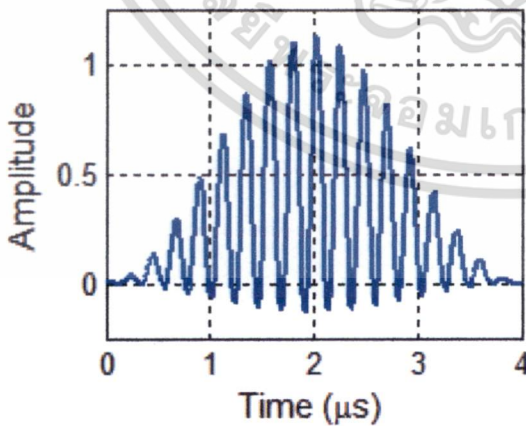
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำที่ -3 dB

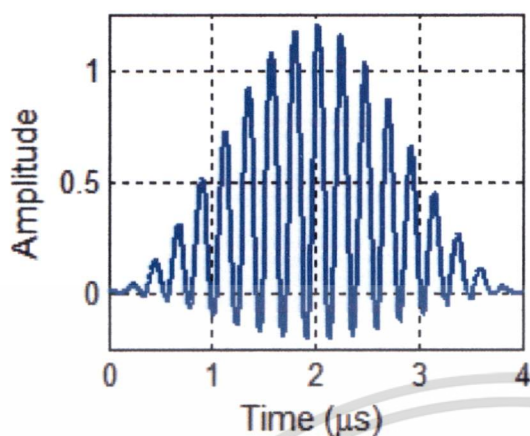


รูปที่ 2.13 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูงที่ +1 dB



รูปที่ 2.14 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูงที่ +2 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูงที่ +3 dB

รูปที่ 2.9 แสดงภาพสีจริงที่ไม่มี ความผิดเพี้ยนเทียบกับสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์ กำลังสองพัลส์ จะได้ภาพสีจริงออกมาเหมือนกับภาพสีต้นแบบ (Original Picture) และสังเกตพื้นฐานของพัลส์ทดสอบจะราบเรียบ (Flat)

การแสดงผลกระทบต่อภาพสีจริงเทียบกับสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ ในกรณีที่เกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำ ยกตัวอย่างเช่น ที่ -1 dB -2 dB และ -3 dB แสดงดังรูปที่ 2.10 รูปที่ 2.11 และรูปที่ 2.12 ตามลำดับ จะเห็นว่าภาพสีที่ได้จะมีความอิ่มตัวของสี หรือความเข้มของสีไม่ถูกต้อง (Incorrect Color Saturation) ในที่นี้จะเห็นว่ามีความเข้มของสีมากกว่าเดิม ส่วนพื้นฐานของพัลส์ทดสอบจะเป็นรูปโคไซน์เว้าขึ้น และจะเว้าสูงขึ้นเมื่อค่าความผิดเพี้ยนเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง

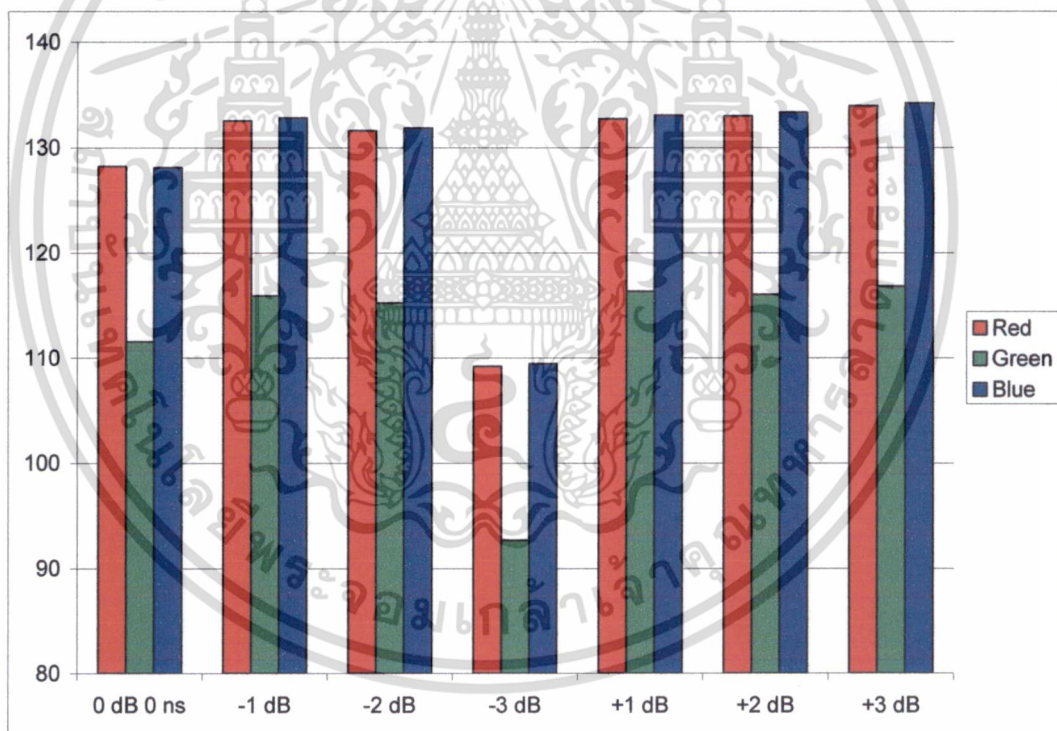
ในทางตรงกันข้าม การแสดงผลกระทบต่อภาพสีจริงเทียบกับสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ ในกรณีที่เกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูง ยกตัวอย่างเช่น ที่ +1 dB +2 dB และ +3 dB แสดงดังรูปที่ 2.13 รูปที่ 2.14 และรูปที่ 2.15 ตามลำดับ จะเห็นว่าภาพสีที่ได้จะมีความอิ่มตัวของสี หรือความเข้มของสีไม่ถูกต้อง ในที่นี้จะเห็นว่ามีความเข้มของสีน้อยกว่าเดิม ส่วนพื้นฐานของพัลส์ทดสอบจะเป็นรูปโคไซน์นูนออก และจะนูนมากขึ้นเมื่อค่าความผิดเพี้ยนเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ของภาพสีที่ไม่มี ความผิดเพี้ยน กับภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายอย่างเดียวกันที่ ± 1 dB ± 2 dB และ ± 3 dB จะเห็นได้ว่าค่าแม่สี RGB จะมีค่าแตกต่างไปจากเดิม เช่น ที่ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำค่าแม่สี RGB จะมีแนวโน้มลดลง และที่ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูงค่าแม่สี RGB จะมีแนวโน้มสูงขึ้น ดังนั้นจึงต้องทำการยกระดับ หรือลดระดับทางอัตราขยายของสัญญาณสีเพื่อให้ได้ภาพสีที่มีคุณภาพดีกลับมา สามารถแสดงการเปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ในกรณีนี้ได้ดังรูปที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ค่าแม่สี RGB ของภาพสีที่ไม่มี ความผิดเพี้ยน กับภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยาย อย่างเดียวที่ $\pm 1\text{dB}$ $\pm 2\text{dB}$ และ $\pm 3\text{dB}$

ภาพสี	R	G	B
ไม่มีความผิดเพี้ยน	128.2186	111.5582	128.0879
มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำที่ -1 dB	132.5443	115.9122	132.8051
มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำที่ -2 dB	131.6065	115.2288	131.8554
มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำที่ -3 dB	109.2156	92.6646	109.4686
มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูงที่ +1 dB	132.7154	116.3539	133.0555
มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูงที่ +2 dB	132.9843	116.0137	133.3087
มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูงที่ +3 dB	133.9500	116.8257	134.2373



รูปที่ 2.16 เปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ของภาพสีที่ไม่มี ความผิดเพี้ยน กับภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทาง อัตราขยายอย่างเดียวกั $\pm 1\text{dB}$ $\pm 2\text{dB}$ และ $\pm 3\text{dB}$

2.6 โพลีโนเมียลแบบเบียร์นส์ไตน์

2.6.1 ทฤษฎีโพลีโนเมียลแบบเบียร์นส์ไตน์

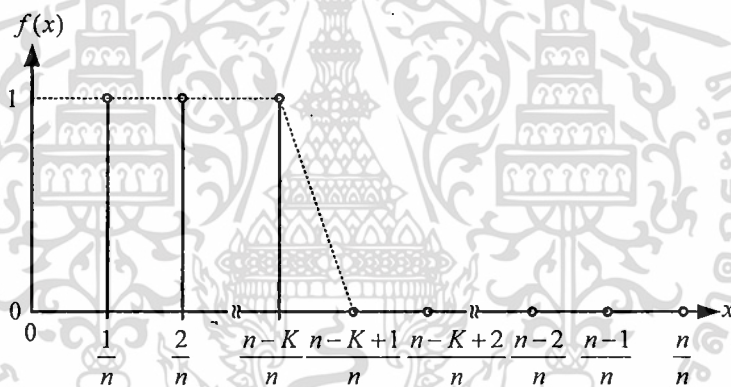
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาของเอกสารนี้ส่งไปถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบร์นสไตน์โพลีโนเมียล (Bernstein Polynomials) เกิดขึ้นจากทฤษฎีการประมาณที่มีรูปแบบฟังก์ชันแบบต่อเนื่อง ($f(x)$) ในช่วงปิดที่ $[0, 1]$ เบร์นสไตน์โพลีโนเมียลอันดับที่ n^{th} ($n \geq 1$) สามารถแสดงได้ดังสมการ [14-15]

$$B_n(f; x) = \sum_{i=0}^n f\left(\frac{i}{n}\right) \binom{n}{i} x^i (1-x)^{n-i} \quad (2.6)$$

เมื่อ $i = 0, 1, \dots, n$ และ $\binom{n}{i} = \frac{n!}{(n-i)!i!}$

พิจารณาฟังก์ชัน $f(x)$ ในที่นี้ทำการประมาณฟังก์ชันให้เป็นแบบความถี่ต่ำผ่าน (Low-pass Function) มีขอบเขตอยู่ที่ $[0, 1]$ เพราะฉะนั้นฟังก์ชัน $f\left(\frac{i}{n}\right)$ i จึงมีค่าไม่เกิน n แสดงดังรูปที่ 2.17 [16]



รูปที่ 2.17 ฟังก์ชันความถี่ต่ำผ่าน

เมื่อ K คือจำนวนจุดที่ไม่ต่อเนื่องทางเวลาที่ทำให้ฟังก์ชันการประมาณมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้นเขียนฟังก์ชันการประมาณความถี่ต่ำผ่านได้เป็น

$$f\left(\frac{i}{n}\right) = \begin{cases} 1, & 0 \leq i \leq n-K \\ 0, & n-K+1 \leq i \leq n \end{cases} \quad (2.7)$$

แทนสมการที่ (2.7) ลงในสมการที่ (2.6) จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$B_{n,K}(f;x) = \sum_{i=0}^{n-K} \binom{n}{i} x^i (1-x)^{n-i} \quad (2.8)$$

จากสมการที่ (2.8) สามารถจัดรูปสมการใหม่โดยใช้พหุนามเบอเนลแบบ Herrmann [16]

$$\begin{aligned} B_{n,K}(f;x) &= (1-x)^K \sum_{i=0}^{n-K} \binom{n}{i} x^i (1-x)^{n-i} (1-x)^{-K} \\ &= (1-x)^K \sum_{i=0}^{n-K} \binom{n}{i} x^i (1-x)^{n-i-K} \end{aligned} \quad (2.9)$$

จัดรูปให้เข้าใจง่ายขึ้นเพื่อนำไปใช้ในการแก้สมการทางคณิตศาสตร์

$$B_{n,K}(f;x) = (1-x)^K \sum_{i=0}^{n-K} \binom{K+i-1}{i} x^i \quad (2.10)$$

ทำการแปลง (Transformation) x จากช่วง $[0, 1]$ ให้เป็น Ω ที่มีช่วงหรือขอบเขตอยู่ที่ $[0, \infty]$ [18]

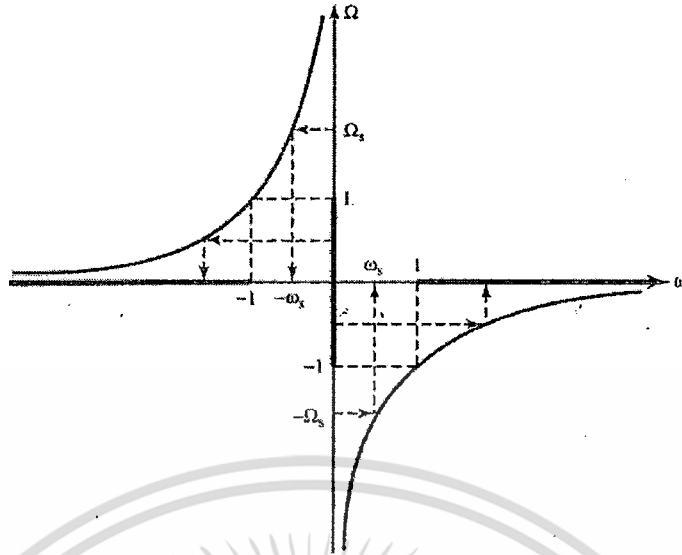
$$x = \frac{\Omega^2}{1 + \Omega^2} \quad (2.11)$$

นำสมการที่ (2.11) แทนลงในสมการที่ (2.10) ได้เป็น

$$B_{n,K}(f;\Omega) = \frac{\sum_{i=0}^{n-K} \binom{n}{i} \Omega^{2i}}{(1 + \Omega^2)^n} \quad (2.12)$$

จากสมการที่ (2.12) Ω เป็นแกนความถี่ (Ω -axis) ของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านต้นแบบ (Low-pass Prototype Filter) ซึ่งสามารถแปลงเข้าสู่วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (Low-pass to High-pass Transformation) [17] แสดงดังรูปที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 การแปลงแกนความถี่จาก $\Omega \rightarrow \omega$

จากรูปที่ 2.18 แสดงความสัมพันธ์ของการแปลงระหว่างแกนความถี่ Ω ของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านต้นแบบกับแกนความถี่ ω ของวงจรกรองความถี่สูงผ่าน จะเห็นว่าแถบผ่าน (Pass-band) ของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านต้นแบบอยู่ที่ $-1 \leq \Omega \leq 1$ ส่วนแถบผ่านของวงจรกรองความถี่สูงผ่านจะอยู่ที่ $1 \leq \omega \leq -1$ ดังนั้นเขียนสมการการแปลงได้เป็น

$$\Omega = -\frac{1}{\omega} \quad (2.13)$$

นำสมการที่ (2.13) แทนลงในสมการที่ (2.12) จะได้

$$B_{n,K}(\omega) = \frac{\sum_{i=0}^{n-K} \binom{n}{i} \left(\frac{1}{\omega}\right)^{2i}}{\left(1 + \frac{1}{\omega^2}\right)^n} \quad (2.14)$$

ฟังก์ชันถ่ายโอน (Transfer Function) แทนด้วย $N(s)$ สามารถหาได้จากคุณลักษณะทางขนาดยกกำลังสอง (Magnitude-squared Characteristics) แทนด้วย $|N(s)|^2$ แสดงดังสมการ

$$|N(s)|^2 = N(s) \cdot N(-s) \quad (2.15)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉะนั้นในที่นี้จะเริ่มหาฟังก์ชันถ่ายโอนจากคุณลักษณะทางขนาดยกกำลังสองของวงจรรองความถี่ต่ำผ่าน (Low-pass Magnitude-squared Characteristics) [18] ด้วยเหตุเพราะสามารถทำการแปลงเป็นวงจรรองความถี่ชนิดต่าง ๆ ได้ด้วยวิธีการแปลงความถี่ (Frequency Transformation) แสดงดังสมการ

$$|N(j\omega)|^2 = \frac{H_0^2}{1 + \varepsilon^2 B^2(\omega)} \quad (2.16)$$

โดยที่ $B(\omega)$ คือเบิร์นสไตน์โพลิโนเมียลในสมการที่ (2.14) นำไปแทนลงในสมการที่ (2.16) จะได้

$$|N(j\omega)|^2 = \frac{H_0^2}{1 + \varepsilon^2 \left[\frac{\sum_{i=0}^{n-K} \binom{n}{i} \left(\frac{1}{\omega}\right)^{2i}}{\left(1 + \frac{1}{\omega^2}\right)^n} \right]^2} \quad (2.17)$$

จัดรูปสมการใหม่ได้เป็น

$$|N(j\omega)|^2 = \frac{H_0^2 \cdot (1 + \omega^2)^{2n}}{(1 + \omega^2)^{2n} + \varepsilon^2 \omega^{4n} \left(\sum_{i=0}^{n-K} \binom{n}{i} \left(\frac{1}{\omega}\right)^{2i} \right)^2} \quad (2.18)$$

สมการที่ (2.18) เรียกว่าฟังก์ชันถ่ายโอนทางขนาดยกกำลังสองของวงจรรองความถี่ต่ำผ่านที่ได้จากเบิร์นสไตน์โพลิโนเมียล จากนั้นนำสมการที่ได้มาหาค่าโพล (Poles) และซีโร (Zeros) โดยการแทนค่า $\omega = s/j$ แล้วแก้สมการหาค่าโพลและซีโร เป็นที่ทราบกันดีว่าถ้าต้องการให้ระบบมีความเสถียรภาพ (Stable System) และมีเฟสต่ำสุด (Minimum Phase) จะต้องเลือกค่าโพลและซีโรทางซ้ายของระนาบ s (s -plane) ดังนั้นจะได้ฟังก์ชันถ่ายโอนที่มีรูปแบบเป็นฟังก์ชันเศษส่วน (Rational Function)

$$N(s) = \frac{a_0 + a_1s + a_2s^2 + \dots + a_{m-1}s^{m-1} + a_ms^m}{b_0 + b_1s + b_2s^2 + \dots + b_{m-1}s^{m-1} + b_ms^m} \quad (2.19)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $m=2n$ เป็นอันดับของฟังก์ชันถ่ายโอน

จากสมการที่ (2.18) จะได้เศษเป็น $(s+1)^{2n}$ เพราะฉะนั้นเลือกค่าซีโร $s=-1$ นั้นเอง สำหรับค่าโพลสามารถเลือกได้จากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ 3 ตัว คือ n K และ ε ของตัวส่วน สรุปได้ว่าการปรับเปลี่ยนหรือเลือกค่าพารามิเตอร์ n K และ ε นั้น สามารถปรับคุณลักษณะทางขนาดและเฟสที่ต้องการได้

2.6.2 การออกแบบวงจรรองความถี่แอนาล็อก โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบิร์นสไตน์

การออกแบบวงจรรองความถี่แอนาล็อกความถี่ต่ำผ่านอันดับ 4 โดยใช้เบิร์นสไตน์โพลีโนเมียล ในเบื้องต้นได้กำหนดพารามิเตอร์ต่าง ๆ ไว้ดังนี้ คือ $n=2$ $K=1$ และ $\varepsilon=10$ นำไปแทนลงในสมการที่ (2.18) จะได้ฟังก์ชันถ่ายโอนทางขนาดยกกำลังสองของวงจรรองความถี่ต่ำผ่านคือ

$$|N(s)|^2 = \frac{H_0^2 \cdot (1-s^2)^4}{(1+\varepsilon^2)s^8 + (-4-4\varepsilon^2)s^6 + (6+4\varepsilon^2)s^4 - 4s^2 + 1} \quad (2.20)$$

ในที่นี้เลือกค่า $\varepsilon=10$ จะได้

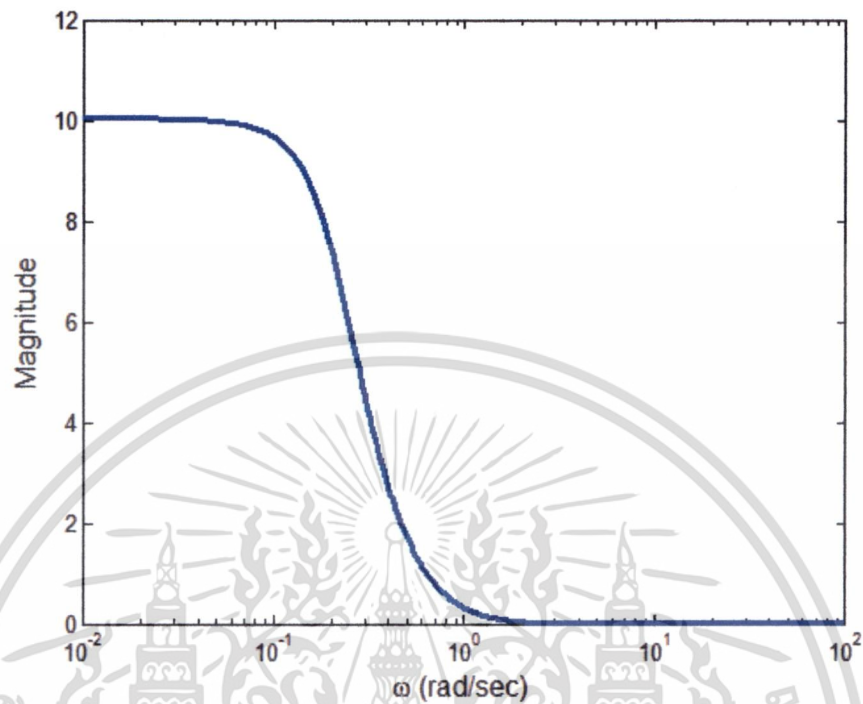
$$|N(s)|^2 = \frac{H_0^2 \cdot (1-s^2)^4}{101s^8 - 404s^6 + 406s^4 - 4s^2 + 1} \quad (2.21)$$

ทำการเลือกค่าโพลและซีโรทางซ้ายของระนาบ s จะได้ฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรรองความถี่ต่ำผ่านแบบเบิร์นสไตน์ อันดับ 4 ดังนี้

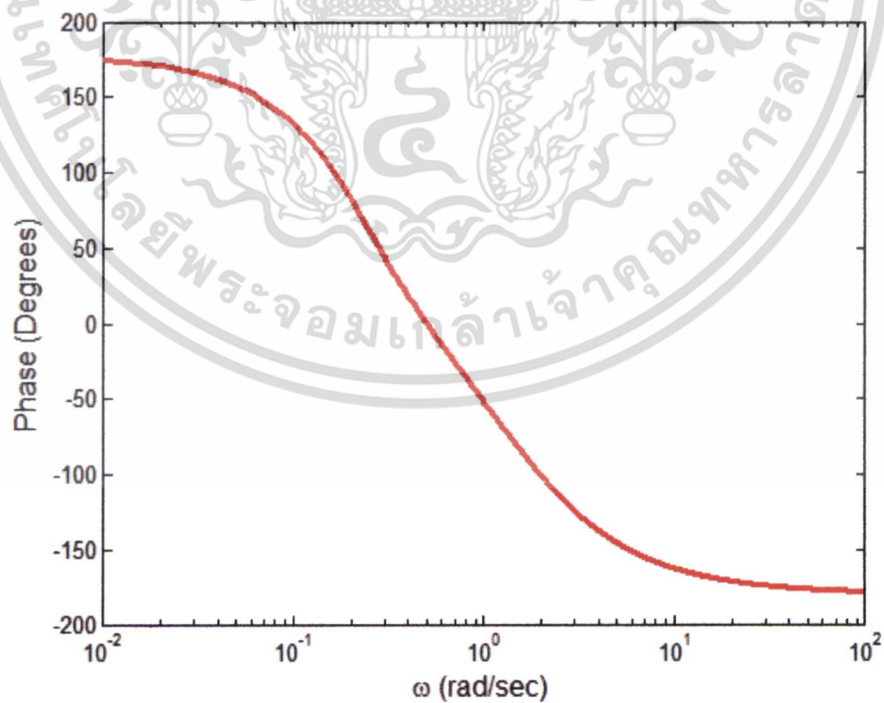
$$N(s) = \frac{H_0 \cdot (1+s)^4}{s^4 + 3.1532s^3 + 2.9714s^2 + 0.7941s + 0.0995} \quad (2.22)$$

เมื่อ H_0 คือค่าคงที่ที่ใช้กำหนดขนาด

นำสมการที่ (2.22) ทำการพล็อตกราฟผลตอบแทนทางความถี่ โดยสมมติให้ $H_0=1$ แสดงดังรูปที่ 2.19 รูปที่ 2.20 และรูปที่ 2.21 ตามลำดับ

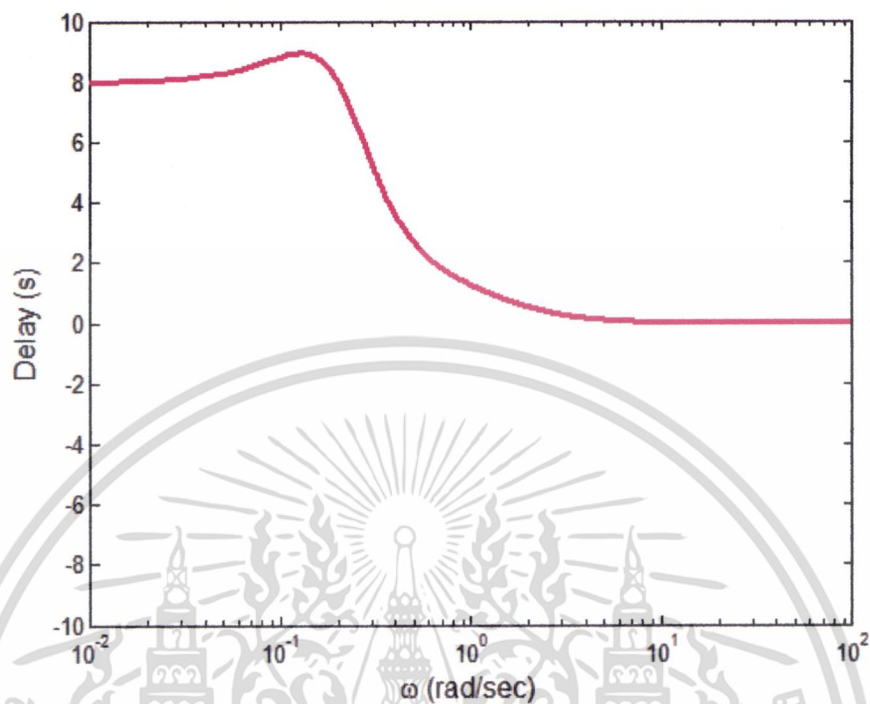


รูปที่ 2.19 ผลตอบสนองทางขนาดของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบเบิร์ตสไตน์ อันดับ 4



รูปที่ 2.20 ผลตอบสนองทางเฟสของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบเบิร์ตสไตน์ อันดับ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 ผลตอบสนองทางเวลาประวิงของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบเบิร์ตส์ไคน์ อันดับ 4

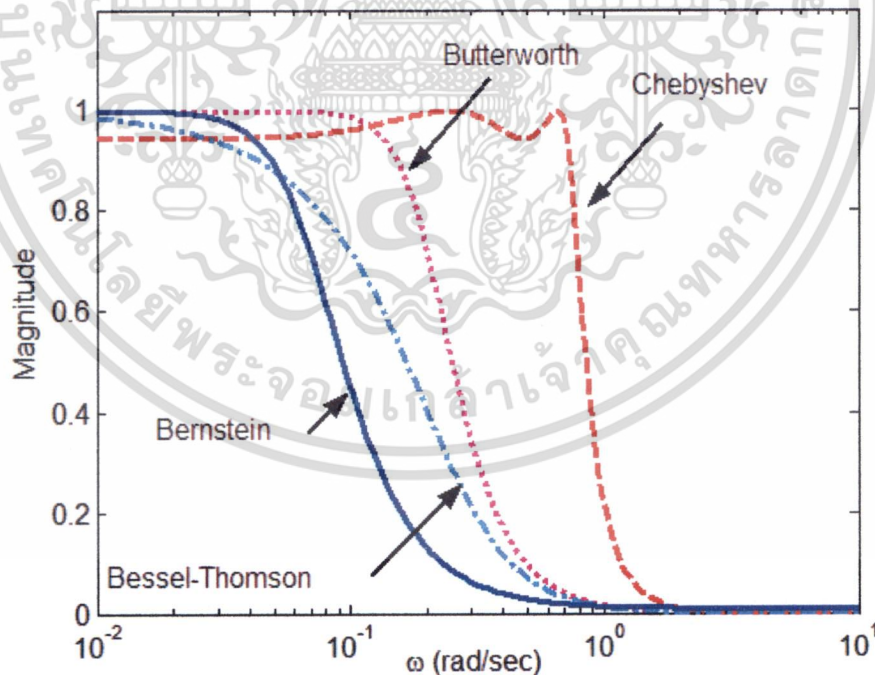
รูปที่ 2.19 แสดงผลตอบสนองทางขนาดของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบเบิร์ตส์ไคน์ อันดับ 4 จะเห็นว่ากราฟมีความราบเรียบที่สุดทางขนาด (Maximally Flat Magnitude) ทั้งในย่านความถี่แถบผ่าน (Pass-band) และความถี่แถบหยุด (Stop-band) ดังนั้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมระบบได้ดี เช่น วงจรชดเชยสัญญาณ (Compensating Circuits) รูปที่ 2.20 แสดงผลตอบสนองทางเฟสของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบเบิร์ตส์ไคน์ อันดับ 4 จะเห็นว่ากราฟมีเฟสเชิงเส้น (Linear Phase) และรูปที่ 2.21 แสดงผลตอบสนองทางเวลาประวิงของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบเบิร์ตส์ไคน์ อันดับ 4 จะเห็นว่ากราฟมีความราบเรียบทางเวลาประวิง (Maximally Flat Delay) และยังมีคุณลักษณะใกล้เคียงค่าคงที่ (Constant Delay Characteristics) เป็นผลต่อเนื่องจากการมีเฟสเชิงเส้นนั่นเอง ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สำคัญของการใช้งานวงจรกรองความถี่แบบแอนาล็อก เพราะฉะนั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing) และการประมวลผลภาพ (Image Processing) นอกจากนี้คุณลักษณะเด่นหลัก ๆ ทางขนาด เฟส และเวลาประวิงของวงจรกรองความถี่แบบเบิร์ตส์ไคน์แล้ว ยังมีข้อได้เปรียบอีกหลายประการเมื่อเทียบกับวงจรกรองความถี่แบบอื่น ซึ่งจะกล่าวต่อไป

