

A Evolução dos Computadores: do Ábaco ao ENIAC ao Sunway

Siang Wun Song
<song@ime.usp.br>

agosto de 2016

História da Computação - Ábacos antigos

- Ábaco da Mesopotâmia (2700 - 2300 A.C.)
- Ábaco romano (1.º século D.C.)

Source: Museo Nazionale Romano



Ábaco chinês

- Ábaco chinês 算盘
- Invento de Li Shou 隶首, oficial historiógrafo do imperador Huang-ti 黄帝 (2696 - 2598 a.C.).



Fonte: S. W. Song

- Acima temos a representação do número **2009**.

- Taboada para somar:

加法口诀

加数	不进位加		进位加	
	直加	满五加	进十加	破五进十加
一	一上一	一下五去四	一去九进一	
二	二上二	二下五去三	二去八进一	
三	三上三	三下五去二	三去七进一	
四	四上四	四下五去一	四去六进一	
五	五上五		五去五进一	
六	六上六		六去四进一	六上一去五进一
七	七上七		七去三进一	七上二去五进一
八	八上八		八去二进一	八上三去五进一
九	九上九		九去一进一	九上四去五进一

Fonte: Wikipedia

- Existem também taboadas para subtrair, multiplicar e dividir.

Ábaco chinês

Ábaco chinês aparece na mesa de um boticário na pintura
Along the River during the Qingming Festival (Século 12)



Fonte: Wikipedia

Ábaco chinês

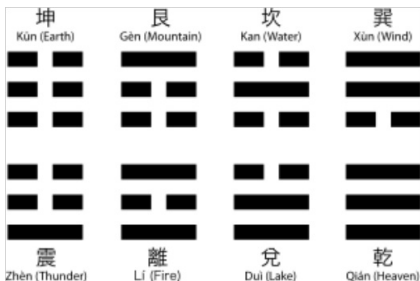
Ábaco chinês aparece na mesa de um boticário na pintura
Along the River during the Qingming Festival (Século 12)



Fonte: Wikipedia

Bagua e o sistema binário

- Durante a dinastia *Zhou* (ano 1.046 a.C. - 256 a.C.), o texto clássico *I Ching* (Livro das Mutações) tem como base o *Bagua* (oito trigramas), 八卦 baseado na numeração binária.
- O *Bagua* e os oito trigramas (3 bits):



Fonte: Wikipedia

Sessenta e quatro hexagramas

Sessenta e quatro hexagramas (6 bits):

六十四卦構成表

☷ (坤)	☶ (艮)	☵ (坎)	☴ (巽)	☳ (震)	☲ (離)	☱ (兌)	☰ (乾)	← 上卦 ↓ 下卦
11. 地天泰	26. 山天大有	5. 水天需	9. 風天小畜	34. 雷天大壯	14. 火天大有	43. 澤天夬	1. 乾为天	☰ (乾)
19. 地澤臨	41. 山澤損	60. 水澤節	61. 風澤中孚	54. 雷澤歸妹	38. 火澤睽	58. 兌為澤	10. 天澤履	☱ (兌)
36. 地火明夷	22. 山火贖	63. 水火既濟	37. 風火家人	55. 雷火丰	30. 離為火	49. 澤火革	13. 天火同人	☲ (離)
24. 地雷復	27. 山雷頤	3. 水雷屯	42. 風雷益	51. 震為雷	21. 火雷噬嗑	17. 澤雷隨	25. 天雷无妄	☳ (震)
48. 地風升	18. 山風蠱	48. 水風井	57. 巽為風	32. 雷風恒	50. 火風鼎	28. 澤風大過	44. 天風姤	☴ (巽)
7. 地水師	4. 山水蒙	29. 坎為水	59. 風水涣	40. 雷水解	64. 火水未濟	47. 澤水困	6. 天水訟	☵ (坎)
15. 地山謙	52. 艮為山	39. 水山蹇	53. 艮山漸	62. 雷山小過	56. 火山旅	31. 澤山咸	33. 天山遁	☶ (艮)
2. 坤為地	23. 山地剝	8. 水地比	20. 風地剝	36. 雷地豫	35. 火地晉	45. 澤地萃	12. 天地否	☷ (坤)

