การศึกษาห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ และโอกาสทางธุรกิจด้านการออกแบบวงจรรวมของไทย

โดย

ฝ่ายบริหารกลยุทธ์และนโยบายองค์กร

สำนักงานกลาง

ร่วมกับ

ฝ่ายพัฒนาเครือข่ายเชิงกลยุทธ์และประเมินผล

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

เสนอต่อ

ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์

ภายใต้โครงการโครงการจัดตั้งศูนย์ความเป็นเลิศด้านการออกแบบและการวิเคราะห์ทดสอบวงจรรวมและเซนเซอร์ (ปีที่ 2)

การศึกษาห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ และโอกาสทางธุรกิจด้านการออกแบบวงจรรวมของไทย

โดย

ฝ่ายบริหารกลยุทธ์และนโยบายองค์กร

สำนักงานกลาง

ร่วมกับ

ฝ่ายพัฒนาเครือข่ายเชิงกลยุทธ์และประเมินผล

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

เสนอต่อ

ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์

ภายใต้โครงการโครงการจัดตั้งศูนย์ความเป็นเลิศด้านการออกแบบและการวิเคราะห์ทดสอบวงจรรวม และเซนเซอร์ (ปีที่ 2)

(ฉบับปรับปรุง มีนาคม 2567)

สารบัญ

บทสรุปผู้บริหาร vii

บทที่ 1 บทนำ 13

1.1 ความเป็นมา 13

1.2 วัตถุประสงค์ 14

1.3 ขอบเขตการศึกษา 14

1.4 วิธีการศึกษา 14

บทที่ 2 ภาพรวมของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ 16

2.1 นิยาม และห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ 16

2.1.1 นิยามที่เกี่ยวข้อง 16

2.1.2 ประเภทของอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ 17

2.2 ห่วงโซ่อุปทานอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ 20

2.2.1 ห่วงโซ่อุปทานการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ 20

2.2.2 ปัจจัยการผลิตหลักของการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ 25

2.2.3 อุตสาหกรรมที่เกี่ยวเนื่อง 27

2.3 รูปแบบธุรกิจของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ 28

บทที่ 3 สถานภาพอุตสาหกรรมไมโครอิเล็กทรอนิกส์ของโลก และของไทย 30

3.1 สถานภาพอุตสาหกรรมไมโครอิเล็กทรอนิกส์โลก 30

3.1.1 ตลาดเซมิคอนดักเตอร์โลก 30

3.1.2 ผู้นำของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์โลก 34

3.1.3 สถานการณ์การค้าระหว่างประเทศของเซมิคอนดักเตอร์โลก 40

3.1.4 สถานการณ์สำคัญที่กระทบต่อห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์โลก 44

3.2 สถานภาพอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทย 53

3.2.1 ระบบนิเวศอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทย 54

3.2.2 มูลค่าตลาดอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทย 66
3.2.3 สถานการณ์การค้าระหว่างประเทศของเซมิคอนดักเตอร์ไทย 70
3.3 ความสำคัญของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ต่อเศรษฐกิจและสังคมของไทย 73
บทที่ 4 ธุรกิจออกแบบวงจรรวม 76
4.1 สถานภาพธุรกิจออกแบบวงจรรวม 76
4.1.1 สถานภาพตลาดการออกแบบวงจรรวมของโลก 79
4.1.2 สถานภาพตลาดการออกแบบวงจรรวมของไทย 85
4.2 ตัวอย่างการเกิดธุรกิจออกแบบวงจรรวมในต่างประเทศ 87
4.3 ธุรกิจออกแบบวงจรรวมของไทยบทที่ 5 ข้อเสนอแนะการพัฒนาอุตสาหกรรมไมโครอิเล็กทรอนิกส์ และรูปแบบธุรกิจด้านการออกแบบและวิเคราะห์ทดสอบวงจรรวม 1080
4.3.1 ความสามารถด้านการผลิตและบริการ 100
4.3.2 ความต้องการการออกแบบวงจรรวมของไทย 101
4.3.3 โครงสร้างพื้นฐานสำคัญเพื่อส่งเสริมให้เกิดธุรกิจออกแบบวงจรรวมในไทย 104
4.3.4 จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาสและอุปสรรคของธุรกิจวงจรรวมในไทย 105
4.3.5 แนวโน้มการเกิดธุรกิจวงจรรวมในไทย 106
บทที่ 5 ข้อเสนอแนะการพัฒนาอุตสาหกรรมไมโครอิเล็กทรอนิกส์ และรูปแบบธุรกิจด้านการออกแบบและวิเคราะห์ทดสอบวงจรรวม 109
บรรณานุกรม 111
ภาคผนวก 118

สารบัญรูป

รูปที่ 2.1 ประเภทเซมิคอนดักเตอร์ตามขนาด และการประยุกต์ใช้งาน 18
รูปที่ 2.2 ห่วงโซ่อุปทานอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ 19
รูปที่ 2.3 ผังกระบวนการออกแบบวงจรรวม 21
รูปที่ 2.4 ผังกระบวนการผลิตวงจรรวม (IC Fabrication) 23
รูปที่ 2.6 แผนที่ความเชื่อมโยงของห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ กรณีการผลิตชิปสำหรับสมาร์ตโฟน 28
รูปที่ 3.1 มูลค่าตลาดเซมิคอนดักเตอร์ทั่วโลก ปี ค.ศ. 2001 - 2022 29
รูปที่ 3.2 ส่วนแบ่งตลาดเซมิคอนดักเตอร์ทั่วโลกเฉลี่ย จำแนกตามประเภท ปี ค.ศ. 2016 - 2022 30
รูปที่ 3.3 ส่วนแบ่งการตลาดวงจรรวมทั่วโลกเฉลี่ยต่อปี จำแนกตามประเภท ปี ค.ศ. 2016 - 2022 31
รูปที่ 3.4 มูลค่าตลาดวงจรรวมทั่วโลก จำแนกตามประเภท ปี ค.ศ. 2016 - 2024 31
รูปที่ 3.5 มูลค่าตลาดเซมิคอนดักเตอร์รายประเภท จำแนกตามการประยุกต์ใช้งาน 32
รูปที่ 3.6 มูลค่าตลาดเซมิคอนดักเตอร์ทั่วโลก จำแนกตามภูมิภาค ปี ค.ศ. 2001 - 2022 33
รูปที่ 3.7 ส่วนแบ่งตลาดเซมิคอนดักเตอร์ของโลกจำแนกตามประเทศผู้ผลิต ปี ค.ศ. 1983 – 2021 และปี ค.ศ. 2022 36
รูปที่ 3.8 ส่วนแบ่งการตลาดเซมิคอนดักเตอร์ประเภท Logic จำแนกตามประเทศผู้ผลิต ปี ค.ศ. 2021 36
รูปที่ 3.9 กำลังการผลิตวงจรรวมขนาด 50 – 180 นาโนเมตร ทั้งกำลังการผลิตปัจจุบัน และที่วางแผนไว้ ณ เมษายน 2023 37
รูปที่ 3.10 แผนที่การพัฒนาวงจรรวมประเภท Logic ของผู้ผลิตรายสำคัญ 38
รูปที่ 3.11 สภาวะการชะลอตัวของจัดส่งวงจรรวมภายใต้สถานการณ์ต่างๆ ระหว่างปี ค.ศ. 1990 – 2022 (Q2) 44
รูปที่ 3.12 สินค้าส่งออกสำคัญของไทยตามมูลค่าส่งออก 5 อันดับแรก ปี ค.ศ. 2013 - 2022 52
รูปที่ 3.13 ระบบนิเวศอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทย 54
รูปที่ 3.14 5 อุตสาหกรรมยุทธศาสตร์และ 5 วาระสำคัญของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน ปี 2566 – 2570 63
รูปที่ 3.16 มูลค่าตลาดเซมิคอนดักเตอร์ไทยจำแนกตามประเภทผลิตภัณฑ์ ปี ค.ศ. 2016 - 2022 67

รูปที่ 3.17 มูลค่าการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ไทยจำแนกตามประเภทผลิตภัณฑ์ ปี ค.ศ. 2016 - 2022 68
รูปที่ 3.18 เปรียบเทียบมูลค่าตลาดและมูลค่าการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ 69
รูปที่ 4.1 บริษัทที่มีรายได้จาก Fabless IC Design สูงที่สุด 5 อันดับแรกของโลก ปี ค.ศ. 2017 - 2022 ... 76
รูปที่ 4.2 ส่วนแบ่งรายได้จาก Fabless IC Design ของบริษัท 5 อันดับแรกของโลก ปี ค.ศ. 2022 78
รูปที่ 4.3 มูลค่าตลาด Fabless IC Design ทั่วโลก จำแนกตามประเภท ปี ค.ศ. 2017 - 2028 79
รูปที่ 4.4 ส่วนแบ่งตลาดออกแบบวงจรรวมทั่วโลก จำแนกตามประเภท ปี ค.ศ. 2017 - 2021 80
รูปที่ 4.5 มูลค่าตลาดออกแบบวงจรรวมของโลก จำแนกตามภูมิภาค ปี ค.ศ. 2017 - 2021 81
รูปที่ 4.6 มูลค่าตลาดออกแบบวงจรรวมของโลก จำแนกตามภูมิภาค ปี ค.ศ. 2022 - 2028 81
รูปที่ 4.7 ส่วนแบ่งตลาด Fabless IC Design ของภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกจำแนกตามประเทศ ปี ค.ศ. 2017-2021 82
รูปที่ 4.8 ประเทศที่มีมูลค่าตลาด Fabless มากที่สุด 3 อันดับแรกในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก และมูลค่าตลาดของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ปี ค.ศ. 2017 - 2028 83
รูปที่ 4.9 มูลค่าตลาด Fabless ของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จำแนกตามประเทศ ปี ค.ศ. 2017 - 2028 84
รูปที่ 4.10 มูลค่าตลาด Fabless ของไทย ปี ค.ศ. 2017 - 2028 85
รูปที่ 4.11 บทบาทของการเป็นตัวกลางเชื่อมโยงการวิจัย พัฒนา และอุตสาหกรรมของ ITRI 88
รูปที่ 4.12 ตัวอย่างกิจการด้านการออกแบบวงจรรวมในเวียดนามและเขตที่ตั้ง 96
รูปที่ 4.13 จำนวนวิศวกรออกแบบวงจรรวมในเวียดนาม ปี ค.ศ. 2000 - 2023 97
รูปที่ 4.14 ห่วงโซ่อุปทานของผู้ประกอบการออกแบบวงจรรวมในไทย 100
รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างประเด็นที่กล่าวถึงบ่อยและผลกระทบจากการสัมภาษณ์เชิงลึก 102
รูปที่ 5.1 แผนภาพแนวคิดข้อเสนอแนะการส่งเสริมธุรกิจออกแบบวงจรรวมในไทย 109

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 รายละเอียดการสัมภาษณ์ 16
ตารางที่ 2.1 ประเภทของอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์และตัวอย่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ 20
ตารางที่ 3.1 ส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ตามสัญชาติบริษัทแม่ปี ค.ศ. 2021 36
ตารางที่ 3.2 บริษัทผู้ขายอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ทั่วโลกที่มีรายได้สูงที่สุด 10 อันดับแรก ปี ค.ศ. 2020 – 2022 41
ตารางที่ 3.3 ภาวะดุลการค้าเซมิคอนดักเตอร์ของโลก ข้อมูลสะสม ปี ค.ศ. 2013 – 2022 45
ตารางที่ 3.4 ต้นทุนการเป็นเจ้าของโรงงานผลิตเซมิคอนดักเตอร์ ข้อมูล ณ ปี ค.ศ. 2020 50
ตารางที่ 3.5 เปรียบเทียบการค่าใช้จ่ายที่ลดลงจากการให้สิทธิประโยชน์ของประเทศต่าง ๆ ข้อมูล ณ ปี ค.ศ. 2020 51
ตารางที่ 3.6 มูลค่าส่งออกสินค้าอิเล็กทรอนิกส์สำคัญของไทย ปี ค.ศ. 2020 – 2023 (ล้านบาท) 55
ตารางที่ 3.7 ข้อมูลทะเบียนธุรกิจผู้ประกอบการอิเล็กทรอนิกส์สำคัญของไทย 58
ตารางที่ 3.8 จำนวนผู้สำเร็จการศึกษาในสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง 60
ตารางที่ 3.9 สิทธิประโยชน์ส่งเสริมการลงทุนกิจการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ 64
ตารางที่ 3.10 มูลค่าตลาดผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์แบบสะสม ปี ค.ศ. 2016 – 2022 67
ตารางที่ 3.11 มูลค่าการค้าเซมิคอนดักเตอร์ของไทย จำแนกตามประเภทสินค้า ปี ค.ศ. 2013 – 2022 72
ตารางที่ 3.12 จำนวนโครงการลงทุนของต่างชาติที่ได้รับอนุมัติการส่งเสริมการลงทุนในปี ค.ศ. 2022 75
ตารางที่ 4.1 รายได้ผู้ประกอบการออกแบบวงจรรวมของไทย ปี ค.ศ. 2018 – 2024 88
ตารางที่ 4.2 การจ้างานในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไต้หวัน 92
ตารางที่ 4.3 ผู้ประกอบการและรูปแบบธุรกิจออกแบบวงจรรวมในประเทศไทย 102
ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ SWOT ธุรกิจออกแบบวงจรรวมของไทย 107

บทสรุปผู้บริหาร

อุตสาหกรรมไมโครอิเล็กทรอนิกส์หรืออุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ มีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง เนื่องด้วยผลิตภัณฑ์สมัยใหม่ต่างมีอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ หรือวงจรรวม หรือชิป เป็นส่วนประกอบหลักในการสั่งการและควบคุมอุปกรณ์หรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ให้ทำงานได้ตามที่ต้องการ ขณะเดียวกัน กระบวนการผลิตอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ยังสะท้อนถึงสภาพห่วงโซ่อุปทานโลกได้อย่างชัดเจน เนื่องจากไม่มีประเทศใดประเทศหนึ่งสามารถจำกัดการผลิตได้ครบทุกกระบวนการให้อยู่ภายในประเทศเดียว โดยต่างต้องพึ่งพาปัจจัยการผลิต และการรับ-ส่งช่วงต่อการผลิตไปยังประเทศอื่นที่มีความเชี่ยวชาญที่แตกต่างกันไป

โดยการศึกษานี้มุ่งทำการศึกษาใน 3 ประเด็น ได้แก่

1) ศึกษาห่วงโซ่อุปทาน สถานภาพตลาด และสถานภาพอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์โลก

2) ศึกษาบทบาทของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทยในห่วงโซ่อุปทานของโลก

3) วิเคราะห์โอกาสทางธุรกิจด้านการออกแบบวงจรรวมของไทย

โดยใช้วิธีการจัดเก็บข้อมูลทั้งการสัมภาษณ์เชิงลึก และรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิที่เกี่ยวข้อง โดยผลการศึกษามีสาระสำคัญ ดังนี้

ห่วงโซ่อุปทานอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน หรือ 3 ข้อต่อหลัก ได้แก่

(1) ขั้นตอนวิจัยและออกแบบ (Research and Design Stage) คือ การวิจัย พัฒนา และออกแบบวงจรรวม โดยที่การออกแบบวงจรรวมเป็นจุดเริ่มต้นของขั้นตอนผลิตในห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ สำหรับกำหนดหน้าที่การทำงานของวงจรและการเชื่อมต่อส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์เป็นชุดวงจรให้ทำงานได้ตามวัตถุประสงค์

(2) ขั้นตอนการผลิตวงจรรวม (Wafer Fabrication) คือ การผลิตแผงวงจรรวม เป็นขั้นตอนต่อจากการออกแบบวงจรรวม ด้วยการสร้างวงจรลงบนแผ่นเวเฟอร์ภายในโรงงานผลิต (Foundry หรือ Fabrication Plant) ซึ่งมีกระบวนการผลิตหลักที่ค่อนข้างซับซ้อน

(3) ขั้นตอนประกอบ ทดสอบและบรรจุตัวถัง (Assembling, Testing and Packaging: ATP) เป็นขั้นตอนนำแผ่นเวเฟอร์ที่สร้างชุดวงจร (Die) เรียบร้อยแล้ว แล้วมาตัดแยก ประกอบตัวถัง และทดสอบการทำงาน

นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยนำเข้าที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการผลิตอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ ได้แก่

(1) ซอฟต์แวร์ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และทรัพย์สินทางปัญญาแกนหลัก (Electronic Design Automation Tools and IP Core) โดย EDA Tools คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Design) การจำลองการทำงาน (Simulate) และการตรวจสอบ (Verification) โดย EDA Tools เป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการพัฒนา ทดสอบ และสร้างระบบอิเล็กทรอกนิกส์ สำหรับวงจรรวม และ IP Core) คือ บล็อกหน้าที่การทำงานหรือผังวงจรรวม

(2) อุปกรณ์ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor Manufacturing Equipment) คือ อุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่ใช้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์

(3) วัสดุผลิตเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor Materials) คือ วัตถุดิบที่ใช้ผลิตวงจรรวมตั้งแต่สารประกอบ สารเคมีและแก๊ส แผ่นเวเฟอร์ และวัสดุอื่น ๆ ที่ใช้ในการผลิตวงจรรวม

โดยที่รูปแบบธุรกิจในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์มี 4 รูปแบบหลัก ได้แก่

1) ผู้ผลิตครบวงจร (Integrated Device Manufacturers: IDM) คือ ผู้ประกอบการที่ดำเนินการผลิตทุกขั้นตอน ทั้งการออกแบบ การผลิตวงจรรวม และการประกอบและบรรจุตัวถัง

2) ผู้ผลิตวงจรรวมแบบไม่มีโรงงานผลิต (Fabless) คือ ผู้ประกอบการที่มีความเชี่ยวชาญด้านการออกแบบวงจรรวมและถือสิทธิอนุญาตการออกแบบ โดยที่ไม่มีโรงงานผลิตของตนเอง

3) ผู้ผลิตวงจรรวม (Foundry หรือ Pure-play) คือ ผู้ประกอบการรับจ้างผลิตวงจรรวมอิสระ

4) ผู้รับช่วงประกอบและทดสอบวงจรรวม (Outsourced Semiconductor Assembly and Test: OSAT) คือ ผู้ประกอบการที่รับช่วงการผลิตต่อจาก Foundry เพื่อนำวงจรรวมหรือชิปจากขั้นตอนการผลิตมาทำการประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถัง ผู้ประกอบการ OSAT

โดยหากพิจารณาตามห่วงโซ่อุปทานแล้ว พบว่า อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์มีการกระจายกิจกรรมการผลิตออกไปทั่วโลกอย่างชัดเจน โดยพิจารณาจากสัดส่วนมูลค่าเพิ่มที่ได้รับ โดยที่สหรัฐอเมริกามีส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มสูงที่สุด โดยเฉพาะบทบาทในระดับต้นน้ำจากส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มในกิจกรรมการออกแบบวงจรรวม ซอฟต์แวร์ออกแบบทางอิเล็กทรอนิกส์ และอุปกรณ์ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ ขณะที่กลุ่มประเทศในเอเชียตะวันออกค่อนข้างมีบทบาทในระดับการผลิตทั้งการผลิตวงจรรวม และการประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถัง รวมไปถึงวัดสุการผลิต โดยเฉพาะจีนและไต้หวันมีส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มในกิจกรรมเหล่านี้สูง จึงสะท้อนให้เห็นว่าอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ไม่มีประเทศใดที่มีความสามารถในการผลิตได้ด้วยตนเองแล้วแข่งขันได้ ต้องมีการพึ่งพากระบวนการผลิตกันเป็นห่วงโซ่อุปทานโลก

แต่จากสถานการณ์ความผันผวนและความขัดแย้งในเชิงภูมิรัฐศาสตร์ กำลังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น โดยเฉพาะการกีดกันทางเทคโนโลยีขั้นสูงของสหรัฐอเมริกาที่มีต่อจีน เพื่อควบคุมความสามารถทางเทคโนโลยีขั้นสูง และเซมิคอนดักเตอร์เป็นเทคโนโลยีเป้าหมายของการควบคุม จึงทำให้มีแนวโน้มการแบ่งแยกห่วงโซ่อุปทานออกจากกัน มีความพยายามดึงการลงทุนกลับและย้ายฐานการผลิตออกจากจีนของสหรัฐอเมริกาและชาติพันธมิตร ในหลายประเทศจึงมีนโยบายส่งเสริมการลงทุนเซมิคอนดักเตอร์ในประเทศ โดยเฉพาะการวิจัยและพัฒนา การลงผลิตด้วยเทคโนโลยีขั้นสูงทั้งด้านการผลิตวงจรรวม และการประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถัง ดังเห็นได้จากกฎหมายและนโยบายที่ออกมารองรับ ได้แก่ สหรัฐอเมริกาผ่านกฎหมายนวัตกรรมและการแข่งขัน (CHIPS Act) เพื่อวิจัย ออกแบบ และผลิตชิปภายในประเทศ สหภาพยุโรป มีกฎหมาย European Chips Act เพื่อลดการพึ่งพาบริษัทต่างชาติ และขยายส่วนแบ่งในตลาดโลกเป็นร้อยละ 20 ภายในปี 2573 เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การย้ายฐานการผลิตกลับไม่สามารถทำได้ทั้งหมด ซึ่งจะการลงทุนในประเทศข้างเคียงจีนจึงกลายเป็นอานิสงส์ที่เป็นประโยชน์ต่อชาติในอาเซียนที่จะดึงการลงทุนไว้แต่ขึ้นอยู่กับความสามารถและปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ทักษะของบุคลากร ความพร้อมด้านสาธารณูปโภคสำคัญ รวมถึงสิทธิประโยชน์ที่ให้

สำหรับประเทศไทยเป็นฐานการผลิตของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่งของโลก ในกลุ่มผลิตภัณฑ์วงจรรวม (Integrated Circuit: IC) แผ่นวงจรพิมพ์ (Print Circuit Board: PCB) ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Hard Disk Drive: HDD) มอเตอร์ไฟฟ้า สายไฟ และสายเคเบิล เป็นต้น โดยอาศัยความได้เปรียบด้านต้นทุนแรงงานไทยที่ยังค่อนข้างต่ำ โดยเฉพาะในกลุ่มเซมิคอนดักเตอร์ในไทยส่วนใหญ่เป็นฐานของการประกอบทดสอบ และบรรจุตัวถัง (ATP) ซึ่งนอกจากจะมีมูลค่าเพิ่มต่ำ ยังมีคู่แข่งจากประเทศในภูมิภาคเดียวกันที่อาศัยความได้เปรียบทางด้านต้นทุนแรงงาน โดยหากไทยยังต้องการเป็นส่วนหนึ่งของห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์โลก ต้องสร้างขีดความสามารถของประเทศเพื่อยกระดับสู่การผลิตขั้นสูงขึ้น แต่ไทยยังขาดความสามารถในการผลิตในระดับสูง ขณะเดียวกันไทยขาดดุลการค้าเซมิคอนดักเตอร์อย่างมาก แสดงให้เห็นถึงการพึ่งพาการนำเข้ามาเชื่อใช้ในประเทศ เมื่อพิจารณาควบคู่กับการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศที่อยู่ในระดับต่ำร้อยละ 2.6 ขณะที่อีกหลายประเทศในอาเซียนมีการเติบโตมากกว่าร้อยละ 5 ในปี ค.ศ. 2022 ยิ่งเป็นการย้ำเตือนว่าไทยต้องมีการยกระดับความสามารถการผลิตในประเทศให้สู่ขั้นที่สูงขึ้น โดยเฉพาะอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทย

ไทยมีความพยายามส่งเสริมขีดความสามารถและการดึงดูดในประเทศให้สูงขึ้นจากหลายฝ่าย ทั้งการจัดทำแผนปฏิบัติการด้านการพัฒนาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ ระยะที่ 1 (พ.ศ. 2566 - 2570) ของหน่วยงานภายใต้กระทรวงอุตสาหกรรม การส่งเสริมการพัฒนาบุคลากรด้านการออกแบบวงจรรวมและเซมิคอนดักเตอร์ของกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ได้แก่ โครงการหลักสูตรแซนด์บ็อกซ์ (Higher Education Sandbox) ด้านเซมิคอนดักเตอร์ โดย สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และสำนักงานปลัด กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) มีเป้าหมายพัฒนากำลังคนด้านเซมิคอนดักเตอร์ตามความต้องการของผู้ประกอบการให้ได้ 200 คนต่อปี ต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปี และโครงการศูนย์รวมผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบวงจรไมโครอิเล็กทรอนิกส์ประเทศไทย (Thailand Hub of Talent in Microelectronics Design: THTMD) ภายใต้โครงการศูนย์กลางกำลังคนระดับสูง (Hub of Talents) ดำเนินการโดย สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) เป็นต้น ในส่วนของการส่งเสริมการลงทุนโดยคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ได้ให้สิทธิประโยชน์ยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลสำหรับกิจการเซมิคอนดักเตอร์สูงสุด 13 ปี และบรรจุอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมเป้าหมายในการผลักดันตาม 5 อุตสาหกรรมยุทธศาสตร์และ 5 วาระสำคัญของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน ปี 2566 – 2570

แต่การยกระดับสู่การผลิตวงจรรวม หรือการทำ Wafer Fabrication ต้องใช้เงินลงทุนทั้งในส่วนของทุน และการดำเนินการสูงมาก รวมถึงบุคลากรที่จะรองรับยังค่อนข้างจำกัด โดยเฉพาะข้อมูลบุคลากรที่จบหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์ระดับปริญญาตรี ปริญญาโท และปริญญาเอกที่เกี่ยวข้องมีแนวโน้มลดลง โอกาสที่จะลงทุนในไทยจึงทำให้ยาก ขณะที่ต่างชาติยังมองว่าไทยเหมาะกับการลงทุนผลิตระดับปลายน้ำ ดังเห็นได้จาก โครงการที่ขอส่งเสริมการลงทุนใหม่ด้านอิเล็กทรอนิกส์ ยังเป็นกลุ่มประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนใหญ่ ดังนี้การออกแบบวงจรรวมจึงมีความเหมาะสมที่จะได้รับการส่งเสริมในไทย

ในปัจจุบัน กิจการด้านออกแบบวงจรรวมที่มีผู้ประกอบการเพียง 3 ราย และมีความเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมภายในประเทศค่อนข้างต่ำ ไม่สามารถเชื่อมโยงเข้ากับการผลิต OEM ในประเทศได้เท่าใดนัก และยังต้องพึ่งพาส่งออกเป็นหลัก โดยรูปแบบความเชื่อมโยงธุรกิจออกแบบวงจรรวมในปัจจุบันของไทยมีการแข่งขันในธุรกิจเซมิคอนดักเตอร์ในไทยมีน้อยมาก อีกทั้งความแตกต่างระหว่างรายได้ของผู้ประกอบการออกแบบวงจรรวมของไทย และมูลค่าตลาด Fabless ในไทย แตกต่างกันอย่างมาก แสดงให้เห็นว่า ตลาด Fabless ในไทยมีขนาดค่อนข้างใหญ่ แต่ผู้ประกอบการของไทยไม่สามารถเข้าถึงตลาดในประเทศได้

เมื่อพิจารณกรณีตัวอย่างประเทศคู่แข่งอย่างเวียดนาม ที่เป็นผู้รับจ้างประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถัง เช่นเดียวกับไทย แต่มีการส่งเสริมและพัฒนาด้านการออกแบบวงจรรวมอย่างจริงจัง โดยสามารถดึงดูดให้กิจการต่างชาติรายหลักเข้ามาตั้งศูนย์การวิจัยและพัฒนาด้านการออกแบบวงจรรวม และทำงานร่วมกับมหาวิทยาลัยในเวียดนามเพื่อผลิตวิศวกรด้านการออกแบบวงจรรวม โดยสามารผลิตวิศวกรออกแบบวงจรรวมได้มากกว่า 5,000 คน ในปี ค.ศ. 2023 และยังมีการตั้งเป้าหมายผลิตบุคลากรให้ได้ถึง 50,000 คน ในปี ค.ศ. 2030 ซึ่งมีบริษัทเอกชนเป็นผู้รับการผลิตบุคลากรหลักถึง 15,000 คน

จากผลการศึกษา พบว่า มีประเด็นและความต้องที่ผู้ประกอบการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้ความสำคัญและมีผลกระทบสูง ได้แก่ Analog IC และ Power IC มีความเหมาะสมกับการธุรกิจออกแบบวงจรรวมในไทย การขาดแคลนบุคลากทักษะเป็นประเด็นที่ต้องได้รับการแก้ไข การดำเนินธุรกิจออกแบบวงจรรวมและเซมิคอนดักเตอร์ ยังขาดระบบนิเวศที่พร้อมสำหรับภาคอุตสาหกรรม ต้องพัฒนา Solution เพื่อตอบความต้องการหรือแก้ปัญหาให้อุตสาหกรรมหลักอื่นของประเทศ รวมถึงต้องเร่งสร้างนักออกแบบวงจรรวมให้เพิ่มขึ้น และตลาดภาครัฐมีความจำเป็นสำหรับผู้ประกอบการเกิดใหม่ประเทศ โดยตลาดสำหรับธุรกิจการออกแบบวงจรรวมของไทยยังมีช่องว่างให้เติบโตได้อีกมาก แต่ต้องการการส่งเสริมอย่างจริงจังและต่อเนื่อง

โดยในการศึกษาจึงได้มีข้อเสนอแนะต่อการสร้างธุรกิจออกแบบวงจรรวม ดังนี้

1) กำหนดระยะของการพัฒนาออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่

ระยะสั้น (1-2 ปี): เน้นสร้างรากฐานออกแบบวงจรรวม ควบคู่กับรักษาขีดความสามารถเดิม คือ การประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถัง รวมถึงการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่

ระยะกลาง (2 – 4 ปี): ส่งเสริมการสร้างธุรกิจด้านออกแบบวงจรรวมให้เพิ่มขึ้น

ระยะยาว (5 ปีขึ้นไป): สร้าง ecosystem ให้สมบูรณ์ โดยดึงดูดหรือส่งเสริมการลงทุนโรงงานผลิตวงจรรวม (Fabrication Plant) ในประเทศ

2) กิจกรรมหรือมาตรการ

ระยะสั้น:

(1) ส่งเสริมการลงทุนระดับต้นน้ำในกลุ่มผู้ประกอบการปลายน้ำที่มีศักยภาพอยู่เดิม ให้เพิ่มแผนกหรือกิจการด้านการออกแบบวงจรรวม

(2) ส่งเสริมการจัดตั้งศูนย์ออกแบบวงจรรวม ทำหน้าที่เชื่อมโยงความร่วมมือกับหน่วยงานภายในประเทศ และต่างประเทศ เพื่อส่งเสริมการวิจัยและพัฒนา และพัฒนาบุคลากร ตลอดจนเป็นแหล่งการจับคู่ผู้เชี่ยวชาญและภาคอุตสาหกรรรม เพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกันเพื่อยกระดับความสามารถของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ขั้นสูง โดยหน่วยงานนี้ต้องได้รับทุนสนับสนุนการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง

ระยะกลาง:

(1) สร้างกลไกเพื่อสร้างผู้ประกอบการใหม่ หรือดึงดูดการลงทุนผู้ประกอบการด้านการออกแบบวงจรรวมหรือผู้พัฒนาซอฟต์แวร์ออกแบบทางอิเล็กทรอนิกส์ในไทย รวมถึงดึงดูดกิจการผลิตวงจรรวมให้เข้ามาลงทุนในประเทศ

(2) จัดทำ Roadmap กำหนดเป้าหมายและทิศทางการพัฒนาเทคโนโลยี บุคลากร การตลาด และการประยุกต์ใช้งาน

ระยะยาว:

(1) มาตรการส่งเสริมการใช้ผลงานในประเทศทั้งด้านผลผลิตและผลงานวิจัยและพัฒนา รวมถึงมาตรการ Local content

(2) เปิดตลาดภาครัฐให้แก่ผู้ประกอบการที่เกิดขึ้นจากการส่งเสริมในระยะสั้นให้มีตลาดรองรับ

(3) กำหนดอุตสาหกรรมเป้าหมายที่จะได้รับการส่งเสริมเป็นพิเศษ โดยต้องเป็นอุตาหกรรมหลักของประเทศ เช่น ยานยนต์ และ ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น หรือเป็นภาคเศรษฐกิจเป้าหมายของประเทศ เช่น ภาคเกษตรและอาหาร ท่องเที่ยว หรือเป็นเทคโนโลยีที่ไทยมีโอกาสในการพัฒนา เช่น เทคโนโลยีด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อม และความยั่งยืน เทคโนโลยี IoT และเทคโนโลยี AI เป็นต้น

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมา

อุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์หรืออุปกรณ์ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ เป็นส่วนประกอบสำคัญต่ออุตสาหกรรมโลกสมัยใหม่ โดยเฉพาะการปรับเปลี่ยนวิถีสู่ยุควิถีดิจิทัล ทำให้อุปกรณ์และสิ่งของต่าง ๆ มีความสามารถในการตรวจจับ สื่อสาร แลกเปลี่ยน จัดเก็บ และประมวลผลข้อมูลจำนวนมหาศาล ตลอดจนการควบคุม สั่งการระหว่างอุปกรณ์และการสร้างแบบจำลองการเรียนรู้จากข้อมูล ช่วยให้อุปกรณ์สมัยใหม่มีความฉลาด สามารถตัดสินใจและทำงานได้อัตโนมัติ ในการผลิตอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์มีกระบวนการผลิตเชื่อมโยงกันเป็นห่วงโซ่อุปทานการโลก ที่เป็นเครือข่ายการผลิตข้ามประเทศหรือข้ามทวีป โดยที่ขั้นตอนการผลิตที่ใช้ทุนเข้มข้น (Capital Intensive) หรือเป็นขั้นตอนการผลิตมูลค่าเพิ่มสูง มักจะตั้งอยู่ในประเทศผู้เป็นเจ้าของเทคโนโลยีหรือประเทศที่มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ขณะที่ขั้นตอนการผลิตที่มีมูลค่าเพิ่มต่ำ ต้องอาศัยแรงงานในกระบวนการผลิตจำนวนมาก (Labor Intensive) ตั้งอยู่ในประเทศที่มีค่าแรงต่ำ

ไทยที่เป็นฐานรับจ้างผลิตของหลายอุตสาหกรรมแต่เป็นระดับการผลิตที่มีมูลค่าเพิ่มต่ำ จึงเป็นหนึ่งสาเหตุที่ทำให้ติดกับดักประเทศรายได้ปานกลาง (Middle Income Trap) ดังนั้นการยกระดับเทคโนโลยีเพื่อสร้างความสามารถการผลิตของประเทศสู่ระดับที่สูงขึ้นจึงจำเป็นต่อการก้าวสู่ประเทศที่มีรายได้สูง โดยเฉพาะอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ถูกนำไปใช้กับหลายอุตสาหกรรม และยังเป็นสินค้าส่งออกสำคัญลำดับต้น ๆ ของไทย แต่การผลิตของไทยยังอยู่ในระดับการประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถัง (Assembly Testing and Packaging) ซึ่งเป็นปลายน้ำของห่วงโซ่อุปทาน หากสามารถยกระดับสู่การผลิตระดับต้นน้ำหรือกลางน้ำจะช่วยให้ไทยมีบทบาทในเทคโนโลยีสำคัญของโลก ประกอบกับสถานการณ์การแพร่ระบาดเชื้อ Covid 19 ได้ก่อให้เกิดภาวะการขาดแคลนอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ไปทั่วโลก และส่งผลกระทบต่อการส่งมอบสินค้าของหลายอุตสาหกรรม รวมถึงปัญหาความขัดแย้งทางภูมิรัฐศาสตร์ (Geopolitics) โดยสหรัฐอเมริกามีความพยามยามกีดกันจีนจากความสามารถเทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์และเทคโนโลยีขั้นสูง เกิดการย้ายออกฐานการผลิต และการงดนำเข้าสินค้าบางรายการที่ส่งออกจากจีน เพื่อลดการพึ่งพาและเป็นการแยกจีนออกจากห่วงโซ่อุปทาน เซมิคอนดักเตอร์ จึงกลายเป็นประเด็นร้อน (Hot Issue) ที่หลายประเทศทั่วโลกให้ความสำคัญกับการสร้างขีดความสามารถภายในประเทศ ทั้งการสนับสนุนด้านการวิจัยและพัฒนา การส่งเสริมการลงทุนเทคโนโลยีขั้นสูง และการสร้างความร่วมมือเพื่อสร้างความเข้มแข็งของห่วงโซ่อุปทาน

การยกระดับความสามารถการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ของไทยให้สูงกว่าการประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถัง ไปสู่ต้นน้ำของห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์มีทั้งส่วนการผลิตวงจรรวม (Wafer Fabrication) และการออกแบบวงจรรวม (Integrated Circuit Design: IC Design) แต่ไทยมีโอกาสจากการสร้างความสามารถด้านออกแบบวงจรรวมได้มากกว่าการผลิตวงจรรวมที่ต้องใช้เงินลงทุนอย่างมหาศาล ต้องมีความพร้อมด้านสาธารณูปโภคต่าง ๆ และต้องพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างชาติสูงกว่าการออกแบบวงจรรวม ซึ่งใน

กระบวนการผลิตผู้ออกแบบวงจรรวมสามารถว่าจ้างโรงงานรับจ้างผลิตจากต่างประเทศได้โดยไม่จำเป็นต้องลงทุนเอง

ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์ระดับเบื้องต้นเพื่อเป็นการทำความเข้าใจห่วงโซ่อุปทานอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์หรือไมโครอิเล็กทรอนิกส์ของโลกและของไทย รวมถึงศึกษาโอกาสทางด้านธุรกิจการออกแบบวงจรรวม ซึ่งเป็นธุรกิจระดับต้นน้ำของอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าเพิ่มสูง แต่ใช้เงินลงทุนไม่สูงมาก เพื่อเป็นการกระตุ้นให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้ความสำคัญต่อการส่งเสริมอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในประเทศอย่างเข้าใจและให้การส่งเสริมได้อย่างเหมาะสมเพื่อนำไปสู่การสร้างขีดความสามารถทางการแข่งขันของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อเป็นการทำความเข้าใจห่วงโซ่อุปทานของโมโครอิเล็กทรอนิกส์ และโอกาสในการยกระดับอุตสาหกรรมด้วยการสร้างธุรกิจออกแบบวงจรรวมในประเทศ จึงมีวัตถุประสงค์การศึกษา ดังนี้

1) ศึกษาห่วงโซ่อุปทาน สถานภาพตลาด และสถานภาพอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์โลก

2) ศึกษาบทบาทของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทยในห่วงโซ่อุปทานของโลก

3) วิเคราะห์โอกาสทางธุรกิจด้านการออกแบบวงจรรวมของไทย

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

การศึกษาเชิงวิเคราะห์จะทำการศึกษาภาพรวมของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ตามขอบเขตห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ เพื่อนำไปสู่การหาโอกาสของธุรกิจการออกแบบวงจรรวมที่เป็นกิจกรรมการผลิตระดับต้นน้ำที่เหมาะสมกับศักยภาพของประเทศ

1.4 วิธีการศึกษา

การศึกษาเชิงวิเคราะห์นี้พิจารณาทั้งสถานภาพที่เกิดขึ้นของโลกและของไทย รวมไปถึงปัจจัยสนับสนุนที่เกี่ยวข้องต่อการยกระดับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของประเทศ ให้สามารถเข้าไปมีบทบาทในการผลิตระดับต้นน้ำที่มีมูลค่าเพิ่มสูง ซึ่งผู้ศึกษามีสมมติฐานว่า ***"ประเทศไทยมีศักยภาพที่เหมาะสมต่อการสร้างธุรกิจออกแบบวงจรรวม"*** พร้อมทั้งศึกษาตัวอย่างกรณีศึกษาของต่างประเทศในการขับเคลื่อนอุตสาหกรรมระยะเริ่มแรก เพื่อหาแนวทางและโอกาสของการสร้างธุรกิจออกแบบวงจรรวม โดยมีลำดับขั้นตอนการศึกษา ดังนี้

1) กำหนดหัวข้อสำคัญของการศึกษา ได้แก่ ห่วงโซ่อุปทานอุตสาหกรรม ประเภทเซมิคอนดักเตอร์ รูปแบบธุรกิจ ประเทศรายสำคัญในแต่ละข้อของห่วงโซ่อุปทาน มูลค่าตลาดและการค้า การลงทุน ความพร้อมด้านบุคลากร การดำเนินนโยบายที่เกี่ยวข้อง จุดแข็ง จุดอ่อน และแนวโน้มการสร้างธุรกิจออกแบบวงจรรวมของไทย โดยใช้วิธีรวบรวมข้อมูลจากแหล่งทุติยภูมิ และการสัมภาษณ์เชิงลึก

2) กำหนดแหล่งข้อมูลที่สำรวจ โดยแบ่งเป็น 1) แหล่งทุติยภูมิจากรายงานบทวิเคราะห์อุตสาหกรรม รายงานการศึกษา รายงานสำรวจ ข่าว สื่อด้านเทคโนโลยี และงานสัมมนาที่เกี่ยวข้อง 2) แหล่งข้อมูลปฐมภูมิจากการสัมภาษณ์เชิงลึก โดยมีเกณฑ์การคัดเลือก ดังนี้

2.1) ภาคเอกชน เป็นผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ที่มีกิจกรรมด้านการออกแบบวงจรรวม ผลิตวงจรรวม หรือผู้ประกอบการที่สนใจลงทุนในกิจการทั้ง 2 ประเภทดังกล่าว

2.2) ภาควิชาการ เป็นผู้มีประสบการณ์สอน หรือเป็นนักวิจัยทางด้านเซมิคอนดักเตอร์ ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ หรือที่เกี่ยวข้อง

2.3) ภาครัฐ เป็นหน่วยงานที่มีบทบาทในการกำหนดนโยบาย และการขับเคลื่อนเชิงปฏิบัติในปัจจุบัน

ตารางที่ 1.1 รายละเอียดการสัมภาษณ์

ประเภทหน่วยงาน	จำนวน
ภาคเอกชน	5
ภาควิชาการ	1
ภาครัฐ	2
รวม	**8**

หมายเหตุ: รายละเอียดดูในภาคผนวก

3) การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบจากข้อมูลทุติยภูมิต่าง ๆ ทั้งข้อมูลของโลกและของไทย โดยอาศัยเทคนิคต่าง ๆ

3.1) การทำผังความสัมพันธ์ระหว่างระดับผลกระทบและคำตอบจากการสัมภาษณ์เชิงลึก

3.2) SWOT Analysis วิเคราะห์ความพร้อม โอกาสและอุปสรรคของไทย

4) การจัดทำข้อเสนอแนะ โดยนำผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลมาจัดทำเป็นข้อเสนอแนะเชิงนโยบายต่อการส่งเสริมอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ และธุรกิจการออกแบบวงจรรวมของไทย

บทที่ 2 ภาพรวมของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์

2.1 นิยาม และห่วงโซ่อุปทานของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์

2.1.1 นิยามที่เกี่ยวข้อง

เซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor) หรือสารกึ่งตัวนำ เป็นสารที่มีคุณสมบัติอยู่ระหว่างตัวนำและฉนวน เช่น ซิลิคอน (Silicon: Si) หรือเจอร์เมเนียม (Germanium: Ge) โดยที่สารกึ่งตัวนำมีจำนวนอิเล็กตรอนอิสระอยู่น้อยจึงไม่สามารถให้กระแสไฟฟ้าไหลเป็นจำนวนมาก เพื่อที่จะให้ได้กระแสไฟฟ้าไหลเป็นจำนวนมากจึงต้องมีการปรุงแต่งโดยการเจือปนอะตอมของธาตุอื่นลงไปในเนื้อสาร (สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์) หรือเอาอะตอมของธาตุบางชนิดมาทำปฏิกิริยากันให้ได้สารประกอบที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ (สารประกอบ) นอกจากนั้นสารกึ่งตัวนำยังแบ่งเป็น ***N-type*** ซึ่งเกิดจากการจับตัวกันของอะตอมของซิลิคอนกับอะตอมของสารหนู (Arsenic: As) ทำให้มีอิเล็กตรอนเกินขึ้นมา 1 ตัว เป็นอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ อีกประเภทหนึ่งคือ ***P-type*** เกิดจากการจับตัวของอะตอมซิลิคอนกับอะตอมของอะลูมิเนียม (Aluminum: Al) ทำให้เกิดที่ว่างซึ่งเรียกว่า โฮล (Hole) ขึ้นในแขนร่วมของอิเล็กตรอน อิเล็กตรอนข้างโฮลจะเคลื่อนที่ไปอยู่ในโฮล คล้ายกับโฮลเคลื่อนที่ จึงทำให้กระแสไฟฟ้าไหล (ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ, n.d.) ทั้งนี้ เมื่อกล่าวถึงสารหรือโลหะที่เป็นวัตถุดิบการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ อาจเรียกว่า วัสดุสารกึ่งตัวนำ หรือวัสดุเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor Materials) ขณะที่ผลิตภัณฑ์ที่มาจากกระบวนการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ เรียกว่า อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ หรืออุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor Device)

ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (Microlectronics) เป็นหนึ่งในสาขาทางอิเล็กทรอนิกส์เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ชิ้นส่วนขนาดเล็กหรือระดับไมโคร (1 ในล้านหน่วย หรือ 1x10-6) เป็นส่วนประกอบของการผลิตของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยไมโครอิเล็กทรอนิกส์เป็นการทำวงจรรวม (Integrated Circuit) เพื่อเชื่อมต่อส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน เช่น ทรานซิสเตอร์ (Transistor) ตัวต้านทาน (Resistor) คาปาซิเตอร์ (Capacitor) และไดโอด (Diode) เข้าไว้ด้วยกัน (Sullivan, 2023) ดังนั้น อุตสาหกรรมไมโครอิเล็กทรอนิกส์จึงหมายถึง อุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนขนาดเล็กดังกล่าว

ชิป (Chip) คือ แผ่นเวเฟอร์ขนาดเล็กทำจากวัสดุสารกึ่งตัวนำที่มีการวางวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยกระบวนการผลิตชิปมีหลายขั้นตอน แต่สามารถจัดเป็นกลุ่มหลัก ๆ ได้แก่ ***การสกัดซิลิคอนและการตัดแต่ง (Silicon Extraction and Shaping)*** คือ การหลอมทรายและทำให้บริสุทธิ์ ขึ้นรูปเป็นแท่งซิลิคอนผลึกเดี่ยว (Silicon Ingot) แล้วจึงนำไปตัดเป็นแผ่นเวเฟอร์ หรือชิปบางที่ผ่านการทำความสะอาด ขัดเงา และเคลือบชั้นซิลิคอนไดออกไซด์ (Silicon Dioxide) เพิ่มการเคลือบสารไวแสง (Photoresist) ***การสกัดวงจร (Circuit Etching)*** เป็นขั้นตอนการนำแผ่นเวเฟอร์ที่ผ่านกระบวนการเตรียมความพร้อมเบื้องต้นมาสร้างลวดลายวงจรบนแผ่นเวเฟอร์หรือชิป โดยนำแบบลายวงจรหรือหน้ากาก (Mask) มาเป็นแบบในการถ่ายลายวงจรบนแผ่นเวเฟอร์โดยใช้เทคนิค Photolithography และนำหน้ากากออกจากแผ่นเวเฟอร์ แล้วจึงสกัด

ลวดลาย (Etching) ขึ้นเป็นชั้นวงจรด้วยน้ำเคมีหรือวิธีอื่น และมีการเจือสาร (Doping) เพื่อปรับแต่งคุณสมบัติของเวเฟอร์ โดยที่กระบวนการสกัดลวดลายและการเจือสารจะมีการทำซ้ำหลายรอบเพื่อให้ได้วงจรที่ซับซ้อนตามที่ได้ออกแบบไว้ (Amazon, n.d.)

วงจรรวม (Integrated Circuit: IC) คือ โครงสร้างขนาดเล็กที่รวมส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ที่จำเป็น เช่น ทรานซิสเตอร์ ไดโอด คาปาซิเตอร์ และอื่น ๆ สร้างขึ้นเป็นวงจร เพื่อวัตถุประสงค์การทำงานเฉพาะ โดยมีกระบวนการผลิต (Fabricate) เพื่อวางวงจรลงบนแผ่นเวเฟอร์วัสดุสารกึ่งตัวนำขนาดเล็ก และนำเข้าสู่กระบวนการประกอบและบรรจุตัวถัง (IC Packaging) (Utmel Electronic, 2022) สำหรับนำไปใช้กับอุตสาหกรรมต่าง ๆ

แม้ว่าจะมีความแตกต่างเชิงเทคนิคของคำนิยามต่าง ๆ แต่โดยทั่วไปมักจะกล่าวถึงเซมิคอนดักเตอร์ในความหมายเดียวกับ ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ ชิป และวงจรรวม ดังนั้นในการศึกษานี้ จึงกำหนดใช้คำว่าเซมิคอนดักเตอร์ ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ และชิป ในขอบเขตเดียวกับ วงจรรวม เพื่อให้ง่ายต่อความเข้าใจ โดยที่ “อุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์” เป็นคำที่ใช้หลัก และอาจจะใช้คำอื่นร่วมด้วยตามบริบทที่กล่าวถึงในขณะนั้น

2.1.2 ประเภทของอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor Device)

การทำงานของเซมิคอนดักเตอร์ชิปจะเป็นการสื่อสัญญาไฟฟ้าผ่านองค์ประกอบต่าง ๆ ของวงจร โดยอุปกรณ์สามารถจำแนกได้ ดังนี้

1) ตามการทำงานสัญญาณ ประกอบด้วย

- *วงจรรวมแอนะล็อก (Analog Integrated Circuit)* วงจรแบบแอนะล็อกจะส่งสัญญาณที่แตกต่างกันอย่างต่อเนื่องในระยะเวลาหนึ่ง สัญญาณเอาต์พุตจะเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของอินพุตที่มีแรงดันไฟฟ้าตามสัดส่วนโดยตรง วงจรรวมประเภทนี้ใช้สำหรับอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ จับเวลา อุปกรณ์เปรียบเทียบสัญญาณ ตัวควบคุมแรงดันไฟฟ้า และตัวขยายแรงดันไฟฟ้า วงจรรวมประเภทนี้จะอยู่ในเครื่องกำเนิดสัญญาณแบบสวีพ (Sweep Generator) เครื่องกำเนิดสัญญาณออสซิลเลเตอร์ (Oscillator) เครื่องขยายเสียง (Amplifier) และฟิลเตอร์ (Filter)
- *วงจรรวมดิจิทัล (Digital Integrated Circuit)* วงจรแบบดิจิทัลส่งสัญญาณแบบไม่ต่อเนื่องหรือแบบไบนารี แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่ได้อาจแตกต่างกันไป โดยแรงดันไฟฟ้าสูงหมายถึงค่าบูลีน 1 และแรงดันไฟฟ้าต่ำหมายถึงค่า 0 โดยวงจรแบบดิจิทัลออกแบบมาเพื่อดำเนินการเชิงเชิงตรรกะต่าง ๆ เช่น AND, OR และ NAND เป็นพื้นฐานของการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ ประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์ที่ตั้งโปรแกรมได้ (Programable Device) แผงวงจรหลักของคอมพิวเตอร์ (Logic Board) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และหน่วยความจำ (Memory)
- *วงจรรวมแบบสัญญาณผสม (Mixed-Signal Integrated Circuit)* วงจรที่รวมองค์ประกอบของทั้งวงจรรวมแบบแอนะล็อก และดิจิทัลเข้าด้วยกัน รูปแบบที่ผสมผสานนี้ทำให้วงจรรวม

สามารถทำหน้าที่เป็นตัวแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นแอนะล็อก และแอนะล็อกเป็นดิจิทัล ซึ่งวงจรแบบสัญญาณผสมเป็นส่วนประกอบหลักของอุปกรณ์การคำนวณยุคใหม่

2) ตามฟังก์ชันการทำงาน ประกอบด้วย

- *วงจรรวมหน่วยความจำ (Memory Integrated Circuit)* ทำหน้าที่จัดเก็บโปรแกรมและข้อมูลบนคอมพิวเตอร์ เครื่องแม่ข่าย และอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ประกอบด้วย หน่วยความจำจัดเก็บข้อมูลชั่วคราว (DRAM) และหน่วยความจำจัดเก็บข้อมูลถาวร (NAND) เช่น แฟลชไดรฟ์ (Flash Drive) โซลิดสเตทไดรฟ์ (Solid State Drive: SSD) และหน่วยความจำในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ
- *วงจรรวมโลจิค (Logic Integrated Circuit)* คือ ชิปสำหรับทำงานเฉพาะวัตถุประสงค์ รวมถึงชิปที่โปรแกรมได้ เช่น Application-Specific Integrated Chips (ASICs) ที่ออกแบบมาเพื่อการประมวลผลซ้ำ ๆ เป็นประจำสำหรับอุปกรณ์หน้าที่เดียว Field Programmable Gate Array (FPGA) เป็นชิปที่สามารถโปรแกรมการทำงานได้ System on Chip (SoC) คือ ชิปที่รวบวงจรและส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ไว้บนชิปตัวเดียว เช่น ชิปสำหรับสมาร์ตโฟน
- *วงจรรวมไมโคร (Micro Integrated Circuit)* คือ ชิปประมวลผล โดยทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล และชิปสำหรับควบคุม เช่น ชิปประมวลผลกลางสำหรับคอมพิวเตอร์ (Microprocessor หรือ Central Processing Unit (CPU)) ชิปควบคุมการทำงาน (Microcontroller) หน่วยประมวลผลกลางกราฟิก (Graphic Processing Unit: GPU) หน่วยประมวลผลเส้นประสาท (Neural Processing Unit: NPU) สำหรับการประมวลผล Deep Learning และ Machine Learning รวมถึงหน่วยประมวลผลเร่ง (Accelerated Processing Unit: APU) ที่รวม CPU และ GPU เข้าไว้ด้วยกัน
- *วงจรรวมแอนะล็อก (Analog Integrated Circuit)* คือ ชิปส่งสัญญาแบบแอนะล็อก หรือชิปเชิงเส้น (Linear IC) เช่น ชิปขยายสัญญาณ (Operational Amplifier: Op-Amp) และชิปจัดการพลังงาน (Power Management Circuit) และแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้า (Power Supply)
- *อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เชิงแสง (Optoelectronics)* โดยเป็นอุปกรณ์ที่ตอบสนองต่อแสง การปล่อยแสง และการควบคุมแสง เช่น แอลอีดี (LED) อุปกรณ์ตรวจจับแสง (Photodetector) อุปกรณ์ควบคุมแสง (Optical Device) และอุปกรณ์สื่อสาร (Communication Device)
- *อุปกรณ์ชนิดแยกชิ้น (Discrete)* คือ ส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์ที่แยกออกเป็นชิ้นชัดเจน เช่น ไดโอด ทรานซิสเตอร์ และไทริสเตอร์ เป็นต้น
- *เซนเซอร์ (Sensor)* ชิปตรวจจับหรือตรวจวัดคุณสมบัติ ปริมาณ และตำแหน่ง ทั้งทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ และสภาพแวดล้อม

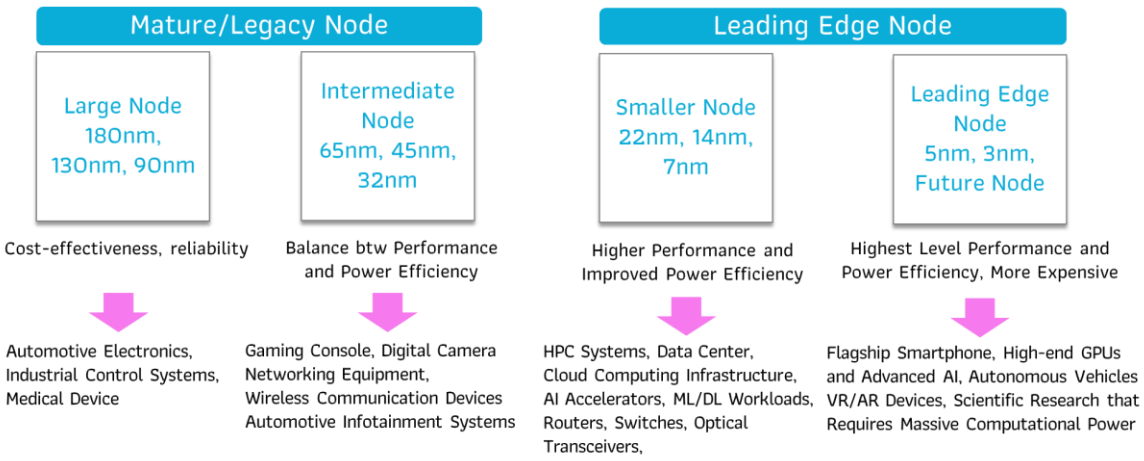
ตารางที่ 2.1 ประเภทของอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์และตัวอย่างอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ประเภท	ตัวอย่างอุปกรณ์
Memory IC	DRAM, NAND, Flash Drive, Solid State Drive
Logic IC	ASICS, FPGA, SoC, Specific ICs
Micro IC	Microprocessor, Microcomputer, CPU, GPU, APU
Analog IC	Operational Amplifier (Op-Amp), Power Management Circuit
Optoelectronics	LEDs, Photodetector, Optical Device, Communication Device
Discrete	Diode, Transistor, Thyristor
Sensor	Thermal Sensor, Pressure Sensor, Acceleration Sensor

ที่มา: ปรับปรุงจาก Ciani, A., Nardo, M (2022) และ Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation (2020)

3) ตามขนาดของเซมิคอนดักเตอร์ ประกอบด้วย

- Leading Edge Node มีขนาดไม่เกิน 5 นาโนเมตร
- Smaller Node มีขนาดตั้งแต่ 7 นาโนเมตร แต่ไม่เกิน 22 นาโนเมตร
- Intermediate Node มีขนาดประมาณ 32 นาโนเมตร แต่ไม่เกิน 65 นาโนเมตร
- Large Node มีขนาด 90 นาโนเมตรขึ้นไป



รูปที่ 2.1 ประเภทเซมิคอนดักเตอร์ตามขนาด และการประยุกต์ใช้งาน

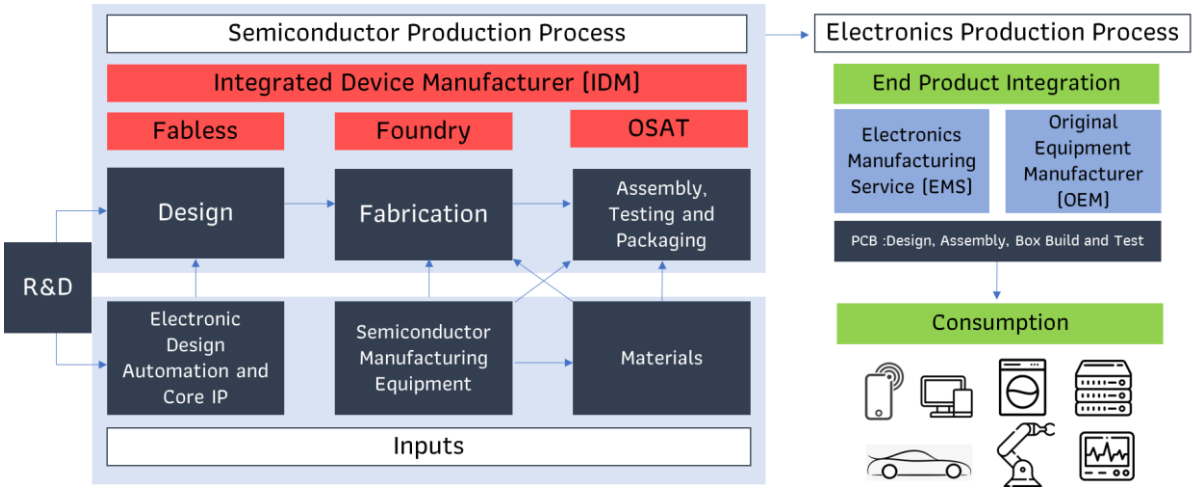
ที่มา: Abhishek Singh [n.d.]

