

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนางจรสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับก๊าซด้วยวิธีการไอออนไนเซชัน

DEVELOPMENT OF GAS DETECTOR CIRCUIT FOR IONIZATION

GAS SENSORS



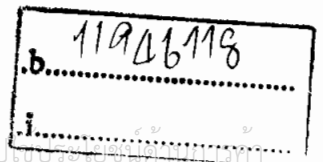
2/ค.
8187
2550
เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี...-9...ค.ค...2551..

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนางจรสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับก๊าซด้วยวิธีการไอออนไนเซชัน
DEVELOPMENT OF GAS DETECTOR CIRCUIT FOR IONIZATION
GAS SENSORS



ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2550

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การพัฒนาวงจรสำหรับตรวจจับก๊าซด้วยวิธีการไอออไนเซชัน

**DEVELOPMENT OF GAS DETECTOR CIRCUIT FOR IONIZATION GAS
SENSORS**

ผู้จัดทำ

1. นายชัยยันต์ วันมหาใจ รหัส 48015159
2. นายอภิเชษฐ์ ผาจวง รหัส 48015192

(.....)
ผศ.ดร. สุทธิชัย ชัยสิทธิ์ศักดิ์
อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพัฒนางจรสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับก๊าซด้วยวิธีการไอออนในเซชัน

นายชัยยันต์ วันมหาใจ รหัส 48015159

นายอภิเชษฐ์ ผาจง รหัส 48015192

ผศ.ดร.สุริชัย ชัยสิทธิ์ศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

อุปกรณ์ไอออนในเซชันเซ็นเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่สามารถตรวจจับ โมเลกุลของก๊าซได้หลากหลายชนิดเนื่องจากไม่ขึ้นกับพลังงานคูดซ์ของก๊าซโดยใช้หลักการปล่อยประจุไฟฟ้า ค่าของกระแสและค่าโวลท์เตจเบรคดาวน์เริ่มต้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของก๊าซที่ทำการตรวจสอบ ในโครงการนี้จะเป็นการออกแบบและสร้างเครื่องตรวจจับเพื่อแยกชนิดของก๊าซด้วยไอออนในเซชันเซ็นเซอร์ที่ทำจากคาร์บอนนาโนทิวป์ โครงสร้างของเครื่องตรวจจับจะประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก คือ ชุดจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 0-1200 โวลท์แบบสวิทซ์สำหรับสร้างสนามไฟฟ้าให้กับเซ็นเซอร์ ชุดตรวจสอบกระแสที่ไหลผ่านเซ็นเซอร์ระดับไมโครแอมป์ ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับจ่ายแรงดันและประมวลผลการวัดว่าเป็นก๊าซชนิดใด และสุดท้ายชุดแสดงผลด้วย LCD 16x2 เครื่องตรวจจับที่สร้างขึ้นจะเป็นต้นแบบของเครื่องไอออนในเซชันเซ็นเซอร์ที่ทำจากคาร์บอนนาโนทิวป์ที่สามารถระบุชนิดของก๊าซได้

DEVELOPMENT OF GAS DETECTOR CIRCUIT FOR IONIZATION GAS SENSORS

Mr. Chaiyan Wanmahajai ID.48015159

Mr. Aphichet Pajoung ID.48015192

Prof. Dr. Sutichai Chaisitsak Adviser

Educational Year 2007

Abstract

An ionization sensor is a device to detect various kinds of gas since it does not depend on the gas absorbed. This sensor will use liberate the electric charge theory. The starting breakdown voltage depends on the concentrations and types of detected gas. This project will design and build a detector to identify types of gas by ionization sensor based on carbon nanotubes. There are four main parts of the detector. The first part is 0-1200 V switching DC supply for generating electric. The second part is circuit for check current passing sensor level micro Amp. The third part is micro controller for supplying voltage and processing types of gas. The last part is the display LCD. This detector is able to identify types of gas, such as He, Ar, N₂ and Air.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์การพัฒนางจรสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับก๊าซด้วยวิธีการ ไอออนในเซชันสามารถสำเร็จลุล่วงได้เนื่องจากได้รับคำปรึกษาต่างๆที่ดีและการให้ความช่วยเหลือสนับสนุนเป็นอย่างดีจากหลายฝ่ายซึ่งผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. สุทธิชัย ชัยสิทธิ์ศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาและตลอดจนรุ่นพี่และเพื่อนๆที่ให้การแนะนำและความช่วยเหลือในทุกด้านจนการทำงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีจึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ในปริญญาานิพนธ์นี้หากมีข้อผิดพลาดประการใดทางผู้จัดทำยินดีน้อมรับข้อบกพร่องทุกประการ และสุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ที่เคารพรักตลอดจนญาติพี่น้องทุกคนที่ให้การช่วยเหลือและเป็นกำลังใจจนทำให้ปริญญาานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

(นายชยันต์ วันมหาใจ)

นายชยันต์ วันมหาใจ

(เอกเชษฐ พวง.....)

นายเอกเชษฐ พวง

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ประโยชน์ของโครงการ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน	
2.1 ไอออนไนเซชันเซนเซอร์	3
2.1.1 หลักการทำงานของ Gas Sensors	3
2.1.2 คุณสมบัติของ Gas Sensors	4
2.1.3 ก๊าซไอออนไนเซชันเซนเซอร์ (Gas ionization Sensors)	5
2.2 หลักการทำงานของก๊าซไอออนไนเซชันเซนเซอร์	5
บทที่ 3 คุณสมบัติของ PIC16F877 และการแปลงสัญญาณ A/D และ D/A	
3.1 คุณสมบัติของ PIC16F877	7
3.1.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877	7
3.1.2 โครงสร้างภายนอก	9
3.2 การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A	12
3.2.1 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล	12
3.2.2 การแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นอนาลอก	13
3.3 หลักการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแบบ R2R Ladder	13
3.4 คุณสมบัติและการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลโดยใช้ไอซี DAC0800	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การออกแบบสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับก๊าซด้วยวิธีการไอออไนเซชันและการทดลอง	
4.1 การออกแบบวงจรสำหรับตรวจจับก๊าซด้วยวิธีการไอออไนเซชัน	16
4.1.1 High Voltage Power Supply 0 – 1200	19
4.1.2 Sensor Circuit	20
4.1.3 Microcontroller และวงจรแสดงผลด้วย LCD	21
4.1.4 วงจร Digital To Analog	23
4.2 การทดลองและผลการทดลอง	24
4.2.1 ทดลองวัดค่าแรงดัน HV Output เทียบกับค่าแรงดัน Eout Monitor	24
4.2.2 ทดลองวัดและการแสดงผลข้อมูลบนจอ LCD	26
4.2.2.1 จำลองการทดลองโดยใช้สวิตช์แบบกดติดปัดย่อยดับ แทนวงจร Sensor Circuit	26
4.2.2.2 จำลองการทดลองโดยใช้ความต้านทาน แทนวงจร Sensor Circuit	28
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	
5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	32
5.2 ข้อเสียของโครงการนี้	32
5.3 ปัญหาและอุปสรรค	33
5.4 แนวทางการแก้ไขปัญหาและแนวทางการพัฒนา สำหรับโครงการนี้	33
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างก๊าซไอออไนเซชันเซนเซอร์	5
รูปที่ 2.2 วงจรสำหรับก๊าซ ไอออไนเซชันเซนเซอร์	5
รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันของ ไอออไนเซชันเซนเซอร์	6
รูปที่ 3.1 การจัดขาของ PIC16F877	9
รูปที่ 3.2 วงจรพื้นฐาน R2R Ladder	13
รูปที่ 3.3 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลโดยใช้ไอซี DAC0800	14
รูปที่ 4.1 รูปวงจรสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับก๊าซด้วยวิธีการ ไอออไนเซชัน	16
รูปที่ 4.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของวงจร	17
รูปที่ 4.3 รูปวงจรสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับก๊าซด้วยวิธีการ ไอออน ไนเซชัน	17
รูปที่ 4.4 วงจร High Voltage Power Supply 0 – 1200 V	19
รูปที่ 4.5 Sensor Circuit	20
รูปที่ 4.6 รูปวงจร Micro Controller และ วงจรแสดงผลด้วย LCD	21
รูปที่ 4.7 Flowchart การทำงานของMicrocontroller	22
รูปที่ 4.8 รูปวงจร Digital To Analog	23
รูปที่ 4.9 รูปใช้ทดลองการวัดค่าแรงดัน HV Output เทียบกับค่าแรงดัน Eout Monitor	24
รูปที่ 4.10 รูปการทดลองการแสดงผลด้วยวิธีการจำลองการทดลอง โดยใช้สวิตช์แบบกดติดป้อนยัดกับแทนวงจร Sensor Circuit	26
รูปที่ 4.11 รูปการทดลองการแสดงผลด้วยวิธีการจำลองการทดลอง โดยใช้ความต้านทานแทนวงจร Sensor Circuit	28
รูปที่ 4.12 วงจรจำลองความต้านทานแทน Gas Sensor	27
รูปที่ 4.13 รูปการแสดงผลของจอ LCD	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 รายละเอียดขาสัญญาของ PIC16F877	10
ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบแรงดันเบรกความถี่ของก๊าซชนิดต่างๆ	18
ตารางที่ 4.2 ตารางเปรียบเทียบค่าแรงดันเบรกความถี่ของก๊าซชนิดต่างๆใน ในการทดลอง	18
ตารางที่ 4.3 ตารางการทดลองวัดค่าแรงดัน HV Output เทียบกับค่าแรงดัน Eout Monitor	25
ตารางที่ 4.4 ตารางการทดลองการวัดและการแสดงผลข้อมูลบนจอ LCD ด้วยการจำลองการทดลองโดยใช้สวิตช์แบบกดติดปัดย่อยดับ แทนวงจร Sensor Circuit	27
ตารางที่ 4.5 ตารางการทดลองการวัดและการแสดงผลข้อมูลบนจอ LCD ด้วยการจำลองการทดลองโดยใช้ความต้านทาน แทนวงจร Sensor Circuit	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ปัจจุบันในงานอุตสาหกรรมมีการใช้ก๊าซในกระบวนการผลิตกันอย่างแพร่หลายและมีหลายชนิด ในการนำก๊าซมาใช้งานต้องมีการควบคุมกันอย่างรัดกุม เพื่อป้องกันการเกิดอันตรายและสร้างความเสียหายกับชีวิตและทรัพย์สิน ในระบบควบคุมจะต้องมีการใช้เซนเซอร์มาช่วย ซึ่งเซนเซอร์ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันก็มีมากมายหลายชนิด แต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป โดยประเภทของเซนเซอร์ก็มีหลายประเภทเช่น

1. แบบความต้านทาน (Resistane Transducers)
2. แบบใช้หลักการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้า (Inductance Transducers)
3. แบบความจุไฟฟ้า (Capacitance Transducer)
4. แบบ Piezoelectric
5. แบบการเคลื่อนที่ของประจุภายในสนามไฟฟ้า

การที่จะให้เซนเซอร์ตัวนั้นๆ ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะต้องมีการสร้างวงจรสำหรับเซนเซอร์ตัวนั้น ในโครงงานนี้ได้ใช้ไอออไนเซชันเซนเซอร์เซนเซอร์ ซึ่งจัดอยู่ในประเภทแบบการเคลื่อนที่ของประจุภายในสนามไฟฟ้า มาทำการตรวจวัดชนิดของก๊าซ โดยหลักการพื้นฐานของเซนเซอร์ตัวนี้คือการคายประจุทางไฟฟ้า ทำให้เกิดการไหลของการแสเมื่อป้อนแรงดันจนถึงค่าแรงดันพังทลายของก๊าซชนิดนั้นๆ ค่าแรงดันดังกล่าวขึ้นอยู่กับชนิดของก๊าซแต่ละชนิด

เนื่องจากแรงดันพังทลายของก๊าซแต่ละชนิดไม่เท่ากันดังนั้น จึงจำเป็นต้องสร้างวงจรที่ให้แรงดันไฟฟ้าที่มากพอ ที่จะทำให้ไอออไนเซชันเซนเซอร์ ทำการตรวจจับก๊าซแต่ละชนิดได้ และจะต้องมีการแสดงผลเพื่อให้ผู้ตรวจวัดทราบได้ว่าก๊าซที่ทำการตรวจวัดนั้นเป็นก๊าซชนิดใด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.2.1 เพื่อสร้างวงจรสำหรับก๊าซเซ็นเซอร์ที่ใช้หลักการ Ionization
- 1.2.2 เพื่อศึกษาโครงสร้างและหลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เบอร์ 16F877
- 1.2.3 เพื่อศึกษาการติดต่อกันระหว่างเซ็นเซอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เบอร์ 16F877
- 1.2.4 เพื่อศึกษาการจัดการบล็อกไดอะแกรมภายในและเขียนโปรแกรมลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เบอร์ 16F877

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ทำให้ได้ศึกษาการทำงานของก๊าซเซ็นเซอร์ที่ใช้หลักการ Ionization
- 1.3.2 ทำให้รู้จักและประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ในการออกแบบและควบคุม
- 1.3.3 ทำให้รู้จักการใช้งานของวงจรแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอก
- 1.3.4 ทำให้รู้จักการใช้งาน LCD และการเขียนโปรแกรมแสดงผลผ่านจอ LCD
- 1.3.5 สามารถนำโครงการนี้ไปประยุกต์ใช้งานและพัฒนาเพื่อใช้กับเซ็นเซอร์ตัวอื่นๆได้
- 1.3.6 ทำให้รู้จักการแก้ไขปัญหาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1 ไอออนไนเซชันเซินเซอร์

อะตอมหรือโมเลกุลของก๊าซ เมื่อได้รับพลังงานเพียงพอจะทำให้ e^- หลุดออกจากโมเลกุล อะตอมหรือโมเลกุลนั้นจะมีประจุเป็นบวก เรียกว่าเกิดไอออนไนซ์ กระบวนการที่แยก e^- ออกจากอนุภาคของก๊าซ และมีไอออนบวกเพิ่มขึ้น เรียกว่า ไอออนไนเซชัน ส่วนกระบวนการที่ทำให้ e^- หลุดออกจากของแข็ง เรียกว่า การปล่อยอิเล็กตรอน (electron emission) ในที่นี้ e^- ที่หลุดจากอิเล็กโทรดจะเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้ก๊าซมีสภาพนำไฟฟ้าขึ้นมาได้ การเกิดและการสลายของประจุโดยการชน (Ionization by electron collision) เมื่ออะตอมหรือโมเลกุลถูกชน จะเกิดการแตกตัวเป็นอิเล็กตรอนอิสระ (Free electron) อิเล็กตรอนเหล่านี้จะถูกทำให้มีความเร็วเพิ่มขึ้นและรับพลังงานสูงขึ้นเนื่องจากสนามไฟฟ้า อิเล็กตรอนอิสระที่มีพลังงานเพียงพอจะทำให้อะตอมแตกตัวเป็นอิเล็กตรอนอิสระเพิ่มขึ้นเมื่อเกิดการชนกันจะไม่เกิดอิเล็กตรอนอิสระทุกครั้ง ซึ่งขึ้นอยู่กับพลังงานในการชน

2.1.1 หลักการทำงานของ Gas Sensors แบ่ง Gas Sensors ตามลักษณะการทำงาน ออกเป็น 3 ชนิดหลัก ๆ คือ

1. **Gas Adsorption Gas Sensor** ก๊าซเซนเซอร์ในกลุ่มนี้ทำงานโดยวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เมื่อมีโมเลกุลของก๊าซถูกดูดซับเข้าไปบนผิวของวัสดุที่ใช้ทำ gas sensor ซึ่งเมื่อผิววัสดุที่ใช้ทำ gas sensor ถูกดูดซับ โมเลกุลของ gas เข้าไปที่ผิวก็ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง 1. surface potential ทำให้เกิดการนำไฟฟ้า 2. เกิดการเปลี่ยนแปลงมวล ทำให้น้ำหนักของวัสดุเปลี่ยนแปลงไป เป็นผลให้ความถี่รีโซแนนซ์ของระบบที่เปลี่ยนแปลงไป

