บทที่ 3

อุปกรณ์การทดลองและการจัดการข้อมูล

ชุดทดลองเอ็นเอ็มอาร์ที่สมบูรณ์ในปัจจุบัน มักมีการจัดการด้วยอิเลกทรอนิกส์ที่ซับซ้อนและควบคุมระบบด้วยคอมพิวเตอร์ทั้งระบบ ชุดทดลองที่ใช้ในการทดลองนี้ ใช้อุปกรณ์เดียวกันกับที่ใช้ในการทดลองการสร้างภาพด้วยเอ็นเอ็มอาร์ เพียงไม่ต้องใช้อุปกรณ์ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มขึ้นกับตำแหน่ง (Gradient coil)

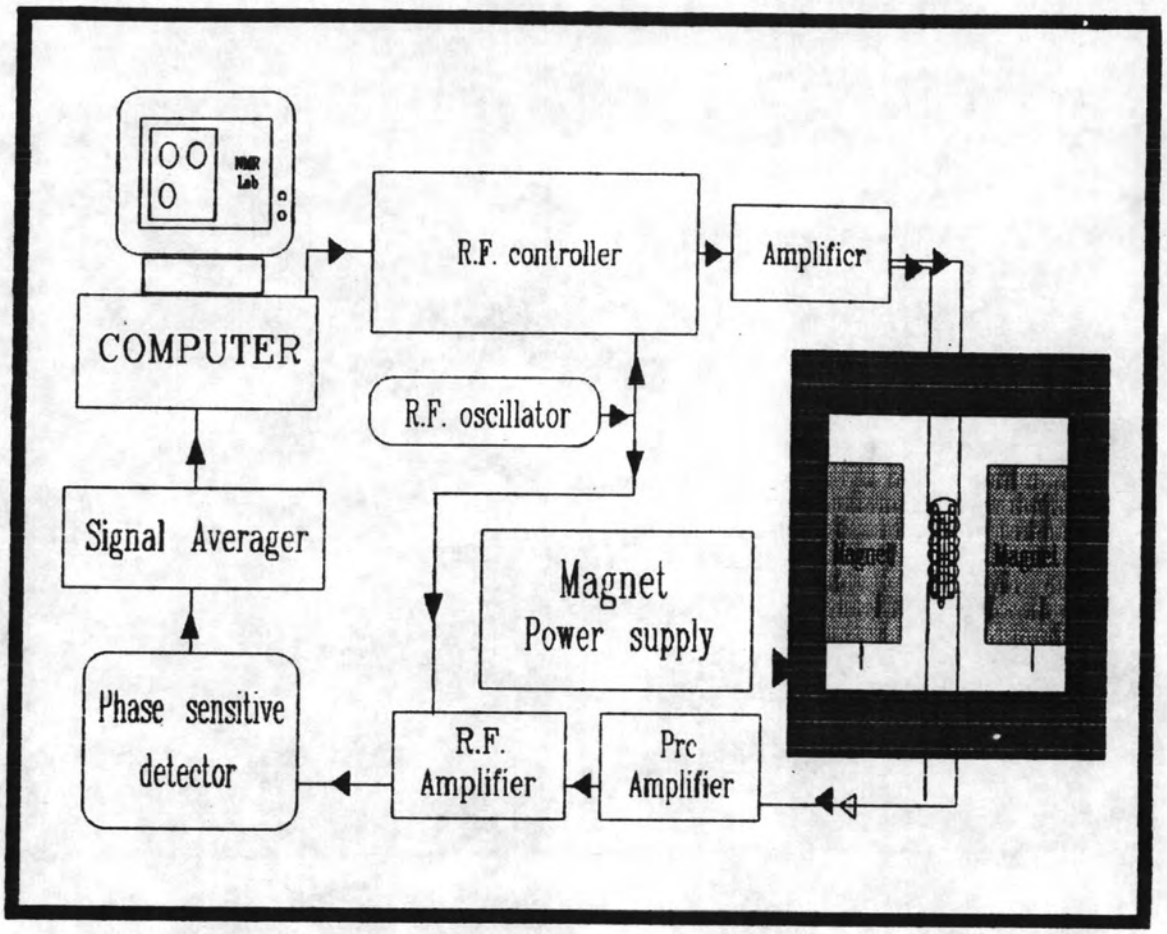
3.1 อุปกรณ์ทดลองพัลส์เอ็นเอ็มอาร์

อุปกรณ์ทดลองที่สำคัญต่าง ๆ แสดงเป็นบลอคไดอะแกรม (Block diagram) ดังในรูปที่ 3.1 ซึ่งสามารถอธิบายการทำงานของทั้งระบบได้อย่างคร่าว ๆ ดังต่อไปนี้

เครื่องกำเนิดสัญญาณวิทยุ (RF oscillator) ซึ่งให้ความถี่ 10.2496 เมกกะเฮิร์ตซ์ จะผ่านอาร์เอฟสวิทช์ซึ่งทำหน้าที่เปิดปิดสัญญาณวิทยุโดยสัญญาณกระตุ้นที่มาจากเอคโคพัลส์ แล้วผ่านการขยายสัญญาณก่อนเข้าคอยล์ สัญญาณเรโซแนนซ์จะถูกขยายโดยปรีแอมป์และอาร์เอฟแอมป์ แล้วมาเข้าเครื่องตรวจจับเฟสโดยเทียบกับสัญญาณอ้างอิง (RF reference) ที่มาจากเครื่องกำเนิดสัญญาณวิทยุ สัญญาณที่ได้จะแสดงผลทางออสซิลโลสโคป และผ่านการเฉลี่ยสัญญาณก่อนการประมวลผลและแสดงผลทางคอมพิวเตอร์

