

# Interfaces Estándar

## Buses de un PC

Agustín Fernández, Josep Llosa, Fermín Sánchez

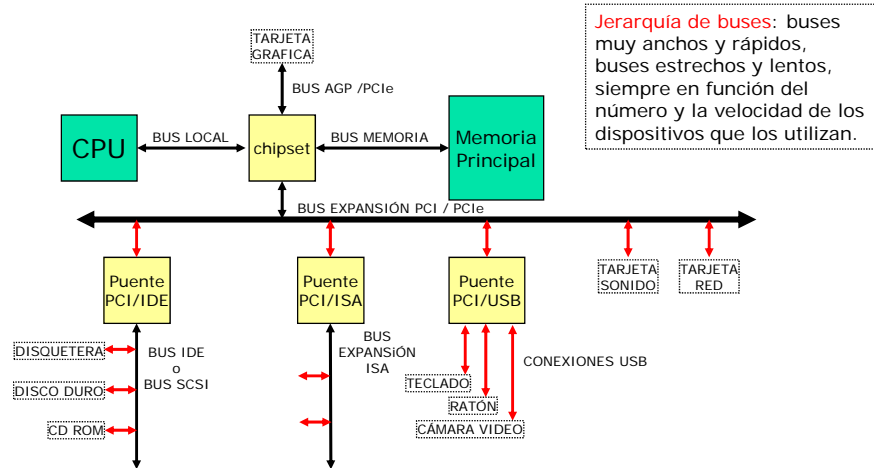
Estructura de Computadors II  
Departament d'Arquitectura de Computadors  
Facultat d'Informàtica de Barcelona



## Índice

- Jerarquía de buses de un PC
- Historia
- Bus PCI
- BUS PCIe
- Bus USB
- BUS Firewire
- Bus IDE
- Bus AGP

## Jerarquía de Buses de un PC (2004)



## Tipos de buses en un PC

- Bus local o bus del procesador
- Buses de propósito general
  - Buses de expansión
    - ISA, MCA, EISA, PCI, PCIe
  - Bus serie estándar
    - RS-232
  - Bus Paralelo Centronics
- Buses de propósito específico
  - Bus Gráfico AGP
  - AMR, CNR, ACR
  - IDE, SCSI, S-ATA, Floppy
- Buses serie multimedia
  - USB, Firewire

## Bus local o bus del procesador

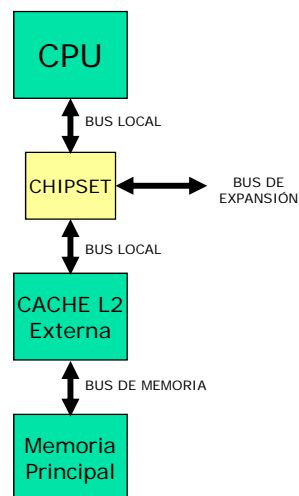
### Historia

- Único bus conectado directamente al procesador
- Diferencia de velocidad apreciable entre procesador y resto de componentes
- El 80486 fue el último procesador de Intel que fue a la misma velocidad que su bus (33 MHz). Desde entonces, los buses se han especializado
- Primera implementación específica de bus local: VESA local bus.
  - Cuello de botella: Tarjeta gráfica. Inicialmente, 32 bits y 33Mhz, ancho de banda 132 Mbytes/s
  - Dio problemas eléctricos con frecuencias mayores de 33 MHz que originaron el nacimiento de los multiplicadores de frecuencia: 80486 a 50MHz, bus a 25MHz
  - Desapareció con la aparición del Pentium



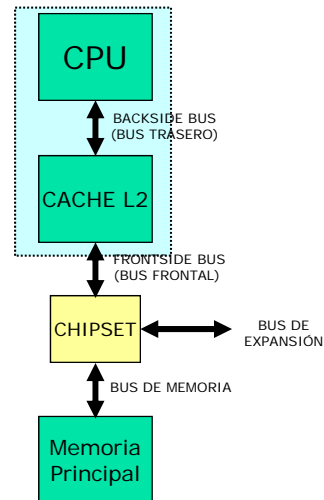
## Bus local o bus del procesador

- **Bus del procesador (Bus Único).**
  - Controlador del bus integrado en el procesador
  - Sólo el chipset de la placa base se entiende con él
  - El resto de componentes se comunican a través del bus de expansión



