

รายละเอียดหลักสูตรการศึกษา
ประจำปีงบประมาณ 2570
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. ชื่อรายการ ชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์และเอฟพีจีเอทางด้าน IoT จำนวน 32 ชุด
โดยแต่ละชุดประกอบไปด้วย

- | | |
|--|-------------------|
| 1. ชุดเครื่องมือวิเคราะห์และวัดสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ดิจิทัลแบบมัลติฟังก์ชัน | จำนวน 1 ชุด |
| 2. ซอฟต์แวร์สำหรับการเขียนโปรแกรมและประมวลผลสัญญาณทางวิศวกรรม | จำนวน 1 ผู้ใช้งาน |
| 3. ชุดพัฒนาและทดสอบวงจรดิจิทัลเซมิคอนดักเตอร์ด้วย FPGA | จำนวน 1 ชุด |
| 4. ชุดบอร์ดพัฒนาทางด้าน Ai และ IoT | จำนวน 1 ชุด |

2. รายละเอียดทั่วไป

ปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมกำลังก้าวเข้าสู่ยุคอุตสาหกรรม 4.0 ซึ่งขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยีสำคัญ ได้แก่ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT) ระบบไซเบอร์-กายภาพ (Cyber-Physical Systems) ระบบควบคุมอัตโนมัติและเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ การจัดการเรียนการสอนที่เน้นเฉพาะภาคทฤษฎีหรือใช้เพียงโปรแกรมจำลอง อาจไม่เพียงพอต่อการสร้างความเข้าใจเชิงลึกและการพัฒนาทักษะด้านการปฏิบัติที่จำเป็นสำหรับการทำงานจริง

ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องจัดหาชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์และ FPGA ด้านอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อส่งเสริมให้นักศึกษาได้รับประสบการณ์จากการลงมือปฏิบัติจริง ตั้งแต่การออกแบบ การพัฒนา การทดสอบ ตลอดจนการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบ ชุดปฏิบัติการดังกล่าวจะช่วยสนับสนุนการเรียนรู้ด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์เซมิคอนดักเตอร์ วงจรดิจิทัลและ FPGA ระบบสมองกลฝังตัว อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และปัญญาประดิษฐ์ โดยมีความสามารถโดยสรุป ดังต่อไปนี้

- 2.1 สามารถใช้สำหรับการทดลองและการปฏิบัติงานจริงด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์เซมิคอนดักเตอร์ วงจรดิจิทัล และ FPGA ได้
- 2.2 สามารถใช้ศึกษาและฝึกปฏิบัติการใช้งานเครื่องมือวัดทางวิศวกรรม เช่น ดิจิทัลออสซิลโลสโคป เครื่องกำเนิดสัญญาณ ดิจิทัลมัลติมิเตอร์ และแหล่งจ่ายไฟฟ้าแบบปรับค่าได้ เพื่อรองรับการปฏิบัติงานจริง
- 2.3 สามารถใช้สำหรับการเขียนโปรแกรม การควบคุมอุปกรณ์ และการประมวลผลสัญญาณทางวิศวกรรมได้
- 2.4 สามารถใช้สำหรับการพัฒนาระบบสมองกลฝังตัว ระบบอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และระบบปัญญาประดิษฐ์ได้

3. รายละเอียดทางเทคนิค

3.1 เครื่องมือวิเคราะห์และวัดสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ดิจิทัลแบบมัลติฟังก์ชัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1.1 เครื่องมือวิเคราะห์และวัดสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ดิจิทัลแบบมัลติฟังก์ชัน จำนวน 32 ชุด

3.1.1.1 ส่วนเครื่องมือวัดแบบดิจิทัลออสซิลโลสโคปจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

- 3.1.1.1.1 มีช่องรับสัญญาณแอนะล็อกแบบ BNC จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ช่องสัญญาณ มีความละเอียดไม่น้อยกว่า 14 บิต และมีแบนด์วิดท์ไม่น้อยกว่า 50 MHz
- 3.1.1.1.2 มีอัตราการสุ่มตัวอย่างสูงสุดไม่น้อยกว่า 1 MS/s
- 3.1.1.1.3 รองรับฟังก์ชันการแปลงฟูเรียร์แบบเร็ว (FFT) การแสดงผลสเปกโตรแกรม (Spectrogram) และการขยายสัญญาณแบบล็อกอิน (Lock-in Amplifier) หรือมีฟังก์ชันมากกว่า

