

Curiosidades sobre la historia de los microprocesadores.

Mariano Rebollo Abeilhé

Facultad de Ciencias

Universidad Nacional de Educación a Distancia; UNED



El caso de Digital Equipment Corporation

Es evidente decir que hoy en día no se puede concebir la sociedad actual sin el concurso importantísimo de los microprocesadores. Desde la telefonía móvil, tabletas, ordenadores personales, automóviles, radio y televisión. grandes ordenadores en grandes centros de cálculo, en investigación, en defensa, en aviación, ferrocarriles, medicina, industria y un largo etc. hacen que la sociedad avance a un ritmo exponencial desde hace no demasiados años.

Sin embargo el primer microprocesador se podría decir que nace por casualidad, pues por un encargo a la compañía Intel que por aquel entonces (finales de los años 60) se dedicaba a fabricar chips de memorias (ROM, RAM; etc.) de la compañía japonesa Busicom para ser usado en su línea de calculadoras. Intel pensó que podría desarrollar un sistema que en vez de estar dedicado a una aplicación concreta, fuera de propósito general pudiendo aplicarse a una gran cantidad de tareas simplemente cambiando el programa residente en la memoria de los nuevos chips.

El proyecto estuvo dirigido por Federico Faggin que trabajaba previamente en Fairchild Semiconductor y que en 1970 pasaría a las filas de Intel.

El resultado fue un microprocesador de 4 bits de palabra que se denominó i4004. Intel lo anunció como:

4004 single chip 4 BIT P-Channel microprocessor.

Se anunció en 1971 y a partir de él el desarrollo de microprocesadores creció como la espuma.

En otra entrega de este artículo se describe cuando y como nacieron las diferentes familias de microprocesadores y como los diversos fabricantes desarrollaron a partir de ellos soluciones completas; es decir no solamente desarrollaron todo el hardware necesario no solamente los microprocesadores, también memorias periferia de entrada/salida, almacenamiento etc. Además también desarrollaron el software necesario para poder ofrecer soluciones completas. Este software se componía principalmente de sistemas operativos, lenguajes de programación como diversos ensambladores, Fortran, Basic principalmente además de algunos depuradores y otras herramientas.

Estas soluciones fueron un gran esfuerzo para las diferentes empresas y consumieron bastante recursos y tiempo.

Surgieron empresas tecnológicas que desarrollaron muchas soluciones de software, sobre todo los primeros sistemas operativos como CP/M (Control Program for Microcomputers) escrito por Gary Kildall para las CPU's Intel 8080 y quizá el más extendido fue MS/DOS diseñado por Microsoft

CP/M: (Control Program for Microcomputers) fue un sistema operativo desarrollado por Gary Kildall para el microprocesador Intel 8080 (los Intel 8085 y Zilog Z80 podían ejecutar directamente el código del 8080, aunque lo normal era que se entregara el código recompilado para el microprocesador de la máquina). Se trataba del sistema operativo más popular entre las computadoras personales en los años 70. Aunque fue modificado para ejecutarse en un IBM PC, el hecho que IBM eligiera MS-DOS, al fracasar las negociaciones con Digital Research, hizo que el uso de CP/M disminuyera hasta hacerlo desaparecer. CP/M se convirtió en un estándar de industria para los primeros micro-ordenadores.

En 1981 Microsoft compró un sistema operativo llamado QDOS que, tras realizar unas pocas modificaciones, se convirtió en la primera versión de MS-DOS (**Micro Soft Disk Operating System**). A partir de aquí se sucedieron una serie de cambios hasta llegar a la versión 7.1. Con la versión 8 en Windows Milenium, a partir de la cual MS-DOS dejó de existir como un componente del Sistema Operativo.

En 1983, con la aparición de los ordenadores MSX, se realizó una adaptación para este sistema que utilizaba el procesador Z-80 llamada MSX-DOS. Era un cruce entre la versión MS-DOS 1.25 y CP/M. En 1988, una vez que Microsoft se desvinculó de proyecto, ASCII Corporation publicó la versión MSX-DOS 2.0 que añadió, entre otras cosas, soporte para el uso de directorios.

A partir de los sistemas operativos disponibles empezaron a desarrollarse gran número de aplicaciones como la hojas de cálculo (Visical), compiladores, editores, lenguajes de alto nivel como Fortran, Basic, Cobol, editores de texto como Word Processing, contabilidad nominas, bases de datos y una enorme cantidad de aplicaciones de lo más variopintas.

Es decir el software, las herramientas de desarrollo y las aplicaciones siempre iban detrás del diseño del microprocesador. **Digital Equipment Corporation hizo todo lo contrario; bajó el diseño del hardware de sus miniordenadores a la arquitectura de microprocesadores con la ventaja de ya tener sistemas operativos, editores, compiladores, lenguajes, aplicaciones stand-alone muy robustas, seguras y que corrían previamente en cientos de miles de maquinas.**

Esta filosofía la aplico fundamentalmente en tres de sus familias de minicomputadores más famosas: PDP-8, PDP-11 y VAX.

