

รายละเอียดประกอบการจัดซื้อครุภัณฑ์

1. ชื่อครุภัณฑ์ ชุดฝึกอบรมแบบปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality)
2. จำนวนที่ต้องการ 1 ชุด
3. เหตุผลความจำเป็น

ครุภัณฑ์เดิมที่ใช้งานมาเป็นเวลา 28 ปี ได้เสื่อมสภาพและเป็นอันตรายต่ออาจารย์และนักศึกษา ที่ผ่านมาจากวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ตระหนักถึงการประหยัดงบประมาณ และการใช้ครุภัณฑ์ให้คุ้มค่าที่สุด จึงมิได้เสนอขอครุภัณฑ์ทดแทนของเดิมแต่ในปี พ.ศ.2565 ครุภัณฑ์เดิมที่เสื่อมสภาพเริ่มเกิดอุบัติเหตุไฟไหม้ขึ้นในระหว่างการเรียนการสอนถึง 3 ครั้ง นอกจากนี้ นักศึกษายังได้ร้องเรียนเรื่องคุณภาพและประสิทธิภาพของครุภัณฑ์ จึงขอเสนอครุภัณฑ์ชุดใหม่เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้เครื่องมือที่ทันสมัยและมีความปลอดภัย

ชุดฝึกอบรมแบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อความเป็นกลางทางคาร์บอนจะช่วยพัฒนาทักษะของนักศึกษาในการออกแบบนวัตกรรมปัญญาประดิษฐ์ โดยสามารถใช้ในการเรียนการสอนในวิชาที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบดิจิทัล, การออกแบบระบบประมวลผล และปัญญาประดิษฐ์ สามารถพัฒนาแรงงานศักยภาพสูงที่มีความเชี่ยวชาญเทคโนโลยีเชิงลึกด้านปัญญาประดิษฐ์ที่ปลดปล่อยคาร์บอนต่ำ มีทักษะในการประยุกต์ใช้งานปัญญาประดิษฐ์ที่ปลดปล่อยคาร์บอนต่ำสำหรับอุตสาหกรรมเกษตรและอาหาร (Agro Food) เศรษฐกิจดิจิทัล (Digital Economy) และการแพทย์ (Health and Wellness) ช่วยสร้างเศรษฐกิจมูลค่าสูงที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมให้กับประเทศไทยในอนาคตได้ รายการยุทธศาสตร์/นโยบาย ของประเทศไทย รัฐบาล และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีได้

4. รายละเอียด

ดังรายละเอียดที่แนบ

5. ราคามาตรฐานหรือราคาที่เคยซื้อครุภัณฑ์ครั้งสุดท้ายในระยะเวลา 2 ปีงบประมาณ

ไม่มี

6. วงเงินที่ได้รับอนุมัติ 6,998,000 บาท (หกล้านเก้าแสนเก้าหมื่นแปดพันบาทถ้วน)

7. คณะกรรมการพิจารณาผลการประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์

- | | |
|-------------------------------------|---------------------|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์มาโนช ประชา | ประธานกรรมการ |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์เจษฎา อรุณฤกษ์ | กรรมการ |
| 3. นายเพชร ศรีมุกข์ | กรรมการและเลขานุการ |

8. คณะกรรมการตรวจรับพัสดุ

- | | |
|---|---------------------|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนสิน บุญนาม | ประธานกรรมการ |
| 2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมรรถชัย จันทรัตน์ | กรรมการ |
| 3. นางสาวพิชยพัชญา ศรีศรีรัมย์ | กรรมการและเลขานุการ |

9. บริษัท/ห้าง/ร้าน/ที่จำหน่าย พร้อมเบอร์โทรศัพท์และเบอร์โทรสาร

1. บริษัท เอสเซนโต โซลชน จำกัด

ที่อยู่ 25 ซอยพระรามเก้า 41(ซอย18 เสรี2) แขวงพัฒนาการ เขตสวนหลวง จังหวัด
กรุงเทพมหานคร 10250

โทรศัพท์ 080-0604224 อีเมล piyawat@essentosolution.com

2. บริษัท โคแอกซ์ กรุ๊ป คอร์ปอเรชั่น จำกัด

ที่อยู่ 1131/62,64,325-331 ถนนนครไชยศรี แขวงถนนนครไชยศรี เขตดุสิต จังหวัด
กรุงเทพมหานคร 10300

โทรศัพท์ 062-2435263 อีเมล worapong@coax.co.th

3. บริษัท แมริโกลด์ เทคโนโลยีส์ จำกัด

ที่อยู่ 125/19 หมู่ 5 ตำบลปากเกร็ด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120

โทรศัพท์ 096-9876836, 064-2453444 อีเมล kittitat@marigoldtech.net

ลงชื่อ



ผู้กำหนดรายละเอียด

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธณสิน บุญนาม)

ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ลงชื่อ



ผู้กำหนดรายละเอียด

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สมรรถชัย จันทรัตน์)

ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ลงชื่อ



ผู้กำหนดรายละเอียด

(นางสาวพิชยพิชยา ศรีคราม)

ตำแหน่ง อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ลงชื่อ



หัวหน้าหน่วยงาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.สรพงษ์ ภาวสุปรีย์)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

รายละเอียดประกอบการจัดซื้อครุภัณฑ์

1. ชื่อครุภัณฑ์ ชุดฝึกออกแบบปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อความเป็นกลางทางคาร์บอน (Carbon Neutrality)
2. จำนวนที่ต้องการ 1 ชุด
3. รายละเอียดทั่วไป

เป็นชุดครุภัณฑ์ที่สามารถรองรับการเรียนการสอนในวิชาที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบดิจิทัล, การออกแบบระบบประมวลผล และปัญญาประดิษฐ์ สามารถพัฒนาแรงงานศักยภาพสูงที่มีความเชี่ยวชาญเทคโนโลยีเชิงลึกด้านปัญญาประดิษฐ์ที่ปลดปล่อยคาร์บอนต่ำ มีทักษะในการประยุกต์ใช้งานปัญญาประดิษฐ์ที่ปลดปล่อยคาร์บอนต่ำสำหรับอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง

4. รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะ

- 4.1 เครื่องวัดสัญญาณไฟฟ้าแบบ 4 ช่องสัญญาณ จำนวน 40 เครื่อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้
 - 4.1.1. มีความละเอียดทางแกนตั้งไม่น้อยกว่า 12 บิต และสามารถวัดสัญญาณได้ไม่น้อยกว่า 120MHz ขนาดไม่น้อยกว่า 4 ช่องสัญญาณ หรือดีกว่า
 - 4.1.2. ตัวเครื่องมีช่องกำเนิดสัญญาณขาออกความถี่สูงสุดไม่น้อยกว่า 25MHz ที่สามารถทำงานร่วมในฟังก์ชัน Bode Plot ได้
 - 4.1.3. อัตราการสุ่มตัวอย่างสูงสุดไม่น้อยกว่า 1.2GSa/s หรือดีกว่า
 - 4.1.4. หน่วยความจำในการจับสัญญาณ (Memory Depth) สูงสุดไม่น้อยกว่า 44 Mpoints หรือดีกว่า
 - 4.1.5. จอแสดงผลชนิดสี ขนาดไม่น้อยกว่า 7 นิ้ว แบบ Multi-touchscreen ความละเอียดไม่น้อยกว่า 1024x600 หรือดีกว่า
 - 4.1.6. มีฟังก์ชันการคำนวณทางคณิตศาสตร์ บวก, ลบ, คูณ, ทหาร, Intg, Sqrt, Diff, Ln, AX+B, LowPass, HighPass, BandPass, Bandstop หรือมากกว่า และสามารถแสดงผลฟังก์ชันการคำนวณทางคณิตศาสตร์ได้ไม่น้อยกว่า 4 ฟังก์ชันพร้อมกัน
 - 4.1.7. สามารถแสดงสัญญาณแบบ FFT ที่ความจุขนาด 1Mpoints และมีฟังก์ชัน Peak Search สำหรับช่วยวิเคราะห์สัญญาณ สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตมาตรฐาน USB (2.0) Host, USB (2.0) Device, LAN และ HDMI หรือมากกว่า
 - 4.1.8. มีฟังก์ชันถอดรหัสอนุกรม (Serial Decode) RS232/UART, I2C, SPI, CAN, และ LIN หรือมากกว่า
 - 4.1.9. มีหน่วยความจำภายในสำหรับเก็บข้อมูลไม่น้อยกว่า 4GB หรือดีกว่า
 - 4.1.10. ตัวเครื่องใช้แหล่งพลังงานผ่านพอร์ต USB Type-C (DC 12V) ในการทำงาน
 - 4.1.11. ผู้ผลิตจะต้องได้รับมาตรฐาน ISO9001, ISO14001 และ ISO45001 โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้รับมาตรฐานความปลอดภัย IEC, UL, CAN/CSA เป็นอย่างน้อย
 - 4.1.12. ผู้เสนอราคาต้องเป็นตัวแทนจำหน่ายประจำประเทศไทยที่ได้รับการแต่งตั้งจากบริษัทผู้ผลิตโดยตรง หรือแต่งตั้งจากตัวแทนจำหน่ายประจำประเทศไทยที่ได้รับแต่งตั้งจากบริษัทผู้ผลิตโดยตรงเพื่อบริการหลังการขายที่มีประสิทธิภาพ

4.1.13. รายละเอียดทางเทคนิค เทียบเท่าหรือดีกว่า

- | | | |
|----------|-----------------------|--|
| 4.1.13.1 | Trigger Type | : Edge, Timeout, Slope, Runt, CAN, SPI, I2C, LIN |
| 4.1.13.2 | Vertical Sensitivity | : 200 μ V/div ถึง 10V/div |
| 4.1.13.3 | Probe Attenuation | : 0.001x – 10000x |
| 4.1.13.4 | Cursor Mode | : Manual, Track, Auto และ XY |
| 4.1.13.5 | Maximum Input Voltage | : 300Vrms |
| 4.1.13.6 | Waveform Capture Rate | : 1,000,000 wfms/s |
| 4.1.13.7 | Time Base Range | : 5ns/div ถึง 500s/div |
| 4.1.13.8 | Time Base Accuracy | : \pm 28ppm \pm 5ppm/year |
| 4.1.13.9 | Average Mode | : 2, 4, 8, 16 และ 65,536 หรือมากกว่า |

4.1.14. อุปกรณ์ประกอบ

- 4.1.14.1 มี Power Adapter จำนวน 1 ชุด
- 4.1.14.2 มีสาย USB Cable จำนวนไม่น้อยกว่า 1 เส้น
- 4.1.14.3 มีสายต่อ Ground จำนวนไม่น้อยกว่า 1 เส้น
- 4.1.14.4 มีสายวัดสัญญาณ (Probe) ที่สามารถวัดสัญญาณได้ไม่น้อยกว่า 150MHz จำนวนไม่น้อยกว่า 4 เส้น

4.2 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์แบบตั้งโต๊ะ จำนวน 20 เครื่อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 4.2.1 เป็นเครื่องมือสำหรับวัดค่า DCV, DCI, ACV, ACI, Resistance, Frequency, Period, Diode, Capacitance และ Temperature เป็นอย่างน้อย
- 4.2.2 สามารถวัดแรงดันแบบ True RMS AC เป็นอย่างน้อย
- 4.2.3 มีช่วงการวัดกระแสสูงสุดไม่น้อยกว่า 10A
- 4.2.4 มีความละเอียดในการอ่านค่า 5½ Digit หรือดีกว่า
- 4.2.5 มีหน้าจอแสดงผลชนิดสี ขนาดไม่น้อยกว่า 7 นิ้ว แบบ LCD Touch screen
- 4.2.6 รองรับการเชื่อมต่อแบบ USB Host, USB device และ LAN เป็นอย่างน้อย
- 4.2.7 ตัวเครื่องใช้แหล่งพลังงานผ่านพอร์ต USB Type-C (DC 12V) ในการทำงาน
- 4.2.8 รายละเอียดทางเทคนิค เทียบเท่าหรือดีกว่า
 - 4.2.8.1 DC Volts
 - Range : 100mV, 1V, 10V, 100V, 1000V
 - 4.2.8.2 DC Current
 - Range : 100uA, 1mA, 10mA, 100mA, 1A, 10A

4.2.8.3 Resistance

- Range : 100Ω, 1kΩ, 10kΩ, 100kΩ, 1MΩ, 10MΩ, 100MΩ

4.2.8.4 True RMS AC

- Range : 100mV, 1V, 10V, 100V, 750V

4.2.9 อุปกรณ์ประกอบ

4.2.9.1 มี Power Adapter จำนวน 1 ชุด

4.2.9.2 มีสาย Alligator Clips จำนวน 1 ชุด

4.2.9.3 มีสาย Test Pens สำหรับมัลติมิเตอร์ดิจิทัล จำนวน 1 ชุด

4.3 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 40 เครื่อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.3.1 เป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีช่องเอาต์พุตของสัญญาณที่ปรับค่าได้จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ช่อง

