

Arquitectura de las consolas de videojuegos: una perspectiva histórica

*(última versión actualizada disponible en
<http://www.tranquilinho.com/Articles>)*

Jesús Cuenca

Índice

Introducción.....	3
Los orígenes.....	3
Los primeros sistemas domésticos	5
La tercera generación.....	6
Los 90: cuarta y quinta generación.....	6
Playstation	7
Nintendo 64	7
Playstation 2	8
El “futuro” ya está aquí	9
Apéndices	10
Cronología	10
Evolución de la potencia de cálculo	10
Evolución de las memorias (principal y secundaria).....	11
Bibliografía.....	12

Introducción

Según el diccionario de la RAE, un **videojuego** es un “dispositivo electrónico que permite, mediante mandos apropiados, simular juegos en las pantallas de un televisor o de un ordenador”. Una definición menos estricta se centra en el videojuego como programa informático (en lugar de dispositivo electrónico), cuyo objetivo es entretener a su usuario a través de la interacción del jugador con el programa. La raíz “vídeo” incide en la naturaleza audiovisual de la interacción, que la diferencia de otros juegos tradicionales como el ajedrez.

Una **consola** es un “dispositivo que, integrado o no en una máquina, contiene los instrumentos para su control y operación”.

Combinando los conceptos de videojuego y consola se llega a las **videoconsolas**, o “consolas para videojuegos”: dispositivos electrónicos domésticos que permiten interactuar a los jugadores mediante mandos de control que modifican el estado del juego, el cuál es transmitido al usuario mediante imágenes y sonidos mostrados en una pantalla (normalmente, una televisión).

Las videoconsolas han alcanzado una enorme popularidad, traducida en ventas millonarias, tanto de las consolas como de los videojuegos diseñados para ellas. A pesar de ello, son pocos los estudios relacionados con ellas, y en general con el mundo de los videojuegos. Quizás los creadores están demasiado ocupados con sus criaturas, o quizás los estudiosos de otros campos consideran a los videojuegos como un pasatiempo vanal.

En este documento se va a estudiar la evolución de las videoconsolas desde el punto de vista de la arquitectura de computadores.

Los orígenes

Los antecedentes remotos de los videojuegos son polémicos. El candidato más antiguo es el “juego” de misiles diseñado por Thomas T. Goldsmith Jr. y Estle Ray Mann en 1947. Presenta algunas características básicas, como son la imagen en movimiento (en este caso, mostrada en un tubo de rayos catódicos), y mandos de control (un par de ruedas para ajustar el ángulo y la velocidad del misil). Los detractores afirman que no se trata propiamente de un juego, si no de una simulación física cuyo objetivo no era divertir.

Otros candidatos son OXO (una versión del “tres en raya” que se podía jugar en el EDSAC), desarrollado por A.S. Douglas en 1952, y “Tennis for two” (el cual se visualizaba en un osciloscopio), creado en 1958 por William Higinbotham. Los detractores afirman que estos juegos no cuentan ya que estaban restringidos a los laboratorios donde se idearon.

Los tres candidatos giraban en torno a circuitos electrónicos analógicos; los dos primeros usaban tubos de vacío, mientras que el tercero empleaba algunos transistores.

El primer juego reconocido ampliamente como tal es Spacewar, de Steve Russell, quien lo programó en 1961 para el PDP-1 que estaba instalado en el MIT. Este juego cumple con todos los requisitos, incluida la popularidad que exigen los puristas.

En 1969, Ralph Baer terminó su prototipo de consola para conectar a la televisión. El camino había sido duro: como pionero, sus primeros esfuerzos se centraron en conseguir un sistema que funcionara. Pero un sistema así no tenía valor de mercado. Bill Rusch aportó la intuición para convertirlo en un prototipo capaz de entretener.