Posteriormente también desarrollo el primer microprocesador de 64 bits denominado ALPHA 21064.

A mediados de la década de los 60, Digital Equipment Corporation desarrollo una serie de miniordenadores que fueron muy bien recibidos por adaptarse a muchas necesidades de la industria. Desde el PDP1 al PDP8; maquinas que podían colocarse encima de una mesa y que Digital comentaba que se sacaba el ordenador **del CPD (centro de proceso de datos.)**

Familia PDP-8

Con la introducción del famoso PDP-8 en 1964, una máquina de palabra más pequeña, de 12 bits que se vendió por aproximadamente por 16,000 dólares. El PDP-8 era bastante pequeño para caber sobre un carro. Era bastante simple de usar y ofrecía variedad de funciones, razón por la cual fue vendido por miles (más de 300.000) a nuevos clientes y mercados: laboratorios, ferrocarriles, y todo tipo de uso industrial. Era el primer computador que con regularidad fue comprado por un puñado de usuarios finales como una alternativa a la utilización de un sistema más grande en un centro de procesamiento de datos. Por su precio bajo y portabilidad, estas máquinas podían ser compradas para llenar una necesidad específica, a diferencia de los sistemas de unidad central de esos días, que casi siempre eran compartidos entre usuarios diversos. Hoy el PDP-8 es considerado, comúnmente, como el primer minicomputador.

El PDP-8 engendró a un primo, el PDP-12, que combinó la adquisición de datos y capacidades de demostración (desarrolladas con las computadoras NIH-sponsored LINC).

La arquitectura tenía un bus sencillo de E/S programada denominado OBNIBUS, además de un canal DMA. Los buses de E/S programada se suelen agotarse por los periféricos de velocidad media, tales como impresoras, teletipos, los lectores/perforadores de cinta de papel, mientras DMA se utiliza para pantallas de tubo de rayos catódicos con un lápiz óptico, convertidores de analógico a digital, digital a analógico transformadores, unidades de cinta, unidades de disco, multiplexores de líneas serie (tanto or lazo de corriente como por tensión eléctrica)etc.

El tamaño de la palabra, 12 bits, es lo suficientemente grande como para manejar enteros sin signo 0-4095 - lo suficientemente amplia como para el control de maquinaria simple. Doce bits también podrían almacenar dos caracteres ASCII subconjunto de seis bits.

Configuración básica del PDP-8 tenía una memoria principal de 4.096 palabras de doce bits. En sus inicios, vista del programador del PDP-8 tenía sólo ocho instrucciones y dos registros. La máquina utiliza memoria de núcleo magnético con un tiempo de ciclo de 1,5 microsegundos, de modo que una instrucción de referencia a memoria de dos ciclos típica corrió a una velocidad de 0.333 MIPS.

El PDP-8 estaba optimizado para la simplicidad de diseño. La CPU del modelo de serie, el PDP-8/S, tenía sólo aproximadamente 519 puertas lógicas. La CPU del modelo básico tenía sólo cuatro registros de 12 bits, el acumulador, el PC o contador de programa, registro de memoria-tampón y el registro de dirección de memoria.

Los tres bits de orden superior de la palabra de instrucción de 12 bits eran el código de operación. Para las seis operaciones que se referían a la memoria, los bits 5 a 11 proporcionaban una dirección de 7 bits. Bit 4, si se establece, dice para completar la dirección con los 5 bits de orden superior de la PC, y si claro, se utilizan ceros. Bit 3 especifica indirecto, si se establece, la dirección obtenida como se describe puntos hasta el momento a un valor de 12 bits en la memoria que da la dirección efectiva real de la instrucción.

El paginamiento de la memoria se realizaba por el uso de la palabra de instrucción que dividía las 4096 palabras de memoria en páginas de 128 palabras, el bit 4 de la instrucción seleccionaba la página actual o la página 0.

Instrucciones básicas:

- 000 - Operador de memoria con AC.
- 001 - TAD - Complemento dos, agregaba el operando de memoria.
- 010 - ISZ - Incremento del operando memoria y salto a siguiente instrucción si el resultado

- es cero.
- 011 - DCA - Depósito de CA en el operando de la memoria y borrar AC.
- 100 - JMS - Saltar a subrutina.
- 101 - JMP - Salto.
- 110 - IOT - Entrada/transferencia de salida.
- 111 - OPR – Entrar en microinstrucción, operaciones micro código,

Familias de PDP-8

- PDP-8
- LINC-8
- PDP-8/S
- PDP-8/I
- PDP-8/L
- PDP-12
- PDP-8/E
- PDP-8/F
- PDP-8/M
- PDP-8/A
- Intersil 6100 solo chip microprocesador compatible con PDP-8
- Harris 6120 CMOS de un solo chip microprocesador compatible con PDP-8

Como se indica en la lista anterior, Digital permitió segundas fuentes de sus micros PDP-8. Desarrolló una importante cantidad de placas de desarrollo para estudiantes que fueron base en muchas universidades.

