

โครงการจัดซื้อครุภัณฑ์ชุดปฏิบัติการความถี่สูงสำหรับอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะในอุตสาหกรรม 4.0  
แขวงวิชรพยาบาล เขตดุสิต กรุงเทพมหานคร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

1. ความเป็นมา

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จัดการเรียนการสอนให้นักศึกษามีความรู้ทั้งทางด้านทฤษฎี ด้านปฏิบัติ และจริยธรรมในวิชาชีพ โดยเน้นให้นักศึกษาเกิดความสามารถในด้านการถ่ายทอดและการปฏิบัติงานด้านวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคมได้นำไปประยุกต์ใช้งานทางด้านอุตสาหกรรม 4.0 เช่น ระบบอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ ระบบสมองกลฝังตัว ระบบอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่ง เป็นต้น การเชื่อมโยงข้อมูลหรือการติดต่อสื่อสารระหว่างอุปกรณ์จะต้องใช้อุปกรณ์ทางด้านความถี่สูง แต่การจัดการเรียนการสอนยังไม่มีครุภัณฑ์และเครื่องมือประกอบการเรียนการสอนทางด้านปฏิบัติการที่จะพัฒนาส่งเสริมการเรียนรู้ส่งผลให้นักศึกษาขาดทักษะและประสบการณ์ในการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นเพื่อให้การจัดการเรียนการสอนเป็นไปตามความมุ่งหมายของหลักสูตรและการผลิตบัณฑิตให้เกิดความเชี่ยวชาญสอดคล้องกับเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ตลอดจนการรองรับการทำวิจัยของคณาจารย์ทางด้านไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และโทรคมนาคม ดังนั้นครุภัณฑ์ชุดปฏิบัติการความถี่สูงสำหรับอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะในอุตสาหกรรม 4.0 จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะต้องจัดเตรียมความพร้อมทางด้านสมรรถนะวิชาชีพให้กับนักศึกษา ยุคไทยแลนด์ 4.0 โดยครุภัณฑ์ชุดนี้จะสามารถนำไปพัฒนานักศึกษาให้สามารถพัฒนาระบบสื่อสารย่านความถี่สูง การพัฒนาระบบอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะสำหรับอุตสาหกรรม 4.0

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ได้ครุภัณฑ์ที่สามารถนำไปฝึกปฏิบัตินักศึกษาให้มีความรู้ความสามารถในการพัฒนางจรความถี่สูงสำหรับอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะในอุตสาหกรรม 4.0
2. เพื่อให้ได้เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการทำวิจัย และการทำโครงการของนักศึกษา
3. เพื่อเตรียมความพร้อมนักศึกษาก่อนเข้าสู่ภาคอุตสาหกรรมระบบ 4.0

3. คุณสมบัติ

1. มีความสามารถตามกฎหมาย
2. ไม่เป็นบุคคลล้มละลาย
3. ไม่อยู่ระหว่างเลิกกิจการ
4. ไม่เป็นบุคคลซึ่งอยู่ระหว่างถูกระงับการยื่นข้อเสนอหรือทำสัญญากับหน่วยงานของรัฐไว้ชั่วคราว เนื่องจากเป็นผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงานของผู้ประกอบการตามระเบียบที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการคลังกำหนดตามที่ประกาศเผยแพร่ในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง

ผู้กำหนดรายละเอียด.....

5. ไม่เป็นบุคคลซึ่งถูกระบุชื่อไว้ในบัญชีรายชื่อผู้ทำงานและได้แจ้งเวียนชื่อให้เป็นผู้ทำงานของหน่วยงานของรัฐในระบบเครือข่ายสารสนเทศของกรมบัญชีกลาง ซึ่งรวมถึงนิติบุคคลที่ผู้ทำงานเป็นหุ้นส่วนผู้จัดการกรรมการผู้จัดการ ผู้บริหาร ผู้มีอำนาจในการดำเนินงานในกิจการของนิติบุคคลนั้นด้วย
6. มีคุณสมบัติและไม่มีลักษณะต้องห้ามที่คณะกรรมการนโยบายการจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐกำหนดในราชกิจจานุเบกษา
7. เป็นนิติบุคคลผู้มีอาชีพขายพัสดุที่ประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว
8. ไม่เป็นผู้มีผลประโยชน์ร่วมกันกับผู้เสนอราคารายอื่นที่เข้ายื่นข้อเสนอให้แก่คณะกรรมการอุตสาหกรรมมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ณ วันประกาศประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่เป็นผู้กระทำการอันเป็นการขัดขวางการแข่งขันอย่างเป็นธรรมตามข้อ 5 ของเอกสารซื้อด้วยอิเล็กทรอนิกส์
9. ไม่เป็นผู้ได้รับสิทธิหรือความคุ้มกัน ซึ่งอาจปฏิเสธไม่ยอมขึ้นศาลไทย เว้นแต่รัฐบาลของผู้เสนอราคาได้มีคำสั่งให้สละสิทธิและความคุ้มกันเช่นนั้น
10. ผู้เสนอราคาต้องลงทะเบียนในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Government Procurement : e-GP) ของกรมบัญชีกลาง
11. ผู้เสนอราคาซึ่งได้รับคัดเลือกเป็นคู่สัญญาต้องลงทะเบียนในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Government Procurement : e-GP) ของกรมบัญชีกลางตามที่คณะกรรมการ ป.ป.ช. กำหนด
12. ผู้เสนอราคาต้องไม่อยู่ในฐานะเป็นผู้ไม่แสดงบัญชีรายรับรายจ่ายหรือแสดงบัญชีรายรับรายจ่าย ไม่ถูกต้องครบถ้วนในสาระสำคัญ ตามที่คณะกรรมการ ป.ป.ช. กำหนด
13. ผู้เสนอราคาซึ่งได้รับคัดเลือกเป็นคู่สัญญาต้องรับและจ่ายเงินผ่านบัญชีธนาคาร เว้นแต่การจ่ายเงินแต่ละครั้งซึ่งมีมูลค่าไม่เกินสามหมื่นบาทคู่สัญญาอาจจ่ายเป็นเงินสดได้ตามที่คณะกรรมการ ป.ป.ช. กำหนด

