

# 国家职业技术技能标准

职业编码：2-02-09-06

---

## 集成电路工程技术人员

(2021 年版)

---

中华人民共和国人力资源和社会保障部  
中华人民共和国工业和信息化部

制定



## 说 明

为贯彻落实《关于深化人才发展体制机制改革的意见》，推动实施人才强国战略，促进专业技术人员提升职业素养、补充新知识新技能，实现人力资源深度开发，推动经济社会全面发展，根据《中华人民共和国劳动法》有关规定，人力资源社会保障部联合工业和信息化部组织有关专家，制定了《集成电路工程技术人员国家职业技能标准(2021年版)》(以下简称《标准》)。

一、本《标准》以《人力资源社会保障部办公厅 市场监管总局办公厅 统计局办公室关于发布集成电路工程技术人员等职业信息的通知》(人社厅发〔2021〕17号)为依据，按照《国家职业技能标准编制技术规程》有关要求，坚持“以职业活动为导向、以专业能力为核心”的指导思想，在充分考虑科技进步、社会经济发展和产业结构变化对集成电路工程技术人员专业要求的基础上，以客观反映集成电路技术发展水平及其对从业人员的专业能力要求为目标，对集成电路工程技术人员的专业活动内容进行规范细致描述，明确了各等级专业技术人员的工作领域、工作内容以及知识水平、专业能力要求。

二、本《标准》为首次制定，依据有关规定将本职业分为初级、中级、高级三个等级，包括职业概况、基本要求、工作要求、权重表和附录五个方面的内容。

三、本《标准》的编制工作在人力资源社会保障部专业技术人员管理司、工业和信息化部人事教育司、中国就业培训技术指导中心的指导下，由中国电子技术标准化研究院具体组织实施。

四、本《标准》主要起草单位有：中国电子技术标准化研究院、清华大学、天津大学、上海复旦微电子集团股份有限公司、北京华大九天科技股份有限公司、中芯国际集成电路制造有限公司、紫光国芯股份有限公司、南京邮电大学、北京智芯微电子科技有限公司。主要起草人有：孙文龙、任翔、营端端、吴东亚、龙锐、黄可、曹麟丰、吴行军、赵毅强、沈磊、郭继旺、倪昊、何明、郭宇锋、蔡志匡、唐晓柯。

五、本《标准》主要审定人员有解光军、李文昌、龚宗跃、叶茵、孙广宇、万培源、赵建中、贾成千、曹立强、吴南健、王喆垚、罗国杰。

六、本《标准》制定过程中得到了邵昕、李婷、余海龙等有关专家的指导和大力支持，在此表示感谢。

七、本《标准》业经人力资源社会保障部、工业和信息化部批准，自公布之日起施行。

# 集成电路工程技术人员 国家职业技术技能标准 (2021 年版)

## 1 职业概况

### 1.1 职业名称

集成电路工程技术人员

### 1.2 职业编码

2-02-09-06

### 1.3 职业定义

从事集成电路需求分析、集成电路架构设计、集成电路详细设计、测试验证、网表设计和版图设计的工程技术人员。

### 1.4 专业技术等级

本职业共设三个等级，分别为初级、中级、高级。

初级、中级、高级均设三个职业方向：集成电路设计、集成电路工艺实现和集成电路封测。

### 1.5 职业环境条件

室内，常温。

### 1.6 职业能力特征

具有较强的学习、分析、计算、表达、推理、判断能力。

### 1.7 普通受教育程度

大学专科学历（或高等职业学校毕业）。

### 1.8 职业培训要求

#### 1.8.1 培训时间

集成电路工程技术人员需按照本《标准》的职业要求参加有关课程培训，完成规定学时，取得学时证明。初级 128 标准学时，中级 128 标准学时，高级 160 标准学时。

#### 1.8.2 培训教师

承担初级、中级理论知识或专业能力培训任务的人员，应具有集成电路工程技术人员中级及以上专业技术等级或相关专业中级及以上职称。

承担高级理论知识或专业能力培训任务的人员，应具有集成电路工程技术人员高级专业技术等级或相关专业高级职称。

### 1.8.3 培训场所设备

理论知识培训在标准教室或线上平台进行，专业能力培训在配备相应设备和工具（软件）系统等的实训场所、工作现场或线上平台进行。

## 1.9 专业技术考核要求

### 1.9.1 申报条件

——取得初级培训学时证明，并具备以下条件之一者，可申报初级专业技术等级：

- （1）取得技术员职称。
- （2）具备相关专业大学本科及以上学历（含在读的应届毕业生）。
- （3）具备相关专业大学专科学历，从事本专业技术工作满1年。
- （4）技工院校毕业生按国家有关规定申报。

——取得中级培训学时证明，并具备以下条件之一者，可申报中级专业技术等级：

- （1）取得助理工程师职称后，从事本专业技术工作满2年。
- （2）具备大学本科学历，或学士学位，或大学专科学历，取得初级专业技术等级后，从事本专业技术工作满3年。
- （3）具备硕士学位或第二学士学位，取得初级专业技术等级后，从事本专业技术工作满1年。
- （4）具备相关专业博士学位。
- （5）技工院校毕业生按国家有关规定申报。

——取得高级培训学时证明，并具备以下条件之一者，可申报高级专业技术等级：

- （1）取得工程师职称后，从事本专业技术工作满3年。
- （2）具备硕士学位，或第二学士学位，或大学本科学历，或学士学位，取得中级专业技术等级后，从事本专业技术工作满4年。

(3) 具备博士学位，取得中级专业技术等级后，从事本专业技术工作满 1 年。

(4) 技工院校毕业生按国家有关规定申报。

### 1.9.2 考核方式

从理论知识和专业能力两个维度对专业技术水平进行考核。各项考核均实行百分制，成绩皆达 60 分（含）以上者为合格。考核合格者获得相应专业技术等级证书。

理论知识考试采用笔试、机考方式进行，主要考查集成电路工程技术人员从事本职业应掌握的基本知识和专业知识。专业能力考核采用方案设计、实际操作等实践考核方式进行，主要考查集成电路工程技术人员从事本职业应具备的实际工作能力。