ขนาดของวงจรรวมเป็นอีกหนึ่งปัจจัยที่สะท้อนถึงความสามารถทางเทคโนโลยีของผู้ผลิต โดยวงจรรวมที่มีขนาดใหญ่จะมีประสิทธิภาพพลังงานสูงและต้นทุนการผลิตต่ำ ขณะที่วงจรรวมที่มีขนาดเล็กจะมี

สมรรถนะการทำงานสูง และใช้พลังงานสูงจึงต้องมีการจัดการให้มีประสิทธิภาพพลังงานที่ดีขึ้น ทำให้มีต้นทุนสูงกว่าวงจรรวมที่มีขนาดใหญ่

2.2 ห่วงโซ่อุปทานอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor Industry Supply Chain)

ห่วงโซ่อุปทานการผลิตในแต่ละขั้นตอนของเซมิคอนดักเตอร์ สามารถพิจารณาออกได้เป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ ห่วงโซ่อุปทานแบบแคบ เป็นการพิจารณาเฉพาะขั้นตอนการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ และห่วงโซ่อุปทานแบบกว้าง ที่ขยายขอบเขตกิจกรรมไปถึงการนำเซมิคอนดักเตอร์ไปผลิตเป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยที่รายงานฉบับนี้จะมุ่งเน้นให้ความสนใจศึกษาห่วงโซ่อุปทานแบบแคบเป็นหลัก แต่อาจมีบางส่วนที่ขยายความไปถึงการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์เพื่อความเข้าใจอุตสาหกรรมยิ่งขึ้น



รูปที่ 2.2 ห่วงโซ่อุปทานอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์

ที่มา: ปรับปรุงจาก CSET Issue Brief (2021)

2.2.1 ห่วงโซ่อุปทานการผลิตเซมิคอนดักเตอร์

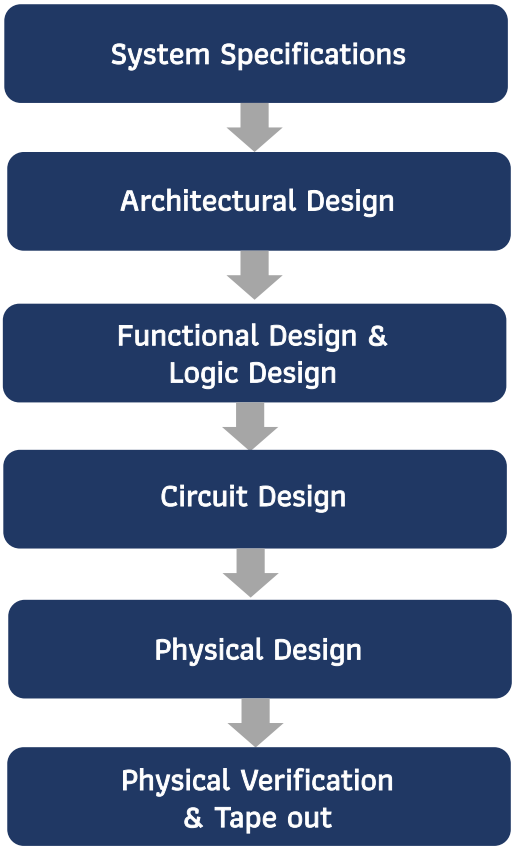
แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นตอนวิจัยและออกแบบ (Research and Design Stage) การทำวิจัยจะสะท้อนถึงบริษัทหรือองค์กรที่ให้ความสำคัญต่อการเป็นผู้นำนวัตกรรมที่นำไปสู่การเป็นเจ้าของสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาการผลิตชิป (JRC, 2022) โดยการวิจัยสามารถดำเนินการเพื่อสนองตอบต่อความต้องการสร้างนวัตกรรมในแต่ละข้อต่อของห่วงโซ่อุปทาน เพื่อสร้างขีดความสามารถในการแข่งขันเหนือคู่แข่ง และการสร้างโอกาสทางธุรกิจใหม่

การออกแบบวงจรรวมเป็นจุดเริ่มต้นของขั้นตอนผลิตในห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ โดยกำหนดหน้าที่การทำงานของวงจรและการเชื่อมต่อส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์เป็นชุดวงจรให้ทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ และต้องอาศัยซอฟต์แวร์ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์อัตโนมัติ (Electronic and Design

Automation Tools: EDA Tools) จากบริษัท EDA ในการทำงาน มีกระบวนการออกแบบ (Synopsis, n.d.) ดังนี้

- การกำหนดคุณลักษณะและออกแบบสถาปัตยกรรม (Specification and Architecture Design) เพื่อระบุหน้าที่การทำงานของวงจร ความเร็ว การใช้พลังงาน ราคาเป้าหมาย รวมถึงการออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบที่จะเป็นตัวกำหนดเทคโนโลยี
- การออกแบบวงจร (Circuit Design) การร่างโครงสร้างของบล็อกวงจรต่าง ๆ ที่เชื่อมต่อกันเพื่อให้วงจรรวมทำหน้าที่ได้ตามที่ต้องการ ทั้งภาพกว้าง (High Level) และองค์ประกอบส่วนย่อย (Low Level) โดยใช้ซอฟต์แวร์สังเคราะห์ (Logic Synthesis) และจำลองการทำงาน (Simulation) ร่วมกับอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบการทำงานของวงจรที่ออกแบบขึ้น โดยใช้ซอฟต์แวร์ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์อัตโนมัติ
- การออกแบบทางกายภาพ (Physical Design) เป็นขั้นตอนสร้างผังภูมิวงจร (Layout) ขององค์ประกอบวงจรและการเชื่อมต่อทั้งหมดที่จะสร้างบนแผ่นเวเฟอร์ การวางผังพื้น (Floor Plan) ของชิป เพื่อกำหนดหน้าที่และวางตำแหน่งต่าง ๆ บนชิป รวมถึงช่องต่อ Input และ Output ลวดลายวงจรเพื่อเตรียมสู่ขั้นตอนการผลิต
- การตรวจสอบทางกายภาพ (Physical Verification) เป็นการทดสอบผลกระทบทางกายภาพที่อาจจะเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตว่าวงจรรวมที่ออกแบบจะสามารถทำงานอย่างถูกต้องภายใต้สภาวะเครียดหรือไม่ รวมถึงการทดสอบตามกฎการออกแบบเกี่ยวกับวิธีการวางวงจรลงบนแผ่นเวเฟอร์ เพื่อให้มั่นใจว่าสามารถผลิตชิปตามที่ออกแบบได้
- การอนุมัติแบบ (Signoff/ Tape Out) เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการออกแบบเมื่อผ่านการตรวจสอบการทำงานของวงจร ตรวจสอบการออกแบบ และอนุมัติแบบ โดยหลังจากสร้างแบบแล้วจะส่งไปยัง Mask Shop เพื่อถ่ายแบบทุกชั้นลงบนแผ่นแก้วแม่แบบ (Mask) (อาทิจ, 2555) สำหรับใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป



รูปที่ 2.3 ผังกระบวนการออกแบบวงจรรวม

ที่มา: Jan Paul (2020)

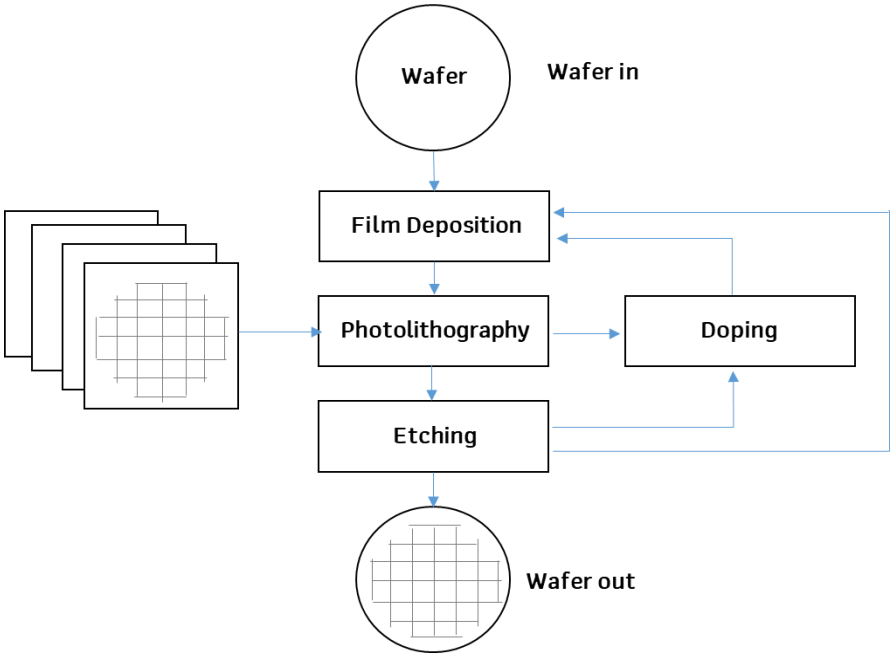
2) ขั้นตอนการผลิตวงจรรวม (Wafer Fabrication หรือ Front-end Manufacturing) คือ การผลิตแผงวงจรรวม เป็นขั้นตอนต่อจากการออกแบบวงจรรวม ด้วยการสร้างวงจรลงบนแผ่นเวเฟอร์ภายในโรงงานผลิต (Foundry หรือ Fabrication Plant) ซึ่งมีกระบวนการผลิตหลักที่ค่อนข้างซับซ้อน และใช้เงินทุนและเทคโนโลยีการผลิตสูง (SANTOSH DAS, 2022): (อภิชาติ, 2557): (University of Michigan, n.d.): (Mohd Said, 2014) มีขั้นตอนการผลิต ดังนี้

- การเตรียมแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Preparation) ซึ่งเป็นขั้นตอนการทำให้วัสดุ (Material) พร้อมใช้งาน โดยการนำแท่งซิลิคอนผลึกเดี่ยวมาผ่านกระบวนการตัดและปรับแต่งให้เป็นแผ่นกลมบาง หรือเวเฟอร์ แล้วนำไปทดสอบแผ่นเวเฟอร์เปล่า (Wafer Test) ให้พร้อมสำหรับการผลิตในกระบวนการต่อไป สำหรับแผ่นเวเฟอร์มีอยู่หลายขนาดตามเส้นผ่านศูนย์กลาง เช่น 5 นิ้ว 6 นิ้ว 8 นิ้ว และ 12 นิ้ว เป็นต้น
- การเคลือบชั้นออกไซด์ (Oxidation) เป็นกระบวนการสร้างชั้นออกไซด์โดยการเติมออกซิเจนเพื่อทำปฏิกิริยากับซิลิคอนเป็นซิลิคอนไดอ็อกไซด์ (SiO_2) เพื่อให้มีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า

และป้องกันสิ่งสกปรก ทั้งนี้ บริเวณที่ถูกเคลือบด้วยออกไซด์จะไม่สามารถทำประโยชน์ได้ จึงต้องมีการจำกัดส่วนที่เคลือบออกไซด์ออกก่อน

- การเคลือบสารไวแสง (Photoresist) เป็นการเคลือบน้ำยาไวแสงบนแผ่นเวเฟอร์ เพื่อสร้างชั้นเคลือบที่ทนต่อการกัดกร่อนสำหรับการฉายแสงเพื่อสร้างลวดลายวงจร
- การถ่ายแบบลายวงจร (Photolithography) เป็นเทคนิคในการสร้างลวดลายวงจรโดยการฉายแสงผ่านหน้ากากหรือกระจกต้นแบบ (Mask) เพื่อกำจัดชั้นเคลือบออกไซด์ออกวาดเป็นลวดลายวงจรบนแผ่นเวเฟอร์
- การเจือสาร (Doping) คือกระบวนการทำให้เวเฟอร์มีคุณสมบัติการนำไฟฟ้าที่ดีขึ้น โดยมี 2 เทคนิค ได้แก่ **การแพร่สารเจือ (Diffusion)** เป็นการเติมอะตอมของสารเจือจากบริเวณที่มีความหนาแน่นสูงไปยังบริเวณที่มีความหนาแน่นต่ำ เพื่อเปลี่ยนสภาพการต้านทานไฟฟ้า (Resistivity) ของวัสดุให้นำไฟฟ้าได้ดียิ่งขึ้น **การยิงฝังประจุไอออน (Ion Implantation)** คือ การเร่งไอออนเข้าฝังผิววัสดุเป้าหมาย ซึ่งเป็นการเจือสารรูปแบบหนึ่งให้วัสดุมีคุณสมบัติการนำไฟฟ้า โดยความลึกของไอออนที่ฝังลงบนวัสดุจะขึ้นอยู่กับแรงดันและสนามไฟฟ้า ซึ่งประมาณของสารเจือสามารถควบคุมโดยการปรับแต่งจำนวนความเข้มข้นของไอออน
- การเคลือบผิว (Deposition) การสร้างชั้นบางจากวัสดุโลหะเคลือบเซมิคอนดักเตอร์ ซึ่งจะสะสมรวมกันในรูปของฟิล์มบาง (Thin Film) โดยใช้เทคนิคต่าง ๆ เช่น การระเหยสุญญากาศ (Vacuum Evaporator) สปัตเตอรริ่ง (Sputtering Deposition) การเคลือบไอเคมี (Chemical Vapor Deposition: CVD) หรือการเคลือบไอทางกายภาพ (Physical Vapor Deposition: PVD) การเคลือบผิวด้วยโลหะเพื่อเป็นสื่อนำไฟฟ้าในวงจร
- การสลักลาย (Etching) เป็นขั้นตอนสกัดเอาวัสดุออกจากแผ่นเวเฟอร์เพื่อสลักลวดลายวงจรด้วยปฏิกิริยาทางเคมี (Wet Etching) หรือใช้แก๊สพลาสมา (Dry Etching) ทั้งนี้ กระบวนการถ่ายแบบลายวงจร การเจือสาร และการสลักลาย อาจมีการทำซ้ำไปมาหลายรอบ เพื่อสร้างวงจรที่ซับซ้อน
- การทดสอบเวเฟอร์ (Wafer Probe/ Wafer Sort) เป็นการทดสอบการทำงานของชุดวงจรขณะที่ยังเป็นแผ่นเวเฟอร์ ก่อนที่นำไปสู่ขั้นตอนการผลิตต่อไป

โรงงานผลิตเซมิคอนดักเตอร์อาศัยปัจจัยการผลิตจากบริษัทผู้จำหน่าย (Supplier) ทั้งวัสดุการผลิต (Raw Materials) เช่น โลหะ และสารเคมีต่าง ๆ รวมถึงอุปกรณ์และเครื่องมือการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor Manufacturing Equipment) ซึ่งผู้จัดหน่ายวัตถุดิบแต่ละชนิดจะมีความเชี่ยวชาญที่แตกต่างกัน และอยู่กระจายยังประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก



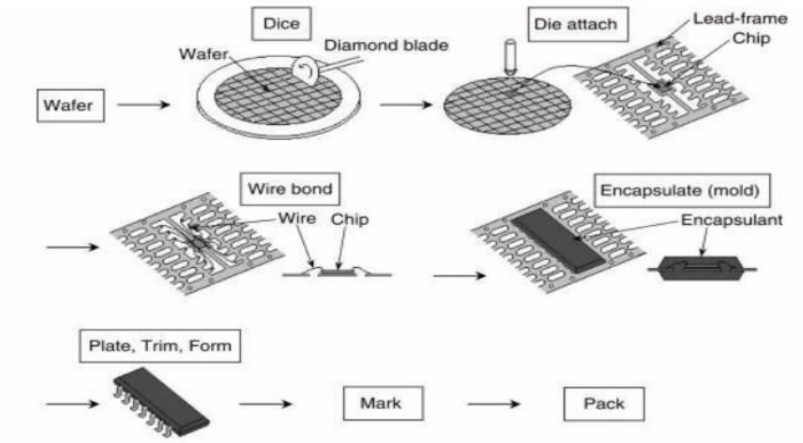
รูปที่ 2.4 ผังกระบวนการผลิตวงจรรวม (IC Fabrication)

ที่มา: Mohd Said, Nur Azura & Ogurtsov, Vladimir & Herzog, Grégoire (2014)

3) ขั้นตอนประกอบ ทดสอบและบรรจุตัวถัง (Assembling, Testing and Packaging: ATP หรือ Back-end Manufacturing) เป็นขั้นตอนนำแผ่นเวเฟอร์ที่สร้างชุดวงจร (Die) เรียบร้อยแล้ว แล้วมาตัดแยกประกอบตัวถัง และทดสอบการทำงาน โดยมีกระบวนการที่สำคัญดังนี้ (ACE Engineering College, 2020): (pongtorn, 2023): (Viospeed, 2022)

- การตัดแยกชุดวงจร (Wafer Saw) เป็นการนำเวเฟอร์มาตัดแยกเป็นรายชิ้น (Die)
- การยึดชุดวงจรกับโลหะนำไฟฟ้า (Die Attach) เป็นการนำ Die ที่ถูกตัดแยกแต่ละชั้นมายึดเข้ากับโลหะนำไฟฟ้า (Lead Frame) ด้วยตัวประสานที่มีคุณสมบัตินำไฟฟ้า และผ่านการอบตัวประสานให้แห้ง
- การเชื่อมลวด (Wire Bond) เป็นการเชื่อมลวดต่อวงจรระหว่าง Die กับขาของ Lead Frame
- การคลุมแผงวงจรด้วยเม็ดพลาสติก (Mold/Encapsulation) เป็นการฉีดเม็ดพลาสติก (Compound) ที่ผ่านการหลอมด้วยอุณหภูมิสูง ให้ปกคลุมแผงวงจรเพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยาระหว่างแผงวงจรกับบรรยากาศภายนอก และไม่ให้ลวดที่เชื่อมต่อกับขาของ Lead Frame เกิดการล้ม และนำเข้า package เข้าอบเพื่อปรับสภาพ Compound
- การทำสัญลักษณ์ (Mark) การเคลือบผิวโลหะนำไฟฟ้า (Plating) เป็นการเคลือบผิว Lead Frame เพื่อป้องกันการเกิดออกไซด์ และการตัดและขึ้นรูป (Trim & Form) เพื่อตัดตัววงจรรวมแยกออกจากแผง (Lead Frame Strip) และขึ้นรูปขางานตามวงจรรวมแต่ละประเภท

- การทดสอบ (Test) การทดสอบหน้าที่การทำงาน และคุณภาพของวงจรรวม รวมไปถึงการทดสอบการทำงานในสภาวะอุณหภูมิที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ ยังมีการทดสอบแบบ Strip Test คือการทดสอบทั้งแผงก่อนที่จะตัดวงจรรวมแยกออกมา



รูปที่ 2.5 กระบวนการประกอบ ทดสอบและบรรจุตัวถัง (Assembling, Testing and Packaging)

ที่มา: ACE Engineering College (2020)

2.2.2 ปัจจัยการผลิตหลักของการผลิตเซมิคอนดักเตอร์

ในการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ใช้ปัจจัยนำเข้าหลักที่สำคัญ 3 ประเภท ได้แก่

1) ซอฟต์แวร์ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และทรัพย์สินทางปัญญาแกนหลัก (Electronic Design Automation Tools and IP Core) โดยบริษัทซอฟต์แวร์ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต้องมีการปรับปรุงเครื่องมือการทำงานให้รองรับกับวงจรเทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์ที่ค่อนข้างสั้น และต้องมีความเข้าใจกระบวนการผลิตอย่างลึกซึ้ง ทำให้บริษัทซอฟต์แวร์ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีอยู่ในตลาดไม่มากนัก และต้องทำงานอย่างใกล้ชิดกับบริษัทออกแบบ และผู้ผลิตวงจรรวม

ซอฟต์แวร์ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (EDA Tools) คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Design) การจำลองการทำงาน (Simulate) และการตรวจสอบ (Verification) โดย EDA Tools เป็นเครื่องมือสำคัญสำหรับการพัฒนา ทดสอบ และสร้างระบบอิเล็กทรอกนิกส์ สำหรับวงจรรวมที่ส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์จำนวนมากรวมอยู่ในวงจรเดียวกัน ด้วยจำนวนบริษัทผู้พัฒนามีเพียงไม่กี่ราย และยังต้องปรับปรุงให้ทันต่อแผนการพัฒนาวงจรรวมรุ่นใหม่ ๆ ทำให้ EDA Tools มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง

ทรัพย์สินทางปัญญาแกนหลัก (IP Core) คือ บล็อกหน้าที่การทำงานหรือผังวงจรรวม ที่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำ มีรูปแบบที่ได้มาตรฐาน และสามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์เซมิคอนดักเตอร์หลายราย โดยการให้สิทธิอนุญาตของผู้ออกแบบ (Awati, 2022) ซึ่ง IP Core มักจะเป็นส่วนประกอบ (Module) สำหรับการ

ทำงานอย่างใดอย่างหนึ่ง (Standalone) ของระบบ ตัวอย่างเช่น Central Processing Unit (CPU), Ethernet Controllers, Peripheral Component Interconnect interfaces, Microcontrollers, Memory Controller และ 3D Graphic Unit เป็นต้น ดังตัวอย่างของ Apple ที่ได้รับสิทธิอนุญาต IP Core ที่ออกแบบโดย ARM มาใช้เป็นฐานการพัฒนาชิปหน่วยประมวลผลสมาร์ตโฟน นอกจากนั้น IP Core มีการแบ่งประเภทตามสิทธิแก้ไขปรับแต่ง Source Code ได้แก่ **(1) Hard IP Core** หรือแบบไม่ยืดหยุ่นในการแก้ไข ผู้ออกแบบจะกำหนดเงื่อนไขไว้ตายตัว **(2) Soft IP Core** แบบมีความยืดหยุ่นสูง ผู้รับสิทธิอนุญาตสามารถกำหนดค่า (Customized) และแก้ไข Source Code ได้ตามความต้องการ **(3) Firm IP Core** แบบมีความยืดหยุ่นมากกว่า Hard IP Core แต่น้อยกว่า Soft IP Core โดยสามารถกำหนดค่าและปรับแต่งให้เหมาะสำหรับการประยุกต์ใช้ที่แตกต่างกันได้ แต่ไม่สามารถปรับแก้ Source Code ได้

2) อุปกรณ์ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor Manufacturing Equipment) อุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์หรือวงจรรวมเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเล็กมาก จึงต้องการเครื่องมือและสิ่งอำนวยความสะดวกที่มีความเฉพาะ ความไว และใช้เทคนิคขั้นสูง เพื่อควบคุมกระบวนการทำงานอย่างเข้มข้นและมีกระบวนการผลิตที่มีความแม่นยำสูง ดังนั้นอุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่ใช้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์จึงมีราคาสูง ใช้เทคโนโลยีซับซ้อน และผลิตได้ยาก ทำให้มีบริษัทผู้ผลิตเครื่องจักรสำหรับเซมิคอนดักเตอร์น้อยรายในโลก โดยเฉพาะอุปกรณ์สำหรับขั้นตอน Wafer Fabrication เช่น EUV Lithography, Deposition, Etching, Cleaning, Doping equipment, Process Control, Photoresist Processing และ Tester ขณะที่อุปกรณ์ผลิตระยะการประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถัง จะมีความซับซ้อนทางเทคโนโลยีน้อยกว่าแต่ก็มีราคาสูงพอสมควร เช่น Dicing, Bonding, Cleaning, Packaging และ Test and Evaluation เป็นต้น นอกเหนือจากอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในกระบวนการผลิตแล้ว ยังมีห้องสะอาด (Cleanroom) เป็นโครงสร้างพื้นฐานสำคัญของการผลิตเซมิคอนดักเตอร์สำหรับควบคุมสิ่งปนเปื้อน อนุภาค และฝุ่นละออง ที่อาจปะปนกับสภาพแวดล้อม รวมถึงค่าความชื้นและอุณหภูมิให้มีค่ามาตรฐานสำหรับการผลิตเซมิคอนดักเตอร์

3) วัสดุผลิตเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor Materials) การผลิตเซมิคอนดักเตอร์มีวัสดุที่เกี่ยวข้องจำนวนมาก โดยเฉพาะกลุ่มแร่ธาตุสำคัญ (Critical Mineral) ประกอบด้วย ซิลิคอน (Si) เจอร์เมเนียม (Ge) สารประกอบต่าง ๆ เช่น แกลเลียมอาร์ซีไนด์ (GaAs) อินเดียมแอนติโมไนด์ (InSb) แกลเลียมอาร์ซีไนด์อลูมิเนียม (GaAsAl) แกลเลียมอาร์ซีไนด์ฟอสไฟด์ (GaAsP) โลหะผสมซิลิคอนเจอร์เมเนียม (Ge-Si) และแกลเลียมอาร์ซีไนด์-แกลเลียมฟอสไฟด์ (GaAs-GaP) อะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon) แม้ว่าซิลิคอนจะเป็นแร่หลักที่นำมาใช้ผลิตเวเฟอร์ ซึ่งเหมาะสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีแรงดันไฟฟ้าต่ำ (Low Voltage) และความถี่ต่ำ (Low Frequency) ในปัจจุบัน จึงมีการนำวัสดุที่มีคุณสมบัติแถบพลังงานกว้าง (Wide Band Gap) มาใช้เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของซิลิคอนสำหรับอิเล็กทรอนิกส์เชิงแสง (Optoelectronics) และการใช้ในอุปกรณ์ความถี่สูง และกำลังไฟระดับสูง (High Power Device) เช่น ซิลิคอนคาร์ไบน์ (SiC) แกลเลียมไนไตรด์ (GaN) ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) เพชร (Diamond) อะลูมินัมไนไตรด์ (AlN) ซึ่งเหมาะสำหรับใช้ในอุปกรณ์สมัยใหม่ที่มีอุณหภูมิสูง ความถี่สูง ต้านทานการแพร่รังสี และใช้กำลังไฟฟ้าระดับสูง เช่น การใช้งาน

ทางด้านแสง อิเล็กทรอนิกส์กำลัง เลเซอร์และเครื่องตรวจจับ ให้มีประสิทธิภาพการทำงานดีขึ้น ขนาดเล็กลง น้ำหนักเบาลง และยังช่วยลดการปลดปล่อยคาร์บอน โดยในอนาคตมีการคาดการณ์ว่าวัสดุแถบพลังงานกว้างจะมีการเติบโตและมีมูลค่าตลาดสูงกว่าวัสดุที่มาจากซิลิคอน

แผ่นเวเฟอร์ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในกระบวนการผลิตวงจรรวม ต้องผ่านกระบวนการหลอมเพื่อทำให้บริสุทธิ์และตัดเป็นแผ่นบาง โดยนำโพลีซิลิคอน (Polysilicon) ที่มาจากกระบวนการหลอมทรายให้ได้ซิลิคอนบริสุทธิ์ และนำไปหลอมเป็นแท่งผลึกซิลิคอนเดี่ยว (Monocrystalline Silicon Ingot) ที่ผ่านการปรับแต่งทรงและตัดให้เป็นแผ่นเวเฟอร์ สำหรับใช้ในกระบวนการผลิตแผ่นวงจรรวม และยังมีเคมีและแก๊สที่เป็นวัตถุดิบสำคัญในกระบวนการผลิตเช่นกัน

2.2.3 อุตสาหกรรมที่เกี่ยวเนื่อง

ตามห่วงโซ่อุปทานแบบกว้างยังมีอุตสาหกรรมอื่นที่เกี่ยวเนื่องจากการผลิตอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ โดยทำหน้าที่รับช่วงต่อการผลิตเซมิคอนดักเตอร์มาเป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายของอุตสาหกรรมปลายทาง และอุตสาหกรรมสนับสนุนอื่น ดังนี้

1) อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ทำหน้าที่รับช่วงต่อจากการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ที่เป็นเสมือนต้นน้ำของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ โดยนำอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์หรือวงจรรวมมาประกอบเข้ากับแผงวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board Assembly: PCBA) ที่ได้การออกแบบและผลิตไว้ และนำแผงวงจรพิมพ์ประกอบลงกล่องเป็นผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์สำเร็จรูป (Box Build) โดยผู้รับจ้างผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Manufacturing Service: EMS) และส่งต่อชิ้นส่วนไปยังผู้รับจ้างผลิตผลิตภัณฑ์ (Original Equipment Manufacturer: OEM) ตามการออกแบบ และจำหน่ายภายใต้ตราสินค้าของผู้ว่าจ้าง

2) อุตสาหกรรมปลายทาง เป็นอุตสาหกรรมที่ส่งมอบผลิตภัณฑ์สุดท้ายไปยังลูกค้า (Brand Owner) และผู้บริโภค (User) ทั้งนี้ OEM อาจถือเป็นส่วนหนึ่งของอุตสาหกรรมปลายทางได้เช่นกัน เนื่องจากมีกระบวนการผลิตและเทคโนโลยีเฉพาะของแต่ละอุตสาหกรรม รวมถึงต้องมีการทดสอบผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายตามมาตรฐานหรือข้อกำหนดในแต่ละอุตสาหกรรมก่อนที่จะมีการจำหน่ายในตลาด ซึ่งในปัจจุบัน อุตสาหกรรมต่าง ๆ ใช้ชิปเป็นส่วนประกอบภายในทำหน้าที่เสมือนสมองสั่งการทำงานของระบบให้ผลิตภัณฑ์มีการทำงานที่อัจฉริยะ เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์และขนส่ง อุตสาหกรรมเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร อุตสาหกรรมหุ่นยนต์ อุตสาหกรรมการแพทย์ อุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงการนำผลิตภัณฑ์อัจฉริยะไปใช้ประโยชน์ต่อยอดในภาคส่วนต่าง ๆ

3) อุตสาหกรรมสนับสนุน เป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานในการผลิตของอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมแม่พิมพ์ ชิ้นส่วนโลหะ ชิ้นส่วนพลาสติก โดยมีกระบวนการผลิตที่สำคัญ คือ การปั๊มขึ้นรูป การชุบเคลือบผิวโลหะ งานเครื่องมือกล การหล่อ การเชื่อม การฉีดพลาสติก และการขึ้นรูปยาง (สถาบันทรัพย์สินทางปัญญาแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2560) ตลอดจนอุตสาหกรรมโลจิสติกส์ที่รองรับการกระจายผลิตภัณฑ์ เป็นต้น

2.3 รูปแบบธุรกิจของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor Business Model)

ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์มีรูปแบบกิจกรรมการผลิตที่แตกต่างกันไป โดยขึ้นอยู่กับความสามารถทางเทคโนโลยี การบริหารจัดการต้นทุนและการลงทุน โดยสามารถจำแนกผู้ประกอบตามรูปแบบธุรกิจ 4 ประเภท ดังนี้

1) ผู้ผลิตครบวงจร (Integrated Device Manufacturers: IDM) คือ ผู้ประกอบการที่ดำเนินการผลิตทุกขั้นตอน ทั้งการออกแบบ การผลิตวงจรรวม และการประกอบ ทดสอบและบรรจุตัวถัง ซึ่งผู้ประกอบการกลุ่มนี้มักจะเป็นผู้นำของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ ตัวอย่าง เช่น Intel, Samsung, Texas Instruments, Micron, Toshiba, NXP, Analog Device, STMicroelectronics และ Infineon เป็นต้น

2) ผู้ผลิตวงจรรวมแบบไม่มีโรงงานผลิต (Fabless) คือ ผู้ประกอบการที่มีความเชี่ยวชาญด้านการออกแบบวงจรรวมและถือสิทธิอนุญาตการออกแบบ โดยไม่มีโรงงานผลิตของตนเอง แต่อาศัยการว่าจ้างบริษัทภายนอกดำเนินการผลิตเพื่อให้ได้อุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ตามที่ออกแบบไว้สำหรับจำหน่ายภายใต้ตราสินค้าของตนเองต่อไป ตัวอย่างบริษัทประเภทนี้ เช่น Qualcomm, Nvidia, Advanced Micro Devices (AMD), Broadcom และ Media Tek แต่ก็มีผู้ออกแบบอีกประเภทหนึ่งที่เป็นเพียงผู้ให้สิทธิอนุญาตการออกแบบหรือ IP Core แก่ผู้ประกอบรายอื่นโดยไม่มีการว่าจ้างผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ของตนเอง (IP Vendor) เช่น ARM, Synopsys, Cadence และ Rambus เป็นต้น ผู้ประกอบการกลุ่มนี้ส่วนหนึ่งจะเป็นผู้บริษัทซอฟต์แวร์ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

3) ผู้ผลิตวงจรรวม (Foundry หรือ Pure-play) คือ ผู้ประกอบการรับจ้างผลิตวงจรรวมขั้นตอน Wafer Fabrication เช่น Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC), Samsung (Foundry Business) , United Microelectronics Corporation (UMC), Global Foundries และ China's Semiconductor Manufacturing International Corporation (SMIC) ในการผลิตวงจรรวมต้องอาศัยเงินทุนสูงมาก และใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยในแต่ละกระบวนการผลิต โดย Foundry จะทำสัญญารับจ้างผลิตกับ Fabless และส่งต่องานประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถังไปยังผู้รับช่วง หรือ Foundry บางรายอาจดำเนินการประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถังด้วยตนเอง

4) ผู้รับช่วงประกอบและทดสอบวงจรรวม (Outsourced Semiconductor Assembly and Test : OSAT) คือ ผู้ประกอบการที่รับช่วงการผลิตต่อจาก Foundry เพื่อนำวงจรรวมหรือชิปจากขั้นตอนการผลิตมาทำการประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถัง (ATP) โดยที่ OSAT มักตั้งอยู่ในประเทศที่มีข้อได้เปรียบด้านต้นทุนแรงงาน เนื่องจากเป็นกิจการที่ใช้ทักษะแรงงานไม่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับ Fabless และ Foundry ตัวอย่างกิจการประเภทนี้ เช่น Amkor, Advanced Semiconductor Engineering (ASE), UTAC และผู้ประกอบการท้องถิ่นรายอื่น ๆ

นอกเหนือจากรูปแบบธุรกิจเซมิคอนดักเตอร์ข้างต้น ยังมีผู้พัฒนาซอฟต์แวร์ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เช่น Synopsys, Cadence, Keysight Technologies, Xilinx และ Siemens EDA ผู้ผลิตอุปกรณ์ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ เช่น Advanced Semiconductor Materials Lithography (ASML),

Advantest, Lam Research, Kokusai Electric, Applied Materials และ Hitachi High-Tech รวมถึงผู้จำหน่ายวัสดุผลิตเซมิคอนดักเตอร์ (Semiconductor Materials Supplier) อาทิ แร่โลหะ สารเคมี หรือแผ่นเวเฟอร์ เป็นต้น

อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์มีลักษณะเด่น คือ แต่ละภูมิภาคมีความเชี่ยวชาญที่แตกต่างกันในแต่ละข้อของห่วงโซ่อุปทาน ไม่มีประเทศใดพร้อมดำเนินการทุกขั้นตอนการผลิตได้เบ็ดเสร็จภายในประเทศแล้วมีความสามารถการแข่งขันเหนือคู่แข่ง จึงต้องมีการส่งต่อจากขั้นตอนการผลิตหนึ่งไปยังอีกขั้นตอนหนึ่งเป็นเครือข่ายของห่วงโซ่อุปทานโลกที่ซับซ้อน ดังกรณีตัวอย่างการผลิตอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์สำหรับสมาร์ตโฟนมีแผนที่ความเชื่อมโยงในกิจกรรมการผลิตหลัก ดังนี้

- ผู้ประกอบการอุปกรณ์ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ มีที่ตั้งอยู่ในยุโรปและสหรัฐอเมริกา ส่งอุปกรณ์ ไปติดตั้งยังโรงงานผลิตวงจรรวมในแถบเอเชียตะวันออก เช่น ไต้หวัน และจีน (หมายเลข 1)
- ผู้ออกแบบวงจรรวมแบบให้สิทธิอนุญาต (IP Vendor) ในสหราชอาณาจักรให้สิทธิอนุญาต IP Core (หมายเลข 2) แก่บริษัท Fabless ในสหรัฐอเมริกาเพื่อรวมกับแบบผังวงจรที่ออกแบบไว้แล้วส่งแบบให้ Foundry (หมายเลข 3) ที่ตั้งอยู่ในไต้หวันเพื่อทำ Wafer Fabication
- ผู้จำหน่ายวัสดุเซมิคอนดักเตอร์จากโลหะและแร่สำคัญ เช่น ซิลิคอน จากจีนส่งวัตถุดิบนำเข้าสู่กระบวนการผลิตเป็นแผ่นเวเฟอร์ (หมายเลข 4) ที่ญี่ปุ่น เพื่อส่งเป็นวัตถุดิบการผลิตวงจรรวมสำหรับ Foundry (หมายเลข 5) ที่ไต้หวัน และส่งต่อให้ OSAT (หมายเลข 6) ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ แล้วจึงส่งไปผลิตเป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย (หมายเลข 7) ในจีน ก่อนจะส่งไปจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์โดยเจ้าของตราสินค้าในสหรัฐอเมริกาต่อไป

รูปที่ 2.6 แผนที่ความเชื่อมโยงของห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ กรณีการผลิตชิปสำหรับสมาร์ตโฟน

ที่มา: ปรับปรุงจาก freepngimg.com และ Hiroyuki Okabe, EY (2023)

บทที่ 3 สถานภาพอุตสาหกรรมไมโครอิเล็กทรอนิกส์ของโลก และของไทย

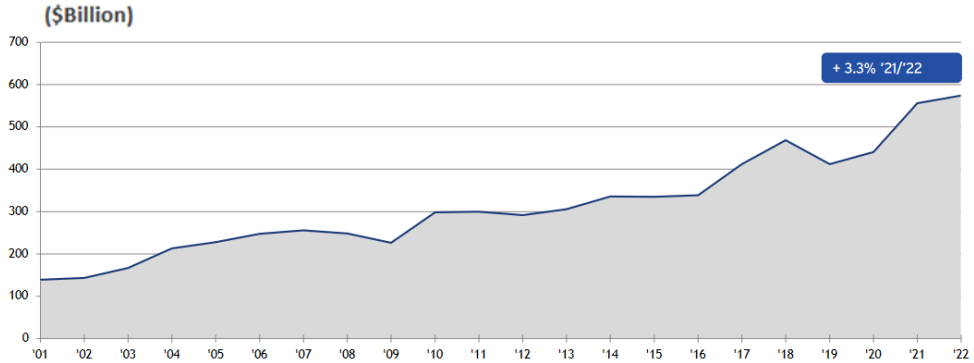
อุตสาหกรรมไมโครอิเล็กทรอนิกส์หรืออุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ มีทิศทางการเติบโตในระยะยาว ผลิตภัณฑ์สมัยใหม่ต่างมีอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ หรือวงจรรวมเป็นส่วนประกอบหลัก ขณะเดียวกันกระบวนการผลิตอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ยังสะท้อนถึงการเป็นห่วงโซ่อุปทานโลกได้อย่างชัดเจน มีการส่งต่อการผลิตตามระดับความเข้มข้นทางเทคโนโลยีและความได้เปรียบในการแข่งขัน ดังนั้น การทำความเข้าใจสถานภาพอุตสาหกรรมของโลกและภายในประเทศ จะมีส่วนสำคัญต่อการกำหนดทิศทางการยกระดับอุตสาหกรรมของประเทศ และส่งเสริมธุรกิจใหม่ที่มีขีดความสามารถที่สูงขึ้นได้

3.1 สถานภาพอุตสาหกรรมไมโครอิเล็กทรอนิกส์โลก

อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์โลกมีประเทศผู้ผลิตรายสำคัญเพียงไม่กี่ประเทศที่แย่งชิงส่วนแบ่งตลาดกัน ด้วยการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีอย่างรวดเร็วทำให้มีการคิดค้นและพัฒนาเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง และมีการจัดการเชิงต้นทุนเพื่อรักษาขีดความสามารถในการแข่งขัน ดังนั้นผู้เป็นเจ้าของเทคโนโลยีและผู้ผลิตจึงกระจายการลงทุนไปยังประเทศต่าง ๆ ที่มีปัจจัยทุน แรงงาน และตลาด รวมไปถึงการให้สิทธิประโยชน์จูงใจและการอุดหนุนที่ได้รับ แต่จากสถานการณ์แพร่ระบาด Covid-19 ก่อให้เกิดสภาวะการขาดแคลนชิปที่แสดงให้เห็นถึงความเสี่ยงจากการพึ่งพาแหล่งผลิตภายนอก ตลอดจนปัญหาความขัดแย้งทางภูมิรัฐศาสตร์เกิดการต่อสู้กันทางด้านการค้าและเทคโนโลยีระหว่างสหรัฐอเมริกาและจีนที่ส่งผลกระทบต่อห่วงโซ่อุปทานอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์โลก และการสร้างความเข้มแข็งของอุตสาหกรรมภายในของหลายประเทศ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1.1 ตลาดเซมิคอนดักเตอร์โลก

มูลค่าตลาดเซมิคอนดักเตอร์จากยอดขายทั่วโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในระยะยาว จากข้อมูลปี ค.ศ. 2001 มียอดขาย 138,963 ล้านเหรียญสหรัฐฯ เพิ่มขึ้นเป็น 574,084 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ในปี ค.ศ. 2022 คิดเป็นอัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปี (CAGR) ร้อยละ 6.7 โดยเป็นการเติบโตระหว่างปี ค.ศ. 2021 - 2022 ร้อยละ 3.3 (Semiconductor Industry Association (SIA), 2023)

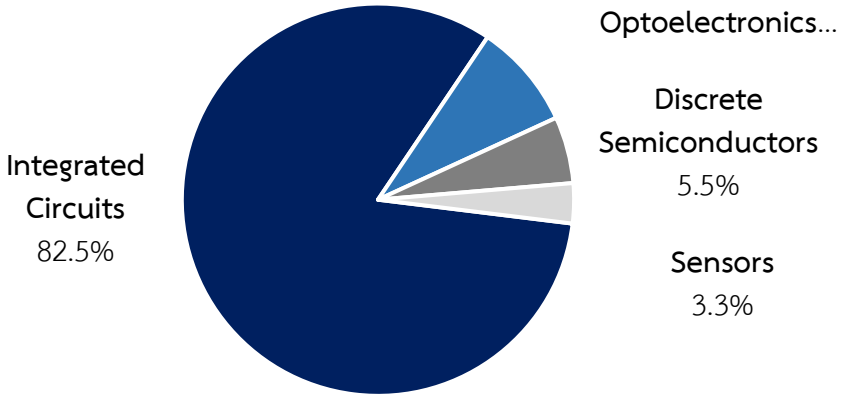


รูปที่ 3.1 มูลค่าตลาดเซมิคอนดักเตอร์ทั่วโลก ปี ค.ศ. 2001 - 2022

ที่มา: SIA (2023)

แม้ว่าระหว่างปี ค.ศ. 2019 – 2020 ตลาดหดตัวลงอันเนื่องจากสงครามทางการค้าระหว่างสหรัฐอเมริกาและจีน จากการต่อต้านบริษัทเทคโนโลยีจากจีนในสหรัฐอเมริกาและพันธมิตรของสหรัฐอเมริกา รวมไปถึงสถานการณ์แพร่ระบาดของ Covid-19 ระหว่างปี ค.ศ. 2020 - 2022 ทำให้ความสามารถการผลิตไม่สอดคล้องกับความต้องการ เกิดปัญหาการขาดแคลนชิปทั่วโลก และความไม่สมดุลระหว่างอุปสงค์และอุปทานชิปก็ตาม แต่จากการคาดการณ์ในระยะยาวยังคงมีการประเมินว่าในปี ค.ศ. 2030 ตลาดเซมิคอนดักเตอร์จะมีมูลค่าถึง 1 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ (Ondrej Burkacky, Julia Dragon, and Nikolaus Lehmann, 2022) หรือเพิ่มขึ้น 1 เท่าตัวจากปี ค.ศ. 2022

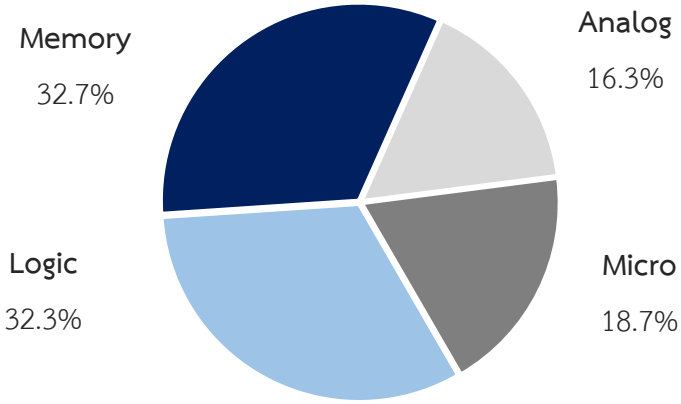
วงจรรวม (Integrated Circuits: IC) เป็นอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์หลักที่มีส่วนแบ่งตลาดโลกสูงสุงที่สุด จากการเฉลี่ยข้อมูลตั้งแต่ปี ค.ศ. 2016 – 2022 พบว่า วงจรรวมมีส่วนแบ่งตลาดร้อยละ 82.5 รองลงมาได้แก่ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เชิงแสง (Optoelectronics) มีส่วนแบ่งการตลาดร้อยละ 8.7 อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำแยกชิ้น (Discrete Semiconductors) ร้อยละ 5.5 และเซนเซอร์ (Sensors) ร้อยละ 3.3 ตามลำดับ



รูปที่ 3.2 ส่วนแบ่งตลาดเซมิคอนดักเตอร์ทั่วโลกเฉลี่ย จำแนกตามประเภท ปี ค.ศ. 2016 - 2022

ที่มา: รวบรวมข้อมูลจาก WSTS (2017-2022)

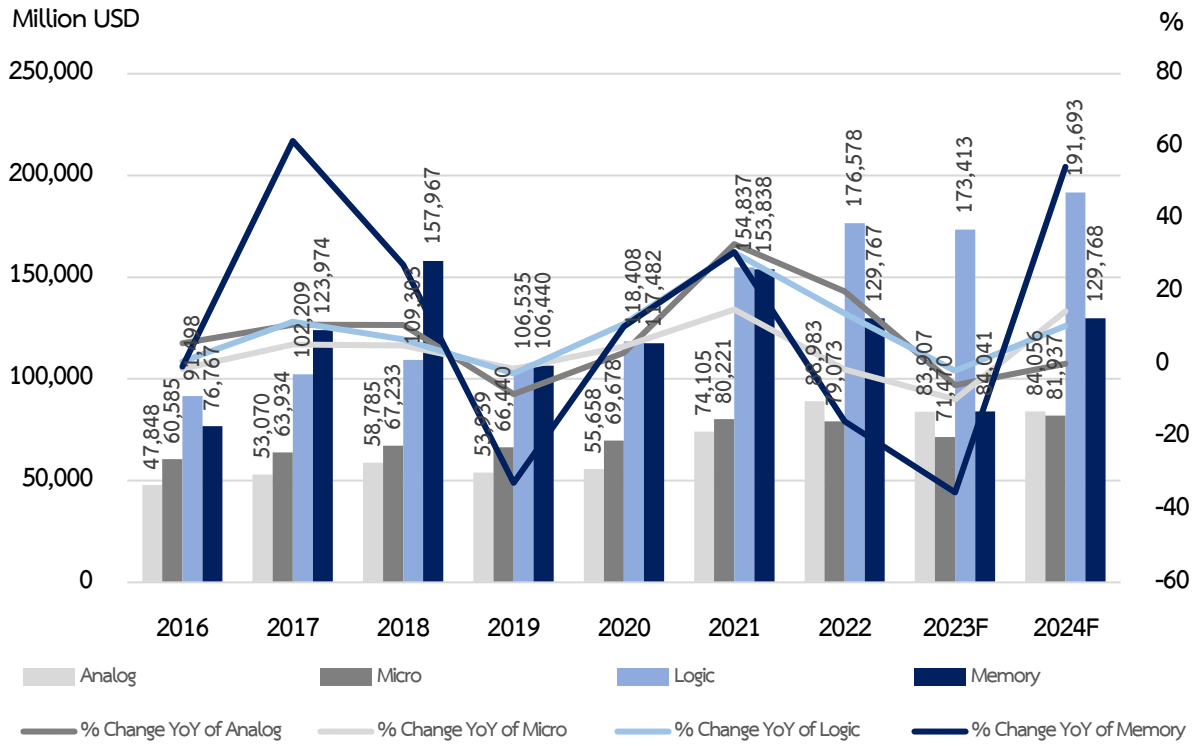
การเปลี่ยนแปลงมูลค่าตลาดเซมิคอนดักเตอร์ทั่วโลกจึงแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าตลาดวงจรรวม เมื่อพิจารณาส่วนแบ่งการตลาดเฉลี่ยจำแนกตามประเภทฟังก์ชันของวงจรรวม ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2016 - 2022 พบว่า Memory โดยมีส่วนแบ่งทางการตลาดเฉลี่ยร้อยละ 32.7 รองลงมาคือ Logic ร้อยละ 32.3 และ Micro ร้อยละ 18.7 และ Analog ร้อยละ 16.3 ต่อปี ตามลำดับ



รูปที่ 3.3 ส่วนแบ่งการตลาดวงจรรวมทั่วโลกเฉลี่ยต่อปี จำแนกตามประเภท ปี ค.ศ. 2016 - 2022

ที่มา: รวบรวมข้อมูลจาก WSTS (2017-2023)

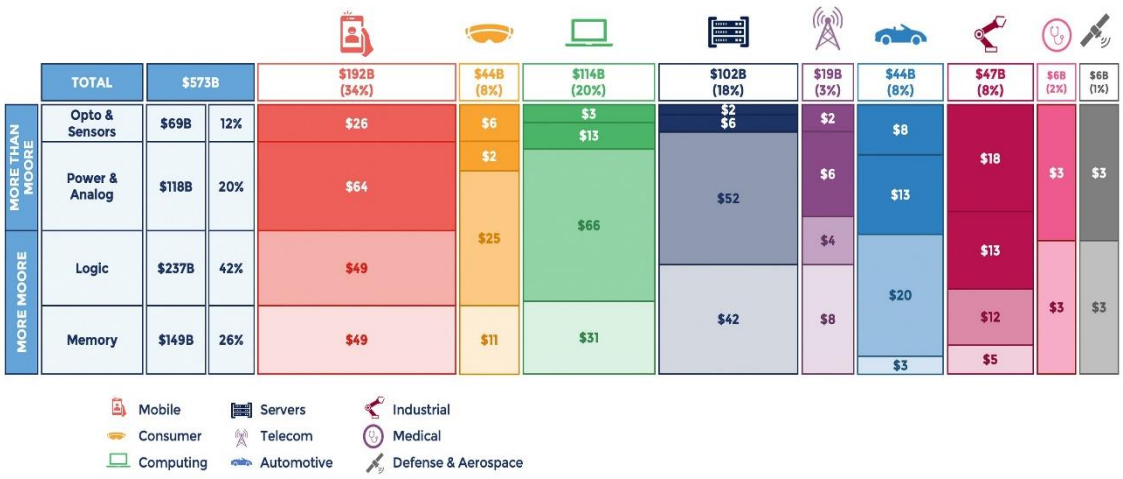
Logic และ Memory เป็นวงจรรวมที่มียอดขายสูงกว่า 100,000 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2017 เป็นต้นมา สูงว่าวงจรรวมประเภท Micro และ Analog และเป็นที่น่าสังเกตว่าวงจรรวมแต่ละประเภทมีวงจรการเติบโตและหดตัวในเชิงมูลค่าที่ใกล้เคียงกัน แต่วงจรรวม Memory มีขนาดของการเติบโตและการหดตัวสูงกว่าวงจรรวมประเภทอื่น



รูปที่ 3.4 มูลค่าตลาดวงจรรวมทั่วโลก จำแนกตามประเภท ปี ค.ศ. 2016 - 2024

ที่มา: รวบรวมข้อมูลจาก WSTS (2017-2023)

จากข้อมูลการใช้งานวงจรรวมของแต่ละอุตสาหกรรมในปี ค.ศ. 2022 พบว่า ตลาดวงจรรวม 5.7 แสนล้านเหรียญสหรัฐฯ ส่วนใหญ่นำไปใช้ในอุปกรณ์ทางดิจิทัล เช่น อุปกรณ์เคลื่อนที่ อุปกรณ์การคำนวณและคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์เครื่องแม่ข่ายและโครงสร้างพื้นฐานเทคโนโลยีสารสนเทศ เป็นสัดส่วนร้อยละ 34 ร้อยละ 20 และร้อยละ 18 ตามลำดับ สำหรับผลิตภัณฑ์ผู้บริโภค ยานยนต์ และอุตสาหกรรม มีมูลค่าการใช้วงจรรวมในสัดส่วนร้อยละ 8 เท่ากัน ขณะที่เครื่องมือแพทย์ และการป้องกันประเทศและอวกาศมีสัดส่วนการใช้วงจรรวมร้อยละ 2 และร้อยละ 1 ตามลำดับ โดยวงจรรวมประเภท Logic มูลค่ายอดขายสูงถึง 2.3 แสนล้านเหรียญสหรัฐฯ หรือคิดเป็นร้อยละ 42 ของมูลค่าตลาด โดยอุตสาหกรรมที่ใช้ Logic ส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรมทางด้านดิจิทัลที่มีการแข่งขันทางเทคโนโลยีสูง ต้องการประสิทธิภาพด้านประมวลผลและลดขนาดให้เล็กลง เช่นเดียวกับวงจรรวม Memory ที่ใช้เป็นหน่วยความจำของอุปกรณ์ต่าง ๆ มีมูลค่าตลาด 1.5 แสนล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 26 ขณะที่วงจรรวม Analog ที่ประยุกต์ใช้งานด้านขยายสัญญาณและจัดการพลังงาน มีมูลค่าตลาด 1.2 แสนล้านเหรียญสหรัฐฯ หรือคิดเป็นร้อยละ 20 ซึ่งเป็นวงจรรวมที่ไม่ได้แข่งขันลดขนาดเหมือน Logic และ Memory

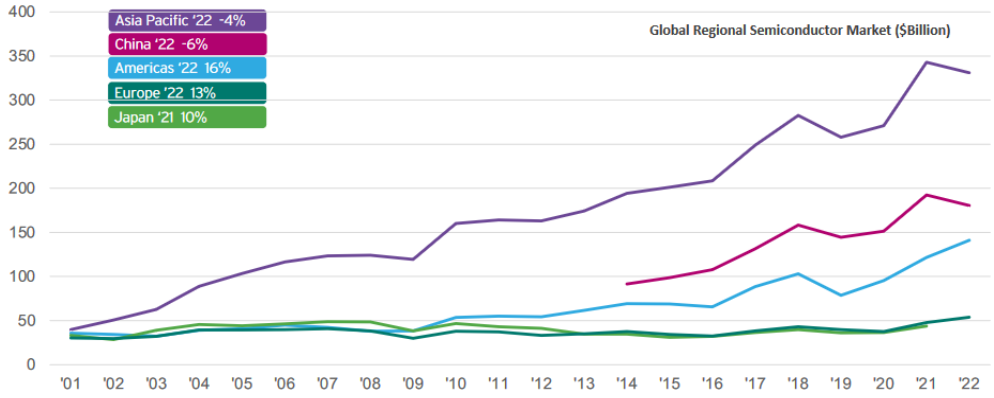


รูปที่ 3.5 มูลค่าตลาดเซมิคอนดักเตอร์รายประเภท จำแนกตามการประยุกต์ใช้งาน

ที่มา: Yole Intelligence (2023)

เมื่อพิจารณามูลค่าตลาดจำแนกตามภูมิภาค จากข้อมูลของสมาคมอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์แห่งอเมริกา (SIA) พบว่า เอเชียแปซิฟิกเป็นภูมิภาคที่มียอดขายเซมิคอนดักเตอร์ใหญ่ที่สุดตั้งแต่ปี ค.ศ. 2001 เป็นต้นมา จากการย้ายฐานการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาสู่ภูมิภาคนี้ โดย SIA ได้ทำการแยกข้อมูลของจีนตั้งแต่ปี ค.ศ. 2014 พบว่าจีนมีส่วนแบ่งยอดขายมากกว่าครึ่งหนึ่งของเอเชียแปซิฟิก โดยปี ค.ศ. 2022 มูลค่ายอดขายเซมิคอนดักเตอร์ในเอเชียแปซิฟิกมีมูลค่า 330,937 ล้านเหรียญสหรัฐฯ จำนวนนี้เป็นยอดขายของจีนถึง 180,500 ล้านเหรียญสหรัฐฯ หรือคิดเป็นส่วนแบ่งร้อยละ 54.5 ขณะที่สหรัฐอเมริกามีมูลค่ายอดขาย 141,136 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ถึงแม้ว่ามูลค่ายอดขายของสหรัฐอเมริกาเป็นรองจีน แต่มีอัตราการเติบโตสูงถึงร้อยละ

16.2 รองลงมาคือยุโรปร้อยละ 12.8 ญี่ปุ่นร้อยละ 10.2 ขณะที่เอเชียแปซิฟิกและจีนหดตัวลงร้อยละ 6 และร้อยละ 4 ตามลำดับ (SIA, 2023)



รูปที่ 3.6 มูลค่าตลาดเซมิคอนดักเตอร์ทั่วโลก จำแนกตามภูมิภาค ปี ค.ศ. 2001 - 2022

หมายเหตุ: ข้อมูลตลาดจีนปี ค.ศ. 2014-2022 ถือเป็นส่วนหนึ่งของตลาดทั้งหมดในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก

ที่มา: SIA (2023)

อย่างไรก็ตาม ยอดขายของแต่ละภูมิภาคไม่ได้สะท้อนถึงความสามารถด้านการผลิตของภูมิภาค เนื่องจากอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์มีความเชื่อมโยงกันทั่วโลกเป็นห่วงโซ่อุปทานโลก และมีการลงทุนข้ามประเทศเพื่ออาศัยความได้เปรียบจากทรัพยากร ขีดความสามารถ และประโยชน์ที่ได้รับจากประเทศที่เข้าไปลงทุน ดังนั้นการพิจารณาความสามารถในการแข่งขันด้านเซมิคอนดักเตอร์อาจดูได้จากส่วนแบ่งมูลค่าจากการผลิตอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ของแต่ละประเทศได้เช่นกัน

3.1.2 ผู้นำของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์โลก

ในละข้อต่อของห่วงโซ่อุปทานจะมีส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มการผลิตที่แตกต่างกัน ประเทศที่มีส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มในการผลิตระดับต้นน้ำสูงเสมือนได้รับส่วนแบ่งมูลค่าจากยอดขายสูงกว่าประเทศที่เน้นการผลิตระดับปลายน้ำ เมื่อพิจารณาความสามารถของผู้ผลิตตามกิจกรรมและที่ตั้ง พบว่า สหรัฐอเมริกามีส่วนแบ่งในมูลค่าเพิ่มสูงในหลายกิจกรรมที่อยู่ในระดับต้นน้ำ ทั้งการออกแบบวงจรรวม Logic และ Discrete, Analog and Other (DAO) การพัฒนา EDA และ IP Core รวมถึงการพัฒนาอุปกรณ์การผลิตเซมิคอนดักเตอร์ ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นกิจกรรมสำคัญที่มีที่ตั้งในสหรัฐอเมริกา จึงทำให้ส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มจากอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 2021 สูงที่สุดด้วยส่วนแบ่งร้อยละ 35 รองลงมาได้แก่ เกาหลีใต้มีส่วนแบ่งร้อยละ 16 ญี่ปุ่นมีส่วนแบ่งร้อยละ 13 จีนมีส่วนแบ่งร้อยละ 11 สำหรับไต้หวันและยุโรปมีส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มเท่ากันที่ร้อยละ 10 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 ส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ตามสัญชาติบริษัทแม่ปี ค.ศ. 2021

EDA & Core IP	Design			Equipment	Materials	Wafer Fabrication	Assembly, Test & Packaging
	Logic	Memory	DAO				
สหรัฐฯ 72%	สหรัฐฯ 67%	เกาหลีใต้ 58%	สหรัฐฯ 37%	สหรัฐฯ 42%	ไต้หวัน 23%	จีน 21%	จีน 38%
ยุโรป 20%	ไต้หวัน 9%	สหรัฐฯ 28%	ญี่ปุ่น 21%	ญี่ปุ่น 27%	จีน 19%	ไต้หวัน 19%	ไต้หวัน 19%
จีน 3%	ยุโรป 8%	ญี่ปุ่น 8%	ยุโรป 18%	ยุโรป 21%	เกาหลีใต้ 17%	เกาหลีใต้ 17%	เกาหลีใต้ 9%
					ญี่ปุ่น 14%	ญี่ปุ่น 16%	
รวมทั้งหมด		สหรัฐฯ	ยุโรป	เกาหลีใต้	ญี่ปุ่น	ไต้หวัน	จีน
		35%	10%	16%	13%	10%	11%

ที่มา: SIA State of the Industry Report (2022)

1) ผู้นำของอุตสาหกรรมจากส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่ม แบ่งออกเป็น 2 ระดับ คือ ส่วนแบ่งมูลค่าจากการผลิต และส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มจากปัจจัยการผลิต โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1.1) ส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มจากการผลิต

ให้ความสนใจเฉพาะกิจกรรมที่อยู่ในขั้นตอนการผลิต คือ การออกแบบวงจรรวม การผลิตวงจรรวม และการประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถัง ดังนี้

(1) การออกแบบวงจรรวม ส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มสูงสุดเป็นของบริษัทของสหรัฐอเมริกา ร้อยละ 49 รองลงมาได้แก่ เกาหลีใต้ร้อยละ 20 ญี่ปุ่นร้อยละ 9 ยุโรปร้อยละ 8 ไต้หวัน จีน และอื่น ๆ มีส่วนแบ่งร้อยละ 6 ร้อยละ 5 และร้อยละ 3 ตามลำดับ โดยสามารถจำแนกตามประเภทวงจรรวม ดังนี้

- วงจรรวม Logic โดยส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการ Fabless โดยสหรัฐอเมริกามีส่วนแบ่งร้อยละ 67 ไต้หวันร้อยละ 9 ยุโรปร้อยละ 8 จีนร้อยละ 6 และสัญชาติอื่นที่เหลือร้อยละ 10
- วงจรรวม Memory ส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการ IDM โดยเกาหลีใต้มีส่วนแบ่งร้อยละ 58 สหรัฐอเมริการ้อยละ28 และประเทศอื่นที่เหลือร้อยละ 14
- วงจรอื่น (Discrete, Analog and Other: DAO) คละกันระหว่าง Fabless และ IDM สหรัฐอเมริกามีส่วนแบ่งร้อยละ 37 เกาหลีใต้ร้อยละ 21 ยุโรปร้อยละ 18 จีนร้อยละ 9 และประเทศอื่นร้อยละ 15

(2) การผลิตวงจรรวม พบว่า จีนมีส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มร้อยละ 21 ไต้หวันร้อยละ 19 เกาหลีใต้ร้อยละ 17 ญี่ปุ่นร้อยละ 16 สหรัฐอเมริการ้อยละ 11 ยุโรปร้อยละ 9 และสัญชาติอื่นที่เหลือร้อยละ 7

(3) การประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถัง ดำเนินการโดย OSAT ซึ่งจีนมีส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มร้อยละ 38 ไต้หวันร้อยละ 19 เกาหลีใต้ร้อยละ 9 และสัญชาติอื่นที่เหลือร้อยละ 34

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่า สหรัฐอเมริกาและเกาหลีใต้มีส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มจากการผลิตจากกิจกรรมออกแบบวงจรรวมสูง ขณะที่จีนและไต้หวันแม้ว่าจะมีส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มจากการผลิตวงจรรวม และประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถังสูง แต่มีส่วนแบ่งในมูลค่าเพิ่มจากการผลิตน้อยกว่าสหรัฐอเมริกาค่อนข้างมาก เป็นการชี้ให้เห็นว่า การออกแบบวงจรรวมเป็นกิจกรรมการผลิตที่สร้างมูลค่าเพิ่มได้สูง โดยแนวโน้มของ Fabless จะขยายตัวมากขึ้นในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ โดยเฉพาะผู้พัฒนาเทคโนโลยีชิปสมัยใหม่ที่ใช้ประโยชน์จากกระบวนการผลิตของ Foundry โดยไม่ต้องลงทุนเอง ซึ่งผู้ผลิตผลิตภัณฑ์หลายแห่งจะมีแผนกออกแบบวงจรรวมภายในองค์กร (In-house) และว่าจ้าง Foundry ทำหน้าที่ผลิต หรือแม้แต่ผู้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์แบบ IDM ยังทำการว่าจ้าง Foundry ผลิตวงจรรวมให้บางส่วน เนื่องจากมีกระบวนการผลิตที่ยืดหยุ่น และมีต้นทุนต่ำกว่าดำเนินการผลิตเอง (Ondrej Burkacky, 2021)

1.2) ส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มจากปัจจัยการผลิต

พิจารณาในส่วนของกิจกรรมที่เป็นปัจจัยการผลิต ได้แก่ ซอฟต์แวร์ออกแบบวงจรรวม และทรัพย์สินทางปัญญาแกนหลัก อุปกรณ์ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ และวัสดุผลิต ดังนี้

(1) ซอฟต์แวร์ออกแบบวงจรรวม และทรัพย์สินทางปัญญาแกนหลัก (EDA & IP Core) สหรัฐอเมริกามีส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มในกิจกรรมนี้ร้อยละ 72 ยุโรปร้อยละ 20 จีนร้อยละ 3 และสัญชาติอื่นที่เหลือร้อยละ 5

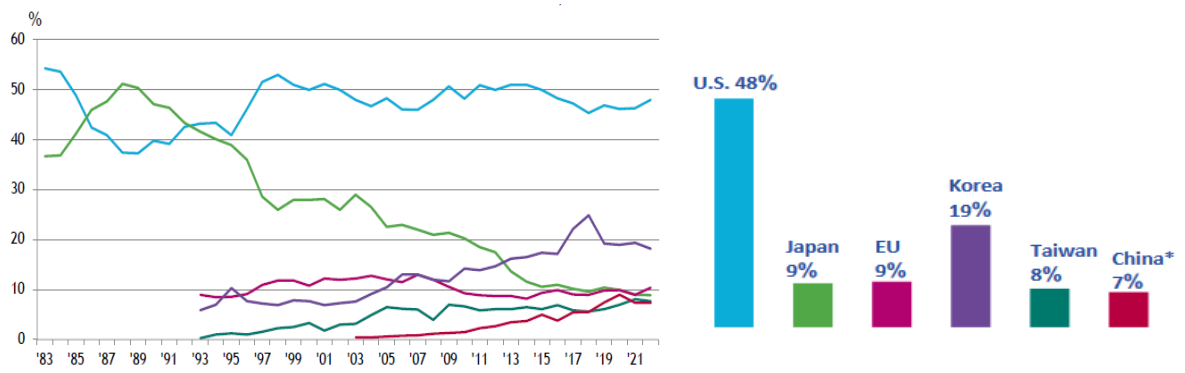
(2) อุปกรณ์การผลิตเซมิคอนดักเตอร์ เป็นอีกกิจกรรมที่สหรัฐอเมริกามีส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มสูงที่สุดร้อยละ 42 ญี่ปุ่นร้อยละ 27 และยุโรปร้อยละ 21 ขณะที่สัญชาติอื่นมีที่เหลือร้อยละ 10

(3) วัสดุการผลิต ไต้หวันมีส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มร้อยละ 23 จีนร้อยละ 19 เกาหลีใต้ร้อยละ 17 ญี่ปุ่นร้อยละ 14 สหรัฐอเมริการ้อยละ 10 และสัญชาติอื่นที่เหลือร้อยละ 17

เห็นได้ว่า สหรัฐอเมริกามีส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มจากปัจจัยการผลิตสูงกว่าประเทศอื่น โดยเฉพาะปัจจัยการผลิตสำหรับการออกแบบวงจรรวม และการผลิตวงจรรวม ซึ่งเป็นอีกหนึ่งปัจจัยหนุนให้สหรัฐอเมริกามีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์โลก ขณะเดียวกันไต้หวันและจีนเองก็มีส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มในวัตถุดิบการผลิตลำดับต้น ๆ โดยจีนเป็นผู้ส่งออกแบบแร่แกลเลียมและเจอร์เมเนียมรายสำคัญของโลก

จากข้อมูลระหว่างปี ค.ศ. 1983 - 2021 ซึ่งเป็นช่วงที่เริ่มพัฒนาอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์จนถึงปัจจุบัน พบว่า สหรัฐอเมริกาเป็นประเทศผู้ผลิตที่มีส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มสูงที่สุด และรักษาส่วนแบ่งตลาดในระดับสูงได้อย่างต่อเนื่อง แม้จะมีช่วงเวลาหนึ่งที่ญี่ปุ่นขึ้นมาเป็นผู้นำตลาดระหว่างปี ค.ศ. 1985 – 1992 แต่ก็ไม่สามารถรักษาความเป็นผู้นำตลาดได้ต่อเนื่องและยังมีแนวโน้มครองส่วนแบ่งตลาดลดลง โดยมีเกาหลีใต้ ไต้หวัน จีน และยุโรป ที่แม้จะมีส่วนแบ่งมูลค่าเพิ่มไม่สูงมากแต่ถือเป็นประเทศสำคัญในห่วงโซ่อุปทานของ

อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ หากเกิดเหตุการณ์ที่ไม่ปกติที่กระทบต่อการผลิตของประเทศเหล่านี้ จะส่งผลต่อการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ไปทั่วโลก



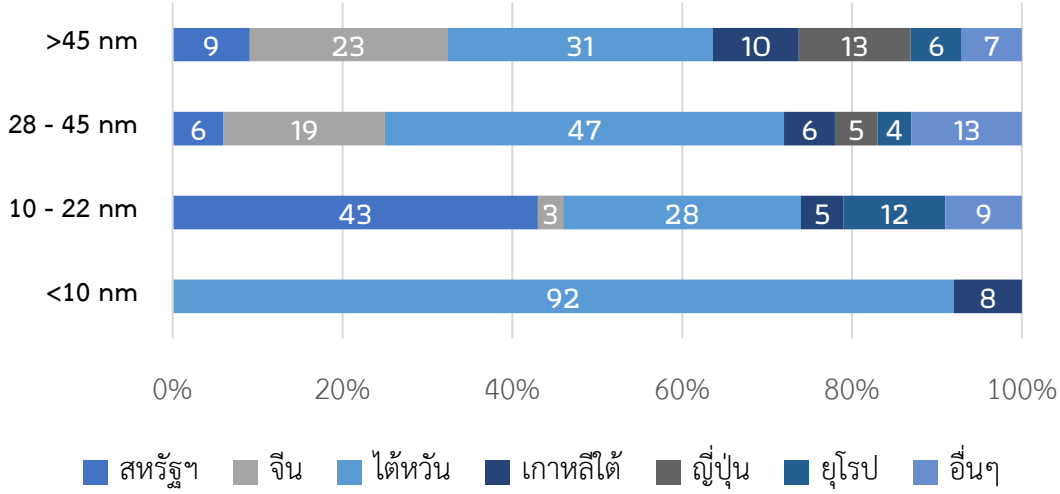
รูปที่ 3.7 ส่วนแบ่งตลาดเซมิคอนดักเตอร์ของโลกจำแนกตามประเทศผู้ผลิต ปี ค.ศ. 1983 – 2021 และปี ค.ศ. 2022

