

集成电路（芯片）是现代电子工业的心脏、信息技术的基石。全球半导体产业正处上升期，市场对于芯片的需求进一步扩大，自2014年《国家集成电路产业发展推进纲要》发布以来，我国集成电路产业也基本连续保持每年20%左右的复合增长率。在当前新形势下，要保持产业的持续高质量快速发展，集成电路领域人才的需求也呈现上升态势，尚存在巨大的人才缺口，我国集成电路（芯片）产业比以往任何时候都迫切需要大量的集成电路（芯片）人才。

那半导体集成电路产业到底需要什么样的芯片人才呢，今天我们通过这篇文章希望能讲明白说清楚。

首先我们要从解集成电路（芯片）的概念、有哪些分类以及半导体、集成电路和芯片之的关系区别，以及半导体行业产业链来说明，然后我们统一概念和说法来说明这个产业需要哪些人才。

一、集成电路（芯片）的概念与分类

1. 半导体、集成电路、芯片的概念、关系与区别

在这篇文章的开头，或其它文章相关经常会看到关于这个行业会有不同的表述，一会半导体，一会集成电路，而大家谈的知道最多的芯片，这些概念是不是一样的，又有什么不同呢？

我们来解释一下：

半导体的本义是在物理学中，对导电性能介于导体和绝缘体之间的物质的统称。人们一般会把导电性差的材料，如煤、陶瓷、琥珀、木头等称为绝缘体，而把导电性比较好的金属如金、银、铜、铁、铝、锡等称为导体，可以简单把介于导体和绝缘体之间的材料称为半导体，常见的半导体材料有硅、锗、砷化镓等，硅是各种半导体材料应用中最具有影响力的一种。这里补充一点，硅元素仅次于氧元素，是地壳中第二丰富的元素，构成地壳总质量的 26.4%。由价格低廉的沙子到性能卓越的芯片的过程中，硅片制造看似简单轻松，但是万事贵在精细，达到99.99999999%的纯度、实现晶体

晶
向一
致性、在
脆弱易碎的晶圆薄
片上实现平坦无凸起，这三者任何一
步都是用打桩机
在米上刻字的精细活，而这三者重重叠加，不是三倍的困难，而是 3^n 级几何倍数
上升，需要人才储备和高精度的设备，并花费多年的反复工程验证和各种“玄学”
问题的排查。仅从这一点就可以看出，半导体产业链仅是原材料的要求还是非常之
高的。

无论从科技、经济发展和国家安全的角度来看，半导体的重要性都是非常巨大的。
今日大部分的电子产品，如计算机、移动电话或是数字产品当中的核心单元都和半
导体有着极为密切的关联。

在上世纪80年代，老一辈人听广播的收音机设备，也被称为半导体；收音机里的
电子元器件（二极管、三极管等），都是半导体材料制造的。

由于半导体是当今信息化社会的重要基础，广泛应用在生活的方方面面。例如在集
成电路、消费电子、通
信系统、光伏太阳能、半导体照明、激光器
等领域，都有它的身影。因此，现如今已形成了以研究半导体特性、生产方法和制
备设备、应用的系统学科，如半导体物理学、半导体材料学、半导体器件物理等。

对半导体产业所需材料及衍生产品的研究、生产和应用形成了一个高技术产业，也
是一个庞大的行业，现在的半导体可以是技术，也可以是材料，它有专业、有学科
，有产业，也有行业。

从材料角度讲，在集成电路（芯片）产业所用的材料主要有这3种分类

一类是基体材料，产业上主要包括硅晶圆、化合物半导体，
化合物半导体主要指砷化镓（GaAs）、磷化铟
（InP）、氮化镓（GaN）和碳化硅（SiC）等第二、第三代半导体，相比第一代单
质半导体如硅，在高频性能、高温性能方面优异很多。

但这个第几代的说法，没有正式的官方定义，学术界和产业界是为了简要区别材料的类别，逐渐形成的一种通用型叫法。

二类是制造材料，主要有掩膜版、光刻胶、电子特气、抛光材料、溅射靶材、湿电子化学品等。

三类是封装材料，主要有粘结材料，封装材料、引线框架、封装基板以及切割材料等。

基于这三类材料不同的特性、以及适合的应用场景，半导体产品按功能区分，可以分为集成电路、光电子器件、分立器件和传感器等四大类，也可以说成是以半导体为核心材料的全球四大产业，这四类产业的产品也可以统称为半导体元件。

这四大产业，具体细分如下图所示，除集成电路产业外其它不再展开：

其中，据WSTS（世界半导体贸易统计(协会)）的数据，2021年集成电路的全球市场规模份额占据了半导体产业比例为82%，大家把集成电路产业与半导体产业往往等同起来，简单从产业规模和推广普及的意义上说，问题也不大，当然，半导体产业还包括光电子器件、分立器件和传感器等。

但集成电路严格来说具体是什么，我们还是要理一下：

集成电路

，在百度百科上的定义是一种微型电子器件或部件，它在电路中用字母“IC”（Integrated Circuit 缩写）表示。集成电路是20世纪50年代后期到60年代发展起来的一种新型半导体器件。

集成电路可以理解为——是由半导体材料制成的一个超大规模电路的一个集合，让电容

，晶体管，电阻等器件工作在硅片（或者其他介质）上。如今，半导体工业大多数应用的是基于硅的集成电路。

再具体一点是指通过一系列特定的加工工艺，将晶体管（基于半导体材料发展的四大产业中的分立器件）等有源器件、电容和电阻等无源器件，按照一定的电路互联

，“集成”在一块半导体单晶片（如硅或砷化镓）上，封装在一个管壳内，执行特定电路或系统功能。集成电路技术包括芯片制造技术与设计技术，主要体现在加工设备，加工工艺，封装测试，批量生产及设计创新的能力上。

如果用建筑行业举例的话，半导体就是建筑业中的原材料，芯片是这个项目的地皮，集成电路用这些原材料通过各种技术和结构、打桩建造起高楼大厦，这些高楼大厦同这个项目的地皮（PCB电路板）、保护大楼的各种围栏、出入口（封装）就形成了芯片，不同性质和功能的大厦等同于不种具有不同功能的芯片。同理，如果把芯片比喻成我们穿的衣服，那么半导体就像是各种纺织纤维，集成电路像是面料，而芯片则是最后做成的衣服。衣服的不同类别同样等同于芯片的不种具有不同功能。目前半导体行业做出的各种努力及升级都是：1.找到更适合编织衣服的纤；2.技术升级让面料更加舒适轻薄又实惠；3.面料裁剪让衣服的外观和穿着体验更好。

因为芯片作为大众较为熟悉的名词，通常被泛化用作指代整个芯片行业。芯片是半导体元件产品的统称。

芯片的英文为Chip，与薯片同一个单词，薄薄的一片。所以，芯片最原始的含义是指一个成型且物理可见的薄片产品，一个具备具体功能的电子产品实物。它一般指内含集成电路的硅片，体积很小，常常是计算机或其他电子设备的一部分。

事实上，芯片是集成电路的载体，由晶圆分割而成，是单一或多种电路形成的产品。这个过程可以简述为：半导体材料硅片经过一系列加工，形成了晶圆（硅半导体集成电路制作所用的硅晶片（如上面举例的可直接用于建设、书本上的原材料），由于其形状为圆形，故称为晶圆），在硅晶片上可加工制作成各种电路元件结构，而成为有特定电性功能之IC产品，晶圆的原始材料一般是硅，然后经过包装，形成了芯片。

比如我们常听说的麒麟9000处理器，英特尔处理器，高通处理器等等，其中麒麟9000芯片是华为公司于2020年10月2

2日发布的基于5nm工艺制程的手机SOC处理器，SOC

称为系统级芯片，其内涵丰富、应用范围广，很难给出准确定义，这里就不展开了。由于光电、传感、功率、射频产品也在向集成方向发展，有时也称为芯片，所以芯片的范围要略宽泛一点。

综上，如果非要把半导体、芯片、集成电路范围排个序的话，我们就可以理解它们之间的关系是半导体产业>芯片产业>=集成电路产业。

据百度指数统计数据显示，在2021年1月-11月全网搜索半导体、芯片、集成电路这三者的平均整体日均值为——半导体为2144次、芯片为2035次、集成电路为901次。从数据上可以看出，半导体和芯片是大众较为熟知且搜索惯用的词语，而集成电路相较两者之下，略显冷门。

