สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องปรับแต่งสัญญาณเสียงด้วย DSP Chip

Signal Modify Synthesis Equipment by DSP Chip

โดย

นายจิตรภณ ทิพย์โภคาสกุล

นาย ณัฐพล หุตะโกวิท

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 73132
วัน,เดือน,ปี 4 ก.ค. 2550

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

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องปรับแต่งสัญญาณเสียงด้วย DSP Chip

Signal Modify Synthesis Equipment by DSP Chip

โดย

นาย จิตรภณ ทิพย์โภคาสกุล รหัส 45010112

นาย ณัฐพล หุตะโกวิท รหัส 45010242

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2548

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องปรับแต่งสัญญาณเสียงด้วย DSP Chip

ผู้จัดทำ

1. นาย จิตรภณ ทิพย์โภคาสกุล รหัส 45010112
2. นาย ณัฐพล หุตะโกวิท รหัส 45010242

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร. มนัส สังวรศิลป์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องปรับแต่งสัญญาณเสียงด้วย DSP Chip

Signal Modify Equipment by DSP Chip

นาย จิตรภณ ทิพย์โภคาสกุล รหัส 45010112

นาย ณัฐพล หุตะโกวิท รหัส 45010242

โครงงานได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการตรวจสอบได้

.....

(รศ.ดร. มนัส สังวรศิลป์)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

ชื่อโครงงาน เครื่องปรับแต่งสัญญาณเสียงด้วย DSP Chip

ผู้จัดทำ

นาย จิตรภณ ทิพย์โภคาสกุล รหัส 45010112(4C)

นาย ณัฐพล หุตะโกวิท รหัส 45010242(4C)

คณะวิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. มนัส สังวรศิลป์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นเรื่องที่ว่าด้วยรายละเอียดของโครงงาน เครื่องปรับแต่งสัญญาณเสียงด้วย DSP Chip (Digital Signal Processing) Chip โดยโครงงานนี้ ทางผู้จัดทำได้เลือกใช้ DSP Chip เบอร์ TAS3004 ของบริษัท Texas Instrument การทำงานของอุปกรณ์ประกอบด้วยการใส่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆลงไปใน Chip DSP เพื่อสร้างการสังเคราะห์สัญญาณ ตามรูปแบบกราฟที่ได้ทำการ Simulation ผ่านโปรแกรม ALE 4.0 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้งานคู่กับ Chip DSP เบอร์ต่างๆของบริษัท Texas Instrument การโปรแกรมค่าพารามิเตอร์ จะใช้การสั่งงานโดย Micro Controller ในรูปแบบของการส่งข้อมูลแบบ I^2C ซึ่งจะใช่การควบคุมการทำงานโดยผ่านทางแผงวงจรควบคุมบนตัวเครื่องและทำการเลือกรูปแบบการใช้งานผ่านทางหน้าจอ LCD โดยตัวอุปกรณ์จะมี Line in RCA แบบ stereo(แยกสัญญาณซ้าย-ขวา) โดยจะทำการสังเคราะห์สัญญาณเสียงด้วย DSP Ship 2 ตัว แยกเป็น Output ทั้งหมด 2 ชุด 4 Channel โดยจะมี Function การทำงานได้แก่ Volume, Treble, Bass Control และยังมี Function พิเศษที่ทำขึ้นมาใช้งานคือ DSP Surround โดยสร้างเป็น mode การทำงานของเสียงในรูปแบบต่างๆให้เลือกใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Signal Modify Equipment by DSP Chip

Mr. Jittrapon Tippokasakul

Mr. Nattapol Hutakovida

Assoc.Prof.Dr. Manus Sangworasilp (Advisor)

Education Year 2005

Abstract

This thesis is about Sound-synthesis by Digital Signal Processing (DSP) Chip project. Constructor have choose DSP Chip number TAS 3004 by Texas Instrument. The working method of control DSP chip is input the parameters into DSP Chip. And the parameter we had from simulation program ALE 4.0 and the Datasheet tables of TAS3004. The programming method will be use microcontroller to put the necessary parameter into DSP Chip. It use I^2C pattern to send data between the controller and DSP Chip. User can control this equipment by Pad control and choose the function by LCD Display on it. Overview of this equipment, Input is RCA stereo input 2 channel. And synthesis by Double DSP Chip to change input signal to 4 channel output. This Equipment can adjust Volume ,Treble and Bass Function. And have special function is DSP Surround for choose character of sound pattern.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้คงไม่อาจเสร็จลุล่วงไปด้วยดี ถ้าหากไม่มีการสนับสนุนที่ดีจาก ท่านอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.มนัส สังวรศิลป์ ที่ให้คำปรึกษา แนะแนวทาง เมื่อเกิดปัญหาขึ้นกับโครงงาน ขอขอบคุณคุณ วัฒณสิทธิ์ พิมเพา รุ่นพี่ปริญญาโทที่ให้การดูแล แนะนำ แก้ไขปัญหา อย่างใกล้ชิดมาโดยตลอด และขอขอบคุณทุกๆท่านที่ไม่ได้เอ่ยนามที่ให้ความช่วยเหลือด้วยดีมาโดยตลอดการทำโครงงาน จนโครงงานได้สำเร็จลุล่วงด้วยดี สุดท้ายต้องขอขอบคุณบุคคลที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีวันนี้ นั่นคือ บิดา มารดา และบุคคลในครอบครัวอันเป็นที่เคารพรัก ที่ได้คอยเลี้ยงดู สั่งสอนข้าพเจ้ามาเป็นอย่างดี พร้อมให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจ ความรักเสมอมา ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

นาย จิตรภณ ทิพย์โภคาสกุล
นาย ณัฐพล หุตะโกวิท
ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 – บทนำ	1
บทที่ 2 – ทฤษฎีและหลักการทำงานของอุปกรณ์	2
2.1 สัญญาณเสียง	2
2.2 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์	9
2.3 ระบบบัส I^2C	13
2.4 DSP Chip (TAS3004)	16
2.5 ตัวกรองเชิงเลข (digital filter)	26
บทที่ 3 – วงจรการทำงานและการออกแบบอุปกรณ์	30
3.1 วงจรส่วนการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ และการแสดงผลผ่านหน้าจอ LCD	30
3.2 วงจรส่วนการสังเคราะห์สัญญาณเสียง	31
3.2.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)	31
3.2.2 วงจร ADC	32
3.2.3 วงจรควบคุมการทำงานของ DSP Chip (TAS3004)	32
3.2.4 วงจรสังเคราะห์สัญญาณ (วงจร DSP TAS3004)	34
3.2.5 วงจรขยายสัญญาณ (Pre Amplifier)	34
3.3 โปรแกรมควบคุมการทำงานของชิป TAS3004 โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์	36
บทที่ 4 – Simulation Signal For DSP Chip	43
4.1 Function Equalizer Filter Parameters	44
4.2 รูปแบบของ DSP Surround	47
4.3 Function Loudness Filters	49
บทที่ 5 – การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์	52
5.1 การควบคุมระดับเสียง (volume control)	53
5.2 การควบคุมระดับเสียงทุ้ม (bass control)	55
5.3 การควบคุมระดับเสียงแหลม (treble control)	56
5.4 การควบคุม biquad filter	56
ภาคผนวก	59
- การใช้งานในโหมดต่างๆของอุปกรณ์สังเคราะเสียงด้วย DSP Chip (Manual)	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 Block Diagram of a possible digital processing system	2
รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างของ waveform ของเสียง โด เร มี ที่เกิดขึ้นจากเปียโน	3
รูปที่ 2.3 แสดงรายละเอียดของ waveform ซึ่งเกิดขึ้นจากการผสมกันของ สัญญาณคลื่นซายน์ที่มี แอมพลิจูด และความถี่แตกต่างกัน	3
รูปที่ 2.4 แสดงรูปแบบของสัญญาณที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำการสุ่มหน้าคลื่น	5
รูปที่ 2.5 แสดงสัญญาณในเชิงความถี่ที่เกิดขึ้นเมื่อใช้ Fs ต่ำกว่า 2Fmax	5
รูปที่ 2.6 แสดงการแซมปลิ้งสัญญาณที่ต่อเนื่องมาเป็นสัญญาณที่ดิจิตอล โดย A/D และทำการแปลงกลับเป็นสัญญาณอนาล็อกโดยใช้ D/A	6
รูปที่ 2.7 แสดงอัตราการแซมปลิ้งของสัญญาณต่างๆ	6
รูปที่ 2.8 แสดงทรานเฟอร์ฟังก์ชันของการควอนไตซ์แบบ 4 บิต	7
รูปที่ 2.9 แสดงความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการควอนไตซ์	8
รูปที่ 2.10 แสดงตำแหน่งขาของไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51	10
รูปที่ 2.11 แสดงไดอะแกรมเวลาของสถานะต่างๆบนระบบบัส I^2C	15
รูปที่2.12 แสดงรูปแบบข้อมูลในการอ้างแอดเดรส	16
รูปที่ 2.13 แสดงบล็อกไดอะแกรมภายในของชิป TAS3004	18
รูปที่ 2.14 แสดงตำแหน่งขาของชิป TAS3004	19
รูปที่ 2.15 แสดงวงจรในส่วนของอินพุทอนาล็อก	20
รูปที่ 2.16 แสดงวงจรในส่วนของเอาท์พุทอนาล็อก	20
รูปที่ 2.17 แสดงบล็อกไดอะแกรมในการประมวลผลสัญญาณภายในชิป TAS3004	21
รูปที่ 2.18 แสดงโครงสร้างของ biquad block	21
รูปที่ 2.19 แสดงโครงสร้างการทำงานของ biquad IIR filter	22
รูปที่ 2.20 แสดงรูปแบบในการส่งข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์	24
รูปที่ 3.1 ปุ่มควบคุมการทำงานของอุปกรณ์	30
รูปที่ 3.2 วงจรควบคุมการส่งผ่านข้อมูลผ่านทางปุ่มบังคับ และแสดงผลทางจอ LCD	31
รูปที่ 3.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)	32
รูปที่ 3.4 วงจร ADC	32
รูปที่ 3.5 วงจรควบคุมการทำงานของ DSP chip	33
รูปที่ 3.6 วงจรสังเคราะห์สัญญาณ (วงจร DSP TAS3004)	34
รูปที่ 3.7 วงจรขยายสัญญาณ (Pre Amplifier)	35
รูปที่ 3.8 วงจรรวมทั้งหมดของอุปกรณ์สังเคราะห์เสียงด้วย DSP Ship	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.9 แสดงโฟลว์ชาร์ทอธิบายกระบวนการในการเลือกฟังก์ชันในการทำงาน 37
รูปที่ 3.10 แสดงโฟลว์ชาร์ทอธิบายกระบวนการทำงานในส่วนของ tone control 38
รูปที่ 3.11 แสดงโฟลว์ชาร์ทอธิบายกระบวนการทำงานในส่วนของ biquad filter 39
รูปที่ 3.12 แสดงโฟลว์ชาร์ทอธิบายกระบวนการส่งข้อมูลไปยังชิป TAS3004 41
รูปที่ 4.1 รูปหน้าต่างของโปรแกรม simulate 44
รูปที่ 4.2 หน้าต่างการสร้างกราฟ Equalizer 44
รูปที่ 4.3 รูปกราฟ Equalizer ที่สร้างจากโปรแกรม simulate 45
รูปที่ 4.4 แสดงผลความเปลี่ยนแปลงของ จากการใช้ EQ เข้ามาสังเคราะห์สัญญาณ 45
รูปที่ 4.5 ค่า parameter ที่ได้จาโปรแกรม simulate 46
รูปที่ 4.6 รูปแบบกราฟ การตอบสนองความถี่ ของรูปแบบเสียง Live 47
รูปที่ 4.7 รูปแบบกราฟ การตอบสนองความถี่ ของรูปแบบเสียง Stadium 47
รูปที่ 4.8 รูปแบบกราฟ การตอบสนองความถี่ ของรูปแบบเสียง Large Hall 48
รูปที่ 4.9 รูปแบบกราฟ การตอบสนองความถี่ ของรูปแบบเสียง Club 48
รูปที่ 4.10 สัญญาณเสียงเมื่อปรับ volume ค่าต่างๆ 49
รูปที่ 4.11 แสดงการตั้งค่า EQ Base Type 49
รูปที่ 4.12 แสดงค่า parameter จากการตั้งค่า EQ Base Type 50
รูปที่ 4.13 หน้าต่างโปรแกรมในการตั้งค่า Bass Bass และ Treble Bass 50
รูปที่ 4.14 ค่า parameter ที่ได้จากการตั้งค่า Bass Bass 51
รูปที่ 4.15 ค่า parameter ที่ได้จากการตั้งค่า Treble Bass 51
รูปที่ 5.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรที่ใช้ในการทำการทดลอง 52
รูปที่ 5.2 แสดงผลของสัญญาณเอาท์พุทเมื่อทำการปรับระดับเสียงให้อยู่ที่ 0 dB 53
รูปที่ 5.3 แสดงผลของสัญญาณเอาท์พุทเมื่อทำการปรับระดับเสียงให้อยู่ที่ 5 dB 54
รูปที่ 5.4 แสดงผลของสัญญาณเอาท์พุทเมื่อทำการปรับระดับเสียงให้อยู่ที่ -5 dB 54
รูปที่ 5.5 แสดงผลการทดลองการควบคุมระดับเสียง
เมื่อทำการขยายสัญญาณให้มีอัตราขยายอยู่ที่ 10dB 55
รูปที่ 5.6 แสดงผลการทดลองการควบคุมระดับเสียง
เมื่อทำการขยายสัญญาณให้มีอัตราขยายอยู่ที่ 10 dB 56
รูปที่ 5.7 แสดงผลการทดลองการควบคุม biquad filter เมื่อทำการขยายสัญญาณ
ให้มีอัตราขยายอยู่ที่ 5 dB ที่ความถี่ 500 Hz โดยมีค่า Q เป็น 1 57
รูปที่ 5.8 แสดงผลการตอบสนองความถี่เมื่อทำการส่งค่าสัมประสิทธิ์ที่
อัตราขยาย 5 dB ความถี่ 500 Hz โดยมีค่า Q เป็น 1 57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงหน้าที่ขาต่างๆของชิป TAS3004	17
ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างค่าของทศนิยมในรูปของ 4.20 format	23
ตารางที่ 2.3 แสดงรายละเอียดของ Main Control Register 1 (MCR1)	24
ตารางที่ 2.4 แสดงรายละเอียดของ Main Control Register 2 (MCR2)	25
ตารางที่ 2.5 แสดงรายละเอียดของ Analog Control Register (ACR)	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

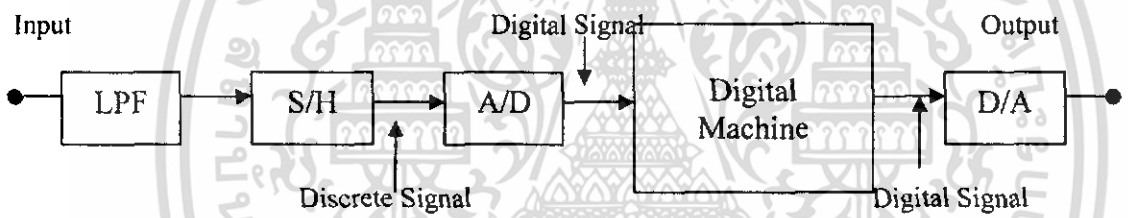
ปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้ได้รวบรวมการศึกษาหลักการการทำงาน ของระบบการสังเคราะห์สัญญาณเสียงแบบเชิงเลข (Digital Audio Processor) โดยได้สร้างอุปกรณ์เครื่องสังเคราะห์เสียง ซึ่งใช้ชิพเบอร์ TAS3004 ของ Texas Instrument ซึ่งชิพเบอร์นี้เป็นการประมวลผลสัญญาณ แบบเชิงเลข(Digital Signal Processing) การทำงานของชิพนั้นจะเป็นการสั่งให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ต่าง โดยการโปรแกรมข้อมูลจากเครื่องควบคุม ที่ทำการสร้างขึ้นมา เพื่อทำการสังเคราะห์สัญญาณเสียงในรูปแบบต่างๆตามต้องการ Function ของชิพเบอร์นี้ มีด้วยกันหลายอย่าง ได้แก่ การควบคุมระบบ Equalizer ด้วยดิจิตอลพารามิเตอร์ , Dynamic Range Expansion and Compression,Function Loudness Contour และยังมี Function เสริมได้แก่การปรับค่ารูปแบบให้กับสัญญาณเสียง ด้วยการควบคุมการปรับระดับเสียงทุ้ม แหลมให้กับสัญญาณเสียง ซึ่งในการสร้างอุปกรณ์นี้จะเลือกนำเอาฟังก์ชั่นการใช้งานที่สนใจมาทำการใช้งาน การควบคุมค่าพารามิเตอร์จะทำได้โดยใช้การเชื่อมต่อกับผ่าน Micro Controller บนHardware โดยทำการส่งข้อมูลผ่าน Port I^2C

ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะเน้นการพัฒนาการใช้งานโดยนำฟังก์ชั่นการทำงานของชิพ TAS3004 ในโหมดต่างๆ โดยอาศัยไมโครคอนโทรลเลอร์ในการทำหน้าที่ในการควบคุมการใช้งานทางส่วนบังคับการทำงาน และมีการแสดงผลทางหน้าจอ LCD รวมถึงการโหลดข้อมูลไปยังชิพ TAS3004 ในอุปกรณ์ได้ทำการสร้าง Digital Equalizer แบบ Biquad Filter ทั้งหมด 7 band ฟังก์ชั่นในการเลือกรูปแบบเสียงที่ได้จัดทำไว้ ซึ่งมีฟังก์ชั่นให้เลือกใช้งานเฉพาะ เมื่อต้องการรับฟังเสียงในรูปแบบที่สร้างไว้ เช่น เสียงแบบ Concert Hall เสียงใน Club เสียงใน Stadium และแบบ Live play เพื่อเกิดความแปลกใหม่ในการรับฟัง และรวมถึงการควบคุมการปรับค่าฟังก์ชั่นพื้นฐานได้แก่ Bass-Treble ของสัญญาณ ฟังก์ชั่น Loudness ในส่วนของอุปกรณ์การทำงานนั้น จะประกอบด้วยส่วนต่างๆได้แก่ ส่วนของการรับข้อมูล Input แบบAnalog(สัญญาณเสียงแบบ 2.0 Channel) มาทำการแปลงสัญญาณ Analog เป็น Digital เพื่อให้ทำการสังเคราะห์สัญญาณ บนชิพได้ ,ส่วนของการส่งข้อมูล พารามิเตอร์เพื่อสั่งงานให้ชิพทำการสังเคราะห์สัญญาณได้ตามที่ต้องการ ,ส่วนการแปลงค่า สัญญาณ Digital ที่ทำการสังเคราะห์แล้วให้กลับมาเป็นสัญญาณ Analog เพื่อส่งออกมาที่ภาคขยาย(Amplifier) เพื่อส่งต่อมาที่ Output ของอุปกรณ์ ซึ่งจะมีการแยกสัญญาณ Output ซึ่งมีการนำ chip ทั้งหมด 2 ตัว เพื่อทำให้เกิดความสร้างสรรค์ ของรูปแบบเสียง แยกออกเป็น ด้านหน้า และด้านหลัง ซึ่งด้านหน้าและด้านหลัง จะมีค่าพารามิเตอร์เช่น ค่า Delay ต่างๆกันไปในแต่ละฟังก์ชั่นคล้ายกับจำลองระบบเสียงแบบ Surround ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการทำการควบคุม Chip แยกกันออกไปอย่างอิสระ เพื่อให้สามารถนำไปพัฒนาสร้าง ฟังก์ชั่นการจำลองการใช้งานให้กลายเป็นระบบ Surround ที่สมบูรณ์แบบต่อไป หรือพัฒนาอุปกรณ์ในรูปแบบอื่นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการทำงานของอุปกรณ์

ในโลกปัจจุบันนี้เทคโนโลยีต่างๆได้ถูกนำมาพัฒนาในด้านต่างๆ อย่างกว้างขวาง รวมถึงการนำเทคโนโลยี แบบเชิงเลข หรือ ระบบ Digital มาใช้ในการแทนระบบแบบเดิม หรือแบบ Analog ตัวอย่างเช่น การเก็บข้อมูลต่างๆในคอมพิวเตอร์ การ่ายภาพด้วยกล้องแบบ Digital การบันทึกข้อมูลเสียงด้วย CD แทนการบันทึกแบบcassette tape ซึ่งมีข้อดีกว่าแบบเดิมมากมาย แต่ยังต้องมีการพัฒนาต่อไปในด้านต่างๆ ให้มีคุณภาพของข้อมูลเทียบเท่าแบบอนาลอก ซึ่งเห็นได้ว่ามีความเป็นไปได้อย่ายิ่งในอนาคต Digital Audio เป็นเรื่องที่น่าทำการศึกษาเป็นอย่างมากเนื่องจากในปัจจุบันความสะดวกต่อการใช้งาน รวมถึงการสังเคราะห์ข้อมูลทำได้สะดวกกว่าแบบอนาลอก โดยสามารถใช้ การสังเคราะห์สัญญาณด้วยการประมวลผลเชิงเลข (Digital Signal Processing) ซึ่งมีการทำงานดังนี้



รูปที่ 2.1 Block Diagram of a possible digital processing system

2.1 สัญญาณเสียง

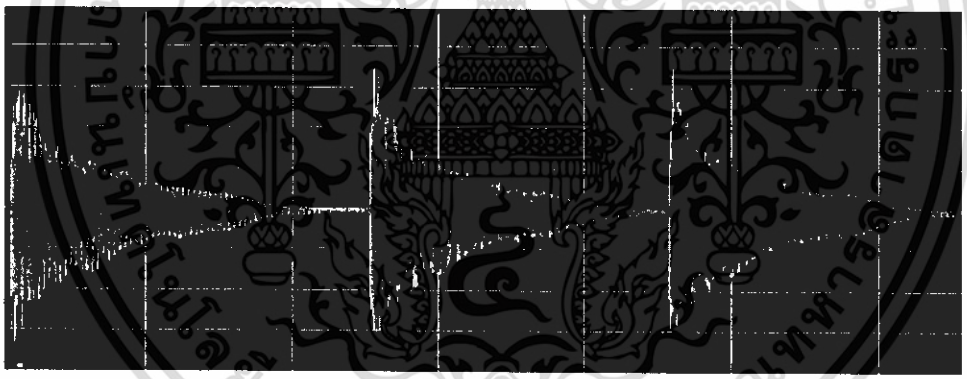
เสียงที่เราได้ยินนั้นเป็นเพราะอากาศมีการเปลี่ยนแปลงความดัน เช่น เมื่อมีใครเคาะโต๊ะ ก็จะเกิดการชนกันระหว่างโมเลกุลของมือกับโมเลกุลของโต๊ะ ส่งผลทำให้โมเลกุลของโต๊ะซึ่งมีความเครียดมากกว่ามือเกิดการสั่นมากขึ้น การสั่นของโมเลกุลนี้สามารถจะลดลงได้ด้วยการถ่ายเทพลังงานให้โมเลกุลของอากาศที่วิ่งมาชนทำให้โมเลกุลอากาศมีความเร็วสูงขึ้น โดยความดันของอากาศจะขึ้นอยู่กับพลังงานเมื่อโมเลกุลเกิดการชนกัน หลังจากนั้นจะมีการถ่ายเทพลังงานผ่านอากาศต่อกันมาเป็นทอดๆ ทำให้เกิดเป็นคลื่นของความดันที่แผ่ออกไป เมื่อเดินทางมาถึงหูของเราแผ่นไดอะแฟรมที่หูก็จะเปลี่ยนความดันอากาศให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งไปยังสมอง ดังนั้นเราจะได้ยินเสียงได้ก็ต่อเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของความดันบรรยากาศเปลี่ยนแปลงในเวลาหนึ่งๆ

ในขณะที่ไม่มีคลื่นเสียงความดันบรรยากาศจะคงที่ หลังจากนั้นเมื่อมีคลื่นเสียงเกิดขึ้นความดันบรรยากาศจะแกว่งรอบๆ ค่าความดันปรกติ โดยถ้าหากแกว่งออกจากค่าปรกติมาก เราก็จะ

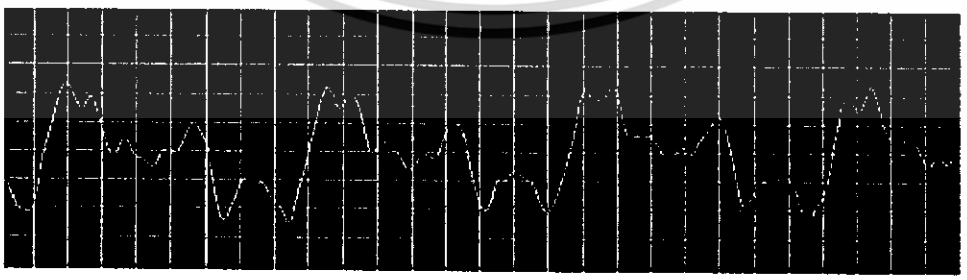
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับรู้ว่าเสียงดังมาก ซึ่งอัตราการเปลี่ยนแปลงความดันนี้สามารถแสดงผลได้ในแง่ของแอมพลิจูด และความถี่ โดยเราอาจจะมองอัตราการเปลี่ยนแปลงของความดันนี้ให้อยู่ในรูปของสัญญาณคลื่นซายน์ก็ได้ แต่ในความเป็นจริงแล้ว คลื่นเสียงในธรรมชาติมีความซับซ้อนกว่านั้นมาก เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงของแอมพลิจูด และความถี่ที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นตลอดเวลา ซึ่งเราเรียกลักษณะรูปคลื่นเช่นนี้ว่า waveform และถึงแม้ว่า waveform จะมีความซับซ้อนอย่างไรก็ตาม เราก็สามารถที่จะทำการกระจายออกมาได้ในรูปของสัญญาณคลื่นซายน์ที่มีแอมพลิจูด และความถี่คงที่ที่แตกต่างกันหลายๆชุด โดยเมื่อนำชุดของสัญญาณคลื่นซายน์นั้นๆกลับมารวมกันก็จะได้เป็น waveform ซึ่งจากทฤษฎีของกลศาสตร์ควอนตัมจะแสดงให้เห็นได้ว่า wave function ของระบบหนึ่งๆ สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของ Gaussian functions หลายๆเทอม โดย Gaussian functions นี้ในทางกลศาสตร์ควอนตัมจะเรียกว่า basis set แต่ทางด้านเสียงจะเรียกว่า timbre

Timbre นี้เองที่ทำให้เสียงของเครื่องดนตรีแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าเราจะเล่นด้วยระดับเสียงเดียวกันก็ตาม และนอกจากนั้นเมื่อเล่นเครื่องดนตรีชนิดเดียวกันโดยใช้ระดับเสียงที่แตกต่างกันแล้ว รูปแบบของ waveform ที่ได้จะไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากในเครื่องดนตรีเดียวกันแต่ในระดับเสียงต่างกัน จะมี timbre หรือ basis set เหมือนกัน แต่ผสมเสียงโดยใช้ปริมาณของแต่ละสัญญาณคลื่นซายน์ที่แตกต่างกัน



รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างของ waveform ของเสียง โด เร มี ที่เกิดขึ้นจากเปียโน



รูปที่ 2.3 แสดงรายละเอียดของ waveform ซึ่งเกิดขึ้นจากการผสมกันของสัญญาณคลื่นซายน์ที่มีแอมพลิจูด และความถี่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การสุ่มหน้าคลื่น (sampling of waveform)