Ralph vendió su prototipo a Magnavox, quien a su vez lo introdujo en el mercado en 1972 con el nombre “Magnavox Odyssey”. Este fue el primer sistema doméstico de videojuegos, que ya presentaba las siguientes características:

- entrada para “cartuchos”, que permitía disfrutar de varios juegos diferentes con el mismo sistema. Los cartuchos simplemente modificaban algunas conexiones, pero el efecto era similar al de los cartuchos modernos.
- la salida se mostraba en el televisor
- El sistema estaba diseñado para el mercado de consumo
- electrónica analógica
- se alimentaba con pilas
- carecía de sonido

La consola no tuvo una buena estrategia de mercado, por lo que sucumbió rápidamente a los competidores que vendrían poco después. Curiosamente, Nintendo, cuando aún se dedicaba exclusivamente a la fabricación de cartas, fue la distribuidora de la Odyssey en Japón.

1972 también fue el año en que Al Acorn, de Atari, creó la recreativa “Pong”, el primer éxito masivo de los videojuegos. Esta máquina marcó la transición de los circuitos analógicos a los digitales, pues fue la primera en usar circuitos TTL.

En 1975 Atari presentó al principal competidor de la Odyssey, el “Home Pong”. En poco tiempo se convirtió en un éxito de ventas, con 150000 unidades vendidas. Ese mismo año, se usó por primera vez un microprocesador como núcleo de un videojuego, “Gunfight” (de Taito).

En 1976, Fairchild fabrica “Channel F”, la primera consola con cartuchos “de verdad”: conjuntos de chips ROM que almacenaban un juego. Una vez más, el gran triunfo se escapó de las manos de los inventores originales y fue a parar a las de Atari.

Algunos títulos clave de la historia del videojuego, disponibles inicialmente sólo para máquinas recreativas, fueron:

- “Space Wars” (Cinematronics, 1977): primer juego con gráficos vectoriales
- “Space Invaders” (Taito, 1978)
- “Asteroids” (Atari, 1979)
- “Pacman” (Namco, 1980)

Los primeros sistemas domésticos

La Atari 2600 (conocida al principio como Video Computer System) salió al mercado en 1977 por 200\$, con 9 juegos disponibles. Tuvo un enorme éxito: entre 1977 y 1982 se vendieron 15 millones de unidades en Estados Unidos. Hasta que se dejó de fabricar, alcanzó los 25 millones de unidades vendidas en todo el mundo.

La Atari 2600 fue fruto de 2 años de investigación en pos de la segunda generación de videoconsolas. Algunas de las innovaciones de esa consola fueron:

- Plataforma hardware “genérica”, similar a los ordenadores domésticos: procesador (el MOS 6507), memoria principal, controladores de entrada/salida (el MOS 6532), y un chip para generar la señal que se enviaría al televisor, el TIA (Television Interface Adaptor).
- Joysticks

La popularidad de los videojuegos desató el deseo en muchas empresas de sacar tajada, a pesar de no estar preparadas. El mercado se satura de juegos y consolas de baja calidad, con lo que el consumidor pierde la confianza. Estalla una guerra de precios y se produce el “crash de 1983”. Esta caída en picado de las ventas tuvo dos importantes consecuencias para la industria de las consolas:

- Nintendo avanza en Japón, ajena al crash estadounidense. Cuando las empresas americanas se recuperan en 1987 ya es demasiado tarde: Nintendo se ha hecho con el primer puesto en el mercado mundial, seguida de cerca por la también japonesa Sega
- Los fabricantes de consolas se implican en la calidad de los videojuegos: los desarrolladores tenían que usar los cartuchos del fabricante, y debían llegar a acuerdos con él para poder incluir su copyright (sin el cual el juego no funcionaba). Si los desarrolladores distribuían juegos con el copyright pero sin acuerdo, incurrían en un delito de propiedad intelectual por el cual el fabricante podía denunciarles. El acuerdo incluye compartir los beneficios por la venta del videojuego con el fabricante de la consola (de hecho, los enormes beneficios reportados por los juegos son una de las razones por las que el precio de las consolas es menor de lo que realmente cuesta el hardware que llevan dentro)

La tercera generación

Las consolas de tercera generación se popularizaron como “consolas de 8 bits” (a pesar de que las de segunda generación también usaban procesadores de 8 bits). Para aumentar el atractivo audiovisual se aumentó la potencia de los chips y se añadió memoria específica para video. Así se consiguieron resoluciones de 256x240 píxeles con 52 colores, y audio de 4 canales simultáneos.

