

1

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

Sistemas Digitales basados en Microprocesador
Grado en Ingeniería Telemática

© Raúl Sánchez Reillo





- Presentación de la Asignatura
 - Profesorado
 - Programa de la Asignatura
 - Bibliografía
 - Prácticas
 - Evaluación
- Medios Materiales
 - Microprocesadores a utilizar
 - Sistema de Desarrollo
 - Página web
- Introducción Histórica



PRESENTACIÓN DE LA ASIGNATURA

- **Asignatura Obligatoria de 6 ECTS**
 - 24 Sesiones de Teoría y Teórico-Prácticas
 - 4 Sesiones Dobles de Prácticas de Laboratorio
 - Centrada en los Fundamentos Básicos, pero con proyección a Desarrollo de Sistemas
- **Objetivos a Cubrir:**
 - **Conceptos Básicos**
 - Arquitectura Interna de una CPU
 - Programación de una CPU a Bajo Nivel
 - Conexión con Sistemas de Memorias
 - Sistemas Básicos de Entrada / Salida
 - **Conceptos Avanzados**
 - Arquitecturas Von Neumann y Harvard
 - Arquitecturas CISC y RISC
 - Programación en medio-alto nivel
 - Mecanismos Avanzados de Programación y Efectos de los Compiladores
 - Sistemas Avanzados de Gestión de Memoria
 - Sistemas Avanzados de Entrada / Salida
- **Conocimientos previos de los alumnos:**
 - **Programación en diversos lenguajes y, sobre todo, en C.**
 - **Conceptos generales de Electrónica Digital: Memorias, Registros, Máquinas de Estado**



PROFESORADO

Profesor	Grupo (Tipo)	Despacho	Horario Tutorías
Raúl Sánchez Reillo rsreillo@ing.uc3m.es	Teoría y Laboratorio	1.2.F.04	L 12-14 X 15-17
José Enrique Suárez Pascual enrique.suarez@educa.madrid.org	Teoría y Laboratorio		Previa petición de cita por correo



PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

- **Parte I – Introducción**
 - Tema 1: Introducción
 - Tema 2: Microprocesadores y Microcontroladores
 - Tema 3: Entorno de Trabajo
- **Parte II – Periféricos de un Microcontrolador**
 - Tema 4: GPIO y Funciones Alternativas
 - Tema 5: Conversión A/D
 - Tema 6: Conversión D/A
 - Tema 7: Interrupciones y EXTI
 - Tema 8: Temporización
 - Tema 9: Comunicaciones Serie – USART
 - Tema 11: Mecanismos Avanzados e Integración
- **Parte III – Arquitectura Interna de los Sistemas Digitales basados en Microprocesador**
 - Tema 12: Arquitectura Interna
 - Tema 13: Ensamblador
 - Tema 14: Mapas de Memoria
- **Problemas de Examen**

