

ร่างขอบเขตของงาน (Term of Reference : TOR)

โครงการซื้อ ครุภัณฑ์ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์และทดสอบเซมิคอนดักเตอร์สมัยใหม่

ตำบลป่าป้อง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ 1 ชุด

1. ความเป็นมา


ปัจจุบัน เซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สมัยใหม่ที่ใช้แพร่หลายในชีวิตประจำวัน เช่น ชิป (Chip) สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต ยานยนต์สมัยใหม่ รวมถึงอุปกรณ์อัจฉริยะต่าง ๆ ที่ต้องอาศัย AI คาดว่าความต้องการเซมิคอนดักเตอร์ จะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ประเทศต่าง ๆ ก็เข้ามาแข่งขันในการลงทุนด้านการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ ไม่ว่าจะเป็น สหรัฐฯ ประเทศในยุโรป จีน เกาหลีใต้ ขณะที่ประเทศไทยก็มีการลงทุนด้านเซมิคอนดักเตอร์ แต่โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในส่วนการประกอบและทดสอบ (Assembly and Testing) และเริ่มมีในส่วนของ การออกแบบ (IC Design) บ้าง แต่ยังคงขาดในส่วนการผลิต ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในห่วงโซ่อุปทานของเซมิคอนดักเตอร์

โดยที่ผ่านมา รัฐบาลหลายประเทศได้ออกกฎหมายและนโยบายที่มุ่งเสริมศักยภาพการผลิตภายในประเทศ เช่น United State CHIPS ACT กฎหมายที่ส่งเสริม อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของสหรัฐฯ ใน 3 ด้าน

1. สนับสนุนการวิจัยและพัฒนา เพื่อมุ่งให้สหรัฐฯ เป็นผู้นำในการออกแบบและผลิตชิปเซมิคอนดักเตอร์ที่ทันสมัย โดยให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีแก่บริษัทที่มีค่าใช้จ่ายด้าน R&D
2. สนับสนุนเงินทุนสำหรับจัดตั้งโรงงานที่พัฒนาและผลิตเซมิคอนดักเตอร์ในสหรัฐฯ ให้กับบริษัทต่างๆ เช่น TSMC ได้ใช้ประโยชน์จากเงินทุนดังกล่าวแล้ว
3. มุ่งพัฒนาบุคลากรในสหรัฐฯ โดยสนับสนุนเงินทุนสำหรับการฝึกอบรมและพัฒนาทักษะแรงงานให้รองรับเทคโนโลยีที่เปลี่ยนไป และยังได้รับอานิสงส์จากการสร้างงานใหม่ในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ให้กับชาวอเมริกัน

นอกจากนั้น ในอีกหลายประเทศ ยังได้วางยุทธศาสตร์ชาติเพื่อตอบสนองภาวะการขาดแคลนเซมิคอนดักเตอร์ในหลากหลายแนวทาง โดยสาเหตุของภาวะการขาดแคลนนี้เกิดขึ้นจากการระบาดของไวรัสโควิด-19 ส่งผลต่อห่วงโซ่อุปทานทั่วโลก เซมิคอนดักเตอร์ในบางอุตสาหกรรมไม่เพียงพอ ทำให้การผลิตสินค้าโดยเฉพาะรถยนต์และอิเล็กทรอนิกส์ชะงักงัน หลายประเทศจึงออกกฎหมายและวางนโยบายเพื่อสร้างความมั่นคงและเพิ่มขีดความสามารถของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ เช่น

สหรัฐอเมริกา ผ่านกฎหมายนวัตกรรมและการแข่งขัน (CHIPS Act) และสนับสนุนเงินลงทุน 52 พันล้านเหรียญสหรัฐฯ เพื่อวิจัย ออกแบบ และผลิตชิปภายในประเทศ

ลงชื่อ 

(นายวีระชัย ใจคำป็น)

ลงชื่อ 

(นายชนันสพงษ์ โปธิกลาง)

ลงชื่อ 

(นายเสถียรพงศ์ งามสมฤทธิ์)

สหภาพยุโรป ประกาศร่างกฎหมาย European Chips Act งบประมาณ 30 – 50 พันล้านเหรียญสหรัฐ เพื่อลดการพึ่งพาบริษัทต่างชาติ ป้องกันการเกิดภาวะชะงักงันในห่วงโซ่อุปทาน และขยายส่วนแบ่งในตลาดโลก เป็นร้อยละ 20 ภายในปี 2573




จีน ต่อยอายุและปรับปรุงมาตรการทางภาษีเพื่อส่งเสริมการผลิตวงจรรวม โดยยกเว้นภาษีรายได้นิติบุคคล ให้กับผู้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ขั้นสูง และยกเว้นอากรขาเข้าสำหรับผู้ผลิตวงจรรวม

เกาหลีใต้ ประกาศโครงการ K-Semiconductor Belt เพื่อสร้างห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ที่ใหญ่ที่สุดในโลกภายในปี 2573 โดยจะลดหย่อนภาษีเพื่อกระตุ้นการลงทุนภาคเอกชน

อินเดีย อนุมัติโครงการมูลค่า 3 หมื่นล้านเหรียญสหรัฐ เพื่อส่งเสริมการผลิตเซมิคอนดักเตอร์แบบพิเศษ และพัฒนาระบบนิเวศเพื่อให้อินเดียเป็นศูนย์กลางการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์

ญี่ปุ่น อนุมัติโครงการมูลค่า 6.8 พันล้านเหรียญสหรัฐ เพื่อลงทุนด้านการผลิต วิจัยและพัฒนา โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มรายได้จากการจำหน่ายเซมิคอนดักเตอร์เป็นสองเท่าภายในปี 2573

อย่างไรก็ดี ถ้าพิจารณาในบริบทของประเทศไทย นอกจากจะมีการส่งเสริมให้เกิดอุตสาหกรรมการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ขึ้นในประเทศไทยอย่างเป็นรูปธรรมแล้ว ยังมีการวางแผนพัฒนาบุคลากรทักษะสูงเพื่อตอบสนองความต้องการของ อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ และภารกิจด้านนี้ มี กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (อว.) เป็นผู้เดินหน้าในภารกิจนี้ ซึ่งล่าสุดได้มีการจัดทำหลักสูตรแซนด์บ็อกซ์ ปริญญาตรี-โท ร่วมกับ มหาวิทยาลัยต่างประเทศหลายแห่ง ทว่า ปัญหาสำคัญของการลงทุนใน อุตสาหกรรมการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ คือ การลงทุนค่อนข้างสูงและความต้องการกำลังคนที่มีทักษะสูงค่อนข้างมาก ดังนั้น สำหรับประเทศไทย หากจะให้เกิดการลงทุนในอุตสาหกรรมนี้ จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการพัฒนากำลังคนในด้านนี้ที่มีคุณภาพ ให้มีปริมาณมากพอ เพื่อสร้างความมั่นใจในการลงทุน ทั้งการดึงดูดการลงทุนจากนอกประเทศและสร้างการลงทุนในประเทศ

ลงชื่อประธานกรรมการ ลงชื่อกรรมการ ลงชื่อกรรมการ
  
(นายวีระชัย ไคคำปุ่น) (นายชนัสพงศ์ โบธิกลาง) (นายเสถียรพงศ์ งามสมฤทธิ์)

