สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

FUNCTION GENERATOR CONTROLLED BY COMPUTER

T055784

โดย

นางสาวอรกานต์ ลีลานุวิทย์

นายอรรณพ ตันติรักษไรจน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 55784
วัน,เดือน,ปี 25 พ.ค. 2548

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

FUNCTION GENERATOR CONTROLLED BY COMPUTER

โดย

นางสาวอรกานต์ ลีลานุวิทย์ 43010527

นายอรรณพ ตันติรักษโรจน์ 43010529

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ขนิษฐา แซ่ตั้ง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2546

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2546

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

Function Generator controlled by Computer

ผู้จัดทำ

1. นางสาวอรกานต์ ลีลานุวิทย์ เลขประจำตัว 43010527
2. นายอรรณพ ตันติรักษโรจน์ เลขประจำตัว 43010529

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

Function Generator controlled by Computer

นางสาวอรกานต์ ลีลานุวิทย์ รหัสนักศึกษา 43010527

นายอรรณพ ดันติรักษโรจน์ รหัสนักศึกษา 43010529

โครงงานได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

.....

(.....)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	V
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	3
2.1 หม้อแปลง	3
2.2 วงจรเรียงกระแส	3
2.3 วงจรกรองสัญญาณ	3
2.4 วงจรรักษาระดับแรงดัน	4
บทที่ 3 เครื่องฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์	8
3.1 รายละเอียดทางเทคนิคของ MAX038	8
3.2. ระบบควบคุมการทำงาน	18
3.3 การคำนวณค่าตัวต้านทานและค่าตัวเก็บประจุ	20
บทที่ 4 ไมโครคอนโทรลเลอร์	23
4.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส	23
4.2 โหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมของ MCS-51	24
4.3 การกำหนดอัตราบอร์ดของพอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์	24
4.4 การกำหนดค่าของไทม์เมอร์เพื่อเลือกอัตราบอด	25
4.5 การเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์	27
4.6 รายละเอียดทางเทคนิคของMAX232	28
4.7 การแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล	29
4.8 การแปลงสัญญาณอะนาลอกดิจิตอลแบบซักเซสซีฟแอปพร็อกซิเมชั่น	29
4.9 ความเที่ยงตรงของวงจร ADC	31
4.10 ค่าเวลาในการแปลงสัญญาณ	31
4.11 ข้อมูลเบื้องต้นของ PCF8591	31
4.12 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ I^2C	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.13 การต่ออุปกรณ์ระบบบัส I^2C กับไมโครคอนโทรลเลอร์ 40
4.14 การเขียนโปรแกรมติดต่อบัส I^2C 40
4.15 หน้าที่การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 41
4.16 หน้าที่การทำงานในพอร์ตต่าง ๆ ของ MCS 51 42
4.17 การควบคุมเพื่อปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 43
4.18 การควบคุมเพื่อปรับค่าต่าง ๆ ของฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ 44
บทที่ 5 ผลการทดลอง 51
5.1 ผลการทดลองวัดค่าแรงดันจากเครื่องจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 51
5.2 ผลการทดลองการวัดรูปสัญญาณจากเครื่องฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ 52
5.3 ผลการทดลองวัดค่าความถี่จากเครื่องกำเนิดสัญญาณ 57
บทที่ 6 วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง 59
กิตติกรรมประกาศ 60
หนังสืออ้างอิง 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะการเชื่อมโยงอุปกรณ์ต่าง ๆ	2
รูปที่ 2.1 วงจรรักษาระดับแรงดัน	4
รูปที่ 2.2 ส่วนกำเนิดแรงดันอ้างอิง	5
รูปที่ 2.3 ส่วนขยายแรงดันอ้างอิง	5
รูปที่ 2.4 วงจรจำกัดกระแส	6
รูปที่ 2.5 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง	7
รูปที่ 3.1 รูปร่างและการจัดขาของ MAX038	9
รูปที่ 3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เอาท์พุท , กระแส , และ C_F กำหนดความถี่	12
รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่านอมอลไลซ์ความถี่เอาท์พุทกับแรงดันที่ขา FADJ	14
รูปที่ 3.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ดิวตี้ไซเคิลกับแรงดันที่ขา DADJ	15
รูปที่ 3.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่านอลมาไลซ์ความถี่เอาท์พุทกับแรงดันที่ขา DADJ	16
รูปที่ 3.6 แสดงโครงสร้างภายในและการต่อใช้งานเบื้องต้นของ MAX 038	18
รูปที่ 3.7 แสดงการต่อวงจร MAX 038	20
รูปที่ 3.8 การต่อตัวเก็บประจุ	21
รูปที่ 4.1 ลักษณะโครงสร้างภายนอกและภายในของ MAX232	28
รูปที่ 4.2 การจัดขาไอซีเบอร์ PCF8591	32
รูปที่ 4.3 ADC & DAC PCF8591	33
รูปที่ 4.4 รายละเอียดข้อมูลควบคุมที่เขียนลงในรีจิสเตอร์ควบคุมภายใน ไอซี PCF8591	35
รูปที่ 4.5 หน้าที่การทำงานในพอร์ตต่าง ๆ ของ MCS 51	42
รูปที่ 4.6 แผนผังการทำงานของการปรับค่าแรงดัน	43
รูปที่ 4.7แผนผังแสดงการเลือกรูปร่างสัญญาณ , ความถี่ , ดิวตี้ไซเคิล , แรงดันออฟเซต	44
รูปที่ 4.8 ไอซีดิจิตอลทูอะนาลอกคอนเวิร์ดเตอร์	45
รูปที่ 4.9 วงจรกำเนิดสัญญาณ	46
รูปที่ 4.10 แสดงแผนผังการทำงานของ DAC และ ADC	49
รูปที่ 4.11 รูปโปรแกรมที่ใช้ควบคุม	50
รูปที่ 5.1 แสดงรูปสัญญาณไซน์ ความถี่ 10 Hz , 2 V_{p-p}	52
รูปที่ 5.2 แสดงรูปสัญญาณไซน์ ความถี่ 1 MHz , 2 V_{p-p}	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.3 แสดงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม ความถี่ 10 Hz , 2 V_{p-p} 54
รูปที่ 5.4 แสดงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม ความถี่ 1 MHz , 2 V_{p-p} 54
รูปที่ 5.5 แสดงรูปสัญญาณสามเหลี่ยม ความถี่ 10 Hz , 2 V_{p-p} 54
รูปที่ 5.6 แสดงรูปสัญญาณสามเหลี่ยม ความถี่ 1 MHz , 2 V_{p-p} 54
รูปที่ 5.7 แสดงรูปสัญญาณพัลส์ ความถี่ 10 kHz , Duty cycle 20 % 55
รูปที่ 5.8 แสดงรูปสัญญาณพัลส์ ความถี่ 10 kHz , Duty cycle 80 % 55
รูปที่ 5.9 แสดงรูปสัญญาณฟันเลื่อย ความถี่ 10 kHz , Duty cycle 20 % 56
รูปที่ 5.10 แสดงรูปสัญญาณฟันเลื่อย ความถี่ 10 kHz , Duty cycle 80 % 56
รูปที่ 5.11 กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของความถี่เอาท์พุท 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 3.1 หน้าที่การทำงานของขาต่าง ๆ ของ MAX038	9
ตารางที่ 3.2 แสดงการเลือกสัญญาณเอาท์พุท	11
ตารางที่ 3.3 แสดงการกำหนดค่าในการคำนวณตัวเก็บประจุ	22
ตารางที่ 4.1 การเลือกอัตราบอดของวงจรพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์	27
ตารางที่ 4.2 แสดงรายละเอียดตำแหน่งขาต่าง ๆ ของ PCF8591	33
ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดลองการจ่ายแรงดันของเครื่องจ่ายไฟกระแสตรง	49
ตารางที่ 5.2 แสดงค่าตัวเก็บประจุกับการตอบสนองความถี่	50
ตารางที่ 5.3 แสดงผลการทดลองเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดความถี่	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

นางสาวอรกานต์ ลีลานุวิทย์
นายอรรณพ ตันติรักษโรจน์
ผศ.ขนิษฐา แซ่ตั้ง อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

รายงานฉบับนี้เป็นรายงานประกอบโครงงานการออกแบบและสร้างเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่ที่สามารถกำหนดรูปแบบของสัญญาณ ค่าระดับแรงดันของสัญญาณ ค่าดิวตี้ไซเคิล ระดับแรงดันออฟเซตและความถี่ในช่วง 10 Hz ถึง 1MHz ได้ โดยเราสามารถควบคุมการทำงานด้วยคอมพิวเตอร์ ผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS-232 ซึ่งใช้ภาษา Visual Basic ในการพัฒนาโปรแกรมการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Function Generator controlled by Computer

Miss Orakarn LEELANUVIT
Mr. Annop TANTIRAKSAROTE
Miss Khanittha SAETUNG (Advisor)
Education Year 2003

Abstract

This report present of designing and building a function generator controlled by computer. This function generator can be selected waveform , amplitude , duty cycle , offset voltage and frequency range between 10 Hz to 1 MHz. We can control function generator by RS 232 port and use visual basic to develop program.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์ (Computer) ได้เข้ามามีบทบาทต่อการดำเนินชีวิตของเราอย่างมาก ในแทบจะทุกด้าน ในอุตสาหกรรมบางประเภทที่มีความอันตรายในการทำงานอันเนื่องมาจาก อุณหภูมิ สารเคมี รังสี ตลอดจนอันตรายจากความประมาทต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นกับคนงาน ในการปฏิบัติงานเหล่านั้น เราจึงนำคอมพิวเตอร์ มาเป็นส่วนหนึ่งในการทำงาน โดยส่วนที่เรามักนำคอมพิวเตอร์ มาใช้งาน คือ ในด้านการควบคุมและประมวลผล ซึ่งจะได้ผลดีกว่าการใช้แรงงานคน เพราะการประมวลผลมีความละเอียดถูกต้องและแม่นยำกว่ามนุษย์มาก เราจึงนำคอมพิวเตอร์มาเป็นส่วนควบคุมการสั่งงานฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ และแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

ในการพัฒนาอุปกรณ์ดังกล่าว ต้องอาศัยอุปกรณ์ได้แก่ คอมพิวเตอร์ , ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) , ฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์และแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เป็นส่วนประกอบหลักในการทำงาน โดยหน้าที่การทำงานของแต่ละส่วนมีลำดับการทำงานที่ใช้การเชื่อมต่อกัน โดยมีคอมพิวเตอร์ เป็นจุดรวมในการสั่งงานและประมวลผล กล่าวคือ คอมพิวเตอร์ จะส่งสัญญาณควบคุมผ่านทางพอร์ทอนุกรม RS232 (Serial Port) เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้แปรสัญญาณควบคุมที่ส่งไป จากสัญญาณดิจิตอล (Digital) ให้กลายเป็นสัญญาณอะนาลอก (Analog) แล้วนำสัญญาณที่ได้ไปควบคุมแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง และฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ ให้จ่ายแรงดันและสัญญาณให้กับอุปกรณ์ตามต้องการ

คุณสมบัติของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

- สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 0 – 25 โวลต์

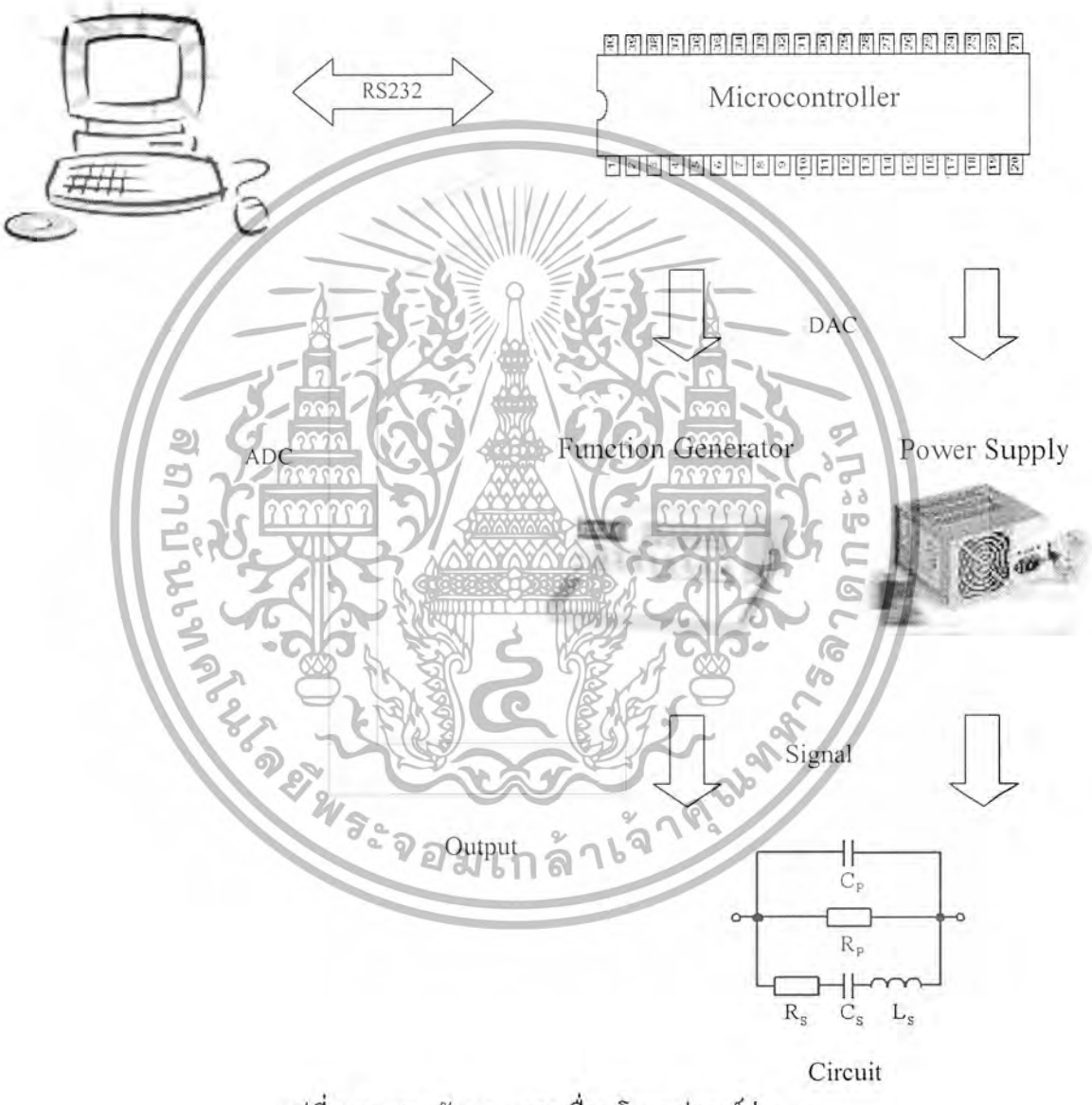
คุณสมบัติของเครื่องฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์

- สามารถเลือกสัญญาณเอาท์พุทรูปสัญญาณ ไซน์ , สัญญาณสี่เหลี่ยมและสัญญาณสามเหลี่ยม
- สามารถปรับความถี่ได้ 10 Hz – 1MHz
- สามารถปรับแอมพลิจูดของสัญญาณได้สูงสุด 20 V_{p-p}
- สามารถปรับดิวตี้ไซเคิลของสัญญาณได้ 15% - 85 %
- สามารถปรับแรงดันออฟเซตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้งานคอมพิวเตอร์ ในด้านการควบคุมอุปกรณ์กำเนิดสัญญาณทางด้านอะนาลอก โดยผ่านพอร์ตอนุกรม RS232 โดยมีรูปแบบลักษณะการเชื่อมโยงอุปกรณ์ต่าง ๆ เป็นดังนี้



รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะการเชื่อมโยงอุปกรณ์ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

เราสามารถแบ่งส่วนของแหล่งจ่ายได้เป็น 4 ส่วน ดังนี้

2.1 หม้อแปลง ทำหน้าที่แปลงแรงดันจากไฟบ้าน 220 โวลต์ ให้มีแรงดันลดลง โดยอาศัยหลักการเหนี่ยวนำฟลักซ์ (Flux) แม่เหล็กในขดลวด โดยขดลวดด้านไฟเข้า เรียกว่า ขดปฐมภูมิ ขดลวดด้านไฟออก เรียกว่า ขดลวดทุติยภูมิ

$$V_p I_p = V_s I_s$$

V_p คือ แรงดันที่ป้อนให้กับขดปฐมภูมิ

V_s คือ แรงดันที่ป้อนให้กับขดทุติยภูมิ

I_p คือ กระแสที่ไหลในขดปฐมภูมิ

I_s คือ กระแสที่ไหลในขดทุติยภูมิ

มีความสัมพันธ์กับจำนวนรอบแสดงได้ดังนี้

$$V_p N_s = V_s N_p$$

N_p คือ จำนวนรอบของขดปฐมภูมิ

N_s คือ จำนวนรอบของขดทุติยภูมิ

2.2 วงจรเรียงกระแส ทำหน้าที่เรียงจากกระแสสลับเป็นกระแสตรง ในที่นี้ใช้วงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier) คือ วงจรเรียงกระแสชนิดเต็มคลื่นนั่นเองได้แรงดันเอาท์พุท (Output) ตกคร่อมโหลด (Load) เป็นแรงดันไฟกระแสตรงกระเพื่อมต่อเนื่องกันไป เหมือนวงจรเรียงกระแสชนิดเต็มคลื่นทุกประการ ส่วนที่แตกต่างไป คือ การต่อวงจรใช้งานและจำนวนตัวไดโอด (Diode) ที่ใช้ ซึ่งแบบบริดจ์ (Bridge) จะต้องใช้ไดโอด ในการทำงาน4 ตัว แต่ละซีกสัญญาณไฟกระแสสลับต้องใช้ไดโอด ทำงาน 2 ตัว หม้อแปลงที่นำมาร่วมทำงานด้านขดทุติยภูมิใช้เพียง 2 ขั้ว โดยไม่ต้องมีแถบตรงกลาง (Center Tap)

$$V_{av}\,(BRI) = V_{dc} = 0.636\,V_p$$

$$V_p\,(LOAD) = V_p\,(SEC) - 1.4\,V$$

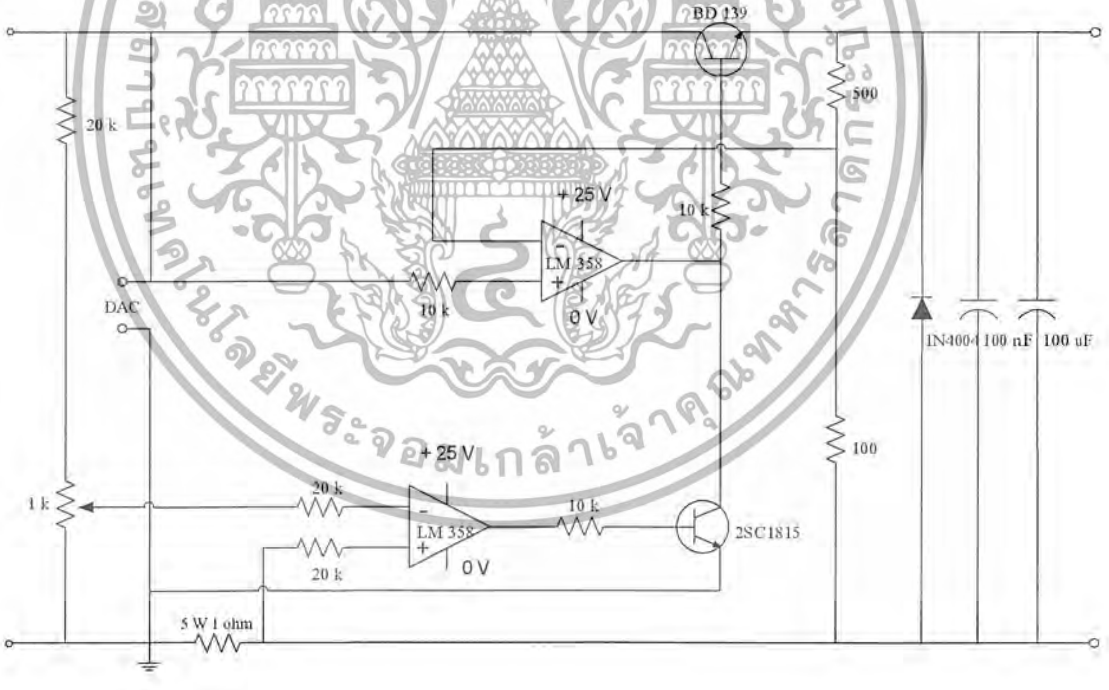
$$PIV = V_p\,(SEC) - 0.7\,V$$

2.3 วงจรกรองสัญญาณ จากหัวข้อที่ผ่านมา สัญญาณเอาท์พุทที่ออกมาจากวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น และวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น จะมีลักษณะเป็นห้วง ๆ ค่าแรงดันไฟตรงที่หาได้จากวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นมีค่า $V_{dc} = 0.318V_m$ และวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่นมีค่า $V_{dc} = 0.636V_m$ จะเห็นได้ชัดเจนว่าค่าแรงดันไฟตรงเฉลี่ยที่ได้จะมีค่าต่ำกว่าค่าแรงดันอินพุทที่ป้อนเข้ามาค่อนข้างมาก ลักษณะสัญญาณที่เป็นห้วง ๆ นี้จะทำให้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีคุณภาพกลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่อยู่ในเกรดค่อนข้างต่ำ วิธีแก้ไขก็คือ ต้องอาศัยวงจรกรองสัญญาณ ซึ่งทำหน้าที่กรองสัญญาณที่เป็นห้วง ๆ ให้เรียบมากขึ้น จนเกือบเป็นไฟตรงจริง ๆ ที่ไม่ต้องหาโดยการเฉลี่ยรูปสัญญาณ ซึ่งวงจรกรองสัญญาณมีอยู่หลายแบบด้วยกันคือ วงจรกรองสัญญาณด้วยตัวเก็บประจุ วงจรกรองสัญญาณแบบ RC และ วงจรกรองสัญญาณด้วยตัวเหนี่ยวนำ แต่ในวงจรแหล่งจ่ายไฟแบบเชิงเส้นนิยมใช้วงจรกรองสัญญาณแบบตัวเก็บประจุ และวงจรกรองสัญญาณแบบ RC เท่านั้น ในโครงงานนี้จะใช้วงจรกรองสัญญาณด้วยตัวเก็บประจุโดยการต่อขนานกับแหล่งจ่ายไฟ ใช้ตัวเก็บประจุขนาด 2,200 ไมโครฟารัด 50 โวลต์

2.4 วงจรรักษาระดับแรงดัน สัญญาณที่ออกมาทางเอาท์พุทของวงจรกรองสัญญาณทั้งแบบใช้ตัวเก็บประจุและแบบ RC นั้น ยังไม่เรียบเท่าที่ควร ยังมีการเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันขึ้นๆ ลง ๆ ในลักษณะคล้ายฟันเลื่อย เพราะว่าตัวเก็บประจุจะเก็บและคายประจุอยู่ตลอดเวลา วิธีแก้ไขคือ การใช้วงจรรักษาระดับแรงดันซึ่งวงจรนี้จะทำหน้าที่ควบคุมแรงดันให้คงที่ และที่สำคัญจะทำให้ค่าแรงดันริปเปิลลดลง วงจรรักษาระดับแรงดันแสดงได้ดังรูป 2.1

