

ภาคผนวก 1

รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของพัสดุ

รายการ ชุดครุภัณฑ์ห้องปฏิบัติการเรียนรวมการพัฒนาอุตสาหกรรมด้านเซมิคอนดักเตอร์

ตำบลในเมือง อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น จำนวน 1 ชุด

ชื่อรายการ : ชุดครุภัณฑ์ห้องปฏิบัติการเรียนรวมการพัฒนาอุตสาหกรรมด้านเซมิคอนดักเตอร์ ตำบลในเมือง
อำเภอเมืองขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น ประกอบด้วย

- | | |
|--|-----------------|
| 1. ชุดฝึกปฏิบัติการด้านการเรียนรู้และใช้งานเทคโนโลยีอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ | จำนวน 30 ชุด |
| 1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ All In One สำหรับงานประมวลผล | จำนวน 1 เครื่อง |
| 1.2 บอร์ดสำหรับการพัฒนา FPGA | จำนวน 1 ชุด |
| 1.3 โต๊ะสำหรับปฏิบัติการ | จำนวน 1 ตัว |
| 1.4 เก้าอี้สำหรับปฏิบัติการ | จำนวน 1 ตัว |
| 2. ชุดฝึกสำหรับผลิตแผ่นวงจรพิมพ์ในงานอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ | จำนวน 1 ชุด |
| 2.1 เครื่องถ่ายฟิล์มไวแสง | จำนวน 1 ชุด |
| 2.2 เครื่องตัดแผ่นวงจรพิมพ์ | จำนวน 1 ชุด |
| 2.3 เครื่องเจาะแผ่นวงจรพิมพ์ | จำนวน 1 ชุด |
| 2.4 เครื่องชุบแผ่นวงจรพิมพ์ | จำนวน 1 ชุด |
| 2.5 เครื่องรีดฟิล์มไวแสง | จำนวน 1 ชุด |
| 2.6 เครื่องพิมพ์วัตถุ 3 มิติ | จำนวน 1 ชุด |
| 2.7 เครื่องล้างฟิล์มไวแสง | จำนวน 1 ชุด |
| 2.8 เครื่องกัดแผ่นวงจรพิมพ์ | จำนวน 1 ชุด |
| 2.9 เครื่องพิมพ์แผ่นวงจรพิมพ์ด้วยแสง | จำนวน 1 ชุด |
| 2.10 อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับงาน PCB | จำนวน 1 ชุด |
| 3. โปรแกรมสำหรับออกแบบและพัฒนาแผ่นวงจรพิมพ์ | จำนวน 1 ชุด |
| 4. ชุดอุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้และประยุกต์เทคโนโลยีการฝึกทักษะ | จำนวน 1 ชุด |
| 4.1 เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก สำหรับงานประมวลผล | จำนวน 1 เครื่อง |
| 4.2 โต๊ะสำหรับปฏิบัติการ | จำนวน 10 ตัว |

ลงชื่อ.....อธิการบดี.....ประธานกรรมการ (อาจารย์รัฐดิพร จันทร์ดา) ครั้งที่...1....ณ วันที่...21...สิงหาคม...2568...

ลงชื่อ.....รองอธิการบดี.....กรรมการ (ผศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู)

ลงชื่อ.....คณบดี.....กรรมการ (รศ.ดร.กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี)

4.3 แก้อัศจรรย์สำหรับปฏิบัติการ	จำนวน 10 ตัว
4.4 อุปกรณ์แสดงภาพระบบสัมผัสสำหรับการเรียนการสอน	จำนวน 3 ชุด
4.5 เครื่องวัด LCR	จำนวน 1 ชุด
4.6 ชุดฝึกปฏิบัติการพัฒนาเทคโนโลยีอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์	จำนวน 3 ชุด
4.7 โปรแกรมวิเคราะห์วงจรโฟโตนิกส์	จำนวน 1 ชุด
4.8 อุปกรณ์ประกอบชุดวิเคราะห์ฮาร์ดแวร์	จำนวน 1 ชุด
4.9 อุปกรณ์สำหรับเรียนรู้และพัฒนาด้าน FPGA	จำนวน 1 ชุด
4.10 ดิจิตอลสแตนด์ออฟสซิลิโคน	จำนวน 1 ชุด

รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของพัสดุ

1. ชุดฝึกปฏิบัติการด้านการเรียนรู้และใช้งานเทคโนโลยีอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ จำนวน 30 ชุด แต่ละชุดประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

- 1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ All In One สำหรับงานประมวลผล จำนวน 1 เครื่อง
 - 1.1.1 มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ไม่น้อยกว่า 6 แกนหลัก (6 core) และ 12 แกนเสมือน (12 Thread)
 - 1.1.2 และมีเทคโนโลยีเพิ่มสัญญาณนาฬิกาได้ในกรณีที่ต้องใช้ความสามารถในการประมวลผลสูง (Turbo Boost หรือ Max Boost) โดยมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาสูงสุด ไม่น้อยกว่า 3.6 GHz จำนวน 1 หน่วย
 - 1.1.4 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory รวมในระดับ (Level) เดียวกัน ขนาดไม่น้อยกว่า 8 MB
 - 1.1.5 มีหน่วยประมวลผลเพื่อแสดงภาพ โดยมีคุณลักษณะอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือดีกว่า ดังนี้
 - 1.1.5.1 มีหน่วยประมวลผลเพื่อแสดงภาพติดตั้งอยู่บนแผงวงจรหลักที่มีความสามารถในการใช้หน่วยความจำแยกจากหน่วยความจำหลักขนาดไม่น้อยกว่า 2 GB
 - 1.1.5.2 มีหน่วยประมวลผลเพื่อแสดงภาพที่มีความสามารถในการใช้หน่วยความจำหลักในการแสดงภาพขนาดไม่น้อยกว่า 2 GB
 - 1.1.6 มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด DDR4 หรือดีกว่า มีขนาดไม่น้อยกว่า 8 GB
 - 1.1.7 มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล ชนิด SATA หรือดีกว่า ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 1 TB หรือ ชนิด Solid State Drive ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 250 GB จำนวน 1 หน่วย

ลงชื่อ.....อธิการบดี.....ประธานกรรมการ (อาจารย์รัฐดิพร จันทร์ดา) ครั้งที่.....1.....ณ วันที่.....21.....สิงหาคม.....2568....

ลงชื่อ.....รองอธิการบดี.....กรรมการ (ผศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู)

ลงชื่อ.....คณบดี.....กรรมการ (รศ.ดร.ฤทธิพงษ์ พันธ์ศรี)

- 1.1.8 มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ 10/100/1000 Base-T หรือดีกว่า จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 1.1.9 มีช่องเชื่อมต่อ (Interface) แบบ USB 2.0 หรือดีกว่า ไม่น้อยกว่า 3 ช่อง
- 1.1.10 มีแป้นพิมพ์และเมาส์
- 1.1.11 มีจอแสดงผลในตัว และมีขนาดไม่น้อยกว่า 21 นิ้ว ความละเอียดแบบ FHD (1920x1080)
- 1.1.12 สามารถใช้งานได้ไม่น้อยกว่า Wi-Fi (IEEE 802.11 ac) และ Bluetooth
- 1.2 บอร์ดสำหรับการพัฒนา FPGA จำนวน 1 ชุด
 - 1.2.1 เป็นบอร์ดที่รองรับการพัฒนาซอฟต์แวร์ดิจิทัล หรือดีกว่า
 - 1.2.2 โปรเซสเซอร์ Cortex-A9 หรือดีกว่า
 - 1.2.3 หน่วยความจำ DDR3 หรือ DDR3L หรือดีกว่า ขนาดไม่น้อยกว่า 1 GB
 - 1.2.4 รองรับการเชื่อมต่อ Ethernet หรือ USB 2.0 หรือ SDIO หรือดีกว่า
 - 1.2.5 มีช่องสำหรับรองรับการใส่ microSD card หรือ SD card หรือดีกว่า
 - 1.2.6 รองรับการจ่ายไฟผ่าน USB หรือ แหล่งจ่ายไฟภายนอก หรือดีกว่า
 - 1.2.7 มีพอร์ต HDMI อินพุต และ พอร์ต HDMI เอาต์พุต
 - 1.2.8 มีปุ่มกด จำนวนไม่น้อยกว่า 4 ปุ่ม
 - 1.2.9 มีสวิตช์ จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ตัว
 - 1.2.10 มีไฟ LED จำนวนไม่น้อยกว่า 4 ดวง
- 1.3 โตะสำหรับปฏิบัติการ จำนวน 1 ตัว
 - 1.3.1 เป็นโตะที่ใช้ในการรองรับการสอน หรือ การอบรม หรือดีกว่า
 - 1.3.2 โครงสร้างทำจากเหล็กกล่อง เคลือบสี Epoxy หรือดีกว่า
 - 1.3.3 มีเต้ารับ 220 V แบบฝังที่มุมบนพื้นโตะ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
 - 1.3.4 ขาโตะปรับระดับได้
 - 1.3.5 มีขนาดไม่น้อยกว่า W1200 x D500 x H700 มม.
- 1.4 เก้าอี้สำหรับปฏิบัติการ จำนวน 1 ตัว
 - 1.4.1 เป็นเก้าอี้เอนกประสงค์ชนิด หุ้มเบาะรองนั่ง หรือ หุ้มตาข่าย หรือดีกว่า
 - 1.4.2 พนักพิงสูงระดับหลัง
 - 1.4.3 โครงขาเหล็กชุบโครเมียม หรือดีกว่า
 - 1.4.4 เก้าอี้มีขนาดไม่น้อยกว่า 38 x 50 x 80 (ก*ล*ส) ซม.

