



**DESARROLLO Y RETOS
EN LA ARQUITECTURA
DE COMPUTADORES**
Dr. Alberto Prieto
Departamento de Arquitectura y
Tecnología de Computadores (UGR)



I.E.S Zaidín Vergeles
30 de abril de 2019, 10 horas
Salón de Usos Múltiples

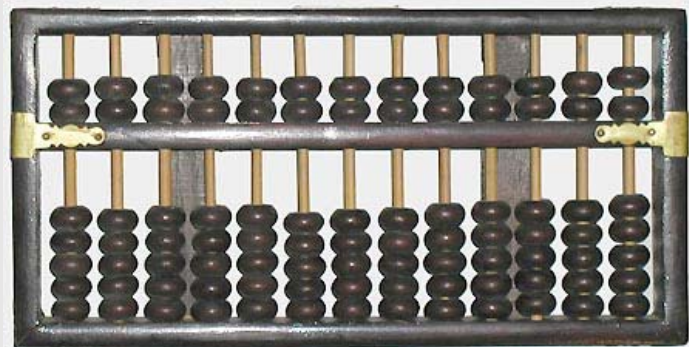
DESARROLLO HISTÓRICO



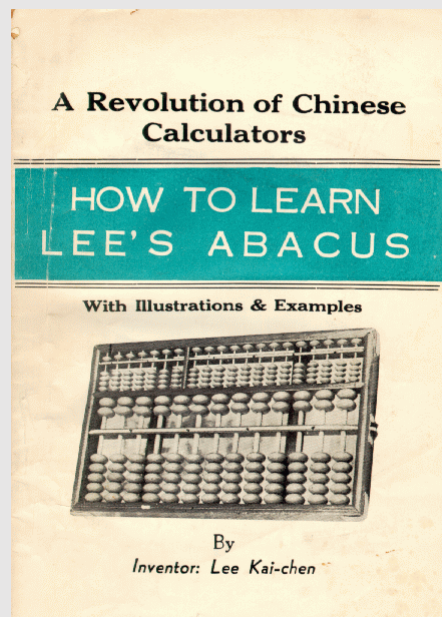
- Desde la antigüedad el hombre ha tratado de reducir al máximo su trabajo físico o intelectual.
- El desarrollo de la aritmética ha ido acompañado de la invención de instrumentos o máquinas para automatizar los procesos de cálculo.
- La informática, desde sus inicios, puede considerarse como la herramienta o ayuda más efectiva para facilitar el cálculo.

Desarrollo de ayudas para hacer cálculos.

- En el valle entre el Éufrates y Tigris: ábaco (3000 AC):
 - Ranuras en una tabla de arena, y piedras ("cálculus")
 - Hilos en los que se insertaban piedras o huesos.
 - Ábaco chino moderno:



- Libro de 1955



Dificultades en los cálculos hasta el Siglo XVI

- El ábaco se utiliza en Europa hasta el Siglo XVIII (se introduce en China hacia el 1200, Corea en 1400 y en Japón 1600).
- Sólo personas extraordinariamente cultas sabían calcular
- **Manuscrito anónimo de época de la reina Elizabeth, 1570:**
 - La multiplicación es una vejación,
 - la división es un mal
 - la regla de tres es un rompecabezas,
 - y utilizarlos me vuelven loco

Primeras herramientas de ayuda al cálculo

- **John Napier (Edimburgo, 1550-1617)**
 - Tablillas de Napier
 - inventó los logaritmos, para ayuda del cálculo (se puede multiplicar haciendo sumas)

Julio 1614



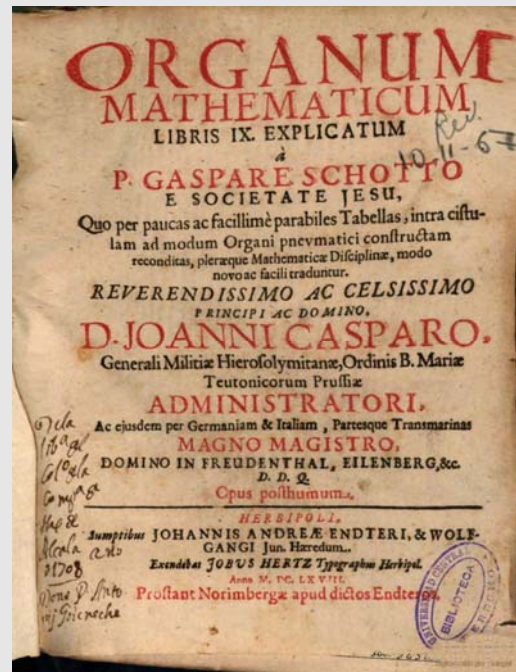
Primeras herramientas de ayuda al cálculo

- **Edmund Gunter (1620) (Prof. Astronomía del Gresham College de Londres)**
 - Cuadrante de Gunter, herramienta astronómica y de cálculo, precursora de la regla de cálculo
- **William Oughtred (1574?-1660) (matemático y clérigo inglés)**
 - Inventó la regla de cálculo



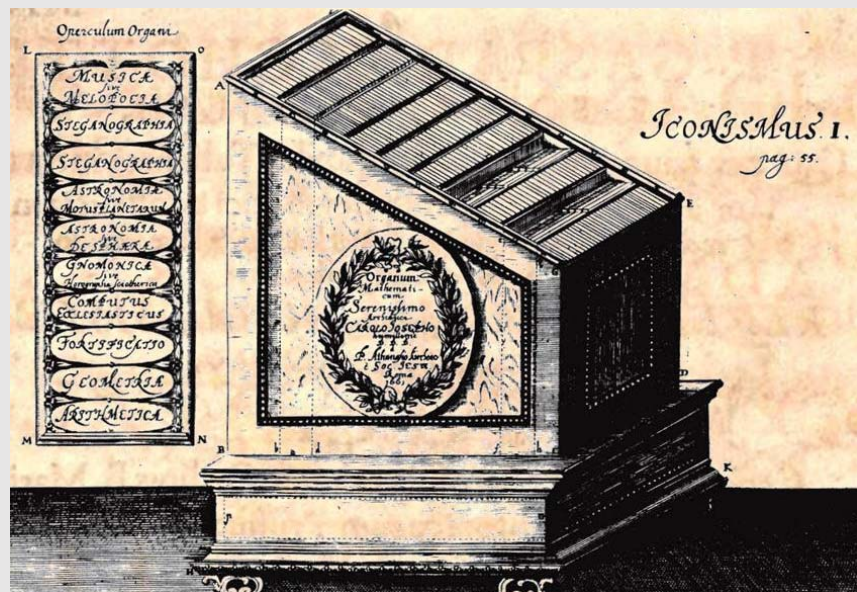
Órgano matemático de Gaspard Schott (1668)

