สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบออดิโอไร้สายสำหรับระบบเสียงรอบทิศทาง

Wireless Audio for Surround system

โดย

นาย พีระวัจน์ เดือนฉาย

Mr.PEERAWAT DEANCHAY

นาย มศิกร พรมรุกขชาติ

MR.MASIKORN PROMRUKACHAD

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 117543
วัน,เดือน,ปี..... 5 ส.ค. 2554

b. 12243146
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WIRELESS AUDIO FOR SURROUND SYSTEM

Mr.PEERAWAT DEANCHAY

MR.MASIKORN PROMRUKACHAD

THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบออดิโอไร้สายสำหรับระบบเสียงรอบทิศทาง
ชื่อนักศึกษา	นาย พีระวัจน์ เดือนฉาย รหัสนักศึกษา 50011129
	นาย มศิกร พรมรุกขชาติ รหัสนักศึกษา 50011223
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดลชัย สุขเจริญผล
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2553

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิตคณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและได้รับความเห็นชอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

.....

(ผศ.ดลชัย สุขเจริญผล)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ระบบออดิโอไร้สายสำหรับระบบเสียงรอบทิศทาง
ชื่อนักศึกษา	นาย พีระวัจน์ เดือนฉาย รหัสนักศึกษา 50011129
	นาย มศิกร พรมรุกขชาติ รหัสนักศึกษา 50011223
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดลชัย สุขเจริญผล
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ
ภาควิชา	ภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2553

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องรับส่งสัญญาณออดิโอไร้สายสำหรับระบบเสียงรอบทิศทางที่สามารถรองรับแหล่งเสียงได้จากหลายแหล่ง เช่น ชุดโฮมเทียเตอร์ ซาว์ดการ์ดจากคอมพิวเตอร์ เพื่อความบันเทิงภายในบ้านและการประยุกต์ใช้ตามความต้องการ เนื่องจากระบบเสียงรอบทิศทางในแบบเก่านั้นยังมีการใช้สายสัญญาณซึ่งทำให้เกิดการลดทอนและมีความผิดเพี้ยนในการรับฟังและยังมีราคาสูงเพราะสัญญาณที่มีความยาวมากและคุณภาพสูงทำให้มีราคาสูงอีกทั้งยังไม่สะดวกในการติดตั้งข้อดีของโครงงานนี้คือลดต้นทุนและความผิดเพี้ยนจากสายสัญญาณดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Wireless Digital audio for surround system
Student	Mr.Peerawat Deanchay ID. 50011129
	Mr.Masikorn Pomrukachat ID. 50011223
Advisor	Asst.prof.DOLCHAI SOOKCHAROENPHOL
Graduate Level	Bachelor Degree of Information Engineering
Department	Information Engineering
Academic Year	2010

ABSTRACT

This project present designing and implementation of a compact wireless system for audio surround sound system. Which can supporting multiple program of the audio source, especially a surround home theater mode. Moreover, the proposed system can useful to sound card of a desktop or a laptop for personal infotainment. The two advantage of the system are cost reduce and distortion less due to the system not need any loud speaker cables. This System can be reduced any distortion that introduces by the cable when comparison to the traditional system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีได้ ทั้งนี้ต้องขอบพระคุณ อาจารย์ ดลชัย สุขเจริญผลเป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้คำแนะนำและเป็นที่ปรึกษาและขอบคุณรุ่นพี่ที่ได้ช่วยออกแบบวงจรและเอื้อเฟื้ออุปกรณ์ต่างๆ และให้คำแนะนำเทคนิคต่างๆแก่ผู้เขียน

ขอบพระคุณบิดามารดา ที่เป็นผู้เลี้ยงดูอบรมสั่งสอนตลอดจนให้โอกาศทางการศึกษารวมถึงทุนทรัพย์ใช้ในการศึกษาและเป็นกำลังใจให้ผู้จัดทำมาตลาดจนทำให้ปริญญานิพนธ์สำเร็จลุล่วงได้

นาย พีระวัจน์ เดือนฉาย

นาย มศิกร พรมรุกขชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญรูป	VI
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 อุปกรณ์ที่ใช้	3
1.6 สถาปัตยกรรมของระบบ	4
1.7 บล็อกไดอะเกรมของระบบ (Block diagram)	5
1.8 ขั้นตอนการดำเนินงาน	6
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	**7**
2.1 การสื่อสารในระบบดิจิตอล	7
2.1.1 บทนำ	7
2.1.2 ข้อดีและข้อเสียของการสื่อสารในระบบดิจิตอล	8
2.1.3 การมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์ (Pulse Code Modulation: PCM)	8
2.1.4 การสุ่ม (Sampling)	10
2.1.5 การควอนไทซ์ (Quantizing)	12
2.1.6 การเข้ารหัส (Coding)	15
2.1.7 แบนด์วิดธ์ในการส่งสัญญาณพีซีเอ็ม	16
2.2 การมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation: PWM)	17
2.3.1 ขั้นตอนการมอดูเลชั่น	17
2.3.2 ชนิดของการมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์	19
2.3 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter)	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.4 ระบบเสียง (Sounds system)	21
2.4.1 ระบบเสียง Mono กับ ระบบเสียง Stereo	21
2.4.2 ระบบเสียงแบบ Surround หรือระบบเสียงรอบทิศทาง	22
2.4.2.1 ระบบ Quadraphonic	22
2.4.2.2 ระบบ 4.1 Channels Surround	23
2.4.2.3 ระบบ 5.1 Channels Surround	23
2.4.2.4 ระบบ 7.1 Channels Surround	24
2.4.2.5 ระบบ 9.1 Channels Surround	25
2.5 ทฤษฎีวงจรขับลำโพง	26
2.6 การสื่อสารแบบไร้สาย	28
2.6.1 พื้นฐานการทำงานของเครือข่ายไร้สาย	29
2.6.2 การมอดูเลตสัญญาณทางความถี่ (Frequency Modulation: FM)	29
2.6.3 การมอดูเลตเชิงเลขทางความถี่ (Frequency shift keying: FSK)	30
บทที่ 3 การออกแบบ	
3.1 การออกแบบวงจรภาคส่ง	31
3.2 วงจรขยายสัญญาณเสียง	32
3.3 วงจรเข้ารหัสสัญญาณสเตอริโอ	33
3.4 วงจรเฟสล็อกลูป (Phase Lock Loop)	34
3.4.1 วงจรเฟสดีเทคเตอร์ (Phase Detector Circuit)	34
3.4.2 วงจรออสซิลเลเตอร์ควบคุมด้วยแรงดัน (Voltage Control Oscillator หรือ VCO)	35
3.4.3 วงจรกรองความถี่ต่ำ (Low Pass filter) และโปรแกรมมิ่งชาแนล (Programming Channel)	35
3.5 วงจรลูปฟิลเตอร์ (Loop Filter circuit)	37
3.6 วงจรขยายสัญญาณ	38
3.7 การออกแบบวงจรจ่ายไฟสวิชชิ่ง	39
3.8 การออกแบบวงจรภาครับ	40
3.8.1 วงจรรับสัญญาณเสียง	41
3.8.2 การออกแบบวงจรถอดรหัสสเตอริโอ (Stereo Decoder)	42
3.8.3 วงจรขยายสัญญาณเสียงและวงจรขับลำโพง	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

เรื่อง	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
ผลการทดลองที่ 4.1	44
ผลการทดลองที่ 4.2	44
ผลการทดลองที่ 4.3	45
ผลการทดลองที่ 4.4	47
ผลการทดลองที่ 4.5	48
4.5.1 การทดลองระบบเสียงรอบทิศทาง	48
4.5.2 การปรับแต่งค่าการแยกสัญญาณระบบรอบทิศทาง	49
4.5.3 ทดสอบเสียงจากการสุ่มสัญญาณเสียง	50
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์	
บทสรุปและวิจารณ์	54
บรรณานุกรม	55
ภาคผนวก	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

เรื่อง	หน้า
รูปที่ 1.1 สถาปัตยกรรมของระบบ	4
รูปที่ 1.2 บล็อกไดอะแกรมของระบบ (Block diagram)	5
รูปที่ 2.1 แสดงกระบวนการ PCM	8
รูปที่ 2.2 สัญญาณที่ได้จากการสุ่มในอุดมคติ	10
รูปที่ 2.3 กระบวนการอิมพัลส์หนึ่งหน่วย	11
รูปที่ 2.5 แสดงสัญญาณในอุดมคติ (Ideal Sampling)	12
รูปที่ 2.6 การสุ่มแบบธรรมชาติ	12
รูปที่ 2.7 การสุ่มแบบส่วนยอดราบเรียบ	13
รูปที่ 2.8 แสดงกระบวนการ Compounding	15
รูปที่ 2.9พีซีเอ็มแบบไบนารี่ (Binary PCM)	15
รูปที่ 2.13(a) The Lead Edge	19
รูปที่ 2.13(b) The Tail Edge	19
รูปที่ 2.13(c) The Pulse Center (Symmetrical PWM)	19
รูปที่ 2.15ผลตอบสนองทางขนาดของวงจรความถี่ต่ำผ่าน	20
รูปที่ 2.16 วงจรกรองความถี่อย่างง่ายแบบวงจร RC	21
รูปที่ 2.17 แสดงระบบเสียง Surround 4.0	23
รูปที่ 2.18 แสดงระบบเสียง Surround 4.1	23
รูปที่ 2.19 แสดงระบบเสียง Surround 5.1	24
รูปที่ 2.20 แสดงระบบเสียง Surround 7.1	24
รูปที่ 2.21 แสดงระบบเสียง Surround 9.1	25
รูปที่ 2.22 แสดงภาพตัวอย่างของ Tweeter Speaker	26
รูปที่ 2.23 แสดงภาพตัวอย่างของ Mid-range Speaker	26
รูปที่ 2.24 แสดงภาพตัวอย่างของ Woofer	27
รูปที่ 2.25 แสดงภาพตัวอย่างของ Subwoofer	27
รูปที่ 2.26 แสดงภาพตัวอย่างของ Coaxial	28
รูปที่ 2.27 ลักษณะการมอดูเลตทางความถี่	29
รูปที่ 2.28 การมอดูเลตเชิงเลขทางความถี่	30
รูปที่ 3.1 บล็อคไดอะเกรมในภาคส่ง	32
รูปที่ 3.2 วงจรขยายสัญญาณภาคต้น	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

รูปที่ 3.3 ภาพการจำลองการทำงานของวงจรขยายสัญญาณภาคต้นด้วยคอมพิวเตอร์ 33
รูปที่ 3.4 วงจรเข้ารหัสสเตอรริโอ (Stereo Encoder Circuit) 34
รูปที่ 3.5 วงจรเฟสดีเทคเตอร์ชนิด Pdout 34
รูปที่ 3.6 วงจรมัลติไวเบรเตอร์ (Multivibrator Circuit) ของ MC145151P2 35
รูปที่ 3.7 แผนภาพแสดงกรอบวงจรเฟสล็อกลูป 36
รูปที่ 3.8 เฟสเซอร์ไดอะแกรมของสัญญาณอินพุตและVCO 36
รูปที่ 3.9 วงจรชาแนลโปรแกรมมิ่ง (Channel Programming circuit) 37
รูปที่ 3.10 วงจรลูปฟิลเตอร์ (Loop Filter circuit) 37
รูปที่ 3.11 วงจรขยายสัญญาณ 39
รูปที่ 3.11 หลักการทำงานของไฟสวิชชิ่ง 39
รูปที่ 3.13 วงจรจ่ายไฟสวิชชิ่ง 40
รูปที่ 3.14 บล็อคไดอะเกรมในภาครับ 41
รูปที่ 3.15 วงจรรับสัญญาณเสียง 41
รูปที่ 3.16 วงจรถอดรหัสสเตอริโอในด้านซ้าย 42
รูปที่ 3.17 วงจรถอดรหัสสเตอริโอในด้านซ้าย 42
รูปที่ 3.18 วงจรขยายสัญญาณเสียงและวงจรขับลำโพง 43
รูปที่ 4.1 ภาพสัญญาณคลื่นไซน์ที่วัดได้ซึ่งออกจากวงจรกำเนิดสัญญาณของตัวส่งคู่หน้า 44
รูปที่ 4.2 ภาพสัญญาณคลื่นไซน์ที่วัดได้ซึ่งออกจากวงจรกำเนิดสัญญาณของตัวส่งคู่หลัง 44
รูปที่ 4.3 สัญญาณอินพุตที่วัดได้จากเครื่องรับคู่หน้าซ้าย 45
รูปที่ 4.4 สัญญาณอินพุตที่วัดได้จากเครื่องรับคู่หน้าขวา 45
รูปที่ 4.5 สัญญาณอินพุตที่วัดได้จากเครื่องรับคู่หลังซ้าย 46
รูปที่ 4.6 สัญญาณอินพุตที่วัดได้จากเครื่องรับคู่หลังขวา 46
รูปที่ 4.7 สัญญาณเสียงเอาท์พุตที่วัดได้จากเครื่องเล่นซีดี 47
รูปที่ 4.8 สัญญาณเสียงเอาท์พุตที่วัดได้จากซาวด์การ์ด 47
รูปที่ 4.9 การสร้างเสียงจำลองในการทดสอบระบบเสียงรอบทิศทางด้วย Abode Audition3.0 48
รูปที่ 4.10 การจำลองระบบรอบทิศทางของสัญญาณเสียงจำลองก่อนส่งสัญญาณ 48
รูปที่ 4.11การปรับแต่งและทดสอบระบบเสียงด้วย Creative Console Launcher 49
รูปที่ 4.12 การปรับสมดุลของช่องสัญญาณทั้ง 4 ช่องโดยใช้ Creative Console Launcher 49
รูปที่ 4.13 การเปลี่ยนโมดการส่งสัญญาณเสียงเป็นแบบ 4.1 surround ด้วย Creative Audio Control 50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

รูป 4.14 แสดงลักษณะสเปกตัมของความถี่เสียง (Spectral Frequency Display) ที่ 6000 Hz 51

รูป 4.15 แสดงลักษณะสเปกตัมของคลื่นเสียง (Wave Form Display) ที่ 6000 Hz 51

รูป 4.16 แสดงลักษณะสเปกตัมของคลื่นเสียงทั้งหมด (Spectral Pan Display) ที่ 6000 Hz 51

รูป 4.17 แสดงลักษณะสเปกตัมเฟสของคลื่นเสียง (Spectral phase Display) ที่ 6000 Hz 51

รูป 4.18 แสดงลักษณะสเปกตัมของความถี่เสียง (Spectral Frequency Display) ที่ 44.1 KHz 52

รูป 4.19 แสดงลักษณะสเปกตัมของคลื่นเสียง (Wave Form Display) ที่ 44.1 KHz 52

รูป 4.20 แสดงลักษณะสเปกตัมของคลื่นเสียงทั้งหมด (Spectral Pan Display) ที่ 44.1 KHz 52

รูป 4.21 แสดงลักษณะสเปกตัมเฟสของคลื่นเสียง (Spectral phase Display) ที่ 44.1 KHz 52

รูป 4.22 แสดงลักษณะสเปกตัมของความถี่เสียง (Spectral Frequency Display) ที่ 192 KHz 53

รูป 4.23 แสดงลักษณะสเปกตัมของคลื่นเสียง (Wave Form Display) ที่ 192 KHz 53

รูป 4.25 แสดงลักษณะสเปกตัมของคลื่นเสียงทั้งหมด (Spectral Pan Display) ที่ 192 KHz 53

รูป 4.25 แสดงลักษณะสเปกตัมเฟสของคลื่นเสียง (Spectral phase Display) ที่ 192 KHz 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

เรื่อง **หน้า**

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการทำโครงงาน 6

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานของระบบช่องสัญญาณลำโพง 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เทคโนโลยีแห่งยุคดิจิตอลในปัจจุบันมีการพัฒนาไปอย่างมากและได้ส่งผลต่อการพัฒนาระบบเสียงในรูปแบบสเตอริโอ (Stereo system) และระบบเสียงรอบทิศทาง (Surround system) เพื่อรองรับการเล่นกลับที่มีความละเอียดสูงและยิ่งกว่านั้นการขยายตัวของ Home Entertainments และ Personal infotainments ด้วย นอกจากการเล่น CD, Long play vinyl แบบดั้งเดิม ได้มีการพัฒนากลุ่มใหม่โดยผ่านเทคนิคบีบอัดข้อมูลของอัลบั้มเพลงและการดาวน์โหลดผ่านอินเตอร์เน็ต รวมทั้งการพัฒนาและบันทึกในระบบเล่นกลับ

เพื่อการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบออดิโอในปัจจุบัน เนื่องจากระบบออดิโอส่วนใหญ่ปัจจุบันนั้น ยังคงเป็นแบบใช้สายในการส่งสัญญาณ ซึ่งจะเกิดปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการสื่อสารแบบใช้สาย ตัวอย่างเช่น การลดลงของระบบสัญญาณ (Attenuation) การครอสทอล์ค (Crosstalk) ในกรณีที่มีสายส่งสัญญาณหลายเส้นถูกติดตั้งในบริเวณที่ใกล้กันมาก การเกิดดีเลย์ (Delay) ในสายทำเกิดเสียงคล้ายเสียงสะท้อนซึ่งเป็นปัญหาในการกระจายเสียงในงานพิธีการรวมถึงการใช้ในงานนิทรรศการหรืองาน Event ต่าง ๆ และการส่งสัญญาณแบบใช้สายนี้เอง ทำให้เกิดความยุ่งยากในการติดตั้งระบบในแต่ละครั้ง ซึ่งในโครงงานนี้จะเป็นการพัฒนาระบบออดิโอไร้สายให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งสายที่ใช้ในการเชื่อมต่อจากแหล่งเสียงไปยังลำโพงที่มีคุณภาพสูงๆนั้นค่อนข้างมีราคาแพง อีกทั้งยังไม่เป็นความสวยงาม เนื่องจากมีสายค่อนข้างมากจากลำโพงถึงสี่ชุดหรือมากกว่า

เพื่อเป็นการตอบสนองความบันเทิงภายในบ้านแบบเต็มรูปแบบ โครงงานนี้จึงได้สร้างและออกแบบอุปกรณ์รับ-ส่ง สัญญาณไร้สายที่รองรับระบบโฮมเทียเตอร์ในระบบ 4.1 ช่องสัญญาณในระบบรอบทิศทาง (4.1 Channel surround) และรองรับสัญญาณจากซาวการ์ด (Surround soundcard) ในระบบ 4.1 ได้อีกด้วย ซึ่งความหมายของระบบรอบทิศทางทางในแบบต่างๆจะกล่าวถึงในบทต่อไป กลุ่มของข้าพเจ้าหวังว่าโครงงานนี้จะเป็นการสร้างความสะดวกสบายในชีวิตประจำวันมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อแก้ปัญหาการลดทอนสัญญาณ (Attenuation), คลอสทอร์ค (Crosstalk), การสะท้อนของสัญญาณ (Echo) และการรบกวนจากการเหนี่ยวนำ (Inductive Interference) ที่เกิดขึ้นในสายส่ง
2. เพื่อศึกษาขั้นตอนการออกแบบระบบสัญญาณออดิโอไร้สายที่ความถี่ 75-110 MHz
3. เพื่อศึกษาการรับสัญญาณเสียงออดิโอที่สองความถี่ในระบบเสียงรอบทิศทาง (Dual carrier frequencies)

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ออกแบบและสร้างวงจรส่งสัญญาณเสียง ที่รองรับทั้งระบบเสียงจากเครื่องเล่นโฮมเธียเตอร์และจากซาวการ์ดที่รองรับสำหรับระบบเสียงรอบทิศทาง รวมทั้งสามารถปรับค่าความถี่ในการส่งสัญญาณออดิโอไปยังเครื่องรับซ้าย - ขวาคู่หน้า (Front Left - Right channel) และเครื่องรับซ้าย - ขวาคู่หลัง (Back Left-Right channel) ได้ เนื่องจากระบบดิจิตอลออดิโอแบบไร้สายนี้ออกแบบมาเพื่อรองรับระบบเสียงแบบสเตอริโอ เพื่อส่งสัญญาณไปยังด้านรับทั้ง 2 ช่องสัญญาณ โดยมีการเข้ารหัสสเตอริโอก่อนส่งโดยอาศัยคลื่นความถี่เดียวกันในแต่ละช่องสัญญาณ โดยระบบสามารถทำการกระจายเสียงที่มีรูปแบบเป็นสัญญาณอนาล็อก ดังนั้นโครงงานนี้จะใช้ตัวส่งทั้งหมด 2 ตัว เพื่อที่จะสามารถส่งได้ 4 ช่องสัญญาณ
2. ออกแบบและสร้างวงจรรับสัญญาณที่สองความถี่ที่รับมาจากเครื่องส่งสองตัว และรับแยกออกเป็นซ้ายขวาในคู่หน้าและรับซ้ายขวาในคู่หลังที่สองความถี่ และถอดรหัสสัญญาณสเตอร์ริโอเพียงแยกสัญญาณซ้ายขวาต่อไปเป็นจำนวน 4 ตัว

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สร้างระบบดิจิตอลออดิโอไร้สายที่มีประสิทธิภาพและคุณภาพสูงมากขึ้นเพื่อการประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์และอำนวยความสะดวกมากที่สุดในชีวิตประจำวัน
2. ใช้เป็นอุปกรณ์ต้นแบบในการส่ง-รับสัญญาณออดิโอในระบบเสียงรอบทิศทางภายในบ้าน
3. สามารถใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้
4. สามารถในไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆที่เกี่ยวข้องได้และมีราคาถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 อุปกรณ์ที่ใช้

1.5.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

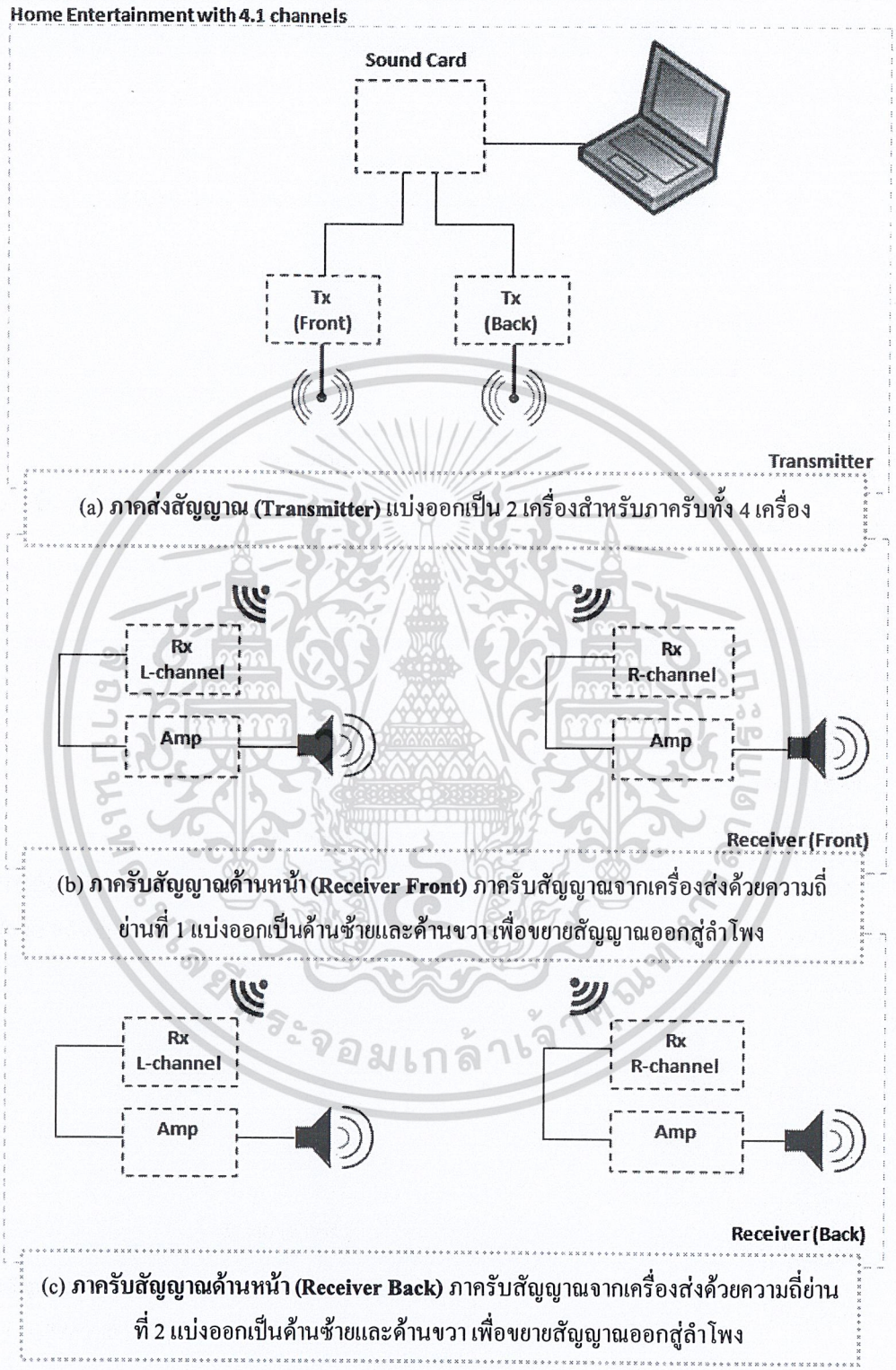
- IC BH1415F ของ ROHM 2 ตัว
- IC MC145151P2 ของ Motorola 2 ตัว
- ดิฟสวิตซ์ 2 ตัว
- Module AR1000 ของ Airoha 4 ตัว
- MCU ATMega 168 ของ Atmel
- อุปกรณ์ อิเล็กทรอนิคส์อื่นๆ เช่น R.C. มัลติมิเตอร์
- Osiloscope

1.5.2 ซอร์ฟแวร์ (Hardware)

- Abode Audition 3.0
- โปรแกรม Protel DXP
- PCB wizard
- Pspice
- Eagle V5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

