

T/MIITEC XXX-XXX

集成电路产业人才岗位能力要求

Industrial Talents Competency Framework of Integrated Circuit

工业和信息化部人才交流中心 发布

2023-00-00 实施

2022-12-00 发布

目 录

[前 言 III](#_Toc38631907)

[1 范围 1](#_Toc38631914)

[2 术语和定义 1](#_Toc38631916)

[3 集成电路产业主要方向及岗位 2](#_Toc38631933)

[3.1 主要方向 2](#_Toc38631934)

[3.2 主要岗位及职责 3](#_Toc38631935)

[4 集成电路产业人才岗位能力要素 5](#_Toc38631936)

[5 集成电路产业人才岗位能力要求 5](#_Toc38631937)

[5.1 芯片设计方向岗位能力要求 5](#_Toc38631938)

[5.2 芯片制造方向岗位能力要求 8](#_Toc38631943)

[5.3 芯片封装方向岗位能力要求 11](#_Toc38631949)

[5.4 芯片测试方向岗位能力要求 15](#_Toc38631956)

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020给出的规则起草。

本标准由工业和信息化部人才交流中心提出并归口。

本标准起草单位：

本标准主要起草人：

本标准为首次制定。

 集成电路产业人才岗位能力要求

1. 范围

本标准规定了集成电路领域主要方向岗位能力要求。

本标准适用于指导各单位开展集成电路人才培养、人才评价、人才招聘、人才引进等工作。

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

集成电路 integrated circuit（IC）

将全部或部分电路元件不可分割地连在一起，并形成电互连，以致就结构和产品而言，被视为不可分割的微电路。

[来源：GB-T 9178-1988 集成电路术语]

2.2

晶圆 wafer

一个或多个电路或器件在其中制成的半导体材料或是在某种衬底上淀积的一种材料，一般是扁而圆的片子。

[来源：GB-T 9178-1988 集成电路术语]

2.3

芯片 chip，die

圆片上用以制造完整集成电路的独立矩形区域。

[来源：GB-T 9178-1988 集成电路术语]

2.4

探针台 probe station，wafer prober

利用金属探针将圆片上集成电路芯片的电极与测试仪联接，以完成集成电路性能参数中间测试的电子机械设备。

[来源：GB/T 40577-2021 集成电路制造设备术语]

2.5

手动探针台 manual probe station

由工作台、承片台和测试探头等构成，操作步骤全部由人工完成的探针台。

[来源：GB/T 40577-2021 集成电路制造设备术语]

2.6

半自动探针台 manual probe station

由工作台、承片台、探针支盘机构、电控箱等构成，能自动完成除装卸片及精密对准之外的所有其他操作步骤的探针台。

[来源：GB/T 40577-2021 集成电路制造设备术语]

2.7

集成电路测试设备 integrated circuit test equipment

测量集成电路芯片或封装后的集成电路器件电气参数的仪器。

[来源：GB/T 40577-2021 集成电路制造设备术语]

2.8

模拟集成电路测试系统 analog integrated circuit test system

用以测试模拟集成电路直流参数、交流参数或脉冲参数的仪器。

[来源：GB/T 40577-2021 集成电路制造设备术语]

2.9

数字集成电路测试系统 logic integrated circuit system

用以测量数字集成电路直流参数、动态参数或功能的仪器。

[来源：GB/T 40577-2021 集成电路制造设备术语]

2.10

存储器测试系统 memory test system

用以测量半导体存储器静态参数、动态参数或功能的仪器。

[来源：GB/T 40577-2021 集成电路制造设备术语]

2.11

模拟/混合集成电路自动测试系统 analog/mixed-signal integrated circuit automatization test system

针对模拟信号电路、混合信号电路（以模拟为主，数字为辅）为主的集成电路测试而设计的自动测试系统。

[来源：GB/T 40577-2021 集成电路制造设备术语]

2.12

SoC 测试系统 SoC test system

用于测试系统芯片的自动测试系统。

[来源：GB/T 40577-2021 集成电路制造设备术语]

2.13

集成电路分选机 integrated circuit sorter

与集成电路测试仪器连接进行常温或高、低温条件下的集成电路测试和分类的设备。

[来源：GB/T 40577-2021 集成电路制造设备术语]

2.14

集成电路产业链 Integrated circuit industry chain

集成电路产业链有上游、中游、下游组成，集成电路产业链上游主要为半导体材料及设备，包括硅片、光刻胶、靶材、检测设备等；中游包括集成电路设计、集成电路制造、集成电路封测；下游为集成电路的应用，包括通讯、消费电子、计算机、汽车电子、医疗器械、新能源等。

2.15

集成电路装备 Integrated circuit equipment

集成电路专用设备主要是芯片晶圆制造、封测装备。主要分为：1）硅片制造与加工设备；2）掩膜制造设备；3）光刻设备；4）扩散及离子注入设备；5）薄膜生长设备；6）等离子体刻蚀设备；7）湿法设备；8）工艺检测设备；9）组装与封测设备；10）集成电路测试设备；11）生产线其他相关设备。

2.16

供应链Supply chain

是指生产及流通过程中，将产品或服务提供给最终用户活动的上游与下游企业所形成的网链结构,即将产品从商家送到消费者手中整个链条。产业链供应链是工业经济的命脉，产业链供应链稳定畅通对工业经济平稳运行至关重要。集成电路产业供应链：“围绕集成电路产业，通过对信息流，物流，资金流的控制，从采购原材料开始，制成芯片中间产品以及最终芯片，最后由销售网络把芯片送到最终用户电子产品品牌商手中。它是将供应商,制造商，分销商，零售商,直到最终用户连成一个整体的功能网链模式。”一条完整的集成电路供应链应包括供应商（集成电路原材料供应商或设备零配件供应商），制造商（芯片晶圆加工厂和封测厂），分销商(代理商或批发商)。

