สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบปฏิบัติการทางภาษาแบบไร้สาย

WIRELESS SOUND LAB SYSTEM

โดย

นางสาวนงลักษณ์ ภมรวิริยะ

นางสาวอัญชลี มโนสืบ

นายอุรุพงษ์ โพธิบัติ

ปพ.
ป1485
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 82916
วัน,เดือน,ปี 29 ก.ค. 2551

b 11957086
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบปฏิบัติการทางภาษาแบบไร้สาย

WIRELESS SOUND LAB SYSTEM

โดย

นางสาวนงลักษณ์ ภมรวิริยะ 47010348

นางสาวอัญชลี มโนสืบ 47010970

นายอุรุพงษ์ โพธิบัติ 47011000

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร. ปราโมทย์ วาดเขียน

ผศ.ดร.จีรสุดา โกษียาภรณ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **ระบบปฏิบัติการทางภาษาแบบไร้สาย**

WIRELESS SOUND LAB SYSTEM

ผู้จัดทำ

1. นางสาวนงลักษณ์ ภมรวิริยะ 47010348

2. นางสาวอัญชลี มโนสืบ 47010970

3. นายอุรุพงษ์ โพธิบัติ 47011000

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.จีรชุดา โกษียาภรณ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบปฏิบัติการทางภาษาแบบไร้สาย

WIRELESS SOUND LAB SYSTEM

โดย นางสาวนงลักษณ์ ภมรวิริยะ 47010348
นางสาวอัญชลี มโนสืบ 47010970
นายอุรุพงษ์ โพธิบัติ 47011000

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน
ผศ.ดร.จีรสุดา โกษียาภรณ์

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์เป็นการเสนอการสร้างระบบปฏิบัติการทางภาษาแบบไร้สาย โดยมีจุดเด่นที่สามารถเคลื่อนย้ายและติดตั้งได้ง่าย ซึ่งระบบปฏิบัติการทางภาษานี้ประกอบด้วยชุดควบคุมหลัก(Control Panel) สำหรับอาจารย์และชุดใช้งาน (User) สำหรับนักเรียน ซึ่งมีฟังก์ชันการใช้งานดังนี้ คือ ผู้ควบคุมสามารถเลือกให้มีการใช้งานแบบ Broadcast หรือ แบบใช้งานเฉพาะบุคคล ในทำนองเดียวกัน ผู้ใช้งานสามารถร้องขอการติดต่อกับผู้ควบคุมได้ โดยโครงงานนี้ใช้ Microcontroller ADuC812 ในการควบคุมการสื่อสารระหว่างผู้ควบคุมและผู้ใช้งานไร้สายความถี่ 2.4 GHz

Abstract

This project presents the wireless sound lab system whose advantages are the ability of movable and easy to install. This proposed system is composed of a control panel unit for the instructor and user units for students. At a control panel, the instructor can choose the communication type to be either broadcasting or specific selecting. Similarly, the user units can send requesting of contact to the control panel. In this system, a ADuC812 microcontroller is employed to control the communication between the control panel and the user units via the module TRW 2.4 GHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ต้องขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ปราโมทย์ วาดเขียน อาจารย์ จีรสุดา ที่คอยให้คำแนะนำ และช่วยเหลือ

ขอบคุณเพื่อนๆ และพี่ๆ ป.โท ทุกคนที่คอยชี้แนะช่วยเหลือ และ ช่วยสอนการใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ คอยให้กำลังใจ

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้พร่ำสอนให้ผู้จัดทำได้มีวันนี้ จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

นางสาวนงลักษณ์ ภมรวิริยะ
นางสาวอัญชลี มโนสืบ
นายอุรุพงษ์ โพธิบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 คุณสมบัติของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ AduC812	14
2.1.1 คุณสมบัติทางเทคนิค	14
2.1.2 การจัดตำแหน่งขาของ ADuC812	15
2.1.3 คุณสมบัติการเชื่อมโยงพอร์ต	18
2.1.4 คุณสมบัติแหล่งจ่ายไฟ (POWER)	18
2.1.5 คุณสมบัติขนาด	18
2.1.6 คุณสมบัติด้านหน่วยความจำ	18
2.1.6.1 โครงสร้างหน่วยความจำของ ADuC812	19
2.1.6.2 SFR (SPECIAL FUNCTION REGISTERS)	20
2.1.6.3 NONVOLATILE FLASH MEMORY	23
2.1.7 คุณสมบัติด้านเทียบเคียง 8051 (8051 Compatible Core)	23
2.1.7.1 INTERRUPT SYSTEM	23
2.1.8 คุณสมบัติด้านแอนนาลอก (Analog I/O)	27
2.1.8.1 การแปลง Analog to Digital (ADC)	27
2.1.8.2 การแปลง Digital to Analog (DAC)	35
2.1.9 คุณสมบัติด้านอื่นๆ (On chip Peripherals)	36
2.1.9.1 ระบบรับส่งข้อมูลอนุกรม UART (UART Serial I/O)	36
2.1.9.2 Serial Peripheral Interface (SPI)	37
2.1.9.3 ระบบรับส่งข้อมูลอนุกรม I^2C (I^2C Compatible, SPI Serial I/O)	37
2.1.9.4 TIMERS/COUNTERS	37
2.2 บอร์ด Adaptor KX-812	37
2.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับบอร์ดอะแดปเตอร์ KX-812	38
2.2.2 WSD: Window Serial Download	39
2.3 TRW 2.4GHz	42
2.3.1. คุณสมบัติของโมดูล TRW 2.4GHz	42
2.3.2. การจัดขาของโมดูล TRW 2.4 GHz และหน้าที่การทำงาน	43
2.3.3. โหมดการทำงานของ TRW 2.4 GHz	44
2.3.3.1.Active(Rx/Tx) Mode	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.3.3.1.1ShockBurst Mode	44
2.3.3.1.1.1 หลักการทำงานในโหมด Shock Burst	45
2.3.3.1.1.2 Data Package สำหรับ Shockburst Mode และ Direct Mode	47
2.3.1.1.3 Shock Burst Mode Timing	48
2.3.1.2 Direct Mode	49
2.3.1.2.1Direct Mode Timing	49
2.3.2. Configuration Mode	51
2.3.2.1 ตำแหน่งข้อมูลของตัวโมดุลความถี่วิทยุ	52
2.3.2.2 การตั้งค่าโมดูลความถี่วิทยุ (TRW 2.4GHz)	53
2.3.3. Standby Mode	57
2.3.3.1. Power Down Mode	57
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	59
3.1 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์	59
3.1.1วงจรขยาย (Amplifier)	59
3.1.1.1วงจรขยาย Instrument Amplifier	62
3.1.1.2วงจรขยายกำลังสัญญาณเสียง (Audio Power Amplifier)	64
3.1.1.3วงจรขยายผลรวม (Summing Amplifier)	65
3.1.2 วงจรปรับแรงดัน	66
3.1.2.1 วงจรปรับแรงดัน (Voltage Regulator) เป็น+3.3 Vและ +5V	66
3.1.3.2 วงจรกลับระดับแรงดัน (Negative Voltage Converter)	67
3.1.3 วงจรควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์	68
3.1.3.1วงจรควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ADuC81	68
3.1.3.2วงจรควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์MCS51	69
3.1.3.2.1 วงจรรับค่าจากสวิตซ์เมตริกซ์แสดงผลบน LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลัก	69
3.1.3.2.2วงจรแสดงสถานะของนักเรียนบนแผงควบคุมทางอาจารย์	72
3.2 โครงสร้างทางซอฟท์แวร์	74
3.2.1 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และ TRW ทางภาคส่ง	74
3.2.2 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และ TRW ทางภาครับ	76
3.2.3 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในการทดลองการแปลงสัญญาณ	78
3.2.4 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และ TRW ในโหมด Broadcasting	80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.2.5 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และ TRW ในโหมด INDIV: Individually	82
3.2.6 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และ TRW ในโหมด INDIV-BROAD: Individual Broadcast	87
3.2.7 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้รับค่าจากสวิตซ์เมตริกซ์ แล้วแสดงค่าบน LED 7 ส่วน 2 หลัก	93
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	98
4.1 การทดลองวงจรปรับแรงดัน (Voltage Regulator)	98
4.1.1 วงจรปรับแรงดัน (Voltage Regulator) เป็น+3.3 Vและ +5V	98
4.1.2วงจรกลับแรงดัน (Negative Voltage Converter)	100
4.2 การทดลองวงจรควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812	101
4.2.1 วงจรควบคุม TRW 2.4 GHz ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812	101
4.2.2 การทดลองคุณสมบัติ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812	103
4.2.2.1 การทดลองคุณสมบัติในการแปลงสัญญาณอนาล็อก เป็นสัญญาณดิจิตอล	103
4.2.2.2 การทดลองคุณสมบัติการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็น สัญญาณดิจิตอล และแปลงกลับสัญญาณดิจิตอลเป็น สัญญาณอนาล็อก	106
4.2.2.3 การทดลองส่งและรับสัญญาณผ่าน TRW 2.4 GHz	107
4.3 การทดลองวงจรขยาย (Amplifier)	112
4.3.1 วงจรขยาย Instrument Amplifier	112
4.3.2 วงจรขยายกำลังสัญญาณเสียง (Audio Power Amplifier)	113
4.3.3 การทดลองวงจรขยายผลรวมแบบInverting (Inverting Summing Amplifier)	114
4.4 วงจรรวมในการรับ – ส่งสัญญาณเสียงผ่าน TRW2.4 GHz	117
4.5 การทดลองโหมดการทำงานต่างๆ	118
4.5.1 การทำงานโหมดBroadcasting	118
4.5.2 การทำงานโหมด Individually	123
4.5.3 การทำงานโหมด INDIV-BROAD: Individually and Broadcasting	128
4.6 การทดลองวงจรรับค่าจากสวิตซ์เมตริกซ์แล้วแสดงผลบน LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลัก และส่งค่าออกทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม	132
4.6.1 การทดลองวงจรรับค่าจากสวิตซ์เมตริกซ์แสดงผลบน LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลัก	132

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4.6.2 การทดลองวงจรรับค่าจากสวิตซ์เมตริกซ์แสดงผลบน LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลักพร้อมทั้งส่งค่าออกทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม	134
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	136
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมทางฝั่งอาจารย์ผู้สอนของห้องปฏิบัติการทางภาษาแบบไร้สาย 1

รูปที่ 1.2 บล็อกไดอะแกรมทางฝั่งนักเรียนของห้องปฏิบัติการทางภาษาแบบไร้สาย 2

รูปที่ 2.1 พื้นฐานของระบบรับ ส่งที่ใช้ความถี่วิทยุ 3

รูปที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบของแผงควบคุมฝั่งอาจารย์ 5

รูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบของแผงทางฝั่งนักเรียน 6

รูปที่ 2.4 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของแผงควบคุมของอาจารย์ 7

รูปที่ 2.5 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของทางฝั่งนักเรียน 8

รูปที่ 2.6 แสดงฟังก์ชั่น Broadcasting 9

รูปที่ 2.7 (ก) แสดงกรณีที่นักเรียนส่งคำขอในการพูด 10

รูปที่ 2.7 (ข) แสดงกรณีที่อาจารย์ผู้สอนอนุญาตให้นักเรียนพูด 10

รูปที่ 2.8 แสดงส่วนแสดงสถานะของนักเรียนบนแผงควบคุมของทางอาจารย์ 11

รูปที่ 2.9 แสดงส่วนของสวิตเมตริกซ์ และ LED 7 ส่วน 2 หลัก 11

รูปที่ 2.10 แสดงส่วนของสวิตซ์เลือกโหมดการใช้งาน และ ปุ่ม CONNECT 12

รูปที่ 2.11 แสดงกรณีที่อาจารย์ผู้สอนต้องการเลือกนักเรียนที่จะพูด 12

รูปที่ 2.12 รูปแสดงกรณีนักเรียนที่ถูกเลือกสื่อสารกับอาจารย์ผู้สอน 13

รูปที่ 2.13 แสดงบล๊อคไดอะแกรมของ ADuC812 14

รูปที่ 2.14 ลักษณะการวางขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812 15

รูปที่ 2.15 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล 19

รูปที่ 2.16 แสดง 128 ไบต์ทางด้านต่ำของ INTERNAL RAM 20

รูปที่ 2.17 แสดงความเป็นมาของ Flash/EE Memory 23

รูปที่ 2.18 แสดง Interrupt Request Source 24

รูปที่ 2.19 แสดง ADC Transfer Function 28

รูปที่ 2.20 แสดงการวางผลลัพธ์จากการแปลง ADC ภายในรีจิสเตอร์ ADCDATAH/L 28

รูปที่ 2.21 แสดงการกำหนดค่าภายใน External memory ก่อนการแปลงสัญญาณ ADC 34

รูปที่ 2.22 แสดงการวางข้อมูลลงใน External Memory ในการทำงานของ ADC DMA 34

รูปที่ 2.23 แสดง DMA Cycle 34

รูปที่ 2.24 แสดงบอร์ด Adaptor KX-812 37

รูปที่ 2.25 แสดงจุดต่อสัญญาณบนบอร์ด Adaptor 38

รูปที่ 2.26 แสดงเครื่องโปรแกรม MCS51 แบบ ISP (UX-51) 38

รูปที่ 2.27 แสดงวงจรบอร์ดที่ทำขึ้นมาใช้ได้เอง เพื่อโปรแกรมลงบน ADuC812 39

รูปที่ 2.28 แสดงขั้นตอนในดาวโหลดโปรแกรมของ ADuC812 40

รูปที่ 2.29 แสดงหน้าต่างโปรแกรม WSD 40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.30 แสดงหน้าต่าง Configuration 41
รูปที่ 2.31 แสดงข้อความบนหน้าต่างของโปรแกรม WSD เมื่อทุกอย่างถูกต้อง 41
รูปที่ 2.32 แสดงการดาวน์โหลด Hex ไฟล์ 42
รูปที่ 2.33 แสดงการจัดขาของ TRW 2.4 GHz 43
รูปที่ 2.34 แสดงการรับข้อมูลด้วยอัตราเร็วต่ำ (10kbps) แต่ส่งด้วยอัตราเร็วสูง (1 Mbps) 44
รูปที่ 2.35 แสดงการใช้กระแสไฟฟ้าของการส่งแบบShock Burst และแบบธรรมดา 44
รูปที่ 2.36 โฟว์ชาร์ตภาคส่ง ของ TRW 2.4 GHz 45
รูปที่ 2.37 โฟว์ชาร์ตภาครับ ของ TRW 2.4 GHz 46
รูปที่ 2.38 แสดง Data Package Diagram 47
รูปที่ 2.39 แสดงไดอะแกรมเวลาของ Shock Burst in Tx 48
รูปที่ 2.40 แสดงไดอะแกรมเวลาของ Shock Burst in Rx 49
รูปที่ 2.41 แสดงไดอะแกรมเวลาของ Direct Mode in Tx 50
รูปที่ 2.42 แสดงไดอะแกรมเวลาของ Direct Mode in Rx 50
รูปที่ 2.43 แสดงการรับข้อมูลสองช่องสัญญาณพร้อมกัน (Duo Receiver Mode) 51
รูปที่ 2.44 แสดงไดอะแกรมเวลาสำหรับ configuration ของ TRW 2.4GHz 56
รูปที่ 2.45 แสดงไดอะแกรมเวลาของ power down (VCC off) ไปยัง Standby Mode 57
รูปที่ 2.46 แสดงโหมด power down (VCC off) ไปยัง active mode 58
รูปที่ 3.1 สัญลักษณ์และชื่อขาใช้งานพื้นฐานของออปแอมป์ 59
รูปที่ 3.2 ลักษณะการทำงานของออปแอมป์แบบกลับทาง 60
รูปที่ 3.3 ลักษณะการทำงานของออปแอมป์แบบไม่กลับทาง 60
รูปที่ 3.4 วงจรออปแอมป์พื้นฐาน 61
รูปที่ 3.5 วงจรขยายแบบปรับอัตราการขยายได้ 62
รูปที่ 3.6 วงจรขยายสัญญาณ 63
รูปที่ 3.7 วงจรขยายสัญญาณที่ถูกปรับแต่งเพิ่มเติม 64
รูปที่ 3.8 วงจรขยายกำลังสัญญาณเสียง 64
รูปที่ 3.9 วงจรขยายผลรวม 65
รูปที่ 3.10 แสดงวงจรขยายผลรวมแบบ Inverting (Inverting Summing Amplifier) 66
รูปที่ 3.11 วงจรปรับแรงดัน (Voltage Regulator) จาก 9-12V เป็น +5V 66
รูปที่ 3.12 วงจรปรับแรงดัน (Voltage Regulator) จาก 9-12V เป็น +3.3V 67
รูปที่ 3.13 แสดงวงจรกลับระดับแรงดัน 67
รูปที่ 3.14 แสดงวงจรควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812 ในภาคส่ง 68
รูปที่ 3.15 แสดงวงจรควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812 ในภาครับ 69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.16 แสดงรูปร่างและการกำหนดชื่อเซกเมนต์ต่างๆของ LED ตัวเลข 7 ส่วน 70

รูปที่ 3.17 แสดงการจัดเรียงขาของ LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลัก หรือแบบตัวคู่ 70

รูปที่ 3.18 แสดงวงจรของสวิตซ์แบบเมตริกซ์หรือคีย์แพด 71

รูปที่ 3.19 แสดงการต่อวงจรรับค่าจากสวิตซ์เมตริกซ์แสดงผลบน LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลัก 72

รูปที่ 3.20 แสดงวงจรแสดงสถานะของนักเรียนบนแผงควบคุมทางอาจารย์ 73

รูปที่ 3.21 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ทางภาคส่ง 74

รูปที่ 3.22 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของTRW ทางภาคส่ง 75

รูปที่ 3.23 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ทางภาครับ 76

รูปที่ 3.24 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของ TRW ทางภาครับ 77

รูปที่ 3.25 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในการทดลองแปลงสัญญาณ 78

รูปที่ 3.26 โฟว์ชาร์ตการทดลองการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล
และแปลงกลับสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก 79

รูปที่ 3.27 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ด้านอาจารย์ในโหมด Broadcasting 80

รูปที่ 3.28 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ด้านนักเรียนโหมด Broadcasting 81

รูปที่ 3.29 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ด้านอาจารย์ในโหมด
INDIV: Individually 82

รูปที่ 3.30 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ด้านอาจารย์ในโหมด
Individually 83

รูปที่ 3.31 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ด้านนักเรียนคนที่ 1 ในโหมด
Individually 84

รูปที่ 3.32 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ด้านนักเรียนคนที่ 1ในโหมด
Individually 85

รูปที่ 3.33 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้านนักเรียนคนที่ 2ในโหมด
Individually 86

รูปที่ 3.34โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ด้านอาจารย์ในโหมด
INDIV- BROAD: Individually and Broadcasting 87

รูปที่ 3.35 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ด้านอาจารย์ในโหมด 88

รูปที่ 3.36 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ด้านนักเรียนคนที่ 1 ในโหมด
INDIV-BROAD: Individually and Broadcasting 89

รูปที่ 3.37โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ด้านนักเรียนคนที่ 1ในโหมด
INDIV-BROAD: Individually and Broadcasting 90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.38 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ด้านนักเรียนคนที่ 2ในโหมด INDIV-BROAD: Individually and Broadcasting 91

รูปที่ 3.39 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ด้านนักเรียนคนที่ 2ในโหมด INDIV-BROAD: Individually and Broadcasting 92

รูปที่ 3.40 โฟว์ชาร์ตโปรแกรมหลัก ของการอ่านค่าคีย์แพด เพื่อนำไปแสดงผลที่ LED ตัวเลข 7 หลัก 93

รูปที่ 3.41 โฟว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยของการอ่านค่าคีย์แพด 94

รูปที่ 3.42 โฟว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยของการอ่านค่าคีย์แพด แล้วส่งค่าออกทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม 95

รูปที่ 3.43 แสดงวงจรรวมฝั่งอาจารย์ 96

รูปที่ 3.44 แสดงวงจรรวมฝั่งนักเรียน 97

รูปที่ 4.1 สัญญาณเอาท์พุตจากวงจรแปลงแรงดันโดยไอซี 7805 99

รูปที่ 4.2 สัญญาณเอาท์พุตจากวงจรแปลงแรงดันโดยไอซี 78L33 99

รูปที่ 4.3 สัญญาณเอาท์พุตจากวงจรแปลงแรงดันโดยไอซี 78L33 100

รูปที่ 4.4 สัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากวงจรแปลงแรงดันบวกให้เป็นแรงดันลบ 101

รูปที่ 4.5 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DATA ของ TRWภาคส่ง 102

รูปที่ 4.6 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DATA ของ TRWภาครับ 102

รูปที่ 4.7 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DATA ขา TRWทั้งภาคส่งและภาครับ 103

รูปที่ 4.8 วงจรทดลองการแปลงสัญญาณ 104

รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่แปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอลจากการป้อนแรงดัน 106

รูปที่ 4.10 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางภาคส่ง 107

รูปที่ 4.11 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DATA ของ TRWภาคส่ง 108

รูปที่ 4.12 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DATA ของ TRWภาครับ 109

รูปที่ 4.13 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DATA ขา TRWทั้งภาคส่งและภาครับ 109

รูปที่ 4.14 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางภาครับ เมื่อป้อนสัญญาณไซน์เป็นอินพุต 110

รูปที่ 4.15 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางภาครับ เมื่อป้อนสัญญาณสามเหลี่ยม เป็นอินพุต 110

รูปที่ 4.16 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางภาครับ เมื่อป้อนสัญญาณฟันเลื่อยเป็นอินพุต 111

รูปที่ 4.17 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางภาครับ เมื่อป้อนสัญญาณสี่เหลี่ยมเป็นอินพุต 111

รูปที่ 4.18 สัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากขา 6 ของ LF 351 112

รูปที่ 4.19 สัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากขา 6 ของ LF 351หลังจากทำการต่อวงสัญญาณ 113

รูปที่ 4.20 สัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากขาของลำโพง 114

รูปที่ 4.21 วงจรทดลองวงจรขยายผลรวมแบบ Inverting 115

รูปที่ 4.22 แสดงผลจากการรวมสัญญาณไซน์ 2 ความถี่ 115

รูปที่ 4.23 แสดงผลจากการรวมสัญญาณไซน์ 2 ความถี่ 116

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.24 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณเอาต์พุตประกอบด้วยสัญญาณ 2 ความถี่ 116

รูปที่ 4.25 สัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากวงจร Audio power amplifier 117

รูปที่ 4.26 สัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากขาของลำโพง 118

รูปที่ 4.27 แสดงการต่อวงจรทดลองทางด้านอาจารย์ 119

รูปที่ 4.28 แสดงการต่อวงจรทดลองทางด้านนักเรียน 119

รูปที่ 4.29 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DATAของTRWทั้งทางด้านอาจารย์และทางด้านนักเรียนคนที่ 1 120

รูปที่ 4.30 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DATAของTRWทั้งทางด้านอาจารย์และทางด้านนักเรียนคนที่ 1 121

รูปที่ 4.31 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางด้านนักเรียนคนที่1 121

รูปที่ 4.32 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางด้านนักเรียนคนที่ 2 122

รูปที่ 4.33 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางด้านนักเรียนคนที่ 1 และคนที่ 2 122

รูปที่ 4.34 แสดงการต่อวงจรทดลองทางด้านอาจารย์ 124

รูปที่ 4.35 แสดงการต่อวงจรทดลองทางด้านนักเรียนทั้งสองคน 124

รูปที่ 4.36 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านนักเรียน คนที่ 1 125

รูปที่4.37 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2ทางด้านนักเรียนคนที่2 126

รูปที่ 4.38 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2ทางด้านนักเรียน 126

รูปที่ 4.39 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านอาจารย์ 127

รูปที่ 4.40 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านนักเรียนคนที่ 2 127

รูปที่ 4.41 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ของไมโครคอน โทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านอาจารย์ และทางด้านนักเรียน คนที่ 2 128

รูปที่ 4.42 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2ทางด้านนักเรียน คนที่ 1 129

รูปที่ 4.43 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ทางด้านนักเรียน คนที่ 2 130

รูปที่ 4.44 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2ทางด้านนักเรียน คนที่ 1 และขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ทางด้านนักเรียน คนที่ 2 130

รูปที่ 4.45 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านอาจารย์ 131

รูปที่ 4.46 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านนักเรียน คนที่ 2 131

รูปที่ 4. 47 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านอาจารย์ และทางด้านนักเรียน คนที่ 2 132

รูปที่ 4.48 แสดงชื่อของส่วนต่างๆ ของ LED ตัวเลข 7 ส่วน 133

รูปที่ 4.49 แสดงค่าที่ส่งออกพอร์ตอนุกรมเมื่อกด 2 134

รูปที่ 4.50 แสดงค่าที่ส่งออกพอร์ตอนุกรมเมื่อกด 02 135

รูปที่ 4.51 แสดงค่าที่ส่งออกพอร์ตอนุกรมเมื่อกด 59 135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงหน้าที่ของขาต่างๆของ ไมโครคอนโทรเลอร์ ADuC812	15 - 18
ตารางที่ 2.2 เป็นตารางแสดง memory map ของ SFR และรายละเอียดบนรีจีสเตอร์ SFR	21
ตารางที่ 2.3 ตารางแสดง ADC และ DAC---Control และConfiguration SFRs	21
ตารางที่ 2.4 ตารางแสดง 8051 Core, On-Chip Monitors และ Flash/EE Data Memory SFRs	22
ตารางที่ 2.5 ตารางแสดง Interrupt, Tier, SPI และ I^2C Control SFRs	22
ตารางที่ 2.6 แสดง Interrupt Vector Address	24
ตารางที่ 2.7 แสดง Interrupt Enable (IE) SFR Bit Designations	25
ตารางที่ 2.8 แสดง IE2 – (Interrupt Enable 2 SFR)	26
ตารางที่ 2.9 แสดง Interrupt Priority (IP) SFR Bit Designations	27
ตารางที่ 2.10 แสดงการใช้งานรีจิสเตอร์ ADCCON1	29 - 30
ตารางที่ 2.11 แสดงการใช้งานรีจิสเตอร์ ADCCON2	31 - 32
ตารางที่ 2.12 แสดงการใช้งานรีจิสเตอร์ ADCCON3	33
ตารางที่ 2.13 แสดงการใช้งานรีจิสเตอร์ DACCON	35 - 36
ตารางที่ 2.14 แสดงขาของTRW2.4GHz และ รายละเอียด	43
ตารางที่ 2.15 แสดงรายละเอียดของตำแหน่งบิตภายในตัวโมดูลความถี่วิทยุ	52
ตารางที่ 2.16 แสดงตำแหน่งบิตของช่องสัญญาณความถี่และโหมดการทำงาน	53
ตารางที่ 2.17 แสดงตัวอย่างการกำหนดค่าให้กับตัวส่ง ความถี่ 2410 MHz	53
ตารางที่ 2.18 แสดงตัวอย่างการกำหนดค่าให้กับตัวรับ ความถี่ 2410 MHz	53
ตารางที่ 2.19 แสดงการกำหนดค่ากำลังงานของภาคส่ง	53
ตารางที่ 2.20 แสดงการกำหนดค่าสถานะของตำแหน่งบิต ที่ 10 ถึง 12	54
ตารางที่ 2.21 แสดงตารางการกำหนดค่า ADDR_W	54
ตารางที่ 2.22 แสดงตัวอย่างการกำหนดแอดเดรส ของตัวรับในช่องรับสัญญาณที่ 1	55
ตารางที่ 2.23 ตารางแสดงจำนวนความกว้างของบิตของข้อมูลในช่องสัญญาณที่ 1	55
ตารางที่ 2.24 ตารางแสดงจำนวนความกว้างของบิตของข้อมูลในช่องสัญญาณที่ 2	55
ตารางที่ 2.25 ตารางแสดงการกำหนดค่าให้กับบิตที่ 120 – 143	56
ตารางที่ 4.1 แสดงผลแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอลจากการป้อนแรงดัน	105
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองการกดค่าหมายเลขต่างๆบนสวิตซ์เมตริกขนาด 4*3	133

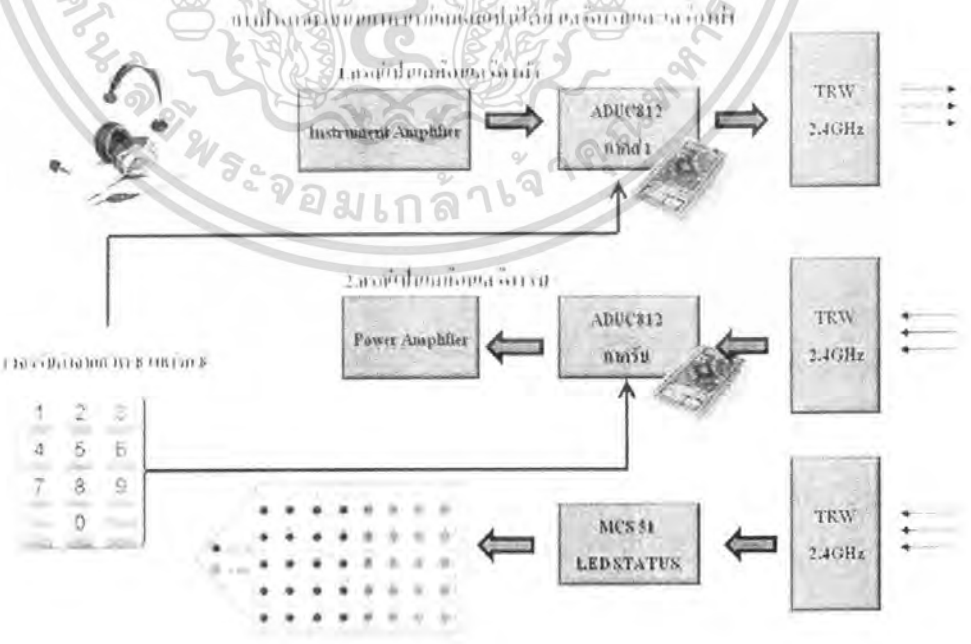
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

ปัจจุบันมนุษย์มีความต้องการความสะดวกสบายในทุกๆด้านมากขึ้น จึงได้มีการคิดค้น และพัฒนาทางเทคโนโลยี ต่างๆมากมาย ผลิตภัณฑ์หลายชนิดถูกออกแบบให้มีการติดตั้งสะดวกและพกพาง่ายยิ่งขึ้นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ หนึ่งในนั้นคือการคิดค้นและพัฒนาระบบสื่อสารไร้สาย (Wireless Communication)

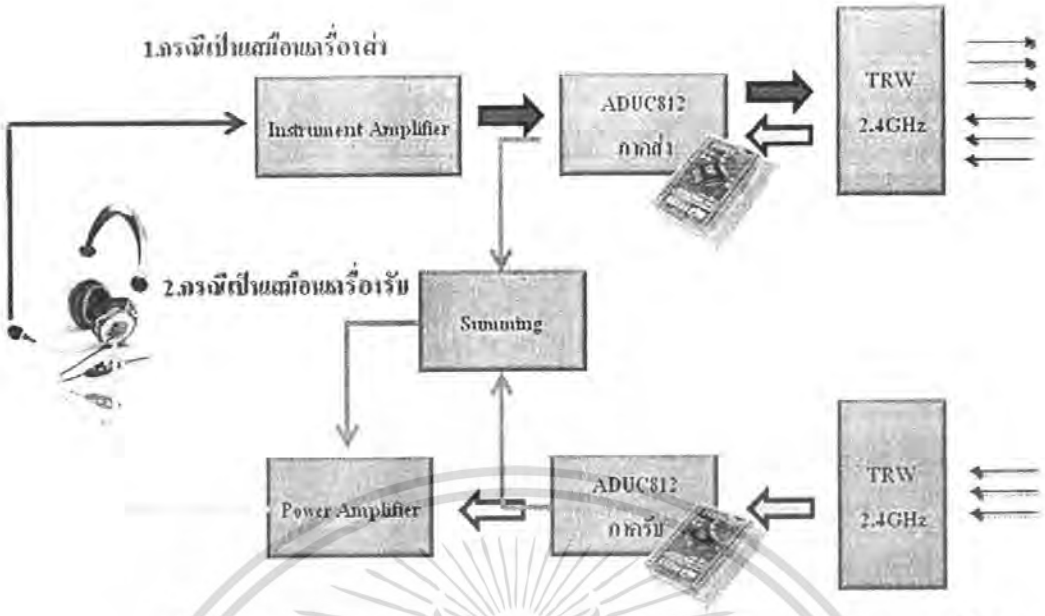
สำหรับโครงงานนี้จะนำเสนอเรื่องระบบปฏิบัติการทางภาษาแบบไร้สาย (Wireless sound lab system) เพื่อตอบสนองความต้องการในความสะดวกสบายในการติดตั้งและพกพา สามารถทำให้ทุกห้องเรียนสามารถเป็นห้องปฏิบัติการทางภาษาได้โดยง่าย และราคาถูก ในการสื่อสารไร้สายนั้นเราจะใช้อากาศเป็นตัวกลางในการรับส่งสัญญาณคลื่นพาห์และในการส่งผ่านข้อมูลนั้นเราจะต้องมีการเข้ารหัสสัญญาณที่ต้องการจะส่งก่อนเพื่อลดการผิดพลาดของข้อมูลและต้องทำการมอดูเลตกับคลื่นพาห์เสียก่อน ซึ่งเราจะใช้โมดูลTRW2.4GHz เป็นตัวช่วยในการส่งและรับสัญญาณ โดยอาศัยคลื่นความถี่วิทยุเป็นคลื่นพาห์ ซึ่งตัวโมดูลนี้สามารถรับและส่งข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ฝั่งรับจะนำสัญญาณจากโมดูลคลื่นความถี่วิทยุมาประมวลผลและสั่งงานต่อไป

ในโครงงานนี้ได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812 ไมโครคอนโทรลเลอร์ของบริษัท Analog Devices โดยไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นี้ได้บรรจุเอาคุณสมบัติพิเศษมากมายทั้ง A/D, D/A, EEPROM, I^2C , Watchdog Timer เอาไว้ภายในด้วย ทำให้มีประสิทธิภาพสูงและใช้งานได้สะดวกมากขึ้นมาใช้โดยบล็อกไดอะแกรมของโครงงานแสดงดังรูปที่ 1.1 และ 1.2



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมทางฝั่งอาจารย์ผู้สอนของระบบปฏิบัติการทางภาษาแบบไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.2 บล็อกไดอะแกรมทางฝั่งนักเรียนของระบบปฏิบัติการทางภาษาแบบไร้สาย

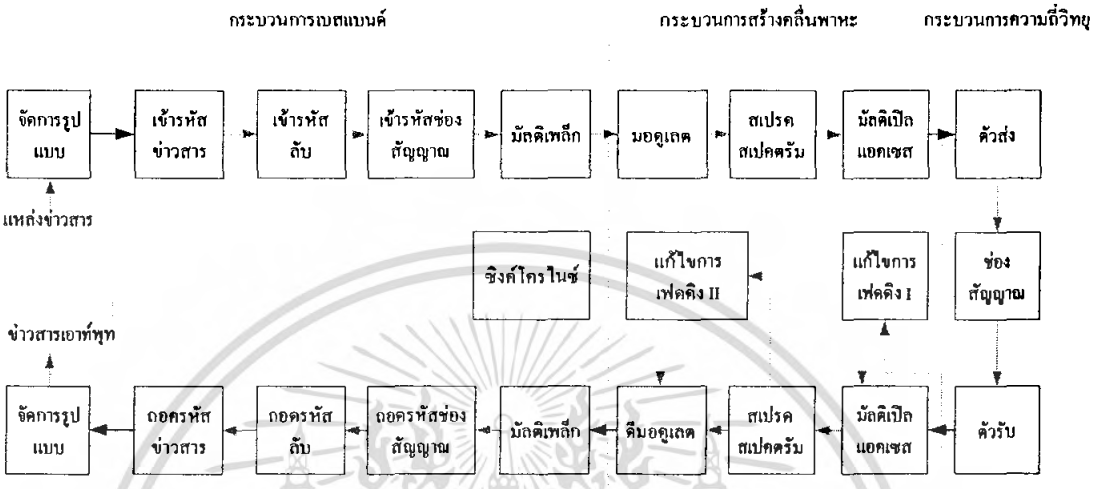
จากรูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมของทางฝั่งอาจารย์ผู้สอนของระบบปฏิบัติการทางภาษาแบบไร้สาย ซึ่งในฝั่งของอาจารย์ผู้สอนนั้นสามารถมีสถานะได้ทั้งเป็นเครื่องรับและเครื่องส่ง ในส่วนนี้ประกอบด้วยคอนโทรลเลอร์ทั้งหมด 4 ตัวด้วยกัน คือ 1.ADuC812 ที่ทำหน้าที่เป็นเสมือนเครื่องส่งคือรับสัญญาณเสียงที่ออกจากไมโครโฟนแล้วผ่านวงจรขยาย Instrument Amplifier มาทำการเข้ารหัสข้อมูลและแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อส่งออกโดย TRW 2.4GHz 2.ADuC812 ที่ทำหน้าที่เป็นเสมือนเครื่องรับ ตัว TRW 2.4GHz จะทำการแยกคลื่นพาห์ออกจากสัญญาณ แล้วเข้าไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812 เพื่อทำการถอดรหัสข้อมูล และแปลงดิจิตอลเป็นอนาล็อกกลับคืนเป็นข้อมูลเสียง หลังจากนั้นนำไปผ่านวงจร Audio Power Amplifier เพื่อขยายกำลังสัญญาณเสียงให้เหมาะสมแล้วส่งออกไปยังหูฟัง 3.MCS51ทำหน้าที่ในการรับค่าจากสวิตช์เมตริกซ์ แล้วแสดงผลการกดสวิตช์เมตริกซ์ออกทาง LED 7 ส่วน พร้อมทั้งส่งค่านี้เพื่อใช้ในการเรียกแอดเดรสของนักเรียน และ 4.MCS51 ที่ทำหน้าที่ควบคุมการแสดงผลสถานะของนักเรียนบนแผงควบคุมของอาจารย์

จากรูปที่ 1.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมทางฝั่งนักเรียนของระบบปฏิบัติการทางภาษาแบบไร้สาย การทำงานของทางฝั่งนักเรียนนั้นจะคล้ายกับการทำงานทางฝั่งของอาจารย์ผู้สอน แต่กรณีที่อยู่ในโหมด INDIV-BROAD: Individually and broadcasting นั้นตัวคอนโทรลเลอร์ทั้ง 2 ตัวของฝั่งนักเรียนจะทำหน้าที่เป็นตัวรับทั้งคู่ คือตัวที่หนึ่งเป็นตัวที่รับเสียงมาจากของทางฝั่งอาจารย์ และตัวที่สองเป็นตัวที่ได้รับเสียงมาจากนักเรียนอีกคนที่กำลังติดต่อกับอาจารย์อยู่ จึงจำเป็นต้องมีวงจรรวมสัญญาณเพื่อรวมทั้ง 2 สัญญาณเสียงเข้าด้วยกันแล้วจึงนำไปเข้าลำโพงหรือหูฟังตัวเดียวกันนั่นเอง ซึ่งการทำงานทางฝั่งของนักเรียนนั้นทำได้แค่เพียงร้องเรียกขอการติดต่อจากอาจารย์ผู้สอน ซึ่งการที่จะได้ติดต่อหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับทางอาจารย์ผู้สอนเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

คุณลักษณะของระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ภาคพื้นดิน (Land mobile communication)



รูปที่ 2.1 พื้นฐานของระบบรับ ส่งที่ใช้ความถี่วิทยุ

การใช้งานสื่อสารไร้สายจะมีหลายประเภทเช่น คลื่น AM, FM, โทรทัศน์, 3G ไร้สายบรอดแบนด์ โทรศัพท์ดิจิตอลเซลลูล่า, Satellite Digital Radio และคลื่นความถี่สาธารณะ จะมีสเปคตรัมของคลื่นวิทยุช่วงความถี่ระหว่าง30 MHz – 30GHz

พื้นฐานการส่งสัญญาณวิทยุระบบสื่อสารเคลื่อนที่ภาคพื้นดิน สิ่งสำคัญที่ใช้ในการส่งคลื่นวิทยุคือส่วนมอดูเลตและดีมอดูเลตของเครื่องส่งและเครื่องรับ สำหรับระบบสื่อสารดิจิตอลประกอบด้วยการสร้างบล็อกที่มีรูปแบบ (Format) เพื่อแปลงข่าวสารอนาล็อกให้เป็นรหัสข่าวสารดิจิตอล รวมทั้งต้องมีการซิงโครไนซ์ (synchronize) กับฟังก์ชั่นอื่นๆของบล็อก ซึ่งจะขึ้นอยู่กับระบบนั้นๆ การซิงค์โครไนซ์จำเป็นสำหรับสัญญาณแคเรียร์ สัญลักษณ์ (symbol) และเฟรมรหัสข้อมูลของเครื่องส่งและเครื่องรับ จะแบ่งฟังก์ชันในกระบวนการเป็นบล็อกเบสแบนด์ (base band processing) ที่ทำงานในลักษณะ bit stream การประมวลผลบล็อกแคเรียร์ ที่ทำการมอดูเลตดิจิตอล และบล็อกความถี่วิทยุเครื่องรับ - เครื่องส่ง และสายอากาศ

บล็อกกระบวนการเบสแบนด์ จะรวมการเข้ารหัส-ถอดรหัสของแหล่งกำเนิด (Source) การเข้ารหัส-ถอดรหัสลับ (encryption and decryption) การเข้ารหัส-ถอดรหัสช่องสัญญาณ การมัลติเพล็กซ์และ ดีมัลติเพล็กซ์ รูปแบบของบล็อกประกอบด้วยการสร้างรูปแบบข่าวสาร ที่เป็นตัวอักษรและคำพูด การแปลงข่าวสารอนาล็อกให้เป็นรูปแบบดิจิตอล และการแปลงกลับเป็นอนาล็อก เช่น PCM (Pulse Code Modulation) การเข้ารหัส-ถอดรหัสแหล่งกำเนิด รวมทั้งการบีบอัดข้อมูล การเข้ารหัส- ถอดรหัสลับเพื่อความปลอดภัยของข้อมูล การเข้ารหัสถอดรหัสช่องสัญญาณ ซึ่งประกอบด้วยการเข้ารหัสเพื่อแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

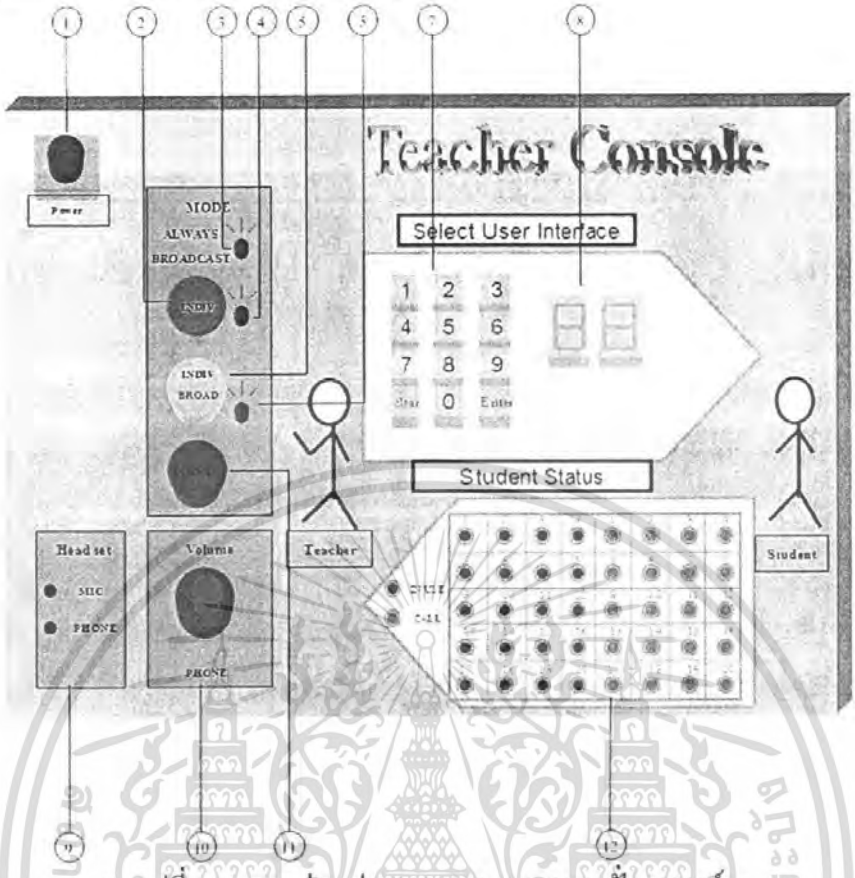
ความผิดพลาด (error collection) รวมทั้งการมัลติเพล็กซ์และดีมัลติเพล็กซ์เพื่อรวมและแบ่งช่องสัญญาณเพื่อให้หลายๆผู้ใช้ ได้ใช้งานร่วมกัน

บล็อกกระบวนการในการสร้างคลื่นพาหะจะทำโดย มอดูเลตสัญญาณข่าวสารเข้ากับสัญญาณพาหะเพื่อแปลงลำดับบิตของข้อมูลให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอลแล้วจึงนำสัญญาณนี้มาทำการส่งแบบสเปรดสเปคตัมเพื่อลดการเกิดอินเตอร์เฟอร์เรนท์จากช่องสัญญาณ โดยการเข้าใช้งานช่องสัญญาณนั้นจะเป็นแบบมัลติเปิลแอคเซส เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้เข้าใช้งาน เมื่อเกิดความต้องการใช้งานพร้อมๆ กัน ที่ด้านรับจะมีกลไกแก้ไขการเกิดเฟดดิงที่เรียกว่า ไดเวอร์ซิตี้ และอิควอไลเซอร์แบบปรับตัวได้ (adaptive equalization) สุดท้ายเป็นบล็อก กระบวนการความถี่วิทยุ ประกอบด้วยตัวรับ-ตัวส่ง และสายอากาศ

และในโครงงานนี้ได้นำโมดูลTRW2.4GHz ซึ่งมีการทำงานในย่านความถี่สาธารณะคือ2.4 – 2.5 GHz เป็นตัวช่วยในการส่งและรับสัญญาณ ซึ่งตัวโมดูลนี้สามารถรับและส่งข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ตัวโมดูลมีขนาดเล็กบางและยังมีเสาอากาศอยู่ภายในตัวโมดูล ทำให้เราสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานกับอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์อื่นๆ ได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนประกอบของแผงควบคุมทางฝั่งด้านอาจารย์ผู้สอน



รูปที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบของแผงควบคุมฝั่งอาจารย์

1. Power : สวิตช์เปิดปิด
2. INDIV : Individually เป็นโหมดการทำงานแบบ Peer to Peer หรือ ตัวต่อตัว คืออาจารย์และนักเรียนสามารถ คุยโต้ตอบกันได้2 คนโดยที่คนอื่นไม่สามารถที่จะรับฟังได้
3. หลอด LED แสดงสถานะขณะใช้งานในโหมด Broadcasting
4. หลอด LED แสดงสถานะขณะใช้งานในโหมด INDIV: Individually
5. INDIV-BROAD: Individually and Broadcasting เป็นโหมดการทำงานแบบ Peer to Peer หรือ ตัวต่อตัวคือ อาจารย์และนักเรียน สามารถคุยโต้ตอบกันได้2 คนแต่คนอื่นสามารถรับฟังได้
6. หลอด LED แสดงสถานะขณะใช้งานในโหมด INDIV-BROAD: Individually and Broadcasting
7. สวิตช์เมตริกซ์ สำหรับเลือกนักเรียนที่ต้องการจะติดต่อ
8. LED แสดงผลตัวเลข 7 ส่วน 2 หลัก เพื่อแสดงการกดของสวิตช์เมตริกซ์
9. Headset: ช่องเชื่อมต่อไมโครโฟนและหูฟัง
10. ปุ่มปรับระดับเสียง
11. CONNECT: ปุ่มที่ใช้กดเพื่อเริ่มการติดต่อ
12. LED แสดงสถานะของนักเรียนแต่ละคน

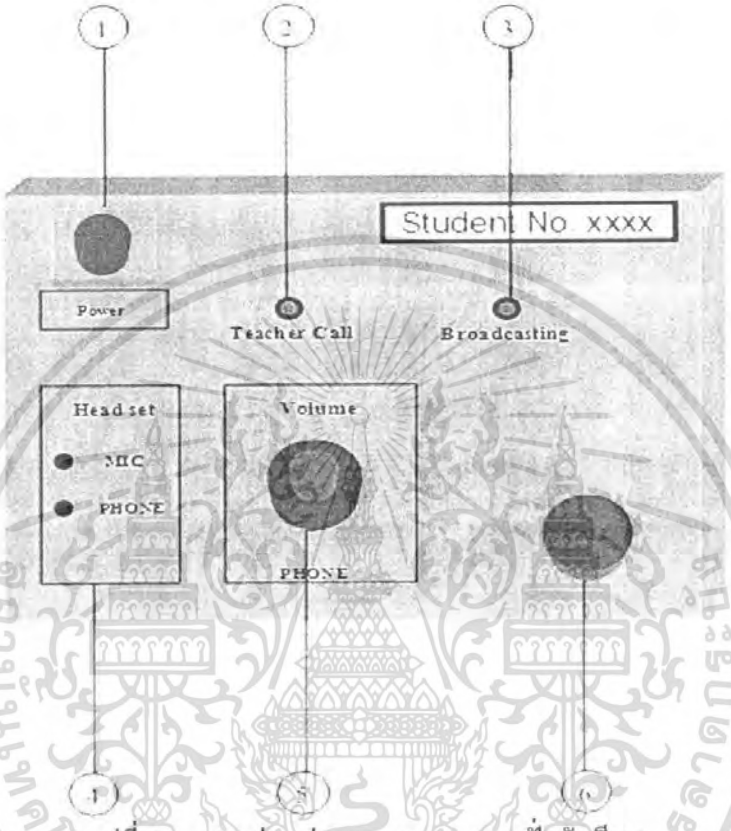
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีแดง: IN USE แสดงสถานะของนักเรียนที่อยู่ในโหมด INDIV หรือโหมด INDIV-BROAD

สีเขียว: CALL แสดงสถานะของนักเรียนที่เรียกร้องขอการติดต่อจากอาจารย์

หมายเหตุ : โหมดการทำงานปกติจะอยู่ในฟังก์ชั่น Broadcasting ซึ่งไม่จำเป็นต้องกดปุ่มฟังก์ชั่นใด

<u>ส่วนประกอบของแผงด้านนักเรียน</u>

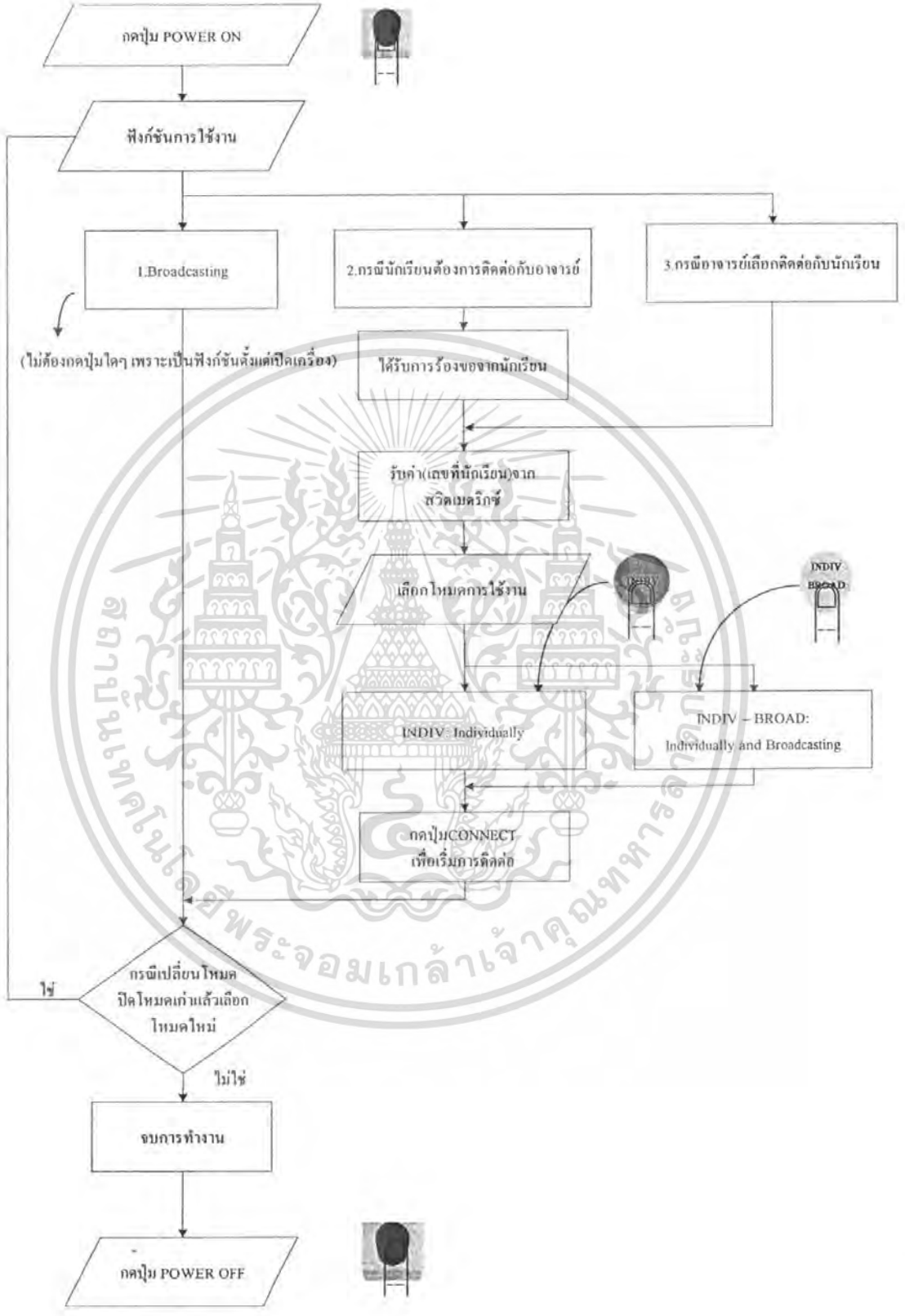


รูปที่ 2.3 แสดงส่วนประกอบของแผงทางฝั่งนักเรียน

1. Power : สวิตช์เปิดปิด
2. Teacher Call: LED แสดงสถานะขณะที่อาจารย์ต้องการติดต่อ
3. LEDแสดงสถานะฟังก์ชัน Broadcasting
4. Headset: ช่องเชื่อมต่อไมโครโฟนและหูฟัง
5. ปุ่มปรับระดับเสียง
6. CALL: ปุ่มกดเรียกร้องขอการติดต่อจากอาจารย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

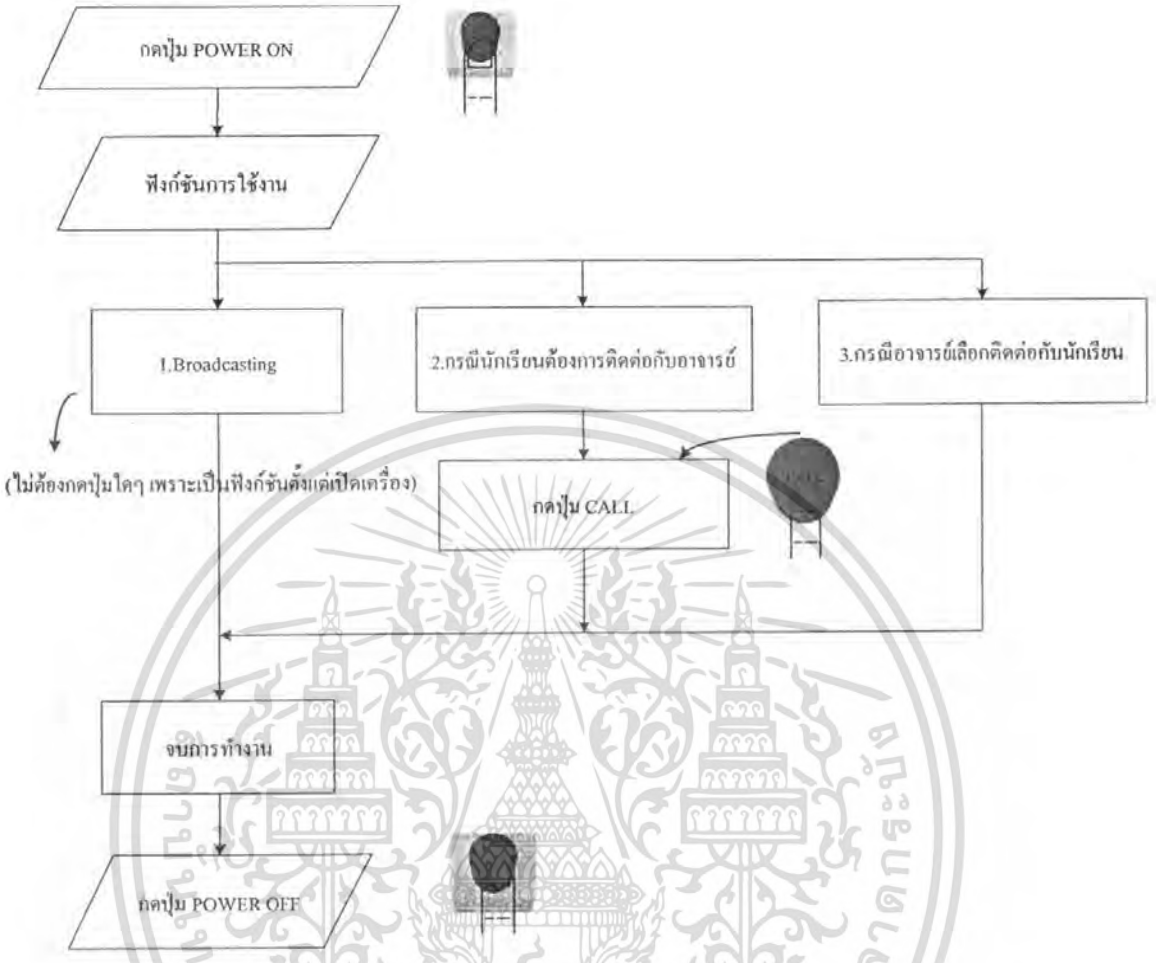
วิธีการใช้งานของแผงควบคุมทางฝั่งอาจารย์ผู้สอน



รูปที่ 2.4 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของแผงควบคุมของอาจารย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการใช้งานของทางฝั่งนักเรียน

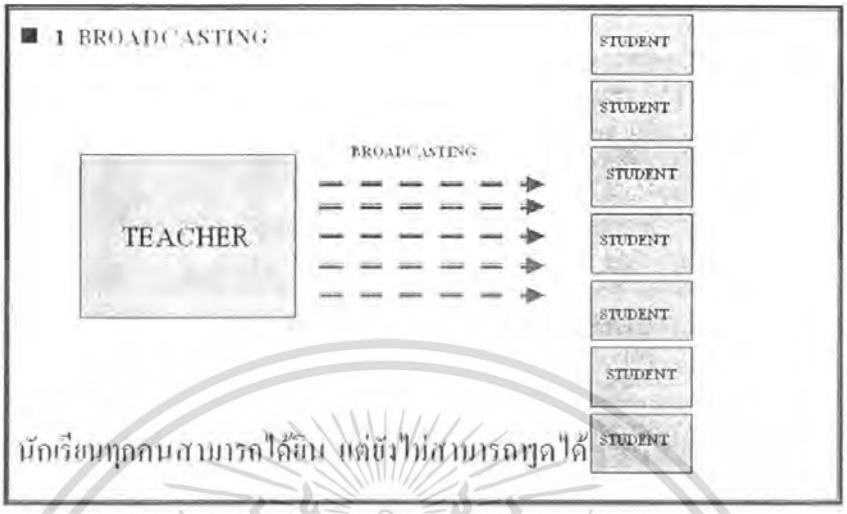


รูปที่ 2.5 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของทางฝั่งนักเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชั่นการทำงานมีทั้งหมด 3 ฟังก์ชั่นดังนี้