2.6.3 การเปรียบเทียบวงจรกรองความถี่แอนาลอกแบบอื่น

ในหัวข้อนี้จะเป็นการเปรียบเทียบผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรกรองความถี่แบบเบิร์ตส์ไคน์

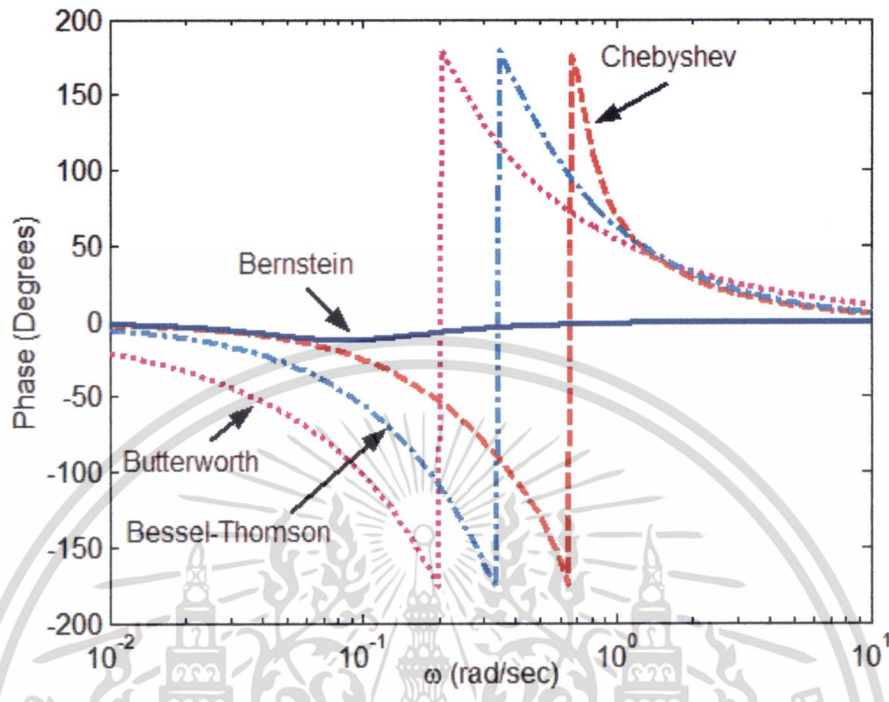
สไตร์นอันดับ 4 กับวงจรรองความถี่ที่มีอยู่เดิม เช่น วงจรรองความถี่แบบบัตเตอร์เวิร์ท (Butterworth Filter) วงจรรองความถี่แบบเชบีเชฟ (Chebyshev Filter) และวงจรรองความถี่แบบเบสเชสทอมสัน (Bessel-Thomson Filter) แสดงดังรูปที่ 2.22 รูปที่ 2.23 รูปที่ 2.24 และรูปที่ 2.25

รูปที่ 2.22 แสดงการเปรียบเทียบผลตอบสนองทางขนาดของวงจรรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับ 4 ของวงจรรองความถี่แบบเบิร์นสไตน์ วงจรรองความถี่แบบบัตเตอร์เวิร์ท วงจรรองความถี่แบบเชบีเชฟ และวงจรรองความถี่แบบเบสเชสทอมสัน อธิบายได้ดังนี้คุณลักษณะทางขนาดของเบสเชสทอมสันจะมีความราบเรียบทางขนาดในย่านความถี่แถบผ่านน้อยที่สุด คุณลักษณะทางขนาดของเชบีเชฟจะมีการกระเพื่อมแบบเท่าเทียม (Equal Ripple) ในย่านความถี่แถบผ่าน แต่จะมีความชันดีที่สุด (Sharpness) คุณลักษณะทางขนาดของบัตเตอร์เวิร์ทจะมีความราบเรียบทางขนาดในย่านความถี่แถบผ่าน และมีความชันดีรองจากเชบีเชฟ ส่วนคุณลักษณะทางขนาดของเบิร์นสไตน์จะมีความราบเรียบทางขนาดในย่านความถี่แถบผ่าน มีความชันที่ดี และข้อได้เปรียบคือวงจรรองความถี่แบบเบิร์นสไตน์สามารถปรับคุณลักษณะทางขนาดให้เป็นที่ต้องการได้ เช่น สามารถปรับช่วงย่านความถี่แถบผ่าน ปรับสโลป และปรับการลดทอนในช่วงย่านความถี่แถบหยุด โดยการปรับพารามิเตอร์ K และ ϵ

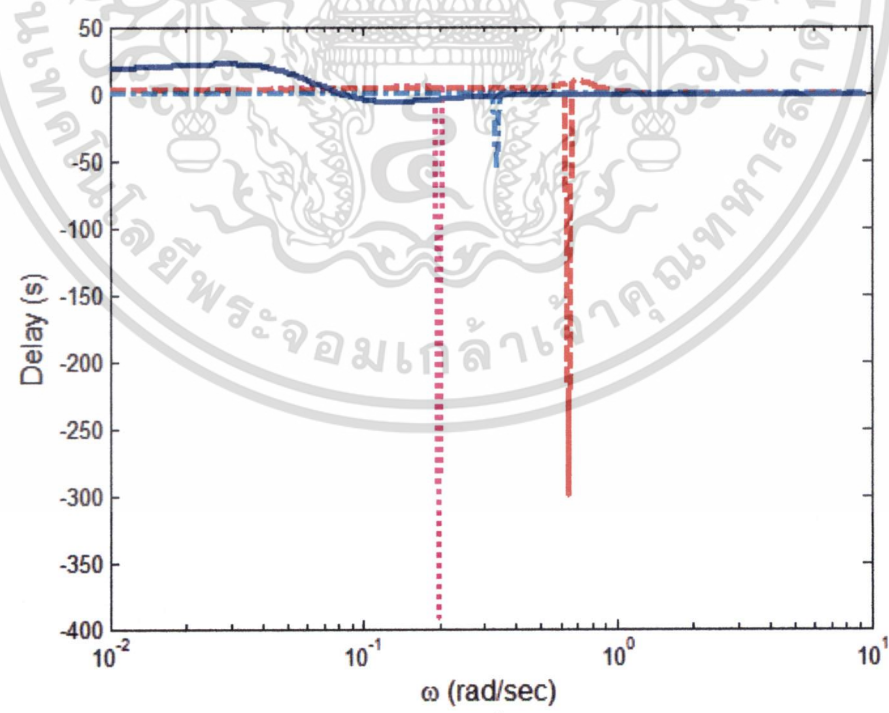


รูปที่ 2.22 การเปรียบเทียบผลตอบสนองทางขนาดของวงจรรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

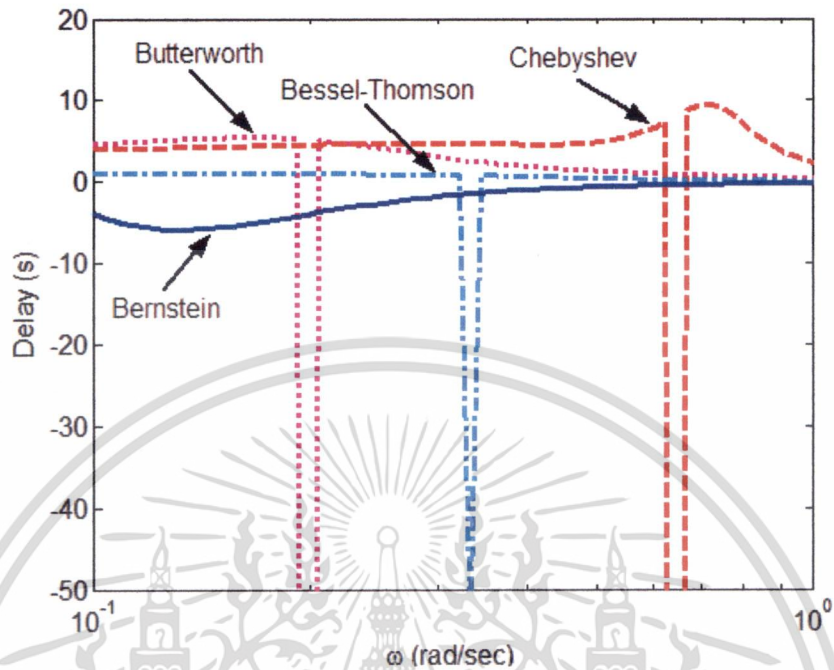


รูปที่ 2.23 การเปรียบเทียบผลตอบสนองทางเฟสของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับ 4



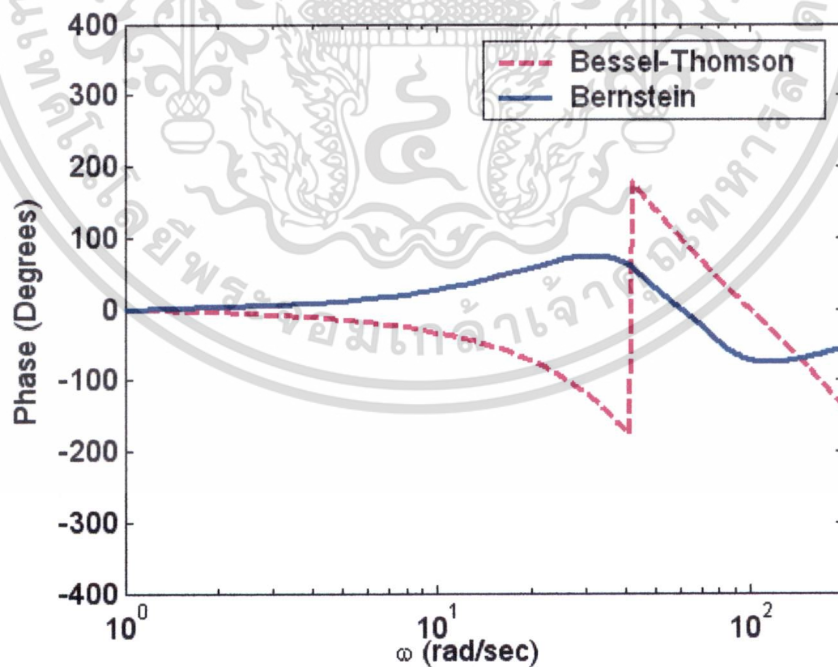
(ก) สเกลกิ่งต้อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(จ) ภาพขยายสเกลกิ่งลือก

รูปที่ 2.24 การเปรียบเทียบผลตอบสนองของทางเวลาประวิงของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับ 4



รูปที่ 2.25 การเปรียบเทียบผลตอบสนองของทางเฟสของวงจรกรองผ่านแถบความถี่แบบ Bessel-Thomson และ Bernstein

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.23 แสดงการเปรียบเทียบผลตอบสนองทางเฟสของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับ 4 ของวงจรกรองความถี่แบบเบียร์นสไตน์ วงจรกรองความถี่แบบบัตเตอร์เวิร์ท วงจรกรองความถี่แบบเชบีเชฟ และวงจรกรองความถี่แบบเบสเชสทอมสัน จะเห็นว่าคุณลักษณะทางเฟสของเบียร์นสไตน์จะเป็นเชิงเส้นที่สุด พร้อมทั้งยังสามารถปรับเปลี่ยนสโลปของเฟสได้โดยการปรับพารามิเตอร์ K และ ϵ

รูปที่ 2.24 (ก) และ (ข) แสดงการเปรียบเทียบผลตอบสนองทางเวลาประวิงของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน อันดับ 4 ของวงจรกรองความถี่แบบเบียร์นสไตน์ วงจรกรองความถี่แบบบัตเตอร์เวิร์ท วงจรกรองความถี่แบบเชบีเชฟ และวงจรกรองความถี่แบบเบสเชสทอมสัน จะเห็นว่าคุณลักษณะทางเวลาประวิงของเบียร์นสไตน์มีความราบเรียบที่สุด และเป็นค่าคงที่ นอกจากนี้ยังสามารถปรับความราบเรียบทางเวลาประวิงให้มากขึ้นได้ โดยการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ K และ ϵ

รูปที่ 2.25 แสดงการเปรียบเทียบผลตอบสนองทางเฟสของวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (Band-pass Filter) อันดับ 4 แบบเบียร์นสไตน์ และแบบเบสเชสทอมสัน ซึ่งได้จากการแปลงด้วยวิธี Frequency Transformation จากวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านเป็นวงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (Low-pass to Band-pass Transformation) โดยกำหนดให้ $BW=1$ [17] แล้วนำไปพล็อตกราฟเปรียบเทียบคุณลักษณะทางเฟส จะเห็นว่า คุณลักษณะทางเฟสของวงจรกรองแถบความถี่ผ่านแบบเบียร์นสไตน์มีความเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า หรือเฟสเป็นเชิงเส้นกว่าแบบเบสเชสทอมสัน นั่นเอง

2.7 สรุป

โทรทัศน์สีระบบ PAL เป็นระบบที่ถูกนำมาใช้ในประเทศไทยมีวิธีการแก้ปัญหาที่เกิดจากการส่งผ่านของระบบโทรทัศน์ คือการนำสัญญาณทดสอบใส่แทรกเข้าไปในช่วงของสัญญาณแบล็กกิ้งทางแนวตั้ง สัญญาณทดสอบที่น่าสนใจคือสัญญาณมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์เพราะมีข้อดีหลายประการ เช่น สร้างขึ้นไม่ยาก มีรูปแบบง่าย มีความไวต่อความผิดเพี้ยน มีสเปกตรัมครอบคลุมทั้งย่านความถี่ต่ำและย่านความถี่สูง และสามารถวัดค่าได้ ด้วยเหตุนี้สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์จึงถูกนำมาใช้ในโครงการวิจัยนี้ เพื่อเป็นสัญญาณอินพุตป้อนเข้าวงจรปรับเท่าทางอัตราการขยายของสัญญาณสีที่ได้ออกแบบด้วยวงจรกรองความถี่แอนาลอก โดยใช้เบียร์นสไตน์โพลีโนเมียลมาแก้ปัญหาค่าความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายที่เกิดขึ้นของสัญญาณสีนั่นเอง

บทที่ 3

ผลการวิจัย

3.1 บทนำ

การส่งผ่านโทรทัศน์สีในประเทศไทยใช้ระบบ PAL ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับโทรทัศน์สีระบบ NTSC แต่ได้รับการเสริมเติมแต่งแก้ไขให้มีความแตกต่างกันอยู่หลายประการ เรื่องที่สำคัญก็คือได้รับการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดจากความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายและทางเฟส โดยปกติการส่งสัญญาณโทรทัศน์ที่มีขนาดและความถี่แตกต่างกันผ่านวงจรขยายสัญญาณหรือวงจรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง จะทำให้ต้องใช้เวลานานมากขึ้นและมีการขยายมากขึ้นแตกต่างกันออกไปตามแต่ขนาดและความถี่ของสัญญาณโทรทัศน์ ซึ่งจะมีผลต่อสัญญาณโทรทัศน์ที่ให้ภาพสีและสัญญาณคลื่นพาหีสี่ย่อยมาก ความผิดเพี้ยนเหล่านี้จะทำให้ภาพสีของเครื่องรับโทรทัศน์สีมีสีสันทันที่ผิดเพี้ยนไปจากภาพสีของเครื่องส่งโทรทัศน์สีซึ่งเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องทำการแก้ไข ในโทรทัศน์สีระบบ NTSC เองได้มีการแก้ไขเรื่องนี้โดยการพิจารณาออกแบบวงจรที่เกี่ยวข้องให้เหมาะสม แต่ในโทรทัศน์สีระบบ PAL มีวิธีการปรับปรุงแก้ไขปัญหาในเรื่องนี้โดยใช้สัญญาณทดสอบ (Test Signals) แบบต่าง ๆ ตามความเหมาะสมซึ่งขึ้นอยู่กับระบบที่จะทดสอบ โดยการใส่เข้าไปช่วงสัญญาณแบดดิ้งกึ่งทางแนวตั้ง ในที่นี้เลือกใช้สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ เพราะฉะนั้นเมื่อมีความผิดเพี้ยนดังกล่าวเกิดขึ้นก็จะทำการแก้ไขความผิดเพี้ยนได้ที่สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ ในบทนี้จะแก้ไขปัญหาลความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่เกิดขึ้นจากการส่งผ่านของระบบโทรทัศน์สี โดยใช้วงจรปรับเท่าทางอัตราขยายที่ $\pm 1\text{dB}$ $\pm 2\text{dB}$ และ $\pm 3\text{dB}$ โดยจะกล่าวถึงวิธีการออกแบบวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายที่ประยุกต์มาจากวงจรกรองความถี่แอนาล็อกแบบเบิรน์สไตน์พร้อมทั้งเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม การจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม MATLAB การสร้างวงจรจริงด้วยเทคนิคการสร้างแบบออปแอมป์เดียว การจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม PSpice และผลการทดลองตามลำดับ

3.2 การออกแบบวงจรปรับเท่าทางอัตราขยาย

การออกแบบวงจรปรับเท่าทางอัตราขยาย (Gain Equalizer) เริ่มจากการออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน แบบเบิรน์สไตน์ อันดับ 4 เพื่อนำมาประยุกต์ใช้เป็นวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายด้วยสมการ [19]

$$|H(s)|^2 = 1 + |N(s)|^2 \quad (3.1)$$

เมื่อ $|N(s)|^2$ คือฟังก์ชันถ่ายโอนทางขนาดยกกำลังสองของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านที่ได้จากเบรินสไตน์โพลิโนเมียล ส่วน $|H(s)|^2$ คือฟังก์ชันถ่ายโอนทางขนาดยกกำลังสองของวงจรปรับเท่าทางอัตราการขยาย ดังนั้นจากสมการที่ (3.1) ทำการเลือกค่าโพลและซีโรทางซ้ายของระนาบ s จะได้ฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรปรับเท่าทางอัตราการขยาย

วงจรกรองความถี่ต่ำผ่านแบบเบรินสไตน์นั้นเป็นจุดเริ่มต้นของการออกแบบวงจรปรับเท่าทางอัตราการขยาย ดังนั้นจำเป็นต้องหาค่าพารามิเตอร์ควบคุมที่เหมาะสมซึ่งจะนำไปใช้ในการออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ซึ่งในโครงการวิจัยนี้เลือกค่า $\varepsilon=10$ และ $K=1$ [20] แล้วนำค่าดังกล่าวไปแทนลงใน $|N(s)|^2$ ของสมการที่ (3.1) จะได้ฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรปรับเท่าทางอัตราการขยายเพื่อนำไปสร้างเป็นวงจรจริงต่อไป ในโครงการวิจัยนี้ได้นำวงจรปรับเท่าทางอัตราการขยายมาใช้แก้ความผิดเพี้ยนของสัญญาณที่เกิดจากความไม่เท่ากันทางขนาดของสัญญาณสี่กับสัญญาณสองสว่าง โดยสัญญาณสองสว่างจะอยู่ในย่านความถี่ต่ำกว่า 0.5 MHz ส่วนสัญญาณสี่จะอยู่ที่ความถี่คลื่นพาห่สี่ข้อย 4.43 MHz ดังนั้นในการแก้ความผิดเพี้ยนดังกล่าวจึงต้องใช้วงจรปรับเท่าทางอัตราการขยายเพื่อทำการยกระดับ หรือ ลดระดับทางขนาดของสัญญาณสี่ที่ความถี่สูงให้มีขนาดเท่ากับขนาดของสัญญาณสองสว่างนั่นเอง

การออกแบบวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านอันดับ 4 จะเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม คือ $\varepsilon=10$ และ $K=1$ แทนลงในสมการที่ (2.18) แล้วนำสมการที่ได้ไปออกแบบฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรปรับเท่าทางอัตราการขยายโดยแทนลงในสมการที่ (3.1) ได้สมการเป็น

$$H(s) = \frac{H_0 \cdot (s^4 + 2.9479s^3 + 2.3451s^2 + 0.2591s + 0.0141)}{s^4 + 2.9288s^3 + 2.2889s^2 + 0.2149s + 1} \quad (3.2)$$

เมื่อ H_0 คือค่าคงที่ที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงขนาดของวงจรปรับเท่าทางอัตราการขยาย

จากสมการที่ (3.2) นำมาออกแบบฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรปรับเท่าทางอัตราการขยายสูงโดยใช้วิธีการแปลงจากวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านเป็นวงจรกรองความถี่สูงผ่าน (Low-pass to High-pass Transformation) และปรับค่าคงที่ H_0 ให้ฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรปรับเท่าทางอัตราการขยายสูงอยู่ที่ +1 dB + 2 dB และ +3 dB แสดงดังสมการ

$$H(s)_{1dB} = \frac{1.1218s^4 + 10.2761s^3 + 44.8216s^2 + 97.5048s + 101}{s^4 + 9.4021s^3 + 42.1995s^2 + 94.4897s + 101} \quad (3.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H(s)_{2dB} = \frac{1.2589s^4 + 11.2356s^3 + 47.6215s^2 + 100.6386s + 101}{s^4 + 9.4021s^3 + 42.1995s^2 + 94.4897s + 101} \quad (3.4)$$

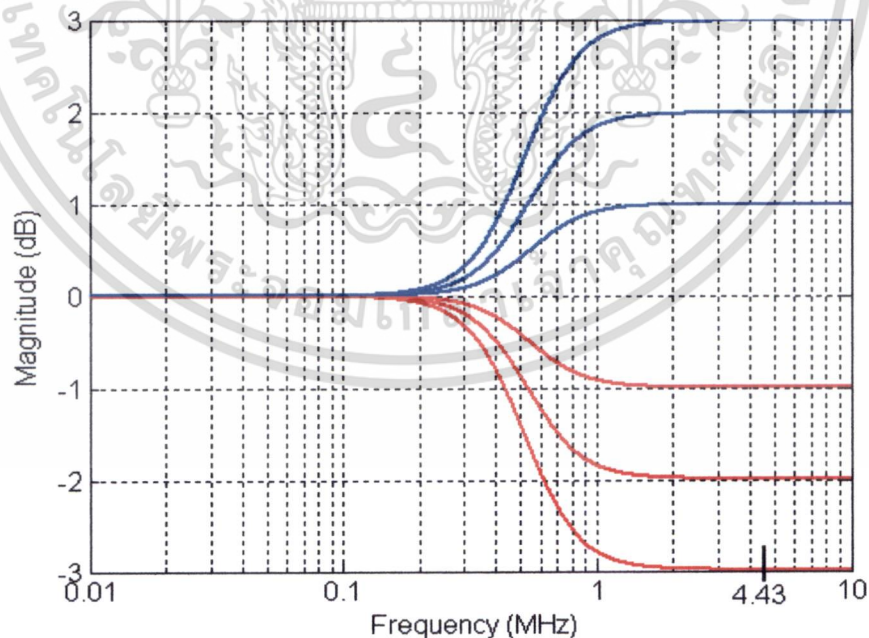
$$H(s)_{3dB} = \frac{1.4102s^4 + 12.2699s^3 + 50.5584s^2 + 103.8389s + 101}{s^4 + 9.4021s^3 + 42.1995s^2 + 94.4897s + 101} \quad (3.5)$$

ในการทำงานเดียวกัน สามารถออกแบบฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายต่ำที่ -1 dB -2 dB และ -3 dB แสดงดังสมการ

$$H(s)_{-1dB} = \frac{0.8914s^4 + 8.3810s^3 + 37.6166s^2 + 84.2280s + 90.0313}{s^4 + 9.1601s^3 + 39.9539s^2 + 86.9156s + 90.0313} \quad (3.6)$$

$$H(s)_{-2dB} = \frac{0.7944s^4 + 7.4686s^3 + 33.5216s^2 + 75.0587s + 80.2303}{s^4 + 8.9251s^3 + 37.8285s^2 + 79.9432s + 80.2303} \quad (3.7)$$

$$H(s)_{-3dB} = \frac{0.7091s^4 + 6.6671s^3 + 29.9241s^2 + 67.0037s + 71.6202}{s^4 + 8.7007s^3 + 35.8515s^2 + 73.6333s + 71.6202} \quad (3.8)$$

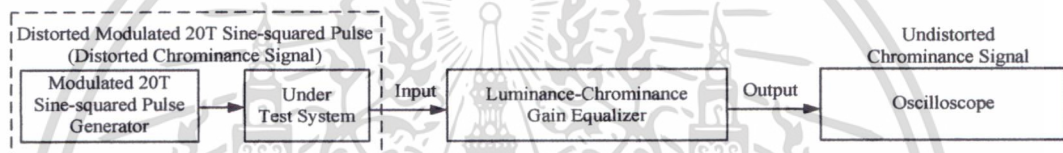


รูปที่ 3.1 ผลตอบสนองทางขนาดของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายที่ $\pm 1\text{ dB}$ $\pm 2\text{ dB}$ และ $\pm 3\text{ dB}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

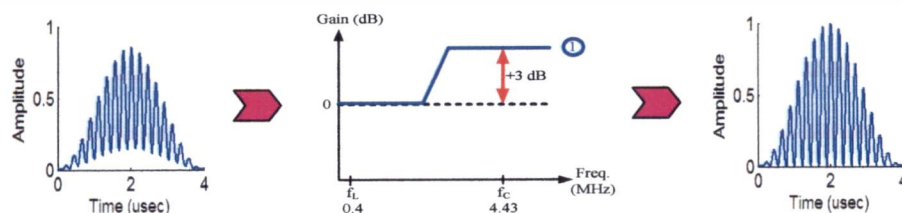
นำฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายทั้งหมดมาพล็อตผลตอบสนองทางขนาด แสดงดังรูปที่ 3.1 จะเห็นได้ว่าวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายที่ได้ออกแบบสามารถยกระดับที่ +1 dB +2 dB และ +3 dB และลดระดับที่ -1 dB -2 dB และ -3 dB ของสัญญาณที่มีความถี่คลื่นพาหส์ที่ย่อย 4.43 MHz เพื่อให้มีขนาดเท่ากับสัญญาณส่องสว่างในย่านความถี่ต่ำ ดังนั้นวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายที่ได้ออกแบบสามารถแก้ความผิดเพี้ยนที่เกิดจากความไม่เท่ากันทางขนาดของสัญญาณกับความถี่สัญญาณส่องสว่าง เพื่อให้ได้สัญญาณภาพกลับไปมีคุณภาพเหมือนเดิม

การนำเสนอแนวความคิดของการนำวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณที่ ± 1 dB ± 2 dB และ ± 3 dB ไปใช้ในการแก้ความผิดเพี้ยนของสัญญาณภาพในระบบโทรทัศน์ [6] แสดงดังรูปที่ 3.2



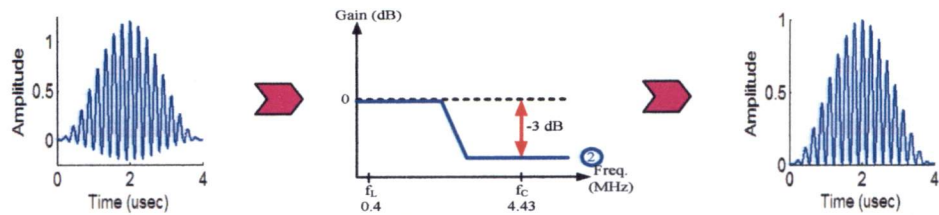
รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมแนวความคิดของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณสี

รูปที่ 3.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมการนำเสนอแนวความคิดของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณสี เพื่อนำใช้ในการแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายของสัญญาณสี โดยสามารถชดเชย (Compensating) ได้ทั้งความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำที่ -1 dB -2 dB และ -3 dB และความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูงที่ +1 dB +2 dB และ +3 dB วิธีการทดลองสามารถทำได้โดยการป้อนสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์เป็นสัญญาณอินพุตผ่านการจำลองระบบที่ทำการทดสอบ แล้วทำให้เกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายขึ้น จากนั้นนำสัญญาณอินพุตที่ได้ไปผ่านวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายเพื่อทำการยกระดับ หรือลดระดับสัญญาณที่มีความถี่คลื่นพาหส์ที่ย่อย 4.43 MHz จะได้สัญญาณเอาต์พุตเป็นสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่ปราศจากความผิดเพี้ยนสามารถแสดงได้บนจอออสซิลโลสโคป

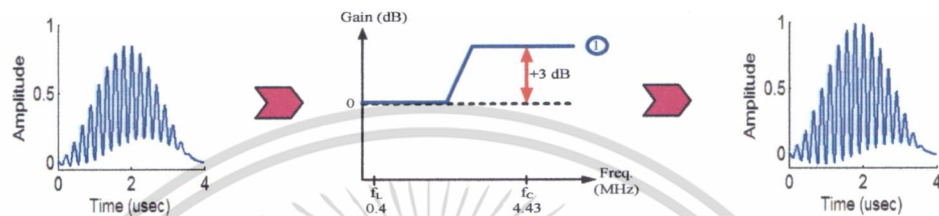


(ก) การแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำที่ -3 dB

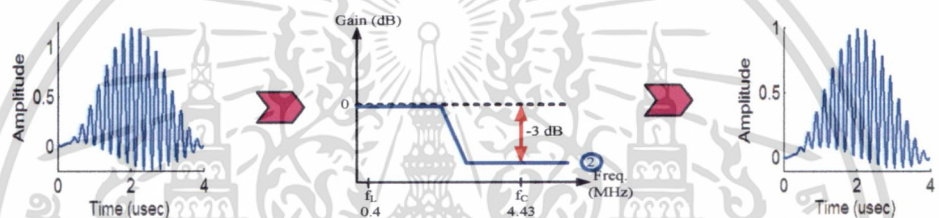
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) การแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูงที่ +3 dB



