สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การแก้ความผิดเพี้ยนเชิงเส้นทางเวลาของสัญญาณลูมิแนนซ์ต่อโครมิแนนซ์

Equalization of the Luminance to Chrominance Linear Time Distortion

T086906

โดย

นางสาวจุฑามาศ	ผลศิลป์	38012048
นายชินวัฒน์	เกษร	38012049
นายสุทธิศักดิ์	บุญจ่าย	38012080

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 86906
วัน,เดือน,ปี 16 ส.ค. 2552

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม
สาขาวิชาเทคโนโลยีโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การแก้ความผิดเพี้ยนเชิงเส้นทางเวลาของสัญญาณลูมิแนนซ์ต่อโครมิแนนซ์		
	Equalization of the Luminance to Chrominance Linear Time Distortion		
โดย	นางสาวจุฑามาศ	ผลศิลป์	38012048
	นายชินวัฒน์	เกษร	38012049
	นายสุทธิศักดิ์	บุญจ่าย	38012080
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม		
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์จักรี ทีฆภาควิศิษฏ์		

คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ
(----------)

---------- กรรมการ
(----------)

---------- กรรมการ
(----------)

---------- กรรมการ
(----------)

---------- กรรมการ
(----------)

ลิขสิทธิ์ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแก้ความผิดเพี้ยนเชิงเส้นทางเวลาของสัญญาณลูมิแนนซ์ต่อโครมิแนนซ์

Equalization of the Luminance to Chrominance Linear Time Distortion

บทคัดย่อ

เนื่องจากในระบบการส่งสัญญาณภาพนั้น มักมีความผิดเพี้ยนทางด้านเวลาของสัญญาณสี ฉะนั้น จึงมีความจำเป็นที่จะต้องแก้ไขความผิดเพี้ยนทางเวลาของสัญญาณลูมิแนนซ์ต่อโครมิแนนซ์ดังกล่าว ในโครงงานนี้เสนอการแก้ไขความผิดเพี้ยนโดยประมาณดีเลย์สโลปเชิงเส้น นอกจากนี้ยังใช้สัญญาณมอดดูเลต 20T ซายน์กำลังสองพัลส์ในการวิเคราะห์ผลของการตอบสนองของเน็ทเวิกร์อีกด้วย

Abstract

According to the picture signal transmission system . Always there are the time distortion of the luminance to chrominance signal . On this project , we have already presented the equalization the above by linear slope delay approximation . Also the modulated 20T sine-square pulse is used to analyse the effect of the network response .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

cc279

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์จักรี และ อาจารย์กนก ที่ได้ให้คำแนะนำในการออกแบบวงจรพร้อมทั้งให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการทำโครงงาน โปรแกรมคำนวณ และเครื่องมือในการทดสอบวงจรที่ได้ออกแบบให้เป็นผลสำเร็จที่น่าพอใจ

กลุ่มผู้จัดทำโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	
สารบัญภาพ	
กิตติกรรมประกาศ	
บทนำ	1
บทที่ 1 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบและอ้างอิง	2
1.1 ทฤษฎีและการหาสูตรสำเร็จความผิดเพี้ยน ของอัตราขยายและดีเลย์	2
1.2 Single Amplifier General Biquad	10
1.3 การ Scaling	13
บทที่ 2 การออกแบบ	16
2.1 แนวทางการออกแบบ	16
2.2 การออกแบบวิธีแก้ปัญหาการดีเลย์ ของสัญญาณลูมิแนนซ์-โครมิแนนซ์	18
2.3 การออกแบบวงจร	36
บทที่ 3 ผลการทดลองและบทสรุป	63
3.1 ผลการทดลอง	63
3.2 บทสรุปและแนวทางการใช้งาน	65
เอกสารอ้างอิง	
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
รูปที่ 1 สัญญาณรวมโคไซน์กำลังสองพัลส์	3
รูปที่ 2 แสดงความแตกต่างของความผิดเพี้ยนของอัตราขยายอย่างเดียว	6
รูปที่ 3 แสดงการผิดเพี้ยนของดีเลย์เพียงอย่างเดียว(กรณี Y1= -Y2)	8
รูปที่ 4 แสดงความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายและดีเลย์พร้อมกัน	8
รูปที่ 5 รูปแบบ Single Amplifier General Biquad	10
รูปที่ 6 Circuit Equipvalent	11
รูปที่ 7 โครมิแนนซ์ล้าหลัง(Lag)	16
รูปที่ 8 โครมิแนนซ์นำหน้า(Lead)	16
รูปที่ 9 สโลบบวกเชิงเส้น	17
รูปที่ 10 สโลบลบเชิงเส้น	17
รูปที่ 11 กราฟดีเลย์เชิงเส้นสโลบบวกและสโลบลบ	18
รูปที่ 12 เฟสและสโลบเชิงเส้นที่สอดคล้องกับสมการสโลบลบ	19
รูปที่ 12-1 กราฟแสดงการปรับค่า k ในการประมาณดีเลย์สโลปลบเชิงเส้น	35
รูปที่ 13 เฟสและสโลบเชิงเส้นที่สอดคล้องกับสมการสโลบบวก	20
รูปที่ 13-1 กราฟแสดงการปรับค่า k ในการประมาณดีเลย์สโลปบวกเชิงเส้น	34
รูปที่ 14 วงจรทรานเฟอร์ฟังชั่นของสโลบบวก $H_1(s)$	40
รูปที่ 15 วงจรทรานเฟอร์ฟังชั่นของสโลบบวก $H_2(s)$	41
รูปที่ 16 วงจรทรานเฟอร์ฟังชั่นของสโลบบวก $H_3(s)$	48
รูปที่ 17 วงจรทรานเฟอร์ฟังชั่นของสโลบบวก 6 order ($H_1(s).H_2(s).H_3(s)$)	49
รูปที่ 18 วงจรทรานเฟอร์ฟังชั่นของสโลบลบ $H_1(s)$	53
รูปที่ 19 วงจรทรานเฟอร์ฟังชั่นของสโลบลบ $H_2(s)$	57
รูปที่ 20 วงจรทรานเฟอร์ฟังชั่นของสโลบลบ $H_3(s)$	61
รูปที่ 21 วงจรทรานเฟอร์ฟังชั่นของสโลบลบ 6 order ($H_1(s).H_2(s).H_3(s)$)	62
รูปที่ 22 รูปบนสัญญาณทดสอบที่ล้าหลัง 100 ns รูปล่างแสดงผลตอบสนองต่อวงจรสโลบบวก	63
รูปที่ 23 รูปบนสัญญาณทดสอบที่นำหน้า 100 ns รูปล่างแสดงผลตอบสนองต่อวงจรสโลบลบ	64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

ในระบบการส่งโทรทัศน์นั้น สัญญาณภาพรวมจะถูกส่งผ่านวงจรต่าง ๆ รวมทั้งสายส่งก่อนที่จะถูกส่งออกอากาศ ทำให้สัญญาณโทรทัศน์มีอัตราขยายทางขนาดของสัญญาณลูมิแนนซ์ไม่เท่ากับของสัญญาณโครมิแนนซ์ ขณะเดียวกันจะทำให้สัญญาณลูมิแนนซ์ถูกหน่วงเวลาต่างกันกับสัญญาณโครมิแนนซ์ในการที่จะทดสอบระบบการส่งทำได้หลายวิธี ในที่นี้จะใช้สัญญาณไซน์กำลังสองพัลส์ เพราะสามารถทดสอบผลตอบสนองทางขนาด และ การหน่วงเวลาตลอดย่านความถี่ของสัญญาณภาพรวม ในโครงงานนี้ได้เสนอวิธีแก้ความผิดเพี้ยนการหน่วงสัญญาณภาพรวม โดยแก้ความผิดเพี้ยนเชิงเส้นทางเวลาของสัญญาณลูมิแนนซ์ต่อโครมิแนนซ์

วัตถุประสงค์

- เพื่อทำการเสนอวิธีการแก้ความผิดเพี้ยนทางเวลาของสัญญาณลูมิแนนซ์ต่อโครมิแนนซ์ด้วยการประมาณค่าดีเลย์สโลปเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบและอ้างอิง

ในที่นี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่ใช้ในโครงงานนี้เท่านั้น ซึ่งจะสัมพันธ์กันถึงการอ้างอิงและการออกแบบดังนี้

1.1 ทฤษฎีและการหาสูตรสำเร็จของความผิดเพี้ยนของอัตราการขยายและดีเลย์

การหาความผิดเพี้ยนของสัญญาณสี (Chrominance signal) ทั้งอัตราการขยาย (gain) ซึ่งใช้สัญลักษณ์ A และ ไทม์ ดีเลย์ (τ) โดยผลจากการคำนวณหาความผิดเพี้ยนทั้ง A และ τ จะสัมพันธ์กับค่ายอดทั้งสองจากฐานของพัลส์ ซึ่งในทางปฏิบัติถ้าทราบค่ายอดจากฐานของพัลส์ก็สามารถที่จะหาความผิดเพี้ยนของพัลส์ว่าในระบบทดสอบ (System Under test) จะมีผลต่อสัญญาณสีทางด้านไหน เช่น ระบบทดสอบอาจมีผลทางด้านความผิดเพี้ยนของอัตราขยาย (gain distortion) อย่างเดียวหรือความผิดเพี้ยนทางด้านไทม์ ดีเลย์ ซึ่งในบทนี้จะแสดงผลการคำนวณค่าความผิดเพี้ยนทั้งอัตราการขยาย และ ไทม์ ดีเลย์ โดยละเอียด และการแสดงค่าโดยประมาณด้วยค่าที่กำหนดให้ของค่ายอดทั้งสองที่ฐานของพัลส์และอัตราการขยายที่ไม่เท่ากัน (A) และดีเลย์อินอิควอลิตี้ (τ) ที่สัมพันธ์กัน

วิธีการคำนวณของอัตราการขยาย และดีเลย์อินอิควอลิตี้ กำหนดสัญลักษณ์การคำนวณดังต่อไปนี้

f(t) = เบสไลน์ฟังก์ชั่นของ โคไซน์กำลังสองพัลส์

U(t) = เอ็นวิโลบ ด้านบนของโคไซน์กำลังสองพัลส์

L(t) = เอ็นวิโลป ด้านล่างของโคไซน์กำลังสองพัลส์

Y1 & Y2 = ขนาดของเบสไลน์ด้านล่างของโคไซน์กำลังสองพัลส์

A = อัตราการขยายของโคไซน์กำลังสองพัลส์ที่ได้รวบรวมกับเบสแบนด์ ที่สัมพันธ์กัน

τ = ดีเลย์อินอิควอลิตี้ส่วนที่ถูกรวบช้าไป หรือนำหน้าสัญญาณที่ยังไม่มีการมอด

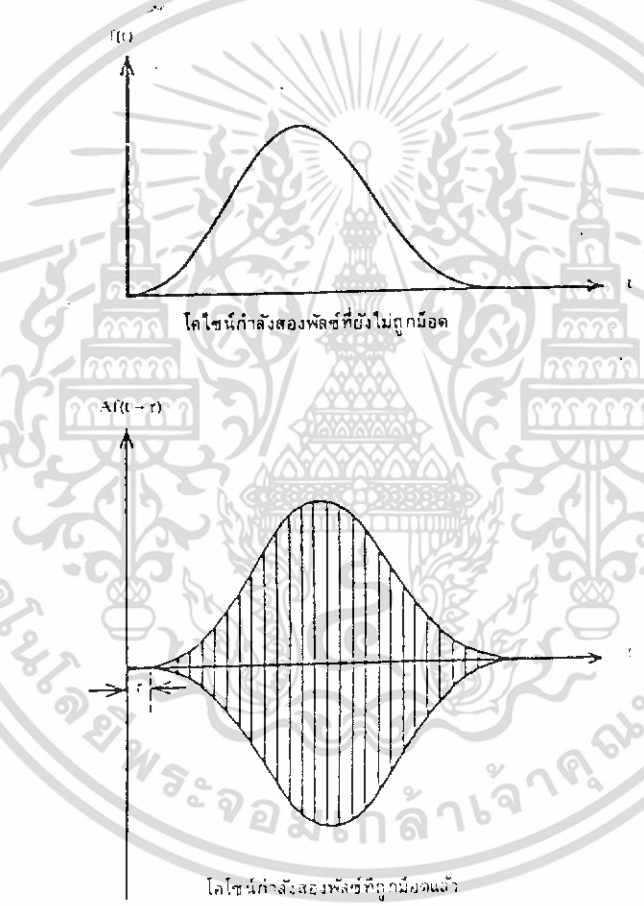
To = ระยะเวลาของขนาดของพัลส์ ในกรณีของ 20T pluse คือ 2μs และ 12.5T pluse คือ 1.25 μs ในระบบ PAL System , 20T ในระบบ NICS, T = 0.125 μs

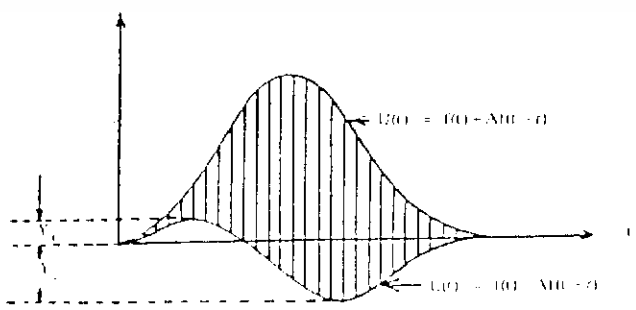
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณให้พิจารณารูปที่ 1 จะได้เอ็นวิโลปด้านบนและด้านล่างดังนี้

$$U(t) = f(t) + Af(t-\tau) \qquad \text{----------(1)}$$

$$L(t) = f(t) - Af(t-\tau) \qquad \text{----------(2)}$$





รูปที่ 1 สัญญาณรวมโคไซน์กำลังสองพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และค่าเบสแบน (base band) ก็คือ

$$f(t) = \frac{1}{2}\cos^2\frac{\pi}{2T_0} \qquad 0 < t < T_0 \qquad \text{----------(3)}$$

$$= 0 \qquad t > T_0$$

การหาค่า เอ็นวิโลปด้านบนและด้านล่างได้ด้วยการแทนค่าสมการ (3) ลงในสมการ (1) และ (2) ตามลำดับ จากเอ็นวิโลปด้านล่างจะทำให้เราทราบค่า Y1 และ Y2 ส่วนเอ็นวิโลปด้านบนจะทำให้เราทราบค่า Ymax ตามลำดับ แต่จากการวัดค่าที่แน่นอนของค่ายอดฐานของพัลส์ Y1&Y2 ควรจะวัดเทียบกับขนาดของพัลส์ที่สูงสุด Ymax จากผลการคำนวณนี้จะทำให้เราสามารถหาสูตรสำเร็จของความผิดเพี้ยนของการขยายที่แน่นอนแสดงได้ดังนี้

$$A = \frac{1-(y_1+y_2+y_1y_2)}{1-(y_1+y_2-y_1y_2)}$$

โดยกำหนดให้ $$y_1 = \frac{Y_1}{Y_{max}}, y_2 = \frac{Y_2}{Y_{max}} \qquad (4)$$

จากเอ็นวิโลปด้านล่างที่ฐานของพัลส์เราสามารถจะหาค่าดีเลย์ อินควอลิตี้ (Delay Inquality) จากค่ายอดทั้งค่าบวกและค่าลบของ Y1 และ Y2 ตามลำดับ ซึ่งทำให้ได้สูตรสำเร็จในการหาดีเลย์ อินควอลิตี้ ดังนี้

$$\tau = \frac{T_0}{\pi}\cos^{-1}\left[1+\frac{8y_1y_2}{\{1-(y_1+y_2+y_1y_2)\}.\{1+(y_1+y_2-y_1y_2)\}}\right] \qquad \text{------(5)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่ายอดทั้งค่าบวกและค่าลบของเอ็นวิโลปด้านล่างจากฐานของพัลส์ Y1 และ Y2 ทำการ normalized ด้วยค่ายอดสูงสุดของเอ็นวิโลปด้านบน นั่นคือ

$$y_1 = \frac{Y_1}{Y_{max}} \qquad \text{และ} \qquad y_2 = \frac{Y_2}{Y_{max}}$$

สมการ (4) และสมการ (5) เป็นสูตรสำเร็จที่ใช้ในการวัดความผิดเพี้ยนของอัตราการขยายและดีเลย์ อินอิควอลิตี้ ตามลำดับ

สาเหตุของการผิดเพี้ยนโดยความแตกต่างของอัตราการขยายอย่างเดียว

(Distortion Cause by Gain Difference Only)

ในกรณีนี้แสดงว่าค่ายอด Y1 และ Y2 ค่าใดค่าหนึ่งมีค่าเป็น 0 ดังนั้นจะไม่มีความผิดเพี้ยนทางดีเลย์เกิดขึ้นก็คือ $\tau = 0$ เพราะฉะนั้นความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นจึงมีแต่ความผิดเพี้ยนของอัตราอย่างเดียวซึ่งสามารถแสดงให้เห็นจริงได้ดังนี้

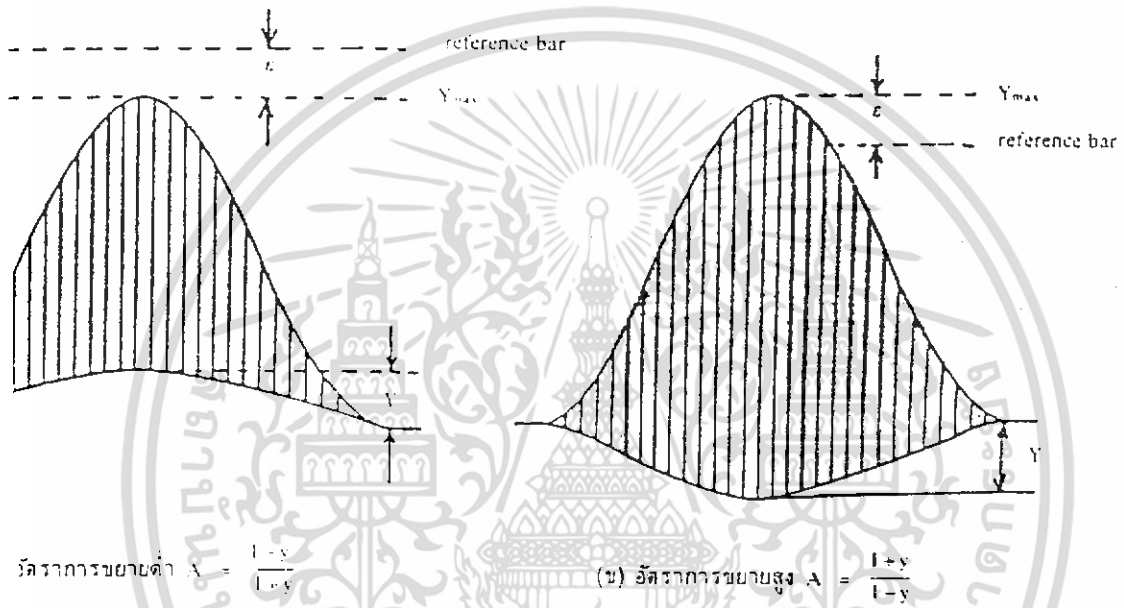
$$\tau = \frac{T_0}{\pi}\cos^{-1}(1) = 0$$