#### 4. รูปแบบรายการหรือคุณลักษณะเฉพาะ

ครุภัณฑ์ชุดปฏิบัติการความถี่สูงสำหรับอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะในอุตสาหกรรม 4.0

รายการประกอบที่ 1 ชุดเครื่องมือวัดและทดสอบวงจรความถี่สูง จำนวน 1 ชุด

##### 1.1. รายละเอียดทั่วไป

- 1.1.1. เป็นเครื่องวัดและวิเคราะห์วงจรเครือข่ายไมโครเวฟ มีย่านความถี่ใช้งานตั้งแต่ 9 KHz - 8.5 GHz หรือกว้างกว่า ชนิด 2 ช่องสัญญาณหรือมากกว่า แบบตั้งโต๊ะ
- 1.1.2. ตัวเครื่องสามารถแสดงผลการวัดแบบ S-parameter คือ S11, S12, S21, S22 ได้หรือมากกว่า
- 1.1.3. ตัวเครื่องรองรับการสอบเทียบ (Calibration) สำหรับด้วยอุปกรณ์สอบเทียบ (Calibration kit) ที่มีโหมดของ Short (S), Open(O), Thru(T) หรือมากกว่า
- 1.1.4. มีการอบรมการใช้งานเครื่อง ไม่น้อยกว่า 8 ชั่วโมง หลังการส่งมอบ โดยอบรมทฤษฎีหลักการของเครื่องวิเคราะห์ที่โครงข่าย และอบรมการใช้งานเครื่องมือวัดและการดูแลบำรุงรักษาเครื่อง พร้อม

ผู้กำหนดรายละเอียด.....

เอกสารการอบรม

1.1.5. ผู้เสนอราคาต้องได้รับการแต่งตั้งจากผู้ผลิตโดยตรงโดยมีเอกสารรับรองระบุเลขที่ประกวดราคา  
แนบตอนยื่นข้อเสนอ เพื่อการบริการหลังการขาย

1.2. รายละเอียดทางเทคนิค

1.2.1. มีย่านความถี่ ตั้งแต่ 9 KHz ถึง 8.5 GHz หรือมากกว่า ชนิด 2 ช่องสัญญาณ หรือมากกว่า

1.2.2. ความละเอียดของความถี่ (Frequency resolution) ที่ 1 Hz หรือน้อยกว่า

1.2.3. มีจำนวนจุดความละเอียดของการวัดสัญญาณต่อ Trace (Number of measurement points) สูงสุด  
ไม่น้อยกว่า 100,001 จุด

1.2.4. มีค่า Measurement Bandwidth ตั้งแต่ 1 Hz ถึง 1 MHz หรือกว้างกว่า

1.2.5. มีค่า Dynamic range ของตัวเครื่องดังนี้

9KHz ถึง 100KHz      มากกว่าหรือเท่ากับ 100dB

100KHz ถึง 50MHz      มากกว่าหรือเท่ากับ 120dB

50MHz ถึง 4GHz      มากกว่าหรือเท่ากับ 130dB

4GHz ถึง 7GHz      มากกว่าหรือเท่ากับ 125dB

7GHz ถึง 8.5GHz      มากกว่าหรือเท่ากับ 120dB

1.2.6. ค่าความแม่นยำของการสัญญาณแบบส่งผ่าน (Transmission measurements)

+5dB ถึง -35dB      < 0.05 dB or < 0.5°

-35dB ถึง -50dB      < 0.1 dB or < 1°

-50dB ถึง -60dB      < 0.2 dB or < 2°

1.2.7. ค่าความแม่นยำของการสัญญาณแบบสะท้อนกลับ(Reflection measurements)

9 kHz to 50 MHz

0 dB to -15 dB      < 0.3 dB or < 2°

-15 dB to -25 dB      < 0.8 dB or < 6°

-25 dB to -35 dB      < 3.0 dB or < 17°

50 MHz to 4 GHz

0 dB to -15 dB      < 0.2 dB or < 2°

-15 dB to -25 dB      < 0.6 dB or < 4°

-25 dB to -35 dB      < 2.0 dB or < 12°

4 GHz to 8.5 GHz

0 dB to -15 dB      < 0.3 dB or < 2°

-15 dB to -25 dB      < 0.8 dB or < 6°

ผู้กำหนดรายละเอียด.....

