

รายละเอียดประกอบการจัดซื้อครุภัณฑ์

- ชื่อครุภัณฑ์ ชุดปฏิบัติการเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายยุค 5G
- จำนวนที่ต้องการ 1 ชุด
- เหตุผลและความจำเป็น
 - ทดแทนครุภัณฑ์การเรียนการสอนเดิมที่ชำรุดเสียหาย
 - ยกระดับการจัดการศึกษาให้เท่าทันเทคโนโลยีในปัจจุบันและอนาคตอันใกล้
 - สอดคล้องนโยบายการจัดการศึกษาที่มุ่งเน้นอุตสาหกรรมเป้าหมายของประเทศ
- รายละเอียดประกอบการจัดซื้อครุภัณฑ์ (เอกสารต้นแบบ)
- ราคามาตรฐานหรือราคาที่เคยซื้อครุภัณฑ์ครั้งสุดท้ายภายในระยะเวลา 2 ปีงบประมาณ -
- วงเงินที่ได้รับอนุมัติ 3,000,000 บาท
- คณะกรรมการพิจารณาผลการประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์
 - ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คุณากร คิตติ ประธานกรรมการ
 - ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทวีศักดิ์ สุขเจริญทรัพย์ กรรมการ
 - ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชลดา ปานสง กรรมการและเลขานุการ
- คณะกรรมการตรวจรับพัสดุ
 - ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปกรณ์เกียรติ์ เสวตเมธิกุล ประธานกรรมการ
 - ผู้ช่วยศาสตราจารย์กิตติ จุ้ยกำจร กรรมการ
 - ดร.กิติภูมิ วิภาหส์น์ กรรมการและเลขานุการ
- บริษัท/ห้าง/ร้าน ที่จำหน่าย พร้อมเบอร์โทรศัพท์และเบอร์โทรสาร
 - บริษัท วินัส ซัพพลาย จำกัด โทร. 0-2591-5244 โทรสาร 0-2591-5245
 - ห้างหุ้นส่วนจำกัด เจเคที เทคโนโลยี โทร. 095-840-5184 โทรสาร 0-2903-0080 ต่อ 5184
 - บริษัท เรฟไวลูชั่น ไดแควคติก จำกัด โทร. 090-976-4214

(ลงชื่อ).....ผู้กำหนดรายละเอียด
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปกรณ์เกียรติ์ เสวตเมธิกุล)

(ลงชื่อ)..... หัวหน้าหน่วยงาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อานนท์ นิยมผล)
คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