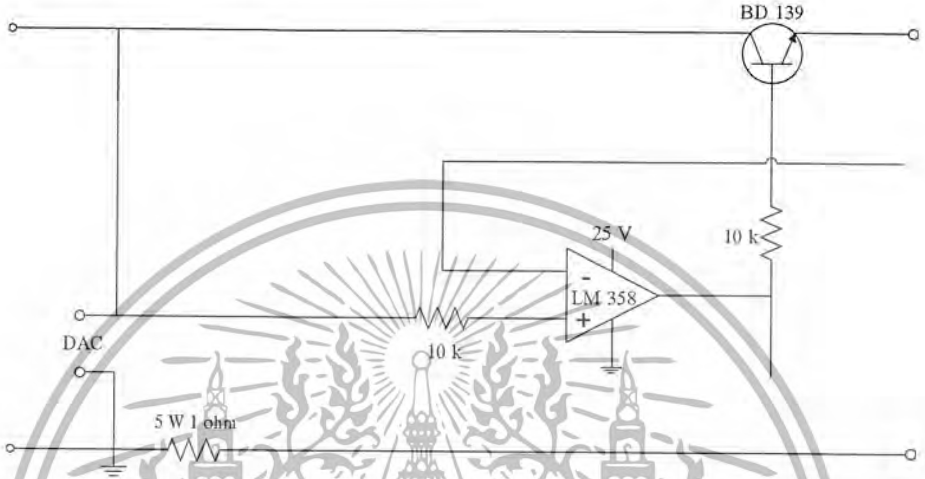


รูปที่ 2.1 วงจรรักษาระดับแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

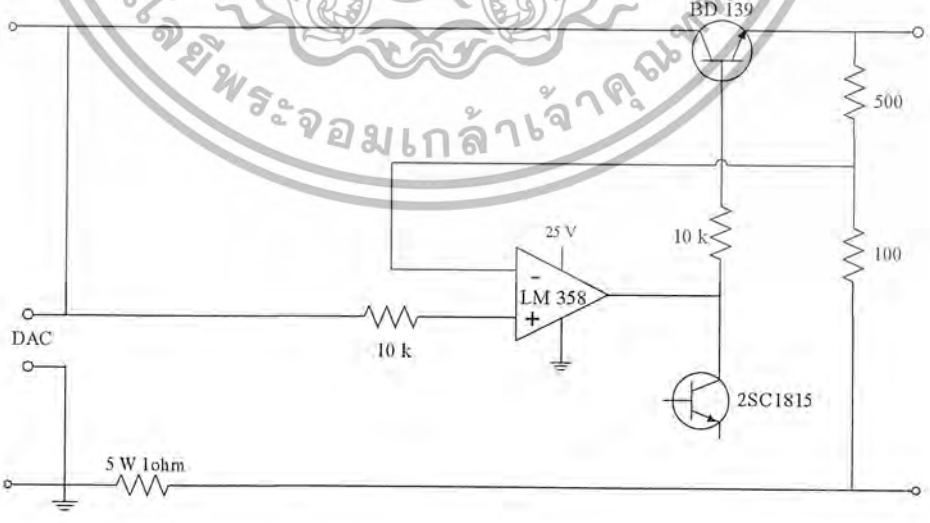
เราสามารถอธิบายวงจรรักษาระดับแรงดันโดยแบ่งเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

ส่วนกำเนิดแรงดันอ้างอิง เป็นส่วนที่ใช้กำหนดแรงดันที่ทางออก โดยเป็นแรงดันที่รับมาจากวงจร DAC และสามารถปรับค่าได้ประมาณ 0 – 5 โวลต์



รูปที่ 2.2 ส่วนกำเนิดแรงดันอ้างอิง

ส่วนขยายแรงดันอ้างอิง



รูปที่ 2.3 ส่วนขยายแรงดันอ้างอิง

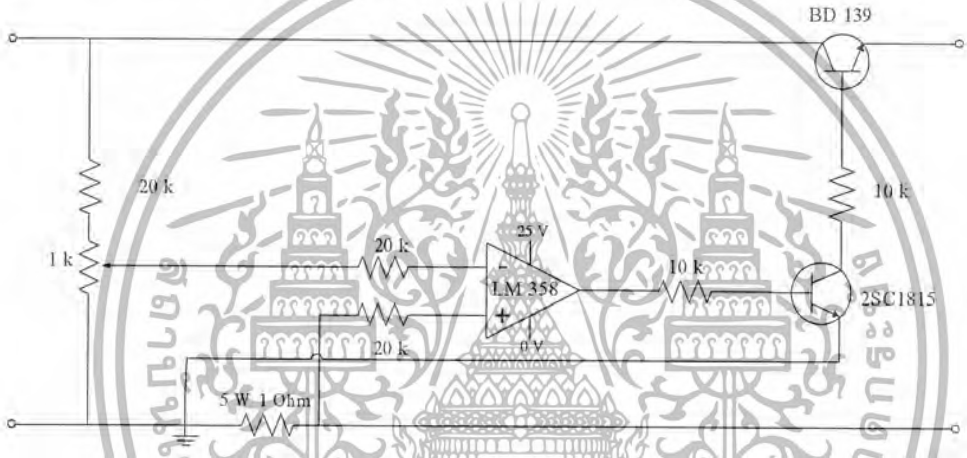
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานเริ่มจากการป้อนแรงดันอ้างอิง ซึ่งจะถูกส่งไปยังขาบวกของออปแอมป์ (Operational Amplifier) ได้ค่าอัตราขยายดังสมการ

$$V_o = (1+R_f/R_{in})V_{ref}$$

ออปแอมป์จะส่งค่าแรงดันไปยังขาเบสของทรานซิสเตอร์ (Transistor) ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน กระแสจะสามารถไหลผ่านทรานซิสเตอร์และผ่านตัวต้านทานขนาด 100โอมห์และ 500 โอมห์ ซึ่งเป็นตัวต้านทานป้อนกลับ (feedback network) เกิดเป็นแรงดันที่ทางออกตามต้องการ

ส่วนป้องกันกระแสเกินหรือจำกัดกระแส



รูปที่ 2.4 วงจรจำกัดกระแส

เริ่มจากการส่งค่าแรงดันที่ได้ไปที่ออปแอมป์ ซึ่งเป็นวงจรเปรียบเทียบแรงดัน โดยกำหนดค่าแรงดันอ้างอิงเท่ากับ 0.5โวลต์ เป็นการจำกัดกระแสที่ปริมาณ 0.5 แอมป์ (R_{sense} = 1 □ 5 w) ถ้าวงจรจ่ายกระแสเกิน จะทำให้ออปแอมป์ตัวนั้นทำงานและดึงกระแสเอาท์พุท ทำให้แรงดันที่ทางออกลดลง และเป็นเช่นนี้จนกว่าแรงดันเอาท์พุทจะลดลงถึงระดับที่เราได้จำกัดกระแสไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.5 วงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
เครื่องฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์

เครื่องฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ นี้จะนำระบบควบคุมการทำงานแบบดิจิตอลมาประยุกต์ใช้แทนการควบคุมอะนาลอกแบบเก่า ดังนั้นในส่วนของการกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าจึงใช้วงจรอะนาลอกอยู่ ซึ่งในที่นี้จะนำไอซี (Integrated circuit) กำเนิดสัญญาณของยี่ห้อ MAXIM เบอร์ MAX038 มาใช้ โดยคุณสมบัติของไอซีตัวนี้สามารถกำเนิดสัญญาณพื้นฐานได้ 3 รูปแบบ คือ สัญญาณรูปไซน์ (sine) , สัญญาณรูปสี่เหลี่ยมและสัญญาณรูปสามเหลี่ยม สามารถปรับค่าได้ในช่วง 0.1 Hz – 20 MHz โดยใช้อุปกรณ์ต่อร่วมภายนอกเพียงเล็กน้อย และมีเสถียรภาพในการทำงานดีพอสมควร ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดทางเทคนิคของไอซีเบอร์นี้อย่างละเอียดในบทนี้

3.1 รายละเอียดทางเทคนิคของ MAX038

MAX038 เป็นไอซีที่สามารถใช้เป็นฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ความถี่สูง และมีความเที่ยงตรงสูง สามารถผลิตรูปสัญญาณสามเหลี่ยม , ฟันเลื่อย , ไซน์ , สี่เหลี่ยมและพัลส์ ด้วยการต่ออุปกรณ์ภายนอกเพียงเล็กน้อย ความถี่เอาท์พุทอยู่ในช่วง 0.1 Hz ถึง 20 MHz โดยใช้แรงดันอ้างอิง 2.5 โวลต์จากตัวไอซี ต่อร่วมกับความต้านทานและตัวเก็บประจุภายนอก ค่าดิวตี้ไซเคิล (Duty cycle) สามารถควบคุมได้โดยใช้แรงดัน ± 2.5 โวลต์ ทำให้ผลิตสัญญาณฟันเลื่อยได้ง่ายขึ้น ส่วนพัลส์วิดธ์มอดูเลชั่น (Pulse-Width Modulation) , ฟรีเควนซี่มอดูเลชั่น (Frequency Modulation) และการสวีปความถี่ (Frequency Sweeping) สามารถควบคุมได้โดยใช้วิธีเดียวกับสัญญาณฟันเลื่อยและสัญญาณพัลส์วิดธ์มอดูเลชั่น การควบคุมค่าดิวตี้ไซเคิลและความถี่จะเป็นอิสระต่อกัน

เราสามารถเลือกเอาท์พุทให้เป็นสัญญาณรูปไซน์ , สี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยมจากรหัสที่ป้อนเข้าสู่ตัวไอซี เอาท์พุทของสัญญาณจะมีค่า 2 V_{p-p} และสมมาตรกัน ความต้านทานเอาท์พุทของไอซีมีค่าต่ำ ทำให้สามารถจ่ายกระแสได้สูงกว่า ± 20 mA

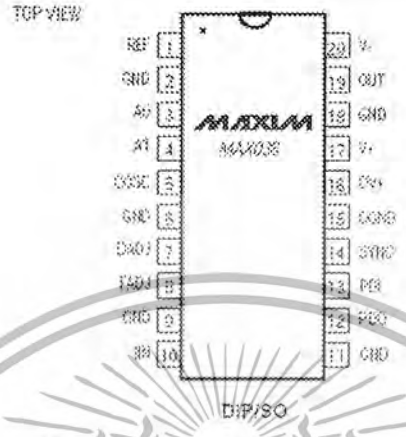
สัญญาณซิ้งค์ (SYNC) ทางเอาท์พุทจะเกิดจากออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) ภายในตัวของมันเอง และจะมีค่าดิวตี้ไซเคิล 50 % คงที่ โดยไม่คำนึงถึงค่าดิวตี้ไซเคิลของสัญญาณอื่นทางเอาท์พุทของไอซีและการซิงโครไนซ์ (Synchronize) ของอุปกรณ์อื่น ๆ ในระบบ ความถี่ออสซิลเลเตอร์ ภายในสามารถที่จะซิงโครไนซ์ กับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกได้โดยต่อเข้ากับขา PDI

3.1.1 คุณสมบัติของ IC MAX032

- ความถี่ใช้งานในช่วง 0.1 Hz ถึง 20 MHz
- สามารถสร้างสัญญาณรูปสามเหลี่ยม , สี่เหลี่ยม , ฟันเลื่อย , ไซน์และพัลส์ได้
- ความถี่และดิวตี้ไซเคิลสามารถปรับได้โดยอิสระจากกัน
- ดิวตี้ไซเคิลสามารถปรับได้ในช่วง 15 % ถึง 85 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความต้านทานทางเอาท์พุทต่ำคือ 0.1 โอมห์
- ความผิดเพี้ยนของสัญญาณรูปไซน์มีค่าน้อยคือ 0.75 %



รูปที่ 3.1 รูปร่างและการจัดขาของ MAX038

PIN	NAME	FUNCTION
1	REF	2.50V temp-stable voltage reference output
2, 6, 9, 11, 18	GND	Ground*
3	A0	Waveform selection input. TTL/CMOS compatible
4	A1	Waveform selection input. TTL/CMOS compatible
5	COSC	External capacitor connection
7	DADJ	Duty-cycle adjust input
8	FADJ	Frequency adjust input
10	IIN	Current input for frequency control
12	PDO	Phase detector output. Connect to GND if phase detector is not used.
13	PDI	Phase detector reference clock input. Connect to GND if phase detector is not used.
14	SYNC	TTL/CMOS-compatible output, referenced between DGND and DV+. Permits the internal oscillator to be synchronized with an external signal. Leave open if unused.
15	DGND	Digital ground
16	DV+	Digital +5V supply input. Can be left open if SYNC is not used.
17	V+	+5V supply input
19	OUT	Sine, square or triangle output
20	V-	-5V supply input

*The five GND pins are not internally connected. Connect all five GND pins to a quiet ground close to the device. A ground plane is recommended (see Layout Considerations).

ตารางที่ 3.1 หน้าที่การทำงานของขาต่าง ๆ ของ MAX038

3.1.2 หลักการทำงานโดยละเอียดของ MAX038

MAX038 เป็นฟังก์ชั่นเจนเนอร์เรเตอร์ความถี่สูง สามารถสร้างสัญญาณไซน์ ,รูปสามเหลี่ยม , รูปฟันเลื่อยและรูปสี่เหลี่ยม (พัลส์) ที่มีความผิดเพี้ยนของสัญญาณต่ำ สัญญาณที่ผลิตได้อยู่ในช่วง 0.1 Hz. ถึง 20 MHz. การใช้งานต่อกับอุปกรณ์ภายนอกเพียงเล็กน้อย ความถี่และดิวตี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไซเคิลจะเป็นอิสระต่อกัน และสามารถควบคุมได้โดยใช้กระแส แรงดันหรือความต้านทาน สามารถเลือกรูปสัญญาณเอาท์พุทโดยป้อนรหัสที่ขาอินพุท (Input) A0 และ A1

MAX038 จะใช้แรงดันไฟเลี้ยง ± 5 โวลต์ ผิดพลาดไม่เกิน ±5 % ออสซิลเลเตอร์พื้นฐานเป็นชนิดรีแลกเซชั่น (Relaxation) ทำงานโดยใช้การประจุและคายประจุของตัวเก็บประจุ C_F ด้วยกระแสคงที่ ทำให้ได้สัญญาณสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมออกมาในเวลาเดียวกัน การชาร์จ (Charge) และดิสชาร์จ (Discharge) กระแสจะถูกควบคุมโดยกระแสที่ไหลเข้ามาที่ขา IIN และการมอดูเลทสัญญาณทำได้โดยป้อนแรงดันเข้าไปที่ขา FADJ และ DADJ กระแสที่ป้อนเข้าไปที่ขา IIN สามารถเปลี่ยนแปลงจาก 2 μA จนถึง 750 μA เราสามารถปรับความถี่อย่างละเอียดได้โดยป้อนแรงดันที่ขา FADJ ตั้งแต่ – 2.4 V ถึง +2.4 V และทำให้ความถี่เบี่ยงเบนจากความถี่ปกติ ± 70 % โดยปกติแล้ว FADJ จะมีแรงดัน 0 V

ค่าดิวตี้ไซเคิลสามารถควบคุมได้ตั้งแต่ 10 % จนถึง 90 % โดยใช้แรงดัน ± 2.3 V ป้อนเข้าที่ขา DADJ ซึ่งแรงดันนี้จะไปเปลี่ยนอัตราส่วนการชาร์จและดิสชาร์จของ C_F โดยใช้ความถี่ทางเอาท์พุทคงที่

ขา REF จะจ่ายแรงดันอ้างอิง 2.5 V การคำนวณค่ากระแสและแรงดันของ IIN , FADJ หรือ DADJ สามารถคำนวณได้ง่ายโดยการต่อตัวความต้านทานคงที่จากขา REF ยัง IIN , FADJ หรือ DADJ และเรายังสามารถปรับค่าต่าง ๆ เหล่านี้ได้ ขา FADJ และขา DADJ สามารถต่อลงกราวด์ (Ground) ถ้าเราต้องการให้ดิวตี้ไซเคิลเป็น 50 % และไม่ต้องการให้ความถี่เบี่ยงเบนจากความถี่ปกติ

ความถี่ทางด้านเอาท์พุทจะเป็นส่วนกลับกับค่าตัวเก็บประจุ (C_F) เราจึงสามารถเลือกความถี่ได้ตามต้องการ

สัญญาณรูปไซน์จะได้จากวงจรเปลี่ยนรูปคลื่นจากรูปคลื่นสามเหลี่ยม หลังจากที่เปลี่ยนแล้วจะได้รูปคลื่นไซน์ที่มีความผิดเพี้ยนต่ำและแอมพลิจูด (Amplitude) คงที่ สัญญาณรูปไซน์ , สี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยมจะไปป้อนให้กับส่วนมัลติเพล็กซ์ (Multiplex) ซึ่งรูปสัญญาณทั้งสามแบบจะเลือกได้จากขา A0 และ A1 การขยายสัญญาณเอาท์พุทจะมีค่าคงที่เท่ากับ 2 V_{p-p} โดยไม่คำนึงถึงรูปสัญญาณและความถี่

สัญญาณรูปสามเหลี่ยมที่ได้จากออสซิลเลเตอร์จะส่งไปเปรียบเทียบด้วยความเร็วสูง ทำให้ได้สัญญาณซิ้งค์ รูปสี่เหลี่ยมซึ่งสามารถใช้ซิงโครไนซ์กับออสซิลเลเตอร์ตัวอื่นได้ วงจรผลิตสัญญาณซิ้งค์ นี้จะใช้แหล่งจ่ายแรงดันแยกจากวงจรส่วนอื่น ๆ

สัญญาณรูปสี่เหลี่ยม 2 สัญญาณจากออสซิลเลเตอร์พื้นฐานจะถูกส่งเข้ามาที่ด้านหนึ่งของเฟสดีเท็คเตอร์ (Phase detector "exclusive-OR") และด้านอีกหนึ่งจะเป็นเฟสดีเท็คเตอร์อิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พุท (PDO) ซึ่งสามารถต่อกับออสซิลเลเตอร์ภายนอกได้ เฟสดีเท็คเตอร์เอาท์พุทสามารถที่จะเชื่อมต่อกับ FADJได้โดยตรงเพื่อ MAX038ให้ซิงโครไนซ์กับออสซิลเลเตอร์จากภายนอก

3.1.3 การเลือกรูปสัญญาณ

MAX038 สามารถที่จะผลิตรูปสัญญาณไซน์, สี่เหลี่ยมหรือสามเหลี่ยม เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น ระดับลอจิกและตำแหน่งขาที่ใช้ในการเลือกรูปสัญญาณแสดงดังตารางที่ 3.2

A0	A1	รูปสัญญาณ
x	1	สัญญาณรูปไซน์
0	0	สัญญาณรูปสี่เหลี่ยม
1	0	สัญญาณรูปสามเหลี่ยม

x = don't care

ตารางที่ 3.2 แสดงการเลือกสัญญาณเอาท์พุท

การเปลี่ยนรูปสัญญาณสามารถทำได้โดยใช้เวลาเพียงเล็กน้อย การเปลี่ยนรูปสัญญาณจะเกิดขึ้นในเวลา 0.3 µs แต่จะมีทรานเซียนต์ (transient) เล็กน้อยในรูปสัญญาณเอาท์พุทที่ช้ากว่า 0.5 µs

3.1.4 คาบเวลาของรูปสัญญาณ

ความถี่ของเอาท์พุทคำนวณได้จากกระแสที่ป้อนเข้าที่ขา IIN, ตัวเก็บประจุที่ขา CSOC และแรงดันที่ขา FADJ เมื่อแรงดัน $V_{FADJ} = 0$ V ความถี่เอาท์พุทพื้นฐาน (F_O) คำนวณได้จากสูตร

$$F_O\ (MHz) = I_{IN}\ (\mu A) / C_F\ (pF)$$

คาบเวลา (t_O) หาได้จากสูตร

$$t_O\ (\mu S) = C_F\ (pF) / I_{IN}\ (\mu A)$$

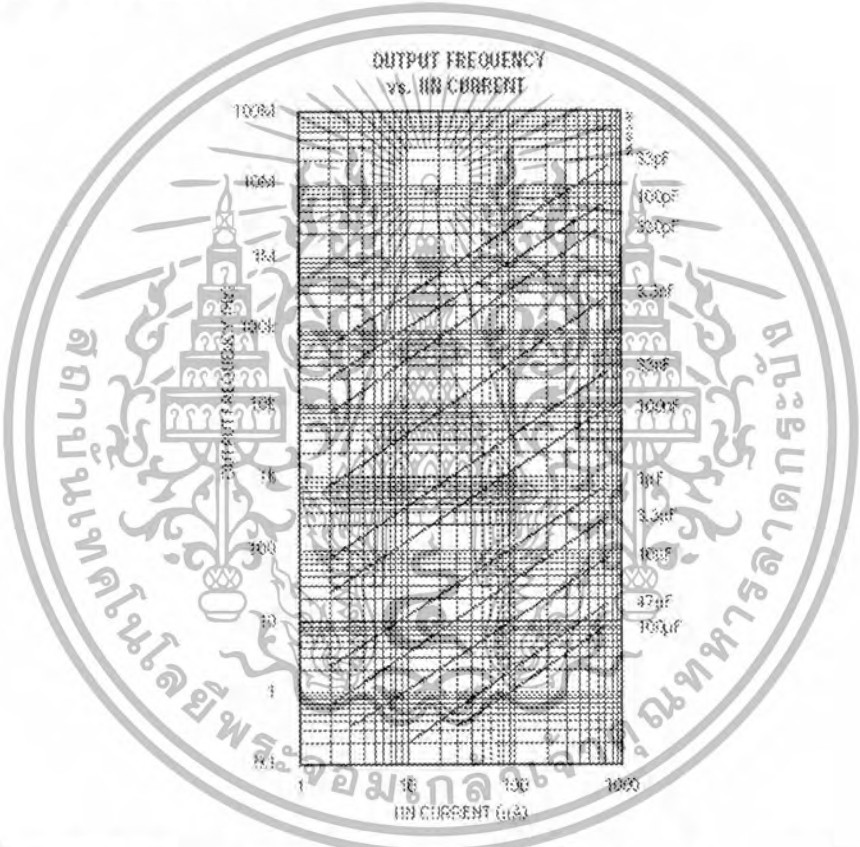
เมื่อ I_{IN} = กระแสที่ไหลเข้าไปที่ขา I_{IN} (ระหว่าง 2 µA. – 750 µA)

C_F = ตัวเก็บประจุต่อระหว่างขา COSC และ GND (20 pF – 100µF)

การปฏิบัติการให้ได้ผลดีที่สุด กระแส I_{IN} จะอยู่ในระหว่าง 10µA ถึง 400 µA แม้ว่ากระแสจะใช้งานได้ดีในช่วง I_{IN} ระหว่าง 2 µA ถึง 750 µA ค่าของกระแสที่นอกเหนือจากช่วงที่กำหนดจะไม่แนะนำให้ใช้ การทำงานที่ความถี่คงที่จะตั้งกระแส I_{IN} ประมาณ 100 µA และเลือกค่าตัวเก็บประจุที่เหมาะสม ที่กระแสค่านี้จะทำให้ค่าประสิทธิ์ทางอุณหภูมิ (temperature coefficient) ต่ำที่สุด และมีการเปลี่ยนเฟสต่ำที่สุดเมื่อเปลี่ยนค่าดิวตี้ไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าตัวเก็บประจุสามารถที่จะใช้ในช่วง 20 pF จนถึง 100 μF แต่ค่าความจุที่เกิดขึ้นในวงจรจะต้องมีค่าที่น้อยที่สุด ซึ่งทำได้โดยการเดินสายให้สั้นที่สุด รอบ ๆ ขา COSC และลายวงจรที่สำคัญ ๆ จะต้องมีกราวด์เพลน (ground plane) และเชื่อมต่อสัญญาณภายนอกที่จุดนี้น้อยที่สุด การออสซิลเลตความถี่ที่สูงกว่า 20 MHz สามารถทำได้ แต่รูปคลื่นจะผิดเพี้ยนเพิ่มขึ้นภายใต้เงื่อนไขต่อไปนี้คือ ความถี่ที่ต่ำที่สุดที่ถูกจำกัดโดยค่าการรั่วไหลของคาปาซิเตอร์ C_{OSC} และโดยจะต้องมีความเที่ยงตรงของความถี่เอาท์พุท ความถี่ที่ต่ำที่สุดที่สามารถทำงานได้ดีและมีความเที่ยงตรงจะใช้คาปาซิเตอร์ 10 μF หรือมากกว่านั้นโดยใช้แบบไม่มีขั้ว



รูปที่ 3.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เอาท์พุท , กระแส , และ C_F กำหนดความถี่