## Bus local o bus del procesador

- **Dual Independent bus (DIB)**
  - La incorporación de **cache L2 interna** provoca un cuello de botella en el bus
  - Se separa el bus en dos partes
    - **bus trasero**: es interno y comunica el procesador con las caches internas
    - **bus frontal**: comunica las caches internas con el exterior
  - Esta variación desaparece cuando la L2 pasa a ser **integrada**



## Buses de expansión: PCI

### PCI (Peripheral Component Interconnect)

- En 1992, un grupo de fabricantes crean el "PCI Special Interest Group".
  - Quieren transformar la arquitectura interna del PC.
  - Objetivos:
    - Mayor velocidad en los buses
    - Mayor modularidad
  - Este grupo diseñará el PCI y USB.
- El bus PCI aparece en junio de 1992:
  - Es libre y abierto a todo el mundo
  - Tiene un mayor rendimiento que sus competidores
  - Es independiente de una generación concreta de procesadores

## Buses de expansión: PCI

- Supera las limitaciones de los buses ISA, EISA, MCA y VLB:
  - Mucho más rápido.
  - Apto para las tarjetas gráficas de la época:
    - 1024 x 768 x 3 ( $2^{24}$  colores) x 30 frames/s, necesita 68MB/s
- Se convierte en un estándar para la industria
  - Es adaptado en múltiples plataformas distintas del PC
- Es una tecnología que permite evolucionar.
  - Independiente del procesador
  - Aparecen varias versiones del bus PCI (1.0, 2.0, 2.1, 2.2, 2.3, 3.0, X).
- Puede soportar hasta 10 dispositivos.
- Especificación Plug&Play
- Bajo número de pins en el zócalo (conector menor).
  - 120 pins para la versión de 32 bits y 184 para la de 64 bits.



## Buses de expansión: PCI

- Interconexión eficiente con el Pentium.
- También se ha usado en otras arquitecturas diferentes al PC (p.e. Macintosh).
- *Bus Mastering* con arbitraje
  - El uso del bus se decide mediante un proceso de **arbitraje paralelo centralizado**.
  - La especificación PCI tipifica 3 agentes: Dueño, Esclavo y Árbitro.
- Desacopla el bus del procesador del bus de expansión.
- El bus PCI permite realizar transmisiones concurrentes con el bus local.
  - Mientras el procesador está obteniendo datos de la memoria, los dispositivos pueden dialogar con el bus.
- Bus de datos y direcciones multiplexado.
- Soporta el modo de transferencia "*burst*"
  - Se envía la primera dirección de la transferencia y los dos dispositivos van incrementando la dirección localmente.



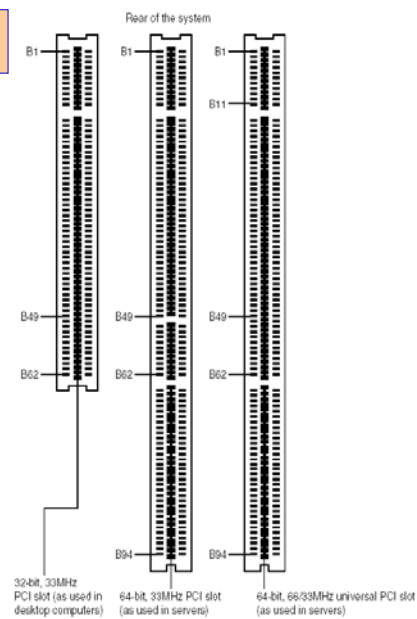
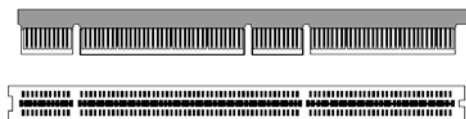
## Buses de expansión: PCI

- Especificaciones
  - Capacidad de 32 ó 64 bits (en general sólo se usan 32 bits)
  - Funciona a 33.3 ó 66.6 MHz
  - Normalmente: 32 bits a 33.3 MHz (**ancho de banda 133 MB/s**)
  - Versión más potente: 64 bits a 66.6 MHz (533 MB/s)
- Físicamente
  - 32 líneas multiplexadas para datos y direcciones
  - Señales de reloj y reset
  - Señales de control de errores (paridad), control de interfaz y arbitraje, etc ...
  - Para 64 bits
    - 32 líneas adicionales para datos y direcciones multiplexadas
    - Líneas dedicadas para las interrupciones