รายละเอียดประกอบการจัดซื้อครุภัณฑ์

1. ชื่อครุภัณฑ์ ชุดปฏิบัติการเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สายยุค 5G
2. จำนวนที่ต้องการ 1 ชุด
3. รายละเอียดทั่วไป
 - 3.1 เครื่องตรวจสอบวิเคราะห์สัญญาณแบบไร้สาย จำนวน 1 ชุด
 - 3.2 เครื่องตรวจสอบสัญญาณพื้นฐาน จำนวน 5 ชุด
 - 3.3 ชุดฝึกเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย จำนวน 5 ชุด
4. รายละเอียดคุณลักษณะ
 - 4.1 เครื่องตรวจสอบวิเคราะห์สัญญาณแบบไร้สาย จำนวน 1 ชุด มีรายละเอียดดังนี้
 - 4.1.1 ย่านความถี่ใช้งาน 100 KHz – 26.5GHz หรือดีกว่า
 - 4.1.2 เสถียรภาพทางความถี่ (Aging) 0.3ppm/year หรือดีกว่า
 - 4.1.3 ค่า Sweep Time ต่ำสุด ในโหมด Zero Span 1 μ s หรือดีกว่า
 - 4.1.4 Display Average Noise Level (DANL) ตลอดช่วงความถี่ของเครื่องสเปกตรัมอนาล็อกเซอร์ที่นำเสนอ ภายใต้เงื่อนไข 0 dB RF attenuation, termination 50 Ω , normalized to 1 Hz, Averaging mode \leq -144 dBm หรือดีกว่า
 - 4.1.5 Built-in RF Attenuation 0 ถึง 50dB , 2dB step หรือดีกว่า
 - 4.1.6 ค่า Single Sideband (SSB) เมื่อพิจารณา ที่ Center Frequency =1GHz, Offset = 10kHz \leq -106 dBc/Hz
 - 4.1.7 Reference Level -170dBm ถึง +23dBm, 0.01dB / step
 - 4.1.8 Bandwidth
 - 1) Resolution Bandwidth: 1 Hz to 3 MHz (10 % steps), 4, 5, 6, 8 MHz
 - 2) Video Bandwidth: 1 Hz to 3 MHz (10 % steps), 4, 5, 6, 8 MHz, และ 50 MHz
 - 3) Analysis Bandwidth: 100kHz to 25MHz
 - 4.1.9 ค่าระดับสัญญาณสูงสุดที่เครื่องสเปกตรัมอนาล็อกเซอร์ยังคงปลอดภัย โดยไม่ต้องพึ่งอุปกรณ์เสริมภายนอกใดๆ (Maximum safe input level for Average total power) เป็น +27dBm หรือดีกว่า และต้องมีภาค Built-in Preamplifier ที่สามารถชดเชยระดับสัญญาณ ได้ไม่ต่ำกว่า +16dB ติดตั้งสำเร็จมาในเครื่องจากโรงงานผู้ผลิต
 - 4.1.10 มีฟังก์ชันการวัด (Measurement Functions) อย่างน้อย ดังนี้
 - 1) แสดงการตรวจวัดสัญญาณบนกราฟ Spectrum และ Waterfall ได้
 - 2) Occupied Bandwidth Measurement
 - 3) Channel Power Measurement
 - 4) Adjacent Channel Power Ratio Measurement
 - 5) Spurious measurement
 - 6) Total Harmonic Distortion (THD)

- 4.1.11 ฟังก์ชัน Marker สามารถเรียกใช้ได้พร้อมกัน ไม่ต่ำกว่า 6 Markers
- 4.1.12 ฟังก์ชัน Traces Mode สามารถเลือกใช้งานได้ ไม่น้อยกว่า 3 โหมด พร้อมกัน (multi-traces) ได้แก่ Clear /Write, Max Hold, และ Min Hold
- 4.1.13 ฟังก์ชัน Detector สามารถเลือกใช้งานได้อย่างน้อยดังนี้ Normal, peak, sample, negative peak, Average, และ RMS
- 4.1.14 มี Trace point ไม่ต่ำกว่า 4,000 จุด และมี ADC (Analog to Digital Convertor) Resolution ไม่น้อยกว่า 14 บิต
- 4.1.15 มีพอร์ตการเชื่อมต่อ (I/O Interface) ติดตั้งสำเร็จจากโรงงานผู้ผลิต ดังนี้
 - 1) RF In, 2.4mm (female), 50 Ohms จำนวน 1 พอร์ต
 - 2) IF Out, SMA (female), 50 Ohms จำนวน 1 พอร์ต
 - 3) Trigger In, SMA (female), 10k Ohms จำนวน 1 พอร์ต
 - 4) Trigger Out, SMA (female), 50 Ohms จำนวน 1 พอร์ต
 - 5) Reference In, SMA (female), 50 Ohms จำนวน 1 พอร์ต
 - 6) Reference Out, SMA (female), 50 Ohms จำนวน 1 พอร์ต
- 4.1.16 สามารถใช้งานการวัดพร้อมถ่ายทอดผลการวัดได้แบบ Real Time ผ่านการสื่อสารข้อมูลทั่วไป เช่น TeamViewer, AnyDesk, Zoom, Google meeting เป็นต้น
- 4.1.17 ในกรณีที่การใช้งานของระบบ จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์คอมพิวเตอร์เข้ามาร่วมด้วย จะต้องมีความลักษณะทางเทคนิค อย่างน้อย ดังนี้
 - 1) หน่วยประมวลผล CPU Intel Core-i5 ความเร็วนาฬิกา ไม่ต่ำกว่า 2.5GHz หรือดีกว่า
 - 2) RAM ไม่ต่ำกว่า 16GB
 - 3) หน่วยความจำ เป็น SATA หรือ SSD ขนาด 500GB หรือ ดีกว่า
 - 4) การ์ดจอสามารถรองรับ DirectX 10 graphics with 128 MB graphics (SuperVGA supported) หรือดีกว่า
 - 5) ระบบปฏิบัติการ Windows10(64 bit) พร้อม Microsoft Internet Explorer 7.0 หรือ ดีกว่า ติดตั้งสำเร็จมาพร้อมกับระบบ
 - 6) มีโปรแกรม Microsoft Office Professional Package ติดตั้งสำเร็จมาพร้อมกับระบบ
 - 7) อุปกรณ์ประกอบ: ชุดกระเป๋าเก็บคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก, เม้าส์, แผ่นรองเม้าส์, Power adapter, USB Hub ชนิด 1 ออก 4 หรือดีกว่า
 - 8) อินเทอร์เน็ตและการเชื่อมต่อ สามารถรองรับได้ ดังนี้: USB จำนวนไม่ต่ำกว่า 2 พอร์ต, Ethernet RJ-45 จำนวนไม่ต่ำกว่า 1 พอร์ต, และ WLAN ได้เป็นอย่างน้อย
- 4.1.18 อุปกรณ์ประกอบ
 - 1) ชุด AC Power Adapter สำหรับจ่ายไฟให้กับเครื่องสเปกตรัมอานาไลเซอร์ ผ่านแหล่งจ่ายไฟฟ้าบ้านเมือง ขนาด AC 220V ตามมาตรฐานของโรงงานผู้ผลิต
 - 2) ชุดกระเป๋าจัดเก็บและขนย้าย (Transits Case) จากโรงงานผู้ผลิต