ที่ขา I_{IN} จะมีระดับแรงดันเป็นกราวน์เสมือน ซึ่งมีแรงดันน้อยกว่า ± 2 mV ค่ากระแส I_{IN} นี้จะหาได้จากตัวต้านทานที่ต่ออยู่ระหว่างขา REF กับขา IIN คำนวณได้จาก c เมื่อใช้แรงดันต่ออนุกรมกับตัวต้านทาน สูตรในการคำนวณความถี่ออสซิลเลเตอร์คือ

$$F_0\,(MHz) = V_{IN} / [R_{IN} * C_F\,(pF)]$$

$$t_O\,(\mu S) = C_F\,(pF) * R_{IN} / V_{IN}$$

เมื่อความถี่ของ MAX038 ควบคุมโดยแหล่งจ่ายแรงดัน (V_{IN}) ที่ต่ออนุกรมกับตัวต้านทานคงที่ (R_{IN}) ความถี่ทางเอาท์พุทจะได้ควบคุมจาก V_{IN} โดยตรง ดังแสดงในสมการข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5. การใช้งานขา FADJ

ความถี่เอาท์พุทสามารถมอดูเลทโดยใช้ขา FADJ ซึ่งจุดประสงค์สำคัญจะใช้สำหรับปรับความถี่อย่างละเอียด โดยใช้เฟสล็อกลูป (Phase lock loop) ภายใน หลักการเบื้องต้นความถี่กลาง (F_O) ที่ตั้งโดย I_{IN} นั้น C_F จะถูกทำให้ชาร์จมากขึ้น โดยการตั้งค่าแรงดันที่ขา FADJ ให้มากกว่า 0 แรงดันนี้สามารถที่จะเปลี่ยนจาก -2.4 V ถึง +2.4 V ความถี่ทางเอาท์พุทสามารถเปลี่ยนจาก 0.3 เท่า จนถึง 1.7 เท่า หรือความถี่เบี่ยงเบนจากความถี่ $f_O \pm 70$ % ถ้าแรงดันเกิน ±2.4 V จะทำให้การเปลี่ยนแปลงความถี่ไม่มีเสถียรภาพ อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงกันข้ามได้ (reverse slope)

แรงดัน V_{FADJ} หาได้จากการเปลี่ยนแปลงของเอาท์พุทจาก F_O โดย D_X (เปอร์เซนต์การเบี่ยงเบนจากความถี่ F_O) โดยใช้สูตร

$$V_{FADJ} = -0.0343 * D_X$$

เมื่อแรงดันที่ FADJ นี้อยู่ระหว่าง -2.4 V ถึง +2.4 V

หมายเหตุ : I_{IN} จะเป็นสัดส่วน โดยตรงกับความถี่กลาง (F_O) V_{FADJ} จะมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซนต์การเปลี่ยนแปลงจาก F_O V_{FADJ} ที่เปลี่ยนแปลงจาก 0 เป็นบวกหรือลบ จะตรงกับการเปลี่ยนแปลงทางบวกและลบของความถี่ โดยคำนวณได้จากสูตร

$$V_{FADJ} = (F_O - F_X) / (0.2915 * F_O)$$

เมื่อ F_X = ความถี่เอาท์พุท

F_O = ความถี่เอาท์พุทขณะที่ $V_{FADJ} = 0$

แรงดันของ FADJ หาโดยคาบเวลาจากสูตร

$$V_{FADJ} = 3.43 * (t_X - t_O) / t_X$$

เมื่อ t_X = คาบเวลาของเอาท์พุท

t_O = คาบเวลาของเอาท์พุทเมื่อ $V_{FADJ} = 0$

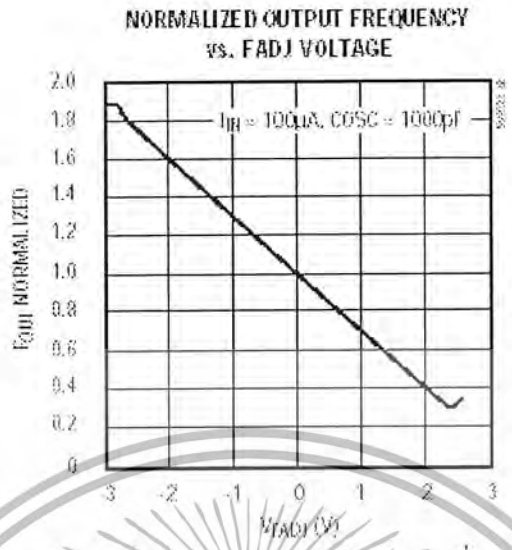
ถ้าเรารู้ V_{FADJ} สามารถหาความถี่ได้โดยใช้สูตร

$$F_X = F_O * [1 - (0.2915 * V_{FADJ})]$$

และคาบเวลาหาโดยสูตร

$$t_X = t_O / [1 - (0.291 * V_{FADJ})]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่านอมอลไลซ์ความถี่เอาท์พุทกับแรงดันที่ขา FADJ

ที่ขา FADJ จะมีกระแส 250 μA คงที่ไหลไปยัง V- ดังนั้นที่ขานี้จะต้องควบคุมโดยใช้แหล่งจ่ายแรงดัน การใช้งานจะต่อตัวต้านทานปรับค่าได้ (R_F) ระหว่างขา REF (+2.5 V) กับขา FADJ เมื่อเราตั้งความถี่เบื้องต้นเราสามารถหาค่าตัวต้านทาน (R_F) ได้โดย

$$R_F = (V_{REF} - V_{FADJ}) / 250\ \mu A$$

การใช้งานขานี้จะมีผลต่อความถี่เอาท์พุท ดังนั้นถ้าเราไม่ต้องการใช้งานควรจะต่อตัวต้านทาน 12 kΩ ที่ขานี้ลงกราวด์

3.1.6 การสวีปของความถี่

ความถี่เอาท์พุทสามารถจะสวีปได้โดยการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณที่ขา IIN และ FADJ ที่ขา IIN จะมีย่านในการสวีปกว้าง แต่การตอบสนองจะค่อนข้างช้า สัมประสิทธิ์ทางอุณหภูมิต่ำ และแหล่งจ่ายกระแสที่ต่อจะต้องถูกขั้ว FADJ จะใช้ในกรณีกว้างในช่วงแคบ ๆ คือ น้อยกว่า ±70 % จากความถี่กลางและเหมาะสมที่จะใช้สำหรับการจัดวงจรแบบเฟสล็อกลูป สัญญาณที่สวีปจะต้องมีแรงดันทางบวกและลบสมมาตรกับกราวด์

การเชื่อมต่อจะใช้ตัวต้านทานต่อระหว่างขา REF หรือแหล่งจ่ายแรงดันกับขา FADJ หรือ IIN เพื่อสะดวกในการปรับแรงดันที่ใช้สวีป

3.1.7 ดิวตี้ไซเคิล

แรงดันที่ขา DADJ จะควบคุมค่าดิวตี้ไซเคิลของรูปสัญญาณ ปกติแล้วV_{DADJ} จะมีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งจะให้ค่าดิวตี้ไซเคิลเท่ากับ 50 % แรงดันที่ขานี้สามารถเปลี่ยนได้จาก -2.3 V ถึง +2.3 V เนื่องจากค่าดิวตี้ไซเคิลเปลี่ยนแปลงได้จาก 15 % ถึง 85 % หรือประมาณ 15 % ต่อ 1 โวลต์ ถ้าแรงดันเกิน ± 2.3 V. จะทำให้เฟสของเอาท์พุทเลื่อนไปจากเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DADJ สามารถใช้ลดความผิดเพี้ยนของสัญญาณรูปไซน์ได้ ในขณะที่เราไม่ปรับ (V_{DADJ} = 0 V) ดิวตี้ไซเคิลจะมีค่าเท่ากับ 50 % ผิดพลาด + 2 % การเปลี่ยนแปลงจาก 50 % จะเกิดโดยฮาร์โมนิก (Harmonic) ที่เกิดขึ้น เราจะแก้ไขโดยปรับค่าแรงดัน V_{DADJ} เพียงเล็กน้อย เพื่อให้รูปสัญญาณสมมาตร และเกิดความผิดเพี้ยนน้อยที่สุด

แรงดัน V_{DADJ} ที่ใช้เปลี่ยนค่าดิวตี้ไซเคิลหาได้จากสูตร

V_{DADJ} = (50 % - dc) * 0.0575 หรือ

V_{DADJ} = $(0.5 - [t_{ON} / t_O]) * 5.75$

เมื่อ V_{DADJ} = แรงดันที่ขา DADJ

dc = ดิวตี้ไซเคิล (%)

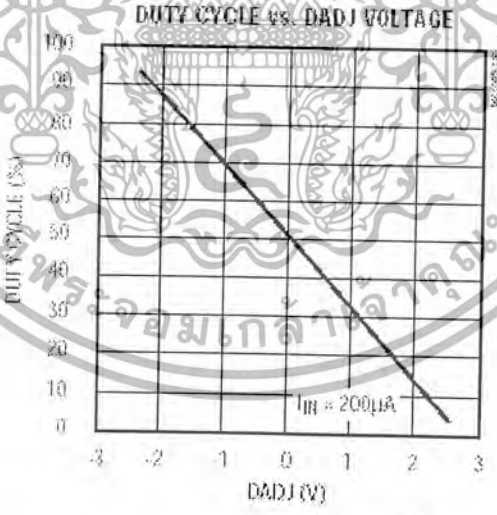
t_{ON} = ช่วงเวลาที่เป็นบวก

t_O = คาบเวลาของรูปคลื่น

ถ้าเราทราบค่า V_{DADJ} จะสามารถหาค่าดิวตี้ไซเคิลและ t_{ON} ได้จากสูตร

Dc = 50 % - (V_{DADJ} * 17.4)

t_{ON} = t_O * [0.5 - (V_{DADJ} * 0.174)]



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ดิวตี้ไซเคิลกับแรงดันที่ขา DADJ

3.1.8 การใช้งานขา DADJ

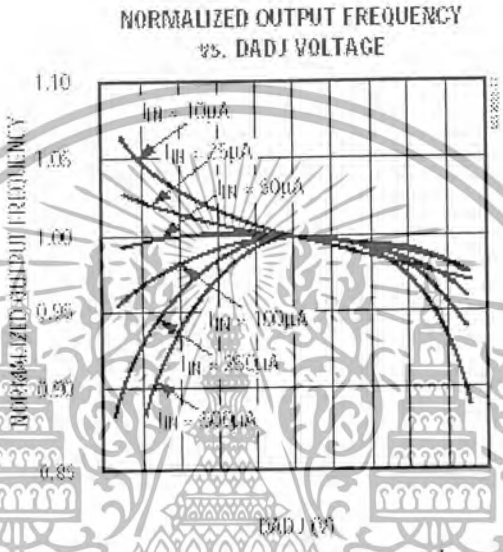
ขา DADJ จะคล้ายกับ FADJ คือมีกระแส 250 µA ไหลไปยัง V- และต้องใช้แหล่งจ่ายแรงดันในการควบคุมค่าดิวตี้ไซเคิล การใช้งานจะต่อตัวต้านทานปรับค่าได้ (R_D) ระหว่างขา REF (+2.5 V) กับขา DADJ เพื่อเลือกค่าดิวตี้ไซเคิล การเปลี่ยนแปลงค่าดิวตี้ไซเคิลจะอยู่ในช่วง15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% ถึง 85 % ซึ่งค่าดิวตี้ไซเคิลช่วงนี้จะมีผลกระทบต่อความถี่เอาท์พุทน้อย โดยปกติจะน้อยกว่า 2 % เมื่อ 25 μA < I_{IN} < 250 μA

การต่อตัวต้านทานปรับค่าได้ (R_D) เข้าไประหว่างขา REF และ DADJ จะทำให้สามารถปรับดิวตี้ไซเคิลได้ ค่าความต้านทาน R_D หาได้โดย

$$R_D = (V_{REF} - V_{DADJ}) / 250\ \mu A$$



รูปที่ 3.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่านอลมาไลซ์ความถี่เอาท์พุทกับแรงดันที่ขา DADJ

3.1.9 เอาท์พุท

ขนาดสัญญาณเอาท์พุทจะมีค่าคงที่คือ 2 V_{p-p} รูปคลื่นทุกแบบจะมีด้านบวกและลบสมมาตรกัน ความต้านทานทางเอาท์พุทมีค่าต่ำกว่า 0.1 Ω และสามารถจ่ายกระแสได้ ± 20 mA ที่โหลดสูงกว่า 50 pF ถ้าค่าตัวเก็บประจุทางเอาท์พุทมีค่าสูง จะต้องแยกวงจรด้านเอาท์พุทด้วยตัวต้านทาน (ปกติใช้ 50 Ω) หรือวงจรบัฟเฟอร์ (buffer amplifier)

3.1.10 แรงดันอ้างอิง

ขา REF จะมีแรงดัน 2.5 V ใช้เป็นระดับแรงดันอ้างอิง จ่ายกระแสได้ 4 mA ส่วนใหญ่แล้วขา REF นี้จะถูกใช้เป็นตัวจ่ายกระแส I_{IN} หรือไบอัสที่ขา DADJ และ FADJ นอกจากนั้นยังสามารถประยุกต์ใช้งานอย่างอื่นกับวงจรภายนอกในส่วนอื่น ๆ ได้ด้วย ที่ขานี้ควรจะต่อตัวเก็บประจุบายพาสค่า 100 nF ไว้ด้วยเพื่อลดสัญญาณรบกวนให้น้อยที่สุด

3.1.11 การเลือกตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ

MAX038 เป็นอุปกรณ์ที่มีเสถียรภาพทางความถี่และอุณหภูมิ แต่ค่าตัวเก็บประจุและตัวต้านทานที่คำนวณออกมาได้เมื่อนำไปใช้งานอาจทำให้ความถี่ที่ผลิตได้ผิดพลาด การผิดพลาดนี้จะเกิดเนื่องจากเราเลือกตัวต้านทานและตัวเก็บประจุที่มีคุณภาพไม่ดีพอ ตัวต้านทานควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เลือกชนิดเมทอลฟิล์ม (metal film) ซึ่งมีค่าความผิดพลาดเพียง 1 % หรือดีที่สุด ตัวเก็บประจุที่ใช้ควรเป็นชนิดเซรามิกที่มีคุณสมบัติทางอุณหภูมิประมาณ ±30 ppm / °C หรือน้อยกว่านั้นจึงจะเหมาะสม

แรงดันที่ขา COSC จะเป็นสัญญาณรูปสามเหลี่ยมที่มีการเปลี่ยนแปลงแรงดันระหว่าง 0 V. ถึง -1 V. ค่าตัวต้านทานแบบมีขั้วโดยทั่วไปจะไม่ควรใช้ แต่ถ้าต้องการใช้จะต้องต่อขั้วลบของตัวเก็บประจุเข้ากับขา COSC และขั้วบวกของตัวเก็บประจุต่อลงกราวด์ ที่ความถี่ต่ำจะใช้ตัวเก็บประจุที่มีค่ามาก จึงจำเป็นต้องเลือกอย่างระมัดระวัง เพราะตัวเก็บประจุที่มีค่ามาก กระแสรั่วไหลจะมากตาม และการดูดกลืนเนื่องจากไดอิเลคตริค (dielectric) จะสูง ทำให้เกิดการรบกวนเมื่อ C_F ทำการชาร์จและดิสชาร์จ ถ้าจำเป็นต้องใช้ควรใช้กระแส I_{IN} ต่ำ ๆ เพื่อทำให้ค่าของคาปาซิเตอร์ลดลง

3.1.12 สัญญาณ SYNC ทางเอาท์พุท

เอาท์พุท SYNC สามารถจะใช้ซิงโครไนซ์กับวงจรภายนอก เอาท์พุทที่ขา SYNC จะเป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่มีขอบขาขึ้นพร้อมกับเอาท์พุทที่เป็นสัญญาณไซน์หรือสามเหลี่ยม เมื่อเราเลือกสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม ขอบขาขึ้นของ SYNC จะเกิดขึ้นที่กึ่งกลางของคลื่นบวกของสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมซึ่งทำให้สัญญาณ SYNC ล้าหลังสัญญาณสี่เหลี่ยม 90°

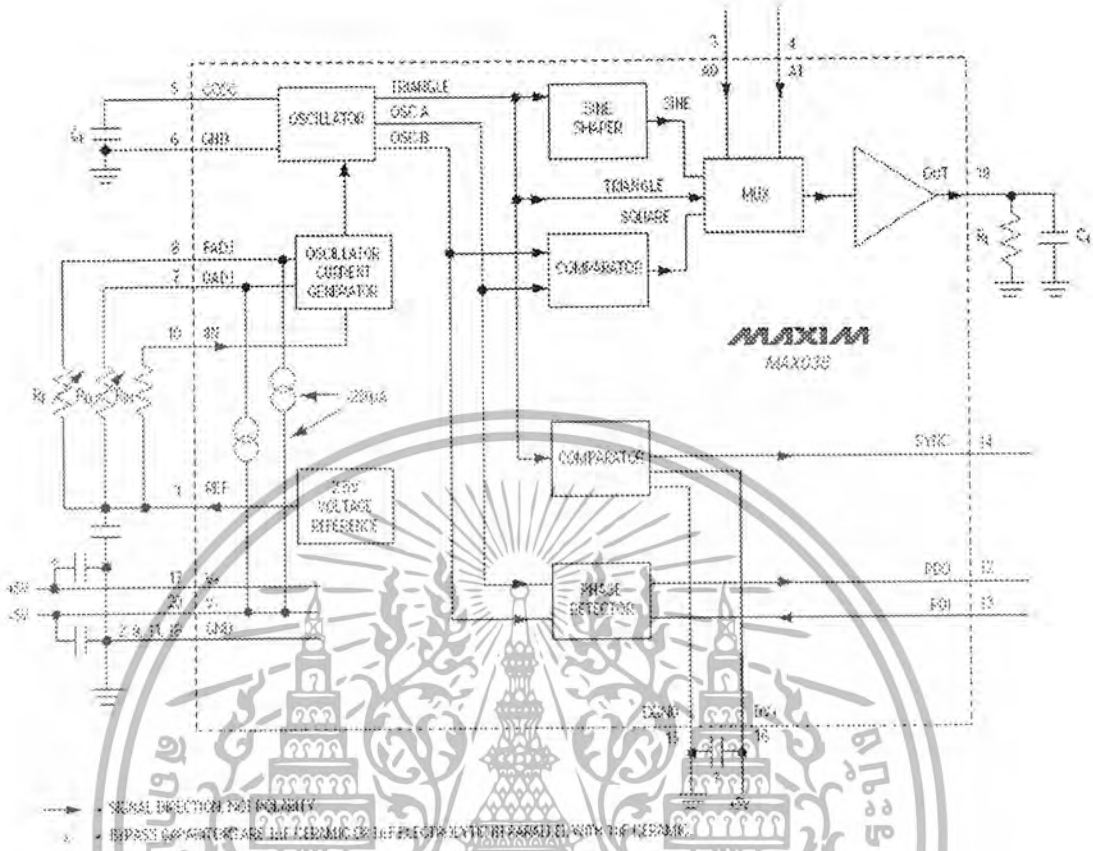
เนื่องจาก SYNC มีการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณเร็วมากทำให้เกิดทรานส์เซียนต์ขึ้นที่ขา DV+ และ DGND ทำให้เกิดการแพร่กระจายของพลังงานไปยังวงจรในเอาท์พุท ทำให้เกิดสัญญาณสไปร์ (spike) แคบ ๆ ในรูปสัญญาณทางเอาท์พุท ถ้าเราต้องการใช้สัญญาณ SYNC จึงไม่ควรจะใส่ซ็อกเก็ตไอซี เพราะจะทำให้เกิดค่า L และ C ทำให้ผลของสไปร์เพิ่มมากขึ้น แรงดันไฟเลี้ยงและกราวด์ของวงจรส่วนนี้จะแยกจากส่วนอื่น ดังนั้นถ้าไม่ต้องการใช้สัญญาณ SYNC ก็ไม่ต้องจ่ายไฟเลี้ยง DV+ ทั้งนี้เพื่อลดผลของสไปร์ที่เกิดขึ้น

3.1.13 โครงสร้างภายในและการต่อใช้งานเบื้องต้นของ MAX038

จากรายละเอียดการทำงานที่กล่าวมาแล้วสามารถนำค่าที่ได้จากการออกแบบมาจัดเป็นวงจรข้างต้นดังแสดงได้ในรูปที่ 3.6 ซึ่งแสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของ MAX 038 ไว้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

55784



รูปที่ 3.6 แสดงโครงสร้างภายในและการต่อใช้งานเบื้องต้นของ MAX 038

3.2. ระบบควบคุมการทำงาน

การควบคุมหรือกำหนดค่าในการปรับฟังก์ชั่นเจนเนอร์เรเตอร์สามารถแบ่งออกได้เป็นดังนี้

3.2.1 ปรับเลือกโหมดการทำงานสามารถแบ่งออกเป็น 3 โหมดการทำงานคือ

3.2.1.1 โหมดการทำงานปกติ (Intern) เป็นโหมดที่ใช้งานทั่วไป เครื่องจะทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณตามรูปสัญญาณ , ความถี่ , ค่าดิวตี้ไซเคิล , ระดับแอมปลิจูดเอาท์พุท และค่าดีซีออฟเซ็ตตามที่กำหนดโดยไม่มีการปรับสวีป หรือแบบเอฟเอ็มมอดูเลชั่น

3.2.1.2 โหมดการทำงานแบบสวีป (Sweep) เป็นโหมดที่ใช้ในการปรับค่าความถี่แบบสวีปโดยใช้แรงดันไฟตรงจากภายนอก โดยกำหนดค่าความถี่หลักและองค์ประกอบต่าง ๆ จากการปรับในโหมดการทำงานปกติ

3.2.1.3 โหมดการทำงานแบบเอฟเอ็มมอดูเลชั่น (Frequency Modulation: FM) เป็นโหมดที่ใช้การปรับค่าความถี่แบบเอฟเอ็ม โดยการป้อนสัญญาณที่ต้องการมอดูเลทเข้าสู่ตัวไอซี ผลที่ได้คือ จะทำให้ค่าความถี่หลักที่กำหนดไว้เปลี่ยนแปลงไปในช่วงความถี่ที่ต่ำกว่าและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงกว่าค่าเดิม ซึ่งก็คือ การมอดูเลชั่นทางความถี่ของสัญญาณอินพุทจากภายนอกกับความถี่หลักของตัวฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์นั่นเอง

3.2.2 การปรับเลือกรูปสัญญาณ เป็นการปรับเพื่อเลือกรูปสัญญาณเอาท์พุท (Waveform) ที่ต้องการผลิตขึ้น จากคุณสมบัติของไอซีกำเนิดรูปสัญญาณ MAX038 สามารถกำหนดรูปสัญญาณพื้นฐานได้ 3 รูปแบบคือ สัญญาณรูปไซน์ , รูปสามเหลี่ยมและรูปสี่เหลี่ยม โดยการปรับเลือกจากขา A0 และ A1 ของ MAX038 ดังแสดงในตารางที่ 3.2 ดังนั้น เมื่อปรับร่วมกับค่าดิวตี้ไซเคิลสามารถกำหนดได้ 5 รูปแบบสัญญาณทั้งสิ้น คือ

- รูปสัญญาณฟังก์ชันไซน์
- รูปสัญญาณสามเหลี่ยม
- รูปสัญญาณฟันเลื่อย
- รูปสัญญาณสี่เหลี่ยม
- รูปสัญญาณพัลส์

3.2.3 การปรับเลือกความถี่ เป็นการปรับตั้งเพื่อเลือกความถี่ของสัญญาณเอาท์พุทที่ต้องการผลิตขึ้น โดยสามารถเลือกได้ในช่วง 10 kHz – 1 MHz โดยแบ่งออกเป็น 5 ช่วงคือช่วง 10 - 100 Hz , 100 Hz - 1 kHz , 1.1 kHz - 10 kHz , 10.1k-100k และ 100.1 kHz – 1MHz แต่ละช่วงความถี่สามารถทำการเลือกได้โดยเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุที่ต่อเข้ากับขา COSC ของ MAX038 , ค่า R_{IN} ซึ่งเป็นตัวต้านทานต่อเข้ากับขา I_{IN} ของ MAX038 และแรงดัน V_{IN} ป้อนเข้าที่ขา I_{IN} โดยมีความสัมพันธ์ดังสมการต่อไปนี้

$$F_O\ (MHz) = V_{IN} / [R_{IN} \times C_F\ (pF)]$$

การปรับค่าความถี่จะใช้ตัวแปร 2 ตัวจากสมการคือค่า C_F และ V_{IN} โดยที่ R_{IN} จะเป็นค่าความต้านทานคงที่ ส่วน C_F จะเป็นตัวกำหนดช่วงความถี่ที่ตั้งไว้ 5 ช่วง นั้นคือจะใช้ค่า C_F ทั้งหมด 5 ค่าเพื่อแทนความถี่ทั้ง 5 ช่วงจากนั้นการปรับค่าความถี่ของสัญญาณเอาท์พุทจะขึ้นกับตัวแปร V_{IN} ซึ่งในระบบควบคุมจะอาศัยการปรับค่า V_{IN} นี้เป็นตัวเลือกความถี่ในแต่ละย่าน