4.3.2 มีฟังก์ชันป้องกันแรงดันเกิน (Over-voltage) และ กระแสเกิน (Over-current Protection)

4.3.3 มีฟังก์ชัน Data-logging function สำหรับบันทึกและแสดงผล (display recorded data in chart) ได้หรือดีกว่า

4.3.4 มีฟังก์ชัน SCPI และ LabVIEW รองรับการใช้งานร่วมกันได้หรือดีกว่า

4.3.5 สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ต USB, RS232 และ LAN ได้หรือมากกว่า

4.3.6 สามารถใช้งานกับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 220V, 50 Hz ได้

4.3.7 รายละเอียดทางเทคนิค เทียบเท่าหรือดีกว่า

4.3.7.1 สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้า (Output Power) ที่เอาต์พุตช่อง 1, 2 ได้ 90W และช่อง 3 ได้ 18W หรือดีกว่า

4.3.7.2 สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้า (Output Voltage) ที่เอาต์พุตช่อง 1, 2 ตั้งแต่ 0 ถึง 30V และช่องที่ 3 ตั้งแต่ 0 ถึง 6V ได้หรือดีกว่า

4.3.7.3 สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้า (Output Current) ทั้ง 3 ช่องเอาต์พุต ตั้งแต่ 0 ถึง 3A ได้หรือดีกว่า

4.3.7.4 สามารถป้องกันแรงดันเกิน (Over voltage Protection) ที่ช่องเอาต์พุต 1, 2 ไม่เกิน 31V และช่องที่ 3 ไม่เกิน 7V ได้หรือดีกว่า

4.3.7.5 สามารถป้องกันแรงดันเกิน (Over Current Protection) ทั้ง 3 ช่องเอาต์พุต ได้ไม่เกิน 3.1A หรือดีกว่า

4.3.7.6 สามารถจัดเก็บบันทึก (Data Recording) ข้อมูล แรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้า ได้ไม่น้อยกว่า 10K หรือดีกว่า

4.3.7.7 มีหน้าจอแสดงผลขนาด 4 นิ้ว แบบ LCD หรือดีกว่า

4.3.8 อุปกรณ์ประกอบ

4.3.8.1 มีสายไฟ AC Power Cord จำนวน 1 เส้น

- 4.3.8.2 มีสายสำหรับเชื่อมต่อ USB cable จำนวน 1 เส้น
- 4.3.8.3 มีอุปกรณ์ (Fuse) สำรอง จำนวน 1 ชุด
- 4.3.8.4 มีคู่มือการใช้งานเป็นภาษาไทย หรือ ภาษาอังกฤษ จำนวน 1 ชุด

4.4 บอร์ดทดลองสำหรับฝึกอุปกรณ์ทางด้านเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง จำนวน 1 ชุด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.4.1 บอร์ดทดลองสำหรับเรียนรู้เซ็นเซอร์บนเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 4.4.1.1 เป็นบอร์ดทดลองที่มีหัวข้อเกี่ยวกับเรื่อง Design and Implementation of photo and switch sensor circuits หรือดีกว่า
- 4.4.1.2 เป็นบอร์ดทดลองที่มีหัวข้อเกี่ยวกับเรื่อง Design and Implementation of temperature and humidity sensor circuits หรือดีกว่า
- 4.4.1.3 เป็นบอร์ดทดลองที่มีหัวข้อเกี่ยวกับเรื่อง Design and Implementation of infrared and gas sensor circuits หรือดีกว่า
- 4.4.1.4 เป็นบอร์ดทดลองที่มีหัวข้อเกี่ยวกับเรื่อง Design and Implementation of ultrasonic and color sensor circuit หรือดีกว่า
- 4.4.1.5 เป็นบอร์ดที่ประกอบไปด้วยหัวข้อการเรียนรู้ดังนี้ Photo Sensor Circuits, Switch Sensor Circuits, Temperature Sensor Circuits, Humidity Sensor Circuits, Infrared Sensor Circuits, Gas Sensor Circuits, Ultrasonic Sensor Circuits, Color Sensor Circuits หรือมากกว่า

4.4.2 รายละเอียดทางเทคนิค

- 4.4.2.1 บอร์ดทดลองนี้มี Photodiode Circuit ที่มีค่า Operating Wavelength อยู่ในช่วง 760nm ถึง 1000nm หรือดีกว่าในบอร์ดทดลอง
- 4.4.2.2 บอร์ดทดลองนี้มี Phototransistor Circuit ที่มีค่า Operating Wavelength อยู่ในช่วง 430nm ถึง 670nm หรือดีกว่าในบอร์ดทดลอง
- 4.4.2.3 บอร์ดทดลองนี้มี Tilt Switch Circuit ที่มีค่า Conduction Angle อยู่ระหว่าง 55 ถึง 125 องศา โดยประมาณ หรือดีกว่า
- 4.4.2.4 บอร์ดทดลองนี้มี Temperature Sensor ที่มีย่านการวัดอยู่ในช่วง -20 ถึง +100 องศาเซลเซียส หรือดีกว่า
- 4.4.2.5 บอร์ดทดลองนี้มี Humidity Sensor ที่มีความสามารถในการวัดความชื้นได้ตั้งแต่ 0 ถึง 100 % หรือดีกว่า
- 4.4.2.6 บอร์ดทดลองนี้มี Infrared Sensor แบบ Thermopile หรือดีกว่า

