(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2022 年 5 月 27 日 (27.05.2022)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2022/105461 A1

(51) 国际专利分类号:
G06F 30/327 (2020.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2021/122284

(22) 国际申请日: 2021 年 9 月 30 日 (30.09.2021)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202011313369.X 2020年11月19日 (19.11.2020) CN

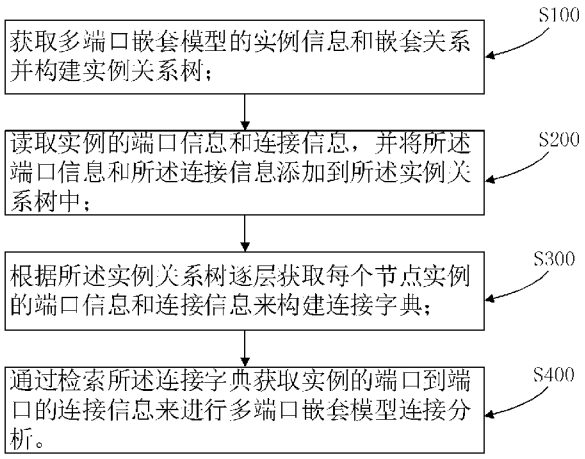
(71) 申请人: 苏州浪潮智能科技有限公司 (INSPUR SUZHOU INTELLIGENT TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省苏州市吴中区吴中经济开发区郭巷街道官浦路1号9幢, Jiangsu 215000 (CN)。

(72) 发明人: 冯鹏 (FENG, Peng); 中国江苏省苏州市吴中区吴中经济开发区郭巷街道官浦路1号9幢, Jiangsu 215000 (CN)。 沈欣舞 (SHEN, Xinwu); 中国江苏省苏州市吴中区吴中经济开发区郭巷街道官浦路1号9幢, Jiangsu 215000 (CN)。 吴睿振 (WU, Ruizhen); 中国江苏省苏州市吴中区吴中经济开发区郭巷街道官浦路1号9幢, Jiangsu 215000 (CN)。 王芳 (WANG, Fang); 中国江苏省苏州市吴中区吴中经济开发区郭巷街道官浦路1号9幢, Jiangsu 215000 (CN)。

(74) 代理人: 北京市万慧达律师事务所 (BEIJING WANHUIDA LAW FIRM); 中国北京市海淀区

(54) **Title:** CONNECTION ANALYSIS METHOD FOR MULTI-PORT NESTING MODEL AND STORAGE MEDIUM

(54) **发明名称**: 一种多端口嵌套模型连接分析方法及存储介质



S100 ACQUIRE INSTANCE INFORMATION AND NESTING RELATIONSHIPS OF A MULTI-PORT NESTING MODEL, AND CONSTRUCT AN INSTANCE RELATIONSHIP TREE

S200 READ PORT INFORMATION AND CONNECTION INFORMATION OF INSTANCES, AND ADD THE PORT INFORMATION AND THE CONNECTION INFORMATION TO THE INSTANCE RELATIONSHIP TREE

S300 ACQUIRE, LAYER BY LAYER, AND ACCORDING TO THE INSTANCE RELATIONSHIP TREE, PORT INFORMATION AND CONNECTION INFORMATION OF EACH INSTANCE AT EACH NODE, AND CONSTRUCT A CONNECTION DICTIONARY

S400 PERFORM CONNECTION ANALYSIS ON THE MULTI-PORT NESTING MODEL BY SEARCHING THE CONNECTION DICTIONARY TO OBTAIN PORT-TO-PORT CONNECTION INFORMATION OF THE INSTANCES

图 1

(57) **Abstract:** A connection analysis method for a multi-port nesting model and a medium. The method comprises: acquiring instance information and nesting relationships of a multi-port nesting model, and constructing an instance relationship tree (S100); reading port information and connection information of instances, and adding the port information and the connection information to the instance relationship tree (S200); acquiring, layer by layer, and according to the instance relationship tree, port information and connection information of each instance at each node, and constructing a connection dictionary (S300); and performing connection analysis on the multi-port nesting model by searching the connection dictionary to obtain port-to-port connection information of the instances (S400).

(57) **摘要**: 一种多端口嵌套模型连接分析方法及介质，通过获取多端口嵌套模型的实例信息和嵌套关系并构建实例关系树（S100）；读取实例的端口信息和连接信息，并将所述端口信息和所述连接信息添加到所述实例关系树中（S200）；根据所述实例关系树逐层获取每个节点实例的端口信息和连接信息来构建连接字典（S300）；通过检索所述连接字典获取实例的端口到端口的连接信息来进行多端口嵌套模型连接分析（S400）。

WO 2022/105461 A1

[见续页]

中关村南大街1号友谊宾馆颐园写字楼2楼, Beijing 100873 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的国家保护)：AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种多端口嵌套模型连接分析方法及存储介质

相关申请的交叉引用

本申请要求于2020年11月19日提交中国专利局，申请号为202011313369.X，发明名称为“一种多端口嵌套模型连接分析方法及介质”的中国专利申请的优先权和权益，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本公开涉及专用集成电路系统设计领域，尤其涉及一种多端口嵌套模型连接分析方法及存储介质。

背景技术

在专用集成电路系统设计中，一般先使用硬件描述语言(Verilog)、超高速集成电路硬件描述语言(VHDL)描述出模块（module），然后通过模块的实例化模块生成实例（instance），为了对外形成统一方便的接口（port），需要对对模块、模块的组合上添加一层封装（wrapper），或在一层封装上再添加另一层封装。

一个专用集成电路通常是封装和实例的组合和嵌套。实例的端口与实例的端口之间、实例的端口与封装的端口之间、封装的端口与封装的端口之间，再依据芯片功能的需要通过信号线进行连接，构成最终的专用集成电路设计。

IP（Intellectual Property）核是“用于集成电路芯片中的预先设计好的电路功能模块”。IP核将一些在数字电路中常用，但比较复杂的功能块，如FIR滤波器、SDRAM控制器、PCI接口等设计成可修改参数的模块。随着芯片的规模越来越大，设计越来越复杂，增大设计者的负担，而通过调用IP核能避免重复劳动，大大减轻工程师的负担，大大缩短了产品上市时间。

在进行专用集成电路系统设计时，将IP核和自行设计的模块结合形成多端口嵌套模型，根据多端口嵌套模型中按IP核或者模块的端到端连接关系进行连接嵌套形成功能集成构建成专用集成电路系统。一般的，一个专用集成电路系统由大量的多端口嵌套模型组成，一个多端口嵌套模型由大量的实例