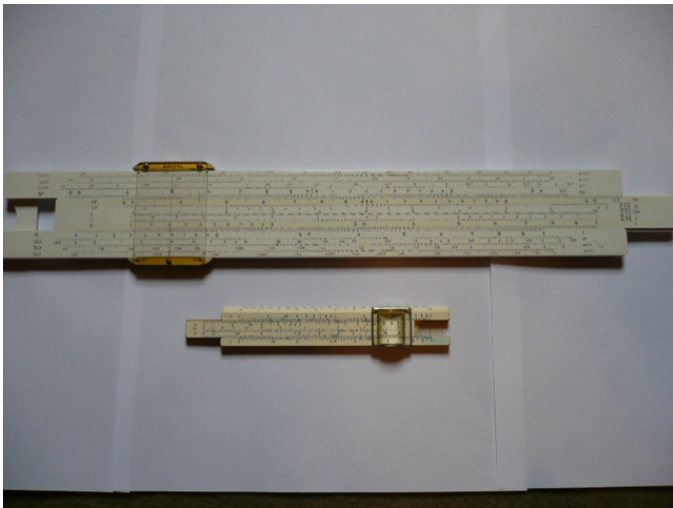
Fonte: Wikipedia

- *I Ching* era conhecido tanto como um oráculo como um livro da sabedoria.
- Baseado em *I Ching*, Leibniz (1703) desenvolveu a aritmética binária.

Régua de cálculo

- Régua de cálculo (Século 17) (baseado no logaritmo)

Source: S. W. Song



Geração 0 - “Computadores” mecânicos 1642 - 1945

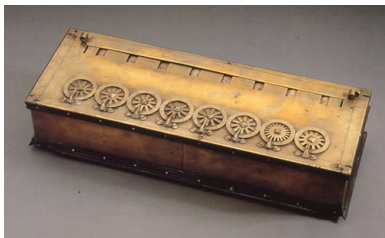
- Wilhelm Schickard - 1623

Source: Universität Tübingen



- B. Pascal - 1645

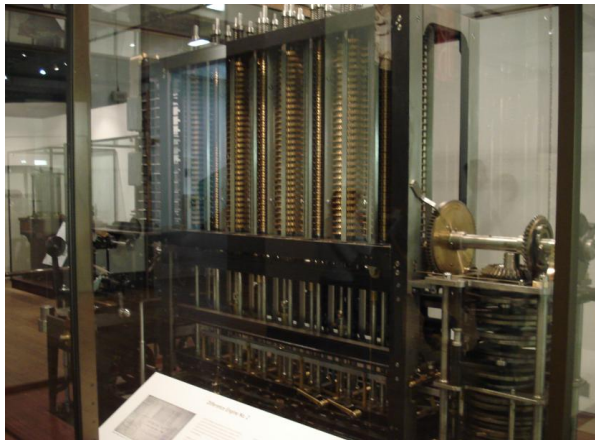
Source: Univ. of Vienna



Geração 0 Computadores mecânicos - Babbage

- Charles Babbage (1792-1871)
Difference Engine: executaria apenas um algoritmo (cálculo de tabela para navegação marítima)

Source: London Science Museum

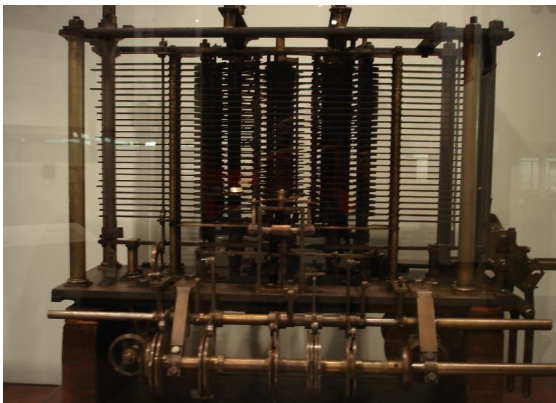


Geração 0 Computadores mecânicos - Babbage

- *Analytical Engine*: Máquina de uso geral, mas não ficou operacional. Tem 4 partes: armazenamento, computação, entrada, saída

Primeira programadora: Ada Lovelace.