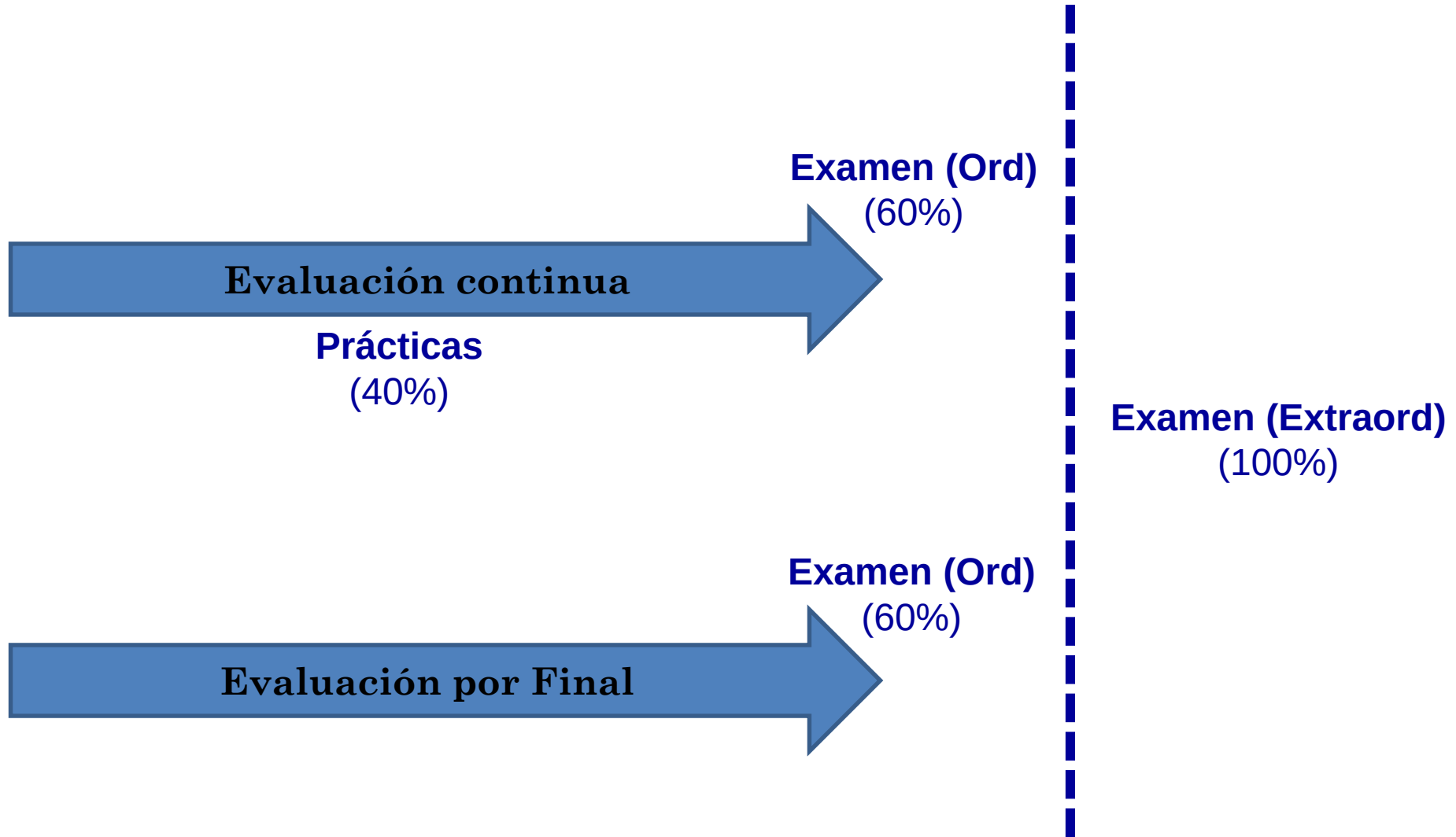


PRÁCTICAS

- 4 Prácticas en sesiones de 3 horas de Laboratorio
 - Prácticas de Desarrollo sin Enunciado Previo
 - Se modificarán y integrarán los ejercicios resueltos en casa, para cumplir con la especificación dada en el laboratorio
 - Grupos de 2 personas
- Método de Trabajo:
 - Antes de la Sesión en Laboratorio
 - El realizará los ejercicios que haya resuelto de los propuestos en cada uno de los temas
 - Durante la Sesión de Laboratorio
 - El alumno leerá el enunciado, diseñará la solución y la implementará utilizando los ejercicios propuestos previamente con sus modificaciones pertinentes
 - El alumno prueba su solución
 - El profesor evalúa el correcto funcionamiento de las distintas partes de la práctica
 - El alumno entregará, a través de Aula Global, su solución antes de salir del laboratorio.



EVALUACIÓN





PLANIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA

Semana	Sesión	Descripción del Contenido	Profesor	Fecha
1	1	Tema 1: Introducción de la Asignatura	R	25-ene.
	2	Tema 2: Microprocesadores y Microcontroladores	J	30-ene.
2	3	Tema 3: Entorno de Desarrollo	J	1-feb.
	4	Tema 3: Entorno de Desarrollo	J	6-feb.
3	5	Tema 4: GPIO y AFs	J	8-feb.
	6	Tema 5: ADC y DAC	R	13-feb.
4	7	Tema 6: IRQs y EINTs	R	15-feb.
	8	Práctica 1: GPIO y ADC		20-feb.
5	9	Tema 7: Temporización (TOC)	R	22-feb.
	10	Tema 7: Temporización (PWM)	R	27-feb.
6	11	Tema 7: Temporización (TIC)	J	1-mar.
	12	Práctica 2: IRQ y TOC		6-mar.
7	13	Repaso y final de temporización	R	8-mar.
	14	Tema 8: USART	J	13-mar.
8	15	Tema 8: USART	J	15-mar.
				20-mar.
	16	Tema 9: Funciones especiales: RTC, I2C, Consumo	R	22-mar.
9	17	Práctica 3: USART, TIC, IRQ		27-mar.
	18	Integración de periféricos en un proyecto. Mecanismos avanzados. Ejercicio de examen de Diseño	R	29-mar.
10	19	Arquitectura Interna y Mapas de Memoria	R	3-abr.
	20	Mapas de Memoria	R	5-abr.
11	21	Ensamblador	R	19-abr.
	22	Práctica 4: Completo		24-abr.
12	23	Integración de periféricos en un proyecto. Mecanismos avanzados. Ejercicio de examen de Diseño	J	26-abr.
	24	Ejercicio de Examen de Análisis	J	3-may.
13	25	Problemas de Examen	J	8-may.
	26	Problemas de Examen	J	10-may.
14	27	Problemas de Examen	R	15-may.
	28			

TEMA 1: INTRODUCCIÓN

Medios Materiales

9

○ Motivación:

- Nivel tecnológico
 - Última generación de Microprocesadores de bajo coste orientado a equipos embarcados.
- Actualidad
 - SO: Symbian, Linux, Windows CE
 - Equipos: Teléfonos, PDAs, PCs-embarcados, etc...
- Trabajo
 - Micro muy demandado en el mercado.

○ Microprocesador a estudiar:

- CPU: **ARM Cortex M3**
- Microcontrolador: **STM32L152RB**
- Placa de Desarrollo: **STM32L-Discovery**
- IDE: **Keil uVision 5**
- Lenguaje: **C**



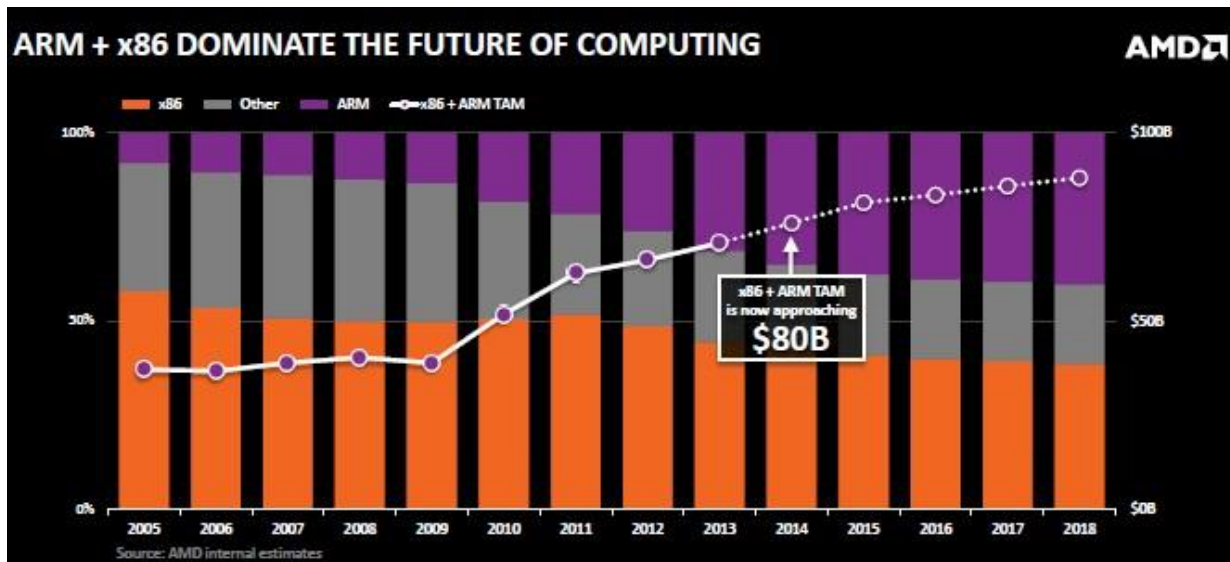
Hardware requirements:

- USB cable type A to mini-B
- computer with Windows 2000, XP, Vista or 7

Development toolchain:

Altium TASKING VX-Toolset,
Atollic TrueSTUDIO
IAR EWARM
Keil MDK-ARM

- En 2011, los procesadores ARM aparecen en la mayoría de *smartphones* y tabletas del mercado
- Microsoft introdujo con Windows RT una versión que incluye un modo compatible con los procesadores de ARM
- Un primer producto de éxito (1993), fué la PDA Newton de Apple
- Otro de más impacto (2001), el iPod de Apple
- ARM significa Advanced RISC Machine
- Utiliza arquitectura RISC (*Reduced Instruction Set Computer*)
- Los procesadores ARM se han diseñado para usarse en aplicaciones de bajo consumo, alimentados con batería



ARM

ALGUNOS EQUIPOS CON CPU ARM



Toshiba PD RM4



Lexmark Z52
Color Jetprinter



InCard MoKard



BOSCH



SONICblue RIO Digital Audio



EXFO FTB-100



Creative Nomad
Jukebox



Intel Pocket Concert



Wherify GPS
watch



Galleo Communicator



D-Link Wireless LAN



Zoom Cable
Modem



Alcatel ADSL
Modem



Efficient Networks
ADSL Router



Alcatel Speed
Touch Wireless



G.Mate Yopy



Nokia Communicator



Compaq iPAQ



Ericsson
T68



Trium
Eclipse



Sendo Z100



Nokia 8310

FABRICANTES DE ARM

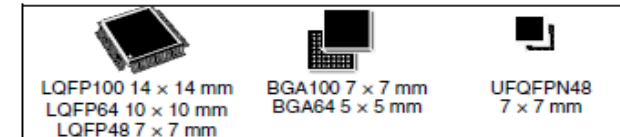
- Los procesadores ARM no se venden como un *chip*, sino como una licencia de hardware IP (*Intellectual Property*)
- El comprador añade sus propios periféricos y fabrica los *chips*
- Algunos fabricantes de sistemas basados en ARM:



Ultralow power ARM-based 32-bit MCU with up to 128 KB Flash, RTC, LCD, USB, USART, I2C, SPI, timers, ADC, DAC, comparators

Features

- Operating conditions
 - Operating power supply range: 1.65 V to 3.6 V (without BOR) or 1.8 V to 3.6 V (with BOR option)
 - Temperature range: -40 to 85 °C
- Low power features
 - 4 modes: Sleep, Low-power run (9 μ A at 32 kHz), Low-power sleep (4.4 μ A), Stop with RTC (1.45 μ A), Stop (570 nA), Standby (300 nA)
 - Dynamic core voltage scaling down to 233 μ A/MHz
 - Ultralow leakage per I/O: 50 nA
 - Fast wakeup from Stop: 8 μ s
 - Three wakeup pins
- Core: ARM 32-bit Cortex™-M3 CPU
 - 32 MHz maximum frequency, 33.3 DMIPS peak (Dhrystone 2.1)
 - Memory protection unit
- Reset and supply management
 - Low power, ultrasafe BOR (brownout reset) with 5 selectable thresholds
 - Ultralow power POR/PDR
 - Programmable voltage detector (PVD)



- Up to 16 Kbyte of RAM
- Up to 83 fast I/Os (73 of which are 5 V-tolerant) all mappable on 16 external interrupt vectors
- Development support
 - Serial wire debug, JTAG and trace
- DMA: 7-channel DMA controller, supporting timers, ADC, SPIs, I²Cs and USARTs
- LCD 8×40 or 4×44 with step-up converter
- 12-bit ADC up to 1 Msps/24 channels
 - Temperature sensor and internal voltage reference
 - Operates down to 1.8 V
- 2×12 -bit DACs with output buffers
- 2 ultralow power comparators
 - Window mode and wakeup capability
- 10 timers:
 - 6×16 -bit general-purpose timers, each with up to 4 IC/OC/PWM channels
 - 2×16 -bit basic timers
 - $2 \times$ watchdog timers (independent and window)

