

Estratégia Nacional para os Semicondutores

Portuguese Strategy for Semiconductors



Estratégia Nacional para os Semicondutores

Portuguese Strategy for Semiconductors

Aprovada no Conselho de Ministros
de 7 de dezembro de 2023

Publicada em "Diário da República" no dia
8 de janeiro de 2024 (Resolução n.º 12/2024)

2024-2027

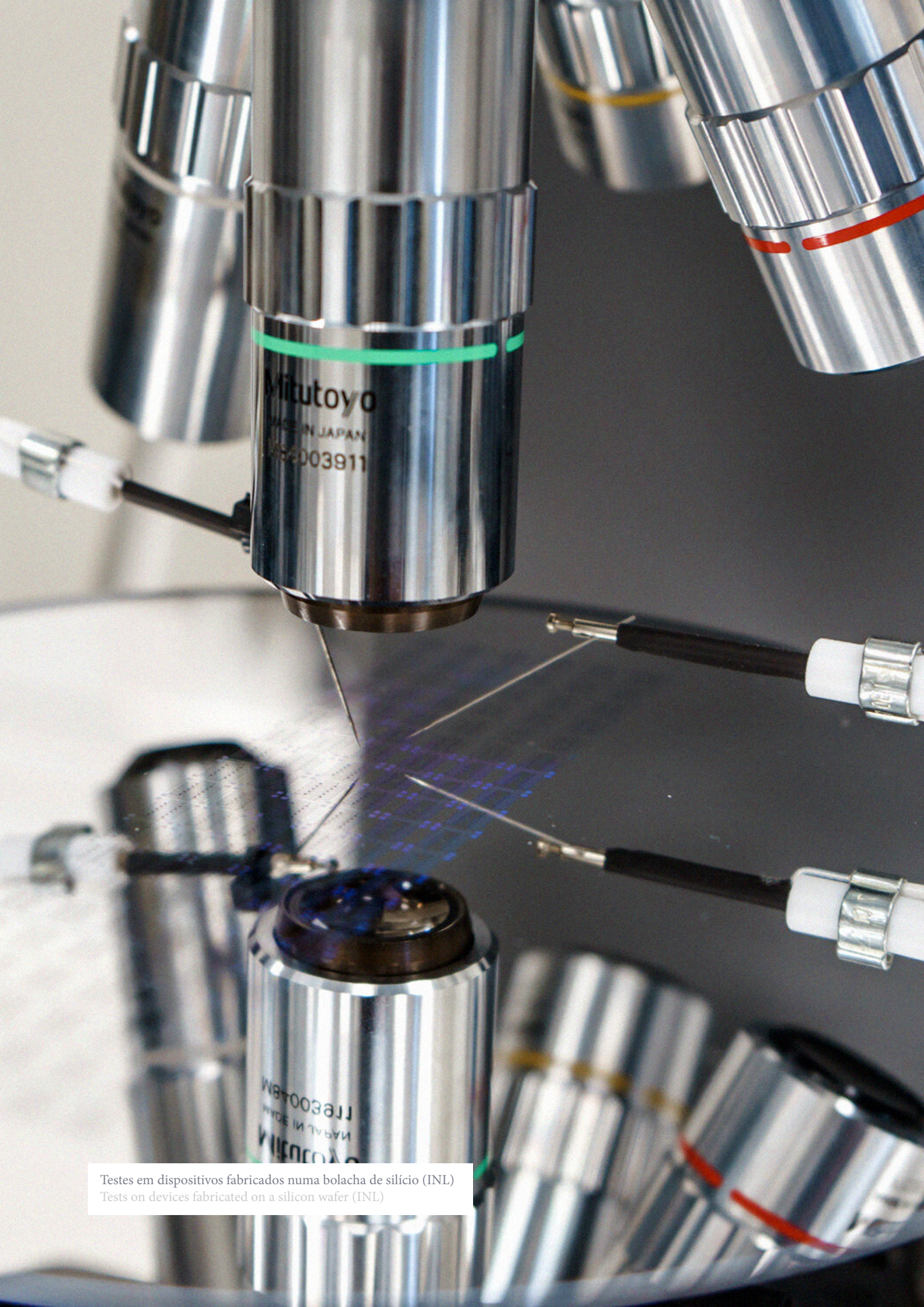




Sala limpa do Laboratório Ibérico Internacional de
Nanotecnologia (INL)
Cleanroom of the International Iberian Nanotechnology
Laboratory (INL)



Enquadramento e análise do setor	07	Framework and analysis of the sector	07
[a] Cadeia de valor	09	[a] Value chain	09
[b] Panorama europeu	12	[b] European panorama	12
Enquadramento do EU Chips Act	15	Framework of the EU Chips Act	15
[a] Pilar 1	15	[a] Pillar 1	15
[b] Pilar 2	17	[b] Pillar 2	16
[c] Pilar 3	18	[c] Pillar 3	18
Panorama nacional	19	National landscape	19
[a] Ao nível empresarial	19	[a] Industry and companies	19
[b] Ao nível da investigação, desenvolvimento, inovação e formação	22	[b] Research, development, innovation, and training	22
[c] Agenda da microeletrónica e parcerias internacionais	24	[c] Microelectronics agenda and international partnerships	24
Objetivos estratégicos	26	Strategic objectives	26
Eixos de intervenção	28	Axes of intervention	28
Eixo 1	28	Axis 1	28
Eixo 2	34	Axis 2	34
Eixo 3	37	Axis 3	37
Orçamento para execução da estratégia	43	Budget for the execution of the strategy	43



Testes em dispositivos fabricados numa bolacha de silício (INL)
Tests on devices fabricated on a silicon wafer (INL)

01.

Enquadramento e análise do setor

A microeletrónica refere-se ao domínio da eletrónica e da tecnologia que trata da conceção, desenvolvimento e aplicação de componentes eletrónicos e circuitos integrados, coloquialmente chamados “chips”, normalmente fabricados à micro e nano escala, utilizando como elemento central materiais semicondutores, como por exemplo o silício, dando assim nome a esta indústria. Esta tecnologia permite a criação de sistemas e dispositivos eletrónicos complexos com um elevado nível de integração e miniaturização, capazes de capturar, armazenar e processar informação, sendo ela a base dos microprocessadores, chips de memória e vários sensores utilizados numa vasta gama de aplicações, desde a eletrónica de consumo às telecomunicações, dispositivos médicos, sector automóvel, agricultura inteligente, energia, cidades inteligentes, defesa, espaço, educação e entretenimento.

Estes dispositivos têm impacto não só no desempenho computacional, mas também na segurança e na eficiência energética, com uma ênfase crescente na segurança dos sistemas ligados. As indústrias dependem cada vez mais da tecnologia de semicondutores para se manterem competitivas, com algumas empresas a conceberem os seus próprios chips e a adquirirem conhecimentos especializados na área. Os investimentos em tecnologia de semicondutores não dizem respeito apenas à indústria em si, mas também ao seu papel

Framework and analysis of the sector

Microelectronics refers to the field of electronics and technology that deals with the design, development, and application of electronic components and integrated circuits, informally called “chips”, usually manufactured on a micro and nano scale, using semiconductor materials such as silicon as the central element, thus giving this industry its name. This technology enables the creation of complex electronic systems and devices with a high level of integration and miniaturization, capable of capturing, storing, and processing information, and is the basis of microprocessors, memory chips, and various sensors used in a wide range of applications, from consumer electronics to telecommunications, medical devices, the automotive sector, smart agriculture, energy, smart cities, defense, space, education, and entertainment.

These devices have an impact not only on computing performance but also on security and energy efficiency, with a growing emphasis on the security of connected systems. Industries increasingly rely on semiconductor technology to remain competitive, with some companies designing their own chips and acquiring expertise in the field. Investments in semiconductor technology are not just about the industry itself, but also about its fundamental role in economic competitiveness, national security, and meeting society's challenges.

fundamental na competitividade económica, na segurança nacional e na resposta aos desafios da sociedade.

Recentemente, as cadeias de abastecimento de semicondutores sofreram vastas perturbações, impulsionadas pela pandemia de COVID-19, levando, por um lado, ao abrupto aumento da procura de dispositivos eletrónicos, e por outro, ao encerramento e paragem de fábricas especializadas, à disrupção das redes logísticas e à escassez de matérias-primas críticas. Notoriamente, o sector automóvel europeu foi largamente afetado por estas disrupções, com vários fabricantes a reduzirem consideravelmente o seu volume de produção devido à falta de chips. O historial de externalização do mercado de semicondutores para o Extremo Oriente, em particular na produção, montagem e teste de dispositivos, juntamente com a tensão geopolítica mundial emergente, vieram salientar a fragilidade da cadeia de valor e os efeitos da centralização de capacidade de produção em determinadas regiões.

Recently, semiconductor supply chains have suffered major disruptions, driven by the COVID-19 pandemic, leading, on the one hand, to an abrupt increase in demand for electronic devices, and on the other, to the closure and shutdown of specialized factories, the disruption of logistics networks and the shortage of critical raw materials. Notably, the European automotive sector has been largely affected by these disruptions, with several manufacturers considerably reducing their production volume due to a shortage of chips. The history of outsourcing the semiconductor market to the Far East, particularly in the production, assembly and testing of devices, together with the emerging global geopolitical tension, have highlighted the fragility of the value chain and the effects of centralizing production capacity in certain regions.

[a] Cadeia de valor

A cadeia de valor dos semicondutores é um ecossistema altamente intrincado e multifacetado que engloba um vasto espectro de processos e intervenientes. Cada etapa da cadeia de valor envolve numerosas interdependências e complexidades, exigindo conhecimentos altamente especializados e extensa investigação, desenvolvimento e coordenação. De um modo geral, a cadeia de valor pode ser dividida em quatro grandes áreas, nomeadamente o desenho dos chips, a fabricação, o encapsulamento, montagem e teste, e a distribuição e vendas.

O desenho dos chips é um processo complexo que se inicia com a conceptualização do circuito, mediante o seu propósito. Durante esta fase, engenheiros e designers identificam as funções específicas que o chip deve desempenhar, tendo em consideração a aplicação desejada, seja para processamento lógico, processamento gráfico, aplicações para memória ou outros circuitos integrados especializados. Definidas as especificações do sistema, os designers determinam a estrutura e desenho lógico do chip, definindo como os diferentes componentes e módulos interagirão, especificando como serão conectados para executar diversas operações. Nesta fase, a verificação lógica é crucial, envolvendo simulações para garantir a funcionalidade inicial. A última etapa é a conceção física, na qual os designers mapeiam o desenho lógico para a disposição física do chip, determinando a posição precisa dos componentes e interligações, otimizando fatores como integridade do sinal, consumo de energia e dissipação de calor. O desenho atravessa um extenso processo de verificação antes de ser enviado para fabricação. As empresas de design podem ser, geralmente, divididas em entidades dedicadas à conceção de blocos de propriedade intelectual, posteriormente licenciados a terceiros, ou em empresas *fabless*, que desenham e comercializam os seus próprios chips sem possuir instalações fabris próprias, enviando os seus



Processos de encapsulamento de semicondutores na ATEP Amkor
Semiconductor packaging processes at ATEP Amkor

[a] Value chain

The semiconductor value chain is a highly intricate and multifaceted ecosystem that encompasses a wide range of processes and players. Each stage of the value chain involves numerous interdependencies and complexities, requiring highly specialized knowledge and extensive research, development, and coordination. Generally speaking, the value chain can be divided into four main areas, namely chip design, manufacturing, packaging, assembly and testing, and distribution and sales.

Chip design is a complex process that begins with the conceptualization of the circuit, based on its purpose. During this phase, engineers and designers identify the specific functions that the chip must perform, taking into account the desired application, be it for logic processing, graphics processing, memory applications or other specialized integrated circuits. Once the system specifications have been defined, the designers determine the structure and logical design of the chip, defining how the different components and modules will interact, specifying how they will be connected to perform various operations. At this stage, logic verification is crucial, involving simulations to ensure initial functionality. The last stage is physical design, in which designers map the logical

desenhos para serviços especializados de fabricação. Note-se ainda que todo o processo de desenho de chips está vastamente dependente de software de desenho especializado, denominado Electronic Design Automation Tools (EDA).

No que toca à fabricação, o desenho do chip é transferido para as bolachas de silício através de complexos processos de litografia, etching, dopagem e deposição de materiais, desenvolvidos em fábricas dedicadas, conhecidas por fabs, através de processos denominados front-end. Estas fábricas dedicam-se, normalmente, a processos específicos, determinados pelo nível tecnológico (nó de processo ou "node"), que apesar de ser expresso em nanómetros, não reflete as dimensões reais dos componentes em questão, mas sim o grau de complexidade e capacidade de operação do chip. A fabricação é a área que requer o maior nível de investimento, podendo uma só fábrica dedicada a nodes mais avançados (5 a 3 nanómetros) ultrapassar os 10 mil milhões de euros. Note-se, no entanto, que para a grande maioria das aplicações, especialmente aquelas com requisitos de desempenho menos rigorosos, os chips podem ser fabricados com recurso a nós de processo maiores, proporcionando custos de fabrico mais baixos, melhores taxas de rendimento e processos de fabrico mais simples.

A fabricação de chips envolve ainda a utilização de uma vasta gama de matérias-primas, incluindo bolachas (wafers) de silício, materiais isolantes, semicondutores e metálicos, químicos e gases especializados, assim como equipamento avançado. A conjugação da dependência destes materiais críticos e a sua distribuição geográfica, tanto em termos da localização dos recursos naturais como dos métodos industriais especializados que os processam, levou a uma interdependência crescente a nível mundial. Exemplos da elevada interdependência entre regiões torna-se evidente quando cerca de 70 % da produção de silício está localizado na China e a produção de

design onto the physical layout of the chip, determining the precise position of components and interconnections, optimizing factors such as signal integrity, power consumption and heat dissipation. The design goes through an extensive verification process before being sent for manufacture. Design companies can generally be divided into entities dedicated to designing intellectual property blocks, which are then licensed to third parties, or fabless companies, which design and market their own chips without having their own manufacturing facilities, sending their designs to specialized manufacturing services. It should also be noted that the entire chip design process is largely dependent on specialized design software, called Electronic Design Automation Tools (EDA).

