

บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการทดลองต่อวงจรเข้ากับบอร์ด Arduino Mega 2560 ดังการทดลองในข้อ 3.1.3 แล้วทำการเขียนโปรแกรมควบคุมแล้วให้แสดงผลออกมาทางหน้าจอ ด้วยโปรแกรม Hyper Terminal เพื่อแสดงผลแบบอนาล็อก แล้วเปรียบเทียบกับโปรแกรม VeePro 6 เพื่อแสดงผลแบบดิจิตอล โดยใช้สารละลายตั้งต้นในการทดสอบที่มีแอลกอฮอล์ผสมอยู่ในระดับ 50 mg% ทดสอบด้วยหัววัด MR-513 จะได้ผลออกมาดังตารางที่ 4.1 – 4.3 และรูปที่ 4.1 – 4.5 ดังต่อไปนี้

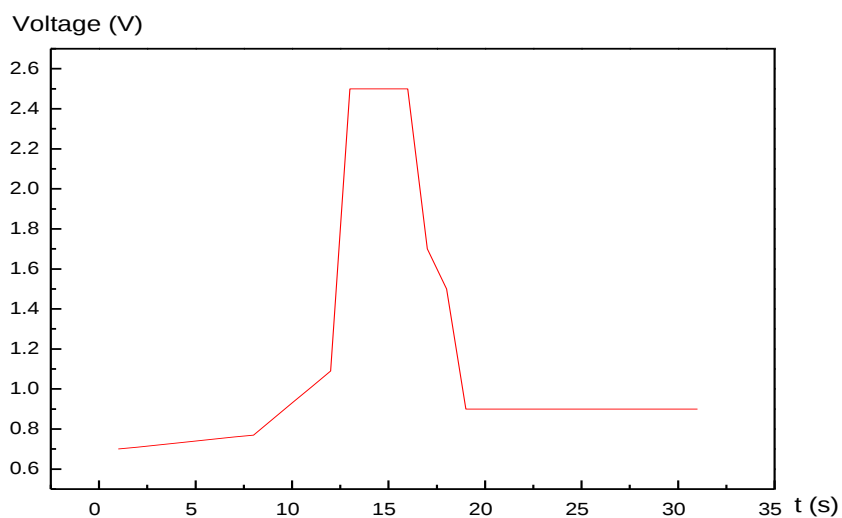
ผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าโดยใช้บอร์ด Arduino Mega 2560 วัดค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากหัววัด MR-513 แสดงดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าโดยใช้บอร์ด Arduino Mega 2560

เวลา (วินาที)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)
1	0.7
2	0.71
3	0.72
4	0.73
5	0.74
6	0.75
7	0.76
8	0.77
9	0.85
10	0.93
11	1.01
12	1.09
13	2.5
14	2.5
15	2.5

ตารางที่ 4.1 ผลการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าโดยใช้บอร์ด Arduino Mega 2560 (ต่อ)

เวลา (วินาที)	แรงดันไฟฟ้า (โวลต์)
16	2.5
17	1.7
18	1.5
19	0.9
20	0.9
21	0.9
22	0.9
23	0.9
24	0.9
25	0.9
26	0.9
27	0.9
28	0.9
29	0.9
30	0.9
31	0.9



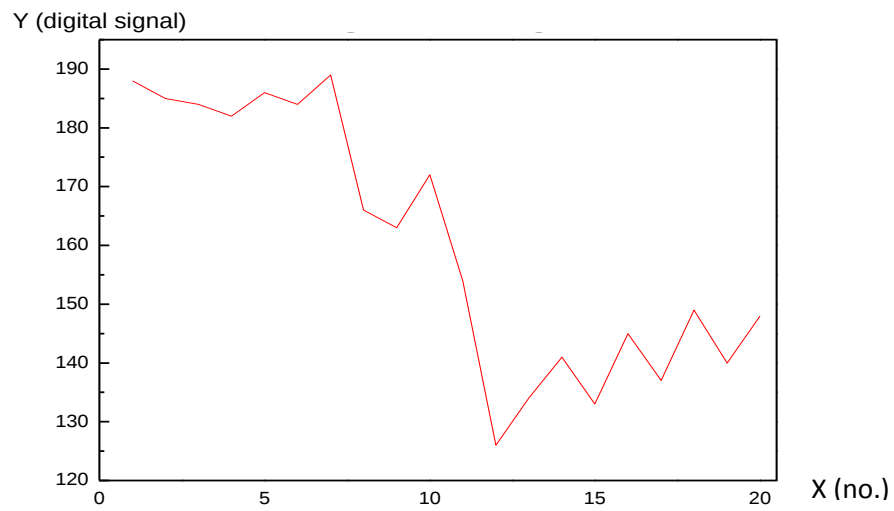
รูปที่ 4.1 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าจากหัววัดเซ็นเซอร์ MR-513 ที่วัดได้จากบอร์ด Arduino Mega 2560

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าที่วัดได้ทั้งแบบสัญญาณดิจิตอล และแรงดันไฟฟ้าของเซ็นเซอร์ MR-513 เมื่อทำการวัดค่าซ้ำ ๆ จำนวน 20 ค่า