กรณีที่ข้อตกลงระหว่างผู้เข้าร่วมคำกำหนดให้ผู้เข้าร่วมคำรายใดรายหนึ่งเป็นผู้เข้าร่วมคำหลัก
ข้อตกลงระหว่างผู้เข้าร่วมคำจะต้องมีการกำหนดสัดส่วนหน้าที่และความรับผิดชอบในปริมาณงาน สิ่งของหรือ
มูลค่าตามสัญญาของผู้เข้าร่วมคำหลักมากกว่าผู้เข้าร่วมคำรายอื่นทุกราย

กรณีที่ข้อตกลงระหว่างผู้เข้าร่วมคำกำหนดให้ผู้เข้าร่วมคำรายใดรายหนึ่งเป็นผู้เข้าร่วมคำหลัก
กิจการร่วมค่านั้นต้องใช้ผลงานของผู้เข้าร่วมคำหลักรายเดียวเป็นผลงานของกิจการร่วมคำที่ยื่นข้อเสนอ

สำหรับข้อตกลงระหว่างผู้เข้าร่วมคำที่ไม่ได้กำหนดให้ผู้เข้าร่วมคำรายใดเป็นผู้เข้าร่วมคำหลัก
ผู้เข้าร่วมคำทุกรายจะต้องมีคุณสมบัติครบถ้วนตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในเอกสารเชิญชวน

กรณีที่ข้อตกลงระหว่างผู้เข้าร่วมคำกำหนดให้มีการมอบหมายผู้เข้าร่วมคำรายใดรายหนึ่งเป็นผู้ยื่น
ข้อเสนอ ในนามกิจการร่วมคำ การยื่นข้อเสนอดังกล่าวไม่ต้องมีหนังสือมอบอำนาจ

สำหรับข้อตกลงระหว่างผู้เข้าร่วมคำที่ไม่ได้กำหนดให้ผู้เข้าร่วมคำรายใดเป็นผู้ยื่น
ข้อเสนอ ผู้เข้าร่วมคำทุกรายจะต้องลงลายมือชื่อในหนังสือมอบอำนาจให้ผู้เข้าร่วมคำรายใดรายหนึ่งเป็นผู้ยื่น
ข้อเสนอในนามกิจการร่วมคำ

3.11 ผู้ยื่นข้อเสนอต้องลงทะเบียนที่มีข้อมูลถูกต้องครบถ้วนในระบบจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐด้วยอิเล็กทรอนิกส์
(Electronic Government Procurement : e-GP) ของกรมบัญชีกลาง

3.12 ผู้ยื่นข้อเสนอต้องมีมูลค่าสุทธิของกิจการ เป็นไปตามหนังสือคณะกรรมการวินิจฉัยปัญหาการจัดซื้อ
จัดจ้างและการบริหารพัสดุภาครัฐ ด่วนที่สุด ที่ กค(กวจ) 0405.2/ว 124 ลงวันที่ 1 มีนาคม 2566 ข้อ 1.1 และ
ข้อ 1.2

4. รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของพัสดุ

4.1 เครื่องทดสอบชิ้นงานขนาดเล็กระดับไมครอน จำนวน 1 ชุด

ประกอบด้วย

1. เครื่องวัดชิ้นงานระดับไมครอน จำนวน 2 ชุด

1.1 เป็นแพลตฟอร์มโพรบบแบบแมนนวลสำหรับเวเฟอร์ขนาด 150 mm หรือดีกว่า

1.2 มี Universal platen ที่สามารถปรับความสูงได้ 40 mm

1.3 มีกล้อง stereo zoom microscope กำลังขยายขนาด 22.5x ถึง 150x พร้อม Boom stand และ LED illumination

1.4 มีระบบป้องกันการสั่นสะเทือน (vibration-isolation)

1.5 มี Universal chuck ที่สามารถหมุนได้ 360°

1.6 มีสาย Chuck biasing

1.7 มีแขนโพรบโคแอกเชียล 4 ตัว พร้อมสายเคเบิลยาว 2 m

ลงชื่อประธานกรรมการ ลงชื่อกรรมการ ลงชื่อกรรมการ
(นายวีระชัย ใจคำปัน) (นายชนัสพงศ์ โปธิกลาง) (นายเสถียรพงศ์ งามสมฤทธิ์)

1.8 มี 25 PTT probe tips ขนาดรัศมี 6 μm พร้อมกล่องใส่ พร้อมแหวนและเครื่องมือสำหรับการติดตั้งและใช้งาน

1.9 รายละเอียด Positioners มีดังนี้

1.9.1.1 มี Positioners เป็นแบบแม่เหล็ก (Magnetic)

1.9.1.2 มี Positioners 4 ตัว ที่มีความแม่นยำ 2 μm หรือดีกว่า

1.10 รายละเอียด Chuck Stage มีดังนี้

1.10.1 ค่า Travel ขนาด 155 mm x 155 mm หรือดีกว่า

1.10.2 ค่าความละเอียด 5 μm หรือดีกว่า

1.10.3 ระยะโหด stroke ในแนวแกน Y ขนาด 90 mm หรือดีกว่า

1.10.4 ช่วงการปรับระดับความสูงแนวแกน Z ขนาด 10 mm หรือดีกว่า

1.10.5 ค่า Theta travel (มาตรฐาน) ขนาด 360° หรือดีกว่า

1.10.6 ค่า Theta travel (ละเอียด) ขนาด $\pm 8^\circ$ หรือดีกว่า

1.11 รายละเอียด Platen มีดังนี้

1.11.1 ช่วงการปรับความสูงแนวแกน Z สูงสุด 40 mm หรือดีกว่า

1.11.2 ค่า Separation lift ขนาด 200 μm หรือดีกว่า

1.11.3 ค่า Separation repeatability $\pm 1 \mu\text{m}$ หรือดีกว่า

1.12 รายละเอียด Standard Wafer Chuck มีดังนี้

1.12.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 mm หรือดีกว่า

1.12.2 ชนิด Wafer Chuck เป็นแบบสแตนเลส

1.12.3 รองรับขนาด DUT ขนาดตั้งแต่ 25 mm ถึง 150 หรือดีกว่า

1.12.4 ค่าความเรียบของพื้นผิว $\leq \pm 3 \mu\text{m}$ หรือดีกว่า

1.12.5 มีค่าความแข็ง $< 15 \mu\text{m} / 10 \text{ N @ edge}$ หรือดีกว่า

1.13 ต้องได้รับการแต่งตั้งให้เป็นตัวแทนจำหน่ายจากผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย โดยให้ยื่น
ขณะเข้าเสนอราคา

2. เครื่อง source measure unit (SMU)

จำนวน 2 เครื่อง

2.1 มีหน้าจอบ่งผลแบบสัมผัสขนาดไม่น้อยกว่า 5 นิ้ว ที่รองรับโหมดมุมมองทั้งแบบกราฟิกและตัวเลข

2.2 มีฟังก์ชัน Meter ในการวัด Current, Voltage, Resistance, Power เป็นอย่างน้อย

2.3 มีฟังก์ชัน Scope ในการแสดงรูปคลื่น voltage และ current แบบเรียลไทม์

2.4 มีฟังก์ชัน Sweep ในรูปแบบ Linear single, Linear double, Log single, Log double, List เป็นอย่างน้อย