(ค) การแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำที่ -3 dB



(ง) การแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูงที่ +3 dB

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายของสัญญาณสี่ที่ ±3 dB

รูปที่ 3.3 แสดงตัวอย่างการแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายของสัญญาณสี่ที่ ±3 dB ยกตัวอย่างกรณีแรกป้อนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำที่ -3dB ป้อนผ่านวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายสูงที่ +3dB เพื่อทำการยกระดับสัญญาณสี่ที่ความถี่คลื่นพาห่สี่ร้อย 4.43 MHz ได้สัญญาณเอาต์พุตเป็นสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่ปราศจากความผิดเพี้ยน โดยสังเกตได้ว่าพื้นฐานของพัลส์มีความราบเรียบ แสดงดังรูปที่ 3.3 (ก) ในทางตรงกันข้ามป้อนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูงที่ +3dB ป้อนผ่านวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายต่ำที่ -3dB เพื่อทำการลดระดับสัญญาณสี่ที่ความถี่คลื่นพาห่สี่ร้อย 4.43 MHz ได้สัญญาณเอาต์พุตเป็นสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่ปราศจากความผิดเพี้ยนโดยสังเกตได้ว่าพื้นฐานของพัลส์มีความราบเรียบเช่นกัน แสดงดังรูปที่ 3.3 (ข) ส่วนรูปที่ 3.3 (ค) เป็นตัวอย่างการป้อนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทั้งทางอัตราขยายต่ำที่ -3dB และเวลาประวิงแบบ Delayed Chrominance ที่ 300ns ป้อนผ่านวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายสูงที่ +3dB เพื่อทำการยกระดับสัญญาณสี่ที่ความถี่คลื่นพาห่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สี่ย่อย 4.43 MHz ได้สัญญาณเอาต์พุตเป็นสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่เหลือเพียงความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงอย่างเดียวโดยสังเกตได้พื้นฐานของพัลส์จะเป็นรูปไซน์สมมาตรกัน ในทางตรงกันข้ามป้อนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทั้งทางอัตรการขยายสูงที่ +3 dB และเวลาประวิงแบบ Advanced Chrominance ที่ 300 ns ป้อนผ่านวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายต่ำที่ -3 dB เพื่อทำการลดระดับสัญญาณสี่ที่มีความถี่คลื่นพาห้สี่ย่อย 4.43 MHz ได้สัญญาณเอาต์พุตเป็นสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่เหลือเพียงความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงอย่างเดียวโดยสังเกตได้พื้นฐานของพัลส์จะเป็นรูปไซน์สมมาตรกัน แสดงดังรูปที่ 3.3 (ง)

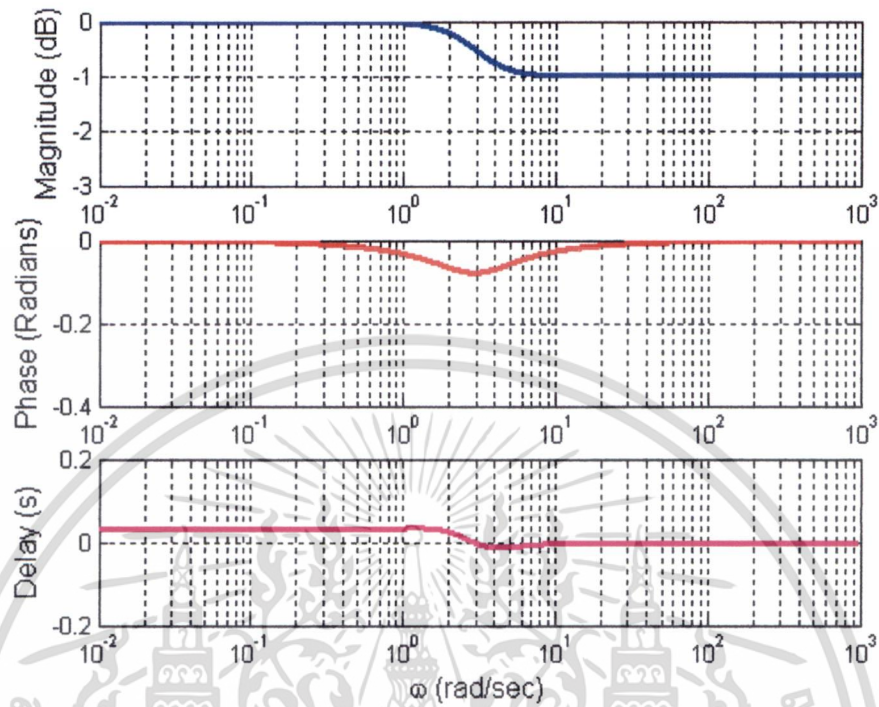
3.3 การจำลองการทำงาน ด้วยโปรแกรม MATLAB

ในหัวข้อนี้จะนำฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายทั้งหมดที่ได้ออกแบบในหัวข้อที่ 3.2 มาทำการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม MATLAB ก่อนที่จะนำฟังก์ชันถ่ายโอนไปออกแบบสร้างวงจรจริงต่อไป ในการจำลองการทำงานนั้นจะดูผลตอบสนองทางความถี่ทั้ง 3 แบบ คือ ผลตอบสนองทางขนาด ผลตอบสนองทางเฟส และผลตอบสนองทางเวลาประวิง

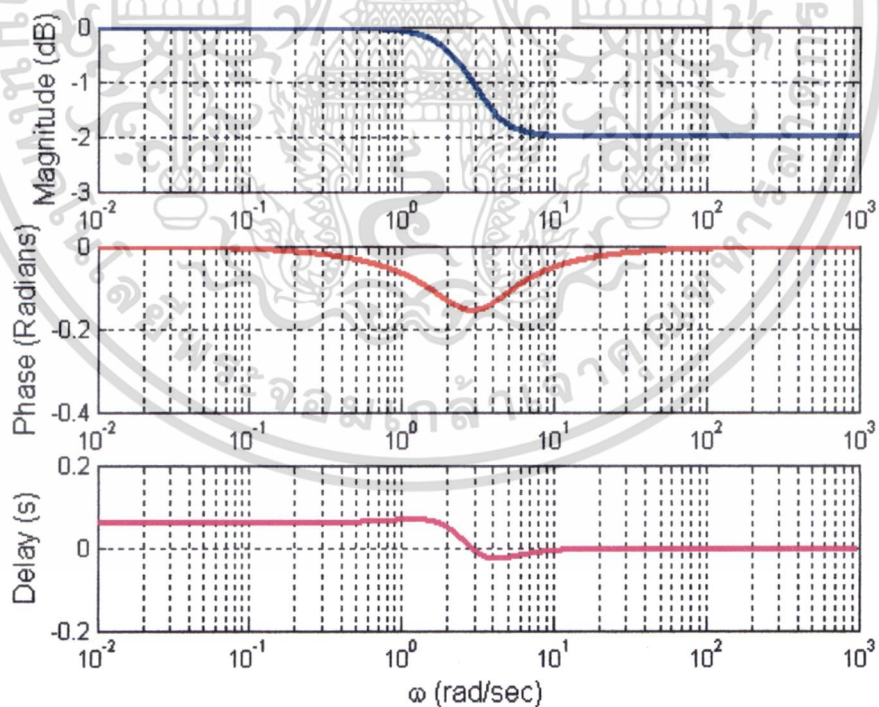
การจำลองการทำงานของวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายต่ำที่ -1dB แสดงดังรูปที่ 3.4 จะเห็นว่าผลตอบสนองทางขนาดของสัญญาณสี่มีค่า -1dB ผลตอบสนองทางเฟสเป็นเชิงเส้น และผลตอบสนองทางเวลาประวิงมีความราบเรียบในช่วงใช้งาน กล่าวคือในช่วงสัญญาณส่องสว่างที่ย่านความถี่ต่ำ และช่วงสัญญาณสี่ที่ย่านความถี่สูงนั่นเอง ส่วนการจำลองการทำงานของวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายต่ำที่ -2dB และ -3dB แสดงดังรูปที่ 3.5 และรูปที่ 3.6 ตามลำดับ จะเห็นว่าผลตอบสนองทางขนาดของสัญญาณสี่มีค่า -2dB และ -3dB ผลตอบสนองทางเฟสเป็นเชิงเส้น และผลตอบสนองทางเวลาประวิงมีความราบเรียบในช่วงใช้งานเช่นเดียวกัน

ในทำนองเดียวกัน การจำลองการทำงานของวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายสูงที่ +1dB +2dB และ +3dB แสดงดังรูปที่ 3.7 รูปที่ 3.8 และรูปที่ 3.9 ตามลำดับ จะเห็นว่าผลตอบสนองทางขนาดของสัญญาณสี่มีค่า +1dB +2dB และ +3dB ผลตอบสนองทางเฟสเป็นเชิงเส้น และผลตอบสนองทางเวลาประวิงมีความราบเรียบในช่วงใช้งาน

สรุปได้ว่าการจำลองการทำงานของวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายที่ $\pm 1\text{dB}$ $\pm 2\text{dB}$ และ $\pm 3\text{dB}$ ได้ผลการตอบสนองทางความถี่เป็นอย่างดี ทั้งทางขนาด เฟส และเวลาประวิง ดังนั้นขั้นตอนต่อไปคือการนอร์แมลไลซ์ความถี่ และการออกแบบสร้างวงจรจริงด้วยเทคนิคการสร้างแบบออปแอมป์เดี่ยว ซึ่งจะได้กล่าวในหัวข้อถัดไป

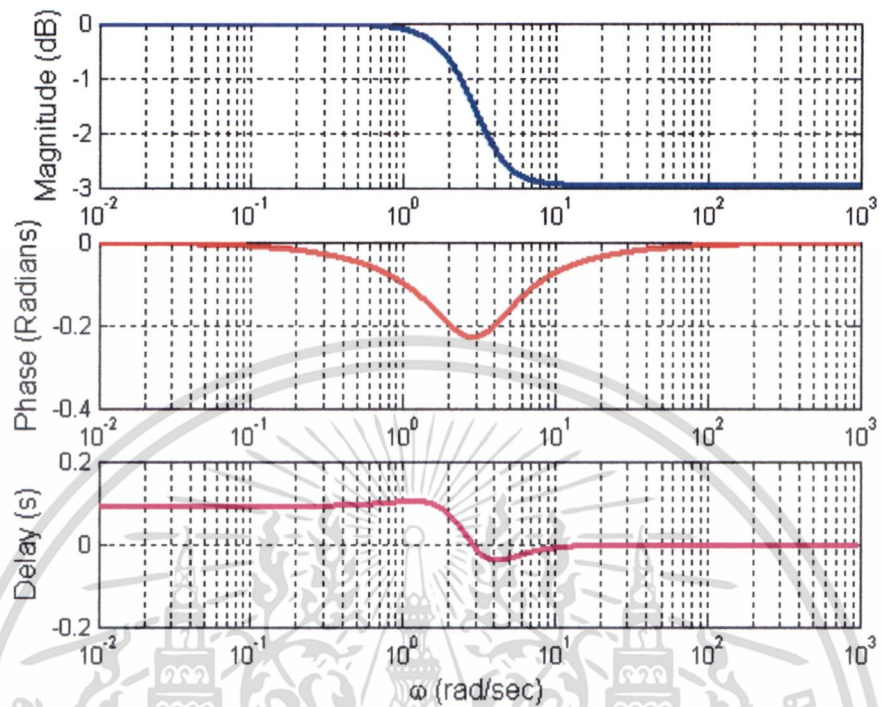


รูปที่ 3.4 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่างอัตราขยายต่ำที่ -1 dB

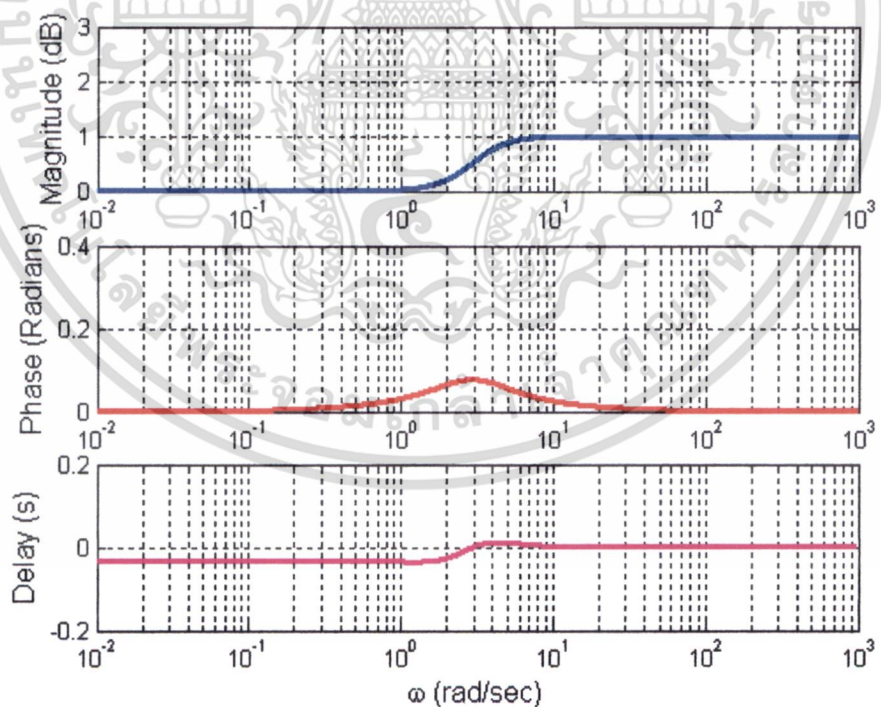


รูปที่ 3.5 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่างอัตราขยายต่ำที่ -2 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

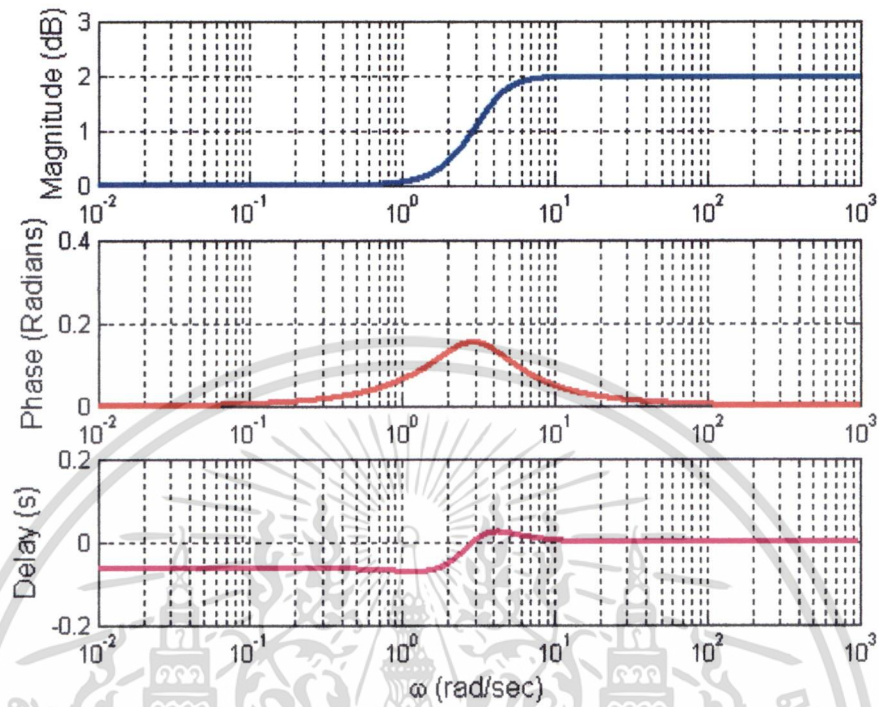


รูปที่ 3.6 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายต่ำที่ -3 dB

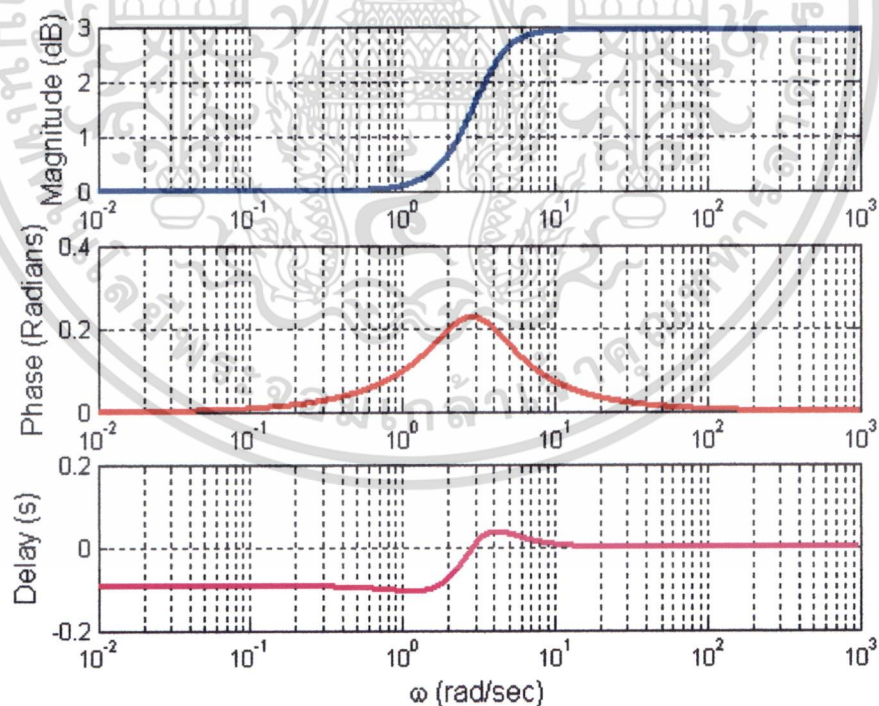


รูปที่ 3.7 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายสูงที่ $+1$ dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายสูงที่ +2 dB

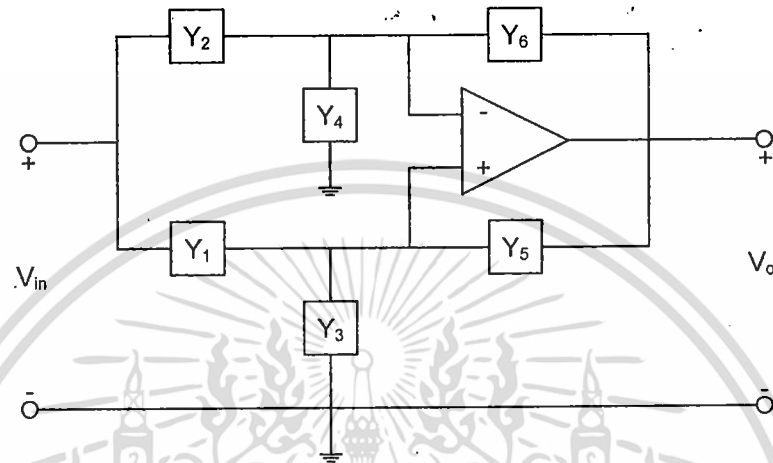


รูปที่ 3.9 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายสูงที่ +3 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การออกแบบวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยาย ด้วยเทคนิคการสร้างแบบออปแอมป์เดี่ยว

การออกแบบวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยาย ด้วยเทคนิคการสร้างแบบออปแอมป์เดี่ยว (Single Amplifier) นั้น วงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายที่จะทำการสร้างจริงจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ออปแอมป์ (Op-Amp) 1 ตัว และวงจร RC แบบ One-ports จำนวน 6 ชุด [21] แสดงดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 วงจรสมมูลของการสร้างแบบออปแอมป์เดี่ยว

ในที่นี้จะสร้างวงจรจริง (Realization Circuits) ของวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายที่ ± 1 dB ± 2 dB และ ± 3 dB โดยจะอธิบายวิธีการสร้างวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายที่ ± 1 dB อย่างละเอียดด้วยเทคนิคการสร้างแบบออปแอมป์เดี่ยว

3.4.1 การสร้างวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายต่ำที่ -1 dB

จากฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายต่ำที่ -1 dB ที่หาได้จากวงจรรองความถี่ แบบเบียร์นสไตน์ อันดับ 4 ในสมการที่ (3.6) การสร้างวงจรเริ่มจากการสร้างวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายให้เป็นอันดับ 2 เพื่อต่อแบบคาสเคด (Cascade) กันแล้วได้เป็นอันดับ 4 ดังสมการ

$$H_{-1dB}(s) = H_1(s) \cdot H_2(s) \quad (3.9)$$

เมื่อ

$$H_1(s) = H_2(s) = \frac{0.9442s^2 + 4.4388s + 9.4893}{s^2 + 4.5802s + 9.4893} \quad (3.10)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการสร้าง $H_1(s)$ โดยจัดรูปสมการใหม่จะได้

$$H_1(s) = \frac{P(s)}{Q(s)} \quad (3.11)$$

กำหนดให้ $D(s) = (s+2)(s+5)$ ดังนั้น

$$\frac{P(s)}{D(s)} = Y_1 - Y_2, \quad \frac{Q(s)}{D(s)} = Y_6 - Y_5, \quad \frac{Q(s) - P(s)}{D(s)} = Y_3 - Y_4 \quad (3.12)$$

ทำการหา Y_1 และ Y_2 จาก

$$\begin{aligned} \frac{P(s)}{sD(s)} &= \frac{0.9442s^2 + 4.4388s + 9.4893}{s(s+2)(s+5)} \\ &= \frac{A}{s} + \frac{B}{s+2} + \frac{C}{s+5} \end{aligned} \quad (3.13)$$

เพราะฉะนั้น

$$\begin{aligned} A &= 0.9489 \\ B &= -0.7314 \\ C &= 0.7276 \end{aligned} \quad (3.14)$$

นำไปแทนลงในสมการที่ (3.13)

$$\begin{aligned} \frac{P(s)}{D(s)} &= \frac{0.9489s}{s} - \frac{0.7314s}{s+2} + \frac{0.7267s}{s+5} \\ &= Y_1 - Y_2 \end{aligned} \quad (3.15)$$

ดังนั้น

$$Y_1 = \frac{1}{1.0539} + \frac{1}{1.3761 + \frac{1}{0.1454s}} \quad (3.16)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Y_2 = \frac{1}{1.3761 + \frac{1}{0.3634s}} \quad (3.17)$$

ทำการหา Y_5 และ Y_6 จาก

$$\begin{aligned} \frac{Q(s)}{sD(s)} &= \frac{s^2 + 4.5802s + 9.4893}{s(s+2)(s+5)} \\ &= \frac{D}{s} + \frac{E}{s+2} + \frac{F}{s+5} \end{aligned} \quad (3.18)$$

เพราะฉะนั้น

$$\begin{aligned} D &= 0.9489 \\ E &= -0.7215 \\ F &= 0.7725 \end{aligned} \quad (3.19)$$

นำไปแทนลงในสมการที่ (3.18)

$$\begin{aligned} \frac{Q(s)}{D(s)} &= \frac{0.9489s}{s} - \frac{0.7215s}{s+2} + \frac{0.7725s}{s+5} \\ &= Y_6 - Y_5 \end{aligned} \quad (3.20)$$

ดังนั้น

$$Y_6 = \frac{1}{1.0539} + \frac{1}{1.2944 + \frac{1}{0.1545s}} \quad (3.21)$$

$$Y_5 = \frac{1}{1.3806 + \frac{1}{0.3608s}} \quad (3.22)$$

ทำการหา Y_3 และ Y_4 จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Y_3 - Y_4 = (Y_6 - Y_5) - (Y_1 - Y_2) \quad (3.23)$$

ดังนั้น

$$Y_3 = 0 \quad (3.24)$$

$$Y_4 = \frac{1}{144.9275 + \frac{1}{0.0035s}} + \frac{1}{21.8341 + \frac{1}{0.0092s}} \quad (3.25)$$

3.4.2 การสร้างวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายต่ำที่ -2 dB

การสร้างวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายต่ำที่ -2 dB จะมีขั้นตอนวิธีการเหมือนการสร้างวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายต่ำที่ -1dB ทุกประการต่างก็แต่ฟังก์ชันถ่ายโอน ดังนั้นได้ค่าแอดมิตแตนซ์ Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 และ Y_6 ตามลำดับ ดังนี้

$$Y_1 = \frac{1}{1.1159} + \frac{1}{1.4571 + \frac{1}{0.1373s}} \quad (3.26)$$

$$Y_2 = \frac{1}{1.44781 + \frac{1}{0.3454s}} \quad (3.27)$$

$$Y_3 = 0 \quad (3.28)$$

$$Y_4 = \frac{1}{54.6448 + \frac{1}{0.0092s}} + \frac{1}{11.1111 + \frac{1}{0.018s}} \quad (3.29)$$

$$Y_5 = \frac{1}{1.4872 + \frac{1}{0.3362s}} \quad (3.30)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Y_6 = \frac{1}{1.1159} + \frac{1}{1.2882 + \frac{1}{0.1553s}} \quad (3.31)$$

3.4.3 การสร้างวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายต่ำที่ -3 dB

การสร้างวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายต่ำที่ -3 dB จะมีขั้นตอนวิธีการเหมือนการสร้างวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายต่ำที่ -1dB ทุกประการต่างกันก็แต่ฟังก์ชันถ่ายโอน ดังนั้นได้ค่าแอดมิตแตนซ์ Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 และ Y_6 ตามลำดับ ดังนี้

$$Y_1 = \frac{1}{1.1791} + \frac{1}{1.5396 + \frac{1}{0.1299s}} \quad (3.32)$$

$$Y_2 = \frac{1}{1.5298 + \frac{1}{0.3269s}} \quad (3.33)$$

$$Y_3 = 0 \quad (3.34)$$

$$Y_4 = \frac{1}{37.1747 + \frac{1}{0.0134s}} + \frac{1}{7.6277 + \frac{1}{0.0262s}} \quad (3.35)$$

$$Y_5 = \frac{1}{1.5954 + \frac{1}{0.3134s}} \quad (3.36)$$

$$Y_6 = \frac{1}{1.1791} + \frac{1}{1.2811 + \frac{1}{0.1561s}} \quad (3.37)$$

3.4.4 การสร้างวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายสูงที่ +1 dB

จากฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายสูงที่ +1 dB ที่หาได้จากวงจรรองความถี่แบบเบรินสไตน์ อันดับ 4 ในสมการที่ (3.3) การสร้างวงจรเริ่มจากการทำวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายให้เป็นอันดับ 2 เพื่อต่อแบบคาสเคด (Cascade) กันแล้วได้เป็นอันดับ 4 ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H_{+1dB}(s) = H_1(s) \cdot H_2(s) \quad (3.38)$$

เมื่อ

$$H_1(s) = H_2(s) = \frac{1.0591s^2 + 4.8508s + 10.0499}{s^2 + 4.7010s + 10.0499} \quad (3.39)$$

ทำการสร้าง $H_1(s)$ โดยจัดรูปสมการใหม่จะได้

$$H_1(s) = \frac{P(s)}{Q(s)} \quad (3.40)$$

กำหนดให้ $D(s) = (s+2)(s+5)$ ดังนั้น

$$\frac{P(s)}{D(s)} = Y_1 - Y_2, \quad \frac{Q(s)}{D(s)} = Y_6 - Y_5, \quad \frac{Q(s) - P(s)}{D(s)} = Y_3 - Y_4 \quad (3.41)$$

ทำการหา Y_1 และ Y_2 จาก

$$\begin{aligned} \frac{P(s)}{sD(s)} &= \frac{1.0591s^2 + 4.8508s + 10.0499}{s(s+2)(s+5)} \\ &= \frac{A}{s} + \frac{B}{s+2} + \frac{C}{s+5} \end{aligned} \quad (3.42)$$

เพราะฉะนั้น

$$\begin{aligned} A &= 1.0050 \\ B &= -0.7641 \\ C &= 0.8182 \end{aligned} \quad (3.43)$$

นำไปแทนลงในสมการที่ (3.42)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}\frac{P(s)}{D(s)} &= \frac{1.0050s}{s} - \frac{0.7641s}{s+2} + \frac{0.8182s}{s+5} \\ &= Y_1 - Y_2\end{aligned}\quad (3.44)$$

ดังนั้น

$$Y_1 = \frac{1}{0.9950} + \frac{1}{1.2221 + \frac{1}{0.1636s}} \quad (3.45)$$

$$Y_2 = \frac{1}{1.3087 + \frac{1}{0.3821s}} \quad (3.46)$$

ทำการหา Y_5 และ Y_6 จาก

$$\begin{aligned}\frac{Q(s)}{sD(s)} &= \frac{s^2 + 4.70102s + 10.0499}{s(s+2)(s+5)} \\ &= \frac{D}{s} + \frac{E}{s+2} + \frac{F}{s+5}\end{aligned}\quad (3.47)$$

เพราะฉะนั้น

$$\begin{aligned}D &= 1.0050 \\ E &= -0.7746 \\ F &= 0.7696\end{aligned}\quad (3.48)$$

นำไปแทนลงในสมการที่ (3.47)

$$\begin{aligned}\frac{Q(s)}{D(s)} &= \frac{1.0050s}{s} - \frac{0.7746s}{s+2} + \frac{0.7696s}{s+5} \\ &= Y_6 - Y_5\end{aligned}\quad (3.49)$$

ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Y_6 = \frac{1}{0.9950} + \frac{1}{1.2994 + \frac{1}{0.1539s}} \quad (3.50)$$

$$Y_5 = \frac{1}{1.2910 + \frac{1}{0.3873s}} \quad (3.51)$$

ทำการหา Y_3 และ Y_4 จาก

$$Y_3 - Y_4 = (Y_6 - Y_5) - (Y_1 - Y_2) \quad (3.52)$$

ดังนั้น

$$Y_3 = 0 \quad (3.53)$$

$$Y_4 = \frac{1}{95.2381 + \frac{1}{0.0053s}} + \frac{1}{20.5761 + \frac{1}{0.0097s}} \quad (3.54)$$

3.4.5 การสร้างวงจรปรับแก้ทางอัตรการขยายสูงที่ +2 dB

การสร้างวงจรปรับแก้ทางอัตรการขยายสูงที่ +2 dB จะมีขั้นตอนวิธีการเหมือนการสร้างวงจรปรับแก้ทางอัตรการขยายสูงที่ +1dB ทุกประการต่างกันก็แต่ฟังก์ชันถ่ายโอน ดังนั้นได้ค่าแอดมิตแดนซ์ Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 และ Y_6 ตามลำดับ ดังนี้

$$Y_1 = \frac{1}{0.9950} + \frac{1}{1.1486 + \frac{1}{0.1741s}} \quad (3.55)$$

$$Y_2 = \frac{1}{1.3260 + \frac{1}{0.3771s}} \quad (3.56)$$

$$Y_3 = 0 \quad (3.57)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Y_4 = \frac{1}{9.9010 + \frac{1}{0.0505s}} + \frac{1}{48.7805 + \frac{1}{0.0041s}} \quad (3.58)$$

$$Y_5 = \frac{1}{1.2910 + \frac{1}{0.3873s}} \quad (3.59)$$

$$Y_6 = \frac{1}{0.9950} + \frac{1}{1.2994 + \frac{1}{0.1539s}} \quad (3.60)$$

3.4.6 การสร้างวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายสูงที่ +3 dB

การสร้างวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายสูงที่ +3 dB จะมีขั้นตอนวิธีการเหมือนการสร้างวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายสูงที่ +1 dB ทุกประการต่างก็แต่ฟังก์ชันถ่ายโอน ดังนั้นได้ค่าแอดมิตแตนซ์ Y_1 Y_2 Y_3 Y_4 Y_5 และ Y_6 ตามลำดับ ดังนี้

$$Y_1 = \frac{1}{0.9950} + \frac{1}{1.0811 + \frac{1}{0.185s}} \quad (3.61)$$

$$Y_2 = \frac{1}{1.3425 + \frac{1}{0.3875s}} \quad (3.62)$$

$$Y_3 = 0 \quad (3.63)$$

$$Y_4 = \frac{1}{33.6700 + \frac{1}{0.0148s}} + \frac{1}{6.4350 + \frac{1}{0.0311s}} \quad (3.64)$$

$$Y_5 = \frac{1}{1.2910 + \frac{1}{0.3873s}} \quad (3.65)$$

$$Y_6 = \frac{1}{0.9950} + \frac{1}{1.2994 + \frac{1}{0.1539s}} \quad (3.66)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

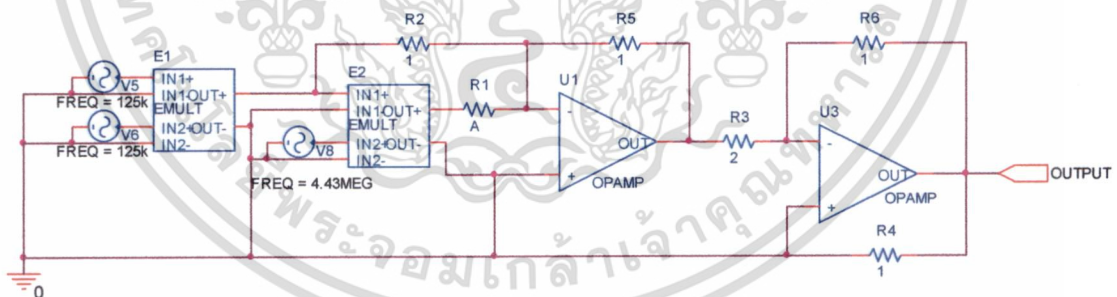
จากที่ได้แสดงวิธีการสร้างวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายที่ $\pm 1\text{dB}$ $\pm 2\text{dB}$ และ $\pm 3\text{dB}$ ด้วยเทคนิคการสร้างแบบออปแอมป์เดี่ยว จะได้ค่าแอดมิตแตนซ์ Y_1 ถึง Y_6 ของแต่ละวงจร จากนั้นให้นำค่าแอดมิตแตนซ์ไปสังเคราะห์วงจร RC แบบ One-ports จะได้ทั้งหมด 6 ชุด แล้วนำวงจรที่ได้ไปแทนลงในวงจรสมมูลของออปแอมป์เดี่ยวในรูปที่ 3.10 เมื่อทำการแทนค่าอุปกรณ์ทั้งหมดเรียบร้อยแล้วจะเป็นวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายอันดับ 2 แต่ในที่นี้ต้องการออกแบบวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายอันดับ 4 จึงนำวงจรที่ได้มาทำการต่อкасцепกันได้เป็นวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายอันดับ 4 ที่ $\pm 1\text{dB}$ $\pm 2\text{dB}$ และ $\pm 3\text{dB}$ เพื่อนำไปจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม PSpice ต่อไป

3.5 การจำลองการทำงาน ด้วยโปรแกรม PSpice

การจำลองการทำงาน ด้วยโปรแกรม PSpice แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนแรกเป็นการจำลองสร้างสัญญาณอินพุตเพื่อป้อนให้กับวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายที่สร้างขึ้น ในที่นี้คือสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ ส่วนที่สองเป็นการจำลองการทำงานของวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายที่ $\pm 1\text{dB}$ $\pm 2\text{dB}$ และ $\pm 3\text{dB}$ ตามลำดับ

3.5.1 การจำลองสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์

วงจรกำเนิดสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์สร้างได้จากสมการที่ (2.2) ในบทที่ 2 และสามารถจำลองด้วยโปรแกรม PSpice ดังรูปที่ 3.11

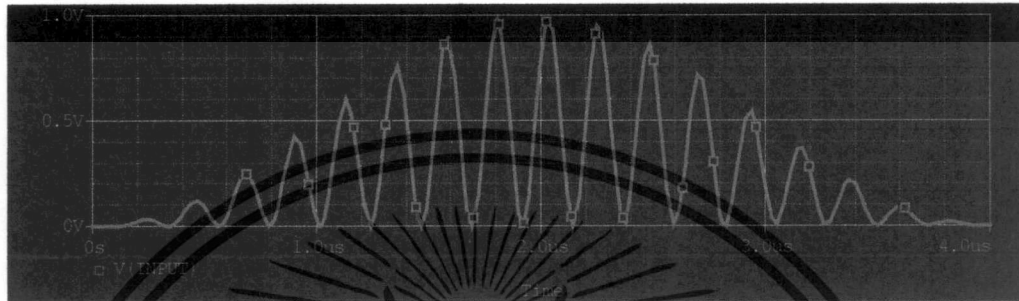


รูปที่ 3.11 วงจรกำเนิดสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์

จากรูปที่ 3.11 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ สามารถสร้างสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่ไม่มีคามผิดเพี้ยน และมีความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยาย โดยการปรับเปลี่ยนค่า R_1 ในวงจร กล่าวคือถ้าต้องการสร้างสัญญาณทดสอบที่ไม่มีคามผิดเพี้ยนค่า $R_1 = 1$ หรือก็คือค่า A สมการที่ (2.2) ในบทที่ 2 นั้นเอง แสดงดังรูปที่ 3.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

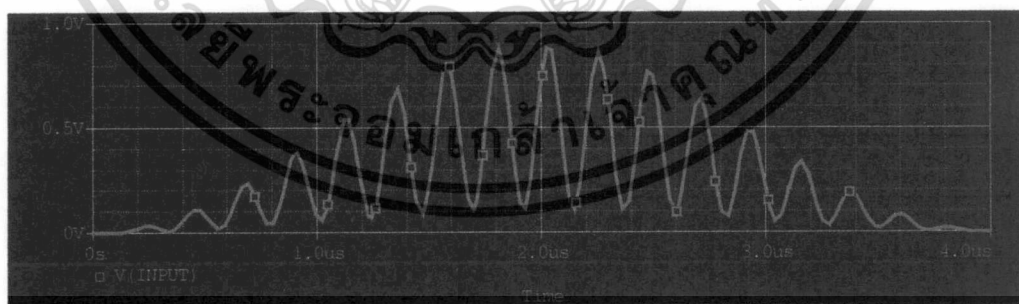
ในกรณีที่ต้องการสร้างสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำที่ -1dB -2dB และ -3dB จะกำหนดให้ค่า R_1 เท่ากับ 0.89 0.79 และ 0.71 แสดงดังรูปที่ 3.13 รูปที่ 3.14 และรูปที่ 3.15 ตามลำดับ



รูปที่ 3.12 สัญญาณมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่ไม่มีความผิดเพี้ยน

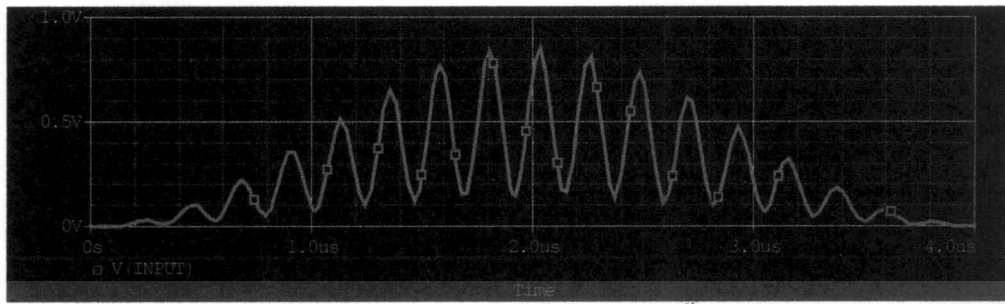


รูปที่ 3.13 สัญญาณมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำที่ -1dB

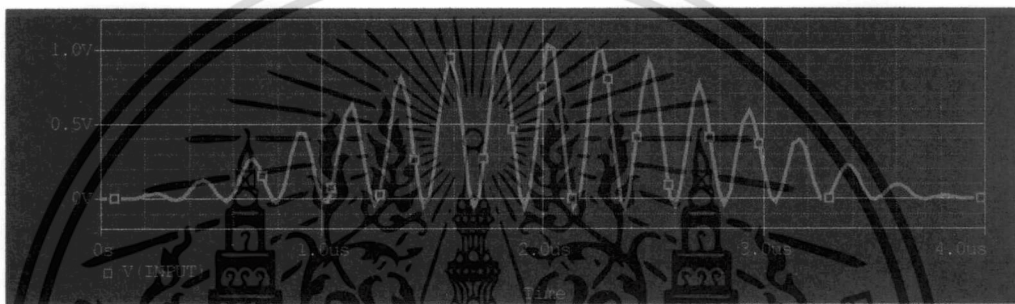


รูปที่ 3.14 สัญญาณมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำที่ -2dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



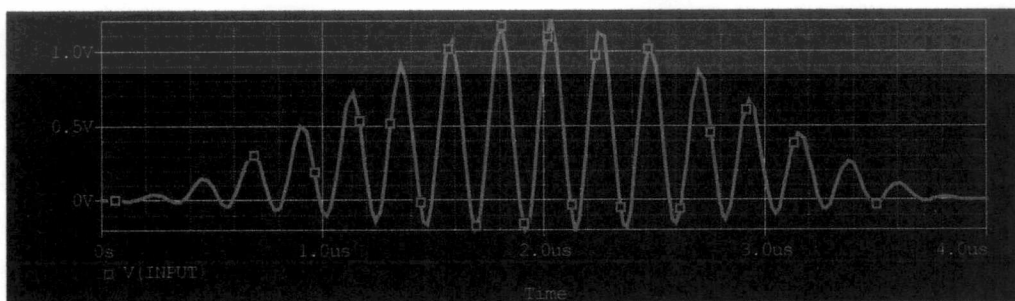
รูปที่ 3.15 สัญญาณมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายต่ำที่ -3 dB



รูปที่ 3.16 สัญญาณมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายสูงที่ $+1\text{ dB}$



รูปที่ 3.17 สัญญาณมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายสูงที่ $+2\text{ dB}$



รูปที่ 3.18 สัญญาณมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายสูงที่ $+3\text{ dB}$

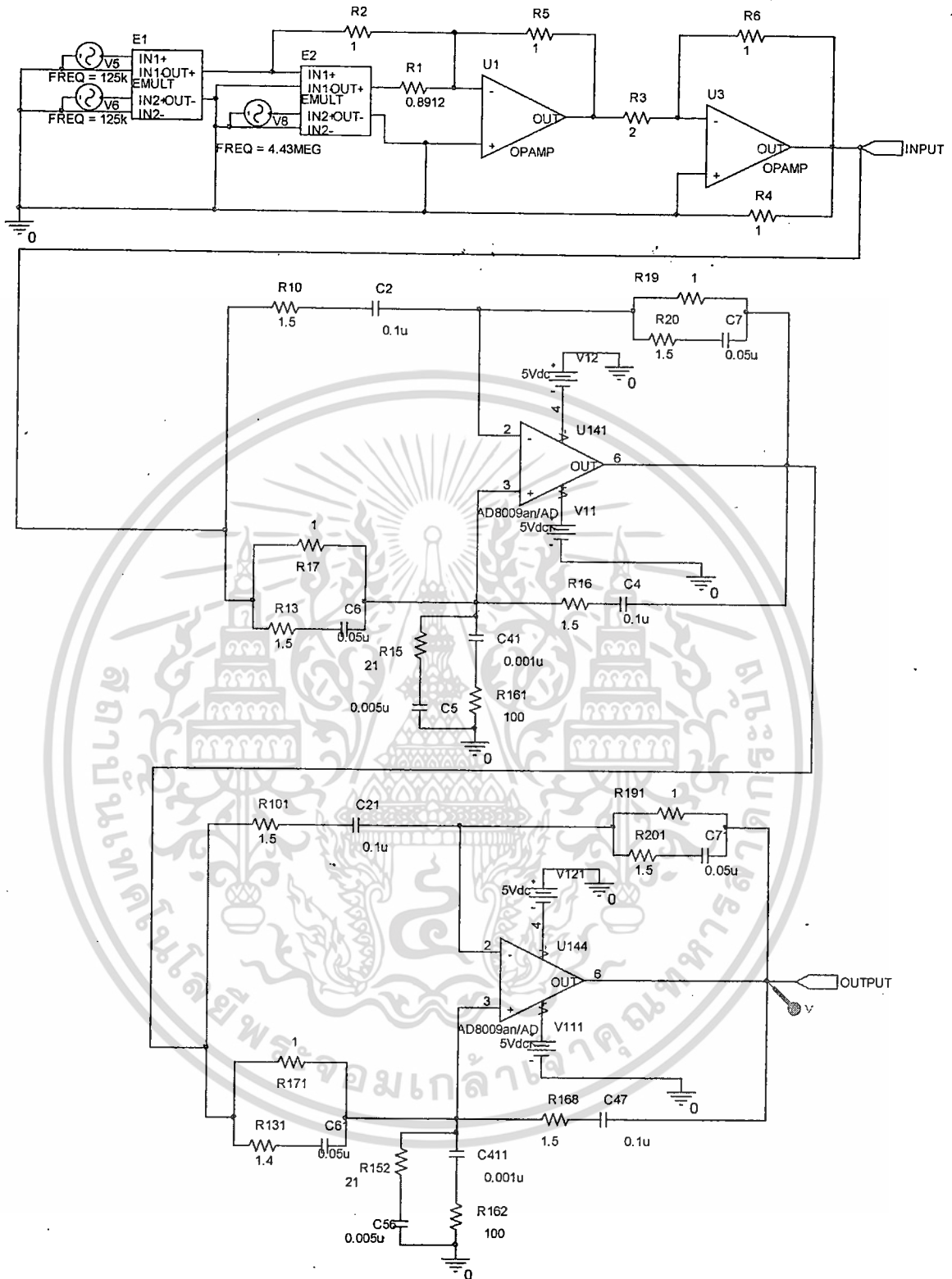
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำงานเดียวกันถ้าต้องการสร้างสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูงที่ +1 dB +2 dB และ +3 dB จะกำหนดให้ค่า R_f เท่ากับ 1.12 1.26 และ 1.41 แสดงดังรูปที่ 3.16 รูปที่ 3.17 และรูปที่ 3.18 ตามลำดับ

3.5.2 การจำลองการทำงานของวงจรปรับแก้ทางอัตราขยาย

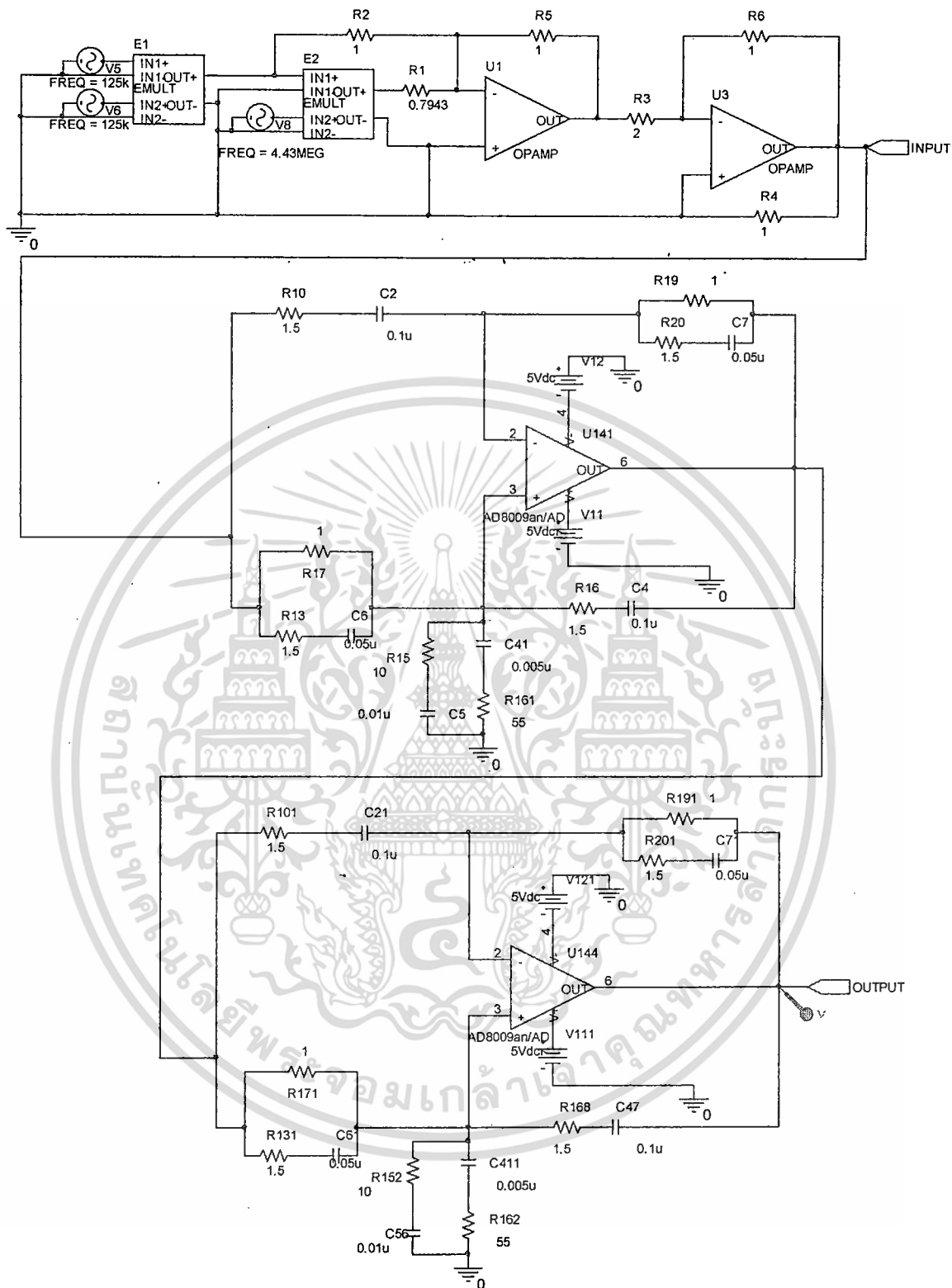
ในส่วนนี้เป็นการจำลองการทำงานของวงจรปรับแก้ทางอัตราขยายที่ ± 1 dB ± 2 dB และ ± 3 dB ทั้งหมด 6 วงจร แสดงดังรูปที่ 3.19 ถึง รูปที่ 3.24 ตามลำดับ

การแสดงผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับแก้ทางอัตราขยายในรูปที่ 3.19 ถึงรูปที่ 3.24 ที่ได้กล่าวมาจะดูผลตอบสนอง 3 แบบ คือผลตอบสนองทางขนาด ผลตอบสนองทางเฟส และผลตอบสนองทางเวลาประวิง เช่นการแสดงผลตอบสนองของวงจรปรับแก้ทางอัตราขยายค่าที่ -1 dB ในรูปที่ 3.25 จะให้ผลตอบสนองทางขนาดของสัญญาณมีค่า -1 dB แสดงด้วยเส้นสีน้ำเงิน ผลตอบสนองทางเฟสเป็นเชิงเส้นแสดงด้วยเส้นสีแดง และผลตอบสนองทางเวลาประวิงมีความราบเรียบในช่วงใช้งานแสดงด้วยเส้นสีม่วง ส่วนรูปที่ 3.26 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณอินพุตแสดงด้วยเส้นสีเขียวที่ป้อนเข้าวงจรในรูปที่ 3.19 กับสัญญาณเอาต์พุตแสดงด้วยเส้นสีแดงที่ได้จากวงจรในรูปที่ 3.19 พบว่าเมื่อป้อนสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูงที่ +1 dB ผ่านวงจรปรับแก้ทางอัตราขยายค่าที่ -1 dB เพื่อทำการแก้ความผิดเพี้ยนโดยการลดระดับของสัญญาณจะได้สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่ปราศจากความผิดเพี้ยน โดยดูที่ฐานของพัลส์มีความราบเรียบ ส่วนผลตอบสนองทางความถี่ และผลการจำลองการทำงานของวงจรปรับแก้ทางอัตราขยายค่าที่ -2 dB และ -3 dB และวงจรปรับแก้ทางอัตราขยายสูงที่ +1 dB +2 dB และ +3 dB สามารถแสดงดังรูปที่ 3.27 ถึงรูปที่ 3.36 ตามลำดับ จะเห็นว่าผลตอบสนองทางขนาดของสัญญาณมีค่า -2 dB -3 dB +1 dB +2 dB และ +3 dB ตามลำดับ ผลตอบสนองทางเฟสเป็นเชิงเส้น และผลตอบสนองทางเวลาประวิงมีความราบเรียบในช่วงใช้งานเช่นเดียวกัน เมื่อกราฟผลตอบสนองทางขนาดแสดงด้วยเส้นสีน้ำเงิน ผลตอบสนองทางเฟสแสดงด้วยเส้นสีแดง และผลตอบสนองทางเวลาประวิงแสดงด้วยเส้นสีม่วง ส่วนผลการเปรียบเทียบสัญญาณอินพุตแสดงด้วยเส้นสีเขียวกับสัญญาณเอาต์พุตแสดงด้วยเส้นสีแดง พบว่าวงจรปรับแก้ทางอัตราขยายที่นำเสนอสามารถแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายได้เป็นอย่างดี



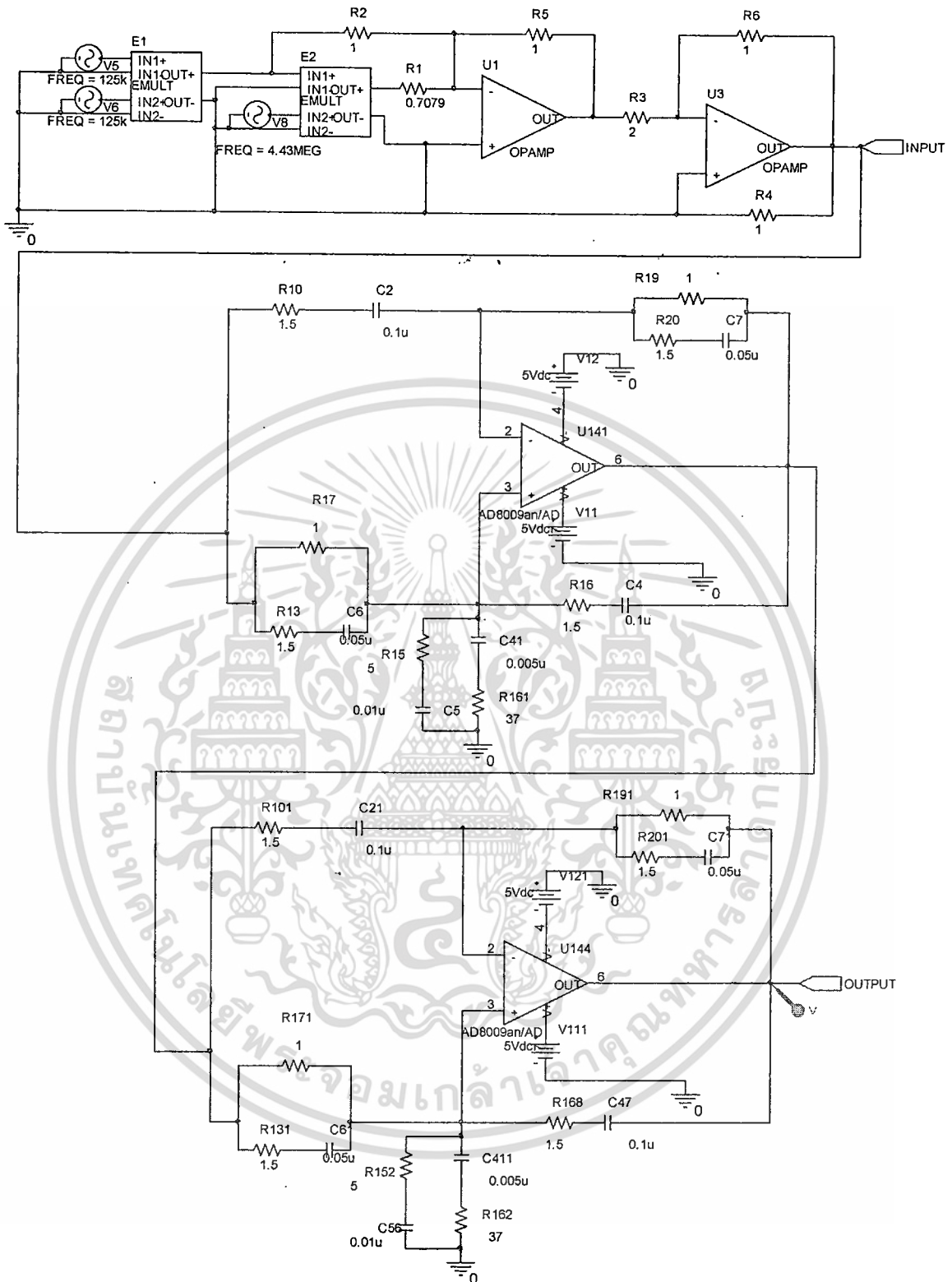
รูปที่ 3.19 วงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายต่ำที่ -1 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