Las más populares de esta generación fueron la Nintendo NES y la Sega Master System.

En 1984 Nintendo sacó la Famicom (Family Computer) con la cual entró por la puerta grande en el mercado de los videojuegos. Tras arrasar en Japón, dió el salto a Estados Unidos, rebautizando a la consola como Nintendo Entertainment System (NES). Durante su ciclo de vida se vendieron 60 millones de unidades. La complejidad y la sofisticación técnica de los videojuegos crecía al igual que la potencia de la consola. Si bien la CPU era muy similar a la de la Atari 2600, los chips encargados de gráficos y sonido eran más avanzados. Además, introdujo una variante en los mandos de control, conocida como “gamepad”, que simplificaba bastante el juego; de hecho, el diseño original de los mandos de la NES se ha mantenido hasta los mandos de hoy en día, salvo pequeñas mejoras y modificaciones.

En 1985 Sega lanzó su Master System en Japón, y en 1986 en Estados Unidos. Con su Z80 a 3.58MHz y sus 4 KB de RAM aventajaba técnicamente a la NES, pero los juegos no sacaban partido de dicha ventaja. Los 2 años de éxito de la NES atrajeron a multitud de desarrolladores que se concentraban en ella, unas veces por voluntad propia y otras por lo estricto del sistema de licencias. Se llegaron a vender 13 millones de Master System, fundamentalmente en Europa, donde Sega supo vender mejor su consola que Nintendo.

Los 90: cuarta y quinta generación

La década de 1990 vería aparecer las consolas de 16 bits, cuyos principales exponentes fueron la Sega Megadrive (35 millones de unidades vendidas) y la Nintendo Super NES (50 millones). Mas tarde, llegarían las consolas de 32 bits: Nintendo 64 (32 millones de unidades) y Sony Playstation (102 millones), con potencia suficiente para afrontar cualquier juego desde una perspectiva tridimensional.

El diseño de la Megadrive se remonta a 1987 (aunque no se exportó fuera de Japón hasta 1989) y contaba con un procesador Motorota a 7'6 MHz, 64 KB de memoria principal, 64 KB de memoria para video y 8 KB de memoria para audio. Soportaba una resolución de hasta 320x224 píxeles con 64 colores, y 10 canales de sonido FM. Los cartuchos alcanzaron los 4 MB.

La Super NES salió más tarde al mercado (en 1991) y con un procesador menos potente (65C816 a 3'58MHz). Sin embargo, disponía de más memoria (128 KB RAM, 64 KB video y 64 KB audio) y unos procesadores multimedia más sofisticados, que permitían resoluciones de 512x448 píxeles, 256 colores y 8 canales ADPCM. Los cartuchos alcanzaron los 6 MB.

Playstation

Tras las desavenencias con Nintendo durante el desarrollo de una unidad de CD-ROM para la Super NES, los ingenieros de Sony sacaron adelante el proyecto como una consola independiente dispuesta a conquistar el mercado.

En 1994 apareció la Playstation (1995 fuera de Japón), la primera consola que apostó por los gráficos tridimensionales con éxito. La complejidad audiovisual de los nuevos juegos precisaba de procesadores específicos para cada faceta: el control lo lleva un MIPS R3000A a 34 MHz; las transformaciones geométricas se llevan a cabo en el Geometry Engine, integrado en la CPU; el sonido lo gestiona la SPU. La memoria instalada sigue creciendo: 2 MB de memoria principal, 1 para vídeo y otro para audio.

La Playstation también impuso el cambio de soporte para los videojuegos, de los tradicionales cartuchos ROM a los discos CD-ROM, más baratos de producir y de mayor capacidad.

Nintendo 64

Nintendo la puso a la venta en 1995. Diseñada conjuntamente con SGI, empleaba un procesador NEC VR4300 de 64 bits similar al MIPS R4300i, con una unidad segmentada en 5 etapas y unidad de coma flotante integrada (curiosamente, los buses de datos del VR4300 eran de 32 bits, lo cual, unido a la “escasa” capacidad de la RAM -4 MB compartidos con el sistema gráfico- y la caché -24KB- empujó a los programadores a usar instrucciones de 32 bits).