1. ฟังก์ชั่น Broadcasting



รูปที่ 2.6 แสดงฟังก์ชั่น Broadcasting

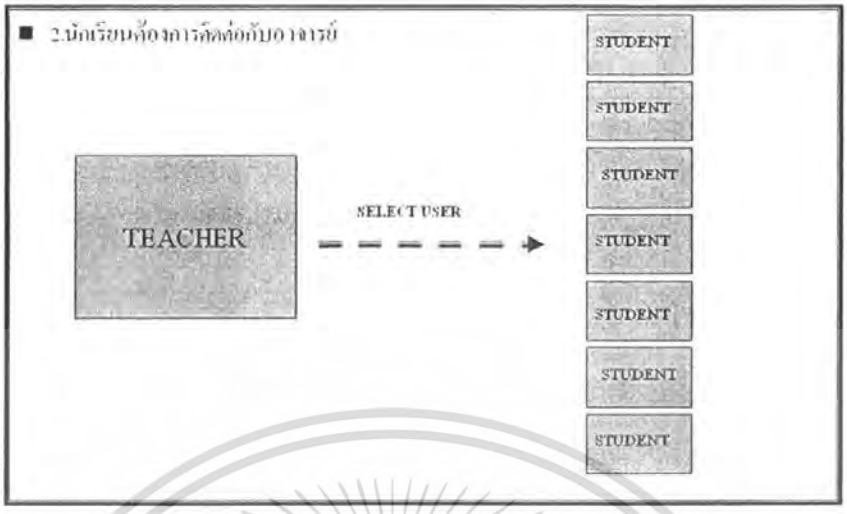
ฟังก์ชั่น Broadcasting จะเป็นการกระจายเสียงของทางฝั่งอาจารย์ผู้สอน นักเรียนทุกคนจะได้ยิน แต่ยังไม่สามารถจะโต้ตอบได้

การทำงานในฟังก์ชั่น Broadcasting

1. กดสวิตช์ POWER เพื่อเปิดเครื่องทั้งทางอาจารย์และนักเรียน
2. หลังจากเปิดเครื่อง โหมดปกติจะเป็น Broadcasting ไม่จำเป็นต้องกดปุ่มใดๆ
3. กดสวิตช์ POWER เพื่อปิดเครื่องหลังจากใช้งานเสร็จ

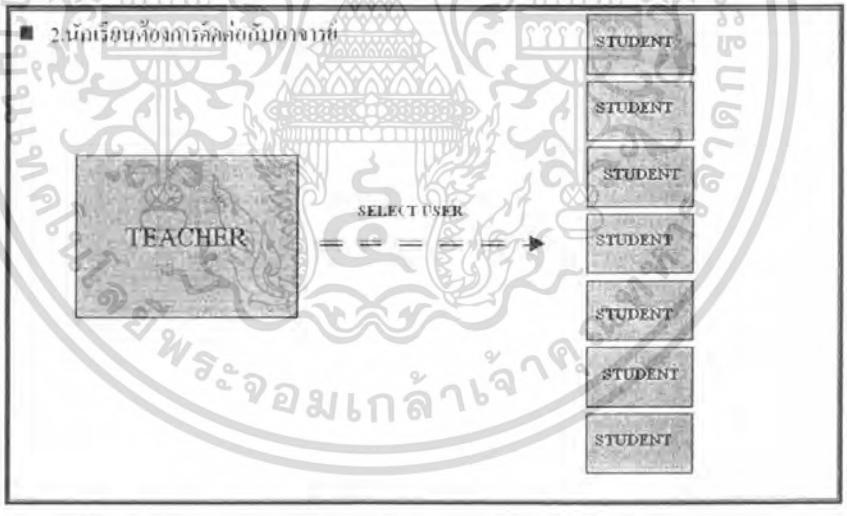
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กรณีนักเรียนต้องการติดต่อกับอาจารย์



รูปที่ 2.7(ก) แสดงกรณีที่นักเรียนส่งคำขอในการพูด

ในกรณีที่นักเรียนต้องการจะสื่อสารกับอาจารย์ผู้สอน สามารถส่งคำขอไปยังอาจารย์ผู้สอนได้



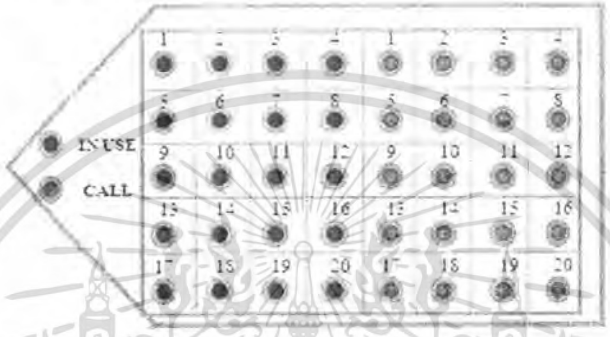
รูปที่ 2.7 (ข) แสดงกรณีที่อาจารย์ผู้สอนอนุญาตให้นักเรียนพูด

จากรูปที่ 2.7 (ข) หลังจากนักเรียนส่งคำขอไปยังอาจารย์ผู้สอน อาจารย์ผู้สอนจะทำการเลือกนักเรียนผู้ที่ทำการร้องขอ เพื่อเปิดโอกาสให้พูดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

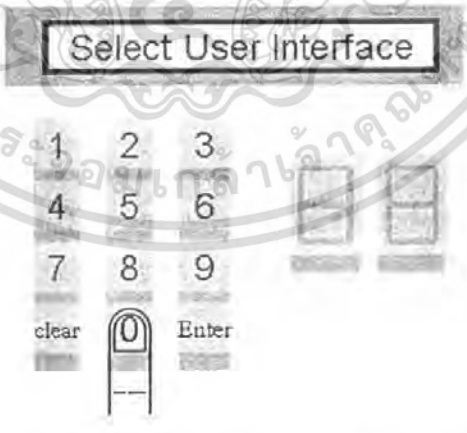
การทำงานในฟังก์ชั่นที่นักเรียนต้องการติดต่อกับอาจารย์

1. กดสวิตช์ POWER เพื่อเปิดเครื่องทั้งทางอาจารย์และนักเรียน
2. หลังจากเปิดเครื่อง โหมดปกติจะเป็น Broadcasting ไม่จำเป็นต้องกดปุ่มใดๆ
3. เมื่อนักเรียนต้องการติดต่ออาจารย์ สามารถ กดปุ่ม CALL เพื่อเรียกร้องการติดต่อไปยังอาจารย์
4. ทางแผงควบคุมของอาจารย์ จะมี LED แสดงสถานะของนักเรียนซึ่งจะขึ้นLED สีเขียวแสดงว่า นักเรียนเลขที่นั้นๆ ร้องขอการติดต่อมา เช่น ถ้านักเรียน เลขที่ 1 ทำการร้องขอโดยกดปุ่ม CALL เข้ามา LED สีเขียว หมายเลข 1 จะสว่างขึ้น



รูปที่ 2.8 แสดงส่วนแสดงสถานะของนักเรียนบนแผงควบคุมของทางอาจารย์

5. ถ้าอาจารย์ต้องการติดต่อกับนักเรียนคนที่ร้องขอนั้น ก็จะทำการกดรหัส หรือเลขที่ของนักเรียนคนที่ต้องการจะติดต่อ บนสวิตเมตริกซ์ เช่น ถ้านักเรียน เลขที่ 1 ทำการร้องขอโดยกดปุ่ม CALL เข้ามา ให้กด 1 หรือ 01 แล้ว Enter กรณี กดผิดต้องการแก้ไขกดปุ่ม Clear



รูปที่ 2.9 แสดงส่วนของสวิตเมตริกซ์ และ LED 7 ส่วน 2 หลัก

6. หลังจากนั้นทำการเลือกโหมดการติดต่อว่า จะให้เป็นโหมด INDIV: Individually คือ คุยกันได้เพียง 2 คน ระหว่างอาจารย์กับนักเรียนคนนั้นไม่มีใครสามารถรับฟังได้ หรือ โหมด INDIV-BROAD: Individually and Broadcasting คุยกันได้เพียง 2 คน ระหว่างอาจารย์กับ

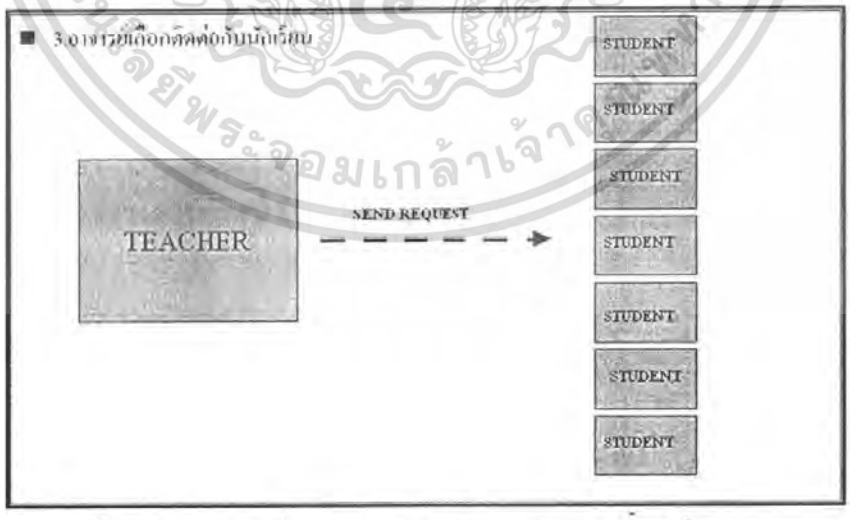
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นักเรียนคนนั้นแต่นักเรียนคนอื่นๆสามารถรับฟังได้ แล้วจึงกดปุ่ม Connect เพื่อเริ่มการติดต่อ หลังจากทำการติดต่อกันได้แล้ว LED แสดงสถานะของนักเรียนที่อยู่บนแผงควบคุมฝั่งอาจารย์ผู้สอนจะขึ้นLED สีแดง(IN USE) ซึ่งแสดงว่านักเรียนคนนั้นยังคงติดต่อกับอาจารย์อยู่

รูปที่ 2.10 แสดงส่วนของสวิตซ์เลือกโหมดการใช้งาน และ ปุ่ม CONNECT

7. กรณีที่จะเปลี่ยนโหมดการทำงานให้ทำการปิดโหมดนั้นเสียก่อน แล้วจึงทำตามขั้นตอน ที่ 5 และ 6 อีกครั้ง
8. เมื่อสิ้นสุดการทำงาน กดปุ่ม POWER เพื่อปิดการทำงานของทั้งฝั่งอาจารย์และนักเรียน

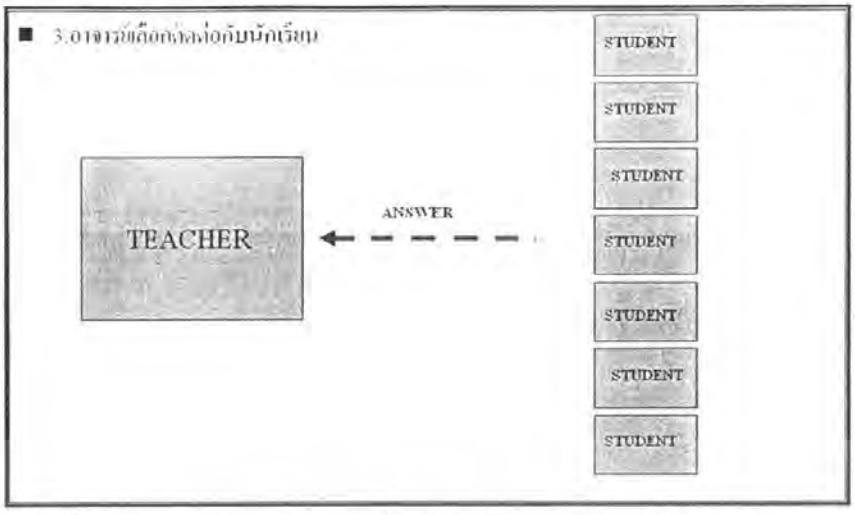
3. <u>กรณีอาจารย์เลือกติดต่อกับนักเรียน</u>



รูปที่ 2.11 แสดงกรณีที่อาจารย์ผู้สอนต้องการเลือกนักเรียนที่จะพูด

จากรูปที่ 2.11 แสดงกรณีที่อาจารย์ผู้สอนต้องการสื่อสารกับนักเรียนคนใดคนหนึ่ง อาจารย์ผู้สอนสามารถเลือกติดต่อกับนักเรียนคนนั้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 รูปแสดงกรณีนักเรียนที่ถูกเลือกสื่อสารกับอาจารย์ผู้สอน

หลังจากอาจารย์ผู้สอนเลือกที่จะสื่อสารกับนักเรียนแล้ว นักเรียนคนนั้นก็สามารถตอบกลับได้ทันที

การทำงานในฟังก์ชั่นที่อาจารย์เลือกที่จะติดต่อกับนักเรียน

1. กดสวิตช์ POWER เพื่อเปิดเครื่องทั้งทางอาจารย์และนักเรียน
2. หลังจากเปิดเครื่อง โหมดปกติจะเป็น Broadcasting ไม่จำเป็นต้องกดปุ่มใดๆ
3. เมื่ออาจารย์ต้องการติดต่อกับนักเรียนสามารถทำตามขั้นตอนที่ 5 – 7 ที่กล่าวไว้ข้างต้นในฟังก์ชันที่นักเรียนต้องการติดต่อกับอาจารย์ ได้เลย
4. เมื่อสิ้นสุดการทำงาน กดปุ่ม POWER เพื่อปิดการทำงานของทั้งฝั่งอาจารย์และนักเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

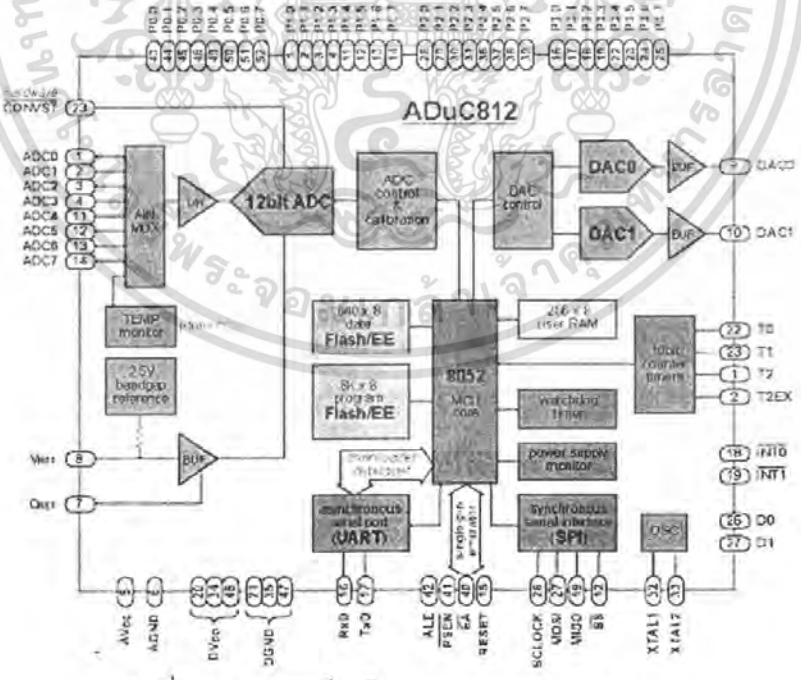
ระบบปฏิบัติการทางภาษาแบบไร้สาย (Wireless sound lab system) นี้ ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ AduC812 ของบริษัท Analog Device ซึ่งเป็นรุ่น ไมโครคอนเวอเตอร์มัลติแชนเนล 12 บิต ADC พร้อมกับหน่วยความจำแฟลช์ (MicroCovert Multi channel 12 bit ADC with Embedded Flash MCU) โดยไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นี้ได้บรรจุเอาคุณสมบัติพิเศษมากมายทั้ง A/D, D/A, EEPROM, I^2C, Watchdog Timer เอาไว้ภายในด้วย ทำให้มีประสิทธิภาพสูงและใช้งานได้สะดวกมากขึ้น

2.1. คุณสมบัติของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ AduC812

โครงสร้างหลักของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller core) จะเหมือนกับ 8051 ดังนั้นผู้ใช้จะสามารถใช้ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 ได้ทั้งหมด

2.1.1 คุณสมบัติทางเทคนิค

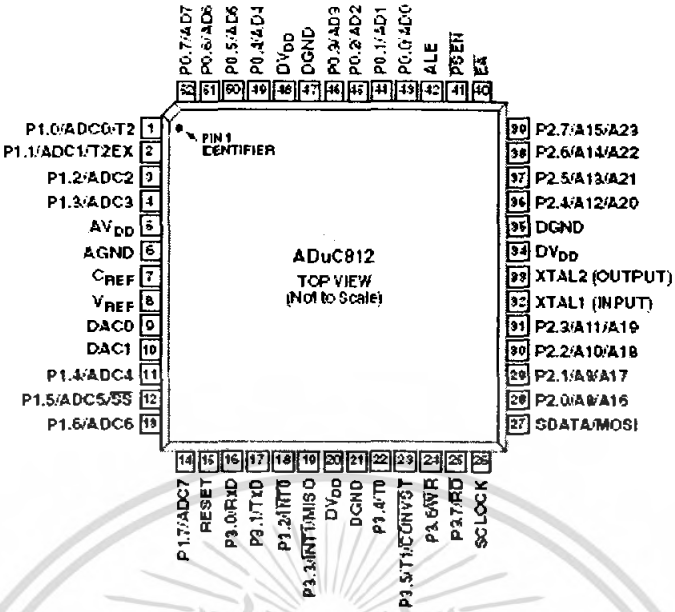
- Analog Devices เบอร์ ADuC812 ทำงานที่ความถี่ 11.059 MHz
- วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลความเร็วสูงขนาด 12 บิต 8 ช่อง
- วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อกขนาด 12 บิต 2 ช่อง
- วงจรตรวจจับอุณหภูมิภายในตัวไอซี
- หน่วยความจำโปรแกรมขนาด 8 กิโลไบต์
- หน่วยความจำข้อมูลขนาด 256 ไบต์
- หน่วยความจำข้อมูลเขียนอ่านด้วยไฟฟ้าขนาด 640 ไบต์
- สนับสนุนระบบประหยัดพลังงาน



รูปที่ 2.13 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ ADuC812

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 การจัดตำแหน่งขาของ ADuC812



รูปที่ 2.14 รูปลักษณะการวางขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812

ตารางที่ 2.1 แสดงหน้าที่ของขาต่างๆของ ไมโครคอนโทรเลอร์ ADuC812

ขา	ประเภท	คำอธิบาย
DV_{DD}	P	ขาจ่ายไฟ Supply แรงดัน +3 V หรือ +5 V สำหรับสัญญาณดิจิตอล
AV_{DD}	P	ขาจ่ายไฟ Supply แรงดัน +3 V หรือ +5 V สำหรับสัญญาณอนาล็อก
C_{REF}	I	ขาลดการเชื่อมต่อบนชิพ จะทำการเชื่อมขากับ C 0.1uF และขา AGND
V_{REF}	I/O	เปรียบเทียบ Input/Output. ขานี้จะทำการเชื่อมต่อกับจุดอ้างอิงภายใน ผ่านตัวต้านทานอนุกรม และเป็นแหล่งกำเนิดอ้างอิงสำหรับตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล ซึ่งแรงดันอ้างอิงภายในนี้มีขนาดเท่ากับ 2.5V และจะแสดงที่ขานี้ (เมื่อADC หรือ DAC ถูก Enable จากภายนอก) ขานี้สามารถใช้งานโดยจุดอ้างอิงภายนอกได้
AGND	G	Analog Ground เป็นจุดGND อ้างอิงสำหรับส่วนของอนาล็อก
P1.0–P1.7	I	Port 1 นี้รับสัญญาณInput 8-bit เท่านั้นซึ่งไม่เหมือนกับ Port อื่นๆ Port 1 จะไม่รับสัญญาณ Analog input แต่ จะใช้สัญญาณ Digital input ในการตั้งค่าต่างๆของ port นี้ ,ให้สั่ง "0" ไปที่ portนี้ , Port 1นี้ใช้งานได้หลายฟังก์ชันและใช้งานร่วมกับหน้าที่ต่างๆต่อไปนี้
ADC0–ADC7	I	ขารับสัญญาณอนาล็อก 8 ขา สามารถเลือกใช้ผ่านทางADCCON2 SFR.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงหน้าที่ของขาต่างๆของ ไมโครคอนโทรเลอร์ ADuC812(ต่อ)

ขา	ประเภท	คำอธิบาย
T2	I	รับสัญญาณอินพุต สำหรับ Timer/Counter2 เมื่อใช้งานขานี้ Counter2 จะมีจำนวนเพิ่มขึ้นโดยตอบสนองกับ 1 และ 0 ที่ส่งผ่านมาทาง T2
T2EX	I	ดิจิตอลอินพุตตรวจจับและกระตุ้นสัญญาณสำหรับ Counter2 และยังเป็นส่วนเลือกฟังก์ชันสำหรับควบคุมการนับขึ้น-ลง สำหรับCounter2 ด้วย
$\overline{SS}$	I	Slave เลือก input สำหรับ SPI interface
SDATA	I/O	ผู้ใช้สามารถเลือกขา I^2C-Compatible Input/Output หรือขาSPI Data Input/Output
SCLOCK	I/O	ขา Serial Clock สำหรับ I^2C-Compatible หรือ SPI serial interface clock.
MOSI	I/O	ขา Input และ Output ของข้อมูลโดย เป็นMaster Output และSlave Input ของ SPI interface.
MISO	I/O	ขา Input และ Output ของข้อมูลโดย เป็นMaster Input และSlave Output ของ SPI Serial Interface.
DAC0	O	Voltage Output จาก DAC0.
DAC1	O	Voltage Output จาก DAC1.
RESET	I	Digital Input. แรงดันไฟสูงบนขานี้มีค่า 24 master clock cycles ขณะที่ทำการ reset อุปกรณ์.
P3.0–P3.7	I/O	Port 3 นี้เป็น Port 2 ทิศทางโดยต่อ pull-up กับตัวต้านทาน ขาของPort3 นี้จะมี 1 วินาทีของสถานะสูงที่ถูกกำหนดโดยการต่อ pull-up กับตัวต้านทาน และในสถานะนี้จะเปรียบเสมือนกับอินพุตและในขณะที่ขาของPort3 มีสถานะต่ำ เนื่องจากการต่อ pull-up กับตัวต้านทานภายใน ขาของ Port3 จะมีค่าต่างจากฟังก์ชันเดิมซึ่งจะอธิบายต่อด้านล่าง
RxD	I/O	Receiver Data Input (asynchronous) หรือ Data Input/ Output (synchronous) ของ serial (UART) port.
TxD	O	Transmitter Data Output (asynchronous) หรือ Clock Output (synchronous) ของ serial (UART) port.
$\overline{INT0}$	I	Interrupt 0, โปรแกรมได้ที่ระดับแรงดันกระตุ้นที่เข้ามา โดยสามารถโปรแกรมในลำดับที่1หรือ2 ขานี้สามารถใช้เป็นการควบคุมเกตinput ของ Timer 0 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงหน้าที่ของขาต่างๆของ ไมโครคอนโทรเลอร์ ADuC812(ต่อ)

ขา	ประเภท	คำอธิบาย
$\overline{INT1}$	I	Interrupt 1โปรแกรมได้ที่ระดับแรงดันกระตุ้นที่เข้ามา โดยสามารถโปรแกรมในลำดับที่1หรือ2 ขานี้สามารถใช้เป็นการควบคุมเกตinput ของ Timer 1ได้
T0	I	Timer/Counter 0 Input.
T1	I	Timer/Counter 1 Input.
$\overline{CONVST}$	I	Active low Convert Start Logic input สำหรับส่วน ADC เมื่อ Convert start function ภายนอกถูกใช้งาน การเปลี่ยนสถานะจากต่ำไปสูงบนinput นี้ ทำให้ เกิดการ track/hold ใน hold mode และเป็นการเริ่มต้น conversion
$\overline{WR}$	O	Write Control Signal, ค่า output. Latch ข้อมูลจากPort 0 เข้าไปในหน่วยความจำภายนอก
$\overline{RD}$	O	Read Control Signal, ค่า Output. เปิดการใช้งาน หน่วยความจำภายนอกไปที่ Port 0.
XTAL2	O	Output ของ the inverting oscillator amplifier.
XTAL1	I	Input ของ the inverting oscillator amplifier และ input ของ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายใน
DGND	G	Digital Ground.จุดGND อ้างอิงสำหรับส่วนของ Digital.
P2.0–P2.7 (A8–A15) (A16–A23)	I/O	Port 2 นี้เป็น Port 2 ทิศทางโดยต่อ pull-up กับตัวต้านทาน ขาของPort2 นี้ จะมีเวลา 1 วินาทีของสถานะสูงที่ถูกกำหนดโดยการต่อ pull-up กับตัวต้านทาน และในสถานะนี้จะเปรียบเสมือนกับอินพุตและในขณะที่ขาของ Port2มีสถานะต่ำ เนื่องจากการต่อ pull-up กับตัวต้านทานภายใน Port2 จะจ่ายค่า Addressสถานะสูง ในช่วงที่ fetch ค่าจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกและ ค่าAddress สถานะกลางและสูง จะเข้าสู่ ช่องว่าง 24-bitของหน่วยความจำข้อมูลภายนอก
$\overline{PSEN}$	O	ค่าเอาท์พุตนี้จะเป็น สัญญาณควบคุมที่เปิดการใช้งาน หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกไปยังbus ขณะที่ เกิดการ fetch ภายนอก มันจะทำการกระตุ้นทุกๆ 6 ครั้งของการเกิดสัญญาณ ยกเว้นช่วงที่มีการเข้ามาของหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ที่ขานี้จะเป็นสภานะสูงขณะที่มีการทำงานของโปรแกรมภายใน PSEN สามารถใช้เปิด serial download mode เมื่อ ต่อกับตัวต้านทานต่ำเมื่อมีการป้อน power เข้ามา หรือ RESET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

82916

ตารางที่ 2.1 แสดงหน้าที่ของขาต่างๆของ ไมโครคอนโทรเลอร์ ADuC812(ต่อ)

ขา	ประเภท	คำอธิบาย
ALE	O	Address Latch Enable, Logic Output. ค่า outputนี้ใช้สำหรับ latch ไบต์ต่ำ (และไบต์กลางสำหรับช่องว่าง 24 bit) ของAddressในหน่วยความจำภายนอกขณะที่มีการทำงานปกติ มันจะกระตุ้นทุกๆ 6 ครั้งของการกำเนิดสัญญาณยกเว้นเมื่อมีการเข้ามาของหน่วยความจำข้อมูลภายนอก
$\overline{EA}$	I	External Access Enable, Logic Input. เมื่อค้างสถานะสูง ค่าอินพุตนี้จะทำให้เกิดการ fetch code จากหน่วยความจำโปรแกรมภายใน ที่ 0000H ถึง 1FFFH เมื่อค้างสถานะต่ำค่าinput นี้จะ fetch คำสั่งทั้งหมดจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก
P0.7–P0.0 (A0–A7)	I/O	Port 0 เป็นPort เปิดถ่ายข้อมูล 8-bit I/O 2ทิศทาง ขาของPort 0 ถูกกำหนดให้มี 1วินาที เพื่อเป็นสถานะลอยและที่สถานะนี้สามารถใช้เป็น ค่า input impedanceสูง Port 0 นี้ยังเป็น multiplex สถานะต่ำของAddress และ bus ขณะที่มีการเข้าของหน่วยความจำข้อมูลหรือหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกในส่วนของการประยุกต์นี้ใช้ pull-up ตัวด้านทานภายในเมื่อจ่าย 1 วินาที

2.1.3 คุณสมบัติการเชื่อมโยงพอร์ต

- 10 pins RS-232 x1 สำหรับดาวน์โหลดโปรแกรม
- 10 pins RS-232 x1 สำหรับต่อโมเด็ม
- 20 pins LCD MODULE x1
- 4 pins DAC x1
- 2 pins ADC x8
- 5 pins I^2C x1

2.1.4 คุณสมบัติแหล่งจ่ายไฟ (POWER)

- สามารถเลือกใช้ได้แรงดันระดับ 3V และ 5V
- มีโหมดการทำงาน 3 โหมด (Normal, Idle and Power Down mode)

2.1.5 คุณสมบัติขนาด

- ขนาด 3.5" X 2.8"

2.1.6 คุณสมบัติด้านหน่วยความจำ

- หน่วยความจำโปรแกรมชนิดแฟลช์ 8Kbyte (8kbyte FLASH Program memory)
- หน่วยความจำข้อมูลชนิดแฟลช์ 640byte (640byte FLASH Data memory)
- หน่วยความจำข้อมูลชั่วคราว 256byte (256byte Data RAM memory)

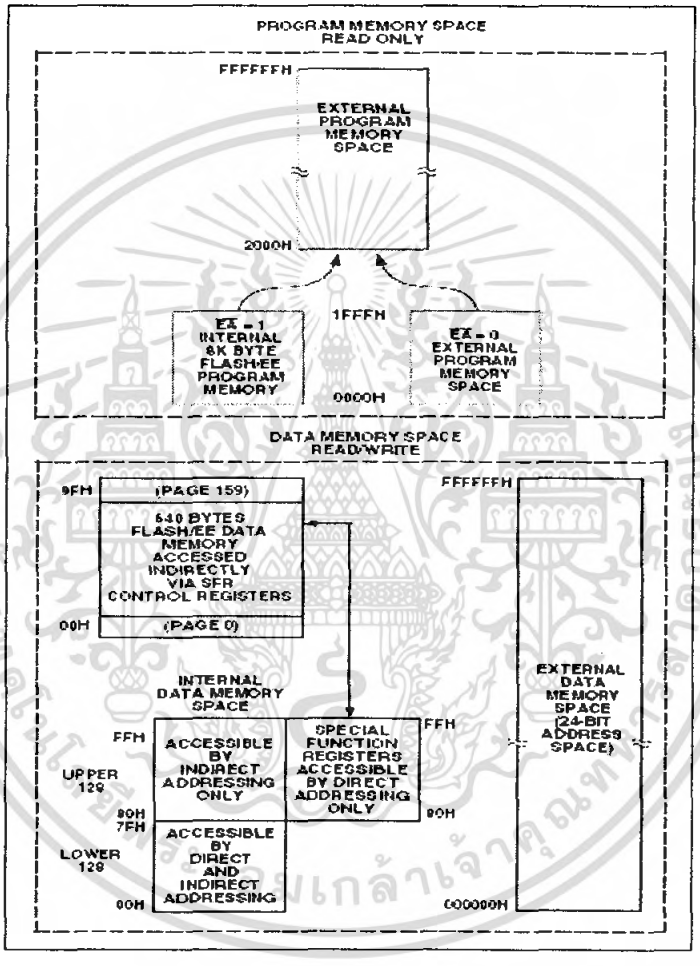
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน่วยความจำข้อมูลภายนอกสูงสุด 16Mbyte (16Mbyte External Data Address Space)

- หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกสูงสุด 64kbyte (64kbyte External Program Address Space)

2.1.6.1 โครงสร้างหน่วยความจำของ ADuC812

โครงสร้างหน่วยความจำของ ADuC812 จะคล้ายกับ 8051 โดยจะแยกหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 2.8 Flash/EE data memory มีขนาด 640 ไบต์ซึ่งผู้ใช้สามารถเข้าถึงแบบทางอ้อม (Indirectly) ผ่านทางรีจิสเตอร์คอนโทรลต่างๆ (Group of control registers) ได้ ซึ่งอยู่ในพื้นที่ของรีจิสเตอร์แบบ Special Function Register (SFR)

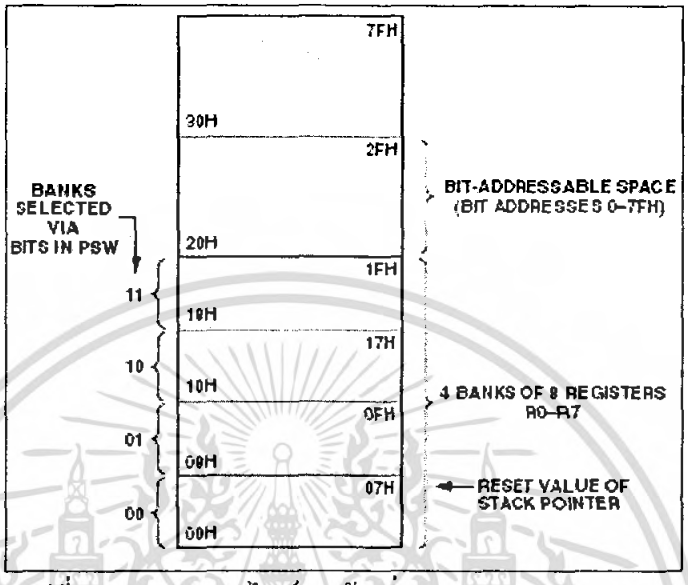


รูปที่ 2.15 แสดงหน่วยความจำโปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล

128ไบต์ทางด้านต่ำ (Lower) ของหน่วยความจำข้อมูลภายใน (00H-7FH) แสดงดังรูปที่ 2.16 พื้นที่ในตำแหน่ง 00H-1FH จำนวน 32ไบต์ จะแบ่งออกเป็น 4 - กลุ่มที่เรียกว่าแบงค์ (BANK) ในแต่ละแบงค์มี 8 ตำแหน่ง พื้นที่ในแต่ละแบงค์ถูกใช้เป็นรีจีสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป (รีจีสเตอร์ R0-R7) ส่วน 16 ไบต์ถัดไป คือพื้นที่ตำแหน่ง 20H-2FH เป็นส่วนที่สามารถใช้งานในลักษณะไบต์หรือบิตก็ได้ คือเราสามารถอ้างตำแหน่งแบบบิตได้โดยตรง (Bit addressing) ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 128 บิต ตำแหน่งของบิตคือ 00H-7FH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของ 128 ไบต์ ทางด้านสูง (Upper) ของหน่วยความจำข้อมูลภายใน เป็นพื้นที่ของรีจิสเตอร์ชนิดพิเศษ (Special Function Register: SFR) ซึ่งสามารถเข้าถึงได้ในแบบอ้างตำแหน่งโดยตรง (Direct Addressing) เพียงอย่างเดียว



รูปที่ 2.16 แสดง 128 ไบต์ทางด้านต่ำของ INTERNAL RAM

2.1.6.2 SFR (SPECIAL FUNCTION REGISTERS)

พื้นที่ของ รีจีสเตอร์ SFR นั้นถูกวางอยู่ที่ 128 ไบต์ ทางด้านสูง (Upper) ของหน่วยความจำภายใน (Internal RAM) และ สามารถเข้าถึงได้แบบอ้างตำแหน่งโดยตรง (Direct Addressing) เท่านั้น รีจิสเตอร์ทุกตัวที่นอกเหนือจาก Program counter และรีจีสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป (รีจีสเตอร์ R0-R7) จะอยู่ใน SFR (SPECIAL FUNCTION REGISTERS) ในรีจีสเตอร์ SFR มีทั้ง control register, configuration register และ data register ซึ่งเป็นตัวสำคัญในการเชื่อมต่อระหว่าง CPU กับชิพภายนอกอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 แสดง memory map ของ SFR และรายละเอียดบนรีจิสเตอร์ SFR

ISPI FFH 0	WCOL FEH 0	SPE FDH 0	SPIM FCH 0	CPOL FBH 0	CPHA FAH 0	SPR1 F9H 0	SPR0 F8H 0	BITS
F7H 0	F6H 0	F5H 0	F4H 0	F3H 0	F2H	F1H 0	F0H 0	BITS
MDO EFH 0	MDE EEH 0	MCO EDH 0	MDI ECH 0	I2CM EBH 0	I2CRS EAH	I2CTX E9H 0	I2CI E8H 0	BITS
E7H 0	E6H 0	E5H 0	E4H 0	E3H 0	E2H	E1H 0	E0H 0	BITS
ADCI DFH 0	DMA DEH 0	CCONV DDH 0	SCONV DCH 0	CS3 DBH 0	CS2 DAH	CS1 D9H 0	CS0 D8H 0	BITS
CY D7H 0	AC D6H 0	F0 D5H 0	RS1 D4H 0	RS0 D3H 0	OV D2H	FI D1H 0	P D0H 0	BITS
TF2 CFH 0	EXF2 CEH 0	RCLK CDH 0	TCLK CCH 0	XEN CBH 0	TR2 CAH	CNT2 C9H 0	CAP2 C8H 0	BITS
PRE2 C7H 0	PRE1 C6H 0	PRE0 C5H 0	NOT USED C4H 0	WDR1 C3H 0	WDR2 C2H	WDS C1H 0	WDE C0H 0	BITS
PS1 BFH 0	PADC BEH 0	PT2 BDH 0	PS BCH 0	PT1 BBH 0	PX1 BAH	PT0 B9H 0	PX0 B8H 0	BITS
RD B7H 1	WR B6H 1	T1 B5H 1	T0 B4H 1	INT1 B3H 1	INT0 B2H 1	TxD B1H 1	RxD B0H 1	BITS
EA AFH	EADC AEH	ET2 ADH	ES ACH 0	ET1 ABH 0	EX1 AAH	ET0 A9H 0	EX0 A8H 0	BITS
A7H	A6H	A5H 1	A4H 1	A3H 1	A2H 1	A1H 1	A0H 1	BITS
SM0 9FH 0	SM1 9EH 0	SM2 9DH 0	REN 9CH 0	TB8 9BH 0	RB8 9AH 0	TI 99H 0	RI 98H 0	BITS
97H 0	96H 0	SS/ 95H 0	94H 0	93H 0	92H 0	T2EX 91H 0	T2 90H 0	BITS
TF1 8FH 0	TR1 8EH 0	TF0 8DH 0	TR0 8CH 0	IE1 8BH 0	IT1 8AH 0	IE0 89H 0	IT0 88H 0	BITS
87H 1	86H 1	85H 1	84H 1	83H 1	82H 1	81H 1	80H 1	BITS

SPICON[1] F8H 00H	DAC0L F9H 00H	DAC0H FAH 00H	DAC1L FBH 00H	DAC1H FCH 00H	DACCON FDH 04H	RESERVED	NOT USED
B[1] F0H 00H	ADCOFSL[3] F1H 00H	ADCOFSH[3] F2H 20H	ADCGAINL[3] F3H 00H	ADCGAINH[3] F4H 00H	ADCCON3 F5H 00H	RESERVED	SPIDAT F7H 00H
I2CCON[1] E8H 00H	RESERVED	RESERVED	RESERVED	RESERVED	RESERVED	RESERVED	ADCCON1 EFH 20H
ACC[1] E0H 00H	RESERVED	RESERVED	RESERVED	RESERVED	RESERVED	RESERVED	RESERVED
ADCCON2[1] D8H 00H	ADCDATAL D9H 00H	ADCDATAH DAH 00H	RESERVED	RESERVED	RESERVED	RESERVED	PSUICON DFH DCH
PSW[1] D0H 00H	RESERVED	DMAL D2H 00H	DMAH D3H 00H	DMAP D4H 00H	RESERVED	RESERVED	RESERVED
T2CON[1] C8H 00H	RESERVED	RCAP2L CAH 00H	RCAP2H CBH 00H	TL2 CCH 00H	TH2 CDH 00H	RESERVED	RESERVED
WDCON[1] C0H 00H	NOT USED	NOT USED	NOT USED	ETIM3 C4H C9H	RESERVED	EDARL C6H 00H	RESERVED
IP[1] B8H 00H	ECON B9H 00H	ETIM1 BAH 52H	ETIM2 BBH 04H	EDATA1 BCH 00H	EDATA2 BDH 00H	EDATA3 BEH 00H	EDATA4 BFH 00H
P3[1] B0H FFH	NOT USED	NOT USED	NOT USED	NOT USED	NOT USED	NOT USED	NOT USED
IE[1] A8H 00H	IE2 A9H 00H	NOT USED	NOT USED	NOT USED	NOT USED	NOT USED	NOT USED
P2[1] A0H FFH	NOT USED	NOT USED	NOT USED	NOT USED	NOT USED	NOT USED	NOT USED
SCON[1] 98H 00H	SBUF 99H 00H	I2CDAT 9AH 00H	I2CADD 9BH 00H	NOT USED	NOT USED	NOT USED	NOT USED
P1[1,2] 90H FFH	NOT USED	NOT USED	NOT USED	NOT USED	NOT USED	NOT USED	NOT USED
TCON[1] 88H 00H	TMOD 89H 00H	TL0 8AH 00H	TL1 8BH 00H	TH0 8CH 00H	TH1 8DH 04H	NOT USED	NOT USED
P0[1] 80H FFH	SP 81H 07H	DPL 82H 00H	DPH 83H 00H	DPP 84H 00H	RESERVED	RESERVED	PCON 87H 00H

SFR MAP KEY:

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดง ADC และ DAC— Control และConfiguration SFRs

ADCCON1 ADC CONTROL REGISTER #1

ADCCON1.7	ADC POWER CONTROL BITS
ADCCON1.6	(SHTDN, NORM, AUTOSHTDN, AUTOSTBY)
ADCCON1.5	CONVERSION TIME = 16/ADCCLK
ADCCON1.4	ADCCLK = MCLK/(1, 2, 4, 8)
ADCCON1.3	ACQUISITION TIME SELECT BITS
ADCCON1.2	ACQ TIME = (1, 2, 3, 4)/ADCCLK
ADCCON1.1	TIMER2 CONVERT ENABLE
ADCCON1.0	EXTERNAL CONVST ENABLE

ADCCON2 ADC CONTROL REGISTER #2

ADCI	ADC INTERRUPT FLAG
DMA	DMA MODE ENABLE
CCONV	CONTINUOUS CONVERSION ENABLE BIT
SCONV	SINGLE CONVERSION START BIT
CS3	INPUT CHANNEL SELECT BITS
CS2	0000–0111 = ADC0–ADC7
CS1	1XXX = TEMPERATURE SENSOR
CS0	1111 = "HALT" COMMAND (IN DMA MODE ONLY)

ADCCON3 ADC CONTROL REGISTER #3

ADCCON3.7	BUSY INDICATOR FLAG (0 = ADC NOT ACTIVE)
ADCCON3.6	THIS BIT MUST CONTAIN ZERO
ADCCON3.5	THIS BIT MUST CONTAIN ZERO
ADCCON3.4	THIS BIT MUST CONTAIN ZERO
ADCCON3.3	THIS BIT MUST CONTAIN ZERO
ADCCON3.2	THIS BIT MUST CONTAIN ZERO
ADCCON3.1	THIS BIT MUST CONTAIN ZERO
ADCCON3.0	THIS BIT MUST CONTAIN ZERO

ADCDATAH / ADCDATAL ADC DATA REGISTERS

DMAP, DMAH, DMAL DMA ADDRESS POINTER

ADCGAINH / ADCGAINL ADC GAIN CALIBRATION COEFFICIENTS

ADCOFSH / ADCOFSL ADC OFFSET CALIBRATION COEFFICIENTS

DACCON DAC CONTROL REGISTER

DACCON.7	MODESELECT (0 = 12 BIT, 1 = 8 BIT)
DACCON.6	DAC1 RANGE SELECT (0 = V_{REF}, 1 = V_{DD})
DACCON.5	DAC0 RANGE SELECT (0 = V_{REF}, 1 = V_{DD})
DACCON.4	CLEAR DAC1 (0 = 0V, 1 = NORMAL OPERATION)
DACCON.3	CLEAR DAC0 (0 = 0V, 1 = NORMAL OPERATION)
DACCON.2	SYNCHRONOUS UPDATE (1 = ASYNCHRONOUS)
DACCON.1	POWERDOWN DAC1 (0 = OFF, 1 = ON)
DACCON.0	POWERDOWN DAC0 (0 = OFF, 1 = ON)

DAC1H, DAC1L DAC1 DATA REGISTERS

DAC0H, DAC0L DAC0 DATA REGISTERS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 ตารางแสดง 8051 Core, On-Chip Monitors และ Flash/EE Data Memory SFRs

P0	PORT0 REGISTER (ALSO A0–A7 & D0–D7)
P1	PORT1 REGISTER (ANALOG & DIGITAL INPUTS)
T2EX	TIMER/COUNTER 2 CAPTURE/RELOAD TRIGGER
T2	TIMER/COUNTER 2 EXTERNAL INPUT
P2	PORT2 REGISTER (ALSO A8–A15 & A16–A23)
P3	PORT3 REGISTER
RD	EXTERNAL DATA MEMORY READ STROBE
WR	EXTERNAL DATA MEMORY WRITE STROBE
T1	TIMER/COUNTER 1 EXTERNAL INPUT
T0	TIMER/COUNTER 0 EXTERNAL INPUT
INT1	EXTERNAL INTERRUPT 1
INT0	EXTERNAL INTERRUPT 0
TxD	SERIAL PORT TRANSMIT DATA LINE
RxD	SERIAL PORT RECEIVE DATA LINE

SCON	SERIAL COMMUNICATIONS CONTROL REGISTER	
SM0	UART MODE CONTROL BITS BAUD RATE:	
SM1	00 - 8 BIT SHIFT REGISTER	$F_{OSC}/12$
	01 - 8 BIT UART	TIMER OVERFLOW RATE/32 (×2)
	10 - 9 BIT UART	$F_{OSC}/64$ (×2)
	11 - 9 BIT UART	TIMER OVERFLOW RATE/32 (×2)
SM2	IN MODES 2&3, ENABLES MULTIPROCESSOR COMMUNICATION	
REN	RECEIVE ENABLE CONTROL BIT	
TB8	IN MODES 2&3, 9TH BIT TRANSMITTED	
RB8	IN MODES 2&3, 9TH BIT RECEIVED	
TI	TRANSMIT INTERRUPT FLAG	
RI	RECEIVE INTERRUPT FLAG	

SBUF	SERIAL PORT BUFFER REGISTER
PCON	POWER CONTROL REGISTER
PCON.7	DOUBLE BAUD RATE CONTROL
PCON.4	ALE DISABLE (0 = NORMAL, 1 = FORCES ALE HIGH)
PCON.3	GENERAL PURPOSE FLAG
PCON.2	GENERAL PURPOSE FLAG
PCON.1	POWER-DOWN CONTROL BIT (RECOVERABLE WITH HARD RESET)
PCON.0	IDLE-MODE CONTROL (RECOVERABLE WITH ENABLED INTERRUPT)

PSW	PROGRAM STATUS WORD
CY	CARRY FLAG
AC	AUXILIARY CARRY FLAG
F0	GENERAL PURPOSE FLAG 0
RS1	REGISTER BANK SELECT CONTROL BITS
RS0	ACTIVE REGISTER BANK = (0, 1, 2, 3)
OV	OVERFLOW FLAG
F1	GENERAL PURPOSE FLAG 1
P	PARITY OF ACC
DPP	DATA POINTER PAGE
DPH, DPL (DPTR)	DATA POINTER
ACC	ACCUMULATOR
B	
SP	STACK POINTER

WDCON	WATCHDOG TIME CONTROL REGISTER
PRE2	WATCHDOG TIMEOUT SELECTION BITS
PRE1	TIMEOUT = (16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024,
PRE0	2048) ms
WDR1	WATCHDOG TIMER REFRESH BITS
WDR2	SET SEQUENTIALLY TO REFRESH WATCHDOG
WDS	WATCHDOG STATUS FLAG
WDE	WATCHDOG ENABLE

PSMCON	POWER SUPPLY MONITOR CONTROL REGISTER
PSMCON.7	(NOT USED)
PSMCON.6	PSM STATUS BIT (1 = NORMAL/0 = FAULT)
PSMCON.5	PSM INTERRUPT BIT
PSMCON.4	TRIP POINT SELECT BITS
PSMCON.3	[4.63V, 4.37V, 3.08V, 2.93V, 2.63V]
PSMCON.2	
PSMCON.1	AVDD/DVDD FAULT INDICATOR (1 = ADD/0 = DVDD)
PSMCON.0	PSM POWERDOWN CONTROL (1 = ON/0 = OFF)

ECON	DATA FLASH MEMORY COMMAND REGISTER		
01h	READ	04h	VERIFY
02h	WRITE	05h	ERASE
03h	(RESERVED)	06h	ERASE ALL

EADRL	DATA FLASH MEMORY ADDRESS REGISTER
EDATA1, EDATA2, EDATA3, EDATA4	DATA FLASH DATA REGISTERS
ETIM1, ETIM2, ETIM3	FLASH TIMING REGISTERS

ตารางที่ 2.5 ตารางแสดง Interrupt, Tier, SPI และ I^2C Control SFRs

IE	INTERRUPT ENABLE REGISTER #1
EA	ENABLE INTURRUPTS (0 = ALL INTERRUPTS DISABLED)
EADC	ENABLE ADCI (ADC INTERRUPT)
ET2	ENABLE TF2/EXF2 (TIMER2 OVERFLOW INTERRUPT)
ES	ENABLE RI/TI (SERIAL PORT INTERRUPT)
ET1	ENABLE TF1 (TIMER1 OVERFLOW INTERRUPT)
EX1	ENABLE IE1 (EXTERNAL INTERRUPT 1)
ET0	ENABLE TF0 (TIMER0 OVERFLOW INTERRUPT)
EX0	ENABLE IE0 (EXTERNAL INTERRUPT 0)

IE2	INTERRUPT ENABLE REGISTER #2
IE2.1	ENABLE PSMI (POWER SUPPLY MONITOR INTERRUPT)
IE2.0	ENABLE ISPI/I2CI (SERIAL INTERFACE INTERRUPT)

IP	INTERRUPT PRIORITY REGISTER
PSI	PRIORITY OF ISI/SPI (SERIAL INTERFACE INTERRUPT)
PADC	PRIORITY OF ADCI (ADC INTERRUPT)
PT2	PRIORITY OF TF2/EXF2 (TIMER2 OVERFLOW INTERRUPT)
PS	PRIORITY OF RI/TI (SERIAL PORT INTERRUPT)
PT1	PRIORITY OF TF1 (TIMER1 OVERFLOW INTERRUPT)
PX1	PRIORITY OF IE1 (EXTERNAL INT1)
PT0	PRIORITY OF TF0 (TIMER0 OVERFLOW INTERRUPT)
PX0	PRIORITY OF IE0 (EXTERNAL INT0)

TMOD	TIMER MODE REGISTER
TMOD.3/.7	GATE CONTROL BIT (0 = IGNORE INTx)
TMOD.2/.6	COUNTER/TIMER SELECT BIT (0 = TIMER)
TMOD.1/.5	TIMER MODE SELECTON BITS
TMOD.0/.4	(13 BIT T, 16 BIT T/C, 8 BIT T/C RELOAD, 2 - 8 BIT T)

(UPPER NIBBLE = TIMER1, LOWER NIBBLE = TIMER2)

TCON	TIMER CONTROL REGISTER
TF1	TIMER1 OVERFLOW FLAG (AUTO CLEARED ON VECTOR TO ISR)
TR1	TIMER1 RUN CONTROL (0 = OFF, 1 = RUN)
TF0	TIMER0 OVERFLOW FLAG (AUTO CLEARED ON VECTOR TO ISR)
TR0	TIMER0 RUN CONTROL (0 = OFF, 1 = RUN)
IE1	EXTERNAL INT1 FLAG (AUTO CLEARED ON VECTOR TO ISR)
IT1	IE1 TYPE (0 = LEVEL TRIG, 1 = EDGE TRIG)
IE0	EXTERNAL INT0 FLAG (AUTO CLEARED ON VECTOR TO ISR)
IT0	IE0 TYPE (0 = LEVEL TRIG, 1 = EDGE TRIG)

TH0, TL0	TIMER0 REGISTERS
TH1, TL1	TIMER1 REGISTERS

T2CON	TIMER2 CONTROL REGISTER
TF2	OVERFLOW FLAG
EXF2	EXTERNAL FLAG
RCLK	RECEIVE CLOCK ENABLE (0 = TIMER1 USED FOR RxD CLK)
TCLK	TRANSMIT CLOCK ENABLE (0 = TIMER1 USED FOR TxD CLK)
EXEN2	EXTERNAL ENABLE (0 = IGNORE T2EX, 1 = CAP/RL)
TR2	RUN CONTROL (0 = STOP, 1 = RUN)
CNT2	TIMER/COUNTER SELECT (0 = TIMER, 1 = COUNTER)
CAP2	CAPTURE/RELOAD SELECT (0 = RELOAD, 1 = CAPTURE)

TH2, TL2	TIMER2 REGISTER
RCAP2H, RCAP2L	TIMER2 CAPTURE/RELOAD

SPICON	SPI CONTROL REGISTER
ISPI	SPI INTERRUPT (SET AT END OF SPI TRANSFER)
WCOL	WRITE COLLISION ERROR FLAG
SPE	SPI ENABLE (0 = DISABLE, ALSO ENABLES SPI)
SPIM	MASTER MODE SELECT (0 = SLAVE)
CPOL	CLOCK POLARITY SELECT (0 = SCLK IDLES LOW)
CPHA	CLOCK PHASE SELECT (0 = LEADING EDGE LATCH)
SPR1	SPI BITRATE SELECT BITS
SPR0	BITRATE = F_{OSC} / (4, 8, 32, 64)

SPIDAT	SPI DATA REGISTER

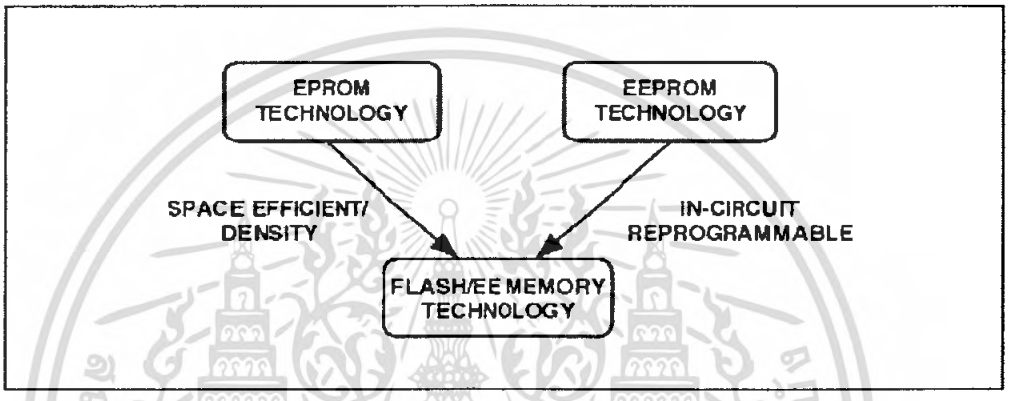
I2CCON	I²C CONTROL REGISTER
MDO	MASTER MODE SDATA OUTPUT BIT
MDE	MASTER MODE SDATA OUTPUT ENABLE
MCO	MASTER MODE SCLK BIT
MDI	MASTER MODE SDATA INPUT BIT
I2CM	MASTER MODE SELECT
I2CRS	SERIAL PORT RESET
I2CTX	TRANSMISSION DIRECTION STATUS
I2CI	SERIAL INTERFACE INTERRUPT

I2CADD	I²C ADDRESS REGISTER
I2CDAT	I²C DATA REGISTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.6.3 NONVOLATILE FLASH MEMORY

ภายในตัว ADuC812 ได้รวมเทคโนโลยีของ Flash / EE memory เอาไว้บนชิพด้วย ซึ่ง Flash/EE memory นี้เป็นหน่วยความจำชนิดใหม่ มีลักษณะเป็น Nonvolatile memory technology ซึ่งได้ถูกพัฒนาขึ้นไม่นานนี้ และ อยู่บนพื้นฐานสถาปัตยกรรม Single transistor cell architecture เทคโนโลยีนี้เป็นการใช้พื้นฐานของเทคโนโลยี EPROM ที่มีคุณสมบัติเด่น คือ มีความจุของหน่วยความจำมากซึ่ง ได้ถูกพัฒนาตั้งแต่ปี 1980 มาแล้ว นอกจากนั้นหน่วยความจำชนิดนี้ยังมีคุณสมบัติเด่นที่สามารถจะโปรแกรมได้หลายครั้ง (flexible in-circuit reprogrammable) ซึ่งเหมือนกับ EEPROM คุณสมบัติเด่นทั้ง 2 นี้ถูกรวมอยู่ใน ADuC812



รูปที่ 2.17 แสดงความเป็นมาของ Flash/EE Memory

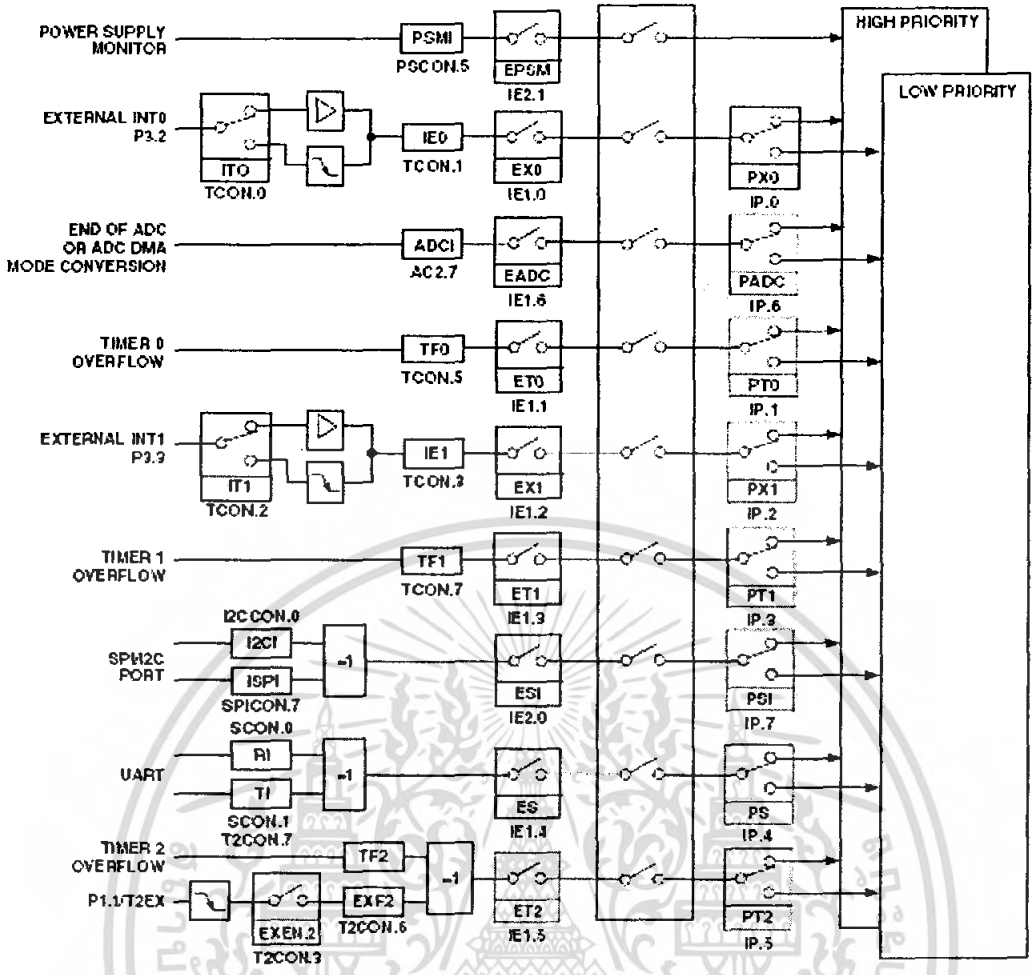
2.1.7 คุณสมบัติด้านเทียบเคียง 8051 (8051 Compatible Core)

- ความเร็วรอบในการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง 12MHz
- ความละเอียด 16 บิต ไทเมอร์เคาเตอร์ 3 ช่องทาง (Three16 bit Timer/Counter)
- หน่วยรับส่งข้อมูล ขนาด 32 บิต โปรแกรมได้ (32 bit Programmable I/O lines)
- สามารถจ่ายกระแสสูงสำหรับพอร์ต 3 (High Current Drive Capability Port 3)
- มี 9 สัญญาณอินเตอร์รัพท์ และ 2 ระดับไพรออริตี้ (9 Interrupt source, 2 Priority level)

2.1.7.1 INTERRUPT SYSTEM

ภายในตัว ADuC812 ได้เตรียมแหล่งกำเนิด Interrupt ทั้งหมด 9 แหล่งด้วยกัน และ มีระดับความสำคัญ (Priority Levels) 2 ระดับ การจัดระดับความสำคัญจะแสดงดังรูปที่ 2.18 และInterrupt vector address แสดงดังตารางที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 แสดง Interrupt Request Source

ตารางที่ 2.6 แสดง Interrupt Vector Address

Interrupt	Interrupt Name	Interrupt Vector Address	Priority Within Level
PSMI	Power Supply Monitor	43H	1
IE0	External $\overline{\text{INT0}}$	03H	2
ADCI	End of ADC Conversion	33H	3
TF0	Timer 0 Overflow	0BH	4
IE1	External $\overline{\text{INT1}}$	13H	5
TF1	Timer 1 Overflow	1BH	6
I2CI/ISPI	Serial Interrupt	3BH	7
RI/TI	UART Interrupt	23H	8
TF2/EXF2	Timer 2 Interrupt	2BH	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งาน Interrupt System

การใช้งาน interrupt บน ADuC812 ทำได้ 3 ขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดตำแหน่งของ interrupt จากตารางที่ 2.6
2. SET บิต EA ในรีจีสเตอร์พิเศษ IE ให้เป็น 1
3. SET บิต corresponding individual interrupt ในรีจีสเตอร์พิเศษ IE หรือ IE2 ให้เป็น I

รีจีสเตอร์ 3 ตัวถูกใช้ในการ enable และจัดลำดับความสำคัญของ interrupt หลายๆ ตัว บิต designation ของรีจีสเตอร์พิเศษทั้งหลายแสดงดังตารางที่ 7, 8 และ 9 รีจีสเตอร์ IE และ IP เข้าถึงข้อมูลได้ในระดับบิต แต่ IE2 เข้าถึงข้อมูลได้ในระดับไบต์

IE – (Interrupt Enable SFR)

IE รีจีสเตอร์สำหรับ enable ระบบอินเตอร์รัพท์และ 7 สัญญาณอินเตอร์รัพท์

SFR Address: A8H

SFR Power On Default Value: 00H

Bit Addressable: ได้

ตารางที่ 2.7 แสดง Interrupt Enable (IE) SFR Bit Designations

EA	EADC	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

Bit Location	Bit Mnemonic	Description
IE.7	EA	The Global Interrupt Enable bit (EA) must be set to "1" before any interrupt source will be recognized by the core. EA is set to "0" to disable all interrupts.
IE.6	EADC	The ADC Interrupt Enable bit (EADC) is set to "1" to enable the ADC interrupt.
IE.5	ET2	The Timer 2 Overflow Interrupt Enable bit (ET2) is set to "1" to enable the Timer 2 interrupt.
IE.4	ES	The UART Serial Port Interrupt Enable bit (ES) is set to "1" to enable the UART Serial Port Interrupt.
IE.3	ET1	The Timer 1 Overflow Interrupt Enable bit (ET1) is set to "1" to enable the Timer 1 interrupt.
IE.2	EX1	The INT1 Interrupt Enable bit (EX1) is set to "1" to enable the external INT1 interrupt.
IE.1	ET0	The Timer 0 Overflow Interrupt Enable bit (ET0) is set to "1" to enable the Timer 0 interrupt.
IE.0	EX0	The INT0 Interrupt Enable bit (EX0) is set to "1" to enable the external INT0 interrupt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IE2 – (Interrupt Enable 2 SFR)

IE2 รีจีสเตอร์สำหรับ enable 2 สัญญาณ interrupt

SFR Address: A9H

SFR Power On Default Value: 00H

Bit Addressable: ไม่ได้

ตารางที่ 2.8 แสดง IE2 – (Interrupt Enable 2 SFR)

NU	NU	NU	NU	NU	NU	EPSM	ESI

Bit Location	Bit Mnemonic	Description
IE2.7	NU	Not Used
IE2.6	NU	Not Used
IE2.5	NU	Not Used
IE2.4	NU	Not Used
IE2.3	NU	Not Used
IE2.2	NU	Not Used
IE2.1	EPSM	The Power Supply Monitor Interrupt enable bit is set to "1" to enable the PSM Interrupt.
IE2.0	ESI	The SPI/I^2C Interrupt Enable bit (ESI) is set to "1" to enable the SPI or I^2C interrupt.