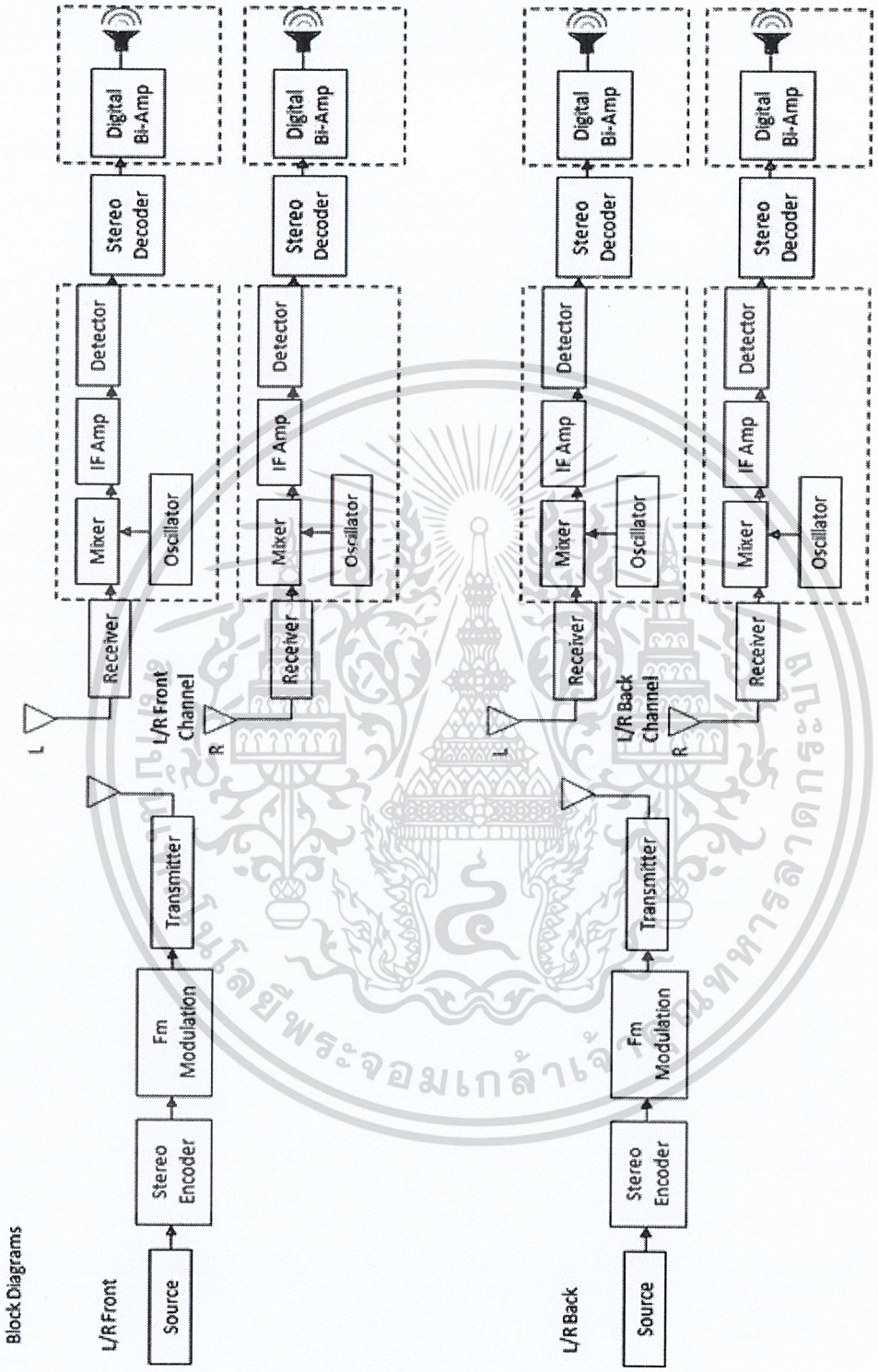
1.6 สถาปัตยกรรมของระบบ



รูปที่ 1.1 สถาปัตยกรรมของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 บล็อกไดอะเกรมของระบบ (Block diagram)



รูปที่ 1.2 บล็อกไดอะเกรมของระบบ (Block diagram)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.8 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการทำโครงงาน

ขั้นตอนการทำโครงงาน	ช่วงระยะเวลา								
	2553							2554	
	มิ.ย	ก.ค.	ส.ค	ก.ย.	ค.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ
1. กำหนดปัญหาที่จะทำการศึกษา									
2. ออกแบบวงจรที่รับ – ส่งสัญญาณ									
3. ทำการทดลองในภาคทฤษฎี									
4. ศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในวงจรเพื่อทำการแก้ไขและปรับปรุงวงจร									
5. การทำปริญญานิพนธ์									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการทำโครงงานเรื่อง *ระบบดิจิตอลออดิโอไร้สายรอบทิศทาง (Wireless Digital Audio for Surround System)* ประกอบด้วย 6 ส่วน ได้แก่

2.1 การสื่อสารในระบบดิจิตอล (Digital Communication System)

2.2 การมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation: PWM)

2.3 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter)

2.4 ระบบเสียง (Sounds System)

2.5 ทฤษฎีวงจรขับลำโพง

2.6 การสื่อสารแบบไร้สาย (Wireless Communication)

2.1 การสื่อสารในระบบดิจิตอล

2.1.1 บทนำ

การสื่อสารในระบบสัญญาณอนาล็อก ข่าวสารเดิมจะถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าซึ่งจะมีลักษณะเหมือนเดิม เช่น กรณีของโทรศัพท์ จะเปลี่ยนคลื่นเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า เมื่อสัญญาณนี้ถูกส่งออกไปตลอดสายส่งในทางอุดมคติแล้วสัญญาณจะถึงผู้รับในลักษณะที่คงรูปร่างไว้ แต่อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัตินั้น จะมีสัญญาณอื่นเข้ามารบกวนมากและเกิดการผิดเพี้ยน (Distortion) ซึ่งเป็นผลทำให้คุณภาพแย่ลง การสื่อสารในระบบนี้การรบกวนต่างๆจะสะสมไปตลอดสาย อุปกรณ์ทวนสัญญาณ (Repeater) และอุปกรณ์ปลายทางจะไม่สามารถกำจัดออกได้

การสื่อสารในระบบสัญญาณดิจิตอล จะมีความแตกต่างจากการสื่อสารแบบอนาล็อกเป็นอย่างมาก กล่าวคือจะส่งสัญญาณในรูปของพัลส์ โดยทำให้สัญญาณอนาล็อกสั้นลงและแสดงเป็นสัญญาณดิจิตอลซึ่งมีค่าเป็น ดีสครีต (Discrete Value) ที่แน่นอน คือ 0 กับ 1 ซึ่งแสดงสภาวะของพัลส์ว่า ไม่มี หรือ มี ตามลำดับ ที่ด้านส่งสัญญาณทุกตัวจะถูกเปลี่ยนเป็นกลุ่มของรหัสเพื่อส่งออกไป สำหรับที่ด้านรับก็จะทำการถอดรหัส (Decoding) เพื่อให้กลับมาเป็นสัญญาณอนาล็อกตามเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ข้อดีและข้อเสียของการสื่อสารในระบบดิจิตอล

2.1.2.1 ข้อดีของการสื่อสารในระบบดิจิตอล

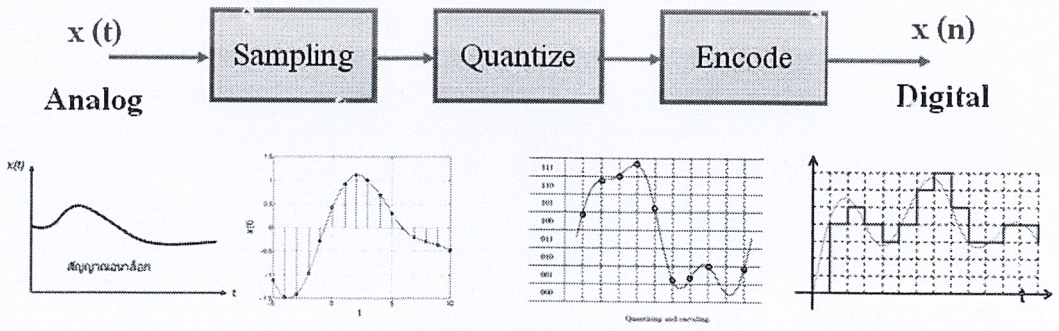
- ปราศจากสิ่งรบกวนเนื่องจากในระบบ PCM สัญญาณดิจิตอลเป็นค่าแบบดีสครีต จึงไม่มีสิ่งรบกวนจากที่อื่น และในกรณีของการส่งสัญญาณเสียงจะแก้ปัญหาของการเกิดครอสทอร์คได้ (Crosstalk)
- มีประสิทธิภาพสูง เพราะ 1 ช่องสัญญาณการส่งแบบดิจิตอลจะสามารถส่งได้เร็วกว่า1 ช่องสัญญาณการส่งแบบอนาล็อก
- ประหยัดกว่า เนื่องจากการส่งข้อมูลที่เร็วกว่าทำให้ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายในเวลาของการเชื่อมต่อแบนด์วิดธ์ (Bandwidth)

2.1.2.2 ข้อเสียของการสื่อสารในระบบดิจิตอล

- มีนอยส์แฝงอยู่ในตัว ตามที่ได้กล่าวมาข้อดีคือ ในระบบ PCM จะไม่มีสิ่งรบกวนจากภายนอก แต่ว่าในกระบวนการของ PCM จะมีสิ่งรบกวนในกระบวนการมันเอง คือ แซมปลิ้งนอยส์กับควอนไตซิ่งนอยส์ ร่วมอยู่อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่ในทางเทคนิคแล้วสามารถลดแอมพลิจูดของนอยส์เหล่านี้ได้ จึงไม่ค่อยมีผลกระทบต่อการใช้งานจริงเท่าใดนัก
- ใช้แบนด์วิดธ์ที่กว้างกว่าแบบอนาล็อก เนื่องจากการลดทอนในสายส่งสัญญาณจะเกิดขึ้นกับแบบดิจิตอลมากกว่าแบบอนาล็อก

2.1.3 การมอดูเลตแบบเข้ารหัสพัลส์ (Pulse Code Modulation: PCM)

กระบวนการ Pulse Code Modulation หรือ PCM จะใช้ในการแปลงสัญญาณเสียงที่เป็นสัญญาณอนาล็อกให้กลายเป็นสัญญาณดิจิตอล กระบวนการนี้จะประกอบด้วย การสุ่ม (Sampling), การควอนไทซ์ (Quantizing), การเข้ารหัส (Encoding) ดังที่แสดงในรูป 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงกระบวนการ PCM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสุ่ม (Sampling)

สัญญาณเสียงอนาล็อกที่มีความต่อเนื่องทางขนาด จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิตอลที่มีสัญญาณไม่ต่อเนื่องได้นั้น ทำได้โดยการสุ่มตัวอย่าง (Sampling) คือ กระบวนการที่สัญญาณอนาล็อกที่มีความต่อเนื่องทางเวลาถูกสุ่ม แล้วได้ค่าแอมพลิจูดชั่วขณะออกมา (Discrete Instant) เป็นการตัดสุ่มสัญญาณอนาล็อกออกเป็นช่วงๆ ด้วยความถี่ของการสุ่ม (Sampling Frequency, fs) หรือเวลาการสุ่ม (Sampling Time, Ts) สัญญาณเดิมถูกเปลี่ยนกลับคืนมาได้อย่างครบถ้วนนั้นต้องมีข้อจำกัดที่สำคัญ ซึ่งจะกล่าวในทฤษฎีบทการสุ่มตัวอย่างของ Shannon คือ ความถี่ของการสุ่มตัวอย่างจะต้องสูงกว่า ความถี่สูงสุดของสัญญาณที่ต้องการสุ่มนี้ 2 เท่าขึ้นไป โดยถ้าหากสัญญาณที่เราต้องการสุ่มมีความถี่สูงสุดเป็น f_m ความถี่ของการสุ่มตัวอย่างจะต้องเป็น $f_s > 2f_m$ สัญญาณที่เปลี่ยนกลับจึงไม่เกิดการผิดเพี้ยนของข้อมูล เรียกอัตราสุ่มตัวอย่างนี้ว่า Nyquist Rate หรือเรียกอีกชื่อว่า Nyquist Frequency

การควอนไทซ์ (Quantizing)

สัญญาณอนาล็อกเมื่อถูกสุ่มตัวอย่างเป็นพัลส์ ที่มีขนาดความสูงเท่ากับความสูงเท่ากับสัญญาณอนาล็อก ณ เวลาที่ถูกสุ่มเรียกพัลส์ที่ได้นี้ว่า Pulse Amplitude Modulation (PAM) พัลส์นี้จะมีระดับขนาดเท่าใดก็ได้ตามอนาล็อกที่สุ่มได้ จากนั้นจะปรับระดับขนาดพัลส์นี้ให้อยู่ในระดับที่กำหนดไว้

การเข้ารหัส (Encoder)

คือ การเข้ารหัสสัญญาณของแต่ละลำดับที่ได้จากการควอนไทซ์ การแซมปลิ้งจะเปลี่ยนสัญญาณที่มีความต่อเนื่องทางเวลาไปเป็นสัญญาณที่ไม่มีความต่อเนื่องทางเวลา ส่วนการควอนไทซ์จะเปลี่ยนค่าแอมพลิจูดที่มีความต่อเนื่องไปเป็นสัญญาณที่ไม่มีความต่อเนื่อง ดังนั้นกระบวนการแซมปลิ้งรวมกับกระบวนการควอนไทซ์ก็คือ การเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล โดยทั่วไปแล้วการควอนไทซ์จะมีวงจรการทำงานร่วมกันเรียกว่า A/D Converter และการรวมเข้าด้วยกันของการควอนไทซ์กับการเข้ารหัส จะทำให้การมอดูเลตแบบ PCM แตกต่างไปจากการมอดูเลตแบบพัลส์ (Analog Pulse Modulation) ทั่วๆไป ในส่วนที่จะกล่าวถึงเราจะกล่าวถึงเฉพาะกระบวนการทั้ง 3 ขั้นตอนของ PCM

2.1.3.1 ทฤษฎีการสุ่ม (Sampling Theory)

การส่งสัญญาณดิจิตอลของสัญญาณอนาล็อก อธิบายได้ด้วยทฤษฎีของ Shannon ในเรื่อง Sampling Theorem และกระบวนการสุ่มที่เกิดขึ้นก็ต้องสอดคล้องกับทฤษฎีการสุ่มเช่นกัน

2.1.3.2 สัญญาณจำกัดแบนด์ (Band Limit)

สัญญาณจำกัดแบนด์ (Band Limit) คือ สัญญาณ m (t) ใดๆ ที่มีค่าจากการแปลงฟูเรียร์ m (t) ในเมนความถี่มีค่าเป็นศูนย์ ที่ความถี่ที่สูงกว่า ω_M เขียนในรูปสมการได้เป็น

$$m(t) \leftrightarrow M(\omega) = 0 \qquad \text{เมื่อ } |\omega| > \omega_M = 2\pi f_M \qquad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3.3 ทฤษฎีการสุ่ม (Sampling Theory)

ถ้าสัญญาณข่าวสาร m(t) มีค่าจริงและเป็นสัญญาณจำกัดแบนด์ (Band limited Signal) ตามเงื่อนไขตามสมการ (2.1) แล้ว สัญญาณ m(t) นั้นสามารถหาค่าได้จากค่าการสุ่มคือ $m(nT_s)$ ที่ถูกสุ่มในช่วงยูนิฟอร์ม $Ts \leq \frac{1}{2f_S}$

ในความเป็นจริงแล้วสัญญาณ m(t) สามารถเขียนอยู่ในรูปสมการ (2.2) ข้างล่าง

$$m(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} m(nT_s) \frac{\mathrm{Sin}\omega_M(t-nT_s)}{\omega_M(t-nT_s)} \qquad (2.2)$$

เมื่อ T_s หมายถึง คาบเวลาของการสุ่ม (Sampling Period) และส่วนกลับของ T_s คือ $f_s = \frac{1}{T_S}$ หมายถึง อัตราการสุ่ม (Sampling Rate) หรือความถี่ในการสุ่ม (Sampling Frequency)

ทฤษฎีการสุ่ม กล่าวว่า สัญญาณจำกัดแบนด์ที่ไม่มีส่วนประกอบของความถี่ที่สูงกว่า f_M สามารถทำให้กลับคืนมาได้อย่างสมบูรณ์จากอัตราสุ่มที่มากกว่าหรือเท่ากับ 2 เท่าของ $fs \geq 2f_M$ การสุ่มต่อวินาที (Sample/Second)

ทฤษฎีการสุ่มข้างบนบางครั้งเรียกว่า ทฤษฎีการสุ่มแบบยูนิฟอร์ม (Uniform Sampling Theorem) สำหรับสัญญาณแบสแบนด์ (Baseband) หรือ สัญญาณความถี่ต่ำ

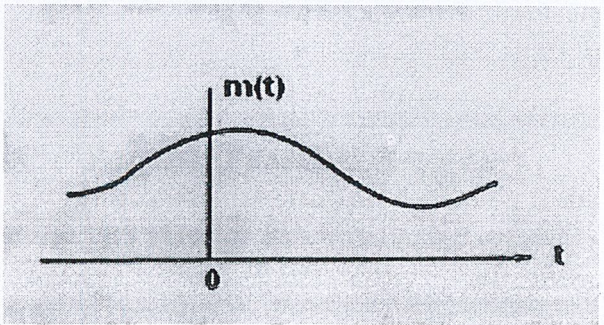
อัตราสุ่มที่มีค่าเป็น $2f_M$ การสุ่มต่อวินาที (อัตราขั้นต่ำสุด) เรียกว่า Nyquist Rate มีส่วนกลับเป็น $\frac{1}{2f_M}$ (วินาที) เรียกว่า Nyquist Interval (ช่วงไนควิสส์)

อย่างไรก็ตามการสุ่มสัญญาณที่มีลักษณะเป็นแบนด์พาส (Band Pass) ในบางครั้งอัตราสุ่มสามารถมีค่าต่ำกว่า $2f_M$ ได้

2.1.4 การสุ่ม (Sampling)

2.1.4.1 การสุ่มชั่วขณะ (Instantaneous Sampling)

สมมติให้สัญญาณ m(t) ใดๆ (รูปที่ 2.2) ถูกสุ่มในชั่วขณะในอัตราที่เท่ากัน (Uniform Rate) ทุกๆ T_s วินาที เราจะได้ค่า Sequence ของการสุ่มเป็นจำนวนอนันต์คือ $[m(n\,T_s)]$ เมื่อ n คือจำนวนจริงที่เป็นไปได้ทั้งหมด การสุ่มในทางอุดมคตินี้เรียกว่า การสุ่มชั่วขณะ

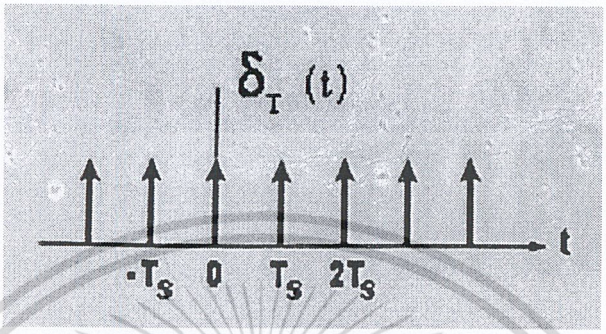


รูปที่ 2.2 สัญญาณที่ได้จากการสุ่มในอุดมคติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.2 สัญญาณสุ่มในทางอุดมคติ (Ideal Sampled Signal)

ค่าที่ได้จากการสุ่มคือ สัญญาณในทางอุดมคติได้จากการคูณสัญญาณ m(t) กับกระบวนการอิมพัลส์หนึ่งหน่วย (Unit Impulse Train : $\delta_{T_s}(t)$) จากรูปที่ 2.3 และสมการที่ (2.3) จะได้ดังสมการ 2.4

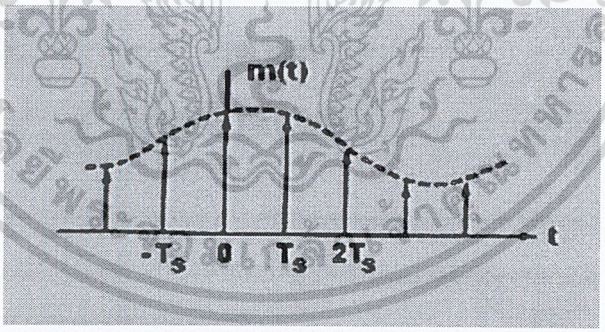


รูปที่ 2.3 กระบวนการอิมพัลส์หนึ่งหน่วย

$$t\delta'(t) = -\delta(t) \tag{2.3}$$

$$m_s(t) = m(t)\,\delta_{T_s}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} m(nT_s)\,\delta(t-nT_s) \tag{2.4}$$

และสัญญาณในรูปที่ 2.4 แสดงสัญญาณในอุดมคติ (Ideal Sampling)



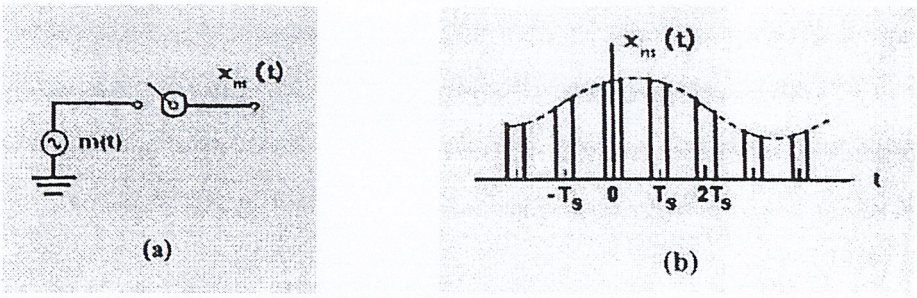
รูปที่ 2.4 แสดงสัญญาณในอุดมคติ (Ideal Sampling)

2.1.4.3 การสุ่มในทางปฏิบัติ (Practical Sampling)

2.1.4.3.1 การสุ่มแบบธรรมชาติ (Natural Sampling)

ถึงแม้การสุ่มชั่วขณะเป็นรูปแบบจำลองที่นิยมใช้เพื่ออธิบายหลักการสุ่มก็ตาม แต่ในทางปฏิบัติแล้วการสุ่มสัญญาณจำกัดแบนด์อนาล็อก m(t) สามารถทำให้ได้โดยวงจรสวิทซ์ความเร็วสูง ซึ่งมีวงจรสมมูลและสัญญาณที่ถูกสุ่มตามรูปที่ 2.5 (a) และ (b) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 การสุ่มแบบธรรมชาติ

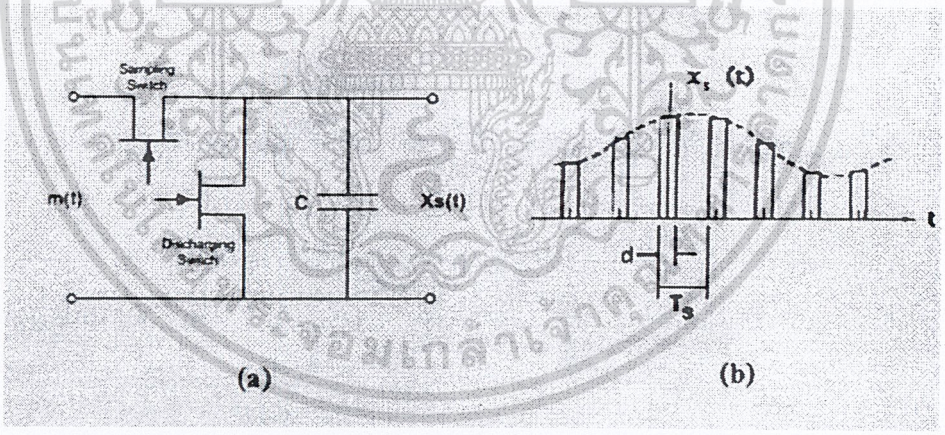
สัญญาณที่ได้จากการสุ่ม สามารถเขียนได้เป็น

$$X_{ns}(t) = m(t)x_p(t) \tag{2.5}$$

เมื่อ $x_p(t)$ คือกระบวนการพัลส์สี่เหลี่ยมที่มีคาบเวลาเป็น T_s มีความกว้างพัลส์เป็น d และแอมพลิจูดขนาดหนึ่งหน่วยที่ถูกสุ่มนั่นเอง

2.1.4.3.2 การสุ่มแบบส่วนยอดราบเรียบ

เป็นวิธีการสุ่มที่ธรรมดาและนิยมใช้ที่สุด โดยใช้วงจร S/H (Sampled and Hold circuit) ในรูปที่ 2.6 (a) และสัญญาณที่ได้จากการสุ่มแสดง ในรูปที่ 2.6 (b)



รูปที่ 2.6 การสุ่มแบบส่วนยอดราบเรียบ

2.1.5 การควอนไทซ์ (Quantizing)

2.1.5.1 การควอนไทซ์แบบยูนิฟอร์ม (Uniform Quantizing)

ตัวอย่างของกระบวนการควอนไทซ์แสดงในรูปที่ 2.7 ซึ่งเราจะสมมติให้แอมพลิจูดของสัญญาณ m(t) ถูกจำกัดค่าอยู่ในช่วง $(-m_p, m_p)$ และช่วงนี้ถูกแบ่งออกเป็น L ส่วน แต่ละส่วนจะมีขนาดของสเต็ป (Step Size) เป็น

$$\Delta = \frac{2m_p}{L} \tag{2.6}$$

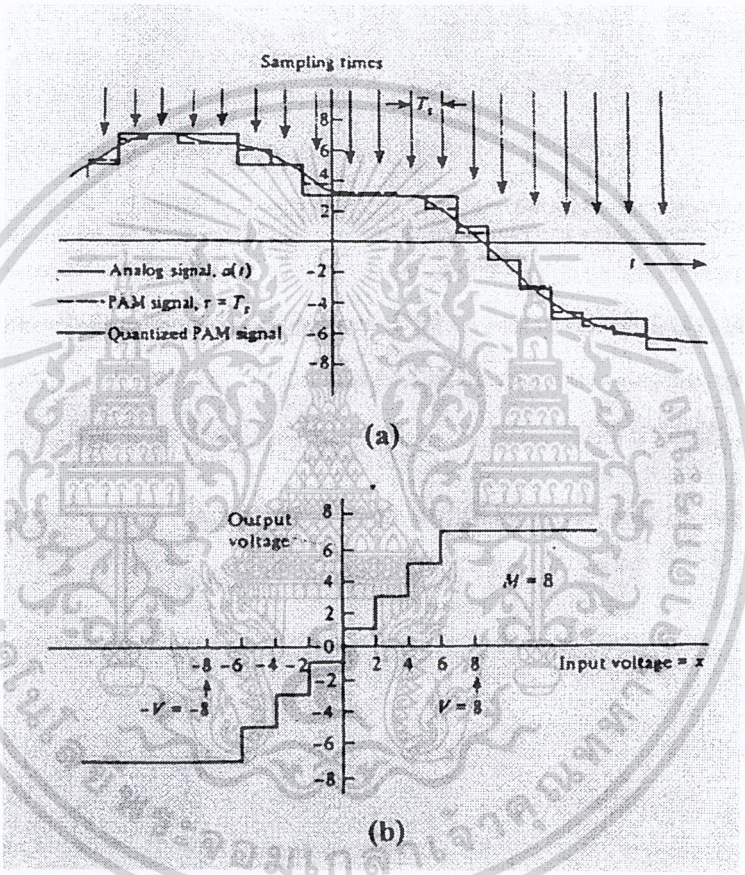
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ m_p คือ แอมพลิจูดสูงสุดของสัญญาณ m (t)

L คือ ช่วงของเวลาที่แบ่งเท่าๆกัน

โดยค่าแอมพลิจูดทำได้จากการสุ่มจะมีค่าโดยประมาณตรงจุดกึ่งกลางของช่วงดังรูปที่ 2.7 (a)

คุณลักษณะแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Input-Output ของการควอนไทซ์แบบยูนิฟอร์ม แสดงในรูปที่ 2.7(b)



รูปที่ 2.7 (a, b) การสุ่มแบบส่วนยอดราบเรียบ

2.1.5.2 สัญญาณรบกวนที่เกิดจากการควอนไทซ์ (Quantizing Noise)

จากหลักการควอนไทซ์จะเห็นว่าสัญญาณอินพุท (ก่อนควอนไทซ์) จะแตกต่างกับสัญญาณเอาท์พุท (หลังจากการควอนไทซ์) ซึ่งเป็นสาเหตุให้มีการผิดพลาดเกิดขึ้น เราเรียกว่าการผิดพลาดจากควอนไทซ์ (Quantizing error) หรือสัญญาณรบกวนจากควอนไทซ์ (Quantizing noise)

สัญญาณอินพุทที่เข้ามาจัดว่าเป็นสัญญาณแบบแรนดอม (Random Signal) นั่นคือทำให้การผิดพลาดจากการควอนไทซ์นี้ เกิดขึ้นในลักษณะสุ่ม (Random) ในช่วงนั้นด้วยคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$-\frac{\Delta}{2} \le q_e \le \frac{\Delta}{2} \tag{2.7}$$

สมมติให้การผิดพลาดจากการควอนไทซ์นี้มีโอกาสเกิดขึ้นได้อย่างเท่าเทียมกันในช่วง $(-\frac{\Delta}{2}, \frac{\Delta}{2})$ ค่าเฉลี่ยกำลังสองของค่าผิดพลาดหาได้จาก

$$\langle q_e^2 \rangle = \frac{1}{\Delta}\int_{-\Delta/2}^{\Delta/2} q_e^2 dq_e = \frac{\Delta^2}{12} \tag{2.8}$$