El subsistema gráfico se componía de 2 procesadores, el RSP (Reality Signal Processor) que realizaba los cálculos vectoriales, y el RDP (Reality Drawing Processor) que se encargaba de las operaciones a nivel de pixel, como por ejemplo del “anti-aliasing” o del mapeado de texturas.

El RSP estaba basado en el procesador MIPS R4000 y su microcódigo se podía adaptar por los programadores. Esto le brindaba una gran flexibilidad, pero al mismo tiempo complicaba la tarea de los desarrolladores, que en muchos casos no pudieron sacar el máximo partido del chip (de ahí que normalmente no hubiera una gran diferencia entre los gráficos de la Nintendo 64 y los de la Playstation, exceptuando los vídeos “prerrenderizados” de la Playstation, generados en estaciones de trabajo y que sacaban partido del almacenamiento disponible en los CD-ROM, del cual carecía la Nintendo 64)

En general la arquitectura estaba bien pensada y era potente:

- Diseño por etapas adaptado a los pasos estándar en gráficos 3D:
 - La CPU controlaba la lógica de juego
 - El RSP realizaba las operaciones vectoriales necesarias para las transformaciones geométricas, la iluminación y la triangulación
 - El RCP rellenaba los polígonos y aplicaba texturas
- El microcódigo del RSP es programable, lo que permitía adaptarlo a las necesidades de cada juego.
- Los cartuchos ROM ofrecían una carga muy rápida

... pero presentaba algunos fallos:

- La caché de texturas, de sólo 4 KB
- La latencia de la RAM (640 ns) anulaba el elevado ancho de banda de la memoria (560 MB/s)
- La jerarquía de acceso a memoria: sólo el RCP tenía acceso directo a ella
- No había un procesador dedicado al sonido
- Los cartuchos ROM proporcionaban un almacenamiento muy limitado: 64 MB frente a los 650 del CD-ROM.

En cuanto al mando de control, aportó el “stick” analógico, similar a la tradicional cruceta pero capaz de identificar cuánto se ha movido en cada dirección, lo cual permite, por ejemplo, que un personaje pase de andar a correr en función de cuánto se mueva dicho stick.

Playstation 2

La arquitectura de la Playstation 2 (que vio la luz en Japón en el año 2000) se dividía en tres bloques:

- Emotion Engine: CPU a 300 MHz con las siguientes subunidades:
 - a. núcleo MIPS R5900 de 64 bits con 16 KB de RAM
 - b. unidad de coma flotante
 - c. 2 unidades vectoriales de 128 bits. Una actuaba como una extensión SIMD del núcleo (con 4KB para datos y 4 para instrucciones), mientras la otra trabajaba en paralelo de forma independiente (con 16 KB para datos y 16 para instrucciones)
 - d. descompresor MPEG
 - e. controlador de memoria
- Memoria principal: 32 MB RAM Direct RAMBUS
- Graphics Synthesizer: GPU a 150 MHz
 - a. 16 unidades de proceso de píxeles
 - b. 4 MB de Video RAM
- Procesador de entrada / salida: MIPS R3000 a 34 MHz que controlaba el chip de sonido, el lector de DVD, los puertos USB y firewire y el resto de conexiones

externas (dependiendo de la versión de la consola, incluía PCMCIA, módem, Ethernet...)

Dada la elevada demanda de datos, la arquitectura apostó por incluir pequeñas memorias exclusivas de cada unidad. Dichas memorias ofrecían un acceso más rápido y al mismo tiempo optimizaban el uso de las cachés. Adicionalmente, se emplearon buses de datos dedicados de alta velocidad (entre 3 y 50 GB/s), que conectaban todas las subunidades dentro de un bloque, y los bloques entre sí.