## Buses de expansión: PCI

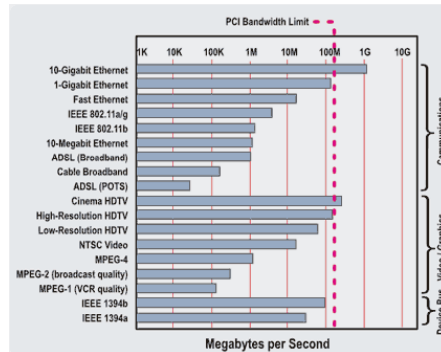
- Zócalo PCI
  - Dos versiones en función del voltaje que acepta (5V y/o 3,3V)
  - Una extensión para los 64 bits



## Buses de expansión: PCIe

### Se necesita un nuevo bus de expansión

- Capaz de:
  - Soportar las nuevas necesidades de las tarjetas gráficas
    - AGP 8x se ha quedado pequeño
  - Soportar dispositivos que demandan gran ancho de banda
    - Mayor ancho de banda → Mayor rendimiento



## Buses de expansión: PCIe

### Se necesita un nuevo bus de expansión

- Objetivos
  - Unificar en un único bus todos los buses de expansión anteriores
  - Agrupar los buses existentes (AGP y PCI) en uno
  - Permitir la conexión e intercambio de dispositivos en caliente
  - Reducir costes
  - Conseguir un gran ancho de banda
  - Fácil escalabilidad
  - Aprovechar todos los conocimientos adquiridos hasta la fecha en la transmisión de datos
- En 2004 aparece el bus de 3ª generación
  - PCI Express (PCIe)
    - Creado por el PCI-SIG
    - Las especificaciones se remontan a julio de 2002
  - El PCI Express es un bus estándar de alto rendimiento para el desarrollo de interconexiones serie de propósito general



## Buses de expansión: PCIe

### Qué beneficios aporta la arquitectura PCIe

- Reemplaza a todos los buses de expansión anteriores
- Interfaz de bajo número de contactos (pins)
  - Ofrece el máximo ancho de banda por pin
  - Reduce coste y la complejidad del diseño
  - Permite zócalos pequeños, adaptados a cada necesidad
  - Los componentes requieren un bajo número de pins (bajo coste) y la placa base un número pequeño de pistas en el circuito impreso (menor coste)
- Soporta múltiples anchos de interconexiones
  - Vías de 1, 2, 4, 8, 16 y 32 canales adaptados a cada necesidad de ancho de banda
- Ancho de banda escalable hasta 10 GB/s
  - Es escalable en número de canales y en frecuencia
    - Inicialmente funciona a una frecuencia de 2,5 GHz



## Buses de expansión: PCIe

### Qué beneficios aporta la arquitectura PCIe

- Tiene características avanzadas en:
  - Gestión de energía: ASPM (*Active State Power Management*)
- Pequeños dispositivos (lentos) no comprometen el rendimiento
  - Los anchos de banda de cada pin son independientes entre sí
- Transmisión de información más eficiente
  - Transmisión en serie
    - Más inmune a las interferencias
    - Mejor integridad de las señales
    - Menor número de pins/cables
- Compatibilidad a nivel de modelo de software con el bus PCI y AGP
  - Mismo protocolo (mantiene la infraestructura software)
    - Incluye todas las características y comandos del bus PCI, PCI-X y AGP
  - Funciona en los sistemas operativos sin ningún cambio
  - Compatible con el PCI en el interfaz de los *drivers*





## Buses de expansión: PCIe

### Características PCIe

- Elevado ancho de banda por pin
- PCIe x16 tiene 4 GB/s de ancho de Banda
  - El doble que AGP 8x, suficiente para cualquier tarjeta gráfica actual
  - Soporta tarjetas gráficas de 75W y en un futuro de 150W
- PCIe x1 tiene 250 MB/s de ancho de banda
  - Suficiente para Gigabit Ethernet, Firewire, ...
- Escalabilidad del bus PCIe
  - Los dispositivos PCIe utilizan varios canales para escalar.
    - Cada canal tiene 2 bits de ancho, uno para cada sentido de la transmisión (*full duplex*).