1. 集成电路技术与应用主要方向及岗位
	1. 主要方向

根据集成电路产业人才需求，本标准聚焦四个主要方向岗位，分别是芯片设计、芯片制造、芯片封装与芯片测试。

* 1. 主要岗位及职责

本标准主要涉及以下集成电路岗位，具体如表1所示。

表1 集成电路各方向主要岗位及职责

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **方向** | **岗位名称** | **岗位职责** |
| 01 | 芯片设计 | EDA软件研发工程师 | 对EDA类软件等相关软件进行开发。 |
| 02 | 半导体器件模型开发工程师 | 为各类器件建立准确的模型和库文件用于芯片仿真设计，也包括了不同于通用CMOS电路的例如三五族功率器件、MEMS、LED、光电器件模型的构建。 |
| 03 | 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，是大规模集成电路设计工程师的主体，资深的数字前端工程师也包括了数字IP实现、数字架构设计、数字测试系统配置等工作。 |
| 04 | 模拟与混合信号电路设计工程师 | 主要从事模拟电路类的设计工作，包括模拟电路、数模混合电路等的设计，需要有扎实的模拟电路和模拟数字协同/变换理论基础、功率设计、失效分析、半导体相关理论基础 |
| 05 | 射频电路设计工程师 | 主要从事射频类电路类的设计工作，包括射频射频功放电路、天线、混频器等无线通讯电路等的设计，需要有扎实的半导体、射频电路理论和电磁场理论相关理论基础。 |
| 06 | 验证工程师 | 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，熟悉脚本语言。 |
| 07 | 后端版图设计工程师 | 主要分为数字版图和模拟版图。数字后端将数字电路网表转变成最终物理GDS的工作，又称为物理实现。包括布局布线、电路综合、时钟综合、寄生参数提取、时钟分析、功率分析、DRC/LVS等。同时需要了解基础的模拟等版图设计。模拟版图工程师为模拟电路及射频电路进行的后端版图设计。同样需要了解寄生参数提取、DRC/LVS等外，要熟悉主要模拟器件与模块的物理实现方法，以及模拟设计原则。 |
| 08 | 产品工程师 | 要有很高的专业知识广度，了解客户产品定义，可行性分析、立项、流片测试验证流程、应用端验证和导入、新产品工艺优化与验证、成品率管控、技术难题的解决方案、客户投诉的分析与改善措施执行、项目管理能力等，具有较高背景要求。应用工程师又称技术支持工程师分为AE和FAE，要有深厚产品知识和产品应用技术，熟悉板级电路设计，FPGA等仿真调试环境搭建和使用能力，丰富的软硬件设计经验，熟悉最终应用的产品生产，是将研发和市场推广融合的优秀人才。AE工程师偏向内部产品应用开发，FAE偏向产品外部支持。 |
| 09 | 嵌入式软件工程师 | 以实际应用为中心，以计算机技术为基础，进行软硬件开发、嵌入式操作系统开发、用户应用程序开发、外围硬件设备开发、底层嵌入式驱动程序开发等，用于实现不同设备的硬件接口、软件控制、数据通讯和管理维护。需要了解某些处理器架构与算法实现，以及指令集，对于操作系统和SOC有一定概念。 |
| 10 | 芯片制造 | 晶圆制造工艺工程师 | 人才的主要工作是进行芯片制造所用原材料——晶圆的制造 |
| 11 | 生产技术工程师 | 远程监控设备状态，防止异常，合理安排生产达成生产目标 |
| 12 | 半导体制造设备工程师 | 对芯片制造过程中用到的各类关键设备进行异常处理及研发制造 |
| 13 | 光刻工艺工程师 | 对晶圆进行光刻工艺加工 |
| 14 | 供应链工程师 | 对芯片制造过程中所需的材料及芯片成品进行运输管理 |
| 15 | 芯片封装 | 先进封装制程工程师 | 该岗位包括初级、中级和高级三个等级。执行高密度晶圆先进封装工艺（光刻、电镀、溅射或倒装等工艺）的SOP标准，操作机台，设定机台参数，处理产线工艺异常及问题排查、不断进行工艺改善，保障产线正常运转、优化产线工艺流程及提升产品质量。 |
| 16 | 先进封装设备工程师 | 该岗位包括初级、中级和高级三个等级。执行先进封装设备光刻机、电镀机、溅射机等设备的SOP标准，操作机台，处理设备异常及问题排查、不断进行设备改善，保障设备正常运转和运行效率、提升产品质量。 |
| 17 | 先进封装研发工程师 | 该岗位包括初级、中级和高级三个等级。负责晶圆级新产品技术开发工作（光刻、溅射、电镀等）。负责新设备/新材料的评估验证和工艺开发，与厂商对接沟通新产品/新工艺开发过程中试验设计、数据收集和报告整理。根据研发计划业务进行具体实施并进行标准化和文件化。 |
| 18 | 封装制程工艺研发工程师 | 该岗位包括初级、中级和高级三个等级。执行常规晶圆封装工艺工艺改善（贴片、打线等），操作机台，设定机台参数，处理产线工艺异常及问题排查、不断进行工艺改善，保障产线正常运转、优化产线工艺流程及提升产品质量。根据良率目标，负责汇总分析各产品良率数据，协助各工序进行产品异常追溯，排查确认根因，提升产品良率，解决专项CIP问题，以及追踪特殊工艺的验证及落地 |
| 19 | 封装设备工程师 | 该岗位包括初级、中级和高级三个等级。执行封装贴片机、打线机、光刻机等机台的SOP标准，操作机台，处理设备异常及问题排查、不断进行设备改善。 |
| 20 | 质量和可靠性工程师 | 该岗位包括初级、中级和高级三个等级。质量体系管理：产品审核、客户审核、体系审核、过程审核、文件管理、ESD管理；供应商管理：供方开发质量管理、供方质量问题处理、供方审核、供方绩效评价；研发质量：客户需求、BOM、规格管理；制造质量：来料检验\过程检验\出货检验标准制定、SPC过程监控、生产环境监控、异常品管控与追溯；质量保障：客户反馈与投诉管理。 |
| 21 | 芯片测试 | 验证测试工程师 | 负责芯片测试方案设计、开发与解决方案 |
| 22 | 晶圆测试工程师 | 负责晶圆测试方案设计、开发与解决方案 |
| 23 | 成品测试工程师 | 负责成品测试方案设计、开发与解决方案 |
| 24 | 测试设备工程师 | 负责集成电路测试设备安装、调试、验收、维护 |

