

# 7919 | **Sistemas Embebidos**

2º Cuatrimestre de 2017

## **CLASE 1: INTRODUCCIÓN**

**Prof: José H. Moyano**

**Autor original: Sebastián Escarza**

Dpto. de Cs. e Ing. de la Computación  
Universidad Nacional del Sur  
Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina



# **GrIDSE**

# Presentación de la Cátedra

- **Profesor:** Lic. José H. Moyano
- **Asistente:** Claudio Andrés Salamanca
- **Ayudantes:** Mariano Coccia, (?)
- **Contacto:**
  - **Oficina:** Oficina de Sistemas – Edificio DCIC Complejo Palihue.
  - **E-Mail:** jose.moyano@cs.uns.edu.ar.
  - **Horarios de Consulta:** Viernes 14:00 a 16:00.
- **Página Web:** <http://cs.uns.edu.ar/materias/se>

# Horarios de Cursado

- Se tratará de respetar el siguiente esquema:
  - Horarios de clase:
    - Mié. de 14hs a 18hs: Teoría (4hs)
  - Horarios de práctica o laboratorio:
    - Lun. de 14hs a 18hs: Laboratorio (4hs)
    - Vie. de 14hs a 18hs: Laboratorio (4hs)
- Lugar: Laboratorio LP001



The background of the slide is a detailed, high-resolution image of a printed circuit board (PCB). It shows a complex network of copper traces, various electronic components like integrated circuits, capacitors, and resistors. The image is slightly faded and has a blueish tint, serving as a technical backdrop for the title.

# **Objetivos de la Materia**

# Objetivos de la materia

- **A nivel cognitivo se espera que los alumnos:**
  - Se introduzcan en la problemática del desarrollo de sistemas embebidos, en contraposición al desarrollo de aplicaciones de escritorio.
  - Adquieran habilidades para diseñar y desarrollar sistemas embebidos.
  - Adquieran criterio para decidir qué componentes implementar en hardware y cuáles en software (particionamiento).
  - Desarrollen capacidades para seleccionar hardware adecuado en función de los requerimientos de la aplicación (costo, consumo, prestaciones, entre otras restricciones).

# Objetivos de la materia

- **A nivel cognitivo se espera que los alumnos:**
  - Experimenten con elementos propios del área tales como microcontroladores, dispositivos, simuladores, emuladores, etc.
  - Adquieran familiaridad con dispositivos de hardware programable y lenguajes de descripción de hardware.
  - Adquieran la capacidad de leer e interpretar la documentación de los dispositivos presentes en este tipo de sistemas.
  - Desarrollen habilidades para capacitarse en el futuro, en arquitecturas, microcontroladores y/o dispositivos no vistos en la materia.



# Objetivos de la materia

- **Transversalmente se espera que los alumnos:**
  - mejoren sus habilidades en diseño de sistemas, tomando decisiones convenientes en cuanto a la división de sistemas en subsistemas, interacción entre módulos, etc.
  - ejerciten el trabajo en equipo y la división de responsabilidades.
  - desarrollen habilidades para explicar, comunicar y discutir decisiones de diseño con sus pares.
  - apliquen en escenarios concretos los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera.

# Objetivos de la materia

- **A nivel académico se espera:**
  - Integrar y aplicar los contenidos vistos en materias precedentes. Unificar los puntos de vista alcanzados las áreas de:
    - Circuitos Eléctricos y Electrónica
    - Sistemas
  - Continuar evaluando el enfoque utilizado para la presentación y organización de los contenidos de la materia, desarrollos en laboratorio, etc.
  - Continuar evaluando las plataformas tecnológicas empleadas para el desarrollo de los trabajos de laboratorio.



The background of the slide is a detailed, high-resolution image of a printed circuit board (PCB). It features a complex network of fine, light-colored traces on a darker substrate. Various electronic components are visible, including several integrated circuits (chips) of different shapes and sizes, some with labels like 'SMARTFUSION' and 'AICTEL'. There are also capacitors, resistors, and other passive components scattered across the board. The overall aesthetic is technical and modern, suggesting a focus on technology or engineering.

# **Régimen de Cursado y Promoción**

# Régimen de Cursado

- **El abordaje teórico conceptual:**
  - se realiza de manera independiente de arquitecturas embebidas y/o dispositivos particulares,
  - se complementa con el estudio y utilización de algunos de ellos.
- **Para la materia se ha seleccionado un enfoque netamente práctico y de aplicación de los conceptos vistos.**



# Régimen de Cursado

- **La evaluación se realizará mediante:**
  - trabajos de laboratorio desarrollados a lo largo del cuatrimestre (calificados con Aprobado/Desaprobado, con opción a una sola reentrega).
  - el Proyecto Final de materia (a elección, debiendo integrar una buena parte de los contenidos abordados en la materia, calificado con nota de 0 a 10).
  - una nota conceptual (de 0 a 10) sintetiza el desempeño (nivel de participación, nivel de compromiso, calidad del trabajo realizado, entre otros factores).
- **Aquellos alumnos que aprueben todos los laboratorios y el proyecto final, cursan la materia.**

# Régimen de Cursado

- **Trabajos de laboratorio:**
  - Desarrollados en grupo (max. 2 personas) durante un período de tiempo estipulado por la cátedra.
  - Instancias de evaluación:
    - Evaluación funcional del objetivo del laboratorio.
    - Evaluación individual del laboratorio (conceptos teóricos, aplicación de los mismos, decisiones de diseño, alternativas, etc.).
    - En determinados laboratorios, además, podrán requerirse informes, documentos de diseño y otros entregables a evaluar.
  - Se aprueban habiendo aprobado TODAS las instancias de evaluación anteriores.



# Régimen de Cursado

- **Proyecto final de materia:**
  - Se realiza en grupo (de N alumnos, con  $N \geq 2$ ) durante las últimas 4 semanas del cursado.
  - La temática del proyecto es a elección.
  - Propuesta de proyecto y cronograma: define alcances del proyecto, etapas, fortalezas y debilidades. La cátedra evalúa su factibilidad e introduce las correcciones necesarias.
  - Instancias de evaluación:
    - Evaluación funcional del proyecto
    - Exposición oral de lo realizado.
  - La nota del proyecto final se define en base a su funcionamiento, exposición oral y documentación.


# Régimen de Promoción

- **Habiendo cursado la materia se calcula la nota global (un promedio pesado de la nota conceptual y la nota del proyecto final)**
  - **La materia se promociona con requisito que estén en condiciones de rendir final. La nota de aprobación es la nota global.**



# Condiciones Excepcionales

- No asistir a la defensa de un laboratorio se considera un desaprobado.
- Si no se puede asistir a la defensa de un laboratorio: Certificado.
  - De sanidad por enfermedad.
  - Del asistente de otra materia por solapamiento.
- No cumplir con el plazo de entrega del laboratorio se considera desaprobado.

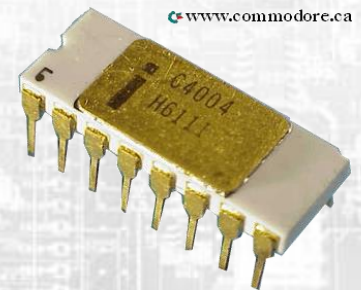


# **Introducción a los Sistemas Embebidos**



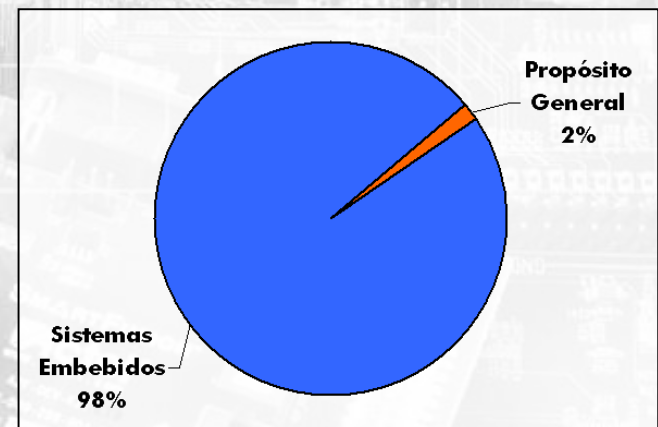
# Un poco de historia...

- La historia de los Sistemas Embebidos va de la mano de la historia de los microprocesadores.
- 1971 - Intel 4004:
  - Microprocesador de 4 bits de propósito gral.
  - Software en memoria externa
  - Para una línea de calculadoras
- Década del 70: crece el uso de microprocesadores.
  - Procesadores de 8 bits (Intel 8008, 8080, Motorola 6800, Zilog Z80, etc) y 16 bits (DEC LSI 11, Intel 8086, etc). Las
  - Aplicaciones iniciales: militares principalmente (ej. control de navegación), aeroespaciales (ej. sondas no tripuladas), y mainframes (ej. PDP 11).



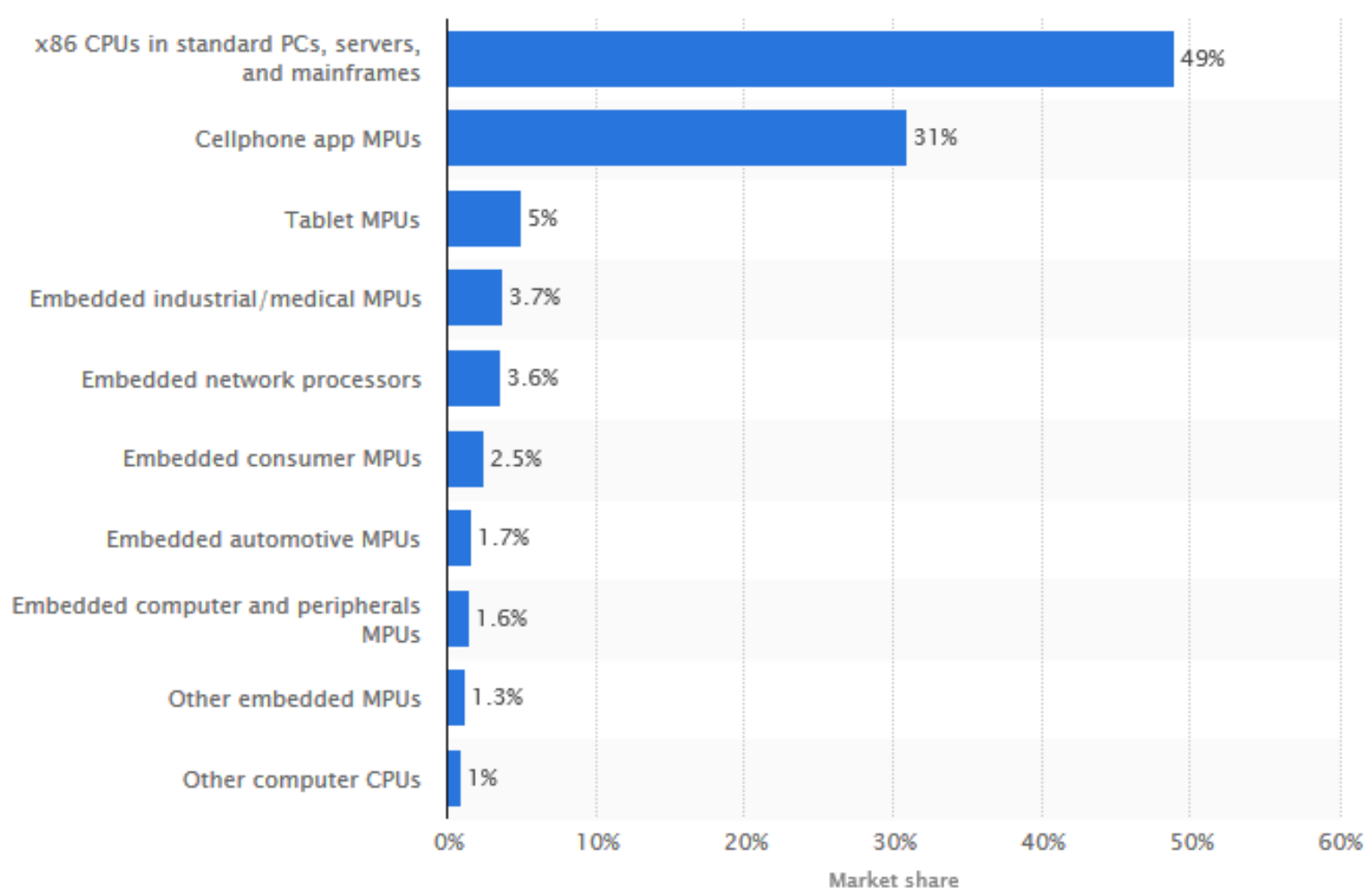
# Un poco de historia...