และสมการ (4)จะกลายเป็น

$$A = \frac{1 - y_{1,2}}{1 + y_{1,2}} = \frac{1 - \frac{y}{y_{max}}}{1 + \frac{y}{y_{max}}} \qquad \text{---------(6)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่ง (y1,y2) หรือ Y อาจมีค่าเป็นบวกหรือลบ เนื่องมาจากขนาดของความผิดเพี้ยนที่สัมพันธ์กันดังรูป (2)



รูปที่ 2 แสดงความแตกต่างของความผิดเพี้ยนของอัตราอย่างเดียว

ความผิดเพี้ยนของอัตราการขยาย (ε) พิจารณาได้จากสมการ (6) ดังนี้

$$\varepsilon = 1 - A = \frac{2y/y_{max}}{1 - y/y_{max}} \qquad \text{----------(7)}$$

$1 >> Y/ Y_{max}$ ดังนั้น $\varepsilon = 2Y / Y_{max}$

ซึ่ง $2Y/Y_{max}$ จะถูกเรียกเป็น Relative Chrominance Level (RLC) และบางครั้งถูกเรียกว่า Relative Amplitnde of the Color Sub - Carrier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ Y1 = Y2 ซึ่งฐานของพัลซ์มีรูปร่างเป็นคลื่นไซน์ที่มีค่ายอดเท่ากันแต่อยู่ตรงข้ามแสดงว่าไม่มีความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยาย ความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นที่มีแต่ความผิดเพี้ยนทางด้านดีเลย์เพียงอย่างเดียวดังได้แสดงดังต่อไปนี้

จากสมการ (4) แทนค่า Y1 = -Y2 จะได้ดังนี้

$$A = \frac{1+(Y/Y_{max})^2}{1+(y/y_{max})^2} = 1 = 0 \ \ dB$$

จากสมการ (5) จะกลายเป็น

$$\tau = \frac{T_0}{\pi} COS^{-1}\left[1 - \frac{8(Y/Y_{max})^2}{\left\{1+(Y/Y_{max})^2\right\}^2}\right] \qquad \text{----------(8)}$$

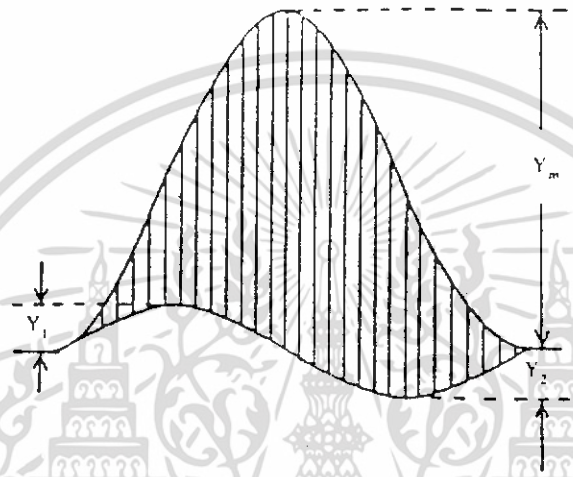
โดยอาศัยสูตรทางตรีโกณมิติ สมการ (8) จะกลายเป็น

$$\tau = \frac{T_0}{\pi} \tan^{-1}\left[\frac{1 - \frac{8(Y/Y_{max})^2}{\left\{1+(Y/Y_{max})^2\right\}^2}}{}\right] \qquad \text{----------(9)}$$

$$= \frac{4T_0}{\pi} \tan^{-1} \frac{Y}{Y_{max}}$$

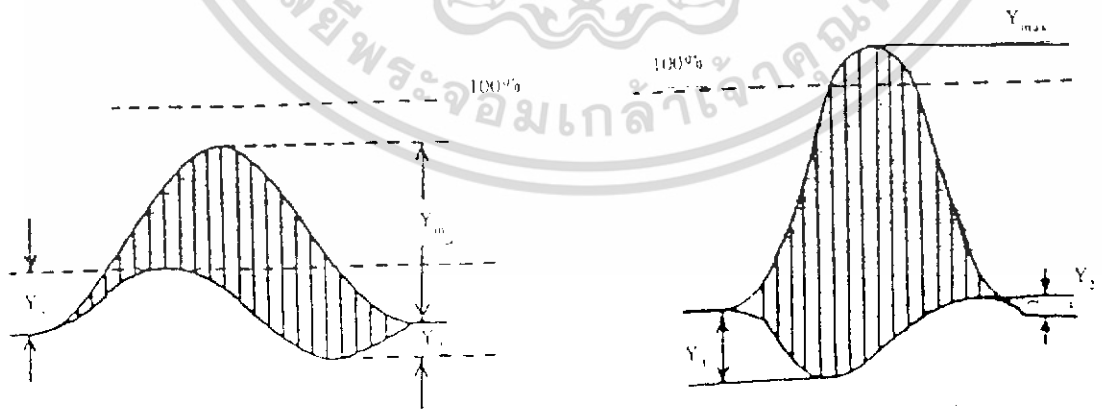
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นได้ว่าเมื่อ Y1 = -Y2 จะได้ A = 0 dB ส่วนการผิดเพี้ยนทางด้านดีเลย์ดังแสดงใน รูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงการผิดเพี้ยนของดีเลย์เพียงอย่างเดียว (กรณี Y1 = -Y2)

ในกรณีที่เกิดความผิดเพี้ยนทั้งสองแบบ ค่ายอดทั้งบวกและลบ มีค่าแตกต่างกัน ดังแสดง ในรูปที่ 4



รูปที่ 4 แสดงความผิดเพี้ยนทางอัตราขยายและดีเลย์ พร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อความผิดเพี้ยนมีค่าน้อย ดังนั้นผลคูณของ Y1 Y2 สามารถตัดทิ้งได้ สมการ (4) และ (5) อาจเขียนได้ใหม่ดังนี้

$$A = \frac{1+(Y1/Y2)}{1+(Y1/Y2)} \qquad \text{---------(10)}$$

$$\tau = \frac{T_0}{\pi} COS^{-1}\left[1 - \frac{8Y_1Y_2}{1-(Y_1+Y_2)^2}\right]$$

และถ้า $(y_1+ y_2)^2 << 1$ ความผิดเพี้ยนทางด้านดีเลย์อาจเขียนได้ใหม่คือ

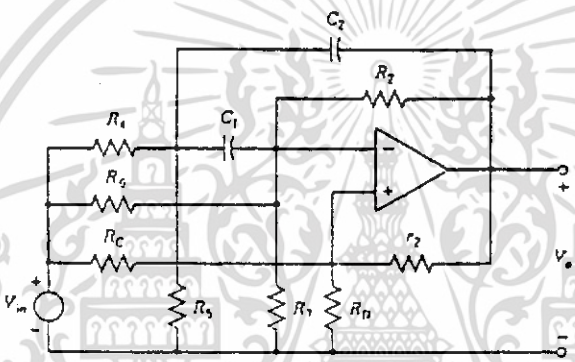
$$\tau = \frac{4T_0}{\pi} - Y_1Y_2 \qquad \text{---------(11)}$$

ความผิดเพี้ยนทางอัตราการขยายคำนวณด้วยสมการ (4) กับ (10) จะได้ค่าใกล้เคียงกันมาก และความผิดเพี้ยนทางด้านดีเลย์ เมื่อคำนวณด้วยสมการ (5) และ (11) ค่าที่ได้แตกต่างกันเล็กน้อย เมื่อผลคูณ Y1 Y2 มีค่าน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 SINGLE-AMPLIFIER GENERAL BIQUAD

ในที่นี้เราจะพิจรณา negative feedback RC amplifier network ซึ่งสามารถทำรูปแบบทั่ว ๆ ไปของ biquadratic tranfer funtion ได้ network นั้นแสดงได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 รูปแบบ Sigle-Amplifier General Biquad

ในการวิเคราะห์เราจะพิจรณา equivalent network ในรูปที่ 6 เมื่อค่าคงที่ K_1 , K_2 และ K_3 ซึ่งเกี่ยวพันกันในรูป เป็นการปรับ dividers ได้คือ

$$K_1 = \frac{R_5}{R_4 + R_5}, \qquad R_1 = \frac{R_4 R_5}{R_4 + R_5}$$

$$K_2 = \frac{R_D}{R_C + R_D}, \qquad r_1 = \frac{R_C R_D}{R_C + R_D}$$

$$K_3 = \frac{R_7}{R_6 + R_7}, \qquad R_3 = \frac{R_6 R_7}{R_6 + R_7}$$

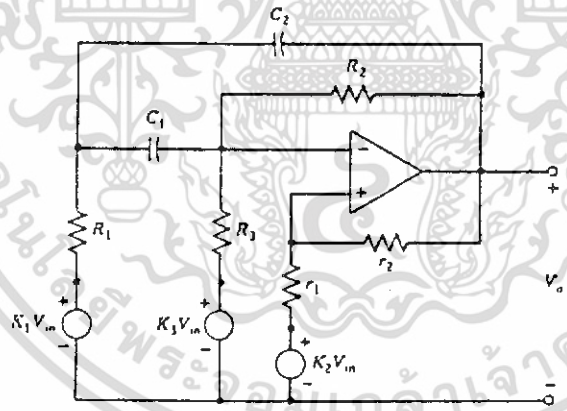
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยหลักการการของ superposition นั้น V_o จะเท่ากับผลรวมของ K_1V_{in}, K_2V_{in} และ K_3V_{in} ซึ่งจะได้ดังนี้

$$V_o(s) = H_1(s)K_1V_{in}(s) + H_2(s)K_2V_{in}(s) + H_3(s)K_3V_{in}(s)$$
$$\frac{V_o(s)}{V_{in}(s)} = H(s) = K_1H_1(s) + K_2H_2(s) + K_3H_3(s)$$

เขียน H ให้อยู่ในฟอร์ม

$$H(s) = \frac{V_o(s)}{V_{in}(s)} = K\frac{b_2s^2 + b_1s + b_0}{s^2 + a_1s + a_0}$$



รูปที่ 6 Circuit Equipvarent

เมื่อพบว่า K = 1 สัมประสิทธิ์จะเป็น

$b_2 = K_2$

$$b_1 = \frac{K_2}{C_2}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) + \frac{K_2}{C_1}\left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) - \left(1 + \frac{r_1}{r_2}\right)\left[\frac{K_1}{R_1C_2} + \frac{K_3}{R_3}\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)\right]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$b_0 = \frac{1}{C_1 C_2}\left[\frac{K_2}{R_1}\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)-\frac{K_3}{R_1 R_3}\left(1+\frac{r_1}{r_2}\right)\right]$$

$$a_1 = \frac{C_1 + C_2}{C_1 C_2}\left(\frac{1}{R_2}-\frac{r_1}{R_3 r_2}\right)-\frac{r_1}{R_1 r_2 C_2}$$

$$a_0 = \frac{1}{R_1 C_1 C_2}\left(\frac{1}{R_2}-\frac{r_1}{R_3 r_2}\right)$$

ใน 5 สมการการข้างต้นมี 9 ตัวแปรที่ไม่รู้คือ $C_1, C_2, R_1, R_2, R_3, K_1, K_2, K_3,$ และ $\frac{r_1}{r_2}$ ถึงแม้ว่า 4 ตัวแปรและ r_1 หรือ r_2 สามารถจะกำหนดในการออกแบบได้ อย่างไรก็ตาม 4 ตัวแปรที่คงที่อาจจะได้ผลที่หาไม่ได้ ฉะนั้นจะกำหนดค่า capacitances โดยปกติจะให้เท่ากัน ดังนั้นจากสมการข้างต้นจะได้

$$R_1 = \frac{2r_1}{r_2 C_2\left[-a_1 + \sqrt{a_1^2 + 4a_0(1+C_1/C_2)r_1/r_2}\right]} \qquad \text{--------(12-1)}$$

$$K_1 = \frac{b_2 + b_0(1+C_1/C_2)R_1^2 C_2^2 - b_1 R_1 C_2}{1+r_1/r_2} \qquad \text{--------(12-2)}$$

$$R_3 = \frac{(1+r_1/r_2)(b_2 - K_3)}{R_1 C_1 C_2 (b_0 - a_0 b_2)} \qquad \text{---------(12-3)}$$

$$R_2 = \frac{R_3}{R_1 R_3 C_1 C_2 a_0 + r_1/r_2} \qquad \text{---------(12-4)}$$

สำหรับการออกแบบเราจะกำหนดให้

$C_1 = C_2 = 1$ F , $\quad 0 \le K_3 \le 1$, $\quad \gamma = r_1 / r_2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉะนั้นจากสมการ (12) จะได้

$$R_1 = \frac{2\gamma}{-a_1 + \sqrt{a_1^2 + 8a_0\gamma}} \qquad \text{----------(13-1)}$$

$$K_1 = \frac{b_2 + 2b_0R_1^2 - b_1R_1}{1+\gamma} \qquad \text{----------(13-2)}$$

$$R_3 = \frac{(1+\gamma)(b_2 - K_3)}{R_1a_0(b_0/a_0 - b_2)} \qquad \text{----------(13-3)}$$

$$R_2 = \frac{R_3}{R_1R_3a_0 + \gamma} \qquad \text{----------(13-4)}$$

ถ้าพบว่า K_1 มากกว่า 1 เราต้อง scale สัมประสิทธิ์ b_2 , b_1 และ b_0 ลงโดย

$$H(s) = Kk_1\frac{(b_2/k_1)s^2 + (b_1/k_1)s + b_0/k_1}{s^2 + a_1s + a_0} \qquad \text{----------(13-5)}$$

1.3 SCALING

ในการ scaling นั้นเราจะทำการ scale หาค่าอุปกรณ์และ response ที่มีผลต่อ network โดยที่คุณสมบัติของ network ไม่เปลี่ยนแปลง การ scale มีดังนี้

- magnitude scaling
- frequency scaling
- time scaling
- delay scaling

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสูตรสำเร็จที่ใช้ในการ scaling คือ

- magnitude scaling

$$L_{new} = k_m L_{old}$$
$$C_{new} = \frac{1}{k_m} C_{old}$$
$$R_{new} = k_m R_{old}$$

เมื่อ k_m = magnitude scale factor

- frequency scaling

$$L_{new} = \frac{1}{k_f} L_{old}$$
$$C_{new} = \frac{1}{k_f} C_{old}$$
$$R_{new} = R_{old}$$

k_f = frequency scaling factor

- time scaling

$$L_{new} = k_t L_{old}$$
$$C_{new} = k_t C_{old}$$
$$R_{new} = R_{old}$$

k_t = time scaling factor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- delay scaling

$$L_{new} = k_D L_{old}$$
$$C_{new} = k_D C_{old}$$
$$R_{new} = R_{old}$$

$$D_o = \frac{-\theta}{\omega}$$

k_D = delay scaling factor

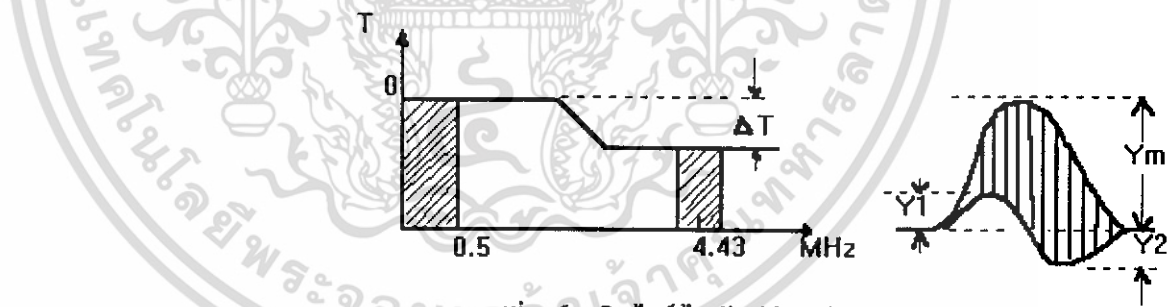
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

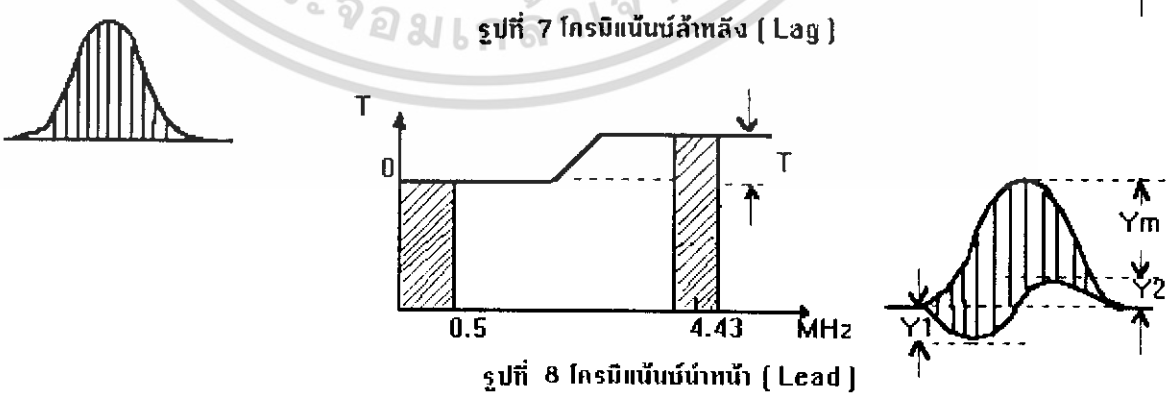
การออกแบบ

2.1 แนวทางการออกแบบ

ความผิดเพี้ยนทางด้านดีเลย์ของสัญญาณลูมิแน้นซ์-โครมิแน้นซ์การผิดเพี้ยนทางด้านดีเลย์ ซึ่งเป็นไปได้ทั้งแบบสัญญาณโครมิแน้นซ์นำหน้า (Chrominance lead) หรือโครมิแน้นซ์ล้าหลัง(Chrominance lag) แสดงดังรูปที่ 7 และรูปที่ 8