Source: London Science Museum



Geração 0 Computadores mecânicos - MARK I (1944)

- H. Aiken: MARK I (1944)
Usava relés mecânicos - Ciclo de relógio de 0,3 segundos

Source: www.ibm.com



Geração 1 - Válvulas 1945 - 1955

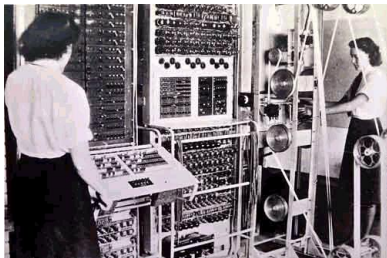
Source: S. W. Song



Geração 1 Válvulas - Colossus (1943)

- Colossus (1943):
Construído pelo governo britânico para decifrar mensagens codificadas por ENIGMA.

Source: Public Record Office, London



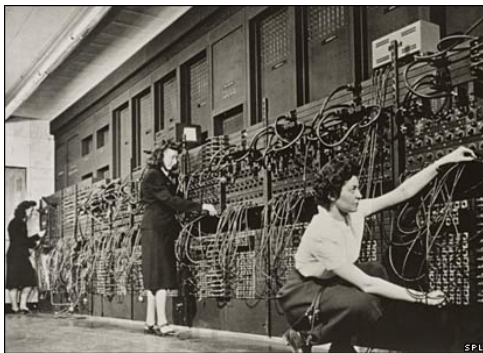
Source: London Imperial War Museum



Geração 1 Válvulas - ENIAC (1946)

- Mauchley e Eckert - U. Penn. (fundaram depois a UNIVAC).
- 18.000 válvulas - Programada por 6.000 chaves
- 30 toneladas - ciclo relógio 200 micro-segundos (5 KHz)

Source: British Broadcasting Corporation - BBC



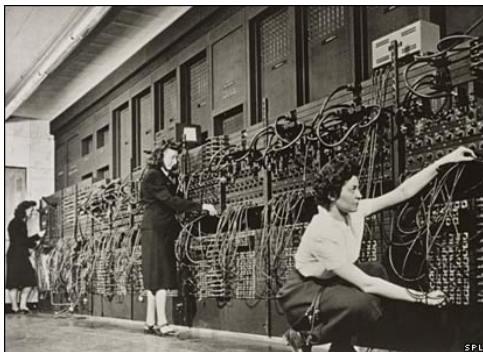
Hmmm, achei o erro! Aqui faltou um ponto-e-vírgula :-)



Geração 1 Válvulas - ENIAC (1946)

- Mauchley e Eckert - U. Penn. (fundaram depois a UNIVAC).
- 18.000 válvulas - Programada por 6.000 chaves
- 30 toneladas - ciclo relógio 200 micro-segundos (5 KHz)

Source: British Broadcasting Corporation - BBC



Hmmm, achei o erro! Aqui faltou um ponto-e-vírgula :-)



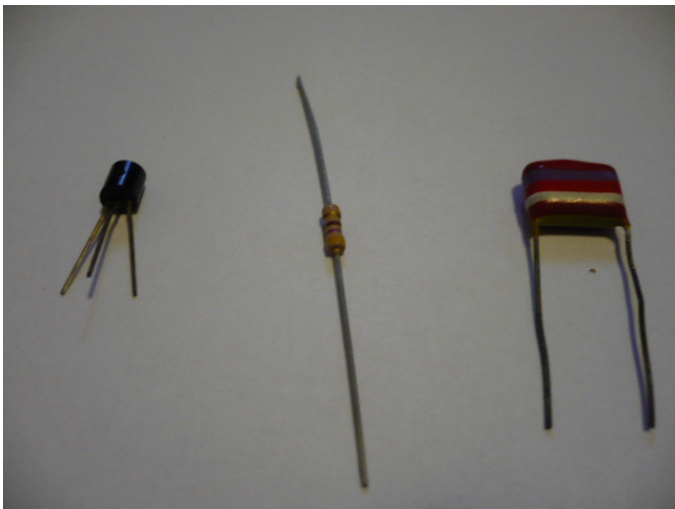
Geração 1 Válvulas - outras máquinas

- EDSAC (1949) - Wilkes
Primeiro computador com programa armazenado
- IAS (1952) - von Neumann
Arquitetura de von Neumann: usada até hoje
Consiste em: memória, processador, controle, entrada, saída
- IBM 701 (1953)
Primeiro de uma série de máquinas científicas