-25 dB to -35 dB < 3.0 dB or < 17°

1.2.8. ค่า Effective System Data ดังนี้

1.2.8.1 Directivity

9KHz ถึง 100KHz	มากกว่าหรือเท่ากับ	46 dB
100KHz ถึง 4.5GHz	มากกว่าหรือเท่ากับ	45 dB
4.5GHz ถึง 8.5GHz	มากกว่าหรือเท่ากับ	40 dB

1.2.8.2 Source match

9KHz ถึง 100KHz	มากกว่าหรือเท่ากับ	41 dB
100KHz ถึง 4.5GHz	มากกว่าหรือเท่ากับ	40 dB
4.5GHz ถึง 8.5GHz	มากกว่าหรือเท่ากับ	36 dB

1.2.8.3 Lode match

9KHz ถึง 100KHz	มากกว่าหรือเท่ากับ	44 dB
100KHz ถึง 4.5GHz	มากกว่าหรือเท่ากับ	45 dB
4.5GHz ถึง 8.5GHz	มากกว่าหรือเท่ากับ	40 dB

1.2.8.4 Reflection tracking

9KHz ถึง 100KHz	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	0.02 dB
100KHz ถึง 4.5GHz	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	0.02 dB
4.5GHz ถึง 8.5GHz	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	0.05 dB

1.2.8.5 Transmission tracking

9KHz ถึง 100KHz	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	0.028 dB
100KHz ถึง 4.5GHz	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	0.018 dB
4.5GHz ถึง 8.5GHz	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	0.09 dB

1.2.9. สัญญาณรบกวนของเส้นกราฟ (Trace Noise Magnitude (RMS) ) ดังนี้

9 kHz to 20 kHz	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	0.008 dB
20 kHz to 100 kHz	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	0.004 dB
100 kHz to 100MHz	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	0.004 dB
100 MHz to 8.5GHz	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	0.004 dB

1.2.10. มีกำลังสัญญาณของช่องทดสอบด้านขาออก (Output) ดังนี้

9 kHz to 100 MHz	-55 dBm to +10 dBm หรือดีกว่า
100 MHz to 2.5 GHz	-55 dBm to +13 dBm หรือดีกว่า
2.5 GHz to 7.5 GHz	-55 dBm to +10 dBm หรือดีกว่า

ผู้กำหนดรายละเอียด.....

7.5 GHz to 8.5 GHz -55 dBm to +8 dBm หรือดีกว่า

1.2.11. ความถูกต้องของ Power measurement accuracy ในส่วนของช่องทดสอบด้านขาเข้า (Input)

9 kHz to 100 kHz น้อยกว่า 2 dB

100 kHz to 8.5 GHz น้อยกว่า 1 dB

1.2.12. ระดับสัญญาณ Noise Level ดังนี้

9 kHz to 50 kHz น้อยกว่า -115 dBm

50 kHz to 50 MHz น้อยกว่า -120 dBm

50 MHz to 4 GHz น้อยกว่า -130 dBm

4 GHz to 6.5 GHz น้อยกว่า -125 dBm

6.5 GHz to 8.5 GHz น้อยกว่า -120 dBm

1.2.13. ตัวเครื่องมีจอแสดงผลแบบสี WXGA color LCD ชนิดสัมผัส (Touch screen) และมีขนาดไม่น้อยกว่า 12.1 นิ้ว และมีความละเอียดของหน้าจอที่ 1280 x 800 หรือดีกว่า

1.2.14. หัวต่อของพอร์ตหน้าเครื่อง เป็นแบบ N Type (female) ความต้านทาน 50 โอห์ม

1.2.15. มีพอร์ตเชื่อมต่อด้านหลังเครื่อง : LAN ,USB หรือมากกว่า

1.3. อุปกรณ์ประกอบ

1.3.1. ชุดปรับเทียบมาตรฐาน (Calibration kit) แบบ N Type โดยเป็นชุดหัวต่อแบบ Male ที่ประกอบด้วย Short, Open, Thru, Load (Match) จำนวน 1 ชุด และต้องเป็นยี่ห้อเดียวกันกับชุดเครื่องมือวัดและทดสอบวงจรความถี่สูง