หมายเหตุ: *ข้อมูลตลาดของจีนปี ค.ศ.2022 ไม่สมบูรณ์ จึงอ้างอิงข้อมูลส่วนแบ่งตลาดปี ค.ศ. 2021

ที่มา: SIA (2023)

2) ความสามารถด้านการผลิต

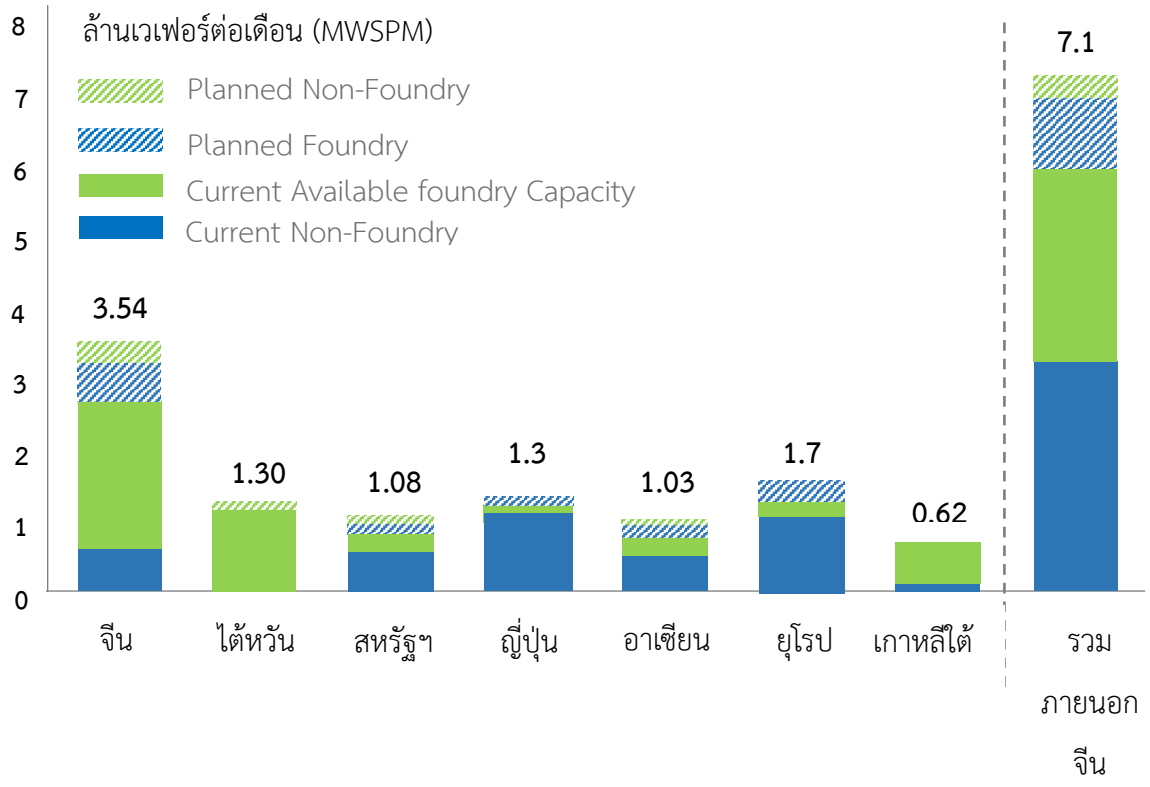
หากพิจารณาถึงขีดความสามารถด้านการผลิตวงจรรวมตามขนาด พบว่า ไต้หวันมีเทคโนโลยีการผลิตวงจรรวม Logic ในระดับสูง โดยเฉพาะวงจรรวมขนาดต่ำกว่า 10 นาโนเมตร ซึ่งอยู่ในกลุ่ม Leading Edge Node ขณะที่จีนมีสัดส่วนการผลิตวงจรรวมขนาดใหญ่ในกลุ่ม 28 – 45 นาโนเมตร และ 45 นาโนเมตรขึ้นไปอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอยู่ในกลุ่ม Mature Node เนื่องจากจีนมีความสามารถทางเทคโนโลยียังไม่เทียบเท่าประเทศผู้ผลิตชั้นนำ แต่สามารถครองสวนแบ่งวงจรรวมขนาดใหญ่ไว้ได้



รูปที่ 3.8 ส่วนแบ่งการตลาดเซมิคอนดักเตอร์ประเภท Logic จำแนกตามประเทศผู้ผลิต ปี ค.ศ. 2021

ที่มา: SIA (2022)

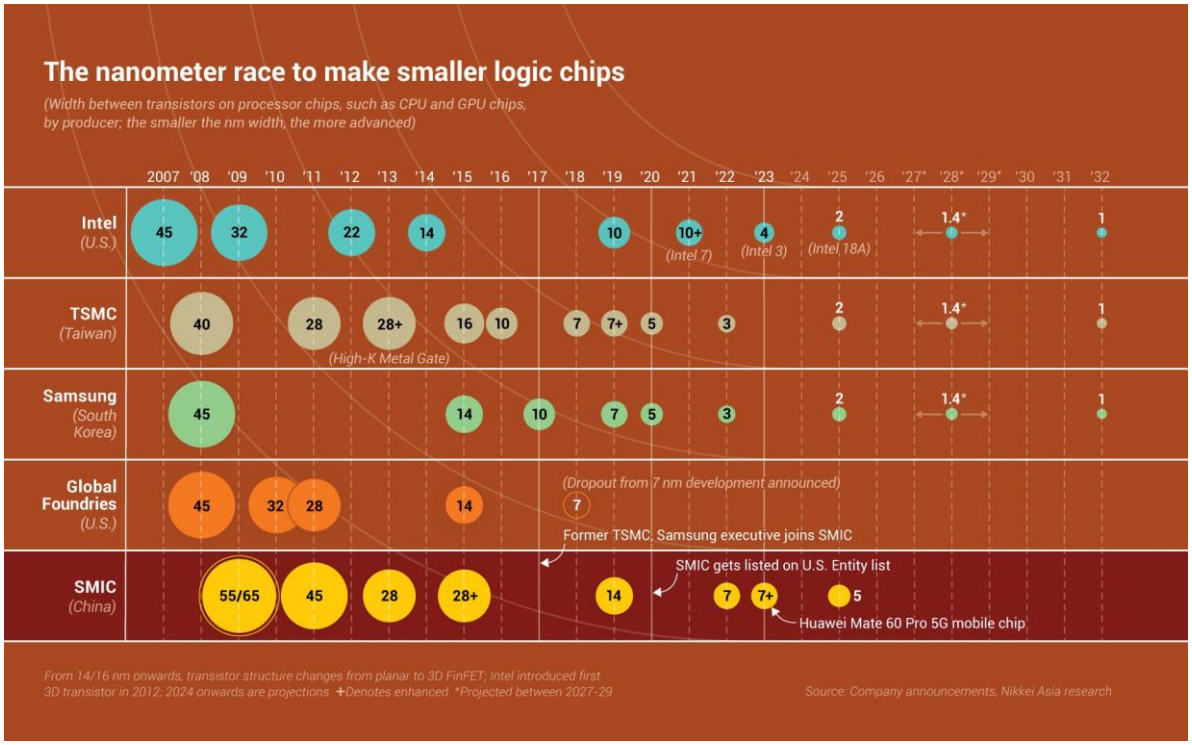
จากข้อมูลของ SEMI World Fab Forecast ได้จำแนกความสามารถการผลิตวงจรรวมของผู้รับจ้างผลิต (Foundry) และไม่รับจ้างผลิต (Non Foundry) ในกลุ่มวงจรรวมขนาด 20 – 45 นาโมเมตร และ 50 – 180 นาโนเมตร พบว่า ในกลุ่มวงจรรวมขนาด 20 – 45 นาโนเมตร ซึ่งมักเป็นการผลิตวงจรรวม Microcontroller มีกำลังการผลิตส่วนใหญ่มาจาก Foundry ที่เป็นคู่สัญญารับจ้างผลิตกับบริษัทออกแบบวงจรรวมในไต้หวันและจีน ขณะที่ความสามารถการผลิตของสหรัฐอเมริกาโดยส่วนใหญ่จะเป็นการผลิตใช้เฉพาะในผู้ประกอบการ IDM ที่มีการออกแบบและผลิตชิปของตนเอง โดยกำลังการผลิตของโลกร้อยละ 27 ผลิตเฉพาะในจีน และร้อยละ 60 ผลิตในจีนและไต้หวันรวมกัน ยังมีการประเมินว่าอีก 3 – 5 ปี การผลิตในจีนและไต้หวันอาจเพิ่มเป็นร้อยละ 80 ของกำลังการผลิตทั้งโลก ในส่วนของการผลิตวงจรรวมขนาด 50 – 180 นาโนเมตร ซึ่งส่วนใหญ่เป็นวงจรรวมประเภท Analog เป็นกำลังการผลิตของจีนและไต้หวันรวมกันร้อยละ 70 ซึ่งเป็นกำลังการผลิตเฉพาะของจีนสัดส่วนร้อยละ 30 คาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 35 ในอีก 5 ปี และเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 46 ภายในระยะ 10 ปี



รูปที่ 3.9 กำลังการผลิตวงจรรวมขนาด 50 – 180 นาโนเมตร ทั้งกำลังการผลิตปัจจุบันและที่วางแผนไว้ ณ เมษายน 2023

ที่มา: SEMI (2023) อ้างใน Rhodium Group (2023)

แม้ว่าจีนจะมีเทคโนโลยีการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ด้อยกว่าสหรัฐอเมริกา ไต้หวัน และเกาหลีใต้ แต่ ก็มีการพัฒนาเทคโนโลยีได้อย่างรวดเร็ว และมีโอกาสไล่ตามทันผู้ผลิตอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์จากประเทศชั้นนำ โดยเฉพาะการกีดกันจีนจากห่วงโซ่อุปทานโลกและเทคโนโลยีขั้นสูงเป็นแรงผลักดันให้จีนต้องพัฒนาเทคโนโลยีในประเทศให้เร็วขึ้น ประกอบกับเทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์เริ่มมีแนวโน้มการพัฒนาช้าลง ทำให้ช่องว่างระหว่างผู้ตามหลังและผู้นำเทคโนโลยีแคบลงเรื่อย ๆ จากช่องว่างระหว่างบริษัทผลิตเซมิคอนดักเตอร์ชั้นนำสัญชาติสหรัฐอเมริกา ไต้หวัน และจีนมีระยะทิ้งห่างกันเพียงไม่กี่ปี สังเกตได้จาก Intel ที่เป็นผู้ผลิตชิปรายใหญ่ของสหรัฐอเมริกาที่มีความก้าวหน้ามากกว่า SMIC ของจีนถึง 2 รุ่นในระยะเวลา 4 – 5 ปี แต่ลดเหลือ 1 รุ่นครึ่งในระยะเวลา 3 ปี และจากการสนับสนุนของ Huawei ซึ่งเป็นลูกค้ารายสำคัญของ SMIC มีเป้าหมายผลักดันการผลิตชิปให้เหนือกว่าขนาด 7 นาโนเมตรเป็น 5 นาโนเมตร ขณะที่ Intel, TSMC และ Samsung มีเป้าหมายพัฒนาชิปขนาด 2 นาโนเมตรในปี ค.ศ. 2025 และคาดว่าจะใช้ระยะเวลานานขึ้นในการพัฒนาให้ชิปมีขนาดเล็กลงอีก



รูปที่ 3.10 แผนที่การพัฒนาวงจรรวมประเภท Logic ของผู้ผลิตรายสำคัญ

ที่มา: Nikkei Asia Research (2023)

เมื่อพิจารณาจากยอดขายอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์รายบริษัท พบว่า บริษัทที่มียอดขายสูงที่สุด 10 อันดับแรกของโลก ปี ค.ศ. 2022 ทั้งผู้ประกอบการ IDM และ Fabless เป็นอันดับที่ 1 คือ Samsung ผู้ผลิตวงจรรวม Memory จากเกาหลีใต้ นอกจากนั้น ในรายชื่อ 10 อันดับแรกมาจากสหรัฐอเมริกาถึง 7 บริษัท

แสดงให้เห็นถึงบทบาทของสหรัฐอเมริกาในตลาดสินค้าอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ได้อย่างชัดเจน โดยหากพิจารณาย้อนหลัง 3 ปี (ค.ศ. 2020 - 2022) มีรายชื่อบริษัท 6 อันดับแรกเป็นรายชื่อเดิมที่มีสัญชาติเกาหลีใต้และสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีความสัมพันธ์กับมูลค่าตลาดของวงจรรวม Logic และ Memory ที่เป็นประเภทวงจรรวมที่มียอดขายสูงเป็นอันดับต้นของโลก และแม้ว่า Samsung จะมีรายได้สูงที่สุดที่ 65,585 ล้านเหรียญสหรัฐฯ แต่เป็นการหดตัวลงร้อยละ 10.4 เมื่อเทียบกับปี ค.ศ. 2021 สาเหตุจากยอดขาย Memory และ NAND flash ที่ลดลงอย่างมากในช่วงเวลาที่พิจารณา นอกจากนั้น เห็นได้ว่าในเอเชียที่มีเพียง Samsung และ MediaTek ที่มีรายชื่อ 10 อันดับ เนื่องจากเอเชียมีจุดเด่นจากการเป็นฐานรับจ้างผลิตทั้งในส่วนของ Wafer Fabrication และ ATP มากกว่าเป็นเจ้าของตราสินค้า

ตารางที่ 3.2 บริษัทผู้ขายอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ทั่วโลกที่มีรายได้สูงที่สุด 10 อันดับแรก ปี ค.ศ. 2020 – 2022

อันดับ			บริษัท	ประเทศ	ประเภทธุรกิจ	รายได้ (Mil. USD)			ส่วนแบ่งตลาด (%)			การเติบโต (%)	
2022	2021	2020				2022	2021	2020	2022	2021	2020	2022	2021
1	1	2	Samsung Electronics	เกาหลีใต้	IDM	65,585	73,197	57,181	10.9	12.3	12.1	-10.4	28.0
2	2	1	Intel	สหรัฐอเมริกา	IDM	58,373	72,536	72,759	9.7	12.2	15.5	-19.5	-0.3
3	3	3	SK Hynix	เกาหลีใต้	IDM	36,229	37,192	25,854	6.0	6.3	5.5	-2.6	43.9
4	5	5	Qualcomm	สหรัฐอเมริกา	Fabless	34,748	27,093	17,664	5.8	4.6	3.8	28.3	53.4
5	4	4	Micron Technologies	สหรัฐอเมริกา	IDM	27,566	28,624	21,780	4.6	4.8	4.6	-3.7	31.4
6	6	6	Broadcom	สหรัฐอเมริกา	Fabless	23,811	18,793	15,754	4.0	3.2	3.3	26.7	19.3
7	10	14	AMD	สหรัฐอเมริกา	Fabless	23,285	16,299	9,665	3.9	2.7	2.1	42.9	68.6
8	8	7	Texas Instruments	สหรัฐอเมริกา	IDM	18,812	17,272	13,619	3.1	2.9	2.9	8.9	26.8
9	7	8	MediaTek	ไต้หวัน	Fabless	18,233	17,617	10,988	3.0	3.0	2.3	3.5	60.3
10	11		Apple	สหรัฐอเมริกา	Fabless	17,551	14,580		2.9	2.5		20.4	
			บริษัทอื่น ๆ (นอกเหนือจาก Top 10)			277,501	271,749	225,625	46.1	45.7	47.9	2.1	20.4
มูลค่าตลาดทั้งหมด						601,694	594,952	470,889	100	100	100	1.1	26.3

ที่มา: รวบรวมข้อมูลจาก Gartner (2022-2023)

3.1.3 สถานการณ์การค้าระหว่างประเทศของเซมิคอนดักเตอร์โลก

ในส่วนนี้จะนำเสนอสถานการณ์ด้านการค้าสินค้าเซมิคอนดักเตอร์ของประเทศต่าง ๆ ทั้งมูลค่าการค้า มูลค่าส่งออก และมูลค่านำเข้า ดังนี้

1) มูลค่าการค้าเซมิคอนดักเตอร์โลก

ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ระหว่างปี ค.ศ. 2013 – 2022 พบว่า มูลค่าการค้า (มูลค่าการส่งออกรวมมูลค่าการนำเข้า) สะสมของอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ทั่วโลกรวมทั้งสิ้น 17.74 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสม (CAGR) ร้อยละ 8.3 จากข้อมูล Trade Map ได้จำแนกสินค้าเซมิคอนดักเตอร์ออกเป็นกลุ่มสินค้าวงจรรวม (IC) และกลุ่มสินค้า Optoelectronics, Sensors และ Discrete Semiconductors (OSD) พบว่า มูลค่าการค้าสะสม 10 ปี ของวงจรรวมมีมูลค่า 15.28 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ สัดส่วนร้อยละ 85.8 ของมูลค่าสินค้าเซมิคอนดักเตอร์ และ OSD มีมูลค่าการค้า 2.45 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ สัดส่วนร้อยละ 14.2 โดยหากพิจารณาเป็นรายปี พบว่า ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2013 เป็นต้นมา มูลค่าการค้าเซมิคอนดักเตอร์โลกเติบโตเพิ่มขึ้นมาโดยตลอดจนกระทั่ง ปี ค.ศ. 2019 หดตัวลงร้อยละ 0.6 และกลับมาเติบโตได้อีกในปี ค.ศ. 2020 ที่ร้อยละ 9.8 โดยปี ค.ศ. 2021 มีอัตราการเติบโตของมูลค่าการค้าเซมิคอนดักเตอร์สูงที่สุดถึงร้อยละ 27.5 ซึ่งเป็นการเติบโตของวงจรรวมร้อยละ 27.9 และ OSD ร้อยละ 24.8 ในปี ค.ศ. 2022 เซมิคอนดักเตอร์มีการเติบโตของมูลค่าการค้าเหลือร้อยละ 7.8 ซึ่งเป็นการเติบโตของวงจรรวมร้อยละ 6.6 และกลุ่ม OSD ร้อยละ 16.8 (ดูภาคผนวกตาราง 1.1)

2) มูลค่าส่งออกเซมิคอนดักเตอร์โลก

ภายใต้การเติบโตของมูลค่าการส่งออกเซมิคอนดักเตอร์โลกระยะ 10 ปี มีภาวะชะลอตัวเป็นระยะ ซึ่งเป็นลักษณะของวัฏจักรเทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์ โดยปี ค.ศ. 2013 มูลค่าการส่งออกของโลกขยายตัวร้อยละ 11.2 แต่พอในช่วงปี ค.ศ. 2014 - 2016 มีการขยายตัวเพียงร้อยละ 0.4 - 2.0 ต่อมาปี ค.ศ. 2017 - 2018 มีอัตราการขยายตัวต่อปีมากกว่าร้อยละ 11 และกลับมาหดตัวลงร้อยละ 0.1 ในปี ค.ศ. 2019 เนื่องจากการแพร่ระบาดของ Covid-19 และกลับมาขยายตัวอีกครั้งตั้งแต่ปี ค.ศ. 2020 สำหรับมูลค่าการส่งออกรายกลุ่มสินค้า ในปี ค.ศ. 2013 มีการส่งออกวงจรรวม 502,985 ล้านเหรียญสหรัฐฯ และ OSD มีมูลค่าส่งออก 102,963 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ต่อมาทิศทางมูลค่าการส่งออกเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง แม้จะหดตัวลงไปบ้างในปี ค.ศ. 2019 แต่ในปี ค.ศ. 2021 มูลค่าส่งออกเซมิคอนดักเตอร์ทั่วโลกรวมกันมากกว่า 1.15 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ ซึ่งมีการส่งออกวงจรรวม 1.01 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ เป็นปีแรก ขณะที่ OSD มีมูลค่าส่งออก 147,170 ล้านเหรียญสหรัฐฯ และในปี ค.ศ. 2022 มูลค่าส่งออกเซมิคอนดักเตอร์รวม 1.26 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ เป็นมูลค่าส่งออกวงจรรวม 1.09 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ และ OSD มูลค่า 171,262 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (ดูภาคผนวกตาราง 1.2)

ในส่วนของมูลค่าส่งออกสะสมรายประเทศอับดับ 1 ได้แก่ ฮ่องกงมีมูลค่าการส่งออก 1.42 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ อัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสม (CAGR) ร้อยละ 12.9 และมีส่วนแบ่งการส่งออกของโลกร้อยละ 17.5 ซึ่งมูลค่าการส่งออกของฮ่องกงเป็นลักษณะการส่งของกลับออก (Re-export) ไปยังจีนด้วยส่วนหนึ่ง อันดับที่ 2 ได้แก่ จีนมีมูลค่าส่งออก 1.32 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ อัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปีร้อยละ 7.4 มีส่วนแบ่งการส่งออกของโลกร้อยละ 16.2 ไต้หวันมีมูลค่าส่งออกสะสมเป็นอันดับที่ 3 มูลค่า 1.1 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ อัตราเติบโตเฉลี่ยสะสมร้อยละ 11.5 และส่วนแบ่งการส่งออกร้อยละ 13.5 ขณะที่

เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่ติดอันดับการส่งออก ได้แก่ สิงคโปร์ มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ เวียดนาม และไทย โดยอยู่อันดับที่ 4 อันดับที่ 6 อันดับที่ 10 อันดับที่ 11 และอันดับที่ 13 ตามลำดับ (ดูภาคผนวกตารางที่ 1.3) เป็นที่สังเกตว่า เวียดนามมีแนวโน้มความสามารถภาคอุตสาหกรรมที่สูงขึ้น โดยมีมูลค่าการส่งออกเซมิคอนดักเตอร์สูงกว่าไทยตั้งแต่ปี ค.ศ. 2018 เป็นต้นมา จนล่าสุดในปี ค.ศ. 2022 ไทยมีมูลค่าการส่งออก 12,668 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ซึ่งน้อยกว่าเวียดนามเกือบ 3 เท่า ซึ่งเป็นการส่งสัญญาณถึงอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทยที่มีแรงดึงดูดการลงทุนน้อยลง และสูญเสียความสามารถทางการแข่งขันให้แก่ประเทศอื่นในภูมิภาคเดียวกัน

ด้านมูลค่าการส่งออกเซมิคอนดักเตอร์จำแนกตามกลุ่มสินค้า พบว่า ฮ่องกงเป็นผู้ส่งออกสินค้าวงจรรวมสะสมสูงที่สุดในระยะ 10 ปี โดยมีส่วนแบ่งมูลค่าส่งออกร้อยละ 18.5 รองลงมาได้แก่ ไต้หวัน และจีน โดยมีสัดส่วนมูลค่าการส่งออกร้อยละ 14.9 และร้อยละ 13.8 ตามลำดับ ขณะที่ไทยมีส่วนแบ่งการมูลค่าการส่งออกวงจรรวมเพียงร้อยละ 1.1 เท่านั้น (ดูภาคผนวนกตารางที่ 1.4) ส่วนกลุ่มสินค้า OSD มีจีนเป็นผู้ส่งออกสะสมสูงที่สุด โดยมีส่วนแบ่งมูลค่าการส่งออกร้อยละ 29.8 รองลงมาได้แก่ ฮ่องกงร้อยละ 11.4 และญี่ปุ่นร้อยละ 7.5 สำหรับไทยมีส่วนแบ่งร้อยละ 1.5 (ดูภาคผนวกตารางที่ 1.5) ซึ่งเวียดนามเป็นประเทศที่มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมระยะ 10 ปีของมูลค่าการส่งออกสูงที่สุดทั้งในแบบภาพรวม และตามกลุ่มสินค้า สะท้อนถึงการเติบโตของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของเวียดนาม ตรงข้ามกับไทยที่มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมและส่วนแบ่งการส่งออกเซมิคอนดักเตอร์รั้งท้ายของอาเซียน

3) มูลค่านำเข้าเซมิคอนดักเตอร์โลก

ระหว่างปี ค.ศ. 2013 - 2022 มูลค่าการนำเข้าเซมิคอนดักเตอร์โลกมีทิศทางการเติบโตขึ้น จากปี ค.ศ. 2013 ที่มีมูลค่านำเข้า 713,613 ล้านเหรียญสหรัฐฯ จนก้าวกระโดดมาถึงระดับ 1.05 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ ในปี ค.ศ. 2020 และมีมูลค่านำเข้า 1.43 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ ในปี ค.ศ. 2022 เมื่อคิดเป็นมูลค่านำเข้าเซมิคอนดักเตอร์สะสมจะมีมูลค่า 9.59 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ แบ่งเป็นมูลค่านำเข้าวงจรรวม 8.34 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ และกลุ่ม OSD มูลค่า 1.23 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ เป็นสัดส่วนการนำเข้าสะสมของวงจรรวมร้อยละ 86.6 และ OSD ร้อยละ 13.4 อย่างไรก็ตาม ภายใต้ทิศทางการเติบโตของมูลค่านำเข้าเซมิคอนดักเตอร์โลก ก็มีภาวการณ์หดตัวอยู่เป็นระยะเช่นเดียวกับมูลค่าส่งออก โดยเฉพาะในปี ค.ศ. 2019 ที่มูลค่านำเข้าเซมิคอนดักเตอร์หดตัวลงร้อยละ 1.0 เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาด Covid-19 ทำให้โรงงานหยุดการผลิตและการขนส่งทำได้ลำบากภายใต้สภาวะล็อกดาวน์ โดยเริ่มกลับมาเติบโตเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 9.3 ในปี ค.ศ. 2020 จนกระทั่งในปี ค.ศ. 2021 มูลค่าการนำเข้าเซมิคอนดักเตอร์มีการขยายตัวสูงถึงร้อยละ 26.9 (ดูภาคผนวกตารางที่ 1.6) จากความต้องการที่เพิ่มภายหลังการผ่อนคลายการล็อกดาวน์ และระดับราคาที่สูงขึ้นซึ่งเป็นผลพวงของการขาดแคลนชิปสำหรับอุตสาหกรรมต่างๆ

สำหรับประเทศที่มีการนำเข้าสินค้าเซมิคอนดักเตอร์มากที่สุดของโลกตั้งแต่ปี ค.ศ. 2013 - 2022 ได้แก่ จีน มีมูลค่านำเข้าสะสม 3.28 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ โดยมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปีร้อยละ 6.2 ส่วนแบ่งมูลค่านำเข้าร้อยละ 34.3 รองลงมา คือ ฮ่องกงมูลค่านำเข้ารวมทั้งหมด 1.61 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ

อัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปีร้อยละ 11 ส่วนแบ่งมูลค่านำเข้าร้อยละ 16.8 และอันดับที่ 3 คือ สิงคโปร์ มูลค่านำเข้า 736,740 ล้านเหรียญสหรัฐฯ อัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปีร้อยละ 6.7 ส่วนแบ่งมูลค่านำเข้าร้อยละ 7.7 ด้านไทยมีมูลค่านำเข้าเซมิคอนดักเตอร์ เป็นอันดับที่ 13 มีมูลค่านำเข้าสะสม 137,938 ล้านเหรียญสหรัฐฯ อัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปีร้อยละ 8.2 มีส่วนแบ่งมูลค่านำเข้าเพียงร้อยละ 1.4 เท่านั้น (ดูภาคผนวกตารางที่ 1.7)

เมื่อพิจารณาเป็นรายสินค้าระหว่างปี ค.ศ. 2013 - 2022 พบว่า จีนมีมูลค่านำเข้าวงจรรวมสะสมมากที่สุดที่ 2.98 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ อัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปีร้อยละ 6.7 สัดส่วนมูลค่านำเข้าร้อยละ 35.8 อันดับ 2 คือ ฮ่องกง มีมูลค่านำเข้าสะสม 1.45 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ อัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปีร้อยละ 11.8 ส่วนแบ่งมูลค่านำเข้าร้อยละ 17.5 อันดับที่ 3 คือ สิงคโปร์มูลค่านำเข้าสะสม 682,025 ล้านเหรียญสหรัฐฯ อัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปีร้อยละ 6.9 ส่วนแบ่งมูลค่านำเข้าร้อยละ 8.2 ขณะที่ไทยมีมูลค่านำเข้าสินค้าวงจรรวมเป็นอันดับที่ 13 ของโลก มูลค่านำเข้าสะสม 118,858 ล้านเหรียญสหรัฐฯ อัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปีร้อยละ 8.5 ส่วนแบ่งมูลค่านำเข้าร้อยละ 1.4 (ดูภาคผนวกตารางที่ 1.8)

นอกจากนั้น จีนยังมีมูลค่าการนำเข้ากลุ่มสินค้า OSD สะสม เป็นอันดับที่ 1 มูลค่านำเข้าสะสม 294,583 ล้านเหรียญสหรัฐฯ อัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปีร้อยละ 1.2 ส่วนแบ่งมูลค่านำเข้าร้อยละ 23.6 อันดับที่ 2 ได้แก่ ฮ่องกง มูลค่านำเข้าสะสม 155,304 ล้านเหรียญสหรัฐฯ อัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปีร้อยละ 4.3 ส่วนแบ่งมูลค่านำเข้า OSD ร้อยละ 12.4 อันดับที่ 3 ได้แก่ สหรัฐอเมริกา มูลค่านำเข้าสะสม 119,480 ล้านเหรียญสหรัฐฯ อัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปีร้อยละ 8.2 สัดส่วนมูลค่านำเข้าร้อยละ 9.6 โดยไทยอยู่ในอันดับที่ 14 มีมูลค่านำเข้าสะสม 19,080 ล้านเหรียญสหรัฐฯ อัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปีร้อยละ 6.7 ส่วนแบ่งมูลค่านำเข้าร้อยละ 1.5 (ดูภาคผนวกตารางที่ 1.9) เช่นเดียวกับมูลค่าการส่งออกที่พบว่า เวียดนามมีการเติบโตของมูลค่านำเข้าเซมิคอนดักเตอร์โดยเฉลี่ยสูงกว่าประเทศอื่นทั้งมูลค่านำเข้าภาพรวม และแยกเป็นรายกลุ่มสินค้า สะท้อนให้เห็นถึงความสามารถของเวียดนามในการดึงดูดการลงทุนของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ และอุตสาหกรรมที่ใช้เซมิคอนดักเตอร์เป็นส่วนประกอบหลัก

4) ภาวะดุลการค้าเซมิคอนดักเตอร์ของโลก

จากการเปรียบเทียบภาวะดุลการค้าของประเทศที่มีมูลค่าการค้าสูงอันดับต้นของโลก 12 ประเทศ ระหว่างปี ค.ศ.2013 - 2022 พบว่า มีจำนวน 6 ประเทศที่เกินดุลการค้าเซมิคอนดักเตอร์ ได้แก่ ไต้หวัน สิงคโปร์ เกาหลีใต้ มาเลเซีย สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น โดย ฮ่องกง จีน เยอรมนี ฟิลิปปินส์ เวียดนาม และไทยมีการขาดดุลการค้าเซมิคอนดักเตอร์จากยอดการค้าสะสมระยะ 10 ปี

ตารางที่ 3.3 ภาวะดุลการค้าเซมิคอนดักเตอร์ของโลก ข้อมูลสะสม ปี ค.ศ. 2013 - 2022

ประเทศ/เขตเศรษฐกิจ	มูลค่าส่งออก	มูลค่านำเข้า	ดุลการค้า
ฮ่องกง	1,426,416	3,283,541	- 1,857,125
จีน	1,321,351	1,614,298	-292,947
ไต้หวัน	1,102,449	736,740	365,709
สิงคโปร์	963,984	543,403	420,581
เกาหลีใต้	836,610	456,081	380,529
มาเลเซีย	506,809	425,907	80,902
สหรัฐอเมริกา	474,228	371,214	103,014
ญี่ปุ่น	369,938	292,010	77,928
เยอรมนี	214,787	263,245	- 48,458
ฟิลิปปินส์	197,930	230,134	- 32,204
เวียดนาม	126,825	214,226	- 87,401
ไทย	97,616	145,496	- 47,880

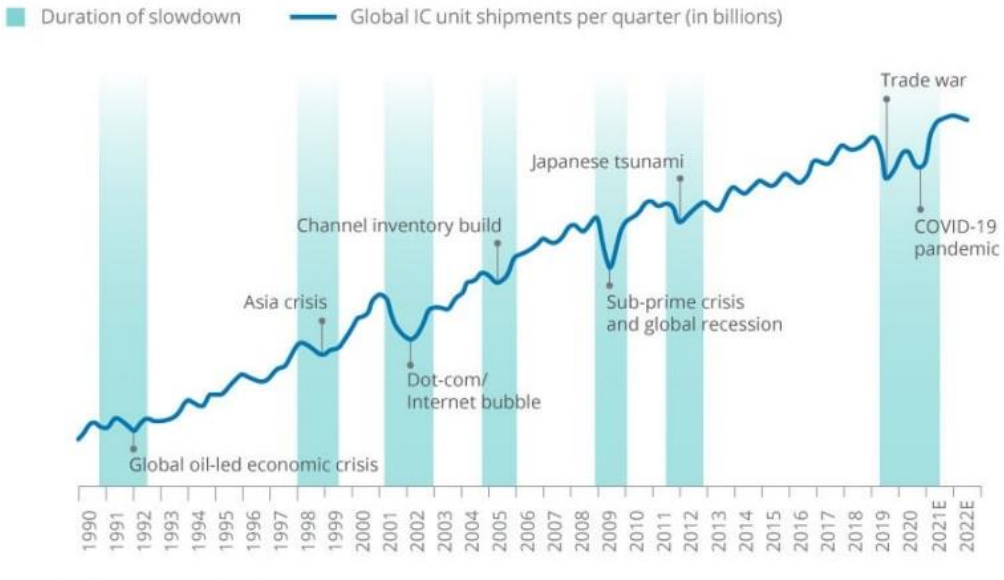
ที่มา: คำนวณจาก Trade Map (2023)

เห็นได้ว่า ประเทศที่เกินดุลการค้ามักจะเป็นผู้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ระดับต้นน้ำ ขณะที่ประเทศที่ขาดดุลการค้าจะเป็นผู้ผลิตระดับปลายน้ำและผู้ผลิตอุตสาหกรรมที่ต้องใช้เซมิคอนดักเตอร์เป็นส่วนประกอบ เช่น อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องจักร และยานยนต์ โดยไทยมีมูลค่าการค้าน้อยที่สุดของประเทศที่นำมาพิจารณาซึ่งอาจสะท้อนถึงขนาดและขีดความสามารถของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทยยังเป็นรองประเทศชั้นนำของอุตสาหกรรมค่อนข้างมาก และยังมีคู่แข่งขันการผลิตระดับปลายน้ำที่อยู่ในภูมิภาคเดียวกันซึ่งมีความได้เปรียบด้านแรงงาน หากไทยต้องการเป็นส่วนหนึ่งของอุตสาหกรรมการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ในเวทีโลก ยิ่งจะต้องเร่งยกระดับขีดความสามารถไปสู่การผลิตที่มีมูลค่าเพิ่มสูง ซึ่งต้องการความมุ่งมั่นและจริงจังในการผลักดันให้เกิดขึ้น

3.1.4 สถานการณ์สำคัญที่กระทบต่อห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์โลก

อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์มีทิศทางของการเติบโตในระยะยาวแต่มีความผันผวนเป็นระยะ เนื่องจากเทคโนโลยีมีวัฏจักรค่อนข้างสั้น มีการแข่งขันทางเทคโนโลยีสูง และมีการทดแทนด้วยเทคโนโลยีใหม่อย่างรวดเร็ว นอกจากนั้น อุตสาหกรรมนี้ยังค่อนข้างมีความอ่อนไหวสูงต่อสภาวะเศรษฐกิจโลกที่ส่งผลต่อความต้องการใช้งานในวงกว้าง และการเกิดเหตุการณ์ไม่ปกติเช่น ภาวะภัยพิบัติ โดยเฉพาะในแถบเอเชียที่เป็นแหล่งผลิตเซมิคอนดักเตอร์ขนาดใหญ่ของโลก ในระยะ 30 ปี ที่ผ่านมา อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์เผชิญกับปัจจัยที่เข้ามากระทบต่ออุปสงค์และอุปทานของอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์อยู่เป็นระยะๆ ยอดขายเซมิคอนดักเตอร์จะมีภาวะขาลงทุก 3 – 5 ปี โดยเฉลี่ยรอบละ 12 – 18 เดือน เนื่องจากอุตสาหกรรมเซมิคอน

ดักเตอร์มีห่วงโซ่อุปทานที่ค่อนข้างอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงจึงทำให้การผลิตหยุดชะงักจนเกิดสภาวะขาดแคลนหลายครั้ง และมักจะตามด้วยภาวะอุปทานล้นตลาดเพราะการลงทุนขยายโรงงานผลิตของผู้ประกอบการต้องใช้เวลาประมาณ 3 ปีจึงสามารถผลิตได้จำนวนมากเมื่อการผลิตออกมาพร้อมกัน เป็นการดำเนินการเพื่อรักษาความสามารถในการแข่งขันและรองรับต่อการขาดแคลนที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในอนาคต (Deloitte, 2022)



รูปที่ 3.11 สภาวะการชะลอตัวของจัดส่งวงจรรวมภายใต้สถานการณ์ต่างๆ ระหว่างปี ค.ศ. 1990 – 2022 (Q2)

ที่มา: Deloitte (2022)

แหล่งผลิตอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์โลกกระจุกตัวอยู่ในเอเชียตะวันออก ได้แก่ ไต้หวัน เกาหลีใต้ ญี่ปุ่น และจีน ซึ่งภูมิภาคนี้มีสถานการณ์ความขัดแย้งภายในภูมิภาค และความขัดแย้งระหว่างสหรัฐอเมริกาและจีนทางการค้าและทางเทคโนโลยี ประกอบกับการแพร่ระบาดของ Covid-19 ที่ทำให้ภาคการผลิตในจีนต้องหยุดชะงักและส่งผลกระทบไปทั่วโลก จึงมีแนวโน้มกระจายฐานการผลิตออกจากเอเชียตะวันออก มิเพียงเท่านั้น สงครามทางเทคโนโลยีของ 2 ขั้วอำนาจระหว่างสหรัฐอเมริกาและจีน มีความพยายามแยกระบบการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ของสหรัฐอเมริกาออกจากจีน (Decoupling) ตลอดจนการตอบโต้กลับของจีนที่ส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์โลก โดยตั้งแต่ปี ค.ศ. 2019 เป็นต้นมา มี 3 เหตุการณ์สำคัญ ดังนี้

(1) สงครามการค้าและสงครามเทคโนโลยี (Trade War and Tech War) จากการตอบโต้กันทางการค้าระหว่างสหรัฐอเมริกาและจีน นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 2019 ทวีความรุนแรงและขยายขอบเขตสู่สงครามทางเทคโนโลยี โดยสหรัฐอเมริกาออกมาตรการต่าง ๆ เพื่อจัดการภัยคุกคามความมั่นคงจากจีน อาทิ การขึ้นบัญชีดำบริษัทเทคโนโลยีจากจีนห้ามเข้าไปลงทุนหรือทำธุรกรรมในสหรัฐอเมริกาก่อนได้รับอนุญาต (Dataxet Limited, 2564) ควบคุมการเข้าถึงเทคโนโลยีเทคโนโลยีขั้นสูงของจีน เช่น ห้ามบริษัทของสหรัฐอเมริกาเข้าไป

ลงทุนเทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์ ควอนตัม และปัญญาประดิษฐ์ (ประชาชาติธุรกิจออนไลน์, 2566) และควบคุมการส่งออกเทคโนโลยีการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ไปยังจีน รวมถึงการทำข้อตกลงกับเนเธอร์แลนด์ และญี่ปุ่น ห้ามจำหน่ายอุปกรณ์ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ให้แก่จีน (MReport, 2566) ขณะที่จีนเองมีมาตรการตอบโต้กลับ เช่น การปิดกั้นการควบรวมกิจการของบริษัทเซมิคอนดักเตอร์ของสหรัฐอเมริกาที่ดำเนินการในจีน การตรวจสอบบริษัทผู้ผลิตชิปของสหรัฐอเมริกาในจีนบางรายและห้ามสั่งซื้อชิปจากผู้ผลิตรายดังกล่าวสำหรับใช้งานด้านโครงสร้างพื้นฐานสำคัญของประเทศ ด้วยเหตุผลความปลอดภัยทางไซเบอร์ (Allen, 2023) รวมถึงควบคุมการส่งออกแร่หายากสำหรับผลิตเซมิคอนดักเตอร์ ได้แก่ เจอร์เมเนียม และแกลเลียม (กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2566) นอกจากนั้น จีนยังตั้งรับด้วยการสนับสนุนการวิจัยและพัฒนาเพื่อให้มีเทคโนโลยีตามทันเทคโนโลยีชั้นนำ และขยายกำลังการผลิตชิปขนาดใหญ่ได้ด้วยตัวเองทั้งหมด (รพีภูมิ, 2566) ทั้งนี้ ระยะเวลาของความขัดแย้งระหว่างสหรัฐอเมริกาและจีน รวมถึงผลกระทบจากความขัดแย้งที่เกิดขึ้นยังไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าจะสิ้นสุดเมื่อใด

(2) การแพร่ระบาดของโรคระบาดขนาดใหญ่ (Pandemic) โลกต้องเผชิญความท้าทายของ Covid-19 ตั้งแต่ปลายปี ค.ศ. 2019 ที่มีการระบาดของเชื้อที่รุนแรง เกิดการแพร่ลุกลามจนมีประกาศล็อกดาวน์ไปทั่วโลก ส่งผลกระทบต่อการผลิตและความต้องการเซมิคอนดักเตอร์อย่างมหาศาลตั้งแต่ต้นปี ค.ศ. 2020 โดยเฉพาะผู้ผลิตรถยนต์ต้องระงับการผลิตชั่วคราว และชะลอการสั่งซื้อชิปสำหรับรถยนต์ ทำให้ผู้ผลิตชิปปรับเปลี่ยนไปผลิตสนองตอบต่อความต้องการใช้เครื่องมือสื่อสาร และคอมพิวเตอร์ รวมถึงระบบ Data Center และ Cloud เติบโตขึ้นในช่วงครึ่งหลังของปี ค.ศ. 2020 (สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, 2564) รองรับการทำงานและกิจกรรมที่บ้าน ภายหลังจากสถานการณ์เริ่มดีขึ้น แต่การหยุดสายการผลิตชิปสำหรับรถยนต์ทำให้ไม่สามารถผลิตได้ทันต่อความต้องการที่ฟื้นตัวกลับมา จึงมีระยะการรอสินค้ายาวนานขึ้น จนเป็นปัญหาขาดแคลนชิป (Chip Shortage) ซึ่งไม่ได้ขึ้นแต่ในเฉพาะอุตสาหกรรมยานยนต์แต่ขยายไปยังอุตสาหกรรมอื่นด้วย จนเกิดการตุนชิปและเป็นแรงกดดันให้ราคาเพิ่มสูงขึ้น โดยสถานการณ์ขาดแคลนชิปค่อย ๆ บรรเทาลงและคืนสู่สภาวะปกติในปี ค.ศ. 2023

(3) สงครามรัสเซีย - ยูเครน แม้ว่าทั้งรัสเซียและยูเครนจะไม่ใช่ผู้ประกอบการหลักในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์โลก แต่ทั้งยูเครนและรัสเซียเป็นผู้ส่งออกวัตถุดิบสำคัญที่ใช้ในการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ โดยยูเครนเป็นผู้ส่งออกก๊าซนีออน (Neon) ร้อยละ 70 ของโลก ซึ่งในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ใช้ในกระบวนการกัดลวดลายลงบนเวเฟอร์ ขณะที่รัสเซียส่งออกแพลลาเดียม (Palladium) สัดส่วนประมาณร้อยละ 45 ของโลก (เกรียงไกร, 2565) ซึ่งเป็นแร่หายาก (Rare Earth) ที่ใช้ในกระบวนการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ โดยหากสงครามยืดเยื้อออกไปเรื่อย ๆ จะทำให้ราคาวัตถุดิบเพิ่มสูงขึ้นและส่งผลต่อระดับราคาชิปได้ในระยะยาว นอกจากนี้ สถานการณ์ความขัดแย้งยังมีเกิดขึ้นในจุดอื่นทั่วโลกจะส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ที่มีความเชื่อมโยงกันเป็นห่วงโซ่อุปทานโลกอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งนอกจากสงครามรัสเซีย - ยูเครน ที่ได้กล่าวถึงนี้แล้ว ยังมีโอกาสที่จะเกิดสภาวะสงครามขึ้นเป็นจุดย่อยไปทั่วโลกขึ้นได้ และอาจส่งผลกระทบต่อวัตถุดิบหรือการขนส่งที่ส่งผลต่ออุตสาหกรรมนี้ได้

จากสถานการณ์ภายใต้ภาวะขาลงของอุตสาหกรรมมักจะมีกิจการที่ไม่สามารถปรับตัว หรือมีศักยภาพไม่เพียงพอที่จะผ่านช่วงเวลาที่ยากลำบาก เช่น การขาดสภาพคล่อง ทำให้บางส่วนถูกควบรวมกิจการหรือต้องเลิกหรือขายกิจการส่วนนั้นออกไป ขณะที่กิจการที่มีศักยภาพในการอยู่รอดจะมองหาช่องทางขยายการผลิตไม่ว่าจะเป็นเข้าซื้อกิจการหรือควบรวมกิจการ หรือการลงทุนใหม่ก็ตาม และมีลงทุนวิจัยและพัฒนามากขึ้น เพื่อรักษาขีดความสามารถในการแข่งขัน และป้องกันความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยระหว่างปี ค.ศ. 2021 – 2023 มีการตั้งเป้าหมายการลงทุนของบริษัทรายใหญ่ในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์รวมกันกว่า 0.8 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ โดยมีสัดส่วนการลงทุนในประเทศต่าง ๆ ตามลำดับ คือ เกาหลีใต้ร้อยละ 30 สหรัฐอเมริการ้อยละ 26 (ลงทุนเองร้อยละ 60) ไต้หวันร้อยละ 14 ยุโรปร้อยละ 8 (ลงทุนเองร้อยละ 15) ญี่ปุ่นร้อยละ 1 (ลงทุนเองร้อยละ 40) ขณะที่จีนมีสัดส่วนร้อยละ 18 (Yole Intelligence, 2023)

ขณะเดียวกันในระดับนโยบายของหลายประเทศวางเป้าหมายการเป็นผู้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ เพื่อความมั่นคงของประเทศและรักษาความสามารถในการแข่งขัน โดยให้ความสำคัญกับการลงทุนวิจัยและพัฒนา รวมถึงกระจายฐานการผลิตในประเทศและต่างประเทศที่เป็นพันธมิตรและที่เป็นกลาง เพื่อลดการพึ่งพาฐานการผลิตในจีนและควบคุมการเข้าถึงเทคโนโลยีขั้นสูงของจีน ซึ่งสหรัฐอเมริกาและพันธมิตรเห็นว่าหากจีนมีความเข้มแข็งทางเทคโนโลยีมากขึ้นจะเป็นภัยคุกคามความมั่นคง จึงเกิดการย้ายฐานการผลิตออกจากจีนกลับไปยังต้นทาง (Reshoring) ประเทศข้างเคียง (Nearshoring) และประเทศที่ไม่มีความขัดแย้งระหว่างกัน (Friend-shoring) เพื่อกระจายห่วงโซ่การผลิตสู่ประเทศอื่นที่นอกเหนือจากจีน (พิราภรณ์, 2566) หลายประเทศจึงหันมาให้การส่งเสริมการวิจัยและการลงทุนในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ **สหรัฐอเมริกา** ผ่านกฎหมายนวัตกรรมและการแข่งขัน (CHIPs Act) และสนับสนุนเงินลงทุน 52,700 ล้านเหรียญสหรัฐฯ เพื่อวิจัยออกแบบ และผลิตชิปภายในประเทศ **สหภาพยุโรป** กฎหมาย European Chips Act งบประมาณ 47,000 ล้านเหรียญสหรัฐฯ เพื่อลดการพึ่งพาบริษัทต่างชาติ ป้องกันการเกิดภาวะชะงักงันในห่วงโซ่อุปทาน และขยายส่วนแบ่งในตลาดโลกเป็นร้อยละ 20 ภายในปี ค.ศ. 2030 **เกาหลีใต้** ประกาศโครงการ K-Semiconductor Belt วงเงิน 55,000 – 65,000 ล้านเหรียญสหรัฐฯ เพื่อสร้างห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ที่ใหญ่ที่สุดในโลกภายในปี ค.ศ. 2030 ให้เครดิต (Tax Credit) ร้อยละ 50 สำหรับการวิจัยและพัฒนา และร้อยละ 6 - 44 สำหรับการลงทุนผลิต และยังผ่านกฎหมาย CHIPs Act สำหรับให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีสำหรับการลงทุนอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในประเทศ โดยหักภาษีสำหรับโรงงานผลิตขนาดเล็กร้อยละ 25 และโรงงานขนาดกลางและขนาดใหญ่ร้อยละ 15 **อินเดีย** อนุมัติโครงการมูลค่า 30,000 ล้านเหรียญสหรัฐฯเพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรมเทคโนโลยีและพัฒนาระบบนิเวศและประกาศใช้ Semiconductor Scheme สนับสนุนเงินสำหรับการลงทุนโรงงานผลิตวงจรรวมร้อยละ 50 ของมูลค่าโครงการ รวมถึงสนับสนุนร้อยละ 50 ของค่าใช้จ่ายส่วนทุนสำหรับการลงทุนโรงงานผลิต Compound Semiconductor, Silicon Photonics Sensor/MEMs และ ATMP **ญี่ปุ่น** ก่อตั้ง Rapidus กิจการร่วมทุนสำหรับวิจัย ออกแบบและผลิตเซมิคอนดักเตอร์ขั้นสูง เป็นการร่วมลงทุนระหว่างรัฐและเอกชนชั้นนำ โดยจัดสรรงบประมาณพิเศษ 13,000 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ในปีงบประมาณ 2023/24 และอุดหนุนการลงทุนของ TSMC และมีแผนใช้งบประมาณ 7,000 ล้าน

เหรียญสหรัฐฯ สำหรับการลงทุนอุปกรณ์ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ในปี 2024 **ไต้หวัน** จัดสรรงบประมาณ 9.7 ล้านล้านเหรียญสหรัฐฯ ระหว่างปี ค.ศ. 2024 – 2033 สำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์สมัยใหม่ เช่น เวเฟอร์จากวัสดุใหม่ ชิปขนาดต่ำกว่า 1 นาโนเมตร เทคโนโลยีชิป 3 มิติและการประกอบแบบวางซ้อน และการพัฒนาชิปประหยัดพลังงานที่มีสมรรถนะการคำนวณและความถี่สูง รวมถึงอุดหนุนค่าใช้จ่ายวิจัยและพัฒนาสำหรับกิจการต่างชาติที่เป็นหุ้นส่วนการพัฒนานวัตกรรมในไต้หวัน รวมถึงการอุดหนุนโครงการวิจัยตาม Industry Innovation Platform ตามประเด็นมุ่งเน้นที่กำหนด และมีแผนประกาศ CHIPs Act เช่นเดียวกับหลายประเทศ โดยให้สิทธิประโยชน์เครดิตภาษีร้อยละ 25 สำหรับค่าใช้วิจัยและพัฒนา และเครดิตภาษีร้อยละ 5 สำหรับค่าใช้จ่ายอุปกรณ์สำหรับเทคโนโลยีการผลิตขั้นสูง ขณะที่ **จีน** ยกเว้นภาษีสำหรับการผลิตชิปขนาด 28 – 65 นาโนเมตร ใน 5 ปีแรก และลดหย่อนร้อยละ 50 ในอีก 5 ปีถัดไป โดยมีเป้าหมายใช้ชิปที่ผลิตในประเทศร้อยละ 70 ภายในปี ค.ศ.2025 โดยส่งเสริมการจัดซื้ออุปกรณ์ผลิตชิปภายในประเทศ และให้เครดิตภาษีสำหรับการลงทุนวิจัยและพัฒนาอีกร้อยละ 20

อย่างไรก็ตาม การย้ายฐานการผลิตกลับเป็นการเพิ่มต้นทุนในการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ของโลก เนื่องจากการย้ายฐานการผลิตมีต้นทุนที่สูงขึ้นมากหากเทียบกับการผลิตในจีน เพราะต้องมีการลงทุนสร้างโครงสร้างพื้นฐานและโรงงานใหม่ รวมถึงค่าแรงและค่าสาธารณูปโภคที่สูงขึ้น โดยเฉพาะการสร้างโรงงานผลิตในสหรัฐอเมริกาหรือญี่ปุ่นเมื่อเปรียบเทียบกับในจีนแล้วจะมีค่าจ้างสำหรับแรงงานทักษะสูงและค่าสาธารณูปโภคสูงกว่าเท่าตัว (รพีภูมิ, 2566) จากการประเมินต้นทุนของการเป็นเจ้าของโรงงานผลิต (Foundry) เทคโนโลยีสมัยใหม่ที่มีกำลังการผลิตมาตรฐาน โดย BCG ในปี ค.ศ. 2020 ซึ่งเป็นช่วงต้นของเหตุการณ์สงครามการค้าและการแพร่ระบาดของ Covid-19 พบว่า โรงงานผลิต Advanced Analog ใช้เงินลงทุนโดยเฉลี่ย 5,000 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ขณะที่โรงงานผลิต Advanced Logic และ Advanced Memory ใช้เงินลงทุน 20,000 ล้านเหรียญสหรัฐฯ นอกจากนั้นยังมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ได้แก่ ค่าจ้าง ค่าสาธารณูปโภค และอื่น ๆ อีกประมาณ 600 – 2,000 ล้านเหรียญสหรัฐฯต่อปี โดยคิดเป็นต้นทุนการเป็นเจ้าของ (Total Cost of Ownership: TCO) ระยะ 10 ปี สำหรับโรงงาน Advanced Analog ประมาณ 11,000 -15,000 ล้านเหรียญสหรัฐฯ สำหรับโรงงาน Advanced Logic และ Advanced Memory อยู่ที่ประมาณ 30,000 – 40,000 ล้านเหรียญสหรัฐฯ

ตารางที่ 3.4 ต้นทุนการเป็นเจ้าของโรงงานผลิตเซมิคอนดักเตอร์ ข้อมูล ณ ปี ค.ศ. 2020

รายละเอียด	Advanced Logic	Advanced Memory	Advanced Analog
ประเภทของผลิตภัณฑ์เซมิคอนดักเตอร์	Processors for mobile phones, AI systems and Supercomputers	Advanced flash storage for mobile phone, PCs and data centers	Power electronics for electric vehicles, aircraft and renewal energy
เทคโนโลยีการผลิต	• 12-inch wafer size • 5 nm node	• 3D NAND • 12-inch wafer size • 20 nm node	• 12-inch wafer size • 65 nm node
กำลังการผลิต (เวเฟอร์ต่อเดือน)	35,000	100,000	40,000
จำนวนการจ้างงาน (คน)	~ 3,000	~ 6,000	~ 3,000
การลงทุนส่วนทุนรวมที่ดิน อาคาร และอุปกรณ์ (พันล้านเหรียญสหรัฐฯ)	~ 20	~ 20	~ 5
ค่าใช้จ่ายดำเนินงานต่อปี (พันล้านเหรียญสหรัฐฯ)	~ 0.6 - 2		
ต้นทุนรวมการเป็นเจ้าของระยะ 10 ปี (พันล้านเหรียญสหรัฐฯ)	~ 30 - 40	~ 30 - 40	~ 11 - 15

ที่มา: BCG (2020)

ด้วยต้นทุนการเป็นเจ้าของที่สูงมากทำให้รัฐบาลในหลายประเทศที่ต้องการส่งเสริมอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในระดับต้นน้ำโดยเฉพาะการตั้งโรงงานผลิตวงจรรวม จะสนับสนุนการลงทุนเพื่อเป็นแรงจูงใจให้เกิดการลงทุนในประเทศ โดยให้สิทธิประโยชน์สำหรับชดเชยการลงทุนสำหรับค่าใช้จ่ายส่วนทุน และแรงงานระยะ 10 ปี ของหลายประเทศอยู่ที่ประมาณร้อยละ 15 – 40 โดยเป็นการชดเชยสำหรับ Advanced Analog ร้อยละ 12 – 25 Advanced Logic ร้อยละ 16 – 38 และ Advanced Memory ร้อยละ 14 – 33 โดยประเทศแถบเอเชียให้สิทธิประโยชน์ที่ชดเชยค่าใช้จ่ายจากการลงทุนโดยเฉลี่ยร้อยละ 25 สูงกว่าสหรัฐอเมริกาและยุโรปที่อยู่ระหว่างร้อยละ 10 – 15

ตารางที่ 3.5 เปรียบเทียบการค่าใช้จ่ายที่ลดลงจากการให้สิทธิประโยชน์ของประเทศต่าง ๆ ข้อมูล ณ ปี ค.ศ. 2020

รายละเอียด	US (%)	Japan (%)	Korea (%)	Taiwan (%)	Singapore (%)	Asia Avg. (%)	China (%)	Germany (%)	Israel (%)
CapEx Reductions									
Land	50	75	100	50	100	85	100	100	75
Construction and Facilities	10	10	45	45	25	33	65	35	45
Equipment	6	10	20	25	30	20	35	5	30
OpEx Reductions									
Labor and Benefits	5	5	5	5	15	7	33	7	5
Tax Reductions									
Corporate Tax	-	-	60	-	35	30	75	-	74
State Tax	100	-	-	-	-	-	-	-	-
Property Tax	100	100	100	-	-	60	-	-	-
Overall	10-15	~ 15	25-30	25-30	25-30	~ 25	30-40	10-15	~ 30

ที่มา: BCG (2020)

โอกาสดึงการลงทุนจากจีนกลับประเทศของสหรัฐอเมริกาและพันธมิตรไม่สามารถทำได้ทั้งหมด ยังคงต้องพึ่งพาการลงทุนในเอเชียที่มีข้อได้เปรียบด้านต้นทุน โดยให้ความสำคัญกับการลงทุนเทคโนโลยีและการผลิตขั้นสูงในประเทศหรือภายในภูมิภาคที่ตั้ง และลงทุนเทคโนโลยีและการผลิตขั้นรองลงมาในเอเชีย โดยเฉพาะในอาเซียนที่เป็นหนึ่งในฐานการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ของโลก ซึ่งมีตำแหน่งที่ตั้งอยู่ใกล้จีน ต้นทุนแรงงานที่ไม่สูงมากนัก แต่ประเทศใดจะรับเอาโอกาสจากการย้ายการลงทุนจากจีนได้มากกว่ากันนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายในของแต่ละประเทศ เช่น ความสามารถในการแข่งขัน ความน่าดึงดูดในการลงทุน และความน่าเชื่อถือของภาครัฐ (KKP Research, 2564) นอกจากนั้น อาเซียนอาจถูกใช้เป็นพื้นที่ยุทธศาสตร์ระหว่างสหรัฐอเมริกาและจีนด้วยเช่นกัน

3.1.3 ทิศทางอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์

จากหลายสถานการณ์ที่เข้ามากระทบต่อห่วงโซ่อุปทานอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์โลก ระหว่างปี ค.ศ. 2019 - 2023 ทั้งความขัดแย้งทางภูมิรัฐศาสตร์โลก ภัยพิบัติ และความท้าทายต่าง ๆ ผู้ประกอบการต้องสนองตอบต่อพลวัตรของอุตสาหกรรมสู่การปรับปรุงใหม่ (Reshape) เพื่อเร่งฟื้นตัวจากสถานการณ์ที่ผ่านมาและรักษาขีดความสามารถทางการแข่งขันในระยะยาว โลก (Deloitte, 2023) ดังนี้

1) กระจายความหลากหลายของห่วงโซ่อุปทาน โดยเฉพาะสหรัฐอเมริกาและยุโรปที่หันกลับมาให้ความสำคัญกับพึ่งพาแหล่งผลิตในประเทศ พันธมิตร และประเทศข้างเคียงมากมากขึ้น โดยลดบทบาทของจีนออกจากห่วงโซ่อุปทานด้วยการย้ายฐานการผลิต แต่การย้ายฐานกลับผลิตกลับไม่สามารถดำเนินการภายในประเทศได้ทั้งหมด เนื่องจากต้นทุนการผลิตในสหรัฐอเมริกา ยุโรป หรือแม้แต่ญี่ปุ่นสูงมาก ดังนั้น การลงทุนในประเทศและพันธมิตรที่มีขีดความสามารถจึงเน้นเทคโนโลยีขั้นสูง เช่น การออกแบบและการผลิตวงจรรวมขนาดต่ำกว่า 5 นาโนเมตร รวมถึงเทคโนโลยีการบรรจุ 2.5 มิติ และ 3 มิติ ขณะที่ประเทศข้างเคียง หรือในเอเชียที่มีขีดความสามารถรองลงมาจะเน้นขยายการลงทุนที่ใช้เทคโนโลยีไม่สูงมาก เพื่อให้เกิดการพึ่งพาแหล่งผลิตภายในและภายนอกอย่างเหมาะสม โดยในระยะสั้นงบประมาณ สิทธิประโยชน์ที่ได้รับในแต่ละประเทศและช่องว่างที่ยังขาดของบริษัทในการดำเนินตามกลยุทธ์โลกทั้งด้านเทคโนโลยีและการผลิต เป็นเงื่อนไขสำคัญต่อการตัดสินใจลงทุนเป็นอันดับแรก ๆ รวมถึงความปัจจัยอื่น เช่น ความต่อเนื่องของห่วงโซ่อุปทาน ความเพียงพอของแรงงาน ข้อกำหนดด้านสิ่งแวดล้อม เงื่อนไขการเข้าสู่ตลาด ต้นทุนระบบสาธารณูปโภค การประเมินสภาพที่ตั้ง ตลอดจนการเจรจาสิทธิประโยชน์เฉพาะ เพื่อให้ได้รับผลตอบแทนจากการลงทุน (Return on Investment) ที่ดีที่สุด

2) นำเทคโนโลยีดิจิทัลมาจัดการห่วงโซ่อุปทาน แม้ว่าประเทศผู้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ชั้นนำจะถอนการลงทุนจากจีน แต่มิใช่เป็นการดึงการลงทุนกลับประเทศต้นทางทั้งหมด ทำให้การกระจายการลงทุนยังคงมีอยู่เช่นเดิมทั้งในสหรัฐอเมริกา ยุโรป เกาหลีใต้ ไต้หวัน ญี่ปุ่น และอาเซียน โดยผู้ผลิตต้องรักษาความเข้มแข็งของห่วงโซ่อุปทานของตน หรือแม้แต่จีนก็ต้องขยายการลงทุนและเพิ่มขีดความสามารถทางเทคโนโลยีของตนเองให้สูงขึ้น จากการถูกกีดกันการเข้าถึงเทคโนโลยีขั้นสูง ดังนั้น เทคโนโลยีดิจิทัล เช่น ปัญญาประดิษฐ์ (AI) ข้อมูล (Data) หรือดิจิทัลทวิน (Digital Twin) จะถูกนำเข้ามาใช้เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างข้อต่อของห่วงโซ่ได้อย่างทันที และจัดการห่วงโซ่อุปทานรวมถึงระบบขนส่ง เพื่อป้องกันความเสี่ยงจากภาวะชะงักงันของการผลิต และใช้วิเคราะห์ความต้องการของลูกค้าเพื่อให้การออกแบบวงจรรวมนั้นตรงกับความต้องการ

3) การจัดการปัญหาขาดแคลนบุคลากรทักษะ และผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทาง ซึ่งแนวโน้มความต้องการใช้บุคลากรผู้มีทักษะและองค์ความรู้ระดับสูงจะเพิ่มมากขึ้น ภายหลังจากสถานการณ์ต่อสภาวะขาลงของอุตสาหกรรรมเริ่มคลี่คลายและฟื้นตัว รวมถึงโรงงานใหม่ในพื้นที่ต่าง ๆ ที่มีการลงทุนไว้เริ่มเปิดดำเนินงาน อย่างไรก็ตาม แนวโน้มการขาดแคลนบุคลากรทักษะจะมีมากขึ้นเช่นกัน เป็นความท้าทายการแข่งขันของอุตสาหกรรมที่มีการคาดการณ์ว่าแรงงานทักษะโดยตรงมีประมาณ 2 ล้านคนในปี ค.ศ. 2021 และต้องมีแรงงานทักษะเพิ่มขึ้น 1 ล้านคน ภายในปี ค.ศ. 2030 หรือเพิ่มขึ้น 100,000 คนต่อปี เพื่อให้ได้รายได้จากการ

ผลิตเป็น 2 เท่า หรือมีมูลค่า 1,000,000 ล้านเหรียญสหรัฐฯ โดยการลงทุนโรงงานผลิตวงจรรวมในหลายพื้นที่ยิ่งทำให้ความต้องการบุคลากรทักษะสูงมากขึ้น เช่น ทั้งวิศวกร ผู้เชี่ยวชาญด้านระบบอัตโนมัติ รวมถึงช่างเทคนิคต่าง ๆ ซึ่งบุคลากรทักษะแต่ละด้านต้องมีการฝึกอบรมและการศึกษาที่แตกต่างกัน ดังนั้น อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ต้องอาศัยความร่วมมือกับสถาบันการศึกษาเพื่อพัฒนาทักษะของนักศึกษา รวมถึงส่งเสริมการย้ายถิ่นฐานของแรงงานที่มีความสามารถ นอกจากนี้ อุตสาหกรรมต้องแสดงเส้นทางการเติบโตทางอาชีพในระยะยาว เพื่อดึงดูดบุคลากที่มีศักยภาพให้เข้ามาประกอบอาชีพในสายงานที่เกี่ยวข้องนี้ ทั้งนี้ ปัญญาประดิษฐ์อาจเป็นเทคโนโลยีที่ถูกนำมาใช้ออกแบบวงจรรวมทดแทนการใช้บุคลากรในอนาคต เพื่อเป็นการชดเชยการขาดแคลนบุคลากรในระยะยาว

