

В.К.Левин, академик РАН,
ФГУП НИИ «Квант», Москва

СУПЕРКОМПЬЮТЕРЫ – СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

18. 11. 2014

ПУТИ РАЗВИТИЯ СУПЕРКОМПЬЮТИНГА

Потребности и методы применений

1. Эволюция
– экстраполяция
предыдущ. 20 лет

2. Grid-технологии,
облачные
вычисления

3. Параллелизм
многих уровней
схемотехники
и программ

**Н о в ы е
гетерогенные
системы-сети**
Новая база

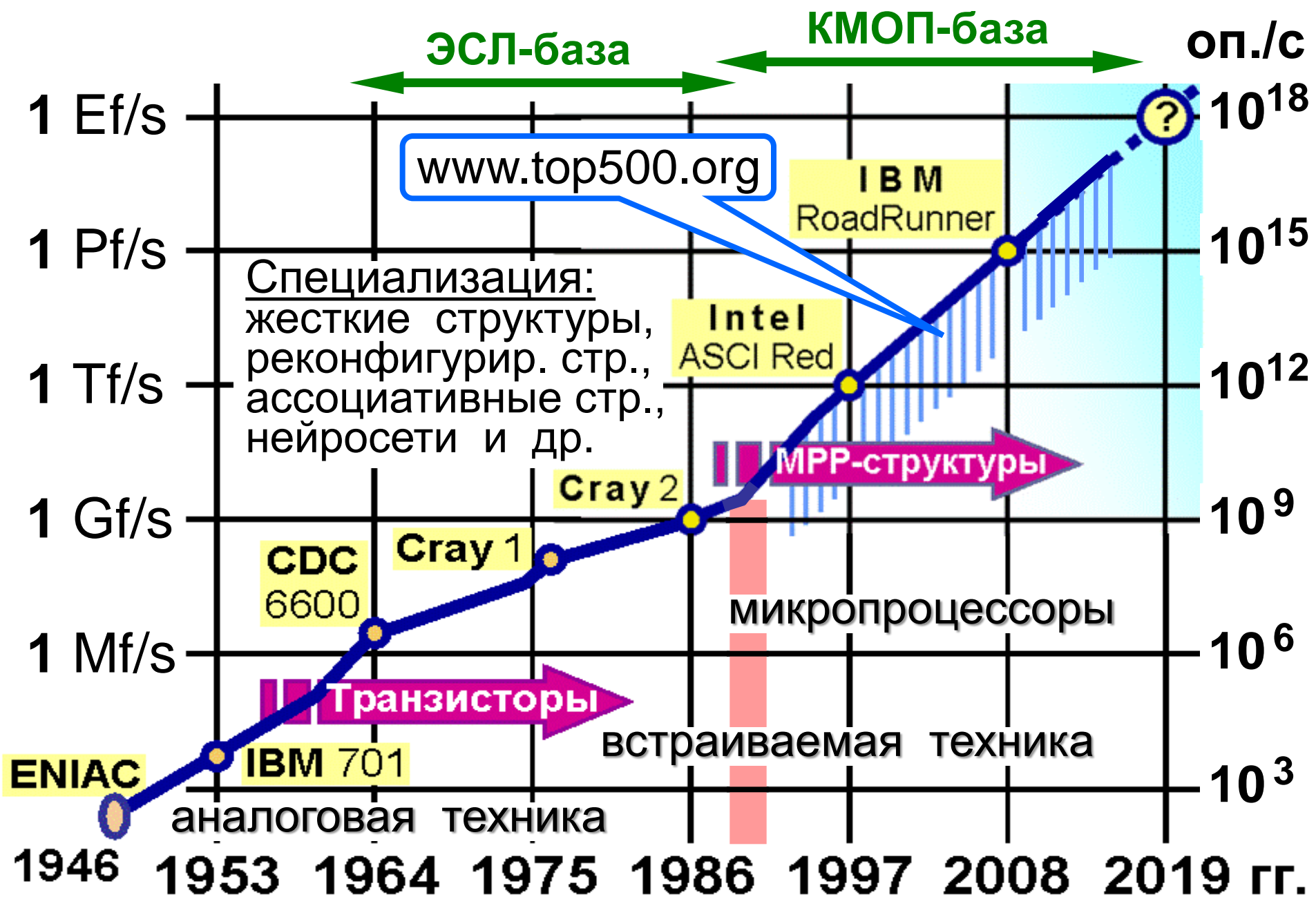
4. Сопроцессоры
- ускорители;
неоднород. струк.