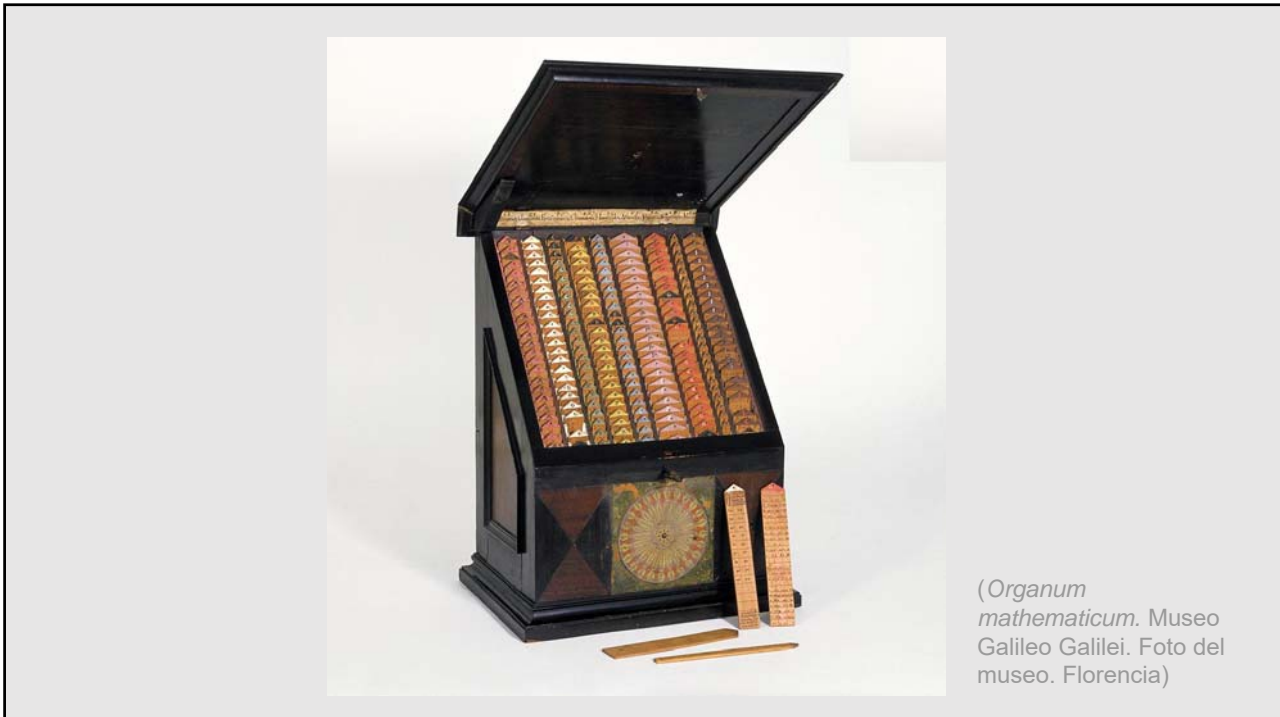
El P. Schott publicó un detallado manual de casi mil páginas sobre como construir y utilizar una arqueta aplicable a nueve disciplinas matemáticas (*libris IX explicatum*): Aritmética, Geometría, Fortificación, Cronología, Horolografía (Gnomónica), Astronomía, Astrología, Esteganografía (Cifrado) y Música.



• AYUDAS (tablas, parámetros, etc.) para:

- Aritmética (tablillas de Napier)
- Geometría
- Fortificaciones
- Calendario
- Astronomía
- Obras públicas (construcción de canales)
- Música (composición)





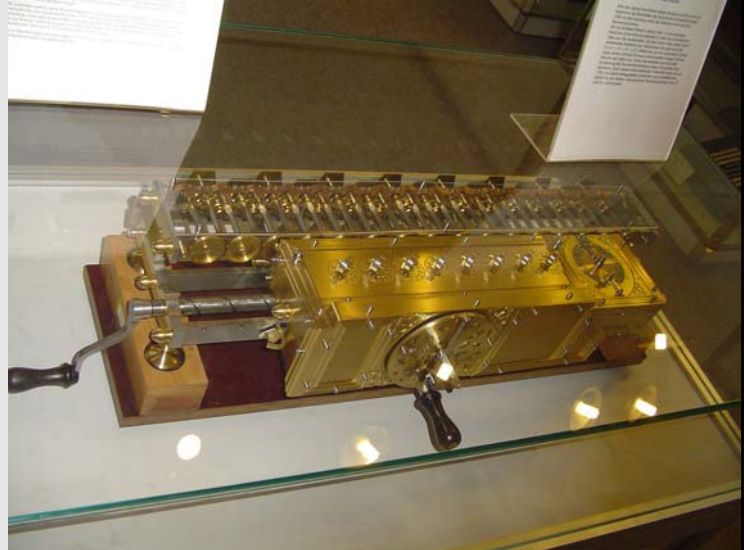
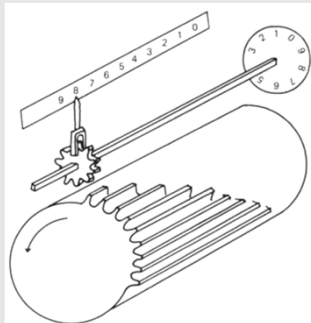
Blaise Pascal (1642)

- Calculadora mecánica para + y - (ruedas dentadas y engranajes).



Gottfried W. Leibnitz (Leipzig, 1646-1716)

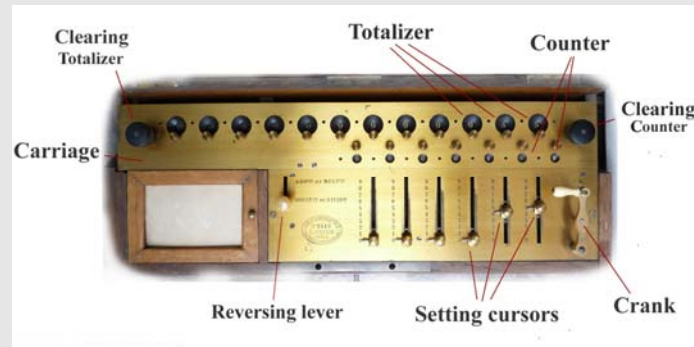
- Calculadora mecánica para +, -, x, / (cilindro de Leibnitz)
- Investigó la aritmética binaria. Sentó las bases de la lógica simbólica.



Primera calculadora mecánica de sobremesa

- Charles Xavier Thomas de Colmar (Francia)
 - comercializó la primera calculadora de sobremesa, perfeccionando las ideas de Pascal y Leibnitz: Arithmometer de Thomas (inicio de la década de 1820).





Addition

One moves cursors on the scale 0 to 9 to set a desired value. When crank is subsequently turned once, magically the same number appears in totalizer windows! To add a number to the one already registered, there is nothing simpler. We move again cursors to a new desired value and turn crank around again, we can now see total in totalizer windows.

Multiplication

Multiplication is nothing more than sum of additions! 2012×3 is $2012 + 2012 + 2012$. It is sufficient, after setting cursors to position 2012, to turn around 3 times the crank, and the result is here! If the multiplier has multiple digits (e.g. 23) we will start using carriage. One can turn around the crank 23 times, but this can be done faster. The best is to work with decimal positions. **No! No! Do not stop now!** We will take care of the units (3) and then tens (20). **First** we will turn around three times the crank, this is already done, and then we will shift the movable carriage right and turn around twice the crank. Counter will show **23** and totalizer will show **46276**.

Subtraction / Division

Positioning reversing lever simply allows turning totalizer in opposite direction. Yes! We can say that division is also sum of subtractions!!!