Device family

STM32 = ARM-based 32-bit microcontroller

Product type

L = Low power

Device subfamily

151: Devices without LCD

152 = Devices with LCD

Pin count

C = 48 pins

R = 64 pins

V = 100 pins

Flash memory size

6 = 32 Kbytes of Flash memory

8 = 64 Kbytes of Flash memory

B = 128 Kbytes of Flash memory

Package

H = BGA

T = LQFP

U = UFQFPN

Temperature range

6 = Industrial temperature range, -40 to 85 °C

Table 2. Ultralow power STM32L15xxx device features and peripheral counts

Peripheral		STM32L15xCx			STM32L15xRx			STM32L15xVx	
Flash - Kbytes		32	64	128	32	64	128	64	128
RAM - Kbytes		10	10	16	10	10	16	10	16
Timers	General-purpose	6			6			6	
	Basic	2			2			2	
Communication interfaces	SPI	2			2			2	
	I ² C	2			2			2	
	USART	3			3			3	
	USB	1			1			1	
GPIOs		37			51			83	
12-bit synchronized ADC		1			1			1	
Number of channels		16 channels			20 channels			24 channels	
12-bit DAC		2			2			2	
Number of channels		2			2			2	
LCD (STM32L152xx Only)									
COM x SEG		4x16			4x32 8x28			4x44 8x40	
Comparator		2			2			2	
CPU frequency		32 MHz							
Operating voltage		1.8 V to 3.6 V (down to 1.65 V at power-down) with BOR option 1.65 V to 3.6 V without BOR option							
Operating temperatures		Ambient temperatures: -40 to +85 °C Junction temperature: -40 to + 105 °C							
Packages		LQFP48, UFQFPN48			LQFP64, BGA64			LQFP100, BGA100	



MICROCONTROLADOR STM32L152RB

- El micro STM32L152RB además del ARM Cortex-M3, incluye:
 - 128 KB de memoria Flash
 - 16 KB de RAM estática
 - Diversos periféricos integrados en el propio chip, entre ellos:
 - Pines I/O de propósito general tolerantes a 5V
 - Temporizadores de 32 bits (Timers) y uno de 24 (SysTick)
 - Conversor ADC de 12 bits
 - Conversor DAC de 12 bits
 - Controlador de Interrupciones Vectorizadas NVIC
 - Entradas de IRQ externa con disparo por nivel o flanco
 - Puertos Serie Asíncronos y Síncronos (USART, I²C y SPI)
 - Reloj en Tiempo Real (RTC)
 - Varios canales de DMA
 - 7 modos de bajo consumo
 - Múltiples fuentes de reloj (internas y externas)
 - Comparador analógico
 - Circuito de Watch Dog ...



DIAGRAMA DE BLOQUES DEL MICROCONTROLADOR STM32L152RBT6



LQFP64 10 x 10 mm

La familia de bajo consumo STM32L15xxx ofrece 3 encapsulados desde 48 a 100 patas, cada uno con diferentes periféricos

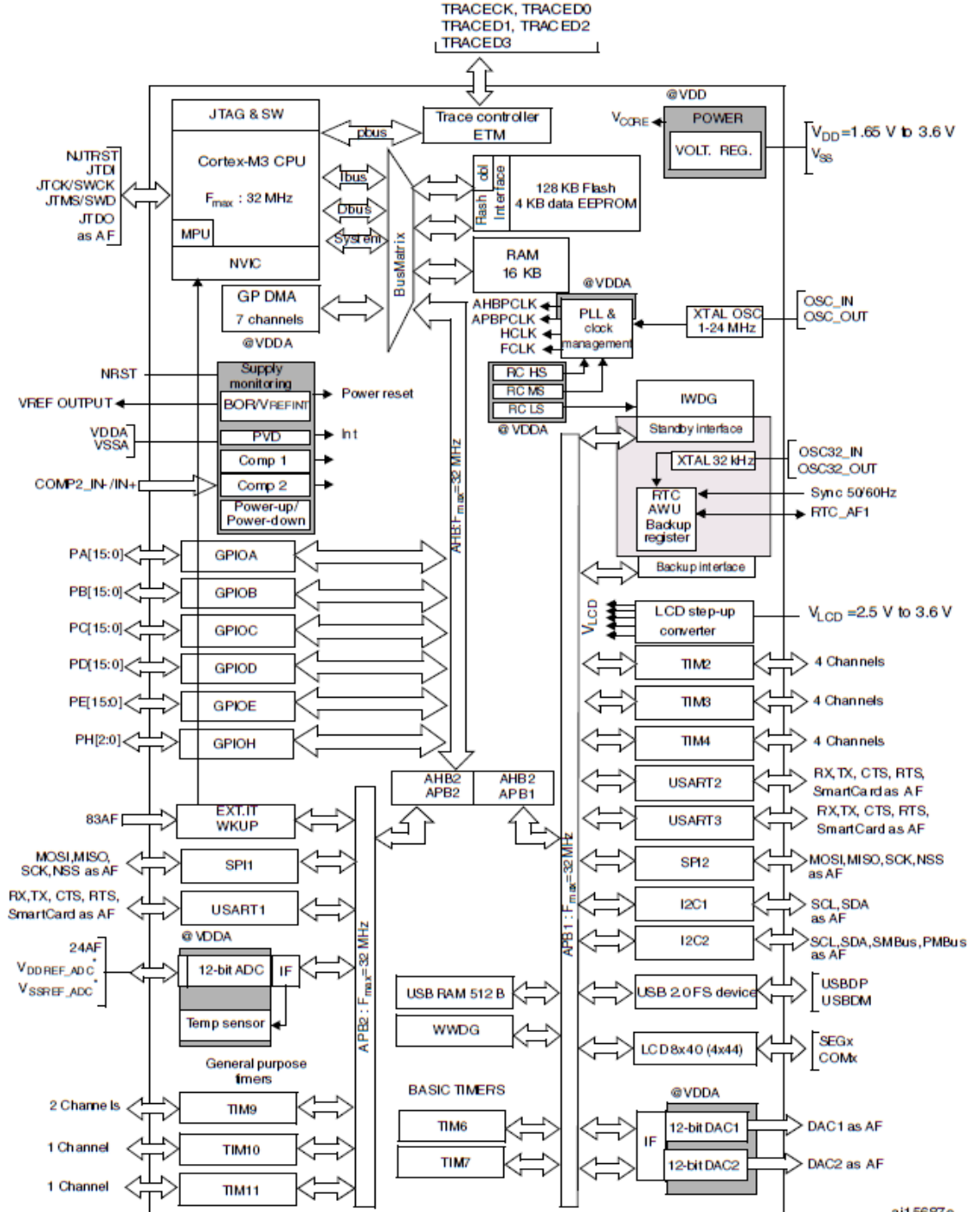


DIAGRAMA DE BLOQUES (DETALLE)