### 1.9.3 监考人员、考评人员与考生配比

理论知识考试监考人员与考生配比不低于 1:15，且每个考场不少于 2 名监考人员；专业能力考核中的考评人员与考生配比不低于 1:10，且考评人员为 3 人（含）以上单数。

### 1.9.4 考核时间

理论知识考试时间不少于 90 分钟，专业能力考核时间不少于 150 分钟。

### 1.9.5 考核场所设备

理论知识考试在标准教室或线上平台进行，专业能力考核在配备相应设备和工具（软件）系统等的实训场所、工作现场或线上平台进行。

## 2 基本要求

### 2.1 职业道德

#### 2.1.1 职业道德基本知识

#### 2.1.2 职业守则

- (1) 爱岗敬业，遵守法律。
- (2) 尊重科学，客观公正。
- (3) 诚实守信，恪守职责。
- (4) 勤奋进取，精益求精。

### 2.2 基础知识

#### 2.2.1 专业基础知识

- (1) 半导体物理与器件知识。
- (2) 信号与系统知识。
- (3) 模拟电路知识。
- (4) 数字电路知识。
- (5) 微机原理知识。
- (6) 集成电路工艺流程知识。
- (7) 集成电路计算机辅助设计知识。

#### 2.2.2 技术基础知识

- (1) 硬件描述语言知识。
- (2) 电子设计自动化工具知识。
- (3) 集成电路设计流程知识。
- (4) 集成电路制造工艺开发知识。
- (5) 集成电路封装设计知识。
- (6) 集成电路测试技术及失效分析知识。

#### 2.2.3 其他相关知识

- (1) 安全知识。
- (2) 知识产权知识。
- (3) 环境保护知识。

#### 2.2.4 相关法律、法规知识

- (1) 《中华人民共和国劳动法》相关知识。
- (2) 《中华人民共和国劳动合同法》相关知识。
- (3) 《中华人民共和国标准化法》相关知识。
- (4) 《中华人民共和国知识产权法》相关知识。
- (5) 《中华人民共和国网络安全法》相关知识。
- (6) 《中华人民共和国密码法》相关知识。

### 3 工作要求

本标准对初级、中级、高级的专业能力要求和相关知识要求依次递进，高级别涵盖低级别的要求。

#### 3.1 初级

集成电路设计方向的职业功能包括模拟与射频集成电路设计、数字集成电路设计、集成电路测试设计与分析、设计类电子设计自动化工具开发与测试；集成电路工艺实现方向的职业功能包括集成电路工艺开发与维护、集成电路测试设计与分析、生产制造类电子设计自动化工具开发与测试；集成电路封测方向的职业功能包括模拟与射频集成电路设计、数字集成电路设计、集成电路封装研发与制造、集成电路测试设计与分析、生产制造类电子设计自动化工具开发与测试。

| 职业功能           | 工作内容              | 专业能力要求                                                                                                                    | 相关知识要求                                                 |
|----------------|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1. 模拟与射频集成电路设计 | 1.1 模拟与射频集成电路原理设计 | 1.1.1 能根据电路图、工艺文件和模型文件，分析电路的具体工作原理<br>1.1.2 能根据功能定义，完成基本功能模块的设计或电路结构的简单优化<br>1.1.3 能使用设计类电子设计自动化工具，完成基本电路模块的功能仿真          | 1.1.1 元器件参数及模型知识<br>1.1.2 基础电路结构知识                     |
|                | 1.2 模拟与射频集成电路版图设计 | 1.2.1 能根据工艺流程和设计文件，完成器件的结构特点分析<br>1.2.2 能根据工艺设计规则，使用设计工具，完成简单版图设计<br>1.2.3 能根据工艺设计规则，使用检查工具，完成版图的设计规则检查、电路版图间的匹配检查及寄生参数提取 | 1.2.1 工艺流程基础知识<br>1.2.2 版图设计工具基本操作知识<br>1.2.3 器件版图结构知识 |
| 2. 数字集成电路      | 2.1 数字集成电路前端设计    | 2.1.1 能根据硬件描述语言代码，分析数字电路基础逻辑功能的设计原理<br>2.1.2 能根据功能规范，使用硬件描述语言                                                             | 2.1.1 数字逻辑电路基础知识<br>2.1.2 硬件描述语言基础                     |

|           |                |                                                                                                                                                                                             |                                                                                              |
|-----------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 电 路<br>设计 | 计              | 进行数字电路基础功能模块的设计开发<br><br>2.1.3 能使用仿真工具对代码进行仿真、编译和调试，完成功能仿真                                                                                                                                  | 知识                                                                                           |
|           | 2.2 数字集成电路验证   | 2.2.1 能根据数字电路设计方案，提取验证功能点，撰写简单数字电路验证文档<br><br>2.2.2 能使用计算机高级编程语言与脚本解释程序，开发简单的模块级数字电路验证环境，并正确分析数字电路的逻辑时序<br><br>2.2.3 能使用数字电路电子设计自动化工具，进行模块级数字电路测试及覆盖率分析                                     | 2.2.1 数字集成电路设计及验证基础知识<br><br>2.2.2 计算机高级编程语言、硬件描述语言、脚本编写语言的基础使用知识<br><br>2.2.3 数字电路覆盖率分析基础知识 |
|           | 2.3 数字集成电路后端设计 | 2.3.1 能根据前端设计要求，编写数字后端流程的脚本文件<br><br>2.3.2 能完成基础数字电路后端布局规划、电源规划、时钟树综合、布局布线、ECO 等流程<br><br>2.3.3 能对数字集成电路版图进行物理验证<br><br>2.3.4 能使用工具对数字后端流程的标准单元库进行规范化操作<br><br>2.3.5 能使用数字后端电子设计自动化工具进行基本操作 | 2.3.1 数字后端脚本语言基础知识<br><br>2.3.2 时序电路基础知识                                                     |
|           | 2.4 可测性设计      | 2.4.1 能根据设计方案、电路架构和制造工艺，撰写模块级集成电路的可测性设计方案<br><br>2.4.2 能根据可测性设计方案，使用可测性设计工具，完成简单模块的 DFT 测试向量生成，以及简单模块测试向量插入后的仿真验证<br><br>2.4.3 能进行 DFT 仿真验证的调试，定位跟踪问题                                       | 2.4.1 集成电路可测性设计知识<br><br>2.4.2 集成电路量产测试知识<br><br>2.4.3 集成电路可测性设计相关电子设计自动化工具的操作知识             |