Piano matemático desarrollado por Thomas para la Exposición de París de 1855.
(Obtuvo un premio por ello)

Maquina de diferencias

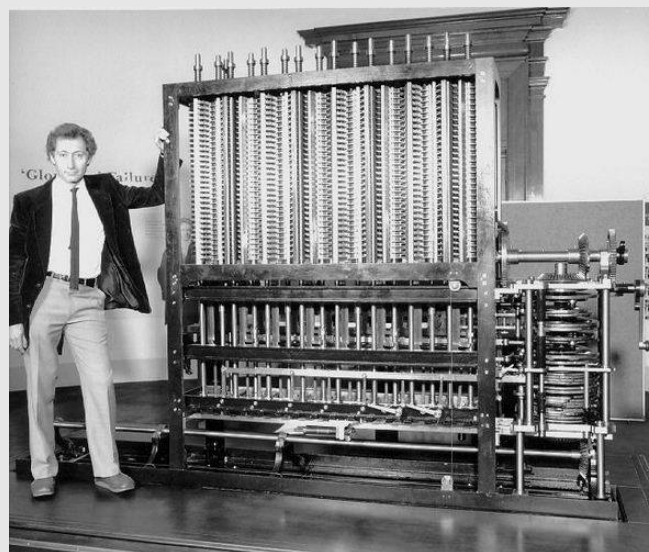
- Charles Babbage (1791-1871)
 - Máquina de diferencias (para hacer tablas matemáticas, evaluación de polinomios por el método de diferencias finitas)



Máquina analítica

- Charles Babbage (1791-1871)
 - Unidades: almacén, taller, muela, tablillas perforadas (telares de Jacquard, 1801). Computación de uso general. Encadenamiento automático de secuencias por medios mecánicos.

V6xV2



taller



- **George Boole (1815-1864)**

- Asoció el álgebra binaria con el proceso de razonamiento (1854). Operaciones lógicas, 0:falso, 1:verdad,... (bases del diseño de circuitos electrónicos binarios y de la actual Lógica formal)

- **Herman Hollerit (1880)**

- Tabuladora de tarjetas perforadas (1890 censo de USA en 3 años).

- **Leonardo Torres Quevedo (1852-1936)**

- 1893: propone una máquina electromecánica basada en las ideas de Babbage.

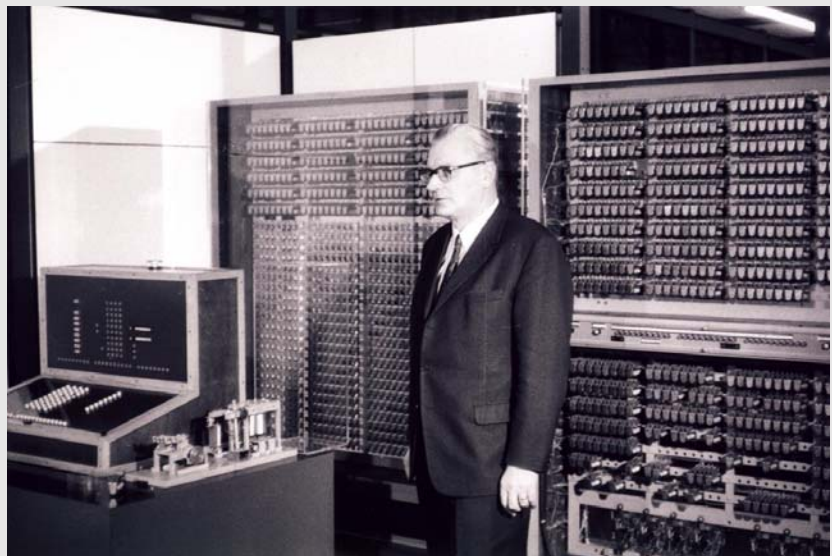
La “dupla” Brunsviga



- Esta calculadora mecánica de sobremesa fue de las más utilizadas, desde 1885 hasta la década de 1950 (hasta 1912 se vendieron 20.000)

K. Zusse (Berlín, 1939 a 1943)

- Construye computadores electromecánicos para cálculos aeronáuticos (En la imagen la Z3)



- **Howard T. Aiken (1900-1973). Unv. Harvard**

- 1944: Concluye la Mark I, computador electromecánico (relés) (x: 6s: /:12s). Instrucciones en cinta de papel. 15 años de uso

- **Claude E. Shannon (MIT)**

- Aplicó el Álgebra binaria de Boole al diseño de circuitos de conmutación.

- **1940: John Atanasoff, (Iowa State College) y Clifford Berry**

- construyeron (sin concluir) la ABC de uso específico (resolver sistemas de ecuaciones lineales) utilizando válvulas electrónicas

- **1943 Alan Turing (1912-1954)**

- desarrolló en Bletchley Park (Inglaterra) una serie de máquinas electrónicas programables ("Colossus) para descifrar los códigos alemanes.

- **1940: John Atanasoff, (Iowa State College) y Clifford Berry**

- construyeron (sin concluir) la ABC de uso específico (resolver sistemas de ecuaciones lineales) utilizando válvulas electrónicas

- **1943 Alan Turing (1912-1954)**

- desarrolló en Bletchley Park (Inglaterra) una serie de máquinas electrónicas programables ("Colossus) para descifrar los códigos alemanes.

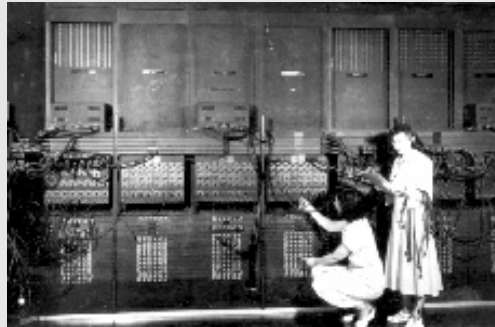
ENIAC

■ 1945: John Mauchly y Presper Eckert

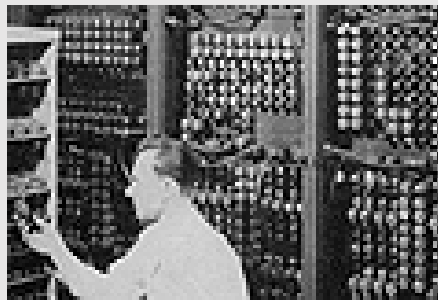
- terminan el ENIAC, primer computador de uso general (18.000 válvulas y 1.500 relés; 300 opera./seg, 30Tm). Univ. Pensylvania.
- Tarjetas perforadas, 1 multiplicador, 1 divisor, Raíz cuadrada, 20 sumadores
- Construida para hacer tablas balísticas



ENIAC: Cableando un programa, en los paneles de control



ENIAC: Sustitución de uno de los 18000 tubos de vacío



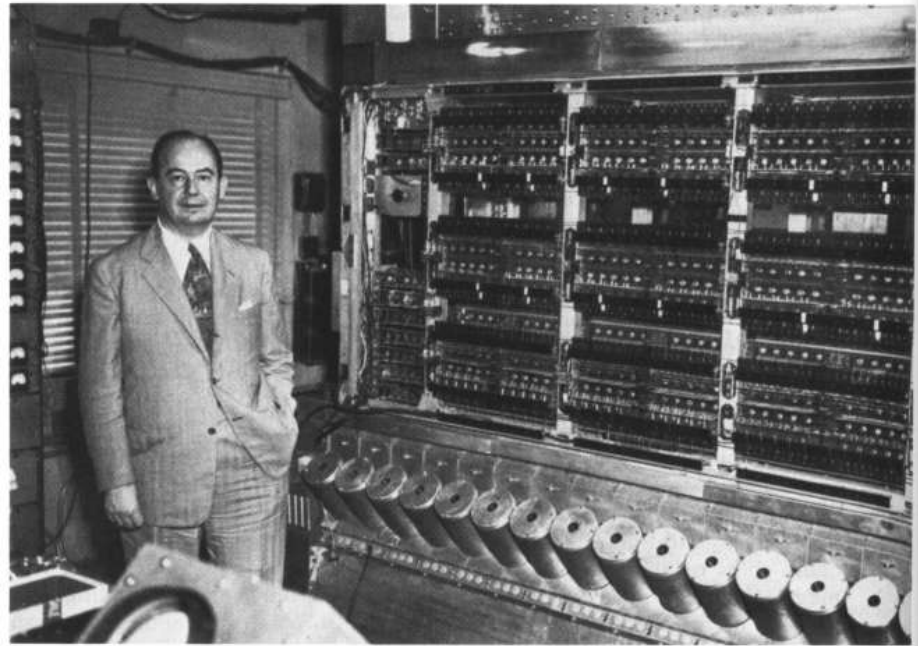
• John von Neumann (1903-1957)