- 3.1.1.2 ส่วนเครื่องกำเนิดสัญญาณจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้
 - 3.1.1.2.1 มีช่องจ่ายสัญญาณแอนะล็อกแบบ BNC จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ช่องสัญญาณ และมีความละเอียดไม่น้อยกว่า 14 บิต
 - 3.1.1.2.2 สามารถสร้างรูปคลื่นสัญญาณแบบไซน์ (Sine) สี่เหลี่ยม (Square) สามเหลี่ยม (Triangle) และสัญญาณรบกวน (Noise) หรือมีรูปคลื่นมากกว่า
 - 3.1.1.2.3 สามารถสร้างสัญญาณที่มีแบนด์วิดท์สูงสุดไม่น้อยกว่า 12 MHz
 - 3.1.1.2.4 รองรับฟังก์ชัน FFT, Spectrogram และ Lock-in Amplifier หรือมีฟังก์ชันมากกว่า
- 3.1.1.3 ส่วนมัลติมิเตอร์ดิจิทัลจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้
 - 3.1.1.3.1 มีความละเอียดในการแสดงผลไม่น้อยกว่า 3 หลัก (Digit)
 - 3.1.1.3.2 สามารถวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับได้ในช่วงตั้งแต่ 50 mV ถึง 50 V หรือมีช่วงการวัดกว้างกว่า
 - 3.1.1.3.3 สามารถวัดกระแสไฟฟ้าได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 2 A
- 3.1.1.4 ส่วนตัววิเคราะห์ลอจิก/ตัวสร้างรูปแบบจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้
 - 3.1.1.4.1 มีช่องรับและส่งสัญญาณดิจิทัล จำนวนไม่น้อยกว่า 16 ช่อง
 - 3.1.1.4.2 มีอัตราการสุ่มตัวอย่างหรือสร้างสัญญาณสูงสุดไม่น้อยกว่า 125 MS/s
- 3.1.1.5 ส่วนแหล่งจ่ายไฟแบบปรับค่าได้ จะต้องมีความสัมพันธ์ดังนี้
 - 3.1.1.5.1 สามารถปรับค่าการจ่ายแรงดันไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 5V
 - 3.1.1.5.2 สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 800mA
- 3.1.1.6 สามารถรองรับฟังก์ชันเพิ่มเติมได้ดังต่อไปนี้
 - 3.1.1.6.1 รองรับการทำงานเป็นเครื่องวิเคราะห์สเปกตรัม (Spectrum Analyzer) เครื่องวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analyzer) และเครื่องวิเคราะห์อิมพีแดนซ์ (Impedance Analyzer) หรือมีฟังก์ชันมากกว่า
 - 3.1.1.6.2 รองรับการทำงานเป็นเครื่องวิเคราะห์โปรโตคอล (Protocol Analyzer) ระบบบันทึกข้อมูล (Data Logging) และโวลต์มิเตอร์ (Voltmeter) หรือมีฟังก์ชันมากกว่า
- 3.1.1.7 ผู้เสนอราคาต้องเป็นผู้ผลิต ตัวแทนจำหน่ายโดยตรง หรือได้รับการแต่งตั้งจากผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายภายในประเทศ โดยต้องมีเอกสารรับรองการแต่งตั้งมาแสดง เพื่อให้สามารถดำเนินการฝึกอบรมและให้บริการหลังการขายได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- 3.1.1.8 มีฐานสำหรับติดตั้งชุดทดลอง พร้อมแผงต่อวงจรทดลอง (Breadboard) และสามารถเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านสายสัญญาณหรือระบบไร้สายได้
- 3.1.1.9 อุปกรณ์สายวัดสัญญาณรองรับสำหรับเครื่องมือวิเคราะห์และวัดสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ดิจิทัลแบบมัลติฟังก์ชัน ประกอบด้วย
 - 3.1.1.9.1 มีสายวัดสำหรับดิจิทัลมัลติมิเตอร์ จำนวนไม่น้อยกว่า 2 เส้นต่อชุด
 - 3.1.1.9.2 มีสายเชื่อมต่อจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า จำนวนไม่น้อยกว่า 4 เส้นต่อชุด
 - 3.1.1.9.3 มีสายโพรบสำหรับวัดและจ่ายสัญญาณ จำนวนไม่น้อยกว่า 6 เส้นต่อชุด โดยรองรับความถี่ไม่น้อยกว่า 50 MHz

