บทที่ 4

การเก็บข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์

เนื่องจากการวิจัยนี้ต้องการที่จะศึกษาศักย์เทอร์มอลคร่อมแผ่นเยื่อแลกเปลี่ยนไอออนในสารละลายเกลือคลอไรด์ ดังนั้นปริมาณสำคัญที่ต้องทำการวัดเพื่อนำมาวิเคราะห์ผลก็คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า ($\Delta\Psi$) และความแตกต่างอุณหภูมิ (ΔT) แต่เดิมการวัดปริมาณดังกล่าวสามารถกระทำได้สะดวกที่สุดด้วยเครื่องบันทึกกราฟ โดยวัดปริมาณทั้งสองพร้อม ๆ กันตลอดเวลาที่ทำการวัด แต่การใช้เครื่องบันทึกกราฟมักจะประสบกับปัญหายุ่งยาก เช่น เส้นกราฟขาดตอน กระดาษที่ใช้หาซื้อได้ยากในประเทศ ฯลฯ และยังต้องเสียเวลาในการอ่านข้อมูลเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

ในการวิจัยนี้จึงนำเอาคอมพิวเตอร์ขนาด 8 บิทเป็นชนิดที่ลอกแบบมาจากแอปเปิล 2 (apple II compactible) เข้ามาช่วยในการเก็บข้อมูล ทำให้สะดวกและรวดเร็วขึ้น ข้อมูลที่เก็บมานี้ยังสามารถนำไปวิเคราะห์ได้ในทันที แต่อย่างไรก็ตามเราไม่สามารถที่จะนำคอมพิวเตอร์มาวัดปริมาณดังกล่าวได้โดยตรง เนื่องจากคอมพิวเตอร์รับรู้ปริมาณต่าง ๆ ในลักษณะของสัญญาณเชิงตัวเลข (digital) จึงต้องมีเครื่องควบคุมการเก็บข้อมูล เพื่อจัดแปลงสัญญาณเชิงอุปมาน (analog) มาเป็นสัญญาณเชิงตัวเลขให้แก่คอมพิวเตอร์ สำหรับการวิจัยนี้ได้จัดสร้างเครื่องควบคุมการเก็บข้อมูล โดยมีรายละเอียดของเครื่องดังนี้

4.1 ความสามารถของเครื่องควบคุมการเก็บข้อมูล

เครื่องควบคุมการเก็บข้อมูลนี้ สามารถที่จะจัดเก็บปริมาณความต่างศักย์ไฟฟ้าและความแตกต่างอุณหภูมิได้พร้อมกัน โดยสามารถเลือกเก็บปริมาณความต่างศักย์ไฟฟ้าได้ 5 ช่วงคือ ± 0.1, ± 1, ± 10, ± 100 และ ± 1000 มิลลิโวลต์ และสามารถเลือกเก็บปริมาณความแตกต่างอุณหภูมิได้ 3 ช่วงคือ ± 10, ± 15 และ ± 20 องศาเซลเซียส เครื่องควบคุมนี้จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณที่ได้รับในเชิงอุปมาน ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าเชิง

ตัวเลข พร้อมที่จะส่งต่อให้แก่คอมพิวเตอร์ สัญญาณเชิงตัวเลขที่ได้จากเครื่องควบคุมการเก็บข้อมูลจะเป็นสัญญาณขนาด 8 บิท (bits) การเก็บข้อมูลจะเก็บข้อมูลในแต่ละส่วนในช่วงเวลาสั้น ๆ หลาย ๆ ข้อมูลและนำมาเฉลี่ยเพื่อลดสัญญาณรบกวน (noise) ที่เข้าสู่ระบบ โดยสามารถกำหนดช่วงเวลาของการเก็บข้อมูลในแต่ละครั้ง ได้ในส่วนของความแตกต่างของอุณหภูมิ เราสามารถทราบค่าของอุณหภูมิได้โดยตรงในหน่วยขององศาเซลเซียสซึ่งทำให้สะดวกและถูกต้องแม่นยำกว่าการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องบันทึกกราฟ

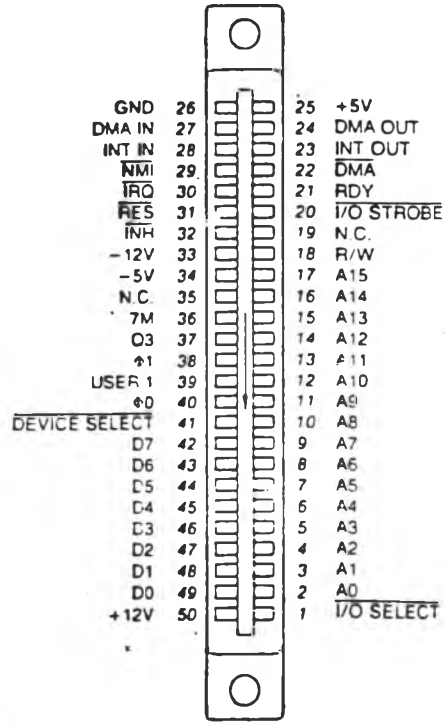
4.2 การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอก

เนื่องจากคอมพิวเตอร์สามารถแบ่งเป็นส่วนใหญ่ได้ 3 ส่วนคือ หน่วยประมวลผล (ซี.พี.ยู.; CPU) หน่วยความจำ (memory) และส่วนที่ติดต่อกับภายนอก