Virtualización. En los modelos PDP-8/E y posteriores el controlador de extensión de memoria se mejoró para permitir la virtualización de la memoria de la máquina. Era una implementación en micro arquitectura y se denominó Memory Management que gestionaba la memoria correspondiente a cada tarea. Un programa escrito para usar un PDP-8 recursos mínimos podía coexistir con otros programas en el mismo PDP-8 bajo el control de un gestor de máquina virtual.

Esta familia de miniordenadores se hizo muy popular y por ejemplo en España la utilizaron clientes con negocios tan distintos como el diario ABC para la confección del periódico; REPSOL en sus laboratorios. RENFE en señalizaciones, el departamento de investigación de la seguridad social en el hospital Ramón y Cajal, el Instituto Ramón y Cajal para la investigación sobre neuronas, COSPA para la corrección de exámenes y un largo etc.

Basándose tanto en los PDP-8 como los PDP-11, y aprovechando los sistemas operativos propios (OS-8, y el sistema operativo de tiempo compartido TSS-8 para el PDP-8). las herramientas y lenguajes de programación se desarrolló una gran cantidad de aplicaciones de software (muchas de ellas stand/alno) y de hardware por parte de terceros (OEMs).



PDP-8 con cintas TU-56

Familia PDP-11

El gran salto de miniordenadores a miniordenadores potenciados con microprocesadores propios se centro en la familia PDP-11

A finales de la década de los 60, Digital formo dos equipos de desarrollo para que presentaran cada uno un proyecto de familia de minicomputadores para la siguiente década. El proyecto elegido fue el de la familia de PDP-11. Minicomputadores de palabra de 16 bits.

El otro equipo se desligo de Digital y formó la compañía Data Genera con la familia que denomino Eclipse.

La familia PDP-11 descansaba sobre un bus asíncrono denominado UNIBUS que permitía a los dispositivos enviar, recibir o intercambiar datos sin necesidad de dar un paso intermedio por la memoria con protocolo maestro/esclavo con 16 líneas de datos más 2 de paridad, 18 líneas de direcciones y otras de control. En los PDP's todo era direccionamiento de memoria tanto los accesos a memoria como las entradas/salidas (en principio 32Kb de los cuales los 4 últimos se dedicaban a los periféricos de entrada/salida).

Cuando la cantidad de periféricos sobrepasaba la capacidad del UNIBUS, (conectores para placas de hardware) se podía aumentar dicha capacidad por medio de un amplificador de bus denominado BUS REPEATER que además controlaba reflexiones de las señales.

La CPU era de características CISC contenía 6 registros de propósito general de 16 bits R0 a R7, de los cuales R5 contenía la palabra de estado del sistema o PSW, R6 contenía el Stack Point o puntero de pila, y R7 era el contador de programa o PC.

LA CPU soportaba un conjunto de instrucciones altamente ortogonal, con ocho modos de direccionamiento.

Interrupciones: El PDP-11 operaba en un nivel de prioridad entre 0 y 7, designado por tres bits en la palabra de estado del procesador (PSW), y los modelos de gama alta podían operar en varios modos como Kernel (privilegiado), Usuario (aplicación), y a veces Supervisor, según dos de los bits de la PSW.

Disponibilidad de un amplio rango de periféricos, algunos de los cuales eran compatibles con otros sistemas de DEC como el PDP-08 o el PDP-10: TU56/TU58 (sistema de cintas con direccionamiento de bloques); TU11 (cinta de 9 pistas); RK01/RK05/RK06 discos duros intercambiables; RX01/RX02 y RX50 (disco floppy de 8, y 5 pulgadas); RL01/RL02 (disco duro con platos intercambiables), discos, discos RA con pack de varios discos, cintas de tipo casete y PC11 (lector/perforador de cintas de papel de alta velocidad).

Multiplexores de líneas serie RS232 tanto en tensión como en lzo de corriente con velocidades idénticas o diferentes para cada línea; conversores analógicos a digital de varios canales; conversores digital analógico; reloj de tiempo real; adaptador de bus IEEE y otros muchos.



PDP11/40



PDP-11/70

Digital saco en total 27 modelos de la familia PDP-11 de los cuales 15 fueron basados en UNIBUS y CPU's normales y el resto fueron basados en microprocesadores y con un nuevo bus con las mismas características dl UNIBUS pero que multiplexaba las líneas de direccionamiento y de datos; se denomino QBUS.

Elementos de la familia basada en UNIBUS fueron por orden de aparición:

1970: PDP-11/20 PDP-11/05.