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ

ลงชื่อ.....กรรมการ

ลงชื่อ.....กรรมการ

(นายวีระชัย ใจคำปุ่น)

(นายชนัสพงศ์ โปธิกลาง)

(นายเสถียรพงศ์ งามสมฤทธิ์)

3. กล้องดิจิทัลไมโครสโคปสำหรับตรวจสอบลายวงจร จำนวน 1 ชุด
- 3.1 ตัวกล้องจุลทรรศน์ (Microscope Body)
- 3.1.1 เป็นกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอแบบซูมสำหรับงานวิจัย
 - 3.1.2 ตัวกล้องเป็นระบบ Zoom Microscope
 - 3.1.3 มีกำลังขยายซูมของตัวกล้องอยู่ในช่วงประมาณ 0.7X – 11.5X หรือดีกว่า
 - 3.1.4 สามารถแสดงค่าตำแหน่งกำลังขยาย (Magnification Indication) ได้
 - 3.1.5 สามารถปรับ Aperture iris diaphragm ได้
 - 3.1.6 มีระบบ Click Stop สำหรับกำหนดตำแหน่งกำลังขยายแต่ละช่วงได้
 - 3.1.7 สามารถติดตั้งเลนส์วัตถุและอุปกรณ์เสริมอื่น ๆ ได้
- 3.2 เลนส์วัตถุ (Objective Lens)
- 3.2.1 เป็นเลนส์วัตถุชนิด Apochromatic หรือเทียบเท่า
 - 3.2.2 มีกำลังขยาย 1X
 - 3.2.3 ออกแบบสำหรับกล้องสเตอริโอโดยเฉพาะ
- 3.3 ชุดเลนส์ตา (Eyepiece)
- 3.3.1 เป็นเลนส์ตากำลังขยาย 10X
 - 3.3.2 อย่างน้อย 1 ข้างสามารถปรับ Diopter Adjustment ได้
 - 3.3.3 มีระบบล็อกเลนส์ตา (Eyepiece Clamping)
- 3.4 ชุดหัวกล้อง (Observation Tube)
- 3.4.1 เป็นหัวกล้องแบบ Trinocular Tube สำหรับดูภาพและต่อกล้องถ่ายภาพ
 - 3.4.2 มุมเอียงประมาณ 30 องศา
 - 3.4.3 สามารถเลือกเส้นทางแสงไปยังเลนส์ตาหรือกล้องดิจิทัลได้ (Light Path Selector)
- 3.5 ชุดปรับโฟกัส (Focusing Assembly)
- 3.5.1 เป็นชุดปรับโฟกัสแบบ หยาบและละเอียด (Coarse / Fine Focus)
 - 3.5.2 มีปุ่มปรับแรงตึงของโฟกัส (tension adjustment ring)
 - 3.5.3 ระยะการเคลื่อนที่ของโฟกัสประมาณ 80 มิลลิเมตร หรือดีกว่า
 - 3.5.4 มีระบบล็อกตำแหน่งชุดโฟกัส
- 3.6 ระบบแสงส่องสว่างเป็นไฟส่องสว่างแบบ LED Ring Light
- 3.7 ระบบกล้องดิจิทัลสำหรับถ่ายภาพ
- 3.7.1 ความละเอียดไม่น้อยกว่า 6.4 ล้านพิกเซล
 - 3.7.2 มีเซนเซอร์รับภาพสีขนาดไม่เล็กกว่า 1/1.8 นิ้ว ชนิด CMOS หรือดีกว่า
 - 3.7.3 มีระบบชัตเตอร์แบบ Rolling Shutter หรือ Global Shutter

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ

(นายวีระชัย ใจคำปัน)

(นายชนัสพงศ์ โบอิกกลาง)

(นายเสถียรพงศ์ งามสมฤทธิ์)

3.7.4 รองรับเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ผ่าน USB 3.1 หรือดีกว่า

3.7.5 มี C-Mount Camera Adapter

3.8 มีซอฟต์แวร์สำหรับควบคุมกล้องและบันทึกภาพพร้อมชุดประมวลผล

4. เครื่องพิมพ์ลายวงจรอัตโนมัติ

จำนวน 1 ชุด

4.1 การพิมพ์วงจร

4.1.1 ความกว้างลายวงจรขั้นต่ำไม่น้อยกว่า 0.20 มิลลิเมตร

4.1.2 รองรับ Passive Size ไม่น้อยกว่าขนาด 1005

4.1.3 รองรับระยะห่างระหว่างขาของอุปกรณ์ (Pin-to-Pin Pitch) ได้ไม่น้อยกว่า 0.65 มิลลิเมตร

4.1.4 ค่าความต้านทานของหมึกนำไฟฟ้าไม่เกิน 12 มิลลิโห์มต่อตาราง ที่ความสูง 70 ไมโครเมตร

4.1.5 รองรับวัสดุแผ่นวงจรชนิด FR4

4.1.6 รองรับความหนาแผ่นวงจรพิมพ์ได้ไม่น้อยกว่า 2 มิลลิเมตร

4.2 การเจาะรู

4.2.1 ความเร็วรอบของแกนหมุน (Spindle Speed) สูงสุดไม่น้อยกว่า 11,000 รอบต่อนาที

4.2.2 กำลังไฟฟ้าของชุดเจาะไม่น้อยกว่า 20W ที่แรงดันไฟฟ้า 12V

4.2.3 ค่าความเยื้องศูนย์กลางของแกนหมุน (Runout) ไม่เกิน 0.076 มิลลิเมตร

4.2.4 รองรับดอกสว่านที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางก้านจับ (Shank Diameter) 3.175 มิลลิเมตร

4.2.5 รองรับดอกสว่านที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุดไม่น้อยกว่า 2 มิลลิเมตร

4.2.6 รองรับความยาวดอกสว่านสูงสุดไม่น้อยกว่า 38.1 มิลลิเมตร

4.2.7 รองรับการเจาะบนวัสดุแผ่นวงจรชนิด FR1

4.3 รองรับการใช้โลหะบัดกรีชนิด Sn42 / Bi57.6 / Ag0.4

4.4 อุณหภูมิของหัวบัดกรีสามารถปรับได้ 180 – 200 องศาเซลเซียส หรือดีกว่า

4.5 พื้นที่พิมพ์แผ่นวงจรต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 120 × 110 มิลลิเมตร

4.6 แท่นพิมพ์ต้องสามารถทำความร้อนได้ไม่น้อยกว่า 220 องศาเซลเซียส

4.7 ซอฟต์แวร์ต้องสามารถนำเข้าไฟล์ออกแบบวงจรชนิด Gerber File ได้

4.8 ซอฟต์แวร์ต้องสามารถทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows 7, 8, 10 (64bit), OSX 10.11+ ได้

4.9 มี Port การเชื่อมต่อแบบ USB 2.0 หรือดีกว่า

5. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์แบบพกพา

จำนวน 10 ชุด

5.1 เป็นดิจิตอลมัลติมิเตอร์ แบบ True RMS

5.2 สามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ กระแสไฟฟ้าแบบตรง กระแสไฟฟ้าแบบสลับ ค่าความต้านทานทางต้านไฟฟ้า ค่าความเก็บประจุ ค่าความถี่ และค่า Duty cycle ได้