3.2.4 การปรับเลือกค่าดิวตี้ไซเคิล เป็นการตั้งเพื่อเลือกดิวตี้ไซเคิลของสัญญาณเอาท์พุทที่ผลิตขึ้น การปรับค่าดิวตี้ไซเคิลนี้จะกำหนดเฉพาะเมื่อเลือกรูปสัญญาณเอาท์พุทเป็นรูปฟันเลื่อยและพัลส์เท่านั้น การควบคุมค่าดิวตี้ไซเคิลสามารถทำได้โดยการป้อนแรงดันไฟตรงไปที่ขา DADJ ของ MAX038 โดยอาศัยจากความสัมพันธ์ในสมการดังต่อไปนี้

$$dc = 50\% - (V_{DADJ} \times 17.4)$$

$$t_{ON} = t_O \times [0.5 - (V_{DADJ} \times 0.174)]$$

เมื่อ V_{DADJ} = DADJ Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dc = Duty cycle (in %)

t_{ON} = ON (positive) Time

t_O = waveform period

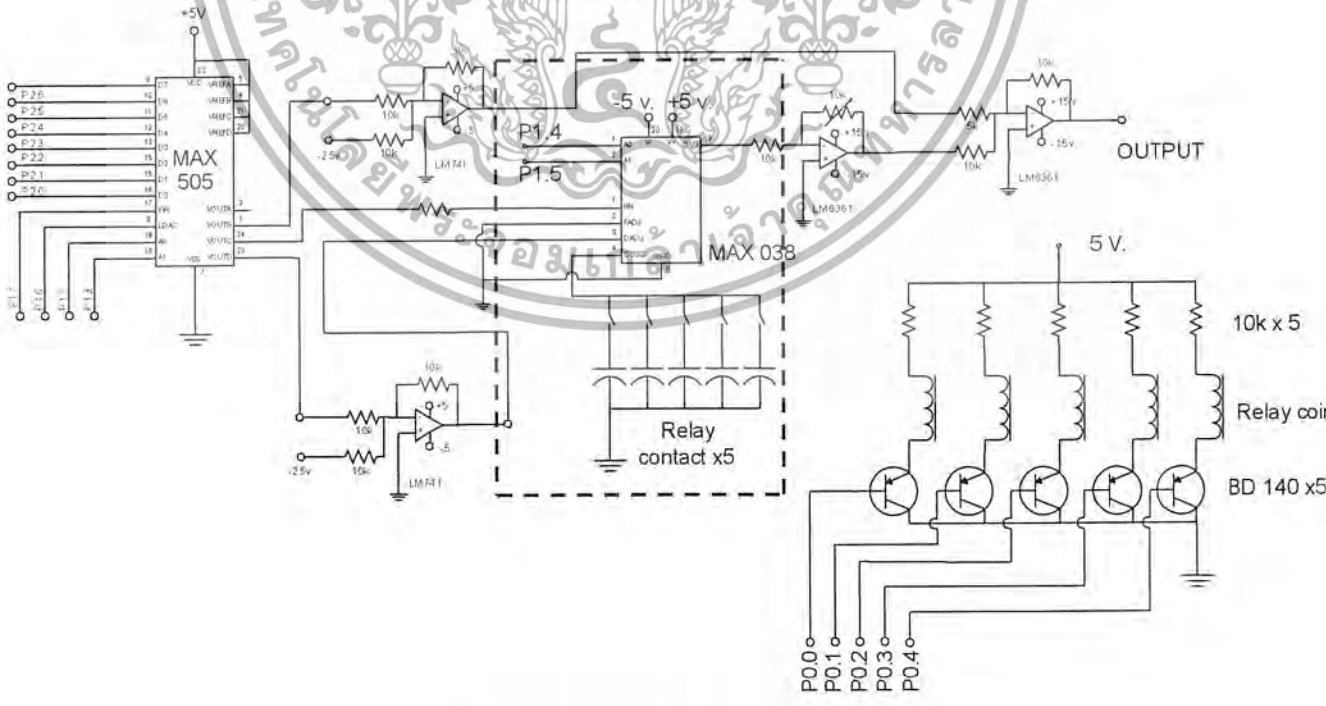
จากความสัมพันธ์ดังสมการจะเห็นได้ว่าเมื่อรับค่าแรงดัน V_{DADJ} จะเป็นตัวทำให้ดิวตี้ไซเคิลของสัญญาณเอาท์พุทเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งค่าแรงดันนี้สามารถปรับได้อยู่ในช่วง -2.3 ถึง +2.3 โวลต์ ตามคุณสมบัติทางเทคนิคของ MAX038

3.2.5 การปรับเลือกระดับแอมปลิจูด เป็นการปรับตั้งเพื่อกำหนดค่าแอมปลิจูดของแรงดันเอาท์พุทที่เกิดขึ้น

3.2.6 การปรับเลือกค่าแรงดันไฟตรงออฟเซ็ต (Off set) เป็นการกำหนดค่าแรงดันไฟตรงออฟเซ็ตของ สัญญาณเอาท์พุทที่ผลิตขึ้น การปรับตั้งค่าระดับแรงดันออฟเซ็ตจะใช้วิธีการปรับแรงดันไฟตรงที่ป้อนเข้าไปรวมกับสัญญาณเอาท์พุทที่ผลิตได้จาก MAX038 ทำให้สัญญาณที่ได้มีองค์ประกอบของไฟตรงเข้าไปรวมอยู่ด้วย

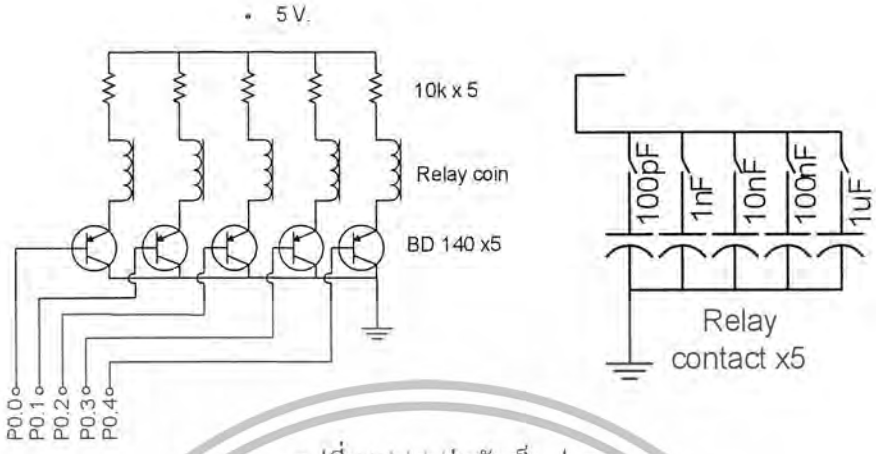
3.3 การคำนวณค่าตัวต้านทานและค่าตัวเก็บประจุ

การคำนวณค่าตัวต้านทานและค่าตัวเก็บประจุ เพื่อให้ MAX 038 ผลิตความถี่ในช่วง 10 Hz – 1MHz โดยอ้างอิงจากวงจรดังรูป



รูปที่ 3.7 แสดงการต่อวงจรของ MAX 038

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 การต่อตัวเก็บประจุ

จากรูปที่ 3.8 วงจรเราจะแบ่งย่านความถี่ออกเป็น 5 ย่าน คือ

- 10 Hz – 100 Hz
- 100.1 Hz – 1 kHz
- 1.1kHz – 10 kHz
- 10.1kHz – 100 kHz
- 100.1 kHz – 1M kHz

สูตรที่ใช้ในการคำนวณมี 2 สูตร คือ

$$F_O\,(MHz) = I_{IN}\,(\mu A) / C_F\,(pF)$$

$$I_{IN} = V_{IN} / R_{IN}$$

ข้อกำหนดทางเทคนิคของ MAX 038 มีดังนี้ คือ

- I_{IN} มีค่าระหว่าง 2 µA – 750 µA
- C_F มีค่าระหว่าง 20 pF – 100pF

จากสูตรจะพบว่าความถี่ F_O จะขึ้นอยู่กับ I_{IN} และ C_F เมื่อเราให้ C_F คงที่และปรับ I_{IN} จะทำให้ F_O เกิดการเปลี่ยนแปลงในย่านความถี่ช่วงหนึ่ง ดังนั้นถ้าเราต้องการให้มีย่านความถี่ 5 ย่าน สามารถทำได้โดยเปลี่ยน C_F จำนวน 5 ค่า ซึ่งค่า C_F ที่ใช้ในแต่ละย่านความถี่จะมีค่าแตกต่างกันย่านละ 10 เท่า เพื่อให้ความถี่ในแต่ละย่านแตกต่างกัน 10 เท่า จากรูป 3.8 เราจะได้ค่า C_F เป็น 5 ค่าและย่านกระแส 5 ย่าน ตามตารางที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ย่านความถี่	C_F	$I_{IN} = V_{IN} / R_{IN}$
10 Hz – 100Hz	1 μF	10 μA - 100 μA
100.1 Hz – 1 k Hz	100 nF	10 μA - 100 μA
1.1 k Hz – 10k Hz	10nF	10 μA - 100 μA
10.1k Hz - 100k Hz	1nF	10 μA - 100 μA
100.1k Hz – 1M Hz	0.1nF	10 μA - 100 μA

ตารางที่ 3.3 แสดงการกำหนดค่าในการคำนวณตัวเก็บประจุ

จากสูตร $I_{IN} = V_{IN} / R_{IN}$ เราจะให้ค่า R_{IN} คงที่ แล้วเปลี่ยนค่า V_{IN} เพื่อให้ I_{IN} เปลี่ยนแปลง จากรูปจะเห็นว่าเราได้ V_{IN} มาจากการแบ่งแรงดันของ V_{REF} และค่า V_{IN} ที่สูงสุดจะเท่ากับ V_{REF} (2.5 V) ส่วนค่า V_{IN} สูงสุดจะมีกระแสไหล 100 μA นำค่า V_{IN} และ I_{IN} แทนในสูตรเพื่อหาค่า R_{IN}

$$R_{IN} = V_{IN} / I_{IN}$$
$$= 2.5\ V / 100\ \mu A$$
$$= 25\ k\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ไมโครคอนโทรลเลอร์

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเป็นตัวกลางเชื่อมการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ ที่เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานด้วยระบบดิจิตอลกับอุปกรณ์ที่ทำงานด้วยระบบอะนาลอก โดยการเชื่อมโยงระหว่าง ไมโครคอนโทรลเลอร์กับคอมพิวเตอร์ นั้นใช้พอร์ตอนุกรม RS 232 เป็นตัวติดต่อเพื่อนำข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ มาทำการแปลความหมายแล้วนำไปสั่งงานให้อุปกรณ์อีกตัวหนึ่งก็คือ ดีทูเอกับเอทูดีคอนเวิร์ดเตอร์ (ADC & DAC) เป็นตัวช่วยในการแปลงจากข้อมูลดิจิตอลเป็นระบบอะนาลอกโดยมีรายละเอียดของแต่ละส่วนเป็นดังนี้

รูปแบบของการสื่อสารแบบอนุกรมโดยอาศัยไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นการสื่อสารแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) กล่าวคือ เป็นวงจรสื่อสารที่สามารถทำการรับและส่งข้อมูลได้ทั้ง 2 ทิศทางในเวลาเดียวกัน โดยขาสัญญาณที่ใช้คือ ขา RXD ทำหน้าที่ในการรับข้อมูลและขา TXD ใช้ทำหน้าที่ในการส่งข้อมูล โดยการส่งข้อมูลที่เราเลือกใช้นั้นเป็นแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous) โดยการสื่อสารแบบแบบอะซิงโครนัส มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

เป็นการรับส่งข้อมูล โดยที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยสัญญาณนาฬิการ่วมด้วย แต่จะใช้การกำหนดค่าความเร็วในการรับส่งข้อมูลให้เท่ากัน เรียกอัตราเร็วดังกล่าวว่า บอร์ดเรต (Board rate) มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที (bit per sec)

รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสมี 4 ส่วนดังนี้

1. บิตเริ่มต้น (Start Bit) มีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรม มีขนาด 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี้ (Parity Bit) มีขนาด 1 บิต หรือไม่มี
4. บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด (Stop Bit) มีขนาด 1 บิต

อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส ที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS232 นั้นมีด้วยกันหลายค่า ตั้งแต่ 110 ถึง 19,200 บิตต่อวินาที โดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ เนื่องจากอัตราบอร์ดคือ ค่าของจำนวนบิตที่สามารถส่งได้ใน 1 วินาทีสมมุติว่าข้อมูลอนุกรมมีความยาว 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ (Parity Check) มีบิตเริ่มต้นและบิตลงท้ายอย่างละ 1 บิต รวมเป็น 10 บิต ถ้าบอร์ดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที เราสามารถจะส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบพาริตี้บิตสามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่หรือคู่หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตี้บิตก็ได้ ความหมายของพาริตี้บิตคู่และคี่ คือ จำนวนลอจิก 1 ทั้งหมดภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ รวมถึงจำนวนพาริตี้บิตว่าเป็นเลขคู่หรือคี่

4.2 โหมดการทำงานของพอร์ตอนุกรมของ MCS-51

พอร์ตอนุกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถเลือกการทำงานได้ 4 โหมด

1. โหมด 0 เป็นการกำหนดให้พอร์ตอนุกรมทำงานในลักษณะชิฟรีจิสเตอร์ (Shift register)

2. โหมด 1 เป็นการกำหนดให้เป็นแบบ UART ขนาด 8 บิต สามารถเลือกอัตราบอร์ดได้

3. โหมด 2 เป็นการกำหนดให้เป็นแบบ UART ขนาด 9 บิตโดยมีอัตราบอร์ดคงที่

4. โหมด 3 เป็นการกำหนดให้เป็นแบบ UART ขนาด 9 บิต โดยสามารถเลือกอัตราบอร์ดได้

โดยโหมดการทำงานที่เราเลือกจะเป็นแบบโหมดที่ 1 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การทำงานในโหมด 1 ของวงจรพอร์ตอนุกรม ใช้การส่งข้อมูล 10 บิต การกำหนดอัตราเร็วบอร์ดด้วยไทม์เมอร์ (Timer) 1และ 2 โดยสามารถกำหนดได้ตามความต้องการเมื่อตัวไทม์เมอร์ 1 นับจนเกิดตัวทดก็จะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการรับข้อมูลและเริ่มนับใหม่จากค่าที่ตั้งไว้

กระบวนการส่งข้อมูลเริ่มต้นด้วยการแอคทีฟ (Active) สัญญาณเขียนข้อมูลมายังรีจิสเตอร์(Register) SBUF ส่งมายังวงจรควบคุมการส่ง (TX control) จากนั้นวงจรควบคุมการทำการแอคทีฟสัญญาณ SEND ที่สเตต1 (state) เฟส 1 ของแมชชีนไซเคิล (Machine cycle) ต่อมา โดยสัญญาณ SEND จะเป็น “0” ตลอดการส่งข้อมูล เมื่อสัญญาณ SEND แอคทีฟ จะทำการส่งบิตเริ่มต้นก่อนเป็นบิตแรก โดยมีคาบเวลาของบิตเริ่มต้นเท่ากับ 1 แมชชีนไซเคิล จากนั้นตามด้วยการส่งบิตข้อมูล 8 บิต เรียงลำดับจากบิต LSB โดยข้อมูลที่ทำการส่งถูกเรียกออกมาจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับการส่งข้อมูล ในทุก ๆ บิตข้อมูลที่ทำการส่งออกไป จะเกิดสัญญาณพัลส์ SHIFT ขึ้น เพื่อให้เรียกข้อมูลในแต่ละบิตจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ การกำหนดจังหวะการส่งข้อมูลใช้สัญญาณนาฬิกาการส่ง (TX clock) เป็นตัวกำหนด โดยสัญญาณนาฬิกานี้ได้มาจากการหารสัญญาณ TCLK จากไทม์เมอร์ 1 ด้วย 16 หลังจากการส่งบิตข้อมูลก็จะทำการส่งบิตหยุดหรือบิตปิดท้าย 1 บิต ดังนั้นการส่งข้อมูลจะใช้สัญญาณนาฬิกาทั้งหมด 10 ลูก เมื่อทำการส่งข้อมูลครบเรียบร้อยแล้ว จะทำการเซตบิต TI ในรีจิสเตอร์ SCON หากการอินเตอร์รัปต์ (Interrupt) จากพอร์ตอนุกรมได้รับการเอ็นเอเบิล (Enable) ไว้ ก็จะเกิดการอินเตอร์รัปต์ขึ้นในระบบ หลังจากที่ทำการบริการอินเตอร์รัปต์หรือส่งข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ต้องทำการเคลียร์บิต TI ก่อนเป็นอันดับแรก เพื่อให้การรับส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรมดำเนินต่อไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านการรับข้อมูล จะทำการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจาก " 1" เป็น " 0 " ที่ขา RxD โดยใช้อัตราการสุ่มเท่ากับ 16/1 เท่าของอัตราบอด เมื่อตรวจจับพบ ไทม์เมอร์/เคาเตอร์ (Counter) ที่ใช้ในการกำหนดอัตราบอดจะรีเซตและทำการเขียนข้อมูล1 FFH ไปยังชิฟรีจิสเตอร์ ข้อมูลจะเริ่มเดินทางเข้าสู่พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขา RxD ในการตีความว่าบิตที่เข้ามาเป็น " 0 " หรือ " 1 " จะใช้ผลการสุ่มข้างมาก โดยบิตของข้อมูลที่เข้ามาได้รับการแบ่งออกเป็น 16 สเตต การสุ่มข้อมูลจะทำการสุ่มสเตตที่ 8 , 7 และ 9 หาร 2 ใน 3 ของการสุ่มพบว่าข้อมูลใดเป็นลอจิกใด จะตีความข้อมูลในบิตนั้นเป็นตามเสียงข้างมาก ยกตัวอย่าง สุ่มพบลอจิก " 1 " 2 ใน 3 ครั้ง จะตีความว่าบิตของข้อมูลที่รับได้นั้นเป็น " 1 "

ลำดับการรับข้อมูลมีลักษณะเกี่ยวกับการส่งข้อมูลคือ เริ่มด้วยบิตเริ่มต้นก่อน ตามด้วยบิตข้อมูล และบิตปิดท้ายในทุก ๆ การรับข้อมูลได้ 1 บิต จะมีพัลส์ SHIFT เกิดขึ้น เพื่อทำการเลื่อนข้อมูลเข้าสู่รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์การรับข้อมูล การกำหนดจังหวะการรับข้อมูลใช้สัญญาณนาฬิกาการรับข้อมูล (RX clock) หลังจากสัญญาณนาฬิกาลูกสุดท้าย อันหมายถึงสามารถรับข้อมูลได้ครบแล้ว วงจรควบคุมการรับข้อมูลจะทำการส่งข้อมูลจากรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ไปยังรีจิสเตอร์ SBUF และบิต RB8 ในรีจิสเตอร์ SCON โดยข้อมูลในบิต RB8 ก็คือข้อมูลของบิตหยุดนั่นเอง พร้อมกันนั้นยังทำการเซตบิต RI ในรีจิสเตอร์ SCON ด้วย หากการอินเตอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรมได้รับการเอ็นเอเบิลไว้ ก็จะเกิดการอินเตอร์รัปต์ขึ้นในระบบ หลังจากบริการอินเตอร์รัปต์หรือรับข้อมูลเรียบร้อยแล้วต้องทำการเคลียร์บิต RI ก่อน เพื่อให้การรับส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรมดำเนินต่อไปได้

4.3 การกำหนดอัตราบอร์ดของพอร์ตอนุกรม (Serial Port) ในไมโครคอนโทรลเลอร์ เนื่องจากทั้งสองโหมดนี้สามารถเลือกแหล่งกำเนิดอัตราบอร์ดได้ 2 แหล่งคือ จากโอเวอร์โฟลว(Over Flow) ของไทม์เมอร์ 1 และ 2 (Timer 1 & 2) สำหรับอัตราบอดเมื่อใช้การโอเวอร์โฟลวของไทม์เมอร์ 1 จะต้องใช้ค่าของบิต SMOD ในรีจิสเตอร์ PCON มาพิจารณาประกอบด้วย สามารถคำนวณค่าอัตราบอดได้จาก

อัตราบอด = $(2^{\text{ค่าของบิตใน SMOD}}/32)$ X อัตราโอเวอร์โฟลวของไทม์เมอร์ 1

ถ้าหากในไทม์เมอร์ 1 ไม่ได้เอ็นเอเบิลการอินเตอรัปต์ไว้ สามารถคำนวณใหม่ได้จาก

อัตราบอด = $(2^{\text{ค่าของบิตในSMOD}}/32)$X(ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา/{12x[256-(TH1)]})

4.4 การกำหนดค่าของไทม์เมอร์เพื่อเลือกอัตราบอด

การใช้งานพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS51 สิ่งที่ต้องให้ความสนใจมากที่สุดประการหนึ่งก็คือ อัตราการถ่ายทอดข้อมูล ซึ่งการกำหนดค่าดังกล่าวขึ้นกับค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาเป็นหลัก สำหรับรูปแบบการทำงานของพอร์ตอนุกรมที่สามารถเลือกอัตราบอดได้อย่างอิสระคือโหมด 1 และ 3 เป็นการกำหนดได้จากอัตราการเกิดโอเวอร์โฟลวของไทม์เมอร์ 1หาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่าไทม์เมอร์ 1 มีการเกิดโอเวอร์โฟลว ในอัตราที่สูงมากเท่าใด ก็สามารถถ่ายทอดข้อมูลได้เร็วมากขึ้นเท่านั้น

ในการใช้ไทม์เมอร์ 1 เพื่อกำหนดอัตราบอดในโหมด 1 และ 3 ของพอร์ตอนุกรมจะต้องกำหนดให้ไทม์เมอร์ 1 ทำงานในโหมด 2 หรือโหมด 8 บิตแบบตั้งค่าการนับอัตโนมัติ และการกำหนดค่ารีโหลด (Reload) ให้แก่รีจิสเตอร์ TH1 จึงเป็นตัวแปรหลักที่ใช้ในการกำหนดอัตราบอดให้แก่พอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS51

เริ่มต้นด้วยการเคลียร์บิต SMOD ซึ่งเป็นบิต 7 ของรีจิสเตอร์ PCON ให้เป็น 0 ค่าของการรีโหลด ให้กับ TH1 สามารถคำนวณได้จาก

TH1 = 256 - ((ค่าความถี่ของคริสตอล/384)/อัตราบอด)

ถ้าบิต SMOD เกิดการเซต จะเป็นการเอ็นเอเบิลการทวีคูณของอัตราบอด ดังนั้นการกำหนดค่าให้แก่ TH1 จึงต้องคำนวณจาก

TH1 = 256 – ((ค่าความถี่ของคริสตอล/192)/อัตราบอด)

ยกตัวอย่าง ถ้าหากในไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ใช้คริสตอล 11.0592 MHz ต้องการกำหนดอัตราบอดของพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ไว้ที่19 ,200 บิตต่อวินาที ในกรณีที่ไม่เอ็นเอเบิลการทวีคูณของอัตราบอด ค่ารีโหลดของไมโครคอนโทรลเลอร์เท่ากับ

TH1 = 256 – ((ค่าความถี่ของคริสตอล/(384/อัตราบอด)

= 256 – ((11059200/384)/19200)

= 256 – (28800/19200)

