

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

Escuela Profesional de Ingeniería de Software

Lima, Perú



Asignatura: Arquitectura de computadores

Microprocesadores - microcontroladores

Dr. Igor Aguilar Alonso

CPU - Procesador

- Así como la densidad de elementos en los chips de memoria ha seguido aumentando, también lo ha hecho la densidad de elementos en los chips de procesador.
- A medida que pasó el tiempo, se colocaron más y más elementos en cada chip, de modo que se necesitaron cada vez menos chips para construir un solo procesador de computadora.
- En 1971, cuando Intel desarrolló su 4004, el primer chip que contenía todos los componentes de una CPU en un solo chip:
- El 4004 puede agregar dos números de 4 bits y puede multiplicarse solo por la suma repetida. Según los estándares actuales, el 4004 es irremediablemente primitivo, pero marcó el comienzo de una evolución continua de la capacidad y potencia del microprocesador.

- El siguiente paso importante en la evolución del microprocesador fue la introducción en 1972 del **Intel 8008**. Este fue el primer microprocesador de 8 bits y fue casi el doble de complejo que el 4004.
- En 1974 se introdujo el **Intel 8080** el primer microprocesador de propósito general.
- Mientras que el 4004 y el 8008 habían sido diseñados para aplicaciones específicas, el **8080** fue diseñado para ser la CPU de una microcomputadora de uso general.
- Casi al mismo tiempo, comenzaron a desarrollarse microprocesadores de 16 bits.
- A finales de la década de 1970 aparecieron los potentes microprocesadores de 16 bits de uso general. Uno de ellos fue el **8086**.
- En 1981, cuando tanto *Bell Labs* como *Hewlett-Packard* desarrollaron microprocesadores de un solo chip de 32 bits.
- En 1985, Intel introdujo su propio microprocesador el **80386** de 32 bits.

A continuación se muestra la evolución de los microprocesadores Intel.

(a) 1970s Processors

	4004	8008	8080	8086	8088
Introduced	1971	1972	1974	1978	1979
Clock speeds	108 kHz	108 kHz	2 MHz	5 MHz, 8 MHz, 10 MHz	5 MHz, 8 MHz
Bus width	4 bits	8 bits	8 bits	16 bits	8 bits
Number of transistors	2,300	3,500	6,000	29,000	29,000
Feature size (μm)	10	8	6	3	6
Addressable memory	640 bytes	16 KB	64 KB	1 MB	1 MB

(b) 1980s Processors

	80286	386TM DX	386TM SX	486TM DX CPU
Introduced	1982	1985	1988	1989
Clock speeds	6–12.5 MHz	16–33 MHz	16–33 MHz	25–50 MHz
Bus width	16 bits	32 bits	16 bits	32 bits
Number of transistors	134,000	275,000	275,000	1.2 million
Feature size (μm)	1.5	1	1	0.8–1
Addressable memory	16 MB	4 GB	16 MB	4 GB
Virtual memory	1 GB	64 TB	64 TB	64 TB
Cache	—	—	—	8 kB

(c) 1990s Processors

	Pentium III	Pentium 4	Core 2 Duo	Core i7 EE 4960X
Introduced	1999	2000	2006	2013
Clock speeds	450–660 MHz	1.3–1.8 GHz	1.06–1.2 GHz	4 GHz
Bus width	64 bits	64 bits	64 bits	64 bits
Number of transistors	9.5 million	42 million	167 million	1.86 billion
Feature size (nm)	250	180	65	22
Addressable memory	64 GB	64 GB	64 GB	64 GB
Virtual memory	64 TB	64 TB	64 TB	64 TB
Cache	512 kB L2	256 kB L2	2 MB L2	1.5 MB L2/15 MB L3
Number of cores	1	1	2	6

La evolución de la arquitectura Intel x86

- El x86 incorpora los sofisticados principios de diseño que alguna vez se encontraron solo en **mainframes** y **supercomputadoras** y sirve como un excelente ejemplo de diseño CISC. Un enfoque alternativo para el diseño del procesador es la computadora de conjunto de instrucciones reducido (RISC). La arquitectura ARM se utiliza en una amplia variedad de sistemas integrados y es uno de los sistemas basados en RISC más potentes y mejor diseñados del mercado.
- En términos de participación de mercado, **Intel** se ha clasificado como el fabricante número uno de microprocesadores para sistemas no integrados durante décadas.

