การลดเสียงรบกวนโดยวิธีหักล้าง

โดย

นายธนิต อมรวิทยกิจเวชา

นายบงกช กิติศรีวรพันธุ์

วัน เดือน ปี 31 ก.ค. 2540
เลขทะเบียน 037014
เลขเรียกหนังสือ T 38107 ธ.ย.ก

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาบัณฑิตวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

037014

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2538

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การลดเสียงรบกวนโดยวิธีหักล้าง

ผู้จัดทำ

1. นายธนิต อมรวิทยกิจเวชา
2. นายบงกช กิติศรีวรพันธุ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. อัครเดช สินธุภัค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การลดเสียงรบกวนโดยวิธีหักล้าง

นายธนิต อมรวิทยกิจเวชา
นายบงกช กิติศรีวรพันธุ์
รศ.อัครเดช สินธุภัค อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้ กล่าวถึง การลดเสียงรบกวน โดยใช้คลื่นเสียง ระดับความเข้มและความถี่เดียวกับเสียงรบกวน แต่รูปคลื่นกลับทิศกันออกไปหักล้าง ซึ่งวิธีนี้ มีรากฐานมาจากทฤษฎีการแทรกสอดของคลื่นเสียง โดยเสียงรบกวนที่นำมาหักล้างด้วยวิธีนี้ จะต้องมีลักษณะเป็นคาบ (Period) เท่านั้น ส่วนเสียงรบกวนที่มีลักษณะไม่คงที่(Random)จะไม่สามารถหักล้างได้

การออกแบบระบบลดเสียงรบกวน โดยใช้ไมโครคอนโทลเลอร์ ประมวลผล และควบคุมการทำงานของระบบนั้น เพื่อให้สามารถพัฒนาวิธีการประมวลผลได้ เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาระบบต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ACOUSTIC NOISE CANCELLATION

Mr. Tanit Amornvitkijvecha

Mr. Bongkot Kitisrivorapan

Assoc. Akaraded Sinthupak (Adviser)

1995

Abstract

This thesis is mentioned about the Active Noise Cancellation. By useing the sounds wave that have the same amplitude and frequency as the sound noise but its phase is inversed . This method is based on wave insertion theory which can reduces only periodically noise not random.

Active Noise Cancellation: ANC is designed by using computer device. By using the processes of computer to calculate and control system for improvement in the future. That will be widely used in the next decade.

ANC is designed by using microcontroller to process and control system the purpose is to improve processing method and will be benefits in the future development.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	กฎ และสมติฐานที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง	2
	เสียง	
	ปรากฏการณ์ของเสียง	
	ประสิทธิภาพของเสียง	
บทที่ 3	ไมโครคอนโทรลเลอร์	8
บทที่ 4	การออกแบบระบบ	10
	ระบบรับสัญญาณเสียงรบกวน	
	ระบบสังเคราะห์สัญญาณหักล้าง	
บทที่ 5	เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง	14
	อุปกรณ์พื้นฐานและเครื่องมือวัด	
	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	
บทที่ 6	การทดลอง	16
	การจัดอุปกรณ์การทดลอง	
	ผลการทดลอง	
บทที่ 7	สรุปและวิจารณ์	70
กิตติกรรมประกาศ		
บรรณานุกรม		
ภาคผนวก		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูป 1.1	แสดงหลักการทำงานของระบบ	1
รูป 2.1	แหล่งกำเนิดคลื่นที่มีเฟสกลับกัน ห่างกัน 1 λ	4
รูป 2.2	แสดงจุดของแหล่งกำเนิดเสียง B. C และจุดรับเสียง A	5
รูป 4.1	การจำลองเสียงรบกวน	10
รูป 4.2	การรับค่าสัญญาณ	11
รูป 4.3	การทำงานของระบบประมวลผล	11
รูป 4.4	แผนภาพการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์	12
รูป 4.5	การทำงานของวงจร D/A	12
รูป 4.6	วงจรกรองความถี่	13
รูป 6.1	การจัดอุปกรณ์	16
รูป 6.2ก	สัญญาณที่กลับทิศกันก่อนออกจากลำโพง	18
รูป 6.2ข	สัญญาณก่อนออกจากลำโพงที่หักล้างกันได้สนิทพอดี	18
รูป 6.3ก	สัญญาณรูปเสียงก่อนหักล้างที่ความถี่ 100 เฮิร์ซ	19
รูป 6.3ข	สัญญาณเสียงหลังหักล้างที่ความถี่ 100 เฮิร์ซ	19
รูป 6.3ค	รูปคลื่นของเสียงก่อนหักล้างที่ความถี่ 100 เฮิร์ซ	20
รูป 6.3ง	รูปคลื่นของเสียงหลังหักล้างที่ความถี่ 100 เฮิร์ซ	20
รูป 6.4ก	สัญญาณรูปเสียงก่อนหักล้างที่ความถี่ 200 เฮิร์ซ	21
รูป 6.4ข	สัญญาณเสียงหลังหักล้างที่ความถี่ 200 เฮิร์ซ	21
รูป 6.4ค	รูปคลื่นของเสียงก่อนหักล้างที่ความถี่ 200 เฮิร์ซ	22
รูป 6.4ง	รูปคลื่นของเสียงหลังหักล้างที่ความถี่ 200 เฮิร์ซ	22
รูป 6.5ก	สัญญาณรูปเสียงก่อนหักล้างที่ความถี่ 300 เฮิร์ซ	23
รูป 6.5ข	สัญญาณเสียงหลังหักล้างที่ความถี่ 300 เฮิร์ซ	23
รูป 6.5ค	รูปคลื่นของเสียงก่อนหักล้างที่ความถี่ 300 เฮิร์ซ	24
รูป 6.5ง	รูปคลื่นของเสียงหลังหักล้างที่ความถี่ 300 เฮิร์ซ	24
รูป 6.6ก	สัญญาณรูปเสียงก่อนหักล้างที่ความถี่ 400 เฮิร์ซ	25
รูป 6.6ข	สัญญาณเสียงหลังหักล้างที่ความถี่ 400 เฮิร์ซ	25
รูป 6.6ค	รูปคลื่นของเสียงก่อนหักล้างที่ความถี่ 400 เฮิร์ซ	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

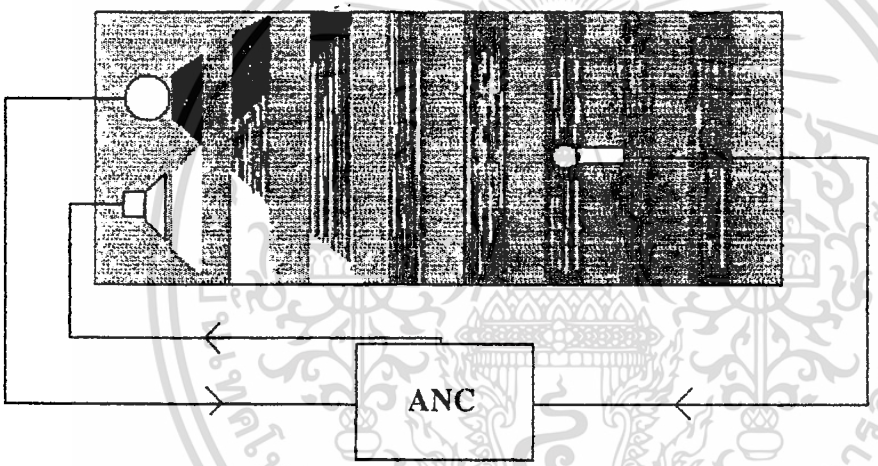
รูป 6.6ง รูปคลื่นของเสียงหลังหักล้างที่ความถี่ 400 เฮิร์ซ 26
รูป 6.7ก สัญญาณรูปเสียงก่อนหักล้างที่ความถี่ 500 เฮิร์ซ 27
รูป 6.7ข สัญญาณเสียงหลังหักล้างที่ความถี่ 500 เฮิร์ซ 27
รูป 6.7ก รูปคลื่นของเสียงก่อนหักล้างที่ความถี่ 500 เฮิร์ซ 28
รูป 6.7ง รูปคลื่นของเสียงหลังหักล้างที่ความถี่ 500 เฮิร์ซ 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

การลดเสียงรบกวนด้วยวิธีหักล้าง(Active Noise Cancellation : ANC) มีจุดหมายเพื่อวิจัยและศึกษาการสังเคราะห์สัญญาณเสียงที่มีลักษณะเป็นปฏิภาคกันกับเสียงรบกวน แล้วส่งออกไปเพื่อหักล้างเสียงรบกวนนั้น โดยแนวคิดดังกล่าวมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการแทรกสอดของคลื่น



รูป 1.1 แสดงหลักการทำงานของระบบ

เนื่องจากระบบดังกล่าวอาศัยหลักการรับเสียงเข้ามาประมวลผลแล้วส่งออกไปทำการหักล้าง ดังนั้นหากเป็นเสียงทั่วๆไปที่ไม่มีคาบเวลาที่แน่นอน เช่น เสียงสุนัขเห่า เสียงฟ้าร้อง เสียงทั่วๆไปเหล่านี้ จะไม่สามารถสังเคราะห์เสียงเพื่อนำไปหักล้างได้ทัน แต่จะใช้ได้ดีกับเสียงที่มีลักษณะซ้ำเป็นคาบเวลาที่คงที่ เช่น เสียงมอเตอร์ เสียงที่เกิดจากเครื่องยนต์ และเครื่องจักรกลประเภทต่างๆ ที่มีลักษณะของเสียงที่เกิดขึ้นเป็นวัฏจักร

งานวิจัยนี้วางพื้นฐานของระบบไว้ เพื่อการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจึงเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นส่วนควบคุม และประมวลผลระบบเพื่อประโยชน์สำหรับผู้ที่จะทำการวิจัยต่อไปในอนาคต ให้สามารถแก้ไขและพัฒนาต่อไปได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

กฎ ทฤษฎี และสมมติฐาน ที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง

2.1 เสียง

2.1.1 ลักษณะทางกายภาพ

เสียงเป็นคลื่นกล คือต้องอาศัยตัวกลาง ในการเคลื่อนที่ได้แก่ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ และเป็นคลื่นความยาว โดยอนุภาค ที่เสียงเคลื่อนที่ผ่าน จะมีการสั่น อัด และขยาย ตามแนวการเคลื่อนที่ของเสียง

ความถี่ของเสียงที่มนุษย์ได้ยินอยู่ระหว่าง 20-20,000 เฮิรซ์

2.1.2 ความเร็ว

ความเร็วของเสียงในอากาศหาได้จากสมการ

$$C = \sqrt{\frac{\Upsilon GT}{M}} \qquad \text{..... (2.1)}$$

เมื่อ C = ความเร็วเสียง (m/s)

Υ = อัตราส่วนความร้อนจำเพาะของอากาศ = 1.4 (kg/kJ.K)

G = ค่าคงที่ของแก๊ส = 1.4 (kg/m^3)

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของอากาศ เป็นเคลวิน (K)

M = น้ำหนักโมเลกุลของแก๊สอากาศ (kg)

โดยที่อุณหภูมิห้อง และความดันบรรยากาศ เสียงมีความเร็วประมาณ 335 เมตร/วินาที

2.1.3 ความยาวคลื่น

ความยาวคลื่นของเสียงหาได้จากสมการ

$$\lambda = \frac{C}{f} \qquad \text{..... (2.2)}$$

เมื่อ λ = ความยาวคลื่นเสียง (m)

f = ความถี่ของคลื่นเสียง (Hz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 <u>ความเข้มเสียง</u>

คือ อัตราที่พลังงานเสียงตกกระทบพื้นที่ 1 ตารางหน่วย ในแนวตั้งฉากกับรังสีของเสียง ดังสมการ

$$I = \frac{P}{A} \qquad \text{..... (2.3)}$$

เมื่อ I = ความเข้มของเสียง (W/m^2)

P = กำลังเสียง (W)

A = พื้นที่ที่เสียงตกกระทบ (m^2)

ซึ่งมีค่าความเข้ม ต่ำที่สุด ที่หูมนุษย์สามารถได้ยิน คือ 10^{-12} วัตต์/ตารางเมตร และหูมนุษย์ จะรู้สึกถึงระดับการเปลี่ยนแปลงความเข้มของเสียง ที่ช่วงกว้างประมาณ 1,000 วัตต์/ตารางเมตร จึงมีการกำหนดค่าความเข้มใหม่ ในรูป ลอการิทึมฐานสิบ เรียกว่า ระดับความเข้มของเสียง

2.1.5 <u>ระดับความเข้ม (Sound Intensity Level) และระดับความดัน (Sound Pressure level) ของเสียง</u>

จากที่กล่าวมาในหัวข้อ 2.1.4 นิยามระดับความเข้มของเสียงได้ ดังสมการ

$$SIL = 10 \text{ Log } I / I_0 \qquad \text{.....(2.4.1)}$$

เมื่อ SIL = ระดับความเข้มของเสียง (dB)

I = ความเข้มของเสียง (W/m^2)

I_0 = ค่าความเข้มอ้างอิง (10^{-12} W/m^2)

แต่ความเข้มแปรผันตาม ความดันเสียงยกกำลังสอง หรือ

$$I \propto P^2$$

จึงเขียนสมการ 2.4.1 ได้ใหม่เป็น

$$SIL = 10 \text{ Log } (P/P_0)^2$$

$$SIL = 20 \text{ Log } P/P_0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และนิยาม เทอม 20 Log P/P_0 ใหม่เป็น ระดับความดันของเสียงดังสมการ

$$SPL = 20 \text{ Log } P/P_0 \quad \text{.....(2.4.2)}$$

เมื่อ SPL = ระดับความดันของเสียง (dB)

P = ความดันของเสียง (N/m^2)

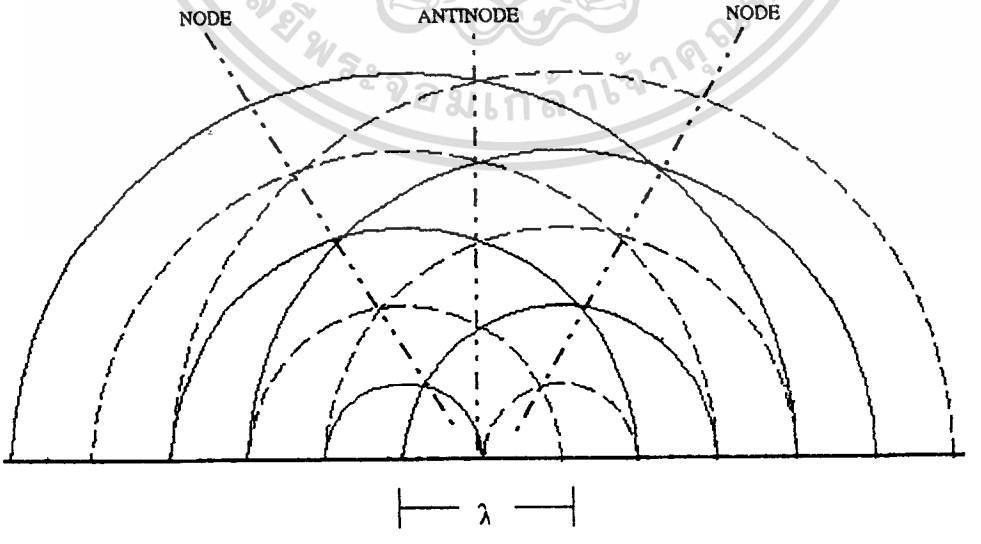
P_0 = ค่าความดันของเสียงอ้างอิง (10^{-12} N/m^2)

2.2 ปรากฏการณ์ของเสียง

2.2.1 การแทรกสอด

เกิดจากการซ้อนกันของคลื่น 2 ขบวน หรือมากกว่า ทำให้เกิดการรวมขนาดของคลื่น (Amplitude) เกิดขึ้นดังรูป 2.1

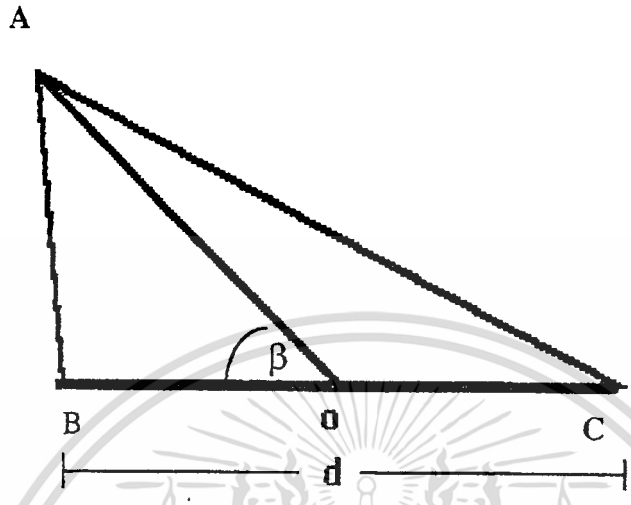
ถ้าคลื่นมีความถี่และขนาดเท่ากัน แต่กลับทิศทางกัน เมื่อนำมารวมกันย่อมหักล้างกันพอดี ซึ่งในกรณีนี้ แหล่งกำเนิดเสียงจะต้องอยู่ที่จุดเดียวกัน ถ้าไม่เช่นนั้นแล้ว การหักล้างของคลื่นย่อมเปลี่ยนไป คือจะเกิดการเสริมขึ้นด้วย ตัวอย่างเช่น ถ้าแหล่งกำเนิดเสียงที่มีคุณสมบัติดังกล่าวข้างต้น อยู่ห่างกัน 1 ความยาวคลื่น จุดที่หักล้างกันจะอยู่ในแนวกึ่งกลาง และเกิดแนวที่เสริมกัน 2 แนวด้วย แต่ถ้าหากว่า แหล่งกำเนิดเสียงมีระยะห่างกันมากขึ้นลักษณะของการหักล้างก็จะเปลี่ยนแปลงแตกต่างกันไปคือ แนวที่เป็นบัพ (Node) และปฏิบัพ (Antinode) จะเกิดเพิ่มขึ้น



รูป 2.1 แสดงแหล่งกำเนิดคลื่น 2 แหล่งที่มีเฟสกลับกัน ห่างกัน 1 λ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหลักการที่กล่าวมา ถ้าพิจารณากับคลื่นเสียง สมมติว่า เรามีแหล่งกำเนิดคลื่นเสียงที่มีขนาดและความถี่เดียวกันมาวางในลักษณะดังรูป 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงจุดของแหล่งกำเนิดเสียง จุด B,C และจุดรับเสียง A

เมื่อ B,C = แทนแหล่งกำเนิดเสียง

d = ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิด B และ C

O = จุดกึ่งกลางระหว่างแหล่งกำเนิด

AO = ระยะห่างจากจุดกึ่งกลางแหล่งกำเนิดถึงจุด A

β = มุมที่ A ทำกับ BC

จุด A เป็นจุดที่รับเสียงซึ่งเราจะพิจารณาระดับความเข้มเสียงจาก B และ C ที่จุดนี้

เนื่องจาก $$I = \frac{K_2}{R} \qquad \text{..... (2.5a)}$$

เมื่อ K = ค่าคงที่จากกำลังของเสียงที่แหล่งกำเนิด (W)

R = ระยะจากแหล่งกำเนิดเสียงถึงจุดวัดเสียง (m)

โดยที่

$$K = \frac{P \cdot \sin(2\pi R/\lambda)}{4\pi} \qquad \text{..... (2.5b)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ P = กำลังของเสียงสูงสุด

λ = ความยาวของคลื่นเสียง

ดังนั้น $$I = \frac{P \cdot \sin(2\pi R/\lambda)}{4\pi R^2} \quad \text{.....(2.6)}$$

และจาก $$R_1 = \frac{((AO \cdot \cos\beta - BC)^2 + (AO \cdot \sin\beta)^2)^{1/2}}{2}$$

$$= \frac{((R \cdot \cos\beta - d)^2 + (R \cdot \sin\beta)^2)^{1/2}}{2}$$

$$R_2 = \frac{((AO \cdot \cos\beta + BC)^2 + (AO \cdot \sin\beta)^2)^{1/2}}{2}$$

$$= \frac{((R \cdot \cos\beta + d)^2 + (R \cdot \sin\beta)^2)^{1/2}}{2}$$

ดังนั้น ความเข้มเสียงที่จุด A : $I_A = I_1 + I_2$

$$I_A = \frac{P \cdot \sin(2\pi R_1/\lambda)}{4\pi R_1^2} + \frac{P \cdot \sin(2\pi R_2/\lambda + \theta)}{4\pi R_2^2} \quad \text{.....(2.7)}$$

เมื่อ θ = มุมลูกคลื่น(Phase shift) ของแหล่งกำเนิดเสียง B และ C

2.3 ประสิทธิภาพของการลดเสียง

เนื่องจาก ระดับความเข้มเสียง ที่ใช้แสดงผลกัน โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของ หน่วยเดซิเบล ดังสมการ 2.4.1 ดังนั้น ที่ระดับความเข้มเดซิเบลอาจเขียนอยู่ในรูปความเข้มทั่วไป (คือไม่อยู่ในรูปของลอการิทึม) เขียนได้ดังนี้

$$I_x = 10^{(x/10) - 12} \quad \text{.....(2.8)}$$

เมื่อ I_x = ความเข้มของเสียงที่ x เดซิเบล (W/m^2)

ดังนั้นประสิทธิภาพการลดเสียงหาได้จากสูตร

$$\eta = (1 - I_B/I_A) * 100 \quad \text{.....(2.9)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ η = ประสิทธิภาพการลดเสียง (%)

I_A = ความเข้มของเสียงก่อนหักล้าง (W/m^2)

I_B = ความเข้มของเสียงหลังหักล้าง (W/m^2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครโปรเซสเซอร์มีการประยุกต์ใช้งานมาเป็นเวลาหลายปีแล้ว ส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในการควบคุมระบบหรืออุปกรณ์ที่ต้องการความละเอียดและความเร็วในการทำงานสูง หรือในระบบที่มีความซับซ้อนมาก ทั้งนี้เนื่องจากตัวไมโครโปรเซสเซอร์มีความสามารถในการรับข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิตอลมาประมวลผลตามลำดับคำสั่งของโปรแกรม และนำข้อมูลจากสัญญาณดิจิตอลที่ประมวลผลได้ส่งกลับไปยังวงจรภายนอกได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงแก้ไขระบบก็สามารถทำได้ง่าย เพียงแต่ปรับปรุงแก้ไขโปรแกรมเดิมหรือเปลี่ยนโปรแกรมใหม่โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงวงจรหรืออุปกรณ์อื่นๆมากนัก แต่อย่างไรก็ตาม การใช้ไมโครโปรเซสเซอร์จำเป็นต้องมีวงจรประกอบการทำงานเพิ่มเติม เช่น หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม หน่วยความจำสำหรับเก็บและประมวลผลข้อมูล วงจรเปลี่ยนที่ต้องการเป็นสัญญาณดิจิตอล วงจรกำเนิดความถี่สำหรับควบคุมการทำงาน วงจรรับและส่งข้อมูลแบบอนุกรม .