1.3.2. มีอุปกรณ์ทดลองคลื่นความถี่ (RF Teaching Board) ที่จะต้องอยู่ภายใต้เครื่องหมายการค้าเดียวกันกับชุดเครื่องมือวัดและทดสอบวงจรความถี่สูง โดยมีวงจรของอุปกรณ์ทดลองต้องมียี่ห้อประกอบอย่างน้อยดังนี้ Up converter, Down converter , Power Supply, Calibration Kit, DC/DC converter, Local Oscillator (LO) เป็นอย่างน้อย อยู่ในบอร์ดเดียวกัน

รายการประกอบที่ 2 ชุดเครื่องมือสำหรับสร้างอุปกรณ์ต้นแบบ จำนวน 1 ชุด  
มีคุณสมบัติและจำนวนอุปกรณ์ดังนี้

2.1 เครื่องพิมพ์ 3 มิติ จำนวน 1 เครื่อง

2.1.1 มีขนาด Printing Size 300 x 300 x 400mm หรือดีกว่า

2.1.2 เป็นระบบ Dual-color หรือดีกว่า

2.1.3 มีจอแสดงผลแบบสัมผัสขนาด 4.3-inch หรือดีกว่า

2.2 เครื่องสแกน 3 มิติ จำนวน 1 เครื่อง

2.2.1 เทคโนโลยีการสแกนแบบ White LED Light หรือดีกว่า

ผู้กำหนดรายละเอียด.....

2.2.2 ความละเอียดในการสแกน 0.1mm / 100 microns หรือดีกว่า

2.2.3 มีฐานหมุนอัตโนมัติ

2.2.4 รองรับการสแกนสีได้

2.2.5 ชิ้นงานเล็กสุดที่รองรับ 30x30x30 mm หรือดีกว่า

2.2.6 ชิ้นงานใหญ่สุด 700x700x700 mm สำหรับ Fix-Manual Scan / 200x200x200mm สำหรับ Auto Scan ใช้ฐานหมุนอัตโนมัติหรือดีกว่า

2.2.7 ไฟล์ที่ได้จากการสแกน STL, OBJ, PLY, ASC เป็นอย่างน้อย

2.3 เครื่องมินิซีเอ็นซี จำนวน 1 เครื่อง

2.2.1 เป็นเครื่องขนาดเล็ก แบบ ball screw

2.2.2 พื้นที่ทำงาน X,Y,Z : 280x390x55 mm หรือดีกว่า

2.2.3 โครงสร้าง : อลูมิเนียม อัลลอยด์ หรือดีกว่า

2.2.4 ระบบขับเคลื่อน : Ball Screw หรือดีกว่า

2.2.5 ความเร็วในการแกะสลัก : 300-3000 mm/min หรือดีกว่า

รายการประกอบที่ 3 ชุดเรียนรู้อิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะในอุตสาหกรรม 4.0 จำนวน 1 ชุด  
มีคุณสมบัติและจำนวนอุปกรณ์ดังนี้

3.1 ชุดทดลองการประมวลผลสัญญาณ จำนวน 4 ชุด. มีคุณสมบัติดังนี้

3.1.1 บอร์ดทดลองมีหน่วยประมวลผลชนิด Xilinx ความเร็วไม่น้อยกว่า 650 MHz

3.1.2 มีส่วนประกอบของอุปกรณ์ลอจิกแบบโปรแกรมได้ (FPGA)

3.1.3 จำนวนคอร์ของหน่วยประมวลผลไม่น้อยกว่า 2 คอร์

3.1.4 หน่วยความจำภายนอกไม่น้อยกว่า 256 MB

3.1.5 ประเภทหน่วยความจำแบบ DDR3 หรือดีกว่า ที่มีขนาดไม่น้อยกว่า 512 MB และมีความเร็วไม่น้อยกว่า 500MHz

3.1.6 มีชุดรับ-ส่งสัญญาณไร้สายตามมาตรฐาน IEEE 802.11 b, g หรือดีกว่า

3.1.7 กำลังส่งสูงสุดไม่น้อยกว่า +10dB (10mW)

3.1.8 สามารถอินเตอร์เฟซกับคอมพิวเตอร์แบบ USB ได้

3.1.9 มีจำนวนพอร์ต USB 2.0 สำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกไม่น้อยกว่า 2 พอร์ตหรือดีกว่า

3.1.10 มีการอบรมหลังการส่งมอบโดยวิทยากรคนไทยที่ได้ใบประกาศนียบัตร Certified Professional Instructor จาก บริษัท National Instruments Corporation โดยมีเอกสารแนบมาแสดงในวันยื่นข้อเสนอ

ผู้กำหนดรายละเอียด.....