|                                            |                                    |                                                                                                                                                               |                                                                   |
|--------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 3.<br>集 成<br>电 路<br>工 艺<br>开 发<br>与 维<br>护 | 3.1 工<br>艺 设 备 维<br>护              | 3.1.1 能撰写和更新设备的标准作业流程、<br>异常处理、风险管控等技术文件<br>3.1.2 能完成工艺设备的日常维护保养，排<br>除简单的设备故障                                                                                | 3.1.1 集成电路工艺设备<br>使用和维护知识<br>3.1.2 半导体工艺制程知<br>识                  |
|                                            | 3.2 工<br>艺 技 术 开<br>发              | 3.2.1 能完成简单工艺研发、调试优化、工<br>艺管控及生产维护<br>3.2.2 能完成数据收集，定性分析工艺问<br>题，提供解决方案<br>3.2.3 能完成工艺模型提取和验证，制订器<br>件管控指标，选择可靠性标准                                            | 3.2.1 工艺设备和系统的<br>操作知识<br>3.2.2 实验操作和样品分<br>析知识<br>3.2.3 器件工艺仿真知识 |
|                                            | 3.3 工<br>艺 优 化 与<br>整 合            | 3.3.1 能完成工艺和设计方案优化，提高产<br>品性能及良率<br>3.3.2 能分析和处理工艺制程中的异常情<br>况<br>3.3.3 能进行量产产品的可靠性监控及数<br>据分析                                                                | 3.3.1 集成电路工艺原理<br>知识<br>3.3.2 工艺可靠性控制知<br>识<br>3.3.3 数据分析知识       |
|                                            | 3.4 工<br>艺 维 护 与<br>改 进            | 3.4.1 能进行工艺的日常维护<br>3.4.2 能及时处理产品和设备异常、资材短<br>缺，确保生产线连续平顺运转<br>3.4.3 能改善工艺控制，使用统计过程控制<br>和相关统计方法，提高工艺参数综合制程能<br>力<br>3.4.4 能建立监控体系，制订监控规范，实<br>时监控产品制程异常和产品缺陷 | 3.4.1 工艺制程监控相关<br>知识<br>3.4.2 统计过程控制稳定<br>性监控、六西格玛等相关<br>知识       |
| 4.<br>集 成<br>电 路<br>封 装<br>研 发             | 4.1 集<br>成 电 路 封<br>装 设 计 与<br>仿 真 | 4.1.1 能完成封装设计需求沟通、信息导入<br>与可行性评估<br>4.1.2 能完成封装基本需求设计<br>4.1.3 能完成封装仿真建模与仿真分析<br>4.1.4 能完成封装仿真技术报告撰写                                                          | 4.1.1 封装设计、仿真基<br>础知识<br>4.1.2 封装设计、仿真工<br>具基本操作知识                |

|                |                          |                                                                                                                                                                 |                                                                  |
|----------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 与 制<br>造       | 4.2 集成电路封装工艺制造           | 4.2.1 能确定封装工艺制造方案<br>4.2.2 能完成封装工艺调试与设备维护<br>4.2.3 能完成封装产品生产和报告撰写                                                                                               | 4.2.1 封装工艺流程基础知识<br>4.2.2 封装工艺设备基本操作知识                           |
| 5. 集成电路测试设计与分析 | 5.1 仪器设备维护               | 5.1.1 能完成测试仪器设备的日常维护保养，处理常见软硬件异常，排除简单故障<br>5.1.2 能完成简单的测试异常数据分析及原因查找<br>5.1.3 能评估、管理和执行改善提案，提升仪器设备产出效能及产品质量                                                     | 5.1.1 集成电路测试仪器设备相关使用知识<br>5.1.2 仪器设备量值溯源知识<br>5.1.3 测试数据分析知识     |
|                | 5.2 测试方案设计与优化            | 5.2.1 能根据客户提供的集成电路设计规范和测试设备规格，依据标准设计简单集成电路的电参数测试和可靠性试验方案<br>5.2.2 能根据具体测试设备和测试方案编写和调试测试程序<br>5.2.3 能设计简单的测试电路板、探针卡等测试硬件，并完成对测试硬件的调试验证<br>5.2.4 能分析和解决测试产品中的异常问题 | 5.2.1 集成电路的电参数测试相关知识<br>5.2.2 性能测试和可靠性试验相关标准知识<br>5.2.3 测试硬件设计知识 |
|                | 5.3 结果数据分析与处理            | 5.3.1 能监控和分析测试数据，发现相应的测试问题并进行优化<br>5.3.2 能完成测试结果的统计分析和测试报告的编写                                                                                                   | 5.3.1 测试结果采集、存储和计算知识<br>5.3.2 数据统计分析知识                           |
| 6. 设计类电子设计自动化  | 6.1 模拟和混合信号集成电路设计工具开发与测试 | 6.1.1 能使用基本器件搭建简单的模拟电路图（如运放）和数字电路图（如基本逻辑门），并编程将电路图转换为 SPICE 网表<br>6.1.2 能进行 SPICE 模型文件及网表的语法检查、分析，并抽象成方程组和矩阵<br>6.1.3 能编程实现基本的数值计算                              | 6.1.1 初等拓扑知识<br>6.1.2 初等数值计算基础知识<br>6.1.3 SPICE 计算基础知识           |

