บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงการ

การดำเนินโครงงานการสร้างเครื่องวัดองศามุมเอียง มีวิธีการดำเนินงานดังนี้

1. การออกแบบเครื่องวัดองศามุมเอียง
2. การสร้างเครื่องวัดองศามุมเอียง
3. การทดลองเพื่อหาค่าความผิดพลาดของเครื่องวัดองศามุมเอียง

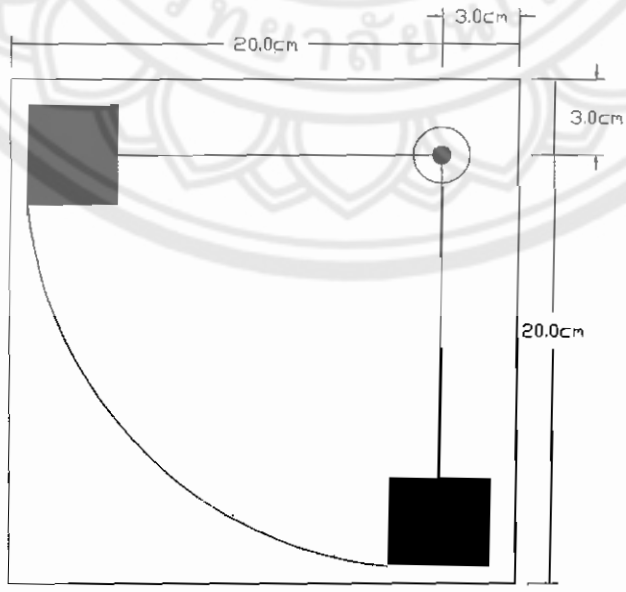
3.1 การออกแบบเครื่องวัดองศามุมเอียง

การออกแบบเครื่องวัดองศามุมเอียงจะแบ่งการออกแบบทั้งหมดออกเป็น 4 ส่วน หลักๆ ดังนี้

1. การออกแบบตัวกล่องของเครื่องวัดองศามุมเอียง
2. การออกแบบวงจรของเครื่องวัดองศามุมเอียง
3. การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณ
4. การออกแบบระบบแสดงผล

3.1.1 การออกแบบตัวกล่องของเครื่องวัดองศามุมเอียง

ตัวกล่องของเครื่องวัดองศามุมเอียง จะออกแบบให้มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 20 เซนติเมตร × 20 เซนติเมตร โดยทำการติดตั้งโปเทนทิโอมิเตอร์ ไว้ที่มุมด้านบนของตัวกล่องดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงขนาดของตัวกล่องที่ทำการออกแบบ

3.1.2 การออกแบบวงจรของเครื่องวัดองศามุมเอียง

วงจรของเครื่องวัดองศามุมเอียงที่ทำการออกแบบจะใช้วงจร เรกูเลต(Regulate) ซึ่งเป็นวงจรจ่ายแรงดันที่สามารถปรับแรงดันได้ตามช่วงของแรงดันที่เราต้องการได้ โดยจะออกแบบให้จ่ายแรงดันได้สองแรงดันในวงจรเดียว แรงดันแรกจ่ายให้กับวงจรแปลงสัญญาณที่แรงดันคงที่ 5 V แรงดันที่สองจ่ายให้กับอินพุตของโปเทนทิโอมิเตอร โดยเป็นแรงดันที่สามารถปรับค่าได้ เพื่อให้ได้ช่วงของสัญญาณเอาท์พุตจากตัวโปเทนทิโอมิเตอร์ตามที่ต้องการ เพื่อส่งไปแปลงสัญญาณต่อไป โดยใช้สมการของโปเทนทิโอมิเตอร์ในการคำนวณช่วงแรงดันเอาท์พุตที่ต้องการ เพื่อที่จะใช้ในการออกแบบแรงดันอินพุตที่ต้องจ่ายให้กับโปเทนทิโอมิเตอร์โดยใช้สมการ 3.1

$$Ein = \frac{Xt}{Xi} \times Eout \qquad \text{..... (3.1)}$$

โดยที่

$Eout$ = ช่วงแรงดันเอาท์พุตของโปเทนทิโอมิเตอร์

Ein = แรงดันอินพุตของโปเทนทิโอมิเตอร์

Xi = ช่วงความต้านทานที่เปลี่ยนแปลงของโปเทนทิโอมิเตอร์

Xt = ความต้านทานรวมของ โปเทนทิโอมิเตอร์ = $1000\,\Omega$

จากการวัดการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของโปเทนทิโอมิเตอร์ ที่ 0 - 90 องศา จะได้การเปลี่ยนแปลงความต้านทานอยู่ในช่วง 314 - 630 Ω ซึ่งสามารถนำมาหาช่วงแรงดันเอาท์พุตที่ต้องการได้ดังนี้

จากความละเอียดของตัวแปลงสัญญาณ A/D(อนาล็อกเป็นดิจิตอล)ซึ่งเท่ากับ 8 บิต

จะได้ $2^8 - 1 = 256 - 1 = 255$ สัญญาณ (รวมสัญญาณ 0 ด้วย)

เนื่องจากช่วงการอ่าน(input)อยู่ระหว่าง $0 - 5$ V ดังนั้น

อินพุต $\frac{5}{255} = 0.0196$ V A/D อ่านได้ 1 องศา

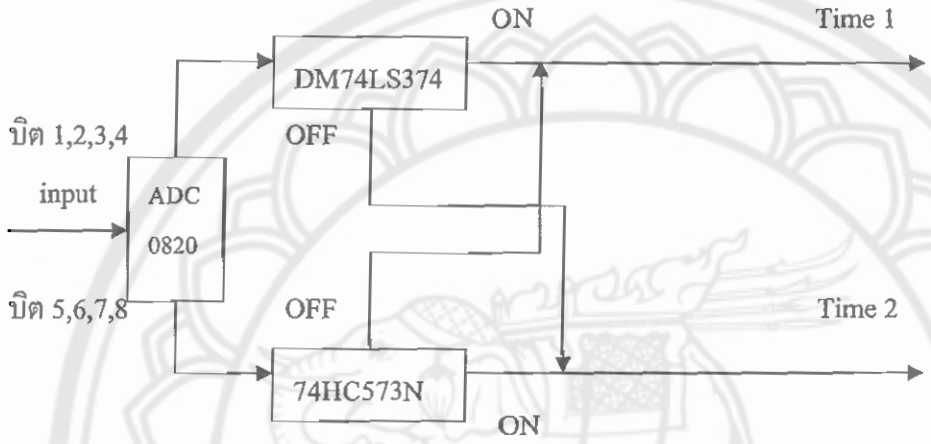
ดังนั้นที่ 90 องศาโปรเทนทิโอมิเตอร์จะจ่ายแรงดันออกมา $0.0196 \times 90 = 1.76$ V