ดังนั้นในการออกแบบระบบหรืออุปกรณ์แต่ละครั้งผู้ออกแบบจำเป็นต้องศึกษาและทำความเข้าใจวงจรภายนอกรวมไปด้วย และการที่ต้องใช้วงจรภายนอกมาประกอบจะทำให้ระบบหรืออุปกรณ์ที่ออกแบบมีขนาดใหญ่ ความผิดพลาดก็เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากอุปกรณ์มีมากขึ้น การตรวจสอบระบบก็กระทำได้ไม่ง่ายนัก รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขระบบที่มีอุปกรณ์ประกอบมากกระทำได้ค่อนข้างลำบาก บริษัทผู้ผลิตไมโครโปรเซสเซอร์ซึ่งเล็งเห็นปัญหาและข้อจำกัดของการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์จึงได้หันมาพัฒนาไมโครโปรเซสเซอร์รุ่นใหม่ซึ่งมีอุปกรณ์พื้นฐานที่จำเป็นในการทำงานรวมอยู่ภายในชิปเลย เช่น มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและประมวลผลข้อมูลจำนวนหนึ่งซึ่งเพียงพอสำหรับการทำงานควบคุมระบบหรืออุปกรณ์ที่มีขนาดซับซ้อนมากขึ้นก็สามารถขยายหน่วยความจำเพิ่มเติมได้ หรืออาจมีวงจรเคาน์เตอร์ หรือไทม์เมอร์สำหรับควบคุมการทำงานที่ต้องมีการเกี่ยวข้องกับฐานเวลา เช่น การควบคุมระบบที่ต้องมีการนับหรือใช้เวลาเป็นตัวกำหนดการทำงาน มีวงจรสำหรับสร้างสัญญาณนาฬิกาภายในชิปโดยใช้อุปกรณ์ต่อร่วมอีกไม่มากนัก สามารถรับและจัดการสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้หลายประเภท และมีวงจรรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้ในตัวเอง มีพอร์ตสำหรับรับและส่งข้อมูลให้วงจรภายนอก จึงส่งผลให้ชิปรุ่นใหม่เหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆได้มากมาย และเป็นที่นิยมแพร่หลายอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เพราะระบบที่ออกแบบมีขนาดเล็กลง เสถียรภาพโดยรวมดีขึ้น การปรับปรุงแก้ไขทำได้ง่าย โดยไมโครโปรเซสเซอร์รุ่นใหม่ที่มีอุปกรณ์พื้นฐานประกอบรวมอยู่ด้วยมีชื่อเรียกทั่วไปว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลากหลายชนิดและรุ่น แต่ชนิดที่นำมาใช้นั้นคือรุ่น MCS 51 ก็เนื่องจากมีลักษณะหลายอย่างที่ตรงความต้องการ โดยลักษณะที่เลือกใช้ก็ เช่น คำสั่งส่วนใหญ่ใช้เวลาทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานอยู่ภายในชิปจำนวน 4 กิโลไบต์ สามารถจัดลำดับความสำคัญของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้ 2 ระดับ และที่สำคัญก็คือ คำสั่งที่ใช้โดยการเขียนโปรแกรมสามารถแก้ไขได้สะดวก

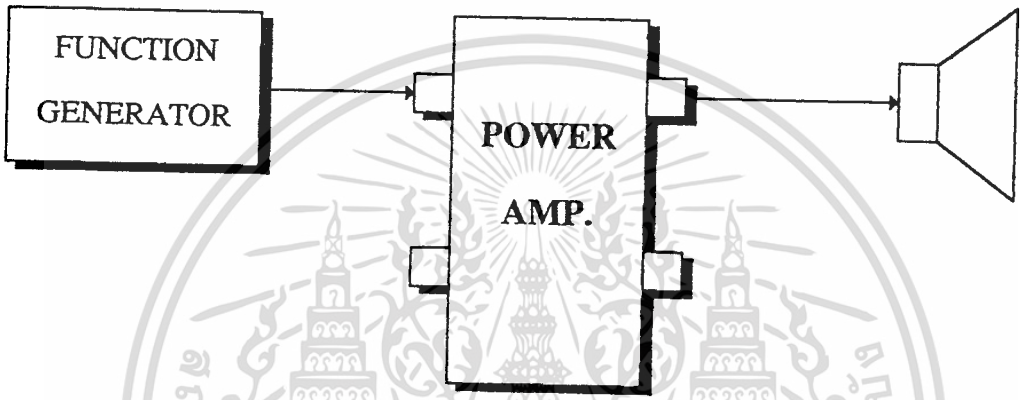
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบระบบ

4.1 ระบบจำลองเสียงรบกวน

โดยใช้เครื่องกำเนิดความถี่ส่งสัญญาณคลื่นรูปไซน์ (Sine Wave) ขนาดและความถี่คงที่ ออกไปยังวงจรขยายสัญญาณ(Power Amplifier)เพื่อนำไปขับลำโพงกำเนิดเสียงรบกวนดังรูป 4.1



รูป 4.1การจำลองเสียงรบกวน

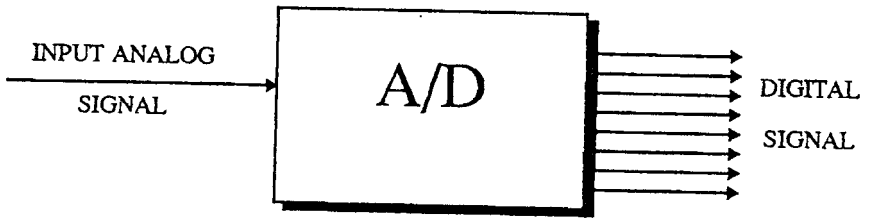
วงจรขยายสัญญาณที่ใช้เป็นวงจรขยายสัญญาณของเครื่องเสียงรถยนต์ กำลังขยาย 75 เท่า ใช้ไฟกระแสตรง ความต่างศักย์ 12 โวลต์ 2 ช่องสัญญาณ ซึ่งการจำลองเสียงรบกวนนี้ใช้ช่องสัญญาณ 1 ช่อง ส่วนอีกช่องสัญญาณ ใช้ขยายสัญญาณที่มาจากระบบสังเคราะห์สัญญาณหักล้าง

4.2 ระบบสังเคราะห์สัญญาณหักล้าง

4.2.1 <u>การรับค่าสัญญาณ</u>

โดยใช้วงจร Analog to Digital (A/D) เพื่อแปลงสัญญาณเสียงที่รับมาเป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อส่งค่าให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำการประมวลผลต่อไป โดยระบบที่ออกแบบนี้ใช้วงจร A/D 2 ชุด ชุดแรกรับสัญญาณจากแหล่งกำเนิดเสียงรบกวน เพื่อนำไปสังเคราะห์สัญญาณปฏิภาคออกมาหักล้าง อีกชุดรับสัญญาณรวมที่เกิดจากการหักล้างแล้วมาประมวลผล เพื่อควบคุมการเลื่อนมุม(shift phase)ของสัญญาณให้หักล้างกับเสียงรบกวนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด การรับสัญญาณเสียงเป็นไปดังรูป 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



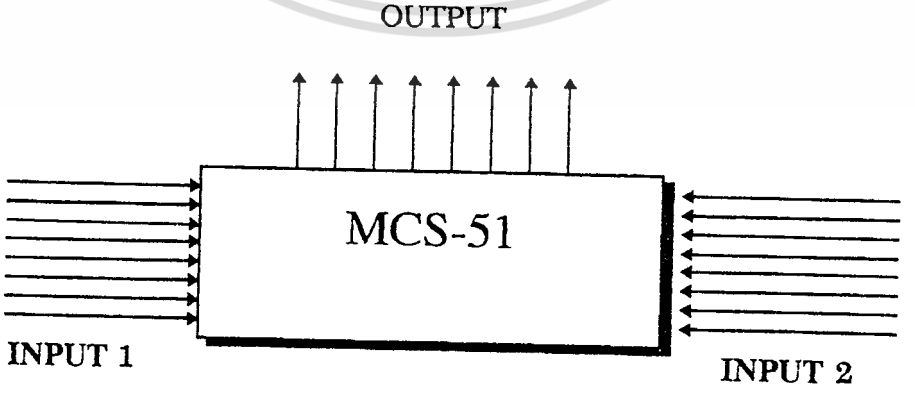
รูป 4.2 การรับค่าสัญญาณ

สัญญาณจากแหล่งกำเนิดนั้น เราอาจรับได้จากการนำไมโครโฟนไปจ่อที่แหล่งกำเนิดเสียงรบกวน โดยต้องใกล้พอที่จะไม่ถูกรบกวน จากสัญญาณปฏิภาคที่สร้างขึ้น หรืออาจใช้เครื่องวัดการสั่นสะเทือน ที่จะวัดการสั่นสะเทือนออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้าก็ได้ แต่ในการทดลองนี้จะใช้วิธีการรับสัญญาณจากสายลำโพงแหล่งกำเนิดเสียงรบกวนโดยตรง

สัญญาณรบกวนที่เกิดจากการหักล้างแล้วนั้นรับค่าได้จากไมโครโฟนรับเสียง

4.2.3 <u>ระบบประมวลผลและสังเคราะห์สัญญาณ</u>

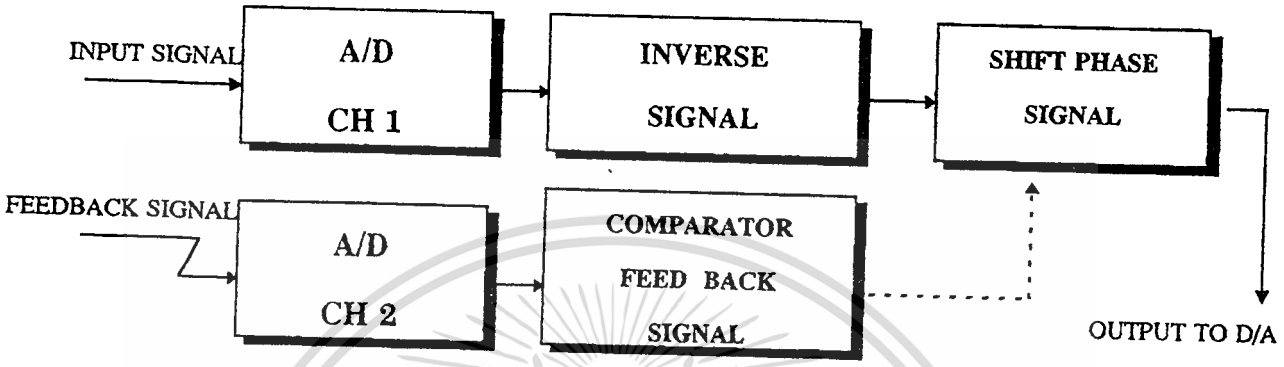
ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับค่าสัญญาณจากวงจร A/D 2 ช่องสัญญาณ ช่องสัญญาณแรกกับสัญญาณเสียงรบกวนมาเพื่อกลับลูกคลื่น ส่วนช่องสัญญาณที่ 2 จะรับสัญญาณเสียงรวมที่หักล้างแล้วมาประมวลผล เพื่อควบคุมการปล่อยสัญญาณที่สังเคราะห์ออกไป ให้มีคาบเวลาที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดการหักล้างที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ดังรูป จะเป็นการแสดงการทำงานของระบบประมวลผล



รูปที่ 4.3 การทำงานของระบบประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

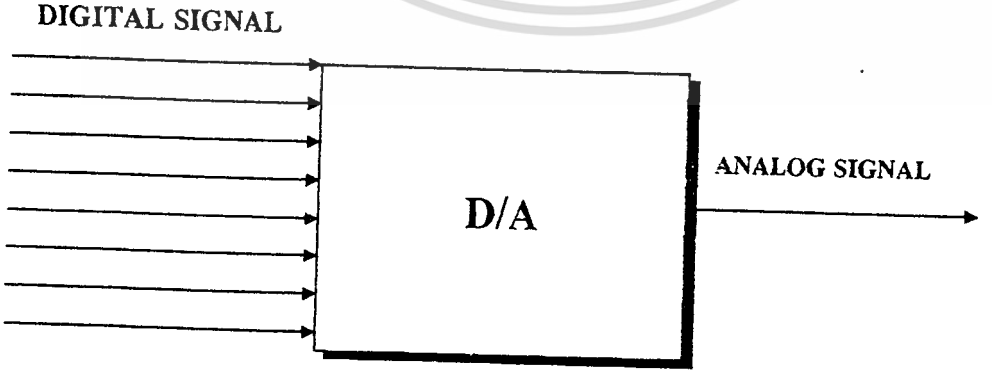
การควบคุมการปล่อยสัญญาณให้เหมาะสมทำได้โดยการเลื่อนเวลาการปล่อยสัญญาณสังเคราะห์ออกไป โดยจะปล่อยออกไปทีละน้อยแล้วนำผลการหักล้างที่เกิดขึ้น มาเปรียบเทียบกับค่าครั้งก่อนๆ จากนั้นจึงเลือกเอาค่าที่ให้ผลการหักล้างดีที่สุด มาเป็นค่าที่ใช้ปล่อยสัญญาณสังเคราะห์



รูป 4.4 แผนภาพแสดงการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์

4.2.4 <u>วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก (D/A circuit)</u>

ใช้แปลงสัญญาณที่มาจากการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นสัญญาณรูปไซน์เพื่อส่งไปขยายต่อไป

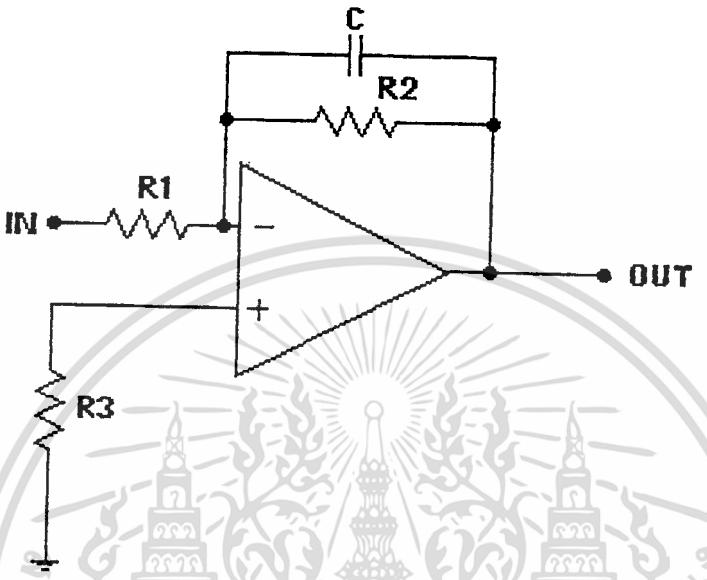


รูป 4.5 การทำงานของวงจร D/A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 วงจรตัดสัญญาณความถี่สูง

เนื่องจากการประมวลผลสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะมีสัญญาณความถี่สูง (ประมาณ 2000 - 4000 เฮิร์ซ)ติดออกมาด้วย ดังนั้นจึงต้องใช้วงจรนี้กรองความถี่สูงๆ (เกิน 1000 เฮิร์ซ)ออก เพื่อประสิทธิภาพที่ดีขึ้นของระบบ



รูป 4.6 วงจรกรองความถี่

4.2.6 วงจรขยายสัญญาณ

ใช้ช่องสัญญาณที่สองของวงจรขยายสัญญาณในหัวข้อ4.1เพื่อขยายสัญญาณที่สังเคราะห์ขึ้นให้มีขนาดของสัญญาณที่มากขึ้นแล้วส่งไปยังลำโพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดลอง

5.1 อุปกรณ์พื้นฐานและเครื่องมือวัด

5.1.1 ห้องเก็บเสียง

สร้างขึ้นจากไม้อัดหนา 20 มิลลิเมตร ภายในบุด้วยใยแก้ว 3 ชั้น เพื่อประโยชน์ในการดูดกลืนเสียงสะท้อนภายในและป้องกันเสียงรบกวนจากภายนอก โดยใช้ใยแก้วซึ่งมีความหนาประมาณ 50 มิลลิเมตร

5.1.2 เครื่องวิเคราะห์สัญญาณ (Fast Furier Transfer Analysis)

ใช้วิเคราะห์สัญญาณเสียงที่วัดได้ ในรูปแถบความถี่ต่อหน่วยเวลา (Frequency Spectrum), ระดับความเข้มของเสียงและรูปคลื่น (Wave Shape)ของสัญญาณเสียง

5.1.3 ชุดไมโครโฟนวัดเสียงพร้อมวงจรขยายสัญญาณ

ใช้วัดสัญญาณเสียงภายในห้องทดลอง เพื่อส่งสัญญาณไปยังเครื่องวิเคราะห์สัญญาณและส่งไปใช้ในวงจรประมวลผลเพื่อการควบคุมแบบป้อนกลับ

5.1.4 ออสซิลโลสโคป

ใช้วัดสัญญาณที่เกิดขึ้นในวงจรอิเลคทรอนิกส์ เพื่อดูขั้นตอนการประมวลผลสัญญาณ ใช้ในขั้นตอนการออกแบบระบบ

5.1.5 เครื่องจ่ายไฟกระแสตรง

ใช้จ่ายไฟเลี้ยงให้วงจรต่างของระบบ

5.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

5.2.1 เครื่องกำเนิดสัญญาณ(Function Generator)

ใช้สร้างสัญญาณความถี่เดียว เพื่อจำลองเสียงรบกวน ที่ความถี่และระดับความเข้มต่างๆกัน

5.2.2 วงจรขยายสัญญาณเสียง(Power Amplifier)

ใช้ขยายสัญญาณที่มาจากเครื่องกำเนิดเสียงรบกวนรวมทั้งขยายสัญญาณที่มาจากระบบลดเสียงรบกวนเพื่อส่งไปขับลำโพง วงจรขยายสัญญาณเสียงดังกล่าวจะต้องมี 2 ช่องสัญญาณ และอัตราการขยายที่คงที่เท่ากันทั้ง 2 ช่องสัญญาณ

5.2.3 ลำโพง

ใช้เป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณเสียงรบกวน และแหล่งกำเนิดสัญญาณเสียงหักล้าง โดยใช้ 2 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.4 วงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล(Analog to Digital Control)

ใช้แปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อส่งให้ระบบประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผล ใช้ 2 ชุด

5.2.5 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก(Digital to Analog Circuit)

ใช้แปลงสัญญาณจากไมโครคอนโทรลเลอร์ไปเป็นสัญญาณเสียง เพื่อนำไปขยายต่อไป

5.2.6 วงจรกรองความถี่สูง(Low Pass Filter Circuit)

วงจรนี้กรองความถี่สูงๆ(เกิน 1000 เฮิตร์ซ)ออกเพื่อประสิทธิภาพของระบบที่ดีขึ้น

5.2.7 ไมโครคอนโทลเลอร์

เป็นหัวใจของระบบลดเสียงรบกวน ใช้ประมวลผลสัญญาณต่างๆของเสียง เพื่อสร้างสัญญาณเสียงไปหักล้างเสียงรบกวน ระบบที่ออกแบบนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

