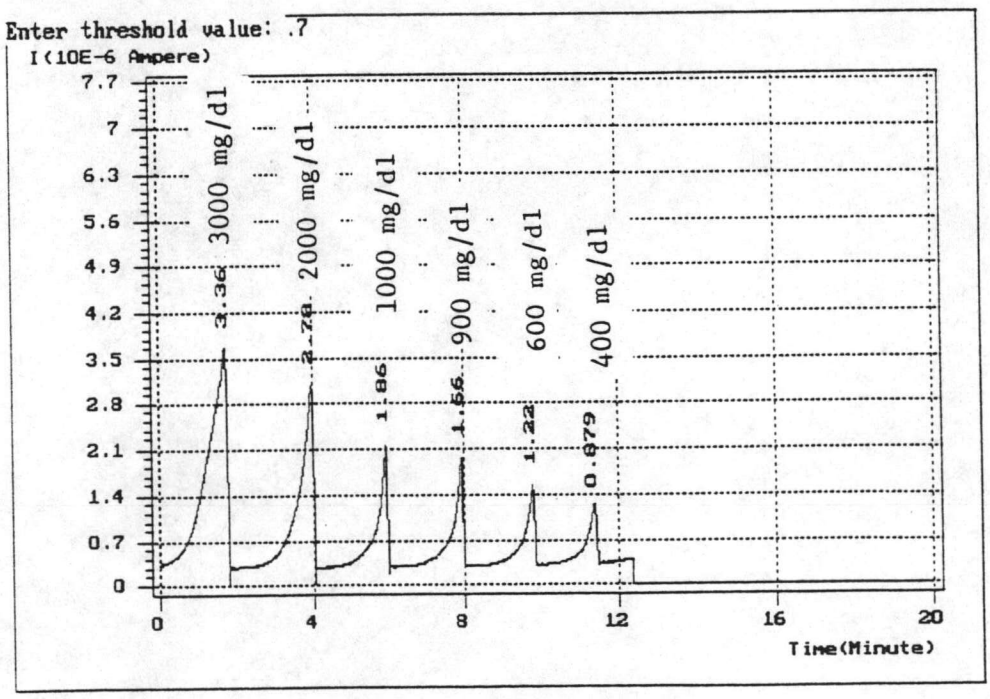
บทที่ 4

ส่วนเก็บ และวิเคราะห์สัญญาณ

บทนำ

สัญญาณที่ได้จากระบบโฟลว์อินเจ็กชันมีลักษณะดังนี้ คือ ในขณะที่ยังไม่มีการฉีดสารละลายตัวอย่างเข้าสู่ระบบ สัญญาณที่ได้จากระบบจะมีค่าคงที่ค่าหนึ่งเรียกว่าค่าสัญญาณพื้นหลัง(back ground signal) แต่เมื่อมีการฉีดสารละลายตัวอย่างเข้าสู่ระบบ สารตัวอย่างจะถูกพาไปยังทรานส์ดิวเซอร์โดยสารละลายพาห์ ซึ่งจะเป็นผลให้สัญญาณที่ได้จากระบบ มีขนาดเพิ่มขึ้นจนถึงค่าสูงสุด(peak) จากนั้นเมื่อสารละลายตัวอย่างถูกสารละลายพาห์นำออกไปจากทรานส์ดิวเซอร์ สัญญาณที่ได้ก็จะค่อยๆ ลดลงจนมีค่าเท่ากับสัญญาณพื้นหลัง ค่าสูงสุดของสัญญาณ และช่วงเวลาตั้งแต่สัญญาณเริ่มมีการเปลี่ยนแปลง จนกระทั่งสัญญาณมีค่ากลับมาสู่ค่าสัญญาณพื้นหลังอีกครั้ง จะมีค่าแปรตามปริมาณน้ำตาลกลูโคสในสารละลายตัวอย่าง และความเร็วของสารละลายพาห์



