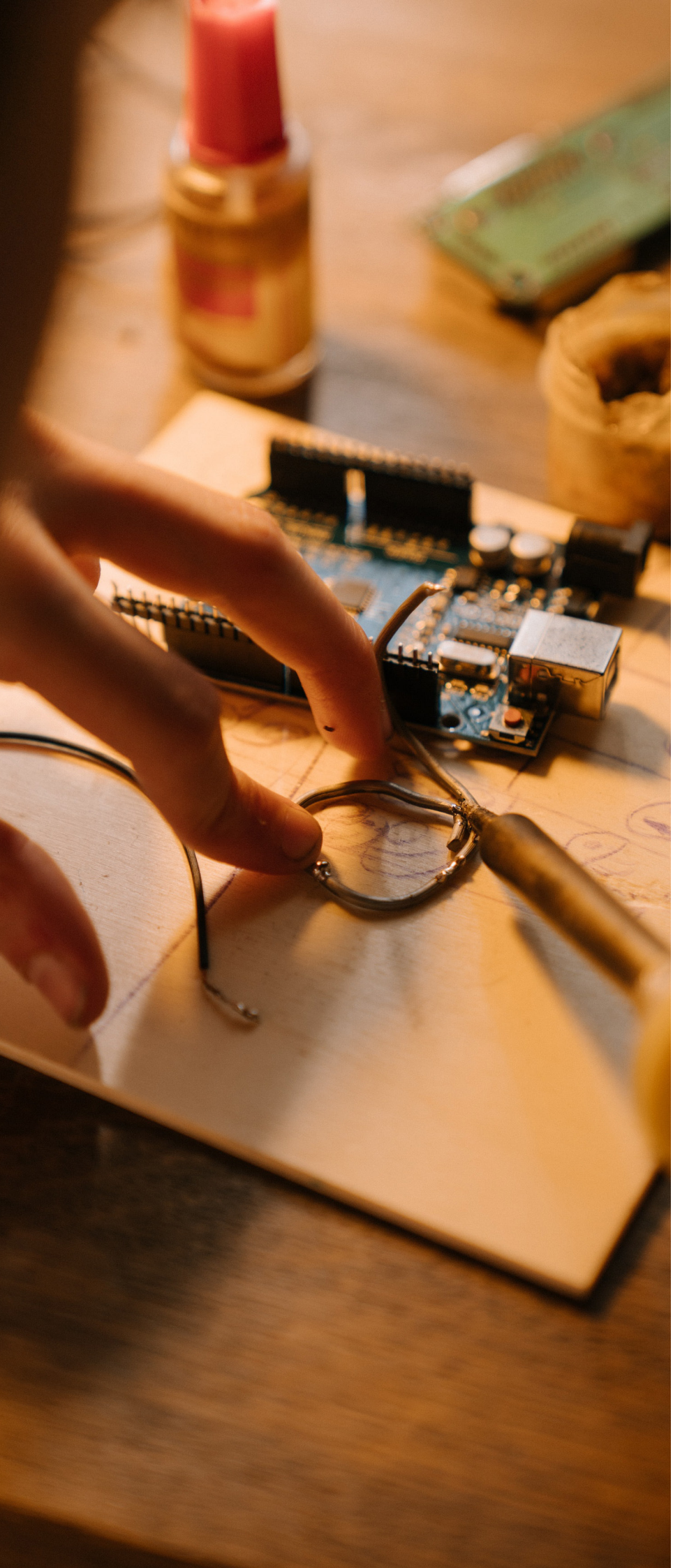
集成電路及電子元器件產業基本介紹及內地發展形勢淺析

澳門貿易投資促進局
研究及資料處

2022 年 4 月



摘要

“集成電路”（IC，簡稱芯片）是把晶體管、電阻器、電容器等電子元器件作集體化處理，並製造在晶圓表面，整個製造流程分為“設計”、“製造”、“封裝及測試”三大環節。過去多年來，在政策扶持和應用需求帶動下，內地 IC 產業快速增長，銷售額由 2012 年的 2,159 億人民幣增加至 2021 年的 10,458 億人民幣，10 年間的平均年增長率為 18.4%，並在設計、製造、封測領域均湧現一批核心企業。

然而，內地對海外優質芯片的需求依然巨大。2021 年內地 IC 進口金額 4,325 億美元，同比增長 23.6%，讓芯片連續 5 年成為內地第一大進口商品，相對而言，出口額僅 1,537.9 億美元，行業的進口替代空間廣闊。

內地芯片進口替代率維持於較低水平，一定程度反映了在製造工藝上仍有較大的進步空間，雖然內地 IC 業界積極加大研發投入力度，以期望在技術工藝等方面取得新突破，但面臨“卡脖子 " 問題。尤其是美國先後把“中芯國際”、“華為”等一批科技企業列入“實體清單”，讓相關企業無法取得製造高端芯片所需的美國以至國際設備或技術，發展步伐受阻。

