

## เครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจทารกในครรภ์ระบบอัลตราซาวด์

### Ultrasound Fetal Doper

พีรพัฒน์ พิสุทธิพงษ์<sup>1</sup> สมใจ อารยวัฒน์<sup>1</sup>  
Peerapath pisutthipong<sup>1</sup> Somjai Arayawat<sup>1</sup>

#### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประดิษฐ์เครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจของทารกในครรภ์ระบบอัลตราซาวด์ เพื่อศึกษาและแก้ปัญหาในการตรวจสุขภาพครรภ์มารดา ก่อนคลอด แต่เดิมนั้น วิธีการวัดอัตราการเต้นหัวใจเด็กทารกในครรภ์นั้นใช้สแตสโทสโคปหรือหูฟังของแพทย์วางหา บริเวณต่างๆในช่วงท้องของมารดาแล้วฟังเสียง โดยการนับเทียบกับนาฬิกาข้อมือ ซึ่งอาจได้ยินไม่ชัดเจน ซึ่งอาจเป็นปัญหาในการวินิจฉัยสุขภาพของแพทย์ ดังนั้น เครื่องมือที่ประดิษฐ์ขึ้นนี้ สามารถฟังเสียงเต้นของหัวใจทารกในครรภ์มารดาได้อย่างชัดเจน โดยใช้ระบบอัลตราซาวด์ และยังสามารถคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจออกมาเป็นตัวเลขดิจิทัลอ่านได้สะดวก ช่วยให้แพทย์สะดวกในการใช้งาน สามารถใช้ในงานตรวจติดตามสุขภาพครรภ์ได้ง่าย ได้ยินเสียงการเต้นของหัวใจทารก ขยายเสียงออกลำโพงชัดเจนและทำให้เกิดทัศนวิสัยที่ดีแก่มารดาที่สามารถได้ยินเสียงการเต้นหัวใจบุตรของตนเองที่อยู่ในครรภ์อีกด้วย ซึ่งคนไข้เองก็สามารถทำการตรวจวัดอัตราการเต้นของหัวใจทารกในครรภ์ได้เอง การหาประสิทธิภาพเครื่องมือวัด โดยการสอบเทียบตามมาตรฐานความเที่ยงตรงจากห้องปฏิบัติการที่มีมาตรฐาน สามารถสอบค่ากลับสู่ระดับสากลได้ ผลการสอบเทียบมีค่าผิดพลาดเฉลี่ย 0.428 BPM และมีค่าความไม่แน่นอนในการวัดเฉลี่ย 0.6574 BPM ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้

**คำสำคัญ :** เครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจทารกในครรภ์ ระบบอัลตราซาวด์

#### Abstract

This research is intended to invent the fetal Doppler for the study and the solution of the antepartum examination. Traditionally, the fetal heart rate was measured by using the stethoscope that was the way the doctor had to find the best position of the mother's abdomen and count the fetal heartbeats heard comparing with the time on the wristwatch. By that way, the heartbeats might not be clearly heard. And that was a problem for the doctor in diagnosing. This invented device, with ultrasonic system, is capable of helping to clearly hear the fetal heartbeats, and calculating the fetal heart rate which is digitally shown in numeric characters for convenient reading. It simplifies the pregnancy examination by giving the clear sounds from the speaker. The mother will have positive attitude hearing the heartbeats of the fetus. She can even measure the fetal heart rate by herself. The measuring device efficiency test was conducted on the accuracy calibration in the laboratory of universal standard. The test result shows the average inaccuracy of 0.428 BPM and average

<sup>1</sup> วิทยาเขตขอนแก่น มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล อีสาน  
Khonkaen Campus, Rajamangala University of Technology Isan.

uncertainty 0.6574 BPM which is within the designated limit.

**Key word:** Ultrasound, Fetal Doppler

## บทนำ

ในการตรวจสุขภาพครรภ์มารดา ก่อนคลอดนั้น การวัดอัตราการเต้นหัวใจทารกในครรภ์นั้นมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะเป็นสิ่งชี้แจงถึงสุขภาพของทารกที่อยู่ในครรภ์มารดาว่ามีสุขภาพดีและเป็นปกติหรือไม่เพียงใด อีกประการหนึ่งก็เพื่อให้รู้ว่าทารกนั้นอยู่ในตำแหน่งใด วิธีการวัดอัตราการเต้นหัวใจเด็กทารกในครรภ์แบบเดิมนั้น ใช้สเต็สโคสโคปหรือหูฟังของแพทย์วางหาบริเวณต่างๆ ในช่วงท้องของมารดาแล้วฟังเสียง โดยการนับเทียบกับนาฬิกาข้อมือ ซึ่งอาจได้ยินไม่ชัดเจนในบางครั้งครรภ์มารดาที่มีไขมันมากอาจไม่สามารถได้ยินเพราะหัวใจของทารกอยู่ลึกลงไป ในครรภ์มารดา ซึ่งเป็นปัญหาในการวินิจฉัยสุขภาพของแพทย์เป็นอย่างมาก