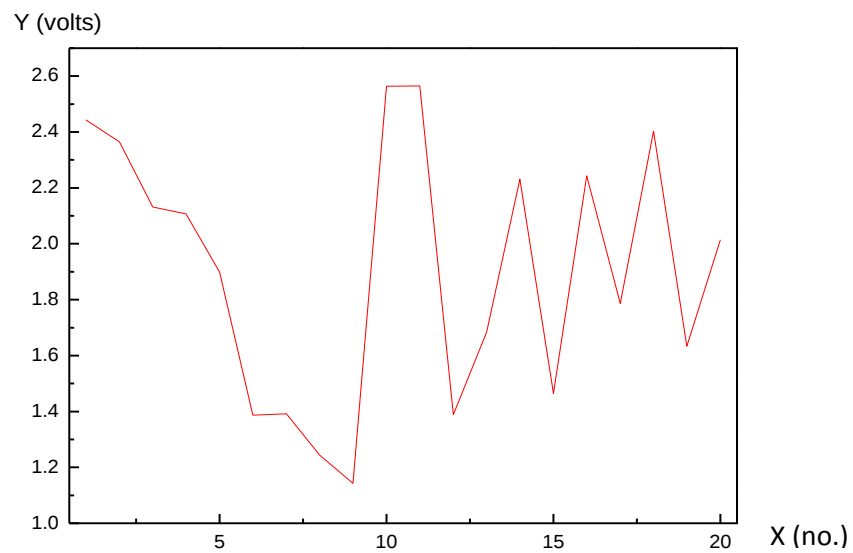
MR-513		
gas 50 mg%		
no.	สัญญาณดิจิตอลที่วัดได้	แรงดันไฟฟ้า(V)
1	188	2.443
2	185	2.365
3	184	2.132
4	182	2.107
5	186	1.899
6	184	1.387
7	189	1.392
8	166	1.244
9	163	1.143

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) แสดงค่าที่วัดได้ทั้งแบบสัญญาณดิจิตอล และแรงดันไฟฟ้าของเซ็นเซอร์
MR-513 เมื่อทำการวัดค่าซ้ำ ๆ จำนวน 20 ค่า

MR-513		
gas 50 mg%		
no.	สัญญาณดิจิตอลที่วัดได้	แรงดันไฟฟ้า(V)
10	172	2.564
11	154	2.565
12	126	1.389
13	134	1.684
14	141	2.231
15	133	1.465
16	145	2.243
17	137	1.786
18	149	2.403
19	140	1.633
20	148	2.014
average	160.3	1.9045
stdev	21.92	0.4639
max	189	2.565
Min	126	1.387
+	28.7	0.6605
-	34.3	0.5175
max-min	63	0.143



รูปที่ 4.2 แสดงค่าสัญญาณดิจิตอลจากหัววัดเซ็นเซอร์ MR-513 ที่วัดได้จากบอร์ด Arduino Mega 2560 ด้วยโปรแกรม Hyper Terminal



รูปที่ 4.3 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าจากหัววัดเซ็นเซอร์ MR-513 ที่วัดได้จากบอร์ด Arduino Mega 2560 ด้วยโปรแกรม Hyper Terminal

จากรูปที่ 4.2 – 4.3 จะเห็นได้ว่าการวัดสัญญาณที่ได้ มีความต่างกันทางด้านสัญญาณรบกวนเล็กน้อย และสัญญาณดิจิตอลที่ออกมา ทำให้การวัดค่ามีความคลาดเคลื่อนมากพอสมควรได้จากค่า Stdev ในตารางซึ่งมีค่าประมาณ 0.5 ซึ่งถือว่ามีการแกว่งที่มากพอสมควร

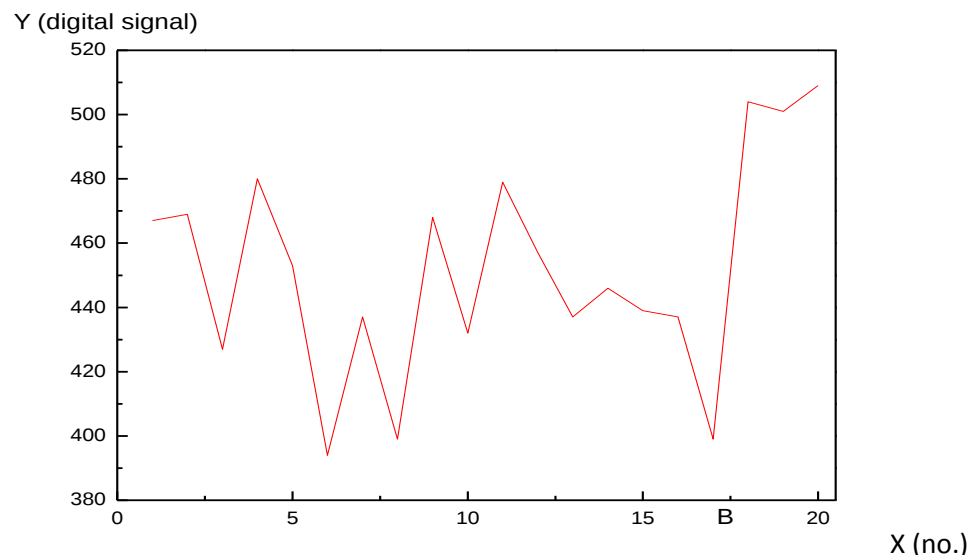
เมื่อทำการเปลี่ยน ไปใช้เซ็นเซอร์เบอร์ MiCS 5135 ทดสอบ ตามการทดลองในข้อ 3.1.3 ได้ผลดังตาราง 4.3 และรูปที่ 4.4 – 4.5