- 80s y 90s: 32 bits (Motorola 68k, x86) y RISC (MIPS, Power, ARM)
  - Masificación en el uso de microprocesadores en la vida cotidiana
  - Aplicaciones en electrónica de consumo.
- Menos del 2% de los procesadores son utilizados para propósito general.
- El 98% restante se destinan a sistemas embebidos.



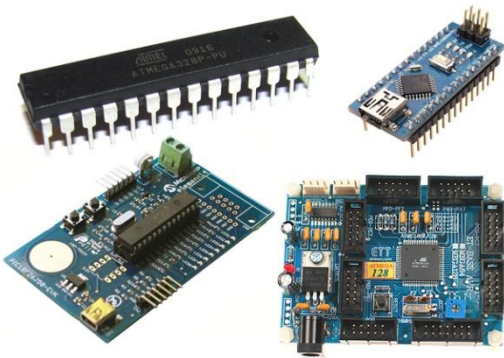


# Tendencias...



# Tendencias...

## • Tres grandes grupos de Sistemas Embebidos:



### “Baremetal”

- uC: 8/16 bits (en gral.)
- Aplicación sobre el HW
- Control total del sistema
- Sistemas de baja o mediana complejidad



### c/RTOS

- Determinismo
- Tareas fijas en diseño, planificabilidad
- Altos requerimientos temporales



### Aplic. Generales

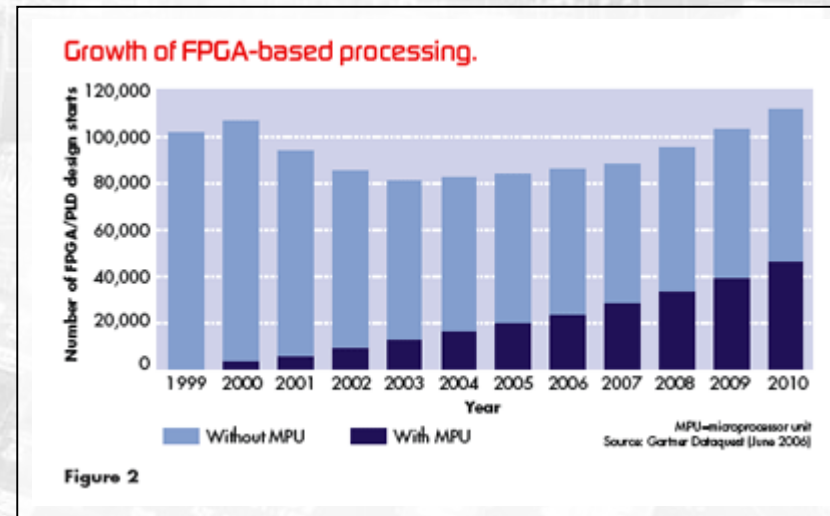
- Similar a sist. de escritorio, c/restricciones de hardware
- Tareas variables en tiempo de ejecución (ej. Apps)
- Propósito general

Tendencia a multiprocesamiento asimétrico



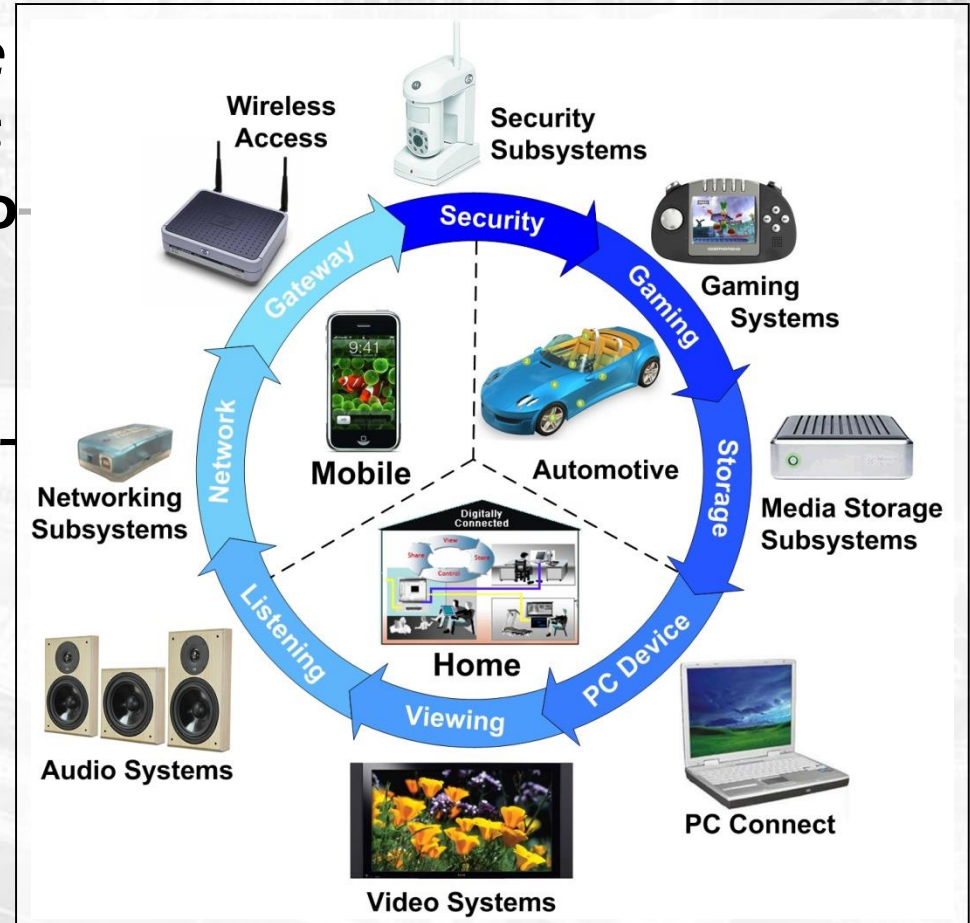
# Tendencias...

- Mayor nivel de integración: Sistemas con CPU + dispositivos separados ceden lugar a sistemas completos en cada chip (SoC).
- Migración hacia el uso de dispositivos programables (ej. FPGAs) en detrimento de soluciones de hardware fijo.



# Tendencias...

- Así como se pasó de los mainframes a las computadoras personales, la tendencia actual es hacia la convergencia de dispositivos y hacia la ubicuidad de la computación.