จะกล่าวถึงการทำงานของอุปกรณ์แต่ละชิ้นโดยสังเขปดังต่อไปนี้

<u>เครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์</u> (Pulsed generator) เป็นอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการทดลองครั้งนี้ อุปกรณ์ที่เหลือจะใช้ของเดิมที่มีอยู่แล้ว อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมานี้จะทำหน้าที่ผลิตสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (Square pulse) สองชนวน มีขนาดสัญญาณเอาต์พุตประมาณ 5 โวลต์ ความกว้างของพัลส์สามารถปรับได้ รวมทั้งระยะห่างระหว่างพัลส์ทั้งสองด้วย รายละเอียดต่าง ๆ และการทำงานของอุปกรณ์จะกล่าวถึงอย่างละเอียดในหัวข้อที่ 3.2



รูปที่ 3.1 แสดงอุปกรณ์สำคัญของระบบพัลส์เอ็นเอ็มอาร์

อาร์เอฟออสซิลเลเตอร์ (RF oscillator) เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารูปคลื่นไซน์มีความถี่ 10.2496 เมกกะเฮิร์ตซ์ ซึ่งเป็นความถี่ที่เลือกใช้ในการทำให้เกิดการเรโซแนนซ์ สัญญาณจากออสซิลเลเตอร์จะผ่านอาร์เอฟเกตเป็นช่วง ๆ ตามการปิดเปิดของอาร์เอฟเกต ซึ่งถูกควบคุมโดยพัลส์ที่มาจากเครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์อีกต่อหนึ่ง

อาร์เอฟเกต (RF gate) บางครั้งเรียกว่า อาร์เอฟสวิทช์ (RF switch) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ปิดเปิดสัญญาณ คือไม่ยอมให้สัญญาณจากอาร์เอฟออสซิลเลเตอร์ผ่านเมื่อสัญญาณจากอุปกรณ์กำเนิดสัญญาณพัลส์เป็น 0 (Low) และเปิดให้สัญญาณจากออสซิลเลเตอร์ผ่านออกไปได้เมื่อสัญญาณจากเครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์เป็น 1 (High)

อาร์เอฟเพาเวอร์แอมป์ (RF power amplifier) ทำหน้าที่ขยายกำลังงานของสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มาจากอาร์เอฟออสซิลเลเตอร์ ในที่นี้คือการขยายขนาดของกระแสไฟฟ้าเพื่อชดเชยกำลังงานที่สูญเสียไปในระหว่างการเดินทางของสัญญาณ และเพื่อจ่ายกระแสให้แก่คอยล์ซึ่งเป็นโหลด (Load) ที่ต้องการกระแสมาก

คับปลิง (Coupling) เป็นส่วนที่ทำการแมทชิง (Matching) คือทำหน้าที่ปรับอิมพีแดนซ์ (Impedance)ระหว่างอาร์เอฟเพาเวอร์แอมป์กับคอยล์เพื่อให้การถ่ายเทกำลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

อาร์เอฟปรีแอมป์ (RF preamplifier) ทำหน้าที่ขยายขนาดสัญญาณเรโซแนนซ์ที่มาจากคอยล์ ซึ่งเป็นสัญญาณที่มีขนาดเล็กมาก อาร์เอฟปรีแอมป์จะขยายสัญญาณเล็ก ๆ นี้ให้โตขึ้นมาช่วงหนึ่งก่อน แล้วจึงมีการขยายสัญญาณอีกต่อหนึ่งโดยอาร์เอฟแอมป์ ทั้งนี้เพื่อให้การขยายสัญญาณมีความเพี้ยนน้อยที่สุด เพราะอัตราขยายสัญญาณสูงมากความเพี้ยนจากสัญญาณเดิมจะมากตามไปด้วย

อาร์เอฟแอมป์ (RF amplifier) เป็นตัวขยายสัญญาณที่ทำหน้าที่ต่อจากอาร์เอฟปรีแอมป์ คือขยายขนาดสัญญาณที่มีขนาดโตขึ้นบ้างแล้วให้โตขึ้นไปอีก เพื่อป้อนเข้าสู่เครื่องตรวจจับเฟสต่อไป

เครื่องตรวจจับไวต่อเฟส (Phase sensitive detector) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เลื่อนความถี่ของสัญญาณจากความถี่สูงระดับคลื่นอาร์เอฟ (Radio frequecy) มาเป็นความถี่ต่ำระดับเอเอฟ (Audio frequency) อินพุตของเครื่องจะมีสองช่อง (Channel) ช่องแรกจะต้องป้อนสัญญาณอ้างอิง

015270

ซึ่งเป็นสัญญาณรูปไซน์มีความถี่คงที่ ส่วนอีกช่องหนึ่งเป็นทางเข้าสำหรับป้อนสัญญาณที่ต้องการตรวจจับเฟส สัญญาณเข้าทั้งสองช่องมีความถี่ระดับอาร์เอฟ ซึ่งมีความถี่และเฟสต่างกันไปบ้าง เมื่อผ่านเครื่องตรวจจับเฟส ความแตกต่างเหล่านี้จะแสดงออกมาเป็นสัญญาณ

