สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ฟังก์ชันเจเนอเรเตอร์ชนิดโปรแกรมได้
PROGRAMMABLE FUNCTION GENERATOR

โดย
นายชัยธวัช ธีรานุสนธิ์
นางสาวณัฐชตา สุวรรณมณี

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....42496
วัน, เดือน, ปี.....24 พ.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องกำเนิดสัญญาณชนิดโปรแกรมได้

PROGRAMMABLE FUNCTION GENERATOR

ผู้จัดทำ

1. นายชัยธวัช ธีรานุสนธิ์ 40010174
2. นางสาวณัฐชตา สุวรรณมณี 40010220

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ คมวัชระ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องกำเนิดสัญญาณชนิดโปรแกรมได้

นายชัยธวัช ธีรานุสนธิ์ 40010174
นางสาวณัฐชตา สุวรรณมณี 40010220
ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ คมวัชระ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

เครื่องกำเนิดสัญญาณมีความสำคัญมากในงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ในการทดสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และเครื่องมือวัดต่าง ๆ โครงงานนี้ได้นำเสนอการสร้างและการออกแบบ " เครื่องกำเนิดสัญญาณชนิดโปรแกรมได้ " ซึ่งสามารถโปรแกรมเก็บและเลือกสัญญาณรูปแบบต่าง ๆ ได้ อีกทั้งสามารถกำหนดความถี่ได้ตั้งแต่ 10 kHz ถึง 100 kHz โดยอาศัย ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นตัวควบคุม ทั้งหมดนี้ผู้ใช้สามารถใช้งานผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์

Abstract

Function Generator is significant to the electrical instruments including the test of measurement tools. This project presents the procedure to design and develop " Programmable Function Generator " that record and program various functions with the frequency from 10 kHz to 100 kHz, controlled by Microcontroller. User can interact with this device via computer system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
สารบัญ	II
สารบัญรูป	III
สารบัญตาราง	IV
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	2
2.1 การกำเนิดสัญญาณ	2
2.1.1 หลักการสร้างสัญญาณ	2
2.12 หลักการเก็บค่าของสัญญาณ	4
2.2 มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232-C	9
2.3 พอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม UART	11
2.3.1 พอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม UART ภายในชิพ MCS-51	11
2.3.2 ไทม์เมอร์ในการกำหนดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล	15
2.4 การสื่อสารผ่านทาง Serial Port ด้วย Visual Basic	20
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	25
3.1 การออกแบบ	25
3.2 การประยุกต์ใช้งาน ANT-32 กับโครงงาน	26
3.2.1 คุณสมบัติของบอร์ด ANT-32	26
3.2.2 การประยุกต์ใช้งาน ANT-32 กับโครงงาน	27
3.3 การทำงานของวงจร	29
3.4 การเก็บค่าของสัญญาณ	30
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	33
4.1 การทดลอง	33
4.2 ผลการทดลอง	35
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์	45
5.1 สรุปผล	45
5.2 วิจารณ์	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
ภาคผนวก ข.
กิตติกรรมประกาศ
หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 สัญญาณที่มีความต่อเนื่อง 2

รูปที่ 2.2 การแซมปลิ้งตามแนวนอน 3

รูปที่ 2.3 สัญญาณไม่ต่อเนื่องที่ได้ 3

รูปที่ 2.4 การแซมปลิ้งสัญญาณภายในวงกลมหนึ่งรอบ 4

รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมของวงจรกำเนิดสัญญาณ 4

รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมแสดงการแปลงรูปสัญญาณอนาล็อก
เป็นดิจิตอลเพื่อนำไปเก็บใน RAM 5

รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมแสดงการเรียกสัญญาณดิจิตอลจาก
RAM มาแปลงเป็นเอาท์พุตในรูปสัญญาณอนาล็อก 5

รูปที่ 2.8 ลักษณะวงกลมหนึ่งหน่วย 6

รูปที่ 2.9 แสดงรูปคลื่นสัญญาณซายน์ 7
(ก) ที่เกิดจากการหมุนของรัศมี R
(ข) เมื่อถูกแบ่งด้วยวิธีทางดิจิตอลเป็น 8 สเต็ป
(ค) เมื่อถูกแบ่งเป็น 64 สเต็ป

รูปที่ 2.10 สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม 8

รูปที่ 2.11 สัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยม 8

รูปที่ 2.12 สัญญาณรูปฟันเลื่อย 9

รูปที่ 2.13 แสดงชุดข้อมูล UART ในโหมดที่ 1 12

รูปที่ 2.14 แสดงชุดข้อมูล UART ในโหมดที่ 2 13

รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของวงจรกำเนิดสัญญาณแบบดิจิตอล 25

รูปที่ 3.2 แสดงชิพ (chip) เบอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.1 26

รูปที่ 3.3 แสดงภาพบอร์ด ANT 32 และตำแหน่งจัมเปอร์ 27

รูปที่ 3.4 แสดงภาพลายวงจรของเครื่องกำเนิดสัญญาณชนิดโปรแกรมได้ 31

รูปที่ 3.5 แสดงภาพถ่ายวงจรก่อนต่อกับบอร์ด ANT-32 32

รูปที่ 3.6 แสดงภาพถ่ายวงจรหลังต่อกับบอร์ด ANT-32 32

รูปที่ 4.1 ภาพแสดงเมนูเลือกโหมดการทำงาน (เลือกรูปสัญญาณหรือบันทึกค่าสัญญาณ) 33

รูปที่ 4.2 ภาพแสดงเมนูสำหรับการเลือกรูปสัญญาณและการกำหนดความถี่ 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 4.3 แสดงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม ความถี่ 20 kHz 35
รูปที่ 4.4 แสดงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม ความถี่ 50 kHz 36
รูปที่ 4.5 แสดงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม ความถี่ 100 kHz 36
รูปที่ 4.6 แสดงรูปสัญญาณสามเหลี่ยม ความถี่ 20 kHz 37
รูปที่ 4.7 แสดงรูปสัญญาณสามเหลี่ยม ความถี่ 50 kHz 37
รูปที่ 4.8 แสดงรูปสัญญาณสามเหลี่ยม ความถี่ 100 kHz 38
รูปที่ 4.9 แสดงรูปสัญญาณฟันเลื่อย (ขึ้น) ความถี่ 20 kHz 38
รูปที่ 4.10 แสดงรูปสัญญาณฟันเลื่อย (ขึ้น) ความถี่ 50 kHz 39
รูปที่ 4.11 แสดงรูปสัญญาณฟันเลื่อย (ขึ้น) ความถี่ 100 kHz 39
รูปที่ 4.12 แสดงรูปสัญญาณฟันเลื่อย (ลง) ความถี่ 20 kHz 40
รูปที่ 4.13 แสดงรูปสัญญาณฟันเลื่อย (ลง) ความถี่ 50 kHz 40
รูปที่ 4.14 แสดงรูปสัญญาณฟันเลื่อย (ลง) ความถี่ 100 kHz 41
รูปที่ 4.15 แสดงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยมคางหมู ความถี่ 20 kHz 41
รูปที่ 4.16 แสดงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยมคางหมู ความถี่ 50 kHz 42
รูปที่ 4.17 แสดงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยมคางหมู ความถี่ 100 kHz 42
รูปที่ 4.18 แสดงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม (ซายน์) ความถี่ 20 kHz 43
รูปที่ 4.19 แสดงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม (ซายน์) ความถี่ 50 kHz 43
รูปที่ 4.20 แสดงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม (ซายน์) ความถี่ 100 kHz 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดการต่อคอนเน็กเตอร์แบบ DB9 ตามมาตรฐาน RS–232–C 10

ตารางที่ 2.2 แสดงบิตภายในรีจิสเตอร์ SCON เพื่อการใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม โหมดที่ 1 14

ตารางที่ 2.3 แสดงบิตในการควบคุมโหมดการใช้งานด้วยบิต SM0 และ SM1 15

ตารางที่ 2.4 แสดงบิตในการควบคุมการใช้งานไทม์เมอร์ 1 16

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรมโหมดที่ 1 18

ตารางที่ 2.6 แสดง CommEvent Property เมื่อเกิดเหตุผิดพลาดในการสื่อสาร 21

ตารางที่ 2.7 แสดง CommEvent Property เมื่อเกิดสถานะการสื่อสารขึ้น 22

ตารางที่ 2.8 แสดง Property MSComm Control Property 22

ตารางที่ 3.1 แสดงเมโมรีแม็พ (Memory Map) ของ ANT-32 29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ สัญญาณนับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างมาก การนำสัญญาณไปใช้งาน บางครั้งผู้ใช้อาจมีความต้องการใช้สัญญาณที่มีรูปแบบที่หลากหลายต่างกันออกไป แต่เครื่องกำเนิดสัญญาณทั่ว ๆ ไปจะมีรูปแบบของสัญญาณค่อนข้างจำกัด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีเครื่องกำเนิดสัญญาณที่สามารถออกแบบรูปแบบของสัญญาณเองได้

โครงงานนี้ได้เสนอเรื่องการกำเนิดสัญญาณรูปแบบต่าง ๆ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม คือการกำหนดความถี่ และการเลือกรูปแบบของสัญญาณ ซึ่งจะมีทั้งรูปแบบของสัญญาณทั่วไป คือ

1. สัญญาณรูปคลื่นซายน์ (sine wave)
2. สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (square wave)
3. สัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยม (triangle wave)
4. สัญญาณรูปคลื่นฟันเลื่อย (sawtooth wave)

และรูปแบบของสัญญาณที่สามารถออกแบบได้ (ทั้งนี้แล้วแต่ความต้องการในการใช้งาน)

โดยมีความสามารถกำเนิดสัญญาณได้ที่ความถี่ตั้งแต่ 10 kHz ถึง 100 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

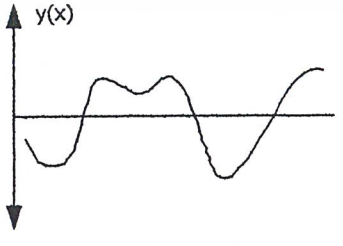
2.1 การกำเนิดสัญญาณ

เครื่องกำเนิดสัญญาณหลายแบบ (Function Generator) จะเป็นเครื่องกำเนิดสัญญาณที่มีย่านกำเนิดกว้าง ตั้งแต่ความถี่เสียงไปจนถึงความถี่วิทยุ สามารถผลิตรูปคลื่นขึ้นมาได้หลายอย่าง คือ คลื่นซายน์ คลื่นสี่เหลี่ยมจัตุรัส คลื่นสามเหลี่ยม คลื่นลาดเอียง และคลื่นพัลส์ โดยทั่วไปเครื่องกำเนิดสัญญาณจะกำเนิดสัญญาณขึ้นมา 4 ชนิด คือ

1. รูปคลื่นซายน์ (sine wave)
2. รูปคลื่นสี่เหลี่ยม (square wave)
3. รูปคลื่นสามเหลี่ยม (triangle wave)
4. รูปคลื่นฟันเลื่อย (sawtooth wave)

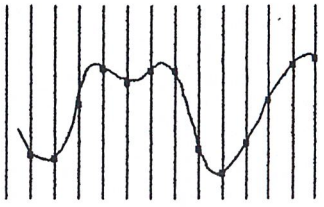
2.1.1 หลักการสร้างสัญญาณ

เริ่มจากการนำค่าข้อมูลเก็บลงในหน่วยความจำข้อมูล (RAM) โดยเขียนโปรแกรมเพื่อเก็บค่าข้อมูลภายใน 1 คาบของสัญญาณรูปต่าง ๆ อาศัยการแซมปลิ้ง (sampling) สัญญาณรูปคลื่นที่มีความต่อเนื่อง (analog) ให้เป็นสัญญาณแบบไม่ต่อเนื่อง (discrete) เพื่อเก็บระดับของสัญญาณเป็นค่าแรงดันในแต่ละครั้งที่แซมปลิ้งได้ โดยระยะห่างระหว่างการแซมปลิ้งแต่ละครั้งคงที่ ดังอธิบายตามกระบวนการ Digital Signal Processing (DSP) ในรูปที่ 2.1 แสดงสัญญาณที่เป็นฟังก์ชันต่อเนื่อง y(x) แล้วนำมาทำการแซมปลิ้งตามแนวนอน (horizontal axis sampling) ตามรูปที่ 2.2 เพื่อเก็บค่า Y(l) ซึ่ง l =1, 2, 3, ... เป็นจำนวนครั้งที่เป็นจำนวนเต็มในแต่ละครั้งที่แซมปลิ้ง (index integer) ผลที่ได้ออกมาดังแสดงในรูปที่ 2.3

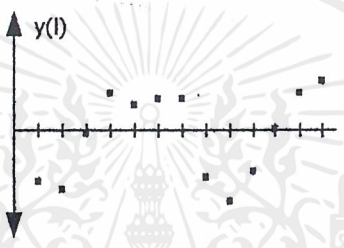


รูปที่ 2.1 สัญญาณที่มีความต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 การแซมปลิ้งตามแนวนอน

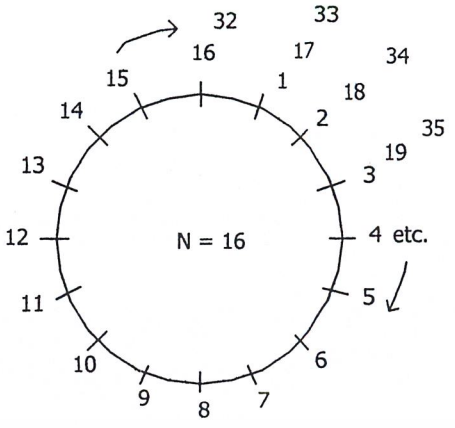


รูปที่ 2.3 สัญญาณไม่ต่อเนื่องที่ได้

ด้วยวิธีนี้เราสามารถเก็บค่ารูปคลื่นต่อเนื่องชนิดใดก็ได้ และข้อมูลในแกนตั้ง และแกนนอนจะเป็นหน่วยใดก็ได้ เช่น แรงดันต่อเวลา, แอมปลิจูด (amplitude) ต่อความถี่ หรือค่าออฟเซ็ต (offset) ต่ออุณหภูมิ ในที่นี้เราจะเลือกเก็บเป็นค่าแรงดันในแกนตั้ง จากการแซมปลิ้ง ณ เวลาต่าง ๆ ในแกนนอน เช่น สัญญาณซายน์อาศัยหลักการของวงกลมหนึ่งหน่วยในการเก็บค่าสัญญาณ เมื่อ R คือรัศมีหมุนไปตามเส้นรอบวงเป็นมุม P ดังแสดงในรูปที่ 2.8 เมื่อลากเส้นจากปลายรัศมี R ขนานกับแกน X ไปตัดกับแกน Y ค่า S ที่ได้ในแกน Y ซึ่งสัมพันธ์กับรัศมี R และ มุม P คือ S = RsinP

ถ้าหากการหมุนของรัศมี R เป็นสเต็ป (step) แบบไม่ต่อเนื่องตามจังหวะการแซมปลิ้งเป็นจำนวน N ครั้ง ดังในรูปที่ 2.4 จะได้ค่า S จำนวน N ค่า

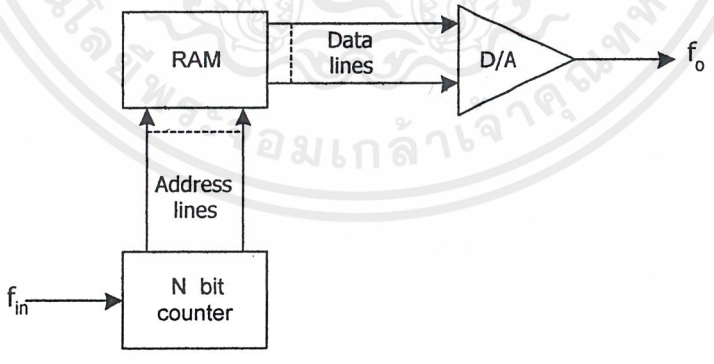
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การแซมปลิ้งสัญญาณภายในวงกลมหนึ่งรอบ

2.1.2 หลักการเก็บค่าของสัญญาณ

สำหรับการเข้ารหัสข้อมูลเพื่อเก็บในแต่ละแอดเดรสของ RAM จะมีความละเอียดมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนบิต (length code word) เช่น เก็บเป็นข้อมูลที่มีความละเอียด 8 บิต ก็จะได้จำนวนข้อมูลที่สามารถเข้ารหัสได้ 256 ค่า (2^8) เมื่อแซมปลิ้งได้ค่าระดับสัญญาณใกล้เคียงค่าใด ก็จะเก็บค่านั้นไว้ใน RAM เพื่อรอการเรียกออกมาเป็นเอาท์พุตของสัญญาณ ซึ่งภายใน 1 คาบ จะเก็บค่าสัญญาณได้ละเอียดมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับขนาดของ RAM และจำนวนครั้งที่สุ่ม โดยจะใช้วงจรนับเป็นตัวกำหนดค่าแอดเดรส ในการเรียกข้อมูลออกมา



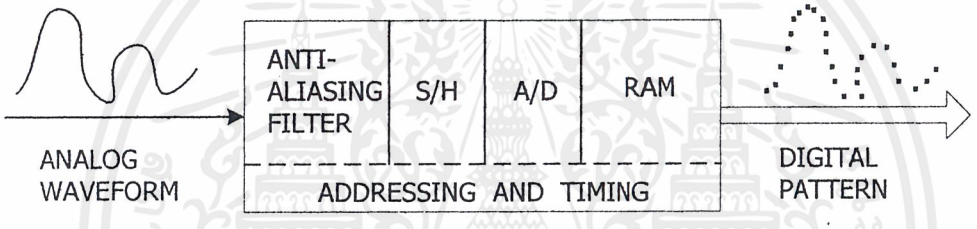
รูปที่ 2.5 บล็อกไดอะแกรมของวงจรกำเนิดสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

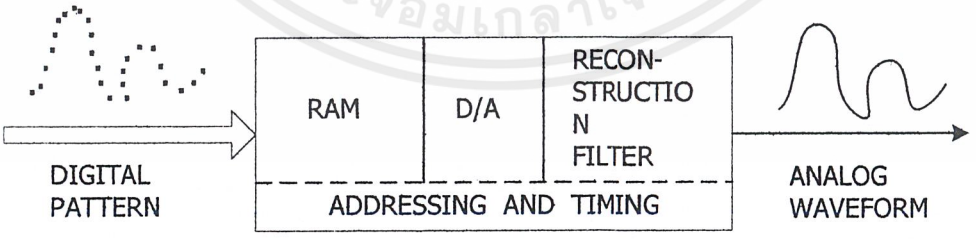
จากรูปที่ 2.5 เป็นวงจรกำเนิดสัญญาณเอาท์พุตที่มีความถี่ f_0 ซึ่งในทางปฏิบัติ การออกแบบวงจรจะขึ้นอยู่กับความถี่สัญญาณนาฬิกา (f_{in}) และค่าความละเอียดของสัญญาณ (N) เป็นไปตามสมการ

$$f_{in} = 2^N f_0$$

ค่าความผิดเพี้ยนของสัญญาณเอาท์พุตที่ได้ สามารถลดลงได้โดยใช้วงจรกรองสัญญาณความถี่ต่ำผ่าน (LPF) เพื่อกำจัดความถี่สูงซึ่งมาจากการเปลี่ยนระดับแรงดันระหว่างแอดเดรสที่ติดกัน



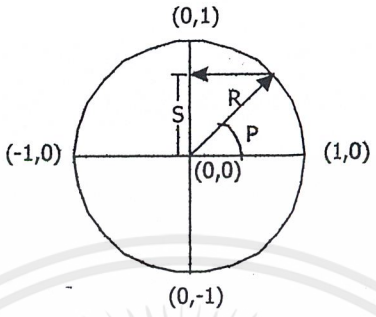
รูปที่ 2.6 บล็อกไดอะแกรมแสดงการแปลงรูปสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลเพื่อนำไปเก็บใน RAM



รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมแสดงการเรียกสัญญาณดิจิตอลจาก RAM มาแปลงเป็นเอาท์พุตในรูปสัญญาณอนาล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- รูปคลื่นซายน์ (Sine wave)



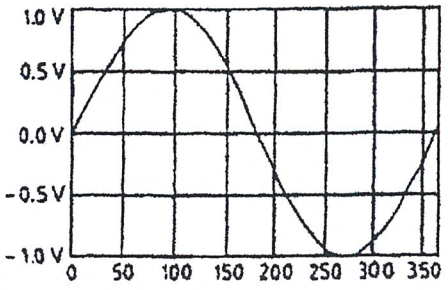
รูปที่ 2.8 ลักษณะวงกลมหนึ่งหน่วย

จากรูปที่ 2.8 วงกลมหนึ่งหน่วยมีรัศมี R หมุนไปตามเส้นรอบวงของวงกลม จะทำให้เกิดมุม P ซึ่งผลจากการหมุนนี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของแอมปลิจูด ซึ่งถ้าหากลากเส้นจากปลายรัศมี R ไปตามแนวนอนจนตัดกับแกน Y ก็จะได้ความยาว S ที่เปลี่ยนแปลงตามการหมุนของรัศมี R มีค่าอยู่ระหว่าง 1 และ -1 และมุม P ก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงจาก 0 ถึง 360 องศา ความยาวของ S ที่เปลี่ยนแปลงนี้จะสัมพันธ์กับมุม P ในรูปของฟังก์ชันซายน์ [S = Rsin(P)] แสดงดังรูปที่ 2.9 (ก)

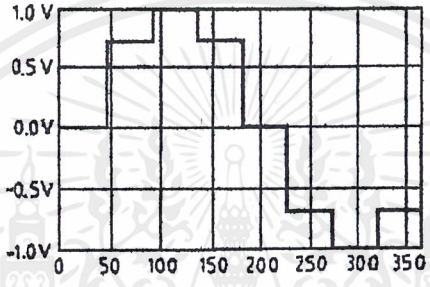
ในหนึ่งรอบของวงกลมถ้าหมุนรัศมี R ไปเป็นสเต็ปไม่ต่อเนื่อง จำนวน 8 ครั้ง ก็จะได้ค่าของ S มา 8 ค่า ดังในรูปที่ 2.9 (ข) ถ้าหากกำหนดให้จำนวนสเต็ปในการหมุนรอบวงกลมหนึ่งรอบ มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น รูปคลื่นสัญญาณซายน์ที่ได้ก็จะมีความละเอียดมากขึ้น ดังรูปที่ 2.9 (ค) ได้กำหนดจำนวนสเต็ปในการหมุนรอบวงกลมหนึ่งรอบไว้เท่ากับ 64 จะสังเกตเห็นความเป็นซายน์มากขึ้น

นั่นคือ ในหนึ่งช่วงคาบเวลา ค่าของสัญญาณจะอยู่ในแอดเดรสช่วง 000h ~7FFh โดยมีค่าตั้งแต่ 00h ~ FFh ซึ่งคำนวณได้จากสมการ $127.5 \sin(2\pi P/2048 - \pi/2)$ โดยที่ P มีค่าระหว่าง 0 ~ 2047 (000h ~ 7FFh)

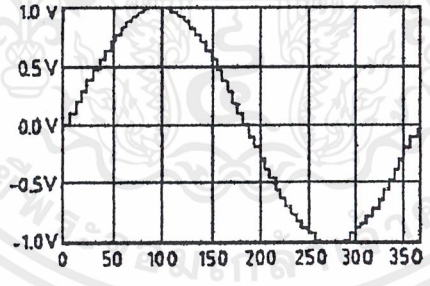
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 2.9 แสดงรูปคลื่นสัญญาณซายน์

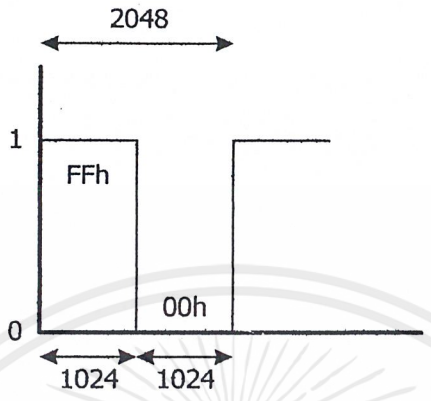
(ก) ที่เกิดจากการหมุนของรัศมี R

(ข) เมื่อถูกแบ่งด้วยวิธีทางดิจิตอลเป็น 8 สเต็ป

(ค) เมื่อถูกแบ่งเป็น 64 สเต็ป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

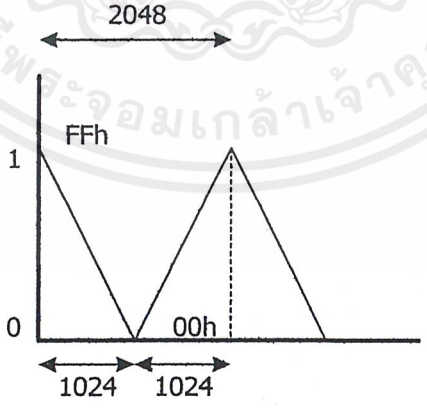
- รูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Square Wave)



รูปที่ 2.10 สัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม

จากรูปที่ 2.10 ในหนึ่งคาบเวลา สัญญาณจะมีเพียง 2 ค่า คือ ช่วงครึ่งแรกของคาบเวลาจะมีค่าเป็น " 1 " และครึ่งหลังของคาบเวลาจะมีค่าเป็น " 0 " ดังนั้นค่าที่เก็บในแอดเดรสช่วง 000h ~ 3FFh จะมีค่าเป็น FFh และช่วง 400h ~ 7FFh จะมีค่าเป็น 00h

- รูปคลื่นสามเหลี่ยม (Triangle Wave)

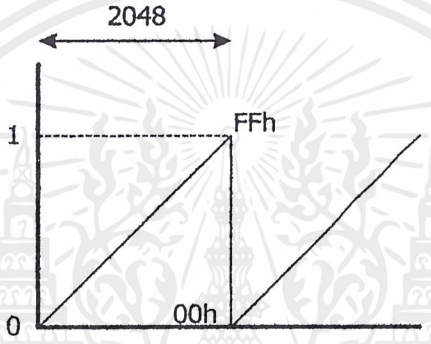


รูปที่ 2.11 สัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.11 ในช่วงครึ่งคาบเวลาแรก สัญญาณจะมีค่าลดลงอย่างเป็นลิเนียร์ (Linear) จาก 1 ไปจนถึง 0 และช่วงครึ่งคาบเวลาหลัง สัญญาณจะมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเป็นลิเนียร์จาก 0 ไปจนถึง 1 ซึ่งจะได้ว่าในช่วงครึ่งคาบเวลาแรกค่าของสัญญาณจะอยู่ในแอดเดรสช่วง 000h ~ 3FFh และครึ่งคาบเวลาหลังค่าของสัญญาณจะอยู่ในแอดเดรสช่วง 400h ~ 7FFh โดยมีค่าสูงสุดเป็น FFh และค่าต่ำสุดเป็น 00h

- รูปคลื่นฟันเลื่อย (Sawtooth Wave)



รูปที่ 2.12 สัญญาณรูปคลื่นฟันเลื่อย

จากรูป 2.12 ในหนึ่งคาบเวลา สัญญาณจะมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0 ไปจนถึง 1 อย่างเป็นลิเนียร์ ดังนั้นในแอดเดรสที่ตำแหน่ง 000h จะมีค่า 00h และค่าจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ไปจนถึงตำแหน่ง 7FFh ซึ่งจะมีค่าเป็น FFh

2.2 มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232-C

มาตรฐาน RS-232-C นั้นแบ่งการเชื่อมต่อเป็น 2 ลักษณะคือ การต่อกับเทอร์มินอล (DTE : Data Terminal Equipment) และการต่อกับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล (DCE : Data Communication Equipment) ซึ่งในกรณีปกตินั้น DCE จะต้องต่อเข้ากับ DTE เสมอ ยกตัวอย่างเช่น การต่อโมเด็มเข้ากับเครื่อง PC โดยในกรณีนี้เครื่อง PC จะเป็นอุปกรณ์ DTE และโมเด็มก็จะเป็นอุปกรณ์ DCE

