

**全国新职业和数字技术技能大赛  
集成电路工程技术人员技术工作文件**

全国新职业和数字技术技能大赛组委会技术组

2022年2月

## 目录

一、技术描述 .....	3
(一) 项目概要: .....	3
(二) 基本知识与能力要求: .....	3
二、比赛试题、形式与评判标准 .....	4
(一) 比赛试题: .....	4
(二) 比赛形式及时间安排: .....	9
(三) 评判标准.....	9
(四) 公布方式 (保密安排) .....	10
三、竞赛细则 .....	10
(一) 熟悉竞赛技术文件.....	10
(二) 比赛过程.....	10
(三) 比赛结束.....	11
(四) 文明参赛要求.....	11
(五) 组织分工、成绩评定及公布 .....	11
(六) 参赛选手职责.....	12
四、竞赛场地、设施设备等安排 (由主办方提供相关信息)	
13	
(一) 赛场规格要求: .....	13
(二) 场地布局图: .....	13
(三) 基础设施清单: .....	15
五、安全、健康要求 (参照比赛以及具体要求) .....	15
(一) 比赛环境.....	15
(二) 安全教育.....	15
(三) 环境保护.....	16

# 一、技术描述

## (一) 项目概要:

集成电路工程技术项目是指按照要求开展集成电路设计、集成电路工艺实现和集成电路封测的竞赛项目。比赛中对选手的技能要求主要包括：模拟集成电路设计，数字集成电路设计，集成电路工艺开发与维护，集成电路测试设计与分析等。

## (二) 基本知识与能力要求:

为全面考查参赛选手的职业综合素质和技术技能水平，参照集成电路工程技术人员国家职业技术技能标准编制赛项规程和命题，设计实际操作考核模块。竞赛考核内容包括模拟集成电路设计与仿真、数字集成电路设计与仿真验证、集成电路工艺开发与维护基本知识和集成电路测试设计与分析四部分，具体内容见下表：

序号	相关要求	权重比例 (%)
1	模拟集成电路设计与仿真	30%
基本知识	-元器件参数及模型知识； -基础电路结构知识； -器件版图结构知识； -版图设计工具基本操作知识。	
工作能力	-模拟集成电路设计工具的基本使用方法； -基于给定的工艺 PDK 文件，完成模拟电路原理图设计和仿真； -基于给定的工艺 PDK 文件，完成模拟电路版图设计与验证。	
2	数字集成电路设计与仿真验证	30%
基本知识	-数字逻辑电路基础知识； -硬件描述语言基础知识； -数字集成电路设计及验证基础知识；	
工作能力	-FPGA 可编程开发工具的使用； -使用开发工具编写硬件描述语言，基于 FPGA 数字芯片实现指定的功能；	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>-使用电路仿真软件完成功能模块的仿真验证；</li> <li>-使用测试平台（包括示波器、信号源等）完成指定功能的测试验证。</li> </ul>	
3	集成电路工艺开发与维护基本知识	10%
基本知识	<ul style="list-style-type: none"> <li>-集成电路工艺设备使用和维护知识；</li> <li>-器件工艺仿真知识；</li> <li>-集成电路工艺原理知识。</li> </ul>	
工作能力	<ul style="list-style-type: none"> <li>-工艺设备使用与维护；</li> <li>-工艺技术开发；</li> <li>-工艺流程优化与整合。</li> </ul>	
4	集成电路测试设计与分析	30%
基本知识	<ul style="list-style-type: none"> <li>-集成电路测试仪器设备相关使用知识；</li> <li>-集成电路的电参数测试相关知识；</li> <li>-测试结果采集、存储和计算知识。</li> </ul>	
工作能力	<ul style="list-style-type: none"> <li>-完成集成电路测试系统的搭建；</li> <li>-完成集成电路特性测试序列开发；</li> <li>-按照给定的芯片测试要求，完成集成电路芯片的功能测试。</li> </ul>	
合计		100%