- 4.4.3 บอร์ดกำเนิดสัญญาณแบบฟังก์ชันและไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้
- 4.4.3.1 เป็นเครื่องกำเนิดสัญญาณแบบฟังก์ชันที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงอยู่บนบอร์ดเดียวกัน
 - 4.4.3.2 อุปกรณ์สามารถกำเนิดสัญญาณประเภท Sine, Triangle, Square, TTL Pulse ได้ เป็นอย่างน้อย
 - 4.4.3.3 สามารถกำเนิดสัญญาณได้ 1MHz หรือดีกว่า
 - 4.4.3.4 มีปุ่มปรับความละเอียดของสัญญาณแบบ Fine และ Coarse ได้หรือดีกว่า
 - 4.4.3.5 หน้าจอแสดงผลสามารถแสดงผลได้ไม่น้อยกว่า 6 ตำแหน่งหรือดีกว่า
 - 4.4.3.6 สามารถปรับค่า Duty Cycle ของสัญญาณได้หรือดีกว่า
 - 4.4.3.7 รายละเอียดทางเทคนิค เทียบเท่าหรือดีกว่า
 - 4.4.3.7.1 Function Generator Amplitude : >10 Vpp
 - 4.4.3.7.2 Impedance : $50\Omega \pm 10\%$
 - 4.4.3.7.3 Duty Control : 30% ถึง 60%
 - 4.4.3.7.4 Display : 6 Digit LED Display
 - 4.4.3.7.5 Resolution : 0.1/1/10/100/1000 Hz
 - 4.4.3.7.6 Frequency Range : 10 Hz to 100 kHz (4 Range) และ 100 Hz to 1 MHz (4 Range) หรือดีกว่า
 - 4.4.3.7.7 Power Requirement : AC/AC Adaptor 120V/15V, 1.5A; 230V/15V, 1.5A หรือดีกว่า
 - 4.4.3.7.8 DC Power Supply : Constant Voltage Output $\pm 5V$, $\pm 12V$ และ Variable Voltage Output 0V ถึง $\pm 15V$ หรือดีกว่า
 - 4.4.3.7.9 ผู้เสนอราคาบอร์ดทดลองต้องเป็นตัวแทนจำหน่ายประจำประเทศไทยที่ได้รับการแต่งตั้งจากบริษัทผู้ผลิตโดยตรง เพื่อการรับรองและบริการหลังการขายที่มีประสิทธิภาพ

4.5 บอร์ดเพื่อการเรียนรู้การออกแบบวงจรดิจิทัลสำหรับปัญญาประดิษฐ์ จำนวน 20 ชุด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.5.1 คุณลักษณะทั่วไป

- 4.5.1.1 มีหน่วยประมวลผล (Processing) Cortex-A9 แบบ dual-core ความถี่ 650 MHz หรือดีกว่า

- 4.5.1.2 มีหน่วยความจำขนาด 512MB แบบ DDR3 หรือดีกว่า
- 4.5.1.3 สามารถโปรแกรมได้จาก JTAG และ Quad-SPI Flash หรือดีกว่า
- 4.5.1.4 สามารถรองรับการเชื่อมต่อ USB จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ช่อง

4.5.2 รายละเอียดทางเทคนิค เทียบเท่าหรือดีกว่า

4.5.2.1 FPGA Specifications

- 4.5.2.1.1 Logic Slices : 13,300
- 4.5.2.1.2 6-Input LUTs : 53,200
- 4.5.2.1.3 Flip-Flops : 106,400
- 4.5.2.1.4 Block RAM : 630 KB
- 4.5.2.1.5 Internal ADC : Dual-channel, 1 MSPS

4.5.2.2 Connectivity and On-board I/O

- 4.5.2.2.1 USB : USB-UART, USB-JTAG Programmer, USB Host
- 4.5.2.2.2 Ethernet : Gigabit Ethernet PHY
- 4.5.2.2.3 HDMI : Sink (input), Source (output)
- 4.5.2.2.4 Pmod Connectors : 2
- 4.5.2.2.5 Audio : PWM driven mono audio output
- 4.5.2.2.6 Microphone : Microphone with PDM interface

4.5.2.3 Power Inputs : USB

4.6 บอร์ดเพื่อการเรียนรู้การออกแบบระบบประมวลผลการควบคุมวงจรถูก จำนวน 20 ชุด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.6.1 คุณลักษณะทั่วไป

- 4.6.1.1 เป็นบอร์ดที่มีชิป Artix-7 หรือดีกว่า
- 4.6.1.2 มีหน่วยความจำขนาด 128 (MiB) แบบ DDR2 หรือดีกว่า
- 4.6.1.3 สามารถโปรแกรมได้จาก JTAG และ Quad-SPI Flash หรือดีกว่า
- 4.6.1.4 มีตัวแปลงสัญญาณ analog to digital
- 4.6.1.5 มีสัญญาณนาฬิกาภายในตัวความเร็ว 450MHz หรือดีกว่า

4.6.2 รายละเอียดทางเทคนิค เทียบเท่าหรือดีกว่า

4.6.2.1 FPGA Specifications

- 4.6.2.1.1 Logic Slices : 15,850
- 4.6.2.1.2 6-Input LUTs : 63,400
- 4.6.2.1.3 Flip-Flops : 126,800
- 4.6.2.1.4 Block RAM : 4,860 Kb
- 4.6.2.1.5 Internal ADC : Dual-channel, 1 MSPS

- 4.6.2.2 Connectivity and On-board I/O
 - 4.6.2.2.1 Ethernet : 10/100 PHY
 - 4.6.2.2.2 SD : microSD card connector
 - 4.6.2.2.3 Pmod Connectors : Four Pmod ports, One XADC Pmod port
 - 4.6.2.2.4 VGA : 12-bit VGA port
 - 4.6.2.2.5 Audio : PWM audio output
 - 4.6.2.2.6 Microphone : PDM mic
 - 4.6.2.2.7 Temp sensor : 1x temperature sensor
 - 4.6.2.2.8 Display : Two 4-digit seven-segment
 - 4.6.2.2.9 Power Inputs : USB

4.7 เครื่องพิมพ์ 3 มิติ ขนาดพิมพ์ไม่น้อยกว่า 220x220x220mm. จำนวน 3 เครื่อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.7.1 คุณลักษณะทั่วไป