การเชื่อมต่อตามมาตรฐาน RS-232-C นั้น โดยปกติจะใช้คอนเน็กเตอร์รูปตัว D ชนิด 25 ขา กำหนดให้ปลายสายสัญญาณด้านหนึ่งเป็นคอนเน็กเตอร์ตัวผู้ใช้ต่ออยู่กับอุปกรณ์ DCE และปลายของสัญญาณอีกด้านหนึ่งจะต้องเป็นคอนเน็กเตอร์ตัวเมีย ใช้ต่ออยู่กับอุปกรณ์ DTE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ว่ากฎและมาตรฐานนั้นมักถูกเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเสมอ ดังนั้นผู้ผลิตอุปกรณ์คอมพิวเตอร์อื่น ๆ ก็ได้ออกแบบมาตรฐานคอนเน็กเตอร์แบบใหม่ออกมาเพื่อใช้แทนมาตรฐาน RS-232-C เดิม อย่างเช่นบริษัท IBM นั้นก็ได้ออกแบบคอนเน็กเตอร์แบบ 9 ขา ขึ้นมาใช้แทนคอนเน็กเตอร์แบบ 25 ขา และได้กำหนดให้เป็นมาตรฐานบนเครื่อง IBM AT ซึ่ง IBM ในช่วงนั้นเป็นผู้นำทางด้านการพัฒนาเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลอยู่ ดังนั้นผู้ผลิตรายอื่น ๆ ก็ได้นำเอามาตรฐานคอนเน็กเตอร์แบบใหม่ของ IBM ไปใช้เป็นมาตรฐานในผลิตภัณฑ์ของตนด้วย

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดการต่อคอนเน็กเตอร์แบบ DB9 ตามมาตรฐาน RS-232-C

หมายเลขขาสัญญาณ	ชื่อของสายสัญญาณ
1	Carrier Detect
2	Receivered Data
3	Transmitted Data
4	Data Terminal Ready
5	Signal Common
6	Data Set Ready
7	Request To Send
8	Clear To Send
9	Ring Indicator

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นว่าสายนำสัญญาณที่ใช้มาตรฐาน RS-232-C นั้นจะมีทั้งหมด 9 เส้น ประกอบด้วย วงจรข้อมูล 2 วงจร คือ ขานำสัญญาณหมายเลข 2 และ 3 ซึ่งใช้ในการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครื่อง PC และ โมเด็ม ขานำสัญญาณหมายเลข 5 เป็นกราวด์ ส่วนวงจรชุดที่ 2 จะประกอบไปด้วยขานำสัญญาณหมายเลข 7 และ 8 เป็นวงจรควบคุมสัญญาณที่เรียกว่า RTS และ CTS ซึ่งจะใช้ในการควบคุมการไหลของข้อมูลระหว่างเครื่อง PC และ โมเด็ม (Hardware Flow Control) ขานำสัญญาณหมายเลข 6 ใช้บอก PC ว่าในขณะนั้นโมเด็มได้ทำการต่อเข้ากับสายโทรศัพท์เรียบร้อยแล้วและพร้อมที่จะส่ง ขานำสัญญาณหมายเลข 1 เป็นสัญญาณ Carrier Detect (CD) ใช้บอกเครื่อง PC ว่าในขณะนั้นโมเด็มได้รับสัญญาณพาหะ (Carrier) อยู่หรือไม่ ขานำสัญญาณหมายเลข 4 (DTR : Data Terminal Ready) ใช้บอกโมเด็มว่าในขณะนั้นเทอร์มินอล (หรือ PC) พร้อมที่จะติดต่อกับโมเด็มหรือไม่ ส่วนขานำสัญญาณหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลข 9 จะใช้เป็นสัญญาณแสดงว่าในขณะนั้น โมเด็มได้รับสัญญาณกระดิ่งหรือไม่ ซึ่งมักจะไม่ได้ถูกนำมาใช้งานมากนัก

2.3 พอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม UART

2.3.1 พอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม UART ภายในชิพ MCS-51

ในการใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรมของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นั้นMCS-51 สามารถที่จะให้มีการเซ็ตหรือกำหนดอัตราในการติดต่อหรือกำหนดอัตราเร็วในการติดต่อหรือรับส่งข้อมูล (Baud rate) ได้เพื่อยืดหยุ่นในการใช้งานในการติดต่อสื่อสารข้อมูลได้ครอบคลุมหลายรูปแบบ ทั้งการติดต่อระหว่าง MCU ด้วยกันเองหรือจะติดต่อสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรมของเครื่องคอมพิวเตอร์ PC กับ MCU ก็สามารถกระทำได้ โดยรูปแบบในการใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรมของ MCS-51 นั้นสามารถที่จะจัดรูปแบบการใช้งานได้ถึง 4 รูปแบบ โดยแต่ละรูปแบบดังกล่าวจะสามารถควบคุมเลือกการใช้งานได้โดยรีจีสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SCON ภายในชิพ ซึ่งรูปแบบในการใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม UART ภายในชิพจะมีลักษณะเป็นโหมด ๆ ดังนี้

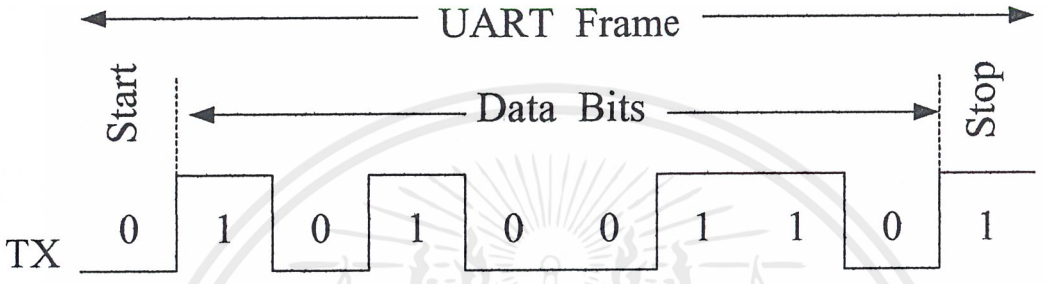
โหมด 0 การทำงานของพอร์ตอนุกรม UART ในโหมด 0 นี้จะเป็นการใช้งานขา P3.0 (RXD) ของตัว MCU สำหรับการรับส่งข้อมูลและใช้ขา P3.1 (TXD) ในการผลิตสัญญาณนาฬิกา (Clock) เพื่อให้อุปกรณ์ภายนอกรับรู้จังหวะการรับส่งข้อมูลที่ขา RXD นั่นคือสัญญาณนาฬิกาที่ขา TXD จะเป็นตัวกำหนดการเลื่อน (Shift) ของข้อมูลที่ขา RXD นั่นเอง (ในการรับส่งข้อมูลที่ขา RXD จะใช้สัญญาณนาฬิกาที่ขา TXD เป็นตัวให้จังหวะรับส่งข้อมูล) โดยข้อมูลที่ขา RXD จะเป็นลักษณะของข้อมูล 8 บิต ซึ่งจะมีการส่งหรือรับข้อมูลที่บิตต่ำสุด (Least Significant Bit : LSB) ของชุดข้อมูลก่อน แล้วจึงเรียงลำดับข้อมูลจนถึงบิตสูงสุด (Most Significant Bit : MSB) จึงจะเป็นการสิ้นสุดของข้อมูล ในโหมด 0 นี้จะไม่สามารถกำหนดอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล (Baud Rate) ได้ ซึ่งอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่โหมด 0 นี้จะกำหนดไว้ที่ 1/12 ของความถี่ X-TAL Oscillator ที่ใช้ โดยสามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$\text{Buad Rate โหมด 0} = \text{X-TAL}/12$$

โหมด 1 การทำงานของพอร์ตอนุกรม UART ในโหมดที่ 1 นี้จะมีลักษณะของชุดข้อมูลจำนวน 10 บิต ดังแสดงในรูปที่ 2.13 โดยจะมีบิตเริ่มต้นของชุดข้อมูล (Start Bit มีค่าเป็น 0 เสมอ) ตามมาด้วยข้อมูลจำนวน 8 บิต และบิตสุดท้ายของข้อมูล (Stop Bit มีค่าเป็น 1 เสมอ) ซึ่งชุดข้อมูลจะถูกส่งออกที่ขา TXD ของตัว MCU และรับชุดข้อมูลเข้ามาภายใน MCU โดยขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RTX อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (Baud Rate) ของการทำงานในโหมด 1 นี้ สามารถกำหนดหรือเปลี่ยนแปลงได้โดยใช้ Timer ภายในตัว MCU เป็นตัวควบคุม ซึ่งรายระเอียดในการใช้งาน Timer ในการควบคุมอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลจะกล่าวในหัวข้อการประยุกต์ใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรมต่อไป



รูปที่ 2.13 แสดงชุดข้อมูล UART ในโหมดที่ 1

โหมด 2 ในโหมด 2 นี้จะมีชุดของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแตกต่างจากในโหมดที่ 1 คือ จะมีชุดข้อมูลจำนวน 11 บิต ดังแสดงในรูปที่ 2.14 ซึ่งจะมีวิธีการในการรับและส่งข้อมูลผ่านทางขาของ MCU เช่นเดียวกันกับในโหมดที่ 1 โดยชุดข้อมูลในโหมดที่ 2 นั้นจะประกอบไปด้วยบิตแรก (Start Bit มีค่าเป็น 0 เสมอ) และตามมาด้วยข้อมูลจำนวน 8 บิต จากนั้นจะมีบิตที่ 9 เพิ่มขึ้นมา โดยจะเป็นบิตที่สามารถจะเซ็ตค่าให้เป็น 0 หรือ 1 ได้ซึ่งใช้ในการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูลในการรับและส่งนั่นเอง (Parity Bit) จากนั้นจะเป็นบิตสุดท้ายของชุดข้อมูล (Stop Bit มีค่าเป็น 1 เสมอ) โดยโหมด 2 นี้จะไม่สามารถกำหนดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (Baud Rate) ได้เช่นเดียวกับในโหมด 0 ซึ่งอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลในโหมด 2 นี้จะถูกกำหนดไว้ที่ 1/32 หรือ 1/64 ของความถี่ X-TAL Oscillator ที่ใช้ โดยจะมีบิต SMOD ภายในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PCON เป็นตัวกำหนดดังนี้

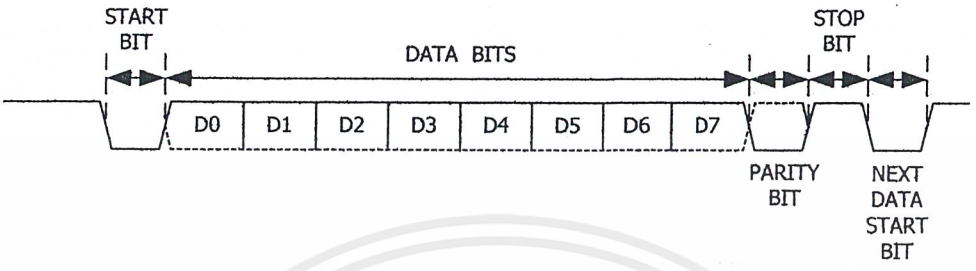
- ถ้าค่าบิต SMOD เป็น 0 ค่า Baud Rate จะถูกกำหนดเป็น 1/64 ของความถี่ X-TAL Oscillator ที่ใช้
- ถ้าค่าบิต SMOD เป็น 1 ค่า Baud Rate จะถูกกำหนดเป็น 1/32 ของความถี่ X-TAL Oscillator ที่ใช้

ซึ่งมีสมการในการคำนวณดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Baud Rate Mode 2 = X-TAL/64; SMOD = 0 Or

= X-TAL/32; SMOD = 1



รูปที่ 2.14 แสดงชุดข้อมูล UART ในโหมดที่ 2

โหมด 3 จะเป็นโหมดสุดท้ายของการใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกราม UART ภายในชิพ MSC-51 ในโหมด 3 นี้ จะมีชุดข้อมูลในการรับและส่งจำนวน 11 บิต โดยองค์ประกอบของชุดข้อมูลจะเหมือนกับชุดข้อมูลในโหมดที่ 2 ทุกประการ แต่โหมดที่ 3 นี้สามารถกำหนดอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลได้เช่นเดียวกันกับในโหมดที่ 1 โดยใช้ Timer ภายใน MCU เป็นตัวควบคุม

โดยในการใช้งานโหมดการทำงานข้างต้นดังที่กล่าวมาจะนิยมใช้พอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม UART ในโหมดที่ 1 ในการใช้งานเนื่องจากในโหมดที่ 1 นั้นจะมีลักษณะของชุดข้อมูลที่เป็นมาตรฐานทั่วไป และสามารถเซ็ตหรือกำหนดอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลได้ จากคุณสมบัติหรือเหตุผลดังกล่าวเนื้อหาในการประยุกต์ใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลที่จะกล่าวถึงต่อไป จะอธิบายถึงการใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรมในโหมดที่ 1 เพื่อเป็นพื้นฐานในการประยุกต์ใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51 ในเบื้องต้น

ก่อนที่เข้าถึงการประยุกต์ใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรมในโหมดที่ 1 ต่อไปนั้น จะขอแนะนำรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะต่าง ๆ เพื่อการใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรมในโหมดที่ 1 และไทม์เมอร์ (Timer) เพื่อกำหนดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลอนุกรม (Baud Rate) ดังนี้

รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SBUF : Serial Data Buffer (Not Bit Addressable)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับการรับส่งสื่อสารชุดข้อมูลอนุกรม โดยจะทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ (Buffer) ขนาด 8 บิต ไม่สามารถเข้าถึงในระดับบิต ซึ่งรีจิสเตอร์ SBUF นี้จะมีหน้าที่ทั้งในการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับและส่งชุดข้อมูลอนุกรมโดยตัว CPU จะทำการควบคุมการใช้งานรีจิสเตอร์ SBUF ทั้งในการรับและส่งข้อมูลโดยอัตโนมัติ

รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SCON : Serial Port Control Register (Bit Addressable)

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

สำหรับรีจิสเตอร์ต่าง ๆ ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51 นั้น ภายใน 1 รีจิสเตอร์ที่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ในระดับบิต ก็คือ 1 ไบต์ซึ่งจะประกอบไปด้วยบิตต่าง ๆ จำนวน 8 บิต รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SCON นั้นก็เช่นกัน คือจะมีบิตต่าง ๆ จำนวน 8 บิต ที่สามารถเข้าถึงได้ระดับบิตที่ใช้ควบคุมหรือกำหนดค่าต่าง ๆ ในการใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม

โดยบิตที่เราจำเป็นจะต้องรู้จักเพื่อการใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรมในโหมดที่ 1 ภายในรีจิสเตอร์ SCON จะแสดงไว้ในตารางที่ 2.2 โดยจากตารางที่ 2.2 จะพบว่าบิต TI และ RI จะสามารถทำการเซ็ตหรือเคลียร์ได้ทั้งทางซอฟต์แวร์หรือตัวของ CPU ภายใน MCS-51 เอง จากนั้นจะเห็นว่าบิต SM0 และ SM1 นั้นจะเป็นบิตควบคุมในการเลือกโหมดการใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม โดยรายละเอียดการใช้งานหรือตารางความจริงของบิต SM0 และ SM1 แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.2 แสดงบิตภายในรีจิสเตอร์ SCON เพื่อการใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรมโหมดที่ 1

ชื่อบิต	รายละเอียด
SM0	บิตเลือกโหมดการใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม “ ต่ำ ”
SM1	บิตเลือกโหมดการใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรม “ สูง ”
SM2	เลือกโหมดการใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรมโดย SM2 = 0 จะเป็นการใช้งานโหมด 1 และ 3 และบิต RI จะเป็น 0 จนกว่าจะรับบิตสุดท้ายของชุดข้อมูลเป็นที่เรียบร้อย
REN	REN = 1 เป็นการเซ็ตให้ตัว CPU รับข้อมูลจากภายนอกได้ REN = 0 เป็นการเซ็ตให้ตัว CPU ไม่รับข้อมูลจากภายนอก
TI	บิตบอกสถานะในการส่งข้อมูลอนุกรมทำงานโดยอัตโนมัติ TI = 0 จะเห็นว่าเป็นช่วงจังหวะในขั้นตอนในการส่งชุดข้อมูลออกทางพอร์ตสื่อสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อบิต	รายละเอียด
RI	ข้อมูลอนุกรม TI = 1 จะแสดงว่าชุดข้อมูลถูกส่งออกไปเป็นที่เรียบร้อยแล้วพร้อมที่จะส่งข้อมูลชุดต่อไปโดยก่อนการที่จะส่งข้อมูลชุดต่อไปนั้นต้องทำการเคลียร์บิต TI ใหม่ก่อนทุกครั้ง บิตบอกสถานะในการรับข้อมูลและถ้าข้อมูลถูกรับเรียบร้อยแล้ว บิต SB8 ของรีจิสเตอร์ SCON จะมีสภาวะ 1 พร้อม ๆ กับชุดข้อมูล 8 บิตจะถูกเก็บไว้ที่รีจิสเตอร์ SBUF และบิต RI จะกลับเป็น 1 โดยอัตโนมัติ จากนั้นต้องเคลียร์บิต RI เพื่อที่จะรับข้อมูลชุดใหม่ต่อไป RI = 1 เป็นการแสดงว่าให้รับข้อมูลที่ส่งมาไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ SBUF โดยก่อนหน้านี้ต้องเคลียร์บิต RI ก่อน

ตารางที่ 2.3 แสดงบิตในการควบคุมโหมดการใช้งานด้วยบิต SM0 และ SM1

SM0	SM1	Mode	Description	Baud Rate
0	0	0	SHIFT REGISTER	Fosc./12
0	1	1	8 – Bit UART	Variable
1	0	2	9 – Bit UART	Fosc./64 OR Fosc./32
1	1	3	9 – Bit UART	Variable

2.3.2 ไทม์เมอร์ในการกำหนดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล

ไทม์เมอร์ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC–51 ทุกเบอร์จะประกอบไปด้วยไทม์เมอร์ 0 และไทม์เมอร์ 1 และอาจจะมีไทม์เมอร์ 2 ในบางเบอร์ของ MSC – 51 โดยการกำหนดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลอนุกรมในโหมดที่ 1 นั้นจะใช้ไทม์เมอร์ 1 เป็นตัวกำหนด Baud Rate ซึ่งการใช้งานไทม์เมอร์นั้นจะถูกควบคุมด้วยรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TMOD โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TMOD : Timer/Counter Mode Control Register (Not Bit Addressable)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Timer 1				Timer 0			
GATE	C/$\overline{T}$	M1	M0	GATE	C/$\overline{T}$	M1	M0

ภายในรีจิสเตอร์ TMOD ประกอบไปด้วยการควบคุมการใช้งานต่าง ๆ จำนวน 8 บิตจากข้างต้นจะพบว่ามีบิตในการใช้งานไทม์เมอร์ 1 และไทม์เมอร์ 0 โดย 4 บิตบนจะควบคุมการใช้งานไทม์เมอร์ 1 และ 4 บิตล่างจะเป็นชุดบิตที่ควบคุมไทม์เมอร์ 0 ซึ่งทั้ง 4 บิตบนและล่างจะมีลักษณะการใช้งานเช่นเดียวกัน รายละเอียดของชุดบิตดังที่กล่าวมาเพื่อการใช้งานไทม์เมอร์ในการกำหนดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมแสดงดังในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงบิตในการควบคุมการใช้งานไทม์เมอร์ 1

ชื่อบิต	รายละเอียด
GATE	เท่ากับ 0 จะสามารถเลือกใช้งานไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ได้ .
C/$\overline{T}$	บิตเลือกการใช้งานไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์ได้ เท่ากับ 1 หมายถึง ใช้งานเป็นเคาน์เตอร์นับพัลส์ภายนอกที่ขา TX (T0,T1) เท่ากับ 0 หมายถึง ใช้งานเป็นไทม์เมอร์นับการทำงานของแมชชีนไซเคิล
M0	บิตเลือกการใช้งานไทม์เมอร์ 0 หรือ ไทม์เมอร์ 1
M1	บิตเลือกการใช้งานไทม์เมอร์ 0 หรือ ไทม์เมอร์ 1

การควบคุมบิต TRX (TR0, TR1) ทางซอฟต์แวร์นั้น บิต TRX จะอยู่ภายในรีจิสเตอร์ TCON ซึ่งสามารถเข้าถึงได้ในระดับบิตโดยถ้า TR1 = 1 จะเป็นการใช้งานไทม์เมอร์ 1 และถ้า TR0 = 1 จะเป็นการใช้งานไทม์เมอร์ 0 ซึ่งนั่นก็คือบิต TR1 และ TR0 ภายในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TCON จะเป็นตัวควบคุมการใช้งานไทม์เมอร์ 1 และ ไทม์เมอร์ 0 ตามลำดับ

การใช้งานไทม์เมอร์ 1 เพื่อการกำหนดอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลอนุกรมนั้นจะใช้งานไทม์เมอร์ 1 ในโหมดที่ 2 นั่นก็คือบิต M1 ถูกเซ็ตให้เป็น 1 และ บิต M0 ให้เป็น 0 ในส่วนของรายละเอียดของการทำงานภายในไทม์เมอร์ 1 ในโหมดที่ 2 หรือในโหมดอื่นๆ นั้นจะไม่ขอแสดงรายละเอียดเนื่องจากเป็นขั้นตอนการทำงานภายในโดยตัว CPU เป็นตัวควบคุมการทำงานทั้งหมด

จากที่กล่าวมาแล้วการใช้งานไทม์เมอร์ 1 ในโหมดที่ 2 เพื่อการกำหนดอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลข้อมูลอนุกรมนั้น จะมีบิต SMOD ภายรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PCON เป็นตัวกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

อัตราการเกิดโอเวอร์โฟลว์ (Over Flow) ให้กับไทม์เมอร์ 1 โดยลักษณะชุดข้อมูลของรีจิสเตอร์ PCON มีดังนี้

รีจิสเตอร์ PCON : Power Control Register (Not Bit Addressable)

SMOD	-	-	-	GF1	GF0	PD	IDL

ข้างต้นเป็นลักษณะรูปแบบชุดข้อมูลของรีจิสเตอร์ PCON จะเห็นว่าบิต SMOD จะอยู่ในตำแหน่งบิตสูงสุด (Most Significant Bit : MSB) ของชุดข้อมูล 8 บิตและรีจิสเตอร์ PCON นี้จะไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลในระดับบิตได้ ฉะนั้นการเซ็ตค่า SMOD ในการควบคุมการเกิดโอเวอร์โฟลว์ให้ไทม์เมอร์ 1 นั้นจะสามารถกระทำได้โดยการส่งชุดข้อมูลครั้งละ 8 บิตเข้าไปในรีจิสเตอร์ PCON ดังตัวอย่าง

```
MOV    PCON, #80H        ; บิต SMOD เท่ากับ 1
MOV    PCON, #00H        ; บิต SMOD เท่ากับ 0
```

รายละเอียดการใช้งานบิต SMOD นั้นจะเป็นบิตในการควบคุมอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล (Baud Rate) โดยถ้าหากถูกเซ็ตหรือบิต SMOD มีค่าเป็น 1 จะทำให้มีการเพิ่มอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลเป็น 2 เท่านั่นเอง

จากที่กล่าวมาแล้วว่ารูปแบบในการใช้งานพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรมของ MCS-51 นั้นสามารถที่จะจัดรูปแบบการใช้งานได้ถึง 4 โหมดโดยจะมีเพียงโหมดที่ 1 และ 3 เท่านั้นที่สามารถกำหนดอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลได้ ซึ่งสามารถกำหนดอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลได้ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังสมการที่ 1

$$\text{Baud Rate} = \frac{\text{K x Oscillator Frequency}}{32\text{x}12\text{x}[256-(\text{TH1})]} \qquad \text{(สมการที่ 1)}$$

จากสมการที่ 1 ค่า K จะมีค่าเท่ากับ 2^{SMOD} โดยค่าอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลนั้นเราจะทำการกำหนดขึ้นมาได้ตามความต้องการแต่โดยมาตรฐานทั่วไปจะใช้อัตราความเร็ว 4,800 หรือ 9,600 บิตต่อวินาที (bps) ฉะนั้นตัวแปรที่เราต้องการหาจากสมการที่ 1 ก็คือค่าของ TH1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42496

ซึ่งสามารถเปลี่ยนสมการที่ 1 ได้ใหม่เพื่อการคำนวณหาค่าของ TH1 ให้ได้ตามค่า Baud Rate ที่เรากำหนดได้ดังสมการที่ 2

$$\text{Baud Rate} = \frac{\text{K x Oscillator Frequency}}{\text{328 x Baud Rate}} \qquad \text{(สมการที่ 2)}$$

จากสมการที่ 2 สามารถสรุป และแสดงตัวอย่างค่าต่าง ๆ ของ TH1 ที่สามารถกำหนดอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลมาตรฐาน (Baud Rate) ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรมโหมดที่ 1

Baud Rate	X-tal Frequency	SMOD	TH1 Reload Value	Actual Baud Rate	Error
9,600	12.000 MHz	1	-7(F9H)	8,923	7 %
2,400	12.000 MHz	0	-13(F3H)	2,404	0.16 %
1,200	12.000 MHz	0	-26(E6H)	1,202	0.16 %
9,300	12.000 MHz	1	-3(FDH)	19,200	0
9,600	11.059 MHz	0	-3(FDH)	9,600	0
2,400	11.059 MHz	0	-12(F4H)	2,400	0
1,200	11.059 MHz	0	-24(E8H)	1,200	0

จากตารางที่ 2.5 จะเห็นว่าในการใช้งาน X-TAL Oscillator ที่ความถี่ 11.059 MHz นั้น จะสามารถกำหนดอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล (Baud Rate) ได้ค่า Actual Baud Rate ที่ลงตัว ในการใช้งานพอร์ตอนุกรมสื่อสารข้อมูลอนุกรมในโหมดที่ 1 โดยการใช้งานไทม์เมอร์ 1 ในโหมดที่ 2 เป็นตัวควบคุมหรือกำหนดอัตราความเร็ว (Baud Rate) ที่ไม่มีความผิดพลาด (Error) เกิดขึ้นเลยหรือเป็นไปตามทฤษฎีนั่นเอง โดยจะเห็นได้ว่าเมื่อต้องการกำหนดอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่อัตราความเร็ว 9,600 บิตต่อวินาที (bps) นั้นต้องทำการเคลียร์บิต SMOD (ถูกเซ็ตเป็น 0) และทำการเซ็ตค่าของรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ TH1 ให้มีค่าเป็น FDH (253 = FDH จากการคำนวณในสมการที่ 2) เพื่อเริ่มต้นการใช้งานไทม์เมอร์ 1 ก็จะได้อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูล 9,600 บิตต่อวินาที (bps) ตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งอัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่กล่าวมาถึงโดยตลอดนั้น จะใช้กับข้อมูลที่มีขนาด 10 บิต (ประกอบด้วย Satrt Bit, ข้อมูล 8 บิตและ Stop Bit) ซึ่งเป็นชุดข้อมูลมาตรฐานในการคำนวณ Baud Rate ดังที่กล่าวมา

โดยต่อไปจะขอยกตัวอย่างการเขียนโปรแกรมในการใช้งานพอร์ตสื่อสารอนุกรมโดยใช้งานไทม์เมอร์ 1 ในโหมดที่ 2 กำหนดค่า Baud Rate เท่ากับ 9,600 บิตต่อวินาที (bps) ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างโปรแกรมที่ 1 Program Receive Data 1 Byte (Not used Serial interrupt)

```
        ORG   0000H
        MOV   SCON,#50H     ; Used Serial Port Mode 1, REN = 1, SM2 = 0
        MOV   PCON,#00H     ; Set Bit SMOD = 0
        MOV   TMOD,#20H     ; Set Timer 1 Mode 2 ( 0010 0000B )
        MOV   TH1,#0FDH     ; Baud Rate 9,600 Bit/s, X-TAL 11.069 MHz
        CLR   TI            ; Ready To Transmit
        JNC   RI,NEXT       ; Receive Data from Serial Port save in SBUF
NEXT:   MOV   A,SBUF        ; Loop for send Data 1 Byte
        END
```