<u>เครื่องเฉลี่ยสัญญาณ</u> (Signal averager) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการลดสัญญาณรบกวน โดยการรวมสัญญาณซ้ำหลาย ๆ ครั้ง สัญญาณแบบสุ่ม (Random noise) จะหักลบกันจนเหลือน้อย และสัญญาณที่ต้องการ ซึ่งเกิดซ้ำที่ตำแหน่งเดิมจะถูกบวกเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกว่าจะหยุดดำเนินการ ทำให้ได้สัญญาณที่มีอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (Signal to noise) ดีขึ้นมาก นอกจากนี้ยังสามารถเก็บข้อมูลที่มาจากเครื่องตรวจจับเฟสได้อีกด้วย

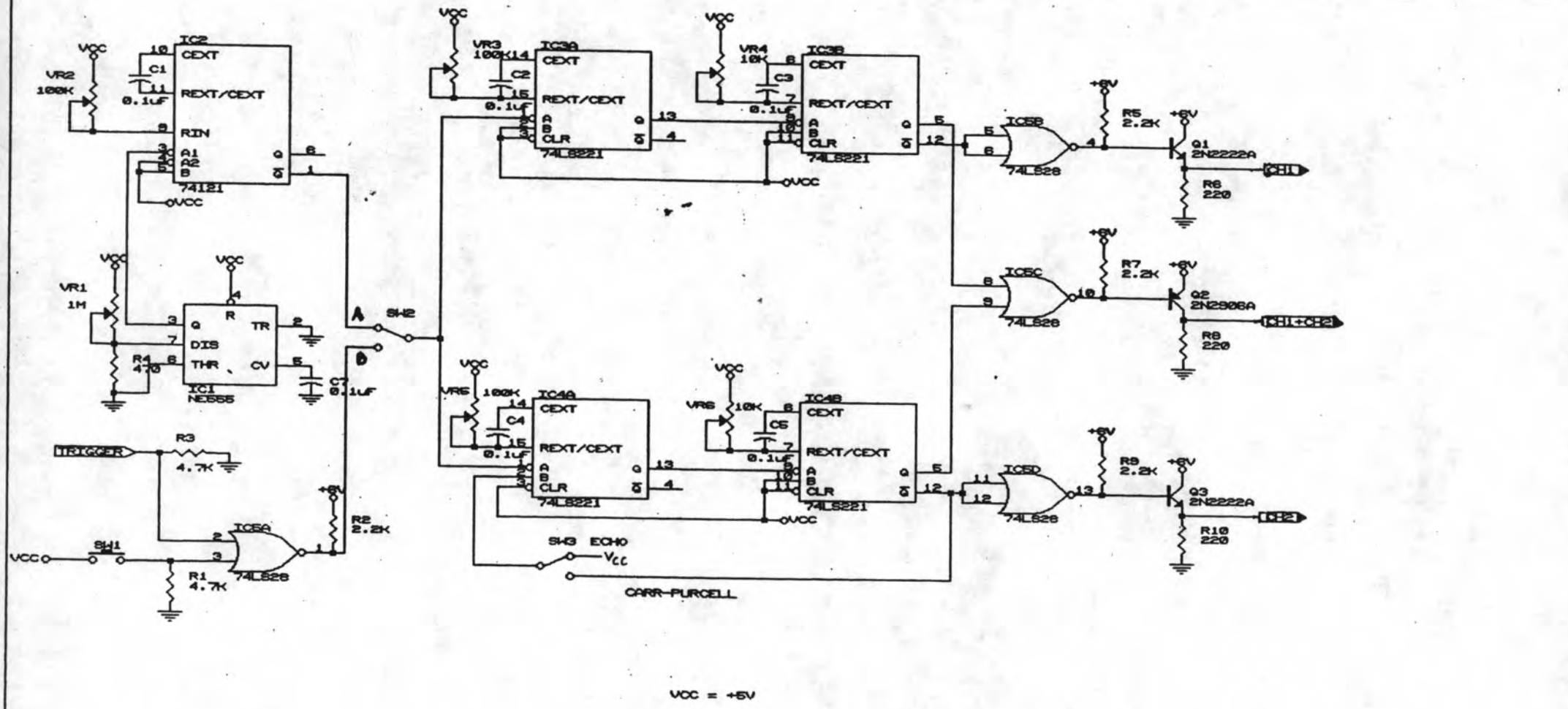
<u>อินเตอร์เฟส</u> (Interfacing) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการติดต่อและเชื่อมโยงระหว่างเครื่องเฉลี่ยสัญญาณกับคอมพิวเตอร์

<u>คอมพิวเตอร์</u> (Computer) เป็นหน่วยเก็บข้อมูลจากเครื่องเฉลี่ยสัญญาณและนำข้อมูลเหล่านั้นมาประมวลผล คอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็นขนาด 16 บิท ยี่ห้อต้าถุง (Tatung) ซึ่งคอมแพททิเบิล (Compatible) กับรุ่นเอที (AT) ของไอบีเอ็ม

<u>แม่เหล็กและเพาเวอร์ซัพพลาย</u>(Magnet and magnet power supply) แม่เหล็กที่ใช้เป็นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความสม่ำเสมอสูง มีระบบระบายความร้อนโดยการหล่อเย็น (Cooling) สามารถปรับความกว้างระหว่างขั้วแม่เหล็กได้ ขั้วแม่เหล็กเป็นแท่งเหล็กกลมมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว เพาเวอร์ซัพพลายสามารถจ่ายกระแสได้สูงสุดประมาณ 40 แอมแปร์ และสามารถปรับค่าได้ทั้งหยาบและละเอียด มีความคงตัว (Stable) สูง สามารถทำงานติดต่อกันได้เป็นเวลานาน ที่ความถี่เรโซแนนซ์ (ประมาณ 10 เมกกะเฮิร์ตซ์) จะใช้สนามแม่เหล็กราว 0.23 เทสลา ซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าจากเพาเวอร์ซัพพลายไม่ถึง 5 แอมแปร์ ที่ความกว้างของขั้วแม่เหล็กประมาณ 8 เซ็นติเมตร