รูปที่ 4.1 ลักษณะสัญญาณจากระบบโฟลว์อินเจ็กชัน

4.1 ลักษณะของกระแสไฟฟ้าที่ได้จากระบบโฟลว์อินเจ็กชัน

การกำเนิดกระแสไฟฟ้าจากระบบที่พัฒนาขึ้น สามารถอธิบายได้จากสมการที่ (4.1)

$$I = n*F*A*J(x)*mo \qquad (4.1)$$

โดยที่ n คือ จำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยา

F คือ ค่าคงที่ฟาราเดย์

A คือ พื้นที่ของขั้วแอโนด

mo คือ ค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านมวลของน้ำตาลกลูโคส (mo = Do/d)

d คือ ความหนาของส่วนทำปฏิกิริยา

J(x) คือ ฟลักซ์การส่งผ่านของน้ำตาลกลูโคส

ซึ่งตามกฎของ Fick J(x)มีค่าเท่ากับ Do*d(c(x))/dx โดยที่ c(x) คือค่าความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสที่ตำแหน่งใดๆ และ Do คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของน้ำตาลกลูโคส

กล่าวคือกระแสไฟฟ้าที่ได้จากการวัดจะมีค่าแปรผันตาม

1. ขนาดพื้นที่ของขั้วแอโนด
2. ความสามารถในการส่งผ่านมวลน้ำตาลกลูโคส
3. จำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นในการทำปฏิกิริยา
4. ความแตกต่างของปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ตำแหน่งต่างๆ

ในงานวิจัย ได้ทำการกำหนดขนาดพื้นที่ของขั้วแอโนดให้มีค่าคงที่ ดังนั้นตัวแปรที่มีผลต่อค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้ก็ คือ ฟลักซ์การส่งผ่านของน้ำตาลกลูโคส ถ้าหากในสารตัวอย่างมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสมาก จะเป็นผลให้ฟลักซ์การส่งผ่านของน้ำตาลกลูโคสมีค่ามาก แต่ถ้าหากในสารตัวอย่างมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสน้อย ก็จะเป็นผลให้ฟลักซ์การส่งผ่านน้ำตาลกลูโคสมีค่าน้อย แต่เนื่องจากระบบวัดที่พัฒนาขึ้น เป็นระบบโฟลว์อินเจ็กชัน และความเร็วของสารละลายพาห์ขณะทำการวัดก็มีค่าค่อนข้างมาก ดังนั้นผลของฟลักซ์การส่งผ่านน้ำตาลกลูโคสจึงมีค่าน้อย

ตัวแปรที่มีผลต่อค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้มากก็คือ จำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยา ซึ่งถ้าหากในสารตัวอย่างมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสมาก จำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยา ก็จะ

มีค่ามากด้วย (สมการที่ 2.1-2.6) จึงเป็นผลให้กระแสไฟฟ้าที่วัดได้มีค่าสูง ถ้าหากในสารตัวอย่างมีปริมาณน้ำตาลกลูโคสน้อย จำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาก็จะมีค่าน้อยด้วย

โดยปกติจำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยา จะมีค่าแปรผันตรงกับปริมาณความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในสารตัวอย่าง แต่ถ้าหากปริมาณน้ำตาลกลูโคสมีความเข้มข้นมากเกินไปก็จะเป็นผลให้ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยากับความเข้มข้นน้ำตาลกลูโคสมีความสัมพันธ์กันเป็นแบบไม่แปรผันตรง คือจำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาจะเริ่มมีค่าอิ่มตัว ค่าความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสที่เริ่มทำให้จำนวนอิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาเริ่มมีค่าอิ่มตัว จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น ความเร็วของสารละลายพาห์ที่ใช้ และปริมาณความเข้มข้นของเอนไซม์ ที่ถูกตรึงลงบนผิวอิเล็กโทรด แต่เนื่องจากในการประดิษฐ์เซนเซอร์ ปริมาณทั้ง 2 ถูกกำหนดให้มีค่าคงที่ ดังนั้น จึงสามารถควบคุมช่วงการวัดที่มีผลตอบสนองเป็นเชิงเส้นกับปริมาณน้ำตาลกลูโคสได้

ในการใช้งานจริงๆ ก่อนทำการวัดปริมาณน้ำตาลกลูโคสในสารตัวอย่าง จำเป็นที่จะต้องทำกราฟปรับเทียบ (calibration curve) ขึ้นมา ซึ่งกราฟปรับเทียบเป็นกราฟที่แสดงผลตอบสนองของระบบ (ค่ายอด(peak)ของสัญญาณ) ต่อปริมาณน้ำตาลกลูโคสที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน ผลตอบสนองดังกล่าว จะถูกคำนวณออกมาเป็นสมการเส้นตรง และสมการที่ได้จะถูกใช้ในการคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในสารตัวอย่าง โดยจะนำค่ายอด(peak)ของสัญญาณที่วัดได้มาใช้ในการคำนวณ

