

# Arquitectura y Organización de un microcontrolador genérico



Taller de Microcontroladores  
año 2012

Optativa de grado y  
Curso de Posgrado

# Temario

---

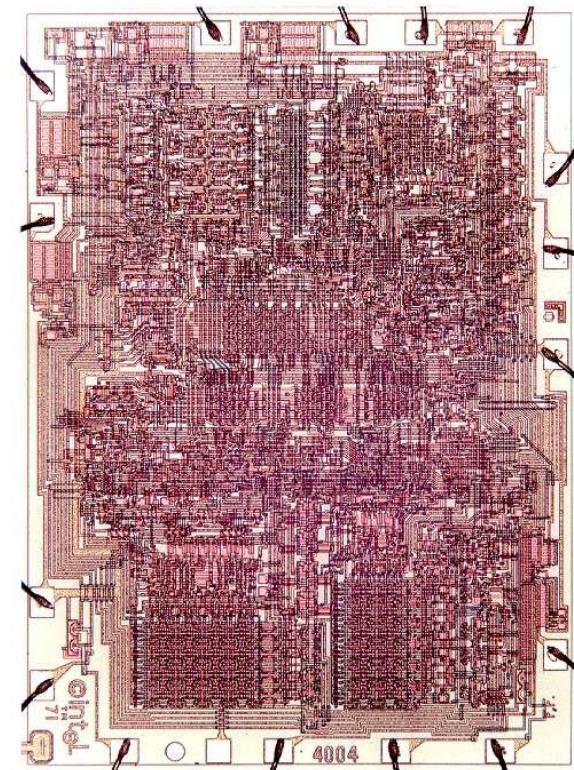
- **1- Surgimiento y desarrollo**
  - 1.1 Ámbito de aplicación
  - 1.2 Sistemas embebidos - ASICs
  - 1.3 Similitudes y diferencias con los microprocesadores
  
- **2- Organización interna**
  - 2.1- Arquitecturas Harvard – von neumann característica
  - 2.2- Memoria de programa
  - 2.3- Memoria de datos.
  - 2.4- Unidad lógica y aritmética
  - 2.5- Registros de estado

# Surgimiento y desarrollo

---

1971 Intel fabrica el primer microprocesador (el 4004) de tecnología PMOS. Este era un microprocesador de 4 bits y fue fabricado por Intel a petición de Datapoint Corporation con el objeto de sustituir la CPU de terminales inteligentes que eran fabricadas en esa fecha por Datapoint mediante circuitería discreta. El dispositivo fabricado por Intel resultó 10 veces más lento de lo requerido y Datapoint no lo compró, de esta manera Intel comenzó a comercializarlo. El 4004 era un **microprocesador de 4 bits**, contenía 2,300 transistores y corría a 108 Khz podía direccionar sólo 4096 (4k) localidades de memoria de 4 bits, reconocía 45 instrucciones y podía ejecutar una instrucción en 20 µseg en promedio. Este procesador se utilizó en las primeras calculadoras de escritorio.

1972 Las aplicaciones del 4004 estaban muy limitadas por su reducida capacidad y rápidamente Intel desarrolló una versión más poderosa (el 8008), el cual podía manipular bytes completos, por lo cual fue un microprocesador de 8 bits. La memoria que este podía manejar se incrementó a 16 kbytes, sin embargo, la velocidad de operación continuó igual.



