

La microprogramación de M. Wilkes como contribución europea a la arquitectura de los ordenadores

Conferencia organizada por la Biblioteca de la ETSIIT

18 de octubre de 2012

Alberto Prieto Espinosa
Catedrático de Arquitectura y Tecnología de Computadores.
Director del CITIC-UGR
Universidad de Granada



Objetivos y contenido

- Resaltar la contribución europea en el desarrollo de las primeras máquinas de calcular y computadores, y la huella que ha dejado.
- Hacer hincapié en las aportaciones de Maure Wilkes,
 - especialmente a la microprogramación.



- Haré referencia a las máquinas en sí, no a los aspectos teóricos.

CONTRIBUCIONES EUROPEAS A LOS PRIMEROS COMPUTADORES

18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

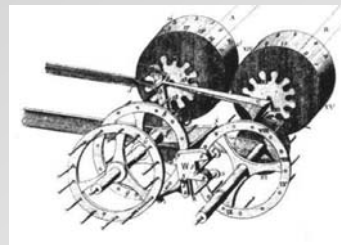
A. Prieto

3



Blaise Pascal (1624) ideó y construyó la primera calculadora mecánica para sumas y restas

- Ruedas dentadas y engranajes



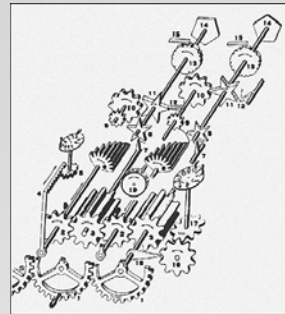
18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto



Gottfried W. Leibnitz (Leipzig, 1646-1716) incluyó por primera vez el producto y la división



- **Calculadora escalonada (1671): Tambor escalonado**

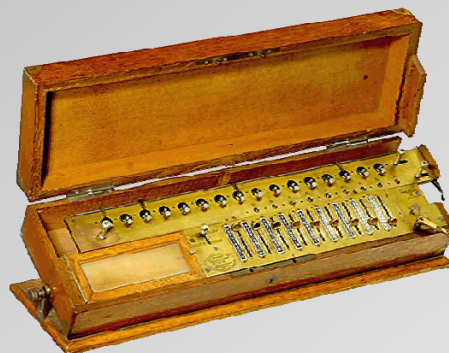
18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto



Charles Xavier Thomas de Colmar (Francia) patentó (18/11/1820) el Aritmómetro



- **Era la 1ª calculadora de sobremesa.**
- **Capaz de realizar las 4 operaciones básicas de forma sencilla y sin errores con resultados de hasta 12 cifras.**

18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto

6



Piano matemático desarrollado por Thomas para la Exposición de París de 1855



18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

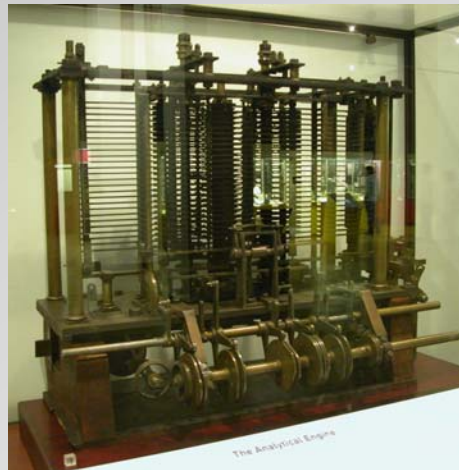
A. Prieto

7



Máquina analítica (1837)

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



taller

18/10/2012

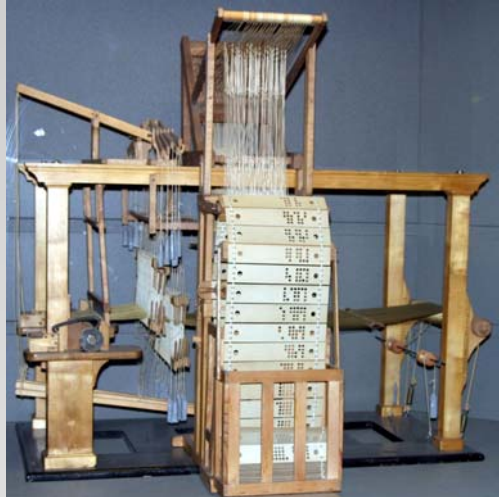
La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto

8



Telar programable de Jacquard (1801)



18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

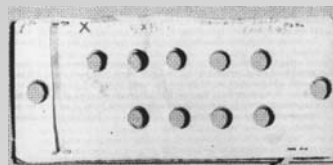
A. Prieto

9



Tarjeta de la máquina analítica con la instrucción de multiplicar

V6xV2



18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto

10



La “dupla” Brunsviga

- Diseñada y fabricada por la empresa alemana GNC (Grimme, Natalis & Co.)
- Esta calculadora mecánica de sobremesa fue de las **más utilizadas**, desde 1885 hasta la década de 1950.
- En 1955 la empresa ocupaba a más de **mil** personas
- Hasta el año 1957, se fabricaron **más de 500.000** máquinas Brunsviga en varios modelos.