When it comes to manufacturing, the chip design is transferred to the silicon wafers through complex processes of lithography, etching, doping and deposition of materials, developed in dedicated factories, known as fabs, through processes called front-end. These fabs are usually dedicated to specific processes, determined by the technological level (process node), which, although expressed in nanometres, does not reflect the actual dimensions of the components in question, but rather the degree of complexity and operating capacity of the chip. Manufacturing is the area that requires the greatest level of investment, and a single factory dedicated to the most advanced nodes (5 to 3 nanometres) can exceed 10 billion euros. It should be noted, however, that for most applications, especially those with less stringent performance requirements, chips can be manufactured using larger process nodes, providing lower manufacturing costs, better yield rates and simpler manufacturing processes.

Chip manufacturing also involves the use of a wide range of raw materials, including silicon wafers, insulating, semiconducting and metallic materials, specialized chemicals and gases, as well as advanced equipment. The combination

bolachas de silício e químicos para litografia é dominada pelo Japão. Para além, da interdependência ligada às matérias-primas, é ainda identificada uma enorme dependência a nível de produção de ferramentas e processos críticos, onde, por exemplo, o software utilizado para o desenho de chips é maioritariamente detido e desenvolvido por empresas americanas, o equipamento mais avançado de litografia é exclusivamente concebido na Holanda e cerca de 90 % da produção de chips mais avançado estar centralizada em Taiwan.

Fabricado o chip, o processo de encapsulamento, montagem e teste do mesmo é conduzido, ou pela fábrica que produziu o chip, denominadas Integrated Device Manufacturer (IDM) ou em fábricas dedicadas, conhecidas como Outsource Semiconductor Assembly and Test (OSAT), em processos denominados back-end. Nesta fase, as bolachas de silício, já com os circuitos integrados, são cortadas em pequenos chips, denominados “dies”, que são fixados de forma organizada num substrato. Os dies são conectados eletricamente, através de um diverso número de técnicas especializadas, que permitirão a sua conexão com outros componentes, possibilitando a posterior integração no produto final. Os dies são encapsulados, proporcionando proteção ambiental, física e assegurando a integridade estrutural do chip, atravessando depois um vasto número de testes e verificações antes de serem enviados para o cliente final.

Considerando o exigente grau tecnológico destas tecnologias, torna-se crucial uma interação recorrente entre o desenho, a fabricação e a montagem, encapsulamento e teste, notoriamente com o crescente interesse em soluções como o encapsulamento heterogéneo e tecnologias chiplet, conceitos modulares onde um único chip contém no seu interior diversos chips interligados, maximizando a performance e especialização de dispositivos futuros.

Finalmente, os chips são integrados na cadeia de fornecimento para distribuição aos

of dependence on these critical materials and their geographical distribution, both in terms of the location of natural resources and the specialized industrial methods that process them, has led to increasing interdependence worldwide. Examples of the high interdependence between regions are evident when around 70% of silicon production is in China and the production of silicon wafers and lithography chemicals is dominated by Japan. In addition to the interdependence linked to raw materials, a huge dependence on the production of critical tools and processes is also identified, where, for example, the software used for chip design is mostly owned and developed by American companies, the most advanced lithography equipment is exclusively designed in the Netherlands and around 90% of the most advanced chip production is centralized in Taiwan.

Once the chip has been manufactured, the process of encapsulating, assembling and testing is carried out either by the factory that produced the chip, known as Integrated Device Manufacturer (IDM), or in dedicated factories, known as Outsource Semiconductor Assembly and Test (OSAT), in processes known as back-end. At this stage, the silicon wafers, already containing the integrated circuits, are cut into small chips, called “dies”, which are fixed in an organized manner on a substrate. The dies are electrically connected using several specialized techniques, which will allow them to be connected to other components, enabling subsequent integration into the final product. The dies are encapsulated, providing environmental and physical protection, and ensuring the chip's structural integrity, after which they undergo a vast number of tests and checks before being sent to the end customer.

Considering the demanding technological level of these technologies, a recurring interaction between design, manufacturing and assembly, packaging and testing becomes crucial, especially with the growing interest in solutions such as heterogeneous packaging and chiplet technologies, modular concepts

fabricantes de equipamento original (OEM) e outros clientes. A logística adequada e a gestão de inventário são cruciais para garantir que os chips estão prontamente disponíveis para utilização em dispositivos eletrônicos, tais como computadores, smartphones e sistemas automóveis.

where a single chip contains several interconnected chips, maximizing the performance and specialization of future devices.

Finally, the chips are integrated into the supply chain for distribution to original equipment manufacturers (OEMs) and other customers. Proper logistics and inventory management are crucial to ensure that the chips are readily available for use in electronic devices such as computers, smartphones, and automotive systems.



Processos de litografia na ATEP Amkor
Lithography processes at ATEP Amkor

[b] Panorama europeu

Em termos do seu papel na cadeia de valor e de abastecimento global do setor de semicondutores, a Europa destaca-se na investigação e desenvolvimento (I&D) e no fornecimento de materiais especializados, produtos químicos e equipamento avançado. Alguns processos avançados de fabrico de bolachas, como os que utilizam equipamento de litografia Extreme Ultraviolet (EUV) da ASML, empresa sediada na Holanda, dependem inteiramente de tecnologia desenvolvida em solo europeu.

[b] Value chain

In terms of its role in the global value and supply chain of the semiconductor sector, Europe stands out in research and development (R&D) and in the supply of specialized materials, chemicals and advanced equipment. Some advanced wafer manufacturing processes, such as those using Extreme Ultraviolet (EUV) lithography equipment from ASML, a company based in the Netherlands, rely entirely on technology developed on European soil. Europe also has leading wafer manufacturers

A Europa possui ainda fabricantes de bolachas líderes nos mercados automóvel e da automação industrial, detendo quotas de mercado substanciais a nível mundial. No entanto, apesar destes pontos fortes, existem lacunas e dependências notáveis em áreas críticas da cadeia de abastecimento, em especial, no que toca à propriedade intelectual (PI) e ferramentas para desenhar chips, tendo a quota de mercado europeu ter diminuído de 4% em 2010 para menos de 1% atualmente, para atividade de empresas fabless.

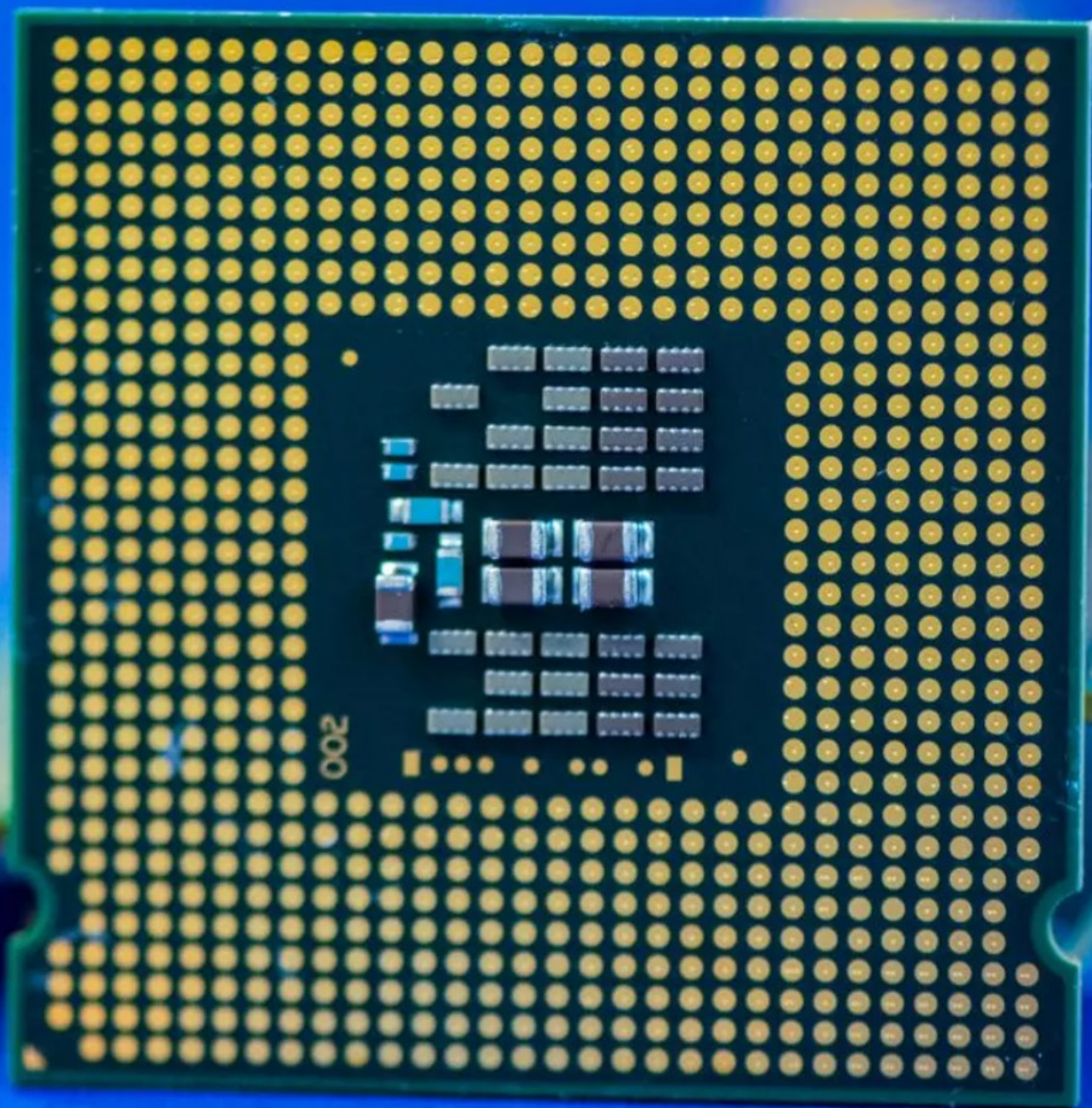
A Europa alberga mais de 50 fábricas de semicondutores, distribuídas por vários Estados-Membros, onde a maioria possui capacidade produtiva em nós maduros e em bolachas com uma dimensão de 150 mm e 200 mm. Existe um número limitado de fábricas que dispõe de capacidade de processar bolachas de 300 mm, o standard industrial, como é o caso da Intel em Leixlip (Irlanda), a GlobalFoundries em Dresden (Alemanha) e a ST Microelectronics em Crolles (França). Nesta área, a fabricação de chips encontra-se vastamente concentrada na Ásia, com uma grande porção das receitas de mercado a serem capitalizadas em Taiwan, Coreia do Sul e China. A mesma situação é observada para o encapsulamento, montagem e teste, estando os processos mais avançados concentrados na Coreia do Sul e China, enquanto processos standard terem vindo, ao longo dos anos, a ser instalados no Sudeste Asiático, detendo a Europa cerca de 5% das receitas de mercado.

Por último, o vibrante ecossistema europeu de start-ups e PMEs está espalhado por vários Estados-Membros, mas as dificuldades de acesso a capitais próprios e de risco têm vindo a impedir perspectivas de crescimento acelerado, especialmente para as empresas produtoras de chips, que enfrentam desafios na obtenção de financiamento que suporte o longo processo de demonstração tecnológica até à comercialização de produtos neste setor.

in the automotive and industrial automation markets, holding substantial market shares worldwide. However, despite these strengths, there are notable gaps and dependencies in critical areas of the supply chain, particularly intellectual property (IP) and chip design tools, and the European market share has shrunk from 4% in 2010 to less than 1% today for fabless companies.

Europe is home to more than 50 semiconductor factories, spread across several Member States, most of which have production capacity on mature nodes and on 150 mm and 200 mm wafers. There are a limited number of factories that have the capacity to process 300 mm wafers, the industry standard, such as Intel in Leixlip (Ireland), GlobalFoundries in Dresden (Germany) and ST Microelectronics in Crolles (France). In this area, chip manufacturing is largely concentrated in Asia, with a large portion of market revenues being capitalized in Taiwan, South Korea and China. The same situation is observed for packaging, assembly and test, with the most advanced processes concentrated in South Korea and China, while standard processes have been installed in South-East Asia over the years, with Europe holding around 5% of market revenues.

Finally, Europe's vibrant ecosystem of start-ups and SMEs is spread across several Member States, but difficulties in accessing equity and venture capital have been hampering prospects for accelerated growth, especially for chip companies, which face challenges in obtaining financing to support the long process of technological demonstration through to the commercialization of products in this sector.



002

02.

Enquadramento do Regulamento dos Circuitos Integrados

É neste contexto que a UE lança, em 2023, o Regulamento dos Circuitos Integrados, com o intuito de recuperar capacidades que vão da conceção à produção e montagem de chips, permitindo recuperar o gradual declínio da sua quota de mercado no setor de semicondutores.

O Regulamento dos Circuitos Integrados está organizado em três pilares de ação:

[a] **Pilar 1 (Chips for Europe Initiative)**, que visa o desenvolvimento e construção de infraestruturas em sinergia com atividades de investigação, desenvolvimento e inovação e o apoio a start-ups, PME e grandes empresas.

De modo a executar o Pilar 1, o Regulamento da Parceria Chips JU foi implementado e reforçado através de um aumento significativo no que diz respeito aos objetivos e orçamento para o período 2021-2027, comparativamente à anterior parceria, a Key Digital Technologies Joint Undertaking (KDT JU). A Chips JU dá assim continuidade aos objetivos desta parceria, sendo alargado para englobar as seguintes ferramentas e programas:

- i. Rede de Centros de Competências nacionais de semicondutores, dinamizando o acesso às infraestruturas da Chips JU, contribuindo

Framework of the EU Chips Act

It is in this context that the EU launched the EU Chips Act in 2023, with the aim of recovering capacities ranging from the design to the production and assembly of chips, making it possible to recover the gradual decline of its market share in the semiconductor sector.