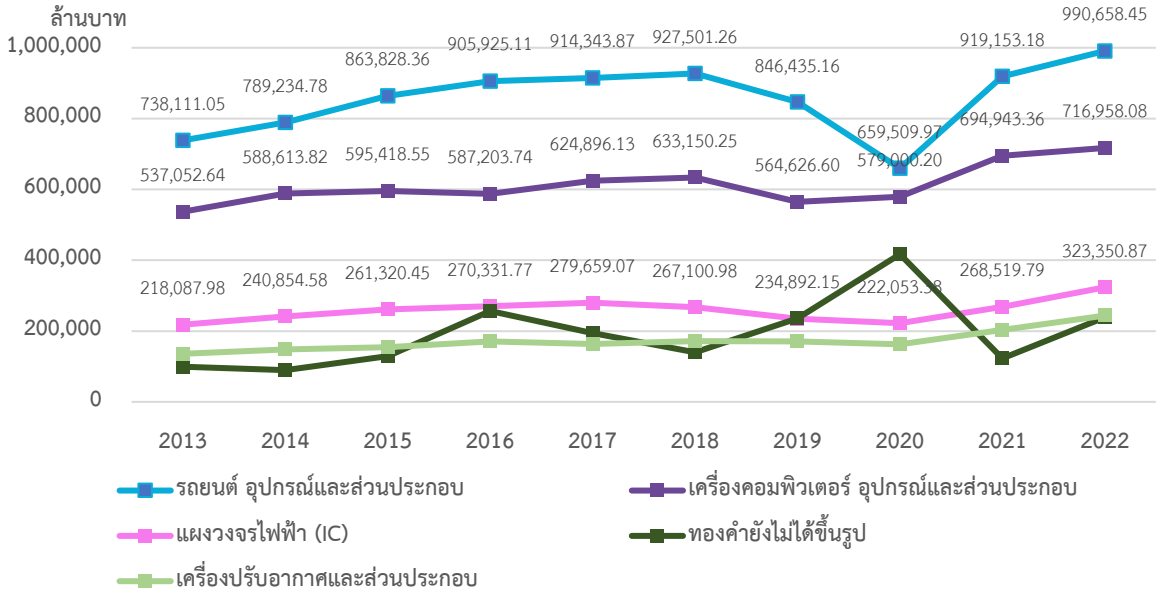
4) การสร้างอุตสาหกรรมที่ยั่งยืน ซึ่งประเด็นความยั่งยืนและปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นวาระสำคัญของโลกที่อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์มีส่วนเกี่ยวข้อง ทั้งการสร้างความยั่งยืนภายในอุตสาหกรรม และการเป็นเครื่องมือสร้างความยั่งยืนแก่อุตสาหกรรมอื่น ดังตัวอย่างการสร้างความยั่งยืนภายใน เช่น การจัดการผลกระทบจากปัญหาโลกร้อนที่ก่อให้เกิดภาวะแล้งและขาดแคลนน้ำรุนแรงซึ่งเกิดขึ้นที่ไต้หวันในปี ค.ศ. 2021 ได้ส่งผลกระทบต่อภาคการผลิตและภาคเกษตรกรรม โดยในส่วนของการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ที่ต้องใช้น้ำในกระบวนการผลิตประสบปัญหาอย่างมาก จึงทำให้ TSMC ผู้ผลิตชิปรายใหญ่ในไต้หวันต้องขยายการลงทุนไปยังสหรัฐอเมริกา และยุโรป เพื่อป้องกันความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ขณะที่เดียวกันผู้ผลิตในอุตสาหกรรมเริ่มวางเป้าหมายการปลดปล่อยคาร์บอนเป็นศูนย์ (Net Zero) ในองค์กร โดยนำพลังงานหมุนเวียนมาใช้ ลดการปล่อยพลังงานจากการดำเนินงาน และหมุนเวียนการใช้น้ำ มาใช้ภายในโรงงานผลิต ร่วมถึงการทำงานร่วมกับทุกข้อต่อของห่วงโซ่อุปทานเพื่อกำหนดเป้าหมายการพัฒนาเทคโนโลยีและกระบวนการผลิตใหม่ที่ช่วยลดการปลดปล่อยคาร์บอน นอกจากนั้น อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ยังช่วยอุตสาหกรรมอื่นลดคาร์บอนได้จากการใช้วัสดุผสมสมัยใหม่ เช่น ซิลิกอนคาร์ไบน์ และแกลเลียมไนไตรด์ในการผลิตที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน มีความถี่สูง ช่วยลดขนาดและน้ำหนักของอุปกรณ์ ลดการสูญเสียพลังงาน และมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

เป็นที่น่าสังเกตว่าทิศทางของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ล้วนต้องใช้การลงทุน ทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น ประเทศต่าง ๆ ที่ต้องการสร้างห่วงโซ่อุปทานขึ้นภายในหรือมีการจัดการห่วงโซ่อุปทานอย่างยืดหยุ่นและยั่งยืน ซึ่งผู้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ต้องพิจารณาหลายมิติเพื่อให้ได้รับผลตอบแทนจากการลงทุนที่ดีที่สุด ขณะเดียวกันประเทศที่ต้องการดึงดูดการลงทุนเซมิคอนดักเตอร์ในประเทศต้องใช้เงินทุนอุดหนุนหรือมีสิทธิประโยชน์เพื่อชดเชยการลงทุนสูงมาก หรือต้องมีความพร้อมทางด้านแรงงาน มีบุคลากรทักษะสูงอย่างเพียงพอมีความพร้อมด้านระบบสาธารณูปโภคและพลังงาน หรือมีความได้เปรียบด้านที่ตั้ง ดังนั้นการคว้าโอกาสจากการปรับระบบใหม่ของห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์โลกของแต่ละประเทศจึงแตกต่างกัน

3.2 สถานภาพอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทย

ไทยเป็นฐานการรับจ้างผลิตของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์แห่งหนึ่งของโลก จากการใช้นโยบายดึงดูดการลงทุนจากต่างชาติ และการจัดตั้งเขตการค้าเสรีอาเซียน (ASEAN Free Trade Area: AFTA) ที่เกิดขึ้นในช่วงประมาณปี 2515 - 2547 ต่างชาติจึงทยอยเข้ามาลงทุนตั้งฐานการผลิตอิเล็กทรอนิกส์เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะจากญี่ปุ่น ไต้หวัน และสหรัฐอเมริกา ในกลุ่มวงจรรวม (Integrated Circuit: IC) แผ่นวงจรพิมพ์ (Print Circuit Board: PCB) ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (Hard Disk Drive: HDD) มอเตอร์ไฟฟ้า สายไฟ และสายเคเบิล เป็นต้น โดยอาศัยความได้เปรียบด้านต้นทุนแรงงานไทยที่ยังค่อนข้างต่ำในช่วงเวลานั้น แต่ทว่าการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีอย่างรวดเร็วในปัจจุบันเป็นอุปสรรคของผู้ประกอบการไทย เนื่องจากผู้ประกอบการไทยส่วนใหญ่มีขนาดเล็กและรับงานเหมาช่วง (Subcontractors) จากผู้ประกอบการรายใหญ่จากต่างชาติที่เข้ามาลงทุน จึงขาดการพัฒนาฝีมือ และการสร้างมูลค่าเพิ่มในสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ได้ไม่สูงนัก (ธนาคารกรุงศรี, 2564)

แผงวงจรไฟฟ้าหรือวงจรรวมมีมูลค่าส่งออกอันดับที่ 3 ของสินค้าส่งออกสำคัญของไทยในปัจจุบัน โดยในปี ค.ศ. 2022 มีมูลค่าการส่งออก 323,350.87 ล้านบาท เป็นรองรถยนต์ อุปกรณ์และส่วนประกอบ ที่มีมูลค่าการส่งออก 990,658.45 ล้านบาท และเครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์และส่วนประกอบมีมูลค่าการส่งออก 716,958.08 ล้านบาท ถือได้ว่าเซมิคอนดักเตอร์เป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทต่อภาคเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมาก แต่ไทยยังเป็นกลุ่มรั้งท้ายของผู้ส่งออกเซมิคอนดักเตอร์ และมีโอกาสสูญเสียความสามารถทางการแข่งขันด้านการผลิตที่ไม่ซับซ้อนให้แก่เวียดนามที่มีการเติบโตของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อย่างรวดเร็ว ไทยจำเป็นต้องสร้างขีดความสามารถสู่การผลิตขั้นสูงขึ้น เพื่อรักษาความสามารถทางการแข่งขันของประเทศ



รูปที่ 3.12 สินค้าส่งออกสำคัญของไทยตามมูลค่าส่งออก 5 อันดับแรก ปี ค.ศ. 2013 - 2022

ที่มา: ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์ (2023)

โดยหากเปรียบเทียบสินค้าส่งออกของไทยในกลุ่มอิเล็กทรอนิกส์ที่สำคัญ ได้แก่ ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ วงจรไฟฟ้า (วงจรรวม) OSD และแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB) โดยพบว่า ฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ที่แม้จะมีมูลค่าส่งออกสูงที่สุดในกลุ่มที่กล่าวถึงนี้ แต่มีแนวโน้มส่งออกได้ลดลง เนื่องจากเทคโนโลยีบันทึกข้อมูล Solid-State Drive (SSD) เริ่มเข้ามาทดแทนมากขึ้น ขณะที่วงจรรวมที่เคยมีมูลค่าส่งออกต่ำกว่ามาโดยตลอด เริ่มเห็นสัญญาณว่าจะมีมูลค่าส่งออกสูงกว่าจากข้อมูลล่าสุด ขณะที่ PCB ที่เป็นจุดเด่นของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ไทยก็ยังมีมูลค่าต่ำกว่าวงจรรวมค่อนข้างมาก จึงเป็นสิ่งเน้นย้ำว่าวงจรรวมหรือเซมิคอนดักเตอร์จะอุตสาหกรรมอนาคตที่ควรได้รับการส่งเสริม โดยเฉพาะการสร้างขีดความสามารถที่สูงกว่าการรับจ้างประกอบแบบที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน

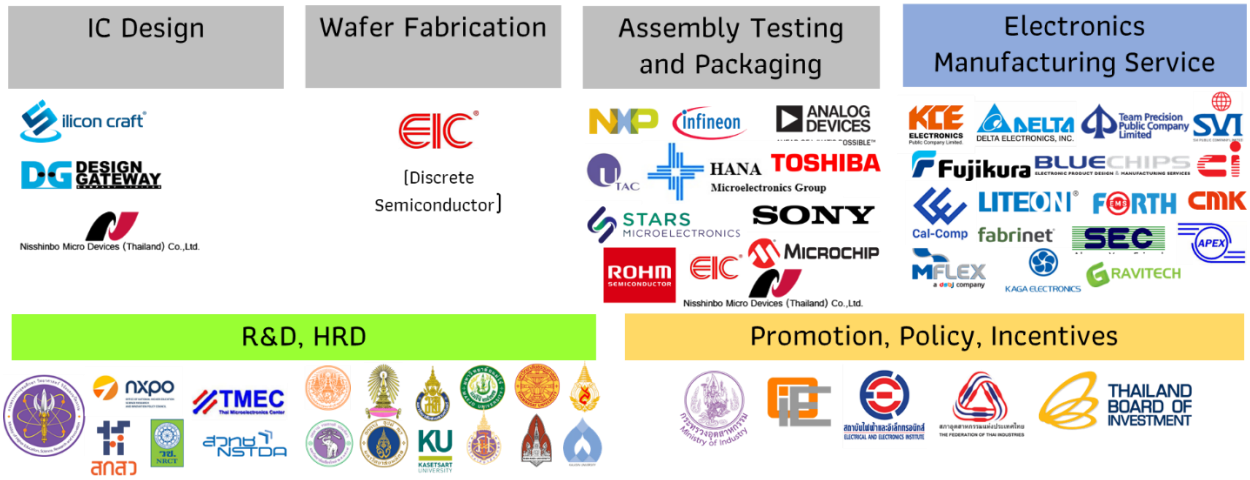
ตารางที่ 3.6 มูลค่าส่งออกสินค้าอิเล็กทรอนิกส์สำคัญของไทย ปี ค.ศ. 2020 – 2023 (ล้านบาท)

สินค้าส่งออก	2020	2021	2022	2023
HDD	331,161	411,383	403,460	283,012
IC	222,053	268,520	323,350	333,664
OSD	79,132	84,972	119,634	180,814
PCB	40,579	51,976	51,180	45,348

ที่มา: กรมศุลกากร (2567)

3.2.1 ระบบนิเวศอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทย

เมื่อพิจารณาระบบนิเวศอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทย จะเห็นได้ว่า ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ประกอบกิจการผลิตขั้นปลายของห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ และเชื่อมต่อไปยังผู้ให้บริการรับจ้างผลิตอิเล็กทรอนิกส์ (EMS) เพื่อนำวงจรรวมไปประกอบเข้ากับแผงวงจรพิมพ์และชุดประกอบต่าง ๆ และการสร้างกล่องและบรรจุ (Box Build) เพื่อรวบรวมระบบให้สมบูรณ์ ตามการออกแบบของ OEM ก่อนนำไปทดสอบและส่งต่อให้ผู้ผลิต OEM และเจ้าของตราสินค้า (Brand Owner) ไปทำการตลาด จำหน่าย หรือให้บริการต่อไป



รูปที่ 3.13 ระบบนิเวศอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทย

ที่มา: คณะผู้ศึกษา

อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทยมีผู้ประกอบการ และผู้เกี่ยวข้องภายในระบบนิเวศ จำแนกตามกิจกรรมหลักตามขั้นตอนการผลิตภายใต้ห่วงโซ่อุปทาน ได้ดังนี้

การออกแบบวงจรรวม (Integrated Circuit Design: IC Design) มีผู้ประกอบการหลักอยู่ 3 ราย ที่มีการทำธุรกิจ หรือกิจกรรมด้านการออกแบบวงรวมในไทย ได้แก่

- บริษัท ซิลิคอน คราฟท์ เทคโนโลยี จำกัด (มหาชน) เป็นบริษัทสัญชาติไทยที่ก่อตั้งในปี 2545 โดยปัจจุบันแปรสภาพจากบริษัทจำกัดเป็นบริษัทมหาชนในปี 2563 ประกอบธุรกิจ Fabless โดยเป็นผู้ออกแบบวงจรรวม และพัฒนาเป็นไมโครชิพสำหรับอุปกรณ์ระบบ RFID โดยมุ่งเน้นการพัฒนาการออกแบบและรับรองคุณสมบัติของชิปเฉพาะทาง (Application Specific Integrated Circuit: ASIC) ซึ่งมีทั้งแบบเฉพาะเจาะจงตามความต้องการของลูกค้า (Exclusive Product) และแบบมีนวัตกรรมเฉพาะที่บริษัทพัฒนาขึ้นเพื่อนำเสนอต่อกลุ่มลูกค้าต่าง ๆ
- บริษัท นิชชินโบ ไมโคร ดีไวซส์ (ประเทศไทย) จำกัด ก่อตั้งปี 2532 เป็นบริษัทในกลุ่มนิชชินโบ ไมโคร ดีไวซส์ ในเครือนิชชินโบสัญชาติญี่ปุ่น โดยนิชชินโบ ไมโคร ดีไวซส์ ประกอบธุรกิจ IDM ผลิตวงจรรวมและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประเภท Analog IC และ ASIC รวมถึงบริการ Foundry มีการลงทุนโรงงานผลิตไปทั่วโลก ทั้งในญี่ปุ่น จีน เกาหลีใต้ ยุโรป สหรัฐอเมริกา สิงคโปร์ และไทย สำหรับกิจการในไทยดำเนินธุรกิจประกอบวงจรรวม และเริ่มขยายงานด้านออกแบบวงจรรวมประมาณ 5 ปี โดยผลงานของบริษัทเน้นส่งกลับไปยังบริษัทแม่ที่ญี่ปุ่นเป็นหลัก
- บริษัท ดีไซน์ เกทเวย์ จำกัด เป็นกิจการร่วมทุนระหว่างไทยและญี่ปุ่น ก่อตั้งปี 2544 โดยสาขาในไทยทำหน้าที่ออกแบบวงจร และสาขาในญี่ปุ่นเน้นธุรกิจด้านการขาย โดยบริษัทมีความ

เชี่ยวชาญการออกแบบวงจรรวมประเภท Logic IC, FPGA และ Embedded System และจำหน่ายในรูปแบบ IP Core

นอกจากผู้ประกอบธุรกิจออกแบบวงจรรวม 3 บริษัทข้างต้น ยังมีบริษัท บริษัท อนาล็อก ดีไวเซส (ประเทศไทย) จำกัด เป็น IDM ข้ามชาติที่มีกิจการทดสอบวงจรรวมในไทยที่อยู่ระหว่างขยายการลงทุนด้านออกแบบวงจรรวมในไทย

การผลิตวงจรรวม (Wafer Fabrication) ในไทยมีผู้ประกอบการผลิตเซมิคอนดักเตอร์แบบ In-house คือ บริษัท อีไอซี เซมิคอนดักเตอร์ จำกัด (เดิมผลิตในชื่อบริษัท อุตสาหกรรม อีเล็คโทรนิคส์ (ยูเอสเอ) จำกัด ซึ่งก่อตั้งในปี 2527 ก่อนขายธุรกิจผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ออกในปี 2563) เป็นผู้ผลิตและจำหน่ายผลิตภัณฑ์เซมิคอนดักเตอร์แบบแยกชิ้น (Discrete Semiconductor) กลุ่มไดโอดแบบครบวงจร โดยลงทุนและเปิดสายการผลิตเซมิคอนดักเตอร์แห่งแรกของไทยในปี 2549 โดยมีกำลังการผลิตเวเฟอร์ 44,000 แผ่นต่อเดือน และไดโอด 400 ล้านชิ้นต่อปี ใช้กำลังการผลิตที่ 227.5 ล้านชิ้นต่อปี อย่างไรก็ตาม อีไอซี เซมิคอนดักเตอร์ เป็นผู้ผลิตและจำหน่ายขนาดเล็กที่เน้นลูกค้าเฉพาะกลุ่ม (บริษัท อุตสาหกรรม อีเล็คโทรนิคส์ จำกัด (มหาชน), 2562)

นอกจากนั้น ยังมีผู้ประกอบการภายนอกอุตสาหกรรมที่ให้ความสนใจลงทุนโรงงานผลิตวงจรรวมในประเทศ คือ บริษัท ปตท จำกัด มหาชน ที่ขยายการลงทุนกิจการเทคโนโลยีสมัยใหม่ ดังเช่น การร่วมทุนกับบริษัท ฟ็อกซ์คอน จำกัด จัดตั้งสายการผลิตรถยนต์ไฟฟ้าในไทย โดยใช้แพลตฟอร์มการผลิตของฟ็อกซ์คอน ซึ่ง ปตท ให้ความสนใจและศึกษาการลงทุนโรงงานผลิตวงจรรวม (Fabrication Plant) ขึ้นในไทย สำหรับรองรับอุตสาหกรรมสำคัญในประเทศ เช่น ยานยนต์ และพลังงาน

การประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถัง (Assembling, Testing and Packaging) ไทยมีผู้ประกอบการที่ทำการผลิตในขั้นตอนนี้ประมาณ 105 บริษัท[1] โดยส่วนใหญ่เป็นการเข้ามาลงทุนของกิจการข้ามชาติ หรือกิจการร่วมทุนในเครือของผู้ผลิตในต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา สิงคโปร์ ฮ่องกง ยุโรป และมีบางส่วนเป็นผู้ประกอบรับเหมาช่วงสัญชาติไทย โดยมีตัวอย่างผู้ประกอบการ เช่น บริษัท อินฟินีออน เทคโนโลยีส์ (ประเทศไทย) จำกัด เอ็นเอ็กซ์พี แมนูแฟคเจอริ่ง (ไทยแลนด์) จำกัด บริษัท สตาร์ส ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) บริษัท ฮานา ไมโครอิเล็คโทรนิคส์ จำกัด (มหาชน) บริษัท ยูแทคไทย จำกัด บริษัท นิชชินโบ ไมโคร ดีไวซส์ (ประเทศไทย) จำกัด และบริษัท อนาล็อก ดีไวเซส (ประเทศไทย) จำกัด เป็นต้น รวมถึงบริษัท อีไอซี เซมิคอนดักเตอร์ จำกัด

บริการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics Manufacturing Service: EMS) เป็นธุรกิจต่อเนื่องจากการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ ทั้งการผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCB) ประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (PCBA) และสร้างและประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ลงกล่องเป็นผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์สำเร็จรูป (Box Build) เพื่อจำหน่ายให้กับผู้ผลิต OEM ทั้งในประเทศ และต่างประเทศ โดยผู้ผลิตชิ้นส่วน

[1] จากสืบค้นข้อมูลกรมพัฒนาธุรกิจการค้า (2566) บริษัทที่จดทะเบียนนิติบุคคลและยังคงดำเนินธุรกิจด้านเซมิคอนดักเตอร์อยู่ในปี 2566 (ข้อมูล ณ 3 ส.ค. 2566)

อิเล็กทรอนิกส์ในไทยมีจำนวนประมาณ 500 – 600 ราย[2] ส่วนใหญ่เป็นการลงทุนจากต่างประเทศที่เป็นห่วงโซ่อุปทานเดิมในการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า คอมพิวเตอร์ และยานยนต์ที่เข้ามาลงทุนในไทย ขณะที่ผู้ประกอบการสัญชาติไทยส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการขนาดเล็กเพื่อการส่งออก และรองรับอุตสาหกรรมในประเทศ (ธนาคารกสิกรไทย, 2561)

จากข้อมูลด้านทะเบียนนิติบุคคลของผู้ประกอบการอิเล็กทรอนิกส์ของไทย พบว่า ธุรกิจอิเล็กทรอนิกส์ของไทยพึ่งพาเงินทุนของต่างชาติเป็นอย่างมาก แม้ว่าจะมีผู้ประกอบการสัญชาติไทยจำนวนมาก แต่มักเป็นผู้ประกอบการรายเล็ก การกระตุ้นให้เกิดการลงทุนยกระดับการผลิตที่สูงขึ้น อาจจะต้องอาศัยการผลักดันจากผู้ประกอบการรายใหญ่ที่มีการลงทุนอยู่ในประเทศขยายการลงทุนในกิจกรรมต้นน้ำมากขึ้น

ตารางที่ 3.7 ข้อมูลทะเบียนธุรกิจผู้ประกอบการอิเล็กทรอนิกส์สำคัญของไทย

TSIC	ประเภทธุรกิจ	จำนวน	ทุนจดทะเบียน (ล้านบาท)	ขนาดธุรกิจ
26104	การผลิตอุปกรณ์กึ่งตัวนำและวงจรรวม	ร่วมลงทุนต่างชาติ: 36 (33%) ไทย 100% : 73 [67%] รวม: 109	ต่างชาติ: 12,681 (86%) ไทย : 2,087 [14%]	S 96 [88%] M 4 [4%] L 9 [8%]
26103	การผลิตแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์	ร่วมลงทุนต่างชาติ: 64 [47%) ไทย 100% :71 [59%] รวม: 135	ต่างชาติ: 26,170 [92%] ไทย : 2,074 [8%]	S 98 [73%] M 10 [7%] L 27 [20%]
26109	การผลิตส่วนประกอบอิเล็กทรอนิกส์อื่นซึ่งมิได้จัดประเภทไว้ในที่อื่น	ร่วมลงทุนต่างชาติ: 412 [49%] ไทย 100%: 429 [51%] รวม: 841	ต่างชาติ: 126,849 [96%] ไทย : 4,823 [4%]	S 631 [75%] M 91 [11%] L 119 [14%]

ที่มา: กรมพัฒนาธุรกิจการค้า (2567)

หน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการส่งเสริมและสนับสนุนอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ ประกอบด้วย ด้านวิจัยและพัฒนา ด้านพัฒนากำลังคน ด้านกำหนดนโยบาย และด้านส่งเสริมการลงทุน ซึ่งในแต่ละด้านต่างมี

[2] ประเมินจากข้อมูลผู้ประกอบการอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดจำนวน 657 ราย ในปี 2565 สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

บทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการขับเคลื่อนอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ โดยเฉพาะการสร้างขีดความสามารถในระดับต้นน้ำที่ต้องการองค์ความรู้ และทักษะของบุคลากรขั้นสูง ตลอดจนการขับเคลื่อนทางนโยบาย และการดึงดูดการลงทุนจากผู้ประกอบการรายสำคัญเพื่อร่วมสร้างให้เกิดระบบนิเวศอุตสาหกรรมที่เหมาะสมสำหรับการผลิตเทคโนโลยีขั้นสูง โดยมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1) ด้านการวิจัยและพัฒนา มีการจัดตั้ง**ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (TMEC)** ตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 3 ตุลาคม 2538 โดยอยู่ภายใต้กำกับของศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และเริ่มดำเนินการอย่างเป็นทางการเมื่อ 27 เมษายน 2547 เพื่อทำการวิจัยและพัฒนากระบวนการผลิตต้นแบบวงจรรวมประเภท ASIC เทคโนโลยีการผลิตวงจรรวมขนาดใหญ่มาก (Very Large Scale Integration: VLSI) ด้วยเทคโนโลยี Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS) ขนาด 0.5 ไมครอน การผลิตวงจรรวมบนแผ่นเวเฟอร์ขนาด 6 นิ้ว และเป็นศูนย์กลางการออกแบบวงจรรวมในลักษณะ In-house ทั้งการออกแบบซอฟต์แวร์ไลบรารี และ IP Core ผังภูมิวงจร (Layout) รวมถึงการสร้างกำลังคนระดับปริญญาโท และปริญญาเอกร่วมกับสถาบันการศึกษา และอุตสาหกรรม

นอกจาก TMEC แล้ว ยังมีมหาวิทยาลัยของไทยที่มีส่วนในการขับเคลื่อนการวิจัยและพัฒนาเซมิคอนดักเตอร์ของประเทศ เช่น สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยขอนแก่น และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นต้น

2) ด้านการพัฒนาบุคลากร ตั้งแต่เริ่มก่อตั้ง TMEC ได้มีความร่วมมือกับมหาวิทยาลัยชั้นนำของไทยเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต และสร้างบุคลากรด้านการผลิตและออกแบบวงจรรวมขึ้นมารองรับอุตสาหกรรมของประเทศ โดยมีการบรรจุเป็นหลักสูตรด้านวงจรรวมและการออกแบบวงจรรวมขึ้นในมหาวิทยาลัยต่าง ๆ แต่ที่ผ่านมาความสนใจของนักศึกษาที่จะเข้าเรียนหลักสูตรน้อยลงอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากไม่มีแหล่งงานในประเทศรองรับ และมีการปิดหลักสูตรไปในบางมหาวิทยาลัย

ในสถานการณ์ปัจจุบัน บทบาทของเซมิคอนดักเตอร์ทวีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ แต่ไทยค่อนข้างละเลยการสร้างบุคลากรทักษะเพื่อรองรับมาเป็นระยะเวลานาน จากการรวบรวมข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษาทางวิศวกรรมศาสตร์ในสาขาที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมเครื่องกลและการผลิต วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมไฟฟ้า – อิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมเมคาทรอนิกส์ วิศวกรรมไมโครอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และระบบคอมพิวเตอร์ โดยพบว่า แนวโน้มจำนวนผู้สำเร็จการศึกษาในภาพรวมลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงปี 2563 – 2565 จาก 10,764 คน เป็น 10,574 คน และ 9,900 คน ตามลำดับ และจำนวนทั้งหมดนี้ยังไม่ใช่ที่มีความพร้อมเข้าสู่อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์

ตารางที่ 3.8 จำนวนผู้สำเร็จการศึกษาในสาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

สาขาวิชา	2563			2564			2565		
	ป.ตรี	ป.โท	ป.เอก	ป.ตรี	ป.โท	ป.เอก	ป.ตรี	ป.โท	ป.เอก
วิศวกรรมคอมพิวเตอร์	1,896	65	24	1,932	58	23	1,867	63	10
วิศวกรรมคอมพิวเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์	71			69			48		
วิศวกรรมเครื่องกล	3,366	139	29	3,227	117	42	2,919	89	28
วิศวกรรมเครื่องกลและการผลิต	121			140			150		
วิศวกรรมไฟฟ้า	3,831	155	60	3,916	150	86	3,657	129	58
วิศวกรรมไฟฟ้า - อิเล็กทรอนิกส์	14			25			10		
วิศวกรรมเมคาทรอนิกส์	332	19		249		2	277		
วิศวกรรมไมโครอิเล็กทรอนิกส์		1							
วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์	538	6		449	5		465	4	
วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และระบบคอมพิวเตอร์	97			84			126		
รวมทั้งสิ้น	**10,266**	**385**	**113**	**10,091**	**330**	**153**	**9,519**	**285**	**96**
รวมรายปี	**10,764**			**10,574**			**9,900**		

ที่มา: สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงเร่งสร้างบุคลากรขึ้นมาให้ทันต่อยุคสมัยของเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงไป และฉวยรับโอกาสจากภูมิรัฐศาสตร์โลก จึงดำเนินโครงการและการขับเคลื่อนด้านการพัฒนาบุคลากรด้านเซมิคอนดักเตอร์ขึ้น เพื่อยกระดับความสามารถของประเทศ และสร้างความเชื่อมั่นและดึงดูดการลงทุน ดังนี้

- โครงการจัดตั้งศูนย์ความเป็นเลิศด้านการออกแบบและการวิเคราะห์ทดสอบวงจรรวมและเซนเซอร์ ภายใต้แผนงานบูรณาการพัฒนาอุตสาหกรรมและบริการแห่งอนาคต โดย TMEC เพื่อสร้างระบบนิเวศด้านการออกแบบและวิเคราะห์ทดสอบวงจรรวมและเซนเซอร์ โดยมีวัตถุประสงค์ในการให้บริการและที่ปรึกษา เป็นตัวกลางเชื่อมโยงระหว่างสถาบันการศึกษา เอกชน และภาครัฐ ดำเนินการวิจัยและพัฒนาต้นแบบวงจรรวมและเซนเซอร์ การบริหาร

จัดการทรัพย์สินทางปัญญาด้านวงจรรวมและสนับสนุนการใช้ในเชิงพาณิชย์ การจัดทำรวบรวม และเผยแพร่หลักสูตรการออกแบบวงจรรวมและการวิเคราะห์ทดสอบ โดยมีเป้าหมายที่การพัฒนาวงจรรวมเฉพาะทาง (ASIC) และส่วนที่เป็นรากฐานของวงจรรวม (IP Block) และจัดตั้งเครือข่ายผู้ออกแบบวงจรรวมและเซนเซอร์ (IC Design Consortium) จากเอกชน และมหาวิทยาลัย เพื่อร่วมกันขับเคลื่อนให้บรรลุวัตถุประสงค์ (จากสถานะล่าสุดมีการทำงานร่วมกับโครงการ ศูนย์รวมผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบวงจรไมโครอิเล็กทรอนิกส์ประเทศไทย ดำเนินการโดย สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

- โครงการหลักสูตรแซนด์บ็อกซ์ (Higher Education Sandbox) ด้านเซมิคอนดักเตอร์ โดยสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) และสำนักงานปลัด กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) โดยหลักสูตรแซนด์บ็อกซ์จะเป็นการลดเงื่อนไขข้อจำกัดตามมาตรฐานหลักสูตร เช่น สามารถเรียนกับผู้เชี่ยวชาญภายนอก หรือเรียนตามความต้องการของภาคอุตสาหกรรม เพื่อให้สามารถผลิตบุคลากรได้อย่างรวดเร็ว และตรงกับความต้องการของภาคอุตสาหกรรม ทั้งนี้ อว. มีเป้าหมายพัฒนากำลังคนด้านเซมิคอนดักเตอร์ตามความต้องการของผู้ประกอบการให้ได้ 200 คนต่อปีต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 ปี ซึ่งอยู่ระหว่างการยื่นข้อเสนอหลักสูตรจากมหาวิทยาลัย นอกจากนี้ อว. ยังได้นำผู้แทนมหาวิทยาลัยชั้นนำ 9 แห่ง ได้แก่ ประกอบด้วย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ไปพบกับมหาวิทยาลัยที่มีการวิจัยด้านเซมิคอนดักเตอร์ และผู้ผลิตในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไต้หวัน เพื่อแสวงหาโอกาสในการร่วมมือพัฒนาบัณฑิตของไทยทั้งในรูปแบบการฝึกอบรมระยะสั้น และร่วมวิจัย
- ศูนย์รวมผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบวงจรไมโครอิเล็กทรอนิกส์ประเทศไทย (Thailand Hub of Talent in Microelectronics Design: THTMD) ภายใต้โครงการศูนย์กลางกำลังคนระดับสูง (Hub of Talents) ดำเนินการโดย สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ทำความร่วมมือกับ 12 สถาบันการศึกษา ได้แก่ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อเป็นศูนย์รวมผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบไมโครอิเล็กทรอนิกส์แห่งประเทศไทย เพื่อเชื่อมต่อองค์ความรู้และทรัพยากรระหว่างสถาบันการศึกษา การ

แลกเปลี่ยนองค์ความรู้กับต่างประเทศ และตอบสนองต่อความต้องการในด้านไมโครอิเล็กทรอนิกส์ที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

3) ด้านกำหนดนโยบาย ในการส่งเสริมและยกระดับอุตสาหกรรมให้มีขีดความสามารถสูงขึ้น ผู้ที่มีบทบาททางด้านนโยบายมีความสำคัญต่อการกำหนดทิศทางของประเทศ ประกอบด้วย

- สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (สศอ.) เป็นหน่วยงานภายใต้กระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งมีพันธกิจหลักในด้านการผลักดันนโยบายและแผนยุทธศาสตร์พัฒนาอุตสาหกรรม ตลอดจนการเชื่อมโยงและให้บริการด้านข้อมูล รวมถึงการชี้นำและเตือนภัยเศรษฐกิจอุตสาหกรรมของประเทศ
- สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิสก์ (EEI) เป็นองค์กรอิสระภายใต้กระทรวงอุตสาหกรรม ทำหน้าที่ในการพัฒนาศักยภาพผู้ประกอบการด้านไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และโทรคมนาคม ในด้านการส่งออก การใช้วัตถุดิบในประเทศ การพัฒนามาตรฐานผลิตภัณฑ์ และการจัดทำข้อมูลเชิงลึกเพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรมไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และโทรคมนาคม
- สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศ (ส.ท.อ.) เป็นตัวแทนผู้ประกอบการอุตสาหกรรมภาคเอกชนในการประสานนโยบายและดำเนินการกับรัฐ ให้คำปรึกษาและเสนอแนะแก่รัฐบาลเพื่อพัฒนาเศรษฐกิจด้านอุตสาหกรรม พัฒนาการประกอบอุตสาหกรรม ศึกษาและหาแนวทางแก้ไขปัญหาการประกอบอุตสาหกรรม ตลอดจนการส่งเสริมการศึกษา วิจัย อบรม และเผยแพร่วิชาการและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ทั้ง 3 หน่วยงาน เป็นหน่วยงานหลักร่วมจัดทำ**แผนปฏิบัติการด้านการพัฒนาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ ระยะที่ 1 (พ.ศ. 2566 - 2570)** (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2565) ซึ่งเป็นแผนปฏิบัติการมุ่งเป้าการยกระดับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์สู่การเป็นอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ และขยายขีดความสามารถการแข่งขันของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ไทยให้สูงขึ้น มีเป้าหมายเพื่อให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางในการผลิตอุปกรณ์และระบบอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะในอาเซียน รวมถึงมีเทคโนโลยีเป็นของตนเอง ภายในปี 2570 มูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะของไทยมีสัดส่วนเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 60 ของอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และมูลค่าการลงทุนด้านการวิจัยและพัฒนาของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะของไทยมีสัดส่วนไม่น้อยกว่าร้อยละ 1 ของ GDP ภาคอุตสาหกรรม ภายในปี 2570 ด้วย 3 มาตรการหลัก ได้แก่

มาตรการที่ 1 ยกระดับศักยภาพการแข่งขันของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์เดิม และส่งเสริมให้เกิดการพัฒนาระบบอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ โดยสร้างนวัตกรรมและมูลค่าเพิ่มให้แก่ผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ โดยมีการดำเนินงาน 12 โครงการ กรอบงบประมาณ 1,068.94 ล้านบาท

มาตรการที่ 2 กระตุ้นอุปสงค์เพื่อสร้างตลาดการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะในประเทศ และต่อยอดการสร้างหรือพัฒนาระบบอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ โดยมุ่งเน้น 5 กลุ่ม คือ Smart Home, Smart

Factory, Smart Hospital & Health, Smart Farm และรถ EV โดยมีโครงการดำเนินงาน 25 โครงการ กรอบงบประมาณ 3,207.65 ล้านบาท

มาตรการที่ 3 สร้างและพัฒนาระบบนิเวศสำหรับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ โดยพัฒนาระบบและโครงสร้างพื้นฐานเพื่อรองรับการขยายตัวของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ โดยมีโครงการดำเนินงาน 10 โครงการ กรอบงบประมาณ 2,268 ล้านบาท

โดยในรายละเอียดของแผนปฏิบัติการฯ ฉบับนี้ เกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์ต้นน้ำ หรือเซมิคอนดักเตอร์ ได้แก่ (1) การสนับสนุนการผลิตและการดึงดูดการลงทุนอิเล็กทรอนิกส์ระดับต้นน้ำ หรือเซมิคอนดักเตอร์ เช่น การผลิตวงจรรวม (Wafer Fabrication) Micro Electro Mechanical Systems (MEMs) Optical Semiconductor) และ IoT (2) ต่อยอดอุตสาหกรรมที่ประเทศไทยมีฐานการผลิตเดิม เช่น การผลิต IC Packaging ไปสู่อุตสาหกรรม IC Design และการผลิต PCB ไปสู่การผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีเทคโนโลยีสูงขึ้น (เช่น High Density PCB, Flexible PCB และ Multilayer PCB เป็นต้น) และ (3) การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและปัจจัยแวดล้อม หรือระบบนิเวศ (Ecosystem) ด้วยการจัดตั้งศูนย์ความเป็นเลิศเฉพาะทาง เช่น ด้าน IC Design Center, Micro and Nanotechnology Center และ PCB Design and Layout Center เป็นต้น เพื่อรองรับการลงทุนและส่งเสริมการถ่ายทอดเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมต้นน้ำ ตลอดจนสนับสนุนการผลิตแรงงานที่มีทักษะเฉพาะด้าน

4) ด้านส่งเสริมการลงทุน โดยมี สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) เป็นหน่วยงานหลักของการให้สิทธิประโยชน์ส่งเสริมการลงทุนของประเทศ โดยสิทธิประโยชน์ที่ให้แก่นักลงทุนในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์อ้างอิงตามคู่มือขอรับการส่งเสริมการลงทุน 2566 พบว่า มีการให้สิทธิประโยชน์กิจการผลิต Wafer ที่มีกระบวนการผลิตตามที่คณะกรรมการส่งเสริมการลงทุนเห็นชอบสามารถได้รับยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลสูงถึง 13 ปี โดยไม่กำหนดวงเงิน และกิจการออกแบบวงจรรวมได้รับยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคลสูงสุด 8 ปี กิจการผลิตและทดสอบอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์และวงจรรวม ที่เป็นการปรับปรุงเครื่องจักรเดิมยังนับเป็นส่วนหนึ่งของโครงการที่ได้รับการส่งเสริมเช่นกัน

ตารางที่ 3.9 สิทธิประโยชน์ส่งเสริมการลงทุนกิจการผลิตเซมิคอนดักเตอร์

ประเภทกิจการ	เงื่อนไขสำคัญ	สิทธิประโยชน์ที่ได้รับ
กิจการออกแบบทางอิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่ Microelectronics, Optoelectronics หรือ Embedded System	มีค่าใช้จ่ายเงินเดือนของบุคลากรด้านออกแบบทางอิเล็กทรอนิกส์ ไม่น้อยกว่า 1,500,000 บาทต่อปี โดยต้องเป็นการจ้างงานใหม่ หรือมีเงินลงทุน ไม่น้อยกว่า 1 ล้านบาท	A1: 8 ปี ไม่กำหนดวงเงิน
กิจการผลิต Wafer	ต้องมีกรรมวิธีการผลิตตามที่คณะกรรมการเห็นชอบ	A1+: 13 ปี ไม่กำหนดวงเงิน
กิจการผลิตหรือทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำและวงจรรวมที่เป็นการลงทุนขนาดใหญ่	การผลิตหรือทดสอบชิ้นส่วนสำหรับอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำและวงจรรวม และการผลิตที่เกิดขึ้นระหว่างหรือต่อเนื่องจากขั้นตอนการผลิต เช่น Wafer Grinding, Sawed Dice, Wafer Testing, IC Testing และ IC Module เป็นต้น สำหรับการผลิตและทดสอบวงจรรวม (Integrated Circuit: IC) การลงทุนปรับปรุงเครื่องจักรเดิมให้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการที่จะได้รับส่งเสริมด้วย โดยไม่ให้นับมูลค่าเครื่องจักรเดิมมารวมเป็นเงินลงทุน ต้องมีเงินลงทุนค่าเครื่องจักร (รวมค่าติดตั้งและค่าทดลองเครื่อง) ที่ใช้ในการผลิต หรือทดสอบไม่น้อยกว่า 1,500 ล้านบาท	A2: 8 ปี
กิจการผลิตหรือทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ และวงจรรวม	การผลิตหรือทดสอบชิ้นส่วนสำหรับอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำและวงจรรวม และการผลิตที่เกิดขึ้นระหว่างหรือต่อเนื่องจากขั้นตอนการผลิต เช่น Wafer Grinding, Sawed Dice, Wafer Testing, IC Testing และ IC Module เป็นต้น สำหรับการผลิตและทดสอบวงจรรวม (Integrated Circuit: IC) การลงทุนปรับปรุงเครื่องจักรเดิมให้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการที่จะได้รับส่งเสริมด้วย โดยไม่ให้นับมูลค่าเครื่องจักรเดิมมารวมเป็นเงินลงทุน	A3: 5 ปี

ที่มา: คู่มือขอรับการส่งเสริมการลงทุน 2566 สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (2566)

ตลอดจน กองทุนภายใต้พระราชบัญญัติการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศสำหรับอุตสาหกรรมเป้าหมาย พ.ศ.2560 ยังเป็นอีกหนึ่งกลไกด้านส่งเสริมการลงทุนที่ให้สิทธิประโยชน์ขั้นสูงสุดสำหรับการลงทุนในเทคโนโลยีขั้นสูง รวมถึงไปการบรรจุอิเล็กทรอนิกส์ต้นน้ำ และอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะเป็น

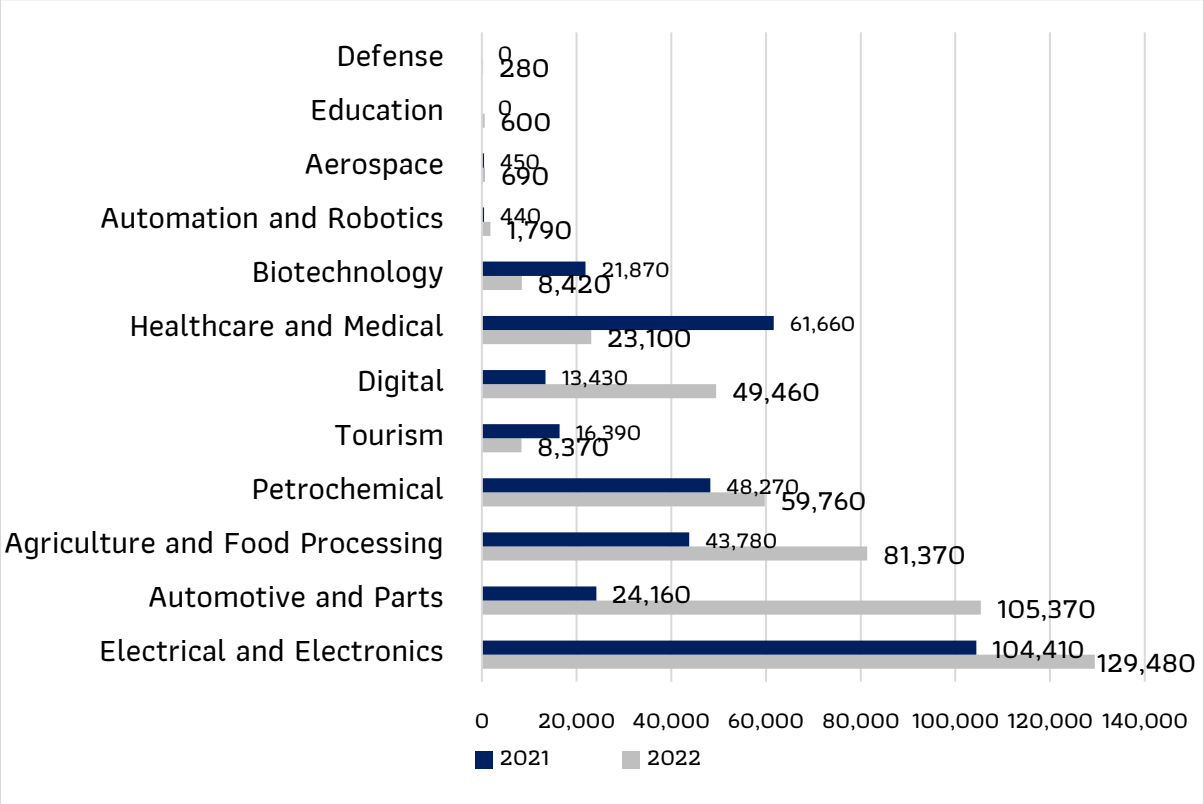
หนึ่งในอุตสาหกรรมยุทธศาสตร์ในการขับเคลื่อนการลงทุนของไทย โดยมีเป้าหมายให้ประเทศเป็นศูนย์กลางการผลิตอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะของอาเซียน

รูปที่ 3.14 5 อุตสาหกรรมยุทธศาสตร์และ 5 วาระสำคัญของสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน ปี 2566 – 2570

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (2567)

ทั้งนี้ จากข้อมูลสถิติการขอรับสิทธิส่งเสริมการลงทุนของไทย พบว่า หลังสถานการณ์ Covid -19 เริ่มมีการขอรับสิทธิส่งเสริมการลงทุนเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะโครงการในอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วน

และอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ โดยใน 2 สาขานี้มีมูลค่าโครงรการที่ขอรับการส่งเสริมมากกว่า 100,000 ล้านบาท ในปี 2566 (ค.ศ. 2022) โดยในส่วนของอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่เป็นการผลิตระดับปลายน้ำ เช่น การลงทุนด้าน PCB



รูปที่ 3.15 การขอรับการส่งเสริมการลงทุน ปี ค.ศ. 2021 – 2022

ที่มา: รายงานสถิติและการลงทุนจากต่างประเทศ 2556 สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน

โดยจีนเป็นประเทศที่ยื่นขอรับการส่งเสริมการลงทุนในไทยเป็นจำนวน และขึ้นเป็นประเทศอันดับ 1 ที่มีมูลค่าโครงการขอรับการส่งเสริมการลงทุนสูงที่สุดในปี ค.ศ. 2022 ด้วยมูลค่าโครงการลงทุนรวม 73,959 ล้านบาท จำนวน 149 โครงการ สูงกว่าญี่ปุ่นที่มีการขอรับการส่งเสริมมูลค่ารวม 49,187 ล้านบาท จำนวน 281 โครงการ โครงการลงทุนของจีนอยู่ในกลุ่มยานยนต์ และอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีความต้องการใช้เซมิคอนดักเตอร์เป็นส่วนประกอบ จึงอาจเป็นโอกาสของไทยที่จะใช้โอกาสจากการขยายการลงทุนนอกประเทศของจีน แต่ขณะเดียวกันก็ต้องพิจารณาถึงความขัดแย้งกันระหว่างสหรัฐอเมริกาและจีน ซึ่งมีการกีดกันในเทคโนโลยีผลิตเซมิคอนดักเตอร์ ที่อาจจะกระทบถึงการค้าในส่วนอื่นของไทยได้

จากรายละเอียดข้างต้น แสดงให้เห็นว่า ไทยมีความพยายามสร้างระบบนิเวศของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในประเทศในทุกขั้นตอนการผลิตตั้งแต่ 25 ปีที่ผ่านมา โดยเฉพาะการดำเนินการในฝั่งภาครัฐ แต่ยังไม่สามารถยกระดับสู่เทคโนโลยีการผลิตขั้นสูงได้ โดยผู้ผลิตวงจรรวมที่มีในประเทศส่วนใหญ่เป็นกิจการประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถัง ขณะที่กิจการระดับต้นน้ำมีจำนวนน้อยมาก ทำให้ไทยยังคงติดกับดักโครงสร้างอุตสาหกรรมแบบรับจ้างผลิตมูลค่าเพิ่มต่ำที่ขาดความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีจนถึงปัจจุบัน แต่จากสถานการณ์ความขัดแย้งและภูมิรัฐศาสตร์เกิดการย้ายฐานการผลิตของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ออกจากจีน เป็นโอกาสที่ดีของไทยที่จะดึงการลงทุนต้นน้ำของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์เข้ามาตั้งในประเทศ แต่ขึ้นอยู่กับว่าไทยจะมีศักยภาพและความพร้อมที่จะรับเอาโอกาสนี้เพื่อประโยชน์ต่อประเทศได้อย่างไร

3.2.2 มูลค่าตลาดอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทย

ตลาดผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในระยะ 7 ปี (ระหว่างปี ค.ศ. 2016 – 2022) มีมูลค่าตลาดรวมกัน 482,557 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (16.1 ล้านล้านบาท) อัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปี (CAGR) ร้อยละ 6.3 โดยที่วงจรรวมมีมูลค่าตลาดสะสมเป็นอันดับที่ 1 คิดเป็น 90,486 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (3.01 ล้านล้านบาท) อัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมร้อยละ 12.4 และส่วนแบ่งตลาดเฉลี่ยต่อปีร้อยละ 18.5 รองลงมา ได้แก่ ส่วนประกอบและอุปกรณ์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์ มูลค่าตลาดสะสม 58,320 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (1.94 ล้านล้านบาท) อัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมร้อยละ 2.1 มีส่วนแบ่งตลาดเฉลี่ยต่อปีร้อยละ 12.2 และเครื่องโทรศัพท์และอุปกรณ์มีมูลค่าตลาดสะสม 32,574 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (1.08 ล้านล้านบาท) อัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมร้อยละ 2.2 มีส่วนแบ่งตลาดเฉลี่ยต่อปีร้อยละ 6.8 เมื่อนำมูลค่าตลาดวงจรรวม และ OSD รวมกันเป็นตลาดเซมิคอนดักเตอร์ในประเทศมีมูลค่าตลาดสะสม 7 ด้วยมูลค่า 105,156 ล้านล้านบาท

ตารางที่ 3.10 มูลค่าตลาดผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์แบบสะสม ปี ค.ศ. 2016 - 2022

อันดับ	รายการผลิตภัณฑ์	มูลค่าตลาดสะสม (ล้านบาท)	CAGR (%)	ส่วนแบ่งตลาด (%)
1	วงจรรวม (IC)	**90,486**	**12.4**	**18.5**
2	ส่วนประกอบและอุปกรณ์ประกอบของเครื่องคอมพิวเตอร์	**58,320**	**2.1**	**12.2**
3	เครื่องโทรศัพท์ และอุปกรณ์	**32,574**	**2.2**	**6.8**
4	เทปแม่เหล็กและจานแม่เหล็ก, แผ่น CD	**20,369**	**7.9**	**4.2**
5	เครื่องจักรและเครื่องอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ	**18,788**	**4.7**	**3.9**

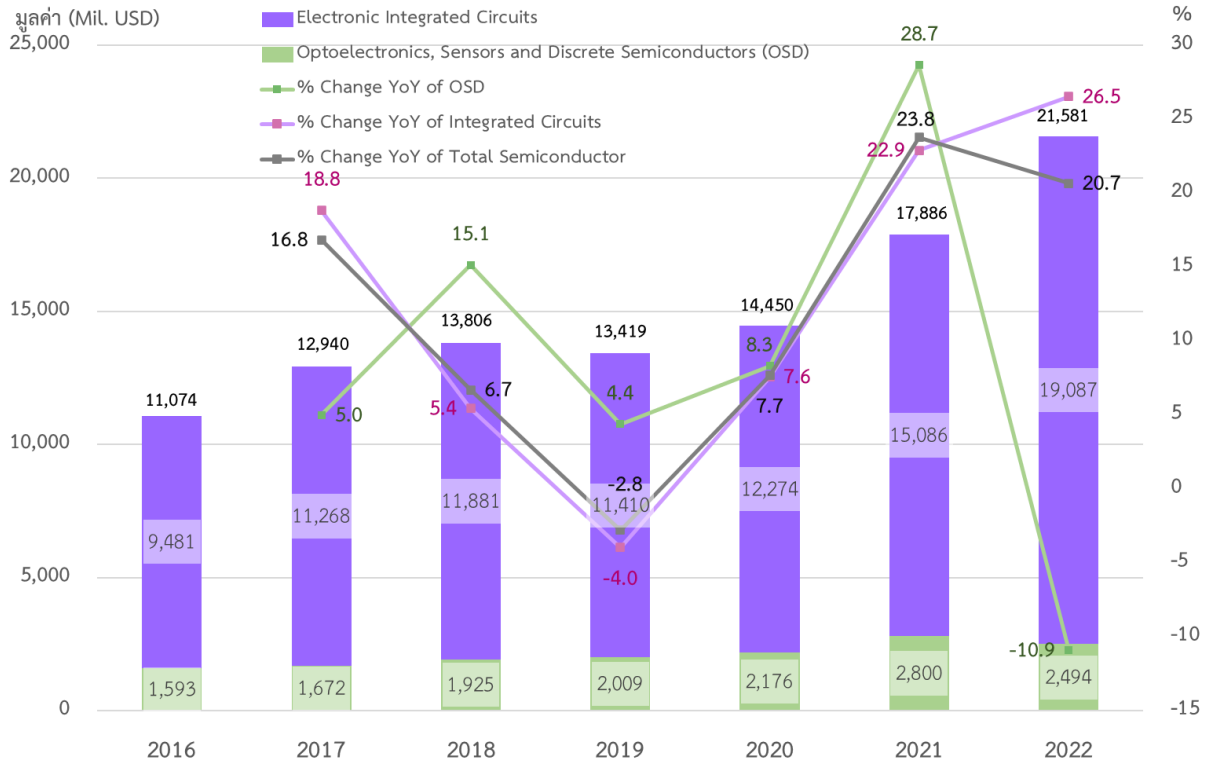
อันดับ	รายการผลิตภัณฑ์	มูลค่าตลาดสะสม (ล้านบาท)	CAGR (%)	ส่วนแบ่งตลาด (%)
6	เครื่องอุปกรณ์สำหรับการส่งหรือการรับเสียง ภาพ หรือข้อมูลอื่น ๆ และอุปกรณ์สำหรับสื่อสารในระบบเครือข่ายทางสายไร้สาย	**17,552**	**10.3**	**3.6**
7	เครื่องอุปกรณ์สำหรับป้องกันวงจรไฟฟ้าและส่วนประกอบ	**16,718**	**-4.5**	**3.5**
8	แผงสวิตซ์และแผงควบคุมกระแสไฟฟ้า	**16,148**	**7.7**	**3.3**
9	ไดโอด ทรานซิสเตอร์ กลอุปกรณ์กึ่งตัวนำ และส่วนประกอบ*	**14,670**	**7.8**	**3.0**
10	เครื่องพิมพ์ เครื่องทำสำเนา และส่วนประกอบ	**13,173**	**1.7**	**2.8**
11	วงจรพิมพ์ (Printed Circuit)	**13,044**	**11.0**	**2.7**
12	เครื่องคอมพิวเตอร์	**12,750**	**13.5**	**2.6**
13	ส่วนประกอบของเครื่องอุปกรณ์สำหรับการส่งหรือการรับเสียง ภาพ หรือข้อมูลอื่น ๆ รวมถึงอุปกรณ์ตัดต่อสัญญาณและจัดเส้นทาง	**9,783**	**2.7**	**2.1**
14	สายไฟฟ้า ชุดสายไฟ	**9,634**	**5.2**	**2.0**
15	กล้องถ่ายบันทึกภาพและส่วนประกอบ	**9,239**	**5.4**	**1.9**
	อื่น ๆ (นอกเหนือจาก 15 อันดับแรก)	**129,308**	**4.9**	**26.9**
	รวมผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	**482,557**	**6.3**	**100.0**

หมายเหตุ: *ไดโอด ทรานซิสเตอร์ กลอุปกรณ์กึ่งตัวนำ และส่วนประกอบ เป็นกลุ่มเดียวกับ Optoelectronics, Sensors and Discrete Semiconductors (OSD)

ที่มา: ศูนย์ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (2023)

เมื่อพิจารณาข้อมูลรายปีเห็นได้ว่ามูลค่าตลาดเซมิคอนดักเตอร์ของไทยเป็นแนวโน้มขาขึ้น แม้ว่าจะตลาดจะหดตัวลงในบางปีก็ตาม โดยในปี ค.ศ. 2016 มีมูลค่าตลาด 11,074 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (369,547 ล้านบาท) แบ่งเป็นผลิตภัณฑ์วงจรรวม มูลค่าตลาด 9,481 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (316,395 ล้านบาท) คิดเป็นส่วนแบ่งตลาดร้อยละ 85.6 และผลิตภัณฑ์ OSD มูลค่า 1,593 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (53,151 ล้านบาท) คิดเป็นส่วนแบ่งตลาดร้อยละ 14.4 โดยตลาดเซมิคอนดักเตอร์ไทยคิดเป็นสัดส่วนที่ร้อยละ 3.3 จากมูลค่าตลาดโลก 338,931 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ขณะที่ในปี ค.ศ. 2022 ตลาดเซมิคอนดักเตอร์ไทยมีมูลค่าตลาด 21,581 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (720,152 ล้านบาท) แบ่งเป็น ตลาดวงจรรวมมูลค่า 19,087 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (636,919

ล้านบาท) และ OSD มูลค่า 2,494 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (83,233 ล้านบาท) โดยไทยมีส่วนแบ่งร้อยละ 3.8 จากตลาดโลกมูลค่า 574,084 ล้านเหรียญสหรัฐฯ แสดงให้เห็นว่าการขยายตัวของตลาดเซมิคอนดักเตอร์จะแปรผันตามมูลค่าตลาดวงจรรวม (สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ , 2023)



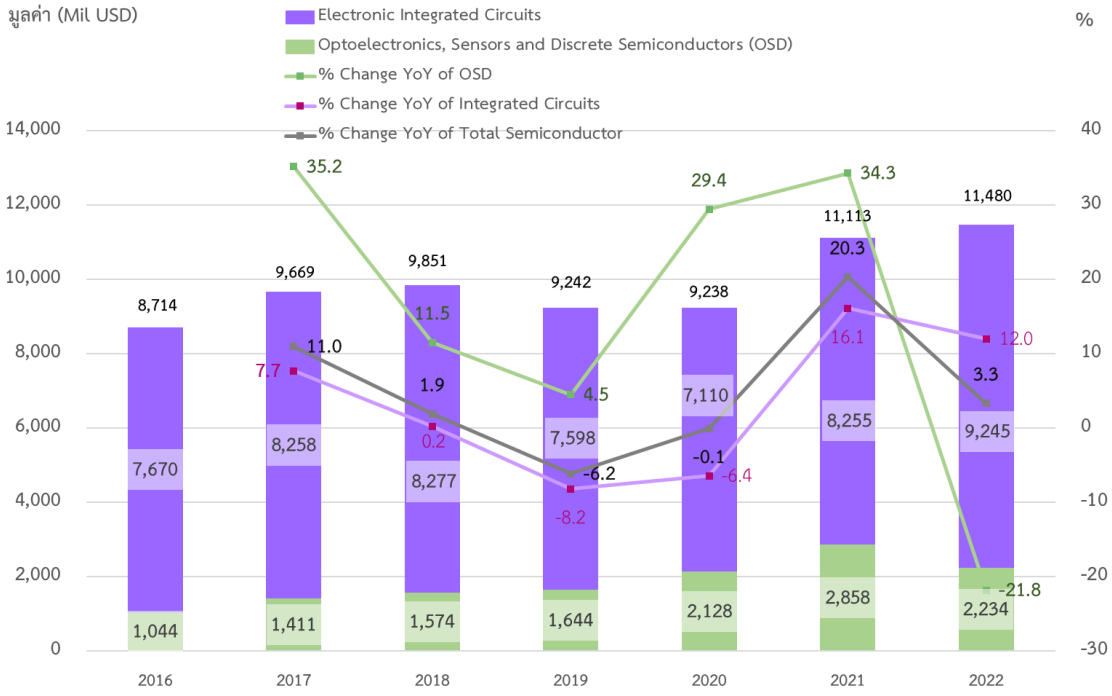
รูปที่ 3.16 มูลค่าตลาดเซมิคอนดักเตอร์ไทยจำแนกตามประเภทผลิตภัณฑ์ ปี ค.ศ. 2016 - 2022

ที่มา: ศูนย์ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (2023)

ในด้านการผลิตของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ไทยเป็นการผลิตเพื่อการส่งออกเกือบทั้งหมด โดยบริษัทผู้ผลิตส่วนใหญ่เป็นบริษัทลูกของบริษัทแม่ในต่างประเทศที่มีการโยกย้ายฐานการผลิตเข้ามาในไทย หรือมีการร่วมลงทุนในไทย เพื่อลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงตลาดในภูมิภาค และยังเป็นแหล่งวัตถุดิบให้แก่อุตสาหกรรมต่อเนื่องภายในสายการผลิตของคู่ค้าหรือบริษัทในเครือเดียวกัน

เมื่อพิจารณาระหว่างปี ค.ศ. 2016 – 2022 การผลิตเซมิคอนดักเตอร์ของไทยมีอัตราเฉลี่ยสะสมต่อปี (CAGR) ร้อยละ 4.7 โดยปี ค.ศ. 2016 ไทยมีการผลิตเซมิคอนดักเตอร์เป็นมูลค่า 8,714 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (290,795 ล้านบาท) แบ่งเป็นกลุ่ม วงจรรวมมูลค่า 7,670 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (255,954 ล้านบาท) และ OSD มูลค่า 1,044 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (34,841 ล้านบาท) โดยที่ในปี ค.ศ. 2019 และ 2020 มูลค่าการผลิตมีการเติบโตแบบหดตัวติดลบร้อยละ – 6.2 และร้อยละ – 0.1 ตามลำดับ เป็นผลจากสถานการณ์แพร่ระบาดของ Covid-19 ทำให้หลายโรงงานต้องหยุดการผลิต และสามารถกลับมาเติบโตได้ในปีถัดมา โดยปี ค.ศ. 2021

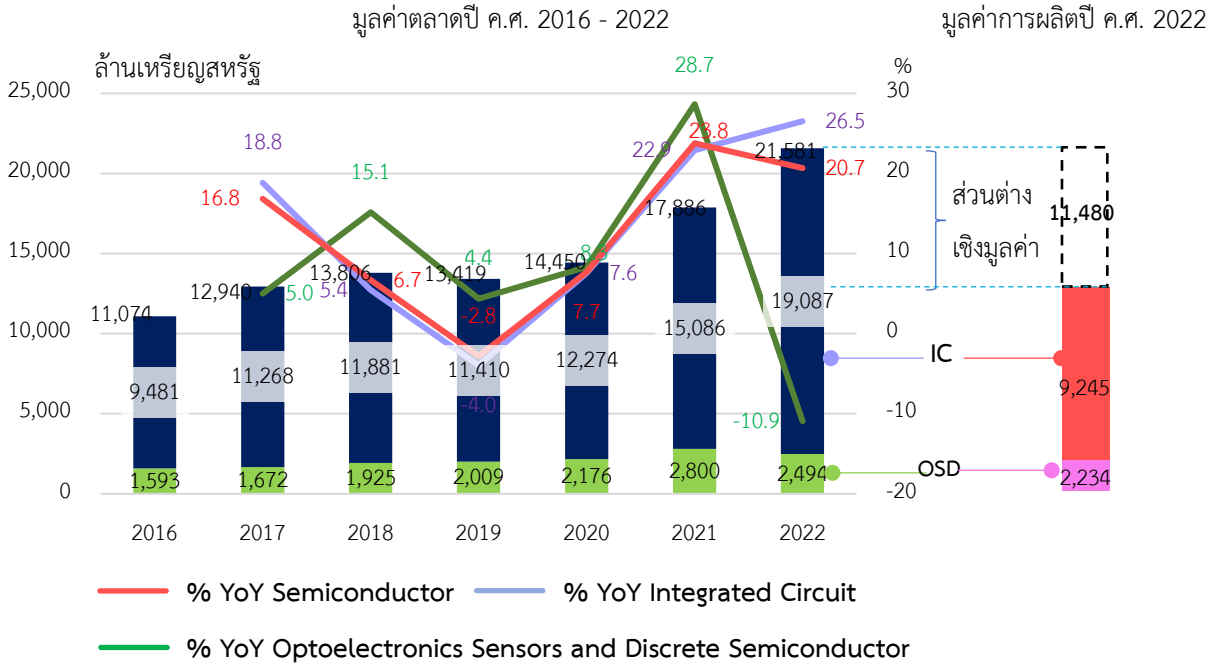
และ 2022 มีอัตราการเติบโตร้อยละ 20.3 และร้อยละ 3.3 ตามลำดับ เมื่อกลับมาผลิตรองรับได้ตามความต้องการ และสถานการณ์กลับเข้าสู่สภาวะปกติ โดยในปี ค.ศ. 2022 มีมูลค่าการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ในไทย 11,480 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (383,085 ล้านบาท) แบ่งเป็นการผลิตสินค้ากลุ่มวงจรรวมมูลค่า 9,245 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (308,520 ล้านบาท) และ OSD มูลค่า 2,234 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (74,565 ล้านบาท) (สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์, 2023)