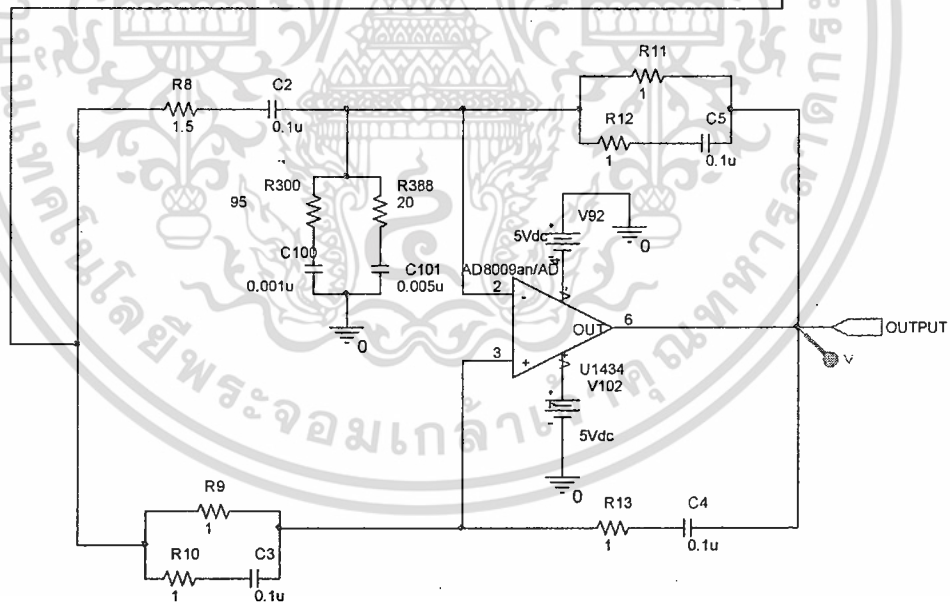
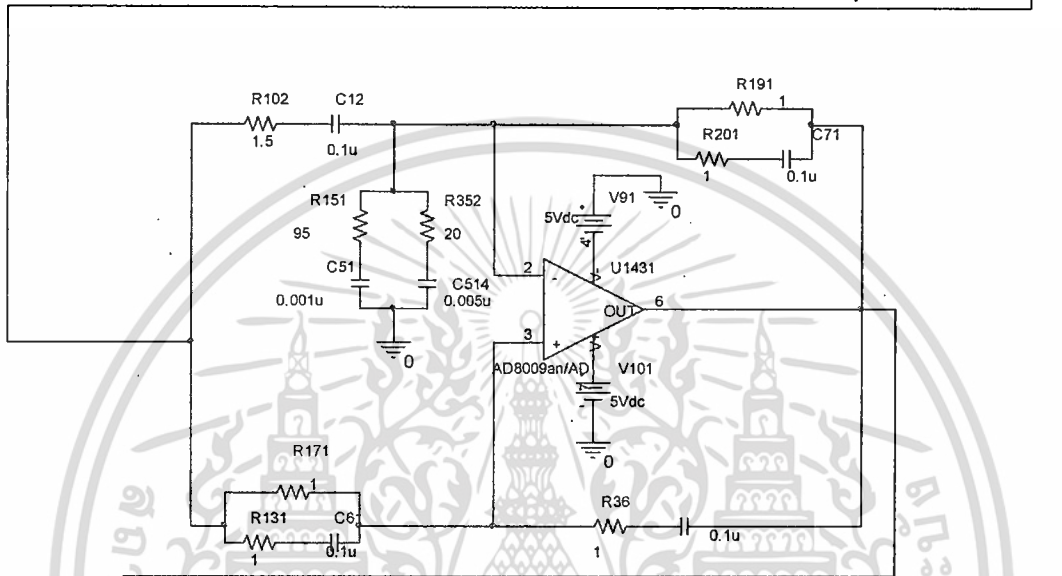
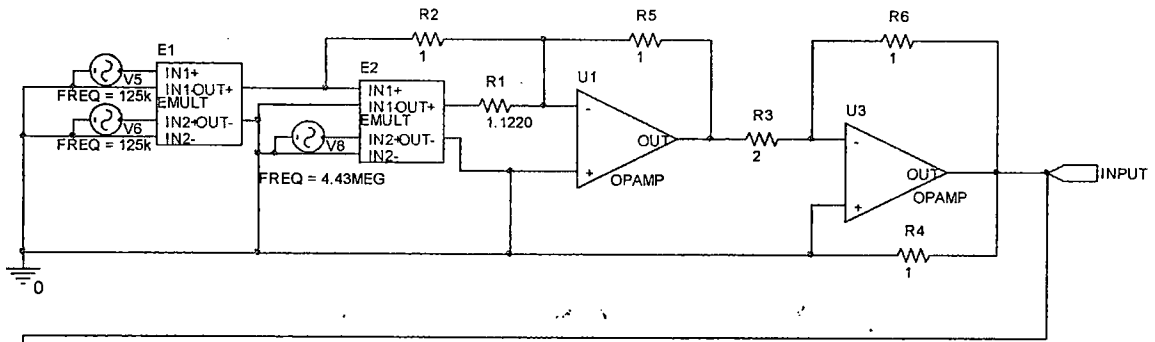
รูปที่ 3.20 วงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายต่ำที่ -2 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



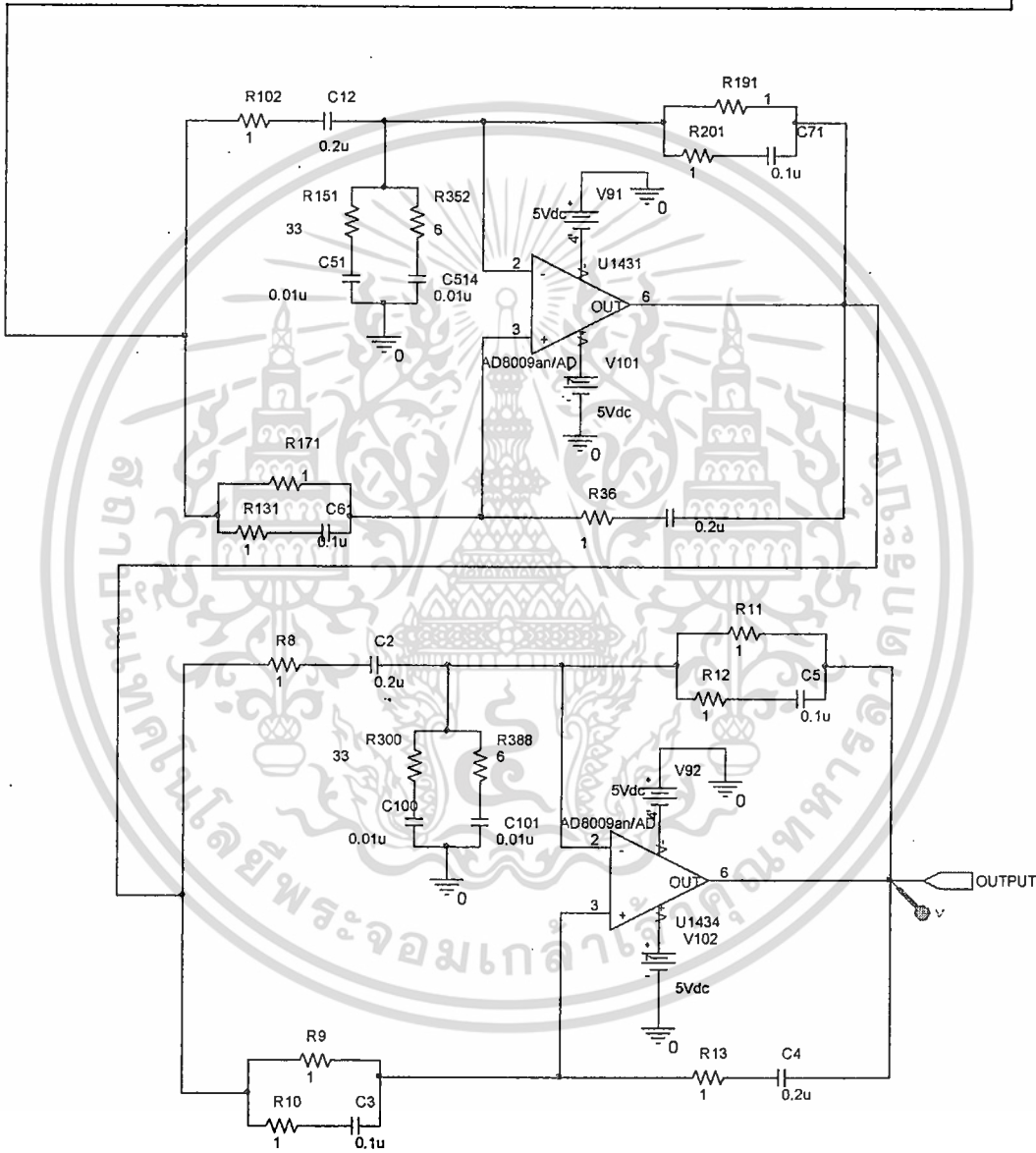
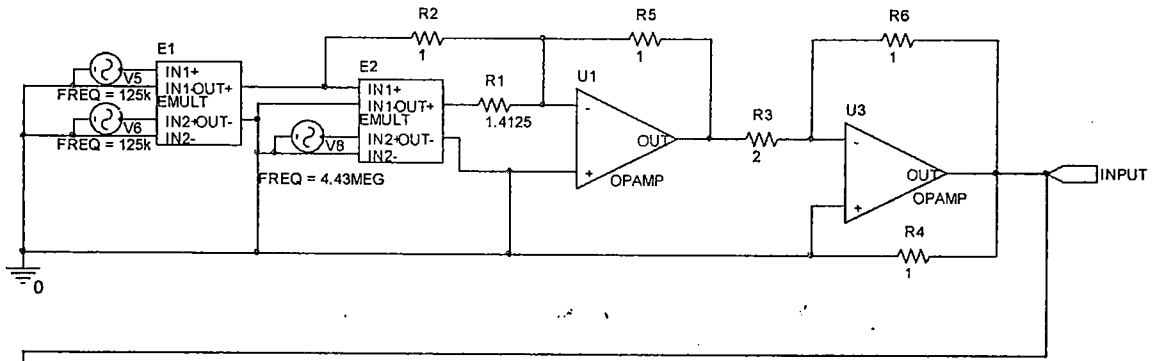
รูปที่ 3.21 วงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายต่ำที่ -3 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



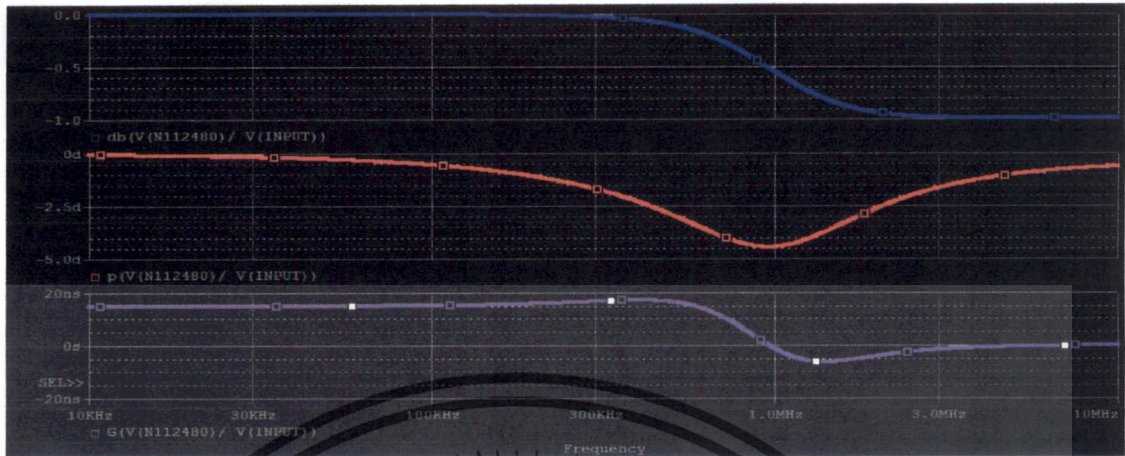
รูปที่ 3.22 วงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายสูงที่ +1 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

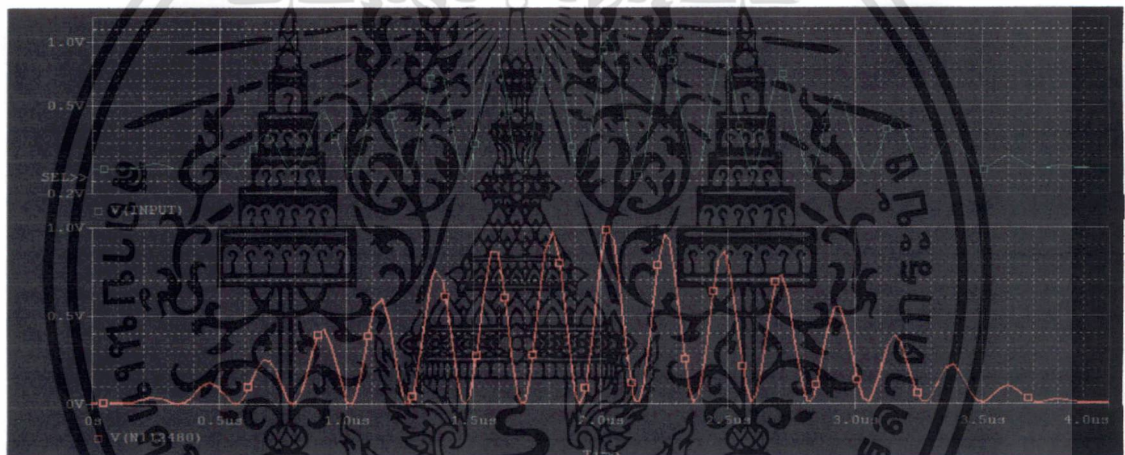


รูปที่ 3.24 วงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายสูงที่ +3 dB

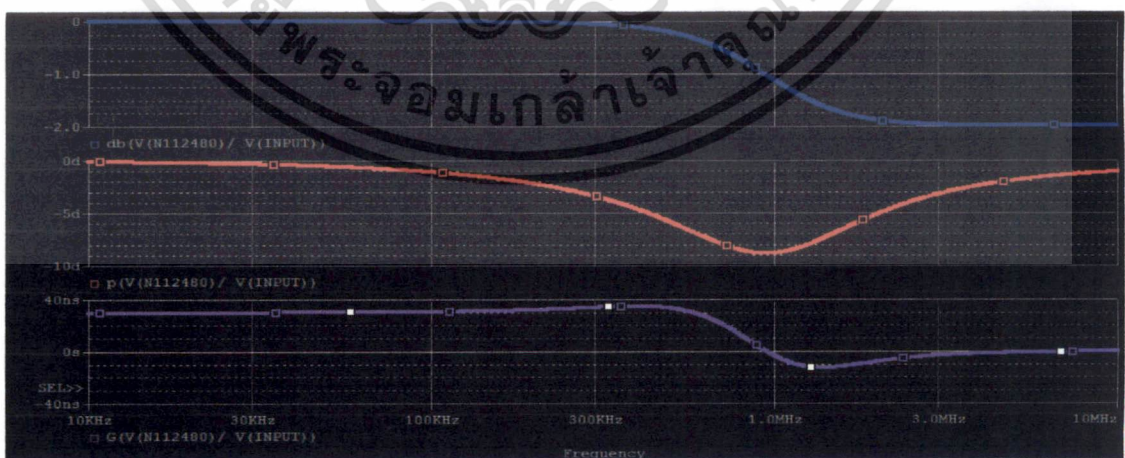
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายต่ำที่ -1 dB

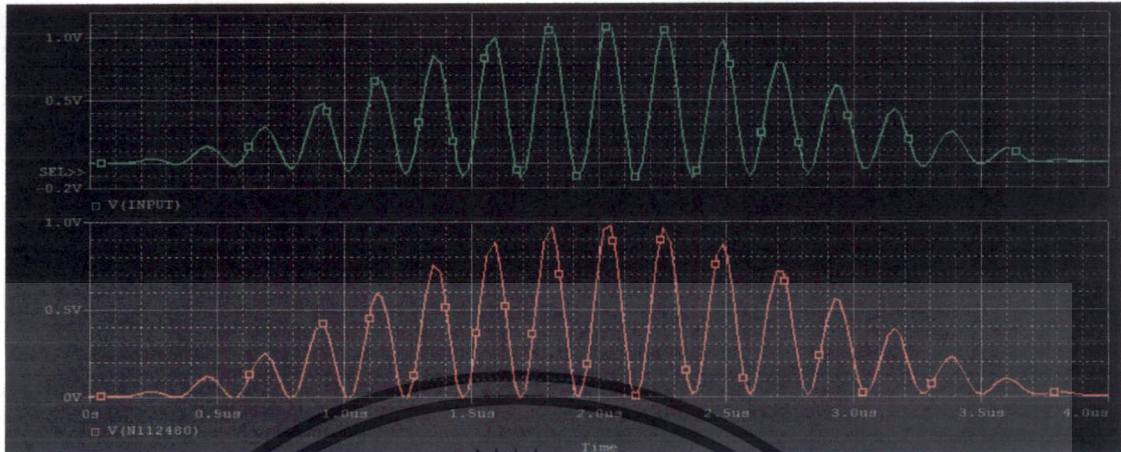


รูปที่ 3.26 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตที่ -1 dB

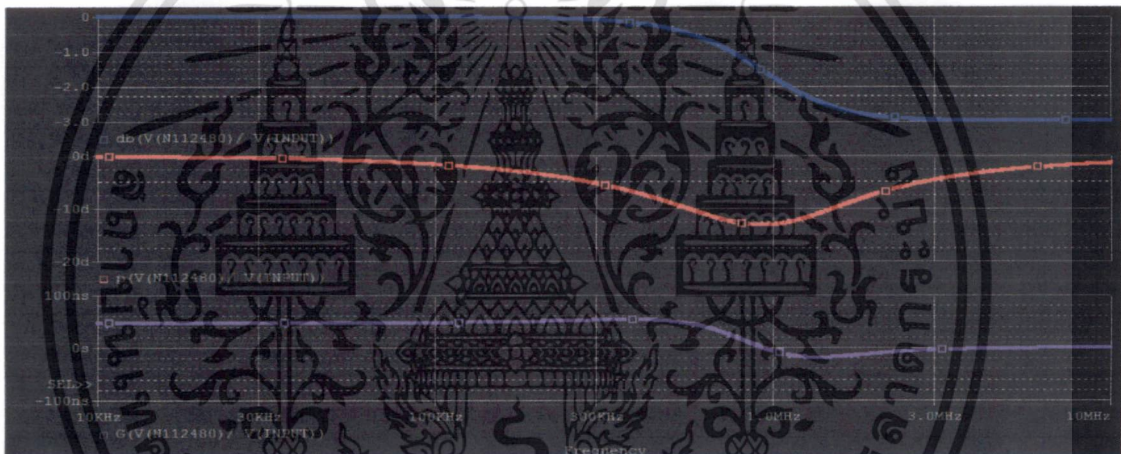


รูปที่ 3.27 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายต่ำที่ -2 dB

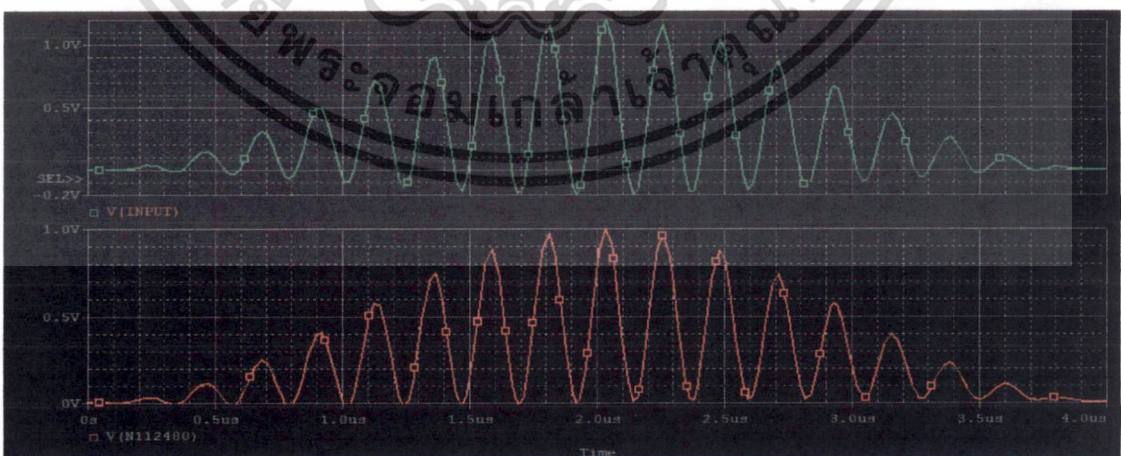
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.28 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตที่ -2 dB

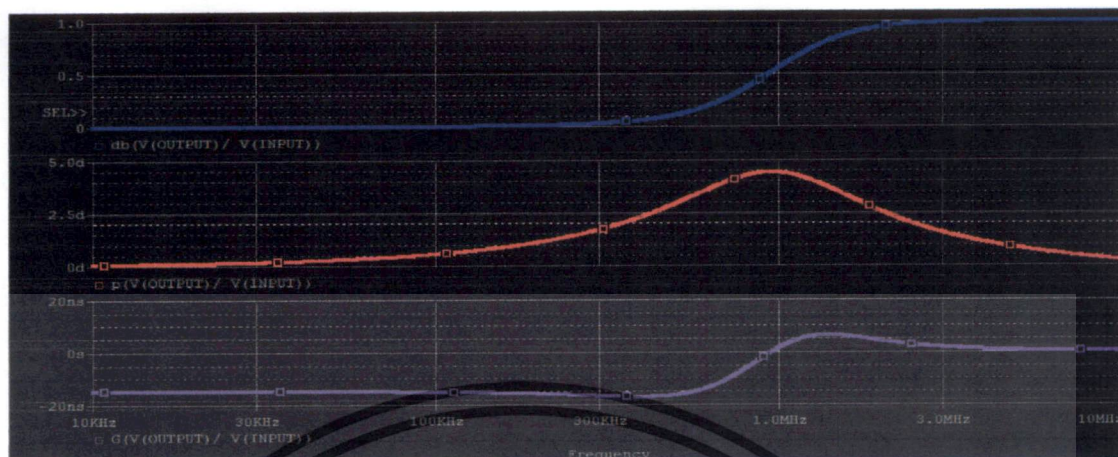


รูปที่ 3.29 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายต่ำที่ -3 dB



รูปที่ 3.30 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตที่ -3 dB

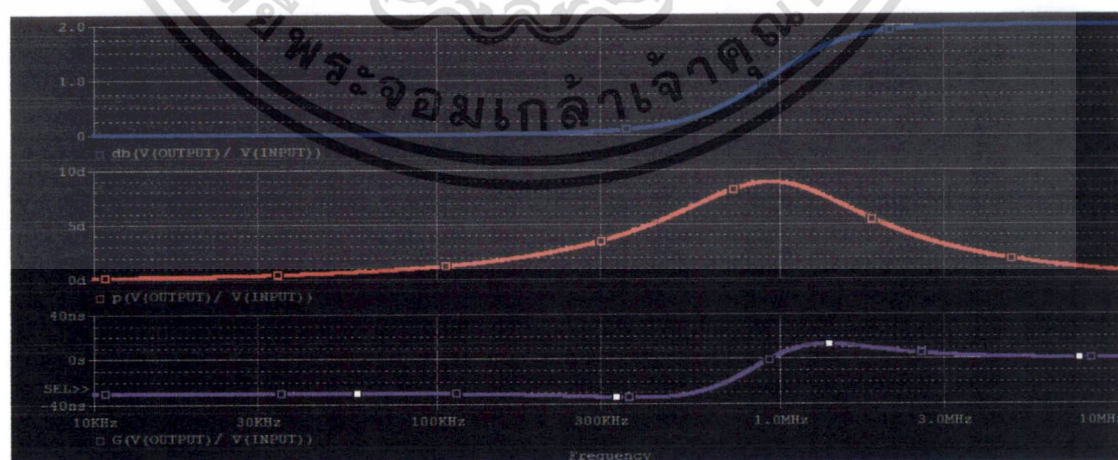
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.31 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท้าวางอัตราขยายสูงที่ +1 dB

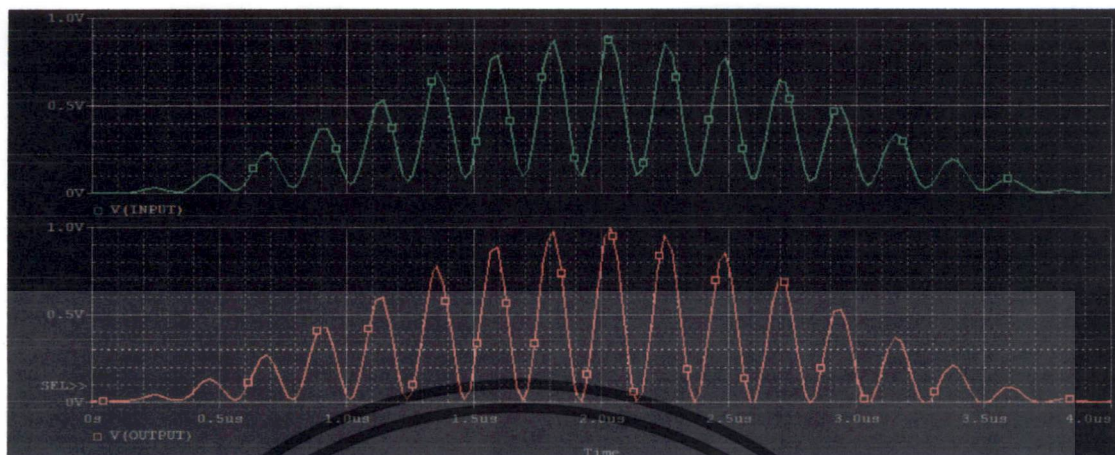


รูปที่ 3.32 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตที่ +1 dB

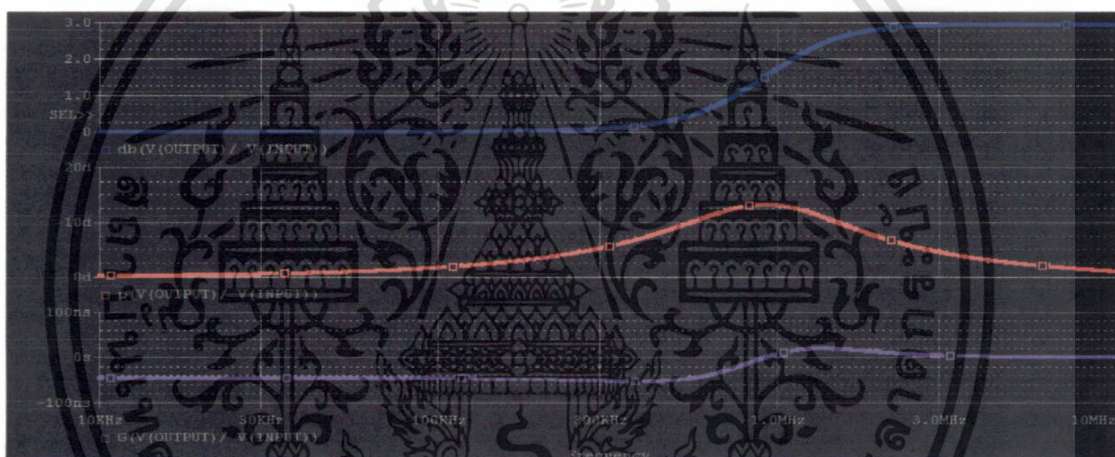


รูปที่ 3.33 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท้าวางอัตราขยายสูงที่ +2 dB

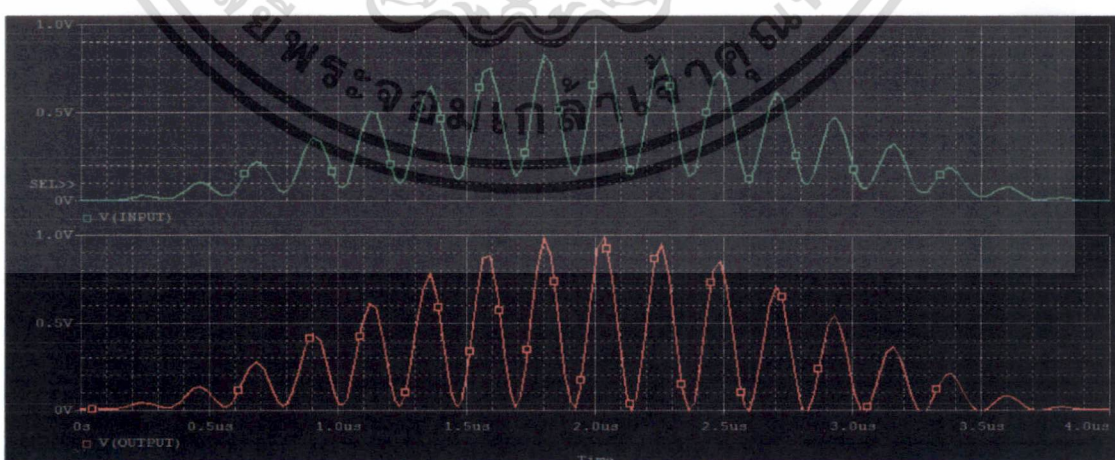
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.34 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตที่ +2 dB



รูปที่ 3.35 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรปรับเท่าทางอัตรากว้างสูงที่ +3 dB



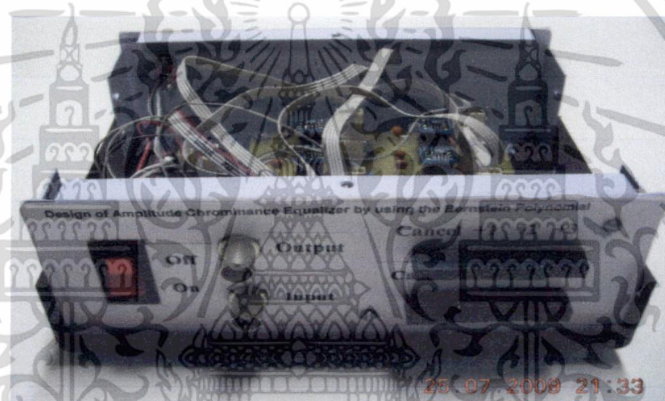
รูปที่ 3.36 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตและสัญญาณเอาต์พุตที่ +3 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

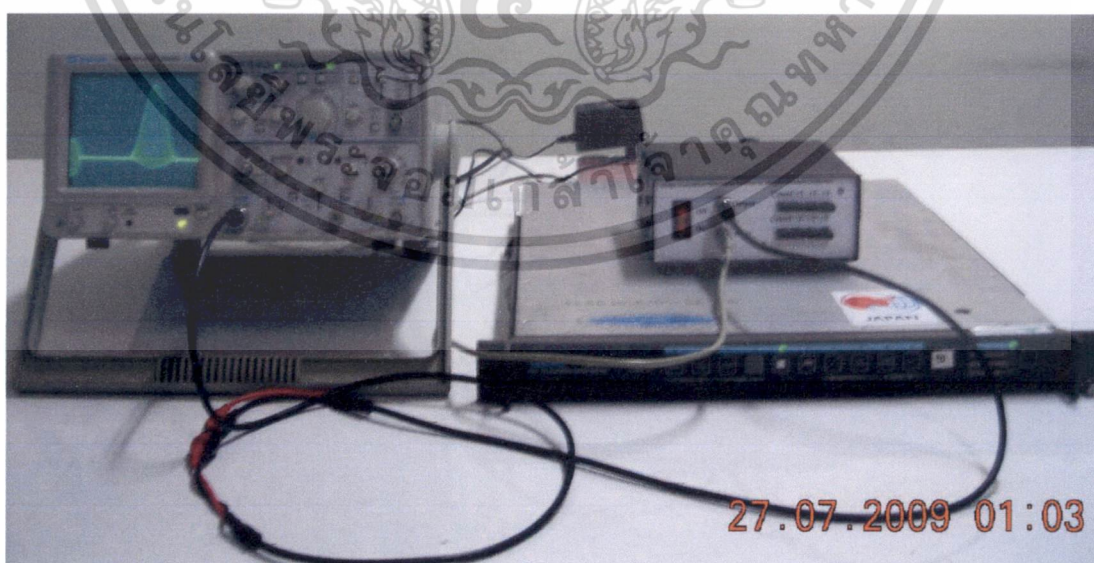
สรุปผลการจำลองการทำงานของวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายที่ $\pm 1\text{dB}$ $\pm 2\text{dB}$ และ $\pm 3\text{dB}$ ด้วยโปรแกรม PSpice พบว่าวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายที่ได้ออกแบบสามารถแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายค่าที่ -1dB -2dB และ -3dB และความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายสูงที่ $+1\text{dB}$ $+2\text{dB}$ และ $+3\text{dB}$ ของสัญญาณได้เป็นอย่างดี สังเกตได้ที่ฐานของสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์มีความราบเรียบนั่นเอง