4.2 เครื่องตรวจสอบสัญญาณพื้นฐาน จำนวน 5 ชุด มีรายละเอียดดังนี้

4.2.1 เครื่องทดสอบสัญญาณ

4.2.1.1 คุณสมบัติทั่วไป

- 1) เป็นดิจิตอลสโตเรจออกซิลิโคนโคปที่มีแบนด์วิธ 50 MHz หรือสูงกว่า
- 2) สามารถวัดสัญญาณไฟฟ้าได้พร้อมกัน 2 ช่องสัญญาณหรือมากกว่า
- 3) มีอัตราการสุ่มสัญญาณสูงสุดไม่น้อยกว่า 1 GSa/s หรือดีกว่า
- 4) จอภาพชนิด WVGA ขนาด 7 นิ้วหรือดีกว่า
- 5) มีอัตราประมวลผลรูปคลื่นไม่น้อยกว่า 99,000 waveform/sec
- 6) สามารถวิเคราะห์ Serial protocol แบบ : I²C, UART/RS-232
- 7) มีฟังก์ชัน ZOOM สำหรับดูสัญญาณเฉพาะส่วนที่ต้องการได้
- 8) มีช่องจ่ายสัญญาณเสริมเพื่อใช้สำหรับอบรมและฝึกการใช้งานเครื่อง (Training signal)
- 9) เมนูการใช้งานภาษาไทยบนตัวเครื่อง
- 10) มีช่องต่อ USB 2.0 สำหรับด้านหน้าและด้านหลังเครื่องเพื่อการถ่ายโอนข้อมูล

4.2.1.2 คุณสมบัติทางเทคนิค

- 1) มีหน่วยความจำ : 200 kpts หรือมากกว่า
- 2) โหมดการแสดงผลในแกนเวลา : ปกติ (Normal), X-Y และ Roll
- 3) Vertical Range : 1 mV/div ถึง 10 V/div หรือกว้างกว่า
- 4) DC Gain Accuracy : 4% หรือดีกว่า
- 5) Maximum Input Voltage : 150 Vrms, 200 Vpk หรือสูงกว่า
- 6) Time base range : 5 ns/div ถึง 50 s/div หรือกว้างกว่า
- 7) Time base accuracy : 50 ppm \pm 5 ppm per year หรือดีกว่า
- 8) Trigger coupling : AC, DC, noise reject, LF reject, HF reject หรือดีกว่า
- 9) Acquisition modes : Normal, Averaging, Peak, High resolution หรือมากกว่า
- 10) Trigger mode : Edge, Pulse width, Video, หรือมากกว่า
- 11) FFT window modes : Hanning, flat top, Blackman-Harris หรือมากกว่า
- 12) Trigger holdoff range : ได้ตั้งแต่ 60 ns ถึง 10 s หรือกว้างกว่า
- 13) ฟังก์ชันรูปสัญญาณ Math : Add, Subtract, multiply, divide, FFT, filter หรือมากกว่า