รูปที่ 7 โครมิแน้นซ์ล้าหลัง (Lag)

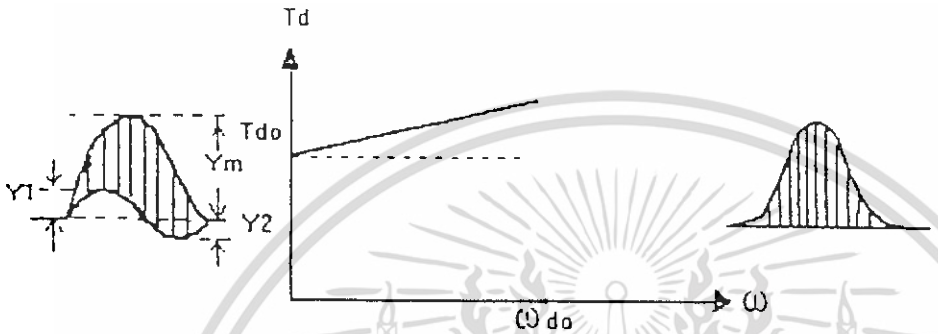


รูปที่ 8 โครมิแน้นซ์นำหน้า (Lead)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

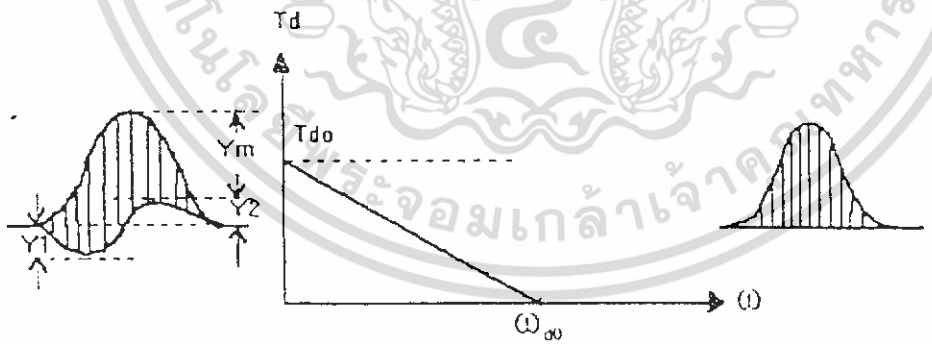
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การแก้ไขในรูปที่ 7 จะแก้ด้วยดีเลย์สโลปบวกเชิงเส้นดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 สโลปบวกเชิงเส้น

การแก้ไขในรูปที่ 8 จะแก้ด้วยดีเลย์สโลปลบเชิงเส้นดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 สโลปลบเชิงเส้น

86906
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหาการดีเลย์ของสัญญาณลูมิแน้นซ์-โครมิแน้นซ์

โดยวิธีการดังนี้

จากทรานส์เฟอร์ฟังชั่นของ All Pass Filter

$$H(S) = \frac{Pn(-s)}{Pn(s)}$$

P(S) = เฮอร์วิทส์โพลิโนเมียล

= M(S) + kN(S)

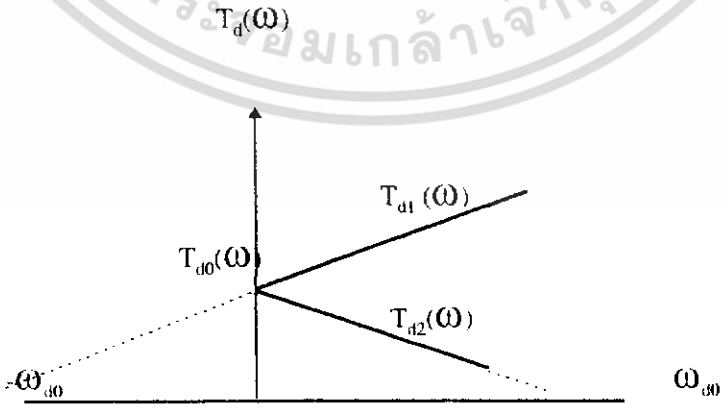
M(S) เป็นโพลิโนเมียลกำลังคู่

N(S) เป็นโพลิโนเมียลกำลังคี่

$$P(S) = (S^2+\omega^2_1)(S^2+\omega^2_3)...+ kS(S^2+\omega^2_2)(S^2+\omega^2_4)...$$
$$= S^n+a_{n-1}S^{n-1}+...+a_1S+a_0$$

เราจะต้องทำการหาค่าสัมประสิทธิ์โพลิโนเมียลเพื่อที่จะได้เส้นดีเลย์สโลปเชิงเส้นที่ประมาณค่าเข้าใกล้เส้นดีเลย์สโลปเชิงเส้นทางอุดมคติดังนี้

จากสมการของกราฟดีเลย์เชิงเส้น



รูปที่ 11 กราฟดีเลย์เชิงเส้นสโลปบวกและสโลปลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก $y = mx + b$

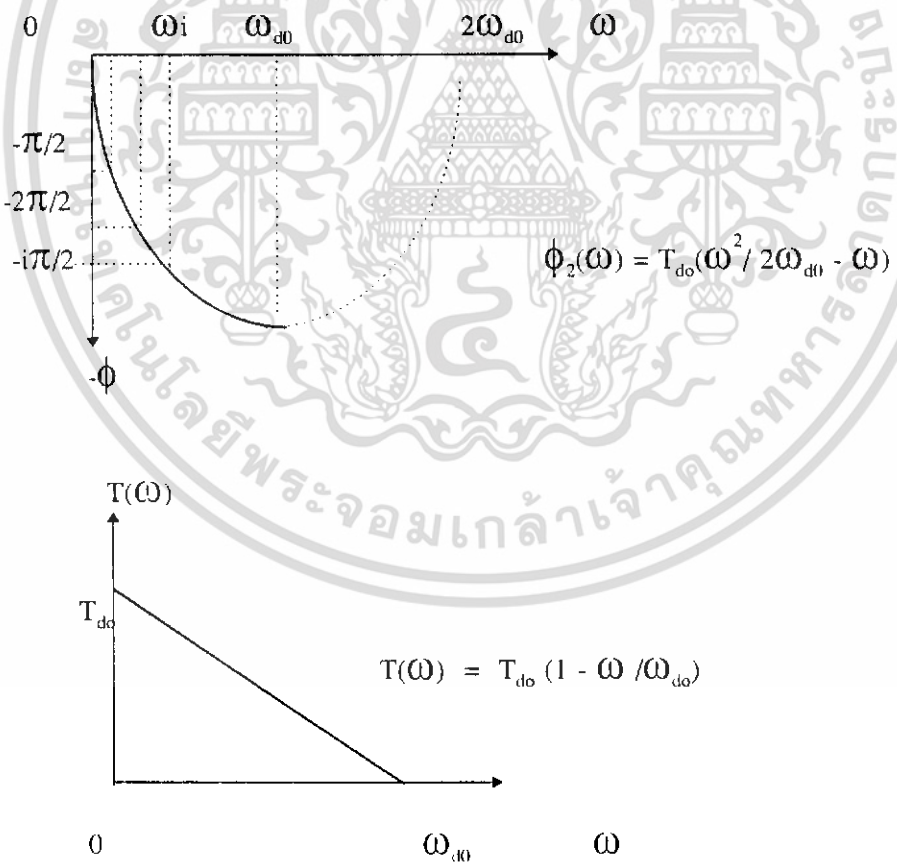
$m = \frac{T_{do}}{\omega_{do}}$; $x = \omega$

$$T_{d1}(\omega) = \frac{\omega}{\omega_{do}} T_{d0}(\omega) + T_{d0}$$

$$= T_{d0}\left(1 + \frac{\omega}{\omega_{do}}\right) \quad \text{--------สโลปบวก (14)}$$

$$T_{d2}(\omega) = -T_{d0}\left(\frac{\omega}{\omega_{do}}\right) + T_{d0}$$

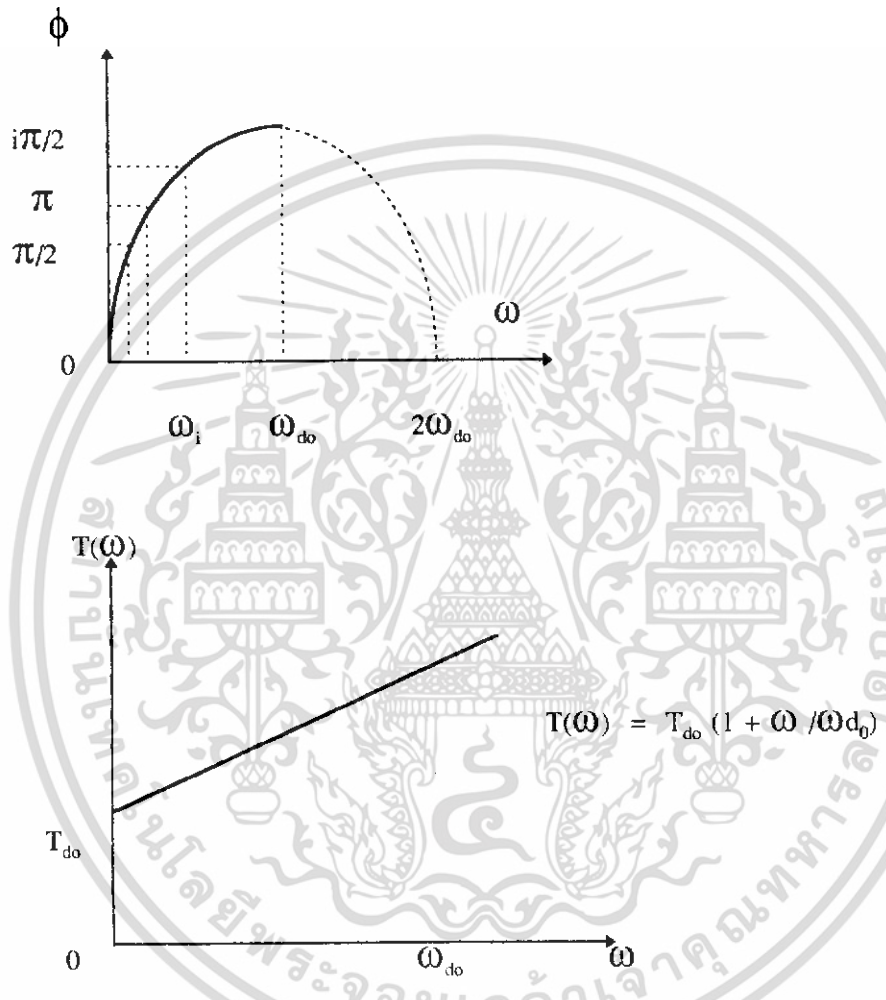
$$= T_{d0}\left(1 - \frac{\omega}{\omega_{do}}\right) \quad \text{--------สโลปลบ (15)}$$



รูปที่ 12 เฟสและสโลปเชิงเส้นที่สอดคล้องกับสมการสโลปลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\phi_1(\omega) = - T_{do}(\omega^2 / 2\omega_{d0} + \omega)$$



รูปที่ 13 เฟสและสโลปเชิงเส้นที่สอดคล้องกับสมการสโลปบวก

กำหนดให้กรุฟดีเลย์ $T_d(\omega) = - \frac{d\phi_{(\omega)}}{d\omega}$

ค่าที่เฟสสอดคล้องกับ (14) และ (15)

$$\phi_1(\omega) = - T_{do}\left[\frac{\omega^2}{2\omega_{do}} + \omega\right] \qquad \text{----------(16)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\phi_2(\omega) = T_{do}\left[\frac{\omega^2}{2\omega_{do}} - \omega\right] \qquad \text{----------(17)}$$

เมื่อ $-\frac{d\phi_1}{d\omega}(\omega) = -\frac{d}{d\omega}\left(-T_{do}(\omega + \frac{\omega^2}{2\omega_{do}})\right) = T_{d1}(\omega)$

$$T_{d1}(\omega) = T_{do}\left(1 + \frac{\omega}{\omega_{do}}\right)$$

เช่นเดียวกับหา $T_{d2}(\omega)$

$$T_{d2}(\omega) = -\frac{d\phi_2}{d\omega}(\omega)$$

$$= -\frac{d}{d\omega}\left(T_{do}\left(\frac{\omega^2}{2\omega_{do}} - \omega\right)\right)$$

$$= T_{do}\left(1 - \frac{\omega}{\omega_{do}}\right)$$

จาก (16) และ(17)

$$\phi(\omega_i) = T_{do}\frac{\omega^2}{2\omega_{do}} - \omega \cdot T_{do}$$

$$0 = \frac{T_{do}}{2\omega_{do}}\omega^2 - T_{do}\cdot\omega - \phi(\omega_i) \qquad \text{----------(18)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสูตรแยกเฟคเตอร์

$$X = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

เพราะฉะนั้นจากสมการ (18)

$$\omega = \frac{-(-T_{do}) \pm \sqrt{(-T_{do})^2 - 4(T_{do}/2\omega_{do})(-\phi(\omega_i))}}{2(T_{do}/2\omega_{do})}$$

$$= \frac{T_{do}}{T_{do}/\omega_{do}} \pm \frac{1}{T_{do}/\omega_{do}} \sqrt{(T_{do})^2 + 2\frac{T_{do}}{\omega_{do}}(\phi(\omega_i))}$$

$$= \omega_{do} \pm \frac{\omega_{do}}{T_{do}} \sqrt{(T_{do})^2 + \frac{2T_{do}\phi(\omega_i)}{\omega_{do}}}$$

$$= \omega_{do} \pm \omega_{do} \sqrt{(T_{do})^2 / (T_{do})^2 + \frac{2T_{do}(\phi(\omega_i))}{(T_{do})^2 \omega_{do}}}$$

$$= \omega_{do} \pm \omega_{do} \sqrt{1 + \frac{2(\phi(\omega_i))}{T_{do}\omega_{do}}}$$

ฉะนั้นที่สโลปบวกจะได้

$$\omega_1 = \omega_{do}\left[\sqrt{1 + \frac{2(\phi(\omega_i))}{T_{do}\omega_{do}}} - 1\right] \qquad \text{----------(19)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และที่สโลปลบ

$$\omega_i = \omega_{do}\left[1-\sqrt{1+\frac{2(\phi(\omega_i))}{T_{do}\omega_{do}}}\right] \qquad \text{----------(20)}$$

เพื่อให้ค่าเฟสที่เหมาะสมในทางอุดมคติกำหนดที่จุด $0, \pm\pi/2, \pm 2\pi/2, \pm 3\pi/2$, -------- โดยให้ $\phi(\omega_i) = -\frac{i\pi}{2}$ ที่สโลปลบและ $\phi(\omega_i) = \frac{i\pi}{2}$ ที่สโลปบวก โดยแทนใน (19) และ (20) จะได้

ที่สโลปบวก

$$\omega_i = \omega_{do}\left(\sqrt{1+\frac{2(i\pi/2)}{T_{do}\omega_{do}}}-1\right)$$

$$= \omega_{do}\left[\sqrt{1+\frac{i\pi}{T_{do}\omega_{do}}}-1\right] \qquad \text{----------(21)}$$

และที่สโลปลบ

$$\omega_i = \omega_{do}\left[1-\sqrt{1+\frac{2(-i\pi/2)}{T_{do}\omega_{do}}}\right]$$

$$= \omega_{do}\left[1-\sqrt{1-\frac{i\pi}{T_{do}\omega_{do}}}\right] \qquad \text{----------(22)}$$

$i = 1, 2, 3, \ldots, (n-1)$

ในการกำหนดสโลปเชิงเส้นที่เหมาะสมให้ $\omega_{n-1} = \omega_{do}$ ใน (20) และ (21)

คือ $i = n-1$

$\omega_{n-1} = \omega_{do}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\omega_{do} = \omega_{do}\left[\sqrt{1+\frac{(n-1)\pi}{T_{do}\omega_{do}}}-1\right]$$

$$\frac{\omega_{do}}{\omega_{do}}+1=\sqrt{1+\frac{(n-1)\pi}{T_{do}\omega_{do}}}$$

$$2 = \sqrt{1+\frac{(n-1\pi)}{T_{do}\omega_{do}}}$$

$$2^2 = +\frac{(n-1)\pi}{T_{do}\omega_{do}}$$

$$4\text{-}1 = \frac{(n-1)\pi}{T_{do}\omega_{do}}$$

$$T_{do}(\omega) = \frac{(n-1)\pi}{3\omega_{do}} \quad \text{---------- (สโลปบวก)}$$

ทำนองเดียวกัน

$$\omega_{do} = \omega_{do}\left(1-\sqrt{1-\frac{i\pi}{T_{do}\omega_{do}}}\right)$$

$$-1 = -\sqrt{1-\frac{i\pi}{T_{do}\omega_{do}}}$$

$$0 = \left(-\sqrt{1-\frac{(n-1)\pi}{T_{do}\omega_{do}}}\right)^2$$

$$= \frac{(n-1)\pi}{T_{do}\omega_{do}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T_{do} = \frac{(n-1)\pi}{\omega_{do}} \qquad \text{----------(สโลปลบ)}$$

ที่สโลปลบหาค่า k เพื่อจะให้ผลเส้นดีเลย์สโลปที่ทำการหาเข้าใกล้เส้นดีเลย์สโลปทางอุดมคติมากที่สุด

$$T_{ideal} = T_o\left(1 - \frac{\omega i}{\omega_{do}}\right)$$

$$\mathrm{Td}(\omega) = \frac{N\dfrac{dM}{d\omega} - M\dfrac{dN}{d\omega}}{M^2 + N^2}$$

$$k = \frac{T_{ideal}}{T_d(\omega)} \text{ เมื่อ } \omega = \omega_1, \omega_3, \omega_5, \ldots$$

$$k = \frac{T_d(\omega)}{T_{ideal}} \text{ เมื่อ } \omega = \omega_2, \omega_4, \omega_6, \ldots$$

จากสมการ $\omega_i = \omega_{do}\left[1 - \sqrt{1 - \dfrac{i\pi}{T_{do}\omega_{do}}}\right]$ for $i = 0, 1, 2, 3, \ldots, (n-1)$

$$\omega_i = \omega_{do}\left[1 - \sqrt{1 - \frac{i}{n-1}}\right] \quad ; \quad T_{do} = (n-1)\,\pi / \omega_{do}$$

$$k = \frac{T_{do}\left(1 - \left(\omega_i / \omega_{do}\right)\right)}{\left(N\dfrac{dM}{d\omega} - M\dfrac{dN}{d\omega}\right) / \left(M^2 + N^2\right)}$$