# Surgimiento y desarrollo

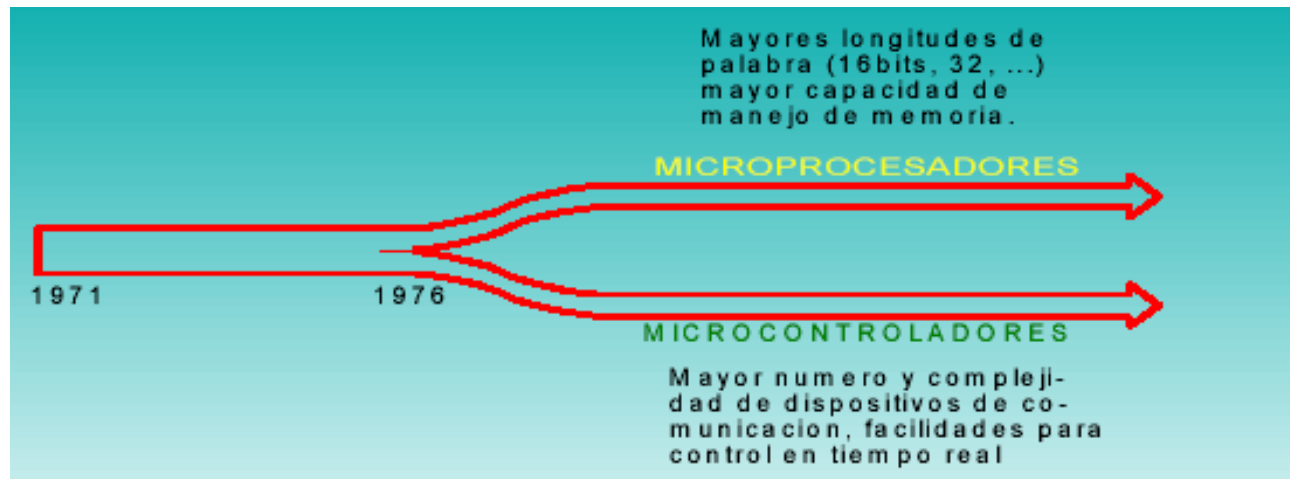
---

1973 Intel lanza al mercado el 8080 el primer microprocesador de tecnología NMOS, lo cual permite superar la velocidad de su predecesor (el 8008) por un factor de diez, es decir, el 8080 puede realizar 500000 operaciones por segundo, además se incrementó la capacidad de direccionamiento de memoria a 64 kbytes. A partir del 8080 de Intel se produjo una revolución en el diseño de microcomputadoras y varias compañías fabricantes de circuitos integrados comenzaron a producir microprocesadores. Algunos ejemplos de los primeros microprocesadores son: el IMP-4 y el SC/MP de National Semiconductors, el PPS-4 y PPS-8 de Rockwell International, el MC6800 de Motorola, el F-8 de Fairchild.

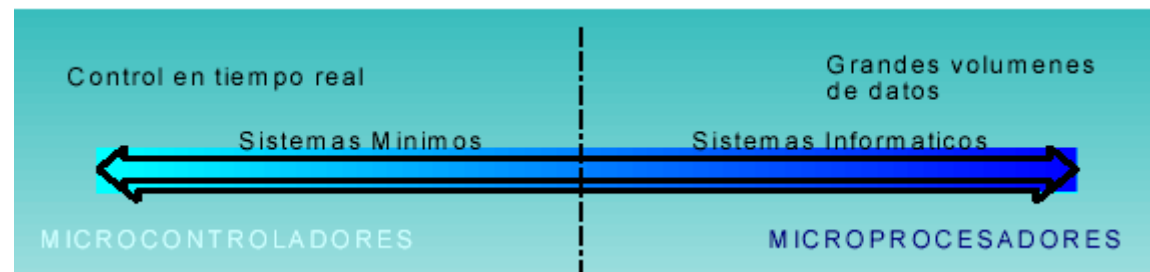
1975 Zilog lanza al mercado el Z80, uno de los microprocesadores de 8 bits más poderosos. En ese mismo año, Motorola abate dramáticamente los costos con sus microprocesadores 6501 y 6502 (este último adoptado por APPLE para su primera microcomputadora personal). estos microprocesadores se comercializan en \$20 y \$25 (dls. USA) respectivamente. Esto provoca un auge en el mercado de microcomputadoras de uso doméstico y un caos en la proliferación de lenguajes, sistemas operativos y programas (ningún producto era compatible con el de otro fabricante).

1976 Surgen las primeras microcomputadoras de un sólo chip, que más tarde se denominarán **microcontroladores**. Dos de los primeros microcontroladores, son el 8048 de Intel y el 6805R2 de Motorola.

# Surgimiento y desarrollo



198x En la década de los 80's comienza la ruptura entre la evolución tecnológica de los **microprocesadores** y la de los **microcontroladores**, Ya que los primeros han ido incorporando cada vez más y mejores capacidades para las **aplicaciones en donde se requiere el manejo de grandes volúmenes de información** y por otro lado, los segundos **han incorporado más capacidades que les permiten la interacción con el mundo físico en tiempo real**, además de mejores desempeños en ambientes de tipo industrial.