5.3 มีความสามารถในการแสดงค่าสองสัญญาณที่วัดได้ให้ค้างไว้ (data hold) เพื่ออ่านข้อมูล

ลงชื่อประธานกรรมการ ลงชื่อกรรมการ ลงชื่อกรรมการ

(นายวิระชัย ใจคำปัน)

(นายชนัสพงศ์ โปธิกลาง)

(นายเสถียรพงศ์ งามสมฤทธิ์)

- 5.4 สามารถตรวจจับและคงค่าสูงสุดที่วัดได้ (Peak hold)
- 5.5 มีฟังก์ชันการวัด ไดโอด และความต่อเนื่องของวงจร
- 5.6 ได้รับความมาตรฐานความปลอดภัยระดับ CAT IV 600V, CAT III 1000V
- 5.7 รองรับการเชื่อมต่อผ่าน USB Interface
- 5.8 สามารถวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (V) : $1000V \pm(0.1\%+5)$
- 5.9 สามารถวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (V) : $1000V \pm(3.0\%+50)$
- 5.10 สามารถวัดกระแสไฟกระแสตรง (A) : $20A \pm(1.2\%+50)$
- 5.11 สามารถวัดกระแสไฟกระแสสลับ (A) : $20A \pm(1.2\%+10)$
- 5.12 สามารถวัดความต้านทาน (Ω) : $220M\Omega \pm(3.0\%+50)$
- 5.13 สามารถวัดความจุไฟฟ้า (F) : $220mF \pm(20\%+5)$
- 5.14 สามารถวัดความถี่ (เฮิรตซ์) : $10Hz - 220MHz \pm(0.01\%+5)$
- 5.15 ต้องได้รับการแต่งตั้งให้เป็นตัวแทนจำหน่ายจากผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย โดยให้ยื่น
ขณะเข้าเสนอราคา

6. ชุดปฏิบัติการเรียนรู้การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล

จำนวน 10 ชุด

- 6.1 เป็นชุดทดลองสำหรับศึกษาระบบสัญญาณ (Systems and Signals) และการประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (Digital Signal Processing)
- 6.2 สามารถใช้ศึกษาหลักการทำงานของการประมวลผลสัญญาณเสียงและการสร้างเอฟเฟกต์เสียงด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์
- 6.3 เป็นชุดทดลองที่ใช้บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีวงจร Analog-to-Digital Converter (A/D) และ Digital-to-Analog Converter (D/A)
- 6.4 สามารถใช้ในการเรียนการสอนด้าน Digital Signal Processing, Music Technology, Embedded Programming
- 6.5 ระบบประมวลผล
 - 6.5.1 ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ แบบ 32 บิต ความเร็วไม่น้อยกว่า 150 MHz สำหรับการประมวลผลสัญญาณดิจิทัล
 - 6.5.2 มีวงจรแปลงสัญญาณ Analog to Digital (A/D)
 - 6.5.3 มีวงจรแปลงสัญญาณ Digital to Analog (D/A)
 - 6.5.4 ระบบต้องสามารถรับและส่งออกสัญญาณเสียงได้
- 6.6 ต้องสามารถใช้ศึกษาหัวข้อด้านระบบสัญญาณได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้
 - 6.6.1 การสุ่มตัวอย่างสัญญาณ (Sampling)


ลงชื่อ  ประธานกรรมการ ลงชื่อ  กรรมการ ลงชื่อ  กรรมการ

(นายวีระชัย ใจคำปัน)

(นายชนันสงศ์ โปธิกลาง)

(นายเสถียรพงศ์ งามสมฤทธิ์)

- 6.6.2 ทฤษฎี Nyquist (Nyquist Sampling Theorem)
- 6.6.3 การแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัล (Analog-to-Digital Conversion)
- 6.6.4 การแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก (Digital-to-Analog Conversion)
- 6.6.5 การวิเคราะห์สัญญาณรบกวน (Noise)
- 6.6.6 การวิเคราะห์อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (Signal-to-Noise Ratio)
- 6.6.7 การศึกษาความสัมพันธ์ของเฟสของสัญญาณ (Phase)
- 6.6.8 การจัดการหรือปรับแต่งสัญญาณ (Signal Manipulation)
- 6.6.9 การตรวจจับระดับสัญญาณ (Level Detection)
- 6.7 ต้องสามารถใช้ศึกษาการวิเคราะห์สัญญาณได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้
 - 6.7.1 การวิเคราะห์สัญญาณด้วย Fourier Analysis
 - 6.7.2 หลักการพื้นฐานของ Fourier Transform
 - 6.7.3 การประมวลผลสัญญาณด้วย Fast Fourier Transform (FFT)
 - 6.7.4 การวิเคราะห์สเปกตรัมของสัญญาณ
 - 6.7.5 การใช้ Digital Filters สำหรับการประมวลผลสัญญาณ
- 6.8 ต้องสามารถใช้ศึกษาการประมวลผลเสียงได้ไม่น้อยกว่า ดังนี้
 - 6.8.1 การส่งผ่านสัญญาณเสียงจากอินพุตไปยังเอาต์พุต
 - 6.8.2 การสร้างสัญญาณเสียงด้วยโปรแกรม
 - 6.8.3 การควบคุมความถี่ของเสียง (Tone Control)
 - 6.8.4 การควบคุมระดับสัญญาณเสียง (Output Control)
- 6.9 ต้องสามารถใช้ศึกษาการสร้างเอฟเฟกต์เสียงได้ดังนี้หรือมากกว่า
 - 6.9.1 Anatomy of an Echo
 - 6.9.2 Multiple Echo
 - 6.9.3 Reverberation
 - 6.9.4 การผสมสัญญาณเสียง (Mixing Signals)
- 6.10 ต้องสามารถใช้งานร่วมกับซอฟต์แวร์พัฒนาโปรแกรมได้ โดยมีคุณสมบัติไม่น้อยกว่าดังนี้
 - 6.10.1 รองรับการพัฒนาโปรแกรมด้วยซอฟต์แวร์แบบ Graphical Programming
 - 6.10.2 สามารถเขียนโปรแกรมโดยใช้การเชื่อมต่อไอคอนแบบ Drag-and-Drop
 - 6.10.3 สามารถสร้างโปรแกรมหลัก (Main Program) และโปรแกรมน้อยได้
 - 6.10.4 สามารถใช้ Component Libraries สำหรับเพิ่มบล็อก DSP หรืออินพุตเอาต์พุตได้
 - 6.10.5 สามารถสร้างโปรแกรมสำหรับทดลองด้าน Music Technology ได้
- 6.11 ชุดทดลองต้องประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

ลงชื่อ.....ประธานกรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ ลงชื่อ.....กรรมการ

(นายวีระชัย ใจคำปัน)

(นายชนัสพงศ์ โปธิกลาง)

(นายเสถียรพงศ์ งามสมฤทธิ์)