The EU Chips Act is organized into three pillars of action:

[a] **Pillar 1 (Chips for Europe Initiative)**, which aims to develop and build infrastructures in synergy with research, development and innovation activities and to support start-ups, SMEs and large companies.

In order to implement Pillar 1, the Chips JU Partnership Regulation has been implemented and strengthened through a significant increase in objectives and budget for the 2021-2027 period, compared to the previous partnership, the Key Digital Technologies Joint Undertaking (KDT JU). The Chips JU thus continues the objectives of this partnership, being extended to encompass the following tools and programs:

- i. Network of national semiconductor competence centers, boosting access to Chips JU infrastructures, contributing to the creation of skills in the semiconductor area, the transfer of knowledge and technology and

para a criação de competências na área de semicondutores, para a transferência de conhecimento e tecnologia e para o contacto entre entidades participantes da parceria.

ii. Plataforma de Design, oferecendo acesso facilitado às diferentes ferramentas de desenho (EDA), bibliotecas de propriedade intelectual, ferramentas de standardização e outros recursos, para entidades públicas e privadas em solo europeu;

iii. Linhas Piloto, com diferentes níveis de maturidade tecnológica, mas tendencialmente com vista à industrialização à escala europeia através do teste, experimentação, prototipagem e validação de novos dispositivos eletrónicos, com o lema “do laboratório para a fábrica” (lab-to-fab). O Regulamento dos Circuitos Integrados identifica desde logo três áreas de atuação, para as quais se poderão constituir três linhas piloto a nível europeu: novos materiais semicondutores, integração heterogénea e encapsulamento avançado, tecnologias FD-SOI (Fully-Depleted Silicon-on-Insulator) com processos para além dos 10 nm e nós avançados através de processos para além dos 2 nm.

iv. Quantum, visando o desenvolvimento de capacidade de investigação e desenvolvimento no desenvolvimento de chips quânticos, bem como de algoritmos e software para chips quânticos e a sua interface com tecnologias computacionais convencionais.

v. Chips Fund, um novo mecanismo financeiro implementado através de instrumentos do European Investment Fund e do European Innovation Council, na forma de capitais próprios (“equity”) e empréstimos para apoiar o crescimento de start-ups, PME e mid-caps.

vi. Os objetivos originalmente definidos na KDT JU, assegurando continuidade das atividades à luz da Agenda Estratégica de I&I (ECS SRIA) definida pelos Membros Privados da Chips JU.

contact between entities participating in the partnership.

ii. Design Platform, offering easy access to the different design tools (EDA), intellectual property libraries, standardization tools and other resources, for public and private entities on European soil;

iii. Pilot Lines, with different levels of technological maturity, but with a view to industrialization on a European scale through testing, experimentation, prototyping and validation of new electronic devices, with the motto “from the laboratory to the factory” (lab-to-fab). The EU Chips Act identifies three areas of action, for which three pilot lines could be set up at European level: new semiconductor materials, heterogeneous integration and advanced packaging, FD-SOI (Fully-Depleted Silicon-on-Insulator) technologies with processes beyond 10 nm and advanced nodes through processes beyond 2 nm.

iv. Quantum, aimed at developing research and development capacity in the development of quantum chips, as well as algorithms and software for quantum chips and their interface with conventional computing technologies.

v. Chips Fund, a new financial mechanism implemented through instruments of the European Investment Fund and the European Innovation Council, in the form of equity and loans to support the growth of start-ups, SMEs and mid-caps.

vi. The objectives originally defined in the KDT JU, ensuring continuity of activities in the light of the Strategic R&I Agenda (ECS SRIA) defined by the Private Members of the Chips JU.

[b] Pillar 2, dedicated to increasing the security and resilience of supply chains.

To encourage the creation of the necessary manufacturing capacities on European soil,

[b] Pilar 2, dedicado ao aumento da segurança e resiliência das cadeias de fornecimento.

A fim de incentivar a criação das capacidades necessárias de fabrico em solo europeu, o Pilar 2 do Regulamento dos Circuitos Integrados define dois possíveis modelos: “Open EU foundries”, que visam oferecer capacidade de produção a outras empresas, e “Integrated production facilities”, que produzem para os seus próprios fins comerciais e podem integrar no seu modelo empresarial outras etapas da cadeia de valor para além do fabrico, como o desenho e a venda de produtos.

Independentemente do modelo, novas fábricas deverão fornecer capacidades de fabrico de semicondutores, de produção de equipamento ou de componentes essenciais para esse equipamento, predominantemente utilizados no fabrico de semicondutores, que sejam pioneiras na UE e contribuam para a segurança do aprovisionamento disponível e para a resiliência do ecossistema de semicondutores no mercado interno europeu. Entende-se por “pioneira” o facto de trazer um elemento inovador para o mercado interno, no que diz respeito aos processos de fabrico ou ao produto final, que pode ser baseado em nós tecnológicos novos ou já existentes. Os elementos de inovação relevantes podem dizer respeito ao nó tecnológico, ao material da bolacha, a abordagens que conduzam a melhorias na capacidade de computação ou noutros atributos de desempenho, como a eficiência energética, o nível de segurança, segurança ou fiabilidade, bem como a integração de novas funcionalidades, como a IA, a capacidade de memória, entre outras. A integração de diferentes processos que levam a ganhos de eficiência, ou a automatização de atividades de encapsulamento, montagem e teste são também exemplos de inovação. No que respeita aos ganhos ambientais, os elementos de inovação incluem a redução, de forma quantificável, da quantidade de energia, água ou produtos químicos utilizados, ou a melhoria da reciclabilidade. Uma vez mais, estes elementos de inovação podem aplicar-se

Pillar 2 of the EU Chips Act defines two possible models: “Open EU foundries”, which aim to offer production capacity to other companies, and “Integrated production facilities”, which produce for their own commercial purposes and can integrate other stages of the value chain beyond manufacturing, such as product design and sales, into their business model.

Irrespective of the model, new fabrication facilities (fabs) should possess advanced capabilities for semiconductor manufacturing, equipment production, or the production of essential components predominantly used in semiconductor manufacturing. These capabilities should be at the forefront of innovation in the EU, aiming to strengthen the security of the available supply and enhance the resilience of the semiconductor ecosystem within the European internal market. Pioneering means bringing an innovative element to the internal market, in terms of manufacturing processes or the final product, which can be based on new or existing technology nodes. The relevant innovation elements can concern the technology node, the wafer material, approaches that lead to improvements in computing power or other performance attributes, such as energy efficiency, the level of security, safety or reliability, as well as the integration of new functionalities, such as AI, memory capacity, among others. The integration of different processes leading to efficiency gains, or the automation of packaging, assembly and testing activities are also examples of innovation. With regards to environmental gains, elements of innovation include quantifiably reducing the amount of energy, water or chemicals used, or improving recyclability. Again, these elements of innovation can apply to both mature technological nodes and cutting-edge technological nodes.

It is strictly stated that, for an industrial project to fall under Pillar 2, the type of innovation it brings cannot already be substantially present or committed to being developed in the EU.

tanto a nós tecnológicos maduros como a nós tecnológicos de ponta.

É estritamente indicado que, para um projeto industrial se enquadrar no Pilar 2, o tipo de inovação que traz não pode estar já substancialmente presente ou comprometida a ser desenvolvida na UE.

[c] Pilar 3, dedicado à monitorização e resposta a crises.

Criação de um sistema de monitorização e resposta a crises para antecipar a escassez de abastecimento de semicondutores (chips, equipamentos, materiais críticos) e dar respostas em caso de crise, através de ações conjuntas de intercâmbio de informações e de coordenação, de sistemas de alerta antecipado para detetar problemas de stock, de métodos de estimativa da procura liderados pela indústria, e da melhoria da compreensão do panorama mundial. Para assegurar a execução eficiente do Pilar 3, será criado o European Semiconductor Board (ESB), que dará continuidade às atividades do European Semiconductor Expert Group. Os trabalhos deste Pilar serão ainda largamente conjugados com parceiros estratégicos fora da UE.

[c] Pillar 3, dedicated to crisis monitoring and response.

Creation of a crisis monitoring and response system to anticipate semiconductor supply shortages (chips, equipment, critical materials) and respond in the event of a crisis, through joint information exchange and coordination actions, early warning systems to detect stock problems, industry-led demand estimation methods, and improved understanding of the global outlook. To ensure the efficient implementation of Pillar 3, the European Semiconductor Board (ESB) will be created, which will continue the activities of the European Semiconductor Expert Group. The work of this Pillar will also be largely combined with strategic partners outside the EU.

03.

Panorama nacional

O ecossistema industrial e panorama de investigação e desenvolvimento na área da microeletrónica e semicondutores em Portugal foi detalhadamente analisado com recurso ao contacto direto com as respetivas comunidades, ao Workshop organizada durante o Encontro Ciência 2023, dedicado à discussão da presente Estratégia, bem como ao mapeamento prévio desenvolvido pela Agência para o Investimento e Comércio Externo de Portugal (AICEP) e a Direção Geral das Atividades Económicas (DGAE).

[a] Ao nível empresarial

De um modo geral, foi identificada uma forte presença empresarial especialmente direcionado às áreas do desenho de chips e encapsulamento avançado.

Portugal conta com mais de 30 anos de experiência no desenvolvimento da microeletrónica, fomentada por uma excelente formação universitária, por start-ups reconhecidas a nível mundial e por centros dedicados de carácter internacional. O conhecimento acumulado na conceção e desenho de circuitos integrados, em particular circuitos analógicos e de modo misto, consolidado ao longo deste período, permitiu atrair um volume significativo de investimento estrangeiro, atraindo várias mul-

National landscape

The industrial ecosystem and research and development panorama in microelectronics and semiconductors in Portugal was analyzed in detail using direct contact with the respective communities, also through the Workshop organized during the Science 2023 Meeting, dedicated to the discussion of this Strategy, as well as the previous mapping developed by the Agency for Investment and Foreign Trade of Portugal (AICEP) and the General Directorate of Economic Activities (DGAE).

[a] Industry and companies

In general, a strong business presence was identified, especially in the areas of chip design and advanced packaging.

Portugal has more than 30 years of experience in the development of microelectronics, fostered by excellent university education, world-renowned start-ups and dedicated international centers. The accumulated knowledge in the conception and design of integrated circuits, in particular analog and mixed-mode circuits, consolidated over this period, has made it possible to attract a significant volume of foreign investment, attracting several multinationals, such as Synopsys, Renesas, Aurase-mi, Nanopower and, more recently, Monolithic

tinacionais, como é o exemplo da Synopsys, Renesas, Aurasemi, Nanopower e, mais recentemente, a Monolithic Power Systems e AMD/Xilinx. Ao longo deste tempo, o ecossistema de start-ups portuguesas foi também crescendo, contando neste momento com sete empresas, entre elas a SiliconGate, PICadvanced, PETsys Electronics, Powertools Technologies, Koala Tech, IOBundle e IPblop. No seu todo, o ecossistema emprega cerca de 600 pessoas, focando-se nas mais diversas áreas, passando por módulos de gestão de energia, protocolos de comunicação, conversores de dados, interfaces para sensores e atuadores, ferramentas de desenho personalizadas, circuitos integrados reconfiguráveis e circuitos fotónicos integrados.

Na área do encapsulamento, montagem, montagem e teste de chips, Portugal conta com a presença da ATEP Amkor, empresa situada em Vila do Conde, a única OSAT dedicada a encapsulamento avançado de alto volume na Europa, suportando toda a cadeia de valor, desde o desenho até à implementação de múltiplas soluções tecnológicas, servindo principalmente o mercado automóvel, de telecomunicações e de segurança. A ATEP Amkor conta com 750 colaboradores, dos quais 200 são engenheiros, e instalações compostas por áreas técnicas e sociais de 36 900 m² e uma sala limpa de 20 600 m², dedicando-se ao encapsulamento e teste de chips em alto volume e à investigação e desenvolvimento na área. Os serviços oferecidos pela ATEP Amkor incluem várias técnicas de Wafer Level Packaging, incluindo Wafer Level Chip Scale Packaging, Wafer Level Fan-out e sistemas microeletromecânicos (MEMS) e sensores em Wafer Level, bem como uma nova linha de Flip Chip Ball Grid Array (FCBGA). O plano de crescimento passa pelo desenvolvimento de novas linhas dedicadas a técnicas avançadas de encapsulamento e montagem de alta densidade e em formato de painel, oferecendo maior eficiência de processo, à integração de sensores e encapsulamento heterogéneo, possibilitando a integração de vários módulos interligados no interior de um só chip, e a

Power Systems and AMD/Xilinx. Over this time, the Portuguese start-up ecosystem has also grown, and currently has seven companies, including SiliconGate, PICadvanced, PETsys Electronics, Powertools Technologies, Koala Tech, IOBundle and IPblop. The ecosystem employs around 600 people and focuses on a wide range of areas, including power management modules, communication protocols, data converters, interfaces for sensors and actuators, customized design tools, reconfigurable integrated circuits and integrated photonic circuits.

