



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115775029 A

(43) 申请公布日 2023. 03. 10

(21) 申请号 202111040496.1

(22) 申请日 2021.09.06

(71) 申请人 合肥本源量子计算科技有限责任公司

地址 230088 安徽省合肥市合肥市高新区
创新大道2800号创新产业园二期E2楼
六层

(72) 发明人 方圆 赵东一 陈铭瑜 窦猛汉

(51) Int. Cl.

G06N 10/40 (2022.01)

G06N 10/20 (2022.01)

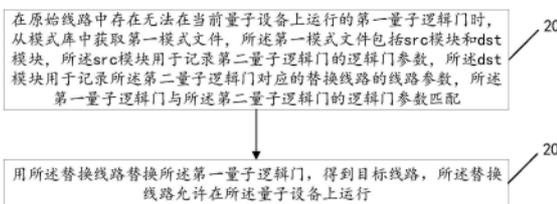
权利要求书2页 说明书11页 附图5页

(54) 发明名称

量子线路转化方法、装置、介质及电子装置

(57) 摘要

本发明公开了一种量子线路转化方法、装置、介质及电子装置,本发明通过在原始线路中存在无法在当前量子设备上运行的第一量子逻辑门时,从模式库中获取第一模式文件,所述第一模式文件包括src模块和dst模块,所述src模块用于记录第二量子逻辑门的逻辑门参数,所述dst模块用于记录所述第二量子逻辑门对应的替换线路的线路参数,所述第一量子逻辑门与所述第二量子逻辑门的逻辑门参数匹配;用所述替换线路替换所述第一量子逻辑门,得到目标线路,所述替换线路允许在所述量子设备上运行,从而实现了同一个量子程序在不同的量子计算平台上运行。



1. 一种量子线路转化方法,其特征在于,所述方法包括:

在原始线路中存在无法在当前量子设备上运行的第一量子逻辑门时,从模式库中获取第一模式文件,所述第一模式文件包括src模块和dst模块,所述src模块用于记录第二量子逻辑门的逻辑门参数,所述dst模块用于记录所述第二量子逻辑门对应的替换线路的线路参数,所述第一量子逻辑门与所述第二量子逻辑门的逻辑门参数匹配;

用所述替换线路替换所述第一量子逻辑门,得到目标线路,所述替换线路允许在所述量子设备上运行。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述用所述替换线路替换所述第一量子逻辑门,得到目标线路,包括:

实例化所述替换线路;

将实例化后的所述替换线路的第一有向无环图替换所述第一量子逻辑门在所述原始线路的第二有向无环图中对应的目标节点,得到第三有向无环图;

基于所述第三有向无环图构建目标线路。

3. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,所述将实例化后的所述替换线路的第一有向无环图替换所述第一量子逻辑门在所述原始线路的第二有向无环图中对应的目标节点,得到第三有向无环图,包括:

确定实例化后的所述替换线路的第一有向无环图中入度为0的节点和出度为0的节点;

确定所述入度为0的节点在所述原始线路的第二有向无环图中的前向依赖节点,以及确定所述出度为0的节点在所述第二有向无环图中的后向依赖节点;

在所述第二有向无环图中删去所述第一量子逻辑门对应的目标节点,将所述入度为0的节点与所述前向依赖节点连接,以及将所述出度为0的节点与所述后向依赖节点连接,得到第三有向无环图。

4. 如权利要求2所述的方法,其特征在于,所述实例化所述替换线路,包括:

确定所述第一量子逻辑门与所述第二量子逻辑门的映射结构;

基于所述映射结构更新所述替换线路的线路参数,得到实例化后的所述替换线路。

5. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述第一量子逻辑门与所述第二量子逻辑门的逻辑门参数匹配,包括:

所述第一量子逻辑门的操作类型参数与所述第二量子逻辑门的操作类型参数、所述第一量子逻辑门的量子比特参数与所述第二量子逻辑门的量子比特参数且所述第一量子逻辑门的旋转角度参数与所述第二量子逻辑门的旋转角度参数均匹配。

6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于,所述第一量子比特的旋转角度参数与所述第二量子比特的旋转角度参数匹配包括以下其中一种:

所述第一量子逻辑门的旋转角度参数与所述第二量子逻辑门的旋转角度参数均不存在,所述第一量子逻辑门的旋转角度参数与所述第二量子逻辑门的旋转角度参数均为常数且相等,所述第一量子逻辑门的旋转角度参数为常数且所述第二量子逻辑门的旋转角度参数为变量。

7. 如权利要求1所述的方法,其特征在于,所述用所述替换线路替换所述第一量子逻辑门,得到目标线路之后,所述方法还包括:

确定所述目标线路中是否存在可优化的子线路;

若所述目标线路中存在可优化的子线路,则从所述模式库获取第二模式文件,以及基于所述第二模式文件对所述子线路进行优化。

8. 一种量子线路转化装置,其特征在于,所述装置包括:

获取单元,用于在原始线路中存在无法在当前量子设备上运行的第一量子逻辑门时,从模式库中获取第一模式文件,所述第一模式文件包括src模块和dst模块,所述src模块用于记录第二量子逻辑门的逻辑门参数,所述dst模块用于记录所述第二量子逻辑门对应的替换线路的线路参数,所述第一量子逻辑门与所述第二量子逻辑门的逻辑门参数匹配;

转化单元,用于用所述替换线路替换所述第一量子逻辑门,得到目标线路,所述替换线路允许在所述量子设备上运行。

9. 一种存储介质,其特征在于,所述存储介质中存储有计算机程序,其中,所述计算机程序被设置为运行时执行所述权利要求1至7任一项中所述的方法。

10. 一种电子装置,包括存储器和处理器,其特征在于,所述存储器中存储有计算机程序,所述处理器被设置为运行所述计算机程序以执行所述权利要求1至7任一项中所述的方法。

量子线路转化方法、装置、介质及电子装置

技术领域

[0001] 本发明属于量子计算技术领域，特别是量子线路转化方法、装置、介质及电子装置。

背景技术

[0002] 量子计算机是一类遵循量子力学规律进行高速数学和逻辑运算、存储及处理量子信息的物理装置。当某个装置处理和计算的是量子信息，运行的是量子算法时，它就是量子计算机。量子计算机因其具有相对普通计算机更高效的处理数学问题的能力，例如，能将破解RSA密钥的时间从数百年加速到数小时，故成为一种正在研究中的关键技术。