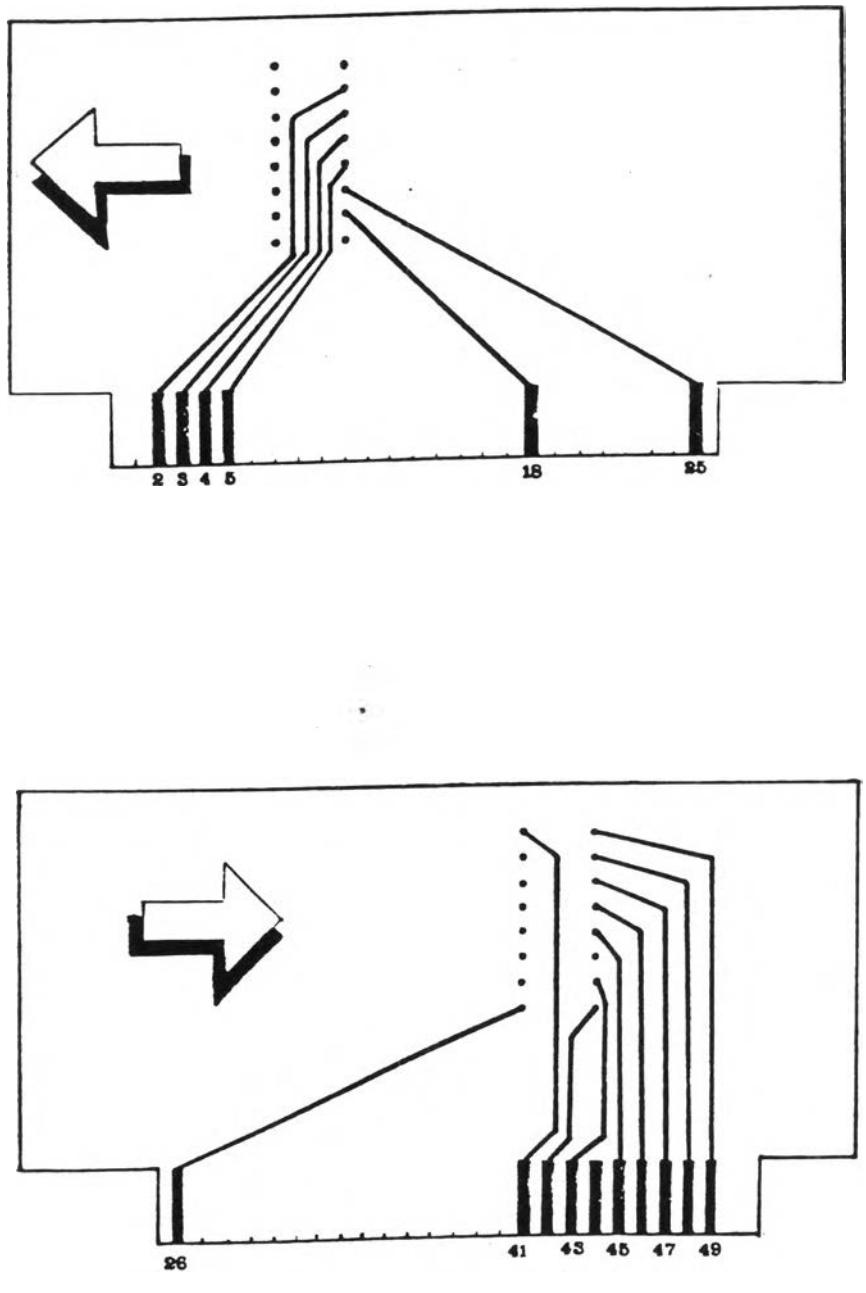
ส่วนที่ติดต่อกับภายนอกสามารถสังเกตได้จากภายนอก [15] เช่น แป้นพิมพ์ (keyboard) จอมอนิเตอร์ (monotor) เป็นต้น แต่ภายในเครื่องก็มีส่วนที่ติดต่อกับภายนอก เรียกว่า "ช่องเชื่อมต่อภายนอก" (peripheral connector ;I/O slot) สำหรับคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลองนี้ จะมีช่องเชื่อมต่อภายนอกทั้งสิ้น 8 ช่อง คือช่องที่ 0 ถึง 7 ในแต่ละช่องมีขั้วหรือขา 50 ขา ดังรูปที่ 4.2.1 และ 4.2.2 ซึ่งในการวิจัยนี้เราสนใจช่องเชื่อมต่อภายนอกที่ 4 ซึ่งปกติจะวางอยู่และขาที่เลือกใช้มี 16 ขา โดยใช้แผ่นวงจรเชื่อมกับช่องเชื่อมต่อ แล้วต่อสายสู่วงจรภายนอก ดังรูปที่ 4.2.3 หน้าที่ของขาทั้ง 16 ที่เลือกใช้ได้แสดงในตาราง 4.2.1