ลงชื่อ.....อธิการบดี.....ประธานกรรมการ (อาจารย์รุติพร จันทร์ดา) ครั้งที่.....1.....ณ วันที่.....21.....สิงหาคม.....2568....

ลงชื่อ.....รองอธิการบดี.....กรรมการ (ผศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู)

ลงชื่อ.....คณบดี.....กรรมการ (รศ.ดร.กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี)

2. ชุดฝึกสำหรับผลิตแผ่นวงจรพิมพ์ในงานอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

2.1 เครื่องถ่ายภาพฟิล์มไวแสง จำนวน 1 ชุด

- 2.1.1 พื้นที่ทำงานไม่น้อยกว่า 20 x 24 นิ้ว หรือ 50 x 60 เซนติเมตร
- 2.1.2 กำลังหลอดไฟไม่น้อยกว่า 150 วัตต์
- 2.1.3 กำลังเครื่องปั๊มสุญญากาศไม่น้อยกว่า 50 วัตต์
- 2.1.4 ใช้ได้กับแรงดันไฟฟ้า 220VAC, 50Hz หรือดีกว่า
- 2.1.5 สามารถตั้งเวลาปั๊มสุญญากาศได้ไม่น้อยกว่าช่วง 0 - 900 วินาที
- 2.1.6 สามารถตั้งเวลาในการถ่ายได้ไม่น้อยกว่าช่วง 0 - 900 วินาที
- 2.1.7 มีหลอด UV ไม่น้อยกว่า 4 หลอด
- 2.1.8 บริเวณกระจกมีความต้านทานแรงกดสูงและไม่เกิดรอยขีดข่วนได้ง่าย
- 2.1.9 มีปุ่มกดบนตัวเครื่อง สามารถควบคุมการใช้งานของเครื่องได้
- 2.1.10 มีปุ่ม “ + ” หรือ “ - ” เพื่อตั้งเวลาเปิดรับแสงตามที่ต้องการได้

2.2 เครื่องตัดแผ่นวงจรพิมพ์ จำนวน 1 ชุด

- 2.2.1 เป็นเครื่องตัดชนิดตั้งโต๊ะทำงานด้วยมือ
- 2.2.2 หน้ากว้างไม่น้อยกว่า 400 มิลลิเมตร
- 2.2.3 ใช้สำหรับการตัดแผ่นวงจรพิมพ์ ชนิดธรรมดา หรือ ชนิด Glass Epoxy รวมทั้งสามารถตัดอลูมิเนียม หรือ แผ่นทองเหลืองได้
- 2.2.4 โครงสร้างของเครื่องถูกออกแบบมาอย่างแข็งแรง ตัวเครื่องเป็นอลูมิเนียมหล่อ และพ่นสีเคลือบอย่างดี
- 2.2.5 มีคุณสมบัติการตัดดังนี้
 - 2.2.5.1 สามารถตัดแผ่น PCB Epoxy ได้หนาไม่น้อยกว่า 1 มิลลิเมตร
 - 2.2.5.2 สามารถตัดแผ่นอลูมิเนียมได้หนาไม่น้อยกว่า 1 มิลลิเมตร
 - 2.2.5.3 สามารถตัดแผ่นทองเหลืองได้หนาไม่น้อยกว่า 1 มิลลิเมตร
 - 2.2.5.4 ใบมีดสามารถถอดเปลี่ยนได้

2.3 เครื่องเจาะแผ่นวงจรพิมพ์ จำนวน 1 ชุด

- 2.3.1 เป็นเครื่องเจาะแผ่นวงจรพิมพ์ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์
- 2.3.2 หัวเจาะระบายความร้อนด้วยน้ำ ขนาดไม่น้อยกว่า 1,000 วัตต์
- 2.3.3 ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ไม่น้อยกว่า 2 แกน
- 2.3.4 แกน Z มีช่วงทำงานไม่น้อยกว่า 100 มม.
- 2.3.5 ต่อพอร์ตควบคุมการทำงานผ่าน USB

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ (อาจารย์รัฐดิพร จันทร์ดา) ครั้งที่...1.....ณ วันที่...21...สิงหาคม....2568....

ลงชื่อ.....กรรมการ (ผศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู)

ลงชื่อ.....กรรมการ (รศ.ดร.กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี)

- 2.3.6 การเคลื่อนที่ไขบอลสกรู (Ball Screw) หรือดีกว่า
- 2.3.7 พื้นที่ทำงานไม่น้อยกว่า 550(X) x 400(Y) x 100(Z) มิลลิเมตร
- 2.3.8 รองรับการทำงานไม่น้อยกว่า Windows XP หรือ Windows 7 หรือ Windows 8 หรือ Windows 10 ผ่านทาง USB 2.0 หรือดีกว่า
- 2.3.9 รองรับมาตรฐานไม่น้อยกว่า G-codes - G40, G41 หรือ G42 (tool radius compensation) G-codes - G43 หรือ G49 (Tool length encoding) G-codes - G54 หรือ G59.3 (coordinate system)
- 2.3.10 สามารถรับไฟล์ไม่น้อยกว่า DXF, PLT/HPGL, GERBER หรือดีกว่า
- 2.4 เครื่องชุบแผ่นวงจรพิมพ์ จำนวน 1 ชุด
 - 2.4.1 สามารถทำแผ่น PCB แบบสองหน้า PTH หรือ ทำแผ่น PCB แบบหน้าเดียวได้
 - 2.4.2 มีระบบการทำงานออกแบบเพื่อให้ใช้งานง่าย
 - 2.4.3 ตัวเครื่องเหมาะกับห้องทดลองเพื่องานวิจัยหรือเพื่อการเรียนรู้ที่ต้องการคุณภาพ เช่นเดียวกับ โรงงานผลิต PCB แบบมาตรฐาน
 - 2.4.4 ตัวเครื่องมีการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ
 - 2.4.5 ตัวเครื่องถูกออกแบบมาเพื่อลดความยุ่งยากซับซ้อนในการทำงาน
 - 2.4.6 มีการติดตั้งระบบควบคุมและจัดลำดับการทำงานเรียงตามถังชุบ หรือ ระบบจับเวลา เปิดปิด หรือ ระบบน้ำล้างอัตโนมัติ หรือ การจ่ายกระแสไฟฟ้าสำหรับงานชุบ หรือ การตั้งเวลาและ แรงดันเมื่อจบกระบวนการทำงาน
 - 2.4.7 สามารถทำกระบวนการได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้ PTH Plating หรือ Dryfilm Developing หรือ Etching หรือ Dryfilm Stripping หรือดีกว่า
 - 2.4.8 ควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ PLC หรือดีกว่า
 - 2.4.9 สามารถทำแผ่น PCB ได้ขนาดสูงสุดไม่น้อยกว่า 10 x 10 นิ้ว
 - 2.4.10 ใช้ได้กับแรงดันไฟฟ้า 220VAC 50Hz
- 2.5 เครื่องรีดฟิล์มไวแสง จำนวน 1 ชุด
 - 2.5.1 ใช้สำหรับการรีดฟิล์มไวแสงบนแผ่นวงจรพิมพ์
 - 2.5.2 สามารถปรับความเร็วในการรีดได้
 - 2.5.3 สามารถปรับและควบคุมอุณหภูมิในการรีดได้
 - 2.5.4 ความกว้างสูงสุดไม่น้อยกว่า 8 นิ้ว
 - 2.5.5 ใช้ได้กับแรงดันไฟฟ้า 220VAC. 50Hz.

ลงชื่อ.....อธิการบดี.....ประธานกรรมการ (อาจารย์รัฐดิพร จันทร์ตา) ครั้งที่.....1.....ณ วันที่.....21.....สิงหาคม.....2568.....