隨着 IC 產業進入“後摩爾時代”，更多顛覆性技術將出現，有助減低業界對傳統固有技術的依賴，為內地 IC 業高質量發展帶來新契機。

Introduction of Integrated Circuit and Electronic Components Industry and the Brief Analysis on its Development in Mainland China

Integrated Circuit (hereinafter referred to as "IC") is to collectively process the electronic components such as transistors, resistors, capacitors, and conclusively embedded them on the surface of the wafer. The entire manufacturing process can be simply divided in the three partitions, namely "Design", "Manufacturing", "Package and Testing". With the policy support of the Central Government and ascent of demand for applications, the IC industry in Mainland China has experiencing a rapid increase in the past few years. The relevant sales has expended from RMB 215.9 billion in 2012 to RMB 1,045.8 billion in 2021, with an average annual growth rate of 18.4% over the past 10 years. At the same time, a large number of core enterprises has emerged in the fields of design, manufacturing, package and testing.

Nonetheless, the demand of foreign high-quality IC in Mainland China is still surging. In 2021, the import of IC in Mainland China was value USD 432.5 billion, an increase of 23.6% year-on-year, which makes IC the largest imported commodity for 5 consecutive years. Relatively, the export value of IC in Mainland China was barely USD 153.8 billion, leading to a massive import substitution for the IC industry.

Currently, the import substitution rate of IC in Mainland China remains at a relative low level, which indicates that the manufacturing process still has yet to be improved. To achieve breakthroughs in the technological processes, the IC industry in Mainland China has strengthened its effort in the sector of Research and Development. However, it faces a lot of containments because the United States Government has successively added a number of technology enterprises such as "SMIC" and "Huawei" on the "Entity List", preventing them from obtaining U.S. or international equipment and technologies for manufacturing the high-end chips. And thus, the pace of development of IC industry in Mainland China has been slowed down.

As the IC industry is entering the post-Moore era, the disruptive technologies will emerge in the near future, and thus the reliance on the traditional inherent technologies will be reduced correspondingly, which may bring opportunities for the high-quality development of the IC industry in Mainland China.

Breve Apresentação sobre a indústria de circuitos integrados e componentes electrónicos e análise de desenvolvimento no Interior da China

Circuitos Integrados (adiante designado por "CI") consistem num processo colectivo de componentes electrónicos tais como transitores, resistores e capacitores, sendo fabricados na superfície do wafer. Todo o processo produtivo é dividido em três partes, designadamente "Design", "Fabricação", "Embalagem e Testes". Nos anos recentes, impulsionada pelas políticas de apoio e pela crescente procura dos aplicativos, a indústria de CI tem crescido rapidamente no Interior da China, com vendas a registar um aumento no valor de RMB 215,9 biliões em 2012 para RMB 1.045,8 biliões em 2021, sendo a taxa média de crescimento anual de 18.4% nos últimos 10 anos. Um grande número de grandes empresas estão surgindo nas áres de design, fabricação, embalagem e testes.

Porém, a procura por chips de alta qualidade do exterior no Interior da China é ainda enorme. Em 2021, o valor de importação de CI no Interior da China foi de USD 432,5 biliões, correspondendo a um aumento de 23.6% em relação ao ano anterior, tornando-se os chips o principal produto importado no Interior nos últimos 5 anos consecutivos. Relativamente ao valor de exportação de CI no Interior da China foi apneas de USD 153,8 biliões, havendo amplo espaço para substituicão de importações na indústria de CI.

Recentemente, o índice de substituição de importações de CI no Interior da China mantém-se num nível relativamente baixo, o que indica que o processo produtivo há ainda margem para melhorias. Embora, a indústria de CI no Interior da China tem reforçado activamente na área de Pesquisa e Desenvolvimento, em mira a alcançar avanços nos processos técnicos, no entanto, a indústria encara com problemas, em particular com a inclusão sucessivamente dos EUA a várias empresas de tecnologia tais como a "SMIC" e "Huawei" na "Lista das entidades", impedindo às empresas relevantes na obtenção de equipamentos ou tecnologias dos EUA ou internacionais para a fabricação de chips de qualidade e consequentemente dificultando o ritmo de desenvolvimento do sector de CI no Interior da China.

Com a entrada da indústria de CI na era pós-Lei de Moore vão surgir tecnologias disruptivas no futuro e reduzir a dependência das indústrias em tecnologias tradicionais e trazer novas oportunidades para o desenvolvimento de alta qualidade da indústria de CI no Interior da China.