ดังนั้นจากสมการ 3.1 จะได้

$$Ein = \frac{1000}{630 - 314} \times 1.76 = 5.57 \text{ V}$$

3.1.3 การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณ

เลือกใช้ไอซี A/D เบอร์ ADC 0820 (8 บิต) และไอซีแลดเดอร์ เบอร์ DM74LS374 และเบอร์ 74HC573N โดยส่งสัญญาณเข้าคอมพิวเตอร์ด้วยพอร์ตพริ้นเตอร์(25พิน) และเนื่องจากตัวพอร์ตพริ้นเตอร์ เป็นพอร์ตแบบขนานรับสัญญาณได้ครั้งละ 5 บิต แต่สัญญาณที่เราได้จากไอซี A/D คือ 8 บิต จึงต้องออกแบบให้ตัวพอร์ตรับสัญญาณสองครั้ง ครั้งละ 4 บิต ในหนึ่งรอบของการอ่านสัญญาณ โดยมีการส่งสัญญาณควบคุมการอ่านในแต่ละครั้งด้วยโปรแกรมในการอ่านสัญญาณแต่ละรอบ ดังที่แสดงในรูป 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะการควบคุมการอ่านข้อมูลจากวงจรแปลงสัญญาณ

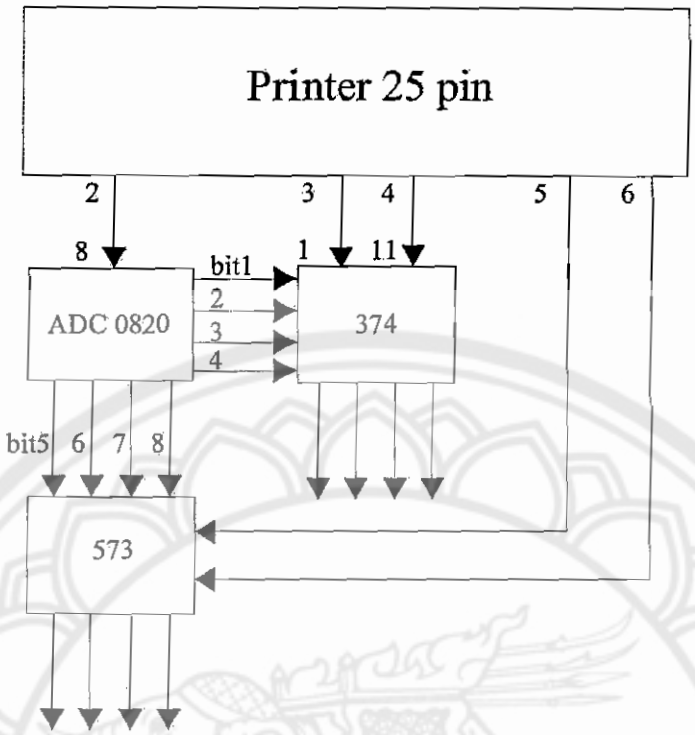
3.1.4 การออกแบบระบบแสดงผล

จะออกแบบโดยใช้คอมพิวเตอร์ด้วยการเขียนโปรแกรมวิชวลเบสิค 6(Visual basic v. 6) ในการควบคุมการรับส่งข้อมูลจากวงจรแปลงสัญญาณ และทำการประมวลผลเพื่อให้ได้ค่าที่ต้องการในการนำไปแสดงผลต่อไป เนื่องจากการรับส่งสัญญาณจะเป็นแบบเลขฐาน 2 แต่การเขียนโปรแกรมจะใช้เลขฐาน 10 ในการเขียนตังนั้น ในการออกแบบเราจะทำการออกแบบโดยใช้เลขฐาน 2 เป็นหลัก โดยการทำงานจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลักดังนี้

1. การส่งข้อมูล
2. การรับข้อมูล
3. ประมวลผลและเก็บข้อมูล
4. ประมวลผลและแสดงผล

1. การส่งข้อมูล(Output data)

จะให้โปรแกรมทำการส่งข้อมูลเป็นลอจิกผ่านพอร์ตพริ้นเตอร์(25พิน) โดยใช้ พิน 2,3,4,5 และ 6 ส่งข้อมูลเป็นลอจิก 5 บิต ดังรูป 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงการส่งข้อมูลด้วยพอร์ตพริ้นเตอร์(25พิน)

ในการส่งข้อมูล 1 ครั้งจะส่งออกไป 5 บิต โดย 1 รอบของการอ่านค่าจะมีการส่งข้อมูลทั้งหมด 3 ครั้งเป็นเลขฐาน 2 ตามลำดับดังนี้ โดยเลขในวงเล็บคือเลขฐาน 10

ส่วนแรก	ส่ง 11111(31)	ให้ADC 0820 อ่านและเก็บข้อมูลไว้	
	ส่ง 11110(30)	ให้ADC 0820 ส่งข้อมูลออกไป	
ส่วนที่สอง	ส่ง 11100(28)	ให้ 374 อ่านและเก็บข้อมูลไว้	ปิด 573
	ส่ง 11000(24)	ให้ 374 ส่งข้อมูลออกไป	
ส่วนที่สาม	ส่ง 10110(22)	ให้ 573 อ่านและเก็บข้อมูลไว้	ปิด 374
	ส่ง 00110(6)	ให้ 573 ส่งข้อมูลออกไป	

2. การรับข้อมูล(Input data)

การรับข้อมูลจะรับข้อมูล 2 ครั้ง ในหนึ่งรอบการอ่าน โดยรับครั้งละ 4 บิต จะรับข้อมูลจากตัวไอซี 374 ก่อนตามด้วย 573 ตามลำดับดังนี้