1. 集成电路产业人才岗位能力要素

本标准按照综合能力、专业知识、技术技能、工程实践能力四个维度提出了集成电路产业人才岗位能力要素。

表2 集成电路产业人才岗位能力要素列表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 维度 | 要素 | 说明 |
| 综合能力 | 软能力 | 指相应岗位人才为完成工作任务所应具备的行为特征和综合素质，包括学习追踪、沟通协调、需求与趋势分析、业务场景把握等技能 |
| 专业知识 | 基础知识 | 指相应岗位人才应掌握的通用知识，主要包括基本理论、相关标准与规范知识以及有关法律法规、安全、隐私等 |
| 专业知识 | 指相应岗位人才完成工作任务所必备的知识，主要指与具体岗位要求相适应的理论知识、技术要求和操作规程等 |
| 技术技能 | 基本技能 | 指相应岗位人才为完成工作任务所应具备的对基础知识应用的水平以及熟练程度 |
| 专业技能 | 指相应岗位人才为完成工作任务所应具备的对专业知识应用的水平以及对特殊工具使用的掌握 |
| 工程实践 | 经验 | 指相应岗位人才在实际工程与项目推进中应当具备的经验 |

1. 集成电路产业人才岗位能力要求
	1. 芯片设计方向岗位能力要求
		1. EDA软件研发工程师

a）综合能力

——熟悉EDA行业发展历史、行业现状、技术趋势；

——熟悉C/C++面向对象编程语言

——熟悉芯片的设计和制造的基本流程

——具备良好的创新意识、学习能力以及分析解决问题的能力；

b）专业知识

——熟悉数据结构与常见的算法

——熟悉数值计算理论

——熟悉计算几何学理论

——熟悉并行计算机体系结构与资源优化知识

——熟悉布尔代数学理论

——熟悉有限元算法理论

——熟悉多物理场计算知识

——熟悉机器学习、深度学习和神经网络等人工智能算法

c）技术技能

——能根据系统架构和算法流程图的要求，使用编程语言进行多元微分方程组和中大规模矩阵的求解计算

——能根据系统架构和算法流程图的要求，使用编程语言实现基于平面几何图形的分析和运算

——能根据系统架构和算法流程图的要求，使用编程语言实现平面多层网格的离散 化与有限元计算

——能根据系统架构和算法流程图的要求，使用编程语言进行大规模硬件描述语言的并行仿真算法的开发

——能根据系统架构和算法流程图的要求，使用编程语言实现复杂大规模平面几何图形的自动优化（如布局布线、时序 ECO等）

——能根据系统架构和算法流程图的要求，使用编程语言进行布尔可满足性问题的分析和验证

d）工程实践

——具备一定的EDA软件系统的联合编译和打包的实践经验；

——具有分析和解决客户现场问题的经验和能力，包括但不限于对产品工程师在客户现场搜集的软件问题的定位、修复或优化，必要时和产品工程师一起到客户现场配合进行软件问题的定位、修复或优化等。

* + 1. 数字前端设计工程师

a）综合能力

——熟悉数字芯片行业的发展历史、行业现状、技术趋势；

——熟悉芯片的设计和制造的基本流程

——具备良好的创新意识、学习能力以及分析解决问题的能力；

b）专业知识

——熟悉VerilogHDL硬件描述语言，包括而不限于RTL编程、RTL分析、复杂状态机、阻塞和非阻塞编程、可综合风格的RTL编程等

——熟悉以SystemVerilog语言为代表的通用验证机制（UVM）

——熟悉逻辑仿真类EDA工具和验证脚本

——熟悉中大规模数字集成电路设计流程知识

——熟悉逻辑综合工具的原理和流程

——熟悉形式验证工具的原理和流程

——熟悉DFT，ATPG等可测性方案流程

c）技术技能

——能根据应用需求与电路整体架构，确定复杂数字电路功能模块架构、可测性方案及实施方案

——能根据复杂数字电路模块的设计方案，提取验证功能点，撰写数字模块验证方案，开发接口和应用场景的测试用例

——能根据复杂数字电路功能模块的指 标要求，完成相应数字芯片的RTL设计、逻辑仿真、UVM验证、逻辑综合、一致性检查、可测性设计等流程

——能进行复杂数字电路的调试，定位跟踪问题，并对问题的解决方案提出建议

d）工程实践

——具备和数字后端电路设计工程师进行配合，定位、修复RTL代码、验证方案、可测性方案等流程，或优化这些流程的实践经验；

——具有根据芯片测试结果或客户使用反馈结果，定位、修复RTL代码、验证方案、可测性方案等流程，或优化这些流程的实践经验。

* + 1. 模拟与混合信号电路设计工程师

a）综合能力

——熟悉模拟与混合信号芯片行业的发展历史、行业现状、技术趋势；

——熟悉芯片的设计和制造的基本流程

——具备良好的创新意识、学习能力以及分析解决问题的能力；

b）专业知识

——熟悉半导体器件基本知识

——熟悉工艺设计库（PDK）的基本知识

——熟悉模拟与混合信号芯片设计知识，包括而不限于以下典型模拟与混合信号电路模块的设计知识：运算放大器、带隙基准、模数转换器、数模转换器、振荡器、锁相环等

——熟悉模拟与混合信号电路的版图设计与优化知识

——熟悉VerilogHDL硬件描述语言的基本语法

——熟悉模拟与混合信号芯片设计的EDA工具，包括原理图设计、电路SPICE仿真器、异构电路SPICE仿真器、模拟版图设计等

c）技术技能

——能根据应用需求，确定设计指标，完成电路模块的架构设计

——能对各电路模块进行各项性能参数的仿真验证，并根据仿真结果进行电路优化

——能完成电路版图设计规划，制订各电路模块的测试与验证方案

d）工程实践

——具备和模拟与混合信号后端设计工程师进行配合，定位、修复电路原理图设计、仿真验证方案等流程，或优化这些流程的实践经验；

——具有根据芯片测试结果或客户使用反馈结果，定位、修复电路原理图设计、仿真验证方案等流程，或优化这些流程的实践经验。

* + 1. 数字后端设计工程师

a）综合能力

——熟悉数字信号芯片行业的发展历史、行业现状、技术趋势；

——熟悉芯片的设计和制造的基本流程

——具备良好的创新意识、学习能力以及分析解决问题的能力；

b）专业知识

——熟悉数字集成电路基本单元库（Standard Cell Library）的知识

——熟悉数字后端EDA工具的操作知识，包括而不限于：布局布线、时钟树分析、静态时序分析、时序和功耗ECO、时序和功耗SPICE精度分析、物理验证、数字可靠性分析、大规模SoC拼接处理等