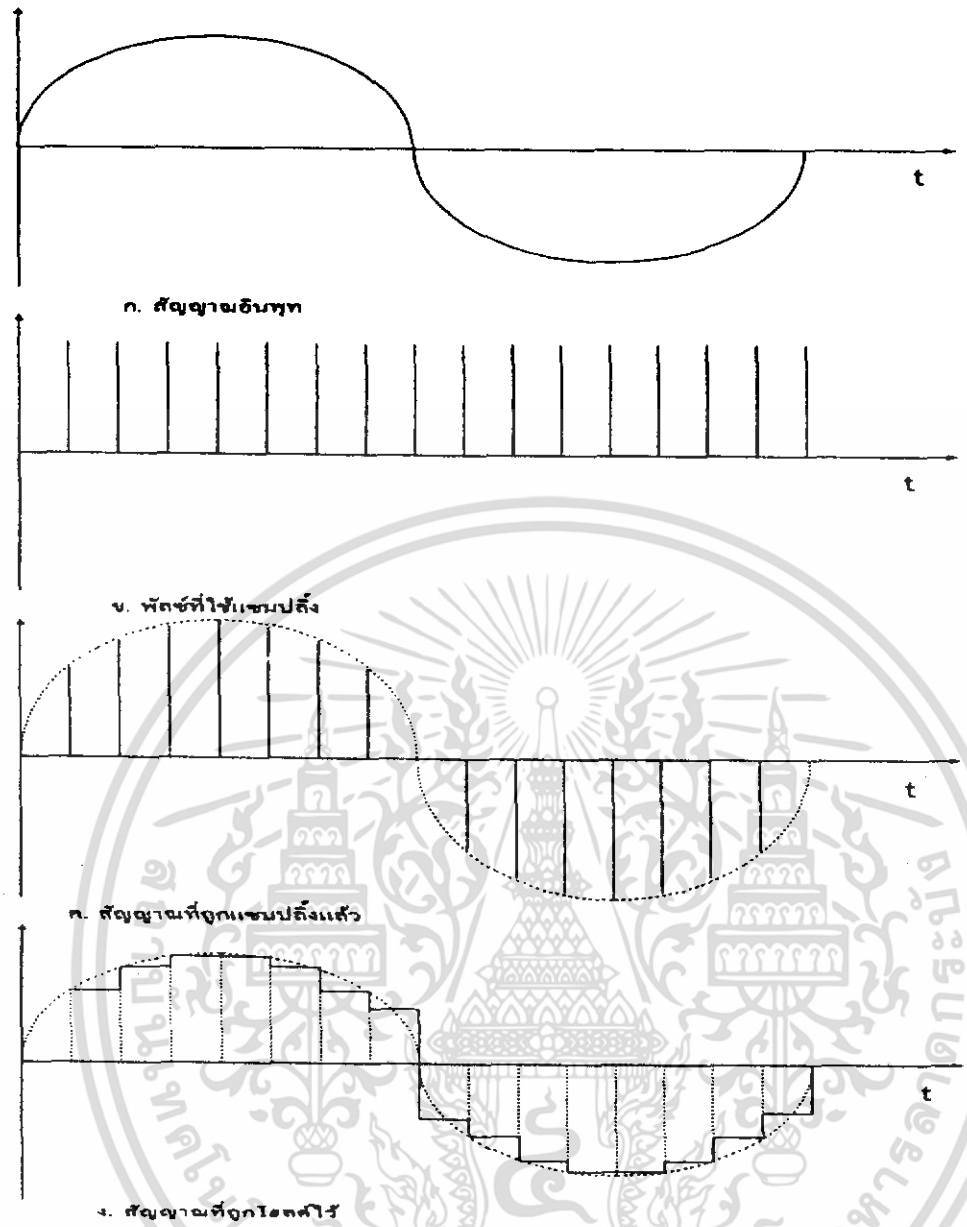
การเก็บตัวอย่าง (sampling) เกิดขึ้นเนื่องจากสัญญาณเสียงที่เป็นสัญญาณดิจิตอลแตกต่างจากสัญญาณอนาล็อกที่เป็นสัญญาณที่มีความต่อเนื่อง โดยในการบันทึกเสียงเป็นสัญญาณอนาล็อกนั้นเราจะใช้ไมโครโฟนในการเปลี่ยนคลื่นความดันบรรยากาศไปเป็นระดับแรงดันไฟฟ้า จากนั้นจะเก็บสัญญาณไฟฟ้านี้ในรูปของสนามแม่เหล็กบนวัสดุแม่เหล็กเช่น เทปคาสเซ็ต ซึ่งสัญญาณที่ได้จะเป็นสัญญาณอนาล็อกที่มีความต่อเนื่อง โดยหากเราต้องการอัดเสียงจากเทปม้วนหนึ่งลงอีกม้วนหนึ่งเราจะต้องทำการแปลงสัญญาณแม่เหล็กให้กลับมาเป็นสัญญาณไฟฟ้า จากนั้นก็บันทึกสัญญาณไฟฟ้านี้ให้เป็นสัญญาณแม่เหล็กบนเทปอีกม้วน โดยขั้นตอนในการแปลงสัญญาณไปมา นี้จะทำให้เกิดเสียงรบกวน (noise) แทรกอยู่กับเสียงที่ต้องการ ซึ่งการบันทึกเสียงแบบดิจิตอลจะต่างออกไป โดยสัญญาณเสียงจะมีลักษณะที่ไม่ต่อเนื่องอันเกิดจากการสุ่มหน้าคลื่น (sampling of waveform) โดยการสุ่มหน้าคลื่นเพื่อดูว่าในสัญญาณในขณะนั้นมีแอมพลิจูดเท่าไร ซึ่งอัตราในการสุ่มหน้าคลื่นนี้ เรียกว่า อัตราการแซมปลิ้ง (sampling rate) เช่น 44.1KHz แซมปลิ้ง หมายความว่าจะทำการสุ่มข้อมูล 44,100 ครั้งต่อวินาที ทำให้ได้ข้อมูลของแอมพลิจูดของสัญญาณทั้งสิ้น 44,100 ข้อมูลในเวลา 1 วินาที โดยรูปแบบของสัญญาณที่ทำการสุ่มหน้าคลื่นนั้นสามารถแสดงได้ ดังรูปที่ 2.4

ทฤษฎีของการสุ่มสัญญาณกล่าวไว้ว่า ถ้าสัญญาณที่ต้องการสุ่มมีความถี่สูงสุด Fmax แล้วเพื่อให้ได้สัญญาณที่สุ่มเป็นตัวแทนที่ถูกต้องของสัญญาณอินพุท ความถี่ที่ใช้ในการสุ่ม Fs จะต้องมีค่ามากกว่าสองเท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณที่ต้องการทำการสุ่ม นั่นคือ

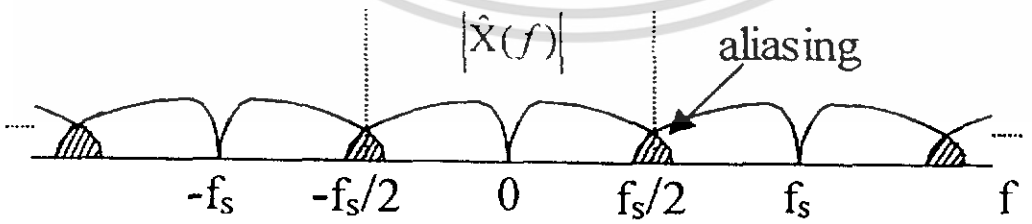
$$Fs > 2Fmax$$

ซึ่งเรียก 2Fmax นี้ว่า ความถี่ไนควิสท์ (Nyquist frequency) โดยถ้าหากเราใช้ Fs ต่ำกว่าค่าความถี่ไนควิสท์แล้วจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการสุ่มที่เรียกว่า aliasing ซึ่งเป็นองค์ประกอบความถี่ที่ซ้อนทับกันดังแสดงในรูปที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



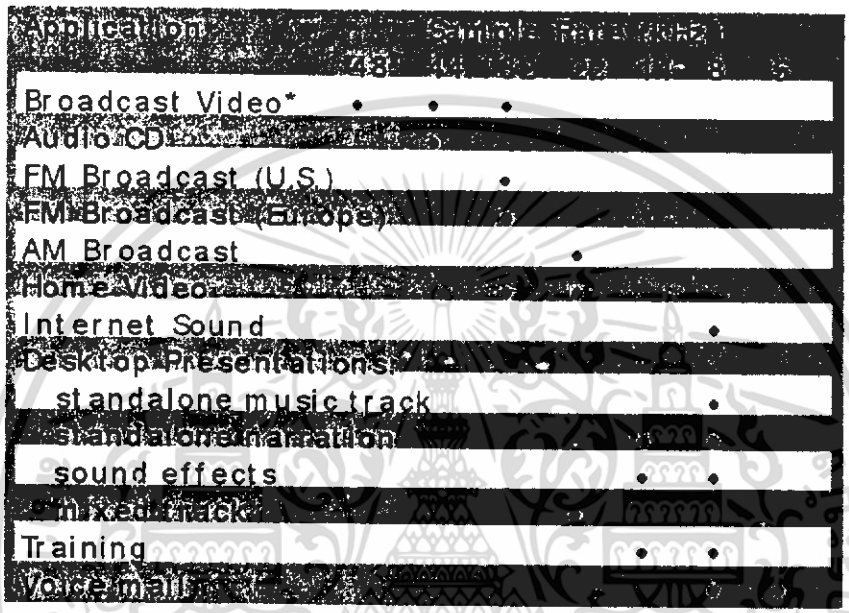
รูปที่ 2.4 แสดงรูปแบบของสัญญาณที่เกิดขึ้นเนื่องจากการทำการสุ่มหน้าคลื่น



รูปที่ 2.5 แสดงสัญญาณในเชิงความถี่ที่เกิดขึ้นเมื่อใช้ Fs ต่ำกว่า 2Fmax

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.6 แสดงการแซมปลิ้งสัญญาณที่ต่อเนื่องมาเป็นสัญญาณที่ดิจิตอลโดย A/D และทำการแปลงกลับเป็นสัญญาณอนาล็อกโดยใช้ D/A



รูปที่ 2.7 แสดงอัตราการแซมปลิ้งของสัญญาณต่างๆ

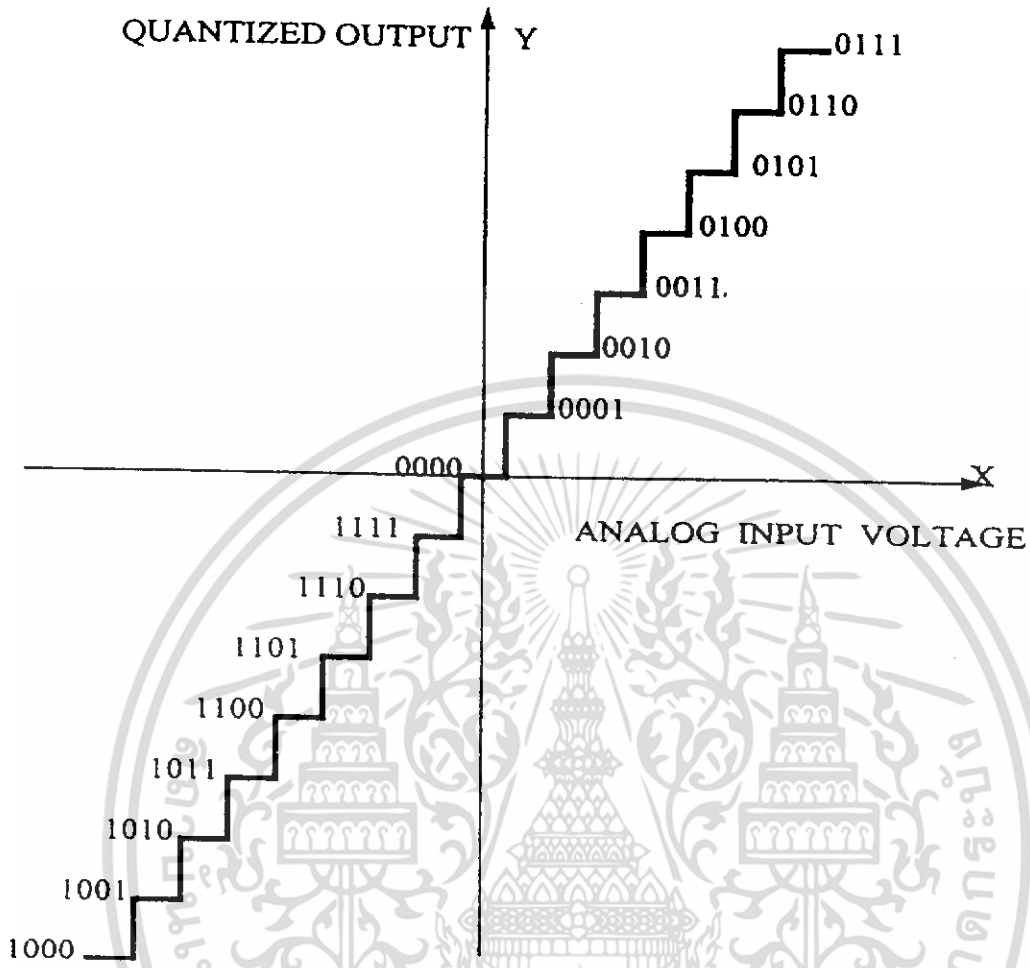
2.1.3 การควอนไตซ์ (quantization)

อัตราการแซมปลิ้งจะเป็นตัวกำหนดความมากน้อยของจำนวนจุดที่ใช้แทนหน้าคลื่น โดยเมื่อเราทำการกำหนดจุดลงไปแล้วลำดับต่อไปจะเป็นระดับของสัญญาณซึ่งเป็นข้อมูลของแอมพลิจูดของสัญญาณในตำแน่งที่ทำการสุ่มข้อมูล โดยจำนวนระดับของสัญญาณจะขึ้นอยู่กับจำนวนบิตของข้อมูล เช่น การควอนไตซ์แบบ 16 บิต จะได้ระดับของสัญญาณที่เกิดจากการควอนไตซ์ ทั้งสิ้น 65,536 ระดับสัญญาณ

ทฤษฎีของการควอนไตซ์ (quantization theorem) กล่าวไว้ว่า การควอนไตซ์เป็นขบวนการแปลงสัญญาณอนาล็อกให้กลายเป็นข้อมูลทางดิจิตอลที่เป็นสัดส่วนกับสัญญาณอนาล็อก เช่น อยู่ในรูปของรหัสไบนารี เป็นต้น โดยหากเรานำเอาท์พุทที่ได้จากการควอนไตซ์ และขนาดของสัญญาณอนาล็อกมาเขียนเป็นกราฟ ก็จะได้กราฟควอนไตซ์ทรานเฟอร์ฟังก์ชั่น (Quantize Transfer Function) ดังแสดงในรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

n : จำนวนบิทของรหัสดิจิตอล



รูปที่ 2.8 แสดงทรานเฟอร์ฟังก์ชันของการควอนไตซ์แบบ 4 บิต

ค่าความแตกต่างของแต่ละระดับสัญญาณที่เกิดขึ้นนั้นสามารถคำนวณหาได้จาก

$$Q = FSR / 2^n$$

โดยที่ Q : ค่าความแตกต่างของแต่ละระดับสัญญาณ

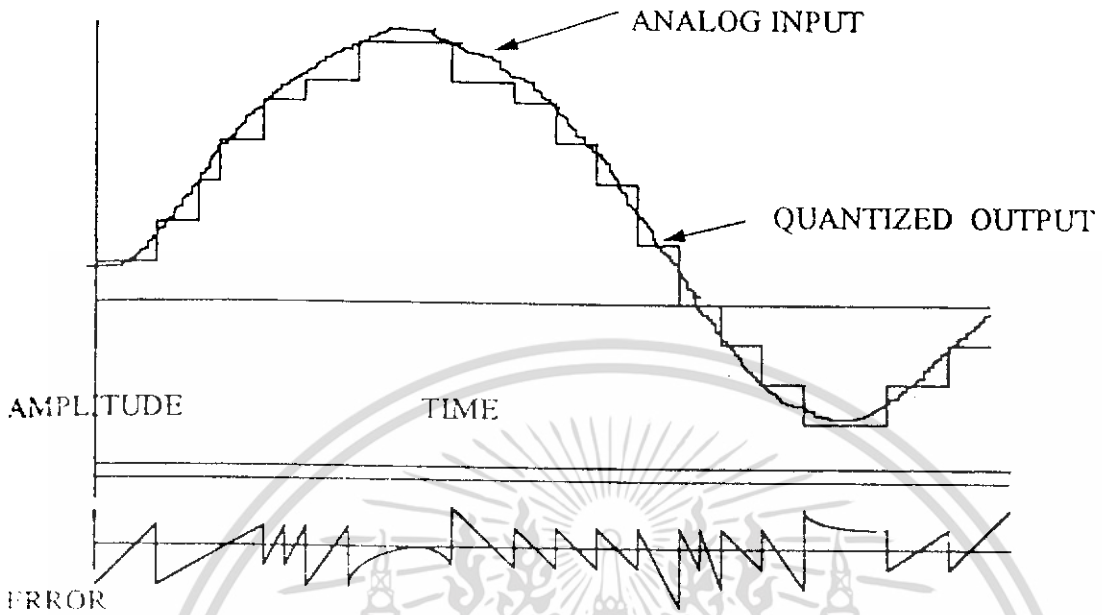
FSR : ช่วงเต็มสเกลของสัญญาณอนาล็อก (Full Scale Range)

n : จำนวนบิตของรหัสดิจิตอล

จากสมการจะเห็นว่า เมื่อจำนวนบิตมากขึ้น ขนาดของ Q ก็จะลดลง และถ้าเรานำสัญญาณอนาล็อกใดๆมาทำการควอนไตซ์แล้ว จะเห็นว่าเมื่อนำผลที่ได้จากการควอนไตซ์มาเปรียบเทียบกับสัญญาณอนาล็อกนั้นแล้ว ก็จะพบว่ามีการผิดพลาดเกิดขึ้น ซึ่งเราเรียกว่า ความผิดพลาดควอนไตซ์ (quantization error) ดังแสดงในรูปที่ 2.9 โดยความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนี้เป็นธรรมชาติของการควอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดซ์ ซึ่งจะทำการแก้ไขไม่ได้ แต่สามารถลดค่าความผิดพลาดนี้ได้ โดยการเพิ่มจำนวนบิตของการควอนไดซ์



รูปที่ 2.9 แสดงความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการควอนไดซ์

2.1.4 ขนาดของไฟล์เสียง และการบีบอัดข้อมูล

ในการทำการบันทึกเสียงเราสามารถทำการประมาณว่าขนาดของไฟล์เสียงเมื่อเราบันทึกเสียงด้วยอัตราการแซมปลิ้ง และจำนวนบิตต่างๆกันนั้นจะมีขนาดต่างกันอย่างไรได้จาก

ขนาดของไฟล์เสียงเป็นไบต์ = ((อัตราการแซมปลิ้ง หน่วยเป็น Hertz) x (จำนวนวินาทีของเสียง) x (การควอนไดซ์ หน่วยเป็นบิต) x (จำนวนแชนแนล)) / 8

เช่น สมมติว่าต้องการอัดเพลงของซึ่งยาว 3 นาที ด้วยอัตราการแซมปลิ้ง 44.1 kHz และ ใช้ระดับการควอนไดซ์แบบ 16 bit โดยมี 2 แชนแนล จะต้องใช้ขนาดไฟล์ คือ

ขนาดไฟล์(3 นาที, 44.1 kHz, 16 บิต, สเตอริโอ) = (44,100) x (180) x (16) x (2) / (8) = 31,752,000 ไบต์

จะเห็นได้ว่าขนาดของไฟล์เสียงที่ได้นั้นมีขนาดใหญ่มาก แต่เราสามารถลดขนาดของข้อมูลได้ โดยอาศัยการบีบอัดข้อมูล (data compression) ซึ่งมีมากมายหลายวิธี เช่น Ohm's Law compression (U-Law) ,Amp's Law compression (A-Law) ,ADPCM ซึ่ง 2 วิธีแรกมีอัตราส่วนในการบีบอัดประมาณ 2:1 ส่วนวิธีหลังสามารถทำได้ 4:1 และนอกจากนั้นในปัจจุบันเรายังมีวิธี MPEG ซึ่งสามารถบีบอัดข้อมูลได้ถึง 16:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MSC-51 มีสมาชิกในตระกูลหลายเบอร์ด้วยกัน แต่ละเบอร์จะมีคุณสมบัติพิเศษบางอย่างแตกต่างกัน เช่น มีหน่วยความจำภายในสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายในชิปเพิ่มขึ้น มีวงจรเปลี่ยนค่าสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลในตัว สามารถรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ได้หลายชนิด ทำกระบวนการ DMA (Direct Memory Access) ได้ในตัว มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้เป็นไทเมอร์หรือเคาน์เตอร์เพิ่มขึ้น

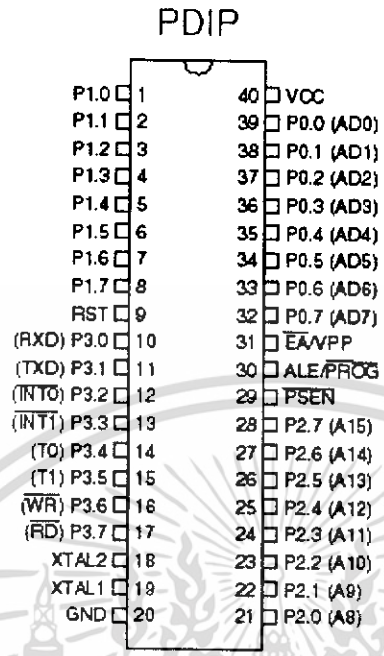
ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์ใช้แรงดันเพียง 5 โวลต์ในการทำงาน ส่วนกระแสไฟฟ้าที่ใช้จะแตกต่างกันไปตามชนิดของเทคโนโลยีที่ใช้การผลิต เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้ที่มีตัวอักษร C อยู่ตรงกลางเบอร์ เช่น 80C31, 80C51 จะเป็นเบอร์ของชิปที่ผลิตโดยอาศัยเทคโนโลยี CMOS ซึ่งใช้พลังงานในการทำงานน้อยกว่าและสามารถควบคุมการใช้พลังงานของตัวชิปได้จากโปรแกรมเพื่อการประหยัดพลังงานในระบบ

2.2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
- ภายในมีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
- หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม ในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำแบบอีอีพรอมเพิ่มเติม
- ขาพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุต และเอาต์พุต
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดูเพล็กซ์
- ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว
- สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
- สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิป
- มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89Sxx
- มีวอตช์ด็อกไทเมอร์ในตัว สำหรับในอนุกรม AT89Sxx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51



รูปที่ 2.10 แสดงตำแหน่งขาของไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51

หน้าที่การใช้งานแต่ละขาของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 มีดังนี้

- ขา GND (ขา 20) สำหรับต่อลงกราวนด์

- ขา Vcc (ขา 40) สำหรับต่อแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรงขนาด 5 โวลต์ (DC 5 Volt)

- ขาพอร์ต 0 (ขา 32-39) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 0 ขนาด 8 บิต (P0.0-0.7) แบบ Open Drain Bidirectional พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุทเอาท์พุทพอร์ตทั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุทพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะถูกปล่อยลอย (มีสถานะเป็นอิมพิแดนซ์สูง) นอกจากใช้งานเป็นอินพุทพอร์ตแล้ว พอร์ต 0 ยังใช้ในการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายนอกชิปด้วยโดยส่งค่าแอดเดรสบัสไบต์ต่ำ (A0-A7) และมัลติเพล็กซ์กับการรับส่งข้อมูล (D0-D7) จากหน่วยความจำภายนอกระหว่างการเขียนหรืออ่านข้อมูลโดยมีวงจรพูลอัพภายใน

- ขาพอร์ต 1 (ขา 1-8) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) สามารถใช้งานเป็นอินพุทหรือเอาท์พุทพอร์ตทั่วไปได้ หากต้องการใช้งานเป็นอินพุทพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อให้มีสถานะเป็นอิมพิแดนซ์สูงโดยมีวงจรพูลอัพภายใน

- ขาพอร์ต 2 (ขา 21-28) มี 8 ขา ใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 2 (P2.0-P2.7) ขนาด 8 บิต แบบ Open Drain Bidirectional พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุทเอาท์พุทพอร์ตทั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุทพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในสถานะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นอิมพิแดนซ์สูง นอกจากจะใช้งานเป็นอินพุทเอาท์พุทพอร์ตทั่วไปแล้ว พอร์ต 2 ยังใช้งานในการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายนอกชิปด้วย โดยใช้สำหรับส่งค่าแอดเดรสบัสไบต์สูง (A8-A15) และมีวงจรพูลอัพภายใน

- ขาพอร์ต 3 (ขา 10-17) มี 8 ขาใช้เป็นขาสำหรับพอร์ต 3 (P3.0-3.7) สามารถใช้งานเป็นอินพุทเอาท์พุทพอร์ตทั่วไปได้ หากต้องการใช้งานเป็นอินพุทพอร์ต ต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้ เพื่อให้มีสถานะเป็นอิมพิแดนซ์สูงโดยใช้วงจรพูลอัพภายใน นอกจากนี้ยังใช้งานในหน้าที่พิเศษต่าง ๆ อีกหลายอย่างดังนี้

ขา P3.0 ใช้รับข้อมูลภายนอกแบบอนุกรม

ขา P3.1 ใช้ส่งข้อมูลไปภายนอกแบบอนุกรม

ขาP3.2 ใช้เป็นอินพุทเพื่อรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ชนิดที่ 0

ขา P3.3 ใช้เป็นอินพุทเพื่อรับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ชนิดที่ 1

ขา P3.4 สัญญาณอินพุทให้เคาน์เตอร์ของไทเมอร์ 0

ขา P3.5 สัญญาณอินพุทให้เคาน์เตอร์ของไทเมอร์ 1

ขา P3.6 ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูล ไปยังหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป

ขา P3.7 ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป

การใช้งานพอร์ต 3 ในหน้าที่พิเศษดังกล่าวนี้จะต้องโหลดค่า 1 แต่ละบิตที่ต้องการใช้ก่อนทุกครั้ง

- ขา RST (ขา 9) ใช้สำหรับการรีเซตวงจรทุกอย่างภายในชิปเพื่อเริ่มต้นการทำงานใหม่ การรีเซตใช้เมื่อเริ่มจ่ายพลังงานหรือเมื่อโปรแกรมเกิดทำงานผิดพลาด เมื่อต้องการรีเซตชิป MCS-51 ขานี้ต้องมีสถานะ 1 เป็นเวลาอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิลระหว่างที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่ โดยต้องต่อตัวต้านทานค่า 8.2 กิโลโอห์ม เพื่อทำหน้าที่พูลดาวน์ (รักษาค่าแรงดันไฟฟ้าให้มีสถานะเป็นกราวนด์) และเพื่อให้ตัวชิปรีเซทเองเมื่อเริ่มจ่ายพลังงานให้ต่อตัวเก็บประจุขนาด 10 ไมโครฟารัดคร่อมระหว่างขา RST กับ Vcc