- Contribuyó a la sistematización de la lógica.
- Publica un trabajo en 1945 con el concepto de programa almacenado (idea de Turing y Eckert y Mauchly???)
- Intervino en el diseño del EDVAC: concepto de programa almacenado en memoria, junto con los datos. Noción de secuenciamiento de operaciones elementales. Utilización de aritmética binaria.

• 1945 Wilkes (Universidad de Cambridge)

- adelantándose al EDVAC, construye el EDSAC, **primer computador con programa almacenado**
- Concepto de microprogramación

- Foto de von Neumann con el IAS (construido con ayuda de Turing). Memoria con tubos CRT Williams. Con 40 tubos se dispone de 1024 palabras de 20 bits.

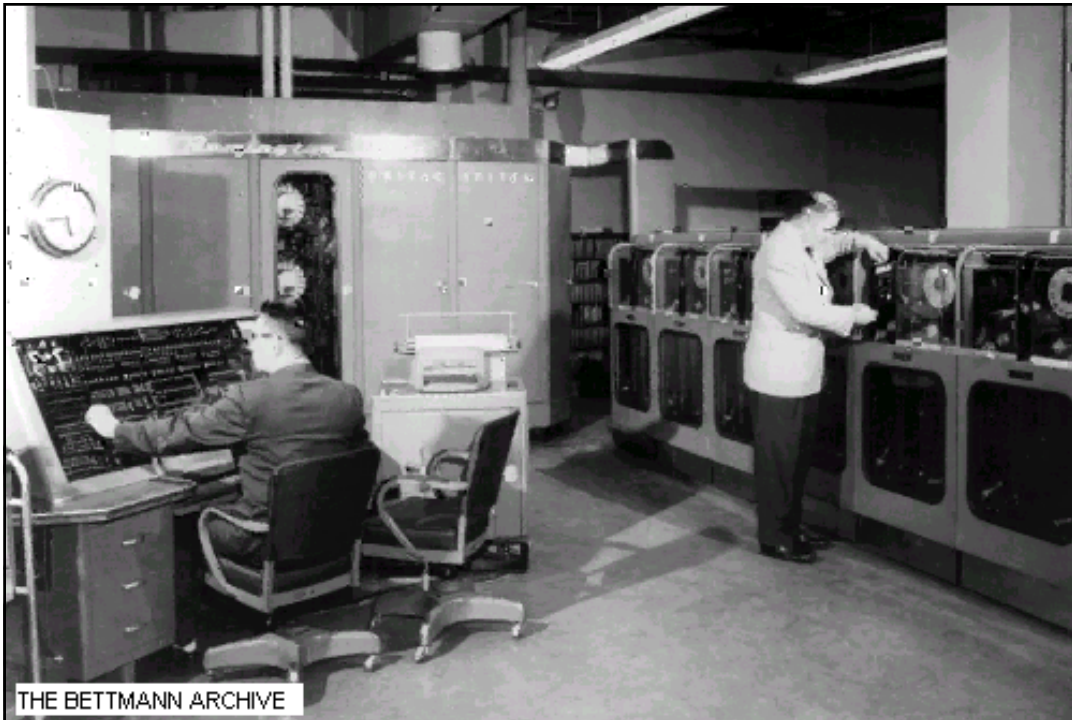


El primer computador comercial

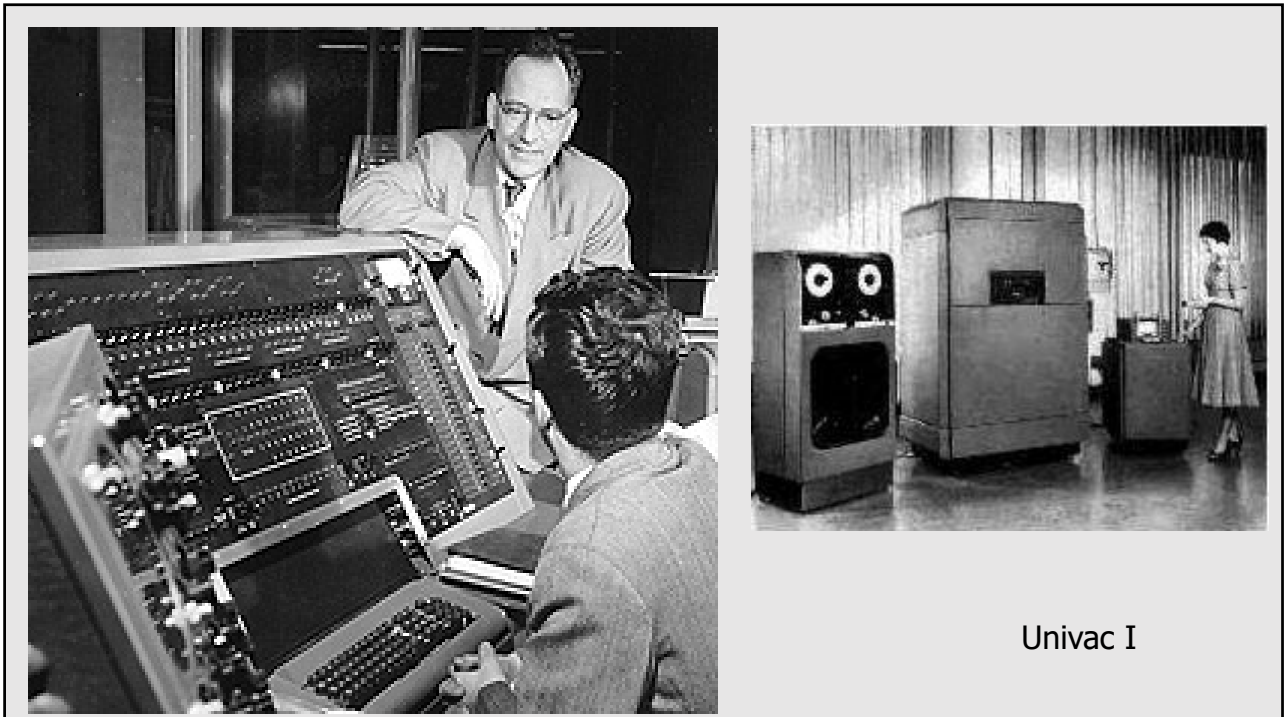
- Eckert y Mouchly crean su propia empresa, construyen el BINAC (se arruinaron: costo, \$240.000; encargo: 100.000 equipos).
- 1951: UNIVAC I, primer computador comercializado (1000 operaciones/seg). (se vendieron 43 hasta 1957)
 - Encargado por la oficina de censo de USA, entregado el 31 Marzo 1951
 - Desarrollada por Eckert y Mauchly en Remington- Rand (Sperry-Rand)
 - Usaban líneas de retardo de mercurio como memoria: 1000 palabras de 11 dígitos decimales, acceso 222 μ s
 - Unidades de cinta magnética