ลงชื่อ.....กรรมการ (ผศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู)

ลงชื่อ.....กรรมการ (รศ. ดร.กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี)

2.6 เครื่องพิมพ์วัตถุ 3 มิติ จำนวน 1 ชุด

2.6.1 ใช้วิธีขึ้นรูปชิ้นงาน 3 มิติ แบบ Fused Filament Fabrication (FFF) หรือ Fused Deposition Modeling (FDM) หรือ Stereolithography (SLA) หรือดีกว่า

2.6.2 มีพื้นที่ผลิตชิ้นงานอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนี้

2.6.2.1 ในกรณีพื้นที่ผลิตชิ้นงานเป็นรูปแบบสี่เหลี่ยม ต้องมีขนาดความกว้างไม่น้อยกว่า 200 มิลลิเมตร ความยาวไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร และความสูงไม่น้อยกว่า 150 มิลลิเมตร หรือ

2.6.2.2 ในกรณีพื้นที่ผลิตชิ้นงานเป็นรูปแบบวงกลม ต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 16 มิลลิเมตร และความสูงไม่น้อยกว่า 24 มิลลิเมตร

2.6.3 สามารถขึ้นรูปชิ้นงานโดยมีความละเอียดที่ขนาดไม่มากกว่า 0.1 มิลลิเมตรต่อชั้น (Layer) ได้

2.6.4 ความเร็วในการพิมพ์สูงสุดไม่น้อยกว่า 100 มิลลิเมตรต่อวินาที

2.6.5 มีช่องเชื่อมต่อแบบ SD-Card Reader หรือ USB หรือดีกว่า

2.6.6 สามารถใช้กับวัสดุประเภท Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS) หรือ Polylactic Acid (PLA) หรือ Nylon ได้

2.6.7 สามารถพิมพ์ชิ้นงานจากไฟล์ชนิด STL หรือ OBJ ได้

2.7 เครื่องล้างฟิล์มไวแสง จำนวน 1 ชุด

2.7.1 รองรับการทำงานได้ในรูปแบบอัตโนมัติ

2.7.2 สามารถปรับใช้งานเป็นเครื่อง Developing หรือ เครื่อง Cleaning ได้ โดยการเปลี่ยนน้ำยาภายใน

2.7.3 โครงเครื่องเป็น PVC ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี

2.7.4 สามารถปรับค่าเวลาของกระบวนการได้โดยการปรับความเร็ว

2.7.5 สามารถปรับความเร็ว Conveyor ได้

2.7.6 หน้ากว้างไม่น้อยกว่า 10 นิ้ว

2.7.7 หัวฉีดเป็นชนิดหลายหัว เพื่อให้มีการกระจายของน้ำยาอย่างทั่วถึง

2.7.8 มีฝาปิดป้องกันการน้ำยาเคมี และสามารถมองเห็นการทำงานของเครื่องได้สะดวก

2.7.9 มีระบบกรองน้ำยาเคมี ป้องกันการอุดตัน

2.7.10 ใช้ได้กับแรงดันไฟฟ้า 220VAC 50Hz

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ (อาจารย์ฐิติพร จันทร์ดา) ครั้งที่.....1.....ณ วันที่.....21.....สิงหาคม.....2568.....
 ลงชื่อ.....กรรมการ (ผศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู)
 ลงชื่อ.....กรรมการ (รศ.ดร.กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี)

2.8 เครื่องกัดแผ่นวงจรพิมพ์ จำนวน 1 ชุด

- 2.8.1 สามารถใช้งานเป็นเครื่อง Etching หรือ เครื่อง Cleaning ได้ โดยการเปลี่ยนน้ำยาภายใน
- 2.8.2 โครงสร้างเป็น PVC ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี
- 2.8.3 สามารถปรับค่าเวลาของกระบวนการได้โดยการปรับความเร็ว
- 2.8.4 สามารถปรับความเร็ว Conveyor ได้
- 2.8.5 หน้ากว้างไม่น้อยกว่า 10 นิ้ว สามารถป้อนงานได้อย่างต่อเนื่อง
- 2.8.6 หัวฉีดพ่นเป็นชนิดหลายหัว เพื่อให้มีการกระจายของน้ำยาอย่างทั่วถึง
- 2.8.7 มีฝาปิดป้องกันการรั่วยาเคมี และสามารถมองเห็นการทำงานของเครื่องได้สะดวก
- 2.8.8 มีระบบกรองน้ำยาเคมี ป้องกันการอุดตัน
- 2.8.9 ใช้ได้กับแรงดันไฟฟ้า 220VAC 50Hz

2.9 เครื่องพิมพ์แผ่นวงจรพิมพ์ด้วยแสง จำนวน 1 ชุด

- 2.9.1 เป็นเครื่องพิมพ์สี UV ลงบนแผ่น PCB หรือ Printed Circuit Boards เพื่อสร้าง Soldermask หรือ Component Mask หรือ Overlay ด้วยความรวดเร็ว
- 2.9.2 หัวพิมพ์แบบ Piezo Electric Inkjet หรือดีกว่า
- 2.9.3 มีจำนวนสีไม่น้อยกว่า 3 สี
- 2.9.4 มีระบบขับเคลื่อนแบบ Stepping Motor หรือดีกว่า
- 2.9.5 มีพื้นที่ในการพิมพ์ไม่น้อยกว่า 200 x 400 มม.
- 2.9.6 มีระบบการป้อนชิ้นงาน หรือดีกว่า
- 2.9.7 ชนิดของไฟล์ที่รองรับไม่น้อยกว่า PostScript Format
- 2.9.8 ใช้ได้กับแรงดันไฟฟ้า 220VAC 50Hz

2.10 อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับงาน PCB จำนวน 1 ชุด

- 2.10.1 เฟอริกคลอไรด์ จำนวน 2 ชุด
- 2.10.2 แผ่น Dryfilm Developer ขนาด 1 kg. จำนวน 2 ชุด
- 2.10.3 แผ่น Negative Dryfilm จำนวน 10 ชุด
- 2.10.4 แผ่น FR4 Blank PCB Board 12"x12" แบบ Single Side จำนวน 20 แผ่น
- 2.10.5 แผ่น FR4 Blank PCB Board 12"x12" แบบ Double Side จำนวน 20 แผ่น
- 2.10.6 ชุด Tin Concentrate ขนาด 1 kg. จำนวน 1 ชุด
- 2.10.7 ชุด Additive ขนาด 200 g. จำนวน 1 ชุด
- 2.10.8 ชุด Product B1 ขนาด 1 liter. จำนวน 1 ชุด
- 2.10.9 ชุด Product B2 ขนาด 1 liter. จำนวน 1 ชุด
- 2.10.10 ชุด Oxidizer ขนาด 1 kg. จำนวน 1 ชุด

ลงชื่อ.....อธิการบดี.....ประธานกรรมการ (อาจารย์ธิตติพร จันทร์ดา) ครั้งที่.....1.....ณ วันที่...21...สิงหาคม...2568....

ลงชื่อ.....รองอธิการบดี.....กรรมการ (ผศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู)

ลงชื่อ.....คณบดี.....กรรมการ (รศ.ดร.กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี)

- 2.10.11 ชุด ACID DIP ขนาด 1 liter. จำนวน 1 ชุด
- 2.10.12 ชุด ALKALINE ขนาด 1 kg. จำนวน 1 ชุด
- 2.10.13 ชุด DI RINSE ขนาด 1 liter. จำนวน 10 ชุด
- 2.10.14 ชุด Product C ขนาด 1 liter. จำนวน 1 ชุด
- 2.10.15 ชุด Product F ขนาด 1 liter. จำนวน 1 ชุด
- 2.10.16 ชุด CU ELECTRO PLATING ขนาด 1 liter. จำนวน 1 ชุด
- 2.10.17 ชุด DRY FILM STRIPPER ขนาด 1 kg. จำนวน 1 ชุด

3. โปรแกรมสำหรับออกแบบและพัฒนาแผ่นวงจรพิมพ์ จำนวน 1 ชุด

ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

- 3.1 คุณลักษณะทางด้านการสร้างวงจรไฟฟ้า (Schematic Design) ดังนี้
 - 3.1.1 รองรับการสร้างวงจรไฟฟ้า หรือ แก้ววงจรไฟฟ้า หรือ เชื่อมวงจรไฟฟ้าระหว่างสัญลักษณ์อุปกรณ์
 - 3.1.2 รองรับการกำหนดขนาดกระดาษวงจรได้ตามแม่แบบ Sheet Template ได้
 - 3.1.3 รองรับการค้นหาสัญลักษณ์อุปกรณ์จากไลบรารี หรือ รองรับการนำสัญลักษณ์อุปกรณ์จากไลบรารีมาใช้สร้างวงจรไฟฟ้าได้
 - 3.1.4 รองรับการสร้างวงจรชนิดหลายหน้ากระดาษ Multi sheet ได้
 - 3.1.5 รองรับการสร้างวงจรชนิดลำดับชั้น Hierarchical Design ได้
 - 3.1.6 รองรับการใช้งานวงจรซ้ำ Design Reuse ในวงจรชุดใหม่ได้
 - 3.1.7 รองรับการตรวจสอบ หรือ ค้นหา หรือ รายงาน จุดผิดพลาด ของงานออกแบบได้
- 3.2 คุณลักษณะทางด้านการออกแบบลายวงจรพิมพ์ (PCB-Layout) ดังนี้
 - 3.2.1 รองรับเลเยอร์ทางไฟฟ้าได้อย่างน้อย 14 เลเยอร์ หรือ รองรับการออกแบบชนิดมัลติเลเยอร์ หรือ ดีกว่า
 - 3.2.2 รองรับการแก้ไข หรือ จัดวาง หรือ จัดเรียง วัตถุสำหรับออกแบบ Pads, Via, 3D Body, Track, Text และ Polygon ได้เป็นอย่างดี
 - 3.2.3 รองรับระบบพิกัดสำหรับใช้จัดเรียงวัตถุทางการออกแบบทั้งระบบ Cartesian Grid และ Polar Grid
 - 3.2.4 รองรับการใช้หน่วยในการออกแบบฟิซึ่ปี มิลลิเมตร หรือ มิล (1/1000นิ้ว)
 - 3.2.5 รองรับการเดินลายวงจรแบบอัตโนมัติ Auto Routing หรือ แบบกำหนดเอง Interactive Routing ได้
 - 3.2.6 รองรับการแก้ไข ขนาดลายทองแดง หรือ ระยะห่างระหว่าง ลายทองแดงได้

ลงชื่อ.....อธิพน.....ประธานกรรมการ (อาจารย์วุฒิพร จันทร์ตา) ครั้งที่....1.....ณ วันที่...21...สิงหาคม....2568....