การส่งข้อมูล

ส่วนแรก ⟹ ADC 0820 อ่านและส่งข้อมูลไปที่ 374 และ 573

ส่วนที่สอง ⟹ คอมพิวเตอร์รับข้อมูลจาก 374

ส่วนที่สาม ⟹ คอมพิวเตอร์รับข้อมูลจาก 573

3. ประมวลผลและเก็บข้อมูล

ข้อมูลที่ได้จากการแปลงสัญญาณจะรับมา 2 ข้อมูล ข้อมูลละ 4 บิต โดยข้อมูลที่ได้จากไอซี 374 จะเป็นข้อมูลบิตต่ำ ส่วนข้อมูลไอซี 573 จะเป็นข้อมูลบิตสูง ในการอ่านข้อมูลแต่ละครั้งจากพอร์ตพริ้นเตอร์(25พิน) ตัวคอมพิวเตอร์จะรับข้อมูลมาเป็น 8 บิต โดยที่ข้อมูลที่อ่านได้จากไอซี 374 และ 573 จะเป็นข้อมูลที่อยู่ในบิตที่ 4 – 7 โดยบิตที่ 8 จะเป็น 0 ส่วน บิตที่ 1 – 3 จะเป็น 111 ดังนั้นเราจึงต้องมีการคำนวณเพื่อกำหนดให้ข้อมูลจากไอซี 374 เป็น 4 บิตแรก และข้อมูลจาก 573 เป็น 4 บิตหลัง ด้วยการคำนวณดังนี้

ไอซี	ข้อมูลที่คอมพิวเตอร์อ่านได้	ข้อมูล
374	□□□□ 1 1 1	374 □□□□
573	O O O O 1 1 1	573 O O O O

การคำนวณ

□□□□ 1 1 1 - 1 1 1(7) = □□□□ 0 0 0

O O O O 1 1 1 - 1 1 1(7) = O O O O 0 0 0

□□□□ 0 0 0 / 1000(8) = □□□□ = X

O O O O 0 0 0 / 1000(8) = O O O O

O O O O × 10000(16) = O O O O 0 0 0 0 = Y

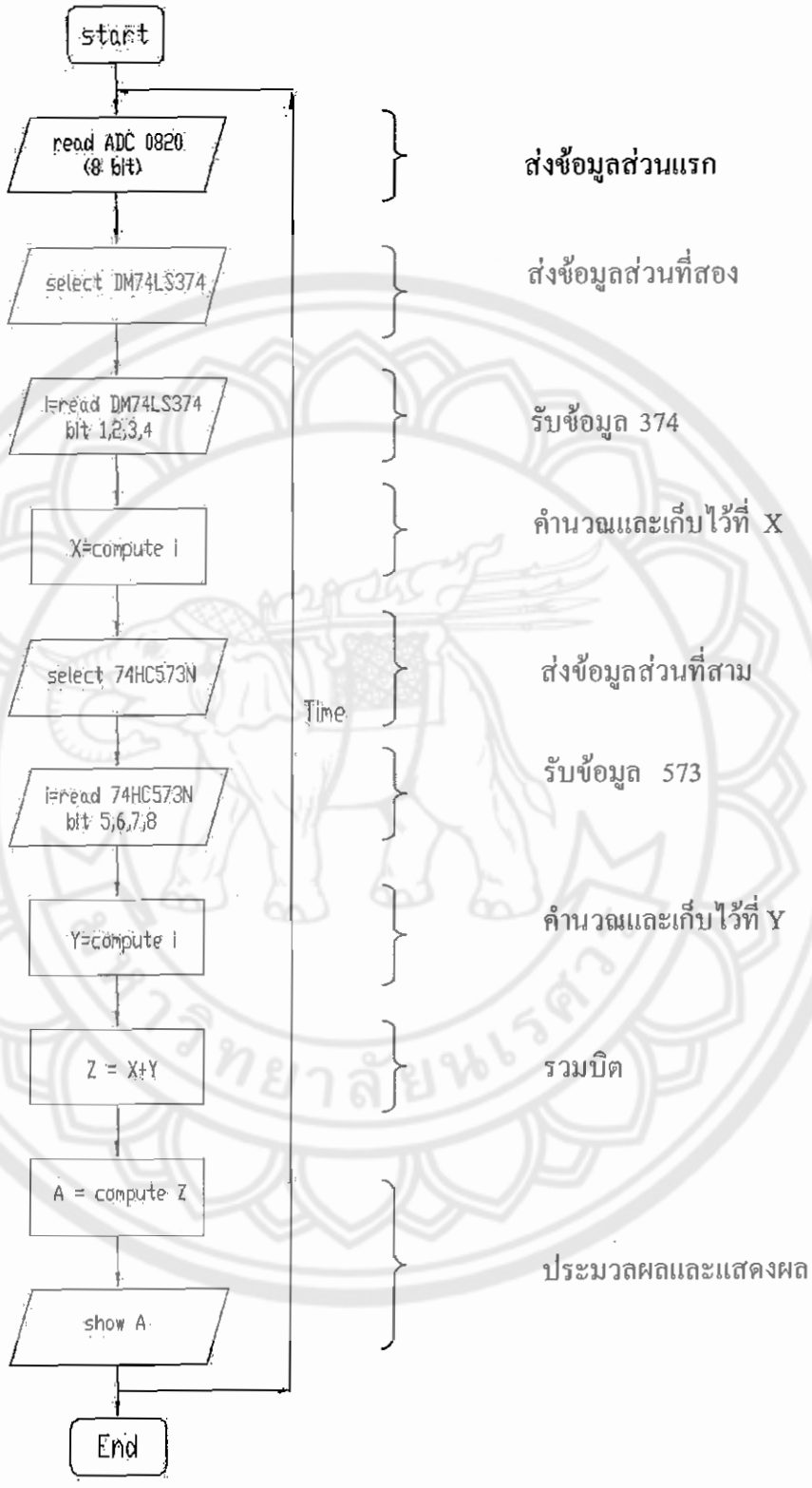
O O O O 0 0 0 0 (Y) + 0 0 0 0 □□□□ (X) = O O O O □□□□ = Z } ได้ข้อมูล 8 บิต

สุดท้ายเราจะได้ข้อมูลทั้งหมด 8 บิตที่อ่านได้จากตัว ADC 0820

4. ประมวลผลข้อมูลและแสดงผล

คอมพิวเตอร์จะรับข้อมูลที่เป็นเลขฐาน 2 แล้วแปลงเลขฐาน 2 ให้เป็นเลขฐาน 10 ในโปรแกรมวิชวลเบสิค 6 ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นตัวเลขที่อยู่ในช่วง 0 – 255 โดยเราจะนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับมุมเอียง และทำการคำนวณเพื่อให้โปรแกรมแสดงผลออกมาเป็นองศามุมเอียงดังที่เราต้องการ ตัวเลขที่อ่านได้ที่ 0 องศากับ 90 องศา ต้องมีความแตกต่างเท่ากับ 90 องศาพอดี จากนั้นนำตัวเลขที่อ่านได้ที่ 0 องศามาหักลบออกไป ตัวเลขจะแสดงผลที่ 0 เมื่อมุมอยู่ที่ 0 องศา และ 90 เมื่อมุมอยู่ที่ 90 องศา