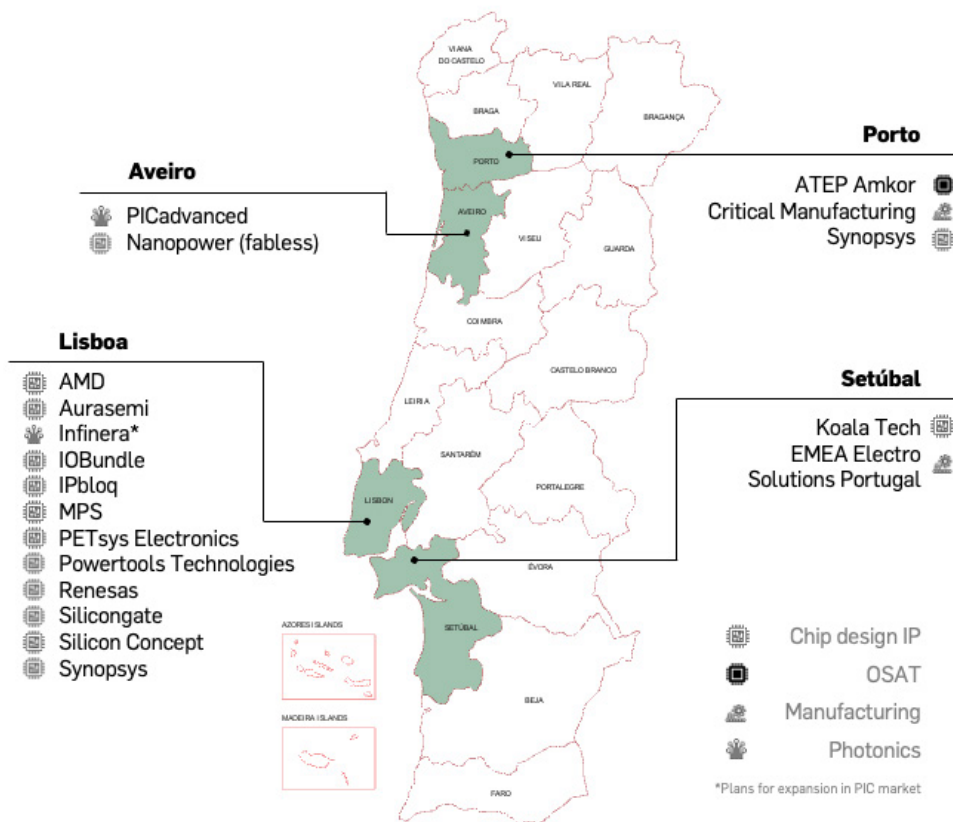
In the area of chip packaging, assembly, assembly and testing, Portugal has the presence of ATEP Amkor, a company located in Vila do Conde, the only OSAT dedicated to advanced high-volume packaging in Europe, supporting the entire value chain, from design to implementation of multiple technological solutions, mainly serving the automotive, telecommunications and security markets. ATEP Amkor has 750 employees, 200 of whom are engineers, and facilities comprising technical and social areas of 36,900 m² and a clean room of 20,600 m², dedicated to high-volume chip packaging and testing and to research and development in the field. The services offered by ATEP Amkor include various Wafer Level Packaging techniques, including Wafer Level Chip Scale Packaging, Wafer Level Fan-out and microelectromechanical systems (MEMS) and sensors in Wafer Level, as well as a new Flip Chip Ball Grid Array (FCBGA) line. The growth plan includes the development of new lines dedicated to advanced high-density packaging and assembly techniques in panel format, offering greater process efficiency, the integration of sensors and heterogeneous packaging, making it possible to integrate several interconnected modules within a single chip, and power modules based on emerging materials other than silicon, for high-power devices, which are extremely important for electric vehicles and renewable technologies.

As for the development of equipment, tools, and subsystems relevant to the semiconductor

módulos de potência baseados em materiais emergentes para além do silício, para dispositivos de alta potência, de extrema importância para veículos elétricos e tecnologias renováveis.

Quanto ao desenvolvimento de equipamentos, ferramentas e subsistemas relevantes para o setor de semicondutores, a Critical Manufacturing dedica-se a capacitar os fabricantes de produtos complexos e de alta tecnologia com sistemas de execução e inteligência de fabrico, que rastreia, documenta e fornece informações para a gestão das condições na linha de produção, otimizando a sua eficiência. A empresa atua nos setores do fabrico de semicondutores, montagem de dispositivos eletrónicos, fabrico de dispositivos médicos e fabrico de produtos discretos. Adicionalmente, a EMEA Electro Solutions desenvolve equipamento para processos back-end de semicondutores, permitindo o ensaio/aprovação de processos de fabrico, a escolha de materiais e a produção de protótipos em colaboração com fabricantes de equipamento.

sector, the company Critical Manufacturing is dedicated to empowering manufacturers of complex, high-tech products with manufacturing execution and intelligence systems, which track, document and provide information for managing conditions on the production line, optimizing their efficiency. Critical Manufacturing operates in the area of semiconductor manufacturing, electronic device assembly, medical device manufacturing and discrete product manufacturing sectors. In addition, EMEA Electro Solutions develops equipment for semiconductor back-end processes, enabling the testing/approval of manufacturing processes, the choice of materials and the production of prototypes in collaboration with equipment manufacturers.



[b] Ao nível da investigação, desenvolvimento, inovação e formação

Portugal conta ainda com uma rede de entidades dedicadas à investigação e desenvolvimento, atuando em áreas emergentes, como a eletrónica de potência, eletrónica flexível e transparente, integração de circuitos emergentes, MEMS e sensores, circuitos integrados analógicos e de sinal misto, fotónica e computação quântica. O desenvolvimento nestas áreas tem vindo a ser diretamente transferido e a dinamizar os setor de semicondutores a nível nacional, bem como o setor automóvel, energia e IoT, vigilância e cidades inteligentes, redes de comunicações, cibersegurança e dispositivos biomédicos.

Das instituições sinalizadas, cinco delas possuem salas limpas, infraestruturas com um ambiente rigorosamente controlado para minimizar a presença de partículas e contaminantes que podem afetar a produção de componentes à micro e nano escala. No seu todo, esta rede de infraestruturas oferece produção de bolachas até 200 mm, projetos em bolachas multi-projeto (MPW), modelação e conceção de dispositivos, deposição de materiais, litografia por feixe de eletrões, UV, laser e nanoimprint, etching, encapsulamento avançado e processos de back-end, metrologia, inspeção e ensaio de dispositivos à escala da bolacha. Estas instalações são complementadas com uma rede de laboratórios dedicados aos domínios da eletrónica, física, química e materiais, oferecendo serviços de caracterização de microscopia eletrónica de varrimento, microscopia eletrónica de transmissão, espectroscopia e análise de raios X, caracterização elétrica e caracterização morfológica.

A formação académica desempenha um papel crucial na indústria de semicondutores, sendo um dos pilares fundamentais para impulsionar a inovação e o desenvolvimento tecnológico neste setor altamente especializado. Profissionais

[b] Research, development, innovation, and training

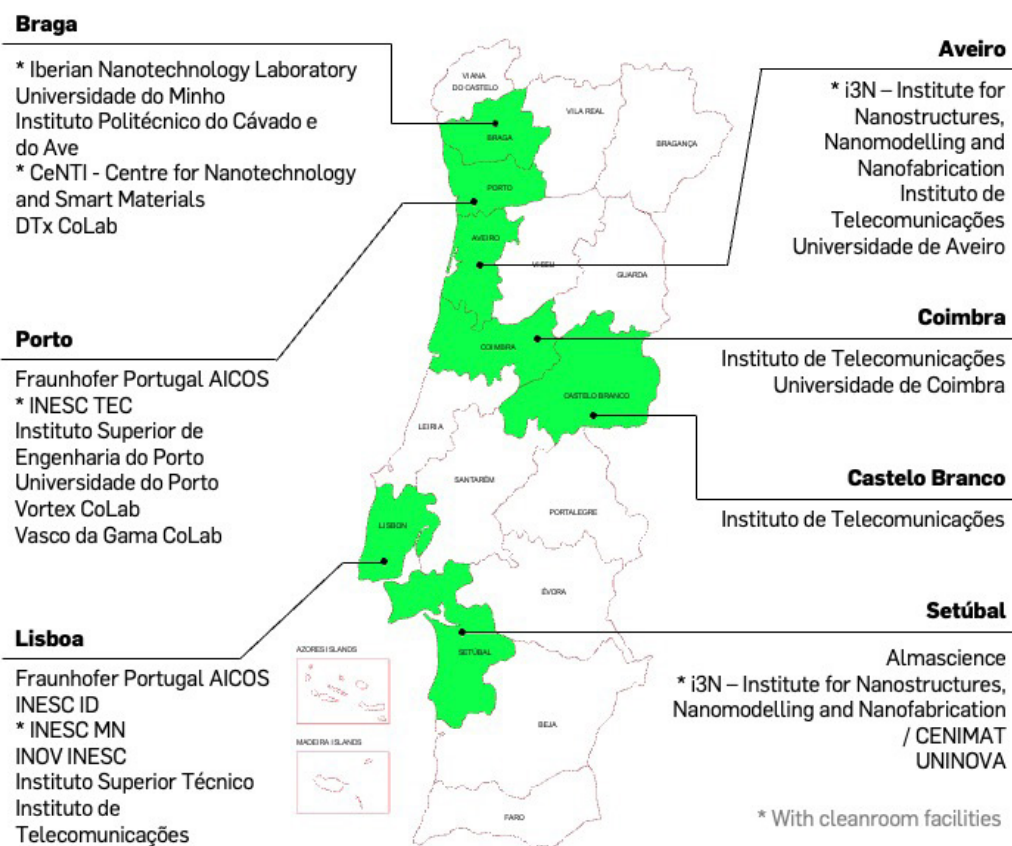
Portugal also has a network of entities dedicated to research and development, working in emerging areas such as power electronics, flexible and transparent electronics, integration of emerging circuits, MEMS and sensors, analog and mixed-signal integrated circuits, photonics and quantum computing. Development in these areas has been directly transferring and boosting the semiconductor sector at a national level, as well as the automotive sector, energy and IoT, surveillance and smart cities, communications networks, cybersecurity and biomedical devices.

Among the institutions identified, five have clean rooms, infrastructures with a strictly controlled environment to minimize the presence of particles and contaminants that can affect the production of components at the micro and nano scale. This network of infrastructures offers wafer production up to 200 mm, multi-project wafer (MPW) designs, device modelling and design, material deposition, electron beam, UV, laser and nanoimprint lithography, etching, advanced packaging and back-end processes, metrology, inspection and testing of wafer-scale devices. These facilities are complemented by a network of laboratories dedicated to the fields of electronics, physics, chemistry and materials, offering characterization services such as scanning electron microscopy, transmission electron microscopy, X-ray spectroscopy and analysis, electrical characterization and morphological characterization.

Academic training plays a crucial role in the semiconductor industry, being one of the fundamental pillars for driving innovation and technological development in this highly specialized sector. Professionals with a solid grounding in disciplines such as electronics, physics, materials and nanotechnology are essential pillars for tackling the complex challenges associated with the design, manufacture

com uma base sólida em disciplinas como a eletrónica, física, materiais e nanotecnologia são pilares essenciais para enfrentar os desafios complexos associados à conceção, fabricação e melhoria contínua de dispositivos eletrónicos. Neste sentido, a ação colaborativa de universidades, centros de investigação e CoLAB em Portugal, tem sido responsável pela formação de excelência nas áreas identificadas. Pode ser evidenciado o crescente número de formados, incluindo licenciaturas, mestrados, doutoramentos e cursos profissionais, nas áreas da eletrónica, engenharia física e materiais (e nanotecnologia), englobando todos os cursos presentes em Portugal com valências diretamente aplicáveis e relevantes para o setor da microeletrónica e semicondutores.

and continuous improvement of electronic devices. In this sense, the collaborative action of universities, research centers and CoLABs in Portugal has been responsible for training excellence in the areas identified. The growing number of graduates, including bachelor's degrees, master's degrees, doctorates, and professional courses, in the areas of electronics, physical engineering and materials (and nanotechnology), encompassing all the courses in Portugal with skills that are directly applicable and relevant to the microelectronics and semiconductor sector.



Panorama de entidades portuguesas com investigação e desenvolvimento na área dos semicondutores
 Overview of Portuguese research and development entities in the semiconductor area



Primeiro-Ministro de Portugal, António Costa, e Presidente do Governo de Espanha, Pedro Sánchez, juntamente com a Ministra da Ciência, Tecnologia e Ensino Superior, Elvira Fortunato, e a Ministra da Ciência e Inovação de Espanha, Diana Morant, visita ao INL, no dia 4 de novembro de 2022



António Costa, Portuguese Prime Minister, and Pedro Sánchez, President of the Government of Spain, together with Minister of Science, Technology and Higher Education, Elvira Fortunato, and the Minister of Science and Innovation of Spain, Diana Morant, visit to INL on November 22nd 2022

[c] Agenda da microeletrónica e parcerias internacionais

Ao nível do apoio financeiro dedicado ao setor, foi iniciada em 2022 a Agenda da Microeletrónica, financiada pelo Plano de Recuperação e Resiliência (PRR), uma iniciativa que inclui 17 parceiros com o propósito de fortalecer a posição portuguesa no mercado de gestão, produção, distribuição e reciclagem de semicondutores. O consórcio é liderado pela ATEP Amkor, contando com um investimento elegível total de 67,5 milhões de euros.

Adicionalmente, Portugal assinou, em 2022, um Memorando de Entendimento com o Ministério dos Assuntos Económicos e Transformação Digital e o Ministério da Ciência e Inovação de Espanha, no âmbito do desenvolvimento de uma estratégia ibérica para a microeletrónica e semicondutores, dos quais resultaram já várias reuniões bilaterais, definindo os seguintes pontos estratégicos:

[c] Microelectronics agenda and international partnerships

In terms of financial support for the sector, the Microelectronics Agenda was launched in 2022, funded by the Recovery and Resilience Plan (PRR), an initiative that includes 17 partners with the aim of strengthening Portugal's position in the semiconductor management, production, distribution and recycling market. The consortium is led by ATEP Amkor and has a total eligible investment of 67.5 million euros.