Univac I
(1951)



Univac I



Evolución de los computadores

- Cada vez se van consiguiendo computadores más:

- potentes,
- pequeños,
- baratos, y
- fiables

- Debido a la evolución de la

- Arquitectura de los computadores, y de la
- Tecnología (Electrónica, etc.): válvulas → transistores → CI

Tiempo de ejecución de un programa:

$$t = NI \times NCI \times T$$

Arquitectura

Tecnología

NI: Nº de instrucciones que se ejecutan

NCI: Nº media de ciclos por instrucción

T: Periodo

- Generaciones de computadores:

Las 4 generaciones de computadores

- PRIMERA GENERACIÓN DE COMPUTADORES (1945-1957)

- utilización de válvulas electrónicas, memorias de líneas de retardo (mercurio,...)
- hasta 1949: lenguajes máquina. Desde 1950 lenguajes simbólicos (ensambladores).
- 1954: FORTRAN (FORmula TRANslator) (John Backus).

- SEGUNDA GENERACIÓN DE COMPUTADORES (1959-1964)

- utilización de transistores, memorias de ferrita.
- 1960: COBOL (Common Business-Oriented Language) (Grace Hopper)

Las 4 generaciones de computadores

• TERCERA GENERACIÓN DE COMPUTADORES (1965-1970)

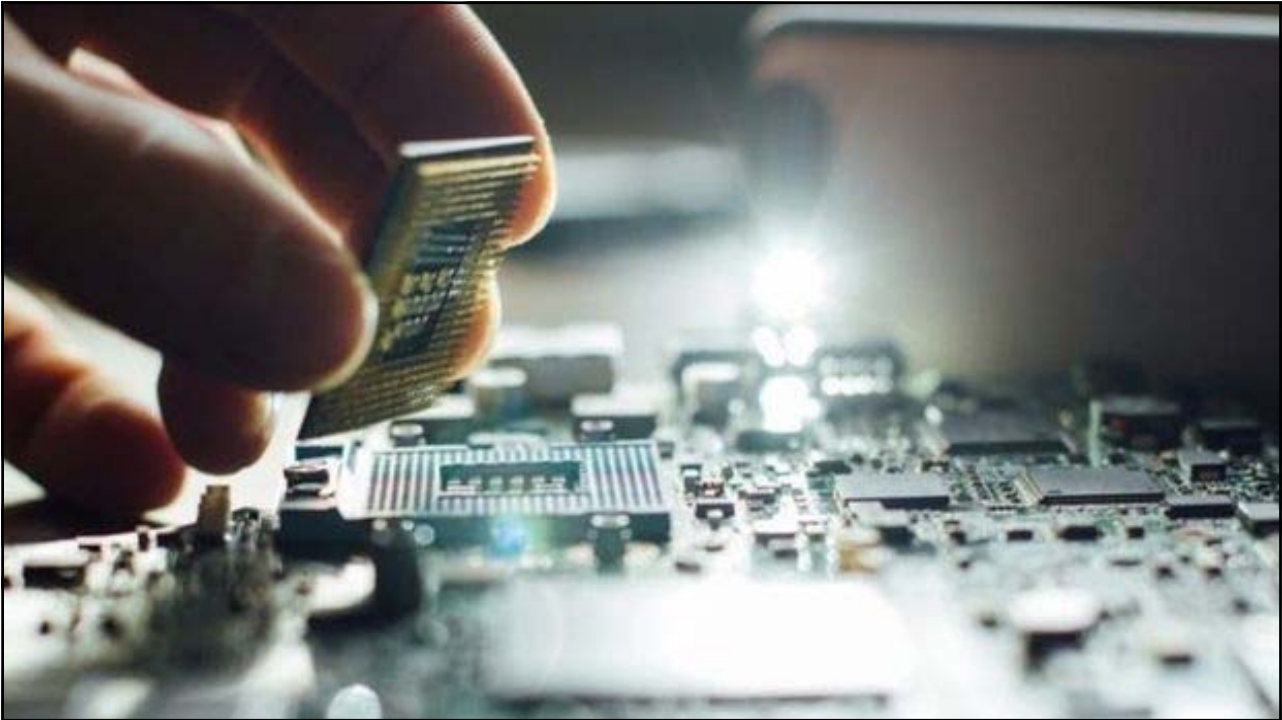
- utilización de circuitos integrados, memorias semiconductoras.
- 1970: Pascal (Niklaus Wirth)
- Grandes computadores atendiendo muchos terminales trabajando con colas de trabajos remotos o locales.

• CUARTA GENERACIÓN DE COMPUTADORES (1971- ...)

- Circuitos integrados LSI y VLSI, memorias semiconductoras.
- Microprocesadores y microcontroladores. (1981: IBM-PC)
- Procesamiento paralelo
- Lenguajes declarativos, y orientados a objetos
- Sistemas informáticos distribuidos (copartición de recursos).
- Dominio de ciertos SO: MS y UNIX

Las 4 generaciones de computadores

Años	Gener.	Tecnología	Veloc.	Hardware	Software	Ejemplos
1946-58	1ª	Tubos de vacío; memorias de retardo de Hg.; memorias CRT	ms	Aritmética de punto fijo	L. máquina; L. ensambladores	UNIVAC I; NCR 102 IBM 702 IBM 650
1959-63	2ª	Transistores; ferritas; discos magnéticos	µs	Aritmética expo. Registros índices Proc. de E/S	LANs; Bibliotecas de subrutinas; Monitores batch	IBM 7094 UNIVAC 1004 IBM 1620 CDC 1604
1964-70	3ª	C.I. (SSI y MSI)	ns	µprogramación segmentación memorias caché	Multiprogramación Multiprocesamiento Memoria virtual	Amdahl, PDP-8 IBM 360, 370 UNIVAC 1108
1971-	4ª	C.I. (VLSI)	ns	µprocesadores µcontroladores Arquitecturas RISC, Paralelismo,...	L. declarativos L. orientados a objetos; Menús; iconos,...	PCs (8088,...) WorkStation



TOP500 List - November 2018

Giga: 10^9 ; mil millones

Tera: 10^{12} ; un billón

Peta: 10^{15} ; mil billones

Exa: 10^{18} ; un trillón

Rank	Site	System	Cores	Rmax (TFlop/s)	Rpeak (TFlop/s)	Power (kW)
1	DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	Summit - IBM Power System AC922, IBM POWER9 22C 3.07GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband IBM	2,397,824	143,500.0	200,794.9	9,783
2	DOE/NNSA/LLNL United States	Sierra - IBM Power System S922LC, IBM POWER9 22C 3.1GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband IBM / NVIDIA / Mellanox	1,572,480	94,640.0	125,712.0	7,438
3	National Supercomputing Center in Wuxi China	Sunway TaihuLight - Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway NRCCPC	10,649,600	93,014.6	125,435.9	15,371
4	National Super Computer Center in Guangzhou China	Tianhe-2A - TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692v2 12C 2.2GHz, TH Express-2, Matrix-2000 NUDT	4,981,760	61,444.5	100,678.7	18,482
5	Swiss National Supercomputing Centre (CSCS) Switzerland	Piz Daint - Cray XC50, Xeon E5-2690v3 12C 2.6GHz, Aries interconnect, NVIDIA Tesla P100 Cray Inc.	387,872	21,230.0	27,154.3	2,384
6	DOE/NNSA/LANL/SNL United States	Trinity - Cray XC40, Xeon E5-2698v3 16C 2.3GHz, Intel Xeon Phi 7250 68C 1.4GHz, Aries interconnect	979,072	20,158.7	41,461.2	7,578