Vale la pena enumerar algunos de los aspectos más destacados de la evolución de la línea de productos Intel:

- **8080**: el primer microprocesador de propósito general del mundo. Esta era una máquina de 8 bits, con una ruta de datos de 8 bits a la memoria. El 8080 se utilizó en la primera computadora personal, [Altair](#).
- **8086**: una máquina de 16 bits mucho más potente. Además de una ruta de datos más amplia y registros más grandes, el 8086 lucía una caché de instrucciones, o cola, que capta algunas instrucciones antes de que se ejecuten. Una variante de este procesador, el 8088, se utilizó en la primera computadora personal de IBM, asegurando el éxito de Intel. El 8086 es la primera aparición de la arquitectura x86.
- **80286**: esta extensión del 8086 permitió direccionar una memoria de 16 MB en lugar de solo 1 MB.
- **80386**: la primera máquina de 32 bits de Intel y una revisión importante del producto. Con una arquitectura de 32 bits, el 80386 rivalizaba con la complejidad y el poder de las minicomputadoras y mainframes introducidas solo unos años antes. Este fue el primer procesador Intel que admitió la multitarea, lo que significa que podría ejecutar varios programas al mismo tiempo.

- **80486**: introdujo el uso de una tecnología de caché mucho más sofisticada y potente y una canalización de instrucciones sofisticada. El 80486 también ofreció un coprocesador matemático incorporado, descargando operaciones matemáticas complejas de la CPU principal.
- **Pentium**: con el Pentium, Intel introdujo el uso de técnicas súper escalares, que permiten ejecutar múltiples instrucciones en paralelo.
- **Pentium Pro**: el Pentium Pro continuó el movimiento hacia la organización súper escalar que comenzó con el Pentium, con el uso agresivo de cambio de nombre de registro, predicción de sucursales, análisis de flujo de datos y ejecución especulativa.
- **Pentium II**: incorporó la tecnología Intel **MMX**, que está diseñada específicamente para procesar datos de *video, audio y gráficos* de manera eficiente.
- **Pentium III**: incorpora instrucciones adicionales de punto flotante: la extensión del conjunto de instrucciones **Extensiones SIMD** (single instruction, multiple data) **Streaming** (SSE) agregó 70 nuevas instrucciones diseñadas para aumentar el rendimiento cuando se realizan exactamente las mismas operaciones en múltiples objetos de datos.

Las aplicaciones típicas son el procesamiento de **señales digitales** y el **procesamiento de gráficos**.

- **Pentium 4**: el Pentium 4 incluye punto flotante adicional y otras mejoras para multimedia. Con el Pentium 4, Intel cambió de números romanos a números arábigos para los números de modelo.
- **Core**: este es el primer microprocesador Intel x86 con un núcleo dual, que se refiere a la implementación de dos núcleos en un solo chip.
- **Core 2**: el Core 2 extiende la arquitectura Core a 64 bits. El Core 2 Quad proporciona cuatro núcleos en un solo chip. Las ofertas Core más recientes tienen hasta 10 núcleos por chip. Una adición importante a la arquitectura fue el conjunto de instrucciones *Advanced Vector Extensions* que proporcionó un conjunto de instrucciones de 256 bits y luego de 512 bits para el procesamiento eficiente de datos vectoriales.

- cualquier programa escrito en una versión anterior de la arquitectura x86 puede ejecutarse en versiones más nuevas.
- El x86 proporciona una excelente ilustración de los avances en hardware de computadoras en los últimos 40 años.
- El **8086** en 1978 se introdujo con una velocidad de reloj de 5 MHz y tenía 29,000 transistores.
- Un **Core i7** EE 4960X de seis núcleos introducido en 2013 opera a 4 GHz, una aceleración de un factor de 800, y tiene 1,86 mil millones de transistores, aproximadamente 64,000 veces más que el 8086.
- El **Core i7** 4960X EE es sólo un paquete ligeramente mayor que el 8086 y tiene un costo comparable.

CPU - Procesador

- Ejecuta los Programas.
 - Lee Instrucciones de Memoria
 - Las Decodifica
 - Las Ejecuta
 - ✓ Lee / Escribe Datos de Memoria
 - ✓ Recibe / Envía Datos a los dispositivos de I/O
 - ✓ Realiza Operaciones Lógico-Aritméticas (PROCESA)
- Se compone de
 - Unidad de Control – fija qué se debe hacer y cuándo.
 - Camino de Datos: Registros, ALU, interconexión.