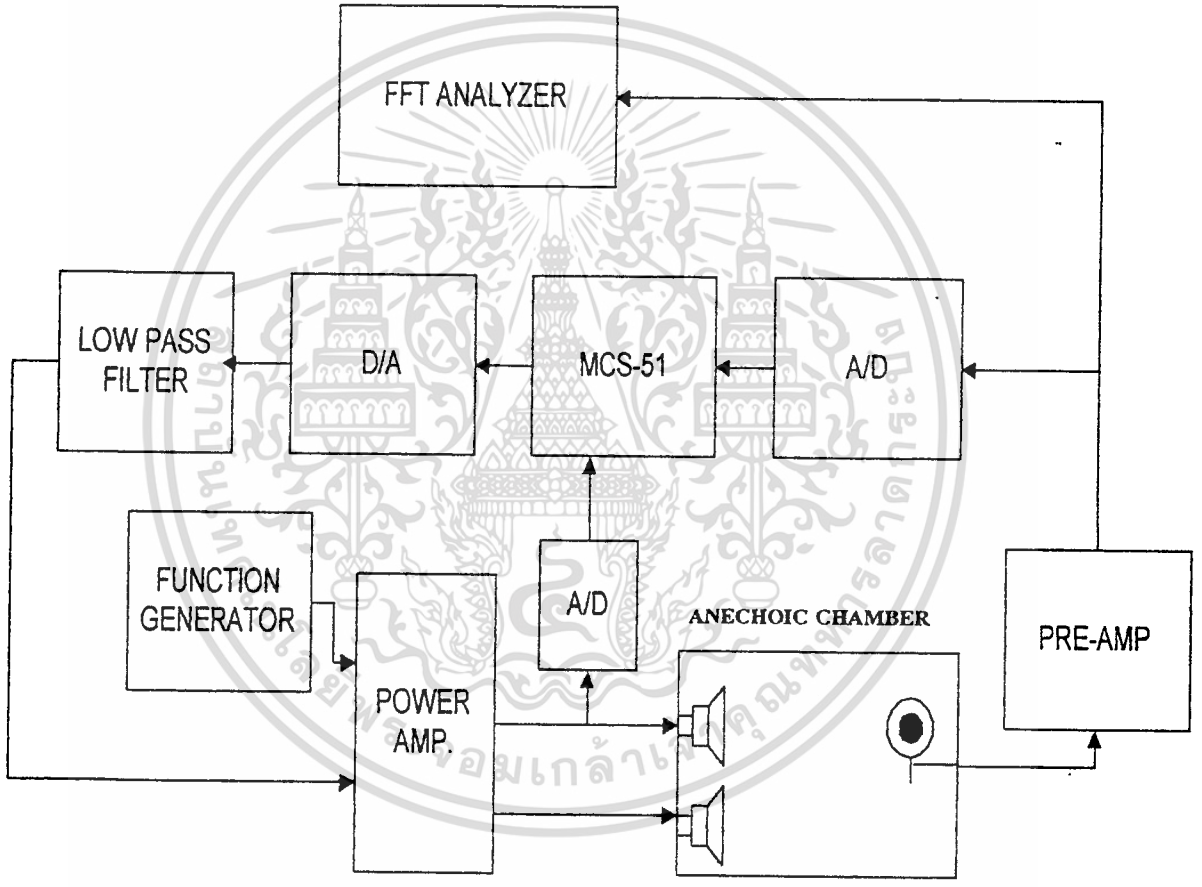
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การทดลอง

6.1 การจัดอุปกรณ์การทดลอง

จัดอุปกรณ์การทดลองตามรูป 6.1



รูปที่ 6.1 การจัดอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 วิธีการทดลอง

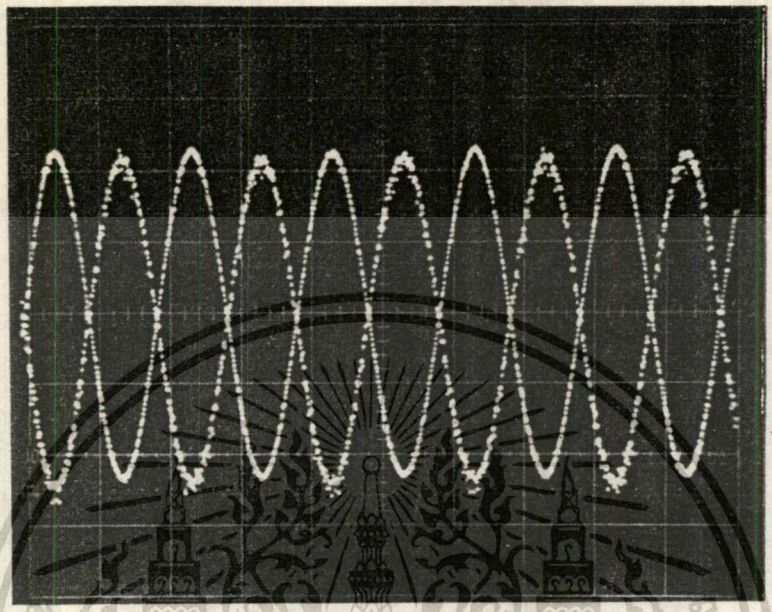
ทำตามขั้นตอนดังนี้

1. วัดเสียงภายในห้องเก็บเสียงและบันทึกผล
2. เลื่อนไมโครโฟนให้ห่างจากตำแหน่งกลางระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงทั้งสอง โดยเริ่มจากระยะ 10 เซนติเมตร
3. เปิดระบบจำลองเสียงรบกวนปรับค่าจนได้ ระดับความเข้มที่ต้องการเริ่มต้นจาก 60 เดซิเบล
4. ปรับความถี่ในช่วง 100-500 เฮิร์ซ ให้ได้ตามต้องการ โดยเริ่มต้นจากค่า 100 เฮิร์ซ
5. เปิดระบบสร้างสัญญาณหักล้างเสียงรบกวน และเปิดสวิทซ์สายลำโพง
6. บันทึกผลการทดลองที่หักล้างแล้ว
7. ปิดสวิทซ์สายลำโพงแล้วปรับค่าให้ความถี่เสียงเปลี่ยนไป 10 เฮิร์ซ ปรับระดับเสียงให้คงเดิม และทำซ้ำขั้นตอนที่ 4 ถึง 7 และทำการทดลองวัดค่าความถี่ไปจนถึง 500 เฮิร์ซ
8. ปรับค่าความถี่ให้ลดลงมาเหลือ 100 เฮิร์ซ แล้วปรับระดับความเข้มเพิ่มขึ้นทีละ 5 เดซิเบล จนถึงระดับความเข้มเป็น 75 เดซิเบล
9. เลื่อนไมโครโฟนให้ห่างออกมาจากจุดเดิมทีละ 10 เซนติเมตร ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อที่ 2 ถึง 9 จนระยะห่างของจุดกึ่งกลางของแหล่งกำเนิดเสียงทั้งสองเป็น 100 เซนติเมตร
10. คำนวณหาประสิทธิภาพของการหักล้างของระบบ จากสมการ 2.8 และ 2.9

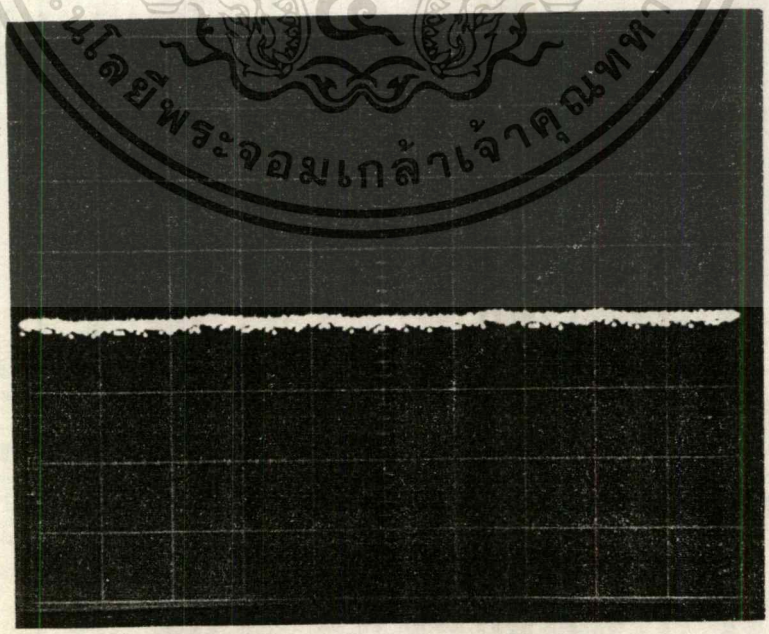
6.3 <u>ผลการทดลอง</u>

การเปรียบเทียบสัญญาณไฟฟ้าที่ออกจากลำโพง วัดได้จากออสซิลโลสโคป ดังรูป 6.2 ส่วนการบันทึกผลการทดลองและปรับค่าต่างๆ จะแสดงผลอยู่ที่เครื่องวิเคราะห์สัญญาณ ดังรูป 6.3 - 6.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

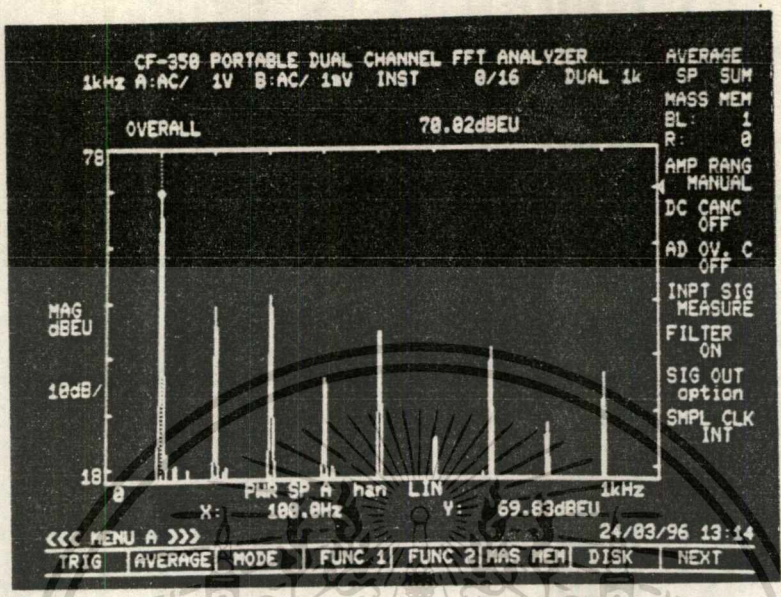


รูป 6.2 ก. สัญญาณที่กลับทิศกันก่อนออกจากลำโพง

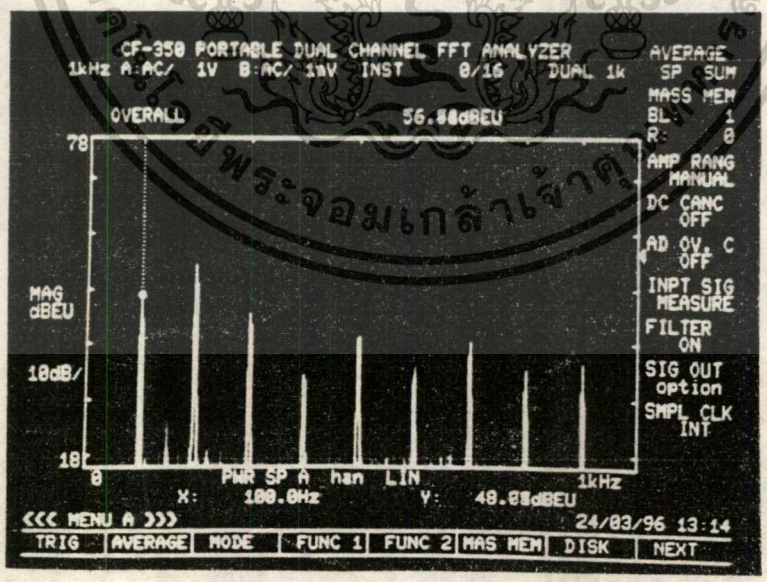


รูป 6.2 ข. สัญญาณก่อนออกจากลำโพงที่หักล้างกันได้สนิทพอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

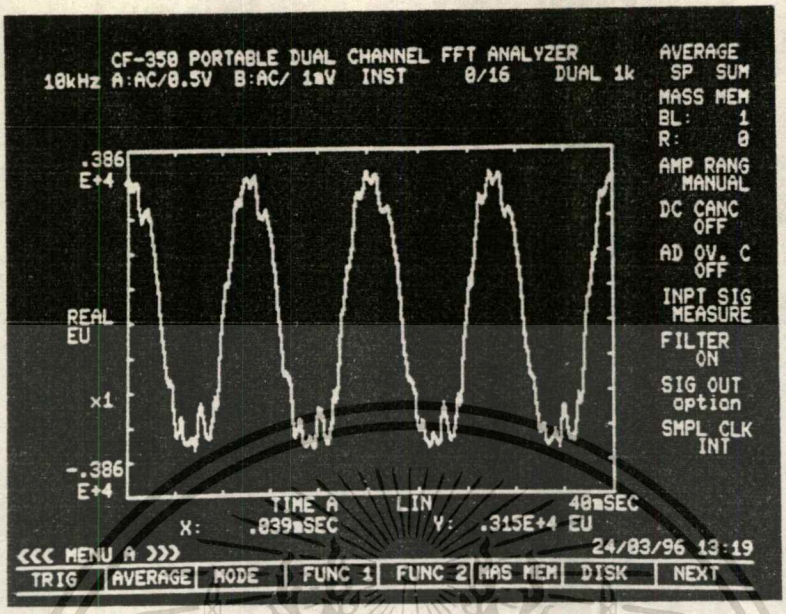


6.3 ก. สัญญาณรูป เสียงก่อนหักล้างที่ความถี่ 100 เฮิร์ซ

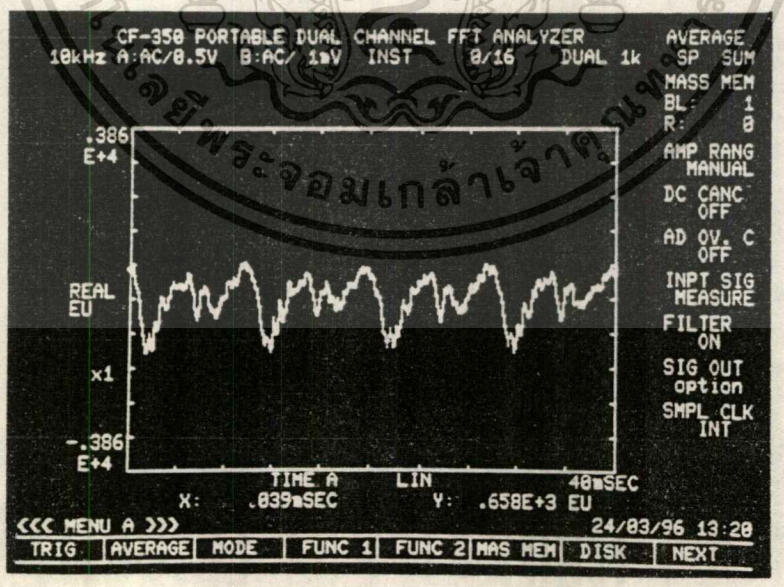


รูป 6.3 ข. สัญญาณเสียงหลังหักล้างที่ความถี่ 100 เฮิร์ซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
037014

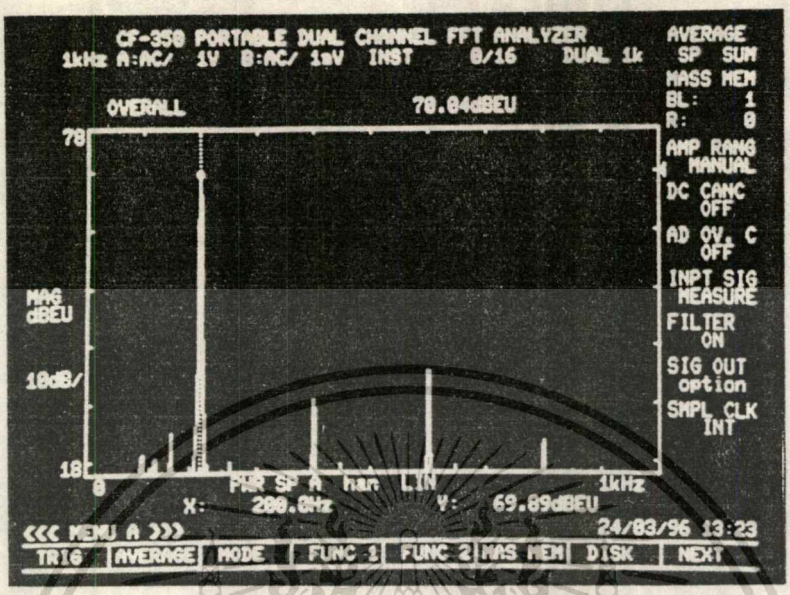


รูป 6.3 ค. รูปคลื่นของเสียงก่อนหักล้างที่ความถี่ 100 เฮิร์ซ

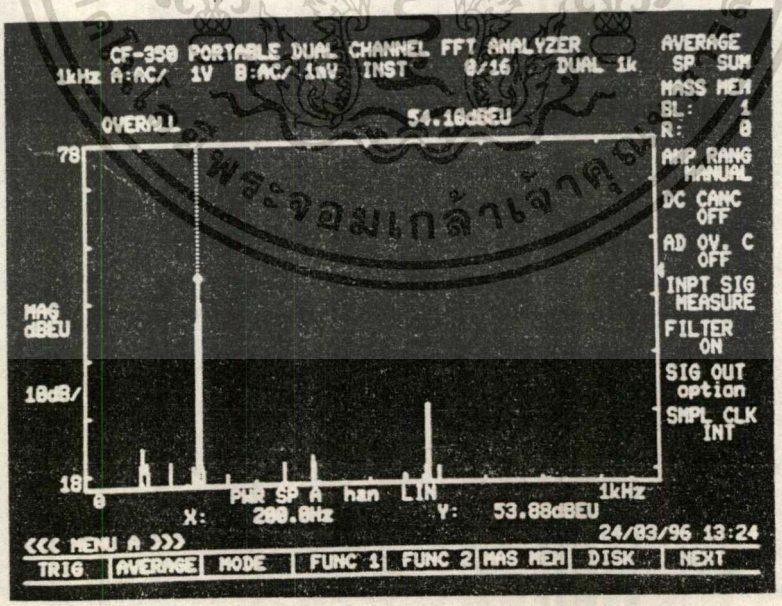


รูป 6.3 ง. รูปคลื่นของเสียงหลังหักล้างที่ความถี่ 100 เฮิร์ซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

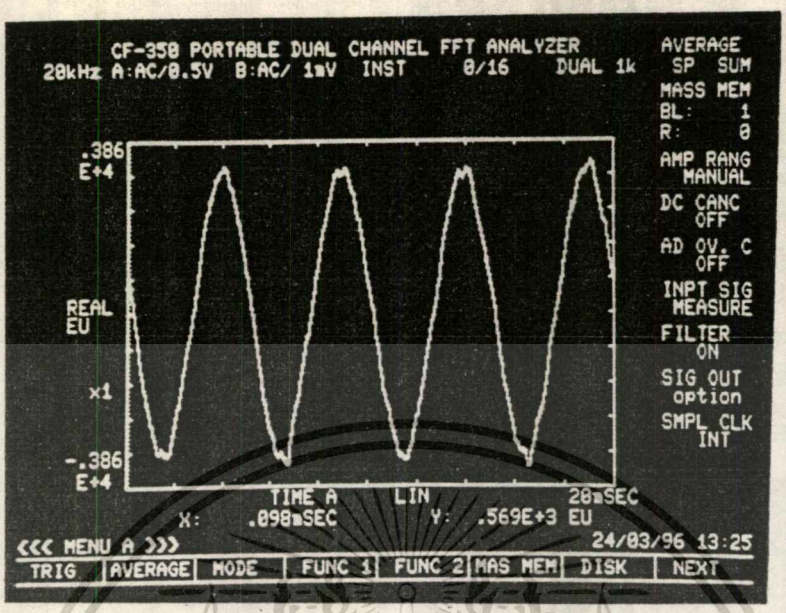


รูป 6.4 ก. สัญญาณเสียงก่อนหักล้างที่ความถี่ 200 เฮิร์ซ

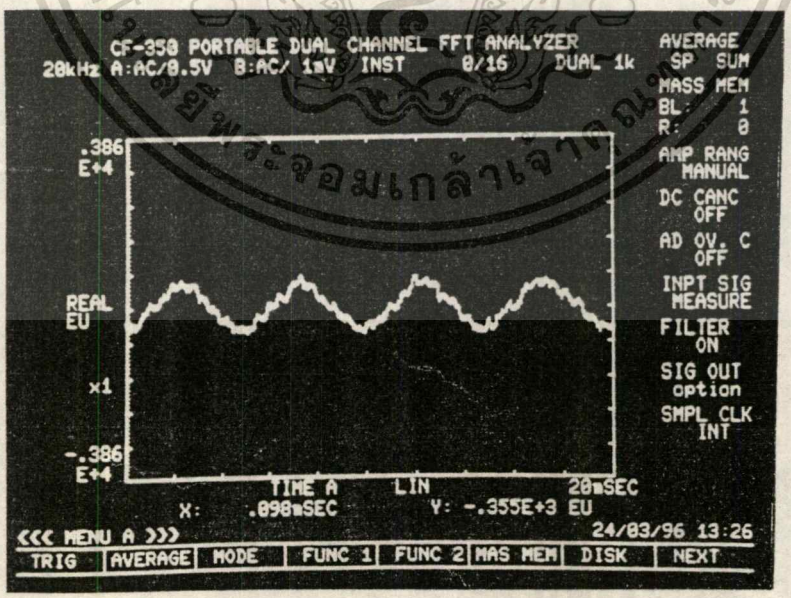


รูป 6.4 ข. สัญญาณเสียงหลังหักล้างที่ความถี่ 200 เฮิร์ซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

