

Robótica embebida

Embedded Single Board Computers

Facultad de Ingeniería
Instituto de Computación

Contenido

- Single Board Computers
 - Orígenes
 - Evolución
 - Algunos ejemplos

Embedded Single Board Computers

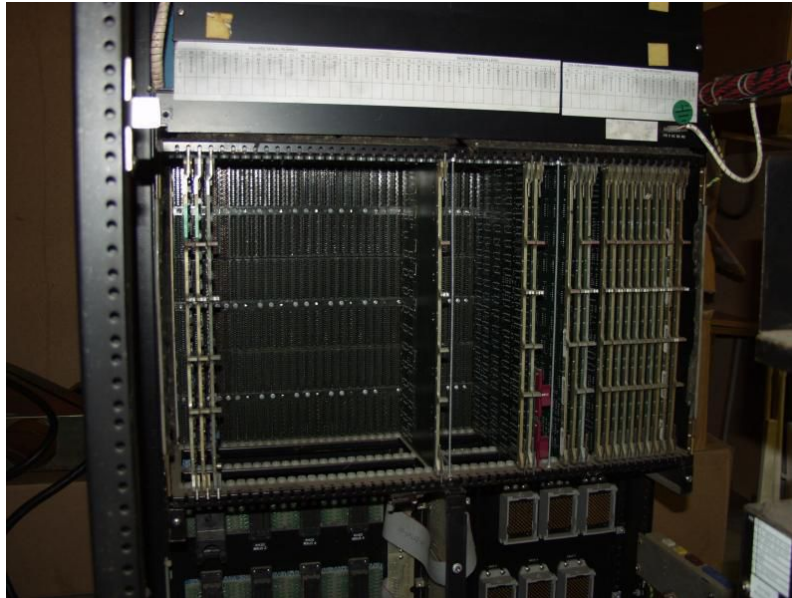
Single-board computers (SBCs) son **computadoras completas** fabricadas en una única placa de circuito. El diseño es centrado en un **microprocesador** con **RAM**, **almacenamiento**, **E/S** y otras características necesarias para ser una computadora funcional en una sola placa.

Un poco de historia

- Las primeras micro computadoras consistían de media docena (o más) placas de circuitos conectadas a un backplane.
- Estas placas implementaban el CPU, memoria, controladores de disco y puertos paralelos/seriales

Un poco de historia

- Estas computadoras se utilizaban entre otras cosas, para adquisición de datos, control de procesos industriales.
- Eran muy grandes para utilizarlas embebidas en dispositivos.



Un poco de historia

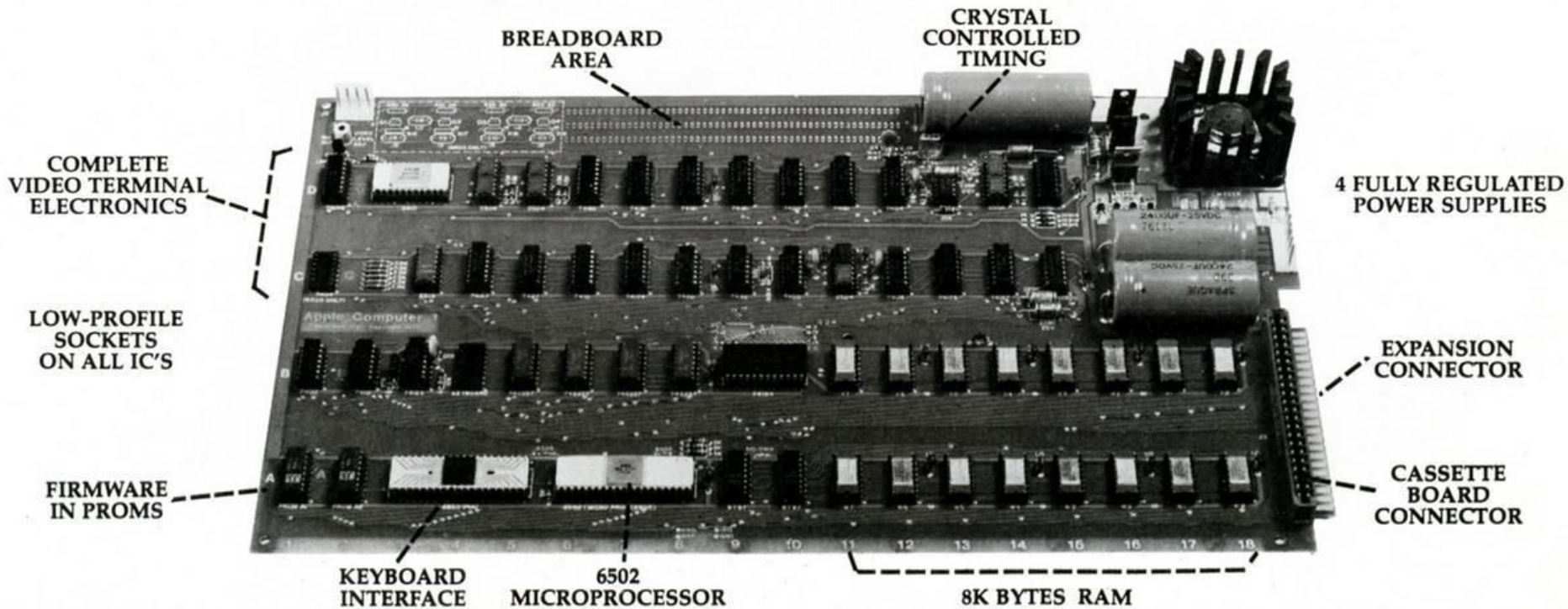
- A comienzo de la década del 80 la tecnología de circuitos integrados había llegado a un nivel de integración que permitía integrar funciones que ocupaban toda una placa en un solo chip (large scale integration chips).



Un poco de historia

- Permitted implementing complete computers on a single board, without the need to use *backplanes*.
- The first personal computers were implemented in this way.
- The Apple I by Steve Wozniak is an example.
- Today they are still using *backplanes* to implement certain systems.

Apple I



APPLE Computer Company • 770 Welch Rd., Palo Alto, CA 94304 • (415) 326-4248

OCTOBER 1976

CIRCLE NO. 7 ON INQUIRY CARD

INTERFACE AGE 11

Ferguson Big Board



Ferguson Big Board

- Diseño del 1980.
- Basada en el microprocesador Z80, 64KB RAM.
- Utilizaba el sistema operativo comercial CP/M.
- Segunda versión "Little Board" (Ampro, 1983)
- Dado su bajo costo, confiabilidad, simplicidad, y tamaño fue práctica para utilizarla embebida directamente en dispositivos que no eran computadoras.
- Con esta placa nació el mercado de las SBCs

PC-Compatible SBCs

- A mediados de la década del 80 hubo mucho interés en la compatibilidad con la IBM-PC en sistemas embebidos y otras sistemas diferentes a los de escritorio.
- Fundamentalmente debido a un intento de aprovechar:
 - Hardware: Chipsets y periféricos de PC permitían producir sistemas de menor costo, mas simples y con mejor soporte.
 - Software: Sistemas operativos (primero MS/DOS, luego Windows), lenguajes, herramientas, y software de aplicación
- No todas las SBCs fueron hacia la compatibilidad PC (x86/DOS/Windows).

Tendencias actuales del mercado

- Aumento en la demanda de programación embebida
 - El usuario espera que hasta el dispositivo más pequeño y más económico tenga cierta programación embebida.
 - Interfaces hombre maquina modernas: Displays LCD gráficos, control por voz, touch screens, acelerómetros, controles de consolas de videojuegos(Wii, Playstation 3, Kinect)



Tendencias actuales del mercado

- Conectividad
 - Existe una necesidad creciente de que todo lo electrónico se interconecte. Lan local, internet, PAN (Pervasive computing)
 - Varias tecnologías involucradas:
 - Wifi, 3G, Bluetooth, WiMax, ZigBee
 - Varios protocolos:
 - (TCP/IP, PPP, HTTP, FTP, USB, UPnP)



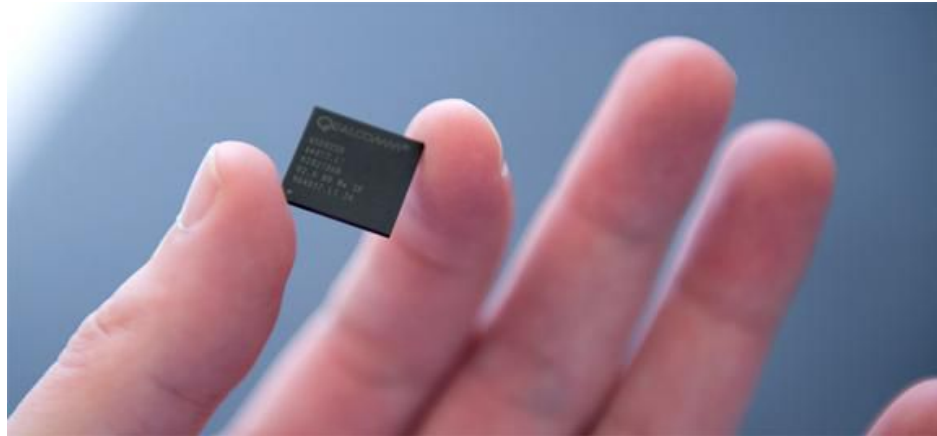
Tendencias actuales del mercado

- Evolución de periféricos e interfaces
 - Nuevas interfaces están gradualmente suplantando a las viejas. PCI al bus ISA, USB al serial, paralelo y PS2. Ethernet esta presente en muchos dispositivos



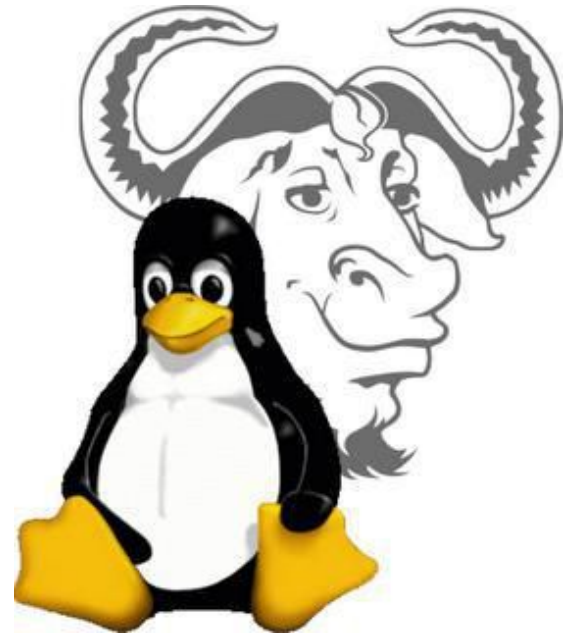
Tendencias actuales del mercado

- Aparición de Systems on a Chip
 - Hoy en día existen numerosos *sistemas basados en un chip* para cubrir la necesidad del mercado.
 - Permiten desarrollar SBCs de:
 - bajo costo
 - muy bajo consumo
 - pequeño tamaño
 - gran performance
 - Muchos de estos SOC han abandonado la compatibilidad x86 (utilizada en Pcs) por la mejor relación de costo/poder/beneficios de integración.



Tendencias actuales del mercado

- En solo unos pocos años Linux ha explotado en todas los aspectos de la tecnología de la información. Ofreciendo una solución de bajo costo, open source, con un gran soporte para estándares abiertos, comunicaciones por red, internet, gráficos, ...
- Aunque originalmente surgió como un clon de Unix para Pcs, Linux hoy día soporta una amplia gama de procesadores, como cualquier sistema operativo embebido “tradicional”.



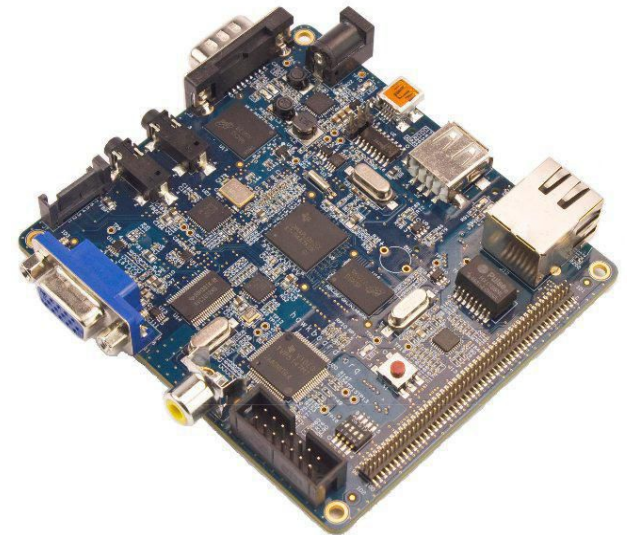
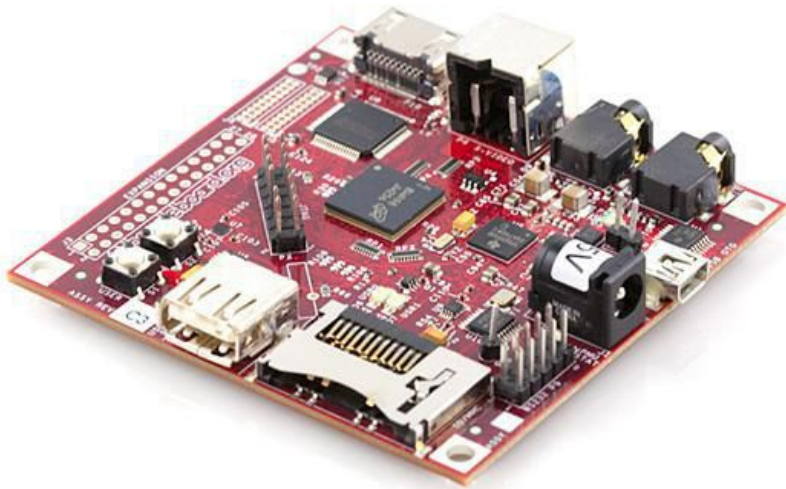
El mercado de las SBCs actual(resumen)

- Las nuevas tendencias del mercado acompañado por el surgimiento de SOCs de 32 bits, de bajo costo, gran poder de procesamiento y bajo consumo ha llevado a que implementar sistemas utilizando SBCs sea una buena alternativa al enfoque tradicional de utilizar diseños basados en microcontroladores.
- Utilizar sistemas operativos permite una mejor adaptación a los requerimientos del mercado.
- Permite una mayor reutilización de software y hardware.

Ventajas de desarrollar basado en SBC

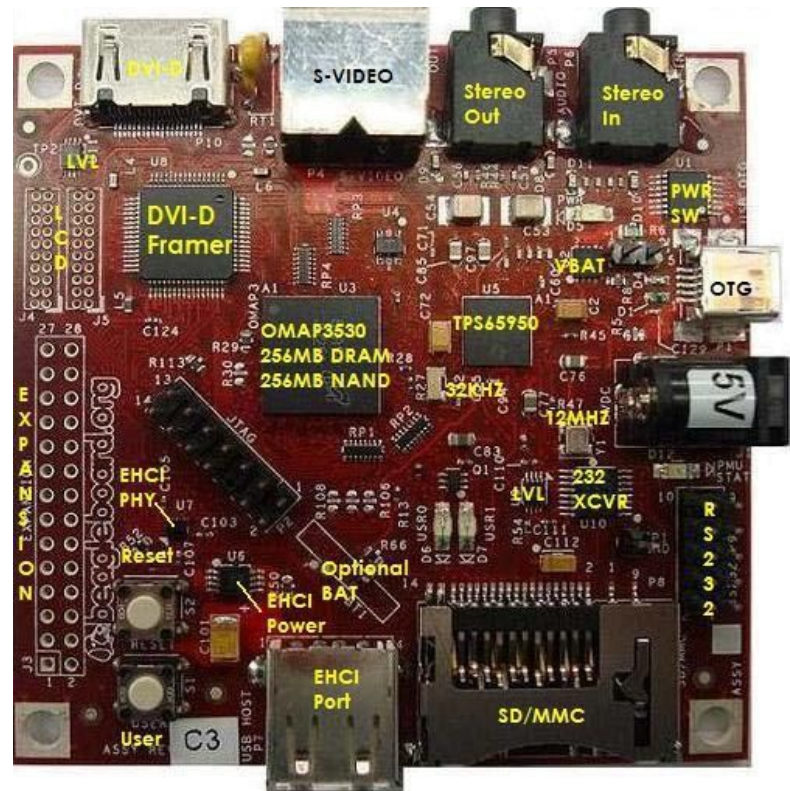
- Son utilizadas muchas veces para prototipar soluciones.
- Para producción de pocas unidades no es rentable diseñar hardware. Diseñar en base a SBCs resulta una opción a tener en cuenta.
- Existen diferentes SBC según las necesidades del sistema embebido a realizar.
- Orientadas a multimedia, robótica, aplicaciones móviles.
- Programación en alto nivel (python, java, lua, etc)

Algunas de las SBCs actuales...



Beagle Board 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
- Costo: 125 dolares
- DSP, GPU, salida de video HDMI
- Entrada/Salida de audio



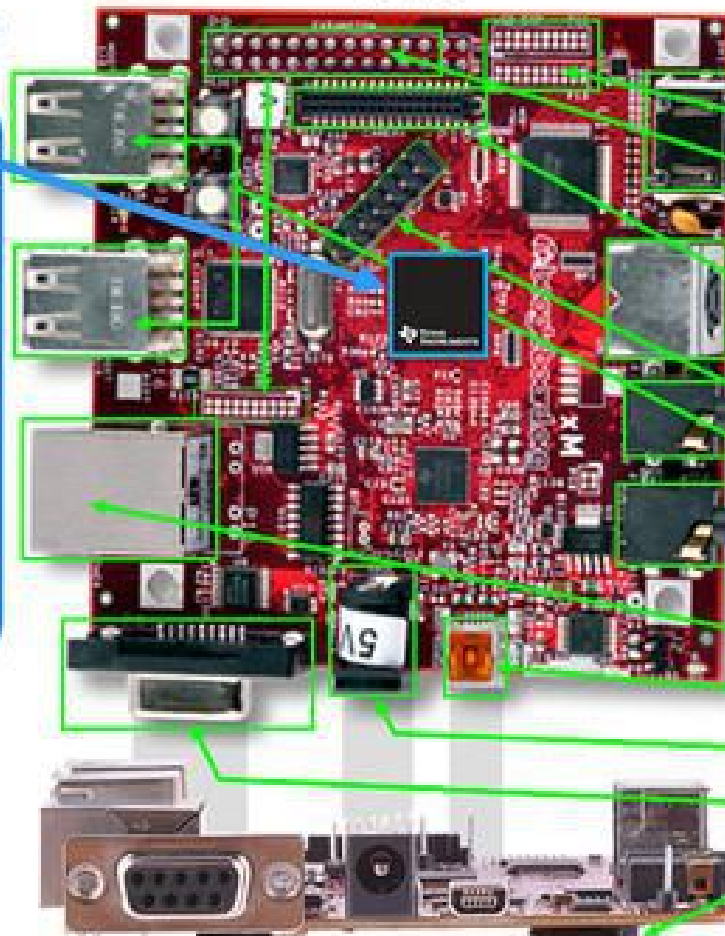
BeagleBoard-xM

Laptop-like performance

- Super-scalar ARM® Cortex™-A8
- More than 2,000 Dhrystone MIPS
- Up to 20 Million polygons per sec graphics
- HD video capable C64x+™ DSP core
- 512 MB LPDDR RAM

Costo:
\$149

← 3.25" →



Typical PC peripherals via high-speed USB

- LCD Expansion
- I²C, I²S, SPI, MMC/SD Expansion
- DVI-D
- Camera Header
- S-Video
- JTAG
- USB Hosts
- Stereo Out
- Stereo In
- 10/100 Ethernet
- USB 2.0 HS OTG*
- Alternate Power
- RS-232 Serial*
- Micro-SD Slot*

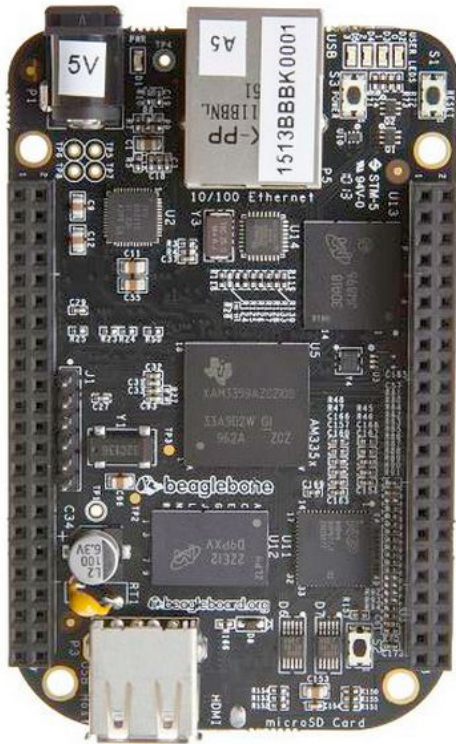
* Supports booting from this peripheral

Beagle Bone

- 700-MHz superscalar ARM Cortex™ -A8
- Tamaño: 3.4" × 2.1"
- 256-MB DDR2 RAM
- USB 2.0 host
- 3.3V 2 × 46 pin headers
- 10/100 Ethernet
- microSD slot
- Incluye microSD 2GB
- Distribución Angstrom
- I/O puede conectar un LCD
- On-board USB-to-serial/JTAG over USB
- Costo: \$89



Beagle Bone Black



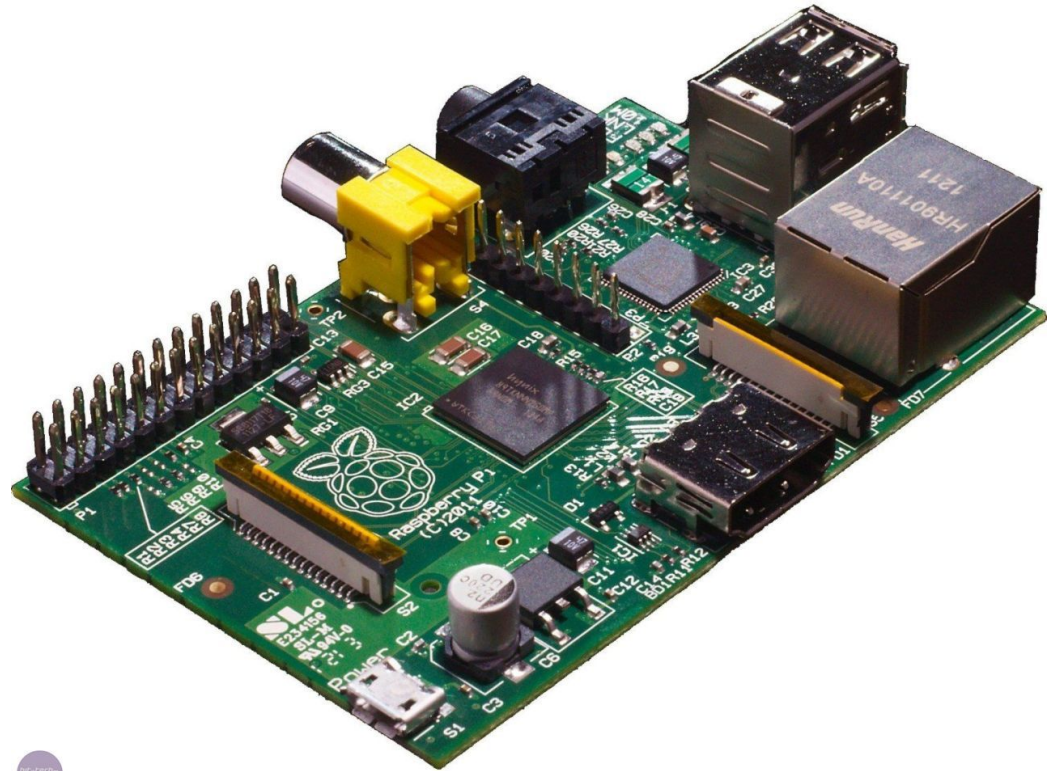
- AM335x 1GHz ARM® Cortex-A8
- 512MB DDR3 RAM
- 2GB 8-bit eMMC on-board flash storage
- 3D graphics accelerator
- NEON floating-point accelerator
- 2x PRU 32-bit microcontrollers
- E/S:
 - USB client for power & communications
 - USB host
 - Ethernet
 - HDMI
 - 2x 46 pin headers
- Costo: \$45
- Corriente: 210-460mA
- Tensión: 5V

Cuadro comparativo

	BeagleBone Black	BeagleBone	BeagleBoard-xM	BeagleBoard
Processor	AM3358 ARM Cortex-A8	AM3358 ARM Cortex-A8	DM3730 ARM Cortex-A8	OMAP3530 ARM Cortex-A8
Maximum Processor Speed	1GHz	720MHz	1GHz	720MHz
Analog Pins	7	7	0	0
Digital Pins	65 (3.3V)	65 (3.3V)	53 (1.8V)	24 (1.8V)
Memory	512MB DDR3 (800MHz x 16), 2GB (4GB on Rev C) on-board storage using eMMC, microSD card slot	256MB DDR2 (400MHz x 16), microSD card slot	512MB LPDDR (333MHz x 32), microSD card slot	256MB LPDDR (333MHz x 32), SD card slot
USB	HS USB 2.0 Client Port, LS/FS/HS USB 2.0 Host Port	HS USB 2.0 Client Port, LS/FS/HS USB 2.0 Host Port	4 Port LS/FS/HS USB Hub, HS USB 2.0 OTG Port	USB HS Host Port, HS USB 2.0 OTG Port
Video	microHDMI, cape add-ons	cape add-ons	DVI-D (via HDMI connectors), S-Video	DVI-D (via HDMI connectors), S-Video
Audio	microHDMI, cape add-ons	cape add-ons	3.5mm stereo jack	3.5mm stereo jack
Supported Interfaces	4x UART, 8x PWM, LCD, GPMC, MMC1, 2x SPI, 2x I2C, A/D Converter, 2xCAN Bus, 4 Timers	4x UART, 8x PWM, LCD, GPMC, MMC1, 2x SPI, 2x I2C, A/D Converter, 2xCAN Bus, 4 Timers, FTDI USB to Serial, JTAG via USB	McBSP, DSS, I2C, UART, LCD, McSPI, PWM, JTAG, Camera Interface	McBSP, DSS, I2C, UART, McSPI, PWM, JTAG
Price	\$45	\$89	\$149	\$125

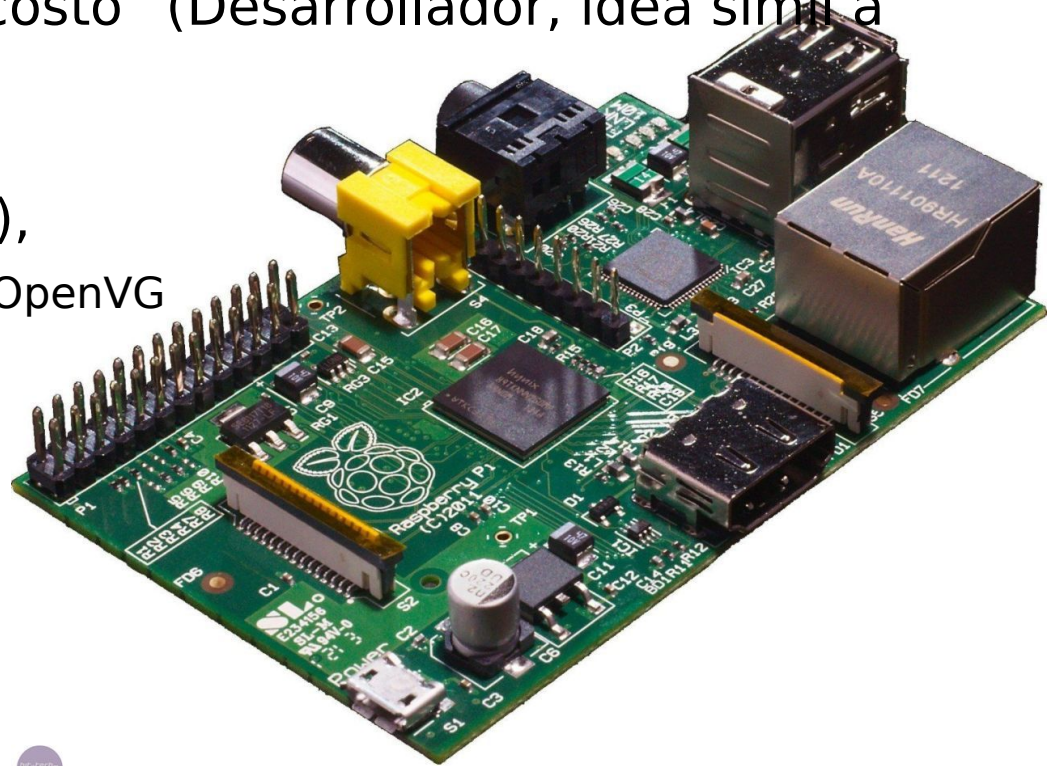
Raspberry pi

- Procesador: Broadcom BCM2835 @700Mhz
- RAM: 256MB
- Video:
 - HDMI
 - Conector TV RCA
- E/S:
 - MicroSD
 - 2 USB Port
 - Ethernet
 - HDMI
 - RCA
- Corriente: 700 mA
- Tensión: 5V



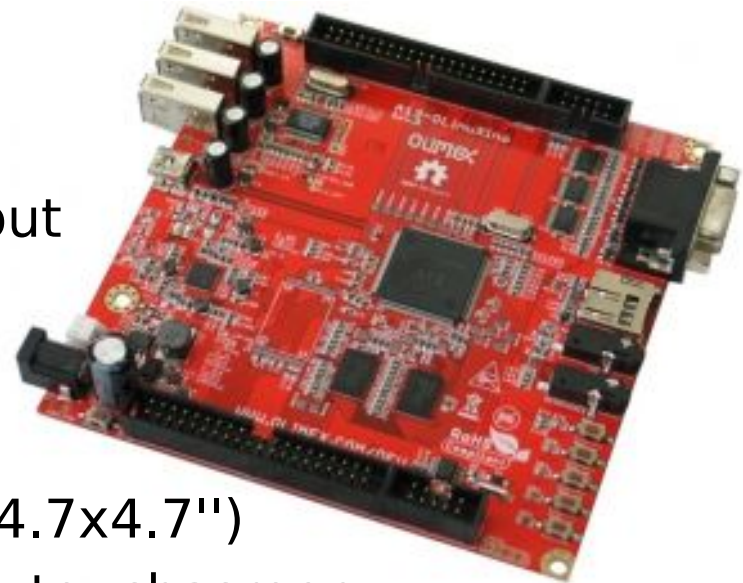
Raspberry pi

- “Se creo para que profesores y niños tengan una computadora a bajo costo” (Desarrollador, idea símil a OLPC)
- Costo 35 \$
- GPU (Open GL ES 2.0),
 - hardware-accelerated OpenVG
 - 1080p30 H.264
 - high-profile decode



A13-OLinuXino

- A13 Cortex A8 processor at 1GHz, 3D Mali400 GPU,
- 512 MB RAM
- 3 + 1 USB hosts, 1 USB OTG
- VGA/HDMI LCD
- Audio output, Microphone input
- RTC PCF8536
- UEXT for Zigbee, Bluetooth
- 3x I2C ; 2x UARTs; SDIO2
- Dimensions: 120 x 120 mm (4.7x4.7")
- Optional low-cost 7" LCD with touchscreen
- GPIO connector with 68/74 17 for adding NAND flash; LCD
- Costo: 45.00 EUR



iMX233-OLinuXino



iMX233-OLinuXino-MICRO

- iMX233 ARM926J processor @454Mhz
- 64 MB RAM
- SD-card connector for booting the Linux image
- TV PAL/NTSC video output
- 1 USB High Speed Host
- three Buttons
- 2x30 pin GPIO

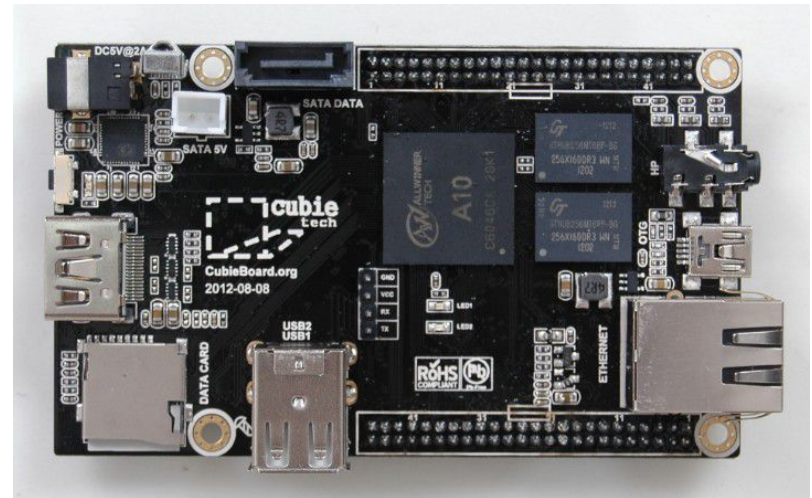


iMX233-OLinuXino-MAXI

- + 2 USB High Speed Hosts
- + Ethernet 100 Mbit
- + Audio Input Output
- + two Buttons
- + UEXT connector
- + 40 pin GPIO

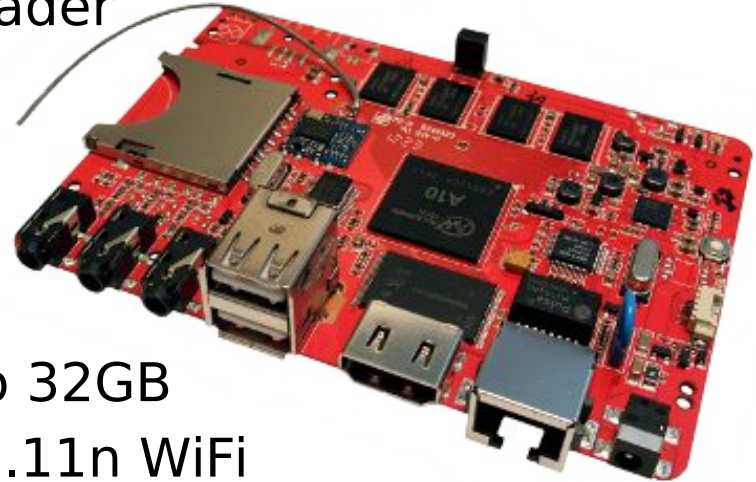
Cubieboard

- 1G ARM cortex-A8 processor, NEON, VFPv3, 256KB L2 cache
- Mali400, OpenGL ES GPU
- 512M/1GB DDR3 @480MHz
- HDMI 1080p Output
- 10/100M Ethernet
- 4Gb Nand Flash
- 2 USB Host
- 1 micro SD slot
- 1 SATA,1 IR
- 96 extend pin including I2C, SPI, RGB/LVDS, CSI/TS, FM-IN, ADC, CVBS, VGA, SPDIF-OUT, R-TP..
- Running Android, Ubuntu and other Linux distributions
- Costo: \$49



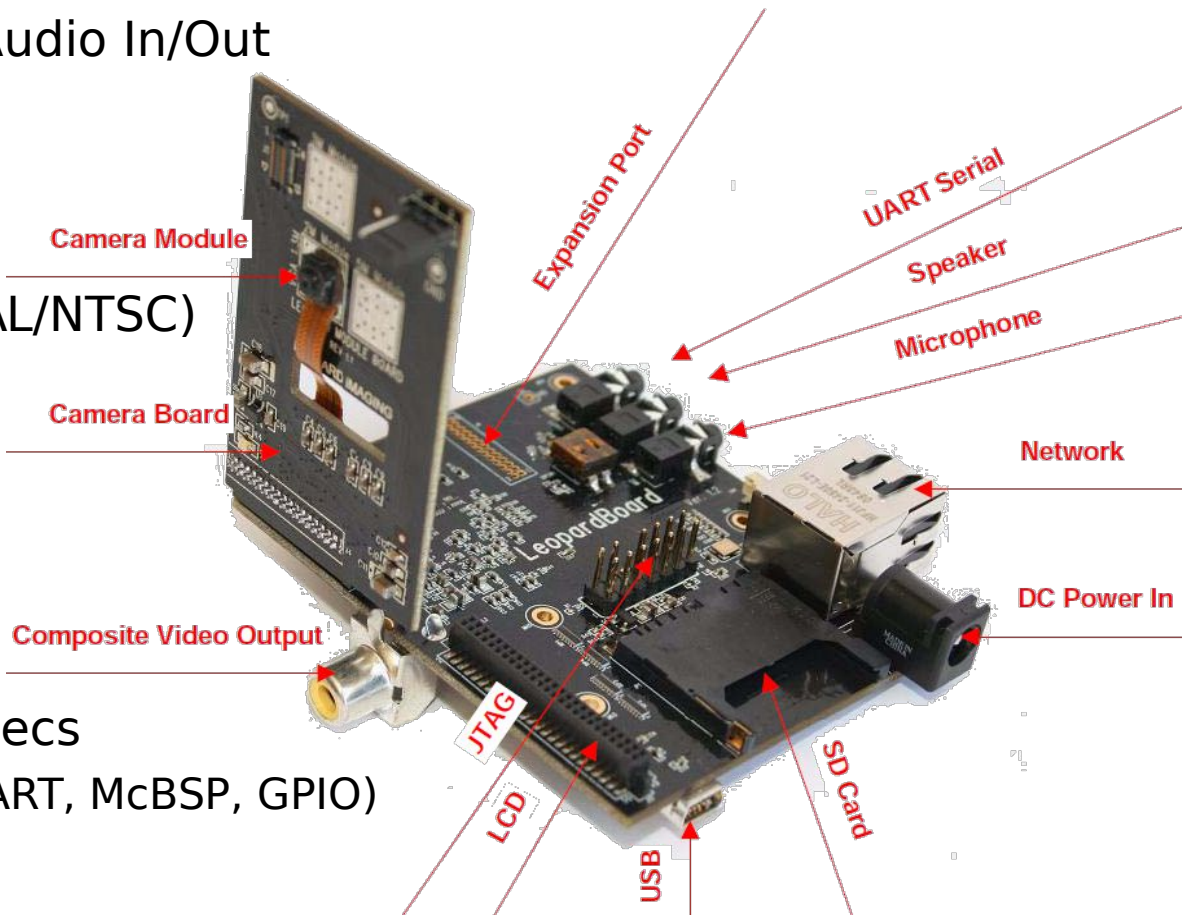
Hackberry A10

- CPU 1.2GHz Allwinner A10 ARM Cortex A8
- GPU Mali400 with hardware 3D acceleration and hardware video decoding
- Serial port 3.3v TTL 4-pin header
- Audio input Audio output
- Audio over HDMI
- 2 x USB 2.0
- Internal 4GB NAND
- External SDHC card slot up to 32GB
- 10/100 Ethernet, Realtek 802.11n WiFi
- DDR3 512MB / 1GB
- OS Android 4.0 ICS, Linux support
- HDMI up to 1080p , RCA , 3.5mm composite AV
- Costo: \$65.00 USD



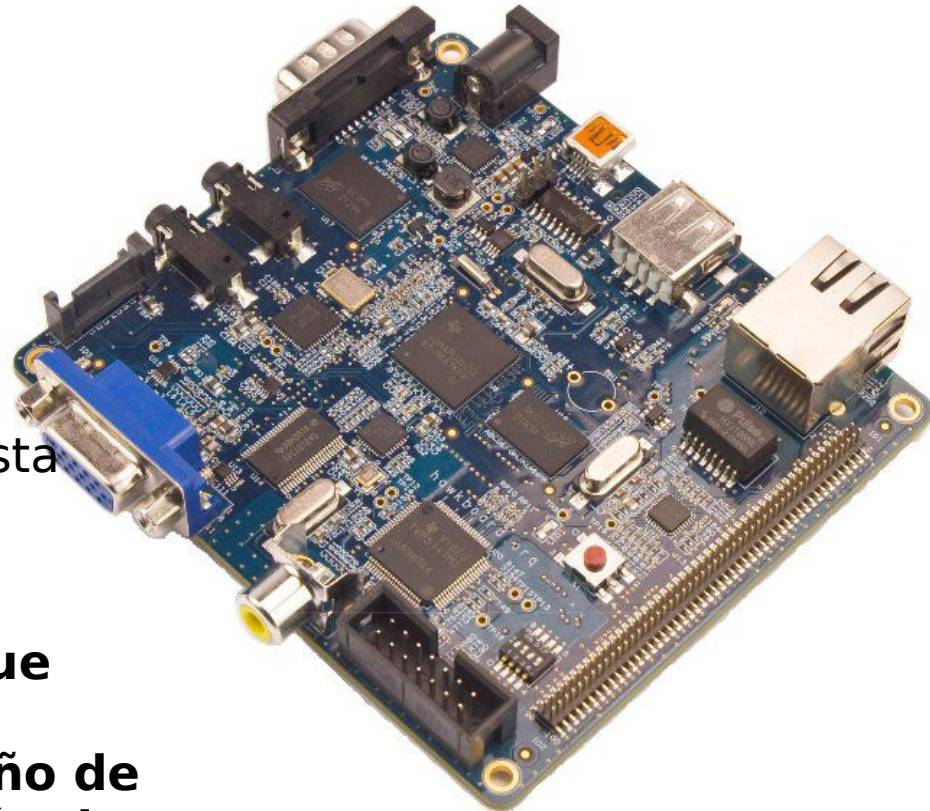
LeopardBoard

- TMS320DM355 Digital Media System-on-Chip (DMSoC)
 - ARM926EJ-S Core: 216, 270, 300MHz
- Soporte de VGA, 1.3M, 2M, 3M hasta 5M
- AIC3104I Audio, Stereo Audio In/Out
- 128MB DDR2 SDRAM
- 256MB NAND Flash
- LCD/DVI Interface
- Salida TV Compuesta (PAL/NTSC)
- 10/100 Ethernet
- JTAG Debugging Port
- USB 2.0 Host
- SD/MMC Slot
- 10/100 Ethernet Port
- Video Codecs, Audio Codecs
- Expansión (SD/MMC, I2C, UART, McBSP, GPIO)



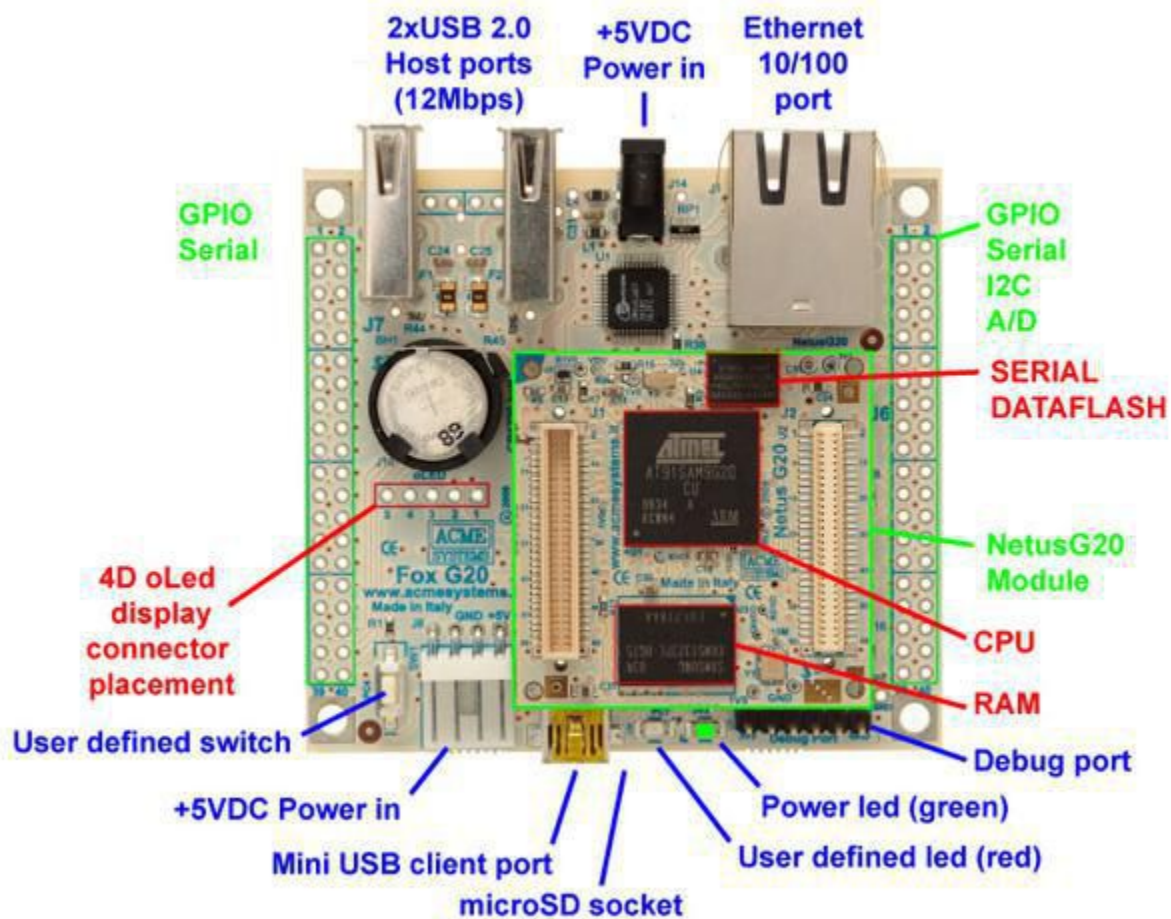
Hawkboard

- Procesador Ti OMAP-L138 @300MHZ
- 128MB RAM y 128MB FLASH
- 1 USB host y 1 USB OTG
- 2 UART
- 65 pines GPIO
- 2 SPI
- Puerto SATA
- Puerto Ethernet
- Salida/Entrada de audio
- Salida de vídeo VGA y compuesta
- Slot SD
- Costo ~100 dolares
- **Una versión de esta placa fue lanzada al mercado sin suficiente testing (mal diseño de circuito), la siguiente versión de esta placa soluciona el problema.**



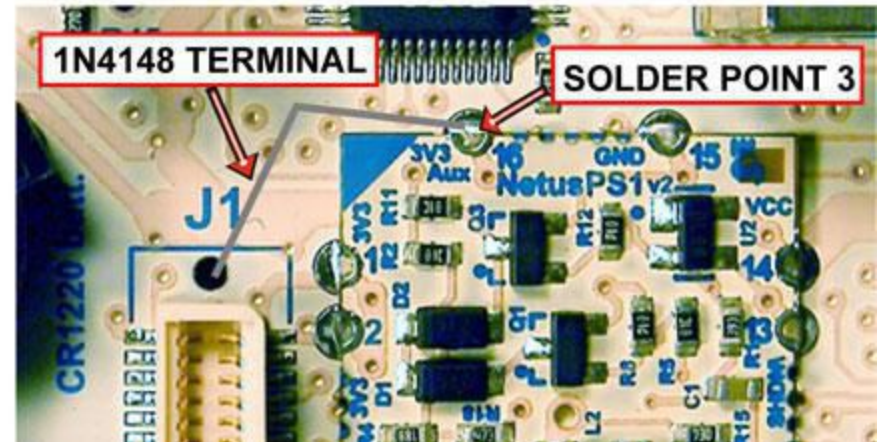
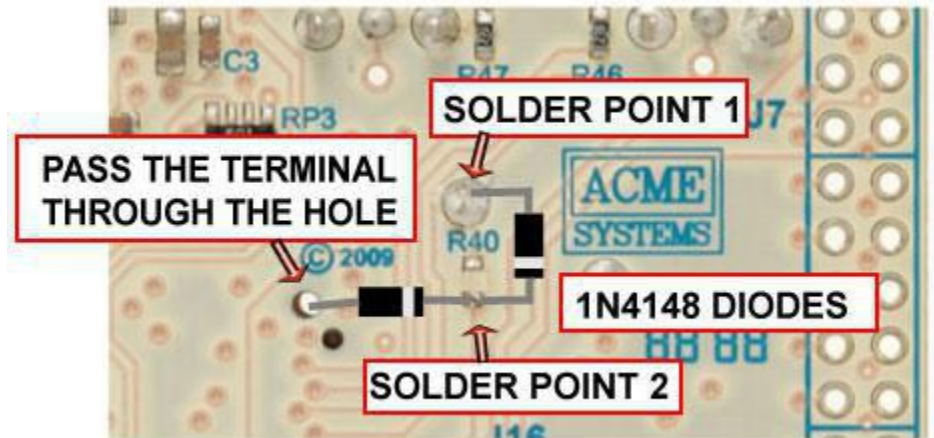
SBC FoxBoard G20_(1/2)

- 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: ~70 mA
- Costo: 139 euros



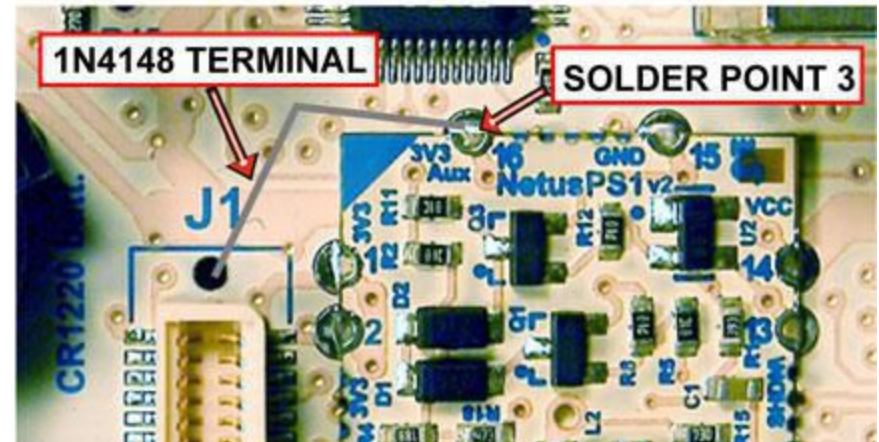
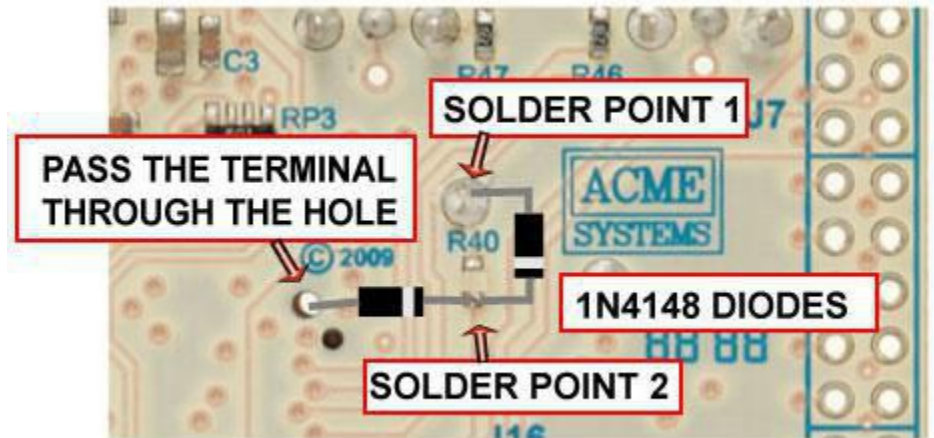
SBC FoxBoard G20_(2/2)

- Ethernet
- Conector para pantalla touch screen
- Serial port (debug)
- Slot mini-sd
- RTC
- 1 Switch y 1 Led
- **Las placas distribuidas antes del 9 marzo del 2010 presentan un defecto, el cual hace descargar la batería de RTC. El sistema no bootea sin carga en la batería.**



SBC FoxBoard G20_(2/2)

- Ethernet
- Conector para pantalla touch screen
- Serial port (debug)
- Slot mini-sd
- RTC
- 1 Switch y 1 Led
- **Las placas distribuidas antes del 9 marzo del 2010 presentan un defecto, el cual hace descargar la batería de RTC. El sistema no bootea sin carga en la batería.**



TERRA (Aria G25)

- Aria G25 SoM with ARM9 @ 400Mhz and 256Mbyte of RAM
- Sucesor de FoxBoard G20
- 3 USB 2.0 Host ports,
- 2 hi-speed and 1 full speed
- Holder for bootable microSD
- Ethernet 10/100 LAN port
- Power supply input: 9 to 28 VDC
- Optional 1-wire thermal sensor DS18B20
- Optional front panel 16x2 LCD module.
- Board size: 10x10cm. Specifically designed for the Teko Tekal 31.29/30 case.
- Costo: EURO 169.00



Slot for Daisy-24 module - Front panel 16x2 alphanumeric LCD with 4 pushbuttons

Up to 7 daisy connectors with USART, I2C, SPI, GPIO, PWM, ADC signals

RTC backup battery holder

SIM card holder



Aria G25 SoM
CPU ARM9@400MHz - 256MByte RAM DDR2

DS18B20
1-wire temperature sensor placement

DPI header

Quectel M95 quad band GSM/GPRS modem



Bootable uSD card holder for Linux



USB 2.0
Host ports

2 hi-speed
1 full-speed

LAN
10/100

SMA external GSM antenna connector

9-28 VDC power input



SheevaPlug

- Marvell Kirkwood 6281 CPU @ 1.2 GHz, 256 KB L2 cache
- 512 MB RAM y 512 MB flash
- Gigabit Ethernet
- 1 USB host
- Slot SD
- 110 x 69.5 x 48.5 (mm)
- Consumo 2.3 W idle
- Siguiente modelo GuruPlug incluye bluetooth, Wi-Fi



Picotux 100

- SBC más pequeña capaz de ejecutar GNU/Linux
- 32-bit ARM 7 Netsilicon NS7520 processor (55MHz)
- 2MB flash storage
- 8 MB SDRAM
- Ethernet
- 5 GPIOs
- Serial



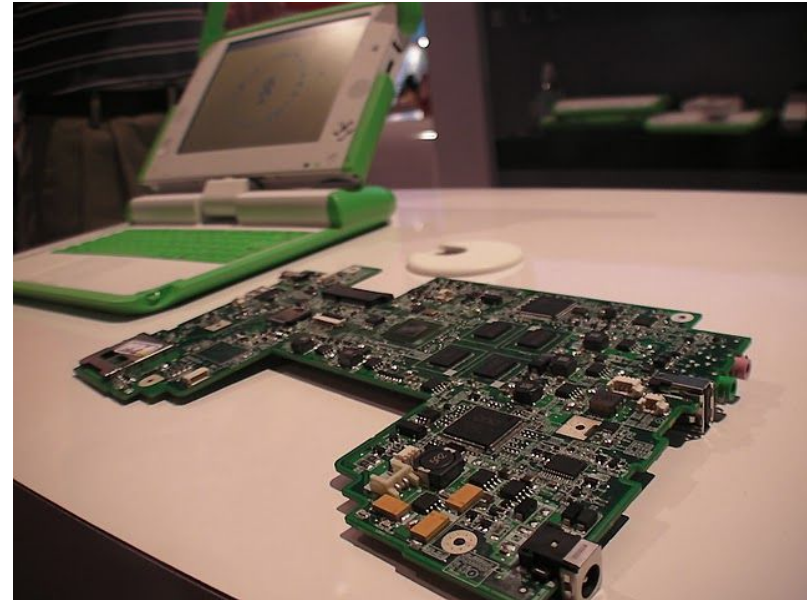
Calao Systems USB A9263

- AT91SAM9263 ARM CPU
- 64 MB RAM 256 MB flash
- 2 USB 2.0 host
- 1 USB device
- 100 Mbit Ethernet port
- Powered by USB!
- Multiple extension boards.
- 160 Euros



XO 1.75

- ARM Marvell Armada 610
- 1 core @1GHz
- 1 GB RAM
- 4 GB Flash
- Consumo: 2W



Procesador	Versión XO	Consumo
AMD Geode	1.0	5W
VIA VX855	1.5	4W
ARM Marvell Armada 610	1.75	2W

PandaBoard

- Dual-core ARM® Cortex™ - A9 MPCore™ with Symmetric Multiprocessing (SMP) at 1 GHz each.
- 1GB RAM
- Full HD (1080p) multi-standard video encode/decode
- Graphics core
- Salida/Entrada de audio
- Salida de display dual
- 182 dolares



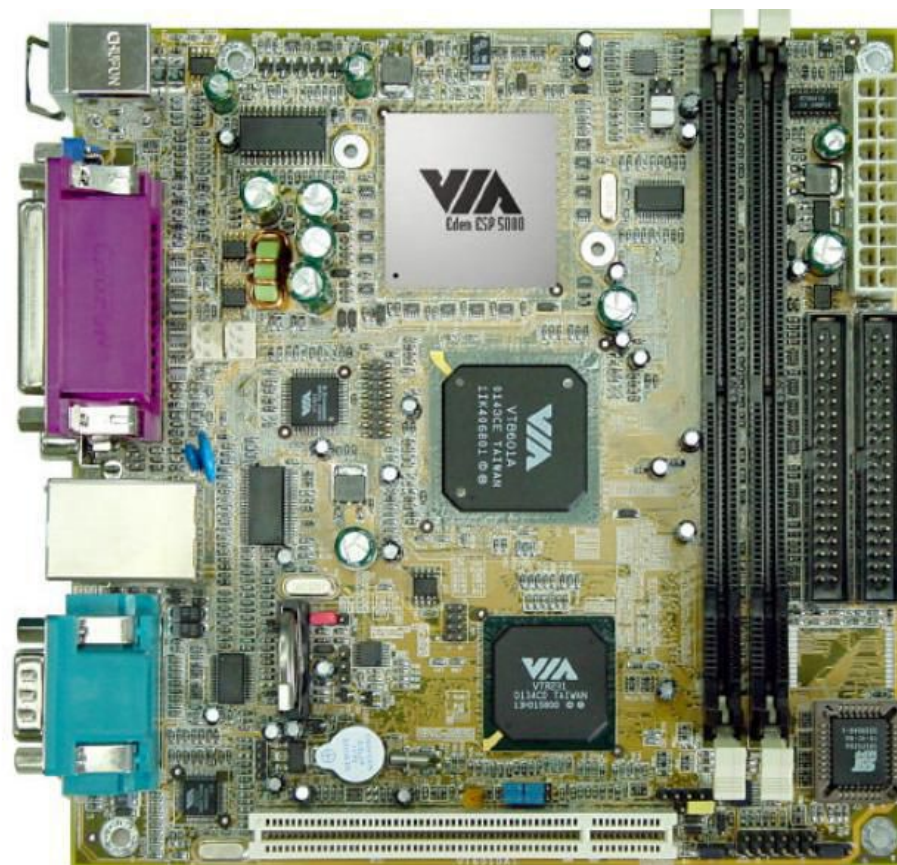
Motherboard

- Tamaño mayor a las SBCs utilizadas para implementar sistemas embebidos (menor nivel de integración)
- Mayor consumo
- Mayores posibilidades de expansión
- Puede de todas formas definirse como una SBC
- Existe el estándar mini-itx, son muy similares a las mothers típicas (ATX)



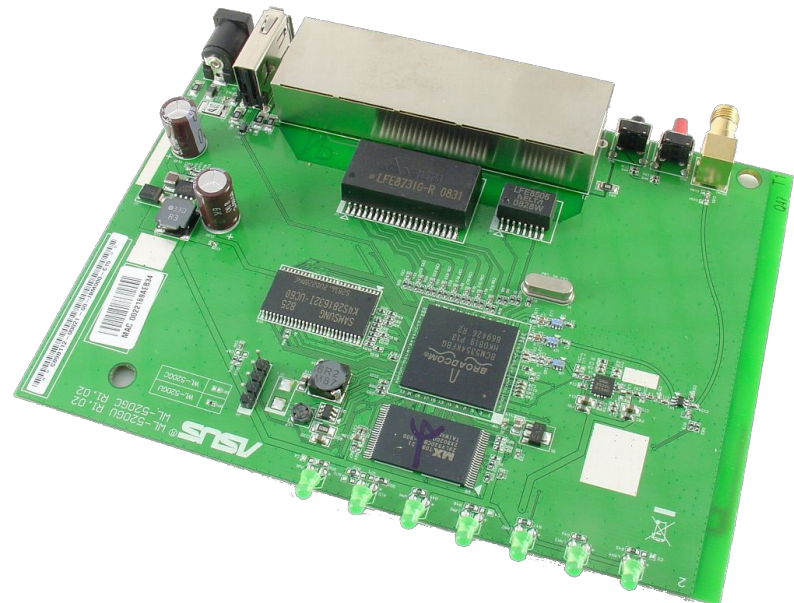
VIA Mini-ITX

- Tamaño Mini-ITX: 6.7" x 6.7"
- Tamaño ATX: 12" x 9.6"
- VIA ESP processor
- 128K L1 cache y 64K L2 cache
- 2 sockets DIMM PC100/133 SDRAM
- 2D/3D graphic acceleration
- 2 conectores ATA IDE
- FLASH onboard 8-32MB
- Audio system (line in, line out mic-in)
- Ethernet
- TV out
- Slot PCI
- 4 USB host
- 1 puerto paralelo



Una alternativa económica y accesible

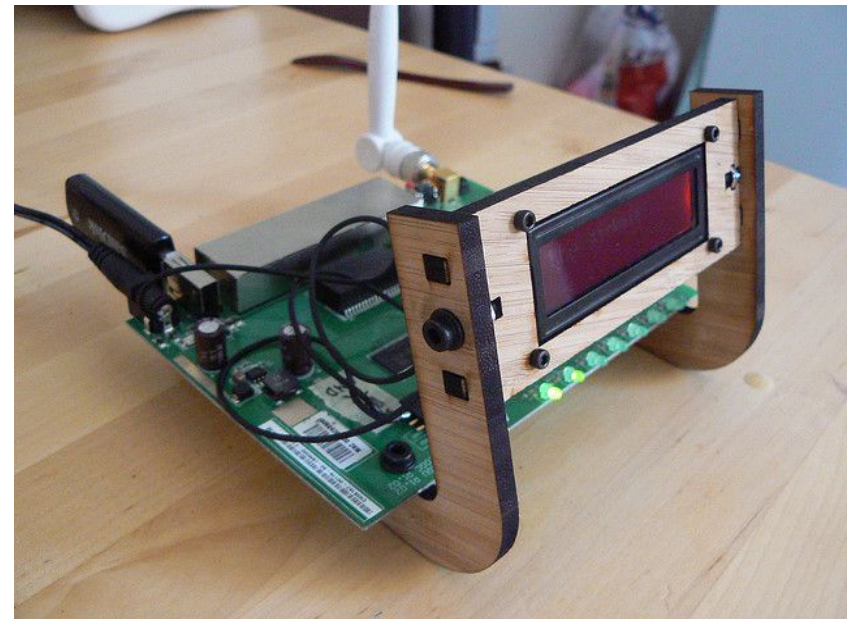
- Router ASUS WL520GU
- 200MHz MIPS CPU
- 16 MB RAM
- 4 MB Flash
- E/S limitada
- Funciona a 5V consume 5W
- Corre GNU/Linux
 - OpenWRT, Tomato, DD-WRT
- Accesible en el mercado local por 60 dolares



Varios proyectos abiertos disponibles



Internet Radio



RSS reader

SBCs utilizadas en robots comerciales



Khepera III

- CPU DsPIC 30F5011 @ 60MHz
 - RAM 4 KB , Flash 66 KB
- Sensors:
 - 8 Infra-red, 8 luz ambiente (30cm max)
 - 2 Infra-red (seguidores de linea)
 - 5 Ultrasonic (20cm a 4 metros)
- SBC Korebot II (opcional, plugged)
 - CPU Intel XSCALE PXA-270 @ 600MHz
 - RAM 128 MB, FLASH 32 MB
 - Consumo: 0.5W (Idle), 1.2W (Max)
 - 2 RS232, 1 USB Host (mini)
 - Gumstix extension connector
 - Compact Flash Type I socket
 - uSD socket1
 - KB-250 Interface (2x50-pin)
 - 3 USB, 1 MMC, 1 LCD, 1 I2C, 3 RS332
 - 1 SSP/SPI, 2 PWM, 53 GPIO
 - Salida/Entrada de audio



Aldebaran NAO

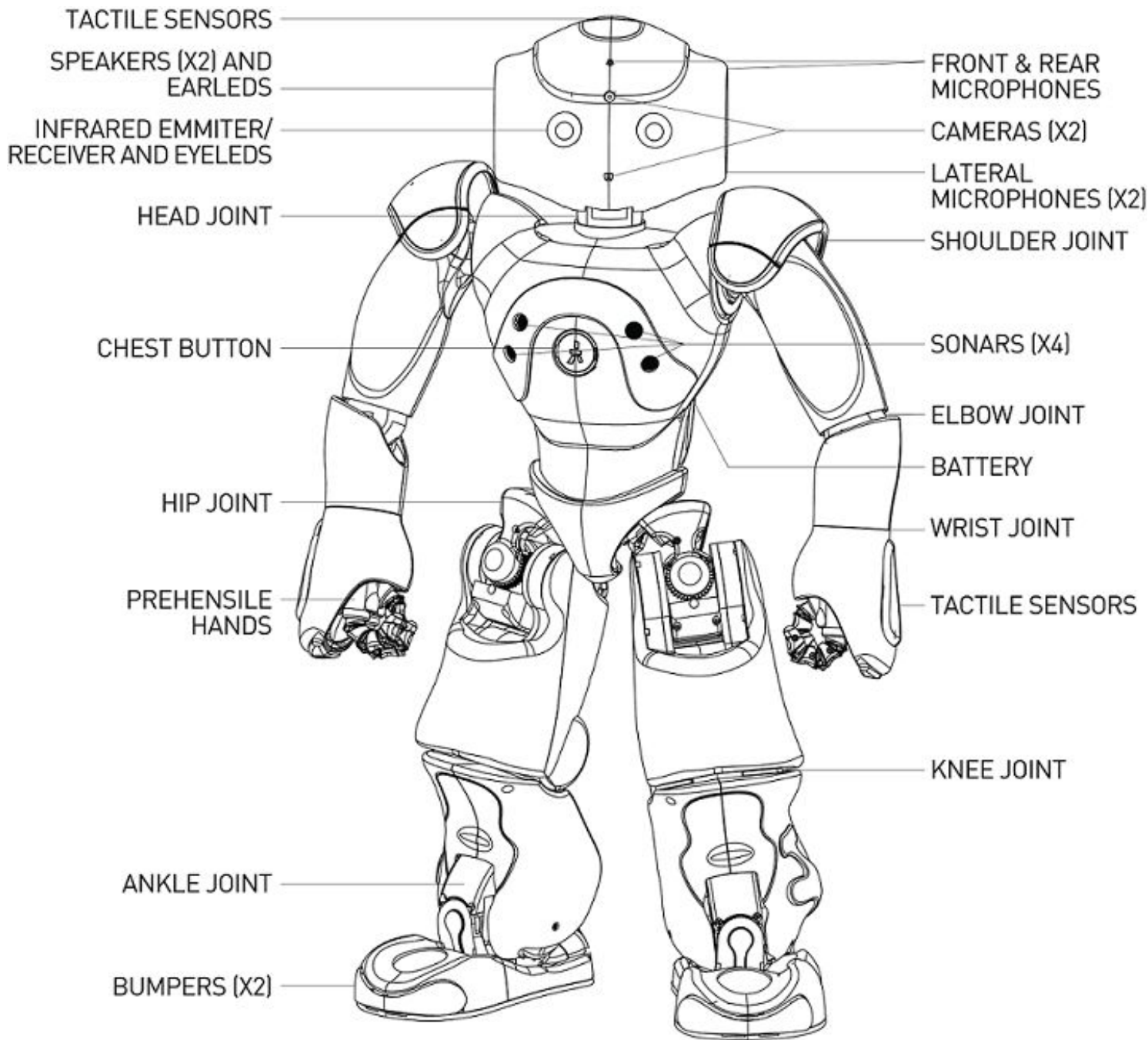
- CPU x86 AMD GEODE 500MHz
- Memoria: 256 MB SDRAM y 2 GB FLASH
- Red: Ethernet y WIFI.
- SO: Embedded Linux (32 bit x86 ELF)
- Microcontroladores dsPICs
- Actuadores
 - 32-36 motores Coreless DC
 - LEDs
 - Palantes.
- Sensores
 - 2 giroscopios y 1 acelerometro
 - 4 sonares, 2 switches, 2 IR y 1 capacitivo
 - 2 cámaras
 - Micrófonos



Equivalente a XO 1.0



Esquema Aldebaran NAO



Referencias

- Linux for devices: www.linuxfordevices.com/c/a/Linux-For-Devices-Articles/A-Linuxoriented-Intro-to-Embeddable-Single-Board-Computers/
- Free electrons: <http://free-electrons.com/>
- BeagleBoard: <http://beagleboard.org/>
- SheevaPlug:
<http://www.emeraldpost.net/empresas/sheevaplug-plug-computers.html>
- New Mini-ITX Mainboard Specification white paper:
<http://www.linuxfordevices.com/files/misc/Mini-ITX.pdf>
-

Preguntas