2. **Gas Reaction Gas Sensor** ก๊าซเซนเซอร์แบบนี้ทำการวัดผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อก๊าซที่ต้องการวัดเกิดปฏิกิริยา เช่น การจัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของเซรามิกที่มีตัวกระตุ้นลิธียมผสมอยู่ เมื่อเซรามิกสัมผัสกับก๊าซที่เผาไหม้

3. **Selective Membrane Gas Sensor** ซึ่งทำงานโดยใช้ประโยชน์ของ Sensing membrane ที่ยอมให้ก๊าซบางชนิดเท่านั้นผ่านเข้าไปได้ Gas Sensor ชนิดนี้ที่ใช้วัด Oxygen จะมีแผ่น membrane แบบ solid electrolyte ที่ทำมาจาก Y_2O_3 dope ZrO_2 ส่วนที่ใช้วัด SO_2 จะมีแผ่น membrane แบบ Solid electrolyte ที่ทำมาจาก K_2SO_4 โดยเมื่อมี gas ข้างต้นซึมผ่านเข้าไปก็จะทำให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุดังกล่าวเปลี่ยนแปลงไป เราก็วัดปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นหากเปลี่ยนแปลงมากก็แสดงว่ามีก๊าซ

2.1.2 คุณสมบัติของ Gas Seneors

ความไวการตอบสนอง (Response) คือ ความสามารถในการตอบสนองอย่างรวดเร็วในทันทีเมื่อก๊าซที่เราทำการวัดมาสัมผัสกับ Gas Sensor คุณสมบัติข้อนี้มีความสำคัญมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อ Gas ที่เราทำการวัดเป็นก๊าซพิษ หรือ ก๊าซไวไฟ เพื่อเราจะ ได้หลีกเลี่ยงและแก้ไขได้ทันที ก่อนที่จะได้รับอันตรายหรือเกิดเหตุร้ายแรงในบริเวณที่ทำการวัดก๊าซ หากก๊าซรั่วไหลออกมา

ความไวในการวัด (Sensitivity) คือ ความสามารถของ Gas Sensor ที่จะบอกความแตกต่างของปริมาณก๊าซที่จะทำการวัด เช่น Gas Sensor บางชนิดไม่สามารถบอกความแตกต่างของ Gas ปริมาณน้อย ๆ เช่น 10 ppm กับ 11 ppm ได้ ดังนั้นเมื่อเรานำไปวัด ก๊าซ 2 บริเวณที่มี ก๊าซแตกต่างกันน้อย ๆ ก็จะทำให้เราเข้าใจผิดคิดว่าบริเวณทั้ง 2 มีก๊าซในปริมาณเท่ากัน คุณสมบัติชนิดนี้จะสำคัญเฉพาะกรณีก๊าซที่เราวัดมีปริมาณน้อย ๆ หรือต้องการความถูกต้องในการวัดสูงเท่านั้น

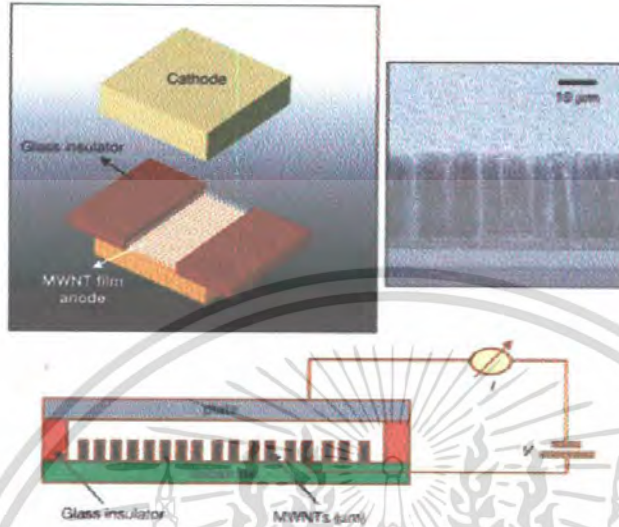
ความจำเพาะ (Selectivity) คือ ความสามารถในการแยกแยะความแตกต่างระหว่างก๊าซที่เราต้องการวัดกับก๊าซที่เราไม่ต้องการ วัดได้ กล่าวคือ Gas Sensor ชนิดหนึ่ง ๆ ควรมีความสามารถในการตอบสนองต่อก๊าซชนิดหนึ่งชนิดเดียวที่เราต้องการวัด ไม่ควรที่จะตอบสนองต่อก๊าซชนิดอื่น เพราะจะทำให้สัญญาณรบกวนการวัดได้ ในทางปฏิบัติเราต้องพยายามหาวัสดุที่ เหมาะสมที่ไวเฉพาะต่อก๊าซที่เราต้องการวัดมาใช้ทำ Sensing membrane หรืออาจจะเจือสารบางตัวลงไปในวัสดุที่ใช้ทำ membrane เพื่อให้ membrane มีความไวในการตอบสนองก๊าซที่เราต้องการวัดขึ้นมาได้ หรือเพื่อลดการตอบสนองก๊าซที่เรา ไม่ต้องการวัด เช่น การเติม Cr ลงไปใน Semiconductor Gas Sensor ที่ทำมาจาก SnO₂ จะทำให้ Gas Sensor ตอบสนอง ในการวัด NO_x ได้ไวยิ่งขึ้น และการเติม Al ลงไปใน Gas Sensor ข้างต้นจะทำให้ Sensor ตอบสนองต่อก๊าซ O₂ ได้น้อยลงทำให้สัญญาณรบกวนน้อยลง Selectivity เป็นคุณสมบัติที่สำคัญมาก Gas Sensor ที่ดีต้องมี Selectivity สูง

ความเสถียรภาพ (Stability) คือ ผลในการวัดคงที่ไม่เสื่อมสภาพเร็วในการใช้งาน เพื่อให้ Sensor สามารถใช้วัดได้อย่างต่อเนื่อง โดยทั่วไป Sensing Membrane ทำจาก Polymer มักมีปัญหาในการใช้งาน

พิสัยการวัด (Dynamic Range) คือ ช่วงกว้างของการวัดของ Sensor Sensor บางตัวสามารถวัดก๊าซปริมาณตั้งแต่ 100-10000 ppm แต่บางตัวใช้วัดใน range 10-50 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

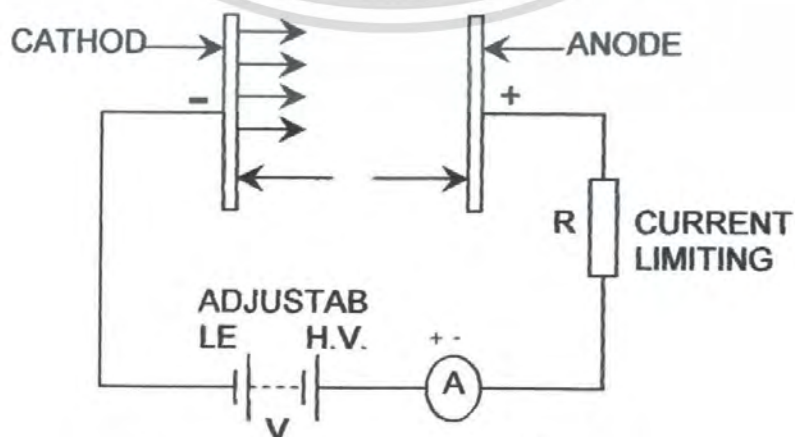
2.1.3 ก๊าซไอออไนเซชันเซ็นเซอร์(Gas ionization sensor)



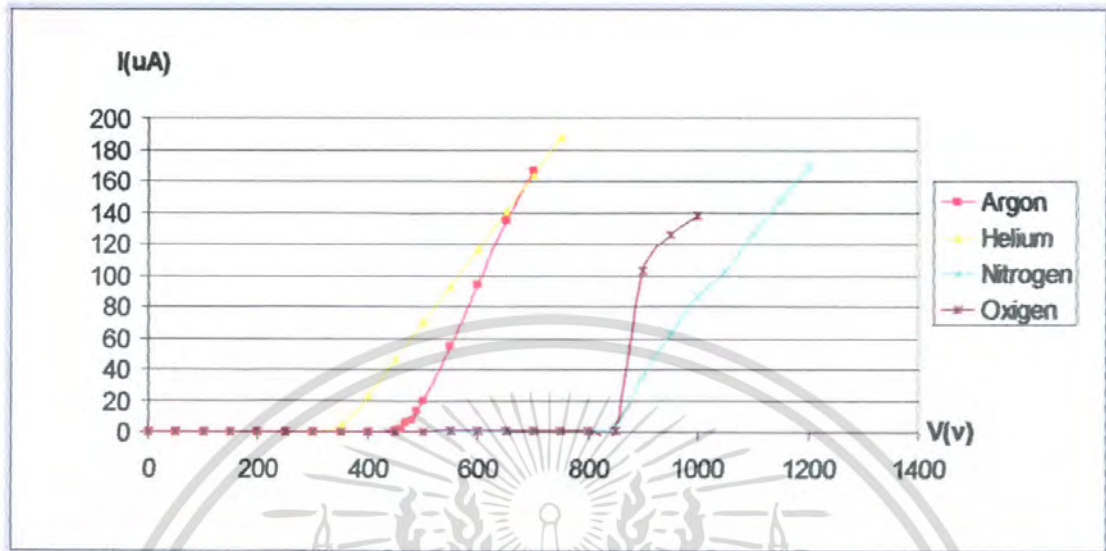
รูปที่ 2.1 โครงสร้างก๊าซไอออไนเซชันเซ็นเซอร์

2.2 หลักการทำงานของก๊าซไอออไนเซชันเซ็นเซอร์

จากวงจรในรูปที่ 2.2 เป็นวงจรสำหรับก๊าซไอออไนเซชันเซ็นเซอร์ โดยการป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับเซ็นเซอร์เพื่อสร้างสนามไฟฟ้าความเข้มสูง ทำให้ก๊าซเกิดการไอออไนเซชันเมื่อมีไอออนของก๊าซผ่านเข้ามาในช่องว่าง (Corona Discharge) อิเล็กตรอนอิสระสามารถเคลื่อนที่ระหว่างแผ่นอิเล็กโทรดได้ เกิดกระแสไหลในวงจรแรงดันที่สามารถทำให้กระแสเริ่มไหลในวงจรเรียกว่า “แรงดันเบรคดาวน์ (Breakdown Voltage)” และแรงดันเบรคดาวน์ของก๊าซแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกันออกไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 2.2 วงจรสำหรับก๊าซไอออไนเซชันเซ็นเซอร์ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและแรงดันของไอออไนเซชันเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

คุณสมบัติของ PIC16F877 และการแปลงสัญญาณ A/D และ D/A

3.1 คุณสมบัติของ PIC16F877

PIC 16F877 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล PIC (Peripheral Interface Controller) ของไมโครชิพเทคโนโลยี (Microchip Technology) ซึ่งมีหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) เป็นแบบแฟลช (Flash) ซึ่งมีหน่วยความจำที่สามารถเขียนและลบด้วยสัญญาณไฟฟ้านับพันครั้ง อีกทั้งสามารถพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาสูงได้ เช่น ภาษาเบสิก หรือภาษาซี เป็นต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์สมัยใหม่ จัดอยู่ในกลุ่มของไมโครโปรเซสเซอร์แบบ RISC (Reduce Instruction Set Computer) มีชุดคำสั่งเพียง 35 คำสั่งพื้นฐานเท่านั้น และทุกคำสั่งสามารถทำงานให้เสร็จสิ้นด้วยการใช้สัญญาณนาฬิกาเพียงลูกเดียวทำงานในลักษณะไปป์ไลน์ (Pipe Line) เหมือนกับไมโครโปรเซสเซอร์สมัยใหม่

3.1.1 คุณสมบัติทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

3.1.1.1 คุณสมบัติของหน่วยประมวลผลกลางภายใน PIC16F877

- 1) หน่วยประมวลผลกลางเป็นแบบ RISC
- 2) สัญญาณนาฬิกาความถี่ 4 MHz
- 3) ประมวลผลข้อมูลขนาด 8 บิต
- 4) มีคำสั่งเพียง 35 คำสั่ง ขนาด 14 บิต
- 5) มีรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ 15 ตัว
- 6) มีสแต็ก 8 ระดับ
- 7) โหมดการอ้างอิงแอดเดรส 3 โหมดคือ แบบโดยตรง (Direct), แบบโดยอ้อม (Indirect) และแบบสัมพัทธ์ (Relative)
- 8) มีแหล่งกำเนิดการขัดจังหวะ 14 แหล่ง
- 9) หน่วยความจำข้อมูล (Data memory) เป็นแบบอีอีพรอมสามารถลบ และเขียนใหม่ได้ประมาณล้านครั้งและเก็บข้อมูลได้นาน 40 ปี
- 10) ขนาดหน่วยความจำโปรแกรมซึ่งเป็นแบบแฟลชมีขนาด 8 กิโลไบต์
- 11) หน่วยความจำอีอีพรอมภายใน 256 ไบต์
- 12) หน่วยความจำแรม 368 ไบต์ ซึ่งใช้เป็นรีจิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.2 คุณสมบัติทางเทคนิคใน PIC16F877

- 1) มีขาอินพุต เอาต์พุต 22 ขาสามารถกำหนดเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตได้อย่างอิสระ
- 2) กระแสซิงก์ / ซอร์สของแต่ละขาอินพุต ซึ่งสูงพอที่จะขับ LED ได้โดยตรง
- 3) กระแสซิงก์และซอร์ส สูงสุด 25 มิลลิแอมป์ ต่อขา

3.1.1.3 คุณสมบัติอื่น ๆ

- 1) มีเพาเวอร์ออนรีเซตในตัว (POR: Power-on Reset)
- 2) มีเพาเวอร์อัพไทมเมอร์ในตัว (PWRT: Power-up Timer)
- 3) มีออสซิลเลเตอร์สตาร์ทอัพไทมเมอร์ (OST: Oscillator Start-up Timer)
- 4) มีวอตช์ด็อกไทมเมอร์ (WDT: Watch Dog-timer) พร้อมกับวงจรออสซิลเลเตอร์ RC ภายในเพื่อช่วยให้การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์มีความแน่นอนยิ่งขึ้น
- 5) ป้องกันการคัดลอกข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรม
- 6) มีโหมดประหยัดพลังงานหรือโหมดสลีป (Sleep mode)
- 7) สามารถเลือกวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้กำหนดการทำงานได้
- 8) การเขียนข้อมูลเข้าสู่หน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นแบบอนุกรมผ่านขาใช้งานเพียง 2 ขา
- 9) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับการพัฒนาภายใต้เทคโนโลยีโมสเฟลซ / อีอีพรอมความเร็วสูง พลังงานต่ำ

ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้า

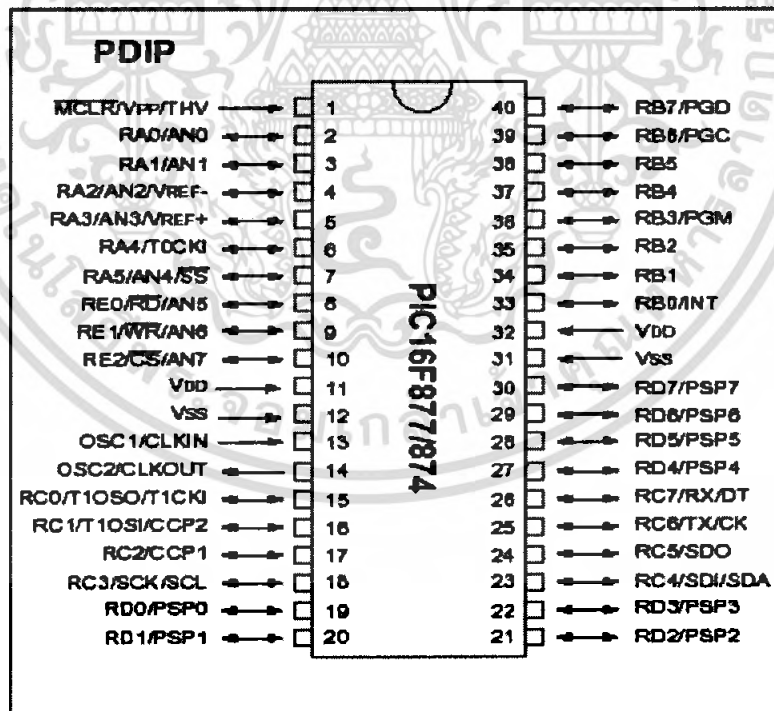
- ก) กระแสไฟฟ้าน้อยกว่า 2 มิลลิแอมป์ ที่ไฟเลี้ยง +5 V สัญญาณนาฬิกาความถี่ 4 MHz
- ข) กระแสไฟฟ้าน้อยกว่า 2 ไมโครแอมป์ ที่ไฟเลี้ยง +3 V สัญญาณนาฬิกาความถี่ 4 kHz
- ค) กระแสไฟฟ้าน้อยกว่า 1 ไมโครแอมป์ ขณะสแตนด์บาย
- 10) อุณหภูมิ CPU ขณะเริ่มใช้งาน 34 องศาหลังจากใช้ผ่านไประยะหนึ่ง 38-39 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2. โครงสร้างภายนอก

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 บรรจุอยู่ในตัว PDIP (Plastic Dual – In Line package) ซึ่งมีลักษณะเดียวกับไอซีแบบดินตะขาบที่พบเห็นโดยทั่วไป มีขาต่อใช้งานทั้งสิ้น 40 ขา ดังแสดงในภาพที่ 2.3 ซึ่งสามารถจัดขาต่อใช้งานของ PIC16F877 เป็น 4 กลุ่มคือ

1. กลุ่มสัญญาณนาฬิกา มี 2 ขา คือ OSC1 / CLKIN (ขา 13) และ OSC 2 / CLKOUT(ขา 14)
2. กลุ่มขาควบคุม มี 1 ขาคือ MCLR (ขา 1)
3. กลุ่มขาพอร์ตอินพุต-เอาต์พุต มี 33 ขา แบ่งเป็นขาพอร์ตเอ 6 ขา ได้แก่ RA0 – RA5 ขา พอร์ตบีได้แก่ ขา RB0 – RB7 พอร์ตซี ได้แก่ RC0-RC7 พอร์ตดี ได้แก่ RD0 – RD7 และพอร์ตอี ได้แก่ RE0 – RE2
4. กลุ่มขาไฟเลี้ยง มี 2 ขา คือ ขา V_{SS} (ขา12,31) หรือขากราวด์ และขา V_{DD} (ขา 11,32) หรือ ขาไฟเลี้ยง +5 V



รูปที่ 3.1 การจัดขาของ PIC16F877

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดขาสัญญาณของ PIC16F877

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	13	14	30	I	ST/CMOS ⁽¹⁾	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	14	16	31	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP/THV	1	2	18	IP	ST	Master clear (reset) input or programming voltage input or high voltage test mode control. This pin is an active low reset to the device.
RA0/AN0	2	3	19	I/O	TTL	<p>PORTA is a bi-directional I/O port.</p> <p>RA0 can also be analog input0</p> <p>RA1 can also be analog input1</p> <p>RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage</p> <p>RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage</p> <p>RA4 can also be the clock input to the Timer0 timer/counter. Output is open drain type.</p> <p>RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.</p>
RA1/AN1	3	4	20	I/O	TTL	
RA2/AN2/VREF-	4	5	21	I/O	TTL	
RA3/AN3/VREF+	5	6	22	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	7	23	I/O	ST	
RA5/SS/AN4	7	8	24	I/O	TTL	
RB0/INT	33	36	8	I/O	TTLST ⁽¹⁾	<p>PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.</p> <p>RB0 can also be the external interrupt pin.</p> <p>RB3 can also be the low voltage programming input</p> <p>Interrupt on change pin.</p> <p>Interrupt on change pin.</p> <p>Interrupt on change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock.</p> <p>Interrupt on change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.</p>
RB1	34	37	9	I/O	TTL	
RB2	35	38	10	I/O	TTL	
RB3/PGM	36	39	11	I/O	TTL	
RB4	37	41	14	I/O	TTL	
RB5	38	42	15	I/O	TTL	
RB6/FGC	39	43	16	I/O	TTLST ⁽²⁾	
RB7/PGD	40	44	17	I/O	TTLST ⁽²⁾	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดขาสัญญาณของ PIC16F877 (ต่อ)

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RC0/T1OSQ/T1CKI	15	16	22	I/O	ST	PORTC is a bi-directional I/O port. RC0 can also be the Timer1 oscillator output or a Timer1 clock input.
RC1/T1OSI/CCP2	16	18	35	I/O	ST	RC1 can also be the Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output.
RC2/CCP1	17	19	36	I/O	ST	RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output.
RC3/SCK/SCL	18	20	37	I/O	ST	RC3 can also be the synchronous serial clock input/output for both SPI and I ² C modes.
RC4/SDI/SDA	23	25	42	I/O	ST	RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I ² C mode).
RC5/SDO	24	26	43	I/O	ST	RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode).
RC6/TX/CK	25	27	44	I/O	ST	RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock.
RC7/RX/DT	28	29	1	I/O	ST	RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.
RD0/PSP0	19	21	38	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PORTD is a bi-directional I/O port or parallel slave port when interfacing to a microprocessor bus.
RD1/PSP1	20	22	39	I/O	ST/TTL ⁽²⁾	
RD2/PSP2	21	23	40	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD3/PSP3	22	24	41	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD4/PSP4	27	30	2	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD5/PSP5	28	31	3	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD6/PSP6	29	32	4	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RD7/PSP7	30	33	5	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RE0/RD/AN5	8	9	25	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PORTE is a bi-directional I/O port. RE0 can also be read control for the parallel slave port, or analog input5.
RE1/WR/AN6	9	10	26	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	RE1 can also be write control for the parallel slave port, or analog input6.
RE2/ \overline{CS} /AN7	10	11	27	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	RE2 can also be select control for the parallel slave port, or analog input7.
Vss	12,31	13,34	6,29	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
Vpp	11,32	12,35	7,28	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
NC	—	1,17,28, 40	12,13, 33,34	—	—	These pins are not internally connected. These pins should be left unconnected.

Legend: I = input O = output I/O = input/output P = power
 — = Not used TTL = TTL input ST = Schmitt Trigger input

- Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as an external interrupt.
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
 4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การแปลงสัญญาณ A/D และ D/A

สัญญาณอนาลอก คือ สัญญาณข้อมูลแบบต่อเนื่อง (Continuous Data) มีขนาดของสัญญาณไม่คงที่ การเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณแบบค่อยเป็นค่อยไปแปรผันตามเวลา เป็นสัญญาณที่มนุษย์สามารถสัมผัสได้ เช่น แรงดันของน้ำ

สัญญาณดิจิทัล คือ สัญญาณข้อมูลแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Data) มีขนาดของสัญญาณคงที่ การเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณเป็นแบบทันที ทันใด ไม่แปรผันตามเวลา เป็นสัญญาณที่มนุษย์ไม่สามารถสัมผัสได้ เช่น สัญญาณไฟฟ้า

การแปลงสัญญาณมี 2 วิธีคือ

1. การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล
2. การแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอก

3.2.1 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล

Analog to Digital Converter (A/D) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณข้อมูลที่มีมนุษย์รับรู้ สัมผัสได้ เป็นข้อมูลทางไฟฟ้า เพื่อป้อนเข้าสู่การประมวลผล จึงเป็นขบวนการหนึ่งของการรับข้อมูล (Input Unit) เป็นกระบวนการอิเล็กทรอนิกส์ ที่สัญญาณแปรผันต่อเนื่อง (analog) ได้รับการแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิทัล โดยไม่มีการลบข้อมูลสำคัญผลลัพธ์ของ ADC มีลักษณะตรงข้าม คือ กำหนดระดับหรือสถานะ ตัวเลขของสถานะมักจะเป็นการยกกำลังของ 2 คือ 2, 4, 8, 16 เป็นต้น สัญญาณดิจิทัลพื้นฐานมี 2 สถานะและเรียกว่า binary ตัวเลขทั้งหมดสามารถแสดงในรูปของไบนารี ในฐานะข้อความของ หนึ่งและศูนย์

วงจรที่ใช้ในการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลมีมากมายหลายชนิด โดยทั่วไปแล้ววงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล (A/D converters) มีใช้งานอยู่ประมาณ 7 ชนิดคือ

1. Paralled Comparator, Simultaneous, หรือ Flash A/D converter
2. Single – Ramp หรือ Single – Slope A/D converter
3. Dual – Slope A/D converter
4. Charge balance A/D converter
5. A/D converters using Counters and D/A converters
6. Tracking A/D converters
7. Successive – Approximation A/D converters

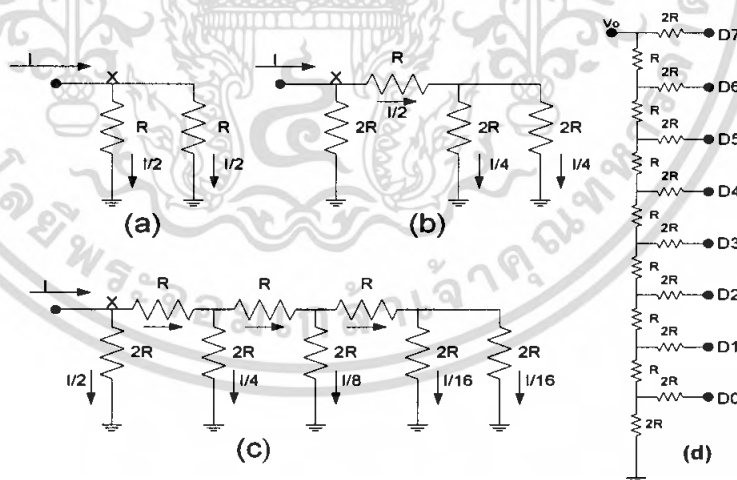
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอก

การนำคอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ไปเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกผู้ใช้จะต้องสามารถพัฒนาระบบให้สามารถทำงานร่วมกับอุปกรณ์ต่างๆ ได้ทุกรูปแบบ และต้องสามารถทำงานกับสัญญาณดิจิทัลและอนาลอกได้เป็นอย่างดี โดยข้อมูลที่จะส่งออกจากคอมพิวเตอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อนำไปควบคุมอุปกรณ์ภายนอก มักเป็นสัญญาณดิจิทัล หากอุปกรณ์ที่นำมาต่อร่วมกับระบบเป็นอุปกรณ์ลิเนียร์หรือทำงานกับสัญญาณอนาลอก จึงต้องมีวงจรสำหรับแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอกในระบบควบคุม

3.3 หลักการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลแบบ R2R Ladder

วงจร DAC แบบ R2R Ladder เป็นวงจร DAC อีกแบบหนึ่งที่ยอมรับใช้กัน ทั้งนี้เนื่องจากสามารถหาอุปกรณ์ในการสร้างวงจรง่าย กระบวนการสร้างวงจร DAC จะเริ่มต้นจากวงจรตัวต้านทานต่อขนานกัน 2 ตัว ดังรูป 3.2 (a) หากตัวต้านทาน 2 ตัวมีค่าเท่ากัน กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานทั้ง 2 ตัวจะเท่ากันคือเท่ากับ $I/2$ จากนั้นทำการเปลี่ยนค่าตัวต้านทานเพื่อขยายสาขาของวงจรดังรูป 3.2 (b) ค่าความต้านทานที่จุด X จะเท่ากับ $2R$ ดังนั้นค่าความต้านทานทั้งด้านซ้ายมือและขวามือของจุด X จะมีค่าเท่ากันคือ $2R$ ทำให้ปริมาณกระแสที่ไหลผ่านเท่ากันคือ $I/2$ จากจุด X มีกระแสไหล $I/2$ จะถูกแยกออกเป็นสองทางด้วยตัวต้านทาน $2R$ สองตัวที่ต่อขนานกันกระแสที่ไหลผ่านวงจรในสาขานี้จึงเป็น $I/4$



รูปที่ 3.2 วงจรพื้นฐาน R2R Ladder

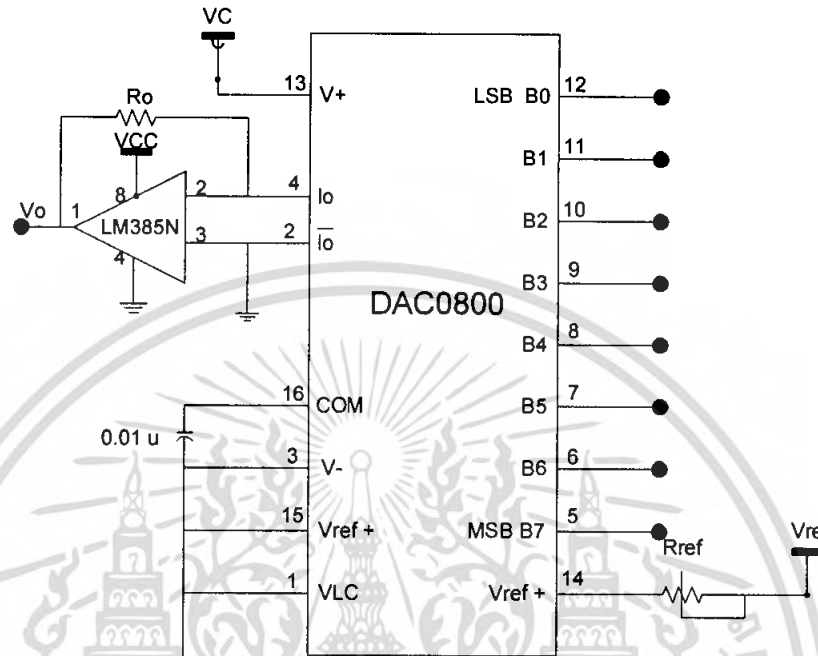
นั่นหมายความว่าหากต่อพ่วงวงจรตัวต้านทานเข้าไปอีกหลายสาขา ก็จะทำให้กระแสถูกเฉลี่ยมากขึ้น เหมือนกับการสร้างบันไดของกระแสทีละขั้น ด้วยอัตราส่วนของตัวต้านทานที่คงที่คือ R และ $2R$ ดังรูปที่ 3.2 (c) ส่วนรูปที่ 3.2 (d) เป็นวงจร DAC แบบ R2R Ladder ขนาด 8 บิต D0-D7

เป็นดิจิทัลอินพุต และ V_o เป็นอนาลอกเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 คุณสมบัติและการทำงานวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลโดยใช้ไอซี DAC

0800



รูปที่ 3.3 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลโดยใช้ไอซี DAC 0800

1. Resolution ซึ่งจะดูได้จากจำนวนของบิตที่เป็น Input ของ D/A นั้นๆ เช่นถ้า D/A มี Input จำนวน 8 บิต ก็สามารถสร้างระดับแรงดันของสัญญาณ Output ได้ทั้งหมด 2^8 หรือ 256 ระดับ ดังนั้น ค่า Resolution ของมันก็คือ 1 ใน 256
2. Full-scale Output Voltage จะบอกถึงค่าแรงดัน Output มากที่สุดที่จะได้จาก D/A นั้นๆ จากตัวอย่างวงจรข้างต้น แรงดันอ้างอิงจะป้อนผ่าน R14 ก็จะได้ Output Voltage ที่เป็นไปตามสมการ ซึ่งเมื่อเราป้อนข้อมูลที่เป็น "1" ทุกบิตให้กับ D/A ก็จะทำให้ได้แรงดันที่ Output เป็น $10V \times (255/256) = 9.961V$ จะสังเกตได้ว่าแรงดัน Output สูงสุดที่จะได้จาก D/A จะน้อยกว่าค่าที่ระบุนมา อยู่ 1 LSB เสมอแต่อย่างไรก็ตามเราก็ยังเรียกมันว่าเป็น $10V_{Out}$
3. Input Code ซึ่งจะสามารถมีได้หลายชนิดเช่น Binary , BCD, Offset Binary ซึ่ง เราจะส่งข้อมูลไปให้กับ D/A ให้ถูกต้อง
4. Accuracy คือค่าความถูกต้องของแรงดัน Output ที่ได้ออกมาจริง เปรียบเทียบกับค่าแรงดัน Output ที่ควรจะได้ตามทฤษฎี โดยจะบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ ของ Full-scale Output เช่น D/A Full-scale Output $10V \pm 0.2\%$ accuracy ก็จะหมายถึงว่ามันผิดพลาดอยู่ในช่วง $10.00 \times 0.002 = 20mV$ โดยทั่วไปแล้ว ค่าความผิดพลาดของ D/A ก็จะมีค่าไม่เกิน $\pm 0.5LSB$