In addition, in 2022 Portugal signed a Memorandum of Understanding with the Spanish Ministry of Economic Affairs and Digital Transformation and the Spanish Ministry of Science and Innovation, as part of the development of an Iberian strategy for microelectronics and semiconductors, which has already resulted in several bilateral meetings, defining the following strategic points:

i. Intercâmbio de talento (doutorados, pós-doutorados e outros cientistas) em áreas críticas e estratégicas para ambos os países, em particular nas áreas da fotónica, desenho de chips e encapsulamento avançado, estando em processo de avaliação veículos de colaboração dedicados para facilitar este intercâmbio.

ii. Alargar a colaboração com as entidades espanholas, e respetiva infraestrutura, dedicadas ao fabrico de chips fotónicos, facilitando o acesso e colaborações com entidades portuguesas. Da mesma maneira, aumentar a colaboração entre entidades fabris, atuais e futuras, localizadas em Espanha, que poderão requerer serviços back-end especializados, atualmente presentes em Portugal.

iii. Estabelecer na península ibérica um cluster back-end, no seguimento do anúncio do investimento da Broadcom em Espanha para uma nova fábrica dedicada a este tipo de processos, complementares às atividades já desenvolvidas em Portugal através da ATEP Amkor.

Ainda em 2022, a AICEP assinou um Memorando de Entendimento com a multinacional sul-coreana SK hynix, a segunda maior empresa de semicondutores da Coreia do Sul e sexta maior do mundo, para o desenvolvimento de um investimento na área de semicondutores em 2024, em Portugal. A colaboração com a Coreia do Sul será ainda estendida ao nível académico e de investigação e desenvolvimento, com novas parcerias entre entidades de ensino portuguesas e coreanas, dedicadas à área da microeletrónica e semicondutores.

i. Talent exchange (PhDs, post-docs and other scientists) in critical and strategic areas for both countries, particularly in the areas of photonics, chip design and advanced packaging, with dedicated collaboration vehicles being evaluated to facilitate this exchange.

ii. Extend collaboration with Spanish entities and their infrastructure dedicated to the manufacture of photonic chips, facilitating access and collaboration with Portuguese entities. Likewise, increase collaboration between current and future manufacturing entities located in Spain, which may require specialized back-end services currently present in Portugal.

iii. Establishing a back-end cluster in the Iberian Peninsula, following the announcement of Broadcom's investment in Spain for a new factory dedicated to this type of process, complementing the activities already developed in Portugal through ATEP Amkor.

Also in 2022, AICEP signed a Memorandum of Understanding with the South Korean multinational SK hynix, the second largest semiconductor company in South Korea and the sixth largest in the world, for the development of an investment in the semiconductor area in Portugal in 2024. Collaboration with South Korea will also be extended to academia and research and development, with new partnerships between Portuguese and Korean educational institutions dedicated to microelectronics and semiconductors.

04.

Objetivos estratégicos

↗ Capacitar Portugal no setor da microeletrónica e semicondutores, garantindo uma contribuição para a resiliência conjunta da UE e uma maior autonomia estratégica, beneficiando e impulsionando o sistema científico e tecnológico nacional, para a criação de valor acrescentado pelo nosso sistema produtivo.

↗ Criar um Centro de Competências que agregue a capacidade distribuída pelo país, criando uma interface entre instituições de ensino, investigação, desenvolvimento e empresas, utilizando esta rede para uma melhor definição da formação técnica e avançada nas áreas da microeletrónica e semicondutores, que possa dar resposta ao crescimento do ecossistema português.

↗ Envolver a indústria no processo de desenvolvimento estratégico, mobilizando os recursos humanos e tecnológicos necessários para assegurar a capacidade nacional de contribuir para cadeias de valor e produção industrial internacionais.

↗ Identificar complementaridades e sinergias ao nível nacional, no âmbito do desenvolvimento de uma capacidade coordenada e mobilizada em torno desta Estratégia, potenciando a investigação, desenvolvimento, inovação e produção orientada às necessidades tecnológicas da cadeia de valor global.

Strategic objectives

↗ Empowering Portugal in the microelectronics and semiconductor sector, ensuring a contribution to the EU's joint resilience and greater strategic autonomy, benefiting, and boosting the national scientific and technological system, for the creation of added value by our productive system.

↗ Create a Competence Center that aggregates the capacity distributed throughout the country, creating an interface between education, research and development institutions and companies, using this network to better define technical and advanced training in the areas of microelectronics and semiconductors, which can respond to the growth of the Portuguese ecosystem.

↗ Involve industry in the strategic development process, mobilizing the human and technological resources needed to ensure national capacity to contribute to international value chains and industrial production.

↗ To identify complementarities and synergies at national level, within the scope of developing a coordinated and mobilized capacity around this Strategy, boosting research, development, innovation and production geared towards the technological needs of the global value chain.

➤ Potenciar o sistema científico e tecnológico nacional, estabelecendo linhas estratégicas de ação em áreas inovadoras, para a sua transição e implementação em contextos industriais e de produção, enriquecendo o nível tecnológico e capacidade produtiva do ecossistema empresarial nacional.

➤ Boosting the national scientific and technological system, establishing strategic lines of action in innovative areas, for their transition and implementation in industrial and production contexts, enriching the technological level and productive capacity of the national business ecosystem.



Processos de encapsulamento de semicondutores na ATEP Amkor
Semiconductor packaging processes at ATEP Amkor

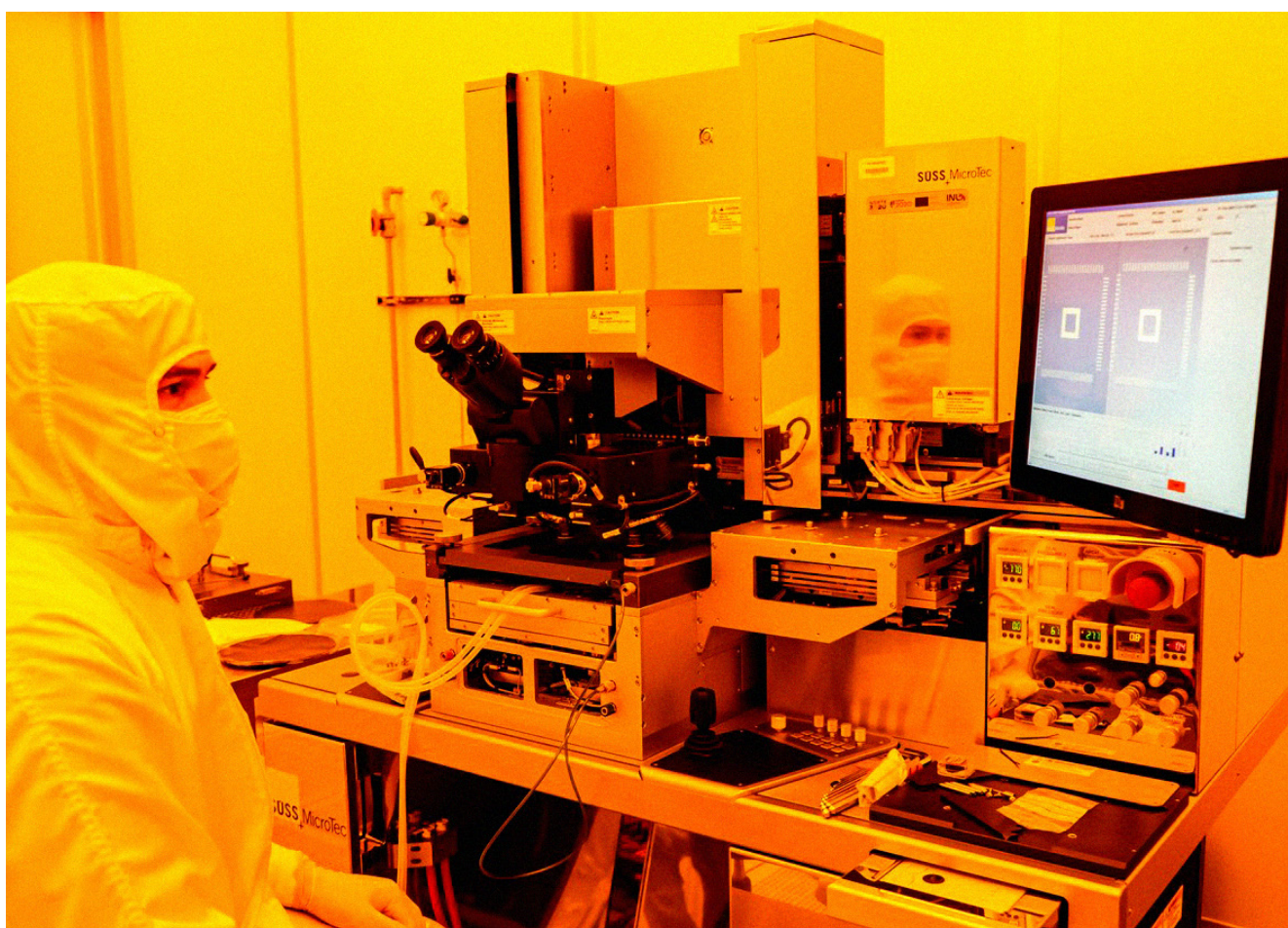
05.

Eixos de intervenção

Eixo 01 – Reforço da formação especializada e competências específicas na área da microeletrónica e semicondutores

Axes of intervention

Axis 1 - Strengthening specialized training and specific skills in microelectronics and semiconductors



Produção de dispositivos semicondutores na sala limpa do INL
Production of semiconductor devices in INL's cleanroom

Embora exista em Portugal uma forte base educativa, há uma necessidade crescente de talentos especializados e de formação específica que reforce o crescente ecossistema nacional, tanto a nível empresarial e industrial, como de investigação e desenvolvimento.

Historicamente, o ritmo acelerado da evolução tecnológica nesta área, justificado pela complexidade da conceção, do fabrico e da integração de dispositivos, juntamente com uma falta de revisão ou atualização atempada da formação nas entidades de ensino, são fatores que têm vindo a contribuir para a falta de competências no sector dos semicondutores em todo o mundo.

A escassez é particularmente acentuada em áreas especializadas, como a conceção de circuitos integrados, a fabricação e o encapsulamento e montagem de dispositivos, culminando numa situação onde empresas enfrentam uma enorme concorrência por um conjunto limitado de profissionais qualificados, levando assim que as mesmas atravessem desafios no recrutamento e retenção de talentos de topo, colocando em risco a sua capacidade de inovar e satisfazer as necessidades do mercado e da sociedade.

A avaliação da formação em entidades de ensino portuguesas, descrita no ponto 3 desta Estratégia, demonstra que o número de formados em áreas chave para a indústria de semicondutores, como a eletrónica, física, materiais e nanotecnologia, tem vindo a subir nos últimos 5 anos. Estes dados revelam que a falta de talento qualificado, reportado por empresas no setor durante a consulta às entidades relevantes nacionais, poderá ser colmatada através de uma maior ênfase em cursos de especialização, direcionados a áreas críticas e estratégicas para o ecossistema português, como o desenho de chips e o encapsulamento avançado.

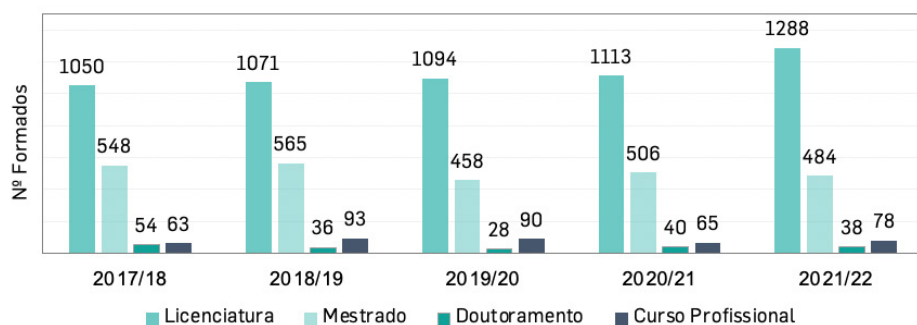
Although there is a strong educational base in Portugal, there is a growing need for specialized talent and specific training to reinforce the growing national ecosystem, both in business and industry and in research and development.

Historically, the rapid pace of technological evolution in this area, justified by the complexity of designing, manufacturing and integrating devices, together with a lack of timely revision or updating of training in educational institutions, are factors that have contributed to the lack of skills in the semiconductor sector worldwide.

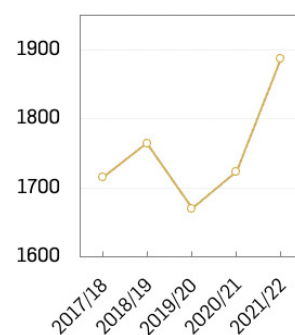
The shortage is particularly critical in specialized areas such as integrated circuit design, manufacturing and device packaging and assembly, culminating in a situation where companies face enormous competition for a limited pool of qualified professionals, thus leading them to face challenges in recruiting and retaining top talent, putting at risk their ability to innovate and meet the needs of the market and society.

The assessment of training in Portuguese educational institutions, described in point 3 of this Strategy, shows that the number of graduates in key areas for the semiconductor industry, such as electronics, physics, materials and nanotechnology, has been rising over the last 5 years. This data shows that the lack of qualified talent, reported by companies in the sector during the consultation with the relevant national entities, could be remedied through a greater emphasis on specialization courses, aimed at critical and strategic areas for the Portuguese ecosystem, such as chip design and advanced packaging.