ลงชื่อ.....พ.....กรรมการ (ผศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู)

ลงชื่อ.....ป.วิเศษ.....กรรมการ (รศ.ดร.กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี)

- 3.2.7 รองรับการเดินลายทองแดงเป็นมุม 45 หรือ 90 หรือ มุมโค้ง ได้
- 3.2.8 รองรับการเชื่อมต่อระหว่างเลเยอร์ทางไฟฟ้าหรือเวีย ชนิดเจาะทะลุ Through Via หรือ ชนิดซ่อน Buried Via หรือ ชนิดบางส่วน Blind Via หรือดีกว่า
- 3.2.9 รองรับการแก้ไข ขนาดรูเจาะ สำหรับ Pad หรือ Via บนพีซีบีบอร์ด
- 3.2.10 รองรับการสร้างหยดน้ำตา Tear Drop บน Pad หรือ Via ได้
- 3.2.11 รองรับการทำงานออกแบบร่วมกันระหว่างรูปแบบ 2D หรือ รูปแบบ 3D
- 3.2.12 รองรับการตรวจสอบความผิดพลาด Design Rule Check ได้
- 3.3 คุณลักษณะการออกแบบวงจรพีซีความเร็วสูง (Highspeed PCB design)
 - 3.3.1 รองรับการกำหนดคุณสมบัติของวัสดุสำหรับสร้างพีซีบี เพื่อคำนวณค่าอิมพีแดนซ์ หรือดีกว่า
 - 3.3.2 รองรับการคำนวณอิมพีแดนซ์ลายทองแดงชนิด Microstrip หรือ Stripline ได้
 - 3.3.3 รองรับการเดินลายทองแดงให้ตรงตามค่าอิมพีแดนซ์ Controlled Impedance Routing หรือดีกว่า
 - 3.3.4 รองรับการเดินลายทองแดงชนิดแตกต่าง Differential Pair Routing หรือดีกว่า
 - 3.3.5 รองรับการควบคุมความยาวลายทองแดง Length Matching หรือดีกว่า
- 3.4 คุณลักษณะการจัดการไลบรารี (Library Management)
 - 3.4.1 รองรับการสร้างสัญลักษณ์วงจรไฟฟ้า SCH symbol ได้
 - 3.4.2 รองรับการสร้างสัญลักษณ์พีซีบี Footprint ได้
 - 3.4.3 รองรับการสร้าง Footprint ได้
- 3.5 คุณสมบัติการจำลองวงจร (Circuit Simulation)
 - 3.5.1 รองรับการจำลองวงจรโดยใช้ SPICE3f5 เป็นอัลกอริทึมในการทำงาน
 - 3.5.2 รองรับประเภทการจำลอง Operating Point Analysis หรือ Transfer Function Analysis หรือ Pole-Zero Analysis หรือ DC Sweep Analysis หรือ Transient Analysis หรือ Fourier Analysis หรือ Stress Analysis หรือ AC Sweep Analysis หรือ Noise Analysis หรือ Temperature Sweep Analysis หรือ Parameter Sweep Analysis หรือ Monte Carlo Analysis หรือ Sensitivity Analysis หรือดีกว่า
 - 3.5.3 รองรับการสร้างผลการจำลองในรูปของ Chart หรือ Waveform ได้
 - 3.5.4 รองรับการสามารถสร้างโมเดลสำหรับจำลองวงจร Simulation model ได้
- 3.6 คุณลักษณะสร้างไฟล์สำหรับการผลิต (PCB-Manufacturing File Outputs) ดังนี้
 - 3.6.1 รองรับการสร้างไฟล์การผลิตตามมาตรฐานอุตสาหกรรม สำหรับการผลิตแผ่นวงจรพิมพ์ ดังนี้ Gerber RS-274X หรือ Gerber X2 หรือ IPC-2581 หรือ ODB++ หรือดีกว่า

ลงชื่อ.....อธิการบดี.....ประธานกรรมการ (อาจารย์ฐิติพร จันทร์ดา) ครั้งที่.....1.....ณ วันที่.....21.....สิงหาคม.....2568....

ลงชื่อ.....กรรมการ (ผศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู)

ลงชื่อ.....กรรมการ (รศ.ดร.กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี)

- 3.6.2 รองรับการสร้าง Board Panel หรือ การนำพีซีบีบอร์ดขนาดเล็ก มาจัดเรียงในบอร์ดพาแนลขนาดใหญ่ เพื่อผลิตจำนวนมากในครั้งเดียวกัน
- 3.6.3 รองรับการสร้างเอกสารรายงานอุปกรณ์ รายการวัสดุ (Bill of material) ในรูปแบบ PDF และ MS Excel ได้
- 3.6.4 รองรับการสร้างไฟล์จุดทดสอบในรูปแบบ Text หรือ CSV หรือดีกว่า
- 3.6.5 รองรับการสร้างไฟล์ 3D PDF สำหรับเปิดอ่านด้วยโปรแกรม Acrobat Reader หรือดีกว่า
- 3.6.6 รองรับการสร้างไฟล์ 3D PCB Video ในรูปแบบ AVI หรือ WMV หรือ MP4
- 3.7 รองรับการใช้งานได้ ไม่น้อยกว่า 2 ปี

4. ชุดอุปกรณ์เพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้และประยุกต์เทคโนโลยีการฝึกทักษะ จำนวน 1 ชุด ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

- 4.1 เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก สำหรับงานประมวลผล จำนวน 1 เครื่อง มีรายละเอียดดังนี้
 - 4.1.1 มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ไม่น้อยกว่า 4 แกนหลัก (4 core) และ 8 แกนเสมือน (8 Thread) และมีเทคโนโลยีเพิ่มสัญญาณนาฬิกาได้ในกรณีที่ต้องใช้ความสามารถในการประมวลผลสูง (Turbo Boost หรือ Max Boost) โดยมีความเร็วสัญญาณนาฬิกาสูงสุด ไม่น้อยกว่า 4 GHz จำนวน 1 หน่วย
 - 4.1.2 หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory รวมในระดับ (Level) เดียวกันขนาดไม่น้อยกว่า 8 MB
 - 4.1.3 มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด DDR4 หรือดีกว่า ขนาดไม่น้อยกว่า 8 GB
 - 4.1.4 มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล ชนิด SATA หรือดีกว่า ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 1 TB หรือ ชนิด Solid State Drive ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 250 GB จำนวน 1 หน่วย
 - 4.1.5 มีจอภาพที่รองรับความละเอียดไม่น้อยกว่า 1,366 x 768 Pixel และมีขนาดไม่น้อยกว่า 12 นิ้ว
 - 4.1.6 มีกล้องความละเอียดไม่น้อยกว่า 1,280 x 720 pixel หรือ 720p
 - 4.1.7 มีช่องเชื่อมต่อ (Interface) แบบ USB 2.0 หรือดีกว่า ไม่น้อยกว่า 3 ช่อง
 - 4.1.8 มีช่องเชื่อมต่อแบบ HDMI หรือ VGA จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
 - 4.1.9 มีช่องเชื่อมต่อระบบเครือข่าย (Network Interface) แบบ 10/100/1000 Base-T หรือดีกว่า แบบติดตั้งภายใน (Internal) หรือภายนอก (External) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
 - 4.1.10 สามารถใช้งานได้ไม่น้อยกว่า Wi-Fi (IEEE 802.11 ax) และ Bluetooth
- 4.2 โต๊ะสำหรับปฏิบัติการ จำนวน 10 ตัว มีรายละเอียดดังนี้

ลงชื่อ..... ประธานกรรมการ (อาจารย์รัฐดิพร จันทร์ดา) ครั้งที่...1.....ณ วันที่...21...สิงหาคม....2568....