CPU - Procesador

- Ejecuta los Programas.



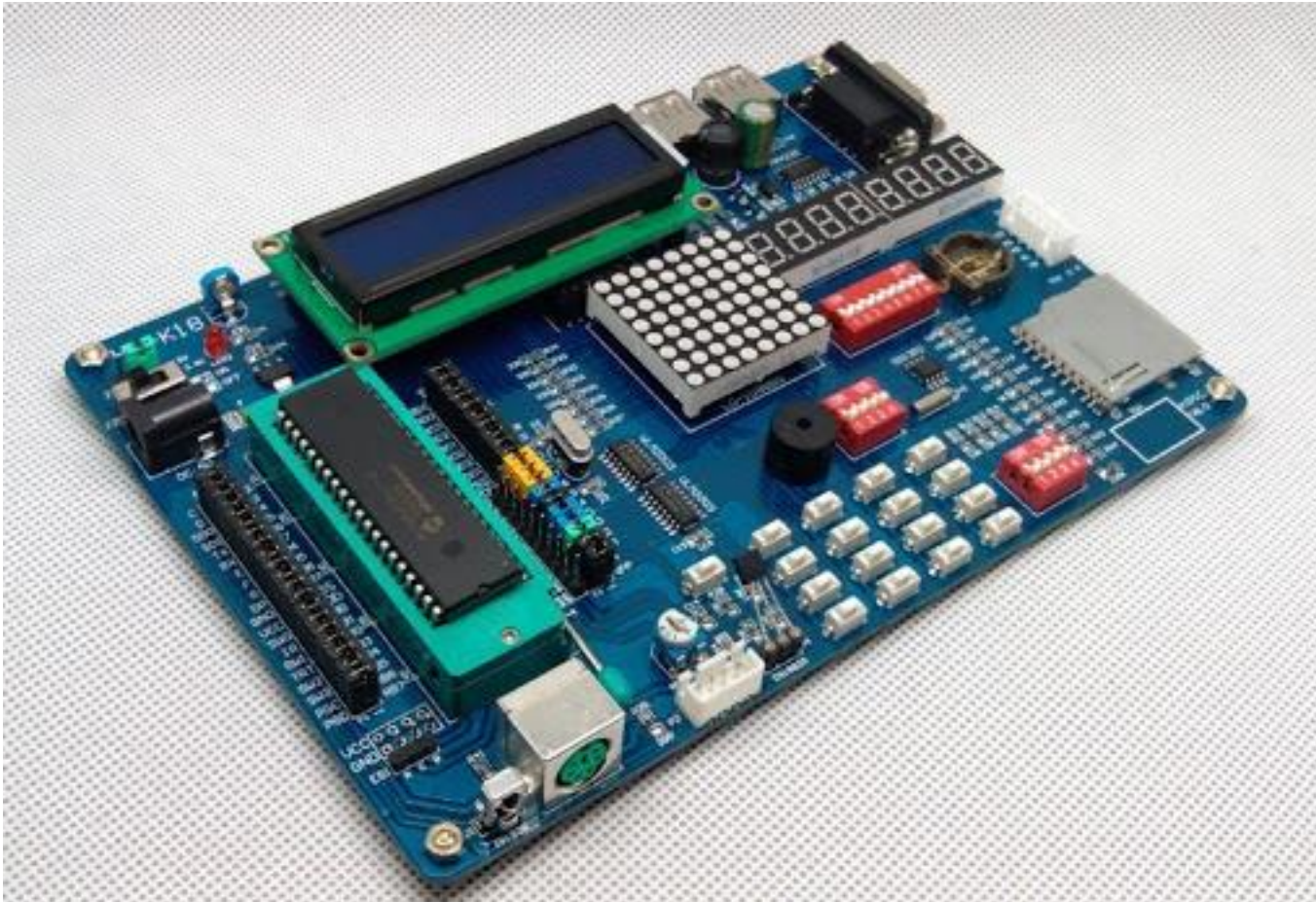
Características más importantes de los procesadores Intel Core i9