1972: PDP-11/40, PDP-11/45 (con procesador de Punto Flotante); PDP-11/05 y PDP-11/20

1973: PDP-11/35

1975: PDP-11/70 (el mas potente)

1976: PDP-11/50; PDP-11/55; PDP-11/34 y PDP-11/04

1977: PDP-11/60 (micro programable); PDP-11/34A (con Floating Point.)

1979: PDP-11/44;

1980: PDP-11/24

1984: PDP-11/73

1988: PDP-11/84

1990: PDP-11/94

El software para soportar estas máquinas era muy amplio pues tenía varios sistemas operativos como:

- RT-11 (Real Time 11) y RT11-FB (Forground/Baground) que permitía correr simultáneamente una tarea en primer plano y 6 en baground.
- RSX-11M sistema operativo multiusuario multitarea de tiempo compartido (con varios premios como mejor sistema operativo)
Versiones. Mas de 10 versiones se escribieron, desde las dedicadas a los PDP-11 más potentes hasta la que corria en el primer PC que Digital diseñó, (PC350). Algunas de ellas son las siguientes:
- RSX-11M: una versión multiusuario que era popular en todos los PDP-11
- RSX-11S: una versión residente en memoria de RSX-11M utilizada en aplicaciones integradas en tiempo real. Las aplicaciones RSX-11S se desarrollaron bajo RSX-11M.

- RSX-11M-Plus: una versión mucho más extendida de RSX-11M, originalmente diseñada para admitir el multiprocesador PDP-11/0 también se corrió en PDP-11/24, 11/44, 11/84 y 11/94 [32]
- P/OS: una versión de RSX-11M-Plus destinada a la línea DEC Professional de computadoras personales basadas en PDP-11.
- **MUMPS** ("Massachusetts General Hospital Utility Multi-Programming System"), es una base de datos de valor clave de procesamiento de transacciones de alto rendimiento con lenguaje de programación integrado. Se desarrolló originalmente en el Hospital General de Massachusetts para administrar los sistemas de información de laboratorio de los hospitales.
- RSTS sistema operativo de tiempo compartido multiusuario, desarrollado inicialmente por Evans Griffiths & Hart de Boston, [2] [3] y adquirido por Digital Equipment Corporation para su serie PDP-11 de miniordenadores de 16 bits.

Como pasó con la familia de PDP-8, pero mucho más acentuada fue la enorme cantidad de aplicaciones de terceros tanto en hardware al permitir y proporcionar Digital el diseño de sus buses y los drivers de software de toda su periferia.

Como referencia histórica, el sistema operativo UNIX y el lenguaje de programación "C" se escribió primeramente en un miniordenador PDP-7 y posteriormente en un mini PDP-11/20.

Ordenadores PDP-11 basados en microprocesadores.

Ante el avance de los microprocesadores de otros fabricantes, Digital tomó la decisión de pasar su arquitectura de PDP-11 con todo el enorme valor añadido que suponía los miles de aplicaciones corriendo y la gran cantidad de hardware y de periférica que existía. Pero además quiso abaratar costes y reducir complejidad y tamaño. Para ello lo primero fue diseñar un nuevo BUS para las nuevas máquinas basadas en microprocesadores; a este bus le denominó **QBUS** y su principal característica era que multiplexaba las líneas de direcciones y de datos con lo que reducía el tamaño y los costos esencialmente en la misma funcionalidad. Este nuevo bus no solo se utilizó en la nueva familia de PDP-11, también se utilizó en la siguiente familia de máquinas de 32bits de palabra denominada uVAX.

Con el tiempo, el rango de direcciones físicas del Q-bus se amplió de 16 a 18 y luego de 22 bits. Los modos de transferencia de bloques también se agregaron al Q-bus.

Al igual que el Unibus, el Qbus utilizaba:

- E/S asignadas a memoria
- Direccionamiento de bytes
- Una relación maestro-esclavo entre dispositivos en el bus
- Señalización asíncrona
- Permitía interrupciones de programa y de ciclo de bus (se denominaban aquí DMA)

La E/S asignada a memoria significa que los ciclos de datos entre dos dispositivos cualesquiera, ya sean CPU, memoria o dispositivos de E/S, utilizan los mismos protocolos. En el Unibus, un rango de direcciones físicas de 4 KBytes estaban dedicadas para dispositivos de E/S. El Q-bus simplifica este diseño al proporcionar una señal específica (originalmente llamada BBS7, Bus Bank Select 7 pero luego generalizada para llamarse BBSIO, Bus Bank Select I/O) que selecciona el rango de direcciones utilizadas por los dispositivos de E/S.