3.2 <u>เครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์</u>

ในการหาปริมาณไขมันในนมผงโดยวิธีพัลส์เอ็นเอ็มอาร์นี้ จะสร้างอุปกรณ์กำเนิดสัญญาณขึ้นมาเองเพื่อใช้ในการทดลอง อุปกรณ์ส่วนนี้จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณเพื่อไปกระตุ้นให้เกิดการเรโซแนนซ์



รูปที่ 3.2 แสดงอุปกรณ์ในวงจรของเครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์

Title	PULSE GENE
Size B	Document Number 0001
Date:	December 19, 1988

3.2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์

ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องเป็นไปตามรูปที่ 3.2 และการเสนอรายละเอียดของการทำงานต่อไปนี้จะอ้างอิงถึงรูปนี้โดยตลอด

ไอซี 1 ในรูปที่ 3.2 คือ NE555 เป็นไอซีที่ใช้เป็นตัวกำเนิดสัญญาณแบบอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (Astable multivibrator) ซึ่งจะให้สัญญาณออกมาเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยม (Square pulse) แบบต่อเนื่อง โดยมี C7และR4 เป็นตัวกำหนดความกว้างของพัลส์ (Pulsed width) ส่วน VR1 ใช้ปรับระยะระหว่างพัลส์ (Pulsed interval)

ไอซี 2 เป็นไอซีทีทีแอลเบอร์ SN74121 เป็นโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ (Monostable multivibrator) ที่มีอินพุตเป็นชมิตต์ทริกเกอร์ มีตารางการทำงานดังตารางที่ 3.1 (20)

Input			Output		
A1	A2	A3	Q	$\bar{Q}$	
L	X	H	L	H	
X	L	H	L	H	
X	X	L	L	H	
H	H	X	L	H	
H	↓	H	⎍	⎍	
↓	H	H	⎍	⎍	เงื่อนไขทำงานที่เลือกใช้
↓	↓	H	⎍	⎍	
L	X	↑	⎍	⎍	
X	L	↑	⎍	⎍	

ตารางที่ 3.1 แสดงตารางทำงานของไอซี SN74121 (20)

ลักษณะการทำงานของโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ คือเมื่อมีสัญญาณกระตุ้นเข้ามาที่อินพุตตามเงื่อนไขที่กำหนดเอาต์พุตที่ขา Q และ $\bar{Q}$ จะมีการเปลี่ยนระดับของความต่างศักย์ไฟฟ้าในทันที โดยที่ Q และ $\bar{Q}$ จะมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่ตรงกันข้าม การเปลี่ยนแปลงนี้จะคงค่าอยู่

ช่วงเวลาหนึ่งซึ่งกำหนดโดยค่า R และ C ซึ่งต่ออยู่กับไอซี นั่นคือโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์จะสามารถสร้างพัลส์ที่มีการกลับสัญญาณมาอยู่ที่สภาวะเสถียรได้เอง และการจะทำให้เกิดพัลส์ใหม่นั้นจะต้องมีการให้สัญญาณกระตุ้นทุกครั้ง ซึ่งแตกต่างจากฟลิบฟลอบที่การกลับสู่สภาวะเสถียรจะต้องมีสัญญาณกระตุ้น หรือแตกต่างจากอะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ (Astable multivibrator) ที่มีการกระตุ้นเพียงครั้งเดียวจะเกิดพัลส์ขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ไอซี 1 จะให้สัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่มีความกว้างของพัลส์คงที่ออกมา แต่สามารถปรับระยะห่างระหว่างพัลส์ได้ สัญญาณที่ได้จะไปกระตุ้นไอซี 2 เอาต์พุตของไอซี 2 จะให้พัลส์ที่สามารถปรับความกว้างของพัลส์ได้ด้วย VR2

สรุปว่าไอซี 1 และไอซี 2 ทำหน้าที่สร้างพัลส์แบบเป็นชบวนต่อเนื่องและสามารถปรับความกว้างของพัลส์และระยะห่างระหว่างพัลส์ได้ โดยพัลส์ที่ได้จะเป็นพัลส์ลบ เพราะได้เลือกเงื่อนไขว่าพัลส์ที่จะเข้าไปเป็นอินพุตของภาคต่อไปจะต้องเป็นพัลส์ลบ

ไอซี 3 และไอซี 4 เป็นโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์คู่ (Dual monostable multivibrator) คือข้างในประกอบด้วยโมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ จำนวนสองตัว ไอซีที่ใช้คือเบอร์ SN74LS221 ไอซีทั้งสองตัวนี้จะทำหน้าที่สร้างพัลส์ และสัญญาณที่ได้จะถูกนำไปรวมกันโดยผ่านเกตนอร์ตัวหนึ่ง

3.2.2 การทำงานของเครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์

การทำงานของเครื่องแบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ โดยแบ่งตามการเลือกของสวิทช์ SW2

3.2.2.1 การทำงานโดยเลือกภาคกระตุ้นจากภายใน (Internal trigger) จะเลือกสวิทช์ SW2 ไปที่ตำแหน่ง A นั่นคือเลือกสัญญาณที่มาจากชุดที่รวมไอซี 1 และไอซี 2 เข้าด้วยกัน ซึ่งเรียกว่าภาคกระตุ้นจากภายใน เมื่อสัญญาณจากส่วนนี้ผ่านเข้าไปกระตุ้นไอซี 3 และไอซี 4 โดยเลือกใช้เงื่อนไขที่ 5 ในตารางที่ 3.2 (21)