2018年4月16日，美国商务部发表声明称，因中兴通讯公司违反与美国政府去年达成的和解协议，将对该公司执行为期7年的出口禁令。这则“禁令”，让国人第一次真切感受到一颗芯片的“分量”同时，为尊重普及性，下文中均用芯片来表示半导体、集成电路相关术语及产业。

2. 芯片的种类与分类

芯片的分类有很多种方式：

1) 按照不同的处理信号来分类，按照不同的处理信号可分为模拟芯片和数字芯片两种，也有按按照晶体管工作状态和电信号种类来粗略分类，可以分为四大类：数字芯片、模拟芯片、数模混合芯片、特种芯片。

模拟芯片：处理模拟信号的芯片叫做模拟芯片；数字芯片：处理数字信号的芯片叫作数字芯片。那什么叫做模拟信号和数字信号呢？模拟信号：说简单点就是连续信号，也就是连续发出的，比如连续性的光、声音、速度、温度等自然模拟信号；数字信号：就是离散信号，简单点就是不连续的，它的世界只有0和1。

模拟/数字转换：模数转换器ADC和数模转换器DAC，是数字和模拟世界通信的连接桥梁。通过ADC

，可以将模拟信号转换成数字信号去存储和处理；通过DAC，可以将数字信号转换成模拟的声音等信息，重现模信号的世界，它也可以划入模拟芯片范畴。

模拟芯片和数字芯片的区别如下图：

表1 数字IC和模拟IC区别图

具体来看，模拟芯片用来产生、放大和处理各种模拟信号，种类细且繁多，模拟芯片可分为电源管理芯片、信号链芯片、射频芯片，其中射频芯片是处理射频频段的信号链芯片。模拟芯片设计的难点在于非理想效应过多，需要扎实的基础知识和丰富的经验，比如小信号分析、时域频域分析等等。

相比之下，数字芯片则是用来产生、放大和处理各种数字信号，数字芯片一般进行逻辑运算，CPU、内存芯片和DSP芯片都属于数字芯片。数字芯片设计难点在于芯片规模大，工艺要求复杂，因此通常需要多团队共同协同开发。

与数字芯片相比，模拟芯片具有应用领域繁杂、生命周期长、人才培养时间长、价低但稳定、与制程配合更加紧密等特点。基于这些特点，产品、客户、人才需要模拟芯片企业长期积累，也是其长期竞争优势的主要来源。

人才培养时间长（吸引并留住资深人才很重要）：模拟芯片的设计需要额外考虑噪声、匹配、干扰等多种因素，要求设计者既熟悉集成电路设计和晶圆制造的工艺流程，又熟悉大部分元器件的电特性和物理特性。加上模拟芯片的辅助设计工具少、测试周期长等原因，培养一名优秀的模拟芯片设计师往往需要10年甚至更长的时间。

综上，一般来说，一是数字芯片门槛相对比较低，占到整个集成电路市场份额的80%以上，市场份额最大，所以有很多院校把学生就业，把人才培养同市场规模相结合，专业课程设置等方面向数字芯片学习方向倾斜。二是将模拟芯片与数字芯片对比，可以发现模拟芯片拥有产品种类复杂、产品生命周期长、工艺制程要求低、设计工艺依赖经验等特点，模拟芯片门槛高，高护城河所以做模拟芯片要有非常大

的耐心在行业里磨，因为“模拟芯片就像一件艺术品”，艺术品是需要时间的，当然价值也是最大的。目前模拟芯片大概占到整个芯片市场份额的13%，且被国外巨头垄断。因为模拟芯片品类复杂，芯片的开发和迭代周期长（有的甚至长达10-20年），寻求高可靠性与低失真低功耗，需要高知识产权制造、丰富的工艺经验支持。模拟芯片行业的市场竞争格局较为分散，行业前十的龙头公司也仅有63%的市占率；但 top2（德州仪器和亚德诺）占据了28%的市场份额，头部公司具有显著的竞争优势。

表2 2020全球模拟芯片厂商TOP10排名

2) 按照不同应用场景来分类，如果按照这个标准来分类，大概可以分为5类，民用级（消费级），工业级，汽车级，军工级，宇航级，也有分4类的，把宇航类划入到军工级里。

不同级别的芯片对应的标准也不一样，如下图，不同级别的芯片，对于工作温度，工艺处理方式都不同。

它们主要区别还是在工作温范围。军工级芯片由于要面临复杂的战争环境，其使用的电子器件要足够的耐操，像导弹、卫星、坦克、航母里面的电子元器件，任何一个部分拿出来都是最先进的，领先工业级10年，领先商业级20年左右，最贵最精密度的都在军工级中体现出来，其工作温度在 - 55°C ~ + 150°C；汽车级芯片工作温度范围 - 40°C ~ + 125°C；工业级芯片比汽车级档次稍微低一点，价格次之，精密度次之，工作温度范围在 - 40°C ~ + 85°C；民用 / 消费级芯片就是市场上交易的那种，电脑、手机，你能看到的基本上都是商用的。不过产品质量也有所不同，比如微软做的芯片就算是商业级里的军工级，价格最便宜，最常见最实用，工作温度范围在 0°C ~ + 70°C。如下图所示：

下图是汽车级芯片（车载芯片）从用途的角度来看验证标准的差别：

表4 汽车级芯片（车载芯片）按等级、用途等验证标准差别

综上，一般来说，消费级、工业级、汽车级、军工级、宇航级，芯片开发的周期越来越长，价格也越来越贵。但合适的就是最好的，比如，宇航级和军工级的芯片，虽然制程工艺看起来比较老，都是90nm甚至是130nm以下，但追求的是极致的稳定。消费级芯片如果直接拿来用于汽车上面作为车载芯片用，会出问题的，如果没有经过车规级严苛认证的，安全是有非常大的隐患，可能出问题的，汽车芯片，尤其是MCU

部分，被国外品牌高度垄断。基于此，车商和芯片企业都会有不同的路线和商业模式选择，这里不展开阐述。

我们说芯片的分类是相互独立的，所以一个芯片既可能是模拟芯片也可能是消费级芯片。比如手机指纹识别芯片，我们可以叫它模拟芯片，也可以叫它消费级芯片，都是指这颗芯片。这就如同我们正月十五经常会吃的一种美食，北方叫元宵，南方叫汤圆，但是指的是相同的一盘菜。

3) 按照使用功能来分类，可以分为：GPU、CPU、FPGA、DSP、ASIC、SOC等，这种分类方式是也是大家最常见的。

CPU是中央处理器，它作为计算机系统的运算和控制核心，是信息处理、程序运行的最终执行单元。CPU 是对计算机的所有硬件资源（如存储器、输入输出单元）进行控制调配、执行通用运算的核心硬件单元。GPU即图形处理器，又称显示核心、视觉处理器、显示芯片，是一种专门在个人电脑、工作站、游戏机和一些移动设备（如平板电脑、智能手机等）上做图像和图形相关运算工作的微处理器。FPGA是在PAL、GAL等可编程器件的基础上进一步发展的产物。它是作为专用集成电路（ASIC）领域中的一种半定制电路而出现的，既解决了定制电路的不足，又克服了原有可编程器件门电路数有限的缺点。FPGA可以无限次编程，延时性比较低，同时拥有流水线并行和数据并行（GPU只有数据并行）、实时性最强、灵活性最高。DSP也就是能够

实现数字信

号处理技术的芯片，DSP

P芯片的内部采用程序和数据分开的哈佛结构，具有专门的硬件乘法器，广泛采用流水线操作，提供特殊的DSP指令，可以用来快速的实现各种数字信号处理算法。ASIC也就是人们常说的专用集成电路，它应特定用户要求和特定电子系统的需要而设计、制造。目前用CPLD（复杂可编程逻辑器件）和FPGA（现场可编程逻辑阵列）来进行ASIC设计是最为流行的方式之一。与通用集成电路相比，ASIC体积更小、重量更轻、功耗更低、可靠性更高、性能更高、保密性更强，成本也进一步降低。