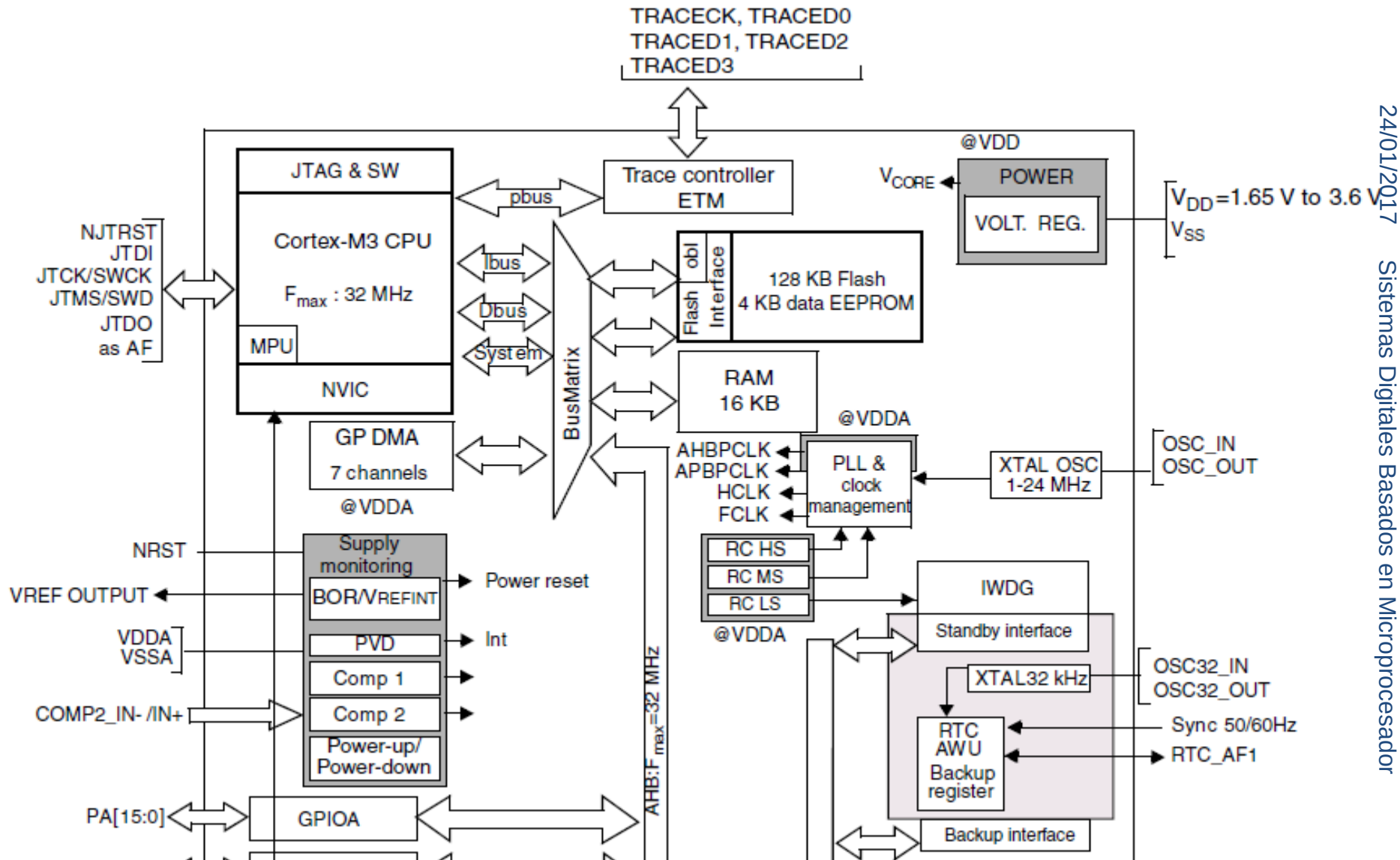
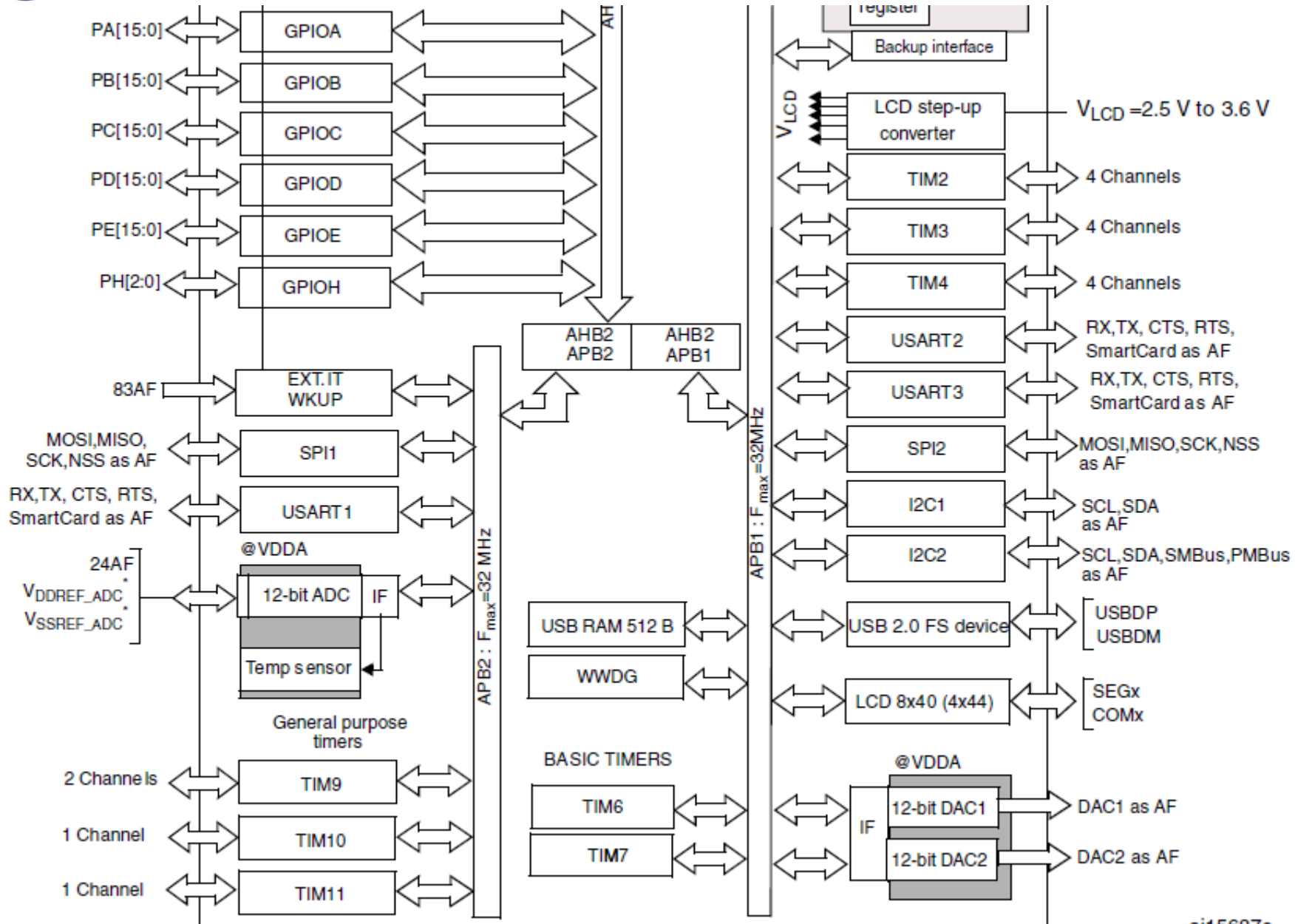