Input			Output		
CLEAR	A	B	Q	$\bar{Q}$	
L	X	X	L	H	
X	H	X	L	H	
X	X	L	L	H	
H	L	↑	⎍	⎏	เงื่อนไขที่ใช้กับกรณีคาร์-เพอร์เซลล์
H	↓	H	⎍	⎏	เงื่อนไขที่ใช้กับกรณีเอดจ
↑	L	H	⎍	⎏	

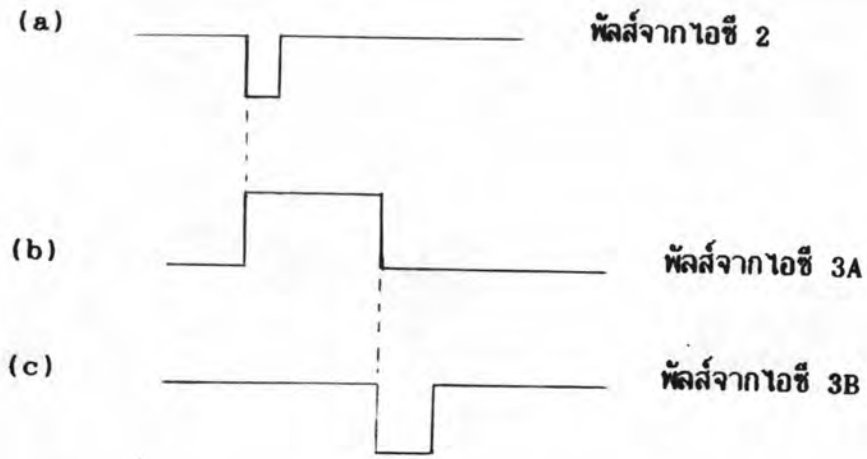
ตารางที่ 3.2 ตารางการทำงานของไอซี SN74LS221 (แต่ละตัว) (21)

เนื่องจากการทำงานของเครื่องมี 2 ช่อง ดังนั้นจะแยกอธิบายเป็นช่อง ๆ ดังนี้

3.2.2.1.1 การทำงานของไอซีในช่องที่ 1 การทำงานของไอซีต่าง ๆ ในช่องที่ 1 อธิบายได้ดังนี้ (ดูรูปที่ 3.2 ประกอบ จะทำให้เข้าใจดีขึ้น)

ทันทีที่สัญญาณจากไอซี SN74121 ลดจาก 1 ลงเป็น 0 เอาท์พุตของไอซี 3A จะปรากฏสัญญาณเปลี่ยนระดับจาก 0 ขึ้นไปเป็น 1 การคงระดับสัญญาณอยู่ที่ 1 นานมากน้อยเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับค่า RC ของไอซี 3A (ปรับได้โดย VR3) และเมื่อสัญญาณตกกลับจาก 1 ลงไปเป็น 0 เอาท์พุตของไอซี 3B จะปรากฏสัญญาณตกจาก 1 ลงเป็น 0 ด้วย (ขา Q) และคงค่าอยู่เท่าที่กำหนดโดยค่า RC ของไอซี 3B (ปรับได้โดย VR4) นั่นคือไอซี 3A จะเป็นตัวที่ทำหน้าที่กำหนดระยะการเกิดพัลส์ของไอซี 3B ซึ่งเป็นเอาต์พุตของช่องที่ 1 โดยการปรับ VR3

พิจารณาไดอะแกรมเวลา (Timing diagram) ของสัญญาณในช่องที่ 1 ในรูปที่ 3.3 จะทำให้เข้าใจได้ดีขึ้น (ดูรูปที่ 3.2 ประกอบ)



รูปที่ 3.3 แสดงไดอะแกรมเวลา ของสัญญาณในช่องที่ 1 (a) พัลส์จากไอซี 2 ซึ่งใช้ขอบขาลงของพัลส์เป็นอินพุตสำหรับกระตุ้นไอซี 3A (b) พัลส์จากไอซี 3A ซึ่งจะใช้เป็นตัวยืดเวลาสำหรับการเกิดสัญญาณของไอซี 3B (โดยการปรับค่า VR3 ในรูปที่ 3.2) (c) สัญญาณสุดท้ายซึ่งได้จากไอซี 3B ซึ่งจะเป็นสัญญาณเอาต์พุตของช่องที่ 1

3.2.2.1.2 การทำงานของไอซีในช่องที่ 2 การทำงานของช่องที่ 2 นั้นขึ้นอยู่กับการเลือกสวิทช์ SW3 ว่าจะเลือกไปที่ตำแหน่งเอคโค (Echo) หรือที่ตำแหน่งคาร์-เพอร์เซลล์ (Carr-Purcell)

3.2.2.1.2.1 เลือกสวิทช์ SW3 ที่ตำแหน่งเอคโค เมื่อเลือกสวิทช์ SW3 ไปที่ตำแหน่งเอคโค การทำงานของไอซีในช่องที่ 2 จะเหมือนกันกับของช่องที่ 1 ดังนั้นจะไม่อธิบายเพิ่มอีก เพราะจะซ้ำกับการอธิบายเดิม แต่จะสรุปให้เห็นว่าเอาต์พุตของช่องที่ 2 จะให้ผลเหมือนกับช่องที่ 1