การเขียนโปรแกรมจะเป็นไปตามรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงแผนผัง (Flow chart)ที่จะใช้เขียนโปรแกรม

3.2 การสร้างเครื่องวัดองศามุมเอียง

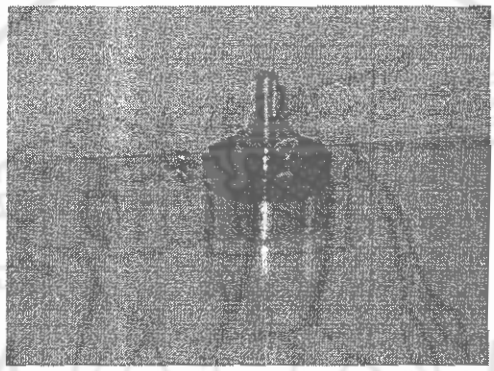
การสร้างเครื่องวัดมุมเอียงนั้นจะแบ่งการสร้างออกเป็น 4 ส่วน ตามที่ได้ออกแบบไว้ดังนี้

1. สร้างตัวกล่องของเครื่องวัดองศามุมเอียง
2. สร้างวงจรเรกูเลตของเครื่องวัดองศามุมเอียง
3. สร้างวงจรแปลงสัญญาณ
4. เขียนโปรแกรมแสดงผลด้วยโปรแกรมวิชวลเบสิค 6
5. ประกอบเป็นตัวเครื่อง

3.2.1 สร้างตัวกล่องของเครื่องวัดองศามุมเอียง

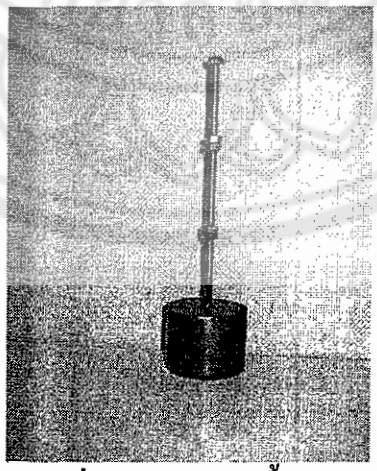
ทำการสร้างกล่องที่มีลักษณะสี่เหลี่ยมตามขนาดที่ออกแบบโดยมีอุปกรณ์หลักๆดังนี้

1. โปรเทนทิโอมิเตอร์แบบหมุน 1 รอบความต้านทานสูงสุด 1 กิโลโอห์ม



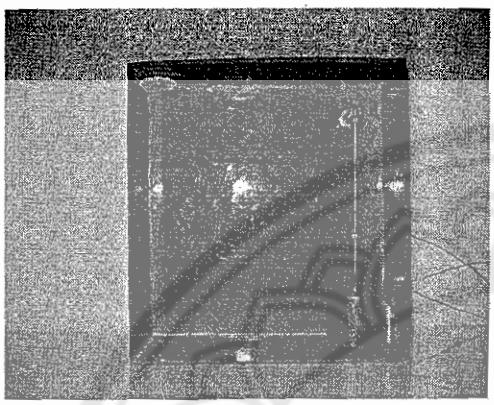
รูปที่ 3.5 โปเทนทิโอมิเตอร์

2. เหล็กถ่วงน้ำหนักใช้เหล็กตันทรงกระบอกน้ำหนัก 700 กรัม ดังรูปที่ 3.6 โดยทำการเชื่อมที่ปลายเหล็กกับแขนถ่วงน้ำหนักที่ใช้ตัวสกรูมาทำโดยการนำมาตัดแล้วก็ใช้กาวต่อกัน

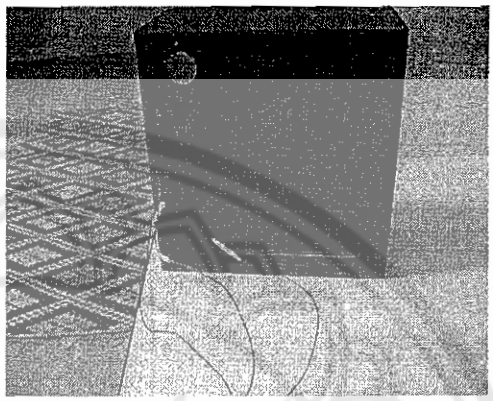


รูปที่ 3.6 เหล็กถ่วงน้ำหนัก

นำมาประกอบกันโดยใช้กาวติดพวกพลาสติกและใช้น็อตเป็นตัวยึดตัวกล่องกับโปรเทนทิ-โอมิเตอร์ และยึดระหว่างเพลาของตัวโปรเทนทิโอมิเตอร์กับแขนถ่วงน้ำหนักดัง รูปที่ 3.7(ก) และรูปที่ 3.7 (ข)