4.3 การทำงานของเครื่องควบคุมการเก็บข้อมูล

การทดลองวัดโดยนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยนั้น การจัดอุปกรณ์และเครื่องมือคล้ายกับการวัดแบบธรรมดา ต่างกันแต่เพียงการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า และความแตกต่างอุณหภูมิจากเซลล์แล้ว แทนที่จะเข้าเครื่องดิฟเฟอเรนเชียลโวลต์มิเตอร์ และเครื่องบันทึกกราฟ ในกรณีนี้จะนำสัญญาณที่ได้ผ่านปรีแอมป์เพื่อขยายหรือลดสัญญาณให้เหมาะสมเข้าสู่ตัวแปลงสัญญาณไฟฟ้าแบบอุปมานเป็นเชิงตัวเลข หรือที่เรียกว่าเอดี (analog to digital converter; ADC) สัญญาณเชิงตัวเลขจะผ่านเข้าสู่คอมพิวเตอร์ และถ้า



ภาพที่ 4.2.2 แสดงขาต่าง ๆ ของช่องเชื่อมต่อภายนอกของคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 4.2.3 แสดงรายละเอียดของแผ่นวงจรที่เชื่อมกับช่องเชื่อมต่อภายนอกของคอมพิวเตอร์

ตาราง 4.2.1 แสดงชื่อ และหน้าที่ของแต่ละขา ในช่องเชื่อมต่อภายนอกที่เลือกใช้

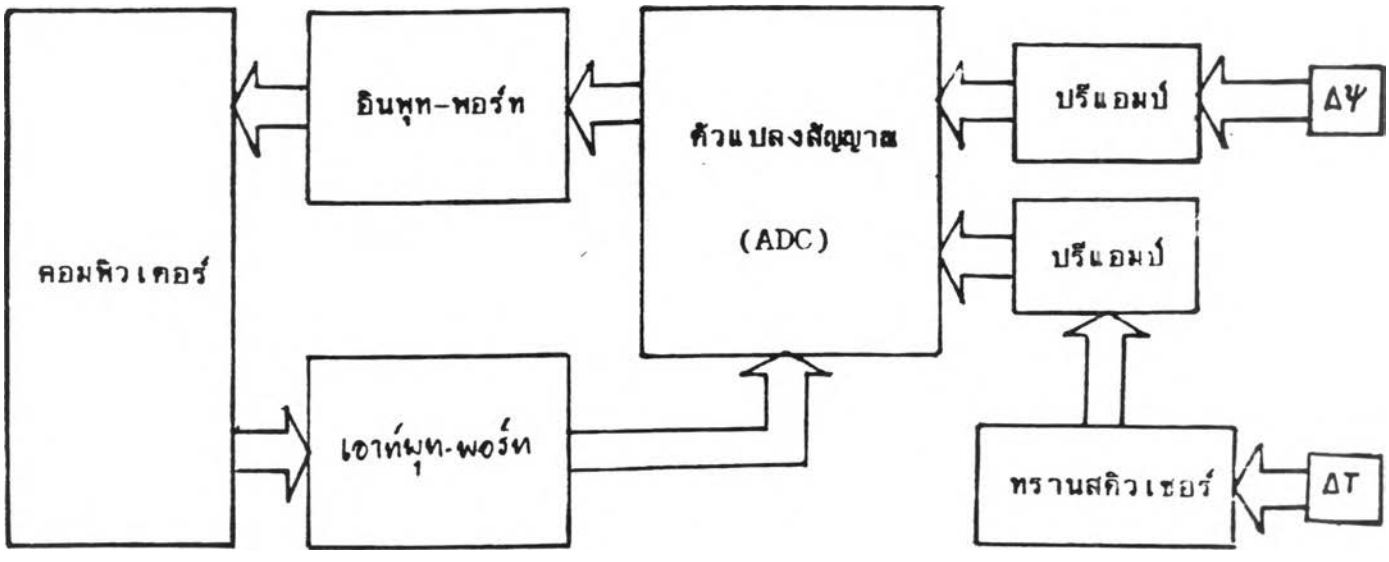
ขาที่	ชื่อ	หน้าที่
2 - 5	Ao - A3	เป็นแอดเดสบัส (buffered address bus) ข้อมูลจาก cpu จะส่งมาทางขานี้
18	R/W	เป็นขา read และ write โดยที่ขา read ให้ส่งข้อมูลออกมา write ใช้เขียนคือใส่ข้อมูลเข้าไป
25	+5V	เป็นไฟเลี้ยง +5 โวลต์ จากแหล่งจ่ายไฟของคอมพิวเตอร์ มีกระแส 500 มิลลิแอมป์ ผ่านการ์ดต่าง ๆที่จะนำมาต่อ
26	GND	เป็นกราวด์ ของระบบไฟฟ้า
41	DEVICE SELECT	เป็นตัวเลือกให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ทำงาน
42 - 42	D7 - D0	เป็นสายที่ข้อมูลเข้า

คอมพิวเตอร์สั่งให้อุปกรณ์ตัวใดทำงานก็จะส่งสัญญาณเชิงตัวเลขออกมา ดังแสดงในแผนภาพรูปที่ 4.3.1