Intel Core i9							
	Core i9 9850HK	Core i9 9900K	7900X	7920X	7940X	7960X	7980XE
Plataforma	Portátiles	LGA 1151	LGA 2066	LGA 2066	LGA 2066	LGA 2066	LGA 2066
Núcleos / hilos	6/12	8/16	10/20	12/24	14/28	16/32	18/36
Frecuencia base (GHz)	2,9	3,6	3.3	2.9	3.1	2.8	2.6
Frecuencia turbo (GHz)	4,9	4,9	4.3	4.3	4.3	4.2	4.2
TurboMax (GHz)	—	—	4.5	4.4	4.4	4.4	4.4
Caché L3	12 MB	12 MB	1.375 MB/núcleo				
PCIe Lanes	16	16	44				
Canales memoria	2	2	4				
Frecuencia memoria	DDR4-2666	DDR4-2666	2666 MHz				
TDP	45W	95W	140W	165W			
Precio	583\$		\$999	\$1199	\$1399	\$1699	\$1999

Publicado en: <https://www.profesionalreview.com/intel/intel-core-i9/>

Microcontrolador.

Video de microcontroladores



[Introducción a los microcontroladores](#)

[Usos y aplicaciones de los microcontroladores](#)

Sistemas embebidos

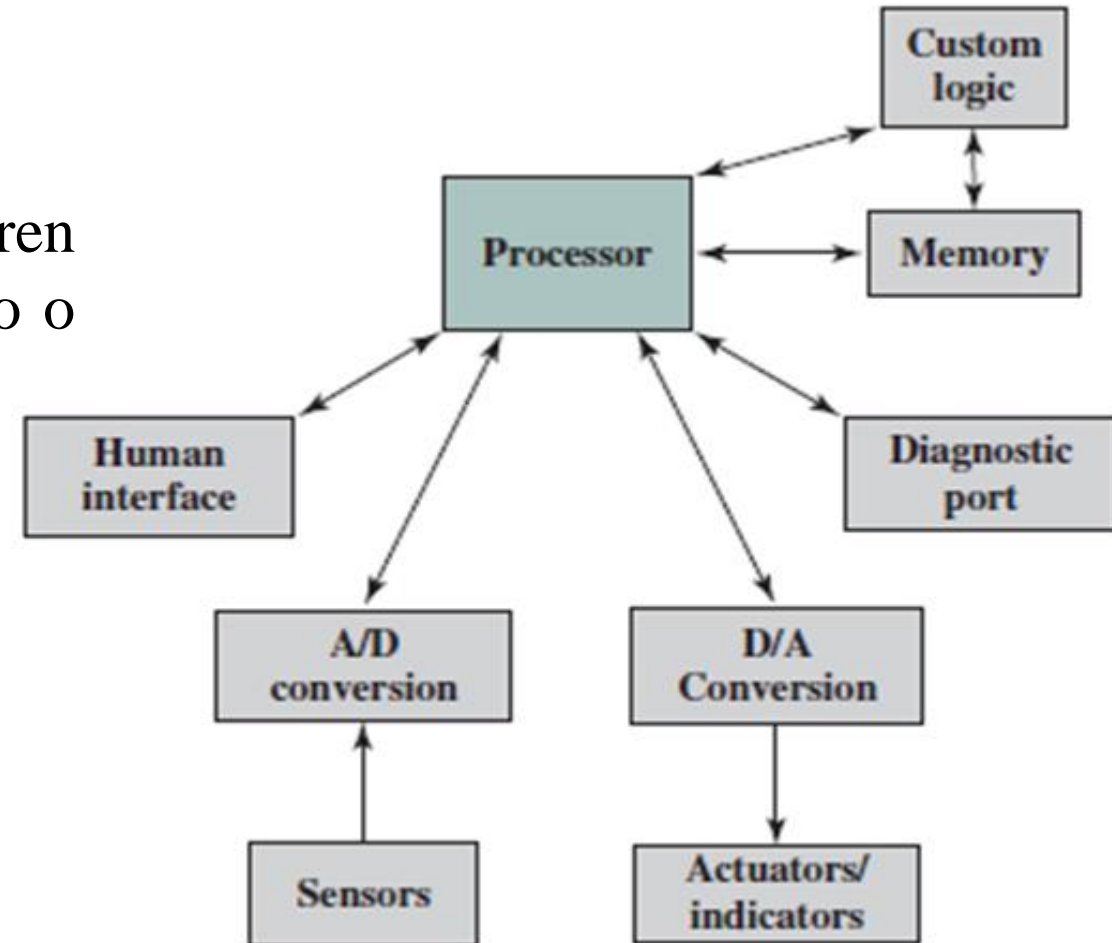
- Sistema embebido se refiere al uso de **productos electrónicos y software dentro de un producto**, a diferencia de una computadora de uso general, como una computadora portátil o un sistema de escritorio.
- Miles de millones de sistemas informáticos se producen cada año que están integrados en dispositivos más grandes.
- Hoy, muchos, quizás la mayoría, los dispositivos que usan energía eléctrica *tienen un sistema informático embebido*.
- Es probable que en el futuro cercano prácticamente todos los dispositivos tendrán sistemas informáticos embebidos.