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Linearity จะหมายถึงค่าความผิดพลาดของ Output Voltage ที่วัดเทียบกับแนวเส้นตรงที่ได้ เมื่อแปลค่าของข้อมูลจากน้อยไปมาก ซึ่งก็จะมีค่าประมาณ +/- 0.5 LSB
6. Setting Time คือระยะเวลาที่ D/A ใช้ในการทำให้ Output Voltage มีค่าเท่ากับข้อมูลที่ป้อนเข้าไป โดยให้มีความผิดพลาดได้ +/- 0.5 LSB

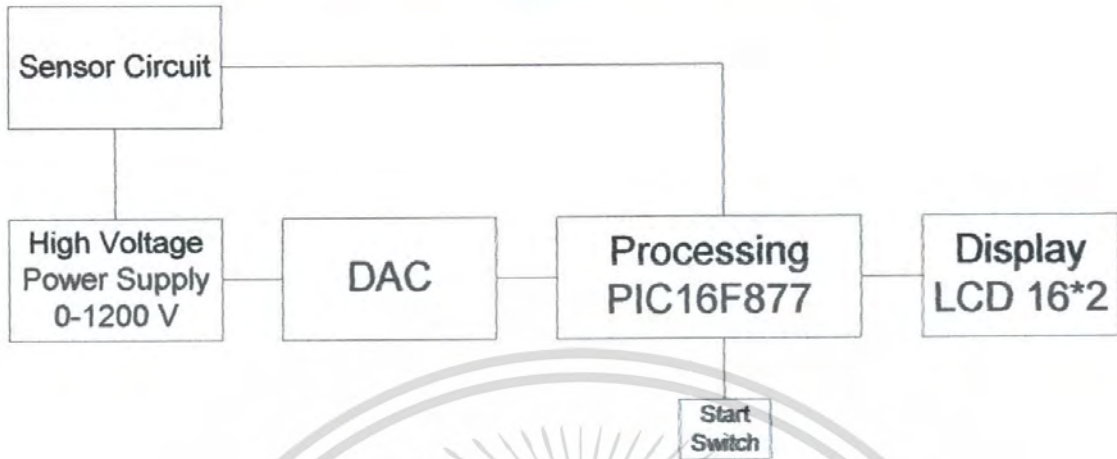
สมการ V_o

$$V_o = \frac{V_{ref}}{R_{rfe}} (R_o) \left\{ \frac{B_0}{2} + \frac{B_1}{4} + \frac{B_2}{8} + \frac{B_3}{16} + \frac{B_4}{32} + \frac{B_5}{64} + \frac{B_6}{128} + \frac{B_7}{256} \right\}$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 4.2 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของวงจร



รูปที่ 4.3 รูปวงจรสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับก๊าซด้วยวิธีการไอออนไนเซชันจริง

อธิบายการทำงาน

จากวงจรรูปที่ 4.1 วงจรสำหรับอุปกรณ์ตรวจจับก๊าซด้วยวิธีการไอออนไนเซชันการทำงานเริ่มจากเมื่อกด START SWITCH ซึ่งเป็น Switch แบบกดติด-กดดับ Micro Controller จะทำการเคลียร์ค่าของ PORT C ให้เป็น 0x00 ทำให้เอาต์พุตของวงจร DAC ที่เป็นวงจร Digital to Analog มีค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเป็น 0 V เอาท์พุท High Voltage Power Supply เท่ากับ 0 V จากนั้น Micro Controller จะเริ่มเพิ่มค่า PORT C จาก 0x00 ขึ้นทีละบิต เมื่อค่าของ PORT C ถูกเพิ่มค่าขึ้นจะทำให้เอาต์พุทของวงจร Digital to Analog เพิ่มขึ้น และเอาท์พุทของ High Voltage Power Supply ก็จะเพิ่มขึ้นตาม ในขณะที่ PORT C ถูกเพิ่มค่าขึ้นนี้ วงจรตรวจสอบกระแสที่ไหลผ่านเซ็นเซอร์ระดับไมโครแอมป์ในภาค Sensor Circuit จะทำหน้าที่คอยเช็คกระแสที่ไหลผ่านตัว Gas Sensor ซึ่งเป็นการเช็คจุดแรงดันเบรคคาวน์ ในที่นี้ กระแสที่ไหลผ่านตัว Gas Sensor ที่ $10 \mu A$ ขึ้นไปถือว่าเป็นเบรคคาวน์โวลท์แดง โดยจะใช้ตัวต้านทาน R_L $220 \text{ k}\Omega$ ต่ออนุกรมกับ Gas Sensor และเช็คจากแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน R_L $220 \text{ k}\Omega$ (V_{RL}) ที่ต่อกับขา Inverting(ขา 3) ของ Comparator โดย Comparator ในวงจรนี้จะใช้ IC LM358N เป็น Comparator ในการเปรียบเทียบค่าแรงดันระหว่าง V_{RL} กับ V_{ref} ซึ่ง V_{ref} ที่ต่อกับขา Non Inverting(ขา 2)ของ Comparator มีค่าเท่ากับ 2.2 V เมื่อ V_{RL} มีค่าน้อยกว่า V_{ref} ที่ Output ของ Comparator ที่ต่อกับขา RB1 ของ Micro Controller มีสถานะเป็น “1” (หรือเท่ากับ V_{cc}) Micro Controller ก็จะเพิ่มค่าของ PORT C ขึ้นเรื่อยๆจนกระทั่งแรงดัน V_{RL} มีค่ามากกว่า V_{ref} ที่ Output ของ Comparator เปลี่ยนสถานะจาก “1”เป็น “0” Micro Controller จะหยุดการเพิ่มค่าของ PORT C แล้วรับค่าจาก Eout Monitor จากภาค High Voltage Power Supply ซึ่งเป็นค่าอัตราส่วนของแรงดัน HV Output โดยมีอัตราส่วน Eout Monitor : HV Output เท่ากับ 1 V : 1000 V ค่าสุดท้ายที่ถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลโดย ADC มาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่เก็บไว้ใน Micro Controller เพื่อตรวจสอบว่าเป็นแรงดันเบรคคาวน์ของก๊าซชนิดใด แล้ว Micro Controller จะทำการประมวลผลและส่งข้อมูลแสดงผลชนิดของก๊าซที่ตรวจพบทางจอ LCD จากนั้น Micro Controller จะกลับมาทำงานเริ่มต้นเคลียร์ PORT C ใหม่ ค่าแรงดันเอาท์พุทของ High Voltage Power Supply จะกลับมาเป็นศูนย์ และทำตามขั้นตอนแรกไปเรื่อยๆจนกว่าจะมีการกดปิด START SWICTH ทุกอย่างจึงหยุดการทำงาน

จากกราฟคุณสมบัติของก๊าซเซ็นเซอร์ที่ใช้ใน โครงการนี้สามารถหาค่าแรงดันเบรคคาวน์ของก๊าซแต่ละชนิด ได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางเปรียบเทียบแรงดันเบรคคาวน์ของก๊าซชนิดต่างๆ

ชนิดของก๊าซที่นำมาทดสอบ	แรงดันพังทลาย(โวลต์)
Helium	349
Argon	650
Nitrogen	798
Oxygen	842

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ตารางเปรียบเทียบค่าแรงดันเบรคความถี่ของก๊าซชนิดต่างๆที่ใช้ในการทดลอง

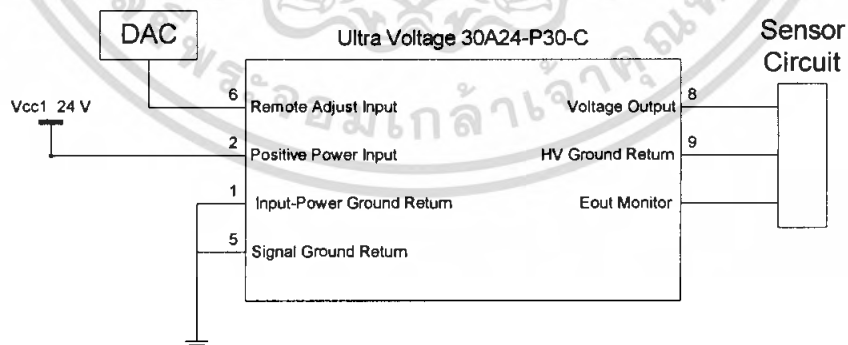
ชนิดของก๊าซที่นำมาทดสอบ	แรงดันพังทลาย (โวลต์)	แรงดัน Eout Monitor	แรงดัน Eout Monitor เป็นเลขฐาน 16
Helium	330-370	0.33-0.37	0x11-0x15
Argon	630-670	0.63-0.67	0x20-0x23
Nitrogen	780-820	0.78-0.82	0x24-0x29
Oxygen	830-860	0.83-0.86	0x2B-0x2D

4.1.1 High Voltage Power Supply 0-1200 V

หน้าที่-ในภาค High Voltage Power Supply 0-1200 V เป็น โมดูลสำเร็จรูป Ultra Voltage 30A24-P30-C ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับ Gas Sensor แรงดันเอาต์พุตจะมีการปรับค่าแรงดันแบบอัตโนมัติโดยการควบคุมการปรับค่าแรงดันเอาต์พุตด้วย Micro Controller

คุณสมบัติของ Ultra Voltage 30A24-P30-C

1. ใช้ไฟเลี้ยง Positive Power Input ขา 2 เท่ากับ 24 VDC
2. แรงดัน Voltage Output 0-30 kVDC
3. อัตราส่วนแรงดัน Eout Monitor ต่อ แรงดัน Voltage Output เท่ากับ 1 V: 1 kV
4. แรงดันควบคุม Remote Adjust Input ขา 6 มีค่าเท่ากับ 0-5 V



รูปที่ 4.4 วงจร High Voltage Power Supply 0-1200 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

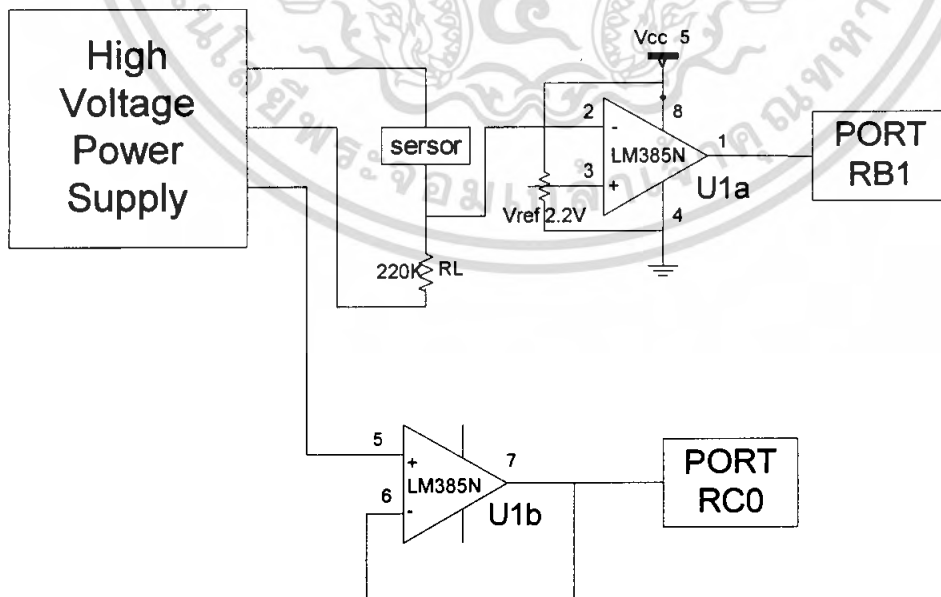
การออกแบบสำหรับในโครงการนี้

- ใช้ไฟเลี้ยง Positive Power Input ขา 2 เท่ากับ 24 Vdc
- ใช้แรงดัน Voltage Output 0-1200 VDC
- อัตราส่วนแรงดัน Eout Monitor ต่อ แรงดัน Voltage Output เท่ากับ
0-1.2 V : 0-1200 V
- แรงดันควบคุม Remote Adjust Input ขา 6 มีค่าเท่ากับ 0-0.2 V

4.1.2 Sensor Circuit

หน้าที่ - เป็นตรวจเช็คกระแสที่ไหลผ่านตัว Gas Sensor เพื่อเช็คจุดเบรคความนี้ในที่นี้จะทำการเช็คแรงดันเบรคความนี้โดยวิธีการจำกัดกระแสที่ไหลผ่าน Gas Sensor ในปริมาณ $10 \mu A$ โดยใช้ตัวต้านทาน $220 k\Omega$ ต่ออนุกรมเข้ากับ Gas Sensor เมื่อ Gas Sensor ถึงจุดเบรคความนี้จะมีกระแสไหลผ่าน $10 \mu A$ จะมีแรงดันตกคร่อม ตัวต้านทาน $220 k\Omega = 2.2 V$ เท่ากับ V_{ref} และเมื่อมีกระแสไหลเพิ่มอีกเพียงเล็กน้อย จะทำให้แรงดันตกคร่อม ตัวต้านทาน $220 k\Omega$ มีค่าสูงกว่า V_{ref} Output ของ Comparator U1a จะเปลี่ยนสถานะจาก “1” เป็น “0” การเปลี่ยนแปลงจะถูกนำไปประมวลผลโดย Micro Controller

ส่วน U1b ทำหน้าที่เป็นกันชน(Buffer) สัญญาณจาก Eout Monitor ในภาค High Voltage Power Supply 0-1200 V ก่อนจะนำไปแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลต่อไปโดย Micro Controller