4.2.2 เครื่องสร้างสัญญาณ

4.2.2.1 คุณสมบัติทั่วไป

- 1) เป็นเครื่องกำเนิดสัญญาณแบบตั้งโต๊ะชนิด 1 ช่องสัญญาณ
- 2) สามารถกำเนิดสัญญาณรูปคลื่น Sine ที่มีความถี่ของการสร้างสัญญาณได้สูงสุด 20 MHz หรือสูงกว่า
- 3) สามารถสร้างสัญญาณมาตรฐาน เช่น Sine, square, ramp, pulse, triangle, Gaussian noise, DC หรือดีกว่า

- 4) สามารถทำงานในโหมด Continuous, modulate, frequency sweep, gated burst หรือดีกว่า
- 5) สามารถสร้างสัญญาณ Arbitrary แบบ Cardiac, exponential fall, exponential rise, Gaussian pulse, haversine, Lorentz, D-Lorentz หรือดีกว่า
- 6) สามารถมอดูเลชันสัญญาณแบบ Amplitude modulation (AM), frequency modulation (FM), phase modulation (PM), frequency shift keying (FSK) หรือดีกว่า
- 7) สามารถเชื่อมโยงกับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยผ่าน USB และ LAN
- 8) สามารถใช้กับไฟ 220V, 50 Hz ได้
- 9) หน้าจอแสดงผลขนาดไม่น้อยกว่า 7-inch WVGA display

4.2.2.2 คุณสมบัติทางเทคนิค

- 1) กำหนดสัญญาณรูปคลื่นไซน์ (Sine) ที่มีลักษณะ ดังนี้
 - ย่านความถี่ (Frequency range) : 1 μ Hz to 20 MHz
 - ความละเอียด (resolution) : 1 μ Hz
 - มีค่า Phase noise (SSB) ไม่เกิน 10 kHz offset: -105 dBc / Hz หรือดีกว่า
- 2) กำหนดสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมและพัลส์ (Square and pulse) ที่มีลักษณะ ดังนี้
 - ย่านความถี่ (Frequency ranges) : 1 μ Hz to 10 MHz
 - ความละเอียด (resolution) : 1 μ Hz
 - มีค่า Jitter : ≤ 5 MHz: 2 ppm of the period + 100 ps > 5 MHz: 100 ps
- 3) กำหนดสัญญาณรูปคลื่นเอียงและสามเหลี่ยม (Ramp and triangle) ที่มีลักษณะ ดังนี้
 - ย่านความถี่ (Frequency ranges) : 1 μ Hz to 200 kHz
 - ความละเอียด (resolution) : 1 μ Hz
 - มีค่า Linearity (typical) : $\leq 0.1\%$ from 5% to 95% of the signal amplitude ($V_{out} \geq 1 V_{pp}$)
- 4) กำหนดสัญญาณรูปคลื่นตามต้องการ (Arbitrary waveform) ที่มีลักษณะดังนี้
 - ความยาวของรูปคลื่น (Waveform length) : 8 Sa to 8 MSa per channel (maximum up to 1 MSa per waveform)
 - อัตราการสุ่ม (Sample rate) : 1 μ Sa/s to 250 MSa/s, 1 μ Sa/s resolution
 - ความละเอียดของแรงดัน (Voltage resolution) : 16 bits

4.2.3 แหล่งจ่ายไฟแบบ 3 ช่อง

4.2.3.1 คุณสมบัติทั่วไป

- 1) เป็นเครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบตั้งโต๊ะ ขนาด 90 W ที่มีเอาต์พุตใช้งาน 3 ช่อง โดยมีการป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน (OCP), แรงดันไฟฟ้าเกิน (OVP) และอุณหภูมิเกิน (OTP) เพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการ

4.2.3.2 คุณสมบัติทางเทคนิค

- 1) มีช่องเอาต์พุตสำหรับจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง ดังนี้
 - เอาต์พุตช่อง 1 สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้า 0 ถึง 6 โวลต์ และจ่ายกระแสไฟฟ้า 0 ถึง 5 แอมป์ หรือดีกว่า
 - เอาต์พุตช่อง 2 สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้า 0 ถึง 30 โวลต์ และจ่ายกระแสไฟฟ้า 0 ถึง 1 แอมป์ หรือดีกว่า
 - เอาต์พุตช่อง 3 สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้า 0 ถึง 30 โวลต์ และจ่ายกระแสไฟฟ้า 0 ถึง 1 แอมป์ หรือดีกว่า
- 2) จอแสดงผลแบบสีขนาดไม่น้อยกว่า 7 นิ้ว หรือดีกว่า
- 3) มีค่าการรักษาระดับแรงดันขณะที่โหลดเปลี่ยนแปลง (Load regulation) สำหรับแรงดัน $< 0.01\% + 2 \text{ mV}$ และกระแส $< 0.2\% + 10 \text{ mA}$ หรือดีกว่า
- 4) มีค่าการรักษาระดับแรงดันขณะที่แรงดันอินพุตเปลี่ยนแปลง (Line regulation) สำหรับแรงดัน $< 0.01\% + 2 \text{ mV}$ และกระแส $< 0.2\% + 10 \text{ mA}$ หรือดีกว่า
- 5) มีค่าการแกว่ง (Ripple) และสัญญาณรบกวน (Noise) ของเอาต์พุต ที่ช่วงความถี่ 20 Hz ถึง 20 MHz สำหรับโหมดแรงดันปกติ (Normal mode voltage) $1\text{mVrms}/5\text{mVpp}$ หรือดีกว่า
- 6) มีค่าการแกว่ง (Ripple) และสัญญาณรบกวน (Noise) ของเอาต์พุต ที่ช่วงความถี่ 20 Hz ถึง 20 MHz สำหรับโหมดกระแสปกติ (Normal mode Current) 4 mArms หรือดีกว่า
- 7) รองรับฟังก์ชันป้องกันการจ่ายแรงดันไฟฟ้าเกิน (Overvoltage protection) รองรับ 0.2% ของแรงดันเอาต์พุต $+ 0.4\text{V}$
- 8) สามารถป้องกันความเสียหายที่เกิดจากการจ่ายแรงดันไฟฟ้า (Overvoltage) และการจ่ายกระแสเกิน (Overcurrent) ภายในระยะเวลา 5 ms นับจากเกิดแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสเกิน
- 9) รองรับการเชื่อมต่อสำหรับควบคุมการทำงานผ่านพอร์ต USB หรือ LAN
- 10) มีค่าระยะเวลา Load transient recovery ไม่เกิน 50 μs .

4.3 ชุดฝึกเทคโนโลยีการสื่อสารไร้สาย จำนวน 5 ชุด มีรายละเอียดดังนี้

4.3.1 คุณสมบัติทั่วไป

- 1) เป็นชุดฝึกที่รองรับการทดลองทางด้าน IoT ผ่านโมดูลสื่อสาร NB-IoT, 4G และ LoRa หรือดีกว่า
- 2) มีกล่องแบบมีหุ้สำหรับจัดเก็บอุปกรณ์ เพื่อความเป็นระเบียบและสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย
- 3) ชุดฝึกมีแบตเตอรี่ในตัว สามารถจ่ายพลังงานสำหรับการทำงานทั้งระบบได้โดยไม่ต้องพึ่งพาแหล่งจ่ายจากภายนอก ในกรณีที่นำไปใช้งานในจุดที่ไม่มีแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้ากระแสสลับ (AC)
- 4) มีชุดกล่อง Enclosure ที่สามารถกันฝุ่นและละอองน้ำได้ รองรับการบรรจุชิ้นงานต้นแบบสำหรับนำไปติดตั้งและทดสอบการทำงานจริงในพื้นที่ต่างๆ