[0003] 目前已有的可编程量子计算平台主要基于超导体体系或者离子阱体系，例如谷歌的Sycamore量子处理器，IBM的蜂鸟处理器以及本源量子的夸父都属于超导体体系，而Honeywell开发的QCCD以及UIBK (University of Innsbruck) 开发的量子计算机则属于离子阱体系。如果不同的量子计算平台共享相同的量子指令集，那么后端需要处理的转译工作将大幅减少。不幸的是，不同的量子计算平台支持的指令集是不同。因此，如何实现同一个量子程序在不同的量子计算平台上运行是一个需要解决的技术问题。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种量子线路转化方法、装置、介质及电子装置，旨在实现同一个量子程序在不同的量子计算平台上运行。

[0005] 本申请的一个实施例提供了一种量子线路转化方法，包括：

[0006] 在原始线路中存在无法在当前量子设备上运行的第一量子逻辑门时，从模式库中获取第一模式文件，所述第一模式文件包括src模块和dst模块，所述src模块用于记录第二量子逻辑门的逻辑门参数，所述dst模块用于记录所述第二量子逻辑门对应的替换线路的线路参数，所述第一量子逻辑门与所述第二量子逻辑门的逻辑门参数匹配；

[0007] 用所述替换线路替换所述第一量子逻辑门，得到目标线路，所述替换线路允许在所述量子设备上运行。

[0008] 可选的，在所述用所述替换线路替换所述第一量子逻辑门，得到目标线路方面，包括：

[0009] 实例化所述替换线路；

[0010] 将实例化后的所述替换线路的第一有向无环图替换所述第一量子逻辑门在所述原始线路的第二有向无环图中对应的目标节点，得到第三有向无环图；

[0011] 基于所述第三有向无环图构建目标线路。

[0012] 可选的，在所述将实例化后的所述替换线路的第一有向无环图替换所述第一量子逻辑门在所述原始线路的第二有向无环图中对应的目标节点，得到第三有向无环图方面，包括：

[0013] 确定实例化后的所述替换线路的第一有向无环图中入度为0的节点和出度为0的

节点；

[0014] 确定所述入度为0的节点在所述原始线路的第二有向无环图中的前向依赖节点，以及确定所述出度为0的节点在所述第二有向无环图中的后向依赖节点；

[0015] 在所述第二有向无环图中删去所述第一量子逻辑门对应的目标节点，将所述入度为0的节点与所述前向依赖节点连接，以及将所述出度为0的节点与所述后向依赖节点连接，得到第三有向无环图。

[0016] 可选的，在所述实例化所述替换线路方面，包括：

[0017] 确定所述第一量子逻辑门与所述第二量子逻辑门的映射结构；

[0018] 基于所述映射结构更新所述替换线路的线路参数，得到实例化后的所述替换线路。

[0019] 可选的，所述第一量子逻辑门与所述第二量子逻辑门的逻辑门参数匹配，包括：

[0020] 所述第一量子逻辑门的操作类型参数与所述第二量子逻辑门的操作类型参数、所述第一量子逻辑门的量子比特参数与所述第二量子逻辑门的量子比特参数且所述第一量子逻辑门的旋转角度参数与所述第二量子逻辑门的旋转角度参数均匹配。

[0021] 可选的，所述第一量子比特的旋转角度参数与所述第二量子比特的旋转角度参数匹配包括以下其中一种：

[0022] 所述第一量子逻辑门的旋转角度参数与所述第二量子逻辑门的旋转角度参数均不存在，所述第一量子逻辑门的旋转角度参数与所述第二量子逻辑门的旋转角度参数均为常数且相等，所述第一量子逻辑门的旋转角度参数为常数且所述第二量子逻辑门的旋转角度参数为变量。

[0023] 可选的，在所述用所述替换线路替换所述第一量子逻辑门，得到目标线路之后，所述方法还包括：

[0024] 确定所述目标线路中是否存在可优化的子线路；

[0025] 若所述目标线路中存在可优化的子线路，则从所述模式库获取第二模式文件，以及基于所述第二模式文件对所述子线路进行优化。

[0026] 本申请的又一实施例提供了一种量子线路转化装置，所述装置包括：

[0027] 获取单元，用于在原始线路中存在无法在当前量子设备上运行的第一量子逻辑门时，从模式库中获取第一模式文件，所述第一模式文件包括src模块和dst模块，所述src模块用于记录第二量子逻辑门的逻辑门参数，所述dst模块用于记录所述第二量子逻辑门对应的替换线路的线路参数，所述第一量子逻辑门与所述第二量子逻辑门的逻辑门参数匹配；

[0028] 转化单元，用于用所述替换线路替换所述第一量子逻辑门，得到目标线路，所述替换线路允许在所述量子设备上运行。

[0029] 可选的，在所述用所述替换线路替换所述第一量子逻辑门，得到目标线路方面，所述转化单元，具体用于：

[0030] 实例化所述替换线路；

[0031] 将实例化后的所述替换线路的第一有向无环图替换所述第一量子逻辑门在所述原始线路的第二有向无环图中对应的目标节点，得到第三有向无环图；

[0032] 基于所述第三有向无环图构建目标线路。

[0033] 可选的,在所述将实例化后的所述替换线路的第一有向无环图替换所述第一量子逻辑门在所述原始线路的第二有向无环图中对应的目标节点,得到第三有向无环图方面,所述转化单元,具体用于:

[0034] 确定实例化后的所述替换线路的第一有向无环图中入度为0的节点和出度为0的节点;

[0035] 确定所述入度为0的节点在所述原始线路的第二有向无环图中的前向依赖节点,以及确定所述出度为0的节点在所述第二有向无环图中的后向依赖节点;

[0036] 在所述第二有向无环图中删去所述第一量子逻辑门对应的目标节点,将所述入度为0的节点与所述前向依赖节点连接,以及将所述出度为0的节点与所述后向依赖节点连接,得到第三有向无环图。

[0037] 可选的,在所述实例化所述替换线路方面,所述转化单元,具体用于:

[0038] 确定所述第一量子逻辑门与所述第二量子逻辑门的映射结构;

[0039] 基于所述映射结构更新所述替换线路的线路参数,得到实例化后的所述替换线路。

[0040] 可选的,所述第一量子逻辑门与所述第二量子逻辑门的逻辑门参数匹配,包括:

[0041] 所述第一量子逻辑门的操作类型参数与所述第二量子逻辑门的操作类型参数、所述第一量子逻辑门的量子比特参数与所述第二量子逻辑门的量子比特参数且所述第一量子逻辑门的旋转角度参数与所述第二量子逻辑门的旋转角度参数均匹配。

[0042] 可选的,所述第一量子比特的旋转角度参数与所述第二量子比特的旋转角度参数匹配包括以下其中一种:

[0043] 所述第一量子逻辑门的旋转角度参数与所述第二量子逻辑门的旋转角度参数均不存在,所述第一量子逻辑门的旋转角度参数与所述第二量子逻辑门的旋转角度参数均为常数且相等,所述第一量子逻辑门的旋转角度参数为常数且所述第二量子逻辑门的旋转角度参数为变量。

[0044] 可选的,在所述用所述替换线路替换所述第一量子逻辑门,得到目标线路之后,所述转化单元还用于:

[0045] 确定所述目标线路中是否存在可优化的子线路;

[0046] 若所述目标线路中存在可优化的子线路,则从所述模式库获取第二模式文件,以及基于所述第二模式文件对所述子线路进行优化。

[0047] 本申请的又一实施例提供了一种存储介质,所述存储介质中存储有计算机程序,其中,所述计算机程序被设置为运行时执行上述任一项中所述的方法。

[0048] 本申请的又一实施例提供了一种电子装置,包括存储器和处理器,所述存储器中存储有计算机程序,所述处理器被设置为运行所述计算机程序以执行上述任一项中所述的方法。

[0049] 与现有技术相比,本发明提供一种量子线路转化方法,在原始线路中存在无法在当前量子设备上运行的第一量子逻辑门时,从模式库中获取第一模式文件,用第一模式文件中记录的与该第一量子逻辑门匹配的第二量子逻辑门对应的替换线路替换该第一量子逻辑门,该替换线路允许在该量子设备上运行,从而实现了将原始线路转化为可以在量子设备上运行的目标线路,进而该目标线路对应的量子程序也能够当前量子设备上运

行。

附图说明

[0050] 图1为本发明实施例提供的一种量子线路转化方法的计算机终端的硬件结构框图；

[0051] 图2为本发明实施例提供的一种量子线路转化方法的流程示意图；

[0052] 图3为本发明实施例提供的一种原始线路的DAG图；

[0053] 图4为本发明实施例提供的一种第二量子逻辑门的DAG图；

[0054] 图5为本发明实施例提供的一种替换线路的DAG图；

[0055] 图6为本发明实施例提供的一种原始线路中子线路的替换过程图；

[0056] 图7为本发明实施例提供的一种量子线路转化装置的结构示意图。

具体实施方式

[0057] 下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，仅用于解释本发明，而不能解释为对本发明的限制。

[0058] 本发明实施例首先提供了一种量子线路转化方法，该方法可以应用于电子设备，如计算机终端，具体如普通电脑、量子计算机等。

[0059] 下面以运行在计算机终端上为例对其进行详细说明。图1为本发明实施例提供的一种量子线路转化方法的计算机终端的硬件结构框图。如图1所示，计算机终端可以包括一个或多个(图1中仅示出一个)处理器102(处理器102可以包括但不限于微处理器MCU或可编程逻辑器件FPGA等的处理装置)和用于存储量子线路转化方法的存储器104，可选地，上述计算机终端还可以包括用于通信功能的传输装置106以及输入输出设备108。本领域普通技术人员可以理解，图1所示的结构仅为示意，其并不对上述计算机终端的结构造成限定。例如，计算机终端还可包括比图1中所示更多或者更少的组件，或者具有与图1所示不同的配置。

[0060] 存储器104可用于存储应用软件的软件程序以及模块，如本申请实施例中的量子线路转化方法对应的程序指令/模块，处理器102通过运行存储在存储器104内的软件程序以及模块，从而执行各种功能应用以及数据处理，即实现上述的方法。存储器104可包括高速随机存储器，还可包括非易失性存储器，如一个或者多个磁性存储装置、闪存、或者其他非易失性固态存储器。在一些实例中，存储器104可进一步包括相对于处理器102远程设置的存储器，这些远程存储器可以通过网络连接至计算机终端。上述网络的实例包括但不限于互联网、企业内部网、局域网、移动通信网及其组合。

[0061] 传输装置106用于经由一个网络接收或者发送数据。上述的网络具体实例可包括计算机终端的通信供应商提供的无线网络。在一个实例中，传输装置106包括一个网络适配器(Network Interface Controller, NIC)，其可通过基站与其他网络设备相连从而可与互联网进行通讯。在一个实例中，传输装置106可以为射频(Radio Frequency, RF)模块，其用于通过无线方式与互联网进行通讯。

[0062] 需要说明的是，真正的量子计算机是混合结构的，它包含两大部分：一部分是经典计算机，负责执行经典计算与控制；另一部分是量子设备，负责运行量子程序进而实现量子

计算。而量子程序是由量子语言如QRunes语言编写的一串能够在量子计算机上运行的指令序列,实现了对量子逻辑门操作的支持,并最终实现量子计算。具体的说,量子程序就是一系列按照一定时序操作量子逻辑门的指令序列。

[0063] 在实际应用中,因受限于量子设备硬件的发展,通常需要进行量子计算模拟以验证量子算法、量子应用等等。量子计算模拟即借助普通计算机的资源搭建的虚拟架构(即量子虚拟机)实现特定问题对应的量子程序的模拟运行的过程。通常,需要构建特定问题对应的量子程序。本发明实施例所指量子程序,即是经典语言编写的表征量子比特及其演化的程序,其中与量子计算相关的量子比特、量子逻辑门等等均有相应的经典代码表示。

[0064] 量子线路作为量子程序的一种体现方式,也称量子逻辑电路,是最常用的通用量子计算模型,表示在抽象概念下对于量子比特进行操作的线路,其组成包括量子比特、线路(时间线)、以及各种量子逻辑门,最后常需要通过量子测量操作将结果读取出来。

[0065] 不同于传统电路是用金属线所连接以传递电压信号或电流信号,在量子线路中,线路可看成是由时间所连接,亦即量子比特的状态随着时间自然演化,在这过程中按照哈密顿运算符的指示,一直到遇上逻辑门而被操作。