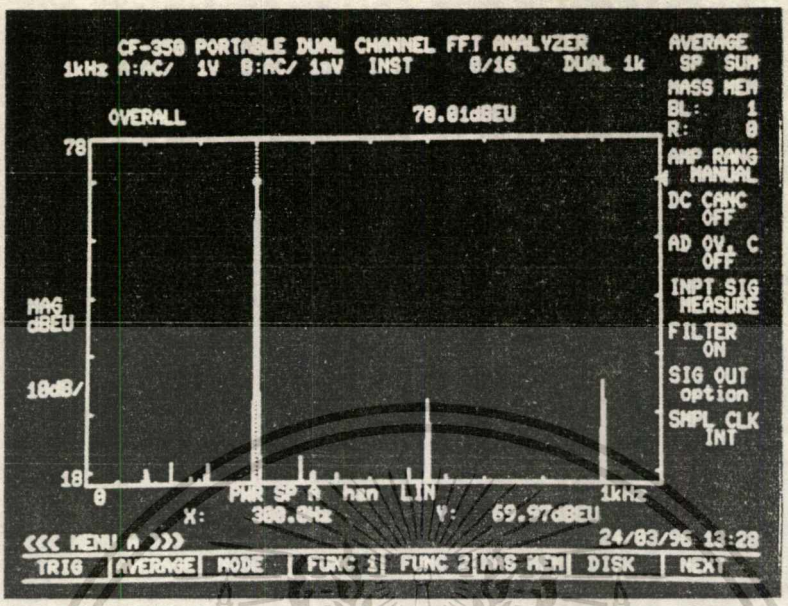


รูป 6.4 ค. รูปคลื่นของเสียงก่อนหักล้างที่ความถี่ 200 เฮิร์ซ

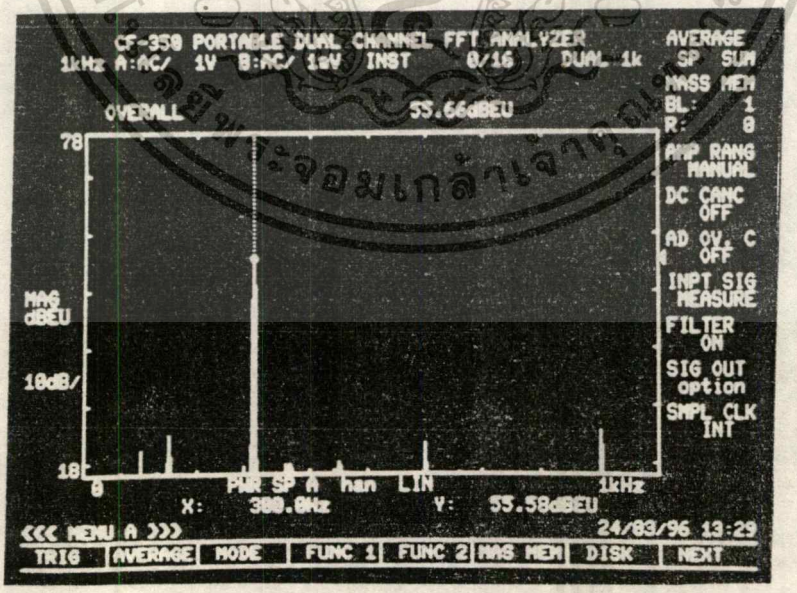


รูป 6.4 ง. รูปคลื่นของเสียงหลังหักล้างที่ความถี่ 200 เฮิร์ซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

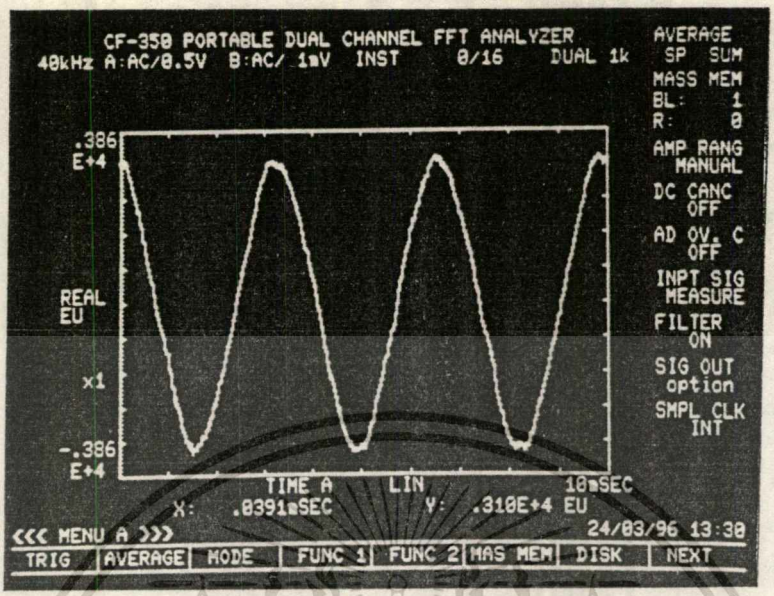


รูป 6.5 ก. สัญญาณเสียงก่อนหักล้างที่ความถี่ 300 เฮิร์ซ

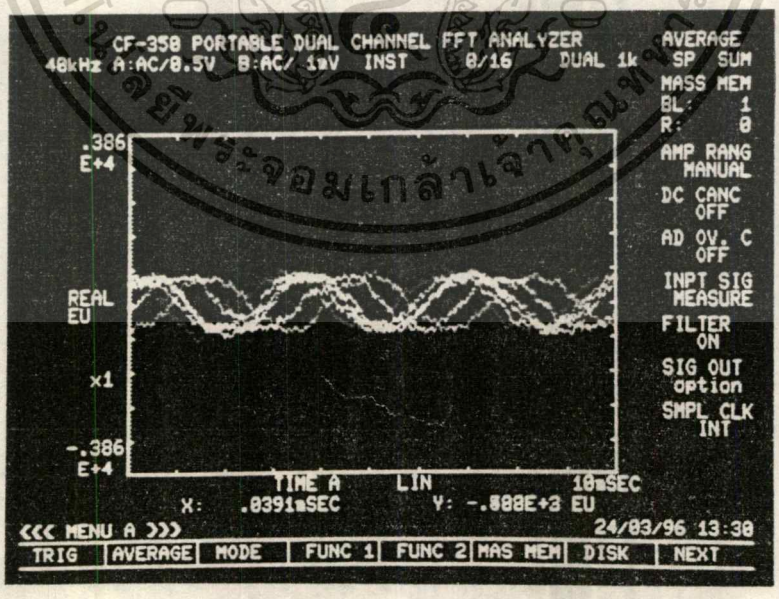


รูป 6.5 ข. สัญญาณเสียงหลังหักล้างที่ความถี่ 300 เฮิร์ซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

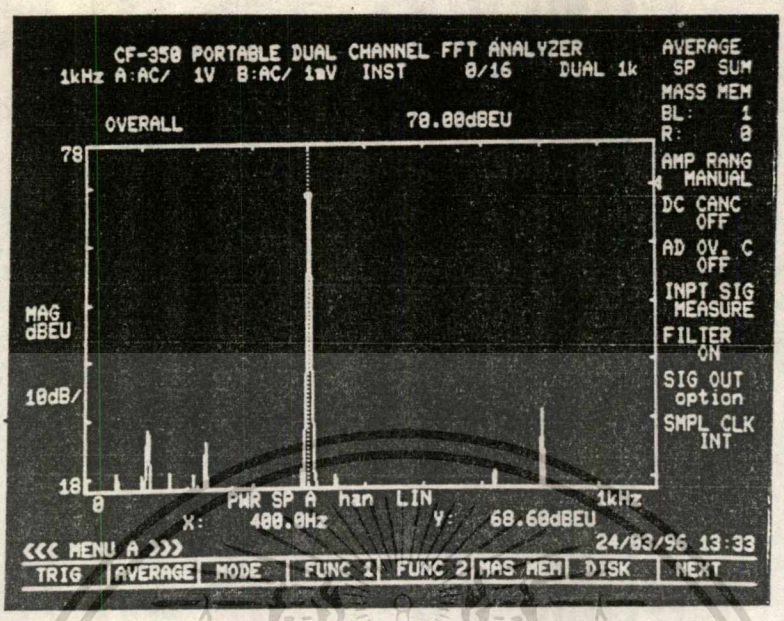


รูป 6.5 ค. รูปคลื่นของเสียงก่อนหักล้างที่ความถี่ 300 เฮิร์ซ

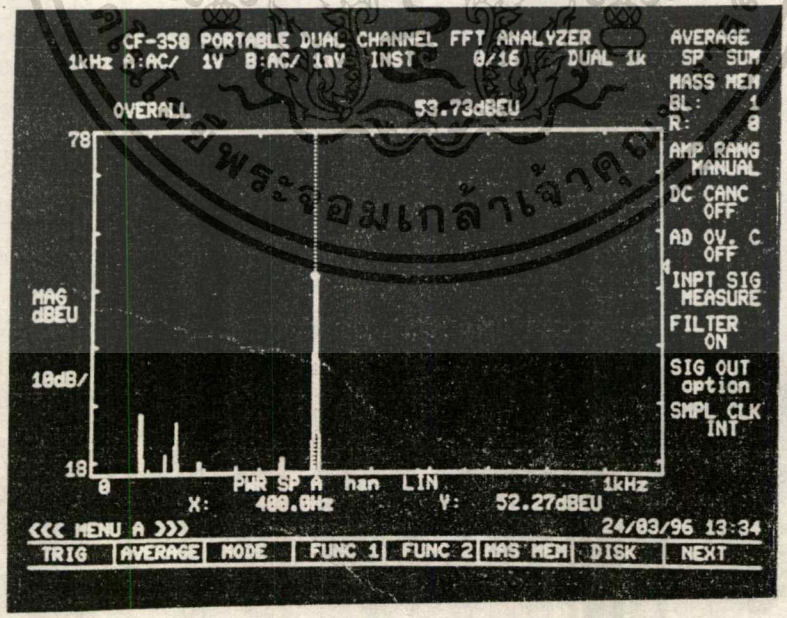


รูป 6.5 ง. รูปคลื่นของเสียงหลังหักล้างที่ความถี่ 300 เฮิร์ซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

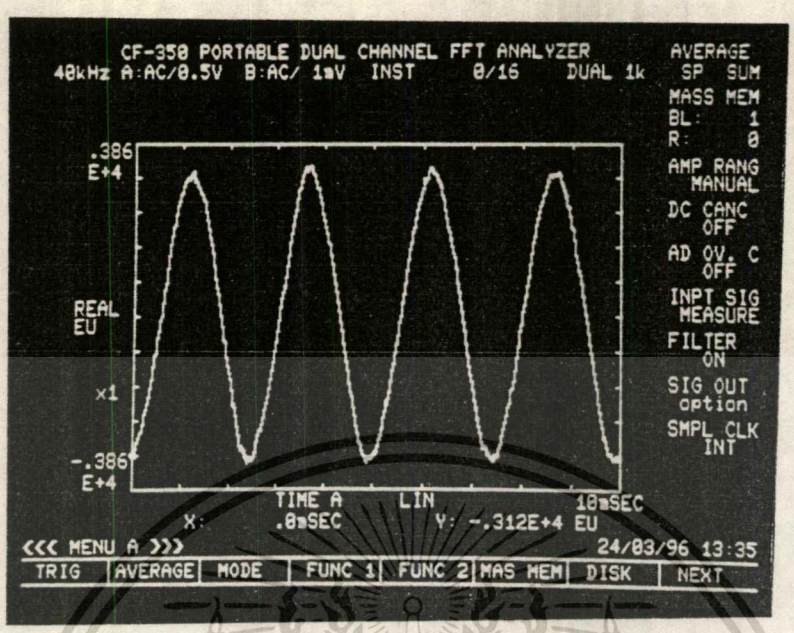


รูป 6.6 ก. สัญญาณเสียงก่อนหักล้างที่ความถี่ 400 เฮิร์ซ

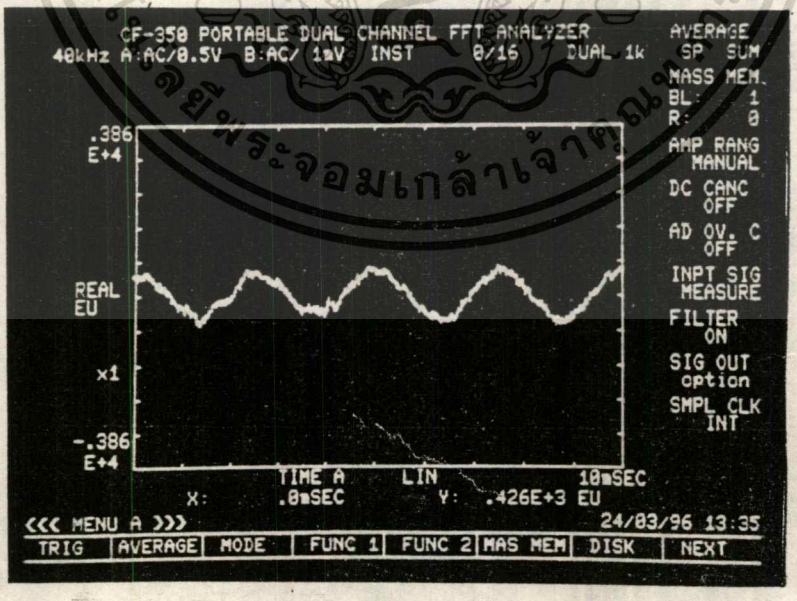


รูป 6.6 ข. สัญญาณเสียงหลังหักล้างที่ความถี่ 400 เฮิร์ซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

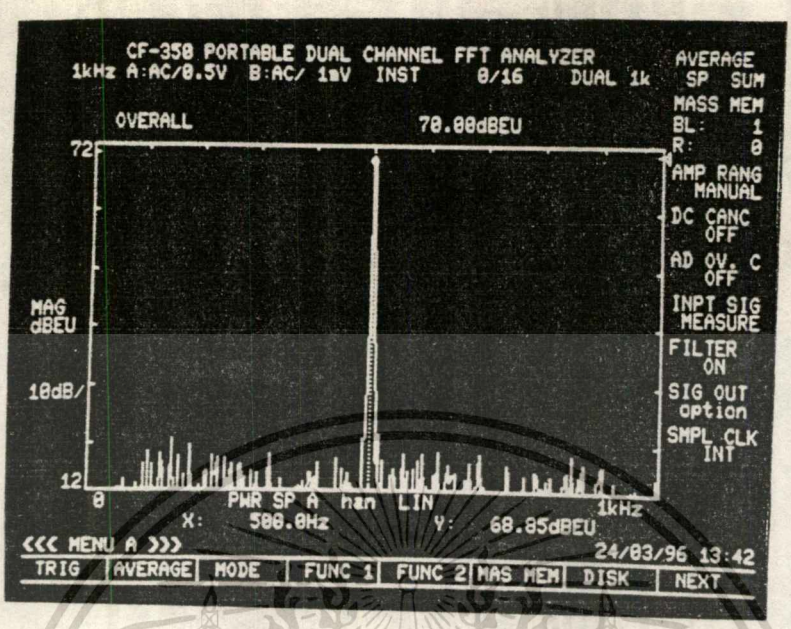


รูป 6.6 ค. รูปคลื่นของเสียงก่อนหักล้างที่ความถี่ 400 เฮิร์ซ

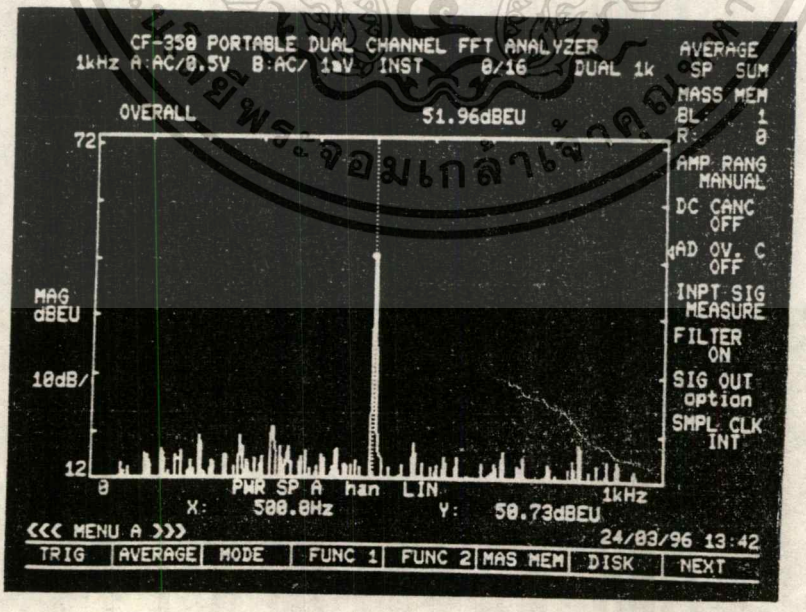


รูป 6.6 ง. รูปคลื่นของเสียงหลังหักล้างที่ความถี่ 400 เฮิร์ซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

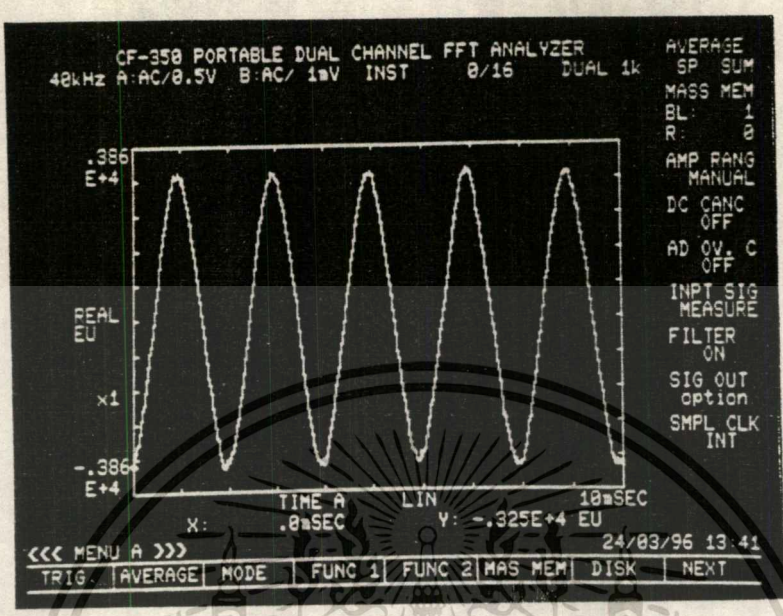


รูป 6.7 ก. สัญญาณเสียงก่อนหักล้างที่ความถี่ 500 เฮิร์ซ

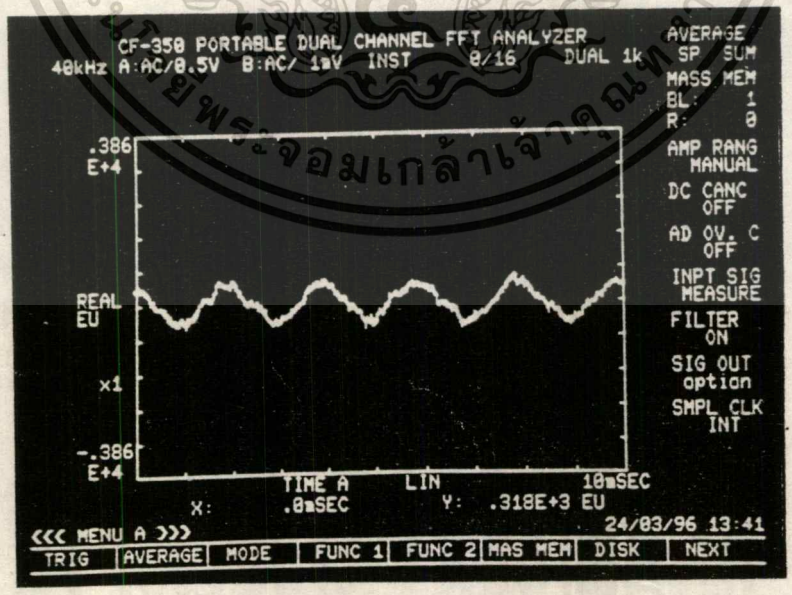


รูป 6.7 ข. สัญญาณเสียงหลังหักล้างที่ความถี่ 500 เฮิร์ซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 6.7 ค. รูปคลื่นของเสียงก่อนหักล้างที่ความถี่ 500 เฮิร์ซ



รูป 6.7 ง. รูปคลื่นของเสียงหลังหักล้างที่ความถี่ 500 เฮิร์ซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองของระบบแสดงในรูประดับความเข้มของเสียงก่อนหักล้าง หลังหักล้าง และประสิทธิภาพของระบบ ที่ระดับความเข้ม ความถี่ และระยะห่างของไมโครโฟนต่างๆกัน รวมทั้งแสดงแนวโน้มของประสิทธิภาพในย่านความถี่ 100 - 500 เฮิร์ซ ที่ระดับความเข้มต่างๆ เพื่อเปรียบเทียบกันด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง

วันที่ทำการทดลอง 22 มกราคม 2539

ระดับเสียงภายในห้องทดลอง 35.5 เดซิเบล

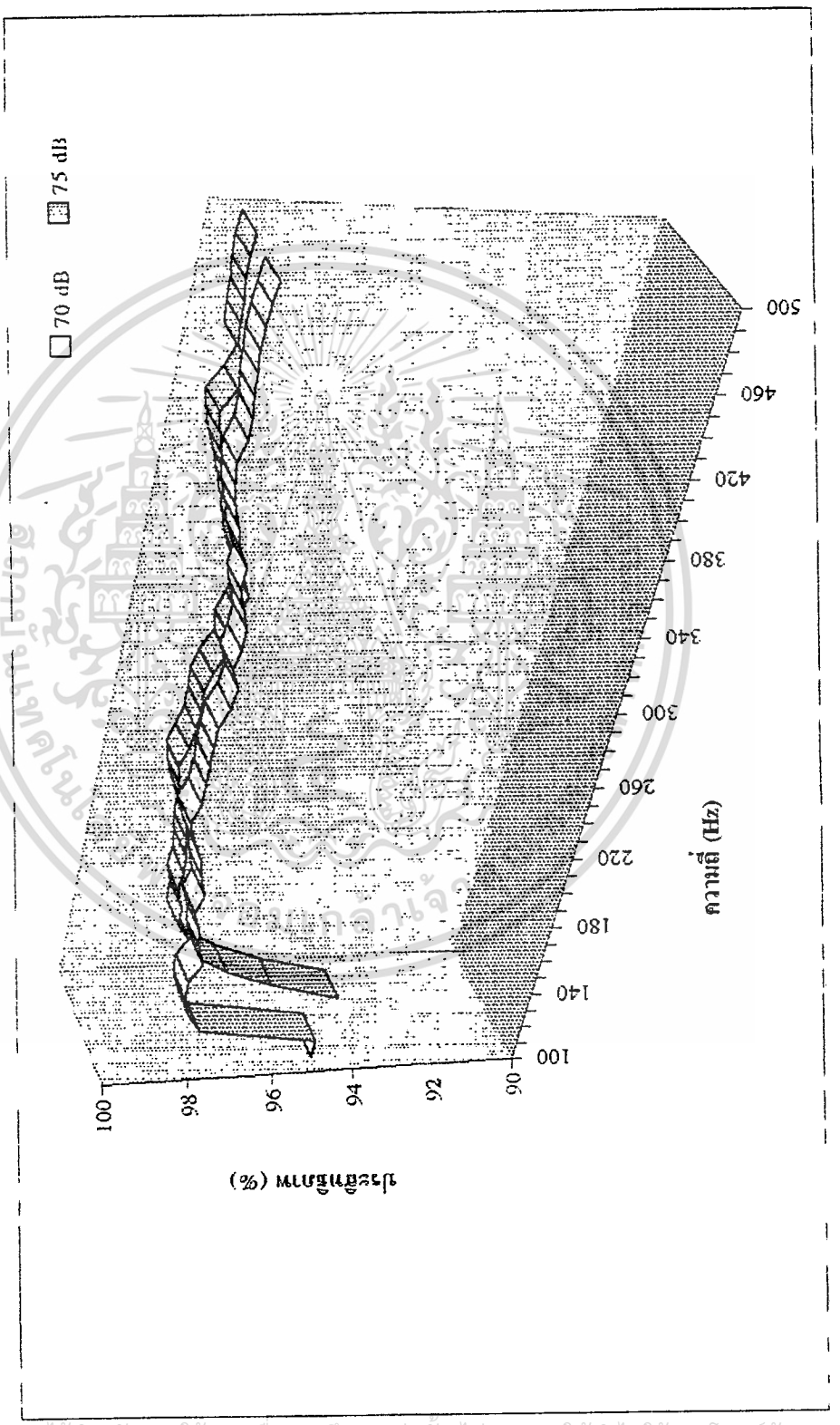
ระยะห่างของไมโครโฟน 10 เซนติเมตร

ความถี่ (Hz)	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)
100	60			65			70	57.1	94.87	75	63.1	93.54
110	60			65			70	57.1	94.87	75	61.7	95.32
120	60			65			70	53.5	97.76	75	60.4	96.53
130	60			65			70	52.8	98.09	75	59.2	97.37
140	60			65			70	52.4	98.26	75	58.8	97.60
150	60			65			70	52.3	98.30	75	58.1	97.96
160	60			65			70	52.9	98.05	75	58.1	97.96
170	60			65			70	52.5	98.22	75	57.7	98.14
180	60			65			70	52.3	98.30	75	57.8	98.09
190	60			65			70	51.8	98.49	75	57.7	98.14
200	60			65			70	52.1	98.38	75	57.5	98.22
210	60			65			70	51.7	98.52	75	57.4	98.26
220	60			65			70	51.4	98.62	75	56.9	98.45
230	60			65			70	50.5	98.88	75	56.3	98.65
240	60			65			70	49.8	99.05	75	55.9	98.77
250	60			65			70	50.4	98.90	75	56.4	98.62

ความถี่	ระดับความเข้มของเสียง												50.4
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB			
(Hz)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	
260	60			65			70	50.5	98.88	75	56.7	98.52	
270	60			65			70	50.4	98.90	75	56.7	98.52	
280	60			65			70	50.4	98.90	75	56.6	98.55	
290	60			65			70	50.4	98.90	75	56.9	98.45	
300	60			65			70	51.1	98.71	75	57.5	98.22	
310	60			65			70	51.3	98.65	75	57.3	98.30	
320	60			65			70	50.6	98.85	75	57.7	98.14	
330	60			65			70	50.9	98.77	75	58	98.00	
340	60			65			70	51	98.74	75	57.5	98.22	
350	60			65			70	50.4	98.90	75	56.9	98.45	
360	60			65			70	49.7	99.07	75	56.5	98.59	
370	60			65			70	49.9	99.02	75	56	98.74	
380	60			65			70	48.6	99.28	75	55.4	98.90	
390	60			65			70	47.8	99.40	75	54.7	99.07	
400	60			65			70	46.5	99.55	75	53.7	99.26	
410	60			65			70	45.3	99.66	75	52.8	99.40	
420	60			65			70	44.6	99.71	75	52	99.50	
430	60			65			70	46.3	99.57	75	54	99.21	
440	60			65			70	46.3	99.57	75	54.9	99.02	
450	60			65			70	45.5	99.65	75	52.9	99.38	

ความถี่	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง
(Hz)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)
460	60			65			70	45.1	99.68	75	52.6	99.42
470	60			65			70	44.5	99.72	75	52.4	99.45
480	60			65			70	44.7	99.70	75	51.9	99.51
490	60			65			70	45.3	99.66	75	51.9	99.51
500	60			65			70	46	99.60	75	52.2	99.48

แผนภาพแสดงประสิทธิภาพของระบบที่ระยะ 10 เซนติเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง

วันที่ทำการทดลอง 24 มกราคม 2539

ระดับเสียงภายในห้องทดลอง 35.5 เดซิเบล

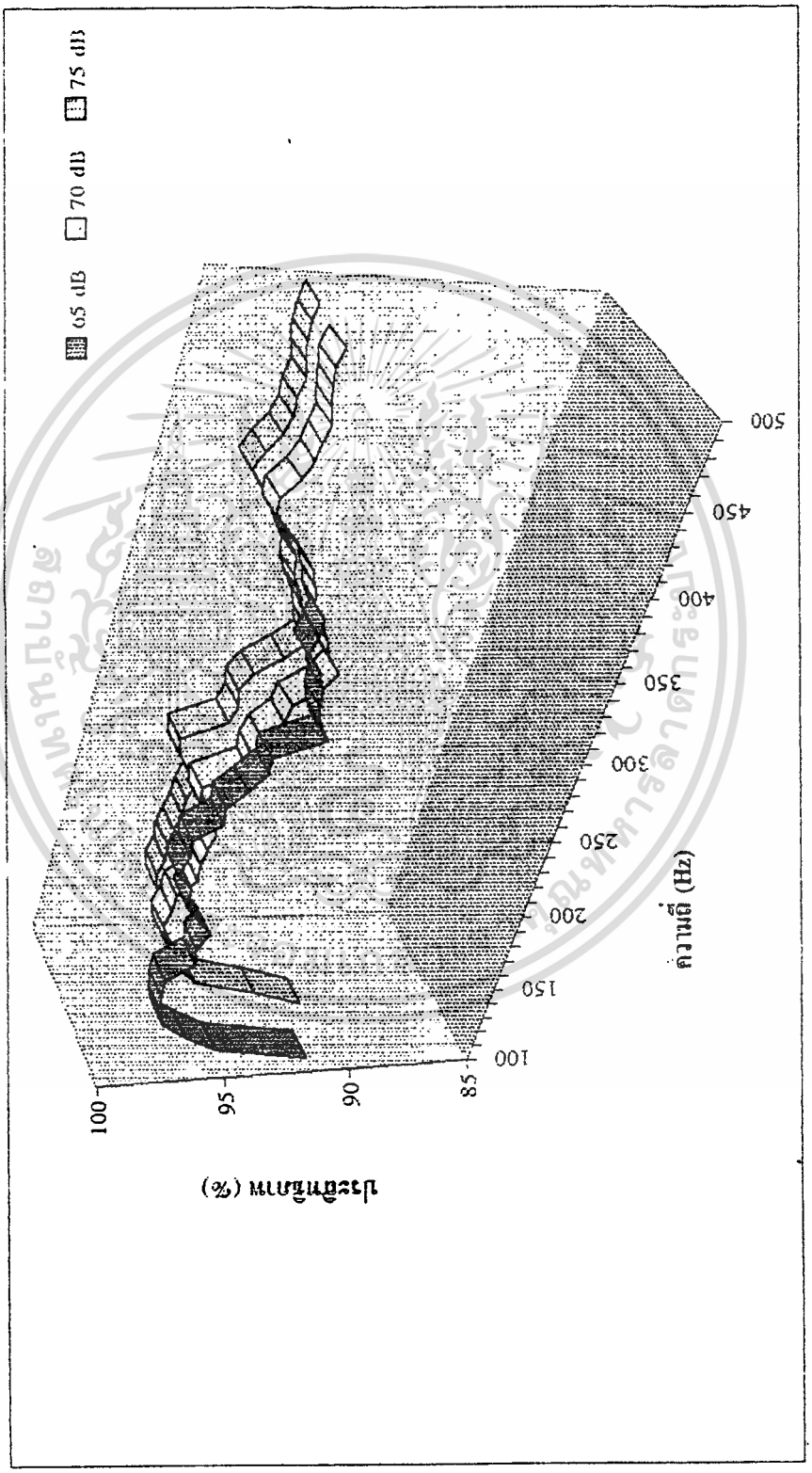
ระยะห่างของไมโครโฟน 20 เซนติเมตร

ความถี่	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง
(Hz)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)
100	60			65	54.3	91.49	70	59.7	90.67	75		
110	60			65	51.7	95.32	70	58.6	92.76	75		
120	60			65	50.2	96.69	70	56.7	95.32	75		
130	60			65	48.5	97.76	70	55.9	96.11	75		
140	60			65	48	98.00	70	55.5	96.45	75		
150	60			65	47.7	98.14	70	54.7	97.05	75	60.5	96.45
160	60			65	47.7	98.14	70	54.3	97.31	75	60.3	96.61
170	60			65	49.5	97.18	70	54.6	97.12	75	60.5	96.45
180	60			65	49.3	97.31	70	54.6	97.12	75	60.4	96.53
190	60			65	49.8	96.98	70	55.5	96.45	75	60.5	96.45
200	60			65	48.7	97.66	70	55.4	96.53	75	60.7	96.28
210	60			65	47.5	98.22	70	55.5	96.45	75	60.7	96.28
220	60			65	47.6	98.18	70	55.7	96.28	75	60.9	96.11
230	60			65	45.5	98.88	70	55.4	96.53	75	60.3	96.61
240	60			65	46.5	98.59	70	54.4	97.25	75	59.6	97.12
250	60			65	46.2	98.68	70	54.2	97.37	75	59.4	97.25

ความถี่	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง
(Hz)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)
260	60			65	48.6	97.71	70	56.3	95.73	75	61.5	95.53
270	60			65	48.4	97.81	70	56.2	95.83	75	61.7	95.32
280	60			65	49.5	97.18	70	56.4	95.63	75	61.5	95.53
290	60			65	50.3	96.61	70	57	94.99	75	61.9	95.10
300	60			65	50.2	96.69	70	57.1	94.87	75	62.7	94.11
310	60			65	52.1	94.87	70	57.8	93.97	75	63.2	93.39
320	60			65	51.7	95.32	70	58.1	93.54	75	63	93.69
330	60			65	51.5	95.53	70	57.7	94.11	75	62.8	93.97
340	60			65	51.4	95.63	70	57.5	94.38	75	62.5	94.38
350	60			65	51.1	95.93	70	57.2	94.75	75	62.2	94.75
360	60			65	50.4	96.53	70	56.8	95.21	75	62.1	94.87
370	60			65	50.6	96.37	70	56.6	95.43	75	61.7	95.32
380	60			65	50.6	96.37	70	56.3	95.73	75	61.3	95.73
390	60			65			70	55.7	96.28	75	60.7	96.28
400	60			65			70	54.8	96.98	75	60	96.84
410	60			65			70	53.8	97.60	75	59.1	97.43
420	60			65			70	53.7	97.66	75	59.6	97.12
430	60			65			70	54.6	97.12	75	60.2	96.69
440	60			65			70	55	96.84	75	60.4	96.53
450	60			65			70	55.1	96.76	75	60.3	96.61

ความถี่ (Hz)	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)
460	60			65			70	55.3	96.61	75	60.5	96.45
470	60			65			70	55	96.84	75	60.2	96.69
480	60			65			70	54.8	96.98	75	60	96.84
490	60			65			70	54.6	97.12	75	60	96.84
500	60			65			70	54.8	96.98	75	60.1	96.76

แผนภาพแสดงประสิทธิภาพของระบบที่ระยะ 20 เซนติเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ระดับเสียงภายในห้องทดลอง 35.5 เดซิเบล

วันที่ทำการทดลอง 24 มกราคม 2539

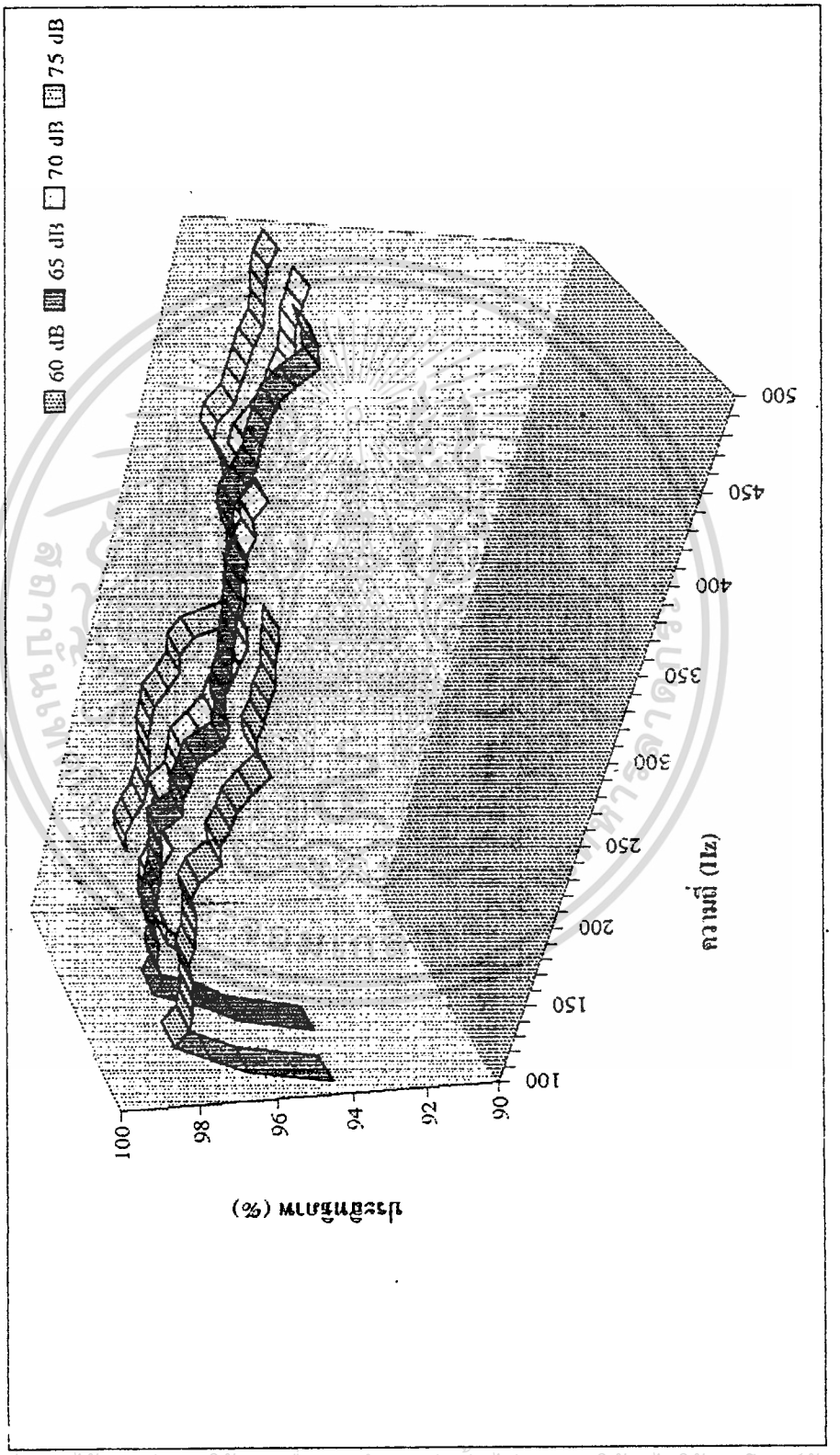
ระยะห่างของไมโครโฟน 30 เซนติเมตร

ความถี่ (Hz)	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)
100	60	47.5	94.38	65	52.7	94.11	70			75		
110	60	45.2	96.69	65	50.7	96.28	70			75		
120	60	43.5	97.76	65	49.5	97.18	70	54.7	97.05	75		
130	60	40.8	98.80	65	46.3	98.65	70	53.7	97.66	75		
140	60	41.7	98.52	65	46.6	98.55	70	53.5	97.76	75		
150	60	41.6	98.55	65	45.8	98.80	70	52.2	98.34	75		
160	60	41.3	98.65	65	45.7	98.83	70	52	98.42	75	57	98.42
170	60	40.9	98.77	65	44.8	99.05	70	51.8	98.49	75	56.6	98.55
180	60	40.1	98.98	65	44.1	99.19	70	52.3	98.30	75	56.9	98.45
190	60	40.3	98.93	65	44	99.21	70	52.7	98.14	75	57.4	98.26
200	60	39.9	99.02	65	43.8	99.24	70	51.7	98.52	75	57.4	98.26
210	60	39.5	99.11	65	43.4	99.31	70	51.8	98.49	75	57.3	98.30
220	60	38.3	99.32	65	42.8	99.40	70	50.8	98.80	75	57	98.42
230	60	38.7	99.26	65	41.5	99.55	70	51.9	98.45	75	56.6	98.55
240	60	40.8	98.80	65	44.6	99.09	70	51.8	98.49	75	56.6	98.55
250	60	40.1	98.98	65	44.2	99.17	70	51.7	98.52	75	56.5	98.59

ความถี่	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง
(Hz)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)
260	60	40.7	98.83	65	44.7	99.07	70	52.6	98.18	75	57.2	98.34
270	60	40.8	98.80	65	44.8	99.05	70	53.2	97.91	75	57.7	98.14
280	60	41.7	98.52	65	46.8	98.49	70	53.3	97.86	75	57.4	98.26
290	60	42.6	98.18	65	46.8	98.49	70	53.6	97.71	75	58	98.00
300	60	41.5	98.59	65	46.1	98.71	70	53.7	97.66	75	59.9	96.91
310	60	40.9	98.77	65	45.8	98.80	70	53.9	97.55	75	59.9	96.91
320	60	41.1	98.71	65	45.9	98.77	70	53.6	97.71	75	59.8	96.98
330	60	41.1	98.71	65	45.6	98.85	70	52.9	98.05	75	59.4	97.25
340	60	41.3	98.65	65	45.4	98.90	70	52.7	98.14	75	59.2	97.37
350	60	40.8	98.80	65	45.1	98.98	70	52.5	98.22	75	59	97.49
360	60	40.6	98.85	65	45	99.00	70	52.7	98.14	75	58.8	97.60
370	60	40.2	98.95	65	44.5	99.11	70	52.9	98.05	75	58.5	97.76
380	60			65	44.7	99.07	70	52.5	98.22	75	58.1	97.96
390	60			65	42.8	99.40	70	53.1	97.96	75	57.3	98.30
400	60			65	40.2	99.67	70	52.2	98.34	75	56.1	98.71
410	60			65	39.6	99.71	70	50.7	98.83	75	56.1	98.71
420	60			65	41.7	99.53	70	50.8	98.80	75	57	98.42
430	60			65	42.8	99.40	70	51.7	98.52	75	57.1	98.38
440	60			65	42.6	99.42	70	52.3	98.30	75	57.2	98.34
450	60			65	42.9	99.38	70	52.3	98.30	75	57.3	98.30

ความถี่	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง
(Hz)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)
460	60			65	43.2	99.34	70	52.5	98.22	75	57.6	98.18
470	60			65	44.9	99.02	70	52.4	98.26	75	57.4	98.26
480	60			65	46.6	98.55	70	52.1	98.38	75	57.1	98.38
490	60			65	46	98.74	70	52.2	98.34	75	57	98.42
500	60			65	44.8	99.05	70	52.3	98.30	75	57.3	98.30

แผนภาพแสดงประสิทธิภาพของระบบที่ระยะ 80 เซนติเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ระดับเสียงภายในห้องทดลอง 39 เดซิเบล