ในบางครั้งสัญญาณที่ใช้ในการประมวลผล อาจใช้ค่าพื้นที่ใต้กราฟของผลตอบสนองแทนค่ายอด (peak) ก็ได้ ซึ่งมีข้อดีคือการประมวลผลจะมีผลจากสัญญาณรบกวนค่อนข้างน้อย

4.2 ส่วนประกอบของซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น มีส่วนประกอบที่สำคัญๆ อยู่ 2 ส่วน คือ

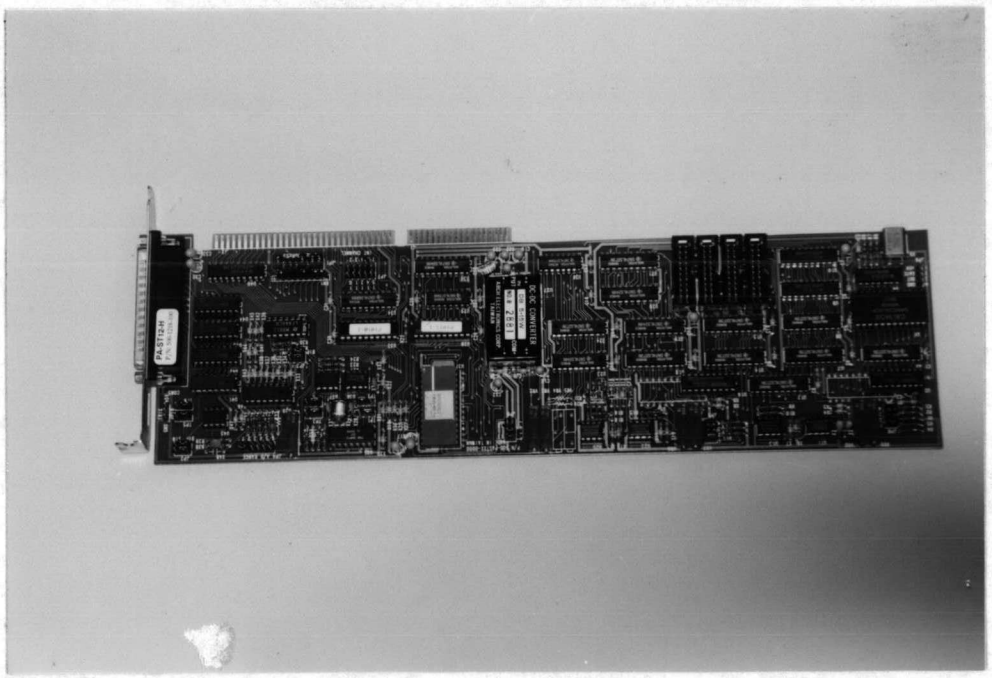
1. ส่วนที่ใช้ในการเก็บสัญญาณ
2. ส่วนที่ใช้ในการประมวลผล

4.2.1 ส่วนเก็บสัญญาณ

ในการส่งสัญญาณที่ได้จากวงจรวัด(potentiostat)ไปสู่คอมพิวเตอร์ สามารถทำได้โดยผ่านสัญญาณเข้าสู่วงจรแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอล (A/D converter)

วงจรแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอลที่ใช้นี้ เป็นแบบ 12 บิต ที่สามารถเก็บข้อมูลด้วยอัตราเร็วสูงสุดถึง 100 kHz, สามารถรับสัญญาณขาเข้าได้ในช่วง $\pm$ 10 โวลต์หรือ $\pm$ 5 โวลต์ และสามารถรับสัญญาณภายนอกได้ถึง 32 ช่อง สำหรับโหมด single-ended วงจรที่ใช้เป็นรุ่น PA-ST12(-H) ของบริษัท Acqutek Corporation

รูปของวงจรแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอลที่ใช้แสดงดังรูปที่ 4.2