Geração 2 - Transistores 1955 - 1964

- Transistor, resistor, capacitor

Source: S. W. Song



Geração 2 - Transistores 1955 - 1964

- IBM 1620 - primeiro computador da USP (1962)
- Memória de ferrite de 100.000 bits (12,5 Kbytes)
- Entrada e saída por cartão perfurado.

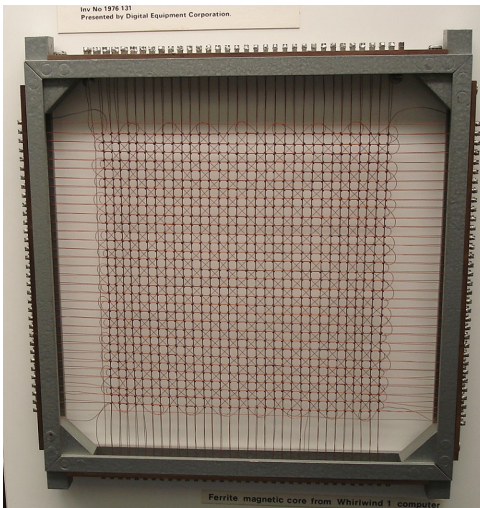
Source: IBM



Geração 2 - Transistores 1955 - 1964

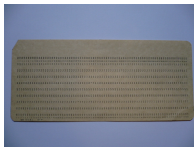
- IBM 1620 - primeiro computador da USP (1962)
- Memória de ferrite de 100.000 bits (12,5 Kbytes)

Source: Science Museum - London



Entrada por cartão

Source: S. W. Song



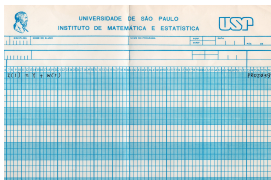
Source: Univ. Stuttgart



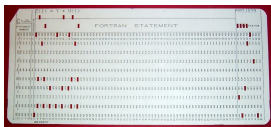
Procedimento complicado para rodar um programa

Início: Folha de codificação → cartão perfurado → Processamento em lote → Pegar resultado. Errou? Goto Início. (Você ainda tem $n := n - 1$ créditos para este EP :-)

Source: S. W. Song



Source: Wikipedia



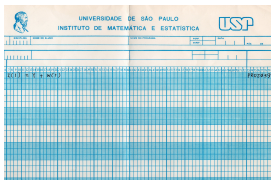
```
1      K=1
2      6  IF (K.EQ.11) GO TO 8
3      READ,I,J
4      IF (J.GT.I) GO TO 65
5      GO TO 66
6      65  WRITE(6,0002)J,I
7      0002 FORMAT(' ',I3,' IS GREATER THAN ',I3)
8      K=K+1
9      GO TO 6
10     66  WRITE(6,0001)I,J
11     6001 FORMAT(' ',I3,' IS GREATER THAN ',I3)
12     K=K+1
```



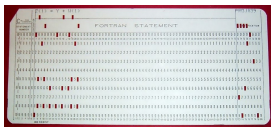
Procedimento complicado para rodar um programa

Início: Folha de codificação → cartão perfurado → Processamento em lote → Pegar resultado. Errou? Goto Início. (Você ainda tem $n := n - 1$ créditos para este EP :-)