重要聲明 / Disclaimer / Aviso Legal

- 本報告的原始數據來源於第三方機構已公開的資訊，澳門貿易投資促進局不保證該等資訊是否準確、充足、及時或可靠，對該等資訊產生的一切事宜不負任何法律責任。本報告僅供一般參考，不視為本局任何推薦或建議。
- We hereby clarify that this report contains information published by third parties. The Macao Trade and Investment Promotion Institute (IPIM) does not guarantee that such information is accurate, adequate, timely or reliable. IPIM also shall not be held liable to any issues arising from the information contained in this report. All Information herein is for reference only and should not be regarded as any recommendation or advice by IPIM.
- Os dados originais constantes do presente relatório provêm de informações publicadas por terceiros e o Instituto de Promoção do Comércio e do Investimento de Macau (IPIM) não garante a exactidão, a suficiência, a actualização ou a credibilidade dessas informações, nem assume qualquer responsabilidade legal em tudo o que possa resultar do uso dessas informações. O presente relatório destina-se apenas para referência geral, não se tratando de qualquer recomendação ou sugestão do IPIM.
- 本局可在任何時間行使權力，在無須通知的情況下決定增加、修訂或刪除報告資訊。本報告未經澳門貿易投資促進局許可，不得刊登、上載、分發、出版或出售，以及本局對上述的不法事宜，保留法律追究權力。
- IPIM may exercise its rights at any time, without prior notice, to make addition to, amend or remove any information from the report. Publishing, uploading, distributing, or selling this report without express written permission of the Macao Trade and Investment Promotion Institute (IPIM) is strictly prohibited. IPIM reserves all rights regarding the above mentioned illegal acts.
- Este Instituto pode, a todo o tempo, exercer os seus poderes, para determinar o aditamento, a alteração ou a eliminação das informações constantes do presente relatório sem aviso prévio. Este relatório não pode ser publicado, carregado, distribuído, editado ou vendido sem prévia autorização do IPIM, sendo reservado a este o direito de efectivar a responsabilidade dos actos ilícitos acima referidos.

集成電路與電子元器件是關乎經濟高質量發展的基礎性、先導性和戰略性產業，是加快各領域數字化發展的重要支撐，獲得全球多地政商界的高度重視與關注。本文從產業基本介紹開始，進一步分析內地相關產業的發展情況及形勢，為澳門以及橫琴粵澳深度合作區發展高新技術提供參考。

1. 產業基本介紹

所謂的“集成電路”（Integrated Circuit, 簡稱 IC），是把晶體管（又稱“電晶體”）、電阻器、電容器等電子元器件作集體化處理，並製造在晶圓表面，也可稱為“微電路”（Microcircuit）、“微芯片”（Microchip），又或進一步簡稱作“芯片”（Chip）。

上述的電子元器件，主要是由半導體材料製作而成。由於半導體材料的導電性介乎導體（完全導電的材料，例如金屬等）與絕緣體（完全不導電的材料，例如陶瓷、石頭等）之間，可透過於半導體中適量地滲入雜質，精準地調節導電性，因而成為製作集成電路及電子元器件的優良材料。

例如晶體管，主要由“硅”（Silicon，也有“矽”的俗稱）這種半導體材料製成，藉着在硅中加入其他元素，可控制晶體管的電流流通量，從而做到把電流放大及關閉的效果。電流開關的交替組合，便形成了數位訊號（以 1 與 0 為代表，分別表示電流“開”與“關”）。

晶體管的電流通道寬度（電路線寬）是芯片工藝製程的衡量標準，以微米（μm）[1]或納米（nm）[2]為單位。電路線寬逾窄，特定面積內可容納的晶體管逾多，芯片效能逾高，而且耗電量逾低。現時電路線寬為 5nm 和 7nm 的芯片，屬於較先進的製程，主要用於高端智能手機、平板電腦等能耗控制要求高、運算需求大的產品，而電路線寬 28nm 或以上的芯片則是較為成熟的製程，主要用於通訊設備等產品。

芯片製造流程分為“設計”、“製造”、“封裝及測試”三大環節，業務覆蓋以上三大環節的企業稱作“整合元件製造商”（Integrated Device Manufacturer，簡稱 IDM），例子包括“英特爾”（Intel）、“德州儀器”（TI）、“三星”（Samsung）、“恩智浦半導體”（NPX）等。

隨着芯片的效能不斷提升，對相關的設計和製造技術提出了更高的要求，驅使整個行業逐步向專業分工模式邁進，也就是把設計、製造、封裝測試分別交由不同的企業負責，讓相關企業匯聚資源優化所屬環節的工藝。舉例而言，專注於移動裝置芯片、視像芯片、通訊芯片設計的知名企業分別有“高通”（Qualcommm）、“英偉達”（Nvidia）、“博通”（Broadcom）等，這些企業由於沒有自身的芯片製造廠，又被稱為“無廠 IC 設計商”（Fabless）；專注於芯片製造的企業被稱為“代工廠”（Foundry）或“晶圓廠”，代表企業包括“台積電”（TSMC）、“中芯國際”（SMIC）等；至於專注於封裝測試的企業，則有“日月光集團”（ASE Group）、“矽品精密”（SPIL）等。**總體而言，在芯片的設計環節，美國和歐洲企業較有比較優勢；而在芯片的製造和封裝測試環節，中國內地和台灣地區的企業較有比較優勢。**