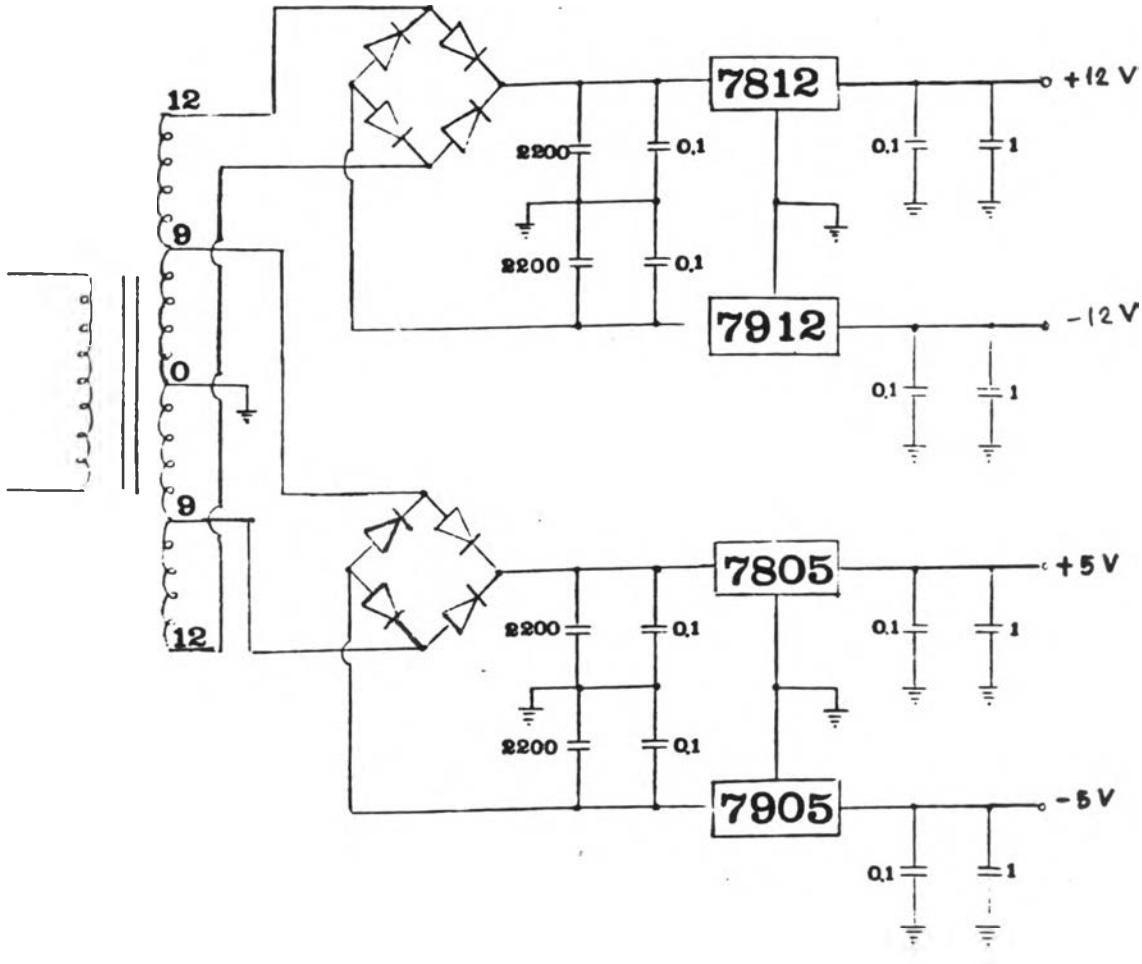
4.4 การทำงานของวงจรในเครื่องควบคุมการเก็บข้อมูล

หลักการทำงานมีดังนี้คือ จากช่องเชื่อมต่อภายนอกของเครื่องคอมพิวเตอร์มีสายเชื่อม 16 ขา มาที่แผ่นวงจรภายนอก ซึ่งมีไอซีแปลงสัญญาณแบบเชิงอุปมานให้เป็นแบบเชิงตัวเลข ซึ่งต้องมีการปรับค่าความต่างศักย์อ้างอิง (referent voltage) ให้ได้ค่าตามต้องการ โดยใช้ไอซีเบอร์ LM358 และไอซีศักย์อ้างอิง LM336 (2.5 โวลต์) เป็นตัวให้แรงดันคงที่ออกมาตามต้องการ ข้อมูลจากการทดลองจะผ่านปรีแอมป์ (preamplify) ซึ่งใช้ไอซีเบอร์ LM351 จำนวน 2 ตัว สำหรับขยายความต่างศักย์ตัวหนึ่ง และอีกตัวหนึ่งสำหรับความแตกต่างอุณหภูมิ ปรีแอมป์ทั้งสองตัวจะต่อกับสวิทช์อิเลกทรอนิคส์ ซึ่งเป็นไอซีเบอร์ TL607 เพื่อเลือกเก็บข้อมูลทีละค่าสลับกันไป ในช่วงเวลาสั้น ๆ และข้อมูลจำนวนมากที่นำมาเฉลี่ยจึงถือว่า เป็นการเก็บข้อมูลพร้อมกันได้ สำหรับงานวิจัยนี้ ข้อมูลเชิงอุปมานผ่านเอทูดีแล้ว แปลงเป็นสัญญาณเชิงตัวเลขเข้าสู่ ซี.พี.ยู. โดยรับคำสั่งจากชุดคำสั่งที่เขียนขึ้น (program) ในชุดคำสั่งจะมีการสั่งให้ไอซีตัวใดทำงานในช่วงจังหวะใด จึงต้องมีตัวถอดรหัส (decoder) ใช้ไอซีเบอร์ LS138 ในการเรียกกระตุ้นที่ขาของอุปกรณ์ที่ต้องการให้ทำงาน ถ้าคอมพิวเตอร์จะสั่งให้อุปกรณ์ในวงจรตัวใดทำงาน สามารถส่งสัญญาณเชิงตัวเลขผ่านเอาท์พุท พอร์ท (out put port) ใช้ไอซีเบอร์ LS374 ไฟเลี้ยงของวงจรควบคุมนี้ใช้ไฟเลี้ยงขนาด ±5 และเผื่อสำหรับการพัฒนากับการทดลองอื่น ได้สร้างแหล่งจ่ายไฟขนาด ±5 และ ±12 โวลต์วงจรแสดงในรูปที่ 4.4.1