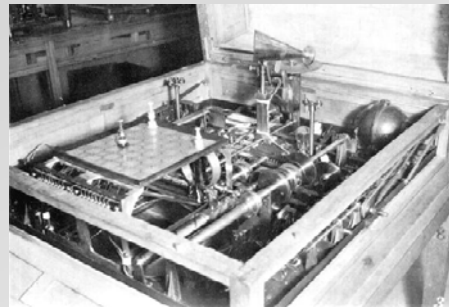
Leonardo Torres Quevedo (1852-1936)

- En la línea de Babbage trabaja en la construcción de **máquinas automáticas de cálculo**.
- Memoria-conferencia sobre las **máquinas algebraicas**.
 - Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (1893)
 - Congreso en Burdeos (1885)
 - Academia de Ciencias de París (1900)
- Construyó una serie de **máquinas analógicas de cálculo (mecánicas)**.



El Ajedrecista

- **Presentado en la Feria de París de 1914.**
 - Citado en Scientific American (6/11/1915) como "*Torres and His Remarkable Automatic Device*".
 - Jugaba automáticamente un final de rey y torre contra el rey de un oponente humano.
 - **Siempre ganaba**, pero no en un número mínimo de movimientos.



18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto

13



IBM se funda en 1911



- **Se crea como resultado de la fusión de cuatro empresas dedicadas a tabuladoras, relojes de control de empleados, etc.**
- **IBM es la empresa con más patentes tecnológicas de EEUU.**
Inventiones:
 - cajero automático, el disquete, el disco duro, la banda magnética, el modelo relacional, el Universal Product Code (UPC), el "financial swap," el sistema de reservas aéreas SABRE, DRAM, y el sistema de inteligencia artificial Watson.
- **Tiene nueve laboratorios de investigación mundialmente.**
 - Sus empleados han recibidos 5 Premios Nobel, 4 Premios Turing, 9 National Medals of Technology, y 5 National Medals of Science.
- **La empresa fue clasificada por Forbes en 2011 como la nº 31 en términos de tamaño. Por nº de empleados es la 2ª del mundo**
 - Beneficio neto: \$14.833 millones (2010)
 - Capital social: \$23.172 millones (2010)
 - Empleados: 426.751 (2010)

18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

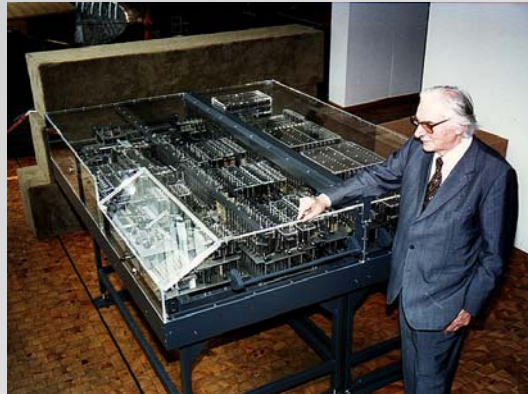
A. Prieto

14



Konrad Zuse (1910- 1995) fue un ingeniero alemán, pionero de la computación.

- Trabajó en la Ford Motor Company y en la Henschel aircraft factory in Berlin-Schönefeld. Su trabajo requería realizar muchos cálculos a mano.
- Terminó la 1ª computadora controlada por programas que funcionaba, la Z3 en mayo de 1941; aunque no era de uso general (cálculos aeronáuticos).
- Utilizaba relés (de telefonía).
 - Réplica de la Zuse 1, en el Museo Nacional de Tecnología de Berlín



18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto

15



Konrad Zuse (1910- 1995) fue un ingeniero alemán, pionero de la computación.

- De 1943 a 1945 definió un lenguaje de programación de alto nivel, *Plankalkül*, "Plan de Cálculo".
- En 1941 fundó la 1ª compañía de ordenadores y construyó la Z4, que se convirtió en 1950 en la primera computadora en ser comercializada.
- Debido a la 2ª Guerra Mundial, su trabajo inicial pasó desapercibido fuera de Alemania, aunque en 1946 IBM realizó opciones por varias de sus patentes.



18/10/2012

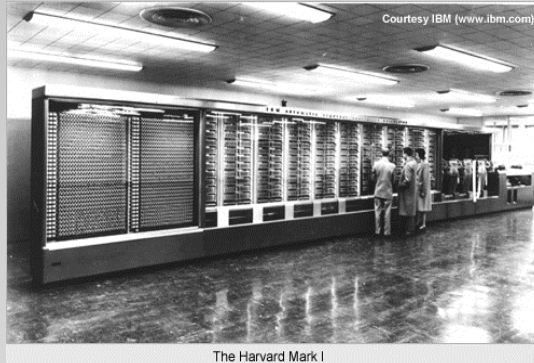
La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto

16



Howard T. Aiken (1900-1973) en 1944 concluye la Mark I



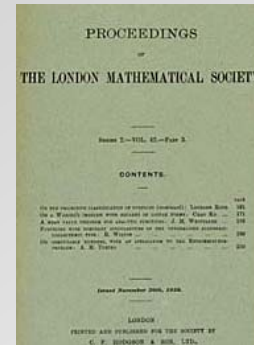
- Universidad de Harvard e IBM
- La Mark I era un computador electromecánico (760.000 ruedas y relés) (x: 6s /:12s). Instrucciones en cinta de papel. 15 años de uso. Medía 15 metros de largo, 2.40 m. de altura y pesaba 5 toneladas
 - La Zuse Z4 (1941) era entre 4 y 5 veces más rápida

Howard T. Aiken (1900-1973) en 1956 afirmó:

- *Si resulta que la lógica básica de una máquina diseñada para encontrar las soluciones numéricas de una ecuación diferencial coincide con la lógica de una máquina para hacer facturas en unos grande almacenes, miraré este hecho como la coincidencia más increíble que he encontrado jamás.*
 - Teoría de Turing (1936)
 - Concepto de arquitectura de computadores.