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าที่วัดได้ทั้งแบบสัญญาณดิจิตอล และแรงดันไฟฟ้าของเซ็นเซอร์ MiCS 5135 เมื่อทำการวัดค่าซ้ำ ๆ จำนวน 20 ค่า

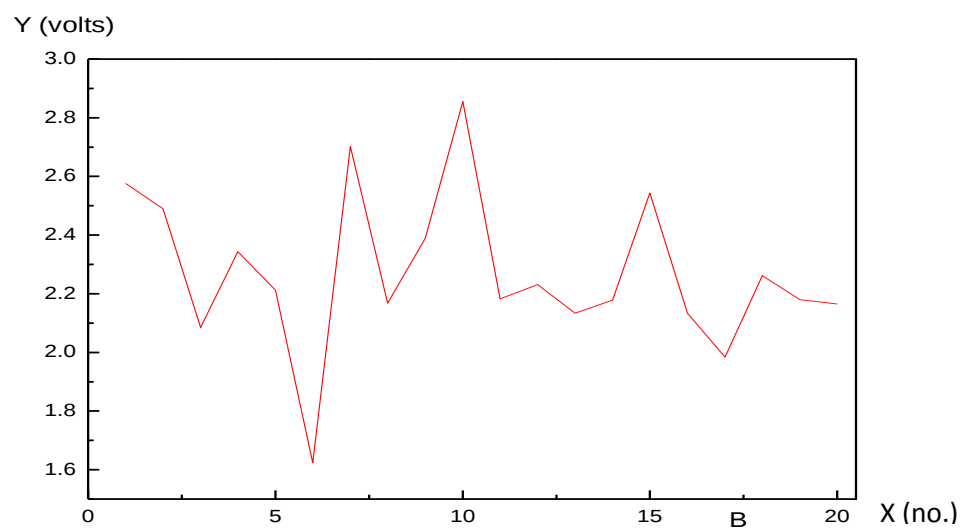
MiCS 5135		
gas 50 mg%		
no.	สัญญาณดิจิตอลที่วัดได้	แรงดันไฟฟ้า(V)
1	467	2.5762
2	469	2.4901
3	427	2.0850
4	480	2.3438
5	453	2.2120
6	394	1.6239
7	437	2.7020
8	399	2.1681
9	468	2.3890
10	432	2.8559
11	479	2.1827
12	457	2.2315
13	437	2.1339
14	446	2.1778
15	439	2.5436
16	437	2.1339

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) แสดงค่าที่วัดได้ทั้งแบบสัญญาณดิจิทัล และแรงดันไฟฟ้าของเซ็นเซอร์
MiCS 5135 เมื่อทำการวัดค่าซ้ำ ๆ จำนวน 20 ค่า

MiCS 5135		
gas 50 mg%		
no.	สัญญาณดิจิทัลที่วัดได้	แรงดันไฟฟ้า(V)
17	399	1.9843
18	504	2.2615
19	501	2.1802
20	509	2.1655
average	451.7	2.272
stdev	33.677	0.270
max	509	2.856
min	349	1.234
+	57.3	0.584
-	57.7	0.648
max-min	115	1.232



รูปที่ 4.4 แสดงค่าสัญญาณดิจิทัลจากหัววัดเซ็นเซอร์ MiCS 5135 ที่วัดได้จากบอร์ด Arduino Mega 2560 ด้วยโปรแกรม Hyper Terminal



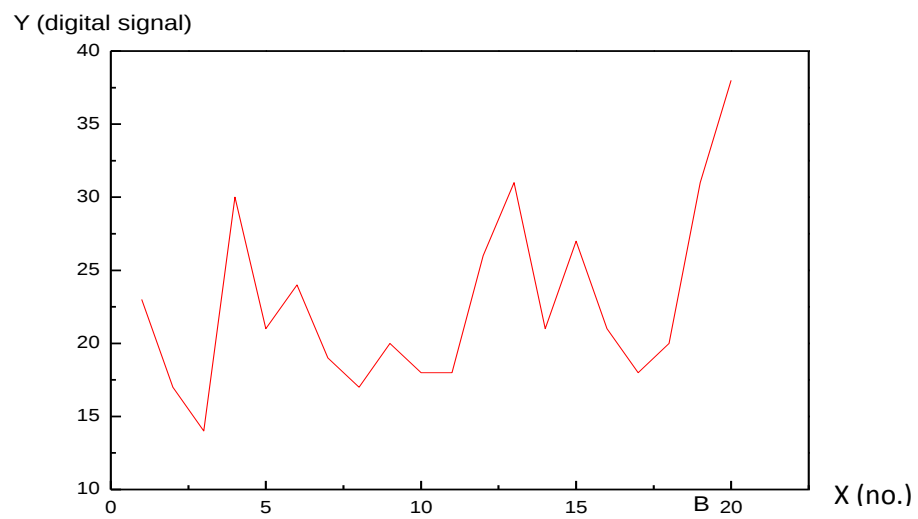
รูปที่ 4.5 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าจากหัววัดเซ็นเซอร์ MiCS 5135 ที่วัดได้จากบอร์ด Arduino Mega 2560 ด้วยโปรแกรม Hyper Terminal