รูปที่ 3.17 มูลค่าการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ไทยจำแนกตามประเภทผลิตภัณฑ์ ปี ค.ศ. 2016 - 2022

ที่มา: ศูนย์ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (2023)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบมูลค่าตลาดและมูลค่าการผลิตของไทยในปี ค.ศ. 2022 พบว่ามีส่วนต่างเชิงมูลค่าถึง 11,480 ล้านเหรียญสหรัฐ นัยหนึ่งสะท้อนถึงการพึ่งพิงการนำเข้าผลิตภัณฑ์เซมิคอนดักเตอร์ของไทยโดยเฉพาะกลุ่มสินค้าวงจรรวม แต่อีกนัยหนึ่งแสดงให้เห็นว่ายังมีช่องว่างที่เป็นโอกาสการลงทุนในไทย



รูปที่ 3.18 เปรียบเทียบมูลค่าตลาดและมูลค่าการผลิตเซมิคอนดักเตอร์

ที่มา: ศูนย์ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (2023)

3.2.3 สถานการณ์การค้าระหว่างประเทศของเซมิคอนดักเตอร์ไทย

1) มูลค่าการค้าเซมิคอนดักเตอร์ของไทย

การค้าระหว่างประเทศของเซมิคอนดักเตอร์ของไทยในระยะ 10 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2013 – 2022 มีมูลค่าการค้ารวมทั้งสิ้น 234,783 ล้านเหรียญสหรัฐฯ มีการขยายตัวเฉลี่ยสะสมต่อปี (CAGR) ร้อยละ 7.1 โดยแบ่งเป็นมูลค่าการค้าวงจรรวม 197,716 ล้านเหรียญสหรัฐฯ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 84.2 และ OSD มีมูลค่าการค้า 37,067 ล้านเหรียญสหรัฐฯ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 15.8

ตารางที่ 3.11 มูลค่าการค้าเซมิคอนดักเตอร์ของไทย จำแนกตามประเภทสินค้า ปี ค.ศ. 2013 – 2022

ปี ค.ศ.	มูลค่าการค้า (ล้านเหรียญสหรัฐฯ)			อัตราการเติบโต (%)			ส่วนแบ่ง (%)		
	IC	OSD	รวม	IC	OSD	รวม	IC	OSD	รวม
2013	16,420	2,345	18,765	3.6	7.9	4.1	87.5	12.5	100
2014	17,183	2,312	19,495	4.6	-1.4	3.9	88.1	11.9	100
2015	17,001	2,196	19,198	-1.1	-5.0	-1.5	88.6	11.4	100
2016	17,135	3,003	20,138	0.8	36.7	4.9	85.1	14.9	100
2017	19,510	3,729	23,239	13.9	24.2	15.4	84.0	16.0	100
2018	20,151	3,679	23,830	3.3	-1.4	2.5	84.6	15.4	100
2019	18,998	3,811	22,809	-5.7	3.6	-4.3	83.3	16.7	100
2020	19,377	4,475	23,852	2.0	17.4	4.6	81.2	18.8	100
2021	23,536	5,208	28,744	21.5	16.4	20.5	81.9	18.1	100
2022	28,404	6,309	34,713	20.7	21.2	20.8	81.8	18.2	100
รวม	197,716	37,067	234,783				84.2	15.8	100
เฉลี่ย	19,772	3,707	23,478						
CAGR				6.3	11.6	7.1			

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางจะปัดเศษเป็นล้านดอลลาร์ทั้งหมด ซึ่งอาจทำให้ยอดรวมแตกต่างกันเล็กน้อย

ที่มา: Trade Map (2023)

2) การส่งออกเซมิคอนดักเตอร์ของไทย

เมื่อพิจารณารายละเอียดการส่งออกเซมิคอนดักเตอร์ของไทย ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2013 – 2022 พบว่าไทยมีการส่งออกเซมิคอนดักเตอร์เป็นอันดับที่ 13 ของโลก โดยในรอบ 10 ปีตลาดหลักไทยส่งออกสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่

(1) ฮ่องกง มีมูลค่าการส่งออกของไทยรวม 10 ปี มูลค่า 23,105 ล้านเหรียญสหรัฐฯ แต่มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปี (GAGR) หดตัวร้อยละ 0.5 มีส่วนแบ่งมูลค่าการส่งออกรวม 10 ปีของไทยร้อยละ 23.9

(2) สหรัฐอเมริกา มีมูลค่าการส่งออกของไทยรวม 10 ปี มูลค่า 11,818 ล้านเหรียญสหรัฐฯ มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปี (CAGR) ร้อยละ 13.9 มีส่วนแบ่งมูลค่าการส่งออกรวม 10 ปีของไทยร้อยละ 12.2

(3) จีน มีมูลค่าการส่งออกของไทยรวม 10 ปี มูลค่า 8,950 ล้านเหรียญสหรัฐฯ มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปี (CAGR) ร้อยละ 6.3 มีส่วนแบ่งมูลค่าการส่งออกรวม 10 ปี ของไทยร้อยละ 9.2

(5) สิงคโปร์ มีมูลค่าการส่งออกของไทยรวม 10 ปี มูลค่า 8,747 ล้านเหรียญสหรัฐฯ มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อปีสะสม (CAGR) ร้อยละ 6.0 และมีส่วนแบ่งมูลค่าการส่งออกรวม 10 ปีของไทยร้อยละ 9.0 (ดูภาคผนวกตารางที่ 1.10)

สำหรับมูลค่าการส่งออกเซมิคอนดักเตอร์สะสมจำแนกตามผลิตภัณฑ์ระหว่างปี ค.ศ. 2013 – 2022 ได้แก่ วงจรรวมมีมูลค่ารวมทั้งสิ้น 78,858.1 ล้านเหรียญสหรัฐฯ โดยมี ฮ่องกง สิงคโปร์ จีน สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น เป็นตลาดส่งออกสำคัญ (ดูภาคผนวกตารางที่ 1.11) ขณะที่ OSD มีมูลค่าการส่งออกรวมทั้งสิ้น 17,987.2 ล้านเหรียญสหรัฐฯ โดยมี สหรัฐอเมริกา ฮ่องกง เวียดนาม ญี่ปุ่น และจีน เป็นตลาดส่งออกสำคัญ ดูภาคผนวกตารางที่ 1.12)

3) การนำเข้าเซมิคอนดักเตอร์ไทย

ไทยมีมูลค่านำเข้าเซมิคอนดักเตอร์รวมปี ค.ศ. 2013 - 2022 อยู่ในอันดับที่ 13 ของโลก มูลค่านำเข้าทั้งสิ้น 137,938 ล้านเหรียญสหรัฐฯ โดยแหล่งนำเข้าเซมิคอนดักเตอร์ที่สำคัญของไทยรอบ 10 ปี สูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่

(1) ไต้หวัน มีมูลค่าการนำเข้าเซมิคอนดักเตอร์ของไทยรวม 10 ปี เป็นมูลค่า 34,189 ล้านเหรียญสหรัฐฯ มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปี (CAGR) ร้อยละ 13.8 มีส่วนแบ่งมูลค่าการนำเข้ารวม 10 ปี คิดเป็นร้อยละ 24.8

(2) ญี่ปุ่น มีมูลค่าการนำเข้าเซมิคอนดักเตอร์ของไทยรวม 10 ปี มูลค่า 22,330 ล้านเหรียญสหรัฐฯ มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปี (CAGR) ร้อยละ 3 และมีส่วนแบ่งมูลค่าการนำเข้ารวม 10 ปีร้อยละ 16.2

(3) จีน มีมูลค่าการนำเข้าเซมิคอนดักเตอร์ของไทยรวม 10 ปี เป็นมูลค่า 17,893 ล้านเหรียญสหรัฐฯ มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อปีสะสม (CAGR) ร้อยละ 13.9 และ มีส่วนแบ่งมูลค่าการนำเข้ารวม 10 ปี ร้อยละ 13.0

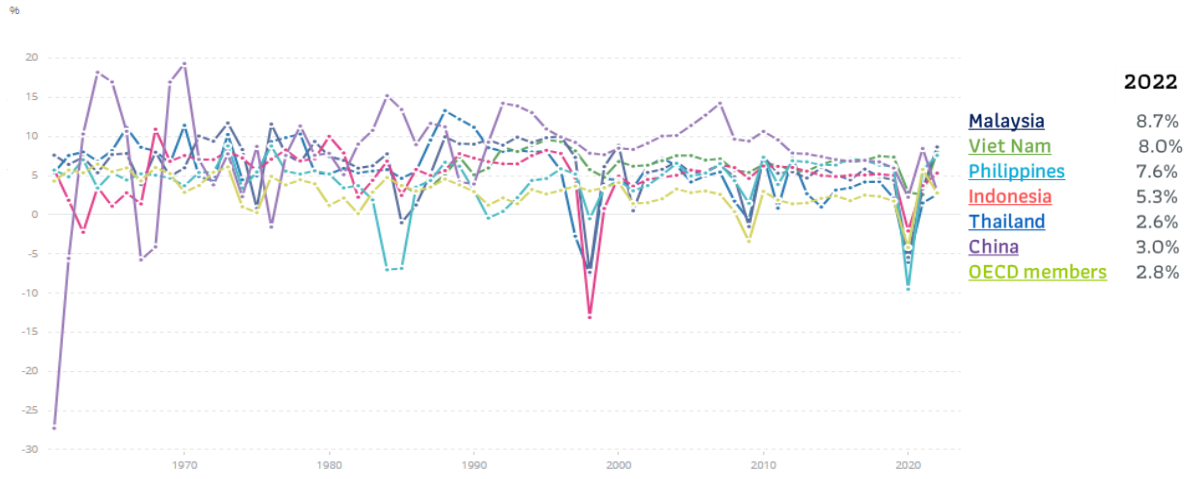
(4) สหรัฐอเมริกา มีมูลค่าการนำเข้าเซมิคอนดักเตอร์ของไทยรวม 10 ปี เป็นมูลค่า 13,627 ล้านเหรียญสหรัฐฯ มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปี (CAGR) ร้อยละ 3.6 โดยมีส่วนแบ่งการนำเข้ารวม 10 ปี ร้อยละ 9.9

(5) มาเลเซีย มีมูลค่าการนำเข้าเซมิคอนดักเตอร์ของไทยรวม 10 ปี เป็นมูลค่า 10,762 ล้านเหรียญสหรัฐฯ มีอัตราการเติบโตเฉลี่ยสะสมต่อปี (CAGR) ร้อยละ 5.1 และคิดเป็นสัดส่วนมูลค่าการนำเข้ารวม 10 ปี ร้อยละ 7.8 (ดูภาคผนวกตารางที่ 1.13)

เมื่อจำแนกตามรายผลิตภัณฑ์ของไทยตั้งแต่ปี ค.ศ. 2013 - 2022 พบว่า วงจรรวมมีมูลค่านำเข้ารวม 118,858.3 ล้านเหรียญสหรัฐฯ โดยมีแหล่งนำเข้าสำคัญ ได้แก่ ไต้หวัน ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา จีน และเกาหลีใต้ (ดูภาคผนวกตารางที่ 1.14) ขณะที่ OSD มีมูลค่าการนำเข้ารวมทั้งสิ้น 19,079.5 ล้านเหรียญสหรัฐฯ มีแหล่งนำเข้าสำคัญ ได้แก่ จีน ญี่ปุ่น มาเลเซีย ไต้หวัน และเกาหลีใต้ (ดูภาคผนวกตารางที่ 1.15) จากที่ได้กล่าวถึงไปก่อนหน้านี้ว่าไทยยังต้องพึ่งพาการนำเข้าเซมิคอนดักเตอร์โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์วงจรรวมนั้น ซึ่งส่วนใหญ่นำเข้ามาจากประเทศผู้ผลิตรายใหญ่ และประเทศที่มีการลงทุนอุตสาหกรรมปลายทางที่เกี่ยวเนื่องในไทย เช่น ไต้หวัน และญี่ปุ่น ที่เข้ามาลงทุนด้านอิเล็กทรอนิกส์ และยานยนต์ ที่มีความเชื่อมโยงกับห่วงโซ่การผลิตเดิมและการผลิตที่มีอยู่มิได้รองรับความต้องการของอุตสาหกรรมภายในประเทศ

3.3 ความสำคัญของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ต่อเศรษฐกิจและสังคมของไทย

อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทยสามารถสร้างรายได้จากการส่งออกได้ 12,668 ล้านเหรียญสหรัฐฯ จากมูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ 40,872 ล้านเหรียญสหรัฐ ในปี ค.ศ. 2022 หรือคิดเป็นสัดส่วนประมาณร้อยละ 31 และอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ยังเป็นสาขาย่อยของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นแหล่งจ้างงานสำคัญของประเทศ โดยมีจำนวนแรงงานมากกว่า 600,000 ราย อย่างไรก็ตามเซมิคอนดักเตอร์ที่ผลิตยังมีความเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมปลายทางอื่นในประเทศได้ไม่มากนัก สังเกตได้จากการนำเข้าผลิตภัณฑ์เซมิคอนดักเตอร์ในประเทศมีมูลค่าสูงถึง 22,046 ล้านเหรียญสหรัฐฯ มากกว่ามูลค่าการส่งออกเกือบเท่าตัว โดยเป็นมูลค่าการนำเข้าวงจรรวมถึง 19,152 เหรียญสหรัฐฯ เนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี หรือข้อกำหนดของผู้ว่าจ้างที่มีต่อผู้บริการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศ ไทยจึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ระดับต้นน้ำมากขึ้น ควบคู่กับการปรับปรุงเทคโนโลยีด้านการประกอบวงจรรวมให้ทันสมัย มีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีให้ปรับเปลี่ยนได้ทันกับการเปลี่ยนแปลงในยุคปัจจุบันและอนาคต โดยเฉพาะแนวโน้มการเติบโตทางเศรษฐกิจของไทยมีแนวโน้มทรงตัวในระดับต่ำกว่าหลายประเทศในอาเซียนด้วยกัน ซึ่งเป็นนัยว่าประเทศไทยมีการผลิตที่สร้างมูลค่าเพิ่มได้น้อย หรือกำลังสูญเสียความสามารถในการแข่งขันในอุตสาหกรรมหลักของประเทศ



รูปที่ 3.19 อัตราการเติบโตของผลผลิตมวลรวมภายในประเทศของไทยและประเทศเป้าหมาย ปี ค.ศ. 1960 - 2022

ที่มา: World Bank (2023)

การผลิตเซมิคอนดักเตอร์เกือบทั้งหมดในไทยเป็นการรับจ้างประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถัง เป็นขั้นตอนการผลิตที่ใกล้ชิดกับบริการรับจ้างผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวเนื่องกับอุตสาหกรรมปลายทางของไทย เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมคอมพิวเตอร์ หรือ Consumer Electronics และ

อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า แต่ที่ผ่านมา ประเทศไทยยังขาดความเชื่อมโยงระหว่างสินค้าเซมิคอนดักเตอร์ กับอุตสาหกรรมปลายทางในประเทศ เพราะผู้ผลิตวงจรรวมในไทยรายใหญ่เป็นบริษัทข้ามชาติ หรือกิจการในเครือของผู้ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ประเภท IDM จากสหรัฐอเมริกา ยุโรป และญี่ปุ่น ซึ่งจะมีการส่งออกเพื่อจัดจำหน่ายผ่านสาขา หรือนำไปประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในอีกประเทศหนึ่ง ขณะที่ผู้ประกอบการไทยส่วนใหญ่มีขนาดเล็กที่เป็นเพียงผู้รับจ้างช่วงการผลิตไม่สามารถแข่งขันในระดับสูงได้

แต่จากฐานการลงทุนเดิมที่มีของสหรัฐอเมริกาและยุโรป ทำให้ไทยเป็นหนึ่งในภูมิภาคอาเซียนจะได้รับความสนใจเป็นตัวเลือกของสหรัฐอเมริกา และยุโรปที่ต้องการย้ายฐานการผลิตออกจากจีน รวมถึงชาติอื่น ที่มีการส่งสินค้าไปยังสหรัฐอเมริกาและยุโรป ให้เป็นพันธมิตรห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์และอุตสาหกรรมที่เกี่ยวเนื่อง เช่น ยานยนต์ Consumer Electronics เครื่องใช้ไฟฟ้า และการแพทย์ เป็นต้น ดังตัวอย่างการผลิตรถยนต์ 1 คัน มีต้นทุนจากเซมิคอนดักเตอร์มากกว่า 500 เหรียญสหรัฐฯ เนื่องจากรถยนต์ใช้ระบบที่เป็นดิจิทัลมากขึ้น (ปาริชาติ จิรวัชรา และ ทัศดา แสงมานะเจริญ, 2565) โดยที่รถยนต์สันดาปต้องใช้ชิปเป็นส่วนประกอบมากกว่า 1,000 ตัว และหากเป็นรถยนต์ไฟฟ้าต้องใช้ชิปมากกว่ารถยนต์สันดาปถึง 2 เท่า (Electronics Sourcing, 2022)

นอกจากนี้ ในปี ค.ศ. 2022 มีการลงทุนจากต่างประเทศในไทย 405 โครงการ มูลค่าการลงทุน 229,482 ล้านบาท โดยเป็นโครงการลงทุนของกลุ่มอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ถึง 110 โครงการ มูลค่าการลงทุน 78,395 ล้านบาท โดยคิดเป็นร้อยละ 34.2 ของเม็ดเงินลงทุนจากต่างประเทศทั้งหมด โดยมีโครงการที่ได้รับอนุมัติให้การส่งเสริมมูลค่าสูง (เงินลงทุนตั้งแต่ 1,000 ล้านบาทขึ้นไป) เช่น กิจการผลิต Hard Disk Drive ทั่วไป และ/หรือ ชิ้นส่วน จำนวน 4 โครงการ มูลค่า 27,749 ล้านบาท กิจการผลิต Flexible Printed Circuit Board และ/หรือ Multilayer Printed Circuit Board จำนวน 5 โครงการ มูลค่า 17,965 ล้านบาท กิจการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำและ/หรือชิ้นส่วนสำหรับอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ มูลค่า 1 ,854 ล้านบาท เป็นต้น

ตารางที่ 3.12 จำนวนโครงการลงทุนของต่างชาติที่ได้รับอนุมัติการส่งเสริมการลงทุนในปี ค.ศ. 2022

ประเภท	จำนวนโครงการ	เงินลงทุน (ล้านบาท)
เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	110	78,395
ยานยนต์และชิ้นส่วน	81	69,577
การเกษตรและแปรรูปอาหาร	65	24,396
ปิโตรเคมีและเคมีภัณฑ์	46	16,745
อุตสาหกรรมดิจิทัล	69	28,636
อื่น ๆ	34	11,733
รวมทั้งหมด	**405**	**229,482**

ที่มา: การวิเคราะห์โดย SCB EIC จากข้อมูลของ BOI

มีการคาดการณ์ว่า โครงการที่ได้รับการส่งเสริมการลงทุนของอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ปี ค.ศ. 2022 จะเกิดการจ้างงาน 34,757 คน โดยอุตสาหกรรมที่มีเม็ดเงินลงทุนในอันดับรองลงมาคือ ยานยนต์และชิ้นส่วนจำนวน 81 โครงการ มูลค่าการลงทุน 69,577 ล้านบาท โดยในช่วง 8 เดือนแรกของปี ค.ศ. 2023 มีการยื่นขอส่งเสริมการลงทุนจากไต้หวัน 20 โครงการ มูลค่าการลงทุนประมาณ 30,000 ล้านบาท เพื่อให้ไทยเป็นฐานการผลิตหลักเพื่อส่งออกไปยังตลาดโลก ในกลุ่มผลิตภัณฑ์ แผ่นวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board: PCB) คอมพิวเตอร์พกพา (Notebook) และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะที่นำระบบเซ็นเซอร์ Internet of Things (IoT) หรือระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) มาใช้ เช่น ลำโพงอัจฉริยะ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบสวมใส่ (Wearable Device) เป็นต้น โดยมีผู้ผลิต PCB ไต้หวัน ตัดสินใจเข้ามาลงทุนในประเทศไทยแล้ว 10 ราย เช่น WUS PCB, APEX, Dynamic Electronics, Gold Circuit, APCB เป็นต้น (Today Bizview, 2566)

โดยหากเกิดการลงทุนโรงงานผลิตวงจรรวม จะเกิดผลกระทบเชิงบวกหรือประโยชน์ต่อระบบเศรษฐกิจและสังคมไทยอย่างสูง ทั้งการเติบโตทางเศรษฐกิจการเม็ดเงินลงทุนและการจ้างงาน การใช้เทคโนโลยีผลิตที่สูงขึ้นเป็นการยกระดับขีดความสามารถของประเทศ รวมถึงเป็นการสร้างความมั่นคงทางการผลิตลดการพึ่งพาการนำเข้า และการพัฒนาผลิตภัณฑ์และบริการใหม่ด้วยเทคโนโลยีขั้นสูง สำหรับประชากรในประเทศได้รวดเร็วขึ้น แต่ในการลงทุนโรงงานผลิตเซมิคอนดักเตอร์มีข้อควรพิจารณาของผู้ลงทุน ทั้งใช้เงินลงทุนสูง ต้องอาศัยบุคลากรที่มีทักษะและความเชี่ยวชาญเฉพาะทาง ความพร้อมด้านระบบสาธารณูปโภคสำหรับการผลิต ตลอดจนต้องมีความสามารถในการจัดหาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้อย่างต่อเนื่อง แต่จากแนวโน้มการลงทุนจากต่างประเทศ เห็นได้ว่า ต่างชาติยังมองไทยในฐานะประเทศผลิตและประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ยังไม่จูงใจการลงทุนในระดับกระบวนการผลิตขั้นสูงเพียงพอ อย่างไรก็ตาม ไทยยังมีโอกาสยกระดับการผลิตอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ต้นน้ำในส่วนของการออกแบบวงจรรวมได้เอง เนื่องจากใช้เงินลงทุนและบุคลากรต่อกิจการน้อยกว่าการทำ Wafer Fabrication การข้ามไปส่งเสริมธุรกิจออกแบบวงจรรวมที่เป็นอีกหนึ่งขั้นตอนการผลิตที่มีมูลค่าเพิ่มสูง ที่มีการลงทุนในส่วนของปัจจัยทุนน้อยกว่าการตั้งโรงงานผลิตวงจรรวม ธุรกิจออกแบบวงจรรวมจึงเป็นทางเลือกของการยกระดับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทย

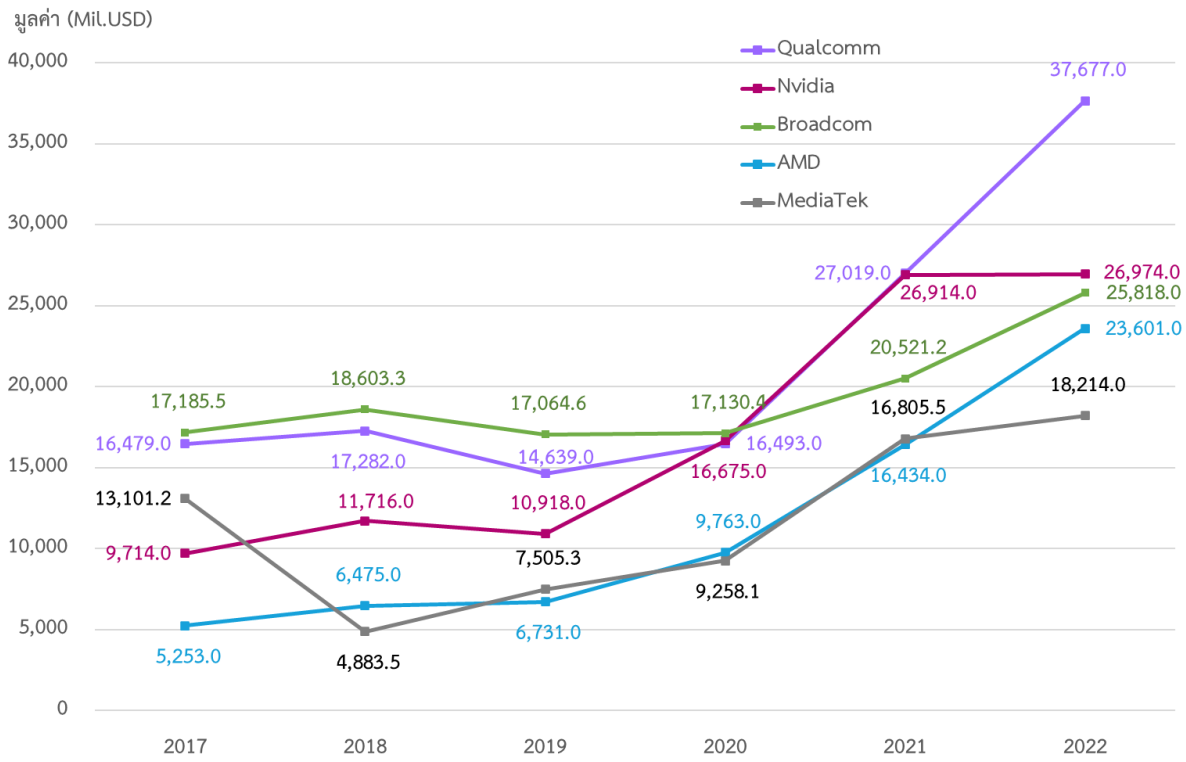
บทที่ 4 ธุรกิจออกแบบวงจรรวม

โดยในส่วนนี้จะกล่าวถึงสถานภาพถึงธุรกิจออกแบบวงจรรวม (IC Design) ของโลก และในส่วนธุรกิจออกแบบวงจรรวมของไทยใช้ข้อมูลที่สังเคราะห์จากการสัมภาษณ์เชิงลึกร่วมกับข้อมูลทุติยภูมิ รวมถึงตัวอย่างกรณีศึกษาของต่างประเทศถึงแนวทางการส่งเสริมอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์โดยเฉพาะการออกแบบวงจรรวมในต่างประเทศ ดังนี้

4.1 สถานภาพธุรกิจออกแบบวงจรรวม

รูปแบบธุรกิจของ Fabless คือผู้ผลิตวงจรรวมที่ไม่มีโรงงานผลิตของตนเอง โดยทำหน้าที่ออกแบบวงจรรวมและว่าจ้างโรงงานผลิต (Foundry) และโรงงานประกอบวงจรรวมที่รับช่วงผลิต (OSAT) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์วงจรรวมหรือชิปที่มีคุณสมบัติตามที่ออกแบบ และจำหน่ายให้แก่ลูกค้า ดังนั้น Fabless จึงสามารถเข้าถึงเครื่องมือและสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับการผลิตวงจรรวมได้โดยไม่ต้องลงทุนเอง และมีความยืดหยุ่นในการตัดสินใจเลือกใช้โรงงานผลิต ที่มีกำลังการผลิตและเสถียรภาพการผลิตที่แตกต่างกันไป ทำให้ Fabless สามารถจำหน่ายชิปได้ในราคาที่แข่งขันได้ เนื่องจากไม่ต้องแบกรับต้นทุนของโรงงานผลิต ขณะที่เดียวกัน Foundry ได้ประโยชน์จากการได้ใช้กำลังการผลิตจากคำสั่งผลิตของ Fabless

บริษัท Fabless ครองส่วนแบ่งรายได้ประมาณ 33% ของรายได้ในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ทั้งหมด (Invest India, 2021) ในปี ค.ศ. 2021 ธุรกิจ Fabless มีการเติบโตของยอดขายร้อยละ 36 สูงกว่าธุรกิจ IDM ที่มีอัตราการเติบโตร้อยละ 21 โดย Fabless มีส่วนแบ่งยอดขายวงจรรวมร้อยละ 34.8 ของยอดขายวงจรรวมทั้งหมด (Design&Reuse, 2022) ผู้ประกอบการ Fabless ที่สำคัญของโลกส่วนใหญ่เป็นผู้ประกอบการจากสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีจำนวนมากและมีส่วนแบ่งรายได้ในตลาดโลกในสัดส่วนที่มากเช่นเดียวกัน รองลงมา คือ ไต้หวัน และจีน จากข้อมูลในปี ค.ศ. 2022 บริษัท Qualcomm เป็นบริษัท Fabless ที่มีรายได้เป็นอันดับที่ 1 มูลค่า 37,677 ล้านเหรียญสหรัฐฯ รองลงมา ได้แก่ Nvidia มีรายได้ 26,974 ล้านเหรียญสหรัฐฯ Broadcom มีรายได้มาเป็นอันดับที่ 3 มีมูลค่า 25,818 ล้านเหรียญสหรัฐฯ AMD มูลค่ารายได้ 23,601 ล้านเหรียญสหรัฐฯ และ Media Tek มีรายได้ 18,214 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 บริษัทที่มีรายได้จาก Fabless IC Design สูงที่สุด 5 อันดับแรกของโลก ปี ค.ศ. 2017 - 2022

ที่มา: Arsta Research Analysis (2022)

โดยส่วนแบ่งรายได้ของ บริษัท Fabless ทั้ง 5 บริษัท ในปี ค.ศ. 2022 มีสัดส่วนรายได้ถึงร้อยละ 69.8 ของตลาด Fabless ทั้งหมด

บริษัทที่มีรายได้จาก Fabless สูงที่สุด 5 อันดับแรก เป็นบริษัทจากสหรัฐอเมริกาถึง 4 บริษัท มีเพียงแค่ Media Tek ที่มาจากไต้หวัน ผู้ประกอบที่มีรายได้สูงที่สุด 5 อันดับแรกของโลก (Arsta Research Analysis 2022) ได้แก่

(1) Qualcomn เป็นบริษัทสัญชาติสหรัฐอเมริกา ก่อตั้งบริษัทตั้งแต่ปี ค.ศ. 1985 ธุรกิจของบริษัท คือ สร้างเซมิคอนดักเตอร์ด้าน IC Design ซอฟต์แวร์ และบริการที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีไร้สาย เป็นเจ้าของสิทธิบัตรที่สำคัญต่อมาตรฐานการสื่อสารเคลื่อนที่ 5G, 4G, DDMA2000, TD-SCDMA และ WCDMA ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาบริษัทได้ขยายไปสู่การขายผลิตภัณฑ์ IC Design ในรูปแบบการผลิตที่เน้นความโดดเด่นเป็นหลัก นอกจากนี้ยังพัฒนาและออกแบบ IC ที่เป็นส่วนประกอบหรือซอฟต์แวร์สำหรับรถยนต์ นาฬิกา แล็ปท็อป Wi-Fi สมาร์ตโฟน และอุปกรณ์อื่น ๆ ทั้งนี้บริษัท Qualcomm Technologies, Inc. (QTI) เป็นผู้นำในอุตสาหกรรมอุปกรณ์เคลื่อนที่

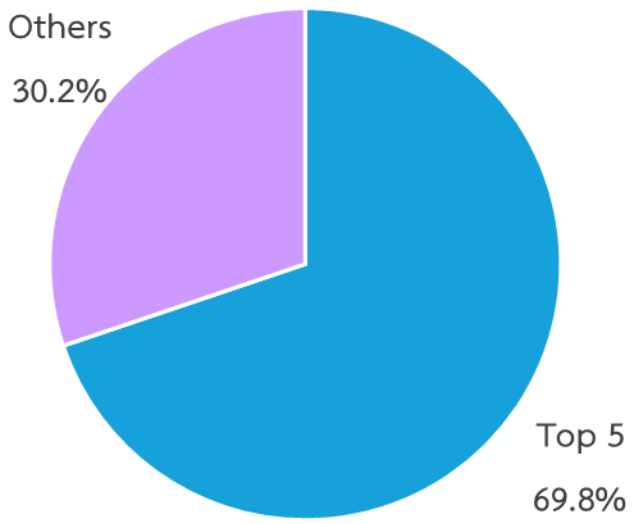
(2) NVIDIA เป็นบริษัทสัญชาติสหรัฐอเมริกา ก่อตั้งบริษัทตั้งแต่ปี ค.ศ. 1993 บริษัทเป็นผู้บุกเบิกด้านการประมวลผลแบบเร่งความเร็ว (Accelerated Computing) โดยมีการออกแบบ IC สำหรับหน่วยประมวลผลทางด้านกราฟิก (Graphics Processing Unit: GPU) ในปี ค.ศ. 1999 ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้

ตลาดเกมพีซีเติบโต ต่อมาได้รับนิยามใหม่เป็นคอมพิวเตอร์กราฟิก ทั้งนี้คอมพิวเตอร์กราฟิกเป็นตัวจุดประกายยุคของ AI สมัยใหม่ และกำลังกระตุ้นให้เกิดการสร้าง Metaverse นอกจากนี้ยังพัฒนา Application Programming Interface: API) สำหรับ Data Science และคอมพิวเตอร์ประสิทธิภาพสูง (High-Performance Computing: HPC) รวมถึง System on Chip units (SOC) สำหรับตลาด Mobile Computing และยานยนต์

(3) Broadcom เป็นบริษัทสัญชาติสหรัฐอเมริกา ก่อตั้งบริษัทตั้งแต่ปี ค.ศ. 1961 บริษัทเป็นผู้นำเทคโนโลยีระดับโลกที่ออกแบบ พัฒนา และจัดหาโซลูชันซอฟต์แวร์สำหรับโครงสร้างพื้นฐานและเซมิคอนดักเตอร์ที่หลากหลาย บริษัทให้บริการในตลาดที่สำคัญ เช่น Data Center เครือข่าย ซอฟต์แวร์ บรอดแบนด์ Wireless อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล (Storage) และภาคอุตสาหกรรม ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ที่สำคัญของบริษัท คือ RAID-on-Chip ICs (ROCs) เป็น IC ที่สร้างระบบจัดเก็บข้อมูลเซิร์ฟเวอร์ที่เชื่อถือได้พร้อมการปกป้องข้อมูลที่แข็งแกร่งและประสิทธิภาพเพื่อรองรับปริมาณงานที่มีความต้องการสูง

(4) AMD เป็นบริษัทสัญชาติสหรัฐอเมริกา ก่อตั้งบริษัทตั้งแต่ปี ค.ศ. 1969 เป็นผู้นำในการออกแบบ IC สำหรับการประมวลผลประสิทธิภาพสูง (High-Performance Computing: HPC) และ Adaptive Computing โดยที่สินค้าหลักของบริษัทคือ ไมโครโพรเซสเซอร์ เมนบอร์ด และการ์ดแสดงผล สำหรับคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ และคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

(5) MediaTek เป็นบริษัทสัญชาติไต้หวัน ก่อตั้งบริษัทตั้งแต่ปี ค.ศ. 1997 เป็นบริษัทออกแบบ IC สำหรับการสื่อสารไร้สาย โทรทัศน์ความละเอียดสูง อุปกรณ์มือถือแบบพกพา เช่น สมาร์ตโฟน และคอมพิวเตอร์แท็บเล็ต ระบบนำทาง ผลิตภัณฑ์มัลติมีเดียสำหรับผู้บริโภค เป็นต้น บริษัทเป็นผู้นำตลาดในการพัฒนานวัตกรรม System on Chip units (SOC) สำหรับอุปกรณ์มือถือ (Mobile Device) ความบันเทิงภายในบ้าน การเชื่อมต่อ และผลิตภัณฑ์ Internet of Thing (IoT)



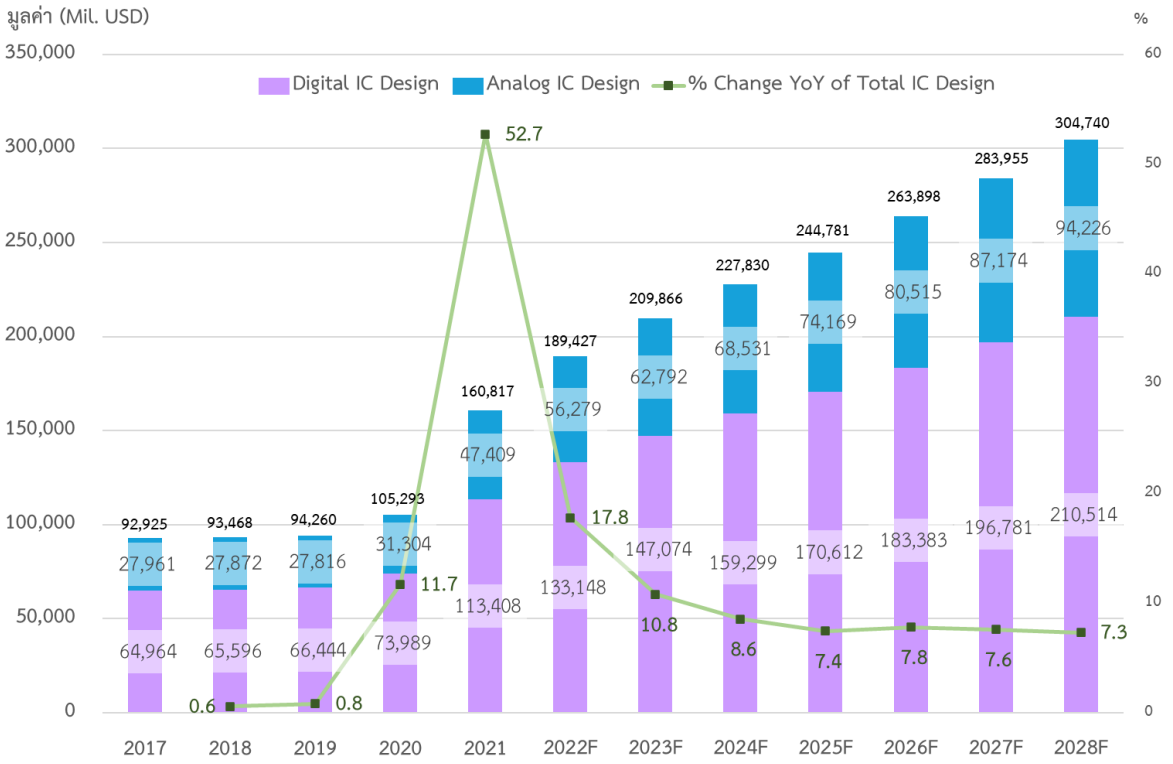
รูปที่ 4.2 ส่วนแบ่งรายได้จาก Fabless IC Design ของบริษัท 5 อันดับแรกของโลก ปี ค.ศ. 2022

ที่มา: Arsta Research Analysis (2022)

สถานภาพตลาด Fabless จากข้อมูลด้านการตลาดโดย Arsta Research Analysis (2022) โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงข้อมูลประกอบการจริงระหว่างปี ค.ศ. 2017 – 2021 และข้อมูลคาดการณ์การระหว่างปี ค.ศ. 2022 – 2028 ซึ่งจะนำเสนอทั้งสถานภาพตลาดโลก และตลาดเอเชีย-แปซิฟิก โดยเน้นไทยและอาเซียน มีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 สถานภาพตลาดการออกแบบวงจรรวมของโลก

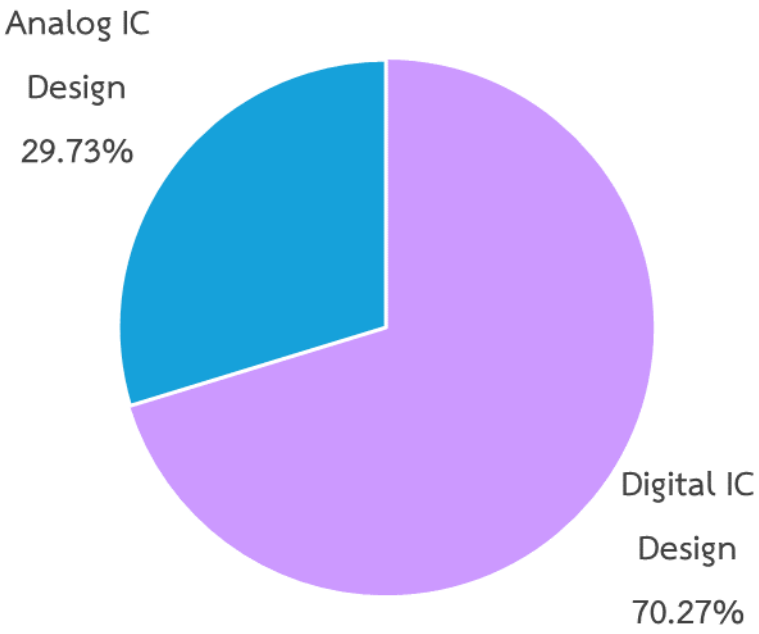
มูลค่าตลาดการออกแบบวงจรรวมของโลกมีระดับการเติบโตไม่สูงมากนัก ยกเว้นในช่วงปี ค.ศ. 2020 – 2022 ซึ่งเป็นช่วงของการฟื้นตัวหลังจากการแพร่ระบาดของ Covid-19 และภาวะขาดแคลนชิปทำให้มูลค่าตลาดมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นสูง และลดลงเข้าสู่ระดับคงตัวอย่างรวดเร็ว โดยจากข้อมูล ปี ค.ศ. 2017 พบว่า ตลาดออกแบบวงจรรวมทั่วโลกมีมูลค่า 92,925 ล้านเหรียญสหรัฐฯ แบ่งเป็น Digital IC Design มูลค่า 64,964 ล้านเหรียญสหรัฐฯ และ Analog IC Design มูลค่า 27,961 ล้านเหรียญสหรัฐฯ



รูปที่ 4.3 มูลค่าตลาด Fabless IC Design ทั่วโลก จำแนกตามประเภท ปี ค.ศ. 2017 - 2028

ที่มา: Arsta Research Analysis (2022)

โดยในปี ค.ศ. 2021 มูลค่าตลาด เพิ่มขึ้นเป็น 160,817 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ซึ่งเป็นปีที่มีอัตราการเติบโตสูงที่สุดร้อยละ 52.7 แบ่งเป็น Digital IC Design มูลค่า 113,408 ล้านเหรียญสหรัฐฯ และ Analog IC Design มูลค่า 47,409 ล้านเหรียญสหรัฐฯ และคาดว่าตั้งแต่ปี ค.ศ. 2023 ตลาด Fabless เริ่มเข้าสู่สภาะการเติบโตคงที่ในระดับร้อยละ 7 – 8 ดังรูปที่ 3.3 จากผลรวมมูลค่าตลาดโลก ปี ค.ศ. 2017 - 2021 พบว่า Digital IC Design มีส่วนแบ่งเฉลี่ยต่อปีร้อยละ 70.27 และ Analog IC Design มีส่วนแบ่งเฉลี่ยต่อปีร้อยละ 29.73 ดังรูปที่ 3.4

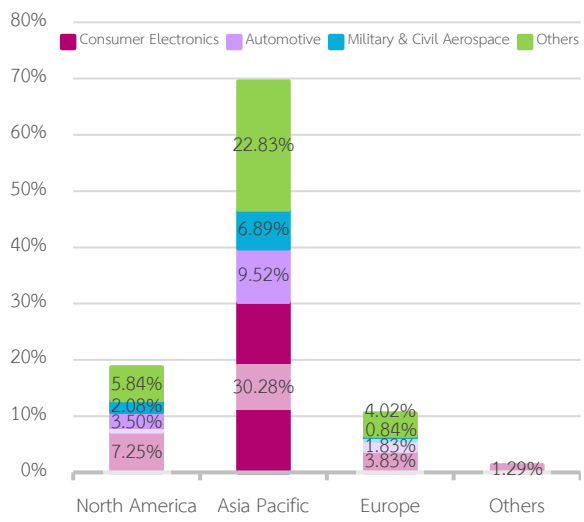


รูปที่ 4.4 ส่วนแบ่งตลาดออกแบบวงจรรวมทั่วโลก จำแนกตามประเภท ปี ค.ศ. 2017 - 2021

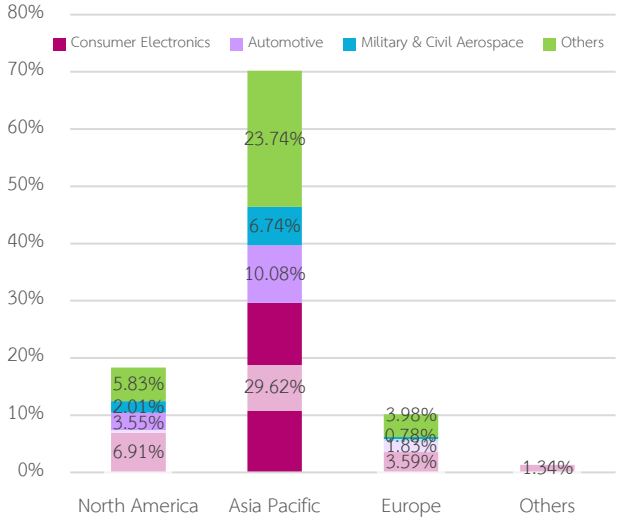
ที่มา: Arsta Research Analysis (2022)

เนื่องจากการเติบโตของเทคโนโลยีนวัตกรรมเป็นตัวช่วยกระตุ้นความต้องการโซลูชันสำหรับ Digital IC Design จำนวนมาก โดยเฉพาะ Machine Learning, AI (Artificial Intelligence), 5G และ IoT โดยเทคโนโลยีเหล่านี้เพิ่มความต้องการของผู้ออกแบบวงจรรวมในการสร้าง Digital IC แบบกำหนดเอง (ASIC) ที่ปรับให้เหมาะกับการใช้งานเฉพาะ ซึ่งช่วยให้มั่นใจในการประมวลผลข้อมูล การสื่อสาร และการควบคุมพลังงานที่มีประสิทธิภาพ

เอเชียแปซิฟิกเป็นภูมิภาคที่มีสัดส่วนมูลค่าตลาดการออกแบบวงจรรวมมากที่สุดประมาณร้อยละ 69.90 รองลงมาคืออเมริกาเหนือ ร้อยละ 18.46 ยุโรป ร้อยละ 10.32 และภูมิภาคอื่น ๆ ร้อยละ 1.32 ตามลำดับ ทั้งนี้ ในระหว่างปี ค.ศ. 2017 – 2021 และปี ค.ศ. 2022 – 2028 จากข้อมูลพบว่า อิเล็กทรอนิกส์ผู้บริโภค (Consumer Electronics) เป็นการประยุกต์ใช้วงจรรวมของ Fabless สูงที่สุดในทุกภูมิภาค โดยเอเชีย แปซิฟิก มีสัดส่วนถึงประมาณร้อยละ 30 อเมริกาเหนือมีสัดส่วนร้อยละ 7 และยุโรปสัดส่วนร้อยละ 4 ขณะที่การประยุกต์ใช้ด้านยานยนต์ในเอเชีย-แปซิฟิก มีสัดส่วนร้อยละ 10 อเมริกาเหนือร้อยละ 4 และยุโรปร้อยละ 2 โดยกลุ่มอื่น ๆ ที่ไม่ได้ถูกจัดกลุ่มได้มีสัดส่วนการประยุกต์ใช้ในเอเชีย-แปซิฟิกร้อยละ 24 อเมริกาเหนือ ร้อยละ 6 และยุโรป ร้อยละ 4



รูปที่ 4.5 มูลค่าตลาดออกแบบวงจรรวมของโลก จำแนกตามภูมิภาค ปี ค.ศ. 2017 - 2021

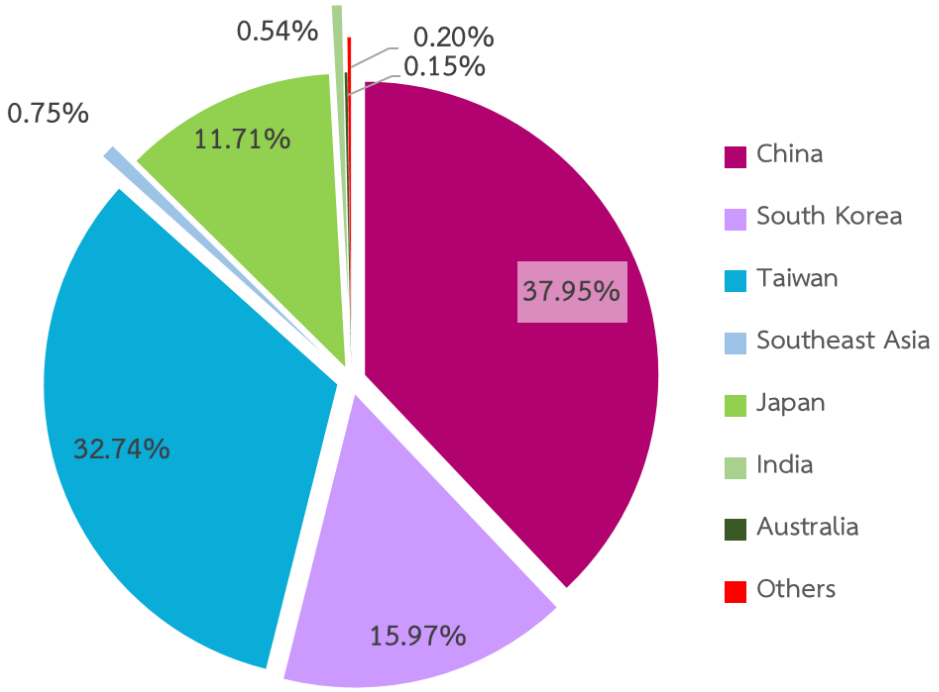


รูปที่ 4.6 มูลค่าตลาดออกแบบวงจรรวมของโลก จำแนกตามภูมิภาค ปี ค.ศ. 2022 - 2028

ที่มา: Arsta Research Analysis (2022)

มูลค่าการออกแบบวงจรรวมสำหรับ Consumer Electronics ในเอเชียแปซิฟิก ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2017 มีมูลค่าตลาดรวม 28,355 ล้านเหรียญสหรัฐฯ โดยคาดว่าจะมีมูลค่า 89,768 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ในปี ค.ศ. 2028 สำหรับการออกแบบวงจรรวมสำหรับกลุ่ม Others มีมูลค่าตลาดในปี ค.ศ. 2017 เท่ากับมูลค่าตลาดที่ 20,984 ล้านเหรียญสหรัฐฯ โดยคาดการณ์ว่าในปี ค.ศ. 2028 จะมีมูลค่า 73,519 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ในส่วนของกลุ่ม Automotive มีมูลค่าตลาดในปี ค.ศ. 2017 เท่ากับ 8,724 ล้านเหรียญสหรัฐฯ และเท่ากับ 31,887 ล้านเหรียญสหรัฐฯในปี ค.ศ. 2028 และกลุ่ม Military & Military & Civil Aerospace มีมูลค่าตลาดปี ค.ศ. 2017 เท่ากับ 6,445 ล้านดอลลาร์

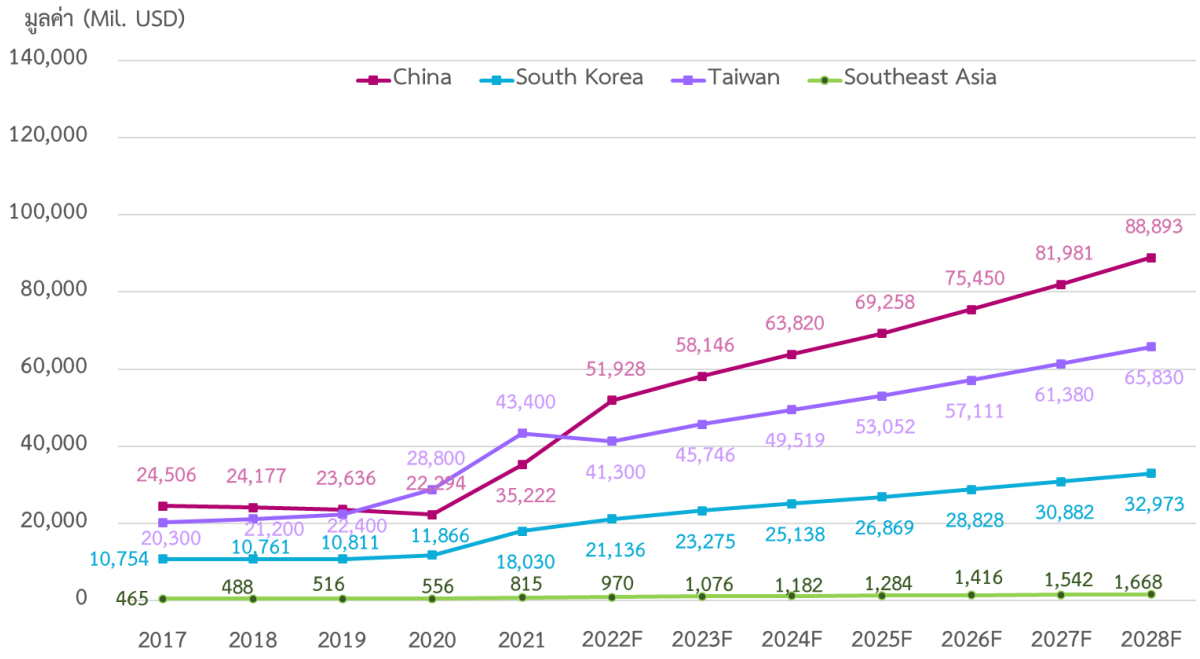
ไต้หวัน จีน และ เกาหลีใต้มีส่วนแบ่งตลาด Fabless สูงที่สุด 3 อันดับแรก ในปี ค.ศ. 2017 - 2021 โดยไต้หวันมีส่วนแบ่งตลาดเฉลี่ยต่อปีในภูมิภาคนี้ที่ร้อยละ 35.29 รองลงมาคือ จีนมีส่วนแบ่งตลาดเฉลี่ยต่อปีร้อยละ 34.63 และเกาหลีใต้ ส่วนแบ่งตลาดเฉลี่ยต่อปีร้อยละ 16.41 ตามลำดับ



รูปที่ 4.7 ส่วนแบ่งตลาด Fabless IC Design ของภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกจำแนกตามประเทศ ปี ค.ศ. 2017-2021

ที่มา: Arsta Research Analysis (2022) และ Taiwan Semiconductor Industry Association (2023) คณะผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงข้อมูลมูลค่าตลาดจีนและไต้หวันในรายงานของ Arsta Research Analysis

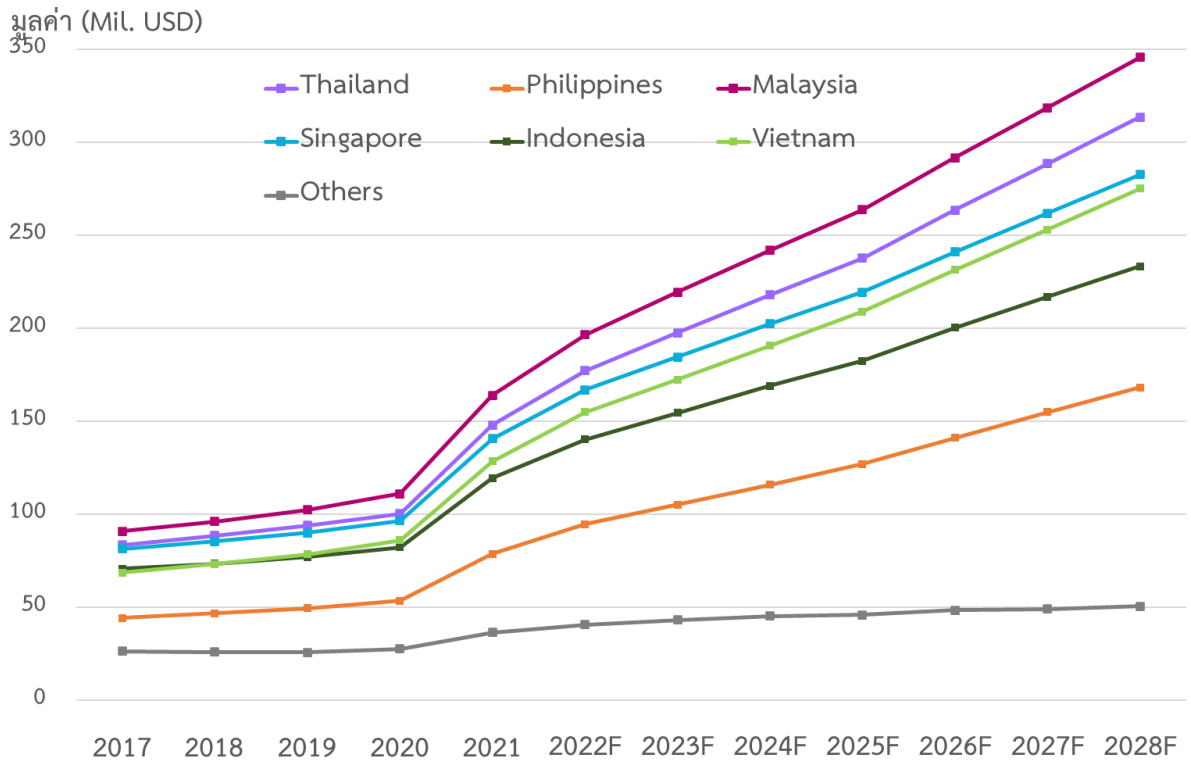
ตลาด Fabless ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกจำแนกตามประเทศ พบว่าปี ค.ศ. 2017 - 2019 จีนมีมูลค่าตลาดสูงที่สุดในภูมิภาคนี้ โดยมีมูลค่ามากว่าไต้หวัน แต่พอปี ค.ศ. 2020 - 2021 ไต้หวันกลับขึ้นมามีมูลค่าเป็นอันดับที่ 1 แทน และในปี ค.ศ. 2022 เป็นต้นไปจีนกลับมามีมูลค่าตลาดเป็นอันดับที่ 1 อีกครั้ง ซึ่งอาจหมายถึงความพยายามแยกห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์จะไม่ส่งผลกระทบต่อตลาด Fabless ของจีนเท่าใดนัก สำหรับเกาหลีใต้ที่มีมูลค่าตลาดเป็นอันดับที่ 3 ของภูมิภาคนี้ ขณะที่ตลาด Fabless ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีมูลค่าน้อยมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศอันดับต้น ๆ ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก



รูปที่ 4.8 ประเทศที่มีมูลค่าตลาด Fabless มากที่สุด 3 อันดับแรกในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก และมูลค่าตลาดของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ปี ค.ศ. 2017 - 2028

ที่มา: Arsta Research Analysis (2022) และ Taiwan Semiconductor Industry Association (2023)
คณะผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงข้อมูลมูลค่าตลาดจีนและไต้หวันในรายงานของ Arsta Research Analysis

เมื่อพิจารณาเฉพาะตลาด Fabless ของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตามประเทศ พบว่าปี ค.ศ. 2017 - 2028 มาเลเซียมีมูลค่าตลาดสูงที่สุด โดยปี ค.ศ. 2017 - 2018 มีมูลค่าตลาดต่อปีอยู่ระหว่าง 90-100 ล้านเหรียญสหรัฐฯ และหลังจากปี ค.ศ. 2022 เป็นต้นไปคาดว่ามูลค่าตลาดต่อปีจะเกิน 200 ล้านเหรียญสหรัฐฯ สำหรับไทยมีมูลค่าตลาดอยู่เป็นอันดับที่ 2 ซึ่งมากกว่าสิงคโปร์อยู่เล็กน้อยในช่วง 4 ปีแรก โดยมีมูลค่าตลาดต่อปีอยู่ระหว่าง 83 - 100.1 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ขณะที่สิงคโปร์มีมูลค่าตลาดต่อปี 81 - 96.3 ล้านเหรียญสหรัฐฯ และมูลค่าตลาดของไทยจะทิ้งห่างสิงคโปร์มากขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 2022 เป็นต้นไป โดยมูลค่าตลาดต่อปีของไทยอยู่ระหว่าง 177 - 313.4 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ในปี ค.ศ. 2022-2028 แต่สิงคโปร์มูลค่าตลาดต่อปีอยู่ระหว่าง 166 - 282.6 ล้านเหรียญสหรัฐฯ สำหรับอันดับที่ 4 คือ เวียดนาม ในช่วงปี ค.ศ. 2017 - 2020 มูลค่าตลาดต่อปีอยู่ระหว่าง 68 - 85.8 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ปี ค.ศ. 2021 เป็นต้นไปมูลค่าตลาดต่อปีมากกว่า 100 ล้านเหรียญสหรัฐฯ จนถึงปี ค.ศ. 2028 คาดว่ามูลค่าตลาดจะพุ่งถึง 274.9 ล้านเหรียญสหรัฐฯ และอันดับที่ 5 คือ อินโดนีเซีย ตามลำดับ



รูปที่ 4.9 มูลค่าตลาด Fabless ของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จำแนกตามประเทศ ปี ค.ศ. 2017 - 2028

ที่มา: Arsta Research Analysis (2022)

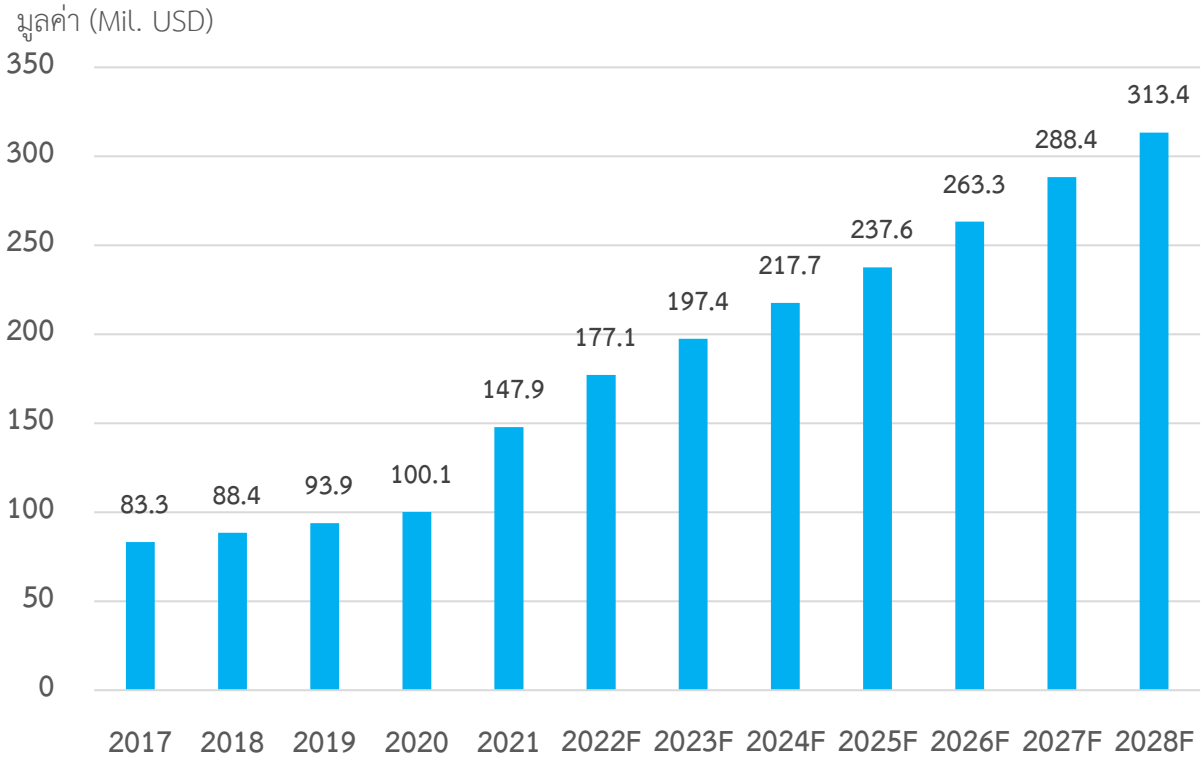
4.1.2 สถานภาพตลาดการออกแบบวงจรรวมของไทย

ระหว่างปี ค.ศ. 2017 – 2021 ไทยมีส่วนแบ่งการตลาด Fabless โดยเฉลี่ยเพียงร้อยละ 0.09 ของตลาดโลก โดยปี ค.ศ. 2017 มีมูลค่าตลาด Fabless ที่ 83.3 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (2,841 ล้านบาท[3]) และปี ค.ศ. 2022 จะมีมูลค่าตลาดสูงถึง 177.1 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (6,238.5 ล้านบาท[4]) โดยคาดการณ์ในปี ค.ศ. 2028 มูลค่าจะขึ้นถึง 313.4 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (10,868.1 ล้านบาท[5]) การขยายตัวของตลาด Fabless ไทยเกิดจากตลาดปลายทาง เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ และอุตสาหกรรม Consumer Electronics ต้องการใช้วงจรรวมที่มีความซับซ้อนเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์อัจฉริยะขึ้น

[3] ปี 2017 อัตราแลกเปลี่ยน $1 = 34.1053 บาท จากธนาคารแห่งประเทศไทย

[4] ปี 2022 อัตราแลกเปลี่ยน $1 = 35.2258 บาท จากธนาคารแห่งประเทศไทย

[5] ปี 2023 (ม.ค.-ส.ค) อัตราแลกเปลี่ยนเฉลี่ย $1 = 34.6782 บาท จากธนาคารแห่งประเทศไทย



รูปที่ 4.10 มูลค่าตลาด Fabless ของไทย ปี ค.ศ. 2017 - 2028

ที่มา: Arsta Research Analysis (2022)