组成。现有情况下，在进行多端口嵌套模型或者专用集成电路系统分析时，需要我们按实例层级一层一层的分析连接关系，这样不仅耗时巨大、还非常容易出错；对专用集成电路系统的分析带来很大的困难。

发明内容

根据本公开的一些实施例，提供了一种多端口嵌套模型连接分析方法，包括：

获取多端口嵌套模型的实例信息和嵌套关系并构建实例关系树；

读取实例的端口信息和连接信息，并将所述端口信息和所述连接信息添加到所述实例关系树中；

根据所述实例关系树逐层获取每个节点实例的端口信息和连接信息来构建连接字典；

通过检索所述连接字典获取实例的端口到端口的连接信息。

优选地，获取多端口嵌套模型的实例信息和嵌套关系并构建实例关系树包括：

以 YAML 文件来记录多端口嵌套模型的实例信息以及各个实例之间的所述嵌套关系；

将所述 YAML 文件中多端口嵌套模型的根实例添加到待处理实例队列；

按级提取所述待处理实例队列的实例，作为所述实例关系树的相应级别节点；

判断该实例是否嵌套实例；

响应于判断所述实例嵌套其他实例，将所嵌套的实例添加到待处理实例队列的下一级，逐级提取构建所述实例关系树直至待处理实例队列为空。

在一些实施例中，读取实例的端口信息和连接信息，并将所述端口信息和所述连接信息添加到所述实例关系树中包括：

读取所述实例的端口信息，将端口添加到所述实例关系树的实例上；

将所述端口信息中的端口分为源端口和目标端口，获取源端口与目标端口的映射关系，从而获取连接信息；

根据所述连接信息将所述实例关系树中的端口连接。

在一些实施例中，连接信息分为两类：由某一端口连向其他端口的第二

连接，由其他端口连向某一端口的第一连接。

在一些实施例中，所述连接字典包括关键字和关键字所对应的连接描述，所述关键字为实例关系树节点中所有实例的实例名称，所述连接描述包括实例和实例的端口信息。

在一些实施例中，根据所述实例关系树逐层获取每个节点实例的端口信息和连接信息构建连接字典包括：

遍历所有实例的实例名称作为所述关键字；

逐层遍历所述实例关系树节点上的实例，判断实例的端口是否存在第一连接和第二连接，

响应于判断一个所述端口仅存在所述第二连接，沿第二连接追溯实例、实例的端口信息直至一个不存在所述第二连接的端口，将追溯到的内容作为所述连接描述记录，该连接描述与以该实例名称构成的关键字对应；

响应于判断一个所述端口存在所述第二连接和第一连接，沿第一连接追溯实例、实例的端口信息直至一个不存在所述第一连接的端口，并沿第二连接追溯实例、实例的端口信息直至一个不存在第二连接的端口，将追溯到的内容作为所述连接描述记录，该连接描述与以不存在所述第一连接的端口所在实例的实例名称构成的关键字对应。

在一些实施例中，逐层遍历所述实例关系树节点上的实例包括：

构建节点队列，将所述实例关系树最底层的节点中所有实例加入所述节点队列；

判断节点队列是否为空；

响应于判断所述节点队列不为空，从节点队列中依次取出每个实例处理；

响应于判断所述节点队列为空，向上移动一层，将该层的所有实例加入到节点队列，直至处理完最顶层的节点中的所有实例。

在一些实施例中，所述连接字典中同一关键字对应的不同所述连接描述之间设置区别符号。

在一些实施例中，以所述关键字作为检索词在所述连接字典中检索获取实例的端口到端口的连接信息。

本公开的另一些实施例还提供了一种计算机可读存储介质，其上存储至少一条计算机可读指令，所述至少一条计算机可读指令在由至少一个处理器

执行时，使得所述处理器执行上述任一种方法的步骤。

附图说明

为了更清楚地说明本公开实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本公开的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图示出的结构获得其他的附图。

图1是本公开实施例中一种多端口嵌套模型连接分析方法的流程图；

图2是本公开实施例中构建实例关系树的流程图；

图3是本公开实施例中YAML文件记录的实例以及嵌套关系示意图；

图4是本公开实施例中实例关系树的示意图；

图5是本公开实施例中将端口信息和连接信息添加到实例关系树的流程图；

图6为本公开实施例中源端口与目标端口的映射关系数据表的示意图；

图7为本公开实施例中添加端口信息和连接信息的实例关系树的示意图；

图8为本公开实施例中连接字典的示意图；

图9为本公开实施例中构建连接字典的流程图；

图10为本公开实施例中实例关系树获取连接描述的流程图。

本公开目的的实现、功能特点及优点将结合实施例，参照附图做进一步说明。

具体实施方式

应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本公开，并不用于限定本公开。

下面结合附图对本公开进行说明，其中，图1是本公开实施例中一种多端口嵌套模型连接分析方法的流程图；图2是本公开实施例中构建实例关系树的流程图；图3是本公开实施例中YAML文件记录的实例以及嵌套关系示意图；图4是本公开实施例中实例关系树的示意图；图5是本公开实施例中将端口信息和连接信息添加到实例关系树的流程图；图6为本公开实施例中源端口与目

标端口的映射关系数据表的示意图；图7为本公开实施例中添加端口信息和连接信息的实例关系树的示意图；图8为本公开实施例中连接字典的示意图；图9为本公开实施例中构建连接字典的流程图；图10为本公开实施例中实例关系树获取连接描述的流程图。

如本文所用，术语“模块”指芯片设计中可完成具体电路功能的硬件描述语言程序。模块可以作为模板，生成若干可完成具体电路功能的硬件描述语言程序实例。

如本文所用，术语“IP”可以包括一个模块，或者包括若干个模块的组合。模块可以具有若干端口。

如本文所用，术语“端口”是指可完成具体电路功能的硬件的电路接口，其类型可以是输入、输出、或双向。

如本文所用，术语“实例（instance）”是指由模块、IP实例化所得到的具体的电路功能的硬件描述语言程序，作为模块的具体实现，其端口与对应的模块、IP相一致。

如本文所用，术语“实例化（instantiate）”是指以模块为模板，生成具体的电路功能的硬件描述语言程序实例的操作。

如本文所用，术语“封装（wrapper）”是指对原实例端口、或原封装端口进行转换的电路结构。目的是让原实例、或原封装对外呈现风格统一的端口。封装内部含有若干实例、封装。