จากรูปที่ 4.4 – 4.5 จะเห็นได้ว่า ค่าการวัดสัญญาณที่ได้มีความต่างกันน้อยมาก ทั้งทางด้านสัญญาณดิจิทัลและแรงดันไฟฟ้าที่ออกมา ทำให้การวัดค่ามีความคลาดเคลื่อนน้อยลง ดูได้จากค่า Stdev ประมาณ 0.3 ซึ่งถือว่าค่าการแกว่งที่น้อยพอสมควร ที่จะนำไปใช้ในการต่อวงจรได้ จึงได้เลือกใช้เซ็นเซอร์ MICS 5135 มาใช้ในการประกอบวงจร

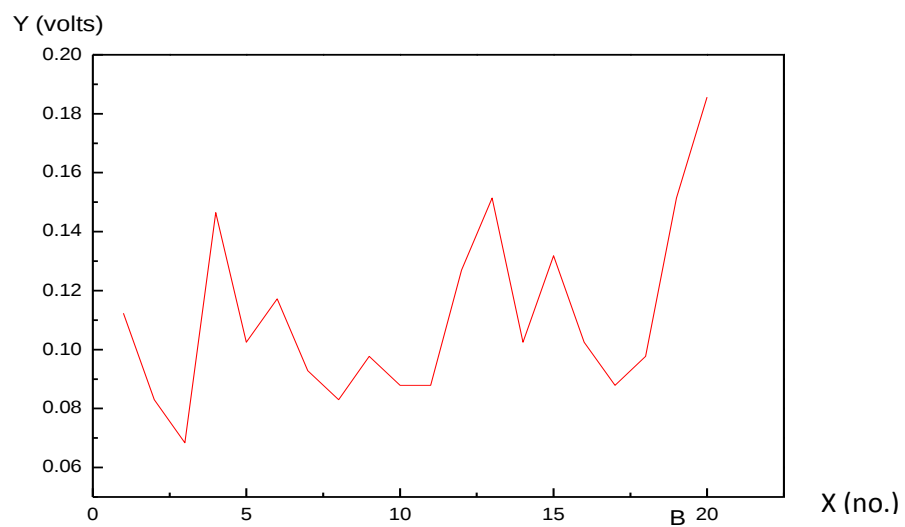
จากการทดลองต่อวงจร เข้ากับบอร์ด Arduino Mega 2560 แล้วทำการเขียนโปรแกรมควบคุมแล้วให้แสดงผลออกมา ทางหน้าจอด้วยโปรแกรม Hyper Terminal เพื่อแสดงผลแบบอนาล็อก แล้วเปรียบเทียบกับโปรแกรม VeePro 6 เพื่อแสดงผลแบบดิจิทัล โดยใช้สารละลายตั้งต้นในการทดสอบ ที่มีแอลกอฮอล์ผสมอยู่ในระดับต่างกัน คือ 0 mg%, 25 mg%, 50 mg% และ 100 mg% จะได้ผลดังตาราง 4.4 – 4.7 และรูปที่ 4.6 – 4.13 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าสัญญาณดิจิทัล และแรงดันไฟฟ้า สำหรับเปรียบเทียบการปล่อยลม
ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ 0 mg% เมื่อทำการวัดค่าซ้ำๆ จำนวน 20 ค่า

no gas (0 mg%)		
No.	สัญญาณดิจิทัลที่วัดได้	แรงดันไฟฟ้า(V)
1	23	0.1123
2	17	0.0830
3	14	0.0684
4	30	0.1465
5	21	0.1025
6	24	0.1172
7	19	0.0928
8	17	0.0830
9	20	0.0977
10	18	0.0879
11	18	0.0879
12	26	0.1270
13	31	0.1514
14	21	0.1025
15	27	0.1318
16	21	0.1025
17	18	0.0879
18	20	0.0977
19	31	0.1514
20	38	0.1856
average	23	0.1109
stdev	6.07	0.0297
max	38.00	0.1856
min	14.00	0.0684
+	15.30	0.0748
-	8.70	0.0425



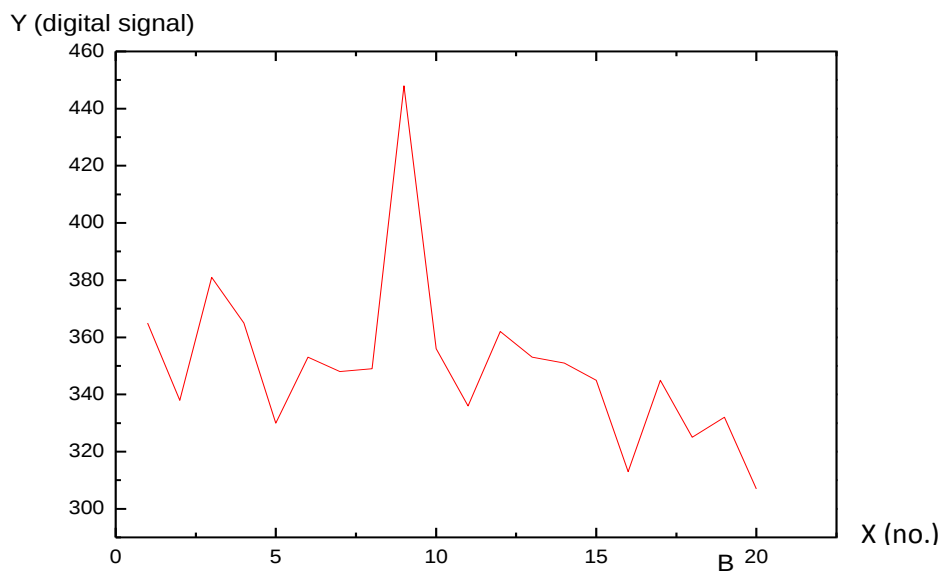
รูปที่ 4.6 แสดงค่าสัญญาณดิจิทัลที่วัดได้จากบอร์ด Arduino Mega 2560 ด้วยโปรแกรม Hyper Terminal ที่ปริมาณแอลกอฮอล์ 0 mg%