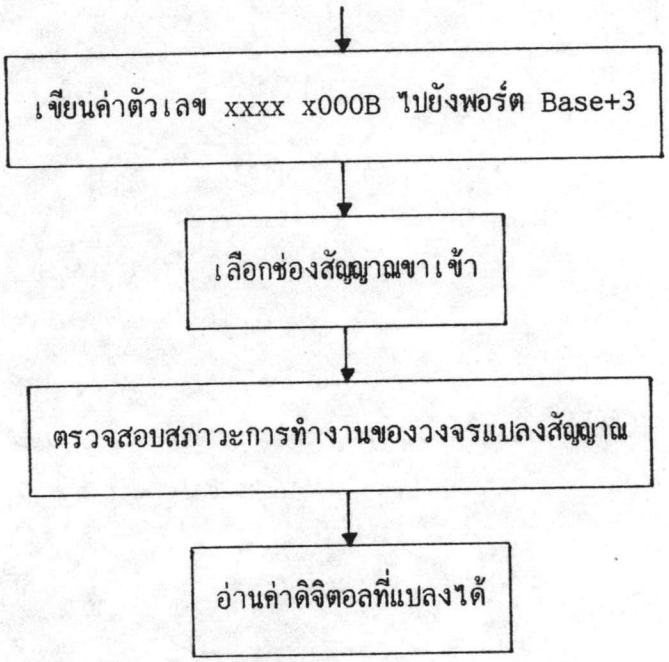
รูปที่ 4.2 วงจรแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอล

4.2.1.1 การแปลงค่าจากสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอล

วงจรแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอลที่ใช้ในงานวิจัย สามารถควบคุมการแปลงสัญญาณได้ 3 วิธี

1. การควบคุมการทำงานจากโปรแกรม (S/W trig conversion)

การแปลงสัญญาณวิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด ความถี่ในการแปลงสัญญาณ สามารถกำหนดได้จากซอฟต์แวร์ที่เขียนขึ้น รูปที่ 4.3 แสดงขั้นตอนการทำงานของการแปลงสัญญาณโดยวิธีนี้

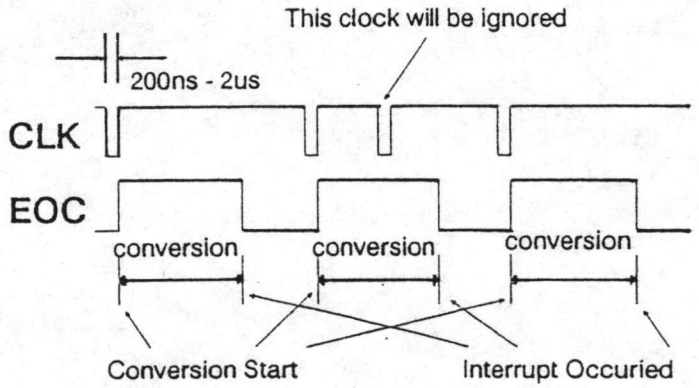


รูปที่ 4.3 ขั้นตอนการแปลงสัญญาณโดยการควบคุมการทำงานจากโปรแกรม

เริ่มแรกจะต้องมีการเขียนค่า xxxx x000B ไปยังพอร์ต Base+3 เพื่อทำการตั้งโหมดการทำงาน ให้เป็นแบบควบคุมการทำงานจากโปรแกรม (S/W trig conversion) ต่อจากนั้นจึงทำการเลือกช่องสัญญาณขาเข้าที่ต้องการ โดยการเขียนหมายเลขช่องสัญญาณที่ต้องการไปยังพอร์ต Base+2 หลังจากนั้นจะต้องทำการตรวจสอบสภาวะการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณโดยการอ่านค่าจากพอร์ต Base+3 โดยบิตที่ 7 ของค่าที่อ่านได้จะต้องมีค่าเท่ากับ 0 การแปลงสัญญาณจึงจะเสร็จสมบูรณ์ ถ้าหากบิตที่ 7 มีค่าไม่เท่ากับ 0 จะต้องอ่านค่าจากพอร์ต Base+3 ต่อไปจนกระทั่งบิต 7 มีค่าเท่ากับ 0 เมื่อบิต 7 ที่อ่านได้ มีค่าเท่ากับ 0 แล้ว จึงทำการอ่านค่าดิจิตอลที่แปลงได้จากพอร์ต Base+0 และ Base+1 ตามลำดับ

2. การควบคุมการแปลงสัญญาณโดยสัญญาณนาฬิกาภายนอก (external clock source trig conversion)

การแปลงสัญญาณวิธีนี้ จะกำหนดความถี่ในการแปลงสัญญาณ โดยสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก โดยการแปลงสัญญาณจะเริ่ม หลังจากมีพัลส์ระยะเวลา 200 ns-2 us เกิดขึ้นที่จัมเปอร์ JP10 และหลังจากการแปลงสัญญาณเสร็จสิ้น จะมีสัญญาณอินเทอรัพท์เกิดขึ้น รูปที่ 4.4 แสดงลักษณะการแปลงสัญญาณที่ควบคุมโดยสัญญาณนาฬิกาภายนอก