แต่จากการศึกษาและสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ประกอบการไทยของคณะผู้วิจัย พบว่าผู้ประกอบการออกแบบวงจรรวมในไทยมีอยู่ 3 รายตามที่เคยกล่าวแล้วในหัวข้อผู้ประกอบการเซมิคอนดักเตอร์รายสำคัญของไทย โดยมีรายได้ปี ค.ศ. 2018 เท่ากับ 472.9 ล้านบาท (14.6 ล้านเหรียญสหรัฐฯ) และปี ค.ศ. 2022 มีมูลค่า 679.3 ล้านบาท (19.3 ล้านเหรียญสหรัฐฯ) ในปี ค.ศ. 2023 คาดว่าจะมีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 22.8 โดยมีมูลค่าตลาดอยู่ที่ 791 ล้านบาท (22.8 ล้านเหรียญสหรัฐฯ) จากความต้องการอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะที่เพิ่มขึ้นที่ส่งผลให้มูลค่าตลาดโตขึ้น รวมถึงการขยายการลงทุนด้านการออกแบบวงจรรวมของบางบริษัทในไทย สำหรับปี ค.ศ. 2024 คาดว่าตลาดในไทยก็ยังคงมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.2 มีมูลค่า 911 ล้านบาท (26.3 ล้านเหรียญสหรัฐฯ)

ตารางที่ 4.1 รายได้ผู้ประกอบการออกแบบวงจรรวมของไทย ปี ค.ศ. 2018 - 2024

รายการ	2018	2019	2020	2021	2022	2023[E]	2024[E]
รายได้ (ล้านบาท)	472.90	401.00	423.90	518.60	679.30	791.00	911.00
อัตราการเติบโต (%)		-15.20	5.70	22.40	31.00	16.40	15.20
รายได้ (Mil. USD)	**14.60**	**12.80**	**13.50**	**16.10**	**19.30**	**22.80**	**26.30**
ส่วนแบ่งตลาดไทยเทียบกับตลาดภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (%)	2.98	2.49	2.42	1.98	1.99	2.12	2.22
ส่วนแบ่งตลาดไทยเทียบกับตลาดโลก (%)	0.016	0..014	0.013	0.010	0.010	0.011	0.012

ที่มา: การสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ประกอบการ และข้อมูลงบกำไรขาดทุนบริษัทจากกรมพัฒนาธุรกิจการค้า

หมายเหตุ: 1. E = ประมาณการ

2. ปี 2018 อัตราแลกเปลี่ยน $1 = 32.4817 บาท, ปี 2019 อัตราแลกเปลี่ยน $1 = 31.2183 บาท, ปี 2020 อัตราแลกเปลี่ยน $1 = 31.4618 บาท, ปี 2021 อัตราแลกเปลี่ยน $1 = 32.1484 บาท, ปี 2022 อัตราแลกเปลี่ยน $1 = 35.2258 บาท และปี 2023 (ม.ค.-ส.ค) อัตราแลกเปลี่ยนเฉลี่ย $1 = 34.6782 บาท จากธนาคารแห่งประเทศไทย

3. ปี 2024 ใช้อัตราแลกเปลี่ยนของปี 2023 ในการแปลงค่าเงินเป็น USD

ความแตกต่างระหว่างรายได้ของผู้ประกอบการออกแบบวงจรรวมของไทย และข้อมูลตลาด Fabless ในไทยโดย Arsta Research Analysis แตกต่างกันอย่างมาก แสดงให้เห็นว่า ตลาด Fabless ในไทยมีขนาดค่อนข้างใหญ่ แต่ผู้ประกอบการของไทยไม่สามารถเข้าถึงตลาดในประเทศได้ ซึ่งจากการสำรวจข้อมูลพบว่าตลาดของผู้ออกแบบวงจรรวมในไทยเป็นการส่งออกเกือบทั้งหมด ซึ่งผู้ประกอบการออกแบบวงจรรวมของไทยยังมีข้อจำกัด เนื่องจากว่าขาดแคลนจำนวนบุคลากร และเงินลงทุน นอกจากนี้บุคลากรที่ทำงานด้านนี้ต้องใช้ระยะเวลานานในการฝึกฝนให้เกิดความเชี่ยวชาญ เนื่องจากบุคลากรที่จะทำงานด้านนี้ต้องใช้ความเชี่ยวชาญหลายด้านไม่ว่าจะเป็นวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมไฟฟ้า และวิศวกรรมซอฟต์แวร์ ที่ในไทยไม่มีหลักสูตรที่สอนด้านออกแบบวงจรรวมโดยตรง

4.2 ตัวอย่างการเกิดธุรกิจออกแบบวงจรรวมในต่างประเทศ

เพื่อเป็นการทำความเข้าใจที่มา และการริเริ่มการสร้างอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์และธุรกิจการออกแบบวงจรรวมของต่างประเทศ และแนวทางการสร้างอุตสาหกรรมที่สำคัญ และจุดเด่นที่สำคัญของแต่ละประเทศที่ศึกษา เพื่อนำมาวิเคราะห์โอกาสของการสร้างธุรกิจการออกแบบวงจรรวมในไทยต่อไป โดยมีกรณีศึกษาของไต้หวัน สิงคโปร์ และสหราชอาณาจักร ดังนี้

1) ไต้หวัน

จุดเริ่มต้นของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ไต้หวัน มาจากความมุ่งมั่นของรัฐบาลที่ต้องการส่งเสริมอุตสาหกรรมเทคโนโลยีขั้นสูง ด้วยเล็งเห็นว่าทรัพยากรของไต้หวันค่อนข้างจำกัดทั้งในเชิงพื้นที่ และความหลากหลาย โดยในปี ค.ศ. 1970 ไต้หวันเป็นเพียงผู้รับจ้างประกอบวงจรรวมเหมือนหลายประเทศในเอเชีย แต่สามารถยกระดับเข้าสู่การเป็นประเทศผู้ผลิตวงจรรวม และออกแบบวงจรรวมได้ด้วยความเข้มแข็งของหน่วยงานทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และการให้ความสำคัญของการพัฒนาอุตสาหกรรมที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง และการมีวิสัยทัศน์ของรัฐบาลไต้หวัน และคณะกรรมการที่ปรึกษาเทคโนโลยี ในการคัดเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับประเทศ โดยรัฐบาลไต้หวันเลือกสนับสนุนสถาบันวิจัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม (Industrial Technology Research Institute: ITRI) เป็นผู้รับถ่ายทอดเทคโนโลยีจากสหรัฐอเมริกา และถ่ายทอดไปยังอุตสาหกรรมภายในประเทศ และทำหน้าที่เป็นหน่วยเชื่อมต่อความร่วมมือระหว่างนักวิชาการ ภาคอุตสาหกรรม และสถาบันวิจัย

ในปี ค.ศ. 1975 รัฐบาลให้การสนับสนุนการทำวิจัยเทคโนโลยี Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS) และกระบวนการผลิตวงจรรวมจากสหรัฐอเมริกา เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่เติบโตเต็มที่ และมีความพร้อมในการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แก่ไต้หวันที่ไม่มีประสบการณ์การผลิตวงจรรวมมาก่อน และด้วยเป็นเทคโนโลยีที่มีในตลาดแล้ว ทำให้ไต้หวันสามารถเรียนรู้ในทุกมิติของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ ทั้งการออกแบบ การผลิต และช่องทางการขาย รวมถึงการสร้างห้องปฏิบัติการผลิตวงจรรวมขนาดใหญ่ (VLSI) และศูนย์การออกแบบวงจรรวมใน ITRI เพื่อส่งเสริมการแพร่กระจายเทคโนโลยีการออกแบบชิปเฉพาะทาง (ASIC) รวมถึงการพัฒนาเทคโนโลยีสร้างหน้ากากต้นแบบ

แนวทางการส่งเสริมอุตสาหกรรม

กลยุทธ์ที่สำคัญของไต้หวันในช่วงการสร้างระบบนิเวศของอุตสาหกรรมที่สำคัญ มีดังนี้

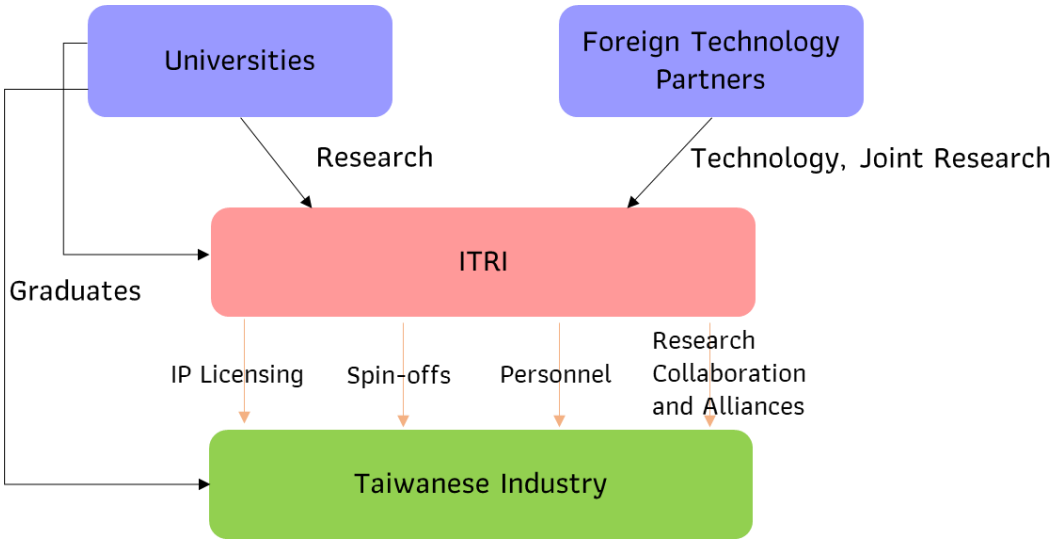
(1) การแยกหน่วยธุรกิจเพื่อตั้งกิจการใหม่ (Spin-off) โดย ITRI จะทำการแยกส่วนธุรกิจจากห้องปฏิบัติของสถาบันไปจัดตั้งเป็นกิจการต่าง ๆ ในแต่ละขั้นตอนการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ เพื่อสร้างระบบนิเวศของอุตสาหกรรมให้สมบูรณ์ รวมถึงการดึงการร่วมลงทุนจากต่างชาติเพื่อรับการถ่ายทอดเทคโนโลยี ตัวอย่างเช่น

- ปี ค.ศ. 1979 จัดตั้ง United Microelectronics Corporation (UMC) ขึ้นเป็นผู้ผลิตวงจรรวมรายแรกของไต้หวัน และยังเป็นบริษัทแรกที่ตั้งอยู่ในอุทยานวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม Hsinchu ในระยะต่อมา UMC เปลี่ยนรูปแบบธุรกิจจาก IDM เป็น Foundry และยังเป็นผู้ที่ดำเนินการ Spin-off เพื่อจัดตั้ง Media Tek ขึ้นเป็นบริษัทออกแบบวงจรรวม
- ปี ค.ศ. 1982 จัดตั้ง Syntek Semiconductor เป็นบริษัทออกแบบวงจรรวม โดยกลุ่มพนักงานในแผนกออกแบบวงจรรวมของ ITRI และมีการจัดตั้งบริษัทออกแบบวงจรรวมอื่น ๆ อีก ได้แก่ Wel Trend Semiconductor และ Silicon Integrated Systems Corp โดย

ITRI ยังทำความร่วมมือกับมหาวิทยาลัย และวิทยาลัยอาชีพ เพื่อสร้างบุคลากรและผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบวงจรรวม ASIC รวมถึงการสนับสนุนการใช้เครื่องมือออกแบบ

- ปี ค.ศ. 1987 จัดตั้ง Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC) จากห้องปฏิบัติการ VLSI สำหรับให้บริการ Foundry รองรับความต้องการของกิจการออกแบบวงจรรวม โดยที่การจัดตั้ง TSMC ได้รับการร่วมลงทุนจาก Phillips ของเนเธอร์แลนด์ ซึ่งต่อมา TSMC ยังดำเนินการ Spin-off บริษัทออกแบบวงจรรวม Global Unichip Corp. (GUC) ประเภท ASIC และ SoC และจากการขยายจำนวนของกิจการด้านออกแบบวงจรรวม ได้มีการจัดตั้ง Taiwan Mask Corporation (TMC) จากหน่วยงานที่ดำเนินการจัดทำหน้ากากต้นแบบของ ITRI เช่นกัน

จากการสร้างระบบนิเวศด้วยการ Spin-off และการถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ภาคอุตสาหกรรม ทำให้ไต้หวันสามารถเติมเต็มองค์ประกอบของระบบนิเวศอุตสาหกรรม จากเดิมที่มีเพียงผู้ประกอบกิจการประกอบและทดสอบวงจรรวม แต่เทคโนโลยีการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ต้องมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้มีขีดความสามารถเหนือคู่แข่ง ดังนั้น รัฐบาลไต้หวันจึงมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการยกระดับเทคโนโลยีทั้งการคัดเลือกเทคโนโลยี การวิจัยและพัฒนา การถ่ายทอดเทคโนโลยี และการพัฒนาอุตสาหกรรม (Pao-Long Chang and Chiung-Wen Hsu, 1998) นอกจากนี้ ไต้หวันยังสามารถพัฒนาขีดความสามารถทางวิทยาศาสตร์พื้นฐานและเครื่องจักรที่มีความแม่นยำได้ดีขึ้น จากที่ไม่เคยมีพื้นฐานความเชี่ยวชาญมาก่อน จนสามารถพัฒนากระบวนการผลิตวัสดุเซมิคอนดักเตอร์ได้เอง



รูปที่ 4.11 บทบาทของการเป็นตัวกลางเชื่อมโยงการวิจัย พัฒนา และอุตสาหกรรมของ ITRI

ที่มา: National Research Council (2013)

(2) อุทยานวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม (Industrial Science Park) เป็นแหล่งรวมระบบนิเวศการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเช่นเดียวกับซิลิคอนวัลเลย์ในสหรัฐอเมริกา โดย Hsinchu เป็นอุทยานวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรมแห่งแรกของไต้หวัน ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1979 มีพื้นที่ 14 ตารางกิโลเมตร โดยภาคอุตสาหกรรมที่เข้าไปดำเนินกิจการใน Hsinchu จะได้รับสิทธิประโยชน์ต่าง ๆ เช่น การให้เงินอุดหนุนการพัฒนาที่ดิน สิทธิประโยชน์ทางภาษี และความช่วยเหลือด้านการบริหาร โดย ITRI และบริษัทที่ Spin-off และรับถ่ายทอดเทคโนโลยีจาก ITRI และบริษัทด้านเซมิคอนดักเตอร์อื่น ๆ ต่างตั้งอยู่ใน Hsinchu เป็นจำนวนมาก รวมถึงมหาวิทยาลัยชั้นนำของไต้หวัน เช่น มหาวิทยาลัย Tsinghua มหาวิทยาลัย Chiao Tung และสถาบันวิจัยเซมิคอนดักเตอร์ (Taiwan Semiconductor Research Institute: ITSI) เป็นต้น เป็นแหล่งสร้างนักวิจัยและวิศวกร ผนวกกับการกลับเข้ามาของผู้เชี่ยวชาญของไต้หวันที่ไปอยู่ต่างประเทศ ที่มาพร้อมกับเทคโนโลยีขั้นสูง และเครือข่าย สามารถทำงานร่วมกับวิศวกรในท้องถิ่นของไต้หวัน สถาบันการวิจัย และสถาบันการศึกษาในพื้นที่ได้เป็นอย่างดี ซึ่งนอกจาก Hsinchu จะเป็นแหล่งสร้างธุรกิจด้านเซมิคอนดักเตอร์ในท้องถิ่นแล้ว ยังสามารถดึงดูดการลงทุนจากต่างประเทศ และกิจการร่วมลงทุน ซึ่งเป็นการสร้างระบบนิเวศอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไต้หวันให้เข้มแข็ง (Hsinchu Science Park, n.d.)

(3) สภาพแวดล้อมกฎหมายทรัพย์สินทางปัญญา เนื่องจากธุรกิจด้านการออกแบบวงจรรวมของไต้หวันเติบโตและมีการแข่งขันที่รุนแรง ซึ่งไต้หวันมีกฎหมายคุ้มครองแบบผังภูมิวงจรรวม เพื่อความยุติธรรมในการแข่งขันและการลงทุน ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1994 ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการพัฒนาเทคโนโลยีและความสามารถด้านการออกแบบในไต้หวัน

จุดเด่นหรือข้อได้เปรียบ

อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไต้หวันมีจุดเด่นที่เป็นลักษณะเฉพาะ ที่ส่งผลให้ไต้หวันกลายเป็นหนึ่งในประเทศชั้นนำของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์โลก (Wu, 2023) ดังนี้

(1) วิสัยทัศน์ และความมุ่งมั่นของรัฐบาล ในการสร้างเศรษฐกิจของประเทศ ด้วยอุตสาหกรรมเทคโนโลยีขั้นสูง และให้ความสำคัญอย่างจริงจัง ทั้งการคัดเลือกเทคโนโลยี คัดเลือกผู้รับถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศ การส่งเสริมการวิจัยและพัฒนา รวมถึงการลงทุนพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและระบบนิเวศของอุตสาหกรรม และเชื้อเชิญผู้เชี่ยวชาญที่อาศัยอยู่ในต่างประเทศกลับเข้ามาพัฒนาอุตสาหกรรมในประเทศ ดังกรณีของ Morris Chang ที่มีประสบการณ์ใน Texas Instruments ซึ่งเป็นบริษัทผลิตเซมิคอนดักเตอร์สัญชาติสหรัฐอเมริกา ได้รับการเชิญจากรัฐบาลมาเป็นผู้นำให้แก่ TSMC

(2) การสลายตัวของอุตสาหกรรมตามแนวดิ่ง โดยสร้างผู้ประกอบการเชี่ยวชาญเฉพาะด้านอย่างครอบคลุม โดยการจัดตั้ง TSMC เป็น Foundry หรือรับจ้างผลิตวงจรรวมแบบอิสระ เพื่อรองรับจำนวนบริษัทออกแบบวงจรรวมโดยเฉพาะ ทำให้บริษัทออกแบบวงจรรวมไม่ต้องกังวลเรื่องการลงทุนโรงงานผลิตที่ใช้เงินทุนอย่างมหาศาล และทำให้บริษัทออกแบบวงจรรวมมีจำนวนเพิ่มขึ้น รวมถึงบริษัทผลิตหน้ากากต้นแบบ และผลิตแผ่นเวเฟอร์ที่เพิ่มขึ้น ผนวกกับบริษัทประกอบ บรรจุตัวถัง และทดสอบ ที่มีอยู่เดิม ทำให้ไต้หวันมีหน่วยผลิตในแต่ละขั้นตอนการผลิตภายในประเทศ และไต้หวันกำลังพยายามสร้างความสามารถด้านการผลิต

อุปกรณ์ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ โดยร่วมมือกับผู้ผลิตอุปกรณ์จากเนเธอร์แลนด์ และสถาบันวิจัยในไต้หวัน เพื่อสร้างห่วงโซ่อุปทานให้ประเทศ

(3) ไต้หวันมีจุดเด่นที่ความยืดหยุ่น ความรวดเร็ว และราคา และมีขีดความสามารถด้านเทคโนโลยีขั้นสูงมากขึ้นเรื่อย ๆ จากการให้ความสำคัญต่อการวิจัยและพัฒนาของรัฐบาล รวมถึงการมีผู้ประกอบการในแต่ละขั้นตอนการผลิตที่ครอบคลุมในประเทศ และเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร พลังงานหมุนเวียน และเทคโนโลยีชีวภาพในประเทศ

(4) การพัฒนาบุคลากรทักษะสูง ซึ่งมหาวิทยาลัยในไต้หวันมีการทำงานอย่างใกล้ชิดกับภาคอุตสาหกรรม และสถาบันวิจัย ทำให้สามารถผลิตบุคลากรได้ตรงตามความต้องการของอุตสาหกรรม โดยในปี ค.ศ. 2021 คาดว่าจะมีจำนวนการจ้างงานเกือบ 291,602 คนในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ โดยเป็นบุคลากรในขั้นตอนการออกแบบประมาณ 49,533 คน โดยในจำนวนนี้ประเมินว่ามีสัดส่วนร้อยละ 70 เป็นบุคลากรวิจัย ขณะที่การจ้างงานในขั้นตอนการผลิตวงจรรวมมีสูงถึง 109,176 คน เป็นบุคลากรวิจัยร้อยละ 10.1 และการจ้างงานในขั้นตอนการประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถังมากที่สุด 132,893 คน มีสัดส่วนบุคลากรวิจัยร้อยละ 4.3 ซึ่งสัดส่วนบุคลากรวิจัยและพัฒนา สะท้อนถึงความต้องการผู้มีทักษะสูงในแต่ละขั้นตอนการผลิต

ตารางที่ 4.2 การจ้างงานในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไต้หวัน

จำนวนการจ้างงานในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ (สัดส่วนบุคลากรวิจัย)	2017	2018	2019	2020	2021 (ประมาณเบื้องต้น)
IC Design	41,000 (72.1%)	41,500 (72.3%)	41,800 (72.5%)	45,010 (72.0%)	49,533 (72.7%)
IC Manufacturing	83,392 (10.0%)	83,475 (10.1%)	83,559 (10.2%)	96,628 (8.9%)	109,176 (10.1%)
IC Packaging & Testing	98,800 (4.3%)	99,200 (4.3%)	99,800 (4.3%)	114,888 (4.4%)	132,893 (4.3%)
รวมทั้งหมด	**223,192 (18.9%)**	**224,175 (19.0%)**	**225,159 (19.1%)**	**256,526 (18.4%)**	**291,602 (18.1%)**

ที่มา: ISTI of ITRI (2022/03) อ้างใน Netherlands Enterprise Agency, 2022.

จากข้อมูลในปี ค.ศ. 2022 โดยสมาคมอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ไต้หวัน พบว่า อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไต้หวันสามารถสร้างรายได้ถึง 162,300 ล้านเหรียญสหรัฐ โดยจำแนกเป็นรายได้จากการออกแบบวงจรรวม 41,300 ล้านเหรียญสหรัฐ จากการผลิตวงจรรวม 98,000 ล้านเหรียญสหรัฐ โดยเป็นรายได้ส่วนของ Foundry 90,000 ล้านเหรียญสหรัฐ จากการบรรจุตัวถัง 15,600 ล้านเหรียญสหรัฐ และจากการ

ทดสอบ 7,300 ล้านเหรียญสหรัฐ โดยมีจำนวนบริษัทในแต่ละขั้นตอนการผลิต คือ ออกแบบวงจรรวม 262 แห่ง ผลิตวงจรรวม 15 แห่ง และบรรจุตัวถังและทดสอบ 37 แห่ง (Taiwan Semiconductor Industry Association, n.d.)

2) สิงคโปร์

อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของสิงคโปร์เริ่มต้นในปี ค.ศ. 1968 โดยมีการจัดตั้งศูนย์ฝึกอบรมของคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจ (EDB) ภายใต้สถาบันมาตรฐานและการวิจัยอุตสาหกรรมแห่งสิงคโปร์ (SISIR) โดยมี National Semiconductor ซึ่งเป็นบริษัทเซมิคอนดักเตอร์สัญชาติอเมริการายแรกที่เข้าไปดำเนินงานในสิงคโปร์ โดยใช้พื้นที่ของ SISIR แห่งนี้ จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1970 มีบริษัทชั้นนำอีกหลายบริษัทเข้ามาลงทุน ได้แก่ Fairchild, Texas Instruments, SGS Thompson (ต่อมาคือ STMicroelectronics), Siemens (ต่อมาคือ Infineon), Phillips (ต่อมาคือ NXP) โดยประกอบกิจการด้านประกอบและทดสอบ รวมถึงผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ที่ได้กลายเป็นแหล่งจ้างงานขนาดใหญ่ให้แก่สิงคโปร์ ด้วยอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์มีความต้องการแรงงานทักษะเพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพ หลายบริษัทที่เข้าไปลงทุนจึงเริ่มมีโครงการฝึกพนักงาน และส่งไปอบรมยังฮ่องกง และสหรัฐอเมริกา รวมถึงดำเนินโครงการสร้างบุคลากรกับหน่วยงานรัฐ โดยให้การสนับสนุนการเรียนสายอาชีพและรับเข้าทำงาน

จากการแข่งขันของอุตสาหกรรมที่รุนแรงขึ้นจากการขยายอุตสาหกรรมของหลายประเทศในเอเชีย เช่น ไต้หวัน และเกาหลีใต้ ทำให้สิงคโปร์ยกระดับขีดความสามารถสู่การเป็นผู้ผลิตวงจรรวม และมีการก่อตั้งโรงงานผลิตวงจรรวมขึ้นในประเทศ โดย SGS Thompson และ Fairchild ในปี ค.ศ. 1983 – 1984 ต่อมาได้มีการตั้งศูนย์การออกแบบวงจรรวมของ SGS Thompson และขยายตัวเพิ่มขึ้นอีก 9 แห่ง ควบคู่ไปกับการลงทุนพัฒนาทักษะของแรงงาน และส่งไปฝึกอบรมยังต่างประเทศ ทำให้สิงคโปร์สามารถยกระดับเป็นประเทศผู้ผลิตมูลค่าสูงในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ และยังมีการร่วมลงทุน 3 ฝ่าย ระหว่าง Singapore Technology, Sierra Semiconductor และ National Semiconductor เพื่อจัดตั้งบริษัท Chartered Semiconductor ประกอบกิจการโรงงานผลิตวงจรรวมของท้องถิ่น ภายใต้การสนับสนุนของ EDB และในช่วงปี ค.ศ. 1988 – 1998 มีการเข้ามาลงทุนโรงงานผลิตวงจรรวมประเภทหน่วยความจำในกลุ่มผู้ผลิตคอมพิวเตอร์ ทำให้ในช่วงเวลานั้นสิงคโปร์มีโรงงานผลิตวงจรรวมถึง 7 แห่ง แม้ว่าจะเกิดวิกฤติทางการเงินในเอเชียและการแพร่ระบาดของ SARS ในช่วงเวลานั้น แต่สิงคโปร์สามารถผ่านมาได้ด้วยดีด้วยความเข้มแข็งด้านพัฒนากำลังคน และความพร้อมของโครงสร้างพื้นฐาน ทำให้มีบริษัทในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์เข้ามาลงทุนและตั้งบริษัทแม่ในสิงคโปร์อย่างต่อเนื่อง ซึ่งรวมถึงบริษัทด้านการออกแบบวงจรรวม เช่น Qualcomm และ Xilinx รวมถึงการลงทุนจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาของ Media Tek, Hewlett-Packard และ Infineon ขณะที่สถาบันการศึกษาในสิงคโปร์ให้ความสำคัญกับการวิจัยและพัฒนา และสร้างกำลังคนทักษะสูงอย่างต่อเนื่อง เช่น การจัดตั้งศูนย์ความเป็นเลิศด้านการออกแบบวงจรรวมในมหาวิทยาลัยนันยาง (Singapore Semiconductor Industry Association, n.d.)

ในยุคปัจจุบัน สิงคโปร์ตั้งเป้าหมายด้านการพัฒนาและการวิจัย (R&D) การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต โครงสร้างพื้นฐานดิจิทัล และการพัฒนาทักษะแรงงานที่ชัดเจน ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการเติบโตของภาคการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ โดยเฉพาะในส่วนที่มีการเติบโตสูงในตลาด รวมถึงการพัฒนาซิลิคอนคาร์ไบด์ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพด้านพลังงานให้กับรถยนต์ไฟฟ้า ชิปสำหรับคลื่นความถี่ยุคใหม่ระบบ 5G และเทคโนโลยีระบบตรวจจับที่ทันสมัยสำหรับใช้ในเทคโนโลยีภาพเสมือนจริง (AR และ VR) รวมไปถึงเทคโนโลยีช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Carbon Footprint) ของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์เพื่อความยั่งยืนอีกด้วย (ศูนย์ข้อมูลเพื่อธุรกิจในสิงคโปร์, 2565)

สำหรับบริษัทที่เกี่ยวข้องกับการผลิตเซมิคอนดักเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์ในสิงคโปร์ มีจำนวนมากกว่า 300 แห่ง ในจำนวนนี้เป็นกิจการออกแบบวงจรรวม 40 แห่ง โรงงานผลิตวงจรรวม 14 แห่ง เช่น Global Foundries, UMC, SSMC (ร่วมทุนระหว่าง NXP และ TSMC) และ Micron กิจการทดสอบ 20 แห่ง รวมไปถึงบริษัทอุปกรณ์ผลิตเซมิคอนดักเตอร์รายใหญ่ เช่น ASM, KLA, Edwards, Teradyne, Tokyo Electron และ Lam Research มีฐานการผลิตที่สิงคโปร์เช่นเดียวกัน นอกจากนั้น รัฐบาลสิงคโปร์อยู่ระหว่างเชื้อเชิญ TSMC ให้เข้ามาลงทุนโรงงานผลิตวงจรรวมขนาดเวเฟอร์ 12 นิ้ว พร้อมจัดทำนโยบายพิเศษเกี่ยวกับที่ดิน น้ำ ไฟฟ้า และการลดภาษี ตลอดจนความช่วยเหลือด้านทรัพยากรบุคคล (Leo Zhi, 2023) ขณะที่บริษัทท้องถิ่นของสิงคโปร์ส่วนใหญ่เป็นธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก จะประกอบกิจการด้านการออกแบบ การผลิตชิ้นส่วน และการทดสอบ โดยมีสมาคมผู้ประกอบการเซมิคอนดักเตอร์ของสิงคโปร์ (Singapore Semiconductor Industry Association: SSIA) เป็นตัวแทนเหล่าสมาชิก และทำหน้าที่รวบรวมผู้ประกอบการในอุตสาหกรรม นักวิชาการ และหน่วยงานภาครัฐมารวมตัวกันเพื่อสร้างเครือข่าย การสร้างบุคลากรตามความต้องการของภาคอุตสาหกรรม และแสวงหาโอกาสทางธุรกิจและโอกาสทางแข่งขัน ปัจจุบันสมาชิก SSIA มีจำนวนประมาณ 140 ราย

แนวทางการส่งเสริมอุตสาหกรรม

1) สิงคโปร์ให้ความสำคัญและจริงจังกับการดึงดูดการลงทุนจากต่างประเทศ ควบคู่กับการพัฒนาทักษะบุคลากรโดยความร่วมมือระหว่างผู้ประกอบการและสถาบันการศึกษา การส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาและการอำนวยความสะดวกในการประกอบธุรกิจ เพื่อรองรับการยกระดับสู่อุตสาหกรรมเทคโนโลยีขั้นสูง โดยมี EDB เป็นหน่วยงานหลักด้านส่งเสริมการลงทุนที่ร่วมขับเคลื่อนกับหน่วยงานอื่น ๆ ในประเทศ

2) การจัดตั้งนิคมอุตสาหกรรมวงจรรวม (Wafer Fab Park) ภายใต้การดำเนินงานของ JTC ขึ้นจำนวน 4 แห่ง ครอบคลุมพื้นที่โดยรวม 3.74 ตารางกิโลเมตร เป็นที่ตั้งของบริษัทเซมิคอนดักเตอร์ระดับโลก 14 แห่ง (Singapore Semiconductor Industry Association, n.d.) มีพนักงานรวมทั้งหมดประมาณ 18,600 คน นอกจากนี้ สิงคโปร์กำลังจัดทำโครงการ JTC nanoSpace สำหรับบริการห้องปลอดเชื้อ (Clean Room) เพื่อให้บริการแบบเชื่อมต่อและใช้งานแบบ plug and play ให้กับผู้ประกอบการรายย่อย (ศูนย์ข้อมูลเพื่อธุรกิจในสิงคโปร์, 2565)

3) การส่งเสริมธุรกิจวงจรรวม กิจการด้านออกแบบวงจรรวมของสิงคโปร์จำนวนมากมาจากการลงทุนของบริษัทชั้นนำจากต่างประเทศที่เข้ามาลงทุน ขณะที่ธุรกิจออกแบบวงจรรวมท้องถิ่นจะมีขนาดเล็ก ส่วนหนึ่งเกิดจากจำนวนประชากรที่ค่อนข้างน้อย ทำให้วิศวกรผู้ออกแบบที่ผ่านโปรแกรมการศึกษา และการพัฒนาทักษะของภาครัฐจะถูกดึงตัวไปยังบริษัทใหญ่ก่อน ขณะเดียวกัน บริษัทที่ลงทุนยังใช้วิธีการคัดเลือกบริษัทออกแบบวงจรท้องถิ่นร่วมเป็นพันธมิตร โดยให้การสนับสนุนเชิงเทคนิค และให้การฝึกอบรมภาคปฏิบัติให้สามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ (Marias, 2020)

จุดเด่นหรือข้อได้เปรียบ

สิงคโปร์มีสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการลงทุนของบริษัทเซมิคอนดักเตอร์ข้ามชาติ จากการส่งเสริมของภาครัฐให้สามารถรองรับความต้องการของผู้ผลิตเทคโนโลยีขั้นสูง ทำให้สิงคโปร์สามารถเชื่อมต่อกระบวนการต่าง ๆ ในการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ และกลายเป็นศูนย์กลางการผลิตเซมิคอนดักเตอร์แห่งหนึ่งในภูมิภาค โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การให้ความสำคัญกับการพัฒนาบุคลากรทักษะสูง รวมไปถึงความมีเสถียรภาพทางการเมืองของประเทศ มีผลต่อความเชื่อมั่นในการลงทุนของต่างประเทศ

3) สหราชอาณาจักร

การพัฒนาชิปของสหราชอาณาจักรมีระยะเวลาเริ่มต้นใกล้เคียงกับสหรัฐฯ โดย Royal Signals & Radar Stabbitment (RSRE) และ Plessey Semiconductors มีความร่วมมือเพื่อทำการผลิตวงจรรวมรุ่นแรกของโลกขึ้น สำหรับการประชุมวิชาการในปี ค.ศ. 1957 โดยอีกหนึ่งปีให้หลัง Texas Instruments สามารถสร้างชิปและจดสิทธิบัตรวงจรรวมตัวแรกของโลก โดยรัฐบาลสหราชอาณาจักรมีการสนับสนุนเงินทุนให้แก่ Marconi-Elliott Microelectronics, Plessey Semiconductors และ Ferranti Semiconductors เพื่อการพัฒนากระบวนการผลิตวงจรรวมอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งปลายคริสต์ทศวรรษที่ 1960 มีการปรับโครงสร้างอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เกิดการควบรวมกิจการของบริษัทอิเล็กทรอนิกส์ระหว่าง General Electronic Commerce Services (GEC), Associated Electrical Industries (AEI) และ English Electric (EE) และได้มีการก่อตั้ง CML Microcircuits of Essex เป็นผู้ผลิตวงจรรวมอีกแห่งหนึ่ง แต่ในปี ค.ศ. 1971 GEC ประสบปัญหาการดำเนินงานทำให้ต้องปิดโรงงานผลิตชิปโลจิก ที่อยู่ภายใต้สัญญาอนุญาตของ Fairchild และมีความพยามยามร่วมกันเปิดอีกครั้ง แต่ถูกยกเลิกไปเนื่องจาก Fairchild ถูกซื้อกิจการไปโดยบริษัทในฝรั่งเศส ในระยะต่อมา Ferranti ประสบความล้มเหลวในการลงทุนกระบวนการผลิต CMOS และการออกแบบอัตโนมัติ (C3L Consulting, 2021)

ในปี ค.ศ. 1978 รัฐบาลสนับสนุนเงินทุนแก่บริษัท Inmos ซึ่งเป็น Startup ออกแบบและผลิต Microprocessor แต่ไม่สามารถทำตลาดคอมพิวเตอร์ทั่วไปได้ ทำให้สุดท้ายแล้ว Inmos ถึงถูกซื้อโดย STMicroelectronics อีกทั้งยังเกิดความล้มเหลวในการร่วมมือกันพัฒนากระบวนการผลิตระดับไมครอนระหว่าง GEC และ Plessey แม้จะมีความพยายามปรับโครงสร้าง และการสร้างความร่วมมือกันทำงานหลายครั้ง แต่ก็ไม่ประสบความสำเร็จ (C3L Consulting, 2021) ในปี ค.ศ. 1990 อุตสาหกรรมผลิตเซมิคอนดัก

เตอร์แบบดั้งเดิมของสหราชอาณาจักรถึงจุดตกต่ำ และได้มีการแยกกรรมสิทธิ์ของ ARM ออกจากบริษัทผลิตไมโครคอมพิวเตอร์ และจัดตั้งเป็นบริษัท ARM โดยการร่วมทุนระหว่าง Acorn, Apple และ Olivetti ดำเนินงานด้านออกแบบวงจรรวมและให้สิทธิในทรัพย์สินทางปัญญา (IP) โดยใช้สถาปัตยกรรม RISC ที่ไม่มีการผลิตของตนเอง หรือเป็นรูปแบบธุรกิจแบบ Fabless และให้บริการสนับสนุนสำหรับผู้ที่ได้รับสิทธิอนุญาต และ ARM มีการทำงานใกล้ชิดกับมหาวิทยาลัย Cambridge ซึ่งมีการดำเนินการเป็น Cluster อุตสาหกรรมเพื่อร่วมกันพัฒนาการออกแบบวงจรรวมสำหรับสมาร์ตโฟน และคอมพิวเตอร์ (Owen, 2022)

สำหรับโรงงานผลิตวงจรรวมในสหราชอาณาจักรอาจไม่ใช่เป้าหมายของการผลักดันของรัฐมากนัก ที่ยังคงดำเนินการอยู่ มีขนาดไม่ใหญ่มาก รองรับเฉพาะการผลิตสำหรับใช้งานเฉพาะทาง สิ่งที่น่าสนใจคือโรงงานผลิตของ Inmos ที่ได้ถูกผันเป็นสถานที่ผลิตสำหรับวิจัยและพัฒนา และยังเชื่อมโยงการทำงานกันมหาวิทยาลัย Bristol ช่วยสร้างบริษัทด้านการออกแบบวงจรรวมขึ้นเป็นจำนวนมากจนเกิดเป็นคลัสเตอร์ที่เชื่อมโยงการทำงานระหว่างบริษัทออกแบบ ศูนย์วิจัย และมหาวิทยาลัยในท้องถิ่น โดยที่บริษัทออกแบวงจรรวมของสหราชอาณาจักรสามารถเติบโตและขยายการลงทุนไปยังต่างประเทศ หรือบางส่วนถูกควบรวมกิจการกับบริษัทจากต่างประเทศ เช่น Qualcomm และ Nvidia ซึ่งรูปแบบธุรกิจแบบ Fabless ค่อนข้างประสบความสำเร็จในสหราชอาณาจักร เนื่องจากการให้สิทธิอนุญาตทำให้ไม่ต้องลงทุนผลิต และดำเนินการด้านการตลาดเอง ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของสหราชอาณาจักร (C3L Consulting, 2021)

ในปี ค.ศ. 2016 ARM ถูกเสนอเข้าครอบครองกิจการโดย Softbank ซึ่งเป็นกลุ่มกิจการและนักลงทุนสายเทคโนโลยีจากญี่ปุ่นที่ต้องการลงทุนในเทคโนโลยีขั้นสูง และได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาล แต่ในปี ค.ศ. 2020 ทาง Softbank ต้องการขาย ARM ให้แก่ Nvidia แต่ได้รับการคัดค้านจากรัฐบาลอังกฤษ ด้วยเหตุผลด้านการลดการแข่งขัน และอาจถูกจำกัดการเข้าถึงทรัพย์สินทางปัญญาของ ARM จากผู้ประกอบการรายอื่นที่ใช้สถาปัตยกรรมของ ARM (Wodecki, 2022) โดยในเดือนกันยายน ปี ค.ศ. 2023 Softbank ได้นำ ARM จดทะเบียนเข้าระดมทุนในตลาดหลักทรัพย์ NASDAQ แสดงให้เห็นถึงการประสบความสำเร็จของกิจการด้านการออกแบบวงจรรวมในสหราชอาณาจักร

ปัจจุบัน สหราชอาณาจักร มีจำนวนโรงงานผลิตวงจรรวมถึง 23 แห่ง แต่ยังไม่ถึงระดับที่แข่งขันได้ในตลาดโลก ซึ่งอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของสหราชอาณาจักรมีความเข้มแข็งด้านธุรกิจออกแบบวงจรรวม โดยมีบริษัทด้านการออกแบบวงจรรวมและทรัพย์สินทางปัญญาการออกแบบ (IP) จำนวน 110 แห่ง ที่จะนำพาสหราชอาณาจักรไปสู่เป้าหมายการเป็นมหาอำนาจทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทางด้านปัญญาประดิษฐ์ คอมพิวเตอร์การคำนวณสมรรถนะสูง เทคโนโลยีควอนตัม และเทคโนโลยีชั้นนำอื่น ๆ (TechUK, 2022) ตามแผนยุทธศาสตร์เซมิคอนดักเตอร์ที่จะมีการลงทุนภาครัฐ 200 ล้านปอนด์ ในปี ค.ศ. 2023 – 2025 และสะสมเป็น 1 พันล้านปอนด์ในคริสต์ทศวรรษถัดไป เพื่อสร้างความเข้มแข็งของสหราชอาณาจักรในด้านการออกแบบและทรัพย์สินทางปัญญา วัสดุเซมิคอนดักเตอร์แบบผสม และการวิจัยและพัฒนา (Department of Science, Innovation and Technology, 2023)

แนวทางการส่งเสริมอุตสาหกรรม

1) การทำงานร่วมกันในรูปแบบ Cluster อุตสาหกรรม ได้แก่ Cambridge, Bristol, South Wales, Scotland และ Northern Ireland โดยมีมหาวิทยาลัยเป็นศูนย์กลางร่วมกับภาคเอกชน และรัฐ เพื่อการวิจัยและพัฒนา และการสร้างบุคลากรทักษะ รวมไปถึงมาตรการสนับสนุนทางการเงินและการดึงดูดผู้เชี่ยวชาญต่างชาติสำหรับกิจการ Startup ทำให้สหราชอาณาจักรมีสภาพแวดล้อมที่ดึงดูดต่อการตั้งฐานการลงทุน และสร้างการเติบโตของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ เพื่อการแข่งขันในระดับโลก

2) การส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาของสหราชอาณาจักร โดยเฉพาะการวิจัยทางด้านวัสดุศาสตร์ที่รองรับการใช้วัสดุเซมิคอนดักเตอร์ ทั้ง ซิลิคอน และสารประกอบอื่น ๆ ร่วมกับความสามารถด้านการออกแบบและการผลิตวงจรรวม เป็นฐานของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ประยุกต์สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์เทคโนโลยีสมัยใหม่ได้อย่างหลากหลาย

3) มาตรการ Patent Box เป็นการสนับสนุนการนำทรัพย์สินทางปัญญาไปใช้ประโยชน์ โดยผู้ที่มีกำไรจากทรัพย์สินทางปัญญาสามารถนำไปหักภาษีเงินได้นิติบุคคลร้อยละ 10 นอกจากนั้นมาตรฐาน Patent Box นี้ยังเป็นการกระตุ้นให้เกิดการวิจัยและพัฒนา และสร้างทรัพย์สินทางปัญญาใหม่เกิดขึ้น (Innovation Tax, n.d.)

จุดเด่นหรือข้อได้เปรียบ

การวิจัย พัฒนา และนวัตกรรม และมหาวิทยาลัยเป็นรากฐานการพัฒนาของสหราชอาณาจักร ที่เอื้ออำนวยต่อการสร้างธุรกิจด้านการออกแบบและทรัพย์สินทางปัญญา รวมถึงมาตรการสนับสนุนที่เสริมให้ธุรกิจด้านการออกแบบวงจรรวมของสหราชอาณาจักรมีการเติบโต และยังเป็นพื้นที่ดึงดูดการลงทุนจากต่างประเทศ

จากตัวอย่างกรณีศึกษาทั้ง 3 ประเทศ จุดร่วมสำคัญในการผลักดันการผลิตระดับสูงในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ได้คือ การให้ความสำคัญของภาครัฐที่ต้องการสร้างอุตสาหกรรมการผลิตเทคโนโลยีขั้นสูงในประเทศ เพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อการลงทุน การเชื่อมโยงห่วงโซ่อุปทาน ตลอดจน การสร้างเครือข่ายความร่วมมือระหว่างรัฐ เอกชน และสถาบันการศึกษา/สถาบันวิจัย เพื่อการถ่ายทอดเทคโนโลยี และการพัฒนาบุคลากรทักษะสูง รองรับความต้องการของอุตสาหกรรม นอกจากนั้น สิ่งที่พบคือ การผลิตวงจรรวม (Wafer Fabrication) เป็นขั้นตอนการผลิตที่มีการลงทุนในทุกประเทศ แม้ว่าความโดดเด่นของโรงงานผลิตวงจรรวมในสหราชอาณาจักรจะเป็นรองไต้หวัน และสิงคโปร์ แต่ก็มีจำนวนมากกว่า 20 แห่งในสหราชอาณาจักร ซึ่งเป็นอีกหนึ่งปัจจัยผลักดันให้เกิดการตั้งธุรกิจออกแบบวงจรรวม นอกเหนือจากการประสบความสำเร็จของ ARM บริษัทออกแบบและให้สิทธิอนุญาต IP Core ของสหราชอาณาจักร

4) เวียดนาม

เวียดนามเป็นอีกหนึ่งประเทศในย่านอาเซียนที่มีการเติบโตภาคอุตสาหกรรมอย่างสูง โดยในปี ค.ศ. 2016 – 2020 มีอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจเฉลี่ยร้อยละร้อยละ 5.9 ต่อปี ส่วนหนึ่งเป็นผลจากการย้ายฐาน

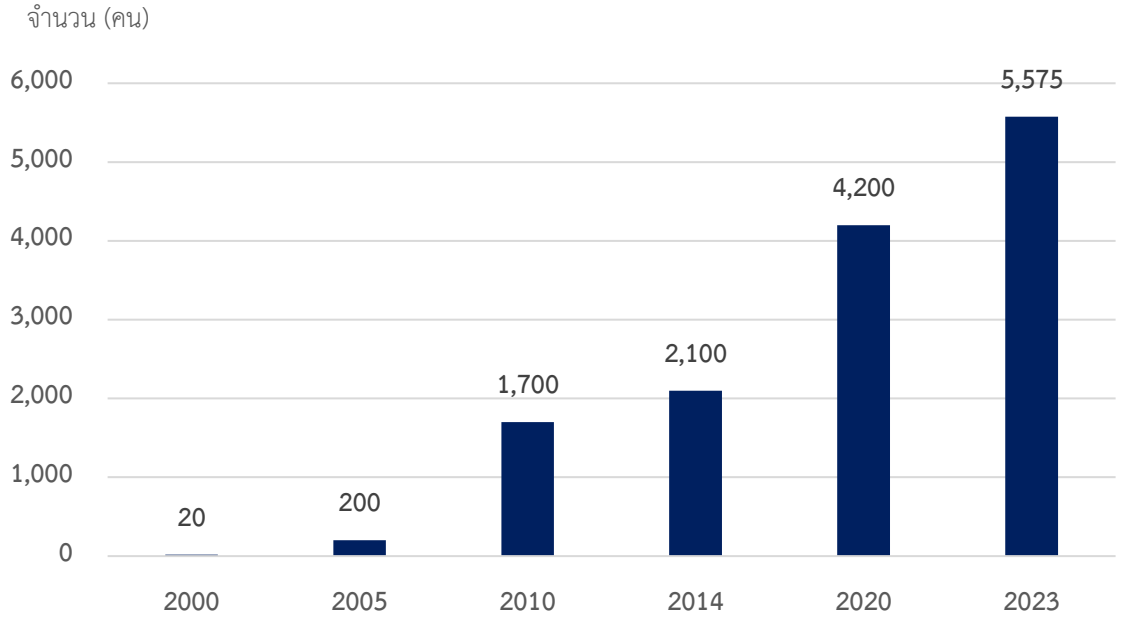
การผลิตจากจีนของสหรัฐอเมริกามาลงทุนในเวียดนาม ทำให้เม็ดเงินลงทุนไหลเข้าสู่เวียดนามเป็นจำนวนมาก นอกจากสหรัฐอเมริกาแล้ว เวียดนามยังเป็นฐานการลงทุนของบริษัทในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ชั้นนำ ดังเช่น Samsung และ Apple (สิรภัทร, n.d.)

ในส่วนของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของเวียดนามเริ่มต้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1979 โดยเป็นผู้ผลิตไดโอด และทรานซิสเตอร์ ของกลุ่มตะวันออก (Eastern Bloc) ของรัฐที่ปกครองด้วยระบอบสังคมนิยมในยุคสงครามเย็น (ค.ศ. 1946 - ค.ศ. 1989) แต่ภายหลังจากการล่มสลายของสหภาพโซเวียตและเกิดการคว่ำบาตรทางการค้า ทำให้ความพยายามในการสร้างขีดความสามารถในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของเวียดนามต้องสิ้นสุดลง และต้องปิดโรงงานผลิตไปในช่วงคริสต์ทศวรรษที่ 1990 จนกระทั่งในช่วงปี ค.ศ. 2004 Renesas Electronics เป็นบริษัทออกแบบและผลิตวงจรรวมประเภท Microcontrollers, Analog, Power และ SoC สำหรับธุรกิจยานยนต์ อุตสาหกรรมการผลิต สินค้าอิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือน ระบบสำนักงานอิเล็กทรอนิกส์ และผลิตภัณฑ์ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Renesas Electronics, n.d.) ของญี่ปุ่นได้เข้ามาตั้งกิจการภายใต้ชื่อ Renesas Design Vietnam Co., Ltd. เป็นศูนย์พัฒนาการออกแบบเซมิคอนดักเตอร์ประเภท SoC ทั้งฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ โดยร่วมมือกับมหาวิทยาลัยในเวียดนามพัฒนาหลักสูตรการศึกษา การจัดฝึกอบรม รวมถึงการจัดกิจกรรมสำหรับจัดหาเทคโนโลยีการศึกษาให้แก่นักเรียน เพื่อผลิตวิศวกรด้านการออกแบบวงจรรวม และจ้างเข้าทำงาน ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของชุมชนและกิจการด้านการออกแบบวงจรรวมในเวียดนาม โดยมีบริษัทสัญชาติเวียดนามอาทิ Viettel และ FPT เข้ามาดำเนินกิจการด้านการออกแบบวงจรรวมในปี ค.ศ. 2013 – 2014

รูปที่ 4.12 ตัวอย่างกิจการด้านการออกแบบวงจรรวมในเวียดนามและเขตที่ตั้ง

ที่มา: CoAsia SEMI Vietnam (2022)

จากข้อมูลล่าสุดในปี ค.ศ. 2023 เวียดนามมีการลงทุนของกิจการด้านการออกแบบวงจรรวมจากต่างประเทศรวมกันประมาณ 40 บริษัท จากญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา จีน และเกาหลีใต้ กิจการส่วนใหญ่กว่าร้อยละ 85 ตั้งอยู่ใน Ho Chi Min ร้อยละ 9 ตั้งอยู่ใน Da Nang และร้อยละ 6 ตั้งอยู่ใน Hanoi (Ministry of Information and Communications, 2023) มีการจ้างวิศวกรด้านการออกแบบวงจรรวมทั่วประเทศ 5,575 คน และยังมีการรวมตัวกันของชุมชนวิศวกรออกแบบวงจรรวมจาก 30 บริษัท เวียดนามมีบุคลากรวิศวกรคุณภาพที่มีต้นทุนค่าจ้างไม่สูงมาก ซึ่งกว่าร้อยละ 40 ของผู้จบการศึกษาจากวิทยาลัยและมหาวิทยาลัยในเวียดนามมาจากสาขาเอกทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ และเวียดนามยังติด 10 ประเทศที่มีผู้จบการศึกษาทางวิศวกรรมสูงสุด จากการจัดอันดับในปี ค.ศ. 2015 โดย World Economic Forum (WEF) (East Asia Forum, 2022) มีการประเมินว่าเวียดนามจะมีความต้องการวิศวกรในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ประมาณ 30,000 - 50,000 คน ในอีก 5 – 10 ปี ข้างหน้า หรือต้องผลิตให้ได้ประมาณปีละ 10,000 คน แต่ที่ผลิตได้จริงมีไม่ถึงร้อยละ 20 แสดงถึงการขาดแคลนบุคลากรของอุตสาหกรรมค่อนข้างสูง



รูปที่ 4.13 จำนวนวิศวกรออกแบบวงจรรวมในเวียดนาม ปี ค.ศ. 2000 - 2023

ที่มา: Luu Quy (2023)

เพื่อแก้ไขปัญหาด้านคุณภาพและความต้องการบุคลากรด้านออกแบบวงจรรวมที่เพิ่มมากขึ้น เวียดนามได้ตั้งโครงการ Vietnam Semiconductor Hub for Education (VSHE) โดยมีเป้าหมายผลิตวิศวกรด้านออกแบบวงจรรวม 50,000 รายเพื่อรองรับความต้องการ โดยที่ FPT เป็นผู้นำในการสร้างบุคลากรซึ่งเป็นผู้ที่จะผลิตบุคลากรให้ได้ 15,000 ราย และยังให้ทุนการศึกษาแก่บุคลากรผู้มีความความสามารถโดด

เด่น 300 ทุน นอกจากนั้น เวียดนามยังมีแนวคิดใช้วิธีการเข้าไปซื้อกิจการในสหรัฐอเมริกา เพื่อเป็นการดึงบุคลากรด้านการออกแบบอีกด้วย (Dahad, 2023)

นอกเหนือจากกิจการด้านออกแบบวงจรรวมแล้ว ในเวียดนามมีการลงทุนด้านการประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถังจากบริษัทชั้นนำโดย Intel ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2006 ด้วยเงินลงทุนรวมถึงปัจจุบันประมาณ 1,500 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (Duc, 2023) และได้รับความสนใจลงทุนสายการผลิตแผ่นรองบรรจุตัวถัง (Semiconductor Package Substrates) จาก Samsung ซึ่งคาดว่าจะแล้วเสร็จในปี ค.ศ. 2023 จากที่ได้ลงทุนสายการผลิตชิ้นส่วนผลิตสมาร์ทโฟนตั้งแต่ปี ค.ศ. 2008 และมีการขยายการลงทุนอย่างต่อเนื่อง โดยใช้เงินลงทุนรวมไปกว่า 20,000 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (Duc, 2023) รวมไปถึง Amkor Technology เป็นอีกหนึ่งบริษัทของเกาหลีใต้ด้านบรรจุตัวถังและการทดสอบวงจรรวมแบบ System in Package (SiP) และ Memory ด้วยเทคโนโลยีการผลิตขั้นสูงที่จะเปิดดำเนินการในปี ค.ศ. 2023 โดยมีแผนการใช้เงินลงทุนกิจการตั้งแต่ปี ค.ศ. 2022 ถึง 2035 จำนวน 1,600 ล้านเหรียญสหรัฐฯ (Duc, 2023) ยังมีกลุ่มผู้ผลิตสินค้าอิเล็กทรอนิกส์ผู้บริโภคตามสัญญา (Contract Manufacturer) เช่น Dell, Apple, Foxconn, Wistron, Pegatron และ Inventec ที่ขยายการลงทุนเพิ่มขึ้น ทำให้อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์และอิเล็กทรอนิกส์ของเวียดนามเป็นที่น่าจับตามองอย่างมาก และเวียดนามยังมีเป้าหมายที่จะผลักดันให้เกิดการลงทุนโรงงานผลิตวงจรรวมให้เกิดขึ้นในประเทศเพื่อเชื่อมโยงห่วงโซ่อุปทานในประเทศ (สำนักข่าวอินโฟเควสท์ , 2566)

แนวทางการส่งเสริมอุตสาหกรรม

ด้วยการเร่งดึงดูดการลงทุนของภาคอุตสาหกรรมจากต่างประเทศ เวียดนามจึงพัฒนาในหลายมิติ ได้แก่

1) โครงสร้างพื้นฐานและสิ่งอำนวยความสะดวกด้านขนส่งทั้งทางถนน ทางเรือ และทางอากาศ

2) กำลังคนและผู้เชี่ยวชาญ เวียดนามมีบุคลากรทักษะรุ่นใหม่ที่เหมาะสมสำหรับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ แต่มีต้นทุนค่าแรงถูกกว่าประเทศอื่นโดยเปรียบเทียบ มีการลงทุนสร้างศูนย์วิจัยและฝึกอบรมเซมิคอนดักเตอร์ โดยมีความร่วมมือกันระหว่างรัฐ สถาบันการศึกษา และกิจการเซมิคอนดักเตอร์ที่เข้าลงทุนในประเทศ เช่น Renesas, Synopsys, Cadence และ Qualcomm เพื่อพัฒนาหลักสูตรการศึกษาและฝึกอบรม

3) สิทธิประโยชน์ส่งเสริมการลงทุน เซมิคอนดักเตอร์ถูกกำหนดเป็น 1 ใน 9 อุตสาหกรรมสำคัญของของประเทศในปี ค.ศ. 2010 ให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีในเขตนิคม High-tech ที่จูงใจการลงทุน โดยจัดเก็นภาษีเงินได้นิติบุคคลเมื่อมีกำไรในอัตราร้อยละ 0 เป็นระยะเวลา 4 ปี หลังจากนั้นเก็บในอัตราร้อยละ 5 เป็นระยะเวลา 9 ปี และร้อยละ 10 ในอีก 15 ปีถัดไปจากอัตราจัดเก็บมาตรฐานร้อยละ 20 ให้ส่วนลดค่าเช่าที่ดินและค่าสาธารณูปโภค หรือยกเว้นจัดเก็บในบางพื้นที่ รวมไปถึงการจัดเก็บภาษีเงินได้บุคคลธรรมดาสำหรับนักลงทุนต่างชาติไม่แตกต่างจากนักลงทุนในประเทศ (ธนาคารเพื่อการส่งออกและนำเข้าแห่งประเทศไทย, 2558)

4) นโยบายส่งเสริมของรัฐ โดยให้การสนับสนุนทุนวิจัยและพัฒนาทางด้านเซมิคอนดักเตอร์ที่หลากหลาย เช่น กองทุน National Technology Innovation Fund (NATIF) และ Vietnam-Korea IT Incubator (VKII) สำหรับให้การสนับสนุนกิจการ Startup

5) การเปิดกว้างทางการค้า โดยเวียดนามมีการทำข้อตกลงทางการค้าเสรี (Free Trade Agreement) จำนวน 15 ฉบับ รองรับเศรษฐกิจแบบเปิดและการลงทุนจากทั่วโลก

จุดเด่นหรือข้อได้เปรียบ

เวียดนามมีจุดเด่นหรือข้อได้เปรียบที่สำคัญคือ การสร้างบุคลากรทักษะรุ่นใหม่ที่จำเป็นต่ออุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ที่มีต้นทุนค่าแรงงานไม่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับหลายประเทศ และยังมีการสร้างความร่วมมือกับภาคอุตสาหกรรมเพื่อผลิตวิศวกรออกแบบวงจรรวมรุ่นใหม่อย่างต่อเนื่อง จนดึงดูดการลงทุนจากกิจการออกแบบวงจรรวมรายสำคัญจากต่างประเทศได้เป็นจำนวนมาก

ความได้เปรียบด้านที่ตั้งและความสัมพันธ์ที่ใกล้ชิดกับสหรัฐอเมริกายิ่งขึ้น โดยเวียดนามเป็นหุ้นส่วนของสหรัฐอเมริกาในห่วงโซ่อุปทานเซมิคอนดักเตอร์ โดยได้รับการสนับสนุนเพื่อขยายขีดความสามารถของภาครัฐและเอกชนเพื่อสร้างความมั่นคงของห่วงโซ่อุปทานในภูมิภาค ตลอดจนความร่วมมือทางด้านการวิจัยและพัฒนาระหว่างกัน (สุภลักษณ์, 2566) ทำให้เวียดนามเป็นหนึ่งในเป้าหมายของแหล่งการผลิตด้วยเทคโนโลยีขั้นสูงของสหรัฐอเมริกา

4.3 ธุรกิจออกแบบวงจรรวมของไทย

สำหรับการนำเสนอรายละเอียดในส่วนนี้ใช้ข้อมูลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ประกอบการที่มีกิจกรรมด้านการออกแบบวงจรรวม ผู้ประกอบการที่สนใจลงทุนการผลิตต้นน้ำ นักวิชาการ และหน่วยงานสนับสนุนเชิงนโยบาย รวมจำนวน 8 หน่วยงาน ร่วมกับข้อมูลธุรกิจจากแหล่งทุติยภูมิ เพื่อสะท้อนถึงศักยภาพของธุรกิจออกแบบวงจรรวมของไทย ดังนี้

4.3.1 ความสามารถด้านการผลิตและบริการ

ประเทศไทยมีบริษัทที่มีกิจกรรมด้านการออกแบบวงจรรวมจำนวน 3 แห่ง ได้แก่ ซิลิคอน คราฟท์ (Silicon Craft) เทคโนโลยี นิชชินโบ ไมโคร ดีไวซส์ (ประเทศไทย) (Nishinbo Micro Devices (Thailand)) และ ดีไซน์ เกทเวย์ (Design Gateway) โดยทั้ง 3 บริษัทมีรายได้จากกิจกรรมออกแบบวงจรรวมในปี 2556 ประมาณ 679 ล้านบาท ซึ่งแต่ละบริษัทมีความเชี่ยวชาญด้านการออกแบบที่แตกต่างกัน ดังนี้

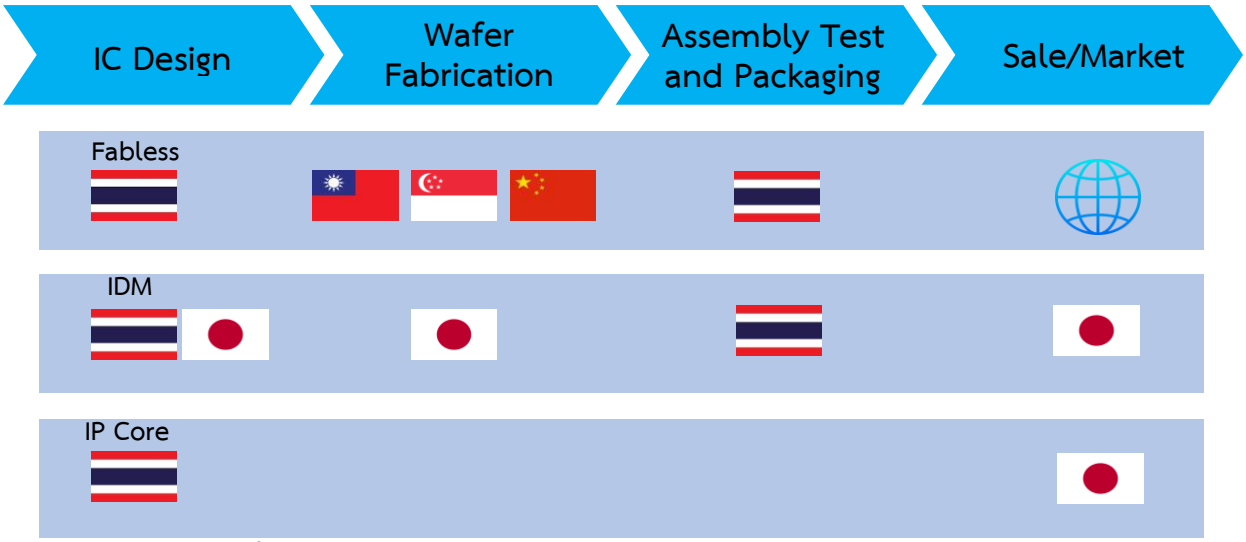
ตารางที่ 4.3 ผู้ประกอบการและรูปแบบธุรกิจออกแบบวงจรรวมในประเทศไทย

บริษัท	ประเภทวงจรรวม	รูปแบบธุรกิจ	ตลาดเป้าหมาย
Silicon Craft	RFID, NFC, ASIC	Fabless	Immobilizer, Animal Tag, Access Control, NFC
Nishinbo Micro Devices (Thailand)	Analog IC (Layout Design)	In-house Design - IDM	Automotive, Sensor
Design Gateway	IP Core, Logic IC, FPGA, Embedded System	IP Vendor	Data Storage, Networking, FPGA-accelerated Computing

ที่มา: จากการสัมภาษณ์ ปี 2566

4.3.2 ความต้องการการออกแบบวงจรรวมของไทย

จากการศึกษาความต้องการออกแบบวงจรรวมในไทย พบว่า การแข่งขันในธุรกิจเซมิคอนดักเตอร์ในไทยมีน้อยมาก เพราะยังขาดการผลิตในระดับต้นน้ำ และธุรกิจ OSAT ในไทยเกือบทั้งหมดรับงานจากต่างประเทศ หรือเป็นสาขาของบริษัทแม่ในต่างประเทศที่รับงานประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถัง จากห่วงโซ่อุปทานของบริษัทแม่และเครือข่ายพันธมิตร ขณะที่ ซิลิคอน คราฟท์ ซึ่งเป็น Fabless สัญชาติไทย ที่แม้ว่าจะจ้างผลิตในต่างประเทศ และส่งกลับมาทำการประกอบและทดสอบในไทย แต่ก็ยังไม่สามารถเชื่อมโยงเข้ากับการผลิต OEM ในประเทศได้เท่าใดนัก และยังต้องพึ่งพาส่งออกเป็นหลัก โดยรูปแบบความเชื่อมโยงธุรกิจออกแบบวงจรรวมในปัจจุบันของไทย