4.4.1 LM336 เป็น อุปกรณ์ที่จะให้แรงดันอ้างอิงชนิดที่ให้แรงดันคงที่ออกมา 2.5 โวลต์ เมื่อต่อวงจรดังแสดงในภาคผนวก ง. รูปที่ ง.1 ไฟเลี้ยงที่ใช้ ±5 โวลต์ แรงดันที่ให้ออกมา 2.5 โวลต์ ซึ่งจะนำไปปรับค่า $V_{ref}/2$ และ $V_{in}(-)$ ของ เอทูดี ดังจะกล่าวต่อไป



ภาพที่ 4.3.1 แผนภาพแสดงการเก็บข้อมูล โดยคอมพิวเตอร์



ภาพที่ 4.4.1 แสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง ± 5 โวลต์ ± 12 โวลต์

1174916147

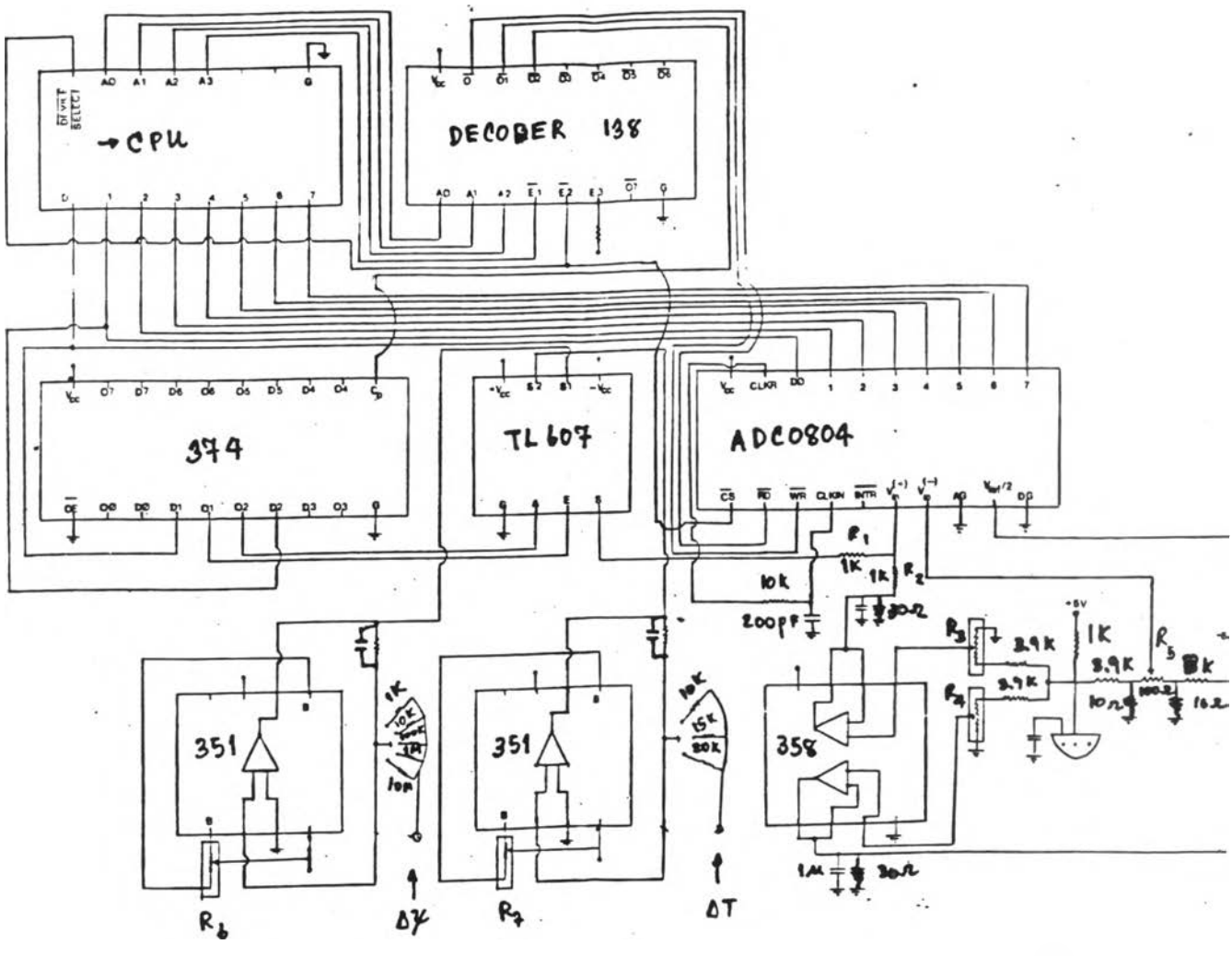
4.4.2 LM358 เป็น ออปแอมป์ (operational amplifiers) มีรายละเอียดในภาคผนวก ง. รูปที่ ง.2 เราใช้ไอซีตัวนี้ในการลดแรงดันจาก LM336 ที่มีค่า 2.5 โวลต์ ให้ได้ 127 มิลลิโวลต์ เพื่อเข้า เอทูดีที่ขา $V_{ref}/2$ โดยการปรับตัวต้านทานตัวที่ สาม (R3) และ เมื่อแรงดันขาเข้าที่ขา $V_{in}(+)$ มีค่าเป็น 0 แล้วต้องปรับแรงดันเข้าขา $V_{in}(-)$ จนกว่าเอทูดีจะให้สัญญาณเชิงตัวเลขเป็น 127 โดยการปรับตัวต้านทานตัวที่ห้า (R5) ในรูป 4.4

