

doi:10.1631/FITEE.1500079

**题目:** 基于量子原胞自动机的纳米通信可逆低功耗奇偶生成器与奇偶校验器设计

**目的:** 量子原胞自动机 (QCA) 是可逆计算领域的新兴方向。QCA 可用于设计纳米级别的电路。在纳米通信领域, 接收信号差错检测及校正是一个重要环节。同时, 器件密度和功率耗散是纳米通信系统的关键问题。本文利用 QCA 的低器件密度和超低功耗特性, 助力低功耗微纳级别可逆奇偶发生与校验器的设计。

**创新点:** 基于 QCA, 第一次实现了使用费曼门的可逆低功耗奇偶生成器和奇偶校验器设计。

**方法:** 基于本文提出的奇偶生成器和奇偶校验器电路, 设计了一种纳米通信系统, 并研究了传输中接收信号的差错检测。1. 在 QCA 中设计可逆费曼门; 2. 在等量子成本的基础上, 使用费曼门实现可逆奇偶生成与可逆奇偶校验电路; 3. 在相同量子成本和无用值的基础上, 使用可逆奇偶生成器与校验器设计纳米通信系统; 4. 首次在 QCA 中实现可逆奇偶生成器、奇偶校验器与纳米通信电路; 5. 对可逆电路及其 QCA 布局进行量子成本分析; 6. 在面积、延迟和胞元计数等方面比对所述 QCA 费曼门与现有费曼门电路; 7. 估算所述设计的能量耗散; 8. 使用热随机性, 观察输出胞元的极性, 测量电路的可靠性。

**结论:** 本文所提出的 QCA 费曼门在面积、原胞计数和延迟方面, 超过了现有费曼门的指标水平。通过计算、比对传统可逆电路及其相应的 QCA 布局, 证明 QCA 电路具有极低的量子成本。通过估计 QCA 电路的功率耗散, 证明 QCA 微纳器件是可逆电路的可行平台。通过在热随机性下分析 QCA 电路的可靠性, 证明所述电路的工作有效性。通过比对仿真结果与理论值, 证明所述电路的精度。所述电路可以用于设计更为复杂的低功率微纳无损耗纳米通信系统 (例如微纳发射器和微纳接收器)。

**关键词:** 量子原胞自动机(QCA); 奇偶生成器; 奇偶校验器; 费曼门; 纳米通信; 功率耗散