Source: S. W. Song



Source: Wikipedia



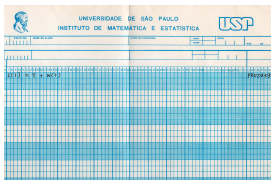
```
1      K=1
2      6   IF {K, EQ, 11} GO TO 8
3      READ, I, J
4      IF {J, GT, I} GO TO 65
5      GO TO 66
6      65  WRITE(6, 002) J, I
7      6002 FORMAT( ' ', I3, ' IS GREATER THAN ', I3 )
8      K=K+1
9      GO TO 6
10     66  WRITE(6, 001) I, J
11     6001 FORMAT( ' ', I3, ' IS GREATER THAN ', I3 )
12     K=K+1
```



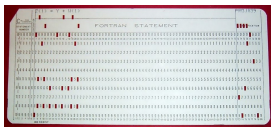
Procedimento complicado para rodar um programa

Início: Folha de codificação → cartão perfurado → Processamento em lote → Pegar resultado. Errou? Goto Início. (Você ainda tem $n := n - 1$ créditos para este EP :-)

Source: S. W. Song



Source: Wikipedia



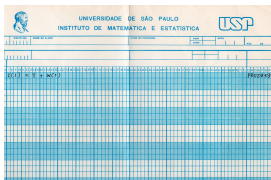
```
1      K=1
2      6  IF {K, EQ, 11} GO TO 8
3      READ, I, J
4      IF {J, GT, I} GO TO 65
5      GO TO 66
6      65  WRITE(6, 002) J, I
7      6002 FORMAT(' ', I3, ' IS GREATER THAN ', I3)
8      K=K+1
9      GO TO 6
10     66  WRITE(6, 001) I, J
11     6001 FORMAT(' ', I3, ' IS GREATER THAN ', I3)
12     K=K+1
```



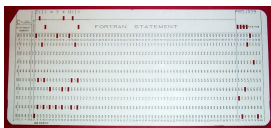
Procedimento complicado para rodar um programa

Início: Folha de codificação → cartão perfurado → Processamento em lote → Pegar resultado. Errou? Goto Início. (Você ainda tem $n := n - 1$ créditos para este EP :-)

Source: S. W. Song



Source: Wikipedia



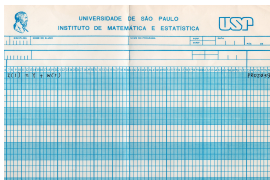
```
1      K=1
2      6  IF (K.EQ.11) GO TO 8
3      READ,I,J
4      IF (J.GT.1) GO TO 65
5      GO TO 66
6      65  WRITE(6,0002)J,I
7      6002 FORMAT(' ',I3,' IS GREATER THAN ',I3)
8      K=K+1
9      GO TO 6
10     66  WRITE(6,6001)I,J
11     6001 FORMAT(' ',I3,' IS GREATER THAN ',I3)
12     K=K+1
```



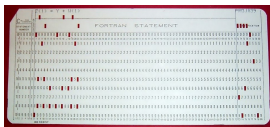
Procedimento complicado para rodar um programa

Início: Folha de codificação → cartão perfurado → Processamento em lote → Pegar resultado. Errou? Goto Início. (Você ainda tem $n := n - 1$ créditos para este EP :-)

Source: S. W. Song



Source: Wikipedia



```
1      K=1
2      6   IF (K.EQ.11) GO TO 8
3      READ,I,J
4      IF (J.GT.I) GO TO 65
5      GO TO 66
6      65  WRITE(6,002)J,I
7      6002 FORMAT(' ',I3,' IS GREATER THAN ',I3)
8      K=K+1
9      GO TO 6
10     66  WRITE(6,001)I,J
11     6001 FORMAT(' ',I3,' IS GREATER THAN ',I3)
12     K=K+1
```



Geração 2 - Transistores 1955 - 1964

- DEC PDP-1 (1960)
Primeiro mini-computador com 50 vendidos
- IBM-1401 (1961)
Pequeno computador comercial com enorme sucesso
- IBM-7094 (1962)
Computador para aplicações científicas
- Burroughs B-5000 (1963)
Projetada para linguagem de alto nível: Algol 60
- Control Data CDC-6600 (1964)
Uso de múltiplas unidades funcionais (precursor da arquitetura super-escalar?)