## 二、比赛试题、形式与评判标准

### （一）比赛试题：

第一部分：模拟集成电路设计与仿真

#### 任务一样题：

根据任务书要求，在规定时间内，利用模拟集成电路设计和仿真软件，完成给定模拟集成电路的原理设计与仿真，形成设计仿真报告。

采用折叠型共源共栅放大器结构设计一款全差分运放，满足以下设计指标：

工作温度：-40℃~+125℃

共模电压：avdd/2

工作电流：≤200uA

单位增益带宽：≥10MHz

直流增益：>60dB

负载电容：5pF

相位裕度：>70°

**任务一评分标准：**

1. 设计完整性：电路图原理正确，即参照任务书要求采用折叠型共源共栅放大器结构，1分。
2. 性能指标符合性：工作电流，1分；单位增益带宽，1分；直流增益，1分；相位裕度，1分；工作温度，1分；共模电压，1分；负载电容，1分。
3. 仿真完整性：完成dc仿真，2分；ac中幅频和相频仿真，2分；PVT工艺角仿真，3分。

**任务二样题：**

根据任务书提供的电路原理图，在规定时间内，利用模拟集成电路设计和仿真软件，完成与电路原理图对应的版图设计与验证（DRC、LVS）。

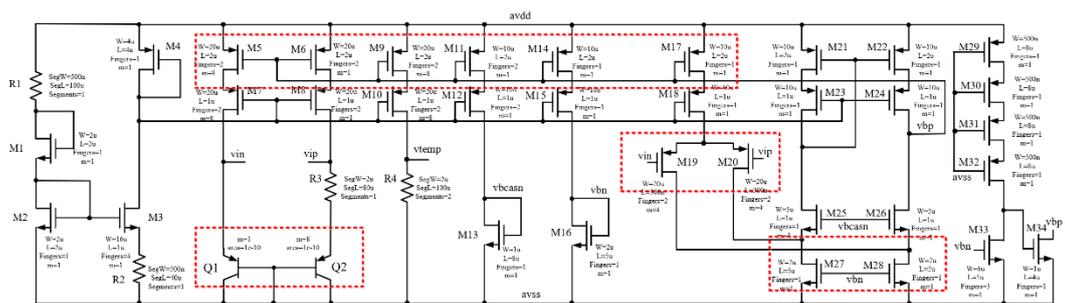


图 1-1 任务电路原理图

**任务二评分标准：**

1. MOSFET 宽长比正确，3分；
2. 电阻阻值正确，1分；
3. 连线准确，2分；
4. 红框区域匹配设计正确，2分；
5. 三极管结构尺寸正确，1分；
6. 面积小于给定数值，1分；
7. 金属层层数正确，1分；
7. DRC 无误，2分；每报一个错误，扣 0.25 分，扣完为止；
8. LVS 无误，2分；每报一个错误，扣 0.25 分，扣完为止。

第二部分：数字集成电路设计与仿真验证

任务一：根据任务书要求，在规定时间内，基于 Verilog 硬件描述语言，完成给定的电路的功能实现与仿真验证。

**任务一样题：**

基于给定的 FPGA 开发软件，建立项目工程，新建 main.v 和 uart.v 文件。

在 main.v 中，编写 Verilog 代码，实现下列数字逻辑功能：

$$\text{result} = (A * B) \oplus (C * D)$$

A、B、C、D 均为 1 bit 逻辑输入信号，result 为逻辑计算结果信号；将 result 信号赋值给 out 信号，作为数字逻辑功能的输出信号。

在 uart.v 中，编写 Verilog 代码，实现 UART 串口通信，调用 main.v 文件，将 result 信号按给定波特率进行输出。要求：串口通信 2 bit 停止位，基于给定 CLK 时钟信号进行分频，波特率覆盖 9600 bps、38400 bps。

针对上述功能，编写 testbench 文件，进行仿真验证。遍历全部逻辑输入信号组合，打印记录逻辑计算结果，打印记录串口输出信号。

#### 任务一评分标准：

1. 使用软件完成项目工程及要求代码文件的建立，1 分；
2. main.v 中，输入输出定义正确，1 分；
3. main.v 中，数字逻辑实现正确，1 分；
4. uart.v 中，输入输出定义正确，1 分；
5. uart.v 中，调用 main.v 模块正确，1 分；
6. uart.v 中，波特率可调，2 分；
7. testbench 文件，模块定义及调用正确，1 分；
8. 仿真结果遍历全部逻辑输入信号组合，并逻辑计算结果正确，4 分；每缺少一种组合或计算结果错误，扣 0.25 分，扣完为止；
9. 仿真结果串口输出格式正确，1 分；
10. 仿真结果串口输出波特率正确，2 分。