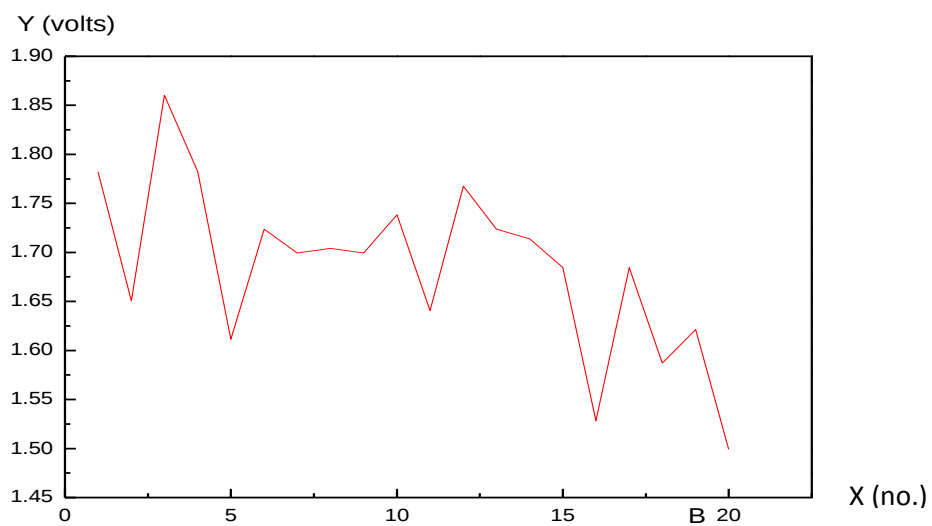
รูปที่ 4.7 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากบอร์ด Arduino Mega 2560 ด้วยโปรแกรม VeePro 6 ที่ปริมาณแอลกอฮอล์ 0 mg%

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าสัญญาณดิจิทัล และแรงดันไฟฟ้า สำหรับเปรียบเทียบการปล่อยลม
ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ 25 mg% เมื่อทำการวัดค่าซ้ำ ๆ จำนวน 20 ค่า

gas 25 mg%		
No.	สัญญาณดิจิทัลที่วัดได้	แรงดันไฟฟ้า(V)
1	365	1.7823
2	338	1.6505
3	381	1.8604
4	365	1.7823
5	330	1.6114
6	353	1.7237
7	348	1.6993
8	349	1.7042
9	448	1.6993
10	356	1.7383
11	336	1.6407
12	362	1.7676
13	353	1.7237
14	351	1.7139
15	345	1.6846
16	313	1.5284
17	345	1.6846
18	325	1.5870
19	332	1.6212
20	307	1.4991
average	350	1.6851
stdev	29.18	0.0874
max	448.00	1.8604
min	307.00	1.4991
+	97.90	0.1753
-	43.10	0.1860



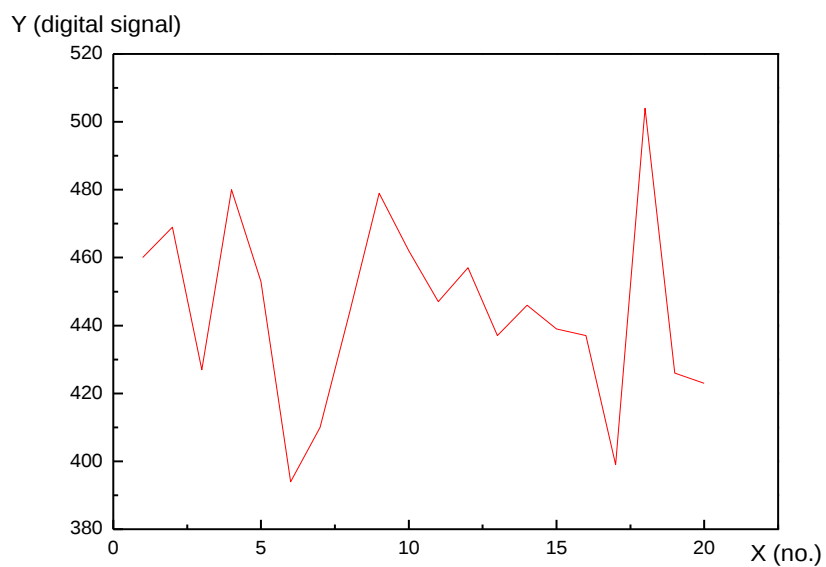
รูปที่ 4.8 แสดงค่าสัญญาณดิจิตอลที่วัดได้จากบอร์ด Arduino Mega 2560 ด้วยโปรแกรม Hyper Terminal ที่ปริมาณแอลกอฮอล์ 25 mg%