- ขา ALE/PROG (ขา 30) เป็นขาใช้สำหรับส่งสัญญาณออกไปภายนอก เพื่อควบคุมการแลตช์ค่าแอดเดรสไบต์ต่ำ (address latch enable) จากพอร์ต 0 ในระหว่างการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม หรือข้อมูลภายนอก ปกติเมื่อไม่มีการติดต่อหน่วยความจำภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณพัลซ์ออกมาด้วยความถี่ 1/8 ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ ที่ใช้ตลอดเวลา ดังนั้นเราสามารถใช้ความถี่ที่จากขานี้ไปใช้งานอย่างอื่นได้ แต่ความถี่ที่ขานี้จะลดลงครึ่งหนึ่งในระหว่างติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลที่อยู่ภายนอกชิป นอกจากนี้ขา ALE ยังใช้สำหรับควบคุมการเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมลงไปใน EPROM สำหรับ MCS-51 เบอร์ที่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปเป็น EPROM

- ขา PSEN (ขา 29) ใช้ส่งสัญญาณสโตรปเพื่ออ่านสัญญาณจากโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิป (program strobe enable) เมื่อชิปทำงานด้วยโปรแกรมภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณสโตรป 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิล แต่ในช่วงการเขียนหรืออ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอกหรือเมื่อใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปจะไม่มีสัญญาณออกมาจากขานี้

- ขา EA/Vpp (ขา 31) เป็นขาสำหรับใช้เลือกให้ MCS-51 ทำงานจากโปรแกรมที่อยู่ภายในหรือภายนอกชิป โดยหากขานี้มีสถานะเป็น 0 หมายถึงให้ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมภายนอก หากขานี้มีสถานะเป็น 1 หมายถึงบังคับให้ MCS-51 ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป และสำหรับ MCS-51 ที่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป สามารถเลือกให้ทำงานได้ทั้งจากโปรแกรมที่เก็บในหน่วยความจำภายในชิปหรือจากโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำภายนอกชิปด้วยการต่อขาEN กับไฟเลี้ยงหรือกราวน์ตามลำดับ ส่วนใน MCS-51 ที่ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป ให้ต่อขานี้ลงกราวน์เสมอ

- ขา XTAL 1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นอินพุทเข้าสู่วงจรออสซิเลเตอร์

- ขา XTAL 2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอก โดยเป็นเอาท์พุทออกจากวงจรออสซิเลตอร์

2.2.3 วิธีการเข้าถึงข้อมูล

คำสั่งที่ใช้ควบคุมการทำงานของ MCS-51 มีสองประเภทคือ คำสั่งที่ต้องการข้อมูลมาดำเนินการเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ และ คำสั่งที่ไม่ต้องการข้อมูลมาดำเนินการคำสั่งที่ต้องการข้อมูลจะมีวิธีในการเข้าถึงข้อมูลได้หลายวิธีดังนี้

- วิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยตรง (direct addressing)
- วิธีการเข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อม (indirect addressing)
- วิธีการเข้าถึงข้อมูลในรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป (register instructions)
- วิธีการเข้าถึงข้อมูลในรีจิสเตอร์เฉพาะของตัวคำสั่ง (register – specific instructions)
- วิธีการเข้าถึงข้อมูลที่กำหนดเองโดยตรง (immediate constants)
- วิธีการเข้าถึงข้อมูลที่มีตัวชี้อ้างอิง (indexed addressing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ระบบบัส I^2C

I^2C ย่อมาจาก Inter-IC Communication หมายถึง การติดต่อสื่อสารระหว่างไอซี โดยบัส I^2C ได้รับการพัฒนาขึ้นมาด้วยจุดมุ่งหมายหลักคือ ต้องการให้ไอซีหรือโมดูลสามารถติดต่อ สั่งงาน และควบคุมการทำงานได้ โดยอาศัยสายสัญญาณพียง 2 เส้น คือ สายข้อมูลในการทำการส่งข้อมูล และสายสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงาน โดยการต่อร่วมกันของอุปกรณ์บนบัส I^2C นั้นสามารถทำได้โดยต่อสายข้อมูล และสายสัญญาณนาฬิกาของอุปกรณ์แต่ละตัวขนานหรือพ่วงกันไป ส่วนการกำหนดแอดเดรสหรือตำแหน่งสำหรับติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัวนั้นจะใช้รหัสข้อมูล และการกำหนดสภาวะลอจิกที่ขาแอดเดรสของอุปกรณ์แต่ละตัว

สายข้อมูลบนบัส I^2C มีชื่อเรียกอย่างเป็นทางการว่า สายข้อมูลอนุกรมหรือ SDA (Serial Data line) ส่วนสายสัญญาณนาฬิกามีชื่อเรียกว่า สายสัญญาณนาฬิกาอนุกรมหรือ SCL (Serial Clock line)

2.3.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของบัส I^2C

สาย SDA และ SCL เป็นสายสัญญาณ 2 ทิศทาง (bi-directional line) โดยจะต้องมีการต่อตัวต้านทานพูลอัปกับแรงดัน +5V ไว้ตลอดเวลา เพื่อให้สายมีสถานะลอจิกสูงขณะที่ไม่มีการติดต่อใช้งาน ทั้งยังช่วยในการป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจมีเข้ามาในสายสัญญาณทั้งสอง โดยอัตราการถ่ายทอดข้อมูลบนบัส I^2C นั้นสูงถึง 100 กิโลบิตต่อวินาทีในโหมดปกติ และสูงถึง 400 กิโลบิตต่อวินาทีในโหมดความเร็วสูง อุปกรณ์ที่ต่อร่วมอยู่บนบัส I^2C จะต้องมีค่าความจะไฟฟ้ารวมที่เกิดขึ้นระหว่างสาย SDA และ SCL ไม่เกิน 400 pF การเข้าถึงอุปกรณ์บนบัส I^2C จะใช้ข้อมูลสำหรับการเข้าถึง 2 ค่า คือ 7 บิต (7-bit addressing) หรือ 10 บิต (10-bit addressing)

2.3.2 หลักการของบัส I^2C

บัส I^2C ประกอบด้วยสายสัญญาณ 2 เส้น คือ SDA และ SCL อุปกรณ์ที่ต่อพ่วงบนบัสสามารถมีได้มากมาย ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดรูปแบบของการติดต่อบนบัสเพื่อให้ผู้ใช้งานทราบว่าขณะนี้อุปกรณ์ใดติดต่อกันอยู่ และอุปกรณ์ตัวใดเป็นตัวรับหรือตัวส่ง ซึ่งการอธิบายลักษณะหน้าที่ และนิยามของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัส I^2C เพื่อเป็นข้อตกลงก่อนการอธิบายการทำงานของบัส I^2C นั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้

อุปกรณ์ที่เป็นผู้สร้างข้อมูลหรือส่งข้อมูล เรียกว่า ตัวส่ง (transmitter)
อุปกรณ์ที่เป็นผู้รับข้อมูล เรียกว่า ตัวรับ (receiver) อุปกรณ์
อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมจังหวะการติดต่อบนบัส I^2C เรียกว่า มาสเตอร์ (master)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรืออุปกรณ์ที่ต่อพ่วงเข้าไปบนบัส I^2C เรียกว่า สเลฟ (slave) ข้อกำหนด 2 ประการสำคัญของการติดต่อขนบัส I^2C คือ

1. การถ่ายข้อมูลจะเกิดขึ้นได้เมื่อบัสว่างเท่านั้น

2. ในระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล เมื่อใดก็ตามที่สาย SCL มีสถานะเป็นลอจิกสูงสายข้อมูลจะต้องรักษาข้อมูลไว้อย่าให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นอย่างเด็ดขาด มิฉะนั้นสัญญาณที่เกิดขึ้นจะได้รับการแปลความหมายว่าเป็นสัญญาณควบคุมแทน

2.3.3 สภาวะที่เกิดขึ้นบนบัส I^2C

สภาวะที่เกิดขึ้นบนบัส I^2C นั้นมีด้วยกัน 5 สภาวะ ดังนี้

1. บัสว่าง (Bus not busy) สภาวะนี้เกิดขึ้นเมื่อสถานะลอจิกบนสาย SDA และ SCL เป็นลอจิกสูงทั้งคู่ นั่นหมายความว่า เมื่อบัส I^2C อยู่ในสภาวะนี้แล้วการถ่ายทอดข้อมูลสามารถเริ่มต้นขึ้นได้

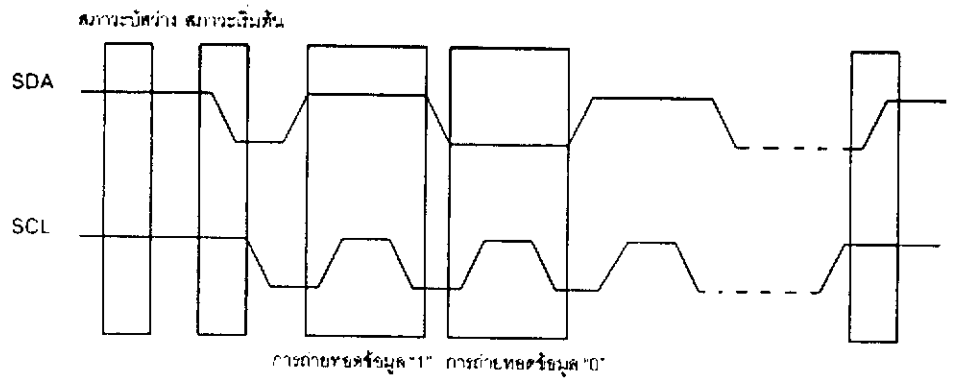
2. เริ่มต้นการถ่ายทอดข้อมูล (start data transfer) เกิดขึ้นเมื่อสาย SDA มีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากสูงไปต่ำ ในขณะที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง เรียกสภาวะที่เกิดขึ้นนี้ว่า สภาวะเริ่มต้น (start) โดยจะเป็นการเริ่มต้นการถ่ายทอดข้อมูล

3. ข้อมูลดำรงอยู่บนบัส (data valid) สภาวะนี้เกิดขึ้นถัดจากสภาวะเริ่มต้น โดยสถานะลอจิกที่เกิดขึ้นบนสาย SDA ก็คือข้อมูลที่ทำการถ่ายทอด เมื่อสาย SCL เป็นลอจิกสูงสถานะที่สาย SDA จะต้องคงที่ เพื่อให้อุปกรณ์รับรู้ข้อมูลในจังหวะนั้นว่า เป็น "0" หรือ "1" ข้อมูลอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ในขณะที่สาย SCL เป็นลอจิกต่ำ แต่เมื่อใดก็ตามที่ต้องการให้เกิดการถ่ายทอดข้อมูลอย่างสมบูรณ์ สถานะลอจิกที่ขา SDA ต้องคงที่ตลอดช่วงเวลาที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง โดยหากเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะลอจิกในขณะที่สาย SCL มีลอจิกสูงอยู่นั้น อุปกรณ์มาสเตอร์ที่ทำการควบคุมการถ่ายทอดข้อมูลจะแปลความหมายเป็นสภาวะหยุดหรือสภาวะเริ่มต้นก็ได้ ทำให้ข้อมูลที่ทำการถ่ายทอดนั้นเกิดความผิดพลาดขึ้น

4. รับรู้ข้อมูล (acknowledge) เกิดขึ้นหลังจากที่การถ่ายทอดข้อมูลจากตัวส่งมายังตัวรับเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ โดยตัวส่งจะทำการส่งข้อมูลมา 1 บิตเรียกว่า บิตรับรู้ (acknowledge bit) มีสถานะเป็นลอจิกสูง หลังจากส่งข้อมูลมาครบถ้วน ส่วนอุปกรณ์มาสเตอร์จะทำการส่งสัญญาณรับรู้พิเศษซึ่งสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกา อุปกรณ์สเลฟที่ถูกอ้างถึงในการติดต่อหรือกำลังติดต่ออยู่ในขณะนั้นก็จะกำเนิดบิตรับรู้ที่มีสถานะลอจิกต่ำ เพื่อตอบสนองให้ทราบว่าได้รับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

5. หยุดการถ่ายทอดข้อมูล (stop data transfer) เกิดขึ้นเมื่อสาย SDA มีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากต่ำไปสูง ในขณะที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง เรียกสภาวะที่เกิดขึ้นนี้ว่า สภาวะหยุด (stop)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 แสดงไดอะแกรมเวลาของสถานะต่างๆบนระบบบัส I^2C

2.3.4 การเข้าถึงอุปกรณ์บนบัส I^2C

การเข้าถึงอุปกรณ์บนบัส I^2C นั้นจะใช้การเข้าถึงแบบ 7 หรือ 10 บิต ในกรณีที่มีอุปกรณ์ต่ออยู่บนบัสไม่มากนัก ใช้การเข้าถึงแบบ 7 บิตก็เพียงพอ แต่ในบางอุปกรณ์ต้องใช้การเข้าถึงแบบ 10 บิต หลังจากที่ติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัวได้เรียบร้อยแล้วจึงจะเริ่มต้นในการทำการถ่ายทอดข้อมูลต่อไป

1. การเข้าถึงแบบ 7 บิต (7-bit addressing)

การเข้าถึงแบบ 7 บิตนั้น ข้อมูลไบต์แรกที่เกิดขึ้นหลังจากสภาวะเริ่มต้นคือ ข้อมูลที่ใช้ในการอ้างถึงอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อ โดยมีรูปแบบแสดงในการส่งข้อมูลดังรูปที่ 2.11 โดยใน 7 บิตบนรวมทั้งบิต MSB ด้วยจะเป็นข้อมูลแอดเดรสของอุปกรณ์สเลฟที่ต้องการติดต่อ โดยแบ่งเป็นบิตกำหนดแอดเดรสคงที่ (fixed address bit) จำนวน 4 บิต ซึ่งข้อมูลนี้อุปกรณ์แต่ละตัวจะถูกกำหนดมาจากผู้ผลิตไม่สามารถทำการเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ ถัดมาอีก 3 บิตตะเป็นบิตกำหนดแอดเดรสที่สามารถโปรแกรมได้ (programmable address bit) โดยผู้ใช้งานต้องกำหนดสถานะลอจิกให้แก่ขา A0-A2 ของอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อแบบบัส I^2C ส่วนในบิต LSB เป็นบิตที่ใช้กำหนดการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับอุปกรณ์สเลฟตัวนั้นๆ หากบิต LSB เป็น "0" หมายถึงต้องการเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์นั้น ถ้าเป็น "1" จะเป็นการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟ

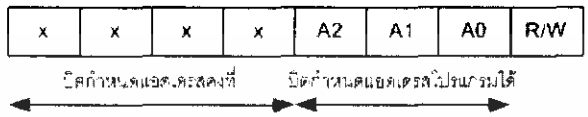
ข้อมูลไบต์ต่อมาคือ ข้อมูลควบคุม (control byte) ซึ่งในอุปกรณ์แต่ละตัวจะมีการกำหนดข้อมูลควบคุมที่แตกต่างกันไป หลังจากนั้นข้อมูลในแต่ละไบต์ต่อมาจึงจะเป็นข้อมูลที่ทำการถ่ายทอดจริง (data) โดยหลังจากถ่ายทอดข้อมูลในแต่ละไบต์แล้วนั้น อุปกรณ์สเลฟที่ได้รับการติดต่อต้องส่งสัญญาณรับรู้ตอบกลับมาด้วยทุกครั้ง

2. การเข้าถึงแบบ 10 บิต (10-bit addressing)

การเข้าถึงข้อมูลแบบ 10 บิตจะคล้ายคลึงกับการเข้าถึงข้อมูลแบบ 7 บิต โดยจะมีข้อมูลเพิ่มขึ้นมาเล็กน้อยคือ ในไบต์แรกหลังจากเกิดสภาวะเริ่มต้น ต้องกำหนดให้ 5 บิตบนมีข้อมูลเป็น 11110 ส่วนอีก 2 บิตถัดมาเป็นบิตแอดเดรสของอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อ และในบิต LSB ของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไบต์แรกยังคงเป็นการกำหนดว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับอุปกรณ์สเลฟตัวที่ต้องการติดต่อด้วย ข้อมูลไบต์ต่อมาจะเป็นข้อมูลแอดเดรสในไบต์ที่ 2 ของอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อด้วย หลังจากนั้นข้อมูลในไบต์พัดไปจึงเป็นข้อมูลควบคุม และตามด้วยข้อมูลจริงที่ใช้ในการติดต่อ โดยเช่นเดียวกันกับการเข้าถึงแบบ 7 บิต หลังจากถ่ายทอดข้อมูลควบคุมครบทุกไบต์จะมีสภาวะรับรู้เกิดขึ้นเพื่อให้กระบวนการถ่ายทอดข้อมูลสามารถดำเนินต่อไปได้



รูปที่2.12 แสดงรูปแบบข้อมูลในการอ้างแอดเดรส

2.4 DSP Ship (TAS3004)

ชิป TAS3004 เป็นชิป DSP ที่มีลักษณะเป็นระบบที่อยู่บนชิป (system-on-a-chip) ที่ใช้ดิจิตอลอีควอไลเซอร์ในการทำหน้าที่แทนวงจรอนาล็อกอีควอไลเซอร์ธรรมดา โดยค่าพารามิเตอร์ต่างๆทั้งหมดนั้นจะถูกส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ต I^2C จากไมโครคอนโทรลเลอร์ภายนอกที่เชื่อมต่ออยู่กับชิป ซึ่งดิจิตอลอีควอไลเซอร์ที่อยู่ภายในชิป TAS3004 นั้นจะประกอบด้วยไปด้วย biquad filter ทั้งหมด 7 ตัวต่ออนุกรมกันในแต่ละแชนแนล โดย biquad filter แต่ละตัวนั้นจะประกอบไปด้วยค่าสัมประสิทธิ์ขนาด 24 bit จำนวน 5 ค่า ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์เหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดลักษณะของตัวกรองให้เป็นไปตามความต้องการในการใช้งาน นอกจากนั้นแล้วภายในชิปยังประกอบด้วย 24-bit stereo codec ในการแปลงสัญญาณจากสัญญาณอินพุทที่เป็นอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อทำการประมวลผลสัญญาณ และทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลที่ได้ทำการประมวลผลให้เป็นสัญญาณเอาท์พุทที่เป็นอนาล็อก

ชิป TAS3004 จะใช้สัญญาณนาฬิกาจากวงจร phase lock loop (PLL) ที่อยู่ภายใน โดยอาศัยสัญญาณนาฬิกาอ้างอิงจากภายนอกในการทำหน้าที่ในการกำหนดความถี่ของสัญญาณนาฬิกาหลักภายนอก (external master clock, MCLK) โดยจะใช้คริสตอลความถี่ 256fs หรือความถี่ 512fs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

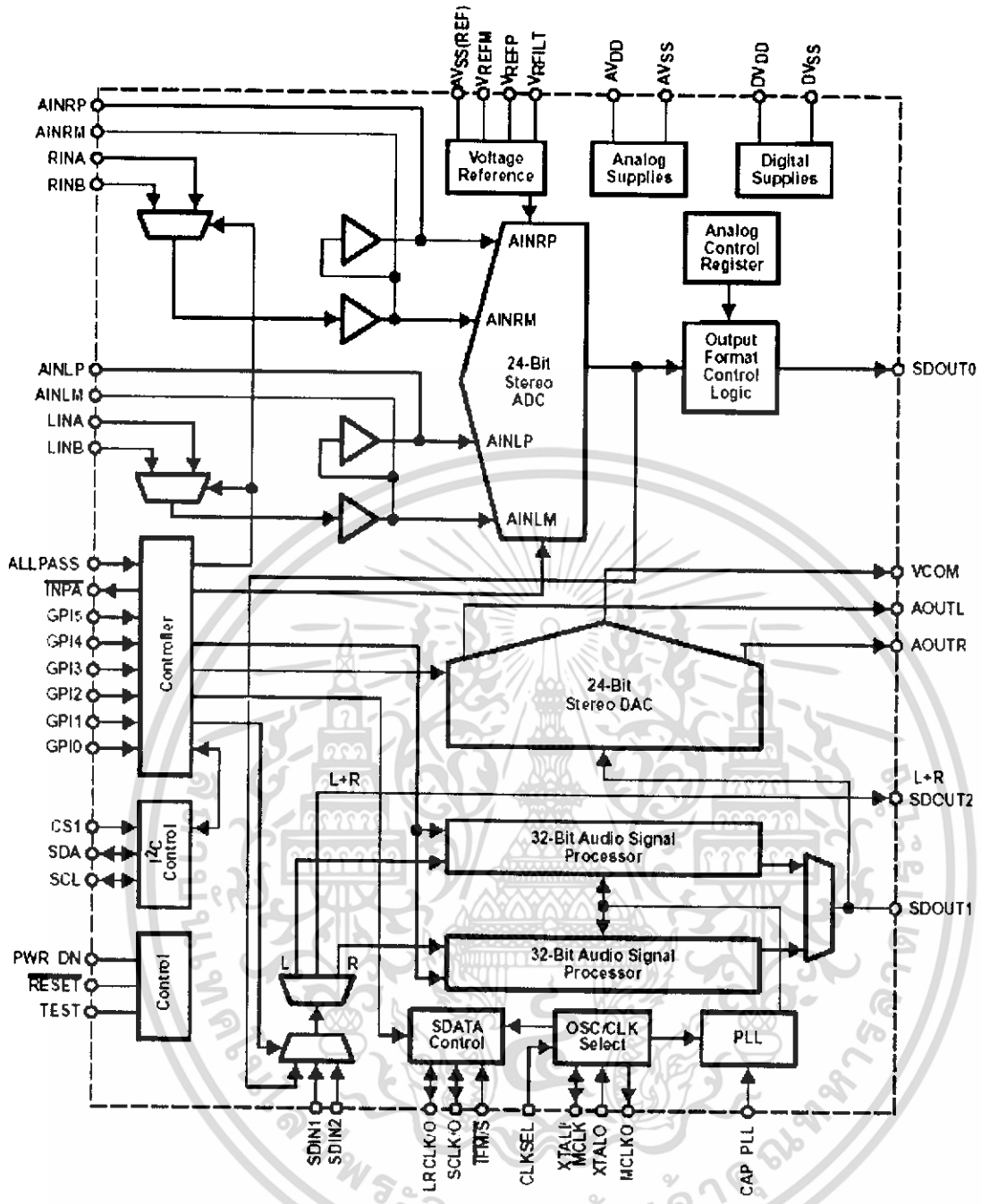
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

TERMINAL NAME	NO.	I/O	DESCRIPTION
AINLM	46	I	ADC left channel analog input (anti-alias capacitor)
AINLP	47	I	ADC left channel analog input (anti-alias capacitor)
AINRM	43	I	ADC right channel analog input (anti-alias capacitor)
AINRP	42	I	ADC right channel analog input (anti-alias capacitor)
ALLPASS	27	I	Logic high bypasses equalization filters
AOUTL	39	O	Left channel analog output
AOUTR	37	O	Right channel analog output
AVDD	35	I	Analog power supply (3.3 V)
AVSS	4	I	Analog voltage ground
AVSS(REF)	3	I	Analog ground voltage reference
CAP_PLL	10	I	Loop filter for internal phase-locked loop (PLL)
CLKSEL	11	I	Logic low selects 256f_S; logic high selects 512f_S MCLK
CS1	7	I	I^2C address bit A0; low = 68h, high = 6Ah
DV_{DD}	17	I	Digital power supply (3.3 V)
DV_{SS}	18	I	Digital ground
GPI0 GPI1 GPI2 GPI3 GPI4 GPI5	28 29 30 31 32 33	I	Switch input terminals
IFM/S	21	I	Digital audio I/O control (low = input; high = output)
INPA	5	O	Low when analog input A is selected (will sink 4 mA)
LINA	1	I	Left channel analog input 1
LINB	48	I	Left channel analog input 2
LRCLK/O	19	I/O	Left/right clock input/output (output when IFM/S is high)
MCLKO	12	O	MCLK output for slave devices
NC	34		No connection; Can be used as a printed circuit board routing channel
NC	36		No connection; Can be used as a printed circuit board routing channel
PWR_DN	8	I	Logic high places the TAS3004 device in power-down mode
RESET	6	I	Logic low resets the TAS3004 device to the initial state
RINA	40	I	Right channel analog input 1
RINB	41	I	Right channel analog input 2
SCL	15	I/O	I^2C clock connection
SCLK/O	20	I/O	Shift (bit) clock input (output when IFM/S is high)
SDA	16	I/O	I^2C data connection
SDIN1	22	I	Serial data input 1
SDIN2	23	I	Serial data input 2
SDOUT1	26	O	Serial data output (from internal audio processing)
SDOUT2	24	O	Serial data output (a monaural mix of left and right, before processing)
SDOUT0	25	O	Serial data output from ADC
TEST	9	I	Reserved manufacturing test terminal; connect to DV_{SS}
VCOM	38	O	Digital-to-analog converter mid-rail supply (decouple with parallel combination of 10-µF and 0.1-µF capacitors)
VREFM	45	I	ADC minus voltage reference
VREFP	44	I	ADC plus voltage reference
VRFILT	2	O	Voltage reference low pass filter
XTALI/MCLK	13	I	Crystal or external MCLK input
XTALO	14	I	Crystal input (crystal is connected between terminals 13 and 14)

ตารางที่ 2.1 แสดงหน้าที่ขาต่างๆของชิป TAS3004

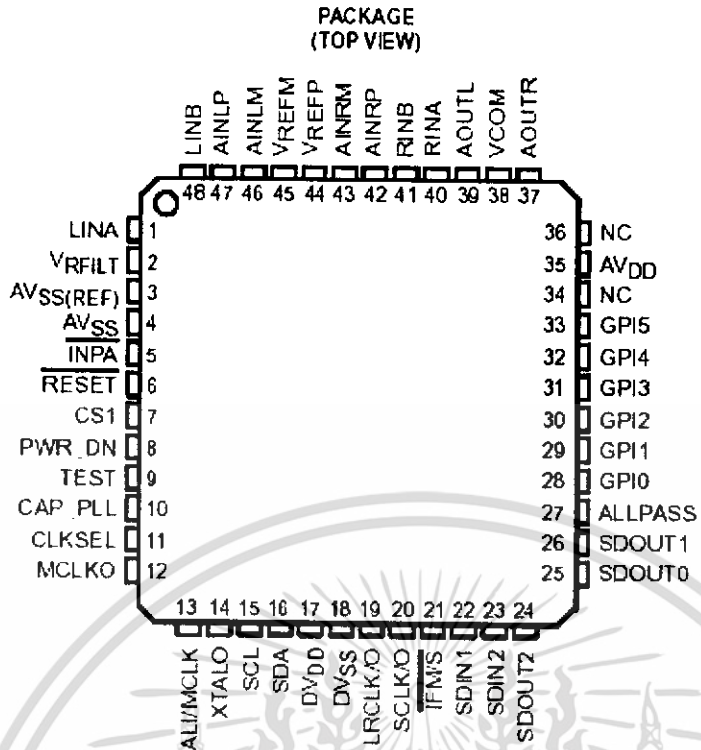
73132

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แสดงบล็อกไดอะแกรมภายในของชิป TAS3004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