——熟悉数字后端优化的脚本语言

c）技术技能

——能根据数字芯片前端设计与整体版图规划，确定复杂数字电路模块的版图布局与实施方案

——能根据指标要求和功能定义，采用数字后端EDA工具，完成复杂数字电路模块布图规划、电源规划、时钟树规划和分析、布线、静态时序分析和时序收敛等设计流程

——能基于时序和功耗SPICE精度分析的工具，实现对数字电路版图时序、功耗、性能与面积等指标的精确评估与优化

——能利用带天线效应的单元库LEF提取、基本单元库特征化等工具，进行基本单元库的生成

——能对基本单元库的完整性、一致性、时序功耗等指标进行综合验证与质量评估

——能进行数字版图的可靠性分析和优化

——能对大规模数字SoC进行终处理，包括而不限于：IP规模化拼接、线网查询、物理验证等

d）工程实践

——具备和数字前端电路设计工程师进行配合，定位、修复布局布线、静态时序分析、时序功耗ECO等流程，或优化这些流程的实践经验；

——具备根据芯片测试结果或客户使用反馈结果，定位、修复布局布线、静态时序分析、时序功耗ECO等流程，或优化这些流程的实践经验；

* + 1. 模拟与混合信号后端设计工程师

a）综合能力

——熟悉模拟与混合信号芯片行业的发展历史、行业现状、技术趋势；

——熟悉芯片的设计和制造的基本流程

——具备良好的创新意识、学习能力以及分析解决问题的能力；

b）专业知识

——熟悉半导体器件基本知识

——熟悉工艺设计库（PDK）的基本知识

——熟悉模拟与混合信号电路的版图设计与优化知识

——熟悉模拟与混合信号后端设计的EDA工具，包括模拟版图设计、原理图驱动生成版图（SDL）、物理验证、寄生参数提取、电路后仿真、异构电路SPICE仿真器、大规模SoC拼接处理等