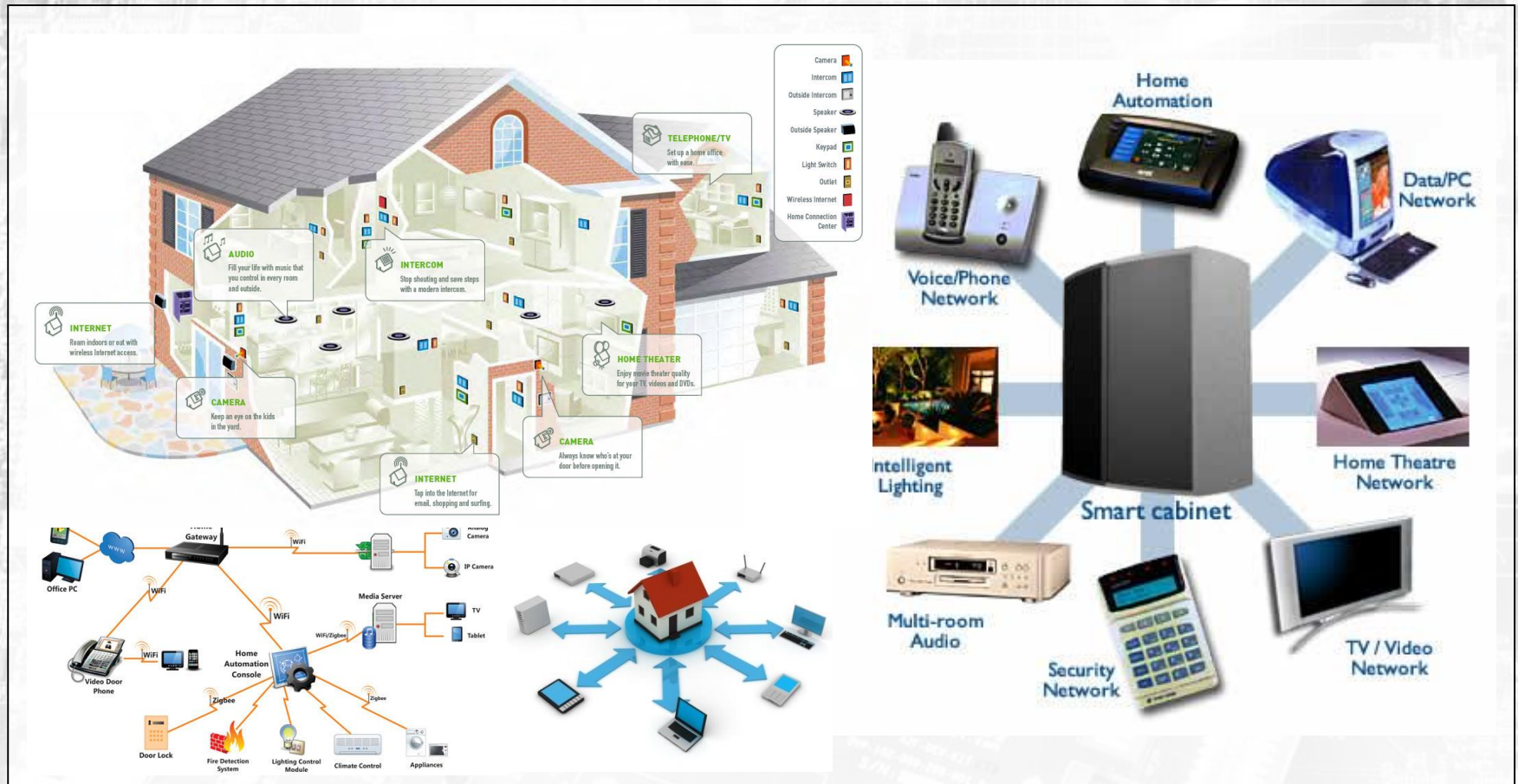




# Algunas aplicaciones - Hogar

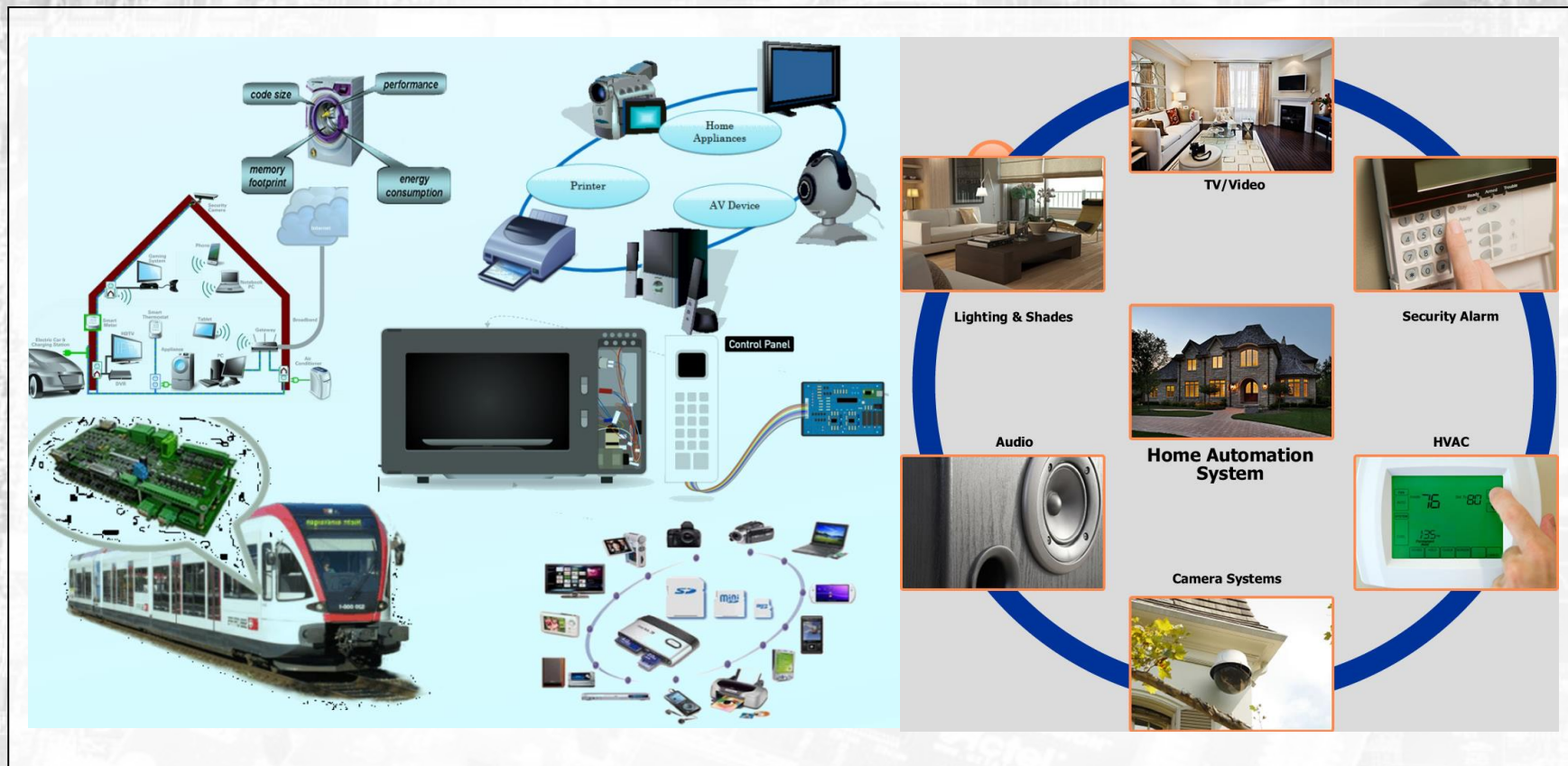


# Algunas aplicaciones - Hogar



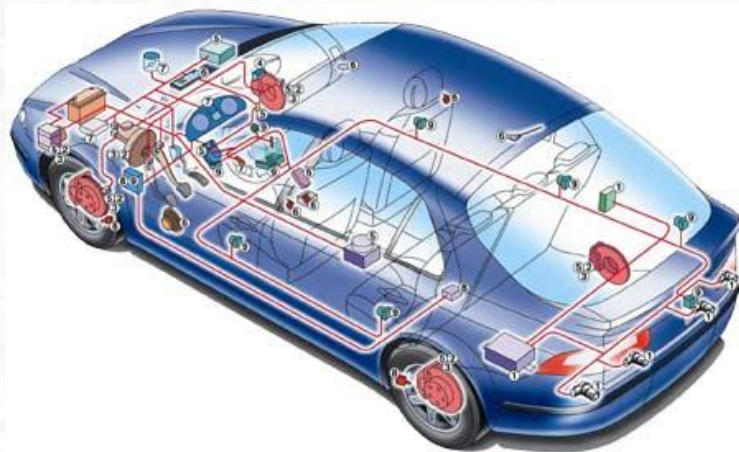
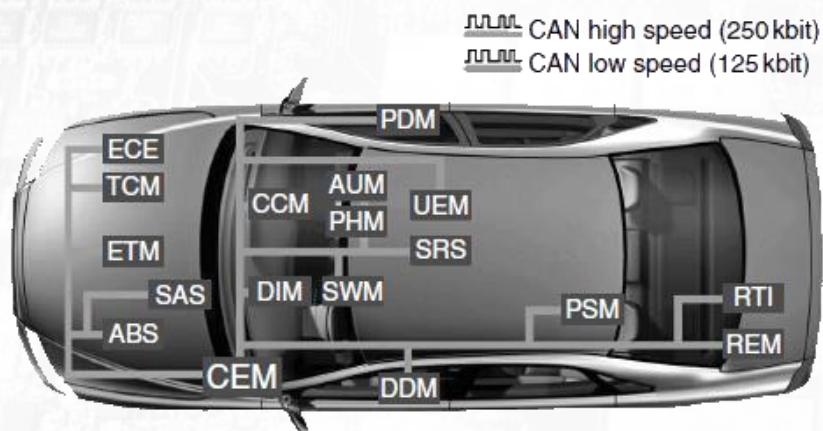


# Algunas aplicaciones - Hogar

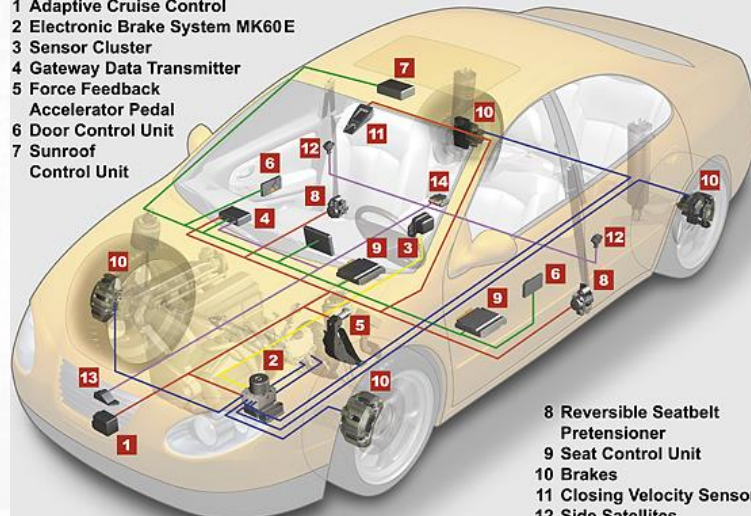




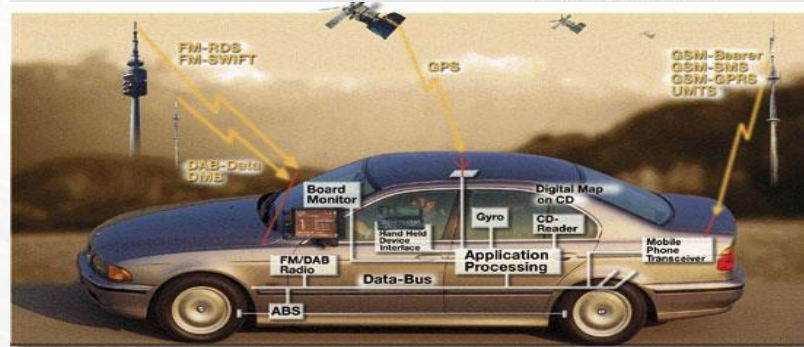
# Algunas aplicac. – Ind. Automotriz



- 1 Adaptive Cruise Control
- 2 Electronic Brake System MK60E
- 3 Sensor Cluster
- 4 Gateway Data Transmitter
- 5 Force Feedback Accelerator Pedal
- 6 Door Control Unit
- 7 Sunroof Control Unit



- 8 Reversible Seatbelt Pretensioner
- 9 Seat Control Unit
- 10 Brakes
- 11 Closing Velocity Sensor
- 12 Side Satellites
- 13 Upfront Sensor
- 14 Airbag Control Unit



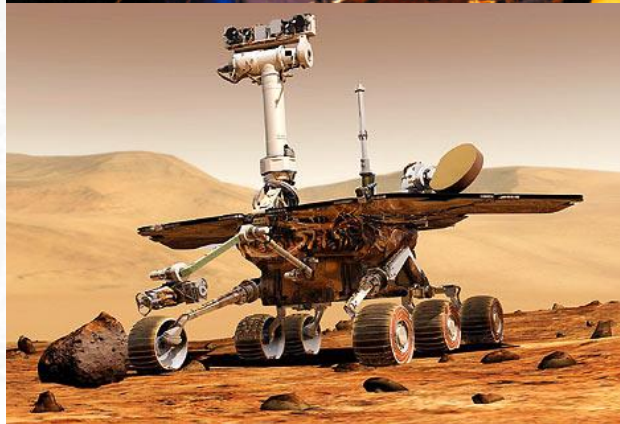
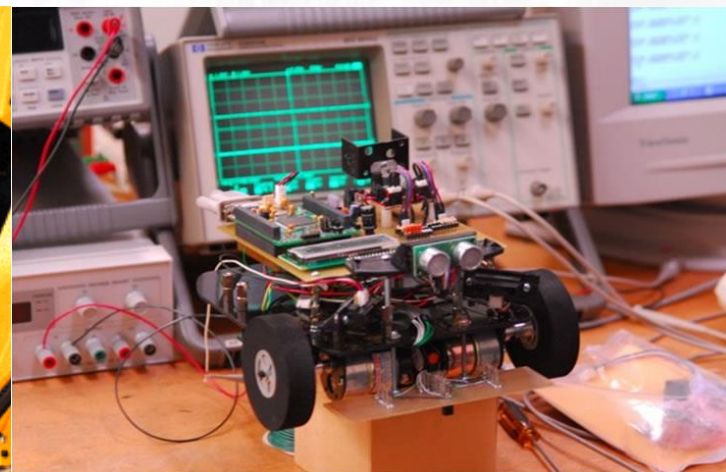