4) 按照制造工艺来分，

芯片制作工艺指的是在生产芯片过程中，要加工各种电路和电子元件，制造导线连接各个元器件等。现在其生产的精度以纳米（以前用微米）来表示，精度越高，生产工艺越先进。在同样的材料中可以容纳更多的电子元件，连接线也越细，有利于提高CPU的集成度。制造工艺的纳米数(nm)是指芯片内电路与电路之间的距离，类似于一根头发上要划很多很多的线，这个线理解为电路，决定头发上能形成多少电路的一个是头发丝的面积，一个就是这个制造工艺，简称制程。制造工艺的趋势是向密集度愈高的方向发展，密度愈高的芯片电路设计，工艺制程越先进，意味着同样面积的芯片可以容纳更多的晶体管，可以拥有密度更高、功能更复杂的电路设计，可带来性能上的提升（很多人认为苹果A系处理器之所以优于其他厂商处理器，正是因为苹果A系处理器不需要集成基带芯片，同样的面积用于计算的晶体管数量更多）。工艺越先进，意味着需要的电压、电流也就越小，发热量势必会同步降低，也就是说工艺的提升势必会带来功耗的降低。

目前国内满足商用的仅为14nm工艺制程的芯片，而5nm、7nm工艺制程的高端处理器芯片主要为台积电代工，大量的技术壁垒由国外公司基本垄断。

5) 最后，最通俗的一种分类方法，

就是可以将芯片参照人的身体构造、器官功能去分类，如按身体器官有大脑（大脑皮层）、心脏、五官及皮肤、神经等五大器件分别完成思考和记忆、供给能量、感知和传递等功能。

(1) 计算芯片（大脑）：如CPU、GPU、FPGA、MCU、AI等都用作计算分析的

，和人体大脑类似。

（2）存储芯片（脑皮）：DRAM、SDRAM、ROM、NAND、FLASH等，主要是用于数据存储。

（3）感知芯片（五官）：MEMS，指纹，麦克风，摄像头等，主要通过“察言观色”“望闻问切”来感知外部世界

（4）通信芯片（手脚）：蓝牙、WIFI，NB-IOT，宽带，USB接口，以太网接口，HDMI接口，驱动控制等，用于数据传输。

（5）能源芯片（心脏）：电源芯片，DC-AC，LDO等，用于能源供给。

如下图所示：

图2 芯片模仿人体结构功能分类

二、芯片行业及产业链介绍与分析

芯片产品种类繁多，不同产品之间设计和功能不尽相同，制造工艺和流程也存在一定差异。按照主要生产流程区分，芯片产业链可分为上、中、下游，以半导体产品市场规模中权重占比最高的集成电路产业链为例。芯片产业链的上游集成电路原材料、设备等生产资料的核心产业组成。中游可以分为半导体芯片设计、制造环节和封装测试环节、制造和封测环节提供软件及知识产权（IP）。芯片产业链的下游为半导体终端产品以及其衍生的应用、系统等。

1、集成电路上游-材料

按照芯片制造流程，如前面所述，可以将半导体材料分为晶圆制造材料和封装材料。晶圆制造材料包括硅片、光罩、高纯化学试剂、特种气体、光刻胶、靶材、CMP抛光液和抛光垫等。封装材料包括引线框架、封装基板、陶瓷封装材料、键合丝、包装材料、芯片粘结材料等，其中封装基板占比最大。

国内企业目前在8英寸硅片、金属靶材、铜电镀液、CMP研磨液、化学试剂等方面具备一定技术实力，比如8英寸硅片领域的金瑞泓、国盛电子和有研半导体，光刻胶相关领域的江化微，靶材领域的江丰电子和阿石创，CMP抛光材料的安集微电子和鼎龙股份都已有一定的扎实积累。但在面向先进工艺的12英寸硅片、特种气体、高纯化学试剂等材料方面技术实力依然薄弱。

在芯片材料以及化学品领域，受技术壁垒的影响，此赛道主要以美国、日本的企业占主导位置。

2、集成电路上游-设备

半导体集成电路制造过程及其复杂，需要用到的设备包括硅片制造设备、晶圆制造设备、封装设备和辅助设备。设备投入往往是生产线建立成本中占据最大份额的部分。根据SEMI（国际半导体产业协会）的数据，以一座投资规模为15亿元美金的晶圆厂为例，晶圆厂70%的投资用于购买设备（约10亿元美金），设备中的70%

光刻机，刻蚀

机，薄膜沉积设备为核心设备，分别占晶圆制造环节设备成本的30%，25%，25%。

在芯片设备领域，具有较高的技术壁垒，研发难度大，周期长，集中度非常高，主要关键设备是由少数国际巨头把控，基本被美日荷垄断。根据美国半导体产业调查公司VLSI Research发布的《2020年前10大半导体设备厂商营收数据》显示，在前十名中，美国和日本各占4个名额，其中4家美国企业一共拿下了全球超38.9%半导体设备市场份额。可见，在设备领域，美国拥有绝对的话语权。全球前十大厂商基本占据了超过90%的市场份额，荷兰公司ASML更是几乎垄断了高端光刻机市场。

现阶段，国内设备企业仅在一部分品种实现了单点突破，等离子刻蚀机、MOCVD、PVD、清洗机等设备已实现国产化，但尚不具备面向先进工艺的成套工艺能力。

虽然与国外企业差距很大，但是，随着中国跨国集团在中国建厂、合作等事宜，以及产业链联动效应、市场需求驱动、国家政策加持等因素给国内半导体设备相关企业注入有力的能量，加快追赶的速度，国内的设备厂商将迎来发展的良机。

2. 芯片产业链中游——芯片设计环节

首先芯片设计

是整个半导体产业链的主导，芯片产业链的中游主要为芯片设计环节，芯片设计是芯片产业链中最重要的环节之一。

这一环节负责设计电路结构以实现相应功能，之后再找芯片代工厂或自己工厂实现生产制造。

随着晶圆代工制造业的飞速发展，IDM（Integrated Device Manufacture，集成器件制造）垂直分工模式的芯片公司数量屈指可数，即自己完成从设计到制造、封测全流程环节的工作，主要是像Intel、三星、美光等国际大厂或存储器生产企业。绝大多数芯片设计公司是以fabless的模式存在的，是一种轻资产但智力密集型模式。这个领域目前大家耳熟能详的企业有苹果、高通、华为海思等，这些公司只负责芯片的设计而不涉及到具体的生产。

在全球芯片设计

公司前10名的榜单上，美

国企业就有6家上榜；其中，博通

、高通、英伟达包揽了前三名。因此，按地域划分，全球芯片设计主要以美国为主导，我国大陆地区有华为海思、紫光等公司在芯片设计领域突出重围，目前仍处于追赶阶段。

目前芯片设计行业比较知名的有华为海思、三星、高通、联发科、AMD、英特尔、展讯、紫光、哲库科技、中兴、寒武纪等公司，目前同时具备芯片设计和生产能力的是英特尔和三星公司。

2. 芯片产业链中游——制造环节

芯片制造

环节，这个领域技术含量高，工艺流程复杂且严谨，同时这个环节也涉及到众多的高纯度特殊材料以及高精度设备，所以技术壁垒很高，需要长时间的资本投入和科研投入，资金投入巨大，属于重资产。我们经常听到的一些专业词汇，如“光刻”、“刻蚀”、“离子注入”、“EUV”等工艺及设备都是这个环节用到的。同时，这个环节也是我们被卡脖子的重灾区，尤其是一些先进制程所需的材料及设备我们

仍有较大差距。经常听到的台积电、中芯国际等就是晶圆制造代工厂，目前台积电已经稳居行业龙头，占有一半以上的市场份额。

虽然我国大陆地区的企业制造工艺暂时处于落后位置，但是根据国家统计局统计数据显示，2011-2020年，我国集成电路制造行业总产量呈逐年上升趋势。2020年，我国集成电路制造行业实现产量累计值为2614.70亿块，较2019年同比增长29.55%。

在晶圆代工环节，国内的代工企业同时面临机遇和挑战。随着工艺节点的特征尺寸不断演进，能够成熟量产先进制程的厂商越来越少，在成熟制程领域，给了国内代工企业赶超超越的时间窗口机会。同时，国内设计公司的快速成长给了本土代工企业客户资源拓展的天然优势。但另一方面，随着先进制程的演进，晶圆代工对于资金和技术的要求越来越高，国内代工企业与国际领先厂商之间的距离有拉大的趋势，对于本土厂商是很大的挑战和考验。

目前国内国际比较知名的制造企业有台积电、英特尔、三星、中芯国际、上海华虹等，主要是把芯片设计公司设计出来的芯片给制造出来。

3. 芯片产业链中游——封装测试

芯片产业链的芯片封测环节，即封装加测试，这是芯片制作完成的最后一道工序。是将集成电路进行切割、连接、封装进行物理保护然后再进行功能和性能测试的工艺。封测环节在半导体产业链中相对属于技术和资金门槛较低的环节，我国发展封测业相比其他环节相对较早，所以在我国起步早且发展迅猛，目前我国的封测市场在全球占比达70%，中国封测业在国际上非常有竞争力，我国封测企业已进入世界第一梯队。在2020年全球前十大封测企业中，我国的长电科技、通富微电和华天科技均有上榜。