ลงชื่อ..... กรรมการ (ผศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู)

ลงชื่อ..... กรรมการ (รศ.ดร.กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี)

- 4.2.1 เป็นโต๊ะที่ใช้ในการรองรับการสอน หรือ การอบรม หรือดีกว่า
- 4.2.2 โครงสร้างทำจากเหล็กกล่อง เคลือบสี Epoxy หรือดีกว่า
- 4.2.3 มีเต้ารับ 220 V แบบฝังที่มุมบนพื้นโต๊ะ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
- 4.2.4 ขาโต๊ะปรับระดับได้
- 4.2.5 มีขนาดไม่น้อยกว่า W1200 x D500 x H700 มม.
- 4.3 เก้าอี้สำหรับปฏิบัติการ จำนวน 10 ตัว มีรายละเอียดดังนี้
 - 4.3.1 เป็นเก้าอี้เอนกประสงค์ชนิด หุ้มเบาะรองนั่ง หรือ หุ้มตาข่าย หรือดีกว่า
 - 4.3.2 พนักพิงสูงระดับหลัง
 - 4.3.3 โครงขาเหล็กชุบโครเมียม หรือดีกว่า
 - 4.3.4 เก้าอี้มีขนาดไม่น้อยกว่า 38 x 50 x 80 (ก*ล*ส) ซม.
- 4.4 อุปกรณ์แสดงภาพระบบสัมผัสสำหรับการเรียนการสอน จำนวน 3 ชุด มีรายละเอียดดังนี้
 - 4.4.1 หน้าจอมีขนาดไม่น้อยกว่า 85 นิ้ว โดยวัดตามแนวทแยงมุม
 - 4.4.2 มีเทคโนโลยีลดแสงสีฟ้า (Blue Light Reduction)
 - 4.4.3 มีค่าความละเอียดของจอภาพแบบ 4K@ 60 Hz หรือดีกว่า
 - 4.4.4 มีอายุการใช้งานหลอด LED ไม่น้อยกว่า 45,000 ชั่วโมง
 - 4.4.5 มีค่าความเปรียบต่าง (Contrast Ratio) 5000:1 หรือดีกว่า
 - 4.4.6 มีค่าความสว่างของหน้าจอ 380 cd/m2 หรือดีกว่า
 - 4.4.7 รองรับการสัมผัสสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 20 จุดพร้อมกัน
 - 4.4.8 มีอัตราการตอบสนองของระบบสัมผัส 10 ms หรือดีกว่า
 - 4.4.9 สามารถแยกความแตกต่างระหว่างปากกาและนิ้วสัมผัส
 - 4.4.10 มีระบบปฏิบัติการมาพร้อมกับตัวเครื่อง โดยมีหน่วยความจำชั่วคราว (Ram) ไม่น้อยกว่า 4 GB และ หน่วยความจำภายในเครื่อง (Internal Storage) ไม่น้อยกว่า 32 GB
 - 4.4.11 มีลำโพง 1 คู่ กำลังขับข้างละไม่น้อยกว่า 15 Watt โดยติดตั้งมาพร้อมกับจอภาพจากโรงงานผู้ผลิต
 - 4.4.12 มีช่องเชื่อมต่อ USB-A, RJ45, HDMI, USB-C 3.2, Audio Out (3.5 mm) หรือดีกว่า
 - 4.4.13 รองรับการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตแบบไร้สาย Wi-Fi 6 และ Bluetooth 5.0
 - 4.4.14 ซอฟต์แวร์เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของจออินเตอร์แอคทีฟอัจฉริยะ
 - 4.4.14.1 มีเมนูการใช้งานภาษาไทยและภาษาอื่นๆ ไม่น้อยกว่า 30 ภาษา
 - 4.4.14.2 สามารถนำเสนอรูปแบบ ภาพนิ่ง วิดีโอ เสียง และสามารถเขียน ไฮไลท์ ข้อความบนซอฟต์แวร์อื่นได้

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ (อาจารย์รัฐดิพร จันทร์ดา) ครั้งที่.....1.....ณ วันที่...21...สิงหาคม....2568....

ลงชื่อ.....กรรมการ (ผศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู)

ลงชื่อ.....กรรมการ (รศ.ดร.กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี)

- 4.4.14.3 สามารถดึงข้อมูลไฟล์วิดีโอ ลงหน้ากระดาษ (Flipchart) และสามารถบันทึกข้อมูลโดยไม่ต้องนำข้อมูลและไฟล์วิดีโอต้นฉบับตามไปด้วย
- 4.4.14.4 มีฟังก์ชันปากกา และไฮไลต์โดยสามารถเลือกขนาดตั้งแต่ 0 – 100 และมีช่องของสีสูงสุด 24 ช่อง ซึ่งแต่ละช่องสามารถเปลี่ยนสีได้ไม่จำกัด
- 4.4.14.5 มีเครื่องมือทางคณิตศาสตร์ ทั้งไม้บรรทัด ไม้โปรแทรกเตอร์ ไม้ฉาก วงเวียน ลูกเต๋า ที่สามารถใช้งานได้ เสมือนจริง และเครื่องคิดเลขสามารถดึงโจทย์และผลการคำนวณออกมาเป็นข้อความในหน้ากระดาษได้
- 4.4.14.6 มีเครื่องมือตัวเปิดแสดง และ สปอตไลท์ซึ่งสามารถเลือกรูปแบบสปอตไลท์ได้ทั้งแบบวงกลม และสี่เหลี่ยม เพื่อใช้ในการนำเสนอสื่อการเรียนการสอน และสามารถตั้งค่าให้ทำงานไวล่วงหน้าได้
- 4.4.14.7 มีเครื่องมือกล้องถ่ายรูปที่สามารถถ่ายภาพได้ไม่น้อยกว่า 4 รูปแบบ
- 4.4.14.8 มีเครื่องมือ Equation สำหรับสร้างสมการทางคณิตศาสตร์ ทั้งเศษส่วน ราก ลิมิต และตัวแปรชนิดต่างๆ
- 4.4.14.9 มีเครื่องมือหมึกล่องหน (Magic Ink) สำหรับมองทะลุผ่านรูปภาพในตำแหน่งที่ต้องการ คำสั่ง Container เพื่อสร้างสื่อในลักษณะการจับคู่คำถามและคำตอบได้
- 4.4.14.10 มีคำสั่งแถบเลื่อนผ้าแสง (More Translucent) เพื่อกำหนดให้วัตถุค่อยๆ จางหายไปและคำสั่ง Less Translucent เพื่อให้วัตถุค่อยๆ ปรากฏขึ้นมา
- 4.4.14.11 ซอฟต์แวร์มีแอคชั่น (Action) ในการสร้างสื่อไม่น้อยกว่า 200 แอคชั่น (Action)
- 4.4.14.12 สามารถบันทึกข้อมูลในรูปแบบ .Flipchart , .PDF, .BMP, .JPEG รวมทั้ง Video File ได้
- 4.4.14.13 มีเครื่องมือบันทึกวิดีโอที่สามารถเลือกรูปแบบการบันทึกได้ทั้งแบบเต็มหน้าจอ หรือ บางส่วนได้
- 4.4.14.14 สามารถดาวน์โหลดสื่อการสอนสำเร็จรูปในรูปแบบไฟล์ .Flipchart ได้ไม่น้อยกว่า 30,000 ข้อมูล จากเว็บไซต์เจ้าของผลิตภัณฑ์
- 4.4.15 ผู้ยื่นข้อเสนอต้องได้รับการแต่งตั้งเป็นผู้แทนจำหน่ายจากผู้ผลิต หรือตัวแทนจำหน่าย ในประเทศไทย โดยยื่นเสนอเอกสารดังกล่าวมาพร้อมกับการยื่นข้อเสนอที่ยื่นผ่านระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐด้วยอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้มหาวิทยาลัย สามารถตรวจสอบที่มาของสินค้า และคุณลักษณะเฉพาะของสินค้าจากเจ้าของผลิตภัณฑ์ได้ เพื่อป้องกันสินค้าลอกเลียนแบบ สินค้าละเมิดลิขสิทธิ์ สินค้าเถื่อนผิด หรืออยู่นอกสายการผลิตหรือการนำ

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ (อาจารย์ฐิติพร จันทระดา) ครั้งที่...1.....ณ วันที่...21...สิงหาคม....2568....