Concepto propuesto por Alan Turing (1912- 1954) en 1936

- **Máquina de Turing**
 - Formalización matemática del concepto de algoritmo.
 - Afirma que hay un algoritmo “universal” que puede leer cualquier algoritmo y simular exactamente su comportamiento.
 - Una única máquina puede hacer lo que cualquier otra.
 - La máquina de Turing es un modelo de maquina de uso general universal



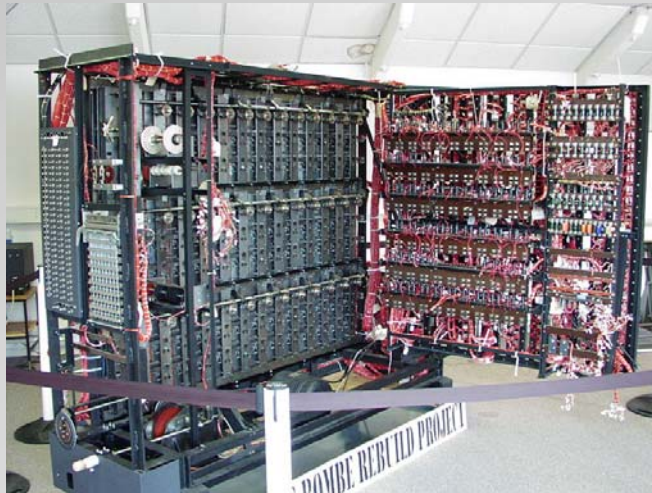
'On computable numbers with an application to the Entscheidungsproblem', Proceedings of the London Mathematical Society, 1936

Aportaciones prácticas de Turing (1912- 1954)

- **Colaboró en el desarrollo de:**
 - **Descifradores** de mensajes:
 - Bombe (1939-1940) ,
 - Dalila.
 - Diseño del ACE (*Automated Computing Engine*) del National Physical Laboratory (1945-47).
 - Desarrollo de varios computadores en la Unv. de Manchester (a partir de 1948).



Enigma y replica de la Bomba (relés)



18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto

21



Especificaciones de diseño de un computador de uso general

- **Definición de un repertorio de instrucciones con los que hacer programas que puedan implementar cualquier algoritmo de procesamiento de información.**
 - Si resulta que la lógica básica de una máquina diseñada para encontrar las soluciones numéricas de una ecuación diferencial coincide con la lógica de una máquina para hacer facturas en unos grande almacenes, miraré este hecho como la coincidencia más increíble que he encontrado jamás. (Aiken 1956)

18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

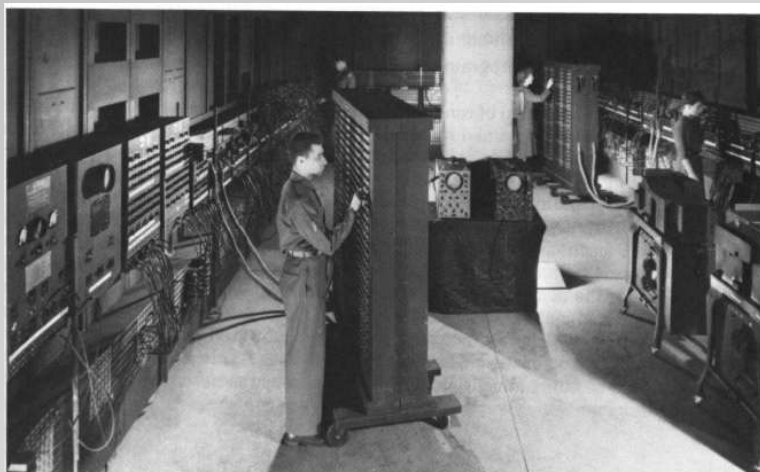
A. Prieto

22



John Mauchly y Presper Eckert terminan en 1946 el ENIAC

- **Primer computador electrónico de uso general (18.000 válvulas y 1.500 relés; 300 opera./seg, 30Tm).**
- **Escuela Moore de la Unv. Pensylvania.**
 - Costo: unos 500.000 \$
 - Tarjetas perforadas, 1 multiplicador, 1 divisor, Raíz cuadrada, 20 sumadores
 - Construido para hacer tablas balísticas



ENIAC: Cableando un programa, en los paneles de control



ENIAC: Sustitución de uno de los 18.000 tubos de vacío



18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto

25



EDVAC (*Electronic Discrete Variable Automatic Computer*)

- **Desarrollada por Mauchly y Eckert**
 - Su diseño se fue realizando mientras se construía el ENIAC
- **Consultor: John von Neumann (1903-1957)**
 - El 30 de junio de 1945 escribe "**The First Draft Report on the EDVAC**" con el concepto de programa almacenado (con ideas de Eckert, Mauchly y ¿Turing?).
- **Secuenciamiento de operaciones elementales.**
- **Utilización de aritmética binaria.**
- **El EDVAC fue entregado al Ballistics Research Laboratory en agosto de 1949. Pero debido a una serie de problemas no entra en funcionamiento, y de forma limitada, hasta 1951.**