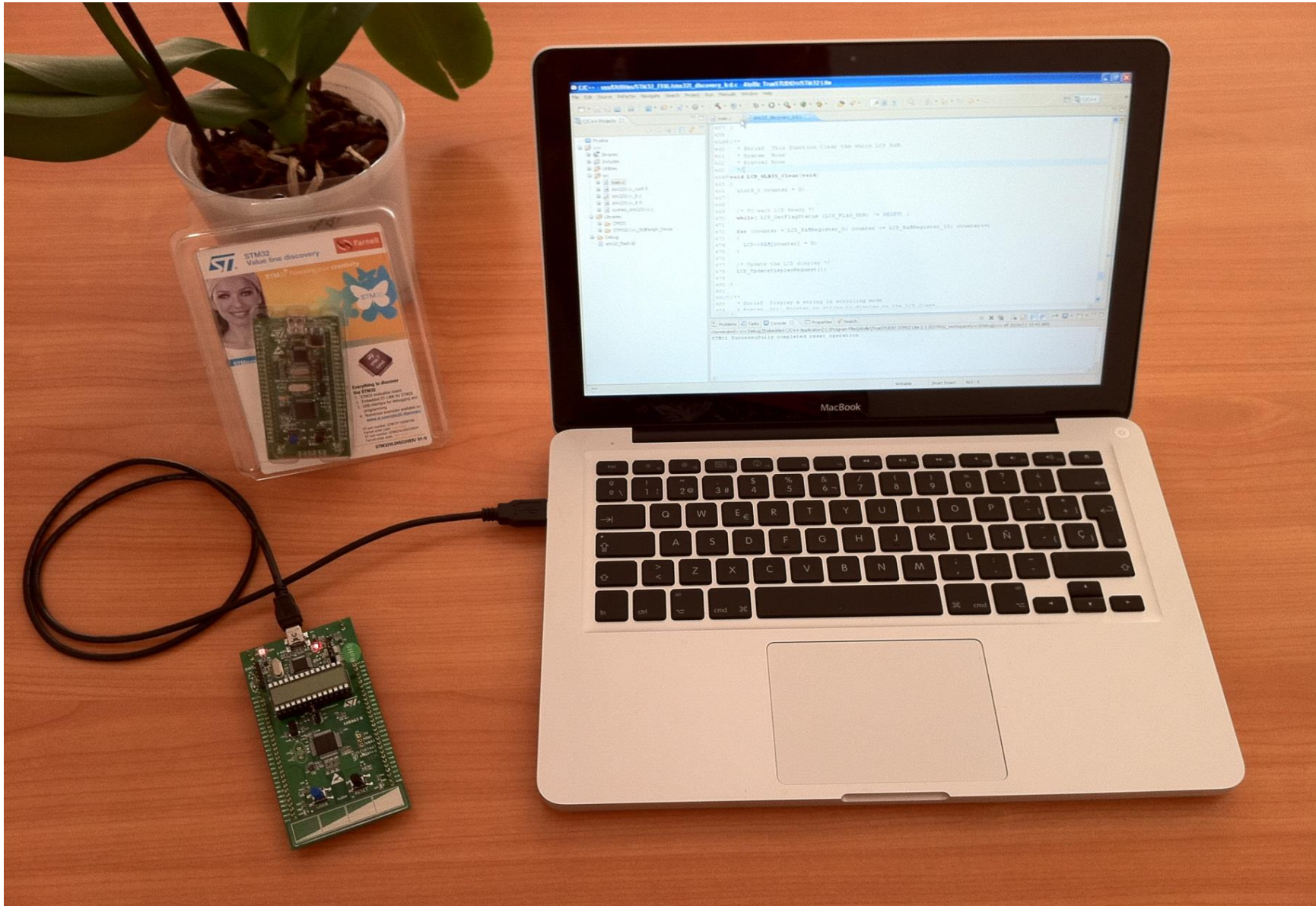
DIAGRAMA DE BLOQUES (DETALLE)