ตัวอย่างโปรแกรมที่ 2 Program Receive Data 1 Byte (used serial interrupt)

```
        ORG   0000H
        JMP   MAIN
        ORG   0023H         ; Starting Address of Serial Interrupt
        JMP   SERIAL_INT
MAIN:   MOV   SCON,#50H     ; Set Serial Port Mode 1, REN = 1, SM2 = 0
                            with Receive
        MOV   PCON,#00H     ; Set Bit SMOD = 0
        MOV   TMOD,#20H     ; Set Timer 1 Mode 2 ( 0010 0000B )
        SETB  EA            ; Enable The Serial Port&Global Interrupt Bits
        CLR   RI            ; Ready to Receive
LOOP:   JMP   LOOP          ; Endless Loop ( Unless Interrupt occurs )
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SERIAL_INT:              ; Serial Interrupt Routine
        CLR   RI
        MOV   A,SBUF     ; Move the Receive Data to Accumulator
        RETI             ; Exit The Serial Interrupt Routine
        END
```

จากตัวอย่างโปรแกรมที่ 1 เป็นโปรแกรมในการรับข้อมูล 1 ไบต์โดยใช้วิธีการตรวจเช็คบิต RI ถ้าบิต RI มีสภาวะเป็น 1 นั่นแสดงว่าได้รับข้อมูลครบ 1 ไบต์ และเก็บไว้ในริจิสเตอร์ SBUF เป็นที่เรียบร้อยแล้วนั่นเอง แต่ในบางครั้งในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นอาจจะใช้การอินเตอร์รัพต์เข้ามามีส่วนช่วยในการรับข้อมูลในระหว่างที่ CPU กำลังประมวลผลการทำงานอื่น ๆ อยู่ก็จะช่วยให้การรับข้อมูลจากพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรมมีความแน่นอนและมีประสิทภาพมากยิ่งขึ้น

โดยการใช้งานอินเตอร์รัพต์การรับข้อมูลจากพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรมนั้นเราจะใช้งาน Serial Interrupt ในการควบคุมการรับข้อมูลโดยมีบิต PS ภายในริจิสเตอร์ IP ในการเซ็ตระดับความสำคัญการใช้งาน Serial Interrupt การใช้งานอินเตอร์รัพต์ที่เกิดจากสัญญาณภายนอกนั้นจะมีบิต EA ภายในริจิสเตอร์ IE เป็นตัวควบคุมการใช้งาน

การทำงานของ Serial Interrupt นั้นเมื่อมีชุดข้อมูลเข้ามาทางขา RXD ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อชุดข้อมูลถูกนำไปเก็บไว้ในริจิสเตอร์ SBUF เป็นที่เรียบร้อยแล้ว (Stop Bit) CPU ก็จะถูกอินเตอรัพต์ ซึ่งตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำหลังจากถูกอินเตอร์รัพต์นั้นจะอยู่ที่ตำแหน่ง 0023H ของหน่วยความจำ ตัวอย่างโปรแกรมการรับข้อมูลผ่านทางพอร์ตสื่อสารข้อมูลอนุกรมโดยการใช้งาน Serial Interrupt แสดงในตัวอย่างโปรแกรมที่ 2

2.4 การสื่อสารผ่านทาง Serial Port ด้วย Visual Basic

การเขียนโปรแกรมสื่อสารผ่านทาง Serial Port ด้วย Visual Basic นั้น สิ่งที่ต้องเรียนรู้ประกอบไปด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ต้องมี MSComm Control ซึ่งก็จะมีอยู่แล้วเมื่อทำการติดตั้ง Visual Basic

2. กำหนด Custom Control MSCOMM.OCX โดยการเลือก MSCOMM.OCX จากเมนู Project -> Component -> ที่ Microsoft Comm Control 6.0 (โครงงานนี้ใช้ Visual Basic 6.0) จะได้ Control MSComm (รูปโทรศัพท์) ปรากฏในส่วนของ Toolbox

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำ Control MSComm ไปไว้ใน Form ที่ต้องการใช้งาน

4. กำหนด Properties ให้กับ Control เขียน Function ที่เกี่ยวข้องกับ MSComm

MSComm Control ใช้สำหรับการติดต่อกับ Serial Port เพื่อการส่งข้อมูลให้กับ Serial Port ซึ่งจะมีการติดต่อได้ 2 แบบ คือ

1. การสื่อสารแบบกระตุ้นด้วยเหตุการณ์ (Event-driven communication) หรือเป็นการเขียนโปรแกรมแบบกระตุ้นด้วยอินเตอร์รัพต์นั่นเอง โดยเมื่อมีข้อมูลเข้ามาก็จะเกิด CommEvent ขึ้นกับ Oncomm Events

2. การสื่อสารแบบพูลลิ่ง (Pooling) โดยการวนรอบตรวจสอบข้อมูลจาก Serial Port ตลอดเวลา

MSComm Control ประกอบไปด้วย Event และ Properties ดังต่อไปนี้

1. MSCOMM CONTROL EVENTS

MSComm Control จะมี Event เพียง Event เดียวเท่านั้นคือ OnComm Event ซึ่งประกอบไปด้วย CommEvent Property ต่อไปนี้

- เมื่อเกิดเหตุผิดพลาดในการสื่อสาร จะแสดงใน CommEvent Property ดังตารางที่ 2.6
- เมื่อเกิดสถานะการสื่อสารขึ้นตามสถานะการสื่อสารว่าเราได้กำหนดไว้อย่างไร ดังตารางที่ 2.7 ซึ่งถ้าหากเป็นการเขียนโปรแกรมติดต่อสื่อสารแบบธรรมดาก็จะใช้เพียงไม่กี่ CommEvent เท่านั้น เช่น CommEvReceive, CommEvSend ส่วนที่แสดงทั้งหมดก็ต่อเมื่อเราได้กำหนดให้มีเงื่อนไขมากขึ้นในการตรวจสอบสายสัญญาณ โดยเฉพาะการสื่อสารผ่านทางโมเด็ม

ตารางที่ 2.6 แสดง CommEvent Property เมื่อเกิดเหตุผิดพลาดในการสื่อสาร

CommEvent Property	**ความหมาย**
CommEventBreak	ได้รับสัญญาณเบรก
CommEventCDTO	เกิดการไทม์เอาต์ ขณะที่กำลังคอยสัญญาณ CD (Carrier Detect)
CommEventCTSTO	เกิดการไทม์เอาต์ ขณะที่กำลังคอยสัญญาณ CTS (Clear To Send)
CommEventDSRTO	เกิดการไทม์เอาต์ ขณะที่กำลังคอยสัญญาณ DSR (Data Set Ready)
CommEventFrame	เกิดความผิดพลาดทางเฟรม คือไม่พบบิตสิ้นสุดตามที่ควรจะเป็น
CommEventOverrun	เกิดความผิดพลาดโอเวอร์รัน คือการที่รับข้อมูลไม่ทันการประเมินผล
CommEventRxOver	บัฟเฟอร์รับข้อมูลเกิดโอเวอร์โฟลว์ คือรับตัวอักษรหลังจากการรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ComEvent Property	ความหมาย
	EOF Char
CommEventRxParity	การที่เกิดความผิดพลาดทางพาริตี้ คืออักษรที่รับได้มีพาริตี้ไม่ถูกต้อง
CommEventTxFull	บัฟเฟอร์ที่ส่งข้อมูลเต็ม
CommEventDCB	ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นโดยไม่ได้คาดถึง

ตารางที่ 2.7 แสดง CommEvent Property เมื่อเกิดสถานะการสื่อสารขึ้น

CommEvent Property	ความหมาย
ComEvCD	CD (Carrier Detect) เมื่อเปลี่ยนซึ่งคือสายของสัญญาณ Receive Line Signal Detect (RLSD)
ComEvCTS	CTS (Clear To Send) เมื่อมีการเปลี่ยนสถานะเกิดขึ้น
ComEvDSR	DSR (Data Set Ready) เมื่อมีการเปลี่ยนสถานะเกิดขึ้น
ComEvRing	เมื่อตรวจจับสัญญาณ Ring Indicator ได้
ComEvReceive	เมื่อได้รับข้อมูลเก็บลงใน InputBuffer
ComEvSend	เมื่อส่งข้อมูลออกจาก OutputBuffer
ComEvEof	เมื่อพบอักขระ EOF (End Of File)

2. MSCOMM CONTROL PROPERTY

MSComm Control Property ประกอบไปด้วย Property ดังตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 แสดง Property MSComm Control Property

Property	ความหมาย
Break	กำหนดหรือเคลียร์สัญญาณเบรก
CDHolding	ตรวจสอบสัญญาณ Carrier Detect ว่ายังคงมีสถานะอยู่หรือไม่
CDTimeout	กำหนดค่าหรือให้ค่าของเวลา (หน่วย มิลลิวินาที) ที่รอสัญญาณ Carrier Detect
CommEvent	จะให้ผลของการเกิด Event ของ Communication
CommID	จะให้ผลของการเฮดเดิลของ Communication ที่เปิดใช้อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Property	ความหมาย
CTSHolding	ตรวจสอบสัญญาณของ Clear To Send (CTS)ว่ายังคงมีสถานะอยู่หรือไม่
CTSTimeout	กำหนดค่าหรือให้ค่าของเวลา (หน่วย มิลลิวินาที) ที่รอสัญญาณ Clear To Send
DSRHolding	ตรวจสอบสัญญาณ Data Set Ready (DSR)
DSRTimeout	กำหนดค่าหรือให้ค่าของเวลา (หน่วย มิลลิวินาที) ที่รอสัญญาณ Data Set Ready
DSREnable	ให้อีนาเบิลสายของสัญญาณ Data Time Ready (DTR)
Handshaking	กำหนดการแฮนเช็คทางฮาร์ดแวร์ เพื่อคอยตรวจสอบการรับส่งข้อมูล
InBufferCount	ให้ค่าของจำนวนข้อมูลที่รออยู่ในบัฟเฟอร์รับข้อมูล
InBufferSize	กำหนดหรือให้ค่าขนาดของบัฟเฟอร์รับข้อมูล
Input	ให้ค่าหรือเคลื่อนย้ายข้อมูลจากบัฟเฟอร์รับข้อมูล
InputLen	กำหนดหรือให้ค่าของจำนวนข้อมูลที่นำมาจากบัฟเฟอร์รับข้อมูล
Interval	กำหนดอัตราความเร็วของการใช้งานในโหมดพูลลิ่ง
NullDiscard	กำหนดให้มีการรับ Null Character เก็บลงในบัฟเฟอร์รับข้อมูล
OutBufferCount	ให้ค่าของจำนวนข้อมูลที่รออยู่ในบัฟเฟอร์ส่งข้อมูล
OutBufferSize	กำหนดหรือให้ค่าขนาดของบัฟเฟอร์ส่งข้อมูล
Output	ส่งข้อมูลให้กับบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลเพื่อทำการส่งข้อมูลออก
ParityReplace	เป็นการกำหนดให้ส่งอักขระที่กำหนดนี้แทนหากเกิดการผิดพลาดในข้อมูล
PortOpen	เป็นการกำหนดหรือให้ค่าของสถานะพอร์ตว่าเปิดหรือปิดอยู่
Rthreshold	กำหนดหรือให้ค่าของจำนวนข้อมูลที่เก็บลงในบัฟเฟอร์รับข้อมูลก่อนการเกิด CommEvent ในการรับข้อมูล
RTSEnable	อีนาเบิลสัญญาณ Request To Send
Settings	กำหนดอัตราบอด พาริตี้ ข้อมูล บิตหยุด
Sthreshold	กำหนดหรือให้ค่าของจำนวนข้อมูลที่เก็บลงในบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลก่อนการเกิด CommEvent ในการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งสำคัญที่ต้องกำหนดเพื่อให้ MSCOMM Control ทำงานได้คือ

1. กำหนด ComPort โดยใช้ ComPort Property เช่น MSComm1.CommPort = 1 คือ กำหนดให้ใช้ Com1

2. กำหนด Setting โดยใช้ Setting Property เช่น MSComm1.Setting = " 9,600, N, 8, 1 " คือกำหนดให้ 9,600 bps, No Parity, 8 data, and 1 stop bit

3. กำหนด InputLen โดยใช้ InputLen Property เช่น MSCom1.InputLen = 0 คือการให้มีการอ่านข้อมูลทั้งหมดในบัฟเฟอร์เมื่อมีการใช้ Input Property

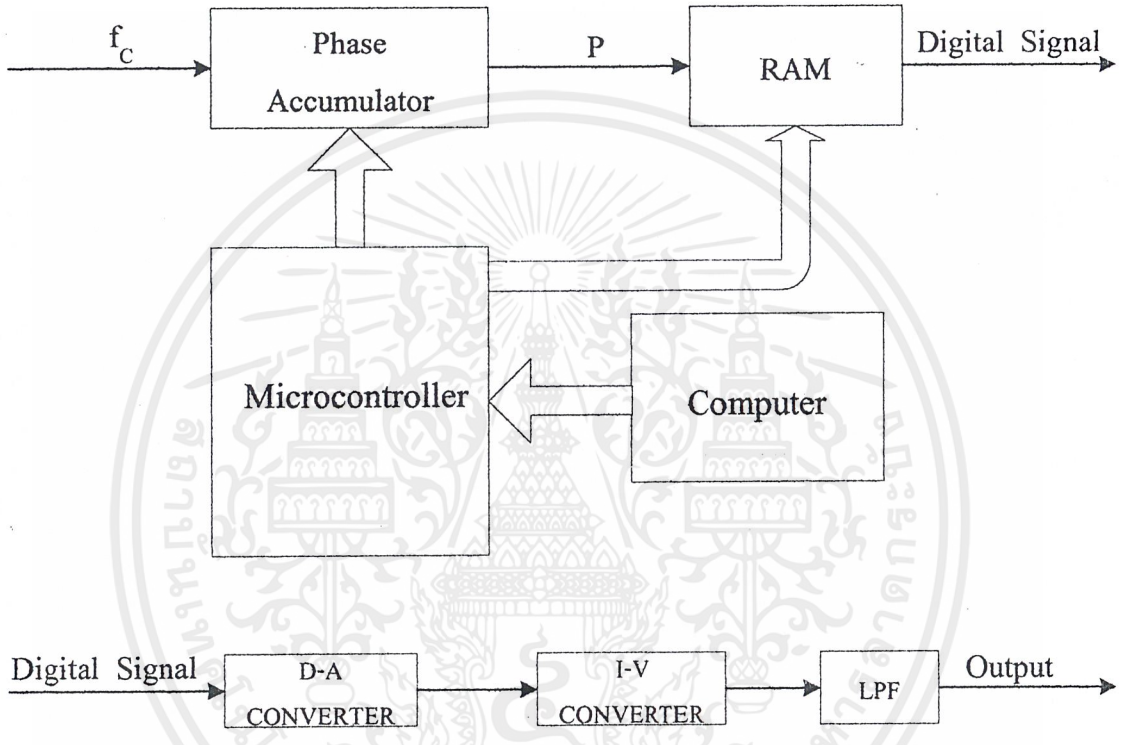
4. กำหนด PortOpen โดยใช้ PortOpen Property เช่น MSComm1.PortOpen = True เป็นการเปิดพอร์ตใช้งาน

5. กำหนด Rthreshold Property เมื่อต้องการใช้งาน Event – Driven เช่น MSComm1.Rthreshold = 1 ให้เกิด Event – Driven ทุกครั้งเมื่อมีข้อมูลในบัฟเฟอร์รับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การคำนวณและการสร้าง

3.1 การออกแบบ



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของวงจรกำเนิดสัญญาณแบบดิจิตอล

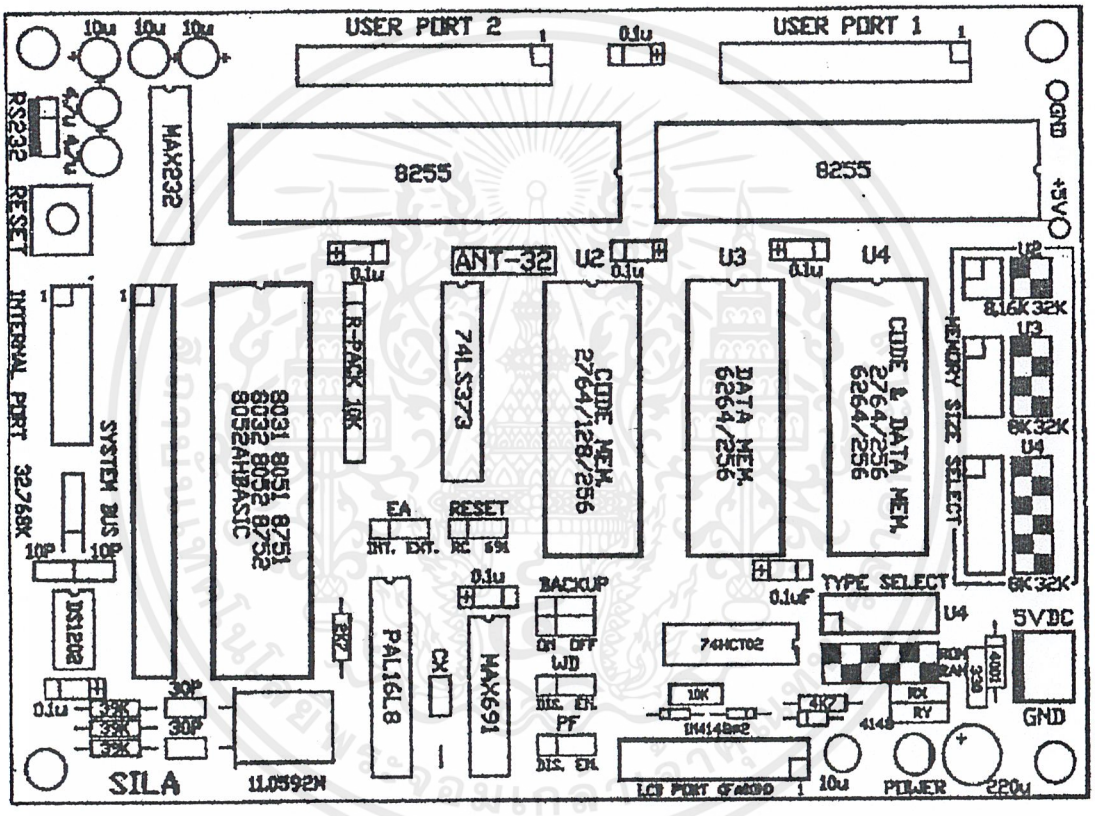
จากรูปที่ 3.1 บล็อกกลุ่มบนแสดงเฟสแอกคิวมูเลเตอร์ (Phase Accumulator) ซึ่งทำหน้าที่คำนวณหาค่าความถี่ที่กำหนดจากผู้ใช้ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ ควบคุมผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นผ่านมาสู่ RAM ซึ่งบล็อกนี้จะรับค่าที่คำนวณได้จากเฟสแอกคิวมูเลเตอร์และค่าจากการเลือกรูปสัญญาณมาเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยใช้ข้อมูลของสัญญาณรูปต่าง ๆ ที่ได้จากโปรแกรมการสุ่มค่า ที่เก็บไว้ใน RAM แล้ว จากนั้นสัญญาณดิจิตอลที่ได้ จะถูกส่งมายังบล็อกกลุ่มล่างเพื่อแปลงเป็นสัญญาณอนาล็อก ในส่วนของดีทูเอคอนเวอร์เตอร์ (D/A Converter) ค่าที่ได้ยังอยู่ในรูปของกระแสไฟฟ้า จึงต้องผ่านวงจรแปลงให้อยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้าเสียก่อน แล้วจึงส่งผ่านไปยังวงจร กรองความถี่ต่ำผ่าน เพื่อให้รูปสัญญาณสมบูรณ์ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พอร์ต I/O เบอร์ 8255 จำนวน 2 ตัว (48 บิต) สำหรับต่อเพื่อใช้งานกับอุปกรณ์ภายนอก, พอร์ต LCD สำหรับการต่อใช้งานกับ LCD แบบ DOT MATRIX

- วงจร SERIAL INTERFACE DRIVER RS232 เบอร์ MAX232 ต่อเข้ากับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

- วงจร RTC (Real Time Clock) เบอร์ DS1202



รูปที่ 3.3 แสดงภาพบอร์ด ANT-32 และตำแหน่งจัมพ์เปอร์

3.2.2 การประยุกต์ใช้งาน ANT-32 กับโครงงาน

จากคุณสมบัติของ ANT-32 ซึ่งใช้ไมโครคอนโทลเลอร์เบอร์ 8032 เป็นซีพียู ซึ่ง 8032 ไม่มีหน่วยความจำโปรแกรม (Program memory) อยู่ภายใน ดังนั้นเพื่อความสะดวก เราจึงเลือกใช้ ไมโครคอนโทลเลอร์เบอร์ 89C52 แทน ซึ่งมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 8k x 8 มาเป็นซีพียูเพื่อใช้ควบคุมการทำงานของ ANT-32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากไมโครคอนโทลเลอร์เบอร์ 89C52 มีหน่วยความจำข้อมูลภายในอยู่จำนวน 256 ไบต์ ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานจึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องใช้หน่วยความจำข้อมูลภายนอก

ในการเชื่อมต่อ ANT-32 กับวงจรจำเป็นต้องใช้พอร์ตภายนอกจำนวน 32 บิต แต่ 89C52 มีพอร์ตอินพุต/เอาท์พุตอยู่ 24 บิต ดังนั้นเพื่อเพิ่มพอร์ตภายนอกจึงใช้ไอซีเบอร์ 8255 จำนวน 2 ตัว เพิ่มเข้ามา

ในบอร์ด ANT-32 มีไอซีเบอร์ 8255 อยู่ 2 ตัว เพราะฉะนั้นจะมีพอร์ตอินพุท/เอาท์พุต จำนวน 24x2 = 48 บิต โดยแบ่งเป็น USER PORT 1 และ 2 ซึ่งมีตำแหน่งแอดเดรสและการทำงาน ดังนี้

USER PORT 1	แอดเดรส	F800H + 8255 offset addr	= actual addr
พอร์ต A	แอดเดรส	F800H + 00H	= F800H
พอร์ต B	แอดเดรส	F800H + 01H	= F801H
พอร์ต C	แอดเดรส	F800H + 02H	= F802H
โหมดพอร์ต	แอดเดรส	F800H + 03H	= F803H
USER PORT 2	แอดเดรส	FC00H + 8255 offset addr	= actual addr
พอร์ต A	แอดเดรส	FC00H + 00H	= FC00H
พอร์ต B	แอดเดรส	FC00H + 01H	= FC01H
พอร์ต C	แอดเดรส	FC00H + 02H	= FC02H
โหมดพอร์ต	แอดเดรส	FC00H + 03H	= FC03H

ทุกพอร์ตใน USER PORT 1 และ 2 ใช้เป็นเอาท์พุตพอร์ต โดยแบ่งการใช้งานพอร์ตต่างๆ ออกดังนี้

UP1A ใช้ส่งข้อมูลในการเขียนสัญญาณ (DATA : D0 – D7)

UP1B ใช้ส่งตำแหน่งในการเขียนสัญญาณ (ADDRESS : A0 – A7)

UP1C ใช้ส่งตำแหน่งในการเขียนสัญญาณ (ADDRESS : A8 – A10)

UP2A ใช้ส่งค่าความถี่ (DATA ADDER : DA0 – DA7)

UP2B ใช้ส่งค่าความถี่ (DATA ADDER : DA8 – DA9)

UP2C ใช้ส่งค่าเลือกรูปสัญญาณ (READ : R0 – R3 / WRITE : W0 – W3)

หมายเหตุ : สัญญาณ READ / WRITE SIGNAL จะใช้บิตที่ 7 ในพอร์ต UP1C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงเมโมรีแม็พ (Memory Map) ของ ANT–32

0000H	U2 (0000H-7FFFH) CODE PROGRAM EPROM 2764 27128 27256	U3 (0000H-7FFFH) DATA MEMORY RAM (backup) 6264 62256
8000H	U4 (8000H-F7FFH) CODE AND DATA MEMORY EPROM EEPROM RAM 2764 2864 6264 27256 28256 62256	
F800H	U10 (F800H-F9FFH) 8255 USER PORT 1	
FA00H	(FA00H-FBFFH) LCD PORT	
FC00H	U11 (FC00H-FDFFH) 8255 USER PORT 2	
FE00H	RESERVE	
FFFFH		

3.3 การทำงานของวงจร

จากวงจรที่แสดง เริ่มจากส่วนของเฟสแอกคิวมูเลเตอร์ เอาท์พุตจากแลตช์ (latch) 74LS374 จะถูกป้อนกลับมาเป็นอินพุต (input) ของฟูลแอดเดอร์ (Full Adder) 4 บิต 74LS283 โดยนำมาบวกกับค่าควบคุมความถี่ซึ่งส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ทางพอร์ต UP2A และ พอร์ต UP2B ผลบวกที่ได้จะถูกนำไปเก็บไว้ในแลตช์อีก แล้วเอาท์พุตของแลตช์จะวนไปเป็นอินพุตของฟูลแอดเดอร์เป็นรอบตามจังหวะของสัญญาณนาฬิกา 7.159 MHz (f_C) ซึ่งเป็นสัญญาณที่ได้จากการหารความถี่คริสตอล (X-Tal) 14.318 MHz โดยผ่าน D flip-flop 74LS74

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้เอาท์พุตจากแลตช์ยังถูกส่งไปเป็นอินพุตให้แก่ RAM DS1230 เพื่อเรียกข้อมูลที่เก็บไว้ในแอดเดรสนั้นออกมา สำหรับข้อมูลที่เก็บใน RAM มีขนาด 32 กิโลไบต์ (2^{15}) โดยแบ่งแอดเดรสออกเป็น 16 ส่วน ๆ ละ 2 กิโลไบต์ โดยแต่ละรูปคลื่นจะใช้แอดเดรสในการเก็บข้อมูล จำนวน 2 กิโลไบต์ (2^{11}) และมีสัญญาณเลือกรูปคลื่น 4 เส้นที่ส่งมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อกำหนดช่วงของแอดเดรสตามรูปคลื่นที่ต้องการ

ข้อมูลเอาท์พุตจาก RAM ที่ออกมาเป็นรอบตามจังหวะสัญญาณนาฬิกา (f_C) เป็นข้อมูลทางดิจิตอลจำนวน 8 บิต มีค่าระหว่าง 0-255 จะถูกส่งไปเก็บในแลตช์อีกครั้งเพื่อรอการส่งออกตามจังหวะสัญญาณนาฬิกา (f_C) แล้วจึงเข้าสู่ DAC 0800 ดีทูเอคอนเวอร์เตอร์

DAC0800 จะแปลงสัญญาณทางดิจิตอลเป็นอนาล็อก โดยมี V_{ref} จาก 7812 โวลเตจเรกกูเลเตอร์ (Voltage Regulator) ขนาด 12 โวลท์มาควบคุม และเนื่องจากสัญญาณที่ได้จาก DAC0800 ยังอยู่ในรูปของกระแส จึงต้องผ่าน LF353 โดยในส่วนแรกจะแปลงสัญญาณกระแสไปอยู่ในรูปของแรงดัน และในส่วนหลังทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์แรงดัน

การคำนวณค่าความถี่สูงสุดที่สามารถสร้างได้จากค่าอินพุตของเฟสแอกคิวมูเลเตอร์ จากไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมี 10 บิต และค่าข้อมูล 16 บิต ของเฟสแอกคิวมูเลเตอร์ คือ $2^{10} * f_C/2^{16} =$ 111.86 kHz ประมาณ 100 kHz