= 256-1.5 = 254.5

เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าที่ไม่ใช่จำนวนเต็ม ถ้าหากกำหนดค่าของ TH1 เป็น 254 เมื่อทำการแทนค่า เพื่อคำนวณหาค่าอัตราบอด จะได้อัตราบอดเท่ากับ 14,400 บิตต่อวินาที และถ้าหากกำหนดค่าของ TH1 เป็น 255 อัตราบอดจะมีค่าเท่ากับ 28,800 บิตต่อวินาที ดังนั้นจะเห็นได้ค่าของ TH1 ที่ไม่เป็นจำนวนเต็มจะไม่สามารถทำให้เกิดอัตราบอดตามที่ต้องการได้

ทางแก้ไขคือ ให้ทำการเอ็นเอเบิลการทวีคูณอัตราบอด โดยการเซตบิต SMOD ในรีจิสเตอร์ PCON ให้เป็น " 1 " จากนั้นแทนค่าลงในสมการหาค่า TH1 เมื่อมีการเซตบิต SMOD ได้ผลดังนี้

TH1 = 256 - ((ค่าความถี่ของคริสตอล/192)/อัตราบอด)

= - 256((192/11059200)19200/)

= - 256(19200/57600)

= 256 – 3 = 253

นำค่าของ TH1 ที่ได้ทำการแทนค่าคำนวณหาค่าอัตราบอดจะได้เท่ากับ 19,200 บิตต่อวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตราบอด (บิตต่อวินาที:bps)	ความถี่ สัญญาณนาฬิกา	SMOD	ไทม์เมอร์		
			C/T	โหมด	ค่ารีโหลด
โหมด 0 : สูงสุด 1MHz	12MHz	X	X	X	X
โหมด 2 : สูงสุด 375K	12MHz	1	X	X	X
โหมด 1,3 : 62.5K	12MHz	1	0	2	FFH
19.2K(19200)	11.0592 MHz	1	0	2	FDH
9.6K(9,600)	11.0592 MHz	0	0	2	FDH
4.8K(4,800)	11.0592 MHz	0	0	2	FAH
2.4K(2400)	11.0592 MHz	0	0	2	FAH
1.2K(1,200)	11.0592 MHz	0	0	2	E8H
137.5	11.0592 MHz	0	0	2	1DH
110	6 MHz	0	0	2	72H
110	12 MHz	0	0	1	FEEBH

ตารางที่ 4.1 การเลือกอัตราบอดของวงจรพอร์ตอนุกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์

4.5 การเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์

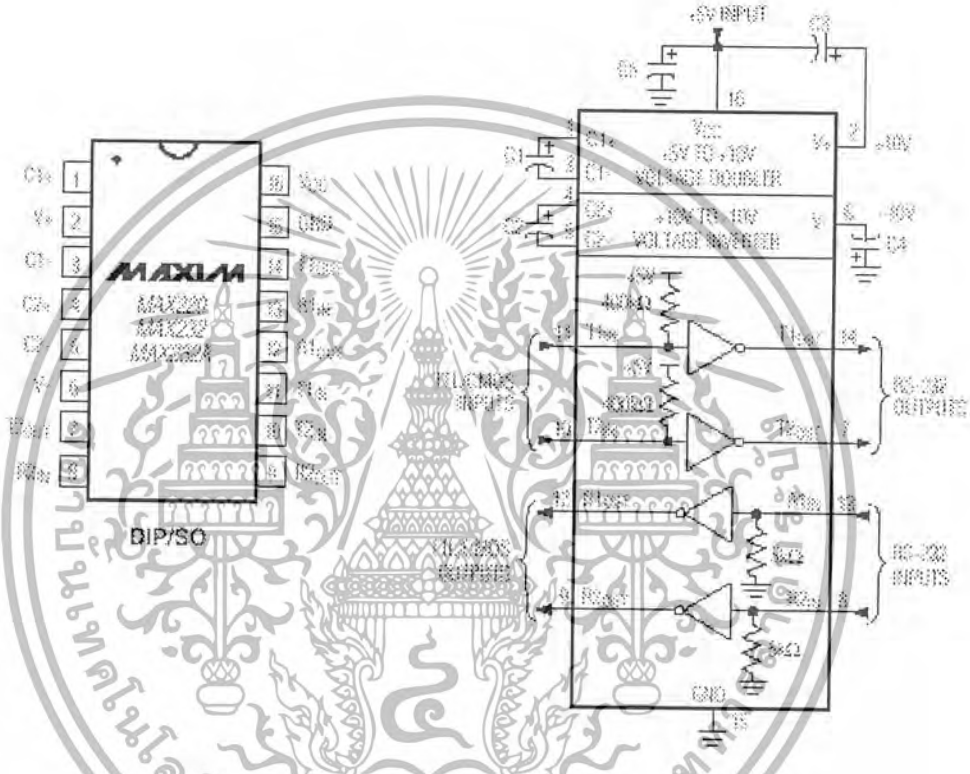
การใช้งานวงจรพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มักนิยมใช้ในการติดต่อเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมในมาตรฐาน RS-232 เป็นส่วนใหญ่ แต่เนื่องจากระดับสัญญาณของพอร์ตอนุกรม RS-232 มีระดับตั้งแต่ +3 V ถึง + 12 V ในขณะที่ระดับสัญญาณของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เข้ากับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง จึงต้องอาศัยการเชื่อมต่อผ่านไอซีพิเศษที่ทำหน้าที่ในการแปลงระดับสัญญาณ

ไอซีที่ทำหน้าที่ในการแปลงระดับสัญญาณนี้ ต้องทำการแปลงข้อมูลส่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จากระดับทีทีแอลไปเป็นระดับของ RS232 และทำการแปลงข้อมูลรับจากคอมพิวเตอร์จากระดับของ RS232 เป็นระดับทีทีแอลให้สามารถถ่ายทอดไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ได้อย่างสมบูรณ์ โดยเราใช้ไอซี (IC) เบอร์ MAX232 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 รายละเอียดทางเทคนิคของMAX232

MAX232 ภายในแบ่งส่วนการทำงานย่อยๆเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ดูอัลชาร์จปั้มดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์ทเตอร์ (Dual charge - pump , DC-DC voltage converters) , ไดรเวอร์และรีซีฟเวอร์ของRS232 (RS-232 drivers , RS-232 receivers) และสุดท้ายคือ ส่วนควบคุมการรับและการส่งสัญญาณอินพุท (receiver and transmitter enable control inputs)



รูปที่ 4.1 ลักษณะโครงสร้างภายนอกและภายในของ MAX232

4.6.1 ดูอัลชาร์จปั้มดีซี ทู ดีซี คอนเวอร์ทเตอร์

MAX232 มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงแรงดันกระแสตรงจากจาก 5 โวลต์ (Volt) เป็น ±10 โวลต์ เพื่อใช้ในการงานรับส่งสัญญาณของ RS232 โดยตัวแปลงระดับแรงดันโดยในชุดแรกเป็นการใช้ตัวแรกจะใช้ตัวเก็บประจุ C_1 ร่วมกับ C_3 ยกระดับแรงดันจาก +5 โวลต์ เป็น +10 โวลต์ ส่วนในชุดที่ 2 เป็นการตัวเก็บประจุ C_2 กับ C_4 ในการแปลงระดับแรงดันจาก +10 โวลต์ เป็น -10 โวลต์

4.6.2 ภาคส่งของ RS232

โดยทั่วไปแล้วแรงดันเอาท์พุทจะมีแรงดันแกว่งอยู่ระหว่าง -8 โวลต์ ถึง +8 โวลต์ เมื่อใช้กับตัวรับที่มีค่าความต้านทานเท่ากับ 5 กิโลโอห์มและไฟเลี้ยงเท่ากับ +5 โวลต์ ค่าแรงดันขีดเริ่มสามารถใช้ได้กับทั้งแบบ TTL และ CMOS โดยหากเราไม่ใช้ตัวอินพุตไดรเวอร์ (Driver) ตัวใดก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถปล่อยลอยไว้ได้โดยที่ไม่ต้องต่ออะไรเพิ่มเพราะว่าโครงสร้างภายในมีความต้านทานขนาด 400 กิโลโอห์ม ต่อพูลอัพ (Pull up) ไว้ภายในโดยที่ความต้านทานดังกล่าวจะทำให้เอาท์พุทมีสถานะเป็นโลว์ (Low) เพราะว่าไดรเวอร์ทุกตัวจะมีสถานะทางลอจิกเป็นตรงข้ามเสมอความต้านทานภายในนั้นโดยปกติจะกินกระแส 12 ไมโครแอมป์ ยกเว้นอยู่ในช่วงการทำงานของชัดดาวน์โหมด (Shut down mode) เพราะความต้านทานภายในจะถูกยกเลิกในโหมดการทำงานนี้ ส่วนทางด้านเอาท์พุทไดร์เวอร์ นั้นเมื่ออยู่ในชัดดาวน์โหมด จะปิดการทำงานโดยมีสถานะเป็นความต้านทานสูง โดยจะมีค่าของกระแสรั่วไหลต่ำมาก (ประมาณ 25 ไมโครแอมป์)

4.7 การแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

ในการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่แปลงสัญญาณจากอะนาลอกเป็นดิจิตอลนั้นจำเป็นต้องใช้ไอซีที่ทำหน้าที่แปลงค่ามาต่อใช้งานร่วมกันด้วย ในที่นี้เราใช้ไอซีเบอร์ PCF8591 เนื่องมาจากมีข้อดีที่สามารถใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ง่าย มีทั้งเอทูดี และดีทูเอคอนเวอร์ทเตอร์(DAC/ADC)ในตัว อีกทั้งใช้ระบบบัสแบบไอสแควซี (I^2C) ทำให้การติดต่อสามารถประหยัดพอร์ทในการเชื่อมโยงโดยใช้เพียงแค่ 2 เส้นเท่านั้นโดยมีทฤษฎีการทำงานดังต่อไปนี้

4.8 การแปลงสัญญาณอะนาลอกดิจิตอลแบบซักเซสซีฟแอปพร็อกซิเมชั่น

การแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นที่ได้รับความนิยมสูงและมีประสิทธิภาพดีคือการแปลงแบบซักเซสซีฟแอปพร็อกซิเมชั่น (Successive Approximation ADC) โดยไอซีที่เรานำมาใช้นั้นต้องทำความเข้าใจพื้นฐานในเรื่องการทำงานของมันก่อน

การทำงานแบบซักเซสซีฟแอปพร็อกซิเมชั่นนั้น คือการแปลงแบบการประมาณค่าใกล้เคียงโดยส่วนสำคัญของวงจร คือ วงจรเปรียบเทียบแรงดัน ,วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอก สัญญาณนาฬิกา และส่วนควบคุมลอจิก

วงจร ADC แบบซักเซสซีฟแอปพร็อกซิเมชั่นนั้นจะใช้รีจิสเตอร์ระบบเลขฐาน 2 ในการส่งข้อมูลของวงจร DAC ภายใน แต่ละบิตของรีจิสเตอร์จะเซตและรีเซต จะถูกควบคุมโดยวงจรควบคุมต่อไปนี้ โดยมีลำดับการทำงานเป็นดังนี้

หากเรากำหนดแรงดันอินพุทเป็น 13.5 V

1. สัญญาณเริ่มต้นการทำงาน (Start Converter) มายังซักเซสซีฟแอปพร็อกซิเมชั่นรีจิสเตอร์

2. ขณะนี้สัญญาณของรีจิสเตอร์จะไม่ว่าง สัญญาณนาฬิกาลูกแรกถูกส่งเข้ามาเพื่อกำหนดค่าของรีจิสเตอร์เท่ากับ 0000

3. เอาท์พุทของ DAC เป็น 0 V ส่งไปในวงจรเปรียบเทียบ เพื่อทำการเปรียบเทียบกับแรงดันของ V_{IN} ในขณะนี้จะได้เอาท์พุทเท่ากับ -5 V กำหนดลอจิกเป็น "0"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เมื่อสัญญาณนาฬิกาลูกต่อไปเข้ามา จะเป็นการเซตบิต MSB ของรีจิสเตอร์เป็น “1”

5. ในกรณีของ ADC ขนาด 4 บิต ดังนั้นการเซตบิตของ MSB จะทำให้จะทำให้วงจร ADC แปลงค่าแรงดันเป็น 8 V แล้วนำไปเปรียบเทียบกับวงจรเปรียบเทียบแรงดัน แต่ยังน้อยกว่า V_{IN} ดังนั้นเอาท์พุทของวงจรเปรียบเทียบยังคงเป็น “0” ทำให้รีจิสเตอร์ยังคงค่าบิต MSB เป็น “1” ต่อไป

6. ต่อมาบิต B2 ถัดจาก MSB1 บิต เนื่องจากมี 4 บิต กำหนด MSB = B3 (จะเซตซึ่งมีค่าเท่ากับ 4 V รวมกับของเดิมเป็นอีก 8 V เป็น 12 V นำไปเปรียบเทียบแรงดันกับ V_{IN} ก็ยังน้อยกว่า ดังนั้นรีจิสเตอร์ B2 ยังคงสถานะเป็น “ 1 ” เช่นกัน

7. ต่อมาบิต B1 จะเซตทำให้แรงดันเอาท์พุทมา ADC กลายเป็น 2+4+8 =14 V ซึ่งมากกว่า V_{IN} วงจรเปรียบเทียบแรงดันเกิดการเปลี่ยนสถานะเป็น “ 1 ” สัญญาณควบคุมจึงส่งออกมาให้ B1 เป็น “ 0 ”

8. เมื่อบิต LSB ถูกเซตจะมีค่าแรงดันอีก 1 V เข้ามารวมกับค่า B3 , B3 และ B1 ด้วยเป็น+8 1+0+4= 13 V เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับ V_{IN} ปรากฏว่าน้อยกว่า LSB จึงกลายเป็น “ 1 ”

9. ขณะนี้ทุกบิตในรีจิสเตอร์ถูกแปลงไปเรียบร้อยแล้วทำให้สถานะของรีจิสเตอร์อยู่ในสภาวะพร้อมทำงาน

10. ข้อมูลดิจิตอลที่ได้จาก ADC จะมีค่าเป็น 1101_2 หรือ 13 V. ซึ่งใกล้เคียงกับค่า V_{IN} กับค่า 13.5 V มากที่สุด ถ้ามากรีจิสเตอร์มีค่ามากกว่านี้ ความละเอียดในการแปลงข้อมูลจะมากขึ้น ช่วงเวลาของการแปลงสัญญาณจะเริ่มต้นขึ้นตั้งแต่สัญญาณนาฬิกาลูกแรกถูกส่งเข้าไปเตรียมระบบ ไปจนเมื่อสภาวะของรีจิสเตอร์กลับมาเป็น “ พร้อมทำงาน ” อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะต้องใช้จำนวนสัญญาณนาฬิกาเท่ากับ n + 1 พัลส์ โดย n เท่ากับจำนวนบิตของรีจิสเตอร์

ดังนั้น ถ้าหาก ADC แบบซักเซสซีฟแอปพร็อกซิเมชั่นขนาด 4 บิต ตามตัวอย่างที่อธิบายมานี้ใช้สัญญาณนาฬิกาความถี่ 50 kHz เวลาที่ใช้ทั้งหมดในการแปลงสัญญาณจะคำนวณได้ดังนี้

(1) คำนวณคาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา

F_{clk} = 50 kHz = $50 * 10^3$

T = $1 / (50 * 10^3)$ = 20 มิลลิวินาที

(2)จำนวนสัญญาณนาฬิกาทั้งหมดที่ใช้ในการแปลงเท่ากับ n + 1 , n มีค่าเท่ากับ 4 เนื่องจากมีจำนวน 4 บิต ดังนั้นจำนวนสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ทั้งหมดจึงเท่ากับ 1 + 4 = 5

(3) เวลาทั้งหมดที่เท่ากับ 20 * 5 = 100 มิลลิวินาที

จะเห็นว่าวงจร ADC แบบซักเซสซีฟแอปพร็อกซิเมชั่นมีความเร็วในการทำงานสูงพอสมควร เหมาะอย่างยิ่งในการนำมาใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาดกลางอย่าง MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.9 ความเที่ยงตรงของวงจร ADC

เป็นการเปรียบเทียบแรงดันอะนาลอกของวงจร ADC กับแรงดันที่ควรจะเกิดขึ้นจริง ยกตัวอย่างข้อมูลดิจิตอลสูงสุดของวงจร ADC ขนาด 8 บิต เมื่อเทียบเป็นแรงดันอะนาลอกควรมีค่าเท่ากับ 5.0000V แต่จากการคำนวณในตัวอย่างก่อนหน้านี้ได้ค่าแรงดัน 4.9804 V นั่นคือ เกิดความผิดพลาดไป 0.0195 V หรือ19.5 mV แต่การบอกค่าความเที่ยงตรงของวงจร ADC มักระบุเป็นจำนวนที่เทียบกับ VLSB ดังนั้นในวงจร ADC ขนาด 8 บิต ที่ยกตัวอย่างนี้จึงมีค่าความเที่ยงตรง (หรือบางทีเรียกเป็นค่าความผิดพลาด) เป็น ± 2/1 LSB

4.10 ค่าเวลาในการแปลงสัญญาณ (conversion time)

เป็นค่าของเวลาทั้งหมดที่วงจร ADC แบบวงจรนับแรมและแบบชักเซสซีฟแอปพร็อกซิเมชั่นใช้ในการแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลจนเสร็จสิ้น พามิเตอร์ตัวนี้มักจะปรากฏในคุณสมบัติของไอซีที่ทำงานเป็นวงจร ADC เมื่อไอซีแปลงสัญญาณเสร็จสิ้นลง จะส่งสัญญาณที่เรียกว่า EOC (End of conversion) ออกมา

ค่าเวลาในการแปลงสัญญาณของวงจร ADC จะขึ้นอยู่กับจำนวนบิตของวงจร , ค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการแปลงสัญญาณและขนาดของสัญญาณอะนาลอกอินพุต

4.11 ข้อมูลเบื้องต้นของ PCF8591

ในการทดลองนี้จะใช้ไอซี ADC ที่มีความสามารถสูงเบอร์ PCF8591 เนื่องจากในตัวมันมีวงจร ADC แบบแบบชักเซสซีฟแอปพร็อกซิเมชั่นขนาด 8 บิตสูงถึง 4 ช่อง ทั้งยังมีวงจร DAC อีก 1 ช่องด้วย ระบบการเชื่อมต่อเป็นแบบบัส I^2C ทำให้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น ทั้งยังสามารถต่อพ่วงกันได้สูงสุด 8 ตัว ทำให้ได้วงจร ADC รวมสูงถึง 32 ช่อง และวงจร DAC รวม 4 ช่วง สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง มีรายละเอียดคุณสมบัติทางเทคนิคดังนี้

- ทำงานโดยใช้แหล่งจ่ายไฟชุดเดียว
- ทำงานที่แรงดัน 2.5 V ถึง 6 V
- กินกระแสขณะอยู่ในสภาวะสแตนบายด์ (Stand by) ต่ำ
- ติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านระบบบัส I^2C
- เลือกตำแหน่งแอดเดรส (Address) ทางฮาร์ดแวร์(Hardware) จากขา A0, A1 , A2 ทำให้สามารถต่อพ่วงกันได้สูงสุดถึง 8 ตัว
- อัตราการสุ่มข้อมูล (sampling) ขึ้นอยู่กับความเร็วสัญญาณนาฬิกาบนบัส I^2C
- วงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล (ADC) สามารถรับสัญญาณอะนาลอกได้ 4 ช่อง ทั้งยังเลือกได้ว่าให้ทำงานแบบแยกช่องหรือทำงานเป็นวงจรดิฟเฟอเรนเชียล (Differential)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การอ่านค่าสามารถกำหนดให้เลื่อนช่องอินพุตได้โดยอัตโนมัติ
- สัญญาณอะนาลอกมีระดับแรงดันตั้งแต่ V_{SS} ไปจนถึง V_{DD}
- วงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลเป็นแบบซักเซสซิฟแอปพร็อกซิเมชั่นขนาด 8 บิต
- มีวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอกขนาด 8 บิต 1 ช่อง

รูปที่ 4.2 การจัดขาไอซีเบอร์ PCF8591

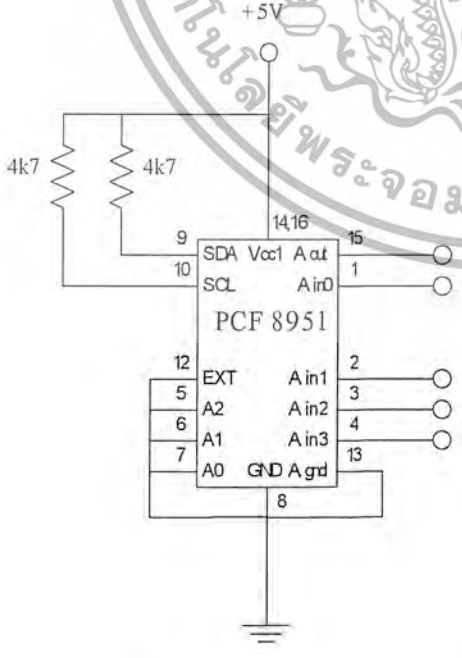
PCF8591 สามารถทำหน้าที่เป็นไอซีแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลขนาด 8 บิต 4 ช่อง และทำหน้าที่เป็นไอซีแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอกได้ในคราวเดียวกัน ด้วยการควบคุมผ่านระบบบัส I²C ทำให้สามารถพ่วงไอซี PCF8591 ได้สูงสุดถึง 8 ตัว รองรับการอ่านค่าสัญญาณอะนาลอกอินพุตได้สูงถึง 32 ช่อง และสามารถส่งสัญญาณอะนาลอกเอาท์พุทสูงสุดได้ถึง 8 ช่อง ด้วยการกำหนดแอดเดรสจากขา A0, A1 และ A2 การจัดขาของ PCF8591 แสดงดังในรูปที่ 4.2 ส่วนรายละเอียดตำแหน่งขาต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SYMBOL	PIN	DESCRIPTION
AIN0	1	analog inputs (A/D converter)
AIN1	2	
AIN2	3	
AIN3	4	
A0	5	hardware address
A1	6	
A2	7	
V_{SS}	8	negative supply voltage
SDA	9	I^2C-bus data input/output
SCL	10	I^2C-bus clock input
OSC	11	oscillator input/output
EXT	12	external/internal switch for oscillator input
AGND	13	analog ground
V_{REF}	14	voltage reference input
AOUT	15	analog output (D/A converter)
V_{DD}	16	positive supply voltage

ตารางที่ 4.2 แสดงรายละเอียดตำแหน่งขาต่าง ๆ ของ PCF8591

4.11.1 รายละเอียดฟังก์ชันต่าง ๆ ของ PCF8591



- ทำหน้าที่ทั้ง ADC & DAC ในตัวเดียวกัน
- ติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วย Bus I^2C จึงประหยัดสายสัญญาณในการเชื่อมโยง
- ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาสูงสุดที่ป้อนให้กับออสซิเลเตอร์ สูงสุดเท่ากับ 1.25 MHz

รูปที่ 4.3 ADC & DAC PCF8591

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.11.1.1 ตำแหน่งแอดเดรส

ในระบบบัส I^2C การติดต่อกับอุปกรณ์แต่ละตัวต้องระบุแอดเดรสของอุปกรณ์เหล่านั้นอย่างชัดเจน ถ้าเป็นการอ้างถึงแบบ 7 บิต ข้อมูลกำหนดแอดเดรส 4 บิตบนจะเป็นค่าแอดเดรสเฉพาะของอุปกรณ์ตัวนั้น ๆ ที่กำหนดมาจากผู้ผลิต ผู้ใช้งานไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ สำหรับไอซี PCF859 1จะมีค่าเท่ากับ) 1001 ฐานสอง (ข้อมูล 3 บิตถัดมาจะเป็นค่าของแอดเดรสที่ผู้ใช้งานสามารถกำหนดได้ทางฮาร์ดแวร์เพื่อเลือกไอซี PCF8591 ที่ต้องการติดต่อด้วยในกรณีที่มีการต่อใช้งาน PCF8591 มากกว่า 1 ตัว ส่วนบิต LSB ใช้ในการกำหนดว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับตัวไอซีนั้น ๆ

4.11.1.2 ข้อมูลควบคุม

หลังจากส่งข้อมูลกำหนดแอดเดรสให้แก่ PCF859 1แล้ว ต้องส่งข้อมูลควบคุมตามไปด้วยเพื่อกำหนดคุณสมบัติของวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลและแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอกภายใน PCF8591 โดยมีข้อมูลในแต่ละบิต ดังในรูป 4.3