——熟悉半导体失效机制与模拟可靠性分析流程

c）技术技能

——能根据电路原理图，完成对复杂电路模块版图及其接口的布局和规划

——能根据电路原理图及PDK工艺设计规则，完成复杂电路模块的原理图驱动版图生成、版图布局布线、物理验证、寄生参数提取、电路后仿真、异构电路SPICE仿真器等

——能结合版图设计，完成失效分析

d）工程实践

——具备和模拟与混合信号前端设计工程师进行配合，定位、修复电路版图设计、物理验证、寄生参数提取方案等流程，或优化这些流程的实践经验；

——具备根据芯片测试结果或客户使用反馈结果，定位、修复电路版图设计、物理验证、寄生参数提取方案等流程，或优化这些流程的实践经验；

——具备配合数字后端设计工程师，完成大规模SoC版图的拼接等终处理的实践经验。

* 1. 芯片制造方向岗位能力要求
		1. 晶圆制造工艺工程师

a）综合能力

——具备良好的创新意识、学习能力以及分析解决问题的能力；

——计算机使用及规操作方法

——常规的计算机操作及简单编程

——IC芯片制造过程中的专业英语词汇、短文

b）专业知识

——微电子学、半导体器件物理基本知识

——熟悉芯片的制造的基本流程

——专业仪器设备原理及参数设置

——仪器设备常见故障处理方法

——硅材料和集成电路芯片制造的初步知识

——IC芯片制造工艺的典型流程和所需环境条件

——IC芯片制造工艺中安全措施及废弃物处置方法 工艺基础

——IC芯片制造工艺中所需试剂、材料的基本特性

——IC芯片制造工艺的全流程

——工艺参数的检测和分析技术

c）技术技能

——熟悉涂膜机、光刻机的基本原理并规范操作

——正确判断涂膜机、光刻机的小故障

——熟悉氧化扩散炉的基本原理并规范操作

——正确判断氧化扩散炉的小故障

——熟悉离子注入机的基本原理并规范操作

——正确判断离子注入机的小故障

——熟悉淀积设备、刻蚀设备的基本原理并规范操作

——了解镀膜设备的基本原理并规范操作并正确判断相关设备的小故障

——了解供水、供气、供电设备的基本原理并正确判断相关设备的小故障

d）工程实践

——精通IC芯片制造中的关键工艺原理及参数

——IC芯片制备中关键工艺参数的测试分析

——及时发现、解决生产过程中的产生的问题

——根据要求设计合理的工艺流程

——正确判断涂膜机、光刻机、离子注入机、镀膜设备的关键故障

* + 1. 供应链管理师

a）综合能力

--- 熟悉集成电路行业现状、应用场景和发展趋势；

---了解国家集成电路战略及建设规划，对集成电路发展趋势及区域分布有深入了解，

并能结合供应链的应用场景形成明确的供应链管理规划思路；

---具备较强的学习能力，并能在工程项目中合理、有效使用新技术、新系统；

---具备较强的管理能力、沟通能力及团队合作能力，并能在多学科背景团队中发挥作用。

b）专业知识

---集成电路基础知识： 掌握集成电路工艺流程及供应链中专业术语；

——运输与配送运营： 能设计适合芯片生产中物料设备特点的运输与配送作业流程优化方案， 能测量运输与配送业务绩效指标；

——仓储运营： 能设计适合集成电路特性的仓储作业流程优化方案，能测量仓

储业务绩效考核指标；

——物流业务外包监控：能收集并处理外包业务数据，能测量其绩效考核指标；

——客户订单处理：能审核客户订单有效性，能处理与跟踪客户订单；

——库存计划处理：能采集并处理库存计划数据，能编制库存计划。

c）技术技能

——供应链流程管理： 能制定供应链战略实施方案，分解供应链管理目标，制定供应链资源配置方案；

——供应链规划与布局：能设计生产与服务设施选址方案，设计生产与服务设施布局方案；

——供应链风险评估：能评估供应链风险等级，制定供应链风险控制措施；

——供应链绩效管理：能制定供应链绩效评估流程，设计供应链绩效改进方案；

d）工程实践

——熟悉集成电路供应链及开发流程；

——熟悉供应链协同战略制定：能制定供应链协同策略及产供销协同方案

——战略库存管理： 能制定供应链战略库存策略及实施方案

——供应链金融业务战略制定：规划供应链金融业务， 能制定供应链金融业务

发展及风险控制策略

——供应链数字化战略制定：能制定供应链数字化战略， 利用大数据技术建立

决策模型

* 1. 芯片封装方向岗位能力要求
		1. 先进封装制程工程师

a）综合能力

——现场应变能力、动手能力、实践能力、执行力

——异常问题分析能力，能排查问题出现的原因

——逻辑思维能力

——数据分析能力

——思维活跃、逻辑清晰、善于总结、善于沟通

——善于分享、团队协作、共同进步

b）专业知识

——半导体物理、材料、微电子、电子科学与技术及相关专业毕业

——熟悉先进封装工艺流程，熟知产品作业规范和工艺规范

——熟悉先进封装材料使用、产品检验规范、异常分析及异常处理方法。

——能熟练应用Word、Excel、PPT等办公软件；具有一定的写作能力，能熟练输出工作总结、汇报、案例等文档

——半导体行业相关资料、流程

c）技术技能

——根据先进封装产品工艺要求，熟知检验规范

——熟悉先进封装工艺流程，熟知产品作业规范和工艺规范；

——熟练MES,RMS,MMS,OA系统的基础操作

——熟悉control plan、PFEMA等体系系统的内容。

——熟悉机台程式的设置要求及参数设置要求

——具备数据统计及分析能力，对收集的验证数据进行分析，形成评估报告

——具备良好的分析能力，对复杂异常问题调查，并编制8D报告

——具备良好的工艺专业知识及文档编辑能力，能够完成对工艺制程文件的新建和修订

d）工程实践

——根据公司SOP方案监督产线作业保障量产

——根据公司SOP方案进行新产品、新机台、新材料工艺验证执行

——机台程式设置及程序参数管控

——SOP的制定及监督作业

——机台程式设置及程序参数管控，工艺制程文件的新建和修订

* + 1. 先进封装设备工程师

a）综合能力

——现场应变能力、动手能力、实践能力、执行力

——异常问题分析能力，能排查问题出现的原因

——按照流程处理问题，不同问题不同流程，但不局限于一种

——思维活跃、逻辑清晰、善于总结、善于沟通

——动手能力、能焊接电路板，验证电路、测试数据的简单分析

——善于分享、团队协作、共同进步

b）专业知识

——半导体机械、自动化、物理、微电子、电子科学与技术及相关专业毕业

——熟悉先进封装工艺流程，熟知先进封装产品作业规范和工艺规范

——熟悉先进封装材料使用、产品检验规范、异常分析及异常处理方法。

——能熟练应用Word、Excel、PPT等办公软件；具有一定的写作能力，能熟练输出工作总结、汇报、案例等文档

——半导体行业相关资料、流程