แทนค่า Δ ในสมการ (2.6) ลงไปในสมการ (2.8) เราจะได้ว่า

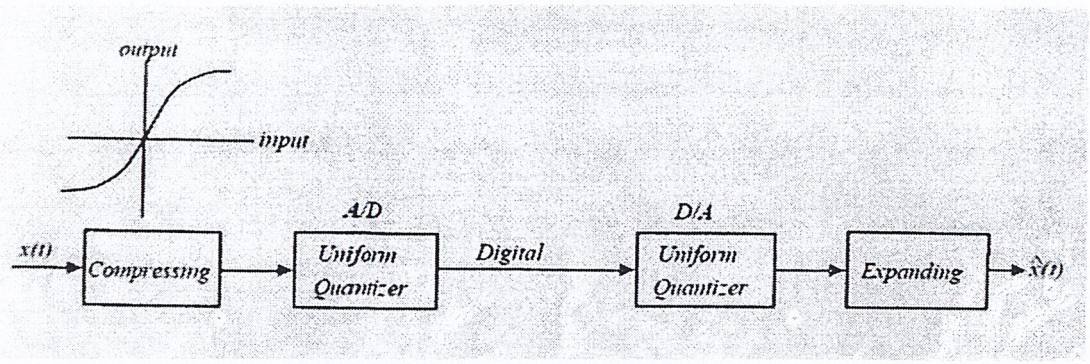
$$\langle q_e^2 \rangle = \frac{m^2}{3L^2} \tag{2.9}$$

2.1.5.3 การควอนไทซ์แบบยูนิฟอร์มและการบีบอัดสัญญาณ (Non uniform - Quantizing and Companding)

การควอนไทซ์แบบยูนิฟอร์ม ไม่มีประสิทธิที่ดีพอกับสัญญาณบางประเภทในการส่งสัญญาณแบบดิจิตอล เช่น สัญญาณเสียงพูดในระบบโทรศัพท์ เป็นต้น เพราะขนาดแอมพลิจูดของสัญญาณเสียงส่วนมากมีขนาดเล็กกว่าขนาดใหญ่ ทำให้การควอนไทซ์ในระดับที่แอมพลิจูดสูงขึ้นไปไม่มีโอกาสได้เกิดขึ้นน้อยกว่าสัญญาณที่มีแอมพลิจูดขนาดเล็กถึงขนาดกลางเพราะการควอนไทซ์แบบยูนิฟอร์มจะแบ่งระดับในการควอนไทซ์เท่า ๆ กันหมด การแก้ปัญหาดังกล่าวสามารถแก้ปัญหาโดยการแบ่งระดับการควอนไทซ์ให้มีขนาดเล็กในช่วงที่มีแอมพลิจูดขนาดเล็ก และให้ระดับควอนไทซ์มีขนาดโตขึ้นเมื่อสัญญาณเสียงมีแอมพลิจูดสูงขึ้น (ซึ่งโอกาสเช่นนี้มีน้อยมาก) การควอนไทซ์แบบนี้เรียกว่า การควอนไทซ์แบบนอนยูนิฟอร์ม

การควอนไทซ์แบบนอนยูนิฟอร์ม นั้นทำได้โดยการแปลงสัญญาณที่เข้ามาให้มีค่าเปลี่ยนไปในลักษณะ Nonlinear คือที่สัญญาณต่ำๆ ให้มีการขยายสัญญาณออก ในขณะที่สัญญาณสูงอยู่แล้วก็ขยายน้อย เรียกขั้นตอนนี้ว่า Compressing Signal จากนั้นจึงผ่านเข้า Uniform quantizer เพื่อเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอล ในทางกลับกันเมื่อแปลงกลับเป็นสัญญาณอนาล็อก ก็ต้องแปลงสัญญาณกลับโดยขยายที่ตรงข้ามกับตอนแรก เรียกขั้นตอนนี้ว่า Expanding รวมแล้วจะเรียกขบวนการนี้ว่า Companding ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 แสดงกระบวนการ Companding

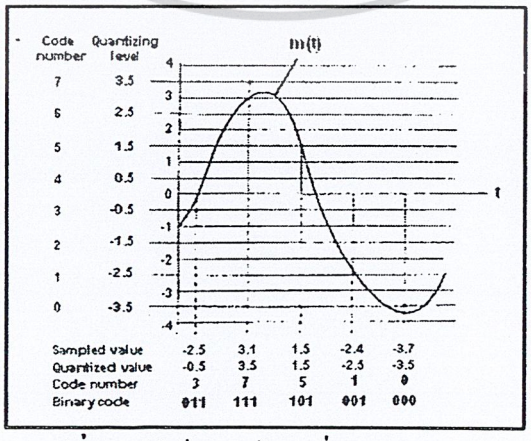
ความสัมพันธ์ของสัญญาณขาเข้าและสัญญาณขาออกของการ Compressing สัญญาณอธิบายโดยเส้นโค้งความสัมพันธ์ซึ่งมีมาตรฐานอยู่ 2 มาตรฐาน คือ A-Law เป็นมาตรฐานยุโรป และ μ-Law เป็นมาตรฐานของอเมริกาและญี่ปุ่นมีความสัมพันธ์ดังสมการที่ 2.10 และ 2.11 ตามลำดับ

$$F_{\mu}(x) = \operatorname{sgn}(x)\frac{\ln(1+\mu|x|)}{\ln(1+\mu)} \tag{2.10}$$

$$F_A = \begin{cases} \operatorname{sgn}(x)\left[\dfrac{A(x)}{1+\ln A}\right] \\ \operatorname{sgn}(x)\left[\dfrac{1+\ln A|x|}{1+\ln A}\right] \end{cases} \tag{2.11}$$

2.1.6 การเข้ารหัส (Coding)

ตัวเข้ารหัส (Encoder) ทำหน้าที่เป็นตัวที่ได้จากการควอนไทซ์เป็นรหัสที่เป็นซีเควันของไบนารี่ (Binary Sequence) เพื่อเปลี่ยนเป็นสัญญาณพัลส์ที่เหมาะสมกับการส่งสัญญาณต่อไป รหัสไบนารี่ซีเควันแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 พีซีเอ็มแบบไบนารี่ (Binary PCM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมติให้สัญญาณ m(t) ถูกกำจัดค่าแอมพลิจูดอยู่ในช่วง -4 ถึง 4 Volt ขนาดของสเต็ปคือ Δ มีค่าเป็น 1 Volt ดังนั้นระดับจำนวนการควอนไทซ์ทั้งหมดจะมี 8 ระดับ คือ -3.5, -2.5, … , 2.5, 3.5 Volt

ดังนั้นจะมีคำรหัสที่แตกต่างกันทุกหมด 8 Codeword ยกตัวอย่างเช่น

รหัส 0 จะมีเลขไบนารี่เป็น 000

รหัส 1 จะมีเลขไบนารี่เป็น 001

รหัส 2 จะมีเลขไบนารี่เป็น 010

รหัส 3 จะมีเลขไบนารี่เป็น 011

รหัส 4 จะมีเลขไบนารี่เป็น 100

รหัส 5 จะมีเลขไบนารี่เป็น 101

รหัส 6 จะมีเลขไบนารี่เป็น 110

รหัส 7 จะมีเลขไบนารี่เป็น 111

โดยที่ขนาดแอมพลิจูดของ m(t) จะถูกจำกัดให้อยู่ในระดับการควอนไทซ์ที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าแอมพลิจูดที่เป็นจริงมากที่สุด (เป็นเหตุผลว่าทำไมการควอนไทซ์จึงมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้น)

2.1.7 แบนด์วิดธ์ในการส่งสัญญาณพีซีเอ็ม

ข้อได้เปรียบที่สำคัญของการส่งสัญญาณดิจิตอล หรือที่เรียกว่า PCM Transmission ก็คือสามารถที่จะทำการผลิตสัญญาณที่ปราศจากสิ่งรบกวน (Noise) และความเพี้ยน (Distortion)

แต่ระบบการส่งสัญญาณพีซีเอ็ม ก็มีข้อเสียตรงที่ต้องการ Bandwidth ในการส่งกว้างมาก เช่น ในการส่งสัญญาณโทรศัพท์ 1 ช่อง หากใช้ระบบ FDM จะต้องการ Bandwidth ในการส่งเพียง 4 kHz เท่านั้น ถ้าเป็นระบบ PCM การส่งสัญญาณโทรศัพท์ 1 ช่อง ด้วยอัตราการสุ่มตัวอย่าง 8000 Hz และเข้ารหัสเป็น PCM Word ด้วย Binary Code จำนวน 8 Bit ดังนั้นในเวลา 1 วินาที จึงมีรหัสถูกส่งออกไปเป็นจำนวน 8000 X 8 = 64 kbit การส่งรหัสด้วยอัตราเร็ว 64 Kbits/Sec นั้นจำเป็นต้องใช้ Bandwidth อย่างน้อยที่สุด 32 kHz เป็นต้น จึงเห็นได้ว่าการส่งสัญญาณในระบบ PCM ต้องการ Bandwidth กว้างมากกว่าการส่งสัญญาณในระบบ FDM มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

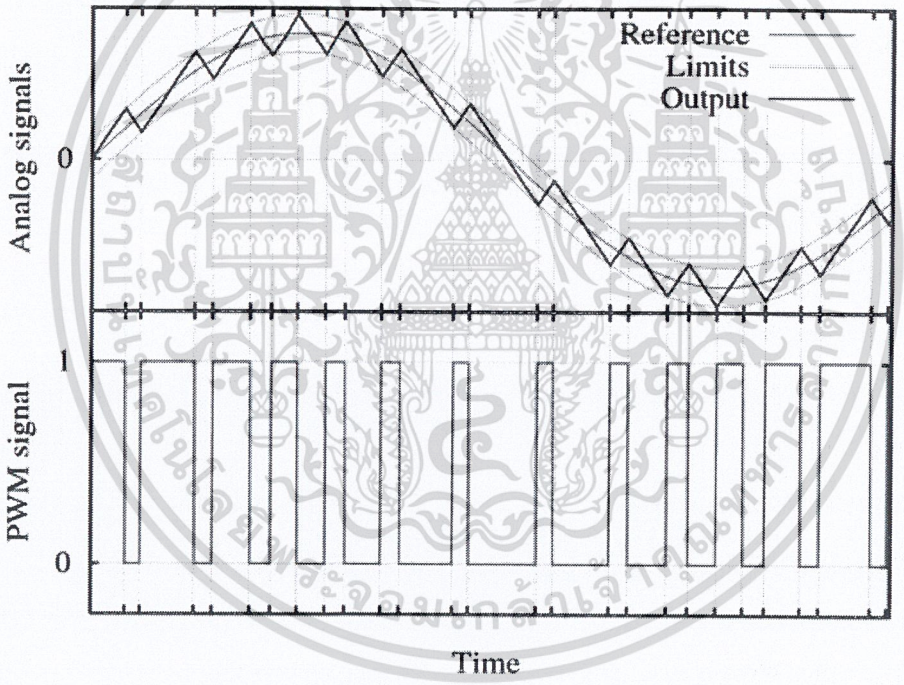
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.2 การมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์ (Pulse Width Modulation: PWM)

การมอดูเลตความกว้างพัลส์ (PWM) คือ การมอดูเลตที่ทำให้เกิดสัญญาณเอาท์พุทที่ได้มีแอมพลิจูดและความถี่เท่ากันทุกพัลส์ แต่ความกว้างของพัลส์จะขึ้นอยู่กับสัญญาณอินพุท ซึ่งถ้าหากสัญญาณอินพุทมีแอมพลิจูดสูงความกว้างของพัลส์จะมีค่ามากกว่าตอนที่อินพุทมีแอมพลิจูดต่ำ โดยมีสัญญาณรูปสามเหลี่ยมเป็นสัญญาณอ้างอิงหรือสัญญาณคลื่นพัลส์

2.3.1 ขั้นตอนการมอดูเลชั่น

วงจรเชิงมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์ (PWM) แสดงดังรูปสัญญาณอนาล็อกจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับสัญญาณพาห์รูปสามเหลี่ยมในช่วงเวลาสูงสุด และผลที่ออกมาจากอุปกรณ์เปรียบเทียบก็จะเป็นพัลส์ที่มีขนาดลดลงเมื่อถึงจุดเปรียบเทียบ ดังนั้นจากวงจรก็สามารถได้รับกลุ่มพัลส์ที่มีความกว้างเปลี่ยนไปตามแอมพลิจูดที่สอดคล้อง ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงการมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์

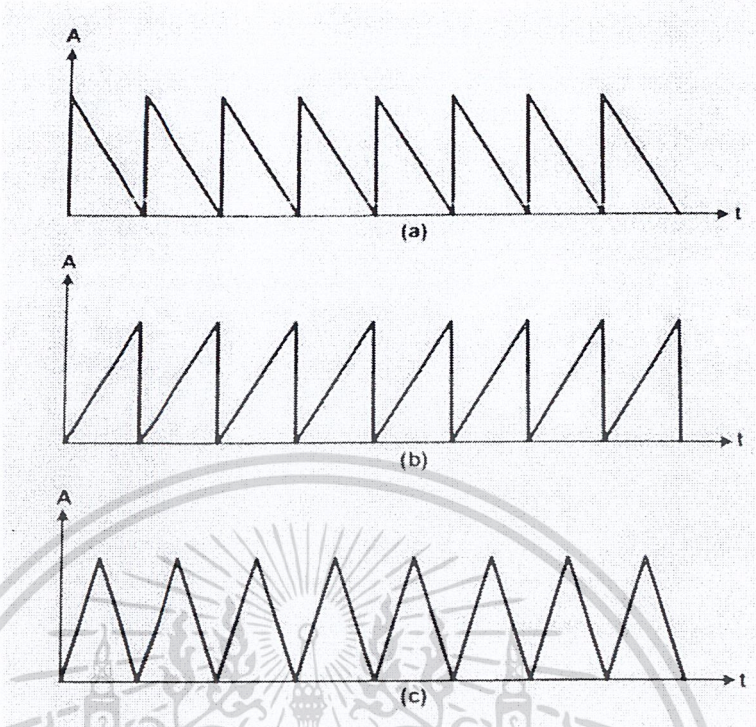
117543
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ชนิดของการมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์

ชนิดของการมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์ เราสามารถแบ่งจำแนกได้ตามสัญญาณพาห์ (Carrier Signal) ที่เรานำมาทำการมอดูเลตกับสัญญาณอินพุท ซึ่งสามารถแบ่งแยกได้เป็น 3 ชนิด ได้แก่

1. **The Lead Edge** เป็นการสร้างสัญญาณการมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์ ที่มีขอบขาลงของพัลส์แต่ละพัลส์จะแปรผันตามขนาดของสัญญาณ โดยมีระยะห่างระหว่างสัญญาณที่ขาลงของแต่ละพัลส์มีค่าคงที่ โดยการสร้างสัญญาณนี้ทำได้โดย การนำสัญญาณอินพุทมาเปรียบเทียบกับสัญญาณพาห์(Carrier Signal) รูปสามเหลี่ยมดังรูปที่ 2.13(a)
2. **The Tail Edge** เป็นการสร้างสัญญาณมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์ ที่มีขอบขาขึ้นของพัลส์แต่ละพัลส์จะแปรผันตามขนาดของสัญญาณ โดยมีระยะห่างระหว่างสัญญาณที่ขาขึ้นของแต่ละพัลส์มีค่าคงที่ โดยการสร้างสัญญาณนี้สามารถทำได้โดยการนำสัญญาณอินพุทมาเปรียบเทียบกับสัญญาณพาห์ (Carrier Signal) รูปสามเหลี่ยมดังรูปที่ 2.13(b)
3. **The Pulse Center (Symmetrical PWM)** เป็นการสร้างสัญญาณมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์ ที่มีระยะห่างของศูนย์กลางของแต่ละพัลส์มีค่าคงที่ โดยเมื่อแอมพลิจูดของสัญญาณอินพุทมีค่าสูงกว่าสัญญาณพาห์ (Carrier Signal) สัญญาณที่ได้จากการมอดูเลตจะมีความกว้างพัลส์มาก และเมื่อแอมพลิจูดของสัญญาณอินพุทมีค่าต่ำกว่าสัญญาณพาห์ (Carrier Signal) สัญญาณที่ได้จากการมอดูเลตก็จะมีความกว้างของพัลส์ลดลง ซึ่งจะสังเกตุได้ว่าการสร้างสัญญาณมอดูเลตแบบนี้ จะได้พัลส์ที่สมมาตรที่จุดกึ่งกลางของสัญญาณที่ได้จากการมอดูเลต ดังรูปที่ 2.13 (c)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

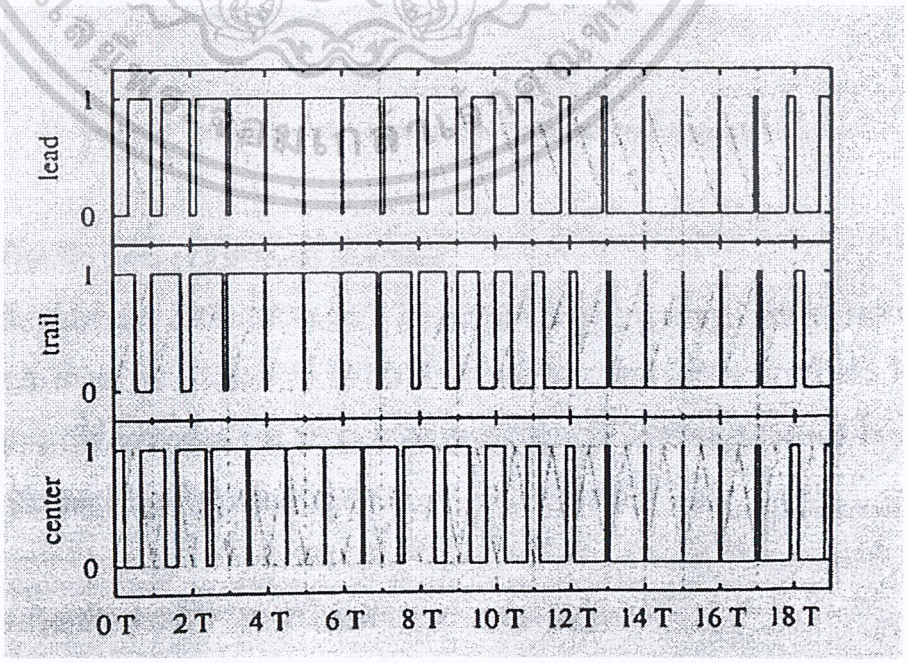


รูปที่ 2.13 สัญญาณคลื่นพาห์ (Carrier Signal) สำหรับการมอดูเลตเชิงความกว้างพัลส์

รูปที่ 2.13 (a) The Lead Edge

รูปที่ 2.13 (b) The Tail Edge

รูปที่ 2.13 (c) The Pulse Center (Symmetrical PWM)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

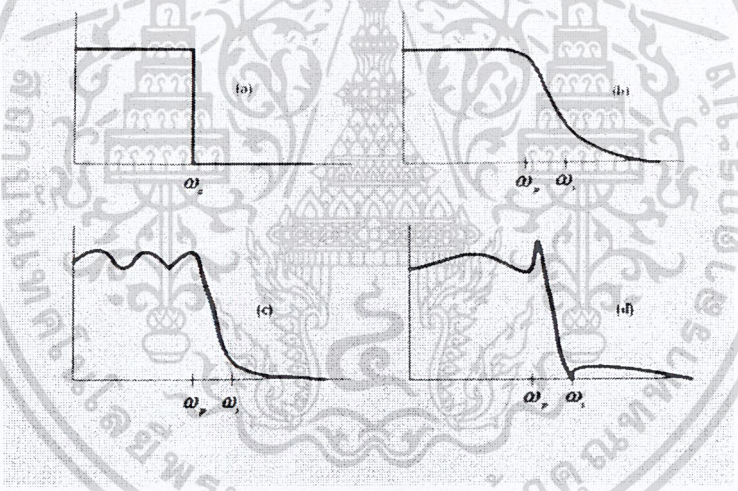
รูปที่ 2.14(บน) แสดงรูปของ The Lead Edge Modulation

(กลาง) แสดงรูปของ The Trail Edge Modulation

(ล่าง) แสดงรูปของ The Pulse Center Modulation

2.3 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter)

วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน จะยอมให้ความถี่ต่ำสามารถผ่านได้ดี และทำการลดทอนสัญญาณที่มีความสูงกว่าความถี่คัตออฟ (ω_c: Cut-off frequency) ออก โดยเรียกย่านความถี่ที่วงจรให้ผ่านว่า ย่านความถี่ผ่าน (Passband) หรือ แบนด์วิดธ์ (Bandwidth) ของวงจร ส่วนย่านความถี่ที่ไม่ยอมให้ผ่านไปจะเรียกว่าย่านความถี่หยุด (Stop band) ซึ่งรูปที่ 2.15(a) เป็นภาพผลตอบสนองทางขนาดของวงจรความถี่ต่ำผ่านในแบบอุดมคติ ซึ่งเราสามารถประกอบผลตอบสนองที่ได้จากวงจรกรองได้ดังรูปที่ 2.15(b)-(d)



รูปที่ 2.15 ผลตอบสนองทางขนาดของวงจรความถี่ต่ำผ่าน

รูปที่ 2.15 (a) แสดงลักษณะของ Idea filter

รูปที่ 2.15 (b) แสดงลักษณะของ Butterworth filter

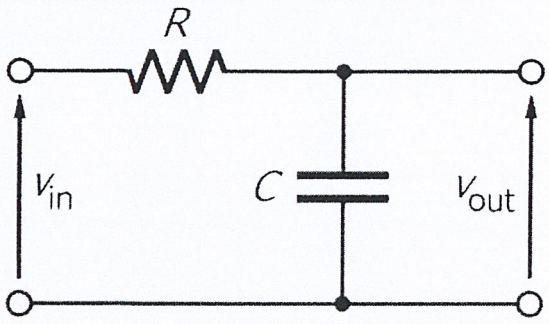
รูปที่ 2.15 (c) แสดงลักษณะของ Chebyshev filter

รูปที่ 2.15 (d) แสดงลักษณะของ Elliptic filter

หลักการของการกรองความถี่ต่ำนั้น นำมาใช้ประโยชน์ในการประมวลผลสัญญาณดิจิตอลให้สัญญาณที่ได้มีความราบเรียบขึ้น (Smoothing) ตัวอย่างในการใช้งาน เช่น การนำมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมระบบเสียง ซึ่งมีการนำวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน มาใช้ในอุปกรณ์ Subwoofer ตัวอย่างวงจรกรองความถี่อย่างง่าย แสดงในรูป 2.16



รูปที่ 2.16 วงจรกรองความถี่อย่างง่ายแบบวงจร RC

ในการออกแบบวงจรกรองความถี่นั้นสามารถทำได้โดย การกำหนดคุณสมบัติของวงจรแล้วจึงใช้ทฤษฎีการประมาณ (Approximation Theory) เพื่อหาฟังก์ชันถ่ายโอนของวงจร แล้วจึงนำฟังก์ชันถ่ายโอนที่ได้ไปทำการสังเคราะห์ให้เป็นวงจรต่อไป ซึ่งการประมาณผลตอบสนองทางขนาด (Magnitude Response) ที่สำคัญ 2 ประเภทได้แก่ ตัวกรองแบบบัตเตอร์เวอร์ธ (Butterworth Filter) และตัวกรองแบบเชบีเชฟ (Chebyshev Filter)

2.4 ระบบเสียง (Sounds system)

2.4.1 ระบบเสียง Mono กับ ระบบเสียง Stereo

ระบบเสียง Mono

เป็นระบบที่มีการเดินทางของคลื่นไฟฟ้า (ที่แปลงมาจากคลื่นเสียง) เพียงทางเดียวแม้ว่าแหล่งกำเนิดเสียงจะมีมากกว่าหนึ่งแห่งก็ตาม โดยที่คลื่นเสียงจะถูกแปลงให้เป็นคลื่นไฟฟ้าเข้าสู่เครื่องขยายเสียงที่มีวงจงเพียงชุดเดียว แล้วถูกแปลงกลับให้กลายเป็นคลื่นเสียงอีกครั้งหนึ่งออกสู่ลำโพง ซึ่งคุณภาพของเสียงที่ออกสู่ลำโพงไม่ว่ากี่ตัวก็ตาม จะมีคุณภาพเสียงที่เท่ากันทุกประการ ตัวอย่างเครื่องเสียงที่มีระบบเสียงโมโน เช่น เครื่องโทรทัศน์สมัยก่อน เครื่องเล่นแผ่นเสียงขนาดเล็ก เป็นต้น

ระบบเสียงสเตอริโอ (Stereo)

เป็นระบบที่มีคลื่นเสียงมาจากสองทิศทางผ่านเครื่องขยายเสียงที่มีวงจรการทำงาน 2 ชุด แล้วเข้าสู่ลำโพง 2 ตัว ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของระบบสเตอริโอ ได้หลายประเภทคือ ระบบสเตอริโอสองทิศทาง ระบบสเตอริโอสามทิศทาง หรือระบบสเตอริโอหลายทิศทาง เป็นต้น ในการบันทึกเสียงในระบบสเตอริโอ จะมีไมโครโฟน 2 ตัว หรือมากกว่า เพื่อรับเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียง ซึ่งจะทำให้เกิดผลทางเสียงออกมาทางลำโพง ที่เหมือนกับการฟังจากแหล่งกำเนิดเสียงจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแตกต่างระหว่างระบบเสียงแบบ Mono กับ Stereo

ระบบเสียงแบบ Mono เป็นระบบเสียงที่มีมิติเดียว เป็นระบบเสียงที่ไม่เน้นคุณภาพของเสียง ส่วนระบบเสียงแบบ Stereo เป็นระบบเสียงสองมิติ

ระบบเสียงแบบ Stereo นั้นจะมีความแตกต่างจากระบบเสียง Mono มาก โดยในการจัดวางลำโพงนั้นจะต้องจัดวางลำโพงทั้ง 2 ตัว โดยที่ตัวหนึ่งอยู่ทางซ้าย และอีกตัวหนึ่งอยู่ทางขวาของผู้ฟัง โดยเสียงแบบ Stereo นี้เราจะสามารถบอกสถานที่ของตำแหน่งของเสียงได้

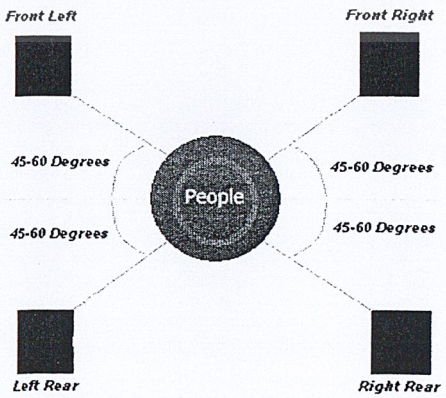
2.4.2 ระบบเสียงแบบ Surround หรือระบบเสียงรอบทิศทาง

ในอดีตระบบเสียงที่เราได้ฟังเริ่มจาก ระบบ Mono (กลาง ค.ศ. 1950) มาเป็น stereo (ช่วง ค.ศ. 1960) จากนั้น ทางนั้นก็มีการพัฒนามาเรื่อย นับตั้งแต่ที่ Dolby ได้พัฒนาระบบ Dolby surround แบบ matrix (จำลองระบบหลายลำโพงมาออกที่ ลำโพง stereo คู่เดียว) จนถึงปัจจุบันที่ระบบเสียง surround หลายแบบได้กลายเป็นแบบ discrete ที่แยกช่องสัญญาณออกของเสียงได้ถึง 6 track

ระบบเสียงรอบทิศทาง เป็นระบบเสียงหลายมิติ คือจะมากกว่าสองมิติ มีมาตรฐานหลายชนิด ส่วนใหญ่จะเป็นงานระดับไฮเอ็นด์ เช่น เสียงประกอบภาพยนตร์บนแผ่น DVD, โรงภาพยนต์ เป็นต้น