|                                                                            |                                            |                                                                                                 |                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 工 具<br>开 发<br>与 测<br>试                                                     | 6.2 数<br>字集成电<br>路设计工<br>具开发与<br>测试        | 6.2.1 能进行硬件描述语言的语法检查、分<br>析和编译相关模块的开发<br><br>6.2.2 能根据算法和流程图的要求，使用编<br>程语言实现基于平面几何图形的分析和运<br>算  | 6.2.1 初等硬件描述语言<br>知识<br><br>6.2.2 初等计算几何知识                |
| 7.<br><br>生 产<br>制 造<br>类 电<br>子 设<br>计 自<br>动 化<br>工 具<br>开 发<br>与 测<br>试 | 7.1 集<br>成电路制<br>造类工具<br>开发与测<br>试         | 7.1.1 能结合集成电路产线的实测数据，进<br>行器件建模和工艺设计库建库的工具开发<br><br>7.1.2 能使用模拟全流程电子设计自动化<br>系统，对器件模型和工艺设计库进行验证 | 7.1.1 初等优化建模类算<br>法知识<br><br>7.1.2 模拟全流程电子设<br>计自动化系统使用知识 |
|                                                                            | 7.2 集<br>成电路封<br>测与电子<br>系统类工<br>具开发测<br>试 | 7.2.1 能根据电子元器件和集成电路的封<br>装类型和管脚结构进行方案设计<br><br>7.2.2 能使用编程语言实现基于平面几何<br>图形的分析和运算                | 7.2.1 印制电路板设计基<br>础知识<br><br>7.2.2 初等计算几何知识               |

### 3.2 中级

集成电路设计方向的职业功能包括模拟与射频集成电路设计、数字集成电路设计、集成电路测试设计与分析、设计类电子设计自动化工具开发与测试；集成电路工艺实现方向的职业功能包括模拟与射频集成电路设计、集成电路工艺开发与维护、集成电路测试设计与分析、生产制造类电子设计自动化工具开发与测试；集成电路封测方向的职业功能包括模拟与射频集成电路设计、数字集成电路设计、集成电路封装研发与制造、集成电路测试设计与分析、生产制造类电子设计自动化工具开发与测试。

| 职业功能           | 工作内容              | 专业能力要求                                                                                                                       | 相关知识要求                                   |
|----------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1. 模拟与射频集成电路设计 | 1.1 模拟与射频集成电路原理设计 | 1.1.1 能根据应用需求，确定设计指标，完成电路模块架构设计<br>1.1.2 能对电路模块进行各性能参数仿真验证，并根据仿真结果进行电路优化<br>1.1.3 能完成电路版图设计规划，制订电路模块的测试与验证方案                 | 1.1.1 模拟与射频集成电路设计知识<br>1.1.2 半导体工艺和器件知识  |
|                | 1.2 模拟与射频集成电路版图设计 | 1.2.1 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 and 规划<br>1.2.2 能根据工艺设计规则，完成版图的物理验证，并对检查出的异常进行优化设计，完成复杂电路模块仿真及版图设计<br>1.2.3 能结合版图设计，完成失效分析 | 1.2.1 版图设计与优化知识<br>1.2.2 集成电路失效机理知识      |
| 2. 数字集成电路设计    | 2.1 数字集成电路前端设计    | 2.1.1 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<br>2.1.2 能根据复杂数字电路功能模块的指标要求，完成相应 RTL 设计、仿真、逻辑综合、一致性检查、静态时序分析、功能验证             | 2.1.1 可测性方案设计知识<br>2.1.2 大规模数字集成电路设计流程知识 |

|  |                |                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                           |
|--|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                | 等设计流程                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                           |
|  | 2.2 数字集成电路验证   | <p>2.2.1 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</p> <p>2.2.2 能使用数字电路验证工具，基于验证语言和脚本语言，开发复杂数字电路验证环境</p> <p>2.2.3 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</p>                                                          | <p>2.2.1 验证方法学知识</p> <p>2.2.2 数字电路验证流程知识</p> <p>2.2.3 验证语言和脚本语言知识</p>                     |
|  | 2.3 数字集成电路后端设计 | <p>2.3.1 能根据集成电路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</p> <p>2.3.2 能根据指标要求和功能定义，采用数字后端电子自动化设计工具，完成复杂数字电路模块布图规划、电源规划和时序收敛等设计流程</p> <p>2.3.3 能基于后端设计工具，实现电路版图功耗、性能与面积等指标的评估与优化</p> <p>2.3.4 能对单元库的完整性、一致性、时序功耗等指标进行综合验证与质量评估</p> | <p>2.3.1 数字集成电路工艺库知识</p> <p>2.3.2 数字后端电子设计自动化工具的操作知识</p>                                  |
|  | 2.4 可测性设计      | <p>2.4.1 能根据集成电路量产测试的要求，确定可测性设计指标，完成可测性设计实施方案和架构设计，并完成可测性设计的代码开发</p> <p>2.4.2 能根据集成电路量产投片的测试结果，优化可测性设计方案，提升测试向量覆盖率，降低漏筛率</p> <p>2.4.3 能基于验证数据，开发测试模式下的验证案例，达到集成电路前后仿真的覆盖率</p>                                             | <p>2.4.1 集成电路量产测试电路优化及良率提升知识</p> <p>2.4.2 机台测试基础知识</p> <p>2.4.3 集成电路测试设备使用知识及测试故障分析知识</p> |

