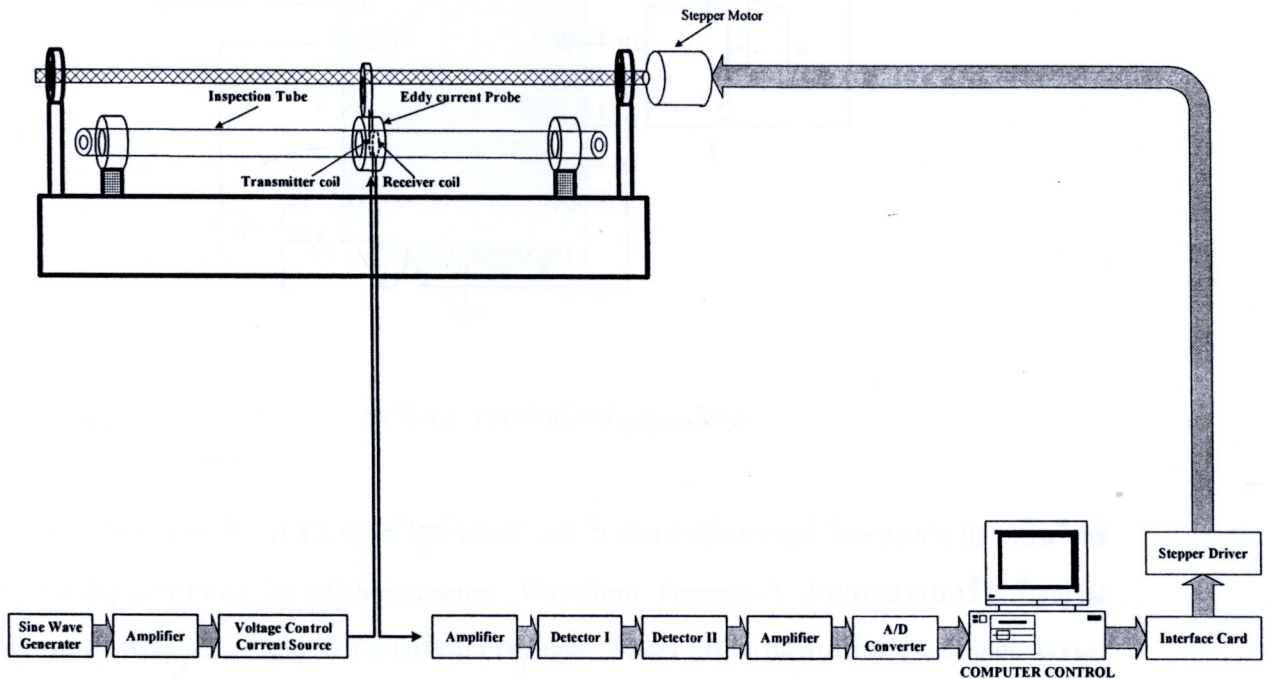


บทที่ 4

ระบบตรวจสอบรอยบกพร่องในท่อแบบอัตโนมัติ

สำหรับระบบตรวจสอบรอยบกพร่องในท่อแบบอัตโนมัติที่ได้ทำการออกแบบและพัฒนา
สร้างขึ้นมานี้จะประกอบไปด้วยวงจรย่อยส่วนต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.1

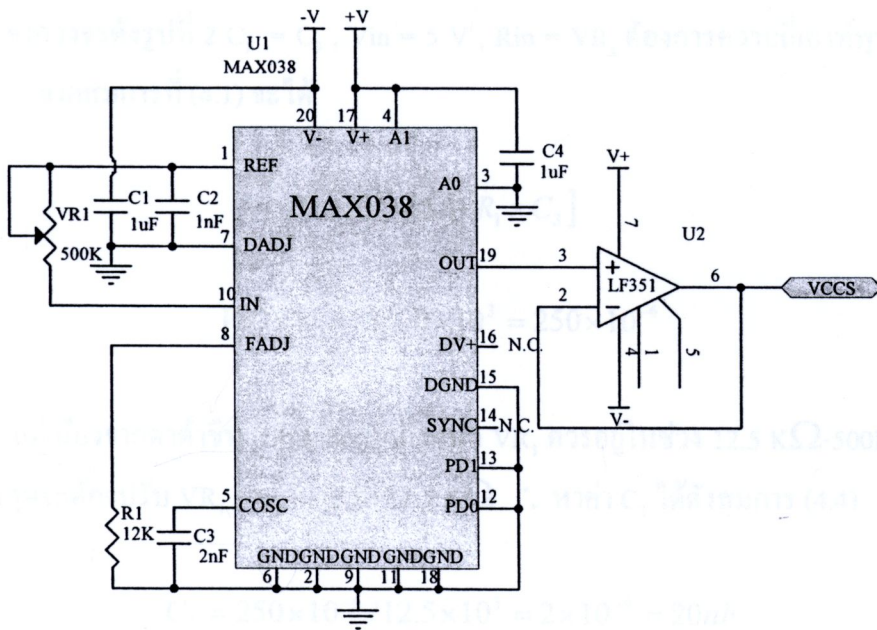


รูปที่ 4.1 ส่วนประกอบของระบบตรวจสอบรอยบกพร่องในท่อแบบอัตโนมัติ

จากรูปที่ 4.1 ระบบตรวจสอบรอยบกพร่องในท่อแบบอัตโนมัติที่พัฒนาขึ้นจะ
ประกอบด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับทำหน้าที่ต่างๆ โดยมีรายละเอียดของแต่ละวงจрдังนี้