如本文所用，术语“嵌套模型”是指结构方程模型的一种。其中，若模型A的所有参数是模型B内同类参数的一部分，称模型A嵌套于模型B内。在路径图中，模型A的路径图可从模型B的路径图去掉部分路径得到，称模型A嵌套于模型B内。

如本文所用，术语“嵌套关系”是指芯片设计内各个封装、实例的层级、包含关系。比如封装A包含实例B，实例C与实例D并列等。这种关系可以由一种计算机语言的数据结构来标识，在本说明中采用YAML格式进行描述。

如本文所用，术语“YAML”是一种用来表达数据序列化的格式，可以简单表达清单、散列表，标量等数据形态，是适合用来表达层次结构式（hierarchical model）的数据结构。

如本文所用，术语“字典”是指计算机编程语言Python中的dictionary数据

类型。

本公开旨在提供一种改进的专用集成电路设计方法，其中将专用集成电路设计中封装、实例的层级、包含关系，以及各个端口的连接关系，抽象为一种形式化的数据结构表述，保存为一个或多个文本文件。通过计算机程序对此文本文件的检索得到不同实例端口之间端到端的连接关系。在检索中，为了获取端到端的连接关系、需要对这些层级结构进行搜索展开。由于端口可能为输入，输出或者双向，导致单次搜索难以获得准确的端口连接关系，反复检索则非常耗时。本公开通过搜索和字典映射相结合的方式，实现了在单个树形结构下单次搜索完成精确端到端连接关系创建的过程。

本公开将多端口嵌套模型涉及的 IP 核和模块进行实例化形成实例，实例包括对 IP 核和模块的定义，对 IP 核和模块的全部端口的定义，以及对 IP 核和模块端口的连接的定义。

以下参照附图描述根据本公开的多端口嵌套模型连接分析方法的一些实施例。

参阅图 1 所示，本公开提供一种多端口嵌套模型连接分析方法，包括步骤：

S100，获取多端口嵌套模型的实例信息和嵌套关系并构建实例关系树。具体的，参阅图 3 所示，以 YAML 文件来记录多端口嵌套模型的实例信息以及各个实例之间的所述嵌套关系；图 3 中 A、B、C、D、E、F、G、H 分别表示不同实例，其中实例 A 为根实例，实例 A 嵌套有实例 B 和实例 C，实例 C 嵌套有实例 D、实例 E 和实例 F，实例 F 嵌套有实例 G 和实例 H。构建一个遍历 YAML 文件中的实例的待处理实例队列。参阅图 2 所示，通过所述待处理实例队列构建实例关系树包括:S101,读取 YAML 文件;S102,将所述 YAML 文件中多端口嵌套模型的根实例 A 添加到待处理实例队列；S103，判断待处理实例队列是否为空，S104，按级提取所述待处理实例队列的实例，将该实例作为所述实例关系树的相应级别节点，具体的，即首先将根实例 A 作为实例关系树的根节点，S105，判断该实例是否嵌套有其他实例，响应于判断该实例嵌套有其他实例，执行 S106 将所嵌套的实例添加到待处理实例队列的下一级，然后执行 S103，响应于判断没有嵌套实例，跳过 S106 直接执行 S103。从而逐级提取实例构建所述实例关系树直至待处理实例队列为空，结束。对

于实例 A，判断出实例 A 嵌套实例 B 和实例 C，因此将实例 B 和实例 C 添加到待处理实例队列中，待处理实例队列不为空，循环执行 S103、S104 和 S105，取出实例 B，将实例 B 作为实例关系树中根实例 A 下层的节点，实例 B 不嵌套实例，待处理实例队列不为空，循环执行 S103、S104 和 S105，取出实例 C，将实例 C 作为实例关系树中根实例 A 下层的节点，将实例 C 嵌套的实例添加到待处理实例队列中，依此执行，直至实例 G 和实例 H 添加到实例关系树，由于实例 G 和实例 H 都不嵌套实例，所述待处理实例队列为空，终止循环。

参阅图 4 所示，图 4 为根据图 3 中实例信息以及实例的嵌套关系执行上述步骤构建的实例关系树 100。其中，图 4 示出了根实例 A 105，嵌套在实例 A 105 中的实例 B 110 和实例 C 115，嵌套在实例 C 115 中的实例 D 120、实例 E 125 和实例 F 130，以及嵌套在实例 F 130 中的实例 G 135 和实例 H 140。

S200，读取实例的端口信息和连接信息，并将所述端口信息和所述连接信息添加到所述实例关系树中。具体的，参阅图 5 所示，读取实例的端口信息和连接信息，并将所述端口信息和所述连接信息添加到所述实例关系树中包括：S201，通过程序扫描 IP 实例文件的方式获得实例的端口信息和连接信息。参阅图 6 所示，对图 6 所示的表中元素 A.P0 进行说明：A 表示实例 A，“.”为分隔符，P0 为端口。将所述端口信息中的端口分为源端口和目标端口，获取源端口与目标端口的映射关系，从而获取连接信息；S202，在所述实例关系树中的实例根据端口信息添加端口，并根据源端口与目标端口的映射关系将所述实例关系树中的端口连接。参阅图 7 所示，图 7 为将执行 S201-S202 将端口信息和连接信息添加到所述实例关系树中后获得的实例连接图 100。

其中，将所述连接信息分为两类分类标准为以某一端口为参照，将由某一端口连向其他端口分为第二连接，将由其他端口连向某一端口分为第一连接。

S300，根据所述实例关系树逐层获取每个节点实例的端口信息和连接信息来构建连接字典；具体的，参阅图 8 所示，所述连接字典包括关键字和关键字所对应的连接描述，所述关键字为实例关系树节点中所有实例的实例名称，所述连接描述包括实例和实例的端口信息。