2.4.2.1 ระบบ Quadraphonic

หรือเรียกว่า ระบบ Surround 4.0 ใช้ลำโพง 4 ตำแหน่ง เป็นการ Encode เสียง 4 ช่องทาง คือ ด้านหน้า ซ้าย-ขวา และด้านหลังซ้าย-ขวา โดยเสียง 2 ช่องทางที่เพิ่มมาจากระบบ Stereo นั้นเป็นช่องทางเสียงสำหรับลำโพง 2 ตัว ที่จะวางไว้ด้านหลัง คุณภาพเสียงเสียงมีมิติมากขึ้น เป็นระบบเสียงที่พัฒนามาเพื่อให้บันทึกได้อย่างรอบด้านเสมือน เราไปนั่งอยู่กลางวงดนตรี ระบบนี้จะมีคุณภาพมากกว่าระบบ Stereo

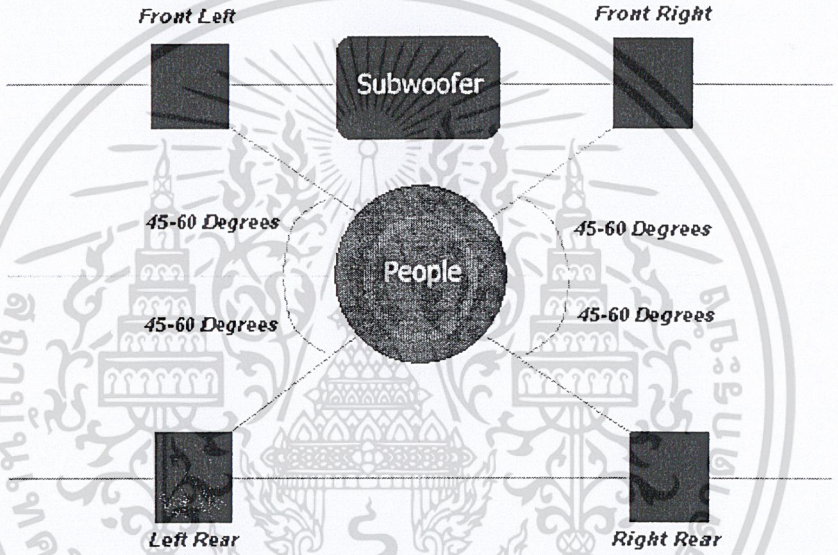


รูปที่ 2.17 แสดงระบบเสียง Surround 4.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.2 ระบบ 4.1 Channels Surround

โดยที่ระบบเสียงแบบนี้จะประกอบไปด้วยลำโพงมากถึง 4 ตัว และ Subwoofer อีก 1ตัว เรียกอีกอย่างว่าเป็นลำโพงแบบ 4.1 ซึ่งลำโพงแบบนี้ต้องใช้คู่กับซาวนด์การ์ดที่เป็นแบบ 4.1 ด้วย ซึ่งเป็นระบบที่ใช้กันมากในปัจจุบันนี้ โดยลำโพง 4 ตัวนี้จะจัดอยู่ในตำแหน่งที่ต่างกันคือ หน้าซ้าย (Front Left), หน้าขวา (Front Right), หลังซ้าย (Back Left), หลังขวา (Back Right) และ Subwoofer โดยที่ลำโพง Subwoofer นี้จะไม่นับเป็นลำโพงที่ 5 เพราะเป็นลำโพงที่ต้องอาศัยความถี่ขิงลำโพงทั้ง 4 ตัวในการออกเสียงแทน จึงนับแค่ .1

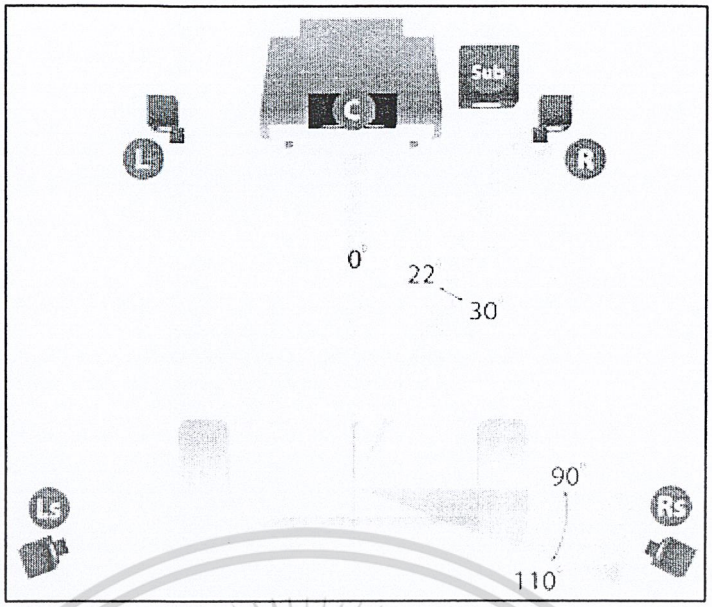


รูปที่ 2.18 แสดงระบบเสียง Surround 4.1

2.4.2.3 ระบบ 5.1 Channels Surround

โดยลำโพงแบบ 5.1 นี้จะใหญ่กว่าลำโพงแบบ 4.1 ขึ้นมาอีกนิดหนึ่งที่แตกต่างก็คือ จะเพิ่มช่องสัญญาณ ขึ้นมาอีก 2 Channel ให้กับลำโพงตัวกลางที่เพิ่มเข้ามาและ subwoofer ลำโพงแบบนี้จะ support Dolby Digital และ DTS (Digital Theater Systems) Surround systems

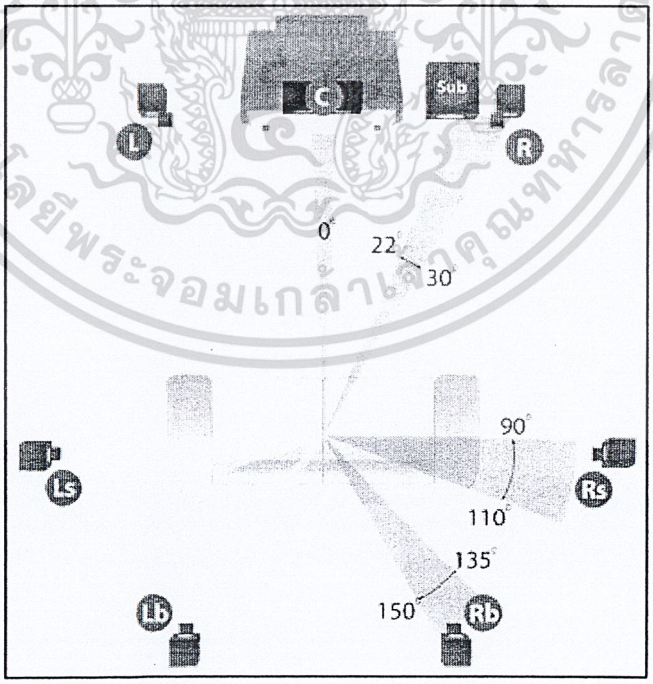
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 แสดงระบบ 5.1 Channels Surround

2.4.2.4 ระบบ 7.1 Channels Surround

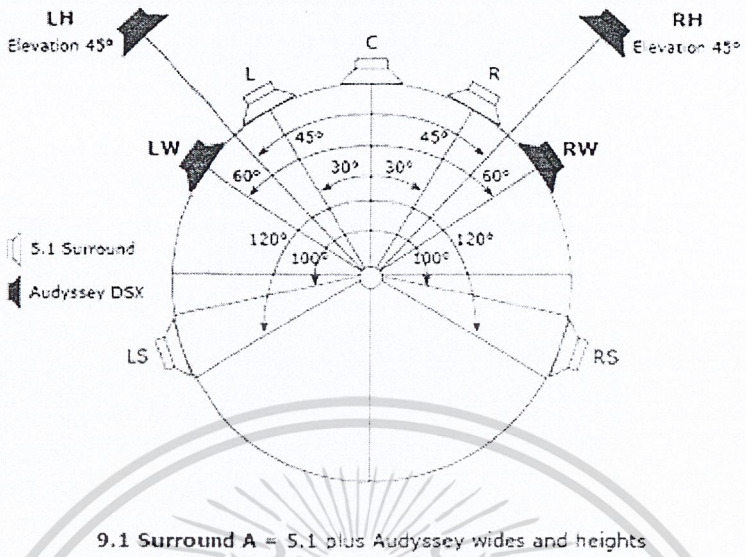
ลำโพงระบบ 7.1 Channels Surround นี้ความแตกต่างจาก ระบบ 5.1 Channels Surround ก็คือจะเพิ่มลำโพงตรง กลางซ้ายและกลางขวา เข้ามาอีก 2 ตัว รวมทั้งหมดเป็น 7 ตัว



รูปที่ 2.20 แสดงระบบ 7.1 Channels Surround

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2.5 ระบบ 9.1 Channels Surround



9.1 Surround A = 5.1 plus Audyssey wides and heights

รูปที่ 2.21 แสดงระบบ 9.1 Channels Surround

2.4.3 Standard Speaker Channels

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานของระบบช่องสัญญาณลำโพง

Channel name	Identifier	Index	Flag	1.0 Mono*	2.0 Stereo**	2.1 Stereo**	4.0 Surround	4.0 Quad	4.1	5.1	5.1 Side***	6.1	7.1 Front	7.1 Surround	9.1 Surround
Front Left	SPEAKER_FRONT_LEFT	0	0x00000001	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Front Right	SPEAKER_FRONT_RIGHT	1	0x00000002	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Front Center	SPEAKER_FRONT_CENTER	2	0x00000004	Yes	No	No	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Low Frequency (Subwoofer)	SPEAKER_LOW_FREQUENCY	3	0x00000008	No	No	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Back Left	SPEAKER_BACK_LEFT	4	0x00000010	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Back Right	SPEAKER_BACK_RIGHT	5	0x00000020	No	No	No	No	Yes	Yes	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Front Left of Center	SPEAKER_FRONT_LEFT_OF_CENTER	6	0x00000040	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Yes	No	No
Front Right of Center	SPEAKER_FRONT_RIGHT_OF_CENTER	7	0x00000080	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Yes	No	No
Back Center	SPEAKER_BACK_CENTER	8	0x00000100	No	No	No	Yes	No	No	No	No	Yes	No	No	No
Side Left	SPEAKER_SIDE_LEFT	9	0x00000200	No	No	No	No	No	No	No	Yes	No	No	Yes	Yes
Side Right	SPEAKER_SIDE_RIGHT	10	0x00000400	No	No	No	No	No	No	No	Yes	No	No	Yes	Yes
Front Left Height	SPEAKER_LEFT_HEIGHT	11	0x00000800	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Yes
Front Right Height	SPEAKER_RIGHT_HEIGHT	12	0x00001000	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Yes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ทฤษฎีวงจรขับลำโพง

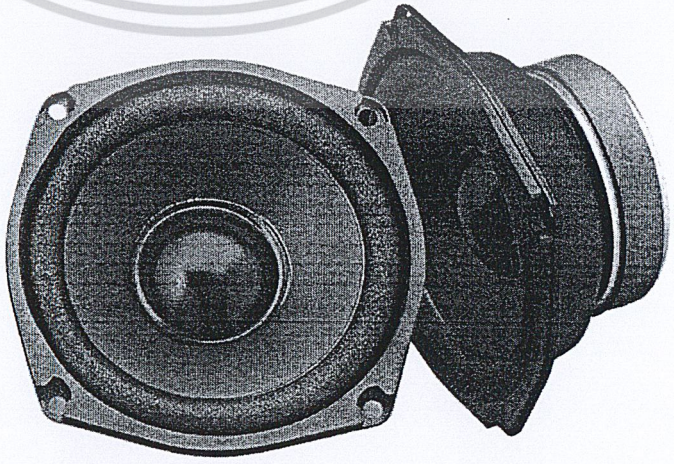
2.5.1 พื้นฐานของลำโพง (Basic of loud speaker)

ลำโพง (Loudspeaker, speaker) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าเชิงกลอย่างหนึ่ง ซึ่งจะทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นเสียง มีด้วยกันหลายแบบ คำว่า ลำโพงมักจะเรียกรวมกัน ทั้งดอกลำโพงหรือตัวขับ (driver) และลำโพงทั้งตู้ (speaker system) ที่ประกอบด้วยลำโพงและวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแบ่งย่านความถี่ (ครอสโอเวอร์เน็ตเวิร์ก) ลำโพงนับเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในระบบเครื่องเสียง โดยมีขนาดตั้งแต่เล็กเท่าปลายนิ้ว จนถึงใหญ่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางนับสิบนิ้ว โดยที่ประเภทของลำโพงมีดังนี้

Tweeter คือ ลำโพงที่มีขนาดเล็กสุดของตู้ลำโพงออกแบบมาเพื่อให้เสียงที่มีความถี่สูงซึ่งมีความถี่จาก 2,000 - 20,000 Hz เป็นความถี่สูงสุดที่มนุษย์สามารถได้ยิน ลักษณะของ Tweeter speaker ดังรูป 2.22

รูปที่ 2.22 แสดงภาพตัวอย่างของ Tweeter speaker

Mid-range คือ ลำโพงขนาดกลางของตู้ลำโพงถูกออกแบบมาเพื่อให้เสียงในช่วงความถี่ เป็นกลางๆ คือไม่สูงหรือไม่ต่ำมากเกินไป ลักษณะของ Mid-range speaker ดังรูป 2.23



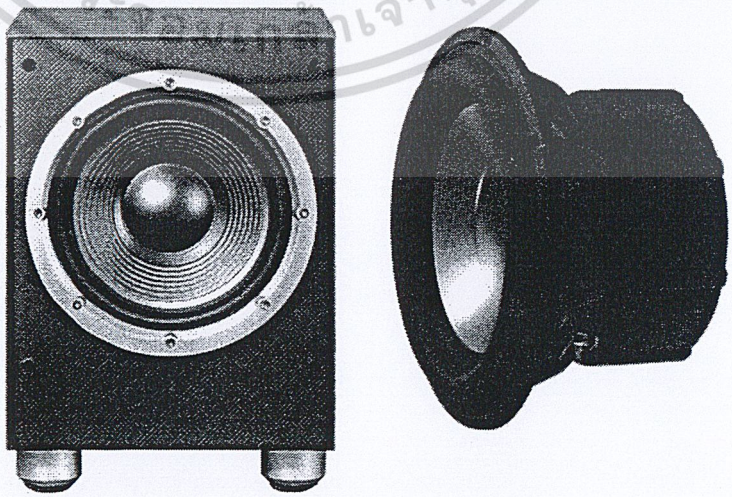
รูปที่ 2.23 แสดงภาพตัวอย่างของ Mid-range speaker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Woofer ลำโพงที่มีขนาดใหญ่สุดของตู้ลำโพงออกแบบมาเพื่อให้เสียงที่มีความถี่ต่ำ ซึ่งมีความถี่ต่ำกว่า 3,000 Hz ลักษณะของ Woofer ดังรูป 2.24

รูปที่ 2.24 แสดงภาพตัวอย่างของ Woofer

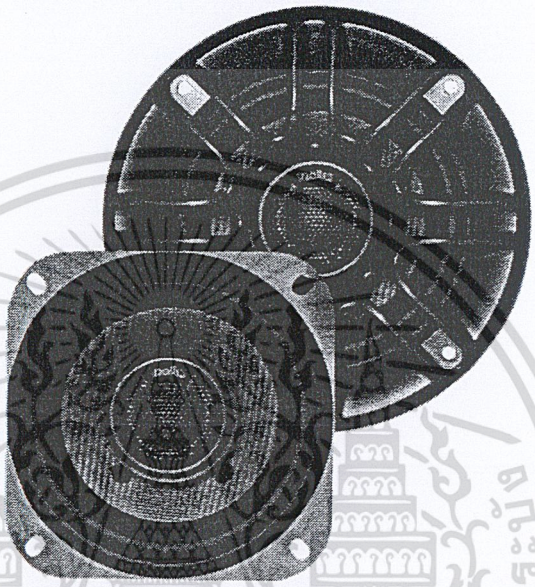
Subwoofer คือลำโพงที่ทำหน้าที่ขับความถี่เสียงต่ำสุด มักมีตู้แยกต่างหาก และใช้วงจรขยายสัญญาณในตัว ซึ่งมีความถี่ต่ำกว่า 200 Hz ลักษณะของ Subwoofer ดังรูป 2.25



รูปที่ 2.25 แสดงภาพตัวอย่างของ Subwoofer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Coaxial จะเป็น การเอา Tweeter ไปไว้ตรงกลางดอก Woofer เพื่อให้ระนาบการกระจายเสียงมีแกนร่วมในทิศทางเดียวกัน ถือว่าเป็นลำโพงสองทาง ลักษณะของ Coaxial ดังรูป 2.26



รูปที่ 2.26 แสดงภาพตัวอย่างของ Coaxial

2.6 การสื่อสารแบบไร้สาย

ในช่วงเวลาร้อยปีที่ผ่านมา นักฟิสิกส์และนักประดิษฐ์ชื่อ มาร์โคนี (Guglielme Marconi) เป็นคนแรกที่ประสบความสำเร็จในการส่งข้อมูลโดยใช้คลื่นวิทยุ ซึ่งไม่เคยมีใครทำได้มาก่อน ในปัจจุบันเทคโนโลยีด้านการสื่อสาร ไร้สาย (Wireless Technology) มีความสามารถในการส่งข้อมูลได้เป็นพัน ๆ ไมล์โดยผ่านทางอากาศ และไม่ต้องมีสายสัญญาณ

การส่งสัญญาณแบบไร้สายทั้งหมด (ทั้งการส่งรหัสมอร์สในสมัยของมาร์โคนีหรือการส่งแบบดิจิตอลในปัจจุบันนี้) ใช้วิธีการรวมข้อมูลเข้ากับคลื่นสัญญาณที่มองไม่เห็น ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่ต่อเนื่องกันเป็นช่วงกว้าง ความถี่เหล่านี้เรียกว่า “สเปคตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum)” คลื่นที่อยู่ในสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่ถูกนำมาใช้ในการส่งข้อมูลทุกชนิด คือ คลื่นความถี่วิทยุ (Radio Frequency หรือ RF) ข้อมูลที่ถูกส่งไปกับคลื่นวิทยุนั้นมีหลายชนิด เช่น เสียง, สัญญาณโทรทัศน์, ข้อมูลทางด้านคอมพิวเตอร์, โทรศัพท์มือถือ เป็นต้น

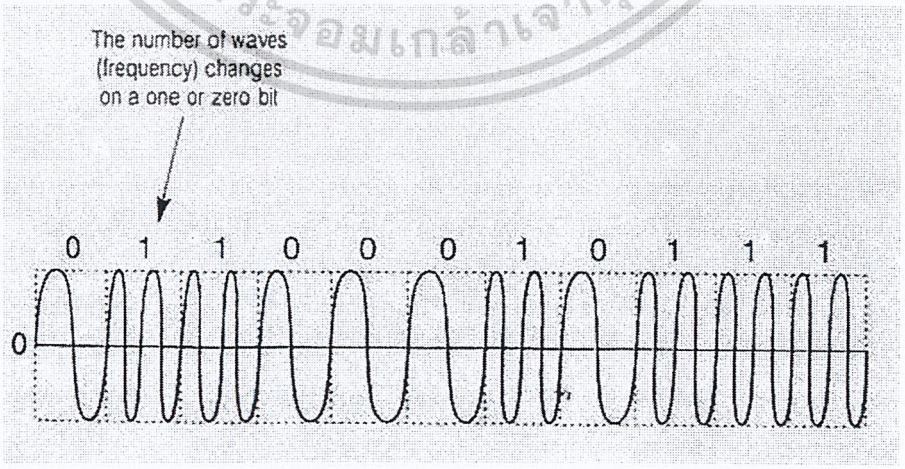
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 พื้นฐานการทำงานของเครือข่ายไร้สาย

- ข้อมูลที่จะส่งต้องรวมกับคลื่นความถี่วิทยุ (RF) ซึ่งเรียกว่า สัญญาณ หรือ Signal โดยกระบวนการ มอดูเลชั่น (Modulation) สัญญาณที่จะเป็นตัวส่งเรียกว่า คลื่นตัวนำ (Carrier Wave) ข้อมูลจะถูกผสมไปกับคลื่นตัวนำ โดยอุปกรณ์มอดูเลเตอร์
- สัญญาณจะถูกส่งโดยอุปกรณ์ส่งสัญญาณที่จะนำสัญญาณและส่งไปในอากาศ โดย Transmitter ที่ว่านี้มีหลายแบบ ขึ้นอยู่กับชนิดข้อมูลและสัญญาณที่จะส่ง
- ที่จุดรับ (Receiver) เสาอากาศหรือสายอากาศจะรับสัญญาณที่ส่งมา อุปกรณ์ที่รับสัญญาณจะใช้แอมพลิไฟเออร์ (Amplifier) เพื่อเพิ่มความเข้มของสัญญาณ เนื่องจากสัญญาณที่รับมานั้นอ่อนมาก

2.6.2 การมอดูเลตสัญญาณทางความถี่ (Frequency Modulation: FM)

เทคนิคการมอดูเลตทางความถี่หรือเรียกแบบย่อๆว่าเอฟเอ็มนั้น เป็นการเปลี่ยนค่าความถี่คลื่นซึ่งก็คือ จำนวนลูกคลื่น (Wave) ต่อหนึ่งหน่วยเวลา (Cycle) เพื่อใช้แทนข้อมูล ดังรูปที่ 2.25 เวลาที่ใช้สำหรับการส่งสัญญาณแต่ละบิตเป็นหนึ่งหน่วย การส่งข้อมูลบิต 0 จะมีลูกคลื่นจำนวน 1 ลูกในหนึ่งหน่วยเวลา ส่วนการส่งบิต 1 จะมีลูกคลื่นจำนวน 2 ลูกในหนึ่งหน่วยเวลา การเปลี่ยนแปลงในลักษณะนี้เมื่อเทียบกับสัญญาณเสียงแล้ว ความถี่หรือจำนวนลูกคลื่นต่อหนึ่งหน่วยเวลาที่มากขึ้นจะหมายถึง ระดับเสียงที่สูงขึ้น ดังนั้น สัญญาณที่ใช้แทนบิต 1 จะมีระดับเสียงสูงกว่าสัญญาณที่ใช้แทนบิต 0 การแปลงสัญญาณแบบนี้เป็นวิธีการที่ใช้ในการส่งสัญญาณวิทยุเอฟเอ็ม



รูปที่ 2.27 ลักษณะการมอดูเลตทางความถี่

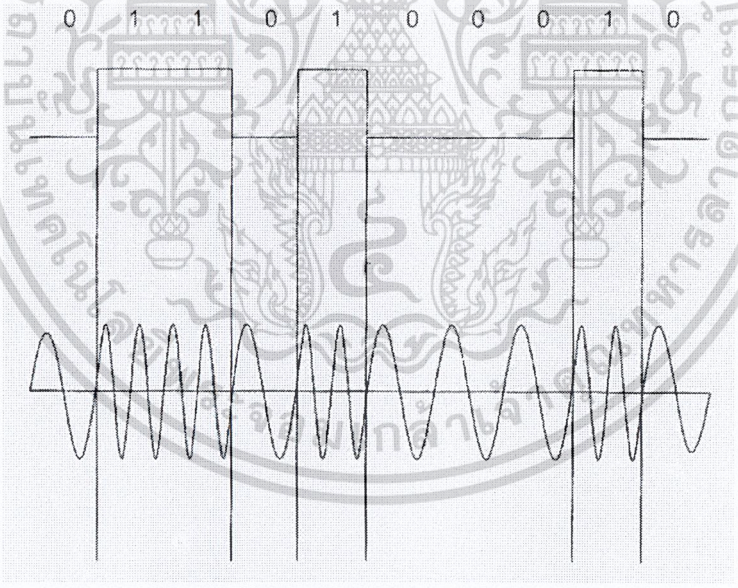
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของเอฟเอ็ม คือ ทนต่อการรบกวนจากภายนอกได้ดีกว่าระบบเอเอ็ม เช่น ในระหว่างที่เกิดพายุฝนสัญญาณแบบเอฟเอ็มจะถูกรบกวนน้อยมาก หรือไม่ถูกรบกวนเลย ดังนั้น เมื่อนำมาใช้ส่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ก็ทำให้โอกาสที่จะเกิดข้อมูลผิดพลาดลดลงไปด้วย วิธีการตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลจึงไม่จำเป็นต้องมีความซับซ้อนมากนักเมื่อเทียบกับการใช้สัญญาณเอเอ็ม หรืออาจกล่าวได้ว่า Fm มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงทางขนาดน้อยกว่า Am

ข้อเสียของเอฟเอ็ม คือ ถึงแม้สามารถส่งสัญญาณที่มีคุณภาพมากกว่าระบบเอเอ็ม แต่ก็ต้องการแบนด์วิดธ์ที่มากกว่าเอเอ็มเนื่องจากสัญญาณข้อมูลมีหลายความถี่

2.6.3 การมอดูเลตเชิงเลขทางความถี่ (Frequency shift keying: FSK)

การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก โดยใช้วิธีการมอดูเลตแบบ FSK ขนาดของคลื่นพาหะจะไม่เปลี่ยนแปลง ที่เปลี่ยนแปลงคือความถี่ของคลื่นพาหะ เมื่อบิตมีค่าเป็น 1 ความถี่ของคลื่นพาหะจะสูงกว่าตอนปกติ และเมื่อบิตมีค่าเป็น 0 ความถี่ของคลื่นพาหะจะสูงกว่าตอนปกติ และเมื่อบิตมีค่าเป็น 0 ความถี่ของคลื่นพาหะก็จะต่ำกว่าปกติ



รูปที่ 2.28 การมอดูเลตเชิงเลขทางความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ

การออกแบบในโครงงานนี้ เราจะใช้การส่งสัญญาณเสียงด้วยเทคนิคการมอดูเลตเชิงความถี่ โดยการออกแบบจะใช้การส่งสัญญาณสองตัวที่สองความถี่ โดยรับสัญญาณอนาล็อกมาจากแหล่งเสียง เช่น ซาวน์การ์ดที่รองรับระบบเสียงรอบทิศทาง (ในที่นี้เราใช้ Creative X-FI SB 5.1 surround) ในการทดสอบเสียง ซึ่งอุปกรณ์ตัวนี้สามารถรองรับระบบเสียงจากเครื่องเล่นดีวีดี (DVD player), ซีดี (CD player) รวมทั้งระบบโฮมเทียเตอร์ในระบบเสียงรอบทิศทาง โดยที่ลำโพงภาครับจะมีทั้งสิ้นสี่ตัว เพื่อรองรับในระบบรอบทิศทางประกอบไปด้วย หน้าซ้าย (Front Left), หน้าขวา (Front Right), หลังซ้าย (Back Left) และ หลังขวา (Back Right)

3.1 การออกแบบวงจรภาคส่ง

วงจรในภาคส่งประกอบไปด้วย

1.วงจรเข้ารหัสเสียงสเตอริโอ (Stereo Encoder) ซึ่งประกอบไปด้วย

1.1 วงจรขยายสัญญาณเสียง

1.2 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

2.เฟสล็อปลูป (Phase lock loop)

2.1 วงจรเฟสดีเทคเตอร์ (Phase Detector)

2.2 วงจรออสซิลเลเตอร์ควบคุมด้วยแรงดัน (Voltage Control Oscillator หรือ VCO)

2.3 วงจะกรองความถี่ต่ำ (Low pass filter) และโปรแกรมมิ่งชาแนล (Programming Channel)