4.4.3 ADC0804 เป็น เอทูดี (analog to digital converter) มีรายละเอียดดังภาคผนวก ง. รูปที่ ง.3 และ ง.4 ที่เลือกใช้ตัวนี้เนื่องจากหาซื้อได้ง่าย ใช้ไฟเลี้ยง ±5 โวลต์ ต้องมีการปรับ $V_{ref}/2$ โดยใช้ LM358 เพื่อลดแรงดันให้ได้ 127 มิลลิโวลต์ ดังนั้นจะมี V_{ref} เท่ากับ 255 มิลลิโวลต์ ซึ่งเอทูดีจะเปรียบเทียบสัญญาณที่เข้ามากับ ค่า V_{ref} เพื่อเปลี่ยนสัญญาณเชิงอุปมานเป็นสัญญาณเชิงตัวเลข เอทูดี นี้มีขาสำหรับสัญญาณออกอยู่ 8 ขาคือ D_0 ถึง D_7 จะแบ่งข้อมูลออกเป็น 256 ระดับ คือ 0 ถึง 255

การปรับ $V_{ref}/2$ ให้เป็น 127 มิลลิโวลต์นั้น โดยการปรับ R3 (1KΩ) ที่ต่อจากขา 3 ของ LM358

เพื่อต้องการให้สัญญาณที่เข้ามาสามารถเป็นได้ทั้งบวกและลบ เมื่อเทียบกับกราวด์ของระบบ จึงได้ทำการต่อตัวต้านไฟฟ้าที่มีค่าเท่ากัน 2 ตัว คือ R1 และ R2 (1 KΩ) เป็นการแบ่งแรงดันที่สามารถเข้าสู่ เอทูดีออกเป็น 2 ส่วน

ที่ขา $V_{in}(+)$ ก่อนเข้า R2 จะต้องมี V คงที่ 255 มิลลิโวลต์ โดยต่อแบบเดียวกับที่ปรับ $V_{ref}/2$ โดยการปรับ R4(1KΩ)



ภาพที่ 4.4 แสดงวงจรของเครื่องควบคุมการเก็บข้อมูล

นอกจากนี้ต้องปรับ $V_{in}(-)$ ให้ได้ 127 มิลลิโวลต์ เมื่อแรงดันขาเข้าของ $V_{in}(+)$ ต่อลงกราวด์ ในการปรับ $V_{in}(-)$ ให้ได้ 127 มิลลิโวลต์ ปรับตัวต้านทาน R5 (100Ω) แล้วดูค่าที่ปรับโดยใช้ชุดคำสั่งดังภาคผนวก จ. ชุดคำสั่งที่ จ.1 ความสัมพันธ์ของแรงดันที่เข้าสู่ เอทูดีและค่าที่ เอทูดีอ่านได้แล้วแปลงเป็นสัญญาณเชิงตัวเลข ได้แสดงไว้ในตาราง 4.4.1

4.4.4 LM351 เป็น ออปแอมป์ (operational amplifiers) เราใช้เป็นปรีแอมป์ ข้อมูลที่เราได้จากการทดลอง ค่าความต่างศักย์ที่ได้มีช่วงการวัดขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ คือมีช่วงเป็น ±0.1, ±1, ±10, ±100 และ ±1000 มิลลิโวลต์ ส่วนความแตกต่างของอุณหภูมิอยู่ในช่วง ±10 องศาเซลเซียส แต่ในที่นี้ทำเผื่อไว้อีก 2 ช่วงคือ ช่วง ±15 และ ±20 องศาเซลเซียส ซึ่งเราต้องใช้ปรีแอมป์ขยายสัญญาณให้ใหญ่หรือลดสัญญาณให้เล็กตามความเหมาะสม โดยที่ค่ามากที่สุดเท่ากับ V_{ref} ของ เอทูดี ในที่นี้เราใช้ LM351 มีรายละเอียดในภาคผนวก ง. รูปที่ ง.5 โดยต่อแบบวงจรมาตราฐาน (typical connection) ตัวนี้มีการปรับค่าตั้งต้น (off set) โดยปรับ R6 และ R7 สำหรับการขยายค่าความต่างศักย์ และค่าความแตกต่างอุณหภูมิตามลำดับ ก่อนเข้าสู่ปรีแอมป์นี้จะมีสวิทช์เลือก (selector switch) สำหรับเลือกช่วง (range) มีรายละเอียดดังตาราง 4.4.2 และตาราง 4.4.3