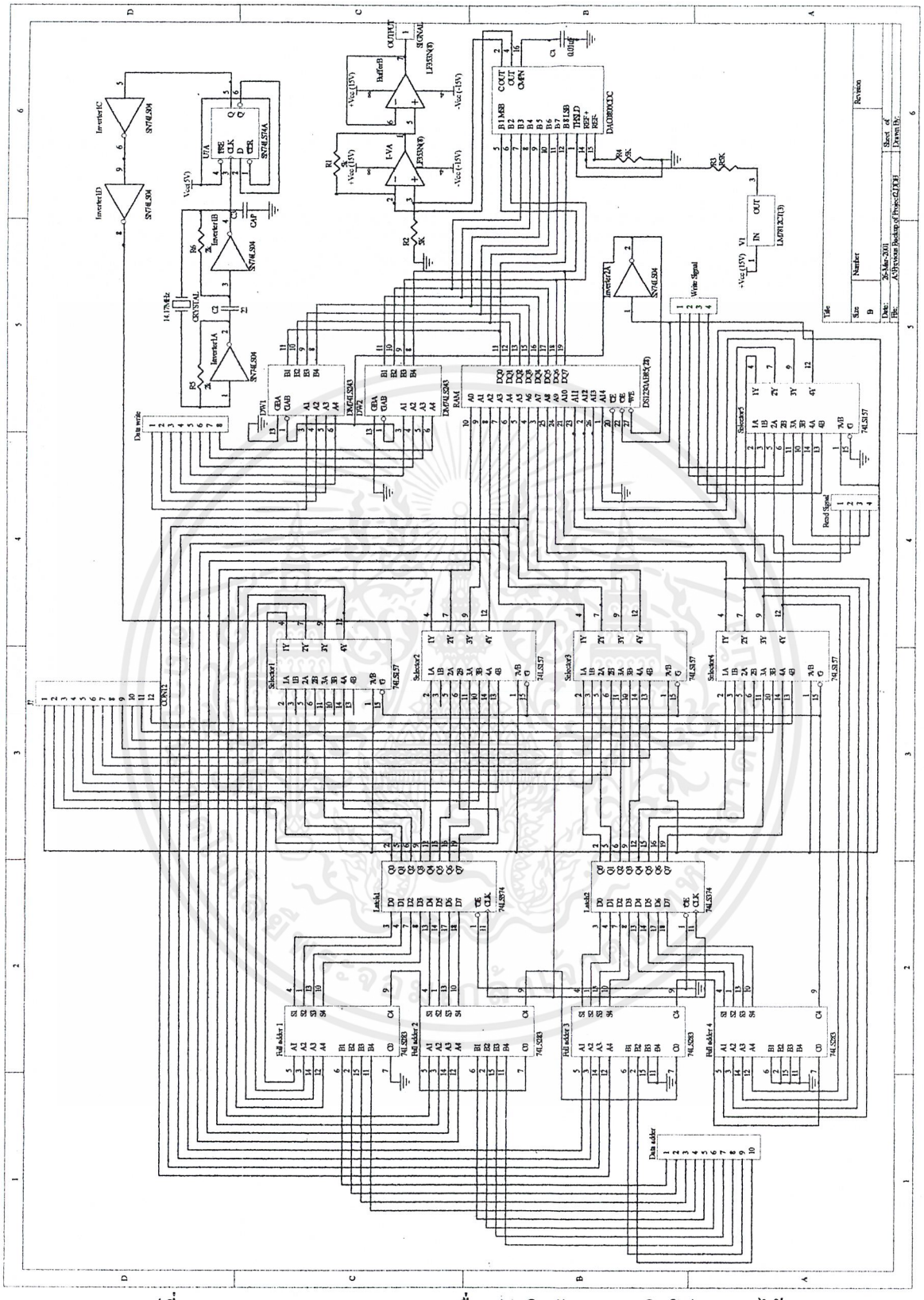
สัญญาณแรงดันเอาท์พุตที่ได้จาก LF353 จึงขึ้นอยู่กับค่าความถี่ที่ผู้ใช้กำหนด

3.4 การเก็บค่าของสัญญาณ

สามารถทำได้โดยการเขียนโปรแกรมซอฟต์แวร์ในเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการคำนวณค่าของสัญญาณ ณ ตำแหน่งที่สุ่ม (จำนวน 2*1024 ตำแหน่งใน 1 คาบ) จากนั้นเราก็จะทำการอินเตอร์เฟสเพื่อส่งข้อมูลที่ได้เหล่านี้ไปเก็บไว้ใน RAM ณ ช่วงของตำแหน่ง Address ที่เราต้องการ

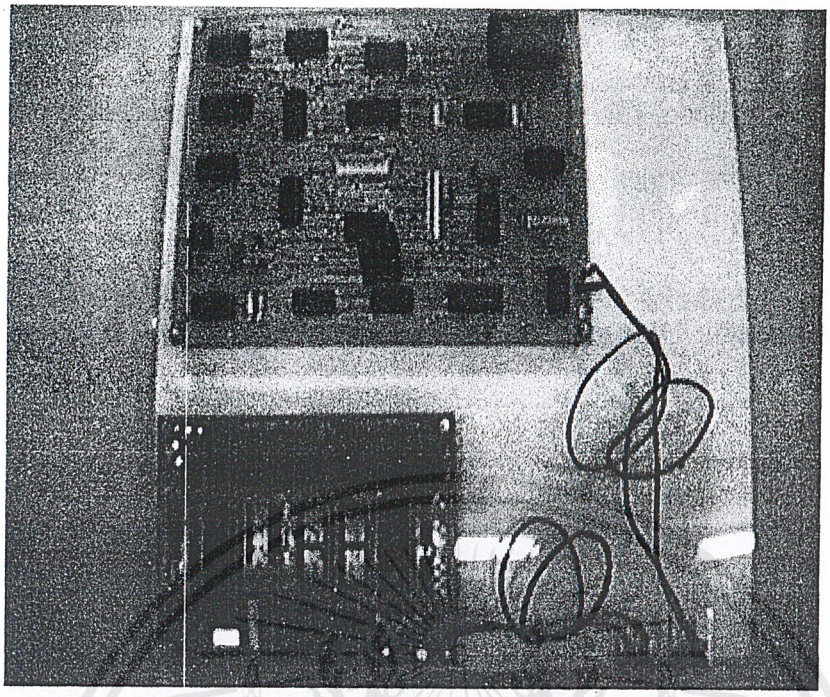
ทั้งนี้ซอฟต์แวร์ที่เขียนขึ้นในขั้นตอนนี้ จะขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้ของผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

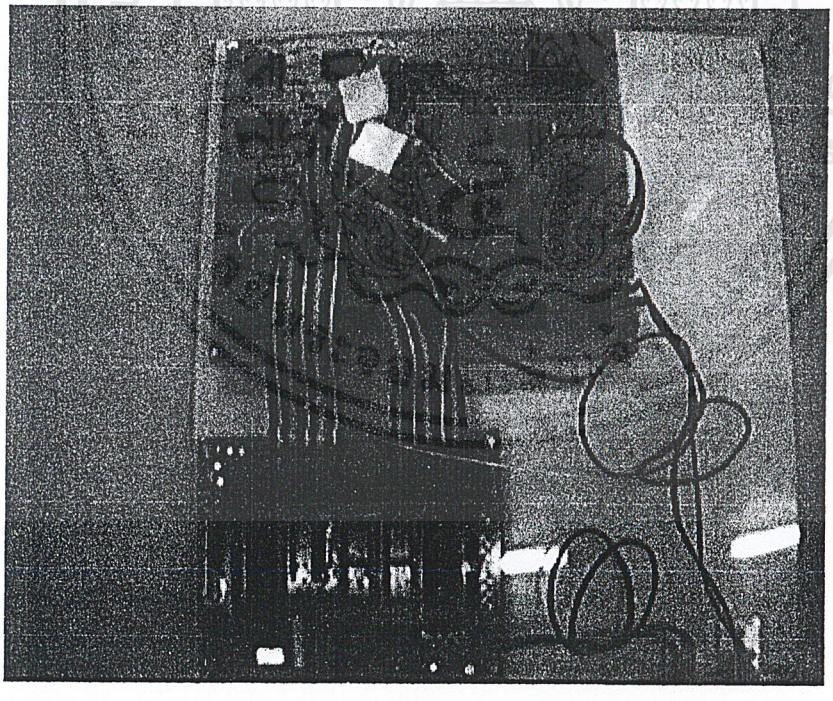


รูปที่ 3.4 แสดงภาพลายวงจรของเครื่องกำเนิดสัญญาณชนิดโปรแกรมได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงภาพถ่ายวงจรก่อนต่อกับบอร์ด ANT-32



รูปที่ 3.6 แสดงภาพถ่ายวงจรหลังต่อกับบอร์ด ANT-32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

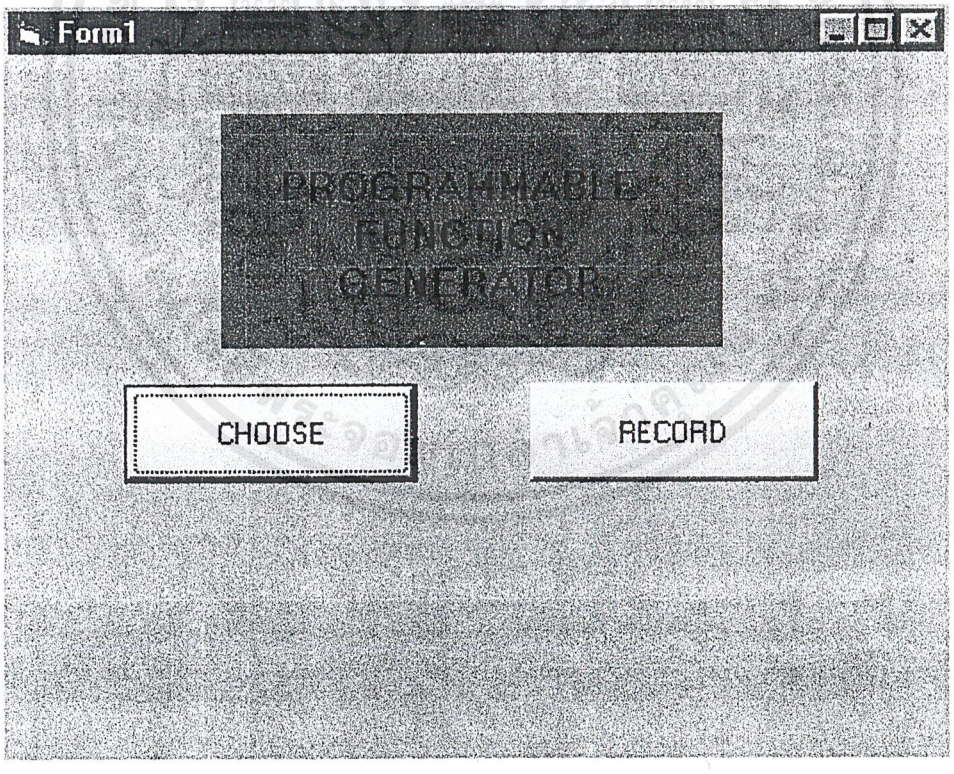
บทที่ 4
การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลอง

ในการเริ่มต้นใช้งาน " เครื่องกำเนิดสัญญาณชนิดโปรแกรมได้ " เราจะต้องทำการเชื่อมต่อวงจรเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่ออินเตอร์เฟสข้อมูลของสัญญาณที่ผู้ใช้เลือก และต่อกับออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) เพื่อวัดค่าสัญญาณเอาท์พุตที่ได้

ขั้นตอนในการทดลองมีดังต่อไปนี้

1. เปิดโปรแกรม Visual Basic ---→ เปิดไฟล์ GEN.vbp หน้าจอจะแสดงเมนูให้เลือกโหมดการทำงาน (CHOOSE / RECORD) ---→ คลิ้กเพื่อเลือกโหมดการทำงานว่าจะเลือกรูปสัญญาณ หรือจะบันทึกค่าสัญญาณ

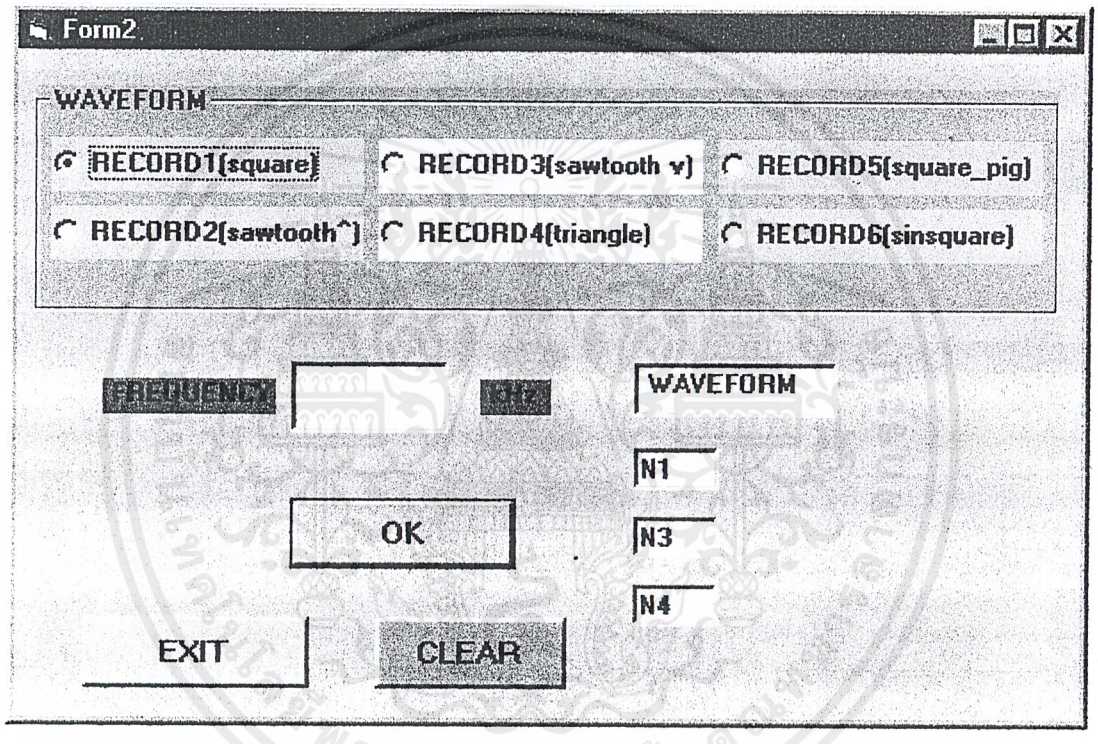


รูปที่ 4.1 ภาพแสดงเมนูเลือกโหมดการทำงาน (เลือกรูปสัญญาณหรือบันทึกค่าสัญญาณ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีเลือกโหมดการเลือกรูปสัญญาณ (CHOOSE)

- คลิ้กเลือกรูปสัญญาณ (CHOOSE)
- ระบุค่าความถี่ (1 kHz - 100 kHz)
- คลิ้กตกลง (ปุ่ม OK) เพื่อทำการอินเตอร์เฟสข้อมูล
- คลิ้กปุ่ม CLEAR เพื่อทำการเคลียร์ค่าข้อมูล



รูปที่ 4.2 ภาพแสดงเมนูสำหรับการเลือกรูปสัญญาณและการกำหนดความถี่

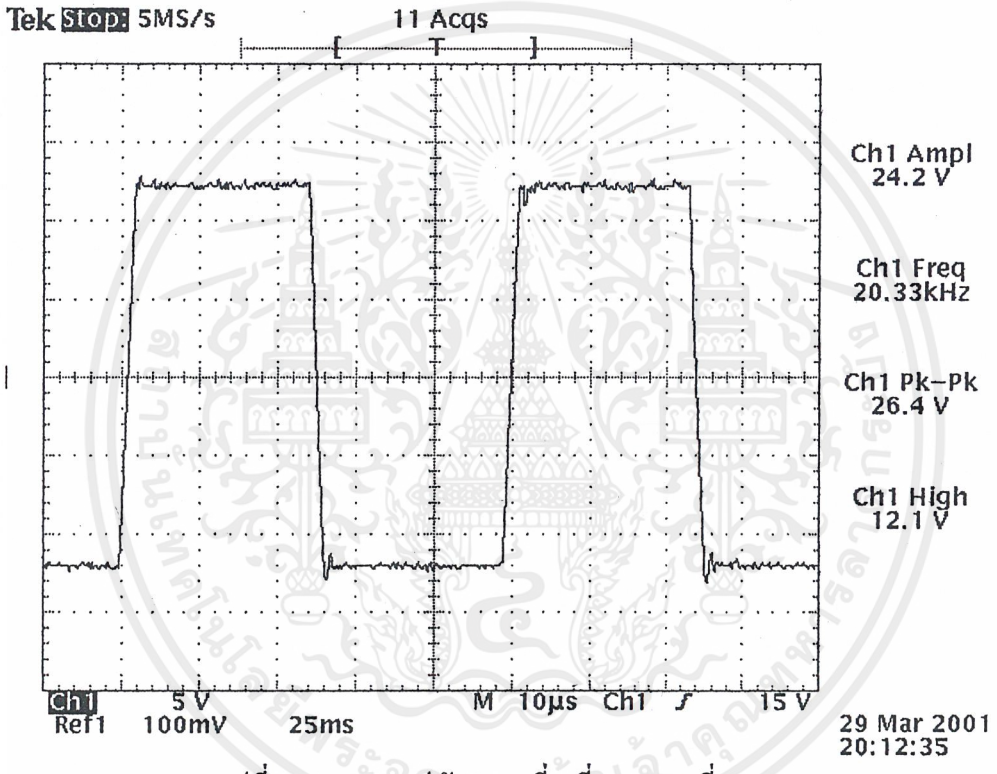
กรณีเลือกโหมดการบันทึกค่าสัญญาณ (RECORD)

- ระบุลำดับที่ที่จะเก็บค่าสัญญาณ (1 - 16)
- ทำการอินเตอร์เฟสส่งค่าสัญญาณ (ข้อมูลจำนวน 2 กิโลไบต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

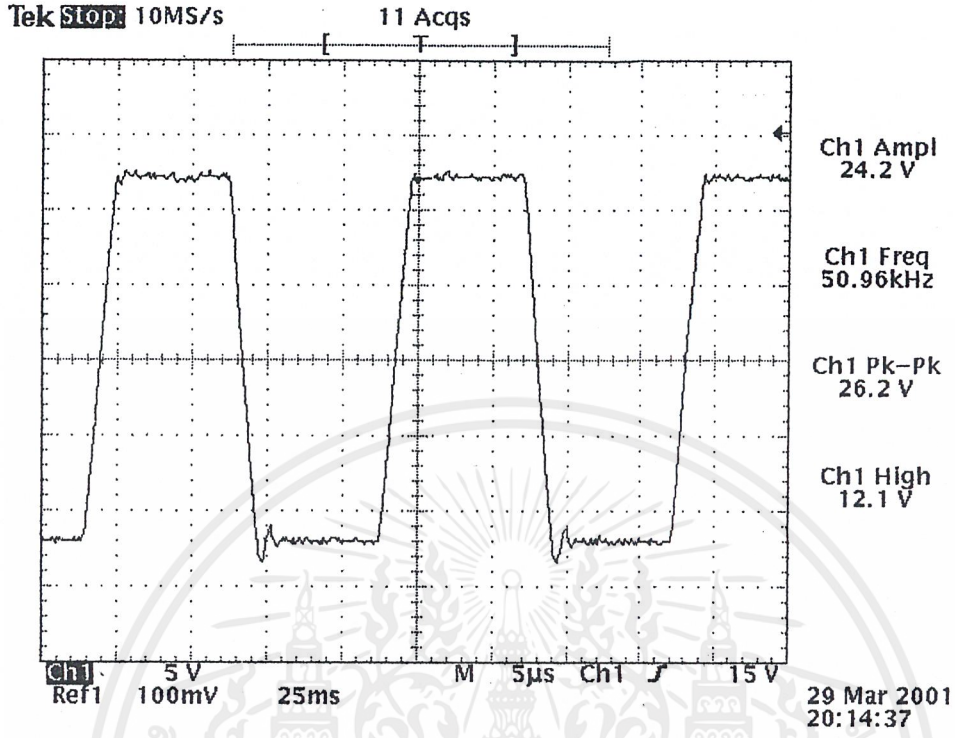
4.2 ผลการทดลอง

เมื่อเราทำการทดลองเขียนค่าสัญญาณต่าง ๆ ที่เราต้องการไปเก็บไว้ใน RAM แล้วทดลองเลือกรูปสัญญาณเหล่านั้นพร้อมทั้งกำหนดค่าความถี่ที่ต้องการ ก็จะได้ผลลัพธ์แสดงออกมาดังต่อไปนี้

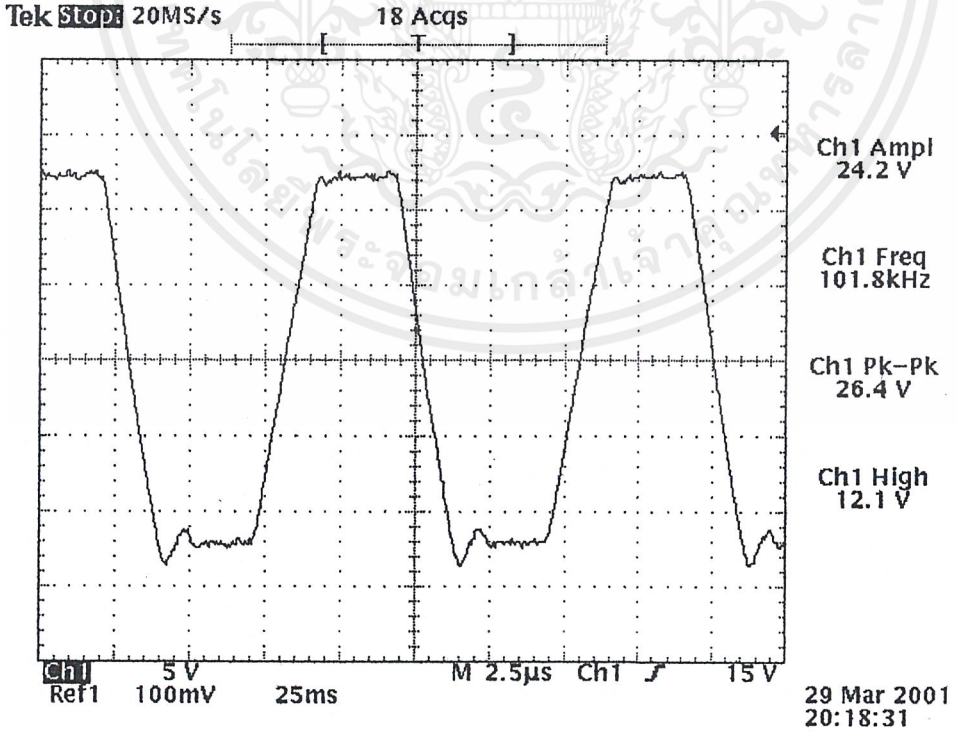


รูปที่ 4.3 แสดงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม ความถี่ 20 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

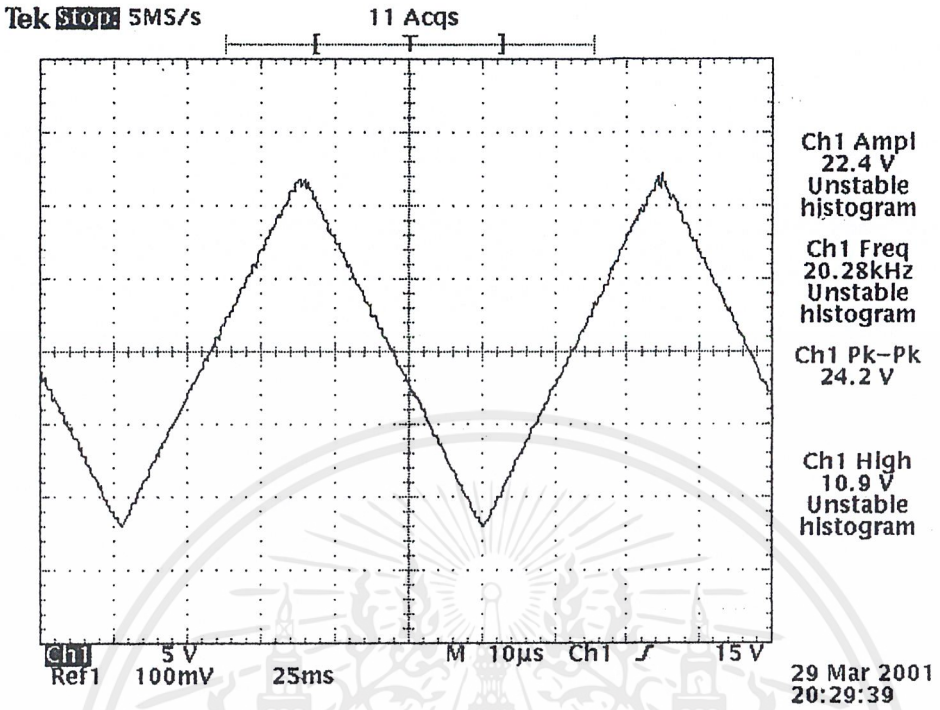


รูปที่ 4.4 แสดงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม ความถี่ 50 kHz

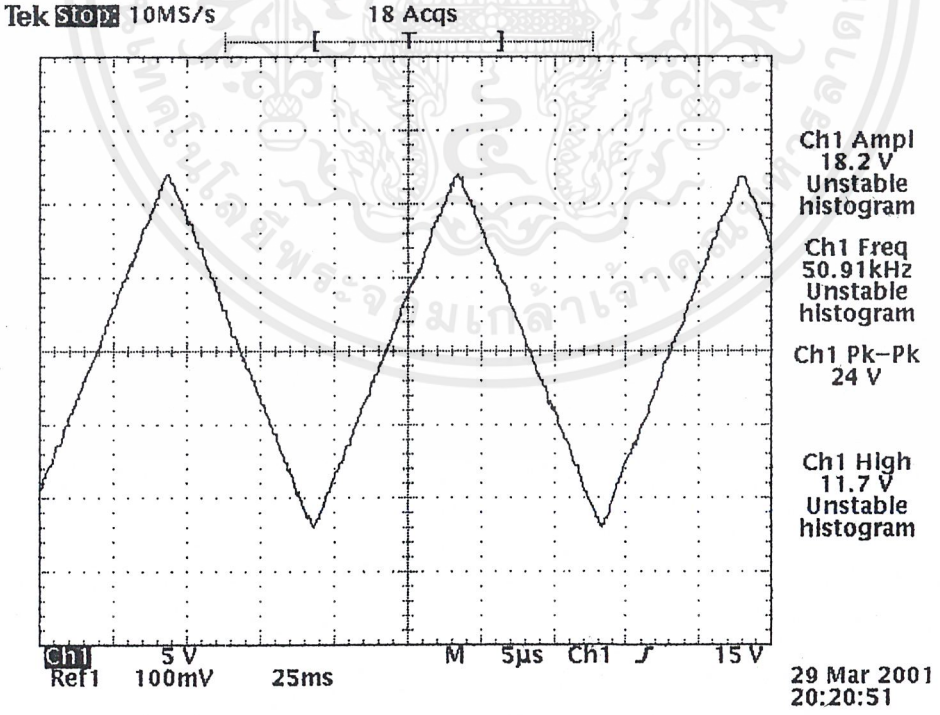


รูปที่ 4.5 แสดงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม ความถี่ 100 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