วันที่ทำการทดลอง 18 กุมภาพันธ์ 2539

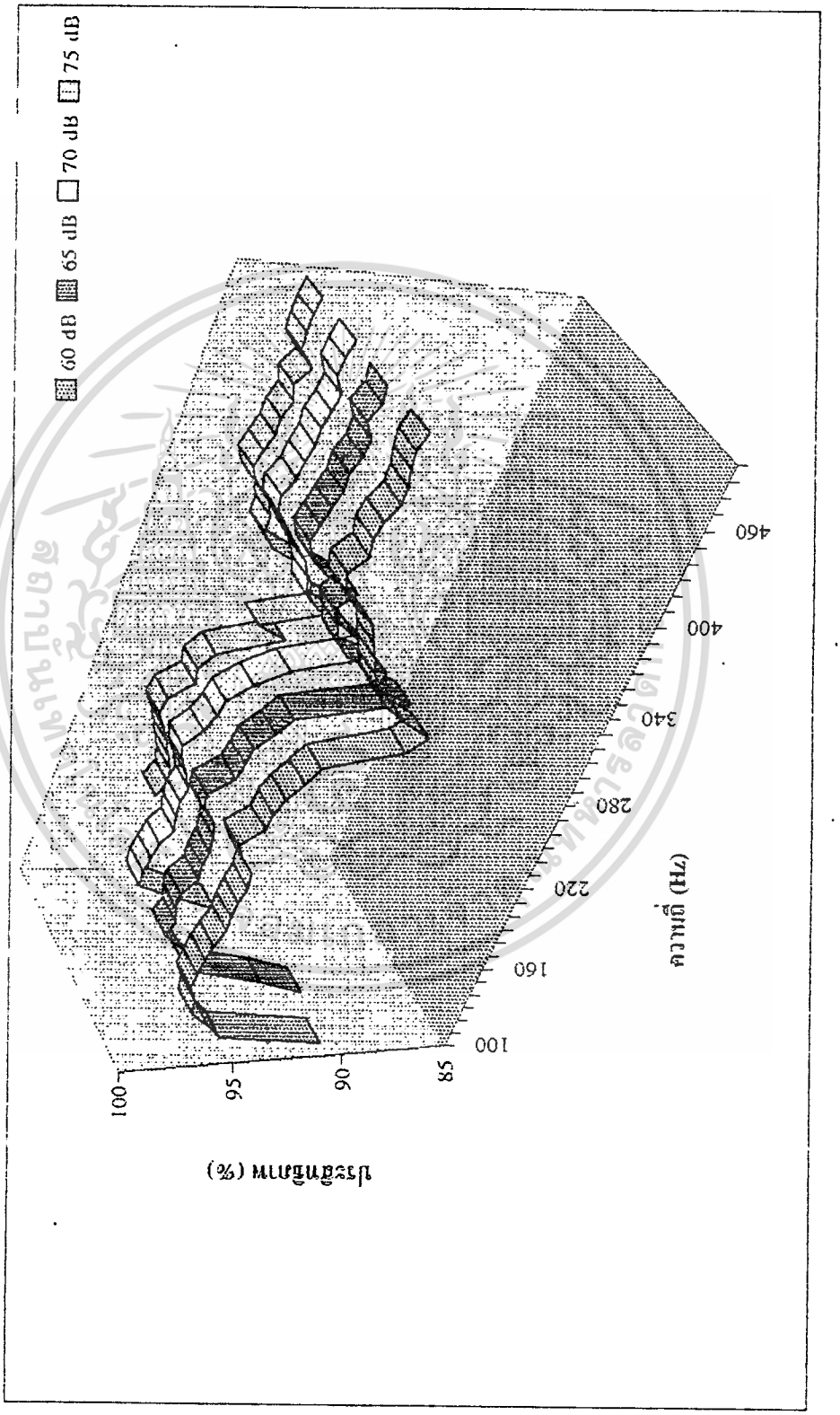
ระยะห่างของไมโครโฟน 40 เซนติเมตร

ความถี่	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ผลต่างของระดับความเข้ม	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง
(Hz)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)
100	60	49.7	90.67	65	54.9	90.23	70			75		
110	60	46.5	95.53	65	53.8	92.41	70			75		
120	60	45.7	96.28	65	51.6	95.43	70			75		
130	60	44.4	97.25	65	50.5	96.45	70	57.9	93.83	75		
140	60	44.2	97.37	65	50.1	96.76	70	56.2	95.83	75		
150	60	43.4	97.81	65	48.6	97.71	70	53.6	97.71	75		
160	60	43.5	97.76	65	49	97.49	70	53.5	97.76	75		
170	60	43.7	97.66	65	48.6	97.71	70	53.7	97.66	75		
180	60	43.9	97.55	65	48.5	97.76	70	54	97.49	75	60.4	96.53
190	60	44.4	97.25	65	49.4	97.25	70	54.6	97.12	75	60.8	96.20
200	60	44.3	97.31	65	49.3	97.31	70	54.4	97.25	75	60.6	96.37
210	60	44.4	97.25	65	49.4	97.25	70	54.3	97.31	75	60.2	96.69
220	60	44.6	97.12	65	49.3	97.31	70	54.5	97.18	75	59.8	96.98
230	60	44.5	97.18	65	48.9	97.55	70	53.9	97.55	75	59.2	97.37
240	60	43.4	97.81	65	47.5	98.22	70	53.1	97.96	75	58.4	97.81
250	60	42.4	98.26	65	47.2	98.34	70	52.6	98.18	75	58.7	97.66

ความถี่	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง
(Hz)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)
260	60	44.2	97.37	65	49.2	97.37	70	53.9	97.55	75	60.2	96.69
270	60	44.3	97.31	65	49.4	97.25	70	54.5	97.18	75	60	96.84
280	60	44.7	97.05	65	49.6	97.12	70	54.7	97.05	75	60.7	96.28
290	60	45.4	96.53	65	50.5	96.45	70	55.9	96.11	75	63.2	93.39
300	60	45.9	96.11	65	51.1	95.93	70	57.2	94.75	75	62.1	94.87
310	60	48.6	92.76	65	54.5	91.09	70	59.4	91.29	75	64.3	91.49
320	60	49	92.06	65	53.5	92.92	70	58.9	92.24	75	63.4	93.08
330	60	48.2	93.39	65	53.6	92.76	70	58.3	93.24	75	63.2	93.39
340	60	47.4	94.50	65	52.2	94.75	70	57.3	94.63	75	62.8	93.97
350	60	46.9	95.10	65	51.6	95.43	70	56.6	95.43	75	61.5	95.53
360	60	46.5	95.53	65	51.3	95.73	70	56.4	95.63	75	60.8	96.20
370	60	46.2	95.83	65	50.9	96.11	70	56	96.02	75	60.8	96.20
380	60	45.8	96.20	65	51.6	95.43	70	55.2	96.69	75	60.4	96.53
390	60	45.5	96.45	65	49.8	96.98	70	54.3	97.31	75	59.3	97.31
400	60	44.1	97.43	65	48.3	97.86	70	53.1	97.96	75	58.6	97.71
410	60	42.6	98.18	65	47.4	98.26	70	52.8	98.09	75	58.9	97.55
420	60	42.1	98.38	65	47.8	98.09	70	53.6	97.71	75	59.3	97.31
430	60	43.5	97.76	65	48.2	97.91	70	53.7	97.66	75	59.3	97.31
440	60	43.2	97.91	65	48.6	97.71	70	54	97.49	75	59.7	97.05
450	60	43.5	97.76	65	48.5	97.76	70	53.9	97.55	75	59.3	97.31

ความถี่ (Hz)	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)
460	60	44.2	97.37	65	49	97.49	70	54.2	97.37	75	60	96.84
470	60	44.2	97.37	65	49.1	97.43	70	54.4	97.25	75	58.9	97.55
480	60	43.9	97.55	65	48.2	97.91	70	53.6	97.71	75	58.8	97.60
490	60	43.7	97.66	65	48.9	97.55	70	53.7	97.66	75	58.8	97.60
500	60	44.1	97.43	65	48.7	97.66	70	54	97.49	75	59	97.49

แผนภาพแสดงประสิทธิภาพของระบบที่ระยะ 40 เซนติเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง

วันที่ทำการทดลอง 18 มีนาคม 2539

ระดับเสียงภายในห้องทดลอง 37.5 เดซิเบล

ระยะห่างของไมโครโฟน 50 เซนติเมตร

ความถี่	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ผลต่างของระดับความเประ	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง
(Hz)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)
100	60	47.6	94.25	65	53.6	92.76	70			75		
110	60	46.3	95.73	65	52.8	93.97	70			75		
120	60	45.2	96.69	65	52.3	94.63	70			75		
130	60	42.5	98.22	65	47.9	98.05	70			75		
140	60	41.2	98.68	65	47.1	98.38	70			75		
150	60	41.7	98.52	65	46.8	98.49	70	52.8	98.09	75		
160	60	41.9	98.45	65	46.5	98.59	70	52.8	98.09	75		
170	60	42	98.42	65	45.8	98.80	70	52	98.42	75		
180	60	40.2	98.95	65	44.8	99.05	70	51.4	98.62	75		
190	60	39.8	99.05	65	44.6	99.09	70	50.7	98.83	75	58	98.00
200	60	39.7	99.07	65	44.4	99.13	70	50.7	98.83	75	57.2	98.34
210	60	39.5	99.11	65	43.8	99.24	70	50.4	98.90	75	57.2	98.34
220	60	39.9	99.02	65	44.2	99.17	70	50.6	98.85	75	57.1	98.38
230	60	39.1	99.19	65	43.6	99.28	70	49.1	99.19	75	56.7	98.52
240	60	36.5	99.55	65	46.8	98.49	70	49.2	99.17	75	57.3	98.30
250	60	39.5	99.11	65	43.8	99.24	70	50.7	98.83	75	57.6	98.18

ความถี่	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
(Hz)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)
260	60	40.9	98.77	65	45.5	98.88	70	51.9	98.45	75	58.8	97.60
270	60	41.7	98.52	65	46.6	98.55	70	52.7	98.14	75	59.8	96.98
280	60	42.8	98.09	65	47.5	98.22	70	53.7	97.66	75	60.3	96.61
290	60	41.8	98.49	65	45.9	98.77	70	51.9	98.45	75	58.8	97.60
300	60	41.2	98.68	65	45.5	98.88	70	51.4	98.62	75	58.5	97.76
310	60	40.9	98.77	65	45.3	98.93	70	51.6	98.55	75	58.9	97.55
320	60	41.2	98.68	65	45.8	98.80	70	52.7	98.14	75	59.6	97.12
330	60	41.9	98.45	65	46.9	98.45	70	52.7	98.14	75	60	96.84
340	60	42.2	98.34	65	47	98.42	70	53	98.00	75	60	96.84
350	60	42.4	98.26	65	47.3	98.30	70	53.4	97.81	75	60.2	96.69
360	60	42.8	98.09	65	47.9	98.05	70	53.9	97.55	75	60.6	96.37
370	60	42.7	98.14	65	48	98.00	70	54	97.49	75	60.3	96.61
380	60	42.4	98.26	65	47	98.42	70	52.8	98.09	75	59.9	96.91
390	60	40.9	98.77	65	44.6	99.09	70	50.3	98.93	75	58.3	97.86
400	60	39.2	99.17	65	42.2	99.48	70	49.4	99.13	75	58.3	97.86
410	60	37.8	99.40	65	43.2	99.34	70	50.3	98.93	75	57.9	98.05
420	60	39.8	99.05	65	44.9	99.02	70	51.2	98.68	75	57.9	98.05
430	60	40.5	98.88	65	45.5	98.88	70	51.4	98.62	75	58	98.00
440	60	40.8	98.80	65	45.3	98.93	70	51.6	98.55	75	58.2	97.91
450	60	40.6	98.85	65	45.5	98.88	70	51.6	98.55	75	58.3	97.86

ความถี่ (Hz)	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)
460	60	40.9	98.77	65	45.7	98.83	70	51.8	98.49	75	59	97.49
470	60	41.2	98.68	65	46.3	98.65	70	53.1	97.96	75	59.5	97.18
480	60	41.7	98.52	65	47.6	98.18	70	53.7	97.66	75	58.7	97.66
490	60	42.7	98.14	65	47.8	98.09	70	53	98.00	75	57.7	98.14
500	60	43.4	97.81	65	47.8	98.09	70	52.8	98.09	75	58.3	97.86

แผนภาพแสดงลักษณะสมรรถนะของระบบที่ 50 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง

วันที่ทำการทดลอง 22 มีนาคม 2539

ระดับเสียงภายในห้องทดลอง 35.5 เดซิเบล

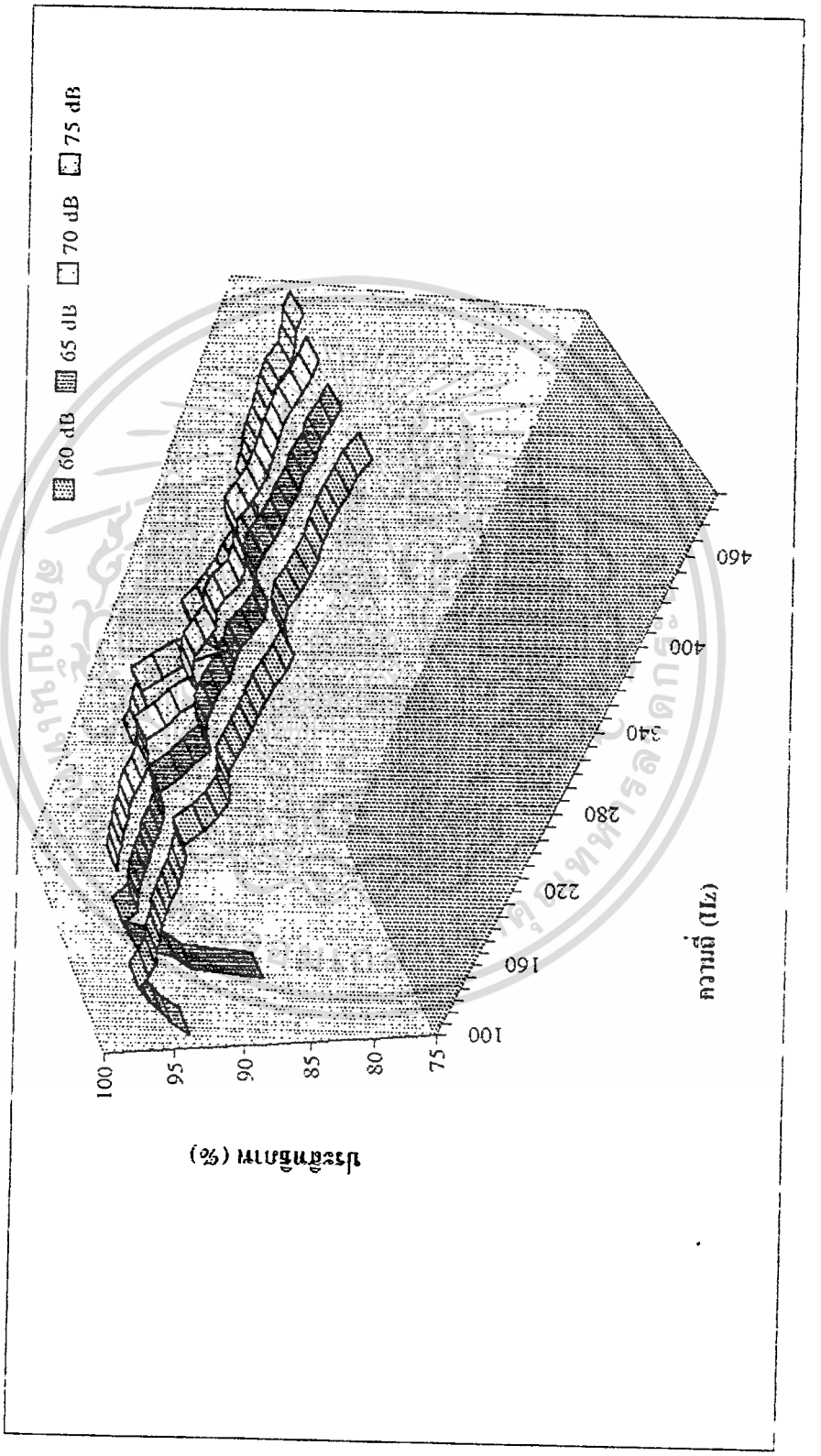
ระยะห่างของไมโครโฟน 60 เซนติเมตร

ความถี่ (Hz)	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ผลต่างของระดับความเประ (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)
100	60	48.1	93.5434577	65	56.3	86.5103712	70			75		
110	60	46.8	95.2136991	65	53.9	92.2375288	70			75		
120	60	45.7	96.2846477	65	52.9	93.83405	70			75		
130	60	43.9	97.5452911	65	49.8	96.9800483	70			75		
140	60	41.5	98.5874625	65	48.4	97.8122384	70			75		
150	60	42.3	98.3017563	65	46.2	98.6817433	70	53.7	97.6557712	75		
160	60	42.5	98.2217206	65	48.1	97.9582621	70	53.3	97.8620379	75		
170	60	41.8	98.4864388	65	47.4	98.2621992	70	53	98.0047377	75		
180	60	41.5	98.5874625	65	46.9	98.4511834	70	52.6	98.1802991	75		
190	60	40.6	98.8518464	65	46.6	98.5545602	70	52.5	98.2217206	75		
200	60	40.5	98.8779815	65	46.7	98.5208916	70	51.8	98.4864388	75		
210	60	40.5	98.8779815	65	46.2	98.6817433	70	51.7	98.5208916	75	59.6	97.1159685
220	60	40.8	98.7977356	65	46.5	98.5874625	70	52.2	98.3404131	75	59.8	96.9800483
230	60	40.3	98.9284807	65	46.3	98.6510371	70	52.5	98.2217206	75	59.5	97.1816171
240	60	39.9	99.0227628	65	44.6	99.0879892	70	51.2	98.6817433	75	59.4	97.2457713
250	60	36.1	99.5926197	65	40.1	99.6764063	70	49.2	99.1682362	75	58.1	97.9582621

ความถี่	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
(Hz)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)
260	60	41.5	98.5874625	65	46.4	98.6196157	70	52.7	98.1379129	75	60	96.8377223
270	60	42.8	98.0945393	65	47.9	98.0501554	70	53.9	97.5452911	75	61.5	95.5331641
280	60	43.5	97.7612789	65	49.2	97.369732	70	55.8	96.198106	75	63.2	93.3930655
290	60	42.8	98.0945393	65	48.1	97.9582621	70	54.1	97.4296042	75	61.5	95.5331641
300	60	41.6	98.5545602	65	47	98.4151068	70	53.5	97.7612789	75	60.8	96.198106
310	60	41.9	98.4511834	65	47.1	98.3781899	70	53.1	97.9582621	75	61.5	95.5331641
320	60	42.2	98.3404131	65	47.3	98.3017563	70	53.8	97.6011671	75	61.8	95.2136991
330	60	42.5	98.2217206	65	48.1	97.9582621	70	54.3	97.3084652	75	62.1	94.8713862
340	60	42.5	98.2217206	65	47.9	98.0501554	70	53.6	97.7091323	75	62.2	94.7519254
350	60	42.7	98.1379129	65	47.8	98.0945393	70	54	97.4881136	75	62.4	94.5045913
360	60	43.2	97.9107039	65	48.7	97.6557712	70	55	96.8377223	75	62.5	94.3765867
370	60	43.8	97.6011671	65	49.3	97.3084652	70	54.9	96.9097046	75	62.6	94.2456006
380	60	43.9	97.5452911	65	49	97.4881136	70	54.3	97.3084652	75	62.1	94.8713862
390	60	42.1	98.3781899	65	46.8	98.4864388	70	52.6	98.1802991	75	61.2	95.8313062
400	60	40.1	98.976707	65	44.6	99.0879892	70	51.3	98.6510371	75	61.1	95.9261972
410	60	39.4	99.1290364	65	44.8	99.0450074	70	52.4	98.2621992	75	60.8	96.198106
420	60	40.7	98.8251024	65	46.1	98.7117504	70	53.1	97.9582621	75	60.7	96.2846477
430	60	41.5	98.5874625	65	46.6	98.5545602	70	53.3	97.8620379	75	60.6	96.3692195
440	60	41.8	98.4864388	65	46.7	98.5208916	70	53.2	97.9107039	75	60.5	96.4518661
450	60	41.5	98.5874625	65	47.1	98.3781899	70	53.1	97.9582621	75	60.3	96.6115584

ความถี่	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
(Hz)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)
460	60	41.6	98.5545602	65	46.9	98.4511834	70	53	98.0047377	75	60.3	96.6115584
470	60	41.9	98.4511834	65	47.8	98.0945393	70	53.2	97.9107039	75	60.8	96.198106
480	60	42.5	98.2217206	65	47.6	98.1802991	70	53.8	97.6011671	75	60.6	96.3692195
490	60	42.8	98.0945393	65	48.3	97.8620379	70	54.1	97.4296042	75	60.2	96.6886888
500	60	43.8	97.6011671	65	48.5	97.7612789	70	54.2	97.369732	75	60.3	96.6115584

แผนภาพแสดงประสิทธิภาพของระบบที่ 60 เซนติเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง

วันที่ทำการทดลอง 22 มีนาคม 2539

ระดับเสียงภายในห้องทดลอง 35.5 เดซิเบล

ระยะห่างของไมโครโฟน 70 เซนติเมตร

ความถี่ (Hz)	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ผลต่างของระดับความเประ (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)
100	60	49.3	91.4886196	65			70			75		
110	60	48.1	93.5434577	65			70			75		
120	60	46.9	95.1022118	65	53.3	93.2391702	70			75		
130	60	45	96.8377223	65	50	96.8377223	70			75		
140	60	42.1	98.3781899	65	47.9	98.0501554	70			75		
150	60	42.5	98.2217206	65	47.7	98.1379129	70			75		
160	60	43	98.0047377	65	47.2	98.3404131	70			75		
170	60	42.1	98.3781899	65	45.6	98.8518464	70	52.8	98.0945393	75		
180	60	41.6	98.5545602	65	45.5	98.8779815	70	53.2	97.9107039	75		
190	60	41.6	98.5545602	65	45.6	98.8518464	70	53.2	97.9107039	75		
200	60	40.9	98.7697312	65	46.4	98.6196157	70	52.6	98.1802991	75		
210	60	41.1	98.7117504	65	44.9	99.0227628	70	52.1	98.3781899	75		
220	60	40.9	98.7697312	65	44.7	99.0667457	70	52.5	98.2217206	75		
230	60	40.8	98.7977356	65	44.9	99.0227628	70	51.6	98.5545602	75		
240	60	39.6	99.0879892	65	44.4	99.1290364	70	51.4	98.6196157	75	59.3	97.3084652
250	60	38.8	99.2414224	65	40.9	99.6109549	70	49.7	99.0667457	75	58.5	97.7612789