ลงชื่อ.....กรรมการ (ผศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู)

ลงชื่อ.....กรรมการ (รศ.ดร.กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี)

สินค้าที่ผ่านการใช้งานแล้วนำมาปรับปรุงใหม่ และเพื่อประโยชน์ในแง่การบริการหลังการขาย

4.5 เครื่องวัด LCR จำนวน 1 ชุด

- 4.5.1 จอแสดงผล LCD ขนาดไม่น้อยกว่า 3 นิ้ว
- 4.5.2 รองรับความถี่ทดสอบ ไม่น้อยกว่า 10Hz
- 4.5.3 ความเร็วการวัดสูงสุด ไม่น้อยกว่า 20ms
- 4.5.4 รองรับการวัดค่า DCR (ความต้านทาน DC ของขดลวด) หรือดีกว่าได้
- 4.5.5 รองรับการทดสอบแบบ PASS/FAIL หรือดีกว่าได้
- 4.5.6 มีฟังก์ชันสำหรับรองรับการปรับระดับสัญญาณอัตโนมัติ
- 4.5.7 รองรับการตั้งค่าการทดสอบได้ไม่น้อยกว่า 5 สเต็ป
- 4.5.8 มีอินเตอร์เฟซ RS-232C หรือ Handler หรือ USB หรือดีกว่า

4.6 ชุดฝึกปฏิบัติการพัฒนาเทคโนโลยีอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ จำนวน 3 ชุด

- 4.6.1 เป็นชุดฝึกปฏิบัติการที่มุ่งเน้นใช้เป็นสื่อการสอนและชุดฝึกปฏิบัติการเพื่อพัฒนาทักษะด้านการเรียนรู้และใช้งานเทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์
- 4.6.2 ใช้หลักสูตรการเขียนและพัฒนาโปรแกรมด้วยการใช้ไอซี (Integrated Circuit : IC) ประเภท : IC ที่สามารถทำการโปรแกรมวงจรภายใน (Field Programmable Gate Array : FPGA)
- 4.6.3 ส่วนคุณลักษณะและคุณสมบัติของชุดฝึกปฏิบัติการประจำหลักสูตร (Training Kit)
 - 4.6.3.1 ออกแบบให้การติดตั้งอุปกรณ์ทุกชนิดอยู่บนแผงวงจร PCB Board จำนวนไม่น้อยกว่า 2 บอร์ด
 - 4.6.3.2 ออกแบบแผงวงจร PCB Board บอร์ดที่ 1 เป็นแผงหลักสำหรับติดตั้งอุปกรณ์อินพุต/เอาต์พุต สำหรับการทดสอบระบบ
 - 4.6.3.3 มีหน้าจอดีจิดอลแสดงผลแบบ LED จำนวนไม่น้อยกว่า 6 ตัว
 - 4.6.3.4 มีหน้าจอดีจิดอลแสดงผลแบบ LCD จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ตัว
 - 4.6.3.5 มีหลอดไฟแสดงผลการทำงานของอินพุตและเอาต์พุตที่เชื่อมต่อผ่าน Port ไปยังแผงวงจรรวม FPGA
 - 4.6.3.6 มีสวิตช์กำเนิดสัญญาณพัลส์แบบ Hight to Low พร้อมหลอดไฟแสดงผลจำนวนไม่น้อยกว่า 3 ตัว
 - 4.6.3.7 มีสวิตช์กำเนิดสัญญาณพัลส์แบบ Low to High พร้อมหลอดไฟแสดงผลจำนวนไม่น้อยกว่า 3 ตัว
 - 4.6.3.8 มีสวิตช์ปุ่มกด พร้อมหลอดไฟแสดงผล จำนวนไม่น้อยกว่า 8 ตัว

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ (อาจารย์ฐิติพร จันทร์ดา) ครั้งที่....1.....ณ วันที่...21...สิงหาคม....2568....
 ลงชื่อ.....กรรมการ (ผศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู)
 ลงชื่อ.....กรรมการ (รศ ดร.ฤกษ์พงษ์ พันธ์ศรี)

- 4.6.3.9 มีดีฟสวิตช์ (DIP) แบบ 8 ช่อง จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ตัว
- 4.6.3.10 มีวงจร On Board ที่ใช้ผลิตความถี่ 20MHz เป็นความถี่สัญญาณนาฬิกา
- 4.6.3.11 ติดตั้งสวิตช์ปุ่มกดแบบเมทริกซ์ขนาด 5x4 จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
- 4.6.3.12 มีวงจรแปลง Analog เป็น Digital จำนวนไม่น้อยกว่า 1 วงจร
- 4.6.3.13 มีวงจรแปลง Digital เป็น Analog จำนวนไม่น้อยกว่า 1 วงจร
- 4.6.3.14 มีวงจรเซนเซอร์วัตถุหนีจำนวนไม่น้อยกว่า 1 วงจร
- 4.6.3.15 มีวงจรควบคุมการทำงานสเต็ปมอเตอร์ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 วงจร
- 4.6.3.16 มีขั้วสำหรับรองรับการต่อสเต็ปมอเตอร์จากภายนอก จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 4.6.3.17 มีการติดตั้งรีเลย์ จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ตัว
- 4.6.3.18 มีการติดตั้งไฟแสดงผลแบบ Dot Matrix ขนาดจำนวนจุดแสดงผล 8X8 จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด
- 4.6.3.19 มีวงจรและไฟแสดงผลแบบ Dices LED จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ชุด
- 4.6.3.20 มี Port สำหรับการเชื่อมต่อแบบ RS-232C แบบอนุกรม (Series) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 4.6.3.21 ออกแบบแผงวงจร PCB Board บอร์ดที่ 2 สำหรับติดตั้งแผงวงจรรวม FPGA ที่สามารถถอดเข้า-ออกจากแผง PCB Board บอร์ดที่ 1 ได้ โดยมีช่องสำหรับ Download โปรแกรมให้กับแผงวงจรรวม FPGA พร้อมปุ่มกดรีเซ็ตและไฟแสดงผล
- 4.6.3.22 แผงวงจรรวม FPGA มีลอจิกเซลล์ ไม่น้อยกว่า 4,000 ลอจิก
- 4.6.3.23 แผงวงจรรวม FPGA มีบล็อกตรรกะที่กำหนดค่าได้ (CLB) ไม่น้อยกว่า 400
- 4.6.3.24 สาย Download โปรแกรม จำนวน 1 ชุด
- 4.6.3.25 ซอร์ฟแวร์สำหรับการเขียนโปรแกรม แผงวงจรรวม FPGA
- 4.6.4 คู่มือการฝึกปฏิบัติการและพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมจะต้องมีใบงานที่สอดคล้องกับอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่บนชุดฝึกปฏิบัติการ มีใบงานโปรแกรม ไม่น้อยกว่า 30 ใบงาน พร้อมแสดงโปรแกรมตัวอย่างไว้ในแต่ละใบงาน
- 4.6.5 มีหลักสูตรการฝึกอบรม เพื่อพัฒนาทักษะการสอน การทดสอบ การประเมิน และการบริหารจัดการวัสดุฝึกให้กับครูฝึก หรือ อาจารย์ หรือ ผู้ควบคุมการสอน
- 4.6.6 ผู้ยื่นข้อเสนอต้องได้รับการแต่งตั้งให้เป็นตัวแทนจำหน่ายจากผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย โดยยื่นเสนอเอกสารดังกล่าวมาพร้อมกับการยื่นข้อเสนอที่ยื่นผ่านทาง

ลงชื่อ..........ประธานกรรมการ (อาจารย์ฐิติพร จันทร์ดา) ครั้งที่...1.....ณ วันที่...21...สิงหาคม....2568....

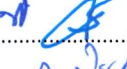
ลงชื่อ..........กรรมการ (ผศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู)

ลงชื่อ..........กรรมการ (รศ ดร.กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี)

ระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐด้วยอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประโยชน์ต่อหน่วยงานราชการในการ
รับประกันสินค้าและการให้บริการดูแลรักษาและซ่อมบำรุงที่ได้รับมาตรฐานอย่างถูกต้อง

4.7 โปรแกรมวิเคราะห์วงจรโฟโตนิกส์ จำนวน 1 ชุด

- 4.7.1 เป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับออกแบบ หรือ วิเคราะห์ หรือ จำลองระบบ อุปกรณ์ทางด้านโฟโตนิกส์หรือ ระบบที่เกี่ยวข้องกับแสง เช่น ระบบสื่อสารด้วยแสง (Optical communication systems) หรือ อุปกรณ์โฟโตนิกส์ เช่น modulators หรือ lasers หรือ waveguides หรือ filters หรือเครือข่ายใยแก้วนำแสง (Fiber-optic networks) หรือดีกว่า
- 4.7.2 รองรับการจำลองพฤติกรรมของสัญญาณแสง หรือ อุปกรณ์ หรือดีกว่าได้
- 4.7.3 รองรับการเชื่อมต่อกับซอฟต์แวร์ภายนอก เช่น MATLAB หรือ Python หรือดีกว่า สำหรับการออกแบบร่วม (co-design)
- 4.7.4 รองรับเทคโนโลยีหลากหลาย เช่น OFDM หรือ WDM หรือ coherent systems หรือ photonic integrated circuits (PICs) หรือดีกว่า
- 4.7.5 มีเครื่องมือออกแบบ วิเคราะห์ และจำลองระบบสื่อสารด้วยแสง
 - 4.7.5.1 รองรับการจำลองเครือข่ายออปติคัล (Optical networking simulation) โดยรองรับการออกแบบ หรือ วิเคราะห์ระบบสื่อสารแสงในระดับเครือข่าย หรือดีกว่า
 - 4.7.5.2 กลุ่มสัญลักษณ์แบบกำหนดเองใน 2 หรือ 4 มิติ หรือดีกว่า
 - 4.7.5.3 เครื่องมือวิเคราะห์และแสดงผลขั้นสูง (Advanced visualization and analysis tools) หรือดีกว่า
 - 4.7.5.4 รองรับการการส่งสัญญาณด้วยแสงในอากาศ (Free-Space Optics Transmission) หรือดีกว่า
 - 4.7.5.5 รองรับการจำลองระบบไฟฟ้า หรือ แสงแบบครบวงจร (Electrical-optical simulation) หรือดีกว่า
 - 4.7.5.6 รองรับการส่งข้อมูลระยะสั้นความเร็วสูงผ่านใยแก้วหลายโหมด (Multimode fibers) หรือดีกว่า
- 4.7.6 มีเครื่องมือออกแบบและจำลองวงจรโฟโตนิกส์
 - 4.7.6.1 รองรับการจำลองจากหลายมุมมอง เช่น time-domain หรือ frequency-domain หรือดีกว่า
 - 4.7.6.2 รองรับการออกแบบวงจรแบบ uni-directional หรือ bi-directional หรือดีกว่า เพื่อจำลองสถานการณ์ที่ซับซ้อนได้อย่างถูกต้อง