- 3.1.11 มีช่องรับสัญญาณอนาล็อกแบบ Differential จำนวน ไม่น้อยกว่า 2 ช่อง และแบบ Single end จำนวนไม่น้อยกว่า 4 ช่อง
- 3.1.12 มีช่องรับสัญญาณอนาล็อก มีความละเอียดในการสุ่มสัญญาณไม่น้อยกว่า 12 บิต (Bits) อัตราการสุ่มสัญญาณไม่น้อยกว่า 500 kS/s
- 3.1.13 มีช่องออกสัญญาณอนาล็อกแบบ Single end จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ช่อง
- 3.1.14 มีช่องออกสัญญาณอนาล็อกแบบ Single end มีความละเอียดไม่น้อยกว่า 12 บิต (Bits) และมีอัตราการสุ่มสัญญาณไม่น้อยกว่า 300 kS/s
- 3.1.15 มีช่องสัญญาณอนาล็อกสามารถจ่ายกระแสได้สูงสุดไม่ต่ำกว่า 2mA
- 3.1.16 มีช่องขาเข้าและขาออกของสัญญาณดิจิทัล
- 3.1.17 มีคอนเน็คเตอร์ 2 พอร์ต 16 DIO
- 3.1.18 มี Logic level 5V compatible LVTTTL
- 3.1.19 มีอุปกรณ์ประกอบที่ใช้ร่วมกับชุดทดลองได้ ไม่น้อยกว่าต่อไปนี้
  - แผงบอร์ดทดลองขนาดไม่น้อยกว่า 1200 จุด พร้อม LED และ power supply จำนวน 2 บอร์ด
  - มีอะแดปเตอร์แบบ High current จำนวน 2 ตัว
  - มีอะแดปเตอร์สำหรับต่อเข้ากับ DC Motor จำนวน 2 ตัว
  - มีอะแดปเตอร์แบบ Shield สำหรับ Arduino จำนวน 2 ตัว
  - มีแผง protoboard expansion จำนวน 2 แผง

3.2 ชุดทดสอบวงจรแอนะล็อกและดิจิทัล จำนวน 4 ชุด

- 3.2.1. ทำงานเป็นดิจิทัลออสซิลโลสโคป 2 อินพุต มีอัตราการสุ่มสัญญาณสูงสุด 100 MSPS, แบนด์วิดท์ไม่น้อยกว่า 30 MHz
- 3.2.2. ทำงานเป็นเครื่องกำเนิดสัญญาณแบบโปรแกรมได้ 2 ช่อง ปรับแอมพลิจูด ได้  $\pm 5V$  14 บิต ย่านความถี่ ไม่น้อยกว่า 12MHz สร้างสัญญาณมอดูเลชันได้ทั้ง AM และ FM และสามารถเลือกสร้างรูปสัญญาณเอาต์พุตจากข้อมูลที่เป็นไฟล์ Excel ได้
- 3.2.3. มีวงจรขยายสัญญาณเสียงแบบสเตอริโอ เพื่อขับลำโพงหรือหูฟังได้
- 3.2.4. ทำงานเป็นลอจิกอะนาไลเซอร์ได้ไม่น้อยกว่า 16 ช่อง
- 3.2.5. ทำงานเป็นเครื่องกำเนิดสัญญาณแบบเลือกรูปปร่างได้หรือแพ็คเกจเทิร์นเจเนอเรเตอร์ 16 ช่อง
- 3.2.6. มีพอร์ตอินพุตเอาต์พุตดิจิทัลเสมือนไม่น้อยกว่า 16 ช่อง ที่มีอุปกรณ์สำหรับทดสอบการทำงาน เช่น สวิตช์, LED
- 3.2.7. มีอินพุต/เอาต์พุต ดิจิทัลสำหรับทำงานกับอุปกรณ์อื่นๆ (3.3V CMOS)
- 3.2.8. ทำงานเป็นดิจิทัลโวลต์มิเตอร์ 1 ช่อง วัดแรงดันได้ทั้งไฟฟ้ากระแสสลับและกระแสตรง สูงสุดได้  $\pm$  ไม่น้อยกว่า 25 V

ผู้กำหนดรายละเอียด.....