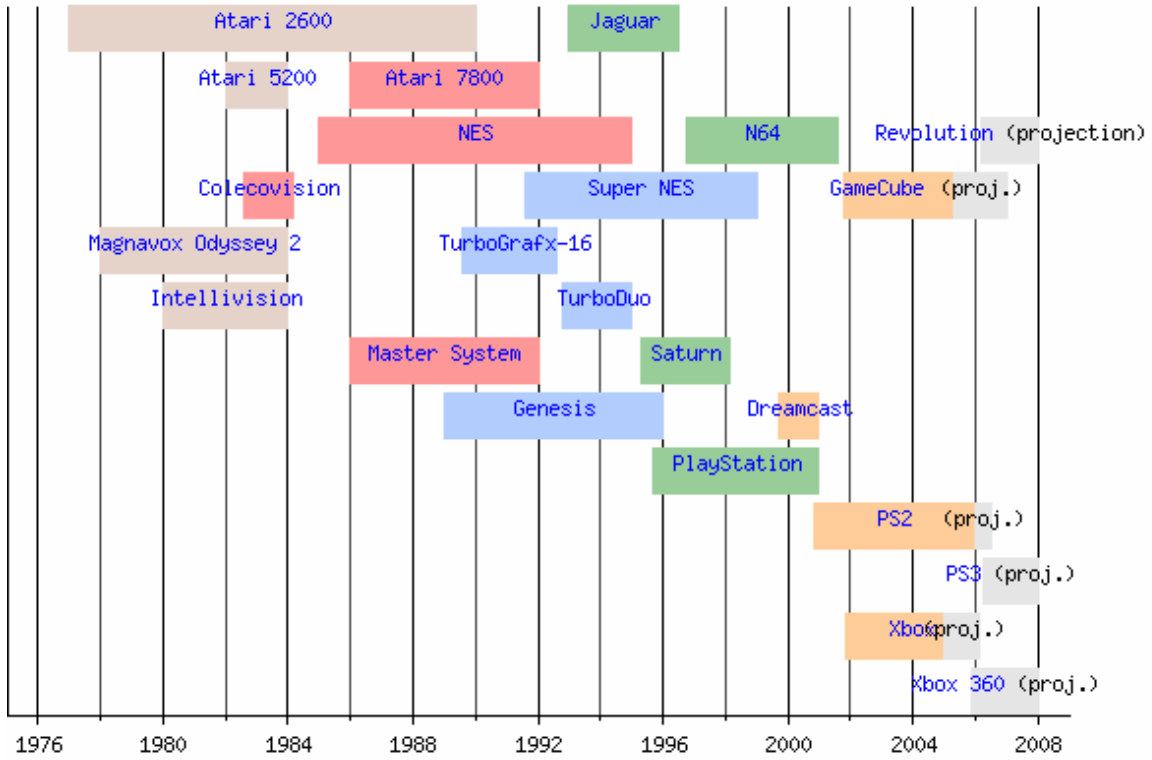
Para gestionar semejante tráfico se incluyó unidad de acceso directo a memoria de 10 canales, responsabilidad del programador, quien podía plantearse semejante reto gracias a que típicamente el flujo de datos era secuencial: se partía de las coordenadas de cada objeto y se iba enriqueciendo el modelo paso a paso, hasta llegar a la escena triangulada a la que se aplicaba texturas, iluminación y efectos.