c）技术技能

——熟悉先进封装设备相关品牌，熟悉设备性能

——熟悉先进封装设备维护基本步骤与原理

——解析先进封装设备维护文件的内容

——掌握先进封装设备维护与保养流程及注意事项

——具备依据相关维护文件及异常处理流程及时处理相关异常的能力

——理解先进封装设备构造、原理，熟悉机械图、电路图

——先进封装设备Setup流程及异常问题解决

——具备先进封装设备配件耗材的管理能力，节省相应成本

——熟悉先进封装新设备引入流程中的文件建立规则及方法

——熟悉先进封装新设备导入过程中的相关参数调试、异常解决

——当现有设备制程能力不足时，能提出改善需求及可行性方案

d）工程实践

——可进行集成电路先进封装设备常见异常处理

——对相关操作文件阅读与解析、可撰写设备维护文件

——可对集成电路先进封装设备的常规故障进行定位、分析和解决

——对逆行设备数据进行收集及分析

——可独立处理集成电路先进封装设备特殊异常，具备领导力

——可进行成本控制、识别先进封装设备制程能力

* + 1. 先进封装研发工程师

a）综合能力

——动手能力、实践能力、执行力

——异常问题分析能力，能排查问题出现的原因

——按照流程处理问题，按照不同方法和流程处理不同失效模式和产品结构

——思维活跃、逻辑清晰、善于总结、善于沟通

——善于分享、团队协作、共同进步

b）专业知识

——材料、物理、化学、机械、微电子等理工科专业

——掌握涂胶，曝光，显影等工序的原理和相关材料基本特性

——了解先进封装前后道相关工序的工艺原理

——良好的英文听说读写能力

c）技术技能

——掌握先进封装的机台的操作、机台基本的硬件结构

——掌握先进封装各站点异常的判定标准

——掌握基本的先进封装工艺参数设定

——掌握先进封装复机的验证流程和标准

——了解先进封装机台基本操作和工作原理

——掌握先进封装相关站点&机台操作的培训要求

——掌握先进封装产品量产机台验证要求和流程，掌握机台验证报告的撰写要求；

——掌握同类型机台的工艺展机要求

——掌握SPC 相关的概念，了解SPC 系统的使用和架构；

——掌握SPC 数据的关键要素。

——具备产品导入过程中先进封装相关站点的程式建立、调试的专业知识；

——具备良好的分析能力，负责导入过程中发生异常的调查，改善；

——具备良好的数据分析能力，负责导入过程中相关数据的收集，汇总成报告

——掌握FMEA/Control plan 等文件的格式和BOM计算方法。

——具备良好的分析能力，负责A类OCAP异常处理，调查异常原因，汇总异常报告

d）工程实践

——参与日常值班，处理C类OCAP异常；

——先进封装新产品基本参数设定；

——复机验证结果确认；

——机台报警时负责异常产品处置

——负责初级研发工程师新人培训

——熟悉先进封装产品异常处理流程，负责B 类OCAP异常处理，调查作业log，Process map，围堵异常，做对应改善

——负责SOP,OCAP文件撰写

——负责量产机台验证和展机

——负责SPC系统的建立、监控和异常分析

——配合NPI新产品导入相关工作开展

——参与重大异常攻关

——负责Mask 管理工作

——负责Cost down 项目，了解如何从工艺，材料，流程等方面做优化

——负责撰写相关工序FMEA/Control plan/BOM

——负责新型号设备验证工作

——负责新材料验证工作

——负责A类OCAP异常调查

——负责组织重大异常攻关

* + 1. 质量和可靠性工程师

a）综合能力

——现场应变能力、动手能力、实践能力、执行力

——异常问题分析能力，能排查问题出现的原因

——逻辑思维能力

——数据分析能力

——思维活跃、逻辑清晰、善于总结、善于沟通

——团队协作、共同进步

b）专业知识

——电子封装技术、质量管理工程、标准化工程、信息管理与信息系统、化学测量学与技术、应用统计学、电子信息工程及相关专业毕业。

——熟悉先进封装工艺流程，熟知先进封装产品作业规范和工艺规范

——熟悉先进封装材料使用、产品检验规范、异常分析及异常处理方法。

——熟悉质量工具8D、质量统计技术、TS5大工具等的使用。

——能熟练应用Word、Excel、PPT等办公软件；具有一定的写作能力，能熟练输出工作总结、汇报、案例等文档

——半导体行业相关资料、流程

c）技术技能

——了解先进封装工艺文件要求，制造设备功能、材料特性；

——掌握基本的稽核技巧、熟悉先进封装产品工艺要求。

——具备异常问题描述能力，根据异常情况描述产品问题；

——具备5WHY分析的思维和能力，确定产品质量问题的具体原因。

——依据质量问题的改善措施，检查改善措施的执行情况；

——对于未落地问题，推进改善相关部门，进行改善，保障落地的有效性，提升产品质量。

——具备异常问题描述能力，根据异常情况描述产品问题；

——掌握不合格品处理流程，依据不合格品处理流程对不合格产品进行处理；

——具备5WHY分析的思维和能力，确定产品质量问题的具体原因，能够根据问题的具体原因，推动相关部门制定系统层面的预防措施

——能够依据制程检查识别出的风险点推动相关部门进行改善；

——稽核数据统计分析，持续改善；

——掌握不合格品处理流程，依据不合格品处理流程对不合格产品进行处理；

——能够依据供应商审核计划，对供应商进行审核；

——根据审核结果推动供应商持续改进。

d）工程实践

——先进封装工艺SOP执行情况监督

——能够依据制程的工艺、材料、规范对制造工艺的有效性进行系统性检查；

——质量异常处理及改善

——供应商质量管理制程符合性稽核

——质量体系管理及流程改善

——重大异常处理

——供应商质量管理

* 1. 芯片测试方向岗位能力要求
		1. 验证测试工程师

a）综合能力

——熟悉半导体测试行业现状、发展历史和技术趋势；

——具备较强的现场应变能力、动手能力、实践能力、执行力；

——具备较强的异常问题分析能力，能在实践中排查问题出现的原因；

——具备较强的创新思维，思想活跃、逻辑清晰、善于总结、善于沟通；

——具备较强的集成电路动手能力、能焊接电路板，验证电路、对测试数据简单分析；

——具备良好的团队合作精神，善于分享，共同进步；

b）专业知识

——熟悉通信原理、模拟电路、数字电路、电路原理、C/C++， 信号与系统、数据通信等专业基础知识，具有一定的编程基础；

——熟悉各类编程语言、熟悉且掌握常用的通信协议（UART,I2C,SPI等）、熟悉集成电路相关线路基础知识；

——熟悉loadboard， socket，probecard的设计与制造；

——熟悉半导体测试的基础原理；