Summit (IBM AC922)

- June 8, 2018. El Laboratorio Nacional Oak Ridge del Departamento de Energía de los Estados Unidos presentó hoy a Summit como la supercomputadora científica más poderosa e inteligente del mundo.
- El sistema IBM AC922 consta de 4,608 servidores de cómputo, cada uno con dos procesadores IBM Power9 de 22 núcleos y seis aceleradores de la unidad de procesamiento de gráficos NVIDIA Tesla V100, interconectados con la banda InfiniBand de doble carril Mellanox EDR 100Gb / s.

Summit's specs

Peak Performance: 200 Pflops
Number of Nodes: 4,608
Memory per Node: 512 GB DDR4 + 96 GB HBM2
NV memory per Node: 1600 GB
Total System Memory:
 >10 PB DDR4 + HBM2 + Non-volatile
Processors:
 9,216 IBM Power9 CPUs
 27,648 Nvidia Volta V100 GPUs
File System:
 250 PB IBM Spectrum Scale GPFS 2.5 TB/s
Power Consumption: 13 MW
Interconnect: Mellanox EDR 100G InfiniBand
Operating System:
 Red Hat Enterprise Linux (RHEL) version 7.4

¿Para qué sirve el Summit?

- **Investigaciones en energía**
- **Seguridad nacional**
- **Física de alta energías, descubrimiento de materiales y otras áreas.**
- **Astrofísica**
 - Simulación de la explosión de estrellas (nova) (mejor conocimiento del origen del universo)
- **Materiales**
 - Mejor comprensión del comportamiento subatómico del comportamiento de materiales, lo que permitirá desarrollar nuevos materiales compuestos para el almacenamiento, la conversión y la producción de energía.
- **Supervisión del cáncer**
 - Extracción, análisis y clasificación automática de los datos de salud existentes para revelar relaciones previamente ocultas entre factores de enfermedades como los genes, los marcadores biológicos y el medio ambiente. Junto con los datos no estructurados, como los informes basados en texto y las imágenes médicas.
- **Biología de sistemas**
 - Aplicación del aprendizaje automático a conjuntos de datos genéticos y biomédicos para acelerar la comprensión de la salud humana y los orígenes y curas de enfermedades.
 - Identificación de patrones sobre el comportamiento y la evolución de proteínas humanas y sistemas celulares. Estos patrones pueden dar lugar al conocimiento de fenotipos clínicos, rasgos observables de enfermedades como el Alzheimer, enfermedades del corazón o adicciones, facilitando el descubrimiento de nuevos fármacos.



OLCF-4 Summit supercomputer infrastructure installation, March 28, 2017. (Image: ORNL)





Infraestructura informática de Google

- No hay datos oficiales sobre cuántos servidores hay en los centros de datos de Google, pero Gartner estimó en un informe de julio de 2016 que Google en ese momento tenía 2.5 millones de servidores.
- Este número siempre está cambiando a medida que la compañía amplía la capacidad y actualiza su hardware



Centros de datos de Google (abril 2019)

América

Condado de Berkeley, Carolina del Sur
 Council Bluffs, Iowa
 Condado de Douglas, Georgia
 Condado de Jackson (Alabama)
 Lenoir, Carolina del Norte
 Condado de Mayes, Oklahoma
 Condado de Montgomery (Tennessee)
 Quilicura, Chile
 The Dalles, Oregón

Asia

Condado de Changhua, Taiwán
 Singapur

Europa

Dublin (Irlanda)
 Eemshaven (Países Bajos)
 Hamina, Finlandia
 Saint-Ghislain, Bélgica



Centro de datos de Google en el condado de Mayes, en Oklahoma,

RETOS DE LA ARQUITECTURA DE COMPUTADORES



La informática es una tecnología de aplicación multidisciplinaria que incide en la prácticamente totalidad de la actividad humana

- El desarrollo de los computadores lleva años haciendo posible un avance espectacular de las distintas ramas de las ciencias, de la tecnología y de las organizaciones, contribuyendo notablemente la mejora de la calidad de la vida y el bienestar.
- La arquitectura de computadores trata de los distintos aspectos relacionados con la concepción, diseño y construcción de computadores ya sean estos de uso general o de aplicaciones específicas.
- El rendimiento de los equipos desarrollados por la ingeniería de computadores ha aumentado en más de 1.000 veces en las últimas tres décadas. Este asombroso crecimiento ha impulsado importantes innovaciones en todos los aspectos de la sociedad.
 - La mejora del rendimiento de los ordenadores es vital para la consecución de nuevos avances en el descubrimiento de fármacos y el diagnóstico, diseño de productos y la fabricación, el transporte y la energía, la modelización científica y ambiental, las redes sociales y el entretenimiento, y el análisis financiero.

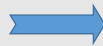
Retos concretos desde el punto de vista de la ingeniería de computadores

- **Mejorar prestaciones**
 - Velocidad de funcionamiento
 - Capacidad de almacenamiento
 - Costes
 - Consumo y eficiencia energética
 - Requisitos ambientales
 - Peso
 - Volumen
 - Interacción con el entorno (sensores, etc.)
 - Facilidad de uso (interfaz amigable e intuitiva)
 - Ruido generado, etc.
- **Desarrollar nuevos sistemas que permitan abordar nuevas aplicaciones (aplicabilidad):**
 - Abordar la complejidad del desarrollo de sistemas y procesamiento de datos a gran escala, cuestión fundamental para la próxima generación de sistemas y servicios.
 - Minería de datos. Existen cantidades ingentes de datos que debemos aprovechar.

Reorientación de mercado de los computadores

- El dominio en el mercado de los computadores de sobremesa, portátiles y servidores está siendo reemplazado por el de sistemas empotrados inteligentes, dispositivos móviles y centros de datos a gran escala.
- Ciencia de datos (big data, minería de datos, etc.)
 - Somos ricos en datos pero pobres en conocimiento.
 - Datos → Información → conocimiento → decisiones

- Servidores
- PC de sobremesa
- PC portátiles



- Grandes centros de datos
- Sistemas empotrados
- Dispositivos móviles

Áreas estratégicas



- **Sistemas empotrados**
 - Hay que repensar las arquitecturas de sistemas y modelos de programación para optimizar la energía, las restricciones temporales y la seguridad, y desarrollar técnicas para soportar la portabilidad de sistemas críticos.
- **Sistemas móviles**
 - Mejorar la utilidad y la productividad de dispositivos móviles con experiencias más naturales e inmersivas. Además, hay que reforzar las garantías de privacidad y seguridad.
- **Centros de computación de datos**
 - Hay que encontrar la forma de procesar "grandes cantidades de datos" sin aumentar el costo o la energía. Hay que integrar estos desarrollos con técnicas para garantizar la seguridad, la privacidad y la eficacia, a la vez que proporciona fiabilidad a gran escala, la disponibilidad y capacidad de servicio.

