

## b 在重复测量中添加超导标准的读数

S. hazra, <sup>1,\*</sup> W. dai, <sup>1,\*</sup>耶鲁大学纽黑文研究所, 康涅狄格州06520, 美国 (日期: 2024年7月16日)

超导码头的读数面临着测量速度和由读取驱动器引起的量子的不良反作用之间的权衡, 例如 $T_1$ 降解和从计算子空间中泄漏。读数通常是通过集成读数信号并选择二进制阈值来提取“读数保真度”的基准标准的。我们表明, 这种特性可能会大大忽视读出诱导的泄漏错误。我们引入了一种通过反复执行复合操作的方法来定量评估此错误的方法 - 读出之前是随机量子翼。我们应用此技术来表征本质上受 $p$ ercell保护的量子的色散读数。我们报告二进制读数保真度为99.63%和量子非demolition (qnd) 的保真度超过99.00%, 考虑到 $0.12 \pm 0 \pm 0.03\%$ 的泄漏错误率, 在(380ns)下(380ns)。

快速准确的单次量子量读数对于多种量子计算实验, 基于测量的状态制备[1], 实体生成[2-4]和量子误差校正(QEC) [5-10]至关重要。超导量子读数的最新进展以及近量子限制的效率效率使得可以通过表面代码[8、9]和骨码[5-7]证明量子误差校正[5-7]成为可能。在这些实验中, 通过重复应用高保真读数并重置物理附件量子位来实现从量子系统中的有效熵去除。量子非拆卸(QND)测量[11]将量子的后读数状态与读数结果完美相关, 从而满足了对Ancilla的无条件重置[12]的需求。量子及其读出谐振器之间的纯粹分散相互作用将产生QND读数方案。实际上, 当人工原子与读出谐振器线性耦合时, 这种相互作用大约在超导电路[13]中实现。量子的线性杂交和读出谐振器导致量子的purcell衰变。这样可以防止Qubit谐振器分散互动 $\chi_{qr}$ 和谐振器 $\kappa_r$ 的外部耦合率的任意增加, 该均值设置了给定功率的最大读数速度。此外, 在较高的读出功率下, 分散式接近分解[14], 导致读数引起的泄漏[15, 16]进入物理量子的非计算状态。这些限制禁止同时追求读数速度, 忠诚度和QND。

如图1所示, 在QEC中, 重复纠缠操作和Ancilla读数。读出引起的泄漏错误可能会使Ancilla以多个周期的高度激发状态使Ancilla处于相邻的量子状态[17]。因此, 与犯罪错误或保利错误相比, 即使是较小的泄漏概率也会构成更大的威胁。通常, 从二进制阈值结果中提取的“读数” [1, 18-23]被用作实验性的唯一指标

优化读取参数。尽管这样的度量足以量化Pauli错误(在读数过程中发生)和歧视错误, 但它无法忠实地识别读数引起的泄漏, 尤其是与其他读数错误相比, 后者的概率较低。QND度的标准度量作为两个连续的二进制读数的相关性, 而当泄漏状态的读数结果主要落在阈值的一侧时, 也可以忽略泄漏。因此, 这种方法不能反映重复读取操作的真实特征。是否有一种完整的方法可以用二进制结果对读取操作进行基准测试?

在这封信中, 我们演示了一种新颖的读数台式标记技术, 即“伪综合征检测”, 在该技术中, 我们通过重复复合操作来模仿QEC中的综合征检测周期 - 读出读数之前是ran-dom Qubit Flip。此方法在重复实现下提供了忠实的读数字符, 并提供了对读取QNDESS的准确估计。我们在受保护的transmon上执行分散读数。我们优化了读取脉冲

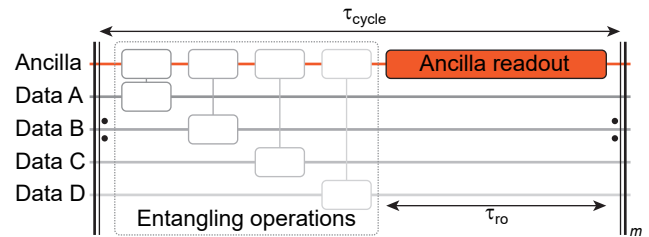


图1. QEC中的综合征检测周期。每个循环都由一个Ancilla读数组成, 此前是将操作与数据量置的操作, 将综合征映射到Ancilla上。我们通过模仿单个Ancilla的该实验来表征读数性能, 而“综合征”通过随机应用身份和位翼型操作来形成艺术中的“综合征”。