- 5) มีบอร์ดแหล่งจ่ายพลังงานทั้งแบบ AC และ DC สามารถเลือกแหล่งจ่ายพลังงานสำหรับชุดกล่อง Enclosure ได้ เพื่อสะดวกในการนำไปติดตั้งในพื้นที่ต่างๆ กัน
- 6) สามารถใช้ได้กับแรงดันไฟฟ้า 220V/50Hz โดยไม่จำเป็นต้องต่ออุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้า (AC/DC Adapter) จากภายนอก
- 7) มี Library และ Source code ที่สามารถดาวน์โหลดได้จาก GitHub สะดวกต่อการติดตั้งใช้งานร่วมกับ Arduino IDE และติดตามการอัปเดต Version ของ Library ในอนาคต
- 8) รองรับการพัฒนา Graphic User Interface ผ่าน Web browser ด้วยภาษา Graphic Programming (Node-RED), HTML, CSS และ Java Script หรือดีกว่า
- 9) รองรับการพัฒนาโปรแกรมเชื่อมต่อฐานข้อมูล Online และการทำ Web Hosting หรือดีกว่า

4.3.2 คุณสมบัติทางเทคนิค

4.3.2.1 บอร์ดคอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผลข้อมูลขนาดเล็ก ที่มีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

- 1) มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ขนาด 64 บิต ที่มีแกนหลัก (Core) ไม่น้อยกว่า 4 แกน และมีความเร็วของสัญญาณนาฬิกาไม่น้อยกว่า 1.5 GHz
- 2) มีหน่วยความจำ RAM แบบ LPDDR4 ขนาดไม่น้อยกว่า 4 GB
- 3) รองรับการเชื่อมต่อสัญญาณเพื่อรับส่งข้อมูลแบบไร้สาย ตามมาตรฐาน IEEE 802.11ac
- 4) รองรับการเชื่อมต่อใช้งาน Bluetooth 5.0 หรือดีกว่า
- 5) มีช่องสำหรับเชื่อมต่อ Ethernet port 10/100/1000
- 6) มีช่องสำหรับเชื่อมต่อ micro-HDMI ไม่น้อยกว่า 2 ช่อง
- 7) มีช่องสำหรับเชื่อมต่อ USB2.0 หรือดีกว่า ไม่น้อยกว่า 4 ช่อง
- 8) มีขาสำหรับเชื่อมต่อใช้งานอินพุตและเอาต์พุตแบบอนาล็อกประสงค์ไม่น้อยกว่า 40 ขา
- 9) มีพอร์ต DSI สำหรับเชื่อมต่อใช้งานร่วมกับอุปกรณ์แสดงผล
- 10) มีช่องสำหรับเชื่อมต่อ SD Card
- 11) มีจอแสดงผลแบบ Color IPS LCD ที่มีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้
 - 11.1) มีขนาดหน้าจอดีตามเส้นทแยงมุมไม่น้อยกว่า 13 นิ้ว
 - 11.2) ความละเอียดของจอไม่น้อยกว่า 1920 x 1080
 - 11.3) จอแสดงผลแบบ IPS Panel มุมมองภาพกว้างไม่น้อยกว่า 150 องศา
 - 11.4) รองรับการสัมผัสแบบ Capacitive Touch รองรับการสัมผัสแบบหลายจุด
 - 11.5) รองรับการเชื่อมต่อการแสดงผลผ่านพอร์ต HDMI หรือดีกว่า

4.3.2.2 บอร์ดสำหรับควบคุมและประมวลผลทางด้าน IoT ที่มีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

- 1) มีชิปประมวลผลที่มีแกนหลัก (Core) สำหรับประมวลผลไม่น้อยกว่า 2 แกนหลัก และมีความเร็วในการประมวลผลไม่น้อยกว่า 240 MHz
- 2) มีหน่วยความจำแบบ PSRAM ขนาดไม่น้อยกว่า 8 MB
- 3) มีหน่วยความจำแบบ Flash ขนาดไม่น้อยกว่า 16 MB (128 Mbit)
- 4) รองรับการสื่อสารไร้สายในย่านความถี่ 2.4 GHz Wi-Fi IEEE 802.11 b/g/n หรือดีกว่า
- 5) รองรับการสื่อสาร Bluetooth 4.2 BLE หรือดีกว่า