国内行业规模优势明显，芯片封测环节，门槛相对较低，国内市场内卷厉害，且利润率属最低的，一般毛利在20%~40%，做成品牌也有附加值，风险最低，现金流周转快。

封测公司比较有影响力和著名的有中国台湾省日月光、长电科技、艾克尔、中国台湾省矽品科技、力成、天水华天、通富微电、京元电、南茂和颀邦，基本上以中国大陆和台湾为主。

除了上述之外，芯片产业链还包括EDA、IP（知识产权）、代理商等等。

4. 芯片产业链中游-EDA工具软件

EDA (Electronic Design Automation) 是电子设计自动化软件的简称，EDA 产业是集成电路设计最上游、最高端的产业，涵盖了集成电路设计、布线、验证和仿真等所有流程，是集成电路设计必需、也是最重要的软件工具，被称为“芯片之母”。

EDA是工具软件，该软件毛利率高达99.99%。但是该领域前期投入的资金以及人力巨大，还需要通过大量的市场调研，目前的市场基本被被Synopsys新思科技、Cadence楷登电子、Mentor明导国际三巨头垄断，它们直接或者间接占据了全球超过80%的份额。

这三家公司的简要介绍如下：

Cadence，楷登电子，成立于1988年，总部位于美国加州圣何塞，产品覆盖了芯片设计、物理功能验证、布局布线，模拟/混合信号及射频芯片设计，PCB设计和硬件仿真建模等。

Synopsys，新思科技，成立于1986年，总部位于美国加州山景城，是EDA解决方案提供商及接口IP的供应商。

Mentor，明导国际，现称为西门子EDA，成立于1981年，总部位于美国俄州威尔森维尔，产品包括SoC、IC、FPGA、PCB设计工具及相关服务。

EDA软件分类如下：

表5 EDA工具软件分类

5. 芯片产业链中游-IP知识产权

IP的典型代表就是ARM，ARM公司是全球领先的英国的半导体知识产权（IP）提供商，与一般的半导体公司最大的不同，ARM不制造芯片且不向终端用户出售芯片，而是通过转让设计方案，由合作伙伴生产出各具特色的芯片。ARM公司利用这种双赢的伙伴关系迅速成为了全球性RISC微处理器标准的缔造者。这种模式也给用户带来巨大的好处，因为用户只掌握一种ARM内核结构及其开发手段，就能够使用多家公司相同ARM内核的芯片。目前，ARM架构通过出售架构IP获利目前全世界大部分的手机，平板电脑等的SOC芯片是基于ARM的架构设计生产出来的，已被全球主要手机及电脑制造商广泛利用，例如：苹果、华为、高通、联发科的处理器，都是ARM授权的。

Arm有三种授权方式：处理器、POP以及架构授权。

处理器授权是指授权合作厂商使用Arm设计好的处理器，对方不能改变原有设计，但可以根据自己需要调整产品的频率、功耗等。

POP授权是处理器授权的高级形式，Arm出售优化后的处理器给授权合作厂商，方便其在特定工艺下设计、生产出性能有保证的处理器。

架构授权是Arm会授权合作厂商使用自己的架构，方便其根据自己的需要来设计处理器。

基于此种模式，授权费和版税就成了Arm的主要收入来源。除此之外，就是软件工具和技术支持服务的收入。

根据Strategy Analytics报告，在2020年基于ARM的笔记本电脑处理器市场收入增长达到惊人的九倍，并预计该市场在2021年将增加三倍之多，达到9.49亿美元。

现阶段，PC级、服务器级等基于X86的架构需要英特尔的IP授权、手机等智能终端需要用到ARM的IP授权，一旦有极端冲突，将无法使用。华为的服务器业务中涉及到X86架构的产品就因为制裁，现在被迫“优化调整了”。

6、芯片产业下游-应用领域；

目前芯片主要应用在如下领域：消费电子、工业电子、汽车电子、计算机、医疗、通用电子、通信设备、物联网、信息安全、新能源以及工业等领域，比如计算机领域如CPU、MPU、MCP芯片；通信电子领域如FPGA/EPLD芯片、DSP芯片；通信设备领域如NPU芯片、Embedded MPU芯片，我们熟悉内存设备即存储器芯片如DRAM、NAND FLASH、NORFLASH等，还有显示器如Display Processor、DisplayDriver等芯片。

上面这些芯片，结合具体的场景应用以及部分代表性企业我们来列举一下：

一是消费电子，

消费电子是指供日常消费者生活使用的电子产品，比如电视机、影碟机、录像机、摄录机、收音机、收录机、组合音响、电唱机、激光唱机等。在一些发达国家，也把电话、个人电脑、家庭办公设备、家用电子保健设备、汽车电子产品等也归在消费类电子产品中。

当然，数码相机、手机、PDA等产品作为新兴的消费类电子产品以及电冰箱、洗衣机、微波炉等也将会发展成为智能消费电子产品的一部分，并构成未来智能家电的重要组成部分，都将是芯片的主要应用场景。

无人机、折叠屏、5G手机等是消费电子的热门领域，但是要论大头，还是以人最熟悉的移动终端类消费电子产品为主。

代表企业：苹果、华为等

二是工业电子，

在过去，传统工业可能只涉及到变频、伺服等，而现代工业涵盖的领域会非常广泛，包括工厂自动化与控制、电机驱动器、楼宇自动化、电力输送、医疗、测试与测量等，以及随着我们国家工业互联网等的推进与实施，都为芯片提供了广泛的应用场景。代表企业：如美国的德州仪器。

三是汽车电子，

汽车电子是车体汽车电子控制装置和车载汽车电子控制装置的总称，包括动力控制、安全控制、通讯、导航、车用MCU、传感器、车身电子、测试与检修等等。尤其

是当下自动驾驶产业发展越来越好，对汽车电子的要求也越来越高。代表企业如恩智浦、三星、博世、博泽等。

四是通信设备，

我们熟悉的5G只是通信大类中的一种，整个通信系统是由信源、发送设备、信道、噪声源、接收设备、信宿等组成，以此实现信息传递的目的。按传输媒介通信包括有线通信、无线通信两种；按工作频段又分为长波通信、中波通信、短波通信、微波通信；按调制方式可分为基带传输、频带传输。

总体而言，通信产业庞大而复杂，从硬件层到软件层涉及到了许多学科，芯片也扮演着非常重要的角色，和发挥着重要的作用。代表企业如华为。

五是人工智能的芯片应用场景，

最近几年在互联网IT领域，人工智能是被人们提到最多的词语，其研究领域有机器人、图像识别、自然语言处理等。人工智能不仅仅是软件，与电子信息产业息息相关，在各种人工智能产品上，AI芯片都是最为重要的一环，它也被称为AI加速器或计算卡，即专门用于处理人工智能应用中的大量计算任务的模块。代表企业：如英伟达，Intel英特尔和IBM等。

六是物联网的芯片应用，

其中，物联网芯片与其他芯片并不相同。对于PC或手机芯片而言，一款产品一旦打造完成，即可大规模出货，例如骁龙处理器、麒麟处理器等芯片。但对于物联网而言，还面临着严重的细分问题，这也意味着芯片提供商需要针对不同企业提出的不同需求，从而打造出不同的芯片。从而导致物联网芯片产业显现出出货量少、需求急、利润少的特点。代表企业如美国的高通，高通是全球3G、4G与5G技术研发的领先企业，在2007年度一季度成为全球最大的无线半导体供应商，此后长期保持领先地位。

限于篇幅，仅举例如上，以5G、轿车电子、物联网、AI、高性能运算、数据中心、工业机器人、智能穿戴等为驱动要素的新一轮硅含量提高周期到来，为芯片带来了更多的场景应用、作用的发展以及技术、职业开展开辟出更多新的时机和生机。

三、芯片行业需要的人才类型以及部分岗位和职位介绍

根据工业和信息化部软件与集成电路促进中心（CSIP）2017年5月发布的《中国集成电路产业人才白皮书（2016-2017）》，目前我国集成电路从业人员总数不足30万人，但是按总产值计算，需要70万人，缺口40万，人才培养总量严重不足。那么到底中国芯片产业缺的是什么样的人才呢？或者说芯片产业都需要哪些人才呢，接下来我们从半导体行业所需人才和岗位和职位介绍说起：