PLACA DE DESARROLLO STM32L-DISCOVERY

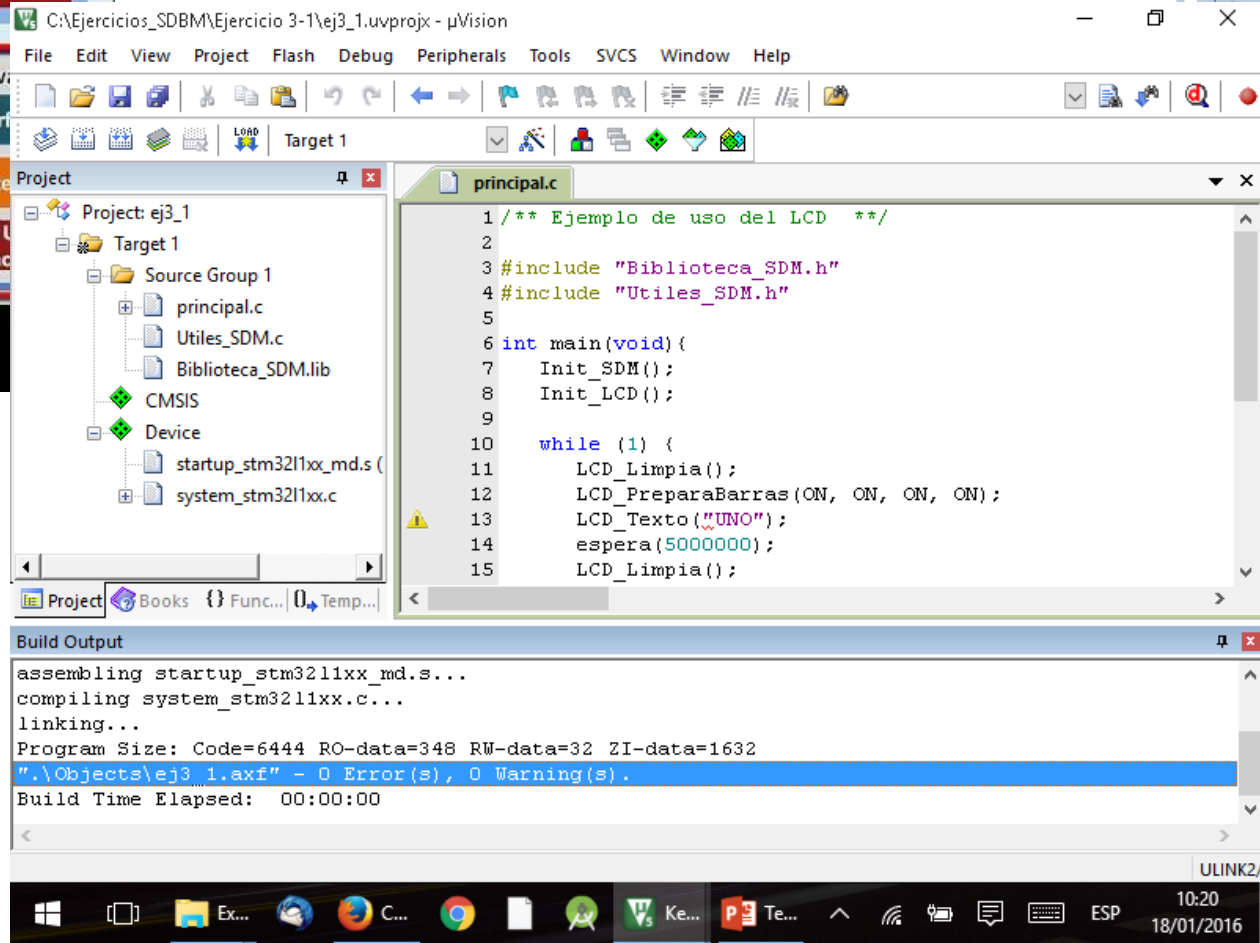
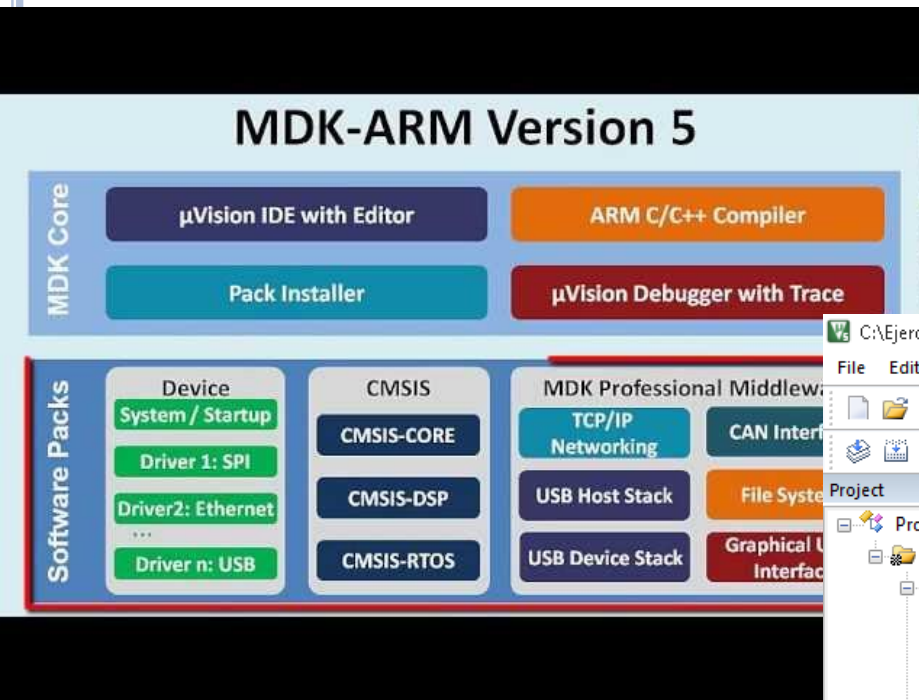
- La placa de desarrollo STM32L-DISCOVERY solo requiere una conexión a PC y, además del micro, incluye los siguientes elementos:
 - Mecanismo de depuración con el sistema ST-LINK/V2 integrado en la propia placa
 - Alimentación a través del cable de conexión USB a PC
 - Display LCD de 6 caracteres
 - 4 LEDs, 2 de ellos programables por el usuario
 - Dos pulsadores (User y Reset)
 - Conectores de expansión de I/O a placa externa
 - Otros elementos



