

Butia/XO

Introducción a los Sistemas Embebidos

Facultad de Ingeniería
Instituto de Computación

Contenido

- Sistemas embebidos
 - Microcontroladores
 - SOC
 - Sistemas operativos
 - Plataformas SBC
 - Butia en Foxboard

¿Qué es un Sistema Embebido?

- Un sistema embebido (S.E) es un sistema computador destinado a una aplicación en particular.
- Los sistemas computadores de propósito general tienen muchas aplicaciones, según el software que se instale.

¿Qué es un Sistema Embebido?

- Es una combinación de hardware, software y elementos mecánicos diseñados para realizar una tarea específica.
- Específicos para una tarea por lo que son optimizados para la misma.

¿Qué es un Sistema Embebido?

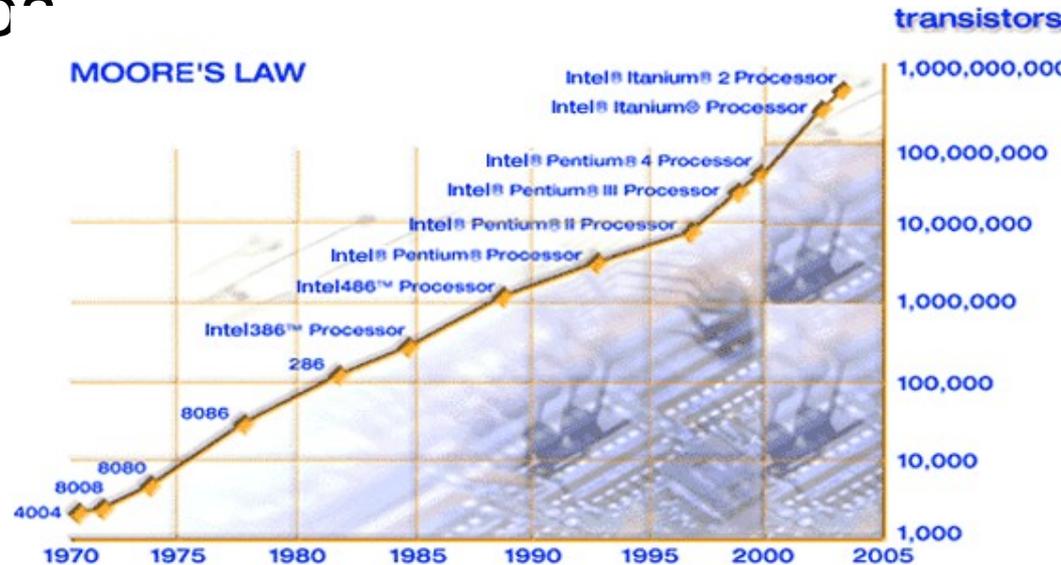
- Interactúan con el entorno
 - Directamente sensando y controlando señales sobre el cable.
 - Comunicándose con el entorno u otros dispositivos.
 - Interacciones en tiempo real y con restricciones.
 - Bajo consumo para mantener la batería.

Los S.E en nuestras vidas

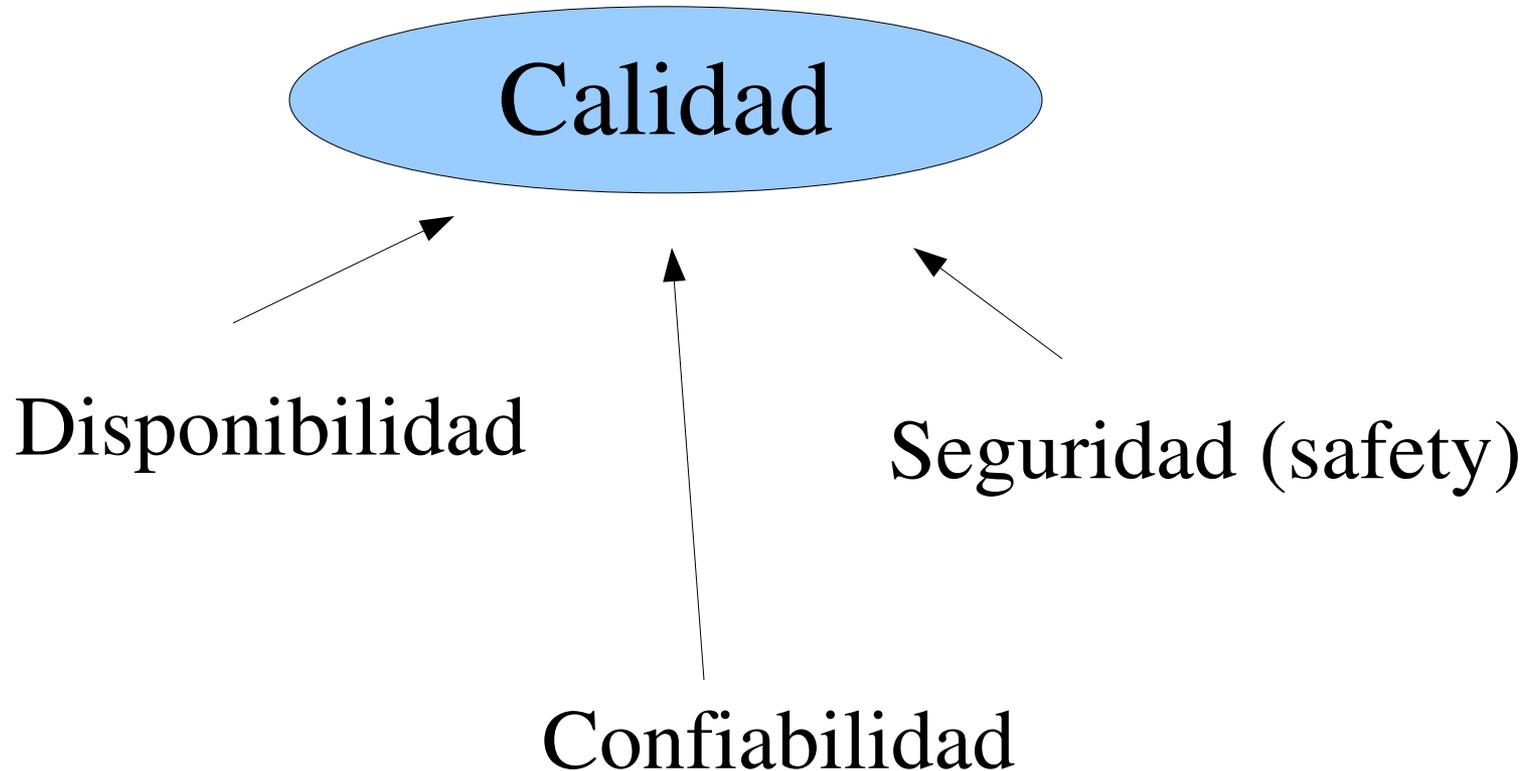
- Electrodomésticos, periféricos para computadora, control industrial, teléfonos celulares, GPS, routers, mp3, máquinas de fotos, consolas de videojuegos, equipos para medicina, canaleras para TV, DVD, autos, entre otros.

Los S.E. en nuestras vidas

- Cada vez hay más aplicaciones ya que pueden hacerse dispositivos que:
 - Consuman menos por transistor
 - Cuesten menos por transistor
 - Sean más rápidos
- Ley de Moore:
Cada 2 años, el doble de transistores



Exigencias a los S.E.

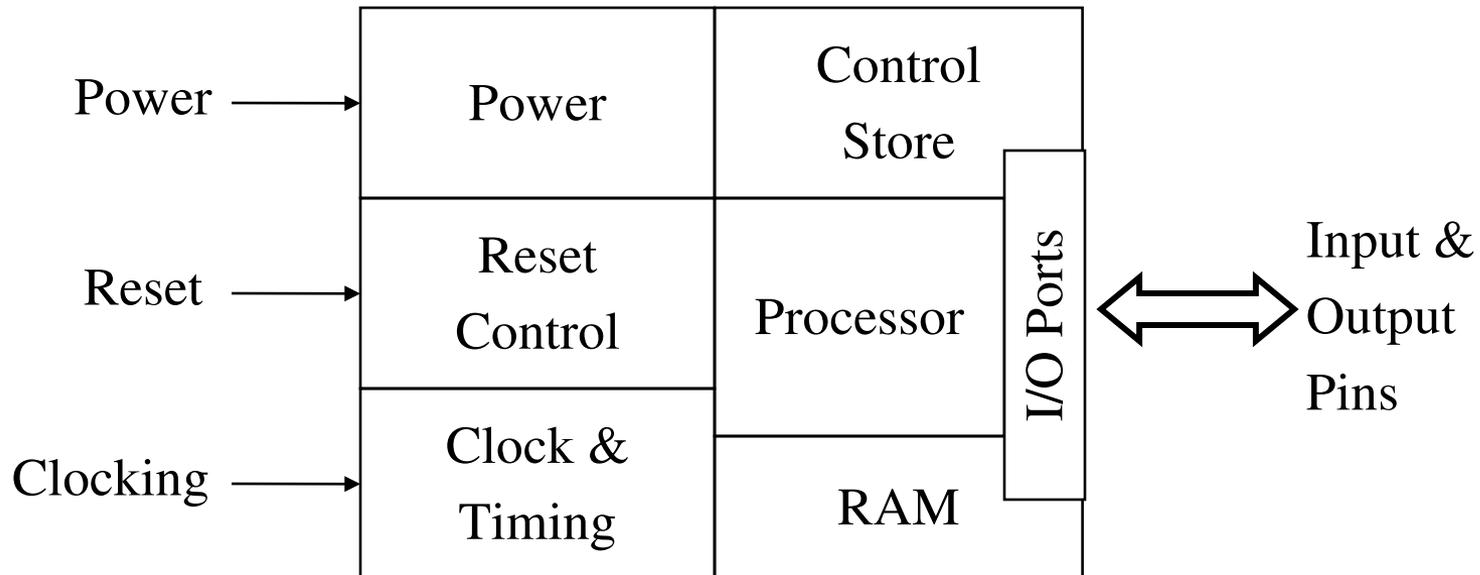


Formas de implementar S.E.

- Basados en microcontroladores
- Basados en System on chip (SOC) / Single board computers (SBC)
- Híbrido

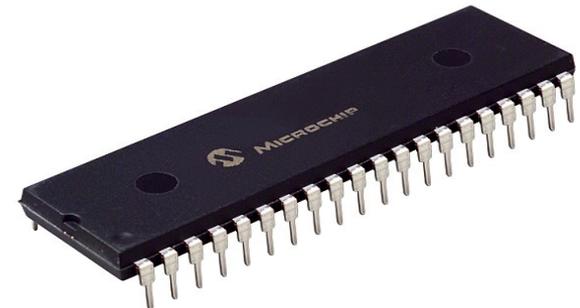
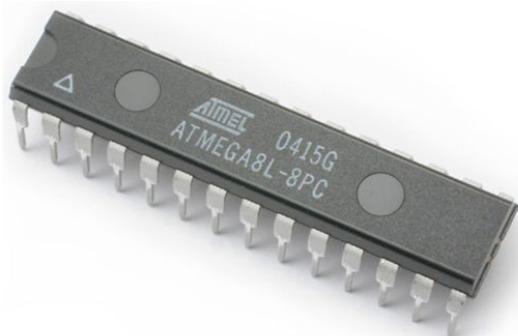
Microcontroladores

- Un microcontrolador es un sistema autocontenido donde el microprocesador, soporte, memoria y entrada/salida se presentan dentro de un mismo integrado.



Microcontroladores

- Muy poca RAM (decenas de KB).
- Muy poca velocidad de reloj (decenas de MHZ).
- Muy utilizados en aplicaciones de control.
- Bajo costo.
- Bajo consumo energético (algunos μA).



Microcontroladores

- Debido a su tamaño puede incluirse dentro del dispositivo que gobierna.
- Útiles cuando se necesita tener control preciso del tiempo.
- Interrupciones.
- Diferentes puertos de E/S para poder interactuar con sensores y actuadores.
 - Puertos digitales
 - Puertos análogos

Tipos de Microcontroladores

- Los microcontroladores se pueden clasificar en:
 - Microcontroladores embebidos de 8 bits.
 - Microcontroladores de 16-32 bits
 - Procesadores de señales digitales (DSP)

Firmware

- Rutinas de software almacenadas en memoria ROM.
- Software que se encuentra embebido en un dispositivo de hardware.
- Es una combinación de software y hardware.

E/S Digital

- La comunicación del μC con el mundo se da a través de sus pines de E/S.
- Estos pines son compartidos con módulos del μC .
- Pueden configurarse como entrada o salida.

Comunicación

- Serial o paralela.
- Síncrona o asíncrona.
- Redes de dispositivos.

E/S Analógica

- En el mundo las cosas no son solo blancas o negras.
- Conversión
 - ADC, es utilizado para procesar las entradas analógicas. En μ C puede incluir convertidores y comparadores analógicos.
 - DAC, es utilizado para generar salidas analógicas.

Herramientas y entornos de desarrollo

- Assembler
 - Instrucciones assembler.
 - Directivas
 - Debe estar bien comentado

Herramientas y entornos de desarrollo

- Lenguaje de alto nivel
 - C, Basic y Forth.
 - Proporcionan
 - Mayor nivel de abstracción
 - Bibliotecas.
 - Tipos de datos.
 - Variables locales y globales.
 - Estructuras de datos y punteros.
 - Asignación de memoria para datos.
 - Acceso a registros.
 - Decrementa el tiempo de desarrollo.

Herramientas y entornos de desarrollo

- RTOS
 - Multitasking
 - Scheduling
 - Context Switching
 - Respuestas en tiempo a eventos del mundo.
 - Comunicación entre procesos.
 - Stack TCP/IP
 - Ejemplos: Salvo, FreeRTOS, μ C/OS, ...

System on chip (SOC)

- Se refiere a integrar todos los componentes de un computador u otro dispositivo electrónico en un chip.
- La principal diferencia con un μC es la memoria disponible.
- En general, los SOC corren sistemas operativos tradicionales.

Single Board Computers (SBC)

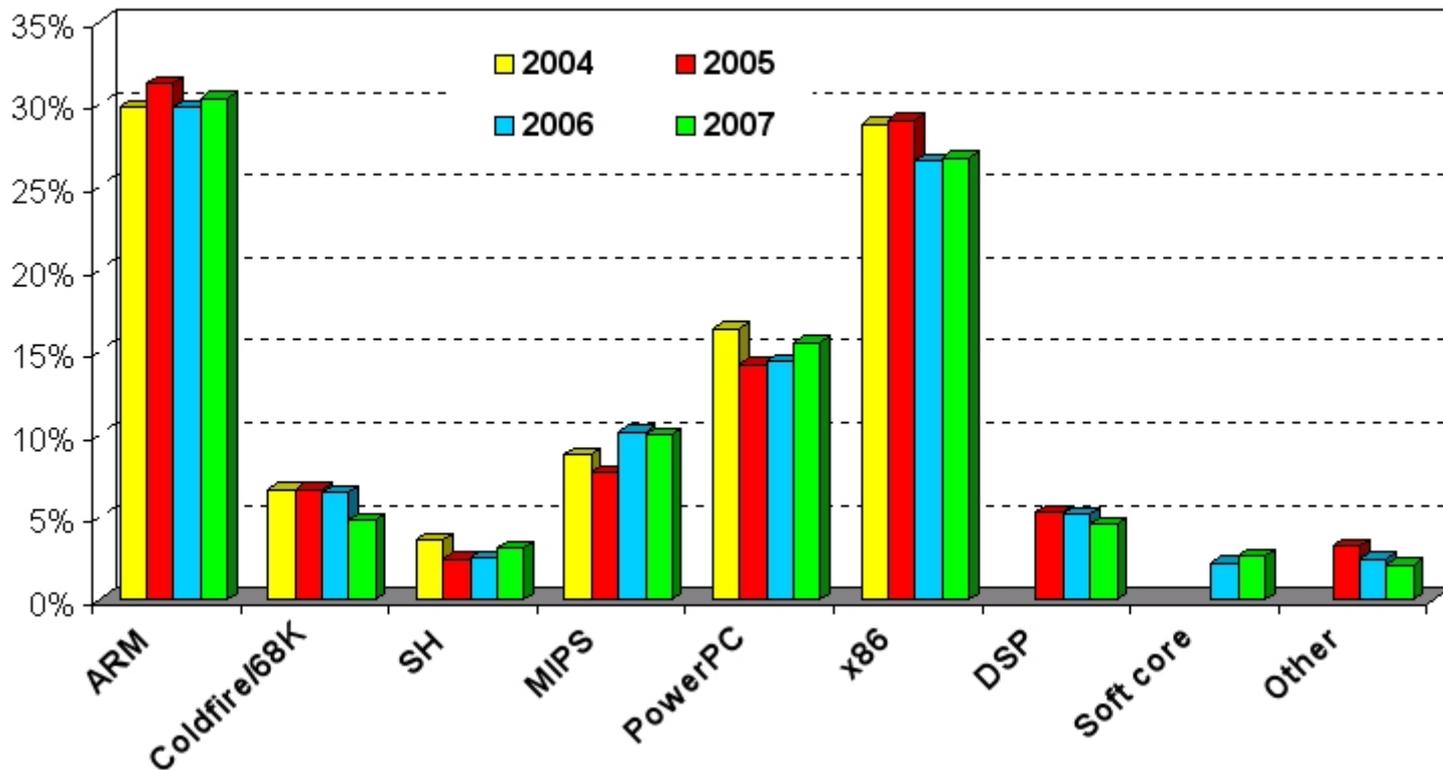
- Una SBC es un sistema computacional completo realizado en una sola placa.
- Un SOC por si solo no puede funcionar, necesita de alimentación, acondicionamientos de señales, conectores, y algun controlador adicional.
- Más pequeñas, energéticamente más eficientes, y con mayores posibilidades de E/S que un sistema tradicional.

Hardware Embebido

- La arquitectura de hardware para los sistemas embebidos por lo general difiere a la de los sistemas clásicos.
 - ARM, MIPS o PowerPC son muy utilizados por su bajo consumo y buena performance.
 - X86 no es tan frecuente, pero también es utilizado.
- Almacenamiento en flash
 - tengo que tener en cuenta que los ciclos de borrado son limitados, para alargar la vida útil de la memoria.

Arquitecturas utilizadas en S.E.

Embedded processor preference trends



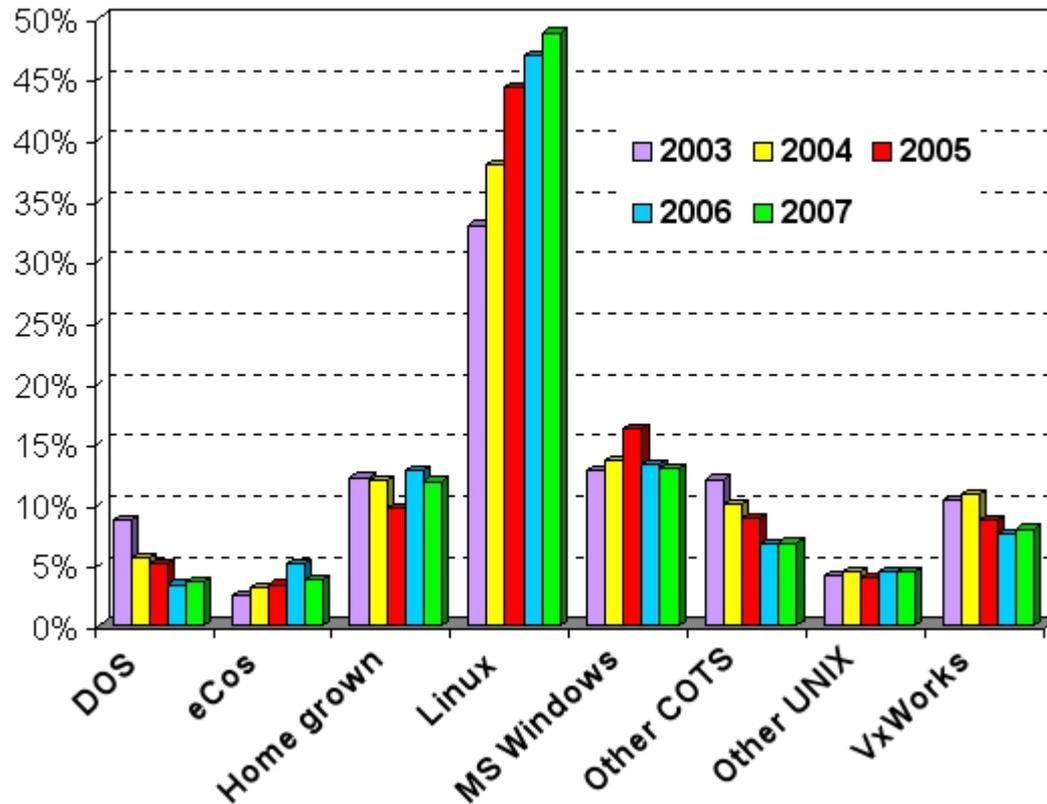
Extraido de: <http://www.linuxfordevices.com/c/a/Linux-For-Devices-Articles/Snapshot-of-the-embedded-Linux-market-April-2007/>

Hardware Embebido

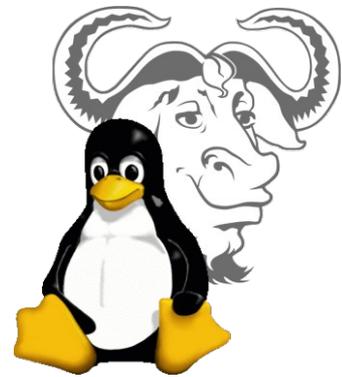
- Cantidad de RAM limitada (desde unos pocos MB a varias decenas de MB)
- Velocidad de CPU inferior a computadoras de escritorio.
- Varios buses de interconexión y puertos de E/S.

Tendencias en S.O. para embebidos

Embedded OS sourcing trends

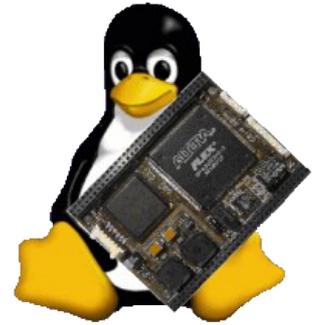


GNU/Linux para S.E.



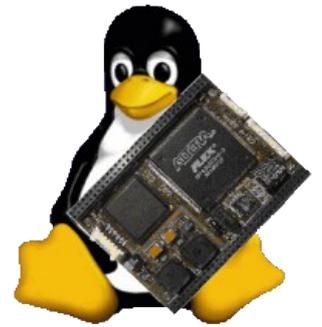
- GNU/Linux: Sistema operativo libre compuesto por el kernel (Linux) y herramientas del sistema GNU.
- El kernel es el componente del S.O. que nos abstrae del hardware y nos facilita su uso.
- Actualmente es el sistema operativo de uso general más utilizado en sistemas embebidos.

El Kernel Linux



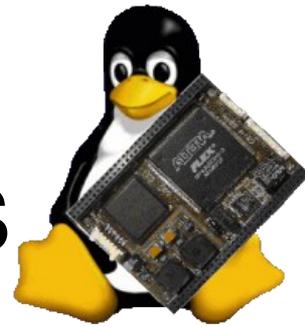
- Originalmente **no** fue pensando como un sistema operativo embebido.
- Escrito originalmente para la arquitectura IA-32, portado por primera vez a procesadores Motorola.
 - El proceso fue costoso, lo que implicó un rediseño de la arquitectura para hacerlo fácilmente portable.
 - Este cambio abrió la puerta para ser portado a otras arquitecturas.

El Kernel Linux



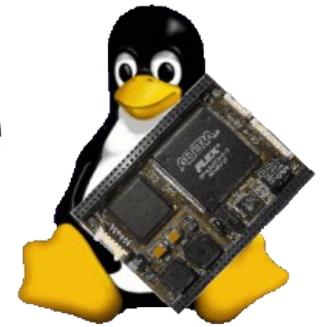
- Soporta numerosas arquitecturas (2.6.33): alpha, blackfin, h8300, m32r, microblaze, parisc, score, um, arm, cris, ia64, m68k, mips, powerpc, sh, x86, avr32, frv, m68knommu, mn10300, s390, sparc, xtensa.

Requerimientos mínimos



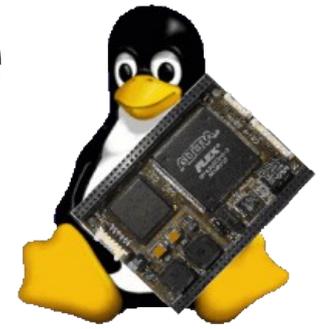
- Un CPU soportado por gcc y el kernel Linux.
 - CPU de 32 bits
 - CPU's sin MMU son también soportados mediante el proyecto uClinux.
 - 4 MB RAM

Ventajas en el uso de GNU/Linux en S.E



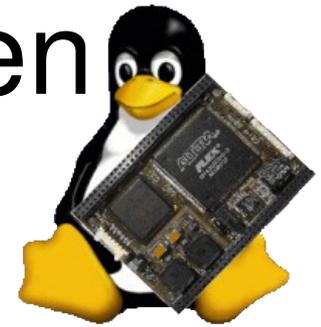
- Reutilización de bibliotecas de software existente.
 - Nos permite centrarnos en dar valor agregado a una solución y no en “reinventar la rueda”.
 - Calidad.
- Uso de lenguajes de programación de mayor nivel de abstracción (Java, Python, Lua).
- Posibilidad de prototipar y debugear en un PC muchos de los componentes del sistema.
- Brinda portabilidad de mi sistema a otras arquitecturas

Ventajas en el uso de GNU/Linux en S.E



- Extensiones para manejo de tiempo real.
- Mantenibilidad
- Puedo auditar el código fuente.
- Libertad de modificar el código fuente.
- Menor costo en licencias.
- Acceso más sencillo al software y a las herramientas.
- Permite hacer frente a los requerimientos cada vez más complejos impuestos por el mercado.
- Herramientas de desarrollo independientes de la plataforma

Ventajas de GNU/Linux en robótica



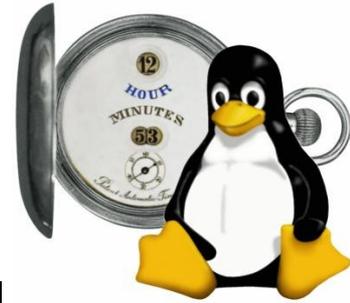
- Computer Vision
- Speech Syntesis
- Machine Learning
- Object Recognition
- Speech Recognition
- Path Finding
- Teleoperation
- Kinematics

Desventajas de GNU/Linux en S.E



- Algunos drivers propietarios solo existen para versiones viejas del kernel y el fabricante no publica sus fuentes.
- Algunos Sistemas Embebidos basados en GNU/Linux toman un fork del kernel vainilla y nunca integran sus cambios.
- Muchas veces no tengo opción de que distribución usar.
 - Puede ocurrir que ni siquiera exista una distribución (usar Buildroot, OpenEmbedded).

Linux y el tiempo real



- RTOS: La habilidad del S.O de brindar el nivel requerido de servicio en un período de tiempo acotado (POSIX 1003.1b)
- Con el tiempo fue incorporando parches RT, como los timers de alta resolución.
- Es raro tener restricciones blandas de tiempo que un Kernel vanilla no pueda proveer (Latencia de peor caso $\sim 1\text{ms}$).
- Si se necesita menor latencia usar kernel patches:
 - PREEMPT_RT Ofrece una latencia máxima de

Estado actual de los S.E

- Cada vez se dispone de hardware con mayores prestaciones, que incluso permite ejecutar un S.O de proposito general con RT y seguir siendo económicamente viable.
- El mercado le exige más requerimientos a los dispositivos embebidos.
- La noción tradicional de S.E. cada vez contempla menos dispositivos.

Estado actual de los S.E.

- Hoy en día los S.E. tienen más puntos en común con los sistemas de propósito general que en el pasado.
- Herramientas de desarrollo de mayor nivel de abstracción.
- Reutilización de software y periféricos utilizados en sistemas de propósito general
- Es necesario contar con equipos interdisciplinarios.

Componentes de Software

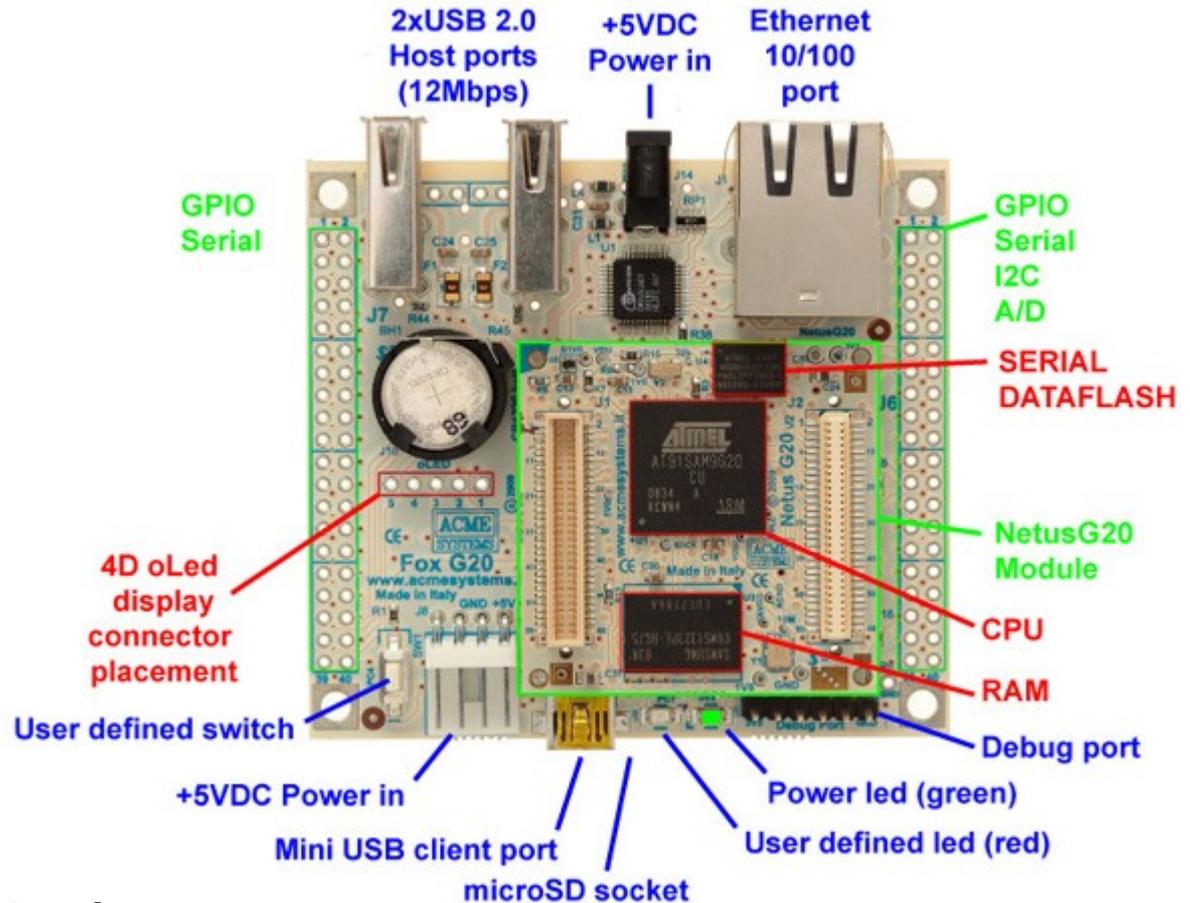
- **Cross-toolchain:** Compilador que corre en la máquina de desarrollo, pero genera código para el sistema embebido.
- **Bootloader:** Iniciado por el hardware. Responsable de la inicialización básica, cargar y ejecutar el kernel.
- **Kernel Linux:** Contiene el manejo de los procesos, memoria, red, drivers y provee servicios para las aplicaciones de usuario.
- **Biblioteca de C:** Interfaz entre el Kernel y las aplicaciones (glibc, μ Clibc).
- **Bibliotecas y aplicaciones:** reutilizadas o desarrolladas por nosotros.

FoxBoard G20

- Procesador: Atmel AT91SAM9G20 ARM9 CPU
- Frecuencia de reloj: 400Mhz
- RAM: 64 MB
- Flash: 8 MB
- USB host: 2
- USB device: 1
- UART: 4
- GPIO: 80
- A/D: 4ch 10 bits
- I2C: 2
- SPI: 2
- Tensión: 5V

- Corriente: 280 mA

- Costo: 139 euros



FoxBoard G20

- Ethernet
- Conector para pantalla touch screen
- Serial port (debug)
- Slot mini-sd
- RTC
- 1 Switch y 1 Led



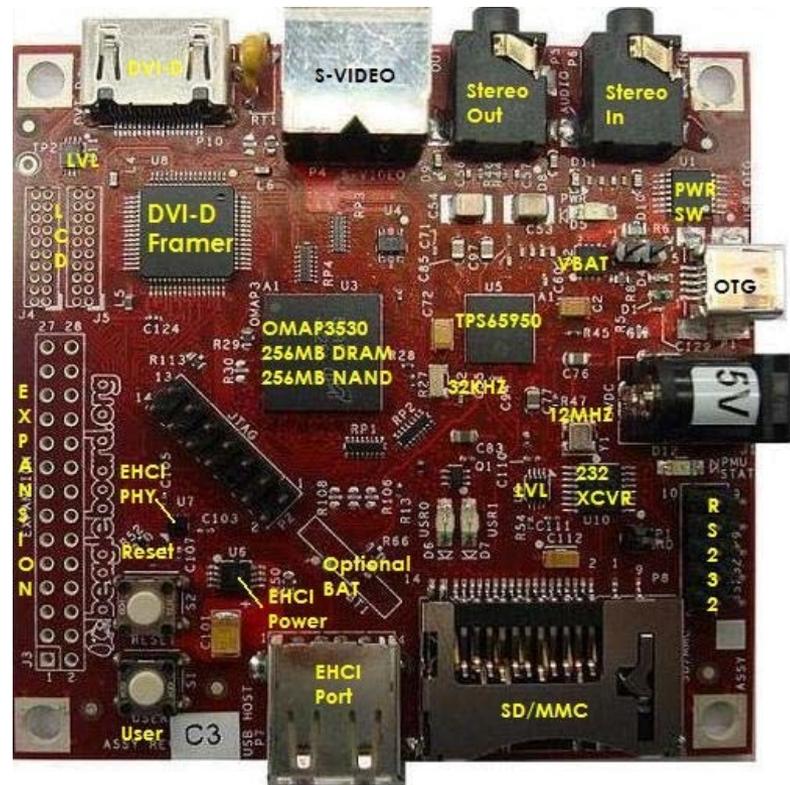
Sistemas Operativos Soportados

- OpenEmbedded
- Debian
- Gentoo
- OpenWRT

BeagleBoard C4



- Procesador: OMAP3530DCBB72 ARM Cortex-A8
- Frecuencia de reloj: 720 MHz
- RAM: 256 MB
- Flash: 256 MB
- USB host: 1 + 1OTG
- GPIO: 28
- I2C: 1
- SPI: 1
- Tensión: 5V
- Corriente: 350 mA





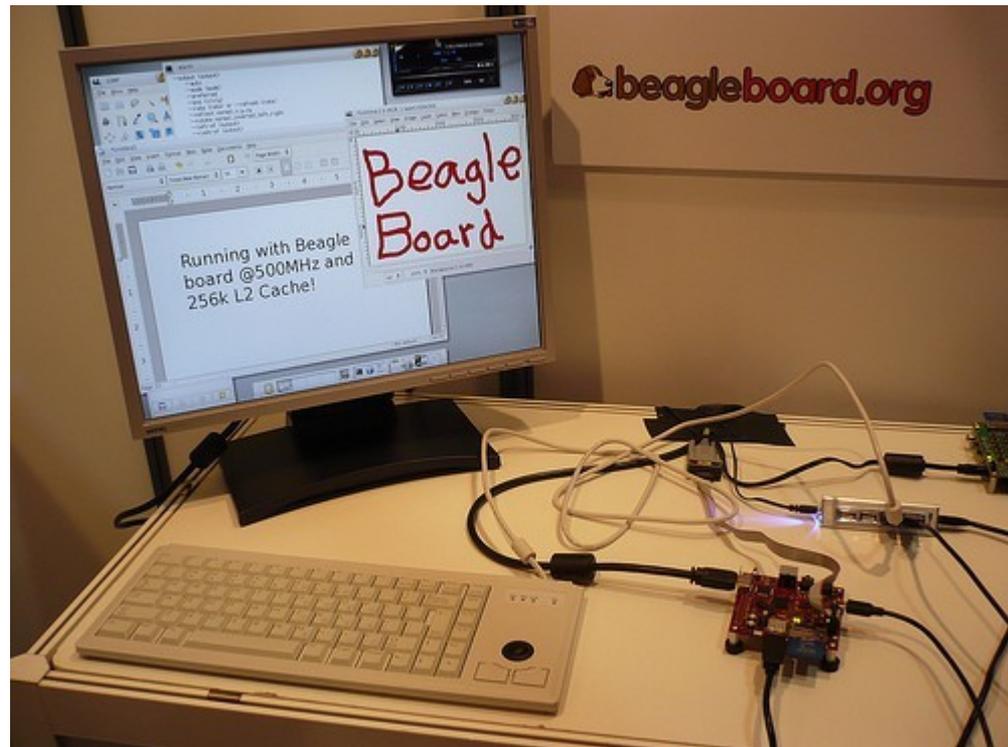
BeagleBoard C4

- Salida HDMI
- Entrada/Salida audio
- Salida Super Video
- DSP
- Conector JTAG
- RS232 header
- Slot SD/MMC
- Conexión para LCD



Sistemas operativos soportados

- Angstrom
- Symbian
- Debian
- Ubuntu
- Android
- QNX
- WinCE
- Gentoo



Puntos Fuertes Beagleboard C4

- Esta orientada a aplicaciones multimedia donde puede ser sacado provecho al DSP.
- BeagleBoard tiene mayor cantidad de RAM lo que posibilita correr un manejador de ventanas (X server).
- La línea ARM Cortex AX es utilizada en muchos dispositivos comerciales: Ipad, archos5, pandora, Sony Ericsson Satio.
- Muy bajo consumo y alto rendimiento.
- No necesita disipación mecánica (coolers).

Puntos Debiles Beagleboard C4

- Pocos puertos de E/S.
- No posee ethernet onboard.
- No posee UART
- No posee wifi onboard

Puntos fuertes FoxBoard G20

- Muchos puertos de E/S
- RTC
- Bajo consumo/No necesita disipación
- 2 puertos USB
- Ethernet onboard
- Muy adecuada para aplicaciones de control y robótica embebida.

Puntos debiles FoxBoard G20

- Costo
- Ausencia de DSP
- Poca memoria Flash
- No esta diseñada para multimedia
- No posee wifi onboard

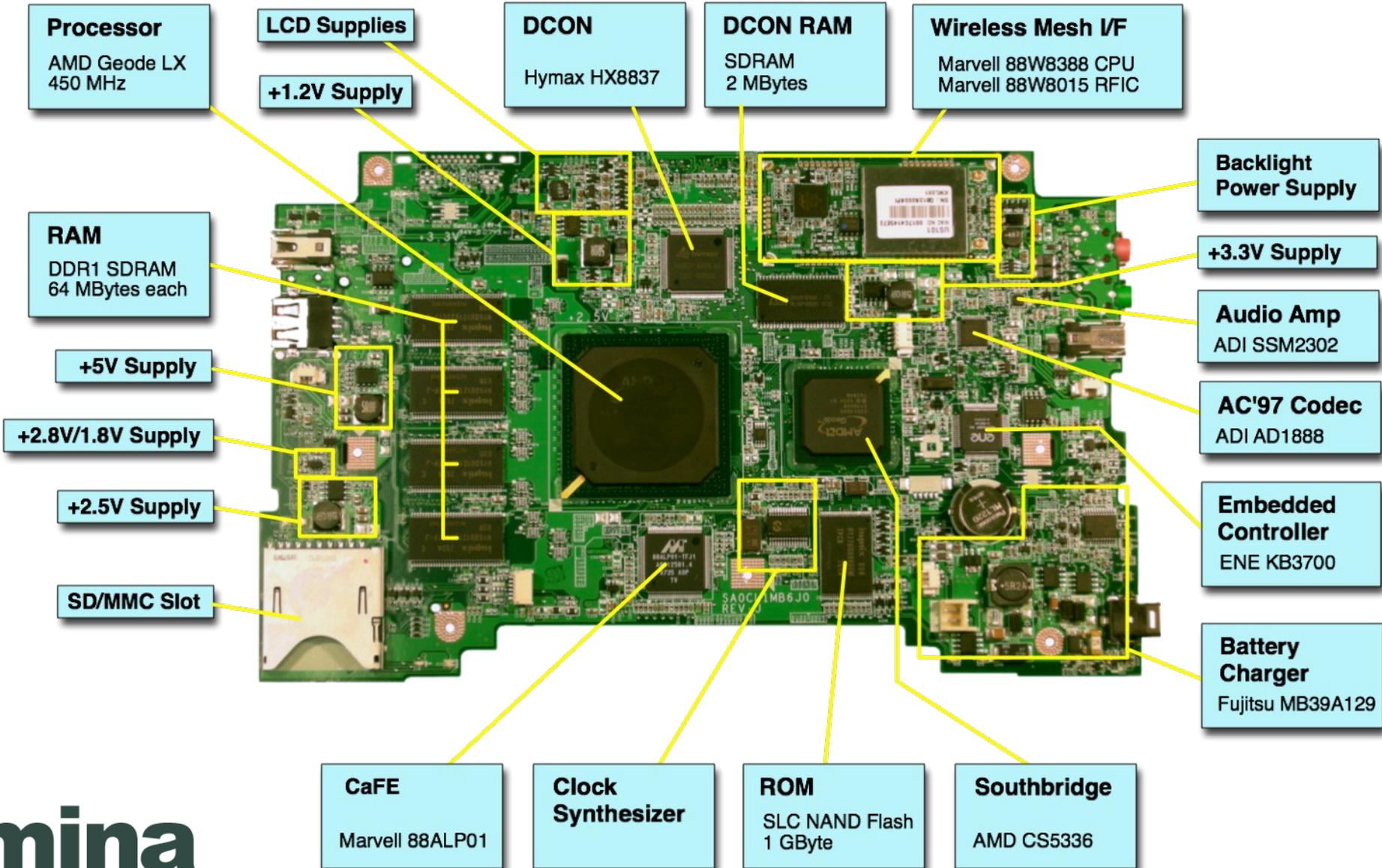
Periféricos USB

- Los periféricos USB son:
 - Barátos.
 - Populares.
 - Bajo consumo.
 - Resistentes al ruido.
 - Muchas veces mejores que kits o módulos
 - Si no alcanzan los puertos, puedo agregar un HUB



Una SBC conocida

Geode/CL1



Geode/CL1

- Procesador: AMD LX700 CPU (433 MHz) con GPU
- RAM: 256 MB
- Flash: 1GB NAND Flash
- USB host: 3 host
- Embedded controller for system monitoring
- ISA Compatibility: Support for both the MMX and 3DNow! X86 instruction-set extensions
- Slot SD/MMC

Geode/CL1

- AC'97 audio subsystem
- Internal stereo speakers and amplifier
- Internal mono. microphone
- 7.5in (19 cm) color/monochrome dual mode TFT LCD, 1200x900 (200dpi)
- Integrated color video camera
- Integrated IEEE 802.11/b/g (2.4 GHz) wireless networking interface
- Mesh networking (variant of 802.11s) supported
- Capable of mesh operation when CPU is powered down

Bibliografía

- <http://www.linuxfordevices.com/>
- <http://free-electrons.com/>
- <http://beagleboard.org>
- <http://eshop.acmesystems.it>
- Embedded Linux System Design and Development (Auerbach, 2006)

¿Preguntas?