บิต 6 ของข้อมูลควบคุมใช้สำหรับการเอ็นเอเบิลขาอะนาลอกเอาท์พุท เมื่อต้องการเอ็นเอเบิล ต้องกำหนดขานี้ให้เป็น " 1"

บิต 4 และบิต 5 ของข้อมูลควบคุมใช้สำหรับการกำหนดรูปแบบของสัญญาณอะนาลอกอินพุตที่ป้อนให้แก่ PCF851 กำหนดรูปแบบของสัญญาณอะนาลอกอินพุตที่ป้อนให้แก่ PCF8591

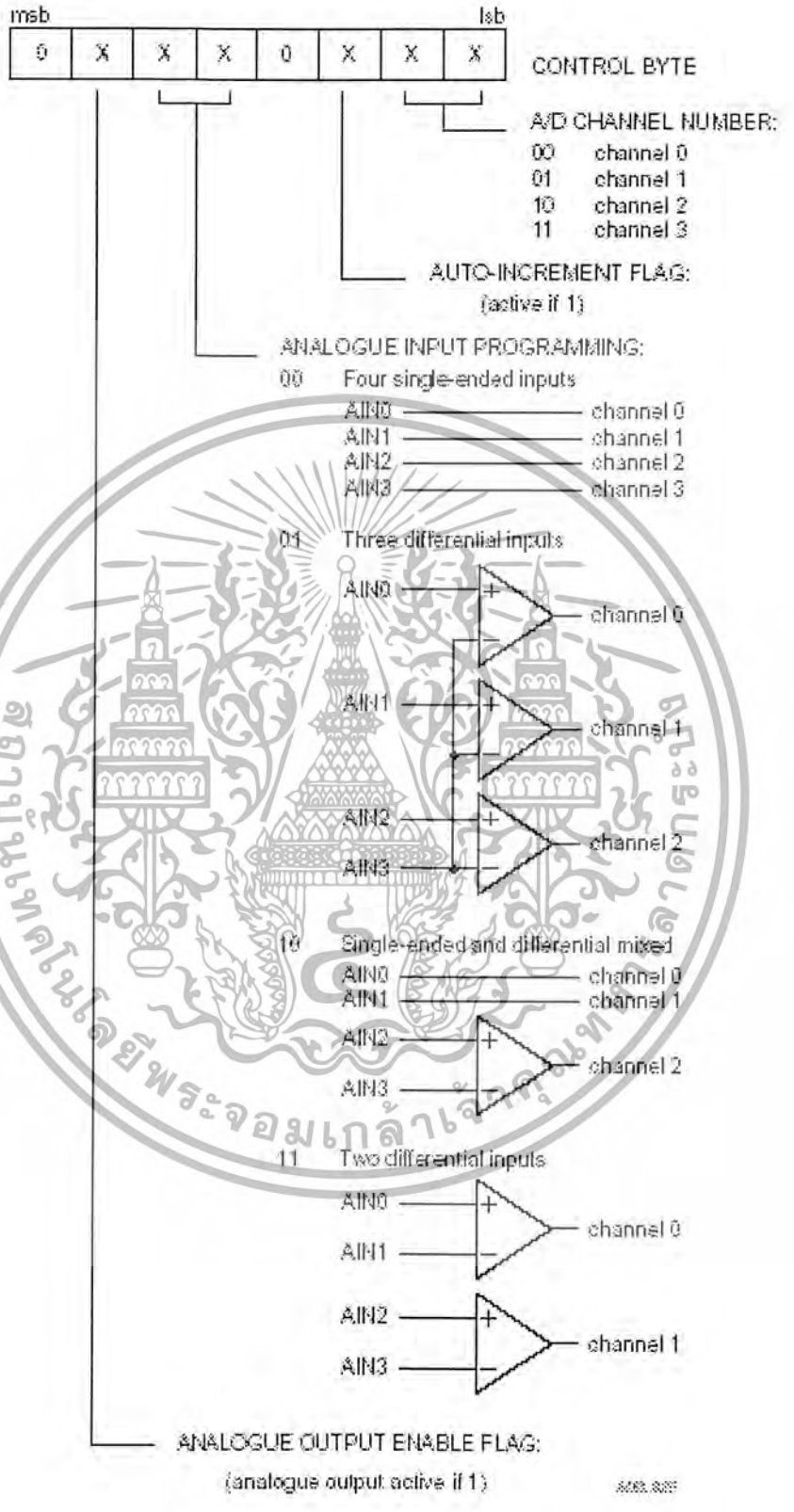
บิต 2 ใช้สำหรับเลือกรูปแบบการอ่านข้อมูลจากขาอินพุตอะนาลอกว่าจะเป็นการอ่านจากเพียงอินพุตเดียวหรืออ่านแบบเรียงลำดับทุกอินพุต ถ้าต้องการเลือกให้อ่านแบบเรียงลำดับต้องกำหนดให้บิตนี้เป็น " 1"

บิต 0 และบิต 1 ใช้สำหรับกำหนดช่องของอินพุตอะนาลอกที่ต้องการอ่าน ถ้ากำหนดให้บิต 2 เป็น " 1 " หลังจากอ่านค่าของบิต " 0 "และบิต " 1 " แล้ว ในการอ่านค่าครั้งต่อไปจะเป็นการอ่านค่าอินพุตจากช่องที่1

ข้อมูลควบคุมทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ควบคุมภายใน PCF8591

เมื่อจ่ายไฟให้แก่ PCF8591 ครั้งแรก บิตต่าง ๆ ของข้อมูลภายในรีจิสเตอร์ควบคุมจะเป็น " 0 "

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 รายละเอียดข้อมูลควบคุมที่เขียนลงในรีจิสเตอร์ควบคุมภายในไอซี PCF8591 ออสซิลเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน PCF8591 จะสร้างสัญญาณนาฬิกาสำหรับการแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล เมื่อต้องการใช้วงจรออสซิลเลเตอร์ภายในขา EXT ต้องต่อลงกราวด์ ถ้าต้องการใช้ออสซิลเลเตอร์จากภายนอก ขา EXT ต้องต่อเข้ากับไฟบวก และป้อนสัญญาณนาฬิกาเข้าที่ขา OSC ของ PCF8591 โดยความถี่ของสัญญาณนาฬิกาสูงสุดที่ป้อนให้กับออสซิลเลเตอร์เท่ากับ 1.25MHz

4.11.1.3 การอ่านค่าข้อมูลอินพุตอะนาลอกของ PCF8591

มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมข้อมูลกำหนดแอดเดรส โดยในที่นี้กำหนดแอดเดรสของ PCF8591 ไว้ที่ 000 (ขา A0, A1 , A2 ต่อลงกราวด์ทั้งหมด) และให้ทำงานในโหมดเขียนข้อมูล (ป้อนข้อมูลลอจิก " 0 " ให้แก่บิต R/W)
2. เรียกโปรแกรมย่อยการติดต่อกับอุปกรณ์สเลฟ (Slave)
3. ส่งข้อมูลควบคุมไปยัง PCF8591
4. ส่งสัญญาณ STOP
5. เรียกโปรแกรมย่อยการติดต่อกับอุปกรณ์สเลฟ
6. ส่งข้อมูลกำหนดแอดเดรสอีกครั้งโดยครั้งนี้กำหนดให้เป็นโหมดอ่านข้อมูล(ส่งลอจิก " 1" ให้แก่บิต R/W เพื่อเริ่มต้นอ่านค่าข้อมูลจากช่องสัญญาณอะนาลอกอินพุต)
7. อ่านค่าจากขาอินพุตของวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลช่องที่ 1
8. หากต้องการอ่านค่าในช่องต่อไปก็ให้เริ่มต้นการติดต่อใหม่ ดังนั้นในการเขียนโปรแกรมเพื่ออ่านค่าต่อเนื่องทั้ง 4 ช่องหรือมากกว่าจึงต้องเขียนโปรแกรมลูปเพื่อกำหนดรอบการทำงาน 4 รอบหรือมากกว่า ก็จะสามารถอ่านค่าได้ครบทุกช่อง

4.11.1.4 การเขียนข้อมูลไปยังวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอกของ PCF8591

การเขียนข้อมูลไปยังขาอะนาลอกเอาท์พุทมีข้อแตกต่างจากการอ่านข้อมูลดังนี้

1. เรียกโปรแกรมย่อยการติดต่อกับอุปกรณ์สเลฟ
2. ส่งข้อมูลกำหนดแอดเดรสโดยให้ทำงานในโหมดเขียนข้อมูล (บิต R/W เป็นลอจิก " 0 ")
3. ส่งข้อมูลควบคุม 40H ไปยัง PCF8591 เพื่อเอ็นเอเบิลอะนาลอกเอาท์พุท
4. ส่งข้อมูลไปยังเอาท์พุทอะนาลอก โดยค่าที่ส่งออกไปจะต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 255
5. ส่งสภาวะหยุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.12 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ I^2C

I^2C ย่อมาจาก Inter-IC Communication หมายถึง การติดต่อสื่อสารระหว่างไอซี โดยบัส I^2C ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยฟิลิปส์ (Philips) โดยจุดมุ่งหมายหลักคือ ต้องการให้ไอซีหรือโมดูลสามารถติดต่อ สั่งงาน และควบคุมภายใต้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น เส้นหนึ่งคือ สายข้อมูล อีกเส้นหนึ่งคือ สายสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดจังหวะการทำงาน การต่อร่วมกันของอุปกรณ์บนบัส I^2C ทำได้ง่ายมาก เพียงต่อสายข้อมูลและสัญญาณนาฬิกาของอุปกรณ์แต่ละตัวขนานหรือพ่วงกันไป ส่วนการกำหนดแอดเดรสหรือตำแหน่งสำหรับติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัวจะใช้รหัสข้อมูลและการกำหนดสภาวะลอจิกที่ขาแอดเดรสของอุปกรณ์แต่ละตัว

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

อุปกรณ์เชื่อมต่อบนบัส I^2C มีหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นไอซีขยายพอร์ตอินพุต เอาท์พุท (I/O Expander) , ไอซีแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล (ADC) และแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอก (DAC) , ไอซีเรียลไทม์คล็อก (RTX) , ไอซีขับโมดูล LCD, หน่วยความจำอีอีพรอม และไมโครคอนโทรลเลอร์

4.12.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของบัส I^2C

สาย SAD และ SCL เป็นสายสัญญาณ 2 ทิศทาง (bi-directional line) ต้องมีการต่อตัวต้านทานพูลอัปกับแรงดัน +5 V ไว้ตลอดเวลา เพื่อให้สายมีสถานะลอจิกสูงในขณะที่ไม่มีการติดต่อใช้งาน ทั้งยังช่วยในการป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจมีเข้ามาในสายสัญญาณทั้งสอง วงจรเอาท์พุทของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัส I^2C ต้องมีลักษณะเป็นวงจรเดรนเปิด (open-drain) หรือคอลเล็คเตอร์เปิด (open-collector)

อัตราการถ่ายทอดข้อมูลบนบัส I^2C สูงถึง 100 กิโลบิตต่อวินาทีในโหมดปกติ (standard mode) และสูงถึง 400 กิโลบิตต่อวินาทีในโหมดความเร็วสูง (fast mode) อุปกรณ์ที่ต่อร่วมอยู่บนบัส I^2C จะต้องมีค่าความจุไฟฟ้ารวมที่เกิดขึ้นระหว่างสาย SAD และ SCL ไม่เกิน 400 pF การเข้าถึงอุปกรณ์บนบัส I^2C ใช้ข้อมูลสำหรับการเข้าถึง 2 ค่า คือ 7 บิต (7-bit addressing) หรือ 10บิต (10-bit addressing)

ข้อเด่นอีกประการหนึ่งของบัส I^2C คือ สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ไฟเลี้ยงไม่เท่ากันให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ โดยอุปกรณ์บนบัส I^2C ตัวหนึ่งอาจใช้ไฟเลี้ยง +5 V ในขณะที่อีกตัวหนึ่งใช้ไฟเลี้ยง +12 V การต่อร่วมกันบนบัส I^2C สามารถกระทำได้ในลักษณะเดียวกับกรณีที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ทั้งสองใช้ไฟเลี้ยงเท่ากัน กล่าวคือ ให้ต่อสาย SAD และ SCL เรียกว่า R_s ก่อนต่อเข้าสู่บัส I^2C

4.12.2 หลักการของบัส I^2C

บัส I^2C ประกอบด้วยสายสัญญาณ 2 เส้น ดังกล่าวมาแล้ว คือ SAD และ SCL อุปกรณ์ที่ต่อพ่วงบนบัสสามารถมีได้มากมาย ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดรูปแบบของการติดต่อบนบัส หรือเรียกว่า โปรโตคอล (protocol) เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบว่า ขณะนี้อุปกรณ์ใดติดต่อกันอยู่และอุปกรณ์ตัวใดเป็นตัวรับหรือตัวส่ง ต่อไปนี้จะอธิบายลักษณะ หน้าที่ และนิยามของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัส I^2C เพื่อเป็นข้อตกลงพื้นฐานก่อนที่จะอธิบายการทำงานของบัส I^2C ต่อไป

อุปกรณ์ที่เป็นผู้สร้างข้อมูลหรือส่งข้อมูล เรียกว่า ตัวส่ง (transmitter)

อุปกรณ์ที่เป็นผู้รับข้อมูล เรียกว่า ตัวรับ (receiver) อุปกรณ์บนบัส I^2C สามารถเป็นได้ทั้งตัวรับและตัวส่ง บางอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นตัวรับอย่างเดียว จะไม่มีอุปกรณ์ใดบนบัส I^2C ที่ทำหน้าที่เป็นตัวส่งเพียงอย่างเดียว

อุปกรณ์ทำหน้าที่ควบคุมจังหวะการติดต่อบนบัส I^2C เรียกว่า มาสเตอร์ (master)

อุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรืออุปกรณ์ที่ต่อพ่วงเข้าไปบนบัส I^2C เรียกว่า สเลฟ

(1) การถ่ายทอดข้อมูลจะเกิดขึ้นได้เมื่อบัสว่างเท่านั้น

(2) ในระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล เมื่อใดก็ตามที่สาย SCL มีสภาวะเป็นลอจิกสูง สายข้อมูลต้องรักษาข้อมูลเอาไว้ อย่าให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นเด็ดขาด มิฉะนั้น สัญญาณที่เกิดขึ้นจะได้รับการแปลความหมายเป็นสัญญาณควบคุมแทน

4.12.3 สภาวะที่เกิดขึ้นบนบัส I^2C มีด้วยกัน 5 สภาวะ คือ

(1) บัสว่าง (Bus not busy) สภาวะนี้เกิดขึ้นเมื่อสภาวะลอจิกบนสาย SAD และ SCL เป็นลอจิกสูงทั้งคู่ นั่นหมายความว่า การถ่ายทอดข้อมูลสามารถเริ่มต้นขึ้นได้

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

(3) หยุดการถ่ายทอดข้อมูล (stop data transfer) เกิดขึ้นเมื่อสาย SDA มีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากต่ำไปสูง ในขณะที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง เรียกสภาวะที่เกิดขึ้นนี้ว่า สภาวะหยุด (STOP)

(4) ข้อมูลดำรงอยู่บนบัส (data valid) สภาวะนี้เกิดขึ้นถัดจากสภาวะเริ่มต้น โดยสถานะลอจิกที่เกิดขึ้นบนสาย SAD ก็คือ ข้อมูลที่ทำการถ่ายทอด เมื่อสาย SCL เป็นลอจิกสูง สถานะที่สาย SAD ต้องคงที่ เพื่อให้อุปกรณ์รับรู้ข้อมูลในจังหวะนั้นว่าเป็น " 0 " หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

" 1 " ข้อมูลอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ในขณะที่สาย SCL เป็นลอจิกต่ำ แต่เมื่อใดก็ตามที่ต้องการให้เกิดการถ่ายทอดข้อมูลอย่างสมบูรณ์ สถานะลอจิกที่ขา SDA ต้องคงที่ตลอดช่วงเวลาที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง หากเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะลอจิกในขณะที่สาย SCL มีลอจิกสูงอยู่นั้น อุปกรณ์มาสเตอร์ที่ทำการควบคุมการถ่ายทอดข้อมูลจะแปลความหมายเป็นสภาวะหยุดหรือสภาวะเริ่มต้นก็ได้ ทำให้ข้อมูลที่ทำการถ่ายทอดนั้นเกิดความผิดพลาด

(5) รับรู้ข้อมูล (acknowledge) เกิดขึ้นหลังจากที่การถ่ายทอดข้อมูลจากตัวส่งมายังตัวรับเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ โดยตัวส่งจะทำการส่งข้อมูลมา 1 บิต เรียกว่า บิตรับรู้ (acknowledge bit) มีสถานะเป็นลอจิกสูง หลังจากส่งข้อมูลมาครบถ้วน ส่วนอุปกรณ์มาสเตอร์จะทำการส่งสัญญาณรับรู้พิเศษซึ่งสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกา เพื่อตอบสนองบิตรับรู้ที่ส่งมาจากตัวส่ง ทางด้านตัวรับจะส่งบิตรับรู้ที่มีสถานะลอจิกต่ำลงบนบัส อุปกรณ์สเลฟที่ถูกอ้างถึงในการติดต่อหรือกำลังติดต่ออยู่ในขณะนั้นก็จะกำเนิดบิตรับรู้เพื่อตอบสนองให้ทราบว่าได้รับข้อมูลในแต่ละไบต์เรียบร้อยแล้ว

การทำงานบนบัส I^2C

ก่อนที่จะเริ่มต้นการถ่ายทอดข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต่ออยู่บนบัส ต้องมีการอ้างถึงเสียก่อน โดยการอ้างถึงอุปกรณ์บนบัส I^2C นั้นจะใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิตก็เพียงพอ แต่ถ้ามีอุปกรณ์ต่ออยู่บนบัสมากกว่า 127 แอดเดรส จำเป็นต้องใช้การอ้างอิงถึงแบบ 10 บิต หลังจากที่ติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัวได้เรียบร้อยแล้ว ก็จะเริ่มต้นการถ่ายทอดข้อมูลกันต่อไป

ดังนั้นหัวใจสำคัญในอันดับแรกของการทำงานแบบบัส I^2C คือ การอ้างถึงอุปกรณ์แต่ละตัว ซึ่งในที่นี้จะอธิบายรายละเอียดของการอ้างถึงทั้งสองรูปแบบ

4.12.4 การอ้างถึงแบบ 7 บิต (7-bit addressing)

ข้อมูลไบต์แรกที่เกิดขึ้นหลังจากสภาวะเริ่มต้นคือ ข้อมูลที่ใช้ในการอ้างถึงอุปกรณ์ที่ต้องการการติดต่อหรือข้อมูลกำหนดแอดเดรส โดยมีรูปแบบคือ 7 บิตบนรวมทั้งบิต MSB ด้วยจะเป็นข้อมูลแอดเดรสของอุปกรณ์สเลฟที่ต้องการติดต่อ โดยแบ่งเป็น บิตกำหนดแอดเดรสคงที่ (fixed address bit) จำนวน 4 บิต ซึ่งข้อมูลนี้อุปกรณ์แต่ละตัวจะถูกกำหนดมาจากผู้ผลิต ไม่สามารถแก้ไขได้ ถัดมาอีก 3 บิตเป็นบิตกำหนดแอดเดรสที่สามารถโปรแกรมได้ (programmable address bit) โดยผู้ใช้งานต้องกำหนดสถานะลอจิกให้แก่ขา A0-A2 ของอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อแบบบัส I^2C ส่วนในบิต LSB เป็นบิตที่ใช้กำหนดการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับอุปกรณ์สเลฟตัวนั้น ๆ หากบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LSB เป็น " 0 " หมายถึง ต้องการเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์นั้น ถ้าเป็น "1" จะเป็นการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟ

ข้อมูลในไบต์ต่อมา คือ ข้อมูลควบคุม (control byte) ในอุปกรณ์แต่ละตัวมีการกำหนดข้อมูลควบคุมที่แตกต่างกันไป

ข้อมูลในไบต์ต่อมา คือ ข้อมูลที่ทำการถ่ายทอดจริง

หลังจากที่มีการถ่ายทอดข้อมูลในแต่ละไบต์ อุปกรณ์สเลฟที่ได้รับการติดต่อต้องส่งสัญญาณรับรู้ตอบกลับมาด้วยทุกครั้ง เพื่อให้กระบวนการถ่ายทอดข้อมูลสามารถดำเนินต่อไปได้

4.12.5 การอ้างถึงแบบ 10 บิต

ในการอ้างถึงแบบนี้ ยังคงใช้รูปแบบข้อมูลอนุกรมที่เหมือนกับแบบ 7 บิต หากแต่จะมีข้อมูลเพิ่มเติมขึ้นมาเล็กน้อย โดยในข้อมูลไบต์แรกหลังจากเกิดสภาวะเริ่มต้น ต้องกำหนดให้ 5 บิตบนมีข้อมูลเป็น 11110 ส่วนอีก 2 บิตถัดมาเป็นบิตแอดเดรสของอุปกรณ์สเลฟที่ต้องการติดต่อ ในบิต LSB ของข้อมูลไบต์แรกยังคงเป็นการกำหนดว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับอุปกรณ์สเลฟตัวที่ต้องการติดต่อด้วย ข้อมูลในไบต์ถัดมาเป็นข้อมูลแอดเดรสในไบต์ที่ 2 ของอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อด้วย ข้อมูลในไบต์ถัดไปจึงเป็นข้อมูลควบคุม ข้อมูลหลังจากนั้นก็จะเป็นข้อมูลจริงที่ใช้ในการติดต่อ

เช่นเดียวกับการอ้างถึงแบบ 7 บิต หลังจากถ่ายทอดข้อมูลครบทุกไบต์ ต้องมีสภาวะรับรู้เกิดขึ้น เพื่อให้กระบวนการถ่ายทอดข้อมูลสามารถดำเนินต่อไปได้

4.13 การต่ออุปกรณ์ระบบบัส I^2C กับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

สามารถทำได้ง่ายมาก เพียงใช้พอร์ต 2 ขา โดยกำหนดให้ขาหนึ่งเป็น SDA อีกขาหนึ่งเป็น SCL และต่อตัวต้านทานค่าประมาณ 4.7k พูลอัป (Pull up) ที่ขาพอร์ตทั้งสองขา เพียงเท่านี้ก็สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ระบบบัส I^2C ได้แล้ว

4.14 การเขียนโปรแกรมติดต่อบัส I^2C

เริ่มต้นด้วยการสร้างสภาวะมาตรฐานของบัส I^2C อันประกอบด้วยสภาวะเริ่มต้น , สภาวะสิ้นสุดการส่งข้อมูล , สภาวะหยุด , สัญญาณนาฬิกาบนขา SCL , การเขียนและอ่านข้อมูลกับอุปกรณ์บนระบบบัส I^2C

การสร้างสภาวะเริ่มต้น

1. เมื่อต้องการติดต่อกับบัส I^2C สิ่งแรกที่ต้องทำสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งถือว่าเป็นอุปกรณ์มาสเตอร์คือ การทำให้บัสว่างด้วยการกำหนดให้ขา SCL และขา SDA มีลอจิกเป็น " 1 " ทั้งคู่
2. จากนั้นทำให้ขา SDA มีลอจิก " 0 " โดยที่ขา SCL ยังคงเป็นลอจิก " 1 " อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กำหนดให้ขา SCL มีลอจิกเป็น " 0 " ถึงตอนนี้ทั้ง SCL และ SCA จะมีลอจิกเป็น " 0 " ทั้งคู่ พร้อมที่จะติดต่อได้แล้ว

การสร้างสภาวะหยุด

1. เมื่อต้องการหยุดส่งข้อมูลจะต้องส่งสภาวะหยุดออกไป โดยในตอนแรกต้องกำหนดให้ขา SCL และ SDA เป็นลอจิก " 0 " ทั้งคู่ก่อน
2. กำหนดให้ขา SCL มีลอจิกเป็น " 1 " โดย SDA ยังคงมีลอจิกเป็น " 0 "
3. จากนั้นทำให้ขา SDA มีลอจิกเป็น " 1 " ซึ่งจะทำให้ระบบบัสกลับเข้าสู่บัสว่างอีกครั้ง พร้อมที่จะรับหรือส่งข้อมูลต่อไป