# Algunas aplicaciones - Aeronáutica



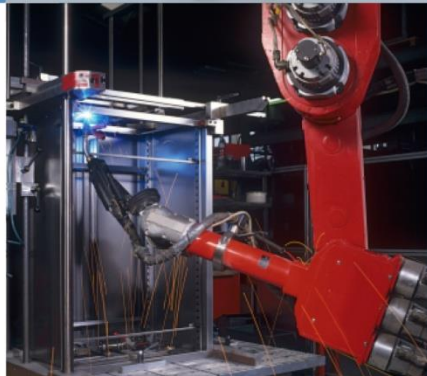
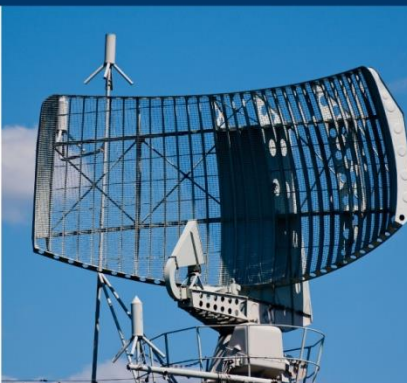


# Algunas aplicaciones - Robótica





# Otras aplicaciones





# Otras aplicaciones





# Otras aplicaciones



# Más aplicaciones (links)...

- En los sitios de fabricantes de microcontroladores y dispositivos embebidos se pueden hallar más ejemplos de aplicaciones.
- Algunos fabricantes:
  - [www.atmel.com](http://www.atmel.com) (propiedad de Microchip)
  - [www.microchip.com](http://www.microchip.com)
  - [www.nxp.com](http://www.nxp.com) (incluye ex [freescale.com](http://freescale.com))
  - [www.st.com](http://www.st.com)
  - [www.altera.com](http://www.altera.com)
  - [www.xilinx.com](http://www.xilinx.com)
  - etc.



# Definición de Sistema Embebido

- En la bibliografía existen numerosas definiciones que intentan caracterizar este tipo de sistemas:
  - An embedded system is a system whose principal function is not computational, but which is controlled by a computer embedded within it.
  - An embedded system is a combination of computer hardware and software and perhaps additional parts, either mechanical or electronic, designed to perform a dedicated function.
  - Often referred to as pervasive or ubiquitous computers, embedded systems represent a class of dedicated computer systems designed for specific purposes.


# Definición de Sistema Embebido

- Resulta difícil dar una definición concreta de Sistema Embebido.
- El área de sistemas embebidos es muy amplia y heterogénea.
- ¿Qué tienen en común las definiciones anteriores?
- ¿Qué tienen en común las aplicaciones antes mencionadas?



# Definición de Sistema Embebido

- En el curso consideraremos la siguiente definición de Sistemas Embebidos:
- En general, los sistemas embebidos comparten las siguientes características:
  - son sistemas de cómputo
  - diseñados para un propósito particular
  - forman parte de (están embebidos/incrustados en) un sistema mayor
- Ej: Un switch/router podría contradecir el punto 3.
- Ej: Dispositivos tales como smartphones y tablets, tienden a contradecir el punto 2 (convergencia).

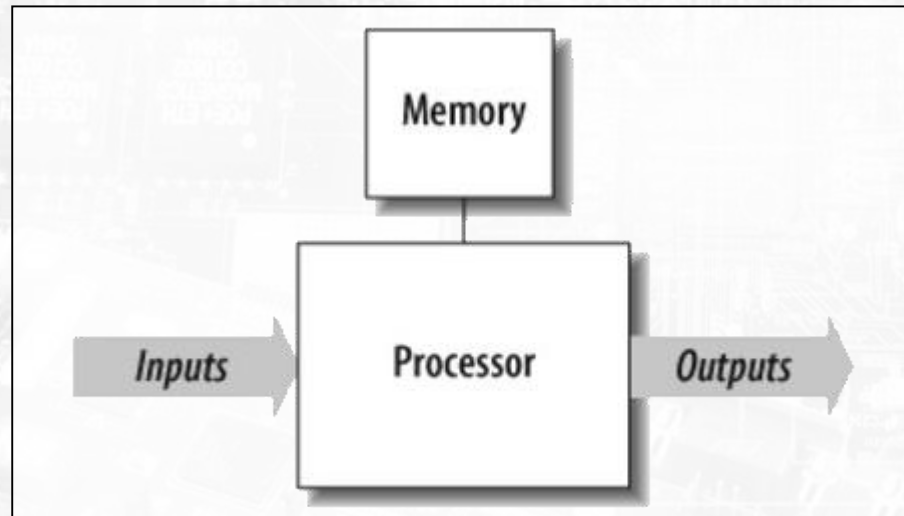


# **Caracterización de Sistemas Embebidos**



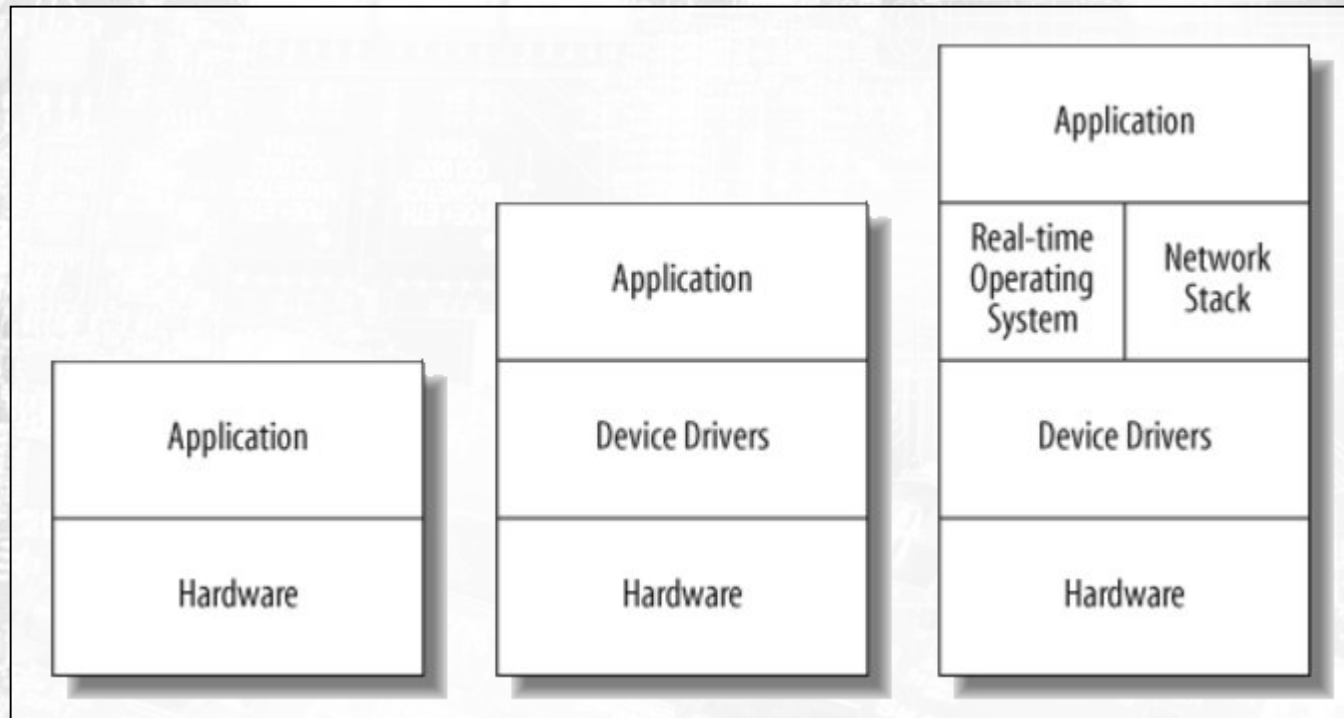
# Caracterización de Sist. Embebidos

- Un sistema embebido genérico:



# Caracterización de Sist. Embebidos

- Capas de software en un sistema embebido:

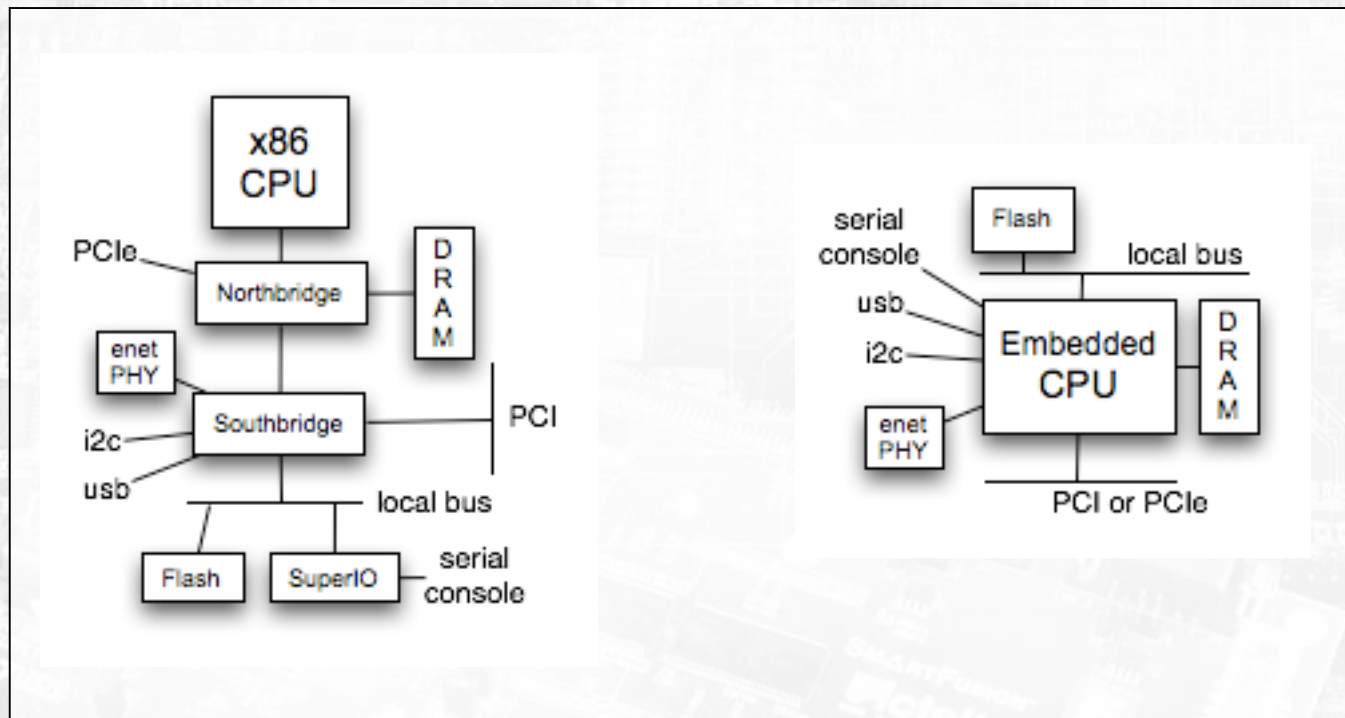


- Difieren según el sistema: “baremetal”, c/RTOS o Prop. Gral.