4.1 วงจรกำเนิดสัญญาณไซน์ (Sine wave Generator Circuit)

วงจรนี้เป็นวงจรสร้างสัญญาณไซน์ เพื่อป้อนให้กับวงจรจ่ายกระแสคงที่ควบคุมด้วย
แรงดัน (Voltage Control Current Source) โดยลักษณะของวงจรสร้างสัญญาณไซน์สามารถแสดง
ได้ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 วงจรกำเนิดสัญญาณไซน์

จากวงจรในรูป 4.2 จะใช้ไอซี MAX 308 ในการกำเนิดความถี่ ไอซี MAX 038 เป็นไอซีกำเนิดสัญญาณความถี่สูง (High-Frequency Waveform Generator) โดยสามารถสร้างสัญญาณความถี่สูงในรูปแบบสัญญาณสามเหลี่ยม (Triangle Wave) สัญญาณฟันเลื่อย (Sawtooth Wave) สัญญาณไซน์ (Sine Wave) และสัญญาณสี่เหลี่ยม (Square Wave) และการกำหนดชนิดของสัญญาณสามารถกำหนดได้โดยขา A0 (ขา3) และ ขา A1 (ขา4) ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การเลือกชนิดของสัญญาณเอาต์พุตของไอซี MAX 038

A0	A1	ชนิดของสัญญาณ
x	1	สัญญาณไซน์
0	0	สัญญาณสี่เหลี่ยม
1	0	สัญญาณสามเหลี่ยม

ไอซี MAX 038 สามารถผลิตความถี่ได้ในช่วง 0.1 เฮิรต์ ถึง 20 เมกกะเฮิรต์ สำหรับในวงจรดังรูปที่ 4.2 ค่าความถี่ของวงจรควบคุมโดย VR1 และ C3 โดยความถี่ของเอาต์พุตของวงจรสามารถคำนวณจากสมการที่ (4.1)

$$F_o = V_{in} / [R_{in} \times C_F] \quad (4.1)$$

จากวงจรดังรูปที่ 2 $C_F = C_3$, $V_{in} = 5\text{ V}$, $R_{in} = VR_1$ ต้องการความถี่เอาต์พุตสูงสุด 20 กิโลเฮิร์ต $\therefore$ จากสมการที่ (4.1) จะได้

$$20 \times 10^3 = 5 / [VR_1 \times C_3] \quad (4.2)$$

$$VR_1 \times C_3 = 5 / 20 \times 10^3 = 250 \times 10^{-6} \quad (4.3)$$

แต่เนื่องจากค่าตัวชี้ (Datasheet) กำหนด VR_1 ควรอยู่ในช่วง $12.5\text{ K}\Omega$ - $500\text{ K}\Omega$ $\therefore$ ที่ความถี่สูงสุดจะต้องปรับ VR_1 ต่ำสุดมาอยู่ที่ $12.5\text{ K}\Omega$ $\therefore$ หาค่า C_3 ได้ดังสมการ (4.4)

$$C_3 = 250 \times 10^{-6} / 12.5 \times 10^3 = 2 \times 10^{-9} = 20\text{ nF} \quad (4.4)$$

เลือก $VR_1 = 500\text{ K}\Omega$ $\therefore$ ความถี่เอาต์พุตของวงจรเมื่อปรับค่า VR_1 สูงสุด $500\text{ K}\Omega$ ได้ดังนี้

$$F_o = 5 / (500 \times 10^3 \times 20 \times 10^{-9}) = 500\text{ Hz} \quad (4.5)$$

$\therefore$ วงจรในรูปที่ 4.2 สามารถผลิตความถี่ 500 เฮิร์ต ถึง 20,000 เฮิร์ต

4.2 วงจรจ่ายกระแสควบคุมด้วยแรงดัน (Voltage Control Current Source)

วงจรจ่ายกระแสควบคุมด้วยแรงดันทำหน้าที่ในการกำหนดกระแสคงที่ที่จะจ่ายให้กับโหลด โดยวงจรจ่ายกระแสที่ใช้ในระบบตรวจสอบรอยบกพร่องในท่อแบบอัตโนมัติสามารถแสดงดังรูปที่ 4.3

โดยการทำงานของวงจรจากรูปที่ 4.3 ซึ่งเป็นวงจรจ่ายกระแสคงที่ควบคุมด้วยแรงดันมีดังนี้ สัญญาณอินพุตซึ่งเป็นสัญญาณไซน์ความถี่ 500-20,000 เฮิร์ต แอมพลิจูด 2 V_{p-p} ซึ่งได้จากวงจรผลิตสัญญาณไซน์จะถูกป้อนให้กับ $U1$ ซึ่งถือเป็นวงจรอินเวอร์ตติ้งแอมป์โดยมี R_1 , R_2 และ VR_1 เป็นตัวกำหนดเกณฑ์การขยายโดยจากวงจรรูปที่ 4.3 จะปรับอัตราขยายให้เท่ากับ $\approx 1-9$ เท่าเพื่อให้ได้แรงดันที่เอาต์พุตของ $U1$ เท่ากับ $2-18\text{ V}_{p-p}$ เพื่อป้อนให้กับ $U2$ ซึ่งถือเป็นวงจรจ่ายกระแสคงที่ควบคุมด้วยแรงดันโดยเราสามารถกำหนดค่ากระแสที่จะทำการจ่ายให้กับอิเล็กทรอนิกส์ได้โดยการเปลี่ยนแรงดันอินพุตที่ป้อนให้กับ $U2$ ซึ่งเราสามารถที่จะคำนวณหาค่าแรงดันและกระแสเอาต์พุตของวงจรได้โดยอ้างอิงวงจรรูปที่ 4.4 โดยจากรูปที่ 4.4 เราจะได้