参阅图 9 所示，根据所述实例关系树逐层获取每个节点实例的端口信息和连接信息构建连接字典的步骤包括：S301，遍历所有实例的实例名称并将

实例名称作为所述关键字；具体的，利用所述 YAML 文件遍历实例名称。

S302，逐层遍历所述实例关系树节点上的实例，根据实例的端口是否存在第一连接和第二连接来获取连接描述。

具体的，参阅图 10 所示，其中，逐层遍历所述实例关系树节点上的实例，包括：S3021，构建节点队列，将所述实例关系树最底层的节点中所有实例加入所述节点队列，具体的，将图 4 中最底层的实例 G 135 和实例 H 140 添加到所述节点队列中；S3022，判断节点队列是否为空，响应于节点队列不为空，执行 S3025；依此取出实例 G 135 和实例 H 140 判断是否存在第一连接和第二连接，取出实例 G 135 和实例 H 140 之后节点队列为空；响应于节点队列为空，S3023 向上移动一层，将该层的所有实例加入到节点队列，S3024，判断是否到达实例关系树的顶层，如果到达顶层结束，如果未到达顶层则执行 S3022，具体的处理完实例 G 135 和实例 H 140 之后，向上移动一层，遍历该层获取实例 D 120、实例 E 125 和实例 F 130 并将实例 D 120、实例 E 125 和实例 F 130 加入到所述节点队列，循环执行 S3022 与 S3024 直至处理完最顶层的节点中的所有实例。具体的处理完实例 D 120、实例 E 125 和实例 F 130 后所述节点队列为空，再向上移动一层获取实例 B 110 和实例 C 115，并将实例 B 110 和实例 C 115 加入到所述节点队列，处理完实例 B 110 和实例 C 115 后，所述节点队列为空，再向上移动一层获取实例 A 105，并将实例 A 105 加入到所述节点队列，处理完实例 A 105 后，所述节点队列为空，再相声已成获取为空，节点队列为空，结束 S3023 和 S3024 的循环。

其中，根据实例的端口是否存在第一连接和第二连接来获取连接描述；

S3025，获取从节点队列取出的实例的所有端口，并判断端口是否存在第一连接和第二连接，响应于一个端口仅存在所述第二连接（即一个端口仅连向其他端口，而其他端口并不连向该端口，说明该端口是多端口嵌套模型的对外端口），执行 S3026 沿第二连接追溯实例、实例的端口信息直至一个不存在所述第二连接的端口，具体的，参阅图 7，实例 G 135 的 P1 端口仅有连向实例 F 130 的 P1 端口的第二连接，那么先追溯到实例 F 130 的 P1 端口，而实例 F 130 的 P1 端口有连向实例 B 110 的 P2 端口的第二连接，则继续追溯到实例 B 110 的 P2 端口，实例 B 110 的 P2 端口有连向实例 A 105 的 P2 端口的第二连接，实例 A 105 的 P2 端口没有第二连接，追溯结束；将追溯到的内容

（实例 G 135 的 P1 端口、实例 F 130 的 P1 端口、实例 B 110 的 P2 端口、实例 A 105 的 P2 端口）作为所述连接描述记录，具体的，描述为“IGPP1:IFPP1,IFPP1:IBPP2,IBPP2:IAPP2;”其中，“,”为连接与连接之间的间隔符，“;”为表示连接描述结束的区别符号，“I（表示实例）G（实例名称）P（表示端口）P1（端口信息）:（表示连接）IFPP1”；S3027 该连接描述与以该实例名称构成的关键字对应；具体的，以实例 G 135 的 P1 端口开始的连接描述与关键字 G 对应。

响应于一个端口存在所述第二连接和第一连接，则执行 S3028 沿第一连接追溯实例、实例的端口信息直至一个不存在所述第一连接的端口，并沿第二连接追溯实例、实例的端口信息直至一个不存在第二连接的端口，具体的，参阅图 7，当处理实例 E 125 时，实例 E 125 的 P1 端口存在第二连接和第一连接，沿第一连接追溯到实例 D 120 的 P1 端口，实例 D 120 的 P1 端口不存在第一连接，停止沿第一连接追溯，沿第二连接追溯到实例 C 115 的 P1 端口，实例 C 115 的 P1 端口不存在第二连接，结束沿第二连接追溯。将追溯到的内容作为所述连接描述记录，“IDPP1:IEPP1,IEPP1:ICPP1;”；S3029 将该连接描述与以沿第一连接追溯过程中不存在所述第一连接的端口所在实例的实例名称构成的关键字对应。即与关键字 D 对应。

S400，通过检索所述连接字典获取实例的端口到端口的连接信息来进行多端口嵌套模型连接分析。具体的，以所述关键字作为检索词，在所述连接字典中检索检索词获取实例的端口到端口的连接信息。参阅图 7 当以关键字 C 为检索词，在所述连接字典中检索 C，能检索出如下两组连接描述：“ICPP2:IEPP0;ICPP2:IFPP2:[IGPP0,IHPP0];”，其中，“IFPP2:[IGPP0,IHPP0]”表示实例 F 130 的 P2 端口连向实例 G 135 的 P0 端口和实例 H 140 的 P0 端口。

本公开的另一些实施例中提供了一种计算机可读存储介质，其上存储至少一条计算机可读指令，其中，所述至少一条计算机可读指令在由至少一个处理器执行时，使得所述处理器执行以上所述的任一种方法的步骤。

本公开提供的多端口嵌套模型连接分析方法及存储介质在应用到专用集成电路系统分析时，通过获取专用集成电路系统的连接字典，并根据检索词检索专用集成电路系统中 IP 核实例或者模块实例的端口连接情况，从而方便对专用集成电路系统进行分析。无需分析人员根据专用集成电路系统中实例

层层去追溯获取连接情况，能够节省大量的分析时间。在进行实例连接的自动化检测时，通过本公开的多端口嵌套模型连接分析方法及介质能够快速获取实例连接情况，减少自动化检测的耗时。

应当注意的是，在权利要求中，不应将位于括号之间的任何参考符号构造成对权利要求的限制。单词“包含”不排除存在未列在权利要求中的部件或步骤。位于部件之前的单词“一”或“一个”不排除存在多个这样的部件。本公开可以借助于包括有若干不同部件的硬件以及借助于适当编程的计算机来实现。在列举了若干装置的单元权利要求中，这些装置中的若干个可以是通过同一个硬件项来具体体现。单词第一、第二、以及第三等的使用不表示任何顺序。可将这些单词解释为名称。

尽管已描述了本公开的优选实施例，但本领域内的技术人员一旦得知了基本创造性概念，则可对这些实施例作出另外的变更和修改。所以，所附权利要求意欲解释为包括优选实施例以及落入本公开范围的所有变更和修改。

显然，本领域的技术人员可以对本公开进行各种改动和变型而不脱离本公开的精神和范围。这样，倘若本公开的这些修改和变型属于本公开权利要求及其等同技术的范围之内，则本公开也意图包含这些改动和变型在内。