任务二：基于任务一验证通过的电路设计，在规定时间内，利用给定的 FPGA 平台，完成下载，并在相应的仪器设备上验证。

#### 任务二样题：

基于给定的 FPGA 硬件平台，进行硬件电路的信号连接，在给定的 FPGA 开发软件中，基于给定要求，进行输入输出信号的管脚定义与其他物理约束，生成配置文件，进行 FPGA 的配置；FPGA 正常工作后，基于给定要求设置示波器，使用示波器进行输出信号的采集、验证。

#### 任务二评分标准：

1. FPGA 下载器连接正确，1 分；
2. FPGA 输入及输出信号配置或连接正确，2 分；
3. 配置文件生成成功，1 分；
4. FPGA 配置成功，2 分；
5. 示波器设置正确，能够进行输出信号采集，3 分；
6. 实测结果串口输出格式正确，3 分；
7. 实测结果串口输出波特率正确，3 分。

#### 第三部分：集成电路工艺开发与维护基本知识

此部分为理论考试，以选择和判断形式，对集成电路工艺开发与维护基本知识进行考核。

#### 第四部分：集成电路测试设计与分析

任务一：根据任务书要求，基于给定的测试平台，在规定时间内，完成给定模拟集成电路芯片的测试程序开发和测试。

**任务一样题：**

基于表 4-1 给定的芯片测试要求，在集成电路工程技术人员应用平台上实现 OPA227P 单运放芯片的功能测试。

表 4-1. OPA227P 测试要求

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入失调电压 Vos	VS=±5V	/	5	75	uV
输入失调电流 Ios	VS=±5V	/	2.5	10	nA
输入偏置电流 Ib	VS=±5V	/	2.5	10	mW
共模抑制比 KCMR	VS=±5V	120	138	/	dB
开环电压增益 Avd	VS=±5V	132	160	188	dB
静态功耗 Pd	VS=±5V	0	32	38	uW

**任务一评分标准：**

1. 按照 OPA227P 引脚图以及测试接线原理图完成测试系统接线，配置 Pinmap 文件并保存为 OPA227P.xml 文件在选手文件夹下，3 分。

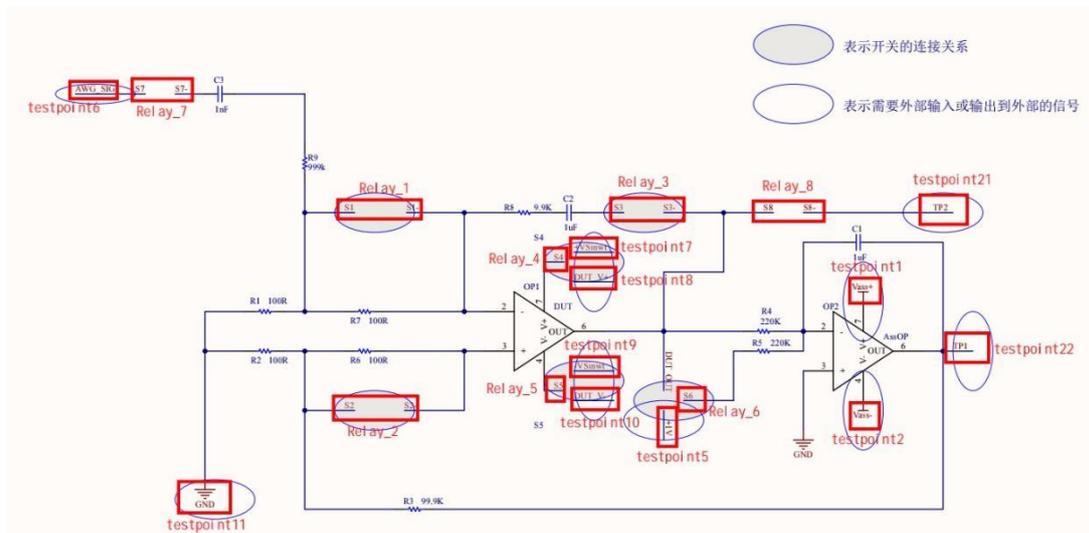


图 4-1 接线原理图

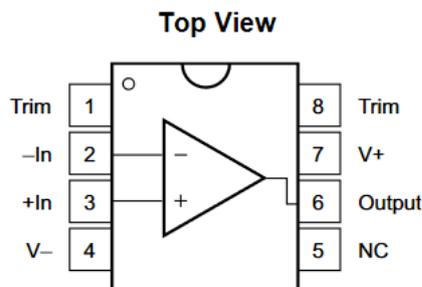


图 4-2 OPA227P 引脚定义

2. 进入选手文件夹下“OPA227P”目录，并在该目录下启动 OPA227P 工程，根据表 4-1 所示 OPA227P 芯片的测试需求，编写 OPA227P 芯片功能测试.seq 文件，4 分。