18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto

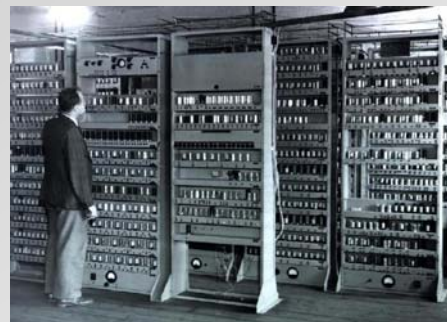
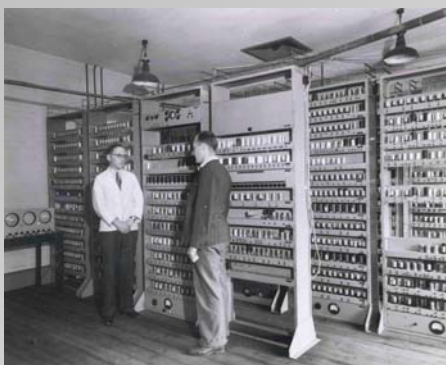
26



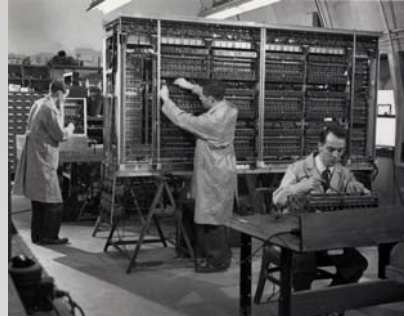
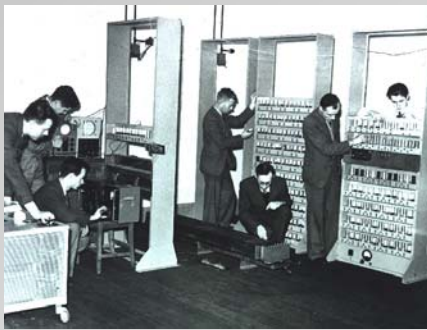
EDSAC (*Electronic Delay Storage Automatic Calculator*)

- En el verano de 1946 **Maurice Wilkes** (Universidad de Cambridge) asiste a un curso de verano sobre **computadores electrónicos** impartido por Mauchly y Eckert en la Moore School (Philadelphia).
 - También estudio el trabajo de John von Neuman *First Draft of a Report on the EDVAC*
- A su vuelta a Cambridge concibe el **EDSAC** que, adelantándose al EDVAC, empieza a funcionar, ejecutando su primer programa el 6 de mayo de 1949.
- Puede considerarse el primer computador operativo con **programa almacenado**.

EDSAC



Construcción y mantenimiento del EDSAC



18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto

29



Algunos usos del EDSAC

- 1950, M. V. Wilkes and Wheeler usan el EDSAC para resolver ecuaciones diferenciales que modelan la frecuencia de generación de genes (Primer uso del computador para resolver un **problema en el campo de la biología**)
- 1951, Miller and Wheeler usan el EDSAC para obtener un **número primo de 79 dígitos**.
- 1952, A.S. Douglas desarrolla el **primer videojuego del mundo: el tres en raya (OXO)**. La salida gráfica se obtiene en una pantalla de un osciloscopio (CRT).
- 1960, el EDSAC se usa para recopilar una serie de evidencias numéricas sobre las soluciones de las **ecuaciones elípticas**.

18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto

30



Wilkes, en 1951

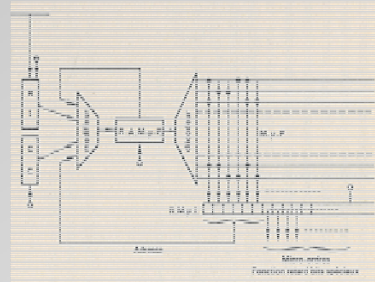
- Publica con David J. Wheeler y Stanley Gill el primer libro del mundo sobre **programación de computadores**.
 - “The preparation of programs for an electronic digital computer”
- Propone el concepto de **microprogramación**, que supuso una alternativa para el diseño de los computadores que ha sido ampliamente adoptada por la industria hasta la actualidad.



¿Quién era Maurice Wilkes?

- Nació en Inglaterra en 1913. Se matriculó en la **Universidad de Cambridge** en 1931 y estudió física matemática y otras materias.
- En 1934 se **graduado** en el Laboratorio Cavendish, desarrollando una investigación sobre la propagación de las ondas de radio en la ionosfera.
- 2ª guerra mundial: Radar Engineering and Operational Research, 1939-45.
- Head of Computer Laboratory (1945-80) y Professor of Computer Technology (1965-80) Cambridge University.
- Adjunct Professor of Electrical Engineering and Computer Science, MIT, 1981-85.





CONCEPTO DE MICROPROGRAMACIÓN

18/10/2012

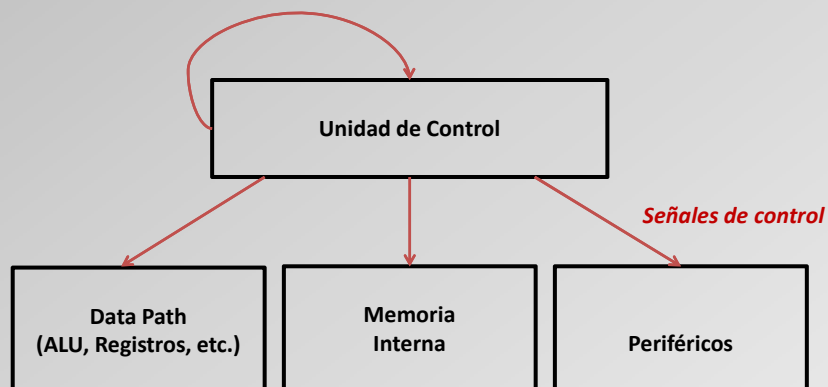
La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto

33



La Unidad de Control genera señales que monitorizan el funcionamiento de todas las unidades integrantes del computador



