

**Отчет**

**Параллельная программа на MPI, OpenMP, которая реализует  
однокубитное квантовое преобразование.**

**Факультет:** Вычислительной математики и кибернетики

**Кафедра:** Суперкомпьютеров и квантовой информатики

**Группа:** 323

**Студент:** Тыркалов Евгений Олегович

### Задача:

1. Реализовать параллельную программу на С++ с использованием MPI, OpenMP, которая выполняет однокубитное квантовое преобразование над вектором состояний длины  $2^n$ , где  $n$  – количество кубитов, по указанному номеру кубита  $k$ .
2. Определить максимальное количество кубитов, для которых возможна работа программы на системе Polus.
3. Протестировать программу на системе Polus, используя преобразование Адамара по номеру кубита.

### Описание алгоритма:

Математическая постановка:

Имеется комплексный входной вектор (массив) размерности  $2^n$ :  $\{a_i\} = \{a_0, a_1, \dots, a_{2^n-1}\}$ ;  $n$  – параметр задачи (число кубитов). Над такими векторами нам необходимо производить так называемые однокубитные операции. Обе эти операции переводят вектор в новый вектор такой же размерности (длины массива). Однокубитная операция задается двумя параметрами: комплексной матрицей размера  $2 \times 2$  и числом от 1 до  $n$  (данный параметр обозначает номер кубита, по которому проводится операция). Итак, дана комплексная матрица:

$$U = \begin{pmatrix} u_{00} & u_{01} \\ u_{10} & u_{11} \end{pmatrix}$$

и  $k$  – номер индекса от 1 до  $n$  (номер кубита).

Такая операция преобразует вектор  $\{a_{i_1, i_2, \dots, i_n}\}$  в  $\{b_{i_1, i_2, \dots, i_n}\}$ , где все  $2^n$  элементов нового вектора вычисляются по следующей формуле:

$$b_{i_1, i_2, \dots, i_k, \dots, i_n} = \sum_{j_k=0}^1 u_{j_k, i_k} a_{i_1, i_2, \dots, i_k, \dots, i_n}$$

Преобразование Адамара задается следующей матрицей:

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$$

## Результаты выполнения:

количество кубитов	количество процессоров	время работы программы (сек)			Ускорение		
		1 кубит	10 кубит	20 кубит	1 кубит	10 кубит	последний кубит
20	1	0,024421	0,02906475	0,02905144	1	1	1
	2	0,021281	0,02340899	0,06177776	1,147549457	1,241606323	0,4702572576
	4	0,011705	0,0172755	0,05345582	2,086373345	1,682425979	0,5434663616
	8	0,003392	0,003650812	0,05096344	7,199587264	7,961174117	0,5700447223
	32	0,000876	0,000921536	0,04261939	27,87785388	31,53946238	0,6816484234
	64	0,000571	0,000585981	0,0475332	42,76882662	49,60015768	0,6111820791
24	1	0,435742	0,4683162	0,4694668	1	1	1
	2	0,396979	0,4586769	0,3311803	1,097644964	1,021015447	1,417556539
	4	0,210484	0,2293324	0,1636778	2,070190608	2,042084764	2,868237476
	8	0,192853	0,2231383	0,1008436	2,259451499	2,098771031	4,655395087
	32	0,063273	0,06956103	0,06971371	6,886697327	6,732450626	6,73421053
	64	0,035812	0,0415932	0,0400664	12,16748576	11,25944145	11,71721942
28	1	19,5224	22,65901	23,77672	1	1	1
	2	18,9118	20,86205	14,64815	1,03228672	1,086135351	1,623189276
	4	6,89123	7,445834	9,803618	2,832934034	3,043179582	2,425300537
	8	4,06342	4,370872	6,66787	4,804425828	5,1840937	3,565864361
	32	2,00513	2,195424	1,738517	9,736226579	10,32101772	13,67643802
	64	0,91391	1,143241	0,926002	21,3614032	19,81997672	25,676748
30	1	114,781	137,258	60,16505	1	1	1
	2	61,414	68,9634	20,67593	1,868971244	1,990302102	2,909907801
	4	58,145	59,60295	10,145993	1,97404764	2,302872593	5,929932142
	8	31,563	33,50193	10,015489	3,636568134	4,097017694	6,007200447
	32	5,826	5,597086	3,518438	19,70151047	24,52311792	17,09993184
	64	3,141	3,02951	2,630419	36,54282076	45,30699684	22,87280087