- 4.7.1.1 ใช้วิธีขึ้นรูปชิ้นงาน 3 มิติ แบบ Fused Filament Fabrication (FFF) หรือ Fused Deposition Modeling (FDM) หรือ Stereolithography (SLA) หรือดีกว่า
- 4.7.1.2 มีพื้นที่ผลิตชิ้นงานได้อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนี้
 1. ในกรณีพื้นที่ผลิตชิ้นงานเป็นรูปแบบสี่เหลี่ยม ต้องมีขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 200 มิลลิเมตร ความยาวไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร และความสูงไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร หรือ
 2. ในกรณีพื้นที่ผลิตชิ้นงานเป็นรูปแบบวงกลม ต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 16 มิลลิเมตรและความสูงไม่น้อยกว่า 24 มิลลิเมตร
- 4.7.1.3 สามารถขึ้นรูปชิ้นงานโดยมีความละเอียดที่ขนาดไม่มากกว่า 0.1 มิลลิเมตรต่อชั้น (Layer) ได้
- 4.7.1.4 ความเร็วในการพิมพ์สูงสุดไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตรต่อวินาที
- 4.7.1.5 รองรับการเชื่อมต่อด้วย USB, Ethernet และ Wi-Fi หรือดีกว่า
- 4.7.1.6 สามารถใช้กับวัสดุประเภท Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS) หรือ Polylactic Acid (PLA) หรือ Nylon ได้
- 4.7.1.7 สามารถพิมพ์ชิ้นงานจากไฟล์ชนิด STL หรือ OBJ ได้
- 4.7.1.8 สามารถถอดเปลี่ยนชุดหัวฉีดได้ และมีพื้นที่พิมพ์ไม่น้อยกว่า 220x220x220mm.
- 4.7.1.9 เป็นเครื่องพิมพ์ระบบปิด มีไส้กรองอากาศ HEPA13
- 4.7.1.10 มีระบบ Filament run-out reminder ในการแจ้งเตือนเมื่อเส้นใยหมด
- 4.7.1.11 มีระบบ Power loss recovery สำหรับการทำงานอย่างต่อเนื่อง
- 4.7.1.12 มีฐานพิมพ์แบบ PEI Flexible สำหรับความสะดวกในการถอดชิ้นงาน
- 4.7.1.13 หัวฉีดทำความร้อนได้ 280°C หรือดีกว่า

- 4.7.1.14 มีความเร็วในการพิมพ์ 600mm/s
- 4.7.1.15 ฐานพิมพ์ทำความร้อนได้ 110 °C สามารถพิมพ์ PLA, ABS หรือดีกว่า
- 4.7.1.16 มีระบบปิดเครื่องอัตโนมัติ เมื่อไม่ใช้งาน
- 4.7.1.17 มีกล้อง เพื่อใช้ตรวจสอบกระบวนการทำงาน และสามารถถ่าย Video Timelapse ได้
- 4.7.2 รายละเอียดทางเทคนิค เทียบเท่าหรือดีกว่า
 - 4.7.2.1 ขนาดหัวพิมพ์ : 0.4 mm.
 - 4.7.2.2 หน้าจอแสดงผล : ขนาด 4.3 นิ้ว
 - 4.7.2.3 ชนิดพลาสติกที่รองรับ : PLA/PETG/TPU/ABS/ASA/PLA-CF/PETG-CF
 - 4.7.2.4 Power Supply : AC 220V 320W
- 4.8 เครื่องแกะสลักงานแบบรองรับหลายวัสดุ จำนวน 1 เครื่อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้
 - 4.8.1 คุณสมบัติทั่วไป เทียบเท่าหรือดีกว่า
 - 4.8.1.1 เป็นเครื่องแกะสลักงานมีพื้นที่ทำงานขนาด 300x400 มม. และสามารถวางชิ้นงานที่มีความสูงได้ถึง 80 มม.
 - 4.8.1.2 มีระบบการขับเคลื่อน BallScrew (บอลสกรู)
 - 4.8.1.3 สปีดเดิล 1.5kw พร้อมระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ
 - 4.8.1.4 โครงสร้างอลูมิเนียมโปรไฟล์และอลูมิเนียมเกรด A
 - 4.8.1.5 สามารถแกะสลักงานได้หลายวัสดุ ดังนี้ ไม้ , พลาสติก , อะคริลิก, พลาสวูด
 - 4.8.1.6 ระบบล็อกหัวสปีดเดิลสามารถปรับหัวกัด ขึ้น-ลง ได้และสามารถยึดชิ้นงาน เป็นช่อง T-Slot ซึ่งใช้ร่วมกับ Camp ล็อกชิ้นงานได้
 - 4.8.1.7 สามารถเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อสั่งงานผ่านพอร์ต USB
 - 4.8.1.8 โปรแกรมที่ใช้งานร่วมกับเครื่องที่รองรับ AutoCAD, Coreldraw, Illustrator ArtCAM
 - 4.8.2 รายละเอียดทางเทคนิค เทียบเท่าหรือดีกว่า
 - 4.8.2.1 พื้นที่การทำงาน : 300*400 มม.
 - 4.8.2.2 มอเตอร์ : Stepping Motor ความละเอียด 18 องศา
3.0A ,12 N.m
 - 4.8.2.3 ความแม่นยำของตำแหน่งงาน : 0.05 มม.
 - 4.8.2.4 ความเร็วรอบของสปีดเดิล : 0-24,000 rpm
 - 4.8.2.5 รองรับไฟล์ : รับไฟล์สกุล G-Code
 - 4.8.2.6 ระบบปฏิบัติการที่รองรับ : Window 10 64Bit
 - 4.8.2.7 แรงดันไฟฟ้าขาเข้า : 220V

4.9 เครื่องตัดและแกะสลักเลเซอร์ชนิดคาร์บอน จำนวน 1 เครื่อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.9.1 คุณลักษณะทั่วไป เทียบเท่าหรือดีกว่า

- 4.9.1.1 เป็นเครื่องตัดและแกะสลักเลเซอร์ชนิด CO₂ สามารถรองรับการตัดและแกะสลักวัสดุโลหะ แผ่นพลาสติก, Acrylic ,HIPS, Plywood, พลาสติก, หนัง และผ้า ได้
- 4.9.1.2 มีขนาดการทำงานอยู่ที่ 600*400 mm.
- 4.9.1.3 แผงควบคุมเป็นหน้าจอสัมผัสขนาดไม่น้อยกว่า 5 นิ้ว/ปุ่มกด (Numeric keypad)
- 4.9.1.4 มีระบบหล่อเย็น
- 4.9.1.5 มีระบบเป่าลม (ที่หัวเลเซอร์)
- 4.9.1.6 มีระบบ Build-in พัดลมดูดอากาศ
- 4.9.1.7 มีระบบ Auto Resume เพื่อให้สามารถกลับมาทำงานต่อได้อัตโนมัติหลังจากเกิดการหยุดชะงัก