เมื่อ $M(\omega) = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$k = \frac{T_{do}\left(1-\left(\omega_i / \omega_{do}\right)\right)}{N\frac{dM}{d\omega}N^2}$$

$$= \frac{NT_{do}\left(1-\left(\omega_i / \omega_{do}\right)\right)}{\frac{dM}{d\omega}} \quad \text{----------(23)}$$

แทน ω_i ใน (23)

$$k = \frac{NT_{do}}{\frac{dM}{d\omega}}\left(1-\frac{\omega_{do}}{\omega_{do}}\left(1-\sqrt{1-\frac{i}{n-1}}\right)\right)$$

$$= \frac{NT_{do}}{\frac{dM}{d\omega}}\left(\sqrt{1-\frac{i}{n-1}}\right) \quad \text{----------(24)}$$

ในทำนองเดียวกันเมื่อ $N(\omega) = 0$

$$k = -\frac{\frac{dN}{d\omega}}{M(\omega)T_{do}\sqrt{1-\frac{i}{n-1}}} \quad \text{-------(25)}$$

และที่สโลปบวกการหาค่า k

จาก

$$T_{do} = \frac{(n-1)\pi}{3\omega_{do}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T_{ideal} = T_{do}\left(1+\frac{\omega_i}{\omega_{do}}\right)$$

$$Td(\omega) = \frac{N\frac{dM}{d\omega} - M\frac{dN}{d\omega}}{M^2+N^2}$$

$$\omega_i = \omega_{do}\left[\sqrt{1+\frac{3i}{(n-1)}}-1\right]$$

$$k = \frac{NT_{do}}{\frac{dM}{d\omega}}\left(\sqrt{1+\frac{3i}{n-1}}\right) \qquad \text{----------(26)}$$

เมื่อ $\omega = \omega_1,\omega_3,\omega_5,.....$

$$k = -\frac{\frac{dN}{d\omega}}{M(\omega)T_{do}\sqrt{1+\frac{3i}{n-1}}} \qquad \text{----------(27)}$$

เมื่อ $\omega = \omega_2,\omega_4,\omega_6,.....$

หาค่า k , T_0 , ω_i

(หมายเหตุ อยากได้สโลปลบหรือบวกก็นำ T_{do} ของค่าสโลปเหล่านั้นไปแทนในสมการ k ได้)

ที่สโลปบวก เมื่อกำหนดให้ $\omega_{do} = 2.3$ และ n = 6

จาก $T_{do}(\omega) = (n-1)\pi / 3\omega_{do}$

$= (5-1)\pi / (3)(2.3)$

$= 2.27$

จาก

$$\omega_i = \omega_{do}\left(\sqrt{1+\frac{3i}{(n-1)}}-1\right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\omega_1 = (2.3)\left[\sqrt{1+\frac{3(1)}{6-1}}-1\right]$$

$$= 0.6092$$

$$\omega_2 = (2.3)\left[\sqrt{1+\frac{3(2)}{6-1}}-1\right]$$

$$= 1.11145$$

$$\omega_3 = (2.3)\left[\sqrt{1+\frac{3(3)}{6-1}}-1\right]$$

$$= 1.548636$$

$$\omega_4 = (2.3)\left[\sqrt{1+\frac{3(4)}{6-1}}-1\right]$$

$$= 1.9409$$

$$\omega_5 = (2.3)\left[\sqrt{1+\frac{3(5)}{6-1}}-1\right]$$

$$= 2.3$$

สรุป $\omega_{(n-1)} = \omega d_0$

คือ $\omega_5 = 2.3$

นำค่า k มาหา ส.ป.ส. Pn (s)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$Pn(s) = M(s) + kN(s)$

$= (s^2+\omega_1^2)(s^2+\omega_3^2) \ldots + ks(s^2+\omega_2^2)(s^2+\omega_4^2) \ldots$

การหาค่า k เมื่อ $N = 6$; $Td_0 = 2.27$

$i = 1$; $\omega = \omega_1$

$$k = \frac{N(\omega)}{\frac{dM(\omega)}{d\omega}} Td_0 \sqrt{1+\frac{3i}{(n-1)}}$$

$$= \frac{j\omega(\omega_2^2-\omega^2)(\omega_4^2-\omega^2)}{\frac{d\left[(\omega_1^2-\omega^2)(\omega_3^2-\omega^2)(\omega_5^2-\omega^2)\right]}{d\omega}} .2.27\sqrt{1+\frac{3(1)}{(6-1)}}$$

$$k = \frac{j\omega(\omega_2^2-\omega^2)(\omega_4^2-\omega^2).(2.871)}{\frac{d}{d\omega}\left(\omega_1^2\omega_3^2\omega_5^2-(\omega_1^2\omega_3^2+\omega_1^2\omega_5^2+\omega_5^2\omega_3^2)\omega^2+(\omega_1^2+\omega_3^2+\omega_5^2)\omega^4-\omega^6\right)}$$

$$= \frac{j\omega(\omega_2^2-\omega^2)(\omega_4^2-\omega^2).(2.871)}{0-2\omega(\omega_1^2\omega_3^2+\omega_1^2\omega_5^2+\omega_3^2\omega_5^2)+4\omega^3(\omega_1^2+\omega_3^2+\omega_5^2)-6\omega^5}$$

เมื่อ $\omega = \omega_1$

$= j(0.609295)\ (0.86419)\ (3.396)\ (2.871) / (-18.19+7.288-0.503)$

$= j\ 5.134 / -12.145$

$= -\ j0.4227$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$|k| = 0.4227$

$i = 2 \quad ; \quad \omega = \omega 2$

$$k = \frac{-\frac{dN(\omega)}{d\omega}}{M(\omega).Td_0\sqrt{1+\frac{3i}{n-1}}}$$

$$= \frac{-j\frac{d\omega(\omega_2^2-\omega^2)(\omega_4^2-\omega^2)}{d\omega}}{(\omega_1^2-\omega^2)(\omega_3^2-\omega^2)(\omega_5^2-\omega^2)(2.27\sqrt{1+6/5})}$$

$$= \frac{-j\frac{d(\omega_2^2\omega_4^2\omega)(\omega_2^2+\omega_4^2)(\omega^3+\omega^5)}{d\omega}}{(\omega_1^2-\omega^2)(\omega^2{}_3-\omega^3)(\omega_5^2-\omega(3.366))}$$

$$= \frac{-j(\omega_2^2\omega_4^2-3\omega^2(\omega_2^2+\omega_4^2)+5\omega^4)}{(\omega_1^2-\omega^2)(\omega_3^2-\omega^3)(\omega_5^2-\omega^2)(3.366)}$$

$\omega = \omega 2$

$= -j(-6.255) / (-0.864)\ (1.162)\ (4.05)\ (3.366)$

$k = -j(-6.255) / (-13.702)$

$= -j0.456$

$|k| = 0.456$

$i = 3 \quad ; \quad \omega = \omega 3$

$$k = \frac{N(\omega).Td_0\sqrt{1+3i/(n-1)}}{\frac{dM(\omega)}{d\omega}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$k = \frac{j\omega(\omega_2^2-\omega^2)(\omega_4^2-\omega^2).(2.27\sqrt{1+9/(6-1)}}{-2\omega(\omega_1^2\omega_3^2+\omega_1^2\omega_5^2+\omega_3^2\omega_5^2)+4\omega^3(\omega_1^2+\omega_3^2+\omega_5^2)-6\omega^5}$$

$$= \text{-j9.364 / (-48.129+119.72-53.437)}$$

$$= \text{-j9.364 / 18.154}$$

$$= \text{-j0.515}$$

$$|k| = 0.515$$

$i = 4$; $\omega = \omega 4$

$$k = \frac{\frac{-dN(\omega)}{d\omega}}{M(\omega).Td_0\sqrt{1+3i/(n-1)}}$$

$$= \frac{-j(\omega_2^2\omega_4^2-3\omega^2(\omega_2^2+\omega_4^2)+5\omega^4}{(\omega_1^2-\omega_1^2)(\omega_3^2-\omega^2)(\omega_5^2-\omega^2)(4.1856)}$$

$$= \text{-j(4.654-56.54+70.968) / (7.080)(4.1856)}$$

$$= \text{-j(19.082) / 29.634}$$

$$= \text{-j0.6439}$$

$$|k| = 0.6739$$

$$k = \frac{N(\omega)}{\frac{dM(\omega)}{d\omega}}.Td_0\sqrt{1+3i/(n-1)}$$

$$k = \frac{j\omega(\omega_2^2-\omega^2)(\omega_4^2-\omega^2).(2.27\sqrt{1+3(5)/(6-1)})}{-2\omega(\omega_1^2\omega_3^2+\omega_1^2\omega_5^2+\omega_3^2\omega_5^2)+4\omega^3(\omega^2{}_1+\omega^2{}_3+\omega_5^2)-6\omega^5}$$

$$= \frac{j\omega\left(\omega_2^2-\omega^2\right)\left(\omega_4^2-\omega^2\right)(4.54)}{-2\omega\left(\omega_1^2\omega_3^2+\omega_1^2\omega_5^2+\omega_3^2\omega_5^2\right)+4\omega^3\left(\omega_1^2+\omega_3^2+\omega_5^2\right)-6\omega^5}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\omega = \omega 5$

$= j(2.3)(6.1734)(4.541) / (-71.48+392.229-386.18)$

$= j(64.46) / (-65.431)$

$= -j0.985$

$|k| = 0.985$

ในที่นี้เมื่อ $n = 6$

$$P_6(s) = a_6 s^6 + a_{6-1} s^5 + a_4 s^4 + {}_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s^1 + a_0$$

$$= (s^2+\omega_1^2)(s^2+\omega_3^2)(s^2+\omega_5^2) + ks(s^2+\omega_2^2)(s^2+\omega_4^2)$$

$$P_6(s) = s^6 + (\omega_1^2+\omega_3^2)s^4 + (\omega_1^2+\omega_3^2)s^2 + \omega_5^2 s^4 +$$

$$\omega_5^2(\omega_1^2+\omega_3^2)s^2 + \omega_1^2\omega_3^2\omega_5^2 + s^5 +$$

$$(\omega_2^2\omega_4)s^3 + (\omega_2^2\omega_4^2)s$$

$$= s^6 + ks^5 + [(\omega_1^2+\omega_3^2)+\omega_5^2]s^4 + [(\omega_2^2+\omega_4^2)s^3]k$$

$$+ [(\omega_1^2\omega_3^1) + \omega_5^2(\omega_1^2+\omega_3^2)]s^2 + k(\omega_2^2\omega_4^2)s$$

$$+\omega_1^2\omega_3^2\omega_5^2$$

เมื่อ $k = 1$

$a_6 = 1$

$a_5 = 1$

$a_4 = 8.05969$

$a_3 = 5.00276$

$a_2 = 14.065171$

$a_1 = 4.65357$

$a_0 = 4.71024$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนค่า k = 0.43236

$= s^6 + 0.4236s^5 + 8.05969s^4 + 2.11917s^3 + 14.65171s^2 +$

$1.97125s + 4.71024$

แทนค่า k = 0.4548

$= s^6 + 0.4548s^5 + 8.05969s^4 + 2.275255s^3 + 14.65171s^2 +$

$2.116444s + 4.71024$

แทนค่า k = 0.5127

$= s^6 + 0.5127s^5 + 8.05969s^4 + 2.587428s^3 + 14.65171s^2 +$

$2.406826s + 4.71024$

แทนค่า k = 0.6421

$= s^6 + 0.6421s^5 + 8.05969s^4 + 3.212272s^3 + 14.65171s^2 +$

$2.988057s + 4.71024$

แทนค่า k = 0.9878

$= s^6 + 0.9878s^5 + 8.05969s^4 + 4.941726s^3 + 14.65171s^2 +$

$= 4.596796s + 4.71024$

จาก $H(s) = \frac{P_n(-s)}{P_n(s)}$; ฟังก์ชั่นมาตราฐานของ All Pass Filter

n = 6

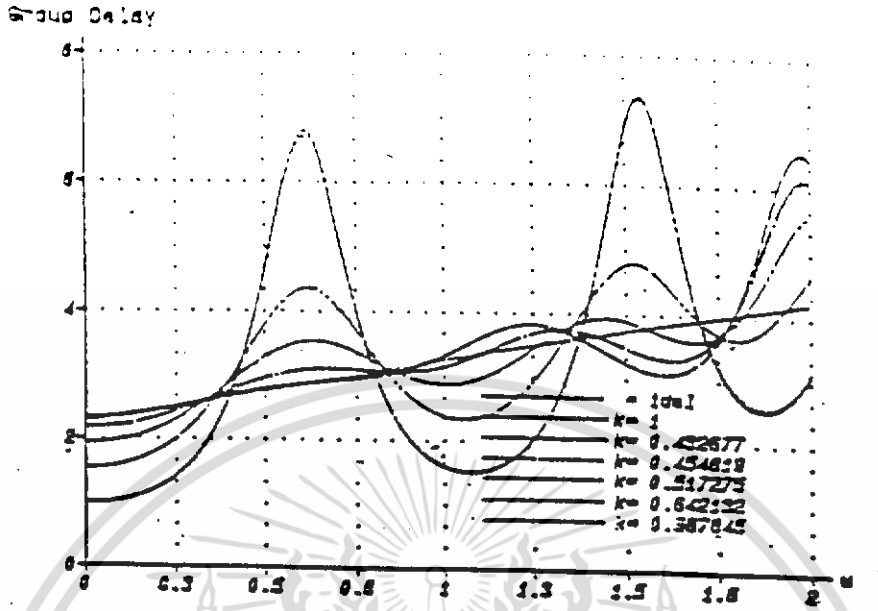
$Pn(-s) = a_6s^6 - a_5s^5 + a_4s_4 - a_3s^3 + a_2s^2 - a_1s + a_0$

$Pn(s) = a_6s^6 + a_5s^5 + a_4s^4 + a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0$

จากการ plot graph ค่า k = 0.432 จะเข้าใกล้ slope delay ดีที่สุด

$$H(s) = \frac{s^6 - 0.423s^5 + 8.059s^4 - 2.119s^3 + 14.65s^2 - 1.97s + 4.7102}{s^6 + 0.423s^5 + 8.059s^4 + 2.119s^3 + 14.65s^2 + 1.97s + 4.7102}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13-1 กราฟแสดงการปรับค่า k ในการประมาณดีเลย์สโลปบวกเชิงเส้น

ที่สโลปลบ

$$\omega_i = \omega_{do}\left(1-\sqrt{1-\frac{i}{n-1}}\right)$$

$$T_{do} = \frac{(n-1)\pi}{\omega_{do}}$$

ในกรณีหาค่า k ได้จากสมการ (24) และ (25)

กำหนดค่า $\omega_{do} = 4.3$

$n = 6$

จะได้

$T_{do} = 3.5458$

$\omega_1 = 0.4677$

$\omega_2 = 0.9985$

$\omega_3 = 1.6282$

$\omega_4 = 2.4488$

$\omega_5 = 4.43$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า k ที่เหมาะสมคือ 0.15029 ค่าสัมประสิทธิโพลิโนเมียลได้

$a_6 = 1$

$a_5 = 0.15029$

$a_4 = 22.4947$

$a_3 = 1.05114$

$a_2 = 56.9$

$a_1 = 0.8986$

$a_0 = 1.3801$

มาตราฐาน All-Pass-Filter $H(s) = \frac{Pn(-s)}{Pn(s)}$

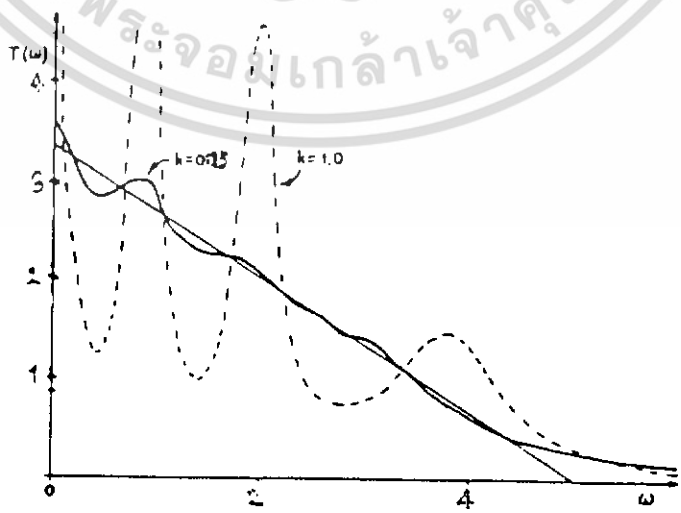
$n = 6$

$Pn(-s) = a_6s^6 - a_5s^5 + a_4s_4 - a_3s^3 + a_2s^2 - a_1s + a_0$

$Pn(s) = a_6s^6 + a_5s^5 + a_4s^4 + a_3s^3 + a_2s^2 + a_1s + a_0$

ค่า k = 0.15029 จะเข้าใกล้ slope delay ดีที่สุด

$$H(s) = \frac{s^6 - 0.15029s^5 + 22.494s^4 - 1.051s^3 + 56.9s^2 - 0.8986s + 11.3801}{s^6 + 0.15029s^5 + 22.494s^4 + 1.051s^3 + 56.9s^2 + 0.8986s + 11.3801}$$



รูปที่ 12-1 กราฟแสดงการปรับค่า k ในการประมาณดีเลย์สโลปลบเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การออกแบบวงจร

การออกแบบวงจรนี้เราจะใช้รูปแบบของ Single-Amplifier General Biquad (SAB)ซึ่งเป็นรูปแบบของ 2^{nd} order ในลักษณะของ negative feedback RC amplifier network จากทรานเฟอร์ฟังชั่นที่ได้จะเห็นว่ามี 6^{th} order เราจะใช้ SAB ต่อในลักษณะ cascade ที่สโลปบวกทรานเฟอร์ฟังชั่นที่ได้

$$H(s)=\frac{s^6-0.4236s^5+8.059s^4-2.119s^3+14.65s^2-1.97s+4.7102}{s^6+0.4236s^5+8.059s^4+2.119s^3+14.65s^2+1.97s+4.7102}$$

ที่สโลปลบทรานเฟอร์ฟังชั่นที่ได้

$$H(s)=\frac{s^6-0.15029s^5+22.4947s^4-1.051s^3+56.9s^2-0.8986s+11.3801}{s^6+0.15029s^5+22.4947s^4+1.051s^3+56.9s^2+0.8986s+11.3801}$$