4.4.5 TL607 เป็นสวิทช์ มีรายละเอียดในภาคผนวก ง. รูปที่ ง.6 ในที่นี้เรานำมาใช้ในการเลือกว่าจะรับข้อมูลจาก ปรีแอมป์ LM351 ตัวที่ 1 ($\Delta\psi$) หรือตัวที่ 2 (ΔT) เพื่อเข้าสู่ เอทูดี การทำงานของ TL607 นี้รับคำสั่งมาจาก ซี.พี.ยู. โดยผ่านเอาท์พุท พอร์ท LS374 ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อ 4.3.7 ต่อไป TL607 มีสวิทช์ 2 ช่องโดยที่สวิทช์มาที่ S1 เมื่อจะเลือก $\Delta\psi$ และที่ S2 เมื่อเลือก ΔT ขา A และ E เป็นตัวกำหนดว่าจะเลือก S1 หรือ S2

ตาราง 4.4.1 แสดงความสัมพันธ์ ของแรงดันขาเข้ากับสัญญาณเชิงตัวเลข ที่เปลงจาก เอทูดี

แรงดันขาเข้า Vin (+) (มิลลิโวลต์)	เอทูดี อ่านได้	D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7
-127	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-63	63	0	0	1	1	1	1	1	1
0	127	0	1	1	1	1	1	1	1
63	191	1	0	1	1	1	1	1	1
127	255	1	1	1	1	1	1	1	1

ตารางที่ 4.4.2 แสดงช่วงต่าง ๆ ของ ความต่างศักย์ ($\Delta\Psi$)
และ Ri ที่ใช้สำหรับขยายสัญญาณที่ปรีแอมป์ โดยใช้ Rf=1.27 MΩ

ช่วง (Range) (mV)	อัตราขยาย (เท่า)	Ri ที่ใช้จริง ๆ
0.1	1270	1 KΩ
1.0	127	10 KΩ
10	12.7	100 KΩ
100	1.27	1 MΩ
1000	0.127	10 MΩ

ตาราง 4.4.3 แสดงช่วงต่าง ๆ ของอุณหภูมิ (ΔT) และ Ri ที่ใช้ เมื่อ Rf=3.1 MΩ

อุณหภูมิ (c)	ผ่านคู่ควบความร้อน ชนิด K (mv)	ขยายเป็น 127 mV อัตราขยาย (เท่า)	ใช้ Ri KΩ	Ri ที่ใช้จริง
10	0.408	311.28	9.959	10 K
15	0.612	207.52	14.94	15 K
20	0.816	155.64	19.91	20 K

4.4.6 LS138 เป็น ตัวถอดรหัสได้ 8 หลัก (1-of-8 decoder demultiplexer) มี รายละเอียดในภาคผนวก ง. รูปที่ ง.7 และ ง.8 จากการที่เราต้องเรียกชื่อขาต่าง ๆ ของอุปกรณ์ในวงจรให้ทำงานในช่วง และจังหวะที่กำหนดโดยชุดคำสั่ง จึงต้องใช้ LS138 นี้มาเป็นตัวถอดรหัส จากที่กล่าวมาแล้วว่าเราสนใจช่องเชื่อมต่อภายนอกช่องที่ 4 จะมีค่าของแอดเดส (address) เป็น เลขฐาน 16 คือ COCX โดยที่ X สามารถเป็นได้ตั้งแต่ 0 ถึง F ได้แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.4.4

4.4.7 LS374 มีรายละเอียดดังภาคผนวก ง. รูปที่ ง.9 และ ง.10 เราใช้ไอซีตัวนี้เป็นบัฟเฟอร์ (buffer) คือใช้เป็นเอาท์พุทพอร์ท เพื่อป้องกัน ซี.พี.ยู. จากสัญญาณที่ไม่ต้องการ และเพื่อเป็นทางผ่านของคำสั่งจาก ซี.พี.ยู. โดยที่ขา D_1 และ D_2 ของ LS374 ต่อกับขา D_0 และ D_1 ของ ซี.พี.ยู. ส่วนขา C_p จะต่อมาจากตัวถอดรหัสเพื่อเรียก (COC2) ให้ LS374 ทำงาน LS374 จะส่งสัญญาณออกไปที่ขา A และ E ของ TL607 เพื่อทำการเลือกว่าจะรับข้อมูลใดสู่ เอทูดีก่อนดังที่กล่าวมาแล้ว