Ejemplos de sistemas embebidos

- Los tipos de dispositivos con sistemas embebidos son casi demasiado numerosos para enumerarlos. Los ejemplos incluyen:
 - *Teléfonos celulares, cámaras digitales, cámaras de video, calculadoras, hornos microondas,*
 - *Sistemas de seguridad para el hogar, lavadoras, sistemas de iluminación, termostatos, impresoras.*
 - *Varios sistemas automotrices (por ejemplo, control de transmisión, control de crucero, inyección de combustible, frenos antibloqueo, etc. y sistemas de suspensión),*
 - *Raquetas de tenis, cepillos de dientes y numerosos tipos de sensores y actuadores en sistemas automatizados.*

Organización de un sistema embebido

- En términos generales una organización de sistema embebido es la que se muestra en la siguiente figura.
- Además del procesador y la memoria.
- Hay una serie de elementos que difieren de la típica computadora de escritorio o portátil.



- Hay una **variedad de interfaces** que permiten al sistema **medir**, **manipular** e **interactuar** con el entorno externo.
- Los sistemas embebidos a menudo interactúan (detectan, manipulan y comunican) con el mundo externo a través de **sensores** y **actuadores** y, por lo tanto, suelen ser sistemas reactivos.
- Un sistema reactivo está en continua interacción con el entorno y se ejecuta a un ritmo determinado por ese entorno.
- La **interfaz humana** puede ser tan simple como una luz intermitente o tan complicada como la visión robótica en tiempo real. En muchos casos, no hay interfaz humana.
- El **puerto de diagnóstico** se puede usar para diagnosticar el sistema que se está controlando, no solo para diagnosticar la computadora.

- **Campo de propósito especial programable** (FPGA), aplicación específica (ASIC), o incluso hardware no digital puede usarse para aumentar el rendimiento o la confiabilidad.
- El software a menudo tiene una función fija y es específico de la aplicación.
- La eficiencia es de suma importancia para los sistemas embebidos. Están optimizados para energía, tamaño de código, tiempo de ejecución, peso y dimensiones, y costo.
- Un desarrollo relativamente reciente ha sido el de plataformas de sistemas integrados que admiten una amplia variedad de aplicaciones.
 - *Ejemplos de esto son los teléfonos inteligentes y*
 - *los dispositivos audiovisuales, como los televisores inteligentes.*

Internet de las cosas

- Es el principal **impulsor** de la proliferación de sistemas embebidos. Internet de las cosas (IoT), término que se refiere a la interconexión en expansión de dispositivos inteligentes, que van desde electrodomésticos a través de **sensores** pequeños.
- Un tema dominante es la incorporación de **transceptores móviles de corto alcance** en una amplia gama de dispositivos y elementos cotidianos, lo que permite nuevas formas de comunicación entre personas y cosas, y entre las cosas mismas.
- Internet ahora admite la interconexión de miles de millones de objetos industriales y personales, generalmente a través de sistemas en la nube.

- Los objetos entregan información del sensor, actúan sobre su entorno y, en algunos casos, se modifican a sí mismos, para crear una administración general de un sistema más grande, como una fábrica o una ciudad.
- El IoT está impulsado principalmente por dispositivos profundamente embebidos (definidos a continuación).
- Estos dispositivos son dispositivos de bajo ancho de banda, captura de datos de baja repetición y uso de datos de bajo ancho de banda que se comunican entre sí y proporcionan datos a través de interfaces de usuario.
- Los **dispositivos integrados**, como las cámaras de seguridad de video de alta resolución, los teléfonos de video VoIP y algunos otros, requieren capacidades de transmisión de alto ancho de banda. Sin embargo, innumerables productos simplemente requieren la entrega intermitente de paquetes de datos.