3.6 ผลการทดลอง

เครื่องต้นแบบวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณที่ $\pm 1\text{dB}$ $\pm 2\text{dB}$ และ $\pm 3\text{dB}$ สามารถแสดงดังรูปที่ 3.37 ซึ่งในการทดลองจะต่ออุปกรณ์ตามรูปที่ 3.38



รูปที่ 3.37 เครื่องต้นแบบวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณ



รูปที่ 3.38 การทดลองเครื่องต้นแบบวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองในรูปที่ 3.38 เริ่มจากการป้อนสัญญาณอินพุตที่เป็นสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์จากเครื่อง PAL Television Generator TSG-271 แล้วนำสัญญาณทดสอบที่ได้ ป้อนผ่านเครื่องต้นแบบวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสี พบว่าสามารถทำการยกระดับ และลดระดับของสัญญาณสีที่ $\pm 1\text{ dB}$ $\pm 2\text{ dB}$ และ $\pm 3\text{ dB}$ ได้ ยกตัวอย่างเช่นเมื่อยกคัปม $+2\text{ dB}$ ที่ เครื่องต้นแบบวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสีจะได้สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์ กำลังสองพัลส์ที่ถูกยกระดับที่ $+2\text{ dB}$ แสดงดังรูปที่ 3.39 (ก) หรือในทางตรงกันข้ามเมื่อลดคัปม -2 dB ที่ เครื่องต้นแบบวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสีจะได้สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่ถูกลดระดับที่ -2 dB แสดงดังรูปที่ 3.39 (ข)



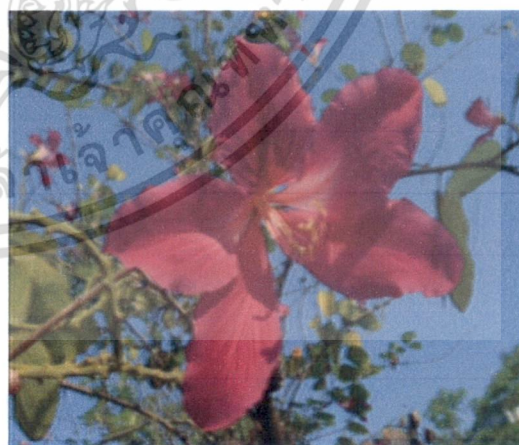
(ก) สัญญาณทดสอบถูกยกระดับที่ $+2\text{ dB}$

(ข) สัญญาณทดสอบถูกลดระดับที่ -2 dB

รูปที่ 3.39 สัญญาณเอาต์พุตแสดงบนจอออสซิลโลสโคป



(ก) ภาพโทรทัศน์สีจริงที่เกิดความผิดเพี้ยนทาง อัตรการขยายสูงที่ $+2\text{ dB}$



(ข) ภาพโทรทัศน์สีจริงที่เกิดความผิดเพี้ยนทาง อัตรการขยายต่ำที่ -2 dB

รูปที่ 3.40 ผลกระทบต่อภาพโทรทัศน์สีจริงเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายที่ $\pm 2\text{ dB}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.39 (ก) แสดงสัญญาณเอาต์พุตบนจอออสซิลโลสโคป ที่ตั้งค่า VOLTS/DIV = 0.2 และ TIME/DIV=1 μ s ทำการอ่านค่าบนจอจะได้ $Y=0.1240$ $Y_{\max}=1.08$ เพราะฉะนั้นได้ค่ายอดคอนอร์แมลไลซ์ $y=0.1148$ ดังนั้น $A=1.2590$ หรือ $A \approx +2$ dB ส่วนรูปที่ 3.39 (ข) ทำการอ่านค่าบนจอจะได้ $Y=0.1$ $Y_{\max}=0.9$ เพราะฉะนั้นได้ค่ายอดคอนอร์แมลไลซ์ $y=0.1111$ ดังนั้น $A=0.7999$ หรือ $A \approx -2$ dB

รูปที่ 3.40 แสดงตัวอย่างภาพโทรทัศน์สีจริงเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายขึ้นในระบบซึ่งรูปที่ 3.40 (ก) คือภาพโทรทัศน์สีจริงเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูงที่ +2 dB ส่วนรูปที่ 3.40 (ข) คือภาพโทรทัศน์สีจริงเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำที่ -2 dB จะเห็นว่าภาพสีที่ได้จะมีความอิ่มตัวของสี หรือความเข้มของสีไม่ถูกต้อง (Incorrect Color Saturation) หรือมีคุณภาพลดลง ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องทำการแก้ไขคุณภาพของภาพให้กลับเป็นปกติก่อนที่จะส่งสัญญาณภาพออกอากาศไป โดยแก้ไขสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไลน์กำลังสองพัลส์ที่ส่งมาด้วยนั่นเอง หลังจากทำการแก้ไขโดยผ่านเครื่องต้นแบบวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณสีแล้วจะได้ภาพสีต้นแบบ (Original Picture) ที่มีคุณภาพดีกลับมาเหมือนเดิมแล้วจึงทำการส่งออกอากาศต่อไป แสดงดังรูปที่ 3.41



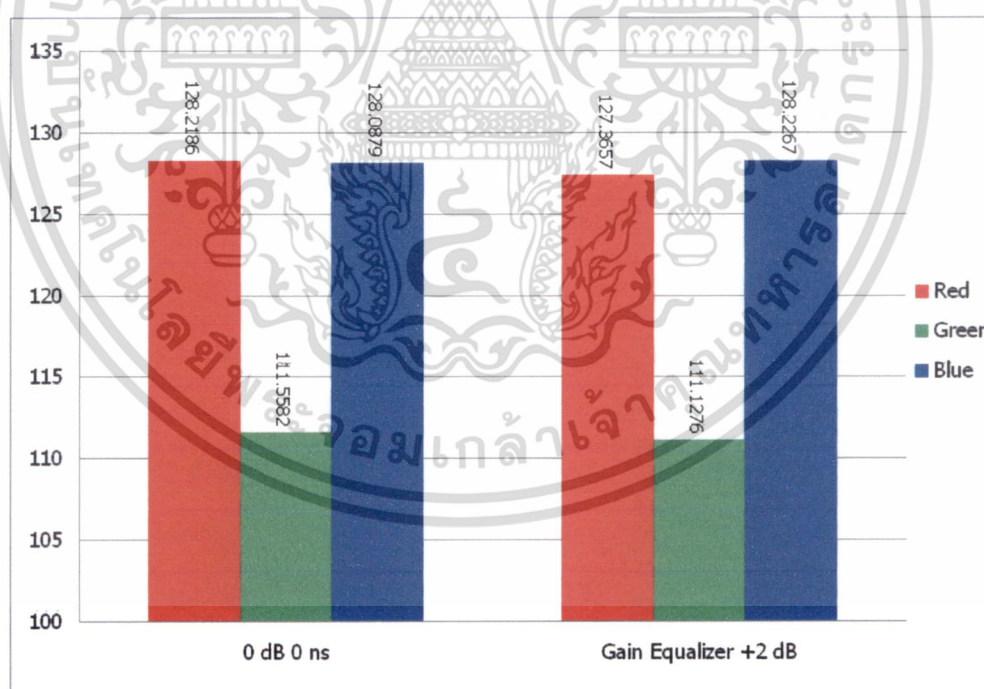
(ก) ภาพโทรทัศน์สีหลังจากแก้ความผิดเพี้ยนทาง อัตราการขยายสูงที่ +2 dB (ข) ภาพโทรทัศน์สีหลังจากแก้ความผิดเพี้ยนทาง อัตราการขยายต่ำที่ -2 dB

รูปที่ 3.41 ภาพโทรทัศน์สีจริงหลังจากผ่านการแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ ± 2 dB

ตารางที่ 3.1 การเปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ของภาพสีต้นแบบกับภาพสีหลังผ่านการแก้ความผิดเพี้ยนด้วยเครื่องต้นแบบวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายที่ ± 2 dB

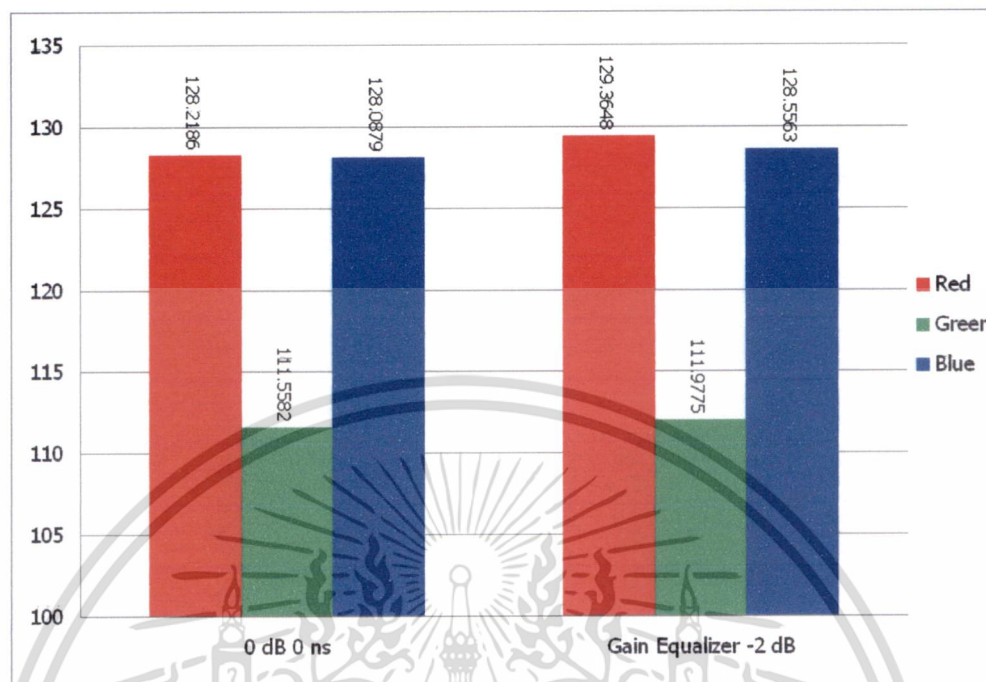
ภาพสี	R	G	B
ต้นแบบ	128.2186	111.5582	128.0879
หลังแก้ไข ด้วยวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายที่ +2 dB	127.3657	111.1276	128.2267
หลังแก้ไข ด้วยวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายที่ -2 dB	129.3648	111.9775	128.5563

ตารางที่ 3.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ของภาพสีต้นแบบ (Original Picture) กับภาพสีหลังผ่านการแก้ความผิดเพี้ยนด้วยเครื่องต้นแบบวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายที่ ± 2 dB จะเห็นว่าค่าแม่สี RGB หลังจากแก้ไขความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายมีค่าใกล้เคียงกับค่าแม่สี RGB ของภาพสีต้นแบบ ดังนั้นจึงได้ภาพสีที่มีคุณภาพดีกลับมาเหมือนเดิม สามารถแสดงรูปภาพเปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ของภาพสีต้นแบบกับภาพสีหลังผ่านการแก้ความผิดเพี้ยนด้วยเครื่องต้นแบบวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายที่ +2 dB และ -2 dB ได้ดังรูปที่ 3.42 และรูปที่ 3.43 ตามลำดับ



รูปที่ 3.42 เปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ของภาพสีต้นแบบกับภาพสีหลังผ่านการแก้ความผิดเพี้ยนด้วยเครื่องต้นแบบวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายที่ +2 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.43 เปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ของภาพสีต้นแบบกับภาพสีหลังผ่านการแก้ความผิดเพี้ยนด้วยเครื่องต้นแบบวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายที่ -2 dB

3.7 สรุป

วงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสีที่ ± 1 dB ± 2 dB และ ± 3 dB ได้ออกแบบและสร้างจากวงจรรองความถี่แอนาล็อกแบบเบรินสไตน์ อันดับ 4 โดยเลือกค่าพารามิเตอร์ควบคุมคือ $n=2$ $K=1$ และ $\varepsilon=10$ ผลจากการจำลองการทำงานของวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายด้วยโปรแกรม MATLAB และ PSpice พบว่าให้ผลตอบสนองทางขนาดของสัญญาณสีมีค่า ± 1 dB ± 2 dB และ ± 3 dB ผลตอบสนองทางเฟสเป็นเชิงเส้น และผลตอบสนองทางเวลาประวิงมีความราบเรียบในช่วงใช้งาน เมื่อนำมาสร้างเป็นเครื่องต้นแบบวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสีเพื่อใช้งานจริงจะเห็นว่าสามารถชดเชยสัญญาณหรือแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายได้เป็นอย่างดี ส่งผลให้ภาพโทรทัศน์สีที่มีคุณภาพต่ำสามารถกลับมาเหมือนภาพสีต้นแบบที่มีคุณภาพดีได้

บทที่ 4

เครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสี่ โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์

4.1 บทนำ

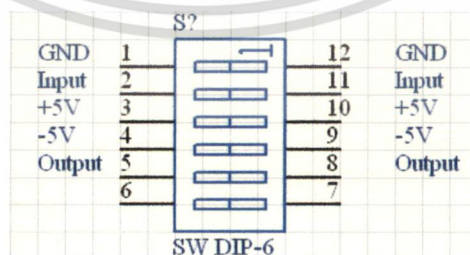
การทดสอบเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสี่ โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์ จึงจำเป็นต้องมีการทดลองกับระบบโทรทัศนสี่ เพื่อทราบถึงผลการทำงานของเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสี่ โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์ สำหรับการแก้ปัญหาคอมพิคชั่นทางอัตรการขยายที่ -1 dB -2 dB -3 dB $+1$ dB $+2$ dB และ $+3$ dB ตามลำดับ โดยที่จะทำการดูผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ที่ทำการต่อเข้ากับออสซิลโลสโคป เพื่อตรวจสอบสัญญาณว่ามีการยกระดับ และลดระดับของสัญญาณที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.2 เครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสี่ โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์

ในตัวเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสี่ โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์ มีวงจรหลัก ๆ 3 วงจร ประกอบด้วย

4.2.1 วงจรสวิตซ์ในการปรับเปลี่ยนการทำงาน

ส่วนของวงจรสวิตซ์นั้น เป็นส่วนที่ทำให้ควบคุมในการสลับปรับเปลี่ยน การทำงานของวงจรปรับเท่าทางที่ -1 dB -2 dB -3 dB $+1$ dB $+2$ dB และ $+3$ dB ตามผู้ที่ใช้งานต้องการโดย วงจรมีลักษณะดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 วงจรสวิตซ์ในการปรับเปลี่ยนการทำงาน

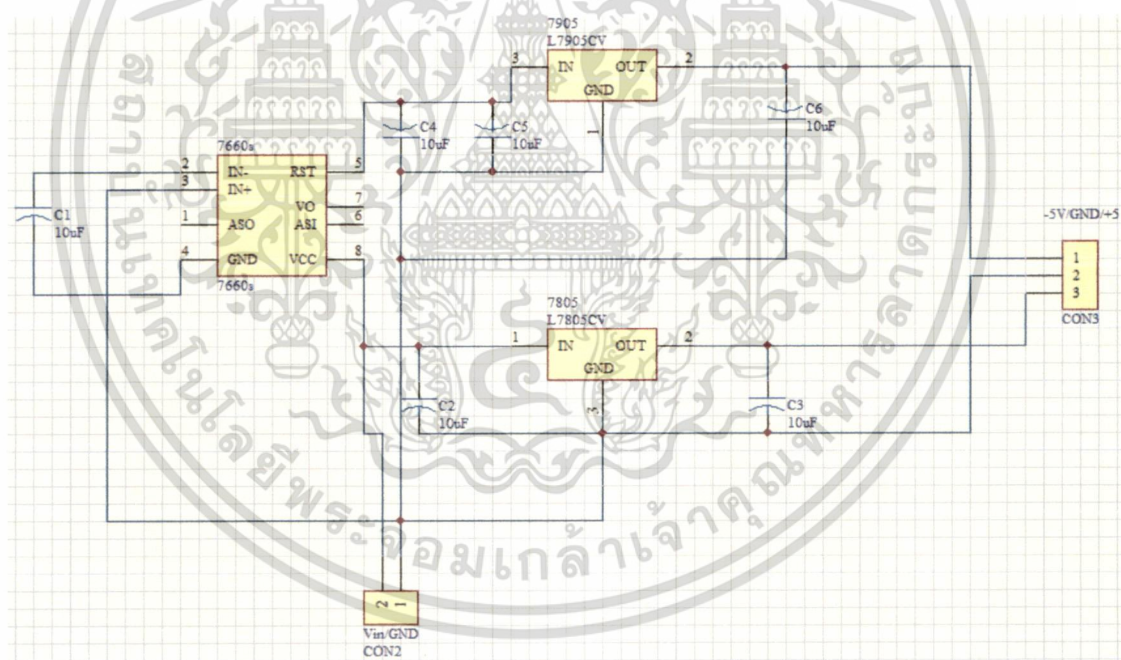
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แผ่น PCB ของวงจรปรับเปลี่ยนการทำงาน

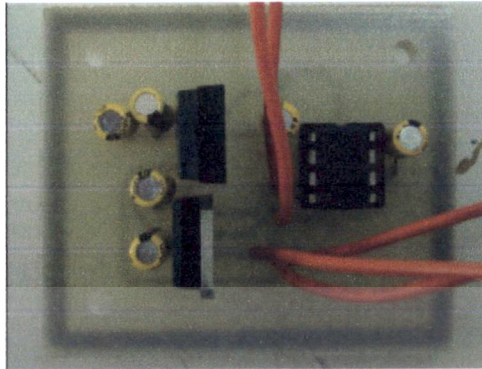
4.2.2 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 12V เป็นแรงดันไฟฟ้า +5V และ -5V

ในส่วนของวงแปลงแรงดันไฟฟ้า จาก 12V เป็นเพื่อให้มีแรงดันไฟฟ้า +5V และ -5V เนื่องจาก ในส่วนของไอซี AD8009 ได้ มีความต้องการใช้งานในแรงดันไฟฟ้า +5V และ -5V ตามลำดับจึงต้องมีในส่วนของวงจร ที่ได้ทำการแปลงแรงดันไฟฟ้าที่อินพุต 12V โดยที่ลักษณะวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้า เป็นดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.3 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้า

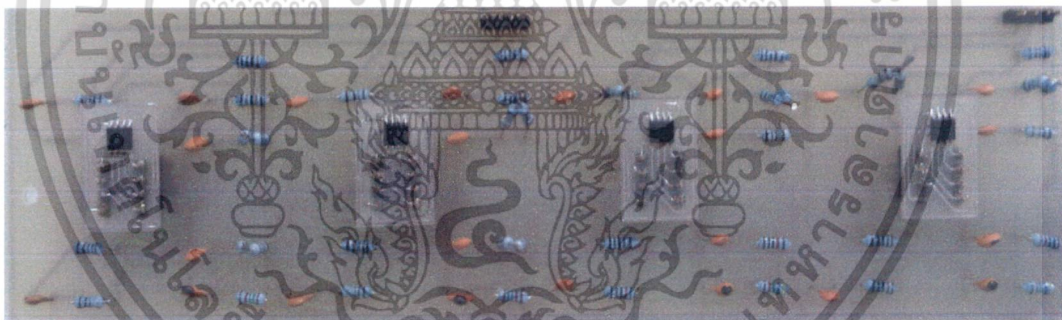
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



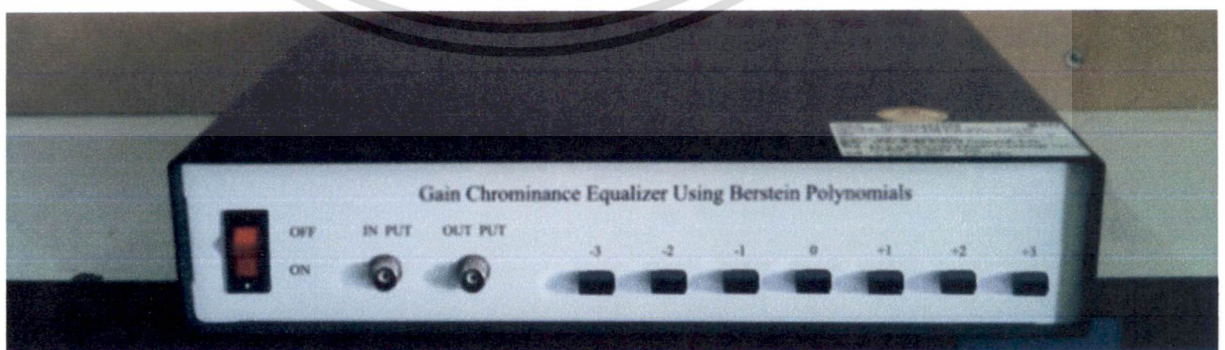
รูปที่ 4.4 แผ่น PCB ของวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้า

4.2.3 วงจรปรับเท่าทางอัตรการขยาย

ในส่วนของวงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายนี้ได้นำเอาสิ่งที่ได้จากการคำนวณในบทที่ 3 มาทำการสร้างวงจรเพื่อนำมาใช้ทำการทดลองจริง เนื่องจาก R และ C มีความละเอียดมาก ในที่นี้จึงได้ทำการปรับค่า R และ C ให้มีตามในท้องตลาดโดยใช้หลักการการสเกลเพื่อให้วงจรยังคงคุณลักษณะต่างๆ ของวงจรไม่เปลี่ยนแปลง แสดงวงจรได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แผ่น PCB ของวงจรปรับเท่าทางขนาดที่ ± 1 dB ± 2 dB และ ± 3 dB



รูปที่ 4.6 เครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสี โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบิร์นสไตน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

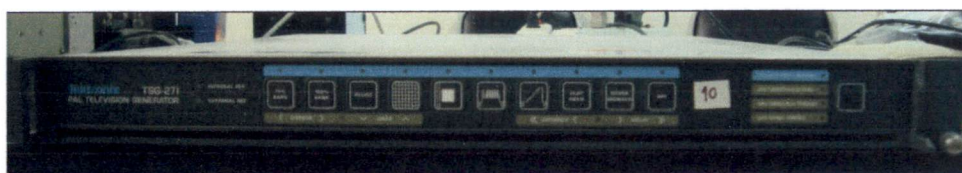
4.3 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องปรับแก้ทางอัตรการขยายของสัญญาณสี โดยใช้ โพลีโนเมียลแบบเบียร์นส์ไตน์

4.3.1 การแสดงผลกระทบของความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายที่มีต่อภาพโทรทัศน์สีจริง

ในการทดสอบนี้เป็นการจำลองให้เห็นถึงการแสดงภาพ โทรทัศน์สีเมื่อได้รับผลกระทบจากความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยาย ที่ +1 dB +2 dB +3 dB -1 dB -2 dB และ -3 dB เพื่อที่จะได้เห็นถึงความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับภาพสี และเปรียบเทียบกับแม่สี RGB ของภาพที่ไม่มีความผิดเพี้ยนและมีความผิดเพี้ยนเกิดขึ้น อุปกรณ์ที่จะใช้ทำการทดสอบได้แก่

1. โทรทัศน์สี
2. เครื่อง PAL Television Generator TSG-271
3. เครื่อง Color Gain & Delay Test Set MS 321A

วิธีการแสดงผลกระทบของความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายที่มีต่อภาพโทรทัศน์สีจริงเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนขึ้นในระบบการส่งผ่าน โดยเริ่มจากการนำภาพสีต้นแบบ (Original Picture) มาปรากฏไว้ที่หน้าจอโทรทัศน์สี ซึ่งภาพสีต้นแบบนี้จะเปลี่ยนแปลงไปตามระดับความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้น ส่วนทางด้านเครื่องจำลองระบบที่ทำการทดสอบ (Under Test System) ให้เกิดความผิดเพี้ยนจะใช้เครื่อง PAL Television Generator TSG-271 ทำหน้าที่ในการป้อนสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ ที่ไม่มีความผิดเพี้ยน แสดงดังรูปที่ 4.7 ต่อเข้ากับเครื่อง Color Gain & Delay Test Set MS321A ทำหน้าที่ให้สัญญาณทดสอบที่รับเข้ามาเกิดความผิดเพี้ยน โดยสามารถปรับความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายให้เกิดขึ้นได้ตั้งแต่ -3 dB ถึง +3 dB แสดงดังรูปที่ 4.8 นำสัญญาณทดสอบที่เกิดความผิดเพี้ยนหลังจากผ่านระบบ Under Test System นี้ไปป้อนเข้าที่โทรทัศน์สี จะสังเกตเห็นว่าภาพสีต้นแบบจะมีสีและความสว่างผิดไปจากเดิม การต่ออุปกรณ์จะแสดงในดังรูปที่ 4.9 โดยการทดลองส่วนนี้จะนำเอาภาพสีที่ได้ทำการเลือกมา 1 ภาพ เพื่อเป็นภาพสีที่ใช้อ้างอิง (ในรูปที่ 4.10) เมื่อนำภาพสีไปผ่านระบบที่ทำการทดสอบให้เกิดความผิดเพี้ยน ภาพสีดังกล่าวก็จะมี ความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายเกิดขึ้น ซึ่งจะทำให้ภาพสีมีความแตกต่างไปจากเดิม แล้วนำภาพที่ได้ไปผ่านกระบวนการ Image process เพื่อทำการเปรียบเทียบให้เห็นถึงความแตกต่างของระดับค่าแม่สี RGB

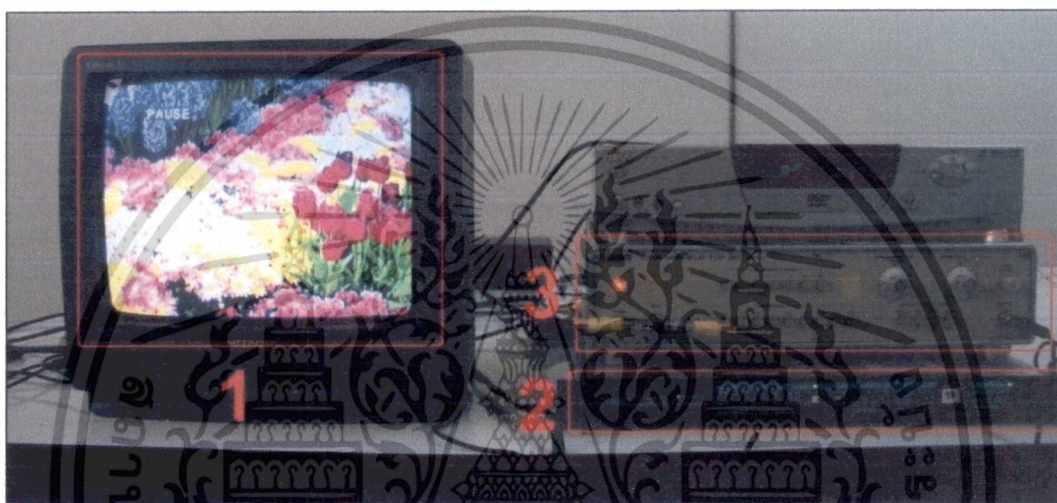


รูปที่ 4.7 เครื่อง PAL Television Generator TSG-271

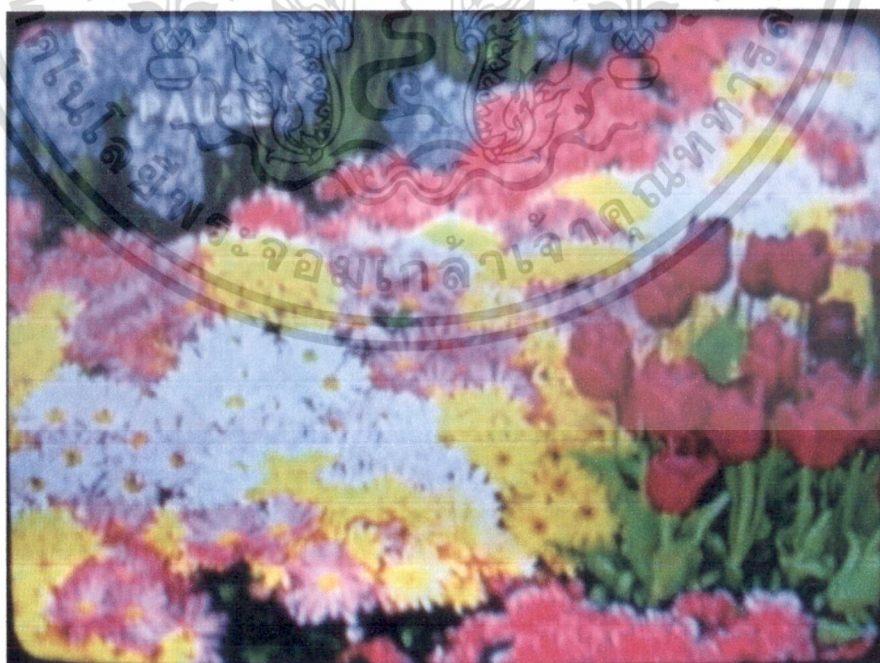
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 เครื่อง Color Gain & Delay Test Set MS 321A