权 利 要 求 书

1、一种多端口嵌套模型连接分析方法，包括：

获取专用集成电路的多端口嵌套模型的实例信息和嵌套关系并构建实例关系树；

读取实例的端口信息和连接信息，并将所述端口信息和所述连接信息添加到所述实例关系树中；

根据所述实例关系树逐层获取每个节点实例的端口信息和连接信息来构建连接字典；

通过检索所述连接字典获取实例的端口到端口的连接信息来进行多端口嵌套模型连接分析。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其中，获取多端口嵌套模型的实例信息和嵌套关系并构建实例关系树包括：

以 YAML 文件来记录多端口嵌套模型的实例信息以及各个实例之间的所述嵌套关系；

将所述 YAML 文件中多端口嵌套模型的根实例添加到待处理实例队列；

按级提取所述待处理实例队列的实例，作为所述实例关系树的相应级别节点；

判断提取出的实例是否嵌套有其他实例；

响应于判断提取出的实例嵌套有其他实例，将所嵌套的实例添加到待处理实例队列的下一级，逐级提取来构建所述实例关系树直至待处理实例队列为空。

3、根据权利要求 1 所述的方法，其中，读取实例的端口信息和连接信息，并将所述端口信息和所述连接信息添加到所述实例关系树中包括：

读取所述实例的端口信息获取实例的端口，将所述端口添加到所述实例关系树的实例上；

将所述端口信息中的端口分为源端口和目标端口，获取源端口与目标端口的映射关系，从而获取所述连接信息；

根据所述连接信息将所述实例关系树中的端口连接。

4、根据权利要求 1 所述的方法，其中，以某一端口为参考，连接信息分为两类：由某一端口连向其他端口的第二连接，由其他端口连向某一端口的第一连接。

5、根据权利要求 4 所述的方法，其中，所述连接字典包括关键字和关键字所对应的连接描述，所述关键字为实例关系树节点中所有实例的实例名称，所述连接描述包括实例和实例的端口信息。

6、根据权利要求 5 所述的方法，其中，根据所述实例关系树逐层获取每个节点实例的端口信息和连接信息构建连接字典包括：

遍历所有实例的实例名称作为所述关键字；

逐层遍历所述实例关系树节点上的实例，判断实例的端口是否存在第一连接和第二连接，

响应于判断一个所述端口仅存在所述第二连接，则沿第二连接追溯实例、实例的端口信息直至一个不存在所述第二连接的端口，依次将追溯到的内容记录形成所述连接描述，将形成的连接描述与以该实例名称构成的关键字对应；

响应于判断一个所述端口存在所述第二连接和第一连接，则沿第一连接追溯实例、实例的端口信息直至一个不存在所述第一连接的端口，并沿第二连接追溯实例、实例的端口信息直至一个不存在第二连接的端口，将追溯到的内容作为所述连接描述记录，该连接描述与以不存在所述第一连接的端口所在实例的实例名称构成的关键字对应。

7、根据权利要求 6 所述的方法，其中，逐层遍历所述实例关系树节点上的实例包括：

构建节点队列，将所述实例关系树最底层的节点中所有实例加入所述节点队列；

判断节点队列是否为空；

响应于判断所述节点队列不为空，从节点队列中依次取出每个实例处理；

响应于判断所述节点队列为空，向上移动一层，将该层的所有实例加入到所述节点队列，直至处理完最顶层的节点中的所有实例。

8、根据权利要求 5 所述的方法，其中，所述连接字典中同一关键字对应的不同所述连接描述之间设置区别符号。

9、根据权利要求 5 所述的方法，其中，以所述关键字作为检索词在所述连接字典中检索获取实例的端口到端口的连接信息。

10、一种计算机可读存储介质，其上存储至少一条计算机可读指令，其中，所述至少一条计算机可读指令在由至少一个处理器执行时，使得所述处理器执行如权利要求 1-9 中任一项所述的方法的步骤。

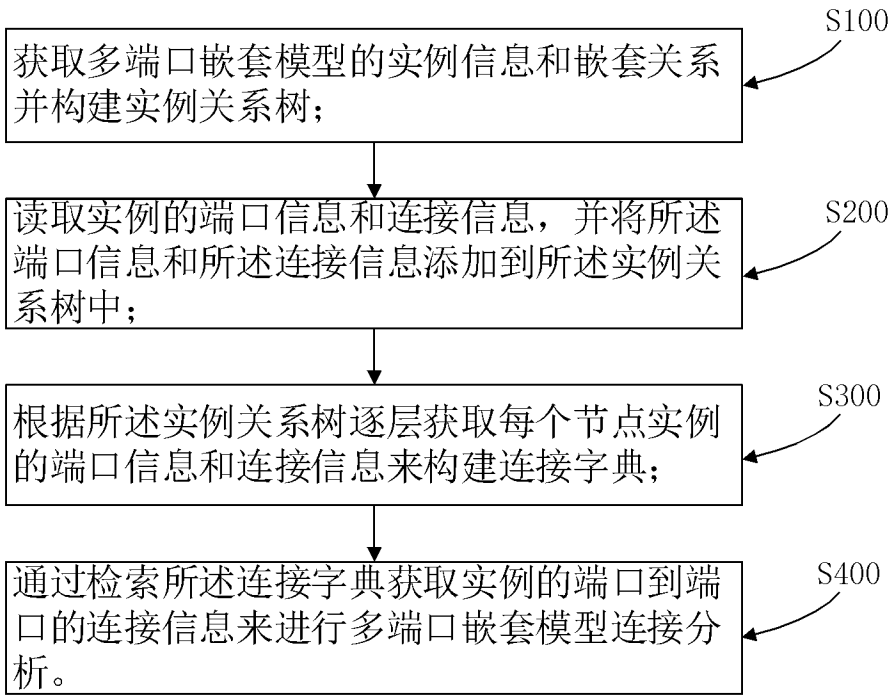

S100
获取多端口嵌套模型的实例信息和嵌套关系并构建实例关系树；
S200
读取实例的端口信息和连接信息，并将所述端口信息和所述连接信息添加到所述实例关系树中；
S300
根据所述实例关系树逐层获取每个节点实例的端口信息和连接信息来构建连接字典；
S400
通过检索所述连接字典获取实例的端口到端口的连接信息来进行多端口嵌套模型连接分析。