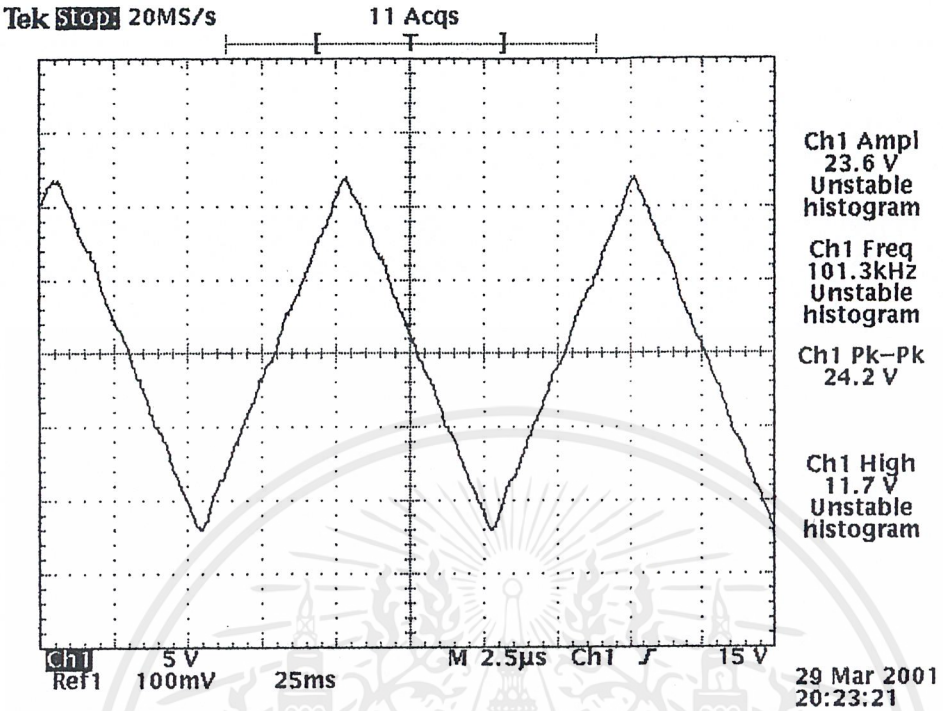


รูปที่ 4.6 แสดงรูปสัญญาณสามเหลี่ยม ความถี่ 20 kHz

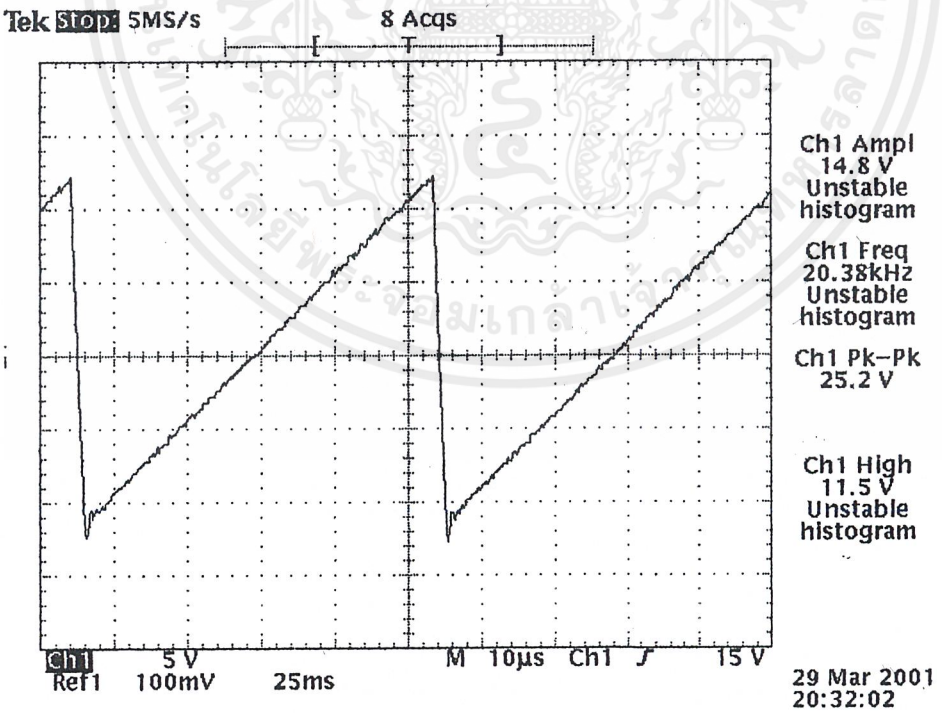


รูปที่ 4.7 แสดงรูปสัญญาณสามเหลี่ยม ความถี่ 50 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

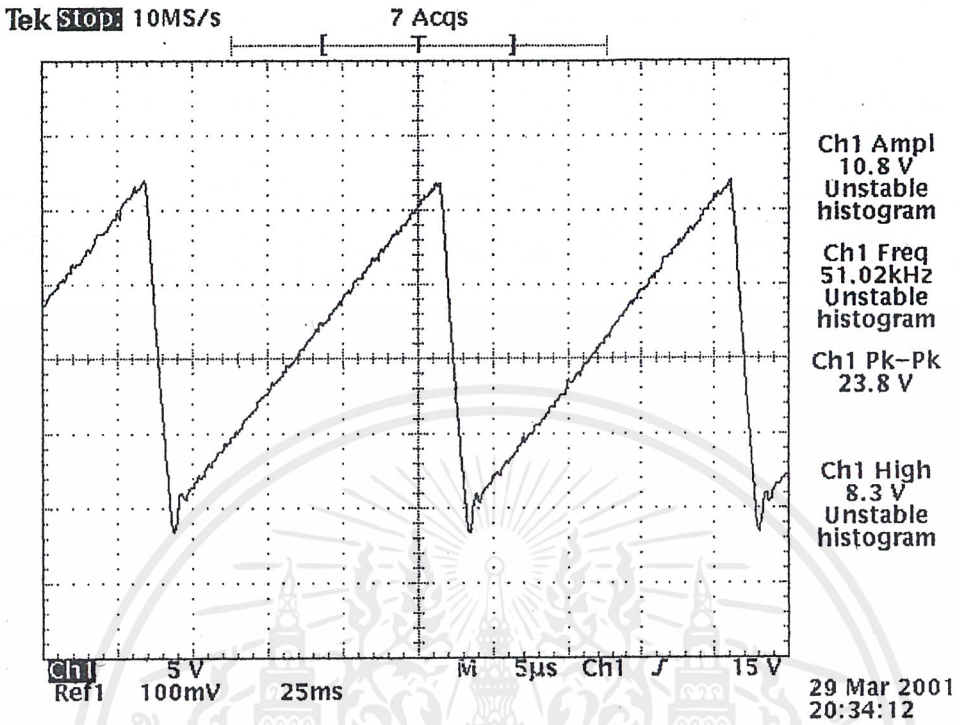


รูปที่ 4.8 แสดงรูปสัญญาณสามเหลี่ยม ความถี่ 100 kHz

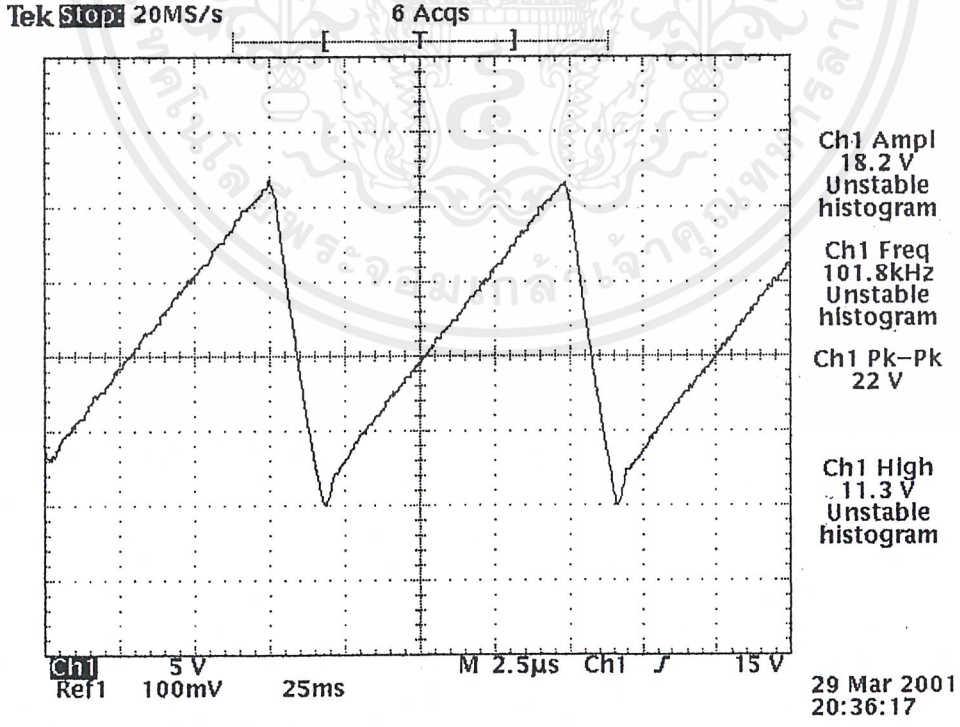


รูปที่ 4.9 แสดงรูปสัญญาณฟันเลื่อย (ขึ้น) ความถี่ 20 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

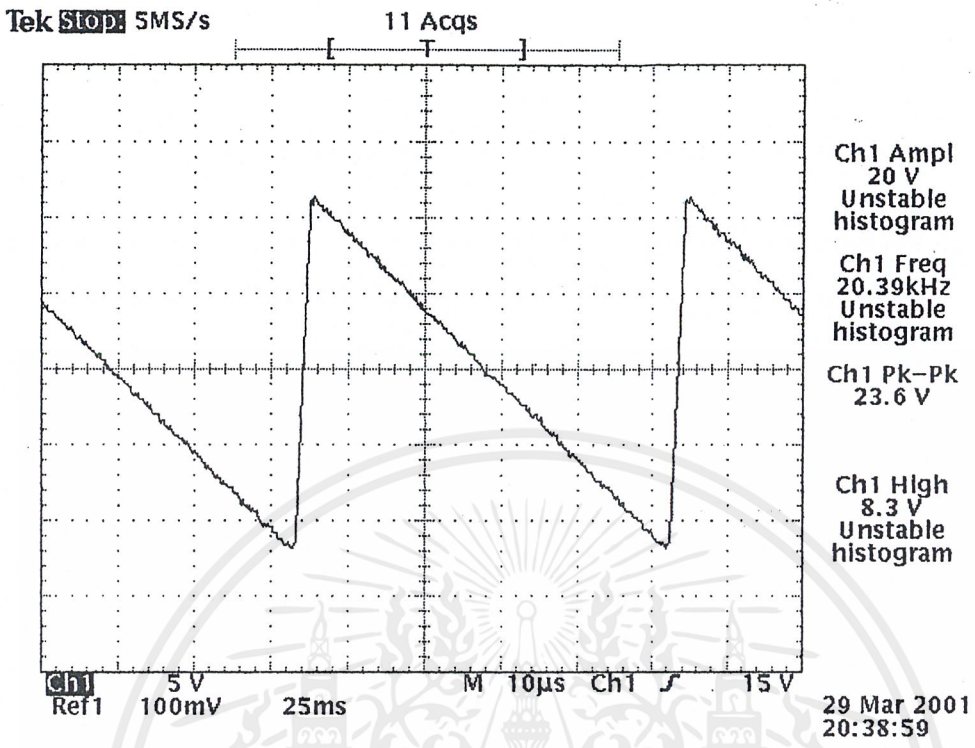


รูปที่ 4.10 แสดงรูปสัญญาณฟันเลื่อย (ขึ้น) ความถี่ 50 kHz

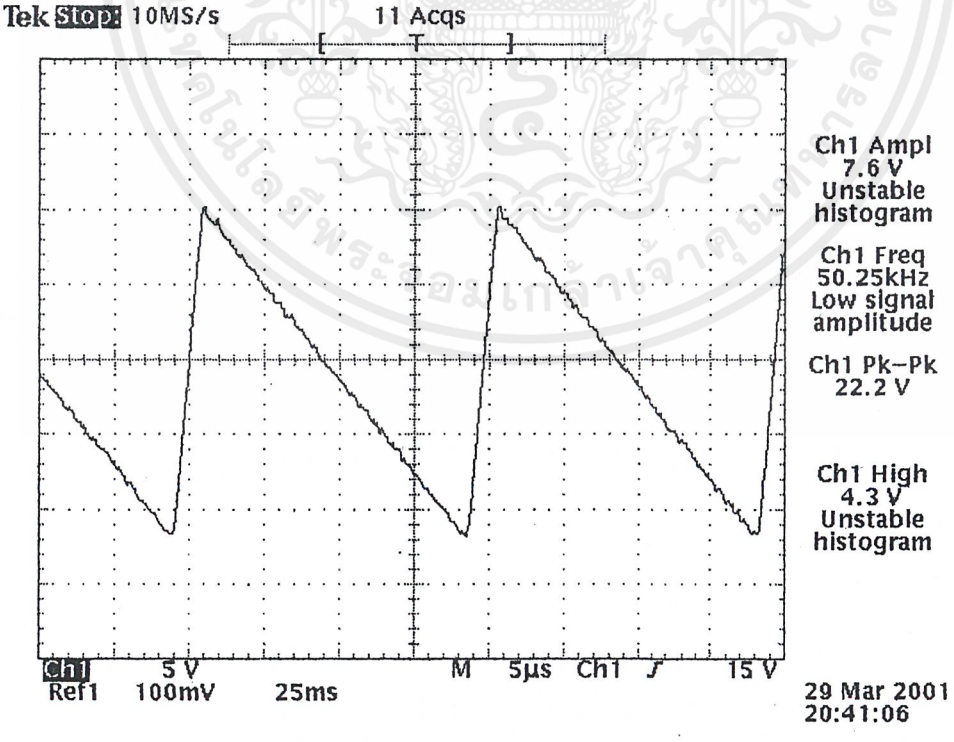


รูปที่ 4.11 แสดงรูปสัญญาณฟันเลื่อย (ขึ้น) ความถี่ 100 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

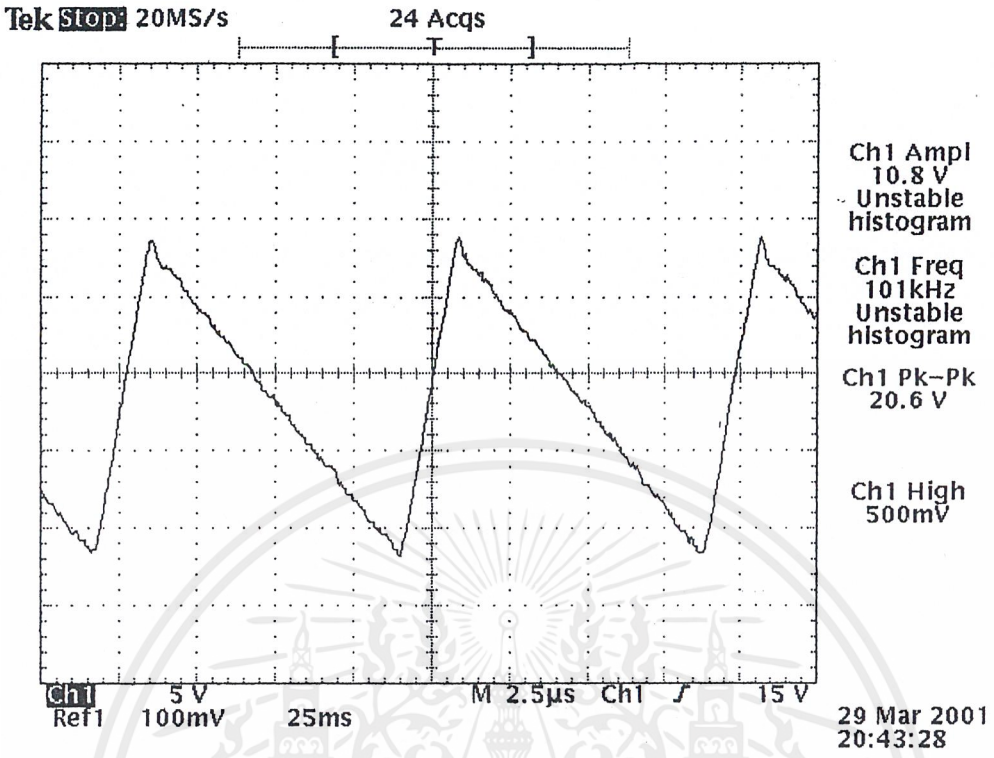


รูปที่ 4.12 แสดงรูปสัญญาณฟันเลื่อย (ลง) ความถี่ 20 kHz

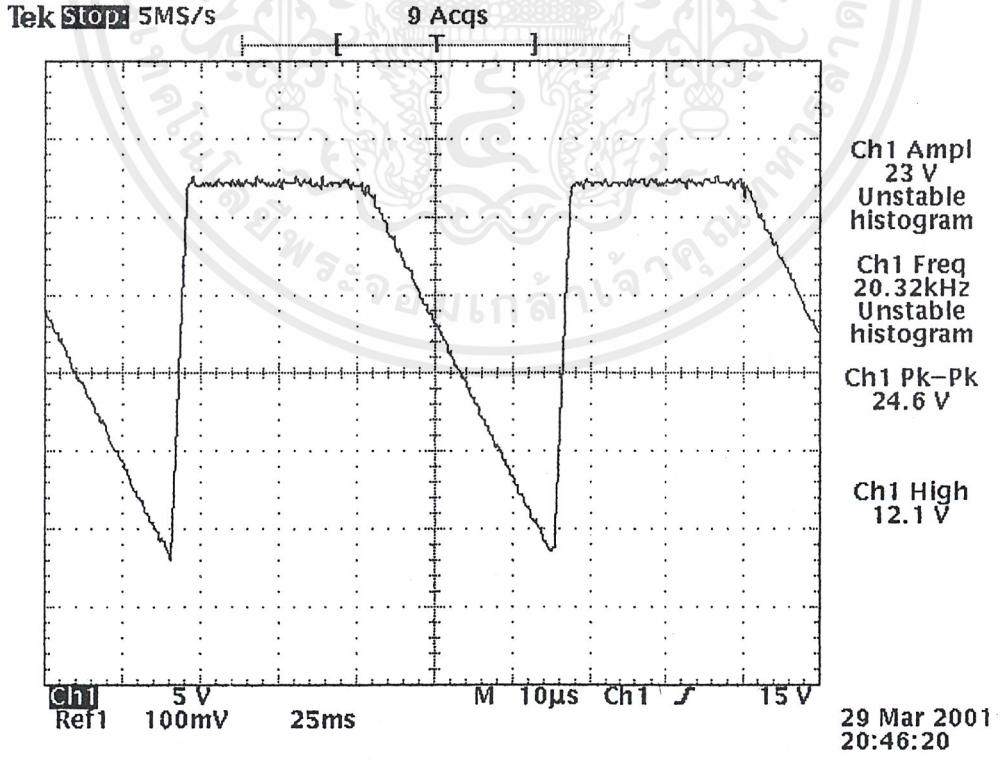


รูปที่ 4.13 แสดงรูปสัญญาณฟันเลื่อย (ลง) ความถี่ 50 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

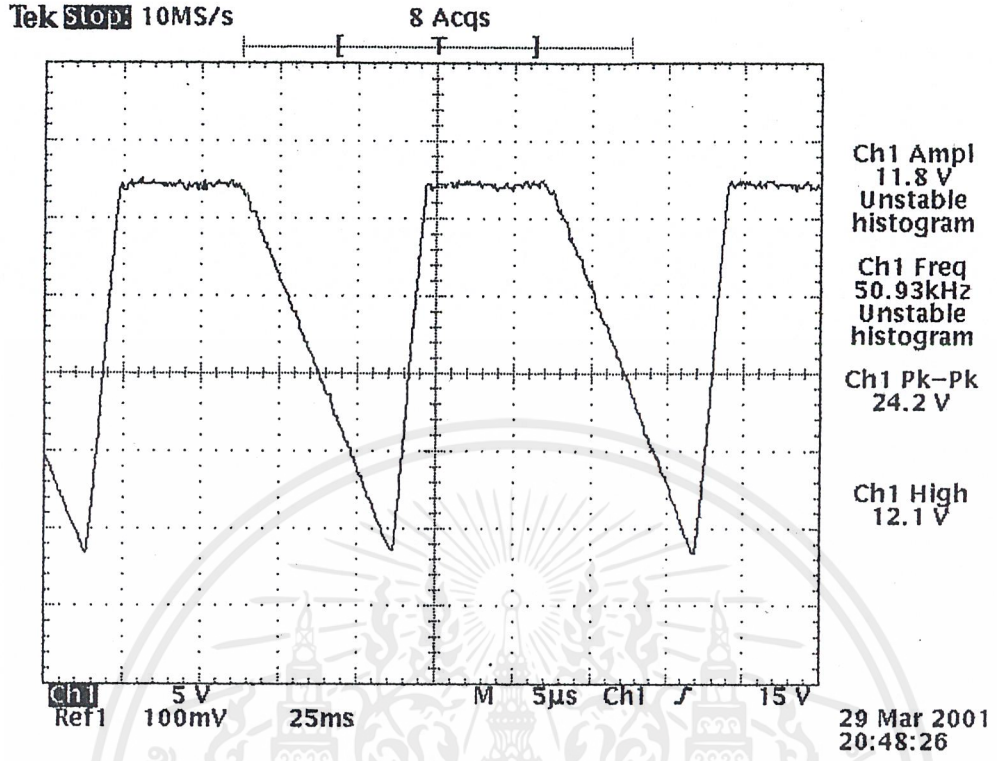


รูปที่ 4.14 แสดงรูปสัญญาณฟันเลื่อย (ลง) ความถี่ 100 kHz

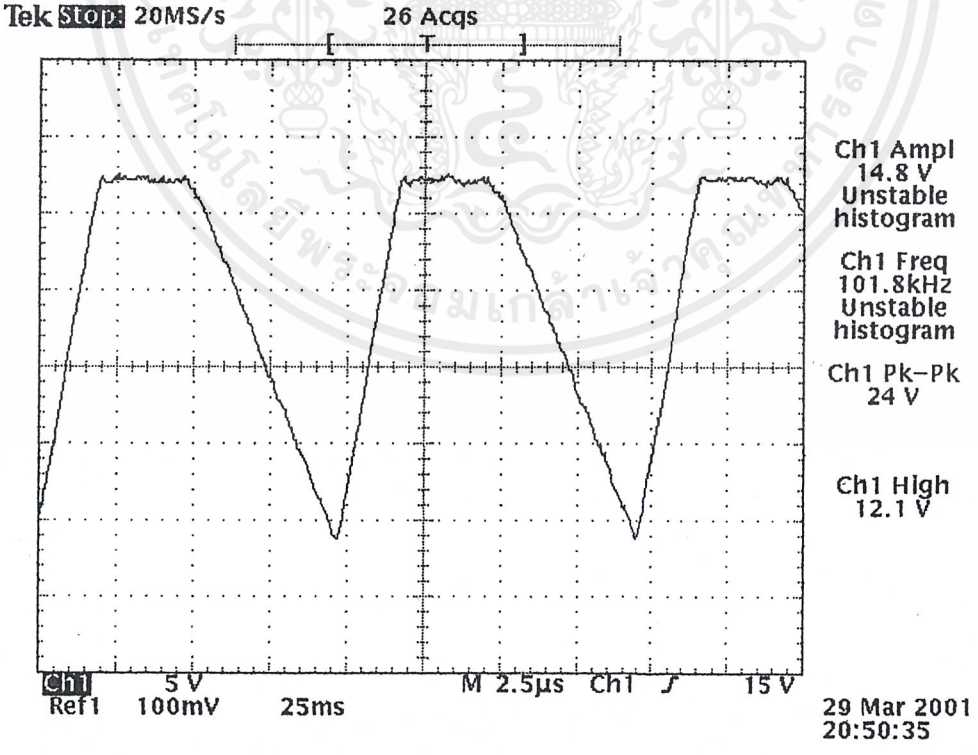


รูปที่ 4.15 แสดงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยมคางหมู ความถี่ 20 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

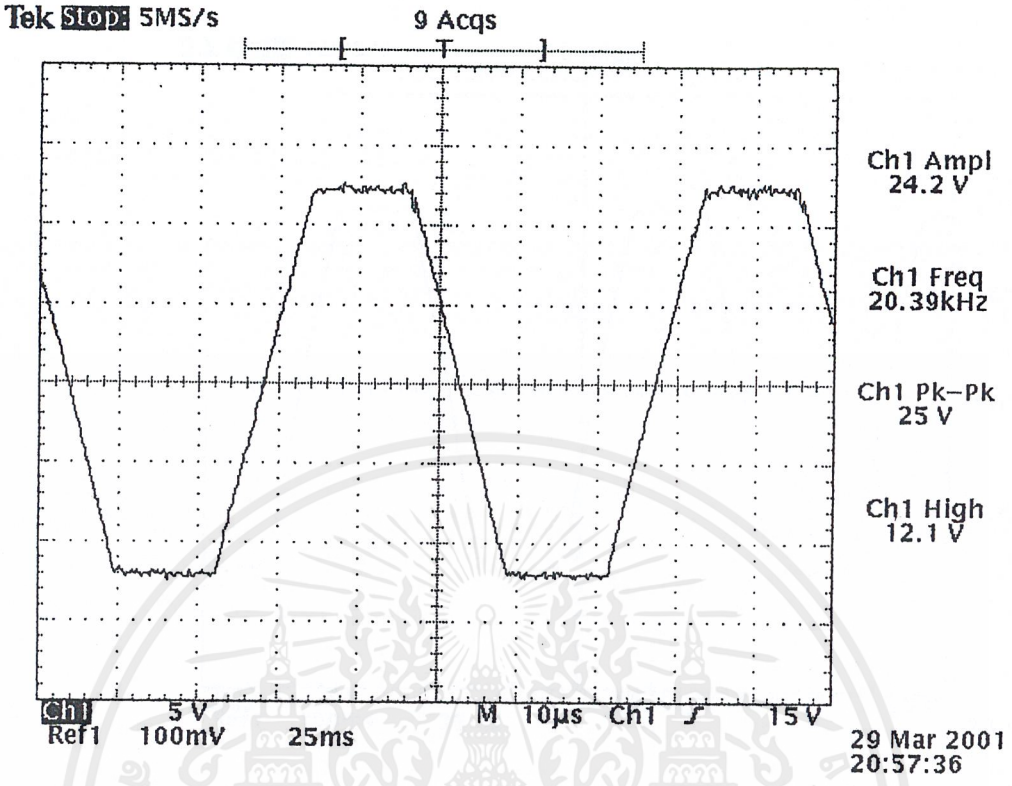


รูปที่ 4.16 แสดงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยมคางหมู ความถี่ 50 kHz

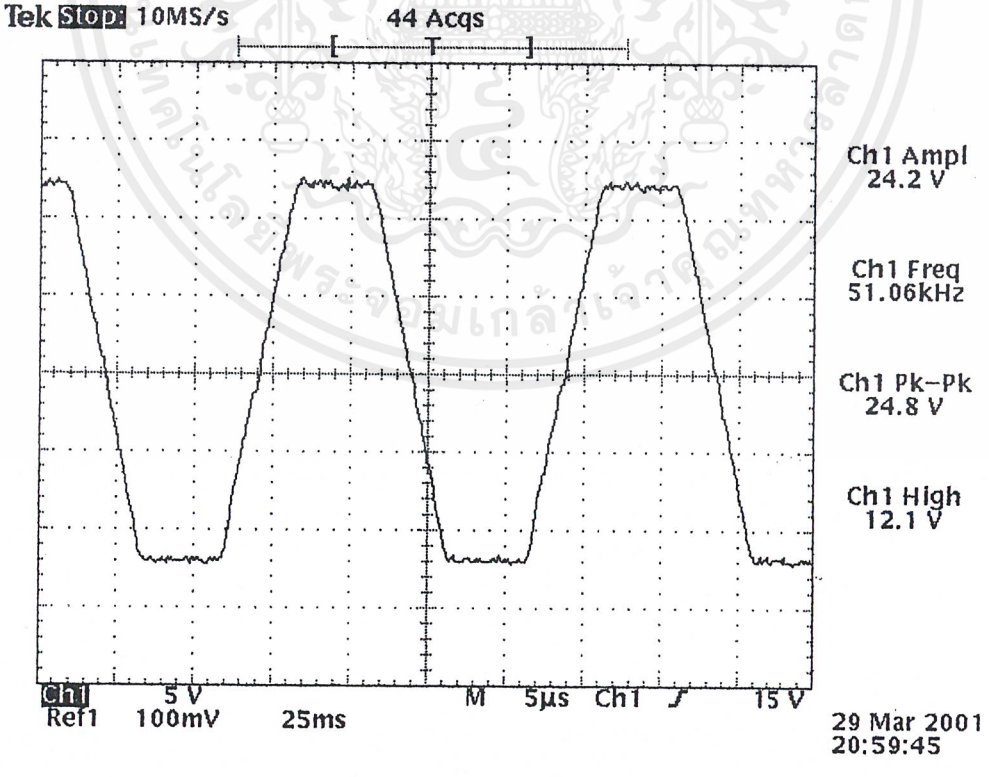


รูปที่ 4.17 แสดงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยมคางหมู ความถี่ 100 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 แสดงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม (ซายน์) ความถี่ 20 kHz



รูปที่ 4.19 แสดงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม (ซายน์) ความถี่ 50 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลและวิจารณ์

5.1 สรุปผล

จากการทดลอง พบว่า “เครื่องกำเนิดสัญญาณชนิดโปรแกรมได้” นี้ มีความสามารถในการอินเตอร์เฟสรับคำสั่งควบคุมการเก็บค่า และกำเนิดสัญญาณรูปแบบต่าง ๆ โดยสามารถทำงานได้ดีในช่วงความถี่ตั้งแต่ 20 kHz ถึง 100 kHz