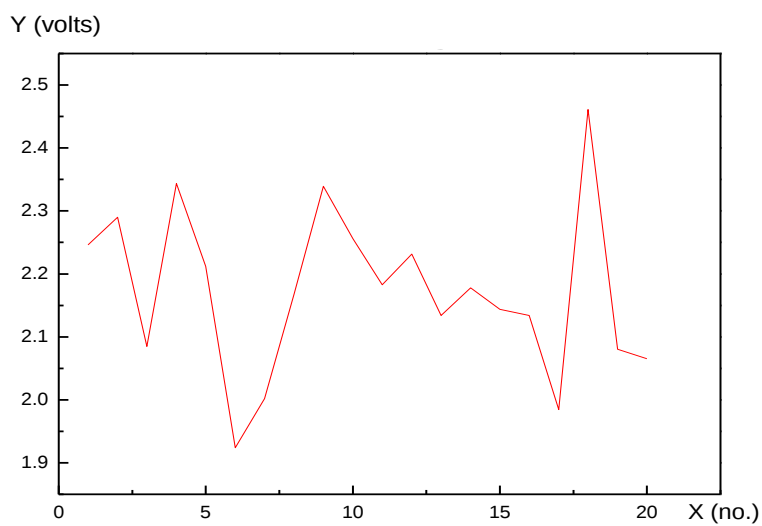
รูปที่ 4.9 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากบอร์ด Arduino Mega 2560 ด้วยโปรแกรม VeePro 6 ที่ปริมาณแอลกอฮอล์ 25 mg%

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าสัญญาณดิจิทัล และแรงดันไฟฟ้า สำหรับเปรียบเทียบการปล่อยลม
ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ 50 mg% เมื่อทำการวัดค่าซ้ำ ๆ จำนวน 20 ค่า

gas 50 mg%		
No.	สัญญาณดิจิทัลที่วัดได้	แรงดันไฟฟ้า(V)
1	460	2.2462
2	469	2.2901
3	427	2.0850
4	480	2.3438
5	453	2.2120
6	394	1.9239
7	410	2.0020
8	444	2.1681
9	479	2.3390
10	462	2.2559
11	447	2.1827
12	457	2.2315
13	437	2.1339
14	446	2.1778
15	439	2.1436
16	437	2.1339
17	399	1.9843
18	504	2.4610
19	426	2.0802
20	423	2.0655
average	445	2.1730
stdev	27.57	0.1317
max	504.00	2.4610
min	394.00	1.9239
+	59.35	0.2880
-	50.65	0.2491



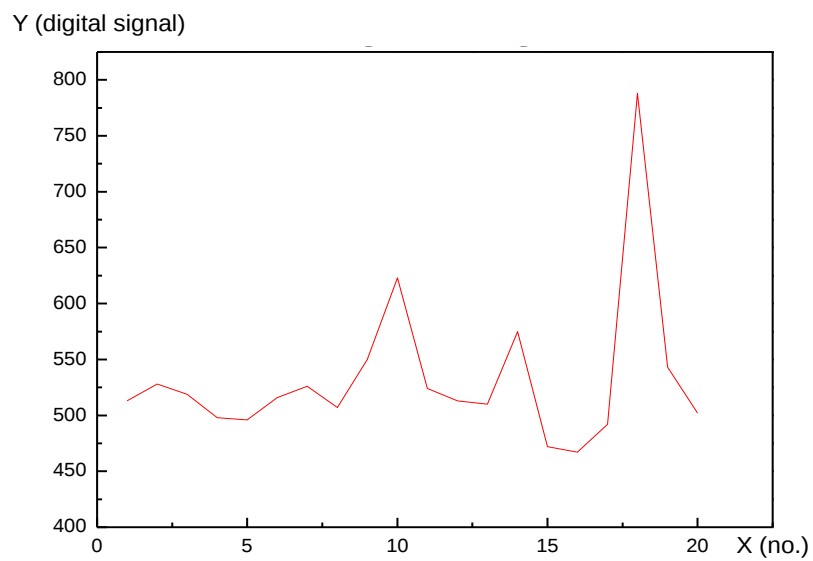
รูปที่ 4.10 แสดงค่าสัญญาณดิจิตอลที่วัดได้จากบอร์ด Arduino Mega 2560 ด้วยโปรแกรม Hyper Terminal ที่ปริมาณแอลกอฮอล์ 50 mg%