5. Обработка
на базе
ПЛИС – FPGA

6. Специализация
на базе заказных
микросхем

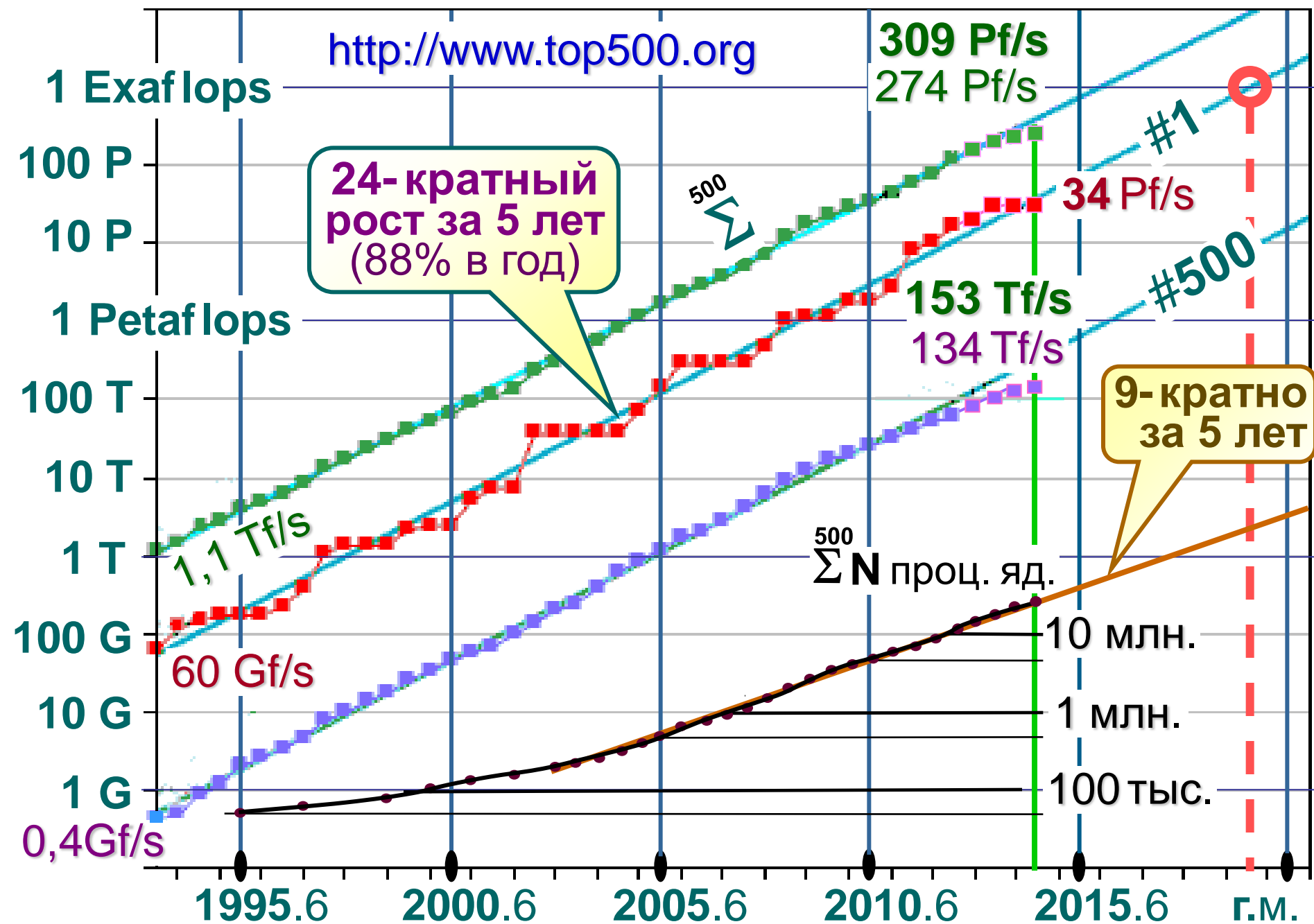
Микро- и наноэлектронная база

Развитие вычислительной техники



РАЗВИТИЕ СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ

<http://www.top500.org>



Суперкомпьютеры в списке Топ 500

| Топ 500 6.14 | Страна, <u>фирма</u> , тип системы, тип микропроцессора, межпроцессорная сеть | Колич. процес-сорных ядер | Производит. [Tflops] | | Пр-д. тест пик. | пик. п-ц. оп. такт | Gf/s ядро | Энер-потр. МВт | Gf/s Вт | Gr-n 500 6.14 |
|-----------------|---|---------------------------|----------------------|--------------|-----------------|--------------------|-----------|----------------|---------|---------------|
| | | | пиков. | тест Linp-k | | | | | | |
| 1 | КНР, <u>NUDT</u> ; 12Xeon 2,2 ГГц+Phi | 3120000 | 54902 | 33863 | 0,62 | 8 | 11 | 17,8 | 1,9 | ♦49 |
| 2 | <u>Cray</u> XK7 Titan; 16Opter. 2,2 ГГц+гр.п. | ♥560640 | 27113 | 17590 | 0,65 | 22 | 31 | 8,2 | 2,14 | +43 |
| 3 | <u>IBM</u> BG/Q; Sequoia; 16Pow. BQC 1,6 ГГц | 1572864 | 20133 | 16325 | 0,81 | 8 | 10,4 | 7,9 | 2,07 | *38 |
| 4 | Яп. <u>Fujitsu</u> K computer; 8Sparc 2 ГГц | 705024 | 11280 | 10510 | 0,93 | 8 | 15 | 12,7 | 0,83 | 125 |
| 5 | <u>IBM</u> BG/Q; Mira; 16PowerBQC 1,6 ГГц | 786432 | 10066 | 8162 | 0,81 | 8 | 10,4 | 3,9 | 2,07 | 28 |
| 6 | Швейц. <u>Cray</u> XC30; 8X-n 2,6 ГГц+г.п. | ♥115984 | 7789 | 6271 | 0,80 | 26 | 54 | 2,3 | 2,7 | 5 |
| 7 | <u>Dell</u> Stampede; 8Xeon 2,7 ГГц +Phi; Inf-d | 462462 | 8520 | 5168 | 0,67 | 7 | 13 | 4,5 | 1,15 | ♦60 |