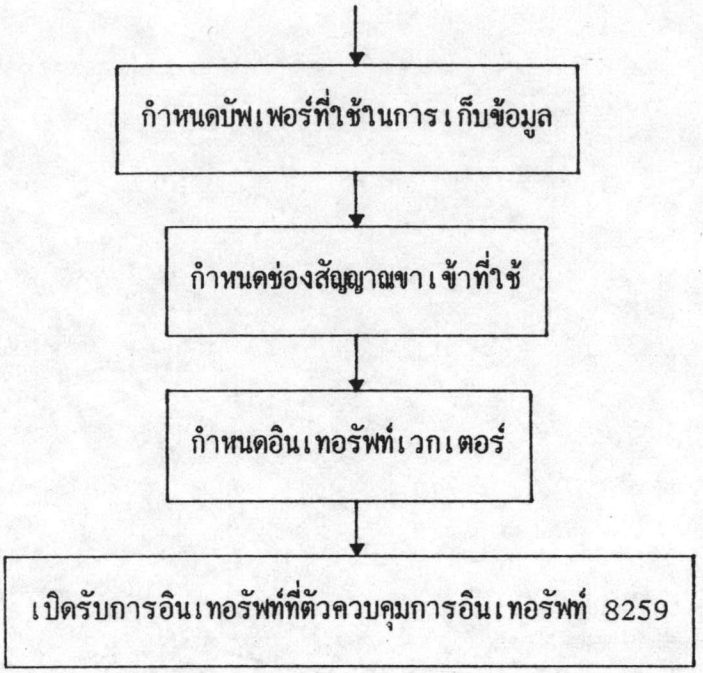
รูปที่ 4.4 การควบคุมการแปลงสัญญาณจากสัญญาณนาฬิกาภายนอก

การทำงานสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ

1. ส่วนกำหนดค่าเริ่มต้น

เริ่มแรกจะต้องทำการกำหนดบัฟเฟอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล, ช่องสัญญาณขาเข้าที่ใช้ และทำการกำหนดอินเทอรัพท์เวกเตอร์ จากนั้นจึงทำการเปิดรับการอินเทอรัพท์ที่ตัวควบคุมการอินเทอรัพท์ 8259 รูปที่ 4.5 แสดงขั้นตอนการกำหนดค่าเริ่มต้น

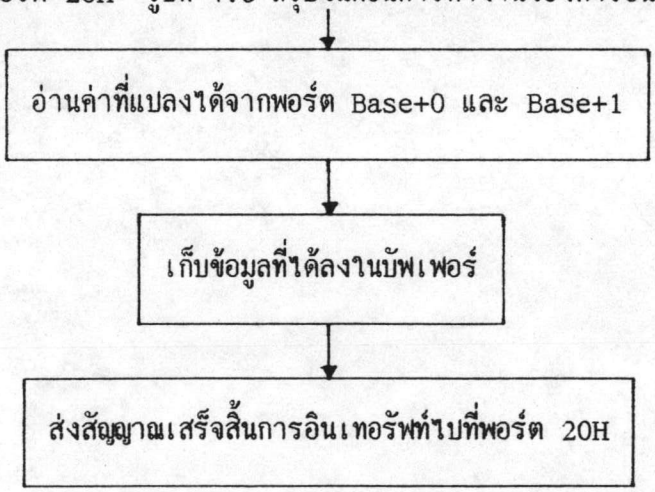
I16844877



รูปที่ 4.5 การกำหนดค่าเริ่มต้น

2. กำหนดหน้าที่ของการอินเทอรัพท์ (interrupt routine)

หลังจากที่การแปลงค่าเสร็จสิ้น จะเกิดสัญญาณอินเทอรัพท์ขึ้น เพื่อเริ่มการอินเทอรัพท์ ซึ่งหน้าที่ของการอินเทอรัพท์คือ ทำการอ่านข้อมูลที่แปลงได้จากพอร์ต Base+0 และ Base+1, ทำการเก็บข้อมูลที่รับได้ลงในบัฟเฟอร์ที่เตรียมไว้ และส่งสัญญาณเสร็จสิ้นการอินเทอรัพท์ (EOI) ไปที่พอร์ต 20H รูปที่ 4.6 สรุปขั้นตอนการทำงานของการอินเทอรัพท์