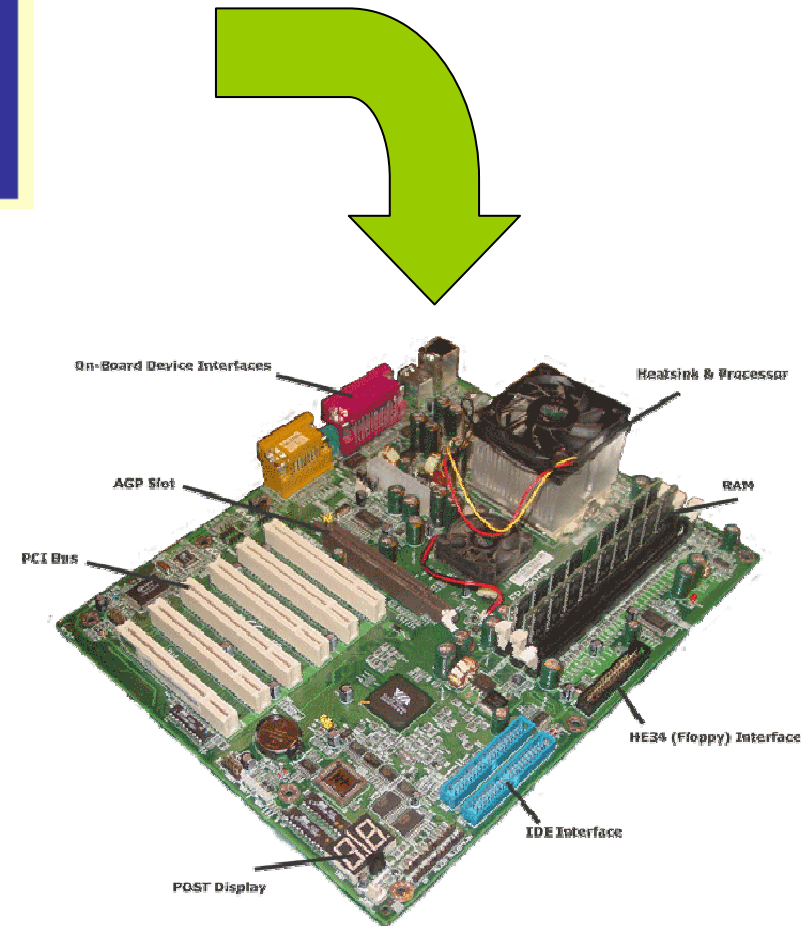
# Surgimiento y desarrollo

Sistema mínimo de computadora



CPU

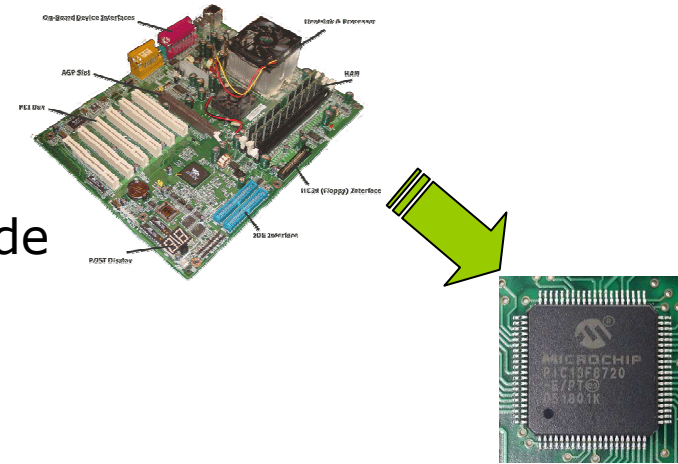
Unidad de control  
Unidad de proceso  
Registros



# Sistemas embebidos y ASICs

## Microcontrolador

Integrado que incluye un microprocesador, memoria (de programa y datos) y unidades de entrada/salida (puertos paralelo, temporizadores, conversores A/D, puertos serie, etc)