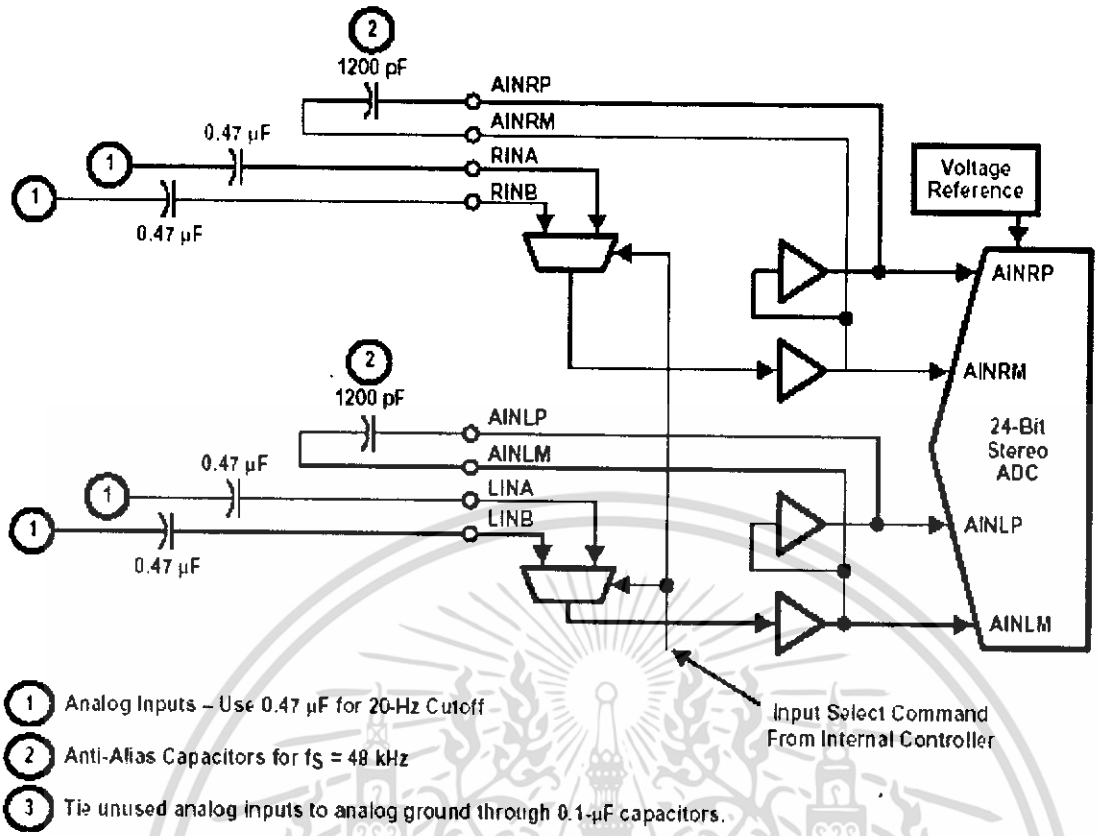
รูปที่ 2.14 แสดงตำแหน่งขาของชิป TAS3004

2.4.1 อินพุทอนาล็อก และเอาท์พุทอนาล็อก

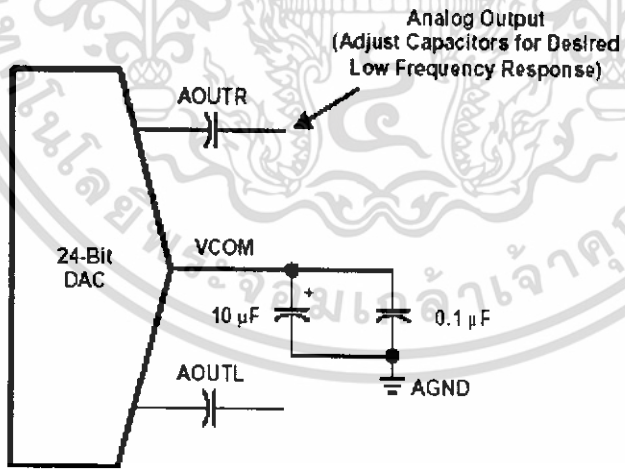
ภายในชิป TAS3004 จะประกอบไปด้วย stereo 24-bit ADC (analog-to-digital converter) ในการทำการแปลงสัญญาณอินพุทอนาล็อก ซึ่งช่องสัญญาณอินพุทนั้นจะประกอบไปด้วย 2 ช่องสัญญาณคือ A และ B ซึ่งการเลือกช่องสัญญาณอินพุท A หรือ B นั้นสามารถทำได้โดยการกำหนดบิตข้อมูลของ ACR (analog control register) ที่ทำการส่งข้อมูลในการทำการควบคุมผ่านทางระบบบัส I^2C นอกจากนั้นแล้วภายในชิปยังประกอบด้วย stereo 24-bit DAC (digital-to-analog converter) ในการทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลที่ผ่านการทำการประมวลผลแล้วให้กลับมาเป็นสัญญาณเอาท์พุทอนาล็อก

รูปที่ 2.14 นั้นจะแสดงอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการทำการต่อร่วมกับชิป TAS3004 สำหรับในส่วนของอินพุทอนาล็อก โดยสัญญาณอินพุทสูงสุดจะต้องมีแรงดันไม่เกิน 0.7 Vrms โดยค่าของอุปกรณ์ต่างๆที่เลือกใช้ดังรูปนั้นก็เพื่อให้ผลตอบสนองความถี่อยู่ในช่วง 20 Hz ถึง 20 kHz ซึ่งมีความถี่แซมปลิ้งอยู่ที่ 48 kHz โดยปราศจากปัญหา aliasing ส่วนรูปที่ 2.15 จะแสดงวงจรในส่วนของเอาท์พุทอนาล็อก ซึ่งค่าแรงดันเต็มสเกลของสัญญาณเอาท์พุทอนาล็อกที่ออกมาจากชิปนั้นจะมีค่าอยู่ที่ 0.7 Vrms เช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



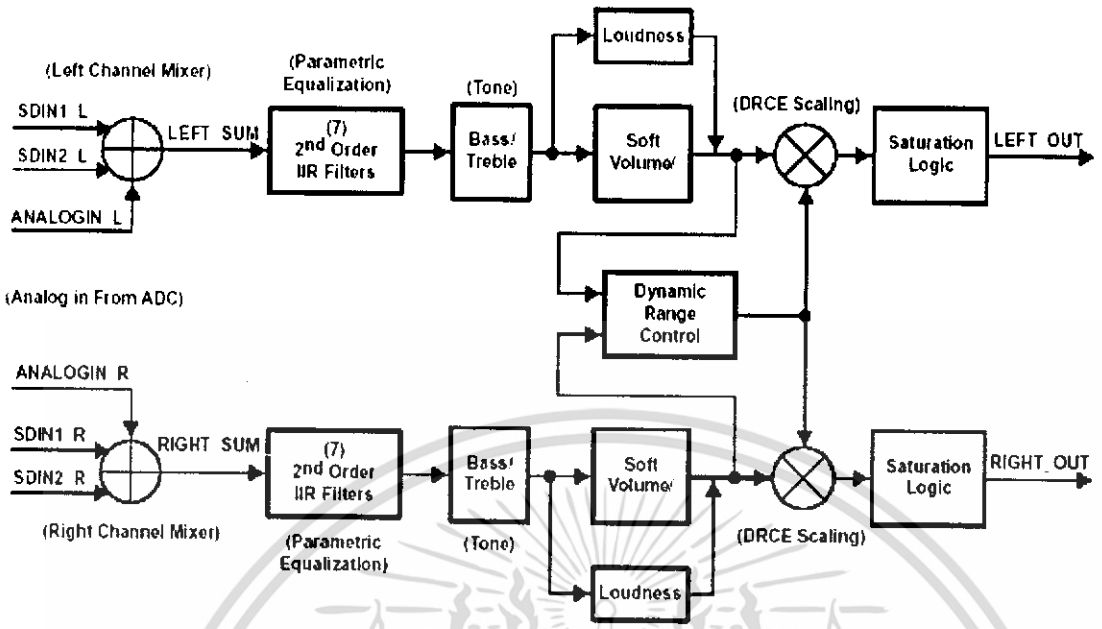
รูปที่ 2.15 แสดงวงจรในส่วนของอินพุทอนาล็อก



รูปที่ 2.16 แสดงวงจรในส่วนของเอาท์พุทอนาล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 การประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing)

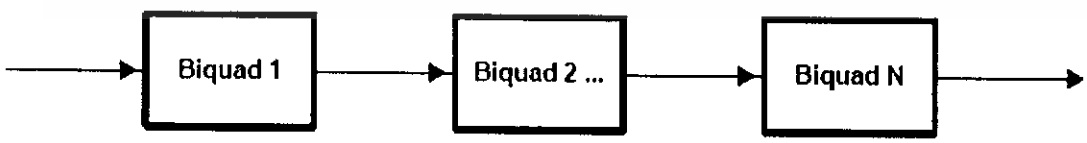


รูปที่ 2.17 แสดงบล็อกไดอะแกรมในการประมวลผลสัญญาณภายในชิป TAS3004

สัญญาณอินพุทอนาล็อกเมื่อทำการแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วจะถูกนำไปทำการประมวลผล โดยจากรูปที่ 2.16 จะแสดงบล็อกไดอะแกรมในการทำการประมวลผลสัญญาณภายในชิป TAS3004 ซึ่งภายในชิปจะมี biquad filter จำนวน 7 ตัวในแต่ละแชนแนลในการทำหน้าที่เป็นพาราเมตริกอีควอไลเซอร์ หลังจากนั้นสัญญาณจะถูกส่งไปประมวลผลในส่วนของ bass/treble control แล้วผ่านไปยังส่วนของ soft volume และ loudness จากนั้นจึงผ่านไปประมวลผลในส่วนสุดท้ายคือ ในส่วนของ DRCE (Dynamic Range Compression/Expansion)

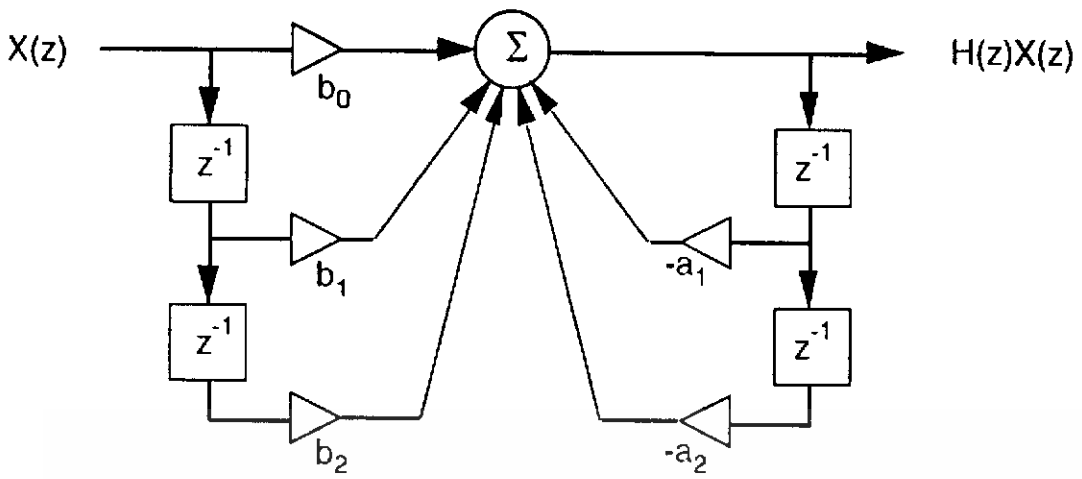
Biquad Filter

ในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย biquad filter ทั้งหมด 7 ตัวในแต่ละแชนแนล โดยมีลักษณะโครงสร้างที่ต่อคาสเคทกันอยู่ดังรูปที่ 2.17 ซึ่ง biquad filter แต่ละตัวจะทำการควบคุมโดยค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกรองทั้งหมด 5 ค่าที่ทำการส่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางระบบบัส I^2C ไปยังชิป TAS3004 โดยค่าสัมประสิทธิ์ทั้งหมดที่ถูกส่งออกไปจะอยู่ในรูปแบบของ 4.20 format



รูปที่ 2.18 แสดงโครงสร้างของ biquad block

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แสดงโครงสร้างการทำงานของ biquad IIR filter

โครงสร้างการทำงานของ biquad IIR filter แต่ละตัวนั้นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.20 และจากรูปที่ 2.19 นั้นสามารถเขียนเป็นทรานเฟอร์ฟังก์ชันได้คือ

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}$$

ซึ่งจากทรานเฟอร์ฟังก์ชันที่ได้จะมีค่าสัมประสิทธิ์ทั้งหมด 5 ค่าคือ a1, a2, b0, b1 และ b2 โดยค่าสัมประสิทธิ์ทั้งหมดนั้นจะต้องทำให้อยู่ในรูปของ 4.20 format ก่อนที่จะส่งไปยังรีจิสเตอร์ของ biquad filter ผ่านทางระบบบัส I^2C

Bass Control

ในส่วนของ bass control นั้นจะมี corner frequency คงที่อยู่ที่ 250 Hz ที่อัตราการแซมปลิ้ง 48 kHz โดยระดับของอัตราขยายในส่วนของ bass control นั้นสามารถทำการปรับแต่งได้ภายในช่วงระหว่าง 18 dB ถึง -18 dB โดยความละเอียดในการปรับแต่งอยู่ที่ 0.5 dB ในแต่ละระดับ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราขยายของ bass control นั้นสามารถทำได้โดยทำการส่งค่าของอัตราขยายที่ต้องการจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางระบบบัส I^2C ไปยังรีจิสเตอร์ของ bass control

Treble Control

ในส่วนของ treble control นั้นจะมี corner frequency คงที่อยู่ที่ 6 kHz ที่อัตราการแซมปลิ้ง 48 kHz โดยระดับของอัตราขยายในส่วนของ treble control นั้นสามารถทำการปรับแต่งได้ภายในช่วงระหว่าง 18 dB ถึง -18 dB โดยความละเอียดในการปรับแต่งอยู่ที่ 0.5 dB ในแต่ละระดับ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราขยายของ treble control นั้นสามารถทำได้โดยทำการส่งค่าของอัตราขยายที่ต้องการจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางระบบบัส I^2C ไปยังรีจิสเตอร์ของ treble control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Soft Volume Update

ในส่วนของ soft volume update นั้น ชิป TAS3004 สามารถที่จะทำการควบคุมการเปลี่ยนแปลงระดับเสียงจากระดับหนึ่งไปอีกระดับหนึ่งได้อย่างราบรื่น โดยมีช่วงของการควบคุมระดับเสียงอยู่ที่ 18 dB ไปจนถึง -70 dB โดยมีความละเอียดในการปรับแต่งอยู่ที่ 0.5 dB ซึ่งการควบระดับเสียงนั้นสามารถทำได้โดยส่งค่าของระดับเสียงที่ต้องการจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางระบบบัส I^2C ไปยัง volume control register

2.4.3 รูปแบบของตัวเลข (Numeric Format)

ในการทำการส่งค่าสัมประสิทธิ์ของ biquad filter แต่ละตัวที่ไปยังชิป TAS3004 นั้นจะต้องทำการแปลงค่าสัมประสิทธิ์ที่ต้องการส่งออกไปให้อยู่ในรูปของ 4.20 format ก่อน โดยในรูปแบบของ 4.20 format นั้นจะมีข้อมูลทั้งสิ้น 24 บิต ซึ่งประกอบไปด้วย 4 บิต ในส่วนของจำนวนเต็ม และ 20 บิต ในส่วนของทศนิยม

ในส่วนของจำนวนเต็ม 4 บิต นั้นจะต้องอยู่ในรูปของ 2's complement และในส่วนของทศนิยมนั้นจะมีค่าดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 2.2

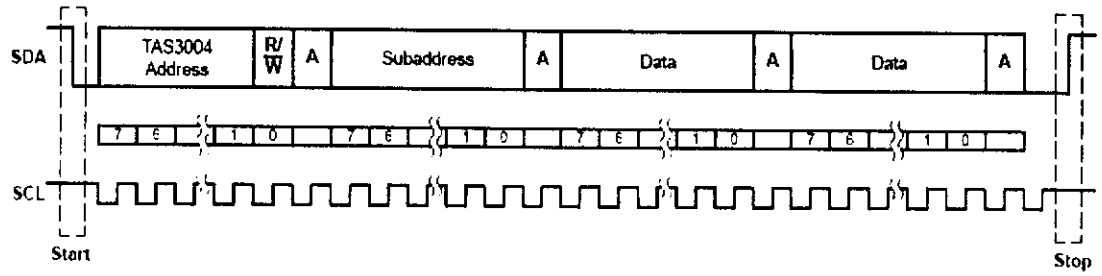
Binary	Decimal Fraction	Decimal Value
.1	1/2	.5
.01	1/4	.25
.001	1/8	.125
.0001	1/16	.0625
.00001	1/32	.03125

ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างค่าของทศนิยมในรูปของ 4.20 format

2.4.4 รีจิสเตอร์ภายในชิป TAS3004

ค่าทั้งหมดที่ใช้ในการทำการควบคุมการทำงานของชิป TAS3004 นั้นจะถูกเก็บเอาไว้ในรีจิสเตอร์ต่างๆที่อยู่ภายในชิป โดยค่าต่างๆนั้นสามารถทำการกำหนด และทำการเปลี่ยนแปลงได้เพื่อให้เป็นไปตามความต้องการในการใช้งาน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่าต่างๆในรีจิสเตอร์นั้นสามารถทำได้โดยส่งค่าที่ต้องการจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางระบบบัส I^2C ไปยังตำแหน่งของรีจิสเตอร์ที่ต้องการทำการเปลี่ยนแปลงค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 แสดงรูปแบบในการส่งข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์

รูปแบบของการส่งข้อมูลไปยังรีจิสเตอร์ต่างๆที่อยู่ภายในชิป TAS3004 นั้นจะเป็นไปตามรูปแบบการส่งข้อมูลในระบบบัส I^2C ที่เป็นการเข้าถึงแบบ 7 bit (7-bit addressing) ดังรูปที่ 2.19 ซึ่งข้อมูลที่ถูกส่งออกไปในไบต์แรกนั้นจะเป็นที่อยู่ของชิป TAS3004 โดยจะมีค่า 68h สำหรับการเขียนข้อมูลเข้าไปยังชิป และจะมีค่า 69h สำหรับการอ่านข้อมูลออกมาจากชิป หลังจากนั้นข้อมูลในไบต์ถัดมาจะเป็นที่อยู่รอง ซึ่งก็คือ ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ที่ต้องการทำการติดต่อ โดยรีจิสเตอร์ทั้งหมดนั้นจะอยู่ในตำแหน่งต่างๆตั้งแต่ตำแหน่งที่ 00h ไปจนถึงตำแหน่งที่ 43h แล้วจึงทำการส่งข้อมูลที่ต้องการเขียนไปยังรีจิสเตอร์ในไบต์ต่อๆมา โดยขนาดของข้อมูลที่จะทำการส่งนั้นจะขึ้นอยู่กับรีจิสเตอร์ที่ต้องการติดต่อ ซึ่งรีจิสเตอร์หลักที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของชิป ได้แก่

- Main Control Register 1 (MCR 1)

Main Control Register 1 (MCR 1) มีตำแหน่งอยู่ที่ตำแหน่ง 01h โดยเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆในการทำการควบคุมดังแสดงในตารางที่ 2.3

MCR 0X01							
C(7)	C(6)	C(5)	C(4)	C(3)	C(2)	C(1)	C(0)
FL	SC	E1	E0	F1	F0	W1	W0
1	x	x	x	x	x	x	x

REGISTER	DESCRIPTOR	FUNCTION	VALUE	DESCRIPTION
C(7)	FL	Fast load	0	Normal operation mode
			1	Fast load mode
C(6)	SC	SCLK frequency	0	SCLK = 32f_S
			1	SCLK = 64f_S
C(5–4)	E(1–0)	Serial port mode	00	Left justified
			01	Right justified
			10	I^2S
			11	Reserved
C(3)	XX		1	Reserved
C(2)			0	Download
C(1–0)	W(1–0)	Serial port word length	00	16-bit
			01	18-bit
			10	20-bit
			11	24-bit

ตารางที่ 2.3 แสดงรายละเอียดของ Main Control Register 1 (MCR1)

- Main Control Register 2 (MCR 2)

Main Control Register 2 (MCR 2) มีตำแหน่งอยู่ที่ตำแหน่ง 43h โดยเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆในการทำการควบคุมดังแสดงในตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MCR2 0X43							
C2(7)	C2(6)	C2(5)	C2(4)	C2(3)	C2(2)	C2(1)	C2(0)
DL	XX	XX	XX	XX	XX	AP	XX
1	0	0	0	0	0	1	0

REGISTER	DESCRIPTOR	FUNCTION	VALUE	DESCRIPTION
C2(7)	DL	Bass and treble load	0	Normal operation mode
			1	Downloaded values
C2(6)	XX	Reserved	0	
			1	
C2(5)	XX	Reserved	0	
			1	
C2(4)	XX	Reserved	0	
			1	
C2(3)	XX	Reserved	0	
			1	
C2(2)	XX	Reserved	0	
			1	
C2(1)	AP	Allpass mode	0	Normal operation
			1	Sets equalization filters to all pass
C2(0)	XX	Reserved	0	
			1	

ตารางที่ 2.4 แสดงรายละเอียดของ Main Control Register 2 (MCR2)

- Analog Control Register (ACR)

Analog Control Register มีตำแหน่งอยู่ที่ตำแหน่ง 40h โดยเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ซึ่งมีรายละเอียดต่างๆในการทำการควบคุมดังแสดงในตารางที่ 2.5

ANA 0X40							
A(7)	A(6)	A(5)	A(4)	A(3)	A(2)	A(1)	A(0)
ADM	LRB	XX	XX	DM1	DM0	INP	APD
0	0	0	0	1	1	1	1

REGISTER	DESCRIPTOR	FUNCTION	VALUE	DESCRIPTION
A(7)	ADM	ADC output mode	0	Normal operation
			1	B inputs are monaural
A(6)	LRB	Selects left or right B input for monaural output	0	B left input selected for monaural ADC output when bit 7 (ADM) is set to 1
			1	B right input selected for monaural ADC output when bit 7 (ADM) is set to 1
A(5)	XX	Reserved	0	
			1	
A(4)	XX	Reserved	0	
			1	
A(3–2)	DM(1–0)	De-emphasis control	00	De-emphasis off, normal operation
			01	De-emphasis for f_S = 48 kHz
			10	De-emphasis for f_S = 44.1 kHz
			11	Reserved
A(1)	INP	Analog input select	0	A inputs selected
			1	B inputs selected
A(0)	APD	Analog power down	1	Powers down analog section
			0	Normal operation

ตารางที่ 2.5 แสดงรายละเอียดของ Analog Control Register (ACR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ตัวกรองเชิงเลข (digital filter)

2.5.1 ข้อดีและข้อเสียของตัวกรองเชิงเลข

การกรองเชิงเลขเป็นกระบวนการที่ทำการดัดแปลงสเปกตรัมของสัญญาณให้มีสเปกตรัมเป็นไปตามข้อกำหนดที่ต้องการในการออกแบบ ซึ่งอาจเป็นการเพิ่มค่าหรือลดทอนค่าขนาดของสัญญาณในแถบความถี่ที่กำหนดให้ หรือทำการตัดสัญญาณในแถบความถี่ที่กำหนดให้ออกไป หรือทำการแยกสัญญาณในแถบความถี่ที่ต้องการออกมาใช้งานก็ได้ ตัวกรองเชิงเลขนั้นได้มีการนำไปประยุกต์ใช้งานกันอย่างกว้างขวางเนื่องด้วยข้อได้เปรียบหลายประการดังต่อไปนี้

1. ผลตอบสนองความถี่ของตัวกรองสามารถออกแบบให้มีความใกล้เคียงกับผลตอบสนองความถี่ที่ต้องการได้ นอกจากนี้การออกแบบให้มีผลตอบสนองเฟสเชิงเส้นก็สามารถทำได้ง่าย

2. คุณสมบัติของตัวกรองที่ออกแบบและสร้างแล้วจะไม่ขยับเลื่อนไปตามสภาวะแวดล้อมหรือตามอุณหภูมิ หรือระยะเวลาการใช้งาน นอกจากนี้ยังสามารถใช้งานในย่านความถี่ต่ำได้เป็นอย่างดี

3. ผู้ออกแบบสามารถที่จะออกแบบโดยกำหนดถึงความยาวของคำของตัวเลขฐานสองที่ต้องการใช้งานและยังสามารถออกแบบให้มีผลตอบสนองความถี่ตามที่ต้องการได้

4. จนถึงปัจจุบันถ้าพิจารณาในแง่ของเสถียรภาพของตัวกรอง ความเชื่อถือได้ ราคา หรือขนาดของตัวกรองเชิงเลขแล้ว สิ่งเหล่านี้กำลังได้รับการพัฒนาและปรับปรุง และมีแนวโน้มว่าจะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าของตัวกรองเชิงอุปมานมาก

อย่างไรก็ตามถ้าพิจารณาในแง่มุมของการใช้งานโดยเฉพาะการใช้งานโดยใช้เลขฐานสองที่มีความยาวของคำจำกัดแล้วนั้น การออกแบบและการสังเคราะห์ตัวกรองเชิงเลขแบบนี้มีความยุ่งยากมากขึ้น เนื่องจากต้องนำผลของปรากฏการณ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นที่อาจเกิดขึ้นได้นำมาพิจารณาด้วย ซึ่งการใช้ตัวเลขความยาวของคำจำกัดจะทำให้เกิดปรากฏการณ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้น ดังสามารถเขียนสรุปได้ดังต่อไปนี้

1. ถึงแม้ว่าตัวกรองจะได้รับการออกแบบและตรวจสอบมาเป็นอย่างดี เพื่อให้ได้ผลตอบสนองความถี่ตามต้องการและเป็นตัวกรองที่มีเสถียรภาพแล้ว แต่เมื่อนำไปสร้างใช้งานก็อาจเกิดการไม่เสถียรขึ้นได้

2. การคำนวณต่างๆโดยเฉพาะการคูณตัวเลขเราต้องทำการปัดเศษหรือตัดปลายตัวเลขหลังการคูณแต่ละครั้ง ซึ่งผลจากการกระทำเช่นนี้อาจทำให้เกิดสิ่งรบกวนหรือสัญญาณรบกวนที่สัญญาณออกได้ ถ้าในตัวกรองมีการคูณตัวเลขมากสัญญาณรบกวนจากการคูณก็มากด้วย

3. เมื่อนำไปสร้างใช้งานโดยใช้ตัวเลขฐานสองโดยเฉพาะการใช้ตัวเลขแบบส่วนเติมเต็มสองแล้ว ถ้าขนาดสัญญาณมากเกินไปจะทำให้มีโอกาสที่การบวกตัวเลขมีค่ามากจนตัวเลขเลยไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทับบิตเครื่องหมาย หรือเกิดการล้น ซึ่งอาจทำให้ที่สัญญาณออกของตัวกรองเกิดการกวัดแกว่งขึ้นได้

ปรากฏการณ์ต่างๆที่ได้กล่าวมานี้ในทางปฏิบัติอาจเกิดหรือไม่เกิดขึ้นก็ได้ขึ้นอยู่กับว่าเมื่อนำไปสร้างโดยใช้ความยาวคำจำกัดนั้น ฟังก์ชั่นถ่ายโอนของตัวกรองถูกสร้างโดยใช้โครงสร้างของตัวกรองแบบใด ซึ่งเมื่อถึงจุดนี้เราจึงจำเป็นต้องศึกษาเพื่อค้นคว้าหาโครงสร้างของตัวกรองที่ทำให้เกิดผลของปรากฏการณ์ ไม่เป็นเชิงเส้นน้อยที่สุด

2.5.2 การออกแบบตัวกรองเชิงเลข

สำหรับการออกแบบสร้างตัวกรองเชิงเลขเพื่อให้มีคุณสมบัติผลตอบสนองความถี่ตามอุดมคติ หรือมีผลตอบสนองความถี่ตามต้องการนั้น อาจกล่าวโดยทั่วไปได้ว่าผู้ออกแบบและสร้างจะต้องนำองค์ประกอบสำคัญต่างๆมาร่วมพิจารณาด้วย ซึ่งองค์ประกอบต่างๆนั้นสามารถเขียนสรุปได้ดังนี้