图 1

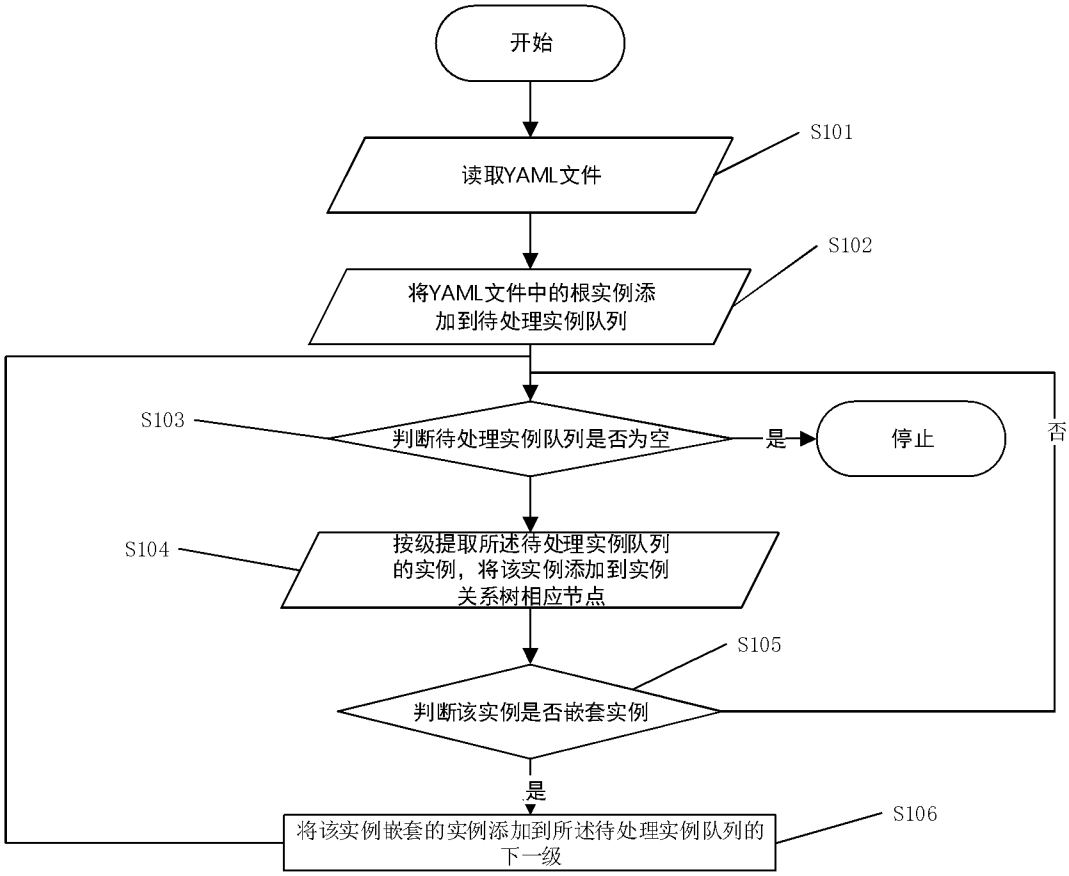

开始
S101
读取YAML文件
S102
将YAML文件中的根实例添加到待处理实例队列
S103
判断待处理实例队列是否为空
是
停止
否
S104
按级提取所述待处理实例队列的实例，将该实例添加到实例关系树相应节点
S105
判断该实例是否嵌套实例
是
S106
将该实例嵌套的实例添加到所述待处理实例队列的下一级

图 2

```
Instance_Tree:
    A:
        B:
        C:
            D:
            E:
            F:
                G:
                H:
```

图 3

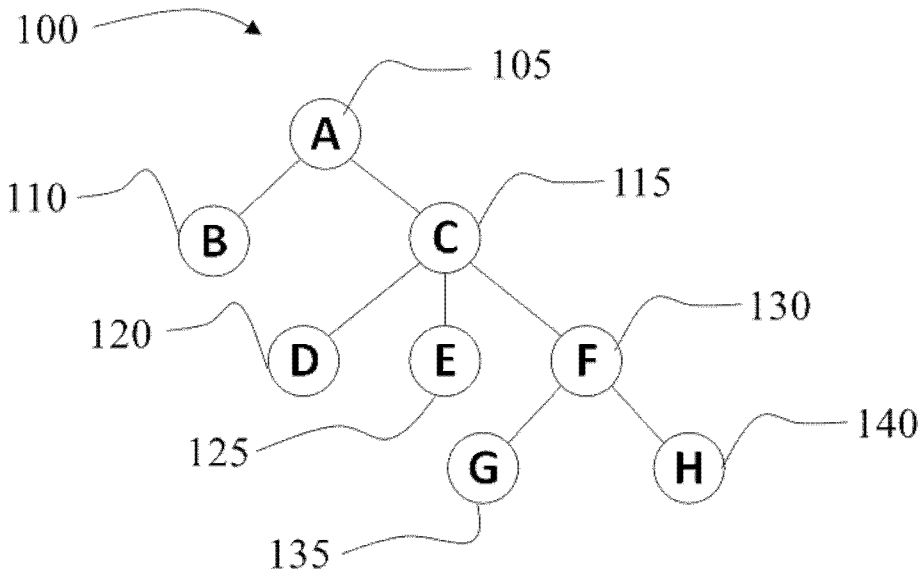


图 4

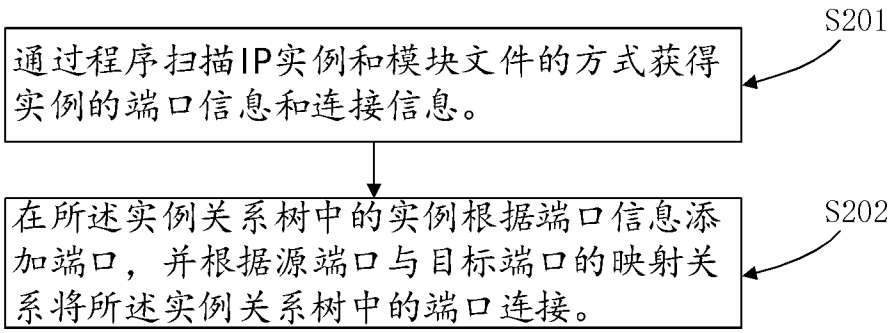

S201
通过程序扫描IP实例和模块文件的方式获得实例的端口信息和连接信息。
S202
在所述实例关系树中的实例根据端口信息添加端口，并根据源端口与目标端口的映射关系将所述实例关系树中的端口连接。

图 5

源端口	目标端口
A.P0	B.P0
A.P0	C.P0
A.P1	B.P1
B.P2	A.P2
B.P1	D.P0
C.P0	F.P0
E.P1	C.P1
C.P2	E.P0
C.P2	F.P2
D.P1	E.P1
F.P1	B.P2
F.P2	G.P0
F.P2	H.P0
G.P1	F.P1