2. 內地集成電路產業發展概況

2.1 支持政策

因應芯片的應用層面逾趨廣泛，是多個產業的核心生產要素，內地持續推出 IC 產業扶持政策，在國家層面，重點包括中央政府國務院於 2000 年、2011 年及 2020 年依次發佈的國發［2000］18 號文、國發［2011］4 號文、國發［2020］8 號文。當中，國發［2011］4 號文（國務院關於印發進一步鼓勵軟件產業和集成電路產業發展若干政策的通知）提出對符合特定要求、電路線寬 0.25μm 或以下的芯片生產企業實施“5 免 5 減半政策”，即從盈利日起計首 5 年免徵企業所得稅，其後 5 年按 25% 法定稅率減半徵收企業所得稅；到國發［2020］8 號文（國務院關於印發新時期促進集成電路產業和軟件產業高質量發展若干政策的通知），已把“5 免 5 減半政策”的適用要求提升至電路線寬 65nm 或以下的芯片生產企業，可見政策扶持力度逐步向先進製程芯片企業傾斜。

同時，國發［2020］8 號文亦提出對國家鼓勵的芯片設計企業和軟件企業，自獲利年度起，第 1 年至第 5 年免徵企業所得稅，接續年度減按 10% 的稅率徵收企業所得稅，**反映政策的重點支持對象已由 IC 製造企業延伸至 IC 設計企業。**

› 1: 相當於1米的一百萬分之一。
› 2: 相當於1微米的千分之一。

表 1：內地 IC 產業重點扶持政策概覽

政策文件	要求 (1) 電路線寬	(2) 投資額 (註 1)	(3) 經營期	主要財稅優惠	財稅優惠 實施時間
國發［2000］ 18 號文	0.25μm 或以下	超過 80 億	--	滿足要求 (1) 或 (2)，按鼓勵外商對能源、交通投資的稅收優惠政策執行 (即減按 15% 徵收企業所得稅)	--
國發［2011］ 4 號文	0.25μm 或以下	超過 80 億	15 年以上	滿足要求 (1) 或 (2)，減按 15% 徵收企業所得稅 滿足要求 (1) 或 (2)，並滿足要求 (3)，5 免 5 減半	2011 年 1 月至 2017 年 12 月底
	0.8μm 或以下	--	--	2 免 3 減半	
國發［2020］ 8 號文 (註 1)	28nm 或以下	--	15 年以上	第 1 至 10 年免徵企業所得稅	--
	65nm 或以下	--	15 年以上	5 免 5 減半	--
	130nm 或以下	--	10 年以上	2 免 3 減半	--

註 1：以人民幣為單位。
註 2：除對芯片製造企業提供財稅優惠外，對國家鼓勵的芯片設計企業和軟件企業，自獲利年度起，第一年至第五年免徵企業所得稅，接續年度減按 10% 的稅率徵收企業所得稅。

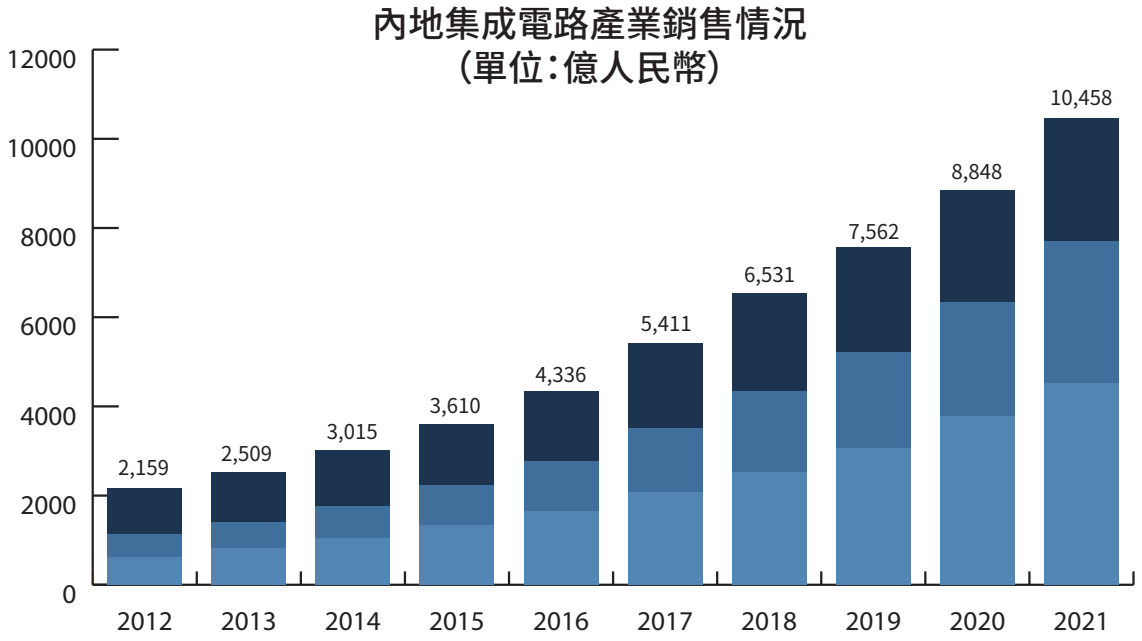
此外，**國家財政部、“國開金融”、“中國煙草”、“中國移動”、“紫光通訊”等於 2014 年 9 月共同成立“國家集成電路產業投資基金”（俗稱“大基金”）**，第一期規模約 1,400 億人民幣，投資期 5 年，重點投向 IC 設計、製造、封裝和測試，以及相關環節所需的設備材料等，以促進企業加快升級，共有 23 家企業受惠，包括“中芯國際”、“華虹半導體”等一批 IC 製造企業是主要受惠者。基金第一期投資期於 2019 年 9 月屆滿，獲利超過 300 億人民幣，第二期投資隨即啟動，規模進一步擴展至 2,000 億人民幣，投資方向延伸至 5G 通訊、人工智能（AI）等芯片應用場景。藉着“大基金" 兩期共 3,400 億人民幣對 IC 上下游產業的精準投入，對內地 IC 產業的高質量發展有直接促進作用。