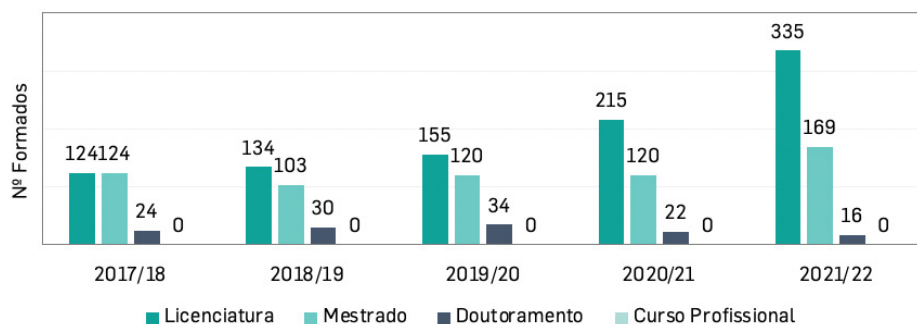
Nº Formados em Eletrónica



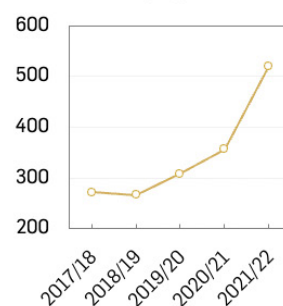
Total Formados em Eletrónica



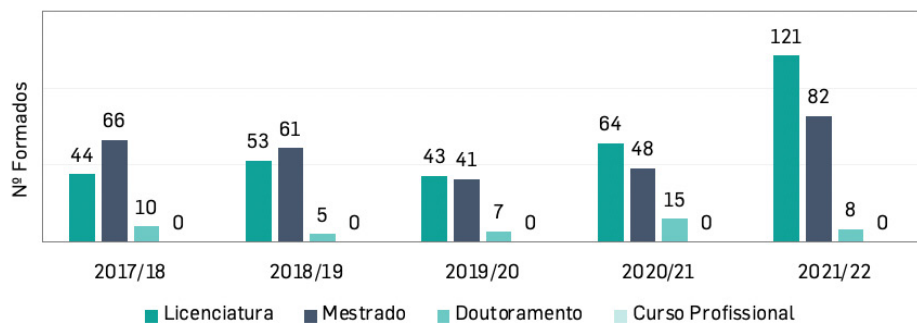
Nº Formados em Engenharia Física



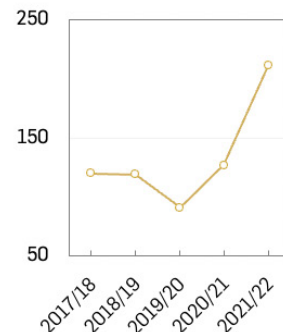
Total Formados em Engenharia Física



Nº Formados em Materiais



Total Formados em Materiais



Número de formados em Portugal, entre 2017/18 e 2021/22, nas áreas da eletrónica, engenharia física e materiais, com programas curriculares diretamente relevantes para o setor de microeletrónica e semicondutores

Number of graduates in Portugal, between 2017/18 and 2021/22, in the areas of electronics, physical engineering and materials, with curricula directly relevant to the microelectronics and semiconductor sector

Deste modo, considera-se imperativo que, no âmbito do Regulamento dos Circuitos Integrados, seja criado em Portugal um Centro de Competências dedicado às áreas da microeletrónica e semicondutores, capacitando-o como entidade nacional responsável pela:

a) Avaliação das necessidades, imediatas e a médio/longo prazo, ao nível de talento e formação específica, das empresas nacionais com atividade no setor, permitindo às universidades e institutos um foco na formação futura e a definição das formações profissionais baseada nas necessidades do ecossistema existente.

b) Promoção e conceção de estágios profissionais em empresas nacionais e internacionais, através de parcerias, protocolos e acordos estratégicos, complementares aos currículos académicos ou em formato de estágios abertos à comunidade com capacidades em áreas adjacentes (reskilling) ou já relevantes para o setor (upskilling).

c) Identificação de experts nacionais em áreas críticas, tanto a nível teórico como aplicado, com experiência em investigação e desenvolvimento e/ou em contexto industrial, que possam providenciar contributos técnicos e prestar formação.

d) Monitorização do panorama nacional, de modo a atualizar recorrentemente o panorama de empresas, centros de investigação e unidades dedicadas à formação com atividade na área e presentes em Portugal. Detalhar o tipo de atividade, área concreta, dimensão, entre outros parâmetros relevantes, que possam ser continuamente utilizados pelas entidades competentes para uma melhor organização, estruturação e financiamento das atividades nacionais.

e) Estabelecimento de grupos de trabalho que revejam regularmente as necessidades da indústria, facilitando a rápida deteção de oportunidades de colaboração entre empresas do

Therefore, it is considered imperative that, within the scope of the EU Chips Act, a Competence Center dedicated to the areas of microelectronics and semiconductors is created in Portugal, enabling it to be the national entity responsible for:

a) Assessment of the immediate and medium/long-term talent and specific training needs of national companies operating in the sector, allowing universities and institutes to focus on future training and the definition of professional training based on the needs of the existing ecosystem.

b) Promoting and designing professional internships in national and international companies, through partnerships, protocols, and strategic agreements, complementary to academic curricula or in the form of internships open to the community with skills in adjacent areas (reskilling) or already relevant to the sector (upskilling).

c) Identifying national experts in critical areas, both theoretical and applied, with experience in research and development and/or in an industrial context, who can provide technical input and training.

d) Monitoring the national panorama, to regularly update the panorama of companies, research centers and training units active in the area and present in Portugal. Detail the type of activity, specific area, size, among other relevant parameters, which can be continuously used by the competent authorities to better organize, structure and finance national activities.

e) Establishing working groups that regularly review the needs of the industry, facilitating the rapid detection of opportunities for collaboration between companies in the sector and Portuguese educational institutions, increasing the likelihood of identifying common interests for the launch of joint investment programs, thus strengthening the ecosystem and increasing

setor e instituições de ensino portuguesas, aumentando a probabilidade de identificação de interesses comuns para o lançamento de programas de investimento conjunto, fortalecendo assim o ecossistema e ampliando a visibilidade da área no meio académico, para uma maior mobilização e atração de talento.

f) Promoção das áreas da microeletrónica e semicondutores ao nível do ensino primário e secundário, através de pequenos projetos e demonstrações práticas, cativando desde cedo o interesse dos jovens para este setor.

g) Apoio de atividades na área da microeletrónica e semicondutores, auxiliando as empresas e o meio académico a desenvolver e/ou integrar tecnologias nos seus processos.

h) Apoio às entidades nacionais competentes na procura de investidores e competências locais existentes.

i) Representação a nível nacional como ponto de acesso à rede europeia de Centros de Competências no domínio da microeletrónica e semicondutores, auxiliando as empresas e/ou as entidades académicas nacionais a obterem apoio de outros centros europeus, caso as competências necessárias não se enquadrem nas suas áreas de especialização. Formar ainda um ponto de ligação com os Polos de Inovação Digital (DIH) ou com outros ecossistemas de inovação relevantes e já existentes, tanto a nível nacional como internacional. Utilização desses mesmo canais para fomentar o intercâmbio de peritos.

j) Prestação de serviços que facilitem o acesso e utilização das linhas piloto europeias, permitindo a criação de protótipos e a experimentação de tecnologias inovadoras, atribuindo-lhes um maior potencial de comercialização a custos reduzidos.

k) Prestação de serviços que facilitem o acesso à Plataforma de Design europeia, proporcionando formação e desenvolvimento de

the visibility of the area in academia, for greater mobilization and attraction of talent.

f) Promoting the areas of microelectronics and semiconductors at primary and secondary school level, through small projects and practical demonstrations, captivating young people's interest in this sector from an early age.

g) Supporting activities in microelectronics and semiconductors, helping companies and academia to develop and/or integrate technologies into their processes.

h) Supporting the competent national bodies in their search for investors and existing local skills.

i) Representation at national level as an access point to the European network of Competence Centres in the field of microelectronics and semiconductors, helping companies and/or national academic bodies to obtain support from other European centers if the necessary skills do not fit into their areas of specialization. It also forms a link with the Digital Innovation Hubs (DIH) or other relevant and existing innovation ecosystems, both nationally and internationally. Use these same channels to encourage the exchange of experts.

j) Providing services to facilitate access to and use of the European pilot lines, enabling the creation of prototypes and experimentation with innovative technologies, giving them greater potential for commercialization at reduced costs.

k) Provision of services to facilitate access to the European Design Platform, providing training and skills development for its effective use.

l) Promoting, supporting and organizing access to international chip manufacturing facilities, for agile and efficient aggregation and tape-out of projects.

m) Promoting access to the Chips Fund, facilitating access to venture capital.

competências para a sua eficaz utilização.

l) Promoção, apoio e organização do acesso a instalações internacionais de fabricação de chips, para agregação e execução de projetos (tape-out) ágil e eficiente.

m) Promoção do acesso ao Chips Fund, facilitando o acesso a capital de risco.

n) Criação e organização de workshops técnicos, fóruns de discussão e outras iniciativas que reúnam regularmente o ecossistema internacional em Portugal.

o) Sensibilização da comunidade, através da promoção das ferramentas criadas ao nível nacional e oportunidades de colaboração e financiamento europeu e internacional relevantes, da promoção de serviços e tecnologia desenvolvida em Portugal e da promoção de histórias de sucesso.

Ao nível da formação avançada, entidades nacionais poderão já beneficiar do programa da Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT), que promove doutoramentos em ambiente não académico, através de parcerias entre empresas e universidades. Os estudantes de doutoramento que participam no programa têm a oportunidade de receber formação avançada em ambientes académicos e industriais, acrescentando a esta experiência um benefício salarial, suportado pela FCT e pela entidade não académica colaboradora. Simultaneamente, as entidades não académicas envolvidas na iniciativa beneficiam da atração de talentos de topo, que, ao acolherem investigadores com elevado perfil científico, podem abordar problemas específicos com um nível de inovação significativo. Além disso, as entidades académicas envolvidas no programa desempenharão um papel crucial na solidificação e no reforço das colaborações, cujo envolvimento assegura a transferência efetiva de conhecimento e tecnologia para o ambiente empresarial.

n) Creating and organizing technical workshops, discussion forums and other initiatives that regularly bring together the international ecosystem in Portugal.

o) Raising community awareness by promoting the tools created at national level and relevant European and international collaboration and funding opportunities, promoting services and technology developed in Portugal and promoting success stories.

In terms of advanced training, national entities can already benefit from the Foundation for Science and Technology (FCT) program, which promotes doctorates in a non-academic environment, through partnerships between companies and universities. PhD students who take part in the program can receive advanced training in academic and industrial environments, adding to this experience a salary benefit, supported by the FCT and the collaborating non-academic entity. At the same time, the non-academic entities involved in the initiative benefit from attracting top talent, who, by hosting researchers with a high scientific profile, can tackle specific problems with a significant level of innovation. In addition, the academic entities involved in the program will play a crucial role in solidifying and strengthening the collaborations, whose involvement ensures the effective transfer of knowledge and technology to the business environment.

Finally, once the areas already present and to be expanded in Portugal have been identified, strategic partnerships will be strengthened with international teaching bodies whose skills complement those existing in Portugal, leading to a targeted transfer of knowledge in terms of fundamental research and the development of new processes and technologies with an industrial impact.

Por último, identificadas as áreas já presentes e a expandir em Portugal, será feito um reforço nas parcerias estratégicas com entidades de ensino internacionais, cujas valências sejam complementares às existentes em Portugal, levando a uma transferência de conhecimento direcionada, ao nível da investigação fundamental e de desenvolvimento de novos processos e tecnologias com impacto industrial.

Eixo 2 - Expansão do ecossistema nacional de desenho de chips e encapsulamento avançado

A análise dos setores de desenho de chips e encapsulamento avançado em Portugal revelaram pontos chave a reforçar, que assegurarão o crescimento do ecossistema português nestes dois setores.

Nas últimas décadas, várias empresas diretamente ligadas ao setor da microeletrónica e semicondutores foram criadas em Portugal, fruto do trabalho desenvolvido em universidades e centros de investigação, culminando numa panóplia de produtos de grande impacto a nível internacional e da atração de capital de risco internacional, crucial para o lançamento de novas empresas que permitam o desenvolvimento económico e impulsionam a próxima vaga de sistemas microeletrónicos. A qualidade do ecossistema tem ainda levado à aquisição de start-ups e PMEs portuguesas por multinacionais, sendo este um bom indicador da qualidade dos engenheiros nacionais e do trabalho desenvolvido em instituições de ensino, laboratórios associados e unidades de investigação, levando, no entanto, a uma transferência do conhecimento desenvolvido em Portugal para empresas estrangeiras.

No enquadramento do Eixo 1, fomentar a produção de talento nacional altamente qualificado em design de chips, tecnologias front-end e

Axis 2 - Expansion of the national chip design and advanced packaging ecosystem

The analysis of the chip design and advanced packaging sectors in Portugal revealed key points to be strengthened, which will ensure the growth of the Portuguese ecosystem in these two sectors.

In recent decades, several companies directly linked to the microelectronics and semiconductor sector have been created in Portugal, as a result of the work carried out in universities and research centers, culminating in a array of products with great impact at international level and the attraction of international venture capital, which is crucial for launching new companies that enable economic development and drive the next wave of microelectronic systems. The quality of the ecosystem has also led to the acquisition of Portuguese start-ups and SMEs by multinationals, which is a good indicator of the quality of national engineers and the work carried out in educational institutions, associated laboratories and research units, while leading to a transfer of knowledge developed in Portugal to foreign companies.

Within the framework of Axis 1, fostering the production of highly qualified national talent in chip design, front-end and back-end technologies at more advanced nodes, prototyping, advanced packaging and chip testing is a crucial

back-end em nós mais avançados, prototipagem, encapsulamento avançado e teste de chips, é um elemento crucial desta Estratégia. Assim, mediante as necessidades já expostas pelo ecossistema português, estima-se que, nos próximos 5 a 10 anos, o reforço das competências destas áreas estratégicas a nível nacional se traduza num aumento do número de engenheiros em 10 a 20 vezes na área do desenho de chips, e de 2 a 3 vezes na área de encapsulamento avançado e teste, sendo crucial recorrer ao leque de ferramentas apontadas no Eixo 1.