- 3.1.1.9.4 มีสายเชื่อมต่อวงจรสำหรับใช้งานบนแผงต่อวงจรทดลอง เป็นสายตัวนำชนิดแข็ง มีความยาวไม่น้อยกว่า 20 เซนติเมตรต่อเส้น จำนวนไม่น้อยกว่า 10 เส้นต่อชุด
- 3.1.1.9.5 มีสายเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์แบบ USB จำนวนไม่น้อยกว่า 1 เส้นต่อชุด หรืออุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณแบบไร้สาย จำนวนไม่น้อยกว่า 1 อุปกรณ์ต่อชุด
- 3.1.1.9.6 มีสายไฟฟ้าสำหรับจ่ายพลังงาน จำนวนไม่น้อยกว่า 1 เส้นต่อชุด
- 3.1.2 ชุดอุปกรณ์ประกอบสำหรับทดสอบสัญญาณภาพทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์แบบความละเอียด 12 บิต จำนวน 2 เครื่อง โดยมีรายละเอียดดังนี้
 - 3.1.2.1 รายละเอียดทั่วไป
 - 3.1.2.1.1 มีความละเอียดทางแกนตั้งไม่น้อยกว่า 12 บิต มีช่องรับสัญญาณไม่น้อยกว่า 2 ช่อง มีแบนด์วิดท์ไม่น้อยกว่า 70 MHz และมีช่องรับสัญญาณทริกเกอร์ภายนอก (External Trigger)
 - 3.1.2.1.2 มีจอแสดงผลสีแบบสัมผัสหลายจุด ขนาดไม่น้อยกว่า 6.75 นิ้ว และมีความละเอียดไม่น้อยกว่า 1,024 × 600 พิกเซล
 - 3.1.2.1.3 สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตมาตรฐาน USB Host, USB Device, LAN ที่รองรับมาตรฐาน LXI-C และ HDMI หรือมีช่องเชื่อมต่อมากกว่า
 - 3.1.2.1.4 มีอัตราการสุ่มตัวอย่างแบบเวลาจริงสูงสุดไม่น้อยกว่า 1.12 GSa/s
 - 3.1.2.1.5 มีความลึกของหน่วยความจำสูงสุดไม่น้อยกว่า 21.5 Mpoints
 - 3.1.2.1.6 สามารถแสดงผลการวิเคราะห์สัญญาณแบบ FFT ที่ความลึกไม่น้อยกว่า 1 Mpoints และมีฟังก์ชันค้นหาค่าสูงสุดของสัญญาณ (Peak Search)
 - 3.1.2.1.7 รองรับการถอดรหัสสัญญาณ RS-232, I²C และ SPI ได้เป็นอย่างดี และมีฟังก์ชันการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การบวก การลบ การคูณ การหาร การอินทิเกรต รากที่สอง การหาอนุพันธ์ ลอการิทึม ฟังก์ชัน AX+B ตัวกรองผ่านแถบความถี่ และตัวกรองตัดแถบความถี่ หรือมีฟังก์ชันมากกว่า โดยสามารถแสดงผลฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์พร้อมกันได้ไม่น้อยกว่า 3 ฟังก์ชัน
 - 3.1.2.1.8 มีระบบปฏิบัติการภายในตัวเครื่องที่รองรับการทำงานแบบสัมผัส และมีหน่วยความจำภายในสำหรับจัดเก็บข้อมูลไม่น้อยกว่า 4 GB
 - 3.1.2.1.9 มีเมนูภาษาไทยสำหรับการใช้งานเครื่อง
 - 3.1.2.1.10 สามารถรับพลังงานไฟฟ้าผ่านพอร์ต USB Type-C ได้
 - 3.1.2.1.11 สามารถควบคุมและแสดงผลการทำงานของเครื่องผ่านเว็บเบราว์เซอร์ได้
 - 3.1.2.1.12 ผู้ผลิตต้องได้รับการรับรองมาตรฐานระบบบริหารงานคุณภาพ ISO 9001 มาตรฐานระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14001 และมาตรฐานระบบการจัดการอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ISO 45001 โดยผลิตภัณฑ์ต้องได้รับการรับรองมาตรฐานความปลอดภัย IEC, UL และ CAN/CSA เป็นอย่างน้อย