4.9.2 รายละเอียดทางเทคนิค เทียบเท่าหรือดีกว่า

- 4.9.2.1 มีแหล่งกำเนิดกำลังงาน (Power) : 60W
- 4.9.2.2 เลเซอร์ระบุตำแหน่ง : Red dot pointer laser
- 4.9.2.3 ความเร็วในการตัดชิ้นงาน : 0 - 24,000 mm./min
- 4.9.2.4 ความเร็วในการแกะสลักชิ้นงาน : 0 - 60,000 mm./min
- 4.9.2.5 การเชื่อมต่อ (Port Connecting) : USB Cable, USB Drive, LAN Cable, Wi-Fi
- 4.9.2.6 รองรับไฟล์ (File Support) : CorelDraw, Photoshop, AutoCAD, illustrator, PLT, DST, DXF, BMP, DWG, AI, RLD, RD
- 4.9.2.7 รองรับระบบไฟฟ้า : 220V 50Hz

4.10 คอมพิวเตอร์ประมวลผลปัญญาประดิษฐ์เพื่อความเป็นกลางทางคาร์บอน (จอแสดงภาพขนาดไม่น้อยกว่า 23.8 นิ้ว) จำนวน 35 เครื่อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.10.1 คุณลักษณะทั่วไป เทียบเท่าหรือดีกว่า

- 4.10.1.1 มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ไม่น้อยกว่า 20 แกนหลัก (20 core) และ 28 แกนเสมือน (28 Thread) และมีเทคโนโลยีเพิ่มสัญญาณนาฬิกาได้ในกรณีที่ต้องใช้ความสามารถในการประมวลผลสูง (Turbo Boost หรือ Max Boost) โดยมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาสูงสุด ไม่น้อยกว่า 2.1 GHz จำนวน 1 หน่วยมี
- 4.10.1.2 มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด DDR5 หรือดีกว่า มีขนาดไม่น้อยกว่า 32GB
- 4.10.1.3 มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล ชนิด SATA หรือดีกว่า หรือ ชนิด Solid State Drive ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 512 GB จำนวน 1 หน่วย
- 4.10.1.4 มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ 10/100/1000 Base-T หรือดีกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง

4.10.1.5 มีแป้นพิมพ์และเมาส์

4.10.1.6 มีจอแสดงผลมีขนาดไม่น้อยกว่า 23.8 นิ้ว จำนวน 1 หน่วย

1. มีค่าความละเอียดของการแสดงผลไม่น้อยกว่า 1920 x 1080 พิกเซล
2. มีอัตราการรีเฟรชหน้าจอแสดงผลเท่ากับ 100 Hz
3. มี Contrast Ratio ไม่น้อยกว่า 1500:1 (Typical)
4. มีค่าตอบสนองการแสดงผล (Response Time) เท่ากับ 5ms
5. มีอัตราส่วนของขนาดหน้าจอเป็นแบบ 16:9
6. รองรับการแสดงผลแบบสีจำนวนไม่น้อยกว่า 16.7 ล้านสี
7. รองรับการเชื่อมต่อแบบ HDMI จำนวน 1 พอร์ต เป็นอย่างน้อย
8. มีรูปแบบการใช้งาน Panel Type เป็นแบบ IPS

4.10.1.7 มีระบบปฏิบัติการ Windows 11 Pro หรือดีกว่า

4.10.1.8 มีรายละเอียด Chipset ดังนี้

1. รองรับ PCI Express 3.0 หรือ 4.0 ไม่น้อยกว่า 24 เลน
2. รองรับ PCI Express x1, x2, x4 เป็นอย่างน้อย
3. รองรับการสื่อสารแบบ USB 2.0 รวมไม่น้อยกว่า 14 พอร์ต หรือ USB 3.2 รวมไม่น้อยกว่า 10 พอร์ต
4. รองรับ SATA 6.0 Gb/s ไม่น้อยกว่า 8 พอร์ต
5. แผงวงจรหลัก (เมนบอร์ด) ต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีเครื่องหมายการค้าเดียวกับเครื่องคอมพิวเตอร์ และใช้ร่วมกับหน่วยประมวลผลได้

4.10.1.9 มีค่า Maximum turbo frequency เท่ากับ 5.3 GHz

4.10.2 รายละเอียดทางเทคนิค เทียบเท่าหรือดีกว่า

4.10.2.1	Processor	: 20 Cores, 28 Threads, Cache 33 MB
4.10.2.2	Graphics	: NVIDIA GeForce RTX 4060 8GB GDDR6
4.10.2.3	Memory	: 32GB : 2x16GB DDR5
4.10.2.4	Storage	: 512GB M.2 PCIe NVMe SSD Class 25
4.10.2.5	Port	: 1 x HDMI 1.4b, 3 x DisplayPort 1.4a
4.10.2.6	Network ports	: One RJ45 Ethernet port 10/100/1000Mbps
4.10.2.7	DRAM bus width	: 64-bit
4.10.2.8	Flash EPROM	: 32 MB + 16 MB
4.10.2.9	Memory slots	: Four UDIMM slots
4.10.2.10	Transfer rate	: 10/100/1000 Mbps
4.10.2.11	Audio Type	: High-Definition Audio