Adicionalmente, no que respeita ao desenho de chips, as empresas envolvidas enfrentam dificuldades relativas ao acesso a capital de risco, que acaba por limitar as suas perspetivas de crescimento, em particular no que toca ao suporte do elevado custo de ferramentas EDA, que permite o desenho e teste de novos chips. Neste sentido, a Plataforma de Design, a ser criada a nível europeu no enquadramento do Regulamento dos Circuitos Integrados, prevê a disponibilização de um conjunto de ferramentas críticas e bibliotecas de propriedade intelectual a empresas europeias, providenciadas colaborativamente por um consórcio de organizações internacionais relevantes.

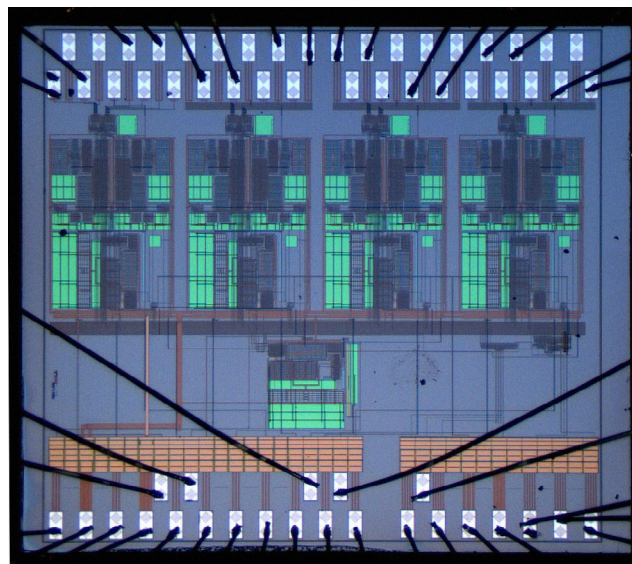
Neste sentido, para além das responsabilidades atribuídas no Eixo 1, o Centro de Competências Nacional deverá promover ainda as seguintes ações, que se preveem cruciais para suportar o crescimento do ecossistema de desenho de chips em Portugal:

p) Facilitar o acesso a ferramentas EDA, via Plataforma de Design, criando um ponto de conexão entre entidades portuguesas e autoridades gestoras da plataforma.

q) Facilitar o acesso a serviços de prototipagem e de ensaio de pequenos volumes de produção através da infraestrutura europeia existente, bem como novas linhas piloto noutros Estados-Membros a serem desenvolvidas no enquadramento do Regulamento dos Circuitos Integrados.

element of this Strategy. Thus, given the needs already exposed by the Portuguese ecosystem, it is estimated that, over the next 5 to 10 years, strengthening the skills of these strategic areas at national level will result in a 10 to 20-fold increase in the number of engineers in the area of chip design, and a 2 to 3-fold increase in the area of advanced packaging and testing, making it crucial to use the range of tools outlined in Axis 1.

In addition, when it comes to chip design, the companies involved face difficulties in accessing venture capital, which ends up limiting their growth prospects, particularly when it comes to supporting the high cost of EDA tools, which enable the design and testing of new chips. In this sense, the Design Platform, to be created at European level within the framework of the EU Chips Act, provides a set of critical tools and intellectual property libraries for European companies, provided collaboratively by a consortium of relevant international organizations.



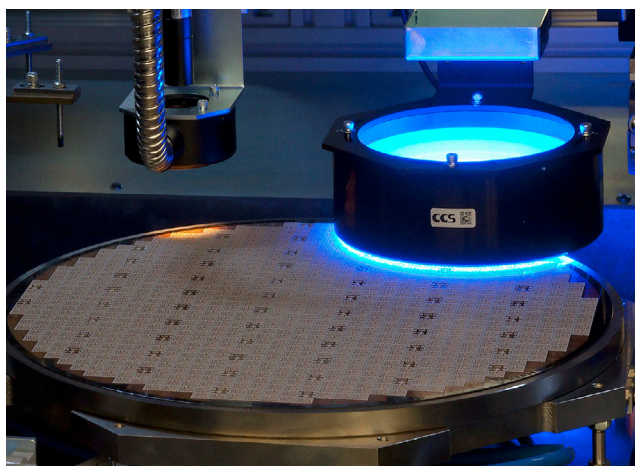
ASIC para endereçamento e leitura de matriz de sensores (INESC MN)

ASIC for addressing and reading sensor arrays (INESC MN)

r) Aconselhar novas empresas em fase de arranque neste setor, mediando sua a necessidade de capital e fatores operacionais, junto das autoridades nacionais relevantes.

s) Promover atividades no âmbito de soluções customizáveis de software e hardware baseados na arquitetura de instruções de código aberto RISC-V.

Quanto à área de encapsulamento avançado, as capacidades desenvolvidas em Portugal encontram-se bem enquadradas com a estratégia europeia, permitindo um apoio crucial ao número crescente de iniciativas europeias de fabricação de chips, previstas no âmbito do Regulamento dos Circuitos Integrados. Enfatiza-se aqui que, estando previsto um aumento considerável da capacidade de produção de chips a nível europeu, a ausência de plataformas industriais de encapsulamento, montagem e teste acabarão por limitar a resiliência europeia, particularmente numa área que, como mencionado anteriormente, se encontra vastamente presente na Ásia.



Processos de encapsulamento e teste de semicondutores na ATEP Amkor
Semiconductor packaging and testing processes at ATEP Amkor

In this sense, in addition to the responsibilities assigned in Axis 1, the National Competence Center should also promote the following actions, which are expected to be crucial to supporting the growth of the chip design ecosystem in Portugal:

p) Facilitate access to EDA tools via the Design Platform, creating a connection point between Portuguese entities and the platform's managing authorities.

q) Facilitate access to prototyping and testing services for small production volumes via the existing European infrastructure, as well as new pilot lines in other Member States to be developed within the framework of the EU Chips Act.

r) Advising new start-ups in this sector, mediating their need for capital and operational factors, with the relevant national authorities.

s) Promoting activities in the field of customizable software and hardware solutions based on the RISC-V open-source instruction architecture.

In the area of advanced packaging, the capacities developed in Portugal are well aligned with the European strategy, enabling crucial support for the growing number of European chip manufacturing initiatives under the EU Chips Act. It should be emphasized here that, while a considerable increase in chip production capacity is expected at European level, the absence of industrial platforms for packaging, assembly and testing will ultimately limit European resilience, particularly in an area which, as mentioned above, is largely present in Asia.

In this sense, the following points are added to the Competence Center's field of action:

t) Facilitate strategic partnerships with European and international companies in the field of advanced packaging, assembly and device

Nesse sentido, adicionam-se ao campo de ação do Centro de Competências os seguintes pontos:

t) Facilitar parcerias estratégicas com empresas europeias e internacionais no domínio do encapsulamento avançado, montagem e teste de dispositivos, promovendo as capacidades atuais e futuramente presentes em Portugal.

u) Promover a conexão entre as atividades back-end em Portugal e atividades das linhas piloto a nível europeu, em particular, no âmbito de projetos ligados ao encapsulamento heterogéneo e tecnologia chiplet.

No enquadramento da colaboração com Espanha, bem como do recente anúncio de investimento da empresa Broadcom em Espanha, destinado a uma operação em larga escala para produção de dispositivos semicondutores, prevê-se um aumento da concentração de processos back-end na península ibérica, solidificando assim a posição estratégica portuguesa nesta área.

Eixo 3 - Aumento da transferência tecnológica em áreas emergentes

No enquadramento das atividades organizadas pela Comissão Europeia no âmbito da definição de projetos emergentes a nível europeu, com capacidade de escalar tecnologia do laboratório para um contexto de produção, Portugal sinalizou quatro vertentes estratégicas, enquadradas em novos projetos e linhas piloto dedicadas a circuitos fotónicos integrados, à cointegração de tecnologias emergentes, à eletrónica flexível e sustentável, e à produção de sensores de nova geração em larga escala.

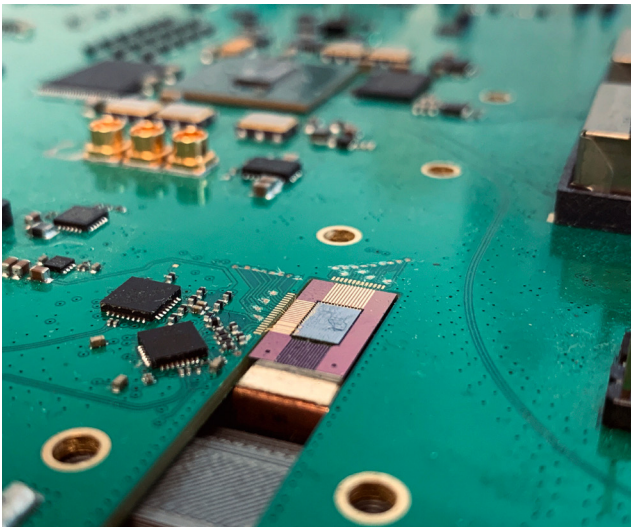
testing, promoting current and future capabilities in Portugal.

u) Promote the connection between back-end activities in Portugal and pilot lines activities at European level, particularly within the scope of projects linked to heterogeneous packaging and chiplet technology.

Within the framework of collaboration with Spain, as well as the recent announcement of investment by Broadcom in Spain for a large-scale operation for the production of semiconductor devices, an increase in the concentration of back-end processes in the Iberian Peninsula is expected, thus solidifying Portugal's strategic position in this area.

Axis 3 - Increasing technological transfer in emerging areas

Within the framework of the activities organized by the European Commission to define emerging projects at European level, with the capacity to scale technology from the laboratory to a production context, Portugal has signalled four strategic strands, within the framework of new projects and pilot lines dedicated to integrated photonic circuits, the cointegration of emerging technologies, flexible and sustainable electronics, and the production of new generation sensors on a large scale.



Circuito integrado fotónico encapsulado em placa eletrónica (PICadvanced)
Packaged photonic integrated circuit on a board (PICadvanced)

a) Linha Piloto para Circuitos Fotónicos Integrados

A eletrónica e a fotónica desempenham papéis essenciais na investigação, desenvolvimento e inovação na Europa, abrangendo áreas como conectividade, computação de alto desempenho, segurança, saúde, mobilidade, espaço e eletrónica de consumo. Os PICs (circuitos integrados fotónicos) têm contribuído significativamente para o avanço da fotónica integrada, possibilitando a incorporação de tecnologias eletrónicas, fotónicas e óticas passivas em sistemas compactos, prometendo assim benefícios significativos para diversas indústrias europeias.

Uma linha piloto dedicada a circuitos integrados fotónicos pretende enfrentar desafios específicos, como interligações óticas para computação de nova geração e quântica, monitorização de infraestruturas civis e críticas, sensores fotónicos para aplicações industriais, imagiologia ótica médica, deteção ambiental para condução autónoma, e integração de tecnologias fotónicas em eletrónica de consumo.

O desenvolvimento desta linha piloto visa assim fortalecer o ecossistema europeu de investigação, desenvolvimento e inovação em

a) Pilot Line for Photonic Integrated Circuits

Electronics and photonics play key roles in research, development, and innovation in Europe, covering areas such as connectivity, high-performance computing, security, health, mobility, space and consumer electronics. PICs (photonic integrated circuits) have contributed significantly to the advancement of integrated photonics, making it possible to incorporate passive electronic, photonic, and optical technologies into compact systems, thus promising significant benefits for several European industries.

A pilot line dedicated to photonic integrated circuits aims to tackle specific challenges, such as optical interconnects for next-generation and quantum computing, civil and critical infrastructure monitoring, photonic sensors for industrial applications, optical medical imaging, environmental detection for autonomous driving, and the integration of photonic technologies into consumer electronics.

The development of this pilot line thus aims to strengthen the European research, development and innovation ecosystem in microelectronics and photonics, complementing existing initiatives in Portugal, such as the Microelectronics Agenda under the PRR (Recovery and Resilience Plan).

In addition, this pilot line seeks to integrate with European initiatives in heterogeneous integration, as well as with other pilot lines related to manufacturing platforms based on materials such as InP, SiP and SiN, including the creation of a new ecosystem for photonic chip design, packaging, assembly and testing.

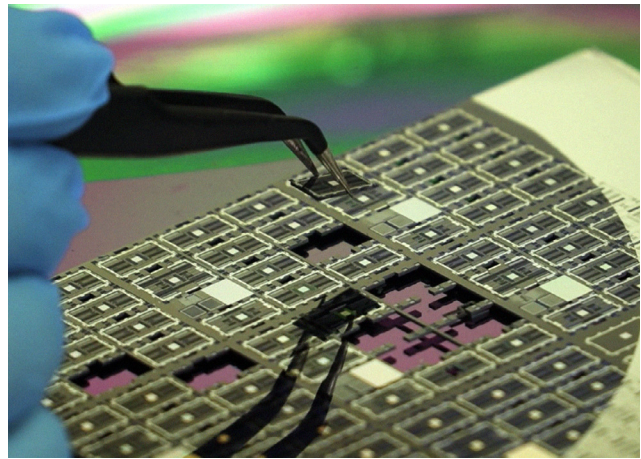
microeletrónica e fotónica, complementando as iniciativas existentes em Portugal, como a Agenda da Microeletrónica no âmbito do PRR (Plano de Recuperação e Resiliência).

Além disso, esta linha piloto procura integrar-se com iniciativas europeias na área de integração heterogénea, bem como com outras linhas piloto relacionadas a plataformas de fabrico baseadas em materiais como InP, SiP e SiN, incluindo a criação de um novo ecossistema para o design de chips fotónicos, encapsulamento, montagem e teste.

b) Linha Piloto para a co-integração de tecnologias emergentes

As tecnologias de micro e nanofabricação complementares às tecnologias CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) standard existentes representam uma importante via para a transição de investigação fundamental para dispositivos inovadores. A criação de uma linha piloto para a co-integração de plataformas tecnológicas emergentes complementares beneficiará uma vasta gama de agentes industriais, incluindo empresas que desenvolvem dispositivos inovadores, proporcionando ainda uma via direta para a exploração e transição de projetos de investigação para um contexto de produto.