18/10/2012

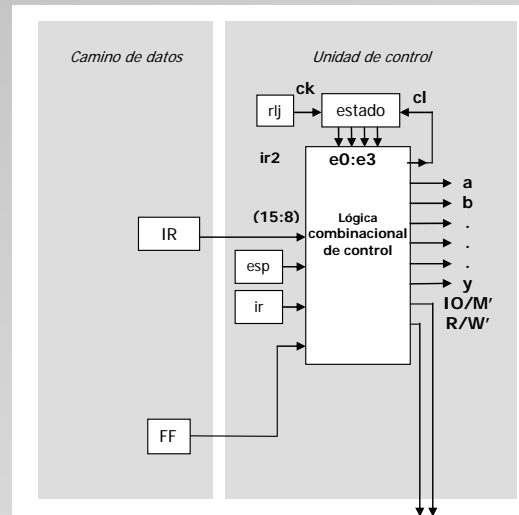
La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto

34



Ejemplo de Unidad de Control Cableada (CODE2) (hardwired)



18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto

35



Funciones de conmutación que sintetizan las 29 señales de control de CODE-2

```

a1 = c5·(10+11+13+ 16+17+18+19+ 1A+1B+1Dc+1E) + c6·(13+15+16+17+18+1Dc)
a2 = c5·(12+13+19+ 1A+1B+1Dc)+c6·(16+17+18+1E)+c7·(13+14)+c8·10
b = c1·ir'c2·ir'+ c3·ir'+ c5·(12+14+15) + c6·(10+11)+ c7·(13+1Dc+1E)
c = c2·ir'+c6·(14+1E) + c7·10
cl = c5·(12+19+1A+1B+1C+1F)+c6·(16+17+18)+c7·(13+14+15+1E)+c8·(10+11)+c9·1D
d = c2·ir'+ c6·(15+14+1E) + c7·(10+1Dc+1E+c7·1E)
e = c2·ir'+ c5·(10+11+16+17+18+1E)+c6·13
esp_st = c5·1F + c7·15
f = c1·ir'+c5·(14+15+1E)+ c6·(10+11+1Dc)
g = c3·ir'+c7·1E + c9·1Dc
h = c4·ir'+ c5·(12+14+15)+ c6·(10+11)+ c7·(13+14+1E )+ c8·10
i = c1·ir+c4·ir'
ir1 = c7·1E + c9·1Dc·ir
ir2 = c1·ir
ir_cl = c9·1Dc·ir
k = c7·13
l = c5·(12+13+14 +15)
m = c5·(19 +1A +1B) + c6·18
n = c3·ir' + c6·(10+11+ 16+17+1E)+ c7·13
p = c5·(1A + 1B+1Dc) + c6·(10+11+16+17)
q = c5·(19 + 1B) + c6·17
s = c5·(19+1A+1B + 1Dc) + c6·(16+17+18)
t = c7·15+c8·(11+1Dc)
u = c5·(1Dc+1E)+c6·1Dc
v = c5·(10+11+13+19+1A+1B+1C·FFc)+ c6·(13+15) +c7·11+c9·1Dc·ir'
x = c5·(10+11+1C·FFc)+ c6·(16+17+18)+c9·1Dc·ir'
y = c5·1Dc+c6·1E
IO/M' = c6·14+ c7·15
R/W' = c

```

18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto

36



Funciones de conmutación que sintetizan las señales de control (también se pueden implementar con una PLA)

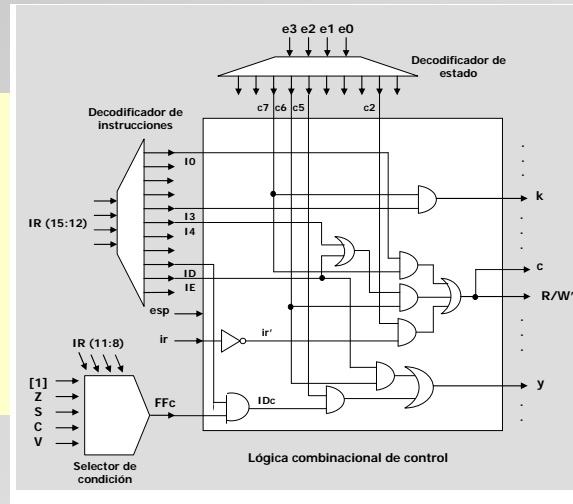
Ejemplos de implementación de señales:

$$k = c7 \cdot I3$$

$$R/W' = c$$

$$c = c2 \cdot ir' + c6 \cdot (I4 + IE) + c7 \cdot I0$$

$$y = c5 \cdot IDc + c6 \cdot IE$$



18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto

37



Observaciones y conceptos introducidos por Wilkes

- **La UC lo que hace es generar un conjunto (vector) de valores para las distintas señales de control en cada ciclo de reloj.**
 - Si el computador se monitoriza con 196 señales de control, en cada ciclo de reloj se generan 196 valores (0s o 1s) para esas señales.
- **Los valores de las señales en un instante dado se pueden almacenar en una palabra de una ROM y ser leídos en cada ciclo.**
 - Cada bit individual leído corresponde a una señal de control
 - La memoria ROM debe ser muy rápida.
- **Debe haber un secuenciador que determine la secuencia de señales de control a leer:**
 - En cada momento debe establecerse la posición de memoria donde se encuentran las señales a generar (leer).