首先我们从芯片产业链的整个上下游来看每个产业环节都需要哪些人才。

前述部分我们谈到了芯片产业链上中下游分为材料、设备、芯片设计（包括EDA工具和IP知识产权）、制造、封测以及终端应用等三个主要环节。总体上来说芯片行业需求的基本上就是有5大类人才：芯片产业需要的基础研究科研型人才、各类技术型人才及复合型创新人才，各类管理、运营及产业领军人才。芯片上中游的材料设备，设计、制造、封测、EDA工具、管理人才及终端应用等七个方面来分析：

（一）半导体材料人才

半导体材料细分行业多、技术门槛高，是整个芯片产业的先导基础，其对芯片制造业安全可靠发展以及持续技术创新起到至关重要的支撑作用。芯片使用的材料种类层出不穷，材料成分也越发复杂，芯片性能的提升越发依赖材料技术的底层创新，材料作为集成电路产业的“脖子”，一旦受卡，整个制造业将受到重创。过去，应变硅、高K金属栅、钴互联材料等越来越多材料领域的创新和应用，推动芯片制造延续着摩尔定律的神话前行。据估计，半导体材料对芯片性能提升的贡献目前已超过六成。可以预见，未来超越摩尔领域的异质集成、二维半导体、3D IC等技术能否取得突破性进展，将更多依赖于半导体材料的创新。因此对这方面的人才有很大的需求，特别是能够及时了解芯片产业所需，在化学、材料、物理等方面与芯片交叉的复合型创新人才。

（二）半导体制造设备类人才

芯片制造过程中用到的各类关键设备基本都由欧美及日本企业垄断，特别是我们所熟知的光刻机等高端设备，国产设备在一些技术含量相对低些的领域还是有一定市场份额，这方面的人才也是非常短缺的。芯片制造设备各种各样，大类都有十几种

，涉及的面非常广，比如薄膜沉积装备、光刻机、刻蚀机、清洗机、离子注入等，还包括各种封装设备、测试设备，人才需求也是多种多样，包括机械、光电、自动控制、物理、化学等等专业的人才，甚至很多都是需要基础学科支撑的科研型人才，而多学科交叉复合型人才是最急需的。

（三）芯片制造人才

芯片制造类的人才主要指进行芯片制造所用原材料晶圆的制造人才，这里又可以分为两大类，一类是晶圆制造的人才，一类就是晶圆加工的工艺人才。

晶圆制造的人才，主要工作是进行芯片制造所用原材料——晶圆的制造，晶圆又分为硅晶圆和砷化镓等化合物晶圆。（请原谅此处说明专业术语较多，不展开通俗解释，如有可能另行专题文章说明），以硅晶圆为例，首先需要获得加工的原材料，就是高纯度的硅，然后获得具有相同晶向的单晶硅，通过拉晶的方法得到一根一根的硅锭，在此过程中可以进行N或者P型的掺杂，然后将其打磨，抛光，切片得到晶圆。硅晶圆有8寸、12寸晶圆，砷化镓晶圆一般是6寸的。通过晶圆的制造过程可知，这类人才主要是化学和物理相关类的工作，因此人才的来源自然是化学、物理、机械、微电子等相关专业。近年来晶圆供应时常出现短缺的现象，需求旺盛，产能吃紧，导致晶圆价格一涨再涨。

晶圆加工的工艺类人才，这类人才被很多人认为是真正意义上的芯片制造人才，主要是foundry（制造）代工厂的工艺制造流程所需要的各类人才。芯片设计完成以后得到版图文件（一般叫GDS文件），该文件交付代工厂进行芯片的生产制造。代工厂进行芯片制造的晶圆加工工艺流程有几十道工序，包括光罩、掩膜、刻蚀、掺杂、离子注入、化学气相沉积、金属互连线制作、研磨等等，晶圆加工完成以后还会进行晶圆级的测试。这里面有机械类的、化学类的、物理类的、光学类的各种工艺，需要进行工艺开发及优化、生产流程管控、生产良率提升等等工作，需求的人才主要是微电子学专业的器件和工艺方向毕业生。事实上代工厂除了工艺类的人才需求以外，还有很多其他人才的需求，例如器件的建模、PDK制作、工艺线验证、EDA软件相关支持工作等等。

通过上面分析我们知道芯片制造业公司的工艺、流程众多，职位也非常之多。这里我们结合较为成熟的芯片制造业公司的情况，主要介绍五大类工程师的职及职业发展方向，仅供参考：

1 . 设备工程师（Equipment Engineer简称EE）

设备工程师的职责包括设备的操作、设备维护保养、设备维修更新等。设备的前期策划正成为企业合理生产，节约资金与成本的主要手段。

其职业发展如下：逐渐成长为资深设备工程师，编写各种设备相关作业指导书，并制订培训计划，通过积累的经验和异常的处理方法写成资料或文件，并对EE及其他相关人员实施教育，完成制造部人员培训，并通过改善设备性能，持续提高生产效率，提高制造部作业水平，实现自身在企业的价值和定位。

2 . 制程工程师 (Process Engineer简称PE)

制程工程师职责是提高生产效率以及生产良率，预防问题，避免产生不良品，降低报废率以及耗材与人力成本，属于整个制造过程的核心人物。职责一般是制定整个生产流程，分配各个部门的任务，负责制造过程中的各个细节，并制定WI或SOP（标准作业指导书）的制程文件，对制程进行管理和控制。同时制程工程师掌管整个生产各种装配元件及辅助材料的选型与验证，治工具的设计与制作。

其职业发展因为PE在企业制造体系中所赋予的技能有其固定主轴，也是工厂的医生，而医生其职责在于事先预防及事后治疗，所以有挑战性当然也可成为企业中骨干，而如何能成为PE专家需要在工作中不断提升能力和积累经验。

3 . 制程整合工程师 (Process Integration Engineer 简称PIE)

制程整合工程师的职责是确保芯片的质量、持续提升良率，提供给客户具有竞争力且高质量的芯片，让电子产品不但先进且效能稳定，其为半导体制造中的重要协调者，需要与客户沟通了解客制化的芯片应用需求，再将讯息带回厂内，与各工程单位合作。

作为一个PIE工程师，其最重要的工作就是对于一个新产品的评估。当研发工程师设计出来一款新产品试产以后，这个时候就需要PIE工程师去跟踪试产过程中这个产品出现的问题并提出解决方案。

PIE工程师的职业发展路线是课经理→部门经理→副厂长→厂长，如果是跨部门发展，有一个扎实的PIE基础的话可往上游岗位去，如研发工程师（TD），产品工程师（PE），客户工程师（CE），销售工程师（SE）等。如果自身有芯片设计的背景或喜欢芯片设计，再加上有芯片制造的经历，相信往芯片设计公司发展，也是很好的一种选择。那根据兴趣和爱好、特长，在设计公司里面做运营（管理供应链）或者产品，也是不错的职业方向。

4.产品工程师 (Product Engineer简称PDE)

产品工程师一般属于技术部范畴，负责产品的技术支持，主要的工作是帮助半导体制造端找到良率缺失方面的问题，帮助提高产品的良率。产品工程师要有电性失效分析（EFA）和预测性故障分析（PFA）的基本功底，要有对电性等各类数据高度的敏感，做好报告是产品工程师的必备技能。

产品工程师的主要任务特别是新品开发时一般都是产品工程师牵头，让流程顺滑流畅，确保生产环节的每个齿轮紧紧相扣，使产品可以按照时间表上市，甚至缩短设计到量产的时间，争取更多市场。

其职业发展方向是优秀的产品工程师最好在制程整合部门先工作，熟悉工厂流程和环境。如果工作几年的产品工程师，产品工程师的职业发展道路产品工程师→产品部（科/课）经理→产品部部门经理，当然也可转行做客户工程师（CE），制程整合工程师（PE）或研发工程师（DE）。

5.良率提升工程师（Yield Engineer简称YE)

良率在芯片制造业中占据很重要的位置，良率提升工程师工作是个系统性很强的工作，有太多的因素会影响芯片的良率。提升良率和保证产品的可靠性是YE工程师的主要职责。这个职位属于生产线相对前端的工种，具体工作包括配合研发需要，及时建立各个工艺作业指导书，并进行持续改善；评估最新的机台和系统；降低缺陷以达成良率提升的目标等等。这些工作需要与制程工程师合作，有些工作与PE实际上是有重叠的。