Ao alargar drasticamente a gama de novas funcionalidades e princípios de funcionamento em relação aos disponíveis nos dispositivos convencionais CMOS, a co-integração destas tecnologias emergentes proporcionará meios para enfrentar vários desafios em termos de escala, energia, arrefecimento, ruído e outros obstáculos práticos encontrados no desenvolvimento de hardware emergente, tanto ao nível de computação como para sensores e outros dispositivos. Neste âmbito, o teste e validação destas tecnologias figura-se um passo crucial



Assemblagem de dispositivos (INL)
Assembly of devices (INL)

b) Pilot line for co-integration of emerging technologies

Micro and nanofabrication technologies, complementary to existing standard CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) technologies, represent an important pathway for the transition from fundamental research to innovative devices. The creation of a pilot line for the co-integration of complementary emerging technology platforms will benefit a wide range of industrial players, including companies developing innovative devices, while also providing a direct route for the exploitation and transition of research projects into a product context.

By dramatically extending the range of new functionalities and operating principles compared to those available in conventional CMOS devices, the co-integration of these emerging technologies will provide the means to address various challenges in terms of scale, power, cooling, noise and other practical obstacles encountered in the development of emerging hardware, both at the computing level and for sensors and other devices. In this context, the testing and validation of these technologies is a crucial step towards their future implementation. However, many of them have manufacturing

para a sua futura implementação. No entanto, muitas delas têm requisitos de fabrico, ou utilizam materiais, que são incompatíveis com os processos convencionais CMOS atuais.

Uma linha piloto dedicada à cointegração de tecnologias emergentes prevê a criação de uma nova plataforma tecnológica, que inclui a cointegração de componentes nas áreas da fotónica, spintrónica, memristores, materiais 2D, MEMS, bem como outras funcionalidades e materiais não convencionais. Nestes novos dispositivos, um ou mais elementos têm obrigatoriamente de ser integrados com tecnologias atuais CMOS, podendo esta cointegração ser monolítica, por exemplo, em estruturas híbridas, ou através de cointegração física, via encapsulamento heterogéneo ou chiplets.

A linha piloto poderá beneficiar das infraestruturas de acesso livre já existentes em Portugal e na UE, proporcionando uma plataforma essencial para o teste e validação destas novas tecnologias e aplicações disruptivas, podendo ser explorada por investigadores, start-ups, PMEs altamente inovadoras e grandes empresas que necessitam desenvolver novos processos com elevado rendimento e uniformidade.

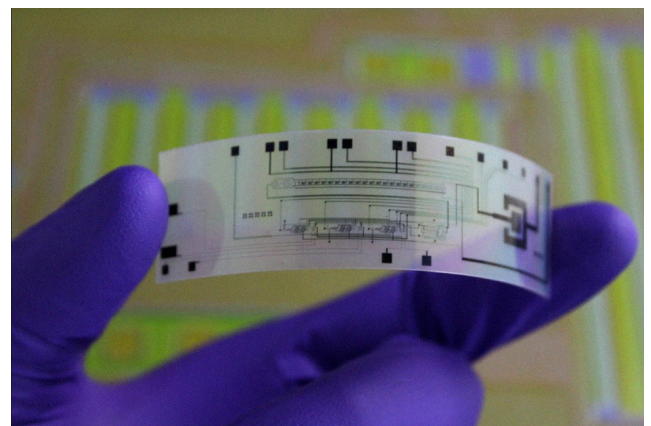
c) Linha Piloto para Eletrónica Flexível e Sustentável

Uma linha piloto dedicada à eletrónica flexível e sustentável tem por objetivo enfrentar os principais desafios relacionados com o desenvolvimento e a síntese adequada para a utilização de “materiais responsáveis”, abundantes, recicláveis e não tóxicos, explorando processos e tecnologias à nanoescala, compatíveis com baixo consumo de energia. Num novo paradigma para lá dos processos convencionais de silício, convencionalmente com requisitos energéticos e de investimento elevados, novas tecnologias atuais permitem considerar materiais e processos alternativos que melhor

requirements, or use materials, that are incompatible with current conventional CMOS processes.

A pilot line dedicated to the co-integration of emerging technologies foresees the creation of a new technological platform, which includes the cointegration of components in the areas of photonics, spintronics, memristors, 2D materials, MEMS, as well as other unconventional functionalities and materials. In these new devices, one or more elements must be integrated with current CMOS technologies, and this cointegration can be monolithic, for example in hybrid structures, or through physical cointegration, via heterogeneous packaging or chiplets.

The pilot line will be able to benefit from the open access infrastructures that already exist in Portugal and the EU, providing an essential platform for testing and validating these new technologies and disruptive applications, which can be exploited by researchers, start-ups, highly innovative SMEs and large companies that need to develop new processes with high performance and uniformity.



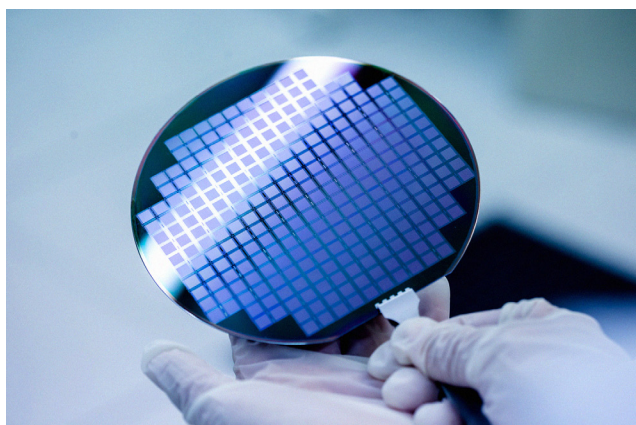
Circuitos flexíveis do CENIMAT|i3N na Universidade NOVA de Lisboa

Flexible circuits from CENIMAT|i3N at NOVA University Lisbon

servem a conceção de vários tipos de aplicações. No entanto, existem ainda desafios no que toca à heterogeneidade destes processos, levando a uma importância acrescida relativa à simulação e conceção de novas técnicas de fabrico.

Assim, a realização de tecnologias à base de eletrónica flexível e sustentável exige novos substratos, bem como novos materiais biocompatíveis e biodegradáveis para o seu encapsulamento, que garantam uma redução do impacto ambiental da indústria eletrónica, para além de abrirem novas aplicações em áreas como a eletrónica implantável e eletrónica em vestuário. O desenvolvimento de materiais para componentes ativos inclui ainda tintas extensíveis, imprimíveis, condutoras e isolantes, bem como a sua hibridização com circuitos integrados convencionais.

Esta linha piloto abrange ainda o desenvolvimento de sistemas inovadores, utilizando sensores miniaturizados, materiais não tóxicos e moduláveis de alta densidade. Estes sistemas visam, entre outras aplicações, a captação de energia através de diferentes fontes, explorando materiais com um desempenho superior, que possam aprimorar a capacidade de dispositivos de armazenamento de energia.



Sensores microfabricados em bolachas de 200mm de diâmetro do INESC MN
Microfabricated sensors on 200mm diameter wafers from INESC MN

c) Pilot Line for Flexible and Sustainable Electronics

A pilot line dedicated to flexible and sustainable electronics aims to address the main challenges related to the development and appropriate synthesis for the use of “responsible materials” that are abundant, recyclable, and non-toxic, exploring processes and technologies at the nanoscale that are compatible with low energy consumption. In a new paradigm beyond conventional silicon processes, which conventionally have high energy and investment requirements, new technologies are now making it possible to consider alternative materials and processes that better serve the design of various types of applications. However, there are still challenges regarding the heterogeneity of these processes, leading to an increased importance regarding the simulation and design of new manufacturing techniques.

Thus, the realization of technologies based on flexible and sustainable electronics requires new substrates, as well as new biocompatible and biodegradable materials for their packaging, which guarantee a reduction in the environmental impact of the electronics industry, as well as opening-up new applications in areas such as implantable electronics and electronics in clothing. The development of materials for active components also includes stretchable, printable, conductive and insulating inks, as well as their hybridization with conventional integrated circuits.

This pilot line also covers the development of innovative systems using miniaturized sensors, non-toxic and modular high-density materials. These systems aim, among other applications, to capture energy from different sources, exploiting materials with superior performance that can improve the capacity of energy storage devices.

d) Linha Piloto para fabricação de sensores em larga escala

Os sensores avançados desempenham um papel fundamental no panorama tecnológico moderno, proporcionando uma maior precisão, facilitando a aquisição de dados em tempo real e melhorando a eficiência operacional de processos, sendo a sua importância relevante para diversos setores indústrias, incluindo sector automóvel, energético e de manufatura, transportes e cidades inteligentes, cuidados de saúde, monitorização ambiental, entre outros. O resultado é um impacto transformador nos processos, sistemas e serviços, promovendo a inovação, melhorando a tomada de decisões e otimizando a utilização de recursos.

Uma linha piloto para o desenvolvimento da capacidade de fabricação de sensores à escala de bolacha estabelece um importante avanço que colmata a procura crescente de tecnologias de ponta nesta área. Com o aumento da procura deste tipo de dispositivos nos mais variados sectores, a necessidade de infraestruturas de produção fiável e eficiente torna-se fundamental. Para além de proporcionar capacidade de execução de produção de soluções tecnológicas que sirvam as necessidades atuais e futuras do mercado, o conceito desta linha piloto serve ainda um propósito intermediário crucial, entre a investigação e a produção, constituindo uma plataforma inestimável para investigadores e engenheiros avaliarem a viabilidade da produção de sensores a larga escala, assegurando a relação custo-eficácia, a otimização do rendimento e a integração de técnicas de fabrico inovadoras. O desenvolvimento desta área e capacidade de execução subjacente, resulta ainda num aumento das competências técnicas em Portugal, promovendo a inovação e assegurando uma vantagem nacional competitiva no panorama tecnológico global.

d) Pilot line for large-scale sensor manufacturing

Advanced sensors play a fundamental role in the modern technological landscape, providing greater precision, facilitating the acquisition of data in real time, and improving the operational efficiency of processes. Their importance is relevant to various industries, including the automotive sector, energy and manufacturing, transportation and smart cities, healthcare, environmental monitoring, among others. The result is a transformative impact on processes, systems and services, promoting innovation, improving decision-making and optimizing the use of resources.

A pilot line for the development of wafer-scale sensor manufacturing capacity establishes an important advance that meets the growing demand for cutting-edge technologies in this area. With the increase in demand for this type of device in a wide variety of sectors, the need for reliable and efficient production infrastructures is becoming essential. In addition to providing production execution capacity for technological solutions that serve current and future market needs, the concept of this pilot line also serves a crucial intermediary purpose between research and production, providing an invaluable platform for researchers and engineers to assess the feasibility of large-scale sensor production, ensuring cost-effectiveness, yield optimization and the integration of innovative manufacturing techniques. The development of this area and the underlying execution capacity also results in an increase in technical skills in Portugal, promoting innovation and ensuring a competitive national advantage in the global technological landscape.

06.

Orçamento para execução da estratégia

Para garantir a sua execução e implementação, a Resolução de Conselho de Ministros (n.º 12/2024, de 8 de janeiro) que aprova esta estratégia autoriza a FCT, I. P., e a ANI a realizar uma despesa até um montante máximo de € 121 116 000,00 entre 2024 e 2027, nos termos da tabela apresentada.

Prevê-se, assim, que este orçamento contribua para o crescimento do ecossistema português nas áreas estratégicas definidas neste documento, em particular, na implementação de um centro de competências de semicondutores a nível nacional, na participação e implementação de Linhas Piloto em áreas emergentes, na utilização das ferramentas e infraestrutura digital no âmbito da Plataforma Europeia de Design e no reforço da capacidade de desenho de chips nacional, na execução de projetos inovadores direcionados a chips quânticos, no acesso ao Chips Fund, e no apoio à participação nacional nos concursos da nova parceria europeia Chips JU.

Budget for the execution of the strategy

To ensure its execution and implementation, the Resolution of the Council of Ministers (no. 12/2024, of January 8) approving this strategy, authorizes FCT, I. P., and ANI to spend up to a maximum of €121,116,000.00 between 2024 and 2027, in accordance with the table presented.

It is therefore expected that this budget will contribute to the growth of the Portuguese ecosystem in the strategic areas defined in this document, in particular, the implementation of a semiconductor competence center at national level, the participation and implementation of Pilot Lines in emerging areas, the use of tools and digital infrastructure within the scope of the European Design Platform and the strengthening of national chip design capacity, the implementation of innovative projects aimed at the development of quantum chips, access to the Chips Fund, and support for national participation in the new European Chips JU partnership.

Ano / Year	Montante (Em euros) / Amount (In euros)			
	PT			EU / EU
	FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, I. P.	ANI - Agência Nacional de Inovação, S. A.	Montante total / Total amount	
2024	5 342 000	33 931 000	39 273 000	69 515 000
2025	5 225 000	30 977 000	36 202 000	63 463 000
2026	4 718 000	18 139 000	22 857 000	37 162 000
2027	4 715 000	18 069 000	22 784 000	37 018 000
Total	15 282 000	101 116 000	121 116 000	207 158 000

Estratégia Nacional para os Semicondutores
Portuguese Strategy for Semiconductors

Disponível para download em fct.pt

IMAGENS

Imagens cedidas pelo INL, INESC MN, PICadvanced, ATEP Amkor e CENIMAT/Universidade Nova de Lisboa

Imagem da página 26 retirada de: <https://www.techspot.com/news/96870-eu-chips-act-43-billion-build-new-european.html>

DATA DA PUBLICAÇÃO

2024

DESIGN

Maria Inês Ribeiro