|              |               |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                |
|--------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              |               | <p>要求</p> <p>2.4.4 能基于后端数据, 完善测试电路结构, 实现测试模式下的时序收敛</p> <p>2.4.5 能配合机台测试, 定位跟踪问题, 并就问题的解决提出技术性方案</p>                                                                                                                                                                 |                                                                                                |
| 3. 集成电路开发与维护 | 3.1 设备使用与维护   | <p>3.1.1 能对设备和零部件进行验证和评估</p> <p>3.1.2 能制订及实施设备维护计划, 保证设备的性能状态, 提高设备的使用率</p> <p>3.1.3 能完成异常处理和风险管控等技术文件的撰写和更新</p>                                                                                                                                                    | <p>3.1.1 设备工作原理知识</p> <p>3.1.2 风险管控知识</p> <p>3.1.3 半导体工艺设备维护维修知识</p>                           |
|              | 3.2 工艺技术开发    | <p>3.2.1 能建立和完善工艺流程、生产流程、操作指导书的编制, 并对新工艺的试产进行测试、优化和可靠性调试</p> <p>3.2.2 能根据工艺整合的要求, 针对新工艺开发所遇到的异常问题, 提供解决方案</p> <p>3.2.3 能建立和维护基于工艺平台的 PDK, 完成 PDK 中各个器件的 CDF 参数设置, 器件单元的 DRC、LVS、XRC 和仿真验证</p> <p>3.2.4 能完成 PDK 的功率、性能、面积表征模型提取和性能评估, 并进行不同 PDK 之间功率、性能、面积的比较与分析</p> | <p>3.2.1 集成电路器件结构知识</p> <p>3.2.2 设计规则知识</p> <p>3.2.3 PDK 开发知识</p> <p>3.2.4 半导体量测及相关仪器的使用知识</p> |
|              | 3.3 工艺流程优化与整合 | <p>3.3.1 能针对制造工艺过程的问题, 提出解决方案并实施</p> <p>3.3.2 能编写工艺作业指导书</p> <p>3.3.3 能分析量产产品电性参数统计数据, 并制订提升计划</p>                                                                                                                                                                  | <p>3.3.1 产品加工和装备工艺知识</p> <p>3.3.2 量产统计数据知识</p> <p>3.3.3 晶圆良率提升知识</p>                           |
|              | 3.4 工艺维护与改进   | <p>3.4.1 能进行生产线产品缺陷的检查、控制, 对缺陷进行分析、统计及分类</p> <p>3.4.2 能进行产品异常的快速分析及处理</p>                                                                                                                                                                                           | <p>3.4.1 异常分析和处理知识</p> <p>3.4.2 器件失效分析知识</p>                                                   |

|                |                 |                                                                                                                                                        |                                                                                                             |
|----------------|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                |                 | <p>3.4.3 能编写并改进标准操作流程</p> <p>3.4.4 能编写工艺检验文件，及时处理产品质量异常</p>                                                                                            |                                                                                                             |
| 4. 集成电路封装研发与制造 | 4.1 集成电路封装设计与仿真 | <p>4.1.1 能根据产品要求选择封装方案</p> <p>4.1.2 能根据应用要求完成封装设计</p> <p>4.1.3 能修正封装设计中出现的问题</p> <p>4.1.4 能完成封装仿真和结果分析</p>                                             | <p>4.1.1 封装基板、框架等工艺知识</p> <p>4.1.2 封装材料知识</p> <p>4.1.3 封装仿真相关交叉学科基础理论与优化知识</p>                              |
|                | 4.2 集成电路封装工艺制造  | <p>4.2.1 能优化封装工艺方案与工艺参数</p> <p>4.2.2 能根据封装需求选择合适的封装材料</p> <p>4.2.3 能发现并解决封装工艺出现的问题</p> <p>4.2.4 能完成新工艺、新材料的导入验证</p> <p>4.2.5 能完成封装过程中的质量监控</p>         | <p>4.2.1 封装质量管控、分析与实验知识</p> <p>4.2.2 封装工艺设备原理知识</p>                                                         |
| 5. 集成电路测试设计与分析 | 5.1 仪器设备维护      | <p>5.1.1 能制订设备保养计划、工艺文件和技术标准</p> <p>5.1.2 能分析处理设备故障，总结设备异常，并提出解决方案</p>                                                                                 | <p>5.1.1 设备维护知识</p> <p>5.1.2 良率优化知识</p>                                                                     |
|                | 5.2 测试方案设计与优化   | <p>5.2.1 能根据集成电路设计规范和测试设备规格，依据标准，设计中等难度的电参数测试和可靠性试验方案</p> <p>5.2.2 能完成不同测试平台的测试程序转换开发，进行测试程序分析与优化</p> <p>5.2.3 能设计中等难度的测试电路板、探针卡等测试硬件，并对测试硬件进行调试验证</p> | <p>5.2.1 性能测试和可靠性试验所依据的标准知识</p> <p>5.2.2 电性能测试板和夹具设计知识</p> <p>5.2.3 可靠性试验版和夹具设计知识</p> <p>5.2.4 测试程序开发知识</p> |
|                | 5.3 结果数据分析与处理   | <p>5.3.1 能根据测试数据，提出改善质量和良率的建议并实施</p> <p>5.3.2 能完成测试报告的审核并提出修订建议</p>                                                                                    | <p>5.3.1 质量管理体系知识</p>                                                                                       |

|                        |                          |                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                           |
|------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6. 设计类电子设计自动化工具开发与测试   | 6.1 模拟和混合信号集成电路设计工具开发与测试 | <p>6.1.1 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大规模矩阵的求解计算</p> <p>6.1.2 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</p> <p>6.1.3 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</p>                  | <p>6.1.1 优化建模类算法知识</p> <p>6.1.2 大规模数值计算理论与计算几何知识</p> <p>6.1.3 有限元分析知识</p>                                                                 |
|                        | 6.2 数字集成电路设计工具开发与测试      | <p>6.2.1 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)</p> <p>6.2.2 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</p> <p>6.2.3 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</p> | <p>6.2.1 超大规模集成电路设计知识</p> <p>6.2.2 并行计算机体系结构与资源优化知识</p> <p>6.2.3 布尔代数知识</p>                                                               |
| 7. 生产制造类电子设计自动化工具开发与测试 | 7.1 集成电路制造类工具开发与测试       | <p>7.1.1 能进行工艺测试版图库的自动生成工具的开发</p> <p>7.1.2 能根据系统架构和算法流程图的要求,对关键制造步骤进行数值模拟和仿真</p> <p>7.1.3 能根据系统架构和算法流程图的要求,实现超大规模集成电路版图的显示、拼接、几何运算、数据压缩等算法开发</p>                                      | <p>7.1.1 集成电路制造全流程的知识,尤其是光刻、刻蚀、注入、扩散、沉积等关键步骤的相关知识</p> <p>7.1.2 大规模数值计算理论与计算几何知识</p> <p>7.1.3 并行计算机体系结构与资源优化知识</p> <p>7.1.4 信息论和信源编码知识</p> |
|                        | 7.2 集                    | 7.2.1 能根据系统架构和算法流程图的要                                                                                                                                                                 | 7.2.1 计算几何知识                                                                                                                              |