El direccionamiento de bytes significa que la dirección física que circulaba por el QBUS era de dos octetos

Una relación maestro-esclavo estricta significa que en cualquier momento, sólo un dispositivo puede ser el **maestro** del Q-bus. Este dispositivo maestro puede iniciar transacciones de datos a las que luego se puede desde un dispositivo esclavo seleccionado; (el maestro de bus puede ordenar cualquier tipo de transacción). Por tanto el dominio del bus lo obtenía el dispositivo que pusiera una dirección en el bus, la dirección del esclavo (cualquier dispositivo). La transacción podía ser de escritura o de lectura.

El único dispositivo que no podía ser bus-master era la memoria.

La señalización asíncrona significa que el bus no tiene un tiempo de ciclo fijo; la duración de cualquier ciclo de transferencia de datos en particular en el bus está determinada únicamente por los dispositivos maestros y esclavo que participan en el ciclo de datos actual. Estos dispositivos utilizan señales de aceptación para controlar la sincronización del ciclo de datos. . tiempo para los ciclos de datos, lo que permite un mayor ancho de banda de transferencia de datos de bus.

El Q-Bus admitía 6 tipos de transacciones básicas

- DATI Data in – Lectura desde el master
- DATOB Data out (byte)
- DATIO Data in/out lectura/escritura desde el master
- DATIOB Data in/out lectura/escritura desde el master (byte)
- IAK reconocimiento de interrupción

Como anécdota el QBUS fue clonado en la antigua Unión Soviética

Sistemas PDP-11 basados en QBUS y microprocesadores:

Procesadores LSI-11

El procesador LSI-11 fue un microordenador que fue diseñado originalmente para uso OEM, y destinado a ser integrado en productos de terceros. Más tarde fue empaquetado y vendido por DEC como la línea de computadoras de producción PDP-11/03 que de hecho fue el primer PDP-11 con QBUS y microprocesador. (El PDP-11/02 contenía el mismo hardware pero variaba el número de slots para dispositivos

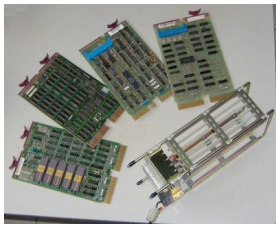
El PDP-11/03 fue la bajada a microprocesador del PDP-11/4

El procesador tiene un bus de direcciones de 16 bits y un bus de datos de 16 bits. Puede direccionar hasta 64 KB (32 KW) de memoria y reserva los 8 KB superiores (4 KW) del espacio de direcciones para dispositivos de E/S. Esto deja hasta 56 KB (28 KW) de memoria para programas y datos. Algunas configuraciones permiten que el área de E/S se reduzca a 4 KB, lo que permite hasta 60 KB (30 KW) de memoria para los programas.

El microprocesador consistía de dos chips; la CPU y el FP (procesador de punto flotante) que era opcional.

Todos los modelos de la familia de microprocesadores PDP-11 tenían todo tipo de periféricos, desde lectores/perforadores de cinta de papel, lectores de tarjetas perforadas, teletipos, impresoras con teclado como consolas, video terminales, consola, floppies de 8" de simple y doble densidad (posteriormente también de 3.5"), cintas magnéticas de bloques (TU-50/56),

de 7 y 9 pistas, discos de cabezas fijas, de cartuchos de cabezas móviles con capacidades de 5 a 600 MB, multiplexores de líneas serie asíncronos y síncronos, conversores analógicos/digitales y digitales/analógicos y otros como adaptadores de bus IEEE etc.



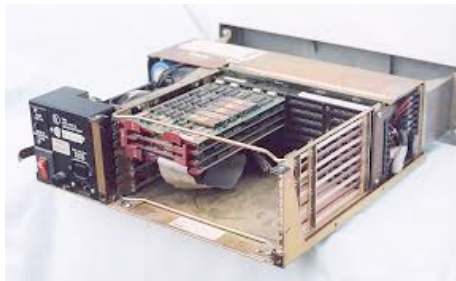
PDP-11/02

El modelo siguiente y de gran aceptación fue el PDP-11/23. Esta máquina fue la respuesta en QBUS y micro de una de las maquinas PDP-11 mas populares, El PDP-11/34.

En esta máquina el micro era ya de segunda generación denominado F11. De hecho la familia consistía de un chip-set de tres chips, CPU, Memory Management y Floating Point de los cuales el FP era opcional.

Una mejora fue el PDP-11/23+ que podía soportar mas memoria al tener en su QBUS 18 líneas de direccionamiento..

Otra línea basada en el chip-set de F11 fueron los denominados “MicroPDPs” que tenían las mismas prestaciones pero su cabina cabía debajo de una mesa de despacho.



CPU F11



Estas máquinas tenían una amplia gama de potencias, desde uPDP-11/53 al uPDP-11/93

Dadas las necesidades de muchos clientes que tenían gran cantidad de aplicaciones y hardware que corrían en UNIBUS, Digital diseño el **PDP-11/24**.