ความถี่	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
(Hz)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)
260	60	38.6	99.275564	65	43.1	99.3543458	70	51.9	98.4511834	75	58.7	97.6557712
270	60	40.2	98.9528715	65	45.9	98.7697312	70	52.9	98.0501554	75	60.3	96.6115584
280	60	42.6	98.1802991	65	47.7	98.1379129	70	55.5	96.4518661	75	62.6	94.2456006
290	60	43.1	97.9582621	65	47.4	98.2621992	70	54.7	97.0487908	75	61.5	95.5331641
300	60	40.8	98.7977356	65	45.5	98.2621992	70	53	98.0047377	75	60.7	96.2846477
310	60	40.4	98.9035218	65	45	98.8779815	70	52.1	98.3781899	75	61.4	95.6348417
320	60	40.3	98.9284807	65	45.2	99	70	53.5	97.7612789	75	61.8	95.2136991
330	60	40.5	98.8779815	65	47.1	98.9528715	70	54	97.4881136	75	62.7	94.1115634
340	60	41.7	98.5208916	65	46.6	98.3781899	70	53.8	97.6011671	75	63	93.6904266
350	60	41.8	98.4864388	65	46.4	98.5545602	70	53.7	97.6557712	75	63	93.6904266
360	60	42.5	98.2217206	65	47.5	98.6196157	70	54.9	96.9097046	75	63.5	92.9205422
370	60	43.3	97.8620379	65	48.7	97.6557712	70	55.4	96.5326315	75	63.7	92.5868976
380	60	43.4	97.8122384	65	48.5	97.7612789	70	55.1	96.7640634	75	63.8	92.4142242
390	60	42.4	98.2621992	65	46.3	98.6510371	70	53.5	97.7612789	75	62.6	94.2456006
400	60	39.9	99.0227628	65	44.7	99.0667457	70	53.1	97.9582621	75	62.4	94.5045913
410	60	39.1	99.1871695	65	44.7	99.0667457	70	53.6	97.7091323	75	62.3	94.629682
420	60	40.5	98.8779815	65	46.1	98.7117504	70	53.9	97.5452911	75	62.3	94.629682
430	60	41.6	98.5545602	65	47.1	98.3781899	70	54.2	97.369732	75	62.3	94.629682
440	60	41.9	98.4511834	65	47	98.4151068	70	54.4	97.2457713	75	62.5	94.3765867
450	60	41.7	98.5208916	65	47	98.4151068	70	54.4	97.2457713	75	62.3	94.629682

ความถี่	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง
(Hz)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)
460	60	41.9	98.4511834	65	47	98.4151068	70	54.3	97.3084652	75	61.9	95.1022118
470	60	42.5	98.2217206	65	47.2	98.3404131	70	54.5	97.1816171	75	60.9	96.1095486
480	60	42.6	98.1802991	65	48	98.0047377	70	55	96.8377223	75	61	96.0189283
490	60	42.9	98.0501554	65	48.3	97.8620379	70	54.2	97.369732	75	60.2	96.6886888
500	60	43.5	97.7612789	65	48.5	97.7612789	70	54.4	97.2457713	75	60.1	96.7640634

แผนภาพแสดงประสิทธิภาพของระบบที่ 70 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง

วันที่ทำการทดลอง 22 มีนาคม 2539

ระดับเสียงภายในห้องทดลอง 35.5 เดซิเบล

ระยะห่างของไมโครโฟน 80 เซนติเมตร

ความถี่	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ผลต่างของระดับความเประ	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง
(Hz)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)
100	60	49.6	90.8798916	65			70			75		
110	60	48	93.6904266	65			70			75		
120	60	47.7	94.1115634	65			70			75		
130	60	46.2	95.8313062	65			70			75		
140	60	43.8	97.6011671	65	49.4	97.2457713	70			75		
150	60	42.8	98.0945393	65	49.2	97.369732	70			75		
160	60	43.7	97.6557712	65	48.7	97.6557712	70			75		
170	60	42.6	98.1802991	65	47.5	98.2217206	70			75		
180	60	41.7	98.5208916	65	46.8	98.4864388	70			75		
190	60	41.4	98.6196157	65	47.2	98.3404131	70	54.3	97.3084652	75		
200	60	41.7	98.5208916	65	47	98.4151068	70	53.3	97.8620379	75		
210	60	41.7	98.5208916	65	47	98.4151068	70	53.3	97.8620379	75		
220	60	42.1	98.3781899	65	46.7	98.5208916	70	52.9	98.0501554	75		
230	60	42	98.4151068	65	47	98.4151068	70	52.8	98.0945393	75		
240	60	43.4	97.8122384	65	48.1	97.9582621	70	53.9	97.5452911	75		
250	60	44.7	97.0487908	65	48.4	97.8122384	70	52.8	98.0945393	75		

ความถี่	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
(Hz)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)
260	60	36.8	99.5213699	65	42.1	99.4871386	70	50.5	98.8779815	75		
270	60	40.1	98.976707	65	46.3	98.6510371	70	53.5	97.7612789	75		
280	60	43.8	97.6011671	65	48.6	97.7091323	70	56	96.0189283	75		
290	60	43.3	97.8620379	65	47.6	98.1802991	70	53.8	97.6011671	75		
300	60	42.3	98.3017563	65	46.7	98.5208916	70	53	98.0047377	75		
310	60	42.4	98.2621992	65	46.4	98.6196157	70	52.4	98.2621992	75		
320	60	42.1	98.3781899	65	46.6	98.5545602	70	53.6	97.7091323	75		
330	60	43.1	97.9582621	65	48.4	97.8122384	70	55	96.8377223	75		
340	60	43.2	97.9107039	65	48.5	97.7612789	70	54.7	97.0487908	75		
350	60	43.1	97.9582621	65	48.3	97.8620379	70	54.3	97.3084652	75		
360	60	44.1	97.4296042	65	49	97.4881136	70	55.9	96.1095486	75		
370	60	44.4	97.2457713	65	49.7	97.0487908	70	55.9	96.1095486	75		
380	60	45.6	96.3692195	65	50.3	96.6115584	70	55.8	96.198106	75		
390	60	44.5	97.1816171	65	48.8	97.6011671	70	55.1	96.7640634	75		
400	60	44.6	97.1159685	65	49.5	97.1816171	70	57.2	94.7519254	75		
410	60	44.6	97.1159685	65	49.4	97.2457713	70	56.6	95.4291181	75		
420	60	44.5	97.1816171	65	50.4	96.5326315	70	56.9	95.1022118	75		
430	60	45.1	96.7640634	65	50.6	96.3692195	70	57.6	94.2456006	75		
440	60	45.6	96.3692195	65	50.6	96.3692195	70	57.2	94.7519254	75		
450	60	45.3	96.6115584	65	51.8	95.2136991	70	57	94.9881277	75		

ความถี่	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง
(Hz)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)
460	60	45.3	96.6115584	65	50.5	96.4518661	70	56.1	95.9261972	75		
470	60	45.6	96.3692195	65	50.5	96.4518661	70	56.6	95.4291181	75		
480	60	46.5	95.5331641	65	51.3	95.7342048	70	56.8	95.2136991	75		
490	60	45.7	96.2846477	65	50.2	96.6886888	70	55.1	96.7640634	75		
500	60	45	96.8377223	65	49.9	96.9097046	70	55.2	96.6886888	75		

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แผนภาพแสดงประสิทธิภาพของระบบที่ 80 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง

วันที่ทำการทดลอง 23 มีนาคม 2539

ระดับเสียงภายในห้องทดลอง 35.5 เดซิเบล

ระยะห่างของไมโครโฟน 90 เซนติเมตร

ความถี่	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ผลต่างของระดับความเประ	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง
(Hz)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)
100	60	51	87.4107459	65			70			75		
110	60	48.9	92.2375288	65			70			75		
120	60	47.8	93.9744041	65			70			75		
130	60	46.2	95.8313062	65			70			75		
140	60	44.6	97.1159685	65			70			75		
150	60	44.4	97.2457713	65	50.1	96.7640634	70			75		
160	60	44.2	97.369732	65	48.6	97.7091323	70			75		
170	60	43.1	97.9582621	65	48	98.0047377	70			75		
180	60	42.6	98.1802991	65	47.3	98.3017563	70			75		
190	60	42.8	98.0945393	65	47.5	98.2217206	70			75		
200	60	42	98.4151068	65	43.4	99.308169	70			75		
210	60	42.5	98.2217206	65	47.6	98.1802991	70	53.8	97.6011671	75		
220	60	42.4	98.2621992	65	47.6	98.1802991	70	53.6	97.7091323	75		
230	60	43.2	97.9107039	65	48.1	97.9582621	70	53.3	97.8620379	75		
240	60	45.6	96.3692195	65	50.3	96.6115584	70	56.1	95.9261972	75		
250	60	42.4	98.2621992	65	45.7	98.8251024	70	52	98.4151068	75		

ความถี่ (Hz)	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)
260	60	38.4	99.308169	65	44.6	99.0879892	70	53.1	97.9582621	75		
270	60	41.4	98.6196157	65	47.8	98.0945393	70	54.5	97.1816171	75		
280	60	44.6	97.1159685	65	50	96.8377223	70	56.4	95.6348417	75		
290	60	42.6	98.1802991	65	47.9	98.0501554	70	54.4	97.2457713	75		
300	60	42.8	98.0945393	65	48	98.0047377	70	54.1	97.4296042	75		
310	60	43.1	97.9582621	65	47.7	98.1379129	70	54.2	97.369732	75		
320	60	43	98.0047377	65	47.6	98.1802991	70	54.5	97.1816171	75		
330	60	42.8	98.0945393	65	48.7	97.6557712	70	55.3	96.6115584	75		
340	60	43.7	97.6557712	65	49.3	97.3084652	70	55.5	96.4518661	75		
350	60	44	97.4881136	65	48.8	97.6011671	70	55.7	96.2846477	75		
360	60	44.8	96.9800483	65	50.2	96.6886888	70	56.2	95.8313062	75		
370	60	45.3	96.6115584	65	50.4	96.5326315	70	56.8	95.2136991	75		
380	60	45.3	96.6115584	65	50.8	96.198106	70	56.4	95.6348417	75		
390	60	44.2	97.369732	65	48.2	97.9107039	70	54.5	97.1816171	75		
400	60	42.3	98.3017563	65	47.9	98.0501554	70	55.9	96.1095486	75		
410	60	42.9	98.0501554	65	49.2	97.369732	70	56.4	95.6348417	75		
420	60	44.7	97.0487908	65	50.2	96.6886888	70	57.7	94.1115634	75		
430	60	45.4	96.5326315	65	50.8	96.198106	70	58	93.6904266	75		
440	60	45.6	96.3692195	65	51.3	95.7342048	70	57.8	93.9744041	75		
450	60	46.4	95.6348417	65	50.9	96.1095486	70	57	94.9881277	75		

ความถี่	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง
(Hz)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)
460	60	45.2	96.6886888	65	50.5	96.4518661	70	56.4	95.6348417	75		
470	60	45	96.8377223	65	50.4	96.5326315	70	56.6	95.4291181	75		
480	60	46.2	95.8313062	65	51	96.0189283	70	58.2	93.3930655	75		
490	60	46	96.0189283	65	50	96.8377223	70	55.4	96.5326315	75		
500	60	45.1	96.7640634	65	49.8	96.9800483	70	54.9	96.9097046	75		

แผนภาพแสดงประสิทธิภาพของระบบที่ 90 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ระดับเสียงภายในห้องทดลอง 35.5 เดซิเบล

วันที่ทำการทดลอง 24 มีนาคม 2539

ระยะห่างของไมโครโฟน 100 เซนติเมตร

ความถี่ (Hz)	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ผลต่างของระดับความประ (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)
100	60	51.9	84.5118338	65			70			75		
110	60	49.7	90.667457	65			70			75		
120	60	49.1	91.8716948	65			70			75		
130	60	46.8	95.2136991	65			70			75		
140	60	45.1	96.7640634	65			70			75		
150	60	45.2	96.6886888	65			70			75		
160	60	44.6	97.1159685	65			70			75		
170	60	43.1	97.9582621	65	47.3	98.3017563	70			75		
180	60	41	98.7410746	65	46.7	98.5208916	70			75		
190	60	40.5	98.8779815	65	47	98.4151068	70			75		
200	60	41.4	98.6196157	65	47	98.4151068	70			75		
210	60	42.3	98.3017563	65	46.8	98.4864388	70			75		
220	60	41.7	98.5208916	65	46.2	98.6817433	70			75		
230	60	40.4	98.9035218	65	45.7	98.8251024	70	52.3	98.3017563	75		
240	60	45.5	96.4518661	65	50.2	96.6886888	70	55.7	96.2846477	75		
250	60	43.4	97.8122384	65	46.7	98.5208916	70	53.5	97.7612789	75		

ความถี่	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง	ก่อนหักล้าง	หลังหักล้าง	ประสิทธิภาพในการลดเสียง
(Hz)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)	(dB)	(dB)	(%)
260	60	38.4	99.308169	65	45.6	98.8518464	70	53.1	97.9582621	75		
270	60	41.4	98.6196157	65	48.3	97.8620379	70	56.3	95.7342048	75		
280	60	45	96.8377223	65	50.6	96.3692195	70	57.4	94.5045913	75		
290	60	42.4	98.2621992	65	47.9	98.0501554	70	54.8	96.9800483	75		
300	60	41.3	98.6510371	65	46.5	98.5874625	70	54.3	97.3084652	75		
310	60	41.4	98.6196157	65	46.5	98.5874625	70	54.6	97.1159685	75		
320	60	42.5	98.2217206	65	47.8	98.0945393	70	55.6	96.3692195	75		
330	60	42.9	98.0501554	65	48.3	97.8620379	70	55.3	96.6115584	75		
340	60	43.2	97.9107039	65	48.8	97.6011671	70	56.4	95.6348417	75		
350	60	44	97.4881136	65	49.6	97.1159685	70	56.5	95.5331641	75		
360	60	45.1	96.7640634	65	50.4	96.5326315	70	57.2	94.7519254	75		
370	60	45.3	96.6115584	65	51	96.0189283	70	57.7	94.1115634	75		
380	60	45.4	96.5326315	65	50.2	96.6886888	70	56.7	95.3226486	75		
390	60	43.5	97.7612789	65	48.3	97.8620379	70	56.1	95.9261972	75		
400	60	41.6	98.5545602	65	48.1	97.9582621	70	56	96.0189283	75		
410	60	43.1	97.9582621	65	49.3	97.3084652	70	56.6	95.4291181	75		
420	60	43.8	97.6011671	65	50	96.8377223	70	57.6	94.2456006	75		
430	60	45	96.8377223	65	51.1	95.9261972	70	58.5	92.9205422	75		
440	60	45.6	96.3692195	65	51.4	95.6348417	70	58.6	92.7556404	75		
450	60	45.6	96.3692195	65	51.1	95.9261972	70	58.1	93.5434577	75		

ความถี่ (Hz)	ระดับความเข้มของเสียง											
	60 dB			65 dB			70 dB			75 dB		
	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)	ก่อนหักล้าง (dB)	หลังหักล้าง (dB)	ประสิทธิภาพในการลดเสียง (%)
460	60	45.3	96.6115584	65	51	96.0189283	70	57.7	94.1115634	75		
470	60	45.5	96.4518661	65	50.6	96.3692195	70	58.1	93.5434577	75		
480	60	46.3	95.7342048	65	51.9	95.1022118	70	57.7	94.1115634	75		
490	60	45.8	96.198106	65	50.7	96.2846477	70	57	94.9881277	75		
500	60	45.6	96.3692195	65	50.4	96.5326315	70	56.3	95.7342048	75		

ลิขสิทธิ์ของสถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามนำไปใช้ในทางที่ผิดกฎหมาย

แผนภาพแสดงประสิทธิภาพของระบบที่ 100 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

สรุปและวิจารณ์

จากการทดลองพบว่า ระบบลดเสียงรบกวนที่พัฒนาขึ้น สามารถลดเสียงรบกวนได้ถึงกว่า 95 % ทั้งนี้เนื่องมาจากการรับสัญญาณที่มาจากสายลำโพงเป็นสัญญาณที่คงที่ จนเกือบจะเป็นอุดมคติ แต่ในทางปฏิบัติคาดว่าประสิทธิภาพจะด้อยกว่านี้

การทดลองที่ความถี่ต่ำ (ช่วง100-150 เฮิร์ซ) มีรูปสัญญาณที่วัดได้ เป็นสัญญาณความถี่ประกอบกันหลายความถี่ ดังรูป6.3ค เกิดจากการสะท้อนภายในห้องทดลองที่มีประสิทธิภาพในการดูดกลืนคลื่นความถี่ต่ำได้ไม่ดีนัก

อย่างไรก็ตาม การทดลองครั้งนี้ เห็นได้ชัดว่า ทุกระดับความเข้มของเสียงที่เงื่อนไขและตัวแปรเหมือนกัน ประสิทธิภาพของระบบจะมีค่าใกล้เคียงกัน และที่ประสิทธิภาพเปลี่ยนแปลงไปตามความถี่ที่เกิดขึ้น อาจเกิดจากค่าความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือวัด อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

สำหรับงานวิจัยต่อเนื่องในอนาคต ควรมีการศึกษาเรื่องสนามการหักล้างในรูปสองมิติด้วย และควรรับค่าจากเสียงรบกวนโดยใช้เครื่องมือวัดอื่นแทนการรับสัญญานจากสายลำโพงโดยตรง เพื่อการจำลองระบบจะได้ใกล้ความเป็นจริงมากขึ้น

การวิจัยเพื่อประยุกต์อาจใช้วิธีวัดเสียงรบกวนจากแหล่งกำเนิดจริง เช่น มอเตอร์ , เสียงจากท่อไอเสีย และเสียงจากเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น ซึ่งเสียงรบกวนดังกล่าวจะมีความถี่ผสมกันหลายความถี่ จึงควรมีการพัฒนาระบบประมวลผลให้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงการการลดเสียงรบกวนโดยวิธีหักล้างนั้น ค่อนข้างจะเป็นเรื่องที่ใหม่ในประเทศไทย เนื่องจากวิธีที่ใช้นั้นต้องอาศัยความรู้ทั้งทางด้านเครื่องกล อิเลคทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์ ทางผู้จัดทำจำเป็นต้องขอคำแนะนำ ข้อมูลต่างๆ รวมทั้งยืมอุปกรณ์ เป็นจำนวนมาก .

โครงงานนี้สำเร็จลงด้วยดี และได้ผลเป็นที่น่าพอใจ ซึ่งทางผู้จัดทำระลึกถึง และซึ้งใจเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกล่าวขอบพระคุณ

รศ. อาจารย์อัครเดช สินธุภัค

ผศ. นิภา ลีลารุจิ

นาย นิวัตน์ วโรภาษ

นาย ประสงค์ วงศ์ประสิทธิพร

นาย ธีระ จิระโพธิรัตน์

ชุมนุมดนตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. รศ. ชม กิ้มปาน "ดิจิตอลอิเลคทรอนิกส์และการออกแบบทางตรรก" โดยบริษัทอิเลคทรอนิกส์เวิลด์ จำกัด พ.ศ. 2528 , 250 หน้า

2. ปราเมษฐ์ ประนยานันทน์ และ ปิยพงษ์ เผ่าวนิช , "คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ", สำนักพิมพ์ซีเอ็ด พระราชบัญญัติ 2521 , 250 หน้า

3. ยืน ภู่สุวรรณ , "ทฤษฎีและการใช้งานอิเลคทรอนิกส์ เล่ม 2" , สำนักพิมพ์ซีเอ็ด พิมพ์ครั้งที่ 10 พ.ศ. 2530 , 247 หน้า

4. อนุชา ศุภสิทธ์จันทร์ อิศเรศ สิรีวิทยาวรรณ , "Acoustic Noise Cancellation", ปริญญานิพนธ์ คณะวิศกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, ปีการศึกษา 2529 , 43 หน้า

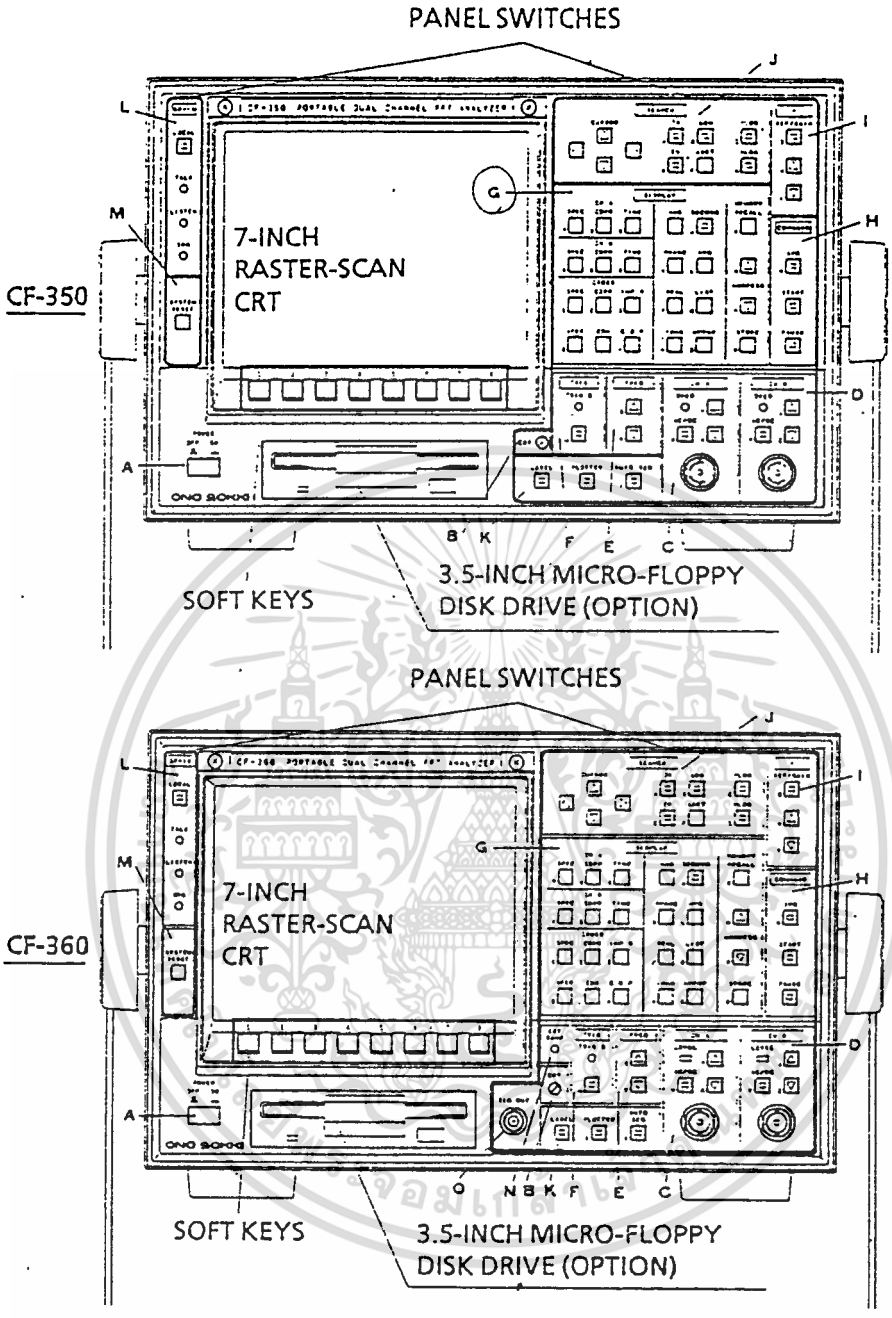
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. GENERAL DESCRIPTION

2.1 Panel Descriptions



Front-panel switches can be divided into panel switches and soft keys.