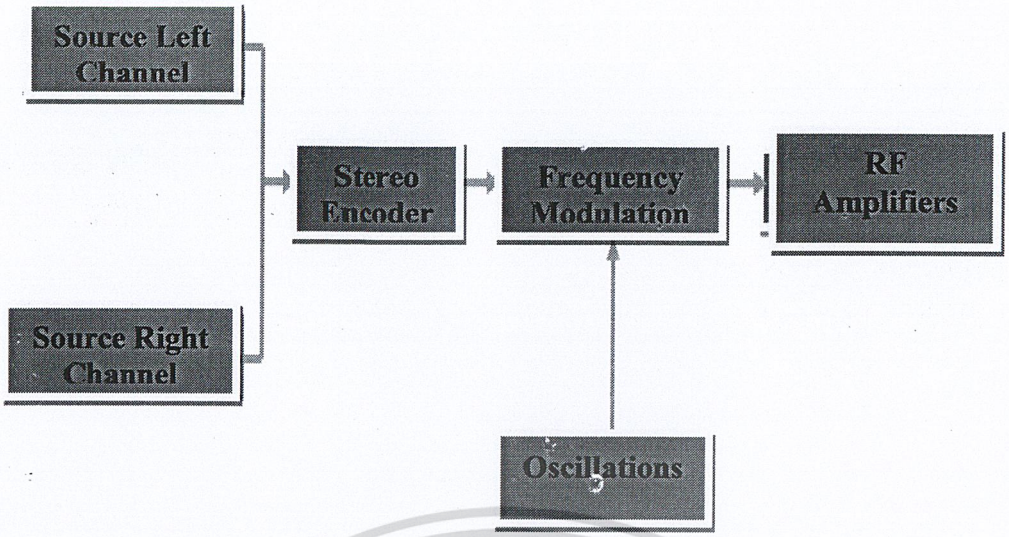
3.วงจรฟิลเตอร์ลูป (Loop filter)

4.วงจรขยายสัญญาณ (Signal Amplifier)

5.วงจรจ่ายไฟสวิชชิง

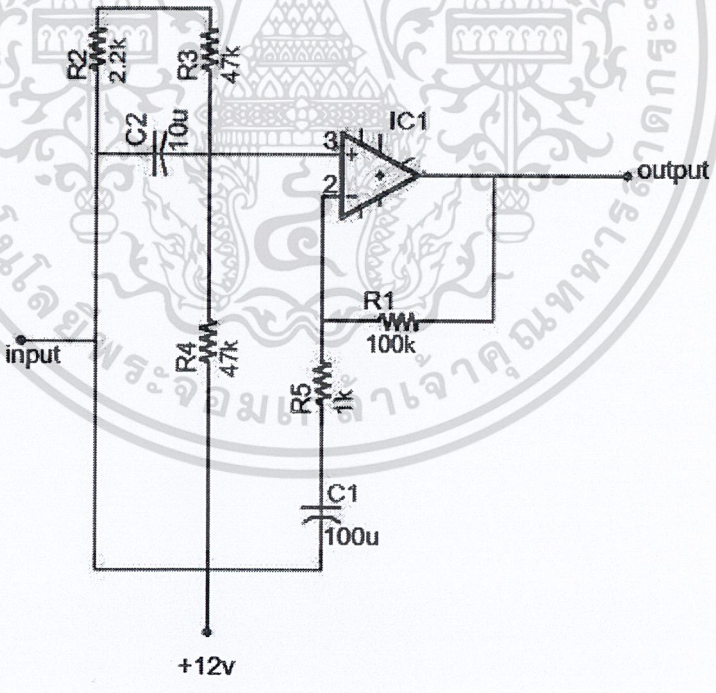
ในภาคส่งเราจะทำการส่งสัญญาณเสียงที่สองแหล่งจากซาวด์การ์ด (Sound Card) ที่จะส่งแยกเสียงสัญญาณแยกเป็นสองความถี่ เพื่อส่งให้กับลำโพงคู่หน้าและคู่หลัง โดยจะออกแบบให้ตัวส่งสามารถเลือกค่าความถี่ที่ต้องการส่งได้ เพื่อแก้ปัญหาความถี่ชนกันและยังสามารถส่งแยกหน้าหลังได้สะดวกและดีที่สุด จากบล็อคไดอะเกรม รูปที่ 3.1 สัญญาณจากแหล่งเสียงจะนำมาเข้ารหัสสเตอริโอและทำการมอดูเลตเชิงความถี่เพื่อที่จะส่งสัญญาณออดิโอต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 บล็อคไดอะเกรมในภาคส่ง

3.2 วงจรขยายสัญญาณเสียง

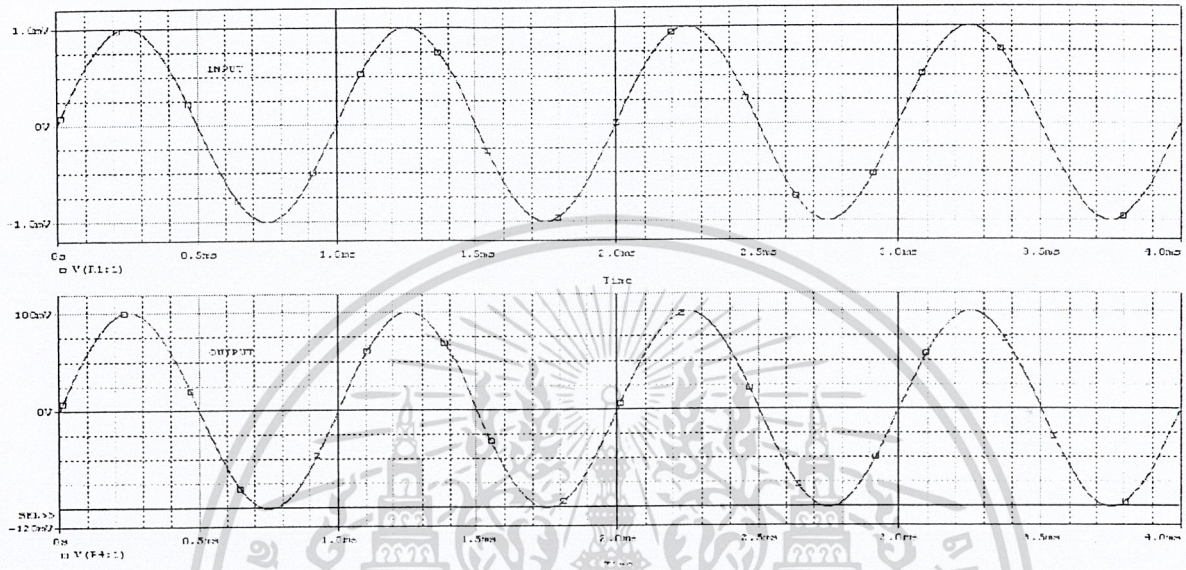


รูปที่ 3.2 วงจรขยายสัญญาณภาคต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราการขยายคำนวณได้จาก

$$A_v = \frac{R_f}{R_{in}} = -\frac{100k\Omega}{1k\Omega} = 100 \qquad (3.1)$$

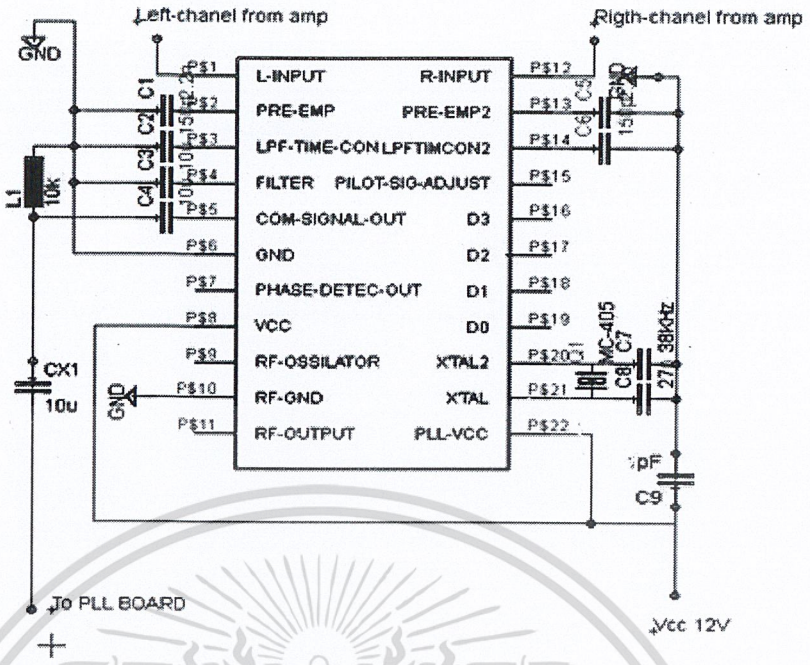


รูปที่ 3.3 ภาพการจำลองการทำงานของวงจรขยายสัญญาณภาคต้นด้วยคอมพิวเตอร์โดยซอร์ฟแวร์ pspice

3.3 วงจรเข้ารหัสสัญญาณสเตอริโอ

เมื่อได้สัญญาณที่ถูกขยายจนมีกำลังมากพอแล้วการจะส่งสัญญาณโดยระบบสเตอริโอนั้นต้องมีการเข้ารหัสสัญญาณเพื่อรวมสัญญาณซ้ายขวาเป็นสัญญาณเดียวโดยในโครงงานนี้จะใช้ไอซี BH1417F ในการเข้ารหัสสัญญาณสเตอริโอและเมื่อได้สัญญาณสเตอริโอแล้วก็จะนำไปผสมกับอุปกรณ์กำเนิดสัญญาณโดยในที่นี้จะใช้ X'tal Oscillator เป็นตัวกำเนิดสัญญาณที่ความถี่ 38 KHz และส่งเข้าสู่ภาคเฟสล็อกลูป (PLL) ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

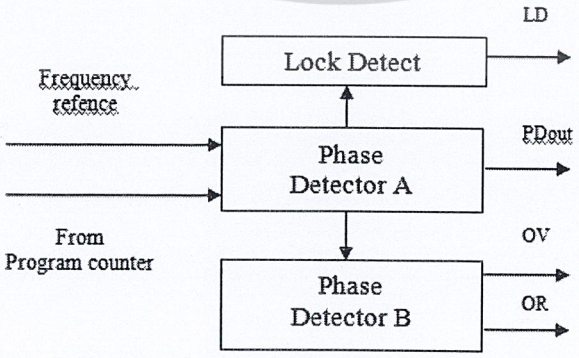


รูปที่ 3.4 วงจรเข้ารหัสสเตอรริโอ (Stereo Encoder Circuit)

3.4 วงจรเฟสล็อกลูป(Phase Lock Loop)

เป็นวงจรที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในระบบเรื่องส่งวิทยุหรือเครื่องส่งโทรทัศน์ ซึ่งประกอบไปด้วยสามส่วนคือ เฟสดีเทคเตอร์ , วงจรออสซิลเลเตอร์ควบคุมด้วยแรงดัน (Voltage Control Oscillator หรื VCO) และ วงจะกรองความถี่ต่ำ (Low pass filter)

3.4.1 วงจรเฟสดีเทคเตอร์ (Phase Detector Circuit)



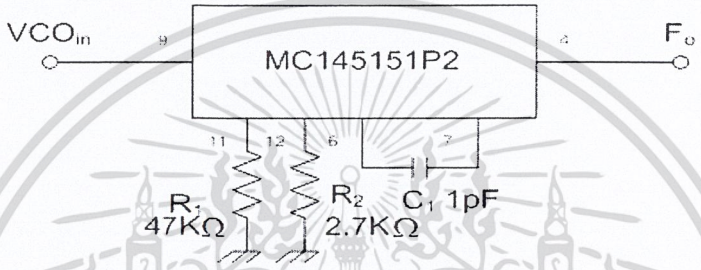
รูปที่ 3.5 วงจรเฟสดีเทคเตอร์ชนิด Pdout

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นวงจรที่ทำการเปรียบเทียบสัญญาณแล้วแสดงเอาท์พุทที่บ่งบอกถึงความต่างเฟสซึ่งในที่นี้จะใช้แบบ Pdout ซึ่งจะแสดงเอ้าพุตสามสถานะคือ สถานะเป็นบวก สถานะเป็นลบ สถานะความต้านทานสูง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับการเลื่อมล้ำทางเฟสด้วย

3.4.2 วงจรออสซิลเลเตอร์ควบคุมด้วยแรงดัน(Voltage Control Oscillator หรือ VCO)

วีซีโอของ MC145151P2 เป็นวงจรมัลติไวเบรเตอร์ กำหนดความถี่สูงสุด-ต่ำสุด ด้วยตัวต้านทานและตัว เก็บประจุภายนอก ซึ่งกำหนดจาก



รูปที่ 3.6 วงจรมัลติไวเบรเตอร์(Multivibrator Circuit)ของ MC145151P2

$$f_{min} = \frac{1}{R_2(C_1 + 32pF)} \quad \text{ความถี่สูงสุด} \qquad (3.2)$$

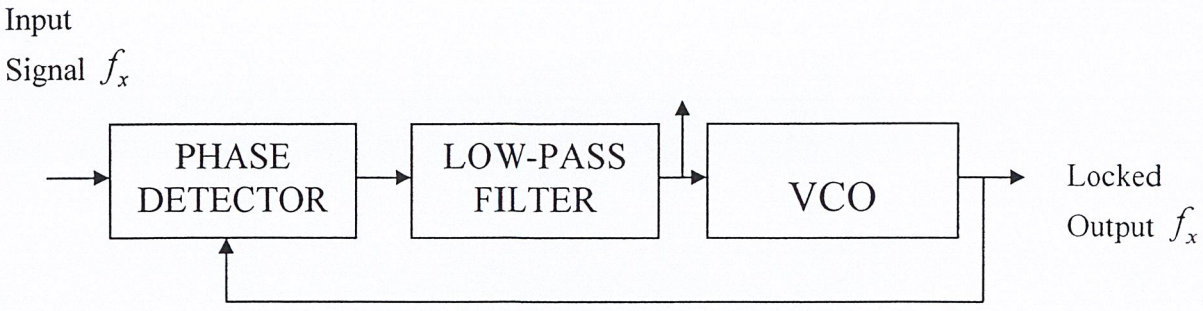
$$f_{max} = \frac{1}{R_1(C_1 + 32pF)} \quad \text{ความถี่ต่ำสุด} \qquad (3.3)$$

ซึ่ง f_{max} = 110 MHz และ f_{min} = 70 MHz ให้ C_1 = 1 pF จะได้ R1=47KΩ,R2=2.7KΩ

3.4.3 วงจรกรองความถี่ต่ำ (Low pass filter) และโปรแกรมมิ่งชาแนล(Programing Channel)

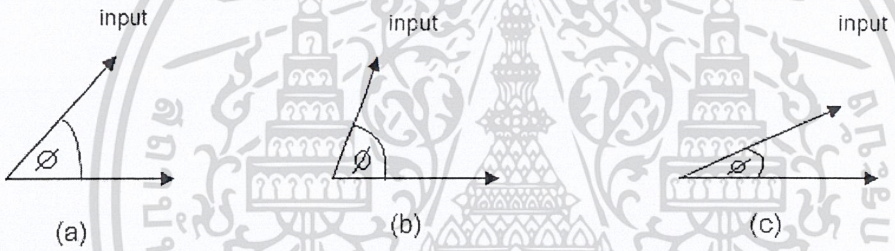
เมื่อรับสัญญาณเอาพุตจากวงจร VCO แล้วโดยที่เอาท์พุตของวงจรเฟสดีเทคเตอร์ส่งผ่านจรกรองความถี่ต่ำเพื่อกรองเอาความถี่ที่ไม่ต้องการหรือฮาร์มอนิกส์บางค่าความถี่ออกไปดังนั้นที่เอาพุตของวงจรกรองความถี่ต่ำจึงเป็นเอาพุตไฟครองโดยค่าแรงดันไฟตรงนี้จะเป็นตัวควบคุมความถี่ต่ำจึงเป็นเอาต์พุตไฟตรงโดยค่าแรงดันไฟตรงโดยค่าแรงดันไฟตรงนี้จะเป็นตัวควบคุมความถี่เอาท์ของวงจร VCO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แผนภาพแสดงกรอบวงจรเฟสล็อกลูป

ด้วยระบบป้อนกลับนี้จะล็อกความถี่ของ VCO ให้เข้าหาค่าความถี่ของ f_x และทำงานเช่นนี้จนกระทั่งความถี่ของ VCO ค่ามุม ϕ มากขึ้นและเมื่อความถี่ f_x น้อยลง ค่ามุม ϕ จะน้อยลง



รูปที่ 3.8 เฟสเซอร์ไดอะแกรมของสัญญาณอินพุตและVCO

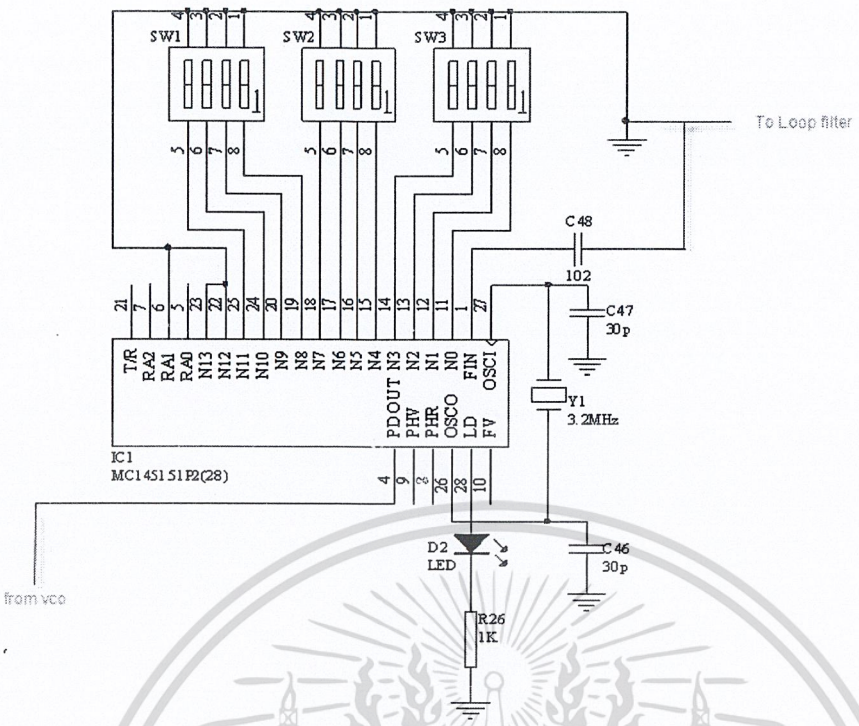
ดังนั้นเมื่อ f_x = ความถี่ของ VCO ค่า V_{DC} ที่มีเอาท์พุตจะมีค่าต่ำสุดดังนั้นถ้าความถี่ f_x เปลี่ยนไป ความถี่ของ VCO ก็พยายามติมตามค่าของ f_x โดยปรับค่าความถี่ของตัวมันเองจากแรงดันไฟตรงป้อนกลับจนกระทั่งความถี่ของ f_x ซึ่งจะเกิดการล็อกอย่างสมบูรณ์

ถ้ากำหนดค่าย่านการล็อก(Lock Range, B_L) คือ ค่าที่ความถี่ที่ VCO สามารถผลิตออกมาได้ ดังนั้น

$$B_L = f_{\max} - f_{\min} \tag{3.4}$$

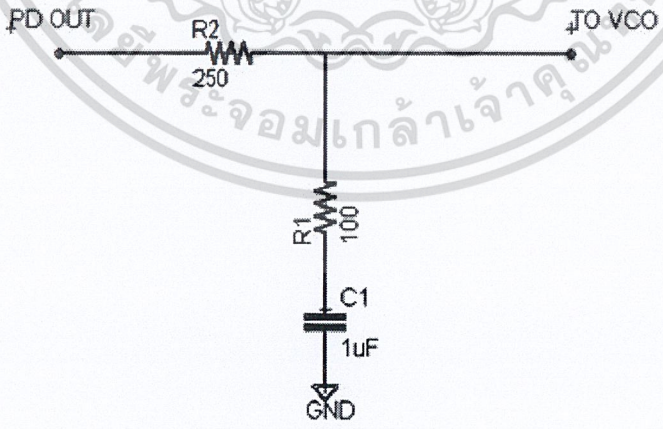
วงจรสามารถผลิตวงจรออกมาได้สูงสุดเท่ากับ 110 MHz และต่ำสุด 80 MHz ดังนั้นจะได้ B_L เท่ากับ 30 MHz เพราะฉนั้นวงจรเฟสล็อกลูปจะล็อกค่าความถี่อินพุตได้ในย่าน80 ถึง 110 MHz และในโครงงานนี้จะใช้ MC145151P2 ของ Motorola และ Dip-switch 12 bit ในการควบคุมการส่งสัญญาณเสียงซึ่งจะรับสัญญาณมาจากภาค VCO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 วงจรชาแนลโปรแกรมมิ่ง (Channel Programming circuit)

3.5 วงจรลูปฟิลเตอร์ (Loop Filter circuit)



รูปที่ 3.10 วงจรลูปฟิลเตอร์ (Loop Filter circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นวงจรที่ใช้กำจัดความถี่ที่ไม่ต้องการ โดยรับค่าพารามิเตอร์จากภาคเฟสดีเทคเตอร์และจะส่งเอาท์พุตให้กับภาควีซีโอต่อไป

การคำนวณ

อินพุตที่VCO ต้องการ $K_{vco} = 1.561x10^{6}\ rad/_{V}, K_{\varnothing} = 0.4$

ที่ $N_{\max} = 180\ f_r = 5$**KHz**

$$W_n = \frac{2\pi f}{10} = 3141.6 \qquad (3.5)$$

ξ คือสัมประสิทธ์ความผิดเพี้ยนมีค่าเท่ากับ 0.9

$$R_2C = \frac{2\cdot\xi}{W_n} - \frac{N}{K_d \cdot K_{vco}} = 248.341x10^{-6} \qquad (3.6)$$

$$(R_1 + R_2)C_1 = \frac{K_{\varnothing} K_{VCO}}{N W n^2} \qquad (3.7)$$

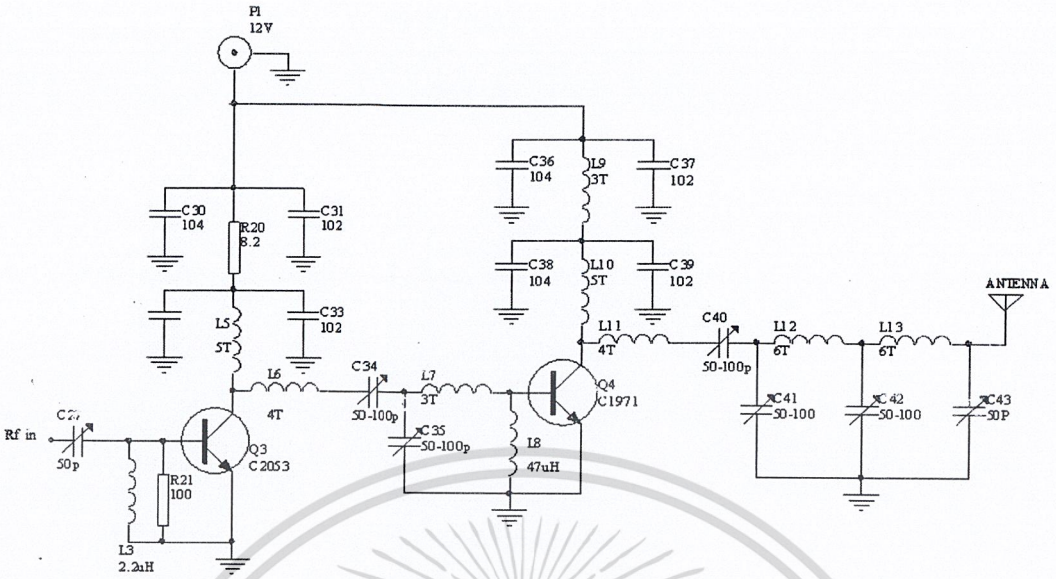
กำหนดให้ C= 1uF

$$R_1 + R_2 = 351.47\Omega$$
$$R_2 = 248.341\Omega$$
$$\therefore R_1 = 103.129\Omega$$

3.6.วงจรขยายสัญญาณ

วงจรขยายสัญญาณวิทยุจะใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ C2053 และ C1971ซึ่งทำหน้าที่ขยายสัญญาณวิทยุ โดยทำการขยายสองภาคโดยทรานซิสเตอร์ C2053 ทำหน้าที่ขยายให้สัญญาณคงที่พอที่จะสามารถขับทรานซิสเตอร์ C1971 ได้ซึ่งข้อดีของวงจรนี้คือสามารถขยายสัญญาณวิทยุที่มีขนาดต่ำมากได้ ซึ่งวงจรขยายสัญญาณวิทยุแสดงดังภาพ

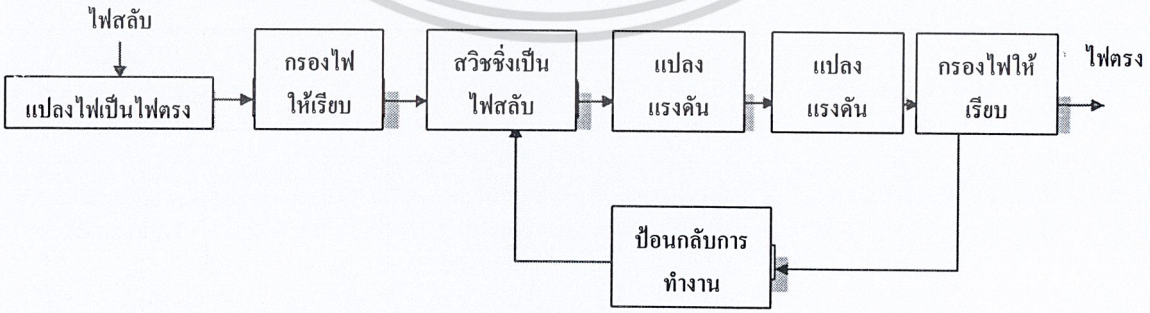
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 วงจรขยายสัญญาณ

3.7 การออกแบบวงจรจ่ายไฟสวิชชิ่ง

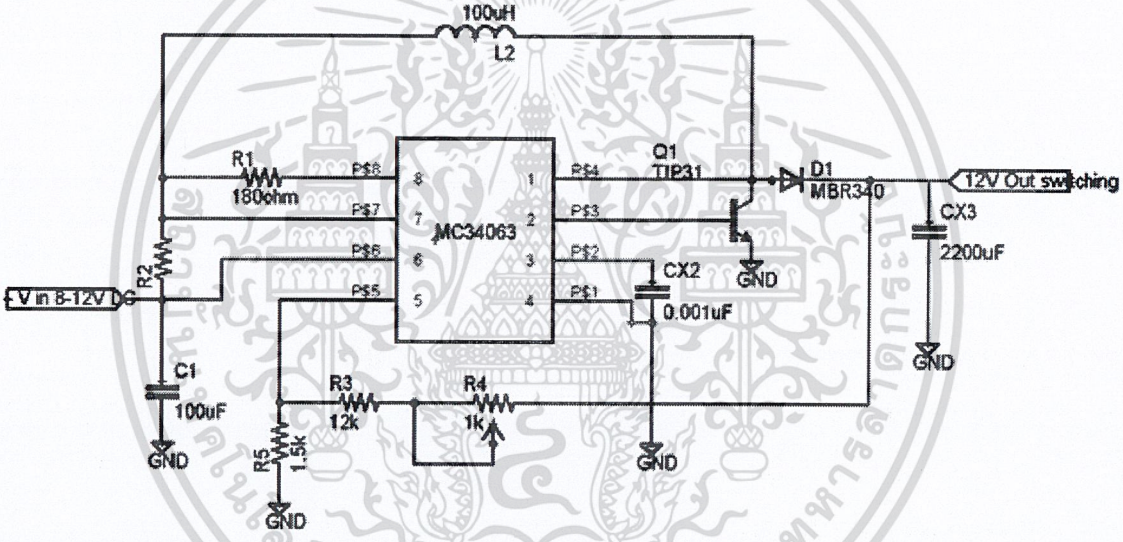
กระแสไฟที่ใช้อยู่ตามบ้านมาจากโรงไฟฟ้าโดยอยู่ในรูปแบบของไฟสลับแรงดันสูง เช่น 220 โวลต์ในบ้านเรา แต่กระแสไฟที่อุปกรณ์ทุกชนิดที่คอมพิวเตอร์ใช้ (และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์ทุกชนิด) จะต้องเป็นไฟตรงแรงดันต่ำ หน้าที่ของเพาเวอร์ซัพพลายก็คือจะต้องแปลงไฟสลับแรงดันสูง ที่อาจจะขึ้นลงไม่แน่นอนและมีหลายระดับแรงดัน ให้เป็นไฟตรงแรงดันต่ำที่อุปกรณ์ต่าง ๆ ต้องการรวมทั้งจะต้องมีไฟพิเศษและสัญญาณต่าง ๆ อีกมากมายที่จำเป็นสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์