1. เป็นการกำหนดคุณสมบัติของตัวกรองในโดเมนความถี่ เช่น ค่าขนาดหรือค่าความหน่วงกลุ่ม

2. สำหรับตัวกรองป้อนกลับเชิงเลขที่เราเขียนฟังก์ชั่นถ่ายโอนของมันเป็นอัตราส่วนของพหุนามนั้น ต้องออกแบบให้ได้ตัวกรองที่มีเสถียรภาพที่ดี

3. เมื่อได้ฟังก์ชั่นถ่ายโอนแล้วเราต้องทำการเลือกโครงสร้างตัวกรองให้เหมาะสม เพื่อที่ว่าเมื่อนำไปสร้างใช้งานโดยใช้ตัวเลขความยาวของคำจำกัดแล้วจะไม่เกิดปรากฏการณ์ไม่เป็นเชิงเส้นเกิดขึ้น หรือถ้าหลีกเลี่ยงไม่ได้ก็ให้เกิดปรากฏการณ์ไม่เป็นเชิงเส้นให้น้อยที่สุด

การประยุกต์ใช้ตัวกรองเชิงเลขเพื่อทำหน้าที่เป็นดิจิตอลอีควอไลเซอร์นั้น เราจะให้ความสำคัญในการตอบสนองแอมพลิจูดตามที่ต้องการเพียงอย่างเดียว ซึ่งโดยทั่วไปตัวกรองป้อนกลับเชิงเลขจะใช้อันดับของตัวกรองต่ำกว่าตัวกรองไม่ป้อนกลับเชิงเลขมาก โดยข้อดีของการที่มีตัวกรองอันดับต่ำก็คือ เป็นการประหยัดในเทอมของเวลาในการคำนวณและขนาดของหน่วยความจำที่ต้องใช้ ดังนั้นเราจึงเลือกใช้ตัวกรองป้อนกลับเชิงเลข โดยตัวกรองมีผลตอบสนองอิมพัลส์แบบผลตอบสนองอิมพัลส์อนันต์ (infinite impulse respond) และเป็นตัวกรองอันดับสองที่มีลักษณะโครงสร้างแบบโดยตรงหนึ่ง (direct form 1)

โครงสร้างของตัวกรองเชิงเลขแบบโดยตรงหนึ่งนั้นมีลักษณะโครงสร้างดังรูปที่ 2.18 ซึ่งสมารถเขียนเป็นทรานเฟอร์ฟังก์ชันได้คือ

$$H(Z) = \frac{b_0 + b_1 Z^{-1} + b_2 Z^{-2}}{1 + a_1 Z^{-1} + a_2 Z^{-2}} \qquad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบตัวกรองเชิงเลขเพื่อทำหน้าที่เป็นดิจิตอลอีควอไลเซอร์นั้น เราจะเลือกใช้สมการในโดเมนของความถี่เป็นแบบ Peaking EQ โดยมีสมการเป็น

$$H(S) = \frac{S^2 + S(A/Q) + 1}{S^2 + S/(A*Q) + 1} \tag{2.2}$$

โดยตัวแปร A จะแทนขนาดของแอมพลิจูด และตัวแปร Q แทนค่า quality factor

จากนั้นจึงทำการทำให้เป็นบรรทัดฐาน (normalize) และทำการโอนย้ายจาก S โดเมนมาเป็น Z โดเมน โดยอาศัยวิธีการแปลงเชิงเส้นคู่ (bilinear transform) โดยจะทำการแทนสมการที่ 2.3 ในสมการที่ 2.2

$$S = \frac{1 - Z^{-1}}{\tan(w_0/2) * (1 + Z^{-1})} \tag{2.3}$$

ในสมการที่ 2.2 และให้

$$\tan(w_0/2) = \frac{\sin w_0}{1 + \cos w_0} \tag{2.4}$$

จะได้

$$1 = \frac{(1 + \cos w_0) * (1 + 2Z^{-1} + Z^{-2})}{(1 + \cos w_0) * (1 + 2Z^{-1} + Z^{-2})} \tag{2.5}$$

$$S = \frac{(1 + \cos w_0) * (1 - Z^{-1})}{\sin w_0 * (1 + Z^{-1})} \tag{2.6}$$

$$S^2 = \frac{(1 + \cos w_0) * (1 - 2Z^{-1} + Z^{-2})}{(1 - \cos w_0) * (1 + 2Z^{-1} + Z^{-2})} \tag{2.7}$$

ซึ่งจากสมการที่ 2.5-2.7 จะเห็นได้ว่ามีตัวร่วมอยู่คือ $\frac{1 + \cos w_0}{1 + 2Z^{-1} + Z^{-2}}$ โดยเมื่อทำการตัดตัวร่วมทิ้งจะได้เป็น

$$1 = \frac{(1 + 2Z^{-1} + Z^{-2})}{(1 + \cos w_0)} \tag{2.8}$$

$$S = \frac{(1 - Z^{-2})}{\sin w_0} \tag{2.9}$$

$$S^2 = \frac{(1 - 2Z^{-1} + Z^{-2})}{(1 - \cos w_0)} \tag{2.10}$$

จากนั้นจึงทำการคูณทั้งตัวเศษและตัวส่วนของสมการที่ 2.8- 2.10 ด้วย $\sin^2 w_0$ จะได้เป็น

$$1 = (1 + 2Z^{-1} + Z^{-2}) * (1 - \cos w_0) \tag{2.11}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$S = (1 - Z^{-2}) * \sin w_0 \quad (2.12)$$

$$S^2 = (1 - 2Z^{-1} + Z^{-2}) * (1 + \cos w_0) \quad (2.13)$$

ทำการแทนสมการที่ 2.11-2.13 ในสมการที่ 2.2 จะได้ฟังก์ชั่นถ่ายโอนใน Zโดเมน ซึ่งการคำนวณทั้งหมดตามที่ได้กล่าวมานั้นจะเป็นการออกแบบตัวกรองเชิงเลขโดยอาศัยตัวกรองเชิงอุปมานเป็นต้นแบบ แต่ในโครงงานนี้เราเพียงทำการหาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการที่ 2.1 เท่านั้น โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

กำหนดให้

$$A = \sqrt{10^{(G/20)}} \quad (2.14)$$

$$w_c = 2\Pi \frac{f_c}{f_s} \quad (2.15)$$

$$ws = \sin(w_c) \quad (2.16)$$

$$wc = \cos(w_c) \quad (2.17)$$

$$\alpha = \frac{ws}{2Q} \quad (2.18)$$

จากนั้นนำค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่ทำการคำนวณได้คือ A, w_c, ws, wc, α ไปแทนในสมการค่าสัมประสิทธิ์ดังต่อไปนี้

$$b_0 = 1 + (\alpha \cdot A) \quad (2.19)$$

$$b_1 = -2 \cdot wc \quad (2.20)$$

$$b_2 = 1 - (\alpha \cdot A) \quad (2.21)$$

$$a_0 = 1 + (\alpha / A) \quad (2.22)$$

$$a_1 = -2 \cdot wc \quad (2.23)$$

$$a_2 = 1 - (\alpha / A) \quad (2.24)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วงจรการทำงานและการออกแบบอุปกรณ์

การทำงานของอุปกรณ์นี้ จะแบ่งออกเป็นส่วนๆ ซึ่งจะแบ่งออกเป็นส่วนใหญ่ได้สองส่วนหลัก ได้แก่

1. ส่วนในการควบคุมรวมและการแสดงผล

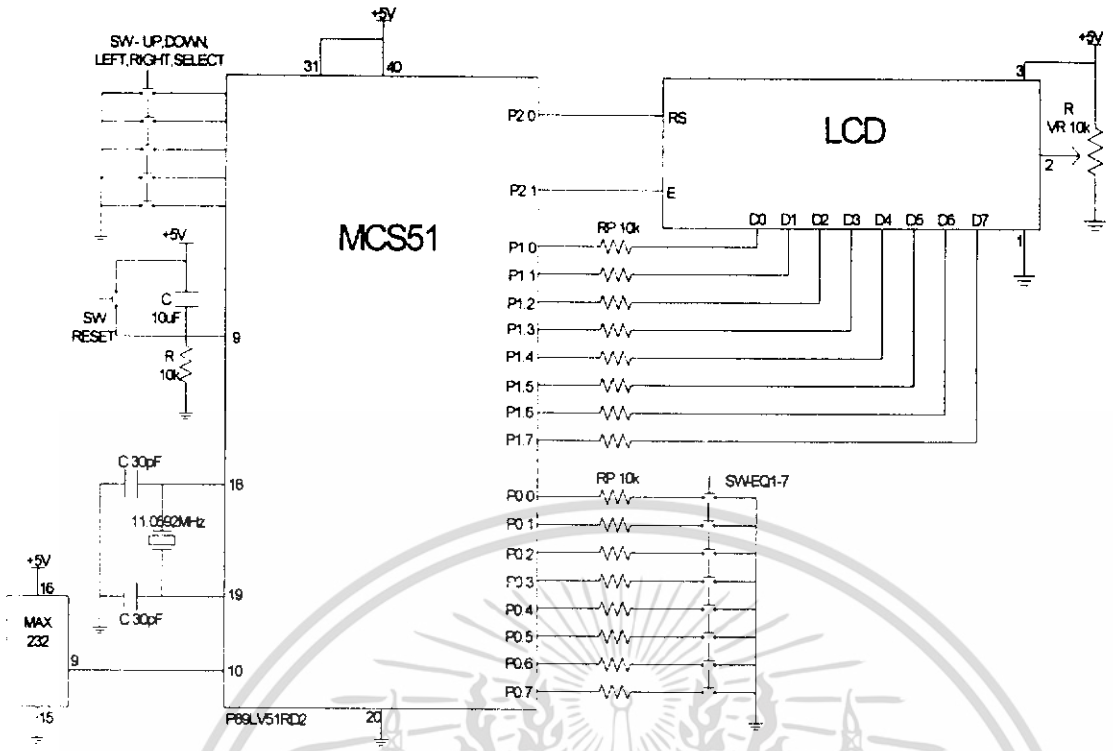
2. ส่วนการสังเคราะห์สัญญาณเสียง

3.1 วงจรส่วนการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ และการแสดงผลผ่านหน้าจอ LCD

วงจรในส่วนนี้เป็นส่วนในการควบคุมการส่งข้อมูล ผ่านทางปุ่มบังคับ ซึ่งแบ่งออกเป็นสองส่วนได้แก่ ส่วนบังคับการทำงานทั่วไป และส่วนที่สองเป็นส่วนในการควบคุมการปรับค่าของ Biquit ทั้ง 7 Band วงจรส่วนนี้จะรวมถึง Microcontroller ที่เป็นอุปกรณ์สำคัญในการประมวลผล การเก็บค่าพารามิเตอร์ต่างๆ และดำเนินการทำงานหลังของข้อมูล รวมถึงการแสดงผลของการทำงานของอุปกรณ์ผ่านทางหน้าจอ LCD และส่งข้อมูลผ่านทาง Port RS232 โดยใช้ Chip เบอร์ Max232

รูปที่ 3.1 ปุ่มควบคุมการทำงานของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 วงจรควบคุมการส่งผ่านข้อมูลผ่านทางปุ่มบังคับ และแสดงผลทางจอ LCD

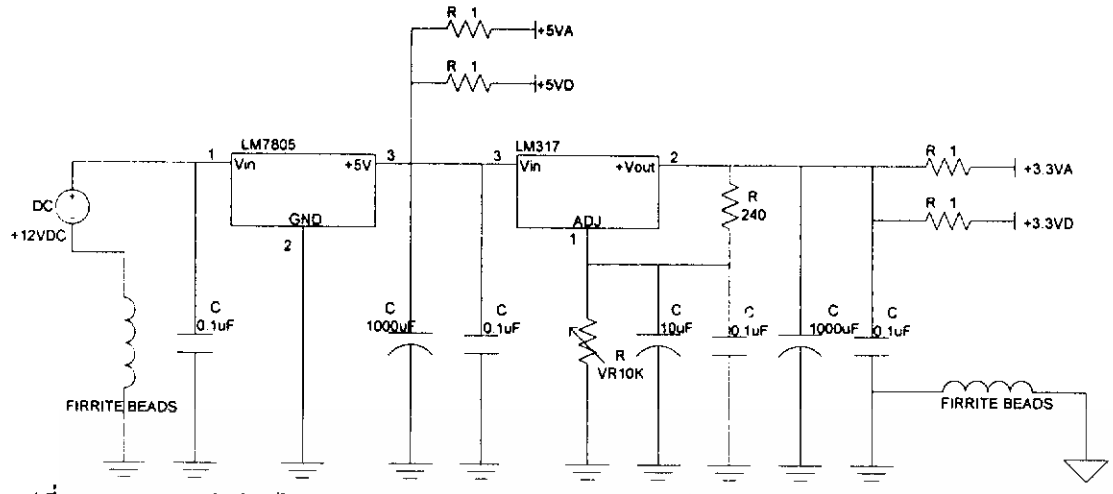
3.2 วงจรส่วนการสังเคราะห์สัญญาณเสียง

เป็นส่วนที่ทำการนำสัญญาณ Input มาทำการสังเคราะห์ด้วยระบบเชิงเลข ซึ่งได้รับค่าพารามิเตอร์ในการทำงานจาก ส่วนควบคุมการทำงาน ในส่วนนี้ประกอบขึ้นด้วยส่วนการทำงานทั้งหมด 5 ส่วนได้แก่

3.2.1 วงจรแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

- ทำหน้าที่จ่ายไฟเลี้ยงให้กับอุปกรณ์ต่างๆทั้งหมดในวงจร ซึ่งใช้ IC เบอร์ LM7805, LM317 เป็นตัวควบคุม voltage และ current ของวงจร ในส่วนของ LM7805 นั้นจะให้ output ที่มีค่า 5V และ LM317 จะปรับให้ได้ output ออกมาที่ประมาณ 3.3V

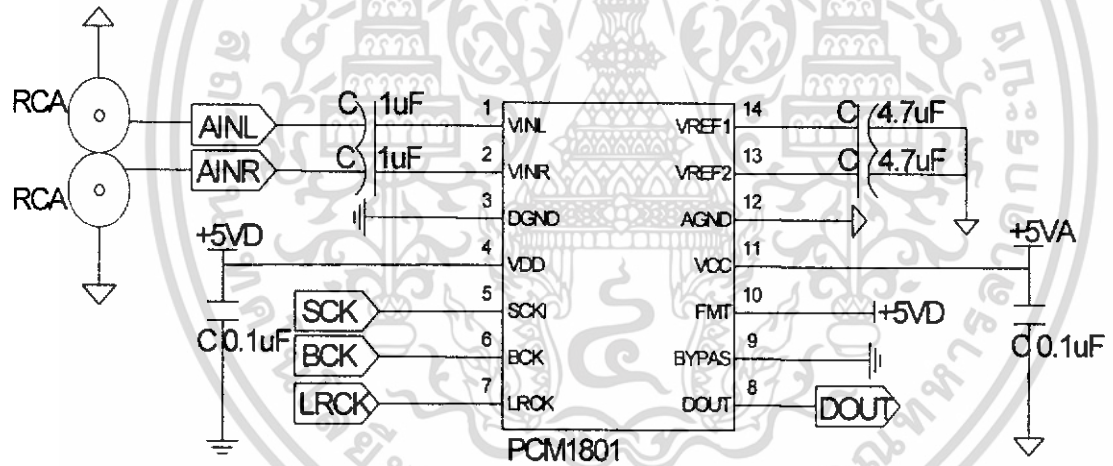
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)

3.2.2 วงจร ADC

- ทำหน้าที่ในการแปลง input ที่ได้รับมา ซึ่งเป็นสัญญาณ analog ให้เปลี่ยนเป็นสัญญาณ digital เพื่อที่จะนำไปใช้ในการสังเคราะห์สัญญาณในลำดับต่อไป โดยจะใช้ IC เบอร์ PCM1801 ซึ่งรับ input ได้ 2 channel และได้ output ออกมาเป็นสัญญาณ digital ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณ

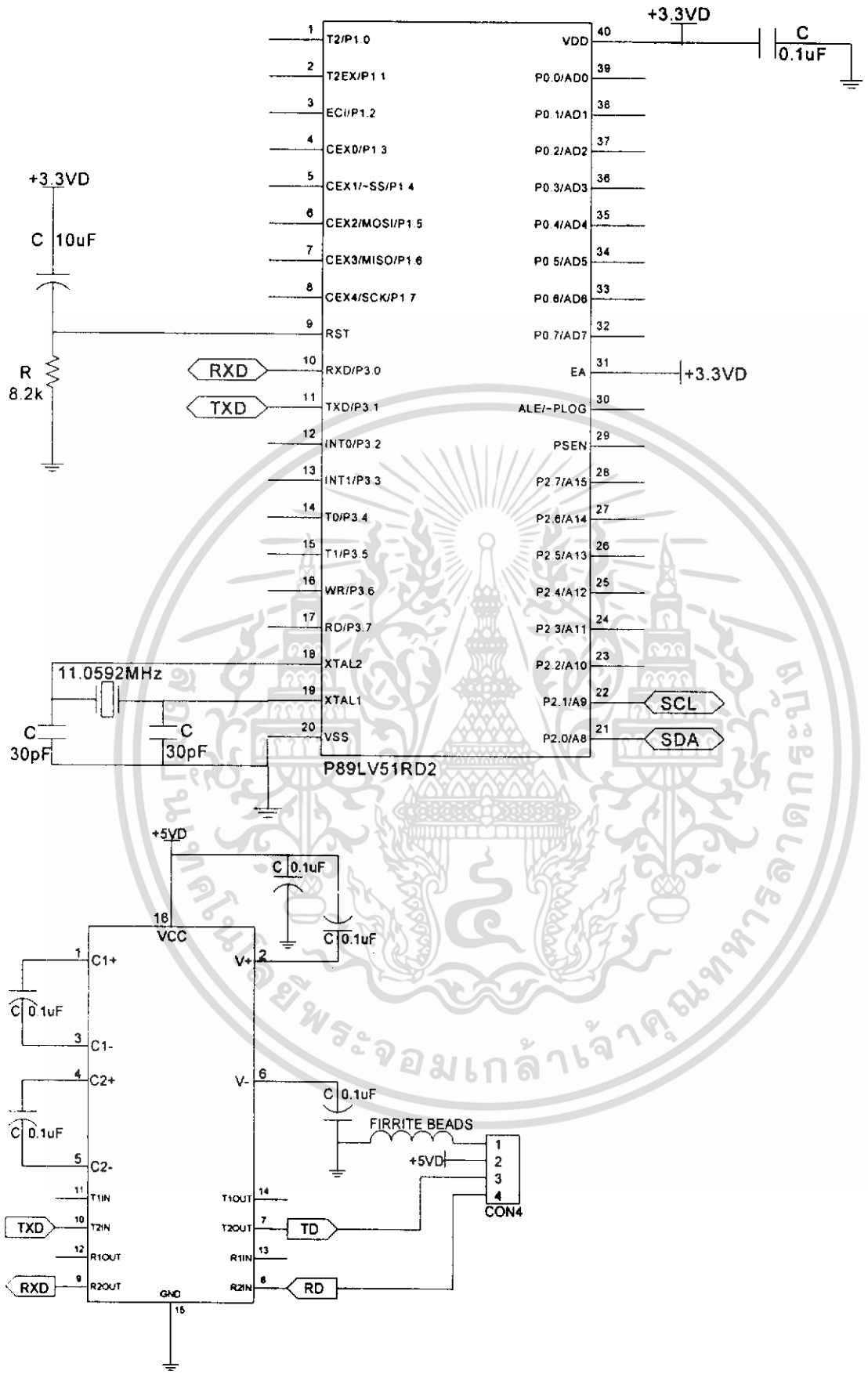


รูปที่ 3.4 วงจร ADC

3.2.3 วงจรควบคุมการทำงานของ DSP chip (TAS3004)

- ทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานต่างๆของ TAS3004 ซึ่งประกอบด้วย Microcontroller เบอร์ P89LV51RD2 และ IC MAX232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

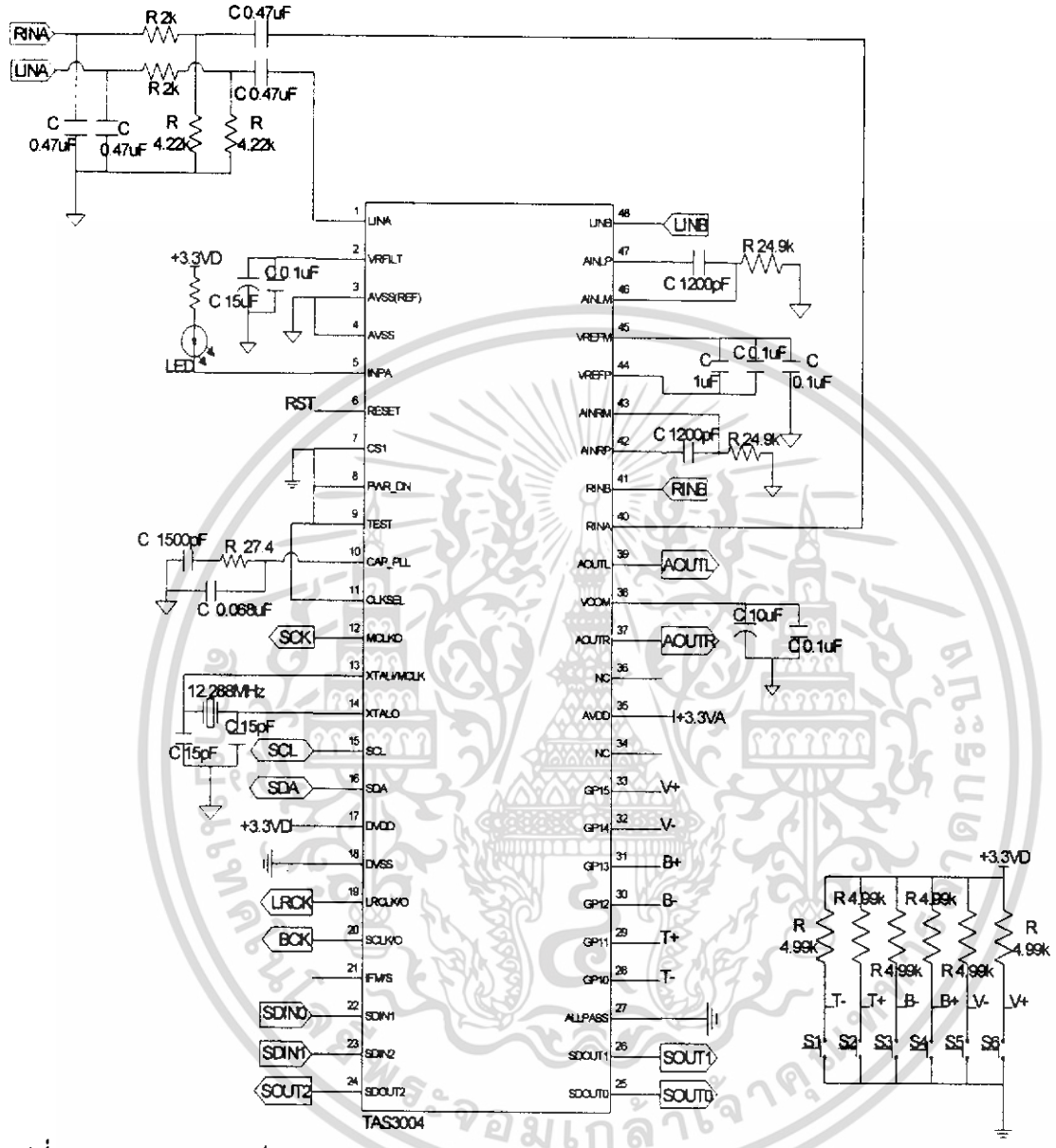


รูปที่ 3.5 วงจรควบคุมการทำงานของ DSP chip

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 วงจรสังเคราะห์สัญญาณ (วงจร DSP TAS3004)

- ทำหน้าที่ในการสังเคราะห์สัญญาณเสียง ที่ได้มาจากวงจร ADC (input) โดยนำคำสั่งที่ได้จาก วงจรควบคุมการทำงาน มาประมวลผล

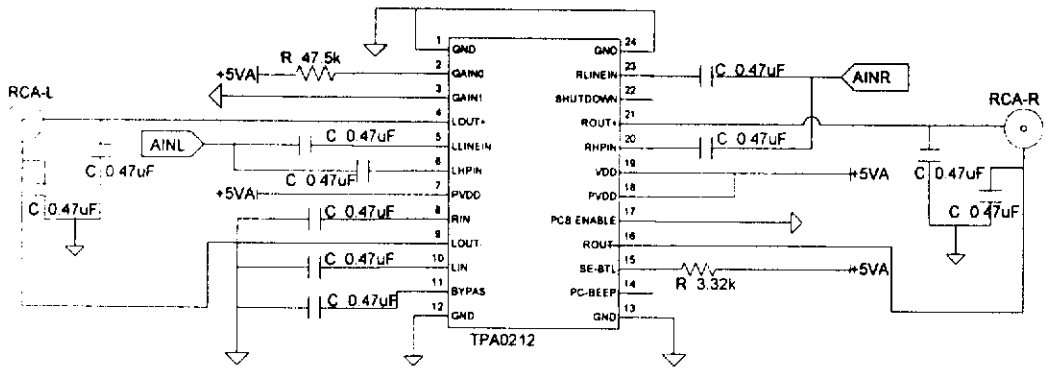


รูปที่ 3.6 วงจรสังเคราะห์สัญญาณ (วงจร DSP TAS3004)

3.2.5 วงจรขยายสัญญาณ (Pre Amplifier)