Con referencia a los sistemas finales admitidos, el Internet ha pasado por aproximadamente cuatro generaciones de despliegue que culminaron en el IoT:

1. **Tecnología de la información (TI):** PC, servidores, enrutadores, firewalls, etc., comprados como dispositivos de TI por personas de TI de la empresa y que utilizan principalmente conectividad por cable.
2. **Tecnología operativa (OT):** máquinas / dispositivos con TI integrada construida por compañías que no son de TI, como maquinaria médica, SCADA (control de supervisión y adquisición de datos), control de procesos y quioscos, comprados como dispositivos por personas de OT empresariales y principalmente utilizando conectividad por cable.

3. **Tecnología personal:** teléfonos inteligentes, tabletas y lectores de libros electrónicos comprados como dispositivos de TI por los consumidores (empleados) que utilizan exclusivamente conectividad inalámbrica y, a menudo, múltiples formas de conectividad inalámbrica.
4. **Tecnología de sensores / actuadores:** dispositivos de propósito único comprados por consumidores, TI y personas de OT que utilizan exclusivamente conectividad inalámbrica, generalmente de una sola forma, como parte de sistemas más grandes.

Es la *cuarta generación* que se suele considerar como la IoT, y se caracteriza por el uso de mil millones de dispositivos embebidos.

Sistemas Operativos Embebidos

- Existen dos enfoques generales para desarrollar un sistema operativo (SO) incorporado.
- *El primer enfoque* es tomar un sistema operativo existente y adaptarlo para la aplicación integrada.
 - *Por ejemplo, hay versiones integradas de Linux, Windows y Mac,*
 - *así como otros sistemas operativos comerciales y propietarios especializados para sistemas integrados.*
- *El otro enfoque* es diseñar e implementar un sistema operativo destinado exclusivamente para uso integrado.
 - *Un ejemplo de esto último es TinyOS, ampliamente utilizado en redes inalámbricas de sensores.*

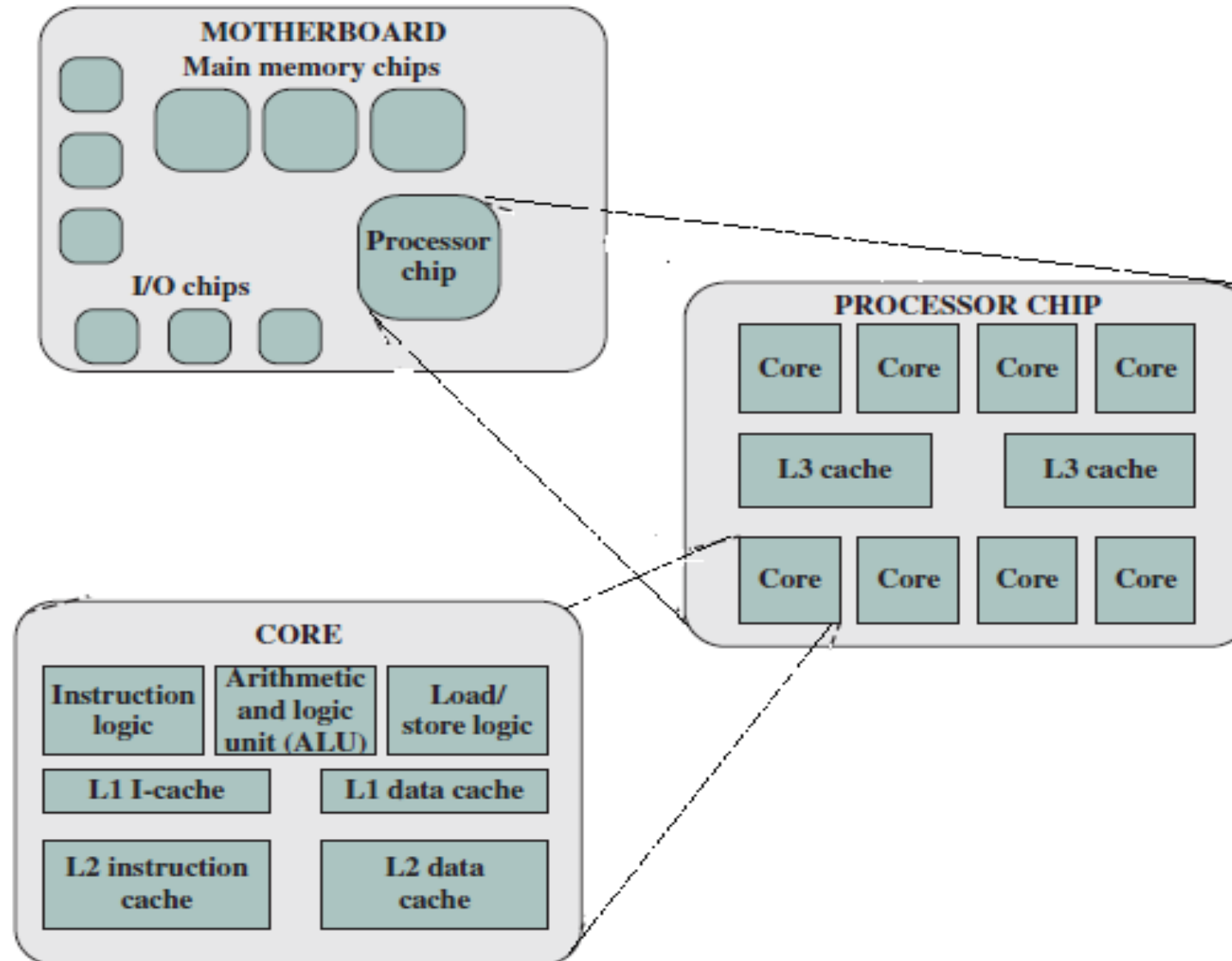
Procesadores de aplicaciones Versus Procesadores dedicados