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญในการที่จะพัฒนาและออกแบบเครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจของทารกในครรภ์ระบบอัลตราซาวด์ ซึ่งเป็นเครื่องมือแพทย์ที่สามารถฟังเสียงเต้นของหัวใจทารกในครรภ์มารดาได้อย่างชัดเจน โดยใช้ระบบอัลตราซาวด์ และยังสามารถคำนวณอัตราการเต้นของหัวใจออกมาเป็นตัวเลขดิจิทัลได้อย่างถูกต้องอย่างแม่นยำ โดยใช้หลักการส่งคลื่นอัลตราซาวด์ในความถี่ที่เหมาะสมออกไปจับความเคลื่อนไหวของหัวใจทารกในครรภ์ และถอดรหัสออกมาเป็นสัญญาณไฟฟ้าความถี่เสียง จ่ายให้กับภาคขยายเสียง ออกลำโพงเพื่อให้ได้ยินเสียงชัดเจน และอีกทางหนึ่งนำสัญญาณไฟฟ้าที่ได้ไปแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลและคำนวณออกมาเป็นตัวเลขดิจิทัลบอก ค่าอัตราการเต้นของหัวใจทารกในครรภ์ด้วยระบบไมโครโพรเซสเซอร์

เครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจทารกในครรภ์มารดา ที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นจะช่วยให้แพทย์และพยาบาลที่ทำงานด้านผดุงครรภ์ สะดวกในการใช้งาน สามารถใช้ในงานตรวจติดตาม สุขภาพครรภ์ได้ง่ายโดยเครื่องมือนี้จะทำให้สามารถวางหาตำแหน่งหัวใจของทารกได้อย่าง

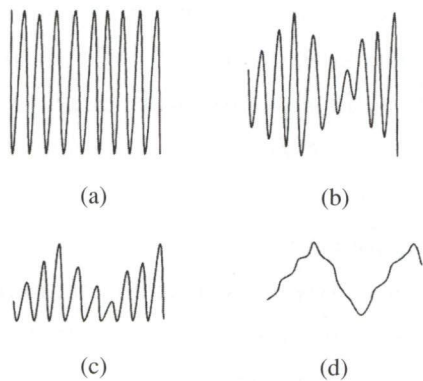
สะดวกเพราะได้ยินเสียงการเต้นของหัวใจทารกขยายเสียง ออกลำโพงชัดเจนและทำให้เกิดทัศนะวิสัยที่ดีแก่มารดาที่สามารถได้ยินเสียงของบุตรของตนเองที่อยู่ในครรภ์อีกด้วย การวัดอัตราการเต้นของทารกก็สะดวกเพราะเครื่องมือที่ออกแบบขึ้นนี้จะแสดงอัตราการเต้นหัวใจทารกในครรภ์เป็นตัวเลขดิจิทัลสามารถอ่านได้ง่ายสะดวกแก่การนำไปวินิจฉัยสุขภาพของทารก อีกทั้งเป็นการลดการนำเข้าเครื่องมือจากต่างประเทศที่มีราคาสูงมาก ตลอดจนเป็นองค์ความรู้ต้นแบบที่สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล เป็นผู้พัฒนา และออกแบบ เครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจทารกในครรภ์ระบบอัลตราซาวด์ ดังกล่าว

## วิธีการวิจัย

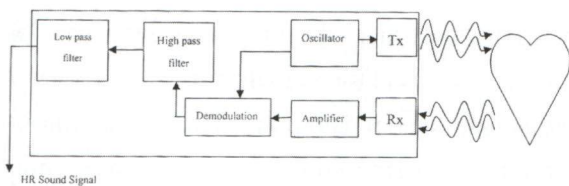
ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาคุณลักษณะของหัวเซนเซอร์ โพรระบบอัลตราซาวด์ และได้ทำการออกแบบวงจรเครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจทารกในครรภ์มารดาด้วยระบบคลื่นความถี่อัลตราซาวด์ โดยได้ออกแบบวงจรออกเป็น 4 ส่วนด้วยกัน คือ