| 11 | Итал. <u>IBM</u> ; HPC2; 8Xeon 2,8 ГГц+г.п.; Inf-d | ♥62640 | 4006 | 3003 | 0,75 | 23 | 48 | 1,1 | 2,8 | 9 |
| 12 | Герм. <u>IBM</u> ; SuperMUC; 8Xeon 2,7 ГГц; Inf-d | 147456 | 3185 | 2897 | 0,90 | 8 | 20 | 3,4 | 0,85 | 121 |
| 13 | Яп. <u>NEC/HP</u> 6Xeon 2,9 ГГц+гр.пц; Inf-d | ♥76032 | 5736 | 2785 | 0,48 | 26 | 37 | 1,4 | 2,0 | 8 |
| 14 | КНР, <u>NUDT</u> ; 6Xeon 2,9 ГГц+гр.пц | 186368 | 4701 | 2566 | 0,55 | 9 | 14 | 4,0 | 0,64 | 185 |
| 15 | <u>Atipa</u> , cascade; 8Xeon 2,6 ГГц+Phi; Inf-d | 194616 | 3388 | 2539 | 0,75 | 7 | 12 | 1,4 | 1,7 | ♦52 |
| 16 | Фр., <u>SGL</u> ; 8Xeon 2,6 ГГц; Infiniband | 110400 | 2296 | 2098 | 0,87 | 8 | 19 | 2,1 | 1,0 | 72 |
| 19 | Великобр. <u>Cray</u> XC30; 12Xeon 2,7 ГГц | 83160 | 1797 | 1552 | 0,87 | 8 | 19 | 2,3 | 0,67 | 181 |
| 22 | <u>IBM</u> DARPA; Pow.775; 8Pow.7; 3,8 ГГц | 63360 | 1944 | 1515 | 0,78 | 8 | 24 | 3,6 | 0,42 | 224 |
| 31 | <u>Cray</u> XE6 Garnet; 16Opteron 2,5 ГГц | 150528 | 1505 | 1167 | 0,78 | 4 | 7,8 | 5,6 | 0,21 | 372 |
| 36 | Япония, <u>Fujitsu</u> ; 16 Sparc 1,85 ГГц | 76800 | 1135 | 1043 | 0,92 | 8 | 13,5 | 1,2 | 0,89 | 102 |
| 42 | МГУ, <u>Т-Пл.</u> ; 4Xeon 2,9 ГГц+гр.пц; Inf-d | 78660 | 1700 | 902 | 0,53 | 7 | 11,4 | 2,8 | 0,32 | 242 |
| 46 | КНР, <u>NRCPCET</u> ; SW1600; 1 ГГц; Inf-d | 137200 | 1070 | 796 | 0,74 | 8 | 5,8 | 1,1 | 0,74 | 153 |
| 103 | МЦ РАН, <u>RSC</u> , 8Xeon 2,9 ГГц+Phi; Inf-d | 28704 | 524 | 376 | 0,82 | 6 | 13,1 | 0,22 | 1,7 | ♦54 |
| 500 | КНР, <u>HP</u> ; 8Xeon 2,6 ГГц; Gig. Eth. | 23824 | 495 | 134 | 0,51 | 4 | 5,4 | 0,57 | 0,24 | |

♥ ядра основн. проц. | Места www.green500.org: + Cray XK7: 43-44; * BG/Q: 18-42. ♦ Xeon Phi: 45-60.