El “futuro” ya está aquí

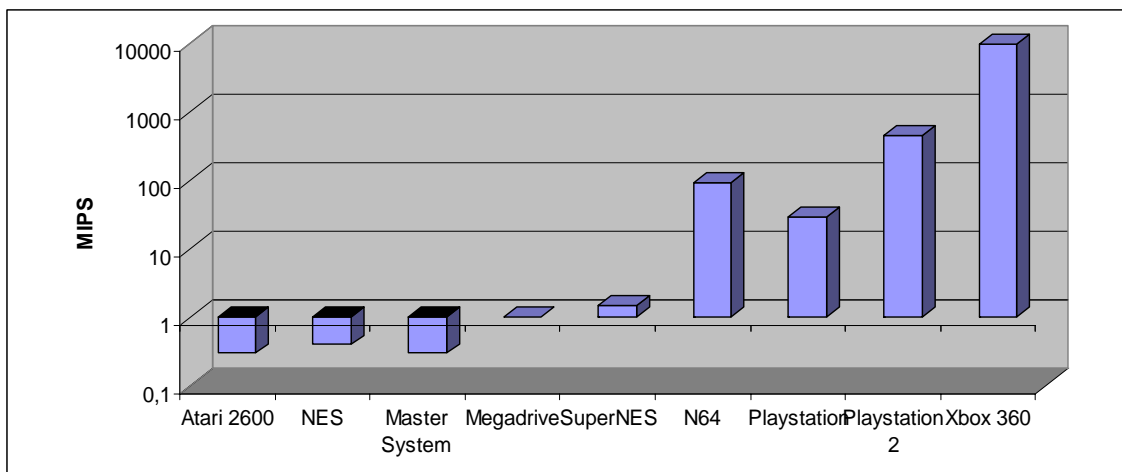
En 2006, Microsoft ha presentado su Xbox 360, de la que se dice que alcanza los 98 GFLOPS con 3 núcleos de proceso a 3'2 GHZ, y 2 unidades de proceso gráfico a 500 MHz cada una, las cuales ofrecen 80 GFLOPS. Una máquina 30000 veces más potente que la Atari 2600 garantiza unos juegos muy realistas con gráficos espectaculares, sofisticados motores de inteligencia artificial, modelos físicos creíbles... pero, ¿dónde queda la diversión? ¿Los juegos actuales también son 30000 veces más divertidos que los clásicos?

Apéndices

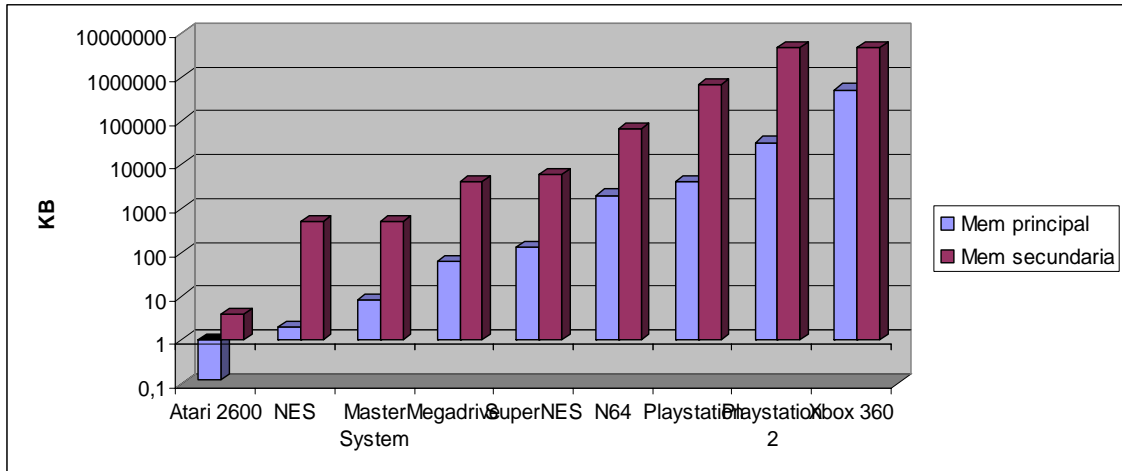
Cronología



Evolución de la potencia de cálculo



Evolución de las memorias (principal y secundaria)



Bibliografía

“The ultimate story of videogames” Steven L. Kent

“Computer Architecture: a quantitative approach”, tercera edición. Patterson & Hennessy.

“Sony’s Emotionally Charged Chip”. Keith Diefendorff. Microprocessor Report 13(5).

Wikipedia – www.wikipedia.org

Diccionario de la Lengua Española. 22º edición.

Xbox 360 vs Playstation 3 - <http://xbox360.ign.com/articles/617/617951p1.html>

Especificaciones de las videoconsolas - <http://www.pcvconsole.com/features/soles/>

“Tennis for two” (incluye video del sistema) -
<http://www.osti.gov/accomplishments/videogame.html>

PONG - <http://www.pong-story.com/atpong2.htm>

Nintendo Super NES - <http://www.emulanium.com/snes.php>

Sega Megadrive - <http://www.emulanium.com/genesis.php>

Desmitificando la Xbox 360 -
<http://www.windowsitpro.com/articles/index.cfm?articleid=46436&cpage=5>

Precios de las consolas - http://forums.afterdawn.com/thread_view.cfm/224409