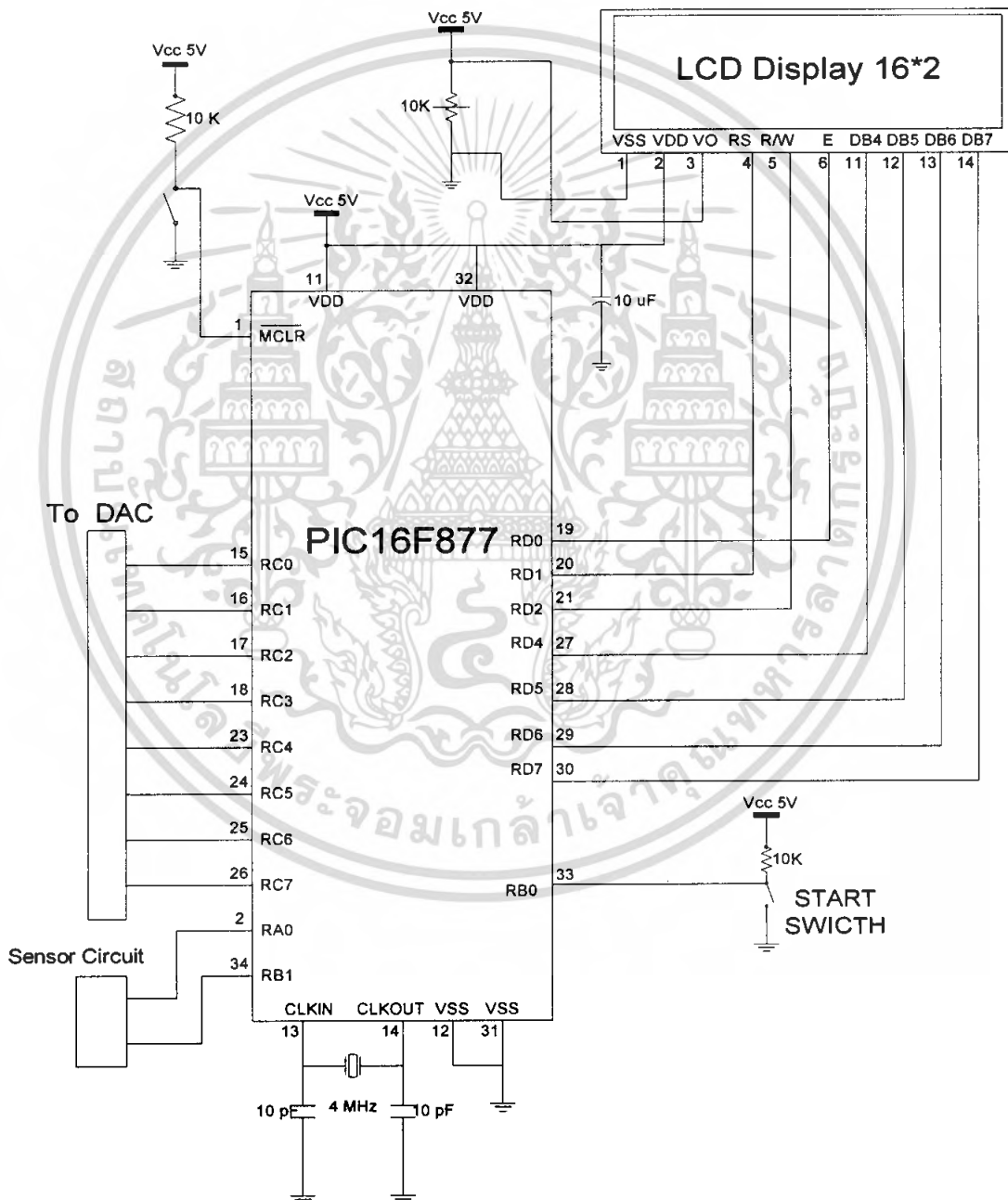
รูปที่ 4.5 Sensor Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 Micro Controller และ วงจรแสดงผลด้วย LCD

หน้าที่เป็นตัวควบคุมขา Remote Adjust Input ของภาค High Voltage Power Supply ผ่าน วงจร DAC R2R และประมวลผลสัญญาณที่ได้ส่งต่อ LCD Display เป็นส่วนแสดงผล โดย LCD 16x2 จะแสดงชนิดของก๊าซที่ตัวพบ

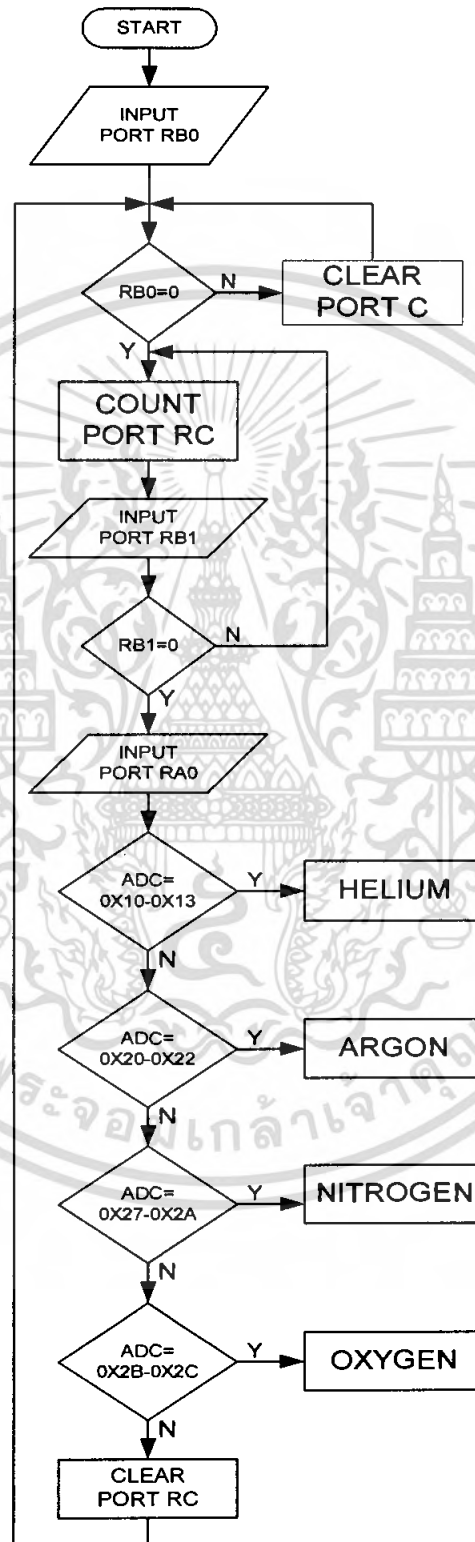
การออกแบบ-ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เบอร์ 16F877 ซึ่งต่อเป็น Input 3 ขา และ Output อีก 15 ขา และโปรแกรมข้อมูลลงไป ใน LCD Display ขนาด 16x2 ส่งข้อมูลแบบ 4 บิต



รูปที่ 4.6 รูปวงจร Micro Controller และ วงจรแสดงผลด้วย LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของภาค Micro Controller และ วงจรแสดงผลด้วย LCD



รูปที่ 4.7 Flow Chart การทำงานของMicro Controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 วงจร Digital To Analog

หน้าที่เป็นวงจรสำหรับแปลงสัญญาณดิจิทัลออกจาก PORTC ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC เบอร์ 16F877 ขนาด 8 บิตเป็นสัญญาณอนาล็อกไปควบคุมการปรับค่าแรงดันของขา Remote Adjust Input ของภาค High Voltage Power Supply ซึ่งจะเป็นแรงดันควบคุมการปรับค่าแรงดันของ High Voltage Output ของภาค High Voltage Power Supply ด้วย

การออกแบบ

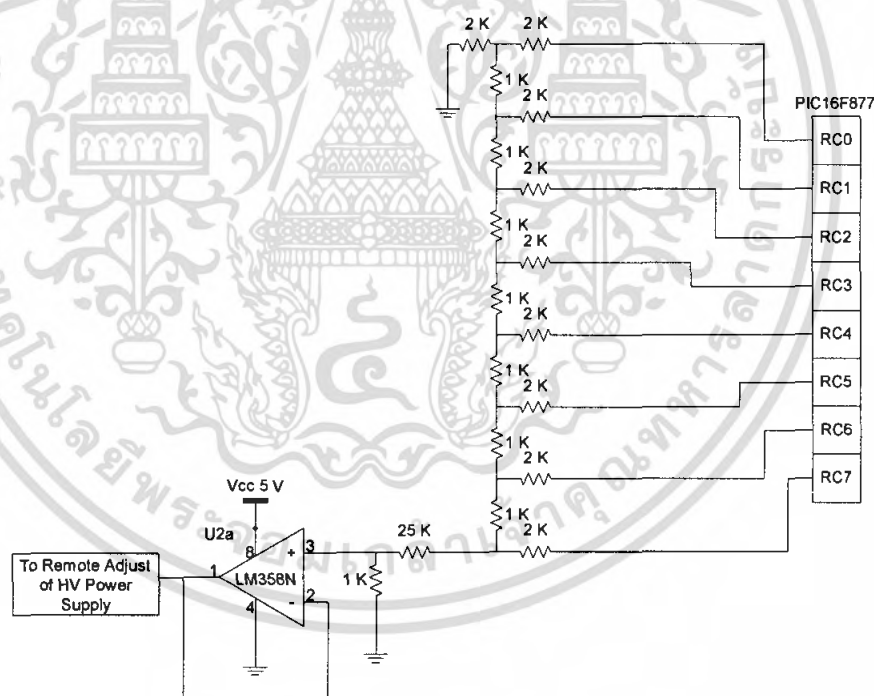
Output High Voltage Power Supply Max = 30 kV : Remote Adjust 5 V

ต้องการใช้งานจริง Output High Voltage Power Supply Max = 1,200 V ดังนั้น

Output High Voltage Power Supply Max = 1,200 V : Remote Adjust 200 mV

ความละเอียดในการปรับค่า 8 บิต 256 Step จะมีความละเอียด Step ละ

Output High Voltage Power Supply = 4.7 V : Remote Adjust 0.78 mV

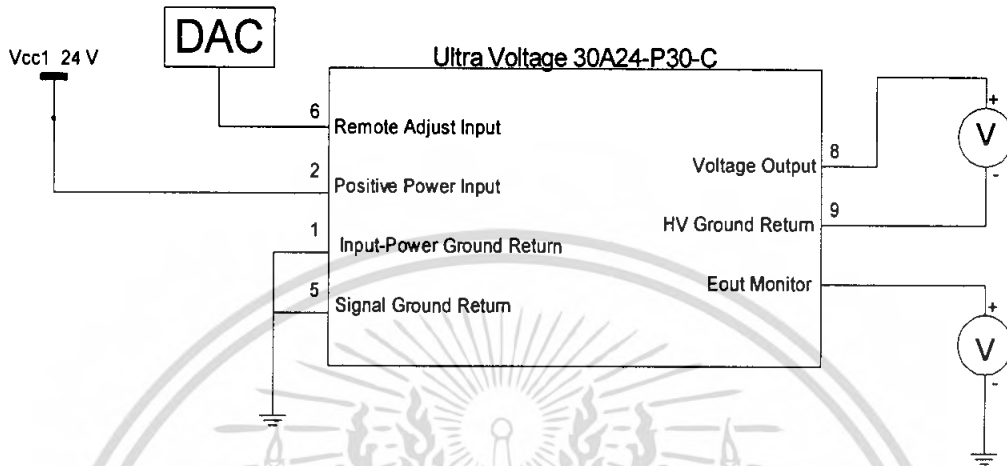


รูปที่ 4.8 รูปวงจร Digital To Analog

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองและผลการทดลอง

4.2.1 ทดลองวัดค่าแรงดัน HV Output เทียบกับค่าแรงดัน Eout Monitor



รูปที่ 4.9 รูปใช้ทดลองการวัดค่าแรงดัน HV Output เทียบกับค่าแรงดัน Eout Monitor

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อดวงจรตามรูปที่ 4.9 โดยใช้โวลท์มิเตอร์วัดแรงดัน HV Output และแรงดัน Eout Monitor ภาค High Voltage Power Supply
2. ใช้ Micro Controller ควบคุมการปรับค่าแรงดันของภาค High Voltage Power Supply ผ่านวงจร DAC โดยเขียนโปรแกรมให้มีการเพิ่มค่าแรงดันของภาค High Voltage Power Supply ในเวลา 1 วินาที ต่อ 1 Step (1 Step=4.7 V)
3. วัดแรงดัน HV Output และ Eout Monitor ของภาค High Voltage Power Supply บันทึกค่าแรงดันและเปรียบเทียบอัตราส่วน Eout Monitor กับค่า HV Output

ผลการทดลอง 4.2.1

ตารางที่ 4.3 ตารางการทดลองวัดค่าแรงดัน HV Output เทียบกับค่าแรงดัน Eout Monitor

HV Output (V)	Eout Monitor (V)	อัตราส่วน HV Output : Eout Monitor
53.70	13.5 m	4130:1
65.60	19.5 m	3364:1
79.05	27.5 m	2875:1
92.08	32.7 m	2815:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้ภายในโรงเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

108.04	75.9 m	1423:1
132.74	80.7 m	1644:1
167.07	0.138	1210:1
179.48	0.167	1074:1
188.30	0.179	1051:1
192.90	0.189	1020:1
202.02	0.201	1005:1
207.59	0.207	1000:1
213.80	0.213	1000:1
220.20	0.220	1000:1
380.70	0.380	1000:1
422.87	0.423	1000:1
470.30	0.470	1000:1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อบอร์ดตามรูปที่ 4.10 โดยเราจะใช้สวิทช์มาแทนวงจร Sensor Circuit เพื่อทดสอบการแสดงผล
2. เริ่มการทดลองโดยเมื่อเปิดเครื่อง จอ LCD จะแสดงข้อความ “Press Start SW” หมายถึงถ้าต้องการทำการเริ่มการตรวจวัดให้กด Start Switch
3. เมื่อกด Start Switch จากนั้นจอ LCD จะแสดงข้อความ “Processing....” หมายถึงวงจรกำลังทำงาน Micro Controller จะทำการเพิ่มค่า PORT C ขึ้นแรงดัน DAC เพิ่มขึ้น HV Output และแรงดัน Eout Monitor ภาค High Voltage Power Supply เพิ่มขึ้นตาม
4. สังเกตค่าแรงดัน HV Output ที่มีค่าตามตารางที่ 4.4 ให้กด Switch ที่ต่อกับขา RB0 ของ Micro Controller สังเกตการแสดงผลและเปรียบเทียบค่าแรงดัน HV Output ของก๊าซชนิดต่างๆที่วัดได้ กับค่าแรงดัน HV Output ของก๊าซชนิดต่างๆที่ได้จากคุณสมบัติของตัว Sensor

ผลการทดลอง 4.2.2.1

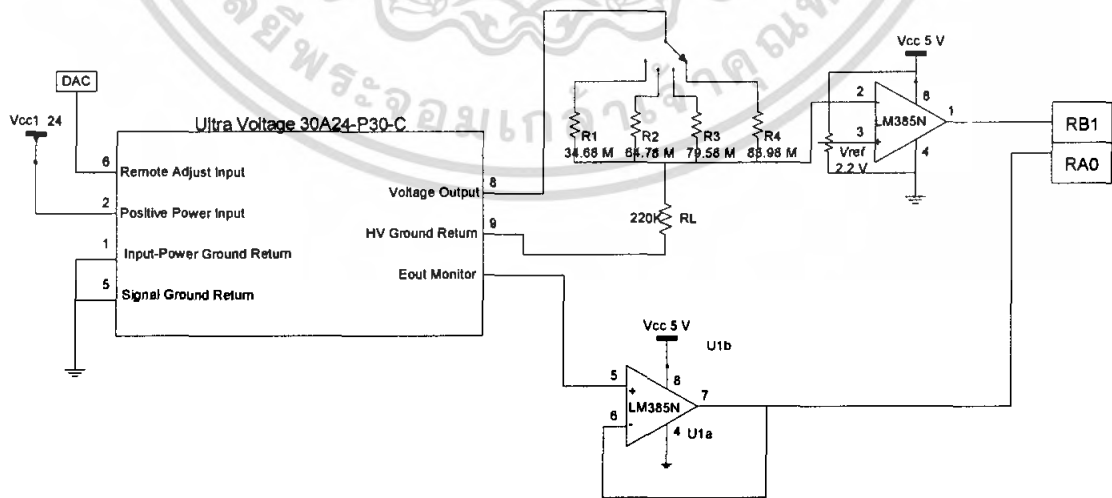
ตารางที่ 4.4 ตารางการทดลองการวัดและการแสดงผลข้อมูลบนจอ LCD ด้วยการจำลองการทดลองโดยใช้สวิทช์แบบกดติดปลั๊กต่อบอร์ดแทนวงจร Sensor Circuit

แรงดัน HV Output (V)	ข้อความบนจอ LCD
300	ว่าง
330	ว่าง
340	Helium
350	Helium
360	Helium
370	Helium
450	ว่าง
500	ว่าง
550	ว่าง
600	ว่าง
630	ว่าง
640	Argon

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่น
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

650	Argon
660	Argon
670	Argon
700	ว่าง
750	ว่าง
780	ว่าง
790	Nitrogen
800	Nitrogen
810	Nitrogen
820	Nitrogen
830	ว่าง
840	Oxygen
850	Oxygen
860	Oxygen
900	ว่าง