จากทรานเฟอร์ฟังชั่นทั้งหมดนี้เราทำการออกแบบวงจรได้ดังนี้
ที่สโลปบวกสามารถแยกเฟคเตอร์ ได้คือ

$$\mathrm{H(s)}=\left(\frac{s^2-0.138s+0.414}{s^2+0.138s+0.414}\right)\left(\frac{s^2-0.104s+2.05}{s^2+0.104s+2.05}\right)\left(\frac{s^2-0.18s+5.53}{s^2+0.18s+5.53}\right)$$

$$\mathrm{H(s)} = H1(s)\bullet H2(s)\bullet H3(s)$$

จะเห็นว่าการแยกเฟคเตอร์นั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการหาวงจรในลักษณะ cascade กัน

$$\mathrm{H_1(s)} = \left(\frac{s^2-0.138s+0.414}{s^2+0.138s+0.414}\right)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$K = 1$, $b_2 = 1$, $b_1 = -0.138$, $b_0 = 0.414$, $a_1 = 0.138$, $a_0 = 0.414$

กำหนดให้ $C_1 = C_2 = 1$ F , $\gamma = 0.1$, $0 \leq K_3 \leq 1$

จากสมการ (13) จะได้

$$R1 = \frac{2\gamma}{-a_1 + \sqrt{a_1^2 + 8a_0\gamma}}$$

$$R_1 = \frac{2 \times 0.1}{-0.138 + \sqrt{0.138^2 + (8 \times 0.414 \times 0.1)}}$$

$$= \frac{0.2}{0.4538}$$

$$= 0.441\Omega$$

$$K_1 = \frac{b_2 + 2b_0 R_1^2 - b_1 R_1}{1+\gamma}$$

$$= \frac{1 + (2 \times 0.414 \times 0.441^2) - (-0.138 \times 0.441)}{1 + 0.1}$$

$$= 1.11)1$$

ในเมื่อ K_1 ไม่สามารถเกิน 1 ได้ เราต้องทำการ scale สัมประสิทธิ์ b_2 , b_1 และ b_0 ลงโดยเฟคเตอร์ k_1 ที่น้อยกว่า 1.11 และ การเพิ่ม K สอดคล้องกัน โดยกำหนด $k_1 = 1.11$ ได้สัมประสิทธิ์ใหม่คือ

$$H(s) = \frac{Kk_1(b_2 / k_1)s^2 + (b_1 / k_1)s + b_0 / k_1}{s^2 + a_1 s + a_0}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$b_2 = 0.9$, $b_1 = -0.124$, $b_0 = 0.372$

$K = 1.11$, $a_1 = 0.138$, $a_0 = 0.414$

$$R_3 = \frac{(1+\gamma)(b_2 - K_3)}{R_1 a_0 (b_0 / a_0 - b_2)}$$

$$= \frac{(1+0.1)(0.9 - K_3)}{R_1 a_0 (0.372 / 0.414 - 0.9)}$$

$$= \infty$$

$$R_2 = \frac{R_3}{R_1 R_3 a_0 + \gamma}$$

$$= \frac{1}{R_1 a_0}$$

$$= \frac{1}{(0.441 \times 0.414)}$$

$$= 5.47 \ \Omega$$

เมื่อใช้ $K_1 = 1$ และ $K_2 = b_2 = 0.9$ ได้

$$R_4 = \frac{R_1}{K_1}$$

$$= 0.441 \ \Omega$$

$$R_5 = \frac{R_1}{1 - K_1} = \infty$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_C = \frac{r_1}{K_2}$$

$$= \frac{r_1}{0.9}$$

$$= 1.11\ r_1$$

$$R_D = \frac{r_1}{1 - K2}$$

$$= 10\ r_1$$

$$R_6 = \frac{R_3}{K_3} = \infty$$

$$R_7 = \frac{R_3}{1 - K_3} = \infty$$

ทำการ scale ค่า RC ใช้ magnitude-scaling โดยค่าแฟคเตอร์เท่ากับ 10^6 จะได้

R_1= 441 KΩ , R_2= 5.47 MΩ , R_3= ∞

R_4= 441 KΩ , R_5= ∞

C_1= C_2= 1uF

จาก $\gamma = \frac{r_1}{r_2}$ เมื่อ $\gamma = 0.1$ กำหนดให้ r_1= 1 KΩ , r_2= 10 KΩ

R_C= 1.11 KΩ

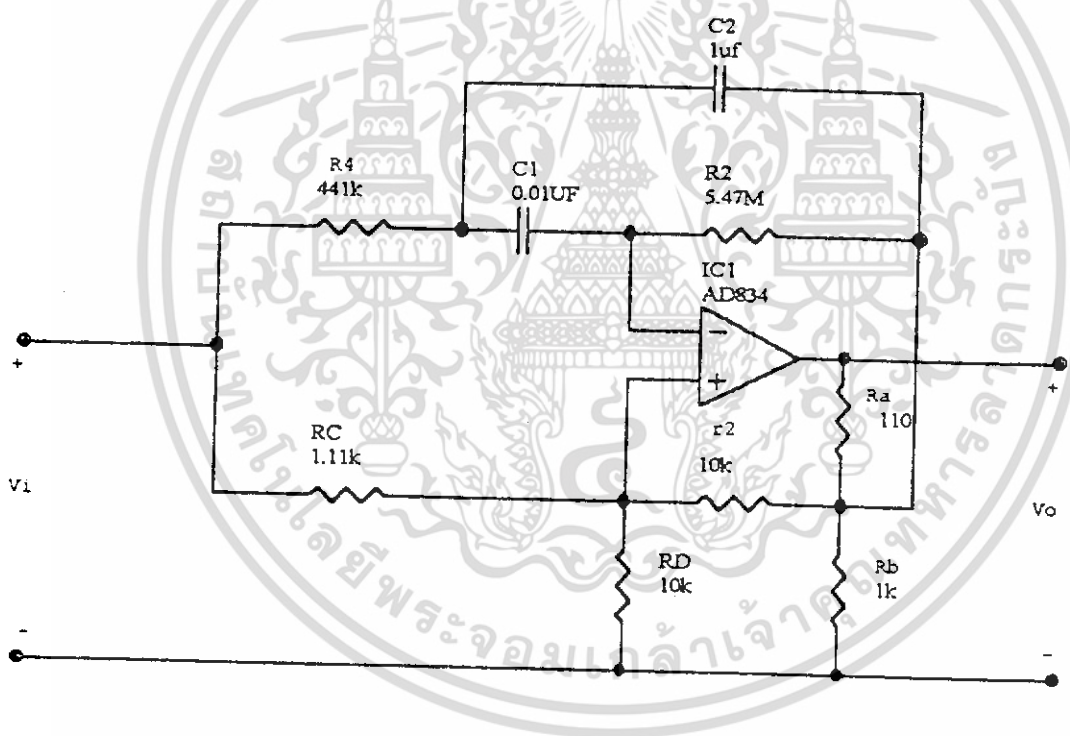
R_D= 10 KΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ K = 1.11 โดยใช้ gain enhancement คือ

$$K = 1 + \frac{R_a}{R_b} = 1.11$$

กำหนดให้ $R_b = 1\ K\Omega$ จะได้ $R_a = 110\ \Omega$



รูปที่ 14 วงจรทรานเฟอร์ฟังชั่นของสโลปบวก $H_1(s)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H_2(s) = \left(\frac{s^2 - 0.104s + 2.05}{s^2 + 0.104s + 2.05}\right)$$

K = 1 , $b_2 = 1$, $b_1 = -0.104$, $b_0 = 2.05$, $a_1 = 0.104$, $a_0 = 2.05$

กำหนดให้ $C_1 = C_2 = 1$ F , $\gamma = 0.1$, $0 \leq K_3 \leq 1$

จากสมการ (13) จะได้

$$R1 = \frac{2\gamma}{-a_1 + \sqrt{a_1^2 + 8a_0\gamma}}$$

$$R_1 = \frac{2 \times 0.1}{-0.104 + \sqrt{0.104^2 + (8 \times 2.05 \times 0.1)}}$$

$$= \frac{0.2}{1.1808}$$

$$= 0.169\Omega$$

$$K_1 = \frac{b_2 + 2b_0 R_1^2 - b_1 R_1}{1 + \gamma}$$

$$= \frac{1 + (2 \times 2.05 \times 0.169^2) - (-0.104 \times 0.169)}{1 + 0.1}$$

$$= 1.03)1$$

ในเมื่อ K_1 ไม่สามารถเกิน 1 ได้ เราต้องทำการ scale สัมประสิทธิ์ b_2 , b_1 และ b_0 ลงโดยเฟคเตอร์ k_1 ที่น้อยกว่า 1.03 และ การเพิ่ม K สอดคล้องกัน โดยกำหนด $k_1 = 1.03$ ได้สัมประสิทธิ์ใหม่คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H(s) = \frac{Kk_1(b_2 / k_1)s^2 + (b_1 / k_1)s + b_0 / k_1}{s^2 + a_1 s + a_0}$$

$b_2 = 0.96$, $b_1 = -0.1$, $b_0 = 1.99$

$K = 1.03$, $a_1 = 0.104$, $a_0 = 2.05$

$$R_3 = \frac{(1+\gamma)(b_2 - K_3)}{R_1 a_0 (b_0 / a_0 - b_2)}$$

$$= \frac{(1+\gamma)(b_2 - K_3)}{R_1 a_0 (b_0 / a_0 - b_2)}$$

$$= \infty$$

$$R_2 = \frac{R_3}{R_1 R_3 a_0 + \gamma}$$

$$= \frac{1}{R_1 a_0}$$

$$= \frac{1}{(0.169 \times 2.05)}$$

$$= 2.89 \quad \Omega$$

เมื่อใช้ $K_1 = 1$ และ $K_2 = b_2 = 0.96$ ได้

$$R_4 = \frac{R_1}{K_1}$$

$$= 0.169\ \Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_5 = \frac{R_1}{1 - K_1} = \infty$$

$$R_C = \frac{r_1}{K_2}$$

$$= \frac{r_1}{0.96}$$

$$= 1.04\ r_1$$

$$R_D = \frac{r_1}{1 - K2}$$

$$= 33.33\ r_1$$

$$R_6 = \frac{R_3}{K_3} = \infty$$

$$R_7 = \frac{R_3}{1 - K_3} = \infty$$

ทำการ scale ค่า RC ใช้ magnitude-scaling โดยค่าเฟคเตอร์เท่ากับ 10^6 จะได้

R_1= 169 KΩ , R_2= 2.89 MΩ , R_3= ∞

R_4= 169 KΩ , R_5= ∞

C_1= C_2= 1uF

จาก $\gamma = \frac{r_1}{r_2}$ เมื่อ $\gamma = 0.1$ กำหนดให้ r_1= 1 KΩ , r_2= 10 KΩ

R_C= 1.04 KΩ

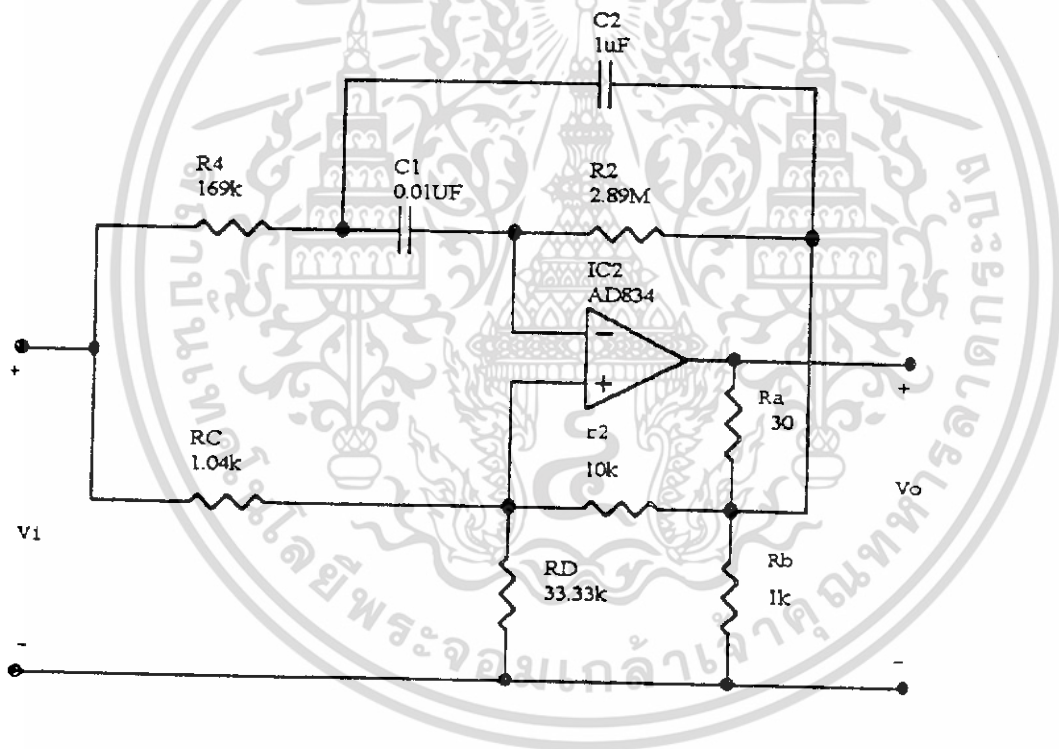
R_D= 33.33 KΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ K = 1.03 โดยใช้ gain enhancement คือ

$$K = 1 + \frac{R_a}{R_b} = 1.03$$

กำหนดให้ $R_b = 1\ K\Omega$ จะได้ $R_a = 30\ \Omega$



รูปที่ 15 วงจรทรานเฟอร์ฟังชั่นของสโลปบวก $H_2(s)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H_3(s) = \left(\frac{s^2 - 0.18s + 5.53}{s^2 + 0.18s + 5.53}\right)$$

K = 1 , $b_2 = 1$, $b_1 = -0.18$, $b_0 = 5.53$, $a_1 = 0.18$, $a_0 = 5.53$

กำหนดให้ $C_1 = C_2 = 1$ F , $\gamma = 0.1$, $0 \leq K_3 \leq 1$

จากสมการ (13) จะได้

$$R1 = \frac{2\gamma}{-a_1 + \sqrt{a_1^2 + 8a_0\gamma}}$$

$$R_1 = \frac{2 \times 0.1}{-0.18 + \sqrt{0.18^2 + (8 \times 5.53 \times 0.1)}}$$

$$= \frac{0.2}{1.9310}$$

$$= 0.103\ \Omega$$

$$K_1 = \frac{b_2 + 2b_0R_1^2 - b_1R_1}{1 + \gamma}$$

$$= \frac{1 + (2 \times 5.53 \times 0.103^2) - (-0.18 \times 0.103)}{1 + 0.1}$$

$$= 1.03)1$$

ในเมื่อ K_1 ไม่สามารถเกิน 1 ได้ เราต้องทำการ scale สัมประสิทธิ์ b_2 , b_1 และ b_0 ลงโดยเฟคเตอร์ k_1 ที่น้อยกว่า 1.03 และ การเพิ่ม K สอดคล้องกัน โดยกำหนด $k_1 = 1.03$ ได้สัมประสิทธิ์ใหม่คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H(s) = \frac{Kk_1(b_2 / k_1)s^2 + (b_1 / k_1)s + b_0 / k_1}{s^2 + a_1 s + a_0}$$

$b_2 = 0.97$, $b_1 = -0.175$, $b_0 = 5.37$

$K = 1.03$, $a_1 = 0.18$, $a_0 = 5.53$

$$R_3 = \frac{(1+\gamma)(b_2 - K_3)}{R_1 a_0 (b_0 / a_0 - b_2)}$$

$$= \frac{(1+\gamma)(b_2 - K_3)}{R_1 a_0 (b_0 / a_0 - b_2)}$$

$$= \infty$$

$$R_2 = \frac{R_3}{R_1 R_3 a_0 + \gamma}$$

$$= \frac{1}{R_1 a_0}$$

$$= \frac{1}{(0.103 \times 5.53)}$$

$$= 1.75 \ \Omega$$

เมื่อใช้ $K_1 = 1$ และ $K_2 = b_2 = 0.97$ ได้

$$R_4 = \frac{R_1}{K_1}$$

$$= 0.103 \ \Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_5 = \frac{R_1}{1 - K_1} = \infty$$

$$R_C = \frac{r_1}{K_2}$$

$$= \frac{r_1}{0.97}$$

$$= 1.03\ r_1$$

$$R_D = \frac{r_1}{1 - K2}$$

$$= 33.33\ r_1$$

$$R_6 = \frac{R_3}{K_3} = \infty$$

$$R_7 = \frac{R_3}{1 - K_3} = \infty$$

ทำการ scale ค่า RC ใช้ magnitude-scaling โดยค่าเฟคเตอร์เท่ากับ 10^6 จะได้

R_1= 103 KΩ , R_2= 1.75 MΩ , R_3= ∞

R_4= 103 KΩ , R_5= ∞

C_1= C_2= 1uF

จาก $\gamma = \frac{r_1}{r_2}$ เมื่อ $\gamma = 0.1$ กำหนดให้ r_1= 1 KΩ , r_2= 10 KΩ

R_C= 1.04 KΩ

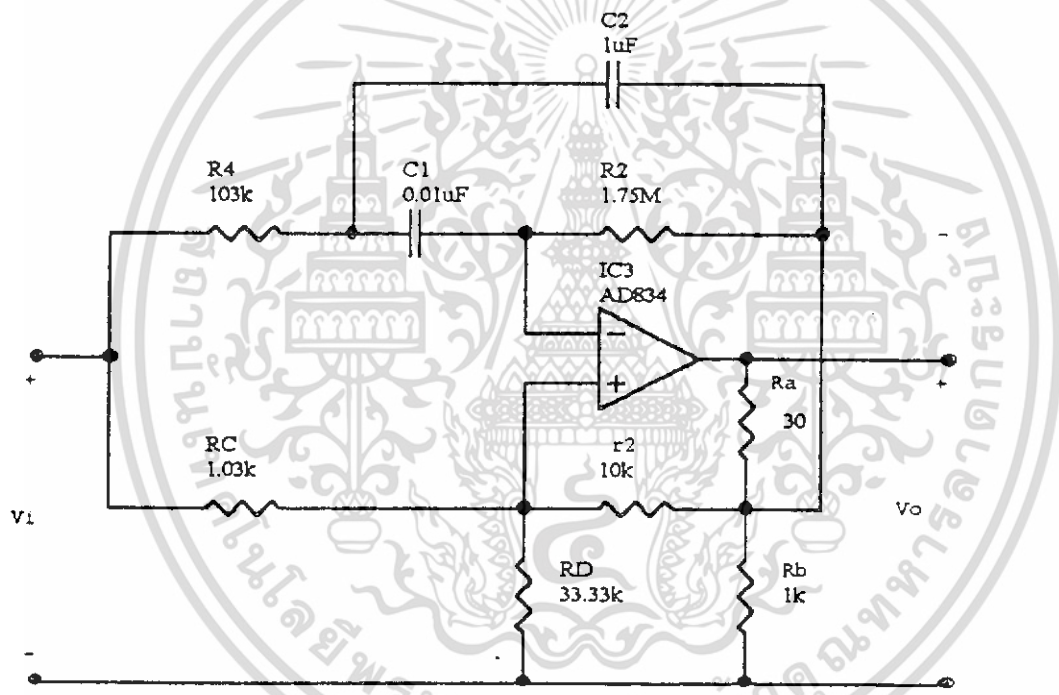
R_D= 33.33 KΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ K = 1.03 โดยใช้ gain enhancement คือ

$$K = 1 + \frac{R_a}{R_b} = 1.03$$

กำหนดให้ $R_b = 1\ K\Omega$ จะได้ $R_a = 30\ \Omega$



รูปที่ 16 วงจรทรานเฟอร์ฟังชั่นของสโลปบวก $H_3(s)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำ $H_1(s)$, $H_2(s)$ และ $H_3(s)$ นำมา cascade กัน โดย