——掌握数字芯片和模拟芯片常用测试项的基本测试方法；

——熟悉半导体行业上下游整个流程，了解晶圆的制造过程以及芯片成品封装过程；

——掌握不同类型芯片相对应的不同关键参数及性能指标；

——熟悉FT及CP两种测试流程所需要的相关软硬件要求及测试要点；

c）技术技能

——具备制定简单数字或模拟芯片的量产ATE测试方案的能力；

——具备探针卡(Probe Card)与接口板(WPI board)的选型与订做的能力；

——具备运用EDA设计软件如protel、cadence等软件能力；

——具备绘制原理图及PCB layout能力；

——掌握基于Verilog/VHDL 硬件描述语言的设计方法，设计流程及仿真工具的使用；

——有较强的数据整理、分析与总结能力，并能基于芯片测试数据对芯片缺陷进行分析；

——掌握常见模拟及数字模块的仿真能力，能对常见组合逻辑及时序逻辑进行功能验证；

d）工程实践

——具备相当的集成电路测试用例的故障定位、分析和解决能力，能够输出芯片测试评估报告；

——熟悉芯片设计原理，能够协同设计和固件工程师进行FPGA平台验证调试；

——具备足够的SOC芯片测试经验，能够设计SOC芯片的量产ATE测试方案并完成量产实施；

——具备相当的SOC芯片测试经验，能够完成测试相关文档的编写，输出测试报告；

* + 1. 晶圆测试工程师

a）综合能力

——熟悉半导体测试行业现状、发展历史和技术趋势；

——具备较强的现场应变能力、动手能力、实践能力、执行力；

——具备较强的异常问题分析能力，能在实践中排查问题出现的原因；

——具备较强的创新思维，思想活跃、逻辑清晰、善于总结、善于沟通；

——具备较强的集成电路动手能力、能焊接电路板，验证电路、对测试数据简单分析；

——具备良好的团队合作精神，善于分享，共同进步；

b）专业知识

——熟悉通信原理、模拟电路、数字电路、电路原理、C/C++， 信号与系统、数据通信等专业基础知识，具有一定的编程基础；

——熟悉各类编程语言、熟悉且掌握常用的通信协议（UART,I2C,SPI等）、熟悉集成电路相关线路基础知识；

——熟悉loadboard， socket，probecard的设计与制造；

——熟悉半导体测试的基础原理；

——掌握数字芯片和模拟芯片常用测试项的基本测试方法；

——熟悉半导体行业上下游整个流程，了解晶圆的制造过程以及芯片成品封装过程；

——掌握不同类型芯片相对应的不同关键参数及性能指标；

——熟悉FT及CP两种测试流程所需要的相关软硬件要求及测试要点；

c）技术技能

——熟悉芯片测试的基本原理，根据项目资料完成测试程序开发和调试。

——根据芯片资料，设计测试针卡原理图，具备搭建调试电路的能力。

——了解SPI、IIC、UART等通讯协议，可根据芯片资料和通讯协议特性，编写pattern文件。

——熟悉使用包括示波器、逻辑分析仪器、波形发生器、直流稳压电源，电子负载、可编程成控制类仪表、频谱仪等工具仪器。

——配合产品设计部门对失效样品进行验证，分析，定位异常原因。

——熟悉探针台的基本工作原理，及基本操作方法。

d）工程实践

——根据项目资料完成测试程序的开发调试，协助客户完成量产导入，收集验证数据，反馈客户评审，实现量产。

——根据量产数据，协助芯片设计人员，完善芯片功能测试，提高测试覆盖率、降低测试成本。

——配合芯片设计人员，制定芯片的测试规范，设计芯片测试硬件原理图。对芯片测试程序进行质量管控。

* + 1. 成品测试工程师

a）综合能力

——熟悉半导体测试行业现状、发展历史和技术趋势；

——具备较强的现场应变能力、动手能力、实践能力、执行力；

——具备较强的异常问题分析能力，能在实践中排查问题出现的原因；

——具备较强的创新思维，思想活跃、逻辑清晰、善于总结、善于沟通；

——具备较强的集成电路动手能力、能焊接电路板，验证电路、对测试数据简单分析；

——具备良好的团队合作精神，善于分享，共同进步；

b）专业知识

——熟悉通信原理、模拟电路、数字电路、电路原理、C/C++， 信号与系统、数据通信等专业基础知识，具有一定的编程基础；

——熟悉各类编程语言、熟悉且掌握常用的通信协议（UART,I2C,SPI等）、熟悉集成电路相关线路基础知识；

——熟悉loadboard， socket，probecard的设计与制造；

——熟悉半导体测试的基础原理；

——掌握数字芯片和模拟芯片常用测试项的基本测试方法；

——熟悉半导体行业上下游整个流程，了解晶圆的制造过程以及芯片成品封装过程；

——掌握不同类型芯片相对应的不同关键参数及性能指标；

——熟悉FT及CP两种测试流程所需要的相关软硬件要求及测试要点；

c）技术技能

——熟悉芯片测试的基本原理，根据项目资料完成测试程序开发和调试。

——根据芯片资料，设计测试load board板原理图，具备搭建调试电路的能力。

——了解SPI、IIC、UART等通讯协议，可根据芯片资料和通讯协议特性，编写pattern文件。

——熟悉使用包括示波器、逻辑分析仪器、波形发生器、直流稳压电源，电子负载、可编程成控制类仪表、频谱仪等工具仪器。

——配合产品设计部门对失效样品进行验证，分析，定位异常原因。

——熟悉机械手的基本工作原理，及基本操作方法。

d）工程实践

——根据项目资料完成测试程序的开发调试，协助客户完成量产导入，收集验证数据，反馈客户评审，实现量产。

——根据量产数据，协助芯片设计人员，完善芯片功能测试，提高测试覆盖率、降低测试成本。

——配合芯片设计人员，制定芯片的测试规范，设计芯片测试硬件原理图。对芯片测试程序进行质量管控。

* + 1. 测试设备工程师

a）综合能力

——熟悉半导体测试行业现状、发展历史和技术趋势；

——具备较强的现场应变能力、动手能力、实践能力、执行力；

——具备较强的异常问题分析能力，能在实践中排查问题出现的原因；

——具备较强的创新思维，思想活跃、逻辑清晰、善于总结、善于沟通；

——具备较强的集成电路动手能力、能焊接电路板，验证电路、对测试数据简单分析；

——具备良好的团队合作精神，善于分享，共同进步；

b）专业知识

——熟悉通信原理、模拟电路、数字电路、电路原理、C/C++， 信号与系统、数据通信等专业基础知识，具有一定的编程基础；

——熟悉各类编程语言、熟悉且掌握常用的通信协议（UART,I2C,SPI等）、熟悉集成电路相关线路基础知识；

——熟悉loadboard， socket，probecard的设计与制造；

——熟悉半导体测试的基础原理；

——掌握数字芯片和模拟芯片常用测试项的基本测试方法；

——熟悉半导体行业上下游整个流程，了解晶圆的制造过程以及芯片成品封装过程；