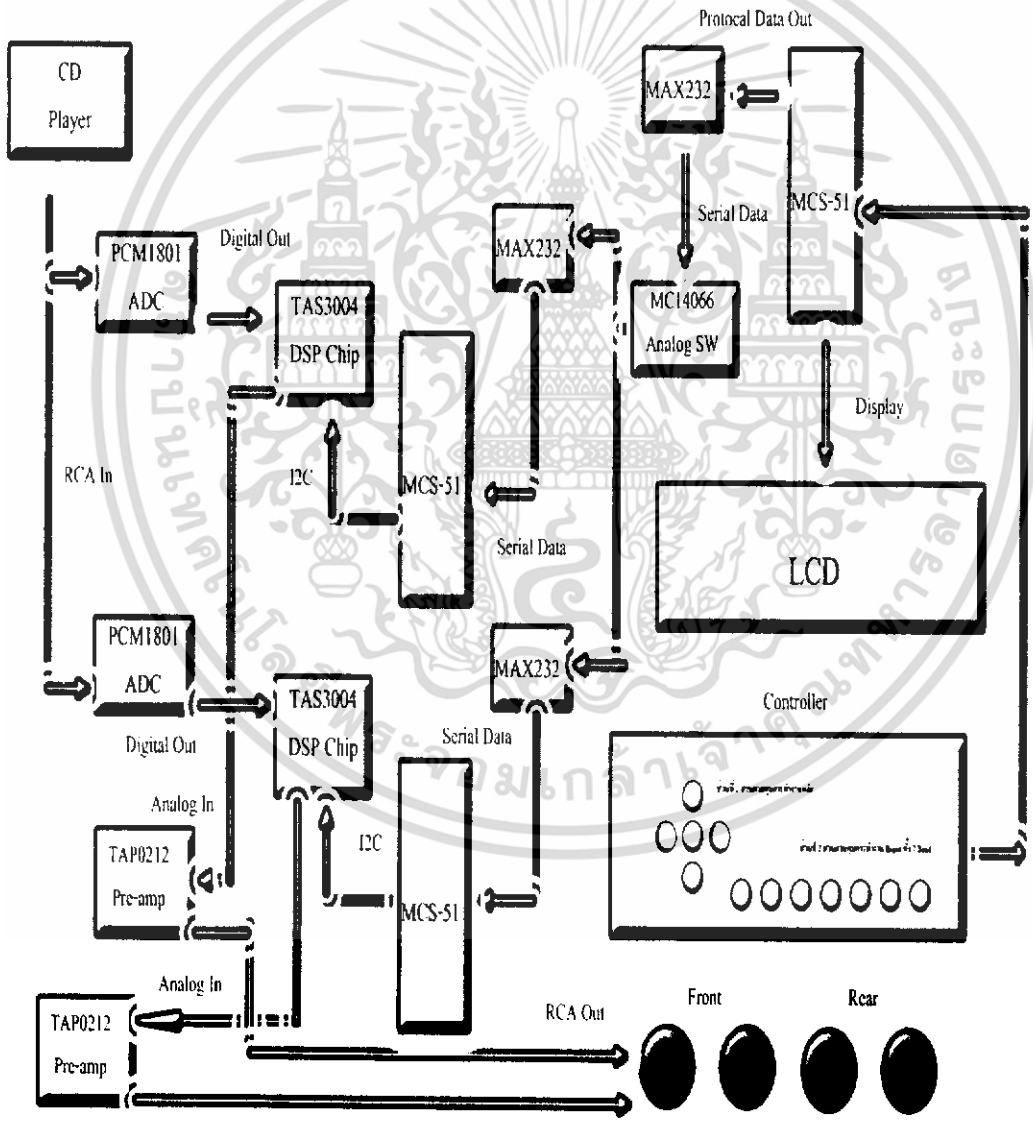
- ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเสียงที่ ออกมาจาก output ของวงจรสังเคราะห์สัญญาณ (วงจร DSP TAS3004) เพื่อให้ได้สัญญาณที่สามารถนำไปใช้งานทาง output ของวงจรต่อไป โดยใช้ IC เบอร์ TPA0212 มาขยายสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 วงจรขยายสัญญาณ (Pre Amplifier)

3.2.6 วงจรรวมทั้งหมดของอุปกรณ์สังเคราะห์เสียงด้วย DSP Ship



รูปที่ 3.8 วงจรรวมทั้งหมดของอุปกรณ์สังเคราะห์เสียงด้วย DSP Ship

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 โปรแกรมควบคุมการทำงานของชิป TAS3004 โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

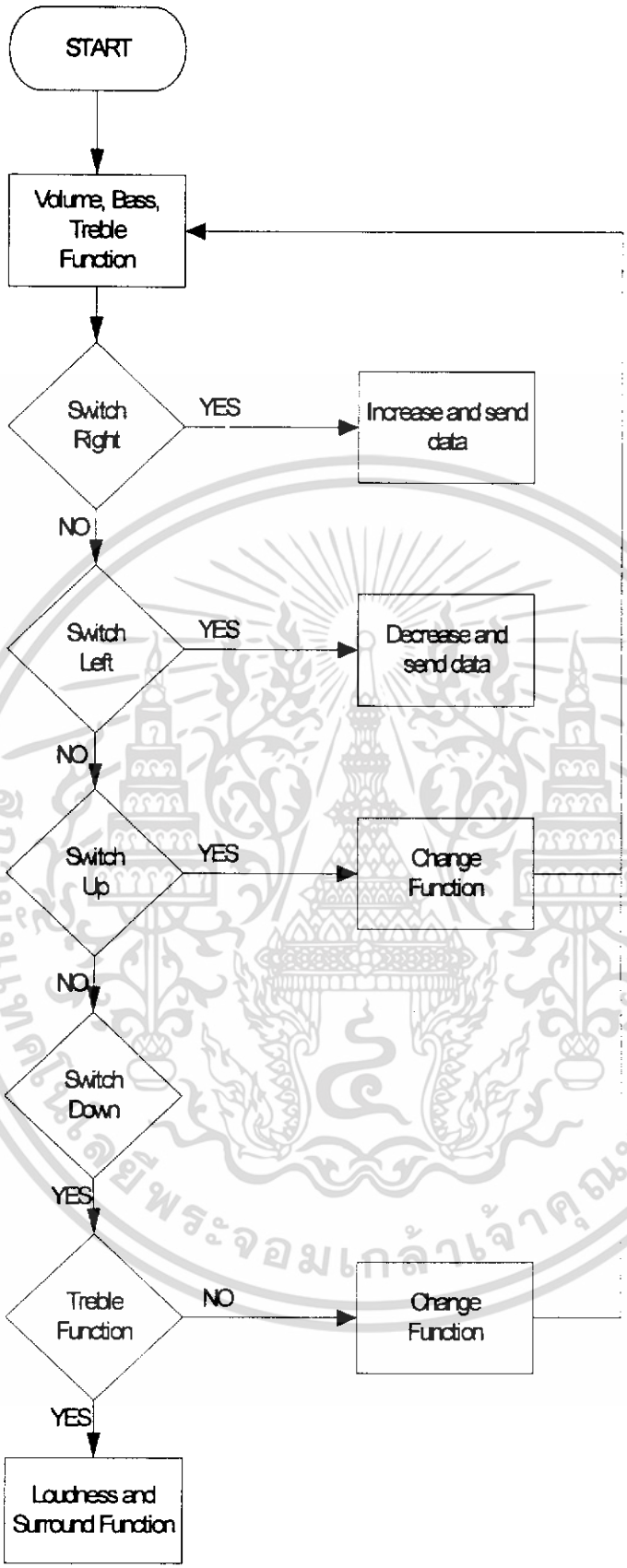
การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานบนไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของชิป TAS3004 สามารถทำได้โดยเขียนโปรแกรมเพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมไปยังชิปผ่านทางระบบบัส I^2C ซึ่งการทำการเขียนโปรแกรมที่ออกแบบบนไมโครคอนโทรลเลอร์จะใช้ภาษา C ในการเขียนโปรแกรม โดยฟังก์ชันในการทำงานจะประกอบไปด้วย 2 ฟังก์ชันหลัก คือ ในส่วนของ tone contro! และในส่วนของ biquad filter โดยการอธิบายการทำงานของโปรแกรมนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ เป็นส่วนของการเลือกฟังก์ชัน และการทำการปรับแต่งค่าในส่วนแรก และการส่งข้อมูลที่ใช้ในการทำการความคุมผ่านระบบบัส I^2C ในส่วนหลัง

- โปรแกรมส่วนเลือกฟังก์ชัน และปรับแต่งค่า

จากโปรแกรมที่ได้ทำการออกแบบนั้นสามารถอธิบายได้ด้วยโฟลว์ชาร์ทแสดงกระบวนการทำงานของโปรแกรมที่ได้ทำการเขียน โดยฟังก์ชันในการทำงานของโปรแกรมทั้งหมดนั้นประกอบไปด้วย 2 ฟังก์ชันคือ tone control และ biquad filter ซึ่งการเลือกฟังก์ชันที่จะทำการปรับแต่งนั้นสามารถอธิบายได้ด้วยโฟลว์ชาร์ทแสดงโปรแกรมการทำงานหลักดังรูปที่ 3.9

จากรูปที่ 3.9 ชิป TAS3004 จะเริ่มต้นการทำงานเมื่อกดสวิตช์ enter โดยเมื่อทำการกดสวิตช์แล้วข้อมูลที่ใช้ในการทำการควบคุมการทำงานของชิปจะถูกส่งจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางระบบบัส I^2C ไปยังรีจิสเตอร์ควบคุมที่อยู่ภายในชิป ซึ่งประกอบไปด้วย Main Control Register1, Main Control Register2 และ Analog Control Register เพื่อเริ่มต้นการทำงานของชิป หลังจากนั้นจึงจะทำการเลือกฟังก์ชันที่ต้องการทำการปรับแต่งค่าโดยใช้สวิตช์ up และ down ในการทำการเลือกฟังก์ชันระหว่างฟังก์ชัน tone control และฟังก์ชัน biquad filter แล้วใช้สวิตช์ enter เพื่อเข้าไปทำการปรับแต่งค่าต่างๆในฟังก์ชันที่ต้องการ

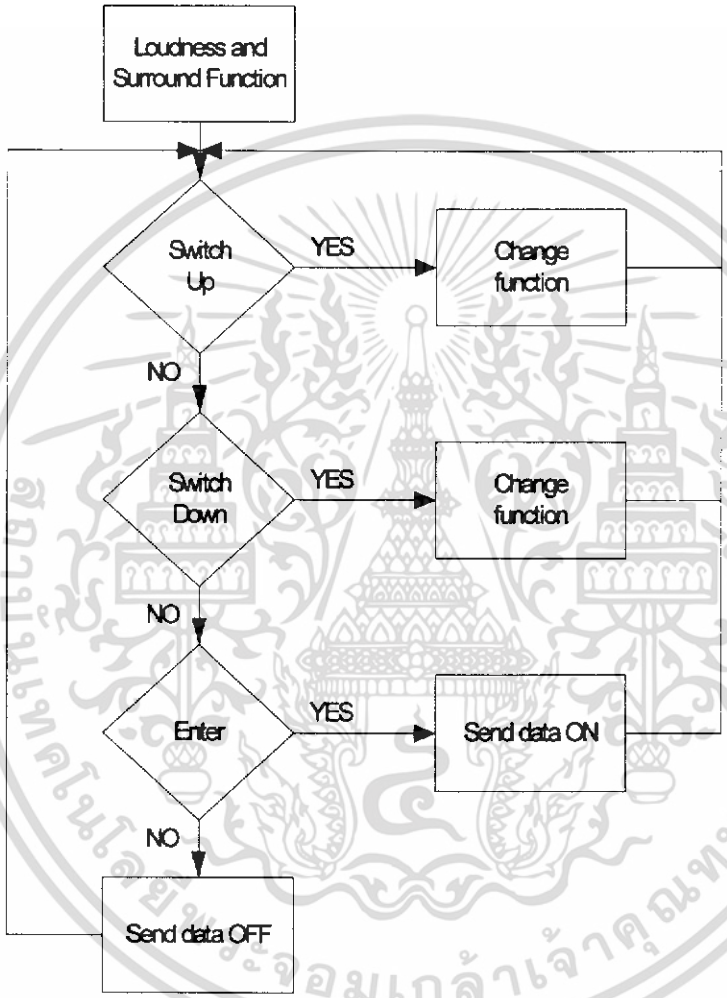
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงโฟลว์ชาร์ทอธิบายกระบวนการทำงานในส่วนของ Volume, Bass, Treble

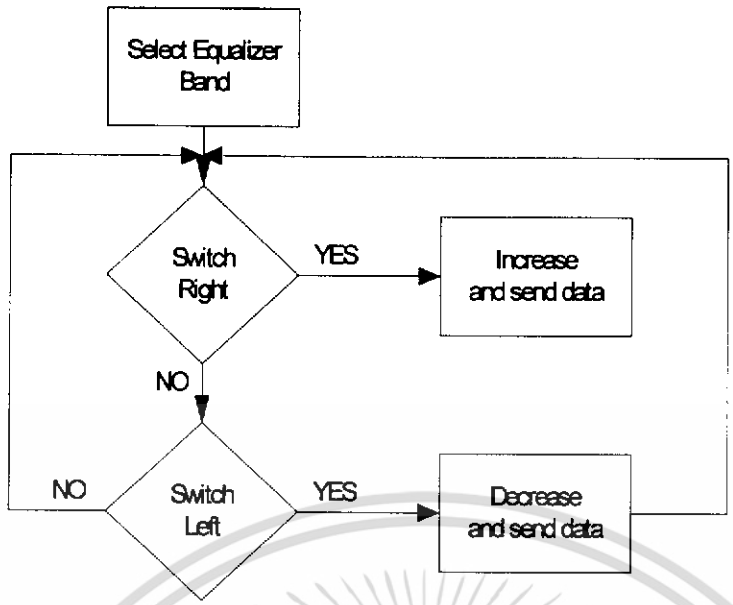
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากทำการเลือกฟังก์ชันในการทำงานแล้ว จะเป็นการทำการปรับแต่งค่าเพื่อส่งค่าที่ต้องการทำการปรับแต่งไปยังชิป TAS3004 โดยการทำงานในส่วนของฟังก์ชัน Loudness and Surround นั้นสามารถอธิบายได้ด้วยโฟลว์ชาร์ทดังรูปที่ 3.10 ซึ่งเป็นโฟลว์ชาร์ทอธิบายกระบวนการทำงานในส่วนของ Loudness and Surround และในส่วนของฟังก์ชัน Equalizer นั้นสามารถอธิบายได้ด้วยโฟลว์ชาร์ทดังรูปที่ 3.11 ซึ่งเป็นโฟลว์ชาร์ทอธิบายกระบวนการทำงานในส่วนของ Equalizer



รูปที่ 3.10 แสดงโฟลว์ชาร์ทอธิบายกระบวนการทำงานในส่วนของ Loudness and Surround

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 แสดงโฟลว์ชาร์ทอธิบายกระบวนการทำงานในส่วนของ Equalizer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

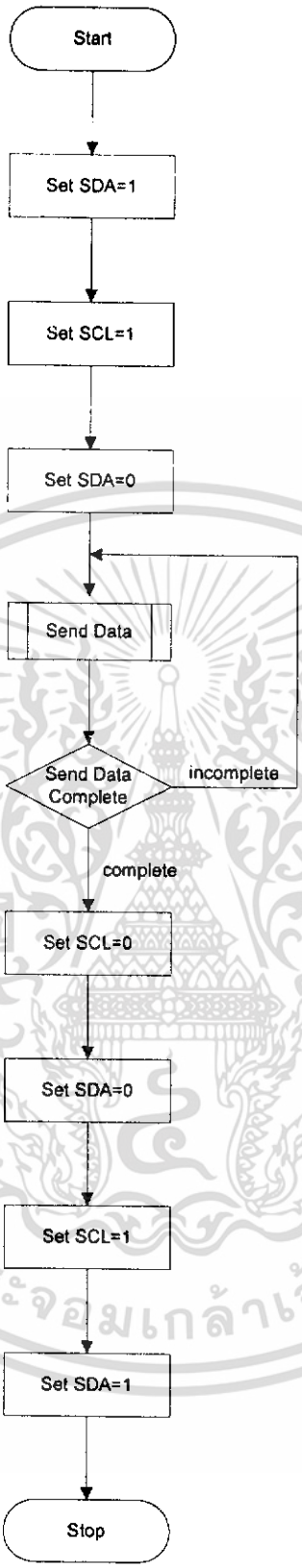
จากรูปที่ 3.10 การทำการปรับแต่งในส่วนของฟังก์ชัน tone control จะประกอบไปด้วยฟังก์ชันย่อยในการทำการปรับแต่ง 3 ฟังก์ชันคือ bass control, treble control และ volume control ซึ่งการแสดงฟังก์ชันที่เลือก และค่าที่ต้องการปรับแต่งนั้นจะทำการแสดงผลผ่านจอแสดงผล LCD โดยการทำการกำหนดค่าที่ต้องการทำการปรับแต่งนั้นสามารถทำได้ผ่านสวิตช์ 4 ตัว โดยเมื่อกดสวิตช์ up โปรแกรมจะทำการเพิ่มค่าของฟังก์ชันที่เลือกเอาไว้ เมื่อกดสวิตช์ down โปรแกรมจะทำการลดค่าของฟังก์ชันที่ได้เลือกเอาไว้ หลังจากทำการเพิ่มหรือลดค่าแล้วโปรแกรมจะทำการส่งค่าใหม่ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงผ่านออกไปทางระบบบัส I^2C เพื่อส่งไปยังรีจิสเตอร์ต่างๆภายในชิป TAS3004 และเมื่อทำการกดสวิตช์ left หรือ right โปรแกรมจะทำการเปลี่ยนฟังก์ชันในการทำงานระหว่างฟังก์ชันย่อยในการทำการปรับแต่งทั้ง 3 ฟังก์ชัน

จากรูปที่ 3.11 การทำการปรับแต่งในส่วนของฟังก์ชัน biquad filter นั้นวงจรภายในชิป TAS3004 จะประกอบไปด้วย biquad filter ทั้งหมด 7 ตัวในแต่ละแชนแนล โดยการทำงานจะเริ่มจากการทำการเลือก biquad filter ตัวที่ต้องการใช้งานจากนั้นทำการเลือกค่า Q แล้วจึงเลือกระดับที่ต้องการทำการปรับแต่ง และเลือก corner frequency ที่ต้องการ เมื่อได้ค่าทั้งหมดที่ต้องการทำการปรับแต่ง และ biquad filter ตัวที่ต้องการใช้งานแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการคำนวนหาค่าสัมประสิทธิ์ของ biquad filter โดยจะประกอบด้วยค่าสัมประสิทธิ์ทั้งหมด 5 ค่า คือ a1, a2, b0, b1 และ b2 จากนั้นจึงทำการเปลี่ยนรูปแบบของค่าสัมประสิทธิ์ให้เป็นรูปแบบที่ใช้งาน คือ อยู่ในรูปของ 4.20 format และทำการส่งค่าสัมประสิทธิ์ทั้งหมดผ่านทางระบบบัส I^2C ไปยังชิป TAS3004

- โปรแกรมส่วนการส่งข้อมูลผ่านระบบบัส I^2C

โปรแกรมในส่วนของการส่งข้อมูลจะเป็นการเขียนโปรแกรมเพื่อใช้ในการทำการส่งค่าผ่านไปทางระบบบัส I^2C เพื่อทำการควบคุมการทำงานของชิป TAS3004 ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานได้โดยอาศัยโฟลว์ชาร์ทดังแสดงในรูปที่ 3.11 ซึ่งเป็นโฟลว์ชาร์ทในการอธิบายขั้นตอนในการทำการส่งข้อมูล โดยการส่งข้อมูลจะการเซ็ตค่าของสาย SDA และ SCL ให้มีค่าเป็นสถานะลอจิกต่ำ ทั้งคู่ก่อนเพื่อเข้าสู่สภาวะบัสว่าง (Bus not busy) แล้วจึงทำการเซ็ตค่าของ SDA ให้มีสถานะลอจิกสูงเพื่อเข้าสู่สภาวะเริ่มต้นการส่งข้อมูล (start data transfer) หลังจากนั้นจึงเริ่มต้นทำการส่งข้อมูลโดยข้อมูลที่ถูกส่งออกไปจะเป็นลอจิกที่คงที่ของสาย SDA ในขณะที่สาย SCL มีค่าสถานะลอจิกสูง และจะทำการส่งข้อมูลต่อไปเรื่อยๆจนกว่าข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งออกไป ซึ่งเมื่อข้อมูลทั้งหมดถูกส่งออกไปแล้วจะทำการเซ็ตค่าของสาย SCL ให้มีค่าเป็นสถานะลอจิกสูง แล้วจึงทำการเซ็ตค่าของสาย SDA ให้เป็นสถานะลอจิกสูงด้วย เพื่อเข้าสู่สภาวะหยุดการถ่ายทอดข้อมูลอันเป็นการสิ้นสุดของการทำการส่งข้อมูลผ่านระบบบัส I^2C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 **แสดงโฟลว์ชาร์ทอธิบายกระบวนการส่งข้อมูลไปยังชิป** TAS3004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 ส่วน คือ ส่วนของจอแสดงผล LCD ที่เชื่อมต่อเข้ากับจอแสดงผล LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด ซึ่งทำหน้าที่ในการแสดงผลการทำงานของวงจร ส่วนของสวิตช์ควบคุมซึ่งทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเลือกฟังก์ชันการทำงานต่างๆ และส่วนสุดท้าย คือ ส่วนของระบบบัส I^2C ซึ่งทำหน้าที่ส่งสัญญาณออกไปจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อไปควบคุมการทำงานของชิป TAS3004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

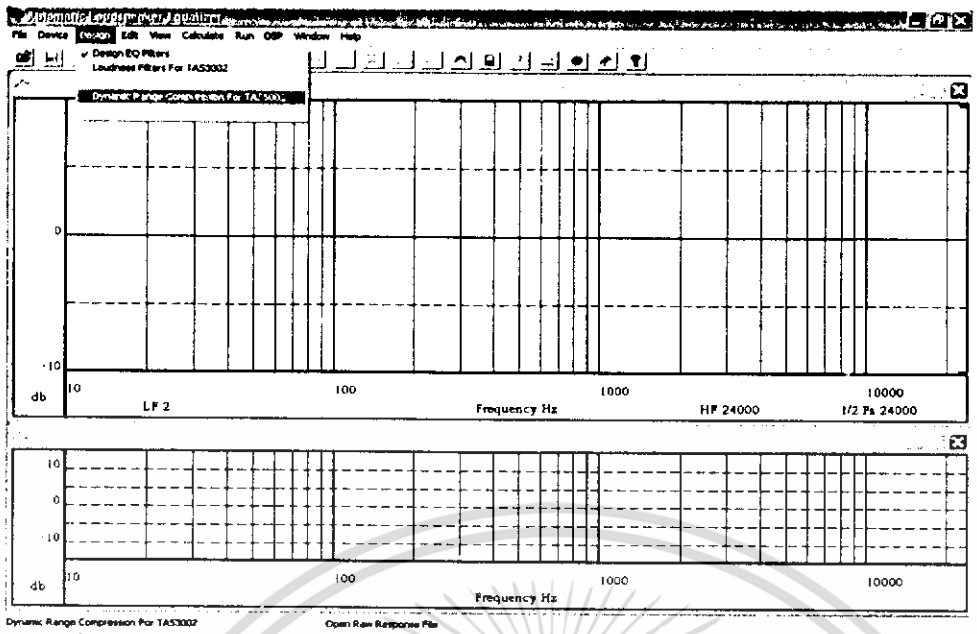
Simulation Signal For DSP Chip

วัตถุประสงค์

1. ทำการศึกษาลักษณะสัญญาณ เพื่อให้ได้ลักษณะของสัญญาณครอบคลุมการทำงานตามต้องการ
2. นำค่าของข้อมูลที่ได้จากค่าสัญญาณ มาคำนวณเพื่อนำไปใช้สร้างการปรับค่าของโปรแกรม ที่ใช้งาน โดยทำการใส่ค่าของข้อมูลผ่าน Micro Controller
3. สามารถตั้งสมมติฐานของผลการทำงาน ของ DSP Chip จากสัญญาณ Simulation ที่ได้ และสามารถเปรียบเทียบกับผลที่ได้เพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป
4. เรียนรู้ Function ต่างๆของ DSP Chip จากโปรแกรม simulation

บทนี้จะเป็นการกล่าวถึงการสร้างสัญญาณ (Simulation Signal) ผ่านโปรแกรม Automatic Loudspeaker Equalizer ของ Texas Instrument โดยทำการสร้างสัญญาณผ่าน Mode การทำงานต่างๆ ของ DSP Chip TAS 3004 โดย ในโปรแกรมเราจะใช้การเลือก Function ของ Chip TAS 3002 เนื่องจากมีความใกล้เคียง กับ TAS 3004 มากที่สุด ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึง Function ต่างๆที่นำมาใช้งานในอุปกรณ์ ได้แก่ Equalizer Filter Parameters ,Loudness Filters ,และได้ทำการ Simulate รูปแบบต่างๆที่ได้หาข้อมูลจากโปรแกรม Software ทางด้านเสียงที่ใช้งานทั่วไปอย่างแพร่หลาย โดยจะมีรายละเอียดการสร้างสัญญาณ และรูปแบบการทำงานในโหมดต่างๆที่สนใจ รวมถึงรูปสัญญาณ-กราฟที่ได้ตามต้องการ และค่าของ Parameters ที่สามารถนำไปใช้ในการเขียนโปรแกรมที่ควบคุม Chip DSP ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

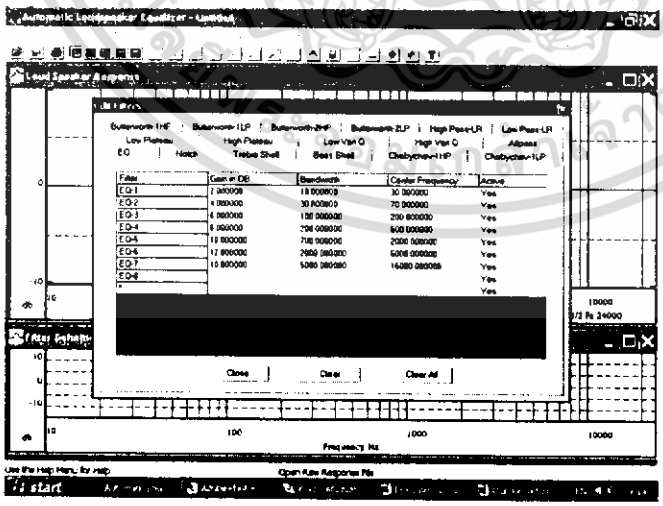


รูปที่ 4.1 รูปหน้าต่างของโปรแกรม simulate

4.1 Function Equalizer Filter Parameters

เป็นโหมดการสร้างรูปกราฟของ Equalizer ที่เรานำมาใช้งาน ซึ่ง TAS3004 มีBiquit filter ทั้งหมด 7 Band ซึ่งได้ทำการกำหนดไว้ทั้งหมด 7 ความถี่ดังนี้ 60 Hz,240 Hz,750 Hz,2000 Hz,5000 Hz,9000 Hz,15000 Hz และนำค่าที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมมาสร้างเป็น Function การใช้งานโดยแต่ละ Band จะสามารถปรับค่าได้ตั้ง แต่ (-12dB) – (+12dB) ซึ่งมีค่า คงที่ได้แก่ค่า bandwidth ของแต่ละBand ซึ่งมีค่าต่างกันไปตามความเหมาะสม

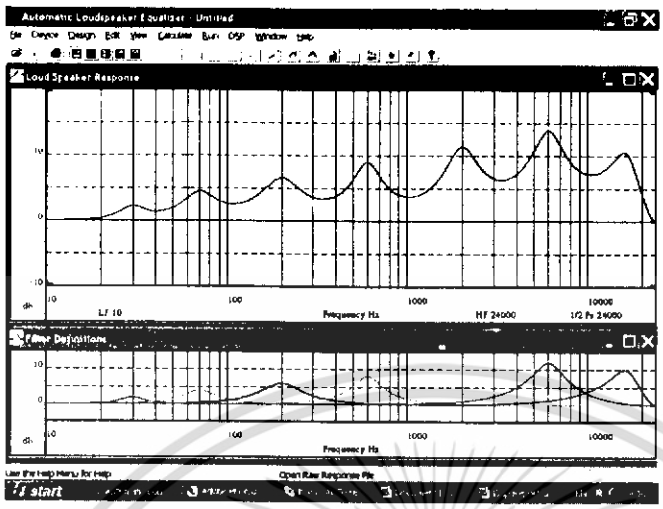
การสร้างกราฟ Equalizer โดยการใส่ค่าในช่องที่กำหนดมาดังรูป



รูปที่ 4.2 หน้าต่างการสร้างกราฟ Equalizer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใส่ค่า EQ ต่างๆแล้วจะสามารถแสดงผล EQ แต่ละความถี่ได้ดังรูป