18/10/2012

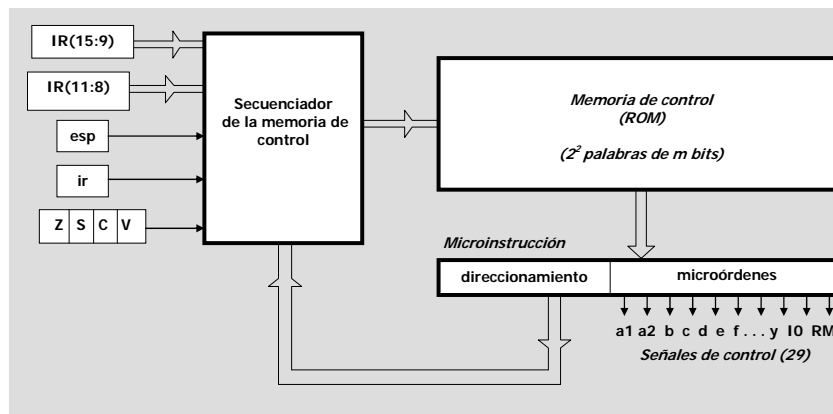
La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto

38



Ejemplo de unidad de control microprogramada (CODE-2):



Terminología

- **Microórdenes (μorden)**
 - Valores de las señales de control
- **Memoria de Control (Control Store)**
 - Memoria que almacena las microórdenes:
- **Microinstrucción (μinstrucción)**
 - Información grabada en cada palabra de la memoria de control.
 - Contiene, además de las μórdenes, información para que el secuenciador genere la dirección donde se encuentre la μinstrucción a leer en el ciclo siguiente.
 - Cada instrucción máquina queda subdividida en un conjunto de μinstrucciones.
- **Microprograma:**
 - Conjunto de μinstrucciones correspondientes a la ejecución de una instrucción máquina.
 - Algunos fabricantes de hardware, especialmente IBM, usan el término de *firmware* como sinónimo de *microprogramación*.

Fragmento de microprogramas a almacenar en la Memoria de Control (CODE-2) (128 palabras de 29 bits)

Dirección	Instrucción	Microoperación	Microinstrucción																											
			Direccionamiento			Microórdenes																								
			TD	BE	DS	a	l	a	2	b	c	d	e	esp	st	f	g	h	i	ir1	ir2	ir	cl	ir	st	k	...	IO/M'	R/W'	
0	0 0000 00	$\bar{c}esp=1?$	11	00	000 0000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0 0000 10	$\bar{c}ir=1?$	11	01	000 0110	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0 0000 01	AR←PC	00	--	-----	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	0 0000 11	DR←M; RT←PC	00	--	-----	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4	0 0001 00	PC←RT+1	00	--	-----	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5	0 0001 01	IR←DR	01	--	-----	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6	0 0001 10	IR←H'D000	01	--	-----	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
64	1 0000 00	RA←H'D;RT←RF	00	--	-----	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
65	1 0000 01	AR←00#IR(7:0)+RT	00	--	-----	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
66	1 0000 10	DR←M	00	--	-----	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
67	1 0000 11	WA←rx,RF←DR,cl←1	10	--	000 0000	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
68	1 0001 00	RA←H'D;RT←RF	00	--	-----	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
69	1 0001 01	AR←00#IR(7:0)+RT	00	--	-----	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
70	1 0001 10	RA←rx,DR←RF	00	--	-----	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
71	1 0001 11	M←DR, cl←1	10	--	000 0000	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	1 0010 00	WA←rx, RF←00#IR(7:0), cl←1	10	--	000 0000	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
73	1 0010 01																													
74	1 0010 10																													
75	1 0010 11																													
76	1 0011 00	RA←rs;WA←rx,RF←00#RF(7:0)	00	--	-----	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
77	1 0011 01	RA←rx,RT←RF	00	--	-----	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
78	1 0011 10	WA←rx, RF←IR(7:0)#00+RT, cl←0	10	--	000 0000	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
79	1 0011 11																													
124	1 1111 00	esp←1; cl←1	10	--	000 0000	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
125	1 1111 01																													
126	1 1111 10																													
127	1 1111 11																													



Conclusiones:

- La unidad de control viene definida por rutinas de microprogramas en lugar de por circuiteria dedicada.
- La unidad de control microprogramada es como un computador dentro de otro computador.



Las ideas que introdujo Wilkes son:

- El secuenciamiento de las señales de control es similar a las acciones de secuenciamiento que requiere un programa normal.
- La secuencia de señales de control a generar se almacena en una memoria de control.
- Cada instrucción se subdivide en sub-instrucciones (μ instrucciones) que implementan las instrucciones máquina del repertorio.
- La μ instrucción contiene también información para obtener la dirección de la siguiente μ instrucción a leer.
- El conjunto de μ instrucciones que implementa una instrucción máquina constituyen un microprograma.
 - De esta forma cada programa almacenado contiene las secuencias de control de cada instrucción.

Variantes de la microprogramación

- **Microprogramación horizontal**
 - Cada bit de la microinstrucción directamente es un valor de control.
 - Microinstrucciones con muchos bits.
- **Microprogramación vertical**
 - La microórdenes se agrupan dentro de la microinstrucción en campos: ALU, buses, etc., que luego deben ser codificadas
 - Micorinstrucciones más cortas, más compactas
 - Más lenta
- **Nanoprogramación**
 - Memoria muy rápida con una colección de los distintos vectores de microoperaciones (p.e. 1 Kpalabras de 360 bits)
 - Memoria que contiene las direcciones de los vectores de microoperaciones (p.e. 16 Kpalabras de 18 bits)

Posibilidades y limitaciones

- **Ventajas:**
 - Fácil de diseñar e implementar:
 - Posibilidad de emular distintas arquitecturas.
 - Facilidad de migración dentro de una serie de computadores.
 - Computación reconfigurable.
- **Desventajas**
 - Más lento que unidades de control cableadas.
 - Puede ser menos compacto y más costoso para sistemas pequeños.
- **Soluciones mixtas.**
 - Microcodigo /hardwired.