Суперкомпьютеры в списке Топ 500

| Топ 500 11.14 | Страна, <u>фирма</u> , тип системы, тип микропроцессора, межпроцессорная сеть | Колич. процес-сорных ядер | Производит. [Tflops] | | Пр-д. тест пик. | пик. п-ц. оп. такт | <u>Gf/s</u> ядро | Энер-потр. МВт | <u>Gf/s</u> Вт |
|------------------|---|---------------------------|----------------------|--------------|-----------------|--------------------|------------------|----------------|----------------|
| | | | пиков. | тест Linp-k | | | | | |
| 1 | КНР, <u>NUDT</u> ; 12Xeon 2,2 ГГц+Phi | 3120000 | 54902 | 33863 | 0,62 | 8 | 11 | 17,8 | 1,9 |
| 2 | <u>Cray</u> XK7 Titan; 16Opter. 2,2 ГГц+гр.п. | ♥560640 | 27113 | 17590 | 0,65 | 22 | 31 | 8,2 | 2,14 |
| 3 | <u>IBM</u> BG/Q; Sequoia; 16Pow. BQC 1,6 ГГц | 1572864 | 20133 | 17173 | 0,85 | 8 | 10,4 | 7,9 | 2,18 |
| 4 | Яп. <u>Fujitsu</u> K computer; 8Sparc 2 ГГц | 705024 | 11280 | 10510 | 0,93 | 8 | 15 | 12,7 | 0,83 |
| 5 | <u>IBM</u> BG/Q; Mira; 16PowerBQC 1,6 ГГц | 786432 | 10066 | 8587 | 0,81 | 8 | 10,4 | 3,9 | 2,18 |
| 6 | Швейц. <u>Cray</u> XC30; 8X-n 2,6ГГц+г.п. | ♥115984 | 7789 | 6271 | 0,80 | 26 | 54 | 2,3 | 2,7 |
| 7 | <u>Dell</u> Stampede; 8Xeon 2,7 ГГц +Phi; Inf-d | 462462 | 8520 | 5168 | 0,67 | 7 | 13 | 4,5 | 1,15 |
| 12 | Итал. <u>IBM</u> ; HPC2; 8Xeon 2,8ГГц+г.п.; Inf-d | ♥72000 | 4605 | 3188 | 0,69 | 23 | 48 | 1,2 | 2,6 |
| 14 | Герм. <u>IBM</u> ; SuperMUC; 8Xeon 2,7 ГГц; Inf-d | 147456 | 3185 | 2897 | 0,90 | 8 | 20 | 3,4 | 0,85 |
| 15 | Яп. <u>NEC/HP</u> 6Xeon 2,9ГГц+гр.пц; Inf-d | ♥76032 | 5736 | 2785 | 0,48 | 26 | 37 | 1,4 | 2,0 |
| 17 | КНР, <u>NUDT</u> ; 6Xeon 2,9 ГГц+гр.пц | 186368 | 4701 | 2566 | 0,55 | 9 | 14 | 4,0 | 0,64 |
| 18 | <u>Atipa</u> , cascade; 8Xeon 2,6ГГц+Phi; Inf-d | 194616 | 3388 | 2539 | 0,75 | 7 | 12 | 1,4 | 1,7 |
| 20 | Фр., <u>SGI</u> ; 8Xeon 2,6 ГГц; Infiniband | 110400 | 2296 | 2098 | 0,87 | 8 | 19 | 2,1 | 1,0 |
| 22 | МГУ, <u>Т-Пл.</u> ; 14Xeon 2,6 ГГц+гр.пц; Inf-d | 37120 | 2576 | 1849 | 0,72 | 27 | 11 | | |
| 25 | Великобр. <u>Cray</u> XC30; 12Xeon 2,7 ГГц | 118080 | 2551 | 1643 | 0,64 | 8 | 14 | 2,6 | 0,67 |
| 27 | <u>IBM</u> DARPA; Pow.775; 8Pow.7; 3,8 ГГц | 62944 | 1932 | 1587 | 0,78 | 8 | 25 | 3,6 | 0,44 |
| 39 | <u>Cray</u> XE6 Garnet; 16Opteron 2,5 ГГц | 150528 | 1505 | 1167 | 0,78 | 4 | 7,8 | 5,6 | 0,21 |
| 48 | Япония, <u>Fujitsu</u> ; 16 Sparc 1,85 ГГц | 76800 | 1135 | 1043 | 0,92 | 8 | 13,5 | 1,2 | 0,89 |
| 65 | КНР, <u>NRCPCET</u> ; SW1600; 1 ГГц; Inf-d | 137200 | 1070 | 796 | 0,74 | 8 | 5,8 | 1,1 | 0,74 |
| 133 | МЦРАН, <u>RSC</u> , 8Xeon 2,9ГГц+Phi; Inf-d | 28704 | 524 | 376 | 0,82 | 6 | 13,1 | 0,22 | 1,7 |
| 500 | <u>HP</u> ; 8Xeon 2,1 ГГц; Gig. Eth. | 18896 | 318 | 153 | 0,48 | 8 | 8,1 | | |

Суперкомпьютеры:

6. 2014

- наиболее мощные вычислительные установки,
- сложны и нетрадиционны в применениях,
- ограничены по условиям приобретения.

❑ Диапазон производительности от **0,1-** до **1 Max**

– это первые 9 установок и 40% суммарной производительности установок списка **500** современных суперкомпьютеров (www.top500.org).

На сегодня:
Max
34 Pflops

❑ Темп роста производительности (**Max**) после 1990 г.
– 24-кратно за 5-летие (1000-кратно за 11 лет).

❑ Суперкомпьютеры списка top 500 охватывают 250-кратный диапазон производительности; их суммарная производительность ~ **8 Max**.

❑ Последние 400 установок списка охватывают диапазон производительности **134–380 Tflops**.

