

# Fundamentos en Robótica

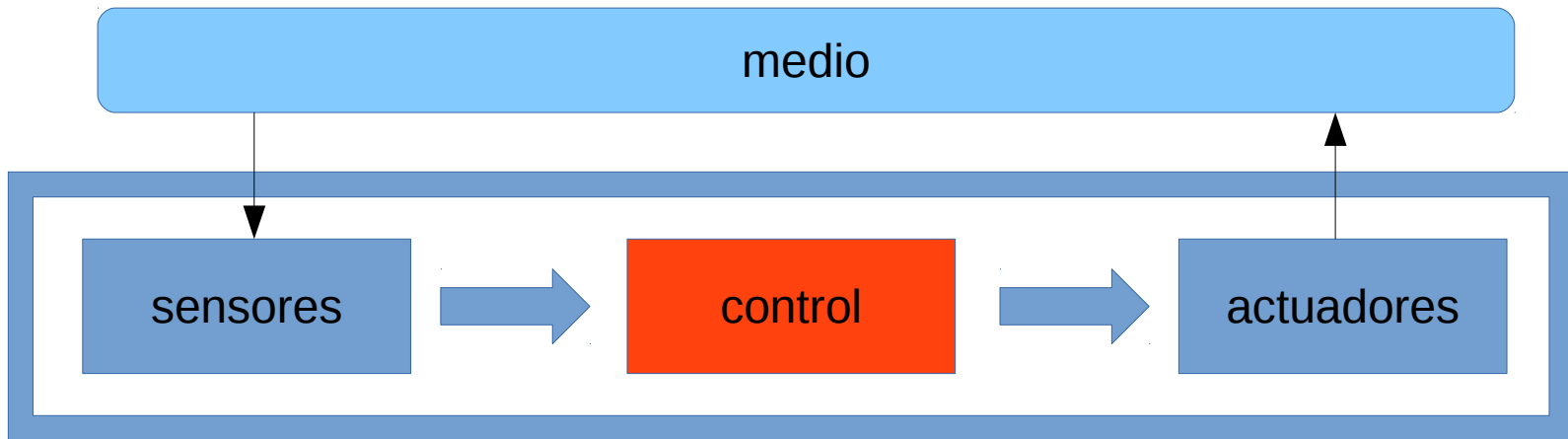
Unidad 2.3

Elementos estructurales

# Temario

- Chasis
- Sensores
- Articulaciones
- Actuadores
- Plataformas de cómputo
- Suministro de Energía
- Comunicaciones

# Plataformas de cómputo



# Plataformas de cómputo

- CPU: hardware que ejecuta instrucciones y realiza operaciones lógicas y matemáticas.
- Microprocesador ( $\mu P$ ): una CPU en un solo circuito integrado.
- Un computador es una CPU, más memoria y puertos de E/S.
- Un sistema computador es un computador más periféricos.
- Microcontrolador ( $\mu C$ ): un sistema computador en un solo integrado orientado a aplicaciones de control.

# Plataformas de cómputo

Características principales:

- Potencia de cómputo.
  - Rendimiento, RAM.
- Flexibilidad
  - E/S disponible, estándares usados.
  - OS, lenguajes.
- Robustez y formato físico.
- Requerimientos de potencia.
- Costo y disponibilidad.

# Plataformas de cómputo

## Microcontrolador

- Bajo costo
- Bajos recursos
- I/O desarrollada
  - Múltiple puertos
  - Soporte en hardware para protocolos I/O
- No tiene MMU  
Memorias pequeñas, del orden de kB a MB

## Microprocesador

- Costo  $\geq$  mediano
- Recursos  $\geq$  mediano
- MMU  
Memorias medianas a grandes, del orden de MB o GB. Memoria virtual con swap, paginado, etc.
- Énfasis en uso de Sistemas Operativos

# Plataformas de cómputo

## Microcontrolador

Sistema dedicado:

- Sin Sistema Operativo, a veces se usa un RTOS
- Se programa en C/C++
- Tiempo real duro:  
Control preciso del reloj y del flujo del programa
- Interrupciones en eventos de hardware

## Microprocesador

Sistema Operativo de propósito general:

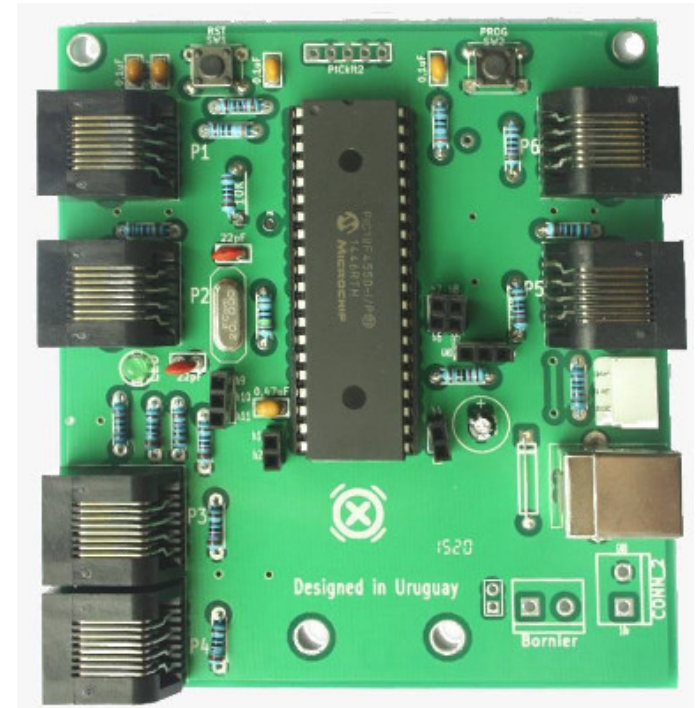
- Comunicaciones
- Herramientas
- Lenguajes
- Multitarea, tiempo real blando
- Varios modelos de concurrencia: memoria compartida, pipes, etc.

# Placa $\mu$ C: USB4Butiá

Controlador PIC18F (~US\$ 4 - 20)

- 48MHz, 12 MIPS
- ROM: 32 KB Flash
- 2048 bytes RAM
- Timers: 1x8bits, 3x16bits
- Buses: USB, UART, SPI, I2C, PWM
- ADC: 13 canales, 10bits.
- 2-5.5V, consumo <100mA trabajando I/O, 0.1mA en sleep
- Sistema dedicado (tiempo real) programable en Assembler, C++

Tareas en Butiá 2.0: esclavo vía USB de un host para acceder sensores y actuadores. Responde requerimientos. Detecta conexión/desconexión de dispositivos (PnP).



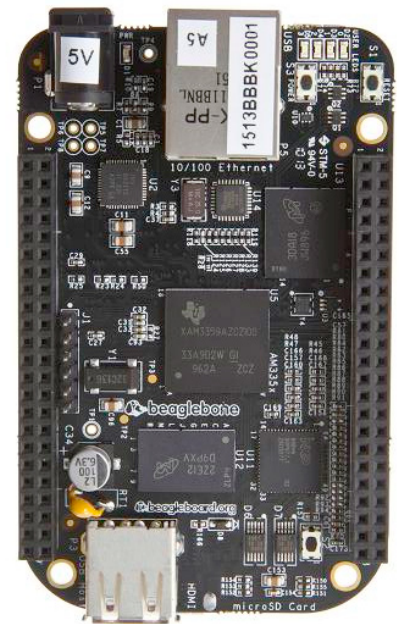
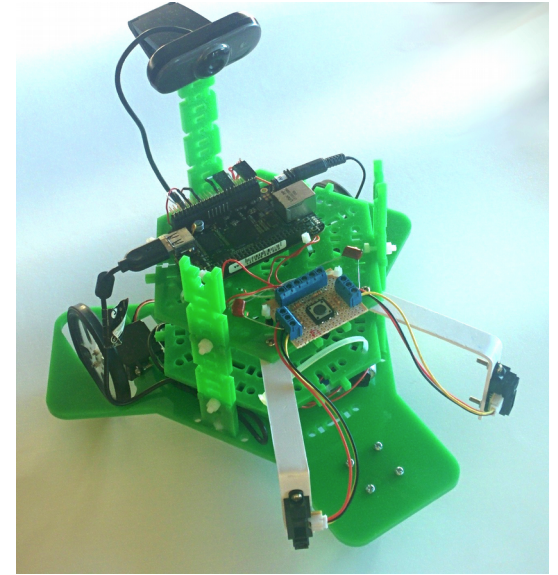


# SBC: BeagleBoard Black

ARM Cortex-A8 (~US\$ 45)

- 1GHz Clock
- ROM: 4GB Flash + mSD
- 512MB DDR3 RAM
- 2 microcontroladores adicionales
- Buses: USB, Ethernet, Serial, 4xPWM, GPIO
- 5V, consumo 300-400mA
- Entorno Linux estándar.

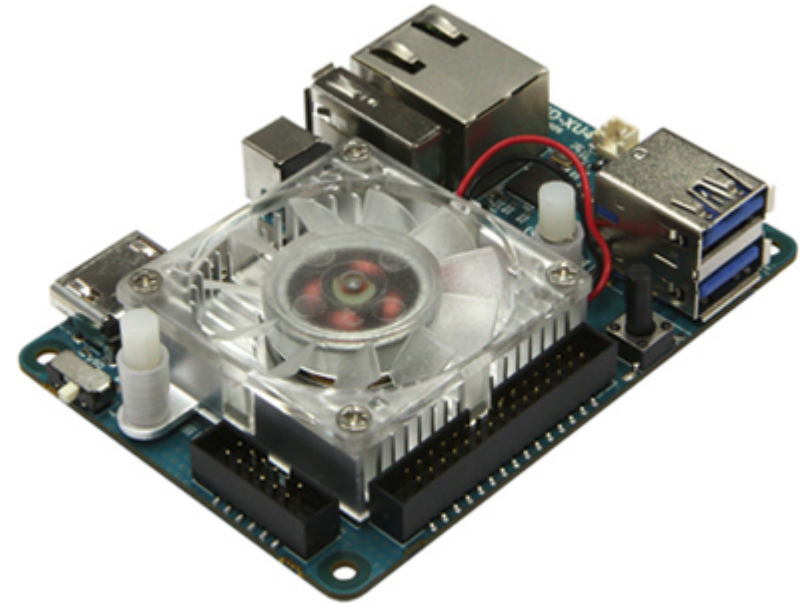
Tareas en Butiá 3 Torocó: Sistema autónomo, OpenCV para una webcam, dongle WiFi para interfaz de programación remota, lenguaje de uso específico de alto nivel



# SBC: ODROID-XU4

Exynos5422 (~US\$ 75)

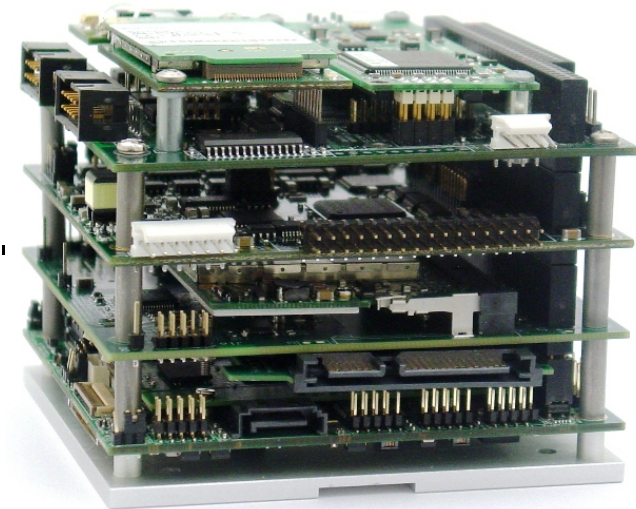
- Cortex-A15 + Cortex-A7 (8 cores)
- 2GHz clock
- Coprocesador gráfico
- eMMC + mSD
- 2GB DDR3 RAM
- Buses: 2xUSB3, USB2, Gbit Ethernet, I2C, GPIO
- 5V, consumo <800mA uso normal, picos de 2A
- Entorno Linux estándar.



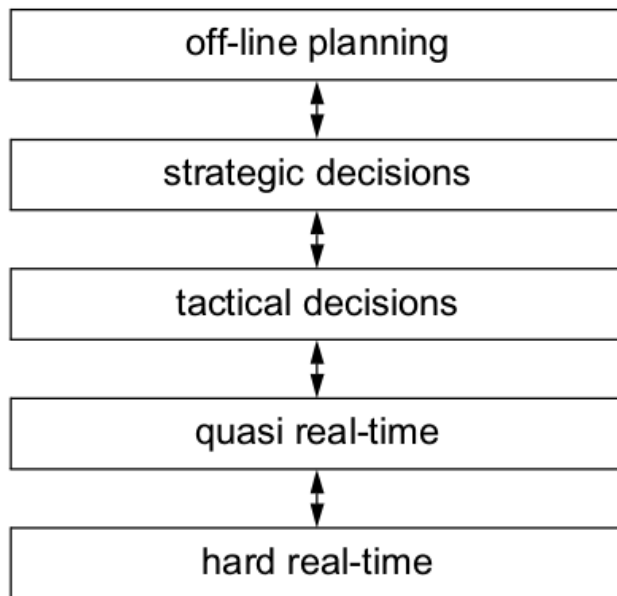
# Arquitectura PC/104

Estándar para aplicaciones industriales, basado en las capacidades de un PC

- Modular: placas apilables
  - CPU (comunmente x86, hay con ARM y PowerPC), Alimentación, I/O, almacenamiento...
  - Conectadas con un bus ISA, PCI ó PCI Express
- *Varios form factors* disponibles.



# Plataformas de cómputo



**Figure 6.18**

Generic temporal decomposition of a navigation architecture.

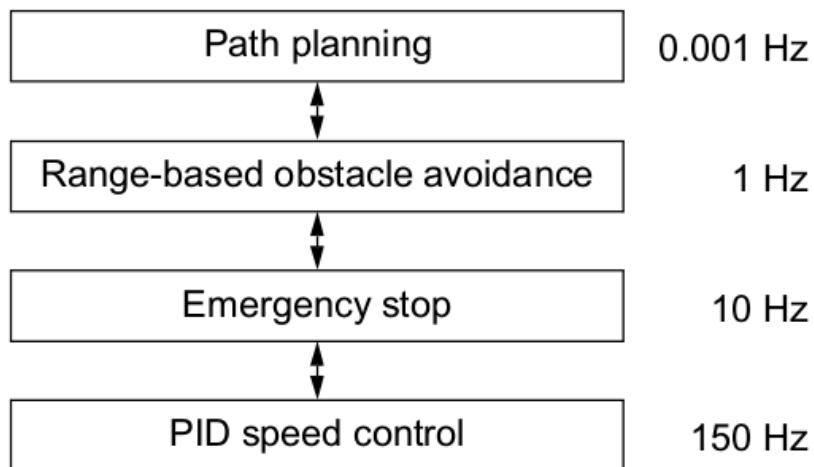
# Plataformas de cómputo



**Figure 6.18**

Generic temporal decomposition of a navigation architecture.

# Plataformas de cómputo



**Figure 6.19**

Sample four-level temporal decomposition of a simple navigating mobile robot. The column on the right indicates realistic bandwidth values for each module.

# Plataformas de cómputo



**Figure 6.19**

Sample four-level temporal decomposition of a simple navigating mobile robot. The column on the right indicates realistic bandwidth values for each module.

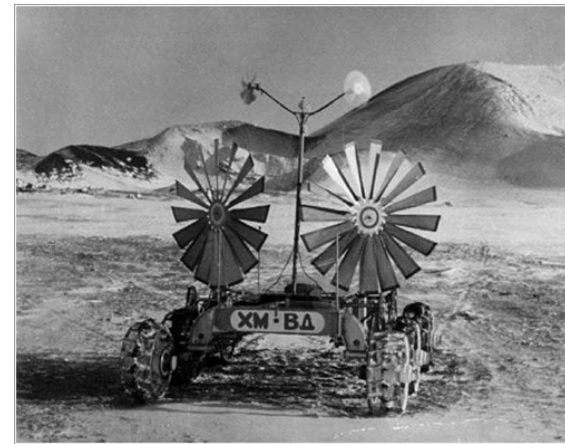
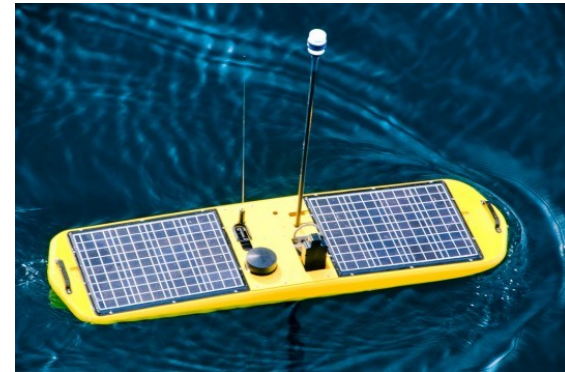
# Procesadores especializados

- **DSP – *Digital signal processor***  
Microprocesador optimizado para tareas con señales, p.e. filtros: aplicar operaciones complejas a un flujo de datos
  - Cómputo secuencial
  - Latencia controlada
- **GPGPU – *General purpose graphics processing unit***  
Microprocesador optimizado para la realización de cálculos matriciales
  - Operaciones simples aplicadas de forma altamente paralela
  - Aplicaciones en métodos numéricos y procesamiento de imágenes



# Suministro de energía

- Generación (transformación)
  - Combustión interna
  - Celdas solares
  - Eólicos
  - Celdas de energía, radioisótopos...
- Acumulación
  - Baterías recargables
  - Volantes
  - Aire comprimido



# Suministro de energía

## Características:

- Forma de energía entregada  
¿Eléctrica, mecánica, calor?
- Potencia:  $W$  (en sistemas eléctricos  $V \times I$ )
- Potencia específica:  $W/kg$
- Capacidad:  $W \times h$
- Densidad de energía:  $W \times h/kg$
- Condiciones de funcionamiento
- Eficiencia
- Consumibles, vida útil, costo.

# Energía eléctrica

## Diferencia de potencial

- Diferencia de carga eléctrica entre dos puntos, que genera un campo eléctrico
- Aplica una fuerza sobre cargas libres (e)
- Se mide en Volts

## Corriente eléctrica

- Cargas en movimiento (e)
- Se mide en Amperios
- Existe cuando hay diferencia de potencial + posibilidad de movimiento de cargas

# Energía eléctrica

## Conductividad / resistencia

- Los materiales que permiten a los electrones (cargas) moverse, son conductores. Los que no, aislantes.
- No existen conductores ni aislantes absolutos. La propiedad del material es la resistividad ( $\rho$ ):
  - Cobre:  $1.68 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$ , vidrio:  $10^{10}$  a  $10^{14}$
- La propiedad de un objeto es la resistencia (Ohms,  $\Omega$ ). La resistencia de un trozo de sección constante:

$$R = \rho \times L / A$$

A=sección L=largo  $\rho$ =resistividad

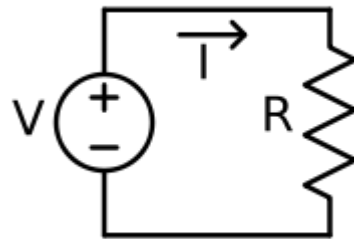
- Moraleja: cables cortos y gruesos tienen menor resistencia

# Energía eléctrica

## Ley de Ohm

La corriente eléctrica que circula entre dos puntos de un circuito es proporcional a la diferencia de potencial entre ellos e inversamente proporcional a la resistencia del camino que los une.

$$I = \frac{V}{R}$$



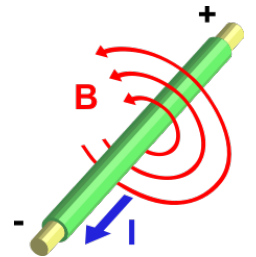
# Energía eléctrica

## Ley de Joule

Cuando una corriente eléctrica circula por una resistencia se disipa energía en forma de calor, proporcional a  $R$  y a  $I^2$ .

## Ley de Ampère

Cuando una corriente eléctrica circula por un circuito genera un campo magnético proporcional a  $I$ .



## Ley de Faraday

La variación de un campo magnético que atraviesa un conductor induce un campo eléctrico, y por lo tanto una corriente eléctrica.

# Energía eléctrica

## Ley de Conservación de la Energía

- De la energía que le doy a mi sistema, todo lo que no se gasta en hacer trabajo se convierte en calor.
- Calor → desperdicio.

# Energía eléctrica

## Electricidad

- Cable, resistencia
- Generador
- Voltaje (V)
- Corriente (A)
- Potencia ( $W=V \times A$ )
- Energía ( $W \times h$ )

## Hidráulica

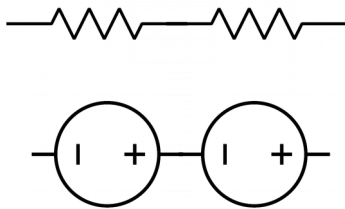
- Tubería, fricción
- Bomba
- Presión ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )
- Caudal ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- Potencia
- Energía



# Energía eléctrica

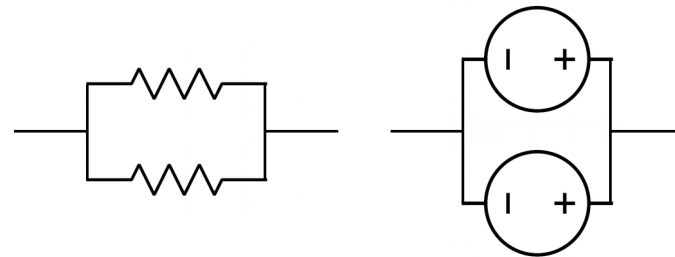
Las resistencias y los generadores se pueden poner en serie o en paralelo

## Serie



Se suman resistencias y voltajes, se mantienen corrientes

## Paralelo



Se mantienen voltajes, se reparten las corrientes y se reduce la resistencia

# Suministro de energía

- Voltaje de operación
  - Puede convertirse, con un costo
    - Reguladores lineales, fuentes switcheadas
    - $V \times I$  se mantiene constante (descontando pérdidas)
  - Voltajes típicos: 3.3V, 5V, 12V
- Corrientes máximas
  - La corriente es lo que quema cosas
  - Valores típicos: 100mA, 500mA, 2A
  - Hay que tenerla en cuenta para elegir cables

# Baterías

- Plomo-ácido
  - Bajo costo, baja potencia, pesado
- NiCd
  - Alta potencia, costo moderado, duradera
- NiMH
  - Alta densidad de energía, ciclo de vida limitado
- Li-ion y LiPO
  - Alta densidad de energía, alto costo, potencias altas, delicadas

# Suministro de energía

- Dos motores DC pequeños
  - $2 \times 6V \times 200mA = 2.4W$
- USB4Butiá
  - $5V \times 70mA = 0.35W$
- Lámpara de bajo consumo
  - 20W a 220V (90mA)
- Odroid XU-4 (WiFi, “fan-on”)
  - $5V \times 1300mA = 6.5W$
- Motor de Lego NXT
  - $9V \times 500mA = 4.5W$
- 4 pilas AA de NiMH (90g)
  - $4 \times 1.2V \times 2500mAh = 12Wh$
- *PowerBank* USB (57g)
  - $5V \times 2600mAh = 13Wh$
- Batería de XO
  - 22.8Wh (LiFePO4); 16.5Wh(NiMH)
- 100g de gasolina, 20% eficiencia
  - $0.1kg \times 44MJ/kg \times 0.2 = 244.4Wh$
- 1 panel solar de 30cm  $\times$  30cm
  - $\sim 10W$



# Comunicaciones

## Usos principales

- Control
- Coordinación autónoma
- Telemetría
- Sensado remoto

# Comunicaciones

- Usualmente enlaces inalámbricos.
- Características principales:
  - Ancho de banda (y latencia, dependiendo de la aplicación)
  - Alcance y características de propagación
  - Consumo de energía
  - ¿Bandas licenciadas o libres?
  - Costo de equipamiento

# Comunicaciones

- Bluetooth y ZigBee (802.15)
  - Corto alcance, muy bajo costo
- Wifi (802.11)
  - Alcance mediano, bajo costo, rendimiento variable
- GPRS, GSM, LTE...
  - Gran cobertura, costos de operación
- Modems VHF/UHF
  - Gran alcance, bajo datarate, costo medio-alto
- Enlaces satelitales
  - Alcance global, costos altos

Fin