[0066] 一个量子程序整体上对应有一条总的量子线路,本发明所述量子程序即指该条总的量子线路,其中,该总的量子线路中的量子比特总数与量子程序的量子比特总数相同。可以理解为:一个量子程序可以由量子线路、针对量子线路中量子比特的测量操作、保存测量结果的寄存器及控制流节点(跳转指令)组成,一条量子线路可以包含几十上百个甚至成千上万个量子逻辑门操作。量子程序的执行过程,就是对所有的量子逻辑门按照一定时序执行的过程。需要说明的是,时序即单个量子逻辑门被执行的时间顺序。

[0067] 需要说明的是,经典计算中,最基本的单元是比特,而最基本的控制模式是逻辑门,可以通过逻辑门的组合来达到控制电路的目的。类似地,处理量子比特的方式就是量子逻辑门。使用量子逻辑门,能够使量子态发生演化,量子逻辑门是构成量子线路的基础,量子逻辑门包括单比特量子逻辑门,如Hadamard门(H门,阿达马门)、泡利-X门(X门)、泡利-Y门(Y门)、泡利-Z门(Z门)、RX门、RY门、RZ门等等;多比特量子逻辑门,如CNOT门、CR门、iSWAP门、Toffoli门等等。量子逻辑门一般使用酉矩阵表示,而酉矩阵不仅是矩阵形式,也是一种操作和变换。一般量子逻辑门在量子态上的作用是通过酉矩阵左乘以量子态右矢对应的矩阵进行计算。

[0068] 参见图2,图2为本发明实施例提供的一种量子线路转化方法的流程示意图。所述方法包括:

[0069] 步骤201:在原始线路中存在无法在当前量子设备上运行的第一量子逻辑门时,从模式库中获取第一模式文件,所述第一模式文件包括src模块和dst模块,所述src模块用于记录第二量子逻辑门的逻辑门参数,所述dst模块用于记录所述第二量子逻辑门对应的替换线路的线路参数,所述第一量子逻辑门与所述第二量子逻辑门的逻辑门参数匹配;

[0070] 其中,模式文件为预设模式描述格式的机器可读文件。该模式文件包括qubits模块、src模块和dst模块,qubits模块用于记录模式线路所使用的量子比特的个数;src模块用于记录模式线路的线路参数;dst模块用于记录所述模式线路对应的替换线路的线路参数。当模式线路或替换线路仅包括一个量子逻辑门时,那么src模块或dst模块即用于记录量子逻辑门的逻辑门参数。

[0071] 其中,所述src模块包括第一cost子模块和第一circuit子模块,第一cost子模块用于说明运行所述模式线路产生的第一开销,所述第一circuit子模块用于说明所述模式线路的逻辑门参数;所述dst模块用于说明所述替换线路的逻辑门参数。逻辑门参数包括量子逻辑门的操作类型参数、量子比特参数、旋转角度参数。

[0072] 举例说明,如下所示,为本申请实施例提供的一种Bridge门的模式文件。

```

“qubits” : 2,
“src” : {
    “cost” : 6,
    “circuit” : {
        “H” : [0],
        “H” : [1],
[0073]     “CNOT” : [0, 1],
        “H” : [0],
        “H” : [1]
    }
},
“dst” : {
    “cost” : 2,
    “circuit” : {
[0074]     “CNOT” : [1, 0],
    }
}

```

[0075] 其中,所述第一量子逻辑门与所述第二量子逻辑门的逻辑门参数匹配包括:所述第一量子逻辑门的操作类型参数与所述第二量子逻辑门的操作类型参数、所述第一量子逻辑门的量子比特参数与所述第二量子逻辑门的量子比特参数且所述第一量子逻辑门的旋转角度参数与所述第二量子逻辑门的旋转角度参数均匹配。

[0076] 其中,所述第一量子逻辑门的操作类型参数与所述第二量子逻辑门的操作类型参数匹配是指两者的操作类型相同,所述第一量子逻辑门的量子比特参数与所述第二量子逻辑门的量子比特参数匹配是指两者具有一一对应关系。

[0077] 其中,所述第一量子逻辑门的旋转角度参数与所述第二量子逻辑门的旋转角度参数匹配包括以下其中一种:

[0078] 所述第一量子逻辑门的旋转角度参数与所述第二量子逻辑门的旋转角度参数均不存在,所述第一量子逻辑门的旋转角度参数与所述第二量子逻辑门的旋转角度参数均为

常数且相等,所述第一量子逻辑门的旋转角度参数为常数且所述第二量子逻辑门的旋转角度参数为变量。

[0079] 例如对于某些量子逻辑门X门、H门、CNOT门等,都不包括旋转角度参数,那么第一量子逻辑门如果是这些不包括旋转角度参数的量子逻辑门,其对应的第二量子逻辑门也应该是这些不包括旋转角度参数的量子逻辑门;又例如第一量子逻辑门和第二量子逻辑门都是含旋转角度参数的量子逻辑门,如R门等,那么第一量子逻辑门和第二量子逻辑门的旋转角度参数相等;还例如第一量子逻辑门和第二量子逻辑门都是含旋转角度参数的量子逻辑门,第一量子逻辑门是在具体的线路中,其旋转角度参数是固定值,而为了增加模式线路的普适性,将其旋转角度参数用变量代替,后续可以依据不同的子线路令旋转角度参数取不同的值,在这种情况下,两者也是匹配的。

[0080] 步骤202:用所述替换线路替换所述第一量子逻辑门,得到目标线路,所述替换线路允许在所述量子设备上运行。

[0081] 具体地,在所述用所述替换线路替换所述第一量子逻辑门,得到目标线路方面,包括:

[0082] 实例化所述替换线路;

[0083] 将实例化后的所述替换线路的第一有向无环图替换所述第一量子逻辑门在所述原始线路的第二有向无环图中对应的目标节点,得到第三有向无环图;

[0084] 基于所述第三有向无环图构建目标线路。

[0085] 进一步地,在所述实例化所述替换线路方面,包括:

[0086] 确定所述第一量子逻辑门与所述第二量子逻辑门的映射结构;

[0087] 基于所述映射结构更新所述替换线路的线路参数,得到实例化后的所述替换线路。

[0088] 举例说明,如图3所示,图3为本发明实施例提供的一种原始线路的DAG图。若当前量子设备上不能运行Toffoli门,则需要找到Toffoli门的替换线路,对替换线路进行实例化。如图4所示,图4为本发明实施例提供的一种第二量子逻辑门的DAG图。该第二量子逻辑门存储在第一模式文件的src模块中,第一模式文件的dst模块中存储了替换线路。如图5所示,图5为本发明实施例提供的一种替换线路的DAG图。