รูปที่ 4.14 ห่วงโซ่อุปทานของผู้ประกอบการออกแบบวงจรรวมในไทย

ที่มา: คณะผู้ศึกษา

ด้วยธุรกิจ Fabless ของไทยที่มีเพียง 1 บริษัท เป็นข้อจำกัดของการดำเนินกิจการด้านการผลิตวงจรรวมในไทย รวมถึงการดำเนินกิจกรรมของ TMEC ซึ่งเป็นศูนย์วิจัยที่มีเครื่องมือและสิ่งอำนวยความสะดวกทางด้านการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ของไทยมีต้นทุนในการดำเนินงานสูง เพราะมีความต้องการใช้งานทั้งด้านการทดสอบการผลิต และการวิจัยและพัฒนาค่อนข้างต่ำ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาเทคโนโลยีของไทยในระยะยาว หากต้องเผชิญสถานการณ์เช่นนี้ไปอย่างต่อเนื่อง

อย่างไรก็ตาม บริษัท ปตท. จำกัด มหาชน ซึ่งมีพื้นฐานธุรกิจด้านพลังงานให้ความสำคัญต่อการลงทุนเทคโนโลยีขั้นสูง เพื่อกระจายธุรกิจสู่อุตสาหกรรมสมัยใหม่ ทั้งด้านยานยนต์ไฟฟ้า ดิจิทัล หุ่นยนต์และระบบอัตโนมัติ อยู่ระหว่างการศึกษาและผลักดันการลงทุนโรงงานผลิตวงจรรวมในประเทศ เพื่อเชื่อมโยงห่วงโซ่อุปทานกับอุตสาหกรรมต่าง ๆ ในประเทศ แต่การลงทุนโรงงานผลิตวงจรรวมมีมูลค่าสูงมาก แม้จะเป็นการลงทุนในเทคโนโลยีเซมิคอนดักเตอร์ที่ไม่สูงมากก็ตาม ซึ่งต้องได้รับการอุดหนุนการลงทุนของภาครัฐ จึงจะมีโอกาสประสบความสำเร็จในการดำเนินธุรกิจนี้

บริษัท อนาล็อก ดีไวซ์ (ไทยแลนด์) จำกัด เป็นอีกหนึ่งบริษัทที่มีแผนการดำเนินกิจกรรมด้านการออกแบบวงจรรวมในประเทศไทยเพิ่มขึ้นจากกิจกรรมทดสอบเซมิคอนดักเตอร์ โดยอยู่ในช่วงการก่อสร้างโรงงานรองรับ โดยเป้าหมายในช่วงแรกจะเน้นการออกแบบเพื่อสนับสนุนกิจการของบริษัทแม่ที่สหรัฐอเมริกาในลักษณะ Design House โดยบริษัทมีการถือครองทรัพย์สินทางปัญญาการออกแบบ (IP) เป็นจำนวนมาก ซึ่งกิจกรรมด้านการออกแบบวงจรรวมของบริษัทตั้งอยู่ในหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา ยุโรป และฟิลิปปินส์ โดยที่ฟิลิปปินส์เป็นหน่วยธุรกิจที่รับงานออกแบบภายนอกด้วย

โดยเซมิคอนดักเตอร์ประเภท Analog IC, Power IC เป็นประเภทวงจรรวมที่ได้รับคำแนะนำจากการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการด้านออกแบบวงจรรวม และผู้ที่สนใจขยายธุรกิจด้านออกแบบวงจรรวมให้เป็นประเภทเซมิคอนดักเตอร์ที่ไทยสมควรลงทุน ไม่ว่าจะเป็นด้านการออกแบบวงจรรวม หรือการลงทุนโรงงานผลิตก็ตาม เนื่องจากมีระดับของเทคโนโลยีที่มีการแข่งขันไม่สูงมากนัก มีตลาดเฉพาะ (Niche) ให้เข้าถึงเป็นจำนวนมาก โดยใช้เงินลงทุนไม่สูงมากนัก และสามารถเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมที่ไทยมีความเชี่ยวชาญ เช่น ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ยานยนต์ พลังงานทางเลือก เครื่องมือแพทย์ เกษตรและอาหาร และการท่องเที่ยว เป็นต้น

นอกจากนั้น ผลจากการสัมภาษณ์เชิงลึกยังระบุประเด็นต่าง ๆ ที่เป็นปัญหา หรืออยู่ในความสนใจจากการสัมภาษณ์ โดยจัดอยู่ในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างประเด็นที่กล่าวถึงบ่อย และระดับผลกระทบ ดังนี้

1) ประเด็นที่มีการพูดถึงจำนวนมาก (ตอบ 5 จาก 8 ราย) ได้แก่

<u>กลุ่มผลกระทบสูง</u>

- Analog IC และ Power IC มีความเหมาะสมกับการธุรกิจออกแบบวงจรรวมในไทย
- ขาดแคลนบุคลากรทักษะ
- การดำเนินธุรกิจออกแบบวงจรรวมและเซมิคอนดักเตอร์ ยังขาดระบบนิเวศที่พร้อมสำหรับภาคอุตสาหกรรม

- ต้องพัฒนา Solution เพื่อตอบความต้องการหรือแก้ปัญหาให้อุตสาหกรรมหลักอื่นของประเทศ
- ต้องเร่งสร้างนักออกแบบวงจรรวมให้เพิ่มขึ้น
- ตลาดภาครัฐมีความจำเป็นสำหรับผู้ประกอบการเกิดใหม่ประเทศ

<u>กลุ่มผลกระทบปานกลาง</u>

- ศูนย์ออกแบบ/ศูนย์รวมผู้เชี่ยวชาญ

2) ประเด็นที่มีการพูดถึงระดับปานกลาง (ตอบ 3-4 ราย)

<u>กลุ่มผลกระทบปานกลาง</u>

- การสร้างความมือกับพันธมิตรและต่างประเทศ ทางด้านวิชาการ ธุรกิจ และตลาด
- สิทธิประโยขน์ดึงบุคลากรจากต่างประเทศ
- ขาดผู้เชี่ยวชาญด้านเทคนิคและการตลาด
- การใช้ Local content เพื่อเชื่อมโยงกับผู้ผลิตและอุตสาหกรรมในประเทศ

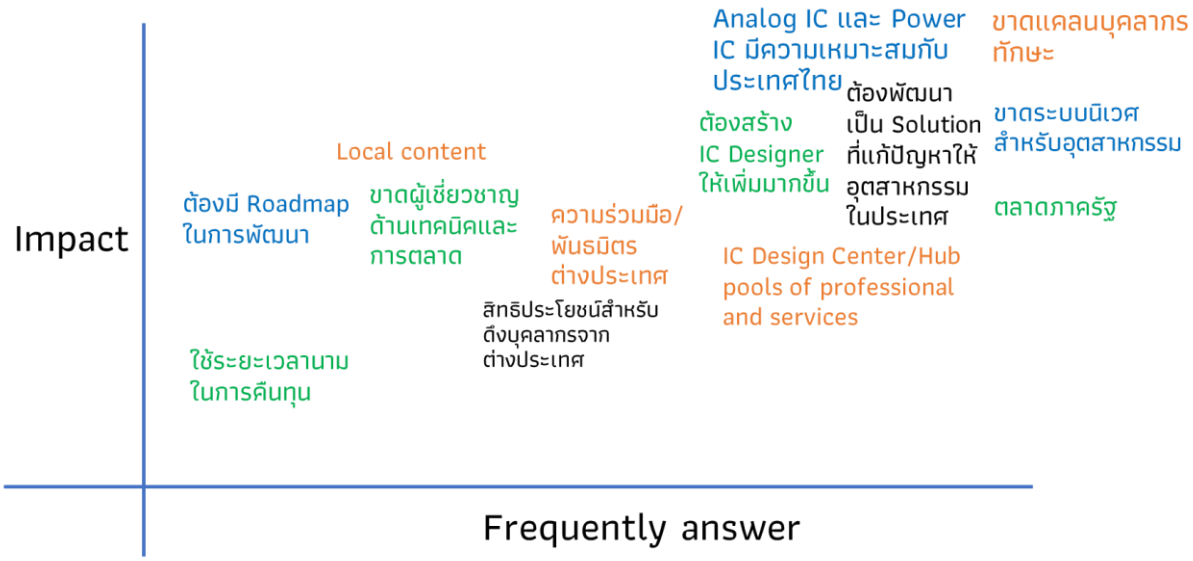
3) ประเด็นที่มีการพูดถึงระดับน้อย (ตอบ 1 – 2 ราย)

<u>กลุ่มผลกระทบปานกลาง</u>

- ต้องมี Roadmap ในการพัฒนา

<u>กลุ่มผลกระทบน้อย</u>

- ใช้ระยะเวลานานกว่าจะคืนทุน



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างประเด็นที่กล่าวถึงบ่อยและผลกระทบจากการสัมภาษณ์เชิงลึก

ที่มา: คณะผู้ศึกษา

4.3.3 โครงสร้างพื้นฐานสำคัญเพื่อส่งเสริมให้เกิดธุรกิจออกแบบวงจรรวมในไทย

จากการสัมภาษณ์พบว่า โครงสร้างพื้นฐานของไทยยังไม่เพียงพอที่จะส่งเสริมให้เกิดธุรกิจออกแบบวงจรรวมอย่างแพร่หลาย โดยมีประเด็นที่เกี่ยวข้องโครงสร้างพื้นฐานโดยตรงและโดยอ้อม ที่ควรพิจารณาให้การส่งเสริม ดังนี้

1) ความชัดเจนของรัฐบาลในการส่งเสริมอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ โดยรัฐบาลให้ความสำคัญต่อการดึงดูดการลงทุนจากต่างประเทศ และรองรับการเคลื่อนย้ายฐานการผลิตออกจากจีนจากปัญหาสงครามการค้าและเทคโนโลยี และมีแผนปฏิบัติการด้านการพัฒนาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ ระยะที่ 1 (พ.ศ. 2566 - 2570) ที่ผลักดันอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ต้นน้ำแต่การดำเนินโครงการ และกรอบการสนับสนุนยังค่อนข้างเน้นไปทางอุตสาหกรรมระดับปลายน้ำเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากเป็นพื้นฐานเดิมของอุตสาหกรรมในไทย จึงทำให้การส่งเสริมอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทยจึงยังขาดทิศทางการพัฒนาที่ชัดเจน หากรัฐเห็นว่าอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์สำคัญ ต้องมีการทำงานเชิงรุก และกำหนดให้การออกแบบวงจรรวมเป็นรากฐานการพัฒนาของประเทศ เพื่อดึงเอาผู้ประกอบการรายสำคัญของโลกเข้าลงทุนและกระตุ้นให้เกิดการถ่ายทอดเทคโนโลยีในประเทศ พร้อมทั้งจัดหาตลาดภายในประเทศให้ผู้ประกอบการไทยได้สร้างเข้มแข็งก่อนออกไปแข่งขันในระดับโลก **ความต่อเนื่องของการส่งเสริม- roadmap,กลไกตามขั้นตอนการผลิต**

2) โครงสร้างพื้นฐานเทคโนโลยีด้านเซมิคอนดักเตอร์ต้องมีการลงทุนระยะยาวและต่อเนื่อง เช่น การสนับสนุนของรัฐบาลไต้หวันที่ให้ความสำคัญกับหน่วยงานวิจัยและพัฒนาของประเทศอย่างต่อเนื่อง เพื่อรองรับการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากต่างประเทศ และปรับแปลงให้เหมาะสมกับอุตสาหกรรมในประเทศ รวมถึงการวิจัยและพัฒนาในกระบวนการผลิตต่าง ๆ ที่จะสามารถสร้างธุรกิจภายในประเทศได้อย่างเชื่อมโยงกัน จนทำให้ไต้หวันสามารถยกระดับจากประเทศที่ขาดแคลนทรัพยากร เป็นประเทศอุตสาหกรรมการผลิตขั้นสูง

3) สิทธิประโยชน์การลงทุน ควรให้สิทธิประโยชน์ที่ช่วยลดต้นทุนผู้ประกอบการในหลายด้านเป็นพิเศษ เช่น การขยายเวลาการได้รับยกเว้นภาษีเงินได้นิติบุคคล การยกเว้นค่าเช่า และลดค่าสาธารณูปโภค รวมไปถึงสิทธิประโยชน์เพิ่มเติมสำหรับกำไรจากการนำทรัพย์สินทางปัญญาด้านการออกแบบไปใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์

4) การขาดบุคลากรทักษะในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์เป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นทั่วโลก ยิ่งแนวโน้มจะมีการลงทุนจากการย้ายฐานการผลิตเพิ่มขึ้น ยิ่งทำให้เกิดการแย่งชิงบุคลากรเหล่านี้ โดยไทยมีโครงการในระดับมหาวิทยาลัยในการผลิตบุคลากรด้านเซมิคอนดักเตอร์ เช่น โครงการหลักสูตรแซนด์บ็อกซ์และโครงการศูนย์กลางกำลังคนระดับสูง (Hub of Talents) ในด้านไมโครอิเล็กทรอนิกส์ในไทย ที่คาดว่าจะสามารถผลิตบัณฑิต และผู้เชี่ยวชาญเพื่อรองรับอุตสาหกรรมได้มากกว่า 200 คนต่อปี แต่ถ้าหากอุตสาหกรรมในประเทศไม่สามารถสร้างงานขึ้นมารองรับบุคลากรเหล่านี้ได้ จะเกิดการไหลออกของบุคลากรไปยังต่างประเทศ โดยข้อมูลจากการสัมภาษณ์พบว่า การฝึกบุคลากรให้มีทักษะด้านการออกแบบตั้งแต่ระดับพื้นฐานอย่างน้อยต้องใช้เวลาประมาณ 4 ปี และใช้เวลา 10 ปีจึงจะสามารถทำการออกแบบได้ครบทุก

กระบวนการ ทำให้บุคลากรที่มีความสามารถด้านการออกแบบจึงมีค่ามากสำหรับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ และได้รับค่าตอบแทนค่อนข้างสูง

5) การรวมกลุ่มและชุมชนด้านเซมิคอนดักเตอร์ และการออกแบบวงจรรวม โดยที่ผ่านมามีความพยายามตั้งกลุ่มทางด้านการออกแบบวงจรรวมขึ้นมาในประเทศไทยหลายครั้ง แต่ไม่สามารถดำเนินกิจกรรมได้อย่างต่อเนื่องในระยะยาว จึงต้องการกิจกรรมความร่วมมือที่สามารถเชื่อมโยงเข้ากับภาคอุตสาหกรรม โดยมีหน่วยงานรัฐเป็นศูนย์กลางที่ให้บริการเครื่องมือออกแบบและซอฟต์แวร์หลัก เช่น EDA ให้แก่สมาชิก การพัฒนาแบบผังวงจรรวมต้นแบบให้สมาชิกสามารถนำพัฒนาต่อยอดได้ รวมถึงการสร้าง System Integrator เพื่อสร้างโซลูชันให้แก่อุตสาหกรรมในไทย และการบริหารจัดการทรัพย์สินทางปัญญาการออกแบบ ซึ่งปัจจุบันมี โครงการจัดตั้งศูนย์ความเป็นเลิศด้านการออกแบบและการวิเคราะห์ทดสอบวงจรรวมและเซนเซอร์ ของ TMEC มุ่งดำเนินงานให้รูปแบบดังกล่าวนี้

6) พื้นที่ระบบนิเวศในการสร้างผู้ประกอบการ ดังเช่นในไต้หวัน ที่มีอุทยานวิทยาศาสตร์เพื่ออุตสาหกรรม เพื่อเป็นแหล่งรวมผู้ประกอบการชั้นนำ ที่มีกลไกการสนับสนุนความร่วมมือระหว่างผู้ประกอบการระดับต่าง ๆ กับสถาบันการศึกษาและสถาบันวิจัยให้ร่วมทำงานอย่างใกล้ชิด โดยตั้งศูนย์การวิจัยและพัฒนา และศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยี และสถาบันสร้างผู้ประการ Startup ด้านเซมิคอนดักเตอร์ โดยต้องเลือกพื้นที่ที่ทั้งผู้ประกอบการ นักวิชาการ และผู้เชี่ยวชาญสามารถเข้าถึงได้อย่างสะดวก เพื่อดึงความสามารถจากที่ต่าง ๆ ในโลก

4.3.4 จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาสและอุปสรรคของธุรกิจวงจรรวมในไทย

จากการศึกษาห่วงโซ่อุปทานอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของโลกและของไทย ตลอดจนการสัมภาษณ์จากผู้มีบทบาทด้านการออกแบบวงจรรวมทั้งภาคอุตสาหกรรม และภาควิชาการ สามารถทำการวิเคราะห์ SWOT ธุรกิจวงจรรวมในไทยได้ดังนี้

ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ SWOT ธุรกิจออกแบบวงจรรวมของไทย

จุดแข็ง	จุดอ่อน
(1) ที่ตั้งของไทยอยู่ในอาเซียน ซึ่งเป็นพื้นที่ยุทธศาสตร์ที่รองรับการย้ายฐานการผลิตจากจีน (2) ไทยเป็นฐานอุตสาหกรรมปลายน้ำที่เข้มแข็ง เช่น อุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรมยานยนต์ไฟฟ้า ซึ่งเป็นผู้ใช้เซมิคอนดักเตอร์เป็นส่วนประกอบหลัก (3) โครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งมีคุณภาพ	(1) ขาดแคลนผู้มีประสบการณ์ด้านเทคโนโลยีและการบริหารในอุตสาหกรรม (2) ขาดแคลนบุคลากรทักษะสูงสำหรับการออกแบบวงจรรวม (3) การเชื่อมโยงอุปทานเซมิคอนดักเตอร์ภายในประเทศค่อนข้างต่ำ (4) ขาดการสนับสนุนอย่างจริงจังและต่อเนื่อง
โอกาส	**อุปสรรค**
(1) เซมิคอนดักเตอร์เป็นส่วนประกอบสำคัญของผลิตภัณฑ์เทคโนโลยีสมัยใหม่ (2) อาเซียนเป็นหนึ่งในเป้าหมายของการย้ายฐานการผลิตออกจากจีน (3) รัฐบาลเริ่มให้ความสนใจอุตสาหกรรมการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ (4) ผู้ประกอบการเซมิคอนดักเตอร์ระดับปลายน้ำสนใจการลงทุนการผลิตระดับต้นน้ำ	(1) การเติบโตและการดึงดูดการลงทุนของเวียดนาม (2) การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีเพื่อลงทุน (3) เสถียรภาพทางการเมืองของไทย

4.3.5 แนวโน้มการเกิดธุรกิจวงจรรวมในไทย

ภายใต้สถานการณ์ปัจจุบัน ไทยยังขาดความพร้อมของระบบนิเวศอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ ทั้งการขาดโรงงานผลิตวงจรรวม และธุรกิจออกแบบวงจรที่มีจำนวนน้อยมาก ห่วงโซ่อุปทานในประเทศจึงขาดการเชื่อมโยงกัน จึงทำให้ธุรกิจวงจรรวมไม่สามารถเกิดขึ้นโดยธรรมชาติของการพัฒนา จึงต้องมีกลยุทธ์ในการส่งเสริม เพื่อสร้างเป็นธุรกิจหลักของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ที่มีมูลค่าเพิ่มสูงของประเทศ

1) รูปแบบธุรกิจที่เหมาะสม

ในการยกระดับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์จากการสัมภาษณ์ แบ่งออกเป็น 2 แนวคิด คือ

(1) แนวคิดสนับสนุนให้มีการลงทุนโรงงานผลิตวงจรรวม เห็นว่า การตั้งโรงงานผลิตวงจรรวมจะช่วยกระตุ้นให้เกิดการเชื่อมโยงห่วงโซ่อุปทานภายในประเทศได้อย่างเข้มแข็ง โดยกิจการ Fabless ทั้งในปัจจุบันและที่จะเกิดขึ้นใหม่ สามารถว่าจ้างผลิตภายในประเทศเป็นทางเลือก จากเดิมที่ต้องส่งไปยังต่างประเทศเพียงอย่างเดียว ทำให้ลดระยะเวลาที่ใช้ผลิตลง ประกอบกับไทยที่มีความสามารถด้านการผลิตปลายน้ำ เมื่อผนวก

กับการเชื่อมโยงห่วงโซ่อุปทานได้อย่างสมบูรณ์ จะทำให้อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ไทยมีความมั่นคงมากขึ้น และยังช่วยดึงดูดการลงทุนกิจการ Fabless ทั้งในและต่างประเทศ

(2) แนวคิดไม่จำเป็นต้องมีการลงทุนโรงงานผลิตวงจรรวม เห็นว่าอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์เป็นห่วงโซ่อุปทานโลก การออกแบบแบบวงจรรวมสามารถส่งไปผลิตยังต่างประเทศ หรือไม่เป็นจำเป็นต้องว่าต้องผลิต โดยสามารถหารายได้จากการให้สิทธิในทรัพย์สินทางปัญญา

โดยทั้ง 2 แนวคิดสามารถเกิดขึ้นได้ในประเทศไทย แต่ขึ้นอยู่กับว่านโยบายของภาครัฐมีความจริงจังกับการขับเคลื่อนอุตสาหกรรมนี้เพียงใด โดยหากรัฐเห็นโอกาสจากการลงทุนโรงงานผลิตวงจรรวม ควรดำเนินการในด้านต่าง ๆ เช่น ให้ความสำคัญกับการลงทุนวิจัยและพัฒนาในประเทศของสถาบันวิจัยและมหาวิทยาลัย ให้สิทธิประโยชน์ส่งเสริมการลงทุนเป็นพิเศษแก่ผู้ประกอบการ และออกมาตรการใช้เซมิคอนดักเตอร์และชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศ ส่งเสริมการรวมกลุ่มเพื่อเป็นตัวแทนผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ที่เป็นผู้เกี่ยวข้องโดยตรง เพื่อเสนอความต้องการที่ชัดเจนไปยังภาครัฐ และร่วมกันหาแนวทางการพัฒนาได้อย่างตรงตามความต้องการ

อย่างไรก็ดี จากการสังเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ พบว่า การลงทุนโรงงานผลิตวงจรรวมเป็นการลงทุนขนาดใหญ่ที่มีความเสี่ยง โดยไทยสามารถส่งเสริมเฉพาะธุรกิจการออกแบบวงจรรวมไม่ว่าจะเป็น Fabless หรือการให้สิทธิอนุญาตที่สอดคล้องกับอุตสาหกรรมหลักของประเทศ โดยเฉพาะการออกแบบวงจรรวมประเภท Analog IC Power IC หรือวงจรรวมตลาดเฉพาะทาง เช่น ผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ยานยนต์ (EV) เกษตรและอาหาร และท่องเที่ยว รวมถึงแนวโน้มที่คาดว่ายังคงอยู่ในระยะยาว เช่น สิ่งแวดล้อมและความยั่งยืน เทคโนโลยี Internet of Things และ Artificial Intelligence (AI) เพื่อให้การออกแบบมีอุตสาหกรรมรองรับการใช้งาน ซึ่งต้องมีการเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมในประเทศให้ได้ และส่งเสริมให้สามารถเข้าถึงตลาดภาครัฐได้

2) ประโยชน์จากการเกิดธุรกิจวงจรรวมต่ออุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในประเทศไทย

โอกาสของการขยายธุรกิจด้านออกแบบวงจรรวมในไทยยังมีโอกาสอีกมาก เนื่องจากปัจจุบันมีจำนวนผู้ประกอบการน้อยราย อีกทั้งเงินลงทุนด้านออกแบบวงจรรวมใช้เงินลงทุนน้อยกว่าการทำโรงงานผลิตวงจรรวมหลายเท่าตัวปัจจุบันภาครัฐไม่ว่าจะเป็นสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (BOI) ได้มีการจัดทำนโยบายในการดึงดูดการลงทุนจากต่างประเทศให้เข้ามาลงทุนในไทยเพื่อเป็นการยกระดับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทย และกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) ได้มีการดำเนินโครงการผลักดันการสร้างกำลังคนด้านเซมิคอนดักเตอร์ร่วมกับรัฐบาลไต้หวัน โดยจะทำการผลิตบุคลากรด้านเซมิคอนดักเตอร์จำนวนไม่น้อยกว่า 200 คน/ปี เป็นระยะเวลา 5 ปี ทั้งนี้ถ้าไทยมีบุคลากรด้านการออกแบบวงจรรวมมากขึ้น และสามารถจูงใจบริษัทต่างชาติมาลงทุนในไทยได้ตามเป้าหมายที่วางไว้ก็อาจจะก่อให้เกิดระบบนิเวศที่สร้างประโยชน์ให้กับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทย

จากการสัมภาษณ์ได้มีการประเมินว่า นักออกแบบ 1 คน สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับอุตสาหกรรมวงจรรวม ไทยได้ขั้นต่ำ 10 ล้านบาท ดังนั้นถ้าไทยสามารถผลิตบุคลากรทางด้านออกแบบวงจรรวม ได้อย่าง

น้อยปีละ 50 คน ตามแผนการผลักดันการสร้างกำลังคนของ อว. ก็จะทำให้ไทยมีรายได้เพิ่มขึ้นขั้นต่ำ 500 ล้านบาทต่อปีเป็นระยะเวลามากกว่า 5 ปี และการสร้างกำลังคนของโครงการนี้ยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการส่งบุคลากรไปอบรมที่ต่างประเทศแก่บริษัทออกแบบวงจรรวมในไทย นอกจากนี้จากการที่บริษัทต่างชาติมาลงทุนเพิ่มในประเทศจะทำให้มีเงินหมุนเวียนในประเทศเป็นจำนวนมาก เพราะบริษัทต่างชาติจะมีการลงทุนด้านเครื่องจักร อุปกรณ์ในการออกแบบวงจรรวม อีกทั้งยังมีการจ้างแรงงานในด้านต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ดังนั้นถ้าบริษัทต่างชาติสนใจมาลงทุนในไทยมากก็จะช่วยให้ระบบนิเวศในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทยครบวงจรขึ้น จากเดิมที่ไทยมีความแข็งแกร่งด้านอุตสาหกรรมปลายน้ำของเซมิคอนดักเตอร์ ยิ่งไปกว่านั้นถ้าบุคลากรไทยสามารถออกแบบวงจรรวมที่สามารถตอบสนองกับความต้องการของอุตสาหกรรมปลายน้ำในประเทศได้ เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมท่องเที่ยว อุตสาหกรรมการเกษตร เป็นต้น ก็จะช่วยลดการนำเข้าวงจรรวมจากต่างประเทศได้ด้วยเช่นกัน

บทที่ 5 ข้อเสนอแนะการพัฒนาอุตสาหกรรมไมโครอิเล็กทรอนิกส์ และรูปแบบธุรกิจด้านการออกแบบและวิเคราะห์ทดสอบวงจรรวม

ที่ผ่านมาอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทยเป็นเพียงแค่ผู้รับจ้างประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถัง ซึ่งเป็นขั้นตอนการผลิตที่มีมูลค่าเพิ่มต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับการออกแบบวงจรรวม และการผลิตวงจรรวมซึ่งเป็นการผลิตระดับต้นน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศคู่แข่งในอาเซียนด้วยกัน ทั้งสิงคโปร์ และเวียดนาม พบว่า อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ไทยเริ่มถูกทิ้งห่างมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งปัญหาสำคัญ คือ (1) ไม่สามารถยกระดับเทคโนโลยีขั้นสูงของอุตสาหกรรมในประเทศ (2) ขาดบุคลากรทักษะสูง (3) ขาดการเชื่อมโยงห่วงโซ่อุปทานภายในประเทศ

ขณะเดียวกัน จากสถานการณ์โลกทั้งการแพร่กระจายเชื้อCovid-19 และการแบ่งขั้วทางเศรษฐกิจระหว่างสหรัฐอเมริกาและจีน แสดงให้เห็นถึงปัญหาด้านอุปทาน และปัญหาความมั่นคงทางเทคโนโลยี จากการพึ่งพาจีน จึงได้มีความพยามยามแยกห่วงโซ่อุปทาน และกีดกันการเข้าถึงเทคโนโลยีขั้นสูงของจีน ทำให้มีการย้ายฐานการผลิตอุตสาหกรรมเทคโนโลยีขั้นสูงออกจากจีน ซึ่งเป็นโอกาสของประเทศในภูมิภาคอาเซียน รวมถึงไทยที่จะได้รับอานิสงส์จากสถานการณ์ที่เกิดขึ้น เนื่องจากมีฐานการลงทุนเดิมของสหรัฐอเมริกา และชาติพันธมิตรอยู่แต่เดิมแล้ว แต่จากการศึกษาจากปัญหาข้างต้นเป็นข้อจำกัดต่อการดึงดูดการย้ายฐานการผลิตเทคโนโลยีขั้นสูง โดยมีเพียงกลุ่มอุตสาหกรรมการผลิตปลายน้ำ ได้แก่ การประกอบวงจรรวม และบริการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่จะย้ายฐานการผลิตมายังไทย

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า ไทยมีโอกาสในการส่งเสริมให้เกิดธุรกิจด้านออกแบบวงจรรวมในประเทศมากกว่าการผลิตวงจรรวมประเภท Wafer Fabrication ที่ต้องอาศัยการลงทุน หรือร่วมลงทุนจากต่างประเทศที่ต้องใช้เงินลงทุนสูง แต่ไม่ควรจำกัดการลงทุนหากมีนักลงทุนที่สนใจและมีความสามารถในการลงทุน Wafer Fabrication เพื่อสร้างให้ระบบนิเวศอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ไทยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยในการศึกษาจึงได้มีข้อเสนอแนะโดยให้ความสำคัญต่อการสร้างธุรกิจออกแบบวงจรรวมมาก่อน ดังนี้

1) กำหนดระยะของการพัฒนาออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่

ระยะสั้น (1-2 ปี): เน้นสร้างรากฐานออกแบบวงจรรวม ควบคู่กับรักษาขีดความสามารถเดิม คือ การประกอบ ทดสอบ และบรรจุตัวถัง รวมถึงการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่

ระยะกลาง (2 – 4 ปี): ส่งเสริมการสร้างธุรกิจด้านออกแบบวงจรรวมให้เพิ่มขึ้น

ระยะยาว (5 ปีขึ้นไป): สร้าง ecosystem ให้สมบูรณ์ โดยดึงดูดหรือส่งเสริมการลงทุนโรงงานผลิตวงจรรวม (Fabrication Plant) ในประเทศ

2) กิจกรรมหรือมาตรการ

ระยะสั้น:

(1) ส่งเสริมการลงทุนระดับต้นน้ำในกลุ่มผู้ประกอบการปลายน้ำที่มีศักยภาพอยู่เดิม ให้เพิ่มแผนกหรือกิจการด้านการออกแบบวงจรรวม

(2) ส่งเสริมการจัดตั้งศูนย์ออกแบบวงจรรวม ทำหน้าที่เชื่อมโยงความร่วมมือกับหน่วยงานภายในประเทศ และต่างประเทศ เพื่อส่งเสริมการวิจัยและพัฒนา และพัฒนาบุคลากร ตลอดจนเป็นแหล่งการจับคู่ผู้เชี่ยวชาญและภาคอุตสาหกรรรม เพื่อให้เกิดการทำงานร่วมกันเพื่อยกระดับความสามารถของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ขั้นสูง โดยหน่วยงานนี้ต้องได้รับทุนสนับสนุนการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง

ระยะกลาง:

(1) สร้างกลไกเพื่อสร้างผู้ประกอบการใหม่ หรือดึงดูดการลงทุนผู้ประกอบการด้านการออกแบบวงจรรวมหรือผู้พัฒนาซอฟต์แวร์ออกแบบทางอิเล็กทรอนิกส์ในไทย รวมถึงดึงดูดกิจการผลิตวงจรรวมให้เข้ามาลงทุนในประเทศ

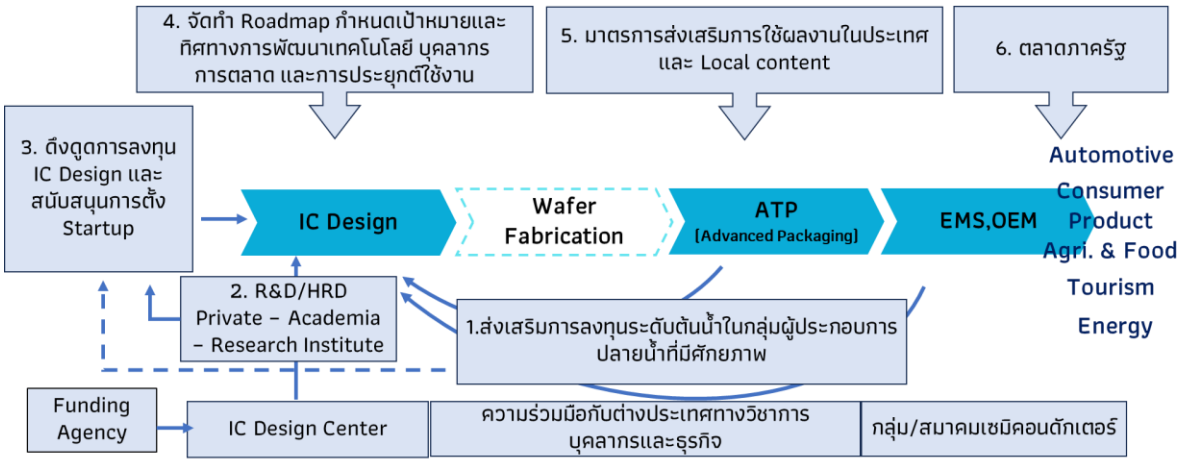
(2) จัดทำ Roadmap กำหนดเป้าหมายและทิศทางการพัฒนาเทคโนโลยี บุคลากร การตลาด และการประยุกต์ใช้งาน

ระยะยาว:

(1) มาตรการส่งเสริมการใช้ผลงานในประเทศทั้งด้านผลผลิตและผลงานวิจัยและพัฒนา รวมถึงมาตรการ Local content

(2) เปิดตลาดภาครัฐให้แก่ผู้ประกอบการที่เกิดขึ้นจากการส่งเสริมในระยะสั้นให้มีตลาดรองรับ

3) กำหนดอุตสาหกรรมเป้าหมายที่จะได้รับการส่งเสริมเป็นพิเศษ โดยต้องเป็นอุตาหกรรมหลักของประเทศ เช่น ยานยนต์ และ ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น หรือเป็นภาคเศรษฐกิจเป้าหมายของประเทศ เช่น ภาคเกษตรและอาหาร ท่องเที่ยว หรือเป็นเทคโนโลยีที่ไทยมีโอกาสในการพัฒนา เช่น เทคโนโลยีด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อม และความยั่งยืน เทคโนโลยี IoT และเทคโนโลยี AI เป็นต้น



รูปที่ 5.1 แผนภาพแนวคิดข้อเสนอแนะการส่งเสริมธุรกิจออกแบบวงจรรวมในไทย

บรรณานุกรม

ACE Engineering College. (2020). *IC Fabrication Process.* Retrieved from https://www.slideshare.net/sritulasiadigopula/lecture3-ic-fabrication-process

Amazon. (n.d.). *What is a computer chip?* Retrieved from Amazon Web Services: https://aws.amazon.com/what-is/computer-chip/

Arsta Research Analysis 2022, *Global Fabless IC Design Market Research Report 2022*, Arsta Research Analysis.

Awati, R. (2022, November). *Intellectual Property Core (IP Core).* Retrieved from TechTarget : https://www.techtarget.com/whatis/definition/IP-core-intellectual-property-core

Board of Investment (2023). FOREIGN DIRECT INVESTMENT STATISTICS BY REGION. Retrieved from https://www.boi.go.th/index.php?page=statistics_oversea_invest

Antonio Varas, Raj Varadarajan, Jimmy Goodrich and Falan Yinug. (2020). Government Incentives and US Competitiveness in Semiconductor Manufactring. Boston Consulting Group and Semiconductor Industry Association.

C3L Consulting. (2021, May 26). *History of the UK Semi-Conductor Industry and can we learn from it?* Retrieved from https://blog.c3l-security.com/2021/05/history-of-uk-semi-conductor-industry.html

Dataxet Limited. (2564, มิถุนายน 4). *ไบเดนสั่งแบนบริษัทจีน 59 แห่งห้ามเข้าลงทุนในสหรัฐ สานต่อนโยบายทรัมป์*. Retrieved from https://www.infoquest.co.th/2021/93263

Deloitte. (n.d.). *2023 Semiconductor Industry Outlook*. Retrieved from https://www2.deloitte.com/us/en/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/semiconductor-industry-outlook.html

Department of Science, Innovation and Technology. (2023). *National Semiconductor.*

Design&Reuse. (2022, July 8). *Fabless Suppliers Hold Record 34.8% Share of Global IC Sales*. Retrieved from https://www.design-reuse.com/news/52302/fables-system-versus-idm-company-ic-sales.html

Electronics Sourcing. (2022, May 4). *รถยนต์ของเรามีชิปอยู่กี่ชิป?* Retrieved from https://electronics-sourcing.com/2022/05/04/how-many-chips-are-in-our-cars/

Gartner 2023, 'Gartner Says Worldwide Semiconductor Revenue Grew 1.1% in 2022', press release, 17 January, สืบค้นวันที่ 31 มี.ค. 2566, <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2023-01-17-gartner-says-worldwide-semiconductor-revenue-grew-one-percent-in-2022>.

Gartner 2022, 'Gartner Says Worldwide Semiconductor Revenue Grew 26% in 2021', Press Release, 14 April, สืบค้นวันที่ 9 พ.ค. 2566, **<**https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2022-04-14-gartner-says-worldwide-semiconductor-revenue-grew-26-percent-in-2021>.

Hsinchu Science Park. (n.d.). Retrieved from https://web.sipa.gov.tw/english/whyHSP

Industrial Technology Research Institute (ITRI) and Industry, Science and Technology International Strategy Center (ISTI). (2022). *Research on the Next Generation Semiconductor Industry in Taiwan*. Netherlands Enterprise Agency.

Innovation Tax. (n.d.). *Patent Box Rewarding your innovation and supporting IP value creation*. Retrieved from https://www.innovationtax.co.uk/patent-box/

Invest India. (2021, July 27). *Million Chips, Billion Dreams - II (Developing Fabless Ecosystem in India)*. Retrieved from https://www.investindia.gov.in/team-india-blogs/million-chips-billion-dreams-ii-developing-fabless-ecosystem-india

jtc. (n.d.). *Wafer Fab Parks*. Retrieved from https://www.jtc.gov.sg/find-land/land-for-long-term-development/wafer-fab-parks

Katchwattana, P. (2023, June 9). *เจาะแผนสร้างความร่วมมือ ม.นานาชาติ ผลิตกำลังคนทักษะสูง ตอบสนองความต้องการของ อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ ทั่วโลก*. Retrieved from Salika: https://www.salika.co/2023/06/09/semiconductor-industry-human-development/

KKP Research. (2564, พฤษภาคม 11). *KKP Research เจาะลึก "ลูกหลงต่อเศรษฐกิจไทย เมื่อยักษ์ใหญ่โรมรัน" : ตอนที่ 1*. Retrieved from ThaiPublica : https://thaipublica.org/2021/05/kkp-research-a-little-boy-in-the-war-of-the-titans01/

Leo Zhi. (2023, March 21). *Discovering the Impact of Singapore's Semiconductor Industry*. Retrieved from DISK Manufacturer: https://www.diskmfr.com/singapores-surprising-role-in-the-semiconductor-industry/

Marias, S. L. (2020, January 31). *ST Highlights Talent Development EffoNrts, Investments in SG*. Retrieved from EETimesAsia: https://www.eetasia.com/st-highlights-talent-development-efforts-investments-in-sg/

Mohd Said, N. A. (2014). *ELECTROCHEMICAL BIOSENSOR BASED ON MICROFABRICATED ELECTRODE ARRAYS FOR LIFE SCIENCES APPLICATIONS.* Tyndall National Institute.

MReport. (2566, กุมภาพันธ์ 27). *ผู้ผลิตชิปอเมริกัน' เร่งย้ายฐานออกจากจีน มาอาเซียน*. Retrieved from https://www.mreport.co.th/news/industry-movement/224-US-chip-manufacturers-move-from-China-to-ASEAN

Navitas. (2022). Introduction to Wide Band-Gap Semiconductors. https://navitassemi.com/introduction-to-wide-bandgap-semiconductors/

National Research Council. (2013). *21st Century Manufacturing: The Role of the Manufacturing Extension Partnership Program.* Washington, DC: Academies Press.

Nitin Dahad. (2023). Vietnam Sets Sights on Becoming Semiconductor Hub. Retrieve from https://www.eetimes.com/vietnam-sets-sights-on-becoming-semiconductor-hub/?utm_source=newsletter&utm_campaign=link&utm_medium=EETimesDaily-20231109&oly_enc_id=4235D6704301A9Y

Owen, G. (2022). *Semiconductors in the UK Searching for a strategy.* Policy Exchange. Retrieved from https://policyexchange.org.uk/publication/semiconductors-in-the-uk/#contents__accordion

pongtorn. (2023, August 5). *ขั้นตอนการการผลิต IC (Integrated Circuit)*. Retrieved from pongtorn-elec.blogspot: https://pongtorn-elec.blogspot.com/2017/10/ic-integrated-circuit.html

SANTOSH DAS. (2022, November 26). *Semiconductor Manufacturing Process – Steps, Technology, Flow Chart*. Retrieved June 23, 2023, from Electronics and You: https://www.electronicsandyou.com/blog/semiconductor-manufacturing-process-steps-and-technology-used.html

SCB EIC

Semiconductor Industry Association (SIA) 2023, *2023 SIA Factbook*, Semiconductor Industry Association, สืบค้นวันที่ 8 พ.ค. 2566, <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2023/05/SIA-2023-Factbook_1.pdf>.

Singapore Semiconductor Industry Association. (n.d.). Retrieved from https://ssia.org.sg/wp-content/uploads/2018/12/Semiconductor50_Timeline_R5_flatten_forWeb.pdf

Singapore Semiconductor Industry Association. (n.d.). *ABOUT JTC*. Retrieved from https://electronicsday.com.sg/about-jtc/

Source of Asia. (2023) Vietnam's Evolving Semiconductor Scene Unveiled Retrieved from https://www.sourceofasia.com/vietnams-evolving-semiconductor-scene-unveiled/

Sullivan, J. (2023, July 25). *What is Microelectronics?* Retrieved from About Mechanics: https://www.aboutmechanics.com/what-is-microelectronics.htm

Synopsis. (n.d.). *What is IC Design?* Retrieved September 3, 2023, from https://www.synopsys.com/glossary/what-is-ic-design.html#b

Taiwan Semiconductor Industry Association 2023, *Overviews*, Taiwan Semiconductor Industry Association, สืบค้นวันที่ 18 ส.ค. 2566, <https://www.tsia.org.tw/EN/PublOverview?nodeID=60>.

Taiwan Semiconductor Industry Association. (n.d.). *Overview on Taiwan Semiconductor Industry (2020 Editon)* . Retrieved from https://www.tsia.org.tw/api/DownloadOverview?ID=33

TechUK. (2022). *The Semiconductor Industry in the UK* .

TMEC. (n.d.). *การออกแบบวงจรรวม (IC Fabrication)*. Retrieved September 3, 2023, from Thai Microelectronics Center: https://tmec.nectec.or.th/research/icfabrication/lang/th

Trade Map 2023, *Export & Import*, Trade Map, สืบค้นข้อมูลวันที่ 22 พ.ค. 2566, <https://www.trademap.org/>.

Today Bizview. (2566 , กันยายน 6). *กลุ่มอิเล็กทรอนิกส์ไต้หวัน ปักหมุดลงทุนในไทย 8 เดือน ยื่นขอบีโอไอ กว่า 3 หมื่นล้าน*. Retrieved from workpointtoday: https://workpointtoday.com/taiwan-invest-thailand/

University of Michigan. (n.d.). *Technology Brief 7: Integrated Circuit Fabrication Process*. Retrieved from https://cad.eecs.umich.edu/techbriefs/tb07.pdf

Utmel Electronic. (2022, September 8). *What is the Difference between an Integrated Circuit and a Chip*. Retrieved from https://www.utmel.com/blog/categories/integrated%20circuit/what-is-the-difference-between-an-integrated-circuit-and-a-chip

Viospeed. (2022, May 15). *ขั้นตอนการผลิตไอซี IC (Integrated Circuit Process Flow)*. Retrieved from Viospeed: https://www.viospeed.com/%E0%B8%82%E0%B8%B1%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B8%95%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%9C%E0%B8%A5%E0%B8%B4%E0%B8%95%E0%B9%84%E0%B8%AD%E0%B8%8B%E0%B8%B5-ic-integrated-circuit-process-flow/

Wodecki, B. (2022, Feburary 8). *Nvidia's Arm deal: Largest-ever chip merger terminated over 'significant regulatory challenges'*. Retrieved from AI Business: https://aibusiness.com/verticals/nvidia-s-arm-deal-largest-ever-chip-merger-terminated-over-significant-regulatory-challenges-

World Bank, World Bank Open Data. Retrieve from https://databank.worldbank.org

World Semiconductor Trade Statistics (WSTS) 2023, *WSTS Semiconductor Market Forecast Spring 2023*, World Semiconductor Trade Statistics, สืบค้นวันที่ 6 มิ.ย. 2566, <https://www.wsts.org/esraCMS/extension/media/f/WST/6028/WSTS_nr-2023_05.pdf>.

World Semiconductor Trade Statistics (WSTS) 2022, *WSTS Semiconductor Market Forecast Fall 2022*, World Semiconductor Trade Statistics, สืบค้นวันที่ 12 เม.ย. 2566, <https://www.wsts.org/esraCMS/extension/media/f/WST/5837/WSTS_FC_2022_11.pdf >.

World Semiconductor Trade Statistics (WSTS) 2021, *WSTS Semiconductor Market Forecast Fall 2021*, World Semiconductor Trade Statistics, สืบค้นวันที่ 12 เม.ย. 2566, <https://www.wsts.org/esraCMS/extension/media/f/WST/5263/WSTS_nr-2021_11.pdf>.

World Semiconductor Trade Statistics (WSTS) 2020, *WSTS Semiconductor Market Forecast Fall 2020*, World Semiconductor Trade Statistics, สืบค้นวันที่ 12 เม.ย. 2566, <https://www.wsts.org/esraCMS/extension/media/f/WST/4820/WSTS_nr-2020_11.pdf>.

World Semiconductor Trade Statistics (WSTS) 2019, *WSTS Semiconductor Market Forecast Fall 2019*, World Semiconductor Trade Statistics, สืบค้นวันที่ 12 เม.ย. 2566, <https://www.wsts.org/esraCMS/extension/media/f/WST/4298/WSTS_nr-2019_11.pdf>.

World Semiconductor Trade Statistics (WSTS) 2018, *WSTS Semiconductor Market Forecast Autumn 2018*, World Semiconductor Trade Statistics, สืบค้นวันที่ 12 เม.ย. 2566, <https://www.wsts.org/esraCMS/extension/media/f/WST/3730/WSTS_nr-2018_11.pdf>.

World Semiconductor Trade Statistics (WSTS) 2017, *WSTS Semiconductor Market Forecast Autumn 2017*, World Semiconductor Trade Statistics, สืบค้นวันที่ 12 เม.ย. 2566, <https://www.wsts.org/esraCMS/extension/media/f/WST/3293/WSTS_nr-2017_11.pdf>.

Wu, J. (2023, March 27). *IC Design White Paper - Discussing strengths and weaknesses of Taiwan's IC design sector*. Retrieved from DigiTimesAsia: https://www.digitimes.com/news/a20230323PD203/ic-design-white-paper-ic-design-taiwan.html

กรมพัฒนาธุรกิจการค้า 2023, *DBD DataWarehouse+*, กรมพัฒนาธุรกิจการค้า, สืบค้นวันที่ 20 มิ.ย. 2566, < https://datawarehouse.dbd.go.th/index>.

กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. (2566, กรกฎาคม 7). *จีนประกาศควบคุมการส่งออกแร่หายาก วัตถุดิบสำคัญในอุตสาหกรรมเซมิคอนดัคเตอร์*. Retrieved from https://www.ditp.go.th/post/137534

เกรียงไกร (2565, พฤษภาคม 16). *แนวโน้ม"ชิปหาย"ครั้งใหม่ ภายใต้สงครามรัสเซีย-ยูเครน*. Retrieved from https://www.posttoday.com/post-next/1269

ธนาคารกสิกรไทย. (2561, มิถุนายน). *ยุทธวิธีเอาตัวรอด SME ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์*. Retrieved from https://www.kasikornbank.com/th/business/sme/KSMEKnowledge/article/KSMEAnalysis/Documents/SME_Electronic-Manufacturing.pdf

ธนาคารแห่งประเทศไทย 2023, *อัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ*, ธนาคารแห่งประเทศไทย, สืบค้นวันที่ 8 ก.ย. 2566, < https://www.bot.or.th/th/statistics/exchange-rate.html>.

ประชาชาติธุรกิจออนไลน์. (2566, สิงหาคม 10). *"ไบเดน" ห้ามบริษัทสหรัฐลงทุน 3 ด้านในจีน ป้องกันภัยความมั่นคง*. Retrieved from https://www.prachachat.net/world-news/news-1367848

ปาริชาติ จิรวัชรา และ ทัศดา แสงมานะเจริญ. (2565, มีนาคม). เซมิคอนดักเตอร์มีบทบาทที่สำคัญต่อเศรษฐกิจอย่างไร. Retrieved from https://www2.deloitte.com/th/en/pages/about-deloitte/articles/semiconductor-th.html

พิราภรณ์, ว. (2566, มิถุนายน 7). *เวียดนาม-ไทย' เสี่ยงตกชั้นโรงงานโลก เมื่อยักษ์เทคจ่อย้ายฐานผลิตกลับถิ่น*. Retrieved from กรุงเทพธุรกิจ: https://www.bangkokbiznews.com/business/economic/1072285

รพีภูมิ, ล. (2566, เมษายน 18). *ส่องแนวโน้มอุตสาหกรรมชิป ท่ามกลางความไม่แน่นอน*. Retrieved from ธนาคารแห่งประเทศไทย: https://www.bot.or.th/th/research-and-publications/article/chaengsibia/article-2023apr18.html

ศูนย์ข้อมูลเพื่อธุรกิจในสิงคโปร์. (2565, ตุลาคม 24). *การดึงดูดการลงทุนจากต่างประเทศให้ขยายฐานการผลิตเซมิคอนดักเตอร์ในสิงคโปร์*. Retrieved from THAIBIZSINGAPORE.COM: https://thaibizsingapore.com/news/%E0%B8%81/directions/singapore-semiconductor-industry-attract-investment/

ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ. (n.d.). Retrieved from NECTEC: https://www.nectec.or.th/schoolnet/library/snet7/phy3_1.html

สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์. (2564, มิถุนายน 19). *ผลกระทบของการขาดแคลนชิปวงจรรวม (Integrated Circuit: IC) ต่ออุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ไทย*. Retrieved from https://www.mreport.co.th/experts/business-and-management/357-Impact-IC-Chip-Shortage-Thai-Electrical-Electronics-Industry

สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 2023*, มูลค่าตลาดในประเทศ*, สืบค้นข้อมูลวันที่ 12 เม.ย. 2566, < https://eiu.thaieei.com/Home/DomesticMarKetValue>.

สถาบันไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 2023*, มูลค่าการผลิตในประเทศ*, สืบค้นข้อมูลวันที่ 12 เม.ย. 2566, < https://eiu.thaieei.com/Home/DomesticProductionValue>.

สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม 2023, การสืบค้นข้อมูลผู้สำเร็จการศึกษา, สืบค้นข้อมูลวันที่ 24 ต.ค. 2566, <https://info.mhesi.go.th/stat_graduate.php?search_year=2563>

อภิชาติ, เ. (2557). *การปรับปรุงกระบวนการตัดแผ่นเวเฟอร์ด้วยเลเซอร์.* การค้นคว้าอิสระ, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์.

อาทิจ, อ. (2555). *การดำเนินการเชิงนโยบายต่อพัฒนาการอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และศักยภาพการพัฒนาอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของไทย.* มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะศิลปศาสตร์.

ภาคผนวก

ภาคผนวก 1 การสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ประกอบการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ไทยจำนวน 8 หน่วยงาน

ภาคผนวก 2 ภาคผนวกตาราง 2.1 – 2.19

ภาคผนวก 3 ประเด็นการสัมภาษณ์

ภาคผนวก 1 การสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ประกอบการและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ไทยจำนวน 8 หน่วยงาน

ลำดับที่	หน่วยงาน	ผู้ให้ข้อมูล	ตำแหน่ง	วันสัมภาษณ์
1	บริษัท ซิลิคอน คราฟท์ เทคโนโลยี จำกัด (มหาชน)	ดร.อมร จิรเสรีอมรกุล	Principal Research Engineer	วันที่ 17 พ.ค. 2566
		ดร.บดินทร์ เกษมเศรษฐ์	ประธานเจ้าหน้าที่บริหาร	วันที่ 20 มิ.ย. 2566
2	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	รศ.ดร.วรดร วัฒนพานิช		วันที่ 18 พ.ค. 2566
3	บริษัท นิชชินโบ ไมโคร ดีไวซส์ (ประเทศไทย) จำกัด	คุณ Eikawa ShunIChi	Director	วันที่ 20 มิ.ย. 2566
		คุณสันติพงศ์ แสนไชย	Vice President	
		คุณอิศราพงศ์ สินันตา	Test Engineering Department Manager	
4	บริษัท ดีไซน์ เกทเวย์ จำกัด	ดร. วิวัฒน์ วงศ์วราวิภัทร์	CEO	วันที่ 30 มิ.ย. 2566
5	บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)	ดร.อนิวรรตน์ ตันเดชานุรัตน์	Smart Electronics Working Team Lead	วันที่ 10 ก.ค. 2566
6	บริษัท อรุณพลัส จำกัด	คุณปรเมษฐ์ ห้อยสังวาลย์	ผู้จัดการ	
7	บริษัท อนาล็อก ดีไวซ์ (ไทยแลนด์) จำกัด	คุณวิรัตน์ ศรีอมรกิจกุล	กรรมการผู้จัดการ	วันที่ 18 ก.ค. 2566
		คุณเสกสรร จิตตะนุศาสตร์	ผู้อำนวยการฝ่ายวิศวกรรมและกรรมการบริษัท	
		คุณจิรวัฒน์ ลัคนาวัน	ผู้จัดการแผนกรัฐกิจสัมพันธ์	
8	สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม	คุณทิพจุฑา รวบยอด	นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญการพิเศษ	วันที่ 27 ก.ค. 2566
		คุณนาตยา สุขเกษม	นักวิเคราะห์นโยบายและแผนชำนาญพิเศษ	
9	สำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม	ผู้เชี่ยวชาญ พันธุ์เพิ่มศักดิ์ อารุณี	ผอ. กองขับเคลื่อนและพัฒนาการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กขค.)	วันที่ 8 ส.ค. 2566

ตารางภาคผนวกที่ 2.1 มูลค่าการค้าระหว่างประเทศสินค้าเซมิคอนดักเตอร์ทั่วโลก จำแนกตามประเภทสินค้า ปี ค.ศ. 2013 – 2022

ปี	มูลค่าการค้า (Mil. USD)			อัตราการเติบโต (%)			ส่วนแบ่งตลาด (%)		
	Optoelectronics, Sensors and Discrete Semiconductors (OSD)	Electronic Integrated Circuits	รวม	Optoelectronics, Sensors and Discrete Semiconductors (OSD)	Electronic Integrated Circuits	รวม	Optoelectronics, Sensors and Discrete Semiconductors (OSD)	Electronic Integrated Circuits	รวม
2013	210,589	1,108,972	**1,319,562**	-1.0	12.8	**10.4**	16.0	84.0	100.0
2014	227,550	1,120,513	**1,348,064**	8.1	1.0	**2.2**	16.9	83.1	100.0
2015	225,327	1,127,405	**1,352,731**	-1.0	0.6	**0.3**	16.7	83.3	100.0
2016	219,913	1,169,684	**1,389,597**	-2.4	3.8	**2.7**	15.8	84.2	100.0
2017	223,554	1,369,120	**1,592,674**	1.7	17.1	**14.6**	14.0	86.0	100.0
2018	230,357	1,566,604	**1,796,960**	3.0	14.4	**12.8**	12.8	87.2	100.0
2019	234,031	1,552,201	**1,786,232**	1.6	-0.9	**-0.6**	13.1	86.9	100.0
2020	238,657	1,722,446	**1,961,103**	2.0	11.0	**9.8**	12.2	87.8	100.0
2021	297,743	2,203,198	**2,500,941**	24.8	27.9	**27.5**	11.9	88.1	100.0
2022	347,700	2,349,094	**2,696,795**	16.8	6.6	**7.8**	12.9	87.1	100.0
Total	**2,455,421**	**15,289,238**	**17,744,659**				**13.8**	**86.2**	**100.0**
Average	**245,542**	**1,528,924**	**1,774,466**	**5.7**	**8.7**	**8.3**	**14.2**	**85.8**	100.0

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางจะปัดเศษเป็นล้านดอลลาร์สหรัฐทั้งหมด ซึ่งอาจทำให้ยอดรวมแตกต่างกันเล็กน้อย

ที่มา: รวบรวมข้อมูลจาก Trade Map (2023)

ภาคผนวกตารางที่ 2.2 มูลค่าส่งออกสินค้าเซมิคอนดักเตอร์ทั่วโลก จำแนกตามประเภทสินค้า ปี ค.ศ. 2013 - 2022

มูลค่าส่งออก (Mil. USD)										
สินค้า	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**	**2017**	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**
Electronic Integrated Circuits	502,985	503,842	505,640	523,000	621,643	704,426	702,077	784,047	1,009,059	1,094,891
Optoelectronics, Sensors and Discrete Semiconductors (OSD)	102,963	111,549	112,417	107,705	108,701	112,695	114,495	117,686	147,170	171,262
Total Semiconductor Export	**605,948.5**	**615,391.6**	**618,057.2**	**630,705.5**	**730,344.7**	**817,121.0**	**816,572.1**	**901,733.0**	**1,156,229.8**	**1,266,153.2**
% Change YoY of Integrated Circuits	14.2	0.2	0.4	3.4	18.9	13.3	-0.3	11.7	28.7	8.5
% Change YoY of OSD	-1.4	8.3	0.8	-4.2	0.9	3.7	1.6	2.8	25.1	16.4
% Change YoY of Total Semiconductor	11.2	1.6	0.4	2.0	15.8	11.9	-0.1	10.4	28.2	9.5

ที่มา: รวบรวมข้อมูลจาก Trade Map (2023)

ภาคผนวกตารางที่ 2.3 มูลค่าส่งออก อัตราการเติบโต และส่วนแบ่งตลาดเซมิคอนดักเตอร์ จำแนกรายประเทศ ปี ค.ศ. 2013 - 2022

อันดับ	ประเทศ	มูลค่าส่งออกอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ (Mil. USD)										
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	รวม
1	ฮ่องกง	77,633	90,316	97,149	111,515	126,206	145,917	148,202	168,038	229,336	232,105	**1,426,416**
2	จีน	115,751	91,851	103,681	89,255	93,282	113,721	136,666	152,645	204,094	220,404	**1,321,351**
3	ไต้หวัน	71,038	81,475	77,757	85,883	99,562	102,058	105,107	127,736	162,242	189,593	**1,102,449**
4	สิงคโปร์	89,883	91,669	84,230	80,800	88,178	90,463	84,223	95,525	123,865	135,147	**963,984**
5	เกาหลีใต้	52,715	56,695	57,314	57,960	92,296	115,798	84,319	87,741	114,341	117,431	**836,610**
6	มาเลเซีย	35,315	38,892	35,383	34,926	41,455	54,618	53,521	56,902	67,883	87,913	**506,809**
7	สหรัฐอเมริกา	41,203	41,941	40,981	42,084	45,381	45,478	46,553	50,307	60,523	59,776	**474,228**
8	ญี่ปุ่น	36,057	34,524	32,062	32,955	35,523	37,181	36,396	37,807	44,288	43,146	**369,938**
9	เยอรมนี	18,159	20,053	18,309	18,519	21,878	23,749	21,656	19,278	24,124	29,063	**214,787**
10	ฟิลิปปินส์	13,635	15,112	17,391	17,139	19,359	16,668	20,461	21,753	25,757	30,655	**197,930**
11	เวียดนาม	2,363	2,392	4,718	6,940	9,340	10,108	15,179	18,518	19,382	37,884	**126,825**
12	เนเธอร์แลนด์	5,270	5,873	5,284	5,662	11,176	12,696	13,176	13,775	17,131	7,575	**97,616**
13	ไทย	7,943	8,240	8,421	9,107	10,238	10,063	9,498	9,626	11,042	12,668	**96,845**
รวม 13 อันดับ		***566,965***	***579,032***	***582,680***	***592,745***	***693,875***	***778,517***	***774,957***	***859,650***	***1,104,008***	***1,203,359***	***7,735,787***
ประเทศอื่น ๆ		38,983	36,360	35,377	37,961	36,470	38,604	41,615	42,083	52,221	62,795	**422,469**
รวมทุกประเทศ		**605,949**	**615,392**	**618,057**	**630,706**	**730,345**	**817,121**	**816,572**	**901,733**	**1,156,230**	**1,266,153**	**8,158,257**

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางจะปัดเศษเป็นล้านดอลลาร์สหรัฐทั้งหมด ซึ่งอาจทำให้ยอดรวมแตกต่างกันเล็กน้อย

ที่มา: รวบรวมข้อมูลจาก Trade Map (2023)

อันดับ	ประเทศ	อัตราการเติบโต (%)										CAGR (%)	ส่วนแบ่งตลาดสะสม 10 ปี (%)
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
1	ฮ่องกง	12.6	16.3	7.6	14.8	13.2	15.6	1.6	13.4	36.5	1.2	**12.9**	**17.5**
2	จีน	42.8	-20.6	12.9	-13.9	4.5	21.9	20.2	11.7	33.7	8.0	**7.4**	**16.2**
3	ไต้หวัน	7.7	14.7	-4.6	10.5	15.9	2.5	3.0	21.5	27.0	16.9	**11.5**	**13.5**
4	สิงคโปร์	10.3	2.0	-8.1	-4.1	9.1	2.6	-6.9	13.4	29.7	9.1	**4.6**	**11.8**
5	เกาหลีใต้	12.7	7.5	1.1	1.1	59.2	25.5	-27.2	4.1	30.3	2.7	**9.3**	**10.3**
6	มาเลเซีย	7.6	10.1	-9.0	-1.3	18.7	31.8	-2.0	6.3	19.3	29.5	**10.7**	**6.2**
7	สหรัฐอเมริกา	0.8	1.8	-2.3	2.7	7.8	0.2	2.4	8.1	20.3	-1.2	**4.2**	**5.8**
8	ญี่ปุ่น	-13.0	-4.3	-7.1	2.8	7.8	4.7	-2.1	3.9	17.1	-2.6	**2.0**	**4.5**
9	เยอรมนี	2.4	10.4	-8.7	1.1	18.1	8.6	-8.8	-11.0	25.1	20.5	**5.4**	**2.6**
10	ฟิลิปปินส์	10.9	10.8	15.1	-1.4	12.9	-13.9	22.8	6.3	18.4	19.0	**9.4**	**2.4**
11	เวียดนาม	11.1	1.2	97.3	47.1	34.6	8.2	50.2	22.0	4.7	95.5	**36.1**	**1.6**
12	เนเธอร์แลนด์	-4.5	11.4	-10.0	7.2	97.4	13.6	3.8	4.5	24.4	-55.8	**4.1**	**1.2**
13	ไทย	8.9	3.7	2.2	8.1	12.4	-1.7	-5.6	1.3	14.7	14.7	**5.3**	**1.2**
รวม 13 อันดับ		***12.4***	***2.1***	***0.6***	***1.7***	***17.1***	***12.2***	***-0.5***	***10.9***	***28.4***	***9.0***	***8.7***	***94.8***
ประเทศอื่น ๆ		-4.3	-6.7	-2.7	7.3	-3.9	5.9	7.8	1.1	24.1	20.2	**5.4**	**5.2**
รวมทุกประเทศ		**11.2**	**1.6**	**0.4**	**2.0**	**15.8**	**11.9**	**-0.1**	**10.4**	**28.2**	**9.5**	**8.5**	**100.0**

ภาคผนวกตารางที่ 2.4 มูลค่าส่งออก อัตราการเติบโต และส่วนแบ่งตลาดวงจรรวม จำแนกรายประเทศ 12 อันดับแรก ปี ค.ศ. 2013 - 2022

อันดับ	ประเทศ	มูลค่าการส่งออกวงจรรวม (Mil. USD)										
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	รวม
1	ฮ่องกง	67,365	77,458	85,543	99,511	113,083	131,963	134,483	153,930	211,331	214,235	**1,288,902**
2	ไต้หวัน	62,654	72,167	69,371	78,046	92,344	96,016	100,408	122,940	155,886	183,835	**1,033,667**
3	จีน	87,881	61,213	70,124	62,325	66,508	84,667	102,103	116,989	155,302	154,524	**961,636**
4	สิงคโปร์	83,052	83,706	75,752	71,813	79,983	82,964	76,868	86,274	112,601	122,019	**875,033**
5	เกาหลีใต้	47,119	51,544	52,175	52,283	86,106	109,782	79,082	82,885	109,298	112,847	**783,121**
6	มาเลเซีย	27,791	31,028	27,300	26,640	32,961	45,838	44,794	49,290	59,647	78,569	**423,858**
7	สหรัฐอเมริกา	34,545	34,476	33,483	34,772	38,193	37,867	39,859	44,153	53,035	51,623	**402,006**
8	ญี่ปุ่น	26,995	25,478	23,643	24,089	26,669	28,033	27,791	28,863	34,029	33,870	**279,460**
9	ฟิลิปปินส์	11,099	12,158	14,352	14,793	17,636	13,711	18,991	20,220	24,074	28,944	**175,978**
10	เยอรมนี	11,964	13,851	12,033	12,222	15,191	16,733	14,923	12,756	16,053	19,677	**145,401**
11	เวียดนาม	2,176	2,219	4,078	5,187	6,772	7,891	11,520	13,952	14,494	31,386	**99,676**
12	ไทย	7,214	7,503	7,644	7,662	8,246	8,269	7,587	7,100	8,381	9,252	**78,858**
รวม 12 อันดับ		***469,855***	***472,801***	***475,497***	***489,340***	***583,691***	***663,735***	***658,410***	***739,354***	***954,130***	***1,040,783***	6,547,596
ประเทศอื่น ๆ		33,130	31,042	30,143	33,660	37,952	40,691	43,667	44,693	54,929	54,108	**404,014**
รวมทุกประเทศ		**502,985**	**503,842**	**505,640**	**523,000**	**621,643**	**704,426**	**702,077**	**784,047**	**1,009,059**	**1,094,891**	**6,951,611**