IP – (Interrupt Priority SFR)

IP รีจีสเตอร์ที่ใช้เลือกระดับไพรออริตี้สำหรับหลายๆสัญญาณอินเตอร์รัพท์ เซตบิต corresponding ให้เป็น 1 เพื่อให้เป็นไพรออริตี้สูง หรือเซตบิต corresponding ให้เป็น 0 เพื่อให้เป็นไพรออริตี้ต่ำ

SFR Address: B8H

SFR Power On Default Value: 00H

Bit Addressable: ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.9 แสดง Interrupt Priority (IP) SFR Bit Designations

PS1	PADC	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

Bit Location	Bit Mnemonic	Description
IP.7	PSI	Sets SPI/I²C Interrupt Priority
IP.6	PADC	Sets ADC Interrupt Priority
IP.5	PT2	Sets Timer 2 Interrupt Priority
IP.4	PS	Sets UART Serial Port Interrupt Priority
IP.3	PT1	Sets Timer 1 Interrupt Priority
IP.2	PX1	Sets External INT1 Interrupt Priority
IP.1	PT0	Sets Timer 0 Interrupt Priority
IP.0	PX0	Sets External INT0 Interrupt Priority

2.1.8 คุณสมบัติด้านอนาล็อก (Analog I/O)

- ความละเอียด 12 บิต ADC 8 ช่องทาง (8-Channel, High Accuracy 12 bit ADC)
- ความละเอียด 12 บิต DAC 2 ช่องทาง (2-Channel, High Accuracy 12 bit ADC)
- ความเพี้ยนต่ออุณหภูมิต่ำ 40ppm / c^0
- อัตราการสุ่มข้อมูลสูง 200 kSPS
- มีระบบ DMA ควบคุมการส่งข้อมูลสูง
- มีระบบตรวจจับอุณหภูมิภายใน

2.1.8.1 การแปลง Analog to Digital (ADC)

<u>คุณสมบัติการแปลง Analog to Digital</u>

ในส่วนของ ADC Converter นี้มีขนาด 12 บิต 8 channel โดยเลือกสัญญาณอินพุตจาก Mux ซึ่งจะมีอยู่ภายในตัวชิพ นอกจากนั้นยังมีคุณสมบัติอื่นๆ ดังนี้ คือ มี Track/Hold, On-chip reference, Calibration feature ซึ่งส่วนประกอบทั้งหมดนี้สามารถปรับได้จากรีจิสเตอร์ SFR 3 ตัวคือ ADCCON1, ADCCON2, ADCCON3

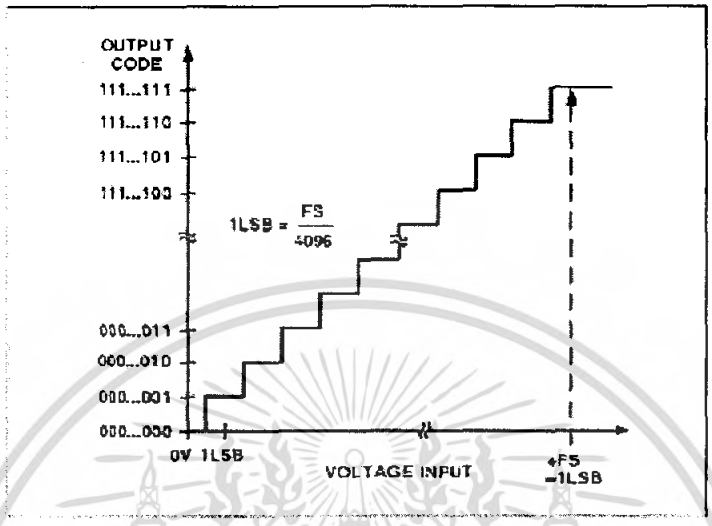
ADC Converter ภายในจะมีส่วนของ Successive Approximation (SAR) อยู่ภายในด้วย ในการแปลงสัญญาณอนาล็อกทางอินพุตจะอยู่ในช่วง 0 ถึง VREF ซึ่งความเที่ยงตรงในการแปลงสัญญาณอนาล็อกทางอินพุตนั้นมีความถูกต้องสูงมาก โดยภายในจะมีแรงดันอ้างอิง (VREF) อยู่ภายในตัวชิพอยู่แล้วที่ 2.5 V ค่าสัญญาณเอาท์พุตที่ได้จะเป็นเลขไบนารี 12 บิต ดังนั้น ค่าแรงดัน 1 LSB จะหาได้ดังสมการหน้าที่ 28 และภาพแสดงคุณสมบัติการถ่ายโอนข้อมูลแสดงในรูปที่ 2.19 นอกจากนั้นผู้ใช้สามารถจะใช้แรงดันอ้างอิงจากภายนอกได้อีกด้วย (External reference) ซึ่งแรงดันจะอยู่ในช่วง 2.3 V ถึง AVDD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$1LSB = \frac{FS}{4096} \qquad ;\text{เมื่อ } 4096 = 12^{12bit}$$

$$\frac{2.5V}{4096} = 0.61mV$$

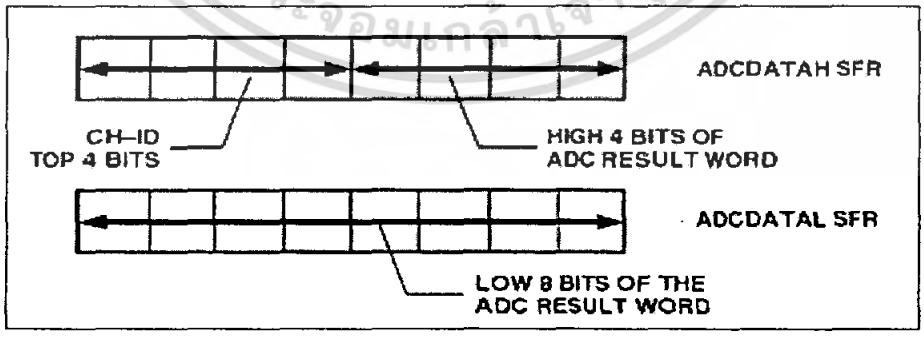
หมายเหตุ : 1 LSB Least Significant Bit หมายถึง ค่าแรงดันอินพุตในแต่ละขั้นนั่นเอง



รูปที่ 2.19 แสดง ADC Transfer Function

ADC Converter สามารถที่จะกำหนดให้ทำงานในโหมด DMA ได้ โดย ADC จะแปลงสัญญาณแบบต่อเนื่อง และจะจับ (Captures) ค่าแรงดัน 1 ค่าออกไปทาง External Memory โดยไม่มีผลกระทบกับการทำงานหลักของ MCU ได้อีกด้วย ซึ่งจะได้กล่าวถึงในส่วนต่อๆ ไป

การใช้งาน ADC จะต้องสั่งงานผ่านรีจิสเตอร์ 3 ตัว คือ ADCCON1, ADCCON2, ADCCON3 และ คำตอบ 12 บิต ของการแปลงข้อมูลจะถูกเก็บในรีจิสเตอร์ ADCDATAH และ ADCDATAL ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 แสดงการวางผลลัพธ์จากการแปลง ADC ภายในรีจิสเตอร์ ADCDATAH/L

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ ADCCON1

รีจิสเตอร์ ADCCON1 เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมเกี่ยวกับ การConversion, acquisition times, Hardware conversion mode และ Power-down modes ซึ่งรายละเอียดแสดงข้างล่าง คือ

ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ EFH

ค่าเริ่มแรกของการใช้งาน 20H

การเข้าถึงแบบบิต ไม่ได้

ตารางที่ 2.10 แสดงการใช้งานรีจิสเตอร์ ADCCON1

MD1	MD0	CK1	CK0	AQ1	AQ0	T2C	EXC

Bit Location	**Bit Mnemonic**	**คำอธิบาย**
ADCCON1.7 ADCCON1.6	MD1 MD0	บิตที่ใช้เลือกการทำงานของ ADC MD1 MD0 Active Mode 0 0 ADC powerd down 0 1 ADC normal mode 1 0 ADC powerd down ถ้าไม่เกิด conversion cycle 1 1 ADC stand by ถ้าไม่เกิด conversion cycle
ADCCON1.5 ADCCON1.4	CK1 CK0	บิต CK1 และ CK0 เป็นบิตที่ใช้เลือกค่าอัตราการหารสำหรับ master clock เพื่อใช้กำเนิด ADC clock ADC conversion ต้องการ 16 ADC clock รวมไปถึงเลือก acquisition clocks (ดูจาก AQ0/AQ1 ข้างล่าง) **CK1 CK0 MCLK Divider** 0 0 1 0 1 2 1 0 4 1 1 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.10 แสดงการใช้งานรีจิสเตอร์ ADCCON1(ต่อ)

Bit Location	**Bit Mnemonic**	**คำอธิบาย**
ADCCON1.3 ADCCON1.2	AQ1 AQ0	เป็นบิตที่ใช้เลือก Acquisition time ซึ่งจะใช้งานร่วมกัน 2 บิต คือ AQ1 และ AQ0 เป็นการเลือกเวลาการ Track and Hold ของสัญญาณอินพุตที่จะเข้ามา **AQ1 AQ0 #ADC Clks** 0 0 1 0 1 2 1 0 3 1 1 4 **หมายเหตุ** สำหรับอนาล็อก อินพุตที่มี อิมพีแดนซ์< 8K ค่าเริ่มต้นของ AQ1/AQ0 อยู่ที่ 00
ADCCON1.1	T2C	**บิต Timer2 conversion (T2C)** ถ้าเซ็ตเป็น '1' โดยผู้ใช้ จะเป็นการ Enable บิต Timer2 Overflow เพื่อใช้เป็นสัญญาณ ทริกให้เริ่มการแปลงสัญญาณ ADC
ADCCON1.0	EXC	**บิต External Trigger Enable (EXC)** ถ้าเซ็ตเป็น '1' โดยผู้ใช้ จะยอมให้ขา 23 (CONVST) เป็นขาอินพุตสำหรับสั่งเริ่มสั่งการConvert โดยจะ Active Low โดยขานี้ควรจะ Active Low Pulse (ความกว้างของ Pulse > 100 ns)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ ADCCON2

รีจิสเตอร์ ADCCON2 เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมเกี่ยวกับการเลือก Channel ของ ADC และ โหมดการ Conversion ซึ่งรายละเอียดแสดงข้างล่าง คือ

ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ D8H

ค่าเริ่มแรกของการใช้งาน 00H

การเข้าถึงแบบบิต ได้

ตารางที่ 2.11 แสดงการใช้งานรีจิสเตอร์ ADCCON2

ADCI	DMA	CCONV	SCONV	CS3	CS2	CS1	CS0

Bit Location	**Bit Mnemonic**	**คำอธิบาย**
ADCCON2.7	ADCI	**บิต ADC Interrupt (ADCI)** บิตนี้จะเซ็ตโดย Hardware ที่ปลายสุดของรอบการแปลงสัญญาณ ADC หรือ ที่ปลายของการแปลง DMA บิตนี้จะเคลียร์โดย Hardware เมื่อ PC ชี้ไปที่ตำแหน่งบริการ Interrupt ถ้าไม่ได้ใช้งานควรจะให้เป็น '0' ด้วยโปรแกรมของผู้ใช้
ADCCON2.6	DMA	**บิต DMA mode enable (DMA)** ถ้าเซ็ตเป็น '1' โดยผู้ใช้ จะเป็นการ Enable ก่อนการใช้งานโหมด ADC, DMA และ บิตนี้จะเซ็ตเป็น '0' อัตโนมัติที่ปลายของรอบการทำงาน DMA การเซ็ตบิตนี้จะเป็นสาเหตุให้เอาท์พุตของ ALE นั้นหยุดทำงานลง และ จะทำงานอีกครั้งหนึ่งเมื่อ DMA นั้นเริ่มทำงาน แต่จะทำงานอย่างถูกต้องเมื่อ DMA นั้นทำงานสมบูรณ์แล้ว
ADCCON2.5	CCONV	**บิต Continuous conversion (CCONV)** ถ้าเซ็ตเป็น '1' โดยผู้ใช้ จะเป็นการเริ่มการแปลงสัญญาณ ADC ในโหมด Continuous การแปลงสัญญาณในโหมดนี้ผู้ใช้จะต้องตั้งค่าความถี่ และ channel ที่ต้องการจะแปลงเสียก่อนซึ่งตั้งค่าใน 3 รีจิสเตอร์นี้เช่นกัน
ADCCON2.4	SCONV	**บิต Single conversion (SCONV)** ถ้าเซ็ตเป็น '1' โดยผู้ใช้ จะเป็นการเริ่มการแปลงสัญญาณ ADC ในโหมด Single conversion บิตนี้จะรีเซ็ตเป็น '0' โดยอัตโนมัติเมื่อจบรอบการแปลงสัญญาณแบบ Single conversion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.11 แสดงการใช้งานรีจิสเตอร์ ADCCON2 (ต่อ)

<table>
<tr><th>Bit Location</th><th>Bit Mnemonic</th><th>คำอธิบาย</th></tr>
<tr><td>ADCCON2.3</td><td>CS3</td><td rowspan="4">บิต Channel Select (CS3-0)
บิตนี้จะใช้ในการเลือก Channel ที่ต้องการจะแปลงสัญญาณซึ่งผู้ใช้จะต้องควบคุมโดยการเขียนโปรแกรมเข้าไป
ในส่วนของโหมด DMA นั้นการเลือก Channel จะได้มาจาก Channel ID เพื่อเขียนข้อมูลไปที่ External memory
CS3 CS2 CS1 CS0 CH#
0 0 0 0 0
0 0 0 1 1
0 0 1 0 2
0 0 1 1 3
0 1 0 0 4
0 1 0 1 5
0 1 1 0 6
0 1 1 1 7
1 0 0 0 Temp sensor
1 x x x Other Combination
1 1 1 1 DMA STOP</td></tr>
<tr><td>ADCCON2.2</td><td>CS2</td></tr>
<tr><td>ADCCON2.1</td><td>CS1</td></tr>
<tr><td>ADCCON2.0</td><td>CS0</td></tr>
</table>

รีจิสเตอร์ ADCCON3

รีจิสเตอร์ตัวนี้เป็น Register control ที่ใช้สำหรับการ Calibration ในหลายหน้าที่ด้วยกันของ ADC นอกจากนั้นบิตนี้ยังใช้แสดงสถานะของการทำงานของ ADC อีกด้วยคือ บิต ADC busy

ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ F5H

ค่าเริ่มแรกของการใช้งาน 00H

การเข้าถึงแบบบิต ไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.12 แสดงการใช้งานรีจิสเตอร์ ADCCON3

BUSY	RSVD	RSVD	RSVD	CTYP	CAL1	CAL0	CALST

Bit Location	Bit Mnemonic	คำอธิบาย
ADCCON3.7	BUSY	**บิต ADC Busy Status(BUSY)** บิตนี้คือ บิตแสดงสถานะซึ่งเป็นบิตที่อ่านได้อย่างเดียว(read-only) บิตนี้จะเซ็ตเมื่อ ADC อยู่ในระหว่างการแปลงสัญญาณ หรือ อยู่ในระหว่างการ Calibration บิตนี้จะ clear อัตโนมัติเมื่อการแปลงสัญญาณ ADC หรือ การ Calibration นั้นเสร็จสิ้น
ADCCON3.6 ADCCON3.5 ADCCON3.4 ADCCON3.3 ADCCON3.2 ADCCON3.1 ADCCON3.0	RSVD	ADCCON 3.0 – 3.6 ถูกจองไว้สำหรับ RSVD สำหรับใช้ใน internal บิตเหล่านี้ จะถูก read และ write เป็น 0 โดย software

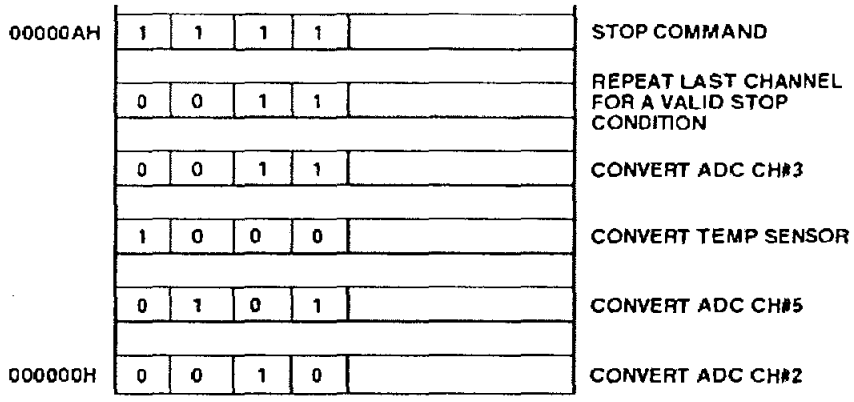
การตั้งค่าการใช้งาน ADC

การเข้าสู่โหมด ADC DMA

การใช้งานในโหมด ADC การแปลงสัญญาณที่ความเร็วสูงสุดจะอยู่ที่ 5 us (Sampling rate เท่ากับ 200 kHz) หมายความว่า ADuC812 มีเวลา 5 us ในการที่จะอ่านผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงสัญญาณเก็บไว้ในหน่วยความจำ มิฉะนั้นผลลัพธ์ที่ได้จะเกิดความผิดพลาดในการแปลงสัญญาณ ในส่วนของการใช้งาน Interrupt ของ ADC เมื่อเกิดการ Interrupt ขึ้น ADuC812 จะมีการกระโดดไปที่ ADC Interrupt Service routine แต่สำหรับการใช้งานในโหมด ADC DMA นั้นไม่ได้รองรับการ Interrupt ให้ ดังนั้นผู้ใช้จะต้องเขียนโปรแกรมตอบสนองการ Interrupt เอง

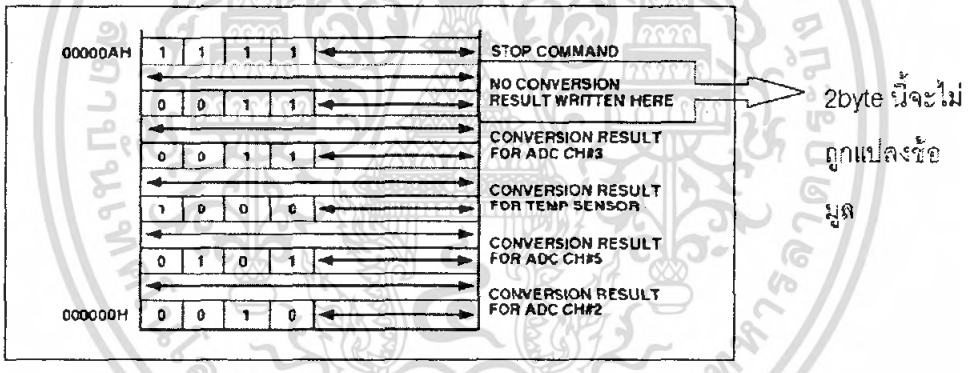
การเข้าสู่โหมด ADC DMA นั้น ผู้ใช้จะต้องเซ็ตบิตที่ 6 ของรีจิสเตอร์ ADCCON2.6 (DMA) ก่อน ผล คือ ข้อมูล หรือ ผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลงสัญญาณ ADC จะถูกเขียนไปที่ External Static memory SRAM ขนาด 16 MByte ทันที โดยไม่มีผลกระทบกับการทำงานหลักของ CPU ซึ่งการทำงานในโหมดนี้ จะเป็นการจับข้อมูลที่เข้ามาทางอินพุต ด้วยอัตราการ Update ข้อมูลสูงสุดเท่ากับ 200 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

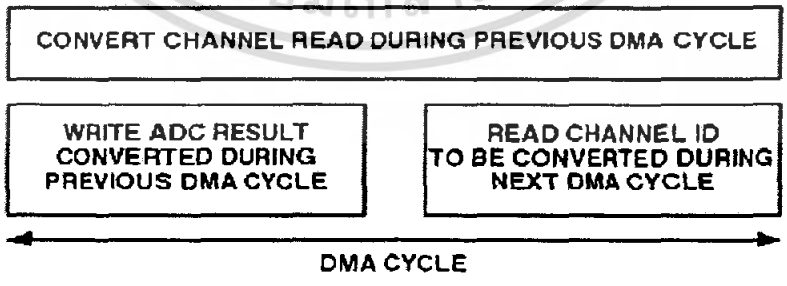


รูปที่ 2.21 แสดงการกำหนดค่าภายใน External memory ก่อนการแปลงสัญญาณ ADC

เมื่อ DMA ทำการแปลงสัญญาณ (Conversion) สมบูรณ์แล้ว บิต ADC Interrupt หรือ ADCI จะถูกเซ็ตโดยอัตโนมัติ ซึ่งแสดงในรูปที่ 2.22 ในการทำงานของ DMA นั้นจะเป็นการแปลงสัญญาณของ ADC และ นำผลลัพธ์ที่ได้ส่งออกไปที่ External Memory ซึ่งการทำงานนี้จะเป็นการทำงานที่เวลาเดียวกัน เนื่องจากตรงจุดนี้จะทำงานแบบ Pipeline และ การแปลงสัญญาณ ADC 1 รอบ หรือ 1 DMA cycle นั้นจะมีรูปแบบดังแสดงในรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.22 แสดงการวางข้อมูลลงใน External Memory ในการทำงานของ ADC DMA



รูปที่ 2.23 แสดง DMA Cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.8.2 การแปลง Digital to Analog (DAC)

รีจิสเตอร์ DACCON

ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ FDH

ค่าเริ่มแรกของการใช้งาน 04H

การเข้าถึงแบบบิต ไม่ได้

ตารางที่ 2.13 แสดงการใช้งานรีจิสเตอร์ DACCON

Bit Location	**Bit Mnemonic**	**คำอธิบาย**
DACCON.7	MODE	บิต DAC MODE บิตนี้จะมีผลที่เหมือนกันทั้ง DAC0 และ DAC1 เมื่อเซ็ตเป็น '1' จะเป็นการใช้งานโหมด 8 บิต (Write 8 bit to DACxL SFR) เมื่อเซ็ตเป็น '0' จะเป็นการใช้งานโหมด 12 บิต
DACCON.6	RNG1	**บิต DAC1 Range Select** เมื่อเซ็ตเป็น '1' จะเป็นการกำหนดให้ DAC1 ใช้ช่วง 0 – V_{DD} เมื่อเซ็ตเป็น '0' จะเป็นการกำหนดให้ DAC1 ใช้ช่วง 0 – V_{REF}
DACCON.5	RNG0	**บิต DAC0 Range Select** เมื่อเซ็ตเป็น '1' จะเป็นการกำหนดให้ DAC0 ใช้ช่วง 0 – V_{DD} เมื่อเซ็ตเป็น '0' จะเป็นการกำหนดให้ DAC0 ใช้ช่วง 0 – V_{REF}
DACCON.4	CLR1	**บิต DAC1 Clear** เมื่อเซ็ตเป็น '0' จะเป็นการกำหนดให้เอาท์พุตของ DAC1 มีแรงดันเป็น 0 V. เมื่อเซ็ตเป็น '1' จะเป็นการกำหนดให้เอาท์พุตของ DAC1 ทำงานตามปกติ
DACCON.3	CLR0	**บิต DAC0 Clear** เมื่อเซ็ตเป็น '0' จะเป็นการกำหนดให้เอาท์พุตของ DAC0 มีแรงดันเป็น 0 V. เมื่อเซ็ตเป็น '1' จะเป็นการกำหนดให้เอาท์พุตของ DAC0 ทำงานตามปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.13 แสดงการใช้งานรีจิสเตอร์ DACCON (ต่อ)

Bit Location	**Bit Mnemonic**	**คำอธิบาย**
DACCON.2	SYNC	**บิต DAC0/1 Update Synchronization** เมื่อเซ็ตเป็น '1' จะเป็นการกำหนดให้การเปลี่ยนแปลงทางเอาท์พุตของ DAC นั้น ทันทีที่มีการเขียนข้อมูลไปที่ DACxL SFR เมื่อเซ็ตเป็น '0' จะเป็นการกำหนดให้ DAC ทั้ง 2 เปลี่ยนแปลงทางเอาท์พุตพร้อมกันเมื่อบิต SYNC = '1'
DACCON.1	*PD*1	**บิต DAC1 Power-Down** เมื่อเซ็ตเป็น '1' จะเป็นการกำหนดให้ เปิดการทำงาน (Power-On) DAC1 เมื่อเซ็ตเป็น '0' จะเป็นการกำหนดให้ ปิดการทำงาน (Power-Off) DAC1
DACCON.0	*PD*0	**บิต DAC0 Power-Down** เมื่อเซ็ตเป็น '1' จะเป็นการกำหนดให้ เปิดการทำงาน (Power-On) DAC0 เมื่อเซ็ตเป็น '0' จะเป็นการกำหนดให้ ปิดการทำงาน (Power-Off) DAC0

รีจิสเตอร์ DACxH/L

รีจิสเตอร์ตัวนี้เป็นรีจิสเตอร์สำหรับเก็บข้อมูลของ DAC (DAC Data Registers) เมื่อผู้ใช้กำหนดค่าลงในรีจิสเตอร์นี้แล้วจะเป็นการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันทางเอาท์พุตของ DAC ทันที

DAC0L/ DAC1L เก็บค่า 8 บิตล่างของ DAC

DAC0H/ DAC1H เก็บค่า 8 บิตบนของ DAC

ผู้ใช้ต้องแน่ใจว่าการเขียนข้อมูลเข้าไปในรีจิสเตอร์ DACxH/L นั้นถูกต้อง โดย DACxL จะบรรจุ 8 บิตต่ำของข้อมูล DAC และ 4 บิตล่างของ DACxH จะบรรจุ 4 บิตบนสุดท้ายของข้อมูล DAC ไว้

2.1.9 คุณสมบัติด้านอื่นๆ (On chip Peripherals)

2.1.9.1 ระบบรับส่งข้อมูลอนุกรม UART (UART Serial I/O)

การติดต่อสื่อสารอนุกรมกับ Serial Port นั้นเป็นการสื่อสารแบบ Full duplex ซึ่งหมายความว่าผู้ใช้สามารถส่ง และ รับข้อมูลได้ในเวลาเดียวกันภายในวงจรทางด้านรับจะมีบัฟเฟอร์ขนาด 1 ไบต์ (receive-buffer) อยู่ภายใน ซึ่งการที่มีบัฟเฟอร์อยู่ภายใน นี้จะทำให้สามารถรับข้อมูลไบต์ที่ 2 เข้ามาได้ทันที หลังจากที่รับข้อมูลไบต์แรกเข้ามาแล้ว และ ยังไม่ได้ถูกอ่านออกไป แต่อย่างไรก็ตามถ้าข้อมูลไบต์แรกยังไม่ถูกอ่านออกไปก่อนที่ข้อมูลไบต์ที่ 2 จะถูกอ่านเข้ามาเสร็จสมบูรณ์ ข้อมูลไบต์แรกจะถูกยกเลิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไป การใช้งานพอร์ตอนุกรม UART นี้จะใช้การติดต่อด้วยขา RxD (P3.0) และ TxD (P3.1) ซึ่งสามารถเลือกโหมดการใช้งานได้ 4 โหมดคือ Mode 0, Mode 1 ,Mode 2 และ Mode 3 ในรีจีสเตอร์ SCON

2.1.9.2 Serial Peripheral Interface (SPI)

ภายในตัว ADuC812 จะรวมการติดต่อแบบ Serial Peripheral Interface (SPI) ไว้อยู่ภายในตัวชิพด้วย ซึ่ง SPI เป็นระบบการติดต่อสื่อสารอนุกรมแบบ Synchronous serial interface ซึ่งเป็นมาตรฐานอุตสาหกรรม สามารถส่ง และ รับ ข้อมูล แบบ Synchronous 8 บิต ได้ในเวลาเดียวกัน หรือ Full-duplex นั้นเอง การใช้งานในโหมด SPI นั้นสามารถที่จะกำหนดให้เป็นการทำงาน แบบ Master หรือ Slave ก็ได้

2.1.9.3 ระบบรับส่งข้อมูลอนุกรม I^2C (I^2C Compatible, SPI Serial I/O)

ADuC812 นั้นได้รองรับการใช้งาน I^2C Serial Interface เอาไว้ด้วย ซึ่งสามารถใช้งานในโหมด Hardware Slave หรือ จะใช้งานในโหมด Software Master ก็ได้ โดยขาการใช้งานจะใช้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น เท่านั้น

2.1.9.4 TIMERS/COUNTERS

ภายใน ADuc812 มี Timer/Counter ขนาด 16 บิตทั้งหมด 3 ตัว ได้แก่ Timer 0, Timer1, Timer 2 Timer/Counter แต่ละตัวบรรจุ รีจีสเตอร์ 8 บิต 2 ตัวคือ THx และ TLx โดยที่ x = 0, 1และ 2 ทั้ง 3 ตัว สามารถ configure ให้เป็น timer หรือ counter ได้

ในฟังก์ชัน Timer รีจีสเตอร์ TLx จะเพิ่มขึ้นทุกๆแมชชีนไซเคิล ซึ่งการนับแมชชีนไซเคิลหาได้จากความถี่คริสตัล/ความถี่ออสซิลเลเตอร์ ส่วนฟังก์ชัน Counter รีจีสเตอร์ TLx จะเพิ่มขึ้นเมื่อมี clock ภายนอกเข้ามาที่ขา T0,T1 หรือ T2

นอกจากนี้ ยังมีคุณสมบัติอื่นๆ อีกมากมายเช่น Watchdog Timer, Power Supply Monitor, On-chip monitor

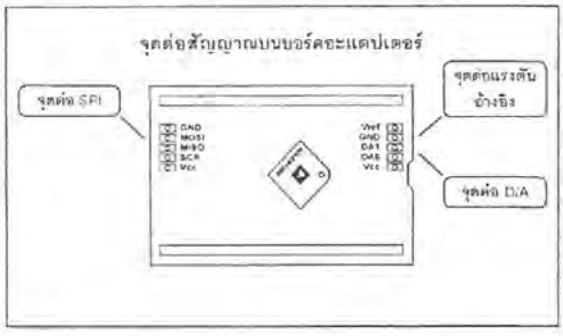
2.2 บอร์ด Adaptor KX-812

รูปที่ 2.24 รูปแสดงบอร์ด Adaptor KX-812

เนื่องจาก ADuC812 เป็นไมโครชิพที่มีขาทั้งหมด 40 ขา และมีขนาดเล็กมาก จึงจำเป็นต้องอาศัยบอร์ด Adaptor KX-812 เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งลักษณะของบอร์ด Adaptor KX-812 จะมี

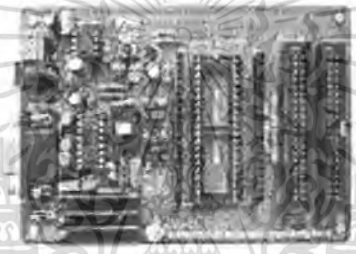
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะคล้ายกับไมโครคอนโทรเลอร์ 8051 ทั่วไป คือมี 20 ขา ส่วนฟังก์ชันอื่นๆที่นอกเหนือจาก 8051 จะมีจุดต่อสัญญาณบนบอร์ด Adaptor ดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 แสดงจุดต่อสัญญาณบนบอร์ด Adaptor

2.2.1 อุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกับบอร์ด Adaptor KX-812



รูปที่ 2.26 รูปแสดงเครื่องโปรแกรม MCS51 แบบ ISP (UX-51)

UX-51 เป็นเครื่องโปรแกรมไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 แบบ ISP ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

- ใช้โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่มีฟังชัน In-System programming ผ่านขาพอร์ต TxD, RxD ได้แก่ P89C51RB2/RC2/RD2 ของ Philips- T89C51AC2 ของ Atmel- ADuC812 ของ Analog Device
- เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม
- ซอฟต์แวร์ทำงานบนวินโดวส์ 95/98/ME/NT/2000/XP
- ใช้กับ Adaptor +9V ขึ้นไป

กรณีที่ไม่ใช้เครื่องโปรแกรมไมโครคอนโทรเลอร์ UX-51 สามารถทำบอร์ดขึ้นมาใช้ได้เอง ซึ่งจะคล้ายกับการใช้งานของ MCS-51 ทั่วไป เพียงแต่ต้องต่อวงจรส่วน serial port และให้ต่อสวิตช์ขา $\overline{PSEN}$ กับ GND จากนั้นเข้าสู่ ISP mode ของ ADuC812 ดังนี้

1.กด RESET ค้างไว้

2.ต่อสวิตช์ขา PSEN ลง GND

3.ปล่อยสวิตช์ RESET

4.เข้าสู่โปรแกรม WSD

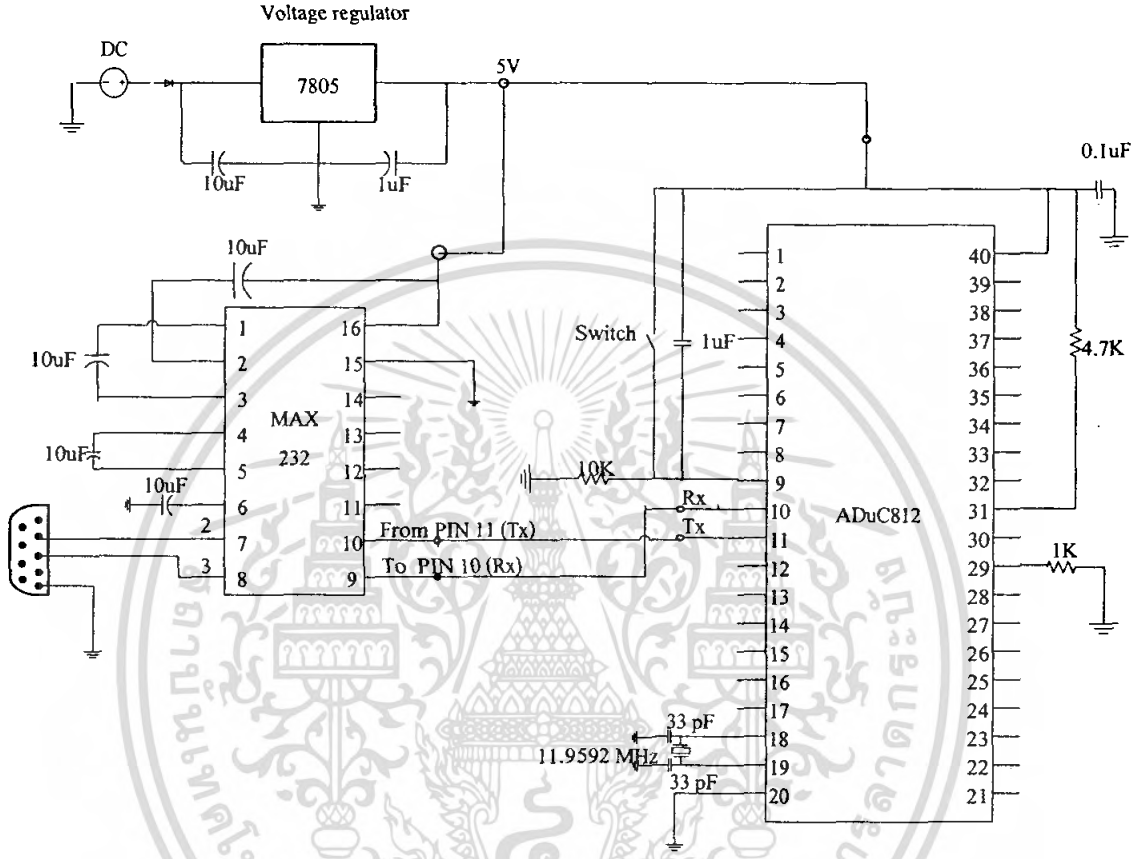
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการสลับกลับมาโหมดปกติ

1. กด RESET ค้างไว้

2. ปล่อย PSEN ออก

3.ปล่อยสวิตซ์ RESET ก็จะเข้าสู่โหมดการทำงานปกติ

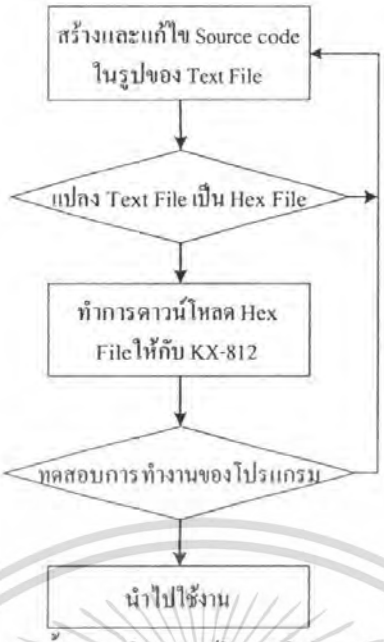


รูปที่ 2.27 แสดงวงจรบอร์ดที่ทำขึ้นมาใช้ได้เอง เพื่อโปรแกรมลงบน ADuC812

2.2.2 WSD: Window Serial Download ซอฟต์แวร์สำหรับดาวน์โหลดข้อมูลลงใน ADuC8xx

โปรแกรม WSD จะใช้สำหรับการดาวน์โหลดไฟล์โปรแกรมที่มีนามสกุล .HEX (Intel Hex Format) ที่ผู้พัฒนาได้เขียนขึ้นจากเครื่องคอมพิวเตอร์ PC ส่งไปที่ไมโครคอนโทรเลอร์ ADuC812

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

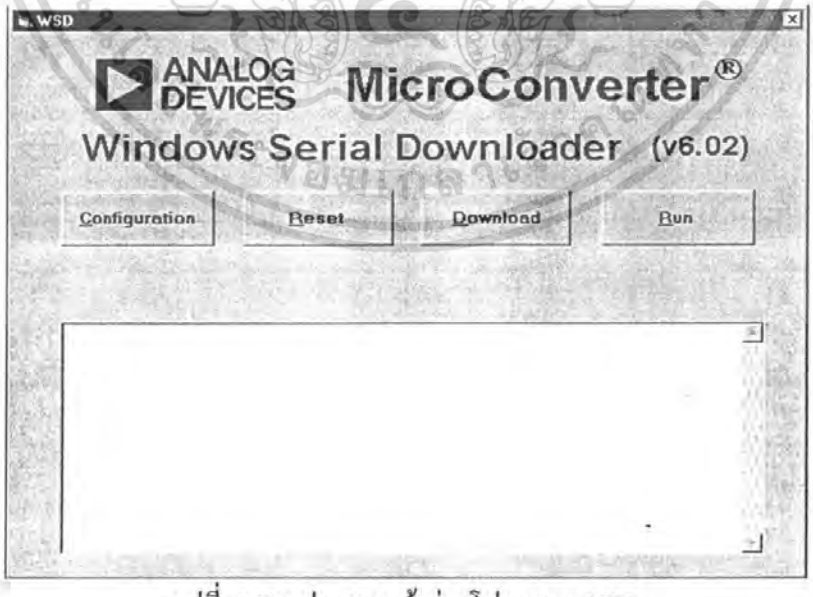


รูปที่ 2.28 แสดงขั้นตอนในดาวน์โหลดโปรแกรมของ ADuC812

การใช้งานโปรแกรม WSD

เมื่อติดตั้งโปรแกรม WSD เสร็จเป็นที่เรียบร้อยแล้ว ในหัวข้อนี้จะเป็นการใช้งานโปรแกรม WSD เพื่อทำการโหลดโปรแกรมนามสกุล. HEX ลงสู่คอนโทรลเลอร์

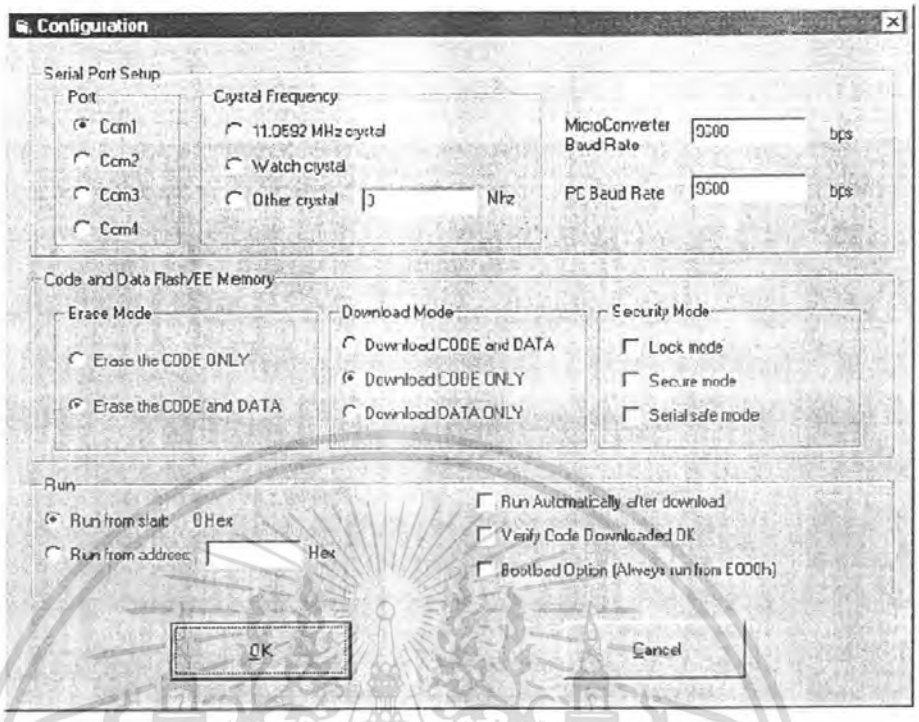
1. ตรวจสอบความเรียบร้อยของวงจร ขา $\overline{PSEN}$ มีลอจิกเป็น "0"
2. ต่อสายดาว์นโหลดระหว่างคอนโทรลเลอร์ (พอร์ต RS-232) กับ PC (COM1)
3. เปิดโปรแกรม WSD.EXE ดังแสดงในรูปด้านล่าง



รูปที่ 2.29 รูปแสดงหน้าต่างโปรแกรม WSD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กดปุ่ม Configuration บนโปรแกรม WSD เพื่อทำการปรับแต่งค่าต่างๆ



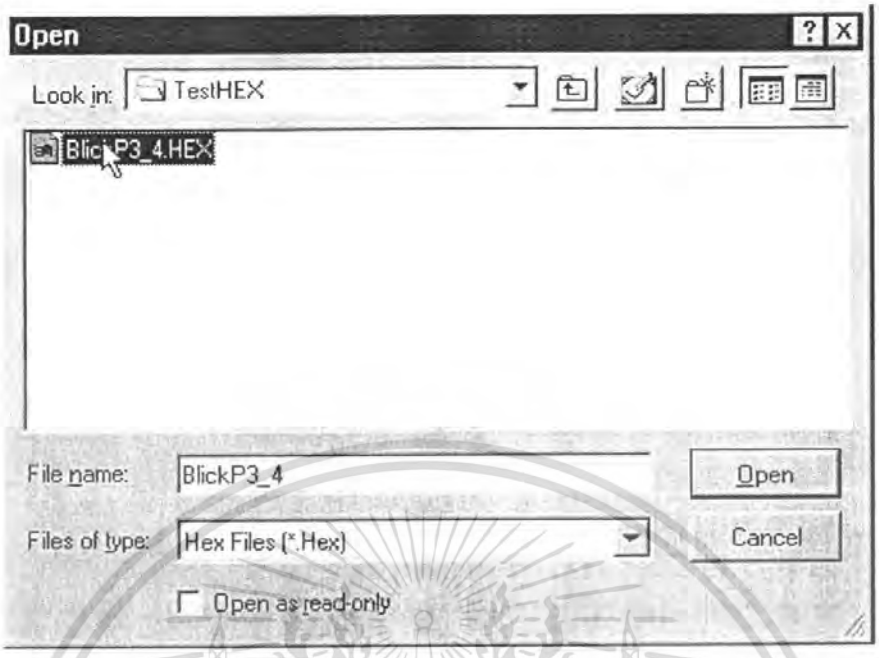
รูปที่ 2.30 รูปแสดงหน้าต่างConfiguration

5. เลือก ความถี่คริสตอล ในกรอบ Crystal Frequency จากนั้นกดปุ่ม OK
6. เข้าสู่โหมด ISP mode ของ ADuC812 โดยทำขั้นตอนดังนี้ คือ
   1). กดปุ่ม PSEN ค้างไว้
   2). กดปุ่ม RESET 1 ครั้ง แล้วปล่อย ในขณะที่ยังคงกดปุ่ม PSEN ค้างไว้ จากนั้นปล่อยมือออกจากปุ่ม PSEN
   3). กดปุ่ม RESET บนโปรแกรม WSD
   4). ถ้าทุกอย่างถูกต้อง หน้าต่าง ของโปรแกรม WSD จะขึ้นข้อความดังนี้

รูปที่ 2.31 แสดงข้อความบนหน้าต่างของโปรแกรม WSD เมื่อทุกอย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. กดปุ่มดาวน์โหลดจากนั้นเลือก Hex ไฟล์ จาก CD-ROM ชื่อ ...\TestHEX**BlinkP3_4.HEX**



รูปที่ 2.32 แสดงการดาวน์โหลด Hex ไฟล์

8. กดปุ่ม Open
9. จากนั้นกดปุ่ม RUN เป็นอันเสร็จสิ้นการดาวน์โหลด

2.3 TRW 2.4GHz

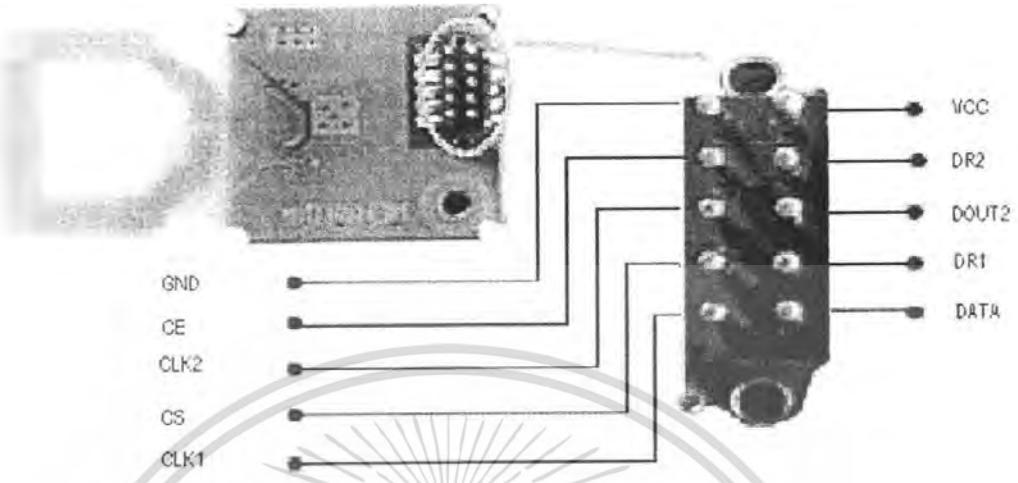
TRW 2.4GHz เป็นโมดูลสำหรับรับส่งคลื่นวิทยุในย่านความถี่ 2.4 -2.5GHz ซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าน้อย โดยภายในของตัวโมดูลนั้นจะประกอบไปด้วย เสาอากาศ, ตัวอนุพันธ์ความถี่, ตัวขยายกำลัง,คริสตอล ออสซิลเลเตอร์และมอดูเลเตอร์

2.3.1. คุณสมบัติของโมดูล TRW 2.4 GHz

- ใช้คลื่นวิทยุในย่านความถี่ 2.4-2.5 GHz
- มีการมอดูเลตแบบ GFSK
- มีอัตราการส่งข้อมูล 1 Mbps และ 250kbps
- มีขนาดเล็กและบางเพียง 20.0*36.7*2.4mm
- สามารถทำงานได้ในอุณหภูมิช่วง -40 ~ +85 องศาเซลเซียส
- มี กำลังงานเอาท์พุต +4 dBm
- มีการรับส่งข้อมูลแบบสองทิศทาง
- ความเร็วในการส่ง 1 Mbps (ระยะทาง 150 m.) 250 Kbps (ระยะทาง 280 m.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2. การจัดขาของโมดูล TRW 2.4 GHz และหน้าที่การทำงาน



รูปที่ 2.33 แสดงการจัดขาของ TRW 2.4 GHz

ตารางที่ 2.14 แสดงขาของTRW2.4GHz และ รายละเอียด

Pin	Name	Pin function	Description
1	GND	Power	Ground (0V)
2	CE	Input	ขอมให้โหมด Rx หรือ Tx ทำงาน
3	CLK2	I/O	สัญญาณนาฬิกา เอาท์พุต/อินพุต สำหรับ Rx data channel 2
4	CS	Input	เลือก Configuration Mode
5	CLK1	I/O	สัญญาณนาฬิกาอินพุต(Tx) และI/O(Rx) สำหรับ data channel 1 3-wire interface
6	DATA	I/O	Rx data channel 1/Tx data input/3-wire interface
7	DR1	Output	Rx data ready ที่ channel 1(ShockBurst only)
8	DOUT2	Output	Rx data channel 2
9	DR2	Output	Rx data ready ที่ channel 2(Shock Burst only)
10	VCC	Power	Power supply +3V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.3. โหมดการทำงานของ TRW 2.4 GHz

สามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 3 โหมด หลักได้แก่

- Active(Rx/Tx) Mode เมื่อ ขา CE=1 และ ขาCS=0
- Configuration Mode เมื่อ ขา CE=0 และ ขาCS=1
- Stand by Mode เมื่อ ขา CE=0 และ ขาCS=0

2.3.3.1. Active(Rx/Tx) Mode

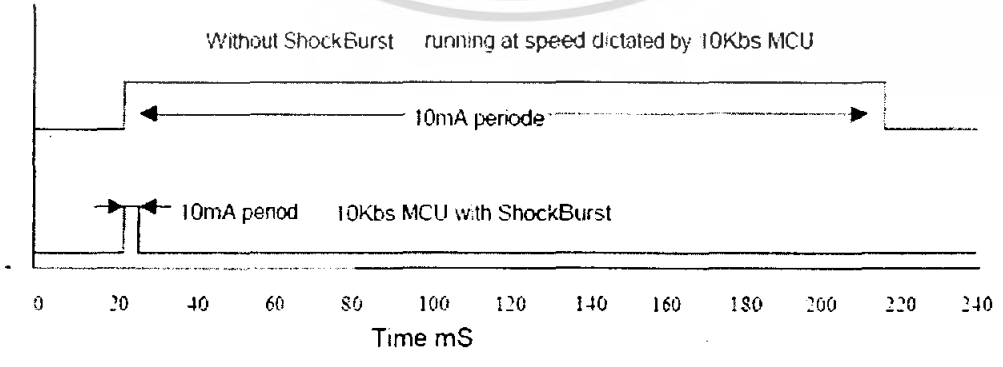
ในโหมดการทำงานแบ่งการทำงานเป็น 2 โหมดคือ Shock Burst Mode และ Direct Mode

2.3.3.1.1ShockBurst Mode

โหมด Shock Burst เป็นการใช้เทคโนโลยีรับ/ส่ง ข้อมูลลงชิพ(Chip) แบบเข้าก่อน ออกก่อน (First in – First out) โดยในการส่งข้อมูลมีทั้งระดับอัตราในการส่งบิตข้อมูลมีทั้งระดับความเร็วต่ำและระดับความเร็วสูง เมื่อโมดูลความถี่วิทยุทำงานในโหมด Shock Burst สามารถเพิ่มการเข้าถึงระดับข้อมูลได้สูงถึง (1 Mbps) โดยใช้ย่านความถี่ 2.4 GHz และต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ความเร็วสูงในการประมวลผล โดยการจัดกระบวนการประมวลผลให้เหมาะสมกับโปรโตคอลบนชิพจะทำให้ได้รับประโยชน์จากโมดูลความถี่วิทยุที่ตามมาดังนี้

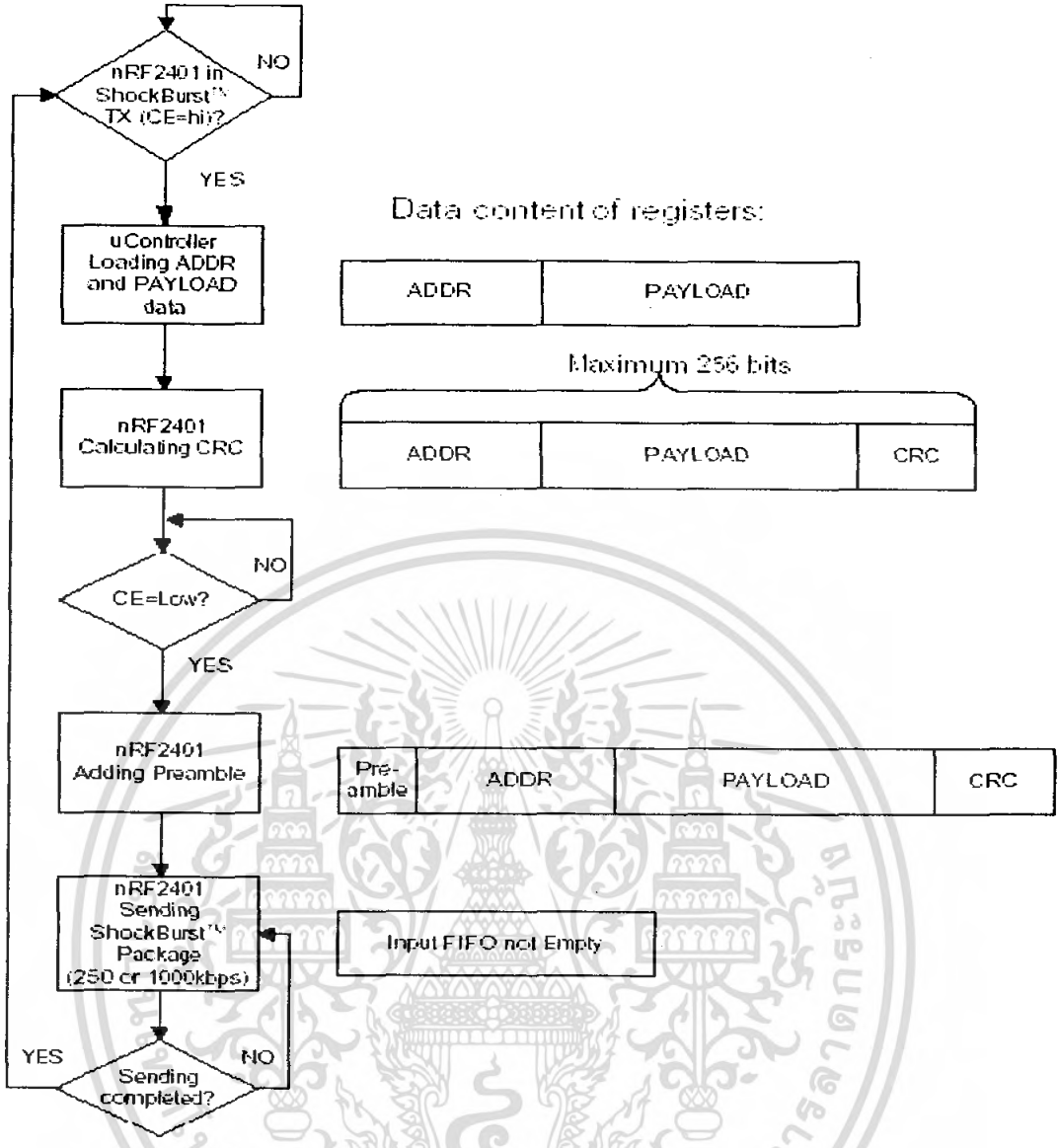
- ประหยัดกระแส
- ระบบมีราคาต่ำ (เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์มีราคาถูก)
- ลดการชนกันของข้อมูลเมื่อใช้เวลาในการส่งระยะสั้นๆ