其职业发展方向是是YE工程师由于在实际工作中可获得很多生产制造的经验，尤其是产线遇到问题怎么定位，需要很长时间的积累。其职业发展道路资深YE工程师→YE部课经理→YE部门经理等。

此外，质量工程师（Quality Engineer简称QE）、可靠性工程师（Reliability engineer简称RE）、测试工程师（Testing Engineer，简称TE）、客户工程师（Customer Engineer简称CE）

等都是芯片制造工厂中很重要的岗位和职位，其职业方向一般也是工程师到主管、再到部门经理这样的管理路线，技术路线即从一般工程师到高级工程师再到资深专家。我们这里可以看出，这些岗位和职位的发展和提升，都需要较长时间积累，才能价值越来越大，也就是我们常说的“要坐得住冷板凳，耐得住寂寞”，才能等到真正的花开。

上面是芯片制造相关职位的介绍，关于芯片制造工艺，这里我们按照芯片制程最重要的四大工序，扩散、薄膜、刻蚀、光刻及从事这四大工序的制程工程师所需要

的专业及技能。

一是扩散工艺（Diffusion Process）工程师，这里的扩散工艺所需要的杂质在一定条件下对硅(或其他衬底)的掺杂。如在硅中掺磷、硼等。广义上讲，氧化与退火也是一种扩散；前者指氧气在SiO₂中的扩散，后者指杂质在硅(或其他衬底)中的扩散。其目的是要为了改变原材料的电学特性或化学特性。

二是薄膜工艺（Film Process），这里的薄膜工艺指通过蒸镀、溅射、沉积等工艺将所需物质铺盖在基片的表层，根据其过程的气相变化特性，可分为PVD与CVD两大类。

三是光刻工艺（Litho Process），芯片光刻是通过一系列生产步骤(主要包含涂胶，曝光，显影)，将晶圆表面的薄膜与光刻板中的图形做相同动作的选择性的显开或遮蔽。而光刻机的图形转移能力(最小线宽)是整条工艺线的重要指标，这与设计时可做的集成度大小有直接关联。

四是刻蚀工艺（Etch Process），芯片刻蚀技术，实际上就是光刻腐蚀，先通过光刻将光刻胶进行光刻曝光处理，然后通过其它方式实现腐蚀处理掉所需除去的部分。刻蚀是用化学或物理方法有选择地从硅片表面去除不需要的材料的过程，其基本目标是在涂胶的硅片上正确地复制掩模图形。在半导体制程中，刻蚀就是用化学的、物理的或同时使用化学和物理的方法，在光刻的基础上有选择地进行图形的转移。刻蚀技术主要分为干法刻蚀与湿法刻蚀。

这四项工艺技术在芯片生产和加工过程是最重要的几项工艺，都需要较强的专业和技术背景，其中刻蚀工艺Etch Process是最难攻克的，如果从职业前途来看，刻蚀工艺工程师最有机会做到管理层。

（四）芯片设计人才

一个完整的芯片研发部门或芯片设计公司会包含数字设计，模拟设计，解决方案，生产测试以及质量部门等。不同的公司会根据自己的产品需求以及目前的企业规模设置不同的部门。上面提到，目前芯片主要分为数字和模拟两个方向，而不同方向也对应不同的岗位。

从设计一款芯片的基本流程来看：

一般步骤是明确芯片的需求（功能和性能）之后，先由架构工程师设计架构，得出芯片设计方案，前端设计工程师形成RTL（Register Transfer Level）代码，验证

工程师进行代码验证，再通过后端设计工程师和版图工程师生成物理版图。设计环节到此为止，后面则是制造和封测环节。物理版图以GDSII的文件格式交给Foundry（台积电、中芯国际这类公司）在晶圆硅片上做出实际的电路，再进行封装和测试，就得到了芯片。

从部门和组织的组合与配合来看：

数字部门一般是芯片硬件设计的主力，包含了芯片设计整个流程的岗位，从产品需求与定义到产品设计实现以及后续的综合，DFT测试到后端的实现。

而有些公司是做模拟芯片，或者芯片中有模拟部分会设置专门的模拟部门做IP或者版图设计，模拟设计是一个靠经验与技术积累的活，不同的人或者公司会有很大的差别，这也是我们跟国外在模拟设计上差别这么大的原因之一，那从职业生涯发展来说，模拟电路设计这一职业就像中医一样，越老经验越多，就越吃香。

解决方案部门主要是软件人员，有些也会把硬件方案设计放到这边。从算法的设计，芯片驱动以及产品的真正应用方案实现都是在这边实现。硬件设计主要是包含芯片的使用方案设计，PCB原理图与产品的设计实现。

生产测试一般会在大厂设置专门的部门，主要是包含各种测试以及与生产厂的交互，根据市场需求制定具体的量产规划与指标。

质量部门主要是所有设计生产测试环节的质量评估与监督，不同产品需要经过不同的质量认证之后才会得到市场的认可，这也是质量部门的一个重要职责。

我们按一般职位和岗位介绍以下七类设计相关人才，并加以说明对应的专业，再以数字设计为例说明下职位的职责作用与需求：

1. 半导体器件模型（module）开发人才：

这方面人才主要是芯片制造代工厂会有很多需求，这里把它归类于芯片设计的人才需求，因为各类器件都需要建立准确的模型（module）才能提供PDK(工艺设计工具包)用于芯片仿真设计。对应的大学专业一般是微电子专业器件方向。

2. 芯片系统和算法类人才

这类人才主要是从事相关系统架构或者特定算法的研究工作，为了实现特定的功能

或者性能需要架构和算法上的创新，特别是传感器类、处理器类芯片产品和AI芯片产品等。这类人才对应的大学专业较为广泛，包括数学、物理电子、计算机、微电子、集成电路、电子工程、通信工程、自动化专业、光电信息等等。

3.RTL（Register Transfer Level,寄存器传输级）逻辑设计人才

也就是数字前端工程师，需要熟悉verilog语言，主要负责芯片逻辑功能的实现。大学里面各电子类相关专业的人才都可以进入该工作岗位。

4.电路设计人才

这类人才主要是从事模拟电路类的设计工作，包括模拟电路、射频电路、数模混合电路等的设计，模拟电路的设计和数字电路的设计流程有很大差异，基本是个手工活，入门的要求较高，需要有扎实的电路理论和半导体相关理论基础。对应的人才来源同样是大学里的各电子类相关专业，包括微电子、集成电路、电子工程、通信工程、光电信息等等。

5.数字验证人才

这类人才主要是从事复杂数字芯片系统的验证工作，包括算法功能、性能的验证，SOC系统功能及性能验证等，需要掌握UVM等各类验证方法学，用到很多的脚本语言。人才来源同样对应大学的各电子类相关专业。

6.版图设计人才

这类人才分为模拟电路版图和数字电路后端版图设计，这两个工作岗位的差异非常大，模拟和数字版图的设计流程完全不同，采用的工具也不一样。版图设计工作相对入门容易一些，但是版图做到极致也不容易。

7.封装设计人才

这类人才主要是进行芯片的封装设计工作，包括各类封装结构的仿真评估等，主要和封测厂对接。

接下来，这部分我们主要介绍数字部门各岗位的职责作与需求：

1) 产品架构开发架构师：

架构师是产品设计的灵魂人物。

产品经理通过市场调研与分析用户需求，提出一个产品定义之后，架构师会根据实际的产品需求与技术能力做一个整体的解决方案，通过详细的论证与测试确认方案的有效性与可执行性，然后将对应实现方案下发给设计人员进行设计实现。

架构师属于一个全能型人才，既需要懂市场需求与产品应用场景，又需要对产品的具体实现做到心中有数。需要掌握各种IP的功能，性能以及目前的市场应用情况，熟练的掌握系统的整体定义与实现方法。

根据不同的产品需求，对架构师的要求也不太一样，以最基本的SoC为例：架构师需要掌握不同CPU的性能指标与应用场景，掌握系统内存以及高速IP的应用场景，掌握电源与低功耗设计方法，掌握芯片启动流程以及安全性设计等等。所以我们说架构师必须是一个具有多年经验的老司机，必须有驾驶甚至维护多款车的经验，即参与过多款芯片的设计开发测试工作才行，这样才能够全面的衡量PPA（功耗power，性能performance，面积area）的影响。

2) 前端设计工程师

前端设计一般分为IP设计与系统设计两种。

IP设计工程师，顾名思义，其主要工作是IP设计，这一工作主要侧重于IP功能的实现，是根据任务需求完成相关IP的功能开发与测试支持，比如目前比较流程的图像处理，神经网络算法实现，压缩算法实现，或者是各种不同接口IP的功能开发。