3.1.2.1.13 ผู้เสนอราคาต้องเป็นผู้ผลิต ตัวแทนจำหน่ายประจำประเทศไทยที่ได้รับการแต่งตั้งโดยตรงจากผู้ผลิต หรือได้รับการแต่งตั้งจากตัวแทนจำหน่ายประจำประเทศไทยที่ได้รับการแต่งตั้งจากผู้ผลิตโดยตรง โดยต้องมีเอกสารรับรองการแต่งตั้งมาแสดงเพื่อประกอบการพิจารณา

3.1.2.2 รายละเอียดทางเทคนิค

3.1.2.2.1 ความไวทางแกนตั้ง (Vertical Sensitivity) สามารถปรับได้ตั้งแต่ 500 $\mu\text{V/div}$ ถึง 10 V/div หรือมีช่วงกว้างกว่า

3.1.2.2.2 รองรับแรงดันไฟฟ้าขาเข้าสูงสุด (Maximum Input Voltage) ไม่น้อยกว่า 300 Vrms

3.1.2.2.3 มีรูปแบบเคอร์เซอร์ (Cursor Mode) ได้แก่ Manual, Track, Auto และ XY หรือมีรูปแบบมากกว่า

3.1.2.2.4 รองรับรูปแบบการทริกเกอร์ (Trigger Type) ได้แก่ Edge, Timeout, Slope, Runt, RS-232 และ SPI หรือมีรูปแบบมากกว่า

3.1.2.2.5 สามารถปรับระยะหน่วงการทริกเกอร์ (Trigger Holdoff) ได้ตั้งแต่ 9 ns ถึง 9 s หรือมีช่วงกว้างกว่า

3.1.2.2.6 มีอัตราการจับรูปคลื่น (Waveform Capture Rate) ไม่น้อยกว่า 1,000,000 wfms/s

3.1.2.2.7 มีช่วงฐานเวลา (Range) ตั้งแต่ 5 ns/div ถึง 500 s/div หรือมีช่วงกว้างกว่า

3.1.2.2.8 มีความถูกต้องของฐานเวลา (Accuracy) ไม่เกิน ± 28 ppm และมีอัตราการเปลี่ยนแปลงไม่เกิน ± 5 ppm ต่อปี

3.1.2.2.9 สามารถกำหนดอัตราการลดทอนของโพรบ (Attenuation) ได้ตั้งแต่ 0.001 เท่า ถึง 10,000 เท่า หรือมีช่วงกว้างกว่า

3.1.2.2.10 รองรับโหมด (Mode) ที่ค่า 2, 4, 8, 16 และ 65,536 หรือมีค่ามากกว่า

3.2 ซอฟต์แวร์สำหรับการเขียนโปรแกรมและประมวลผลสัญญาณทางวิศวกรรม โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 รองรับการติดตั้งและใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์จำนวนไม่น้อยกว่า 1 เครื่อง

3.2.2 เป็นซอฟต์แวร์สำหรับการเขียนโปรแกรมเชิงกราฟิก และมีสิทธิการใช้งานแบบถาวร หรือมีรูปแบบสิทธิการใช้งานที่ดีกว่า

3.2.3 สามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้งานโดยทั่วไปได้เป็นอย่างน้อย

3.2.4 รองรับการเชื่อมต่อและสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านอินเทอร์เฟซ RS-232, GPIB, TCP/IP และระบบรับข้อมูลทางวิศวกรรม (DAQ) หรือรองรับอินเทอร์เฟซมากกว่า

3.2.5 มีฟังก์ชันสำหรับการวิเคราะห์และประมวลผลสัญญาณ เช่น การวัดสัญญาณ การสร้างสัญญาณ การควบคุมแบบ PID และพีชชีลอจิก การแปลงสัญญาณ การกำหนดหน้าต่างสัญญาณ การดำเนินการกับสัญญาณ การปรับสภาพและกรองสัญญาณ การวิเคราะห์เวฟเล็ต การวิเคราะห์อนุกรมเวลา การประมาณค่าในช่วง และการประมาณค่านอกช่วง หรือมีฟังก์ชันมากกว่า