รูปที่ 2.34 แสดงการรับข้อมูลด้วยอัตราเร็วต่ำ (10 kbps) แต่ส่งด้วยอัตราเร็วสูง (1 Mbps)



รูปที่ 2.35 แสดงการใช้กระแสไฟฟ้าของการส่งแบบShock Burst และแบบธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.36 โฟว์ชาร์ตภาคส่ง ของ TRW 2.4 GHz

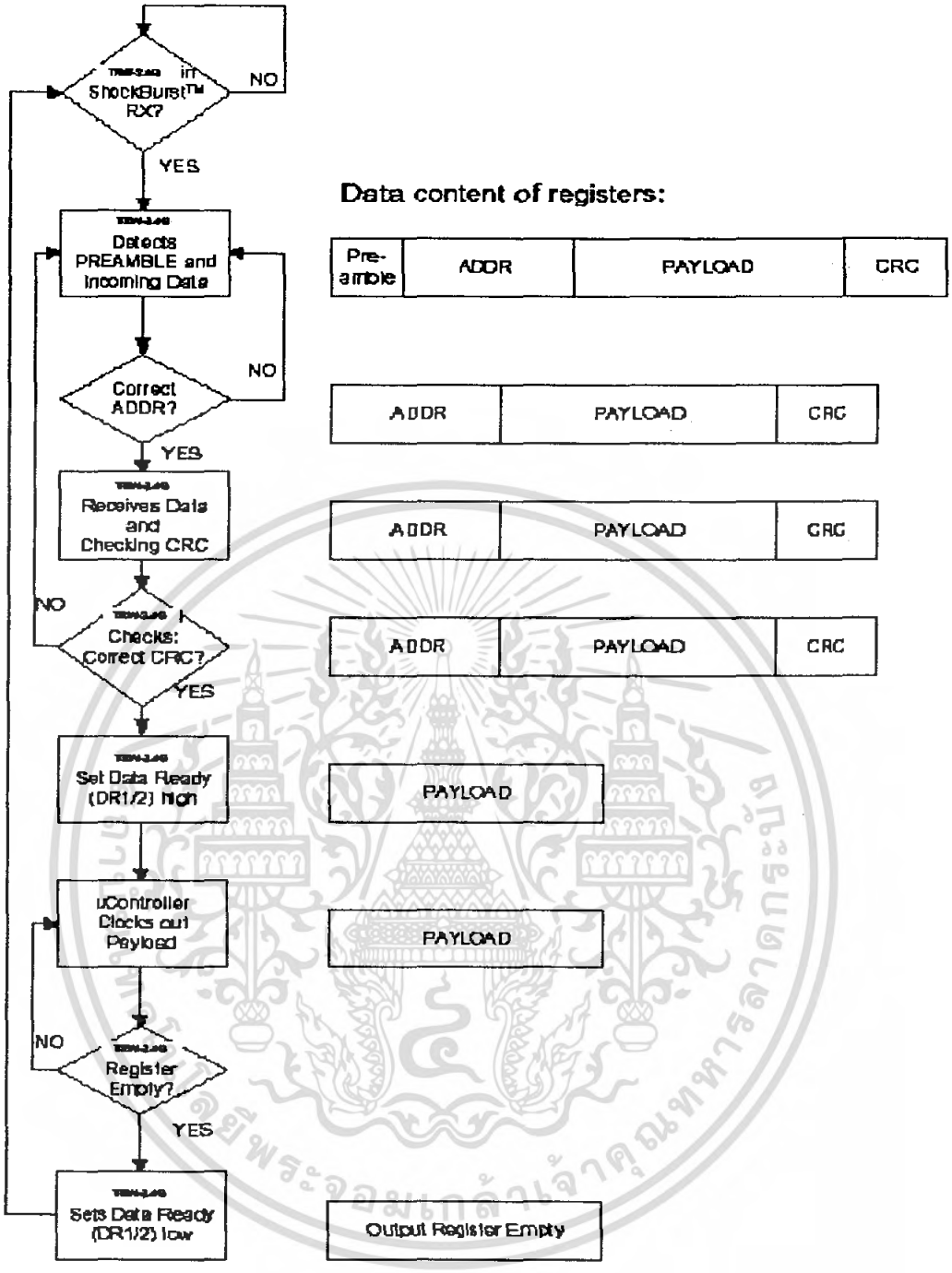
2.3.3.1.1.1 หลักการทำงานในโหมด Shock Burst

<u>การส่งข้อมูลในโหมด Shock Burst</u>

โดยทำการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับขา CE, CLK1, DATA ของตัวโมดูล

- เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการส่งข้อมูลให้กับโมดูลต้องทำการเซ็ตขา CE ให้อยู่ในสถานะ "high" เพื่อกระตุ้นให้โมดูลทำการนำข้อมูลมาเก็บไว้ภายในโมดูล
- เมื่อต้องการส่งข้อมูลออกจากตัวโมดูล ทำการตั้งค่าที่ขา CE ของโมดูลที่เชื่อมต่ออยู่กับไมโครคอนโทรลเลอร์ให้อยู่ในสถานะ "low"เพื่อกระตุ้นให้โมดูลทำการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.37 โฟว์ชาร์ตภาครับ ของ TRW 2.4 GHz

<u>การรับข้อมูลในโหมด Shock Burst</u>

โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการเชื่อมต่อกับขา CE, CLK1, DR1 และ DATA (กรณีที่ใช้ช่องสัญญาณเพียงช่องเดียว)

- เมื่อ RF package มีแอดเดรสที่ถูกต้องและขนาดของข้อมูลที่เข้ามา ตัวโมดูลจะทำการเซ็ตค่าให้ขา CE อยู่ในสถานะ " high"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อข้อมูลที่รับเข้ามาถูกต้อง (ADDRESS และ CRC ถูกต้อง) โมดูลจะทำการย้าย preamble, address และ CRC โดยจะแจ้งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำการเซ็ตค่า DR1 ให้อยู่ในสถานะ "high" และเซ็ตขา CE ให้อยู่ในสถานะ "low"เพื่อบอกว่าขณะนี้ทำการรับข้อมูลอยู่
- ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการเซ็ตค่าเพื่อให้รับข้อมูลได้เหมาะสมและเมื่อทำการรับข้อมูลเสร็จเรียบร้อยจะทำการเซ็ตค่าให้ขา DR1 ให้อยู่ในสถานะ "low" เพื่อเตรียมพร้อมที่จะรับข้อมูลที่เข้ามา

PRE-AMBLE	ADDRESS	PAYLOAD	CRC

รูปที่ 2.38 แสดง Data Package Diagram

2.3.3.1.1.2 Data Package สำหรับ Shock burst Mode และ Direct Mode นั้นจะประกอบด้วย 4ส่วน คือ

PRE-AMBLE

ในส่วนPRE-AMBLE นั้นจะเป็นส่วนที่ต้องการของทั้ง Shock Burst Mode และ Direct Mode ซึ่งจะมีความยาว 8 หรือ 4 บิต นั้นขึ้นอยู่กับบิตข้อมูลตัวแรกในDirect Mode และในShock Burst Mode นั้น PRE-AMBLE จะถูกเพิ่มเข้าไปโดยอัตโนมัติ ดังนั้นจะมีพื้นที่ว่างพิเศษสำหรับส่วน payload และ PRE-AMBLE นั้นจะถูกตัดทิ้งออกไปในส่วนของข้อมูลฝั่งรับ แต่ว่าใน Direct Mode นั้นส่วนPRE-AMBLE จะยังคงอยู่

ADDRESS

ส่วน ADDRESS นั้นจะต้องการสำหรับ Shock Burst Mode จะมีความยาว 8 ถึง 40 บิต และจะถูกตัดทิ้งออกไปในข้อมูลฝั่งรับสำหรับใน Shock Burst Mode แต่ว่าในDirect Mode นั้นส่วน ADDRESS จะยังคงอยู่

PAYLOAD

สำหรับการส่งข้อมูล ในShock Burst Mode นั้นส่วนของ Payload จะมีขนาด 256 บิต แต่จะต้องลบส่วนต่อไปนี้ออก (Address: 8ถึง40บิต + CRC 8หรือ 16บิต) สำหรับ Direct Mode นั้นส่วนของPayload จะถูกกำหนดโดย 1Mbps สำหรับ 4 ms: 4000 บิต โดยลบส่วนต่างๆต่อไปนี้ (Pre-amble: 8 หรือ 4 บิต + Address: 8 ถึง 40 บิต + CRC 0,8 หรือ 16บิต)

CRC

ส่วนของCRC นั้นเป็นส่วนเพิ่มมาสำหรับ Shock Burst Mode แต่ว่าจะไม่ใช้ในส่วนของ Direct Mode จะมีความยาว 8 หรือ 16 บิต และจะถูกตัดออกในส่วนของข้อมูลฝั่งรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

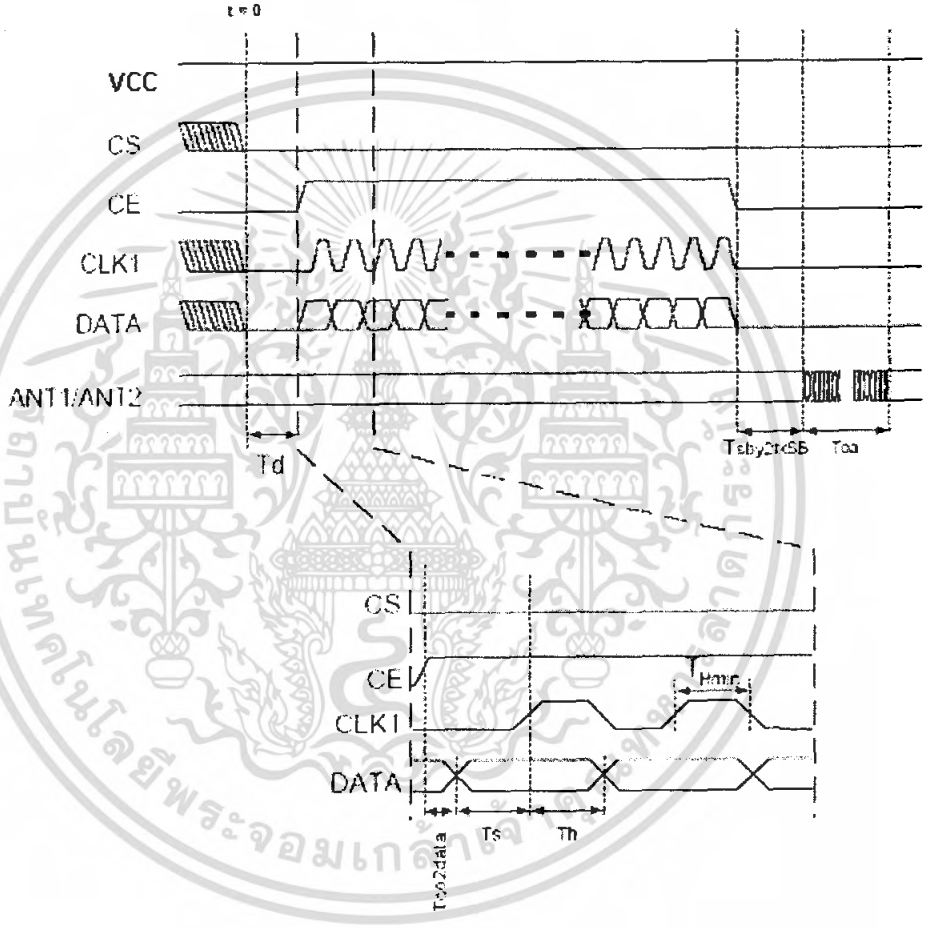
2.3.1.1.3 Shock Burst Mode Timing

Shock Burst Tx:

ข้อมูลนั้นจะถูกดีเลย์ T_{OA} ดังสมการ

$$T_{OA} = 1/datarate * (\#databits + 1)$$

*T_{OA}= time on air

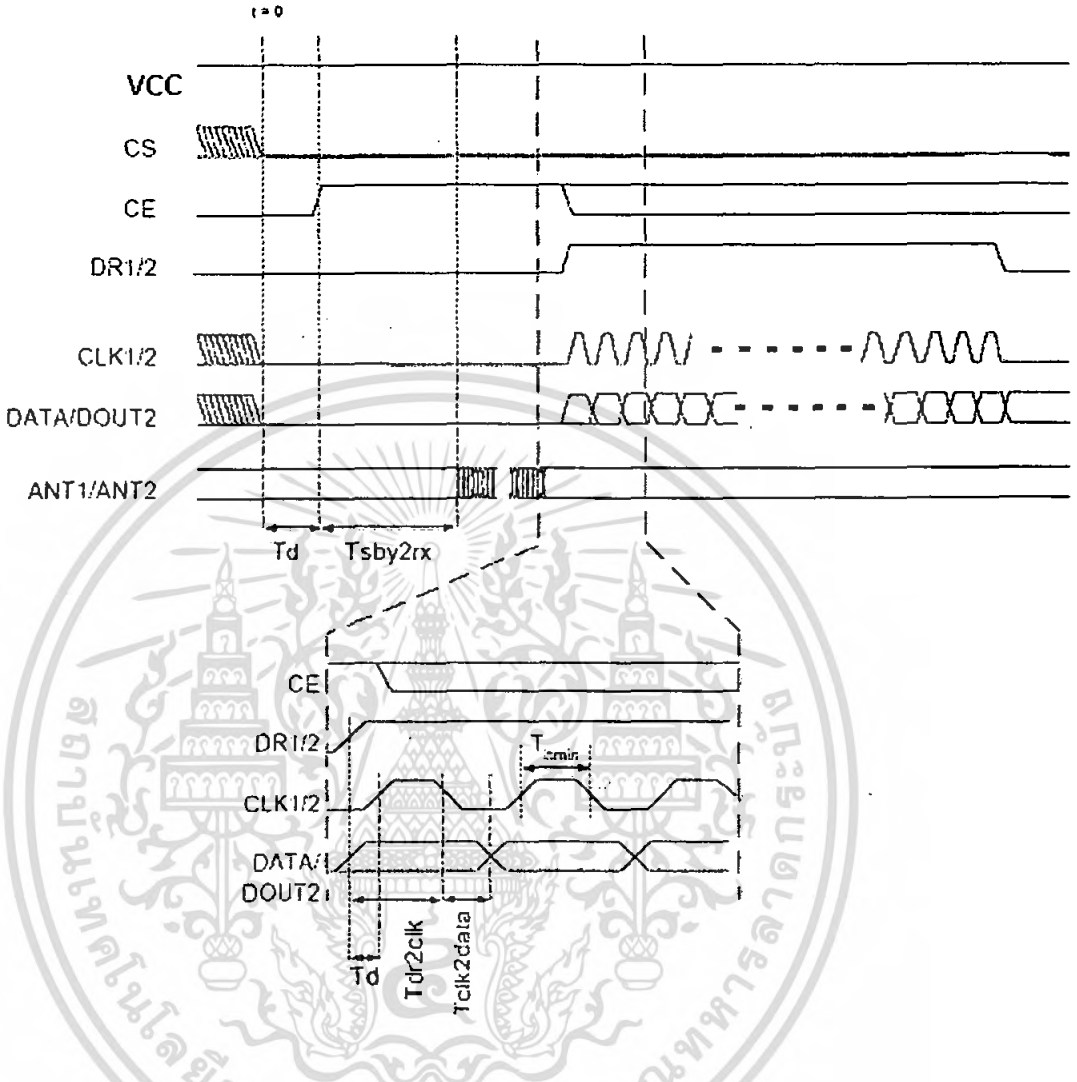


รูปที่ 2.39 แสดงไดอะแกรมเวลาของ Shock Burst in Tx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Shock Burst Rx:

ขา CE จะรักษาสถานะสูงไว้ขณะทำการโหลดข้อมูล แต่ว่าจะใช้กระแสไฟมาก(18mA) และมีข้อดีคือไม่ต้องมี start-up time (200ไมโครวินาที) หลังจากDR1เปลี่ยนสถานะเป็นต่ำ



รูปที่ 2.40 แสดงไดอะแกรมเวลาของ Shock Burst in Rx

2.3.1.2 Direct Mode

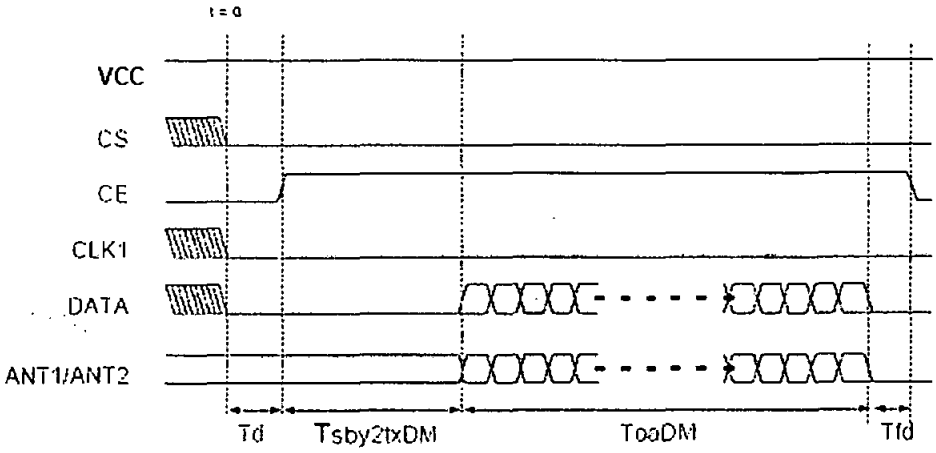
ในโหมดนี้จะเป็นการรับส่งข้อมูลเหมือนกับการรับส่งข้อมูลแบบ RF ทั่วไป

2.3.1.2.1 Direct Mode Timing

Direct Mode Tx:

Input data นั้นจะถูกสุ่มโดย TRW 2.4 GHz ดังนั้นจะยังไม่ต้องการสัญญาณนาฬิกาในส่วนนี้ และสัญญาณจะถูกทำให้คงที่ในสถานะต่ำระหว่างการส่ง

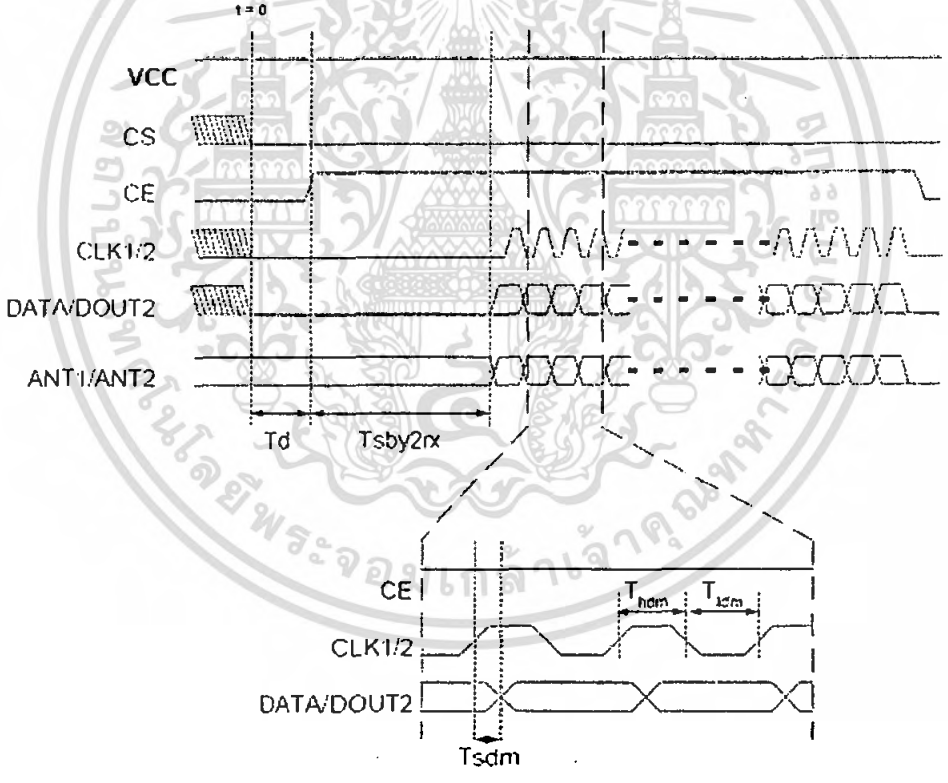
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.41 แสดงไดอะแกรมเวลาของ Direct Mode in Tx

Direct Mode Rx:

Tsby2rx คือช่วงดีเลย์จากด้านบวกของขาCEเพื่อที่จะเตรียมรับข้อมูลที่จะเข้ามาใหม่

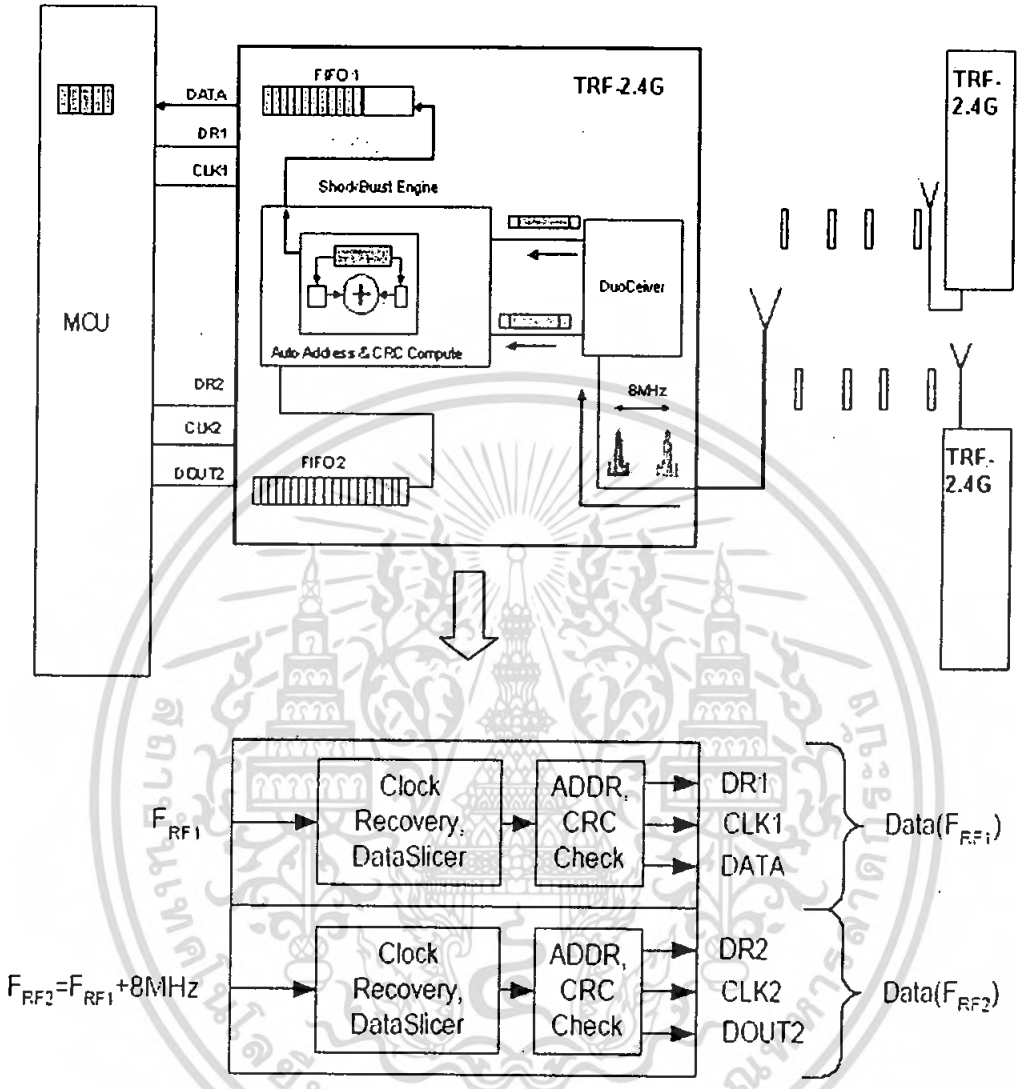


รูปที่ 2.42 แสดงไดอะแกรมเวลาของ Direct Mode in Rx

ในการทำงานของ Shock Burst Mode และ Direct Mode ทั้งสองนั้น ตัวโมดูล TRW 2.4 GHz สามารถทำการรับข้อมูลพร้อมกันสองช่องทางในเวลาเดียวกันที่ความถี่ต่างกันได้ด้วยอัตราเร็วสูงสุดโดยเป็นการทำงานของ Duo Receiver Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในการรับข้อมูลพร้อมกันของสองสัญญาณนั้น ช่องสัญญาณที่สองจะต้องมีความถี่มากกว่าช่องสัญญาณที่หนึ่ง 8 MHz จึงจะทำให้การรับสัญญาณทั้งสองนั้นสมบูรณ์



รูปที่ 2.43 แสดงการรับข้อมูลสองช่องสัญญาณพร้อมกัน (Duo Receiver Mode)

2.3.2. Configuration Mode

เป็นโหมดที่ใช้ในการตั้งค่าเพื่อเลือกใช้โหมดต่างๆ

Configuration for Shock Burst operation

จะต้องใช้พื้นที่จำนวน 15 bytes สำหรับโหมดShock Burstนี้

Configuration for Direct Mode operation

จะใช้พื้นที่จำนวน 2 bytes สำหรับโหมด Direct นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Configuration word ทั่วไป

Configuration word นั้นจะเริ่มเลื่อนจากบิต MSB ที่ขอบของขาCLK1 การ configuration ใหม่นั้นจะเริ่มขึ้นเมื่อขอบของ CS ตกลง

2.3.2.1 ตำแหน่งข้อมูลของตัวโมดูลความถี่วิทยุ

ในการที่จะกำหนดค่าให้กับตัวโมดูลวามถี่วิทยุเพื่อให้โมดูลความถี่วิทยุทำงานในโหมดที่เราต้องการนั้นเราต้องทราบก่อนว่าต้องกำหนดค่าอะไรบ้างลงในตำแหน่งบิตที่เท่าไหร่ ดังนั้นตารางข้างล่างนี้จะแสดงตำแหน่งของบิตภายในตัวโมดูลความถี่วิทยุที่ใช้ในการกำหนดค่าให้กับตัวโมดูลความถี่วิทยุ

ตารางที่ 2.15 แสดงรายละเอียดของตำแหน่งบิตภายในตัวโมดูลความถี่วิทยุ

ตำแหน่งบิต	จำนวนบิต	ชื่อ	ความหมาย
143:120	24	TEST	จองไว้สำหรับทดสอบข้อมูล
119:120	8	DATA2_W	จำนวนความกว้างของบิตข้อมูล channel 2
111:104	8	DATA1_W	จำนวนความกว้างของบิตข้อมูล channel 1
103:64	40	ADDR2	แอดเดรสของตัวรับ channel 2
63:24	40	ADDR1	แอดเดรสของตัวรับ channel 1
23:18	6	ADDR_W	จำนวนบิตที่จองไว้สำหรับแอดเดรสตัวรับ
17	1	CRC_L	จำนวนความกว้างของบิต CRC
16	1	CRC_EN	ยอมให้สร้าง CRC สำหรับ TX และมีการตรวจสอบบิต CRC สำหรับ RX
15	1	RX2_EN	กำหนดจำนวนสัญญาณ RX
14	1	CM	เลือกโหมด (Direct หรือ Shock Burst)
13	1	REDR_SB	เลือกอัตราการส่งผ่านข้อมูล (1 Mbps และ 250 Kbps)
12:10	3	XO_F	ความถี่คริสตอล(Crystal)
9:8	2	RF_PWR	เลือกค่ากำลังของตัวส่ง
7:1	7	RF_CH#	เลือกความถี่
0	1	RXEN	เลือกโหมดรับ/ส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 การตั้งค่าโมดูลความถี่วิทยุ (TRW 2.4GHz)

RF_CH# กับ RXEN

ตารางที่ 2.16 แสดงตำแหน่งบิตของช่องสัญญาณความถี่และโหมดการทำงาน

ชื่อ	RF_CH#							RXEN
ตำแหน่งบิต	7	6	5	4	3	2	1	0

RXEN เป็นตำแหน่งบิตที่ 0 ใช้กำหนดค่าโมดูลความถี่วิทยุให้ทำงานในภาครับ หรือทำงานในภาคส่ง

ถ้าต้องการให้โมดูลทำหน้าที่เป็นตัวส่งต้องกำหนดให้บิต RXEN เป็น "0"

ถ้าต้องการให้โมดูลความถี่วิทยุทำหน้าที่เป็นตัวรับต้องกำหนดให้บิต RXEN เป็น "1"

RF_CH# เป็นตำแหน่งบิตที่ 1 ถึงบิต 7 จะเป็นบิตที่กำหนดความถี่ที่ใช้รับ/ส่ง ซึ่งมีความถี่ในช่วง 2400 MHz - 2524 MHz โดยคำนวณได้จากสูตรดังนี้

ช่องสัญญาณความถี่ = 2400 MHz + [(RF_CH#) (1.0 MHz)]

ตารางที่ 2.17 แสดงตัวอย่างการกำหนดค่าให้กับตัวส่ง ความถี่ 2410 MHz

RF_CH#							RXEN
0	0	0	1	0	1	0	0

ตารางที่ 2.18 แสดงตัวอย่างการกำหนดค่าให้กับตัวรับ ความถี่ 2410 MHz

RF_CH#							RXEN
0	0	0	1	0	1	0	1

ถ้าต้องการที่จะส่งสองช่องสัญญาณสามารถคำนวณหาความถี่ที่ใช้ได้จากสูตรดังนี้

ช่องสัญญาณความถี่ = 2400 MHz + [(RF_CH#) (1.0 MHz)]+ 8 MHz

RF_PWR

ตารางที่ 2.19 แสดงการกำหนดค่ากำลังงานของภาคส่ง

กำลังงานของภาคส่ง		
D9	D8	P(dBm)
0	0	-20
0	1	-10
1	0	-5
1	1	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

XO_F (fix)

ตารางที่ 2.20 แสดงการกำหนดค่าสถานะของตำแหน่งบิต ที่ 10 ถึง 12

ตำแหน่งบิต	12	11	10
สถานะ	0	1	1

READ_SB

ตำแหน่งบิตที่ 13 โดยเป็นบิตที่ใช้เลือกค่าอัตราการส่งผ่านข้อมูลของโมดูลความถี่วิทยุ

สถานะ 0: อัตราการส่งผ่านข้อมูลเท่ากับ 250 กิโลบิตต่อวินาที

สถานะ 1: อัตราการส่งผ่านข้อมูลเท่ากับ 1 เมกะบิตต่อวินาที

CM

ตำแหน่งบิตที่ 14 เป็นบิตที่เลือกส่งข้อมูลกำหนดให้มีสถานะเป็น 1 เนื่องจากการส่งข้อมูลในโหมด Shock Burst (0 : Direct mode)

RX2_EN

ตำแหน่งบิตที่ 15 เป็นบิตที่เลือกจำนวนช่องสัญญาณของภาครับ

สถานะ 0: จำนวน 1 ช่องสัญญาณ

สถานะ 1: จำนวน 2 ช่องสัญญาณ

CRC_EN

ตำแหน่งบิตที่ 16 ใช้ในการกำหนดให้มีการสร้าง CRC สำหรับภาคส่ง และมีการตรวจสอบบิต CRC สำหรับภาครับ ถ้ากำหนดให้สถานะบิตเป็น 1

CRC_L

ตำแหน่งบิตที่ 17 ในการกำหนดความกว้างของบิต CRC

สถานะ 0: ให้ CRC มีความกว้าง 8 บิต

สถานะ 1: ให้ CRC มีความกว้าง 16 บิต

ADDR_W

ตำแหน่งที่ 18 – 23 ใช้ในการกำหนดจำนวนที่จองไว้ สำหรับแอดเดรสภาครับ โดยที่จองไว้สูงสุดถึง 40 บิต 5 ไบต์ กำหนดให้มีจำนวนการจองบิตสูงสุด จะต้องกำหนดค่าดังแสดงในตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.21 แสดงตารางการกำหนดค่า ADDR_W

ชื่อ	ADDR_W					
ตำแหน่งบิต	23	22	21	20	19	18
สถานะ	1	0	1	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADDRx

เป็นตำแหน่งบิตที่ 24 – 63 ขนาด 40 บิต (5 ไบต์) ใช้ในการกำหนดแอดเดรสตัวรับในช่องสัญญาณที่ 1 คือ ADDR1 และตำแหน่งบิตที่ 64 - 103 (5 ไบต์) ใช้ในการกำหนดแอดเดรสตัวรับในช่องสัญญาณที่ 2 คือ ADDR2

ตารางที่ 2.22 แสดงตัวอย่างการกำหนดแอดเดรส ของตัวรับในช่องรับสัญญาณที่ 1

ชื่อ	ADDR1							
ตำแหน่งบิต	63	62	61	60	59	58	57	56
สถานะ	0	0	0	0	0	0	0	0
ตำแหน่งบิต	55	54	53	52	51	50	49	48
สถานะ	0	0	0	0	0	0	0	0
ตำแหน่งบิต	47	46	45	44	43	42	41	40
สถานะ	0	0	0	0	0	0	0	0
ตำแหน่งบิต	39	38	37	36	35	34	33	32
สถานะ	0	0	0	0	0	0	0	0
ตำแหน่งบิต	31	30	29	28	27	26	25	24
สถานะ	0	0	0	0	0	0	0	1

DATAx_W

ตำแหน่งบิตที่ 104 – 111 ขนาด 8 บิต ในการกำหนดความกว้างของบิตข้อมูลช่องสัญญาณที่ 1 คือ DATA1_W และใช้ตำแหน่งบิตที่ 112 – 119 ขนาด 8 บิต ในการกำหนดความกว้างของข้อมูลของสัญญาณที่ 2

ตัวอย่าง การกำหนดขนาดข้อมูลเท่ากับ 8 bit

ตารางที่ 2.23 ตารางแสดงจำนวนความกว้างของบิตของข้อมูลในช่องสัญญาณที่ 1

DATA1_W								
ตำแหน่งบิต	111	110	109	108	107	106	105	104
สถานะ	0	0	0	0	1	0	0	0

ตารางที่ 2.24 ตารางแสดงจำนวนความกว้างของบิตของข้อมูลในช่องสัญญาณที่ 2

DATA2_W								
ตำแหน่งบิต	119	118	117	116	115	114	113	112
สถานะ	0	0	0	0	1	0	0	0

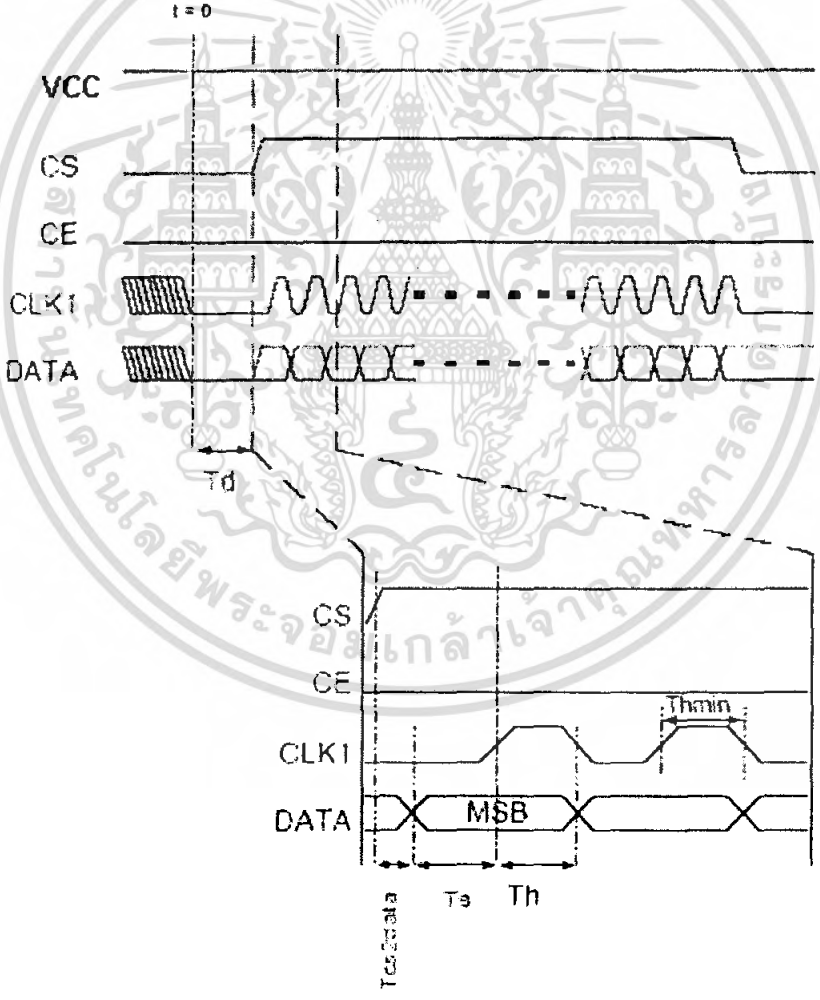
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEST

เป็นตำแหน่งบิตที่ 120 – 143 ขนาด 3 ไบต์ โดยเป็นจำนวนบิตที่จองไว้สำรอง โดยได้กำหนดค่าดังนี้

ตารางที่ 2.25 ตารางแสดงการกำหนดค่าให้กับบิตที่ 120 - 143

ชื่อ	TEST							
ตำแหน่งบิต	143	142	141	140	139	138	137	136
สถานะ	1	0	0	0	1	1	1	0
ตำแหน่งบิต	135	134	133	132	131	130	129	128
สถานะ	0	0	0	0	1	0	0	0
ตำแหน่งบิต	127	126	125	124	123	122	121	120
สถานะ	0	0	0	1	1	1	0	0



รูปที่ 2.44 แสดงไดอะแกรมเวลาสำหรับ configuration ของ TRW 2.4GHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

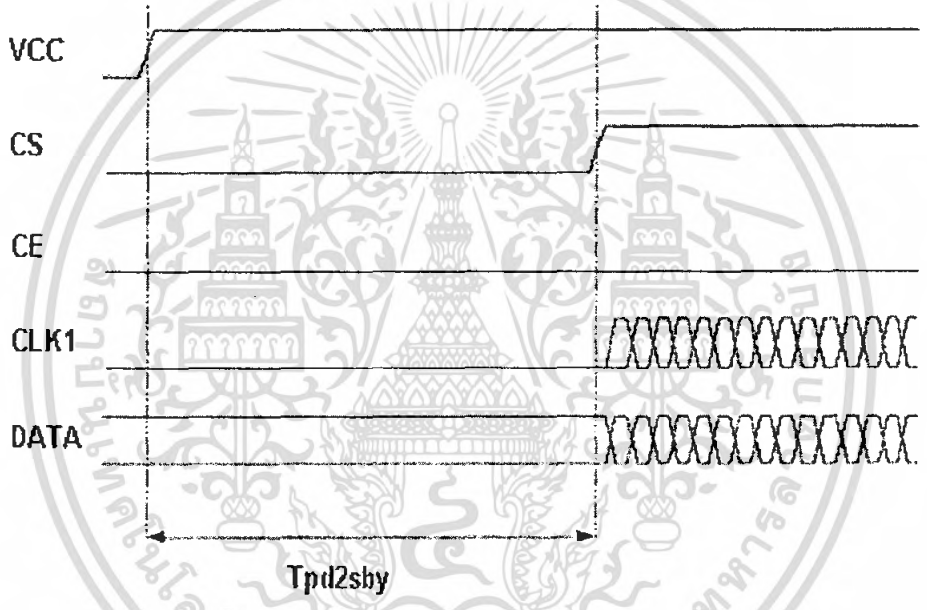
เมื่อมีการเข้าสู่โหมด configuration จากโหมด power down ขา CS จะถูกตั้งให้มีสถานะสูง หลังจากโหมด stand by

2.3.3. Stand by Mode

เป็นการใช้กระแสไฟต่ำในเวลาเริ่มต้นสั้นๆ ในโหมดนี้ส่วนของคริสตอลออสซิลเลเตอร์จะทำงาน โดยกระแสไฟที่ใช้นั้นจะขึ้นกับความถี่ของคริสตอล

2.3.3.1. Power Down Mode

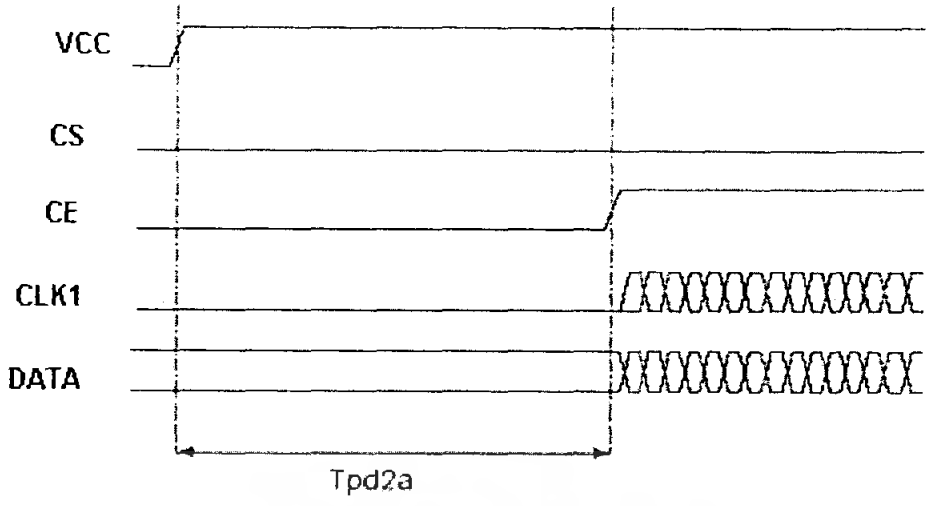
ตัวโมดูล TRW2.4GHz นี้ จะทำงานไม่ได้ถ้ากระแสไฟต่ำกว่า 1 A และการเข้าสู่การทำงานของโหมดนี้นั้นจะทำให้การใช้กระแสนั้นลดลง และทำให้อายุการใช้งานของแบตเตอรี่มากขึ้น



รูปที่ 2.45 แสดงไดอะแกรมเวลาของ power down (VCC off) ไปยัง Standby Mode

เมื่อไม่มีพลังงานนั้นตัวโมดูลTRW2.4GHzจะเข้าสู่โหมด Stand by (Tpd2sby) ก่อนที่จะไปเข้าสู่โหมด configuration หรือ โหมดการทำงานอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.46 แสดงโหมด power down (VCC off) ไปยัง active mode

Configuration word นั้นจะหายไปเมื่อ VCC off และจะต้องมีการตั้งค่าก่อนที่จะเข้าไปทำงานในโหมดต่างๆ แต่ถ้ามีการตั้งค่าอยู่แล้วนั้นจะสามารถเข้าสู่โหมดที่เราต้องการจากโหมด power down โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
คำนวณและการสร้าง

จากรูปที่ 1.1 และรูปที่ 1.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมทางฝั่งอาจารย์ผู้สอนและทางฝั่งนักเรียนของระบบปฏิบัติการทางภาษาแบบไร้สาย ซึ่งในแต่ละส่วนสามารถทำการสร้างได้ดังนี้

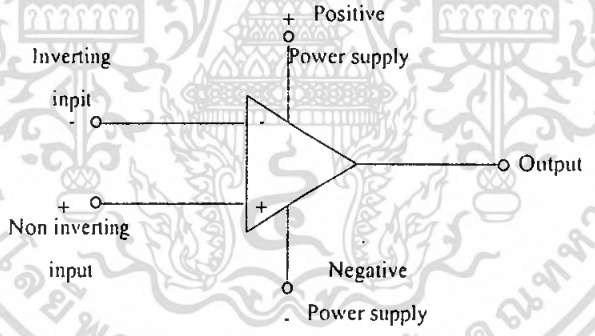
3.1 โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์

จะแบ่งเป็น 3 ส่วนด้วยกันคือ วงจรขยาย วงจรควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ และวงจรปรับแรงดัน

3.1.1 วงจรขยาย (Amplifier)

ออปแอมป์ (Operational Amplifier or Op-Amp)

ออปแอมป์เป็นไอซีแบบหนึ่งของตระกูลไอซีแบบลิเนียร์ที่ทำหน้าที่ได้สารพัดประโยชน์ แต่โดยพื้นฐานแล้วออปแอมป์ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อขยายสัญญาณ ออปแอมป์จะขยายความแตกต่างระหว่างแรงเคลื่อน หรือสัญญาณ (AC หรือ DC) ที่ป้อนเข้าที่อินพุตทั้งสอง แรงเคลื่อนหรือสัญญาณที่ต้องการจะขยาย สามารถป้อนเข้าทางอินพุตใดอินพุตหนึ่งหรือทั้งสองอินพุตก็ได้ สัญลักษณ์และชื่อขาใช้งานพื้นฐานของออปแอมป์ แสดงได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 สัญลักษณ์และชื่อขาใช้งานพื้นฐานของออปแอมป์

ออปแอมป์มีขาใช้งานพื้นฐานอยู่ 3 ประเภทคือ

1. ขาอินพุต 2 ขาคือ ขาอินพุตกลับเฟส (inverting input) และขาอินพุตไม่กลับเฟส (non-inverting input)
2. ขาเอาท์พุต 1 ขา
3. ขาต่อไฟเลี้ยง

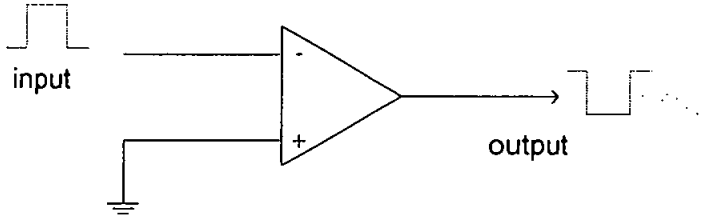
คุณสมบัติในทางอุดมคติของออปแอมป์

1. มีอัตราการขยายแรงดันเป็นอนันต์
2. มีค่าความต้านทานทางด้านอินพุตเป็นอนันต์ กระแสอินพุตมีค่าเท่ากับศูนย์
3. มีค่าความต้านทานทางด้านเอาท์พุตเป็นศูนย์
4. สามารถตอบสนองความถี่ได้ตั้งแต่ระดับไฟตรงไปจนถึงความถี่ที่มีค่าเป็นอนันต์

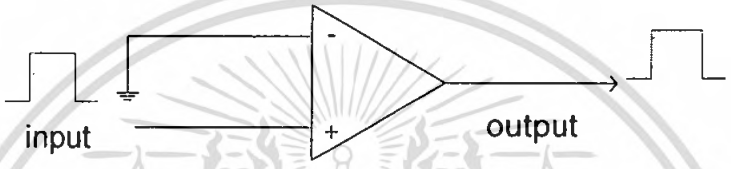
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของออปแอมป์

ในตัวออปแอมป์ประกอบด้วยสองอินพุต คือ กลับทาง(Inverting) และไม่กลับทาง (Non-inverting) กลับทางคือ - และไม่กลับทางคือ +



รูปที่ 3.2 ลักษณะการทำงานของออปแอมป์แบบกลับทาง



รูปที่ 3.3 ลักษณะการทำงานของออปแอมป์แบบไม่กลับทาง

การป้อนกลับ(Feedback)

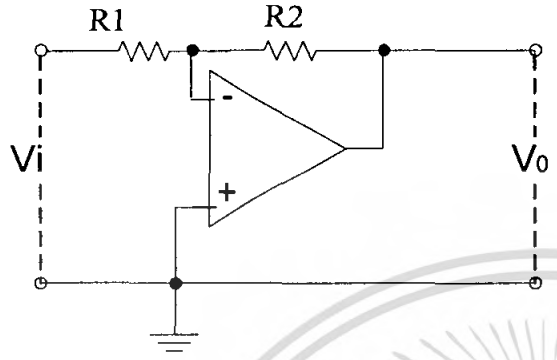
การป้อนกลับหมายถึงการนำแรงเคลื่อนหรือสัญญาณบางส่วนจากเอาท์พุตของออปแอมป์มาป้อนให้ทางอินพุต การป้อนกลับมีสองแบบคือ

1. การป้อนกลับแบบบวก (Positive Feedback) คือการนำเอาสัญญาณบางส่วนจากเอาท์พุตมาป้อนกลับให้อินพุตแล้วทำให้ขนาดของเอาท์พุตมีค่ามากกว่าเดิม (ขณะที่ไม่มีการป้อนกลับ) ได้แก่ วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator circuit)
2. การป้อนกลับแบบลบ (Negative Feedback) คือลักษณะการทำงานที่ตรงกันข้ามกับการป้อนกลับแบบบวก คือขนาดของเอาท์พุตมีค่าลดลงกว่าเดิม ได้แก่ วงจรขยายทั่ว ๆ ไปสำหรับวงจรขยายของออปแอมป์โดยทั่ว ๆ ไป เมื่อไม่มีการป้อนกลับจะมีอัตราการขยาย (Gain) สูงมากในทางอุดมคติคือมีอัตราการขยายเป็นอนันต์ สำหรับตัวของออปแอมป์เองก็ยากที่จะควบคุมให้ทำงาน (ขยาย) ตามที่ต้องการได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้วิธีการป้อนกลับมาช่วยแก้ไข เพื่อให้อัตราการขยายของออปแอมป์มีค่าลดลงและสามารถที่จะควบคุมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>วงจรออปแอมป์พื้นฐาน</u>

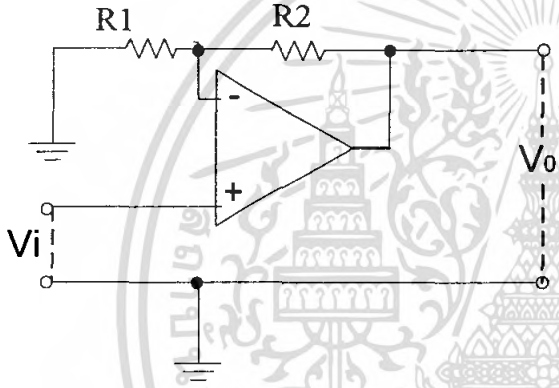
วงจรออปแอมป์พื้นฐานมีมากมายหลายวงจร มีทั้งวงจรที่ใช้กับไฟสลับและไฟตรง แต่ที่จะกล่าวถึงในที่นี้คือวงจรออปแอมป์พื้นฐานที่เกี่ยวของกับการทำโครงงานนี้



วงจรขยายไฟตรงกลับเฟส

อัตราขยาย = $\frac{V_o}{V_i} = \frac{R_1}{R_2}$

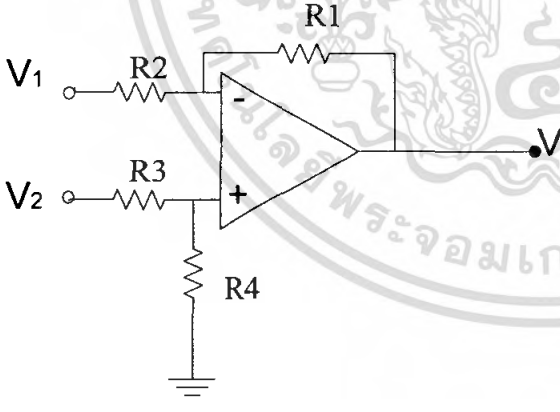
อินพุตอิมพีแดนซ์ = R_1



วงจรขยายไฟตรงไม่กลับเฟส

อัตราขยาย = $1+\frac{R_1}{R_2}$

อินพุตอิมพีแดนซ์ = ∞



วงจรขยายความต่าง

$$V_0 = \left(\frac{R_1+R_2}{R_3+R_4}\right)\frac{R_4}{R_1}.V_2 - \frac{R_2}{R_1}.V_1$$

ถ้า $R_1=R_3$ และ $R_2=R_4$

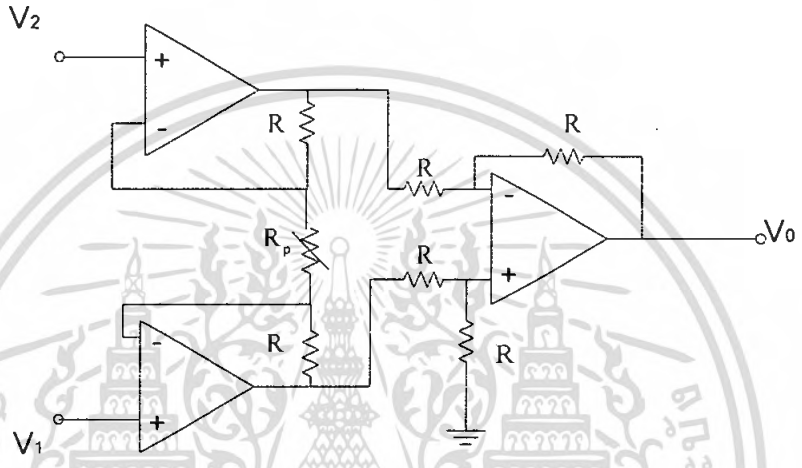
$$V_0 = \frac{R_2}{R_1}\left(V_1-V_2\right)$$

รูปที่ 3.4 วงจรออปแอมป์พื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.1 วงจรขยาย Instrument Amplifier

วงจรขยาย Instrument Amplifier เป็นวงจรที่ได้รับความนิยมใช้กันมากในระบบการวัดและระบบควบคุม เพราะว่าสามารถปรับอัตราการขยายได้ ทั้งนี้เนื่องจากในระบบการวัดระบบหนึ่งอาจมีการเชื่อมต่อเพื่อรับสัญญาณจากตัวตรวจจับสัญญาณที่ต่างชนิดกัน ซึ่งสัญญาณที่ได้จากตัวตรวจจับสัญญาณหลายประเภทมักจะมีช่วงของระดับสัญญาณที่แตกต่างกันไป ดังนั้นการปรับอัตราการขยายได้จะทำให้ทุก ๆ ช่องสัญญาณถูกปรับให้เอาท์พุทมีระดับแรงดันที่เท่ากันทำให้สะดวกในการนำไปเชื่อมต่อกับวงจรต่อไป



รูปที่ 3.5 วงจรขยายแบบปรับอัตราการขยายได้

ความต้านทานของ Rp จะเป็นตัวปรับค่าตัวประกอบสเกล ดังนี้

$$\frac{V_0}{V_1 - V_2} = 1 + \frac{2R}{R_p}$$

$$V_0 = \left(1 + \frac{2R}{R_p}\right)(V_1 - V_2) = k(V_1 - V_2)$$

<u>คุณสมบัติที่ดีของวงจรขยายดังกล่าว คือ</u>

1. ความต้านทานทางด้านอินพุทมีค่าสูงมาก และไม่เปลี่ยนแปลงตามอัตราการขยาย ในขณะที่ ออปแอมป์ธรรมดาจะเปลี่ยนแปลงเสมอ
2. แรงดันเอาท์พุทที่ได้ไม่ขึ้นอยู่กับแรงดันคอมมอนที่มาจากทั้ง V_1 และ V_2 เลย แต่จะเป็นผลที่ เกิดขึ้นกับค่าแรงดันผลต่างระหว่าง V_1 กับ V_2 เท่านั้น
3. มีอัตราการขยายรวมสูง ทำให้สามารถนำไปใช้กับสัญญาณอินพุตที่มีระดับต่างกันได้อย่าง กว้างขวาง

ในโครงงานนี้เราใช้วงจรขยายสำหรับขยายสัญญาณแรงดันที่ได้จากสัญญาณเสียง ซึ่งมีค่าน้อยมาก(ขนาดเป็นมิลลิโวลต์) ให้มีค่าแรงดันอยู่ในช่วง 0 – 5 V เพื่อให้เหมาะแก่การนำไปใช้งานในวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดิจิตอลต่อไป ซึ่งจากผลการทดสอบสัญญาณเสียงมีแรงดันเอาท์พุตที่ได้มีค่าประมาณ 25 mV ถ้าจะขยายให้ได้ระดับสัญญาณ 0.1 - 5 V ก็ต้องใช้อัตราการขยาย (Gain) 200 เท่า

จากสมการอัตราการขยายของวงจรขยายในเครื่องมือวัด

$$\text{Gain} = \frac{V_0}{V_1 - V_2} = 1 + \frac{2R}{R_p}$$

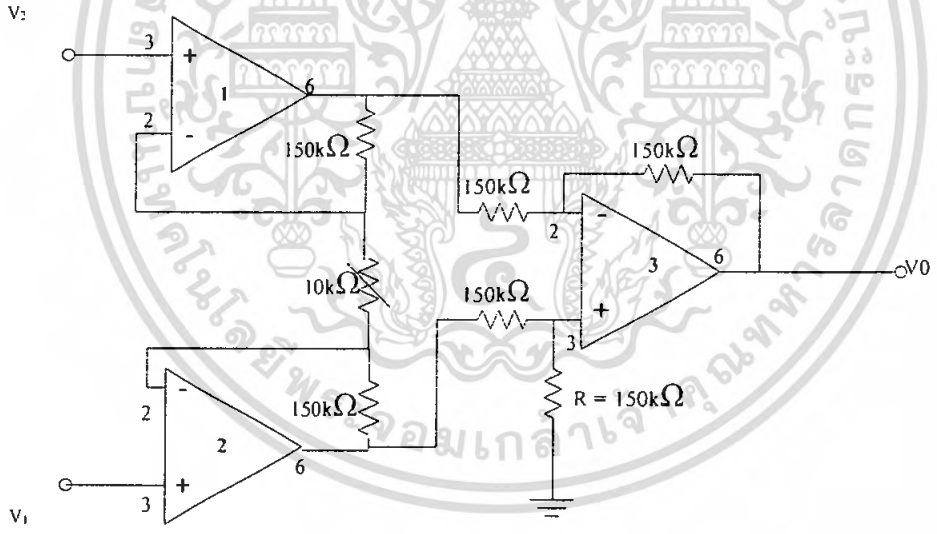
เลือกใช้ $R = 150\ k\Omega$ จะได้ว่า

$$200 = 1 + \frac{2 \times 150 \times 10^3}{R_p}$$

$$R_p = \frac{2 \times 150 \times 10^3}{200 - 1}$$

$$R_p \cong 1.5 \times 10^3 \Omega$$

ดังนั้นเลือกใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ขนาด $10\ k\Omega$ (เผื่อไว้สำหรับการปรับค่า) ทำให้ได้วงจรขยายดังรูปที่ 3.6