## Buses de expansión: PCIe

### Zócalos/conectores PCIe

- Los conectores x1, x4, x8 y x16 son de distinto tamaño debido a que contienen distinto número de canales
- El conector x1 tiene 36 contactos (pines), el x4 tiene 64 contactos, el x8 tiene 98 contactos y el x16 tiene 164 contactos.
- Cualquier tarjeta PCIe es compatible con cualquier zócalo superior a ella
  - Ejemplo: una tarjeta x1 se puede conectar a cualquier zócalo PCIe (x1, x4, x8 o x16). Del mismo modo una tarjeta x8 se puede conectar a un zócalo x8 o x16



## Bus serie multimedia

### ¿Por qué transmisión serie?

- Un bus paralelo es mucho mas rápido que uno serie a la misma velocidad, ya que utiliza varios cables de transmisión de datos en vez de uno
- Ventajas de la transmisión serie
  - Incrementar la frecuencia de reloj en un bus serie es mucho más fácil que en uno paralelo
  - El coste de cable serie es inferior
    - Menor número de líneas
    - Aislamiento de menor coste
  - Permite cables de mayor longitud
    - No tiene problemas de skew (las señales no han de llegar al mismo tiempo)
  - Más inmune a las interferencias
- Buses serie multimedia en el PC
  - Hay dos buses que se han estandarizado en el PC
    - USB (*Universal Serial Bus*)
    - FireWire



## Bus serie multimedia: USB

### USB (*Universal Serial Bus*)

- Se inició el desarrollo en 1994
  - Iniciativa de Intel a la que se unieron Compaq, Digital, IBM, Microsoft, NEC y Northern Telecom
- Objetivo: crear una interconexión estándar de periféricos
  - Soportar capacidades PnP en todos los dispositivos externos del PC
  - Eliminar la necesidad de puertos especiales
    - Reduce el número de tarjetas de I/O necesarias en el PC
    - Elimina la necesidad de reconfigurar los dispositivos al conectar uno nuevo
    - Ahorra recursos al sistema (tales como IRQ)
  - Necesita una única IRQ para todos los periféricos



## Bus serie multimedia: USB

### Características USB

- Soporta hasta 127 periféricos
- Todos los periféricos pueden conectarse al mismo bus
  - Comparten ancho de banda y IRQ
- Utiliza *HUBs* (concentradores) para aumentar/replicar el número de conectores
- Soporta las especificaciones PnP, incluyendo *hot plugging*
  - Reconocimiento de un dispositivo en cuanto es conectado al bus USB sin necesidad de inicializar el PC.
- Todos los periféricos puede usar el mismo conector
- Conector estándar de 4 pins
  - Vcc, GND, +Data, -Data
  - Permite la alimentación eléctrica de periféricos (hasta 2.5W por cada *hub* raíz)
- Longitud del cable de hasta 5 m, Utilizando *hubs* se puede llegar hasta los 30 m



## Bus serie multimedia: USB

### Funcionamiento

- Transmisión diferencial: usa la técnica de codificación de datos NRZI (*Non Return to Zero Invert*)
- Al conectar un dispositivo el *host* lo numera e identifica su modo de transmisión de datos:
  - *Interrupt*: paquetes de pequeño tamaño (ratón, teclado, ...)
  - *Bulk*: Paquetes de gran tamaño (impresoras, scanners, ...)
  - *Isochronous*: transmisión en tiempo real y sin corrección de errores (altavoces, ...)
- Conectores "uno a muchos" desdoblan un USB en varios puertos
  - Subordinado: Replican la señal a través de todos los puestos
  - Autónomo: Añaden alimentación a las conexiones
- Los dispositivos USB se pueden poner en modo *sleep* cuando el computador se pone en modo de ahorro de energía.



## Bus serie multimedia: USB

### Versiones USB

- USB 1.x
  - 1.0 en enero de 1996
  - 1.1 en septiembre de 1998
  - Ancho de banda de 12 Mbits/s (1,5 MB/s)
- USB 2.0 (Hi-Speed USB)
  - Abril de 2000
  - Totalmente compatible con USB 1.x
  - Ancho de banda de 480 Mbits/s (60 MB/s)
- Iconos/serigrafía del USB 1.x y USB 2.0