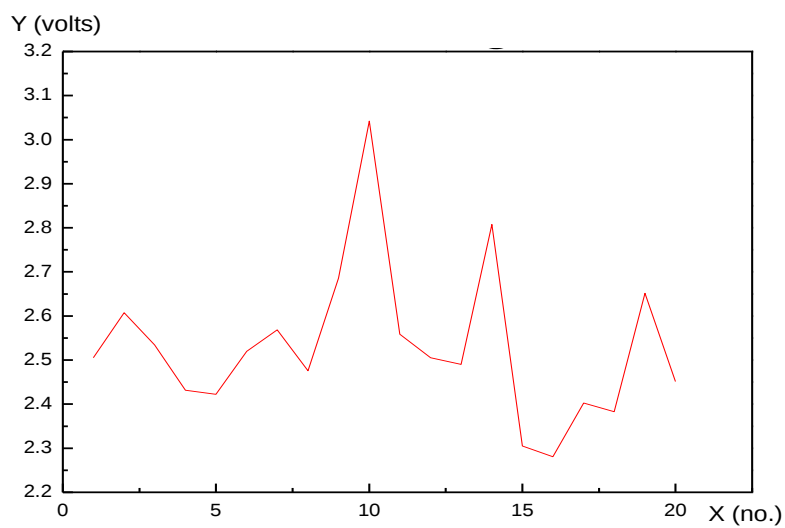
รูปที่ 4.11 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากบอร์ด Arduino Mega 2560 ด้วยโปรแกรม VeePro 6 ที่ปริมาณแอลกอฮอล์ 50 mg%

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าสัญญาณดิจิตอล และแรงดันไฟฟ้า สำหรับเปรียบเทียบการปล่อยลม
ที่มีปริมาณแอลกอฮอล์ 100 mg%

gas 100 mg%		
No.	สัญญาณดิจิตอลที่วัดได้	แรงดันไฟฟ้า(V)
1	513	2.5050
2	528	2.6075
3	519	2.5343
4	498	2.4317
5	496	2.4220
6	516	2.5196
7	526	2.5685
8	507	2.4757
9	550	2.6857
10	623	3.0421
11	524	2.5587
12	513	2.5050
13	510	2.4903
14	575	2.8077
15	472	2.3048
16	467	2.2804
17	492	2.4024
18	788	2.3829
19	543	2.6515
20	502	2.4513
average	533	2.5314
stdev	69.30	0.1734
max	788.00	3.0421
min	467.00	2.2804
+	254.90	0.5107
-	66.10	0.2510



รูปที่ 4.12 แสดงค่าสัญญาณดิจิทัลที่วัดได้จากบอร์ด Arduino Mega 2560 ด้วยโปรแกรม Hyper Terminal ที่ปริมาณแอลกอฮอล์ 100 mg%



รูปที่ 4.13 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากบอร์ด Arduino Mega 2560 ด้วยโปรแกรม VeePro 6 ที่ปริมาณแอลกอฮอล์ 100 mg%

หลังจากที่ได้ผลการทดลองแล้ว จึงนำค่าที่ได้ มาทำการ calibrate โดยการเขียนโปรแกรมเข้าไปอีกครั้ง ได้ผลออกมาดังตาราง 4.8

ตารางที่ 4.8 ค่าผลการทดลองหลังทำการ calibrate

Solution 48 mg%		Multiply 1.2					
No.	Vmax	Vmin	Vminbase	Vmax-Vmin	Vmax-Vminbase	Vmax-Vz1	mg%
1	345	78	59	267	286	197	75
2	342	107	56	235	286	165	50
3	340	107	59	233	281	163	50
4	343	112	59	231	284	161	50
5	344	122	64	222	280	152	37.5
6	343	86	62	257	281	187	75
7	342	85	60	257	282	187	75
8	342	103	61	239	281	169	50
9	340	96	61	244	279	174	50
10	334	97	56	237	278	167	50
11	339	101	57	238	282	168	50
12	337	108	69	229	268	159	50
13	338	119	63	219	275	149	37.5
14	333	100	57	233	276	163	50
15	333	110	31	223	302	153	37.5
16	331	110	58	221	273	151	37.5
17	335	84	59	251	276	181	50
18	333	39	62	294	271	224	50
19	335	96	62	239	273	169	50
20	335	101	60	234	275	164	50
						average	51.25
						stdev	50
						max	75
						min	37.5
						+	23.75
						-	13.75

โดยที่ V_{max} คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดที่วัดได้จาก gas sensor ใช้สำหรับคำนวณหา gas concentration

V_{min} คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดที่วัดได้จาก gas sensor ใช้เพื่อคำนวณหาค่า gas concentration

ตามสมการ
$$\text{gas concentration} = \frac{V_{max}}{V_{min}}$$

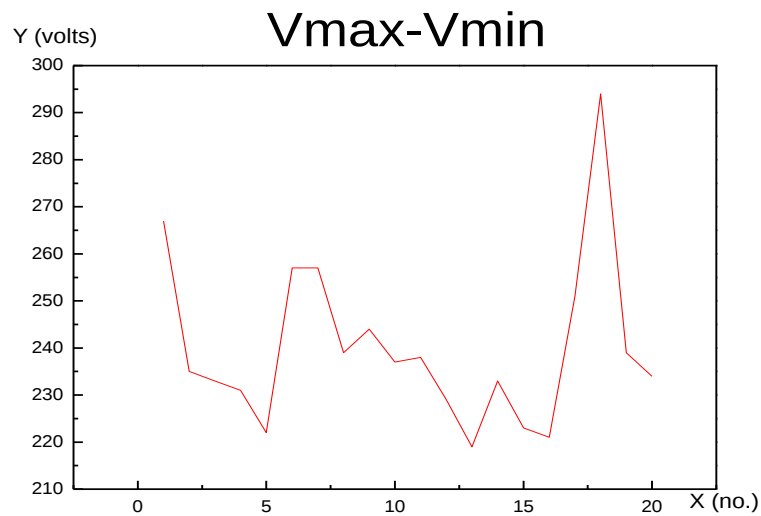
$V_{minbase}$ คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าในกรณีที่ไม่มี gas เข้ามาที่หัววัด