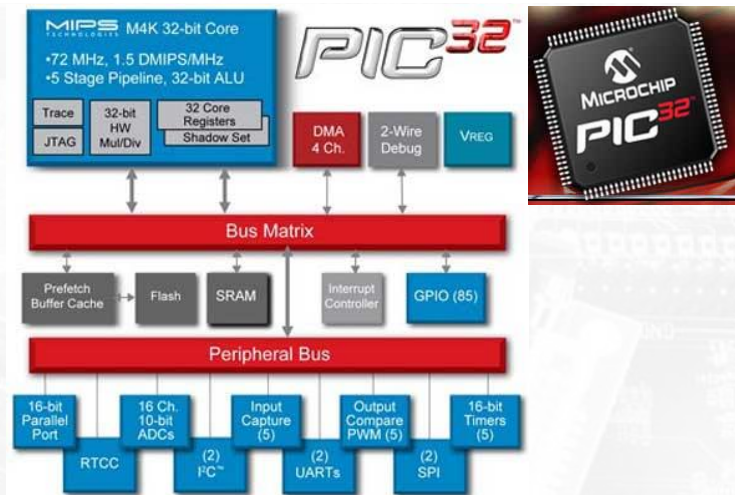
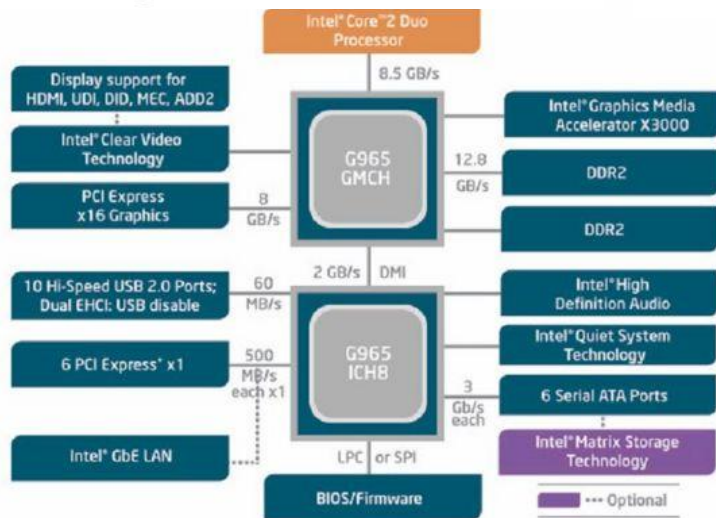
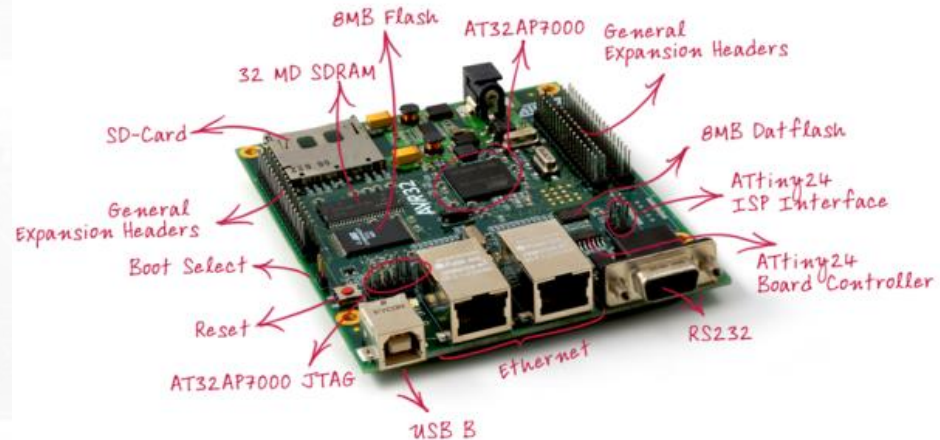


# Caracterización de Sist. Embebidos

- Arquitecturas de escritorio vs embebidas:



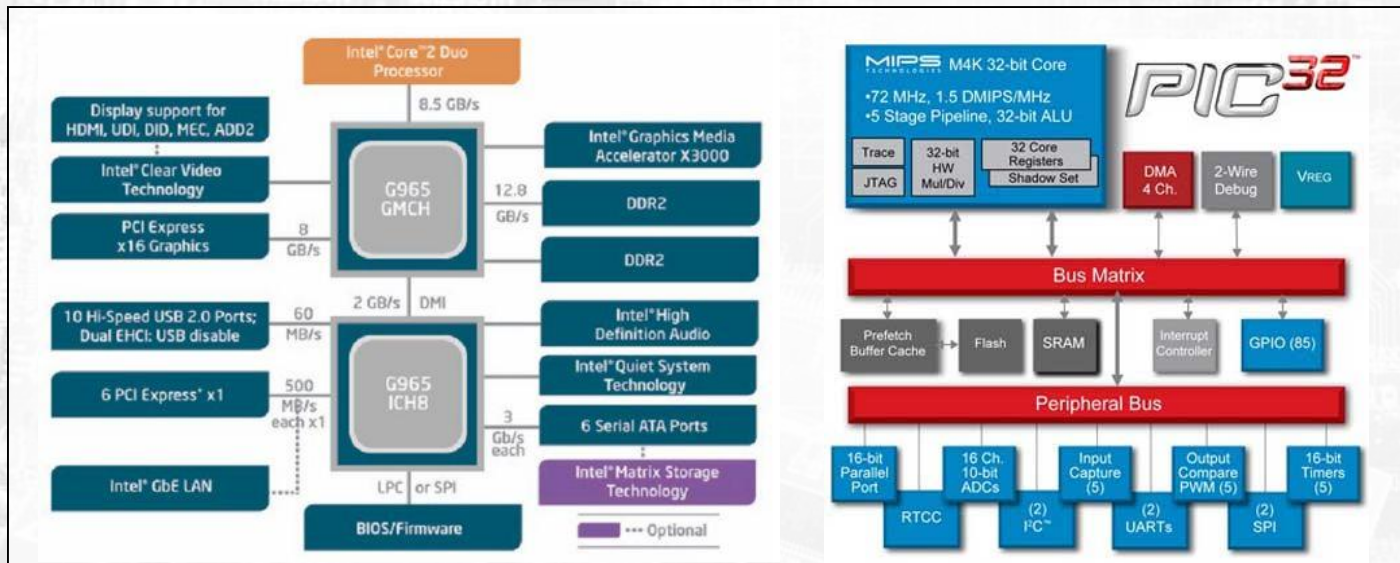
# Caracterización de Sist. Embebidos





# Sist. Embebidos vs Sist. de Escritorio

- Los sistemas embebidos están dedicados a tareas específicas mientras que los sistemas de escritorio son plataformas de propósito general.



# Sist. Embebidos vs Sist. de Escritorio

- Los sistemas embebidos están soportados por una variedad más amplia de procesadores y arquitecturas que los sistemas de escritorio.
  - a raíz de lo específico de su propósito
  - por cuestiones de costos
- Ej: Algunas arquitecturas de procesador usadas en Sistemas Embebidos (según en.wikipedia.org):
  - 65816, 65C02, 68HC08, 68HC11, 68k, 8051, ARM, AVR, AVR32, Blackfin, C167, Coldfire, COP8, Cortus APS3, eZ8, eZ80, FR-V, H8, HT48, M16C, M32C, MIPS, MSP430, PIC, PowerPC, R8C, SHARC, SPARC, ST6, SuperH, TLCS-47, TLCS-870, TLCS-900, Tricore, V850, x86, XE8000, Z80, AsAP, etc.



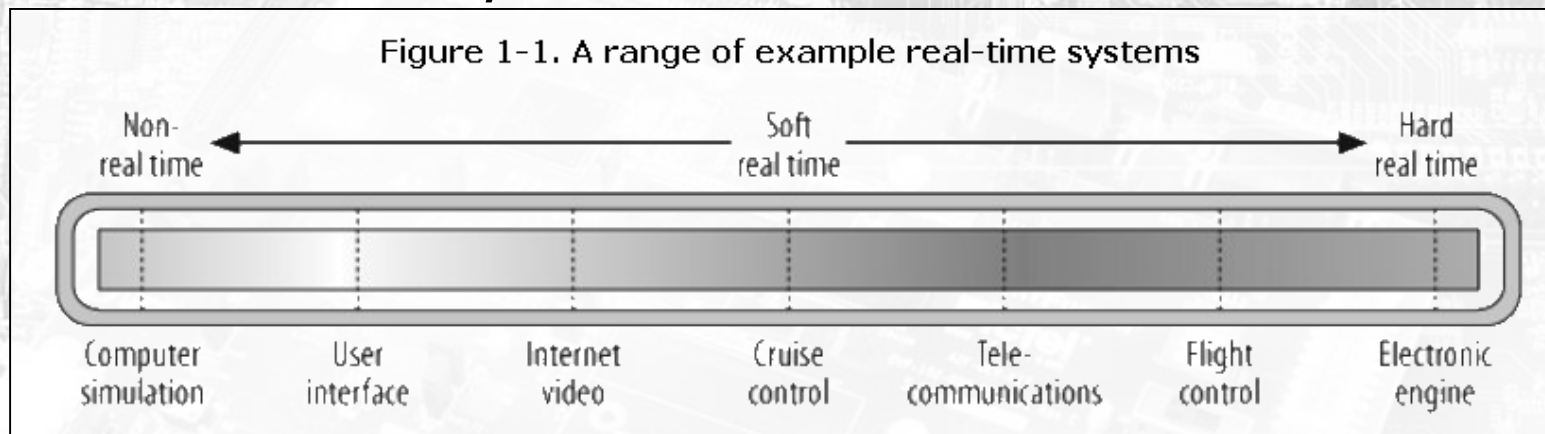
# Sist. Embebidos vs Sist. de Escritorio

- Los S.E. son sensibles a los costos, y tienen restricciones de tamaño, consumo y disipación.



# Sist. Embebidos vs Sist. de Escritorio

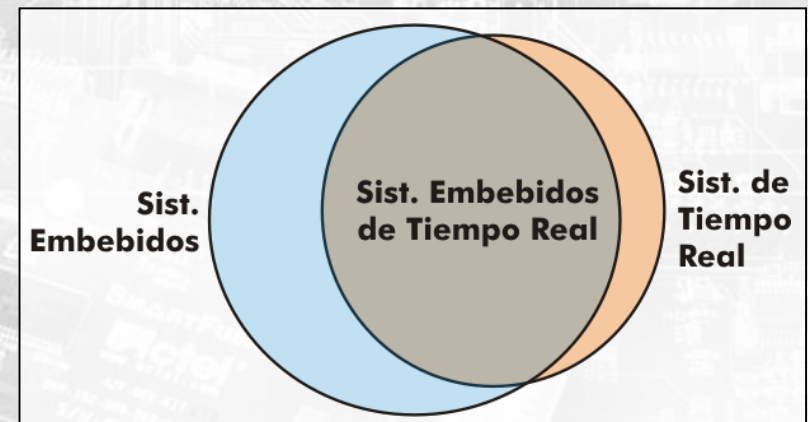
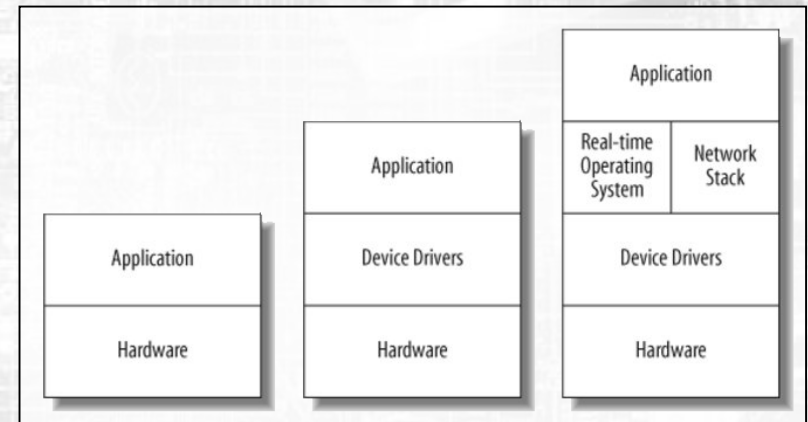
- Los sistemas embebidos suelen tener restricciones de tiempo real.
  - La correctitud del sistema depende de la correctitud temporal (asegurar que se cumplen los plazos) además de la correctitud funcional.
  - Tiempo real duro vs blando (tareas sensibles a tiempos y tareas críticas).





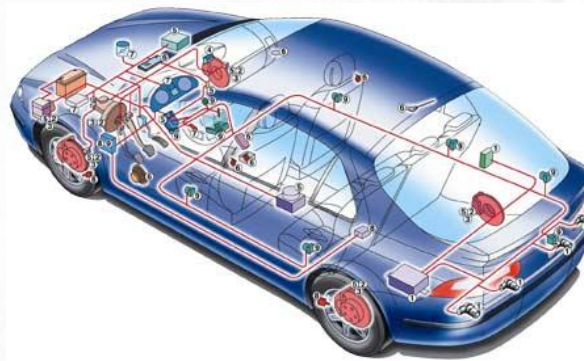
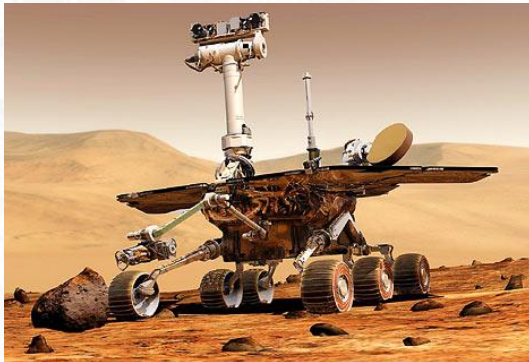
# Sist. Embebidos vs Sist. de Escritorio

- Los sistemas embebidos podrían no utilizar Sistema Operativo (aplicaciones simples o demasiado específicas).
- Si lo usan, posiblemente sea un Sistema Operativo de Tiempo Real.



# Sist. Embebidos vs Sist. de Escritorio

- Las implicancias de una falla en el software de un sistema embebido son mucho más severas que en un sistema de escritorio.
  - En general no es posible terminar una tarea que se bloqueó.
  - A raíz de la naturaleza de propósito particular, no se suele tener control del sistema (muchas veces no existe interfaz adecuada), a menos que forme parte de la especificación del mismo.





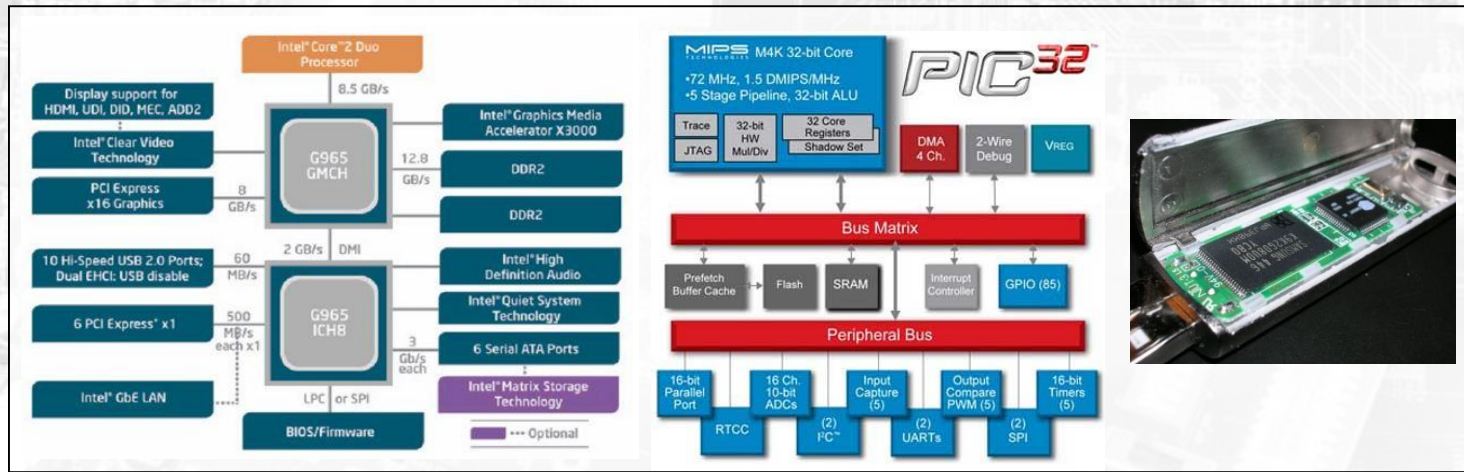
# Sist. Embebidos vs Sist. de Escritorio

- Muchos sistemas embebidos deben operar bajo condiciones ambientales extremas.



# Sist. Embebidos vs Sist. de Escritorio

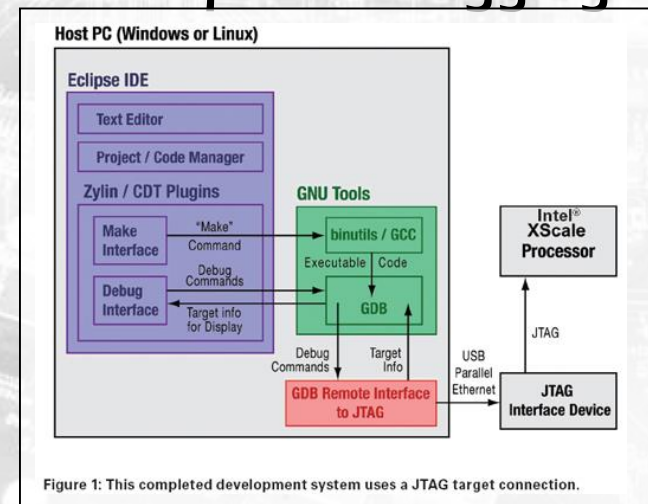
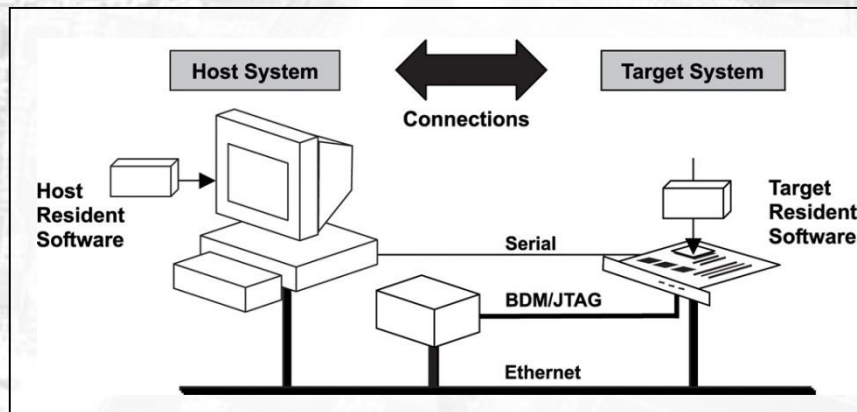
- Los sistemas embebidos tienen menor cantidad de recursos (propósito particular). Por ej:
  - menor cantidad de periféricos
  - menor cantidad de memoria (mem. interna fija)
  - poder de procesamiento acotado: cuestiones de consumo, tamaño, disipación, autonomía





# Sist. Embebidos vs Sist. de Escritorio

- El desarrollo de sistemas embebidos requiere de un conjunto de herramientas especializadas:
  - desarrollo cruzado (host vs target)
  - código almacenado en memoria ROM/EEPROM/Flash (similitudes con el BIOS)
  - puede haber circuitería especializada para debugging



The background of the slide is a detailed, high-resolution image of a printed circuit board (PCB). It features a complex network of gold-colored traces, various electronic components like integrated circuits, capacitors, and resistors. The board is populated with numerous components, and the overall color scheme is a mix of metallic gold, dark green, and black. A semi-transparent dark blue horizontal band is overlaid across the middle of the image, containing the title text.

# **Contenidos y Actividades de la Materia**



# Contexto de los Sistemas Embebidos

- Contexto del desarrollo de Sistemas Embebidos como área:



# Programa de la Materia

- **Introducción. Definición de sistema embebido. Características. Sistemas Embebidos vs Sistemas de Escritorio. Evolución histórica. Principales aplicaciones.** ✓
- **Arquitectura de Sistemas Embebidos. Componentes de un sistema embebido. Microprocesadores. Memoria. Entrada/Salida. Interfaces. Buses. Ejemplos en la industria.**
- **Hardware embebido. Microcontroladores. System-on-a-chip (SoC). Procesadores y dispositivos específicos de aplicaciones (ASICs). DSPs. Hardware programable. FPGAs. Lenguajes de descripción de hardware. Procesadores embebidos soft-core. Ejemplos en la industria. Benchmarks.**



# Programa de la Materia

- **Software embebido. Arquitecturas de software embebido. Drivers. Sistemas operativos embebidos. Tiempo real. Middleware embebido. Ejemplos en la industria.**
- **Herramientas de desarrollo embebido. Compiladores. Ensambladores. Linkeadores. Compilación cruzada. Ambientes de tiempo de ejecución. Emuladores. Simuladores. Herramientas y técnicas de depuración y verificación. Ejemplos en la industria.**

# Programa de la Materia

- **Metodologías de diseño y desarrollo de sistemas embebidos. Análisis de requerimientos. Partición Hardware-Software. Refinamiento iterativo del particionamiento. Diseño detallado del software y del hardware. Integración del software y el hardware. Testeo del producto y lanzamiento. Mantenimiento y actualización. Calidad de software.**
- **Aplicaciones. Procesos y dispositivos específicos. Sensores y Actuadores. Adquisición de datos. Conversión A/D. Sistemas de control. Control de lazo cerrado. Automatización de procesos. Casos de estudio.**
- **Nuevos tópicos emergentes. Computación ubicua. Domótica. Dispositivos embebidos de Internet. Redes de sensores.**