- Em 1958 Jack Kilby (da Texas Instruments) produziu o primeiro circuito integrado reunindo transistores, resistores e capacitores em uma pastilha de semicondutor.
- Jack Kilby recebeu o Prêmio Nobel em Física (2000).
- IBM-360 (1964)
Máquina microprograma
Primeira de uma família
- Digital PDP-8 (1965)
Primeiro mini-computador com grande venda (50.000 vendidos)
- Digital PDP-11 (1970)
Mini-computador de grande sucesso dos anos 70

Geração 4 - VLSI 1980 - hoje

- VLSI significa *Very Large Scale of Integration*, uma tecnologia de microeletrônica em que componentes eletrônicos minúsculos são implementados em silício.
- Essa tecnologia revolucionou a área, sendo responsável pelos avanços fantásticos que estamos presenciando até hoje.
- Suriram os primeiros computadores pessoais (final dos anos 70)
- Começaram com duas grandes famílias de processadores: Intel e Motorola.
- Processador numa só pastilha (*chip*) contendo milhões de transistores (e.g. Pentium 4 com 42 milhões de transistores).
- Em 2016: Intel 22-core Xeon Broadwell-EP com 7,2 bilhões de transistores.

Primeiro micro do IME-USP

- Prológica S700 (1982-1983)
Processador Z-80 (8 bits)
Emprestado por um ano ao IME - cortesia de um dos sócios da Prológica.



Segundo micro do IME-USP

- Scopus Nexus 1600 (1984): Processador Intel 8088 (16 bits), 8 MHz, 704 Kbytes RAM, 2 drives diskettes 5 1/4”
Comprado com verba FAPESP - mais de US\$ 10.000,00.

Source: Scopus



Meios de armazenamento

- Diskette flexível de 8" (175K) e diskette de 5¼" (360K).
- Diskette de 3½" (1,44M) e disco CD/DVD.

Source: S. W. Song



Evolução da Computação

- O Mark I tinha ciclo de 0,3 segundos; o ENIAC 200 micro-segundos
- Processador hoje: vários GHz - menos de um nanosegundo de ciclo
- Processador de hoje é 100.000.000 vezes mais rápido que Mark I
quase 1.000.000 mais rápido que o ENIAC
- Computação paralela usa um grande número de processadores, aumentando mais ainda o poder computacional.
- Lista TOP500 apresenta os 500 computadores mais velozes do mundo, com base no benchmark Linpack (sistema linear).
- Medida de desempenho em FLOPS (*Floating Point Operations per Second*): MFLOPS, GFLOPS, TFLOPS, etc.

Supercomputador número 1 da lista TOP500

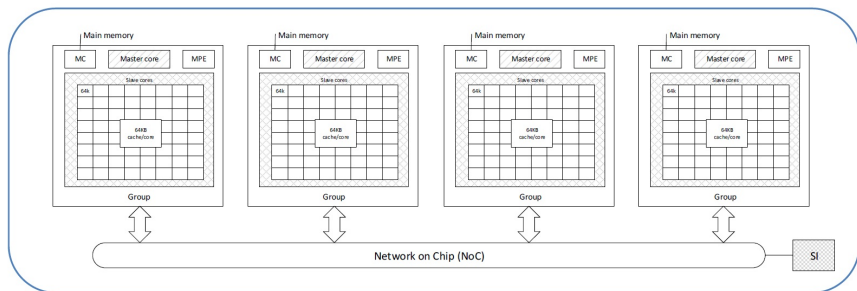
Em junho de 2016, o número 1 da lista TOP500 é o Sunway



Source: Jack Dongarra, Report on the Sunway TaihuLight System, June 2016

- Sunway TaihuLight (China)
- 40.960 nós SW26010 1,45 GHz cada um com 260 *cores*
- Total de 10.649.600 *cores*
- 1,31 PB (Peta bytes) de memória
- LINPACK 93,01 PFLOPS
- Velocidade de pico 125,43 PFLOPS

Sunway - Arquitetura de um nó SW26010



Source: Jack Dongarra - Report on the Sunway TaihuLight System - June 2016

- Um nó é composto por 4 grupos cada um com 8×8 cores mais um master core.
- Um nó tem um total de 260 cores, com velocidade de pico de 3 TFLOPS.