3.2.2.1.2.2 เลือกสวิทช์ SW3 ที่ตำแหน่งคาร์-เพอร์เซลล์ เมื่อเลือกสวิทช์ SW3 มาที่ตำแหน่งนี้จะอธิบายการทำงานได้ดังนี้ ทันทีที่สัญญาณจากไอซี 2 ลดจาก 1 ลงเป็น 0 เอาท์พุตของไอซี 4A จะปรากฏสัญญาณเปลี่ยนระดับจาก 0 ขึ้นไปเป็น 1 การคงระดับสัญญาณอยู่ที่ 1 นานมากน้อยเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับค่า RC ของไอซี 4A (ปรับได้โดย VR5) และเมื่อสัญญาณตกกลับจาก 1 ลงไปเป็น 0 เอาท์พุตของไอซี 4B จะปรากฏสัญญาณตกจาก 1 ลงเป็น 0 ด้วย (ขา Q) และจะคงอยู่ระดับ 0 อยู่ช่วงเวลาที่กำหนดโดยโดยค่า RC ของไอซี 4B (ปรับได้โดย VR6) เมื่อสัญญาณเริ่มเพิ่มจาก 0 ไปเป็น 1 สัญญาณจะถูกวนกลับไปเป็น

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อินพุตให้ไอซี 4A อีกรอบหนึ่ง และวนอยู่เช่นนี้จนกว่าสัญญาณจากไอซี 2 จะเปลี่ยนแปลงจาก 0 ไปเป็น 1 ซึ่งไม่เป็นไปตามเงื่อนไขการทำงานที่เลือกไว้ตั้งแต่ตอนแรกอีกต่อไป การทำให้เกิดพัลส์แบบต่อเนื่องจะไม่เกิดขึ้นอีก จนกว่าพัลส์ลบที่มาจากไอซี 2 จะตกกลับเป็น 0 อีก

3.2.2.2 การทำงานโดยเลือกภาคกระตุ้นจากภายนอก (External trigger) แบ่งได้เป็นสองส่วน คือส่วนที่มาจากสวิทช์กดปล่อย (One shot switch) และสัญญาณกระตุ้นที่มาจากภายนอก (External trigger) การเลือกการทำงานในส่วนนี้จะต้องเลือกสวิทช์ SW3 ไปที่ตำแหน่งเอคโค เมื่อสัญญาณจากภายนอกมีพัลส์เดียว

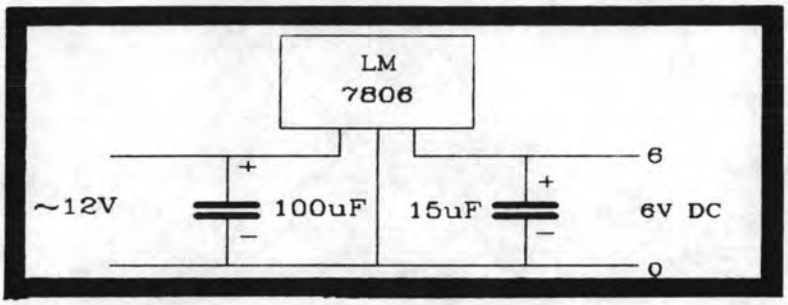
3.2.2.2.1 ส่วนที่มาจากสวิทช์กดปล่อย จะได้สัญญาณกระตุ้นที่มีพัลส์เดียว และทำให้ได้สัญญาณเอาต์พุตช่องที่ 1 และช่องที่ 2 เพียงช่องละหนึ่งสัญญาณ เมื่อนำสัญญาณที่ได้มารวมกันและนำไปกระตุ้นให้เกิดการเรโซแนนซ์จะได้เอคโคพัลส์ซึ่งเป็นสัญญาณเรโซแนนซ์เพียงสัญญาณเดียว การทำงานก็จะมีลักษณะเดียวกับที่อธิบายในหัวข้อที่ 3.2.2.1.1

3.2.2.2.2 ส่วนที่ต้องการสัญญาณกระตุ้นที่มาจากภายนอก จะใช้สัญญาณจากภายนอกใด ๆ ก็ได้ที่มีการเปลี่ยนระดับความต่างศักย์แบบดิจิตอล และอาจเป็นแบบพัลส์เดียวหรือพัลส์แบบต่อเนื่อง การทำงานก็จะมีลักษณะเดียวกับที่อธิบายในหัวข้อที่ 3.2.2.1.1

3.3 <u>วงจรเพาเวอร์ซัพพลาย 6 โวลต์</u>

ในรูปที่ 3.2 จะเห็นว่ามีส่วนที่ต้องใช้เพาเวอร์ซัพพลาย 6 โวลต์ ดังนั้นจึงได้ทำเพิ่มเติมขึ้นมาเพื่อใช้งาน ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมดประกอบลงบนแผ่นปรินต์เอนกประสงค์ ส่วนเพาเวอร์ซัพพลาย 5 โวลต์นั้นใช้กับเครื่องเดิมที่มีอยู่แล้ว

เพาเวอร์ซัพพลาย 6 โวลต์ใช้ไอซีเบอร์ LM7806 ต่อลงบนแผ่นปรินต์เอนกประสงค์เล็ก ๆ มีวงจรดังรูปที่ 3.4 (23)



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรเพาเวอร์ซัพพลาย 6 โวลต์ (23)

C_1 = 100 ไมโครฟารัด (อิเลคโตรไลต์)

C_2 = 15 ไมโครฟารัด (แทนทาลัม)

3.4 การใช้งานเครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์

การใช้งานแบ่งเป็นสองลักษณะดังนี้ (ดูรูปที่ 3.2 ประกอบ จะทำให้เข้าใจดีขึ้น)