V_{z1} คือ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จาก R_H (แรงดันไฟฟ้าของ Heater ของ sensor)

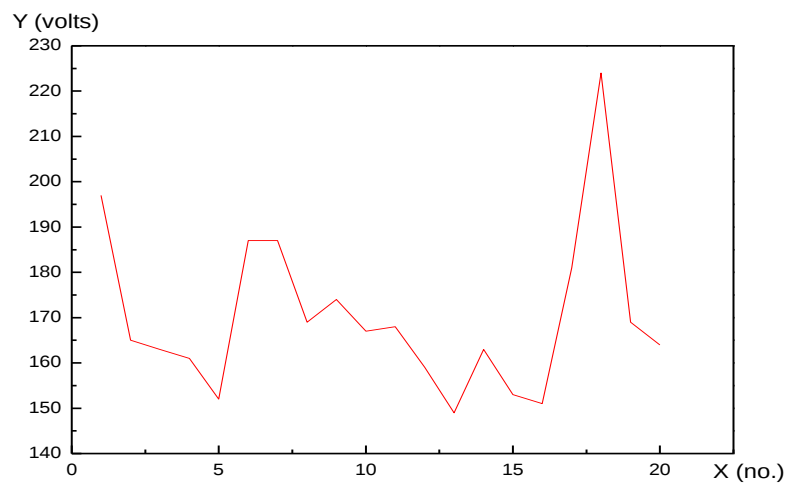
หมายเหตุ ค่าแรงดันไฟฟ้าทั้งหมดที่วัดได้ เป็นค่าที่วัดออกมาเป็นแบบ digital ขนาด 10 bit จาก output ของวงจร an alog to digital ซึ่งนำมาหาคำนวณโดยไม่ได้เปลี่ยนค่าให้เป็นแรงดันไฟฟ้าเพื่อประหยัดพื้นที่ใน memory ของ microprocessor

หลังจากเขียนคำสั่งควบคุมลงโปรแกรม และทำการทดสอบจำนวน 20 ครั้ง จะเห็นได้ว่า ทำให้เครื่องวัดฯ สามารถวัดค่าปริมาณแอลกอฮอล์ สูงสุดที่ได้อยู่ที่ 75 mg% จำนวน 3 ครั้ง และต่ำสุดอยู่ที่ 37.5 mg% จำนวน 4 ครั้ง และสามารถวัดได้ใกล้เคียงค่าจริง คือ 50 mg% จำนวน 13 ครั้ง สามารถแสดงค่าเฉลี่ยในการวัดอยู่ที่ 51.25 mg% โดยใช้สารละลายตั้งต้นที่ 48 mg%

- จะเห็นได้ว่าอัตราการแกว่ง ของการวัดคือ 75 mg% และ 37.5 mg% มีจำนวนรวมกัน 7 ครั้ง (คิดเป็น 35%)
- และการวัดค่าใกล้เคียงกับสารละลายตั้งต้น คือ 50 mg% มีจำนวนทั้งหมด 13 ครั้ง (คิดเป็น 65%)



รูปที่ 4.14 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้าสูงสุดของวงจร (Vmax) ลบแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดจร (Vmin)



รูปที่ 4.15 แสดงค่าแรงดันไฟฟ้า สูงสุดของวงจร (Vmax) ลบแรงดันไฟฟ้าต่ำสุดที่จะนำมา
คำนวณ (Vz1) สมการ ในการเขียนโปรแกรม

จากรูปที่ 4.14 - 4.15 จะเห็นได้ว่าลักษณะของกราฟจะไปในทิศทางเดียวกันทั้ง 2 กราฟ ทำให้ค่าที่นำมาคำนวณสอดคล้องกัน และมีความถูกต้องแม่นยำในการคำนวณ และการวัดค่าไอแอลกอฮอล์จากลมหายใจมากขึ้น และจากข้อมูลในตารางที่ 4.1 ซึ่งเป็นข้อมูล การทดสอบวัดค่าปริมาณแอลกอฮอล์ที่ 50 mg% ของ gas sensor เบอร์ MR-513 เทียบกับ gas sensor เบอร์ MiCS 5135 ซึ่งมีผลการทดสอบอยู่ในตารางที่ 4.5 จะเห็นว่าค่า standard

deviation ของ gas sensor เบอร์ MR-513 มีค่าเท่ากับ 0.44 V ซึ่งมากกว่า gas sensor เบอร์ MiCS 5135 ซึ่งมี standard deviation อยู่ที่เท่ากับ 0.13 V จากข้อมูลที่ได้ จึงสรุปว่าค่าความกว้างในการวัดค่าซ้ำ ๆ ของ gas sensor เบอร์ MiCS 5135 มีค่าต่ำกว่า gas sensor เบอร์ MR-513 จึงได้ทำการเลือกใช้ gas sensor เบอร์ MiCS 5135 ในการออกแบบเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์จากลมหายใจ ดังแสดงในภาคผนวก