Supports USB 1.x



Supports USB 2.0 and 1.x



## Bus serie multimedia: Firewire

### FireWire

- Desarrollado por Apple
- Objetivo
  - Conseguir una velocidad de transferencia serie elevada para dispositivos donde el USB no es suficiente
  - Inicialmente se desarrolló por separado con objetivos ligeramente distintos
    - Apple: Para conectar discos duros sustituyendo al IDE
    - JVC, Sony: Para controlar remotamente una cámara de video Digital
- Adoptado como estándar en 1995 por el IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*)
  - Se le llama 1394 porque ese es el número de orden de los estándares que ellos han aprobado
- Diversos nombres para un mismo bus
  - IEEE 1394, I-link (Sony), DV-link (JVC), Lynx (Texas Instrument), FireWire (Apple)



## Bus serie multimedia: Firewire

### Características

- Conexión de hasta 63 periféricos por cada conector raíz
  - Si necesidad de usar *hubs*
  - Se pueden interconectar hasta 1023 conectores raíz
    - ¡ Más de 64.000 periféricos !
- Conexión de periféricos en árbol o en cadena de hasta 16
- Capacidad de transmisión de vídeo en tiempo real
- Configuración automática PnP
  - *Hot Plug-and-Play*
- Comandos de alto nivel
  - Liberan al procesador de trabajo
    - Ejemplo: copiar imágenes de video al disco duro
- FireWire es un estándar *peer-to-peer*
  - Permite conectar dos dispositivos sin utilizar ningún ordenador
    - Ejemplo: 2 cámaras de video pueden enviarse video
- Alimentación de dispositivos de hasta 45 W
  - Suficiente para discos duros de alto rendimiento
  - Suficiente para baterías de carga rápida



## Buses de Disco: IDE

### IDE (*Integrated Drive Electronics*)

- Es la especificación de un bus para la transferencia de información con los dispositivos de almacenamiento masivo
  - Disquetera, Discos Duros, CD-ROM, LS 120, Zips, Cintas, ...
- IDE no es más que el nombre comercial del nombre real del interfaz ATA (Advanced Technology Attachment)
- Aparece en 1986 (Western Digital y Compaq)
- La placa base contiene un puente de conversión entre el bus de expansión (ISA) y el bus IDE
  - IDE es un adaptador. La controladora está integrada con el Disco Duro
- Aparecen problemas en las primeras versiones
  - Es difícil acceder (no estándar) a la controladora para formatear a bajo nivel
    - Problemas para trabajar con discos duros de más de 504 MB
- Dispositivos
  - Inicialmente sólo Disqueteras y Discos Duros
  - Más adelante, CD-ROM, DVD, Unidades Zip, ...



## Buses de Disco: IDE

### Características

- Bus de datos de 16 bits (bus ISA)
- Transmisión de datos en paralelo
- Muy bajo coste
  - El controlador es eliminado de la Placa Base (está en el dispositivo)

### Canales

- La placa base contiene 2 puentes de conversión desde el bus de expansión a dos buses IDE gemelos
  - Canal IDE1 o Primary IDE
  - Canal IDE2 o Secondary IDE
- Soporta hasta dos dispositivos por canal
- La disquetera dispone de un canal IDE específico (34 líneas)
- Líneas de interrupción dedicadas (IRQ14 para IDE1 y IRQ15 para IDE2)

### Cables y conectores

- Utiliza un cable (una faja) de 34 líneas para la disquetera
- Utiliza un cable de 40 líneas para las conexiones IDE1 y IDE2
  - Estos 40 pines son un subconjunto de los 98 pines del bus ISA
  - Los PC portátiles utilizan un conector y cable de 44 líneas que incluye la alimentación.



## Buses de Disco: IDE

### Configuración dueño-esclavo

- Asignación estática mediante jumpers que permiten al controlador IDE distinguir a los dos dispositivos que comparten el canal
- Secuencia de inicio del sistema: Primero se arranca el dueño y luego el esclavo

### Jumpers

- MA (master): Designa el dispositivo prioritario entre los dos conectados al canal
- SL (slave): Designa el dispositivo secundario
- CS (Cable Select): Las dos unidades se configuran automáticamente como dueño-esclavo sin intervención del usuario

### Evolución

- Adoptado como un estándar en 1990 por ANSI
- Van apareciendo versiones que solventan problemas y añaden rendimiento.
- Todas las versiones del interfaz son compatibles con las que existen previamente