3.2.6 สามารถคอมไพล์โปรแกรมเป็นไฟล์ปฏิบัติการนามสกุล .EXE หรือรูปแบบไฟล์ปฏิบัติการอื่น เพื่อใช้งานบนเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นได้

- 3.2.7 มีฟังก์ชันสำหรับอ่าน เขียน และแบ่งปันข้อมูล โดยสามารถอ่านข้อมูลจากไฟล์และบันทึกหรือส่งออกข้อมูลไปยังซอฟต์แวร์สำนักงานมาตรฐานได้
 - 3.2.8 มีเครื่องมือบริหารจัดการโครงการ (Project Explorer) เพื่อสนับสนุนการพัฒนาโปรแกรม รองรับ การเขียนโปรแกรมแบบขับเคลื่อนด้วยเหตุการณ์ (Event-Driven Programming) และสามารถ สร้างหน้าเว็บสำหรับแสดงผลหรือควบคุมโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นได้
 - 3.2.9 มีไดเวอร์ โมดูล หรือส่วนเสริมสำหรับใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์เขียนโปรแกรมเชิงกราฟิก เพื่อ สนับสนุนการพัฒนาระบบ FPGA ระบบเวลาจริง การวิเคราะห์เสียงและการสัมผัสเตือน และการ ประมวลผลภาพ หรือมีความสามารถมากกว่า
 - 3.2.10 ผู้เสนอราคาต้องจัดฝึกอบรมการใช้งานซอฟต์แวร์สำหรับการเขียนโปรแกรมเชิงกราฟิก โดย วิทยากรหรือผู้เชี่ยวชาญที่ได้รับการรับรองมาตรฐานวิชาชีพที่เกี่ยวข้อง เป็นระยะเวลาไม่น้อยกว่า 5 วัน
- 3.3 ชุดพัฒนาและทดสอบวงจรดิจิทัลเซมิคอนดักเตอร์ด้วย FPGA โดยมีรายละเอียดดังนี้
- 3.3.1 รายละเอียดทั่วไป
 - 3.3.1.1 เป็นบอร์ดพัฒนาที่ใช้ระบบบนชิป (System on Chip: SoC) ซึ่งรวมหน่วยประมวลผล สถาปัตยกรรม ARM และวงจร FPGA ไว้ภายในอุปกรณ์เดียวกัน หรือมีประสิทธิภาพดีกว่า
 - 3.3.1.2 มีหน่วยความจำชนิด DDR3 ความจุไม่น้อยกว่า 1 GB หรือดีกว่า
 - 3.3.1.3 สามารถพัฒนาและโปรแกรมการทำงานของทั้ง FPGA และหน่วยประมวลผล สถาปัตยกรรม ARM ได้ภายในบอร์ดเดียวกัน
 - 3.3.1.4 รองรับการเชื่อมต่อผ่านพอร์ต USB และ HDMI ได้เป็นอย่างดี
 - 3.3.2 รายละเอียดทางเทคนิค
 - 3.3.2.1 หน่วยความจำ (Memory)
 - 3.3.2.1.1 มีหน่วยความจำชนิด DDR3 ความจุไม่น้อยกว่า 1 GB มีบัสข้อมูลขนาดไม่น้อย กว่า 32 บิต และมีความถี่สูงสุดไม่น้อยกว่า 1,066 MHz หรือดีกว่า
 - 3.3.2.1.2 มีหน่วยความจำแบบ Quad-SPI Flash ความจุไม่น้อยกว่า 16 MB
 - 3.3.2.2 ส่วนเชื่อมต่อมัลติมีเดีย (Multimedia Interfaces)
 - 3.3.2.2.1 มีช่องรับสัญญาณ HDMI (HDMI Input หรือ Sink Port) หรือดีกว่า
 - 3.3.2.2.2 มีช่องส่งสัญญาณ HDMI (HDMI Output หรือ Source Port) หรือดีกว่า
 - 3.3.2.3 การเชื่อมต่อ (Connectivity)
 - 3.3.2.3.1 มีวงจรเชื่อมต่อเครือข่ายแบบ Gigabit Ethernet PHY หรือดีกว่า
 - 3.3.2.3.2 มีวงจรเชื่อมต่อ USB OTG PHY ที่รองรับการทำงานทั้งโหมด Host และ Device หรือดีกว่า
 - 3.3.2.4 สามารถรับพลังงานไฟฟ้าผ่านพอร์ต USB หรือแหล่งจ่ายไฟฟ้าภายนอกขนาด 5 V ได้ หรือ ดีกว่า