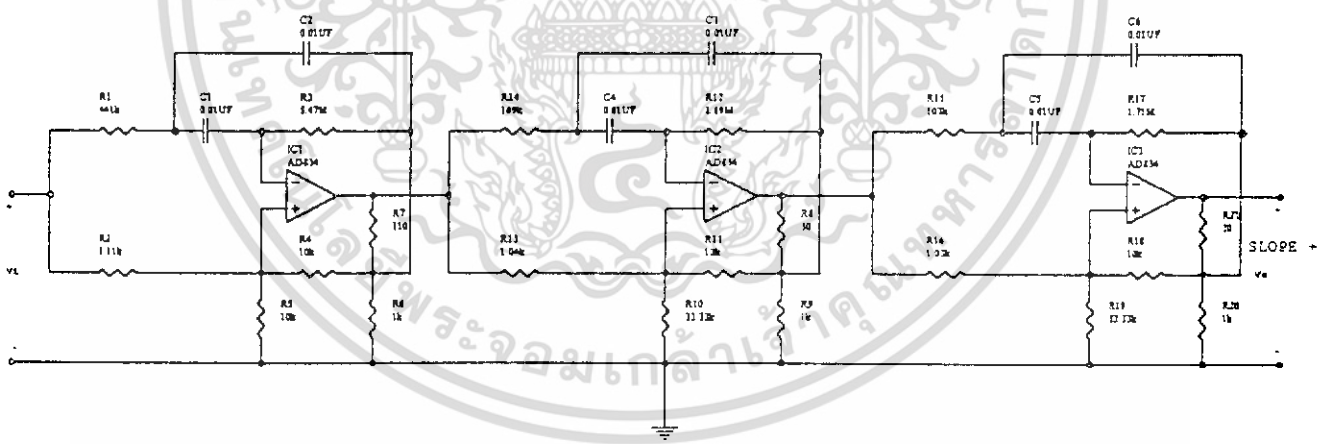
$H(s) = H1(s) \bullet H2(s) \bullet H3(s)$

แล้วทำการ scale delay ไปที่ nanosec (ns) โดยใช้ค่า delay factor = 10^{-2} ($k_D = 10^{-2}$)

$$C_{new} = \frac{k_D}{k_m} C_{old}$$

$$R_{new} = k_m R_{old}$$

จะได้ $C_{new} = 0.01$ uF , $T_{do} = 22.765$ ns



รูปที่ 17 วงจรทรานเฟอร์ฟังชั่นของสโลปบวก 6 order $\left(H_1(s) \bullet H_2(s) \bullet H_3(s)\right)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่สโลปลบสามารถแยกเฟคเตอร์ ได้คือ

$$H(s) = \left(\frac{s^2 - 0.0143s + 0.218}{s^2 + 0.0143s + 0.218}\right)\left(\frac{s^2 - 0.02s + 2.65}{s^2 + 0.02s + 2.65}\right)\left(\frac{s^2 - 0.115s + 19.62}{s^2 + 0.115s + 19.62}\right)$$

$$H(s) = H1(s) \bullet H2(s) \bullet H3(s)$$

จะเห็นว่าการแยกเฟคเตอร์นั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการหาวงจรในลักษณะ cascade กัน

$$H_1(s) = \left(\frac{s^2 - 0.0143s + 0.218}{s^2 + 0.0143s + 0.218}\right)$$

K = 1 , $b_2 = 1$, $b_1 = -0.0143$, $b_0 = 0.218$, $a_1 = 0.0143$, $a_0 = 0.218$

กำหนดให้ $C_1 = C_2 = 1$ F , $\gamma = 0.1$, $0 \le K_3 \le 1$

จากสมการ (13) จะได้

$$R1 = \frac{2\gamma}{-a_1 + \sqrt{a_1^2 + 8a_0\gamma}}$$

$$R_1 = \frac{2 \times 0.1}{-0.0143 + \sqrt{0.0143^2 + (8 \times 0.218 \times 0.1)}}$$

$$= \frac{0.2}{0.4178}$$

$$= 0.495\ \Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$K_1 = \frac{b_2 + 2b_0 R_1^2 - b_1 R_1}{1+\gamma}$$

$$= \frac{1+(2\times 0.218\times 0.495^2)-(-0.0143\times 0.495)}{1+0.1}$$

$$= 1.0128 \rangle 1$$

ในเมื่อ K_1 ไม่สามารถเกิน 1 ได้ เราต้องทำการ scale สัมประสิทธิ์ b_2 , b_1 และ b_0 ลงโดยเฟคเตอร์ k_1 ที่น้อยกว่า 1.0128 และ การเพิ่ม K สอดคล้องกัน โดยกำหนด k_1= 1.0128 ได้สัมประสิทธิ์ใหม่ คือ

$$H(s) = \frac{Kk_1(b_2/k_1)s^2 + (b_1/k_1)s + b_0/k_1}{s^2 + a_1 s + a_0}$$

$b_2 = 0.9872$, $b_1 = -0.01411$, $b_0 = 0.215226$

$K = 1.0128$, $a_1 = 0.0143$, $a_0 = 0.218$

$$R_3 = \frac{(1+\gamma)(b_2 - K_3)}{R_1 a_0 (b_0/a_0 - b_2)}$$

$$= \frac{(1+\gamma)(b_2 - K_3)}{R_1 a_0 (b_0/a_0 - b_2)}$$

$$= \infty$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_2 = \frac{R_3}{R_1 R_3 a_0 + \gamma}$$

$$= \frac{1}{R_1 a_0}$$

$$= \frac{1}{(0.49559 \times 0.218)}$$

$$= 9.255 \ \Omega$$

เมื่อใช้ $K_1 = 1$ และ $K_2 = b_2 = 0.9872$ ได้

$$R_4 = \frac{R_1}{K_1}$$

$$= 0.4955 \ \Omega$$

$$R_5 = \frac{R_1}{1 - K_1} = \infty$$

$$R_C = \frac{r_1}{K_2}$$

$$= \frac{r_1}{0.9872}$$

$$= 1.0129 \ r_1$$

$$R_D = \frac{r_1}{1 - K2}$$

$$= 78.125 \ r_1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_6 = \frac{R_3}{K_3} = \infty$$

$$R_7 = \frac{R_3}{1 - K_3} = \infty$$

ทำการ scale ค่า RC ใช้ magnitude scale โดยค่าแฟคเตอร์เท่ากับ 10^6 จะได้

R_1= 495.6 KΩ , R_2= 9.2559 MΩ , R_3= ∞

R_4= 495.6 KΩ , R_5= ∞ , C_1= C_2= 1uF

จาก $\gamma = \frac{r_1}{r_2}$ เมื่อ $\gamma = 0.1$ กำหนดให้ r_1= 1 KΩ , r_2= 10 KΩ

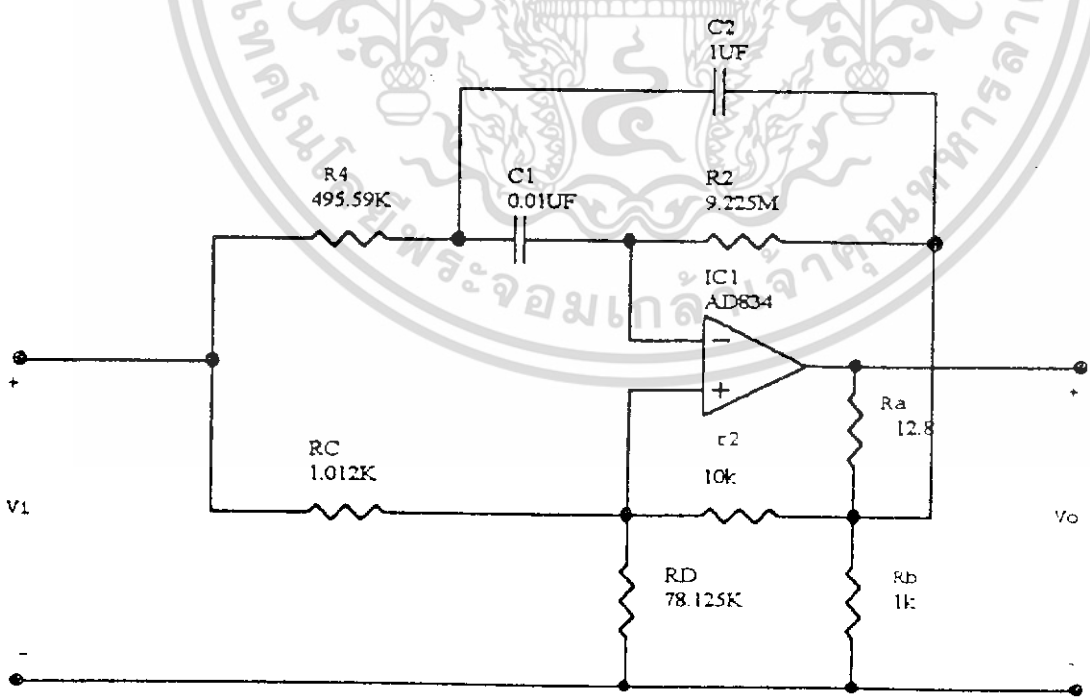
R_C= 1.012 KΩ

R_D= 78.125 KΩ

เมื่อ K = 1.0128 โดยใช้ gain enhancement คือ

$$K = 1 + \frac{R_a}{R_b} = 1.0128$$

กำหนดให้ R_b = 1 KΩ จะได้ R_a= 12.8 Ω



รูปที่ 18 วงจรทรานเฟอร์ฟังชั่นสโลปลบ $H_1(s)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H_2(s) = \left(\frac{s^2 - 0.02s + 2.65}{s^2 + 0.02s + 2.65}\right)$$

K = 1 , $b_2 = 1$, $b_1 = -0.02$, $b_0 = 2.65$, $a_1 = 0.02$, $a_0 = 2.65$

กำหนดให้ $C_1 = C_2 = 1$ F , $\gamma = 0.1$, $0 \leq K_3 \leq 1$

จากสมการ (13) จะได้

$$R1 = \frac{2\gamma}{-a_1 + \sqrt{a_1^2 + 8a_0\gamma}}$$

$$R_1 = \frac{2 \times 0.1}{-0.02 + \sqrt{0.02^2 + (8 \times 2.65 \times 0.1)}}$$

$$= \frac{0.2}{1.436}$$

$$= 0.139\ \Omega$$

$$K_1 = \frac{b_2 + 2b_0R_1^2 - b_1R_1}{1+\gamma}$$

$$= \frac{1 + (2 \times 2.65 \times 0.139^2) - (-0.02 \times 0.139)}{1+0.1}$$

$$= 1.005)1$$

ในเมื่อ K_1 ไม่สามารถเกิน 1 ได้ เราต้องทำการ scale สัมประสิทธิ์ b_2 , b_1 และ b_0 ลงโดยเฟคเตอร์ k_1 ที่น้อยกว่า 1.005 และ การเพิ่ม K สอดคล้องกัน โดยกำหนด $k_1 = 1.005$ ได้สัมประสิทธิ์ใหม่คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H(s) = \frac{Kk_1(b_2 / k_1)s^2 + (b_1 / k_1)s + b_0 / k_1}{s^2 + a_1 s + a_0}$$

$b_2 = 0.9949$, $b_1 = -0.0198$, $b_0 = 2.636$

$K = 1.005$, $a_1 = 0.02$, $a_0 = 2.65$

$$R_3 = \frac{(1+\gamma)(b_2 - K_3)}{R_1 a_0 (b_0 / a_0 - b_2)}$$

$$= \infty$$

$$R_2 = \frac{R_3}{R_1 R_3 a_0 + \gamma}$$

$$= \frac{1}{R_1 a_0}$$

$$= \frac{1}{(0.139 \times 2.65)}$$

$$= 2.709 \ \Omega$$

เมื่อใช้ $K_1 = 1$ และ $K_2 = b_2 = 0.9949$ ได้

$$R_4 = \frac{R_1}{K_1}$$

$$= 0.139 \ \Omega$$

$$R_5 = \frac{R_1}{1 - K_1} = \infty$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_C = \frac{r_1}{K_2}$$

$$= \frac{r_1}{0.9994}$$

$$= 1.005\ r_1$$

$$R_D = \frac{r_1}{1 - K2}$$

$$= 196.07 r_1$$

$$R_6 = \frac{R_3}{K_3} = \infty$$

$$R_7 = \frac{R_3}{1 - K_3} = \infty$$

ทำการ scale ค่า RC ใช้ magnitude-scaling โดยค่าแฟคเตอร์เท่ากับ 10^6 จะได้

R_1= 139.26 KΩ , R_2= 2.709 MΩ , R_3= ∞

R_4= 139.26 KΩ , R_5= ∞

C_1= C_2= 1uF

จาก $\gamma = \frac{r_1}{r_2}$ เมื่อ γ = 0.1 กำหนดให้ r_1= 1 KΩ , r_2= 10 KΩ

R_C= 1.005 KΩ

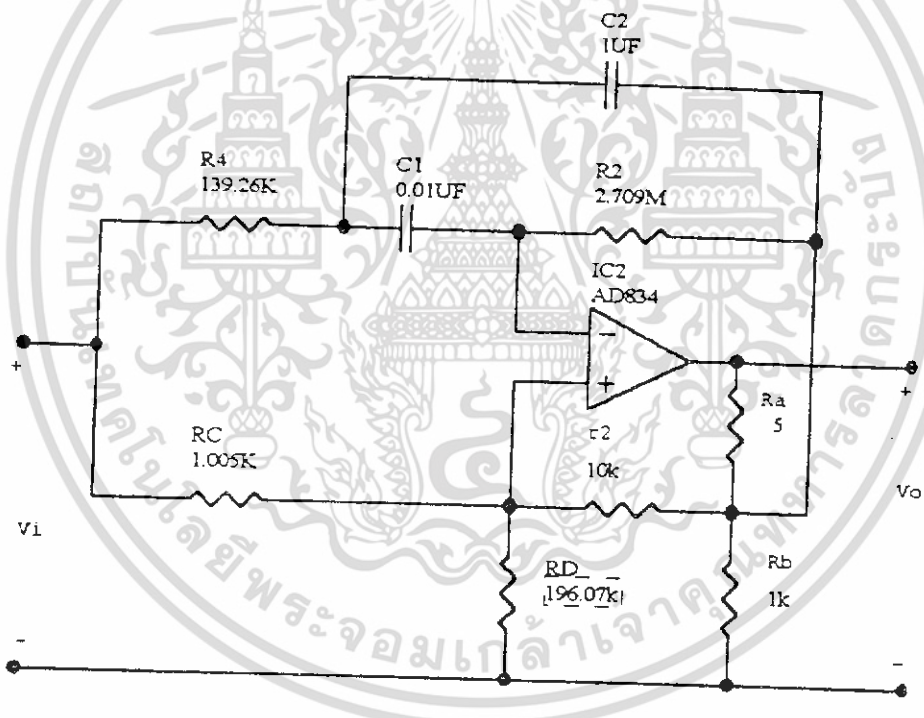
R_D= 196.07 KΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ K = 1.005 โดยใช้ gain enhancement คือ

$$K = 1 + \frac{R_a}{R_b} = 1.005$$

กำหนดให้ $R_b = 1\ K\Omega$ จะได้ $R_a = 5\ \Omega$



รูปที่ 19 วงจรทรานเฟอร์ฟังชั่นสโลปลบ $H_2(s)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H_3(s) = \left(\frac{s^2 - 0.115s + 19.62}{s^2 + 0.115s + 19.62}\right)$$

K = 1 , $b_2 = 1$, $b_1 = -0.115$, $b_0 = 19.62$, $a_1 = 0.115$, $a_0 = 19.62$

กำหนดให้ $C_1 = C_2 = 1$ F , $\gamma = 0.1$, $0 \leq K_3 \leq 1$

จากสมการ (13) จะได้

$$R1 = \frac{2\gamma}{-a_1 + \sqrt{a_1^2 + 8a_0\gamma}}$$

$$R_1 = \frac{2 \times 0.1}{-0.115 + \sqrt{0.115^2 + (8 \times 19.62 \times 0.1)}}$$

$$= \frac{0.2}{3.848}$$

$$= 0.052\ \Omega$$

$$K_1 = \frac{b_2 + 2b_0 R_1^2 - b_1 R_1}{1 + \gamma}$$

$$= \frac{1 + (2 \times 19.62 \times 0.052^2) - (-0.115 \times 0.052)}{1 + 0.1}$$

$$= 1.0108 > 1$$

ในเมื่อ K_1 ไม่สามารถเกิน 1 ได้ เราต้องทำการ scale สัมประสิทธิ์ b_2 , b_1 และ b_0 ลงโดยเฟคเตอร์ k_1 ที่น้อยกว่า 1.0108 และ การเพิ่ม K สอดคล้องกัน โดยกำหนด $k_1 = 1.0108$ ได้สัมประสิทธิ์ใหม่ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H(s) = \frac{Kk_1(b_2 / k_1)s^2 + (b_1 / k_1)s + b_0 / k_1}{s^2 + a_1 s + a_0}$$