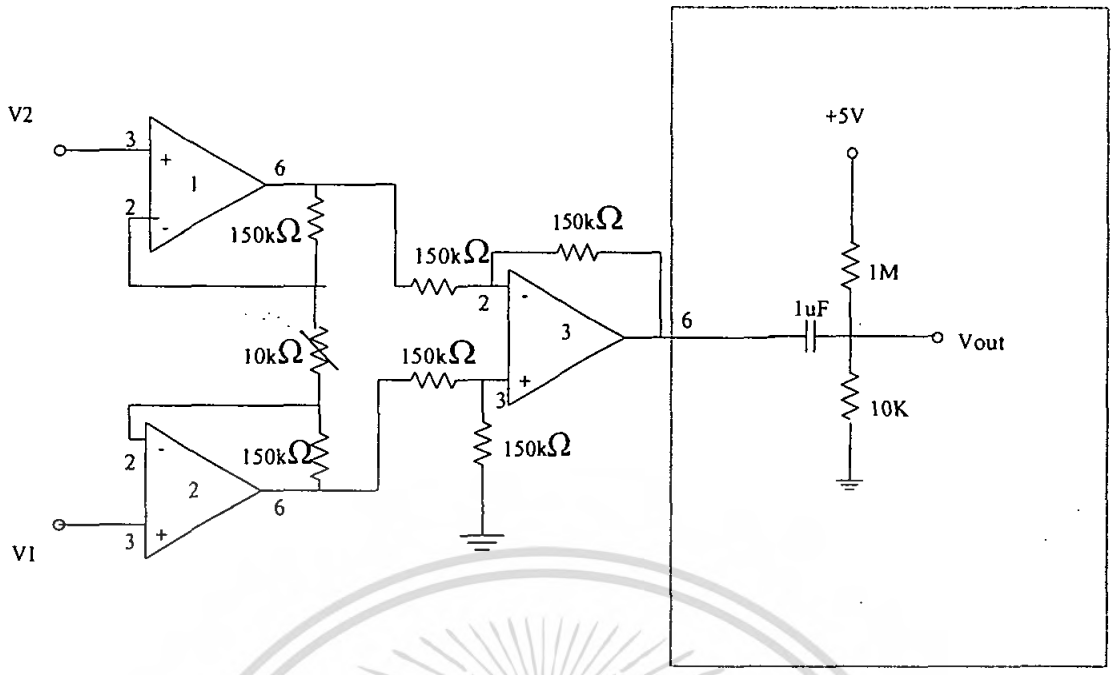


รูปที่ 3.6 วงจรขยายสัญญาณ

การปรับแต่งเพิ่มเติมวงจรขยาย

เนื่องจากการนำเอาท์พุตของจากวงจรขยาย(-0.24 ถึง 4.33 Vdc) ที่เป็นสัญญาณอนาล็อกไปทดลองแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล 12 บิต โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812 แล้วพบว่าในช่วงที่สัญญาณอนาล็อกต่ำกว่า 0 V ไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่สามารถตรวจจับสัญญาณเพื่อมาแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลได้ ดังนั้นเราจึงแก้ไขโดยการเพิ่มดังรูปที่ 3.7 เพื่อยกระดับสัญญาณให้อยู่ในซีกบวกทั้งหมด

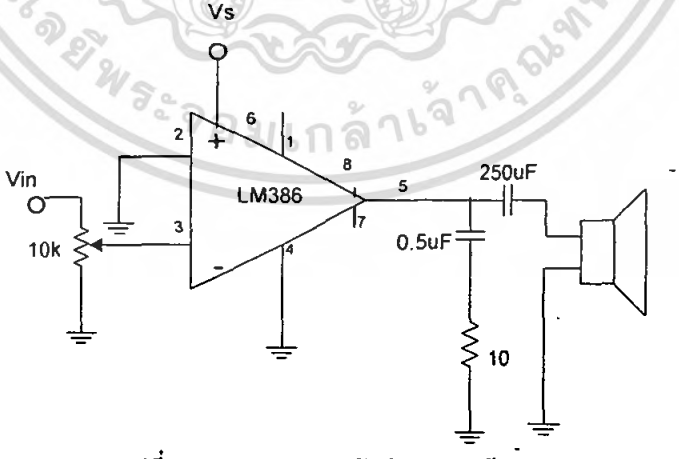
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 วงจรขยายสัญญาณที่ถูกปรับแต่งเพิ่มเติม

3.1.1.2 วงจรขยายกำลังสัญญาณเสียง (Audio Power Amplifier)

สัญญาณเสียงที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ จะผ่านค่าความต้านทาน10 kΩ ซึ่งทำหน้าที่ปรับอัตราขยายของวงจร จากนั้นสัญญาณเสียงจะผ่านอินพุตของ LM386 ที่ขา 3 ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายกำลังที่สามารถปรับอัตราขยายได้ถึง 20 เท่า วงจรขยายกำลังสัญญาณเสียงแสดงดังรูปที่ 3.8

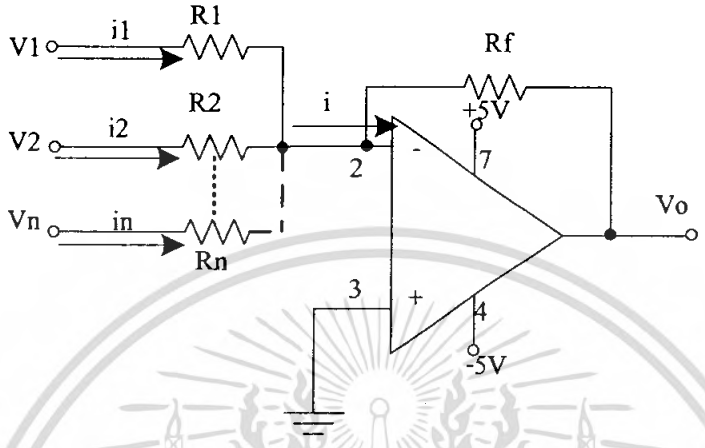


รูปที่ 3.8 วงจรขยายกำลังสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.3 วงจรขยายผลรวม (Summing Amplifier)

วงจรขยายผลรวม (Summing Amplifier) คือ วงจรที่มีสัญญาณอินพุตหลายตัว และขยายสัญญาณในแต่ละตัว สัญญาณเอาท์พุตจะมีค่าเท่ากับผลรวมของสัญญาณอินพุตแต่ละตัว โดยใช้ผลรวมเชิงพีชคณิตของกระแส ณ กราวด์เสมือน ดังรูปที่ 3.9



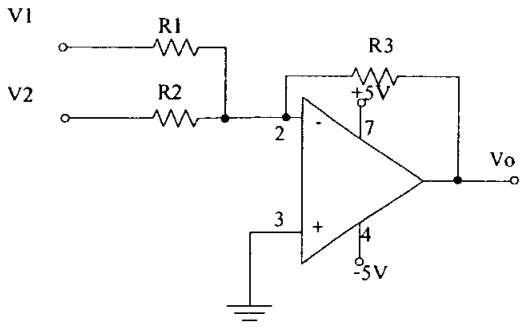
รูปที่ 3.9 วงจรขยายผลรวม

ถ้า $R = R_1 = R_2 = R_n$

$$v_o = -\frac{R_f}{R}\left(v_1 + v_2 + ... + v_n\right)$$

สำหรับโครงงานระบบปฏิบัติการทางภาษาแบบไร้สายนี้ วงจรรวมทางฝั่งของนักเรียนจะมีคอนโทรเลอร์ด้วยกันทั้งหมด 2 ตัว โดยในโหมดปกติ หรือ ฟังก์ชัน Broadcasting นั้น คอนโทรเลอร์ตัวหนึ่งทำหน้าเป็นตัวรับ และอีกตัวหนึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวส่ง ถ้ากรณีที่ติดต่อกันในโหมด INDIV-BROAD หรือ individually and broadcasting ซึ่งเป็นโหมดที่เมื่อมีการติดต่อกันแบบตัวต่อตัวระหว่างอาจารย์และนักเรียนคนหนึ่ง แล้วนักเรียนคนอื่นๆ สามารถที่จะรับฟังได้ ดังนั้นในส่วนของนักเรียนที่เป็นผู้ฟังจึงจำเป็นที่จะต้องมีวงจรขยายผลรวม เพื่อที่จะรวมสัญญาณเอาต์พุตของทั้งสองคอนโทรลเลอร์ซึ่งคอนโทรลเลอร์ตัวหนึ่งเป็นเอาท์พุตซึ่งเป็นเสียงของทางฝั่งอาจารย์ และอีกตัวเป็นเอาท์พุตที่เป็นเสียงออกจากทางฝั่งนักเรียนคนที่อยู่ในระหว่างการติดต่อ จึงได้ทำการออกแบบวงจรรวมสัญญาณโดยใช้ออปแอมป์เบอร์ LM741 โดยให้มีอัตราขยายเท่ากับ 1 ดังรูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แสดงวงจรขยายผลรวมแบบ Inverting (Inverting Summing Amplifier)

$$\left(\left(\frac{R_3}{R_2}\right)v_2+\left(\frac{R_3}{R_1}\right)v_1\right)=-v_o \qquad (1)$$

จารสมการที่ 1 $R = R_1 = R_2 = R_3$

v_1 เป็นสัญญาณเสียงที่ออกจากคอนโทรเลอร์ตัวที่ 1

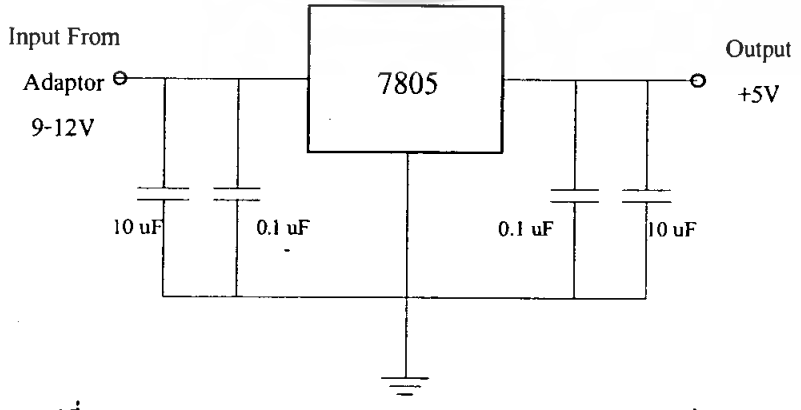
v_2 เป็นสัญญาณเสียงที่ออกจากคอนโทรเลอร์ตัวที่ 2

v_o เป็นสัญญาณที่ถูกนำมารวมกันโดยวงจรขยายผลรวมแบบ Inverting (Inverting Summing Amplifier) ซึ่งสัญญาณที่ได้จะกลับเฟสซึ่งมีอัตราขยายเท่ากับ 1

3.1.2 วงจรปรับแรงดัน

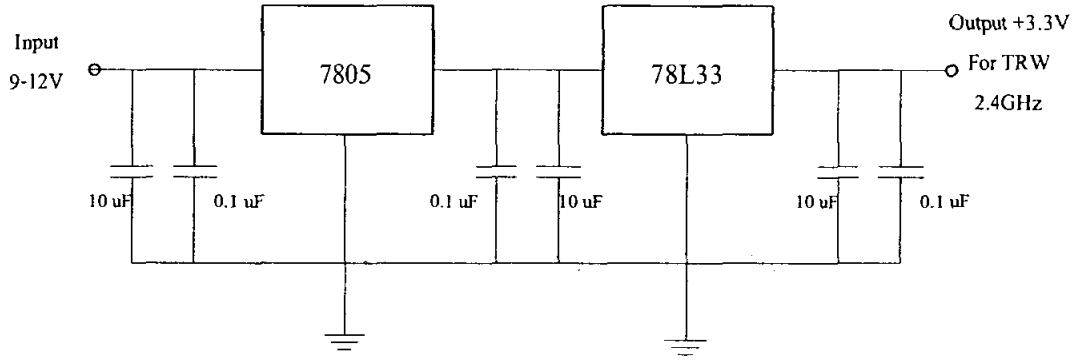
3.1.2.1 วงจรปรับแรงดัน (Voltage Regulator) เป็น+3.3 Vและ +5V

เนื่องจากตัวโมดูล TRW 2.4 GHz และไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812 ใช้งานในระดับแรงดัน +3.3Vและ +5V ตามลำดับ ในการใช้หม้อแปลง จ่ายแรงดันให้กับวงจรนั้นไม่สามารถทำได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวงจรปรับแรงดันให้ได้ตามคุณสมบัติของตัวโมดูลและไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยจะใช้ IC 7805 เพื่อแปลงแรงดันจากหม้อแปลง 9 – 12 V ให้เป็นแรงดัน +5V เพื่อจ่ายให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ หลังจากนั้นนำ IC 78L33 แปลงแรงดันจาก +5V เป็น +3.3V เพื่อจ่ายให้กับ TRW 2.4 GHz



รูปที่ 3.11 วงจรปรับแรงดัน (Voltage Regulator) จาก 9-12V เป็น +5V

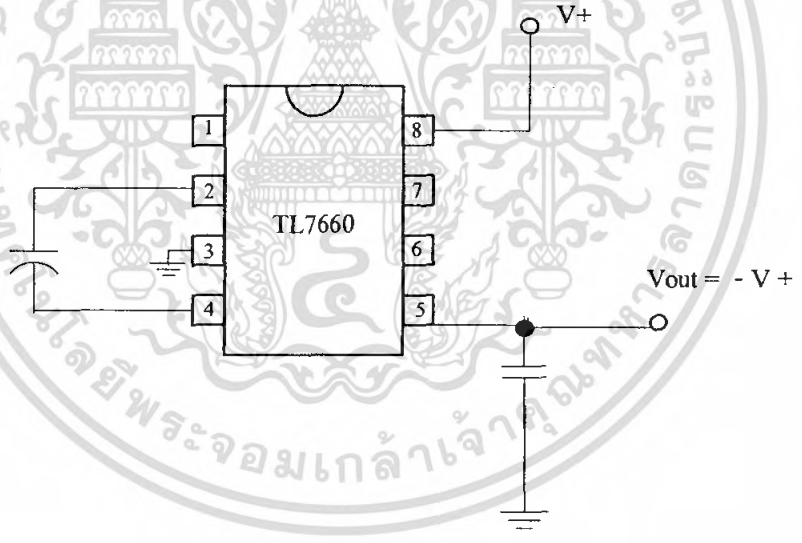
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 วงจรปรับแรงดัน (Voltage Regulator) จาก 9-12V เป็น +3.3V

3.1.2.2 วงจรกลับระดับแรงดัน (Negative Voltage Converter)

เนื่องจากการทำงานของออปแอมป์นั้นจำเป็นต้องจ่ายทั้งแรงดันบวกและแรงดันลบ จึงจำเป็นต้องมีวงจรที่สามารถนำแรงดันบวกที่มีอยู่มาแปลงเป็นแรงดันลบเพื่อจ่ายให้กับออปแอมป์ จึงได้นำเอาไอซีเบอร์ TL7600 มาใช้ ซึ่งสามารถทำงานได้ในช่วงแรงดันระหว่าง 1.5V ถึง 10V ซึ่งเอาท์พุตจะเป็นช่วงแรงดันระหว่าง -1.5V ถึง -10V



รูปที่ 3.13 แสดงวงจรกลับระดับแรงดัน

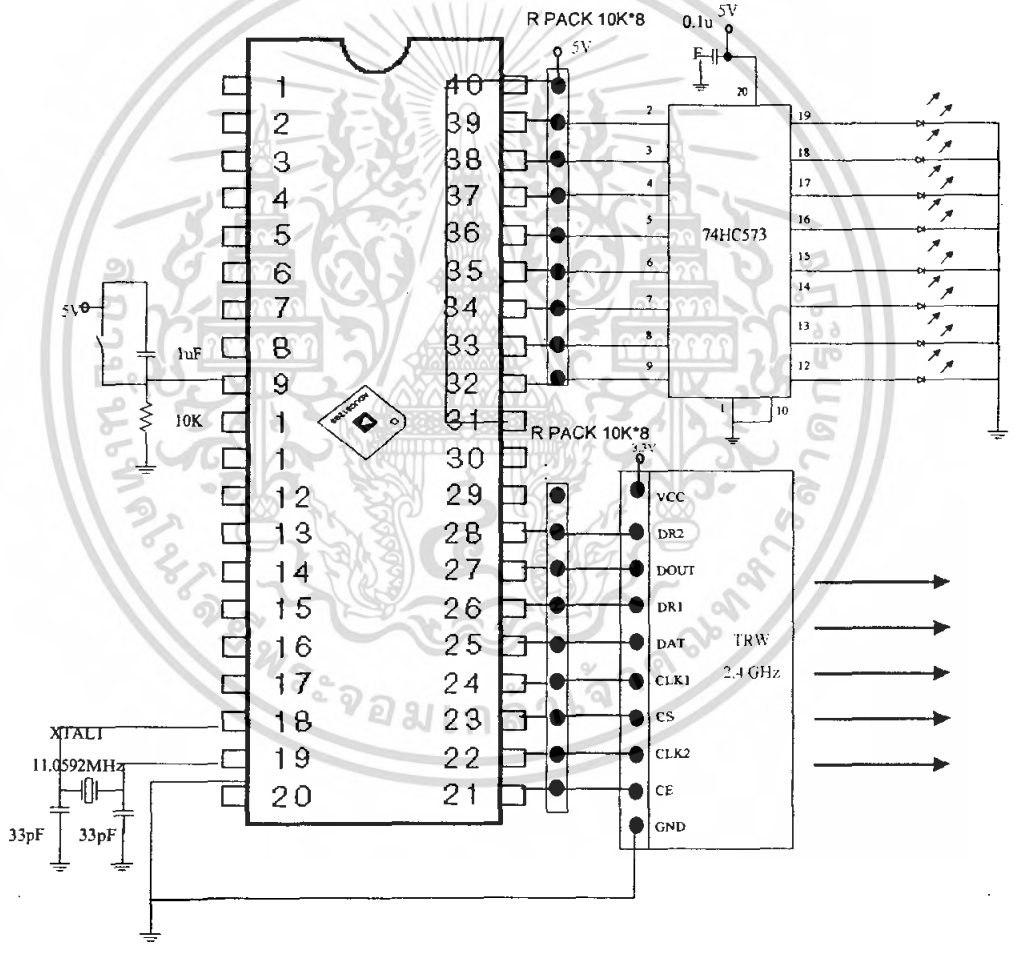
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 วงจรควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1.3.1 วงจรควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812

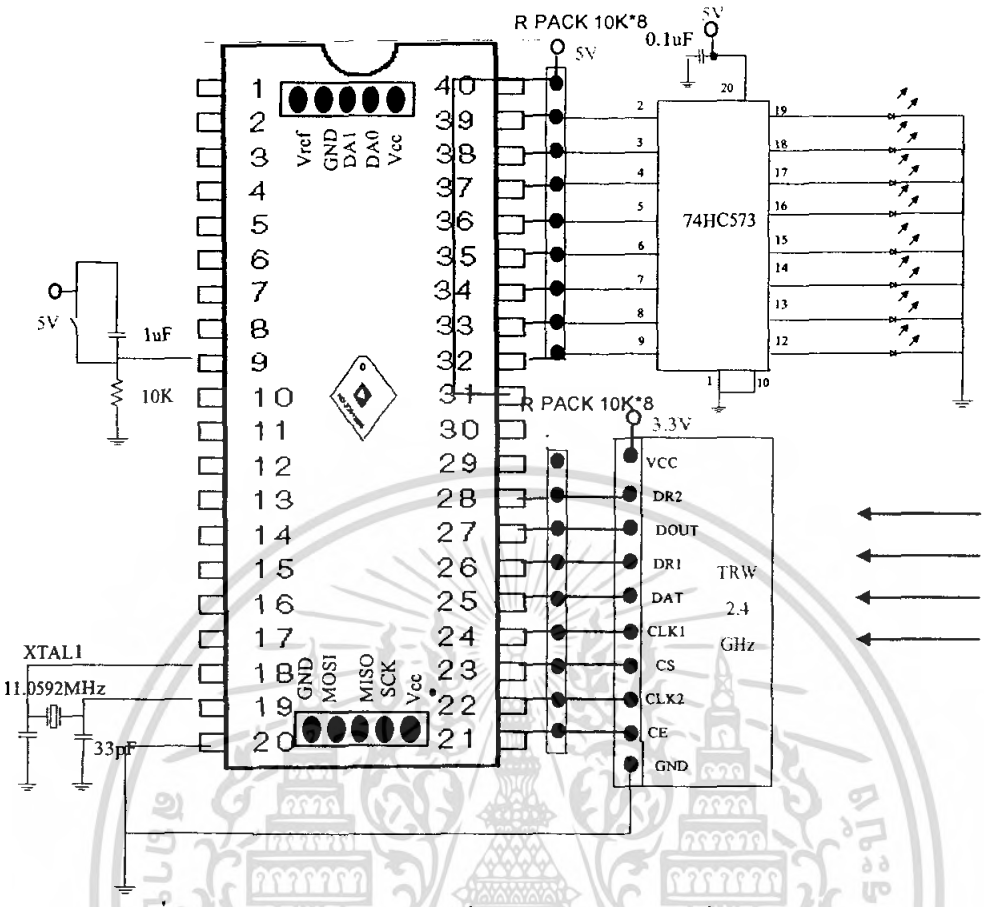
ไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812 จะมีโครงสร้างหลักคล้ายกับ 8051 มาก แต่จะมีคุณสมบัติพิเศษ เพิ่มขึ้นมาเช่น A/D, D/A, EEPROM, I2C, Watchdog Timer เนื่องจากโครงงานนี้เป็นการส่งเสียงผ่านระบบไร้สาย จึงจำเป็นต้องมีการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล และแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาล็อก ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812 เป็นตัวที่เหมาะสมอย่างยิ่งในโครงงานนี้ อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพสูง และสะดวกในการใช้งานมากขึ้นอีกด้วย

ในโครงงานนี้ ทำการต่อวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812 เพื่อควบคุมการทำงานของโมดูลไร้สาย TRW 2.4GHz และ แปลงข้อมูลข่าวสารจากสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล และแปลงสัญญาณดิจิตอลกลับเป็นสัญญาณอนาล็อก แสดงดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.14 แสดงวงจรควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812 ในภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 แสดงวงจรควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812 ในภาครับ

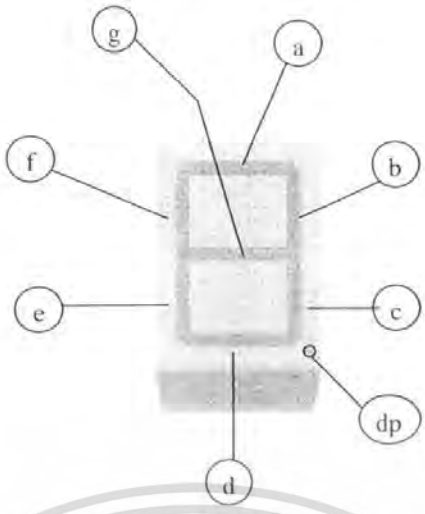
3.1.3.2 วงจรควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS51

3.1.3.2.1 วงจรรับค่าจากสวิตซ์เมตริกซ์แสดงผลบน LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลัก

LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลัก

LED ตัวเลข 7 ส่วนประกอบขึ้นด้วย LED จำนวน 7 ตัวที่บรรจุอยู่ในถังตัวเดียวและได้รับการจัดเรียงเป็นรูปตัวเลข LED แต่ละตัวจะถูกเรียกว่าส่วน หรือ เซกเมนต์ (segment) แต่ละส่วนหรือเซกเมนต์มีชื่อเรียกแตกต่างกันตามตำแหน่งที่ได้รับการจัดวาง คือ a, b, c, d, e, f และดังแสดงในรูปที่ 3.16 ส่วน dp เป็น LED อีก 1 ตัวที่บรรจุอยู่ใน LED ตัวเลข 7 ส่วนนี้ใช้เป็นตัวแสดงจุดทศนิยมในกรณีที่มีการแสดงผลในลักษณะเลขที่มีทศนิยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แสดงรูปร่างและการกำหนดชื่อเซกเมนต์ต่างๆของ LED ตัวเลข 7 ส่วน

สำหรับในวงจรรับค่าจากสวิตช์เมตริกซ์แสดงผลบน LED ตัวเลข 7 ส่วนในโครงงานนี้ได้ใช้ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบตัวคู่หรือ 2 หลัก ซึ่งจะมีขาต่อร่วมกันทั้งแบบต่อขาแคโทดร่วมกันเรียกว่าแบบแคโทดร่วม (Common cathode) และแบบต่อขาแอโนดร่วมกันเรียกว่าแบบแอโนดร่วม (Common anode) การขับให้ LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบแคโทดร่วมสว่างจะต้องจ่ายไฟลบเข้าที่ขาร่วม แล้วจ่ายไฟบวกเข้าที่ขาแอโนดซึ่งก็คือขาของแต่ละส่วนของเซกเมนต์นั่นเอง LED ตัวเลข 7 ส่วนแบบตัวคู่หรือ 2 หลัก ดังแสดงในรูปที่ 3.17

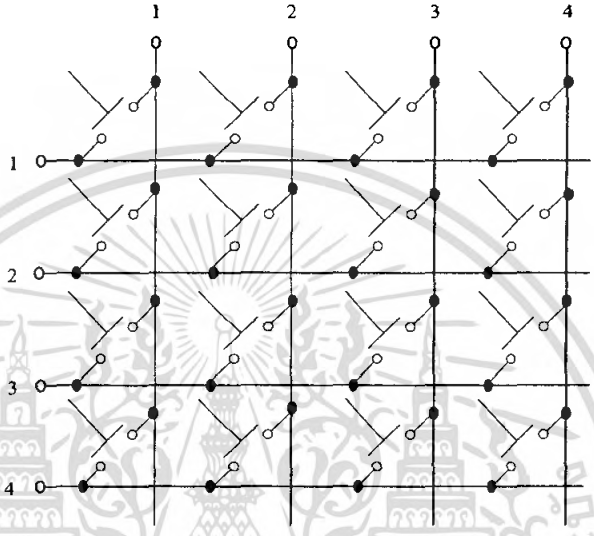
รูปที่ 3.17 แสดงการจัดเรียงขาของ LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลัก หรือแบบตัวคู่

<u>สวิตช์เมตริกซ์ 4*3 จุด หรือ คีย์แพด</u>

การอ่านค่าหรือรับค่าการกดสวิตช์เป็นอีกงานหนึ่งที่ไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องสามารถรองรับและเชื่อมต่อใช้งานร่วมด้วยได้ วงจรของสวิตช์มีด้วยกัน 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ ต่อเข้ากับไฟเลี้ยงหรือกราวด์โดยตรงเมื่อสวิตช์ตัวใดต่อวงจรสามารถอ่านค่าได้โดยตรง วงจรลักษณะนี้ไม่มีความซับซ้อนสามารถอ่านค่าของสวิตช์ได้ง่ายและรวดเร็ว แต่มีข้อเสียคือ ถ้าหากจำนวนของสวิตช์มีจำนวนของสายข้อมูลก็จะมีมากตาม ทำให้ระบบหรือวงจรโดยรวมมีขนาดใหญ่และสิ้นเปลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

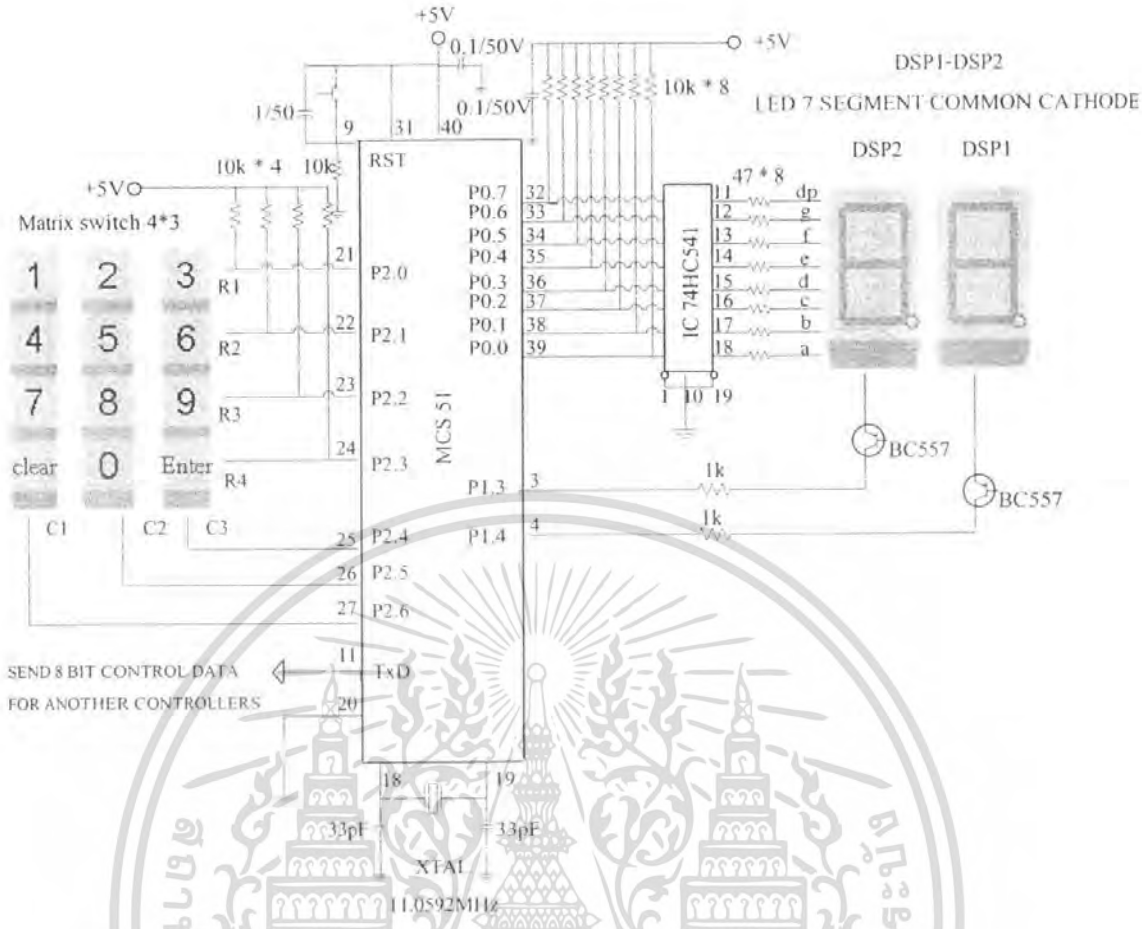
วงจรของสวิตช์อีกลักษณะหนึ่งคือ การต่อวงจรแบบเมตริกซ์ (Matrix switch) ดังแสดงในรูปที่ 3.18 สวิตช์จะถูกต่อกันในแนวแกนตั้งและแกนนอน จะเรียกแนวตั้งว่า หลักหรือคอลัมน์ (Column) ในขณะที่แนวนอนจะเรียกว่า แถวหรือโรว์ (row) ดังนั้นค่าของสวิตช์จะต้องประกอบด้วย ตำแหน่งในแนวหลักและแถว กระบวนการที่จะทำสวิตช์ได้อย่างสะดวกเพียงเพิ่มเติมจำนวนสวิตช์และแก้ไขซอฟแวร์อีกเล็กน้อยเท่านั้น ทำให้วงจรสวิตช์แบบเมตริกซ์เป็นที่นิยมใช้มากในระบบควบคุมอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติที่มีจำนวนสวิตช์มากกว่า 8 ตัว ในการใช้งานทั่วไปจะเรียกสวิตช์แบบเมตริกซ์นี้ว่า คีย์แพด (key pad) แสดงดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แสดงวงจรของสวิตช์แบบเมตริกซ์หรือคีย์แพด

เนื่องจากโครงงานระบบปฏิบัติการทางภาษาแบบไร้สายในฟังก์ชันที่นักเรียนต้องการติดต่ออาจารย์ และอาจารย์ต้องการที่จะติดต่อนักเรียน สามารถแยกโหมดการทำงานได้ 2 โหมดคือ Individually และ Individually and Broadcasting ซึ่งการที่จะติดต่อนักเรียนแต่ละคนได้นั้น ในระบบไร้สายจำเป็นต้องมีการระบุแอดเดรสเพื่อกำหนดทิศทางในการติดต่อ จึงได้ออกแบบวงจรรับค่าจากสวิตช์เมตริกซ์ขนาด 4*3 แล้วแสดงค่าบน LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลักพร้อมทั้งแปลงค่าในการรับค่าจากสวิตช์เมตริกซ์เป็นค่าที่ใช้ในการระบุตำแหน่งของนักเรียนขนาด 1 ไบต์ส่งออกทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม เพื่อใช้ในการติดต่อกับนักเรียนต่อไป โดยวงจรรับค่าจากสวิตช์เมตริกซ์แสดงผลบน LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลัก แสดงดังรูปที่ 3.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

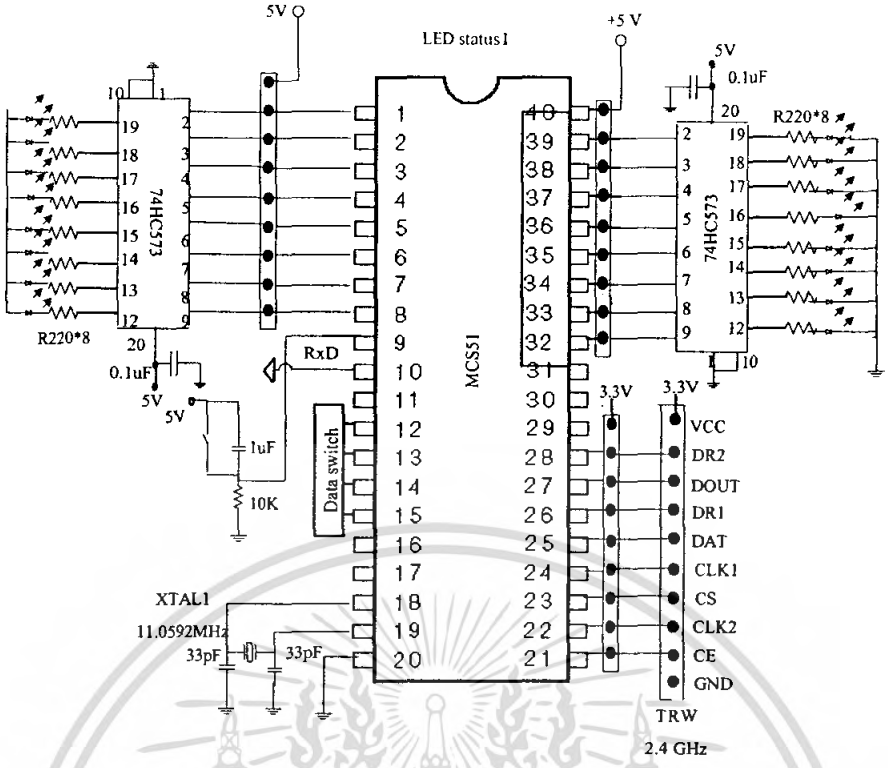


รูปที่ 3.19 แสดงการต่อวงจรรับค่าจากสวิตช์เมตริกซ์แสดงผลบน LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลัก

3.1.3.2.2 วงจรแสดงสถานะของนักเรียนบนแผงควบคุมทางอาจารย์

บนแผงควบคุมทางฝั่งอาจารย์นั้น จำเป็นต้องมีสิ่งที่บอกสถานะของนักเรียนแต่ละคนที่อยู่ในโหมดการใช้งานแบบ INDIV: Individually หรือ INDIV-BROAD: Individually and Broadcasting ซึ่งโครงงานนี้ใช้ LED สีเขียว และสีแดง ในการบอกสถานะ สีแดงบอกสถานะ INUSE หมายถึงในขณะนั้นมีนักเรียนคนใดบ้างที่อยู่ในการติดต่อ (ในกรณีฟังก์ชัน Broadcasting LEDจะไม่สว่างทุกคน แต่จะมี LED ALWAYS BROADCASTING บนแผงของอาจารย์สว่างขึ้น) สีเขียวบอกสถานะ CALL จะสว่างเมื่อมีนักเรียนคนใดคนหนึ่งทำการร้องขอการติดต่อเข้ามาที่อาจารย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 แสดงวงจรแสดงสถานะของนักเรียนบนแผงควบคุมทางอาจารย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 โครงสร้างทางซอฟท์แวร์

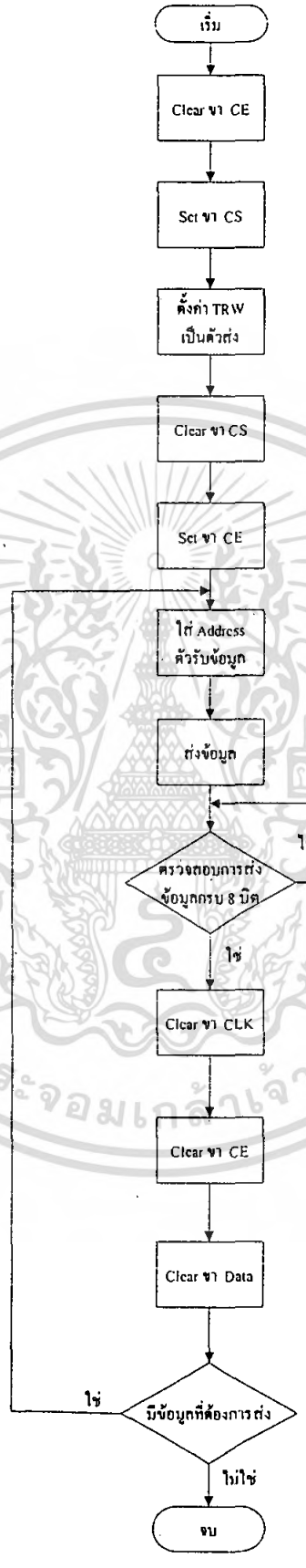
3.2.1 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และ TRW ทางภาคส่ง

- การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ทางภาคส่ง

รูปที่ 3.21 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ทางภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทำงานของ TRW ทางภาคส่ง

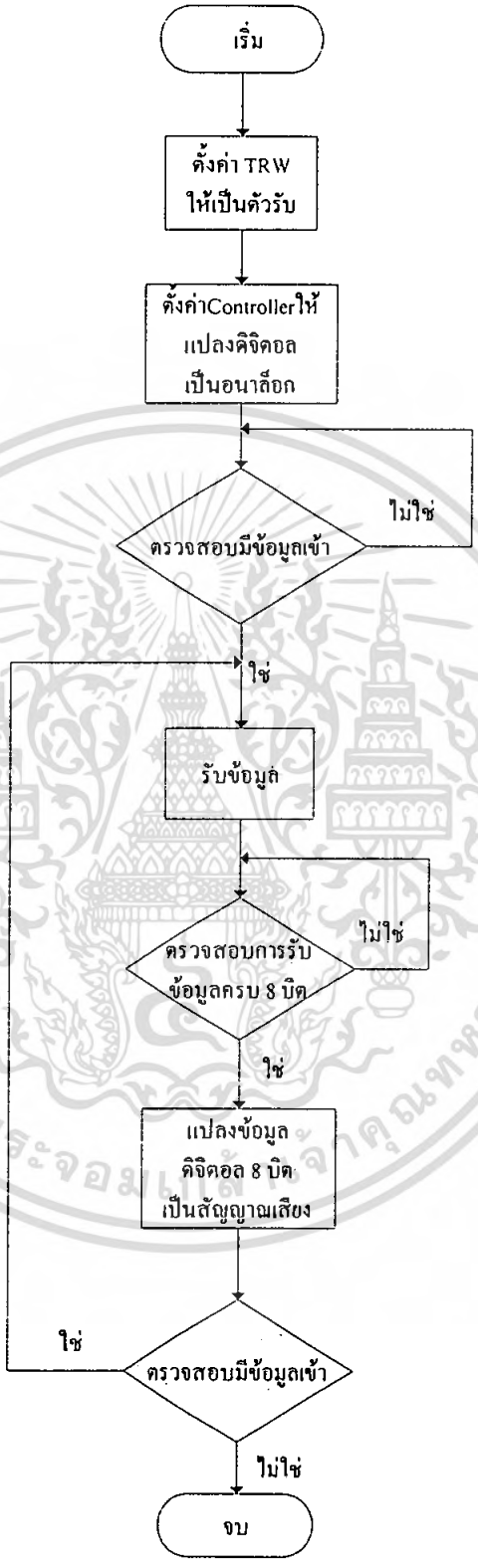


รูปที่ 3.22 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของTRW ทางภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และ TRW ทางภาครับ

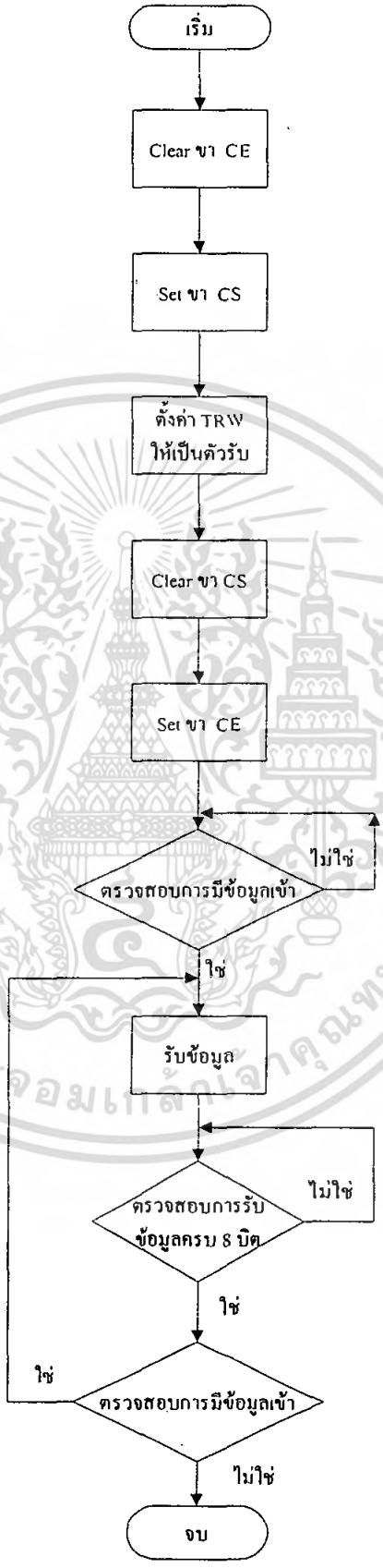
- การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ทางภาครับ



รูปที่ 3.23 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ทางภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ทางภาครับ

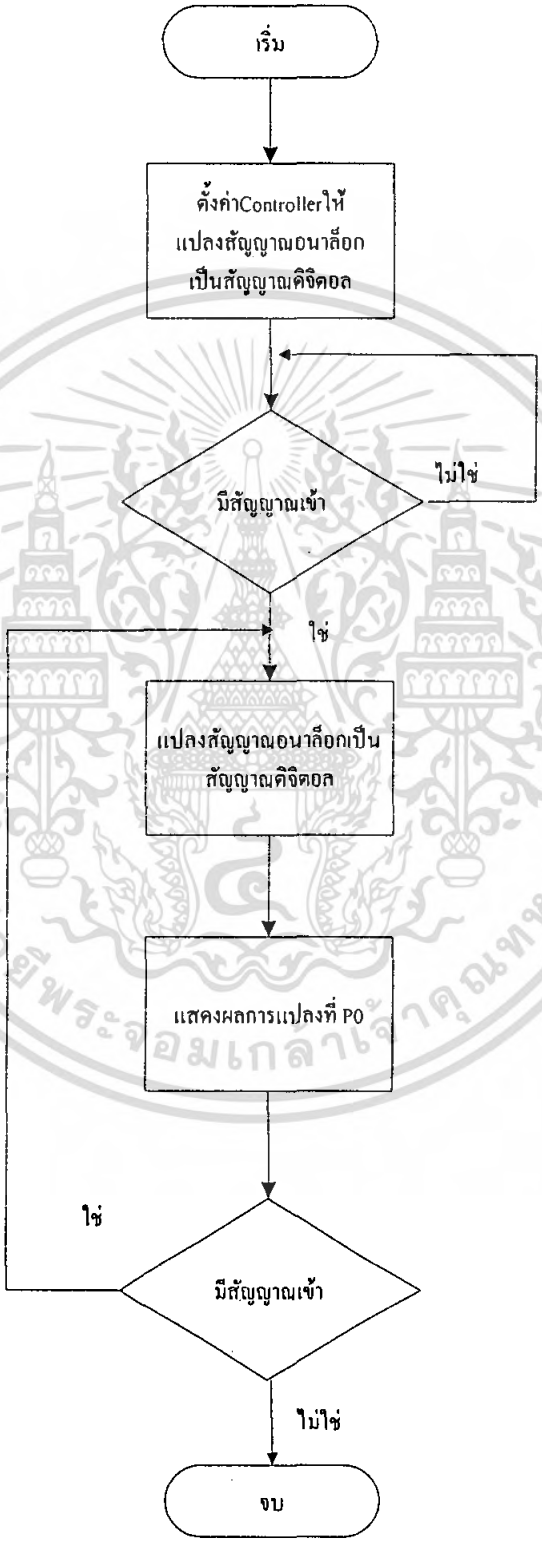


รูปที่ 3.24 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของ TRW ทางภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในการทดลองการแปลงสัญญาณ

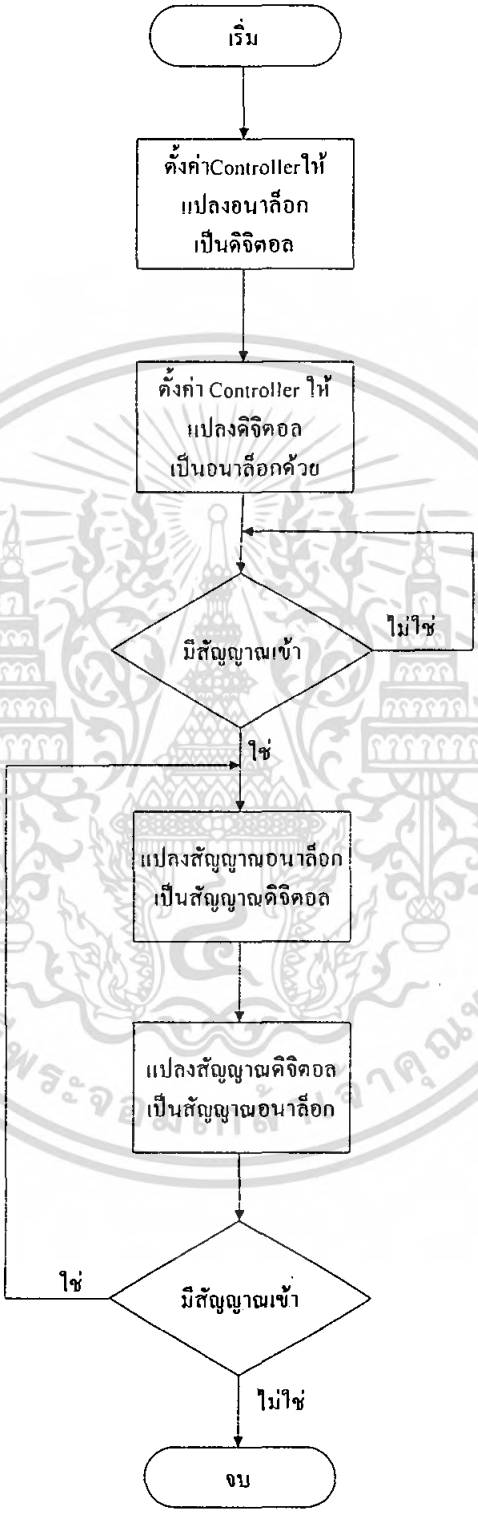
- ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการทดลองการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล



รูปที่ 3.25 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ในการทดลองแปลงสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการทดลองการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล และแปลงกลับสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก

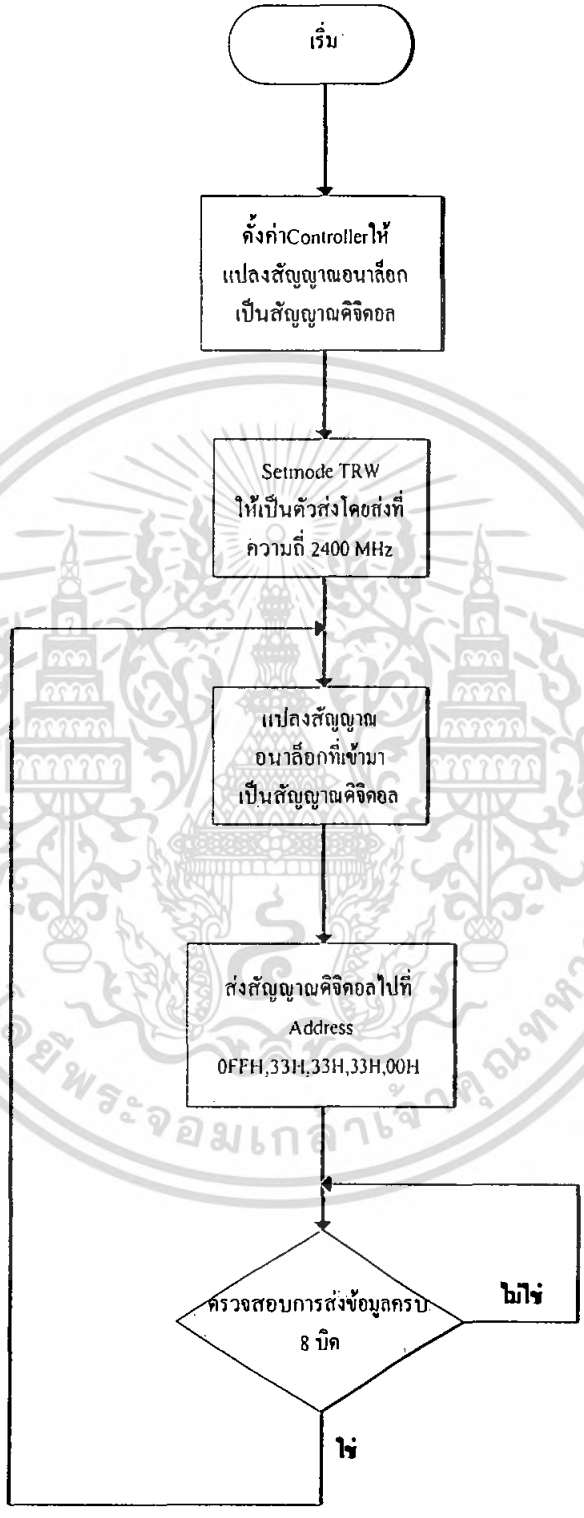


รูปที่ 3.26 โฟว์ชาร์ตการทดลองการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล และแปลงกลับสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และ TRW ในโหมด Broadcasting

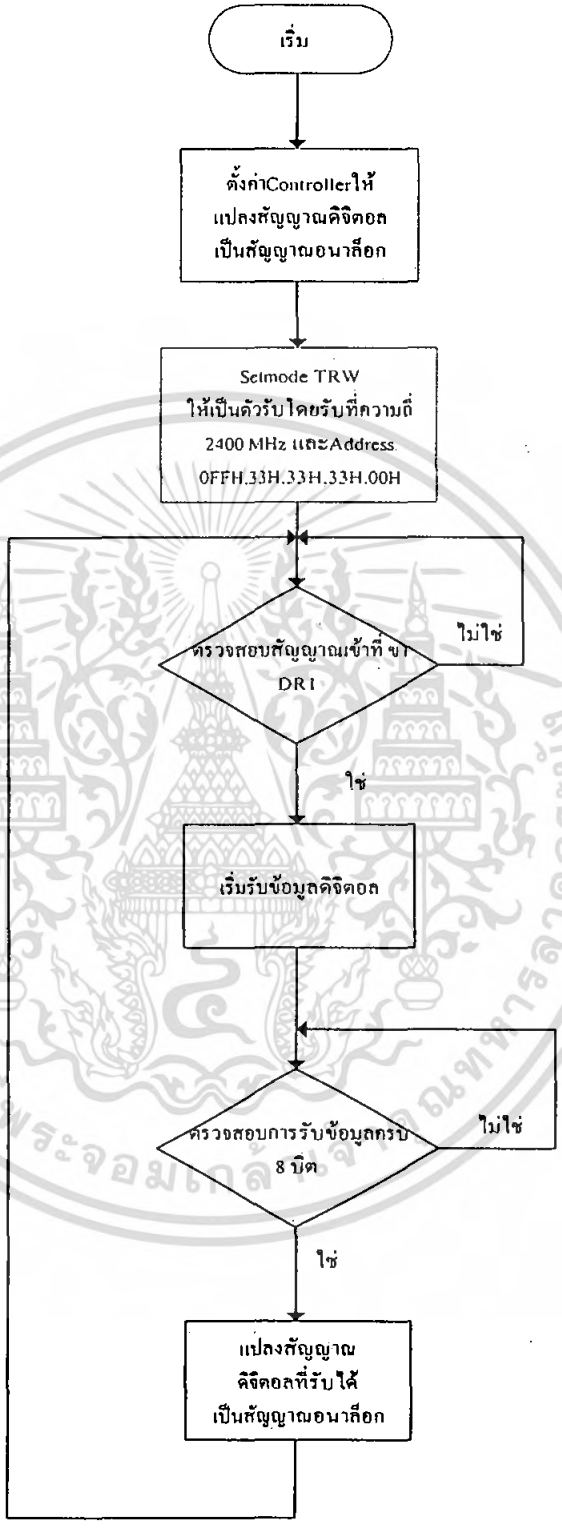
- ด้านอาจารย์



รูปที่ 3.27 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ด้านอาจารย์ในโหมด Broadcasting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ด้านนักเรียน

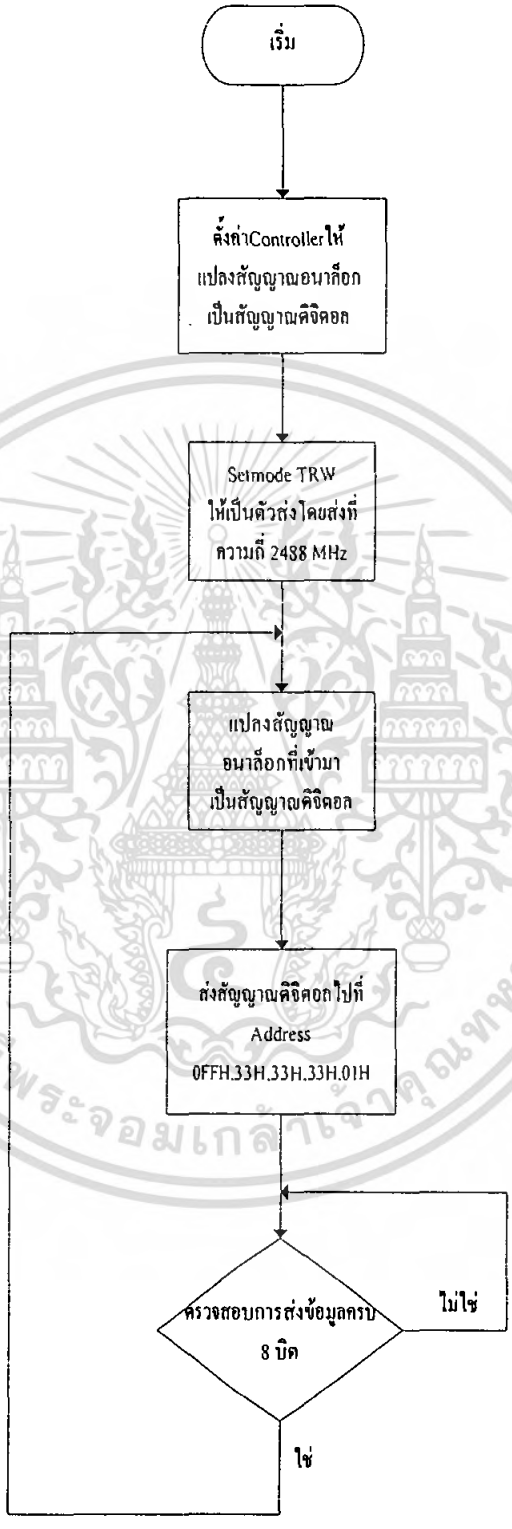


รูปที่ 3.28 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ด้านนักเรียนโหมด Broadcasting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

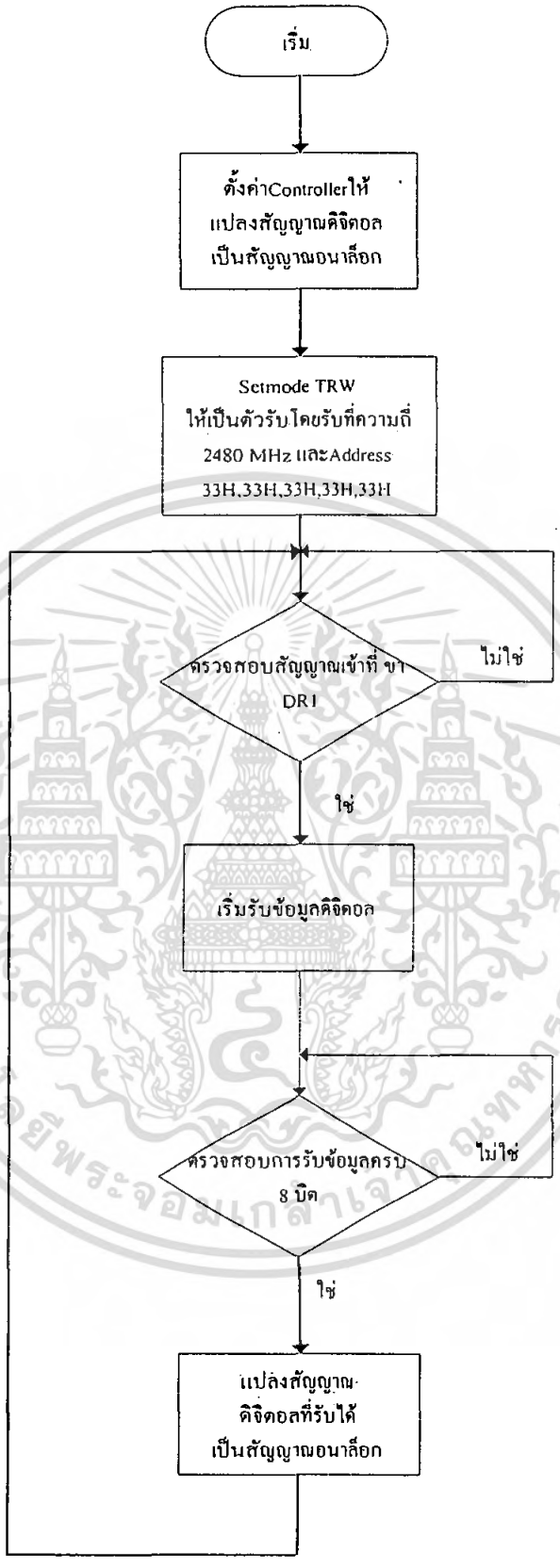
3.2.5 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และ TRW ในโหมด INDIV: Individually