รูปที่ 4.9 การแสดงผลกระทบของความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่มีต่อภาพโทรทัศน์สีจริง



รูปที่ 4.10 ภาพสีที่ใช้เป็นภาพอ้างอิงหรือภาพสีที่ไม่มี ความผิดเพี้ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากสัญญาณภาพสีได้ผ่านเครื่อง Color Gain & Delay Test Set เพื่อปรับค่าความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ +1 dB +2 dB +3 dB -1 dB -2 dB และ -3 dB ซึ่งจะทำให้เกิดภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายเกิดขึ้น ที่จะแสดงในรูปที่ 4.11 รูปที่ 4.12 รูปที่ 4.13 รูปที่ 4.14 รูปที่ 4.15 และ รูปที่ 4.16 ตามลำดับ



รูปที่ 4.11 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ +1 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

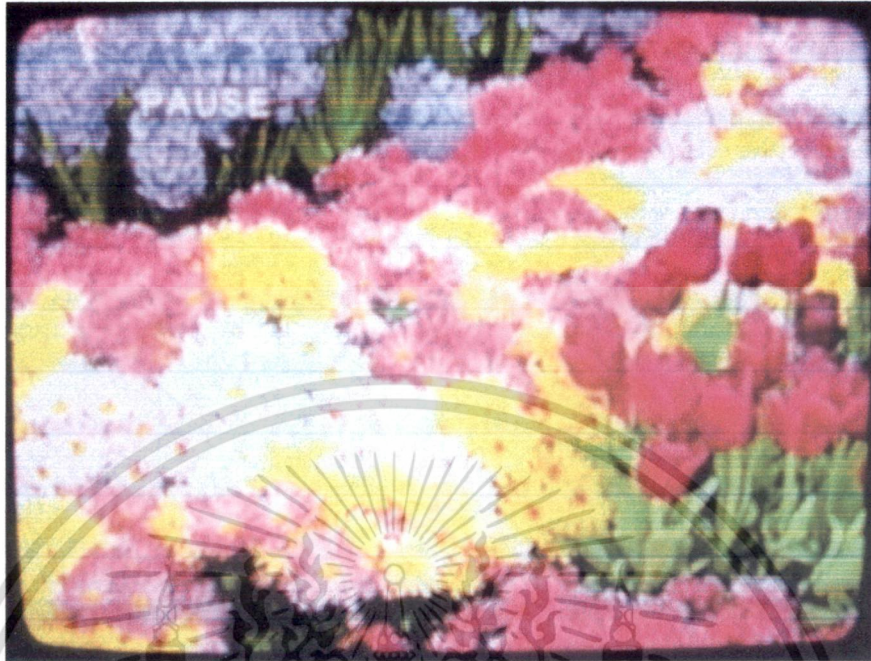


รูปที่ 4.12 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ +2 dB



รูปที่ 4.13 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ +3 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

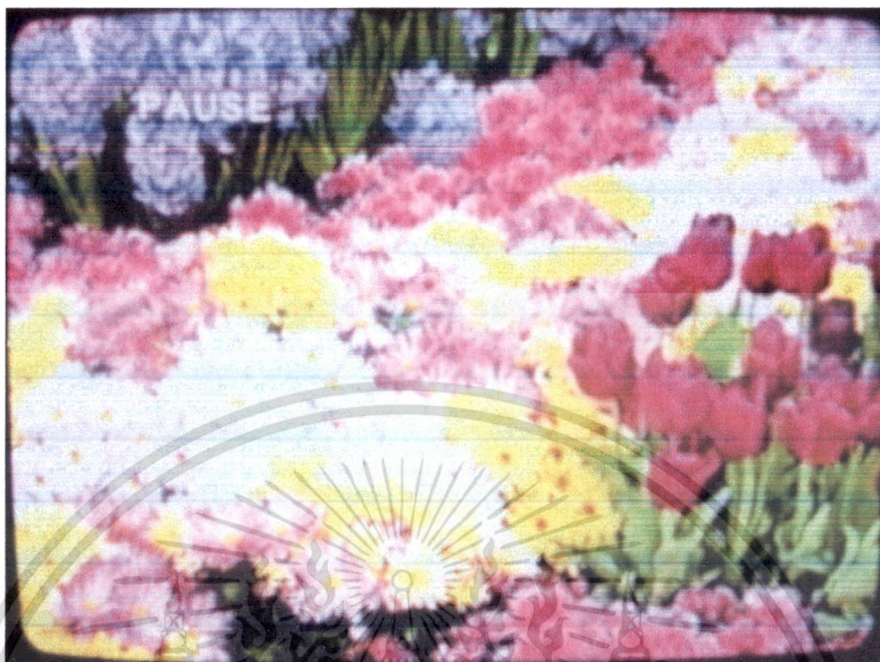


รูปที่ 4.14 ผลกระทบเมื่อเกิดความถี่ความถี่เพี้ยนทางอัตราขยายที่ -1 dB



รูปที่ 4.15 ผลกระทบเมื่อเกิดความถี่เพี้ยนทางอัตราขยายที่ -2 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 ผลกระทบเมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ -3 dB

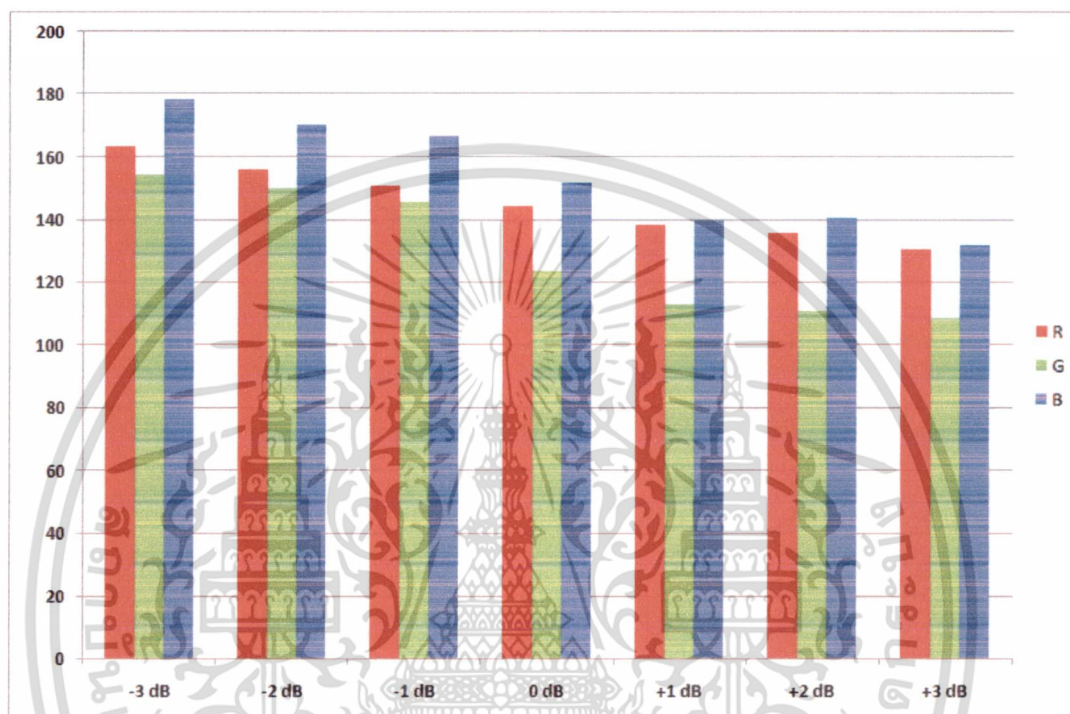
จากการทดลองพบว่าถ้ามีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ -1 dB -2 dB และ -3 dB ทำให้ภาพสีมีความสว่างมากขึ้นตามลำดับการขยาย ในขณะที่ ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ +1 dB +2dB และ +3 dB ทำให้ภาพสีมีความเข้มขึ้นตามลำดับ เมื่อได้ภาพจากโทรทัศน์แล้ว ทำการเปรียบเทียบให้เห็นข้อแตกต่างระหว่างค่าของแม่สี RGB โดยใช้ กระบวนการ Image process ในการหาระดับความเข้มของแม่สีในแต่ละภาพสี ซึ่งจะให้เห็นผลชัดเจนขึ้นแสดงดังตารางที่ 4.1 และนำเอาค่าจากตารางที่ได้มาวิเคราะห์เป็นกราฟแสดงดังรูปที่ 4.17

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ของภาพสีที่ไม่มี ความผิดเพี้ยนกับภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ ± 1 dB ± 2 dB และ ± 3 dB

ความผิดเพี้ยนของภาพ	R	G	B
ภาพสีที่ไม่มี ความผิดเพี้ยน(0 dB)	144.6109	123.6854	151.8935
ภาพสีที่ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ +1 dB	138.2404	112.9378	139.5828
ภาพสีที่ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ +2 dB	135.8221	110.7874	140.5764
ภาพที่ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ +3 dB	130.6430	108.5881	131.8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ -1 dB	150.8768	145.7451	166.9841
ภาพที่ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ -2 dB	156.1989	150.2110	170.0931
ภาพที่ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ -3 dB	163.4831	154.2142	178.6273



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงเปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ของภาพสีที่ไม่มี ความผิดเพี้ยนกับภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ ± 1 dB ± 2 dB และ ± 3 dB

จากกราฟที่ 4.17 แสดงให้เห็นว่า เมื่อเกิดความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายสูง ค่าแม่สี RGB มีค่าลดลง ซึ่งจะทำให้ภาพสีที่แสดงออกมาจากโทรทัศน์สีได้รับผลกระทบคือ มีความสว่างน้อยลง แต่ที่ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายต่ำ ค่าแม่สี R G B มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ภาพสีที่แสดงออกมาจากโทรทัศน์สีนั้นได้รับผลกระทบ คือภาพสีมีความสว่างมากขึ้น ซึ่งจากการทดลองนี้ แสดงให้เห็นถึงภาพสีที่ได้รับผลกระทบก่อนที่จะได้รับการแก้ไข ในที่นี้จะใช้เครื่องปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณสี โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์ที่ได้ทำขึ้นเพื่อทำหน้าที่ในการลดระดับสัญญาณและยกระดับสัญญาณเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้น

4.3.2 การแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยาย ด้วยเครื่องปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณสี โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์

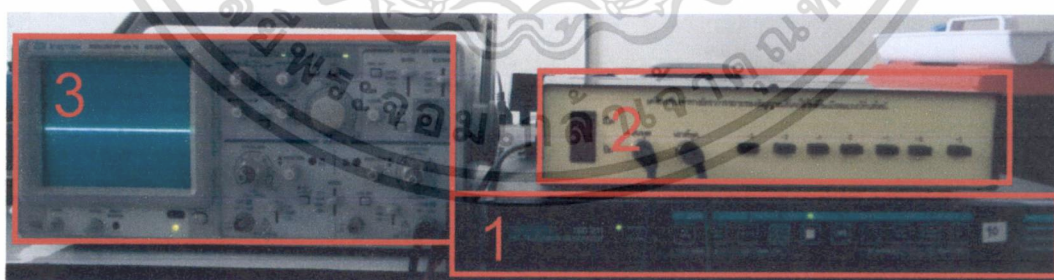
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดสอบนี้จะแสดงให้เห็นถึงการทำงานของเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณ โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบิร์นสไตน์ เพื่อแก้ปัญหาคอมพิคชั่นทางอัตรการขยายที่เกิดขึ้น โดยที่จะทำการแสดงและวัดค่าด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป เพื่อดูสัญญาณทดสอบ 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ ว่ามีการยกระดับของสัญญาณ หรือลดระดับของสัญญาณหรือไม่ พร้อมกับการแสดงภาพสีที่หน้าจอโทรทัศน์เพื่อดูความสามารถในการแก้ภาพสีที่เกิดคอมพิคชั่นว่ากลับไปเป็นเหมือนภาพสีต้นแบบหรือไม่

อุปกรณ์ที่จะใช้ทำการทดสอบในหัวข้อนี้ คือ

1. โทรทัศน์สี
2. เครื่อง PAL Television Generator TSG-271
3. เครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณ โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบิร์นสไตน์
4. ออสซิลโลสโคป

ในการทดลองจะต่ออุปกรณ์ตามรูปที่ 4.18 โดยให้เครื่อง PAL Television Generator เป็นตัวกำเนิดสัญญาณทดสอบ โดยจะส่งลงไปสัญญาณทดสอบเส้นที่ 17 ก็ือเน้นสัญญาณทดสอบ 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่วงกลมสีแดงในรูปที่ 4.19 ซึ่งเป็นส่วนที่บ่งบอกว่าสัญญาณภาพนั้นมีความคอมพิคชั่นเกิดขึ้นหรือไม่ โดยที่จะทำการวัดโดยต่อผ่านเครื่องมือวัดคือออสซิลโลสโคป ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นถึงสัญญาณทดสอบ 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ ที่เกิดจากตัวกำเนิดของสัญญาณมาจากเครื่อง PAL Television Generator โดยที่ยังไม่ผ่านเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณ โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบิร์นสไตน์ ซึ่งจะทำหน้าที่ยกระดับสัญญาณ หรือลดระดับของสัญญาณ จะได้สัญญาณที่ไม่มีความคอมพิคชั่นเกิดขึ้น ดังที่จะแสดงในรูปที่ 4.20

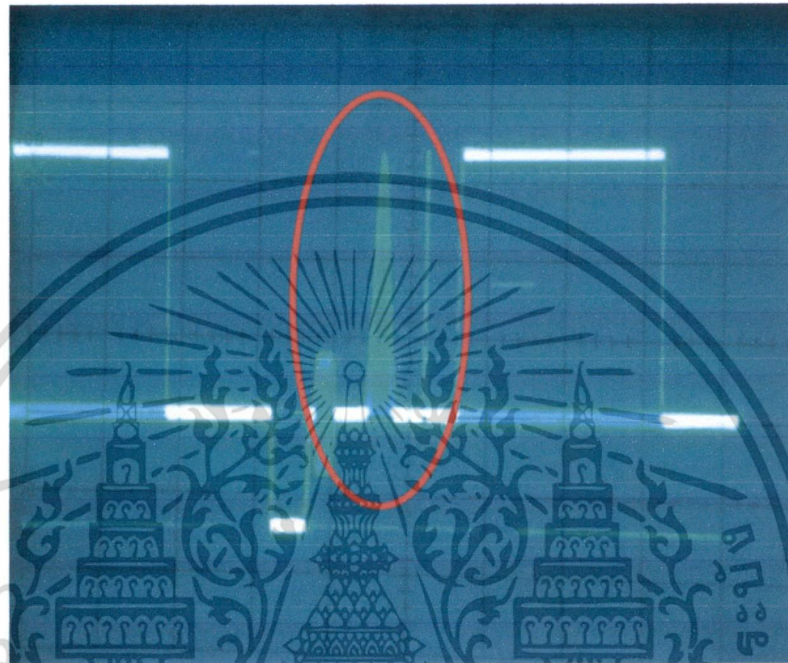


รูปที่ 4.18 การทดสอบเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณ โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบิร์นสไตน์

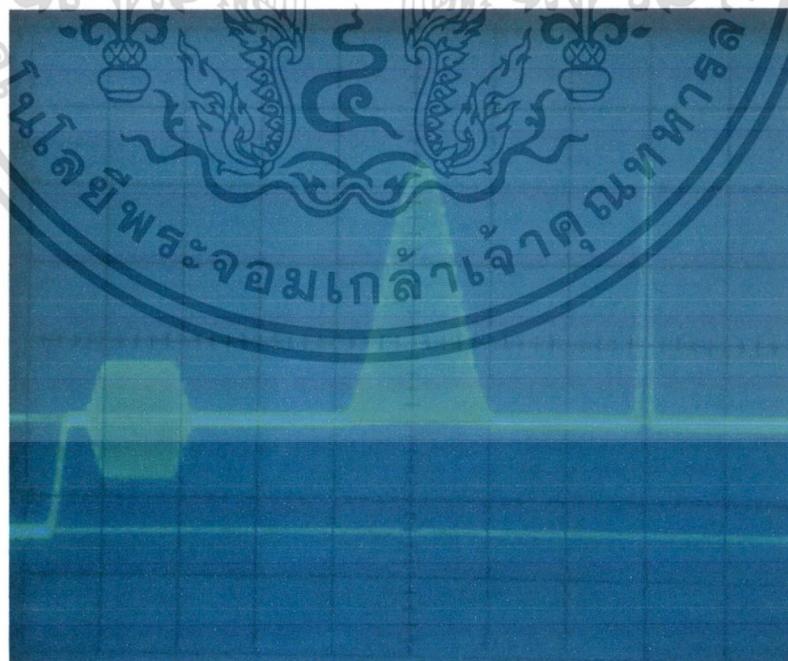
ขั้นตอนต่อมาได้นำเอาเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณ โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบิร์นสไตน์ มาทำการต่อเข้าระหว่างเครื่อง PAL Television Generator กับออสซิลโลสโคป เพื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการวัดดูว่าเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณดี โดยใช้โพสิโนเมียลแบบเบิรน์สไตน์ สามารถยกระดับหรือ ลดระดับของสัญญาณทดสอบ 20T ไลน์กำลังสองพัลส์ได้ ตามที่ได้ออกแบบและ จำลองการทำงานไว้หรือไม่ แสดงดังรูปที่ 4.21 ถึงรูปที่ 4.26

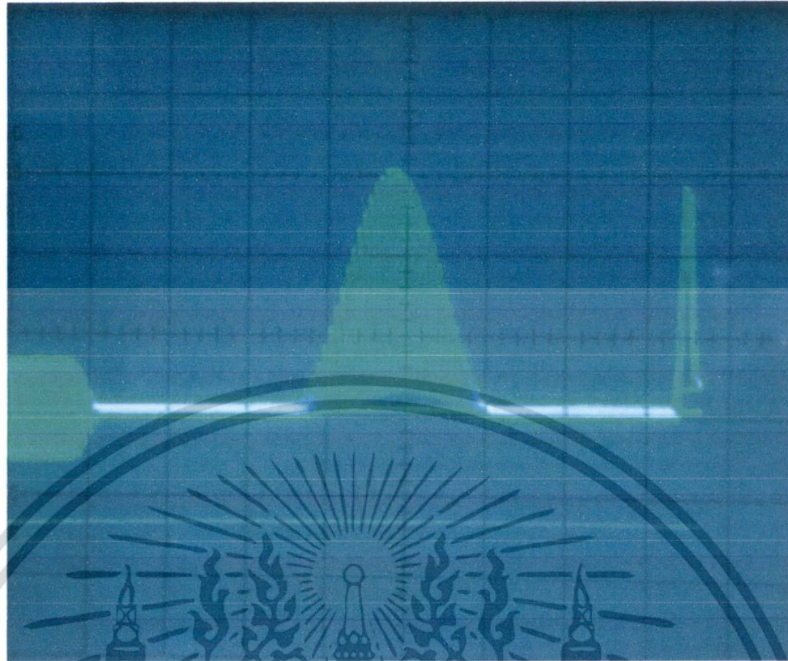


รูปที่ 4.19 สัญญาณทดสอบเส้นที่ 17 ในโทรทัศน์ระบบ PAL



รูปที่ 4.20 สัญญาณทดสอบ 20T ไลน์กำลังสองพัลส์ที่ไม่มีความผิดเพี้ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

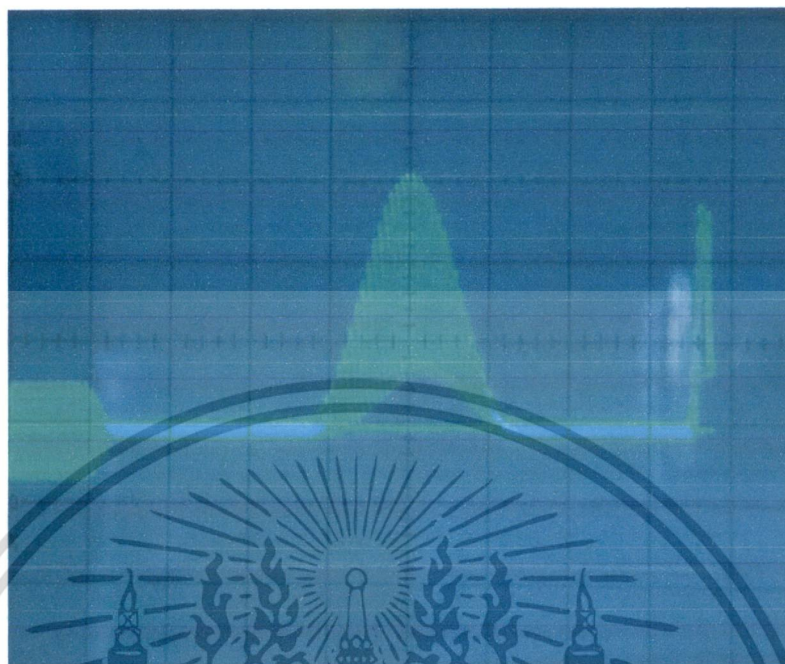


รูปที่ 4.21 สัญญาณทดสอบ 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ที่ผ่านเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของ สัญญาณสี่ โดยใช้โพลิโนเมียลแบบเบิรน์สไตน์ที่ -1 dB



รูปที่ 4.22 สัญญาณทดสอบ 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ที่ผ่านเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของ สัญญาณสี่ โดยใช้โพลิโนเมียลแบบเบิรน์สไตน์ที่ -2 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

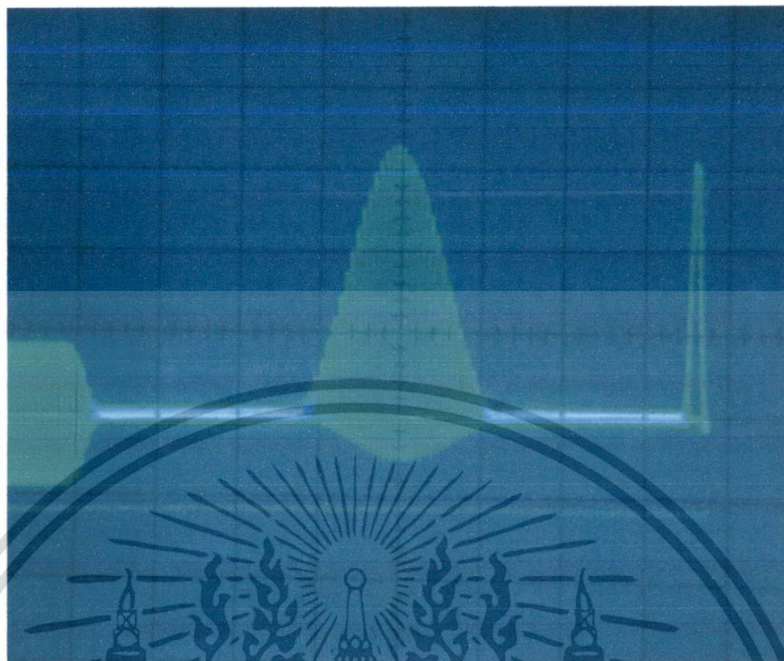


รูปที่ 4.23 สัญญาณทดสอบ 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่ผ่านเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสี่ โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์ที่ -3 dB



รูปที่ 4.24 สัญญาณทดสอบ 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่ผ่านเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสี่ โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์ ที่ +1 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 สัญญาณทดสอบ 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ที่ผ่านเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสี่ โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์ที่ +2 dB



รูปที่ 4.26 สัญญาณทดสอบ 20T ไซน์กำลังสองพัลส์ที่ผ่านเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสี่ โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์ที่ +3 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อปรับอัตราขยายของเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสี โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์ไปที่ -1 dB -2 dB และ -3 dB สัญญาณถูกลดระดับลง ไปจากเดิมเมื่อเทียบกับสัญญาณทดสอบ 20T ไชน์กำลังสองพัลส์ที่ไม่มีความผิดเพี้ยนเกิดขึ้น แต่เมื่อปรับอัตราขยายของเครื่องไปที่ $+1$ dB $+2$ dB และ $+3$ dB สัญญาณจะมีการยกระดับขึ้นมาเมื่อเทียบกับสัญญาณทดสอบ 20T ไชน์กำลังสองพัลส์

ในลำดับต่อไปก็จะนำเอาภาพสีที่ใช้ในการอ้างอิงจากการทดสอบแรก. มาทำการแก้ปัญหาคำผิดเพี้ยนทางอัตรการขยาย เพื่อเปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ว่าสามารถแก้ปัญหาคำผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายที่เกิดขึ้น และสามารถทำให้ภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนกลับมาเป็นภาพสีต้นแบบที่ไม่มีความผิดเพี้ยนเกิดขึ้น โดยจะเปรียบเทียบภาพก่อนการแก้ความผิดเพี้ยนและหลังที่จากผ่านเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสี โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์ เพื่อแก้ความผิดเพี้ยนแล้ว แสดงดังรูปที่ 4.27 รูปที่ 4.28 รูปที่ 4.29 รูปที่ 4.30 รูปที่ 4.31 และรูปที่ 4.32 โดยที่รูปด้านบน (รูป (ก)) จะเป็นภาพสีที่เกิดความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยาย รูปด้านล่าง(รูป (ข)) จะเป็นภาพสีหลังการแก้ไขความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายด้วยเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสี โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์แล้ว

เนื่องจากภาพสีโทรทัศน์มีความใกล้เคียงกันมาก ยากที่จะเปรียบเทียบด้วยตาเปล่ากับภาพสีที่ไม่มีความผิดเพี้ยน จึงนำเข้าสู่กระบวนการ Image process เพื่อหาค่าแม่สี RGB เปรียบเทียบภาพสีระหว่างก่อนแก้ไขความผิดเพี้ยนและหลังจากการแก้ไขความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยาย

รูปที่ 4.33 แสดงการเปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ของภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยาย และภาพสีที่ได้รับการแก้ไขความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายด้วยเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสี โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์ โดยรูปที่ 4.33 (ก) แสดงการปรับแก้ความผิดเพี้ยนด้วยเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสีที่ $+1$ dB $+2$ dB และ $+3$ dB และรูปที่ 4.33 (ข) แสดงการปรับแก้ความผิดเพี้ยนเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสีที่ -1 dB -2 dB และ -3 dB



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.27 เปรียบเทียบของภาพที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ +1 dB และ ภาพหลังการแก้ไข
ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.28 เปรียบเทียบของภาพที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ +2 dB และภาพหลังการแก้ไข
ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



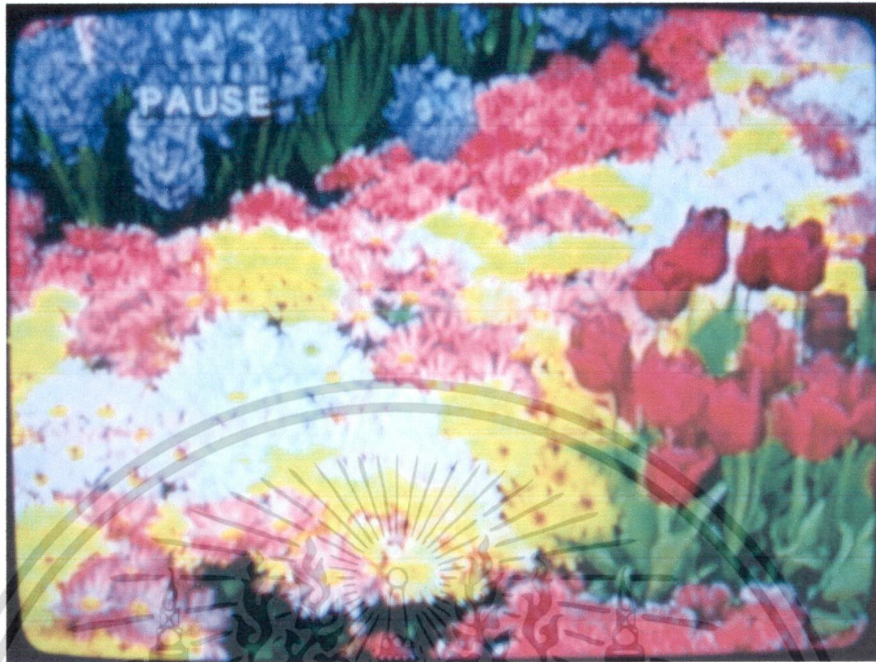
(ก)



(ข)

รูปที่ 4.29 เปรียบเทียบของภาพที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ +3 dB และภาพหลังการแก้ไข
ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



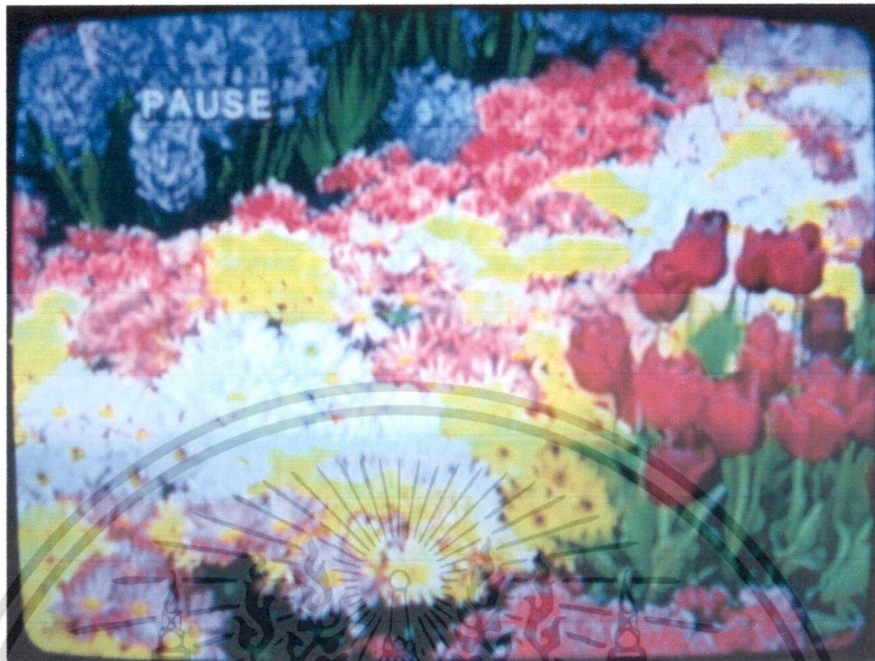
(ก)