$b_2 = 0.98925$, $b_1 = -0.11376$, $b_0 = 19.409$

$K = 1.0108$, $a_1 = 0.115$, $a_0 = 19.62$

$$R_3 = \frac{(1+\gamma)(b_2 - K_3)}{R_1 a_0 (b_0 / a_0 - b_2)}$$

$$= \infty$$

$$R_2 = \frac{R_3}{R_1 R_3 a_0 + \gamma}$$

$$= \frac{1}{R_1 a_0}$$

$$= \frac{1}{(0.052 \times 19.62)}$$

$$= 0.980 \ \Omega$$

เมื่อใช้ $K_1 = 1$ และ $K_2 = b_2 = 0.98925$ ได้

$$R_4 = \frac{R_1}{K_1}$$

$$= 0.052 \ \Omega$$

$$R_5 = \frac{R_1}{1 - K_1} = \infty$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_C = \frac{r_1}{K_2}$$

$$= \frac{r_1}{0.98925}$$

$$= 1.01\ r_1$$

$$R_D = \frac{r_1}{1-K2}$$

$$= 93.02\ r_1$$

$$R_6 = \frac{R_3}{K_3} = \infty$$

$$R_7 = \frac{R_3}{1-K_3} = \infty$$

ทำการ scale ค่า RC ใช้ magnitude-scaling โดยค่าเฟคเตอร์เท่ากับ 10^6 จะได้

R_1= 51.968 KΩ , R_2= 980 KΩ , R_3= ∞

R_4= 51.968 KΩ , R_5= ∞

C_1= C_2= 1uF

จาก $\gamma = \frac{r_1}{r_2}$ เมื่อ $\gamma = 0.1$ กำหนดให้ r_1= 1 KΩ , r_2= 10 KΩ

R_C= 1.01 KΩ

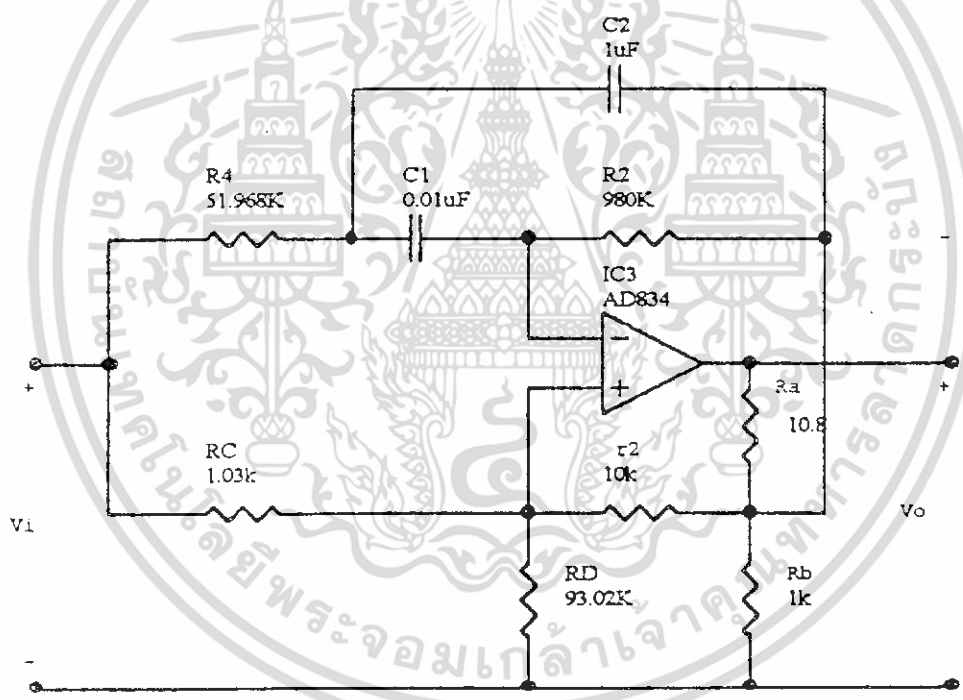
R_D= 93.02 KΩ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ K = 1.0108 โดยใช้ gain enhancement คือ

$$K = 1 + \frac{R_a}{R_b} = 1.0108$$

กำหนดให้ R_b = 1 KΩ จะได้ R_a= 10.8 Ω



รูปที่ 20 วงจรทรานเฟอร์ฟังชั่นสโลปลบ $H_1(s)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำ $H_1(s)$, $H_2(s)$ และ $H_3(s)$ นำมา cascade กัน โดย

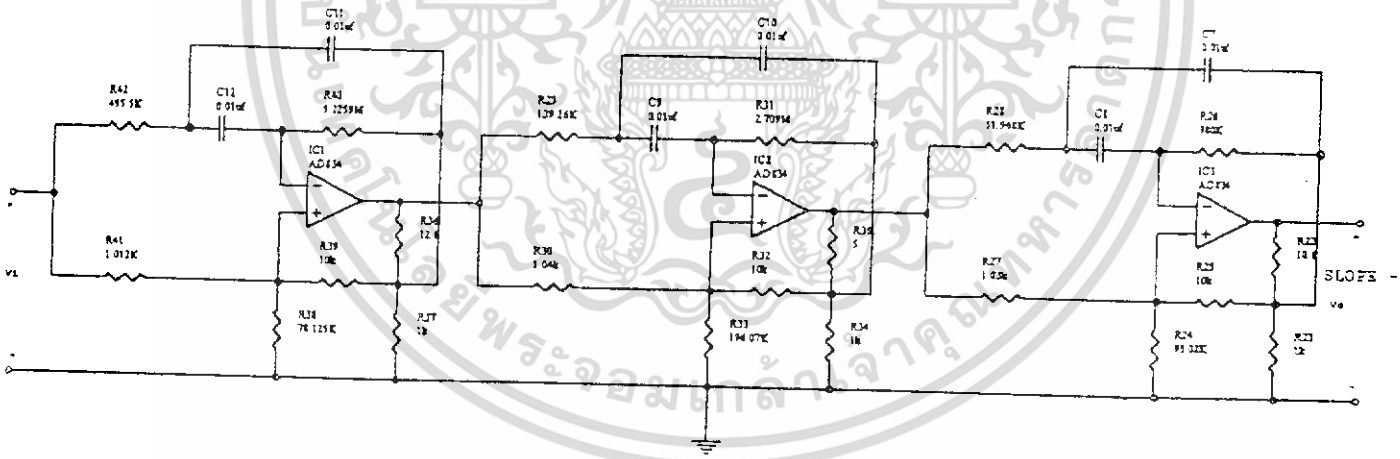
$H(s) = H1(s) \bullet H2(s) \bullet H3(s)$

แล้วทำการ scale delay ไปที่ nanosec (ns) โดยใช้ค่า delay factor = 10^{-2} ($k_D = 10^{-2}$)

$$C_{new} = \frac{k_D}{k_m} C_{old}$$

$$R_{new} = k_m R_{old}$$

จะได้ $C_{new} = 0.01$ uF , $T_{do} = 35.45$ ns



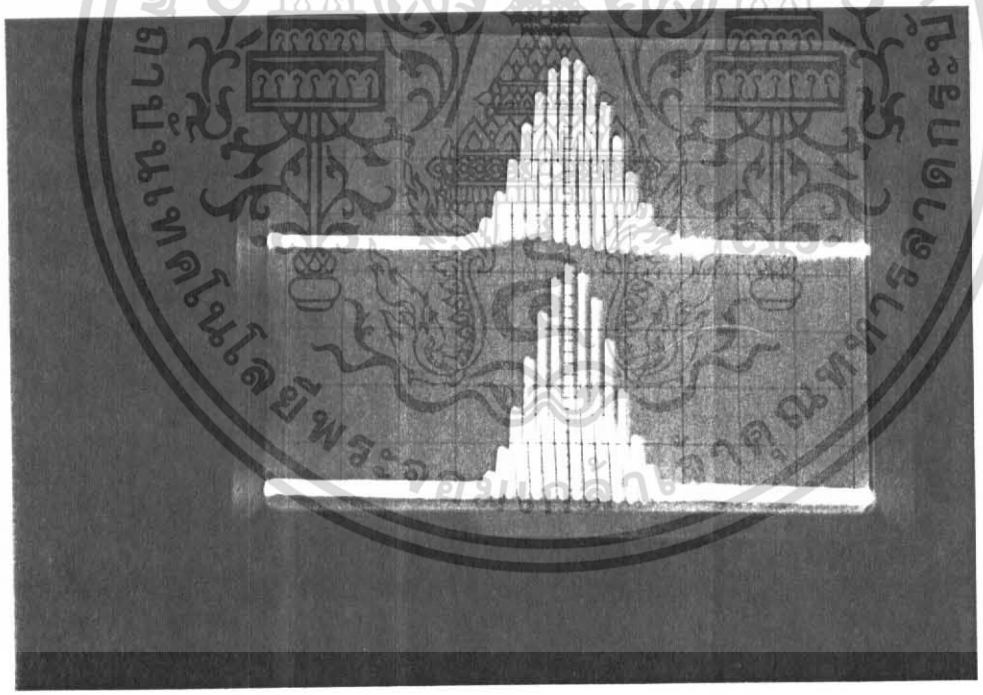
รูปที่ 21 วงจรทรานเฟอร์ฟังชั่นสโลปลบ 6 order $\left(H_1(s) \bullet H_2(s) \bullet H_3(s)\right)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ผลการทดลองและบทสรุป

3.1 ผลการทดลอง

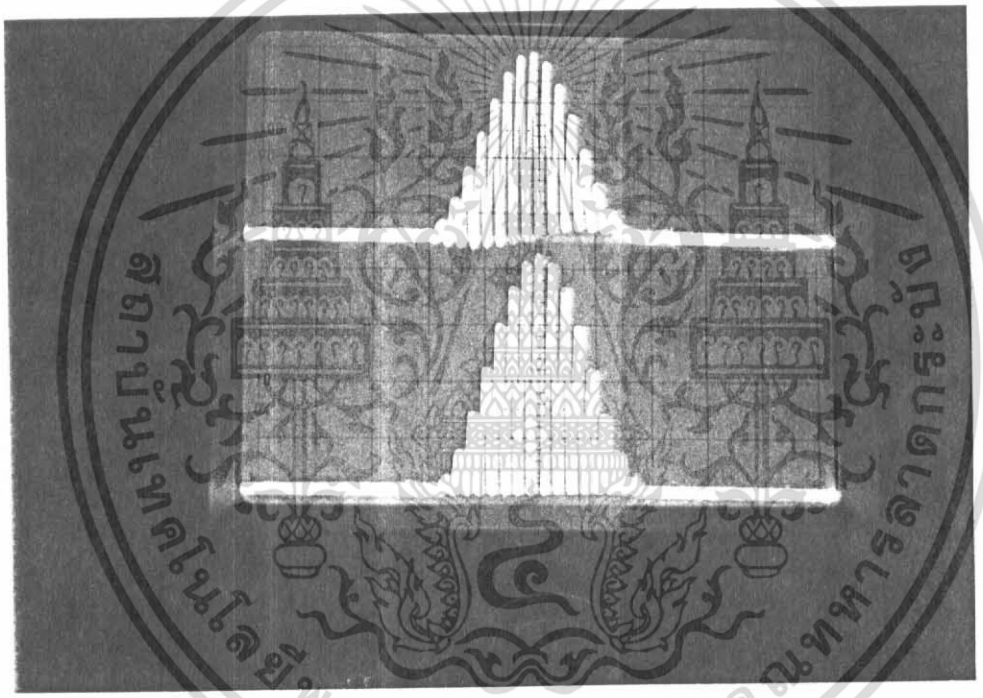
ผลการทดลองที่ใช้สัญญาณทดสอบ เป็นสัญญาณที่ป้อนให้วงจรเพื่อจะดูผลตอบสนองต่อวงจรที่ออกแบบ ซึ่งจากรูปที่ 22 เป็นการป้อนสัญญาณทดสอบที่ลักษณะ time delay ล้าหลัง 100 ns (ดูจากฐานของสัญญาณที่อ้างอิงจากทฤษฎี) ให้แก่วงจรสโลปบวกที่ T_{do} เท่ากับ 22.765 ns เพื่อแก้การล้าหลัง



รูปที่ 22 รูปบนสัญญาณทดสอบที่ล้าหลัง 100 ns รูปล่างแสดงผลตอบสนองต่อวงจรสโลปบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การป้อนสัญญาณทดสอบที่ลักษณะ time delay นำหน้า 100 ns ให้แก่วงจรสโลปลบที่ T_{10} เท่ากับ 35.45 ns เพื่อแก้การนำหน้าของสัญญาณ



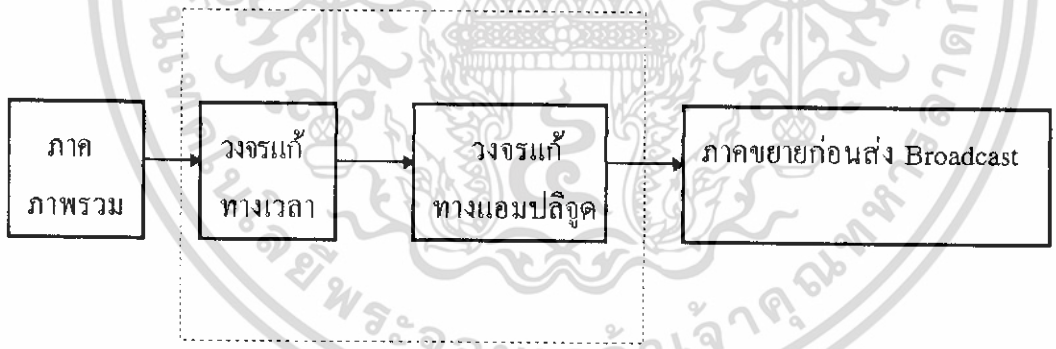
รูปที่ 23 รูปบนสัญญาณทดสอบที่นำหน้า 100 ns รูปล่างแสดงผลตอบสนองต่อวงจรสโลปลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 บทสรุปและแนวทางการนำไปใช้งาน

จากการทดลองเราจะใช้สัญญาณทดสอบมอดดูเลต 20T ซายน์สแควพัลส์ซึ่งสามารถตอบสนองทั้งทางด้านเวลาและแอมปลิจูดด้วยเหตุนี้จึงนำสัญญาณมาทดสอบมอดดูเลต 20T ซายน์สแควพัลส์มาใช้ในโครงงานแก้ความผิดเพี้ยนทางเวลาเพื่อทดสอบผลตอบสนองต่อสัญญาณของวงจร จากผลการทดลองที่ตอบสนองต่อสัญญาณทดสอบไม่ว่าจะเป็นสโลปบวกหรือสโลปลบนั้นขีดจำกัดจะขึ้นอยู่กับ order ที่ออกแบบ (ดูจากบทการออกแบบ) และที่การหาค่า k ซึ่งต้องการที่จะให้เส้นสโลปที่ประมาณค่า ใกล้เคียงเส้นในอุดมคติมากที่สุดในที่นี้เราจะได้ค่า k ที่สโลปบวกเท่ากับ 0.422 ส่วนสโลปลบจะได้ค่า k เท่ากับ 0.15029

แนวทางการนำไปใช้งานอาจจะใช้ในลักษณะต่อร่วมกับวงจรแก้ความผิดเพี้ยนทางด้านแอมปลิจูด เพื่อผลการแก้จะครอบคลุมถึงทั้งทางด้านเวลาและทางแอมปลิจูด ที่ภาคส่งสัญญาณโทรทัศน์ ก่อนส่งออก Broadcast ดัง บล็อกไดอะแกรมการใช้งาน



Block Diagram การใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. K. Janchitrapongvej and T. Ikeda " Equalization of the Relative Luminance to Chorminance Gain in Video Singal Transmission" Proc. of Journal of IL ITS Vol. 40. No. 8,1986

2. I. I. Trifonov, " Synthesis of Low-pass Filters with Near-monotonic Transient Response" Telecommucation June 9,1963

3. C.A. Siocos " Chrominance to Luminance Ratio and Timing Measurements" IEEE Trans BC-14,1, PP.1-4 March 1968

4. R. Kennedy " Sine Squared Pulse in televisioon System Analysis" RCA Review Vol.21 No.2 June 1960 p. 253

5. Janez Valand " On the Linear Phase Approximation" Proceeding of IEEE Sep. 1967 p.1627-1928

6. J.Valand. " A Variation of the Linear Phase Approx Technical" Proc. of the IEEE Letter March 1968 p. 1141-1143

7. J.Valand. " On the Linear-Slope Delay Approx" Proc.IEEE Nov.1967 p. 20590-2060

8. Wai-Kai Chen " Passive and Active Filters" p. 281-297

9. Siocos, C.A., CHROMINAACE TO LUMINANCE RATIO AND TIMING MEASUREMENTS IN COLORTELEVISION, IEEE Trans. On Broadcasting, Vol. BC-14, NO.I, pp.1-4, 1968

10. Hilburn, J.L. and Johnson , D.E., MANUAL OF ACTIVE FILTER DESIGN McGraw-Hill, 1973

11. จินตนา ม่วงศรีจันทร์ และ คนก เจนจิระพงศ์เวช ., การวัดสัญญาณความผิดเพี้ยนเชิงเส้น โดยใช้ซายน์กำลังสองพัลส์., การประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 1 ณ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

12. คนก เจนจิระพงศ์เวช., การตรวจสอบสัญญาณวีดีโอ., ตำราชุดวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANALOG DEVICES

34 MHz, CBFET Fast Settling Op Amp

AD843

FEATURES

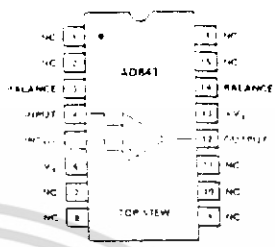
AC PERFORMANCE
- Unity Gain Bandwidth: 34 MHz
- Fast Settling: 135 ns to 0.01%
- Slew Rate: 250 V/μs
- Stable at Gains of 1 or Greater
- Full Power Bandwidth: 3.9 MHz

DC PERFORMANCE
- Input Offset Voltage: 1 mV max (AD843K/B)
- Input Bias Current: 0.6 nA typ
- Input Voltage Noise: 19 nV/√Hz
- Open Loop Gain: 30 V/mV into a 500 Ω Load
- Output Current: 50 mA min
- Supply Current: 13 mA max
- Available in 8-Pin Plastic Mini-DIP & Cerdip, 16-Pin SOIC, 20-Pin LCC and 12-Pin Hermetic Metal Can Packages
- Available in Tape and Reel in Accordance with EIA-481A Standard
- Chips and MIL-STD-883B Parts Also Available

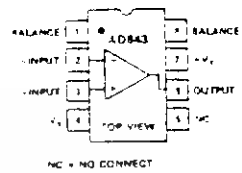
APPLICATIONS
- High Speed Sample-and-Hold Amplifiers
- High Bandwidth Active Filters
- High Speed Integrators
- High Frequency Signal Conditioning

CONNECTION DIAGRAMS

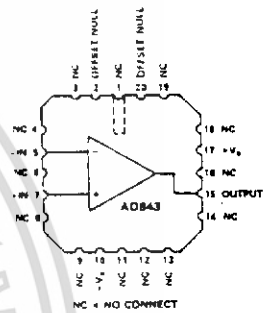
16-Pin SOIC (R-16) Package



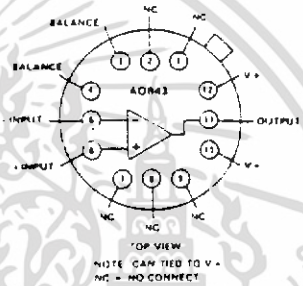
Plastic (N-8) and Cerdip (Q-8) Package



LCC (E-20A) Package



TO-8 (H-12A) Package



PRODUCT DESCRIPTION

The AD843 is a fast settling, 34 MHz, CBFET input op amp. The AD843 combines the low (0.6 nA) input bias currents characteristic of a FET input amplifier while still providing a 34 MHz bandwidth and a 135 ns settling time (to within 0.01% of final value for a 10 volt step). The AD843 is a member of the Analog Devices' family of wide bandwidth operational amplifiers. These devices are fabricated using Analog Devices' junction isolated complementary bipolar (CB) process. This process permits a combination of dc precision and wideband ac performance previously unobtainable in a monolithic op amp.