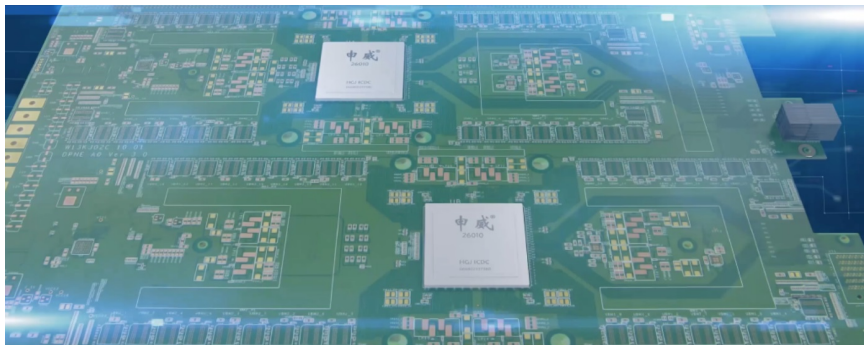
Sunway - Um nó SW26010



Source: Jack Dongarra - Report on the Sunway TaihuLight System - June 2016

- Um nó com 260 cores.
- Ao contrário do sistema TianHe que utilizou processadores da Intel, o processador SW26010 foi projetado pela Shanghai High Performance IC Design Center.

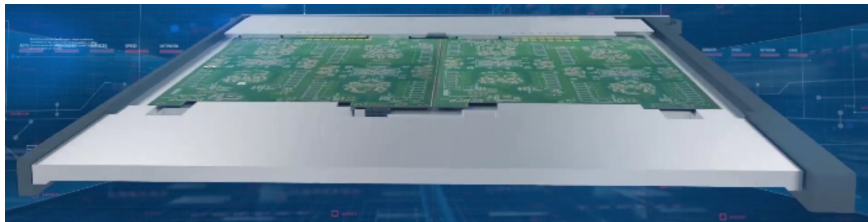
Sunway - Um cartão com 2 nós



Source: Jack Dongarra - Report on the Sunway TaihuLight System - June 2016

- Um cartão com 2 nós.
- $2 \times 260 = 520$ cores.

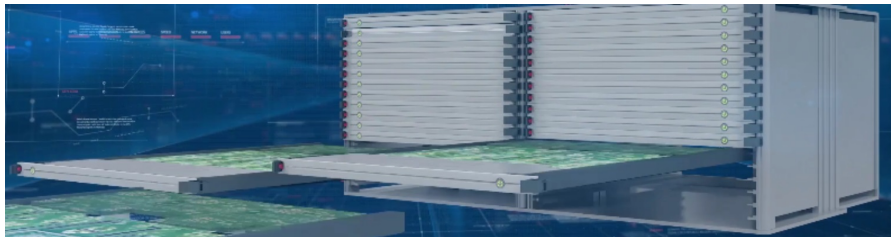
Sunway - Uma placa com 4 cartões



Source: Jack Dongarra - Report on the Sunway TaihuLight System - June 2016

- Uma placa com 4 cartões, 2 em cima e 2 em baixo.
- $4 \times 520 = 2.080$ cores.

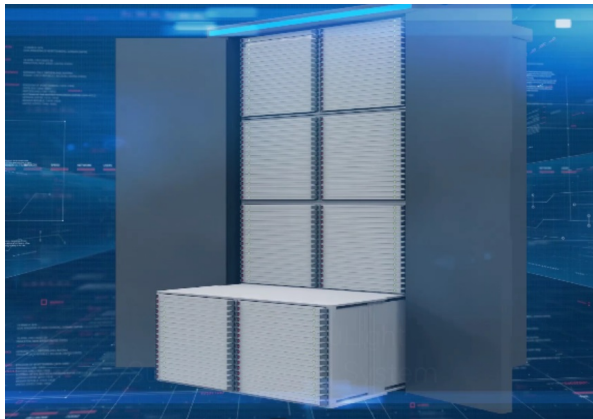
Sunway - Um supernó com 32 placas



Source: Jack Dongarra - Report on the Sunway TaihuLight System - June 2016

- Um supernó com 32 placas.
- $32 \times 2.080 = 66.560$ cores.