- 6) มีขาสำหรับเชื่อมต่อใช้งานอินพุตเอาต์พุตเนกประสงค์ไม่น้อยกว่า 12 ขา
- 7) มีวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลที่มีความละเอียดไม่น้อยกว่า 12 บิต
- 8) มีช่องสัญญาณสำหรับการสื่อสารแบบอนุกรม UART จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ช่อง
- 9) มีวงจร Real-Time Clock ติดตั้งอยู่บนบอร์ดประมวลผล
- 10) มีคอนเนคเตอร์สำหรับเชื่อมต่อสายอากาศแบบ U.FL
- 11) มีช่องเชื่อมต่อแบบ 2x8 pin (2.54 mm pitch) สำหรับเชื่อมต่อกับโมดูลชนิดต่างๆ จำนวนไม่น้อยกว่า 6 Slot สามารถเชื่อมต่อกับโมดูลต่างๆ ได้ไม่น้อยกว่าโมดูล ดังต่อไปนี้
 - 11.1) โมดูลสื่อสาร NB-IoT, 4G และ LoRa
 - 11.2) โมดูลเซนเซอร์ GNSS/GPS, Accelerometer และ Temp & Humidity
 - 11.3) โมดูลจอแสดงผลขนาดไม่น้อยกว่า 1.3 นิ้ว
 - 11.4) โมดูลเชื่อมต่อเซนเซอร์แบบ 4-20 mA
 - 11.5) โมดูลเชื่อมต่อชุดแปลงสัญญาณแบบ ADC และ DAC
 - 11.6) โมดูลหน่วยความจำแบบ FRAM
 - 11.7) โมดูลสื่อสารผ่านโปรโตคอล RS-485 และ RS-232
 - 11.8) โมดูลปุ่มควบคุมแบบ 4D Button
- 12) ช่องเชื่อมต่อแบบ 2x8 pin (2.54 mm pitch) แต่ละ Slot มีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้
 - 12.1) รองรับการเชื่อมต่อ Digital I/O จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ช่อง
 - 12.2) รองรับการเชื่อมต่อ Analog Input จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ช่อง
 - 12.3) รองรับการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม UART, SPI และ I²C หรือดีกว่า
 - 12.4) รองรับการจ่ายไฟเลี้ยงโมดูลระดับแรงดัน 3.3V และ 5V หรือดีกว่า
- 13) สามารถเชื่อมต่อโมดูลซ้อนกันในลักษณะของ Stacking ได้ไม่น้อยกว่า 2 ชั้น
- 14) มีชุด Relay ที่เชื่อมต่อและสามารถควบคุมการทำงานผ่าน Digital I/O จากบอร์ดได้โดยตรง จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ตัว
- 15) รองรับการพัฒนาโปรแกรมด้วยซอฟต์แวร์ Arduino IDE ผ่านพอร์ต USB

4.3.2.3 ชุดสำหรับจำลองสัญญาณ ประกอบด้วย

- 1) มีช่องจำลองสัญญาณชนิด 4-20mA ไม่น้อยกว่า 2 ช่องและมีเมนูสำหรับควบคุม แสดงค่า และแสดงกราฟ ดังนี้
 - 1.1) มีเมนูสำหรับแสดงค่ากระแส 4-20mA Input
 - 1.2) มีเมนูสำหรับแสดงค่ากระแส 4-20mA Output
 - 1.3) มีเมนูสำหรับแสดงกราฟกระแส 4-20mA Input
 - 1.4) มีเมนูสำหรับควบคุมกระแส 4-20mA Output
 - 1.5) มีเมนูช่วยอธิบายวิธีการใช้งาน
- 2) มีช่องจำลองสัญญาณ 0-10 VDC ไม่น้อยกว่า 2 ช่อง และมีเมนู Analog สำหรับควบคุม แสดงค่าและแสดงกราฟ ดังนี้
 - 2.1) มีเมนูสำหรับแสดงค่าแรงดัน Analog Input