[0089] 图3中原始线路的Toffoli门与图4中第二量子逻辑门的映射结构如下:逻辑门类型均为Toffoli;量子比特参数映射关系为原始线路 $q_0 \leftrightarrow$ 模式线路 q_2 ,原始线路 $q_1 \leftrightarrow$ 模式线路 q_1 ,原始线路 $q_2 \leftrightarrow$ 模式线路 q_0 ;旋转角度参数无。

[0090] 因此根据上述映射结构对图5中的量子比特参数进行修改,将 q_0 替换成 q_2 ,将 q_2 替换成 q_0 , q_1 保持不变。由于图3和图4中的量子逻辑门都不包括旋转角度参数,因此不需要对旋转参数进行实例化。将量子逻辑门的三个参数均实例化后即可得到实例化后的替换线路。

[0091] 进一步地,所述将实例化后的所述替换线路的第一有向无环图替换所述第一量子逻辑门在所述原始线路的第二有向无环图中对应的目标节点,得到第三有向无环图,包括:

[0092] 确定实例化后的所述替换线路的第一有向无环图中入度为0的节点和出度为0的节点;

[0093] 确定所述入度为0的节点在所述原始线路的第二有向无环图中的前向依赖节点,

以及确定所述出度为0的节点在所述第二有向无环图中的后向依赖节点；

[0094] 在所述第二有向无环图中删去所述第一量子逻辑门对应的目标节点，将所述入度为0的节点与所述前向依赖节点连接，以及将所述出度为0的节点与所述后向依赖节点连接，得到第三有向无环图。

[0095] 进一步地，在得到第三有向无环图之后，所述方法还包括：

[0096] 确定所述第三有向无环图中每个节点的入度与出度是否与该节点对应的量子逻辑门的量子比特参数是否一致，若不一致，则确定基于该节点的前向依赖节点和后向依赖节点，以及将该节点与前向依赖节点和/或后向依赖节点连接，得到新的第三有向无环图。

[0097] 举例说明，如图6所示，图6为本发明实施例提供的一种原始线路中子线路的替换过程图。实例化后的替换线路的DAG图可以根据上一实施例中实例化后的替换线路得到。将实例化后的替换线路的DAG中的节点重新编号。首先确定该替换线路的DAG的入度为0的节点和出度为0的节点，入度为0的节点为序号为7的节点，出度为0的节点为序号为18、19、21的节点。序号为7的节点的前向依赖节点为序号为1的节点，序号为21的节点的后向依赖节点为序号为3的节点，序号为18的节点的后向依赖节点为序号为4的节点，序号为19的节点的后向依赖节点为序号为5的节点。

[0098] 删除序号为2的节点，以及将序号为7的节点与序号为1的节点通过有向线段连接，将序号为21的节点与序号为3的节点通过有向线段连接，将序号为18的节点与序号为4的节点通过有向线段连接，将序号为19的节点与序号为5的节点通过有向线段连接，得到第四DAG。

[0099] 此时，可以发现序号为0的节点对应的量子逻辑门的量子比特参数为 q_0 ，而出度为0；序号为1的节点对应的量子逻辑门的量子比特参数为 q_1 和 q_2 ，而出度为1；序号为8的节点对应的量子逻辑门的量子比特参数为 q_1 和 q_2 ，而入度为1；序号为10的节点对应的量子逻辑门的量子比特参数为 q_0 和 q_2 ，而入度为1；因此需要补齐这些节点的出度和入度。

[0100] 可以确定，序号为0的节点的后向依赖节点为序号为10的节点，序号为1的节点的后向依赖节点为序号为7和8的节点。将序号为0的节点与序号为10的节点通过有向线段连接，将序号为1的节点与序号为8的节点通过有向线段连接，得到新的第三DAG图。

[0101] 这里我们将原始线路中需要与替换线路连接的节点0和1称为 T_{in} 节点，节点3、4和5称为 T_{out} 节点；将替换线路中需要与 T_{in} 连接的节点7、8、10称为 S_{in} 节点，需要与 T_{out} 连接的节点18、19、21称为 S_{out} 节点。

[0102] 进一步地，在所述用所述替换线路替换所述第一量子逻辑门，得到目标线路之后，所述方法还包括：

[0103] 确定所述目标线路中是否存在可优化的子线路；

[0104] 若所述目标线路中存在可优化的子线路，则从所述模式库获取第二模式文件，以及基于所述第二模式文件对所述子线路进行优化。

[0105] 其中，可优化的线路指可以缩短原始线路的线路宽度或线路深度的量子线路，线路深度用于表示量子线路的层数，每一层量子线路中的每个量子比特至多仅被一个量子逻辑门作用，线路宽度用于表示量子线路中量子逻辑门的数量。通过对原始线路的线路深度和线路宽度进行优化，可以减少量子线路的开销，从而有利于提升量子线路的运行速率、运行结果的准确率。

[0106] 需要说明的是,对子线路的优化过程与上述对应量子线路中的量子逻辑门进行替换的过程类似,在此不在详细说明,具体可以参考上述对量子逻辑门的替换得出。

[0107] 与现有技术相比,本发明提供一种量子线路转化方法,在原始线路中存在无法在当前量子设备上运行的第一量子逻辑门时,从模式库中获取第一模式文件,用第一模式文件中记录的与该第一量子逻辑门匹配的第二量子逻辑门对应的替换线路替换该第一量子逻辑门,该替换线路允许在该量子设备上运行,从而实现了将原始线路转化为可以在量子设备上运行的目标线路,进而该目标线路对应的量子程序也能够当前量子设备上运行。

[0108] 参见图7,图7为本发明实施例提供的一种量子线路转化装置的结构示意图,与图2所述的方法流程相对应,所述装置包括:

[0109] 获取单元701,用于在原始线路中存在无法在当前量子设备上运行的第一量子逻辑门时,从模式库中获取第一模式文件,所述第一模式文件包括src模块和dst模块,所述src模块用于记录第二量子逻辑门的逻辑门参数,所述dst模块用于记录所述第二量子逻辑门对应的替换线路的线路参数,所述第一量子逻辑门与所述第二量子逻辑门的逻辑门参数匹配;

[0110] 转化单元702,用于用所述替换线路替换所述第一量子逻辑门,得到目标线路,所述替换线路允许在所述量子设备上运行。

[0111] 可选的,在所述用所述替换线路替换所述第一量子逻辑门,得到目标线路方面,所述转化单元702,具体用于:

[0112] 实例化所述替换线路;

[0113] 将实例化后的所述替换线路的第一有向无环图替换所述第一量子逻辑门在所述原始线路的第二有向无环图中对应的目标节点,得到第三有向无环图;

[0114] 基于所述第三有向无环图构建目标线路。

[0115] 可选的,在所述将实例化后的所述替换线路的第一有向无环图替换所述第一量子逻辑门在所述原始线路的第二有向无环图中对应的目标节点,得到第三有向无环图方面,所述转化单元702,具体用于:

[0116] 确定实例化后的所述替换线路的第一有向无环图中入度为0的节点和出度为0的节点;

[0117] 确定所述入度为0的节点在所述原始线路的第二有向无环图中的前向依赖节点,以及确定所述出度为0的节点在所述第二有向无环图中的后向依赖节点;

[0118] 在所述第二有向无环图中删去所述第一量子逻辑门对应的目标节点,将所述入度为0的节点与所述前向依赖节点连接,以及将所述出度为0的节点与所述后向依赖节点连接,得到第三有向无环图。

[0119] 可选的,在所述实例化所述替换线路方面,所述转化单元702,具体用于:

[0120] 确定所述第一量子逻辑门与所述第二量子逻辑门的映射结构;

[0121] 基于所述映射结构更新所述替换线路的线路参数,得到实例化后的所述替换线路。

[0122] 可选的,所述第一量子逻辑门与所述第二量子逻辑门的逻辑门参数匹配,包括:

[0123] 所述第一量子逻辑门的操作类型参数与所述第二量子逻辑门的操作类型参数、所

述第一量子逻辑门的量子比特参数与所述第二量子逻辑门的量子比特参数且所述第一量子逻辑门的旋转角度参数与所述第二量子逻辑门的旋转角度参数均匹配。

[0124] 可选的,所述第一量子比特的旋转角度参数与所述第二量子比特的旋转角度参数匹配包括以下其中一种:

[0125] 所述第一量子逻辑门的旋转角度参数与所述第二量子逻辑门的旋转角度参数均不存在,所述第一量子逻辑门的旋转角度参数与所述第二量子逻辑门的旋转角度参数均为常数且相等,所述第一量子逻辑门的旋转角度参数为常数且所述第二量子逻辑门的旋转角度参数为变量。

[0126] 可选的,在所述用所述替换线路替换所述第一量子逻辑门,得到目标线路之后,所述转化单元702还用于:

[0127] 确定所述目标线路中是否存在可优化的子线路;

[0128] 若所述目标线路中存在可优化的子线路,则从所述模式库获取第二模式文件,以及基于所述第二模式文件对所述子线路进行优化。

[0129] 本发明的再一实施例提供了一种存储介质,所述存储介质中存储有计算机程序,其中,所述计算机程序被设置为运行时执行上述任一项中方法实施例中的步骤。

[0130] 具体的,在本实施例中,上述存储介质可以被设置为存储用于执行以下步骤的计算机程序:

[0131] 在原始线路中存在无法在当前量子设备上运行的第一量子逻辑门时,从模式库中获取第一模式文件,所述第一模式文件包括src模块和dst模块,所述src模块用于记录第二量子逻辑门的逻辑门参数,所述dst模块用于记录所述第二量子逻辑门对应的替换线路的线路参数,所述第一量子逻辑门与所述第二量子逻辑门的逻辑门参数匹配;

[0132] 用所述替换线路替换所述第一量子逻辑门,得到目标线路,所述替换线路允许在所述量子设备上运行。

[0133] 具体的,在本实施例中,上述存储介质可以包括但不限于:U盘、只读存储器(Read-Only Memory,简称为ROM)、随机存取存储器(Random Access Memory,简称为RAM)、移动硬盘、磁碟或者光盘等各种可以存储计算机程序的介质。

[0134] 本发明的再一实施例还提供了一种电子装置,包括存储器和处理器,所述存储器中存储有计算机程序,所述处理器被设置为运行所述计算机程序以执行上述任一项中方法实施例中的步骤。

[0135] 具体的,上述电子装置还可以包括传输设备以及输入输出设备,其中,该传输设备和上述处理器连接,该输入输出设备和上述处理器连接。

[0136] 具体的,在本实施例中,上述处理器可以被设置为通过计算机程序执行以下步骤:

[0137] 在原始线路中存在无法在当前量子设备上运行的第一量子逻辑门时,从模式库中获取第一模式文件,所述第一模式文件包括src模块和dst模块,所述src模块用于记录第二量子逻辑门的逻辑门参数,所述dst模块用于记录所述第二量子逻辑门对应的替换线路的线路参数,所述第一量子逻辑门与所述第二量子逻辑门的逻辑门参数匹配;

[0138] 用所述替换线路替换所述第一量子逻辑门,得到目标线路,所述替换线路允许在所述量子设备上运行。

[0139] 以上依据图式所示的实施例详细说明了本发明的构造、特征及作用效果,以上所

述仅为本发明的较佳实施例,但本发明不以图面所示限定实施范围,凡是依照本发明的构想所作的改变,或修改为等同变化的等效实施例,仍未超出说明书与图示所涵盖的精神时,均应在本发明的保护范围内。