Системы № 1 списка Top 500 - <http://www.top500.org>

| | | |
|---|-----------------------|--------------------|
| Thinking Machines Corp, CM-5; | 60 Gf/s; | 6.93–11.98 |
| • Fujitsu, Яп., Numerical Wind Tunnel; | 0,12 Tf/s; | 11.93 – 6.94 |
| Intel, <u>Paragon</u> XP/S140; 4 тыс. ядер; | 0,14 Tf/s; | 6.94–11.98 |
| • Fujitsu, Яп., Numer. W-d Tun.; | 0,17→0,23 Tf/s; | 11.94 – 6.02 |
| Hitachi, Япония, SR2201/1024; | 0,22 Tf/s; | 6.96–11.02 |
| Hit./Tsukuba, Яп., CP-PACS/2048; | 0,37 Tf/s; | 11.96 – 6.03 |
| Intel, <u>ASCI Red</u> ; 10 тыс. ядер; | 1,1→2,4 Tf/s; | 6.97–11.05 |
| IBM, ASCI White; 8 тыс. ядер; | 4,9→7,3 Tf/s; | 11.00 – 6.07 |
| NEC, Япония, Earth Simulator; | 36→122 Tf/s; | 6.02–.09-.13 |
| IBM, Blue Gene/L; 0,2 млн яд.; | 0,07→0,5 Pf/s; | 11.04 – 6.11 |
| IBM, <u>Roadrunner</u> *; 0,12 млн ядер; | 1 Pf/s; | 6.08 – 11.12 |
| • Cray, Jaguar; 0,2 млн яд.; | ...–1,8→1,9 Pf/s; | 11.09 – 6.12 |
| NUDT, <i>Китай</i> , Tianhe-1A*; | 2,6 Pf/s; | 11.10 – ... |
| Fujitsu, K-computer; 0,7 млн яд.; | 8→10,5 Pf/s; | 6.11 – ... |
| IBM, Bl. Gene/Q - Sequoia; 1,6 млн яд. | 17,2 Pf/s; | 6.12 – ... |
| • Cray, Titan*; | (Jaguar →) 17,6 Pf/s; | 11.12 – ... |
| NUDT, <i>Китай</i> , Tianhe-2*; | 3 млн яд.; | 34 Pf/s 6.13 – ... |

* Гибридная система

Развитие технической базы ВС

На рубеже 1990 г. использов. **32-битные микро-процессоры** с быстродействием ~ 50 млн. опер./с; их **функции развивались**: - удвоение точности, **технолог. $\sim 0,5$ мкм** - расширение локальной памяти, - новые внешние интерфейсы...

После 2003 г. рост тактовой частоты замедлился, производительность повышается, в основном, за счет **увеличения количества**:

технология - процессоров в вычислительной системе, - ядер в микропроцессоре до 16, - арифм. операций в такте до 8 (внутриядерный параллелизм).
90 нм \Rightarrow 22 нм

Используются сопроцессоры-ускорители фирм IBM с 2008 г., AMD - 2009 г., Nvidia - 2010 г., Intel - 2012 г.

Развитие оптоволоконных соединений.

Прогресс сетевых средств: Gigabit Ethernet, 10 G. Ethernet, Myrinet, Infiniband (в вариантах).

КНР, NUDT, **Tianhe-2**, июнь 2013 г. (**TH-2**; «Milky Way -2» – «Млечный путь-2»)

Производительн. **34 Pflops** (Linpack); \$ 0,4 млрд;
энергопотребление 18 МВт + охлаждение 6 МВт.

База: Intel, 12-ядерные Xeon, 2,2 ГГц + Xeon Phi
(16 тыс. узлов
по $2 \times 12 + 3 \times \underbrace{57}_{\text{Xeon Phi}}$ ядер).

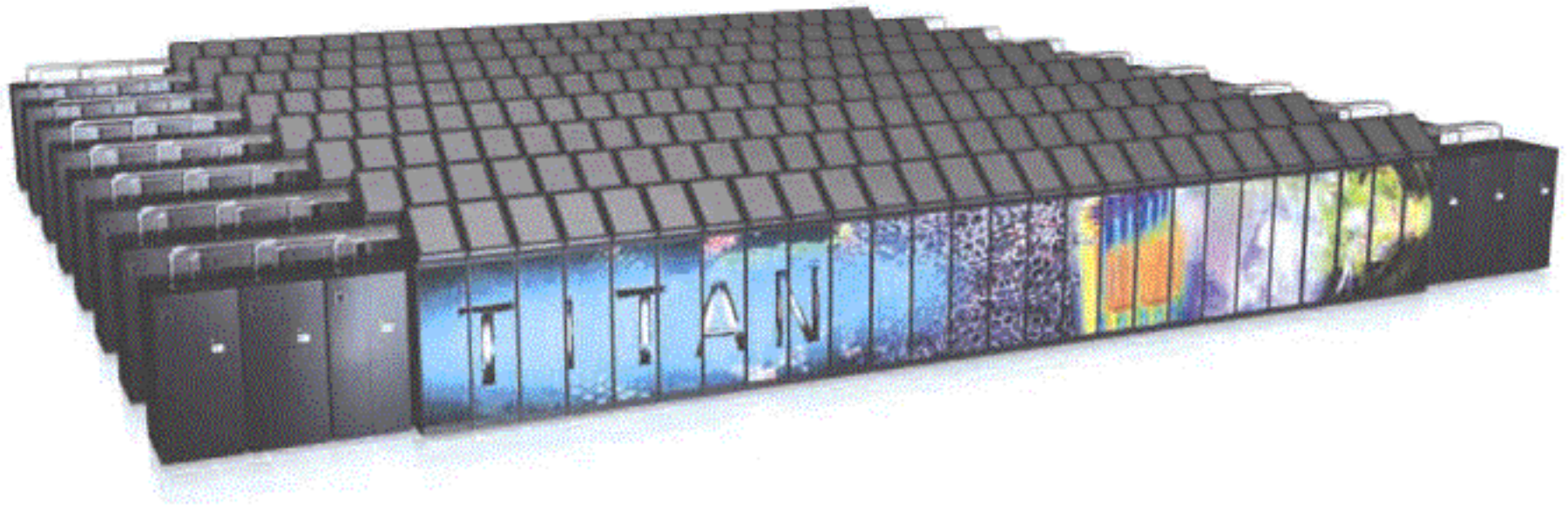
Память 1 РВ + 0,4 РВ;
внешняя память 12 РВ.