Esta máquina tenía la característica de incorporar una CPU basada en el set de microprocesador F11 y pr tanto QBUS como bus interno y un chip de alta escala de integración que convertía el QBUS a UNIBUS.

Además la placa de CPU (KDF11-A) contenía cinco conectores para diversos chips; además de los correspondientes a CPU, Memory Management y Floating Point, contenía 2 conectores para los chips CIS (Comercial Instructions Set) y para el compilador de Dibol (Cobol de Digital) con lo que esta máquina se posicionó sólidamente en el mercado de gestión empresarial.

El PDP-11/24 era la continuación en UNIBUS del PDP-11/34 pero con microprocesador como CPU y no CPU cableada.

También los sistemas PDP-11 de gama alta fueron bajados a microprocesador y a otros tipos de integración de chips de propósito específico que hicieron que dichos PDP-11 se distinguieran por sus magníficas prestaciones y su versatilidad para correr cualquier tipo de aplicación.

Digital diseñó un nuevo microprocesador para este segmento de PDP-11, el **J11**. Dicho chip fue desarrollado por Digital y fabricado por Harris.



Microprocesador J11

El J-11 contenía los registros duplicados, tres pilas (*stack*) (Usuario, Kernel y Supervisor) para multiusuario, memoria virtual (22 bits), caché con espacios separados para instrucciones y datos.

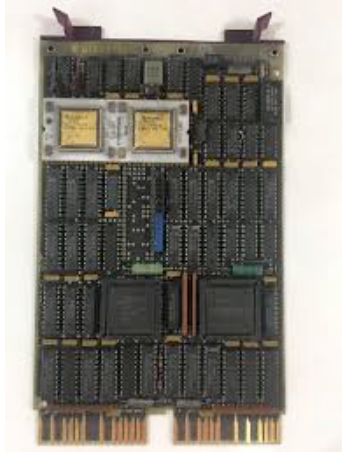
Gracias a este juego de chips Digital pudo sacar al mercado las líneas de PDP-11 más potentes derivadas del PDP-11/70 cuyas características principales eran:

1. un sistema UNIBUS PDP-11 de muy alto rendimiento; básicamente tomó la CPU de alto rendimiento del PDP-11/45 (implementada en la lógica SSI Schottky TTL) y la aumentó con:
 - a. Una caché de 2 Kbytes, 300 nsec, organizada como un conjunto asociativo de 2 vías, con bloques de 4 bytes, conectada a lo que había sido la interfaz de memoria de alta velocidad FastBus
 - b. La capacidad de admitir hasta 4 Mbytes de memoria principal a través de un nuevo bus de memoria principal y cambios en la CPU para permitir el acceso a esa cantidad de memoria.
 - c. Un mapa del UNIBUS para permitir que los dispositivos en UNIBUS accedieran a toda esa memoria.
 - d. La capacidad de admitir hasta 4 controladores RH70 MASSBUS, que conectaban dispositivos de almacenamiento secundario de alta velocidad directamente a la memoria principal, sin pasar por el UNIBUS.
(Implementación de DMA)

Algunas de las máquinas más significativas PDP-11 de gama alta que incorporaron microprocesador fueron:

MicroPDP-11/73 fue la tercera generación de la serie PDP-11 de miniordenadores de 16 bits producidos por Digital Equipment Corporation para utilizar procesadores LSI. Introducido en 1983, este sistema utilizaba el conjunto de chips DEC J-11 y el Q-Bus, con una velocidad de reloj de 15,2 MHz.

El 11/73 (también conocido como KDJ11A) es un módulo de doble altura con interfaz de bus, caché y arranque integrado.

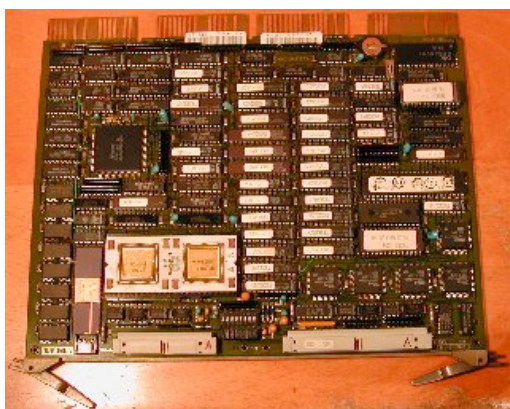


CPU de PDP-11/73



El PDP-11/84 basado en UNIBUS era para aquellos clientes que querían usar equipos heredados: era la misma placa de CPU (QBUS) con un adaptador **UNIBUS KTJ-11B**. A pesar de esto, el 11/83 tenía un ancho de banda de E/S significativamente mayor que el 11/84, porque el QBUS había sido revisado para entonces con el modo de bloque, la capacidad de enviar una ráfaga de datos con una sola dirección. Esta velocidad de ráfaga excedió a cualquier implementación UNIBUS.