## Buses de Disco: IDE

### El estándar ATA

- ATA-1 (1986)
  - Conectores y cables de 40/44 líneas
  - Permite configuraciones *Master/Slave* o *Cable Select*
  - Direccionamiento del disco:
    - tridimensional (cilindro, cabeza, sector)
    - absoluto (LBA, Logical Block Address), Independiente de la organización física
  - Soporta discos de hasta 136,9GB
    - Debido a las limitaciones de la BIOS del PC a 528MB, nunca existieron discos mayores que este tamaño
- ATA-2 (1995)
  - Conocido también como EIDE (*Enhanced IDE*)
  - Añade soporte para gestión de energía
  - Soporte para discos removibles y PCMCIA
  - Define el estándar de conversión CHS a LBA de la BIOS permitiendo la gestión de discos duros de hasta 8,4GB
  - Añade comandos para identificar automáticamente el Disco Duro desde la BIOS
- ATA-3 (1996)
  - Es una revisión menor del estándar ATA-2
  - Añade soporte a la tecnología S.M.A.R.T.



## Buses de Disco: IDE

### El estándar ATA

- ATA/ATAPI-4 (1997)
  - Mejora el soporte de la gestión de energía.
  - Introduce mejoras en la BIOS para que sea capaz de soportar discos duros de 9,4 ZB (Zetabytes, 9.400.000 Terabytes)
    - Los discos duros siguen teniendo la limitación de 136,9 GB
- ATA/ATAPI-5 (1998)
  - Define el nuevo modo Ultra DMA 4 que permite hasta 66MB/s
- ATA/ATAPI-6 (2000)
  - Define el nuevo modo Ultra DMA 5 que permite hasta 100MB/s
  - Extiende los bits de direccionamiento absoluto de 28 a 48 bits
    - Los discos pueden tener hasta  $2^{48}$  sectores (144,12PB, Petabytes)
  - Declara obsoleto el direccionamiento tridimensional (CHS) y lo elimina del protocolo
    - Los discos sólo se pueden direccionar en modo absoluto (LBA) con 28 ó 48 bits
- ATA/ATAPI-7 (2001)
  - Define el nuevo modo Ultra DMA 6 que permite hasta 133MB/s
  - Será la última revisión del interfaz que utilizará la transferencia de datos en paralelo



## Buses de Disco: IDE

- Comparativa estándares IDE

Estándar	Nombre comercial	Año	Ancho Banda Máximo	Modos Transferencia		
				PIO	DMA	UDMA
ATA-1	IDE	1986	8,33 MB/s	0-2	0	-
ATA-2	EIDE Fast ATA	1995	16,67 MB/s	0-4	0-2	-
ATA-3		1996	16,67 MB/s	0-4	0-2	-
ATA-4	Ultra ATA/33	1997	33,33 MB/s	0-4	0-2	0-2
ATA-5	Ultra ATA/66	1998	66,67 MB/s	0-4	0-2	0-4
ATA-6	Ultra ATA/100	2000	100,00 MB/s	0-4	0-2	0-5
ATA-7	Ultra ATA/133	2001	133,00 MB/s	0-4	0-2	0-6



## Buses de Disco: IDE

El envío de datos en paralelo a 133 MB/s da muchos problemas (ATA-7)

- Problemas de *timing* y de interferencias electromagnéticas
- La solución es un nuevo interfaz ATA llamado **SATA** (*Serial ATA*)

### SATA (*Serial ATA*)

- El objetivo es reemplazar al *parallel ATA*
  - Eliminar todos los problemas heredados del diseño del *parallel ATA*
  - Cables y conectores más pequeños
  - Menor voltaje en las señales
- Compatible hacia atrás a nivel de software
  - Funciona con las BIOS, Sistemas Operativos y utilidades existentes sin cambios
  - Serial ATA soporta todos los dispositivos ATA y ATAPI existentes
- NO es compatible a nivel hardware
  - Existen adaptadores
- El primer borrador de la especificación aparece en noviembre del 2000
- La primera especificación pública aparece en el 2002





## Buses de Disco: IDE

### Características SATA

- Ancho de bus de 1 bit
- Transmisión en serie
- Reloj inicialmente a 1,5GHz
- Cables y conectores más pequeños (7 líneas).
  - Elimina los problemas de refrigeración dentro de la caja que provocaban los cables paralelos.
  - Son más baratos
- Cada cable se conecta a un único dispositivo
  - No hay *Master/Slave*
- Los cables pueden tener hasta 1 metro de longitud
  - Más del doble que el *Parallel ATA* (45 cm)
- Usa una transmisión diferencial NRZ (*Non-Return to Zero*)
- Ancho de Banda de 150 MB/s
  - 300 MB/s para SATA II