*[Handwritten signature]*

- 3.2.9. ใช้งานเป็นเครื่องวิเคราะห์สัญญาณในระบบโครงข่ายหรือเน็ตเวิร์กอะนาไลเซอร์ได้ มีย่านวัด 1Hz ถึง 10MHz หรือสูงกว่า
- 3.2.10. ใช้งานเป็นเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัมได้
- 3.2.11. ใช้งานเป็นเครื่องวัดสายสัญญาณดิจิทัล SPI, I<sup>2</sup>C, UART, Parallel ได้
- 3.2.12. มีเอาต์พุตแรงดันไฟตรงคู่  $\pm 5V$  จ่ายกระแสไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 50mA
- 3.3 ชุดชิ้นส่วนหุ่นยนต์ที่ใช้ร่วมกับชุดทดลองการประมวลผลสัญญาณ จำนวน 4 ชุด ในชุดประกอบด้วย
- 3.3.1. มีชิ้นส่วนทางแมคคอปทรอนิกส์ไม่น้อยกว่า 250 ชิ้น เพื่อใช้สำหรับประกอบเป็นหุ่นยนต์ สำหรับการเรียนรู้งานควบคุมทั่วไปและการควบคุมหุ่นยนต์
- 3.3.2. มีอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่พร้อมใช้งาน ได้แก่ : มอเตอร์แบบเซอร์โว, มอเตอร์แบบไฟฟ้ากระแสตรง, เซ็นเซอร์วัดแสง, เซ็นเซอร์วัดความเร็ว และ เซ็นเซอร์ IR
- 3.3.3. มีชุดแบตเตอรี่
- 3.3.4. มีเอกสารเกี่ยวกับขั้นตอนการต่อหุ่นยนต์ทั้งสามแบบ คือ
- หุ่นยนต์พื้นราบทั่วไป (Rover Vehicle Assembly)
  - หุ่นยนต์สำหรับควบคุมความสมดุลของลูกบอล (Balancing Arm Assembly)
  - หุ่นยนต์รักษาสมดุลด้วยตัวเอง (Self-Balancing Robot Assembly)
- 3.4 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 15 บอร์ด มีอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนบอร์ดไม่น้อยกว่าต่อไปนี้
- 3.4.1 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้สำหรับการทดลองทางด้านอินเทอร์เน็ตแห่งสรรพสิ่ง
- 3.4.2 ภายในติดตั้งไมโครคอนโทรลเลอร์ ขนาด 32 บิตในรุ่น ESP32 ที่มี WiFi และบลูทูธในตัว
- 3.4.3 มีจอแสดงผล TFT LCD ขนาด 2 นิ้ว ความละเอียด 320 x 240 พิกเซล
- 3.4.4 มีวงจรภาคจ่ายไฟ +12V, +5V และ +3.3V
- 3.4.5 มีจุดต่อพอร์ตสำหรับการทดลองเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก
- 3.4.6 มีแผงต่อวงจรไม่น้อยกว่า 180 จุด สำหรับต่อวงจรทดลองเพิ่มเติม
- 3.4.7 ติดตั้งวงจร LED แสดงผลไม่น้อยกว่า 8 ดวง
- 3.4.8 มีวงจรขับรีเลย์ 5V แบบกลไก 8 ช่อง
- 3.4.9 มีวงจรขับมอเตอร์ไฟตรงพร้อมกับมอเตอร์ไฟตรงที่มีวงจรเข้ารหัสแกนหมุนมาพร้อมใช้งานควบคุมความเร็วและทิศทางในการหมุนได้
- 3.4.10 มีวงจรขับสเต็ปเปอร์มอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ โดยมีสเต็ปเปอร์มอเตอร์ขนาดเล็กติดตั้งไว้บนบอร์ดทดลองพร้อมใช้งาน
- 3.4.11 มีวงจรขับเซอร์โวมอเตอร์และติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์พร้อมใช้งาน
- 3.4.12 ติดตั้ง LED 3 สี RGB แบบโปรแกรมได้ จำนวน 64 ดวง จัดเรียงเป็นแบบคอตเมตริกซ์ 8x8 จุด
- 3.4.13 ติดตั้งสวิตช์กดติดปล่อยดับ 16 ตัว ต่อกันเป็นวงจรสวิตช์เมตริกซ์ หรือคีย์แพด 4x4 จุด

ผู้กำหนดรายละเอียด.....



- 3.4.14 มีวงจรสวิตช์จอยสติ๊ก โดยส่วนของก้านหมุนเป็นตัวต้านทานปรับค่าได้และมีสวิตช์กดที่ก้านหมุน มีลูกบิดสำหรับสวมเข้ากับก้านหมุน
- 3.4.15 มีวงจรสวิตช์เข้ารหัสแบบหมุนหรือเอ็นโค้ดเดอร์ 360 องศาพร้อมลูกบิด
- 3.4.16 มีวงจรเชื่อมต่อตัวตรวจจับแสงโดยใช้ตัวต้านทานแปรค่าตามแสง
- 3.4.17 มีวงจรเชื่อมต่อตัวตรวจจับเสียงโดยใช้คอนเดนเซอร์ ไมโครโฟน มีวงจรขยายสัญญาณ
- 3.4.18 มีวงจรเชื่อมต่อตัวตรวจจับอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเบอร์ DHT12 ติดต่อผ่านบัส I2C
- 3.4.19 มีวงจรเชื่อมต่อตัวตรวจจับความกดอากาศเบอร์ BMP280 ติดต่อผ่านบัส I2C
- 3.4.20 มีวงจรเชื่อมต่อตัวอ่านรหัสอุปกรณ์ แบบใช้คลื่นวิทยุ หรือ RFID