La caja en la imagen de la derecha es un BA123 que era un recinto popular para las máquinas qbus. Aparte del backplane qbus de 12x4 ranuras, tenía cinco ranuras para unidades de almacenamiento, por ejemplo, espacio para dos o tres discos duros tipo Winchester (RD50,RD51,RD52,RD53), una unidad de cinta (y disquete RX50 axial).



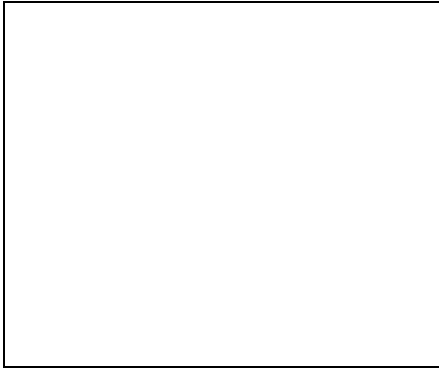
Los dos últimos PDP-11 fueron el PDP-11/93 y el PDP-11/94 de DEC.

Técnicamente era un PDP-11/83 re-motorizado (utiliza la misma CPU J-11) con componentes más modernos (podría ser modificado para la frecuencia de reloj de 20MHz), y 2 o 4 MB de

RAM de paridad incluida. También contaba con ocho líneas serie almacenadas en búfer (un multiplexador de terminal emulado por un Z80) en la placa del procesador.

El PDP-11/94 es el gemelo con capacidad para UNIBUS del PDP-11/93 solo para QBUS; ambos usaron la CPU KDJ11-E (con su bus PMI, aunque con la memoria principal toda en la tarjeta de la CPU, la PMI era menos importante). El -11/94 agregó un adaptador **UNIBUS KTJ11-B** para proporcionar su UNIBUS y tenía un backplane principal personalizado para soportarlo.

Modelos PDP-11 sin bus estándar



PDT-11/150 smart terminal system tenía dos flopies de 8 pulgadas.

- PDT-11/110
- PDT-11/130
- PDT-11/150

La serie PDT eran sistemas de escritorio comercializados como "terminales inteligentes". El / 110 y el / 130 se alojaron en un gabinete de terminal VT100. El / 150 estaba alojado en una unidad de sobremesa que incluía dos unidades de disquete de 8 pulgadas, tres puertos seriales asíncronos, un puerto de impresora, un puerto de módem y un puerto serial síncrono y requería un terminal externo. Los tres emplearon el mismo chipset que se utilizó en el LSI-11/03 y LSI-11/2 en cuatro "microm". Existe una opción que combina dos de los microms en un portador doble, liberando un zócalo para un chip EIS / FIS. El / 150 en combinación con un terminal VT105 también se vendió como MiniMINC, una versión económica del MINC-11.

Ordenadores personales basados en tecnología PDP-11



Professional

- PRO-325
- PRO-350
- PRO-380

La serie DEC Professional eran PC's de escritorio destinadas a competir con las computadoras personales basadas en 8088 y 80286 de IBM.

Los modelos estaban equipados con unidades de disquete y disco duro de 5¼ pulgadas, excepto el 325 que no tiene disco duro. El sistema operativo original era P/OS, que era esencialmente RSX-11M+ con un sistema de menús.

El sistema operativo RT-11 finalmente se trasladó a la serie PRO.

Los modelos PRO-325 y -350 se basaban en el conjunto de chips DCF-11 ("Fonz"), el mismo que se encontraba en los modelos 11/23, 11/23 + y 11/24.

El PRO-380 se basa en el conjunto de chips DCJ-11 ("Jaws"), el mismo que se encontraba en el 11 / 53,73,83 y otros, aunque funcionaba solo a 10 MHz debido a limitaciones en el conjunto de chips de soporte.

Digital Minc-11



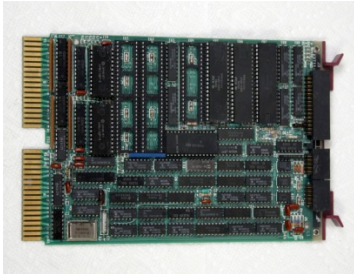
El sistema MINC-11 es básicamente un PDP-11/03 (posteriormente 11/23) pero diseñado para uso en laboratorio, como sucesor del sistema LINC. Utilizaba un conjunto especial de módulos de interfaz y ranuras de tamaño cuádruple con doble espacio. El sistema operativo es una versión especial de RT-11 que se lanza directamente a MINC-Basic. Las funciones especiales abordan los módulos MINC y las capacidades gráficas del terminal VT-105. Los módulos son:

- Convertidor A/D MNCAD
- Preamplificador MNCA
- Multiplexor doble MNCAM
- Reloj MNCKW
- Convertidor MNCAA D/A
- Unidad de entrada digital MNCDI
- Unidad de salida digital MNCDO

El PDP-11 Falcon

Por último, dentro de los sistemas basados en microprocesadores LSI-11 estaba el **KXT11-AA** el más pequeño de los sistemas de la familia PDP-11 denominado **FALCON**.