3.4.1 การใช้สัญญาณกระตุ้นจากภายใน (Internal trigger) คือการใช้สัญญาณพัลส์ที่เกิดจาก ไอซี NE555 เป็นสัญญาณกระตุ้นให้เกิดพัลส์อย่างต่อเนื่อง ในกรณีที่เลือกสวิทช์ SW3 ไปที่ตำแหน่งเอคโค ในการใช้งานต้องปรับ VR1 ให้ได้ระยะห่างระหว่างพัลส์กว้างมาก ๆ เพื่อที่พัลส์ที่อยู่ติดกันของสัญญาณเอาท์พุตจะได้อยู่ห่างกันพอสมควรและสามารถปรับความกว้างของพัลส์ได้กว้าง และควรจะปรับความกว้างของพัลส์ให้มีค่าน้อยโดย VR2

ถ้าปรับ VR1 น้อย (ความกว้างของพัลส์น้อย) และ VR2 มาก (ระยะห่างระหว่างพัลส์มาก) มักจะมีปัญหาสัญญาณที่เกิดขึ้นไม่นิ่ง เพราะถ้า VR1 มีค่าน้อย สัญญาณเอาท์พุตจากไอซี NE555 กระตุ้นสองครั้งหรือมากกว่าในขณะที่พัลส์แรกที่ออกจากไอซี SN74121 ยังไม่หมดพัลส์แรก แม้จะเลือกใช้โมโนสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ ที่ไม่รับสัญญาณซ้ำ (Non-retriggerable monostable multivibrator) สัญญาณที่ได้ก็ไม่นิ่งดีเหมือนกรณีปรับ VR1 ให้มีค่ามาก ๆ และ VR2 มีค่าน้อย

ส่วนกรณีที่เลือกสวิทช์ SW3 ไปที่ตำแหน่ง คาร์-เพอร์เซลล์ ต้องปรับให้ VR1 มีค่าน้อย ส่วน VR2 ให้มีค่ามากที่สุด (ซึ่งกลับกันกับกรณีแรก) การใช้งานจึงจะได้ผลดี

3.4.2 การใช้สัญญาณกระตุ้นภายนอก (External trigger)

การใช้งานแบบใช้สัญญาณกระตุ้นจากภายนอกยังแบ่งออกได้เป็น 2 อย่าง คือ

1. ใช้สวิทช์แบบกดปล่อย (One shot switch) เป็นการให้สัญญาณกระตุ้นเพียงพัลส์เดียว กรณีนี้สวิทช์ SW3 ต้องอยู่ที่ตำแหน่งเอคโคเท่านั้น และไม่สามารถใช้ในกรณีคาร์-เพอร์เซลล์ ได้ การกระตุ้นแบบพัลส์เดียวมักจะให้สัญญาณเรโซแนนซ์ขนาดใหญ่เพราะไม่มีปัญหาเรื่องการอิ่มตัว

2. ใช้สัญญาณกระตุ้นจากอุปกรณ์ภายนอก โดยผ่านเข้ามาทางไอซี 5A การกระตุ้นแบบนี้สัญญาณจะเป็นแบบต่อเนื่องหรือแบบพัลส์เดียวก็ขึ้นกับอุปกรณ์ที่มาต่อ ถ้าเป็นสัญญาณแบบต่อเนื่องก็จะสามารถเลือกใช้งานแบบเอคโคหรือแบบคาร์-เพอร์เซลล์ก็ได้ ส่วนแบบพัลส์เดียวจะใช้ได้เฉพาะแบบเอคโคเท่านั้น ส่วนแบบคาร์-เพอร์เซลล์ก็เลือกใช้ได้ แต่จะไม่ให้ผลเป็นแบบคาร์-เพอร์เซลล์ตามที่ต้องการ

3.5 <u>การจัดการข้อมูล</u>

สัญญาณเรโซแนนซ์จากเครื่องตรวจจับเฟสซึ่งเป็นสัญญาณอะนาลอก (Analog) จะถูกป้อนเป็นสัญญาณอินพุตให้กับเครื่องเฉลี่ยสัญญาณ เครื่องเฉลี่ยสัญญาณจะแบ่งข้อมูลออกเป็น 1024 จุด การเรียกสัญญาณแต่ละครั้งกำหนดได้โดยเวลาลงจุด (Dwell time) ผลลัพธ์ของการคูณ 1024 ด้วยเวลาลงจุด จะเป็นช่วงทั้งหมดที่เครื่องเฉลี่ยสัญญาณเรียกข้อมูลมาทำการเฉลี่ย

สัญญาณอะนาลอกจากเครื่องตรวจจับเฟสเมื่อผ่านเครื่องเฉลี่ยสัญญาณจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอล (Digital) 9 บิต (Bit) โดยตัวเปลี่ยนอะนาลอกเป็นดิจิตอล (A/D converter) ซึ่งอยู่ภายในเครื่องเฉลี่ยสัญญาณ แต่ละจุดของข้อมูลจะถูกเรียกมาบวกกันเท่ากับจำนวนครั้งที่ต้องการเฉลี่ยสัญญาณรบกวนแบบสุ่มที่เกิดขึ้นจะมีโอกาสเป็นบวกและลบ ได้เท่า ๆ กัน ดังนั้นผลรวมจึงไม่มีค่าเพิ่มขึ้นในขณะที่สัญญาณที่ต้องการ จะเกิดขึ้นซ้ำ ๆ ที่ตำแหน่งเดิมทำให้ผลรวมมากขึ้น ดังนั้นผลรวมของการเฉลี่ยสัญญาณจึงทำให้อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนดีขึ้น