### 3.5 เครื่องประมวลผลข้อมูล จำนวน 15 เครื่อง

- 3.5.1 มีหน่วยประมวลผลกลางที่มีประสิทธิภาพไม่น้อยกว่า Intel Core i5 ความเร็วไม่ต่ำกว่า 3.0GHz (9MB cache, 6 Core)
- 3.5.2 มีพอร์ตสื่อสารแบบ USB รวมไม่น้อยกว่า 6 พอร์ต โดยอยู่ด้านหน้าไม่น้อยกว่า 2 พอร์ต โดยรวมทั้งหมดต้องเป็นชนิด USB 3.0 ไม่น้อยกว่า 4 พอร์ตหรือดีกว่า
- 3.5.3 มีช่องเสียบแบบ Expansion Slot ไม่น้อยกว่า 2 ช่อง โดยเป็น PCI Express x16 อย่างน้อย 1 ช่อง และ PCI Express x1 อย่างน้อย 1 ช่อง
- 3.5.4 แผงวงจรหลัก (เมนบอร์ด) ต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเครื่องหมายการค้าเดียวกับเครื่องคอมพิวเตอร์
- 3.5.5 มี BIOS ชนิด UEFI BIOS ที่มีลิขสิทธิ์ถูกต้องตามกฎหมายซึ่งมีเครื่องหมายการค้าเดียวกับเครื่องคอมพิวเตอร์
- 3.5.6 มีหน่วยความจำหลักแบบ DDR4 2400MHz ขนาด 8GB หรือดีกว่า สามารถขยายได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 32 GB
- 3.5.7 มีฮาร์ดดิสก์ที่มีขนาดความจุไม่ต่ำกว่า 1TB แบบ SATA หรือดีกว่าและมี ความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 7,200 รอบต่อนาที จำนวน 1 หน่วย
- 3.5.8 มี DVD Writer จำนวน 1 หน่วย
- 3.5.9 มีหน่วยควบคุมการแสดงผลชนิด HD Graphics
- 3.5.10 มีพอร์ตเชื่อมต่อจอภาพแสดงผลอย่างน้อย 2 พอร์ต เช่น VGA Port หรือ HDMI Port หรือ Display Port เป็นอย่างน้อย
- 3.5.11 มีอุปกรณ์เครือข่าย Ethernet ความเร็ว 10/100/1000Mbps โดยมีช่องสำหรับเชื่อมต่อสัญญาณแบบ RJ-45 ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 3.5.12 มีไฟ LED (Light Emitting Diode) บนตัวเครื่องสำหรับการแสดงถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์ภายในโดยตรง (Direct Detect) เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปัญหาเบื้องต้นไม่ต่ำกว่า 7 รายการเช่น

ผู้กำหนดรายละเอียด.....

BIOS, PCI Device, Memory, CPU, System board ฯลฯ เป็นต้น

3.5.13 มีระบบช่วยตรวจสอบความผิดปกติของตัวเครื่อง (Diagnostic) ผ่านปุ่มคีย์ลัด (Boot Menu) ซึ่งพัฒนาโดยเจ้าของผลิตภัณฑ์

3.5.14 อุปกรณ์ป้อนข้อมูล มีแป้นพิมพ์ (Keyboard) แบบ Multimedia ชนิด USB Port โดยทั้งชุดต้องเป็นเครื่องหมายการค้าเดียวกันกับตัวเครื่องคอมพิวเตอร์

3.5.15 มี Power Supply ขนาดไม่น้อยกว่า 240 Watts หรือดีกว่า ที่มีเทคโนโลยีประหยัดพลังงานไฟฟ้า

3.5.16 มี Hardware ตามมาตรฐาน TPM 1.2 หรือดีกว่า ทำหน้าที่รักษาความปลอดภัยบนแผงวงจรหลัก

3.5.17 มีมอนิเตอร์(จอภาพ) ที่มีคุณสมบัติดังนี้

3.5.17.1 ขนาดไม่ต่ำกว่า 21.5 นิ้ว

3.5.17.2 ความละเอียด Full HD 1920 x 1080 IPS หรือดีกว่า

3.5.17.3 Response Time ไม่เกิน 5ms

3.5.17.4 ความส่องสว่าง (Brightness) : 250 cd/m2 หรือดีกว่า

3.6 เครื่องวิดีโอโปรเจคเตอร์ ขนาดไม่น้อยกว่า 4,000 ANSI จำนวน 1 เครื่อง

3.6.1 เป็นเครื่องฉายภาพชนิด 3 LCD Projector มีขนาด LCD Panel ไม่น้อยกว่า 0.63 นิ้ว x 3 TFT

3.6.2 กำลังส่องสว่างไม่น้อยกว่า 4,000 Ansi Lumens ระดับความละเอียดภาพไม่น้อยกว่า True XGA (1024x768)

3.6.3 อัตราส่วน Contrast Ratio ไม่น้อยกว่า 10,000:1 แบบ IRIS

3.6.4 รองรับความละเอียดของภาพตั้งแต่ VGA, SVGA, XGA, SXGA, WXGA, UXGA, Mac

3.6.5 สามารถปรับอัตราส่วนของภาพ 4:3 (Standard) และ 16:9 (Compatible) ได้

3.6.6 มีอัตราส่วนการซูมภาพแบบออฟติคอลลได้ไม่น้อยกว่า 1.2 เท่า

3.6.7 เลนส์โปรเจคเตอร์  $F = 1.6 \times 1.2$  ;  $f = 19.158 \sim 23.018$  mm หรือ ดีกว่า