รูปที่ 3.12 หลักการทำงานของไฟสวิชชิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของ เพาเวอร์ซัพพลายสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิคส์จะไม่ได้ใช้วงจรแปลงไฟง่าย ๆ แบบที่ใช้ใน Adaptor ทั่วไป เนื่องจากกำลังไฟฟ้าที่จะต้องจ่ายออกมานั้นสูงกว่ากันมาก ดังนั้นแม้จะมีหน้าที่เดียวกันแต่ก็มีวิธีทำงานที่แตกต่างกัน คือ แทนที่จะทำงานแบบตรง ๆ หรือ Linear คือ รับไฟเข้ามาแล้วก็แปลงออกไปเหมือนใน Adaptor ซึ่งมีการสูญเสียพลังงานมาก ก็ใช้การทำงานสวิทช์ชิ่ง (Switching) แทนซึ่งชื่อเต็ม คือ Constant voltage, Half - Bridge, Forward - Converting Switching Power Supply ซึ่งมีความซับซ้อนกว่ากันมาก โดยทำงานแบบ Closed-Loop Feedback คือมีการป้อนสัญญาณขาออกกลับมาชดเชยเพื่อให้ทำงานได้อย่างมีเสถียรภาพ ราบเรียบและคงที่จากการทดสอบวงจรไฟสวิชชิ่งจากการทดสอบไฟสวิชชิ่งนั้นส่งสัญญาณเสียงได้ดีกว่าไฟกระแสตรงธรรมดาไฟกระแสตรงนั้นยังมีเสียงรบกวนของเฟสไฟที่ไม่เรียบขณะส่งสัญญาณทำให้ได้คุณภาพเสียงที่ไม่ดี



รูปที่ 3.13 วงจรจ่ายไฟสวิชชิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 การออกแบบวงจรภาครับ

ในวงจรภาครับ เราจะออกแบบให้แยกรับในส่วนของสัญญาณที่ออกลำโพงคู่หน้าและคู่หลัง โดยใช้ความถี่ที่ต่างกันในช่องสัญญาณด้านหน้าและหลังจากนั้นก็ทำการแยกสัญญาณซ้ายขวา เพื่อที่จะได้ระบบเสียงไร้สายแบบรอบทิศทาง ซึ่งรวมทั้งสิ้นแล้วจะมีทั้งหมด 4 ตัว แต่ละตัวจะมีอยู่ 3 ส่วน

1. ภาครับสัญญาณซึ่งประกอบได้ด้วย

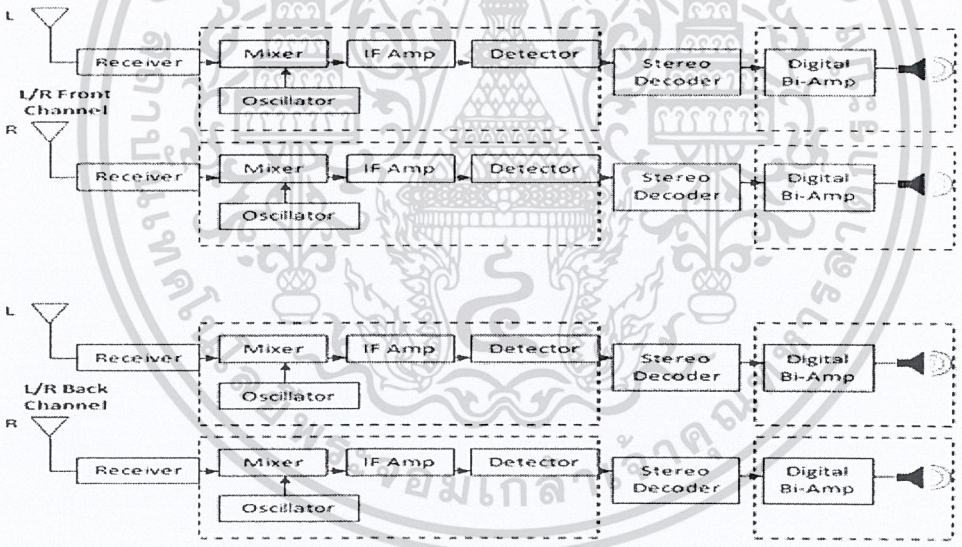
   1.1 ภาคผสมสัญญาณ(Mixer)

   1.2 ถาคขยายความถี่กลาง(IF AMP)

   1.3 ภาคตรวจจับความถี่(Detector)

2.ภาคถอดรหัสสัญญาณสเตอริโอ (Stereo Decoder)

3.ภาคขยายเสียงและวงจรขับลำโพง (Amplifier and Speaker)

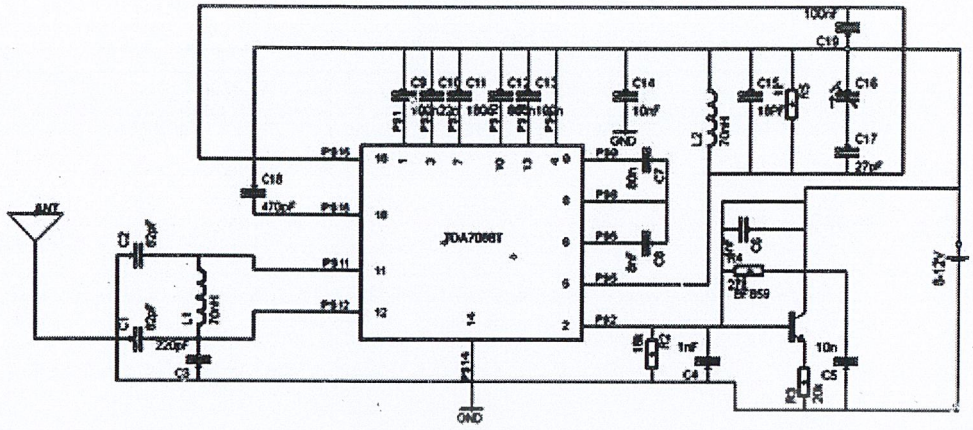


รูปที่ 3.14 บล็อคไดอะเกรมในภาครับ

3.8.1 วงจรรับสัญญาณเสียง

ในโครงงานนี้จะใช้ไอซี TDA7088T รับสัญญาณจากเครื่องส่งสัญญาณเสียงสองตัวเข้าสู่ภาครับคู่หน้าที่ความถี่หนึ่งและคู่หลังที่ความถี่หนึ่งจึงต้องออกแบบและสร้างทั้งหมดสี่ตัว และทำการถอดรหัสสัญญาณเตอริโอเพื่อแยกช่องสัญญาณซ้ายขวาต่อไป

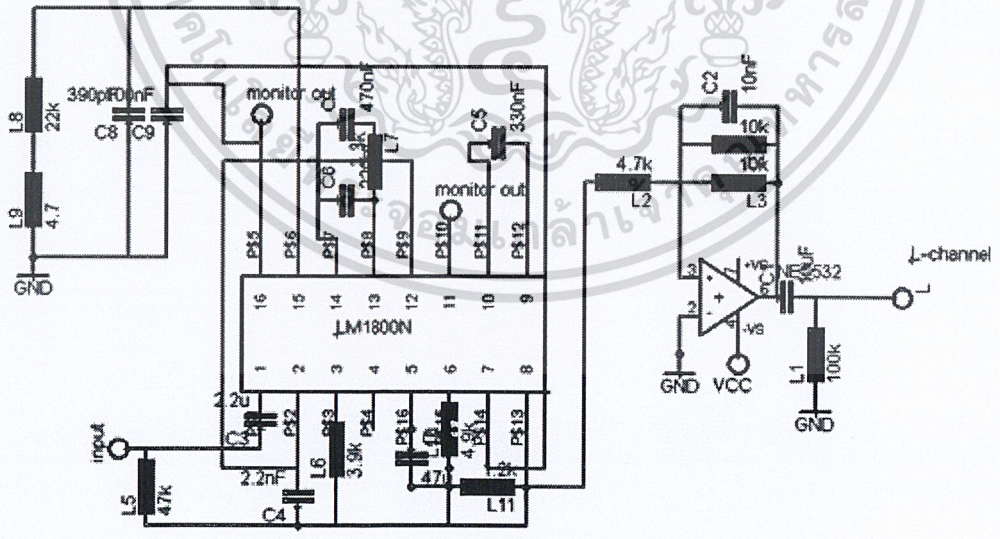
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 วงจรรับสัญญาณเสียง

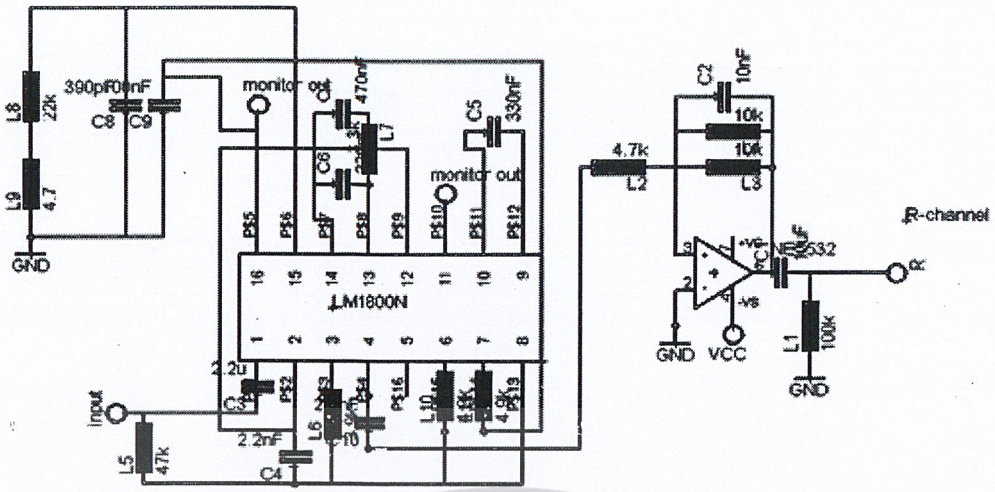
3.8.2 การออกแบบวงจรถอดรหัสสเตอริโอ (Stereo Decoder)

เนื่องเสียงที่ส่งมาจากอุปกรณ์นั้นมีการเข้ารหัสให้เป็นสเตอริโอต้องไอซี BH1415F จึงจำเป็นต้องมีการถอดรหัสสเตอริโอเพียงแยกเสียงซ้ายขวาในโครงงานนี้เราจะใช้ไอซี LM1800n เพื่อถอดรหัส และใช้ไอซีที่มีสัญญาณรบกวนต่ำ คือ NE5532 ในการขับสัญญาณและส่งสัญญาณไปยังภาควงจรมินิแอมและขับออกลำโพง



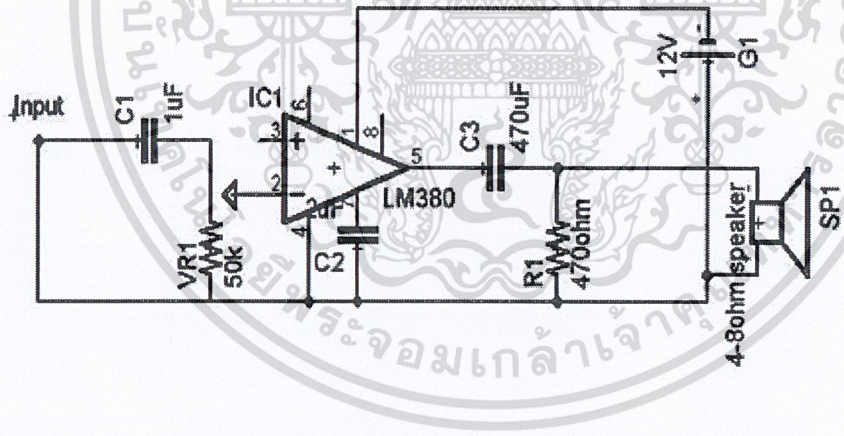
รูป 3.16 วงจรถอดรหัสสเตอริโอในด้านซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 วงจรถอดรหัสสัญญาณสเตอริโอด้านขวา

3.8.3วงจรขยายสัญญาณเสียงและวงจรขับลำโพง



รูปที่ 3.18 วงจรขยายสัญญาณเสียงและวงจรขับลำโพง

โดยในด้านวงจรขยายสัญญาณจะใช้ไอซีเบอร์ LM380 ในการขยายสัญญาณเสียงที่กำลังขยาย 2.5 วัตต์เพื่อใช้ทดสอบเสียงและขับออกสู่วงจรขับลำโพงขนาด 4-8 โอมห์

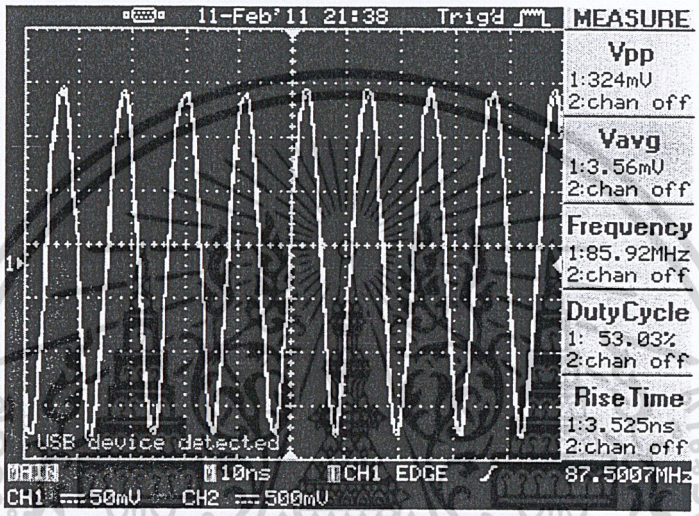
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ 4.1

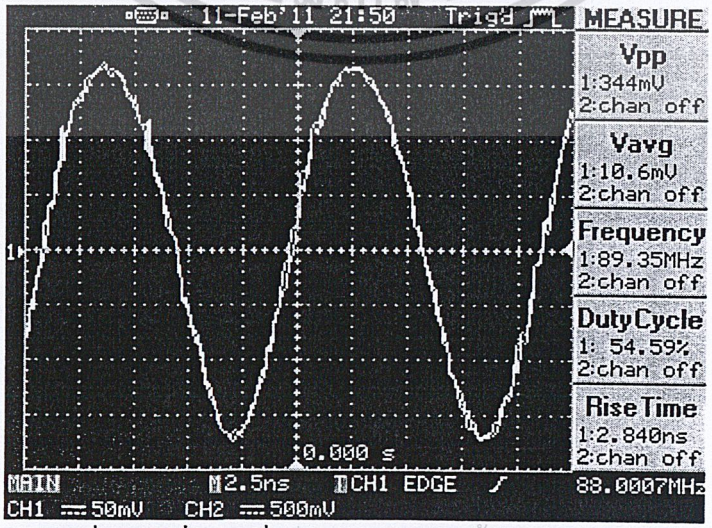
เป็นการวัดความถี่(Frequency) กำลังส่ง (Power) และ สเปคตรัม (Spectrum)ของเครื่องส่งตัวที่หนึ่งที่ส่งไปยังตัวรับสัญญาณสองตัวที่คู่หน้าโดยทดลองที่วัดสัญญาณเอาท์พุทที่ขา 27 ของไอซี



รูปที่ 4.1 สัญญาณคลื่นไซน์ที่วัดได้ซึ่งออกจากวงจรกำเนิดสัญญาณของตัวส่งคู่หน้า

ผลการทดลองที่ 4.2

เป็นการวัดความถี่(Frequacy) กำลังส่ง(Power) และ สเปคตรัม(Spectrum)ของเครื่องส่งตัวที่สองที่ส่งไปยังตัวรับสัญญาณสองตัวที่คู่หลังโดยทดลองที่วัดสัญญาณเอาท์พุทที่ขา 27 ของไอซี

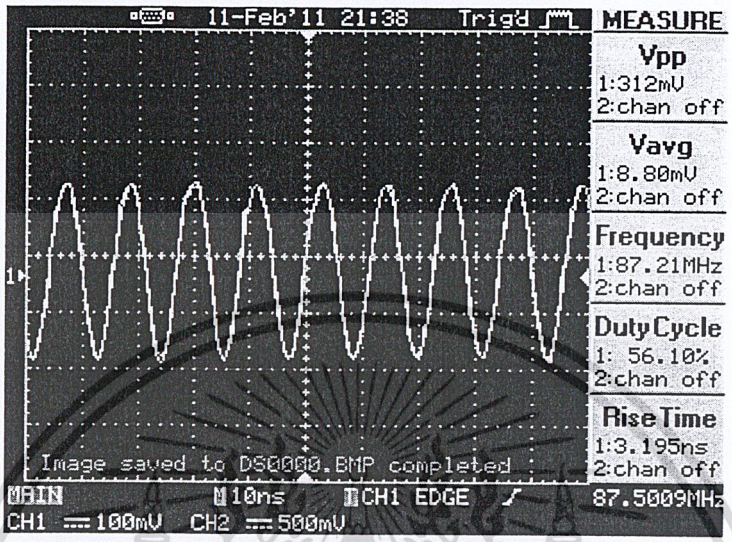


รูปที่ 4.2 สัญญาณคลื่นไซน์ที่วัดได้ซึ่งออกจากวงจรกำเนิดสัญญาณของตัวส่งคู่หลัง

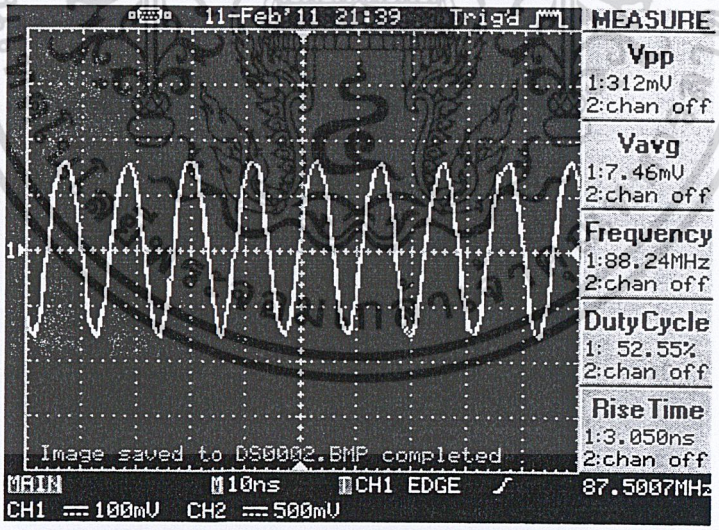
เอกสารนี้เป็น ... ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 4.3

เป็นการวัดสัญญาณข้อมูลที่ถาครับทั่งสี่ตัวในระบบรอบทิศทางซึ่งแบ่งออกเป็นคู่หน้าซ้าย คู่หน้าขวา คู่หลังซ้าย และ คู่หลังขวา ตามลำดับ

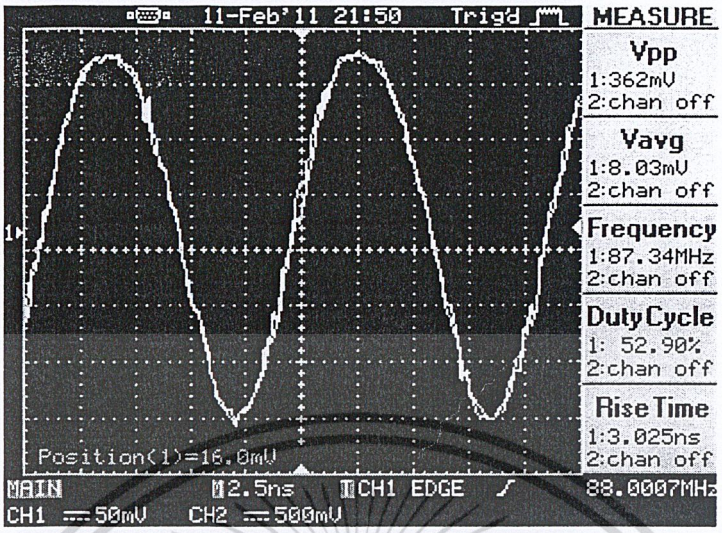


รูปที่ 4.3 สัญญาณอินพุตที่วัดได้จากเครื่องรับคู่หน้าซ้าย

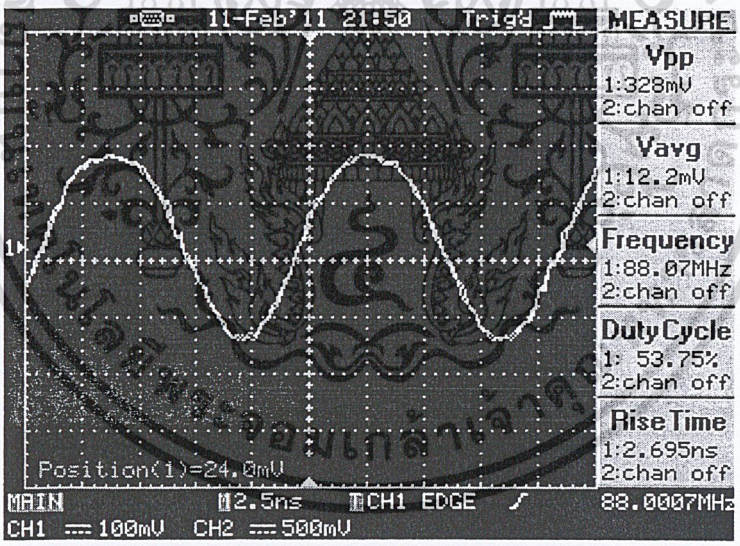


รูปที่ 4.4 สัญญาณอินพุตที่วัดได้จากเครื่องรับคู่หน้าขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 สัญญาณอินพุตที่วัดได้จากเครื่องรับคู่หลังซ้าย



รูปที่ 4.6 สัญญาณอินพุตที่วัดได้จากเครื่องรับคู่หลังขวา

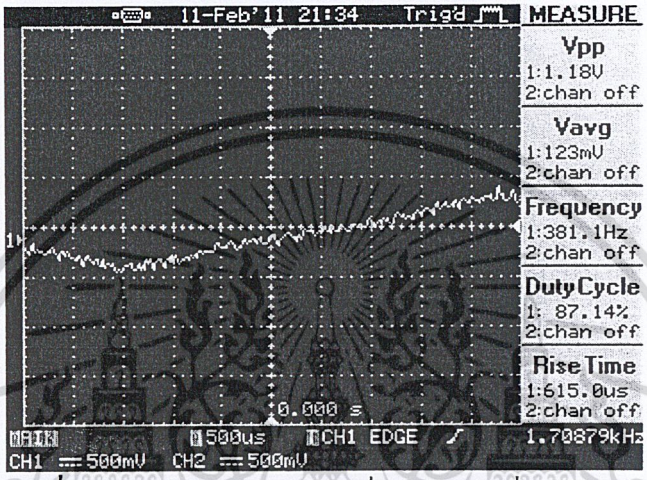
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ 4.4

เป็นการวัดสัญญาณเสียงเอาท์พุตจากแหล่งเสียงต่างๆจากแหล่งเสียงก่อนเข้าสู่ภาคส่งที่เครื่องส่งรองรับ

ผลการทดลองที่ 4.4.1

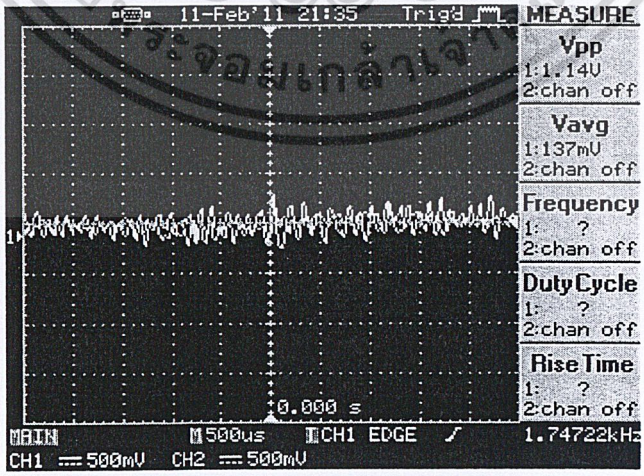
เป็นการวัดไสัญญาณเสียง จากเครื่องเล่นซีดี โดยสัญญาณที่วัดได้มีความถี่ของที่ แอมพลิจูด (Vpp)= 1.19 โน๊ตเสียงเบสที่ 381.1Hz ดังรูป



รูปที่ 4.7 สัญญาณเสียงเอาท์พุตที่วัดได้จากเครื่องเล่นซีดี

ผลการทดลองที่ 4.4.2

เป็นการวัดสัญญาณเสียง จากเครื่องการ์ดเสียงที่ใช้ในโครงงานระบบเสียงรอบทิศทาง โดยสัญญาณที่วัดได้มีความถี่ของที่ แอมพลิจูด(Vpp)= 1.14 ดังรูป



รูปที่ 4.8 สัญญาณเสียงเอาท์พุตที่วัดได้จากซาวด์การ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทอดลองที่ 4.5

4.5.1 การทดลองระบบเสียงรอบทิศทาง

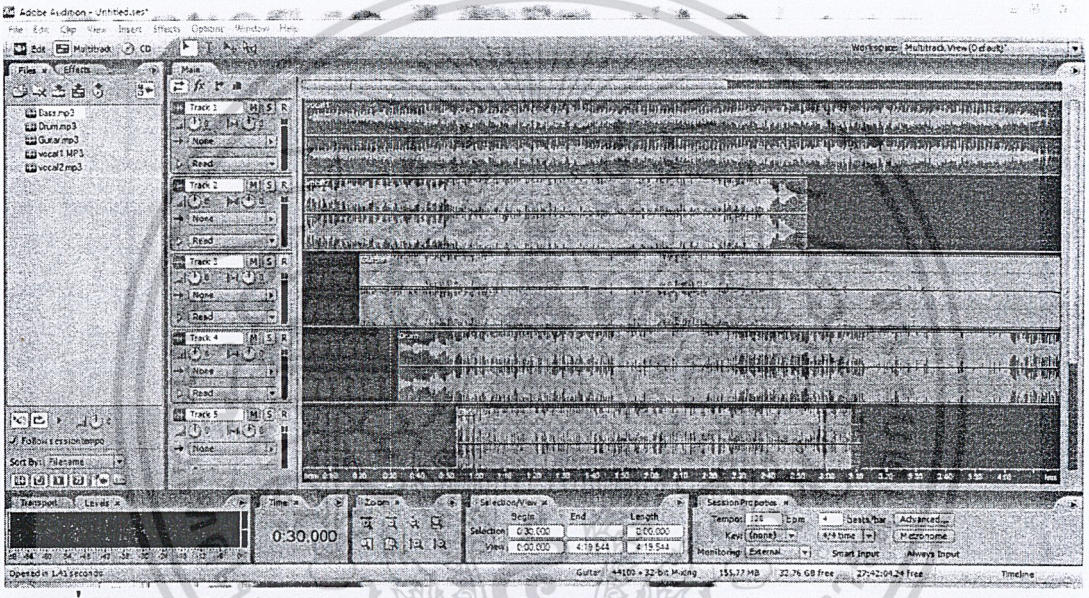
ทำการสร้างเสียงรอบทิศทางโดยใช้โปรแกรม Adobe Audition 3