- 8.14 สามารถปรับความเร็วของสัญญาณนาฬิกาในการจำลองการทำงานได้
- 8.15 รองรับการสร้าง Macro Function เพื่อจัดโครงสร้างโปรแกรมและเรียกใช้ฟังก์ชันย่อยได้
- 8.16 สามารถใช้ I/O device Macro เรียกใช้อุปกรณ์ประกอบบนหน้าจอที่พัฒนาด้วย Visual Basic ได้
- 8.17 สามารถสร้างโครงสร้างโปรแกรมแบบการตัดสินใจ (Decision) และการวนซ้ำ (Loop)
- 8.18 ซอฟต์แวร์ต้องรองรับการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ Interrupt
- 8.19 ต้องรองรับ Interrupt อย่างน้อยดังต่อไปนี้
 - 8.19.1 External interrupt
 - 8.19.2 Timer interrupt
- 8.20 ซอฟต์แวร์ต้องมีระบบแปลงฟังก์ชันเป็นโค้ดโปรแกรม
- 8.21 สามารถสร้างไฟล์ HEX สำหรับนำไปโปรแกรมลงไมโครคอนโทรลเลอร์ได้
- 8.22 จุดเชื่อมต่อ (Connection Points) ต้องสามารถใช้สำหรับเชื่อมโยงการทำงานในฟังก์ชันแบบ GOTO ได้
- 8.23 รองรับการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้การทำงานแบบ Interrupt และรองรับการใช้งานตัวแปลงสัญญาณ Analog-to-Digital Converter

- 9. อุปกรณ์สำหรับการบัดกรีและการถอนบัดกรี จำนวน 1 ชุด
 - 9.1 เครื่องควบคุมอุณหภูมิหัวแร้ง พร้อมหัวแร้ง จำนวน 5 ชุด
 - 9.1.1 สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ในช่วง 50 ถึง 480 องศาเซลเซียส หรือดีกว่า
 - 9.1.2 มีค่าความเสถียรของอุณหภูมิไม่เกิน ± 1 องศาเซลเซียส
 - 9.1.3 มีสวิตช์สำหรับเปิดใช้งานตัวเครื่อง
 - 9.1.4 มีปุ่มหมุนสำหรับปรับอุณหภูมิ
 - 9.1.5 มีหน้าจอแสดงผลอุณหภูมิแบบดิจิตอล
 - 9.1.6 มีหัวแร้งสำหรับใช้งานร่วมกับเครื่องควบคุมอุณหภูมิ จำนวน 1 ชุด
 - 9.2 เครื่องดูดควันตะกั่ว จำนวน 5 ชุด
 - 9.2.1 มีพลังงานไฟฟ้า (Power Consumption) ไม่น้อยกว่า 100 วัตต์
 - 9.2.2 มีความสามารถในการดูด ปริมาตรไม่น้อยกว่า 4 m³/min
 - 9.2.3 มีประสิทธิภาพในการกรองไม่ต่ำกว่า 99.9%
 - 9.2.4 มีสวิตช์สำหรับเปิดเครื่อง
 - 9.2.5 มีปุ่มหมุนสำหรับปรับระดับในการดูดควัน

ลงชื่อ กรรมการ ลงชื่อ กรรมการ ลงชื่อ กรรมการ

(นายวีระชัย ใจคำปัน)

(นายชนัสพงศ์ โปธิกลาง)

(นายเสถียรพงศ์ งามสมฤทธิ์)

9.2.6 มีไฟแสดงสถานะการทำงานของตัวเครื่อง

9.2.7 มีชุด Duct Set พร้อม Nozzle จำนวน 1 ชุด

9.3 เครื่อง SMD Rework Station จำนวน 2 ชุด

9.3.1 กำลังไฟสูงสุดไม่น้อยกว่า 700 วัตต์

9.3.2 สามารถทำอุณหภูมิสูงสุดได้ไม่น้อยกว่า 580 องศาเซลเซียส

9.3.3 มีอัตราการไหลของลม (Air flow) สูงสุดไม่น้อยกว่า 110 ลิตรต่อนาที

9.3.4 มีระบบ Vacuum Pick-up ในตัว ช่วยยกอุปกรณ์ SMD ออกจากบอร์ดได้ทันทีที่ตะกั่วละลาย

9.3.5 หน้าจอแสดงผลดิจิทัลแสดงทั้งอุณหภูมิและอัตราการไหลของลมอย่างชัดเจน

9.3.6 ฟังก์ชัน Chain Presets สามารถตั้งค่าอุณหภูมิและเวลาต่อเนื่องได้สูงสุด 5 Preset

9.3.7 ระบบ Auto Sleep และ Auto Cooling

9.3.8 ตัวเครื่องป้องกันไฟฟ้าสถิต (ESD Safe)

9.4 เครื่องดูดตะกั่ว (Desoldering Station) จำนวน 2 ชุด

9.4.1 มีพลังงานไฟฟ้า (Power Consumption) ไม่น้อยกว่า 300 วัตต์

9.4.2 สามารถทำอุณหภูมิได้ในช่วง 350 – 500 องศาเซลเซียส

9.4.3 มีระบบสร้างสุญญากาศ (Vacuum generator)

9.4.4 มีแรงดันสุญญากาศไม่น้อยกว่า 75 kPa

9.4.5 มีแรงลมในการดูดสูงสุดไม่น้อยกว่า 12 ลิตรต่อนาที

9.4.6 มีสวิตช์สำหรับเปิดเครื่อง

9.4.7 มีหน้าจอ LCD แสดงผลอุณหภูมิแบบดิจิทัล




9.4.8 ตัวเครื่องป้องกันไฟฟ้าสถิต (ESD Safe)

9.5 โต๊ะสำหรับติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการบัดกรี จำนวน 5 ชุด

9.5.1 ขนาดโดยรวมกว้างไม่น้อยกว่า 120 เซนติเมตร ลึกไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร สูงไม่น้อยกว่า 75 เซนติเมตร

9.5.2 โครงขาโต๊ะทำจากโลหะ ฟันสีกันสนิม

9.5.3 หน้าที่อบโต๊ะผลิตจากไม้ปาร์ติเกิล หนาไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร เคลือบด้วยเมลามีนหรือดีกว่า

ลงชื่อ  ประธานกรรมการ ลงชื่อ  กรรมการ ลงชื่อ  กรรมการ

(นายวีระชัย ใจคำปัน)

(นายชนัสพงศ์ โปธิกลาง)

(นายเสถียรพงศ์ งามสมฤทธิ์)