3.3.2.5 ชุดอุปกรณ์ส่วนประมวลผลเพื่อแสดงผลผ่านทางหน้าจอ

- 3.3.2.5.1 มีหน่วยประมวลผลกลางไม่น้อยกว่า 8 แกนประมวลผล ประกอบด้วยแกนประมวลผลประสิทธิภาพสูงไม่น้อยกว่า 4 แกน และแกนประมวลผลประหยัดพลังงานไม่น้อยกว่า 4 แกน รองรับการดำเนินงานไม่น้อยกว่า 12 เธรด และมีหน่วยความจำแคชไม่น้อยกว่า 12 MB
- 3.3.2.5.2 มีหน่วยความจำหลักชนิด DDR5 ความจุไม่น้อยกว่า 16 GB หรือดีกว่า
- 3.3.2.5.3 มีหน่วยเก็บข้อมูลชนิด SSD ความจุไม่น้อยกว่า 512 GB หรือดีกว่า
- 3.3.2.5.4 มีจอแสดงผลแบบสัมผัส ขนาดไม่น้อยกว่า 23 นิ้ว และมีความละเอียดไม่ต่ำกว่าระดับ Full HD หรือ $1,920 \times 1,080$ พิกเซล
- 3.3.2.5.5 รองรับระบบปฏิบัติการที่สามารถใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์ตามข้อ 3.2 ได้อย่างสมบูรณ์
- 3.3.2.5.6 มีพอร์ต USB 3.2 Gen 2 จำนวนไม่น้อยกว่า 1 พอร์ต พอร์ต USB 2.0 จำนวนไม่น้อยกว่า 2 พอร์ต และพอร์ต HDMI จำนวนไม่น้อยกว่า 1 พอร์ต หรือมีจำนวนพอร์ตมากกว่า
- 3.3.2.5.7 รองรับการเชื่อมต่อเครือข่ายแบบใช้สายที่ความเร็วไม่น้อยกว่า 100/1,000 Mbps และรองรับการเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สายมาตรฐาน Wi-Fi 5 และ Bluetooth 5.0 หรือดีกว่า
- 3.3.2.5.8 รองรับการเชื่อมต่อและใช้งานร่วมกับเมาส์และแป้นพิมพ์
- 3.3.2.5.9 ผู้เสนอราคาต้องเป็นผู้ผลิต ตัวแทนจำหน่ายโดยตรง หรือได้รับการแต่งตั้งจากผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายภายในประเทศ โดยต้องมีเอกสารรับรองการแต่งตั้งมาแสดง เพื่อสนับสนุนการฝึกอบรมและการบริการหลังการขาย

3.4 ชุดบอร์ดพัฒนาทางด้าน Ai และ IoT โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 3.4.1 เป็นบอร์ดคอมพิวเตอร์แบบบอร์ดเดี่ยว (Single-Board Computer) สำหรับการพัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์และอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง หรือดีกว่า
- 3.4.2 มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ความจุไม่น้อยกว่า 8 GB
- 3.4.3 มีหน่วยประมวลผลปัญญาประดิษฐ์ (Neural Processing Unit: NPU) ที่มีประสิทธิภาพในการประมวลผลไม่น้อยกว่า 13 TOPS
- 3.4.4 รองรับมาตรฐานแผงวงจรขยายแบบติดตั้งเหนือบอร์ด (Hardware Attached on Top: HAT+) หรือมาตรฐานที่เทียบเท่า และสามารถใช้งานร่วมกับระบบซอฟต์แวร์สำหรับควบคุมกล้องได้
- 3.4.5 สามารถทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 0 ถึง 50 องศาเซลเซียส หรือมีช่วงอุณหภูมิการทำงานกว้างกว่า
- 3.4.6 มีช่องเชื่อมต่อและรองรับอุปกรณ์เสริมตามมาตรฐาน HAT+ หรือมาตรฐานที่มีประสิทธิภาพเทียบเท่าหรือดีกว่า
- 3.4.7 มีชุดจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาดไม่น้อยกว่า 5 V 5 A ซึ่งสามารถใช้งานร่วมกับบอร์ดและอุปกรณ์ประกอบทั้งหมดได้อย่างเหมาะสม