图 6

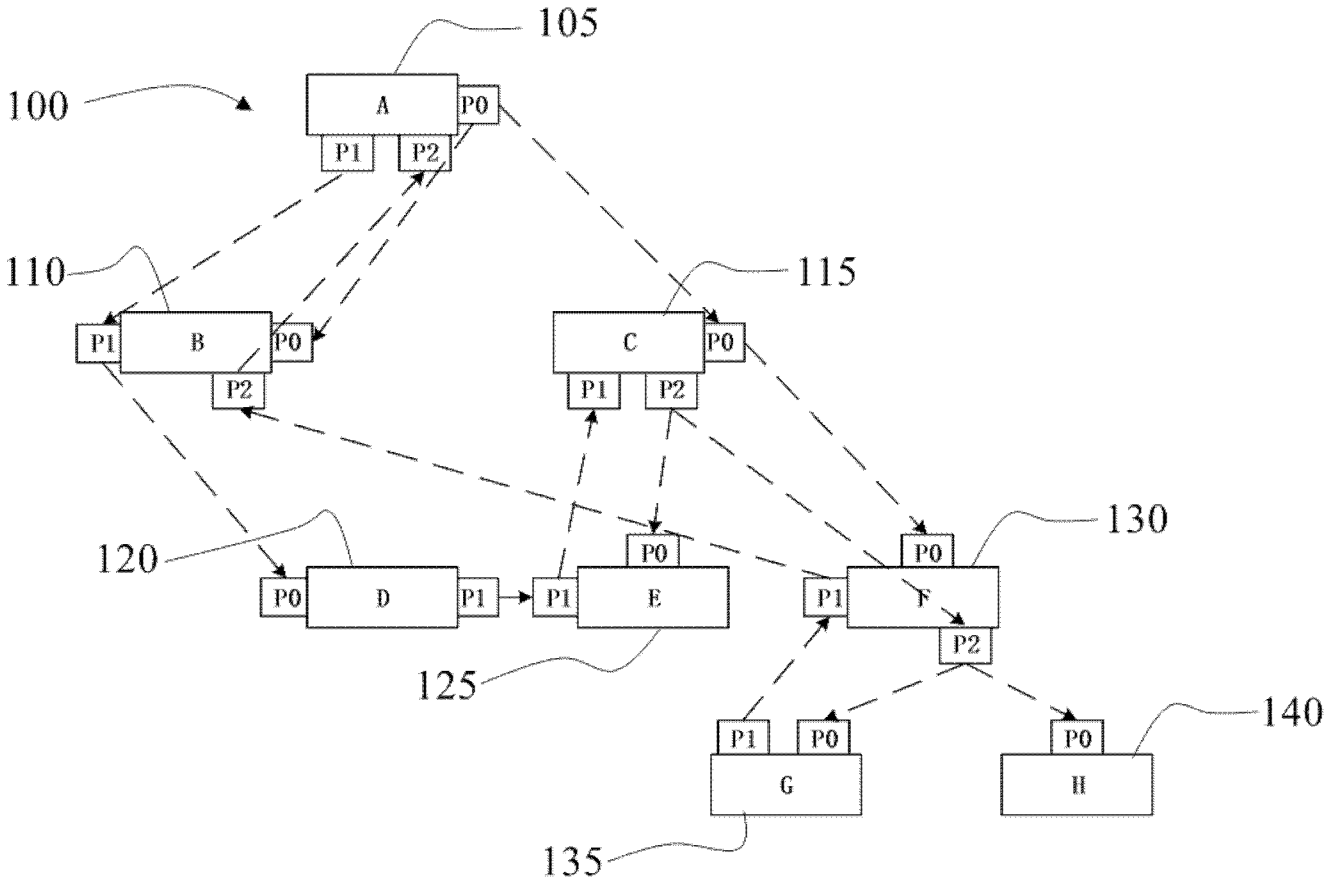

105
100
A
P0
P1
P2
110
115
P1
B
P0
P2
C
P0
P1
P2
120
130
P0
P0
P0
D
P1
P1
E
P1
F
P2
125
140
P1
P0
P0
G
H
135

图 7

关键字	连接描述
A	IAPP1:IBPP1,IBPP1:IDPP0;IAPP0:ICPP0,ICPP0:IFPP0;IAPP0:IBPP0;
B	
C	ICPP2:IEPP0;ICPP2:IFPP2:[IGPP0,IHPP0];
D	IDPP1:IEPP1,IEPP1:ICPP1;
E	
F	
G	IGPP1:IFPP1,IFPP1:IBPP2,IBPP2:IAPP2;
H	

图 8

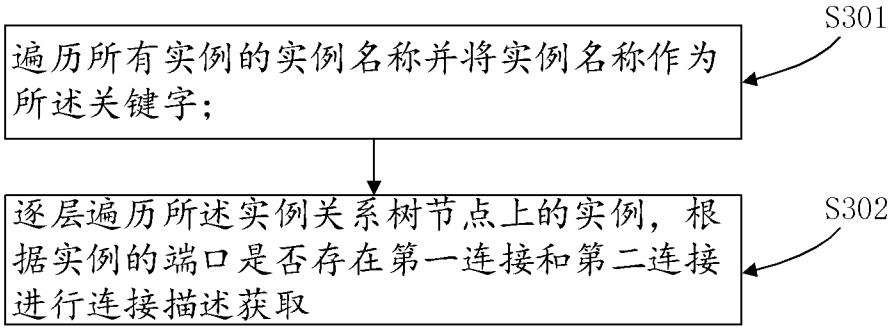

S301
遍历所有实例的实例名称并将实例名称作为所述关键字；
S302
逐层遍历所述实例关系树节点上的实例，根据实例的端口是否存在第一连接和第二连接进行连接描述获取