4.2.2.2 จำลองการทดลองโดยใช้ความต้านทานแทนวงจร Sensor Circuit



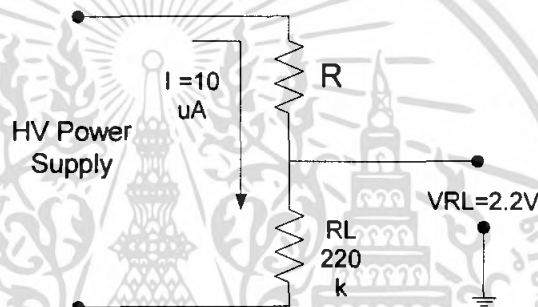
รูปที่ 4.11 รูปการทดลองการแสดงผลด้วยวิธีการจำลองการทดลองโดยใช้ความต้านทานแทนวงจร Sensor Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มาของ R1-R4

เนื่องจากในโครงงานนี้จะเช็คจุดเบรคความถี่ ณ จุดที่มีกระแสไหลผ่าน Gas Sensor เท่ากับ $10 \mu A$ และแรงดันเบรคความถี่ของก๊าซชนิดต่าง ๆ ที่ได้จากกราฟคุณสมบัติของ Gas Sensor มีค่าดังนี้

Helium	349 V
Argon	650 V
Nitrogen	798 V
Oxygen	842 V



รูปที่ 4.12 วงจรจำลองความต้านทานแทน Gas Sensor

การคำนวณหาค่า R1-R4

กำหนดให้ R1 แทนการจำลองการวัดก๊าซ Helium

R2 แทนการจำลองการวัดก๊าซ Argon

R3 แทนการจำลองการวัดก๊าซ Nitrogen

R4 แทนการจำลองการวัดก๊าซ Oxygen

1. Helium มีแรงดันเบรคความถี่ 349 V

$$R_1 = \frac{349V}{2.2V} (220k\Omega) - 220k\Omega = 34.68k\Omega$$

2. Argon มีแรงดันเบรคความถี่ 650 V

$$R_2 = \frac{650V}{2.2V} (220k\Omega) - 220k\Omega = 64.78k\Omega$$

3. Nitrogen มีแรงดันเบรคความถี่ 798 V

$$R_3 = \frac{798V}{2.2V} (220k\Omega) - 220k\Omega = 79.58k\Omega$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Oxygen มีแรงดันเบรคควาน์ 842 V

$$R_4 = \frac{842V}{2.2V} (220k\Omega) - 220k\Omega = 83.98k\Omega$$

ขั้นตอนการทดลอง

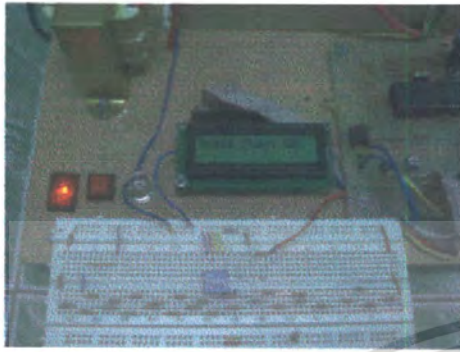
1. จากวงจรที่ 4.11 เปลี่ยนวงจรในส่วนของ Sensor Circuit ตามรูปที่ 4.12 โดยเราจะใช้ความต้านทานมาต่อแทนวงจร Sensor Circuit เพื่อทดสอบการแสดงผล
2. เริ่มการทดลองโดยยังไม่ต้องเลือก SW1 ไปที่ R ตัวไหน คือให้ Open SW1 ไว้ จากนั้นกด Start Switch เริ่มการทำงานของวงจร สังเกตการแสดงผลของจอ LCD
3. เลือก SW1 ไปที่ R1 สังเกตการแสดงผล ของจอ LCD
4. เลือก SW1 ไปที่ R2 สังเกตการแสดงผล ของจอ LCD
5. เลือก SW1 ไปที่ R3 สังเกตการแสดงผล ของจอ LCD
6. เลือก SW1 ไปที่ R4 สังเกตการแสดงผล ของจอ LCD

ผลการทดลอง 4.2.2.2

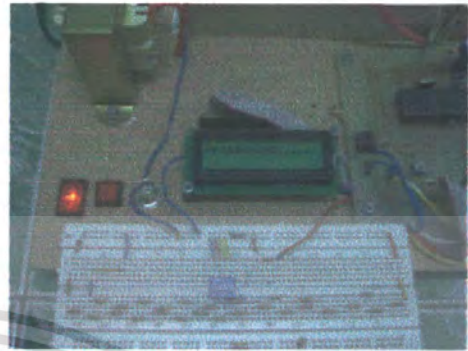
ตารางที่ 4.5 ตารางการทดลองการวัดและการแสดงผลข้อมูลบนจอ LCD ด้วยการจำลองการทดลองโดยใช้ความต้านทานแทนวงจร Sensor Circuit

ตำแหน่งของ SW1	ข้อความบนจอ LCD
Open SW1	ว่าง
R1	TYPE : Helium
R2	TYPE : Argon
R3	TYPE : Nitrogen
R4	TYPE : Oxygen

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



a) เริ่มเปิดเครื่อง



b) หลังกด Start Switch



c) เลือก SW1 ไปที่ R1



d) เลือก SW1 ไปที่ R2



e) เลือก SW1 ไปที่ R3



f) เลือก SW1 ไปที่ R4

รูปที่ 4.13 รูปการแสดงผลของจอ LCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

การทดลองวัดแรงดันเบรคดาวน์ของก๊าซซึ่งใช้การเปรียบเทียบกับค่า Eout Monitor ซึ่งมีอัตราส่วนระหว่าง Eout Monitor :HV Output เท่ากับ 1 V: 1kV จากการทดลองจะพบปัญหาเมื่อแรงดันของ HV Output มีค่าต่ำกว่า 200 V ค่า Eout Monitor จะมีค่าไม่ตรงกับอัตราส่วนระหว่าง Eout Monitor :HV Output ค่าในช่วงนี้จึงไม่สามารถทำการวัด Eout Monitor แล้วเปรียบจากอัตราส่วนได้จะต้องใช้วิธีอื่น

สำหรับโครงการนี้จะไม่เกิดผลกระทบจากค่า Eout Monitor ที่ไม่ตรงกับอัตราส่วนระหว่าง Eout Monitor :HV Output เพราะโครงการนี้ต้องการใช้แรงดันที่มีค่าสูงกว่าช่วงนี้การวัดจึงสามารถใช้วิธีวัดแบบนี้ได้

เนื่องจากค่าแรงดันเบรคดาวน์ที่ใช้ในการทดลองจะดูจากการจำกัดกระแสที่ไหลผ่าน Sensor ในปริมาณ 10 uA ดังนั้น ค่าที่นำมาจะมีความผิดพลาดไปจากค่าจริงจึงต้องมีการเผื่อค่าผิดพลาด ± 20 V จากค่าแรงดันเบรคดาวน์จริง

การทดลองการแสดงผลด้วยวิธีการจำลองการทดลองโดยใช้สวิตช์แบบกดติดปล่อยดับ แทนวงจร Sensor Circuit จะเป็นการแสดงว่าก๊าซที่สามารถตรวจวัดได้เป็นก๊าซชนิดใดโดยใช้ผลการเปรียบเทียบค่าแรงดัน Eout Monitor ที่ทำการบวกค่า Error แล้วในการทดลองก่อนหน้าในการทดลองจึงได้ผลที่แม่นยำ ส่วนก๊าซที่ไม่มีข้อมูลแรงดันเบรคดาวน์จะไม่สามารถตรวจวัดได้ โดย จอ LCD บรรทัดที่ 2 จะว่าง ไม่มีข้อความขึ้นมา

การทดลองการแสดงผลด้วยวิธีการจำลองการทดลองโดยใช้ความต้านทานแทนวงจร Sensor Circuit พบปัญหาขณะวัดก๊าซ Nitrogen และ Oxygen จะมีการผิดพลาดเกิดขึ้นเนื่องจากความไม่เสถียรภาพของ ADC กล่าวคือ LSB ของ ADC ไม่มีความนิ่ง และค่าแรงดันเบรคดาวน์ของก๊าซ Nitrogen และ Oxygen มีค่าใกล้เคียงกันจึงทำให้เกิดการ Detect ที่ผิดพลาด

5.2 ข้อเสียของโครงการนี้

1. การแสดงผลยังไม่มีความสะดวกพอ
2. เวลาตรวจวัดก๊าซ 2 ชนิดขึ้นไปจะไม่สามารถทำได้อย่างสมบูรณ์ เพราะผลที่ได้คือจะเจอก๊าซที่มีแรงดันเบรคดาวน์ต่ำกว่าก่อนจะไม่สามารถเจอก๊าซที่มีแรงดันเบรคดาวน์ที่สูงกว่า
3. ระบบนี้จะใช้กับ Sensor เฉพาะตัวเท่านั้นและวัดได้เฉพาะก๊าซที่มีข้อมูลค่าแรงดันเบรคดาวน์ นอกเหนือจากนั้นจะวัดไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

เนื่องจากแหล่งจ่ายแรงดันที่ใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดัน และบวกกับความ
ประมาณของผู้ทดลอง ทำให้มีผลกระทบกับอุปกรณ์ตัวอื่นได้รับความเสียหาย

5.4 แนวทางการแก้ไขปัญหาและแนวทางการพัฒนาสำหรับโครงการนี้

1. ควรจะเพิ่มการแสดงผลให้มีการแสดงผลที่มีข้อมูลที่ละเอียดกว่านี้อาจจะเพิ่ม LCD Graphic เข้ามาเพื่อแสดงกราฟกระแสที่ไหลผ่าน Sensor กับแรงดันเบรคคาวน
2. ออกแบบวงจรให้สามารถใช้ร่วมกับ Sensor ตัวอื่นได้โดยไม่ต้องเข้าไปแก้ที่โปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. ประจัน พลังสันติกุล,เรียนรู้และใช้งาน CCS C คอมไพเลอร์เขียนโปรแกรมภาษาซีควบคุมไมโครคอนโทรเลอร์PIC ISBM:974-92022-9-5,จัดพิมพ์โดยบริษัทอิโทเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AP-1: Remote Control of UltraVolt HVPSs

download as PDF

BASICS OF ULTRAVOLT HVPS OUTPUT VOLTAGE CONTROL

By varying the voltage at the *Remote Adjust Input* terminal (pin 6) between 0 and +5V, the UV high-voltage power supply (HVPS)'s output voltage can be adjusted. The output voltage can be varied over the full range from 0 to the maximum output voltage. By design, the maximum HVPS output voltage is $107.5\% \pm 2\%$ of the HVPS's nominal output-voltage rating. For an HVPS of nominal voltage rating E_o :

<u>HVPS Polarity</u>	<u>Remote Adjust Range</u>	<u>Output Voltage</u>
+ E_o (i.e. -P supply)	0 to +5V	0 to $(1.075E_o)V$
- E_o (i.e. -N supply)	+5V to 0	0 to $(1.075E_o)V$

Note that for a **negative** supply, a remote adjust input of 0V yields an output of $1.075E_o$ Volts, not 0V as with the positive supply.

Under **no** circumstances should the *Remote Adjust Input* of either a **positive** or **negative** HVPS be driven below 0V, since damage to the HVPS will occur. Should a bipolar DAC or Op Amp be used to control the remote adjust, the *Remote Adjust Input* must be protected from negative voltage. This can be accomplished simply by connecting a low-voltage Schottky diode between HVPS pins 5 and 6 (anode to pin 5, cathode to pin 6). For more information, see [Application Note #16](#).

The gain from the *Remote Adjust Input* to the HVPS output can be found using:: $((E_o/5)1.075)$, with a typical tolerance of $\pm 1\%$. Again, E_o is the supply's nominal voltage rating. An initial offset of $\pm 1\%$ may also be present.

For a 1kV unit,

$$\begin{aligned}\text{gain} &= (E_o / 5)(1.075) \pm 1\% = (1000V / 5)(1.075) \pm 1\% \\ &= 215V \pm 1\%.\end{aligned}$$

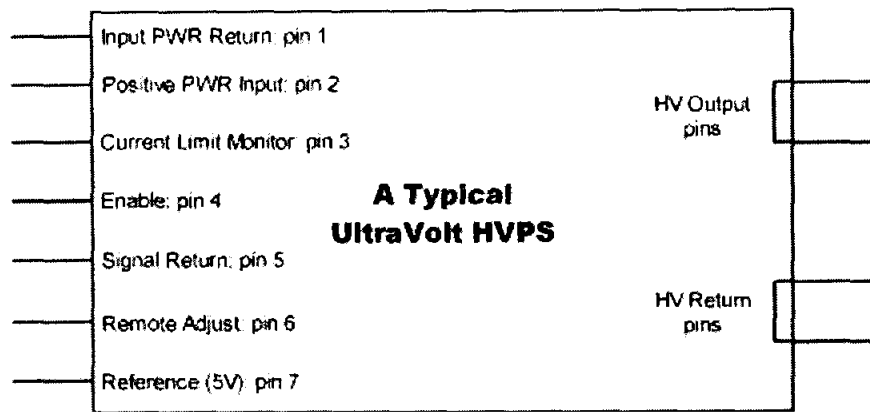
With a remote adjust input of 5V, the HVPS output would be 1075V.

UltraVolt power supplies can be controlled through two methods:

- 1) Direct Voltage programming
- 2) Resistive programming

As we review these two methods, refer to [UV-CONN-1](#) (Voltage Programming of Remote Adjust with a Potentiometer, DAC or OP AMP) or to the illustration below:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



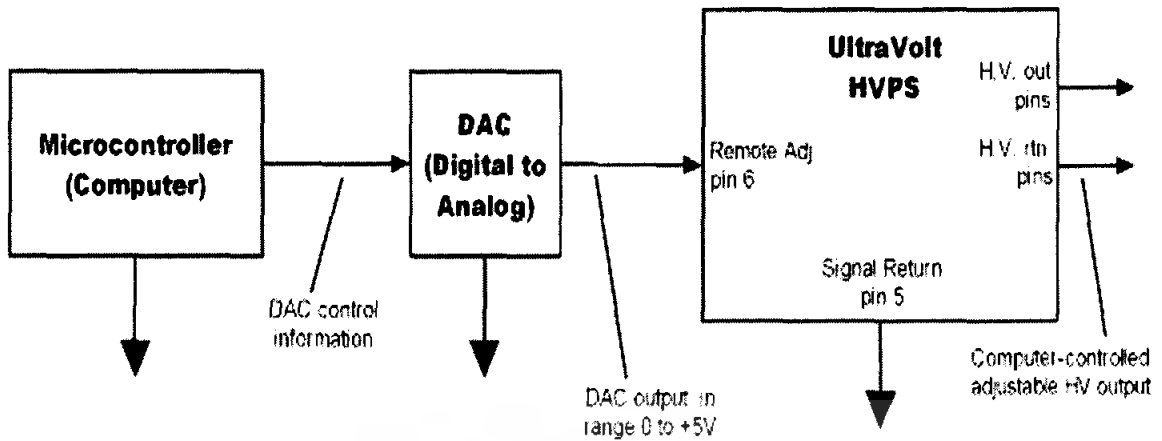
1) Voltage Programming

Voltage programming of the UltraVolt HVPS can be done by applying a controlled voltage to the *Remote Adjust Input* terminal (pin 6). A typical application of voltage programming is the adjustment of the HVPS's output voltage through the use of a computer-controlled DAC (digital-to-analog converter). Although this allows for extremely versatile control of the HVPS, designs using this method must compensate for the DAC resolution (the DAC output-voltage step per input-step increment). Should the need arise, a logarithmic DAC may have to be used to increase the resolution over a region of interest at the expense of the other ranges. Of course, the number of input bits to the DAC could also be increased to improve the resolution..