## Sistema Embebido (Embedded systems):

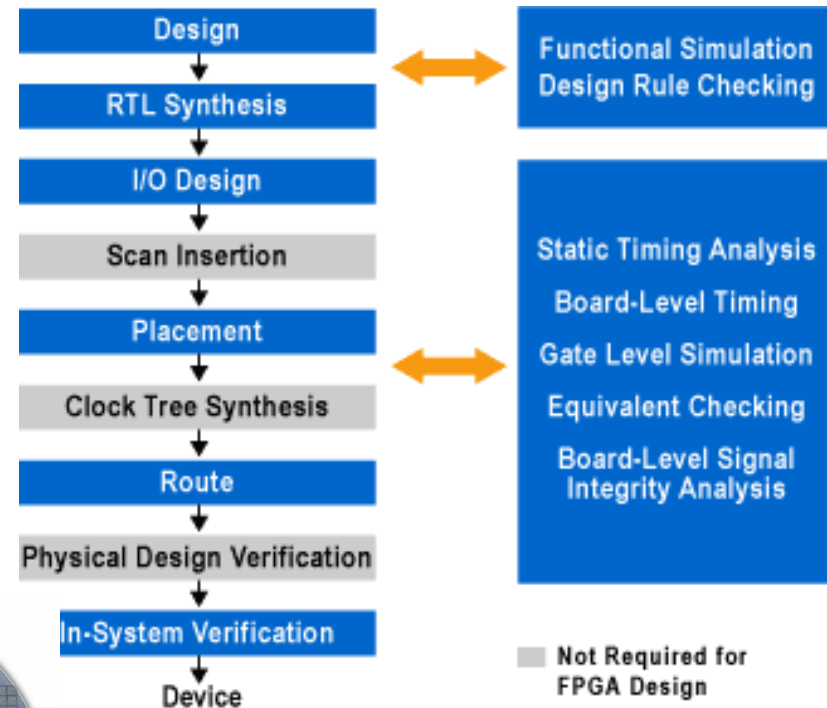
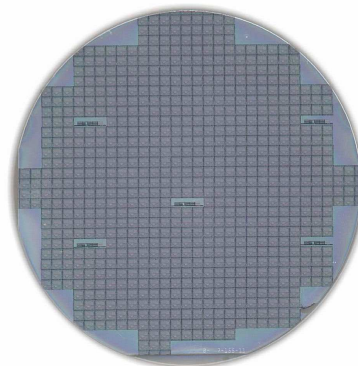
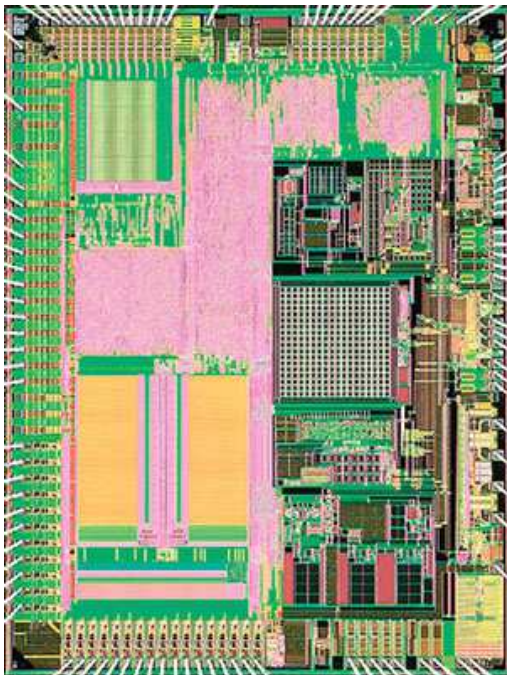
Sistema que incorpora microcontroladores (o microprocesadores) para una tarea específica pero que no es "visible" ni "programable" directamente por el usuario (celular, lavarropas, MP3, etc)



# Sistemas embebidos y ASICs

## ASIC: Application Specific Integrated Circuit

**Circuito Integrado** hecho a la medida para un uso en particular, en vez de ser concebido para propósitos de uso general





# Microcontroladores

---

- Aplicaciones de los microcontroladores

Se usan fundamentalmente cuando la potencia de cálculo no es importante

- Robótica: Muy usados en subsistemas específicos de control (extremidades, facciones del rostro, soportes prensiles, etc.)
- Equipamiento informático: impresoras, scanners, copiadoras...
- Sistemas portátiles y autónomos
- Sector automotriz: control centralizado de puertas y ventanas, climatizadores, inyección, alarmas, etc.
- Sector doméstico: integrado en los sistemas de televisores, lavarropas, microondas, heladeras, videos, etc.