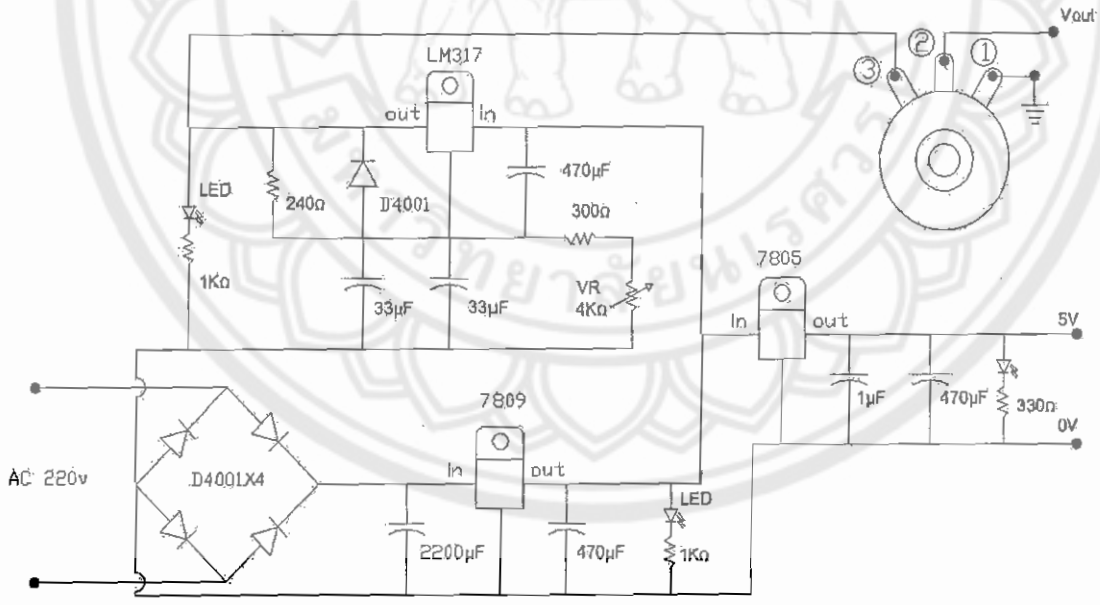
3.7 (ก) แสดงด้านหน้าของตัวกล่อง



3.7 (ข) แสดงด้านหลังของตัวกล่อง

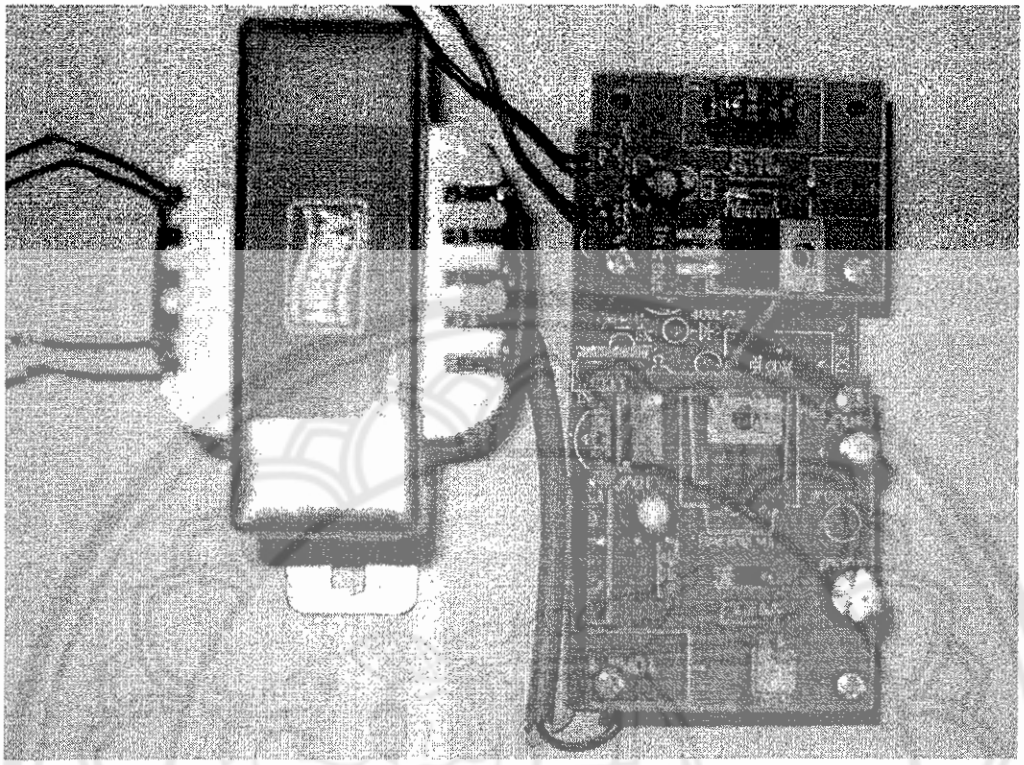
3.2.2 สร้างวงจรเรกูเลตของเครื่องวัดองศามุมเอียง

ออกแบบวงจรเรกูเลตดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงวงจรเรกูเลต

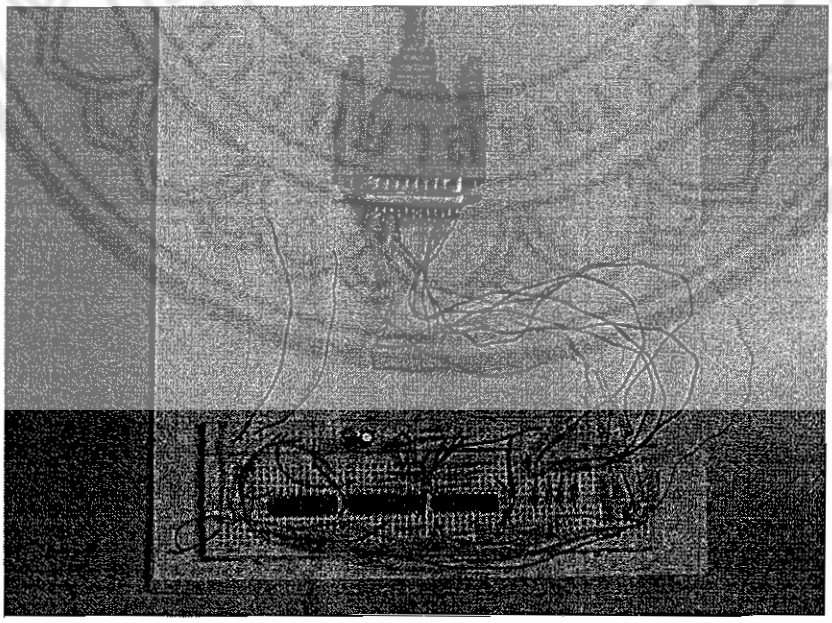
สร้างวงจรเรกูเรตดังรูปที่ 3.9



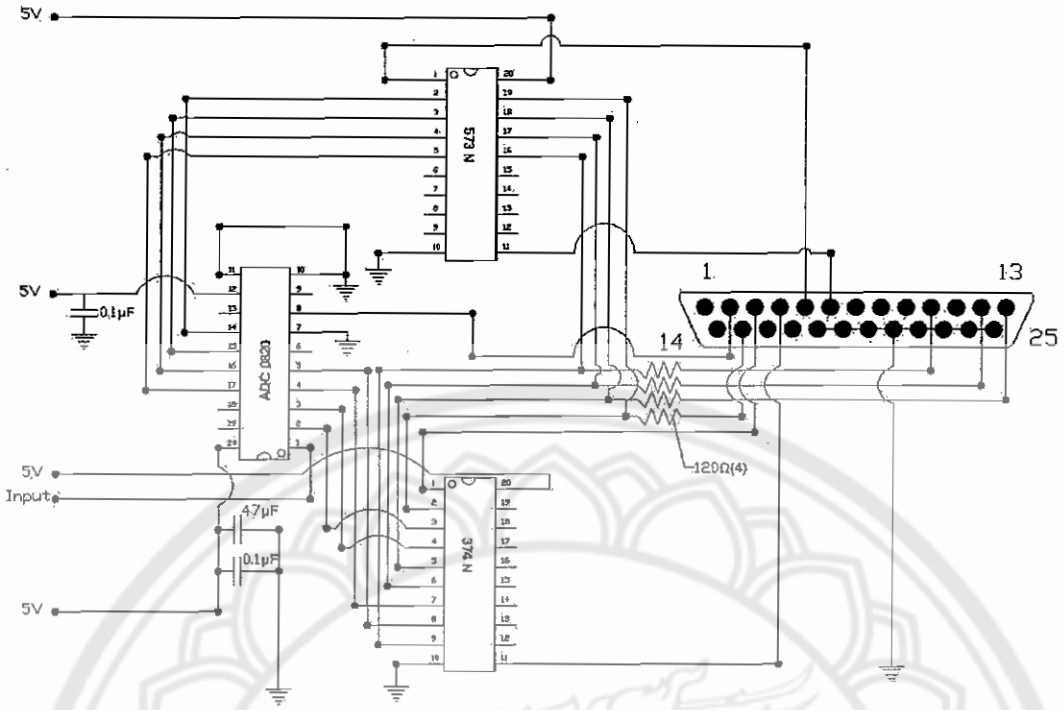
รูปที่ 3.9 แสดงวงจรเรกูเลตที่สร้างขึ้น

3.2.3 สร้างวงจรแปลงสัญญาณ

สร้างวงจรแปลงสัญญาณดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10(ก) แสดงการต่อวงจรแปลงสัญญาณโดยใช้บอร์ด



รูปที่ 3.10(ข) แสดงวงจรแปลงสัญญาณ

3.2.4 เขียนโปรแกรมแสดงผล

ทำการเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรมวิชวลเบสิคเวอร์ชั่น 6 (visual basic v. 6) โดยทำการเขียนโปรแกรมให้มีขั้นตอนการทำงานตามแผนผังที่ได้ออกแบบไว้ โปรแกรมที่เขียนขึ้นจะมีโค๊ด(code)โปรแกรมอยู่ 2 โค๊ด คือโค๊ดโปรแกรมควบคุมรูปแบบฟอร์ม(Form)และโค๊ดโปรแกรมที่ใช้รองรับการรับส่งข้อมูลสำหรับวิชวลเบสิค 6

1. โค๊ดโปรแกรมควบคุมรูปแบบฟอร์ม

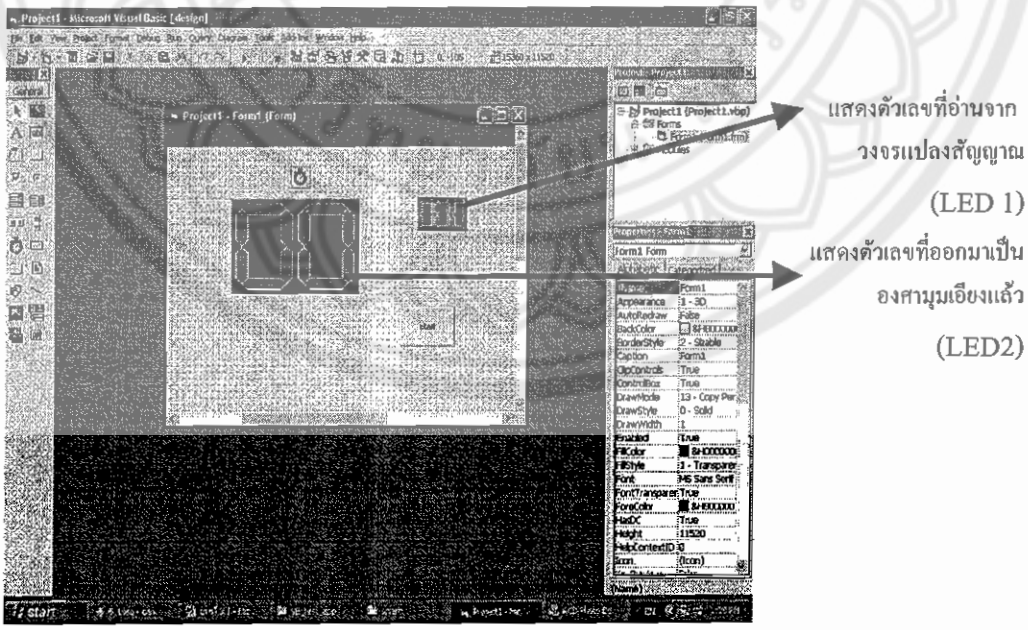
```
Private Sub Timer1_Timer()
Dim i, x, y, z, u
Out Val("&H378"), Val("31")   ' read adc
Out Val("&H378"), Val("30")
Out Val("&H378"), Val("31")   ' read adc
Out Val("&H378"), Val("30")
Out Val("&H378"), Val("28")   ' select port 374
Out Val("&H378"), Val("24")   ' load data 374
Out Val("&H378"), Val("28")   ' select port 374
Out Val("&H378"), Val("24")   ' load data 374
```

```
i = Inp(Val("&H379"))  ' read data  374x = (i - 7) / 8  ' data 374
Out Val("&H378"), Val("22")    ' select port   573
Out Val("&H378"), Val("6")    '  load data  573
Out Val("&H378"), Val("22")    ' select port   573
Out Val("&H378"), Val("6")    '  load data  573
i = Inp(Val("&H379"))   ' read  573
y = (i - 7) / 8  ' data 573
z = y * 16 + x   ' total 573+ 374
LED1.Number = z  ' display led  form  adc
A = z – 92 <------------------------------ ตั้งศูนย์ของระบบที่ 0 องศา
LED2.Number = A  ' display led  to show  angle
 End Sub
```