- 4.10.2.12 Media-cards supported : Secure Digital (SD), Secure Digital High Capacity (SDHC) และ Secure Digital Extended Capacity (SDXC)
 - 4.10.2.13 มีขนาดหน้าจอ (Diagonal Viewing Size) ขนาด 23.8 นิ้ว
 - 4.10.2.14 มีค่า Contrast Ratio เท่ากับ 1500:1 (Typical)
 - 4.10.2.15 รองรับ Backlight Technology แบบ LED edge light system
 - 4.10.2.16 มีค่า Brightness เท่ากับ 250 cd/m² (Typical)
 - 4.10.2.17 มีค่า Response Time เท่ากับ 5ms gray-to-gray (Fast Mode)
 - 4.10.2.18 รูปแบบการใช้งาน Color Support แบบ Color Gamut : 99% sRGB
 - 4.10.2.19 และมี Color Depth : 16.7 ล้านสี
 - 4.10.2.20 หน้าจอมีความสามารถในการปรับก้มเงยแบบ Tilt : -5 ° ถึง 21 °
 - 4.10.2.21 ใช้งานแรงดันไฟฟ้าแบบ 100 ถึง 240 VAC / 50Hz
 - 4.10.2.22 มีค่า Power Consumption เท่ากับ 11.7 Watt (On Mode)
- 4.11 เครื่องแม่ข่ายประมวลผลปัญญาประดิษฐ์เพื่อความเป็นกลางทางคาร์บอน จำนวน 1 เครื่อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้
- 4.11.1 คุณลักษณะทั่วไป เทียบเท่าหรือดีกว่า
- 4.11.1.1 มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) แบบ 8 แกนหลัก (8 core) หรือดีกว่า สำหรับคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) โดยเฉพาะและมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาพื้นฐานไม่น้อยกว่า 3.1 GHz จำนวนไม่น้อยกว่า 1 หน่วย
 - 4.11.1.2 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) รองรับการประมวลผลแบบ 64 bit มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory รวมในระดับ (Level) เดียวกันไม่น้อยกว่า 13 MB
 - 4.11.1.3 มีหน่วยความจำ (RAM) แบบ DDR5 EEC, 4400MHz ขนาดไม่น้อยกว่า 32GB หรือดีกว่า
 - 4.11.1.4 สนับสนุนการทำงาน RAID ไม่น้อยกว่า RAID 0, 1, 5
 - 4.11.1.5 มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ 10/100/1000 Base-T หรือดีกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ช่อง
 - 4.11.1.6 มีหน่วยประมวลผลความเร็ว 3.1GHz ถึง 4.5 GHz
 - 4.11.1.7 มีระบบปฏิบัติการ Windows 11 Pro หรือดีกว่า
 - 4.11.1.8 มีหน่วยประมวลผลภาพแบบ NVIDIA RTX A4000 16 GB
 - 4.11.1.9 มีจอแสดงผลมีขนาดไม่น้อยกว่า 31.5 นิ้ว
 1. มีค่าความละเอียดสูงสุดของหน้าจอแสดงผลเท่ากับ 3840 x 2160
 2. มีค่าอัตรารีเฟรชหน้าจอเท่ากับ 60 Hz
 3. มีค่า Contrast Ratio เท่ากับ 2000:1 (Typical)
 4. มีการใช้งาน Panel Type เป็นแบบ IPS

5. มีอัตราส่วนของขนาดหน้าจอเท่ากับ 16:9
6. มีค่าตอบสนองของหน้าจอแสดงผลเท่ากับ 5 ms
7. รองรับการแสดงผลแบบสีเป็นจำนวนไม่น้อยกว่า 1.07 พันล้านสี
8. รองรับการเชื่อมต่อแบบ USB 3.2 Gen2 Type-A Port(s) ไม่น้อยกว่า 4 ช่อง
9. มีฟังก์ชัน Flicker Free สำหรับใช้งาน
10. การใช้งาน Display screen coating เป็นแบบ Anti-Glare หรือแบบ Anti-Reflectance

4.11.2 รายละเอียดทางเทคนิค เทียบเท่าหรือดีกว่า

- | | | |
|-----------|--|--|
| 4.11.2.1 | Processor | : 8 Cores, 16 Threads, Cache 22.5 MB |
| 4.11.2.2 | Graphics | : NVIDIA RTX A4000, 16GB GDDR6 |
| 4.11.2.3 | Memory | : 32GB, 2x16GB, DDR5, 4800 MHz |
| 4.11.2.4 | Storage | : 512GB, M.2, PCIe NVMe Gen4 x4, SSD, Class 40 + 2TB, 3.5" 7200rpm SATA Enterprise HDD |
| 4.11.2.5 | Optical | : 16x DVD+/-RW Half Height Optical Drive |
| 4.11.2.6 | หน้าจอแสดงผลเป็นชนิดแบบ Active matrix – TFT LCD | |
| 4.11.2.7 | หน้าจอแสดงผลมีค่า Pixel per inch (PPI) ไม่น้อยกว่า 137.68 หน่วย | |
| 4.11.2.8 | มีค่า Viewing Angle แบบ Horizontal เท่ากับ 178 (Typical) | |
| 4.11.2.9 | มีค่า Viewing Angle แบบ Vertical เท่ากับ 178 (Typical) | |
| 4.11.2.10 | มีค่า Brightness ไม่น้อยกว่า 400 cd/m ² (Typical) | |
| 4.11.2.11 | มีค่า Contrast Ratio เท่ากับ 2000:1 (Typical) | |
| 4.11.2.12 | มีค่า Color gamut ของหน้าจอแสดงผลเป็นแบบ 100% sRGB | |
| 4.11.2.13 | รองรับการเชื่อมต่อแบบ USB-A (USB 3.2 Gen2, 10Gbps) จำนวนไม่น้อยกว่า 4 ช่อง การเชื่อมต่อ | |
| 4.11.2.14 | รองรับการเชื่อมต่อแบบ HDMI 2.0 จำนวน 1 ช่อง | |
| 4.11.2.15 | มีพอร์ตการเชื่อมต่อประเภทเสียงเป็นแบบ Analog 2.0 audio line out(3.5 mm jack) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง | |

4.12 โปรเจกเตอร์สำหรับห้องเรียนอัจฉริยะ (5,000 Lumens) จำนวน 1 เครื่อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.12.1 คุณลักษณะทั่วไป เทียบเท่าหรือดีกว่า

- 4.12.1.1 เป็นเครื่องฉายภาพแบบ 3 LCD System
- 4.12.1.2 สัญญาณภาพมีความละเอียดเท่ากับ 1920x1200 dots
- 4.12.1.3 มีขนาดของภาพฉายเป็นแบบ 16:10
- 4.12.1.4 มีค่า Contrast Ratio เท่ากับ 2500:1