Площадь 720 м².



Cray XK7 «Titan», нояб. 2012 г.

Производительность **17,6 Pflops** (Linpack);
энергопотребление **8,2 МВт**; \$ **60** млн



~200 стоек; 35 тыс. 16-ядерных процессоров
Opteron AMD, 2,2 ГГц + графич. проц. NVIDIA

IBM «Sequoia» (Blue Gene/Q); 2012 г.

Производит. **16,3 Pflops** (Linpack); эн-потр. **8 МВт**;

96 стоек по 1024 процессора:

16-ядерные Power BQC; 1,6 ГГц;

память 1,6 PB (1 GB на ядро)



Распределение
супер-
компьютеров,
их суммарной
и наивысшей
производит.
по странам

- список Top 500
от 6.2014;
134 Tf/s–34 Pf/s

по 2 установки:
Испания, Польша,
Финлянд., Израиль,
Бельгия;
пп. 41, 176 – 430

| Дислокация | Колич. /собств. | Σ [Tf/s] | >1 Pf/s | верх. №№ | В 1-й сотне |
|-----------------|--------------------|----------|------------|-------------|----------------|
| 1. С Ш А | 232 /232 | 122 866 | 15 | 2,3,5 | 38 |
| 2. К и т а й | 76 /10 | 52 130 | 3 | 1,14 | 8 |
| 3. Я п о н и я | 30 /11 | 24 000 | 5 | 4,13 | 11 |
| 4. Великобрит. | 30 | 14 871 | 5 | 19 | 12 |
| 5. Франция | 27 /8 | 11 237 | 3 | 16 | 8 |
| 6. Германия | 22 /2 | 14 676 | 3 | 8,12 | 6 |
| 7. И н д и я | 9 /1 | 2 899 | – | 52 | 1 |
| 8. К а н а д а | 9 | 1 960 | – | 111 | – |
| 9. Корея Юж. | 8 | 2 113 | – | 137 | – |
| 10. Швейцария | 6 | 7 960 | 2 | 6,56 | 2 |
| 11. Австралия | 6 /1 | 2 472 | – | 38 | 2 |
| 12. И т а л и я | 5 | 5 537 | 2 | 11 | 3 |
| 13. Р о с с и я | 5 /4+2 | 2 046 | – | 42 | 1 |
| 14. Нидерлан. | 5 | 1 006 | – | 161 | – |
| 15. Сауд. Арав. | 4 | 1 982 | – | 45 | 3 |
| 16. Бразилия | 4 | 1 031 | – | 96 | 1 |
| 17. Ш в е ц и я | 3 | 813 | – | 95 | 1 |
| 18.Норвегия | 3 | 735 | – | 99 | 1 |
| Прочие 11 стран | 16 /1 | 3 769 | – | 41 | 1 |
| В с е г о | 500 | 274 Pf/s | 38 | 1 | 100 |

Поставщики суперкомпьютеров

Top 500 6.2014

| | |
|---------------------|------------|
| <u>С Ш А</u> | 443 |
| AtIpa Techn. | 1 |
| C r a y -25 | 50 |
| D e l l -2 | 8 |
| Н Р -52 | 182 |
| I B M -118 | 176 |
| I n t e l | 1 |
| O r a c l e -1 | 2 |
| Dell/Sun/IBM | 1 |
| H P/Wipro -1 | 1 |
| Self-made | 2 |
| S G I -9 | 19 |

| | |
|---------------------------|----------|
| <u>Я п о н и я</u> | 14 |
| Fujitsu -2 | 8 |
| Hitachi | 2 |
| Hitachi/Fuj. | 1 |
| N E C -1 | 2 |
| NEC/HP | 1 |

| | |
|-------------------------|----------|
| <u>К и т а й</u> | 10 |
| Dawning | 2 |
| IPE, Nvidia, Tyan | 1 |
| I n s p u r | 1 |
| NRCPCET | 2 |
| N U D T | 4 |

| | |
|---------------------------------|-----------|
| <u>А в с т р а л и я</u> | |
| Xenon Systems | 1 |
| <u>Б р а з и л и я</u> | |
| I t a u t e c | 2 |
| <u>Г е р м а н и я</u> | |
| Megware -2 | 4 |
| <u>И н д и я</u> | |
| Netweb Technol. | 1 |
| <u>Р о с с и я</u> | |
| РСК; Т-Пл. | 4 |
| <u>Т а й в а н ь</u> | |
| Acer Groop | 1 |
| <u>Ф р а н ц и я</u> | |
| B u l l -9 | 17 |
| <u>З ап. Е вро па</u> | |
| ClasterVis./Smic. | 2 |
| A d t e c h | 1 |

Суперкомпьютеры в списке Top 500 (6.2014)

Обновляемость: отсечено 117 позиций за 6 мес.