หลังการเฉลี่ยสัญญาณ ข้อมูลจะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำ ซึ่งมีทั้งหมด 2048 คำ (Words) และแต่ละคำจะมี 28 บิต ภาคติดต่อ (Interface) จะทำหน้าที่เชื่อมโยงกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งมี 16 บิต ในการทดลองเฉลี่ยสัญญาณ 100 ครั้ง และใช้บิตที่ 0 ถึงบิตที่ 15 จากเครื่องเฉลี่ยสัญญาณ ปรากฏว่าเกิดการ โอเวอร์โฟลว (Over flow) ในบางครั้ง แม้จะทดลองกับสัญญาณขนาดเล็ก สาเหตุมาจากข้อมูลจากเครื่องเฉลี่ยสัญญาณมีมากกว่าบิตที่ 15 จึงได้เปลี่ยนไปใช้ข้อมูลจากบิตที่ 4 ถึงบิตที่ 19 ของเครื่องเฉลี่ยสัญญาณ และไม่ปรากฏว่ามีการโอเวอร์โฟลว แม้จะทำการเฉลี่ยถึง 1000 ครั้ง การตัด 4 บิตล่างทิ้งไปก็เหมือนกับการตัดเลขนัยสำคัญน้อย ๆ ทิ้งไป จะมีผลต่อข้อมูลหลักน้อยมาก

ในการทดลองจะมีโปรแกรมที่ควบคุมการทำงานของเครื่องเฉลี่ยสัญญาณ รวมทั้งการรับส่งข้อมูลและคำนวณผลบางอย่างของข้อมูลจากเครื่องเฉลี่ยสัญญาณ นอกจากนี้ยังใช้โปรแกรมสำเร็จรูปช่วยในการเขียนกราฟและคำนวณค่าทางสถิติที่สำคัญ

3.5.1 โปรแกรมรับสัญญาณและคำนวณความสูงสัญญาณ

โปรแกรมนี้ได้ปรับปรุงแก้ไขมาจากโปรแกรมการสร้างภาพโดยเอ็นเอ็มอาร์ (NMR imaging program) โดยร้อยตำรวจตรีวิวัฒน์ สิทธิสรเดช โดยใช้ภาษาปาสคาล (Pascal) โปรแกรม ได้รับการออกแบบให้มีการทำงานดังต่อไปนี้

1. สามารถควบคุมการเริ่มต้นทำงานและหยุดการทำงานของเครื่องเฉลี่ยสัญญาณ (Signal averager)

2. สามารถอ่านข้อมูลและบันทึกข้อมูลจากเครื่องเฉลี่ยสัญญาณ

3. สามารถทำเส้นฐานสัญญาณ (Base line)

4. สามารถลดขนาดของสัญญาณรบกวน (Noise)

5. สามารถคำนวนหาความสูงสัญญาณและแสดงภาพบนจอได้

6. สามารถทำฟูเรียร์ทรานสฟอร์ม (Fourier transform) ของสัญญาณและฟูเรียร์ทรานสฟอร์มแบบกลับ (Inverse Fourier transform) ได้

นอกจากนี้โปรแกรมยังสามารถเลื่อนเคอร์เซอร์ (Cursor) เพื่อกำหนดบริเวณแสดงผลและภาพบนจอสามารถแสดงผลได้สองแบบคือแบบปกติและแบบขยายขนาดสัญญาณ ตำแหน่งที่เกิดสัญญาณสูงสุดก็จะแสดงให้เห็นได้บนจอ ซึ่งทำให้สะดวกต่อการดูตำแหน่งสัญญาณ เพราะในการทดลอง บางครั้งต้องการให้เกิดเรโซแนนซ์ที่ตำแหน่งเดิม

จะกล่าวถึงหลักการในการทำเส้นฐานสัญญาณ เพราะเป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อความสูงของสัญญาณและย่อมจะมีผลต่อการทำกราฟปรับเทียบและการหาปริมาณไขมันต่อเนื่องกันไปอีก

เส้นฐานสัญญาณควรจะเป็นเส้นที่มีจำนวนข้อมูลมากที่สุด และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) มีค่าน้อยที่สุด จึงเริ่มต้นด้วยการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลแล้วเทียบดูว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลส่วนบนและข้อมูลส่วนล่างส่วนไหนที่น้อยกว่ากัน แล้วจึงหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลส่วนนั้น แล้วเทียบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระหว่างข้อมูลส่วนบนและส่วนล่างอีก เสร็จแล้วก็หาค่าเฉลี่ยของข้อมูลในส่วนที่มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่าอีก และทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด เส้นตรงนั้นจะถือเป็นเส้นฐานสัญญาณ ที่กล่าวมาเป็นอัลกอริธึม (Algorithm) ในการทำโปรแกรมเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการทำเส้นฐานสัญญาณ

3.5.2 โปรแกรมคำนวณและเขียนกราฟข้อมูล

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการคำนวณและเขียนกราฟข้อมูล โปรแกรมที่ใช้คือแมทแคด (Mathcad) และโลตัส (Lotus) โปรแกรมทั้งสองสามารถเขียนกราฟและคำนวณค่าทางสถิติต่างๆ เช่น ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient) นอกจากนี้ยังคำนวณค่าต่าง ๆ ที่สำคัญในกราฟได้ เช่น ค่าความชัน (Slope) จุดตัดบนแกน Y (Y intercept) เป็นต้น ข้อมูลจากการแสดงผลในหัวข้อที่ผ่านมา จะถูกนำเข้าไปคำนวณและแสดงผลในโปรแกรมส่วนนี้