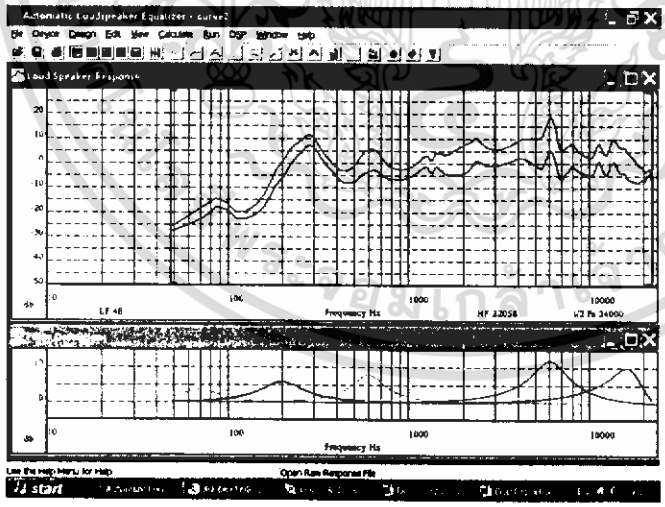


รูปที่ 4.3 รูปกราฟ Equalizer ที่สร้างจากโปรแกรม simulate

แสดงผลความเปลี่ยนแปลงของ จากการใช้ EQ เข้ามาสังเคราะห์สัญญาณได้ดังรูป

Blue – Standard Signal

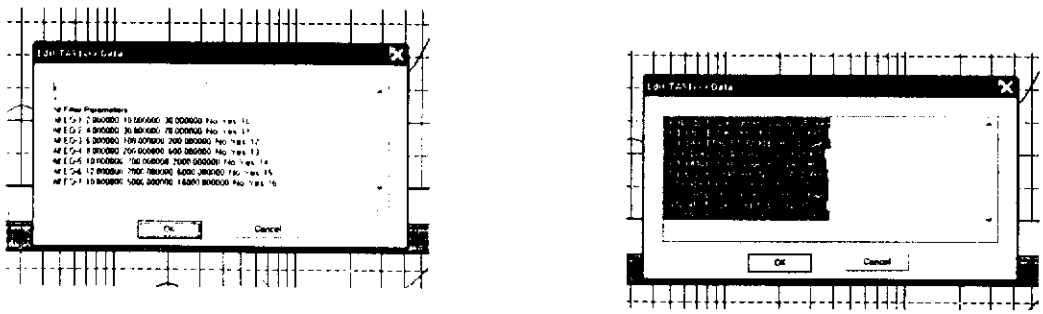
Red – Modify Signal



รูปที่ 4.4 แสดงผลความเปลี่ยนแปลงของ จากการใช้ EQ เข้ามาสังเคราะห์สัญญาณ

สามารถถอดค่า Parameter ที่สามารถนำไปใช้งานจริงได้ โดยจะมีการแสดงผลอยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ค่า parameter ที่ได้จาโปรแกรม simulate

ค่า parameter ที่เป็นเลขฐาน 16

EQ1 # 0A 1000B1 E0056C 0FF9F2 E0056C 0FFAA4

EQ2 # 0B 1004B1 E01066 0FEB40 E01066 0FEFF2

EQ3 # 0C 101A82 E0380F 0FB039 E0380F 0FCABB

EQ4 # 0D 105004 E082C8 0F4620 E082C8 0F9625

EQ5 # 0E 118440 E27204 0D14A2 E27204 0E98E2

EQ6 # 0F 158C85 EC0147 06BA72 EC0147 0C46F8

แปลงเป็นเลขฐาน 10

Eq1 # 10 65713 1468152 1047026 14681452 1047204

Eq2 # 11 1049777 14684262 1043264 14684262 1044466

Eq3 # 12 1055362 14694415 1028153 14694415 1034939

Eq4# 13 1069060 14713544 1000992 14713544 1021477

Eq5 # 14 1147968 14713544 857250 14840324 956642

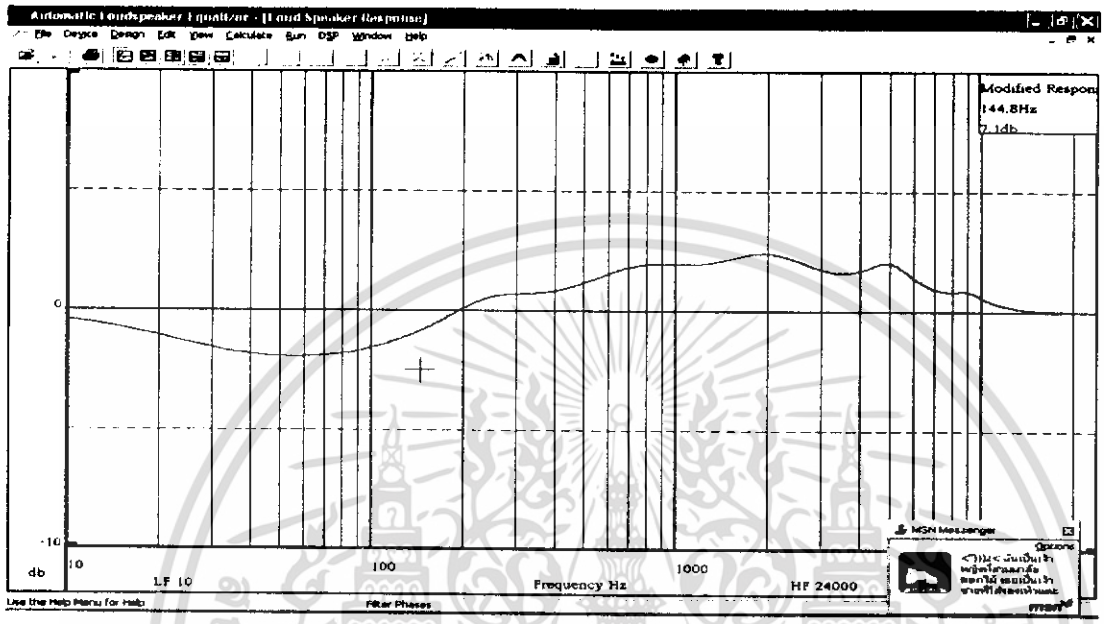
Eq6 # 15 1412229 15466823 440946 15466823 804600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 รูปแบบของ DSP Surround

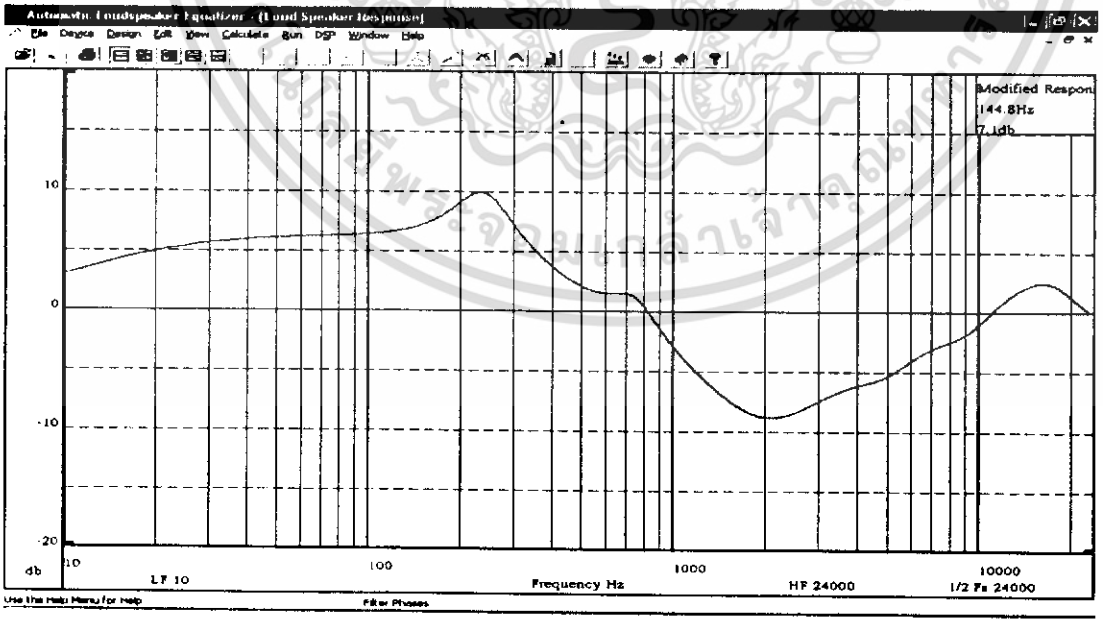
Function การใช้งานนี้เป็นการสร้างฟังก์ชั่นจำลองรูปแบบเสียง จากการนำเอาข้อมูลมาตรฐานของ Software ทางด้านเสียงมาเป็นตัวอย่างในการสร้างรูปแบบได้ดังนี้ โดยใช้พื้นฐานทางด้าน Equalizer ทั้ง 7 bandที่ใช้งานอยู่

รูปแบบ Surround แบบ Live Play (แสดงสด)



รูปที่ 4.6 รูปแบบกราฟ การตอบสนองความถี่ ของรูปแบบเสียง Live

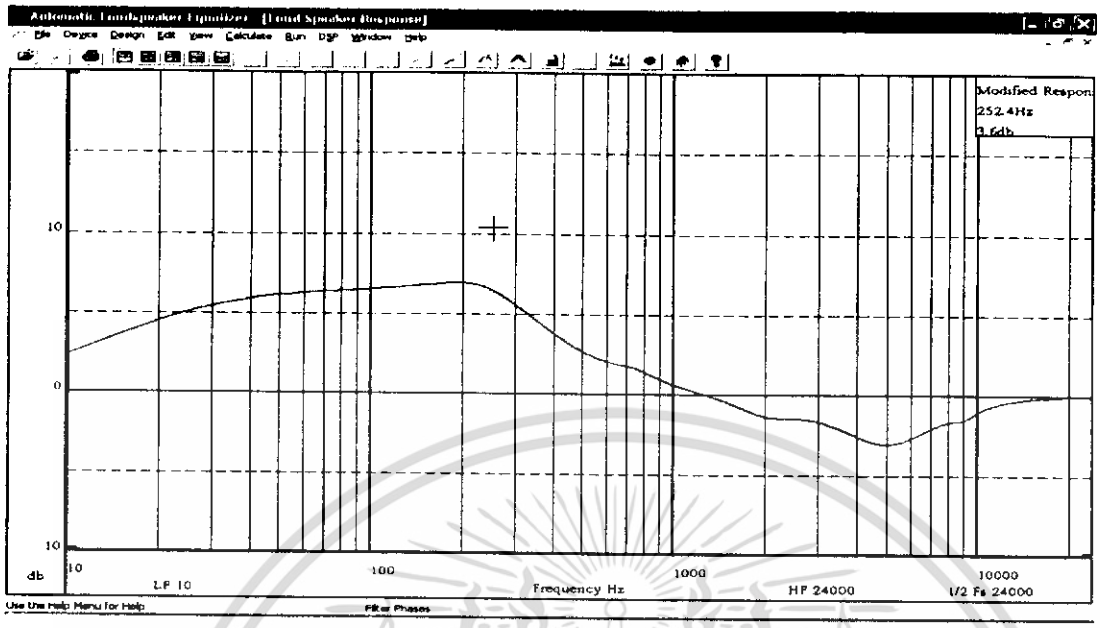
รูปแบบ Surround แบบ Stadium



รูปที่ 4.7 รูปแบบกราฟ การตอบสนองความถี่ ของรูปแบบเสียง Stadium

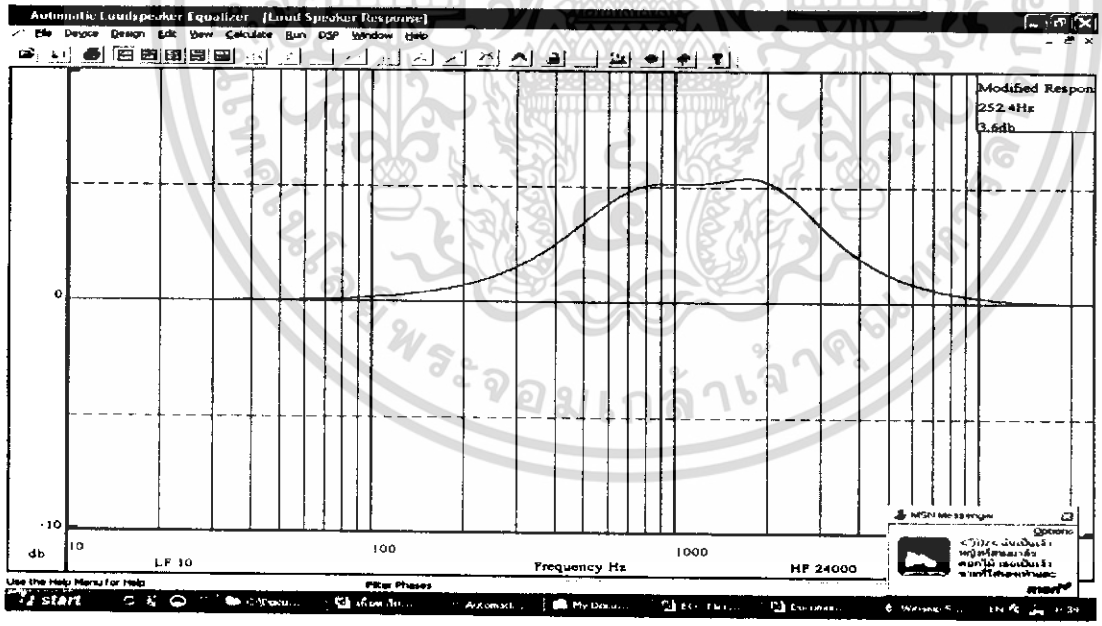
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบ Surround แบบ Large Hall



รูปที่ 4.8 รูปแบบกราฟ การตอบสนองความถี่ ของรูปแบบเสียง **Large Hall**

รูปแบบ Surround แบบ Club

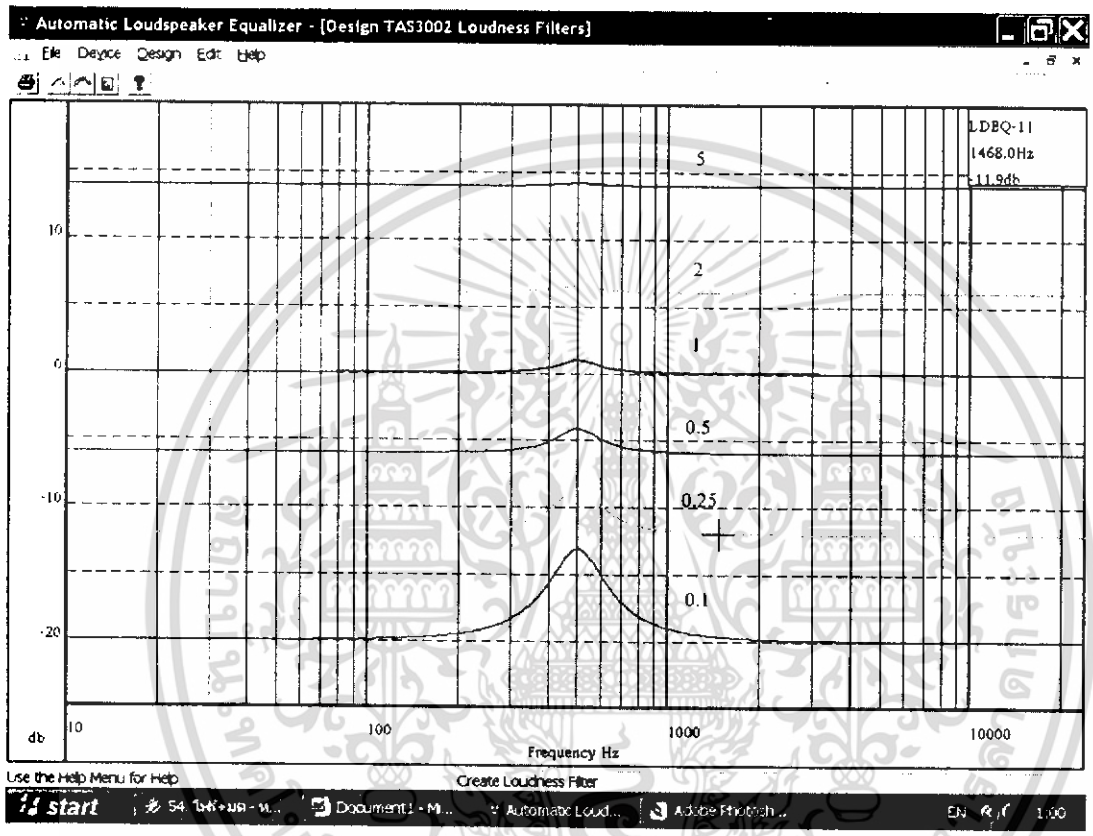


รูปที่ 4.9 รูปแบบกราฟ การตอบสนองความถี่ ของรูปแบบเสียง **Club**

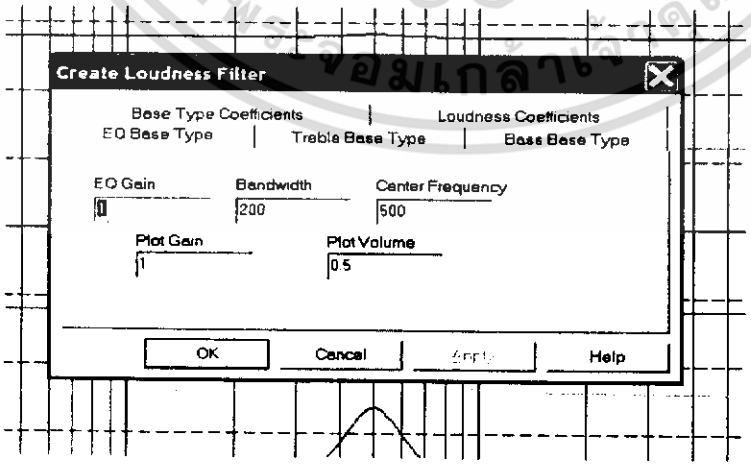
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 Function Loudness Filters

Function นี้จะทำการควบคุมการทำงานของ Volume เนื่องจากการทำงานของเครื่องเสียงทั่วไป เมื่อทำการลดค่า Volume จะทำให้ค่าของสัญญาณ Low Frequency (Bass) และ High Frequency (Treble) หายไปดังรูป



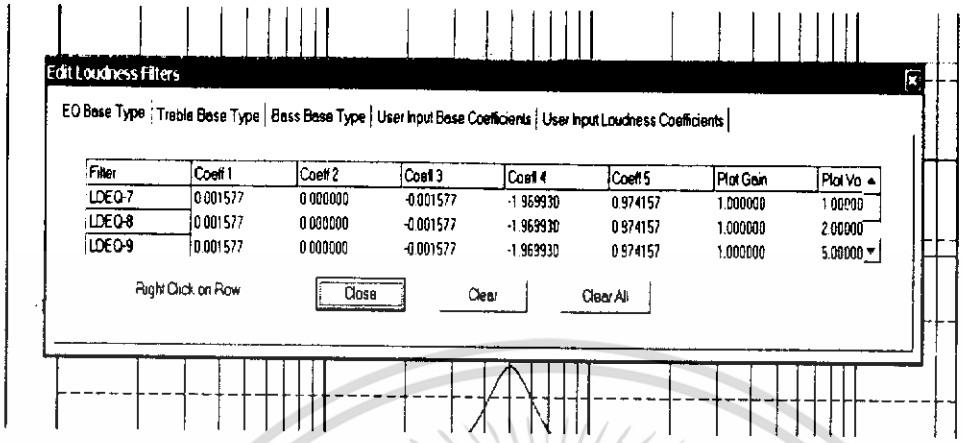
รูปที่ 4.10 สัญญาณเสียงเมื่อปรับ volume ค่าต่างๆ



รูปที่ 4.11 แสดงการตั้งค่า EQ Base Type

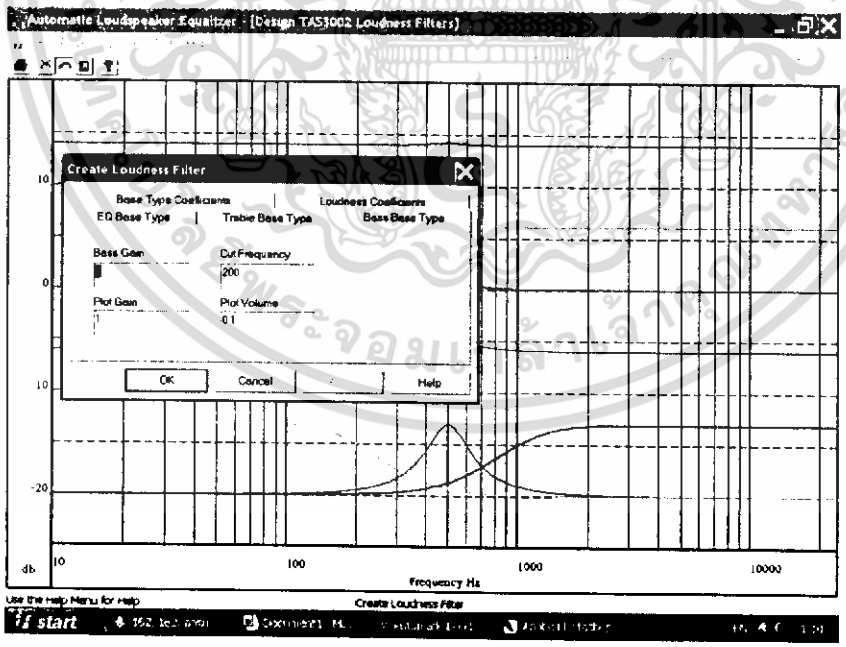
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทำงานกำหนดค่าของ Plot volume ตามต้องการ และจะได้ค่า parameter ดังนี้



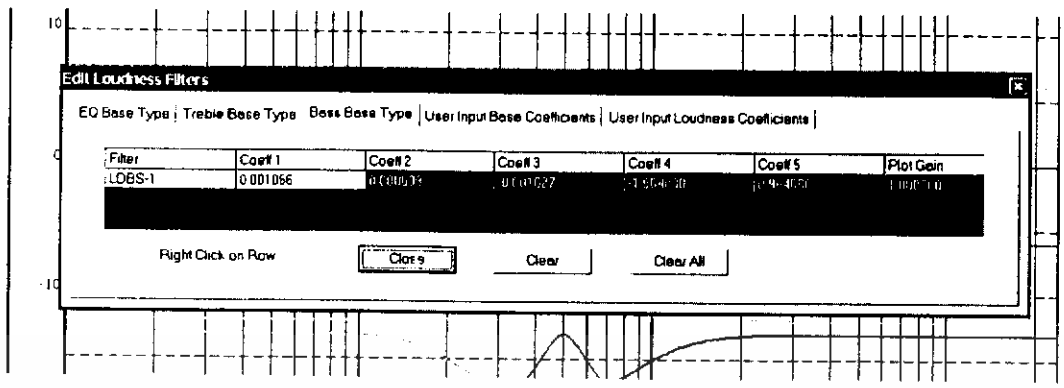
รูปที่ 4.12 แสดงค่า parameter จากการตั้งค่า EQ Base Type

จากรูปจะเห็นว่าเมื่อค่าของ Volume มีค่าน้อยลง ค่าของสัญญาณด้านข้างจะเริ่มมีความชันเพิ่มขึ้นดังนั้นจึงต้องทำการแก้ไขจุดบกพร่อง ของสัญญาณ โดยการสร้าง Bass Bass และ Treble Bass ขึ้นมาเพื่อแก้ไขจุดบกพร่องนี้ ให้มีสัญญาณเสียงครบถ้วนเหมือนระดับความดังปกติ เราจะสร้างค่า Bass Bass และ Treble Bass ได้ดังรูป

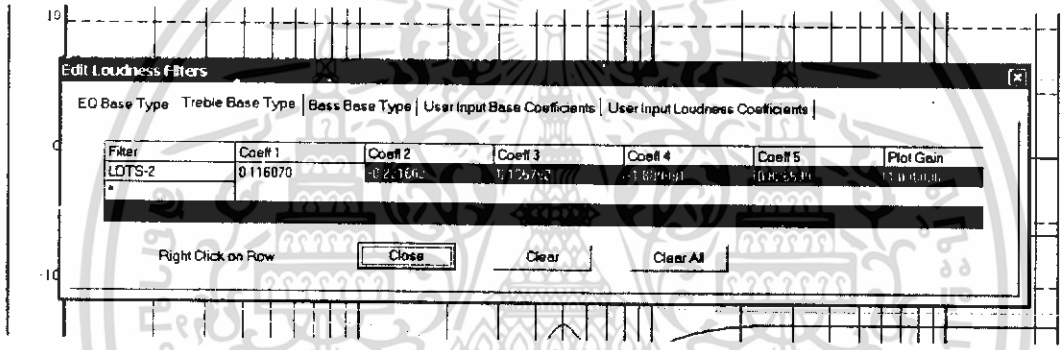


รูปที่ 4.13 หน้าต่างโปรแกรมในการตั้งค่า Bass Bass และ Treble Bass

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 ค่า parameter ที่ได้จากการตั้งค่า Bass Bass



รูปที่ 4.15 ค่า parameter ที่ได้จากการตั้งค่า Treble Bass

จะเห็นได้ว่าสามารถดูค่า Parameter ของ Filter ที่เราสร้างขึ้นมาได้ จาก Function Edit Loudness Filter ใน Function Edit จะสามารถนำค่าที่ได้ไปใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

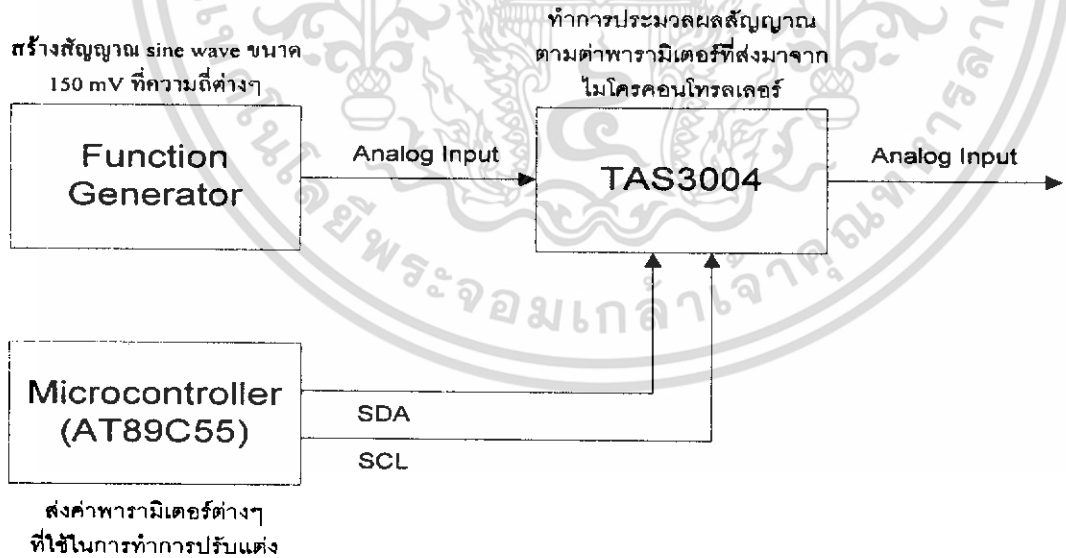
การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์

จากการทดลองการใช้งานและการควบคุมการทำงานของชิป TAS3004 โดยอาศัยไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงานนั้นฟังก์ชันในการทำงานนั้นประกอบจะไปด้วยฟังก์ชันการทำงาน 2 ฟังก์ชัน คือ ในส่วนของฟังก์ชัน biquad filter และฟังก์ชัน tone control ซึ่งแบ่งออกเป็น bass control, treble control และ volume control แล้วทำการควบคุมการทำงานโดยส่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆไปเพื่อทำการควบคุม