Суммарная производительность установок списка:
274 Pflops (год назад - 224 Pf/s, 2 года назад - 123 Pf/s);
доли ф-м *США*: IBM - 32%, HP - 16%, Cray - 18%, SGI - 11%,
Dell - 3%; ф-мы *Яп.* - 7%; *Фр.* Bull - 3%; ф-мы *КНР* - 15%.

Поставщики 443 устан. списка – фирмы *США*, в т.ч.:
IBM – 176 уст. (в т.ч. 143 – кластеры), HP – 182 класт.,
Cray- 50 (18 кл.), SGI-19 (15 кл.), Dell-8 кл.; *Фр.*-17; *Яп.*-14; *КНР*-10

Микропроцессоры фирм США использ. в 496 устан.:
Intel – 427, AMD – 31, IBM – 38 (BG/Q - 24, Power7 - 13).
413 уст. – на базе процессоров с 8–16 ядрами.
64 - с сопроц.: 43 - Nvidia; 16 - Xeon Phi; 2 - AMD. 35% п-д.

Кластеры: 428 установок, 64% суммарной производ.

Межпроц. сети: Inf-d – 223; G.Eth. – 127; 10 Gb.E. – 75 уст.

Энер-потр. >1 МВт ~ 40 уст. Эн-эф. средн. 0,7 Gf-s/Вт;
первые 20 уст. – сум. пр-д. 130 Pf/s, ср. эн-эф. 1,6 Gf-s/Вт

Суперкомпьютеры в России

//top50.supercomputers.ru

| 9.14-6.14 Top 50 500 | | Изготовитель, тип системы, микропроцессора и межпроцессорной сети; месторасположение | Ввод в дейст. гг. | Колич. проц. ядер | Производ. [Tflops] | | Энер- потр. кВт |
|----------------------------|-------|---|----------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------|-----------------------|
| | | | | | пик. | тест Linp-k | |
| 1 | 42 | Т-Платф.; Xeon; 2,9 ГГц+гр.пц; Inf-d; МГУ | 2009-13 | 82468 | 1700 | 901,9 | 2800 |
| 2 | (94) | НР; 8X-n 2,2 ГГц+гр.пц; Gig.Eth.; IT prov. | 2014 | 8250 | 569 | 409,0 | |
| 3 | 102 | МСЦ РАН, РСК; 8Xeon 2,9 ГГц+Phi; Inf-d | 2012 | 28704 | 524 | 375,7 | 220 |
| 4 | 129 | Т-Пл.; 10Xeon; 2,8 ГГц+гр.пц; Inf-d; МГУ | 2 014 | 6400 | 423 | 319,8 | |
| 5 | 156 | РСК; 6Xeon 3,3 ГГц+Phi; Inf-d, Юж.-Ур. ун. | 2012-13 | 28032 | 474 | 288,2 | 290 |
| 6 | (159) | Sup-mic. 8X-n; 2,2 ГГц+гр.пц; Inf-d; Н.Новг. ун. | 2011-13 | 29840 | 521 | 282,6 | |
| 7 | 378 | НР; 8Xeon; 2,2 ГГц; Gig. Eth.; IT prov. | 2012 | 18032 | 317 | 160,9 | |
| 8 | | МСЦ РАН, НР; 4Xeon; 3 ГГц+гр.пц; Inf-d | 2009-11 | 13004 | 228 | 119,9 | |
| 9 | | НР, Откр. т-л.; X-n+гр.пц; Inf-d; ИММ УрО | 2012 | 6184 | 226 | 109,9 | |
| 10 | | НР; 4Xeon; 3 ГГц; Inf-d; Курчат. ин-т | 2010 | 10304 | 124 | 101,2 | 1010 |
| 11 | | РСК; 4Xeon; 3,3 ГГц; Inf-d; Юж.-Ур. ун. | 2010 | 8832 | 118 | 100,4 | |
| 12 | | НР; 8Xeon; 2,6 ГГц; Gig.Eth.; IT prov. | 2012 | 7648 | 159 | 83,8 | |
| 13 | | РСК, МФТИ; 8Xeon; 2,9 ГГц; Inf-b-d | 2012 | 3584 | 83 | 70,1 | |
| 14 | | НР; 6Xeon; 2,7 ГГц+гр.пц; Inf-d; Курч. ин. | 2011-12 | 4320 | 134 | 69,6 | 700 |
| 15 | | Т-Пл.; 8X-n; 2,6 ГГц+гр.пц; Inf-d; СПб РАН | 2014 | 1680 | 107 | 65,5 | |
| 17 | | НР; 6X-n; 2,4 ГГц; G.Eth. Web Content Prov. | 2011 | 12024 | 115 | 59,9 | |
| 19 | | IBM; X-n; 2,5 ГГц; Gig. Eth.; гос.уч., Москва | 2011 | 8772 | 89 | 49,4 | |
| 20 | | Т-Платф.; Xeon; 2,9 ГГц; Inf-d; Томск. ун. | 2007-11 | 5424 | 62 | 47,9 | |
| 21 | | ИПС РАН, Т-Пл. 4X-n; 3 ГГц; Inf-d; ВЦ МГУ | 2008 | 5000 | 60 | 47,3 | 270 |
| 23-24 | | IBM; Xeon; 2,5 ГГц; Gig. Eth., банк, Москва | 2011 | 7920 | 80 | 44,6 | 210 |
| 25 | | IBM; 10X-n; 2,7 ГГц; Gig.Eth.; пром., Мос. | 2014 | 2030 | 52 | 41,6 | |
| 26 | | ИПМ РАН 6Xeon; 2,9 ГГц+гр.пц; Inf-d | 2010 | 3456 | 108 | 41,1 | |
| 34 | | РСК, 8Xeon; 2,9 ГГц; Inf-d; Росгидромет | 2012 | 1536 | 36 | 32,1 | |
| 43 | | IBM; BG/P Pow.PC450; 0,85 ГГц; ВМК МГУ | 2008 | 8192 | 28 | 23,9 | 60 |
| 46 | | НР; 6X-n; 3 ГГц; Inf-d; С.-В. ун., Якутск | 2011 | 1920 | 24 | 20,2 | |
| 50 | | НР; 6X-n; 3 ГГц+гр.пц; Inf-d; СПб унив. | 2011 | 1536 | 40 | 17,7 | |