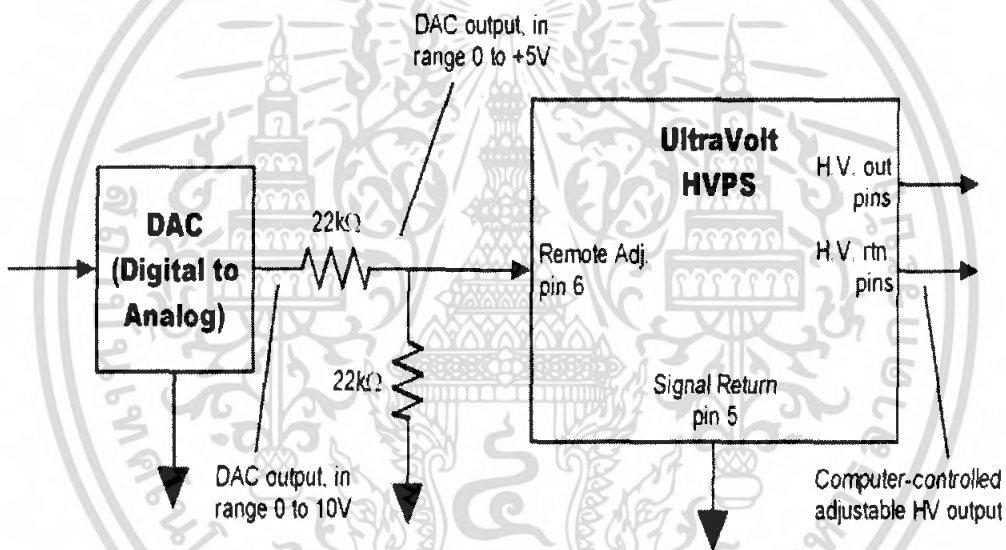
To avoid the need to generate a negative internal LVPS, the designers at UltraVolt used the internal +5VDC, temperature-compensated reference to create a summing junction with the negative HVPS feedback. This also had the advantage of keeping the remote programming voltage unipolar instead of bipolar. Therefore, it is important with a *Remote Adjust Input* of +5VDC to 0VDC representing 0 E_{out} to Max E_{out} that any programming source equals +5VDC or greater. This will guarantee the HVPS output goes to 0VDC.

If your remote-control circuit uses the +5VDC reference, care should be taken when using a control circuit such as a DAC that uses a reference other than the internal UltraVolt reference. Should the DAC reference be 5.000 volts and the internal UltraVolt reference be at 5.025 volts, then the DAC controls will yield a non-zero output. This may lead to a situation when 0 volts is expected from the power supply but is not attainable, since the DAC output could not be made to equal the 5V reference. This can be avoided by using the HVPS 5V reference output as the DAC reference voltage. If the DAC has an internal reference, an external pull-up can also be added to assure DAC voltages will slightly exceed 5.0V.

In a system with a dual-, quad-, or octal-type multiple DAC, a single voltage reference is used. By tying the +5 volt references of all the UltraVolt HVPSs together, an average V_{ref} can be created.



The UltraVolt high voltage power supply can also be programmed with a 0–10V DAC, Op Amp, or other control voltage using a resistive divider. For divider design purposes, the input impedance of the *Remote Adjust Input* terminal is 1M Ω . An example of a suitable divider for this application is as follows:



If a circuit design utilizing a negative UltraVolt HVPS must have 0 to +5VDC control, an Op Amp inverter can be used, see [UV-CONN-17](#) (Simple Remote Adjust Inverter for Negative HVPS) for a typical circuit.

2) Resistive Programming

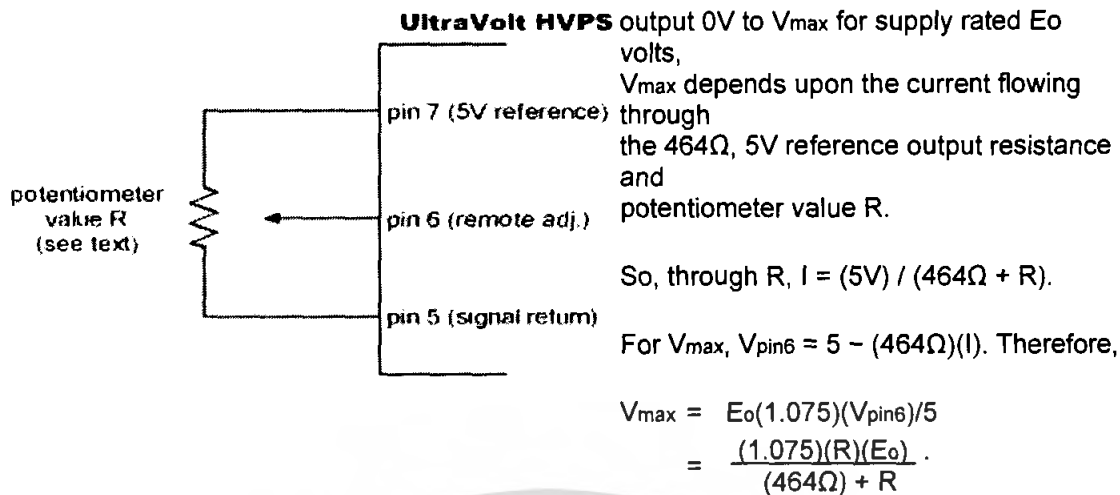
Because of the high, 1M Ω , remote adjust impedance, the UltraVolt HVPS can also be adjusted through resistive programming. In this application, the +5V *Reference Output* (pin 7) of the HVPS is used. A resistive divider can be used to control the voltage at the *Remote Adjust Input* terminal and, hence, control the output voltage of the HVPS. Designs using the 5V reference must compensate for its 464 Ω output impedance, and it should be remembered that this voltage is thermally compensated.

Many variations of resistive dividers are possible. Below are some example for HVPSs with nominal voltage rating E_0 :

a) Output variable from 0V to approximately 1.075 times the rated voltage

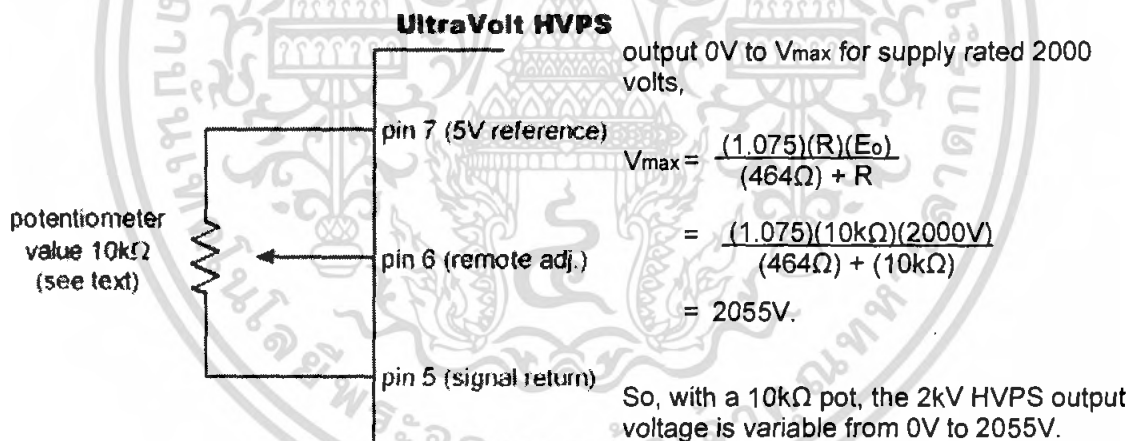
For a positive HVPS (with a negative HVPS, the formulas change slightly),

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น มิได้ออกไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The above configuration is the basic method for resistively programming the supply's output voltage. The value of the potentiometer must be much smaller than the input impedance of the *Remote Adjust Input*, which is $1M\Omega$. At the same time, the potentiometer's value must be chosen so it does not draw too much current from the 5V reference supply, keeping in mind its output impedance of 464Ω . As an example, a $10k\Omega$ potentiometer will limit the maximum HVPS output voltage to 1.03 times the nominal rated voltage of the supply, due to its loading of the 5V reference. A range for the potentiometer of 25– $100k\Omega$ would essentially eliminate the voltage limiting previously mentioned.

For a 2kV unit with a $10k\Omega$ potentiometer on the *Remote Adjust Input* terminal,

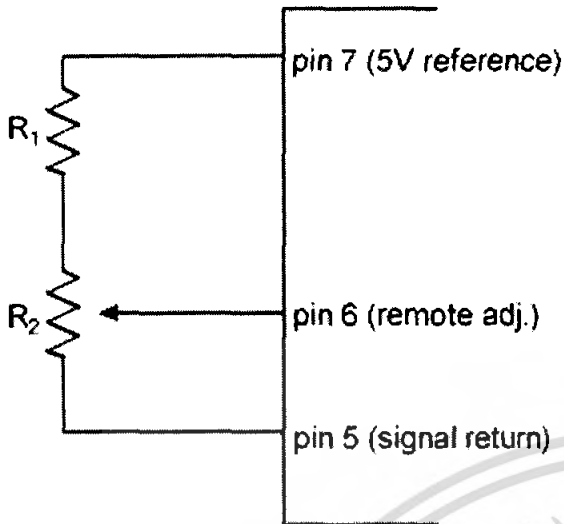


b) Output variable from 0 to a fixed voltage less than the maximum voltage

By adding a fixed resistor to the above basic configuration between the potentiometer and the reference 5V supply, a maximum voltage limit of less than the HVPS's maximum voltage can be obtained.

For a positive HVPS,

UltraVolt HVPS



output 0V to V_{max} for supply rated 2000 volts,

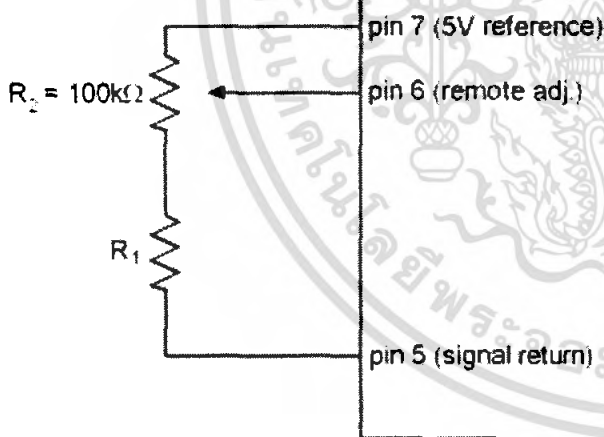
$$0V \text{ to } \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2 + 464\Omega} \right) (V_{out \max}) \text{ volts}$$

$$V_{out \max} = (1.075)(E_o).$$

The sum $(R_1 + R_2)$ has to be much smaller than the input impedance of the *Remote Adjust Input* terminal ($1M\Omega$) and large enough not to load down the 5V reference supply. For example, $(R_1 + R_2)$ could be $50k\Omega$ and satisfactory operation would result (with a maximum upper limit of 1.065 times the supply voltage rating).

For a $-2kV$ ($-E_o$) unit with $R_2 = 100k\Omega$, and HVPS output voltage adjustable to $-1500V$, what is the value of R_1 ? What is the minimum output voltage?

UltraVolt HVPS With output up to $-1500V$ and $R_2 = 100k\Omega$, find R_1 for a $-E_o$ unit. V_{out} for supply rated 2000 volts,



$$V_{out} = (1.075)(E_o) \left(\frac{1 - V_{pin6}}{5} \right).$$

So,

$$V_{max} = (1.075)(E_o) \left(\frac{(R_2 + 464\Omega)}{(R_1 + R_2 + 464\Omega)} \right).$$

$$V_{min} = (1.075)(E_o) \left(\frac{(464\Omega)}{(R_1 + R_2 + 464\Omega)} \right).$$

with $V_{max} = -1.5kV$, $R_2 = 100k\Omega$, and $E_o = -2kV$.

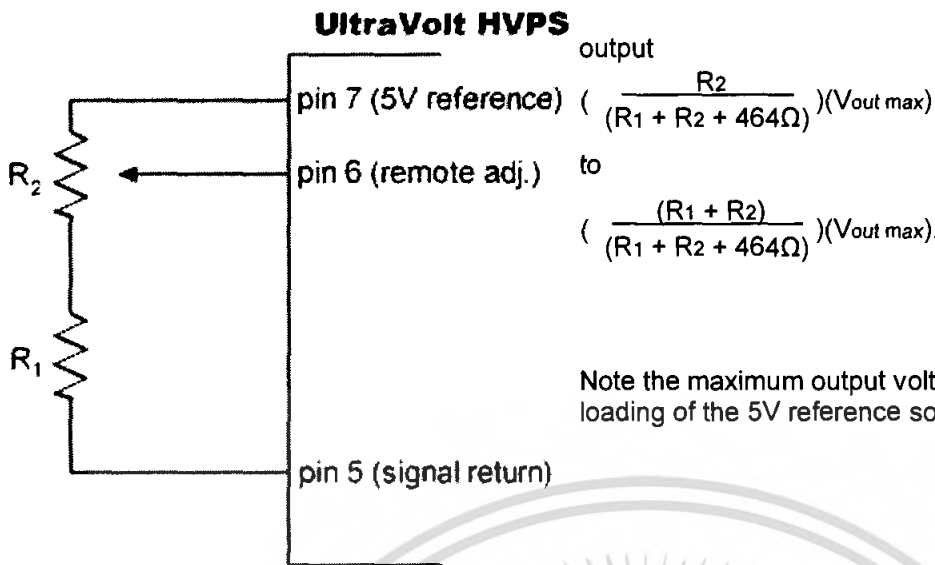
Therefore, $R_1 = 43k\Omega$, $V_{min} = -6.95V$.

c) Output variable from a fixed voltage to the maximum voltage

By adding a fixed resistor between the potentiometer and the signal return of the basic configuration, a voltage minimum of >0 can be obtained.

For a positive HVPS,

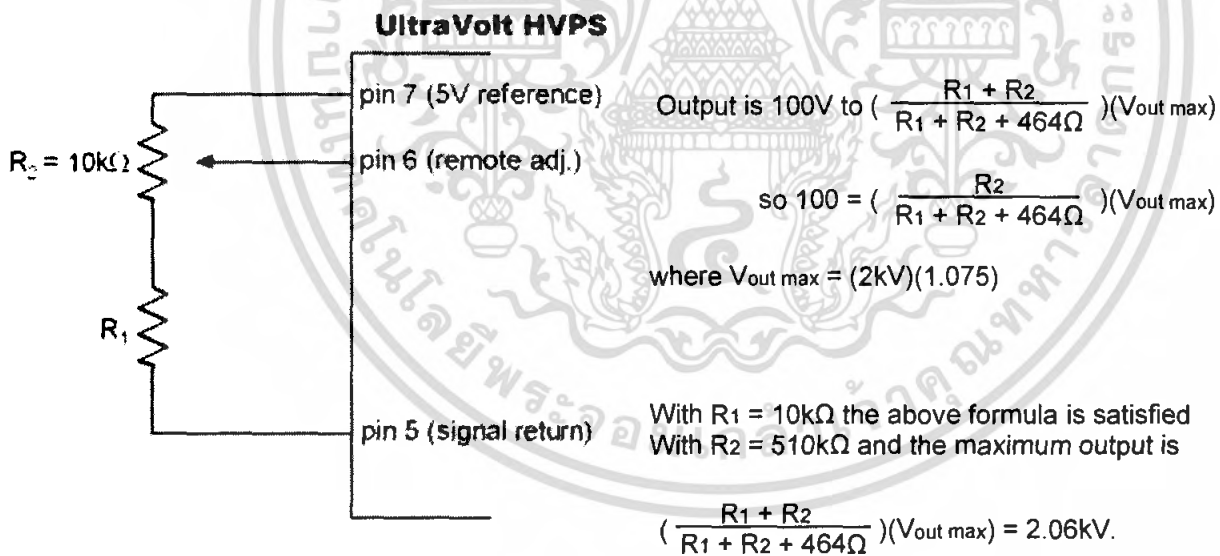
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Note the maximum output voltage is not $V_{out\ max}$ to the loading of the 5V reference source impedance (of 464Ω).

Again, the sum $(R_1 + R_2)$ has to be much smaller than the input impedance of the *Remote Adjust Input* terminal and large enough not to draw too much current from the 5V reference supply. For example, $(R_1 + R_2)$ could be 50kΩ and satisfactory operation will result (with the maximum power supply system output voltage being 1.065 times the rated HVPS voltage).