|  |                                    |                                                                                                  |                                     |
|--|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
|  | 成电路封<br>测与电子<br>系统类工<br>具开发与<br>测试 | 求，进行封装或多层电路板的布局布线算法<br>开发<br><br>7.2.2 能根据系统架构和算法流程图的要<br>求，进行集成电路或多层电路板的信号完整<br>性和功耗完整性仿真分析算法开发 | 7.2.2 多物理场计算知识<br><br>7.2.3 有限元理论知识 |
|--|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|

### 3.3 高级

集成电路设计方向的职业功能包括模拟与射频集成电路设计、数字集成电路设计、集成电路测试设计与分析、设计类电子设计自动化工具开发与测试；集成电路工艺实现方向的职业功能包括模拟与射频集成电路设计、集成电路工艺开发与维护、集成电路测试设计与分析、生产制造类电子设计自动化工具开发与测试；集成电路封测方向的职业功能包括模拟与射频集成电路设计、数字集成电路设计、集成电路封装研发与制造、集成电路测试设计与分析、生产制造类电子设计自动化工具开发与测试。

| 职业功能           | 工作内容              | 专业能力要求                                                                                                                               | 相关知识要求                                                                            |
|----------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 模拟与射频集成电路设计 | 1.1 模拟与射频集成电路原理设计 | 1.1.1 能根据产品需求，确定电路架构及整体实施方案，规范定义各模块的设计指标<br>1.1.2 能完成模拟子系统的设计与优化<br>1.1.3 能规划集成电路整体版图设计，完成整体布局                                       | 1.1.1 高性能模拟与射频集成电路设计知识<br>1.1.2 系统架构设计知识<br>1.1.3 系统验证及测试知识                       |
|                | 1.2 模拟与射频集成电路版图设计 | 1.2.1 能根据不同功能电路设计，规划集成电路整体版图、封装布局<br>1.2.2 能完成所有模拟电路版图从子模块到顶层的集成设计<br>1.2.3 能优化模块版图性能，提升电路的可靠性                                       | 1.2.1 集成电路可靠性知识<br>1.2.2 版图设计的寄生效应知识                                              |
| 2. 数字集成电路设计    | 2.1 数字集成电路前端设计    | 2.1.1 能根据产品需求，确定系统架构及实施方案，进行大规模 SoC 芯片的模块建模及可行性评估，分解模块并定义各模块的功能性能指标<br>2.1.2 能根据技术指标，完成集成电路整体设计、IP 集成、仿真、逻辑综合、一致性检查、静态时序分析、功能验证等设计流程 | 2.1.1 系统架构设计知识<br>2.1.2 高性能数字集成电路设计知识<br>2.1.3 系统验证及测试相关知识<br>2.1.4 集成电路低功耗设计技术知识 |

|                |                |                                                                                                                                     |                                                                                                 |
|----------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                |                | <p>2.1.3 能规划集成电路整体版图布局和封装方案</p> <p>2.1.4 能规划集成电路整体测试评估方案，并组织实施</p>                                                                  |                                                                                                 |
|                | 2.2 数字集成电路验证   | <p>2.2.1 能根据产品功能需求及性能指标，制订大规模 SoC 芯片验证方案，定义各功能测试点、模块测试用例及覆盖率指标</p> <p>2.2.2 能采用 UVM 验证方法学设计大规模 SoC 芯片验证平台架构，搭建大规模 SoC 芯片系统级验证环境</p> | <p>2.2.1 高级验证方法学知识</p> <p>2.2.2 主流通信协议知识</p>                                                    |
|                | 2.3 数字集成电路后端设计 | <p>2.3.1 能制订复杂数字集成电路版图的后端设计方案</p> <p>2.3.2 能实现大规模 SoC 版图后端物理设计流程，完成整体版图的审核</p> <p>2.3.3 能设计先进数字电路工艺库及流程，优化后端设计方法和流程</p>             | <p>2.3.1 数字集成电路设计全流程知识</p> <p>2.3.2 集成电路封装知识</p> <p>2.3.3 数字后端设计方法学知识</p> <p>2.3.4 先进工艺相关知识</p> |
|                | 2.4 可测性设计      | <p>2.4.1 能制订大规模 SoC 芯片系统级量产测试方案，搭建可测性设计的整体架构，确定可测性设计的模块划分及评价指标</p> <p>2.4.2 能开发大型 SoC 芯片可测性设计全流程自动化脚本</p>                           | <p>2.4.1 集成电路设计、验证、制造、测试全流程知识</p> <p>2.4.2 集成电路量产评估及性能优化知识</p>                                  |
| 3. 集成电路工艺开发与维护 | 3.1 设备使用与维护    | <p>3.1.1 能主持工艺设备的选型和安装调试</p> <p>3.1.2 能处理设备常规故障，保证设备正常运转</p> <p>3.1.3 能维护设备稳定，减少工艺缺陷，提高成品率</p> <p>3.1.4 能对设备和零部件提出改进意见</p>          | <p>3.1.1 设备安装、调试知识</p> <p>3.1.2 设备质量提升知识</p>                                                    |
|                | 3.2 工艺技术开      | <p>3.2.1 能根据产品需求开发新工艺</p> <p>3.2.2 能通过工艺调试，减少工序的工艺缺</p>                                                                             | <p>3.2.1 工艺设备结构和工作原理知识</p>                                                                      |