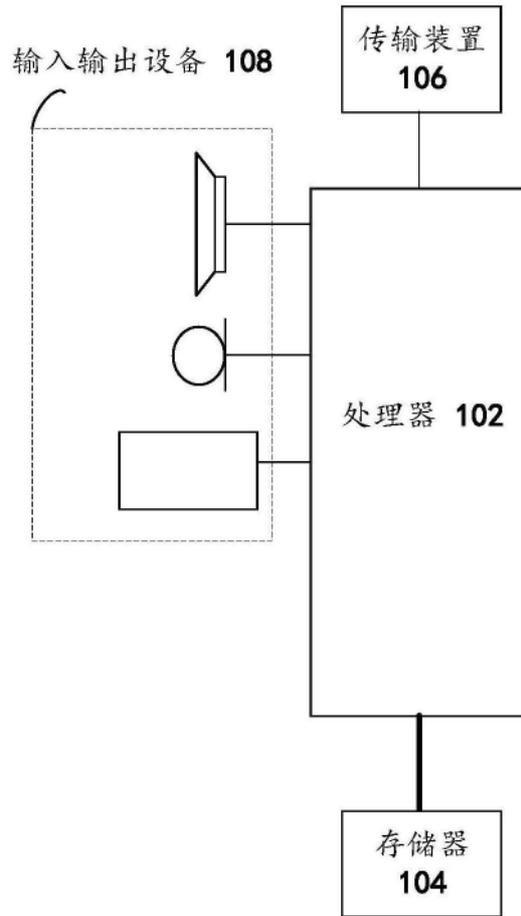


图1

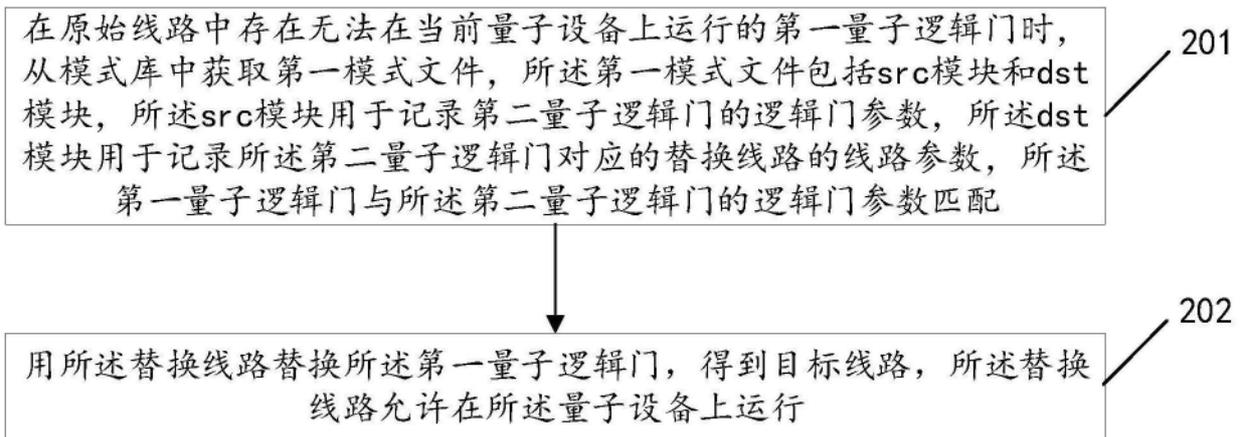


图2

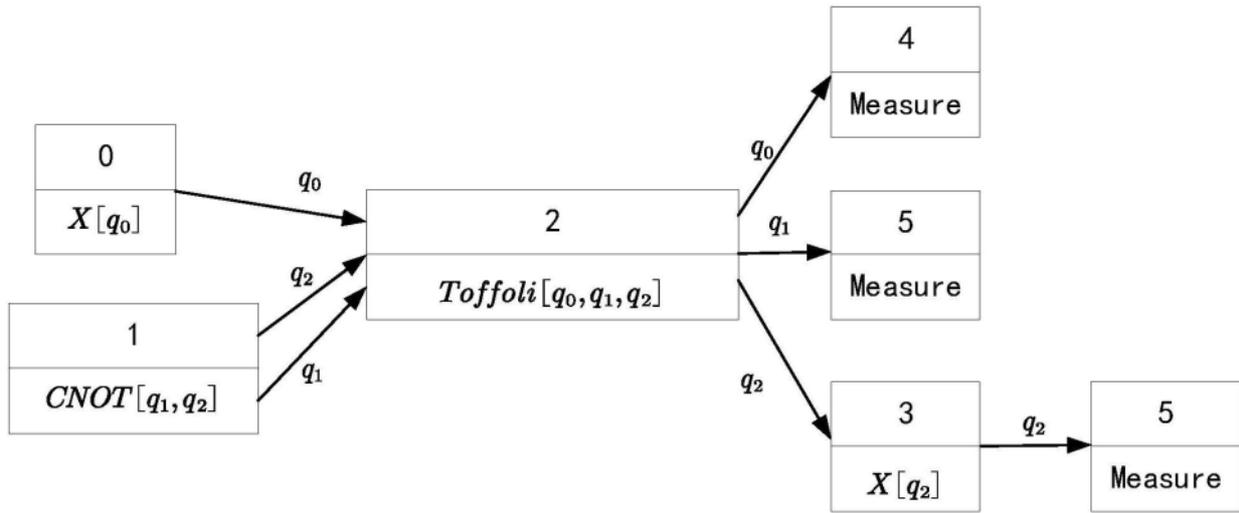


图3

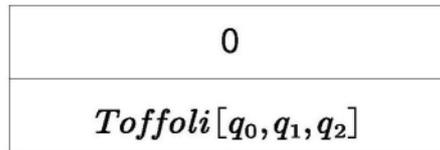