IP设计的一个硬性指标是coding能力一定要强。因为他需要将对应的算法或功能实现，另外需要清楚设计的一些基本方法与原则，设计的时候也要考虑本模块的PPA，为了提高设计IP的性能与可靠性，需要有良好的代码编写习惯以及采取合理的功能实现方法。

根据不同IP的需求，对设计人员也有不同的技能需求：基本的开发设计思想，对不同功能实现的处理能力；对于算法类实现，需要具备良好的算法理解与转换的能力；对于处理模块实现，需要对流水线操作，缓存能力有良好的理解；对于接口类模块实现，需要精通负责模块的接口协议，比如PCIE，USB，Ethernet，SATA等；对低速接口模块，需要掌握基本的低速总线协议与各种使用模式，I2C，I2S，UART，SPI等；需要了解时序约束，能够熟悉接口的一些常规约束需求等等。

一句话来说IP设计人员是具体功能的实现者，但具体产品的功能需求能否满足，还是靠设计开发者进行实现。

系统设计工程师，同样可以直接理解其主要工作是系统设计，这一工作目前最主要的是SoC（System on Chip，称为系统级芯片）设计，主要侧重于芯片顶层的设计实现，属于IP的上一级。SoC设计是一个系统实现的过程，跟架构师的设计方案是对应的，从系统级的角度实现架构师的规划。当IP级开发完成之后会交付到芯片系统级做集成开发设计。

系统级的设计包括全芯片的时钟复位设计，芯片管脚的复用设计，电源分区的划分，低功耗设计，不同子系统的划分实现，地址分配与系统互联，综合规划，DFT测试方案设计，系统启动方案等等。

系统设计会从全芯片的角度考虑每一部分功能以及子系统的具体实现方案，会更多的从产品的具体应用场景以及应用方法上面考虑设计。也就是我们经常说的会站在用户的角度考虑问题。

根据不同的任务需求，SoC设计需要掌握不同的技能需求，主要包括以下内容：

- a.处理器CPU，GPU，DSP，RISC-V等
- b.存储单元DDR，RAM，Flash等
- c.内部总线协议，主要是ARM AMBA总线
- d.互联设计方法，包括一致性以及非一致性设计方法
- e.低速协议，如UART，I2C，SPI，I2S，WDT
- f.高速接口的基本特性，以及使用方法，如PCIE，USB，Ethernet等
- g.电源设计与低功耗方法

系统设计是产品整体功能的具体实现，产品能够得到市场的认可，跟系统设计者有很大的关系，所以这一职位无论是重要性还是薪酬，还有挑战性，都是非常高的。

3) 仿真验证工程师

验证工程师主要负责产品设计功能以及性能的验证，保证最终产品功能的正确性。仿真验证是IC设计过程中不可或缺的一环，只有经过充分的验证与测试公司才会有信心将芯片流片生产。

仿真验证分为仿真与验证两个环节。

仿真主要是通过EDA工具与仿真模型进行功能的仿真，分为前仿真和后仿真。前仿真主要是针对RTL代码进行仿真，后仿真则是针对布局布线之后的门级网表进行仿真。

验证则主要是指FPGA原型验证，通过将对应的设计烧录在FPGA上进行功能的验证。

所有的仿真验证都会针对IP级以及系统级进行，这与设计是对应的。

根据不同的需求，验证工程师需要具备以下技能:

- a.验证语言SV
- b.验证方法UVM
- c.掌握不同的IP功能以及验证流程
- d.系统级验证方法

仿真验证是IC设计流程中的重要一环，目前也是市场最终欢迎的一个岗位，充当IC产品检察官的角色。

4) 综合工程师

综合工程师主要负责将前端开发设计的代码转化成门级网表，也就是将代码设计的逻辑转换成真正的电路结构。综合之后会看到所有的逻辑都变成了与非门等元器件搭建的电路。

综合是工具将描述语言翻译成电路的过程，这时最重要的是保证实现的电路功能与原始设计一致，并且电路的时序满足电路要求。因此综合工程师需要对代码与电路做一致性检查（formal检查），并对所有的时序逻辑进行约束，尤其是要做好接口时序约束与异步路径的处理。

综合工程师应该具备的技能：

- a.电路结构的分析能力

b.掌握时序约束与分析方法

c.同步异步时序约束与分析

d.相关工具如formality，DC，PT等工具的使用方法

5) DFT (Designfor test) 可测试性设计工程师

DFT工程师负责可测试性设计，其职责就是在ASIC设计中插入可测试性的逻辑，等芯片制造出来之后可以通过这些可测试性的逻辑测试芯片制造过程中引入的错误。这个错误并不包括逻辑设计错误，主要指芯片制造过程中引入的错误，因为逻辑设计是由验证工程师测试保证的。DFT工程师的最终目的是将生产中的坏片找到，提升最终的芯片良率。

DFT设计不同的公司有不同的流程，很多公司是将DFT放在综合之后，也就是在网表插入测试逻辑，现在越来越多的公司会将DFT放到前端来实现，这样可以更好地保证设计流程，缩短工程的开发周期。

DFT工程师需要具备的能力要求一般是：理解Scan，Mbist和Boundary Scan的测试技术；设计测试向量对DFT逻辑进行测试；能够支持机台测试(ATE)；掌握时序约束的设计方法。

DFT工程师像安全卫士一样，保证最终的客户拿到的芯片是完好可用的，防止坏片流入市场。

6) 后端工程师

芯片后端是一个大类，内部包含了很多的内容，不过从流程上来讲主要是对综合的网表进行物理的实现。

后端设计流程是一个比较复杂的过程，也是最耗时的过程。后端工程师需要通过各种工具分析与优化进行相关设计。

后端设计也是最贴近物理实现的岗位。随着工艺的提升，对后端工程师的技术要求也在提升，因此这是一个经验越多越吃香的岗位。好的后端工程师是市场的紧俏货。

后端工程师需要具备的能力：对工艺库有一定的了解；掌握电子电路的电气特性；掌握布局布线的方法；掌握寄生参数的提取方法以及版图优化；掌握电源设计方法

与功耗计算分析流程；后端工程师是IC设计流程的最后一环，后端设计的好坏直接影响到最终产品的能否之前的设计需求。

以上就是一个基本完整的芯片开发设计公司数字相关岗位及要求技术的完整介绍。

（四）芯片封测人才

中国的芯片封装测试水平相对还是不错的，有几家封测大厂，例如长电科技、通富微电、华天科技等，人力成本相对较低是国内封测的一大优势，通过长时间的发展，在技术上也有了一定的领先性。芯片封测分为封装和测试两个子类，同时也会涉及到很多配套的产业，包括封装的原材料、封装设备和测试设备等。芯片封测的人才来源主要是电子类相关专业、计算机专业、电气工程及自动化专业、机械专业等等。

芯片封装人才，芯片的封装主要完成晶圆的切割、芯片的引线框键合等工作，封装类型也是多种多样的，包括DIP、QFP、QFN、BGA、PGA等等。封装过程中的各类可靠性评估、封装良率提升、仪器设备操作需要各类人才。芯片的封装工作往往被人认为技术含量不高，但是先进的晶圆级封装技术含量是很高的。

芯片测试人才，芯片封装完成以后要进行电气性能的测试、老化等可靠性测试、芯片筛选自动化测试等，测试方法和测试设备也是五花八门，需要相关的测试人才，这类人才要熟悉测试分析仪器和测试流程及方法。严格的测试是非常耗费时间和精力，例如汽车电子芯片的测试。

（五）EDA工具软件人才：

芯片设计需要使用的EDA软件研发人才，这个方面国内确实很少很少，主流EDA软件都是国外的，包括cadence、synopsys、mentor等国外公司的EDA产品，这方面需要各类数学、物理计算的理论研究型人才，需要很多的软件开发人才，整体来说EDA软件的开发难度极高。

（六）芯片应用人才

芯片设计制造

完成以后要能真正应用在系统终端产品上才有意义，因此需要各类芯片应用工程师人才，完成芯片的应用方案，电子系统的设计，终端产品的设计等等。这类人才通常是电子工程师、通信工程师、系统应用工程师等等，他们将芯片最终推向应用市场。