- Panel Switches
  - Each switch corresponds to one function.
  - When displaying a label, the panel switches are used to write the alphanumeric characters and symbols that are marked to the lower left of each switch. The group of switches with the numerals 0 thru 9 will be referred to as the *numeric keys*.
- Soft Keys
  - These keys are used for more complex settings of data capture conditions and analysis and can have more than one function, depending upon the display just above the keys at the bottom of the CRT screen.

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PANEL SWITCH DESCRIPTIONS

A POWER

POWER switch

B INTENSITY ADJUSTMENT

CRT Intensity adjustment

C Channel A Input Group

Signal input connector

AC/DC coupling switch

A/D overload display LED (CF-350)

−12 dB & A/D overflow LED (CF-360)

Input voltage range setting switches

D Channel B Input Group

Signal input connector

AC/DC coupling switch

A/D overload display LED (CF-350)

−12 dB & A/D overflow LED (CF-360)

Input voltage range setting switches

E Frequency Range Setting Group

Frequency range setting switches

F Trigger Group

Trigger execution switch

Trigger execution display LED

G Display Function Group

Channel A group

Spectrum display switch

Autocorrelation function display switch

Time-axis waveform display switch

Channel B group

Spectrum display switch

Autocorrelation function display switch

Time-axis waveform display switch

Cross mode section

Cross spectrum display switch

Cross correlation function display switch

Impulse response display switch

Transfer function display switch

Coherence function display switch

Coherent output power display switch

Amplitude display switch

Phase display switch

Real-part display switch

Imaginary-part display switch

Dual-frame mode display switch

Polar coordinate display switch

List display switch

3-Dimensional display switch

Memory recall switch

CRT block memory address-specification switches

Store switch

H COMMAND Group

Averaging execution switch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

START Start switch

PAUSE Pause switch

I Y-Axis Adjustment Group

REF/GAIN Y-axis reference/gain selection switch

Y-axis reference/gain magnification setting switches

J SEARCH Group

YLOG Y-axis Log-Lin display selection switch

XLOG X-axis Log-Lin display selection switch

ΔON Delta function execution switch

ΔSET Delta cursor setting switch

ON Search function execution switch

EU EU (engineering units) setting switch

CURSOR Search cursor movement keys.

K Group

LABEL Label display function switch

PLOTTER Plot execution switch

AUTO SEQ Autosequence execution switch

L GPIB Group

LOCAL Local switch

TALK Talk status LED

LISTEN Listen status LED

SRQ Service request display LED

M Group

SYSTEM RESET System reset switch

N Group

EXT SAMP External sampling input LED (CF-360 only)

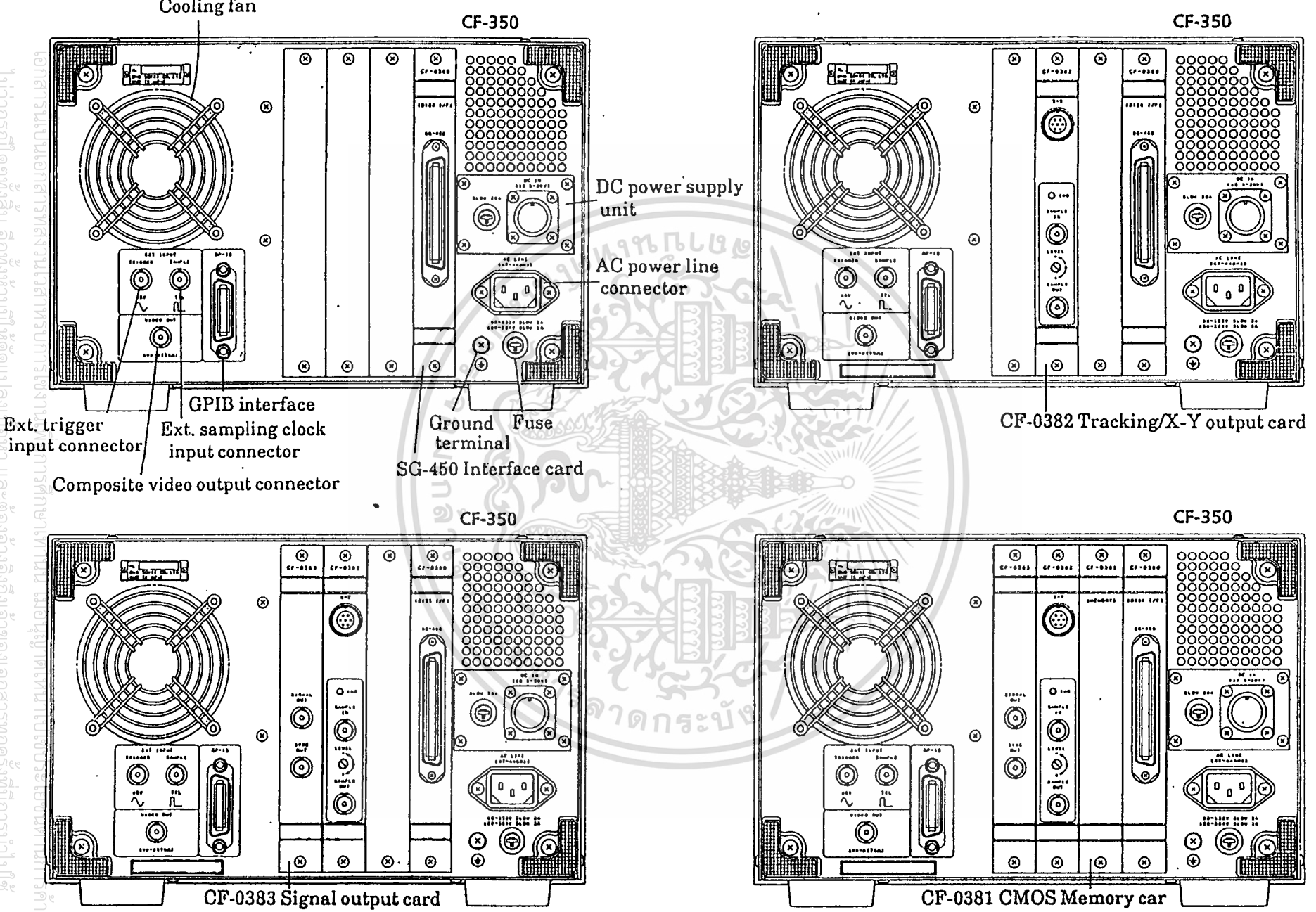
O Group

SIG OUT Signal output connector (CF-360 only)

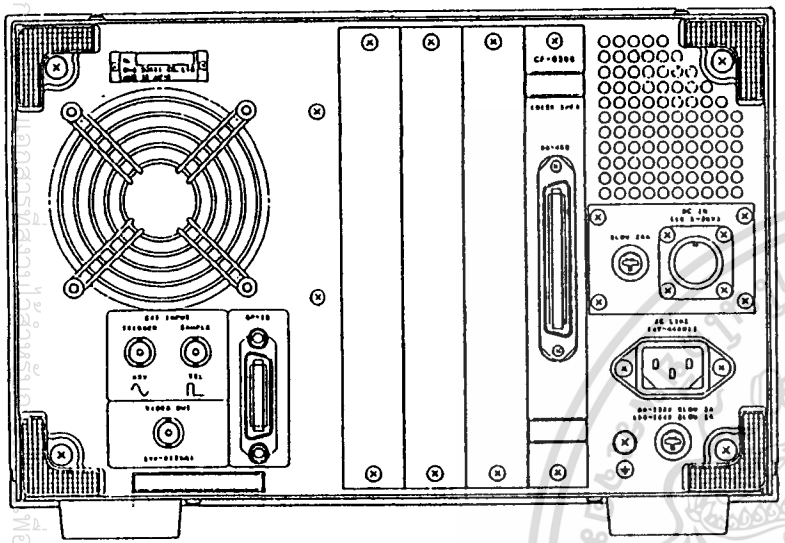
LEDs of switches having LEDs light when the corresponding switches are on.

The AC/DC and REF/GRIN switch LEDs light when the first functions (AC or REF) are selected and are extinguished when the second functions (DC or GAIN) are selected.

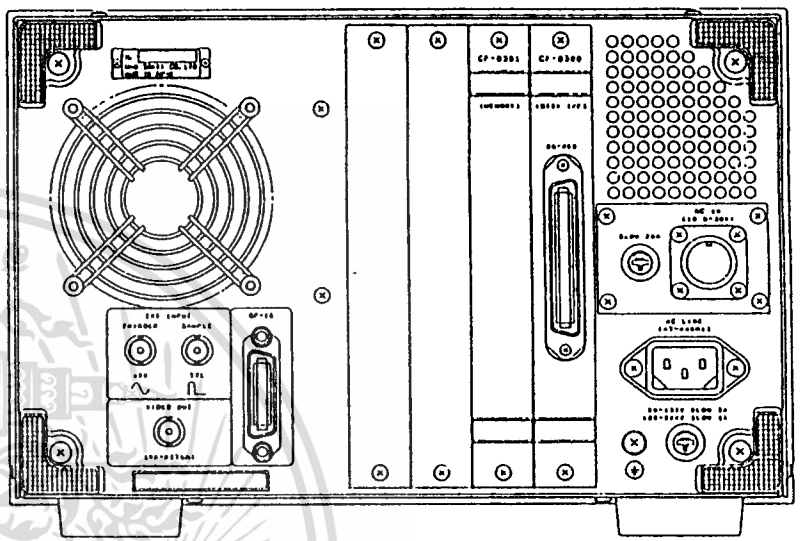
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


Cooling fan
CF-350
DC power supply unit
AC power line connector
Ext. trigger input connector
GPIB interface
Ext. sampling clock input connector
Composite video output connector
Ground terminal
Fuse
SG-450 Interface card
CF-350
CF-0382 Tracking/X-Y output card
CF-350
CF-0383 Signal output card
CF-350
CF-0381 CMOS Memory car

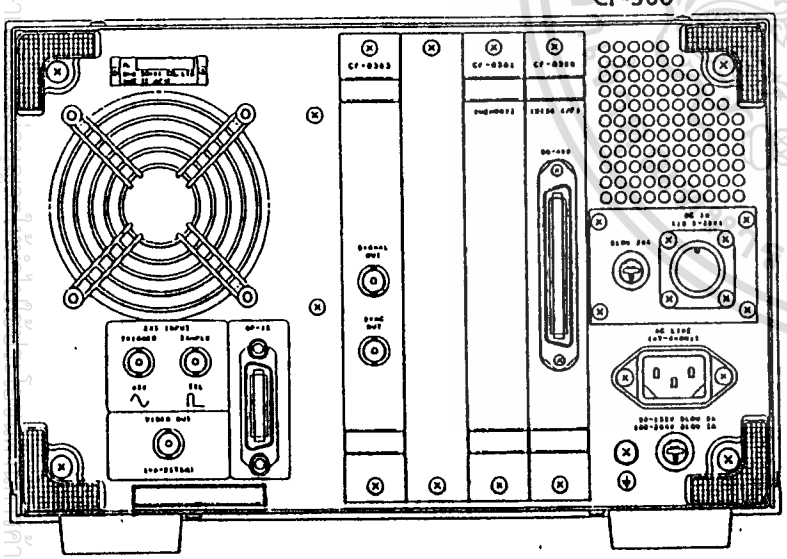
CF-360



CF-360

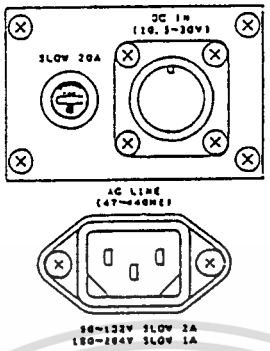


CF-360



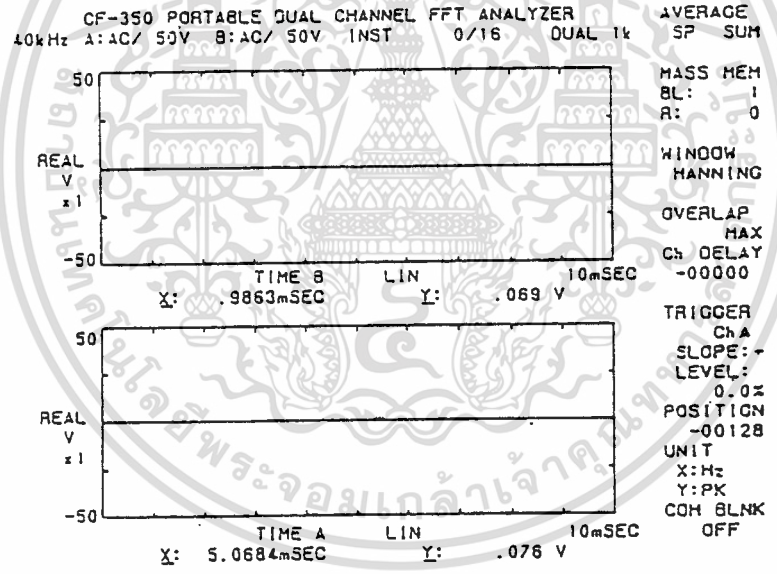
2.2 Powering ON the CF-350/360

Be sure that the line voltage supplied to the CF-350/360 matches the voltage marked on the rear panel (refer to Section 1.4).



Press the POWER switch to apply power to the analyzer.

After power is applied, initialization will be performed and, after 2 to 3 seconds have elapsed, the CRT will appear as shown below.



- Whenever the SYSTEM RESET reset switch is pressed, the same initialization is performed and the display appears as shown above. When a system reset is performed, however, the immediately previous analysis results and the contents of mass memory are all lost.

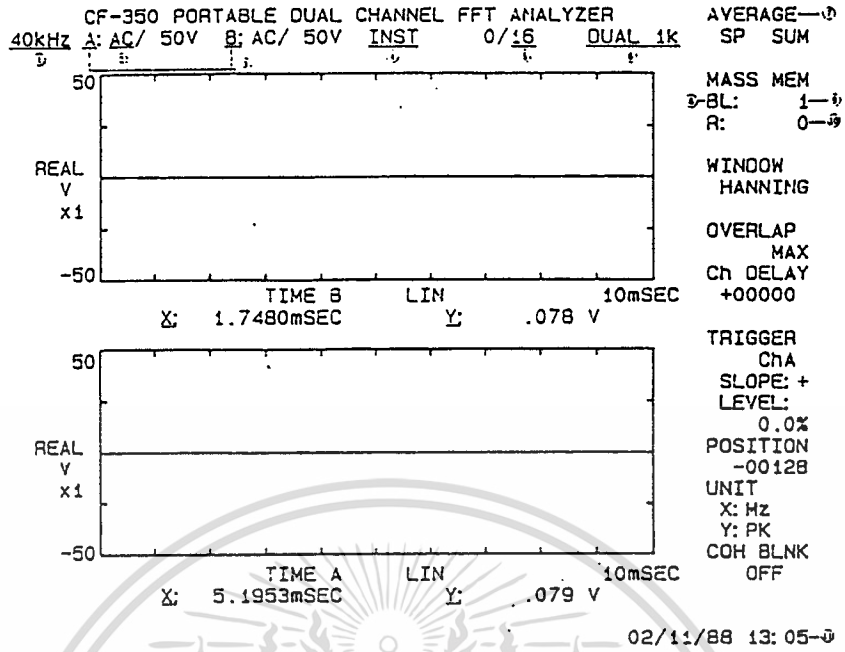
- When autorecall is in effect, the analysis conditions that were previously set at location 1 of the panel condition memory are loaded and automatically set.

If the Display is Blank

If nothing appears on the CRT display, adjust the INTENSITY knob at the lower right of the CRT to the right to increase the intensity of the CRT screen.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 Display Description



Highlighted Display Items

During normal operation, characters on the CRT will sometimes be highlighted.

When the characters ① through ⑪ in the figure above appear highlighted, they have the meanings shown in the table below.

	Character string	Item	Meaning
①	40 kHz	Frequency range	External sampling ON
②	AC	AC/DC coupling	DC cancel ON
③	A, B	Channel	Polarity reversed
④	INST	Averaging ON/OFF	High-precision mode ON
⑤	16	Number of averages	Display inhibit ON
⑥	DUAL 1K	Data length	Time record memory playback in progress
⑦	AVERAGE	Averaging	Memory data analysis mode ON
⑧	BL	Block	Autostore executing
⑨	1	CRT memory block	Storage completed
⑩	0	Record memory address	Storage completed
⑪	02/11/88 13:05	Day/month/year Hour:minute	Time interval ON

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
en      equ     0h
gm      equ     1h
inptrl  equ     40h
inptrh  equ     41h
outptrl equ     42h
outptrh equ     43h
tmp     equ     44h
dth     equ     45h
dtl     equ     46h
tmp1    equ     47h
min     equ     48h
mintmp  equ     49h
ddth    equ     4ah
ddtl    equ     4bh
max     equ     4ch

org 0
        jmp     begin

org 0bh
        jmp     time0
org 1bh
        setb    en
        clr     tr1
        reti
begin:
        mov     min,#7fh
        mov     dth,#0ffh
        mov     dtl,#0ffh
lp:     clr     en
        mov     max,#0
        mov     inptrl,#0
        mov     inptrh,#80h
        mov     outptrl,#0
        mov     outptrh,#80h
        mov     tmod,#11h
        setb    ie.1
        setb    ie.3
        setb    ie.7
        mov     th1,dth
        mov     tl1,dtl
        mov     th0,#0ffh
        mov     tl0,#80h
        setb    tr0
        setb    tr1
        jb      gm,genmin
        call    delay
        dec     dtl
        dec     dtl
        dec     dtl
        dec     dtl
        dec     dtl
        dec     dtl
        dec     dtl
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        dec     dtl
        mov     a,dtl
        cjne    a,#0ffh,findmn
        dec     dth
        mov     a,dth
        cjne    a,#0d0h,findmn
        setb    gm
        mov     dth,ddth
        mov     dtl,ddtl
        jmp     lp
findmn: mov     a,max
        cjne    a,min,ne1
        jmp     lp
ne1:    jc      less
        jmp     lp
less:   mov     min,a
        mov     ddth,dth
        mov     ddtl,dtl
        jmp     lp
genmin:
        mov     a,min
        add     a,#10
        mov     mintmp,a
lp1:    mov     dptr,#0e002h
        movx    a,@dptr
        cjne    a,mintmp,neq1
        jmp     lp1
neq1:   jc      lp1
        mov     dth,#0ffh
        mov     dtl,#0ffh
        clr     gm
        mov     min,#79h
        mov     max,#0
        jmp     lp
delay:
        mov     r7,#30h
lll:    mov     r6,#0
        djnz    r6,$
        djnz    r7,lll
        ret
time0:  mov     tmp1,a
        mov     th0,#0ffh
        mov     tl0,#80h
        mov     dptr,#0e002h
        movx    a,@dptr
        mov     dpl,inptrl
        mov     dph,inptrh
        movx    @dptr,a
        inc     dptr
        mov     a,dph
        cjne    a,#0a0h,aaa
        mov     inptrh,#80h
        mov     inptrl,#0h
        jmp     ccc
aaa:    mov     inptrh,dph
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        mov     inptrl,dpl
ccc:    jb      en,out
        mov     a,tmp1
        reti
out:    mov     dpl,outptrl
        mov     dph,outptrh
        movx    a,@dptr
        mov     tmp,a
        inc     dptr
        mov     a,dph
        cjne    a,#90h,bbb
        mov     outptrh,#80h
        mov     outptrl,#0
        jmp     ddd
bbb:    mov     outptrh,dph
        mov     outptrl,dpl
ddd:    mov     dptr,#0e000h
        mov     a,tmp
        movx    @dptr,a
        mov     dptr,#0e012h
        movx    a,@dptr
        clr     acc.7
        cjne    a,max,neq
        mov     a,tmp1
        reti
neq:    jnc     more
        mov     a,tmp1
        reti
more:   mov     max,a
        mov     a,tmp1
        reti
end
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้