การส่งข้อมูลลอจิก " 0 " และลอจิก " 1 "

หลังจากที่ทำการส่งบิตเริ่มต้นแล้ว ลำดับต่อไปคือ จะต้องส่งข้อมูลควบคุมซึ่งจะเป็นขบวนของลอจิก " 0 " และลอจิก " 1 " สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก " 0 " ต้องดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ทำให้ขา SDA เป็น " 0 " สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก " 0 "
2. ทำให้ขา SCL เป็น " 1 " สำหรับการป้อนสัญญาณนาฬิกา ในขณะที่ขา SDA ยังคงเป็น " 0 " อยู่
3. จากนั้นทำให้ขา SCL กลับมามีสถานะเป็นลอจิก " 0 " เหมือนเดิม

ในขณะที่การส่งข้อมูลลอจิก " 1 " มีดังนี้

1. ทำให้ขา SDA เป็น " 1 " สำหรับการส่งข้อมูลลอจิก " 1 "
2. ทำให้ขา SCL เป็น " 1 " สำหรับการป้อนสัญญาณนาฬิกา ขณะที่ขา SDA ยังคงเป็น " 1 " อยู่
3. จากนั้นทำให้ขา SCL กลับมามีสถานะเป็นลอจิก " 0 " เหมือนเดิม

4.15 หน้าที่การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

- รับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ เพื่อควบคุมความถี่ของสัญญาณ
- เลือกค่าตัวเก็บประจุในการกำหนดย่านความถี่
- รับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ เพื่อเลือกรูปร่างสัญญาณ
- รับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ เพื่อควบคุมค่าดิวตี้ไซเคิล
- รับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ เพื่อควบคุมแรงดันออฟเซ็ต
- รับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ กลับไปให้คอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.16 หน้าที่การทำงานในพอร์ตต่าง ๆ ของ MCS 51

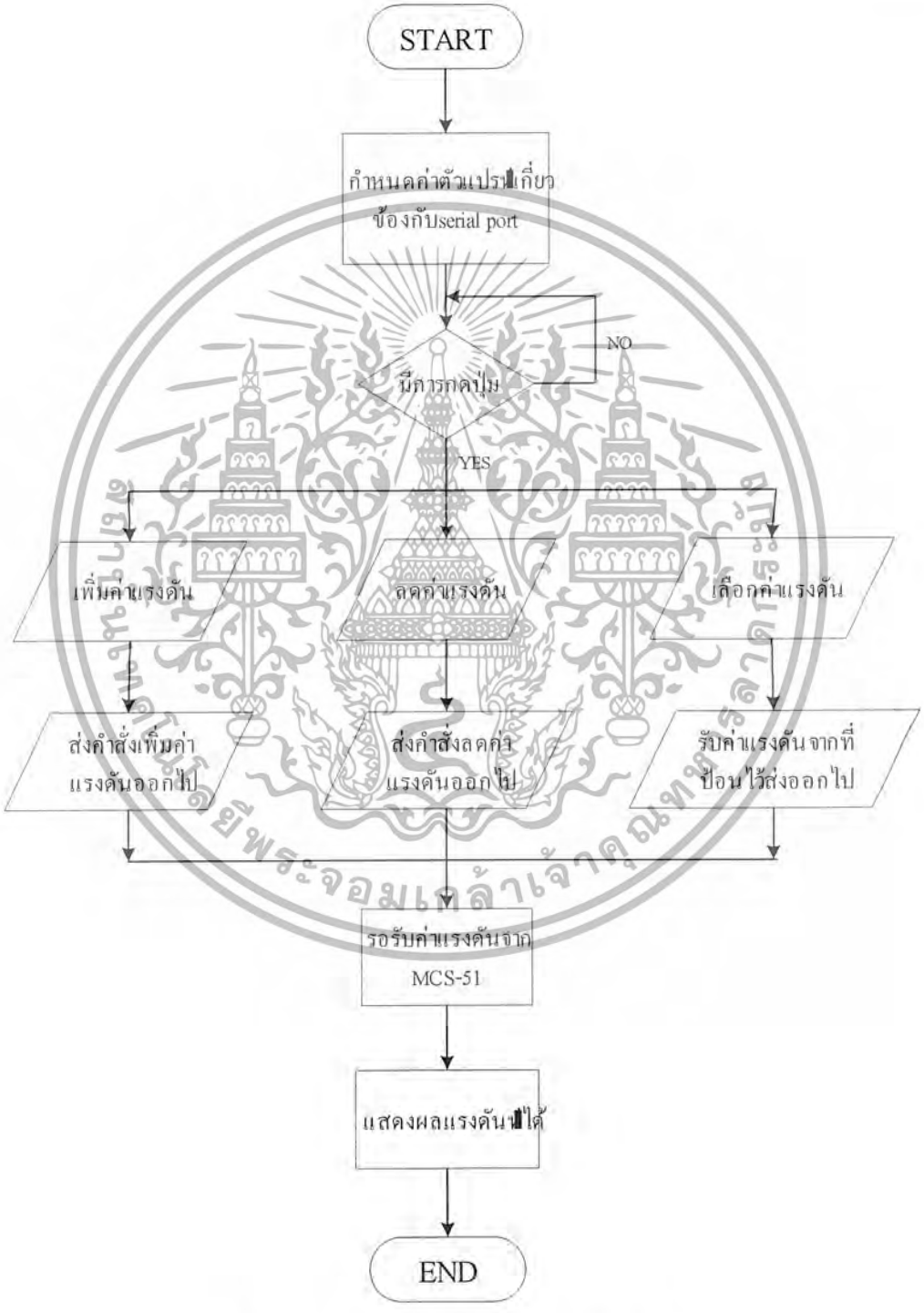
- Port 2 ทำหน้าที่เป็นดาต้าบัส (data bus) ของ DAC
- Port 1.0,1.1 ทำหน้าที่เป็น bus I^2C
- Port 0.0-0.4 ทำหน้าที่เป็นสัญญาณเลือกค่าตัวเก็บประจุในการกำหนดความถี่
- Port 1.2,1.3,1.6,1.7 ทำหน้าที่เป็นสัญญาณควบคุมการทำงานของ DAC
- Port 1.4,1.5 ทำหน้าที่เป็น สัญญาณเลือกรูปร่างของสัญญาณ
- Port 3.0,3.1 ทำหน้าที่เป็นพอร์ตอนุกรม

รูปที่ 4.5 หน้าที่การทำงานในพอร์ตต่าง ๆ ของ MCS 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.17 การควบคุมเพื่อปรับระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

เมื่อสามารถกำหนดให้คอมพิวเตอร์ติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้แล้ว การปรับเลือกระดับแรงดันสามารถสั่งงานผ่านทางคอมพิวเตอร์ได้ตามแผนผังแสดงการทำงานดังรูปด้านล่าง



รูปที่ 4.6 แผนผังการทำงานของการปรับค่าแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

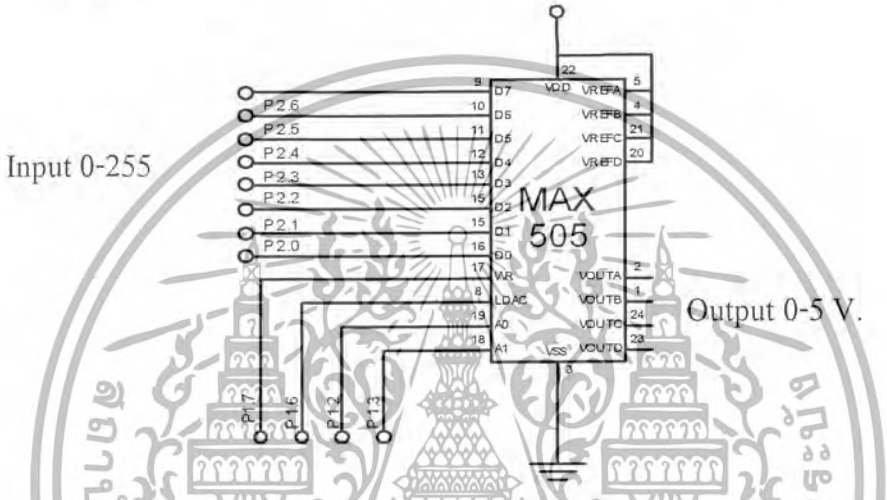
4.18 การควบคุมเพื่อปรับค่าต่าง ๆ ของฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์

เมื่อสามารถกำหนดให้คอมพิวเตอร์ติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้แล้ว การปรับเลือกค่าต่าง ๆ ของฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ สามารถสั่งงานผ่านทางคอมพิวเตอร์ได้ตามแผนผังแสดงการทำงานดังรูปด้านล่าง

รูปที่ 4.7 แผนผังแสดงการเลือกรูปร่างสัญญาณ , ความถี่ , ดิวตี้ไซเคิล , แรงดันออฟเซต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

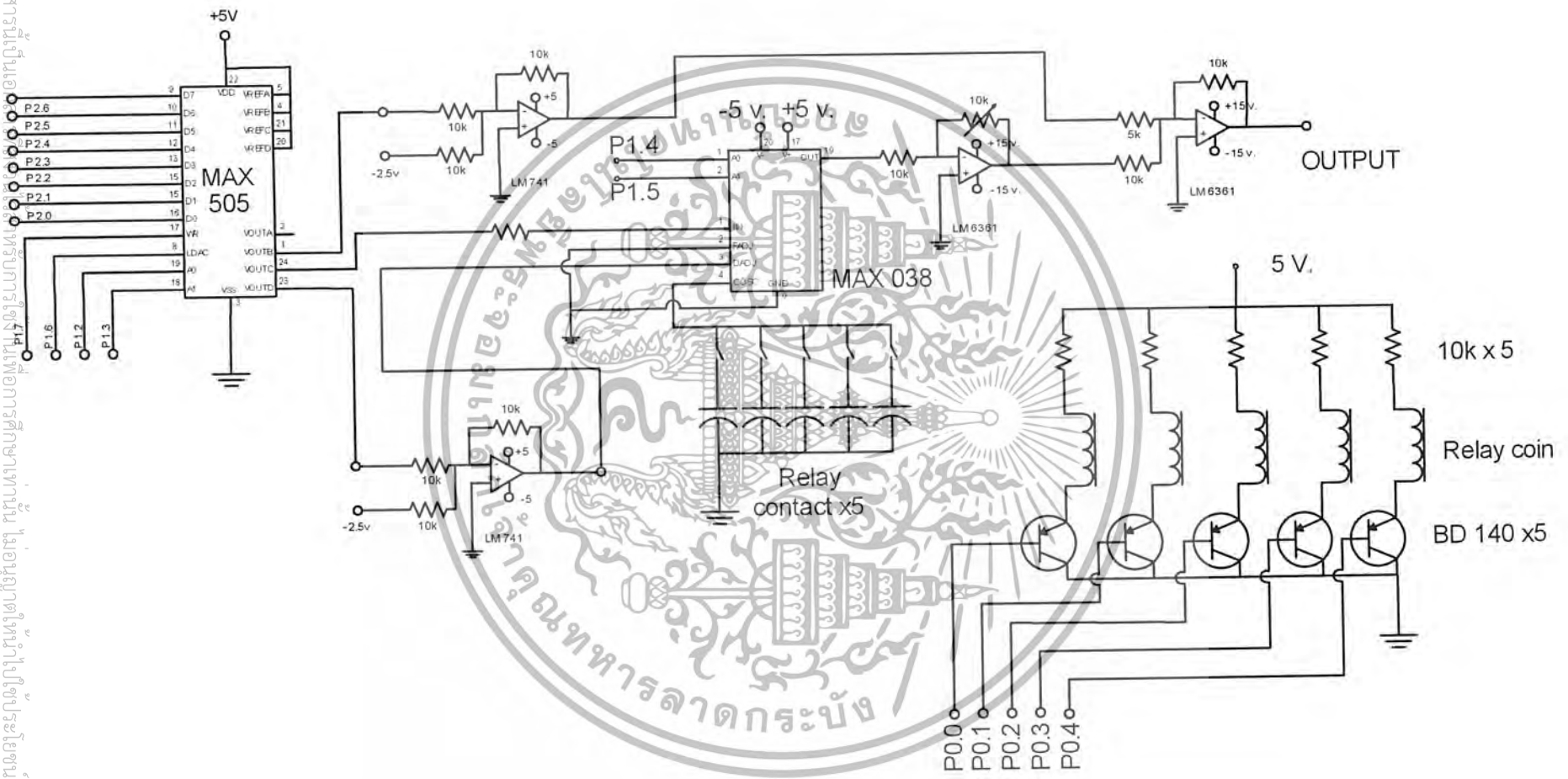
ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่รับคำสั่งและค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากคอมพิวเตอร์ไปเปลี่ยนเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อใช้ควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ทั้งเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่และแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยเป็นลักษณะของโวลต์เตจคอนโทรลออสซิลเลเตอร์ (Voltage control oscillator) และโวลต์เตจคอนโทรลโวลต์เตจซอร์ส (Voltage control voltage source) โดยกระบวนการดังกล่าวอาศัยอุปกรณ์ที่เรียกว่า ดิจิตอลทูอะนาลอกคอนเวิร์ดเตอร์ (Digital to Analog converter) ในที่นี้เราใช้ไอซีเบอร์ MAX505



รูปที่ 4.8 ไอซีดิจิตอลทูอะนาลอกคอนเวิร์ดเตอร์

เป็นไอซีที่มีอินพุตขนาด 8 บิต เอาท์พุทเป็นแรงดันไฟตรง 4 ช่อง ขนาด 5 โวลต์ โดยแต่ละช่องถูกต่อใช้งานกับวงจรกำเนิดสัญญาณ วงจรปรับดิวตี้ไซเคิล และวงจรปรับแรงดันออฟเซ็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 วงจรกำเนิดสัญญาณ

จากรูปวงจรดังกล่าว แบ่งการทำงานออกเป็นส่วนย่อยๆ โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ส่วนปรับความถี่โดยใช้แรงดันไฟฟ้า

ไมโครคอนโทรลเลอร์รับข้อมูลค่าความถี่ที่ต้องการจากคอมพิวเตอร์แล้วทำการแปลงข้อมูลด้วยดีทูเอคอนเวิร์ดเตอร์ (DAC) ให้กลายเป็นระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงตามที่ต้องการ จากนั้นนำสัญญาณดังกล่าวต่ออนุกรมผ่านตัวต้านทานเข้าสู่ไอซี (IC) MAX 038 เพื่อนำไปสร้างสัญญาณที่มีความถี่ตามที่ต้องการได้ เหตุที่ต้องต่อตัวต้านทานอนุกรมเข้าไปด้วยก็เนื่องมาจาก อันที่จริงแล้วไอซี (IC) max 038 ทำการควบคุมความถี่โดยใช้กระแส ซึ่งในทางปฏิบัติจริงออปแอมป์(OP AMP)ที่ให้เอ้าท์พุทเป็นกระแสมีราคาค่อนข้างสูงกว่าแบบที่ให้เอ้าท์พุทเป็นแรงดัน

- ส่วนปรับย่านความถี่

เนื่องจากการผลิตความถี่ออกมาเป็นช่วงกว้างๆจำต้องใช้ค่าตัวเก็บประจุแตกต่างกันออกไปหลายค่าโดยจากการที่เราทำการออกแบบนั้นได้แบ่งค่าของตัวเก็บประจุออกเป็น 5 ช่วงเพื่อรองรับกับความถี่ 10-1MHz โดยจำต้องใช้วงจรที่เป็นสวิตช์ในการเลือกใช้งานตัวเก็บประจุแต่ละตัวอีกด้วย ในที่นี้จึงทำการเลือกใช้รีเลย์มาทำหน้าที่เป็นสวิตช์ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากค่าความต้านทานจายในเมื่อรีเลย์เปิดทำงานมีค่าต่ำมาก ไม่ส่งผลต่อตัวเก็บประจุที่กำลังต่อใช้งานอยู่ด้วย รูปแบบของวงจรคือใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ BD140 เป็นตัวควบคุมการเปิด-ปิดของรีเลย์ โดยที่มีสัญญาณลอจิกจากทางไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมอีกทางหนึ่ง เมื่อต้องการให้ตัวเก็บประจุตัวใดทำงาน ให้สัญญาณลอจิกที่เป็น 0 แก่ทรานซิสเตอร์ที่ควบคุมรีเลย์ของตัวเก็บประจุตัวดังกล่าว

- ส่วนปรับดิวตี้ไซเคิล

ส่วนนี้ใช้สำหรับสัญญาณที่เป็นสี่เหลี่ยมเท่านั้น โดย MAX038 สามารถสร้างสัญญาณสี่เหลี่ยมที่มีค่าของดิวตี้ไซเคิลอยู่ระหว่าง 15%-85% โดยการใช้แรงกันไฟฟ้าควบคุมที่มีค่าอยู่ระหว่าง -2.3 ถึง +2.3 โวลต์แต่ทว่าอุปกรณ์ที่เราใช้งานเป็นดีทูเอคอนเวอร์ทเตอร์นั้นมีความสามารถสร้างสัญญาณ ได้เพียงแค่ 0-5 โวลต์จึงทำการออกแบบวงจรเพิ่มเพื่อให้รองรับกับการใช้งานดังกล่าวได้ ใช้วงจรซัมมิ่งแอมป์ที่มีอินพุท 2 ช่อง โดยช่องแรกเราให้เป็นสัญญาณ 0-5 โวลต์ที่มาจากดีทูเอคอนเวอร์ทเตอร์ ส่วนช่องที่ 2 เป็นแรงดัน -2.5 โวลต์ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันไฟฟ้า -2.5 ถึง +2.5 โวลต์ แล้วนำสัญญาณดังกล่าวไปควบคุม MAX038 ให้สร้างสัญญาณที่มีค่าดิวตี้ไซเคิลได้ตามที่เราต้องการ

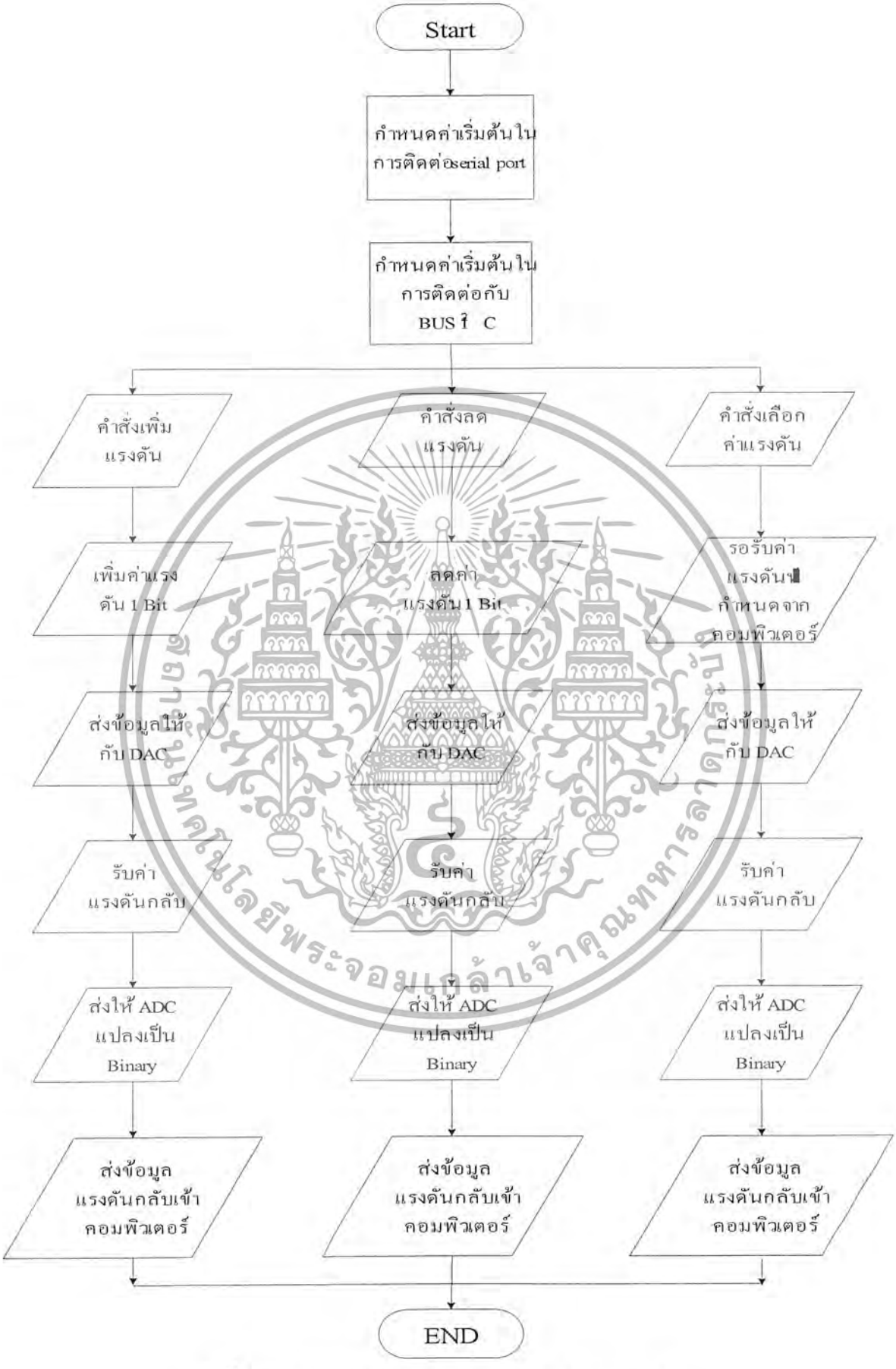
- ส่วนปรับอัตราขยาย

หลังจากที่เราได้สัญญาณที่มีดิวตี้ไซเคิลและความถี่ตามที่ต้องการจาก MAX038 แล้วขั้นตอนต่อมาคือเรื่องของขนาดสัญญาณ ทั้งนี้ก็เพราะว่าขนาดสัญญาณที่ได้มาจาก MAX038 มีขนาดเพียงแค่ 2 V_{p-p} เท่านั้นบางครั้งจึงไม่เหมาะกับการใช้งานบางประเภทเราจึงต้องทำการสร้างวงจรขยายสัญญาณที่สามารถขยายสัญญาณได้ในช่วงของความถี่ตั้งแต่ 10-1MHz โดยใช้ออปแอมป์เบอร์ LM6361 เพราะว่าเป็นออปแอมป์ที่สามารถตอบสนองความถี่ได้ตั้งแต่ย่าน DC ถึง 15MHz มาสร้างเป็นแอมปลิไฟเออร์ ที่สามารถปรับอัตราขยายได้จากการปรับค่าตัวต้านทานปรับค่าได้ โดยค่าของขนาดสัญญาณสูง