รูปที่ 4.6 ขั้นตอนการทำงานของการอินเทอรัพท์

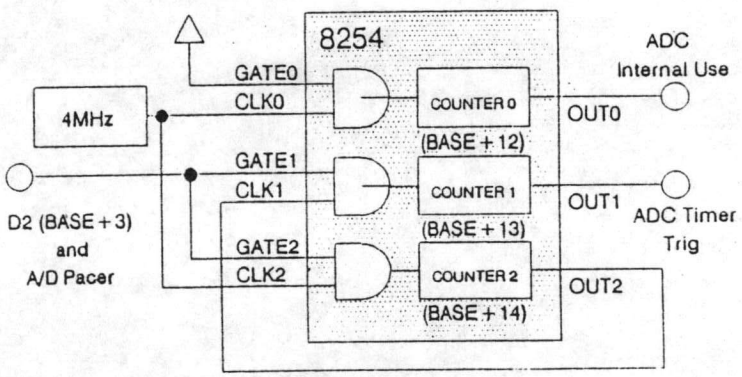
3. ส่วนปิดการทำงาน (shut down)

การทำงานในส่วนนี้มี 2 ขั้นตอนคือ

1. ปิดรับการอินเทอรัพท์ที่ตัวควบคุมการอินเทอรัพท์ 8259
2. ทำการกำหนดอินเทอรัพท์เวกเตอร์ให้เหมือนเดิม

3. การควบคุมการแปลงสัญญาณโดยอาศัยสัญญาณนาฬิกาจากตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกา 8254

การแปลงสัญญาณโดยวิธีนี้จะคล้ายคลึงกับการแปลงสัญญาณ โดยใช้สัญญาณนาฬิกาภายนอกควบคุมความถี่การแปลงสัญญาณ จะแตกต่างกันที่จะใช้ตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกา 8254 ซึ่งอยู่ในวงจรแปลงสัญญาณเอง เป็นตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกา การกำหนดความถี่การแปลงสัญญาณสามารถทำได้โดยการตั้งค่าที่พอร์ต Base+13 และ Base+14 ของตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกา 8254 ดังนั้นจึงต้องเพิ่มขั้นตอนการตั้งค่าแก่ตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกาด้วยในส่วนกำหนดค่าเริ่มต้น รูปที่ 4.7 แสดงส่วนกำเนิดสัญญาณนาฬิกา 8254



รูปที่ 4.7 ส่วนกำเนิดสัญญาณนาฬิกา 8254

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าต่างๆ ที่ใช้ในการกำหนดความถี่การใช้งานของส่วนกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

Analog to Digital (A/D) Conversion Frequency		Datas For 8254 Initialization					
		8254 Counter 2			8254 Counter 1		
		BASE +15	BASE +14	BASE +14	BASE +15	BASE +13	BASE +13
5KHz	200us	B4H	4	0	74H	200	0
4KHz	250us	B4H	4	0	74H	250	0
2KHz	500us	B4H	4	0	74H	244	1
1KHz	1ms	B4H	4	0	74H	232	3
500Hz	2ms	B4H	4	0	74H	208	7
400Hz	2.5ms	B4H	4	0	74H	196	9
200Hz	5ms	B4H	4	0	74H	136	19
100Hz	10ms	B4H	4	0	74H	16	39
50Hz	20ms	B4H	4	0	74H	32	78
40Hz	25ms	B4H	4	0	74H	168	97
20Hz	50ms	B4H	4	0	74H	80	195
10Hz	100ms	B4H	40	0	74H	16	39
5Hz	200ms	B4H	40	0	74H	32	78
4Hz	250ms	B4H	40	0	74H	169	97
2Hz	500ms	B4H	40	0	74H	80	195
1Hz	1s	B4H	144	1	74H	16	39

ตารางที่ 4.1

ซอฟต์แวร์ในส่วนเก็บสัญญาณ สามารถแบ่งขั้นตอนการโปรแกรมได้เป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ

1. ส่วนกำหนดค่าเริ่มต้น

ในงานวิจัยได้กำหนดค่าเริ่มต้นของวงจรแปลงสัญญาณแอนาลอก เป็นดิจิตอลดังนี้ คือ

1.1 ขั้วของสัญญาณขาเข้าเป็นแบบ 2 ขั้ว (bipolar)
1.2 สามารถรับสัญญาณขาเข้าได้ในช่วง $\pm$10 โวลต์
1.3 ความละเอียดของการแปลงสัญญาณเป็น 12 บิต
1.4 อัตราขยายของสัญญาณขาเข้ามีค่าเป็น 1