ลงชื่อ..........ประธานกรรมการ (อาจารย์วุฒิพร จันทร์ตา) ครั้งที่....1.....ณ วันที่...21...สิงหาคม....2568....
 ลงชื่อ..........กรรมการ (ผศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู)
 ลงชื่อ..........กรรมการ (รศ ดร.กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี)

4.8 อุปกรณ์ประกอบชุดวิเคราะห์อิมพีแดนซ์ จำนวน 1 ชุด

4.8.1 เป็นเครื่องมือวิเคราะห์โครงข่ายเวกเตอร์และอิมพีแดนซ์

4.8.2 สามารถวัดการส่งผ่าน หรือ การสะท้อน หรือ วัดพารามิเตอร์ S ของสายเคเบิล ฟิลเตอร์ และสายอากาศได้

4.8.3 สามารถวัดความต้านทานเชิงซ้อนวิเคราะห์ส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์แบบพาสซีฟและวงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบแอคทีฟได้

4.8.4 สามารถวัดความถี่เรโซแนนซ์ของคัปเปิลเซอร์หรือช่องสัญญาณ RFID และ NFC ได้

4.8.5 สามารถสร้าง Bode diagrams และ Nyquist plots ได้เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ความสมดุลและความเสถียรของระบบหรือมากกว่า

4.8.6 สามารถวัดฟังก์ชันถ่ายโอนเชิงความถี่ (Frequency Response) ได้

4.8.7 มีช่องต่อ USB Type B สำหรับการเชื่อมต่อเพื่อควบคุมเครื่องวิเคราะห์โครงข่ายเวกเตอร์

4.8.8 รองรับการใช้งานกับไฟฟ้ากระแสสลับ ตั้งแต่ 220 โวลต์ ความถี่ 50 เฮิรตซ์

4.8.9 คุณสมบัติทางเทคนิค มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

4.8.9.1 สัญญาณขาออก

4.8.9.1.1 Waveform : Sinusoidal

4.8.9.1.2 Frequency range : 1 Hz to 50 MHz

4.8.9.1.3 Signal level range : -30 dBm to 13 dBm

4.8.9.1.4 Source level accuracy : ± 0.3 dB (1 Hz to 1 MHz) หรือ ± 0.6 dB (1 MHz to 50 MHz)

4.8.9.1.5 Return loss (1 Hz to 50 MHz) : > 30 dB, > 35 dB (typical)

4.8.9.1.6 Connector type : BNC

4.8.9.2 สัญญาณขาเข้า (ช่องสัญญาณ 1 และ 2)

4.8.9.2.1 Input impedance (software switchable) : High: $1\text{ M}\Omega$ หรือ Low: 50Ω

4.8.9.2.2 Noise floor (S21 measurement) : 1 Hz to 10 kHz

4.8.9.2.3 Input attenuators (software selectable) : 0 dB, 10 dB, 20 dB, 30 dB, 40 dB

4.8.9.2.4 Input channels dynamic range : > 100 dB

4.8.9.2.5 Gain error : < 0.1 dB (User-Range calibrated)

4.8.9.2.6 Phase error : $< 0.5^\circ$ (User-Range calibrated)

4.8.9.2.7 Connector type : BNC

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ (อาจารย์ฐิติพร จันทร์ดา) ครั้งที่.....1.....ณ วันที่.....21.....สิงหาคม.....2568....
 ลงชื่อ.....กรรมการ (ผศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู)
 ลงชื่อ.....กรรมการ (รศ.ดร.กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี)

4.8.10 อุปกรณ์ประกอบ

- 4.8.10.1 Power Supply DC จำนวน 1 ชิ้น
- 4.8.10.2 สายวัดสัญญาณแบบ BNC จำนวน 4 เส้น
- 4.8.10.3 สาย USB จำนวน 1 เส้น
- 4.8.10.4 บอร์ด Quartz filter and IF filter จำนวน 1 ชิ้น
- 4.8.10.5 ชุดยึดชิ้นงานสำหรับการวัดอิมพีแดนซ์ (Impedance Fixture)
- 4.8.10.6 อะแดปเตอร์แบบ BNC ประกอบด้วย (straight, T, Short, Load 50 Ω) จำนวน 1 ชุด
- 4.8.10.7 คู่มือการใช้งาน จำนวน 1 เล่ม
- 4.8.10.8 ซอฟต์แวร์สำหรับการควบคุมเครื่องวิเคราะห์โครงข่ายเวกเตอร์ จำนวน 1 แผ่น

4.9 อุปกรณ์สำหรับเรียนรู้และพัฒนาตาม FPGA จำนวน 1 ชุด

4.9.1 อุปกรณ์ประมวลผล

- 4.9.1.1 มีชิปประมวลผล: AMD Versal™ หรือดีกว่า
- 4.9.1.2 มี Logic Cells ไม่น้อยกว่า 5 ล้านเซลล์
- 4.9.1.3 มี DSP Engines ไม่น้อยกว่า 10,000
- 4.9.1.4 มี Application Processing Unit แบบ Dual-core Arm® Cortex®-A72 หรือดีกว่า
- 4.9.1.5 มี Real-Time Processing Unit แบบ Dual-core Arm Cortex-R5F หรือดีกว่า

4.9.2 มีหน่วยความจำแบบ LPDDR4 ขนาดไม่น้อยกว่า 10GB

4.9.3 แบนด์วิดท์และทรานซีฟเวอร์ (Bandwidth & Transceivers)

- 4.9.3.1 มีทรานซีฟเวอร์ แบบ GTYP หรือดีกว่า
- 4.9.3.2 มีทรานซีฟเวอร์ แบบ GTM หรือดีกว่า
- 4.9.3.3 มี PCIe w/ DMA & CCIX หรือ PCI Express หรือดีกว่า

4.9.4 อีเทอร์เน็ตและโครงสร้างเครือข่าย (Networking Features)

- 4.9.4.1 คอร์ Ethernet แบบ DCMAC รองรับมาตรฐาน 100G หรือ 200G หรือ 400G Ethernet หรือดีกว่า
- 4.9.4.2 คอร์ Ethernet 100G แบบ Multirate หรือดีกว่า

4.9.5 มีช่องสำหรับสื่อสารดังนี้

- 4.9.5.1 USB JTAG จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ (อาจารย์สุจิตพร จันทร์ดา) ครั้งที่.....1.....ณ วันที่...21...สิงหาคม...2568....