——掌握不同类型芯片相对应的不同关键参数及性能指标；

——熟悉FT及CP两种测试流程所需要的相关软硬件要求及测试要点；

c）技术技能

——具备制定简单数字或模拟芯片的量产ATE测试方案的能力；

——具备探针卡(Probe Card)与接口板(WPI board)的选型与订做的能力；

——具备利用相关PCB设计软件如cadence完成芯片量产测试原理图及layout设计能力；

——熟练掌握ATE设备与下游分选设备的通讯及设备对接配置；

——熟练使用示波器，万用表，信号发生器，逻辑分析仪等芯片测试常用仪器仪表完成待测芯片实验室调试工作；

——具备运用C、C++等计算机编程语言、公司ATE各个功能模块测试用法以及芯片测试理论基础知识，自行编写测试代码或者测试脚本的能力

d）工程实践

——具备相当的数字模拟芯片测试开发实践经验，能够完成数字模拟芯片的量产ATE方案的设计；

——具备相当的数字模拟芯片调试经验，能够根据实验室调试数据及结果优化测试方案，提升测试效率，改善测试结果；

——具备相当的测试厂芯片量产测试经验，能够完成不同芯片类型在测试厂量产布置，确保芯片量产工作顺利实施；

——具备一定的芯片转平台经验，能够依据客户要求，收集并整理芯片量产测试数据，完成待测芯片致性（correlation）测试，输出correlation报告。

1. （资料性附录）
集成电路岗位能力提升

A.1集成电路岗位能力提升内容

岗位能力提升内容应包括：

1. 软技能等相关综合能力提升；
2. 基础知识、专业知识等相关知识提升；
3. 基本技能、专业技能等相关技术技能提升；
4. 基于项目经验的工程实践能力提升。

A.2集成电路岗位能力提升阶段和方式

集成电路岗位能力提升分为岗前提升和在岗提升两个阶段，构成集成电路相关岗位从业人员不同阶段和能力水平的终身教育体系。

1. 岗前提升方式，包括：
	1. 理论教学；
	2. 理论与实践一体化教学；
	3. 项目实训、企业实习等方式。
2. 在岗提升方式，包括：
	1. 内部在岗培训；
	2. 外部脱岗培训；
	3. 项目实践或导师辅导等。

A.3集成电路岗位能力提升活动供给类别

集成电路岗位能力提升活动供给包括：

1. 教育、培训机构培养：符合要求的各级教育机构（普通高校、中等和高等职业院校等）及培训机构应根据集成电路各岗位能力要求，制定人才能力提升方案，为集成电路产业及企业培养合格的从业人员，满足个人发展需要；
2. 企业培养：企业结合业务发展需要，应根据集成电路各岗位能力要求有针对性、有计划地实施岗位能力提升计划，满足个人发展需要，增强企业竞争力；
3. 个人培养：从业人员根据个人发展计划，做好职业规划与岗位定位，对标集成电路岗位能力要求，不断积累提高综合能力，积累专业知识、技术技能和工程实践经验。

集成电路产业人才岗位能力提升路径见图A.1。

图A.1 集成电路产业人才岗位能力提升路径

|  |
| --- |
| 集成电路产业人才岗位能力水平低 高 |
| 、 | 项目实践导师辅导交流研讨 |
|  | 项目实践导师辅导交流研讨 | 独立完成高度复杂的工作，精通关键专业技能，引领革新，具有资深经验 |
| **能力提升方式** | 项目实践导师辅导培训研讨 | 独立完成复杂的工作，掌握关键专业技能，有一定创新能力，具有丰富经验 |  |
|  | 项目实践导师辅导培训研讨 | 独立完成较为复杂的工作，具备指导他人工作的能力，具有一定工作经验 |  |
|  | 课堂培养实习实训项目实践 | 独立完成所承担的工作，具有一定的工作经验 | **能力发展路径** |
| 课堂培训实习实训项目实践 | 在他人指导下完成所承担的工作，并具有一定独立工作能力，具有一定实践经历 |  |
| 在他人指导下完成所承担的工作 |  |

1. （资料性附录）
集成电路产业人才岗位能力评价

B.1 集成电路产业人才岗位能力评价方法

对从业人员进行评价和定级，评价结果可以作为集成电路产业人才能力胜任、职业发展等活动的依据。评价方式包括：

a)综合能力主要通过笔试或答辩等方式进行评价；

b)专业知识主要通过笔试考核的方式进行评价；

c)技术技能主要通过实验考核方式进行评价；

d)工程实践主要通过成果评价方式进行评价。

B.2 集成电路产业人才岗位能力评价等级

集成电路产业人才岗位能力评价等级可以分为初、中、高级三级，能力分为9等。

a)初级（1—3级）：在他人指导下完成所承担的工作，并具有一定独立工作能力，具有一定实践经历；

b)中级（4—6级）：独立完成较为复杂的工作，具备指导他人工作的能力，具有一定工作经验；

c)高级（7—9级）：独立完成高度复杂的工作，精通关键专业技能，引领革新，具有资深经验。

B.3 集成电路产业人才岗位能力等级评价权重

集成电路产业人才岗位能力等级评价权重表如下：

集成电路产业人才岗位能力等级评价权重表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 评价维度 | 专业知识 | 技术技能 | 工程实践/综合能力 |
| 岗位等级 | 评价分值权重 |
| 高级 | 9级  | 20% | 30% | 50% |
| 8级  |
| 7级 |
| 中级 | 6级 | 50% | 25% | 25% |
| 5级 |
| 4级 |
| 初级 | 3级 | 70% | 25% | 5% |
| 2级 |
| 1级 |
| 备注 | 评价总分满分为100分，由综合能力、专业知识、技术技能、工程实践四项评价维度的权重总分所得。 |

参 考 文 献

1. GB/T 27203-2016 合格评定 用于人员认证的人员能力词汇
2. GB/T 37696-2019 信息技术服务 从业人员能力评价要求
3. GB/T 40577-2021 集成电路制造设备术语
4. GBT 14113-1993 半导体集成电路封装术语
5. GBT2900.66-2004 电工术语 半导体器件和集成电路国家标准行业规范
6. GB/T 15876-2015 半导体集成电路塑料四面引线扁平封装引线框架规范
7. SJ/Z 11354-2006 集成电路模拟/混合信号IP核规范
8. GB/T 4377-2018 半导体集成电路电压调整器测试方法
9. GB/T 14028-2018 半导体集成电路模拟开关测试方法
10. JJG 1015-2006 通用数字集成电路测试系统检定规程
11. SJ/T 11702-2018 半导体集成电路串行外设接口测试方法
12. T/MIITEC 004-2020 工业和信息化人才岗位能力评价通则

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_