在上述國家級 IC 扶持政策和“大基金”的基礎上，內地多個省區市都因地制宜，出台切入自身實際情況的地方性 IC 扶持政策和基金，有助加快行業發展步伐。

值得一提的是，放眼全球，多個國家和地區都進一步提升對 IC 產業的支持，例如美國眾議院於 2022 年 2 月 4 日通過的《 2022 年美國競爭法案》（America Competes Act of 2022），以及歐盟委員會同年 2 月 8 日公佈的《歐洲芯片法案》（EU Chips Act），兩者的核心內容均涵蓋對當地芯片製造業提供數百億美元和歐元的補貼。**在這大背景下，為提升內地 IC 業的國際競爭力，相信內地將來仍會繼續加大對 IC 業的支持和投入力度。**

2.2 產業規模與市場主體

在政策扶持和應用需求帶動下，內地集成電路產業快速增長。根據“中國半導體行業協會”統計數據，**整體產業銷售額（包括設計、製造、封裝及測試）從 2012 年的 2,159 億人民幣增加至 2021 年的 10,458 億人民幣，10 年間的平均年增長率為 18.4%**。



資料來源：中國半導體行業協會

從細分領域看，**IC 設計是整個產業中最具活力的領域**，增長最為突出。**由 2012 年至 2021 年，該領域的銷售收入由 622 億人民幣攀升至 4,519 億人民幣，期內平均年增長率為 25%**。現時內地 IC 設計企業已超過 2,800 家，主要企業包括內地科技巨頭“華為”旗下的“深圳市海思半導體有限公司”，以及“韋爾股份”、“北京智芯微電子科技有限公司”、“清華紫光展銳”、“華大半導體有限公司”等。

IC 製造方面，由 2012 年至 2021 年該領域的銷售額由 501 億人民幣攀至升 3,176 億人民幣，期內平均年增長率為 22%，外資和台灣地區投資企業的貢獻度大於內資企業。正如於 2020 年，內地十大 IC 製造企業合計銷售額 2,047.5 億人民幣，外資和台資企業數量和銷售額的佔比分別為 50% 及 60%。事實上，內地的 IC 產業扶持政策，加上內地勞動力、土地等生產要素豐富，都有利促進三星、英特爾、SK 海力士、台積電等跨國大型企業在內地設芯片製造廠。

表 2：內地十大 IC 製造企業（按當年銷售額排名）

銷售額排名	2016	2017	2018	2019	2020
1	三星（中國）	三星（中國）	三星（中國）	三星（中國）	三星（中國）
2	中芯國際	中芯國際	英特爾（大連）	英特爾（大連）	英特爾（中國）
3	SK 海力士（中國）	SK 海力士（中國）	中芯國際	中芯國際	中芯國際
4	華潤微電子	英特爾（大連）	SK 海力士（中國）	SK 海力士（中國）	SK 海力士（中國）
5	上海華虹宏力	上海華虹（集團）	上海華虹（集團）	上海華虹（集團）	上海華虹（集團）
6	英特爾（大連）	華潤微電子	華潤微電子	台積電（中國）	台積電（中國）
7	台積電（中國）	台積電（中國）	台積電（中國）	華潤微電子	華潤微電子
8	上海華力微	西安微電子所	和艦芯片（蘇州）	和艦芯片（蘇州）	聯芯（廈門） 和艦芯片（蘇州）
9	西安微電子所	武漢新芯	西安微電子所	西安微電子所	西安微電子所
10	和艦科技（蘇州）	和艦科技（蘇州）	武漢新芯	武漢新芯	武漢新芯