1.นำเสียง track แบบต่างๆ เช่น เบส กลอง เสียงคนร้อง มา 5 สัญญาณ

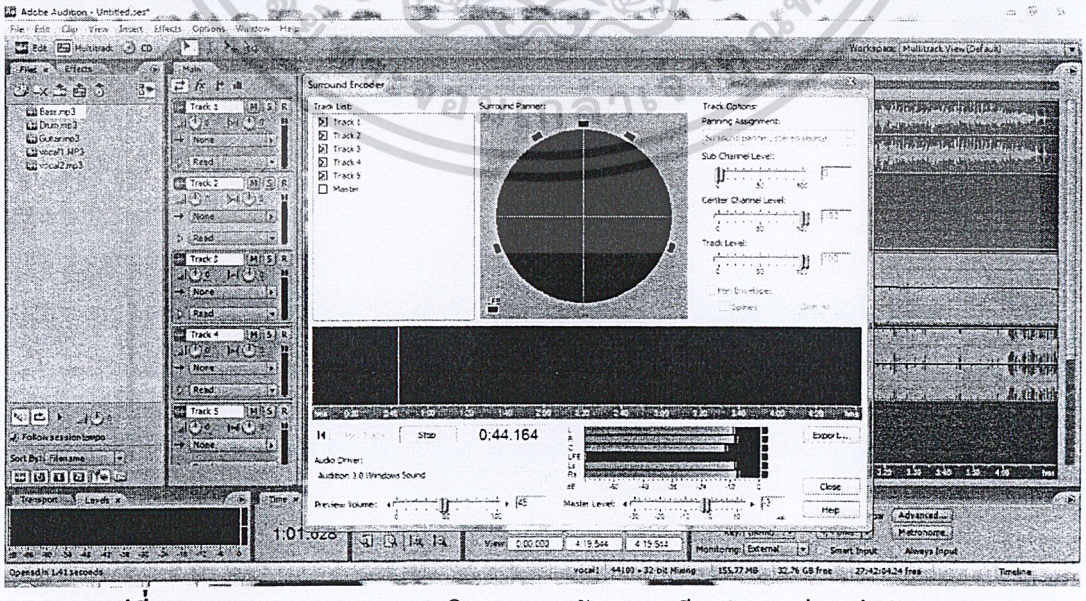
2.ใช้ฟังก์ชั่นคำสั่ง Surround Encoder เพื่อสร้างเสียงรอบทิศทาง

3.ปรับแต่งเสียงให้เป็นรอบทิศทาง โดยการเลื่อนคำสั่ง surround planner เพื่อกำหนดการ Planner เสียง ยิ่งขยับสัญลักษณ์นี้ใกล้ลำโพงไหน เสียงก็จะดังออกจากลำโพงนั้นมากกว่าลำโพงอื่น

4.เมื่อปรับแต่งได้ตามต้องการแล้วก็เซฟไฟล์ แล้วจะได้ยินเสียงเพลงในระบบรอบทิศทางเพื่อไว้ทดสอบระบบรอบทิศทาง



รูปที่ 4.9 การสร้างเสียงจำลองในการทดสอบระบบเสียงรอบทิศทางด้วย Abode Audition3.0

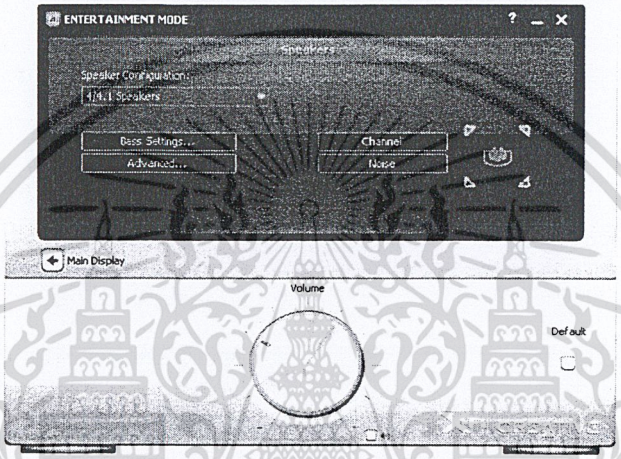


รูปที่ 4.10 การจำลองระบบรอบทิศทางของสัญญาณเสียงจำลองก่อนส่งสัญญาณ

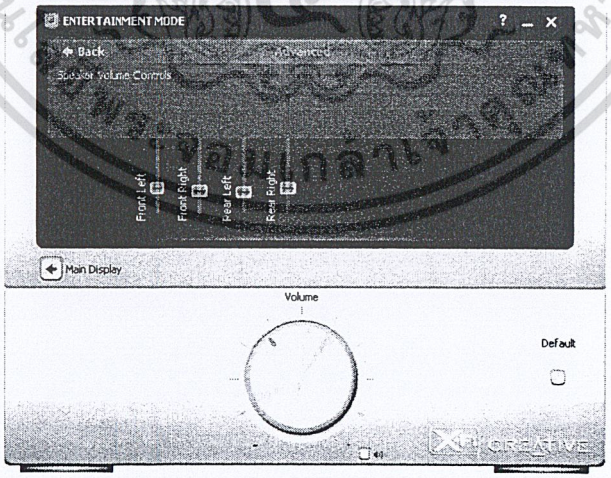
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 การปรับแต่งค่าการแยกสัญญาณระบบรอบทิศทาง

ทำการติดตั้งซอฟแวร์ของ Creative 4.1 surround เพื่อทำการปรับแต่งสัญญาณซึ่งประกอบไปด้วย Creative Audio Control Panel Creative และ Creative Console Launcher โดยจะทำการปรับให้เป็นระบบ Stereo 4.1 surround และ ทำการปรับสมดุลเสียงสัญญาณ คู่หน้าและคู่หลังก่อนทำการส่งสัญญาณเพื่อจำลองเสียงรอบทิศทางเสมือนชุดโฮมเทียร์เตอร์โดยคอมพิวเตอร์

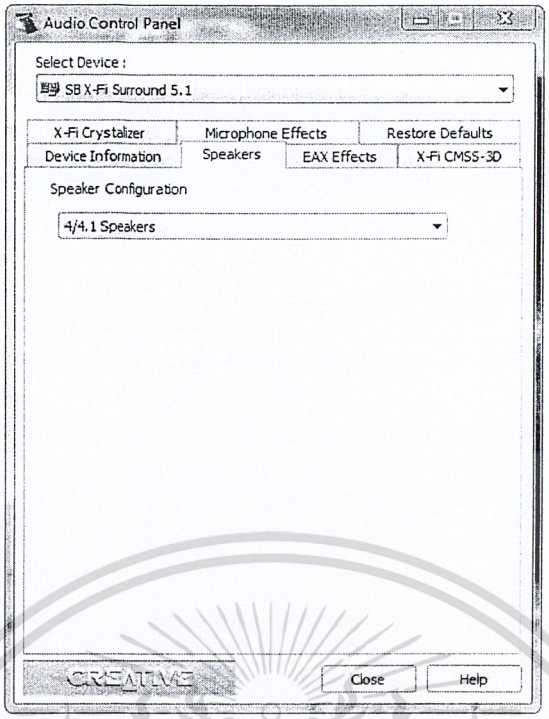


รูปที่ 4.11การปรับแต่งและทดสอบระบบเสียงด้วย Creative Console Launcher



รูปที่ 4.12 การปรับสมดุลของช่องสัญญาณทั้ง 4 ช่องโดยใช้ Creative Console Launcher

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



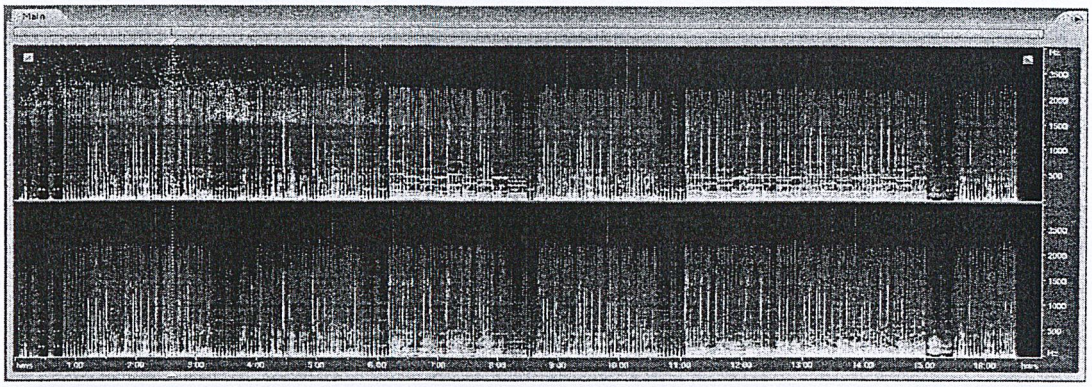
รูปที่ 4.13 การเปลี่ยนโมดการส่งสัญญาณเสียงเป็นแบบ 4.1 surround ด้วย Creative Audio Control Panel

4.5.3 ทดสอบเสียงจากการสุ่มสัญญาณเสียง

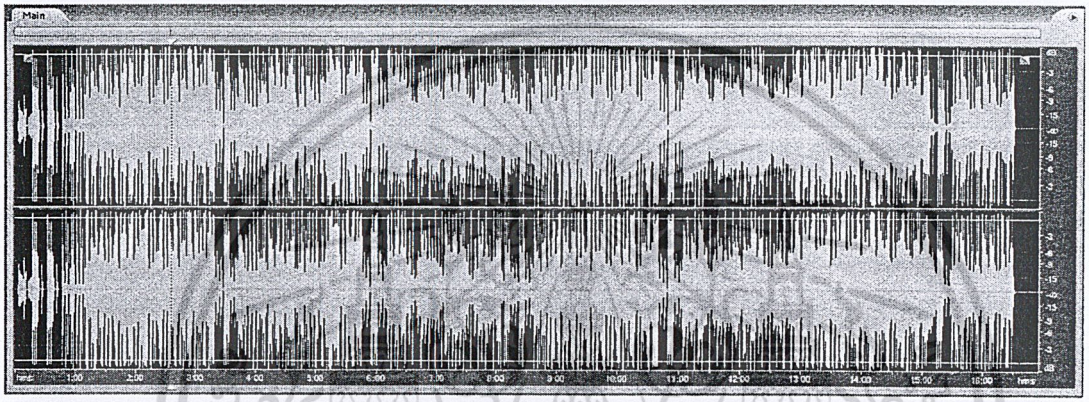
เพื่อทดสอบการตอบสนองสัญญาณเสียงและลักษณะคลื่นของเสียงของระบบเสียงไร้สายรอบทิศทางและเป็นการศึกษาลักษณะและความถี่เสียงด้วยความถี่สามลักษณะก่อนทำการส่ง โดยการนำ track เสียงมา 1 track แล้วปรับการ convert sample type แบบต่างๆ เริ่มจากค่าต่ำสุด ค่ากลาง ไปจนถึงสูงสุด ของโปรแกรม Adobe Audition 3.0 ในโครงงานนี้จะใช้การสุ่มที่ 600 Hz,44.1 Khz ,192 KHz สัญญาณที่ได้จะแสดงในรูปคลื่น spectral บริเวณด้านล่างของคลื่นเสียงสีโทนเหลือง เป็นส่วนที่มีความถี่ต่ำจะให้เสียงทุ้ม ส่วนบริเวณจะเป็นส่วนให้ความถี่สูงและมีเสียงแหลม และยิ่งเพิ่มการสุ่มสัญญาณเสียงที่มีคุณภาพมากขึ้นแต่ข้อมูลก็จะเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

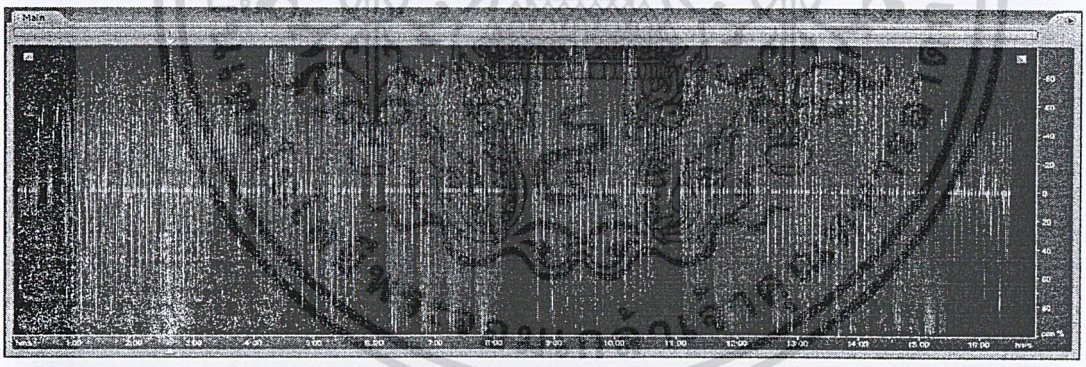
4.5.3.1 การทดสอบสุ่มสัญญาณเสียงที่ความถี่สูง



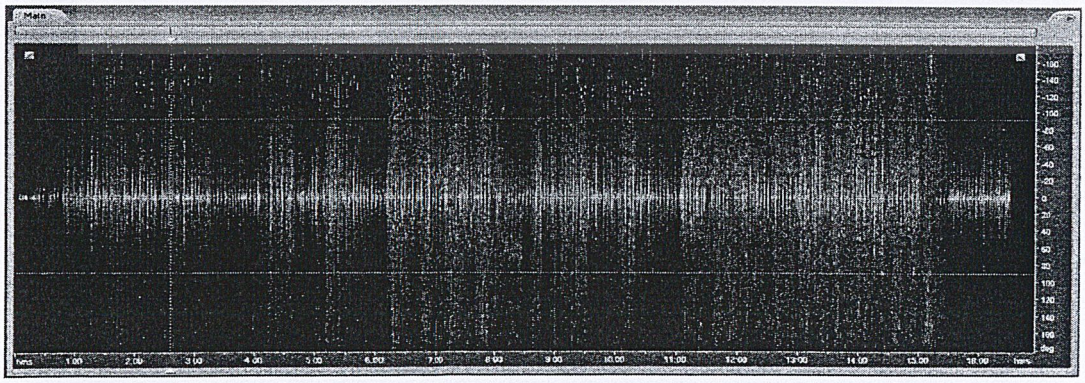
รูปที่ 4.14 แสดงลักษณะสเปกตัมของความถี่เสียง(Spectral Frequacy Display) ที่ 6000 Hz



รูปที่ 4.15 แสดงลักษณะสเปกตัมของคลื่นเสียง(Wave Form Display) ที่ 6000 Hz



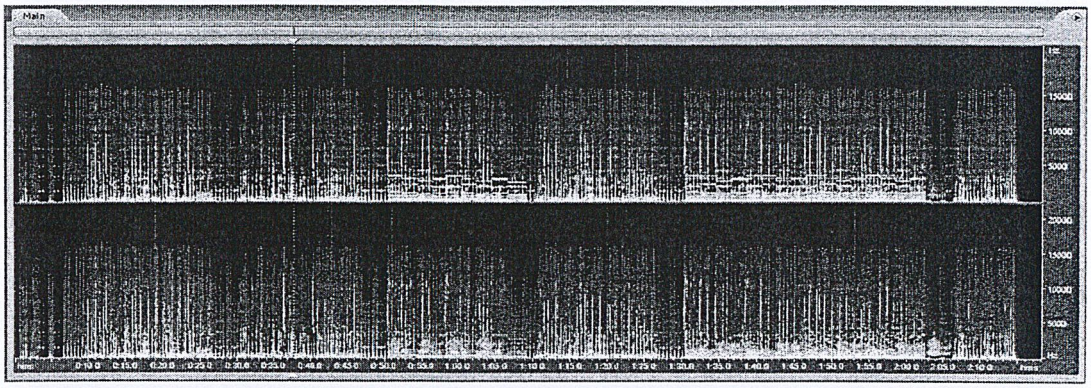
รูปที่ 4.16 แสดงลักษณะสเปกตัมของคลื่นเสียงทั้งหมด(Spectral Pan Display) ที่ 6000 Hz



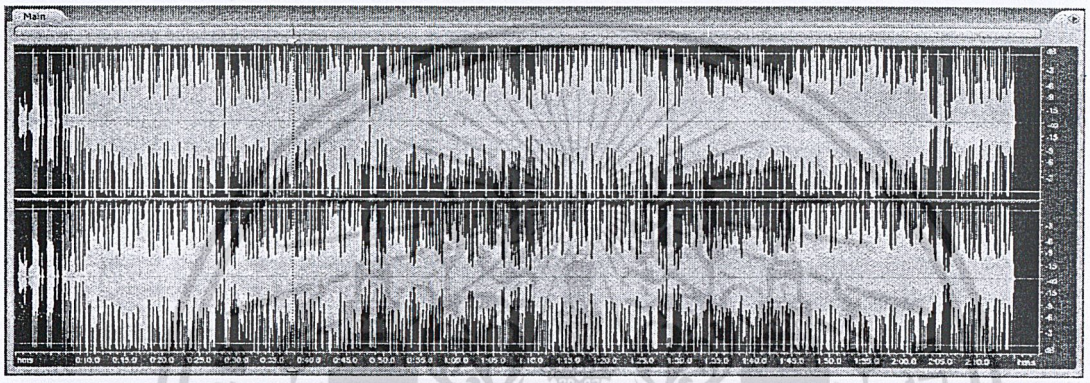
รูปที่ 4.17 แสดงลักษณะสเปกตัมเฟสของคลื่นเสียง(Spectral phase Display) ที่ 6000 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

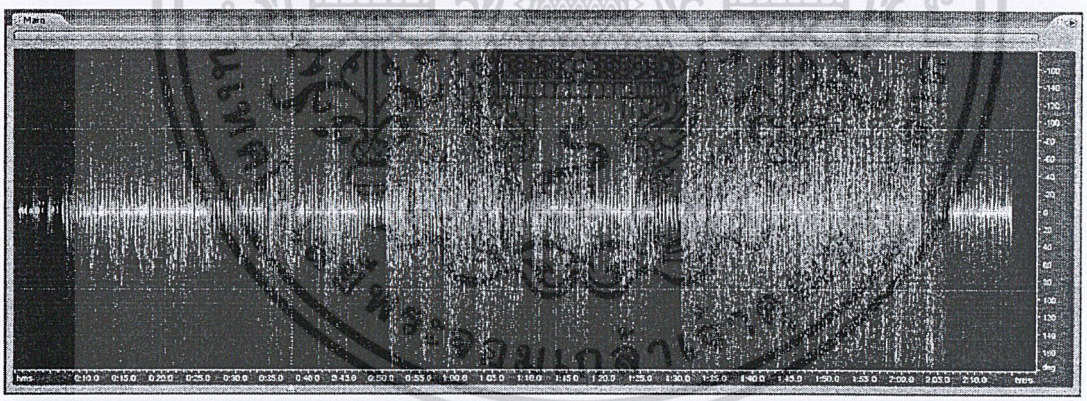
4.5.3.2 การทดสอบสุ่มสัญญาณเสียงที่ความถี่กลาง



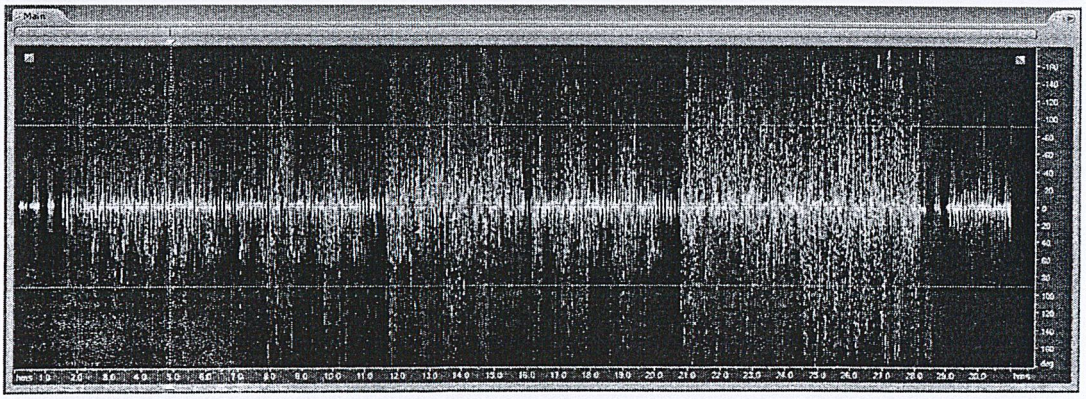
รูปที่ 4.18 แสดงลักษณะสเปกตัมของความถี่เสียง(Spectral Frequacy Display) ที่ 44.1KHz



รูปที่ 4.19 แสดงลักษณะสเปกตัมของคลื่นเสียง(Wave Form Display) ที่ 44.1KHz



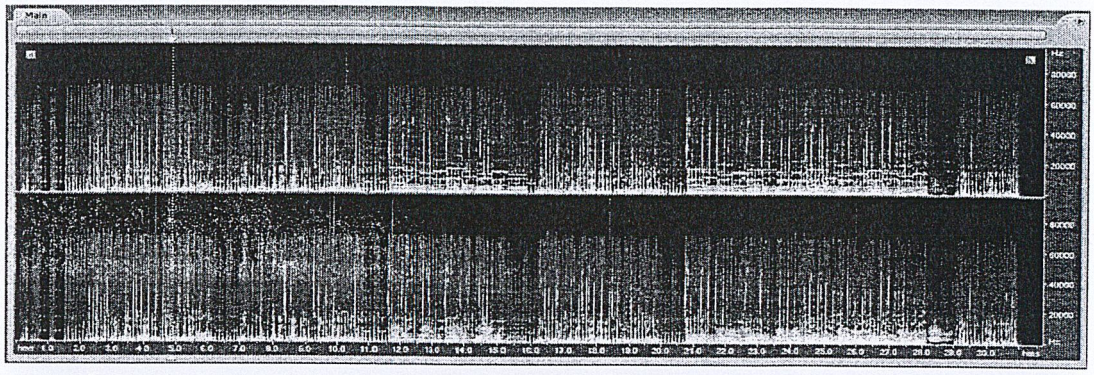
รูปที่ 4.20 แสดงลักษณะสเปกตัมของคลื่นเสียงทั้งหมด(Spectral Pan Display) ที่ 44.1KHz



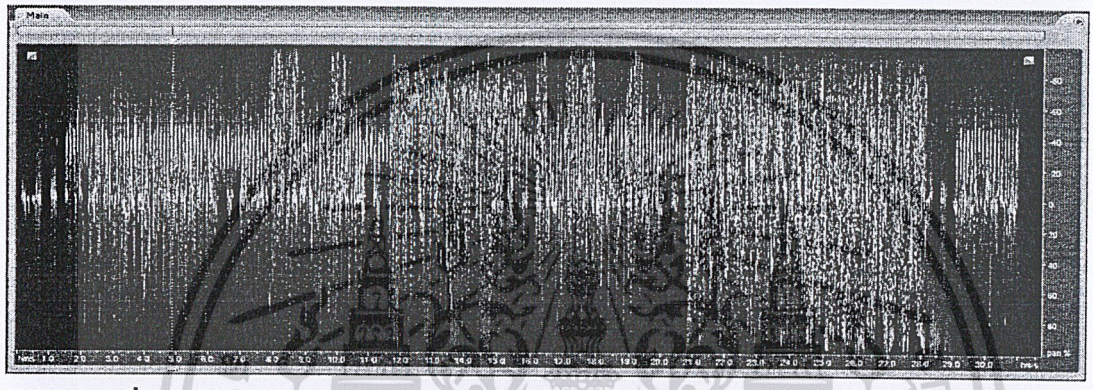
รูปที่ 4.21 แสดงลักษณะสเปกตัมเฟสของคลื่นเสียง(Spectral phase Display) ที่ 44.1KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

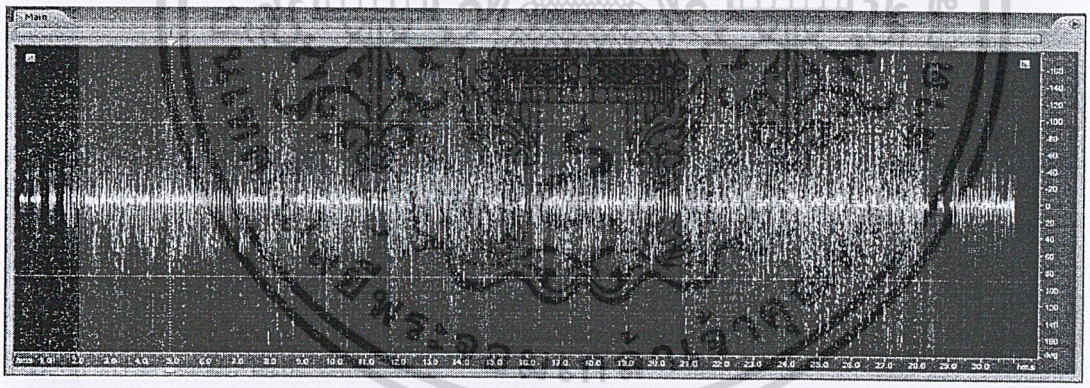
4.5.3.3 การทดสอบสุ่มสัญญาณเสียงที่ความถี่ต่ำ



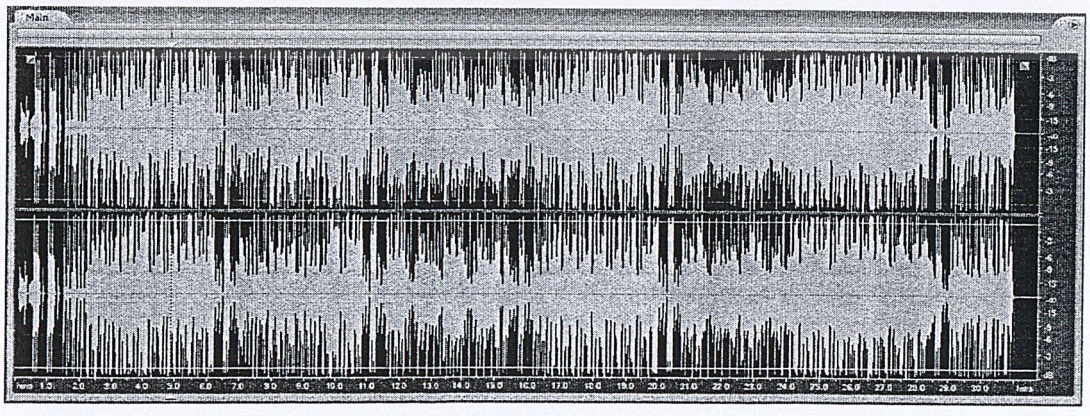
รูปที่ 4.22 แสดงลักษณะสเปกตัมของความถี่เสียง(Spectral Frequacy Display) ที่ 192KHz



รูปที่ 4.23 แสดงลักษณะสเปกตัมของคลื่นเสียง(Wave Form Display) ที่ 192KHz



รูปที่ 4.24 แสดงลักษณะสเปกตัมของคลื่นเสียงทั้งหมด(Spectral Pan Display) ที่ 192KHz



รูปที่ 4.25 แสดงลักษณะสเปกตัมเฟสของคลื่นเสียง(Spectral phase Display) ที่ 192KHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปและวิจารณ์

ในโครงงานนี้มีปัญหาและอุปสรรคในหลายๆด้านซึ่งในด้านอุปกรณ์และปัญหาขาดความรู้ความเข้าใจในด้านการสื่อสารและอิเล็คทรอนิคซ์ซึ่งมีดังนี้