3. การวัดค่า

- 3.1 Digit แสดงผล : 6 หลัก หรือสูงกว่า
- 3.2 ความละเอียด (V) : 100 nV หรือดีกว่า
- 3.3 ความละเอียด (A) : 10 pA หรือดีกว่า
- 4. ย่านการใช้งานแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ที่ 200 mV, 2 V, 20 V, 200 V หรือดีกว่า
- 5. ย่านการใช้งานแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า ที่ 100 nA, 0.1 mA, 1 mA, 100 mA, 3 A หรือดีกว่า
- 6. Pulse width ของ Pulse source (ทุกย่าน) : 50 us ถึง 1 ms หรือกว้างกว่า
- 7. Maximum load : 0.01 μ F หรือสูงกว่า
- 8. DC loading voltage : 250 V หรือมากกว่า
- 9. Guard offset Voltage : น้อยกว่า 4 mV หรือดีกว่า
- 10. Input impedance : 1 G Ω หรือมากกว่า
- 11. มีฟังก์ชันการวัดความต้านทานสำหรับการโหมดวัด 4-wire โดยรองรับทั้งโหมดกระแสและโหมดแรงดันไฟฟ้า
- 12. สามารถกำหนดการวัดแบบ Sweep ได้ทั้งแบบ linear, log, list ทั้ง DC หรือ Pulse ได้
- 13. มีหน่วยความจำสำรองสำหรับประมวลผลการวัดค่าได้ 50,000 points หรือดีกว่า
- 14. มีอัตราการสุ่มค่าการวัดที่ความเร็ว 50,000 point/second หรือสูงกว่า
- 15. มีจอแสดงผลสี TFT ขนาด 4.3" พร้อม LED backlight หรือดีกว่า
- 16. รองรับการบันทึกค่าจาก USB หน้าเครื่องได้โดยตรงเพื่อความสะดวก
- 17. อุปกรณ์ประกอบ
 - 17.1 Test Fixture สำหรับวัดชิ้นงาน จำนวน 1 ชุด
 - 17.2 Banana-Triax Adapter for 2-Wire (Non-Kelvin) Connection จำนวน 2 ชุด
 - 17.3 สาย Low Leakage Triaxial ความยาว 0.8m จำนวน 4 เส้น
 - 17.4 สายวัดไฟฟ้าแบบ Kelvin probe 4-wire จำนวน 1 ชุด
 - 17.5 สายไฟ AC Power Cord จำนวน 1 เส้น

4.3 โตะปฏิบัติการพร้อมเก้าอี้

จำนวน 10 ชุด

แต่ละชุดประกอบด้วย

- 1. โตะปฏิบัติการ จำนวน 1 ตัว คุณลักษณะไม่น้อยกว่าดังนี้
 - 1.1 โตะมีขนาดกว้างไม่น้อยกว่า 150 เซนติเมตร ลึกไม่น้อยกว่า 90 เซนติเมตร สูงไม่น้อยกว่า 75 เซนติเมตร
 - 1.2 ท็อปโตะผลิตจากไม้เนื้อแข็ง เช่น ไม้สัก หรือดีกว่า มีความหนาไม่น้อยกว่า 4 เซนติเมตร

ลงชื่อประธานกรรมการ ลงชื่อกรรมการ ลงชื่อกรรมการ

(นายวีระชัย ใจคำปัน)

(นายชนัสพงศ์ โปธิกลาง)

(นายเสถียรพงศ์ งามสมฤทธิ)

- 1.3 โครงขาโต๊ะวัสดุทำจากโลหะกล่อง ขนาดไม่น้อยกว่า 5 x 5 เซนติเมตร พ่นสีกันสนิม
2. เก้าอี้ จำนวน 2 ตัว คุณลักษณะไม่น้อยกว่าดังนี้
 - 2.1 ที่นั่งผลิตจากพลาสติกฉีดขึ้นรูป หรือดีกว่า
 - 2.2 มีที่เก็บสัมภาระใต้ที่นั่ง
 - 2.3 มีล้อเลื่อนจำนวนไม่น้อยกว่า 6 ล้อ
 - 2.4 มีขนาดโดยรวมกว้างไม่น้อยกว่า 60 เซนติเมตร ลึกไม่น้อยกว่า 40 เซนติเมตร สูงไม่น้อยกว่า 80 เซนติเมตร

4.4 ตู้สำหรับเก็บอุปกรณ์

จำนวน 2 ตู้

รายละเอียดทางเทคนิค

1. เป็นตู้บานเลื่อน หรือบานเปิด ทรงสูง ขนาดกว้างไม่น้อยกว่า 900 มิลลิเมตร ลึกไม่น้อยกว่า 450 มิลลิเมตร และสูงไม่น้อยกว่า 1,800 มิลลิเมตร
2. โครงตู้ทำจากเหล็กแผ่น พับขึ้นรูป หรือดีกว่า
3. ภายในมีแผ่นชั้น หนาไม่น้อยกว่า 18 มิลลิเมตร จำนวน 3 แผ่น ทำจากเหล็กแผ่นสามารถปรับระดับได้
4. มีกุญแจล็อก 1 ชุด

4.5 ตู้สำหรับเก็บเครื่องมือขนาดใหญ่

จำนวน 1 ชุด

ประกอบด้วย

1. ตู้เก็บเครื่องมือช่างแบบ 2 บานเปิดสูง จำนวน 1 หลัง
 - 1.1 ขนาดกว้างไม่น้อยกว่า 0.90 เมตร ลึกไม่น้อยกว่า 0.45 เมตร และสูงไม่น้อยกว่า 1.80 เมตร หรือดีกว่า
 - 1.2 บานประตูและแผ่นหลังมีการเจาะรู สำหรับแขวนอะไหล่ และเครื่องมือช่าง
 - 1.3 มีลิ้นชักสำหรับจัดเก็บอุปกรณ์ 2 ชั้น ติดตั้งอยู่ภายในตู้ ขนาดกว้างไม่น้อยกว่า 0.7 เมตร ลึกไม่น้อยกว่า 0.40 เมตร และสูงไม่น้อยกว่า 0.12 เมตร สามารถรองรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 35 กิโลกรัมต่อลิ้นชัก
2. ตู้เก็บเครื่องมือช่างแบบ 2 บานเปิดขนาดเล็ก จำนวน 1 หลัง ขนาดกว้างไม่น้อยกว่า 0.90 เมตร ลึกไม่น้อยกว่า 0.45 เมตร และสูงไม่น้อยกว่า 0.85 เมตร หรือดีกว่า
3. ตู้เครื่องมือช่างแบบ 1 บานเปิดพร้อมลิ้นชัก จำนวน 1 หลัง
 - 3.1 ขนาดกว้างไม่น้อยกว่า 0.60 เมตร ลึกไม่น้อยกว่า 0.45 เมตร และสูงไม่น้อยกว่า 0.85 เมตร หรือดีกว่า

ลงชื่อประธานกรรมการ ลงชื่อกรรมการ ลงชื่อกรรมการ

(นายวีระชัย ใจคำป็น)

(นายชนัสพงศ์ โปธิกลาง)

(นายเสถียรพงศ์ งามสมฤทธิ์)

- 3.2 มีลึนชักขนาดกว้างไม่น้อยกว่า 0.50 เมตร ลึกไม่น้อยกว่า 0.40 เมตร และสูงไม่น้อยกว่า 0.12 เมตร หรือดีกว่า
4. ตู้เก็บเครื่องมือช่างแบบ 5 ลึนชัก จำนวน 1 หลัง
- 4.1 ขนาดกว้างไม่น้อยกว่า 0.60 เมตร ลึกไม่น้อยกว่า 0.45 เมตร และสูงไม่น้อยกว่า 0.85 เมตร หรือดีกว่า
- 4.2 ลึนชักล่่งมีขนาดใหญ่เป็นระบบรางคู่ รองรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 75 กิโลกรัม
- 4.3 มีลึนชักย่อย 4 ชั้นรองรับน้ำหนักได้ไม่น้อยกว่า 35 กิโลกรัมต่อชั้น
5. แผ่นชั้นพร้อมฉากรับ จำนวน 2 ชุด มีขนาดยาวไม่น้อยกว่า 900 มิลลิเมตร กว้างไม่น้อยกว่า 250 มิลลิเมตรและหนาไม่น้อยกว่า 20 มิลลิเมตร หรือดีกว่า
6. ตู้สำหรับควบคุมความชื้นอัตโนมัติ จำนวน 1 ตู้
- 6.1 มีปริมาตรในการจัดเก็บไม่น้อยกว่า 120 ลิตร
- 6.2 ควบคุมการทำงานด้วยระบบไมโครคอมพิวเตอร์
- 6.3 มีหน้าจอบแสดงผลอุณหภูมิและความชื้นแบบดิจิทัล
- 6.4 รองรับการใช้งานร่วมกับระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 220V 50/60 Hz