График ускорения для 30 кубитов при изменении 10го

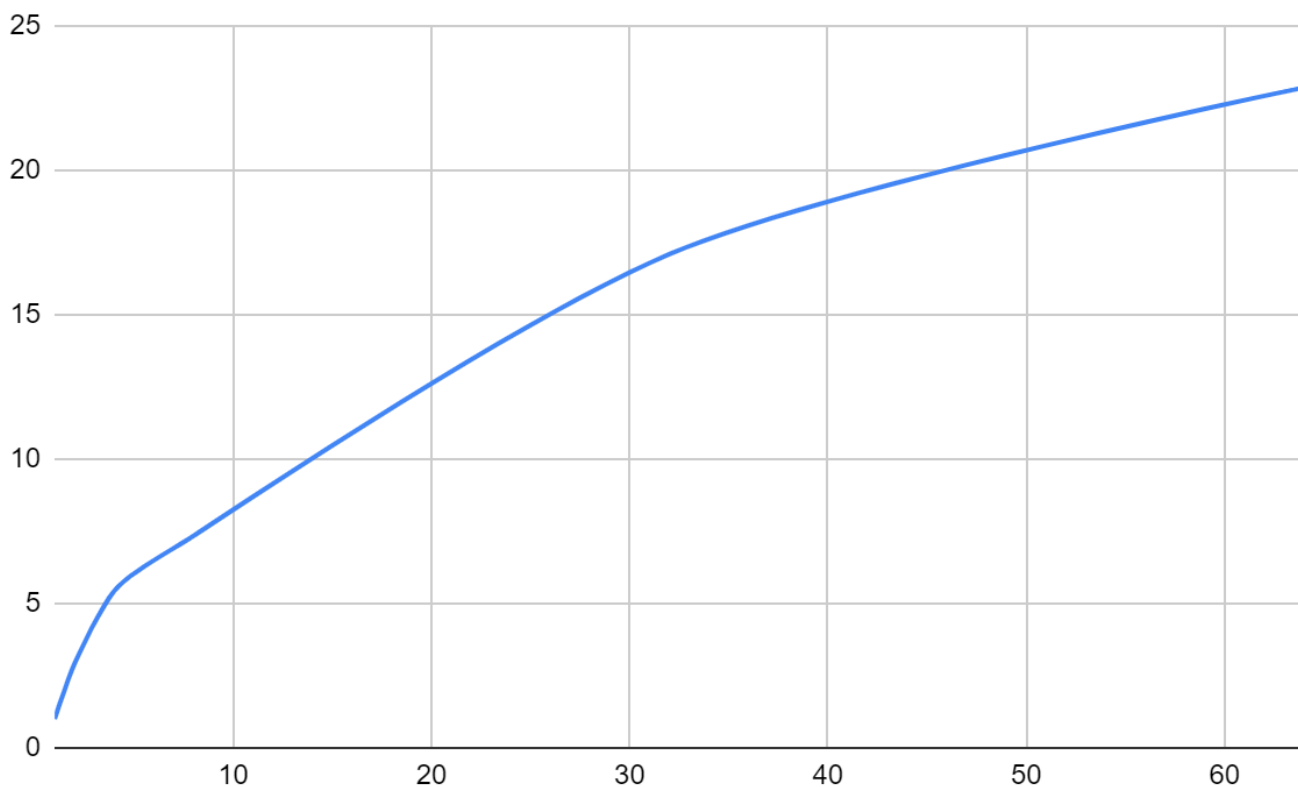


График иллюстрирует экспоненциальную зависимость ускорения от числа потоков. Наличие “Плато” обусловлено ограниченностью эффективности распараллеливания.