1.5 กำหนดช่องรับสัญญาณอินเทอรัพท์ช่องที่ 5

1.6 ความถี่ในการแปลงสัญญาณเท่ากับ 2 Hz

1.7 แปลงสัญญาณ โดยใช้สัญญาณนาฬิกาจากตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกา 8254 เป็นตัวควบคุม

ในงานวิจัย ได้ทดลองทำการควบคุมการแปลงสัญญาณ 2 แบบด้วยกัน แบบแรกคือการควบคุมการแปลงสัญญาณโดยการโปรแกรม ต่อมาได้พัฒนาเป็นแบบการควบคุมการแปลงสัญญาณโดยสัญญาณนาฬิกาจากตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกา 8254 เนื่องจาก มีความสะดวกในการใช้งานมากกว่า

นอกจากการกำหนดค่าเริ่มต้นของวงจรแปลงสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิตอลแล้ว ยังจะต้องกำหนดค่าเริ่มต้นของการแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ด้วย ซึ่งในที่นี้ ใช้การแสดงผลที่มีความละเอียดเป็น 640*480 จุด โดยใช้จอแสดงผลแบบ VGA

2. ส่วนจัดการสัญญาณอินเทอรัพท์ (interrupt routine)

เมื่อมีสัญญาณอินเทอรัพท์เกิดขึ้น ส่วนของโปรแกรมที่มีตำแหน่งในตารางจัดการการอินเทอรัพท์ (interrupt vector) ตรงกับที่กำหนดไว้ก็จะเริ่มทำงาน ซึ่งในที่นี้ได้กำหนดช่องรับสัญญาณอินเทอรัพท์ไว้ที่ช่องรับสัญญาณที่ 5 หน้าที่โปรแกรมในส่วนนี้มีดังนี้

2.1 รับสัญญาณที่แปลงได้จากพอร์ต Base+0 และ พอร์ต Base+1

2.2 ทำการรวมค่าทั้ง 2 เข้าด้วยกัน และเก็บในตัวแปรที่มีขนาด 16 บิต (integer)

2.3 ทำการแปลงค่าที่ได้เป็นค่าแรงดันไฟฟ้า

2.4 นำค่าที่ได้ไปเขียนลงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ในลักษณะเวลาจริง

2.5 ทำการตรวจสอบการกดคีย์บอร์ด เพื่อเลือกลักษณะการทำงานของผู้ใช้

2.6 เขียนสัญญาณเสร็จสิ้นการอินเทอรัพท์ไปยังพอร์ต 20H

3. ส่วนปิดการทำงาน (shut down)

เมื่อผู้ใช้กดคีย์บอร์ดเพื่อเลิกการทำงาน มีขั้นตอนอยู่ 2 ขั้นตอน ที่จะต้องทำก่อน

จบโปรแกรม คือ

3.1 เปลี่ยนแปลงตารางจัดการการอินเทอรัพท์ (interrupt vector) ให้มีค่าเหมือนเดิม

3.2 ปิดช่องรับสัญญาณอินเทอรัพท์ที่ตัวควบคุมการอินเทอรัพท์ 8259

4.2.2 ส่วนวิเคราะห์สัญญาณ

ตามที่ได้กล่าวไว้ในตอนต้นแล้วว่า ผลตอบสนองที่ได้จากระบบวัด จะมีลักษณะเป็นยอดของสัญญาณ และในการวิเคราะห์จะนำค่ายอด (peak)มาใช้ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจจับสัญญาณ และคำนวณค่ายอด (peak) ของสัญญาณที่เกิดขึ้น

ส่วนของโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจจับสัญญาณมีขั้นตอนดังนี้

2.1 อ่านข้อมูลจากไฟล์ที่ต้องการวิเคราะห์
2.2 เขียนค่าสัญญาณที่อ่านได้บนหน้าจอคอมพิวเตอร์
2.3 อ่านค่าจุดเริ่มเปลี่ยน (threshold) ที่ใช้ในการวิเคราะห์
2.4 คำนวณค่ายอดของสัญญาณ
2.5 เขียนค่าที่คำนวณได้ลงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