$$V_{O1} = A(V_{O2} - V_{in}) \quad (4.6)$$

เมื่อให้ ความต้านทานในวงจรมีค่าเท่ากันหมดจะได้

$$A = R / R = 1 \quad (4.7)$$

∴ สมการที่ 4.6 สามารถเขียนได้ดังสมการ (4.8)

$$V_{O1} = (V_{O2} - V_{in}) \quad (4.8)$$

$$-V_{in} = V_{O1} - V_{O2} \quad (4.9)$$

$$V_{in} = V_{O2} - V_{O1} \quad (4.10)$$

$$V_{O2} - V_{O1} = V_{in} \quad (4.11)$$

จากสมการที่ 4.11 ค่าแรงดัน V_{in} ก็คือค่าแรงดันตกคร่อม Rcontrol current ∴ เราสามารถกำหนดค่ากระแสที่จ่ายให้กับโหลดได้ดังสมการที่ (4.12)

$$I_O = V_{O2} - V_{O1} / R_{control \text{ current}} \quad (4.12)$$

$$R_{control \text{ current}} = V_{in} / I_O \quad (4.13)$$

$$V_{in} = R_{control \text{ current}} * I_O \quad (4.14)$$

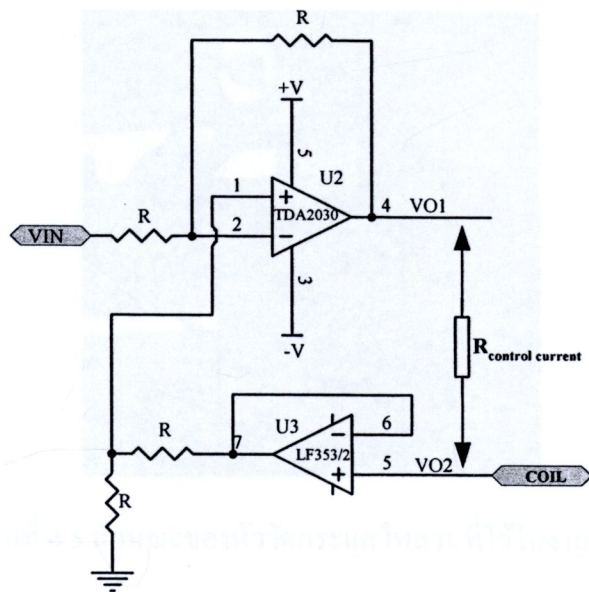
เมื่อ $R_{control}$ = ค่าความต้านทานสำหรับกำหนดค่ากระแสที่จ่ายให้กับโหลด

V_{in} = ค่าแรงดันอินพุทของวงจรจ่ายกระแสควบคุมด้วยแรงดัน

I_O = ค่ากระแสที่จ่ายให้กับโหลด

จากสมการที่ (4.14) เราสามารถเปลี่ยนแปลงค่ากระแสเอาท์พุทที่จ่ายให้กับโหลดโดยการปรับค่าแรงดันอินพุทของ U2 โดยเราจะให้ค่าความต้านทานของ Rcontrol current คงที่เท่ากับ 50 โอห์ม ดังนั้นเราสามารถหาค่ากระแสเอาท์พุทที่จ่ายให้กับโหลดได้ดังสมการที่ 4.15

$$I_O = V_{in} / R_{\text{control current}} \quad (4.15)$$



รูปที่ 4.4 วงจรจ่ายกระแสควบคุมด้วยแรงดัน

4.3 หัววัดกระแสไหลวน(Eddy Current Probe)

หัววัดกระแสไหลวนสำหรับโครงการวิจัยนี้จะใช้ ขดลวดโดยขดลวด โดยเราสามารถคำนวณค่าอินดักแตนซ์ (Inductance) ของขดลวดได้จากสมการที่ 1

$$L = \frac{K\mu\sigma\pi a^2 N^2}{l} \quad (4.17)$$

โดยที่ μ = ค่าความซึมซาบได้ทางแม่เหล็ก (H/m)

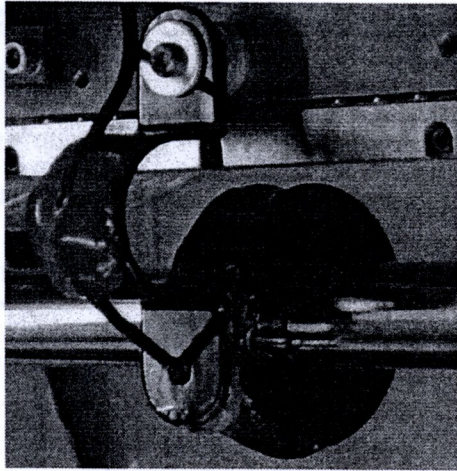
a = ค่ารัศมีของขดลวด (m)

l = ค่าความยาวของขดลวด (m)

N = ค่าจำนวนรอบของขดลวด

K = ค่าสัมประสิทธิ์นาगाโอกา (Nagaoka's coefficient)