# Microcontroladores

---

## Tipos de microcontroladores

- Según el ancho de palabra: 4, 8, 16 y 32 bits
- Según los periféricos incluidos: serie, A/D, D/A, I/O's, timers, etc.
- Según la especialidad concreta: comunicaciones, señales, video, etc.

## Elección de un microcontrolador

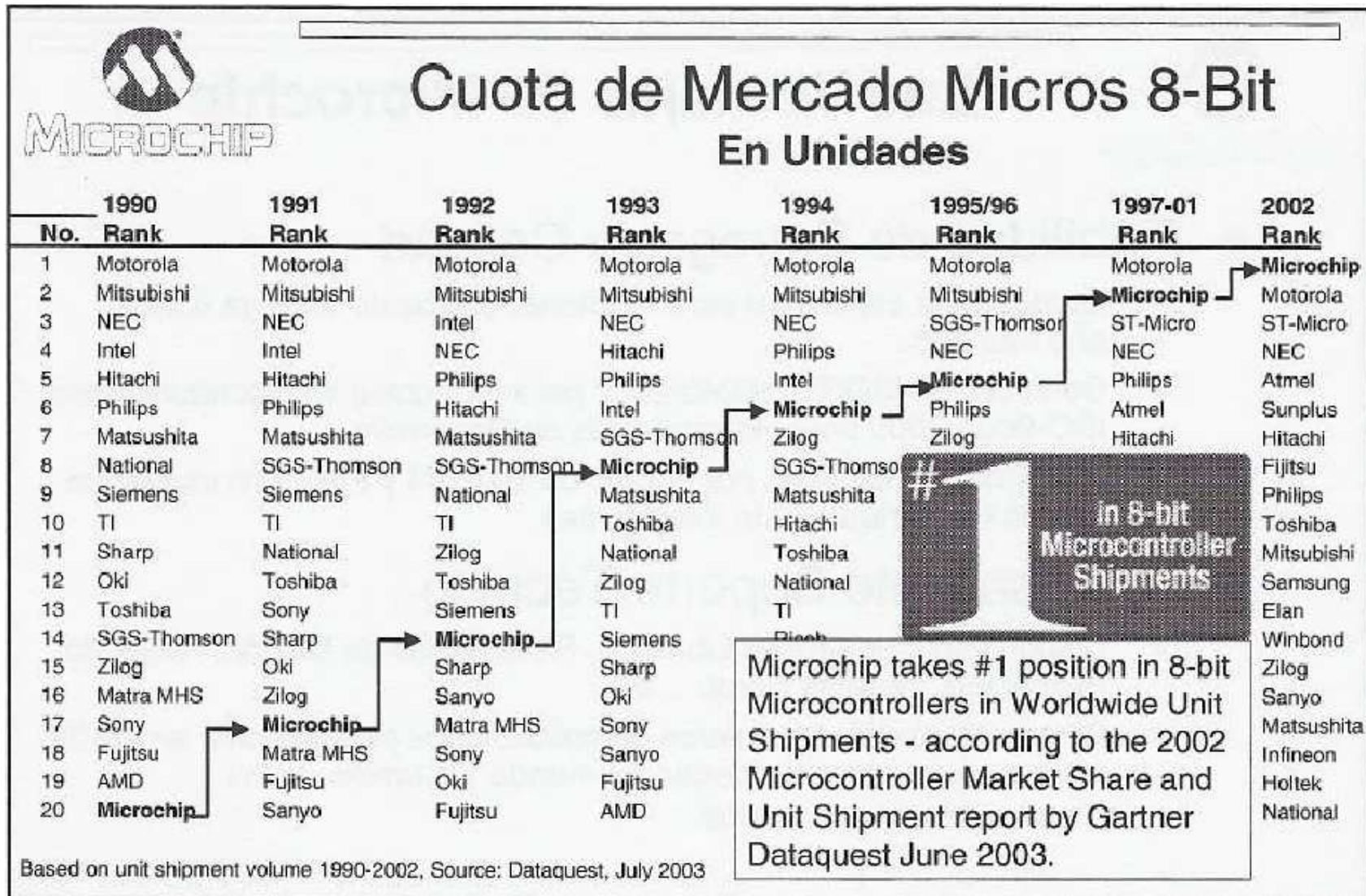
- Hay ayuda disponible ante problemas?
- Hay herramientas de desarrollo en mercado?. Cuanto cuestan?
- Hay documentación disponible (manuales, libros, ejemplos de uso)
- Que dispositivos soportan las versiones del microcontrolador elegido?
- Que modo de grabación soporta la familia? (flash, EPROM, EEPROM)
- Que velocidad tiene, Modos de direccionamiento, Set de instrucciones
- Consumo en modo de uso y modo standby
- Otro tipo de soportes adicionales (librerías, foros, etc.)