ลงชื่อ.....กรรมการ (ผศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู)

ลงชื่อ.....กรรมการ (รศ.ดร.กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี)

- 4.9.5.2 USB3.0 จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 4.9.5.3 RJ-45 จำนวนไม่น้อยกว่า 2 ช่อง
- 4.9.5.4 SFP-DD จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ช่อง
- 4.9.5.5 QSFP-DD จำนวนไม่น้อยกว่า 5 ช่อง
- 4.9.5.6 OSFP จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 4.9.6 มีช่องสำหรับรองรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอก
- 4.9.7 รองรับ Micro SD หรือดีกว่า
- 4.9.8 มี Control I/O
 - 4.9.8.1 มีปุ่มกดสำหรับใช้งานทั่วไป ไม่น้อยกว่า 2 ปุ่ม
 - 4.9.8.2 มี DIP Switches ไม่น้อยกว่า 4 ตัว
 - 4.9.8.3 มีไฟ LED สำหรับใช้งานทั่วไป ไม่น้อยกว่า 4 ตัว
 - 4.9.8.4 รองรับ SYSMON หรือ PMBUS หรือดีกว่า
- 4.10 ดิจิตอลสโตเรจออสซิลโลสโคป จำนวน 1 ชุด
 - 4.10.1 เป็นเครื่องมือวัดสัญญาณทางไฟฟ้าขนาด 200 MHz ที่สามารถวัดสัญญาณอนาล็อกได้พร้อมกัน 4 แชนแนลเป็นอย่างน้อย
 - 4.10.2 อัตราการสุ่มข้อมูล (Sampling Rate) ของออสซิลโลสโคปสูงสุด 2.5 GS/s เป็นอย่างน้อย
 - 4.10.3 จำนวนจุดที่ใช้ในการแสดงผล (Record length) สูงสุด 10 M point เป็นอย่างน้อย
 - 4.10.4 อัตราการจับภาพรูปคลื่น (Waveform Capture Rate) มากกว่า 4,000,000 wfms/s เป็นอย่างน้อย
 - 4.10.5 สามารถจับและถอดรหัสสัญญาณโปรโตคอลการสื่อสารแบบอนุกรม (Serial Protocols) เช่น I2C, SPI, RS-232/422/485/UART, CAN, CAN FD, CAN XL, LIN, Automotive Ethernet 10BASE-T1S, SENT ได้เป็นอย่างน้อย
 - 4.10.6 สามารถวัดสัญญาณดิจิตอลและมีช่องสัญญาณดิจิตอล 16 แชนแนล เป็นอย่างน้อย
 - 4.10.7 สามารถสร้างสัญญาณรูปคลื่นตามต้องการ (Arbitrary function generator) ได้เป็นอย่างน้อย
 - 4.10.8 สามารถสร้างรูปแบบสัญญาณดิจิทัล (Digital pattern generator) ได้เป็นอย่างน้อย
 - 4.10.9 หน้าจอแสดงผลแบบสัมผัสขนาดไม่น้อยกว่า 10 นิ้ว มีความละเอียดไม่น้อยกว่า 1,280 x 800 pixels แบบ Capacitive หรือดีกว่า
 - 4.10.10 มีโหมดการแสดงผลแบบ Overlay และ Stacked เป็นอย่างน้อย
 - 4.10.11 หน้าจอแสดงผลแบบสัมผัส สามารถทำการใช้นิ้วลากสัญญาณไปซ้าย-ขวา และขึ้น-ลงตามแนวแกนตั้งและแนวนอนได้เป็นอย่างน้อย

ลงชื่อ.....อธิการบดี.....ประธานกรรมการ (อาจารย์รัฐดิพร จันทร์ตา) ครั้งที่.....1.....ณ วันที่.....21.....สิงหาคม.....2568....

ลงชื่อ.....กรรมการ (ผศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู)

ลงชื่อ.....กรรมการ (รศ.ดร.กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี)

- 4.10.12 มีแสง LED ตรง Knob ที่ Vertical Position และ Vertical Scale แสดงสีตรงกับค่าที่ตั้งค่าของช่องสัญญาณนั้นๆ
- 4.10.13 มีช่องต่อสัญญาณ USB 2.0 High-speed Host Port, USB 2.0 Device Port และ LAN เป็นอย่างน้อย
- 4.10.14 ใช้กับระบบไฟฟ้า 220V, 50 Hz ได้เป็นอย่างน้อย
- 4.10.15 ผู้ยื่นข้อเสนอต้องได้รับการแต่งตั้งให้เป็นตัวแทนจำหน่ายจากผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย โดยยื่นเสนอเอกสารดังกล่าวมาพร้อมกับการยื่นข้อเสนอที่ยื่นผ่านทางระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐด้วยอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อประโยชน์ต่อหน่วยงานราชการในการรับประกันสินค้าและการให้บริการดูแลรักษาและซ่อมบำรุงที่ได้รับมาตรฐานอย่างถูกต้อง
- 4.10.16 คุณสมบัติทางเทคนิค เทียบเท่าหรือดีกว่า
- 4.10.16.1 Vertical System analog channels
- 4.10.16.1.1 Bandwidth : 200 MHz
- 4.10.16.1.2 Bandwidth limits : 20 MHz, 70MHz, 100MHz
- 4.10.16.1.3 Input impedance : $1\text{ M}\Omega \pm 1\%$, $14\text{ pF} \pm 3\text{ pF}$
- 4.10.16.1.4 Input sensitivity range : 1 mV/div to 10 V/div
- 4.10.16.1.5 Vertical resolution : 8 Bits
- 4.10.16.1.6 Maximum input voltage : 300 VRMS CAT II with peaks $\leq \pm 425\text{ V}$
- 4.10.16.1.7 DC gain accuracy : $\pm 3\%$
- 4.10.16.2 Vertical system digital channels
- 4.10.16.2.1 Input Channels : 16 [D0:D15]
- 4.10.16.2.2 Threshold Selections : TTL, CMOS, ECL, PECL, User-Defined
- 4.10.16.2.3 Maximum Input Signal Swing : +30 V, -20 V
- 4.10.16.2.4 Input Impedance : $100\text{ k}\Omega$, 8 pF
- 4.10.16.3 Horizontal system analog channels
- 4.10.16.3.1 Time base range : 2 ns/div to 1000 s/div
- 4.10.16.3.2 Accuracy : $\pm 25\text{ ppm}$
- 4.10.16.4 Trigger system
- 4.10.16.4.1 Trigger modes : Auto, Normal, and Single

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ (อาจารย์ฐิติพร จันทร์ดา) ครั้งที่.....1.....ณ วันที่.....21.....สิงหาคม.....2568.....

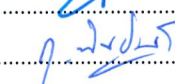
ลงชื่อ.....กรรมการ (ผศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู)

ลงชื่อ.....กรรมการ (รศ ดร.ภุชณะพงศ์ พันธุ์ศรี)

- 4.10.16.4.2 Trigger coupling : DC, HF reject, LF reject, noise reject
- 4.10.16.4.3 Trigger types : Edge, Pulse Width, Timeout, Runt, Logic, Setup/Hold, Rise/Fall, Parallel, I2C, SPI, RS-232/422/485/UART, CAN, LIN, SENT, Automotive Ethernet 10BASE-T1S
- 4.10.16.5 Acquisition modes : Sample, Peak Detect, Averaging, Envelope, FastAcq(tm), Hi-Res, Roll Mode
- 4.10.16.6 Waveform measurements
 - 4.10.16.6.1 Cursors : Waveform, V bars, H bars, and V&H bars
 - 4.10.16.6.2 Automatic measurements : 37 parameter
 - 4.10.16.6.3 Measurement statistics : Mean, Min, Max
- 4.10.16.7 Waveform math
 - 4.10.16.7.1 Arithmetic : Add, subtract, multiply, divide
 - 4.10.16.7.2 Math Functions : Integrate, differentiate, log 10, log e, square root, exponential, and abs
 - 4.10.16.7.3 Logic : AND, OR, NAND, NOR, XOR, and EQV
 - 4.10.16.7.4 FFT
- 4.10.16.8 Arbitrary function generator
 - 4.10.16.8.1 Operating modes : Continuous, burst
 - 4.10.16.8.2 Waveforms : Sine, square, pulse, ramp, triangle, dc, noise, $\sin(x)/x$ (sinc), gaussian, lorentz, exponential rise, exponential decay, haversine, cardiac, and arbitrary
- 4.10.16.9 Digital pattern generator
 - 4.10.16.9.1 Number of channels : 4
 - 4.10.16.9.2 Pattern memory length : 4 K bits
 - 4.10.16.9.3 Output amplitude : 2.5 V, 3.3 V, 5 V (Continuous Mode)
 - 4.10.16.9.4 5 V (Burst Mode)
 - 4.10.16.9.5 Bit Rate : 1 bps to 25 Mbps

ลงชื่อ..........ประธานกรรมการ (อาจารย์จตุพร จันทร์ดา) ครั้งที่.....1.....ณ วันที่.....21.....สิงหาคม.....2568....

ลงชื่อ..........กรรมการ (ผศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู)

ลงชื่อ..........กรรมการ (รศ.ดร.กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี)

4.10.17 อุปกรณ์ประกอบเครื่อง

4.10.17.1 External power supply จำนวน 1 ชุด

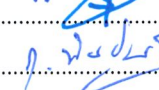
4.10.17.2 สายวัดสัญญาณอนาล็อก 10:1 มีช่วงความถี่การทำงาน 200 MHz จำนวน ไม่น้อยกว่า 4 เส้น

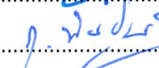
4.10.17.3 สายวัดสัญญาณดิจิทัล จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ชุด

4.10.17.4 Instrument stand จำนวนไม่น้อยกว่า 1 อัน

4.10.17.5 คู่มือใช้งาน จำนวนไม่น้อยกว่า 1 เล่ม

ลงชื่อ..........ประธานกรรมการ (อาจารย์รุติพร จันทร์ดา) ครั้งที่....1.....ณ วันที่...21...สิงหาคม....2568....

ลงชื่อ..........กรรมการ (ผศ.จักรวัฒน์ บุตรบุญชู)

ลงชื่อ..........กรรมการ (รศ ดร.กฤษณะพงศ์ พันธุ์ศรี)