- Los **procesadores de aplicaciones** se definen por la capacidad del procesador para ejecutar sistemas operativos complejos, como Linux, Android y Chrome. El procesador de la aplicación es de naturaleza general.
 - *Un buen ejemplo del uso de un procesador de aplicaciones integrado es el teléfono inteligente.*
- Los sistemas embebidos está diseñados para admitir numerosas aplicaciones y realizar una amplia variedad de funciones.
- La mayoría de los **sistemas embebidos** emplean un procesador dedicado, como lo indica, está dedicado a una o una pequeña cantidad de tareas específicas requeridas por el dispositivo host.
- Debido a que dicho sistema integrado está **dedicado a una tarea o tareas específicas**, el procesador y los componentes asociados pueden diseñarse para reducir el tamaño y el costo.

Microprocesadores versus microcontroladores

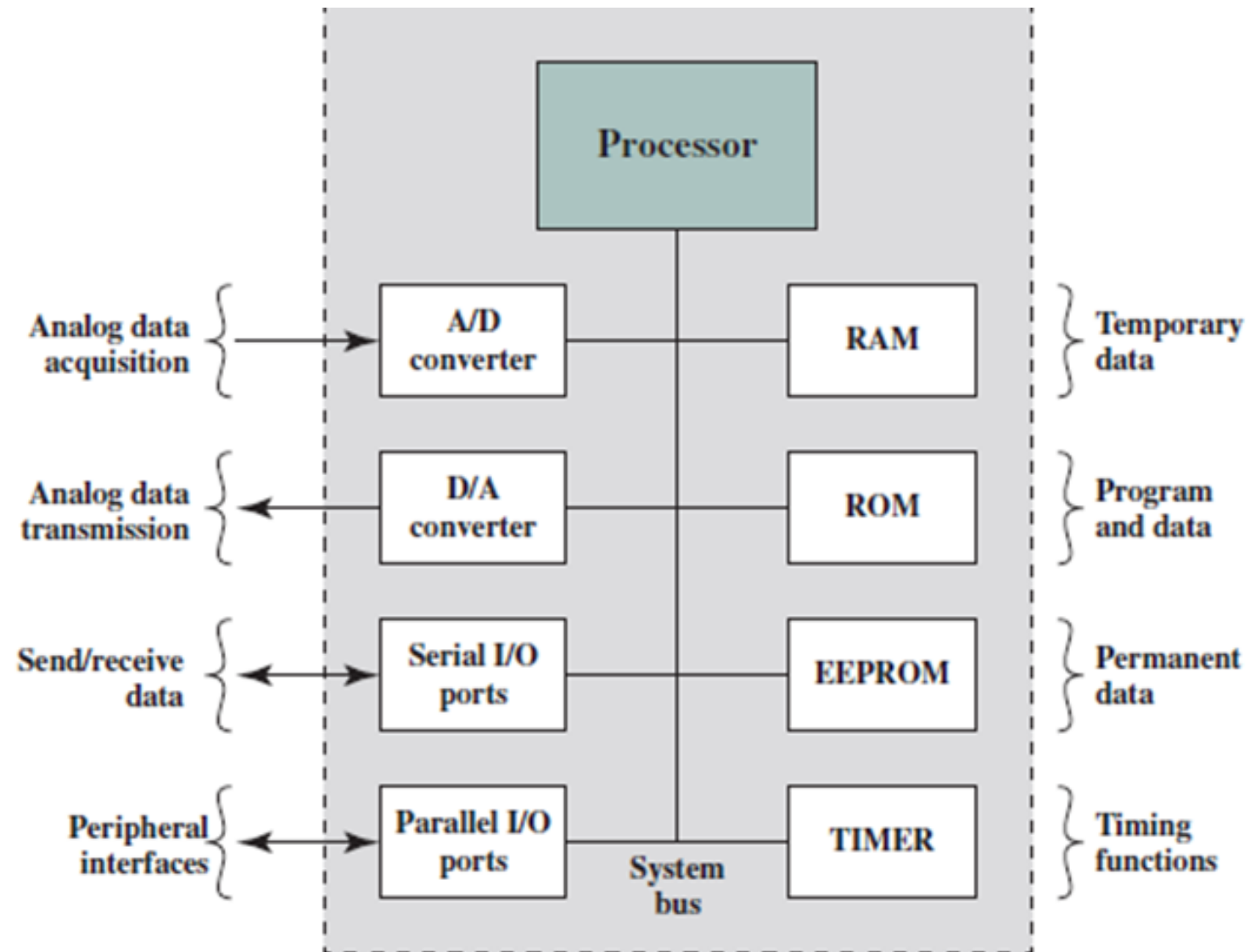
- Los primeros **chips de microprocesador** incluían registros, una ALU y algún tipo de unidad de control o lógica de procesamiento de instrucciones.
- A medida que aumentó la densidad del transistor, se hizo posible aumentar la complejidad de la arquitectura del conjunto de instrucciones y, en última instancia, agregar memoria y más de un procesador.
- Los **chips de microprocesador** contemporáneos, como se muestra en la Figura siguiente, incluyen múltiples núcleos y una cantidad sustancial de memoria caché.
- Un **chip microcontrolador** hace un uso sustancialmente diferente del espacio lógico disponible.

Vista simplificada de los elementos principales de una computadora multinúcleo



- La figura siguiente se muestra en términos generales los elementos que se encuentran típicamente en un chip microcontrolador.
- Como se muestra, un **microcontrolador** es un chip único que contiene el **procesador**, memoria no volátil para el programa (ROM), memoria volátil para entrada y salida (RAM), un reloj y una unidad de control de E / S.