- 2.2) มีเมนูสำหรับแสดงค่าแรงดัน Analog Output
 - 2.3) มีเมนูสำหรับแสดงกราฟแรงดัน Analog Input
 - 2.4) มีเมนูสำหรับควบคุมแรงดัน Analog Output
 - 2.5) มีเมนูช่วยอธิบายวิธีการใช้งาน
- 3) มีช่องจำลองสัญญาณ Digital I/O พร้อม LED แสดงสถานะ ไม่น้อยกว่า 4 ช่อง และมีเมนู Digital สำหรับแสดงผลและควบคุม ดังนี้
 - 3.1) มีเมนูแสดงสถานะแบบ LED
 - 3.2) มีเมนูสวิตช์ ON-OFF
 - 3.3) มีเมนูช่วยอธิบายวิธีการใช้งาน
 - 4) มีช่อง Dry contact output พร้อม LED แสดงสถานะ ไม่น้อยกว่า 2 ช่อง และมีเมนู Dry Contact Output สำหรับแสดงผลและควบคุม ดังนี้
 - 4.1) มีเมนูแสดงสถานะแบบ LED
 - 4.2) มีเมนูสวิตช์ ON-OFF
 - 4.3) มีเมนูช่วยอธิบายวิธีการใช้งาน
 - 5) มีเมนูแสดงค่าการใช้กระแสไฟฟ้าและกราฟการใช้งานกระแสไฟฟ้าของบอร์ดสำหรับควบคุมและประมวลผลทางด้าน IoT
 - 6) มีช่องแปลงสัญญาณ USB to RS-232 ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
 - 7) มีช่องแปลงสัญญาณ USB to RS485 ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
 - 8) มีจอ LCD ขนาดไม่น้อยกว่า 7 นิ้ว สำหรับควบคุมและแสดงค่าต่างๆ
- 4.3.2.4) มีชุดสายอากาศ 4G และ GPS สำหรับเชื่อมต่อใช้งานร่วมกับบอร์ดประมวลผล
 - 4.3.2.5) มีบอร์ดแหล่งจ่ายพลังงานแบบ AC และ DC รองรับแรงดันไฟฟ้าอินพุต 9-24 V หรือดีกว่า
 - 4.3.2.6) มีใบงานทดลองประกอบการเรียนการสอนจำนวนไม่น้อยกว่า 20 ใบงาน โดยมีเนื้อหาไม่น้อยกว่าหัวข้อ ดังต่อไปนี้
 - 1) การใช้งานร่วมกับ NB-IoT
 - 2) การใช้งานร่วมกับ 4G
 - 3) การใช้งานร่วมกับเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้น
 - 4) การใช้งานร่วมกับ GPS
 - 5) การใช้งานร่วมกับการสื่อสารผ่าน MQTT
 - 6) การใช้งาน Real-Time Clock
 - 7) การใช้งานร่วมกับเซ็นเซอร์วัดความเร่ง
 - 8) การใช้งานร่วมกับการแสดงผลข้อมูลบน Dashboard
 - 9) การใช้งานร่วมกับจอแสดงผลแบบ LCD
 - 10) การใช้งานร่วมกับระบบฐานข้อมูล Online

5. ผู้เสนอราคาต้องแสดงการเปรียบเทียบรายละเอียดประกอบการจัดซื้อครุภัณฑ์ และแนบแคตตาล็อก โดยทำเครื่องหมายหรือส่วนแสดงข้อกำหนดในแคตตาล็อกหรือเอกสารอ้างอิงให้ชัดเจนว่าคุณสมบัติ ดังกล่าวตรงตามข้อกำหนดของมหาวิทยาลัยหรือดีกว่า
6. กำหนดส่งมอบครุภัณฑ์ 150 วัน
7. ระยะเวลารับประกัน 1 ปี
8. การจัดซื้อครุภัณฑ์รายการนี้ มหาวิทยาลัยจะพิจารณาจาก เกณฑ์ราคา
9. สถานที่ส่งมอบ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เลขที่ 39 หมู่ที่ 1 ตำบลคลองหก อำเภอลองหลวง จังหวัดปทุมธานี รหัสไปรษณีย์ 12110

(ลงชื่อ)..... ผู้กำหนดรายละเอียด
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปกรณ์เกียรติ์ เสวตเมธิกุล)

(ลงชื่อ)..... หัวหน้าหน่วยงาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อานนท์ นิยมผล)
คณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม