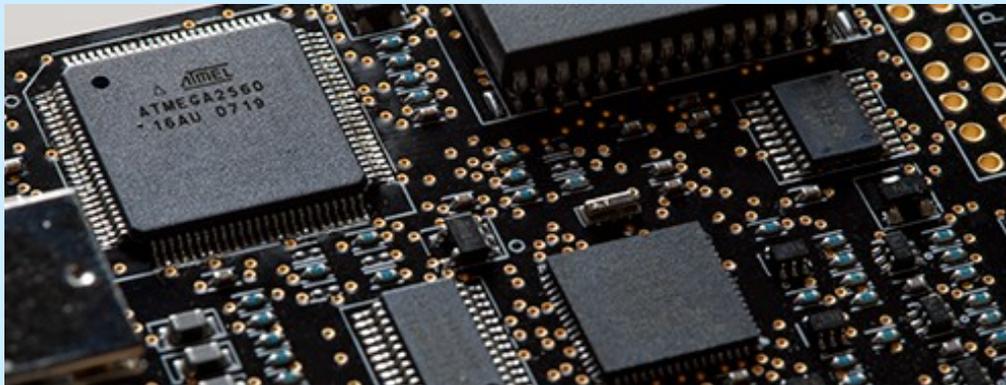


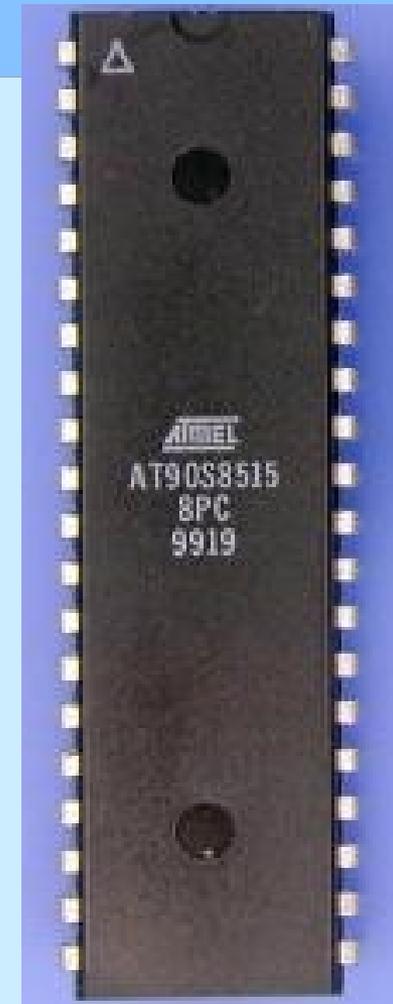
EQUIPOS MICROPROGRAMABLES



22. MICROCONTROLADORES

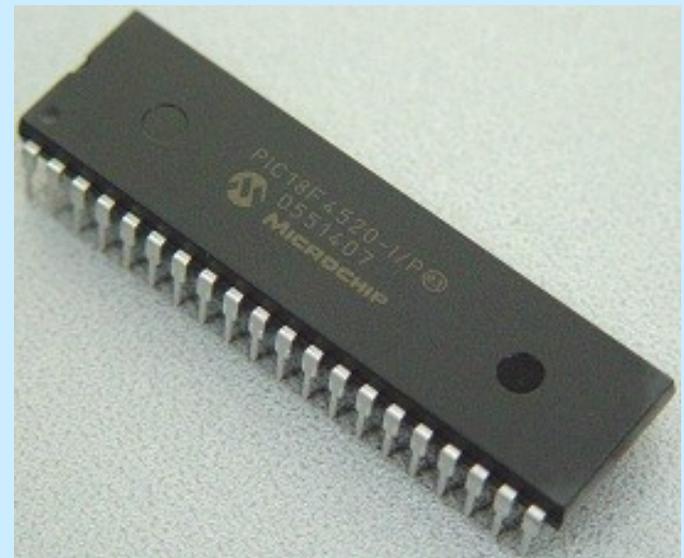
ÍNDICE

- Microcontroladores
 - ¿Qué es un microcontrolador?
 - Aplicaciones
 - Tipos de microcontroladores
- El mercado de los microcontroladores
 - Mercado
 - Aplicaciones Industriales
 - ¿Qué microcontrolador usar?
 - Los fabricantes de μP y μC
- Características de los microcontroladores
 - Técnicas de fabricación



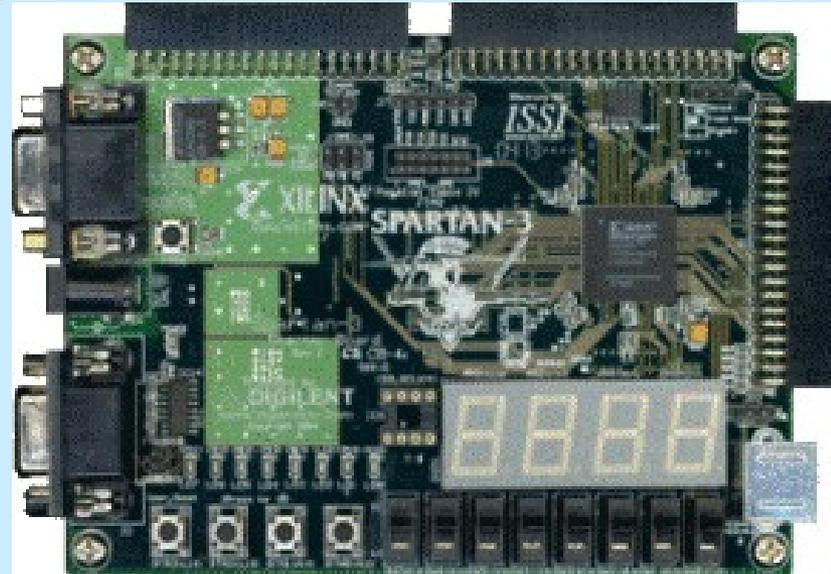
ÍNDICE

- Características de los microcontroladores
 - Tipo de arquitectura
 - Opciones avanzadas de memoria
 - Alimentación y bajo voltaje
 - Entradas y salidas
 - Interrupciones
 - Características especiales de los μC
- Microcontroladores más conocidos
- Lenguajes de programación para microcontroladores
 - Lenguaje ensamblador
 - Interpretes



ÍNDICE

- Lenguajes de programación para microcontroladores
 - Compiladores
 - Lógica multivaluada y redes neuronales
- Herramientas de desarrollo
 - Simuladores
 - Debuggers residentes
 - Emuladores



Microcontroladores – ¿Qué son?

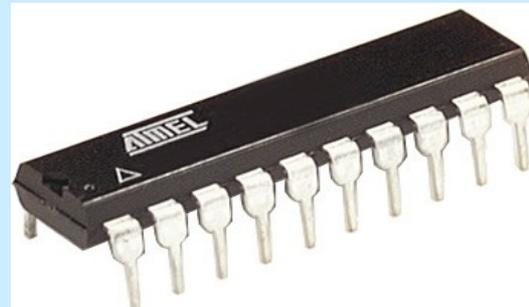
- Antiguamente los sistemas de control se hacían con componentes discretos lógicos, eran cajas grandes y pesadas (antes incluso eran diseños analógicos más grandes aún y más complejos)
- Al empezar a usarse los microprocesadores, el sistema de control entero podía encajar dentro de una tarjeta de circuito impreso
- Esto sigue siendo común, y pueden encontrarse muchos sistemas impulsados por microprocesadores comunes (incluso Zilog Z80, Intel 8088, Motorola 6809, etc.)



Microcontroladores – ¿Qué son?

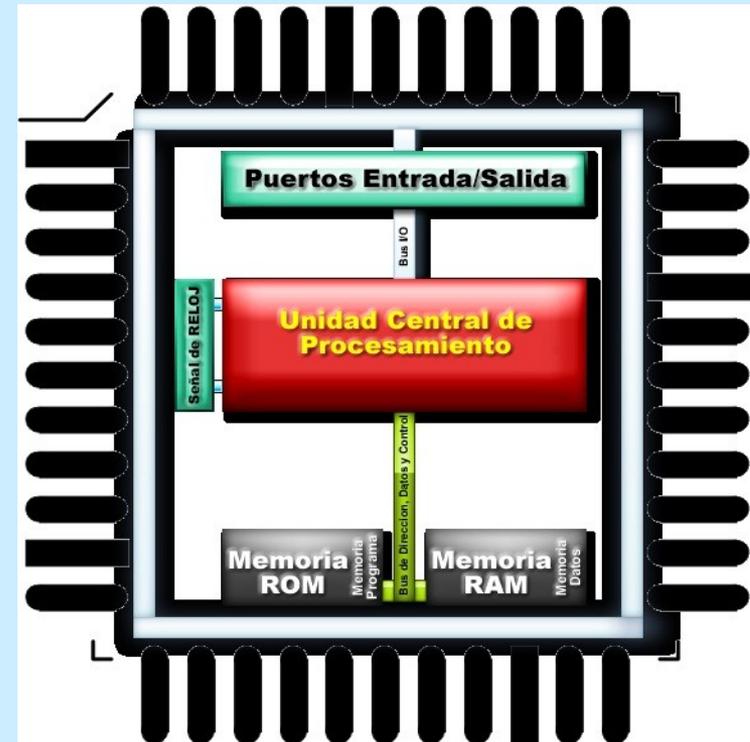
- El proceso continuo de miniaturización consiguió que todos los componentes necesarios de un sistema de control se integraran en un chip, nació así el microcontrolador
- Un microcontrolador es un circuito integrado con todos (o casi todos) los componentes de un sistema completo de control. Estos dispositivos que suponen “la solución en un chip”, suelen incluir:

- CPU
- RAM
- EPROM/PROM/ROM



Microcontroladores – ¿Qué son?

- I/O (input/output) - serie y paralelo
- Temporizadores/Contadores
- Sistema de interrupciones
- Los modelos más potentes incluyen además :
 - Sistemas auxiliares (A/D, D/A, DSP ...)



Microcontroladores – Aplicaciones

- Los microcontroladores se suelen encontrar en:
 - Electrodomésticos:
 - Microondas, hornos, frigoríficos...
 - Televisión, DVDs, equipos de sonido.
 - Equipos informáticos
 - Impresoras, copadoras láser, módems, unidades de disco...
 - Automóviles
 - Mando de sistemas (ABS, inyección, encendido...), climatizador, sistemas de diagnóstico...



Microcontroladores – Aplicaciones

- Mando medioambiental
 - Invernaderos, fábricas, casas...
- Instrumentación, sistemas aeroespaciales



- Se usan típicamente donde la potencia de procesamiento no es importante, aunque alguien podría encontrar atractiva la idea de controlar un microondas con un sistema Unix..
- Los sistemas basados en microprocesador y los microcontroladores son muy usados en robótica



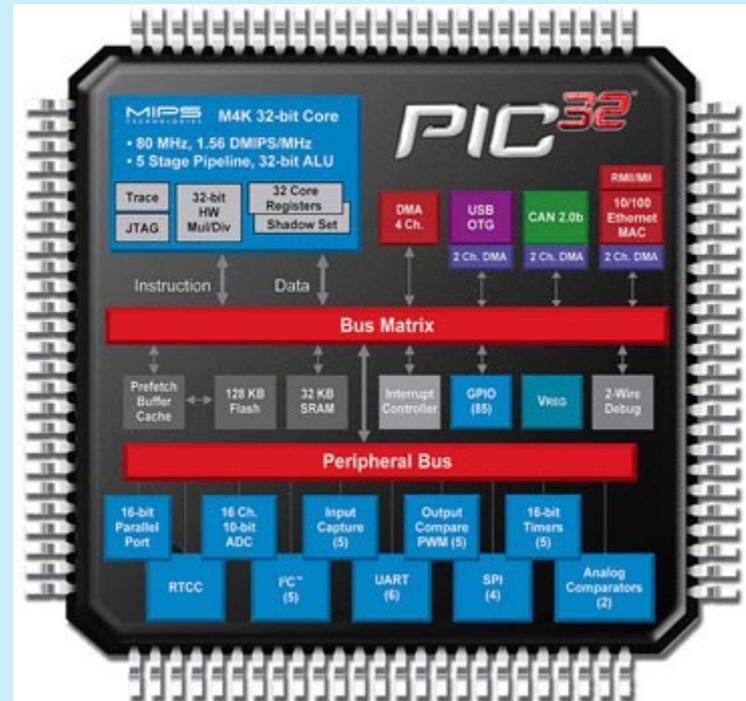
Microcontroladores – Aplicaciones

- Aquí, muchas tareas específicas podrían distribuirse entre un gran número de controladores dentro de un sistema, comunicados con un procesador central (o micro/mini/mainframe)
- Éste habilitaría la info. para ser procesada por la computadora central, o transferida a otros controladores del sistema. Una aplicación especial es la captura de datos: t^a , humedad, lluvia, etc.
- Los microcontroladores son pequeños y consumen muy poco, lo que los hace ideales para sistemas portátiles y autónomos

Tipos de microcontroladores

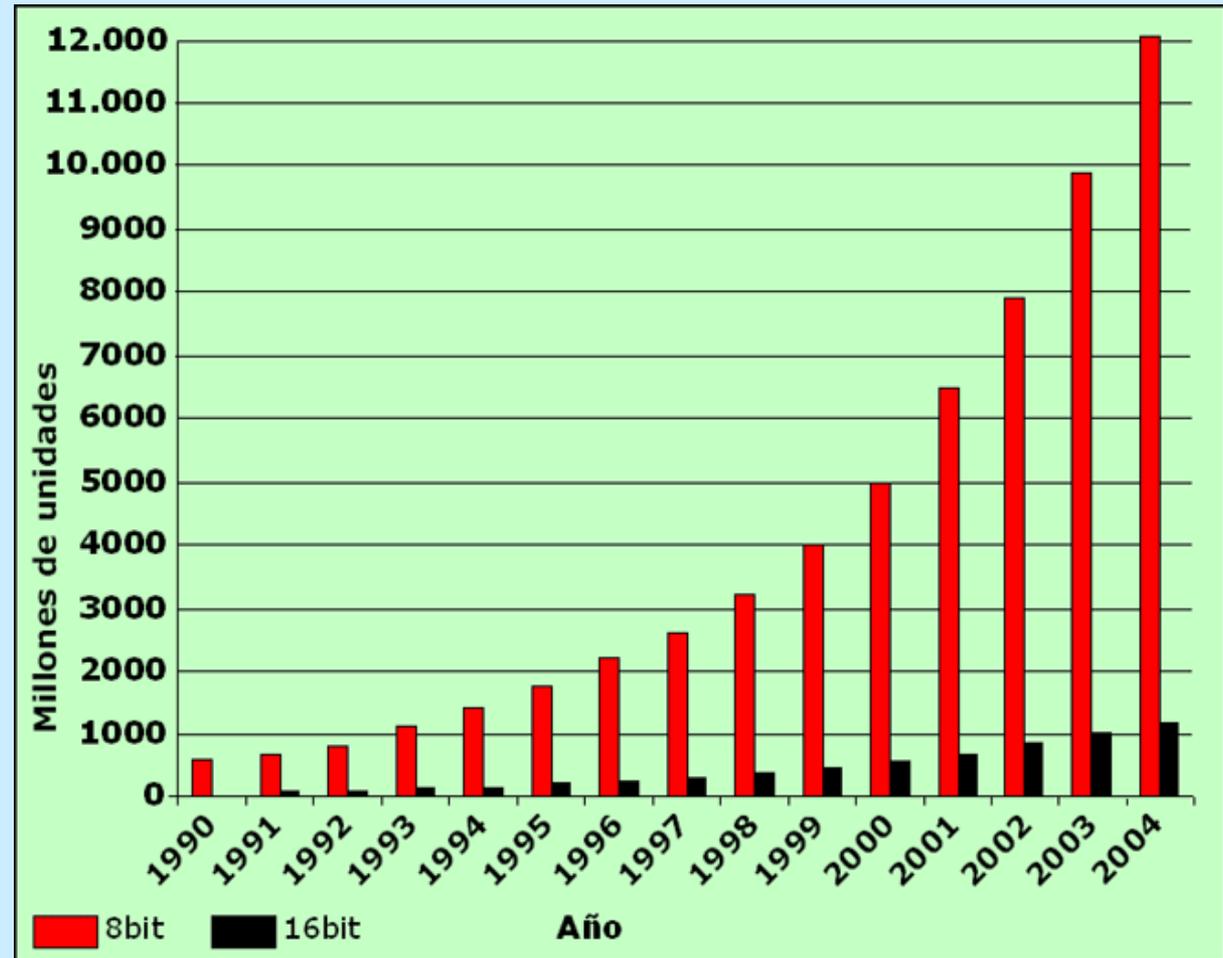
- Los hay de 4, 8, 16, y 32 bits de ancho de palabra. Existen microcontroladores/procesadores especializados para:

- Comunicaciones
- Manejo de teclados
- Procesamiento de señales
- Procesado de vídeo
- Otras tareas



Mercado de microcontroladores

- Queda claro que los μ C son un gran negocio pues las ventas se miden en billones!!
- Por ello los fabricantes están potenciando los μ C de 8 bits



Mercado de μ C – Aplic. Industriales

- El mercado de automóvil es el sector que más compra. Varias familias de μ C se desarrollaron específicamente para aplicaciones del automóvil y más tarde se modificaron para otras aplicaciones
- El sector del automóvil es exigente. Los circuitos electrónicos deben operar bajo temperaturas extremas y resistir las vibraciones, interferencias y ruidos eléctricos (EMI)
- La electrónica debe ser fiable, pues un fallo puede provocar un accidente. Debido a la competencia, el precio de estos circuitos es bajo. El automóvil no es el único mercado que está creciendo

Mercado de μ C – ¿Qué micro usar?

- Para decidir el μ C adecuado a un proyecto, se debe considerar:
 - ¿Se puede obtener ayuda cuando haya problemas?
 - ¿Qué herramientas de desarrollo hay y cuanto cuestan?
 - ¿Que clase de documentación hay disponible? (manuales de referencia, notas de aplicación, libros...)
 - ¿Dispone el fabricante de dispositivos periféricos para ese μ C (convertidores A/D, memoria, reguladores de tensión...)?
 - ¿Disponen de microcontroladores con memorias OTP, grabables por máscara, EPROM, de esa misma familia?

Mercado de μ C – Fabricantes

- Según volumen de ventas y diversidad de modelos se puede establecer como principales a los siguientes fabricantes:

➤ Microchip Technology

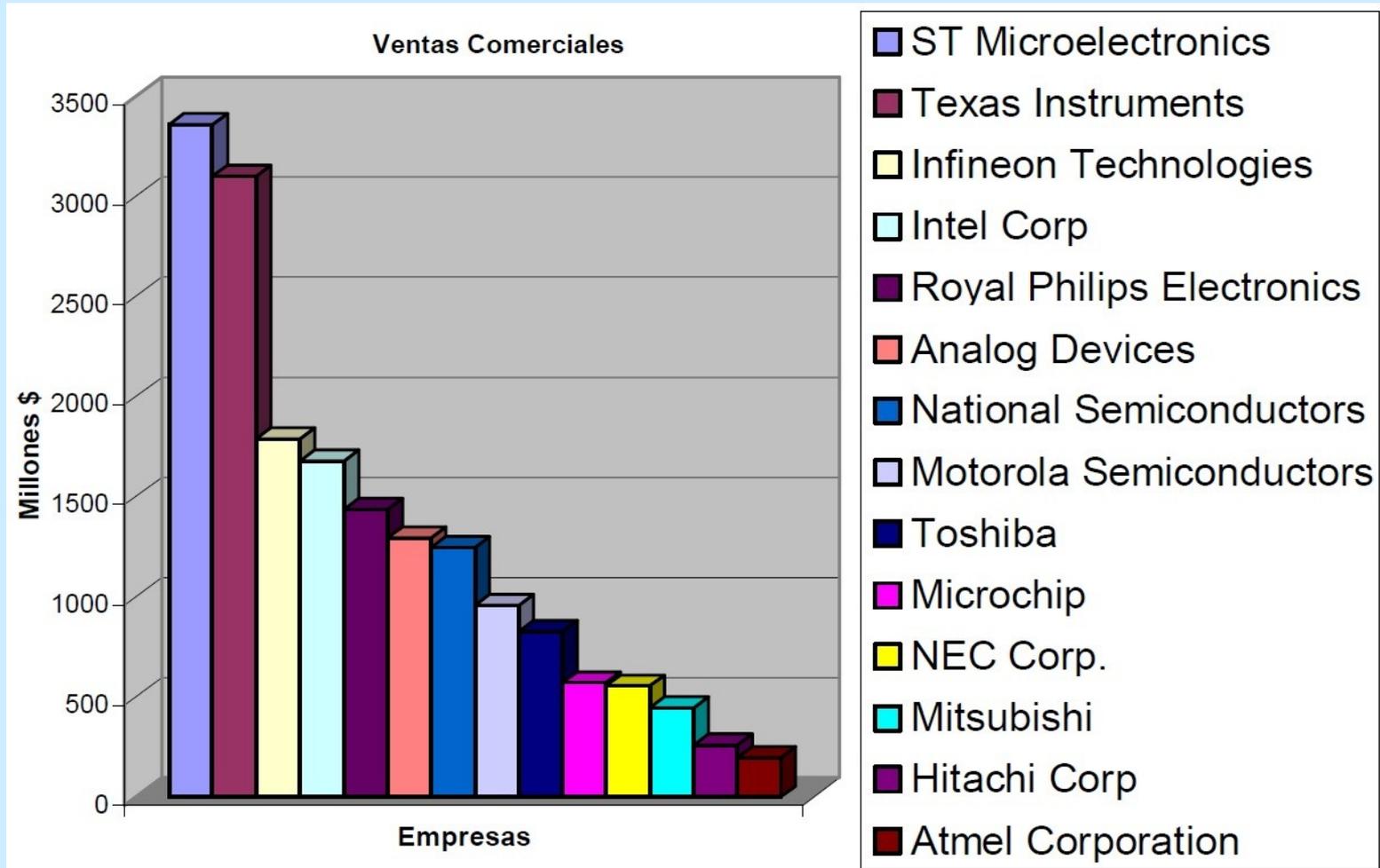
➤ ST Microelectronics

➤ Atmel (μ Cs de arduino)

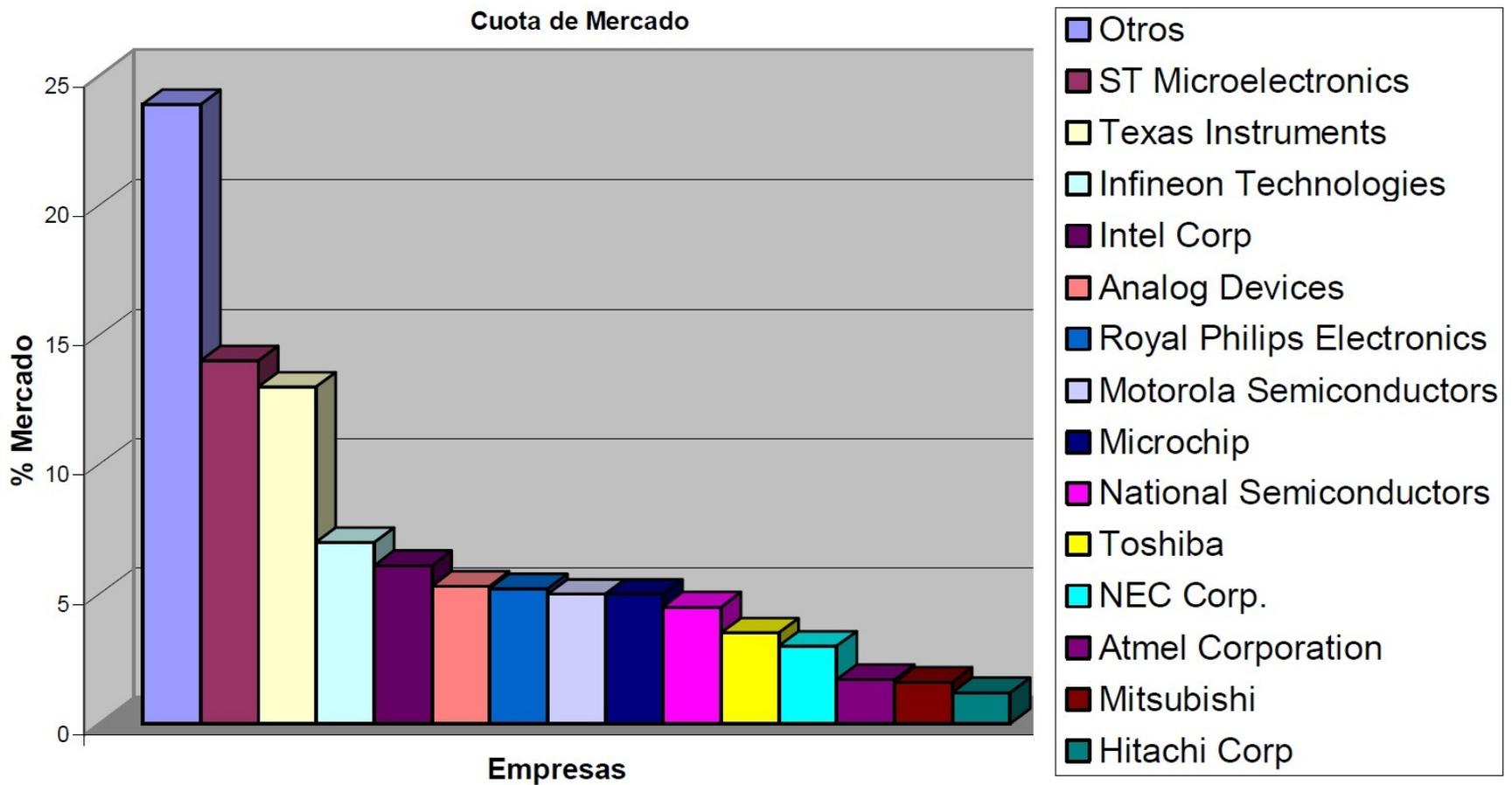
➤ Motorola Semiconductors



Mercado de μ C – Fabricantes



Mercado de μ C – Fabricantes



Mercado de μ C – Otros fabricantes

Fabricante	Especialidad
	Microcontroladores Compact-RISC y COP8, con modelos que incluyen Bluetooth, USB y CAN
 ZILOG	Pioneros del venerable Z80, actualmente enfocan su trabajo hacia el Z8 Encore Flash y eZ80
	DSP's de 16 y 32 bits y sus herramientas de desarrollo. Amplia variedad de componentes analógicos de precisión
 CYGNAL 	Familia de microcontroladores rápidos basados en 8051 incluyendo convertidores A/D y sistemas de depurado
	Microcontroladores flash rápidos basados en 8051 con batería para los datos de la SRAM y herramientas de desarrollo
	Líder mundial en DSPs. Produce también μ C de 16 bits de bajo consumo, componentes analógicos, etc.

Caract. – Técnicas de fabricación

- CMOS - Semiconductor de Oxido de Metal Complementario
 - Es la técnica con que se fabrican la mayoría (sino todos) los μC . Los dispositivos CMOS tienen las siguientes características:
 - Consumen muy poca corriente y pueden ser alimentados por baterías durante mucho tiempo
 - El reloj del sistema puede detenerse y ponerse el dispositivo en “modo sueño” (sleep mode) para bajar más aún su consumo
 - Alta inmunidad al ruido eléctrico

Caract. – Técnicas de fabricación

- PMP - Programación Post-Metalizado (National Semiconductor)
 - Es un proceso de implantación de alta-energía que permite al μ C ROM ser programado después de la metalización final
 - Normalmente la programación de dispositivos ROM se lleva a cabo en el segunda metalización con otras nueve o diez capas encima
 - Esto significa que el modelo de ROM debe especificarse pronto en el proceso de la producción, y los dispositivos para pruebas no estarán disponibles hasta seis u ocho semanas

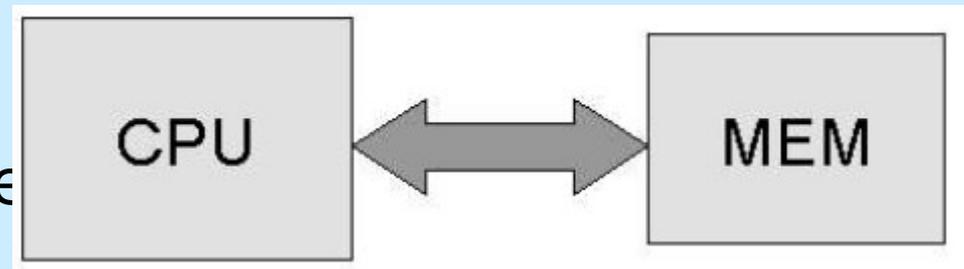
Caract. – Técnicas de fabricación

- PMP - Programación Post-Metalizado (National Semiconductor)
- Con PMP, los troqueles pueden fabricarse totalmente a través de metalización (sólo la capa de pasivación necesita ser



Caract. – Tipos de arquitectura

- Arquitectura Von-Neuman:
 - Éstos μ C tienen un solo bus de datos por el cual circulan instrucciones y datos que se guardan conjuntamente en una memoria común



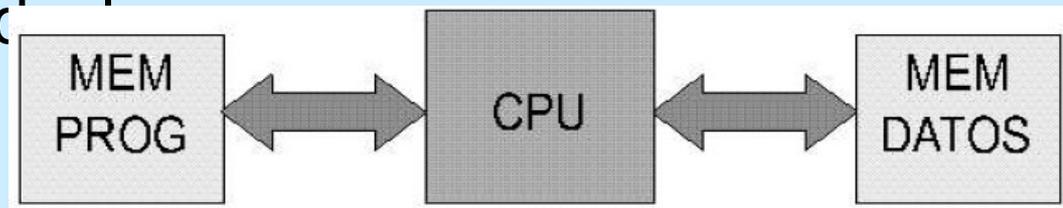
- Cuando la CPU se dirige a la memoria principal, primero saca la instrucción y después saca los datos necesarios para ejecutarla, lo que retarda el funcionamiento de la CPU

Caract. – Tipos de arquitectura

- Arquitectura Harvard

- Éstos μ C tienen separados el bus de datos y el de instrucción, lo que permite el proceso paralelo:

- Cuando una instrucción está siendo “captada”, la instrucción actual está utilizando el bus de datos



- Finalizada la instrucción actual, la siguiente estará disponible en la CPU permitiendo una ejecución más rápida

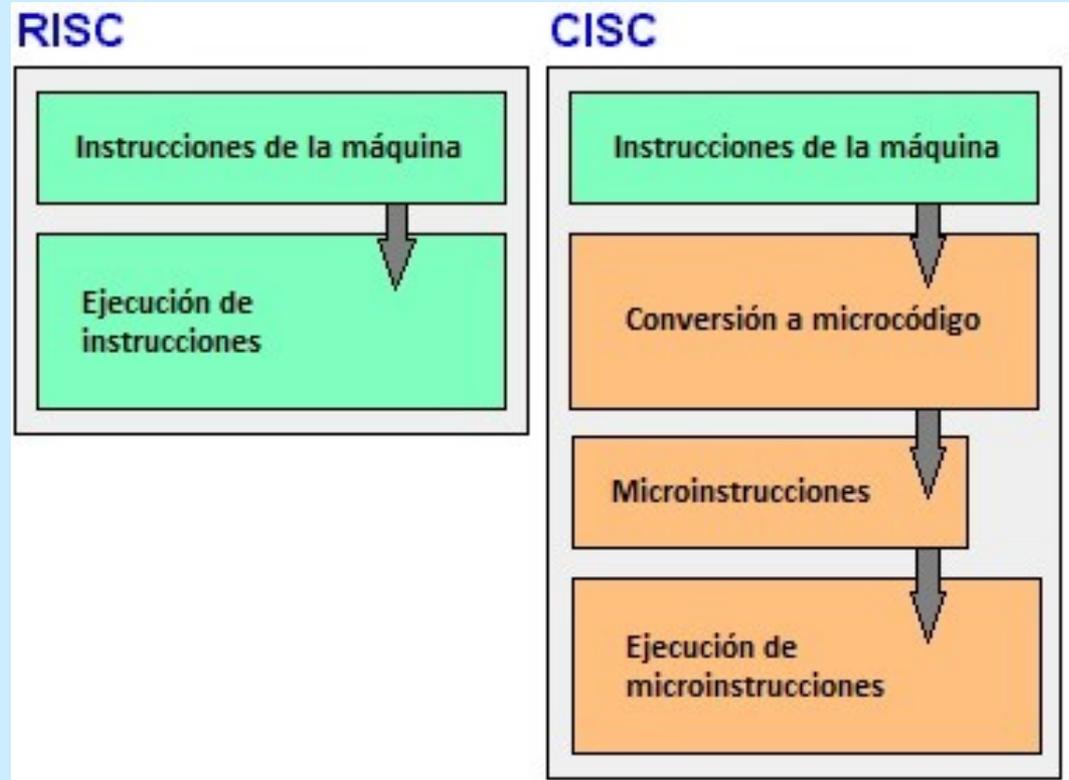
Caract. – Juegos de instrucciones

- CISC: Complex Instruction Set Computer
 - Casi todos los μ C actuales tienen un juego de instrucciones complejo y amplio. El conjunto típico es de más de 80, algunas muy potentes y otras especializadas para una tarea concreta
 - Las hay que pueden acceder a ciertos registros (otras no) y algunas tienen modos de direccionamiento único y específico, el conjunto de instrucciones es bastante heterogéneo
 - La ventaja es que algunas son “cuasi- macros” ya que son tan potentes que equivalen a muchas instrucciones simples

Caract. – Juegos de instrucciones

- RISC: Reduced Instruction Set Computers

- La tendencia actual es la de tener un juego de instrucciones reducido lo que hace posible que el chip sea más pequeño, más sencillo, más rápido y además con un consumo menor



Caract. – Juegos de instrucciones

- RISC: Reduced Instruction Set Computers
 - Al ser más simples las conexiones internas, hay menos inductancias y capacitancias parásitas y se puede aumentar la frecuencia de reloj)
 - El juego de instrucciones es ortogonal (simétricas) lo que simplifica la programación
 - Esto es porque cada instrucción puede operar con cualquier registro y usar cualquier modo de direccionamiento. Las instrucciones no tienen combinaciones especiales, excepciones ni restricciones

Caract. – Juegos de instrucciones

- SISC: Specific Instruction Set Computer
 - En verdad un μ C podría llamarse ordenador con juego de instrucciones específicas
 - La idea original es superar las limitaciones de la CPU y poder tener un ordenador completo, con memoria, E/S, interrupciones, etc.
 - Al contrario del juego de instrucciones de propósito general de los microprocesadores (8085, 8088, 68000, 32032), el de los μ C se diseñó para el propósito específico de control:

Caract. – Juegos de instrucciones

- SISC: Specific Instruction Set Computer
 - Las instrucciones de entrada/salida son eficaces y sencillas
 - Instrucciones específicas de operación con bit
 - Instrucciones adecuadas para operaciones con tablas de datos
- Los microcontroladores vienen ahora con una serie de características que son de gran ayuda al ingeniero de control:

Caract. – Juegos de instrucciones

- Temporizadores
 - Cronómetros "perro guardián"
 - Circuitos para "dormir/despertar" al μC
 - Modos potentes de direccionamiento de entrada/salida
 - Circuitos conversores analógico/digital etc.
- Estas nuevas características específicas son cada vez más y vienen incorporadas sin aumento de precio en los nuevos dispositivos



Características – Tipos de memoria

- EEPROM: Memoria de Solo de Lectura Programable y Borrable Eléctricamente
 - Muchos μC incorporan una cantidad limitada de memoria EEPROM dentro del chip para poner una serie de parámetros que puedan ser cambiados si la aplicación lo requiere.
 - Este tipo de memoria es relativamente lenta, y el número de veces que se puede borrar/grabar está limitado



Características – Tipos de memoria

- FLASH (EPROM):

- Son mejores que las EEPROM cuando se tiene que almacenar el programa de control en una memoria no volátil. También son más rápidas y permiten más ciclos de borrado/grabación

- Memoria RAM con pila:



- Útil con programas grandes, mucho más rápida que la no volátil y sin límite de veces que puede ser grabada (perfecta en aplicaciones donde se cambien cantidades grandes de datos frecuentemente)

Características – Tipos de memoria

- Memoria “Field Programming/Reprogramming”:
 - Esta memoria no volátil puede ser reprogramada en el sitio sin quitar el μC del sistema. Una aplicación típica es el sector del automóvil, para reprogramar la centralita del coche “in situ”
 - Por ejemplo se pueden cambiar los parámetros de la inyección electrónica para adaptar el motor a las normas de emisión de humos, o ponerlo a punto después de un periodo de desgaste
 - También permite actualizar remotamente el firmware de un módem

Características – Tipos de memoria

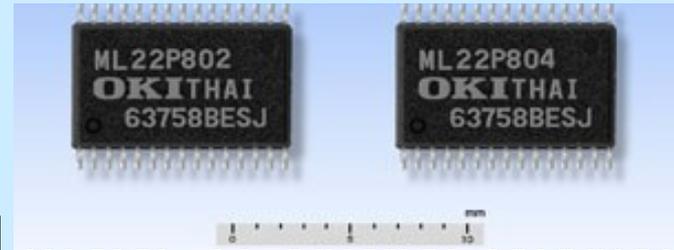
- Memoria OTP: One Time Programmable
 - Es una memoria PROM que una vez grabada con un grabador de EPROM normal, ésta no puede modificarse ni borrarse
 - Se utilizan para hacer series pequeñas de producción (para probar el código de programa) antes de fabricar grandes tiradas de microcontroladores con memorias ROM de máscara
 - Como los ciclos de desarrollo de productos son cada vez más cortos, es interesante para los fabricantes de μ C ofrecer OTPs como opción

Características – Tipos de memoria

- Memoria OTP: One Time Programmable
 - Las ROM de máscara son interesantes para tiradas grandes si hay seguridad de que el programa va a ser el definitivo, pero el tiempo de entrega es de 8 a 44 semanas (una eternidad en algunos sectores)

- Protección del software:

- O por encriptación o protección del hardware, el software programado es protegido contra personal desautorizado (ingeniería inversa, modificaciones, piratería, etc.)

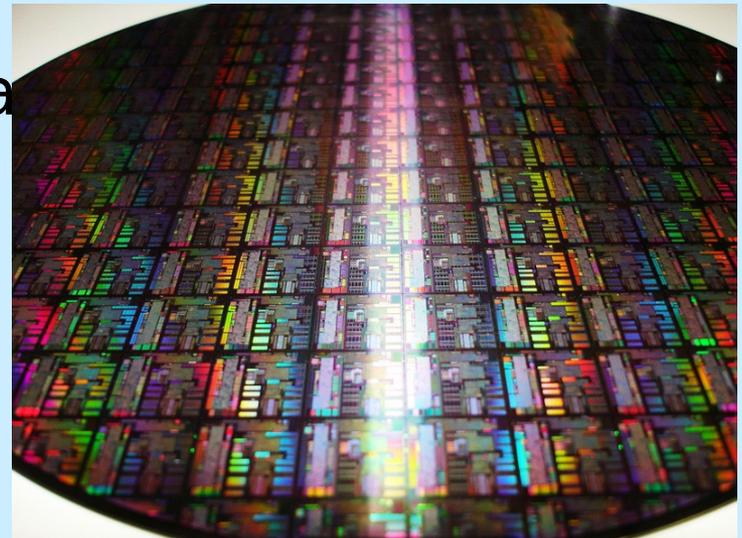


Características – Tipos de memoria

- Protección del software
 - Es sólo una opción en OTPs y dispositivos de ventana (EPROM). En ROMs de máscara no se necesita (la única forma de leer su código sería rasgar el μ C y examinar con un microscopio electrónico)
 - Cuando se encarga a un fabricante un ROM de máscara, éste debe probarlo para asegurarse que se programa bien. Para ello debe poder leer desde fuera de la ROM y comparar con el código original
 - Este modo de funcionamiento es conocido como modo de prueba y en este modo se puede leer cualquier dispositivo

Características – Alimentación

- Realmente, ¿por qué están bajando los voltajes en circuitos integrados CCI? Paul K. Johnson (de Hewlett-Packard) explica que hay reglas interesantes respecto a los transistores:
 - La cantidad de potencia que disipa es proporcional a su tamaño
 - Su retraso de propagación es proporcional a su tamaño
 - Su costo es proporcional al cuadrado de su tamaño



Características – Alimentación

- Con un transistor más pequeño se mejoran consumo, velocidad, y coste. El único inconveniente es la complejidad y dificultad de fabricación. Menos calor por transistor = menos tensión (3,3 V)
- Protección de Brownout: normalmente es un circuito que protege contra sobretensiones de alimentación
- Idle/Halt/Wakeup:
 - El dispositivo puede ponerse en modo Ocioso/Parada (IDLE /HALT) por medio del software

Características – Alimentación

- Idle/Halt /Wakeup:
 - En estos modos de funcionamiento, en la memoria RAM no se pierden datos. En modo Idle (ocioso), todas las actividades se detienen excepto:
 - La circuitería de oscilador asociada
 - La lógica del watchdog
 - El amonestador del reloj
 - El cronómetro ocioso (de corriente libre)

Características – Alimentación

- Idle/Halt/Wakeup:

- El consumo en este modo suele ser en torno al 30% de potencia en funcionamiento normal, y de él se sale por un estímulo:

- Interrupción desde un temporizador
- Puerto serie

- Un contador/temporizador “ocioso”, puede despertar periódicamente al microcontrolador para verificar si todo funciona correctamente. Después de esto el chip vuelve a “dormirse”



Características – Alimentación

- Idle/Halt/Wakeup:

- El modo Idle (ocioso) es sumamente útil para captura de datos en un sitio remoto, el microprocesador se despierta a intervalos regulares, toma sus medidas, almacena o envía sus datos y vuelve a dormirse
- En modo de parada (Halt), todas las actividades se detienen (incluso los cronómetros y contadores). La única manera de despertarse por una interrupción (puerto E/S, teclados...)



Características – Entradas/Salidas

- UART: Unidad Universal de Transmisión y Recepción
Asíncrona, es un adaptador del puerto serie para comunicaciones asíncronas
- USART: UUTR Síncrona y Asíncrona. Estos dispositivos suelen ser más rápidos (hasta 16 veces) que los que usan UART
- SPI (Motorola): Interface Periférico Serie (puerto serie síncrono)
- SCI: Serial Communications Interface. Es un UART reforzado

Características – Entradas/Salidas

- I2C bus - Inter-Integrated Circuit Bus (Philips): bus serie de 2 hilos para unir aplicaciones de 8 bits muy usado en electrónica de consumo, automóvil e industrial
 - Este bus puede comunicar además distintos periféricos. Es una interface multi-maestro, multi-esclavo con detección de colisión
 - Pueden existir hasta 128 dispositivos en la red y estar a una distancia de hasta 10 m. Cada nodo (μ C o periférico) puede iniciar un mensaje y transmitir o recibir datos

Características – Entradas/Salidas

- I2C bus - Inter-Integrated Circuit Bus (Philips):
 - Las dos líneas de la red son una línea de datos serie y una de reloj
 - Cada nodo de la red tiene una única dirección que acompaña cualquier mensaje pasado entre nodos, como solo se necesitan dos cables es fácil interconectar los distintos dispositivos
- Microwire/Plus (National Semiconductor): es una interface serie síncrona bidireccional usada por los dispositivos de NS (μ Cs, conversores A/D, drivers de displays, EEPROMS, etc.)

Características – Entradas/Salidas

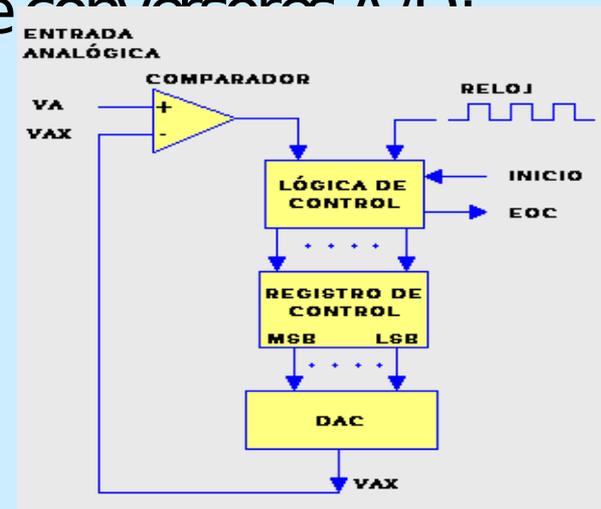
- CAN & J1850: Controller Area Network, es un sistema desarrollado por BOSCH e INTEL para cableado de automóviles
- Es el sistema de cableado estándar multiplexado que se usa en la actualidad en la industria del automóvil



Características – Entradas/Salidas

- Conversores A/D: han sido un componente típicamente externo, convierten tensión analógica a su valor digital
- Se utilizan para adquisición de datos analógicos (temperatura, humedad, etc.) dependiendo del tipo de sensor conectado. Existen varios tipos de conversores A/D:

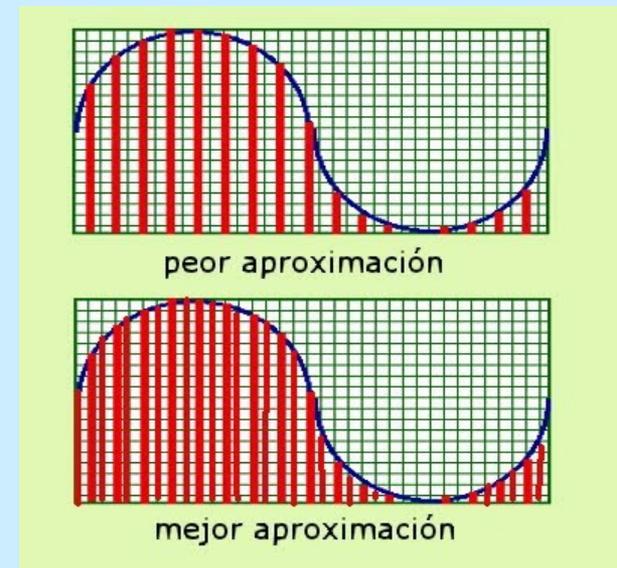
1) De aproximaciones sucesivas:
es el más común y se usa en la mayoría de μC



Características – Entradas/Salidas

- En esta técnica, el conversor obtiene un bit en cada comparación (empezando por el más significativo) y en la siguiente comparación mira si es mayor o menor. Sus características principales son:

- Toma siempre la misma cantidad de tiempo para cada muestra
- Es muy común
- Es un sistema barato. Si embargo es lento, para cada bit se necesita al menos un ciclo de reloj



Características – Entradas/Salidas

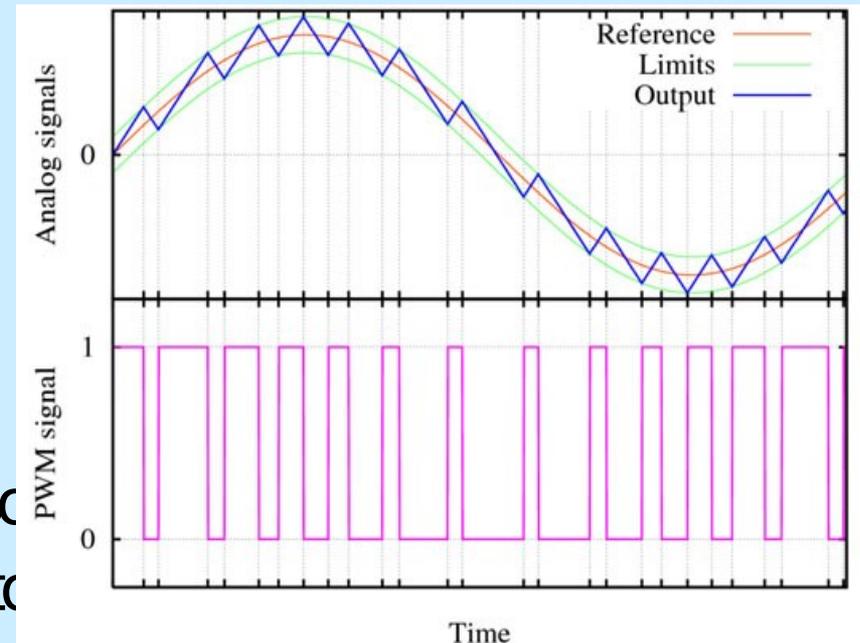
- 2) Delta-Sigma: este conversor está dentro de la gama alta de los DSP (Procesadores Digitales de Señal). Aporta unas excelentes prestaciones a un precio relativamente bajo
- 3) Flash: es la arquitectura básica de los conversores A/D más rápidos. La ventaja es que la conversión la realizan en un ciclo de reloj, pero tienen una serie de desventajas:
 - Para una resolución de 8 bits, se necesitan 256 comparadores!!
 - Para una resolución de 10 bits, se necesitan 1024 comparadores!!

Características – Entradas/Salidas

- Para hacer funcionar todos estos circuitos, se necesita mucha corriente eléctrica, y por encima de 10 bits, el nº de comparadores que sale no es manejable
- Convertidores D/A (Digitales/Analógicos): sirven para sacar una tensión analógica a partir de un valor digital
 - Ej.: en un sistema de 8 bits alimentado a 5 V, el número 50 sería convertido a una tensión analógica de 0.9765 V:
 - $(50/256 * 5 V) = 0.9765 V$

Características – Entradas/Salidas

- Convertor D/A con Modulador de Anchura de Pulso (PWM): ésta técnica es usada frecuentemente en este tipo de conversores
- Un tren de pulsos se genera regularmente hacia un filtro paso bajo para generar una Tensión proporcional al “duty cycle” (ancho del pulso o tiempo que está a nivel alto la señal en cada ciclo de pulso)

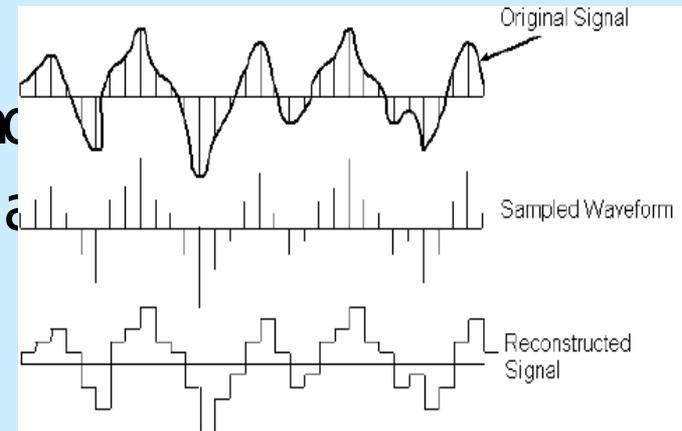


Características – Entradas/Salidas

- Contador de pulsos: es un contador de eventos. Cada pulso incrementa el registro contador, almacenando el número de veces que ha ocurrido un evento
- Entrada de captura: mide intervalos de tiempo (o frecuencias) entre eventos, copiando el valor de un temporizador de libre funcionamiento en un registro específico cuando ocurre el evento
- Comparador: a veces se colocan uno o más comparadores estándar dentro del μC con la característica principal de que los valores de entrada y de salida están disponibles en el bus de datos

Características – Entradas/Salidas

- Microcontroladores con circuitos analógicos incorporados:
 - Vivimos en un mundo donde la información que vemos, oímos, procesamos, intercambiamos y con la que trabajan los sistemas mecánicos y electrónicos es siempre analógica (presión, temperatura, corriente, flujos de aire y líquidos...)
 - Estas señales pueden ser digitalizadas, almacenadas y transmitidas, pero la interface de entrada y de salida es siempre analógica



Características – Entradas/Salidas

- Microcontroladores con circuitos analógicos incorporados:
 - Éstos μ C se están demandando más cada día en aplicaciones como:
 - Telecomunicaciones de alta velocidad
 - Procesamiento de señal en tiempo real
 - Sistemas de control industrial
 - Sistemas para automóviles

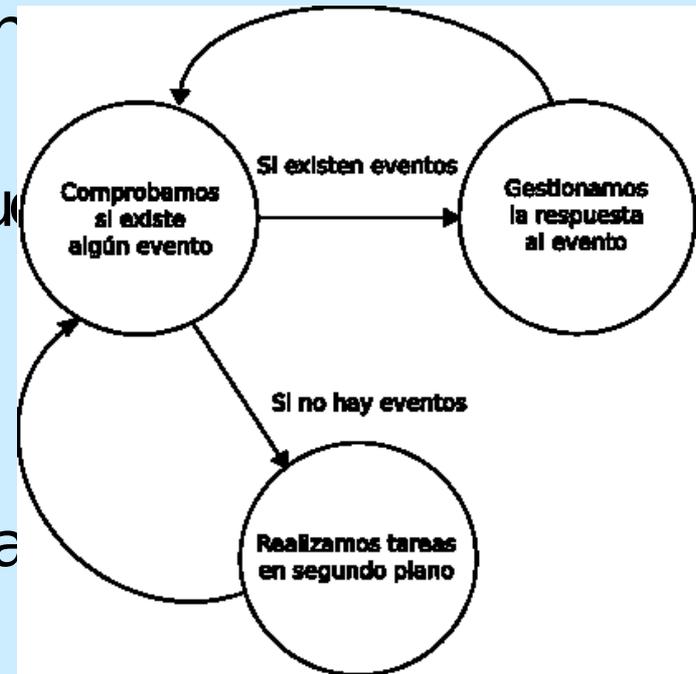


Características – Interrupciones

- Transferencia de E/S por consulta de estado (Polling): no es una característica de los μC , sino lo que se debe hacer si el μC elegido no tiene interrupciones

- Es una técnica de software en la que el μC pregunta constantemente al periférico si necesita ser atendido

- El periférico pone un “flag” a 1 cuando tiene un dato preparado para transferir al μC , que lo lee en la siguiente consulta de estado



Características – Interrupciones

- Transferencia de E/S por consulta de estado (Polling):
 - Se pueden controlar varios periféricos, para ello se deben consultar secuencialmente y el μC saltará a diferentes rutinas de entrada-salida según el flag que se haya puesto a uno.

- Interrupciones: con polling, el procesador está siempre preguntando a los periféricos (perdiendo mucho tiempo). Es más eficiente dejarles comunicar cuando deben ser atendidos



Características – Interrupciones

- Interrupciones: el procesador puede ejecutar su programa principal, y solo responder a los periféricos cuando lo necesiten
 - Cuando recibe una interrupción, abandona el programa principal, identifica al periférico que la ha producido y ejecuta la subrutina de atención adecuada, para después volver al programa principal
 - La ventaja es la velocidad de respuesta a un evento externo, además se reduce la cantidad de software (y tiempo de proceso) añadido al programa principal para preguntar constantemente a los periféricos

Características – Interrupciones

- Interrupciones:
 - La mayoría de μC tienen al menos una interrupción externa, que puede ser seleccionable entre flanco de subida, bajada o nivel
 - Disparo por Flanco: no depende del tiempo que está activada la señal de interrupción, pero es susceptible a los “glitches” (picos de interferencias)
 - Disparo por Nivel: tiene que estar a nivel alto (o bajo) durante un tiempo determinado, pero no es susceptible a los “glitches”

Características – Interrupciones

- Interrupciones:
 - Los μC de 4 bits tienen al menos un sistema de interrupciones no vectorizado. Los de 8, 16 y 32 bits tienen un sistema de interrupciones vectorizadas con jerarquía de prioridad
- Interrupciones enmascarables: son las que se pueden habilitar o inhibir (las no enmascarables no se pueden inhibir y siempre hay que atenderlas)



Características – Interrupciones

- Interrupciones enmascarables: la ventaja es poder desactivar una interrupción en particular (por ej. la UART) durante un instante crítico, entonces las interrupciones enmascaradas serán ignoradas
 - Muchos μC (y μP) tienen algún tipo de Habilitador Global de Interrupciones (GIE = Global Interrupt Enable) que permite inhibir todas las interrupciones enmascarables de una vez
- Interrupciones vectorizadas: cuando se recibe una interrupción se debe localizar al periférico que demanda atención

Características – Interrupciones

- Interrupciones vectorizadas: esto se puede hacer al comienzo de la subrutina de atención a las interrupciones preguntando uno por uno, lo cual es muy lento pero tiene sus ventajas:
 - El programador decide la prioridad, pues el periférico más importante se verifica en primer lugar y así sucesivamente
 - El periférico directamente indica por el bus de datos (con un direccionamiento indirecto a memoria o “vector de interrupción”) donde comienza la subrutina de la interrupción (se identifica)

Características – Caract. especiales

- Temporizador Watchdog (“Perro guardián”): soluciona de una manera elegante la recuperación del sistema ante un problema
 - Ej.: si un programa entra en un bucle infinito, o si un fallo de hardware le impide funcionar, el watchdog reseteará el sistema en un intervalo predeterminado
 - El problema puede continuar existiendo, pero al menos hay una vía de solución (se podría reiniciar el sistema en un modo de funcionamiento mínimo o auxiliar). Esta característica es muy útil para sistemas desatendidos

Características – Caract. especiales

- Procesadores digitales de señal DSP (Digital Signal Processors):
-
- Ejecutan algoritmos matemáticos intensivos repetitivos. Muchas aplicaciones requieren μ Cs y DSPs trabajando conjuntamente. Los fabricantes han respondido con μ Cs con DSP incorporado
- Lo más básico que hará un DSP es un MACC (Multiplicar y Acumular). El nº de datos que un DSP puede multiplicar y acumular determinará el rango dinámico



Características – Caract. especiales

- Monitor de reloj (Clock Monitor): puede apagar el μC (manteniéndolo en reset) si la entrada de reloj es muy lenta, lo que puede activarse bajo control de software
- Cargador del programa residente (Resident Program Loader):
 -
 - Al arrancar, el μC carga el programa por un puerto serie o paralelo. Éste se puede cambiar las veces que se quiera y en remoto (ideal para sistemas distribuidos y probar nuevos programas y prototipos eliminando el ciclo borrado/grabado típico con EPROMs)

Características – Caract. especiales

- Monitor: es un programa instalado previamente en el μC que permite desarrollar los básicos y capacidades de debugger (depuración de programas), que suele incluir:
 - Carga de ficheros objeto en la memoria RAM
 - Ejecución de los programas cargados
 - Posibilidad de examinar y modificar registros y memoria
 - Desensamblado de código máquina

Características – Caract. especiales

- Posibilidad de poner puntos de ruptura
- Ejecución de programas paso a paso
- Estos programas pueden comunicarse con un PC, y muchas funciones pueden ser ejecutadas en el PC con el μ C apagado
- Esto simplifica el programa monitor que debe ser cargado en el μ C y que en ocasiones se limita a recibir el programa y ejecutarlo (transmitido desde el PC)



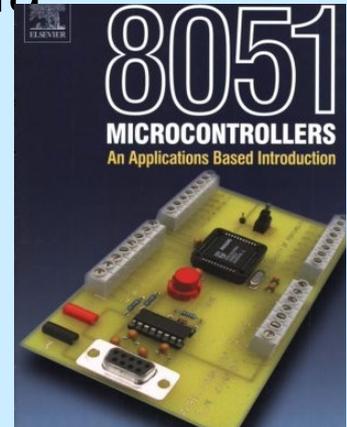
Características – μ Cs más conocidos

- ¿Qué microcontrolador usar? Lo mejor es elegir un chip del que se pueda disponer de todas las herramientas de desarrollo o a un precio abordable, además de una buena documentación
- A nivel de experimentar en casa, el Intel 8051, Motorola 68HC11 o Microchip PIC son una buena elección
- 8048 (Intel): el abuelo de todos ellos, el primer μ C



Características – μ Cs más conocidos

- 8048 (Intel): aunque antiguo y un poco obsoleto (para los estándares actuales), es aún muy popular debido a su bajo precio, disponibilidad y un enorme rango de herramientas de desarrollo
 - Tiene arquitectura Harvard modificada con programa ROM en chip, una memoria RAM de 64 a 256 bytes adicionales en el chip. La entrada-salida tiene su propio espacio de memoria
- 8051 (Intel y otros): pertenece a la 2ª generación de μ Cs Intel. Ha marcado muchas de las características de los μ Cs actuales



Características – μ Cs más conocidos

- 8051 (Intel y otros): tiene un diseño un poco raro, pero es muy potente y sencillo de programar (una vez que se conoce)
 - Su arquitectura es Harvard modificada con espacio de direcciones separadas para memoria de programa y memoria de datos
 - La memoria de programa puede llegar hasta 64k, la parte baja (4k o 8k dependiendo del modelo) está dentro del chip
 - Puede direccionar hasta 64k de memoria de datos externa, y solo puede acceder a ella mediante direccionamiento indirecto

Características – μ Cs más conocidos

- 8051 (Intel y otros): tiene 128 bytes (256 para el 8052) de memoria RAM dentro del chip, donde se encuentran:
 - Un Número de registros de función especiales (SFR = Special Function Registers)
 - La E/S está mapeada también en este espacio de memoria
 - Es un procesador “booleano” pues tiene instrucciones que pueden manejar bits desde cualquier sitio (RAM, acumulador, registros de E/S, etc.), pudiendo hacer operaciones lógicas con dichos bits y ejecutar saltos relativos basados en dichos resultados

Características – μ Cs más conocidos

- 8051 (Intel y otros): existe infinidad de software, comercial y libre, para este μ C y muchos fabricantes hacen cientos de variantes diferentes del 8051 para cualquier aplicación
- 80C196 (MCS-96): es un μ C de 16 bits de la 3ª generación de Intel. Originalmente fabricado en tecnología NMOS (8096), ahora está disponible principalmente en CMOS
 - Intel ha introducido recientemente una versión del 80C196 que trabaja al doble de velocidad (50 MHz). Sus características son:

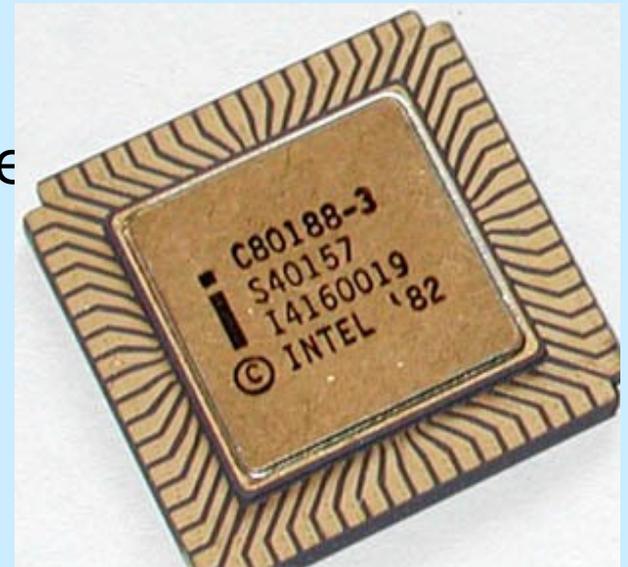
Características – μ Cs más conocidos

- Multiplicador y divisor hardware, 6 modos de direccionamiento
- Hasta 40 puertos de E/S de alta velocidad
- Conversor A/D
- Canal de comunicaciones serie
- 8 Controladores de interrupción programables
- Modulador de anchura de pulso PWM (para conversión D/A)
- Temporizador Watchdog



Características – μ Cs más conocidos

- 80186, 80188 (Intel): estos chips son básicamente, la versión en μ C del 8086 y 8088 (del famoso IBM PC). Características:
 - 2 Canales de DMA (Acceso Directo a Memoria)
 - 2 Contadores/Temporizadores
 - Controlador de interrupción programable
 - Refresco de RAM dinámica
 - Hay versiones de bajo consumo, con puerto serie y más



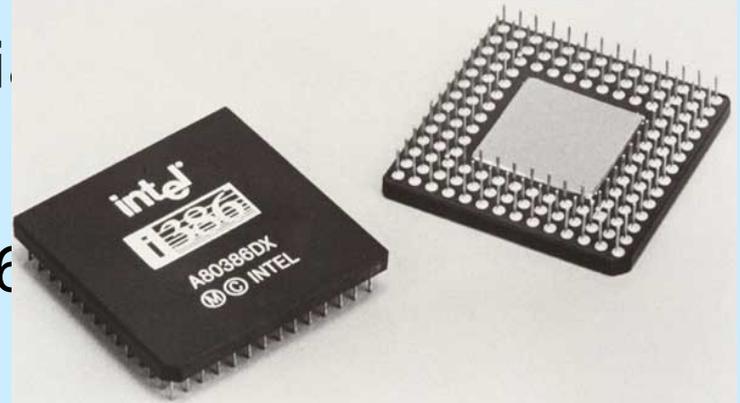
Características – μ Cs más conocidos

- 80186, 80188 (Intel): pueden utilizar herramientas de desarrollo estándar para PC (compiladores, ensambladores, etc.). Tienen la misma arquitectura básica que el 8088 del IBM PC
- 80386 EX (Intel): es un 386 vestido de μ C, dentro de él existen:
 - Entrada/Salida serie
 - Manejo de la alimentación del chip
 - DMA (Acceso Directo a Memoria)
 - Contadores/Temporizadores



Características – μ Cs más conocidos

- Circuito de refresco para memoria DRAM
- La potencia de un procesador 386



- Una de las mayores ventajas de estos dispositivos es que se pueden utilizar herramientas de desarrollo estándar para PC (compiladores, ensambladores, etc.)
- El tiempo de aprendizaje puede ser más corto, pues tienen la misma arquitectura básica que el 8088 original del IBM PC

Características – μ Cs más conocidos

- 65C02/W65C816S/W65C134S WDC: el Western Design Center Inc. es el dueño y diseñador del microprocesador 65C02 de 8-bit que se usó en el Apple II.
- Para el ordenador Commodore y el Atari WDC se desarrolló el 65C816 de 16 bits.
- El W65C816S es un microcontrolador con un 65C02 dentro.
- El W65C134S es un microcontrolador hecho con un 65C816.



Características – μ Cs más conocidos

- MC14500 (Motorola): es un chip que todo el mundo debería conocer (aunque ya está fuera de producción). Características:
 - Encapsulado de 16 patillas
 - Ancho de palabra de 1 bit!
 - Procesador RISC con un juego de 16 instrucciones
 - Un solo modo de direccionamiento
 - Es un poco raro y limitado



Características – μ Cs más conocidos

- 68HC05 (Motorola): basado en el antiguo 6800, tiene arquitectura Von-Neuman donde las instrucciones, datos, E/S y temporizadores ocupan un mismo espacio de memoria
 - El puntero de pila tiene un ancho de palabra de 5 bits, lo que limita la pila a 32 posiciones. Algunos modelos incluyen:
 - Conversor A/D
 - Sintetizador PLL
 - E/S serie



Características – μ Cs más conocidos

- 68HC11 (Motorola y Toshiba): popular y poderoso μ C de 8 bits con las siguientes características:
 - Direcciones de 16 bits
 - Juego de instrucciones similar a la familia 68xx. (6801-05-09)
 - Un único espacio de memoria principal con las instrucciones, datos, E/S, y temporizadores (arquitectura Von Neuman)



Características – μ Cs más conocidos

- 68HC11 (Motorola y Toshiba): según las versiones pueden tener:
 - Memoria EEPROM
 - Memoria OTPROM
 - Memoria RAM
 - Entradas/Salidas digitales
 - Temporizadores
 - Generadores PWM (modulación de anchura de pulso)
 - Contadores, puerto de comunicaciones síncronas y asíncronas



Características – μ Cs más conocidos

- PIC (MicroChip): se suele creer que la línea de PIC es de reciente introducción, pero eran ya populares hace 20 años
 - Los PIC fueron los primeros μ Cs RISC, lo que generalmente implica que la simplicidad de diseño permite añadir más características a bajo precio y la línea PIC no es una excepción
 - Aunque tiene pocas instrucciones (33 el 16C5X mientras que el Intel 8048 tiene más de 90). Son de arquitectura Harvard (buses de instrucciones y datos separados)

Características – μ Cs más conocidos

- PIC (MicroChip): esto permite el acceso simultáneo a las instrucciones y datos, y el solapamiento de algunas operaciones para incrementar las prestaciones de proceso. Ventajas:
 - El chip es pequeño
 - Pocas patillas
 - Muy bajo consumo
- Los PIC están ganando popularidad debido a su bajo costo, pequeño tamaño, su bajo consumo y a que pueden ser usados en áreas en las que antes se pensaba que eran inapropiados



Características – μ Cs más conocidos

- PIC (MicroChip): existen 3 líneas: PIC16C5X, 16CXX y 17CXX
 - La línea 16C5X es la descendiente del diseño original PIC, está limitada y se ha quedado obsoleta con la 16CXX
 - La línea 16CXX es el corazón de la familia PIC hoy día. Mejoran las prestaciones de la línea anterior y son más flexibles con la misma velocidad y sencillez. Hay mucha gama de características y precios
 - La línea 17CXX es más ambiciosa pues hacen cosas que las 16CXX no pueden hacer, pero el campo de aplicación está por determinar

Características – μ Cs más conocidos

- PIC (MicroChip): Los databook de Microchip para PIC tienen una documentación completa de la manera de programarlos que otros fabricantes solo suministran a clientes especiales
- Familia COP400 (National Semiconductor): son μ Cs de 4 bits P2CMOS con desde 512 bytes hasta 2K b de memoria ROM y desde 32 x 4 hasta 160 x 4 K b de memoria RAM
- El encapsulado va de 20 a 28 patillas (DIP/SO/PLCC) e incluyen:



Características – μ Cs más conocidos

- Interface de comunicaciones serie Microwire
- Temporizadores, contadores
- Tensión de funcionamiento desde 2,3 hasta 6 voltios
- Soporte OTP



- Lejos de la vieja tecnología, los microcontroladores de 4 bits tienen un importante mercado y más aplicaciones que nunca. Estos dispositivos son muy versátiles y hay más de 60 diferentes

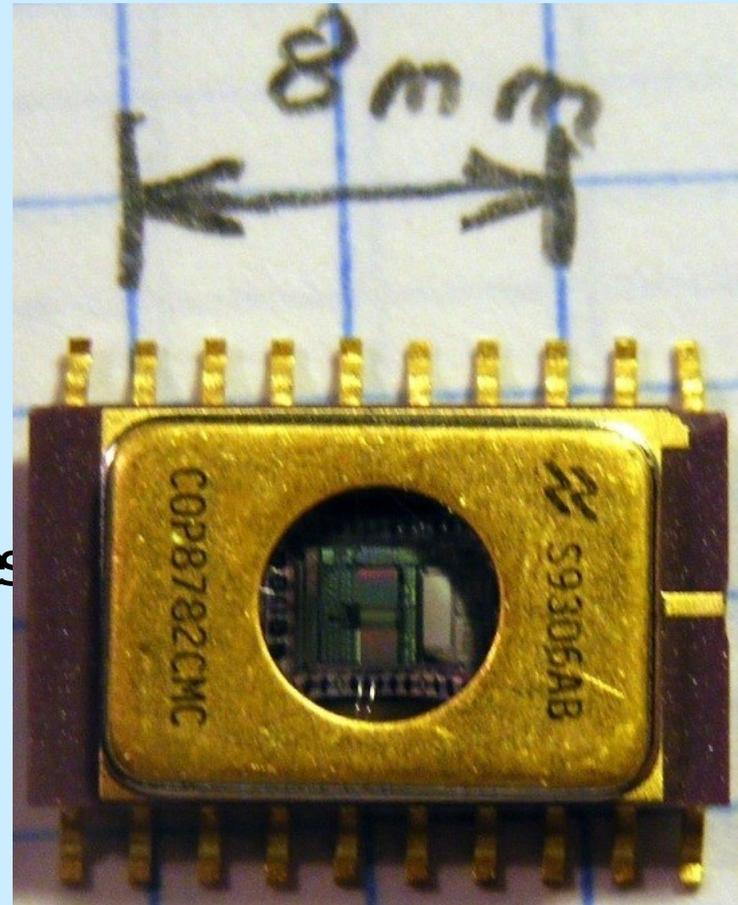
Características – μ Cs más conocidos

- Familia COP800 Basic (National Semiconductor): son μ Cs de 8 bits totalmente estáticos, fabricados con puertas “Double Metal Silicon” de tecnología micro-CMOS
- Estos microcontroladores de bajo costo contienen:
 - Temporizadores
 - Lógica de interrupción
 - Memoria ROM
 - Memoria RAM



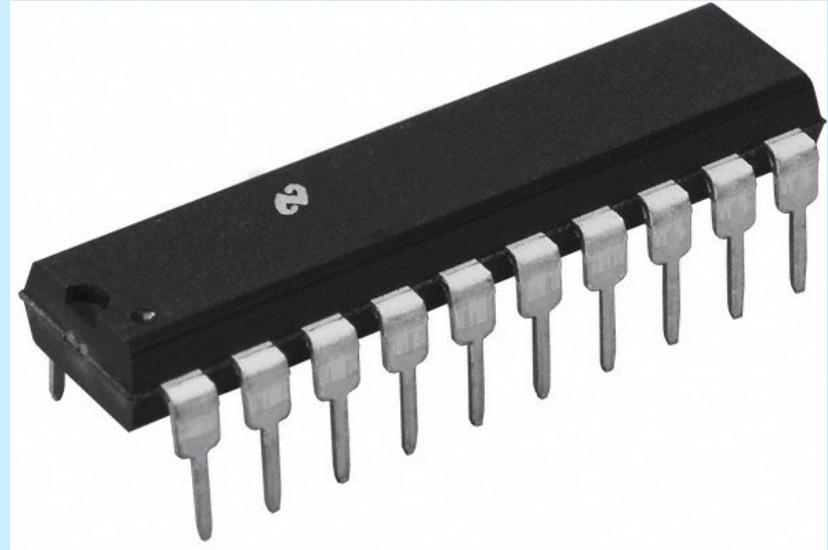
Características – μ Cs más conocidos

- E/S con memoria mapeada
- E/S serie
- Microwire
- UART
- Gran cantidad de Temporizadores
Contadores de 16 bits
- Interrupciones vectorizadas
- Comparador



Características – μ Cs más conocidos

- Temporizador watchdog
- Monitor de reloj
- Conversor A/D de 8 canales
- Protección Brownout.
- Modos Halt e Idle
- Pines de E/S con capacidad de corriente de hasta 15mA
- Tensión de alimentación desde 2,5 hasta 6 V
- Instrucciones con capacidad de manejo de bits



Lenguajes de programación para μ Cs

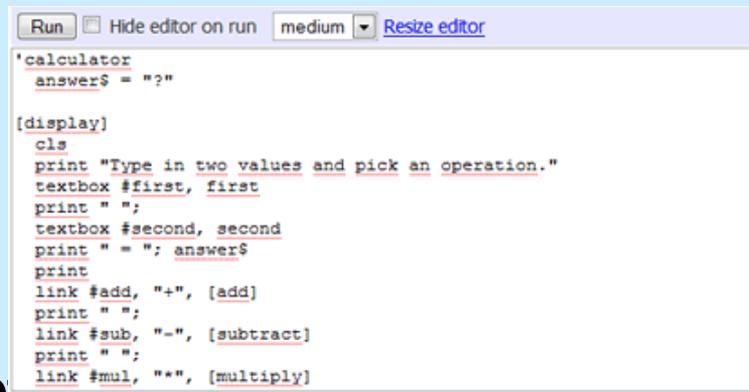
- Lenguaje ensamblador: el lenguaje máquina es la representación del programa tal como la entiende el microcontrolador
 - El lenguaje ensamblador es una representación alfanumérica del lenguaje máquina, lo que facilita su lectura
 - Cada instrucción en ensamblador corresponde a una instrucción en código máquina (sin tener en cuenta macros ni directivas)
 - Un programa en ensamblador es rápido y corto porque el programador genera el código más óptimo posible y se adapta al μ C

Lenguajes de programación para μ Cs

- Lenguaje ensamblador: usando lenguaje ensamblador el programador aprende la arquitectura y estructura del chip
- Intérpretes: un intérprete es un lenguaje traductor de alto nivel (próximo al lenguaje natural) a código máquina
 - Está residente en el μ C. Ejecuta el programa leyendo cada sentencia en alto nivel una a una y las traduce y ejecuta al mismo tiempo
 - Los dos más populares para μ Cs son el BASIC y el FORTH

Lenguajes de programación para μ Cs

- El BASIC: es muy popular y se caracteriza por su sencillez y legibilidad. Una idea común es que el BASIC (interpretado) es lento, esto puede ser mejorado usando diferentes técnicas
- El FORTH: muy popular por su velocidad (se aproxima al ensamblador) y su afinidad para construir un sistema con partes reemplazables de software
- Muchos sistemas FORTH vienen con un programa monitor que convierte el PC en un sistema de desarrollo



```
Run  Hide editor on run medium Resize editor
'calculator
answer$ = "?"

[display]
cls
print "Type in two values and pick an operation."
textbox #first, first
print " ";
textbox #second, second
print " = "; answer$
print
link #add, "+", [add]
print " ";
link #sub, "-", [subtract]
print " ";
link #mul, "*", [multiply]
```

Lenguajes de programación para μ Cs

- FORTH: puede ser difícil de escribir (si no se tiene experiencia) e incluso es duro de leer pero es muy útil y productivo como lenguaje para sistemas y para robótica
- Una cosa interesante de los intérpretes es que se puede construir y desarrollar un programa interactivamente

```
IMPORT SYSTEM, LPC, Timer, Main;

PROCEDURE Run();
CONST
  (* Led is connected to pin P0.15 *)
  selectBits = {30..31};
  ledBit = {15};
VAR
  select, direction: SET;
BEGIN
  (* Select GPIO function for led pin by clearing the relevant bits *)
  SYSTEM.GET(LPC.PINSEL0, select);
  SYSTEM.PUT(LPC.PINSEL0, select - selectBits);

  (* Set led pin as output by setting the direction bit *)
  SYSTEM.GET(LPC.IODIR0, direction);
  SYSTEM.PUT(LPC.IODIR0, direction + ledBit);

  WHILE TRUE DO
    SYSTEM.PUT(LPC.IOCLR0, ledBit);
    Timer.MSecDelay(500);
    SYSTEM.PUT(LPC.IOSET0, ledBit);
    Timer.MSecDelay(500)
  END
END Run;

BEGIN
  Run()
END Blinker.
```

Lenguajes de programación para μ Cs

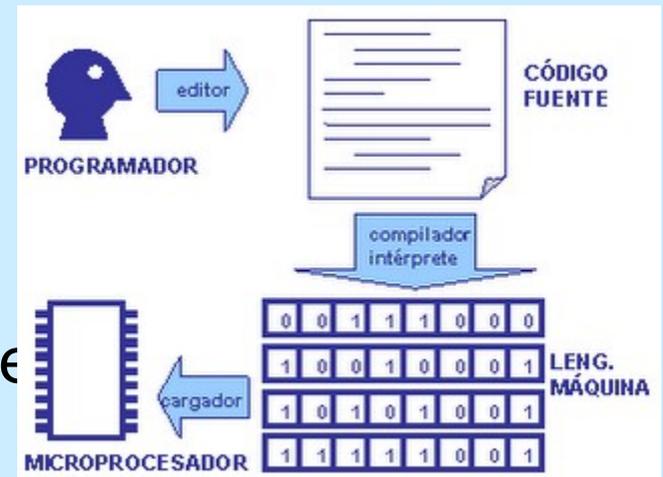
- De esta forma se escribe primero un trozo pequeño de programa y luego puede probarse para ver inmediatamente cómo funciona
- Cuando el resultado es satisfactorio, se pueden agregar entonces las partes adicionales que se necesiten y así sucesivamente
- Compilador: es un lenguaje de alto nivel con la programación fácil de un intérprete junto con una gran velocidad de proceso
 - Esto se hace traduciendo todo el programa de alto nivel directamente a código máquina

Lenguajes de programación para μ Cs

- Compiladores: el código máquina se pasa a una memoria EPROM o se carga en la RAM del μ C que ejecuta el programa traducido directamente, sin haberlo interpretado primero
 - Los compiladores más conocidos para μ Cs son "**C**", **BASIC compilado** y el "**PL/M**" de Intel. **Módulo-2** tiene también un seguimiento relativo por su eficiente código y alta productividad
 - Para grandes chips algunos programadores siguen programando en **ADA** (16 bits o más)

Lenguajes de programación para μ Cs

- Compiladores: era lógico que debido a su popularidad y su lentitud, el BASIC apareciera en su versión compilada
 - Unas cuantas compañías suministran BASIC compilado para alguno de los μ Cs más conocidos. La velocidad se incrementa drásticamente
 - Aunque el FORTH interpretado se acerca (y a veces sobrepasa) la velocidad de muchos compiladores, el compilado se usa cada día más

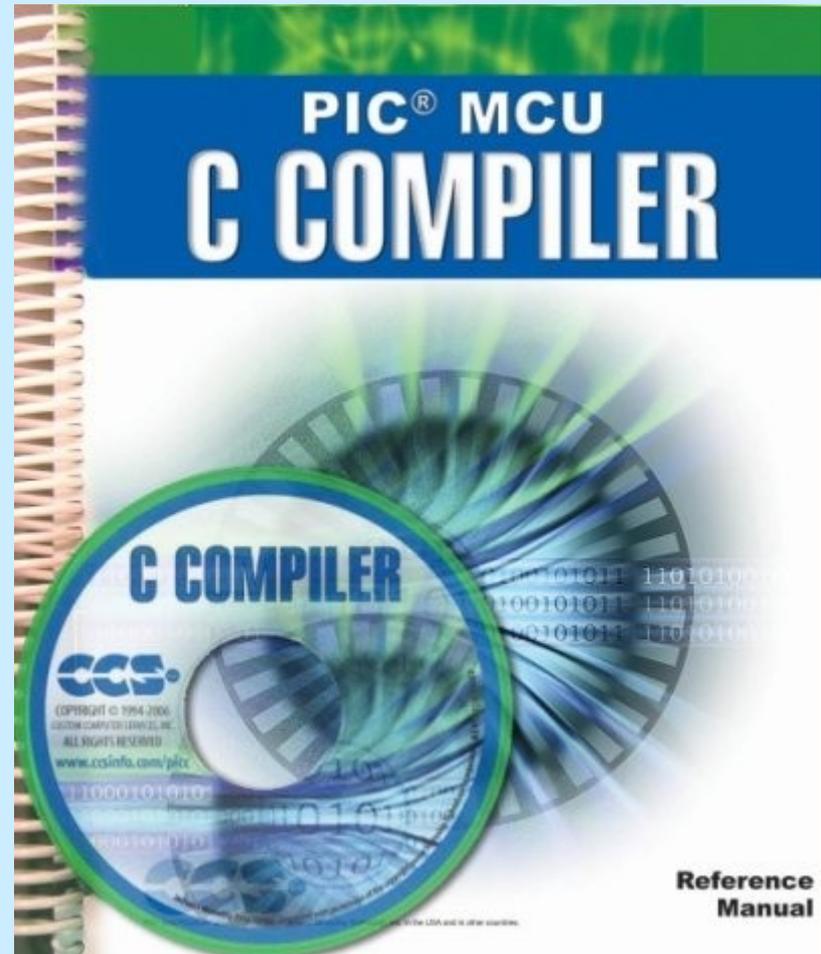


Lenguajes de programación para μ Cs

- Lenguaje C: es el lenguaje elegido actualmente por todo el mundo. El C lo usan desde el más pequeño microcontrolador hasta la más potente supercomputadora CRAY
 - Aunque un programa en C puede ser a veces un poco tedioso de leer (por el estilo de programación conciso de muchos programadores), es una herramienta de desarrollo poderosa y flexible
 - Aunque siendo un lenguaje de alto nivel, permite al programador un acceso a la estructura del microcontrolador, registros, bits etc.

Lenguajes de programación para μ Cs

- Lenguaje C: existen muy buenos (y económicos) compiladores de C disponibles para los microcontroladores más conocidos
- Es ampliamente usado para la programación de μ Cs, está disponible fácilmente y produce un código eficiente rápido y compacto



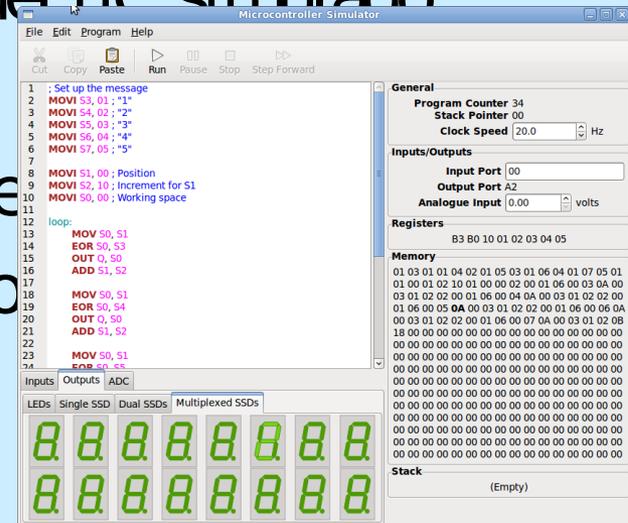
Herr. de desarrollo – Simuladores

- Un simulador ejecuta su programa de microcontrolador en un ordenador (PC). Se puede ejecutar el programa paso a paso y ver exactamente qué pasa según el programa se ejecuta
- Se pueden ver y modificar los registros, memoria, variables y ver como responde el programa. Elimina (o retarda) el ciclo borrado /programado de la EPROM en el desarrollo de programas de μC
- Se puede aprender experimentando con pequeños trozos de código y observar en pantalla los resultados

Herr. de desarrollo – Simuladores

- Un simulador no soporta interrupciones reales, y su velocidad es mucho menor que la del μC simulado

- A algunos fabricantes tienen un cruce entre simulador software y emulado hardware - "Hardware simulator"



- Es una pieza que encaja en su tarjeta de microcontrolador (lo sustituye físicamente) pero funciona mucho más lento. (National Semiconductor y Philips)

Herr. de desarrollo – Debuggers

- Un debugger residente ejecuta su programa dentro del propio μC , al mismo tiempo muestra el progreso de depuración en una máquina host (por ejemplo un PC)
- Tiene las mismas características que un simulador normal, con la ventaja adicional de que el programa corre en un μC real.
Un debugger residente, roba los siguientes recursos al μC :
 - Un puerto de comunicaciones, para comunicarse con el host
 - Una interrupción, para generar programas paso a paso
 - Una cantidad de memoria para almacenar el programa residente

Herr. de desarrollo – Emuladores

- Si se dispone de dinero, son la mejor forma de desarrollo. Un emulador es un sofisticado dispositivo que sustituye al μ C al mismo tiempo que capta información
- Se ha de retirar el μ C de la placa y poner en su lugar el emulador. Éste da total información sobre lo que pasa en la realidad, y no roba ningún recurso a la t
- Puede venir con su propio display o conectado a un PC



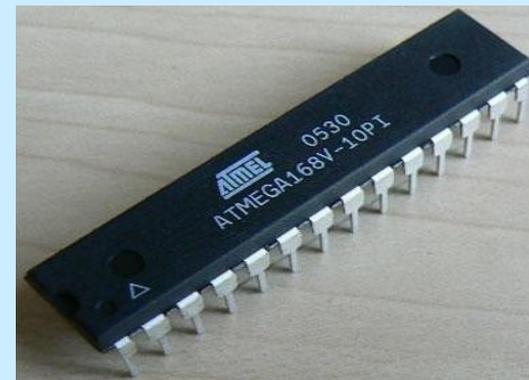
Micros Arduino – Atmel Atmega168

- Es un μ C CMOS de 8 bits de bajo consumo basado en arquitectura RISC AVR mejorada
- Mediante la ejecución de potentes instrucciones en un solo ciclo de reloj, su rendimiento se acerca a 1 MIPS/MHz que permiten optimizar el consumo frente a la velocidad de procesamiento
- El núcleo AVR combina un amplio conjunto de instrucciones con 32 registros de trabajo de propósito general



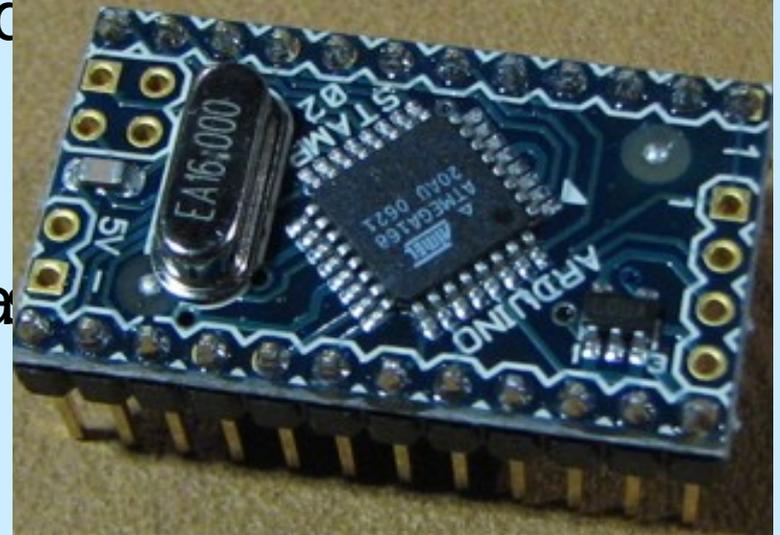
Micros Arduino – Atmel Atmega168

- Todos los registros están conectados directamente a la ALU, permitiendo dos registros independientes para tener acceso en una sola instrucción ejecutada en un ciclo de reloj
- La arquitectura resultante es un código más eficaz, aumentando hasta 10 veces la velocidad respecto a los μ Cs CISC normales
- El dispositivo ha sido fabricado con la tecnología de memoria no volátil de alta densidad de Atmel



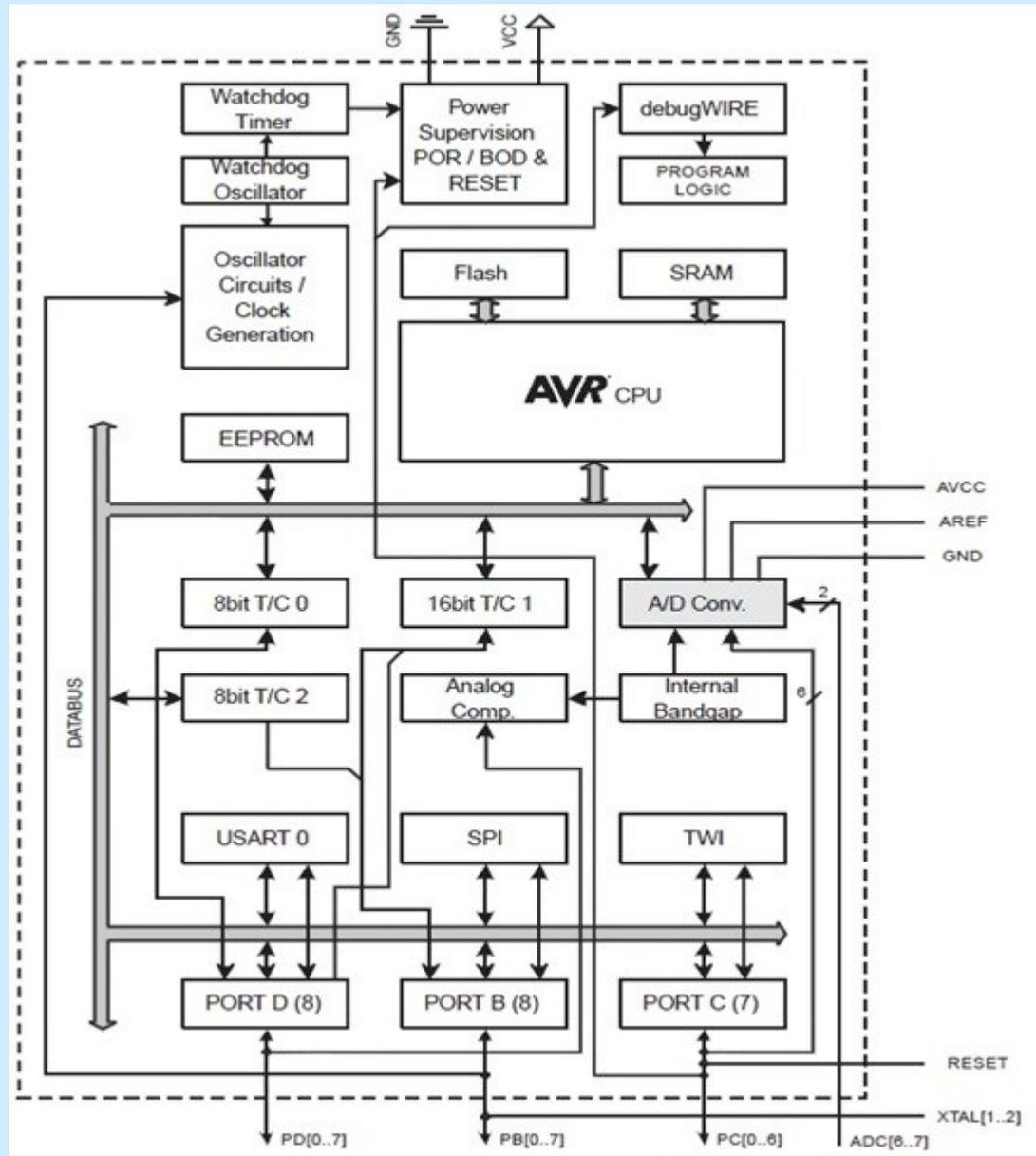
Micros Arduino – Atmel Atmega168

- Con CPU RISC de 8 bits y flash autoprogramable integrada, es un potente μ C que aporta gran flexibilidad y una solución efectiva y económica para muchas aplicaciones de control
- Dispone de una gama completa de herramientas y programas de desarrollo: compiladores de C, ensambladores macro, programas de depuración / simulación, emuladores y kits de evaluación



Atmega16

8 - Diagrama de bloques



Atmega168 - Características

- μ C AVR de 8-bits de alto rendimiento y bajo consumo
- Arquitectura RISC avanzada:
 - 131 Potentes instrucciones, la mayoría en un solo ciclo de ejecución
 - 32 x 8 registros de trabajo de propósito general
 - Funcionamiento totalmente estático
 - Hasta 24 MIPS a 24 MHz
 - Multiplicador integrado de 2 tiempos

Atmega168 - Características

- Memorias no volátiles de programa y datos:
 - 16K b de Flash auto-programable: 10.000 ciclos escritura/borrado
 - Sección opcional de código de arranque con bits de bloqueo indep.
 - Programación directa por programa de arranque integrado en chip
 - Verdadera operación de “lectura mientras escritura”
 - 512 bytes de EEPROM: 100.000 ciclos de escritura/borrado
 - 1 K b de memoria interna SRAM
 - Bloqueo de programación para software de seguridad

Atmega168 - Características

- Características de periféricos:
 - 2 temporizadores/contadores de 8 bits con prescalador independiente y modo de comparación
 - Un temporizador/contador de 16 bits con prescalador independiente, modo de comparación y modo de captura
 - Contador en tiempo real con oscilador independiente
 - Seis canales PWM (Modulación por Anchura de Pulso)
 - 8 canales de ADC de 10 bits con encapsulado MLF y TQFP

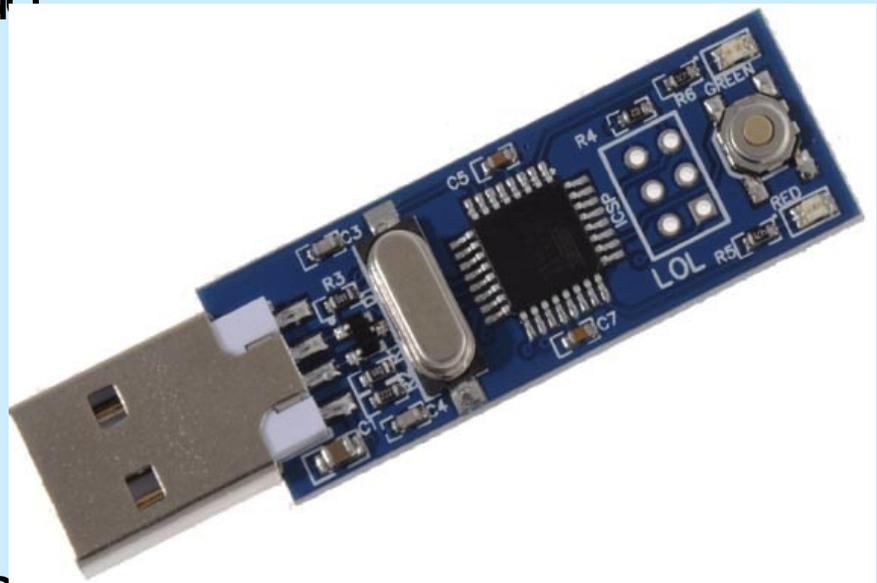
Atmega168 - Características

- Características de periféricos:
 - Programación serie USART
 - Interfaz serie de 2 hilos orientada por byte
 - 6 canales ADC de 10 bits PDIP (Plastic Dual Inline Package)
 - Interfaz serie maestro/esclavo SPI (Serial Peripheral Interface)
 - Watchdog programable con oscilador independiente integrado
 - Comparador analógico integrado
 - Interrupción y habilitación por cambio de pin



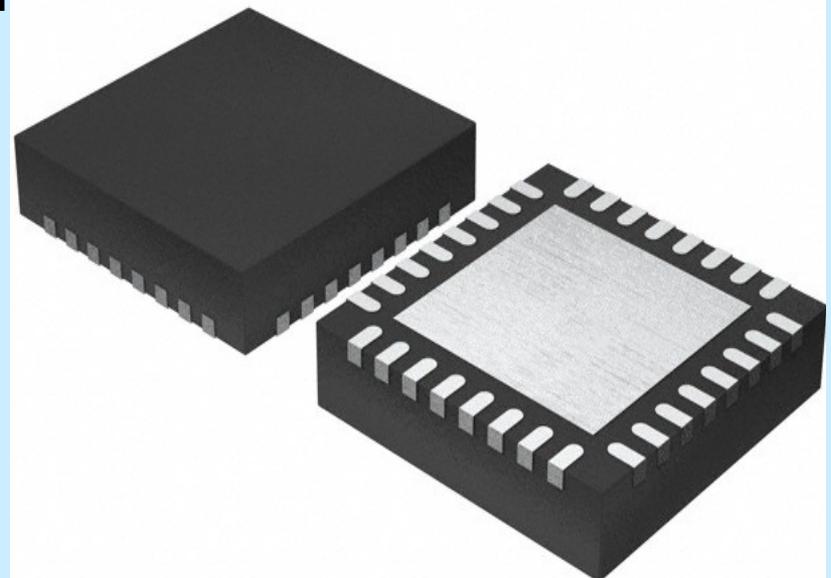
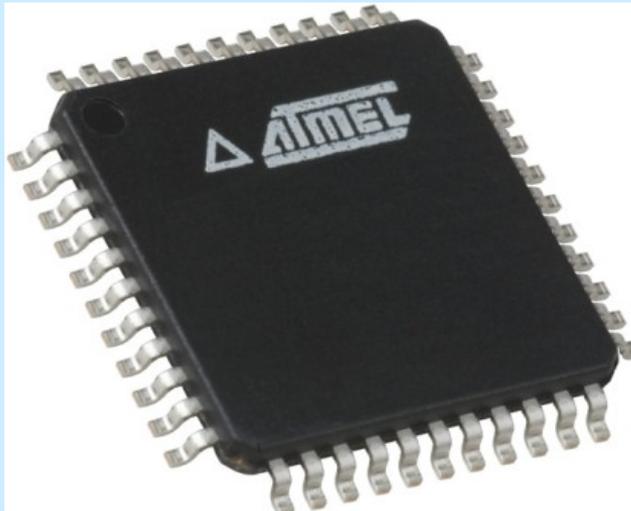
Atmega168 - Características

- Características especiales:
 - Encendido, reseteo y detección de apagón programables
 - Oscilador interno calibrado
 - Fuentes de interrupción externas e internas
 - 5 modos de espera: inactividad, reducción de ruido ADC, ahorro de energía, apagado y Standby



Atmega168 - Características

- E/S y encapsulados:
 - 23 líneas de E/S programables
 - 28 pines PDIP, 32 terminales TQFP (Thin Quad Flat Package) y 32 pads MLF (Micro Lead Frame)



Atmega168 - Características

- Tensión de funcionamiento:

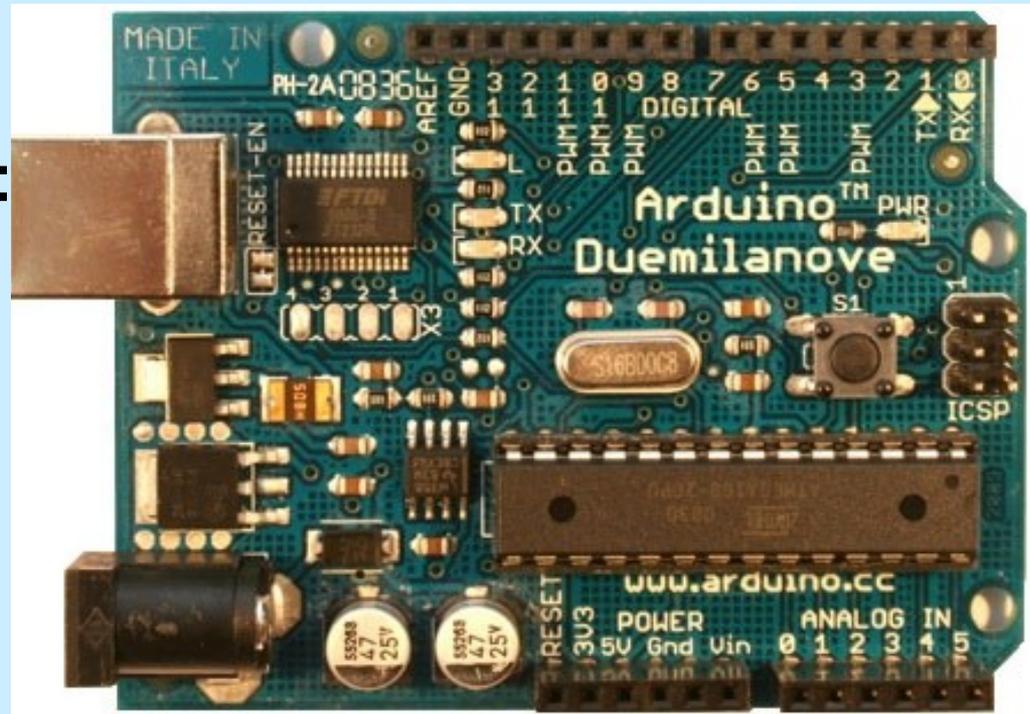
- 2,7 - 5,5 V

- Rango de temperatura:

- 40 ° C a 85 ° C

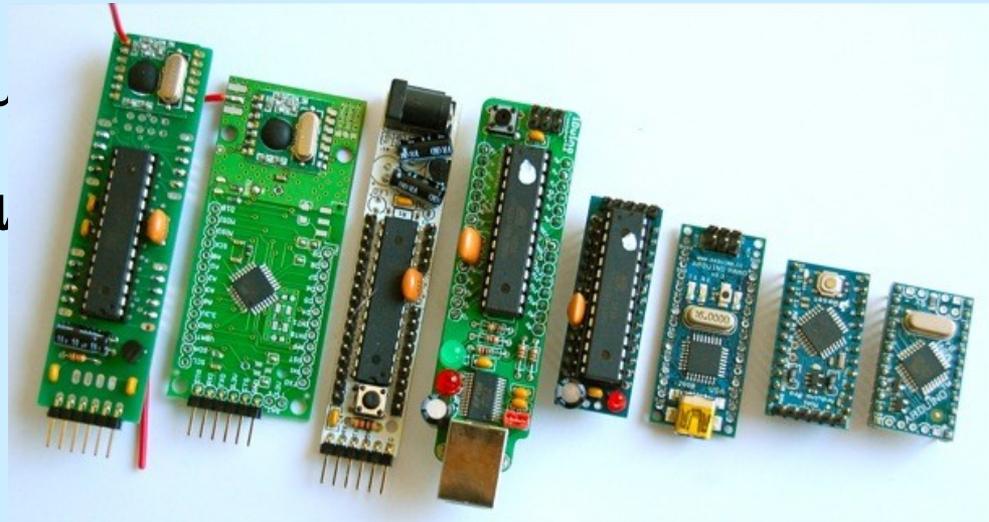
- Velocidad:

- 0 a 24 MHz entre 4,5 - 5,5V (recomendado)



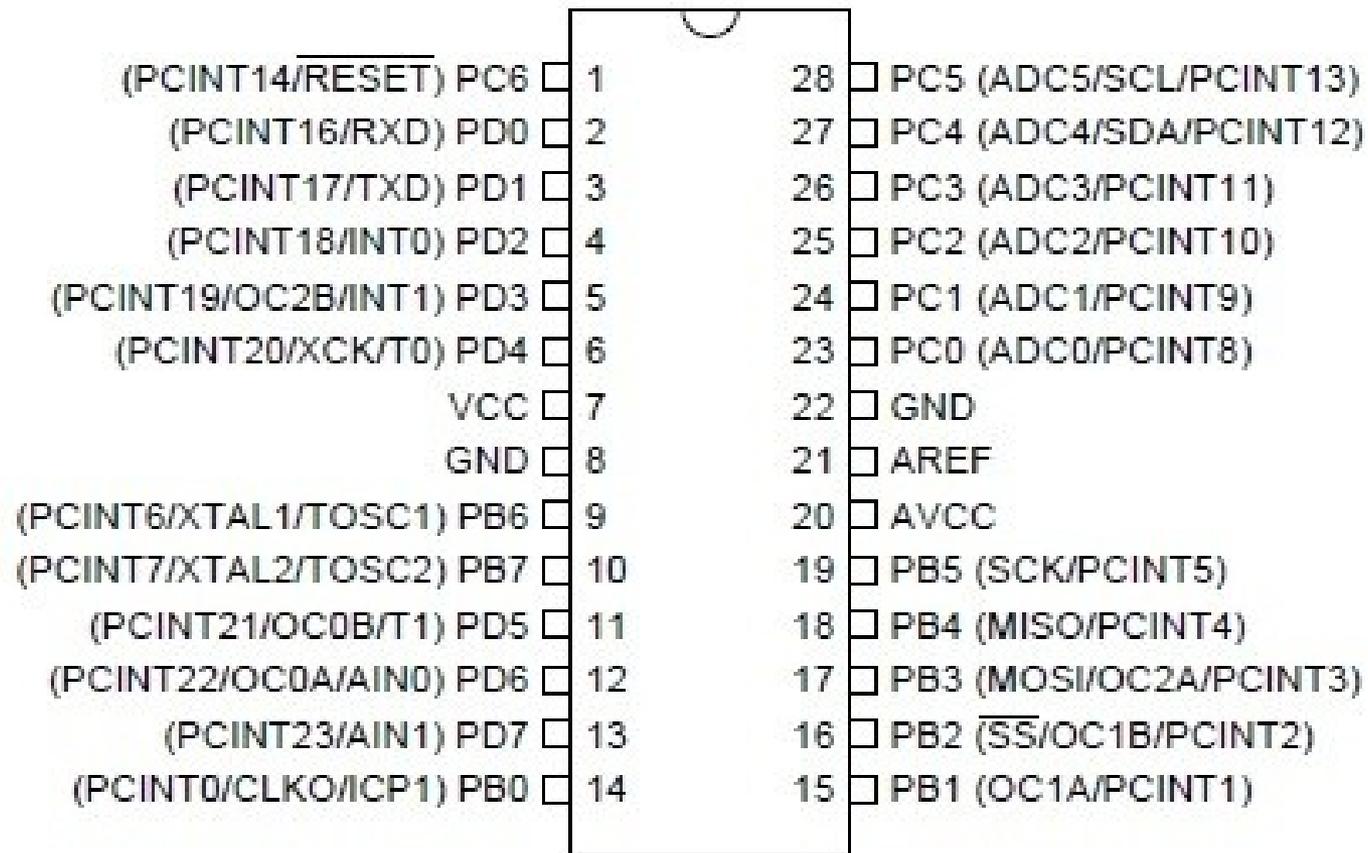
Atmega168 - Características

- Bajo consumo de energía
 - Modo activo:
 - 1 MHz, 1,8 V: 240 μ
 - 32 KHz, 1,8 V: 15 μ
(oscilador incluido)
 - Modo de apagado:
 - 0,1 μ A a 1,8V



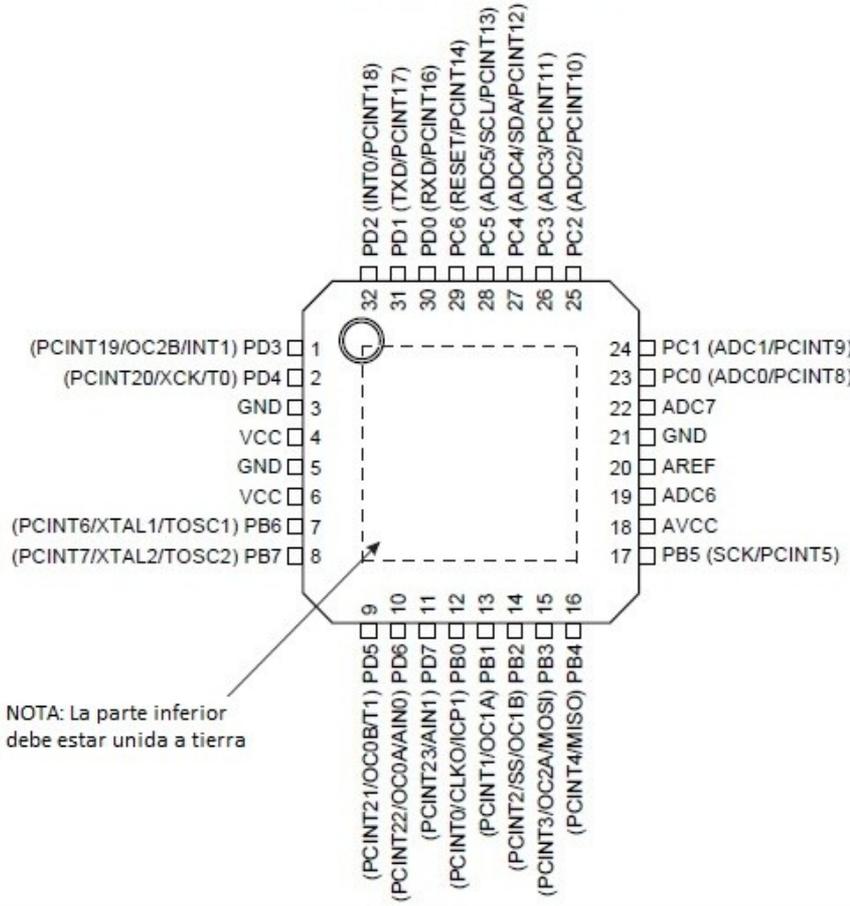
Atmega168 – Configuración de pines

PDIP



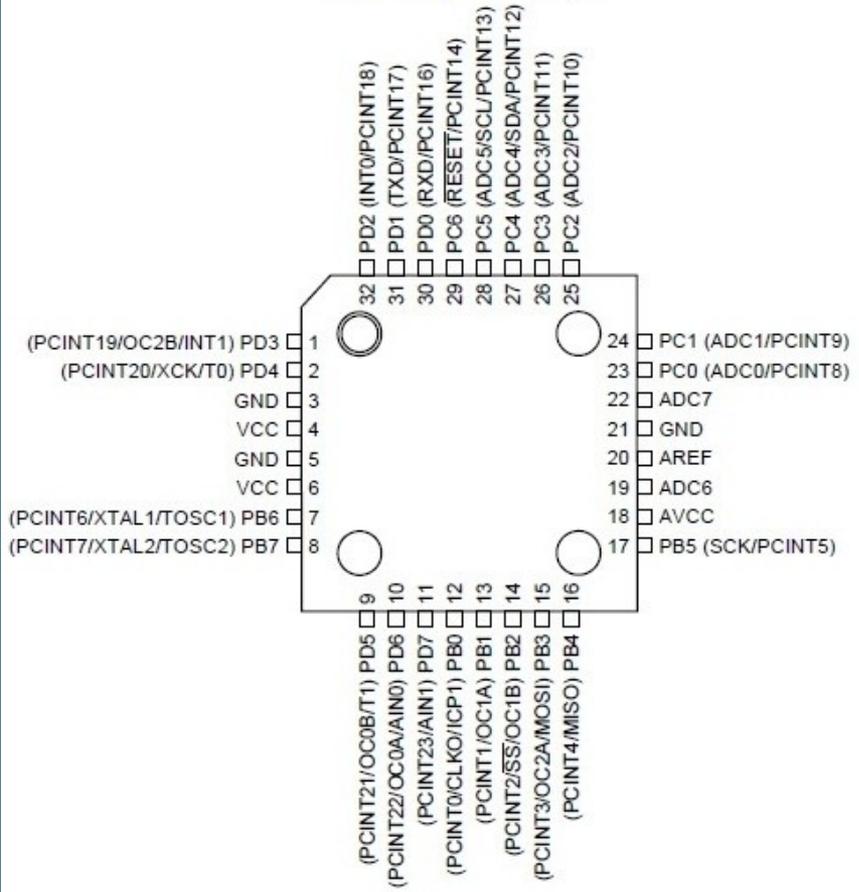
Atmega168 – Configuración de pines

Vista superior MLF



NOTA: La parte inferior debe estar unida a tierra

Vista superior TQFP

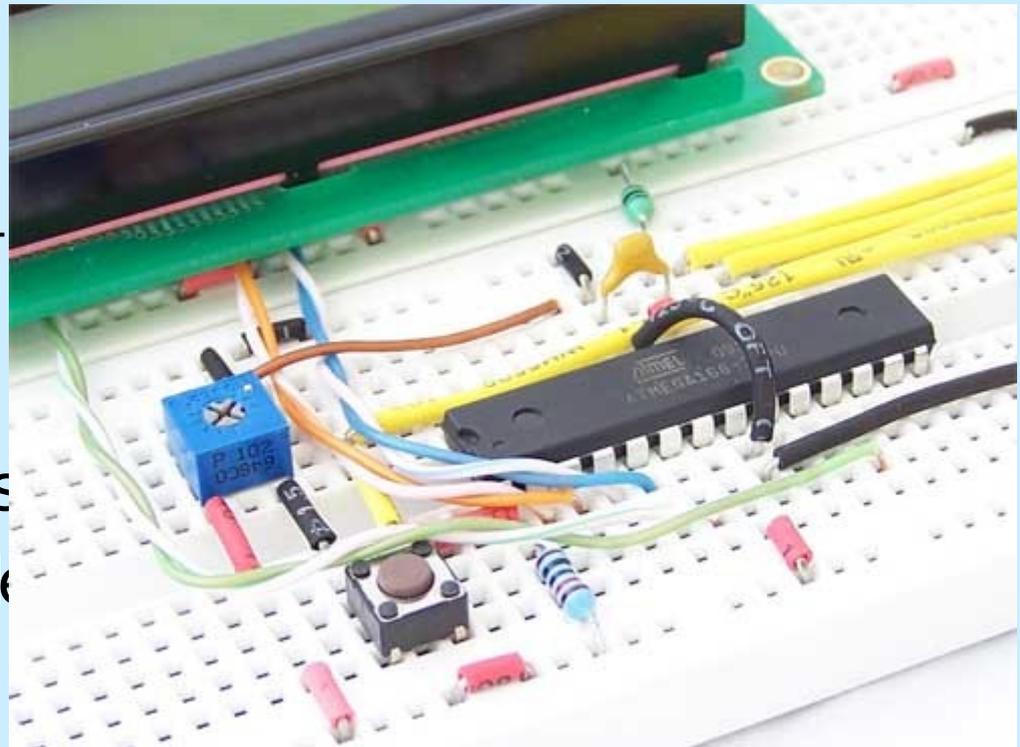


Atmega168 – Configuración de pines

- V_{CC}: tensión de alimentación digital (positivo)
- GND: masa (negativo)
- Port B,C y D (PB/C/D 7..0): puertos E/S bidireccionales de 8 bits con resistencias internas de polarización o “pull-up”
- PC6/RESET: si no se programa RSTDISBL, entrada de reset
- AVCC: fuente de tensión para el convertidor A/D, PC3..0 y ADC7..6. Debe conectarse externamente a VCC

Atmega168 – Configuración de pines

- AREF: pin de referencia analógica para el convertidor A/D
- ADC7..6 (sólo encapsulados TQFP y MLF): entradas analógicas al convertidor A/D. Estas patillas se alimentan de la fuente analógica y sirven como canales ADC de 10 bits

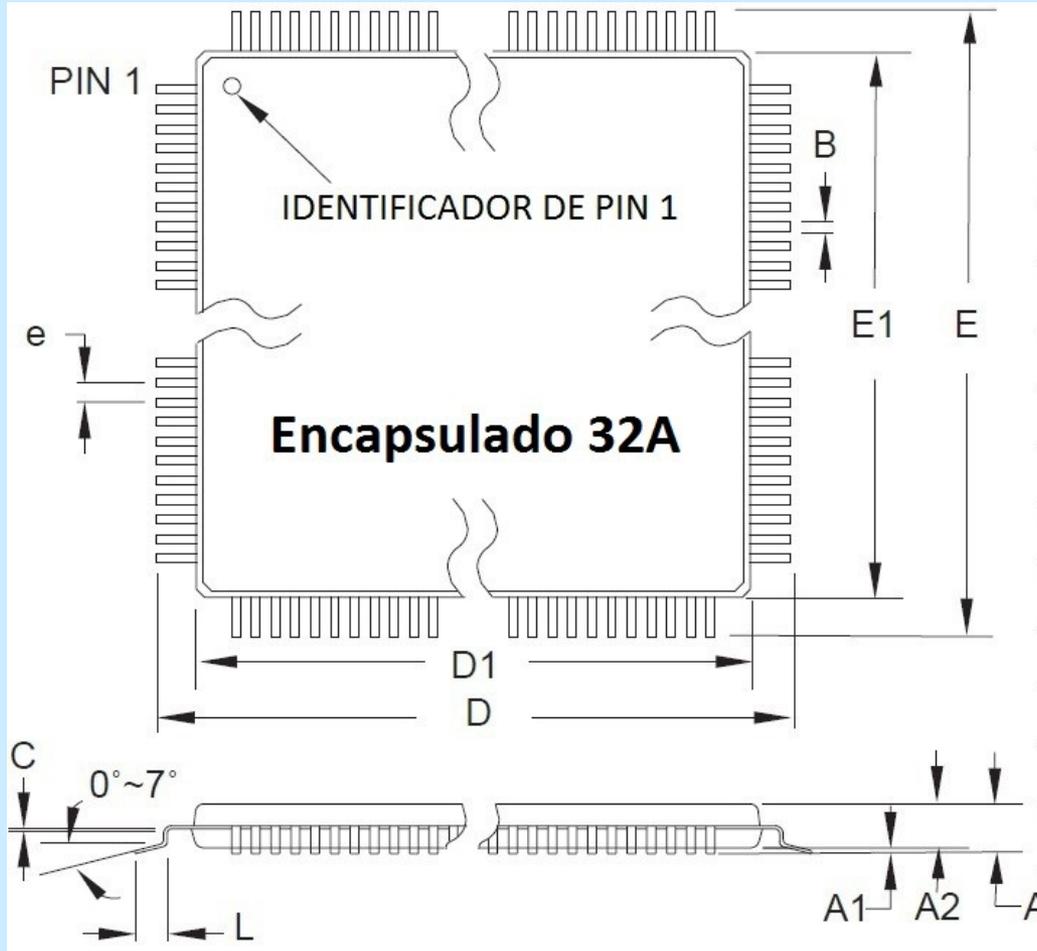


Atmega168 – Información comercial

Velocidad (MHz)	Alimentación	Código	Encapsulado	Rango de temperatura
12	1,8 – 5,5	ATmega168V-12AI ATmega168V-12PI ATmega168V-12MI ATmega168V-12AJ ATmega168V-12PJ ATmega168V-12MJ	32A 28P3 32M1-A 32A 28P3 32M1-A	Industrial (-40°C a 85°C)
24	2,7 – 5,5	ATmega168-24AI ATmega168-24PI ATmega168-24MI ATmega168-24AJ ATmega168-24PJ ATmega168-24MJ	32A 28P3 32M1-A 32A 28P3 32M1-A	Industrial (-40°C a 85°C)

Tipo de encapsulado	
32A	TQFP de 32 patillas y 1 mm de grosor
28P3	PDIP de 28 patillas y 7,62 mm de ancho
32M1-A	32 patillas, cuerpo de 5 x 5 x 1 mm, paso entre pines 0,5 mm, (MLF)

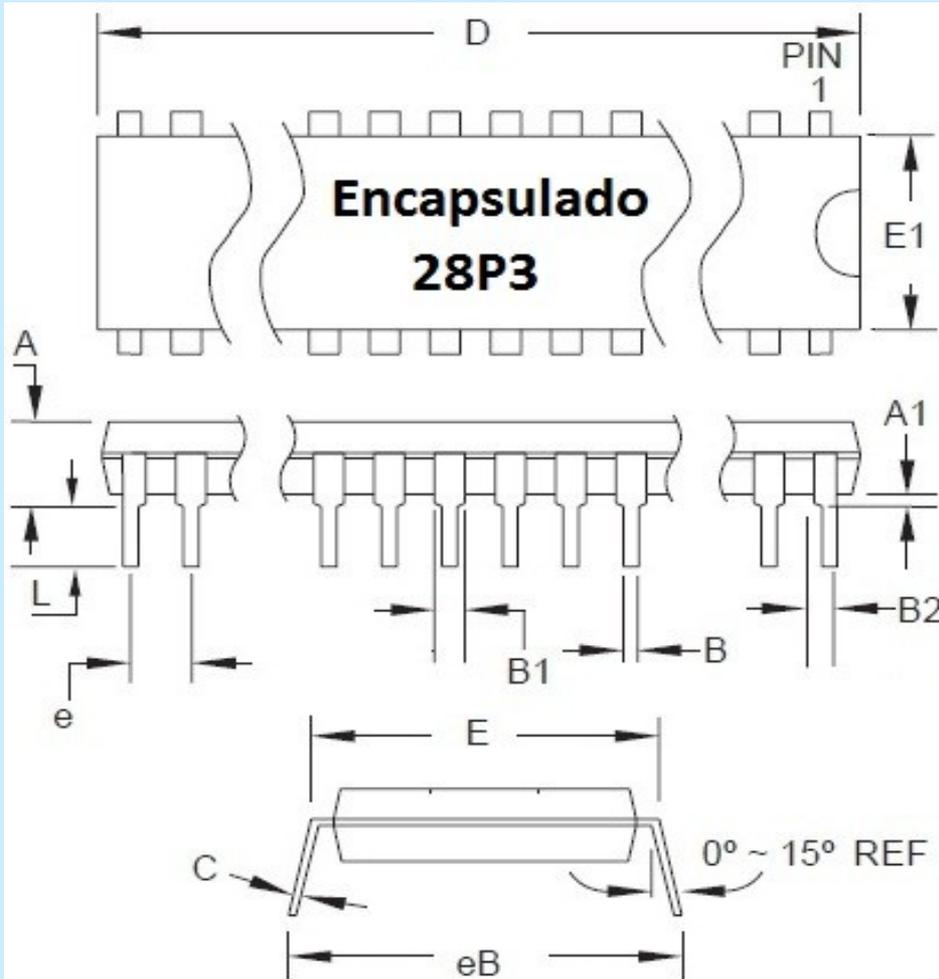
Atmega168 – Información comercial



DIMENSIONES COMUNES
(Unidad de medida = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX
A	–	–	1.20
A1	0.05	–	0.15
A2	0.95	1.00	1.05
D	8.75	9.00	9.25
D1	6.90	7.00	7.10
E	8.75	9.00	9.25
E1	6.90	7.00	7.10
B	0.30	–	0.45
C	0.09	–	0.20
L	0.45	–	0.75
e	0.80 TYP		

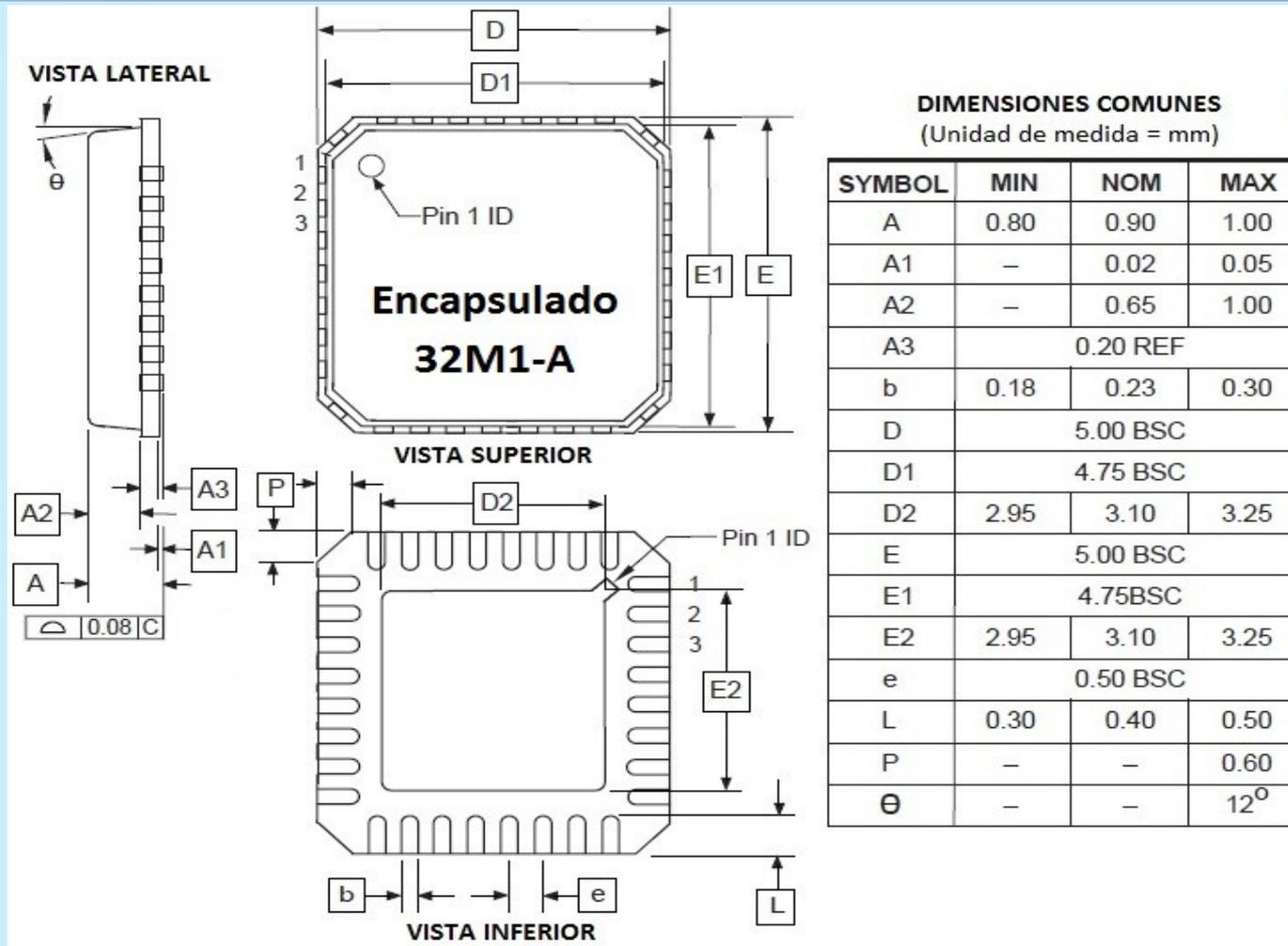
Atmega168 – Información comercial



DIMENSIONES COMUNES
(Unidad de medida = mm)

SYMBOL	MIN	NOM	MAX
A	–	–	4.5724
A1	0.508	–	–
D	34.544	–	34.798
E	7.620	–	8.255
E1	7.112	–	7.493
B	0.381	–	0.533
B1	1.143	–	1.397
B2	0.762	–	1.143
L	3.175	–	3.429
C	0.203	–	0.356
eB	–	–	10.160
e	2.540 TYP		

Atmega168 – Información comercial

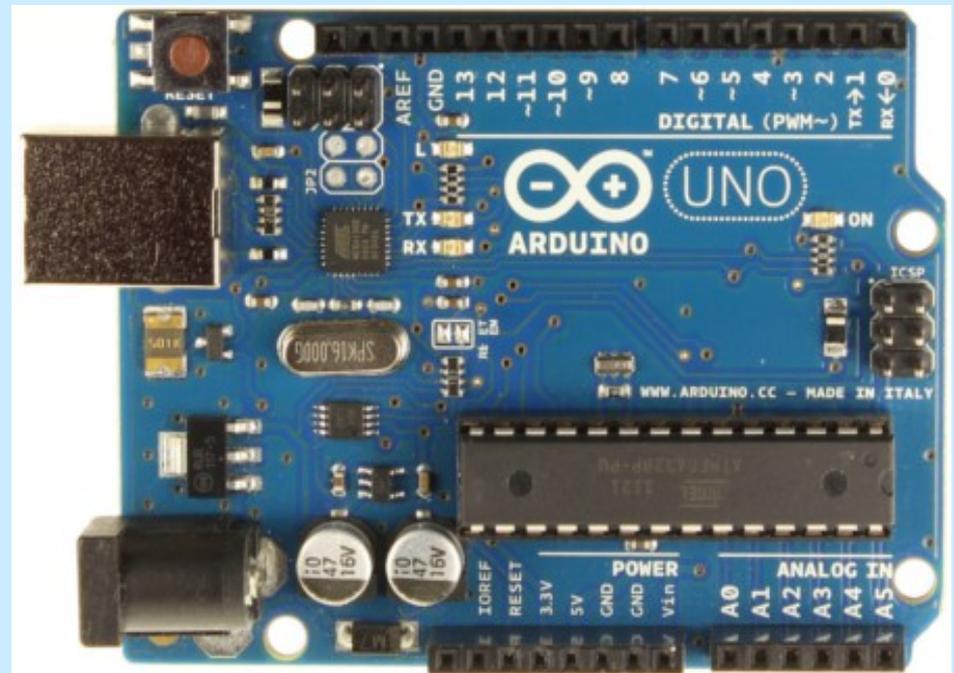


Atmega168 – Comparativa

Micro	CPU	Frec. de operación	Flash	EEPROM	RAM	Máx. pines E/S	Canal es PWM	USAR Ts	Canal es ADC
Atmega 168	8 bits AVR	20 MHz	16 Kb	512 bytes	1Kb	23	6	1 (UART)	8
Atmega 328	8 bits AVR	20 MHz	32 Kb	1Kb	2Kb	23	6	1 (UART)	8
Atmega 1280	8 bits AVR	16 MHz	128 Kb	4 Kb	8 Kb	86	12	4	16
Atmega 2560	8 bits AVR	16 MHz	256 Kb	4 Kb	8 Kb	86	12	4	16

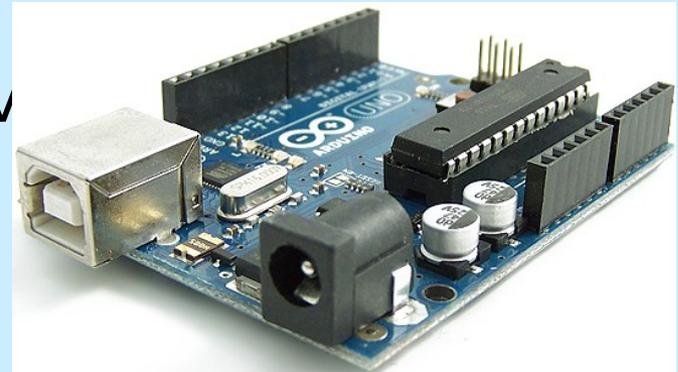
Arduino UNO - Información general

- Basado en el ATmega328 el Uno es el último de la serie de placas USB, y el modelo de referencia para la plataforma Arduino
- Difiere de los anteriores en que no usa el chip controlador USB FTDI a serie sino la Atmega16U2 (8U2 hasta la versión R2) programada como convertidor USB a serie



Arduino UNO - Características

- Microcontrolador: ATmega328
- Tensión de operación: 5V
- Tensión de entrada (recom.): 7 - 12V
- Tensión de entrada (límites): 6 - 20V
- Canales E/S: 14 (6 con salida PWM)
- Entradas analógicas: 6
- Corriente máx. por pin E/S: 40 mA



Arduino UNO - Características

- Corriente máx. por pin de 3.3V: 50 mA
- Memoria Flash: 32 Kb (0,5 KB para el gestor de arranque o “boot loader”)
- SRAM: 2 Kb
- EEPROM: 1 Kb
- Velocidad de reloj: 16 MHz