- La parte del **procesador del microcontrolador** tiene un área de silicio mucho menor que otros microprocesadores y una eficiencia energética mucho mayor.
- También es llamada "**computadora en un chip**", miles de millones de unidades de microcontroladores se incorporan cada año en una serie de productos, desde juguetes hasta electrodomésticos y automóviles.

Elementos típicos del chip del microcontrolador



- Por ejemplo, un solo **vehículo** puede usar **70 o más microcontroladores**.
- Por lo general, especialmente para los microcontroladores más pequeños y menos costosos, se usan como procesadores dedicados para tareas específicas.
- Por ejemplo, los microcontroladores se utilizan mucho en los procesos de automatización.
- Al proporcionar *reacciones simples a la entrada*, pueden controlar la maquinaria, encender y apagar los ventiladores, abrir y cerrar válvulas, etc.
- Son partes integrales de la *tecnología industrial moderna* y se encuentran entre las formas más económicas de producir maquinaria que pueda manejar funcionalidades extremadamente complejas.

- Los *microcontroladores* vienen en una variedad de tamaños físicos y potencia de procesamiento.
- Los *procesadores* van desde arquitecturas de 4 bits a 64 bits.
- Los **microcontroladores** tienden a ser *mucho más lentos* que los **microprocesadores**, por lo general, operan en el rango de MHz en lugar de las velocidades de GHz de los microprocesadores.
- Otra característica típica de un microcontrolador es que no proporciona interacción humana.
- El microcontrolador está programado para una tarea específica, incrustado en su dispositivo, y se ejecuta cuando sea necesario.

¿Preguntas ...?

Gracias por su atención

iaquilara@unmsm.edu.pe

[Igor Aguilar Alonso](#)