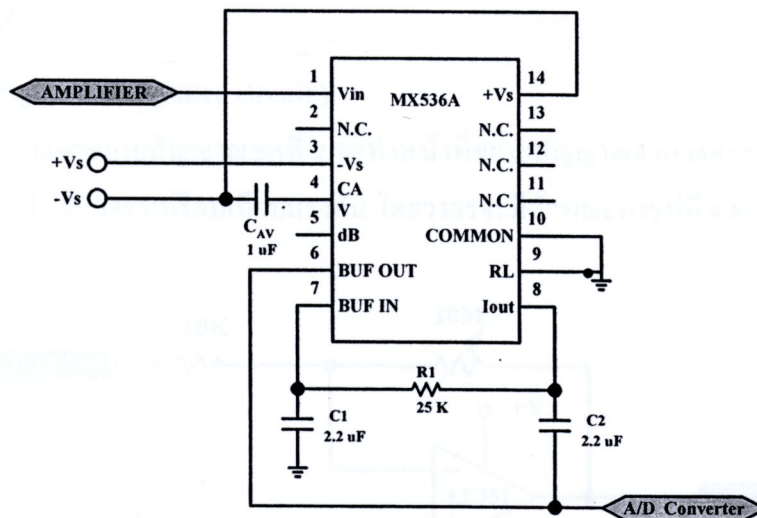
สำหรับหัววัดกระแสไหลวนที่ใช้งานในโครงการวิจัยนี้จะใช้ขดลวดที่มี ค่าอินดักแตนซ์ ประมาณ 15.6 มิลลิเฮนรี่ โดยลักษณะของหัววัดที่ใช้ในงานวิจัยนี้จะมีลักษณะดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ลักษณะของหัววัดกระแสไหลวนที่ใช้ในงานวิจัย

4.4 วงจรตรวจจับสัญญาณชุดที่ 1 (Detector Circuit I)

สำหรับวงจร 4 วงจรตรวจจับสัญญาณชุดที่ 1 จะทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณอาร์เอ็มเอส เป็นคิซี โดยในระบบนี้จะใช้ไอซีสำเร็จรูปของบริษัท MAXIM เบอร์ MX536A ซึ่งรองรับแรงดันอินพุตได้ในช่วง $0 - 7\text{ V}_{\text{RMS}}$ สำหรับลักษณะของวงจรตรวจจับสัญญาณชุดที่ 1 โดย MX536A จะมีลักษณะดังรูปที่ 4.6

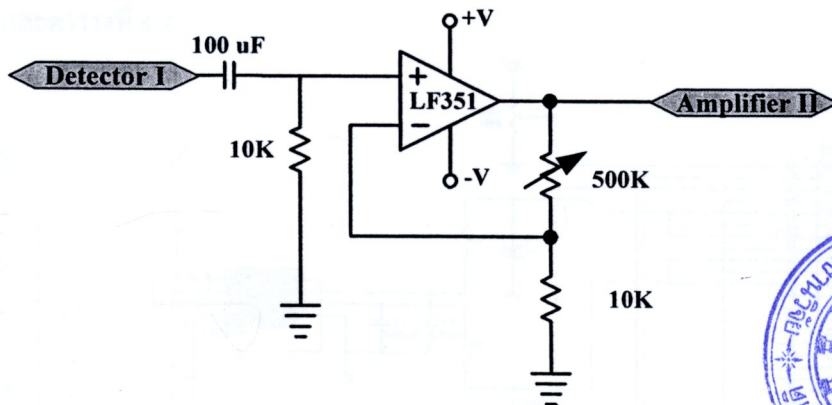


รูปที่ 4.6 วงจรตรวจจับสัญญาณชุดที่ 1

เอาต์พุตจากวงจรตรวจจับสัญญาณชุดที่ 1 จะถูกส่งไปยังวงจรก่อนที่จะถูกส่งไปยังวงจรตรวจจับสัญญาณชุดที่ 2 ต่อไป

4.5 วงจรตรวจจับสัญญาณชุดที่ 2 (Detector Circuit II)

สำหรับวงจรตรวจจับสัญญาณชุดที่ 2 จะใช้ในการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของระดับสัญญาณดิจิตอลจากวงจรตรวจจับสัญญาณชุดที่ 1 โดยจะใช้วงจรกรองความถี่สูง (High Pass Filter) โดยมีความถี่คัตออฟประมาณ 159 มิลลิเฮิร์ต โดยลักษณะของวงจรสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.7

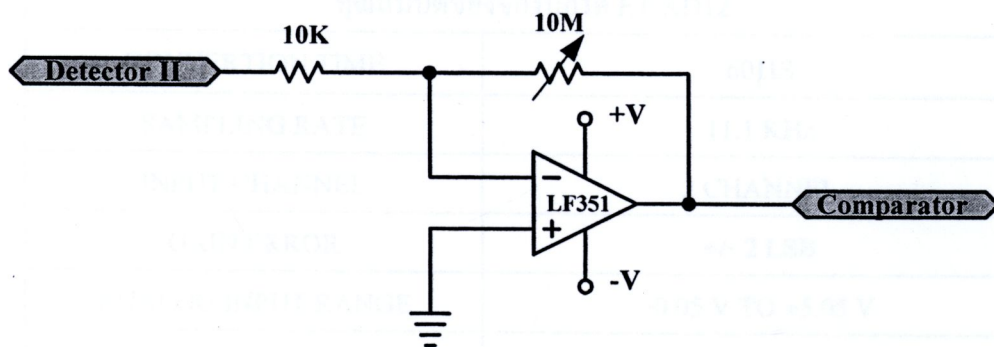


รูปที่ 4.7 วงจรตรวจจับสัญญาณชุดที่ 2

เอาต์พุตที่ได้จากวงจรตรวจจับสัญญาณชุดที่ 2 จะถูกส่งไปขยายโดยวงจรขยายสัญญาณต่อไป

4.6 วงจรขยายสัญญาณ (Amplifier circuit)