# Fabricantes de microcontroladores

---

- INTEL 8048 – **8051** – 80C196 – 80386
- MOTOROLA 6805 – 68HC11 – **68HC12**
- HITACHI HD64180
- PHILIPS 8051 (si es el de intel...)
- SGS-THOMSON ST62XX
- NATIONAL Semiconductor COP400 – COP800
- ZILOG Z8 – **Z86XX**
- TEXAS INSTRUMENT **TMS370**
- TOSHIBA 68HC11 (si, el de Motorola...)
- MICROCHIP serie **PIC**
- ATMEL 8051 - AT91SAM - **AVR** - AVR32

# Cuota de mercado de micros de 8 bits

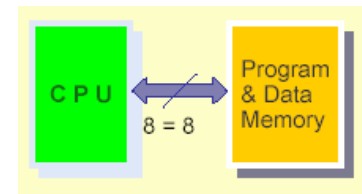


# Organización interna

## Arquitecturas

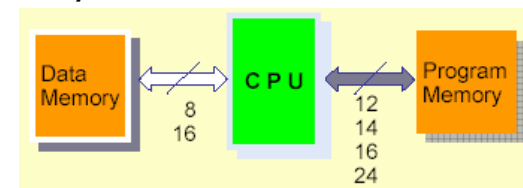
### Von Neumann

- Un único bus de datos para instrucciones y datos.
- Las instrucciones del programa y los datos se guardan conjuntamente en una memoria común.
- Cuando la CPU se dirige a la memoria principal, primero accede a la instrucción y después a los datos necesarios para ejecutarla, esto retarda el funcionamiento.



### Hardvard

- El bus de datos y el bus de instrucciones están separados
- Acceso en paralelo:
  - Cuando se está leyendo una instrucción, la instrucción actual está utilizando el bus de datos. Una vez finalizada la instrucción actual, la siguiente ya está disponible en la CPU.
  - Permite una ejecución más rápida.