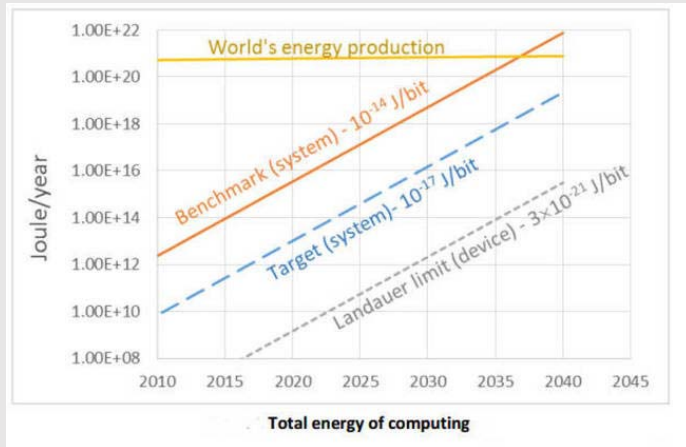
Desafíos intersectoriales en la visión de HiPEAC

- **Eficiencia energética**
 - Debemos hacer frente a los retos de la programación paralela en procesadores heterogéneos optimizando la transferencia de datos. También debemos aprovechar el potencial de ahorro energético de las nuevas tecnologías
- **Complejidad de sistemas**
 - Hay que desarrollar herramientas y técnicas para optimizar el rendimiento, asegurando el correcto funcionamiento, todo ello "a escala". Tenemos que investigar nuevas técnicas de integración que permiten altos niveles de integración y diferenciación sin el costo de fabricación de vanguardia.
- **Fiabilidad**
 - Necesitamos metodologías y herramientas más poderosas para diseñar e implementar sistemas fiables a un costo razonable

Un reto transcendental: la eficiencia energética

- **La energía se ha convertido en el principal factor limitante en el desarrollo de todos los sistemas, debido:**
 - al coste de la energía para el propio funcionamiento del sistema
 - al coste de energía para climatización, en los sistemas grandes,
 - a la vida de la batería en los dispositivos móviles.
- **El consumo energético de los programas ha pasado a ser una medida de prestaciones tan importante como el tiempo de procesamiento, a pesar de que no suele incluirse en las medidas de rendimiento de los programas**
- **La obtención de una mayor eficiencia energética ha llevado a la aparición:**
 - de dispositivos paralelos y heterogéneo que generan mayor complejidad e incompatibilidad con el software existente
 - del concepto de "silicio negro", consistente en que partes de un dispositivo deben estar apagados para mantenerse dentro del límite de potencia,
 - de dispositivos "conscientes" de energía capaces de automatizar la optimización del consumo de energía, duración de las baterías, etc.

¿Las máquinas nos van a dejar sin energía?

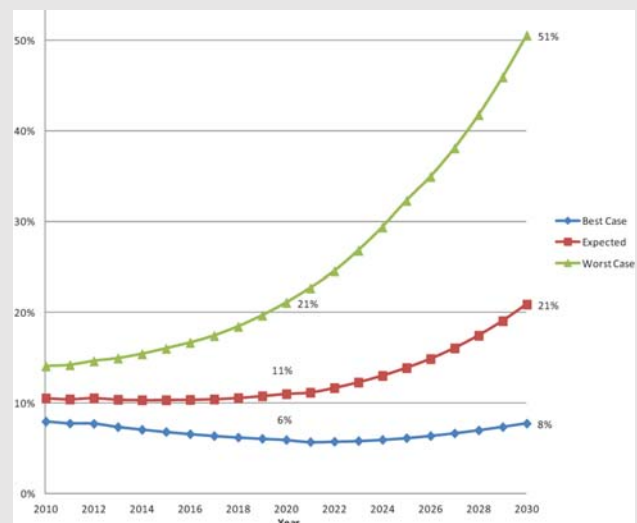


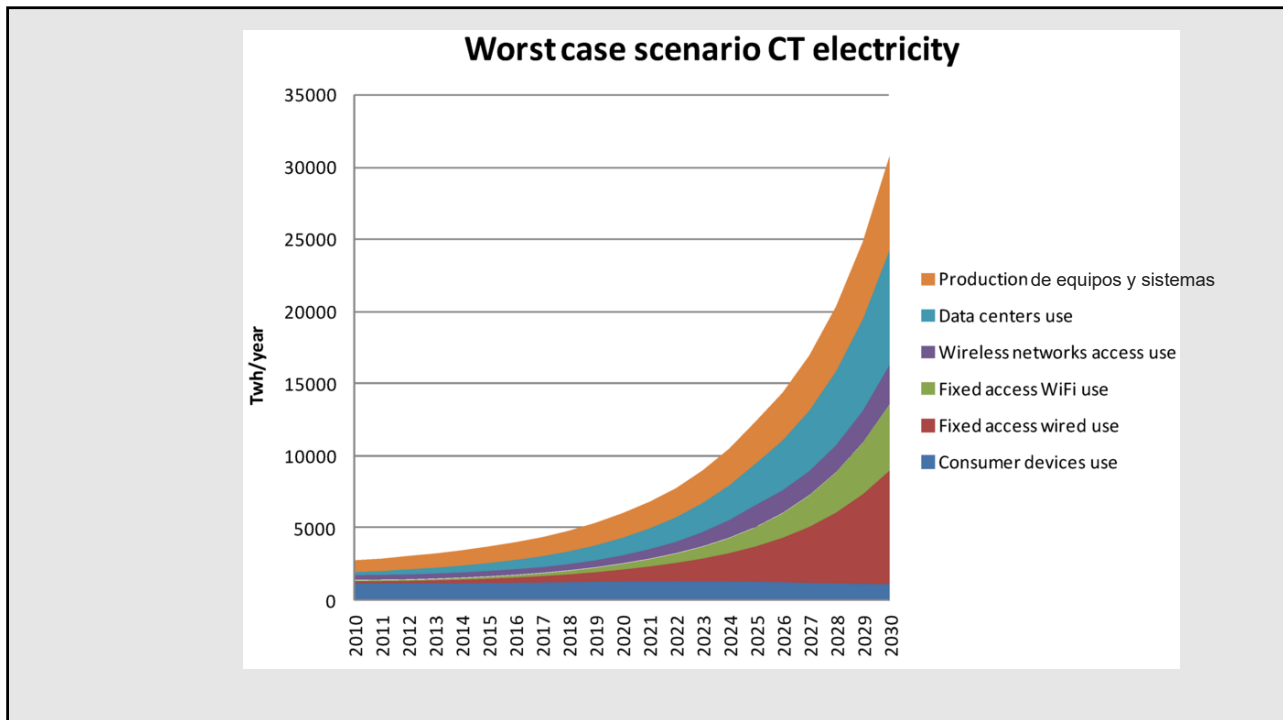
Un equipo de expertos ha estimado que en el **2040** las máquinas (desde superordenadores a móviles) consumirán más energía de la que se genera a nivel global

Teknautas Victor Zhirnov, director científico de la SRC advierte: “Mientras que la producción de energía mundial ha crecido linealmente, la demanda de electricidad de los ordenadores lo ha hecho de manera exponencial”.