- ส่วนปรับแรงดันออฟเซต

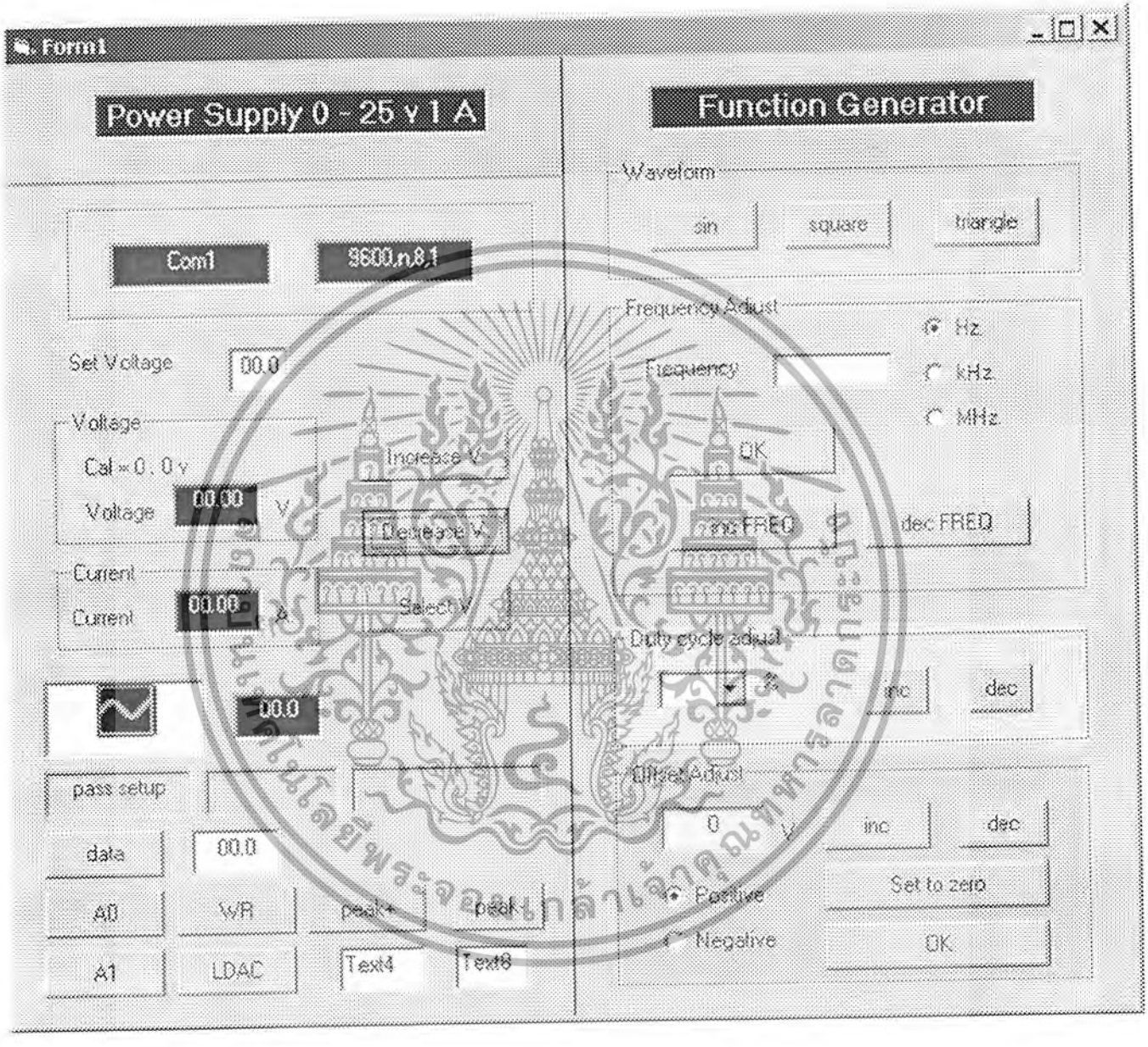
เป็นส่วนสุดท้ายที่อาศัยหลักการของซัมมิ่งแอมป์เข้ามาประยุกต์ใช้ คือนำสัญญาณที่ออกจากภาคขยายสัญญาณนั้นมา รวมเข้ากับสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงที่สามารถกำหนดค่าได้ระหว่าง -5 ถึง +5 โวลต์ ซึ่งสัญญาณดังกล่าวผลิตมาจาก MAX505 แล้วผ่านการแปลงให้กลายเป็น -2.5 ถึง +2.5 โวลต์ จากนั้นทำการขยายให้เป็น -5 ถึง +5 โวลต์ดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงแผนผังการทำงานของ DAC และ ADC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4.11 รูปโปรแกรมที่ใช้ควบคุมการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลอง

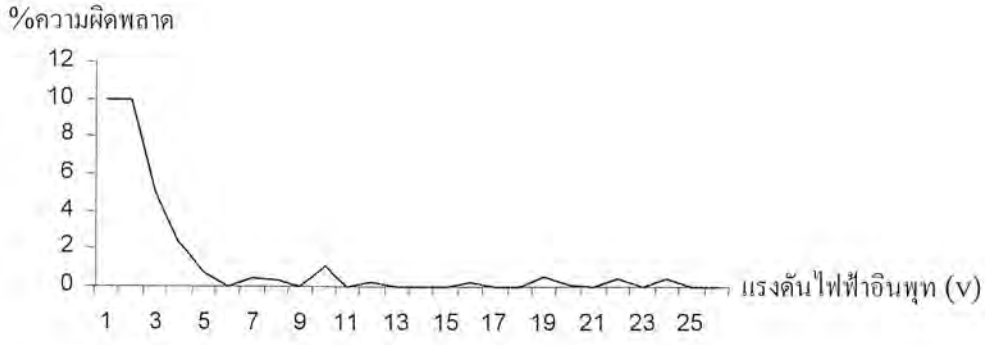
5.1 ผลการทดลองวัดค่าแรงดันจากเครื่องจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

แรงดันที่ระบุ	แรงดันที่ได้	ความผิดพลาด (%)
0	0.1	10.00
1	0.90	10.00
2	1.90	5.00
3	2.93	2.33
4	3.97	0.75
5	5.00	0.00
6	5.92	0.4
7	6.98	0.28
8	8.00	0.00
9	9.10	1.11
10	10.00	0.00
11	10.98	0.18
12	12.00	0.00

แรงดันที่ระบุ	แรงดันที่ได้	ความผิดพลาด (%)
13	13.00	0.00
14	14.00	0.00
15	14.96	0.26
16	16.00	0.00
17	17.00	0.00
18	18.10	0.55
19	18.98	0.10
20	20.00	0.00
21	21.10	0.47
22	22.00	0.00
23	22.99	0.43
24	24.00	0.00
25	25.00	0.00

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดลองการจ่ายแรงดันของเครื่องจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของแรงดันเอาท์พุทจริงเทียบกับอินพุทที่ป้อนให้

5.2 ผลการทดลองการวัดรูปสัญญาณจากเครื่องฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์

ทดลองโดยการป้อนแรงดันให้กับ MAX 038 ด้วยค่า 0 และ 5โวลต์ ให้แก่ค่าตัวเก็บประจุแต่ละตัว เพื่อหาช่วงการตอบสนองความถี่ของตัวเก็บประจุ

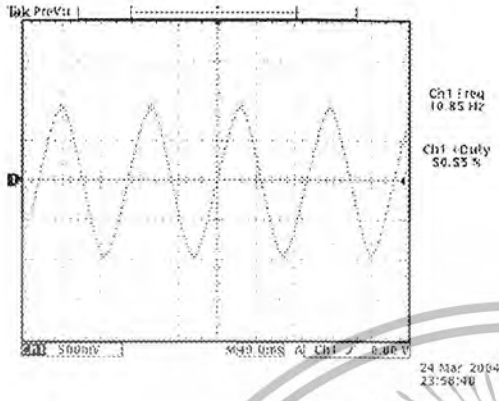
ค่าตัวเก็บประจุ (F)	ค่าความถี่ต่ำสุด (Hz)	ค่าความถี่สูงสุด (Hz)
1 u	5.60	1.00 k
100 n	61.00	12.30 k
10 n	554.70	97.90 k
1 n	6.40 k	1.08 M
0.1 n	53.30 k	8.40 M

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าตัวเก็บประจุกับการตอบสนองความถี่

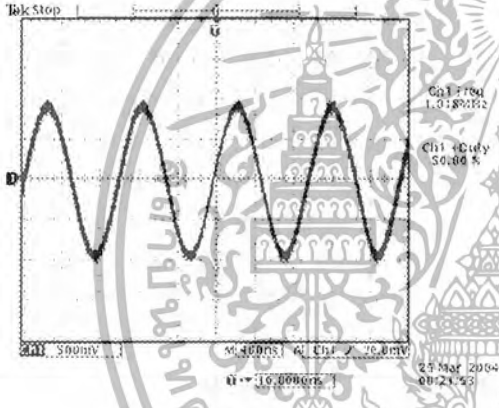
จากผลการทดลองสัญญาณเอาท์พุทจากเครื่องฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ รูปสัญญาณไซน์ , รูปสัญญาณสี่เหลี่ยม , รูปสัญญาณสามเหลี่ยม และสัญญาณจากการปรับแต่งค่าดิวตี้ไซเคิลของรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม , รูปสัญญาณสามเหลี่ยม ทำให้เกิดสัญญาณพัลส์และฟันเลื่อย จะสังเกตได้ว่า ที่ความถี่สูง ๆ รูปสัญญาณจะมีความผิดเพี้ยนมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1 ผลการทดลองสัญญาณรูปไซน์

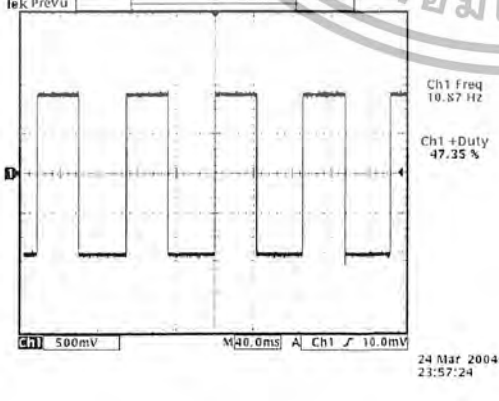


รูปที่ 5.1 แสดงรูปสัญญาณไซน์
ความถี่ 10 Hz , 2 V_{p-p}



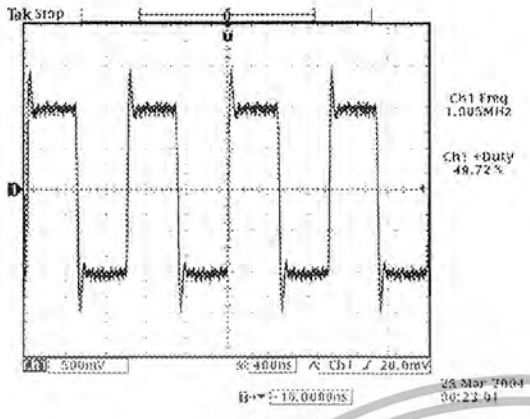
รูปที่ 5.2 แสดงรูปสัญญาณไซน์
ความถี่ 1 MHz , 2 V_{p-p}

5.2.2 ผลการทดลองสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม



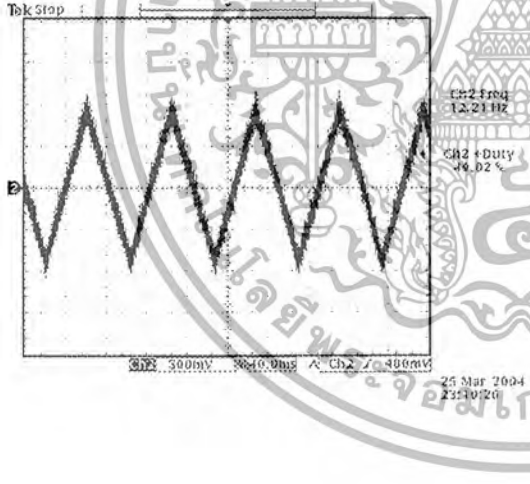
รูปที่ 5.3 แสดงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม
ความถี่ 10 Hz , 2 V_{p-p}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

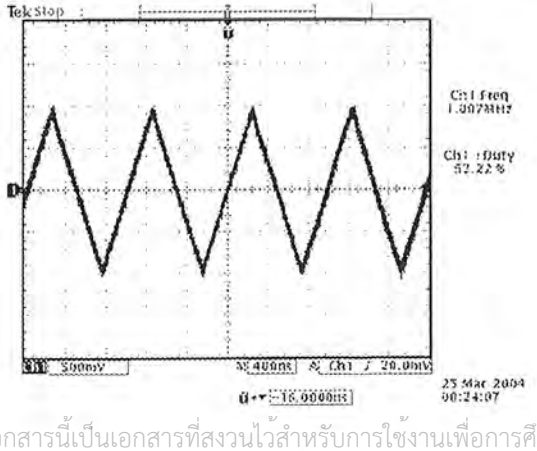


ที่ 5.4 แสดงรูปสัญญาณสี่เหลี่ยม
ความถี่ 1 MHz , 2 V_{p-p}

5.2.3 ผลการทดลองสัญญาณรูปสามเหลี่ยม



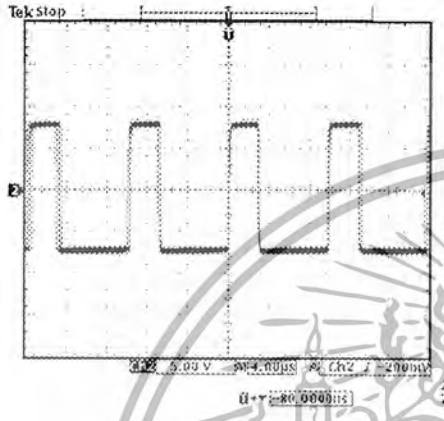
รูปที่ 5.5 แสดงรูปสัญญาณสามเหลี่ยม
ความถี่ 10 Hz , 2 V_{p-p}



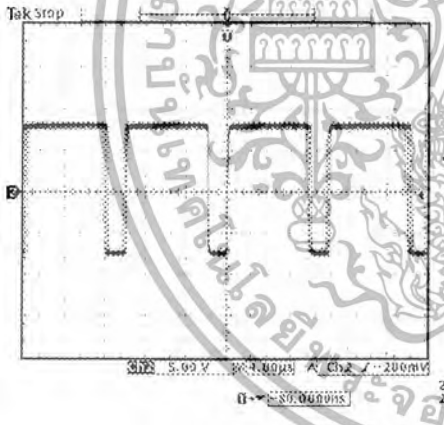
รูปที่ 5.6 แสดงรูปสัญญาณสามเหลี่ยม
ความถี่ 1 MHz , 2 V_{p-p}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.4 ผลการทดลองสัญญาณรูปพัลส์



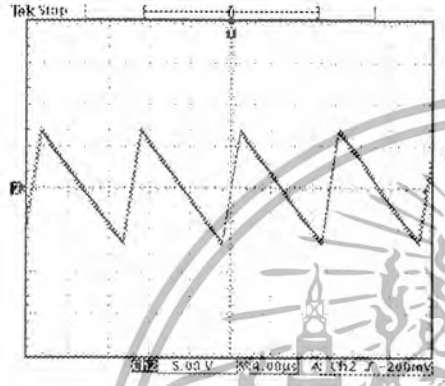
รูปที่ 5.7 แสดงรูปสัญญาณพัลส์
ความถี่ 10 kHz , Duty cycle 20 %



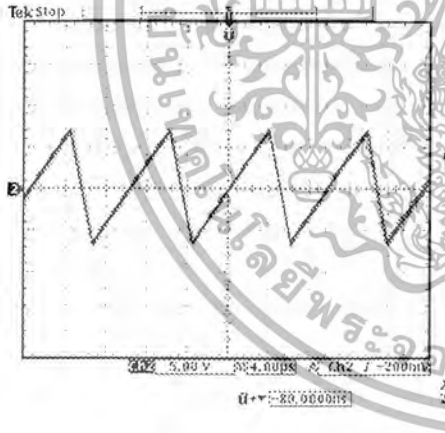
รูปที่ 5.8 แสดงรูปสัญญาณพัลส์
ความถี่ 10 kHz , Duty cycle 80 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.5 ผลการทดลองสัญญาณรูปฟันเลื่อย



รูปที่ 5.9 แสดงรูปสัญญาณฟันเลื่อย
ความถี่ 10 kHz , Duty cycle 20 %



รูปที่ 5.10 แสดงรูปสัญญาณฟันเลื่อย
ความถี่ 10 kHz , Duty cycle 80 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ผลการทดลองวัดค่าความถี่จากเครื่องกำเนิดสัญญาณ

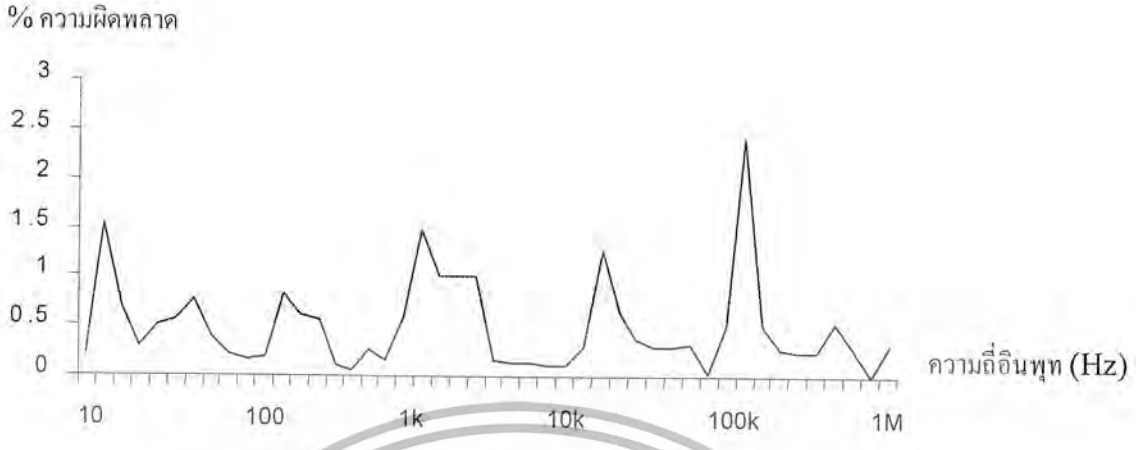
ทดลองโดยการป้อนความถี่ที่ต้องการแล้ววัดสัญญาณความถี่ที่ออกมาได้จริงเพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด

ความถี่ที่ต้องการ(Hz)	ความถี่ที่วัดได้จริง(Hz)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด(%)
10	10.02	0.20
20	20.31	1.55
30	30.21	0.70
40	40.12	0.30
50	49.75	0.50
60	59.66	0.56
70	70.53	0.75
80	80.32	0.40
90	90.2	0.22
100	100.17	0.17
200	200.36	0.18
300	297.5	0.83
400	397.6	0.60
500	497.23	0.55
600	599.35	0.11
700	699.58	0.06
800	802.04	0.25
900	901.54	0.17
1000	1005.8	0.58
2000	2030	1.50

ความถี่ที่ต้องการ(Hz)	ความถี่ที่วัดได้จริง(Hz)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด(%)
3000	3030	1.00
4000	4040	1.00
5000	5050	1.00
6000	5990	0.17
7000	6990	0.14
8000	7990	0.12
9000	9010	0.11
70000	70210	0.30
80000	80260	0.32
90000	89980	0.02
100000	100500	0.50
200000	204830	2.41
300000	298510	0.49
400000	401040	0.26
500000	498780	0.24
600000	601400	0.23
700000	703670	0.52
800000	797970	0.25
900000	899980	0.01
100000	100320	0.32

ตารางที่ 5.3 แสดงผลการทดลองเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.11 กราฟแสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของความถี่เอาท์พุทจริงเทียบกับความถี่ที่ป้อนให้

ค่าความถี่ที่ได้จากเครื่องกำเนิดสัญญาณ มีความผิดพลาดในลักษณะที่เป็นช่วงๆ กล่าวคือ เนื่องมาจากการกำเนิดสัญญาณทั้งหมดได้มาจากการใช้ตัวเก็บประจุ 5 ตัวเป็นตัวกำเนิดความถี่ในแต่ละช่วง เมื่อเราลองพิจารณาแนวโน้มของกราฟที่ได้จะพบว่าจุดที่มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสูง 5 ตำแหน่งเช่นกัน ได้แก่ตำแหน่ง 10, 100, 1k, 10k, 100k และ 1MHz ตามลำดับ โดยค่าความถี่ดังกล่าวล้วนแต่เป็นค่าความถี่เริ่มต้นของการกำเนิดสัญญาณของตัวเก็บประจุแต่ละตัว แนวโน้มว่าค่าความผิดพลาดจะมีค่าสูงมากในช่วงความถี่ที่ต่ำที่สุดของตัวเก็บประจุแต่ละตัวจากนั้นค่าความผิดพลาดจะค่อยๆลดลงไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเข้าสู่การทำงานของตัวเก็บประจุตัวใหม่ ค่าความผิดพลาดจึงเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
วิจารณ์และสรุป

ปัญหาที่พบมีดังนี้

1. จากการออกแบบฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ โดยการใช้ MAX 038 เป็นตัวกำเนิดสัญญาณ ซึ่งไอซี MAX 038 เป็นไอซีที่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง สามารถเปลี่ยนความถี่ที่ผลิตด้วยการเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุ ดังนั้นจึงต้องออกแบบวงจรที่ใช้เลือกตัวเก็บประจุ ในครั้งแรกเลือกใช้ Analog switch ในการเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุ แต่พบว่ามีปัญหาในเรื่องของสัญญาณรบกวนสูงมาก จึงต้องเปลี่ยนมาใช้รีเลย์ในการเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุแทน ทำให้สัญญาณรบกวนลดน้อยลง

2. ปัญหาในเรื่องของลายทองแดง ที่เชื่อมต่อระหว่างไอซี MAX 038 กับตัวเก็บประจุที่ต้องพยายามทำให้ระยะทางสั้นที่สุด เพื่อลดสัญญาณรบกวนให้น้อยลง

3. ปัญหาในเรื่องการวางตัวอุปกรณ์ ต้องวางอุปกรณ์ไม่ให้เป็น ground loop และอุปกรณ์บางตัววางบนบอร์ดเดียวกันกับ MCS 51 ไม่ได้ เนื่องจากมีสัญญาณรบกวนสูง

4. ปัญหาในเรื่องความถูกต้องของตัวแปลงค่าจากดิจิตอลเป็นอะนาลอก (Digital to Analog Converter) ทำให้ค่าความถี่ที่ได้ผิดพลาดไปบ้าง แต่เราสามารถปรับแต่งค่าแรงดัน , ค่าความถี่ , ค่าดิวตี้ไซเคิล , ค่าแรงดันออฟเซ็ต ได้โดยการกดปุ่มเพิ่มหรือลดค่า เพื่อให้ใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการมากที่สุด ส่วนการปรับแอมพลิจูดของสัญญาณจะต้องปรับโดยการปรับค่าตัวต้านทานที่ปรับค่าได้ เนื่องจากยังไม่สามารถออกแบบวงจรที่ควบคุมแอมพลิจูดสัญญาณตั้งแต่ 10Hz – 1MHz ได้

5. ปัญหาในเรื่องการส่งค่ากลับ ของแรงดันไฟฟ้ามีความคลาดเคลื่อนเมื่ออ่านค่ากลับมาทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน อีกทั้งผลของตัวเก็บประจุที่ใช้เป็นวงจรกรองสัญญาณทำให้เมื่อใช้คำสั่งลดแรงดันไฟฟ้าอย่างรวดเร็ว ค่าแรงดันจะตกลงอย่างช้าๆ การอ่านค่าแรงดันกลับมาจึงต้องทำการชดเชยด้วยการหน่วงเวลาในการอ่านออกไป

6. ปัญหาความคลาดเคลื่อนของความถี่ที่สร้างได้ เนื่องมาจากการใช้แรงดันเป็นตัวควบคุมความถี่ทำให้ความเที่ยงตรงของแรงดันเป็นสิ่งที่สำคัญมาก อีกทั้ง MAX 038 มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงแรงดันค่อนข้างสูงทำให้เมื่อเกิดความผิดเพี้ยนของแรงดันที่ป้อนเข้าไปเพียงเล็กน้อย ค่าความถี่ที่ได้จึงมีความผิดพลาดตามไปด้วย โดยวิธีแก้ไขสามารถกระทำได้ด้วยการเพิ่มชุดของตัวเก็บประจุในการกำเนิดสัญญาณให้มีค่ามากขึ้น เพื่อลดความไวต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่ต่อแรงดันที่ป้อนเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานและรายงานประกอบโครงงานเล่มนี้ สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาในด้านคำแนะนำและคำสั่งสอนจากอาจารย์ขนิษฐา แซ่ตั้ง และจากความช่วยเหลือของเพื่อน ๆ น้อง ๆ ในบางโอกาส ผู้จัดทำจึงขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในความสำเร็จครั้งนี้ด้วย

.....

(นางสาวอรกานต์ ลีลานุวิทย์)

.....

(นายอรรณพ ตันติรักษโรจน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. พันศักดิ์ พุฒิมานิตพงษ์ , " ทฤษฎีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ " กรุงเทพมหานคร .ซีเอ็ดยูเคชั่น2543 ,
2. วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล , ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล , " เรียนรู้และปฏิบัติไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช " , กรุงเทพมหานคร ,บริษัทอินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด
3. ไกรวุฒิ โรจน์ประเสริฐสุด , " ฟังก์ชันเจนเนอร์เรเตอร์ควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ " , 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้