- ด้านอาจารย์



รูปที่ 3.29 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ด้านอาจารย์ในโหมด INDIV: Individually

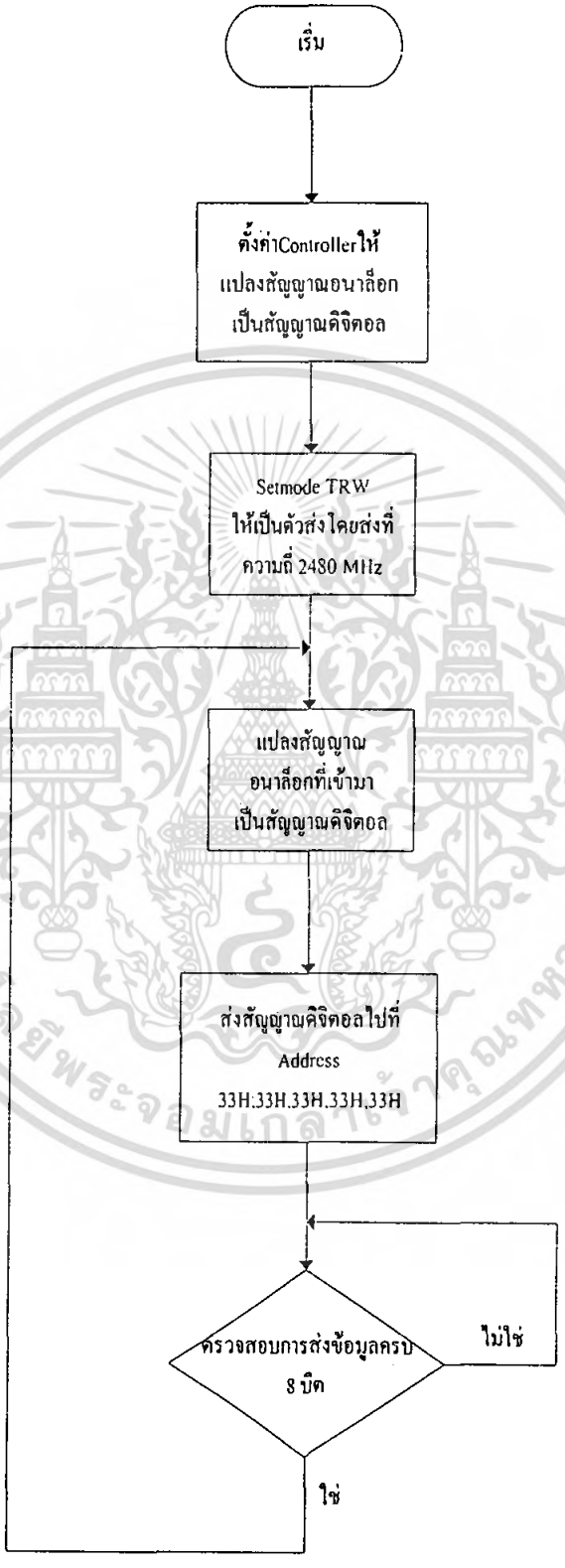
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.30 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ด้านอาจารย์ในโหมด Individually

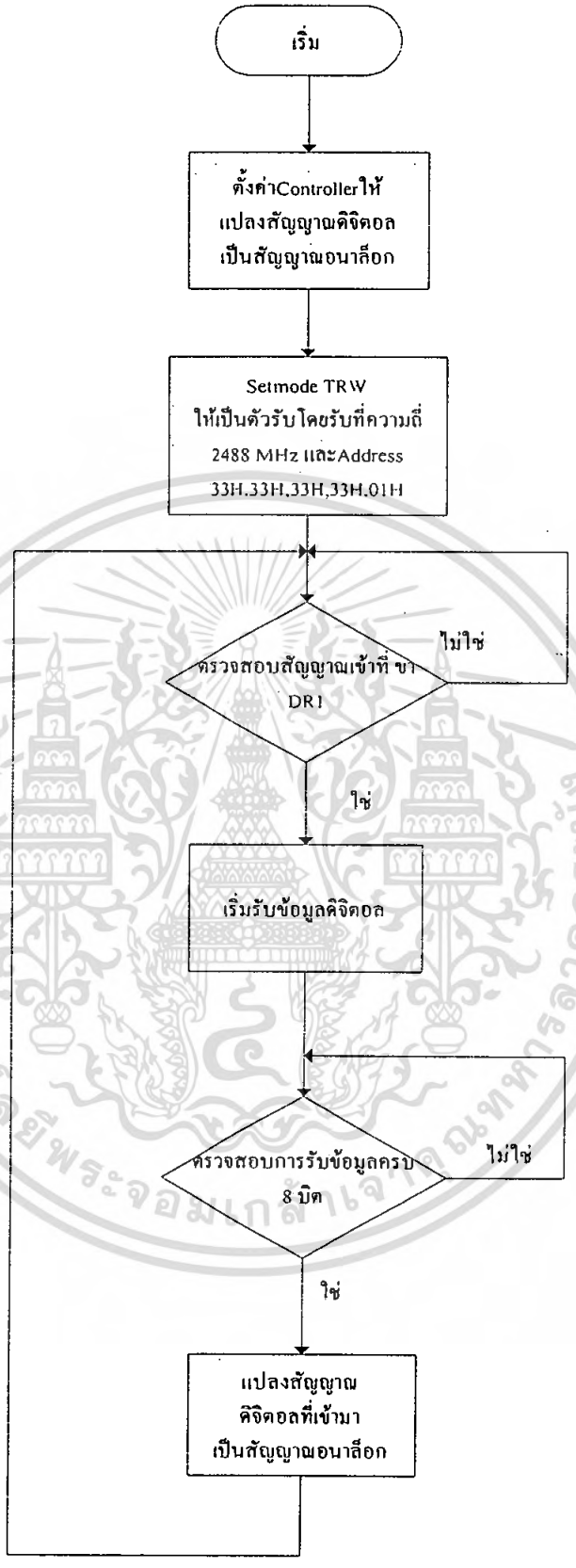
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ด้านนักเรียน



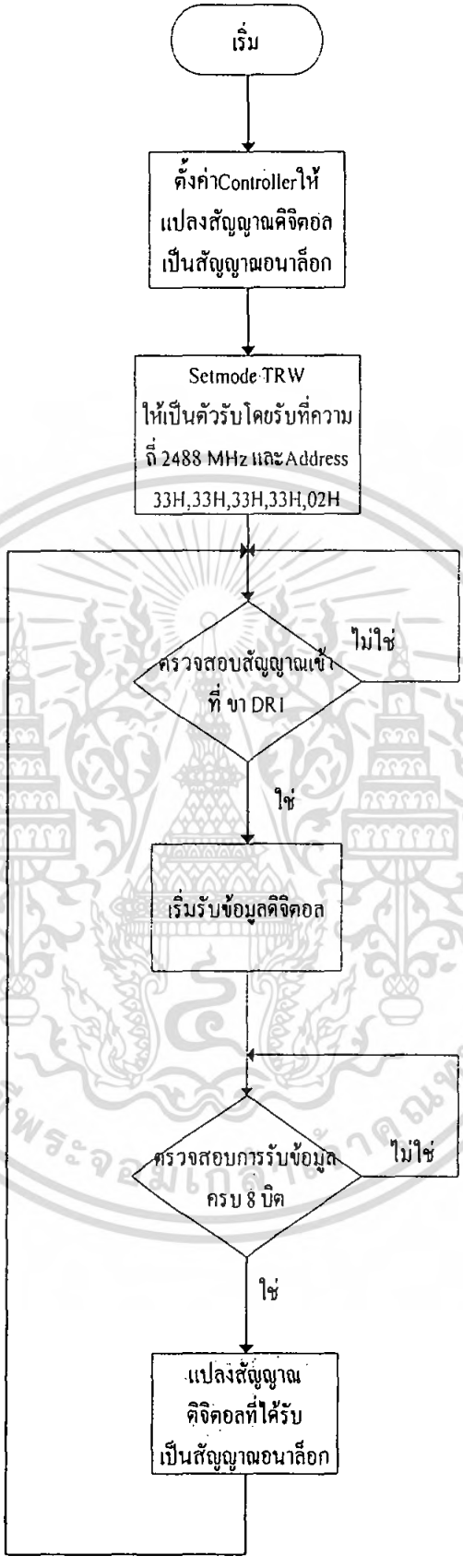
รูปที่ 3.31 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ด้านนักเรียนคนที่ 1 ในโหมด Individually

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.32 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ด้านนักเรียนคนที่ 1 ใน โหมด Individually

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

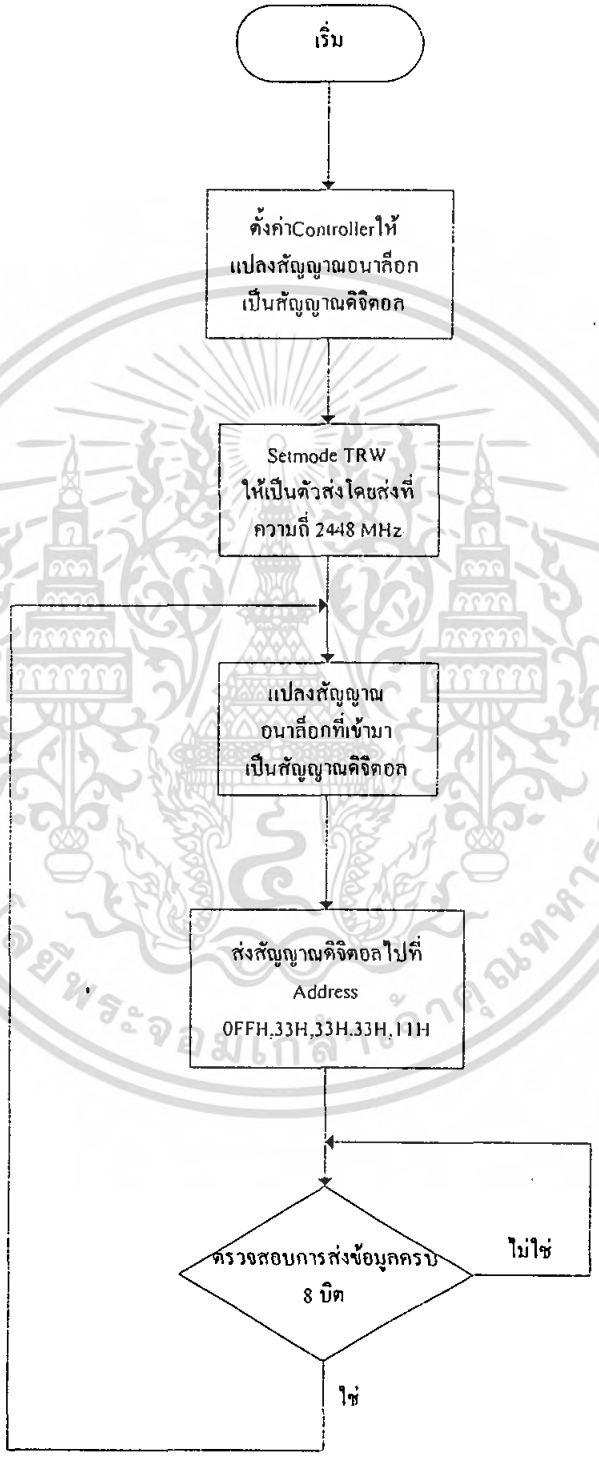


รูปที่ 3.33 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ ด้านนักเรียนคนที่ 2ในโหมด Individually

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

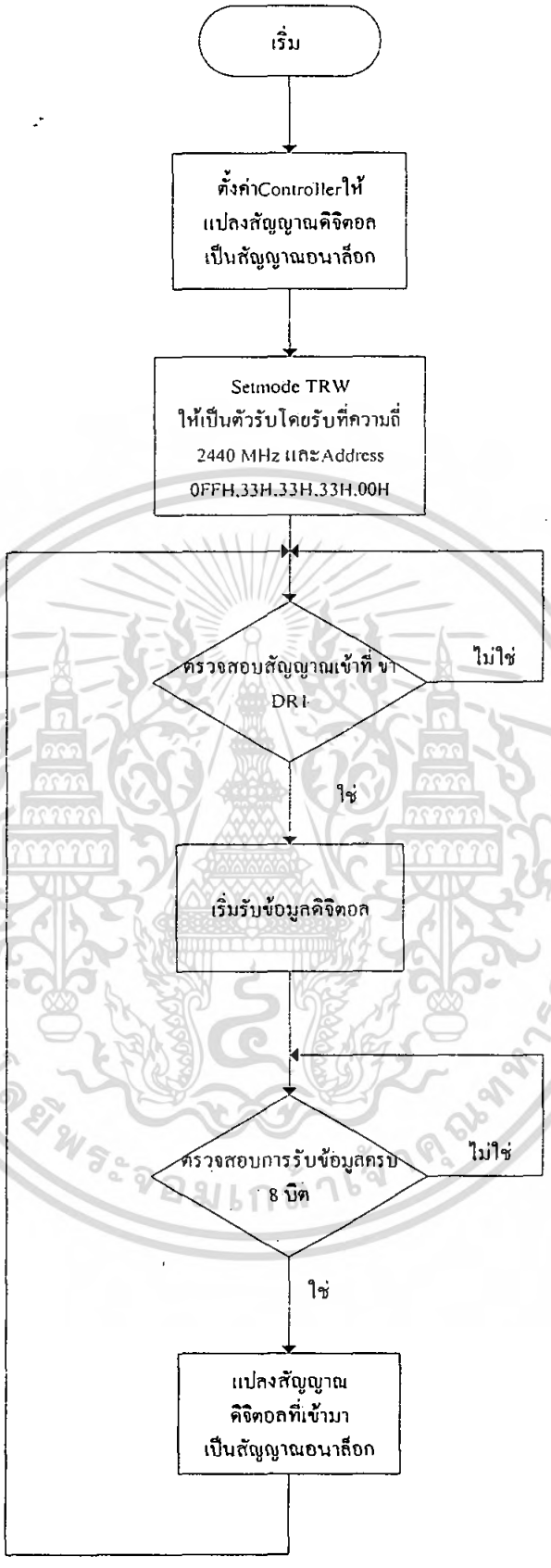
3.2.6 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และ TRW ในโหมด INDIV-BROAD: Individually and Broadcasting

- ด้านอาจารย์



รูปที่ 3.34 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ด้านอาจารย์ในโหมด INDIV- BROAD: Individually and Broadcasting

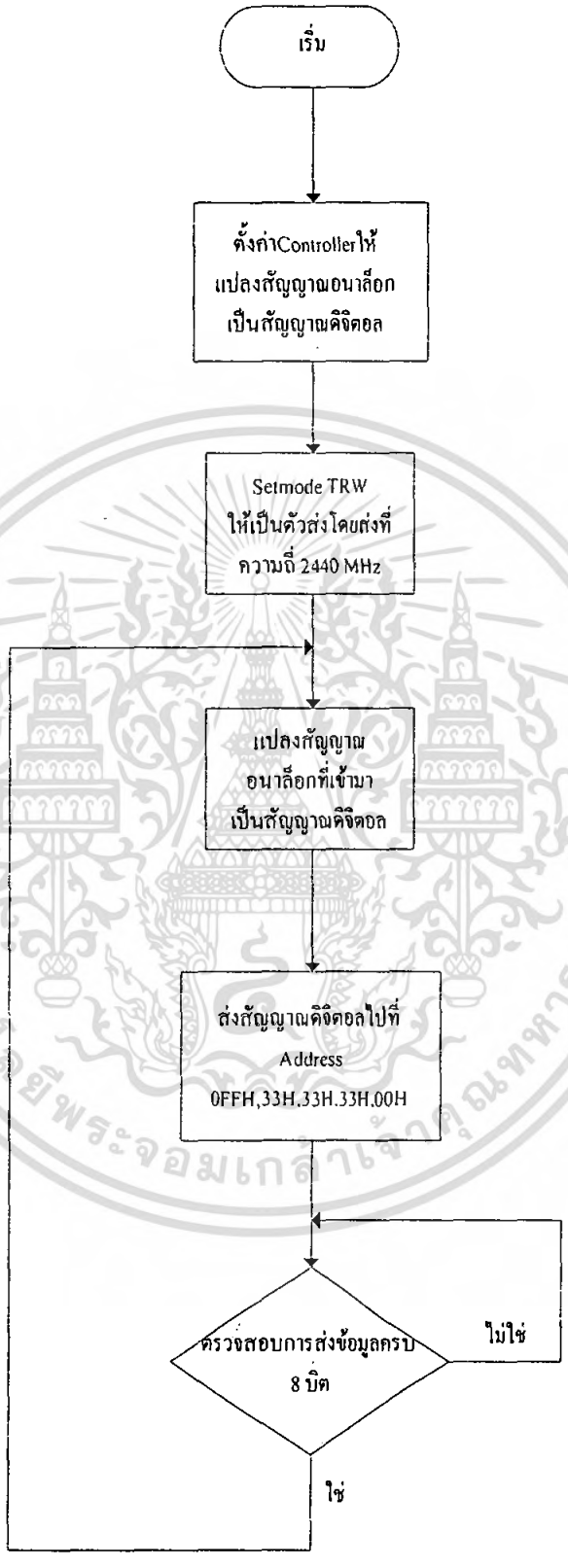
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.35 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ด้านอาจารย์ในโหมด INDIV-BROAD: Individually and Broadcasting

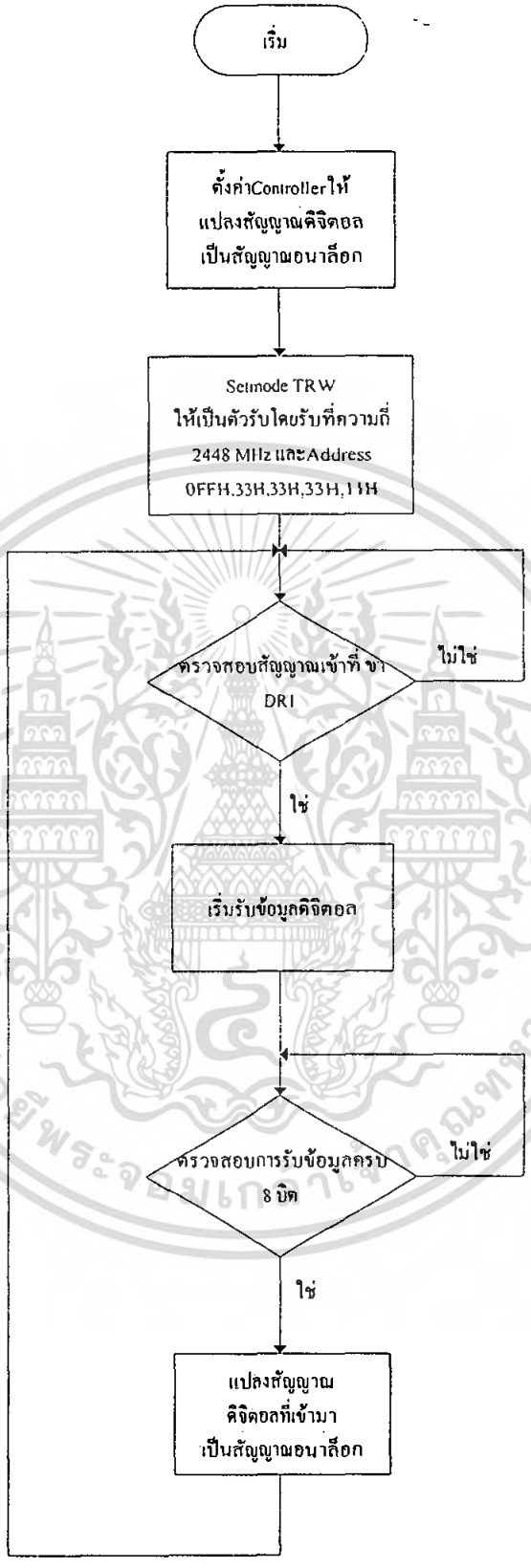
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ด้านนักเรียน



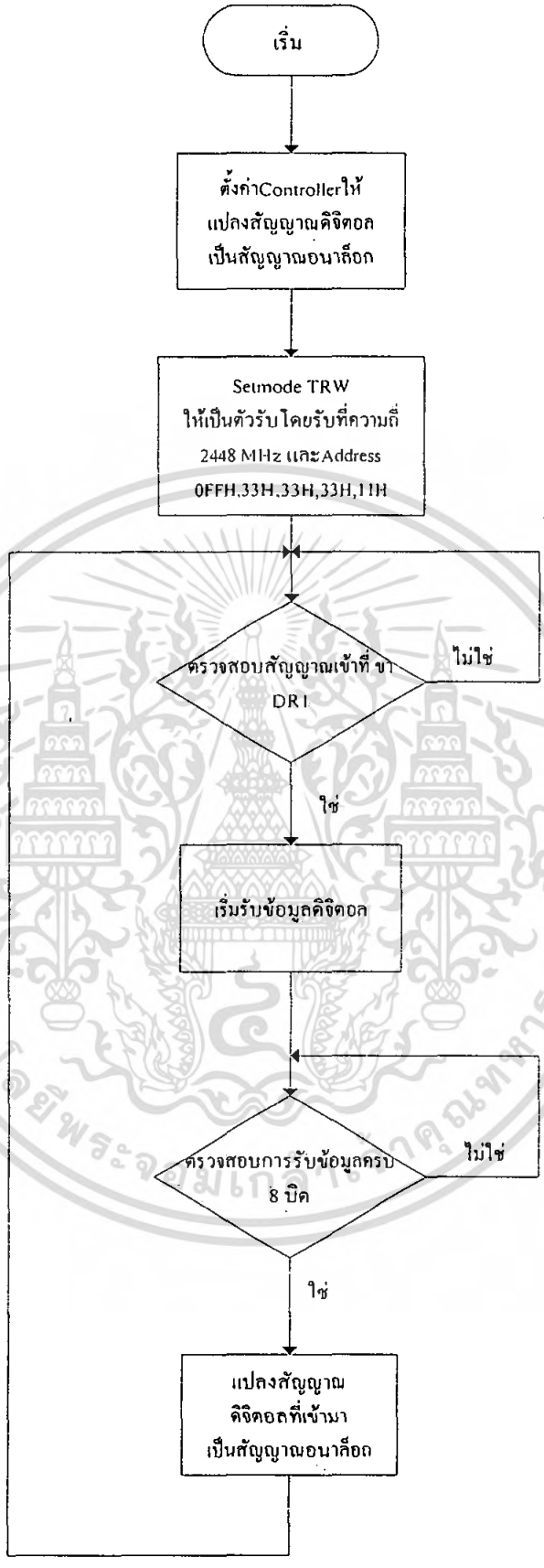
รูปที่ 3.36 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ด้านนักเรียนคนที่ 1 ใน โหมด INDIV-BROAD: Individually and Broadcasting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



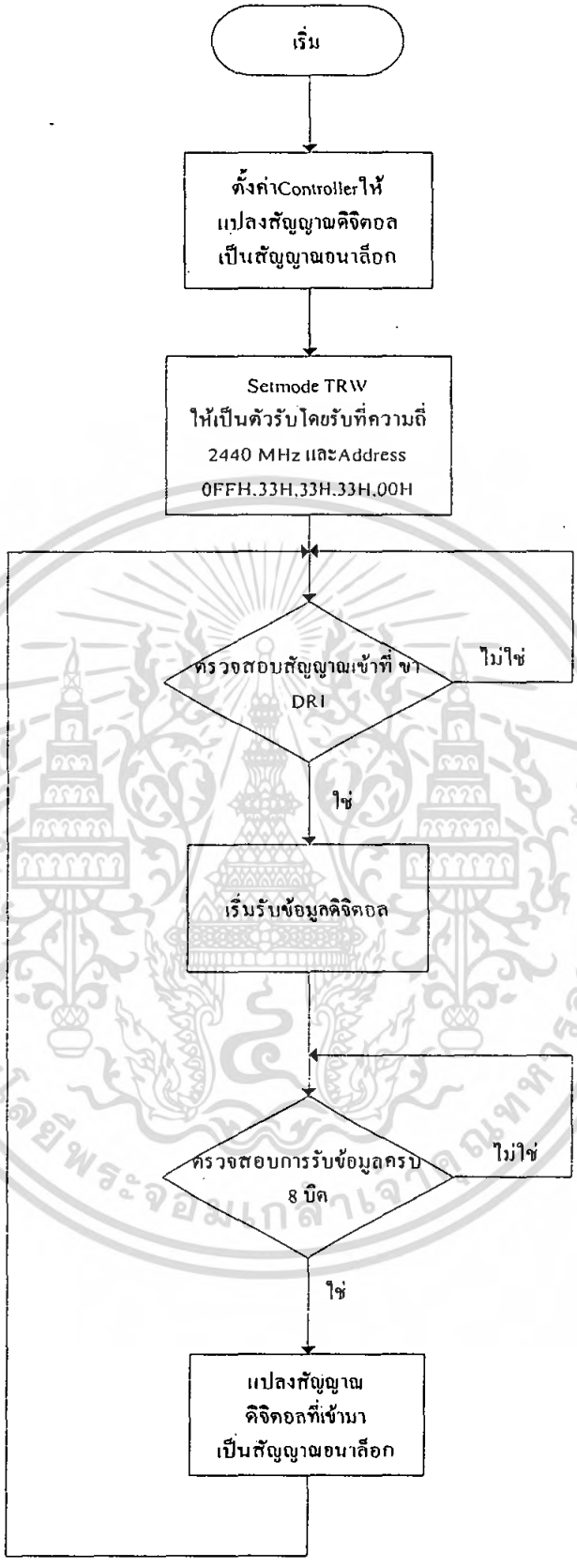
รูปที่ 3.37 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ด้านนักเรียนคนที่ 1ใน โหมด INDIV-BROAD: Individually and Broadcasting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.38 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ด้านนักเรียนคนที่ 2 ใน โหมด INDIV-BROAD: Individually and Broadcasting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

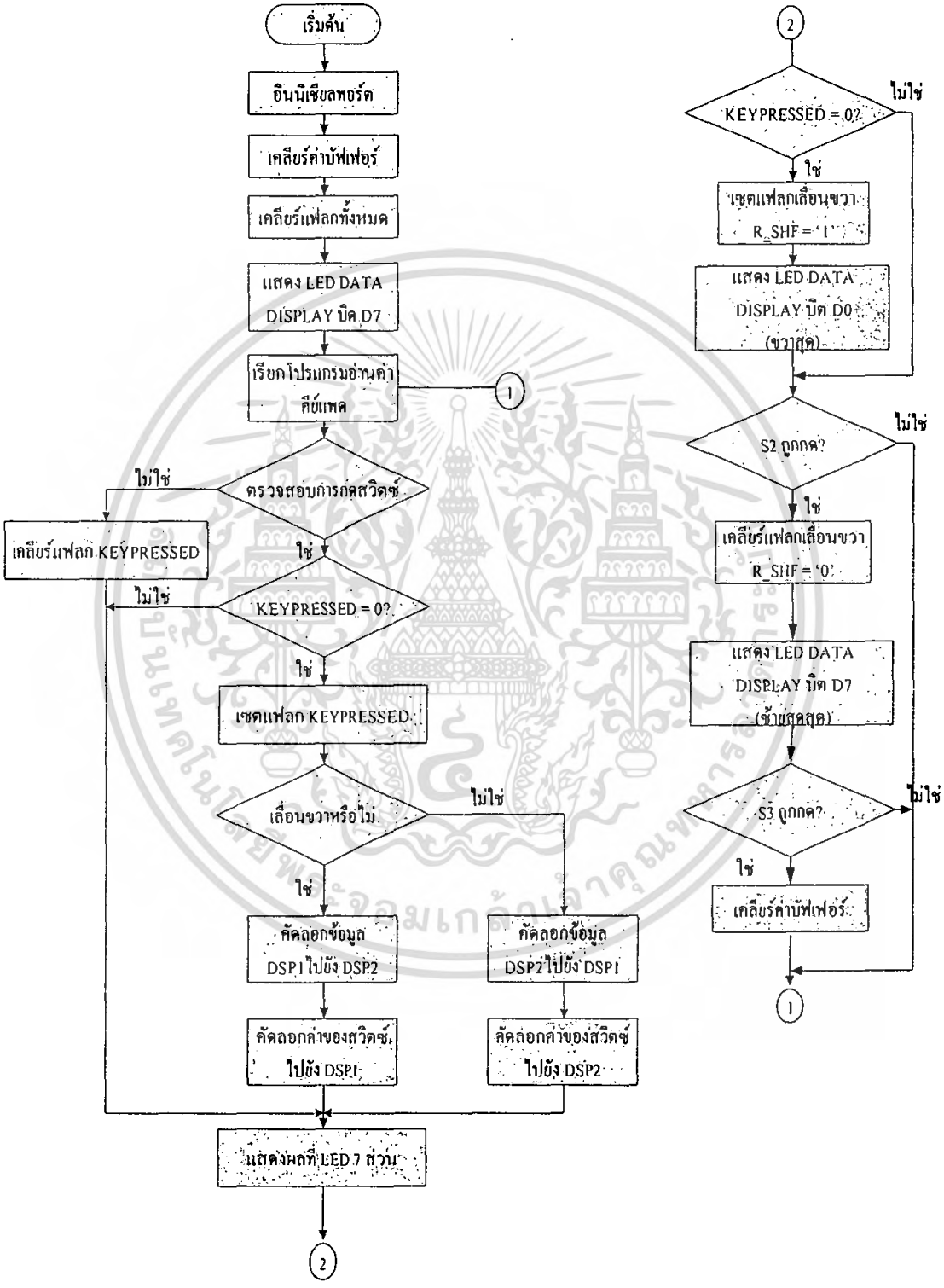


รูปที่ 3.39 โฟว์ชาร์ตแสดงการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ด้านนักเรียนคนที่ 2ใน โหมด INDIV-BROAD: Individually and Broadcasting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้รับค่าจากสวิตช์เมตริกซ์ แล้วแสดงค่าบน LED 7 ส่วน 2 หลัก

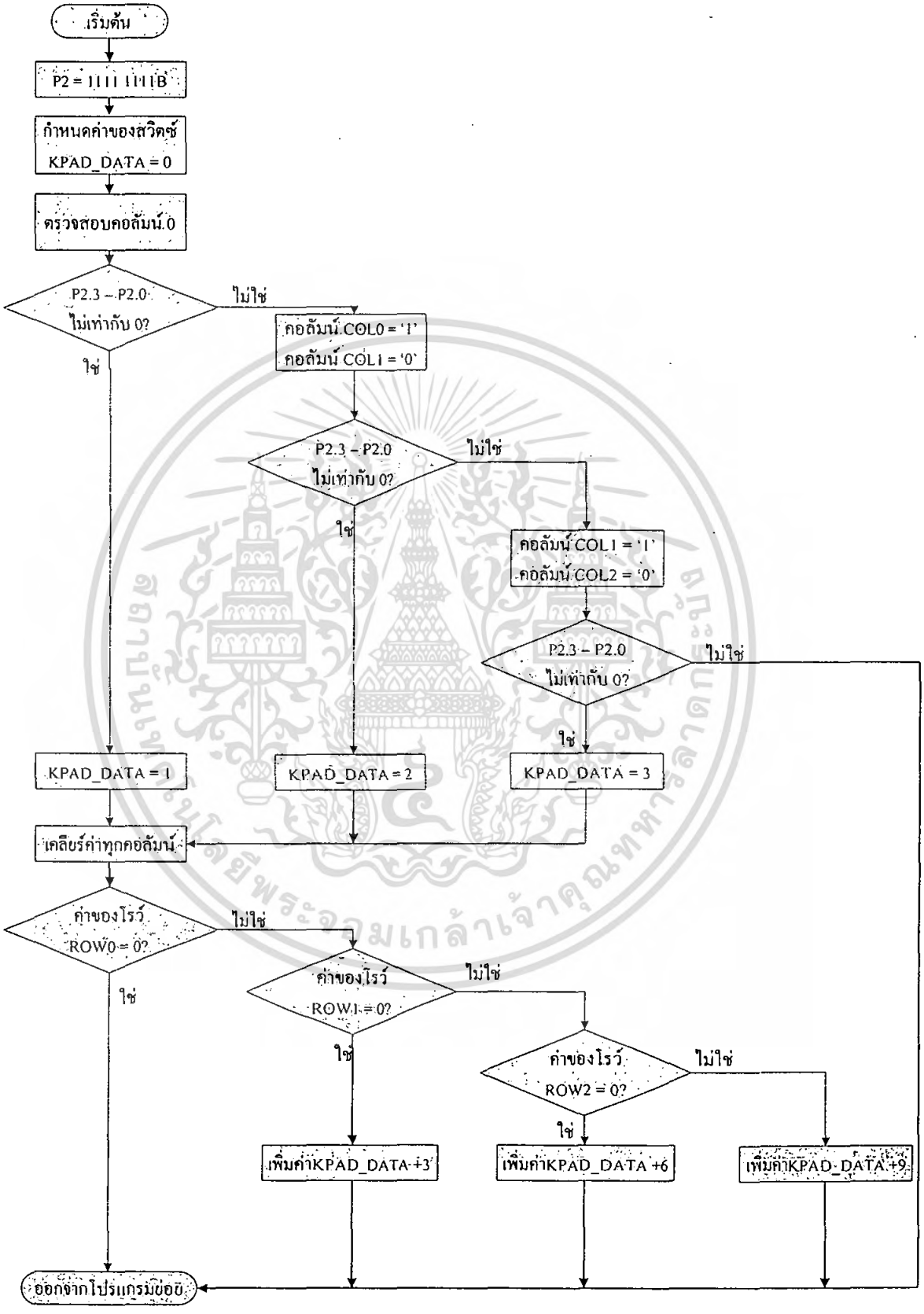
- ส่วนของโปรแกรมหลัก



รูปที่ 3.40 โฟว์ชาร์ตโปรแกรมหลักของการอ่านค่าคีย์แพด เพื่อนำไปแสดงผลที่ LED ตัวเลข 7 หลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

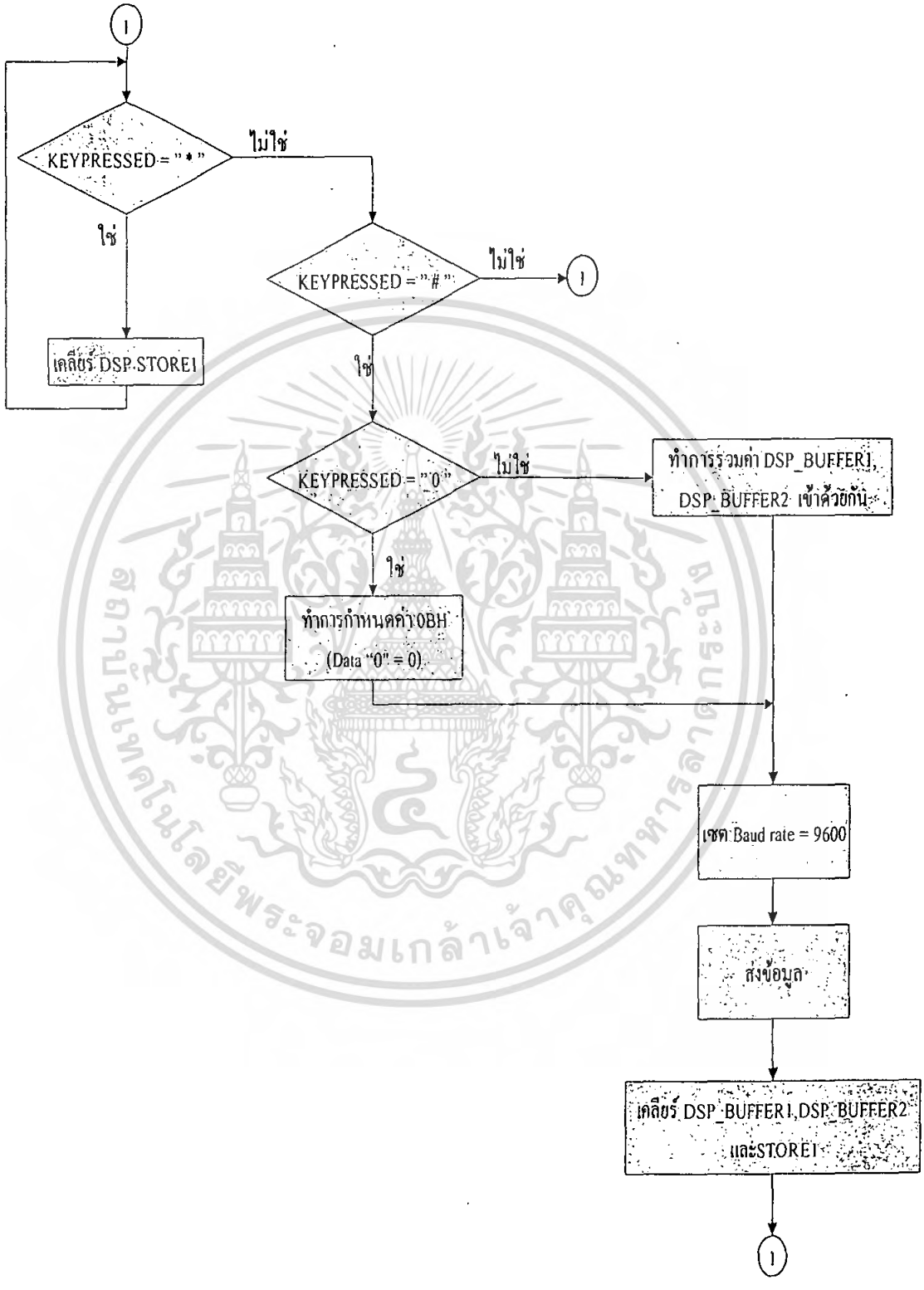
- ส่วนของโปรแกรมย่อยของการอ่านค่าคีย์แพด



รูปที่ 3.41 โฟว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยของการอ่านค่าคีย์แพด

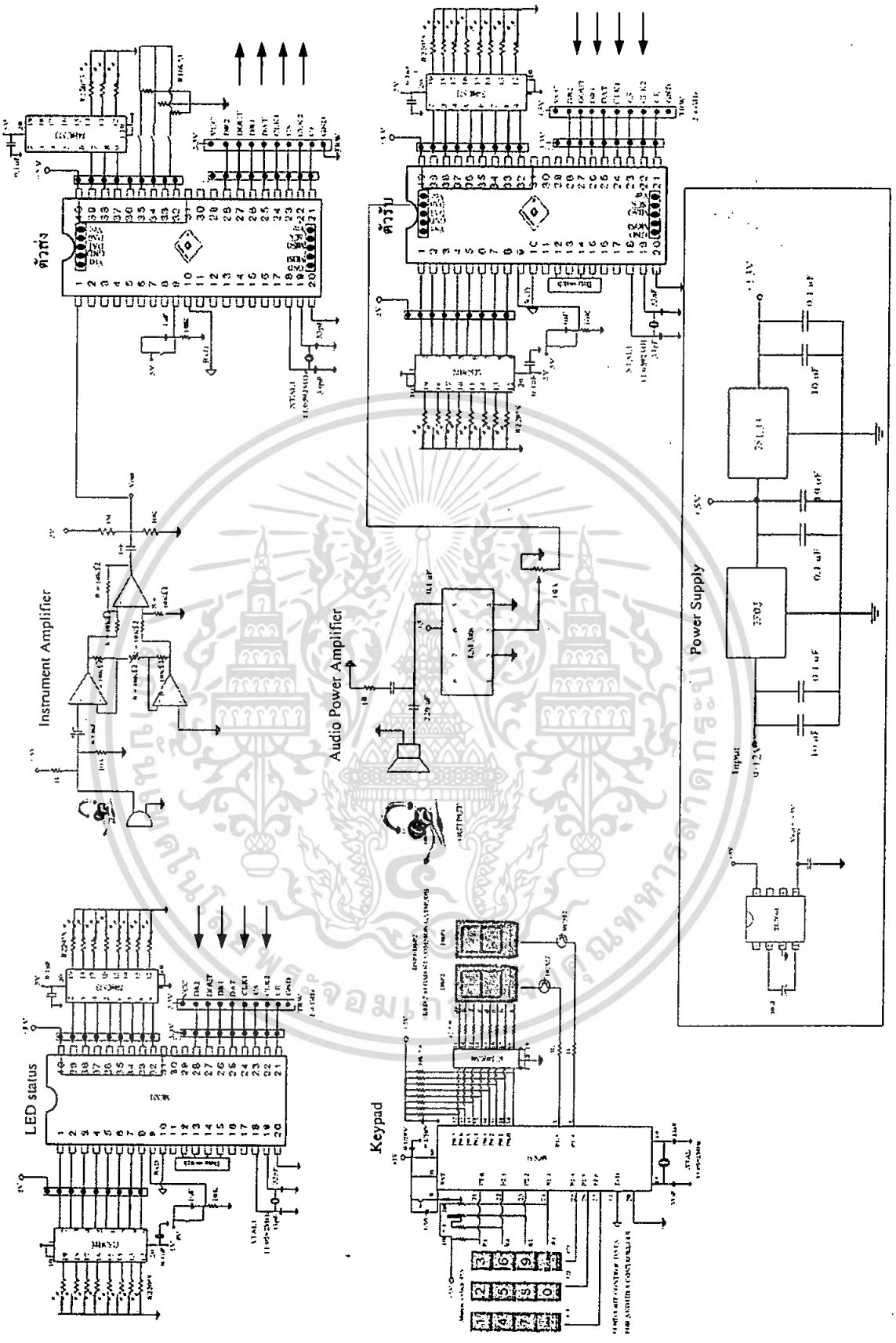
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนของโปรแกรมย่อยของการอ่านค่าคีย์แพดแล้วส่งค่าออกทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม



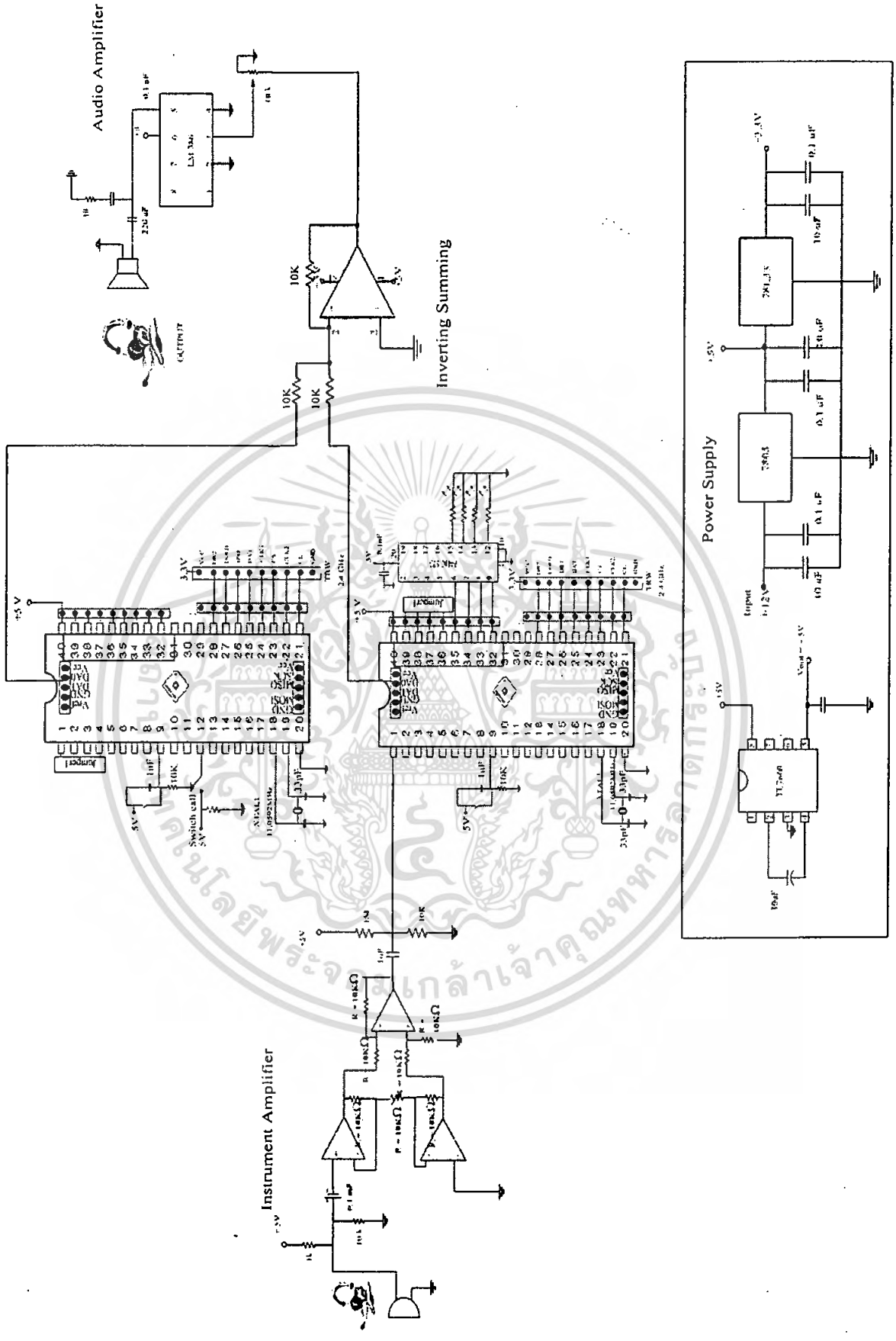
รูปที่ 3.42 โฟว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยของการอ่านค่าคีย์แพด แล้วส่งค่าออกทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.43 แสดงวงจรรวมฝั่งอาจารย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.44 แสดงวงจรรวมฝั่งนักเรียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองวงจรปรับแรงดัน (Voltage Regulator)

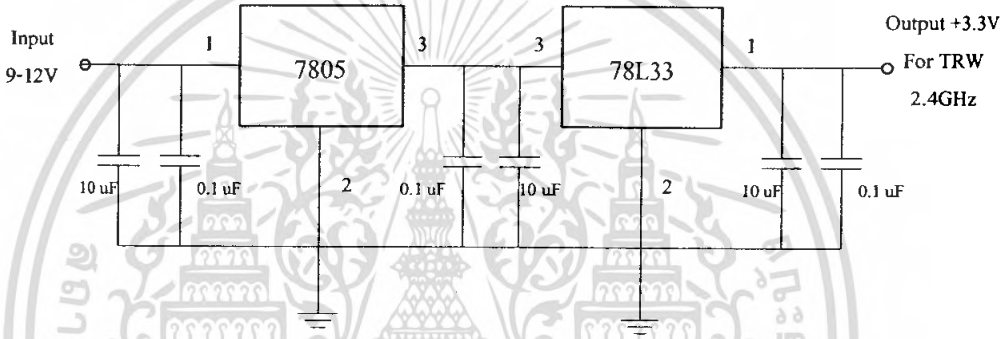
4.1.1 วงจรปรับแรงดัน (Voltage Regulator) เป็น+3.3 Vและ +5V

วัตถุประสงค์ : เพื่อแปลงแรงดันจากแหล่งจ่าย 9 -12 V ให้ได้แรงดันที่ต้องการคือ +5V เพื่อจ่ายให้กับวงจรขยายต่างๆ และ ไมโครคอนโทรลเลอร์ +3.3 V เพื่อจ่ายให้กับ โมดูลไร้สาย TRW 2.4 GHz

หลักการ: ใช้ไอซีเบอร์ 7805 เพื่อแปลงแรงดันจากแหล่งจ่าย 9 -12 V ให้เป็นแรงดัน +5V และนำไอซีเบอร์ 78L33 เพื่อแปลงแรงดันจาก +5V ให้เป็นแรงดัน +3.3V

ขั้นตอนการทดลอง

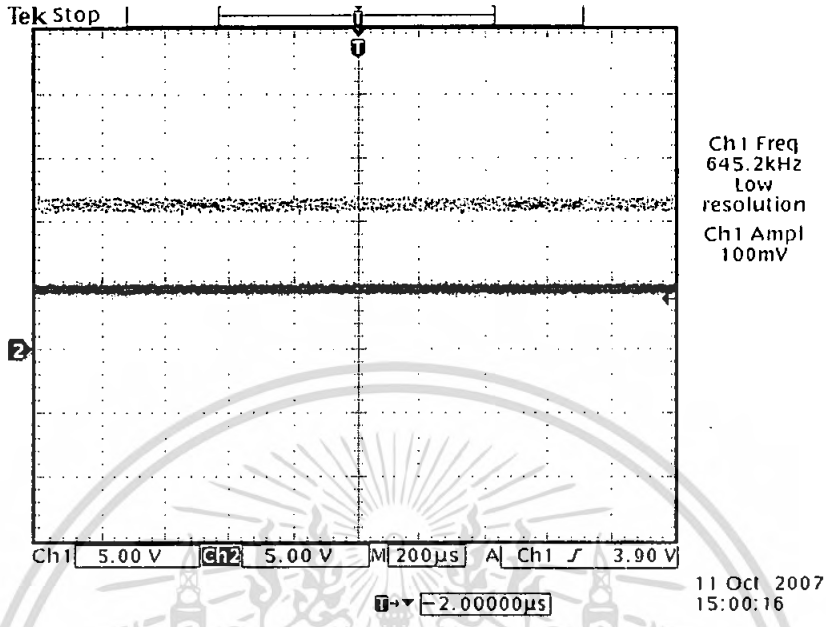
1. ทำการต่อวงจรดังรูปที่ 3.12



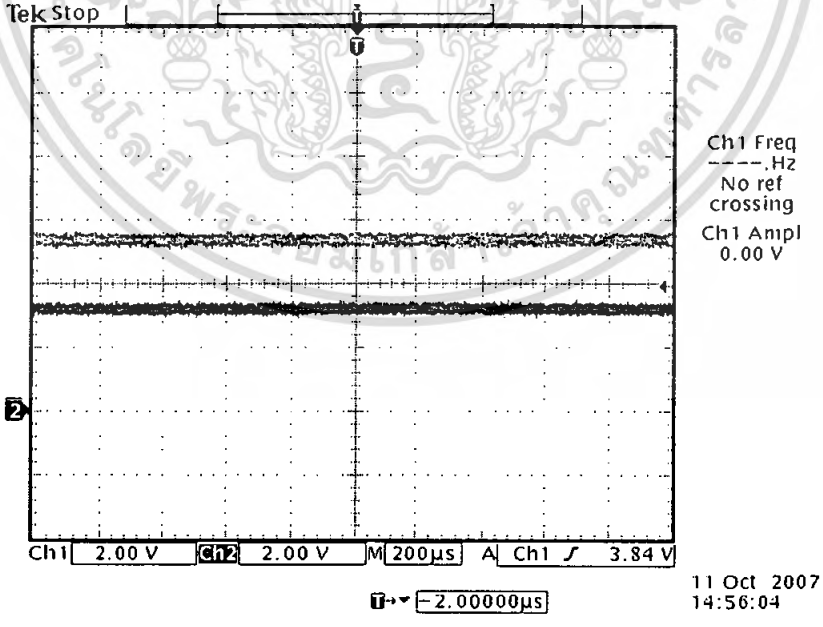
2. ทำการจ่ายแรงดันขนาด +12V เข้าที่อินพุต(ขา 1) ของไอซี 7805
3. ทำการวัดสัญญาณเอาท์พุต (ขา 3)ที่ออกจากไอซี 7805
4. ทำการวัดสัญญาณเอาท์พุต (ขา 1)ที่ออกจากไอซี 78L33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

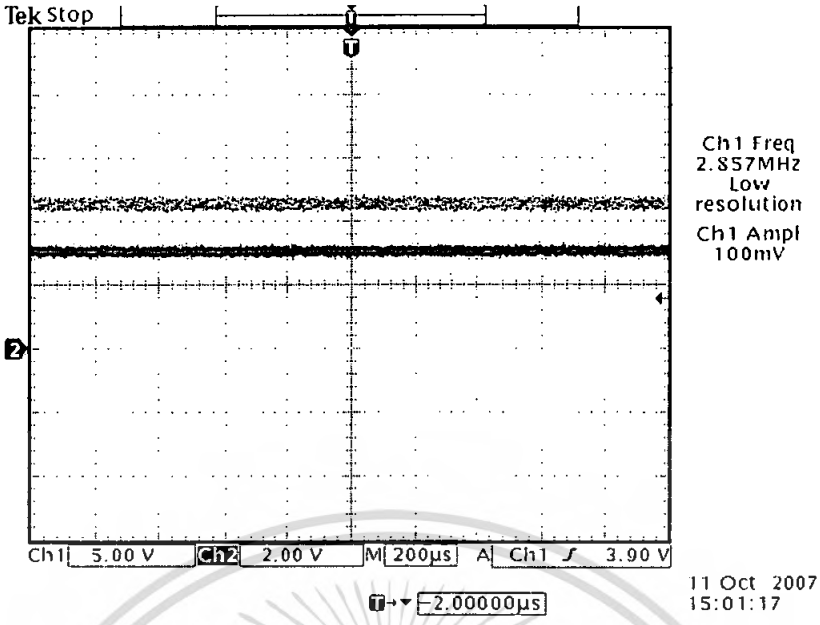


รูปที่ 4.1 สัญญาณเอาท์พุตจากวงจรแปลงแรงดันโดยไอซี 7805
แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุตจากหม้อแปลงซึ่งมีขนาดแรงดัน +12V
แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ออกขา 3 ซึ่งมีขนาดแรงดัน +5V



รูปที่ 4.2 สัญญาณเอาท์พุตจากวงจรแปลงแรงดันโดยไอซี 78L33
แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุตจากขา 3 ของไอซี 7805 ซึ่งมีขนาดแรงดัน +5 V
แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากขา 1 ของไอซี 78L33 ซึ่งมีขนาด แรงดัน +3.3V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 สัญญาณเอาท์พุตจากวงจรแปลงแรงดันโดยไอซี 78L33
แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุตขา 1 ของไอซี 7805 ซึ่งมีขนาดแรงดัน +12 V
แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากขา 1 ของไอซี 78L33 ซึ่งมีขนาดแรงดัน +3.3V

สรุปผลการทดลอง

เนื่องจากโครงงานระบบปฏิบัติการทางภาษาแบบไร้สายนี้ ใช้หม้อแปลงในการจ่ายแรงดันขนาด 9-12Vจึงจำเป็นต้องแปลงแรงดันดังกล่าวให้เป็น +5V และ +3.3V เพื่อจ่ายให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์และโมดูลไร้สาย TRW 2.4 GHz จากการทดลองป้อนแรงดัน +12V ที่ขา 1 ของไอซี 7805 แล้ววัดเอาท์พุตที่ขา 3 ของไอซี 7805 และ ขา 1 ของไอซี 78L33 จะได้ +5V และ 3.3V ตามลำดับ

4.1.2 วงจรกลับแรงดัน (Negative Voltage Converter)

วัตถุประสงค์ : เพื่อแปลงแรงดันบวกให้เป็นแรงดันลบ จ่ายให้กับออปแอมป์

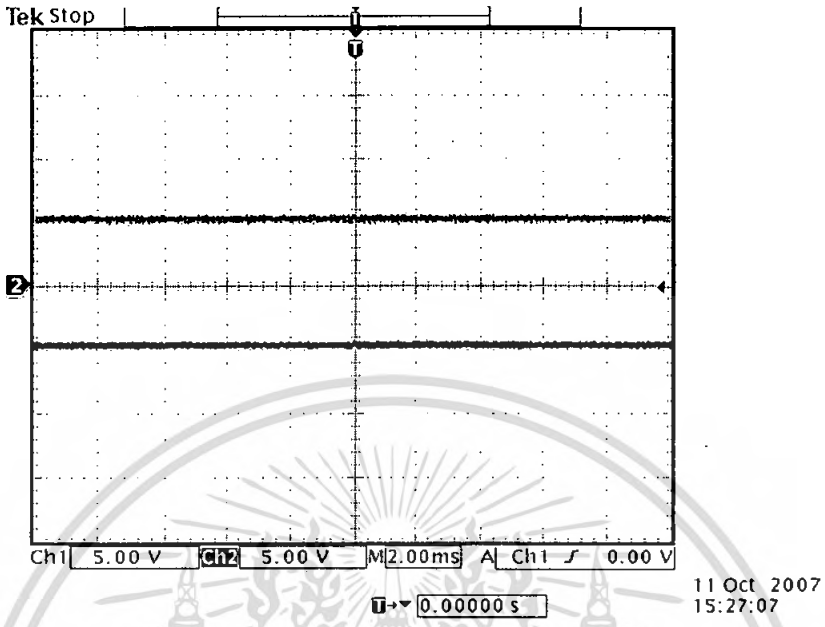
หลักการ: ในการต่อวงจรที่ใช้ออปแอมป์นั้น ต้องมีการจ่ายแรงดันให้กับออปแอมป์ ซึ่งมีทั้งแรงดันบวกและแรงดันลบจึงนำไอซีเบอร์ TL7660 เพื่อแปลงแรงดันแหล่งจ่ายจากแรงดันบวกเป็นแรงดันลบ

ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการต่อวงจรดังรูปที่ 3.13
2. ป้อนแรงดัน +5V เข้าที่ขา 8 ของ ไอซี TL7660
3. วัดเอาท์พุตที่ออกจากขา 5 ของไอซี TL7660 เทียบกับสัญญาณอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง



รูปที่ 4.4 สัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากวงจรแปลงแรงดันบวกให้เป็นแรงดันลบ
แชนแนล 1 แทนอินพุต(ขา 8) ของ IC TL7660 เป็นแรงดัน +5V
แชนแนล 2 แทนเอาท์พุต(ขา 5) ของ IC TL7660 เป็นแรงดัน -5V

สรุปผลการทดลอง

เนื่องจากโครงงานระบบปฏิบัติการทางภาษาแบบไร้สายนี้ มีการใช้ไอซี Operational Amplifier หรือ ออปแอมป์ มาใช้ในการสร้างวงจรขยายต่างๆ ซึ่งออปแอมป์เป็นไอซีที่ต้องการทั้ง แรงดัน +5V และ -5V จึงจำเป็นต้องมีวงจรแปลงแรงดันเพื่อจ่ายแรงดันลบเข้าออปแอมป์ จากการทดลองป้อนอินพุตเป็นแรงดัน +5V เข้าที่ขา 8 ของ IC TL7660 แล้ววัดเอาท์พุตที่ขา 5 ของ IC TL7660 จะได้เอาท์พุตเป็น - 5V ตามที่ต้องการ

4.2 <u>การทดลองวงจรควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812</u>

4.2.1 <u>วงจรควบคุม TRW 2.4 GHz ด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812</u>

วัตถุประสงค์ : เพื่อศึกษาการทำงานของ TRW2.4GHz

หลักการ: ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812 เป็นตัวควบคุมการส่งข้อมูลผ่านโมดูลไร้สาย TRW 2.4GHz