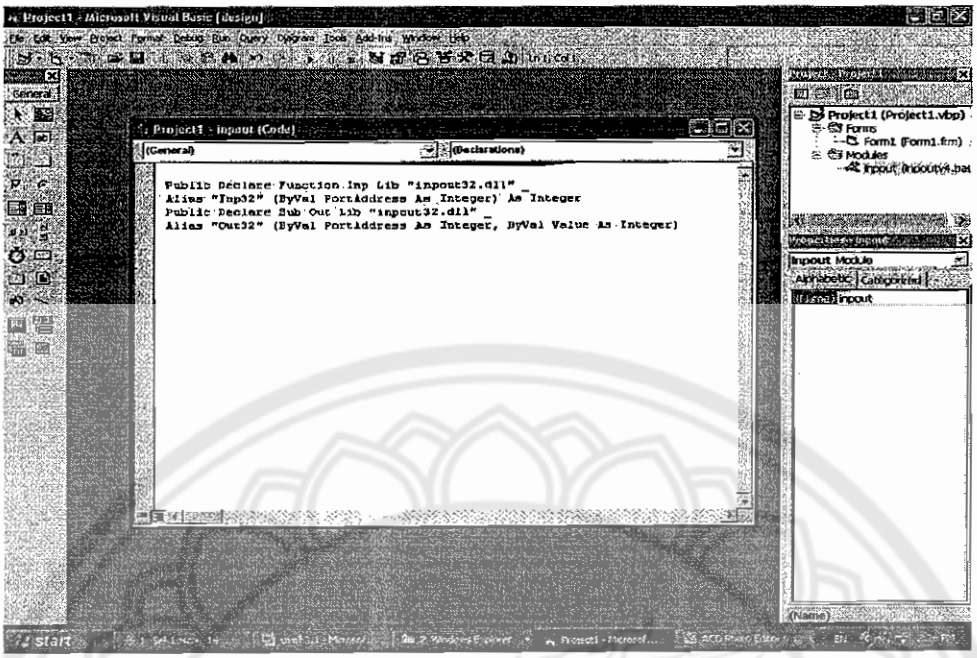
2. โค๊ดโปรแกรมที่ใช้รองรับการรับส่งข้อมูล

```
Public Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" _
Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Public Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" _
Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

เขียนโค๊ดลงในโปรแกรมวิชวลเบสิค 6 จะได้รูปแบบหน้าตาของโปรมดังรูป 3.11

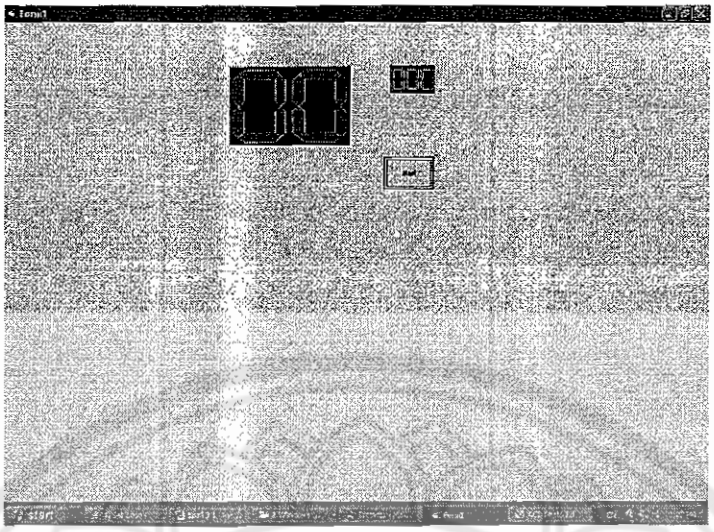


รูปที่ 3.11(ก) แสดงรูปแบบฟอร์มของโปรแกรม



รูปที่ 3.11(ข) แสดงโค๊ดโปรแกรมที่ใช้รองรับการรับส่งข้อมูล

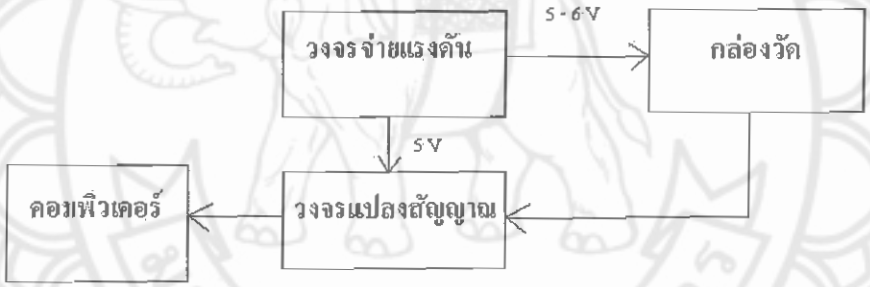
รูปที่ 3.11(ค) แสดงโค๊ดโปรแกรมควบคุมรูปแบบฟอร์ม



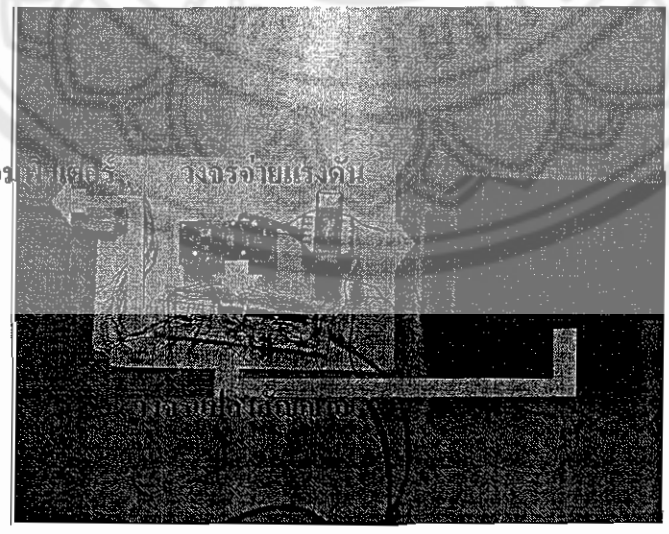
รูปที่ 3.11(ง) แสดงหน้าต่างของโปรแกรมเมื่อทำการรัน(Run)โปรแกรม

3.2.5 ประกอบเป็นตัวเครื่อง

นำแต่ละส่วนมาประกอบกันดังรูปที่ 3.12



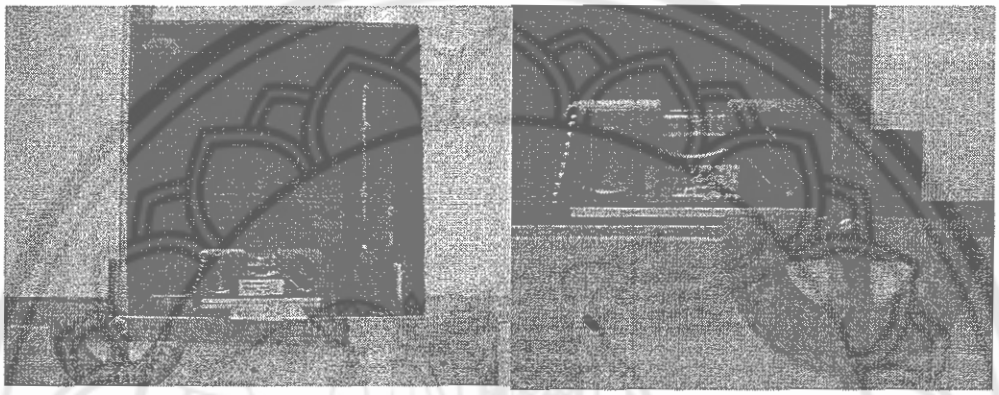
รูปที่ 3.12 แสดงแผนผังการประกอบเครื่อง



รูปที่ 3.13 แสดงการประกอบเครื่องตามแผนผังรูปที่ 3.12

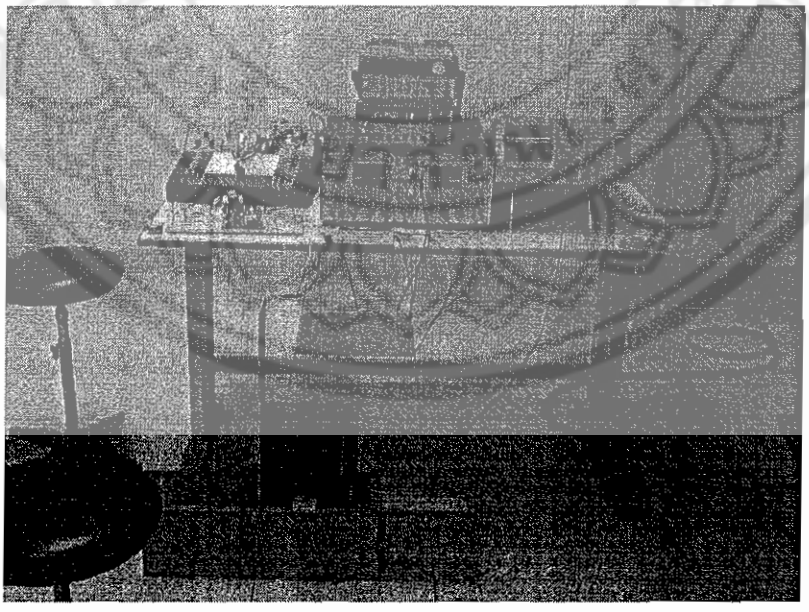
3.3 การทดลองเพื่อหาค่าความผิดพลาดของเครื่องวัดองศามุมเอียง

ทำการทดสอบโดยการวัดความต้านทานของโปรเทนทิโอมิเตอร์ที่ประกอบอยู่กับตัวกล่องของเครื่องวัดองศามุมเอียงเมื่อมุมเปลี่ยนไป โดยยังไม่ต่อกับวงจรใดๆ ด้วยการใช้ใบวัดมุมเป็นตัวทดสอบดังรูปที่ 3.14 แล้วใช้ระดับน้ำในการตั้งมุมที่ 0 องศา และ 90 องศา ทำการวัดโดยปรับมุมเอียงขึ้นที่ละ 5 องศา ทดสอบ 3 ครั้ง โดยแต่ละครั้งจะวัดทั้งขาไปคือ 0 – 90 องศา และขากลับคือ 90 – 0 องศาหาค่าเฉลี่ยออกมา