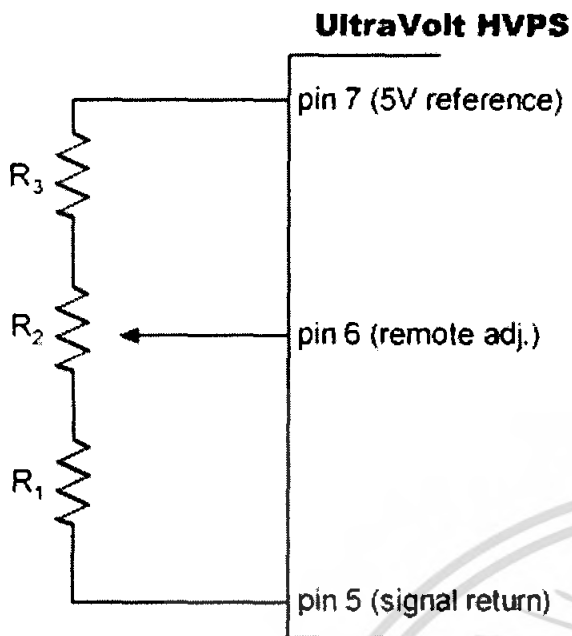
For a 2kV (+E_o) unit with $R_1 = 10\text{k}\Omega$, what is R_2 when HVPS output voltage is 100V? What is the subsequent maximum HVPS output voltage?



The configurations in b) and c) can be combined to form preset upper and lower boundaries for the adjustable range of the HVPS.

For a positive high voltage power supply,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



output is

$$\left(\frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3 + 464\Omega} \right) (V_{out \max})$$

to

$$\left(\frac{R_2 + R_3}{R_1 + R_2 + R_3 + 464\Omega} \right) (V_{out \max}) \text{ volts.}$$

Although these examples deal with either positive or negative power supplies, the same circuits and theory can be used to analyze and to design positive and negative power-supply control systems. Each application noted here can be used with both negative or positive supplies with a slight modification to the formula: the variable V_{pin6} for positive supplies will be replaced by $(5 - V_{pin6})$ to yield the output of the negative supplies.

Reduction of 60Hz Pickup on the Remote Adjust Line

Certain applications of voltage control and resistive control of UltraVolt high-voltage power supplies will be susceptible to low-frequency pick-up from sources such as 60Hz power lines. Since 60Hz pick-up on the *Remote Adjust Input* terminal can adversely affect HVPS DC performance, it is recommended that a capacitor be placed from the *Signal Ground Return* terminal (pin 5) to the *Remote Adjust Input* terminal (pin 6) on a positive HVPS for slow rise time, DC bias, or DC power applications. For negative HVPSs, the capacitor should be between the *+5VDC Reference Output* (pin 7) and the *Remote Adjust Input* terminal (pin 6). A capacitor value of 0.47–1 μF will eliminate any 60Hz noise that would otherwise be picked up by the *Remote Adjust Input* terminal. A 22 μF tantalum capacitor will further reduce low-frequency noise.

Use of the Bi-Functional Enable Terminal

Should the *Enable/Disable* terminal (pin 4) be left floating (i.e. not connected), the HVPS will stay in the enabled state. However, making use of the *Enable/Disable* terminal allows for the implementation of a few more built-in features of the UltraVolt HVPS.

The *Enable/Disable* terminal (pin 4) can be used for three different functions:

- 1) an enable input
- 2) a disable input
- 3) a current limit status output

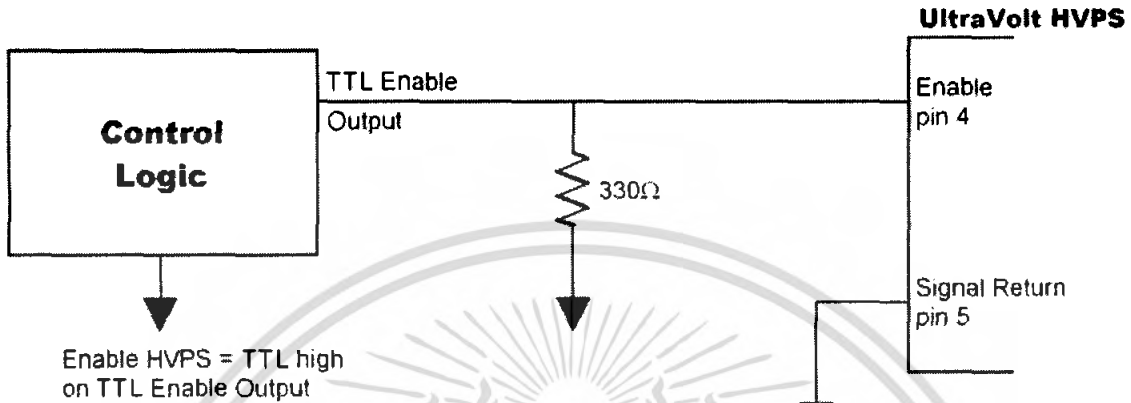
As we review these functions, please refer to UV-CONN-2 (*Enable/Disable Control*, also *Current Limit Status*).

- 1) *Enable/Disable* terminal as an enable input.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

To allow the HVPS to be enabled only when an enable signal is present, the HVPS must be set up to be normally disabled (in the absence of an enable signal). To disable the HVPS, the Enable/Disable terminal must sink at least 1mA, and its resulting voltage must be a maximum of $0.7 \pm 0.20V$, a TTL low.

A method of allowing the HVPS to be remotely enabled only during the presence of a TTL high-level enable signal is shown below.

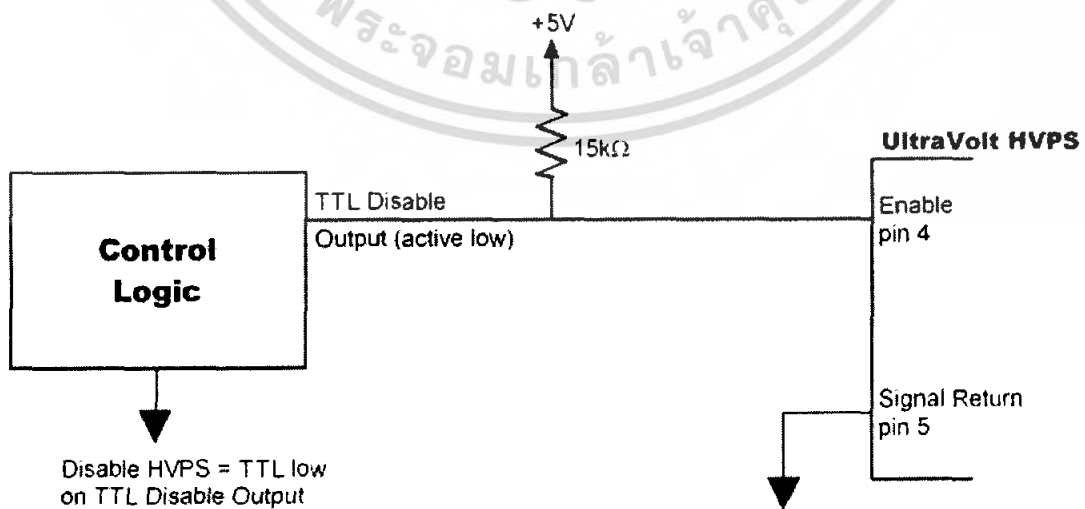


The 330Ω resistor will ensure that with a low TTL Enable Output signal, the required 1mA will be drawn from the UltraVolt HVPS *Enable/Disable* terminal, thus forcing the HVPS to be in the disabled state. When the TTL Enable Output signal goes high, the high-voltage power supply is prevented from sinking the required current and, therefore, the HVPS is in the enabled state.

2) *Enable/Disable* terminal as a disable input.

The *Enable/Disable* terminal can also be configured as a disable input. In this configuration, the *Enable/Disable* terminal must be left high until the disable (a TTL low) signal is sent. Since this input normally floats high, disabling the HVPS can be done by sinking 1mA through the *Enable/Disable* terminal and, thus, pulling the *Enable/Disable* terminal voltage to 0.8V or lower, a TTL low.

A standard method of remotely disabling the HVPS during the presence of a TTL-low disable signal is shown below.



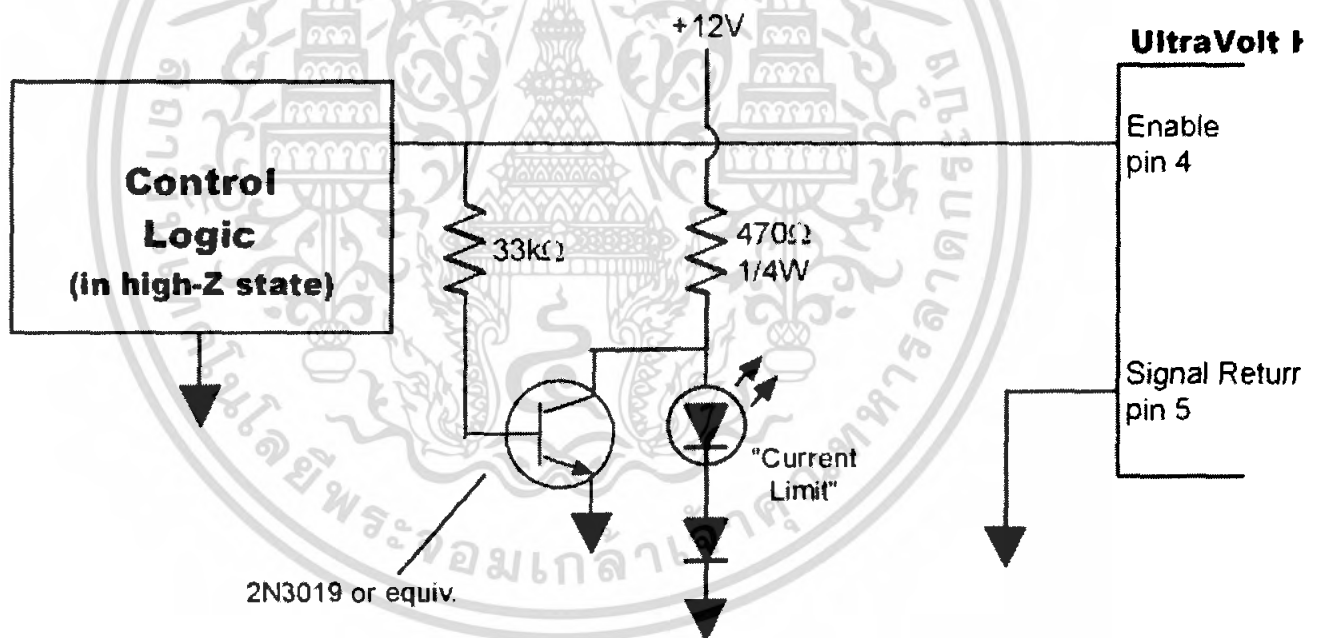
The 15kΩ resistor will ensure the *Enable/Disable* terminal stays at a voltage level that will force the HVPS to remain enabled until the TTL Disable Output signal goes low. When the TTL Disable Output goes low, the high-voltage power supply is forced into the disabled state. It should be noted, the HVPS has an internal, 5.11kΩ pull-up to +5VDC.

3) *Enable/Disable* terminal as a current limit status output.

For this function to be utilized, it is very important that any logic driving the *Enable/Disable* terminal be either three-state or open collector output. Any voltage applied to this terminal (i.e. from enable/disable logic) will 'mask' the current-limit pulses. To sense the current-limit signal coming out of the *Enable/Disable* terminal, a resistor of 47–100kΩ must be placed from the *Enable/Disable* terminal to ground in order to sink sufficient current.

When the UltraVolt HVPS is forced into its current-limit mode, the voltage on the *Enable/Disable* terminal will drop from its pre-current-limit value of 5V to its current-limit value of 0.5V. After this point, the voltage at the terminal will again rise to 5V, when it will drop back to 0.5V should the power supply continue to be current limited. The on-time of this signal is inversely proportional to the overload placed on the high-voltage power supply (a very large load will cause the pulse train present at the *Enable/Disable* terminal to have a very short on-time). The use of this pin in the design of current regulated supplies is discussed in [Application Note #14](#).

a) L.E.D. current-limit status output



The above schematic illustrates a very useful implementation of the current-limit status output. When the HVPS goes into current limit, pin 4 will go low, causing the transistor to turn 'off' and the L.E.D. to light. When the HVPS is not operating in current-limit mode, pin 4 will stay high and the transistor will turn 'on'. This will prevent the voltage across the L.E.D. from being high enough to allow it to light. Hence, the L.E.D. will indicate when the HVPS is operating in current-limit mode. This is a useful front-panel indicator, as well as being a very useful circuit when prototyping and diagnosing new designs incorporating UltraVolt high-voltage power supplies.

b) Logic-level current-limit status output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



SC1602A (16 CHARACTERS x 2 LINES)

FEATURES

- ◆ 5 x 7 DOTS WITH CURSOR
- ◆ BUILT-IN CONTROLLER (KS0066 OR EQUIVALENT)
- ◆ 5 V POWER SUPPLY
- ◆ 1/16 DUTY CYCLE
- ◆ 4.2 V LED FORWARD VOLTAGE

MECHANICAL DATA

Module Size (W x H x T)	80.0 x 36.0 x 8.8 (12.7 LED)	mm
Viewing Area (W x H)	65.0 x 16.0	mm
Character Size (W x H)	2.96 x 5.56	mm
Character Pitch (W x H)	3.55 x 5.94	mm
Dot Size (W x H)	0.56 x 0.66	mm
Dot Pitch (W x H)	0.60 x 0.70	mm

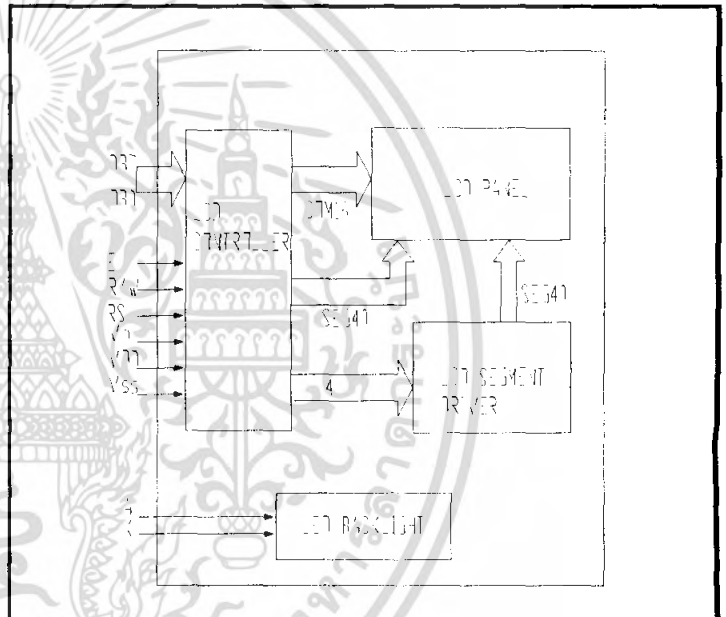
INTERFACE PIN CONNECTIONS

1	Vss	Supply Ground	9	DB2	Data Bit 2
2	VDD	Supply Voltage	10	DB3	Data Bit 3
3	Vo	Contrast Adj.	11	DB4	Data Bit 4
4	RS	Register Select	12	DB5	Data Bit 5
5	R/W	Read/Write	13	DB6	Data Bit 6
6	E	Enable Signal	14	DB7	Data Bit 7
7	DB0	Data Bit 0	15	A	LED Power
8	DB1	Data Bit 1	16	K	LED Power

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

LCD Operating Voltage	V _{DD-Vo}	T=0°C	-	4.8	-	V
		T=25°C	-	4.5	-	V
		T=50°C	-	4.2	-	V
Supply Voltage	V _{DD-Vss}	-	4.7	5	5.3	V
Supply Current	I _{DD}	-	-	2	4	mA
Input Voltage	"HIGH" Level	V _{IH}	-	2.2	-	V _{DD} V
	"LOW" Level	V _{IL}	-	0	-	0.6 V
Output Voltage	"HIGH" Level	V _{OH}	-	2.4	-	V
	"LOW" Level	V _{OL}	-	-	-	0.4 V

BLOCK DIAGRAM



EXTERNAL DIMENSIONS