การส่งและรับสัญญาณเป็นแบบดิจิตอลไม่สามารถทำได้เนื่องด้วยอุปกรณ์หรือชิฟที่สามารถใช้งานในด้านคุณภาพเสียงนั้นยังมีเพียงชนิดเดียวในประเทศไทยจึงไม่มีแหล่งข้อมูลในการทำโครงงานชิ้นนี้และมีขนาดเล็กมากอีกทั้งไม่มีโมดูลรองรับ ทั้งการส่งสัญญาณและในชิฟดังกล่าวสามารถส่งในที่ความถี่เดียวการส่งสัญญาณเสียงแบบรอบทิศทางต้องส่งสองตัวละสองชาแนลจึงอาจเกิดปัญหาการชนกันของข้อมูลอีกทั้งการดีเลย์ของสัญญาณ แต่เพื่อเป็นการรักษาของเขตของโครงงานไว้จึงเปลี่ยนเป็นการส่งแบบมอตดูเลตเชิงความถี่จึงสามารถหาทางออกได้สำหรับปัญหา ทำให้จุดประสงค์ของโครงงานไม่เปลี่ยนแปลงจากจุดประสงค์หลัก อีกทั้งเป็นระบบไร้สายที่ให้อรรถรสความบันเทิงภายในที่พักอาศัยซึ่งเป็นระบบสเตอริโอรอบทิศทางตรงกับขอบเขตหลักที่วางเอาไว้

อย่างที่กล่าวไปในข้างต้น ระบบเสียงรอบทิศทางแบบไร้สายนั้นเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ใช่ของใหม่ เพียงแต่ในประเทศไทยไม่ได้รับความนิยมเท่าที่ควร ทำให้ผู้ทำโครงงานนั้นหาอุปกรณ์หรือโมดูลสำหรับการส่งสัญญาณไร้สายค่อนข้างยาก ส่วนใหญ่แล้ว ผู้ใช้ต่าง ๆ ในประเทศไทยนั้นจะลงทุนกับระบบเสียงรอบทิศทางแบบมีสายมากกว่า เหตุผลอาจจะเป็นเพราะเสียงที่ดีกว่า หรือมีความรู้ความเข้าใจในระบบไร้สายน้อยเพราะเป็นของใหม่ ทำให้ไม่กล้าที่จะลงทุน ผู้จัดทำโครงงานเห็นว่าโครงงานจะทำให้ผู้ใช้เครื่องเสียงเห็นข้อเปรียบเทียบทั้งด้านราคาที่ย่อมเยาว์ว่า ความสะดวกที่มีมากกว่า และประโยชน์ใช้สอยนั้น คุณภาพดีไม่แพ้ระบบเครื่องเสียงแบบมีสายเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1]Ramakant A.Gayakwad.1992.Op-Amps And Linear Integrated Circuit 3 Edition.New York :McGraw-Hi

[2]Smith Jack.1986 Modern Communication Circuits II.NewYork :McGraw-Hill

[3]รศ.ดร.บัณฑิต โรจน์อารนานนท์.2537.หลักการไฟฟ้าสื่อสาร Principles of Communication system ครั้งที่ 4 นนทบุรี :อินโฟเพรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

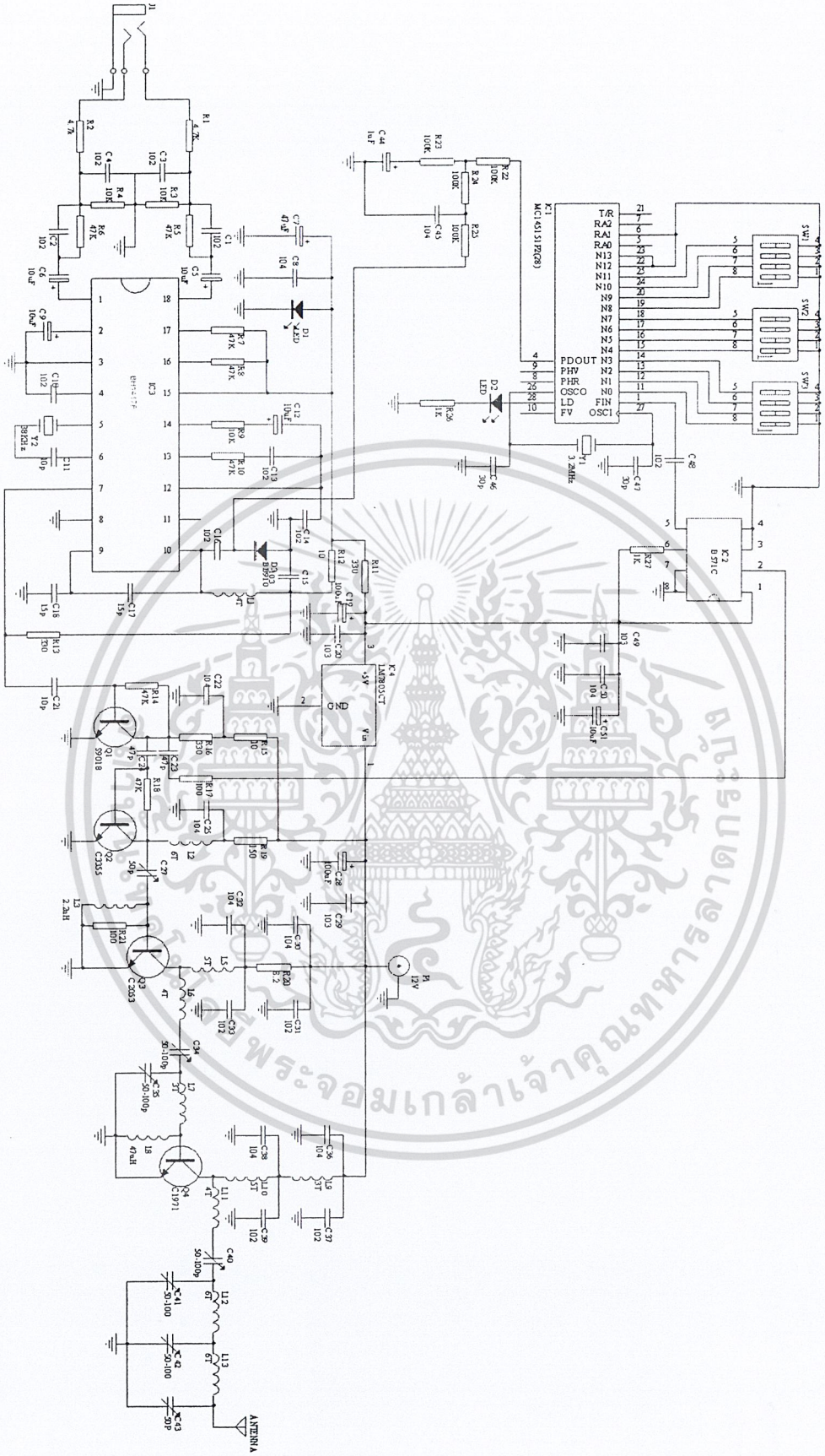
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

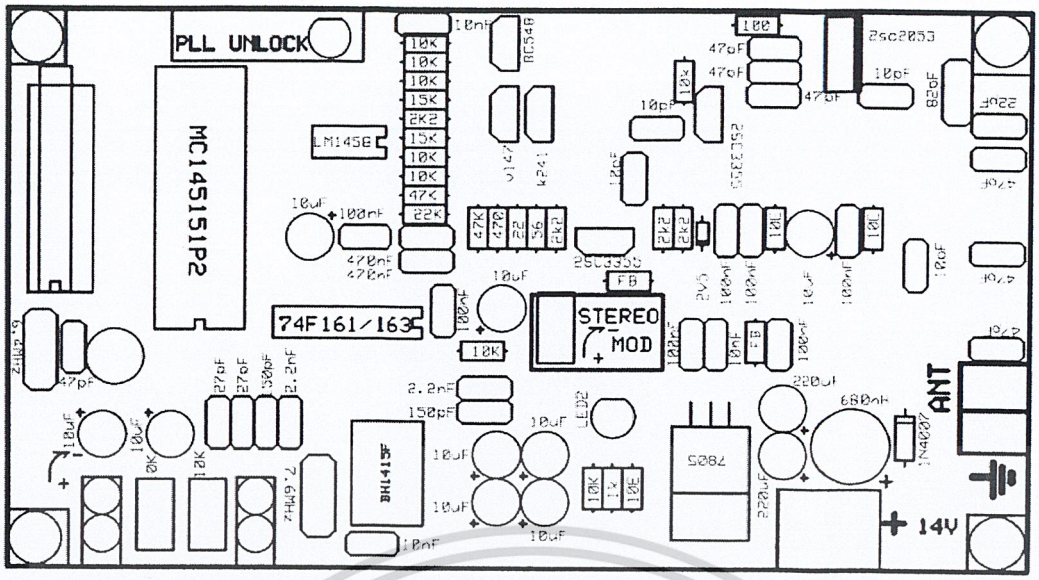
วงจรภาคส่งสัญญาณ ตำแหน่งการวางอุปกรณ์ และลายพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

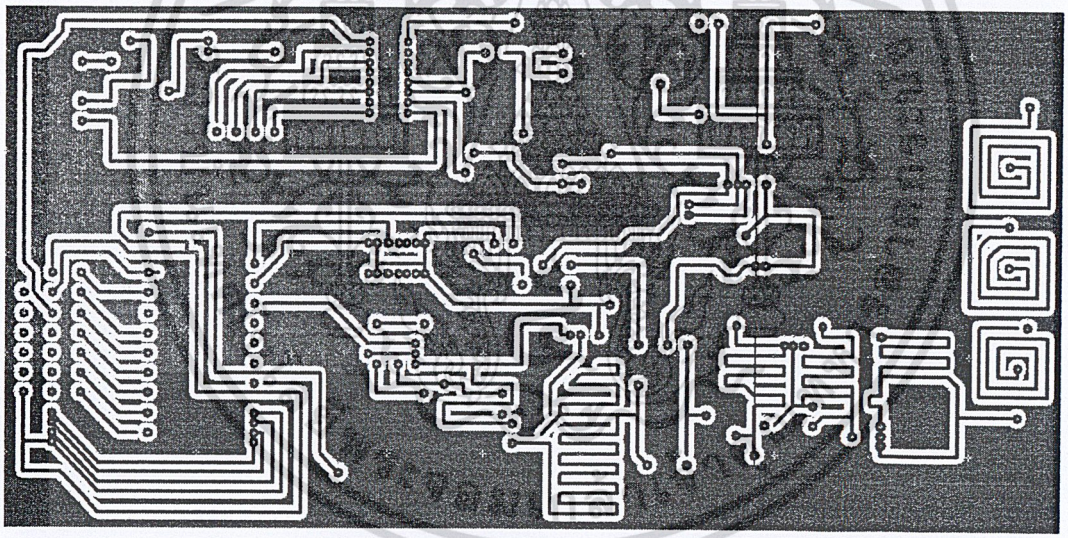


รูปที่ ก.1 วงจรทั้งหมดในภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.2 ตำแหน่งการวางอุปกรณ์(Board Diagram)



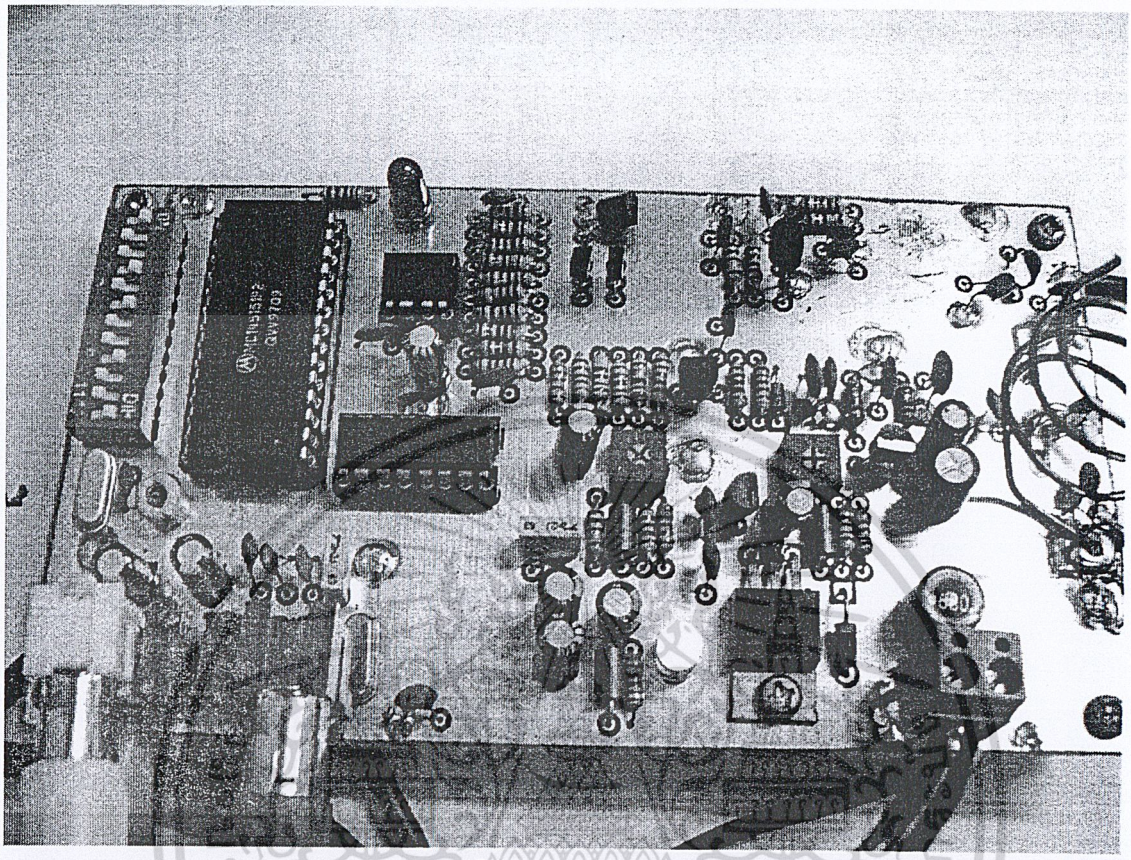
รูปที่ ก.3 ลายพิมพ์วงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

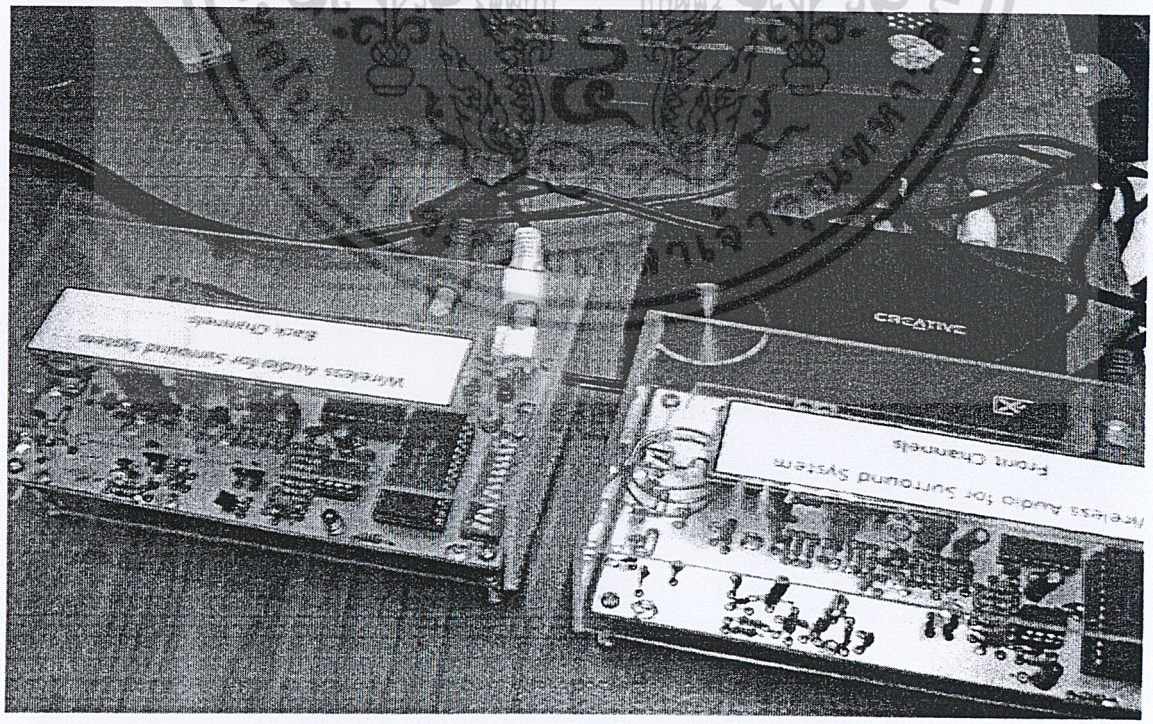
ภาคผนวก ข.

รูปการใช้งานและการติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ข.2 วงจรภาคส่ง



รูปที่ ข.3 วงจรภาคส่งทั้งสองตัวขณะทดสอบส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.
รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

April 1987

LM1800 Phase-Locked Loop FM Stereo Demodulator

General Description

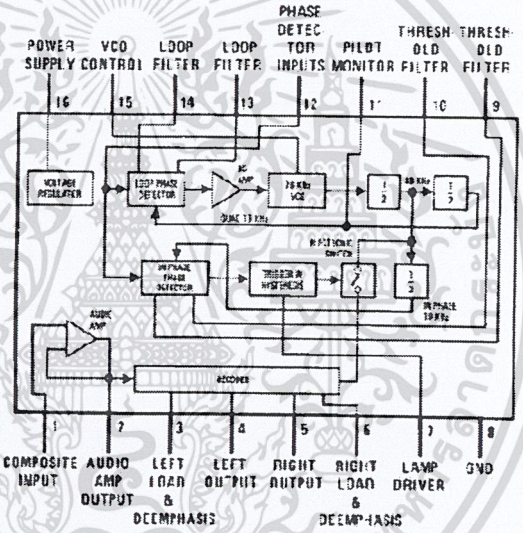
The LM1800 is a second generation integrated FM stereo demodulator using phase locked loop techniques to regenerate the 38 kHz subcarrier. The numerous features integrated on the die make possible a system delivering high fidelity sound while still meeting the cost requirements of inexpensive stereo receivers. More information available in AN-81.

Features

- Automatic stereo/monaural switching
- 45 dB power supply rejection
- No coils, all tuning performed with single potentiometer
- Wide operating supply voltage range
- Excellent channel separation
- Emitter follower output buffers

Connection Diagram

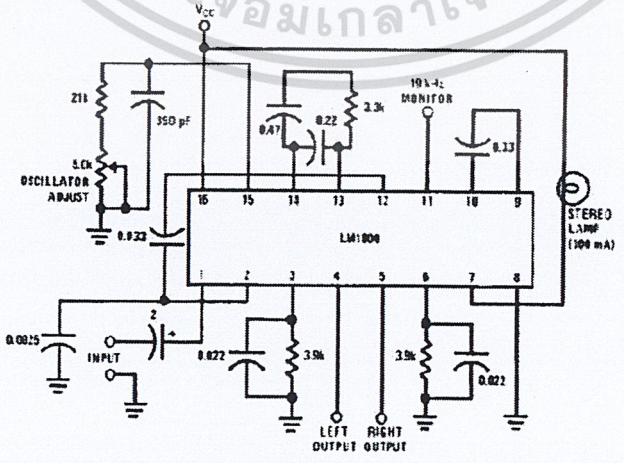
Order Number LM1800N
See NS Package Number N16A



TL/H/7888–1

Top View

Typical Application



TL/H/7888–2

©1995 National Semiconductor Corporation TL/H/7888

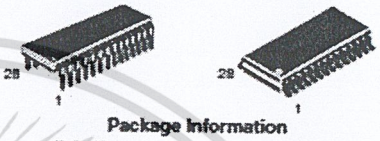
RRD-B30M115/Printed in U.S.A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Freescale Semiconductor
Technical Data

MC145151-2/D
Rev. 5, 12/2004

MC145151-2
MC145152-2



Package Information

P Suffix
Plastic DIP
Case 710

DW Suffix
SOG Package
Case 751F

MC145151-2 and MC145152-2

PLL Frequency Synthesizers (CMOS)

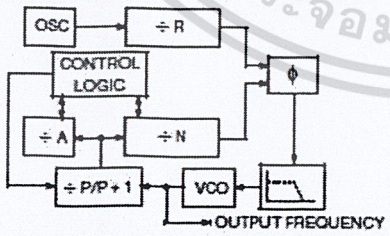
Ordering Information

Device	Package
MC145151P2	Plastic DIP
MC145151DW2	SOG Package
MC145152P2	Plastic DIP
MC145152DW2	SOG Package

The devices described in this document are typically used as low-power, phase-locked loop frequency synthesizers. When combined with an external low-pass filter and voltage-controlled oscillator, these devices can provide all the remaining functions for a PLL frequency synthesizer operating up to the device's frequency limit. For higher VCO frequency operation, a down mixer or a prescaler can be used between the VCO and the synthesizer IC.

These frequency synthesizer chips can be found in the following and other applications:

CATV
AM/FM Radios
Two-Way Radios
TV Tuning
Scanning Receivers
Amateur Radio



Contents

1 MC145151-2 Parallel-Input (Interfaces with Single-Modulus Prescalers) 2
1.1 Features 2
1.2 Pin Descriptions 3
1.3 Typical Applications 6
2 MC145152-2 Parallel-Input (Interfaces with Dual-Modulus Prescalers) 7
2.1 Features 7
2.2 Pin Descriptions 8
2.3 Typical Applications 10
3 MC145151-2 and MC145152-2 Electrical Characteristics 12
4 Design Considerations 18
4.1 Phase-Locked Loop — Low-Pass Filter Design 18
4.2 Crystal Oscillator Considerations 19
4.3 Dual-Modulus Prescaling 21
5 Package Dimensions 23

Freescale reserves the right to change the detail specifications as may be required to permit improvements in the design of its products.
© Freescale Semiconductor, Inc., 2004. All rights reserved.

freescale semiconductor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR®

www.fairchildsemi.com

MC78XX/LM78XX/MC78XXA

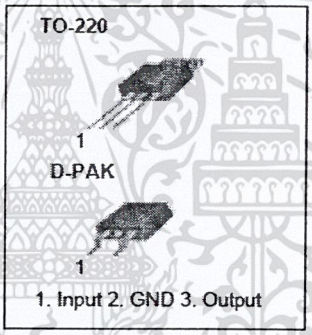
3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

Features

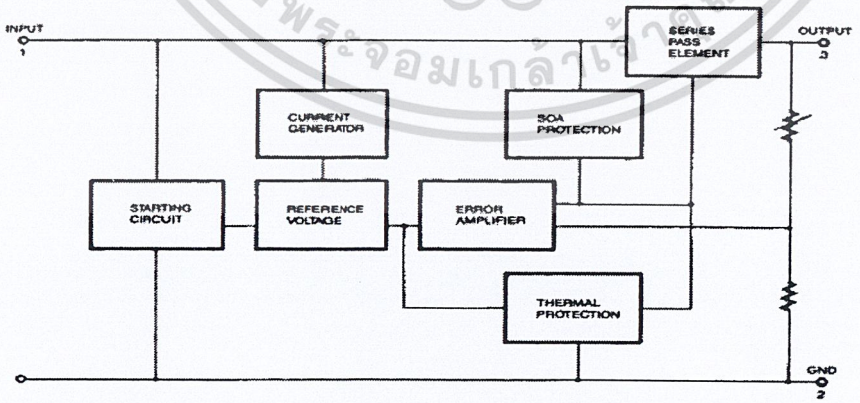
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

Description

The MC78XX/LM78XX/MC78XXA series of three terminal positive regulators are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



Internal Block Digram



Rev. 1.0.1

©2001 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Internally Compensated, High Performance Dual Operational Amplifiers

MC1458, C

DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS
(DUAL MC1741)

SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

The MC1458, C was designed for use as a summing amplifier, integrator, or amplifier with operating characteristics as a function of the external feedback components.

- No Frequency Compensation Required
- Short Circuit Protection
- Wide Common Mode and Differential Voltage Ranges
- Low Power Consumption
- No Latch-Up

P1 SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 626

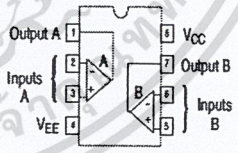
D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751
(SO–8)

MAXIMUM RATINGS (T_A = +25°C, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltage	V_{CC} V_{EE}	+18 −18	Vdc
Input Differential Voltage	V_{ID}	±30	V
Input Common Mode Voltage (Note 1)	V_{ICM}	±15	V
Output Short Circuit Duration (Note 2)	t_{SC}	Continuous	
Operating Ambient Temperature Range	T_A	0 to +70	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	−55 to +125	°C
Junction Temperature	T_J	150	°C

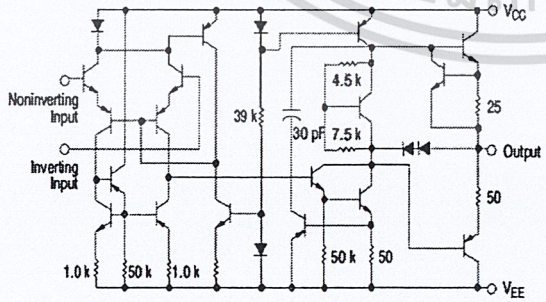
NOTES: 1. For supply voltages less than ±15 V, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.
2. Supply voltage equal to or less than 15 V.

PIN CONNECTIONS



(Top View)

Representative Schematic Diagram



ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
MC1458CD, D	T_A = 0° to +70°C	SO–8
MC1458CP1, P1		Plastic DIP

© Semiconductor Components Industries, LLC, 2001

Publication Order Number:
MC1458/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wireless Audio Link IC

BH1415F

The BH1415F is a FM stereo transmitter IC that transmits simple configuration. The IC consists of a stereo modulator for generating stereo composite signals and a FM transmitter for broadcasting a FM signal on the air. The stereo modulator generates a composite signal which consists of the MAIN, SUB, and pilot signal from a 38kHz oscillator.
The FM transmitter radiates FM wave on the air by modulating the carrier signal with a composite signal.

●Applications

CD changer, Car TV, Car navigation, Wireless speakers, Personal computer (sound board), Game machine

●Features

1) It is possible to improve the timbre because it has the pre-emphasis circuit, limiter circuit, and the low-pass filter circuit.
2) Built-in pilot-tone system FM stereo modulator circuit.
3) The transmission frequency is stable because it has a PLL system FM transmitter circuit.
4) PLL data input (CE, CK, DA) by serial input.

●Absolute maximum ratings (Ta = 25°C, In measurement circuit.)

Parameter	Symbol	Limits	Unit	Conditions
Supply voltage	Vcc	+7.0	V	Pin8,12
Data input voltage	V_{IN-D}	−0.3~Vcc+0.3	V	Pin15,16,17,18
Phase comparator output voltage	V_{OUT-P}	−0.3~Vcc+0.3	V	Pin7
Power dissipation	Pd	450*	mW	
Storage temperature	Tstg	−55~+125	°C	

* Derating : 4.5mW/°C for operation above Ta=25°C.

●Recommended operating conditions (Ta = 25°C)

Parameter	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit	Conditions
Operating supply voltage	Vcc	4.0	–	6.0	V	Pin8,12
Operating temperature	Topr	−40	–	+85	°C	
Audio input level	V_{IN-A}	–	–	−10	dBV	Pin1,22
Audio input frequency band	f_{IN-A}	20	–	15k	Hz	Pin1,22
Pre-emphasis time constant set up range	t_{PRE}	–	–	155	µsec	Pin2,21
Transmission frequency	f_{TX}	70	–	120	MHz	Pin9,11
Control terminal "H" level input voltage	V_{IH}	0.8Vcc	–	Vcc	V	Pin15,16,17,18
Control terminal "L" level input voltage	V_{IL}	GND	–	0.2Vcc	V	Pin15,16,17,18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้