4.6 ชุดจอบแสดงผลช่วยสอนอัจฉริยะ

จำนวน 1 ชุด

รายละเอียดทางเทคนิค

1. เป็นจอบแสดงผล ด้วยหลอดภาพแบบ DLED Backlight มีขนาด 75 นิ้ว วัดตามแนวทแยงมุม มีความละเอียดของจอบภาพ (Resolution) 3840 x 2160 พิกเซล (4K) และมี Display Ratio อยู่ที่ 16 : 9
2. อัตราส่วนความคมชัด (Contrast Ratio) 1,200 : 1 และมีค่าความเร็วในการเปลี่ยนเม็ดพิกเซลอยู่ที่ (Response Time) ไม่มากกว่า 8 มิลลิวินาที
3. สามารถแสดงสีได้ (Display Colors) 1.07B (10 bit) มีความสว่างสูงสุดอยู่ที่ (Brightness) 450 cd/m²
4. จอบภาพมีอัตราความเร็วในการแสดงผลภาพ 60 Hz มีค่าความเร็วในการตอบสนองการทัชสกรีน (Touch Response time) ไม่มากกว่า 3.3 มิลลิวินาที
5. มีมุมมองภาพไม่น้อยกว่า 178 องศาในแนวนอน และแนวตั้ง
6. จอบแสดงผลรองรับการทัชสกรีนในรูปแบบอินฟาเรดพร้อมกันบนระบบปฏิบัติการ Android และ Windows 20 จุด
7. มีลำโพงอยู่ด้านหน้า หรือด้านหลังของจอบแสดงผล กำลังขับไม่น้อยกว่า 20 วัตต์ 2 ตัว และมีรีโมทคอนโทรล จำนวน 1 อัน
8. จอบภาพหุ้มด้วยกระจกแบบ Tempered Glass ความหนา 3 มิลลิเมตรแบบ Zero Bonding
9. มีชั่วโมงการทำงานไม่น้อยกว่า (Life time) 50,000 ชั่วโมง

ลงชื่อประธานกรรมการ

(นายวีระชัย ใจคำป็น)

ลงชื่อกรรมการ

(นายชนันสงศ์ โปธิกลาง)

ลงชื่อกรรมการ

(นายเสถียรพงศ์ งามสมฤทธิ)

- 22.1 มีช่องต่อสัญญาณอยู่บริเวณหน้าของจอแสดงผล ดังนี้
- 22.1.1 USB (Type C) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
 - 22.1.2 USB 3.0 (TYPE A) จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ช่อง
 - 22.1.3 USB 3.0 (TYPE B TOUCH) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
 - 22.1.4 HDMI (INPUT) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 22.2 มีช่องต่อสัญญาณอยู่บริเวณข้างของจอแสดงผล ดังนี้
- 22.2.1 USB 2.0 (Type A) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
 - 22.2.2 USB 3.0 (Type A) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
 - 22.2.3 DP (INPUT) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
 - 22.2.4 USB (Type C) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
 - 22.2.5 HDMI (INPUT) จำนวนไม่น้อยกว่า 3 ช่อง
 - 22.2.6 USB 3.0 (TYPE B TOUCH) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 22.3 มีช่องต่อสัญญาณอยู่บริเวณล่างของจอแสดงผล ดังนี้
- 22.3.1 USB 3.0 (TYPE A) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
 - 22.3.2 RJ45 (OUTPUT) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
 - 22.3.3 RJ45 (INPUT) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
 - 22.3.4 USB (TYPE C) (OUTPUT) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
 - 22.3.5 HDMI (OUTPUT) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
 - 22.3.6 RS232 (INPUT) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
 - 22.3.7 OPTICAL (OUTPUT) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
 - 22.3.8 Earphone (OUTPUT) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
 - 22.3.9 MIC (INPUT) จำนวนไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
23. มีแอปพลิเคชันไวท์บอร์ด บน Android ที่สามารถใช้เขียนแทนกระดานดำได้โดยมีคุณสมบัติดังนี้
- 23.1 มีฟังก์ชันปากกาสำหรับวาดเขียนที่สามารถเลือกชนิดของปากกา 3 รูปแบบโดยสามารถเลือกขนาด ความหนาของเส้นและสีได้ตามความต้องการและสามารถเขียนพร้อมกันได้ 3 สี
 - 23.2 มีฟังก์ชันปากกาที่ช่วยแปลงลายมือภาษาอังกฤษ
 - 23.3 มีฟังก์ชันปากกาที่ช่วยแปลงรูปทรงเลขาคณิต
 - 23.4 มีฟังก์ชัน Eraser / Clear
 - 23.5 มีฟังก์ชัน Select เมื่อใช้ร่วมกับสิ่งที่วาดเขียนจะสามารถเปลี่ยนสีและคัดลอกได้
 - 23.6 มีฟังก์ชัน Multi
 - 23.7 มีฟังก์ชัน Clear

ลงชื่อประธานกรรมการ

(นายวีระชัย ใจคำป็น)

ลงชื่อกรรมการ

(นายชนัสพงศ์ โปธิกลาง)


ลงชื่อกรรมการ

(นายเสถียรพงศ์ งามสมฤทธิ์)