Fácil de diseñar e implementar

- **Diseño sistemático de una unidad de control.**
- **Muy fácil de actualizar**
 - Costo marginal mínimo para añadir funciones, corregir fallos de diseño, etc.
- **Se puede realizar el diseño de la arquitectura y el μ código en paralelo.**
- **Desarrollo más rápido de nuevos modelos.**

Intel® Core™ Microarchitecture	Intel® Core™ Microarchitecture codename Nehalem	Intel® Core™ Microarchitecture codename Westmere	Intel® Core™ Microarchitecture codename Sandy Bridge	Intel® Core™ Microarchitecture codename Ivy Bridge
Penryn	Nehalem	Westmere	Sandy Bridge	Ivy Bridge
NEW Process Technology 45nm	NEW Microarchitecture 45nm	NEW Process Technology 32nm	NEW Microarchitecture 32nm	NEW Process Technology 22nm
TICK	TOCK	TICK	TOCK	TICK

Posibilidad de emular distintas arquitecturas

- **Concepto de Writable Control Store (WCS).**
 - Implementación con SRAM o flash en vez de con ROM o PLA.
 - Writable Instruction Set Computer or WISC
 - Por ejemplo, en el IBM 360 se podía emular el 7090.
- **Emulación de procesadores bajo investigación.**
- **Se puede desarrollar software para un nuevo computador antes de que este realmente se haya producido**
- **En definitiva:**
 - La μ programación puede hacer aparecer dos arquitecturas muy diferentes como idénticas a nivel de repertorio de instrucciones máquinas.

Universal host machine

- **Un mismo camino de datos puede ser utilizado por distintos repertorios de macroinstrucciones o por varias interfases máquina para un Lenguaje de Alto Nivel.**

Migración dentro de una familia de computadores

- **Fácil de implementar una familia o serie de computadores compatibles en código.**
- **IBM 360**
 - M30, M40, M50, M65
 - M65: μ instrucciones: 87 bits; ciclo de memoria de control 200 ns; ciclo de memoria: 750 ns
 - Los modelos más rápidos (75 y 95) eran cableados
- **Data General Eclipse**
 - C150, C250 y C350
 - S150, **S250**, S350

Computación reconfigurables

- **... incluso dinámicamente.**
 - Usando la WCS

Desventajas

- **Más lento que unidades de control cableadas**
 - El tiempo de ciclo de instrucción viene limitado por el tiempo de acceso a la memoria de control (la tecnología VLSI ha logrado que sean similares los tiempos de acceso en ROM y en RAM)
 - Suele incluir otro nivel de interpretación que implica un sobrecosto en tiempo.
 - No rentable para implementar instrucciones RISC.
- **Puede ser menos compacto y más costoso para sistemas pequeños.**
- **Herramientas de soporte menos desarrolladas que para unidades de control cableadas.**

Las técnicas de μ programación se ha usado y usan en mainframes, servidores y μ computadores

- **Ejemplos**
 - IBM 360/370, NCR 315, ICL 1900/2900, PDP11/VAX (excepto PDP11/20), muchos Burroughs.
 - Preferentemente se usa en procesadores CISC
- **Primeros microprocesadores:**
 - Intel 8086 (Memoria de control: 504 palabras de 21 microinstrucciones genéricas).
 - La mayoría de las arquitecturas Intel x86 disponían de WCS (writable microcode).
 - Motorola MC68020

Pentium, P2, P4 (IA-32)

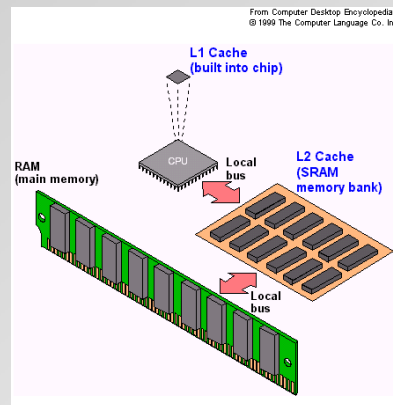
- **La mayoría de instrucciones RISC de carga y aritméticas se ejecutan con control cableado; pero se usa μ programación para implementar las instrucciones más complejas o para descomponerlas en instrucciones de tipo RISC.**
 - Instrucciones que utilizan la pila (subrutinas), instrucciones de la FPU, etc.
- **Microcódigo reprogramable para corregir errores de diseño:**
 - Desde la BIOS del Sistema durante el POST (Power On Self Test) se cargan parches de μ codigo en la memoria de control del procesador.
 - Se evita tener que sustituir todo el chip.

Procesadores especializados:

- **Algunos procesadores especializados, con instrucciones muy complejas, utilizan la μ programación:**
 - Procesamiento en radar, análisis de imágenes en tiempo real, etc.; generalmente procesamiento de datos (o señales) en tiempo real.
- **Ejemplos:**
 - Nintendo 64's Reality Co-Procesador,
 - Unidades vectoriales VU0 and VU1 de la Sony PlayStation 2

Otros desarrollos de Wilkes

- En 1965 publica el primer trabajo sobre **memorias caché**.