(ข)

รูปที่ 4.30 เปรียบเทียบของภาพที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ -1 dB และภาพหลังการแก้ไข
ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



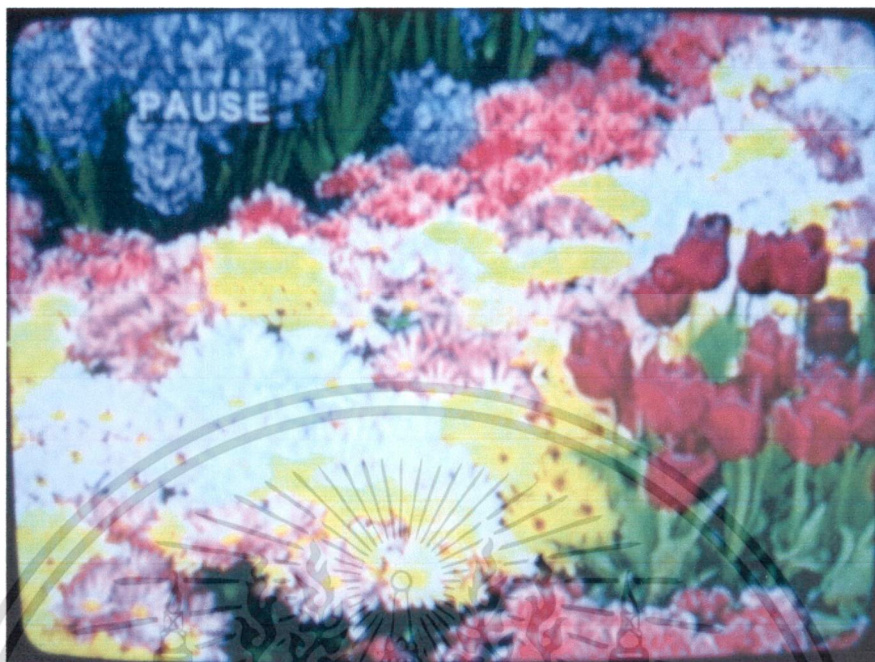
(ก)



(ข)

รูปที่ 4.31 เปรียบเทียบของภาพที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ -2 dB และภาพหลังการแก้ไข
ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

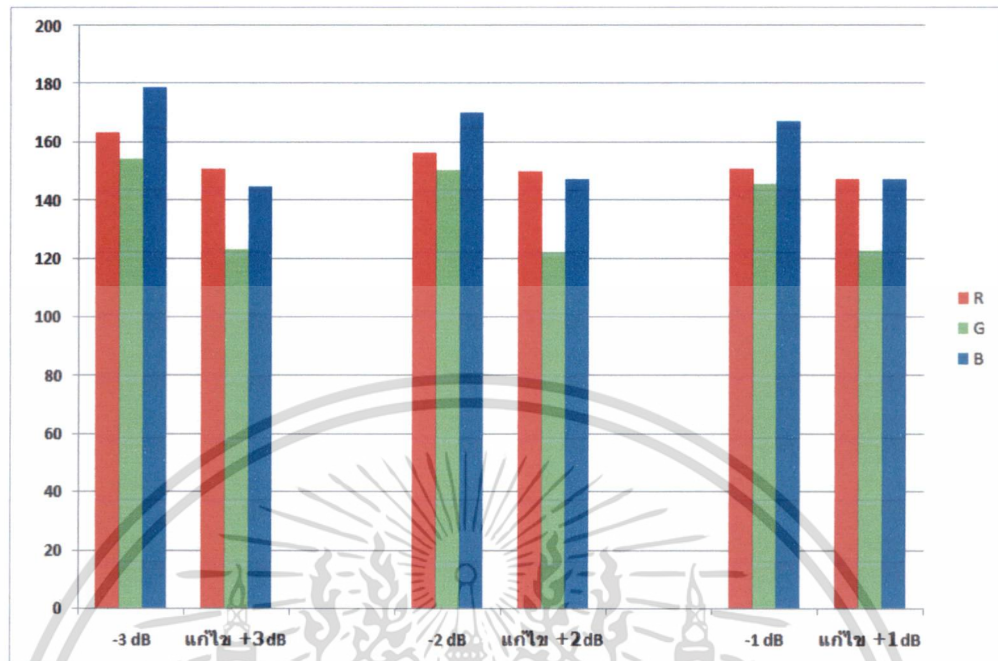
รูปที่ 4.32 เปรียบเทียบของภาพที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ -3 dB และภาพหลังการแก้ไขความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

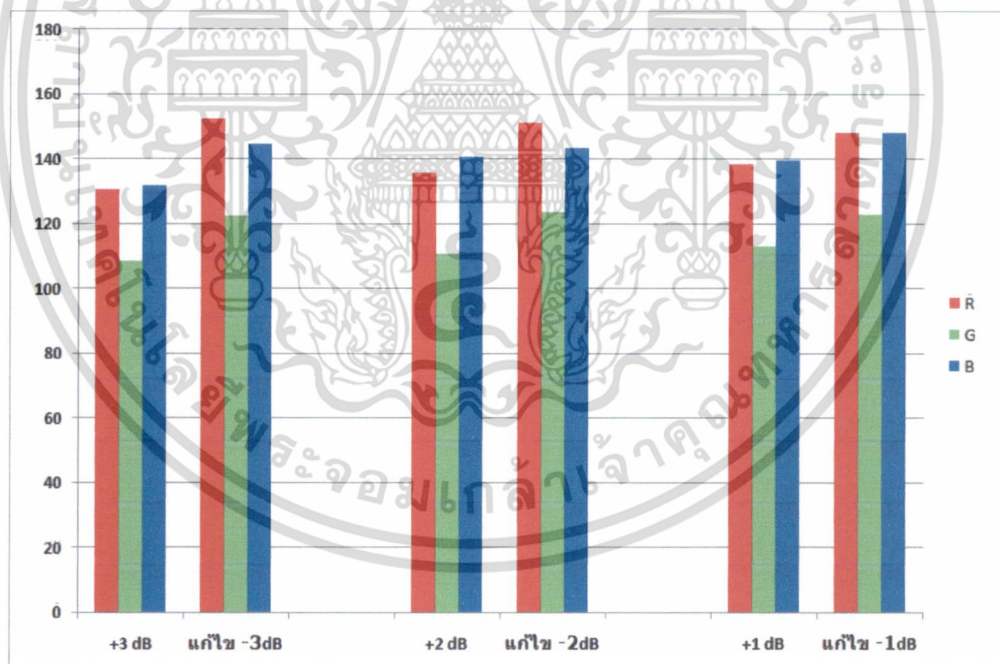
ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าแม่สี R G B ของภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายอย่างเดียว และภาพสีหลังผ่านการแก้ปัญหาความผิดเพี้ยนด้วยเครื่องปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณสี โดยใช้โพลิโนเมียลแบบเบร์นสไตน์

ความผิดเพี้ยนของภาพ	R	G	B
ภาพสีที่ไม่มี ความผิดเพี้ยน(0 dB)	144.6109	123.6854	151.8935
ภาพสีที่ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ +1 dB	138.2404	112.9378	139.5828
ภาพสีที่ทำการลดระดับสัญญาณที่ -1 dB	148.1456	122.8404	148.1272
ภาพสีที่ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ +2 dB	135.8221	110.7874	140.5764
ภาพสีที่ทำการลดระดับสัญญาณที่ -2 dB	151.038	123.6864	143.2627
ภาพสีที่ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ +3 dB	130.6430	108.5881	131.8870
ภาพสีที่ทำการลดระดับสัญญาณที่ -3 dB	152.4873	122.5779	144.7792
ภาพสีที่ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ -1 dB	150.8768	145.7451	166.9841
ภาพสีที่ทำการยกระดับสัญญาณที่ +1 dB	147.4413	122.7502	147.3552
ภาพสีที่ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ -2 dB	156.1989	150.2110	170.0931
ภาพสีที่ทำการยกระดับสัญญาณที่ +2 dB	149.7891	122.3782	147.4722
ภาพสีที่ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ -3 dB	163.4831	154.2142	178.6273
ภาพสีที่ทำการยกระดับสัญญาณที่ +3 dB	150.7315	123.0270	144.9127

เมื่อภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ +1 dB +2 dB และ +3 dB ถูกแก้ไขปัญหาความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้น โดยทำการลดระดับสัญญาณลงด้วยเครื่องปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณสี โดยใช้โพลิโนเมียลแบบเบร์นสไตน์ ที่ -1 dB -2 dB และ -3 dB ทำให้ภาพที่มีความเข้มมาก ถูกลดระดับความเข้มให้กลับมาสู่ภาพสีต้นแบบที่ไม่มี ความผิดเพี้ยนเกิดขึ้น ส่วนภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ -1 dB -2 dB และ -3 dB ถูกแก้ไขแก้ไขปัญหาความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้น โดยทำการยกระดับสัญญาณขึ้น ด้วยเครื่องปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณสี โดยใช้โพลิโนเมียลแบบเบร์นสไตน์ ที่ +1 dB +2 dB และ +3 dB ทำให้ภาพที่มีความสว่างมากถูกลดระดับความสว่างให้กลับมาสู่ภาพสีต้นแบบที่ไม่มี ความผิดเพี้ยนเกิดขึ้น จากการทดสอบเครื่องเพื่อแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายพบว่าผลที่ได้มีความใกล้เคียงกับภาพสีต้นแบบที่ไม่มี ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยาย



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.33 เปรียบเทียบค่าแม่สี RGB ของภาพสีที่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยาย และภาพสีที่ได้รับ การแก้ไขความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายด้วยเครื่องปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณสี โดยใช้ โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 สรุป

เครื่องปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณ โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์ สามารถแก้ปัญหาความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายที่ -1 dB -2 dB -3 dB $+1$ dB $+2$ dB และ $+3$ dB ได้อย่างมีประสิทธิภาพ กล่าวคือสามารถแก้ภาพที่เกิดความผิดเพี้ยนให้กลับมาเหมือนภาพสื่อดั้งเดิม แต่ในการวิจัยพบว่ายังมีปัจจัยภายนอกอื่นๆ ที่ทำให้เกิดผลกระทบในการแก้ความผิดเพี้ยน ส่งผลให้ภาพที่แก้ได้ไม่เหมือนภาพสื่อดั้งเดิม 100% เช่น การปรับเปลี่ยนค่า R และ C ให้มีค่าตามท้องตลาด ซึ่งเป็น การประหยัดค่าใช้จ่าย หรือปัญหาความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงที่ยังเกิดขึ้นเล็กน้อย ดังนั้นโครงการวิจัยนี้สามารถพัฒนาต่อเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าว เช่น การเพิ่มจำนวนอันดับ (Order) ให้มากขึ้นอีก หรือเพิ่มวงจรถดเชยเฟส แต่วิธีการดังกล่าวจะเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายให้สูงขึ้นไปด้วย



สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

โครงการวิจัยนี้ได้นำเสนอการแก้ความผิดเพี้ยนอันเนื่องมาจากความไม่เท่ากันของสัญญาณสี่กับสัญญาณส่องสว่างที่เกิดขึ้นในระบบการส่งผ่านโทรทัศนีสี่ ความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นแบ่งได้เป็น 3 กรณี คือความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายอย่างเดียว ความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงอย่างเดียว และความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายและเวลาประวิงพร้อมกัน ในการตรวจสอบและวัดความผิดเพี้ยนที่เกิดกับสัญญาณภาพจำเป็นต้องใช้สัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์เข้ามาช่วยโดยป้อนรวมไปกับสัญญาณภาพแล้วใส่เข้าไปในช่วงสัญญาณแบล็กกิ้งทางแนวตั้ง ซึ่งจะสังเกตได้ที่ฐานของพัลส์นั่นเอง เช่น ถ้าฐานของพัลส์เป็นเส้นตรงหรือราบเรียบแสดงว่าไม่มีความผิดเพี้ยน แต่ถ้าที่ฐานของพัลส์มีลักษณะเป็น โคไซน์ หรือไซน์แสดงว่ามีความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายและ/หรือเวลาประวิงเกิดขึ้น ดังนั้น ปัญหาความผิดเพี้ยนดังกล่าวจำเป็นต้องตรวจสอบและทำการแก้ไขก่อนส่งสัญญาณภาพออกอากาศไปยังผู้ชมที่บ้าน ดังนั้นจึงได้นำเสนอเครื่องปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณสี่ โดยใช้โพลิโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์ ซึ่งสร้างมาจากวงจรรองความถี่แอนาล็อกแบบเบียร์นสไตน์อันดับ 4 ซึ่งการเลือกใช้เบียร์นสไตน์โพลิโนเมียลจะสามารถช่วยแก้ปัญหาข้อด้อยของวงจรรองความถี่แอนาล็อก เช่น มีความราบเรียบที่สุดทางขนาด มีเฟสเชิงเส้น และมีความราบเรียบที่สุดทางเวลาประวิง นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมคุณลักษณะทางขนาด เฟส และเวลาประวิงตามความเหมาะสมในการใช้งาน โดยใช้พารามิเตอร์ควบคุม 3 ตัว ได้แก่ n K และ ϵ ในที่นี้เลือกค่าพารามิเตอร์ควบคุมคือ $n=2$ $K=1$ และ $\epsilon=10$ ในการออกแบบเครื่องปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณสี่ โดยใช้โพลิโนเมียลแบบเบียร์นสไตน์นี้จะสามารถแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายของสัญญาณสี่ที่ $\pm 1\text{ dB}$ $\pm 2\text{ dB}$ และ $\pm 3\text{ dB}$ เมื่อได้ทำการจำลองการทำงานด้วยโปรแกรม MATLAB พบว่าวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายที่ได้ออกแบบสามารถทำการยกระดับที่ $+1\text{ dB}$ $+2\text{ dB}$ และ $+3\text{ dB}$ และลดระดับที่ -1 dB -2 dB และ -3 dB ของสัญญาณสี่ที่มีความถี่คลื่นพาหีสี่ย่อย 4.43 MHz ให้เท่ากับสัญญาณส่องสว่างเพื่อให้สัญญาณภาพกลับไปมีคุณภาพเหมือนเดิม สังเกตได้ที่ฐานของสัญญาณทดสอบมอดูเลต 20T ไชน์กำลังสองพัลส์มีความราบเรียบนั่นเอง จากนั้นนำมาสร้างจริงด้วยเทคนิคการสร้างแบบออปแอมป์เดี่ยว แล้วทำการทดสอบด้วยโปรแกรม PSpice พบว่าสามารถแก้ความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายได้เป็นอย่างดีเช่นกัน ดังนั้นจึงนำมาสร้างเป็นเครื่องต้นแบบวงจรปรับเท่าทางอัตราขยายของสัญญาณ

ลีสที่ $\pm 1\text{dB}$ $\pm 2\text{dB}$ และ $\pm 3\text{dB}$ จะเห็นว่าหลังจากทำการแก้ความผิดเพี้ยนโดยผ่านเครื่องต้นแบบ วงจรปรับเท่าทางอัตรการขยายของสัญญาณสีย จะได้ภาพสียต้นแบบ (Original Picture) ที่มีคุณภาพดี กลับมาเหมือนเดิม แล้วจึงส่งสัญญาณภาพออกอากาศไปยังผู้ชมทางบ้านต่อไป ดังนั้นจึงนำ แนวความคิดทั้งหมดที่ได้ออกแบบ จำลอง และทดลอง มาสร้างเครื่องปรับเท่าทางอัตรการขยายของ สัญญาณสีย โดยใช้โพลีโนเมียลแบบเบิรน์สไตน์

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. วงจรกรองความถี่แอนาลอกที่ได้ออกแบบนี้จะเป็นตัวอย่างเพื่อใช้ในการพัฒนางจรใหม่ให้มีประสิทธิภาพ และประโยชน์ในการใช้งานได้กว้างขึ้น ซึ่งในอนาคตอาจจะออกแบบวงจรโดยพัฒนา ให้สามารถแก้ไขปัญหาคความผิดเพี้ยนทางกรุปดีเลย์ได้ด้วย
2. การสร้างวงจรกรองความถี่แอนาลอกในโครงการวิจัยนี้อาศัยการต่อวงจร Single Amplifier แบบ Cascade กล่าวคือเป็นการนำวงจรอปแอมป์ 2 วงจรมาต่ออนุกรมกันทำให้วงจรมีข้อจำกัดอยู่บ้าง ทั้งในเรื่องของการออกแบบ ขนาดของวงจร ราคา จึงแนะนำว่าควรพัฒนาให้เป็นวงจร Single Amplifier
3. การจำลองผ่าน โปรแกรม จำลองการทำงาน เช่น Matlab และ Pspice เป็นเพียงแคโปรแกรม ช่วยในการจำลอง ทางทฤษฎีจะเห็นได้ว่า ยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่ เมื่อทำการออกแบบจริง ซึ่งอาจจะมี โปรแกรมที่มีความสามารถในการจำลองการทำงานมากกว่า 2 โปรแกรมดังกล่าว
4. การสร้างวงจรกรองความถี่ อาศัยคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคำนวณอย่างละเอียดและมีการ ประมาณค่าของอุปกรณ์ หากเรานำค่าของอุปกรณ์ที่นำมาใช้มีค่าใกล้เคียงกับการคำนวณ ก็ได้วงจรที่มี ประสิทธิภาพมากขึ้น
6. โครงการวิจัยนี้เป็นเพียงแค่ทางเลือกในการปัญหาความผิดเพี้ยนทางอัตรการขยายที่เกิดขึ้น ปัจจัยในการเกิดความผิดเพี้ยน อาจจะมีสาเหตุเกิดจาก ผลกระทบอื่นเช่น สายส่ง วงจรภายใน ซึ่งการใช้ วงจรกรองความถี่เป็นเพียงแค่ วิธีการหนึ่ง อาจจะมีวิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ หรือความ เหมาะสมกว่าการใช้วงจรกรองความถี่

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

วงจรปรับเท่าแบบเบิรน์สไตน์ที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ปรับแก้เฉพาะความผิดเพี้ยน ทางอัตรการขยายอย่างเดียว แต่ด้วยข้อดีของเบิรน์สไตน์โพลีโนเมียลนี้เองสามารถนำไปพัฒนาต่อใน การปรับแก้ความผิดเพี้ยนทางเวลาประวิงของสัญญาณสีย เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานในการแก้ความ ผิดเพี้ยนได้ครบถ้วนทั้ง 2 กรณีย ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากกับการส่งสัญญาณโทรทัศน์สียในปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] รัช เมฆสุวรรณค์ และ โยชิตะซึ ซาวามูระ เทคนิคการซ่อมเครื่องรับโทรทัศน์ กรุงเทพมหานคร : ดวงกมล พ.ศ. 2528
- [2] กนก เจริญพงษ์เวช การตรวจสอบสัญญาณวิดีโอ กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ม.ป.ป.
- [3] Wolf P., "Modification of the Pulse-and-bar Test Signal with Special Reference to Application in Color Television," **Journal of the SMPTE**, vol. 75, Jan. 1966, pp. 15-19.
- [4] An American National Standard, **IEEE Standard on Video Signal Transmission Measurement of Linear Waveform Distortion**, New York : The Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. 1979.
- [5] Craig M., **Television Measurements PAL System**, Oregon : Tektronix, Inc. 1990.
- [6] Janchitrapongvej K. and Ikeda T., "Equalization of the Relative Luminance-to-Chrominance Gain in Video Signal Transmission," **The Journal of the Institute of Television Engineers of Japan**, vol. 40, 1986, pp. 786-790.
- [7] Neelakantan M. N., "Design of Elliptic Function Filters using a Double-Layer RC Distributed-Active Circuit," **IEEE Trans. on Circuits Theory**, vol. 19, no. 4, Jan. 1972, pp. 403-406.
- [8] Janchitrapongvej K., Kawejan V., Seatia S., Benjangkprasert C., Tangtisanon P., Sangaroon O., and Teramoto M., "Capacitive Double Layers Uniformly Distributed RC Line and its Applications to Active Filters," **Proc. IEEE-TENCON**, 2000, pp. 23-25.
- [9] Pirajnanchai V., and Janchitrapongvej K., "Continuous-Time Low-pass Filter using an Active Distributed MOSFET Transistor," **Proc. IEEE-APCCAS**, 2004, pp. 1049-1052.
- [10] Gopinathan V., and Tsvividis Y. P., "Design Considerations for Integrated Continuous-time Video Filters," **Proc. IEEE-ISCAS**, 1990, pp. 1177-1180.
- [11] Ismail Y. I., and Friedman E. G., "Effects of Inductance on the Propagation Delay and Repeater Insertion in VLSI Circuits," **IEEE Trans. on VLSI Systems**, vol. 8, no. 2, 2000, pp. 195-206.

- [12] Hashimi B. M. A., Dudek F., and Moniri M., "Current-mode Group-delay Equalisation using Pole-zero Mirroring Technique," **IEE Trans. Circuits, Devices and Systems**, vol. 147, no.4, 2000, pp. 257-263.
- [13] Siocos C. A., "Chrominance-to-Luminance Ratio and Timing Measurements in Color Television," **IEEE Trans. On Broadcasting**, vol. 14, no. 1, Aug. 1967, pp. 1-4.
- [14] Davis J. Philip., **Interpolation and Approximation**, New York : Dover publications, Inc. 1975.
- [15] Lorentz G. G., **Bernstein Polynomials**, New York : Chelsea publishing company, 1986.
- [16] Baez-Lopez D., "The Bernstein Filter A New Class of Linear Phase Filter Approximation," **IEEE Proc.** vol. 3, May 1991, pp. 704-707.
- [17] Schaumann R. and Van Valkenburg M. E.Van., **Design of Analog Filters**, New York : Oxford University Press, 2001.
- [18] Su K. L., **Analog Filters**, Cambridgeshire : University of Cambridge Press, 1996.
- [19] Zolzer U., **Digital Audio Signal Processing**, Chichester : John Wiley&Sons Ltd. 1997.
- [20] V. Chutchavong, O. Sangaroon, C. Benjangkprasert, and K. Janchitrapongvej, "Luminance-Chrominance Gain Equalizer Based on Bernstein Polynomials," **IEEJ Trans. EIS**, Vol. 130, No.8, 2010.
- [21] Chen W., **Passive and Active Filters Theory and Implementation**, New York : John Wiley & Sons, Inc. 1986.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม เปรียบเทียบแม่สี RGB ของรูปภาพ

```

clear all;

img{1}=imread('0_0.bmp');
img{2}=imread('+1_0.bmp');
img{3}=imread('+2_0.bmp');
img{4}=imread('+3_0.bmp');
img{5}=imread('-1_0.bmp');
img{6}=imread('-2_0.bmp');
img{7}=imread('-3_0.bmp');

for im=1:15
    [row,col,band]=size(img{im});
    for j=1:band
        dim{im}(j)=sum(sum(img{im}(:,:,j)))/(col*row);
    end
end
end

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม สัญญาณทดสอบ 20T ไชน์กำลังสองพัลส์

```

clc;

clear all;

T0 = 0.1*10^-6;

t = linspace(0,4*10^-6,300);

w = 2*pi*4.43*10^6;

A = 1.4125;

torr = -300*10^-9;

for k = 1:1:300

x(k) = 0.5*(sin(pi*t(k)/(40*T0)))^2+A/2* ((sin(pi*(t(k)-
torr)/(40*T0)))^2)*cos(w*t(k));

end

plot(t,x)

ylabel('Amplitude')

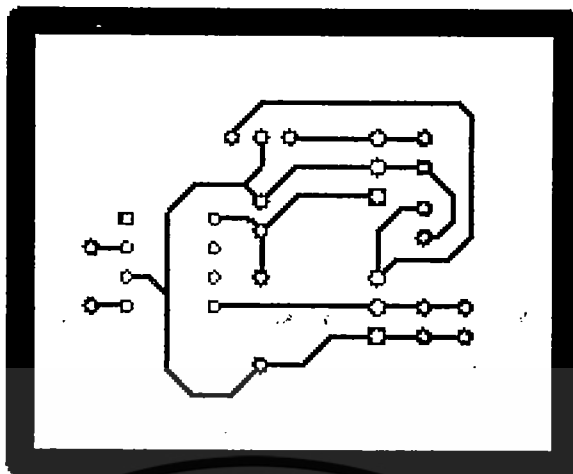
xlabel('Time(sec)')

```

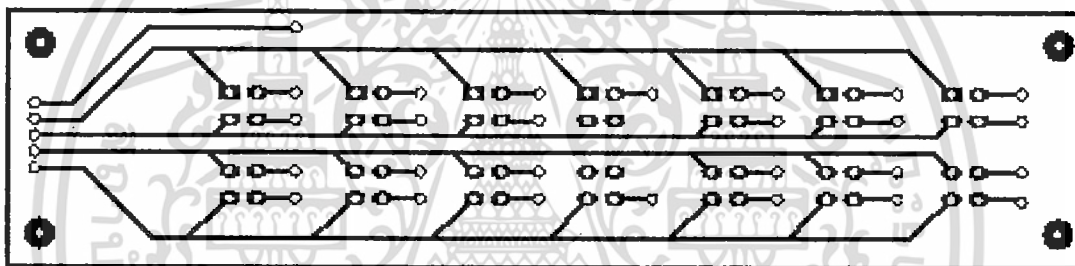
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

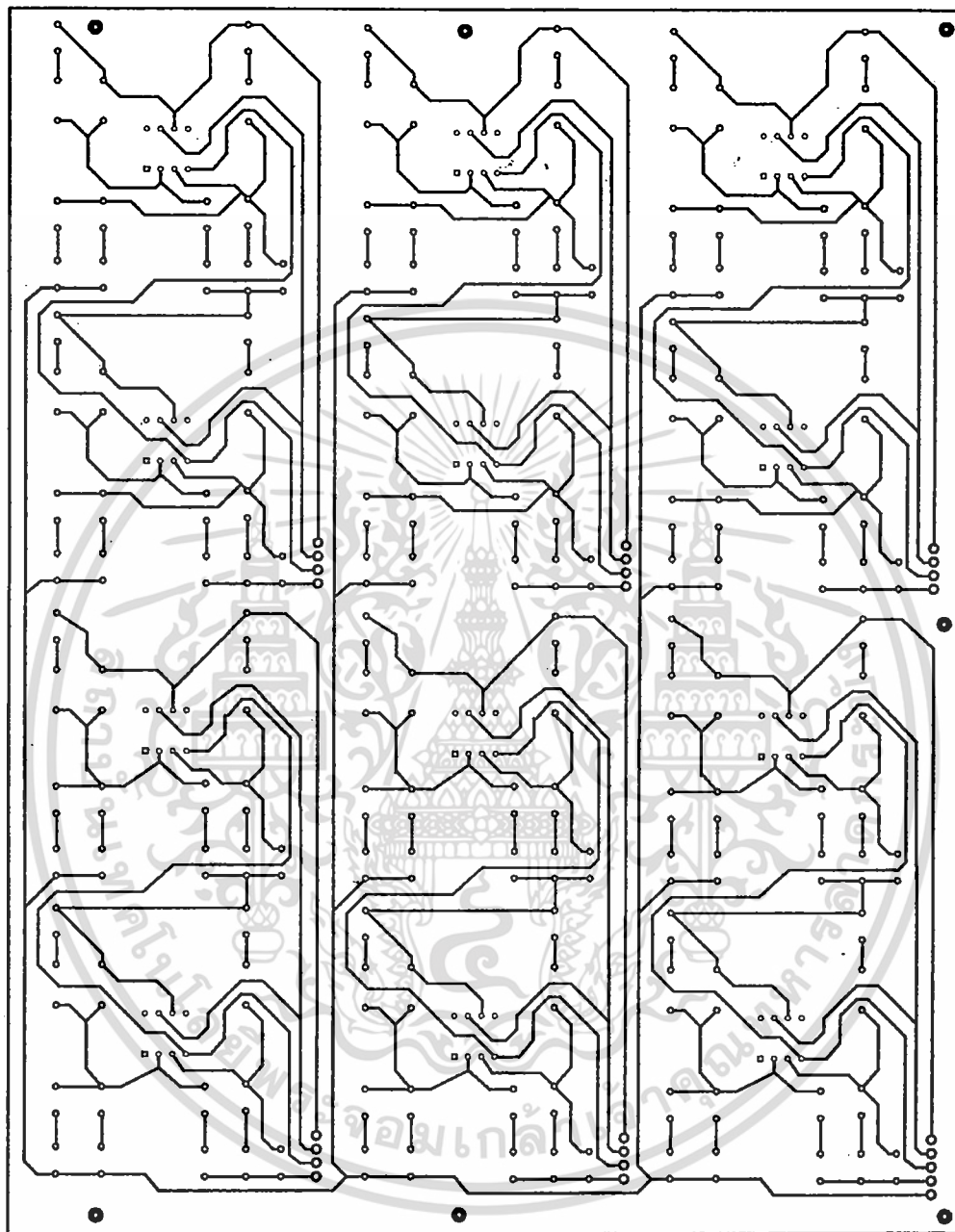


รูปที่ ข.1 แผ่น PCB ของวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ ข.2 แผ่น PCB ของวงจรปรับเปลี่ยนการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.3 แผ่น PCB ของวงจรปรับเท่าทางขนาดที่ ± 1 dB ± 2 dB และ ± 3 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้