註：藍色代表外資和台灣地區投資企業；紅色代表內資企業。
資料來源：中國科學院微電子研究所所長葉甜春於“2021 年中國集成電路製造年會高峰論壇”上分享的資料。

表 3：內地十大 IC 製造企業內資、台灣地區投資、外資銷售收入分佈

投資來源	2016		2017		2018		2019		2020	
	收入	佔比	收入	佔比	收入	佔比	收入	佔比	收入	佔比
內資	364.4	44.0	416.2	41.1	464.3	39.0	457.9	29.0	567.4	22.7
台資	57.1	6.9	69.6	6.9	75.9	6.4	120.4	7.6	224.9	11.0
外資	406.0	49.1	526.5	52.0	649.4	54.6	1,002.2	63.4	1,255.2	61.3
合計	827.5	100.0	1,012.3	100.0	1,189.6	100.0	1,580.5	100.0	2,047.5	100.0

註：收入以億人民幣為單位；佔比以百分比（%）為單位。
資料來源：中國科學院微電子研究所所長葉甜春於“2021 年中國集成電路製造年會高峰論壇”上分享的資料。

至於 IC 封裝與測試環節是內地發展 IC 產業的初始切入點，至今發展相對較成熟，增長相對穩定。由 2012 年至 2021 年，內地 IC 封測業銷售額由 1,036 億人民幣增長至 2,763 億人民幣，期內平均年增長率 11%。

現時內地規模較大的 IC 封測企業中，外資、台資與中外合資企業也是主要市場主體，例如台灣地區 IC 封裝巨頭“矽品精密”（SPIL）在內地設有“矽品科技（蘇州）有限公司”，美國 IC 企業“高通”（Qualcomm）、歐洲 IDM 企業 NPX、美國硬盤廠商“西部數據”（Western Digital）分別在內地設有“全訊射頻科技（無錫）有限公司”、“恩智浦半導體”及“晟碟半導體（上海）有限公司”，韓國 IDM 企業“SK 海力士”則與內地“太極實業”共同成立“海太半導體（無錫）有限公司”。上述企業均是 2020 年內地營業額首十位的 IC 封測企業，**可見該領域的市場主體不乏國際龍頭芯片企業的加持。相信 IC 設計、IDM 企業與封測企業的深度綁定，有助促進技術的相互提升與協作，有利於提升綜合競爭力。**

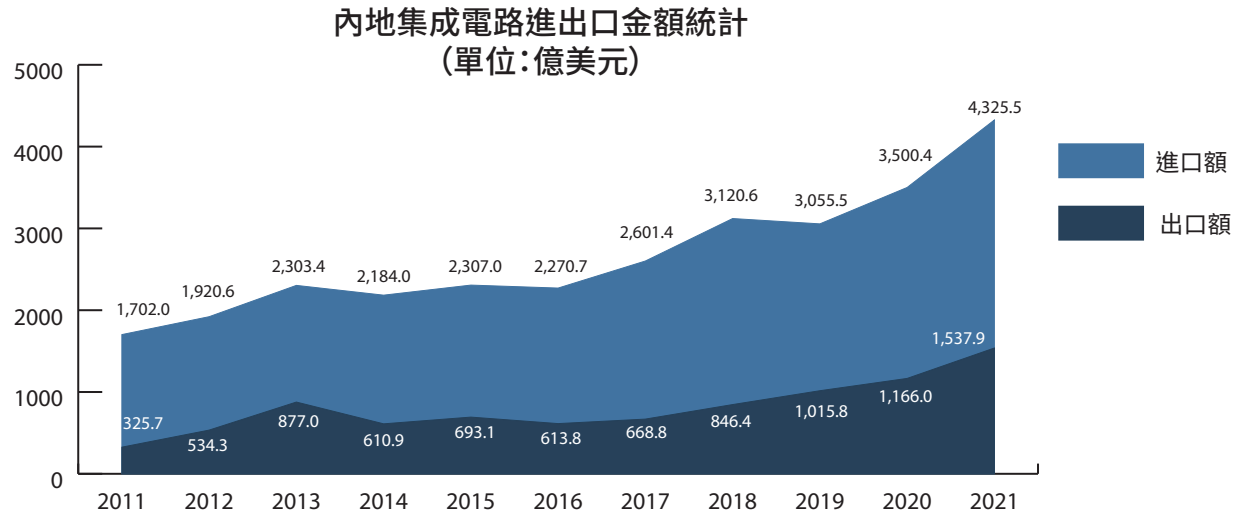
表 4：2020 年內地十大 IC 封測企業（按當年營業收入排名）

排名	企業名稱	銷售額（億人民幣）
1	南通華達微電子集團有限公司	333
2	江蘇長電科技股份有限公司	244
3	天水華天電子集團	115
4	恩智浦半導體	80
5	威訊聯合半導體（北京）有限公司	52
6	全訊射頻科技（無錫）有限公司	52
7	安靠封裝測試（上海）有限公司	43
8	矽品科技（蘇州）有限公司	42
9	海太半導體（無錫）有限公司	37
10	晟碟半導體（上海）有限公司	27