4.5 <u>การเทียบมาตราฐานค่าที่อ่านโดยคอมพิวเตอร์</u>

เนื่องจากการวัดศักย์เทอร์มอล เราสามารถเลือกช่วงในการวัดได้ 5 ช่วง และการวัดความแตกต่างอุณหภูมิ เลือกได้ 3 ช่วง โดยการหมุนสวิทช์เลือกไปที่ช่วงที่ต้องการ แต่เมื่อสัญญาณขาเข้าเป็นศูนย์ พบว่าเอทูดีแปลงค่าได้ค่าที่แตกต่างกัน คือศูนย์ (zero) ไม่อยู่ที่เดียวกัน ดังนั้นจึงต้องมีการเทียบมาตรฐาน (calibration) โดยใส่แรงดันที่รู้ค่าแล้วเข้าทางขาสัญญาณเข้า เขียนชุดคำสั่ง (program) เพื่ออ่านค่าที่แปลงจากเอทูดี ชุดคำสั่งที่ใช้ในการอ่านค่าจากเอทูดีนี้ได้แสดงในภาคผนวก จ. ชุดคำสั่งที่ จ.1 และ จ.2 ซึ่งใช้สำหรับเทียบมาตราฐานของช่วงการวัดความแตกต่างอุณหภูมิ และความต่างศักย์ไฟฟ้าตามลำดับ นำค่าที่อ่านได้ในแต่ละช่วงมาเขียนกราฟเทียบกับแรงดันที่ใส่เข้าไป หาค่าความชันและจุดตัดแกนของกราฟ เพื่อใช้เป็นค่าเทียบมาตราฐานในการเขียนชุดคำสั่งเพื่อควบคุมการเก็บข้อมูลต่อไป

ตาราง 4.4.4 แสดงการถอดรหัสของ LS138 ในวงจรควบคุมการเก็บข้อมูล

ขา	สัญญาณ	สั่งให้ไปที่ แอดเดส		ชื่อของ
		ฐานสิบหก	ฐานสิบ	
O_0	LOW ขาอื่น HIGH	C0C0	49344	RD ของ A/D
O_1	LOW ขาอื่น HIGH	C0C1	49345	WR ของ A/D
O_2	LOW ขาอื่น HIGH	C0C2	49346	Cp L374
O_3	LOW ขาอื่น HIGH	C0C3	49347	
O_4	LOW ขาอื่น HIGH	C0C4	49348	
O_5	LOW ขาอื่น HIGH	C0C5	49349	
O_6	LOW ขาอื่น HIGH	C0C6	49450	
O_7	LOW ขาอื่น HIGH	C0C7	49451	

4.6 การทดลองโดยนำคอมพิวเตอร์มาควบคุมการวัดและเก็บข้อมูล

จัดอุปกรณ์การวัดเหมือนการวัดโดยวิธีธรรมดาที่กล่าวในบทที่ 3 ต่างกันที่สัญญาณที่จะเข้าดิฟเฟอเรนเชียลโวลต์มิเตอร์ นำมาต่อเข้าที่เครื่องควบคุมการเก็บข้อมูลแทน โดยต่อกับขั้วสำหรับรับค่าความต่างศักย์ ส่วนสัญญาณจากคู่ควบความร้อน นำมาต่อที่ขั้วสำหรับรับค่าที่ได้จากความแตกต่างอุณหภูมิ นำสายเชื่อม 16 ขามาต่อที่ช่องเชื่อมต่อภายนอกที่ 4 ของคอมพิวเตอร์เข้ากับเครื่องควบคุมการวัด เปิดสวิทช์เครื่องจ่ายไฟเลี้ยง ±5 โวลต์ แล้วจึงเปิดสวิทช์เครื่องคอมพิวเตอร์ ใส่แผ่นสำหรับชุดคำสั่งสำหรับควบคุมการเก็บข้อมูล และบันทึกข้อมูลที่ได้จากการวัด ชุดคำสั่งที่ใช้สำหรับควบคุมการเก็บข้อมูล ได้แสดงไว้ในภาคผนวก จ. คือชุดคำสั่งที่ จ.3 ซึ่งเขียนโดยภาษาเบสิก (basic) และชุดคำสั่งที่ จ.4 เขียนโดยใช้ภาษาเครื่องเพื่อให้สามารถเก็บข้อมูลได้เร็ว เมื่อเราเรียกให้ชุดคำสั่งทำงาน ชุดทำสั่งจะให้เรากำหนดว่าต้องการวัดศักย์ไฟฟ้าในช่วงใด ใน 5 ช่วง คือ 1, 2, 3, 4 และ 5 สำหรับช่วง ±0.1, ±1, ±10, ±100 และ ±1000 มิลลิโวลต์ตามลำดับ ความแตกต่างอุณหภูมิ 3 ช่วง คือ 1, 2 และ 3 สำหรับช่วง ±10, ±15 และ ±20 อาศาเซลเซียสตามลำดับ ถ้าต้องการช่วงใดก็พิมพ์เลขตัวนั้นที่เป็นพิมพ์ต่อมาชุดคำสั่งจะให้กำหนดระยะเวลาทั้งช่วงสำหรับการเก็บข้อมูลแต่และจุด ซึ่งเราจะต้องกำหนดไม่ให้น้อยกว่า 3 วินาที โดยที่จำนวนข้อมูลที่ชุดคำสั่งเขียนไว้ให้คอมพิวเตอร์เก็บนั้น มีได้มากที่สุด 200 ข้อมูล ซึ่งแต่ละข้อมูลมาจากการวัด 1000 ครั้ง เมื่อได้ข้อมูลตามต้องการก็สามารถสั่งให้ เครื่องบันทึกข้อมูลลงในแผ่นเก็บข้อมูล เมื่อต้องการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผล จะเป็นการนำข้อมูลมาคำนวน หรือเขียนกราฟ ก็สามารถให้คอมพิวเตอร์อ่านจากแผ่นบันทึกข้อมูล โดยไม่ต้องเสียเวลาพิมพ์ข้อมูลเข้าเครื่องด้วยตัวเราเอง จึงสะดวกและเหมาะสำหรับการเก็บข้อมูลจำนวนมาก ๆ