5.2 วิจารณ์

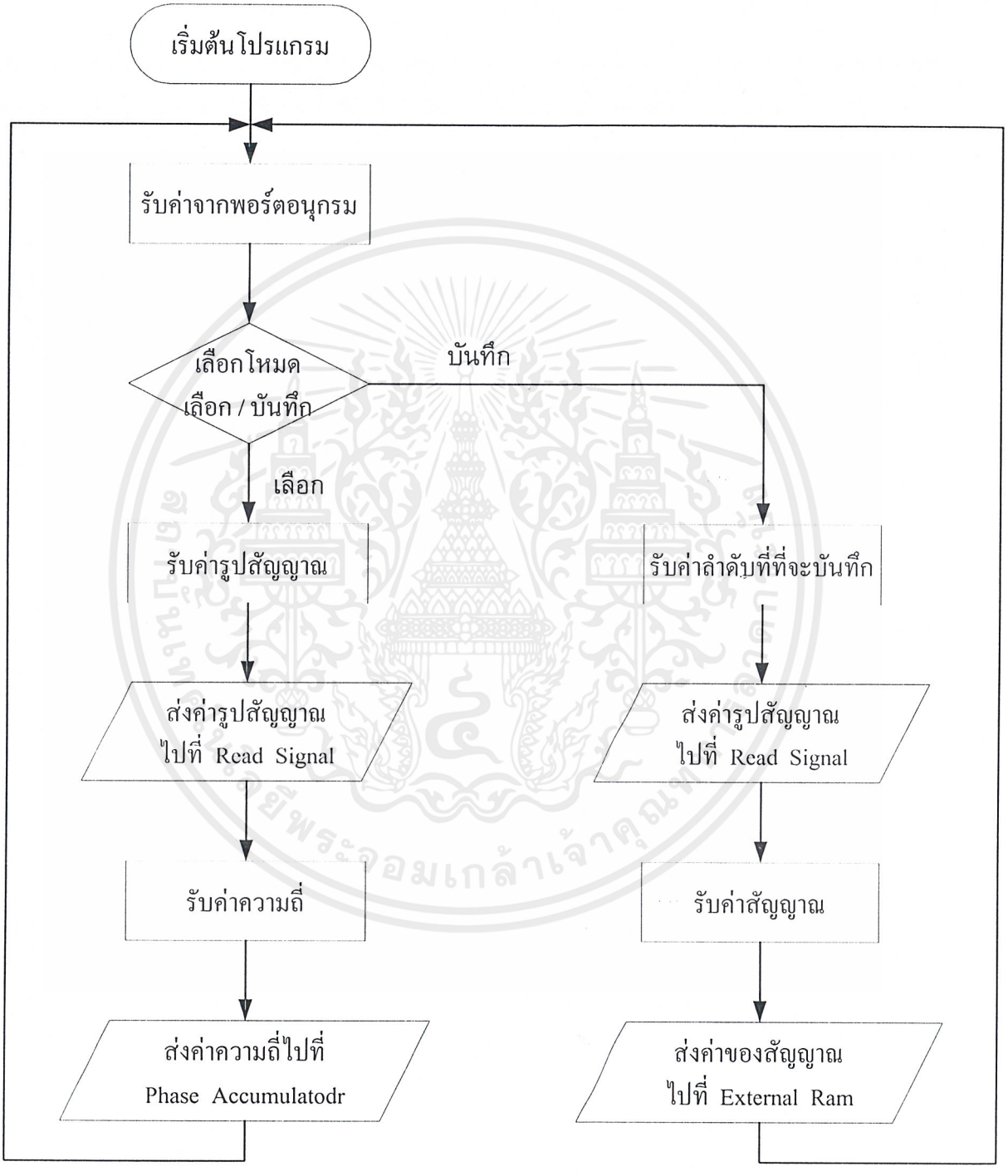
- วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาที่จ่ายให้กับ Phase Accumulator ควรจะใช้วงจรที่สามารถเปลี่ยนความถี่ได้ เพื่อให้ความถี่เอาท์พุตที่ได้ มีช่วงการใช้งานกว้างและแม่นยำยิ่งขึ้น
- โปรแกรมภาษาที่ใช้ในการอินเตอร์เฟส สามารถเปลี่ยนไปใช้ภาษาชนิดอื่นได้
- ในการนำไปใช้งานจริง ควรทำการต่อเอาท์พุตที่ได้กับวงจร LPF และวงจรขยายสัญญาณเพื่อให้ค่าสัญญาณมีความผิดพลาดน้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมภาษาวิชวลเบสิคที่ใช้อินเตอร์เฟสควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์

```
Option Explicit
Dim buffer
Dim F0
Dim N
Dim N0
Dim N1
Dim N2
Dim N3
Dim N4
Private Sub Command1_Click()
If Option1.Value Then
   buffer = 0
ElseIf Option2.Value Then
   buffer = 1
ElseIf Option3.Value Then
   buffer = 2
ElseIf Option4.Value Then
   buffer = 3
ElseIf Option5.Value Then
   buffer = 4
ElseIf Option6.Value Then
   buffer = 5
End If


F0 = 1000 * Val(Text1.Text)
N = F0 * (2 ^ 16) / (7 * 10 ^ 6)
N0 = Round(N - 0.5, 0)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
N1 = Round(N0 / 256 - 0.5, 0)
N2 = N0 - (N1 * 256)
N3 = Round(N2 / 16 - 0.5, 0)
N4 = N2 - (N3 * 16)

Text5.Text = buffer
Text2.Text = N1
Text3.Text = N3
Text4.Text = N4
MSComm1.PortOpen = True
If MSComm1.PortOpen Then
   MSComm1.Output = Chr$(16) & Chr$(buffer) & Chr$(N1) & Chr$(N3) & Chr$(N4)
End If
MSComm1.PortOpen = False

End Sub

Private Sub Command2_Click()
End
End Sub

Private Sub Command3_Click()
Text1.Text = " "
Text2.Text = " "
Text3.Text = " "
Text4.Text = " "
Text5.Text = " "
End Sub

Private Sub Form_Load()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MSComm1.Settings = "9600,n,8,1"
MSComm1.CommPort = 1
MSComm1.InputLen = 1
MSComm1.RThreshold = 1
End Sub
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุม " เครื่องกำเนิดสัญญาณชนิดโปรแกรมได้ "

```
        ORG 0000H
;       VARIABLE SET
;       ** USER PORT 1 **
UP1A    EQU   0F800H ; PORT A
UP1B    EQU   0F801H ; PORT B
UP1C    EQU   0F802H ; PORT C
UP1P    EQU   0F803H ; MODE PORT
;       ** USER PORT 2 **
UP2A    EQU   0FC00H ; PORT A
UP2B    EQU   0FC01H ; PORT B
UP2C    EQU   0FC02H ; PORT C
UP2P    EQU   0FC03H ; MODE PORT

TTLIO: MOV    A,#80H          ; SET CONTROL CODE
        MOV   DPTR,#UP1P    ; USER PORT 1A
        MOVX        @DPTR,A       ; P1A P1B P1C = OUTPUT
        MOV   DPTR,#UP2P    ; USER PORT 2A
        MOVX @DPTR,A        ; P2A P2B P2C = OUTPUT

;       ** SET SERIAL PORT **

        MOV   PCON,#00H     ; SMOD = 0
        MOV   TMOD,#20H     ; TIMER 1 MODE 2
        MOV   TH1,#0FDH     ; 9,600 BORD
        MOV   SCON,#50H     ; SERIAL MODE 1 REN = 1
        SETB  TR1           ; SET BIT TR1

;       ** START PROGRAM **
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
WAIT:  JNB    RI,WAIT          ; WAIT FOR RECEIVE
       CLR    RI               ; CLEAR RI
       MOV    A,SBUF           ; MOVE SBUF TO A
       CJNE   A,#10H,WAIT1     ; COMPARE A WITH 10H      (16)
       SJMP   READ             ; IF A = 0FH CONTINOU

WAIT1:CJNE    A,#0FH,WAIT2 ; COMPARE A WITH 0FH      (15)
       SJMP   REC             ; IF A = 0FH CONTINOU

       SJMP   WAIT            ; JUMP TO WAIT AGAIN

;      ** READ LOOP **

READ:  MOV    A,#00H           ; A = 00H
       MOV    R0,A             ; MOVE A TO R0
       MOV    DPTR,#UP1C       ; MOVE UP1C TO DPTR
       MOVX   @DPTR,A          ; SENT A TO UP1C
       MOV    DPTR,#UP1A       ; CLEAR UP1A
       MOVX   @DPTR,A          ; UP1A = 00H

SIGNAL: JNB   RI,SIGNAL        ; WAIT FOR RECEIVE
       CLR    RI               ; CLEAR RI
       MOV    A,SBUF                  ; MOVE SBUF TO A
       MOV    R1,A             ; R1 = A          < SIGNAL >
       MOV    DPTR,#UP2C       ; MOVE UP1A TO DPTR
       MOVX   @DPTR,A                 ; SENT A TO UP2C

FREQ1:JNB     RI,FREQ1                ; WAIT FOR RECEIVE
       CLR    RI               ; CLEAR RI
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   A,SBUF              ; MOVE SBUF TO A
        MOV   DPTR,#UP2B    ; MOVE UP2B TO DPTR
        MOVX @DPTR,A              ; SENT A TO UP2B

FREQ2:JNB     RI,FREQ2            ; WAIT FOR RECEIVE
        CLR   RI              ; CLEAR RI
        MOV   A,SBUF              ; MOVE SBUF TO A
        SWAP  A               ; CHANGE LO BIT TO HI BIT
        MOV   R2,A            ; MOVE A TO R2

FREQ3:JNB     RI,FREQ3            ; WAIT FOR RECEIVE
        CLR   RI              ; CLEAR RI
        MOV   A,SBUF              ; MOVE SBUF TO A
        ADD   A,R2            ; ADD A & R2 ==> A
        MOV   DPTR,#UP2A    ; MOVE UP2A TO DPTR
        MOVX @DPTR,A              ; SENT A TO UP2A
        MOV   A,#0FH          ; A = OFH
        MOV   DPTR,#UP1B    ; SENT TO UP1B
        MOVX @DPTR,A              ; SENT 0FH TO UP1B
        SJMP  WAIT            ; JUMP TO WAIT


;       ***** RECORD *****
;

REC:  JNB     RI,START            ; WAIT FOR RECEIVE  < START ADDRESS >
        CLR   RI              ; CLEAR RI
        MOV   A,SBUF              ; MOVE SBUF TO A
        MOV   0F0H,#08H       ; B = 8H
        MUL   AB              ; A = A*B ==> START ADDRESS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   083H,A        ; DPH = < START ADDRESS >
        ADD   A,#08H        ; ADD 08H TO A
        MOV   R3,A          ; R3 = A  ==> END OF ADDRESS
        MOV   082H,#00H     ; DPL = 0
        MOV   04H,#083H     ; R4 = ADDRESS OF DPH

DATA1:  JNB   RI,DATA1      ; WAIT FOR RECEIVE < DATA >
        CLR   RI            ; CLEAR RI
        MOV   A,SBUF        ; MOVE SBUF TO A
        SWAP  A             ; SENT TO HI BIT
        MOV   R6,A          ; MOVE A TO R6

DATA2:  JNB   RI,DATA2      ; WAIT FOR RECEIVE < DATA >
        CLR   RI            ; CLEAR RI
        MOV   A,SBUF        ; MOVE SBUF TO A
        ADD   A,R6          ; ADD HI BIT & LO BIT