รูปที่ 3.14 แสดงการตั้งมุมโดยใช้ระดับน้ำเทียบกับใบวัดมุมที่ 0 และ 90 องศา

ทำการต่อวงจรจ่ายแรงดันให้กับโปรเทนทิโอมิเตอร์แล้ววัดแรงดันขาออกของโปรเทนทิโอมิเตอร์โดยใช้ ออสซิโลสโคบ(Oscillooscope read out)เพื่อทดสอบสัญญาณรบกวนที่แรงดันขาออกของโปรเทนทิโอมิเตอร์ดังรูปที่ 3.15

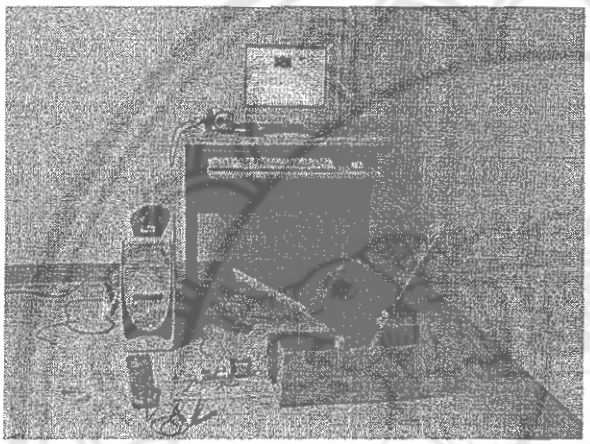


รูปที่ 3.15 แสดงการวัดแรงดันด้วยออสซิโลสโคบ

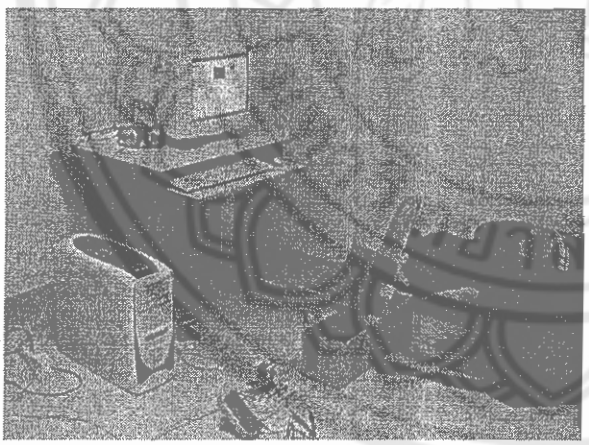
ทำการต่อวงจรแสดงผลจากนั้น ทำการวัดมุมทีละ 5 องศา เทียบการแสดงผลที่จอคอมพิวเตอร์พร้อมกับวัดแรงดันไฟฟ้าออกมาโดยใช้มัลติมิเตอร์เป็นตัววัด ทำการทดสอบโดย

เก็บข้อมูลซ้ำจำนวน 3 ครั้ง นำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์เพื่อดูคุณสมบัติของเครื่องวัดองศามุมเอียงในประเด็นต่างๆ คือ

1. ฮิสเตอร์รีซีส(Hysteresis)ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของโปรเทนทิโอมิเตอร์
2. การเปลี่ยนแปลงแรงดันขาออกของโปรเทนทิโอมิเตอร์และความไว(sensitivity)
3. การเกาะกลุ่มและความซ้ำได้ (Repeatability) ของแรงดันขาออกของโปรเทนทิโอมิเตอร์
4. ความเป็นเชิงเส้น (Linearity) ของแรงดันขาออกของโปรเทนทิโอมิเตอร์



รูปที่ 3.16(ก) แสดงตัวทดสอบมุมเอียงที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.16(ข) แสดงการปรับมุมเอียงเพื่อทดสอบการแสดงผล