ในการใช้งานจริงซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นแบ่งออกเป็น 2 โปรแกรมหลักๆ โดยโปรแกรมแรกมีหน้าที่ในการเก็บสัญญาณ ขั้นตอนการทำงานแสดงไว้ในหัวข้อส่วนเก็บสัญญาณ โปรแกรมที่ 2 มีหน้าที่ในการวิเคราะห์สัญญาณ และแสดงค่ายอดของสัญญาณออกมา โปรแกรมทั้ง 2 จะทำงานเป็นอิสระจากกัน โดยในการวัดจริง จะต้องเรียกใช้โปรแกรมในส่วนแรกก่อน โดยการเรียกโปรแกรมชื่อ ssys.exe โปรแกรมจะเริ่มทำการเก็บสัญญาณ จากวงจรวัด(potentiostat) เข้าสู่คอมพิวเตอร์ จากนั้นจึงเริ่มทำการฉีดสารตัวอย่างเข้าสู่หัวฉีดได้ โดยก่อนที่จะทำการฉีดสารตัวอย่างครั้งต่อๆ ไปจะต้องรอให้สัญญาณกลับคืนสู่ค่าสัญญาณพื้นหลัง(background signal) เสียก่อน เมื่อสัญญาณที่วัดได้เกือบจะเต็มหน้าจอของคอมพิวเตอร์ จึงทำการเก็บข้อมูลลงไฟล์ได้ โดยการกดปุ่มอักษร f แล้วทำการป้อนชื่อไฟล์ที่ต้องการ

เมื่อต้องการวิเคราะห์ข้อมูลในไฟล์ที่เก็บไว้ ให้ทำการเรียกโปรแกรมที่ 2 ซึ่งมีชื่อว่า

rf.exe หลังจากเรียกโปรแกรมนี้ โปรแกรมจะถามชื่อไฟล์ที่ต้องการวิเคราะห์ เมื่อป้อนชื่อไฟล์แล้ว โปรแกรมจึงเริ่มทำการวิเคราะห์โดยจะถามค่าจุดเริ่มเปลี่ยน (threshold) ที่ต้องการใช้ ซึ่งค่าจุดเริ่มเปลี่ยน (threshold) จะต้องทำการป้อนให้เหมาะสมกับสัญญาณที่จะทำการวิเคราะห์ด้วย ค่าจุดเริ่มเปลี่ยน (threshold) เป็นค่าที่ใช้ในการตัดสินว่า สัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงจากสัญญาณพื้นหลังเป็นค่ายอดที่เกิดจากการฉีดสารตัวอย่างเข้าไปในระบบ หรือเป็นค่ายอดที่เกิดจากสัญญาณรบกวน ซึ่งในการวัดจริงๆ เซนเซอร์แต่ละตัวจะให้ค่าสัญญาณพื้นหลังไม่เท่ากัน โดยอาจมีสาเหตุมาจากการที่อิเล็กโทรดแต่ละตัวมีคุณสมบัติไม่เหมือนกัน หรืออาจเกิดจากชั้นเอนไซม์ที่ถูกตรึงบนผิวอิเล็กโทรดมีค่าไม่เท่ากันก็ได้ การเลือกค่าจุดเริ่มเปลี่ยน โดยทั่วไปจึงควรเลือกค่าประมาณครึ่งหนึ่งของค่ายอดที่ต่ำสุดจึงจะให้ผลดีไม่มีผลจากสัญญาณรบกวน หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณค่ายอดของสัญญาณทุกสัญญาณที่ปรากฏบนหน้าจอ แล้วทำการเขียนค่ายอดบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ด้วย

<u>สรุป</u>

ในบทนี้ได้กล่าวถึงลักษณะของสัญญาณที่ได้จากระบบโฟลว์อินเจ็กชัน และผลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อสัญญาณ นอกจากนั้นยังได้กล่าวถึงส่วนประกอบของซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น โดยซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น มีส่วนประกอบที่สำคัญๆ อยู่ 2 ส่วน คือ

1. ส่วนเก็บสัญญาณ
2. ส่วนวิเคราะห์สัญญาณ

โดยในการเก็บสัญญาณ สามารถทำโดยเรียกใช้โปรแกรม ssys.exe และเมื่อต้องการวิเคราะห์สัญญาณ (หาค่ายอด) ก็สามารถทำโดยเรียกใช้โปรแกรม rf.exe