Anders S. G. Andrae, Tomas Edler. “On Global Electricity Usage of Communication Technology: Trends to 2030” Challenges 2015, 6(1), 117-157.

- En la figura: % consumo global de la electricidad por las TIC
- En el peor de los casos, las TIC podrían consumir hasta el 51% de la electricidad global en **2030**, pudiendo contribuir ese año hasta el 23% de las emisiones de gases de efecto invernadero lanzadas globalmente.





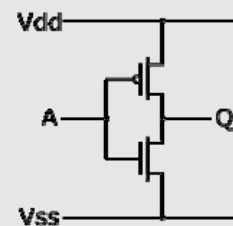
Consumo de procesadores CMOS

$$Potencia = ACV^2f + tAVI_{cortoc} + VI_{leak}$$

Consumo dinámico de carga y descarga de la capacidad de salida, C , de una puerta lógica

Potencia consumida a causa de la corriente entre fuente de alimentación y tierra

Potencia consumida debido a la corriente de pérdidas



- A , coeficiente de actividad: fracción de puertas del circuito que conmutan en cada ciclo, a una tensión,
- V , tensión de alimentación
- f , frecuencia de reloj, f .
- C , capacidad de salida de una puerta lógica
- I_{cortoc} , corriente entre fuente de alimentación y tierra.
- t , tiempo de conmutación de la puerta.
- I_{leak} corriente de pérdidas, independiente del estado de la puerta lógica.
- **Es posible reducir la potencia consumida bajando la la tensión de alimentación y/o la frecuencia del circuito.**

GREEN500 LIST - NOVEMBER 2018

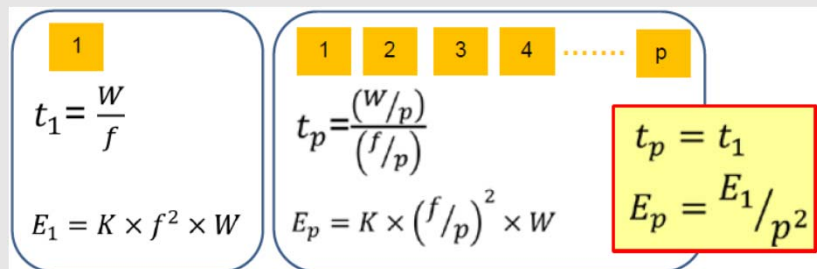
- Métrica para comparar la eficiencia energética entre computadores:
 - MIPS/W (millones de instrucciones ejecutadas por segundo por vatio),
 - Potencia/superficie, Vatios/bit, etc.
- Cuanto mayor sean los MIPS/W de un procesador, mejor será desde el punto de vista del consumo de energía.
- Aparte del TOP500 se ha creado el ranking GREEN500

TOP500			Rmax	Power	Power	
Rank	Rank	System	(TFlop/s)	(kW)	Efficiency (GFlops/watts)	
1	375	Shoubu system B - ZettaScaler-2.2, Xeon D-1571 16C 1.3GHz, Infiniband EDR, PEZY-SC2, PEZY Computing / Exascaler Inc. Advanced Center for Computing and Communication, RIKEN Japan	953,280	1,063.3	60	17.604
2	374	DGX SaturnV Volta - NVIDIA DGX-1 Volta36, Xeon E5-2698v4 20C 2.2GHz, Infiniband EDR, NVIDIA Tesla V100, Nvidia NVIDIA Corporation United States	22,440	1,070.0	97	15.113
3	1	Summit - IBM Power System AC922, IBM POWER9 22C 3.07GHz, NVIDIA Volta GV100, Dual-rail Mellanox EDR Infiniband, IBM DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	2,397,824	143,500.0	9,783	14.668

- Otros factores, además del procesador, que afectan al consumo energético en el computador están relacionados con:
 - Funcionamiento de la memoria, los buses y los sistemas de interconexión, los dispositivos de entrada/salida, etc.
- La memoria consume una parte significativa de la energía.
 - Organizando la memoria de forma que se active sólo la parte de la misma a la que se realiza el acceso (afectando al coeficiente A) se reduce el consumo.
 - Distribuirlos entre bancos que puedan activarse independientemente y de acuerdo con su uso
- Los buses y demás elementos de interconexión entre circuitos integrados, sobre todo con un número considerable de líneas, cuyos drivers pueden representar el 15%-20% de la potencia del circuito integrado.
- Técnicas para reducir el consumo en los buses:
 - Codificar las direcciones del bus mediante el código Gray (así se reducen las transiciones de nivel en las líneas del bus cuando las direcciones cambian secuencialmente).
 - Transmitir las diferencias entre direcciones que se solicitan sucesivamente y la compresión de la información de las líneas de dirección (así se reduce el número de líneas activas del bus).

Aprovechamiento eficiente del paralelismo


- Distribuyendo una carga de trabajo W entre p procesadores que funcionan a una frecuencia p veces menor que la del procesador de partida, cada uno de los procesadores consumiría una energía p^2 veces menor.
- Dado que se utilizan p procesadores, se necesitaría una energía total p veces menor para completar la carga de trabajo en el mismo tiempo



Aprovechamiento eficiente del paralelismo

- Además, los procesadores no necesitan funcionar todos a la misma frecuencia.
 - Según sean las características de la sincronización temporal entre tareas que se procesan en paralelo, se puede regular la frecuencia a la que funciona cada uno de los procesadores (DVFS, *Dinamic Voltaje and Frequency Scaling*) y reducir la energía consumida sin aumentar el tiempo de procesamiento.

Curiosidad: el consumo fantasma

	CONSUMO	AL AÑO	PAGARÍAS AL AÑO
 Decodificador TV	43 Wh/h	31.000 Wh/mes	44,8€
 Consola	23 Wh/h	16.560 Wh/mes	23,9€
 Ordenador sobremesa	21 Wh/h	15.100 Wh/mes	21,8€
 Ordenador portátil	16 Wh/h	11.500 Wh/mes	16,6€
 Equipo de sonido	14 Wh/h	10.000 Wh/mes	14,5€
 Microondas	4 Wh/h	2.900 Wh/mes	4,2€
 Teléfono inalámbrico	3 Wh/h	2.160 Wh/mes	3,1€
 TV	3 Wh/h	2.160 Wh/mes	3,1€
 Cafetera	1 Wh/h	720 Wh/mes	1€
 Cargador del móvil	0,26 Wh/h	187 Wh/mes	0,27€

- Televisión activa: 150 – 400 kW
- Computador en funcionamiento: 100 a 250 W

Aparatos que consumen energía en modo 'stand by'

 Caja de TV por cable 43,4 w	 Laptop 8,9 w
 Equipo de sonido 8,3 w	 Horno microondas 3,8 w
 Computador de escritorio 2,8 w	 Reproductor DVD 1,55 w
 Televisor LCD 1,13 w	 Aire acondicionado 1 w
 Consola de videojuegos 1 w	 Cargador de teléfono 0,26 w

EL HERALDO

• ¡Muchas gracias por su atención!

- Pueden ver esta presentación en:
 - http://atc.ugr.es/APrieto_conferencias

Alberto Prieto, autor de esta presentación, en el MareNostrum 4 (que ocupa la posición 13ª en el ranking de los supercomputadores más potente del mundo) en el BSC (Centro Nacional de Supercomputación. Barcelona, Julio 2018), donde se está desarrollando un chip cuántico con tecnología propia