图 9

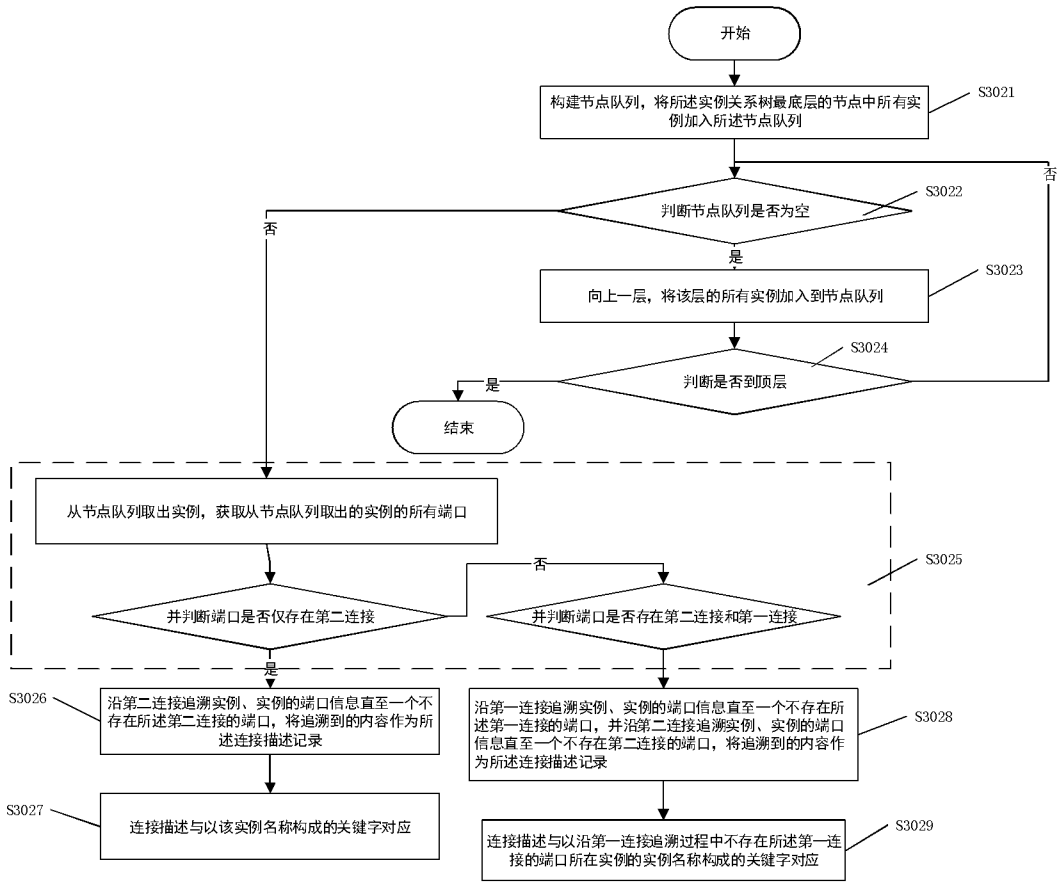

开始
构建节点队列，将所述实例关系树最底层的节点中所有实例加入所述节点队列
S3021
判断节点队列是否为空
S3022
否
是
向上一层，将该层的所有实例加入到节点队列
S3023
判断是否到顶层
S3024
否
是
结束
从节点队列取出实例，获取从节点队列取出的实例的所有端口
并判断端口是否仅存在第二连接
否
并判断端口是否存在第二连接和第一连接
S3025
是
S3026
沿第二连接追溯实例、实例的端口信息直至一个不存在所述第二连接的端口，将追溯到的内容作为所述连接描述记录
S3027
连接描述与以该实例名称构成的关键字对应
沿第一连接追溯实例、实例的端口信息直至一个不存在所述第一连接的端口，并沿第二连接追溯实例、实例的端口信息直至一个不存在第二连接的端口，将追溯到的内容作为所述连接描述记录
S3028
连接描述与以沿第一连接追溯过程中不存在所述第一连接的端口所在实例的实例名称构成的关键字对应
S3029

图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2021/122284

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 30/327(2020.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, WPI, EPODOC, 百度学术: 嵌套, 层, instance, 模型, 提取, vhdl, 树, 连接, Verilog, 多, 端口, 模块, yaml, 关系, 实例, 节点, ip, tree, 集成电路, ip核, core, 多端口嵌套模型, 组件

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 112464591 A (SUZHOU INSPUR INTELLIGENT TECHNOLOGY CO., LTD.) 09 March 2021 (2021-03-09) claims 1-10	1-10
A	US 2008222591 A1 (FUJITSU LIMITED) 11 September 2008 (2008-09-11) description paragraphs [0103]-[0120], figures 4A-9	1-10
A	CN 110750245 A (HANGZHOU TUYA INFORMATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 04 February 2020 (2020-02-04) entire document	1-10
A	CN 105335205 A (SHENZHEN INSTITUTE OF INFORMATION TECHNOLOGY) 17 February 2016 (2016-02-17) entire document	1-10
A	CN 110781082 A (TENCENT TECHNOLOGY SHENZHEN CO., LTD.) 11 February 2020 (2020-02-11) entire document	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
24 December 2021	**04 January 2022**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088, China**	
Facsimile No. **(86-10)62019451**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2021/122284

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 112464591 A	09 March 2021	None	
US 2008222591 A1	11 September 2008	WO 2007083380 A1	26 July 2007
		WO 2007083747 A1	26 July 2007
		JP WO2007083747 A1	11 June 2009
CN 110750245 A	04 February 2020	None	
CN 105335205 A	17 February 2016	None	
CN 110781082 A	11 February 2020	None	

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2021/122284

A. 主题的分类

G06F 30/327(2020.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G06F

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNPAT,WPI,EPODOC,百度学术:嵌套，层，instance，模型，提取，vhdl，树，连接，Verilog，多，端口，模块，yaml，关系，实例，节点，ip，tree，集成电路，ip核，core，多端口嵌套模型，组件

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 112464591 A (苏州浪潮智能科技有限公司) 2021年3月9日 (2021-03-09) 权利要求1-10	1-10
A	US 2008222591 A1 (FUJITSU LTD.) 2008年9月11日 (2008-09-11) 说明书第[0103]-[0120]段，附图4A-9	1-10
A	CN 110750245 A (杭州涂鸦信息技术有限公司) 2020年2月4日 (2020-02-04) 全文	1-10
A	CN 105335205 A (深圳信息职业技术学院) 2016年2月17日 (2016-02-17) 全文	1-10
A	CN 110781082 A (腾讯科技深圳有限公司) 2020年2月11日 (2020-02-11) 全文	1-10

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2021年12月24日	2022年1月4日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	受权官员 林芳 电话号码 86-(10)-53961337

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2021/122284

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	112464591	A	2021年3月9日	无			
US	2008222591	A1	2008年9月11日	WO	2007083380	A1	2007年7月26日
				WO	2007083747	A1	2007年7月26日
				JP	WO2007083747	A1	2009年6月11日
CN	110750245	A	2020年2月4日	无			
CN	105335205	A	2016年2月17日	无			
CN	110781082	A	2020年2月11日	无			