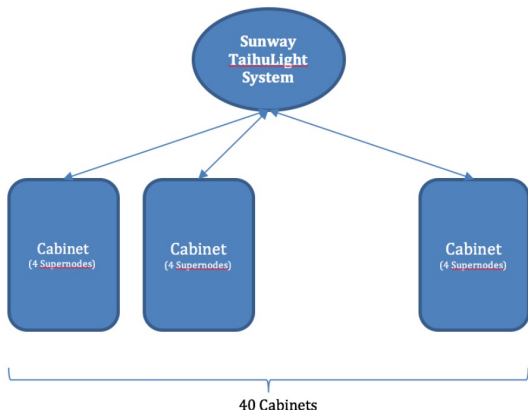
Sunway - Um gabinete com 4 supernós



Source: Jack Dongarra - Report on the Sunway TaihuLight System - June 2016

- Um gabinete com 4 supernós.
- $4 \times 66.560 = 266.240$ cores.

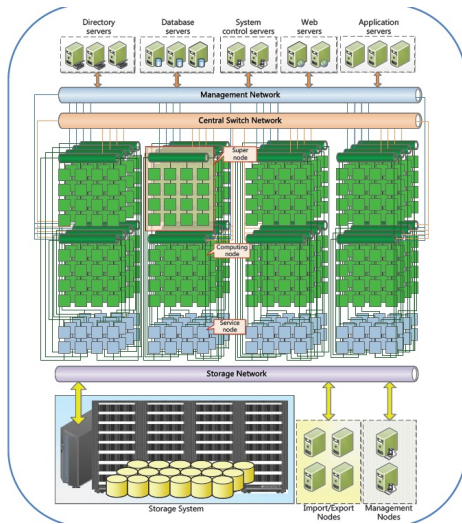
Sunway - Sistema completo com 40 gabinetes



Source: Jack Dongarra - Report on the Sunway TaihuLight System - June 2016

- O Sunway sistema com 40 gabinetes.
- $40 \times 266.240 = 10.649.600$ cores.

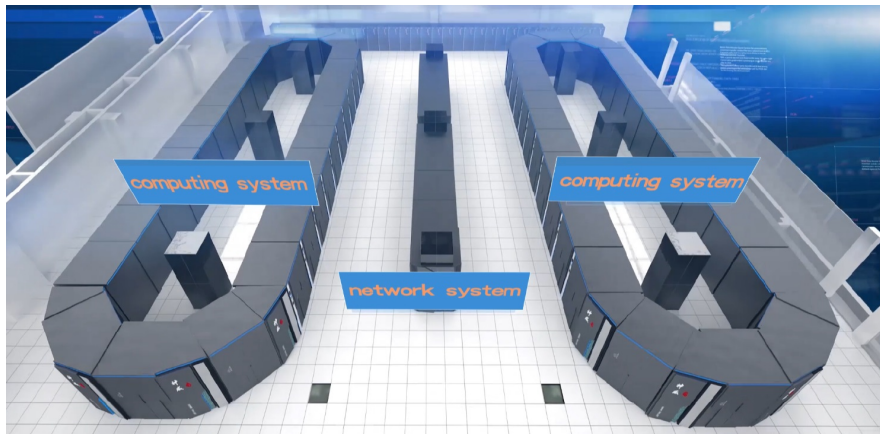
Sunway - Arquitetura



Source: Jack Dongarra - Report on the Sunway TaihuLight System - June 2016



Sistema Sunway



Source: Jack Dongarra - Report on the Sunway TaihuLight System - June 2016

O que vem depois ?

- Depois de PFLOPS vem EXAFLOPS.
- Em que ano chegaremos à era *EXA Computing*?
- E depois da computação VLSI com Silício, que novas tecnologias virão?

*Computers are incredibly fast, accurate, and stupid;
humans are incredibly slow, inaccurate and brilliant;
together they are powerful beyond imagination.*

- Albert Einstein