图4

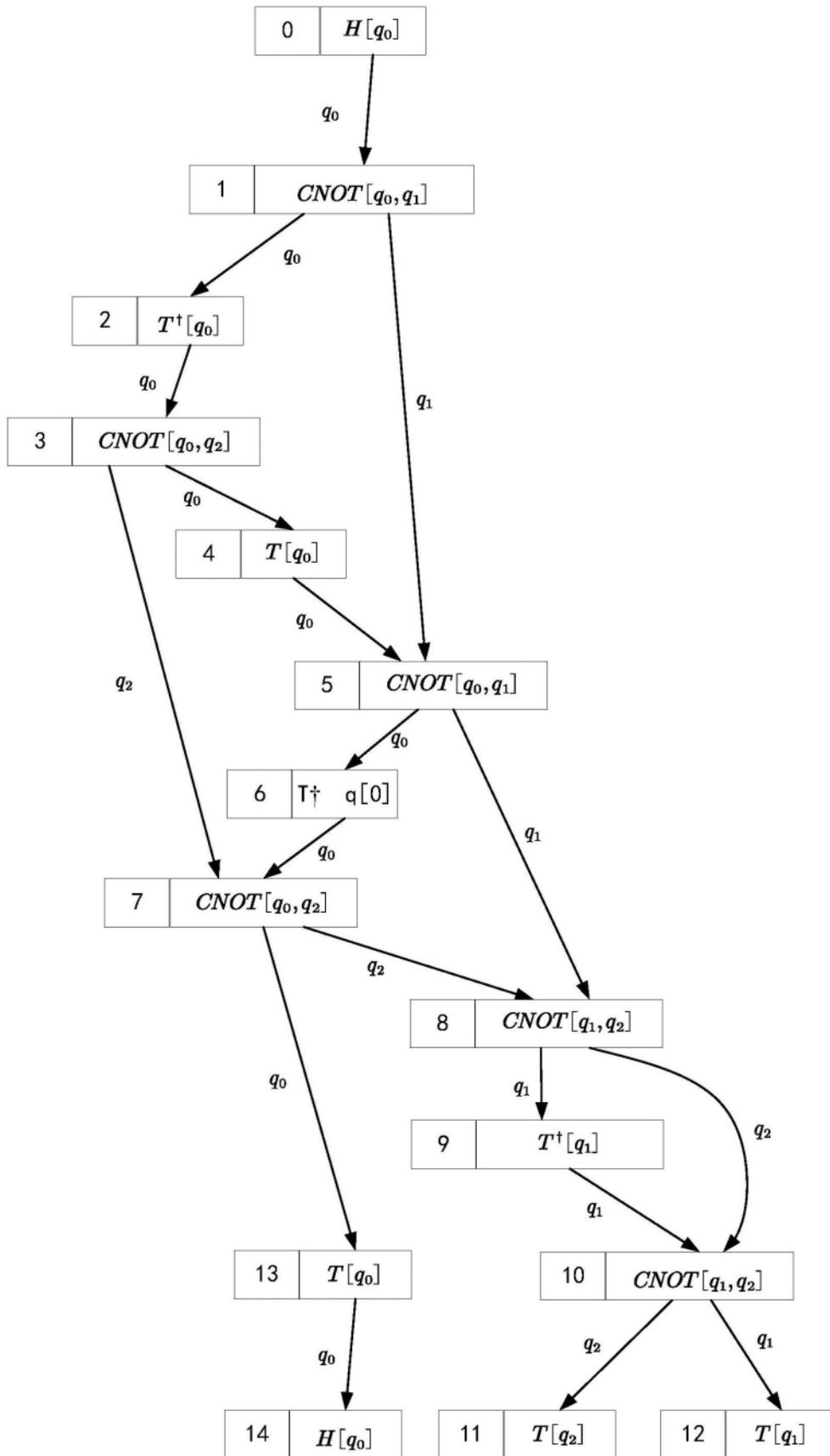


图5

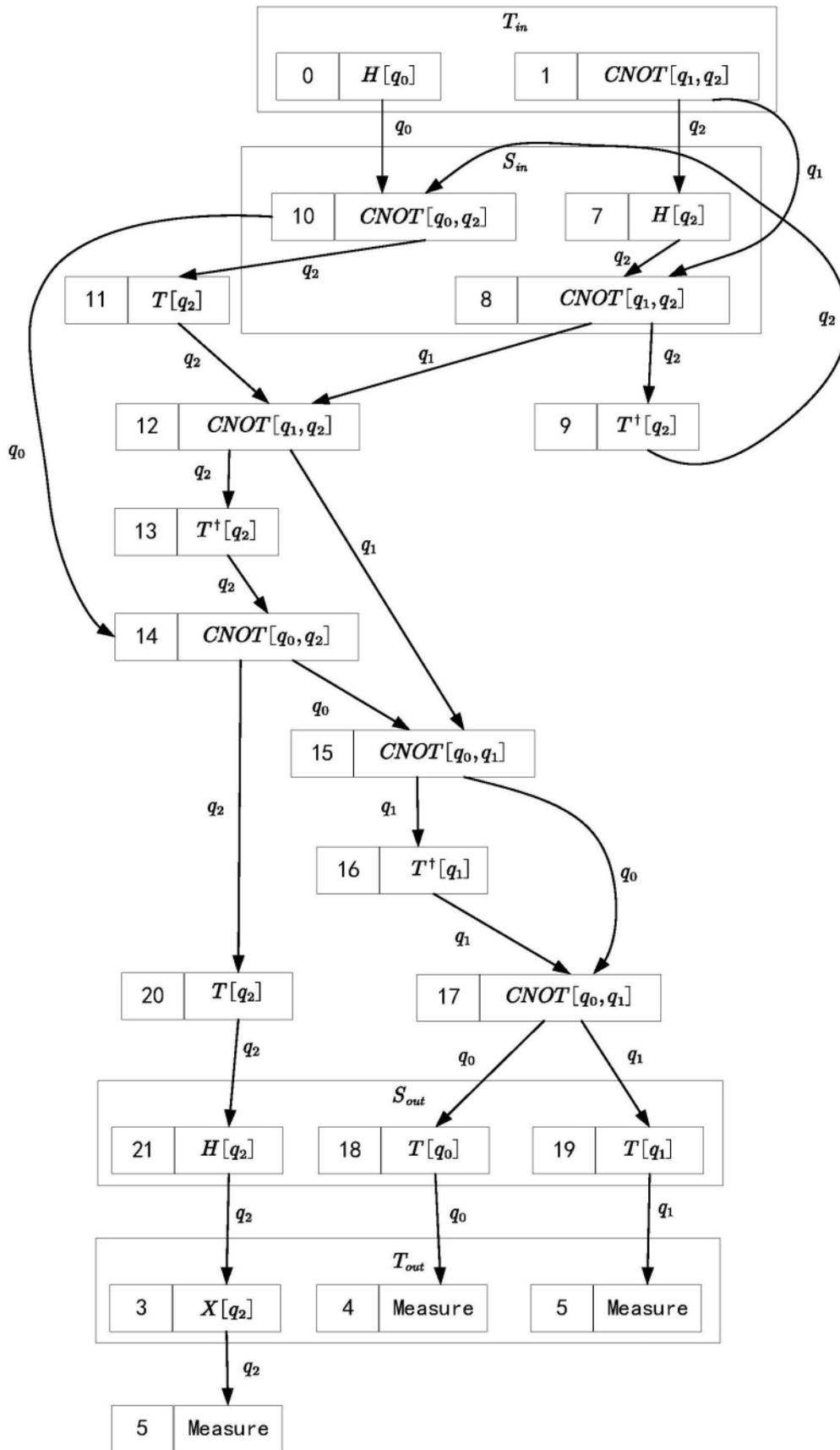


图6

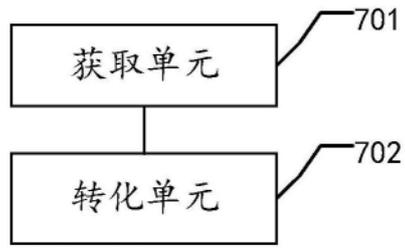


图7