18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto

55



Contribuciones en S.O. : sistemas multiusuario y distribuidos

- Fue pionero en la introducción de la idea de **tiempo compartido**, incluyendo control de acceso de los usuarios, control de acceso por los programas a los dispositivos, etc.
 - Titan (construido con Ferranti Ltd.), 1963
 - Cifrado de contraseñas, posteriormente utilizado en Unix
 - Time-sharing Computer Systems. Elsevier, 1975
- En 1974 propone reemplazar, en las LAN, la tecnología basada en las telecomunicaciones por **redes de más amplio ancho de banda basadas en tecnologías informáticas**.
 - En 1975 publica el concepto de Anillo de Cambridge, en él que se basó el Sistema Distribuido Modelo Cambridge, que fue un **sistema cliente-servidor pionero**.

18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto

56



Otros desarrollos de Wilkes

- En 1980 se retiró de su cargo de profesor para trabajar en la industria:
 - Equipo de ingeniería de **DEC** en Massachusetts (EEUU),
 - **Olivetti Research Laboratory** en Cambridge, Inglaterra (1986). Este laboratorio fue adquirida por **AT&T** en 1999.
 - En esos años publica los libros “**Memorias de un Pionero de la Computación**” (MIT Press, 1985) y “**Perspectivas Informáticas**” (Morgan-Kaufmann, 1995).
- En 2002 regresa al **Laboratorio de Computadores de la Universidad de Cambridge**, donde fue profesor emérito hasta su fallecimiento.

Honores y distinciones

- **Miembro Distinguido de la British Computer Society**, miembro de la **Royal Society** (1956),
- **Primer presidente de la British Computer Society** (1957-60).
- En **EEUU**: **Miembro Honorario de la Academia de Artes y Ciencias** (1974), y de la **Academia Nacional de Ingeniería** (1977).
- En 1981 **Medalla Faraday de la IEE** en Londres
- En 1992 **Premio Kyoto** para la Tecnología Avanzada (Japón, 1992).
- En 1980 **Premio Eckert-Mauchly**, **IEEE Computer Society** y la **ACM**.
- **Medalla von Neumann IEEE** (1997)
- **Doctor Honoris Causa** de diversas universidades (Newcastle-upon-Tyne, Hull, Kent, Bath, Amsterdam, Munich, Linköping, Cambridge University, University of Pennsylvania, etc.)

Maurice en España

- **Curso de verano en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo (1972).**
- **Visita Madrid en abril de 1977 con ocasión de la celebración del XXV Aniversario del Instituto de Electricidad y Automática,**
 - invitado por el Prof. García Santesmases (que conoció a Wilkes en una estancia en Cambridge, en 1949).
 - Conferencia inaugural en Congreso de Informática y Automática de la AEIA (Madrid)
- **Miembro correspondiente de la Real Academia de Ciencias de España (1979)**
- **Miembro de la Real Academia de Ingenieros (1999).**

Maurice en un curso de la Universidad Menéndez Pelayo (1972)



- **García Santesmases, Antonio Vaquero, Roberto Moreno, Pépe Mira, Sebastián Dormido, Paco Rubio, Ricardo Gcía. de la Rosa, etc.**

Wilkes escribió en sus memorias:

- Tan pronto como empezamos a programar encontramos, para nuestra sorpresa, que no era **fácil** de conseguir **programas correctos**, como habíamos pensado. Tendrían que descubrirse técnicas de **“depuración”**. En uno de mis desplazamientos entre la sala de EDSAC y el equipo de perforación, vacilando por los ángulos de las escaleras, tuve la desagradable revelación de que **una buena parte del resto de mi vida la tendría que emplear en la búsqueda de errores de mis propios programas.**
 - “As soon as we started programming, we found to our surprise that it wasn't as easy to get programs right as we had thought. Debugging had to be discovered. It was on one of my journeys between the EDSAC room and the punching equipment that 'hesitating at the angles of stairs' the realization came over me with full force that a good part of the remainder of my life was going to be spent finding errors in my own programs”.

18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto

61



BBC News Sport Weather Travel Future

NEWS TECHNOLOGY

Home UK Africa Asia Europe Latin America Mid-East US & Canada Business Health Sci/Environment

30 November 2010 Last updated at 12:32 GMT 338 Share

Father of British computing Sir Maurice Wilkes dies

The "father" of British computing, Sir Maurice Wilkes, has died at the age of 97.

Sir Maurice was the designer and creator of Edsac, a computer that ran its first program in May 1949.

The Cambridge machine was the first widely-useable stored program machine and was very influential on the nascent British computer industry.

It set standards for how computers should be used in academia and business that have lasted until the present day.

Following work on developing radar during World War II, Sir Maurice returned to Cambridge to begin designing the machine that would become Edsac.



Sir Maurice Wilkes pioneered the practical use of computers in Britain.

Related Stories

[When Cambridge](#)

18/10/2012

La contribución de Wilkes a la arquitectura de los ordenadores.

A. Prieto

62



El desarrollo de los computadores se ha producido, en gran medida, por la conjunción de:

- **La inventiva europea**
-
-



El desarrollo de los computadores se ha producido, en gran medida, por la conjunción de:

- **La inventiva europea**
- **La industria de EEUU, y**
-



El desarrollo de los computadores se ha producido, en gran medida, por la conjunción de:

- **La inventiva europea**
- **La ingeniería de EEUU**
- **El poder de asimilación y reproducción asiática...**



... pero eso es otra historia...

- **Muchas gracias**