3. 完成工程编译和测试平台配置，完成待测样品的测试。将测试报告保存在选手文件夹下，8 分（报告需覆盖表 4-1 的测试要求参数项，每少一项扣 2 分，扣完为止）。

任务二：根据任务书要求，基于给定的测试平台，在规定时间内，完成给定数字集成电路芯片的测试程序开发和测试。

**任务二样题：**

基于表 4-2 给定的测试要求，在集成电路工程技术人员应用平台上实现 74LS21 数字芯片的功能测试。

表 4-2. 74LS21 芯片逻辑

输入	输出	逻辑关系
A1、B1、C1、 D1	Y1	$Y1 = A1 \cdot B1 \cdot C1 \cdot D1$

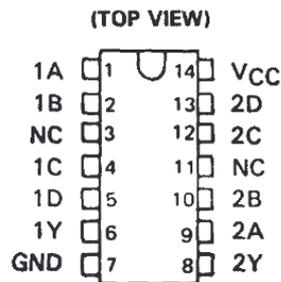


图 4-3 74LS21 引脚定义

表 4-3. 74LS21 芯片电特性测试要求

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
VOH	VCC=5V	2.7	3.5	/	V
VOL	VCC=5V	/	0.35	0.5	V
O/S	VCC=5V	-0.8	-0.5	-0.2	V
Leakage	VCC=5V	3	25	50	uA
IDD	VCC=5V	100	1500	3000	uA

**任务二评分标准：**

1. 完成测试系统接线，配置 Pinmap 文件并保存为 74LS21.xml 文件在选手文件夹下，3 分。

2. 进入选手文件夹下“74LS21”目录，并在该目录下启动 74LS21 工程，根据表 4-3 所示 74LS21 芯片的测试需求，修改 74LS21 芯片功能测试.seq，4 分。

3. 完成工程编译和测试平台配置，实现待测样品的测试。将测试报告保存在选手文件夹下，8 分（报告需覆盖表 4-3 的测试要求参数项，每少一项扣 2 分，扣完为止）。

## （二）比赛形式及时间安排：

比赛时间为 540 分钟，为双人赛，理论考试时长 30 分钟，实际操作技能时长 510 分钟

1. 比赛时间安排：包括本项目比赛总时间，及各模块时间分配。

竞赛阶段	竞赛时间	竞赛内容	竞赛时长
实操考核环节	第一天	集成电路工艺开发与维护基本知识	30 分钟
		模拟集成电路设计与仿真 数字集成电路设计与仿真	330 分钟
	第二天	集成电路测试设计与分析	180 分钟
总计			540 分钟

## （三）评判标准

本赛项成绩满分 100 分。各个评分项的分数应精确到小数点后两位，小数点后第三位数字采用四舍五入（如 1.055 计 1.06，1.054 计 1.05）。比赛采用结果评分方式进行评分。

1. 分数权重：

竞赛内容	分值	权重	评分方法
模拟集成电路设计与仿真	30	30%	结果评分（客观）
数字集成电路设计与仿真	30	30%	结果评分（客观）
集成电路工艺开发与维护基本知识	10	10%	结果评分（客观）
集成电路测试设计与分析	30	30%	结果评分（客观）

2. 评判方法：

- a) 对于需要记录数据和结果现象的考核点，由选手记录（或打印）签署工位号后举手请裁判进行确认；裁判核实相关数据后，收取相应资料并签字确认（对于需要保存电子数据的考核点，需进行 U 盘备份）。
- b) 比赛结束后，裁判长重新分配裁判小组，每组至少有 2-3 成员，负责对任务书中的某一项目，严格按照评分细则，进行全场评分，最后将该项目所有成绩汇总成表，并由录分员确认签字，移交裁判长。
- c) 最终将比赛所有资料交大赛组委会汇总，所有裁判员未经组委会同意不得泄露比赛试题和比赛成绩，比赛结果由大赛组委会进行公布。