1. ส่วนของหัวเซนเซอร์ดอป(Doppler Sensor)
2. ส่วนของอนาล็อก(Analog)
3. ส่วนของ ซี.พี.ยู.(CPU) และแสดงผล (Display)
4. ส่วนของภาคจ่ายกำลัง(Power Supply)

1. ในส่วนของเซ็นเซอร์ดอป ประกอบไปด้วยภาคผลิตความถี่สำหรับหัวส่ง ภาคขยายสัญญาณจากหัวรับ ภาคดีมอส และ ภาคกรองความถี่ การทำงานในส่วนนี้มีหลักการคือผลิตความถี่ ขนาด 2 MHz ส่งให้กับหัวส่งคลื่นอัลตราซาวด์จะส่งออกไปทางหัวส่งเมื่อคลื่นที่ส่งออกไปกระทบกับสิ่งเคลื่อนไหวก็จะสะท้อนกลับมาถึงหัวรับ หัวรับจะแปลงคลื่นความถี่ที่เปลี่ยนแปลงตามการเคลื่อนไหวเป็นสัญญาณไฟฟ้าความถี่เท่าคลื่นอัลตราซาวด์ส่งให้กับภาคขยายสัญญาณไฟฟ้าเพื่อขยายสัญญาณให้ใหญ่ขึ้นเพื่อส่งให้กับภาคดีมอสและภาคกรองความถี่เพื่อแปลงเป็นสัญญาณเสียง



รูปที่ 1 แสดงรูปสัญญาณไฟฟ้า (a) สัญญาณที่ส่งออกไป (b) สัญญาณที่ได้จากหัวรับ (c) สัญญาณจากภาคคิมอส (d) สัญญาณจากภาคกรองความถี่



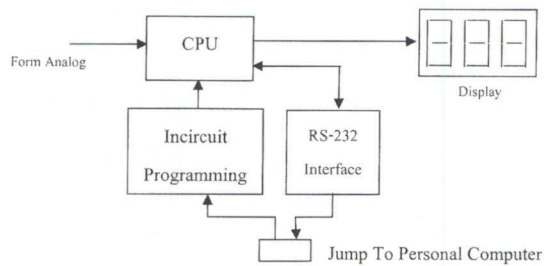
รูปที่ 2 แสดงบล็อกไดอะแกรม เซนเซอร์ค็อบ

2. ในส่วนของอะนาล็อกเป็นส่วนที่นำสัญญาณไฟฟ้ามาขยายเพิ่มเติมและลดสัญญาณรบกวนให้น้อยลง แยกสัญญาณเป็น 2 ทาง ทางหนึ่งส่งไปขยายกำลังออกลำโพง อีกทางหนึ่งผ่านวงจรเปรียบเทียบเพื่อเปลี่ยนรูปคลื่นเป็นรูปพลัส ส่งให้ส่วนของ ซี.พี.ยู. (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก)



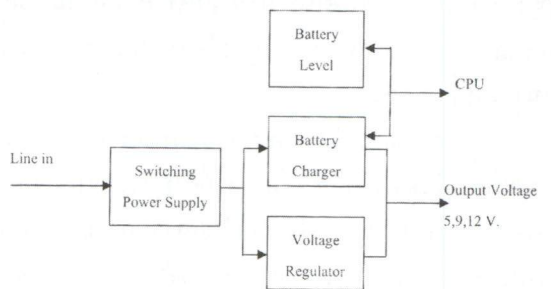
รูปที่ 3 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนของอนาล็อก

3. ส่วนของ ซี.พี.ยู. และแสดงผลเป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการประมวลผลสัญญาณพลัส เป็นอัตราการเต้นของหัวใจที่มีอัตราความถี่ตามความถี่ของพลัส คำนวณเป็นอัตรา ครั้งต่อนาที เพื่อแสดงผลออกทาง LED



รูปที่ 4 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนของ ซี.พี.ยู. และแสดงผล

4. ส่วนของภาคจ่ายกำลังได้ออกแบบให้ใช้ได้ทั้งจากไฟฟ้า 220 โวลต์ และไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ โดยให้มีวงจรชาร์จแบตเตอรี่ในตัวมีการควบคุมการชาร์จอัตโนมัติ การแปลงไฟฟ้ากระแสสลับ เป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงโดยวิธีสวิตซ์ซิ่งซัพพลาย



รูปที่ 5 แสดงบล็อกไดอะแกรมภาคจ่ายกำลัง

การหาประสิทธิภาพได้นำไปสอบเทียบกับเครื่อง Fetal Simulator ของห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัดที่สอบค่ากลับสู่ค่าสากลได้ การทดสอบใช้การตั้งค่า Fetal Simulator ไว้และทำการวัดจากเครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจทารกในครรภ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นเปรียบเทียบ เป็นจำนวน 7 ค่า คือ 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 BPM โดยแต่ละค่าทำการอ่านค่าละ 10 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ยบันทึกเป็นค่าที่อ่านได้ผลและวิจารณ์

