

Uma Análise de Desempenho da Simulação Quântica a Partir de Processos Quânticos*

Adriano Maron[†], Renata Reiser, Maurício Pilla, Adenauer Yamin

¹Centro de Desenvolvimento Tecnológico – Univ. Federal de Pelotas (UFPEL)
{akmaron,reiser,pilla,adenauer}@inf.ufpel.edu.br

Resumo. *O intuito deste trabalho é apresentar uma breve análise de desempenho da simulação de transformações quânticas no ambiente VPE-qGM a partir dos conceitos de Processos Quânticos e Processos Quânticos Parciais, definidos no modelo teórico qGM.*

1. Introdução

A Computação Quântica (CQ) [Nielsen and Chuang 2003] prevê que algoritmos quânticos podem solucionar problemas complexos utilizando menos recursos de tempo e memória se comparados à algoritmos clássicos. Na CQ , o *qubit* é a unidade básica de informação e é representado pelo vetor $(\alpha, \beta)^t$, onde α e β são amplitudes associadas aos estados $|0\rangle$ e $|1\rangle$ do *qubit*. Sistemas multidimensionais têm seu espaço de estados gerado a partir do produto tensorial dos espaços de estados de cada *qubit*. Para um sistema de 2 *qubits* tem-se o vetor $(\alpha, \beta, \gamma, \delta)^t$, com cada amplitude associada aos estados $|00\rangle$, $|01\rangle$, $|10\rangle$ e $|11\rangle$, respectivamente. A evolução do estado se dá por transformações quânticas, definidas por matrizes quadradas ortonormalizadas de ordem 2^Q , onde Q é a quantidade de *qubits* do sistema.

2. Contribuição e Resultados

O ambiente *VPE-qGM* (*Visual Programming Environment for the qGM Model*) [Maron et al. 2012] busca viabilizar a simulação sequencial e paralela de algoritmos da CQ a partir de abstrações do modelo *qGM* [Reiser and Amaral 2010]. Os conceitos de Processos Quânticos (QP) e Processos Quânticos Parciais (QPPs) [Maron et al. 2012] podem reduzir o tempo de simulação desses algoritmos, conforme pode ser visto na Tabela 1. Para comparação, considera-se a implementação dos mesmos algoritmos a partir de processos elementares (*PE*), os quais representam transformações quânticas em outro nível de abstração [Maron et al. 2011]. *Benchmarks* para simulação quântica [D. Maslov and Scott 2011] e configurações com transformações *Hadamard* (H) foram descritos com *QPPs* e *QPs*, respectivamente.

Neste trabalho, algoritmos com até 24 *qubits* foram simulados, e o consumo de memória se mantém similar para ambas as implementações consideradas. Como as otimizações propiciadas pelos *QPs* e *QPPs* contemplam apenas as transformações quânticas, a maior parte do consumo de memória é gerado pelos vetores que armazenam as amplitudes dos estados. A simulação de transformações quânticas controladas a partir de *QPPs* apresentaram uma melhora de aproximadamente 99% frente a representação por *PEs*. Para transformações *Hadamard*, a qual está associada à uma matriz densa e poucas propriedades podem ser exploradas pelos *QPs*,

*Projeto ExPloreD-GM - Explorando o Paralelismo e a Distribuição do Modelo D-GM em Aplicações Científicas e Tecnologias Associadas

[†]Bolsista CAPES/CNPQ

Tabela 1. Algoritmos quânticos simulados

Algoritmo	Qubits	Transformações	Simulação c/ QPs		Simulação c/ PEs	
			Tempo (s)	Mem (MB)	Tempo (s)	Mem (MB)
9synd2	12	28	0,400	12	38,805	12
$gf2^4$	12	19	0,236	12	26,352	12
$gf2^5$	15	29	1,328	13	372,488	13
$gf2^6$	18	41	11,264	24	5081,553	22
$gf2^7$	21	55	135,013	92	NS ¹	NS
$gf2^8$	24	85	1532,015	524	NS	NS
ham15_1	15	132	6,872	13	1778,170	13
ham15_2	15	70	4,708	13	925,319	13
ham15_3	15	109	8,436	13	1400,632	13
mod1024adder	20	55	44,099	60	NS	NS
rc_adder	16	19	2,358	15	549,079	14
$H^{\otimes 11}$	11	11	6,816	12	7,882	12
$H^{\otimes 12}$	12	12	25,292	12	28,281	12
$H^{\otimes 13}$	13	13	97,401	12	111,572	12
$H^{\otimes 14}$	14	14	348,923	12	496,934	12

NS: Não Suportado. Tempo de simulação acima de 4 horas.

uma redução de até 29% no tempo de simulação foi obtida, já que a geração de todos os elementos ocorre a partir de um único QP , enquanto que na modelagem por PEs , tem-se a execução de 2^q componentes distintos.

3. Conclusões

Os resultados apresentadas neste trabalho representam as novas conquistas decorrentes das otimizações para simulação quântica, expandindo as capacidades de simulação do ambiente $VPE-qGM$. Na continuidade do trabalho, tem-se extensão da biblioteca de execução para suporte à simulações paralelas através de $GPUs$.

Referências

- D. Maslov, G. D. and Scott, N. (2011). Reversible logic synthesis benchmarks page. Disponível por WWW em <<http://www.cs.uvic.ca/~dmaslov/>>(apr.2012).
- Maron, A., Reiser, R., Pilla, M., and Yamin, A. (2012). Processos quânticos: Uma nova interpretação para transformações quânticas no ambiente vpe-qgm. In *CLEI 2012*, pages 1–10. IEEE Computer Society - Conference Publising Services.
- Maron, A., Ávila, A., Reiser, R., and Pilla, M. (2011). Introduzindo uma nova abordagem para simulação quântica com baixa complexidade espacial. In *Anais do DINCON 2011*, pages 1–6. SBMAC.
- Nielsen, M. A. and Chuang, I. L. (2003). *Computação Quântica e Informação Quântica*. Bookman.
- Reiser, R. and Amaral, R. (2010). The quantum states space in the qgm model. In *Anais/III WECIQ*, pages 92–101, Petrópolis/RJ. Editora do LNCC.