- d) 裁判工作在竞赛监督组监督下进行。

### 3. 成绩并列:

多只赛队成绩并列的时候,出现总分一样,则按照完成全部竞赛内容的时间短的排位高,以此类推。若多支队伍总分及比赛时长均一样,则按照单项分数高的排位高,单项分数按照任务一、二、三、四的分数进行排名,分数高的排位高。其他未尽情况,则须报大赛组委会审批。

## (四) 公布方式(保密安排)

1. 本项目试题、评判标准均保密。
2. 公布方式及具体公布时间:赛场现场向选手公布。

## 三、竞赛细则

### (一) 熟悉竞赛技术文件

1. 选手认真阅读竞赛技术文件,开赛前提前 15 分钟进场,比赛过程全程佩戴口罩,不明确问题咨询赛项技术负责人。
2. 参赛选手凭参赛证、有效身份证件(身份证或护照)在正式比赛开始前 30 分钟到指定地点集合,裁判将对各参赛选手的身份信息进行核对,抽取抽签顺序号完成一次加密。赛前 15 分钟按照抽签顺序抽取工位号完成二次加密。选手按工位号顺序依次进场,进行各项准备工作。现场裁判将对各参赛选手的身份信息进行再次核对。选手在正式比赛开始 15 分钟后不得入场,比赛结束前 30 分钟内允许提前离场。
3. 参赛选手不允许携带任何通讯及存储设备、纸质材料等物品进入赛场,赛场内提供比赛必备用品。

### (二) 比赛过程

1. 选手进入赛场必须听从现场裁判人员的统一布置和指挥,需对比赛电脑、仪器设备及选配部件等物品进行检查和测试,如有问题及时向裁判人员报告。
2. 参赛选手必须在裁判宣布比赛开始后才能进行比赛。
3. 参赛选手携带进入赛场的参赛证件和其它物品,现场裁判员有权进行检验和核准。
4. 比赛过程中选手不得随意离开工位范围,不得与其它选手交流或擅自离开赛场。如遇问题时须举手向裁判员示意询问后处理,否则按作弊行为处理。
5. 在比赛过程中只允许裁判员、工作人员进入现场,其余人员未经裁判长同意不得进入赛场。
6. 比赛过程中,选手必须严格遵守安全操作规程,确保人身和设备安全,并接受现场裁判和技术人员的监督和警示。因选手造成设备故障或损坏,无法继续比赛,裁判长有权决定终止比赛。因非选手个人因素造成设备故障,由裁判长视具体情况做出裁决(暂停竞赛计时或调整至备用工位参加竞赛)。如果确定为设备故障问题,裁判长将酌情给予补时。

### （三）比赛结束

1. 在比赛结束前 15 分钟，裁判长提醒比赛即将结束，选手应做好结束准备，数据文件按规定存档。宣布比赛正式结束后，选手必须停止一切操作。
2. 参赛选手若提前结束竞赛，应向裁判员举手示意，竞赛终止时间由裁判员记录，参赛选手结束竞赛后不得再进行任何操作。
3. 比赛中有计算机编程，需按比赛试题要求保存相关文档，不要关闭计算机，不得对设备随意加设密码。比赛结束后，选手应立即上交存有竞赛结果的存储介质、仪器设备和比赛任务书等。做好比赛设备的整理工作，包括设备移动部件的复位，归还工具，整理个人物品。
4. 参赛选手不得将比赛任务书、图纸、草稿纸和工具等与比赛有关的物品带离赛场，选手必须经现场裁判员检查许可后方可离开赛场。
5. 参赛选手需按照竞赛要求提交竞赛结果，参赛选手签工位号，裁判员签字共同确认。

### （四）文明参赛要求

1. 任何选手在比赛期间未经赛项组委会的批准不得接受其它单位和个人进行与比赛内容相关的采访。
2. 任何选手未经允许不得将比赛的相关信息私自公布，依据组委会最新要求，必要时需签署保密协议。
3. 参赛选手、领队违反竞赛规则，取消比赛资格并进行通报。
4. 各类赛务人员必须统一佩戴由大赛组委会印制的相应证件，着装整齐。
5. 新闻媒体人员进入赛场必须经过赛点领导小组允许，并且听从现场工作人员的安排和管理，不能影响竞赛进行。
6. 其它未涉事项或突发事件，由大赛组委会负责解释或决定。