De hecho era un SBC (Single Board Computer) , Contení­a adem­as de la CPU, memoria, memoria EPROM, dos líneas serie, una línea paralelo, reloj de tiempo real y lo m­as destacado un bus configurable a un ancho de palabra de 8 bits, o de 16 bits. Esto le permit­a trabajando en modo 8 bts poder soportar toda la periferia que exist­a alrededor de los sistemas INTEL 8080/8085 y posteriores.



Era la soluci­n de sistemas stand-alone, para aplicaciones embebidas de tiempo real.

EL paquete de desarrollo consist­a en un sistema PDP-11 con sistema operativo RT11 y un compilador microPower Pascal donde se desarrollaban las aplicaciones que despu­es de depuradas se cargaban en el FALCON. (Como curiosidad se utilizo en el AVE Madrid-Sevilla).

Los clientes en Espa­a que utilizaron PDP-11 fueron innumerables, desde aplicaciones de control, (Metro de Madrid, SEAT, CAMPSA, Aguas de Barcelona, Hornos Ib­ericos, Central Nuclear de Almaraz), investigaci­n (Junta de Energ­a Nuclear, Hospital Ram­n y Cajal, Hospital La Paz Cl­nica de la Concepci­n, Consejo Superior Investigaciones Cient­ficas, Instituto de Biolog­a Molecular...), industria (CASA, Renault, Ford, Filtrona Espa­ola...), universidades (ETS I.Aeronauticos, Universidad Aut­noma de Madrid, Facultad de Inform­tica.....), Estaciones espaciales de Maspalomas, Robledo de Ch­vela, Instituto de Radio Astronom­a Milim­trica..), observatorio astron­mico de Calar Alto y un largo etc.

A partir del a­o del a­o 1977 Digital lanzo el primer miniordenador de 32 bits. Su nombre original era VAX-11/780 (Virtual Address Extended PDP-11). de arquitectura CISC, sucesora de la PDP-11

Su sistema operativo, VMS (luego llamado OpenVMS), fue concebido junto con la m­quina. Presentaba caracter­sticas muy novedosas para su tiempo, en particular un revolucionario sistema de gesti­n de memoria virtual y de cl­ster.

Ta como paso con los sistemas PDP-11, VAX tambi­n se paso a microprocesadores. Posteriormente, DIGITAL tambi­n fue la primera compa­a que saco al mercado un micro de 64 bits. Pero estas dos familias de procesadores ser­n motivo de una nueva entrega con la discusi­n de los micros de 32 y 64 bits.

Como colof­n decir que DIGITAL siempre se ha caracterizado por su ingenier­a pionera en muchos campos tanto a nivel de hardware como de sistemas operativos, compiladores, comunicaciones y Redes y un largo etc. Y como muestra, abajo aparecen algunos de sus productos y sus compradores.

- Su producto para bases de datos, Rdb, fue adquirida por Oracle.
- Su tecnolog­a de cinta DLT se vendi­ a Quantum Corporation, en 1994.

- Su Terminal de Textos para negocios (VT100 y sucesores) fueron adquiridas en agosto de 1995 por Boundless Technologies.
- En marzo de 1997 los productos basados en DEC CORBA: ObjectBroker, y su software de mensajería, MessageQ, fue vendido a BEA Systems, Inc.
- En mayo de 1997, DEC demandó a Intel alegando infringir su patente de procesadores Alfa en el diseño de los chips Pentium. Como parte de una solución pactada, los chips de DEC fueron vendidos a Intel. Esto incluyó la implementación de DEC StrongARM de la arquitectura de computador ARM, que Intel vendió como procesadores Xscale comúnmente utilizados en las PC Pocket (computadores de bolsillo).
- En 1997, el negocio de impresoras fue vendido a GENICOM (ahora llamada TallyGenicom).
- En aproximadamente la misma época, el negocio de redes (networking) fue vendido a Cabletron Systems, y seguidamente sacado como "Digital Network Products Group".
- Los productos de voz DECtalk y DECvoice llegaron finalmente a Fonix.
- En 1994, los derechos de la PDP-11 y varias líneas Sistemas Operativos para PDP fueron adquiridos por Mentec.
- AltaVista fue un motor de búsqueda web establecido en 1995. Fue comprado por Yahoo! en 2003, que mantuvo la marca, pero basó todas las búsquedas de AltaVista en su propio motor de búsqueda.

Finalmente, el 26 de enero de 1998, lo que quedaba de la empresa fue vendida a **Compaq**, la que luego fue adquirida **por Hewlett-Packard** en 2002. Hewlett-Packard ahora vende lo que era la línea de productos de almacenamiento StorageWorks de Digital (discos y cintas).

Mariano Rebollo Julio 2021.