3.6.8 สามารถฉายภาพขนาด 30-300 นิ้ว หรือ ดีกว่า

3.6.9 สามารถปรับภาพสี่เหลี่ยมคางหมูด้านแนวตั้ง ได้ไม่น้อยกว่า +/- 30 องศา (แบบปรับมือ)

3.6.10 มีช่องต่อสัญญาณอย่างน้อย ดังนี้

3.6.10.1 สัญญาณ Computer In (RGB D-Sub 15 Pin) จำนวน 1 ช่อง

3.6.10.2 สัญญาณ Video In จำนวน 1 ช่อง

3.6.10.3 ควบคุม RS-232 จำนวน 1 ช่อง

3.6.10.4 สัญญาณ HDMI จำนวน 1 ช่อง

3.6.10.5 สัญญาณ USB Type B จำนวน 1 ช่อง

3.6.11 รองรับสัญญาณวิดีโอ ในแบบ PAL, SECAM, NTSC, 480i, 480p, 576i, 576p, 720p, 1080i และ 1080p

ผู้กำหนดรายละเอียด.....

- 3.6.12 มีฟังก์ชันปรับภาพได้ทั้งหมดไม่น้อยกว่า 6 แบบ ดังนี้ User Image, Dynamic, Standard, Cinema, Blackboard(Green) และ Color board
- 3.6.13 สามารถตั้งเปิดเครื่องได้แบบอัตโนมัติเมื่อมีการจ่ายกระแสไฟเข้า
- 3.6.14 สามารถตั้งรหัส PIN สำหรับล็อก การใช้งานเครื่องได้ไม่น้อยกว่า 3 หลัก
- 3.6.15 สามารถเปลี่ยนภาพโลโก้ของเครื่องได้
- 3.6.16 รองรับสัญญาณความถี่ H = 15 – 100kHz และ V = 24 – 85Hz
- 3.6.17 ใช้ไฟฟ้าขนาด 100-240 Vac , 50/60 Hz
- 3.6.18 มีระบบอัตราการใช้ไฟโหมดประหยัดพลังงาน
- 3.6.19 สามารถเลือกการ cooling เมื่อปิดโปรเจคเตอร์ได้ไม่น้อยกว่า 3 แบบ ดังต่อไปนี้ 0Sec , 60 Sec และ 90 Sec
- 3.6.20 ตัวเครื่องรับประกันอย่างน้อย 1 ปี, หลอดภาพรับประกันอย่างน้อย 1 ปี หรือ ไม่น้อย 1,000 ชั่วโมงหรืออย่างใดอย่างหนึ่งถึงก่อน
- 3.6.21 มีช่องล็อคแบบ Kensington
- 3.6.22 มีซอฟต์แวร์ช่วยสอน ที่เป็นยี่ห่อเดียวกับตัวเครื่องโปรเจคเตอร์ ที่สามารถทำการ เขียน ลบ แก้ไขทำไฮไลท์ เพิ่มเติมลงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เพื่อเน้นข้อความหรือเพื่อสร้างเส้น ,รูปทรงทางเรขาคณิต ลงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์พร้อมกับสามารถจัดเก็บ (Save) สิ่งที่ทำเพิ่มเติมลงบนคอมพิวเตอร์ในรูปแบบไฟล์ภาพในฟอร์แมต .jpg ,.bmp ,.html และ สามารถ ย่อ หรือ ขยายรูปได้ และมีเอกสารรับรองที่อนุญาตให้ใช้งานซอฟต์แวร์ช่วยสอนจากเจ้าของผลิตภัณฑ์ที่ถูกต้องตามกฎหมาย โดยแนบเอกสารหลักฐานมาในวันยื่นข้อเสนอ
- 3.6.23 โรงงานผู้ผลิตได้รับมาตรฐาน ISO 9001; สินค้าได้รับมาตรฐาน FCC, CE
- 3.6.24 บริษัทผู้นำเข้าหรือเจ้าของผลิตภัณฑ์ต้องมีศูนย์บริการรองรับการให้บริการทั่วประเทศไม่น้อยกว่า 5 สาขา (รวมสำนักงานใหญ่) ที่จดทะเบียนภายใต้ชื่อบริษัทฯ เดียวกัน เพื่อเป็นการรับประกันสินค้าและบริการหลังการขาย โดยแนบเอกสารหลักฐานมาในวันยื่นข้อเสนอ
- 3.6.25 มีหนังสือแต่งตั้งอย่างเป็นทางการจากบริษัทผู้นำเข้าและจัดจำหน่าย โดยแนบเอกสารหลักฐานมาในวันยื่นข้อเสนอ
5. ระยะเวลาดำเนินงาน  
วันที่ – เดือน กันยายน 2563
6. ระยะเวลาส่งมอบของหรืองาน  
ภายใน 120 วัน นับถัดจากวันที่ลงนามในสัญญาซื้อขาย
7. วงเงินในการจัดหา  
3,600,000.- บาท

ผู้กำหนดรายละเอียด.....

*Handwritten signature*

*Handwritten signature*