註：藍色代表外資和台灣地區投資企業；紅色代表內資企業；綠色代表中外合資企業。
資料來源：中國半導體行業協會。

2.3 進出口情況與技術水平

儘管在 IC 產業的設計、製造、封裝測試環節，內地已有一批重點企業，但內地對外地優質芯片的需求依然巨大。從進出口的情況來看，2021 年內地集成電路進口金額 4,325 億美元，同比增長 23.6%，讓芯片連續 5 年成為內地第一大進口商品，主要進口來源地包括台灣地區、韓國、日本、美國等，**反映行業的進口替代空間仍十分廣闊**。



資料來源：中國海關總署

內地的芯片進口替代率維持於較低水平，一定程度反映了在製造工藝上仍有較大的進步空間。以內地大型 IC 製造企業“中芯國際”為例，於 2020 年可生產的最先進製程為 12nm，而當年“台積電”已成為全球惟一有能力生產 5nm 芯片的企業。因此，即時當年內地“華為”以 5nm 製程設計了“麒麟 9000”芯片以搭載於一款旗艦手機中，該芯片仍需交由“台積電”作批量生產。

表 5：全球知名 IC 製造企業的工藝製程演化時間表

<table>
<tr><th>年份</th><th>2011</th><th>2012</th><th>2013</th><th>2014</th><th>2015</th><th>2016</th><th>2017</th><th>2018</th><th>2019</th><th>2020</th><th>2021</th><th>（單位：nm）</th></tr>
<tr><td>台積電</td><td colspan="3">28</td><td>20</td><td colspan="2">16</td><td>10</td><td colspan="2">7</td><td colspan="2">5</td></tr>
<tr><td>三星</td><td>32</td><td>28</td><td>20</td><td colspan="3">14</td><td colspan="2">10</td><td colspan="2">7</td><td>5</td></tr>
<tr><td>英特爾</td><td colspan="3">22</td><td colspan="5">14</td><td colspan="3">10</td></tr>
<tr><td>中芯國際</td><td colspan="2">40+</td><td colspan="2">40</td><td colspan="4">28</td><td>14</td><td colspan="2">12</td></tr>
<tr><td colspan="12">資料來源：華經產業研究院</td></tr>
</table>

3. 內地 IC 業的挑戰與機遇

內地 IC 業界積極加大研發投入力度，以期望在技術工藝等方面取得新突破，面臨一系列挑戰的同時，也迎來機遇。

3.1 挑戰

近年複雜的國際關係形勢，對 IC 產業的全球分工、技術交流，以及合作格局構成一定影響。特別是**美國先後把“中芯國際”、“華為”等一批科技企業列入“實體清單”（Entity List），更突出了內地 IC 產業的“卡脖子”問題。**

所謂的“實體清單”，是美國出口管制的一個重要手段，由美國商務部工業與安全局（Bureau of Industry and Security，簡稱 BIS）不定期將“不利美國國家安全”或“不利美國外交政策”的實體（包括企業、組織及個人）列入管制清單，相關實體在涉及美國產品與技術的出口、轉口和轉讓貿易等必須事先獲得美國商務部的許可。值得注意的是，美國商務部在處理申請許可時，一般採用“推定拒絕”（Presumption of Denial）原則，即推定應當拒絕發出許可證，除非申請人能夠提供促進推翻這一推定的證據。**因此，被列入清單的實體一般較難獲發許可證，基本上處於美國的技術封鎖狀態。**

美國“實體清單”能夠窒礙內地 IC 業發展，源自於美國在半導體上游供應鏈具掌控與壟斷優勢。包括在 **IC 設計環節**，是由程式語言編寫設計圖，需要使用大量事先做好、經反覆驗證、能完成特定功能的程式語言功能包，提供相關功能包的企業稱作 IP（Intellectual Property）供應商，在這方面，英國的 ARM、美國的“楷登電子”（Cadence）和“新思科技”（Synopsys）均為主要供應商；而編寫好程式碼後，需要使用 EDA 工具把程式碼轉為可視化的電路圖，Cadence 與 Synopsys 同時也是主流 EDA 工具供應商。至於**在 IC 製造環節**，涉及的工序更為繁多，需要用到光刻機、刻蝕機、離子注入機等多樣極為精密設備。於 2021 年第二季相關設備的十大生產商主營業務收入 230.6 億美元，當中美國企業佔比超過一半（50.9%），而其餘企業也需要美國技術的支持，尤其是荷蘭企業 ASML 製造的 EUV（極紫外光）光刻機是生產高階芯片的必要設備，便使用到多種美國技術配件。