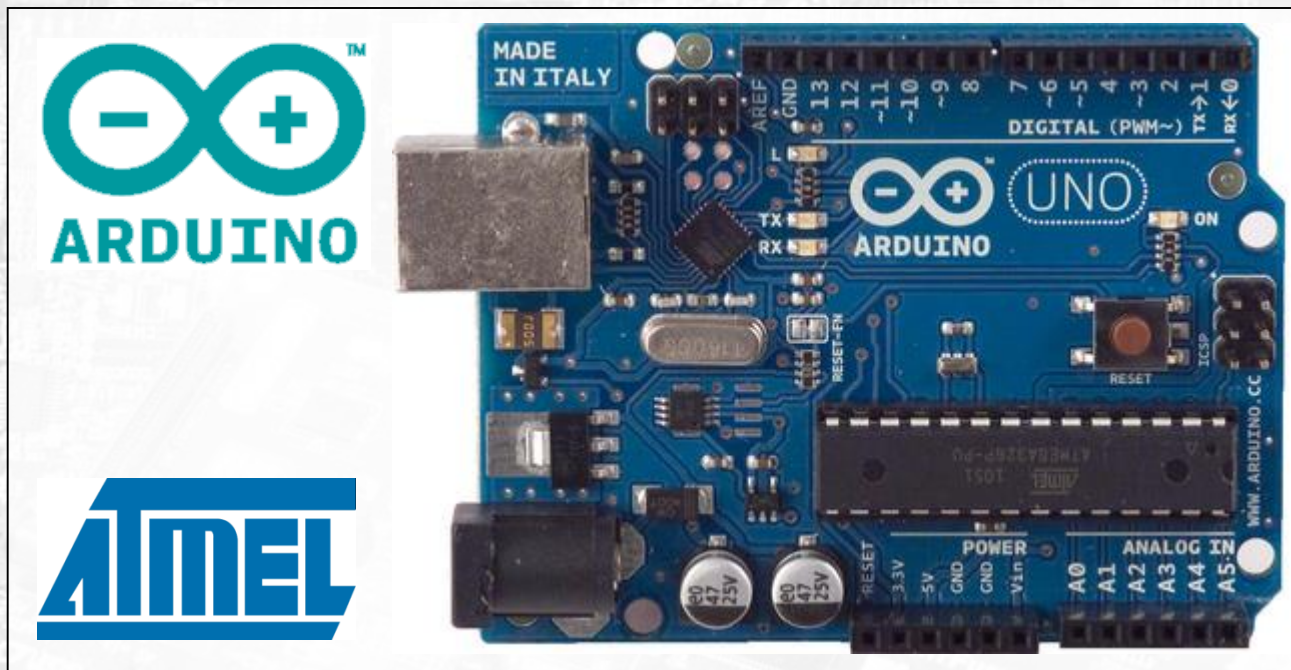


# Contenidos y Actividades

- **Abordaje:**
  - Herramientas básicas de desarrollo.
  - Arquitectura y componentes básicos de Hardware y Software de los Sistemas Embebidos.
  - Adquisición de datos, actuadores, interfaces (dispositivos, comunicación, debug, etc).
  - Sistemas Operativos Embebidos, nociones de Tiempo Real y Middleware.
  - Hardware programable, Nociones de control y DSP.
  - Metodologías de desarrollo de Sistemas Embebidos.
  - Aplicaciones y casos de estudio (transversalmente).
- **Paralelamente: proyectos de laboratorio.**

# Equipamiento – Hardware fijo

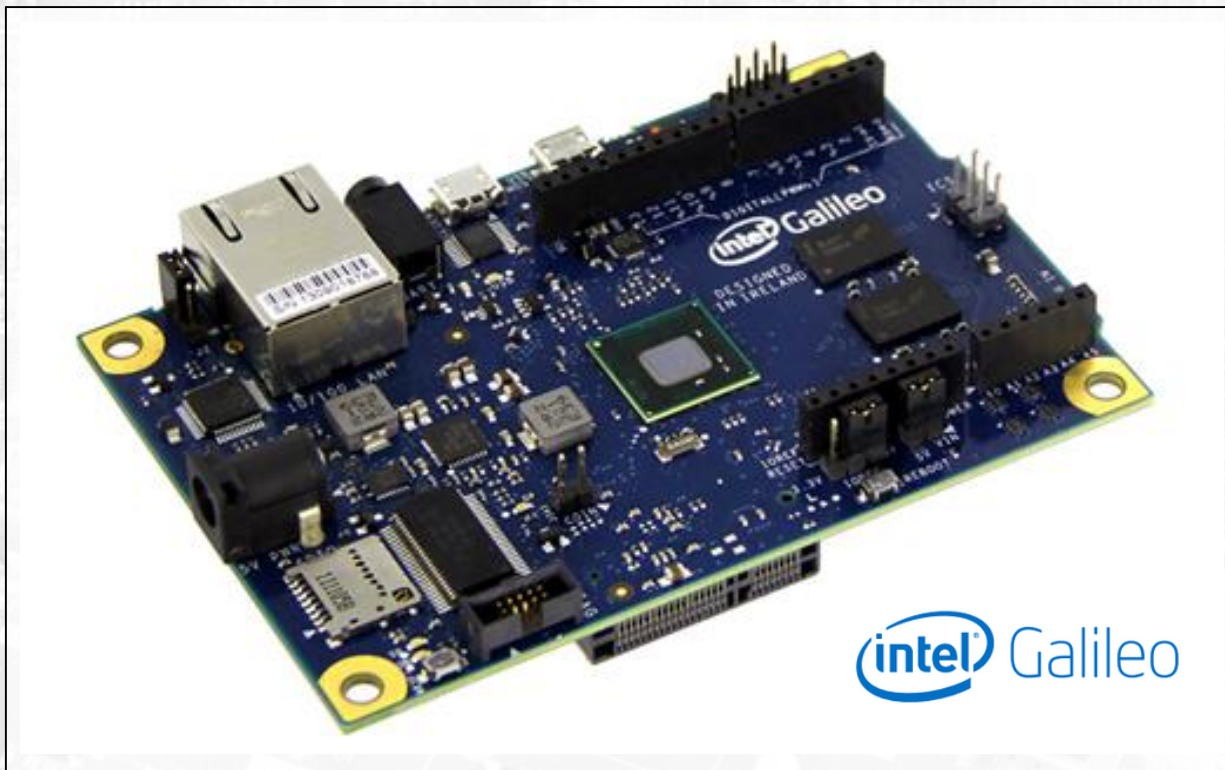
- La cátedra cuenta con placas Arduino Uno.





# Equipamiento – Hardware fijo

- También se recibió una donación de Intel (Intel University Program) de placas Intel Galileo Gen. I.



# Equipamiento – Hardware prog.

- Se cuenta con placas Altera DE1-SoC obtenidas en el marco del Altera University Program...

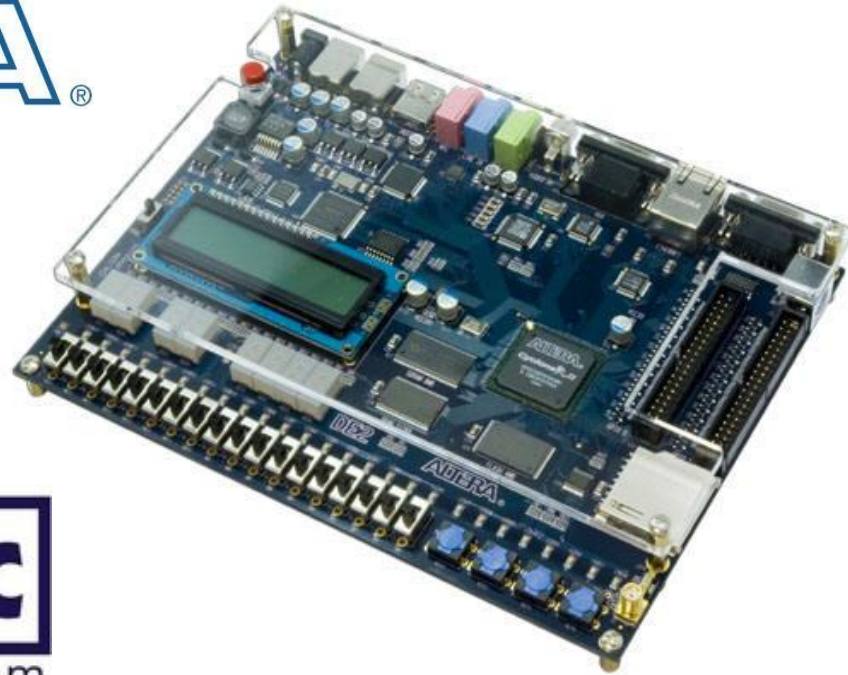




# Equipamiento – Hardware prog.

- ... y placas Altera DE2 utilizadas hasta el 2015 en la materia.