The 250 V/μs slew rate and 0.6 nA input bias current of the AD843 ensure excellent performance in high speed sample-and-hold applications and in high speed integrators. This amplifier is also ideally suited for high bandwidth active filters and high frequency signal conditioning circuits.

Unlike many high frequency amplifiers, the AD843 requires no external compensation and it remains stable over its full operating temperature range. It is available in five performance grades: the AD843J and AD843K are rated over the commercial temperature range of 0°C to +70°C. The AD843A and AD843B are rated over the industrial temperature range of −40°C to +85°C. The AD843S is rated over the military temperature range of −55°C to +125°C and is available processed to MIL-STD-883B, Rev. C.

The AD843 is offered in either 8-pin plastic DIP or hermetic cerdip packages, in 16-pin SOIC, 20-Pin LCC, or in a 12-pin metal can. Chips are also available.

PRODUCT HIGHLIGHTS

1. The high slew rate, fast settling time and low input bias current of the AD843 make it the ideal amplifier for 12-bit D/A and A/D buffers, for high speed sample-and-hold amplifiers and for high speed integrator circuits. The AD843 can replace many FET input hybrid amplifiers such as the LH0032, LH4104 and OPA600.
2. Fully differential inputs provide outstanding performance in all standard high frequency op amp applications such as signal conditioning and active filters.
3. Laser wafer trimming reduces the input offset voltage to 1 mV max (AD843K and AD843B).
4. Although external offset nulling is unnecessary in many applications, offset null pins are provided.
5. The AD843 does not require external compensation at closed loop gains of 1 or greater.

This is an abridged data sheet. To obtain the most recent version or complete data sheet, call our fax retrieval system at 1-800-446-6212.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ECIFICATIONS (@ T_A +25°C and ±15 V dc, unless otherwise noted)

	Conditions	AD843J/A Min	AD843J/A Typ	AD843J/A Max	AD843K/B Min	AD843K/B Typ	AD843K/B Max	AD843S[1] Min	AD843S[1] Typ	AD843S[1] Max	Units
OFFSET VOLTAGE[1]			1.0	2.0		0.5	1.0		1.0	2.0	mV
	T_{min}–T_{max}		1.7	4.0		1.2	2.0		3.0	4.5	mV
: Drift			12			12	35		12		µV/°C
BIAS CURRENT	Initial (T_J = +25°C)		50			40			50		pA
	Warmed-Up[2]		0.8	2.5		0.6	1.0		0.8	2.5	nA
	T_{min}–T_{max}			60/160			23/65			2600	nA
OFFSET CURRENT	Initial (T_J = +25°C)		30			20			30		pA
	Warmed-Up[2]		0.25	1.0		0.2	0.4		0.25	1.0	nA
	T_{min}–T_{max}			23/64			9/26			1025	nA
CHARACTERISTICS											
: Resistance			10^{10}			10^{10}			10^{10}		Ω
: Capacitance			6			6			6		pF
VOLTAGE RANGE											
non Mode		±10	−12, −13		±10	−12, −13		±10	−12, −13		V
ON MODE REJECTION	V_{CM} = ±10 V	60	72		70	76		60	72		dB
	T_{min}–T_{max}	60	72		68	76		60	72		dB
VOLTAGE NOISE	f = 10 kHz		19			19			19		nV/√Hz
band Noise	10 Hz to 10 MHz		60			60			60		µV rms
LOOP GAIN	V_O = ±10 V										
	R_{LOAD}≥500 Ω	15	25		20	30		15	30		V/mV
	T_{min}–T_{max}	10	20		10	25		10	25		V/mV
UT CHARACTERISTICS											
age	R_{LOAD}≥500 Ω	±10	−11.5, −12.6		±10	−11.5, −12.6		±10	−11.5, −12.6		V
ent	V_{OUT} = ±10 V	50			50			50			mA
ut Resistance	Open Loop		12			12			12		Ω
UENCY RESPONSE											
Gain Bandwidth	V_{OUT} = 90 mV p–p		34			34			34		MHz
Power Bandwidth[3]	V_O = 20 V p–p										
	RL≥500 Ω	2.5	3.9		2.5	3.9		2.5	3.9		MHz
Time	A_{VCL} = −1		10			10			10		ns
shoot	A_{VCL} = −1		15			15			15		%
Rate	A_{VCL} = −1	160	250		160	250		160	250		V/µs
ng Time	10 V Step										
	A_{VCL} = −1										
	to 0.1%		95			95			95		ns
	to 0.01%		135			135			135		ns
drive Recovery	−Overdrive		200			200			200		ns
	+Overdrive		700			700			700		ns
rential Gain	f = 4.4 MHz		0.025			0.025			0.025		%
rential Phase	f = 4.4 MHz		0.025			0.025			0.025		Degree
R SUPPLY											
l Performance			±15			±15			±15		V
ating Range		±4.5		±18	±4.5		±18	±4.5		±18	V
scent Current			12	13		12	13		12	13	mA
	T_{min}–T_{max}		12.3	14		12.3	14		12.5	16	mA
tion Ratio	±5 V to ±18 V	65	76		70	80		65	76		dB
tion Ratio	T_{min}–T_{max}	62	76		68	80		62	76		dB
ERATURE RANGE											
ating, Rated Performance											
mmercial (0 to +70°C)			AD843J			AD843K					
dustrial (−40°C to +85°C)			AD843A			AD843B					
itary (−55°C to +125°C)[4]									AD843S		
AGE OPTIONS[5]											
e (N-8)			AD843JN			AD843KN					
p (Q-8)			AD843AQ			AD843BQ			AD843SQ, AD843SQ/883B		
Can (H-12A)						AD843BH			AD843SH, AD843SH/883B		
E-20A)									AD843SE/883B		
R-16)			AD843JR								
& Reel			AD843JR-REEL								
			AD843JChips						AD843SChips		

9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Specifications are guaranteed [illegible]

Full power bandwidth = slew rate ÷ V_{peak}

All "S" grade T_{min}-T_{max} specifications are tested with automatic test equipment at T_A = −55°C and T_A = +125°C.

For outline information see Package Information section.

Specifications subject to change without notice.

Specifications in boldface are tested on all production units at final electrical test. Results from those tests are used to calculate outgoing quality levels. All min and max specifications are guaranteed, although only those shown in boldface are tested on all production units.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS[1]

Supply Voltage	±18 V
Internal Power Dissipation[2]	
Plastic Package	1.50 Watts
Cerdip Package	1.35 Watts
12-Pin Header Package	1.80 Watts
16-Pin SOIC Package	1.50 Watts
20-Pin LCC Package	1.00 Watt
Input Voltage	±V_S
Output Short Circuit Duration	Indefinite
Differential Input Voltage	+V_S and −V_S
Storage Temperature Range (N, R)	−65°C to +125°C
Storage Temperature Range (Q, H, E)	−65°C to +150°C
Operating Temperature Range	
AD843J/K	0 to +70°C
AD843A/B	−40°C to +85°C
AD843S	−55°C to +125°C
Lead Temperature Range (Soldering 60 sec)	+300°C
ESD Rating	500 V

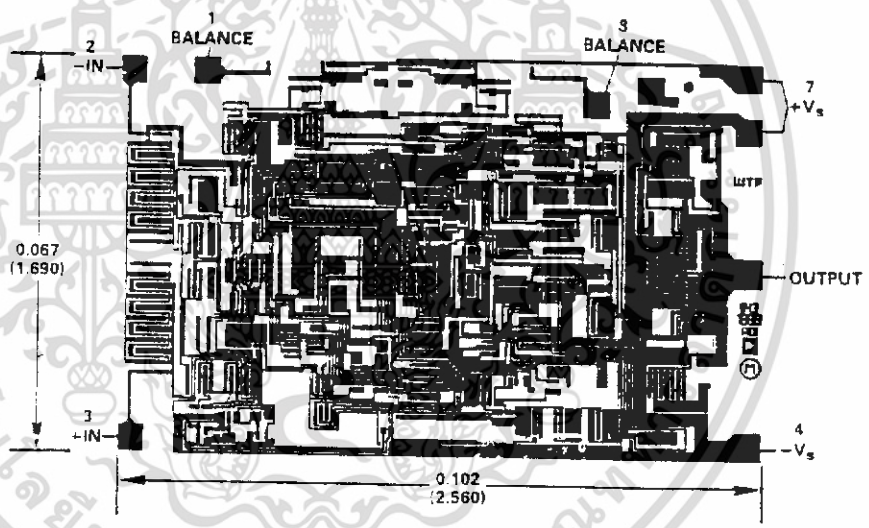
NOTES

[1] Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

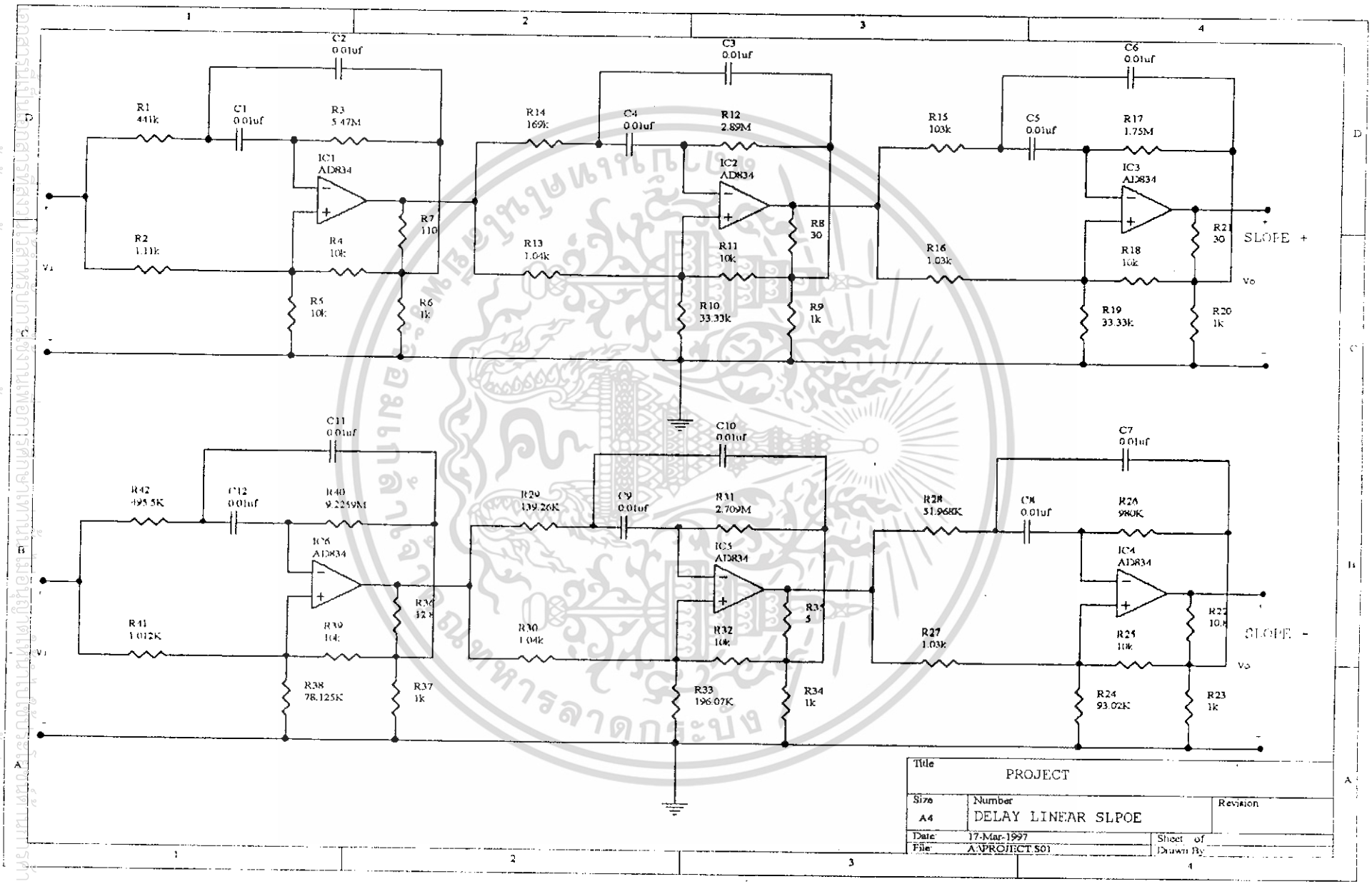
[2] 8-Pin Plastic Package: θ_{JA} = 100°C/Watt
8-Pin Cerdip Package: θ_{JA} = 110°C/Watt
12-Pin Header Package: θ_{JA} = 80°C/Watt
16-Pin SOIC Package: θ_{JA} = 100°C/Watt
20-Pin LCC Package: θ_{JA} = 150°C/Watt

METALIZATION PHOTOGRAPH

Contact factory for latest dimensions.
Dimensions shown in inches and (mm).



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


C2
0.01uf
R1
441k
C1
0.01uf
R3
5.47M
IC1
AD834
R2
1.11k
R4
10k
R7
110
R5
10k
R6
1k
C3
0.01uf
R14
169k
C4
0.01uf
R12
2.89M
IC2
AD834
R13
1.04k
R11
10k
R8
30
R10
33.33k
R9
1k
C6
0.01uf
R15
103k
C5
0.01uf
R17
1.75M
IC3
AD834
R16
1.03k
R18
10k
R21
30
R19
33.33k
R20
1k
SLOPE +
Vo
C11
0.01uf
R42
495.5K
C12
0.01uf
R40
9.2259M
IC6
AD834
R41
1.012K
R39
10k
R38
78.125K
R37
1k
C10
0.01uf
R29
139.26K
C9
0.01uf
R31
2.709M
IC5
AD834
R30
1.04k
R32
10k
R35
5
R33
196.07K
R34
1k
C7
0.01uf
R28
31.968K
C8
0.01uf
R26
980K
IC4
AD834
R27
1.03k
R25
10k
R22
10.0
R24
93.02K
R23
1k
SLOPE -
Vo
Title
PROJECT
Size
A4
Number
DELAY LINEAR SLPOE
Revision
Date
17-Mar-1997
File
A:\PROJECT.SCH
Sheet of
Drawn By

```
begin
write('');
end.
arZero = 1e-20;
Var   A,B,C              : Array [1..100] of Real;
      iter,N,N1,i,j      : Integer;
      U,V,rel1,rel2,img  : Real;
      Converge           : Boolean;
      Error              : Real;
      X,Y,Det,du,dv      : Real;
      iterMax,rt,K       : Integer;
Begin
     Clrscr;
     writeln('                    * Bairstow method *');
     writeln;
     write('Order of Polynomial = ');
     readln(N);
     writeln(' Enter Coefficient of equation ( Max to min order) ');
     for i := 1 to N+1 do
      begin
          write('a',i,' = ');
          readln(A[i+2]);
      end;
     write(' Admissible Error = ');
     readln(Error);
     write(' max. iteration = ');
     readln(IterMax);
     rt:=1;
    for i := 1 to N+1 do
      begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
U:=-1;V:=-1;
B[1]:=0;B[2]:=0;
C[2]:=0;iter:=0;C[1] :=0;
repeat
   Converge:=false;
   B[3]:=A[3];B[4]:=A[4]+U*B[3];
   C[3]:=A[3];C[4]:=B[4]+U*C[3];
   for j := 5 to N+3 do
     begin
       B[j]:= A[j] + U*B[j-1] + V*B[j-2];
       C[j]:= B[j] + U*C[j-1] + V*C[j-2];
     end;
   Det := Sqr(C[N+1]) - (C[N]*C[N+2]);
   if Abs(Det) <= NearZero then
     begin { det = 0 }
       U:=U+1;
       V:=V+1
     end  { det = 0 }
   else
     begin  { det > 0 }
       du:=((B[N+2]*C[N+1])-(B[N+3]*C[N]))/Det;
       dv:=((B[N+3]*C[N+1])-(B[N+2]*C[N+2]))/Det;
       U:=U-du;
       V:=V-dv;
       if (abs(du)<Error) or (abs(dv)<Error) then
         ConVerge := true else iter:= iter+1;
     end;  {  det > 0 }
until (converge) or (iter > iterMax);
if converge then
  begin  { Converge }
     if N = 2 then
      begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        U := (-1)*A[4]/A[3];
        V := (-1)*A[5]/A[3];
      end;
        x:= U/2;
        y:= (x*x) + V;
        if y < 0 then
          begin { Y < 0 }
            rel1  := x;
            rel2  := x;
            img   := Sqrt((-1)*y);
          end  { Y < 0 }
        else
          begin  { Y > 0 }
          rel1 := x+sqrt(y);
          rel2 := x-sqrt(y);
          img  := 0;
           end;  { Y > 0 }
writeln('Root',rt,' ',rel1,' ',img,'i');
 writeln('Iteration = ',iter);
writeln('Root',rt+1,' ',rel2,' ',(-1)*img,'i');
 writeln('Iteration = ',iter);
rt :=  rt + 2;
N  :=  N  - 2;
if N = 0 then exit;
if N = 1 then
            begin  { N = 1 }
              writeln('Root',rt,' ',(-1)*B[4]/B[3]);
              writeln;
              exit;
            end;  { N = 1 }
for j := 3 to N+3 do
  begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                A[j]:=B[j];
              end;
          end { converge }
        else
          begin { No Converge }
            writeln(' NO CONVERGE !!!');
            exit;
          end; { No converge }
    end; { i }

end.
```

```
Program Bairstow;
Const NearZero = 1e-20;
Var   A,B,C          : Array [1..100] of Real;
      iter,N,N1,i,j  : Integer;
      U,V,rel1,rel2,img : Real;
      Converge       : Boolean;
      Error          : Real;
      X,Y,Det,du,dv
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้