        MOVX @DPTR,A        ; MOVE A TO DPTR
        INC   DPTR          ; DPTR = DPTR + 1

        MOV   A,083H        ; MOVE DPH TO A
        CJNE  A,03H,DATA1   ; JUMP IF DPH NOT = END ADDRESS

        AJMP  WAIT          ; JUMP TO WAIT
        END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมแอสเซมบลี้ที่ใช้ในการบันทึกรูปสัญญาณ

```
;       RECORD WAVE

        ORG    0000H

;         VARIABLE SET

;       ** USER PORT 1 **

UP1A   EQU    0F800H  ;  PORT A
UP1B   EQU    0F801H  ;  PORT B
UP1C   EQU    0F802H  ;  PORT C
UP1P   EQU    0F803H  ;  MODE PORT

;       ** USER PORT 2 **

UP2A   EQU    0FC00H  ;  PORT A
UP2B   EQU    0FC01H  ;  PORT B
UP2C   EQU    0FC02H  ;  PORT C
UP2P   EQU    0FC03H  ;  MODE PORT


TTLIO:          MOV    A,#80H          ;  SET CONTROL CODE
        MOV    DPTR,#UP1P    ;  USER PORT 1A
        MOVX           @DPTR,A       ;  P1A P1B P1C = OUTPUT
        MOV    DPTR,#UP2P    ;  USER PORT 2A
        MOVX @DPTR,A                 ;  P2A P2B P2C = OUTPUT

;     ******** START PROGRAM (SQARE) ********   << 0K - 2K >>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV   Rİ,#83H                ; R1 = DPH
        MOV   DPTR,#00H     ; START DPTR AT 0H

LOOP1:MOV   A,#0FFH                  ; A = 255
        MOVX @DPTR,A                 ; MOVE 255 TO DPTR
        INC   DPTR            ; INCREAT DPTR
        MOV   A,DPH
        CJNE  A,#04H,LOOP1 ; JUMP IF HI BIT NOT = 04H

LOOP2:MOV   A,#00H            ; A = 0
        MOVX @DPTR,A                 ; MOVE 0 TO DPTR
        INC   DPTR            ; INCREAT DPTR
        MOV   A,DPH
        CJNE  A,#08H,LOOP2 ; JUMP IF HI BIT NOT = 08H

;       ** START SAWTOOTH **                 << 2K - 4K >>

        MOV   A,#00H          ; A = 00H
        MOV   R0,A            ; R0 = 00H
        MOV   R1,A            ; R1 = 00H

LOOP3:MOV   A,R1              ; A = R1
        MOVX @DPTR,A                 ; MOVE 00H TO DPTR
        INC   DPTR            ; INCREAT DPTR
        INC   R0              ; INCREAT R0
        CJNE  R0,#08H,LOOP3          ; JUMP IF R0 NOT = 4
        MOV   R0,#00H                ; SET R0 = 0
        INC   R1
        MOV   A,DPH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CJNE    A,#10H,LOOP3 ;  JUMP IF HI BIT NOT = 10H << DPTR = 1000H >>

;       ** START SAWTOOTH BACK **       << 4K - 6K >>

        MOV     A,#00H          ; A = 00H
        MOV     R0,A            ; R0 = 00H
        MOV     R1,#0FFH        ; R1 = FFH

LOOP4:MOV       A,R1            ; A = R1
        MOVX @DPTR,A                    ; MOVE 255 TO DPTR
        INC     DPTR            ; INCREAT DPTR
        INC     R0              ; INCREAT R0
        CJNE    R0,#08H,LOOP4           ; JUMP IF R0 NOT = 4
        MOV     R0,#00H                 ; SET R0 = 0
        DEC     R1
        MOV     A,DPH
        CJNE    A,#18H,LOOP4 ;  JUMP IF HI BIT NOT = 18H << DPTR = 1800H >>

;       ** START  TRIANGLE ( UP ) **        << 6K - 7K , 7K - 8K >>

        MOV     A,#00H          ; A = 00H
        MOV     R0,A            ; R0 = 00H
        MOV     R1,A            ; R1 = 00H

LOOP5:MOV       A,R1            ; A = R1
        MOVX @DPTR,A                    ; MOVE 255 TO DPTR
        INC     DPTR            ; INCREAT DPTR
        INC     R0              ; INCREAT R0
        CJNE    R0,#04H,LOOP5           ; JUMP IF R0 NOT = 4
        MOV     R0,#00H                 ; SET R0 = 0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        INC     R1
        MOV     A,DPH
        CJNE    A,#1CH,LOOP5 ; JUMP IF HI BIT NOT = 10H << DPTR = 1000H >>

;       ** START  TRIANGLE ( DOWN ) ** << 7K - 8K >>

        MOV     A,#00H          ; A = 00H
        MOV     R0,A            ; R0 = 00H
        MOV     R1,#0FFH        ; R1 = FFH

LOOP6:MOV   A,R1                ; A = R1
        MOVX @DPTR,A                    ; MOVE 255 TO DPTR
        INC     DPTR            ; INCREAT DPTR
        INC     R0              ; INCREAT R0
        CJNE    R0,#04H,LOOP6           ; JUMP IF R0 NOT = 4
        MOV     R0,#00H                 ; SET R0 = 0
        DEC     R1
        MOV     A,DPH
        CJNE    A,#20H,LOOP6 ; JUMP IF HI BIT NOT = 20H << DPTR = 2000H >>


;       ******** START PROGRAM (SQARE) ********   << 8K - 9K , 9K - 10K >>

        MOV     R1,#83H                 ; R1 = DPH
        MOV     DPTR,#00H       ; START DPTR AT 0H

LOOP7:MOV   A,#0FFH                     ; A = 255
        MOVX @DPTR,A                    ; MOVE 255 TO DPTR
        INC     DPTR            ; INCREAT DPTR
        MOV     A,DPH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CJNE    A,#24H,LOOP7 ;  JUMP IF HI BIT NOT = 24H

LOOP8:MOV   A,R1            ;  A = R1
        MOVX @DPTR,A                ;  MOVE 255 TO DPTR
        INC     DPTR        ;  INCREAT DPTR
        INC     R0          ;  INCREAT R0
        CJNE    R0,#04H,LOOP8       ;  JUMP IF R0 NOT = 4
        MOV     R0,#00H             ;  SET R0 = 0
        DEC     R1
        MOV     A,DPH
        CJNE    A,#28H,LOOP8 ;  JUMP IF HI BIT NOT = 28H << DPTR = 2800H >>


;       ** START  SINE-SQUARE  **          << 10K - 12K >>

        MOV     A,#00H      ;  A = 00H
        MOV     R0,A        ;  R0 = 00H
        MOV     R1,A        ;  R1 = 00H

LOOP9:MOV   A,R1            ;  A = R1
        MOVX @DPTR,A                ;  MOVE 255 TO DPTR
        INC     DPTR        ;  INCREAT DPTR
        INC     R0          ;  INCREAT R0
        CJNE    R0,#02H,LOOP9       ;  JUMP IF R0 NOT = 2
        MOV     R0,#00H             ;  SET R0 = 0
        INC     R1
        MOV     A,DPH
        CJNE    A,#2AH,LOOP9;  JUMP IF HI BIT NOT = 2AH << DPTR = 2A00H >>

LOOP10:         MOV     A,#0FFH             ;  A = 255
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOVX @DPTR,A            ; MOVE 255 TO DPTR
        INC  DPTR               ; INCREAT DPTR
        MOV  A,DPH
        CJNE A,#2CH,LOOP10      ; JUMP IF HI BIT NOT = 2CH

        MOV  A,#00H             ; A = 00H
        MOV  R0,A               ; R0 = 00H
        MOV  R1,#0FFH           ; R1 = FFH
LOOP11: MOV  A,R1               ; A = R1
        MOVX @DPTR,A            ; MOVE 255 TO DPTR
        INC  DPTR               ; INCREAT DPTR
        INC  R0                 ; INCREAT R0
        CJNE R0,#02H,LOOP11     ; JUMP IF R0 NOT = 2
        MOV  R0,#00H            ; SET R0 = 0
        DEC  R1
        MOV  A,DPH
        CJNE A,#2EH,LOOP11      ; JUMP IF HI BIT NOT = 2EH << DPTR = 2E00H >>

LOOP12: MOV  A,#00H             ; A = 00
        MOVX @DPTR,A            ; MOVE  TO DPTR
        INC  DPTR               ; INCREAT DPTR
        MOV  A,DPH
        CJNE A,#30H,LOOP10      ; JUMP IF HI BIT NOT = 30H

        END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DALLAS SEMICONDUCTOR

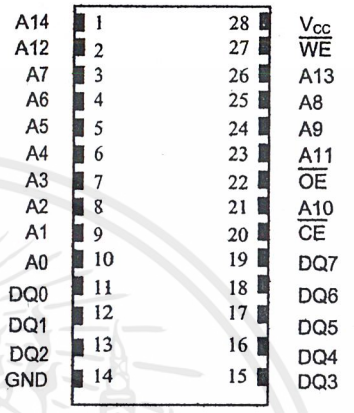
www.dalsemi.com

DS1230Y/AB
256k Nonvolatile SRAM

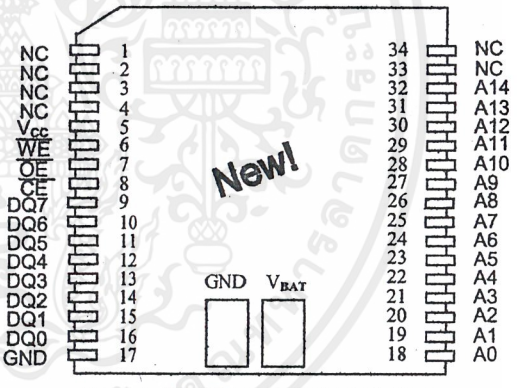
FEATURES

- 10 years minimum data retention in the absence of external power
- Data is automatically protected during power loss
- Replaces 32k x 8 volatile static RAM, EEPROM or Flash memory
- Unlimited write cycles
- Low-power CMOS
- Read and write access times as fast as 70 ns
- Lithium energy source is electrically disconnected to retain freshness until power is applied for the first time
- Full ±10% V_{CC} operating range (DS1230Y)
- Optional ±5% V_{CC} operating range (DS1230AB)
- Optional industrial temperature range of -40°C to +85°C, designated IND
- JEDEC standard 28-pin DIP package
- New PowerCap Module (PCM) package
  - Directly surface-mountable module
  - Replaceable snap-on PowerCap provides lithium backup battery
  - Standardized pinout for all nonvolatile SRAM products
  - Detachment feature on PowerCap allows easy removal using a regular screwdriver

PIN ASSIGNMENT



28-Pin ENCAPSULATED PACKAGE
740-mil EXTENDED



34-Pin POWERCAP MODULE (PCM)
(USES DS9034PC POWERCAP)

PIN DESCRIPTION

A0 - A14	- Address Inputs
DQ0 - DQ7	- Data In/Data Out
$\overline{CE}$	- Chip Enable
$\overline{WE}$	- Write Enable
$\overline{OE}$	- Output Enable
V_{CC}	- Power (+5V)
GND	- Ground
NC	- No Connect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESCRIPTION

The DS1230 256k Nonvolatile SRAMs are 262,144-bit, fully static, nonvolatile SRAMs organized as 32,768 words by 8 bits. Each NV SRAM has a self-contained lithium energy source and control circuitry which constantly monitors V_{CC} for an out-of-tolerance condition. When such a condition occurs, the lithium energy source is automatically switched on and write protection is unconditionally enabled to prevent data corruption. DIP-package DS1230 devices can be used in place of existing 32k x 8 static RAMs directly conforming to the popular bytewide 28-pin DIP standard. The DIP devices also match the pinout of 28256 EEPROMs, allowing direct substitution while enhancing performance. DS1230 devices in the Low Profile Module package are specifically designed for surface-mount applications. There is no limit on the number of write cycles that can be executed and no additional support circuitry is required for microprocessor interfacing.

READ MODE

The DS1230 devices execute a read cycle whenever $\overline{WE}$ (Write Enable) is inactive (high) and $\overline{CE}$ (Chip Enable) and $\overline{OE}$ (Output Enable) are active (low). The unique address specified by the 15 address inputs (A_0 - A_{14}) defines which of the 32,768 bytes of data is to be accessed. Valid data will be available to the eight data output drivers within t_{ACC} (Access Time) after the last address input signal is stable, providing that $\overline{CE}$ and $\overline{OE}$ (Output Enable) access times are also satisfied. If $\overline{OE}$ and $\overline{CE}$ access times are not satisfied, then data access must be measured from the later-occurring signal ($\overline{CE}$ or $\overline{OE}$) and the limiting parameter is either t_{CO} for $\overline{CE}$ or t_{OE} for $\overline{OE}$ rather than address access.

WRITE MODE

The DS1230 devices execute a write cycle whenever the $\overline{WE}$ and $\overline{CE}$ signals are active (low) after address inputs are stable. The later-occurring falling edge of $\overline{CE}$ or $\overline{WE}$ will determine the start of the write cycle. The write cycle is terminated by the earlier rising edge of $\overline{CE}$ or $\overline{WE}$. All address inputs must be kept valid throughout the write cycle. $\overline{WE}$ must return to the high state for a minimum recovery time (t_{WR}) before another cycle can be initiated. The $\overline{OE}$ control signal should be kept inactive (high) during write cycles to avoid bus contention. However, if the output drivers are enabled ($\overline{CE}$ and $\overline{OE}$ active) then $\overline{WE}$ will disable the outputs in t_{ODW} from its falling edge.

DATA RETENTION MODE

The DS1230AB provides full functional capability for V_{CC} greater than 4.75 volts and write protects by 4.5 volts. The DS1230Y provides full functional capability for V_{CC} greater than 4.5 volts and write protects by 4.25 volts. Data is maintained in the absence of V_{CC} without any additional support circuitry. The nonvolatile static RAMs constantly monitor V_{CC}. Should the supply voltage decay, the NV SRAMs automatically write protect themselves, all inputs become "don't care," and all outputs become high-impedance. As V_{CC} falls below approximately 3.0 volts, a power switching circuit connects the lithium energy source to RAM to retain data. During power-up, when V_{CC} rises above approximately 3.0 volts the power switching circuit connects external V_{CC} to RAM and disconnects the lithium energy source. Normal RAM operation can resume after V_{CC} exceeds 4.75 volts for the DS1230AB and 4.5 volts for the DS1230Y.

FRESHNESS SEAL

Each DS1230 device is shipped from Dallas Semiconductor with its lithium energy source disconnected, guaranteeing full energy capacity. When V_{CC} is first applied at a level greater than 4.25 volts, the lithium energy source is enabled for battery back-up operation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGES

The DS1230 devices are available in two packages: 28-pin DIP and 34-pin PowerCap Module (PCM). The 28-pin DIP integrates a lithium battery, an SRAM memory and a nonvolatile control function into a single package with a JEDEC-standard, 600-mil DIP pinout. The 34-pin PowerCap Module integrates SRAM memory and nonvolatile control along with contacts for connection to the lithium battery in the DS9034PC PowerCap. The PowerCap Module package design allows a DS1230 PCM device to be surface mounted without subjecting its lithium backup battery to destructive high-temperature reflow soldering. After a DS1230 PCM is reflow soldered, a DS9034PC PowerCap is snapped on top of the PCM to form a complete Nonvolatile SRAM module. The DS9034PC is keyed to prevent improper attachment. DS1230 PowerCap Modules and DS9034PC PowerCaps are ordered separately and shipped in separate containers. See the DS9034PC data sheet for further information.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS*

Voltage on Any Pin Relative to Ground	-0.3V to +7.0V
Operating Temperature	0°C to 70°C, -40°C to +85°C for IND parts
Storage Temperature	-40°C to +70°C, -40°C to +85°C for IND parts
Soldering Temperature	260°C for 10 seconds

* This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operation sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods of time may affect reliability.

RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS (t_A: See Note 10)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
DS1230AB Power Supply Voltage	V_{CC}	4.75	5.0	5.25	V	
DS1230Y Power Supply Voltage	V_{CC}	4.5	5.0	5.5	V	
Logic 1	V_{IH}	2.2		V_{CC}	V	
Logic 0	V_{IL}	0.0		0.8	V	

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC}=5V ± 5% for DS1230AB)
(t_A: See Note 10) (V_{CC}=5V ± 10% for DS1230Y)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Leakage Current	I_{IL}	-1.0		+1.0	µA	
I/O Leakage Current $\overline{CE} \geq V_{IH} \leq V_{CC}$	I_{IO}	-1.0		+1.0	µA	
Output Current @ 2.4V	I_{OH}	-1.0			mA	
Output Current @ 0.4V	I_{OL}	2.0			mA	
Standby Current $\overline{CE}$ =2.2V	I_{CCS1}		5.0	10.0	mA	
Standby Current $\overline{CE}$ =V_{CC}-0.5V	I_{CCS2}		3.0	5.0	mA	
Operating Current	I_{CCO1}			85	mA	
Write Protection Voltage (DS1230AB)	V_{TP}	4.50	4.62	4.75	V	
Write Protection Voltage (DS1230Y)	V_{TP}	4.25	4.37	4.5	V	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CAPACITANCE

(t_A=25°C)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Input Capacitance	C_{IN}		5	10	pF	
Input/Output Capacitance	$C_{I/O}$		5	10	pF	

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{CC}=5V ± 5% for DS1230AB)
(t_A: See Note 10) (V_{CC}=5V ± 10% for DS1230Y)

PARAMETER	SYMBOL	DS1230AB-70 DS1230Y-70		DS1230AB-85 DS1230Y-85		DS1230AB-100 DS1230Y-100		UNITS	NOTES
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX		
Read Cycle Time	t_{RC}	70		85		100		ns	
Access Time	t_{ACC}		70		85		100	ns	
$\overline{OE}$ to Output Valid	t_{OE}		35		45		50	ns	
$\overline{CE}$ to Output Valid	t_{CO}		70		85		100	ns	
$\overline{OE}$ or $\overline{CE}$ to Output Active	t_{COE}	5		5		5		ns	5
Output High Z from Deselection	t_{OD}		25		30		35	ns	5
Output Hold from Address Change	t_{OH}	5		5		5		ns	
Write Cycle Time	t_{WC}	70		85		100		ns	
Write Pulse Width	t_{WP}	55		65		75		ns	3
Address Setup Time	t_{AW}	0		0		0		ns	
Write Recovery Time	t_{WR1} t_{WR2}	5 15		5 15		5 15		ns	12 13
Output High Z from $\overline{WE}$	t_{ODW}		25		30		35	ns	5
Output Active from $\overline{WE}$	t_{OEW}	5		5		5		ns	5
Data Setup Time	t_{DS}	30		35		40		ns	4
Data Hold Time	t_{DH1} t_{DH2}	0 10		0 10		0 10		ns	12 13

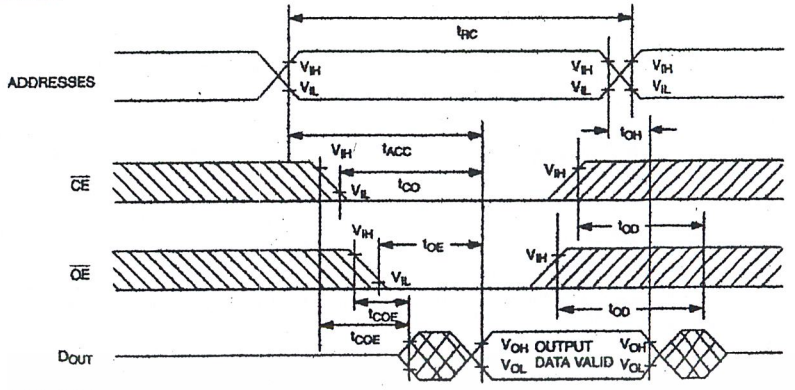
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS (cont'd)

PARAMETER	SYMBOL	DS1230AB-120 DS1230Y-120		DS1230AB-150 DS1230Y-150		DS1230AB-200 DS1230Y-200		UNITS	NOTES
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX		
Read Cycle Time	t_{RC}	120		150		200		ns	
Access Time	t_{ACC}		120		150		200	ns	
$\overline{OE}$ to Output Valid	t_{OE}		60		70		100	ns	
$\overline{CE}$ to Output Valid	t_{CO}		120		150		200	ns	
$\overline{OE}$ or $\overline{CE}$ to Output Active	t_{COE}	5		5		5		ns	5
Output High Z from Deselection	t_{OD}		35		35		35	ns	5
Output Hold from Address Change	t_{OH}	5		5		5		ns	
Write Cycle Time	t_{WC}	120		150		200		ns	
Write Pulse Width	t_{WP}	90		100		100		ns	3
Address Setup Time	t_{AW}	0		0		0		ns	
Write Recovery Time	t_{WR1} t_{WR2}	5 15		5 15		5 15		ns	12 13
Output High Z from $\overline{WE}$	t_{ODW}		35		35		35	ns	5
Output Active from $\overline{WE}$	t_{OEW}	5		5		5		ns	5
Data Setup Time	t_{DS}	50		60		80		ns	4
Data Hold Time	t_{DH1} t_{DH2}	0 10		0 10		0 10		ns	12 13

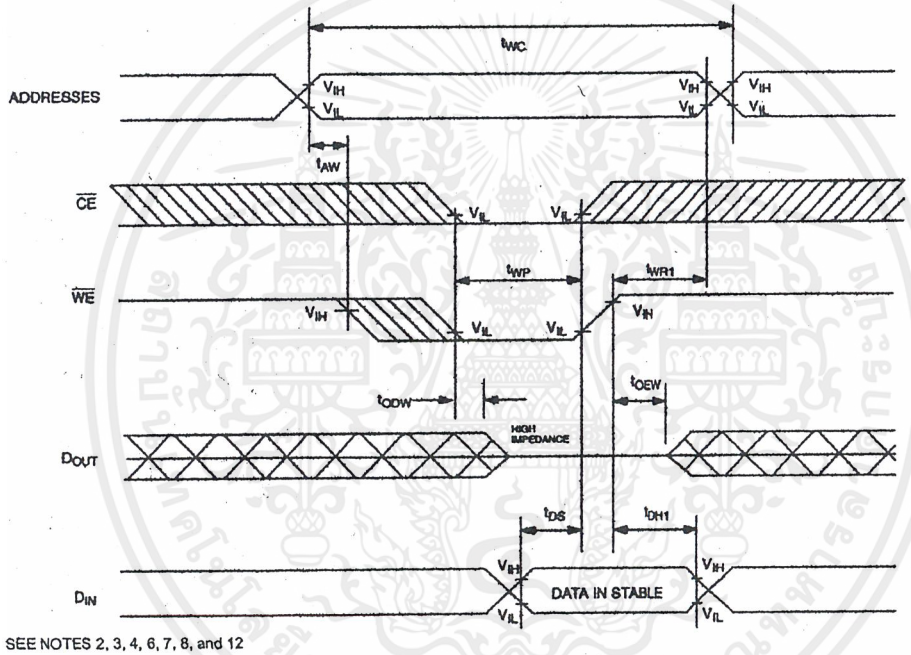
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

READ CYCLE



SEE NOTE 1

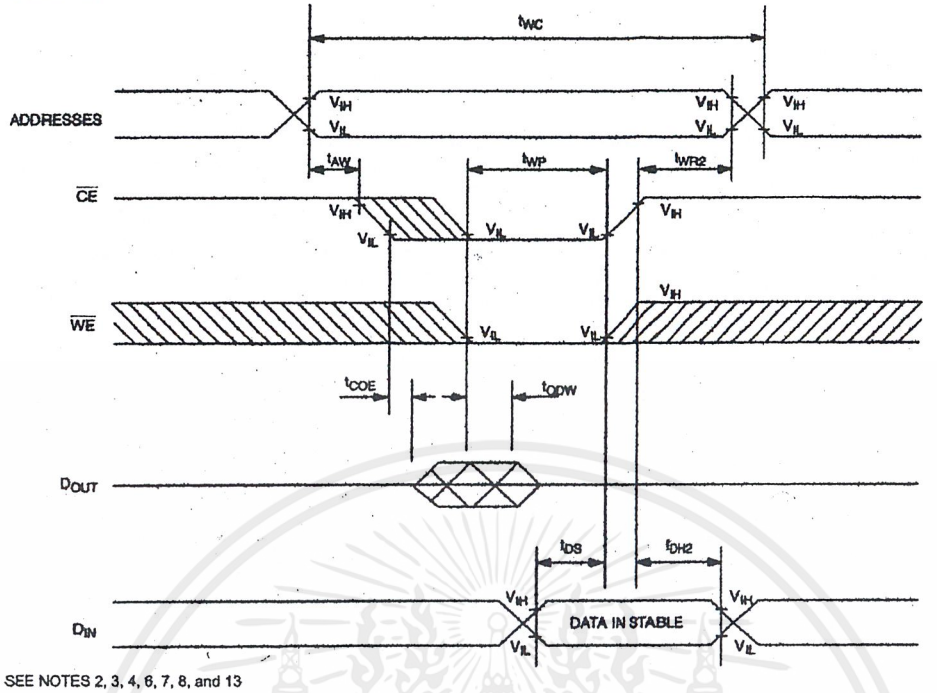
WRITE CYCLE 1



SEE NOTES 2, 3, 4, 6, 7, 8, and 12

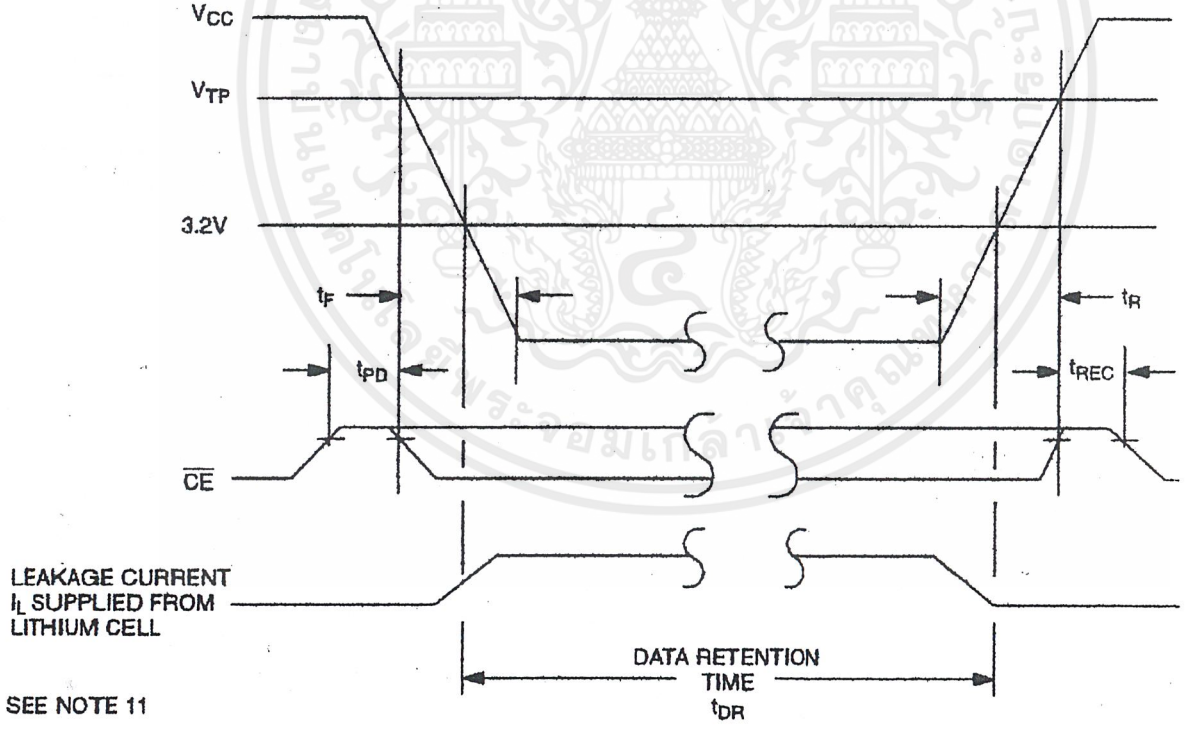
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WRITE CYCLE 2



SEE NOTES 2, 3, 4, 6, 7, 8, and 13

POWER-DOWN/POWER-UP CONDITION



SEE NOTE 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

POWER-DOWN/POWER-UP TIMING

(t_A: See Note 10)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
CE, at V_{IH} before Power-Down	t_{PD}	0			µs	11
V_{CC} slew from V_{TP} to 0V ($\overline{CE}$ at V_{IH})	t_F	300			µs	
V_{CC} slew from 0V to V_{TP} ($\overline{CE}$ at V_{IH})	t_R	300			µs	
$\overline{CE}$ at V_{IH} after Power-Up	t_{REC}	2		125	ms	

(t_A=25°C)

PARAMETER	SYMBOL	MIN	TYP	MAX	UNITS	NOTES
Expected Data Retention Time	t_{DR}	10			years	9

WARNING:

Under no circumstance are negative undershoots, of any amplitude, allowed when device is in battery backup mode.

NOTES:

1. $\overline{WE}$ is high for a Read Cycle.
2. $\overline{OE}$ = V_{IH} or V_{IL}. If $\overline{OE}$ = V_{IH} during write cycle, the output buffers remain in a high-impedance state.
3. t_{WP} is specified as the logical AND of $\overline{CE}$ and $\overline{WE}$. t_{WP} is measured from the latter of $\overline{CE}$ or $\overline{WE}$ going low to the earlier of $\overline{CE}$ or $\overline{WE}$ going high.
4. t_{DH}, t_{DS} are measured from the earlier of $\overline{CE}$ or $\overline{WE}$ going high.
5. These parameters are sampled with a 5 pF load and are not 100% tested.
6. If the $\overline{CE}$ low transition occurs simultaneously with or latter than the $\overline{WE}$ low transition, the output buffers remain in a high-impedance state during this period.
7. If the $\overline{CE}$ high transition occurs prior to or simultaneously with the $\overline{WE}$ high transition, the output buffers remain in high-impedance state during this period.
8. If $\overline{WE}$ is low or the $\overline{WE}$ low transition occurs prior to or simultaneously with the $\overline{CE}$ low transition, the output buffers remain in a high-impedance state during this period.