### （五）组织分工、成绩评定及公布

1. 组织分工
  - a) 参与大赛赛项成绩管理的组织机构包括检录组、裁判组、监督组等。
  - b) 检录工作人员负责对参赛选队伍（选手）进行点名登记、身份核对等工作。检录工作由赛项承办院校工作人员承担。
  - c) 裁判组实行“裁判长负责制”，设裁判长 1 名，全面负责赛项的裁判与管理工作。
  - d) 裁判员根据比赛工作需要分为加密裁判、现场裁判和评分裁判。
    - 加密裁判：负责组织参赛选手抽签并对参赛选手的信息进行加密、解密。同一赛项的加密裁判来自不同单位。
    - 现场裁判：按规定做好赛场记录，维护赛场纪律。
  - e) 评分裁判：负责对参赛选手的技能展示、操作规范和竞赛作品等按赛项评分标准进行评定。

2. 成绩管理程序

按照组委会的要求，参赛选手的成绩评定与管理按照严密的程序进行，见图 1 所示，成绩管理流程图。

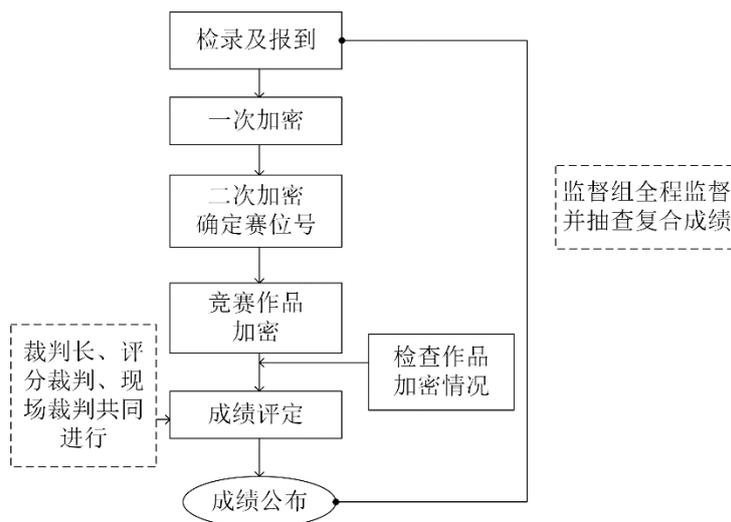


图 1：成绩管理流程图

### 3. 成绩评定

#### a) 现场评分

现场裁判依据现场打分表，对参赛队的客观结果等进行评分。评分结果由参赛选手签工位号确定，裁判员、裁判长签字确认。

#### b) 结果评分

对参赛队提交的竞赛成果，依据赛项评价标准进行评价与评分。

#### c) 解密

裁判长正式提交赛位号（竞赛作品号）评分结果并复核无误后，加密裁判在监督人员监督下对加密结果进行逐层解密。本赛项采取逆向解密。比赛结束，经与参赛选手的身份信息核对无误后，由加密裁判将选手参赛证等个人信息证件归还给参赛选手。

#### d) 抽检复核

为保障成绩评判的准确性，监督组对赛项总成绩排名前 30%的所有参赛选手的成绩进行复核；对其余成绩进行抽检复核，抽检覆盖率不得低于 15%。监督组需将复检中发现的错误以书面方式及时告知裁判长，由裁判长更正成绩并签字确认。复核、抽检错误率超过 5%的，则认定为非小概率事件，裁判组需对所有成绩进行复核。