## El bus gráfico AGP

### AGP (Accelerated Graphics Port)

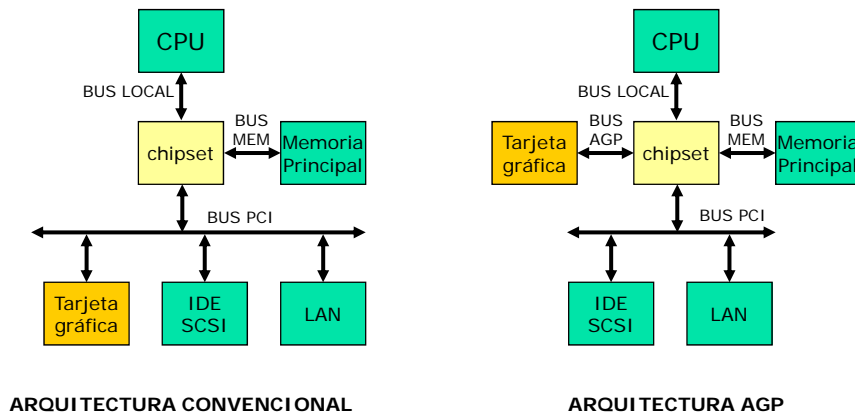
- Conecta el procesador con la memoria de vídeo (acceso rápido)
- Desarrollado por Intel en 1996 para satisfacer el ancho de banda de gráficos tridimensionales con implementación barata
  - Operaciones de rotación sobre el objeto 3D
  - Renderizado (proyección sobre plano 2D)
  - Aplicar texturas e iluminación a la superficie 2D
- Creciente resolución de la imagen y frecuencia de actualización conducen a más memoria cada vez más rápida
- Se requiere también más ancho de banda entre Memoria de video (MV) - Memoria principal (MP) - procesador (P)
  - Precargar mapas de texturas desde MP a MV
  - Procesamiento en MV (CPU o tarjetas aceleradoras GPU)

### Características físicas

- Frecuencia 66 MHz (reloj del bus del microprocesador)
- Incremento del ancho de banda por Multiplicador interno 2x, 4x y 8x en 2002
- Ancho banda 528 MB/s o 1GB/s



## El bus gráfico AGP

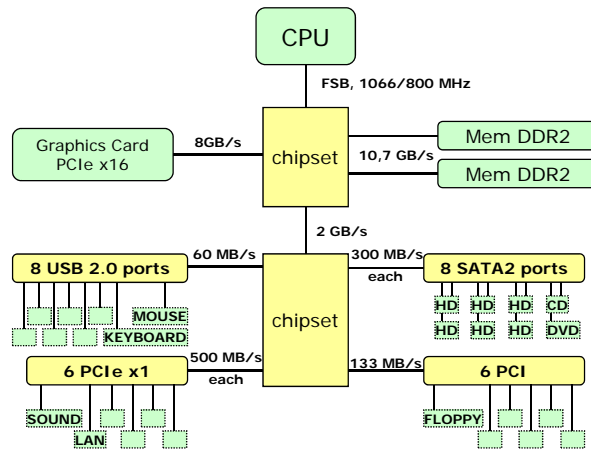


## Mejoras AGP vs PCI

- **Ventajas AGP**
  - No necesita mecanismos de arbitraje (bus no compartido)
  - 8 líneas especiales SBA (SideBand Addressing)
    - transmiten comandos de nuevas peticiones desde la GPU
    - Transmisión muy rápida con multiplicador 8x (hasta 64 bits/ciclo)
  - Voltaje entre 0,7 y 3.3 (PCI entre 3.3 y 5): Mayor frecuencia (controlador AGP > 500 MHz)
  - Segmentación y encolado de peticiones
- **Buses:**
  - mitad de transferencias. No se usa el bus local
- **Procesador**
  - No interviene, pudiendo dedicarse a otras tareas
- **Cambios en la arquitectura PC**
  - Las GPU permiten aprovechar el mayor ancho de banda que proporciona el bus AGP al margen de la evolución del bus local, ya que la CPU no interviene apenas
  - Se sigue dependiendo del bus de memoria, en mayor medida que antes. Los mapas de texturas y las velocidades de las GPU son cada vez mayores



## Estructura de un PC



Mayo 2006