การวิจัยสิ่งประดิษฐ์ครั้งนี้ได้ทำการออกแบบและทดลองประกอบเครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจทารกในครรภ์มารดา โดยใช้คลื่นความถี่อัลตราซาวด์ ได้ทำการทดสอบกับเครื่องทดสอบ FETAL SIMULATOR จากห้องปฏิบัติการทดสอบเครื่องมือวัดที่สามารถสอบเทียบค่ากลับสู่ค่าสากลได้ ผลการทดสอบเป็นดังนี้

ค่าที่ตั้ง (BPM)	ค่าที่อ่านได้ (BPM)	ค่าผิดพลาด (+/- BPM)	ความไม่แน่นอนในการวัด (+/- BPM)
30	30	0	0.5575
60	59	-1	0.6828
90	90	0	0.8815
120	119	-1	0.5575
150	149	-1	0.5575
180	180	0	0.6828
210	209	0	0.6828
	ค่าเฉลี่ย	-0.428	0.6574

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจทารกในครรภ์

จากผลการทดสอบพบว่าได้ค่าเฉลี่ยของค่าผิดพลาด +/-0.428 BPM ที่ค่าเฉลี่ยความไม่แน่นอนในการวัด (Uncertainty) 0.6574 BPM โดยพบว่าค่าที่ผิดพลาด -1 BPM อยู่ที่ 60 BPM, 120 BPM, 150 BPM ส่วนค่าอื่นๆมีค่าผิดพลาดเป็น 0 BPM ซึ่งจะเห็นว่ามีความแม่นยำในการวัดในระดับที่เชื่อถือได้

ในการทดลองใช้งานผู้วิจัยได้นำเครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจทารกในครรภ์มารดาที่ผ่านการสอบเทียบค่ามาตรฐานแล้วไปทดลองใช้กับผู้ป่วยที่โรงพยาบาลอำเภอวาปีประทุม จังหวัดมหาสารคาม ได้รับการประเมินจากผู้ใช้งานเป็นพยาบาลผู้ใช้เครื่องมือวัดอัตราการเต้นหัวใจที่ผู้วิจัยประดิษฐ์ขึ้นผลที่ได้ดังนี้

ข้อที่	รายการประเมิน	SD	$\bar{X}$
1	ขนาดมีความเหมาะสมกับการใช้งาน	0.98	2.8
2	การเคลื่อนย้ายสะดวกเหมาะสมกับการใช้งาน	0.52	2.3
3	น้ำหนักของเครื่องมือมีความเหมาะสม	1.17	3.8
4	หัวโทรปมีขนาดกะทัดรัดเหมาะสมมือ	0.98	3.8
5	ความสะดวกในการหาตำแหน่งวัด	0.52	3.7
6	หน้าปัดแสดงสถานการณ์ทำงานได้เหมาะสม	0.98	3.8
7	แบตเตอรี่สะสมพลังงานได้เหมาะสมกับการใช้งาน	1.03	4.3
8	การชาร์จ พลังงานแบตเตอรี่สะดวก	0.82	4.3
9	เสียงขอยอัตราการเต้นหัวใจชัดเจน	0.52	3.7
10	การแสดงผลตัวเลขขนาดเหมาะสมชัดเจน	0.41	4.2
11	ความเที่ยงตรงของการวัด	0.89	4.0
	รวม	8.82	40.8
	ค่าเฉลี่ย	0.80	3.7

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยผลการประเมินคุณภาพจากผู้ใช้งาน

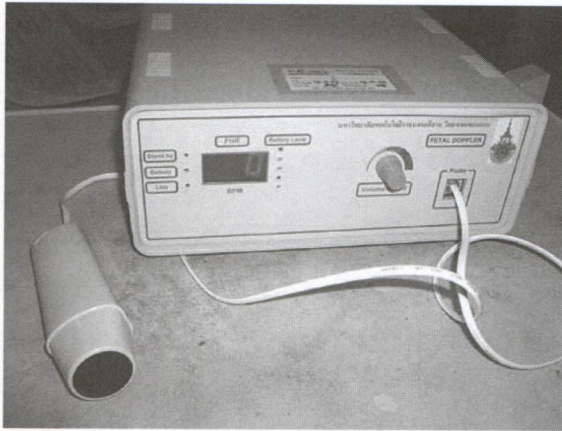
จากผลการประเมินจากผู้ทดลองใช้เป็นพยาบาลโรงพยาบาลอำเภอวาปีประทุม จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 10 คน ผลที่ได้จากการประเมินระดับความ