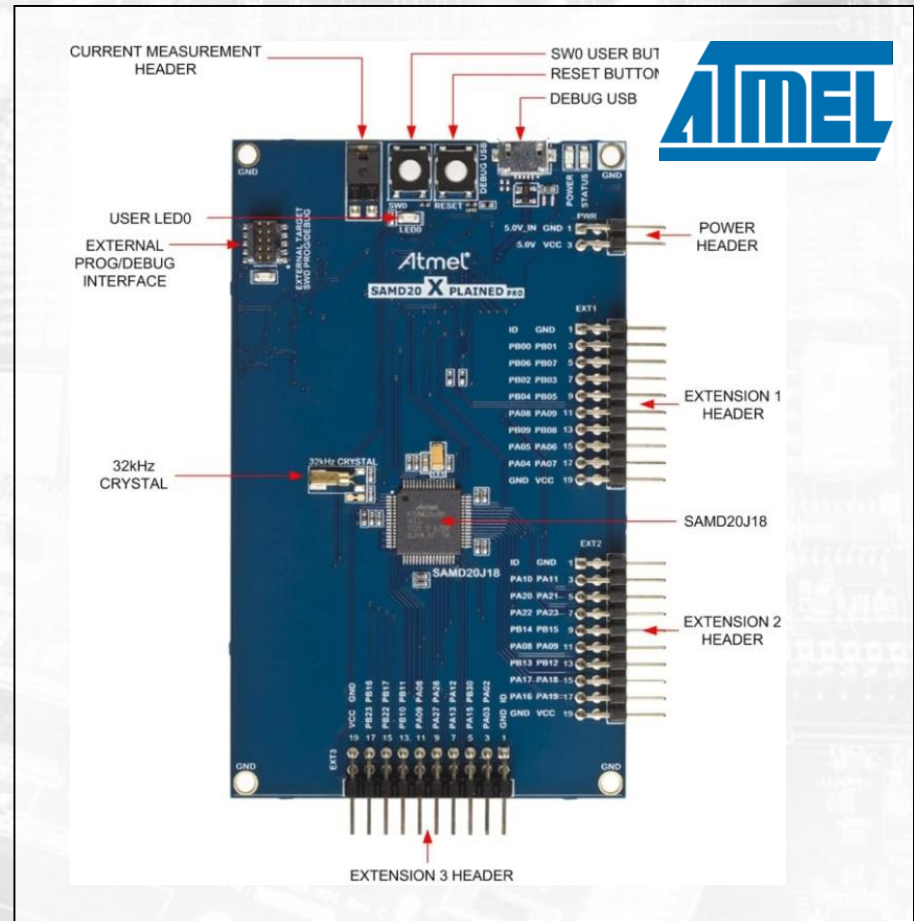
**ALTERA**®



**terasIC**  
www.terasic.com

# Equipamiento – Hardware fijo

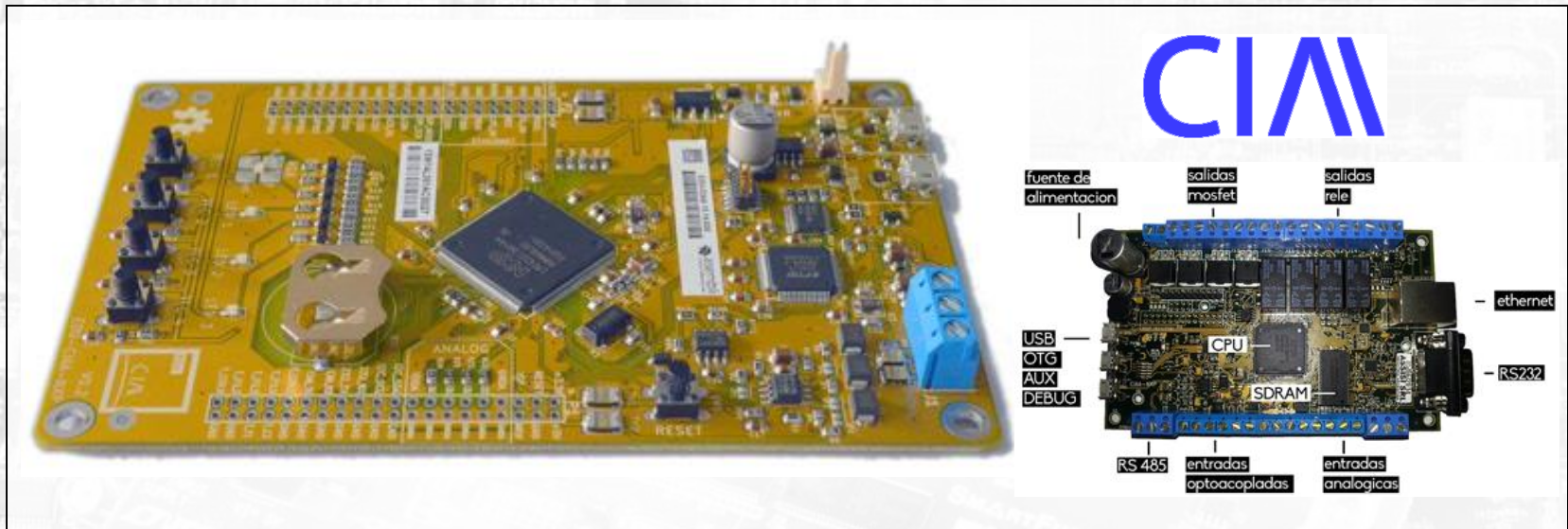
- Adicionalmente, se obtuvieron kits Atmel SAM D20 Xplained en el marco del programa de Equipamiento para Universidades del SASE 2014.





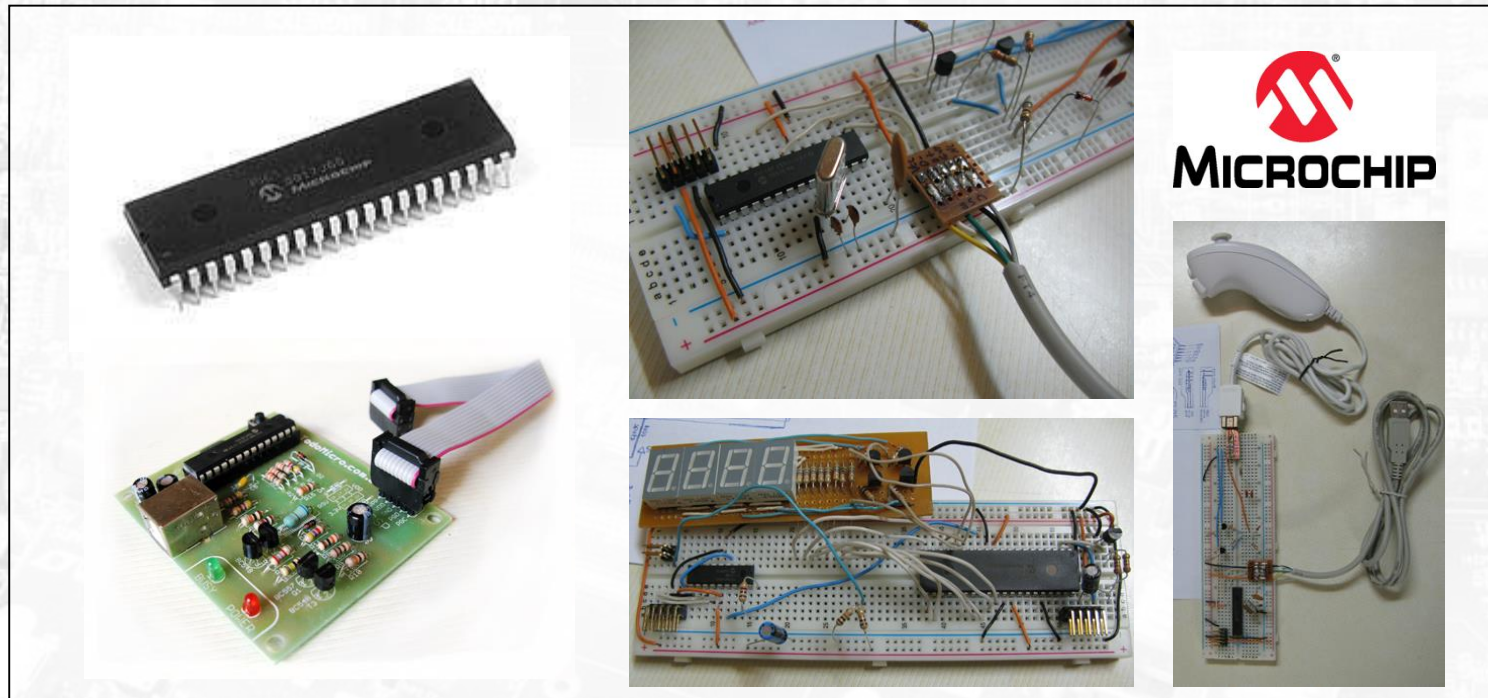
# Equipamiento – Hardware fijo

- Se adquirieron placas Edu-CIAA NXP en el marco del proyecto CIAA (<http://proyecto-ciaa.com.ar/>)



# Equipamiento – Hardware fijo

- Adicionalmente se cuenta con uCs PIC (Microchip) y sus programadores, utilizados hasta el 2011 en el dictado de la materia.





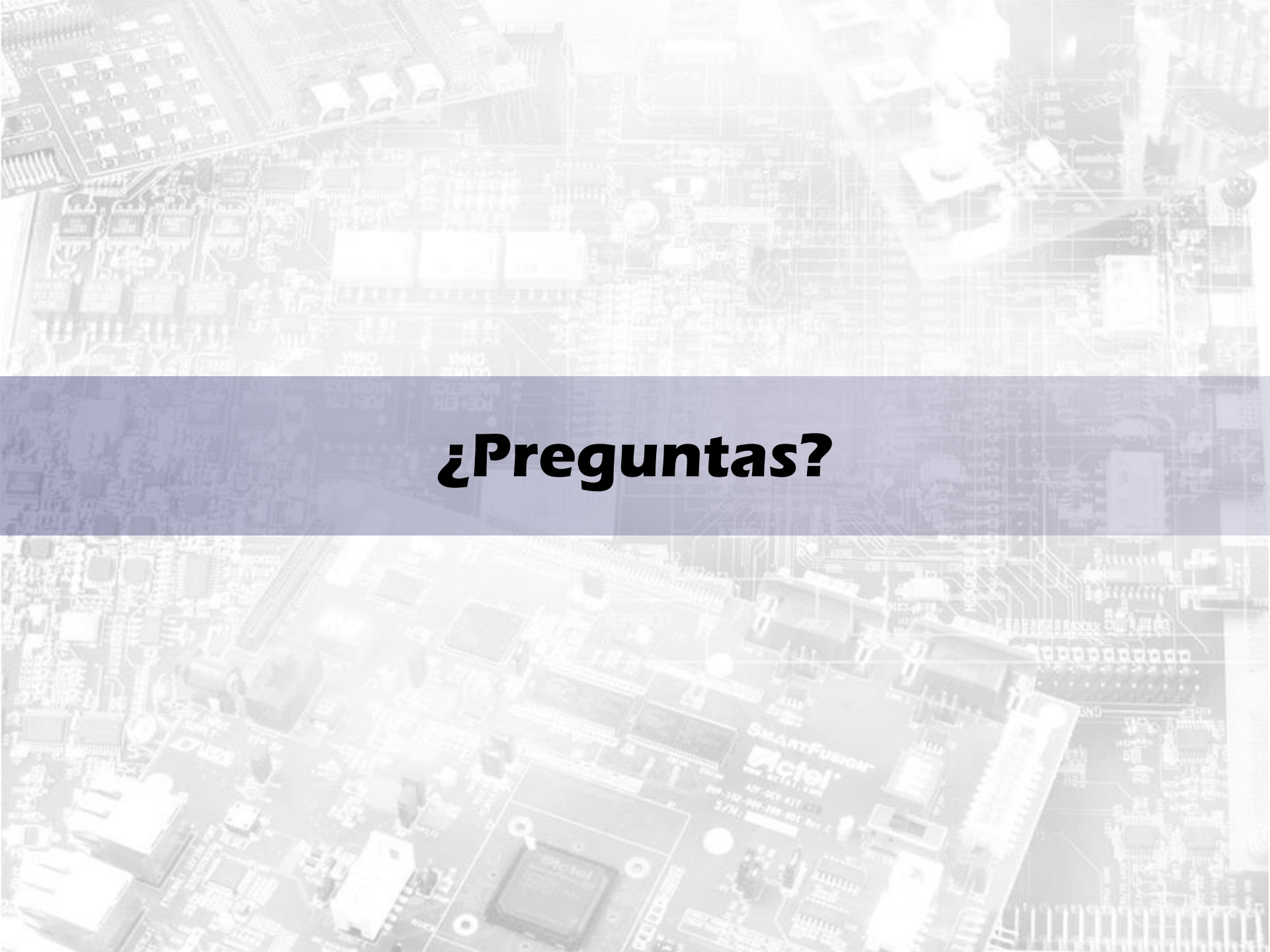
# Referencias

- **Berger, A. Embedded Systems Design: An Introduction to Processes, Tools & Techniques. CMP Books. 2001. ISBN: 978-1578200733. Introducción.**
- **Barr, M., Massa, A. Programming Embedded Systems: With C and GNU Development Tools, 2nd Edition. O'Reilly Media. 2006. ISBN: 978-0596009830. Capítulo 1 – Introducción.**
- **Li, Q., Yao, C. Real-time concepts for Embedded Systems. CMP. 2003. ISBN: 978-1578201242. Capítulo 1 – Introducción.**
- **La bibliografía completa de la materia está publicada con el programa de la materia.**

The background of the slide is a detailed, high-resolution image of a printed circuit board (PCB). It shows a complex network of copper traces, various electronic components like capacitors, resistors, and integrated circuits, and connectors. The image is slightly blurred and has a warm, golden-brown color palette. A semi-transparent dark blue horizontal band is positioned across the middle of the image, serving as a backdrop for the text.

**Algunas demos...**



The background of the slide is a detailed, high-contrast image of a printed circuit board (PCB). The board is populated with various electronic components, including integrated circuits, capacitors, and resistors. A semi-transparent blue horizontal banner is centered across the middle of the image, containing the text '¿Preguntas?'.

**¿Preguntas?**

The background of the slide is a detailed, high-resolution image of a printed circuit board (PCB). It shows various electronic components such as integrated circuits, capacitors, and resistors, along with intricate copper traces. The image is slightly faded and has a warm, yellowish tint. A semi-transparent dark blue horizontal band is positioned across the middle of the image, serving as a backdrop for the text.

**Muchas Gracias**