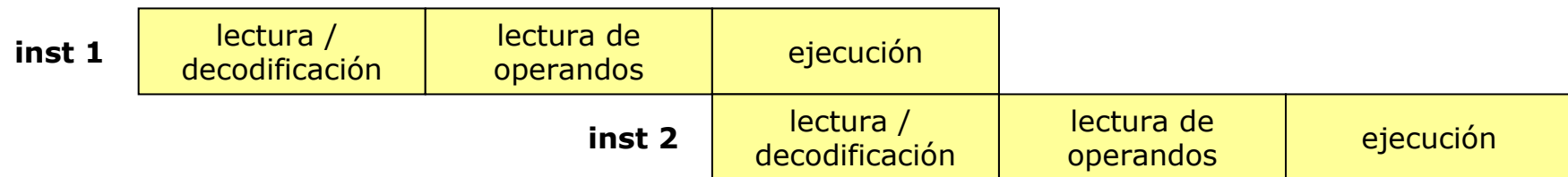


# Organización interna

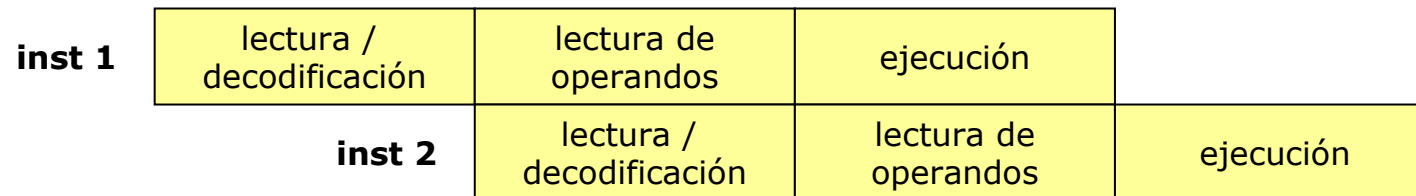
---

## Ciclo de instrucción

### Von Neumann

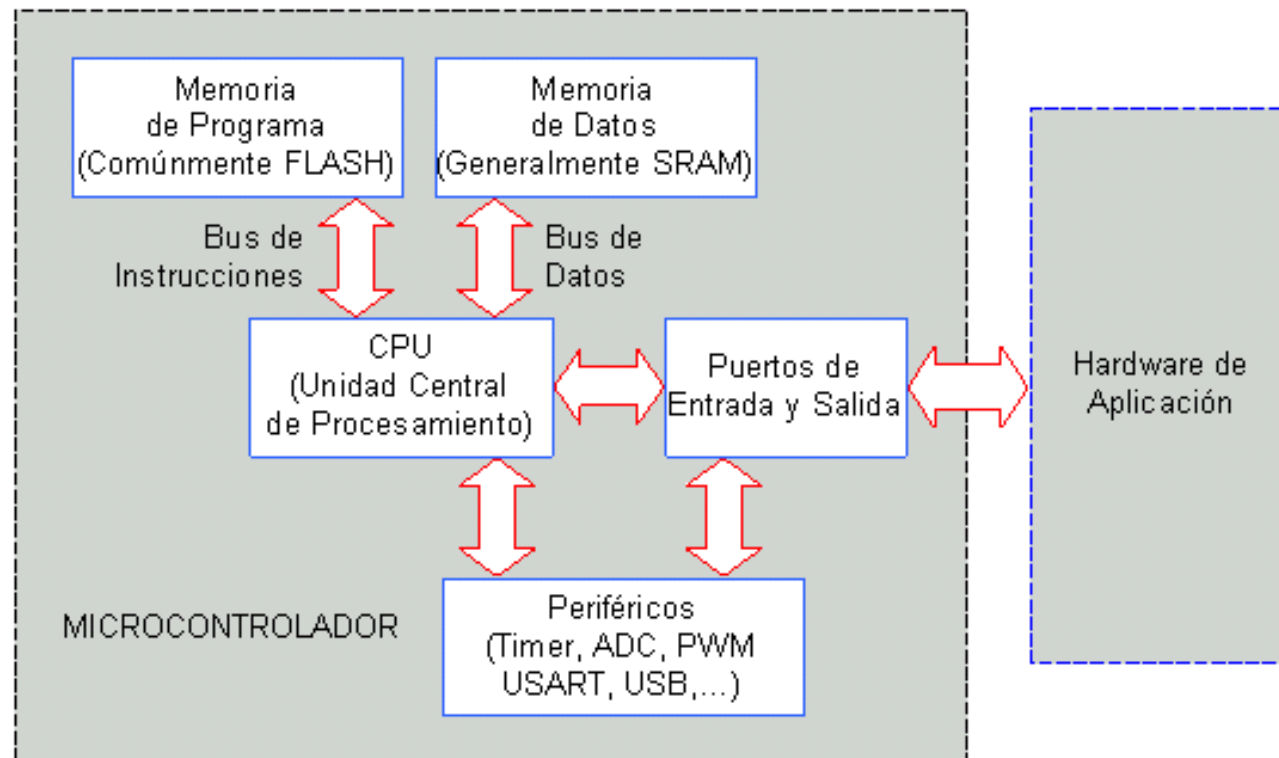


### Hardvard



# Organización interna

## Estructura genérica de un microcontrolador



# Organización interna

---

## Tipos de memorias

- RAM:** Variables locales, datos parciales.  
Usualmente se trata como banco de registros (PIC)
- EEPROM:** Grabable desde el programa de programación del microcontrolador.  
Usualmente, constantes de programa
- Flash:** Memoria de programa.  
Usualmente desde 1 Kb a 4 Mb (controladores de familias grandes)



# Organización interna

---

## Dispositivos auxiliares

**Puertos de entrada/salida (paralelo) digitales:** Permiten configurar cada una de sus líneas como entrada o salida digital de manera individual (sin protocolo) o en bloques para comunicación con protocolo.