- 23.8 มีฟังก์ชัน Undo Redo
- 23.9 มีฟังก์ชัน Shape ประกอบด้วยรูปทรง 3 มิติและ 2 มิติ สามารถเลือกขนาดความหนาของเส้นรูปทรงและเลือกสีได้
- 23.10 มีฟังก์ชัน Text เป็นฟังก์ชันสำหรับแทรกข้อความ
- 23.11 มีฟังก์ชัน Form เป็นฟังก์ชันสำหรับสร้างตารางโดยสามารถกำหนด Row, Columns และสามารถขยายช่องอัตโนมัติเมื่อเขียนข้อความลงบนตาราง
- 23.12 มีฟังก์ชัน Mind เป็นฟังก์ชันสำหรับสร้างแผนผังความคิด
- 23.13 มีฟังก์ชัน Current Page Note, Global Sticky Note เป็นฟังก์ชันสำหรับสร้างโน้ต
- 23.14 มีฟังก์ชัน Puzzle Bag เป็นฟังก์ชันที่รวบรวมไม้บรรทัด, วงเวียน, ไม้โปรเทคเตอร์
- 23.15 มีฟังก์ชัน Web browser เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการค้นหาข้อมูลจากเว็บไซต์เพื่อนำมาประยุกต์ใช้งานต่อบน Whiteboard
- 23.16 มีฟังก์ชัน Web Picture เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการค้นหารูปภาพจากเว็บไซต์เพื่อนำมาประยุกต์ใช้งานต่อบน Whiteboard
- 23.17 มีฟังก์ชัน Web Video เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการค้นหาวิดีโอจากเว็บไซต์เพื่อนำมาประยุกต์ใช้งานต่อบน Whiteboard
- 23.18 มีฟังก์ชัน Spotlight เป็นฟังก์ชันที่ใช้ปิดบังบางส่วนของจอแสดงผล
- 23.19 มีฟังก์ชัน Timer เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการนับเวลาถอยหลังโดยที่เราสามารถกำหนดเวลาเริ่มต้นได้
- 23.20 มีฟังก์ชัน Record Screen เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการบันทึกวิดีโอหน้าจอ
- 23.21 มีฟังก์ชัน Split Screen / Split+ เป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการแบ่งการทำงานของหน้าจอไว้ท์บอร์ดสูงสุด 4 จอ
- 23.22 มีฟังก์ชันสำหรับเพิ่มจำนวนหน้ากระดาษได้อย่างไม่จำกัดและสามารถดูภาพรวมของจำนวนหน้าทั้งหมดได้
- 23.23 มีฟังก์ชันสำหรับบันทึกหน้าการใช้งานออกเป็นไฟล์เอกสารโดยสามารถเลือกหน้าที่ต้องการหรือจำนวนหน้าทั้งหมดออกเป็นนามสกุล .JPG, JPEG, PNG, PNG, PDF, WBF, SVG, IWB เพื่อความสะดวกในการเรียกกลับมาใช้งานและแก้ไข
- 23.24 มีฟังก์ชันสำหรับแชร์สื่อในรูปแบบของคิวอาร์โค้ดโดยสามารถกำหนดรหัสได้
- 23.25 มีฟังก์ชันสำหรับแชร์สื่อในรูปแบบของอีเมลโดยไฟล์เอกสารเป็นนามสกุล .PDF
- 23.26 มีฟังก์ชันสำหรับเปลี่ยนสีพื้นหลังและมีภาพพื้นหลังแบบสำเร็จรูป 15 แบบ หรือสามารถใส่รูปภาพที่ต้องการได้
- 23.27 มีฟังก์ชันสำหรับรองรับการเปิดไฟล์รูปภาพ, เอกสาร, วิดีโอ เพื่อใช้งานร่วมกับไว้ท์บอร์ด
24. มีฟังก์ชันที่ใช้เชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือเพื่อใช้ร่วมกับตัวกระดานแบบไร้สาย

ลงชื่อ  ประธานกรรมการ

(นายวีระชัย ใจคำป็น)

ลงชื่อ  กรรมการ

(นายชนันสงศ์ โปธิกลาง)

ลงชื่อ  กรรมการ

(นายเสถียรพงศ์ งามสมฤทธิ์)

- 25.5 มีฟังก์ชันที่ช่วยสนับสนุนการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ ประกอบด้วย Graphing, Geometry, Spreadsheet, 3D Geometry, CAS, Probability
- 25.6 มีคลังรูปทรง 3 มิติ สามารถปรับมุมมองได้รอบทิศทาง และสามารถเทสีลงในรูปทรง
- 25.7 สามารถเพิ่มหน้าการใช้งานได้อย่างไม่จำกัด โดยสามารถกดเรียกดู หรือซ่อนหน้าต่างการใช้งานแบบย่อได้
- 25.8 สามารถใช้ฟังก์ชันควบคุมการย้ายหน้าจอเพื่อเพิ่มพื้นที่การใช้งานของหน้ากระดาษในแต่ละหน้า
- 25.9 สามารถเปลี่ยนสีหรือภาพพื้นหลังได้อย่างอิสระ
- 25.10 สามารถบันทึกหน้าจอเป็นไฟล์วิดีโอโดยที่สามารถเลือกแบบทั้งหน้าจอหรือเฉพาะพื้นที่ที่ได้ที่ความละเอียด 4 K และยังมีฟังก์ชันสำหรับตัดต่อวิดีโอเบื้องต้น
- 25.11 สามารถแทรกไฟล์รูปภาพ หรือ ไฟล์วิดีโอ โดยที่ไฟล์วิดีโอสามารถเลือกช่วงเวลาที่ต้องการเล่นได้
- 25.12 มีฟังก์ชันเล่นซ้ำสิ่งที่เขียนลงบนไวท์บอร์ดโดยไม่ต้องกดบันทึก
- 25.13 มีฟังก์ชันแผ่นใสสำหรับเขียนทับโปรแกรมต่างๆ และสามารถบันทึกภาพเพื่อนำไปใช้งานต่อได้
- 25.14 สามารถย้ายตำแหน่งทูลบาร์ไปที่ตำแหน่งใดก็ได้ของหน้าจอและสามารถปรับรูปแบบเป็นแนวตั้งหรือแนวนอนได้ตามความต้องการ
- 25.15 สามารถบันทึกไฟล์หน้าการใช้งานออกเป็นนามสกุล .hhtx เพื่อความสะดวกในการเรียกกลับมาใช้งานและแก้ไข
- 25.16 สามารถนำเข้าไฟล์นามสกุล .ppt, .pptx, .dps, .pdf, .iwb และ notebook
- 25.17 สามารถส่งออกไฟล์นามสกุล .doc, .xls, .ppt, .pdf, .htm, .png และ .iwb
26. มีซอฟต์แวร์สำหรับสร้างพื้นที่ลับในการจัดเก็บข้อมูลให้ปลอดภัยจากภัยคุกคามทางไซเบอร์
- 26.1 ใช้ได้บนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (Windows)
- 26.2 สามารถสร้างพื้นที่ลับสำหรับจัดเก็บข้อมูล (Partition) บนส่วนจัดเก็บข้อมูล (Hard disk) ของเครื่องคอมพิวเตอร์ หรือ External Hard Drive หรือ USB Flash Drive ได้
- 26.3 สามารถป้องกันข้อมูลที่จัดเก็บไว้ในพื้นที่ลับที่สร้างขึ้นให้ปลอดภัยจากการภัยคุกคามและการโจมตีของ Malware, Ransomware และ Hacking program/agent ได้ 100%
- 26.4 ระบบปฏิบัติการ (OS) และ Disk Management ของเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่สามารถมองเห็นพื้นที่ลับนี้ได้
- 26.5 การเข้าถึงข้อมูลในพื้นที่ลับนี้ต้องเปิดผ่าน Explorer เฉพาะ ด้วยการใส่รหัส (Password), One Time Password (OTP) จาก Google Authenticator ผ่านสมาร์ตโฟน หรือ Digital key
- 26.6 Explorer เฉพาะสำหรับใช้งานและเข้าถึงข้อมูลในพื้นที่ลับ มีเมนูในการใช้งานพร้อมรูปสัญลักษณ์ดังนี้
- 26.6.1 Connect: Connect, Disconnect และ Connect by digital key

ลงชื่อประธานกรรมการ ลงชื่อกรรมการ ลงชื่อกรรมการ

(นายวีระชัย ใจคำป็น) (นายชนันพงศ์ โปธิกลาง) (นายเสถียรพงศ์ งามสมฤทธิ์)

