

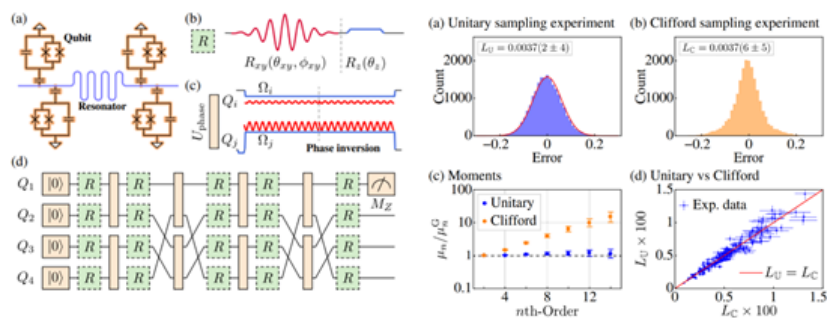


您现在的位置: [首页](#) > [科学研究](#) > [研究进展](#)

基于Clifford采样的可扩展量子线路误差估算

编辑: 时间: 2021年02月25日 访问次数:638

近日, 浙江大学物理学系超导量子计算研究团队联合中国工程物理研究院李颖教授, 提出并实验验证了一种基于Clifford采样的量子线路错误标定法, 该方法不会受到误差时空关联的干扰, 并且资源消耗仅随量子线路规模呈线性增长, 具有很高的可扩展性。相关成果发表于2021年的Physical Review Letters (物理评论快报) 上。



左图: 量子芯片示意图、量子门操控微波以及示例量子线路图。右图: 么正采样和Clifford采样得到的量子线路在示例量子线路中的误差分布, 以及在50个随机线路中误差分布的对比, 两者方差一致, 证明了Clifford采样的有效性。

量子计算机由量子比特和量子逻辑门(以下简称量子门)构成: 将量子比特和量子门组合在一起, 加上初态制备、末态测量就可以形成一个量子线路, 进而实现相应的量子算法。量子门操作可以通过给量子比特施加频率和相位可控的微波实现。但量子的信息对外界噪音非常敏感, 很容易退相干。退相干时间和操控的精度决定了量子门精度(保真度), 进一步决定了量子线路的误差。量子计算机的并行计算能力随量子比特数目增加而指数上升, 但与此同时, 表征量子线路误差的难度会指数上升。因而已有的误差表征方法都只适用于少数几个比特的量子线路, 很难被用在未来成百上千量子比特的量子线路的表征中。本课题中提出一种基于Clifford采样的方法来描述量子线路的误差, 成功克服了上述缺点。

量子门主要可分为单比特量子门和两比特量子门。在量子变分法等适用于近期量子计算设备的算法中, 计算任务通过变化搜索单比特量子门完成; 量子线路中除单比特门外的其它部分保持不变, 被称为“量子框架操作”。由于单比特量子门操作精度远高于量子框架操作, 人们主要关心框架操作的误差标定。为此, 可以将所有单比特量子门替换为随机地么正单比特量子门, 并对比统计经典计算机和量子计算机的计算结果, 得到框架操作误差。上述过程被称为么正采样, 由于其经典计算复杂度随线路规模指数增长, 因此只适合少数几个比特线路的验证。为解决该问题, 研究人员提出可以将随机的么正门换为Clifford门, 实现Clifford采样。在经典计算机中, 执行Clifford量子线路的复杂度随量子线路规模多项式增加, 因而较为容易解决。研究人员在理论上和实验上同时证明, 么正采样和Clifford采样得到误差的均值和方差是一致的。进一步研究发现, 么正采样的误差基本是高斯分布的, 利用均值和方差就可得到误差分布的所有信息。Clifford采样将一个指数复杂度的问题转换成了多项式的问题, 具有很高可扩展性, 适用于大规模量子线路参数的优化以及筛选等多个领域。

浙江大学物理系博士后王震、美国纽约大学石溪分校的博士生Yanzhu Chen是论文的共同第一作者。浙江大学物理系宋超研究员和中国工程物理研究院李颖教授是共同通讯作者。其它作者还包括浙江大学物理系王浩华教授、研究生宋紫璇和郭秋江、博士后李贺康和中国工程物理研究院研究生秦大粤。

这一研究得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金、浙江省重点研发计划、浙大“双一流”建设专项经费的支持。

文章链接: <https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.126.080501>

浙ICP备05074421号 版权所有: 浙江大学物理学系 浙ICP备05074421号-1 浙公网安备33010602010295
地址: 中国·杭州 邮编: 310027 电话: 86 - 571-87951642 传真: 86-571-87951328 管理登录