การทำการทดลองในการทดสอบฟังก์ชันการทำงานนอกเหนือจากการทดสอบด้วยการฟังซึ่งผลที่ได้อาจไม่ชัดเจนนั้นขึ้นอยู่กับผู้ทำการทดสอบ เราได้ทำการทดสอบการทำงานโดยการวัดสัญญาณที่ออกมาจากชิพก่อนและหลังทำการส่งค่าต่างๆไปควบคุมการทำงานของชิพ เพื่อเปรียบเทียบผลของสัญญาณก่อนและหลังการปรับแต่ง โดยมีรายละเอียดขั้นตอนในการทำการทดลองดังนี้

ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการต่ออุปกรณ์ต่างๆเข้าด้วยกันเพื่อทำการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 5.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรที่ใช้ในการทำการทดลอง

2. ป้อนสัญญาณคลื่นซายน์ขนาด 150 mV แล้วทำการปรับค่าความถี่ของสัญญาณที่ความถี่ต่างๆ ในช่วงความถี่เสียงที่ความถี่ 20-20 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

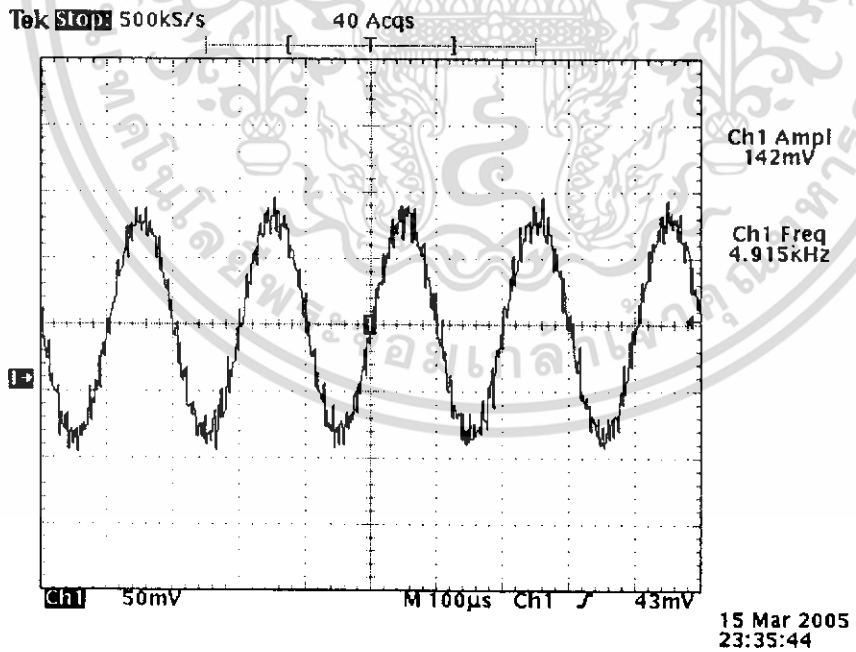
3. ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการทำการส่งค่าที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของชิป AD1954 ตามฟังก์ชันที่ต้องการทำการทดสอบ ซึ่งได้แก่

- volume control
- bass control
- treble control
- biquad filter

4. วัดค่าผลการทดลองที่ได้โดยทำการวัดค่าของระดับสัญญาณที่ออกจากเอาท์พุทของชิป TAS3004 ในขณะที่ยังไม่มีการปรับแต่งสัญญาณ เปรียบเทียบกับสัญญาณที่ได้ทำการปรับแต่งแล้ว

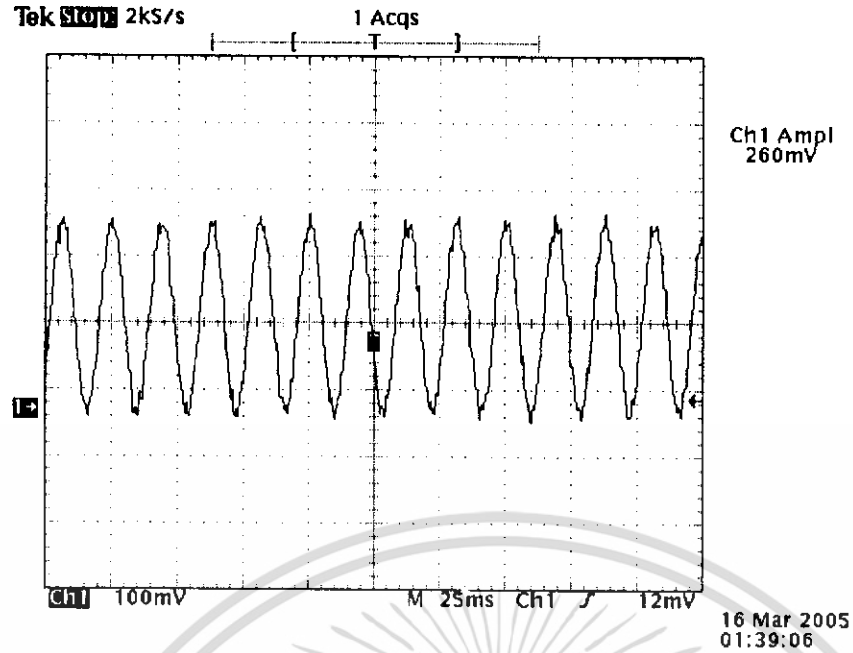
5.1 การควบคุมระดับเสียง (volume control)

การทำการควบคุมระดับเสียงนั้นสามารถทำได้โดยอาศัยไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการสั่งให้ชิป TAS3004 ทำการปรับระดับสัญญาณเสียง โดยทำการโปรแกรมไว้ให้สามารถปรับระดับเสียงได้ โดยมีช่วงของการควบคุมระดับเสียงอยู่ที่ 18 dB ไปจนถึง -70 dB และมีความละเอียดในการปรับแต่งอยู่ที่ 1 dB ซึ่งสามารถทำการควบคุมได้โดยส่งค่าที่ใช้ในการควบคุมไปยัง volume control register ซึ่งผลการทดลองที่ได้เป็นที่น่าพอใจ โดยรูปที่ 5.2 เป็นตัวอย่างของสัญญาณเมื่อทำการปรับระดับเสียงให้อยู่ที่ 0 dB รูปที่ 5.3 เป็นตัวอย่างของสัญญาณเมื่อทำการปรับระดับเสียงให้อยู่ที่ 5 dB และรูปที่ 5.4 เป็นตัวอย่างของสัญญาณเมื่อทำการปรับระดับเสียงให้อยู่ที่ -5 dB

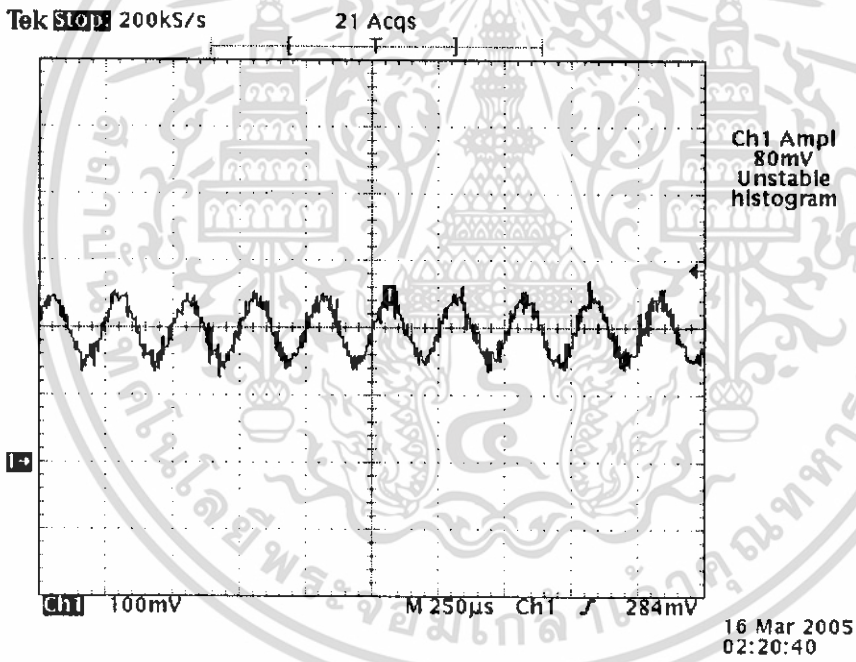


รูปที่ 5.2 แสดงผลของสัญญาณเอาท์พุทเมื่อทำการปรับระดับเสียงให้อยู่ที่ 0 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 แสดงผลของสัญญาณเอาท์พุทเมื่อทำการปรับระดับเสียงให้อยู่ที่ 5 dB



รูปที่ 5.4 แสดงผลของสัญญาณเอาท์พุทเมื่อทำการปรับระดับเสียงให้อยู่ที่ -5 dB

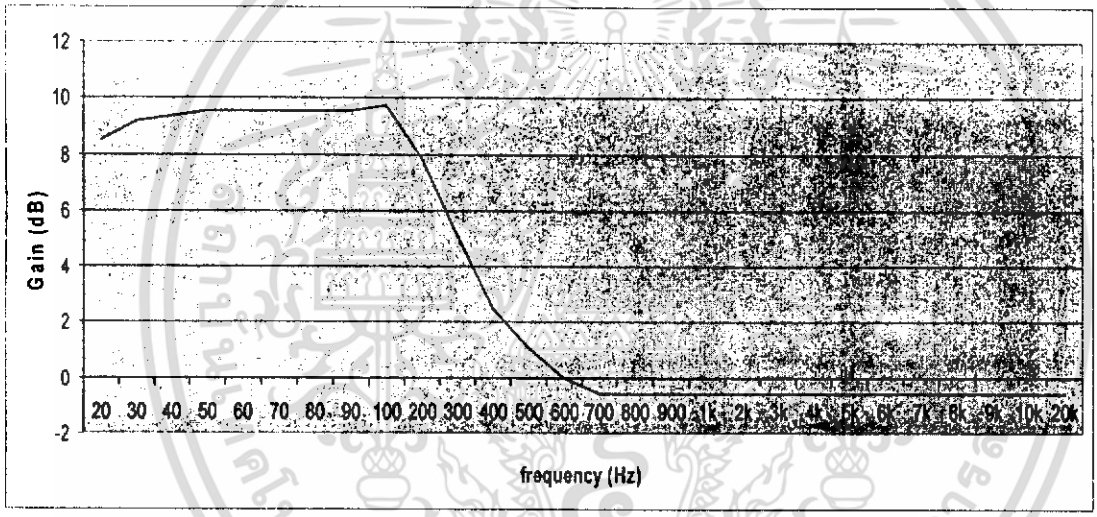
จากกราฟดังรูปที่ 5.2 - 5.5 ผลการทดลองทำการทำการควบคุมระดับเสียงนั้นผลที่ได้มีแนวโน้มเป็นไปตามความต้องการ ซึ่งจากรูปกราฟจะเห็นได้ว่าเมื่อทดลองทำการปรับไปที่ระดับที่มากกว่า 0 dB ขนาดของสัญญาณจะมีค่าเพิ่มขึ้น และมีค่าลดลงเมื่อทำการปรับระดับที่น้อยกว่า 0 dB แต่ขนาดของสัญญาณที่ได้มีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างเนื่องด้วยสัญญาณถูกลดทอนจากสายสัญญาณที่ใช้ในการทำการทดสอบ จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการปรับระดับความดังของเสียงจะทำให้ขนาดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง ซึ่งเป็นไปตามโปรแกรมที่ได้ทำการเขียนเอาไว้ และขนาดของสัญญาณที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงนั้นจะเกิดขึ้นตลอดย่านความถี่ของเสียง คือ 20-20 kHz

5.2 การควบคุมระดับเสียงทุ้ม (bass control)

ในส่วนของการควบคุมระดับเสียงทุ้มด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น จากโปรแกรมที่ได้ทำการโปรแกรมไว้นั้นสามารถทำการปรับแต่งระดับสัญญาณได้ภายในช่วงระหว่าง 18 dB ถึง -18 dB โดยความละเอียดในการปรับแต่งอยู่ที่ 1 dB โดยการทำการทดลองควบคุมระดับเสียงทุ้มนั้นจะทำการป้อนสัญญาณคลื่นซายน์ที่มีแอมพลิจูดคงที่ขนาด 150 mV และทำการเก็บค่าโดยเปลี่ยนความถี่ของสัญญาณคลื่นซายน์ที่ให้ไปเรื่อยๆ โดยมีช่วงความถี่อยู่ระหว่าง 20-20 kHz ซึ่งรูปที่ 4.5 เป็นผลที่ได้จากการทำการทดลอง โดยแสดงผลการตอบสนองความถี่ในช่วงความถี่ 20-20 kHz ซึ่งทำการขยายสัญญาณให้มีอัตราขยายอยู่ที่ 10dB



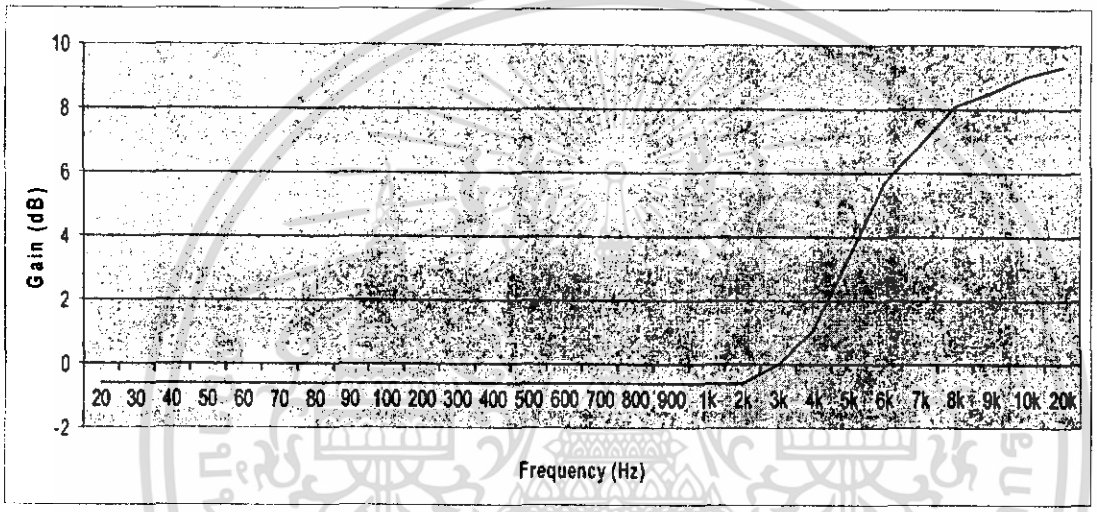
รูปที่ 5.5 แสดงผลการทดลองการควบคุมระดับเสียง เมื่อทำการขยายสัญญาณให้มีอัตราขยายอยู่ที่ 10dB

จากรูปที่ 5.5 ซึ่งแสดงผลการตอบสนองความถี่ที่ได้โดยผลที่ได้มีลักษณะของแนวโน้มเป็นไปตามความต้องการที่ได้ออกแบบเอาไว้ออกไป คือมีการขยายสัญญาณในย่านความถี่ต่ำโดยมีอัตราขยายสูงสุดที่วัดได้อยู่ที่ 9.54 dB ซึ่งใกล้เคียงกับค่า 10 dB ที่ได้ทำการออกแบบเอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การควบคุมระดับเสียงแหลม (treble control)

ในส่วนของการควบคุมระดับเสียงแหลมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น จากโปรแกรมที่ได้ทำการโปรแกรมไว้นั้นสามารถทำการปรับแต่งระดับสัญญาณได้ภายในช่วงระหว่าง 18 dB ถึง -18 dB โดยความละเอียดในการปรับแต่งอยู่ที่ 1 dB โดยการทำการทดลองควบคุมระดับเสียงทุ้มนั้นจะทำการป้อนสัญญาณคลื่นซายน์ที่มีแอมพลิจูดคงที่ขนาด 150 mV และทำการเก็บค่าโดยเปลี่ยนความถี่ของสัญญาณคลื่นซายน์ที่ให้ไปเรื่อยๆ โดยมีช่วงความถี่อยู่ระหว่าง 20-20 kHz ซึ่งรูปที่ 5.6 เป็นผลที่ได้จากการทำการทดลอง โดยแสดงผลการตอบสนองความถี่ในช่วงความถี่ 20-20 kHz ซึ่งทำการขยายสัญญาณให้มีอัตราขยายอยู่ที่ 10dB



รูปที่ 5.6 แสดงผลการทดลองการควบคุมระดับเสียง เมื่อทำการขยายสัญญาณให้มีอัตราขยายอยู่ที่ 10 dB

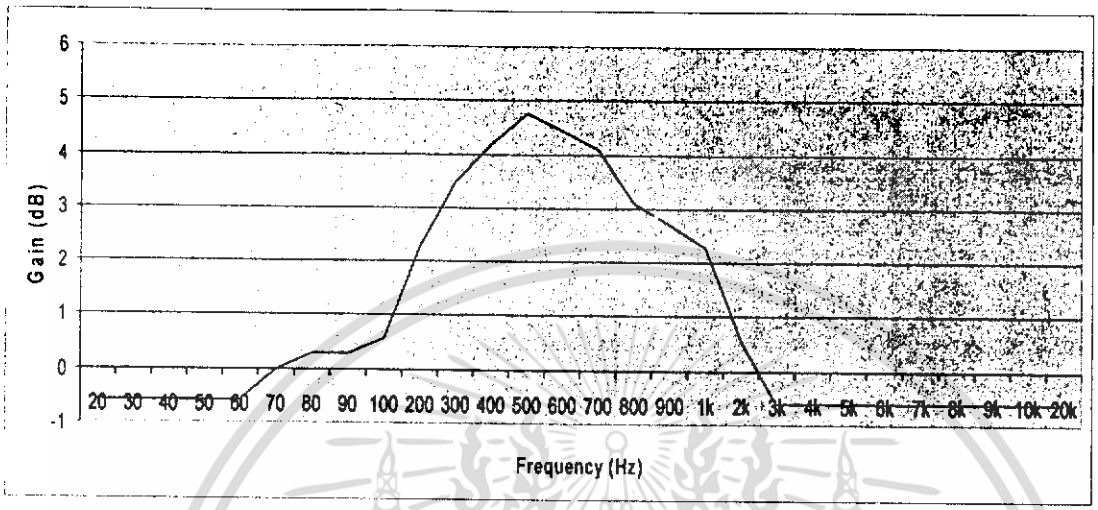
จากรูปที่ 5.6 ซึ่งแสดงผลการตอบสนองความถี่ที่ได้โดยผลที่ได้มีลักษณะของแนวโน้มเป็นไปตามความต้องการที่ได้ออกแบบเอาไว้ออกไป คือมีการขยายสัญญาณในย่านความถี่สูงโดยมีอัตราขยายสูงสุดที่วัดได้อยู่ที่ 9.34 dB ซึ่งใกล้เคียงกับค่า 10 dB ที่ได้ทำการออกแบบเอาไว้

5.4 การควบคุม biquad filter

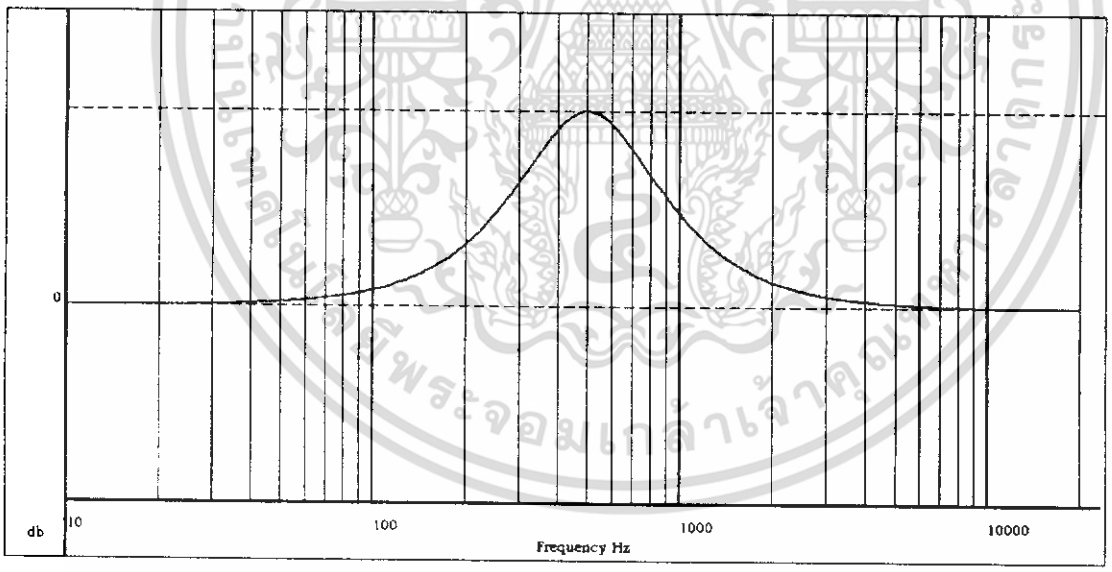
ในส่วนของการทำการควบคุมการทำงานของ biquad filter เพื่อทำหน้าที่เป็นพาราเมตริกอีควอไลเซอร์นั้น จากโปรแกรมที่ได้ทำการโปรแกรมไว้นั้นสามารถทำการปรับแต่งระดับสัญญาณได้ภายในช่วงระหว่าง 18 dB ถึง -18 dB โดยมีความละเอียดในการปรับแต่งอยู่ที่ 1 dB และสามารถเลือกความถี่ของ corner frequency ได้ระหว่าง 20 Hz – 20 kHz ซึ่งการทำการทดลองควบคุมการทำงานของ biquad filter นั้นจะทำการป้อนสัญญาณคลื่นซายน์ที่มีแอมพลิจูดคงที่ขนาด 150 mV และทำการเก็บค่าโดยเปลี่ยนความถี่ของสัญญาณคลื่นซายน์ที่ให้ไปเรื่อยๆ โดยการทำการทดลองจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการส่งค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการคำนวนจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะทำการขยายสัญญาณให้มีอัตราขยายอยู่ที่ 5dB มี corner frequency อยู่ที่ 500 Hz และมีค่า Q เป็น 0.7 หลังจากนั้นจึงทำการวัดขนาดของสัญญาณเอาท์พุทเพื่อนำผลที่ได้มาทำการพล็อตกราฟผลการตอบสนองความถี่ในช่วงความถี่ 20-20 kHz



รูปที่ 5.7 แสดงผลการทดลองการควบคุม biquad filter เมื่อทำการขยายสัญญาณให้มีอัตราขยายอยู่ที่ 5 dB ที่ความถี่ 500 Hz โดยมีค่า Q เป็น 1



รูปที่ 5.8 แสดงผลการตอบสนองความถี่เมื่อทำการส่งค่าสัมประสิทธิ์ที่อัตราขยาย 5 dB ความถี่ 500 Hz โดยมีค่า Q เป็น 1

จากรูปที่ 5.7 ซึ่งแสดงผลการตอบสนองความถี่ที่พล็อตได้จากการทำการทดลองเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับผลการตอบสนองความถี่ที่พล็อตได้จากโปรแกรม Automatic Loudspeaker Equalizer 4.0 (ALE 4.0) ดังรูปที่ 5.8 จะเห็นได้ว่าผลที่ได้มีลักษณะของแนวโน้มเป็นไปตามความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการที่ได้ออกแบบเอาไว้ โดยมีอัตราการขยายสัญญาณสูงสุดอยู่ที่ corner frequency ที่ต้องการที่ 500 Hz และมีอัตราขยายสูงสุดที่วัดได้อยู่ที่ 4.77 dB ซึ่งใกล้เคียงกับค่า 5 dB ที่ได้ทำการออกแบบเอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] ศ.ดร.วัลลภ สุระกำพลธร, "ตัวกรองเชิงเลข", การประมวลผลสัญญาณเชิงเลข

[2] ธีรบูลย์ หล่อวิเชียรรุ่ง, นคร ภักดีชาติ, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, "ระบบบัส I2C", ปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ด้วยโปรแกรมภาษาซี

[3] G.W.McNally, "Digital Audio: Recursive Digital Filtering for High Quality Audio Signals," BBC Research Dept. Rep. 1981/10, 1981.

[4] J.A.Moorer, "The Manifold Joys of Conformal Mapping: Applications to Digital Filtering in the Studio," J. Audio Eng. Soc., vol. 31, pp. 826-841 (1983 Nov.).

[5] S.A.White, "Design of a Digital Biquadratic Peaking or Notch Filter for Digital Audio Equalization,"J. Audio Eng. Soc., vol. 34, pp. 479-483 (1986 June).

[6] S.K.Mitra, K.Hirano, and S.Nishimura, "Design of Digital Bandpass/Bandstop Filters with Independent Tuning Characteristics", Frequenz, Vol. 44, pp. 117-121, 1990.

[7] F.J.harris and E.Brooking, "A Versatile Parametric Filter using an Imbedded All-Pass Sub-Filter to Independently Adjust Bandwidth, Center Frequency, and Boost or Cut," presented at the 95th Convention of the AES (1993 Oct.), preprint 3757.

[8] P.A.Regalia and S.K.Mitra, "Tunable Digital Frequency Response Equalization Filters," IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Process., vol. ASSP-35 (1987 Jan.).

[9] D.C.Massie, "An Engineering Study of the Four-Multiply Normalized Ladder Filter," J. Audio Eng. Soc., vol. 41, pp. 564-582 (1986 July/Aug.).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานในโหมดต่างๆของอุปกรณ์สังเคราะห์เสียงด้วย DSP Chip

(Manual)

อธิบายการใช้ อุปกรณ์สังเคราะห์เสียงด้วย DSP Ship

ส่วนที่1 ปุ่มการทำงานหลัก

กด ↑ , ↓ เพื่อใช้ในการเลือก Function หลัก ของอุปกรณ์

กด → , ← เพื่อเพิ่ม ,ลด หรือเป็นตัวเลือกค่าต่างๆใน Function

กด ○ เพื่อเลือกค่าที่ได้เลือกไว้

ลำดับขั้นตอนในการบังคับ

กด ↓ เข้าสู่ Function Volume
- กด → เพิ่มสัญญาณเสียงให้ดังขึ้น
- กด ← ลดสัญญาณเสียงให้เบาลง

กด ↓ เข้าสู่ Function Bass
- กด → เพิ่มสัญญาณเสียงในย่านความถี่ต่ำ
- กด ← ลดสัญญาณเสียงในย่านความถี่ต่ำ

กด ↓ เข้าสู่ Function Treble
- กด → เพิ่มสัญญาณเสียงในย่านความถี่สูง
- กด ← ลดสัญญาณเสียงในย่านความถี่สูง

กด ↓ เข้าสู่ Function Loundness
- กด ○ เปิดการใช้ function loundness
- กด ○ ปิดการใช้ function loundness

กด ↓ เข้าสู่ Function Surround
- กด → เลือกใช้ surround ต่างๆ ดังนี้

  Live , Stadium , Large Hall , Club
- กด ○ เพื่อเลือกใช้ surround นั้นๆ

กด ↓ กลับสู่ Function Volume

ส่วนที่2 Equalizer

กด ○ ในส่วนของ Equalizer เพื่อเลือกย่าน (band) ต่างๆของ Equalizer แล้ว
- กด → เพื่อเพิ่มสัญญาณเสียงในย่านที่เลือกไว้
- กด ← เพื่อลดสัญญาณเสียงในย่านที่เลือกไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้