พอใจจากการใช้งานอยู่ในระดับ ปานกลาง ที่ค่าเฉลี่ย  $\bar{X}$  = 3.7 และ SD=0.80 และยังพบว่าผู้ใช้งานยังต้องการขนาดที่กะทัดรัด มีหูหิ้ว สายของตัว Drop tone ควรจะเป็นแบบขดยึดหาคได้เพื่อสะดวกในการเก็บรักษา และการเคลื่อนย้าย

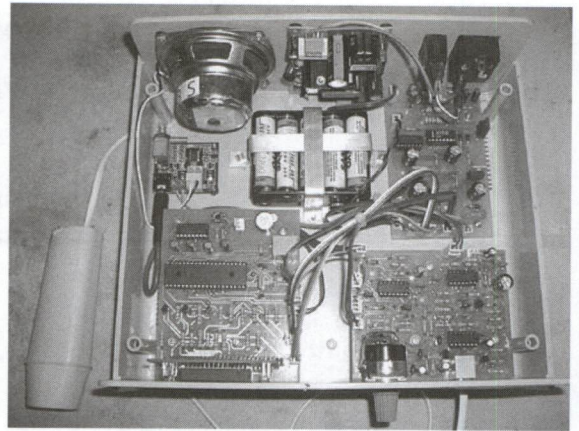
**สรุปและข้อเสนอแนะ**

ในการประดิษฐ์เครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจทารกในครรภ์มารดาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการลดการนำเข้าเครื่องมือวัดทางการแพทย์สำเร็จรูปจากต่างประเทศที่มีราคาแพง เป็นการลดภาระการทำงานของแพทย์ พยาบาล และเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติหน้าที่ ช่วยให้แพทย์และพยาบาลที่ทำงานด้านผดุงครรภ์ สะดวกในการใช้งาน สามารถใช้ในงานตรวจติดตาม สุขภาพครรภ์ได้ง่ายโดยเครื่องมือนี้จะทำให้สามารถวางหัววัดหาคตำแหน่งหัวใจของทารกได้อย่างสะดวกเพราะ ได้ยินเสียงการเต้นของหัวใจทารก ขยายเสียงออกลำโพงชัดเจนและทำให้เกิดทัศนวิสัยที่ดีแก่มารดาที่สามารถได้ยินเสียงของบุตรของตนเองที่อยู่ในครรภ์อีกด้วย อีกทั้งยังเป็นเทคโนโลยีต้นแบบที่เป็นองค์ความรู้ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล และประเทศไทย

จากการทดลองเครื่องวัดอัตราการเต้นหัวใจทารกในครรภ์มารดาแบบอัลตราซาวด์ สามารถใช้ได้เฉพาะการวัดอัตราการเต้นหัวใจทารกในครรภ์เท่านั้น หากนำมาวัดอัตราการเต้นหัวใจของผู้ใหญ่อาจทำให้การคำนวณและประมวลผลมีค่าผิดพลาดไปเนื่องจากรูปคลื่นหัวใจของทารกในครรภ์และรูปคลื่นการเต้นหัวใจผู้ใหญ่มีความแตกต่างกันอยู่ ทั้งด้านความเร็วและรูปคลื่น ซึ่งจะต้องมีการพัฒนา โปรแกรมการคำนวณให้ใช้ได้กับทั้งทารกในครรภ์และผู้ใหญ่ต่อไป ส่วนในการสอบเทียบเครื่องมือวัดนี้ยังมีข้อผิดพลาดของตัวเลขในบางช่วงของการตรวจวัด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการปรับปรุงระบบตรวจจับเสียงและปรับปรุง โปรแกรมการประมวลผลเพื่อให้เครื่องมือวัดสามารถทำงานได้เที่ยงตรงและมีประสิทธิภาพต่อไป



รูปที่ 6 แสดงตัวเครื่องประกอบเรียบร้อยแล้ว



รูปที่ 7 แสดงอุปกรณ์ประกอบภายในเครื่อง

### บรรณานุกรม

Schultz, Thomas W.1998. **C AND THE 8051 : Hardware, Modular Programming, and Multitasking**, Upper Saddle River, N.J. : Prentice Hall PTR.

บริษัท อีทีที จำกัด. 2540. คู่มือไอซี ไมโครโปรเซสเซอร์ MCS-51. กรุงเทพฯ : บริษัท อีทีที จำกัด