|                |                 |                                                                                                                                  |                                                                                                   |
|----------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                | 发               | <p>陷、改善工艺的 Cp/Cpk，维护工艺的稳定性，提高成品率</p> <p>3.2.3 能制订工艺标准，审核作业指导书，编写人员操作规范和培训教材</p>                                                  | <p>3.2.2 集成电路材料知识</p> <p>3.2.3 器件原理和器件物理知识</p> <p>3.2.4 新工艺调试、异常分析和工艺优化知识</p> <p>3.2.5 品质管理知识</p> |
|                | 3.3 工艺流程优化与整合   | <p>3.3.1 能制订工艺整合方案，优化工艺流程，解决线上异常状况，保证产线顺畅运行，提高良率与整体质量，降低生产成本</p> <p>3.3.2 能根据工艺节点的设计规则及器件性能要求，设计并优化所需的器件物理结构</p>                 | <p>3.3.1 工艺整合知识</p> <p>3.3.2 生产线质量管控知识</p> <p>3.3.3 器件建模及性能优化知识</p>                               |
|                | 3.4 工艺维护与改进     | <p>3.4.1 能评估备用材料、部件的可行性，及时采取措施修正工艺</p> <p>3.4.2 能建立和优化缺陷检测模型，降低产品缺陷率，提升产品良率，分析缺陷对良率的影响</p>                                       | <p>3.4.1 工艺缺陷产生原理知识</p> <p>3.4.2 生产线产品良率提升知识</p> <p>3.4.3 器件制作流程及相关工艺模块知识</p>                     |
| 4. 集成电路封装研发与制造 | 4.1 集成电路封装设计与仿真 | <p>4.1.1 能根据产品要求制订系统级多芯片封装方案</p> <p>4.1.2 能修正系统级多芯片封装设计中出现的问题</p> <p>4.1.3 能完成系统级多芯片封装仿真和结果分析</p>                                | <p>4.1.1 集成电路工艺战略规划知识</p> <p>4.1.2 封装设计、仿真工具开发知识</p>                                              |
|                | 4.2 集成电路封装工艺制造  | <p>4.2.1 能根据封装新技术新工艺要求对封装工艺设备提出持续改进方案</p> <p>4.2.2 能编写新型封装工艺制造规范</p> <p>4.2.3 能制订和完善不同封装工艺要求的封装设计规范</p> <p>4.2.4 能制订封装产品质量规范</p> | <p>4.2.1 封装工艺设备前沿知识</p> <p>4.2.2 封装制造规范标准知识</p> <p>4.2.3 封装工艺基础原理知识</p>                           |

|                                       |                       |                                                                                                                                                                                                          |                                                                    |
|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                                       |                       |                                                                                                                                                                                                          | 4.2.4 封装产品质量规范知识                                                   |
| 5.<br>集成<br>电路<br>测试<br>设计<br>与分<br>析 | 5.1 仪器设备维护            | 5.1.1 能完成设备到厂的装机导入,并制订标准操作程序<br>5.1.2 能编写设备维修手册<br>5.1.3 能根据实际需求对设备进行改造                                                                                                                                  | 5.1.1 设备安装、调试知识<br>5.1.2 设备质量提升知识                                  |
|                                       | 5.2 测试方案设计与优化         | 5.2.1 能根据集成电路设计规范和测试设备规格,依据标准设计复杂集成电路的电参数测试和可靠性试验方案<br>5.2.2 能完成不同测试平台的复杂测试程序转换开发,进行复杂测试程序分析与优化<br>5.2.3 能设计复杂的测试电路板、探针卡等测试硬件,并对测试硬件进行调试验证<br>5.2.4 能针对量产测试中的低良率问题,提出改进方案,完善测试流程<br>5.2.5 能编写作业规范并进行人员培训 | 5.2.1 复杂集成电路测试和可靠性试验方案设计知识<br>5.2.2 多种平台测试程序开发知识<br>5.2.3 良率提升方法知识 |
|                                       | 5.3 结果数据分析与处理         | 5.3.1 能综合分析测试结果和影响因素<br>5.3.2 能完整编写检测报告<br>5.3.3 能对初中级人员进行培训并编写培训计划                                                                                                                                      | 5.3.1 失效分析知识<br>5.3.2 质量提升知识                                       |
| 6.<br>设计<br>类电<br>子设<br>计自            | 6.1 模拟和混合信号集成电路设计工具开发 | 6.1.1 能编制超大规模矩阵计算的加速解决方案的系统架构和算法流程图<br>6.1.2 能编制全定制集成电路和版图设计优化解决方案的系统架构和算法流程图<br>6.1.3 能利用机器学习或神经网络,加速复                                                                                                  | 6.1.1 高等数值计算知识<br>6.1.2 高等计算电磁学和复杂有限元知识<br>6.1.3 人工智能基础知识          |