表 6：2021 年第二季全球十大 IC 裝造設備生產商（按營業收入排名）

（單位：百萬美元）

序號	企業名稱	營業收入	所屬國家
1	AMAT（美國應用材料）	5,071	美國
2	ASML（阿斯麥）	4,834	荷蘭
3	Lam Research（拉姆研究）	4,145	美國
4	TEL（東京電子）	4,056	日本
5	KLA（科磊）	1,679	美國
6	Advantest（愛德萬測試）	899	日本
7	Teradyne（泰瑞達）	834	美國
8	Screen	643	日本
9	ASM International（ASM 國際）	495	荷蘭
10	ASM Pacific Technology（ASM 太平洋）	408	新加坡
總計：		23,064	--
美國企業總計：		11,729	--
資料來源：CINNO Research			

因此，**在“實體清單”的約束下，“中芯國際”等企業無法取得製造高端芯片所需的美國設備或技術，發展步伐受阻。而“華為”等企業被納入實體清單後，更可失去一些主流 IP 和 EDA 工具供應商的支持，增添了高端芯片的研發難度；儘管把芯片設計好，“台積電”、“三星”等企業也不可利用涉及美國設備或技術的生產線替其代工生產，芯片的量產進程也因而受到影響。**

3.2 機遇

2021 年 5 月 14 日，由中央政治局委員、國務院副總理劉鶴主持的“國家科技體制改革和創新體系建設領導小組第十八次會議”在北京召開，**期間專題討論了“後摩爾時代的集成電路潛在顛覆性技術”，揭示了內地 IC 產業的機遇**[3]。

一直以來，IC 產業的技術演化都依循“摩爾定律”（Moore’s Law），這不是數學或物理公式，而是由“英特爾”創始人之一 Gordon Moore 於 1965 年提出的一個預測，主要是基於 IC 工藝技術發展趨勢，晶體管越來越小，判斷芯片的電路數量每 18 個月翻一倍，芯片性能也因而提高一倍。

在 IC 產業的成長歷程中，“摩爾定律”得到充分印證，被視為金科玉律。但當前芯片製程已發展至 10nm 以下，最前沿的技術已可達至 5nm 或以下，**不少業界認為工藝已貼近物理極限，要把晶體管繼續縮小變得愈發困難，所需的資金投入更為龐大**。據估算[4]，生產 5nm 芯片的投資金額超過 150 億美元，分別是 14nm 和 28nm 芯片生產線投資額的 3 倍和 5 倍，回報與投入有機會不相稱。

對此，**國家科創體系建設領導小組會議認為，現時 IC 產業已進入“後摩爾時代”，會出現一批顛覆性技術**，不僅侷限於追求更細小的晶體管，而是從芯片架構設計、封裝技術等多方面着手，讓芯片更能配合實際應用需求，並在芯片效能與研發成本控制上取得更好平衡。

顛覆性技術的其中一個代表便是“異構集成”（Heterogeneous Integration，簡稱 HI）技術，該技術由“台積電”研發，已進入量產階段，原理是因應實際應用場景需求把不同功能的小芯片集成一塊芯片，每塊小芯片以合適的製程製作，不需追求最先進製程，經過整合集成後可發揮類似獨立系統的功能，完成較複雜的指令。

› 3: 參考資料：中央人民政府網站公佈訊息（http://www.gov.cn/guowuyuan/2021-05/14/content_5606512.htm）。
› 4: 參考華經產業研究院資料。

將來隨着更多類似的顛覆性技術出現，對有助減低對傳統固有技術的依賴，相信只要焦聚實際應用場景，加大研發力度，爭取找到技術突破點，可迎來發展新機遇。

4. 總結

總體而言，內地 IC 產業近年發展迅速，但對海外優質芯片的進口需求依然強勁，進口替代率維持於較低水平，一定程度反映了內地 IC 業的技術工藝仍有較大的進口空間。

立足於當前的“後摩爾時代”，更多顛覆性技術將出現，不侷限於在傳統固有技術上尋求進一步提升，而是可在更大範圍的新技術中尋找突破口，以實現高質量發展。

參考資料

- 中央人民政府國務院（2000年6月）：國發［2000］18號文。
- 中央人民政府國務院（2011年1月）：國發［2011］4號文。
- 太平洋證券（2020年1月）：半導體封測行業深度報告。
- 國金證券（2020年5月）：誰在美國“實體清單”當中—中美經貿系列報告（一）
- 中央人民政府國務院（2020年7月）：國發［2020］8號文
- 中央人民政府國務院（2021年9月）：《橫琴粵澳深度合作區建設總體方案》