ขั้นตอนการทดลอง

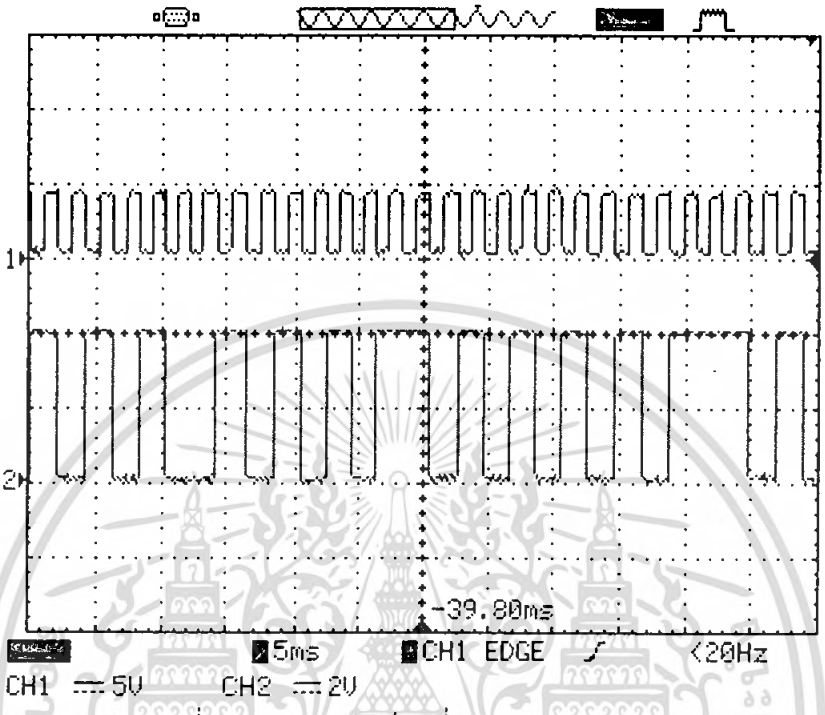
1. ทำการต่อวงจรตามรูปที่ 3.14 และ รูปที่ 3.15
2. ทำการเขียนโปรแกรม สร้างเลขไบนารีความยาว 8 บิตเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ A แล้วส่งไปยัง
3. TRW ดังโฟว์ชาร์ต รูปที่ 3.22 กับ 3.24 และโปรแกรม 3 กับ 4 ในภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำการวัดสัญญาณนาฬิกาจากขา CLK1 ของ TRW ภาครับ(ขา 5) เทียบกับสัญญาณที่ออกจากขา DAT1 ของ TRW ภาครับ(ขา 6)

5. ทำการวัดสัญญาณที่ขา DAT1 ของภาคส่ง(ขา 6) เทียบกับขา DAT 1 ของภาครับ(ขา 6)

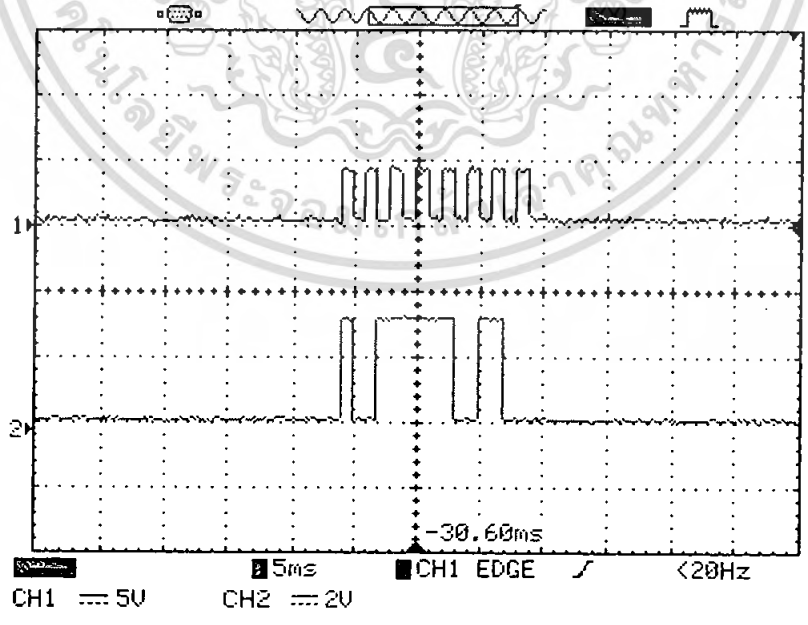
ผลการทดลอง



รูปที่ 4.5 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DATA ของ TRWภาคส่ง

แชนแนล 1 แทนสัญญาณจากขา CLK1 ของ TRW ภาคส่ง(ขา 5)

แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DAT1 ของ TRW ภาคส่ง(ขา 6)

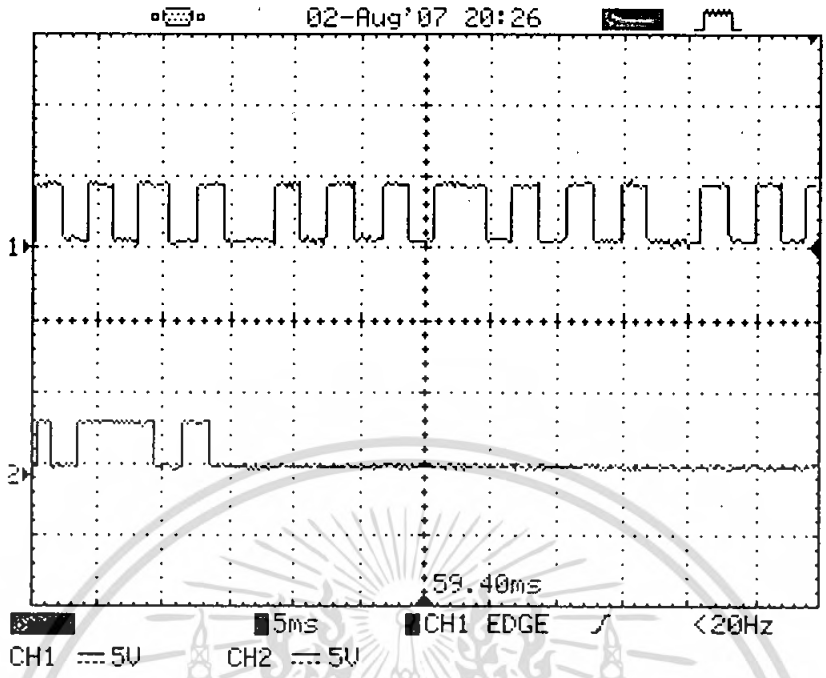


รูปที่ 4.6 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DATA ของ TRWภาครับ

แชนแนล 1 แทนสัญญาณจากขา CLK1 ของ TRW ภาครับ(ขา 5)

แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DAT1 ของ TRW ภาครับ(ขา 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DATA ขา TRWทั้งภาคส่งและภาครับ
แชนแนล 1 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DAT1 ของ TRW ภาคส่ง(ขา 6)
แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DAT1 ของ TRW ภาครับ(ขา 6)

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DAT1 ของ TRW ทางด้านส่ง นั้นจะมีส่วนของ Header มารวมกับ data ด้วย ส่วนทางด้านรับเอาท์พุตที่ขา DAT1 ของ TRW นั้นจะมีการกำจัดเอา Header ที่ปะปนมากับ data ออก เหลือเพียงสัญญาณจริงที่ส่งมา

4.2.2 <u>การทดลองคุณสมบัติ A/D และ D/A ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812</u>

4.2.2.1 <u>การทดลองคุณสมบัติในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล</u>

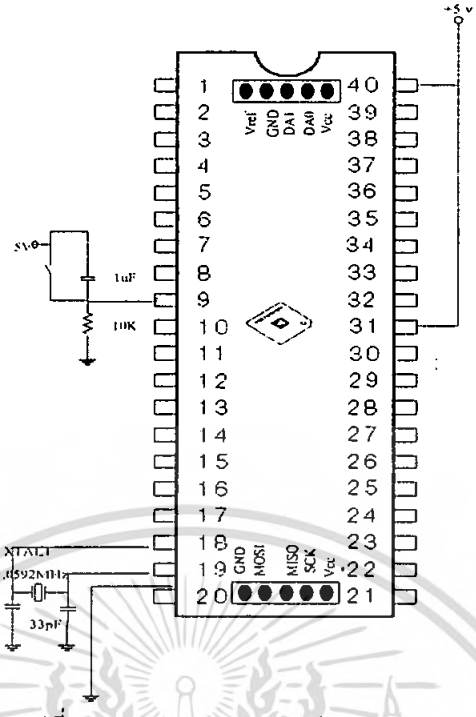
วัตถุประสงค์ : เพื่อศึกษาคุณสมบัติการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลของไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812

หลักการ : ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812 เป็นตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

ขั้นตอนการทดลอง

1. เขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลดังโฟว์ชาร์ด รูปที่ 3.25 และโปรแกรม 5 ในภาคผนวก
2. ต่อวงจรตามรูปข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 วงจรทดลองการแปลงสัญญาณ

3. ป้อนแรงดัน เข้าที่พอร์ต 1.0 (ขา 1) ปรับระดับแรงดันเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึง Vref ของไมโครคอนโทรลเลอร์ (2.5V) อ่านค่า LED ที่เปลี่ยนไปทุกๆระดับแรงดัน แล้วบันทึกผล

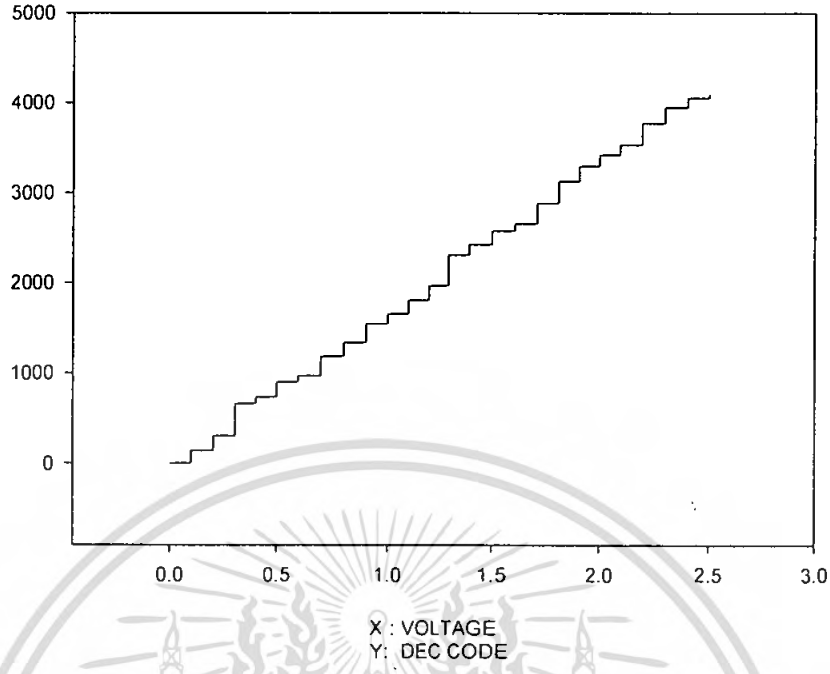
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 แสดงผลแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอลจากการป้อนแรงดัน

volt	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	HEX
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	08C
0.2	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	130
0.3	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	294
0.4	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	2E0
0.5	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	384
0.6	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	3C8
0.7	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	4A0
0.8	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	538
0.9	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	608
1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	678
1.1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	710
1.2	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	7B0
1.3	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	908
1.4	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	978
1.5	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	A10
1.6	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	A60
1.7	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	B44
1.8	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	C38
1.9	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	CE0
2	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	D60
2.1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	DD0
2.2	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	EC0
2.3	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	F70
2.4	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	FD8
2.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	FFF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่แปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอลจากการป้อนแรงดัน

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812 มีคุณสมบัติในการแปลงสัญญาณจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยมี Vref ที่ 2.5V การทดลองนี้ได้มาจากการสังเกตด้วยสายตาอาจทำให้ค่าผิดเพี้ยนไปบ้าง

4.2.2.2 <u>การทดลองคุณสมบัติการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล และแปลงกลับสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก</u>

วัตถุประสงค์ : เพื่อศึกษาคุณสมบัติในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล และแปลงกลับสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812

หลักการ : ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812 ควบคุมการแปลงสัญญาณ

ขั้นตอนการทดลอง

1.เขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล และนำสัญญาณดิจิตอลที่ได้มาแปลงเป็นสัญญาณอนาล็อก ดังโฟว์ชาร์ต รูปที่ 3.26 และโปรแกรม 6 ในภาคผนวก

2. ต่อวงจรดังรูป 4.8

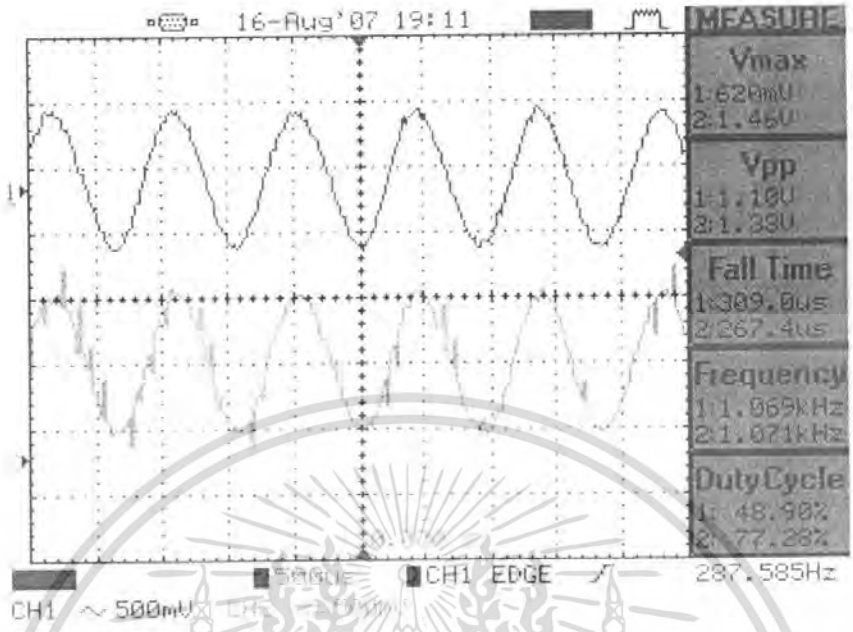
3. ป้อนสัญญาณรูปไซน์ ขนาด 1 V ความถี่ 1 kHz เข้าที่ P1.0 (ขา 1)

4. วัดสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0

5. เปลี่ยนความถี่ของสัญญาณอินพุต วัดผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ผู้ใดนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง



รูปที่ 4.10 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางภาคส่ง

แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณรูปไซน์ 1 kHz ที่ P1.0 (ขา 1)

แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางภาคส่ง

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่า เมื่อป้อนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณรูปไซด์เข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วทำการวัดเอาท์พุตที่ขา DA0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น จะพบว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812 มีคุณสมบัติในการแปลงสัญญาณจากสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลและแปลงสัญญาณดิจิตอลกลับเป็นสัญญาณอนาล็อก ได้ในตัวเดียวกัน

4.2.2.3 การทดลองส่งและรับสัญญาณผ่าน TRW 2.4 GHz

วัตถุประสงค์ : เพื่อส่งสัญญาณผ่าน TRW 2.4 GHz

หลักการ : ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812 ควบคุมให้แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วส่งและรับสัญญาณด้วย TRW 2.4 GHz แปลงสัญญาณอนาล็อกกลับมาดังเดิม

ขั้นตอนการทดลอง

1. เขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ภาคส่งควบคุมการแปลงสัญญาณอนาล็อกที่เข้าทางพอร์ท 1.0 เป็นสัญญาณดิจิตอล แล้วส่งข้อมูลผ่าน TRW 2.4 GHz ดังโฟว์ชาร์ตรูปที่ 3.21 และโปรแกรม 1 ในภาคผนวก

2. เขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ภาครับ รับข้อมูลผ่าน TRW 2.4 GHz แล้วนำข้อมูลที่รับได้ แปลงเป็นสัญญาณอนาล็อก ดังโฟว์ชาร์ตรูปที่ 3.23 และโปรแกรม 2 ในภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ป้อนสัญญาณไซน์ ที่P 1.0 (ขา 1)

4. ทำการวัดสัญญาณนาฬิกาจากขา CLK1 ของ TRW ภาคส่ง (ขา 5) เทียบกับสัญญาณที่ออกจากขา DAT1 ของ TRW ภาคส่ง(ขา 6)

5. ทำการวัดสัญญาณนาฬิกาจากขา CLK1 ของ TRW ภาครับ (ขา 5) เทียบกับสัญญาณที่ออกจากขา DAT1 ของ TRW ภาครับ(ขา 6)

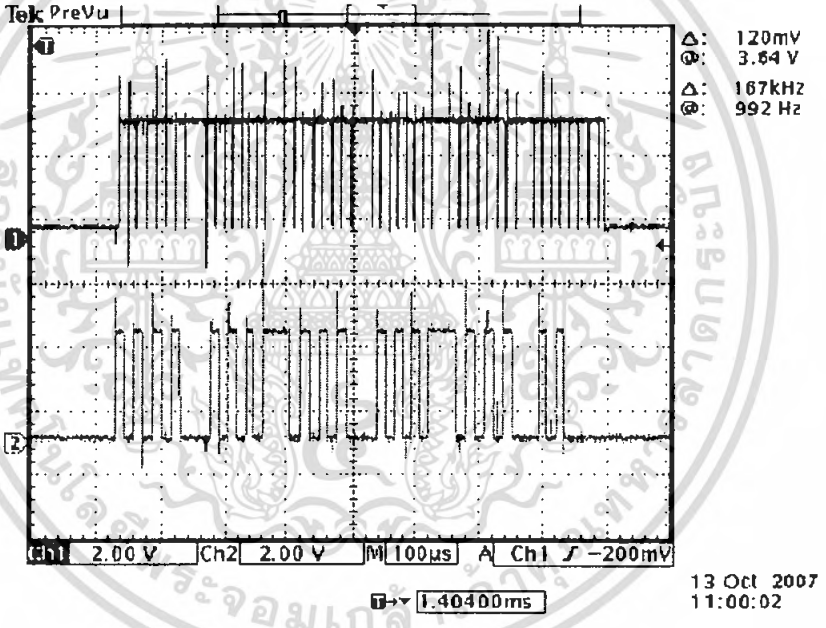
6. ทำการวัดสัญญาณที่ขา DAT1 ของภาคส่ง(ขา 6) เทียบกับขา DAT 1 ของภาครับ(ขา 6)

7. วัดสัญญาณอินพุต(ขา 1) เทียบกับสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ภาครับ

8. เปลี่ยนสัญญาณเอาท์พุตเป็นสัญญาณสามเหลี่ยม สัญญาณฟันเลื่อย และสัญญาณสี่เหลี่ยม ตามลำดับ

9. บันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลอง

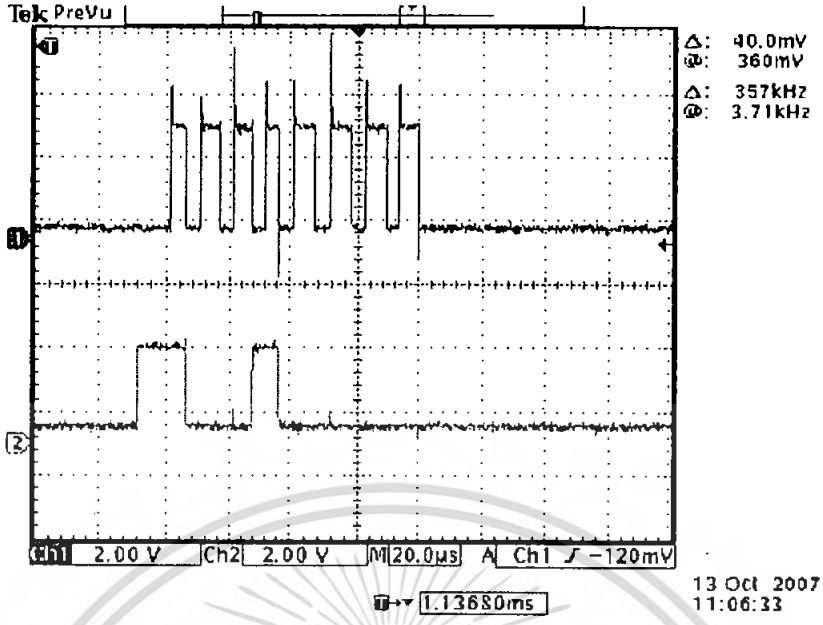


รูปที่ 4.11 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DATA ของ TRWภาคส่ง

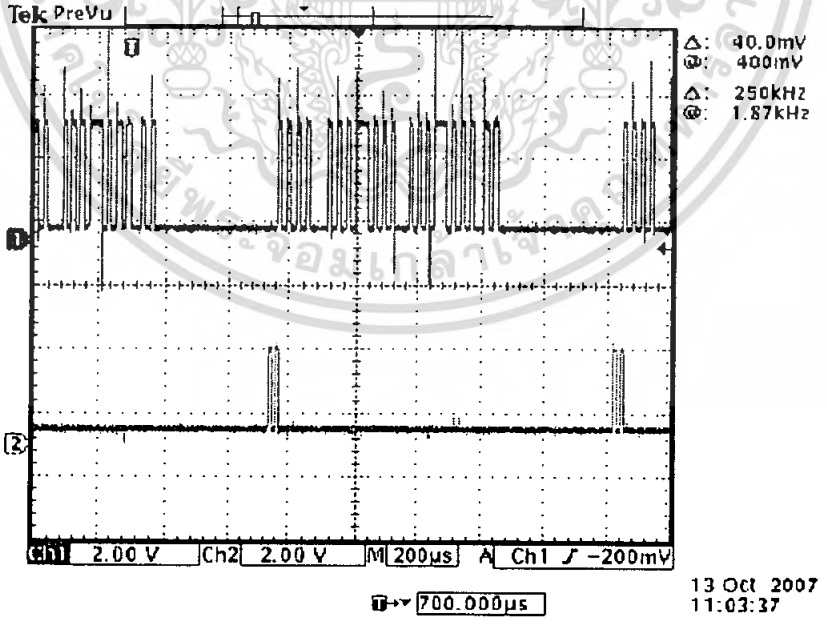
แชนแนล 1 แทนสัญญาณจากขา CLK1 ของ TRW ภาคส่ง(ขา 5)

แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DAT1 ของ TRW ภาคส่ง(ขา 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

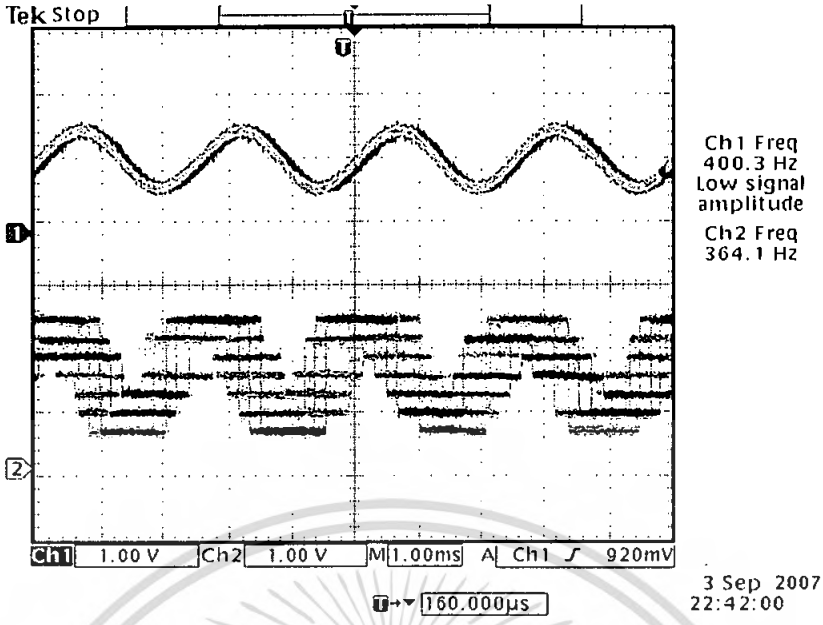


รูปที่ 4.12 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DATA ของ TRWภาครับ
แชนแนล 1 แทนสัญญาณจากขา CLK1 ของ TRW ภาครับ(ขา 5)
แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DAT1 ของ TRW ภาครับ(ขา 6)

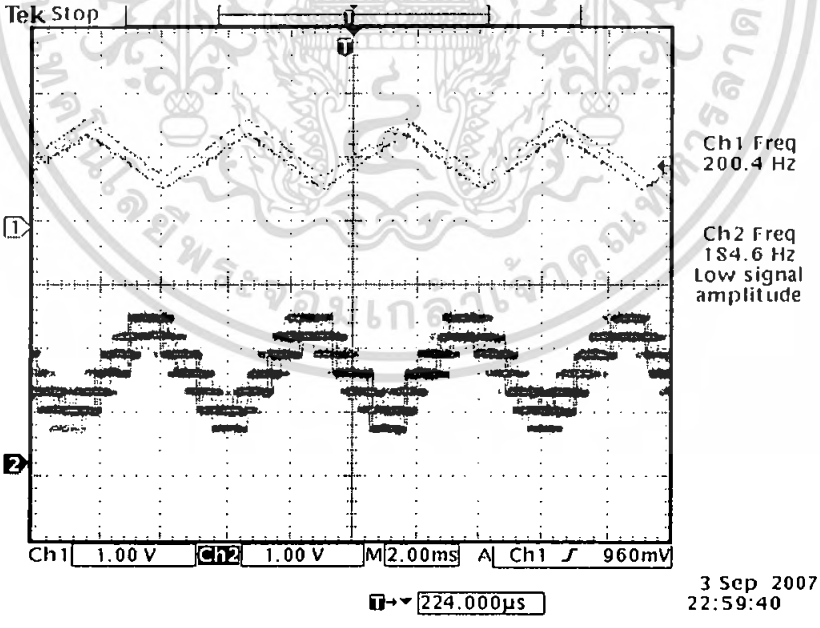


รูปที่ 4.13 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DATA ขา TRWทั้งภาคส่งและภาครับ
แชนแนล 1 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DAT1 ของ TRW ภาคส่ง(ขา 6)
แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DAT1 ของ TRW ภาครับ(ขา 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

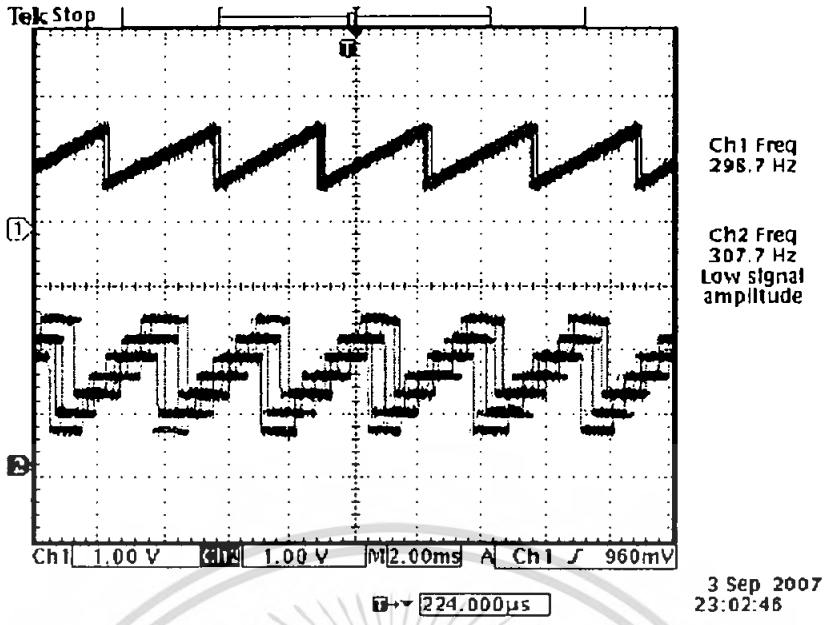


รูปที่ 4.14 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางภาครับ เมื่อป้อนสัญญาณไซน์เป็นอินพุต
แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณรูปไซน์ 1 kHz ที่ P1.0 (ขา 1)
แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางภาครับ

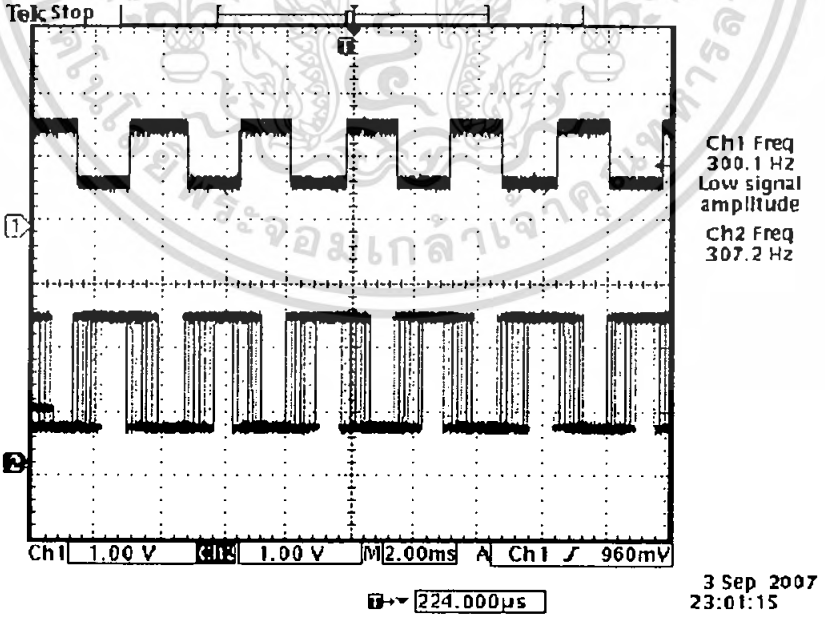


รูปที่ 4.15 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางภาครับ เมื่อป้อนสัญญาณสามเหลี่ยม เป็น
อินพุต
แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณรูปสามเหลี่ยม 1 kHz ที่ P1.0 (ขา 1)
แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางภาครับ เมื่อป้อนสัญญาณฟันเลื่อยเป็นอินพุต
แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณฟันเลื่อย 1 kHz ที่ P1.0 (ขา 1)
แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางภาครับ



รูปที่ 4.17 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางภาครับ เมื่อป้อนสัญญาณสี่เหลี่ยมเป็นอินพุต
แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยม 1 kHz ที่ P1.0 (ขา 1)
แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองแปลงสัญญาณอนาล็อกในรูปต่างๆ ให้เป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วส่งผ่านโมดูลไร้สาย TRW 2.4 GHz นั้น หลังจากที่ไมโครคอนโทรเลอร์ได้รับสัญญาณแล้วแปลงสัญญาณกลับคืนเป็นสัญญาณอนาล็อกนั้น พบว่าสัญญาณที่ได้จะคล้ายกับสัญญาณต้นแบบ แต่ไม่มากนัก เนื่องจากความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์

4.3 การทดลองวงจรขยาย (Amplifier)

4.3.1 วงจรขยาย Instrument Amplifier

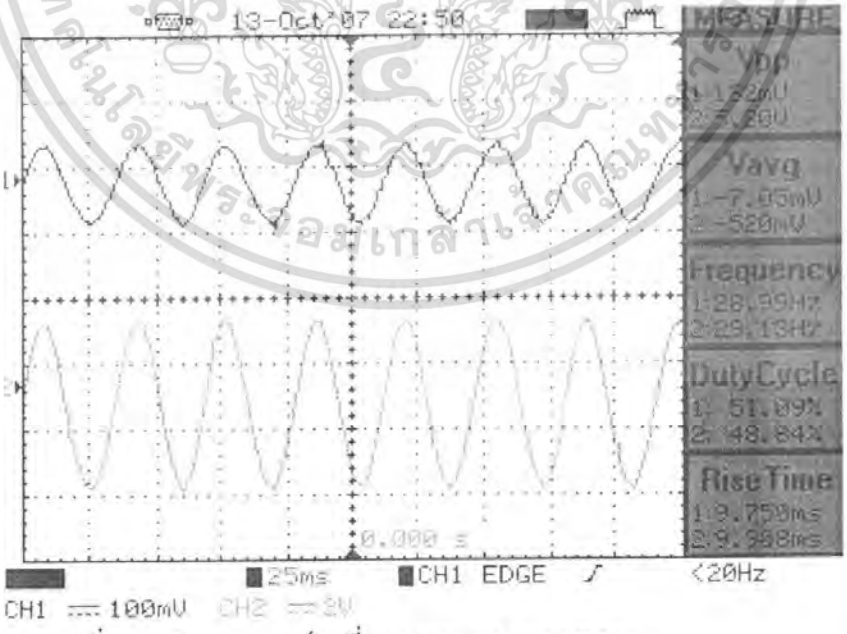
วัตถุประสงค์ : เพื่อปรับระดับแรงดันของสัญญาณก่อนเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์

หลักการ: ใช้ไอซี Operational-Amplifier เบอร์ LF 351 มาใช้ในการสร้างวงจรขยายแบบ Instrument Amplifier เพื่อทำการขยายและยกระดับแรงดันก่อนเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์

ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการต่อวงจรดังรูปที่ 3.6
2. ทำการป้อนสัญญาณรูปไซน์ขนาด 100 มิลลิโวลต์ เข้าที่ขา 3 ของไอซี LF 351 ตัวที่ 2
3. วัดสัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากขา 6 ของไอซี LF 351 ตัวที่ 3
4. ทำการต่อวงจรเพิ่มเติมดังรูปที่ 3.7
5. วัดสัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากวงจรที่ต่อเพิ่มขึ้นมาจากเดิม

ผลการทดลอง

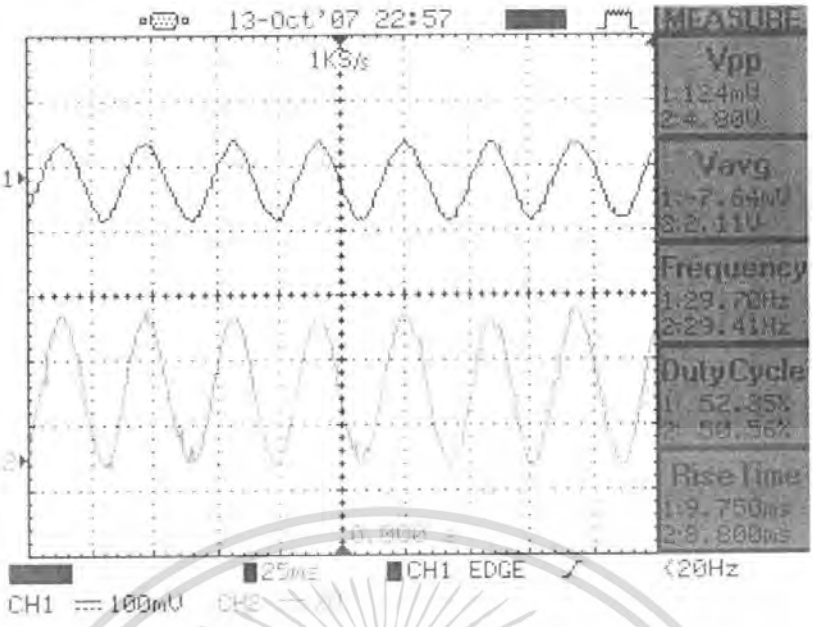


รูปที่ 4.18 สัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากขา 6 ของ LF 351

แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณรูปไซน์ขนาด 100 มิลลิโวลต์ที่ป้อนเข้าขา 3 ของ LF 351 ตัวที่ 2

แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากขา 6 ของ LF 351 ตัวที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 สัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากขา 6 ของ LF 351 หลังจากทำการต่อวงจรยกระดับสัญญาณ

แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณรูปไซน์ขนาด 100 มิลลิโวลต์ที่ป้อนเข้าขา 3 ของ LF 351 ตัวที่ 2

แชนแนล 2 แทนเอาท์พุตหลังจากทำการต่อวงจรยกระดับสัญญาณ

สรุปผลการทดลอง

จากรูปผลการทดลอง เมื่อป้อนสัญญาณที่มีขนาด 100 mV แล้ววัดสัญญาณเอาท์พุตที่ออกมาได้สัญญาณที่มีขนาด 5 V จะเห็นว่าวงจรนี้สามารถขยายสัญญาณได้ถึง 50 เท่า และเมื่อต่อวงจรยกระดับสัญญาณเข้าไปแล้ววัดสัญญาณเอาท์พุตจะเห็นว่าสัญญาณที่ออกมามีระดับสัญญาณไฟตรงยกขึ้นจากสัญญาณเดิม แสดงให้เห็นว่าทั้งวงจรขยายสัญญาณและวงจรยกระดับสัญญาณสามารถใช้งานได้จริง

4.3.2 วงจรขยายกำลังสัญญาณเสียง (Audio Power Amplifier)

วัตถุประสงค์ : เพื่อปรับระดับกำลังของสัญญาณเสียงที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้สามารถขับออกลำโพงได้

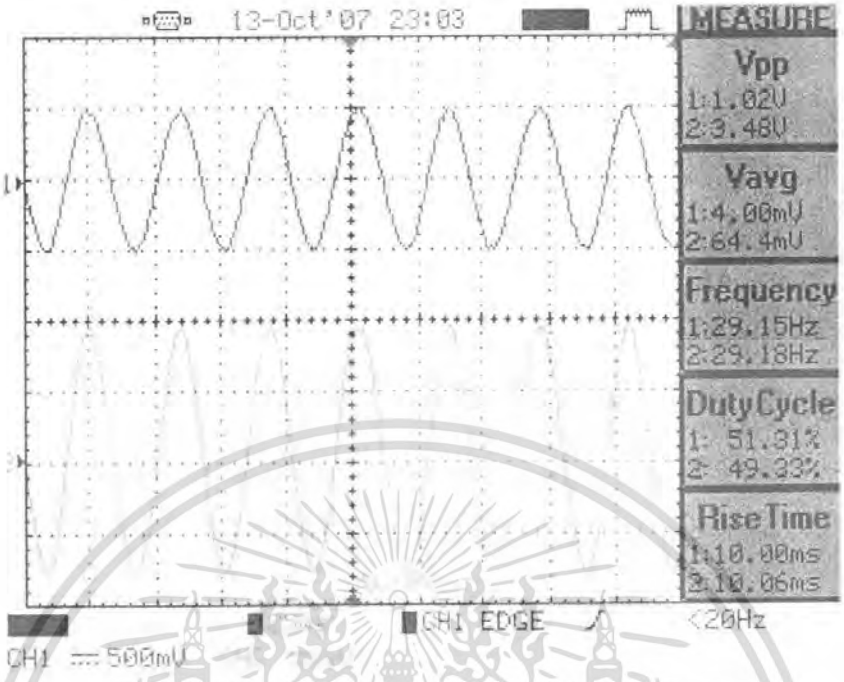
หลักการ: ใช้ไอซี LM 386 มาใช้ในการสร้างวงจรขยายกำลังเสียง (Audio Power Amplifier) โดยเลือกให้มีกำลังขยายสูงสุด 20 เท่า

ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการต่อวงจรดังรูปที่ 3.8
2. ป้อนอินพุตเป็นสัญญาณรูปไซน์ขนาด 1 V เข้าขา 1 ของ R ปรับค่าได้ 10 kΩ ที่ต่อกับขา 3 ของ LM 386
3. วัดสัญญาณที่ขาบวกของลำโพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง



รูปที่ 4.20 สัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากขาของลำโพง

แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณรูปไซน์ขนาด 1 V ของขา 1 R ปรับค่าได้

ที่ต่อ อยู่กับขา 3 ของ LM 386

แชนแนล 2 แทนเอาท์พุตที่ขาบวกของลำโพง

สรุปผลการทดลอง

จากรูปผลการทดลองจะเห็นว่าเมื่อป้อนสัญญาณไซน์เข้าไป สัญญาณเอาท์พุตที่ออกมานั้นมีกำลังขยายเพิ่มขึ้นจากสัญญาณเดิม แสดงว่าวงจรนี้สามารถขยายกำลังสัญญาณได้จริง

4.3.3 การทดลองวงจรขยายผลรวมแบบ Inverting (Inverting Summing Amplifier)

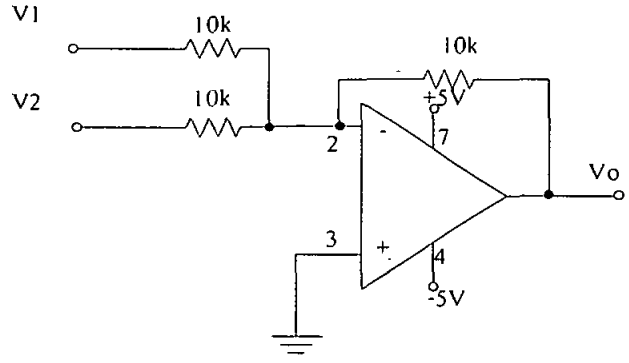
วัตถุประสงค์: ศึกษาการทำงานของออปแอมป์และวงจรขยายผลรวมแบบ Inverting (Inverting Summing Amplifier) เพื่อใช้ในการรวมสัญญาณเสียงที่ออกจากคอนโทรลเลอร์ทั้ง 2 ตัว ทางฝั่งของนักเรียนกรณีอยู่ในโหมด INDIV-BROAD (Individually and Broadcasting)

หลักการ: ใช้ไอซี Operational-Amplifier เบอร์ 741 มาใช้ในการสร้างวงจรขยายผลรวมแบบ Inverting (Inverting Summing Amplifier)

ขั้นตอนการทดลอง

1. ทำการต่อวงจรดังรูปข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 วงจรทดลองวงจรขยายผลรวมแบบ Inverting

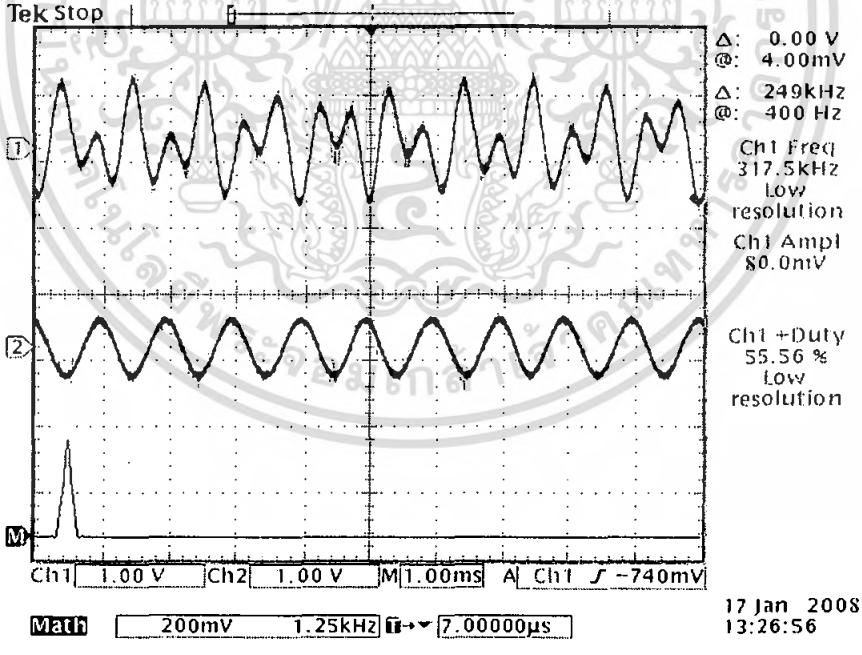
2. ทำการจ่ายแรงดันขนาด +5V ที่ขา 7 และ -5V ที่ขา 4

3. ทำการป้อนสัญญาณไซน์ขนาด 1V ความถี่ 1KHz เข้าที่ V1

4. ทำการป้อนสัญญาณไซน์ขนาด 1V ความถี่ 2KHz เข้าที่ V2

5. ทำการวัดสัญญาณที่ออกจา Vo (ขา 6) เทียบกับสัญญาณอินพุต V1 และ V2

ผลการทดลอง



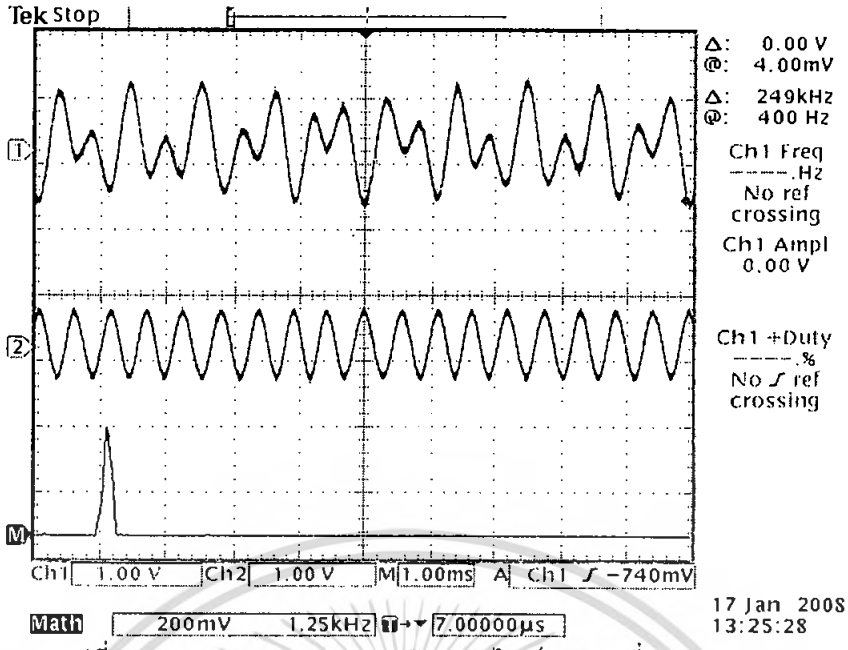
รูปที่ 4.22 แสดงผลจากการรวมสัญญาณไซน์ 2 ความถี่

แชนแนล 1 แทนสัญญาณเอาต์พุตที่ออกจากขา 6 ของวงจร

แชนแนล 2 แทนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณไซน์ขนาด 1V ความถี่ 1KHz

แชนแนล M แทนสเปกตรัมความถี่ของสัญญาณอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

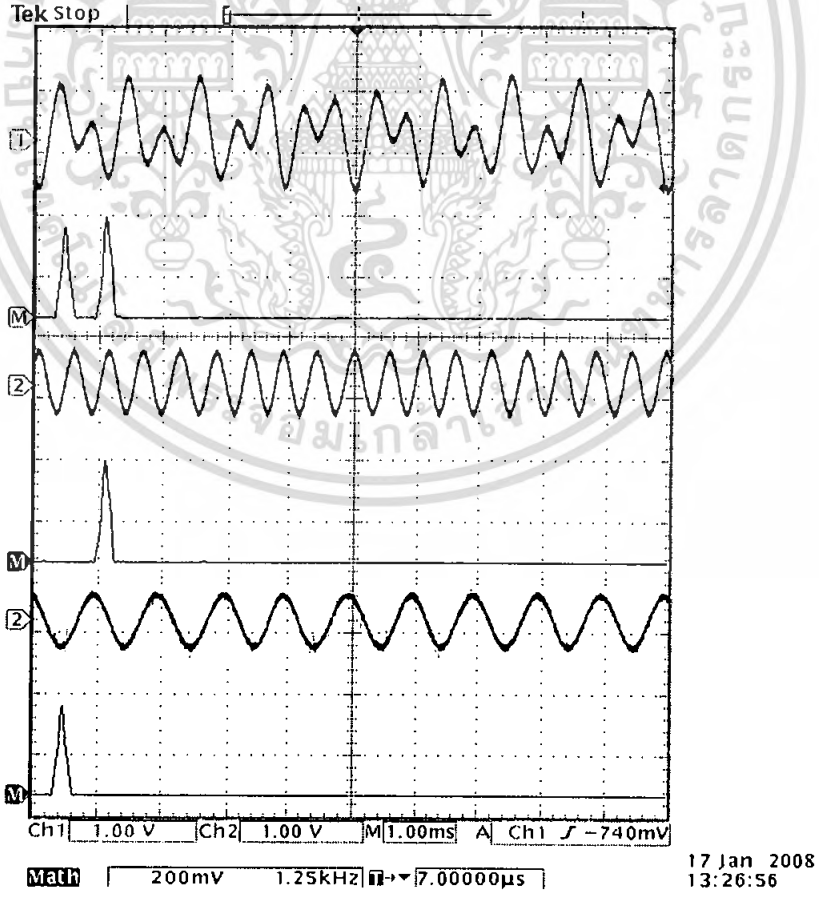


รูปที่ 4.23 แสดงผลจากการรวมสัญญาณไซน์ 2 ความถี่

แชนเนล 1 แทนสัญญาณเอาต์พุตที่ออกจากขา 6 ของวงจร

แชนแนล 2 แทนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณไซน์ขนาด 1V ความถี่ 2 KHz

แชนแนล M แทนสเปกตรัมความถี่ของสัญญาณอินพุต



รูปที่ 4.24 แสดงให้เห็นว่าสัญญาณเอาต์พุตประกอบด้วยสัญญาณ 2 ความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรขยายผลรวมแบบ Inverting นั้นจะประกอบไปสัญญาณ 2 ความถี่ซึ่งสามารถสังเกตได้จาก แชนแนล M ซึ่งแสดงให้เห็นถึง สเปคตรัมความถี่ของแต่ละสัญญาณ และจะสังเกตได้ว่าสัญญาณความถี่สูงจะขี่อยู่บนสัญญาณความถี่ที่ต่ำกว่า

4.4 <u>วงจรรวมในการรับ – ส่งสัญญาณเสียงผ่าน TRW2.4 GHz</u>

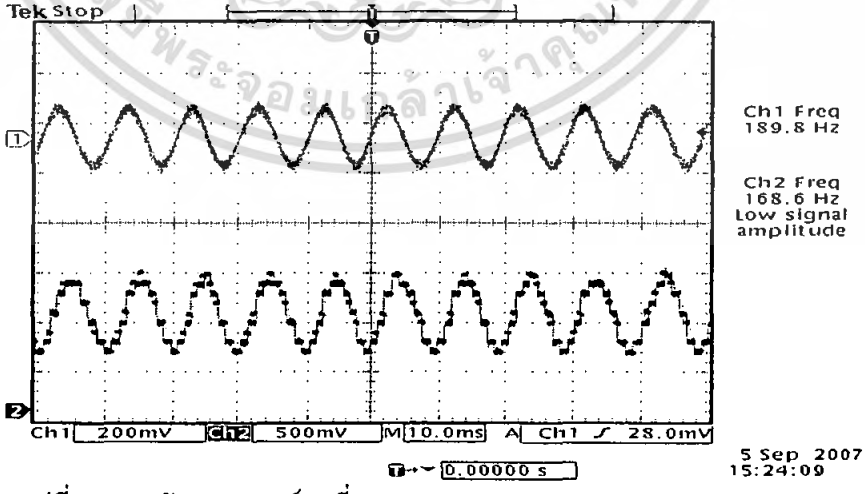
วัตถุประสงค์ : เพื่อทดลองเอาวงจรต่างๆ มาประกอบเข้าด้วยกัน

หลักการ: นำวงจรต่าง ๆมาทดลองประกอบเข้าด้วยกัน ทำการป้อนสัญญาณรูปไซน์ และสัญญาณเสียง เข้าวงจร Instrument Amplifier เนื่องจากสัญญาณที่ออกจากไมโครโฟนนั้นมีแรงดันที่ต่ำมาก เพื่อปรับระดับแรงดันและยกระดับสัญญาณก่อนเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ หลังจากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลเพื่อส่งข้อมูลผ่านโมดูล TRW 2.4GHz ทางภาครับหลังจากรับข้อมูลจากโมดูล TRW 2.4GHz เข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลกลับเป็นอนาล็อก จากนั้น ส่งไปขยายกำลังสัญญาณเสียงโดยวงจรขยายกำลังสัญญาณเสียง (Audio Power Amplifier) เพื่อขับสัญญาณออกลำโพง

ขั้นตอนการทดลอง

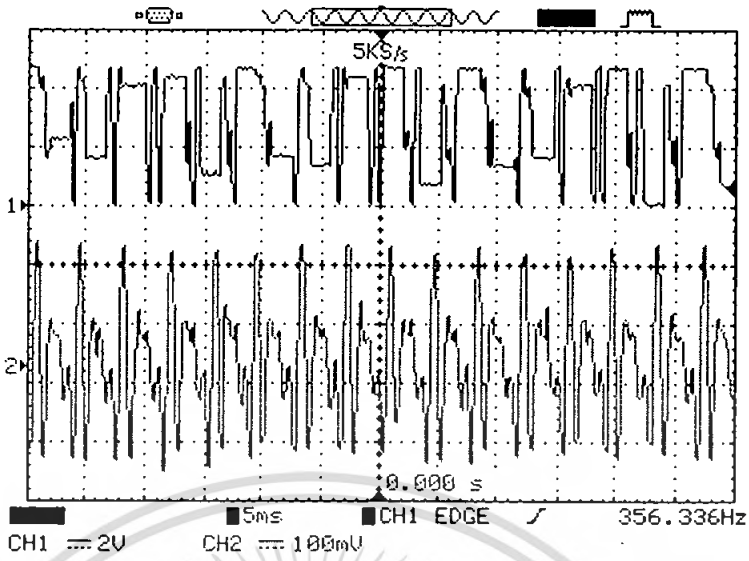
1. ต่อวงจรดังรูปที่ 3.43 และ 3.44
2. ป้อนสัญญาณรูปไซน์ความถี่ 1 kHz ขนาด 200 มิลลิโวลต์ เข้าที่อินพุตของวงจร Instrument Amplifier (ขา 3 ของ LF 351 ตัวที่ 2)
3. ทำการวัดสัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากลำโพง
4. ป้อนสัญญาณเสียงพูดผ่านคอนเดนเซอร์ไมค์
5. ทำการวัดสัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากลำโพง

ผลการทดลอง



รูปที่ 4.25 สัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากวงจร Audio power amplifier
แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุตขา 3 ของ LF 351 ตัวที่ 2 เป็นสัญญาณรูปไซน์ขนาด 200 มิลลิโวลต์
แชนแนล 2 แทนเอาท์พุตที่ออกจากขาของDA0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 สัญญาณเอาท์พุตที่ออกจากขาของลำโพง
แชนแนล 1 แทนสัญญาณเอาท์พุตจากวงจรเพาว์เวอร์แอมปลิไฟเออร์วัดที่ขาของลำโพง
แชนแนล 2 แทนสัญญาณอินพุตจากไมโครโฟน

สรุปผลการทดลอง

จากรูปผลการทดลองจะเห็นว่าเมื่อป้อนสัญญาณไซน์ความถี่ต่ำเข้าที่ภาคส่ง ทางภาครับสามารถกู้สัญญาณกลับมาได้เหมือนเดิม เมื่อป้อนเสียงผ่านวงจรทดลอง ลักษณะของสัญญาณเหมือนถูกตัดและขีดออก ทำให้คุณภาพเสียงที่ออกมานั้นไม่ดีเท่าที่ควร

4.5 การทดลองโหมดการทำงานต่างๆ

4.5.1 <u>การทำงานโหมดBroadcasting</u>

วัตถุประสงค์ : เพื่อทดสอบการทำงานในโหมด Broadcasting

หลักการ : การทำงานในโหมด Broadcasting คือ เมื่ออาจารย์พูดส่งสัญญาณไปนักเรียนทุกคนได้รับสัญญาณนั้น แต่ไม่สามารถพูดตอบโต้ได้

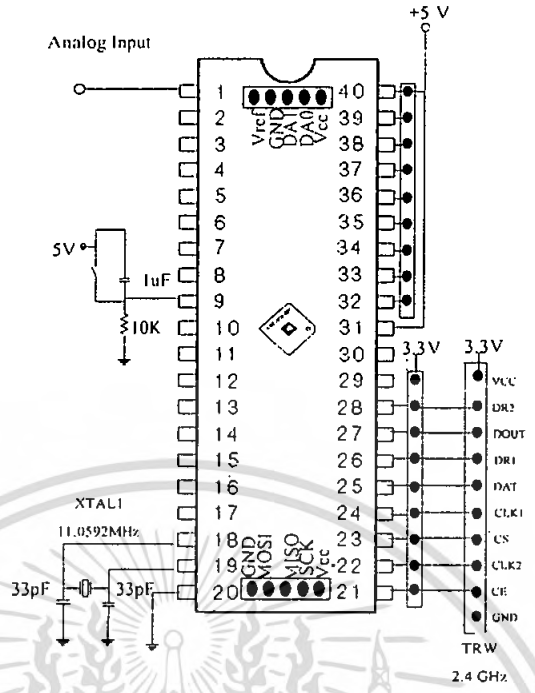
ขั้นตอนการทดลอง

1. เขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทางด้านอาจารย์ควบคุมการแปลงสัญญาณอนาล็อกที่เข้าทางพอร์ท 1.0 เป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วส่งข้อมูลผ่าน TRW 2.4 GHz โดยตั้งความถี่ของช่องสัญญาณ และ แอดเดรสในการส่ง ดังโฟว์ชาร์ต รูปที่ 3.27 และโปรแกรม 7 ในภาคผนวก

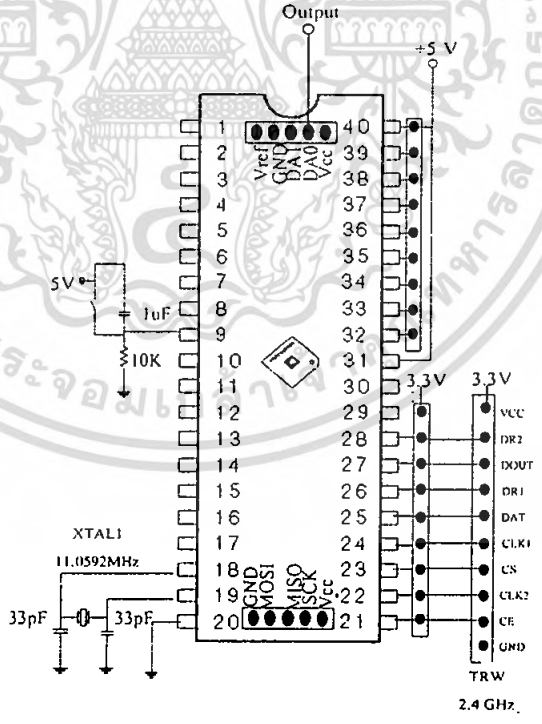
2. เขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทางด้านนักเรียนทุกตัว รับข้อมูลผ่าน TRW 2.4 GHz โดยตั้งให้ความถี่และแอดเดรสในการรับข้อมูลตรงกับที่ทางด้านอาจารย์ตั้งไว้ ดังโฟว์ชาร์ตรูปที่ 3.28 และโปรแกรม 8 ในภาคผนวก

3. ทำการต่อวงจรดังรูปข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 แสดงการต่อวงจรทดลองทางด้านอาจารย์



รูปที่ 4.28 แสดงการต่อวงจรทดลองทางด้านนักเรียน

4. ป้อนสัญญาณไซน์ ที่ P1.0 (ขา 1)

5. ทำการวัดสัญญาณที่ขา DAT1 ทางด้านอาจารย์(ขา 6) เทียบกับขา DAT 1 ทางด้านนักเรียน (ขา 6) ดูที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทำการวัดสัญญาณที่ขา DAT1ทางด้านอาจารย์(ขา 6) เทียบกับขา DAT 1 ทางด้านนักเรียน (ขา 6) คนที่ 2