สำหรับวงจรขยายสัญญาณชุดที่ 2 จะทำหน้าที่ขยายสัญญาณจากวงจรตรวจจับสัญญาณชุดที่ 2 เพื่อส่งไปให้วงจรเปรียบเทียบแรงดัน โดยวงจรจะมีลักษณะดังรูปที่ 4.8

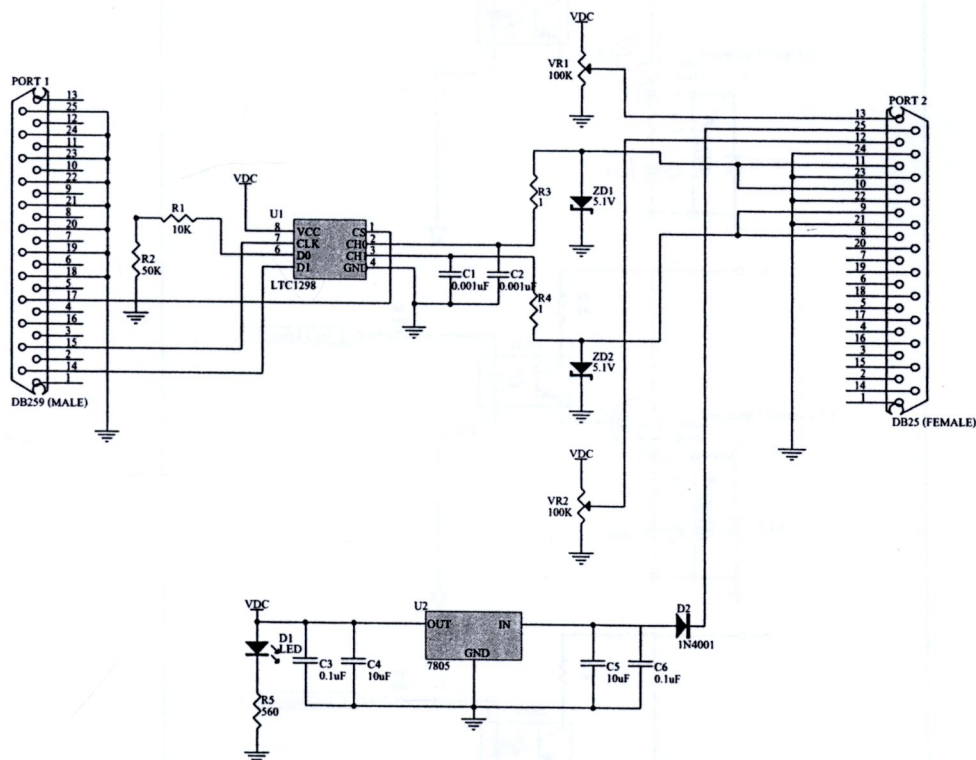


รูปที่ 4.8 วงจรแอมพลิฟายเออร์

เอาต์พุตที่ได้จากวงจรขยายสัญญาณจะถูกส่งไปยังวงจรเปรียบเทียบแรงดันต่อไป

4.7 วงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล (A TO D Converter)

สำหรับวงจรแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลจะใช้บอร์ดของบริษัท ETT รุ่น ET-AD12 ซึ่งเป็นบอร์ดแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 12 บิต ใช้เชื่อมต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ทางพอร์ตเครื่องพิมพ์ (Printer Port) โดยมีลักษณะและคุณสมบัติของวงจรดังรูปที่ 4.9 และตารางที่ 4.2



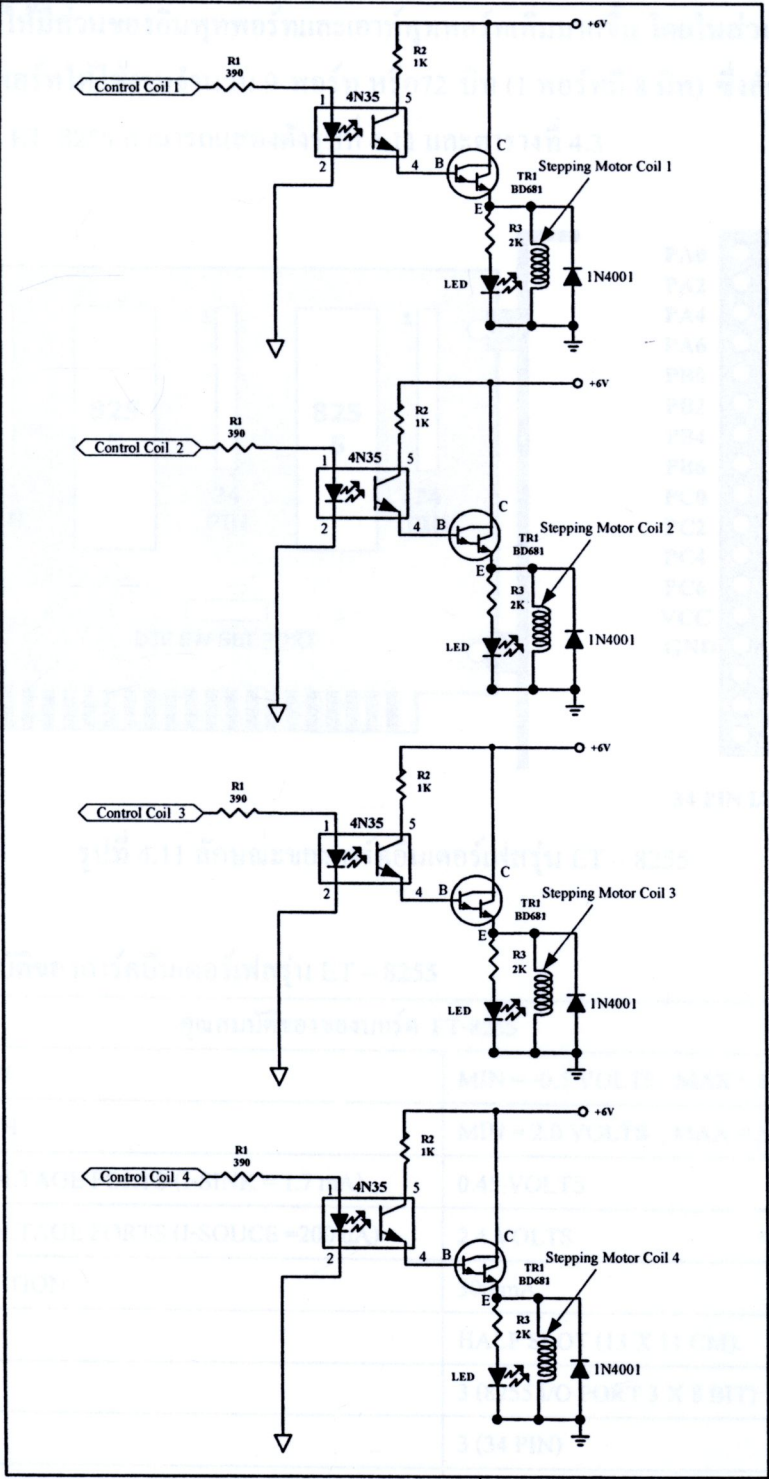
รูปที่ 4.9 วงจรภายในของบอร์ดแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลรุ่น ET-AD12

ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติของบอร์ดแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลรุ่น ET-AD12

คุณสมบัติของของบอร์ด ET-AD12	
CONVERSION TIME	60µs
SAMPLING RATE	11.1 KHz
INPUT CHANNEL	2 CHANNEL
GAIN ERROR	+/- 2 LSB
ANALOG INPUT RANGE	-0.05 V TO +5.05 V
+VCC SUPPLY	+9 VDC

4.8 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์ (Stepping motor driver circuit)

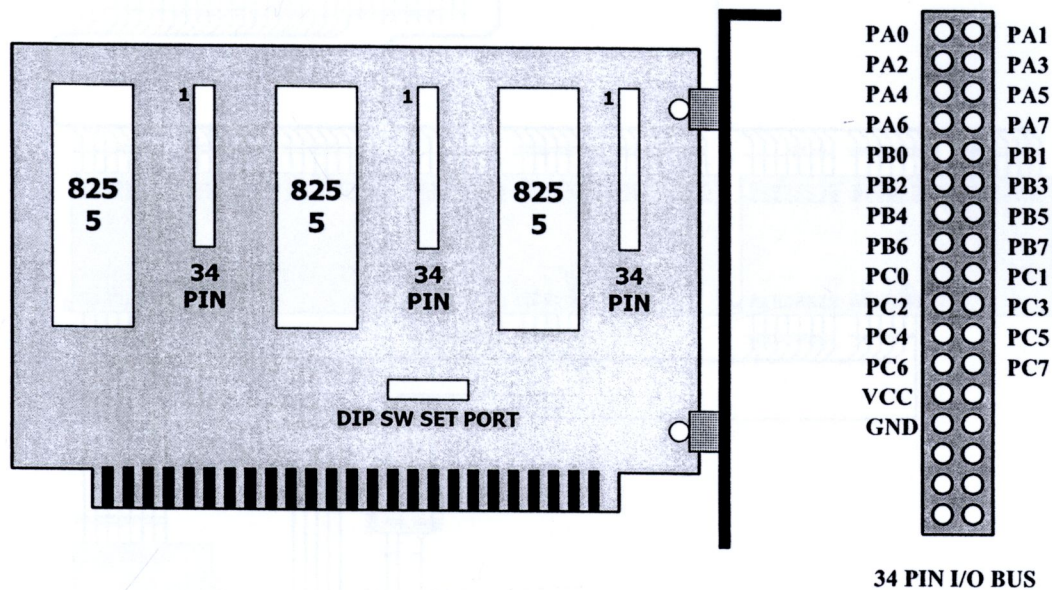
สำหรับวงจรขับสเต็ปมอเตอร์สำหรับควบคุมการเลื่อนหัววัดกระแสไหลวนในการวัด
ที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 วงจรขับสเต็ปมอเตอร์

4.9 การ์ดอินเตอร์เฟส (Interface Card)