|                                                                        |                         |                                                                                                                                                                                                      |                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 动 化<br>工 具<br>开 发<br>与 测<br>试                                          | 与测试                     | 杂三维场的建模和计算                                                                                                                                                                                           |                                                                          |
|                                                                        | 6.2 数字集成电路设计工具开发与测试     | 6.2.1 能编制大规模硬件描述语言网表的加速仿真验证解决方案的系统架构和算法流程图<br>6.2.2 能编制复杂布尔可满足性问题解决方案的系统架构和算法流程图<br>6.2.3 能编制非确定性多项式难题的优化近似解决方案的系统架构和算法流程图<br>6.2.4 能编制中大规模数字电路的关键路径时序分析（包括静态时序分析和 SPICE 动态时序分析）和时序优化解决方案的系统架构和算法流程图 | 6.2.1 高等布尔代数知识<br>6.2.2 非确定性多项式类问题的高等理论及算法知识<br>6.2.3 高等 SPICE 仿真和时序分析知识 |
| 7.<br>生 产<br>制 造<br>类 电<br>子 设<br>计 自<br>动 化<br>工 具<br>开 发<br>与 测<br>试 | 7.1 集成电路制造类工具开发与测试      | 7.1.1 能编制工艺和电学仿真类工具的系统架构和算法流程图<br>7.1.2 能编制光学临近校正类工具的系统架构和算法流程图<br>7.1.3 能利用机器学习或神经网络，加速关键工艺步骤的建模和计算                                                                                                 | 7.1.1 高等计算光学理论和复杂有限元知识<br>7.1.2 人工智能相关知识                                 |
|                                                                        | 7.2 集成电路封装与电子系统类工具开发与测试 | 7.2.1 能编制封装或多层电路板布局布线解决方案的系统架构和算法流程图<br>7.2.2 能编制集成电路或多层电路板信号完整性和功耗完整性解决方案的系统架构和算法流程图                                                                                                                | 7.2.1 高等计算几何知识<br>7.2.2 高等多物理场计算知识                                       |

## 4 权重表

## 4.1 理论知识权重表

| 项目 \ 专业技术等级 |                     | 初级 (%)   |            |          | 中级 (%)   |            |          | 高级 (%)   |            |          |
|-------------|---------------------|----------|------------|----------|----------|------------|----------|----------|------------|----------|
|             |                     | 集成电路设计方向 | 集成电路工艺实现方向 | 集成电路封测方向 | 集成电路设计方向 | 集成电路工艺实现方向 | 集成电路封测方向 | 集成电路设计方向 | 集成电路工艺实现方向 | 集成电路封测方向 |
| 基本要求        | 职业道德                | 10       | 10         | 10       | 10       | 10         | 10       | 10       | 10         | 10       |
|             | 基础知识                | 20       | 20         | 20       | 15       | 15         | 15       | 10       | 10         | 10       |
| 相关知识要求      | 模拟与射频集成电路设计         | 25       | —          | 5        | 30       | 5          | 5        | 35       | 10         | 5        |
|             | 数字集成电路设计            | 25       | —          | 5        | 30       | —          | 5        | 35       | —          | 5        |
|             | 集成电路工艺开发与维护         | —        | 40         | —        | —        | 50         | —        | —        | 60         | —        |
|             | 集成电路封装研发与制造         | —        | —          | 25       | —        | —          | 30       | —        | —          | 30       |
|             | 集成电路测试设计与分析         | 10       | 15         | 25       | 5        | 10         | 30       | 5        | 5          | 30       |
|             | 设计类电子设计自动化工具开发与测试   | 10       | —          | —        | 10       | —          | —        | 5        | —          | —        |
|             | 生产制造类电子设计自动化工具开发与测试 | —        | 15         | 10       | —        | 10         | 5        | —        | 5          | 10       |
| 合计          |                     | 100      | 100        | 100      | 100      | 100        | 100      | 100      | 100        | 100      |

## 4.2 专业能力要求权重表

| <div> <div>专业技术等级</div> <div>项目</div> </div> |                     | 初级（%）    |            |          | 中级（%）    |            |          | 高级（%）    |            |          |
|----------------------------------------------|---------------------|----------|------------|----------|----------|------------|----------|----------|------------|----------|
|                                              |                     | 集成电路设计方向 | 集成电路工艺实现方向 | 集成电路封测方向 | 集成电路设计方向 | 集成电路工艺实现方向 | 集成电路封测方向 | 集成电路设计方向 | 集成电路工艺实现方向 | 集成电路封测方向 |
| 专业能力要求                                       | 模拟与射频集成电路设计         | 35       | —          | 5        | 40       | 5          | 5        | 45       | 10         | 5        |
|                                              | 数字集成电路设计            | 35       | —          | 5        | 40       | —          | 5        | 45       | —          | 5        |
|                                              | 集成电路工艺开发与维护         | —        | 50         | —        | —        | 60         | —        | —        | 70         | —        |
|                                              | 集成电路封装研发与制造         | —        | —          | 35       | —        | —          | 40       | —        | —          | 40       |
|                                              | 集成电路测试设计与分析         | 15       | 25         | 35       | 10       | 15         | 40       | 5        | 10         | 40       |
|                                              | 设计类电子设计自动化工具开发与测试   | 15       | —          | —        | 10       | —          | —        | 5        | —          | —        |
|                                              | 生产制造类电子设计自动化工具开发与测试 | —        | 25         | 20       | —        | 20         | 10       | —        | 10         | 10       |
| 合计                                           |                     | 100      | 100        | 100      | 100      | 100        | 100      | 100      | 100        | 100      |

## 5 附录

### 5.1 中英文术语对照表

| 序号 | 英文                                                         | 中文          |
|----|------------------------------------------------------------|-------------|
| 1  | ECO, Engineering Change Order                              | 工程变更指令      |
| 2  | DFT, Design For Testability                                | 可测性设计       |
| 3  | SPICE, Simulation program with integrated circuit emphasis | 集成电路模拟程序    |
| 4  | RTL, Register Transfer Level                               | 寄存器传输级电路    |
| 5  | PDK, Process Design Kit                                    | 工艺设计包       |
| 6  | CDF, Component Description Format                          | 组件描述格式      |
| 7  | DRC, Design Rules Check                                    | 设计规则检查      |
| 8  | LVS, Layout Versus Schematic                               | 版图与原理图一致性检查 |
| 9  | XRC, Extraction of parasitic resistors and capacitors      | 寄生参数提取      |
| 10 | IP, Intellectual Property                                  | 知识产权        |
| 11 | SoC, System on Chip                                        | 系统级集成电路     |
| 12 | UVM, Universal Verification Methodology                    | 通用验证方法学     |
| 13 | Cp/Cpk, Process Capability index                           | 工序能力指数      |