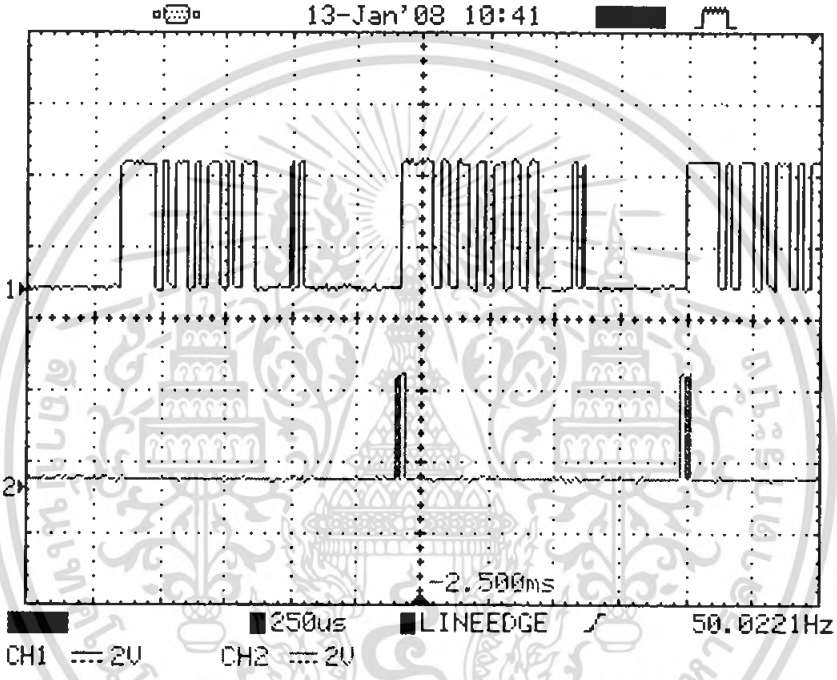
7. วัดสัญญาณอินพุต (ขา 1) เทียบกับสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางด้านนักเรียน ตัวที่ 1

8. วัดสัญญาณอินพุต (ขา 1) เทียบกับสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางด้านนักเรียน ตัวที่ 2

9. วัดสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางด้านนักเรียนตัวที่ 1 และ ทางด้านนักเรียนตัวที่ 2

10. บันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลอง

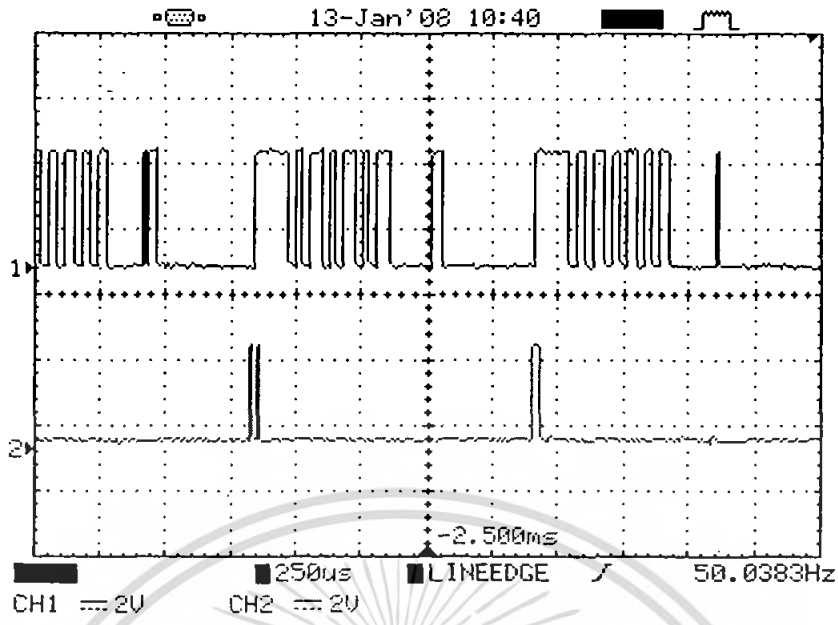


รูปที่ 4.29 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DATAของTRWทั้งทางด้านอาจารย์และทางด้านนักเรียนคนที่ 1

แชนแนล 1 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DAT1 ของ TRWทางด้านอาจารย์ (ขา 6)

แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DAT1 ของ TRWทางด้านนักเรียน (ขา 6)คนที่ 1

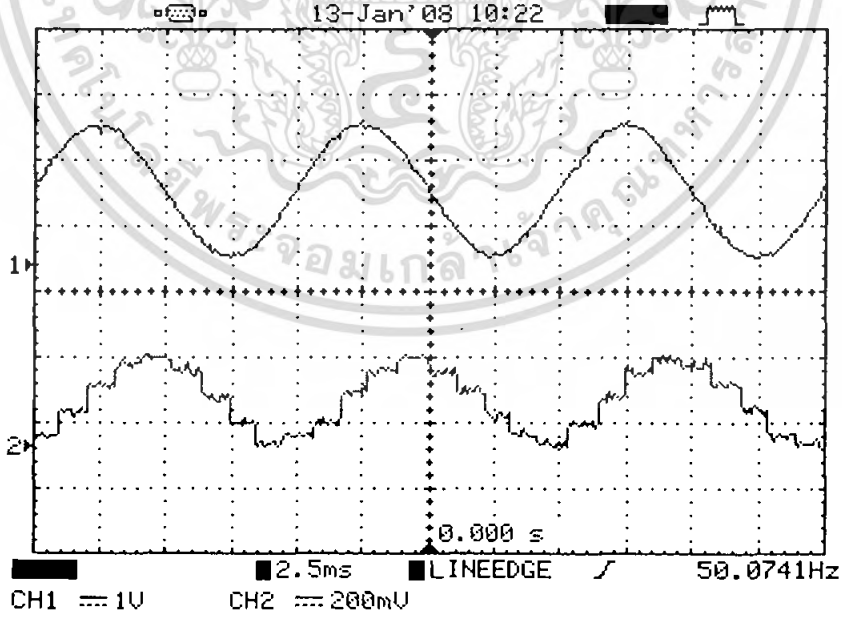
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DATAของTRWทั้งทางด้านอาจารย์และทางด้านนักเรียนคนที่ 1

แชนแนล 1 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DAT1 ของ TRWทางด้านอาจารย์ (ขา 6)

แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DAT1 ของ TRWทางด้านนักเรียน (ขา 6)คนที่ 2

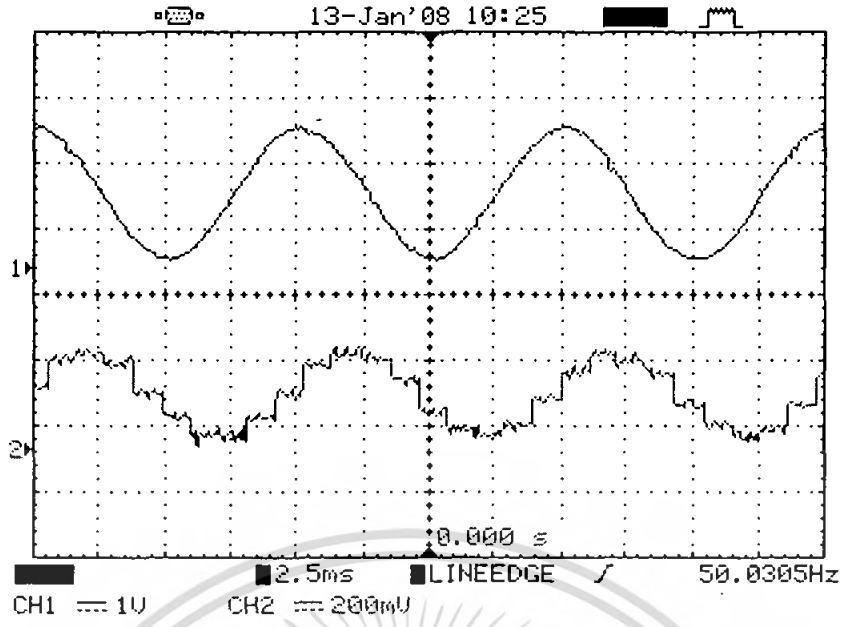


รูปที่ 4.31 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางด้านนักเรียนคนที่ 1

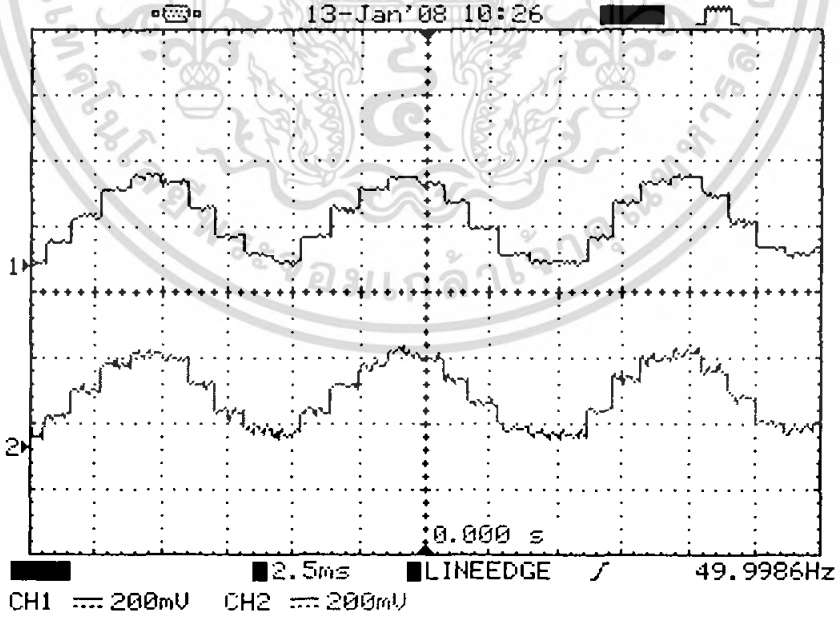
แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุต ที่ P1.0 (ขา 1)

แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ทางด้านนักเรียนคนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.32 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางด้านนักเรียนคนที่ 2
แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุต ที่ P1.0 (ขา 1)
แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ทางด้านนักเรียนคนที่ 2



รูปที่ 4.33 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางด้านนักเรียนคนที่ 1 และคนที่ 2
แชนแนล 1 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ทางด้านนักเรียนคนที่ 1
แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ทางด้านนักเรียนคนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองในรูปที่ 4.29 - 4.32 เมื่อเทียบสัญญาณที่ขา Data ของทางด้านอาจารย์ กับขา Data ของทางด้านนักเรียนทั้งสองคน และสัญญาณอินพุตกับสัญญาณเอาท์พุต จะเห็นว่าทางด้านนักเรียนแต่ละคนสามารถรับสัญญาณที่ส่งไปได้ และในรูปที่ 4.33 เป็นสัญญาณเอาท์พุตของทางด้านนักเรียน แต่ละตัว ทำให้ทราบว่าทางด้านนักเรียนนั้นได้รับสัญญาณเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าการทำงานในโหมด Broadcasting ที่ทางด้านนักเรียนสามารถรับสัญญาณข้อมูลได้ทุกคนนั้นใช้ได้

4.5.2 <u>การทำงานโหมด Individually</u>

วัตถุประสงค์ : เพื่อทดสอบการทำงานในโหมด INDIV: Individually

หลักการ : การทำงานในโหมด INDIV: Individually คือ อาจารย์สามารถพูดส่งสัญญาณตอบโต้กับนักเรียนคนใดคนหนึ่ง โดยนักเรียนคนอื่นๆ ไม่สามารถรับสัญญาณที่อาจารย์และนักเรียนคนนั้นๆตอบโต้กันได้

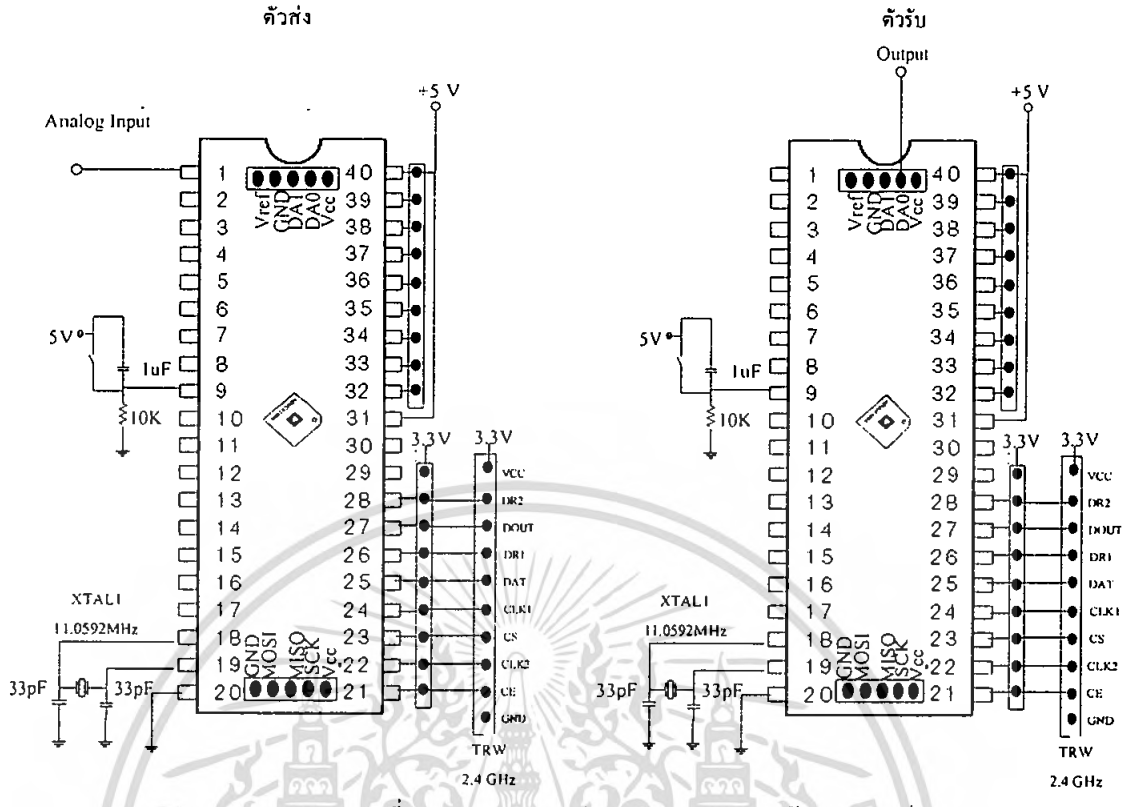
ขั้นตอนการทดลอง

1. เขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1ทางด้านอาจารย์ควบคุมการส่งสัญญาณของอาจารย์ ไปยังนักเรียนคนใดคนหนึ่ง และเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ควบคุมการรับสัญญาณจากของนักเรียนคนนั้นๆ โดยรับส่งผ่าน TRW 2.4 GHz ดังโฟว์ชาร์ตที่ 3.29 และ3.30 โปรแกรมที่ 9และ 10 ใน ภาคผนวก

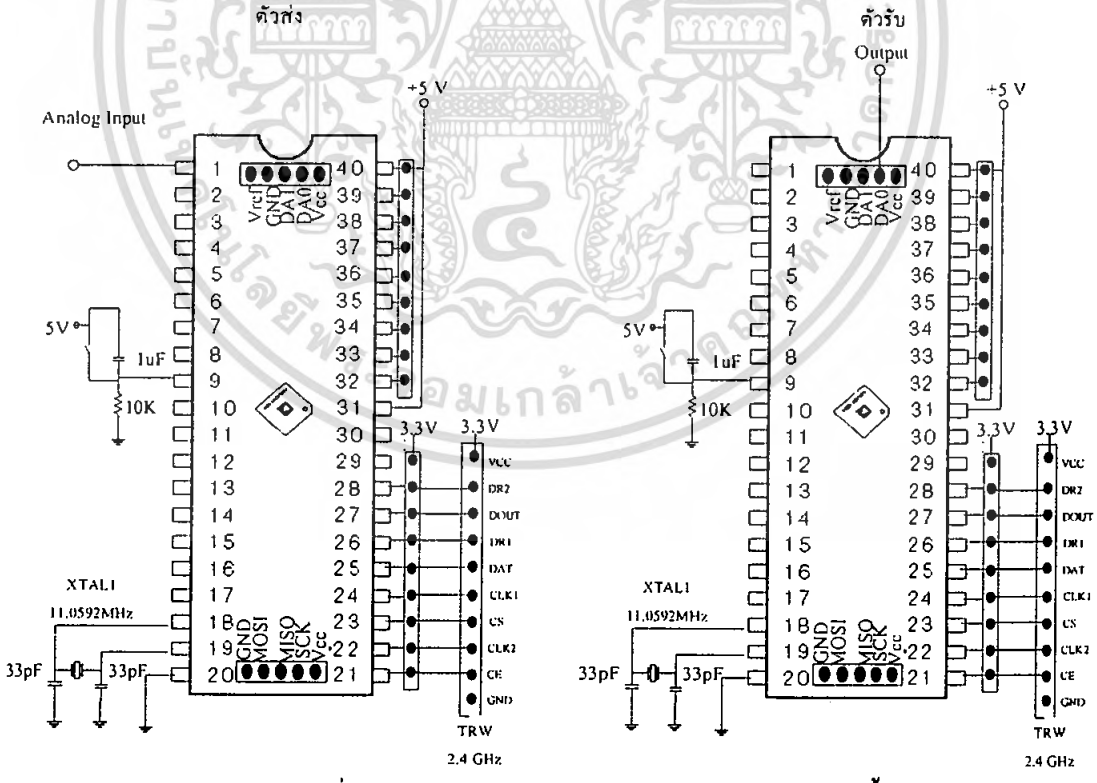
2. เขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านนักเรียนควบคุมการรับสัญญาณจากอาจารย์ และเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ควบคุมการส่งสัญญาณไปยังอาจารย์ โดยจะตั้งค่า TRW 2.4 GHz ที่ใช้รับส่งสัญญาณของนักเรียนแต่ละคนให้มีความถี่ที่ตรงกันกับความถี่ที่อาจารย์จะส่งมา แต่ให้มีแอดเดรส ที่ต่างกัน ดังโฟว์ชาร์ตที่ 3.31 และ 3.32 และโปรแกรมที่ 11 และ 12 ในภาคผนวก

3. ทำการต่อวงจรดังรูปข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.34 แสดงการต่อวงจรทดลองทางด้านอาจารย์



รูปที่ 4.35 แสดงการต่อวงจรทดลองทางด้านนักเรียนทั้งสองคน

4. ป้อนสัญญาณไซน์ ที่ P1.0 (ขา 1) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1ทางด้านอาจารย์

5. วัดสัญญาณอินพุต (ขา 1)ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ทางด้านอาจารย์ เทียบกับสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านนักเรียน คนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. วัดสัญญาณอินพุต (ขา 1) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1ทางด้านอาจารย์เทียบกับสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ทางด้านนักเรียน คนที่ 2

7. วัดสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านนักเรียน คนที่ 1 และ ขา DA0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ทางด้านนักเรียน คนที่ 2

8. ป้อนสัญญาณไซน์ ที่ P1.0 (ขา 1)ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ทางด้านนักเรียน คนที่1

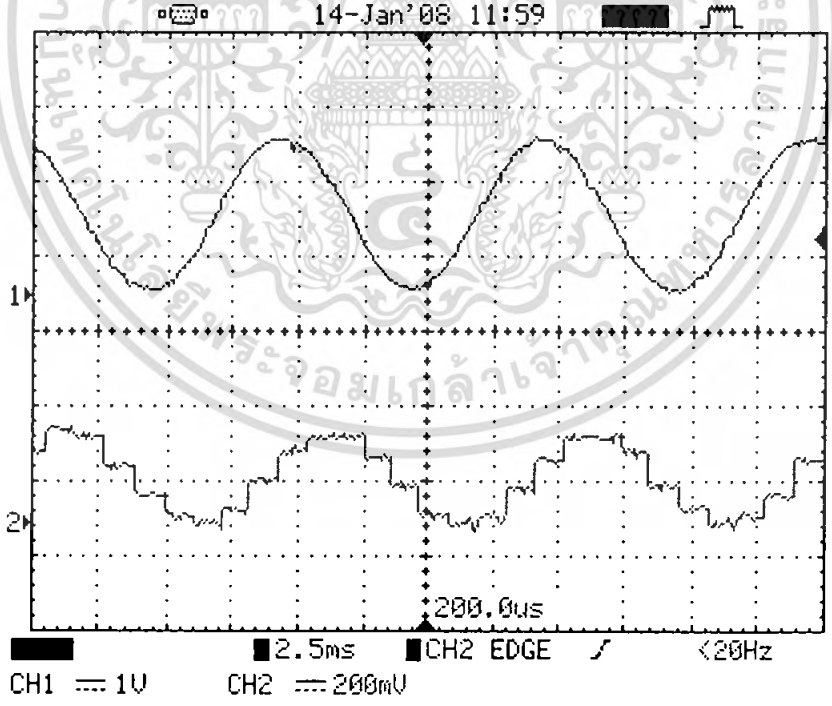
9. วัดสัญญาณอินพุต (ขา 1)ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1ทางด้านนักเรียน คนที่1 เทียบกับสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านอาจารย์

10. วัดสัญญาณอินพุต (ขา 1)ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ทางด้านนักเรียน คนที่1 เทียบกับสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านนักเรียน คนที่ 2

11. วัดสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านอาจารย์ และขา DA0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านนักเรียน คนที่ 2

12. บันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลอง

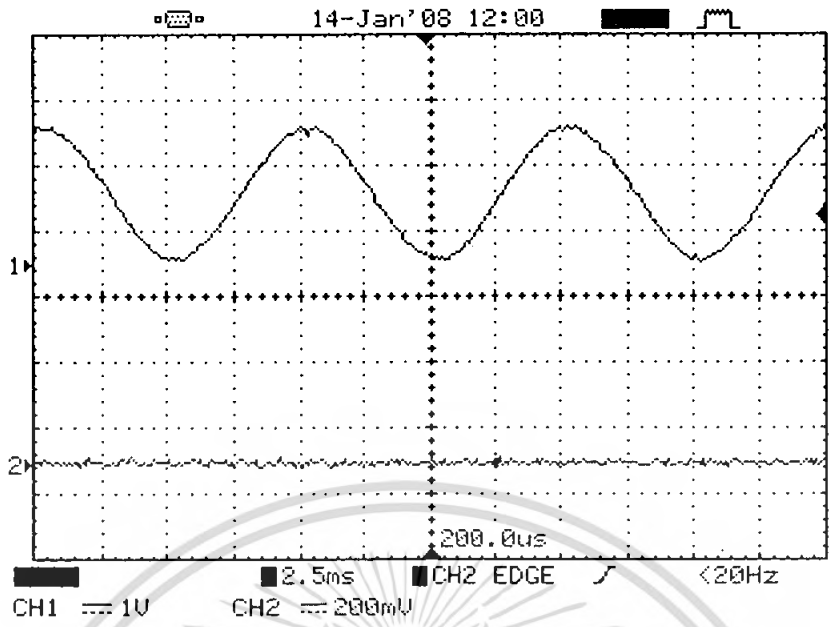


รูปที่ 4.36 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอน โทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านนักเรียน คนที่ 1

แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุตขา 1 ทางด้านอาจารย์

แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางด้านนักเรียน คนที่ 1

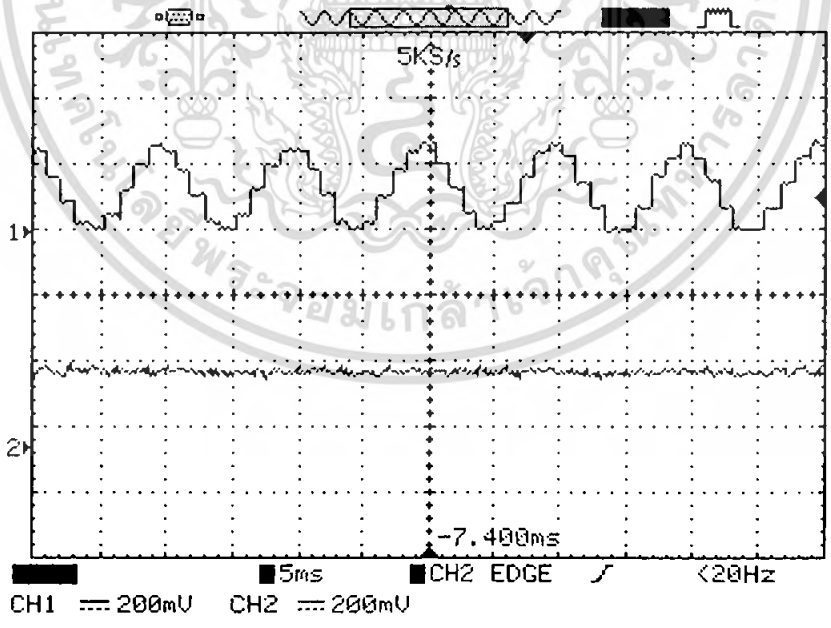
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.37 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านนักเรียน คนที่2

แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุตขา1 ทางด้านอาจารย์

แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ทางด้านนักเรียน คนที่ 2

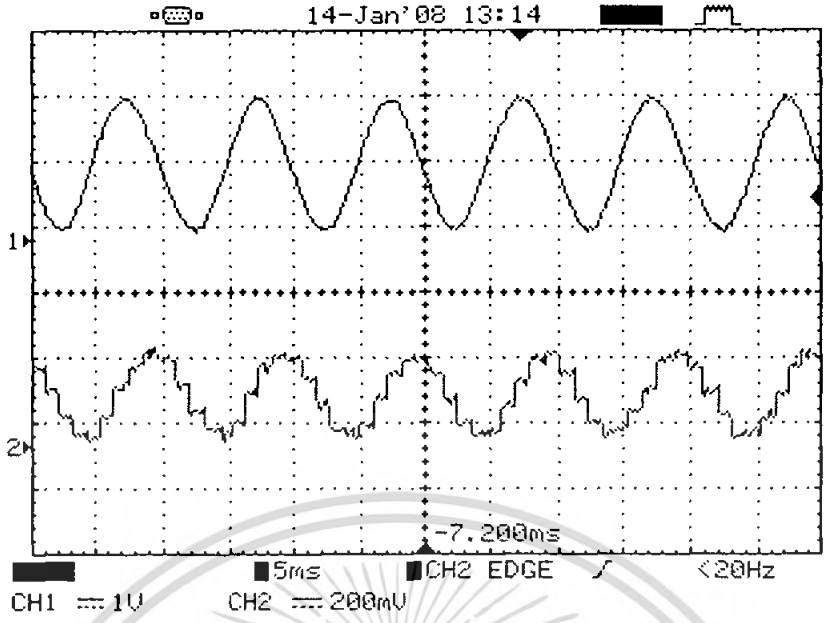


รูปที่ 4.38 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านนักเรียน คนที่ 1 และ ทางด้านนักเรียน คนที่ 2

แชนแนล 1 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางด้านนักเรียน คนที่ 1

แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางด้านนักเรียน คนที่ 2

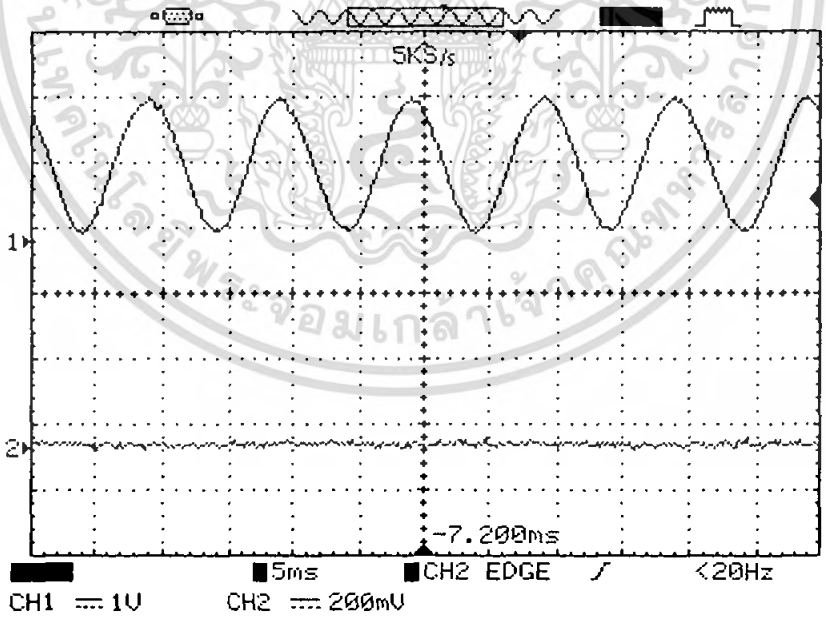
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.39 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านอาจารย์

แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุตขา 1 ทางด้านนักเรียน คนที่ 1

แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางด้านอาจารย์

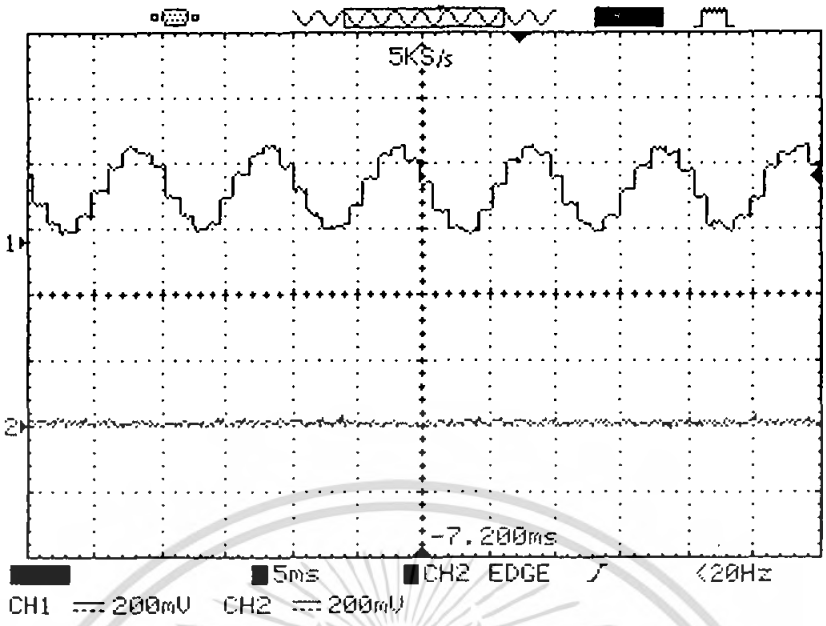


รูปที่ 4.40 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านนักเรียนคนที่ 2

แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุตขา1 ทางด้านนักเรียน คนที่1

แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางด้านนักเรียน คนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.41 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านอาจารย์ และทางด้านนักเรียน คนที่ 2

แชนแนล 1 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางด้านอาจารย์

แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางด้านนักเรียน คนที่ 2

สรุปผลการทดลอง

จากรูปผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ทางด้านที่มีการตั้งความถี่และแอดเดสตรงกันในการรับส่งสัญญาณจะสามารถรับส่งสัญญาณกันได้ โดยที่ด้านที่ตั้งค่าที่ไม่ตรงกันนั้นจะไม่สามารถรับส่งสัญญาณได้ ทำให้เกิดการทำงานในโหมด INDIV: Individually คือติดต่อกันได้เฉพาะบุคคล

4.5.3 <u>การทำงานโหมด INDIV-BROAD: Individually and Broadcasting</u>

วัตถุประสงค์ : เพื่อทดสอบการทำงานในโหมด INDIV-BROAD: Individually and Broadcasting

หลักการ : การทำงานในโหมด INDIV-BROAD: Individually and Broadcasting คือ อาจารย์สามารถพูดส่งสัญญาณตอบโต้กับนักเรียนคนใดคนหนึ่ง โดยนักเรียนคนอื่นๆ สามารถรับสัญญาณที่อาจารย์และนักเรียนคนนั้นๆตอบโต้กันได้

ขั้นตอนการทดลอง

1. เขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1ทางด้านอาจารย์ควบคุมการส่งสัญญาณของอาจารย์ ไปยังนักเรียนทุกคน และเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่2 ควบคุมการรับสัญญาณจากของนักเรียนคนใดคนหนึ่ง โดยรับส่งผ่าน TRW 2.4 GHz ดังโฟว์ชาร์ตที่ 3.34 และ 3.35 โปรแกรมที่ 14 และ 15 ในภาคผนวก

2. เขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านนักเรียนควบคุมการรับสัญญาณจากอาจารย์ และเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1ควบคุมการส่งสัญญาณไปยังอาจารย์และนักเรียนคนอื่นๆ ดังโฟว์ชาร์ตที่ 3.36 และ 3.37โปรแกรมที่ 16 และ 17 ในภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1ทางด้านนักเรียนคนที่ 2 ควบคุมการรับสัญญาณจากอาจารย์ และเขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ควบคุมการรับสัญญาณจากนักเรียนคนที่ได้ติดต่อกับอาจารย์ ดังโฟว์ชาร์ตที่ 3.36 และโปรแกรมที่ 18 และ 19 ในภาคผนวก

4. ทำการต่อวงจรดังรูปที่ 4.34 และ 4.35

5. ป้อนสัญญาณไซน์ ที่ P1.0 (ขา 1) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ทางด้านอาจารย์

6. วัดสัญญาณอินพุต (ขา 1)ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ทางด้านอาจารย์ เทียบกับสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านนักเรียน คนที่ 1

7. วัดสัญญาณอินพุต (ขา 1) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1ทางด้านอาจารย์เทียบกับสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ทางด้านนักเรียน คนที่ 2

8. วัดสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านนักเรียน คนที่ 1 และ ขา DA0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ทางด้านนักเรียน คนที่ 2

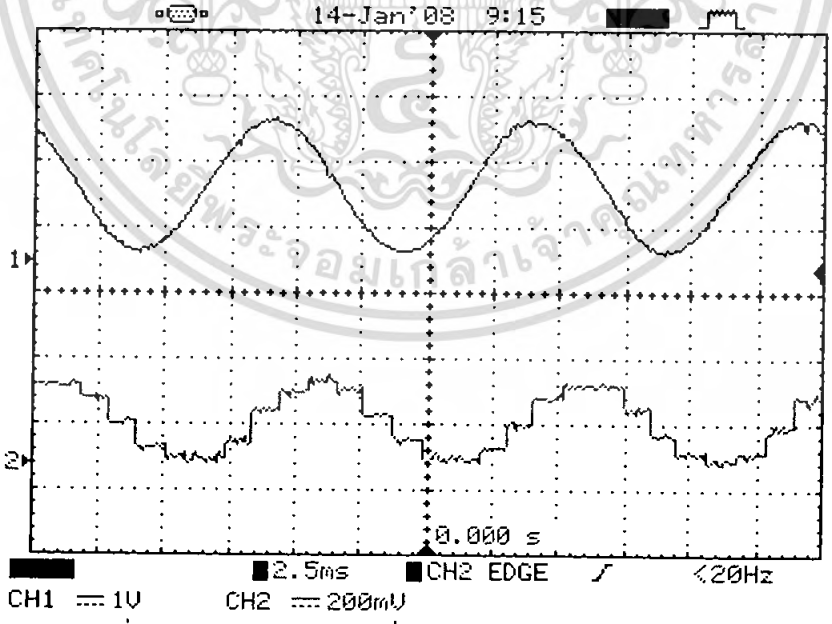
9. ป้อนสัญญาณไซน์ ที่ P1.0 (ขา 1)ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ทางด้านนักเรียน คนที่1

10. วัดสัญญาณอินพุต (ขา 1)ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1ทางด้านนักเรียน คนที่1 เทียบกับสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านอาจารย์

11. วัดสัญญาณอินพุต (ขา 1)ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ทางด้านนักเรียน คนที่1 เทียบกับสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านนักเรียน คนที่ 2

12. วัดสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านอาจารย์ และขา DA0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านนักเรียน คนที่ 2

13. บันทึกผลการทดลอง

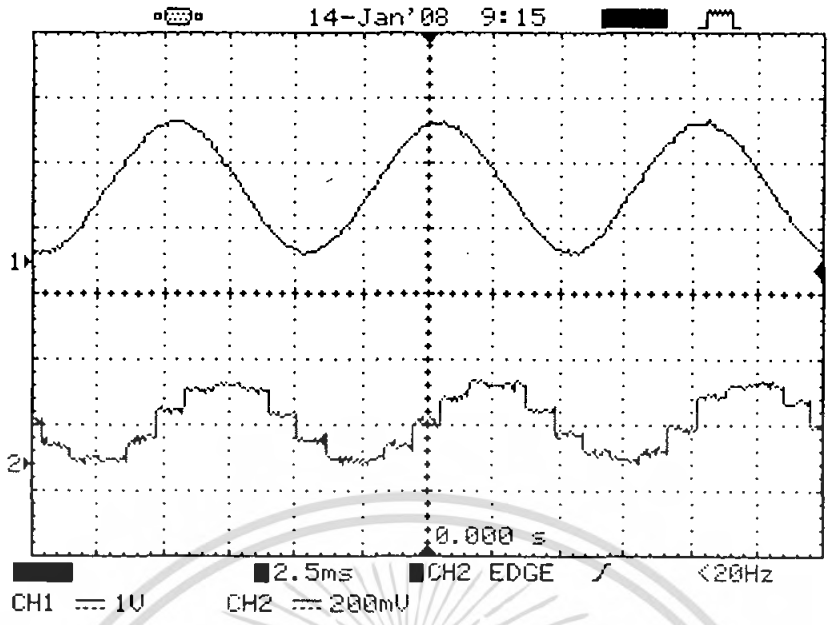


รูปที่ 4.42 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2ทางด้านนักเรียน คนที่ 1

แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุตขา 1 ทางด้านอาจารย์

แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ทางด้านนักเรียน คนที่ 1

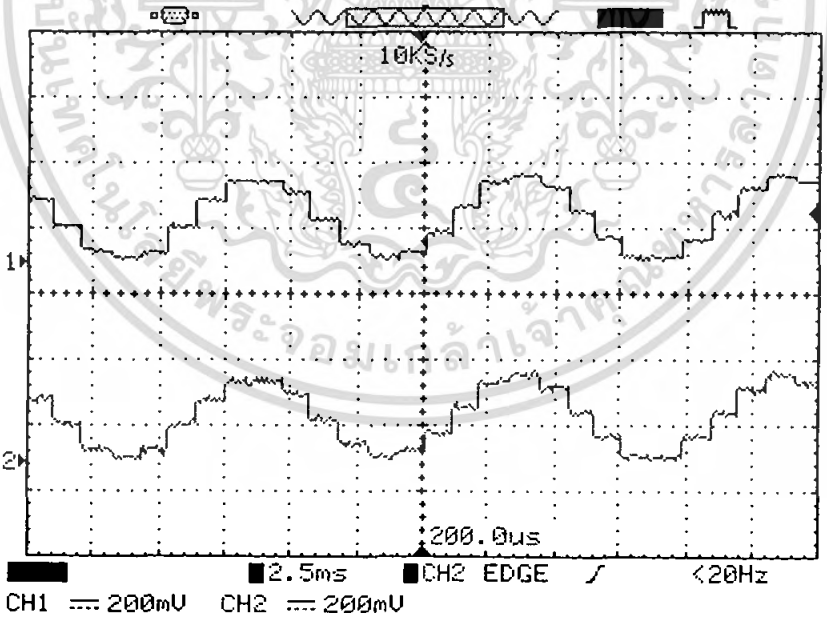
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.43 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ทางด้านนักเรียน คนที่ 2

แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุตขา1 ทางด้านอาจารย์

แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ทางด้านนักเรียน คนที่ 2

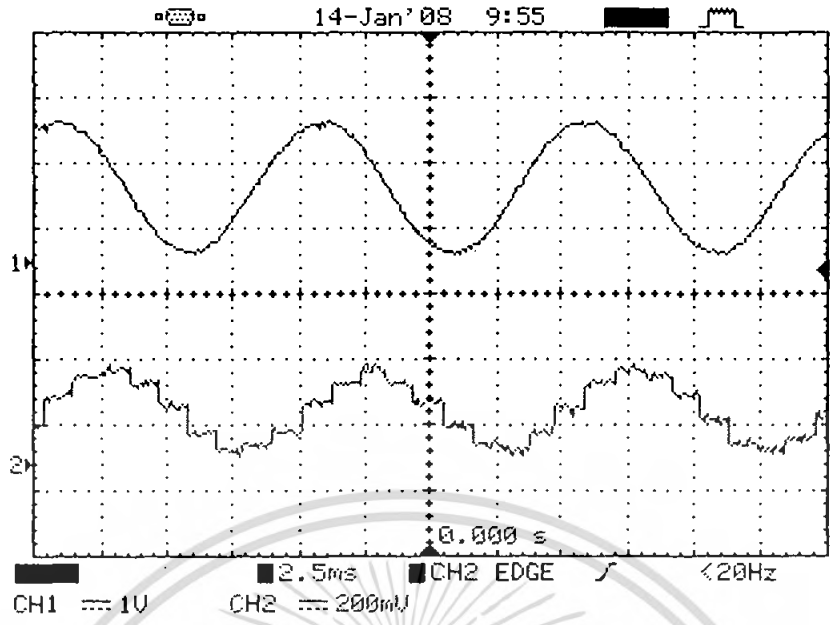


รูปที่ 4.44 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านนักเรียน คนที่ 1 และขา DA0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 1 ทางด้านนักเรียน คนที่ 2

แชนแนล 1 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางด้านนักเรียน คนที่ 1

แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางด้านนักเรียน คนที่ 2

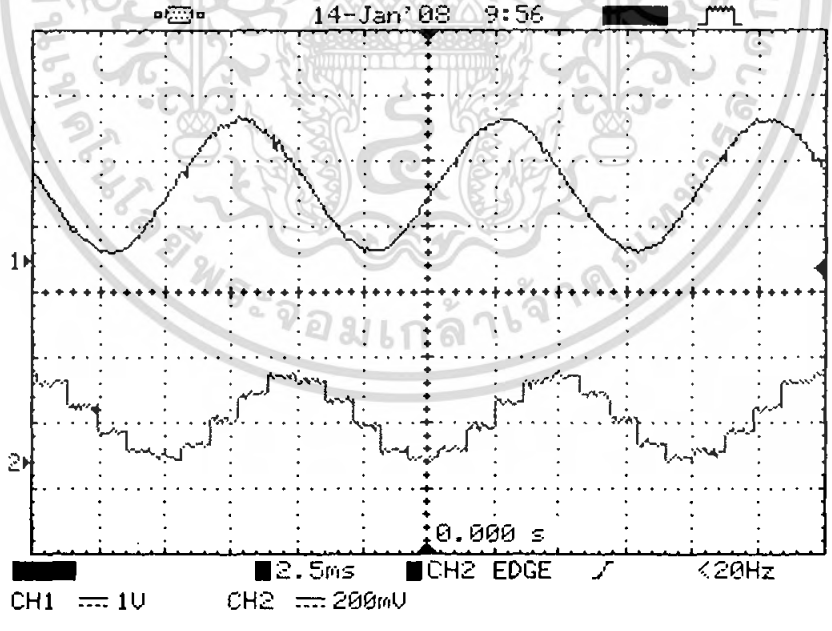
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.45 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านอาจารย์

แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุตขา 1ทางด้านนักเรียน คนที่ 1

แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางด้านอาจารย์

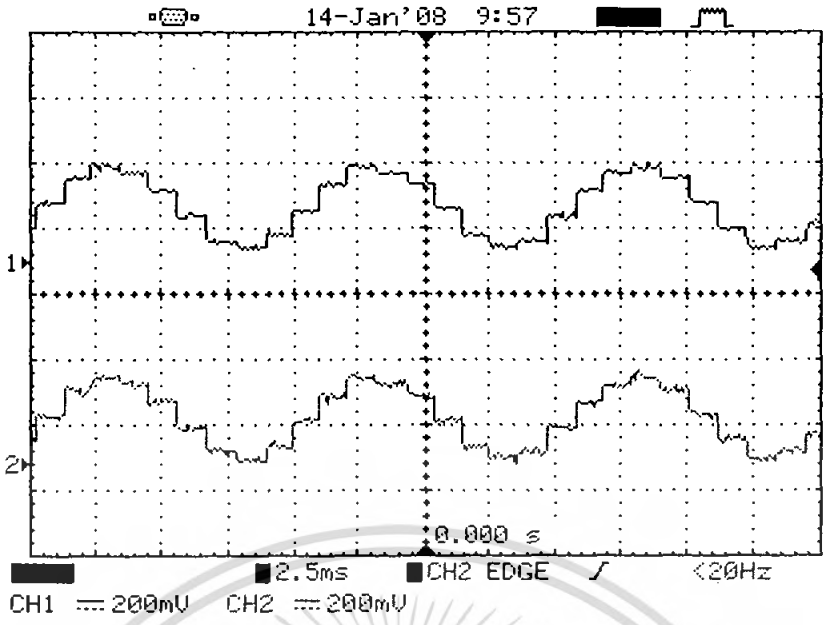


รูปที่ 4.46 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านนักเรียน คนที่ 2

แชนแนล 1 แทนสัญญาณอินพุตขา1 ทางด้านนักเรียน คนที่1

แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0ทางด้านนักเรียน คนที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4. 47 สัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวที่ 2 ทางด้านอาจารย์ และทางด้านนักเรียน คนที่ 2

แชนแนล 1 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางด้านอาจารย์

แชนแนล 2 แทนสัญญาณเอาท์พุตที่ขา DA0 ทางด้านนักเรียน คนที่ 2

สรุปผลการทดลอง

จากรูปผลการทดลองจะเห็นได้ว่า ไม่ว่าทางด้านใดจะส่งสัญญาณ คนอื่นๆก็สามารถรับสัญญาณนั้นได้ทำให้เกิดการทำงานในโหมด Individually and Broadcasting คือ ทุกคนสามารถรับสัญญาณที่มีการติดต่อภายในระบบได้ ซึ่งจะมีเพียงสองคนเท่านั้นที่มีการส่งสัญญาณ

4.6 <u>การทดลองวงจรรับค่าจากสวิตช์เมตริกซ์แล้วแสดงผลบน LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลัก และส่งค่าออกทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม</u>

4.6.1 <u>การทดลองวงจรรับค่าจากสวิตช์เมตริกซ์แสดงผลบน LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลัก</u>

วัตถุประสงค์: เพื่อแสดงการกดตัวเลขบนสวิตช์เมตริกซ์ขนาด 4*3 แล้วให้ผลแสดงบน LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลัก ซึ่งเป็นส่วนประกอบหนึ่งของแผงควบคุมทางฝั่งอาจารย์ผู้สอน

หลักการ: นำไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาควบคุมการรับค่าจากสวิตช์เมตริกซ์ขนาด 4*3 แล้วแสดงผลบน LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลัก

ขั้นตอนการทดลอง

1. เขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทำการอ่านค่าจากสวิตช์เมตริกซ์ 4*3แล้วแสดงที่ LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลัก ดังโฟว์ชาร์ต รูปที่3.40 และ 3.41 โปรแกรม 20 ในภาคผนวก

2. ทำการต่อวงจรดังรูปที่ 3.19

3. ทำการกดค่าต่างๆบนสวิตช์เมตริก พร้อมบันทึกค่าที่ออกจากขา a, b, c, d, e ,f , g, dp ในการกดหมายเลขต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

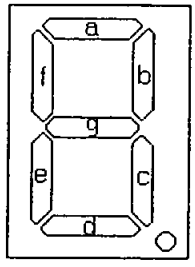
ผลการทดลอง

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองการกดค่าหมายเลขต่างๆบนสวิตซ์เมตริกขนาด 4*3

กด	a	b	c	d	e	f	g	dp	แสดง
1	0	1	1	0	0	0	0	0	1
2	1	1	0	1	1	0	1	0	2
3	1	1	1	1	0	0	1	0	3
4	0	1	1	0	0	1	1	0	4
5	1	0	1	1	0	1	1	0	5
6	1	0	1	1	1	1	1	0	6
7	1	1	1	0	0	0	0	0	7
8	1	1	1	1	1	1	1	0	8
9	1	1	1	1	0	1	1	0	9
*	0	1	1	0	1	1	1	0	H
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
#	1	1	0	0	0	1	1	0	n

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองดังกล่าวเป็นการกดตัวเลขบนสวิตซ์เมตริกซ์ขนาด 4*3 แล้วแสดงบน LED ตัวเลข 7 ส่วน 2หลัก โดยที่ค่าเริ่มต้นก่อนการกดจะเป็น 8.8. คือมีจุดทั้งสองหลัก เมื่อกดตัวเลขครั้งที่ 1 ตัวเลขจะแสดงที่ DSP1เมื่อกดตัวเลขตัวที่ 2 ตัวเลขตัวแรกจะเลื่อนไปแสดงที่ DSP2 ส่วนในDSP 1 ก็จะแสดงหมายเลขตัวที่ 2 แทน ถ้ากดสวิตซ์ รีเซ็ตของคอนโทรลเลอร์ที่ขา 9 DSP1 และ DSP2 จะแสดง 8.8. ขึ้นมาอีกครั้ง ส่วนต่างๆ ของ LED ตัวเลข 7 ส่วนแสดงได้ดังรูปที่ 4.48



รูปที่ 4.48 แสดงชื่อของส่วนต่างๆ ของ LED ตัวเลข 7 ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 <u>การทดลองวงจรรับค่าจากสวิตช์เมตริกซ์แสดงผลบน LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลักพร้อมทั้งส่งค่าออกทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม</u>

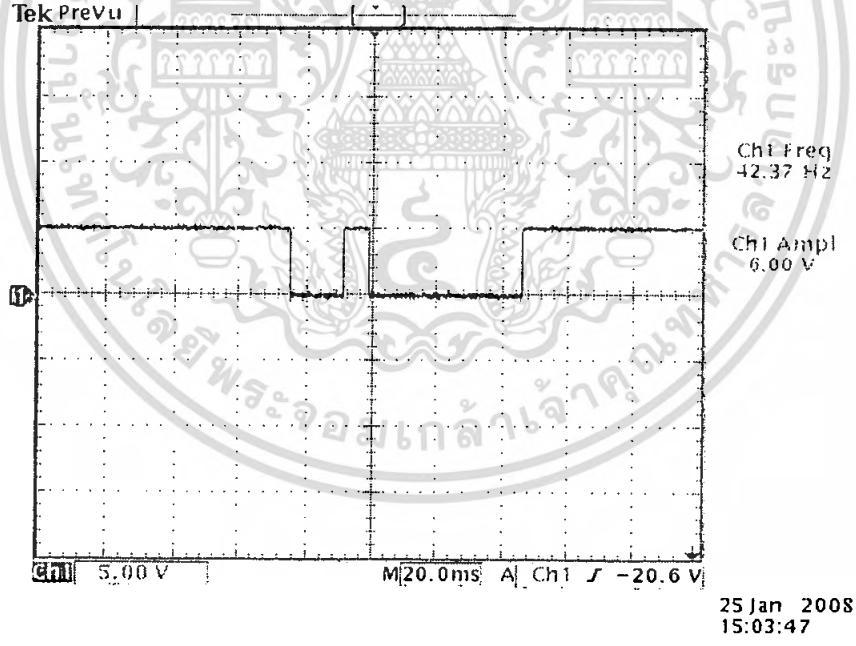
วัตถุประสงค์: เพื่อแสดงการกดตัวเลขบนสวิตช์เมตริกซ์ขนาด 4*3 แล้วแสดงผลบน LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลัก ซึ่งเป็นส่วนประกอบหนึ่งของแผงควบคุมทางฝั่งอาจารย์ผู้สอน และส่งค่าออกทางพอร์ตสื่อสารอนุกรมซึ่งนำไปใช้ในการเรียกแอดเดรสของทางฝั่งนักเรียน

หลักการ: นำไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาควบคุมการรับค่าจากสวิตช์เมตริกซ์ขนาด 4*3 แล้วแสดงผลบน LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลัก พร้อมทั้งส่งค่าออกทางพอร์ตอนุกรมที่ขา TxD (ขา 11)

ขั้นตอนการทดลอง

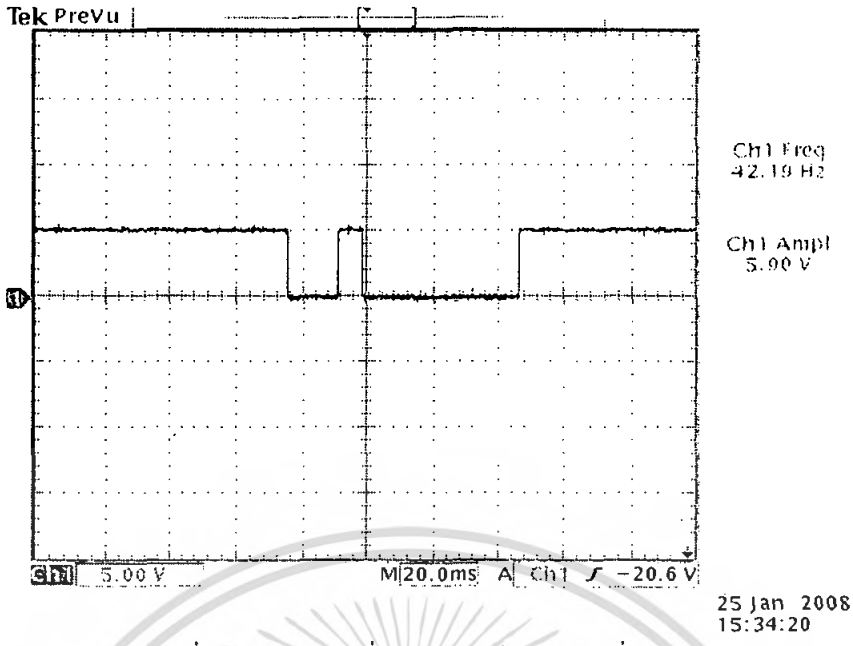
1. เขียนโปรแกรมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทำการอ่านค่าจากสวิตช์เมตริกซ์ 4*3 แล้วให้แสดงผลที่ LED ตัวเลข 7 ส่วน 2 หลัก พร้อมทั้งส่งค่าออกทางพอร์ตสื่อสารอนุกรม ดังโฟว์ชาร์ต รูปที่ 3.40 ,3.41 และ 3.42 โปรแกรมที่ 21 ในภาคผนวก
2. ทำการต่อวงจรดังรูปที่ 3.19
3. ทำการวัดสัญญาณที่ออกจาพอร์ตสื่อสารอนุกรมที่ขา TxD (ขาที่ 11) ในการกดค่าต่างๆ

ผลการทดลอง

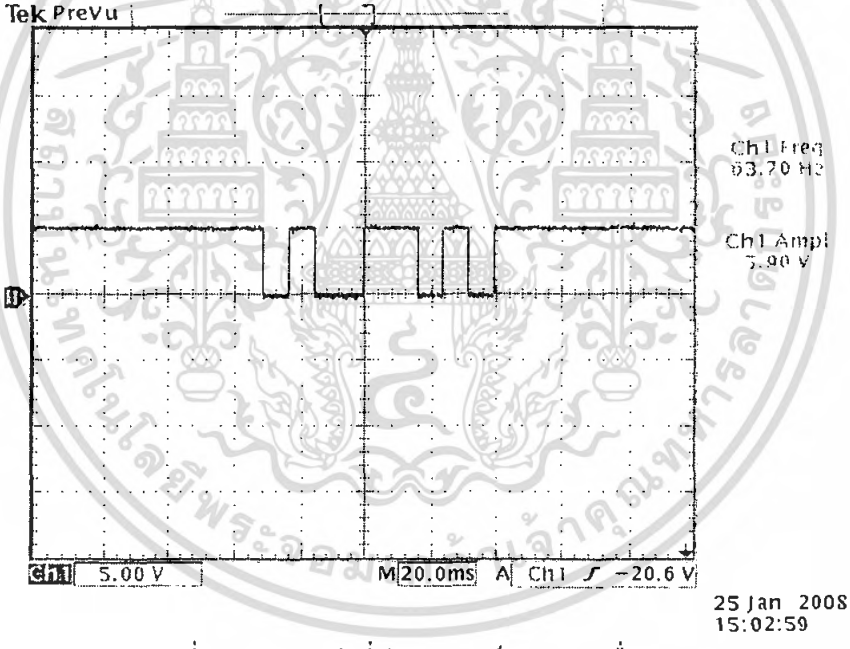


รูปที่ 4.49 แสดงค่าที่ส่งออกพอร์ตอนุกรมเมื่อกด 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.50 แสดงค่าที่ส่งออกพอร์ตอนุกรมเมื่อกด 02



รูปที่ 4.51 แสดงค่าที่ส่งออกพอร์ตอนุกรมเมื่อกด 59

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองวัดค่าของสัญญาณที่ออกจากพอร์ตสื่อสารอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51(ขา11) นั้นแสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้ออกมา 1 เฟรมนั้นจะมีทั้งหมด 10 บิตคือเป็น start bit 1 บิต data 8 bit และ stop bit 1 บิต ซึ่ง start bit นั้นจะเป็นลอจิก 0 และ stop bit จะเป็นลอจิก 1 ส่วน data ที่ได้จากพอร์ตสื่อสารอนุกรมนั้น เมื่อกดเลข 59 แล้วกด # (ซึ่งในโปรแกรมการกด # จะเป็นการกดเพื่อส่งออก การกด * จะเป็นการกดเพื่อเคลียค่า) นั้น ใน 1 เฟรมที่ได้จะเป็น 0 10011010 1 ซึ่ง 0 ตัวแรกจะเป็น start bit และ 1 ตัวสุดท้ายจะเป็น stop bit สำหรับการกด 2 และ 02 จะให้ค่าเหมือนกันและจะเห็นได้ว่าโปรแกรมจะส่งบิต LSB ก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และสรุป

โครงงานระบบปฏิบัติการทางภาษาแบบไร้สายนี้เป็นการศึกษาการทำงานของระบบการสื่อสารแบบไร้สายโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ADuC812 ในการควบคุมการทำงานของโมดูลไร้สาย TRW 2.4 GHz ให้มีการรับส่งสัญญาณและควบคุมวงจรต่างๆ ซึ่งมีการใช้งานวงจร Instrument Amplifier, วงจรยกระดับสัญญาณ, วงจรกลับระดับสัญญาณ, วงจรรวมสัญญาณ, วงจรPower Amplifier และวงจรรับค่าจากสวิตซ์เมตริกซ์แล้วแสดงผลบน LED 7 ส่วน 2 หลัก พร้อมทั้งส่งค่าผ่านทางพอร์ตอนุกรม

ซึ่งระบบปฏิบัติการทางภาษาแบบไร้สายนี้ มีการทำงานทั้งหมด 3 ฟังก์ชันด้วยกัน คือ Broadcasting, นักเรียนสามารถร้องขอการติดต่อกับอาจารย์ได้ และอาจารย์สามารถเลือกติดต่อกับนักเรียนได้ และโหมดการทำงานของระบบสามารถแบ่งได้ดังนี้ 1. Broadcasting 2.INDIV: Individually และ 3.INDIV-BROAD: Individually and Broadcasting

สำหรับระบบปฏิบัติการทางภาษาแบบไร้สายนั้นสามารถเลือกโหมดการทำงานได้ตามต้องการ ส่วนเสียงที่ผ่านกระบวนการไร้สายนั้นยังมีคุณภาพไม่ค่อยดีนัก อันเนื่องมาจากข้อจำกัดของตัวอุปกรณ์บางอย่างเช่น ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์และโมดูลไร้สาย TRW2.4GHz ซึ่งทางกลุ่มหวังว่าโครงงานนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ต้องการศึกษาและพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. รศ. ธีรวัฒน์ ประกอบผล, "การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์", สำนักพิมพ์ ส.ส.ท สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, 2539.
2. รศ. ธีรวัฒน์ ประกอบผล, "ภาษาแอสเซมบลี สำหรับ MCS- 51", สำนักพิมพ์ ส.ส.ท สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย- ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, 2539.
3. รศ.สมยศ จุณปียะ, "การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2543.
4. William Stallings, "wireless communication system" , NJ : Pearson/Prentice Hall, 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้