### 4. 成绩公布

a) 录入。由承办单位信息员将赛项总成绩的最终结果录入赛务管理系统。

b) 审核。承办单位信息员对成绩数据审核后，将赛务系统中录入的成绩导出打印，经赛项裁判长审核无误后签字。

c) 报送。由承办单位信息员将裁判长确认的电子版赛项成绩信息上传组委会赛务管理系统。同时将裁判长签字的纸质打印成绩单报送大赛组委会办公室。

d) 公布。比赛成绩由大赛组委会统一公布。

## （六）参赛选手职责

1. 各院校须安排为参赛选手购买大赛期间的人身意外伤害保险。

2. 参赛如有车辆，一律凭大赛组委会核发的证件出入校门，并按指定线路行驶，按指定地点停放。

3. 参赛选手着装不允许出现院校名称，以及其他与院校有关标识，具体由裁判决定是否符合竞赛使用，如违反规定视为违规处理。

## 四、竞赛场地、设施设备等安排（由主办方提供相关信息）

### （一）赛场规格要求：

1. 比赛区域总面积约 700m<sup>2</sup>。
2. 净空高度不低于 3m，采光、照明和通风良好，环境温度、湿度符合设备使用规定，同时满足选手的正常竞赛要求。
3. 赛场主通道宽 2m，符合紧急疏散要求。
4. 赛场提供稳定的水、电、气源和供电应急设备，并有保安、公安、消防、设备维修和电力抢险人员待命，以防突发事件。
5. 赛场设维修服务、医疗、生活补给站等公共服务区，为选手和赛场人员提供服务；设有指导教师进入现场指导的专门通道；设有安全通道，大赛观摩、采访人员在安全通道内活动，保证大赛安全有序进行。
6. 赛事单元相对独立，确保选手独立开展比赛，不受外界影响；赛区内包括厕所、医疗点、维修服务站、生活补给站、垃圾分类收集点等都在警戒线范围内，确保大赛在相对安全的环境内进行。
7. 赛场环境：赛场含 26 个竞赛工位，每个工位约 9 m<sup>2</sup>，并设置裁判长室、裁判室、选手讲解区、录分室、技术支持室等必要功能区域，方便裁判、选手、技术支持协同工作。

### （二）场地布局图：

提供规格（长度、宽度）清晰的布局图。如图 2 所示。



### （三）基础设施清单：

集成电路工程技术人员项目工位主要设备设施清单如下表，未明确在选手携带工具清单中的，一律不得带入赛场。本竞赛无需选手自带任何工具、材料、资料进场，且赛场配发的各类工具、材料，选手一律不得带出赛场。

序号	名称	数量
1	模拟集成电路设计平台	26 套
2	数字集成电路设计平台	26 套
3	集成电路综合测试验证实验平台	26 套
4	计算机及可视化终端	26 套
5	其他必要设施设备	若干

## 五、安全、健康要求（参照比赛以及具体要求）

### （一）比赛环境

1. 对于赛场本项目单个工位所占赛场面积以及对赛场配置条件的要求，如：强弱电、给排水、通风、照明、监控、气动、危化品等。
2. 竞赛场地光线充足，照明良好；供电供水设施正常且安全有保障；场地整洁；每个赛位占地约为 9 m<sup>2</sup>，场地净高不低于 3m，且标明赛位号，每个竞赛赛位提供 220V 交流电源，每个赛位提供独立的电源保护装置和安全保护措施。
3. 竞赛场地设置隔离带，非裁判员、参赛选手、工作人员不得进入比赛场地；竞赛场地设置检录区、竞赛操作区、裁判评判区、工具材料区、选手休息（候赛）区、观摩通道等区域，并根据需要设置选手自带工具材料柜等，各区域之间有明显标志或警示带；标明消防器材、安全通道、洗手间等位置。
4. 赛场设有保安、公安、消防、医疗、设备维修和电力抢险人员待命，以防突发事件；赛场还应设有生活补给站等公共服务设施，为选手和赛场人员提供服务。
5. 赛场设置安全通道和警戒线，确保进入赛场的大赛参观、采访、视察的人员限定在安全区域内活动，以保证大赛安全有序进行。

### （二）安全教育

1. 选手参赛前应接受过系统的职业安全教育。
2. 赛前裁判长宣读竞赛规则、安全注意事项。

3. 任何时候，参赛选手不得带电修改电线线路。
4. 裁判、技术人员、选手应严格遵守设备安全操作规程。
5. 竞赛过程中，技术支持人员有责任对选手使用的设备安全进行监护，发现问题及时制止，避免发生设备损坏。

### **（三）环境保护**

1. 竞赛相关人员，要注意保持环境整洁卫生，垃圾集中存放。
2. 竞赛人员要做好劳动保护，遵守职业规范。
3. 竞赛相关人员必须保持场地秩序，有序进入规定线路和区域。
4. 交通路线、走廊、楼梯、紧急疏散通道必须保持畅通无障碍，灭火器等消防救生设备齐。
5. 每场竞赛结束后，选手要做到工完场清，赛场保洁人员要保障赛场整体的环境卫生，体现安全、整洁、有序，赛场所有废弃物应有效分类并处理，尽可能回收利用。