9. Each DS1230Y has a built-in switch that disconnects the lithium source until V_{CC} is first applied by the user. The expected t_{DR} is defined as accumulative time in the absence of V_{CC} starting from the time power is first applied by the user.
10. All AC and DC electrical characteristics are valid over the full operating temperature range. For commercial products, this range is 0°C to 70°C. For industrial products (IND), this range is -40°C to +85°C.
11. In a power-down condition the voltage on any pin may not exceed the voltage on V_{CC}.
12. t_{WR1} and t_{DH1} are measured from $\overline{WE}$ going high.
13. t_{WR2} and t_{DH2} are measured from $\overline{CE}$ going high.
14. DS1230 DIP modules are recognized by Underwriters Laboratory (U.L.®) under file E99151. DS1230 PowerCap modules are pending U.L. review. Contact the factory for status.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC TEST CONDITIONS

Outputs Open
Cycle = 200 ns for operating current
All voltages are referenced to ground

AC TEST CONDITIONS

Output Load: 100 pF + 1TTL Gate
Input Pulse Levels: 0 - 3.0V
Timing Measurement Reference Levels
Input: 1.5V
Output: 1.5V
Input pulse Rise and Fall Times: 5 ns

ORDERING INFORMATION

DS1230 TTP - SSS - III

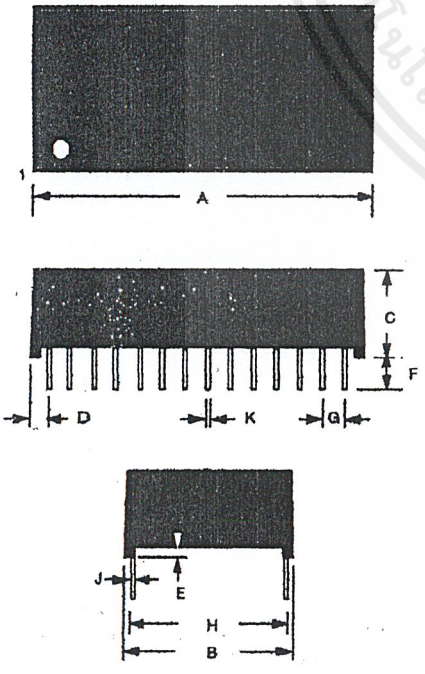
Operating Temperature Range
blank: 0° to 70°
IND: -40° to +85°C

Access Speed
70: 70 ns
85: 85 ns
100: 100 ns
120: 120 ns
150: 150 ns
200: 200 ns

Package Type
blank: 28-pin 600-mil DIP
P: 34-pin PowerCap Module

V_{CC} Tolerance
AB: ±5%
Y: ±10%

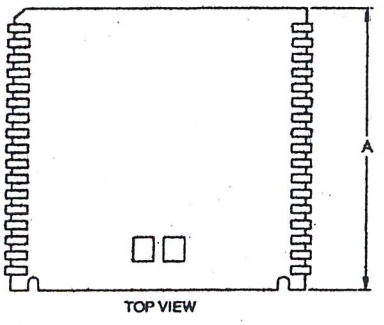
DS1230Y/AB NONVOLATILE SRAM, 28-PIN 740-MIL EXTENDED DIP MODULE



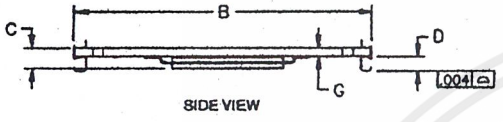
PKG	28-PIN	
DIM	MIN	MAX
A IN.	1.480	1.500
MM	37.60	38.10
B IN.	0.720	0.740
MM	18.29	18.80
C IN.	0.355	0.375
MM	9.02	9.52
D IN.	0.080	0.110
MM	2.03	2.79
E IN.	0.015	0.025
MM	0.38	0.63
F IN.	0.120	0.160
MM	3.05	4.06
G IN.	0.090	0.110
MM	2.29	2.79
H IN.	0.590	0.630
MM	14.99	16.00
J IN.	0.008	0.012
MM	0.20	0.30
K IN.	0.015	0.021
MM	0.38	0.53

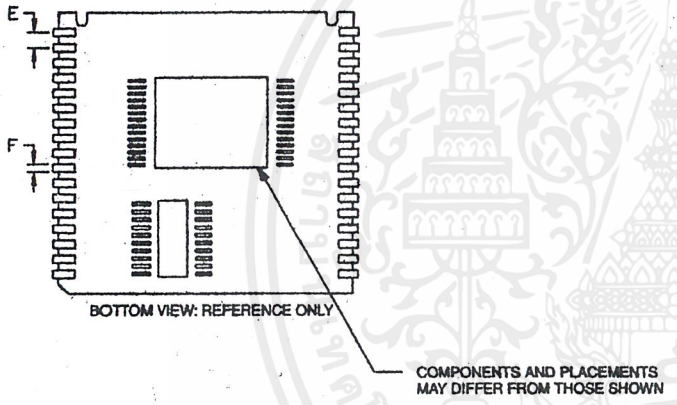
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS1230Y/AB NONVOLATILE SRAM, 34-PIN POWERCAP MODULE



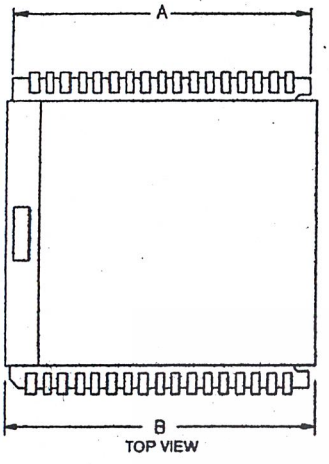
PKG DIM	INCHES		
	MIN	NOM	MAX
A	0.920	0.925	0.930
B	0.980	0.985	0.990
C	-	-	0.080
D	0.052	0.055	0.058
E	0.048	0.050	0.052
F	0.015	0.020	0.025
G	0.020	0.025	0.030



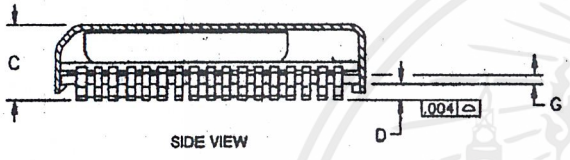


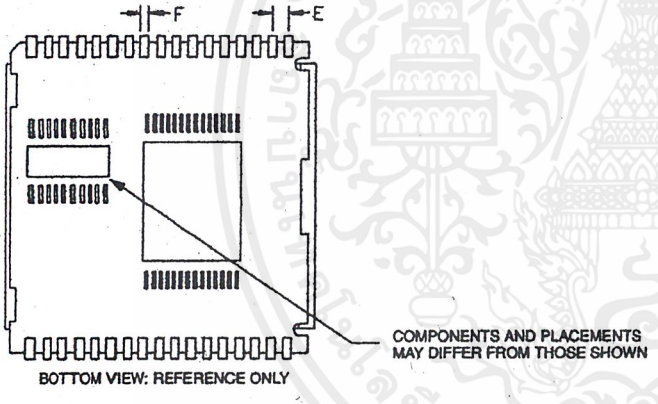
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DS1230Y/AB NONVOLATILE SRAM, 34-PIN POWERCAP MODULE WITH POWERCAP



PKG DIM	INCHES		
	MIN	NOM	MAX
A	0.920	0.925	0.930
B	0.955	0.960	0.965
C	0.240	0.245	0.250
D	0.052	0.055	0.058
E	0.048	0.050	0.052
F	0.015	0.020	0.025
G	0.020	0.025	0.030





ASSEMBLY AND USE

Reflow soldering

Dallas Semiconductor recommends that PowerCap Module bases experience one pass through solder reflow oriented label-side up (live-bug).

Hand soldering and touch-up

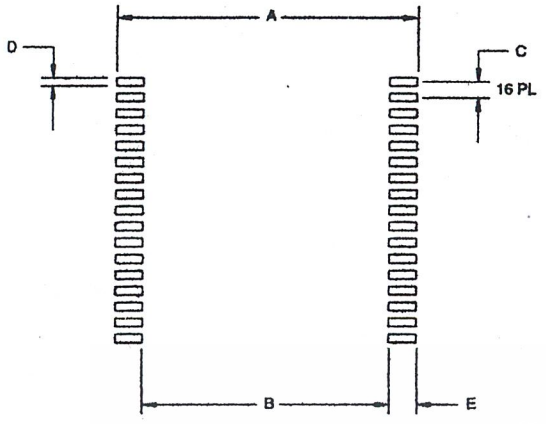
Do not touch soldering iron to leads for more than 3 seconds. To solder, apply flux to the pad, heat the lead frame pad and apply solder. To remove part, apply flux, heat pad until solder reflows, and use a solder wick.

LPM replacement in a socket

To replace a Low Profile Module in a 68-pin PLCC socket, attach a DS9034PC PowerCap to a module base then insert the complete module into the socket one row of leads at a time, pushing only on the corners of the cap. Never apply force to the center of the device. To remove from a socket, use a PLCC extraction tool and ensure that it does not hit or damage any of the module IC components. Do not use any other tool for extraction.

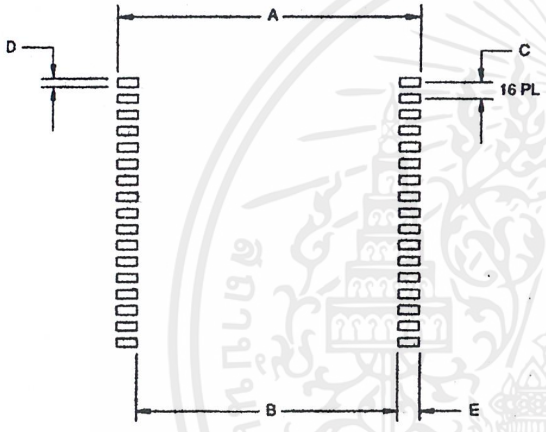
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RECOMMENDED POWERCAP MODULE LAND PATTERN



PKG DIM	INCHES		
	MIN	NOM	MAX
A	-	1.050	-
B	-	0.826	-
C	-	0.050	-
D	-	0.030	-
E	-	0.112	-

RECOMMENDED POWERCAP MODULE SOLDER STENCIL



PKG DIM	INCHES		
	MIN	NOM	MAX
A	-	1.050	-
B	-	0.890	-
C	-	0.050	-
D	-	0.030	-
E	-	0.080	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

June 1999

DAC0800/DAC0802
8-Bit Digital-to-Analog Converters

General Description

The DAC0800 series are monolithic 8-bit high-speed current-output digital-to-analog converters (DAC) featuring typical settling times of 100 ns. When used as a multiplying DAC, monotonic performance over a 40 to 1 reference current range is possible. The DAC0800 series also features high compliance complementary current outputs to allow differential output voltages of 20 Vp-p with simple resistor loads as shown in *Figure 1.* The reference-to-full-scale current matching of better than ±1 LSB eliminates the need for full-scale trims in most applications while the nonlinearities of better than ±0.1% over temperature minimizes system error accumulations.

The noise immune inputs of the DAC0800 series will accept TTL levels with the logic threshold pin, V_{LC}, grounded. Changing the V_{LC} potential will allow direct interface to other logic families. The performance and characteristics of the device are essentially unchanged over the full ±4.5V to ±18V power supply range; power dissipation is only 33 mW with ±5V supplies and is independent of the logic input states.

The DAC0800, DAC0802, DAC0800C and DAC0802C are a direct replacement for the DAC-08, DAC-08A, DAC-08C, and DAC-08H, respectively.

Features

- Fast settling output current: 100 ns
- Full scale error: ±1 LSB
- Nonlinearity over temperature: ±0.1%
- Full scale current drift: ±10 ppm/°C
- High output compliance: −10V to +18V
- Complementary current outputs
- Interface directly with TTL, CMOS, PMOS and others
- 2 quadrant wide range multiplying capability
- Wide power supply range: ±4.5V to ±18V
- Low power consumption: 33 mW at ±5V
- Low cost

Typical Applications

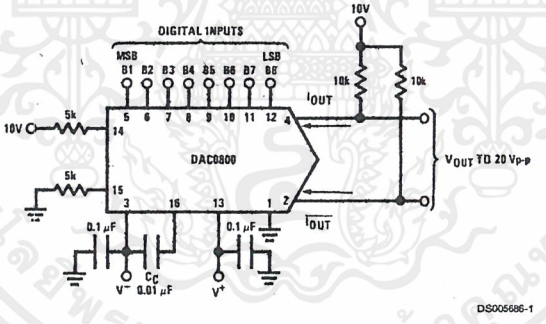


FIGURE 1. ±20 V_{P-P} Output Digital-to-Analog Converter (Note 5)

Ordering Information

Non-Linearity	Temperature Range	Order Numbers				
		J Package (J16A) (Note 1)		N Package (N16E) (Note 1)		SO Package (M16A)
±0.1% FS	0°C ≤ T_A ≤ +70°C	DAC0802LCJ	DAC-08HQ	DAC0802LCN	DAC-08HP	DAC0802LCM
±0.19% FS	−55°C ≤ T_A ≤ +125°C	DAC0800LJ	DAC-08Q			
±0.19% FS	0°C ≤ T_A ≤ +70°C	DAC0800LCJ	DAC-08EQ	DAC0800LCN	DAC-08EP	DAC0800LCM

Note 1: Devices may be ordered by using either order number.

© 1999 National Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage ($V^+ - V^-$)	±18V or 36V
Power Dissipation (Note 3)	500 mW
Reference Input Differential Voltage (V14 to V15)	V^- to V^+
Reference Input Common-Mode Range (V14, V15)	V^- to V^+
Reference Input Current	5 mA
Logic Inputs	V^- to V^- plus 36V
Analog Current Outputs ($V_S- = -15V$)	4.25 mA
ESD Susceptibility (Note 4)	TBD V
Storage Temperature	−65°C to +150°C
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C
Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Surface Mount Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C

Operating Conditions (Note 2)

	Min	Max	Units
Temperature (T_A)			
DAC0800L	−55	+125	°C
DAC0800LC	0	+70	°C
DAC0802LC	0	+70	°C

Electrical Characteristics

The following specifications apply for $V_S = \pm15V$, $I_{REF} = 2$ mA and $T_{MIN} \le T_A \le T_{MAX}$ unless otherwise specified. Output characteristics refer to both I_{OUT} and $\overline{I_{OUT}}$.

Symbol	Parameter	Conditions	DAC0802LC			DAC0800L/ DAC0800LC			Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
	Resolution		8	8	8	8	8	8	Bits
	Monotonicity		8	8	8	8	8	8	Bits
	Nonlinearity				±0.1			±0.19	%FS
t_s	Settling Time	To ±½ LSB, All Bits Switched "ON" or "OFF", T_A=25°C		100	135				ns
		DAC0800L					100	135	ns
		DAC0800LC					100	150	ns
tPLH, tPHL	Propagation Delay	T_A=25°C							
	Each Bit			35	60		35	60	ns
	All Bits Switched			35	60		35	60	ns
TCI_{FS}	Full Scale Tempco			±10	±50		±10	±50	ppm/°C
V_{OC}	Output Voltage Compliance	Full Scale Current Change <½ LSB, R_{OUT}>20 MΩ Typ	−10		18	−10		18	V
I_{FS4}	Full Scale Current	V_{REF}=10.000V, R14=5.000 kΩ R15=5.000 kΩ, T_A=25°C	1.984	1.992	2.000	1.94	1.99	2.04	mA
I_{FSS}	Full Scale Symmetry	$I_{FS4}-I_{FS2}$		±0.5	±4.0		±1	±8.0	µA
I_{ZS}	Zero Scale Current			0.1	1.0		0.2	2.0	µA
I_{FSR}	Output Current Range	V^-=−5V	0	2.0	2.1	0	2.0	2.1	mA
		V^-=−8V to −18V	0	2.0	4.2	0	2.0	4.2	mA
	Logic Input Levels								
V_{IL}	Logic "0"	V_{LC}=0V			0.8			0.8	V
V_{IH}	Logic "1"		2.0			2.0			V
	Logic Input Current	V_{LC}=0V							
I_{IL}	Logic "0"	−10V≤V_{IN}≤+0.8V		−2.0	−10		−2.0	−10	µA
I_{IH}	Logic "1"	2V≤V_{IN}≤+18V		0.002	10		0.002	10	µA
V_{IS}	Logic Input Swing	V^-=−15V	−10		18	−10		18	V
V_{THR}	Logic Threshold Range	V_S=±15V	−10		13.5	−10		13.5	V
I_{15}	Reference Bias Current			−1.0	−3.0		−1.0	−3.0	µA
dI/dt	Reference Input Slew Rate	(*Figure 11*)	4.0	8.0		4.0	8.0		mA/µs
$PSSI_{FS+}$	Power Supply Sensitivity	4.5V≤V^+≤18V		0.0001	0.01		0.0001	0.01	%/%
$PSSI_{FS-}$		−4.5V≤V^-≤18V		0.0001	0.01		0.0001	0.01	%/%
		I_{REF}=1mA							

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Continued)

The following specifications apply for V_S = ±15V, I_{REF} = 2 mA and $T_{MIN} \le T_A \le T_{MAX}$ unless otherwise specified. Output characteristics refer to both I_{OUT} and $\overline{I_{OUT}}$.

Symbol	Parameter	Conditions	DAC0802LC			DAC0800L/ DAC0800LC			Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
	Power Supply Current	V_S=±5V, I_{REF}=1 mA							
I+				2.3	3.8		2.3	3.8	mA
I−				−4.3	−5.8		−4.3	−5.8	mA
		V_S=5V, −15V, I_{REF}=2 mA							
I+				2.4	3.8		2.4	3.8	mA
I−				−6.4	−7.8		−6.4	−7.8	mA
		V_S=±15V, I_{REF}=2 mA							
I+				2.5	3.8		2.5	3.8	mA
I−				−6.5	−7.8		−6.5	−7.8	mA
P_D	Power Dissipation	±5V, I_{REF}=1 mA		33	48		33	48	mW
		5V,−15V, I_{REF}=2 mA		108	136		108	136	mW
		±15V, I_{REF}=2 mA		135	174		135	174	mW

Note 2: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

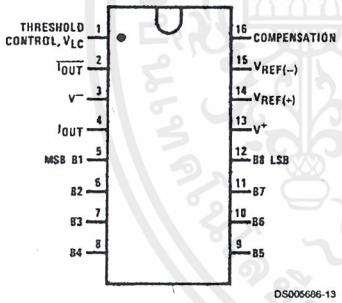
Note 3: The maximum junction temperature of the DAC0800 and DAC0802 is 125°C. For operating at elevated temperatures, devices in the Dual-In-Line J package must be derated based on a thermal resistance of 100°C/W, junction-to-ambient, 175°C/W for the molded Dual-In-Line N package and 100°C/W for the Small Outline M package.

Note 4: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.

Note 5: Pin-out numbers for the DAC080X represent the Dual-In-Line package. The Small Outline package pin-out differs from the Dual-In-Line package.

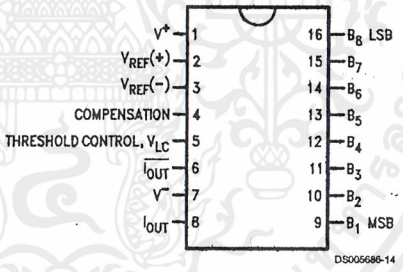
Connection Diagrams

Dual-In-Line Package



Top View

Small Outline Package

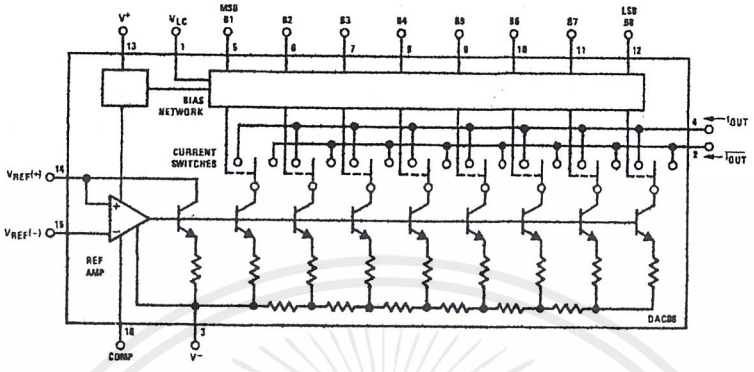


Top View

See Ordering Information

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

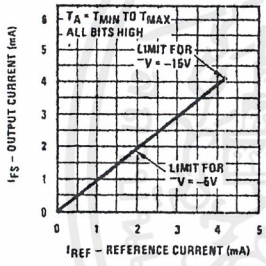
Block Diagram (Note 5)



DS005686-2

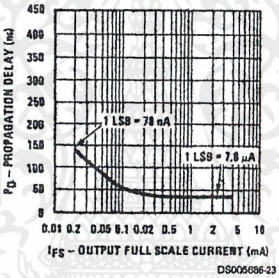
Typical Performance Characteristics

Full Scale Current vs Reference Current



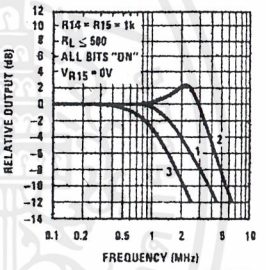
DS005686-22

LSB Propagation Delay vs I_{FS}



DS005686-23

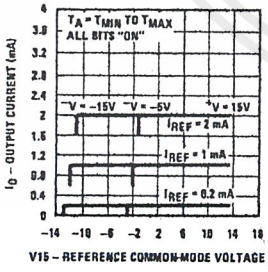
Reference Input Frequency Response



DS005686-24

Curve 1: C_C=15 pF, V_{IN}=2 Vp-p centered at 1V.
Curve 2: C_C=15 pF, V_{IN}=50 mVp-p centered at 200 mV.
Curve 3: C_C=0 pF, V_{IN}=100 mVp-p centered at 0V and applied through 50Ω connected to pin 14.2V applied to R14.

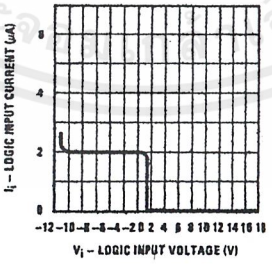
Reference Amp Common-Mode Range



DS005686-25

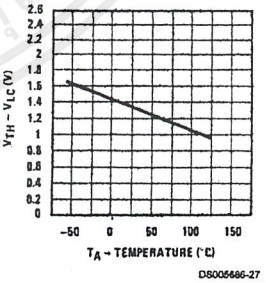
Note. Positive common-mode range is always (V+) − 1.5V.

Logic Input Current vs Input Voltage



DS005686-26

V_{TH} — V_{LC} vs Temperature

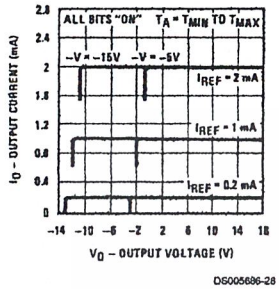


DS005686-27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

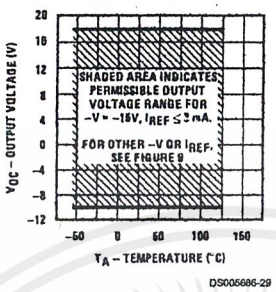
Typical Performance Characteristics (Continued)

Output Current vs Output Voltage (Output Voltage Compliance)



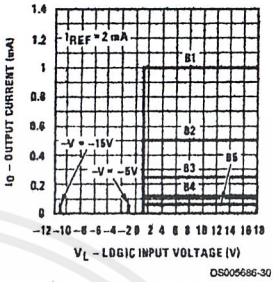
DS005686-28

Output Voltage Compliance vs Temperature



DS005686-29

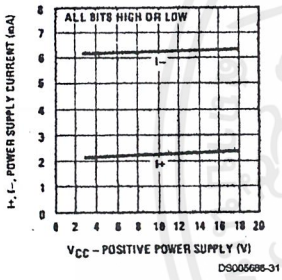
Bit Transfer Characteristics



DS005686-30

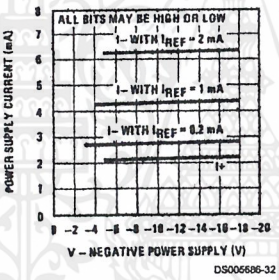
Note. B1–B8 have identical transfer characteristics. Bits are fully switched with less than ½ LSB error, at less than ±100 mV from actual threshold. These switching points are guaranteed to lie between 0.8 and 2V over the operating temperature range (V_{LC} = 0V).

Power Supply Current vs +V



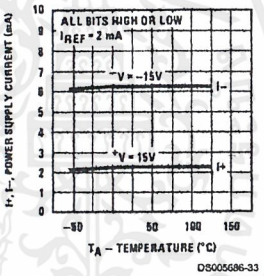
DS005686-31

Power Supply Current vs −V



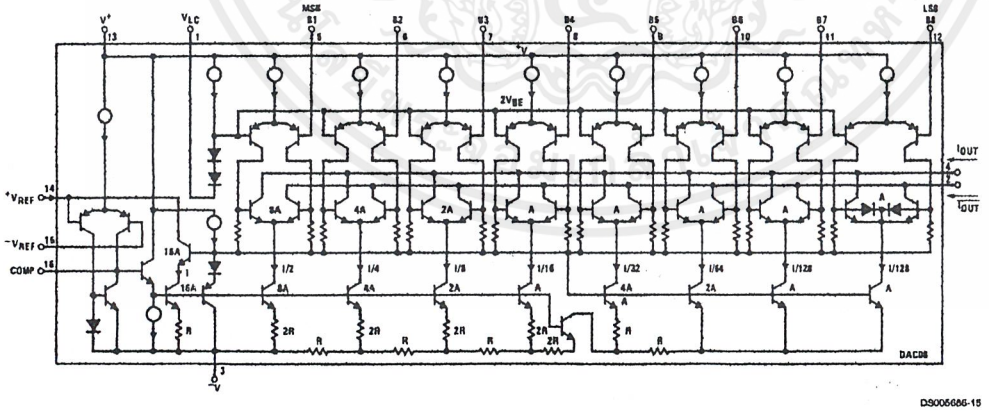
DS005686-32

Power Supply Current vs Temperature



DS005686-33

Equivalent Circuit

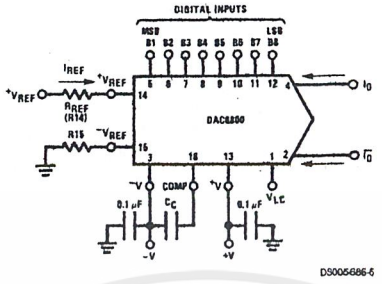


DS005686-15

FIGURE 2.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications



$$I_{FS} \approx \frac{+V_{REF}}{R_{REF}} \times \frac{255}{256}$$

$I_O + \overline{I_O} = I_{FS}$ for all logic states
For fixed reference, TTL operation, typical values are:
$V_{REF} = 10.000V$
$R_{REF} = 5.000k$
$R15 \approx R_{REF}$
$C_C = 0.01\ \mu F$
$V_{LC} = 0V$ (Ground)

FIGURE 3. Basic Positive Reference Operation (Note 5)

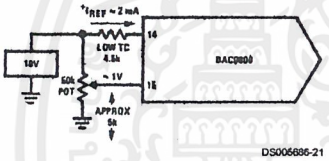
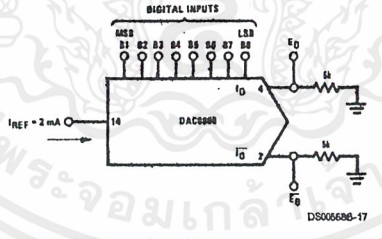


FIGURE 4. Recommended Full Scale Adjustment Circuit (Note 5)

$$I_{FS} \approx \frac{-V_{REF}}{R_{REF}} \times \frac{255}{256}$$

Note. R_{REF} sets I_{FS}; R15 is for bias current cancellation

FIGURE 5. Basic Negative Reference Operation (Note 5)

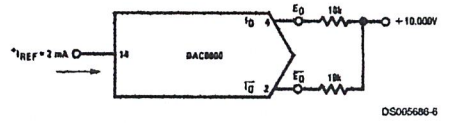


	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	I_O mA	$\overline{I_O}$mA	E_O	$\overline{E_O}$
Full Scale	1	1	1	1	1	1	1	1	1.992	0.000	−9.960	0.000
Full Scale−LSB	1	1	1	1	1	1	1	0	1.984	0.008	−9.920	−0.040
Half Scale+LSB	1	0	0	0	0	0	0	1	1.008	0.984	−5.040	−4.920
Half Scale	1	0	0	0	0	0	0	0	1.000	0.992	−5.000	−4.960
Half Scale−LSB	0	1	1	1	1	1	1	1	0.992	1.000	−4.960	−5.000
Zero Scale+LSB	0	0	0	0	0	0	0	1	0.008	1.984	−0.040	−9.920
Zero Scale	0	0	0	0	0	0	0	0	0.000	1.992	0.000	−9.960

FIGURE 6. Basic Unipolar Negative Operation (Note 5)

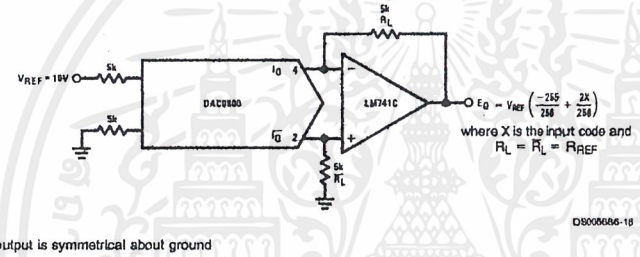
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)



	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	E_O	$\overline{E}_O$
Pos. Full Scale	1	1	1	1	1	1	1	1	−9.920	+10.000
Pos. Full Scale−LSB	1	1	1	1	1	1	1	0	−9.840	+9.920
Zero Scale+LSB	1	0	0	0	0	0	0	1	−0.080	+0.160
Zero Scale	1	0	0	0	0	0	0	0	0.000	+0.080
Zero Scale−LSB	0	1	1	1	1	1	1	1	+0.080	0.000
Neg. Full Scale+LSB	0	0	0	0	0	0	0	1	+9.920	−9.840
Neg. Full Scale	0	0	0	0	0	0	0	0	+10.000	−9.920

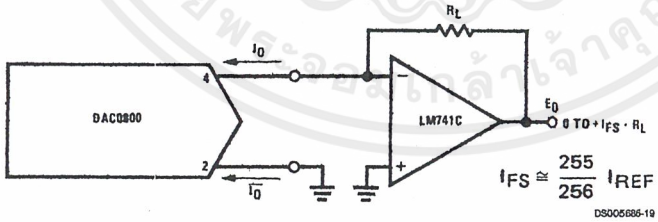
FIGURE 7. Basic Bipolar Output Operation (Note 5)



If $R_L = \overline{R}_L$ within ±0.05%, output is symmetrical about ground

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	E_O
Pos. Full Scale	1	1	1	1	1	1	1	1	+9.960
Pos. Full Scale−LSB	1	1	1	1	1	1	1	0	+9.880
(+)Zero Scale	1	0	0	0	0	0	0	0	+0.040
(−)Zero Scale	0	1	1	1	1	1	1	1	−0.040
Neg. Full Scale+LSB	0	0	0	0	0	0	0	1	−9.880
Neg. Full Scale	0	0	0	0	0	0	0	0	−9.960

FIGURE 8. Symmetrical Offset Binary Operation (Note 5)

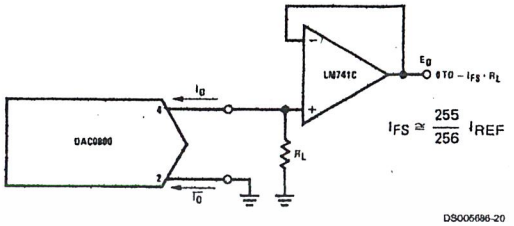


For complementary output (operation as negative logic DAC), connect inverting input of op amp to $\overline{I}_O$ (pin 2), connect I_O (pin 4) to ground.

FIGURE 9. Positive Low Impedance Output Operation (Note 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

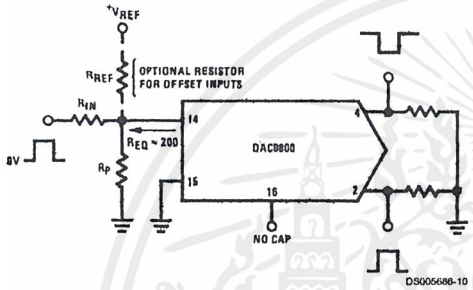
Typical Applications (Continued)



DS005686-20

For complementary output (operation as a negative logic DAC) connect non-inverting input of op amp to $\overline{I_O}$ (pin 2); connect I_O (pin 4) to ground.

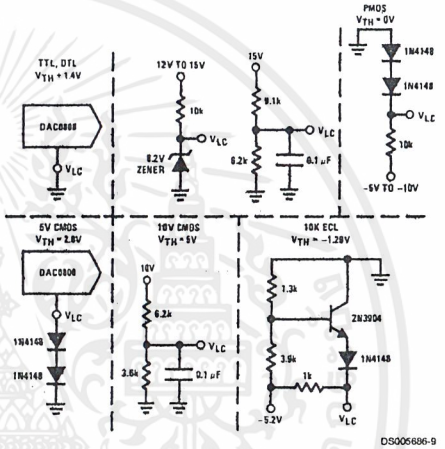
FIGURE 10. Negative Low Impedance Output Operation (Note 5)



DS005686-10

Typical values: R_{IN}=5k,+V_{IN}=10V

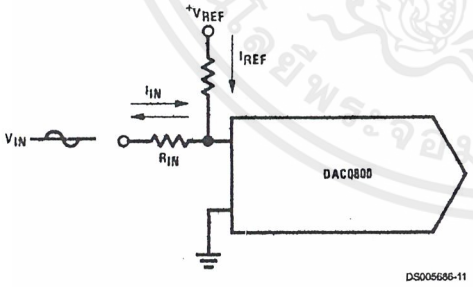
FIGURE 11. Pulsed Reference Operation (Note 5)



DS005686-9

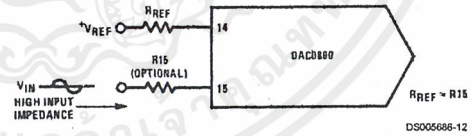
$V_{TH} = V_{LC} + 1.4V$
15V CMOS, HTL, HNIL
V_{TH} = 7.6V
Note. Do not exceed negative logic input range of DAC.

FIGURE 12. Interfacing with Various Logic Families



DS005686-11

(a) $I_{REF} \geq$ peak negative swing of I_{IN}



DS005686-12

(b) $+V_{REF}$ must be above peak positive swing of V_{IN}

FIGURE 13. Accommodating Bipolar References (Note 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

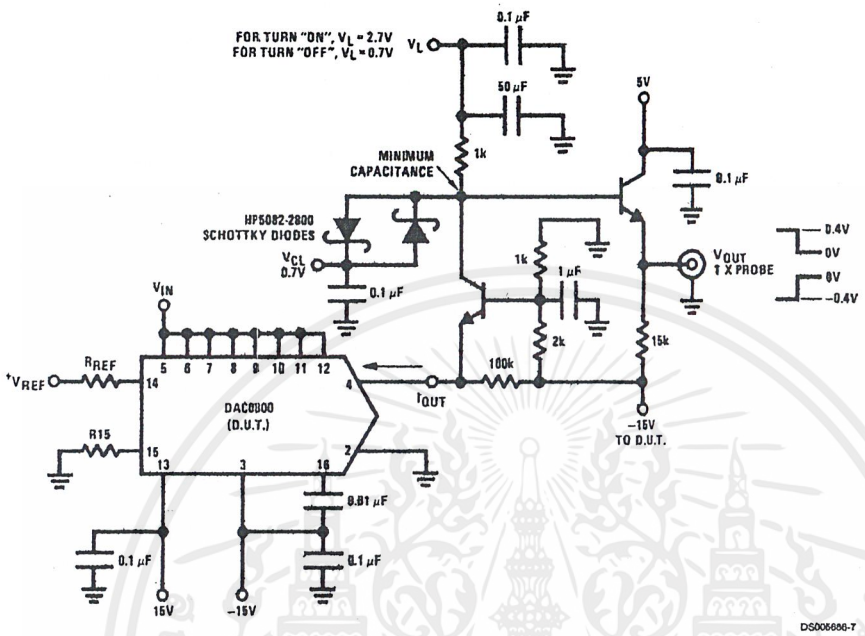
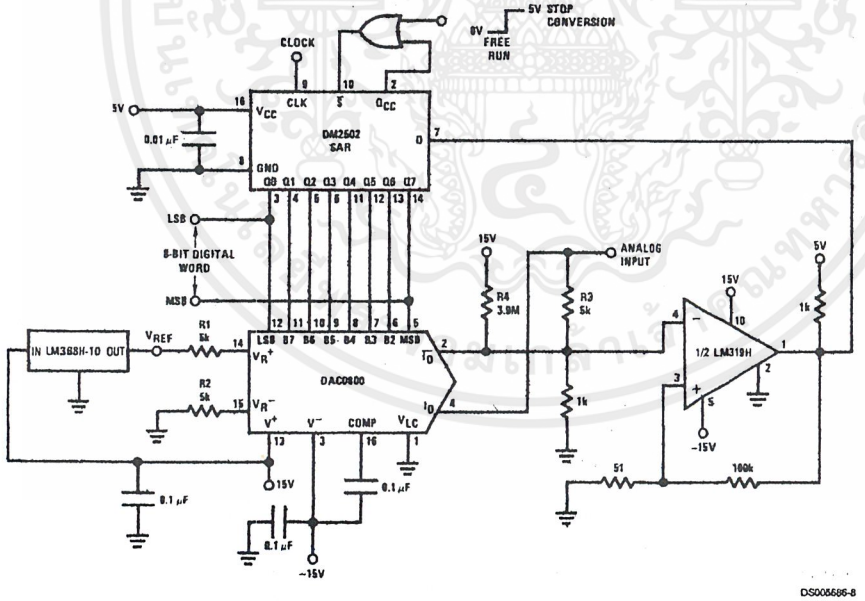


FIGURE 14. Settling Time Measurement (Note 5)

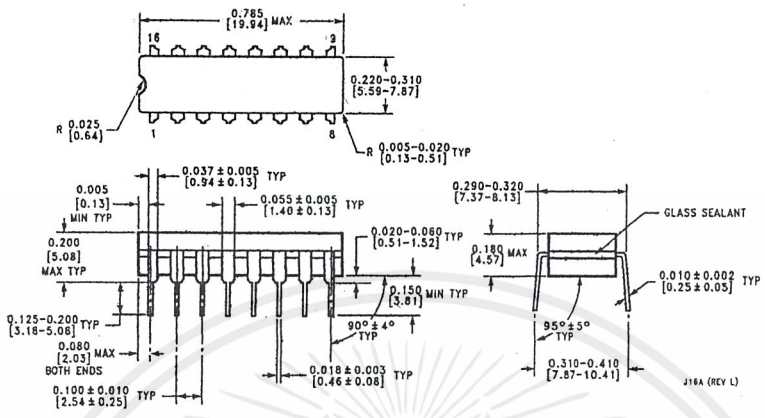


Note. For 1 μs conversion time with 8-bit resolution and 7-bit accuracy, an LM361 comparator replaces the LM319 and the reference current is doubled by reducing R1, R2 and R3 to 2.5 kΩ and R4 to 2 MΩ.

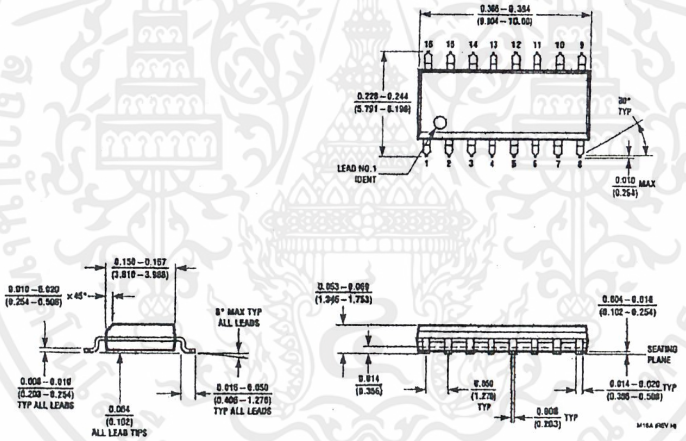
FIGURE 15. A Complete 2 μs Conversion Time, 8-Bit A/D Converter (Note 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



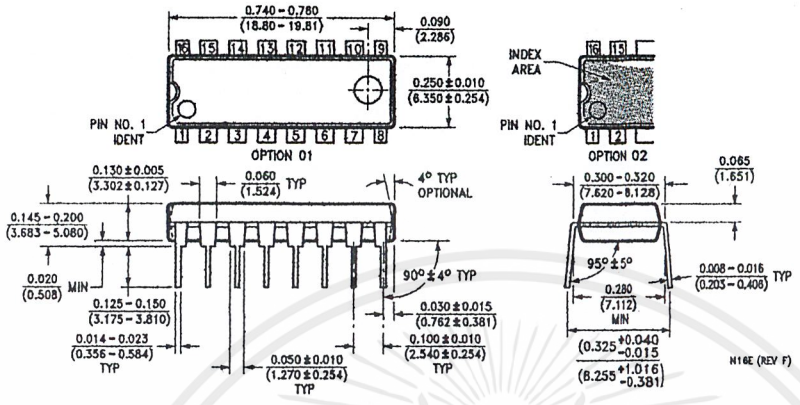
Molded Small Outline Package (SO)
Order Numbers DAC0800LCM,
or DAC0802LCM
NS Package Number M16A



Molded Small Outline Package (SO)
Order Numbers DAC0800LCM,
or DAC0802LCM
NS Package Number M16A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



Molded Dual-In-Line Package
Order Numbers DAC0800, DAC0802
NS Package Number N16E

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
Americas
Tel: 1-800-272-9959
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com
www.national.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 1 80-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 1 80-530 85 85
English Tel: +49 (0) 1 80-532 78 32
Français Tel: +49 (0) 1 80-532 93 58
Italiano Tel: +49 (0) 1 80-534 16 80

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
Tel: 65-2544466
Fax: 65-2504466
Email: sea.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-5639-7560
Fax: 81-3-5639-7507

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานและรายงานประกอบโครงงานเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ก็เพราะได้รับการแนะนำและสั่งสอนมาจาก ผศ.ดร.เกียรติศักดิ์ คมวัชระ อีกทั้งได้รับคำแนะนำ การแก้ปัญหา การระดมพลังทางความคิดจากเพื่อน ๆ ที่ร่วมทำงานมาด้วยกัน ผู้จัดทำจึงขอขอบคุณ ทุก ๆ ท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในความสำเร็จครั้งนี้ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณพ่อคุณแม่, คุณจตุรวิทย์ จันไพบูลย์ และคุณนริศรา พูลสวัสดิ์กิติกูล ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจตลอดมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

Matthew Mahoney, " DSP-Based Testing of Analog and Mixed-Signal Circuits ", The Computer Society of The IEEE, 1987.

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล และจำลอง ครูอุตสาหะ, " Visual Basic 6 ฉบับโปรแกรมเมอร์ ", บริษัทดวงกมลสมัย จำกัด, 2542.

วันสุระ ศรีใสดี, " ไมโครคอนโทรลเลอร์ภาคปฏิบัติ MCS-51 ", บริษัทสำนักพิมพ์ดวงกมล (2520) จำกัด, 2542.

สมควร เมืองรมย์, " โครงงานเครื่องกำเนิดสัญญาณซายน์ระบบดิจิตอล ", วารสารเซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 114, 2535.

สมยศ จุณณะปิยะ, " การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51", คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 303 หน้า, 2541.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้