（七）各类管理、运营及领军人才

上面罗列的基本都是芯片产业链上的各个环节需要的技术类人才，除此之外，芯片产业还需要各类管理人才、运营人才和具备专业能力及全球视野的高阶领军人才。

芯片产业是一个高技术密集的产业，需要对产品质量和具体运营进行把控的高级管理人才。

一颗芯片从市场调研开始到产品下市，环节很多，每个环节都对技术与经验要求很高，能把控整个环节串联成一个和谐的流水线，保证方向、质量、成本及时间等按照计划完成，是非常复杂非常难的事。半导体行业有其独特的产业发展规律和特点，门槛比一般产业要高，另外半导体行业是国际化的充分竞争，因此对企业管理者的格局和视野都有很高的要求，因此这类高端人才也是非常需要而且是欠缺的。

四、芯片产业哪些岗位最紧缺？

芯片行业曾经长期流传着这样一段话：“干半导体的不如干互联网的”，“操着做近似原子弹的心，卖着大白菜的价格”。近几年，在美国在高新技术领域对中国的封锁、关键领域“卡脖子”现象的频发、数字经济发展、政策利好、缺“芯”危机等多重因素影响下，芯片产业的发展被动局面已经大大改观：初创公司、互联网公司、手机厂商等纷纷入局，芯片行业一下从冷板凳变成了“香饽饽”，离职率高、加薪挖人、行业内挖墙角、企业招不到人已成常态。这种现象的其背后的核心因素在于芯片人才的紧缺。一谈芯片人才，就会谈到国产芯片人才缺口有多大。实际上，这个缺口不是今年和明年的缺口，是未来国产芯片发展所需要的人才缺口。随着芯片行业火热，薪酬快速提升，吸引更多的人加入芯片行业，也吸引更多高校开设集成电路专业和扩招学生，芯片人才供给必然会加大，人才紧缺的情况定会得到改观，甚至从根本上得到解决。

我们再来看，哪几类人才紧缺的，归纳如下：三类芯片人才都紧缺，尤其缺高端人才，芯片按照功能分三类：存储芯片、计算类芯片(逻辑电路)和模拟电路芯片。

1.存储芯片：大数据时代的基石，计算机中的原始数据、计算机程序、中间运行结果和最终运行结果都保存在存储器中，所以手机、平板、PC和服务器等产品都会用到存储芯片。

2.计算类芯片：(逻辑电路)—产业链划分，有设备、材料、集成电路设计、晶圆代工、封装测试等五大领域。

3.模拟电路芯片：汽车电子领域、5G时代的物联网中得以广泛应用。

再有就是领军人才缺乏。能负责产品规划和顶层架构制定的领军人才，如大项目建设的团队负责人、CPU、DSP系统架构师以及高端核心芯片的设计总师，需要深厚的专业知识和多次产品试错、技术迭代的经验积累，其成长过程至少需要十几年。我国芯片产业的快速发展相对较晚，加上有的企业来不及培养自己的技术领军人才，只有通过互挖人才的方式，恶性竞争，整体行业的领军人才严重缺乏。

此外，在集成电路材料与设备方面，也存在大量的人才缺口。

五、与芯片人才密切相关的高校专业及方向？

华为创始人任正非在拜访一些高校时表示：“点燃未来灯塔的责任无疑是要落在高校上，而高校就是为社会输出人才的地方，中国芯片的崛起必然需要人才的努力。”

芯片人才与专业方向：

如上述介绍，我们了解了从芯片产业链的构成来看，核心的三个环节为芯片设计、制造和封测，以及与之配套的材料、装备和应用。在《教育部等七部门关于加强集成电路人才培养的意见》中明确提出，“根据构建‘芯片、软件、整机、系统、信息服务’产业链的要求，加快培养集成电路设计、制造、封装测试及其装备、材料等方向的专业人才”。

芯片是基于数学、物理、化学、材料、机械、信息和计算机等基础学科的多学科交叉融合，内容覆盖广。2021年1月，国务院学位委员会批准，正式设置集成电路科学与工程一级学科，属交叉学科门类，集成电路IC或者超大规模系统集成VLSI，设计都属于电气及电子工程范畴。有些计算机工程也会有硬件架构的方向。

如果想从事芯片行业，最先想到的就应该是以下两个专业：

微电子学，集成电路设计与集成系统

其次是电子信息大类下的专业：

电子科学与技术、电子信息工程、电子信息科学与技术、电子封装技术

其余相关专业也可从事芯片行业：如通信工程，光电信息科学与工程，

如果是芯片制造的话，材料科学，物理，化学等都可以参与，对于芯片设计，基于目前人才紧缺的现状，更多的专业其实也可以参与，如本科类的农业电气化、工业工程、机械工程（输电线路工程）、机械电子工程、测控技术与仪器、电子信息科学与技术、电气工程及其自动化、电气工程及其自动化（创新）、电气工程及其自动化（实践）、自动化、过程装备与控制工程、通信工程等。

因此，以下几个专业跟芯片设计方向产业的关联还是比较紧密的，。

1.电子、电气工程

想从事“芯片”事业相关工作的同学们，可以考虑以下几个专业方向：

专业1：电子电气工程

“芯片”设计与制造的主要专业：电子/电气工程(EE)-主要研究方向(部分)

通信与网络：简单说就是实现人与人、人与计算机、计算机与计算进行信息交换的链路，从而达到信息共享。比如4G技术，因特网、WIFI等都属于此范畴。

微电子：研究半导体材料上构成的小型化电路、电力及系统的电子分支。这是在电子电路超小型化中逐渐发展起来的。

自动化：是指机器设备、系统或过程(生产、管理过程)在没有人或较少人的直接参与下，按照人的要求，经过自动检测、信息处理、分析判断、操纵控制，实现预期的目标的过程。比如你设定空调按时关闭的控制板、制造汽车的机械臂、包装流水线等。

生物工程：医学领域运用比较多，比如说超声波、CT及生物传感器等。

电子学与集成电路：就是把一定数量的常用电子元件，如电阻、电容、晶体管等，以及这些元件之间的连线，通过半导体工艺集成在一起的具有特定功能的电路。简单说我们看见的电脑主板就是。

光电：以光电子学为基础，综合利用光学、精密机械、电子学和计算机技术解决各种工程应用课题的技术学科。我们看到的激光、全息摄影技术及太阳能光伏就是光电。

电力工程：与电能的生产、输送、分配有关的工程。我们看到的电线、变电站、火电厂、风力发电、水力发电及核电厂。

电磁学：研究电磁波，电磁场以及有关电荷，带电物体的动力学等等。比如扬声器、电磁开关、磁疗及电磁炉等。

材料与装置：研究的范围涵盖了半导体器件、微电子器件纳米材料等等。这个就比较好理解了吧。

每个方向对学生自身擅长学科要求不同，EE也是跨学科比较多的专业之一。需要擅长数学、物理、计算机等相关学科。

专业2：计算机类

计算机专业涵盖软件工程专业，主要培养具有良好的科学素养，系统地、较好地掌握计算机科学与技术包括计算机硬件、软件与应用的基本理论、基本知识和基本技能与方法，能在科研部门、教育单位、企业、事业、技术和行政管理部门等单位从事计算机教学、科学研究和应用的计算机科学与技术学科的高级科学技术人才。如本科计算机大类中的：计算机科学与技术、网络工程、软件工程、物联网工程、智能科学与技术、信息安全、空间信息、数字技术等。规划发展数字芯片设计层面学生，本科可选择计算机专业，研究生再到微电子专业。

专业3：通信工程

“芯片”制造方向的专业有：

材料物理、机械设计制造及其自动化、光电信息科学与工程、材料科学与工程、集成电路设计与集成系统等。

当然，芯片制造也可以微电子科学与工程、集成电路设计与集成系统、电子科学与技术、电子信息工程、电子信息科学与技术、电子封装技术、通信工程、光电信息

科学与工程、计算机等专业方向入手，事在人为。

最后，从总体上来讲，我们整个的芯片产业近年取得了长足的进步，已经越来越接近于市场的第一梯队，特别是在芯片设计方面，产业规模取得了快速的扩大，已经渗透到我们从人民生活，到了工业领域，到我们未来的一些人工智能，到智能汽车等等多个领域，都已经在采用国产的芯片在支撑他们这些产业的发展。但同时我们面临着我国的芯片产业人才培养极不平衡，大多数人才都集中在技术应用层面，但研究算法、芯片等底层系统的人才太少的局面。“头重脚轻”、急功近利的情况，也很普遍。人才储备与培养比较薄弱，是我国芯片半导体产业与国际顶尖水平相比仍有明显差距的一个关键因素。