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางจะปัดเศษเป็นล้านดอลลาร์สหรัฐทั้งหมด ซึ่งอาจทำให้ยอดรวมแตกต่างกันเล็กน้อย

ที่มา: รวบรวมข้อมูลจาก Trade Map (2023)

อันดับ	ประเทศ	อัตราการเติบโต (%)										CAGR (%)	ส่วนแบ่งตลาดสะสม 10 ปี (%)
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
1	ฮ่องกง	12.9	15.0	10.4	16.3	13.6	16.7	1.9	14.5	37.3	1.4	**13.7**	**18.5**
2	ไต้หวัน	8.5	15.2	-3.9	12.5	18.3	4.0	4.6	22.4	26.8	17.9	**12.7**	**14.9**
3	จีน	63.5	-30.3	14.6	-11.1	6.7	27.3	20.6	14.6	32.7	-0.5	**6.5**	**13.8**
4	สิงคโปร์	11.0	0.8	-9.5	-5.2	11.4	3.7	-7.3	12.2	30.5	8.4	**4.4**	**12.6**
5	เกาหลีใต้	14.0	9.4	1.2	0.2	64.7	27.5	-28.0	4.8	31.9	3.2	**10.2**	**11.3**
6	มาเลเซีย	6.6	11.6	-12.0	-2.4	23.7	39.1	-2.3	10.0	21.0	31.7	**12.2**	**6.1**
7	สหรัฐอเมริกา	0.5	-0.2	-2.9	3.9	9.8	-0.9	5.3	10.8	20.1	-2.7	**4.6**	**5.8**
8	ญี่ปุ่น	-11.7	-5.6	-7.2	1.9	10.7	5.1	-0.9	3.9	17.9	-0.5	**2.6**	**4.0**
9	ฟิลิปปินส์	15.4	9.5	18.1	3.1	19.2	-22.3	38.5	6.5	19.1	20.2	**11.2**	**2.5**
10	เยอรมนี	11.0	15.8	-13.1	1.6	24.3	10.2	-10.8	-14.5	25.8	22.6	**5.7**	**2.1**
11	เวียดนาม	11.3	2.0	83.7	27.2	30.5	16.5	46.0	21.1	3.9	116.5	**34.5**	**1.4**
12	ไทย	7.9	4.0	1.9	0.2	7.6	0.3	-8.3	-6.4	18.0	10.4	**2.8**	**1.1**
	รวม 12 อันดับ	***15.3***	***0.6***	***0.6***	***2.9***	***19.3***	***13.7***	***-0.8***	***12.3***	***29.0***	***9.1***	***9.2***	***94.2***
	ประเทศอื่น ๆ	-0.1	-6.3	-2.9	11.7	12.8	7.2	7.3	2.3	22.9	-1.5	**5.6**	**5.8**
	รวมทุกประเทศ	14.2	0.2	0.4	3.4	18.9	13.3	-0.3	11.7	28.7	8.5	**9.0**	**100.0**

ภาคผนวกตารางที่ 2.5 มูลค่าส่งออก อัตราการเติบโต และส่วนแบ่งตลาด Optoelectronics, Sensors และ Discrete Semiconductors (OSD) จำแนกรายประเทศ 13 อันดับแรก ปี ค.ศ. 2013 - 2022

อันดับ	ประเทศ	มูลค่าการส่งออก OSD (Mil. USD)										
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	รวม
1	จีน	27,870	30,637	33,557	26,930	26,775	29,055	34,563	35,656	48,793	65,880	**387,053**
2	ฮ่องกง	10,267	12,858	11,606	12,004	13,123	13,954	13,718	14,108	18,005	17,870	**146,763**
3	ญี่ปุ่น	9,062	9,046	8,419	8,866	8,854	9,148	8,605	8,943	10,259	9,276	**101,327**
4	สิงคโปร์	6,831	7,963	8,479	8,988	8,195	7,500	7,355	9,251	11,263	13,127	**95,578**
5	มาเลเซีย	7,523	7,864	8,083	8,286	8,494	8,781	8,727	7,612	8,237	9,344	**89,678**
6	สหรัฐอเมริกา	6,659	7,465	7,498	7,312	7,188	7,610	6,695	6,155	7,488	8,153	**78,721**
7	เยอรมนี	6,195	6,202	6,277	6,297	6,688	7,016	6,733	6,522	8,071	9,385	**76,342**
8	ไต้หวัน	8,384	9,307	8,386	7,837	7,218	6,041	4,699	4,795	6,356	5,758	**77,026**
9	เกาหลีใต้	5,597	5,151	5,139	5,677	6,190	6,015	5,237	4,855	5,043	4,584	**58,929**
10	เวียดนาม	187	173	641	1,753	2,569	2,217	3,659	4,565	4,888	6,497	**27,320**
11	ฟิลิปปินส์	2,536	2,955	3,039	2,346	1,723	2,956	1,470	1,533	1,683	1,711	**24,626**
12	เนเธอร์แลนด์	1,596	1,754	1,356	1,424	1,870	2,091	2,085	2,234	3,663	2,511	**22,675**
13	ไทย	729	738	777	1,446	1,992	1,793	1,911	2,525	2,661	3,415	**18,594**
รวม 13 อันดับ		***93,435***	***102,112***	***103,256***	***99,167***	***100,878***	***104,177***	***105,456***	***108,755***	***136,410***	***157,512***	***1,204,632***
ประเทศอื่น ๆ		9,528	9,437	9,162	8,539	7,823	8,518	9,040	8,932	10,760	13,751	**106,461**
รวมทุกประเทศ		**102,963**	**111,549**	**112,417**	**107,705**	**108,701**	**112,695**	**114,495**	**117,686**	**147,170**	**171,262**	**1,311,093**

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางจะปัดเศษเป็นล้านดอลลาร์สหรัฐทั้งหมด ซึ่งอาจทำให้ยอดรวมแตกต่างกันเล็กน้อย

ที่มา: รวบรวมข้อมูลจาก Trade Map (2023)

อันดับ	ประเทศ	อัตราการเติบโต (%)										CAGR (%)	ส่วนแบ่งตลาดสะสม 10 ปี (%)
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
1	จีน	1.9	9.9	9.5	-19.7	-0.6	8.5	19.0	3.2	36.8	35.0	**10.0**	**29.5**
2	ฮ่องกง	11.0	25.2	-9.7	3.4	9.3	6.3	-1.7	2.8	27.6	-0.8	**6.4**	**11.2**
3	ญี่ปุ่น	-16.5	-0.2	-6.9	5.3	-0.1	3.3	-5.9	3.9	14.7	-9.6	**0.3**	**7.7**
4	สิงคโปร์	3.1	16.6	6.5	6.0	-8.8	-8.5	-1.9	25.8	21.8	16.5	**7.5**	**7.3**
5	มาเลเซีย	11.8	4.5	2.8	2.5	2.5	3.4	-0.6	-12.8	8.2	13.4	**2.4**	**6.8**
6	สหรัฐอเมริกา	2.5	12.1	0.4	-2.5	-1.7	5.9	-12.0	-8.1	21.7	8.9	**2.3**	**6.0**
7	เยอรมนี	-11.0	0.1	1.2	0.3	6.2	4.9	-4.0	-3.1	23.8	16.3	**4.7**	**5.8**
8	ไต้หวัน	1.7	11.0	-9.9	-6.5	-7.9	-16.3	-22.2	2.1	32.5	-9.4	**-4.1**	**5.9**
9	เกาหลีใต้	2.9	-8.0	-0.2	10.5	9.0	-2.8	-12.9	-7.3	3.9	-9.1	**-2.2**	**4.5**
10	เวียดนาม	9.5	-7.8	271.1	173.6	46.5	-13.7	65.0	24.8	7.1	32.9	**48.3**	**2.1**
11	ฟิลิปปินส์	-5.2	16.5	2.9	-22.8	-26.6	71.6	-50.3	4.3	9.8	1.7	**-4.3**	**1.9**
12	เนเธอร์แลนด์	-23.7	9.9	-22.7	5.0	31.3	11.9	-0.3	7.2	64.0	-31.4	**5.2**	**1.7**
13	ไทย	20.0	1.2	5.3	86.0	37.8	-10.0	6.6	32.2	5.4	28.4	**18.7**	**1.4**
รวม 13 อันดับ		***-0.0***	***9.3***	***1.1***	***-4.0***	***1.7***	***3.3***	***1.2***	***3.1***	***25.4***	***15.5***	***6.0***	***91.9***
ประเทศอื่น ๆ		-13.2	-1.0	-2.9	-6.8	-8.4	8.9	6.1	-1.2	20.5	27.8	**4.2**	**8.1**
รวมทุกประเทศ		-1.4	8.3	0.8	-4.2	0.9	3.7	1.6	2.8	25.1	16.4	**5.8**	**100.0**

ภาคผนวกตารางที่ 2.6 มูลค่านำเข้าสินค้าเซมิคอนดักเตอร์ทั่วโลก จำแนกตามประเภทสินค้า ปี ค.ศ. 2013 - 2022

Imported value (Mil. USD)										
Product	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Electronic Integrated Circuits	605,987	616,671	621,765	646,684	747,476	862,178	850,124	938,399	1,194,139	1,254,204
Optoelectronics, Sensors and Discrete Semiconductors (OSD)	107,626	116,001	112,909	112,207	114,853	117,662	119,536	120,971	150,572	176,438
Total Semiconductor Export	713,613	732,672	734,674	758,891	862,329	979,840	969,660	1,059,370	1,344,711	1,430,642
% Change YoY of Integrated Circuits	11.8	1.8	0.8	4.0	15.6	15.3	-1.4	10.4	27.3	5.0
% Change YoY of OSD	-0.6	7.8	-2.7	-0.6	2.4	2.4	1.6	1.2	24.5	17.2
% Change YoY of Total Semiconductor	9.7	2.7	0.3	3.3	13.6	13.6	-1.0	9.3	26.9	6.4

ที่มา: รวบรวมข้อมูลจาก Trade Map (2023)

ภาคผนวกตารางที่ 2.7 มูลค่านำเข้า อัตราการเติบโต และส่วนแบ่งตลาดอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ จำแนกรายประเทศ ปี ค.ศ. 2013 - 2022

อันดับ	ประเทศ	มูลค่านำเข้าอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ (Mil. USD)										
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	รวม
1	จีน	261,319	249,892	261,837	256,574	286,432	341,278	332,559	377,505	467,082	449,062	**3,283,541**
2	ฮ่องกง	94,388	113,649	114,857	131,624	154,427	172,226	166,102	184,635	240,959	241,433	**1,614,298**
3	สิงคโปร์	64,061	63,279	58,157	58,526	64,390	70,209	66,194	76,910	100,615	114,399	**736,740**
4	ไต้หวัน	34,344	37,098	34,454	39,225	46,529	53,648	56,127	65,312	85,231	91,434	**543,403**
5	สหรัฐอเมริกา	38,316	39,322	40,448	44,597	44,142	43,713	44,098	45,164	54,611	61,671	**456,081**
6	เกาหลีใต้	32,846	34,680	35,995	34,086	38,101	39,178	40,703	45,350	56,603	68,365	**425,907**
7	มาเลเซีย	30,439	33,441	28,707	28,501	34,747	38,605	34,967	36,664	46,998	58,145	**371,214**
8	เวียดนาม	10,899	11,128	14,198	17,995	23,089	27,123	35,172	45,433	52,411	54,563	**292,010**
9	ญี่ปุ่น	24,792	26,825	24,494	22,940	24,671	25,268	23,471	23,238	30,335	37,210	**263,245**
10	เยอรมนี	18,458	19,794	18,961	19,248	23,702	26,792	23,749	19,549	25,446	34,436	**230,134**
11	เม็กซิโก	16,161	17,133	18,127	18,201	19,554	22,456	24,624	21,778	25,248	30,944	**214,226**
12	ฟิลิปปินส์	10,820	10,178	14,291	12,829	13,074	17,860	14,905	14,890	17,253	19,394	**145,496**
13	ไทย	10,822	11,255	10,777	11,031	13,001	13,767	13,311	14,226	17,702	22,046	**137,938**
รวม 13 อันดับ		***647,666***	***667,676***	***675,301***	***695,377***	***785,860***	***892,123***	***875,983***	***970,653***	***1,220,493***	***1,283,102***	***8,714,233***
ประเทศอื่น ๆ		65,948	64,996	59,373	63,515	76,469	87,717	93,677	88,717	124,218	147,540	**872,169**
รวมทุกประเทศ		**713,613**	**732,672**	**734,674**	**758,891**	**862,329**	**979,839**	**969,660**	**1,059,370**	**1,344,711**	**1,430,642**	**9,586,402**

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางจะปัดเศษเป็นล้านดอลลาร์สหรัฐทั้งหมด ซึ่งอาจทำให้ยอดรวมแตกต่างกันเล็กน้อย

ที่มา: รวบรวมข้อมูลจาก Trade Map (2023)

อันดับ	ประเทศ	อัตราการเติบโต (%)										CAGR (%)	ส่วนแบ่งตลาดสะสม 10 ปี (%)
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
1	ฮ่องกง	19.2	-4.4	4.8	-2.0	11.6	19.1	-2.6	13.5	23.7	-3.9	**6.2**	**34.3**
2	จีน	13.8	20.4	1.1	14.6	17.3	11.5	-3.6	11.2	30.5	0.2	**11.0**	**16.8**
3	ไต้หวัน	9.6	-1.2	-8.1	0.6	10.0	9.0	-5.7	16.2	30.8	13.7	**6.7**	**7.7**
4	สิงคโปร์	-0.4	8.0	-7.1	13.8	18.6	15.3	4.6	16.4	30.5	7.3	**11.5**	**5.7**
5	เกาหลีใต้	1.3	2.6	2.9	10.3	-1.0	-1.0	0.9	2.4	20.9	12.9	**5.4**	**4.8**
6	มาเลเซีย	8.6	5.6	3.8	-5.3	11.8	2.8	3.9	11.4	24.8	20.8	**8.5**	**4.4**
7	สหรัฐอเมริกา	5.1	9.9	-14.2	-0.7	21.9	11.1	-9.4	4.9	28.2	23.7	**7.5**	**3.9**
8	ญี่ปุ่น	38.5	2.1	27.6	26.7	28.3	17.5	29.7	29.2	15.4	4.1	**19.6**	**3.0**
9	เยอรมนี	12.7	8.2	-8.7	-6.3	7.5	2.4	-7.1	-1.0	30.5	22.7	**4.6**	**2.7**
10	ฟิลิปปินส์	-10.4	7.2	-4.2	1.5	23.1	13.0	-11.4	-17.7	30.2	35.3	**7.2**	**2.4**
11	เวียดนาม	14.2	6.0	5.8	0.4	7.4	14.8	9.7	-11.6	15.9	22.6	**7.5**	**2.2**
12	เนเธอร์แลนด์	-1.1	-5.9	40.4	-10.2	1.9	36.6	-16.5	-0.1	15.9	12.4	**6.7**	**1.5**
13	ไทย	0.8	4.0	-4.3	2.4	17.9	5.9	-3.3	6.9	24.4	24.5	**8.2**	**1.4**
รวม 13 อันดับ		***11.9***	***3.1***	***1.1***	***3.0***	***13.0***	***13.5***	***-1.8***	***10.8***	***25.7***	***5.1***	***7.9***	***90.9***
ประเทศอื่น ๆ		-8.4	-1.4	-8.7	7.0	20.4	14.7	6.8	-5.3	40.0	18.8	**9.4**	**9.1**
รวมทุกประเทศ		9.7	2.7	0.3	3.3	13.6	13.6	-1.0	9.3	26.9	6.4	**8.0**	**100.0**

ภาคผนวกตารางที่ 2.8 มูลค่านำเข้า อัตราการเติบโต และส่วนแบ่งตลาดวงจรรวม จำแนกรายประเทศ 13 อันดับแรก ปี ค.ศ. 2013 - 2022

อันดับ	ประเทศ	มูลค่าการส่งออกวงจรรวม (Mil. USD)										
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	รวม
1	จีน	232,078	218,520	231,090	228,555	258,560	312,735	306,397	350,770	433,727	416,525	**2,988,957**
2	ฮ่องกง	81,419	98,117	101,103	117,959	139,977	156,490	151,292	168,919	221,229	222,490	**1,458,995**
3	สิงคโปร์	59,380	58,342	53,060	53,384	59,172	63,918	60,564	71,722	94,498	107,984	**682,025**
4	ไต้หวัน	31,755	34,302	31,625	36,269	43,593	50,888	53,745	62,557	81,612	87,678	**514,023**
5	เกาหลีใต้	27,813	29,927	31,607	29,919	33,386	34,521	35,701	40,276	50,338	62,400	**375,889**
6	สหรัฐอเมริกา	29,441	29,718	28,830	30,744	33,456	34,807	32,819	31,901	41,200	43,685	**336,601**
7	มาเลเซีย	26,554	29,270	24,845	24,930	31,026	34,843	31,929	33,390	42,817	53,696	**333,301**
8	เวียดนาม	10,153	10,295	12,942	16,263	21,050	24,160	30,615	39,141	47,890	50,408	**262,917**
9	ญี่ปุ่น	16,502	16,781	16,913	16,993	19,457	20,153	18,515	18,756	25,409	31,896	**201,373**
10	เม็กซิโก	13,360	13,927	14,793	15,005	16,389	19,305	21,357	18,820	21,865	26,342	**181,164**
11	เยอรมนี	12,220	13,837	13,506	13,690	17,415	19,545	16,961	13,266	17,212	23,311	**160,962**
12	ฟิลิปปินส์	10,586	9,916	13,617	12,249	12,342	16,913	13,463	13,081	15,425	17,266	**134,857**
13	ไทย	9,206	9,681	9,357	9,474	11,264	11,882	11,411	12,276	15,155	19,151	**118,858**
รวม 13 อันดับ		***560,466***	***572,634***	***583,288***	***605,433***	***697,085***	***800,161***	***784,771***	***874,876***	***1,108,376***	***1,162,833***	***7,749,922***
ประเทศอื่น ๆ		45,521	44,037	38,477	41,251	50,392	62,017	65,353	63,523	85,763	91,370	**587,705**
รวมทุกประเทศ		**605,987**	**616,671**	**621,765**	**646,684**	**747,476**	**862,178**	**850,124**	**938,399**	**1,194,139**	**1,254,204**	**8,337,627**

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางจะปัดเศษเป็นล้านดอลลาร์สหรัฐทั้งหมด ซึ่งอาจทำให้ยอดรวมแตกต่างกันเล็กน้อย

ที่มา: รวบรวมข้อมูลจาก Trade Map (2023)

อันดับ	ประเทศ	อัตราการเติบโต (%)										CAGR (%)	ส่วนแบ่งตลาดสะสม 10 ปี (%)
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
1	จีน	20.3	-5.8	5.8	-1.1	13.1	21.0	-2.0	14.5	23.6	-4.0	**6.7**	**35.8**
2	ฮ่องกง	14.5	20.5	3.0	16.7	18.7	11.8	-3.3	11.7	31.0	0.6	**11.8**	**17.5**
3	สิงคโปร์	9.8	-1.7	-9.1	0.6	10.8	8.0	-5.2	18.4	31.8	14.3	**6.9**	**8.2**
4	ไต้หวัน	0.5	8.0	-7.8	14.7	20.2	16.7	5.6	16.4	30.5	7.4	**11.9**	**6.2**
5	เกาหลีใต้	9.4	7.6	5.6	-5.3	11.6	3.4	3.4	12.8	25.0	24.0	**9.4**	**4.5**
6	สหรัฐอเมริกา	6.9	0.9	-3.0	6.6	8.8	4.0	-5.7	-2.8	29.1	6.0	**4.5**	**4.0**
7	มาเลเซีย	2.5	10.2	-15.1	0.3	24.5	12.3	-8.4	4.6	28.2	25.4	**8.1**	**4.0**
8	เวียดนาม	38.8	1.4	25.7	25.7	29.4	14.8	26.7	27.8	22.4	5.3	**19.5**	**3.2**
9	ญี่ปุ่น	-5.3	1.7	0.8	0.5	14.5	3.6	-8.1	1.3	35.5	25.5	**7.6**	**2.4**
10	เม็กซิโก	14.6	4.2	6.2	1.4	9.2	17.8	10.6	-11.9	16.2	20.5	**7.8**	**2.2**
11	เยอรมนี	9.8	13.2	-2.4	1.4	27.2	12.2	-13.2	-21.8	29.7	35.4	**7.4**	**1.9**
12	ฟิลิปปินส์	-1.4	-6.3	37.3	-10.1	0.8	37.0	-20.4	-2.8	17.9	11.9	**5.6**	**1.6**
13	ไทย	0.4	5.2	-3.3	1.2	18.9	5.5	-4.0	7.6	23.4	26.4	**8.5**	**1.4**
รวม 13 อันดับ		***13.0***	***2.2***	***1.9***	***3.8***	***15.1***	***14.8***	***-1.9***	***11.5***	***26.7***	***4.9***	***8.4***	***93.0***
ประเทศอื่น ๆ		-1.4	-3.3	-12.6	7.2	22.2	23.1	5.4	-2.8	35.0	6.5	**8.0**	**7.0**
รวมทุกประเทศ		**11.8**	**1.8**	**0.8**	**4.0**	**15.6**	**15.3**	**-1.4**	**10.4**	**27.3**	**5.0**	8.4	100.0

ภาคผนวกตารางที่ 2.9 มูลค่านำเข้า อัตราการเติบโต และส่วนแบ่งตลาด Optoelectronics, Sensors และ Discrete Semiconductors (OSD) จำแนกรายประเทศ 14 อันดับแรก ปี ค.ศ. 2013 - 2022

อันดับ	ประเทศ	มูลค่าการส่งออก OSD (Mil. USD)										
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	รวม
1	จีน	29,241	31,372	30,747	28,019	27,872	28,543	26,162	26,735	33,356	32,537	**294,583**
2	ฮ่องกง	12,969	15,532	13,754	13,665	14,450	15,736	14,809	15,716	19,730	18,942	**155,304**
3	สหรัฐอเมริกา	8,875	9,604	11,618	13,853	10,686	8,906	11,278	13,263	13,411	17,986	**119,480**
4	เยอรมนี	6,238	5,958	5,455	5,558	6,286	7,246	6,789	6,283	8,234	11,125	**69,172**
5	ญี่ปุ่น	8,290	10,044	7,581	5,947	5,215	5,115	4,956	4,482	4,926	5,314	**61,872**
6	สิงคโปร์	4,681	4,937	5,097	5,142	5,218	6,291	5,629	5,188	6,117	6,415	**54,715**
7	เกาหลีใต้	5,033	4,753	4,388	4,167	4,716	4,657	5,002	5,074	6,265	5,964	**50,018**
8	มาเลเซีย	3,885	4,171	3,862	3,571	3,721	3,762	3,038	3,274	4,181	4,448	**37,913**
9	อินเดีย	1,550	1,288	2,560	3,637	5,069	3,536	3,209	2,175	5,022	5,162	**33,209**
10	เม็กซิโก	2,802	3,205	3,334	3,196	3,165	3,151	3,267	2,958	3,383	4,602	**33,062**
11	ไต้หวัน	2,590	2,796	2,828	2,957	2,937	2,760	2,382	2,755	3,619	3,757	**29,380**
12	เวียดนาม	746	833	1,257	1,731	2,040	2,963	4,556	6,292	4,521	4,155	**29,093**
13	เนเธอร์แลนด์	1,666	2,024	1,389	1,551	1,830	2,505	2,754	2,993	4,903	5,126	**26,742**
14	ไทย	1,616	1,574	1,419	1,557	1,737	1,885	1,900	1,950	2,547	2,894	**19,080**
รวม 14 อันดับ		***90,416***	***98,354***	***95,963***	***95,132***	***95,675***	***98,003***	***97,175***	***100,945***	***122,043***	***130,556***	***1,024,261***
ประเทศอื่น ๆ		17,210	17,647	16,946	17,075	19,178	19,659	22,361	20,025	28,530	45,882	**224,514**
รวมทุกประเทศ		**107,626**	**116,001**	**112,909**	**112,207**	**114,853**	**117,662**	**119,536**	**120,971**	**150,572**	**176,438**	**1,248,775**

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางจะปัดเศษเป็นล้านดอลลาร์สหรัฐทั้งหมด ซึ่งอาจทำให้ยอดรวมแตกต่างกันเล็กน้อย

ที่มา: รวบรวมข้อมูลจาก Trade Map (2023)

อันดับ	ประเทศ	อัตราการเติบโต (%)										CAGR (%)	ส่วนแบ่งตลาดสะสม 10 ปี (%)
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
1	จีน	11.1	7.3	-2.0	-8.9	-0.5	2.4	-8.3	2.2	24.8	-2.5	**1.2**	**23.6**
2	ฮ่องกง	9.5	19.8	-11.4	-0.6	5.7	8.9	-5.9	6.1	25.5	-4.0	**4.3**	**12.4**
3	สหรัฐอเมริกา	-13.7	8.2	21.0	19.2	-22.9	-16.7	26.6	17.6	1.1	34.1	**8.2**	**9.6**
4	เยอรมนี	-34.2	-4.5	-8.4	1.9	13.1	15.3	-6.3	-7.4	31.0	35.1	**6.6**	**5.5**
5	ญี่ปุ่น	81.3	21.2	-24.5	-21.6	-12.3	-1.9	-3.1	-9.6	9.9	7.9	**-4.8**	**5.0**
6	สิงคโปร์	6.3	5.5	3.2	0.9	1.5	20.6	-10.5	-7.8	17.9	4.9	**3.6**	**4.4**
7	เกาหลีใต้	4.4	-5.6	-7.7	-5.0	13.2	-1.2	7.4	1.4	23.5	-4.8	**1.9**	**4.0**
8	มาเลเซีย	26.5	7.4	-7.4	-7.5	4.2	1.1	-19.2	7.8	27.7	6.4	**1.5**	**3.0**
9	อินเดีย	12.6	-16.9	98.8	42.1	39.4	-30.2	-9.3	-32.2	130.9	2.8	**14.3**	**2.7**
10	เม็กซิโก	12.5	14.4	4.0	-4.1	-1.0	-0.4	3.7	-9.5	14.4	36.1	**5.7**	**2.6**
11	ไต้หวัน	-11.0	8.0	1.1	4.5	-0.7	-6.0	-13.7	15.7	31.3	3.8	**4.2**	**2.4**
12	เวียดนาม	34.9	11.6	50.9	37.8	17.8	45.2	53.8	38.1	-28.1	-8.1	**21.0**	**2.3**
13	เนเธอร์แลนด์	-30.2	21.5	-31.3	11.6	18.0	36.8	10.0	8.7	63.8	4.5	**13.3**	**2.1**
14	ไทย	3.2	-2.6	-9.9	9.7	11.5	8.6	0.8	2.6	30.6	13.6	**6.7**	**1.5**
รวม 13 อันดับ		***4.8***	***8.8***	***-2.4***	***-0.9***	***0.6***	***2.4***	***-0.8***	***3.9***	***20.9***	***7.0***	***4.2***	***82.0***
ประเทศอื่น ๆ		-21.9	2.5	-4.0	0.8	12.3	2.5	13.7	-10.4	42.5	60.8	**11.5**	**18.0**
รวมทุกประเทศ		**-0.6**	**7.8**	**-2.7**	**-0.6**	**2.4**	**2.4**	**1.6**	**1.2**	**24.5**	**17.2**	**5.6**	**100.0**

ภาคผนวกตารางที่ 2.10 มูลค่าส่งออกสินค้าเซมิคอนดักเตอร์ของไทย และตลาดส่งออกหลักที่มีมูลค่าสูงสุด 12 อันดับแรกของไทยปี ค.ศ. 2013 - 2022

อันดับ	ประเทศ	มูลค่าการส่งออกเซมิคอนดักเตอร์ (Mil. USD)										
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	รวม
1	ฮ่องกง	2,404	2,486	2,291	2,277	2,350	2,181	2,040	2,129	2,660	2,288	**23,105**
2	สหรัฐอเมริกา	695	662	708	1,176	1,175	954	1,073	1,517	1,619	2,239	**11,818**
3	จีน	508	573	1,164	1,075	1,147	1,066	868	824	844	883	**8,950**
4	สิงคโปร์	806	769	725	713	750	866	823	883	1,057	1,356	**8,747**
5	ญี่ปุ่น	707	735	761	752	852	966	969	847	830	849	**8,267**
6	ไต้หวัน	447	634	488	500	609	550	514	571	555	806	**5,673**
7	มาเลเซีย	472	483	391	392	422	603	554	476	562	663	**5,018**
8	ฟิลิปปินส์	375	427	400	411	431	430	477	425	601	691	**4,668**
9	เยอรมนี	338	367	361	405	572	686	480	381	441	531	**4,562**
10	เกาหลีใต้	457	440	444	514	427	275	251	248	341	342	**3,739**
11	เนเธอร์แลนด์	266	217	181	270	413	411	217	157	189	325	**2,646**
12	เวียดนาม	12	11	17	55	395	305	335	433	444	580	**2,586**
รวม 12 อันดับ		***7,487***	***7,803***	***7,931***	***8,541***	***9,543***	***9,292***	***8,600***	***8,889***	***10,143***	***11,552***	***89,781***
ประเทศอื่น ๆ		456	438	490	567	695	771	898	736	899	1,115	**7,065**
รวมทุกประเทศ		**7,943**	**8,240**	**8,421**	**9,107**	**10,238**	**10,063**	**9,498**	**9,626**	**11,042**	**12,668**	**96,845**

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางจะปัดเศษเป็นล้านดอลลาร์ทั้งหมด ซึ่งอาจทำให้ยอดรวมแตกต่างกันเล็กน้อย

ที่มา: Trade Map (2023)

อันดับ	ประเทศ	อัตราการเติบโต (%)										CAGR (2013-2022) (%)	ส่วนแบ่งการตลาดรอบ 10 ปี (%)
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
1	ฮ่องกง	6.7	3.4	-7.8	-0.6	3.2	-7.2	-6.4	4.3	25.0	-14.0	**-0.5**	**23.9**
2	สหรัฐอเมริกา	26.5	-4.7	6.9	66.2	-0.2	-18.7	12.4	41.4	6.7	38.3	**13.9**	**12.2**
3	จีน	19.4	12.7	103.2	-7.7	6.7	-7.1	-18.6	-5.1	2.5	4.5	**6.3**	**9.2**
4	สิงคโปร์	0.8	-4.6	-5.6	-1.7	5.3	15.5	-5.0	7.3	19.7	28.3	**6.0**	**9.0**
5	ญี่ปุ่น	-7.3	3.9	3.6	-1.3	13.3	13.3	0.3	-12.6	-2.0	2.3	**2.0**	**8.5**
6	ไต้หวัน	-7.4	41.8	-23.1	2.6	21.8	-9.8	-6.5	11.1	-2.8	45.2	**6.8**	**5.9**
7	มาเลเซีย	31.7	2.3	-19.0	0.2	7.8	42.6	-8.0	-14.0	17.9	18.1	**3.8**	**5.2**
8	ฟิลิปปินส์	7.5	14.1	-6.4	2.8	4.9	-0.3	11.0	-10.9	41.4	14.9	**7.0**	**4.8**
9	เยอรมนี	104.2	8.5	-1.5	12.1	41.2	20.0	-30.1	-20.6	15.7	20.6	**5.2**	**4.7**
10	เกาหลีใต้	0.7	-3.7	0.9	15.8	-17.0	-35.7	-8.6	-1.4	37.7	0.3	**-3.2**	**3.9**
11	เนเธอร์แลนด์	-5.8	-18.7	-16.5	49.1	53.1	-0.4	-47.2	-27.8	20.7	71.8	**2.2**	**2.7**
12	เวียดนาม	-11.5	-0.8	49.6	222.7	612.8	-22.7	9.7	29.4	2.6	30.6	**54.5**	**2.7**
รวม 12 อันดับ		***8.6***	***4.2***	***1.6***	***7.7***	***11.7***	***-2.6***	***-7.5***	***3.4***	***14.1***	***13.9***	***4.9***	***92.7***
ประเทศอื่น ๆ		14.1	-4.0	11.9	15.7	22.7	10.8	16.5	-18.0	22.1	24.0	**10.5**	**7.3**
รวมทุกประเทศ		**8.9**	**3.7**	**2.2**	**8.1**	**12.4**	**-1.7**	**-5.6**	**1.3**	**14.7**	**14.7**	**5.3**	**100.0**

ภาคผนวกตารางที่ 2.11 มูลค่าส่งออกสินค้าวงจรรวมของไทย และตลาดส่งออกหลักที่มีมูลค่าสูงสุด 12 อันดับแรกของไทยปี ค.ศ. 2013 – 2022

อันดับ	ประเทศ	มูลค่าการส่งออกเซมิคอนดักเตอร์ (Mil. USD)										
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	รวม
1	ฮ่องกง	2,188	2,265	2,070	2,014	2,062	1,903	1,775	1,800	2,312	1,982	**20,369**
2	สิงคโปร์	749	717	683	674	703	793	759	814	974	1,270	**8,135**
3	จีน	463	531	1,125	1,031	1,070	905	753	698	710	744	**8,031**
4	สหรัฐอเมริกา	664	636	631	697	722	805	555	455	558	737	**6,460**
5	ญี่ปุ่น	499	527	569	569	654	744	759	653	622	652	**6,247**
6	ไต้หวัน	411	596	443	468	568	507	471	511	481	685	**5,141**
7	มาเลเซีย	447	443	351	334	369	534	543	460	543	640	**4,662**
8	ฟิลิปปินส์	373	425	395	406	426	423	408	420	593	685	**4,555**
9	เยอรมนี	330	359	351	383	519	561	461	373	428	515	**4,282**
10	เกาหลีใต้	420	401	412	463	380	228	205	199	281	289	**3,277**
11	เนเธอร์แลนด์	266	216	181	179	224	234	182	125	175	324	**2,104**
12	สหราชอาณาจักร	194	202	208	214	189	182	170	137	123	97	**1,717**
รวม 12 อันดับ		***7,004***	***7,316***	***7,419***	***7,433***	***7,886***	***7,819***	***7,041***	***6,642***	***7,801***	***8,620***	***74,980***
ประเทศอื่น ๆ		210	186	225	229	360	451	545	458	580	633	3,878
รวมทุกประเทศ		**7,214**	**7,503**	**7,644**	**7,662**	**8,246**	**8,269**	**7,587**	**7,100**	**8,381**	**9,252**	**78,858**

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางจะปัดเศษเป็นล้านดอลลาร์ทั้งหมด ซึ่งอาจทำให้ยอดรวมแตกต่างกันเล็กน้อย

ที่มา: Trade Map (2023)

อันดับ	ประเทศ	อัตราการเติบโต (%)										CAGR (2013-2022) (%)	ส่วนแบ่งการตลาดรอบ 10 ปี (%)
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
1	ฮ่องกง	3.8	3.5	-8.6	-2.7	2.4	-7.7	-6.7	1.4	28.4	-14.3	**-1.1**	**25.8**
2	สิงคโปร์	0.8	-4.2	-4.8	-1.4	4.3	12.8	-4.3	7.3	19.7	30.4	**6.0**	**10.3**
3	จีน	18.9	14.7	111.7	-8.3	3.8	-15.4	-16.8	-7.3	1.8	4.7	**5.4**	**10.2**
4	สหรัฐอเมริกา	26.0	-4.3	-0.7	10.4	3.7	11.5	-31.0	-18.1	22.7	32.1	**1.2**	**8.2**
5	ญี่ปุ่น	-12.3	5.6	8.0	0.0	14.9	13.9	2.0	-14.0	-4.8	4.9	**3.0**	**7.9**
6	ไต้หวัน	-7.8	44.9	-25.6	5.6	21.3	-10.7	-7.1	8.4	-5.7	42.2	**5.8**	**6.5**
7	มาเลเซีย	26.4	-0.9	-20.8	-4.8	10.4	44.7	1.8	-15.4	18.1	17.9	**4.1**	**5.9**
8	ฟิลิปปินส์	7.3	13.9	-7.1	2.9	5.0	-0.7	-3.6	2.8	41.4	15.4	**7.0**	**5.8**
9	เยอรมนี	111.1	8.8	-2.2	9.1	35.6	8.0	-17.8	-19.3	15.0	20.3	**5.1**	**5.4**
10	เกาหลีใต้	0.7	-4.7	2.8	12.4	-18.0	-40.0	-10.1	-2.8	41.4	2.8	**-4.1**	**4.2**
11	เนเธอร์แลนด์	-6.0	-18.8	-16.2	-0.7	24.8	4.6	-22.5	-31.3	40.1	85.5	**2.2**	**2.7**
12	สหราชอาณาจักร	7.5	4.1	3.2	2.7	-11.7	-3.7	-6.3	-19.4	-10.2	-21.3	**-7.4**	**2.2**
รวม 12 อันดับ		**7.4**	**4.5**	**1.4**	**0.2**	**6.1**	**-0.8**	**-9.9**	**-5.7**	**17.4**	**10.5**	**2.3**	**95.1**
ประเทศอื่น ๆ		24.6	-11.4	20.7	1.8	57.4	25.1	21.0	-16.0	26.5	9.1	**13.0**	**4.9**
รวมทุกประเทศ		**7.9**	**4.0**	**1.9**	**0.2**	**7.6**	**0.3**	**-8.3**	**-6.4**	**18.0**	**10.4**	**2.8**	**100.0**

ภาคผนวกตารางที่ 2.12 มูลค่าส่งออกสินค้า Optoelectronics, Sensors และ Discrete Semiconductors (OSD) ของไทย และตลาดส่งออกหลักที่มีมูลค่าสูงสุด 12 อันดับแรกของไทยปี ค.ศ. 2013 – 2022

อันดับ	ประเทศ	มูลค่าการส่งออกเซมิคอนดักเตอร์ (Mil. USD)										
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	รวม
1	สหรัฐอเมริกา	31	27	77	479	452	149	517	1,062	1,061	1,502	**5,358**
2	ฮ่องกง	216	221	221	263	288	278	265	329	348	306	**2,736**
3	เวียดนาม	3	3	3	42	275	164	239	367	398	528	**2,021**
4	ญี่ปุ่น	208	208	192	183	198	221	210	194	208	197	**2,020**
5	จีน	45	41	39	44	77	161	114	126	134	139	**920**
6	สิงคโปร์	57	52	42	39	47	73	64	69	83	86	**613**
7	เนเธอร์แลนด์	1	1	0	90	189	177	36	32	15	1	**541**
8	ไต้หวัน	36	38	44	32	41	43	43	60	73	121	**532**
9	เกาหลีใต้	37	39	32	51	47	47	46	49	60	53	**462**
10	อินเดีย	1	1	1	5	13	55	135	25	23	183	**443**
11	มาเลเซีย	25	40	40	58	54	69	11	17	19	23	**356**
12	เยอรมนี	8	8	10	22	53	125	18	8	12	16	**280**
รวม 12 อันดับ		***669***	***678***	***703***	***1,309***	***1,735***	***1,563***	***1,699***	***2,338***	***2,434***	***3,155***	***16,281***
ประเทศอื่น ๆ		60	60	74	137	258	230	212	188	227	261	**1,706**
รวมทุกประเทศ		**729**	**738**	**777**	**1,446**	**1,992**	**1,793**	**1,911**	**2,525**	**2,661**	**3,415**	**17,987**

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางจะปัดเศษเป็นล้านดอลลาร์ทั้งหมด ซึ่งอาจทำให้ยอดรวมแตกต่างกันเล็กน้อย

ที่มา: Trade Map (2023)

อันดับ	ประเทศ	อัตราการเติบโต (%)										CAGR (2013-2022) (%)	ส่วนแบ่งการตลาดรอบ 10 ปี (%)
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
1	สหรัฐอเมริกา	38.2	-12.3	184.9	526.0	-5.7	-67.0	247.1	105.4	-0.1	41.6	**54.1**	**29.8**
2	ฮ่องกง	47.9	2.3	-0.1	19.3	9.3	-3.4	-4.5	23.9	6.0	-12.1	**4.0**	**15.2**
3	เวียดนาม	70.2	-17.0	35.9	1120.8	556.7	-40.4	45.7	53.4	8.5	32.8	**77.3**	**11.2**
4	ญี่ปุ่น	7.5	-0.3	-7.3	-5.0	8.5	11.7	-5.2	-7.4	7.2	-5.5	**-0.6**	**11.2**
5	จีน	24.3	-8.2	-5.7	11.6	76.4	109.1	-28.9	9.8	6.4	3.7	**13.3**	**5.1**
6	สิงคโปร์	0.7	-9.8	-17.8	-8.0	21.4	55.0	-12.6	7.8	19.8	3.7	**4.6**	**3.4**
7	เนเธอร์แลนด์	250.2	17.4	-84.0	56291.9	109.2	-6.2	-79.9	-10.0	-54.8	-93.4	**1.4**	**3.0**
8	ไต้หวัน	-2.8	5.7	15.6	-27.7	29.6	3.0	0.3	40.2	22.2	64.6	**14.3**	**3.0**
9	เกาหลีใต้	1.3	7.1	-17.8	58.4	-7.3	-0.6	-1.4	4.8	22.7	-11.2	**4.2**	**2.6**
10	อินเดีย	-35.0	-61.4	122.4	301.5	148.2	334.2	143.9	-81.4	-7.8	689.1	**70.6**	**2.5**
11	มาเลเซีย	406.5	57.5	0.7	44.1	-7.5	28.1	-83.8	50.2	11.2	23.9	**-1.1**	**2.0**
12	เยอรมนี	-13.9	-4.0	32.1	119.2	140.5	138.4	-85.5	-55.1	48.5	34.1	**8.4**	**1.6**
รวม 12 อันดับ		***22.3***	***1.3***	***3.7***	***86.2***	***32.5***	***-9.9***	***8.7***	***37.6***	***4.1***	***29.6***	***18.8***	***90.5***
ประเทศอื่น ๆ		-0.4	-0.1	23.3	84.9	88.4	-10.8	-8.0	-11.4	21.2	14.6	**17.7**	**9.5**
รวมทุกประเทศ		**20.0**	**1.2**	**5.3**	**86.0**	**37.8**	**-10.0**	**6.6**	**32.2**	**5.4**	**28.4**	18.7	100.0

ภาคผนวกตารางที่ 2.13 มูลค่านำเข้าสินค้าเซมิคอนดักเตอร์ของไทย และแหล่งนำเข้าหลักที่มีมูลค่าสูงสุด 12 อันดับแรกของไทยปี ค.ศ. 2013 - 2022

อันดับ	ประเทศ	มูลค่าการส่งออกเซมิคอนดักเตอร์ (Mil. USD)										
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	รวม
1	ไต้หวัน	1,891	2,298	2,538	2,421	3,133	3,508	3,556	4,032	4,735	6,076	**34,189**
2	ญี่ปุ่น	2,022	2,464	1,805	1,839	2,198	2,317	2,271	2,135	2,640	2,638	**22,330**
3	จีน	1,265	1,084	1,231	1,225	1,270	1,487	1,500	1,897	2,856	4,079	**17,893**
4	สหรัฐอเมริกา	1,093	1,335	1,316	1,483	1,463	1,604	1,326	1,197	1,309	1,500	**13,627**
5	มาเลเซีย	996	845	747	874	1,114	1,132	1,202	1,115	1,182	1,554	**10,762**
6	เกาหลีใต้	668	737	739	663	881	902	837	972	1,393	1,810	**9,603**
7	สิงคโปร์	995	819	734	838	896	785	552	639	643	805	**7,704**
8	ไทย	240	293	391	341	369	467	576	716	927	1,166	**5,485**
9	ฟิลิปปินส์	497	490	439	514	535	515	453	448	669	836	**5,394**
10	สหราชอาณาจักร	171	155	153	163	234	295	274	290	346	308	**2,390**
11	เยอรมนี	240	208	203	223	190	221	209	164	236	277	**2,170**
12	เนเธอร์แลนด์	161	137	141	123	132	149	142	113	166	208	**1,471**
รวม 12 อันดับ		***10,240***	***10,863***	***10,437***	***10,707***	***12,413***	***13,382***	***12,898***	***13,718***	***17,101***	***21,257***	***133,017***
ประเทศอื่น ๆ		582	392	340	324	588	386	413	508	600	789	**4,921**
รวมทุกประเทศ		**10,822**	**11,255**	**10,777**	**11,031**	**13,001**	**13,767**	**13,311**	**14,226**	**17,702**	**22,046**	**137,938**

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางจะปัดเศษเป็นล้านดอลลาร์ทั้งหมด ซึ่งอาจทำให้ยอดรวมแตกต่างกันเล็กน้อย

ที่มา: Trade Map (2023)

อันดับ	ประเทศ	อัตราการเติบโต (%)										CAGR (2013-2022) (%)	ส่วนแบ่งการตลาดรอบ 10 ปี (%)
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
1	ฮ่องกง	-8.2	21.5	10.5	-4.6	29.4	12.0	1.4	13.4	17.4	28.3	**13.8**	**24.8**
2	สหรัฐอเมริกา	-13.9	21.8	-26.7	1.9	19.6	5.4	-2.0	-6.0	23.7	-0.1	**3.0**	**16.2**
3	จีน	-0.2	-14.3	13.5	-0.4	3.6	17.1	0.9	26.5	50.5	42.8	**13.9**	**13.0**
4	สิงคโปร์	-6.9	22.1	-1.4	12.7	-1.4	9.7	-17.3	-9.8	9.4	14.6	**3.6**	**9.9**
5	ญี่ปุ่น	6.3	-15.2	-11.5	17.0	27.5	1.6	6.2	-7.3	6.0	31.5	**5.1**	**7.8**
6	ไต้หวัน	16.5	10.3	0.4	-10.3	32.9	2.4	-7.2	16.2	43.3	29.9	**11.7**	**7.0**
7	มาเลเซีย	25.1	-17.7	-10.4	14.1	7.0	-12.4	-29.6	15.7	0.7	25.2	**-2.3**	**5.6**
8	ฟิลิปปินส์	19.9	21.9	33.4	-12.7	8.1	26.7	23.4	24.3	29.4	25.8	**19.2**	**4.0**
9	เยอรมนี	8.0	-1.5	-10.3	17.0	4.0	-3.8	-12.0	-1.0	49.2	25.0	**5.9**	**3.9**
10	เกาหลีใต้	44.3	-9.5	-1.1	6.3	43.7	26.1	-7.2	5.7	19.5	-11.0	**6.7**	**1.7**
11	เนเธอร์แลนด์	8.3	-13.1	-2.7	10.0	-14.9	16.5	-5.6	-21.5	43.9	17.6	**1.6**	**1.6**
12	เวียดนาม	-1.5	-14.9	2.7	-12.5	6.8	13.3	-5.0	-20.3	47.0	25.3	**2.9**	**1.1**
รวม 12 อันดับ		***-0.8***	***6.1***	***-3.9***	***2.6***	***15.9***	***7.8***	***-3.6***	***6.4***	***24.7***	***24.3***	***8.5***	***96.4***
ประเทศอื่น ๆ		41.7	-32.7	-13.4	-4.7	81.6	-34.4	7.1	23.0	18.2	31.4	**3.4**	**3.6**
รวมทุกประเทศ		**0.8**	**4.0**	**-4.3**	**2.4**	**17.9**	**5.9**	**-3.3**	**6.9**	**24.4**	**24.5**	**8.2**	**100.0**

ภาคผนวกตารางที่ 2.14 มูลค่านำเข้าสินค้าวงจรรวมของไทย และแหล่งนำเข้าหลักที่มีมูลค่าสูงสุด 12 อันดับแรกของไทยปี ค.ศ. 2013 – 2022

อันดับ	ประเทศ	มูลค่าการส่งออกเซมิคอนดักเตอร์ (Mil. USD)										
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	รวม
1	ฮ่องกง	1,813	2,208	2,461	2,291	3,013	3,416	3,476	3,950	4,620	5,947	**33,196**
2	สิงคโปร์	1,545	1,745	1,370	1,406	1,764	1,652	1,607	1,630	2,099	2,204	**17,022**
3	จีน	1,073	1,315	1,296	1,435	1,555	1,554	1,284	1,156	1,265	1,462	**13,394**
4	สหรัฐอเมริกา	795	816	884	863	853	1,004	965	1,255	1,767	2,481	**11,684**
5	ญี่ปุ่น	609	662	618	554	769	807	757	904	1,299	1,720	**8,699**
6	ไต้หวัน	844	639	512	611	780	888	943	772	800	1,304	**8,095**
7	มาเลเซีย	890	764	700	804	856	745	516	611	619	774	**7,277**
8	ฟิลิปปินส์	217	265	359	312	333	417	514	654	852	1,071	**4,994**
9	เยอรมนี	455	450	405	483	496	456	401	390	593	745	**4,874**
10	เกาหลีใต้	168	153	153	162	231	291	266	284	344	302	**2,355**
11	เนเธอร์แลนด์	230	195	175	161	169	202	191	150	222	262	**1,957**
12	สหราชอาณาจักร	159	134	140	123	131	148	141	112	166	208	**1,461**
รวม 12 อันดับ		***8,799***	***9,346***	***9,071***	***9,205***	***10,951***	***11,580***	***11,061***	***11,867***	***14,647***	***18,481***	***115,009***
ประเทศอื่น ๆ		407	335	286	268	313	302	350	409	508	670	**3,849**
รวมทุกประเทศ		**9,206**	**9,681**	**9,357**	**9,474**	**11,264**	**11,882**	**11,411**	**12,276**	**15,155**	**19,151**	**118,858**

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางจะปัดเศษเป็นล้านดอลลาร์ทั้งหมด ซึ่งอาจทำให้ยอดรวมแตกต่างกันเล็กน้อย

ที่มา: Trade Map (2023)

อันดับ	ประเทศ	อัตราการเติบโต (%)										CAGR (2013-2022) (%)	ส่วนแบ่งการตลาดรอบ 10 ปี (%)
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
1	ฮ่องกง	-9.2	21.8	11.5	-6.9	31.5	13.4	1.8	13.6	17.0	28.7	**14.1**	**27.9**
2	สิงคโปร์	-11.7	12.9	-21.5	2.6	25.5	-6.3	-2.7	1.4	28.8	5.0	**4.0**	**14.3**
3	จีน	-6.7	22.5	-1.4	10.7	8.4	-0.1	-17.4	-10.0	9.5	15.5	**3.5**	**11.3**
4	สหรัฐอเมริกา	-3.1	2.6	8.3	-2.3	-1.1	17.6	-3.9	30.1	40.8	40.4	**13.5**	**9.8**
5	ญี่ปุ่น	16.7	8.7	-6.7	-10.4	38.9	5.0	-6.3	19.4	43.8	32.4	**12.2**	**7.3**
6	ไต้หวัน	5.9	-24.3	-19.9	19.3	27.7	13.8	6.2	-18.1	3.6	63.0	**5.0**	**6.8**
7	มาเลเซีย	21.5	-14.2	-8.4	14.9	6.4	-13.0	-30.8	18.4	1.4	25.0	**-1.5**	**6.1**
8	ฟิลิปปินส์	19.3	22.2	35.6	-13.1	6.8	25.2	23.2	27.1	30.3	25.7	**19.4**	**4.2**
9	เยอรมนี	7.4	-1.1	-10.1	19.5	2.7	-8.2	-12.1	-2.6	52.0	25.7	**5.6**	**4.1**
10	เกาหลีใต้	44.4	-9.0	-0.5	6.2	42.6	25.8	-8.4	6.9	21.0	-12.3	**6.7**	**2.0**
11	เนเธอร์แลนด์	8.7	-14.9	-10.7	-7.9	5.3	19.4	-5.3	-21.7	47.7	18.3	**1.5**	**1.6**
12	สหราชอาณาจักร	-2.2	-15.7	4.6	-12.5	6.4	13.5	-4.6	-20.9	48.5	25.0	**3.0**	**1.2**
รวม 12 อันดับ		***-0.7***	***6.2***	***-2.9***	***1.5***	***19.0***	***5.7***	***-4.5***	***7.3***	***23.4***	***26.2***	***8.6***	***96.8***
ประเทศอื่น ๆ		34.7	-17.8	-14.4	-6.2	16.7	-3.6	15.9	17.0	24.2	31.9	**5.7**	**3.2**
รวมทุกประเทศ		**0.4**	**5.2**	**-3.3**	**1.2**	**18.9**	**5.5**	**-4.0**	**7.6**	**23.4**	**26.4**	8.5	100.0

ภาคผนวกตารางที่ 2.15 มูลค่านำเข้าสินค้า Optoelectronics, Sensors และ Discrete Semiconductors (OSD) ของไทย และแหล่งนำเข้าหลักที่มีมูลค่าสูงสุด 12 อันดับแรกของไทยปี ค.ศ. 2013 – 2022

อันดับ	ประเทศ	มูลค่าการส่งออกเซมิคอนดักเตอร์ (Mil. USD)										
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	รวม
1	จีน	470	268	347	362	416	483	535	642	1,089	1,597	**6,209**
2	ญี่ปุ่น	476	718	435	433	434	665	664	505	542	435	**5,307**
3	มาเลเซีย	152	205	235	263	334	244	259	343	382	250	**2,667**
4	ไต้หวัน	78	90	78	130	119	92	80	82	115	129	**992**
5	เกาหลีใต้	59	74	122	110	113	95	80	69	94	89	**904**
6	ฟิลิปปินส์	42	40	35	30	38	59	52	58	76	90	**520**
7	ไทย	24	28	32	29	35	50	62	62	74	95	**490**
8	สิงคโปร์	105	55	34	33	40	40	36	28	24	31	**427**
9	สหรัฐอเมริกา	20	20	20	48	(93)	51	42	41	44	38	**233**
10	เวียดนาม	6	1	3	9	42	36	18	55	39	46	**255**
11	เยอรมนี	10	13	28	62	20	19	17	14	14	15	**213**
12	สวิตเซอร์แลนด์	16	14	14	14	13	13	11	13	16	17	**141**
รวม 12 อันดับ		***1,458***	***1,528***	***1,382***	***1,523***	***1,513***	***1,846***	***1,858***	***1,912***	***2,507***	***2,833***	***18,359***
ประเทศอื่น ๆ		158	47	38	34	223	40	42	38	40	61	**721**
รวมทุกประเทศ		**1,616**	**1,574**	**1,419**	**1,557**	**1,737**	**1,885**	**1,900**	**1,950**	**2,547**	**2,894**	**19,080**

หมายเหตุ: ตัวเลขในตารางจะปัดเศษเป็นล้านดอลลาร์ทั้งหมด ซึ่งอาจทำให้ยอดรวมแตกต่างกันเล็กน้อย

ที่มา: Trade Map (2023)

อันดับ	ประเทศ	อัตราการเติบโต (%)										CAGR (2013-2022) (%)	ส่วนแบ่งการตลาดรอบ 10 ปี (%)
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022		
1	จีน	5.2	-42.9	29.3	4.4	15.0	15.9	10.8	20.1	69.5	46.7	**14.6**	**32.5**
2	ญี่ปุ่น	-20.5	50.8	-39.5	-0.5	0.4	53.1	-0.1	-23.9	7.2	-19.8	**-1.0**	**27.8**
3	มาเลเซีย	8.2	35.5	14.6	11.9	26.8	-27.0	6.3	32.2	11.3	-34.6	**5.7**	**14.0**
4	ไต้หวัน	21.2	16.0	-13.8	67.4	-8.1	-22.9	-12.9	2.5	39.9	12.2	**5.8**	**5.2**
5	เกาหลีใต้	15.3	26.4	63.6	-9.8	2.6	-15.7	-15.1	-14.5	36.6	-5.2	**4.7**	**4.7**
6	ฟิลิปปินส์	15.1	-5.5	-12.6	-12.3	25.7	54.0	-11.3	11.1	30.2	19.7	**8.9**	**2.7**
7	ไทย	25.5	18.8	12.8	-9.0	22.1	40.2	24.7	0.6	19.5	27.3	**16.6**	**2.6**
8	สิงคโปร์	67.6	-47.6	-37.9	-2.5	20.6	-0.5	-8.9	-23.4	-14.5	30.3	**-12.6**	**2.2**
9	สหรัฐอเมริกา	-17.0	0.3	-2.5	143.0	-291.9	-154.6	-15.9	-3.0	6.9	-13.1	**7.3**	**1.2**
10	เวียดนาม	-35.2	-76.7	82.4	219.5	392.4	-14.3	-50.0	205.9	-29.5	19.7	**24.9**	**1.3**
11	เยอรมนี	0.2	28.0	117.6	120.8	-67.2	-7.8	-9.4	-19.6	2.6	6.9	**4.5**	**1.1**
12	สวิตเซอร์แลนด์	-25.9	-13.5	0.3	-2.9	-4.5	2.4	-14.5	10.4	23.0	11.1	**0.7**	**0.7**
รวม 12 อันดับ		***-1.9***	***4.8***	***-9.6***	***10.2***	***-0.6***	***22.0***	***0.7***	***2.9***	***31.1***	***13.0***	***7.7***	***96.2***
ประเทศอื่น ๆ		96.5	-70.5	-19.2	-8.9	551.0	-82.1	5.6	-10.6	5.4	54.6	**-10.0**	**3.8**
รวมทุกประเทศ		**3.2**	**-2.6**	**-9.9**	**9.7**	**11.5**	**8.6**	**0.8**	**2.6**	**30.6**	**13.6**	6.7	100.0

ภาคผนวกที่ 3.1

ประเด็นการสัมภาษณ์

(เอกชน และ วิชาการ)

ส่วนที่ 1 สถานภาพอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของประเทศไทย

1) บทบาทหรือธุรกิจของท่านที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรม (IDM/Fabless/Foundry/OSAT)

2) สถานภาพตลาดของอุตสาหกรรม การแข่งขัน และความเชื่อมโยงกับห่วงโซ่อุปทานโลกของอุตสาหกรรมของไทย จากอดีตจนถึงปัจจุบัน และทิศทางในอนาคต

3) ประเมินมูลค่าตลาดของไทย

4) ปัจจัยบวก/ลบที่ส่งผลต่ออุตสาหกรรม (นโยบายรัฐ, เศรษฐกิจ, การเมือง เป็นต้น)

5) ผู้ประกอบการรายสำคัญของอุตสาหกรรมของไทย

6) ความพร้อมของระบบนิเวศการพัฒนาอุตสาหกรรมของไทย และแนวทางการปรับปรุงเพื่อให้เกิดระบบนิเวศที่สมบูรณ์

ส่วนที่ 2 บทบาทและความสำคัญของการวิจัยและพัฒนาที่มีต่ออุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทย

1) บทบาทหรือความสำคัญของการวิจัยและพัฒนา (R&D) ที่มีต่ออุตสาหกรรมของไทยในปัจจุบัน

2) ไทยควรให้ความสำคัญกับการลงทุน R&D ด้านใด เพื่อเสริมขีดความสามารถของอุตสาหกรรมในปัจจุบัน และสร้างขีดความสามารถใหม่ที่ไทยมีโอกาสในการแข่งขันในอนาคต

3) เทคโนโลยีหรือความเชี่ยวชาญของบุคลากรที่ต้องการ

ส่วนที่ 3 โอกาสของธุรกิจด้านการออกแบบวงจรรวมของไทย (IC Design)

1) ในฐานะที่หน่วยงานของท่านอยู่ในอุตสาหกรรมไมโครอิเล็กทรอนิกส์ ท่านสนใจหรือเห็นโอกาสที่จะไปทำธุรกิจด้านการออกแบบวงจรรวมหรือไม่ อย่างไร

2) ท่านมีกิจกรรมด้านการออกแบบวงจรรวม หรือมีส่วนเกี่ยวข้องกับการออกแบบวงจรรวม หรือไม่ และอย่างไร

3) ผู้ประกอบการรายสำคัญด้านการออกแบบวงจรรวม ในปัจจุบันของไทยที่ทราบ

4) ประเภทการออกแบบวงจรรวมที่ควรผลักดันให้เกิดขึ้นเป็นธุรกิจในประเทศไทย ควรมีรูปแบบธุรกิจ (Business Model) อย่างไร และมีโอกาสอย่างไรภายใต้ห่วงโซ่อุปทานโลก

5) จากข้อ 4) ไทยควรมีการลงทุนหรือให้การส่งเสริมอย่างไร ทั้งในมิติของโครงสร้างพื้นฐาน เทคโนโลยี บุคลากร เงินทุน นโยบายและมาตรการส่งเสริม และอื่น ๆ

5) พันธมิตรหรือคู่แข่งของธุรกิจการออกแบบวงจรรวมของไทย

6) ประเมินมูลค่าตลาดด้านการออกแบบวงจรรวมของไทย

7) หากไทยมีการจัดตั้งการออกแบบและการวิเคราะห์ทดสอบวงจรรวมเกิดขึ้น ท่านคิดว่าควรมีกิจกรรมใดบ้างภายใต้ศูนย์ดังกล่าวนี้

8) ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะอื่น ๆ

*****ขอขอบคุณในความร่วมมือของท่านเป็นอย่างสูง*****

ภาคผนวกที่ 3.2

ประเด็นการสัมภาษณ์

(สศอ.)

1) การขับเคลื่อนอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ภายใต้บทบาทและหน้าที่ของหน่วยงานในอดีต และที่อยู่ระหว่างดำเนินการ รวมถึงผู้มีส่วนเกี่ยวข้องที่ร่วมดำเนินการ

2) มุมมองต่อความพร้อมและความสามารถของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของประเทศ

3) แนวคิดหรือเป้าประสงค์ต่ออุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ และอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศที่คาดหวัง

4) การดำเนินการให้สำเร็จเป้าประสงค์ในข้อ 3 เมื่อเทียบกับสถานภาพปัจจุบัน ต้องมีการเปลี่ยนแปลงหรือดำเนินการอย่างไร

5) หากประเทศไทยต้องการสร้างอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ ควรตอบความต้องการของอุตสาหกรรมใดบ้าง เพื่อสร้าง Impact ต่อประเทศได้จริง

6) จากการที่อุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์เป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำของอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะ ท่านคิดว่าหน่วยงานของท่านจะมีส่วนช่วยในการขับเคลื่อน หรือผลักดันอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทยอย่างใด

7) ท่านคิดว่าอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทยมีความเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์อัจฉริยะของไทยอย่างใด

8) ปัญหา/อุปสรรค และทิศทางการขับเคลื่อนอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ในอนาคตภายใต้บทบาทหน่วยงาน และของประเทศ

ภาคผนวกที่ 3.3

ประเด็นการสัมภาษณ์

(สป.อว.)

ส่วนที่ 1 โครงการผลักดันการสร้างกำลังคนด้านเซมิคอนดักเตอร์ ของ อว.

1) ความเป็นมาและเหตุผลของการผลักดันการสร้างกำลังคนด้านเซมิคอนดักเตอร์

2) เป้าหมายในการผลิตกำลังคนต่อปี ในแต่ละด้านของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ (เช่น IC Design, Wafer fab เป็นต้น)

3) หน่วยงานที่มีส่วนร่วมในโครงการสร้างกำลังคนในปัจจุบัน และหน่วยงานที่ควรมีส่วนร่วมเพิ่มเติมในอนาคต

4) แผนการ/ระยะเวลาในการสร้างกำลังคนด้านเซมิคอนดักเตอร์ จำนวนกี่ปี

5) ประโยชน์ของการสร้างกำลังคนด้านเซมิคอนดักเตอร์

6) เพื่อการสร้างระบบนิเวศอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของประเทศ นอกเหนือจากการสร้างกำลังคน ยังต้องดำเนินการในส่วนใดอีกบ้าง

7) ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะอื่น ๆ

ส่วนที่ 2 สถานภาพอุตสาหกรรมไมโครอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทย

1) สถานภาพตลาดของอุตสาหกรรม การแข่งขัน และความเชื่อมโยงกับห่วงโซ่อุปทานโลกของอุตสาหกรรมของไทยจากอดีตจนถึงปัจจุบัน และทิศทางในอนาคต

2) ปัจจัยบวก/ลบที่ส่งผลต่ออุตสาหกรรม (นโยบายรัฐ, เศรษฐกิจ, การเมือง เป็นต้น)

3) ความพร้อมของระบบนิเวศการพัฒนาอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์ของไทย และแนวทางการปรับปรุงเพื่อให้เกิดระบบนิเวศที่สมบูรณ์

คณะผู้ศึกษา

1. ดร.วิทวัส	แย้มวงษ์	ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์
2. ดร.นิภาพรรณ	กลั่นเงิน	ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์
3. ดร.อภิญญา	กมลสุข	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
4. นายวทัญญู	พุทธรักษา	สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
5. นางสาวปณิตา	ล่ำซำ	ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ
6. นางสาวกนกวรรณ	เนติกุล	ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์