- 4.12.1.5 มีลำโพงขนาด 12 Watt จำนวน 1 หน่วย สำหรับใช้งาน
- 4.12.1.6 รองรับการเชื่อมต่อแบบ USB Type-A และ USB Type-B
- 4.12.1.7 สามารถปรับเลนส์เพื่อใช้งานประเภท Zoom, Focus, Lens Shift ได้
- 4.12.1.8 มีค่า Scanning Frequency ในแนวแกนตั้งเท่ากับ 48 Hz ถึง 92 Hz
- 4.12.1.9 มีค่า Scanning Frequency ในแนวแกนนอนเท่ากับ 19 kHz ถึง 92 kHz
- 4.12.2 รายละเอียดทางเทคนิค เทียบเท่าหรือดีกว่า
 - 4.12.2.1 มีค่า Number of Pixels เท่ากับ 6,912,000 Pixels
 - 4.12.2.2 มีค่า Throw Ratio เท่ากับ 1.5:1 ถึง 2.2:1
 - 4.12.2.3 การทำงานของ Light Source เป็นแบบ Ultra-high pressure mercury lamp 280 W type
 - 4.12.2.4 มีระบบการทำงานของสีเป็นแบบ NTSC3.58, PAL, SECAM, NTSC4.43, PAL-M, PAL-N
 - 4.12.2.5 มีค่า Key Stone Correction แบบ Vertical เท่ากับ $\pm 30^\circ$
 - 4.12.2.6 มีค่า Key Stone Correction แบบ Horizontal เท่ากับ $\pm 20^\circ$
 - 4.12.2.7 รองรับการใช้งานแบบ OSD Language จำนวนไม่น้อยกว่า 24 ภาษา
- 4.13 เครื่องบริหารจัดการเครือข่ายความเร็วสูงแบบ 24 พอร์ต จำนวน 10 เครื่อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้
 - 4.13.1. คุณลักษณะทั่วไป เทียบเท่าหรือดีกว่า
 - 4.13.1.1 มีลักษณะการทำงานไม่น้อยกว่า Layer 2 ของ OSI Model
 - 4.13.1.2 มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ 10/100/1000 Base-T หรือดีกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า 24 ช่อง
 - 4.13.1.3 มีสัญญาณไฟแสดงสถานะของการทำงานช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่ายทุกช่อง
 - 4.13.1.4 มีฟังก์ชัน Auto Negotiation และ Auto MDI/MDIX
 - 4.13.1.5 รองรับการงานตัวอุปกรณ์กับระบบปฏิบัติการประเภท Windows, Linux และ MAC OS ได้
 - 4.13.1.6 มีค่า Switch Capacity เท่ากับ 48 Gbps
 - 4.13.1.7 รองรับการใช้งาน MAC Address สูงสุด 8K
 - 4.13.1.8 เป็นอุปกรณ์ที่ทำการสื่อสารบนพอร์ตประเภท RJ45
 - 4.13.2. รายละเอียดทางเทคนิค เทียบเท่าหรือดีกว่า
 - 4.13.2.1 รองรับการสื่อสารบนมาตรฐานประเภท IEEE 802.3, IEEE802.3u, IEEE802.3x ได้
 - 4.13.2.2 เน็ตเวิร์คพอร์ตรองรับการเชื่อมต่อไม่น้อยกว่า 24 ช่องสัญญาณรองรับความเร็วในการสื่อสาร 10/100/1000 Mbps แบบ RJ45
 - 4.13.2.3 Forwarding Mode ของอุปกรณ์เป็นแบบ Store and Forward
 - 4.13.2.4 มีค่า Jumbo Frame เท่ากับ 10 KB

- 4.13.2.5 โหมดประหยัดพลังงานสามารถประหยัดพลังงานได้สูงสุด 40%
 - 4.13.2.6 อุปกรณ์มีเทคโนโลยี Flow Control, Fanless และ Green Technology เป็นอย่างน้อย
- 4.14 ตู้จัดเก็บอุปกรณ์แบบติดผนังขนาด 6U จำนวน 4 ชุด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้
- 4.14.1. คุณลักษณะทั่วไป เทียบเท่าหรือดีกว่า
- 4.14.1.1 เป็นตู้ Rack ปิด ขนาดไม่น้อยกว่า 6U โดยมีความกว้างไม่น้อยกว่า 43 เซนติเมตร ความลึกไม่น้อยกว่า 55 เซนติเมตร และความสูงไม่น้อยกว่า 37 เซนติเมตร
 - 4.14.1.2 ผลิตจากเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีแบบชุบด้วยไฟฟ้า (Electro-galvanized steel sheet)
 - 4.14.1.3 มีช่องเสียบไฟฟ้า จำนวนไม่น้อยกว่า 4 ช่อง
 - 4.14.1.4 มีพัดลมสำหรับระบายความร้อน ไม่น้อยกว่า 2 ตัว
 - 4.14.1.5 เป็นตู้แบบติดผนังที่มีกุญแจล็อกด้านหน้าเพื่อความปลอดภัยของศูนย์ข้อมูล
 - 4.14.1.6 เป็นตู้ที่มีปริมาตรการใช้งานได้ประมาณ 87,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- 4.15 โต๊ะปฏิบัติการพร้อมชั้นวาง จำนวน 17 ชุด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้
- 4.15.1. คุณลักษณะทั่วไป เทียบเท่าหรือดีกว่า
- 4.15.1.1 ขนาดโต๊ะเท่ากับ 800x1500x800 มม. (ลึกxกว้างxสูง)
 - 4.15.1.2 โครงสร้างขาและคานชั้นวางเป็นเหล็กกล่อง เคลือบสี Epoxy
 - 4.15.1.3 พื้นโต๊ะเป็นไม้ปาติเกิลเคลือบเมลามีนสองด้าน หนา 25 มม. ปิดขอบด้วย PVC 2 มม. และใต้พื้นโต๊ะมีคานรองรับ
 - 4.15.1.4 ชั้นวางบนโต๊ะมีขนาดเท่ากับ 370x700x200 มม. (ลึกxกว้างxสูง)
 - 4.15.1.5 ภาควางคีย์บอร์ดไม้ปาติเกิลพร้อมรางเลื่อน
- 4.16 เก้าอี้หัวกลมปรับระดับได้ จำนวน 70 ชุด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้
- 4.16.1. คุณลักษณะทั่วไป เทียบเท่าหรือดีกว่า
- 4.16.1.1 เป็นเก้าอี้แบบหัวกลม ขาแบบส้อมจำนวน 4 ขา
 - 4.16.1.2 โครงสร้างขาและรัตขาล่างเป็นเหล็กกลม พ่นสีอุตสาหกรรม (Epoxy)
 - 4.16.1.3 แกนกลางเป็นเหล็กเกลียวตันปรับระดับสูงต่ำได้
 - 4.16.1.4 สามารถปรับระดับสูงและต่ำได้โดยปรับได้สูง 55 ซม.
 - 4.16.1.5 พื้นนั่งเบาะหุ้มหนังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 ซม. และมีความหนา 25 มม.
 - 4.16.1.6 รองรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 110 กิโลกรัม
- 4.17 โต๊ะทำงาน จำนวน 21 ชุด โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้
- 4.17.1. คุณลักษณะทั่วไป เทียบเท่าหรือดีกว่า
- 4.17.1.1 เป็นโต๊ะทำงานที่มีขนาดเท่ากับ 600x1,500x 750 มม. (ลึกxกว้างxสูง)
 - 4.17.1.2 ขาเหล็กปั๊มเงาหนา ขนาด 1.2 มม. มีแผ่นบังหน้ากัน