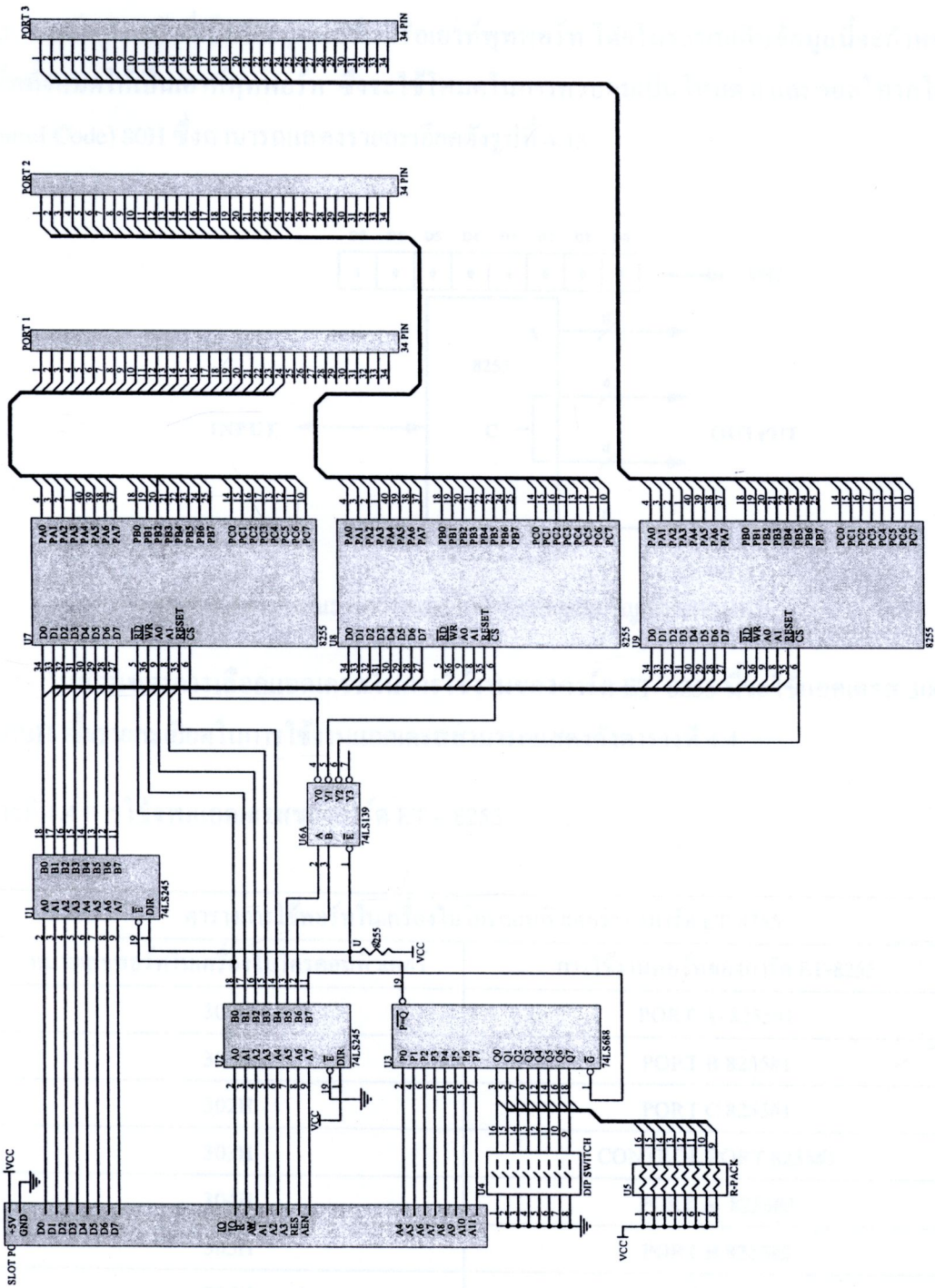
การ์ดอินเตอร์เฟสทำหน้าที่ส่งสัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์ไปควบคุมวงจรมัลติเพล็กซ์เซอร์ โดยการ์ดอินเตอร์เฟสที่ใช้เป็นของบริษัท ETT รุ่น ET-8255 ซึ่งเป็นการคัดต่อขยายระบบเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ให้มีส่วนของอินพุตพอร์ตและเอาต์พุตพอร์ตเพิ่มมากขึ้น โดยในส่วนของการ์ดอินเตอร์เฟสนี้จะมีพอร์ตให้ใช้งานจำนวน 9 พอร์ต หรือ 72 บิต (1 พอร์ตมี 8 บิต) ซึ่งลักษณะและคุณสมบัติของการ์ด ET-8255 สามารถแสดงดังรูปที่ 4.11 และตารางที่ 4.3



รูปที่ 4.11 ลักษณะของการ์ดอินเตอร์เฟสรุ่น ET – 8255

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติของการ์ดอินเตอร์เฟสรุ่น ET – 8255

คุณสมบัติของของบอร์ด ET-8255	
INPUT LOGIC LOW	MIN = -0.5 VOLTS , MAX = 0.8 VOLTS
INPUT LOGIC HIGH	MIN = 2.0 VOLTS , MAX = 5 VOLTS
OUTPUT LOW VOLTAGE PORTS (I-SINK = 1.7 mA)	0.45 VOLTS
OUTPUT HIGH VOLTAGE PORTS (I-SOURCE = 200 uA)	2.4 VOLTS
POWER CONSUMPTION	300 mA
SIZE	HALF SLOT (13 X 11 CM).
PORT	3 (8255 I/O PORT 3 X 8 BIT)
CONNECTOR	3 (34 PIN)
DECODE PORT	8 POSITION DIP SW.

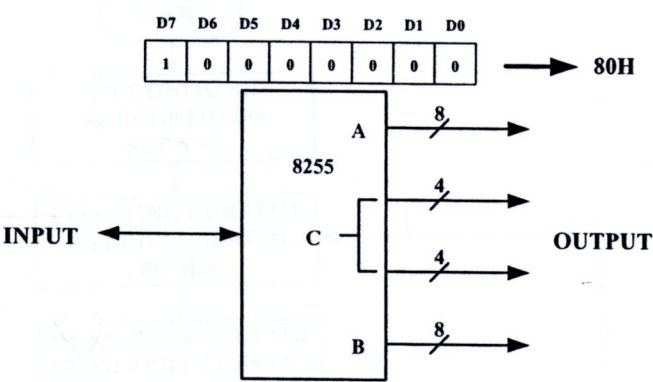


รูปที่ 4.12 วงจรภายในของการ์ด ET-8255

สำหรับรูปที่ 4.12 แสดงลักษณะวงจรของการ์ด ET-8255 ซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆคือ ส่วนของไอซี 8255 ซึ่งทำหน้าที่เป็นอินพุตพอร์ตและเอาต์พุตพอร์ต และส่วนของไอซีที่ทำหน้าที่ในการเลือกแอดเดรสของพอร์ต คือ ไอซี 74LS688 , 74LS139 และคิพสวิตช์

ในส่วนในของไอซี 8255 นี้จะมีพอร์ตใช้งาน 3 พอร์ตและพอร์ตควบคุมอีก 1 พอร์ตโดยก่อนที่จะใช้งานไอซี 8255 เราจะต้องส่งสัญญาณควบคุมไปยังพอร์ตควบคุมเพื่อกำหนดให้พอร์ต

ทั้ง 3 พอร์ตทำหน้าที่เป็นอินพุตพอร์ทหรือเอาต์พุตพอร์ท โดยในระบบเก็บข้อมูลนี้จะกำหนดพอร์ททั้งหมดให้เป็นเอาต์พุตพอร์ท ซึ่งจะใช้โหมดในการควบคุมเป็นโหมด 0 และคอลโทรลโค้ด (Control Code) 80H ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ลักษณะพอร์ทของไอซี 8255 และสัญญาณควบคุม

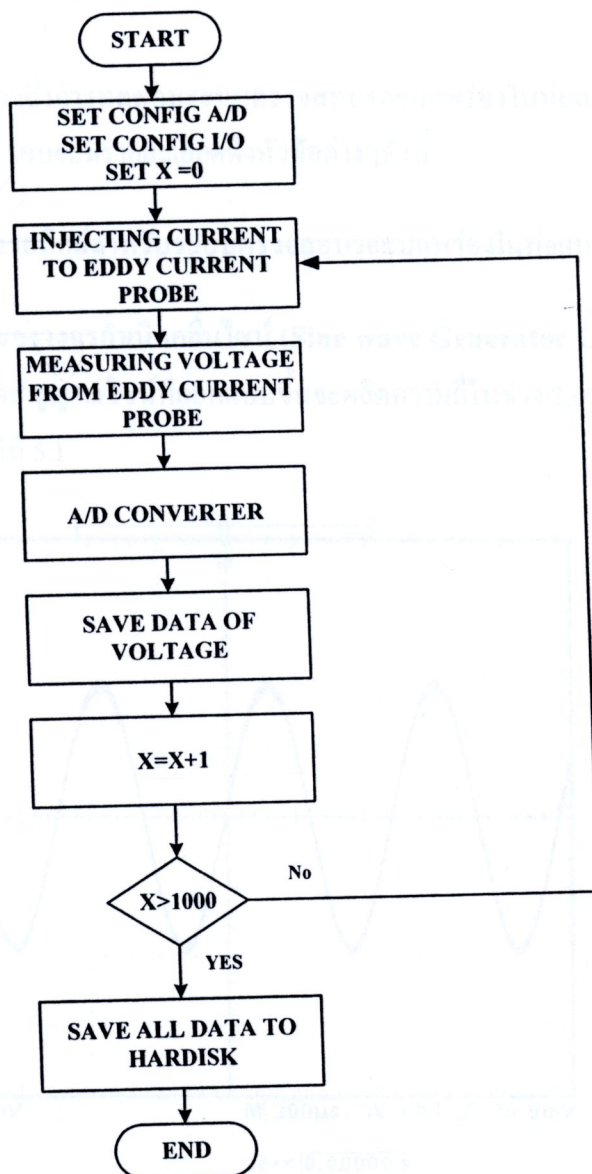
ในส่วนของการเลือกแอดเดรสในการใช้งานของการ์ด ET-8255 นี้จะใช้แอดเดรส 300H ถึง 30BH ซึ่งรายละเอียดในการใช้งานแอดเดรสสามารถแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 การใช้งานแอดเดรสของการ์ด ET – 8255

ตารางการใช้พอร์ทในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ของการ์ด ET-8255	
หมายเลขพอร์ทในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์	การใช้งานพอร์ทของการ์ด ET-8255
300H	PORT A 8255#1
301H	PORT B 8255#1
302H	PORT C 8255#1
303H	CONTROL PORT 8255#1
304H	PORT A 8255#2
305H	PORT B 8255#2
306H	PORT C 8255#2
307H	CONTROL PORT 8255#2
308H	PORT A 8255#3
309H	PORT B 8255#3
30AH	PORT C 8255#3
30BH	CONTROL PORT 8255#3

4.10 อัลกอริทึมในการเก็บข้อมูลสำหรับตรวจสอบรอยบกพร่องในท่อแบบอัตโนมัติ

สำหรับอัลกอริทึมในการเก็บข้อมูลสำหรับตรวจสอบรอยบกพร่องในท่อแบบอัตโนมัติ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 อัลกอริทึมในการเก็บข้อมูลสำหรับตรวจสอบรอยบกพร่องในท่อแบบอัตโนมัติ

ข้อมูลที่ได้การวัดได้จะถูกส่งไปสร้างภาพสำหรับการตรวจสอบรอยบกพร่องในท่อโดยโปรแกรม MATLAB ต่อไป