**Puertos Analógicos.** Permiten adquirir señales digitales mediante convertidores Analógico a Digital.

**Temporizadores** con funciones del tipo:

- o Entradas temporizadas o de captura: permiten capturar o medir el tiempo en que ocurren eventos exteriores
- o Salidas temporizadas o de comparación: permiten generar señales temporizadas
- o Conteo de eventos: permiten contar eventos externos

**Salidas PWM** (*Pulse Width Modulation*): permiten generar salidas analógicas.

Dispositivos de vigilancia (**watchdogs**): evitan "caídas" del sistema

**Controladores de interrupciones:** administran la ejecución de tareas por interrupciones, lo cual permite la multitarea.

**Controladores de Acceso Directo a la Memoria** (*DMA*). Permiten que otros dispositivos aparte de la CPU puedan acceder a la memoria.

**Acondicionadores del reloj y del reset.** Permiten generar adecuadamente las señales de reloj y de reset.

# Hoy día...

## Según encuesta electrónica julio 2011

|                   |        |
|-------------------|--------|
| Microchip         | 72.73% |
| Atmel             | 15.91% |
| Motorola          | 4.55%  |
| NXP               | 0%     |
| Rabbit            | 0%     |
| Texas Instruments | 2.27%  |
| Freescale         | 4.55%  |
| ST                | 0%     |
| National          | 0%     |
| Otro (¿cuál?)     | 0%     |

# AVR vs PIC

---

Opción de comprar placas del Arduino con un micro con 128k de flash, 8 de SRAM y 4 de EEPROM, además de varios de periféricos.

Placa con chip FTDI (Future Technology Devices International) para comunicarse con el usb de la pc vía la usart, reguladores de tensión, y documentación completa que hace que sea ideal para empezar.

En cuanto al AVR, la memoria no está en bancos como en el PIC.

El stack de AVR no está limitado a 8 palabras como en los pics, si no que esta en la memoria directamente.

AVR tiene 32 registros de trabajo frente a 1 del PIC.

AVR tiene muchos vectores de ISR, cada interrupción salta directamente a su vector, mientras que en los PIC hay muchos menos.

En AVR el compilador optimiza el código bastante bien y es mucho más cómodo programar en C para el AVR que para los PICs.

# PIC vs AVR

---

Distribución de pruebas gratuitas de PIC físicos.

Mucha documentación en su web oficial con ejemplos incluidos de todo tipo.

Fácil manejo, programación, aprendizaje del ASM, con sólo 35 instrucciones (*49 instrucciones en el nuevo núcleo, orientado a C*).

Revistas de electrónica con tutoriales de PIC16F84A

En Internet, muchos proyectos con PIC para aficionados, estudiantes, técnicos, ingenieros, etc...

# ARM vs AVR vs PIC...

---

**ARM** es una arquitectura RISC de 32 bits desarrollada por ARM Holdings.

Acrónimo de *Advanced RISC Machine*, y anteriormente *Acorn RISC Machine*.

La arquitectura ARM es el conjunto de instrucciones de 32 bits más ampliamente utilizado en unidades producidas.

La relativa simplicidad de los procesadores ARM los hace ideales para aplicaciones de baja potencia. Como resultado, se han convertido en dominante en el mercado de la electrónica móvil e integrada, encarnados en microprocesadores y microcontroladores pequeños, de bajo consumo y relativamente bajo coste.

Desde 2005, alrededor del 98% de los más de mil millones de teléfonos móviles vendidos cada año utilizan al menos un procesador ARM.

Desde 2009, los procesadores ARM son aproximadamente el 90% de todos los procesadores RISC de 32 bits embebidos y se utilizan ampliamente en la electrónica de consumo, incluyendo tabletas, Teléfono inteligente, teléfonos móviles, videoconsolas de mano, calculadoras, reproductores digitales de música y medios (fotos, vídeos, etc.), y periféricos de ordenador como discos duros y routers.

La arquitectura ARM es licenciable. Las empresas que son titulares de licencias ARM actuales o anteriores incluyen a Alcatel-Lucent, **Apple Inc.**, AppliedMicro, **Atmel**, Cirrus Logic, Digital Equipment Corporation, Ember, Energy Micro, Freescale, **Intel**, LG, Marvell Technology Group, Microsemi, Microsoft, NEC, Nintendo, Nuvoton, Nvidia, Sony, NXP (antes Philips), Oki, ON Semiconductor, Psion, Qualcomm, Samsung, Sharp, STMicroelectronics, Symbios Logic, Texas Instruments, VLSI Technology, Yamaha, y ZiiLABS.