4. รายละเอียดอื่นๆ

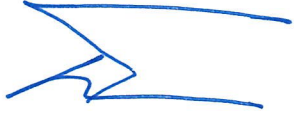
- 4.1 ผู้เสนอราคาต้องอบรมการใช้งานครุภัณฑ์ ให้กับบุคลากรหรือเจ้าหน้าที่ของภาควิชาวิศวกรรมไอโอทีและสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่น้อยกว่า 4 วัน
- 4.2 ผู้เสนอราคาจะต้องจัดทำเอกสารประกอบการฝึกอบรม ต่อไปนี้ เรื่องละไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง
 - 4.2.1 การใช้ชุดเครื่องมือวิเคราะห์และวัดสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ดิจิทัลแบบมัลติฟังก์ชัน
 - 4.2.2 การใช้ซอฟต์แวร์สำหรับการเขียนโปรแกรมและประมวลผลสัญญาณทางวิศวกรรม
- 4.3 ผู้เสนอราคาจะต้องมีคู่มือประกอบการใช้งานภาษาไทย หรือ ภาษาอังกฤษ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
- 4.4 ผู้เสนอราคาจะต้องรับประกันสินค้าทุกชิ้นเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 ปี นับจากวันส่งมอบสินค้าเรียบร้อยแล้ว
- 4.5 ผู้เสนอราคาจะต้องส่งมอบสินค้าภายใน 150 วัน
- 4.6 ผู้ที่ได้รับคัดเลือกต้องเป็นผู้ดำเนินการตีหมายเลขครุภัณฑ์และถ่ายรูปภาพครุภัณฑ์ตามที่สถาบันกำหนด หลังจากคณะกรรมการตรวจรับพัสดุได้ทำการตรวจรับพัสดุเรียบร้อยแล้ว และจัดส่งให้งานพัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ด้วย
- 4.7 การจัดซื้อจัดจ้างครั้งนี้จะมีการลงนามในสัญญาหรือข้อตกลงเป็นหนังสือได้ต่อเมื่อพระราชบัญญัติงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2570 มีผลใช้บังคับและได้รับจัดสรรงบประมาณรายจ่ายประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2570 จากสำนักงบประมาณแล้วและกรณีที่หน่วยงานของรัฐไม่ได้รับจัดสรรงบประมาณเพื่อการจัดซื้อจัดจ้างในครั้งดังกล่าวหน่วยงานของรัฐสามารถยกเลิกการจัดซื้อจัดจ้างได้
- 4.8 วงเงินงบประมาณในการจัดซื้อ 9,423,500.00 บาท (เก้าล้านสี่แสนสองหมื่นสามพันห้าร้อยบาทถ้วน)
- 4.9 สาธารณชนที่ต้องการเสนอแนะ วิจัย หรือมีความเห็น ต้องเปิดเผยชื่อและที่อยู่ของผู้ให้ข้อเสนอแนะ วิจัย หรือมีความเห็นด้วย
- 4.10 สถานที่ติดต่อเพื่อขอทราบข้อมูลเพิ่มเติม และส่งข้อเสนอแนะ วิจัย หรือแสดงความคิดเห็นสามารถส่ง ข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ วิจัยเกี่ยวกับร่างขอบเขตของงานนี้ได้ที่ สำนักงานพัสดุ สำนักงานอธิการบดี โทรศัพท์ 0-2329-8124, E-mail : pasada@kmitl.ac.th, เว็บไซต์ : <https://www.kmitl.ac.th/th/procurement>

5. ผู้กำหนดรายละเอียด

ผู้กำหนดรายละเอียดครุภัณฑ์การศึกษา รายการ ชุดปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์และแอปพลิเคชัน IoT จำนวน 32 ชุด ประกอบด้วยคณะกรรมการอย่างน้อย 3 ท่าน ดังนี้


(ผศ.สรพงษ์ วชิรรัตนพรกุล)
ประธานกรรมการ


(ผศ.ดร.นิตินัน รุ่งเหมือนฟ้า)
กรรมการ


(ผศ.ดร.ธนวิษฐ์ อนุวงศ์พินิจ)
กรรมการและเลขานุการ