«Ломоносов», НИВЦ МГУ, 2009-12 гг. 0,9 Pf/s



250 м²

2,8 МВт

78760 ядер; процессоры Xeon, 2,93 ГГц; Cell;
графические проц. Nvidia «Fermi»; сеть Infiniband



К-100

янв. 2011 г.



Производительность – **0,1** Pflops,
по тесту Linpack – **40** Tflops
Общая оперативная память – **6** TB
64 вычислительных узла

10 стоек

90 кВт

www.kiam.ru/MVS/resources/k100.html

Что ограничивает эффективность применений?

- задержки и ограниченная пропускная способность интерфейса «процессор-память», межпроцессорных коммуникаций и средств ввода-вывода;
- издержки со стороны операционной системы и коммуникационных программ, нарастающие с увеличением количества процессоров;
- трудности распараллеливания вычислений для полной загрузки обрабатывающих ресурсов, усугубляемые неоднородностью структур и средств;
- недостаточная поддержка параллельных вычислений со стороны языков программирования и др. средств;
- недооценка работ по анализу и оптимизации прикладных программ и потоков обработки.

Необходимы дальнейшие работы по созданию проблемно-ориентированных суперкомпьютеров.

Центры обработки данных

– от ВЦ коллективного польз. и систем «клиент-сервер»
к «облачным вычислениям» – **Cloud Computing**

❖ Традиционный Data Center –
Microsoft Dublin Datacenter

❖ 27,300 m²

❖ 22.2 Megawatt (final phase)

❖ Контейнерный Data Center –
Chicago Data Center

❖ 65,000 m²

❖ 60 Megawatt (final phase)

❖ Containers with up to 2500 servers



www.datacenterknowledge.com



Вопросы защиты информации и разграничения доступа

ПУТИ РАЗВИТИЯ СУПЕРКОМПЬЮТИНГА

Потребности и методы применений

1. Эволюция
– экстраполяция
предыдущ. 20 лет

2. Grid-технологии,
облачные
вычисления

3. Параллелизм
многих уровней
схемотехники
и программ

**Новые
гетерогенные
системы-сети**
Новая база

4. Сопроцессоры
– ускорители;
неоднород. струк.

5. Обработка
на базе
ПЛИС – FPGA

6. Специализация
на базе заказных
микросхем

Микро- и наноэлектронная база

Применения и база расширяются и обновляются,
но усложняются и дорожают.

Проявляются трудности и ограничения.

Необходимы новые подходы и решения.

1. *Воеводин В. В., Воеводин Вл. В.* Параллельные вычисления. – СПб: БХВ-Петербург, 2002. – 608 с.
2. *Корнеев В.В.* Вычислительные системы. – М.: Гелиос АРВ. 2004. – 511 с.
3. *Лацис А.О.* Параллельная обработка данных. – М.: Академия. 2010. – 336 с.
4. *Хорошевский В.Г.* Архитектура вычислительных систем. 2-е издание. – М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана. 2008. – 512 с.
5. *Левин В.К.* Этапы развития суперкомпьютеров.
http://www.computer-museum.ru/histussr/super_phase_0.htm
6. *Левин В.К.* Генезис и альтернативы развития высокопроизводительной вычислительной техники. (Электронный журнал). http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=28184&PAGEN_2=2
7. История отечественной электронной вычислит. техники. – М.: Издательский дом «Столичная энциклопедия». 2014. – 576 с. (Сборник очерков).
8. *Левин В.К.* Тенденции развития суперкомпьютеров. // Вычислительные нанотехнологии, 2014, № 1, с. 35–38