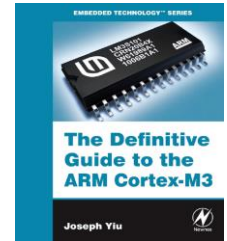




SISTEMA DE DESARROLLO (IDE): KEIL uVISION 5



- **The Definitive Guide to the ARM Cortex-M3**
 - Joseph Yiu 2007, Elsevier Inc.
- **The Insider's Guide to the STM32 Series ARM®Based Microcontrollers**
 - Trevor Martin 2009, <http://www.hitex.com>
- **Introduction to the ARM®Cortex™-M Architecture**
- **Cortex-M3 Technical Reference Manual**
 - <http://www.arm.com>
- **RM0038 Reference Manual. STM32L151xx and STM32L152xx advanced ARM-based 32-bit MCUs**
 - <http://www.st.com>
- **Datasheet. STM32L151xx and STM32L152xx advanced ARM-based 32-bit MCUs**
 - <http://www.st.com>
- **Keil Tools by ARM: MDK-ARM Microcontroller Development Kit**
 - <http://www.keil.com/arm/mdk.asp>
- **Aula Global: Apuntes, Transparencias, Manuales, Herramientas, Ejemplos, etc.**
 - <https://aulaglobal2.uc3m.es>



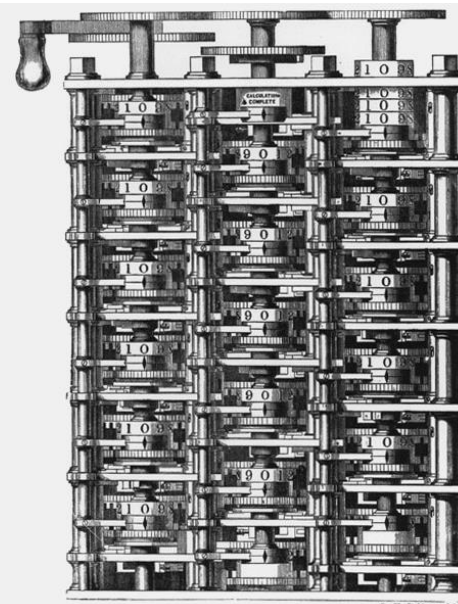
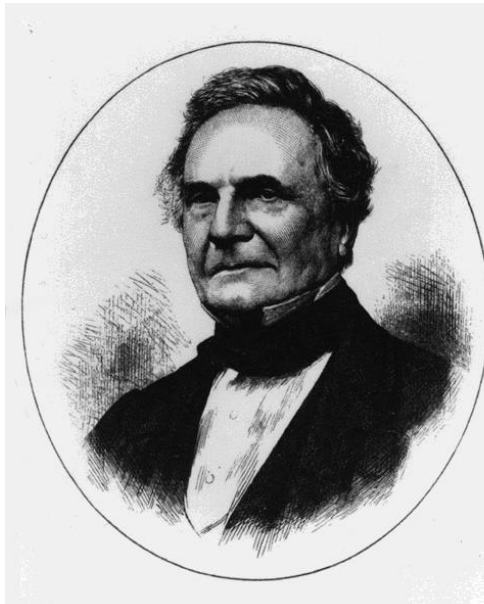
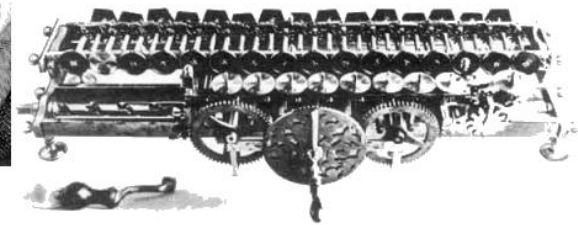
TEMA 1: INTRODUCCIÓN

Introducción Histórica

24

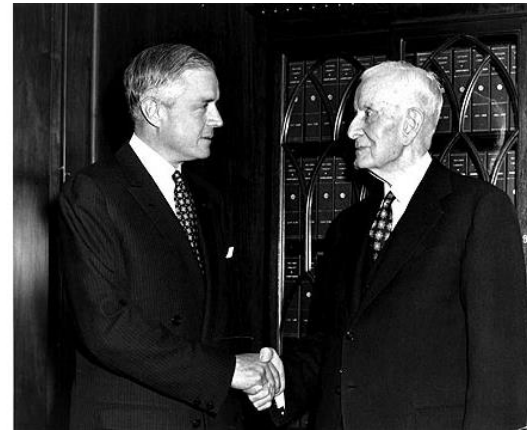
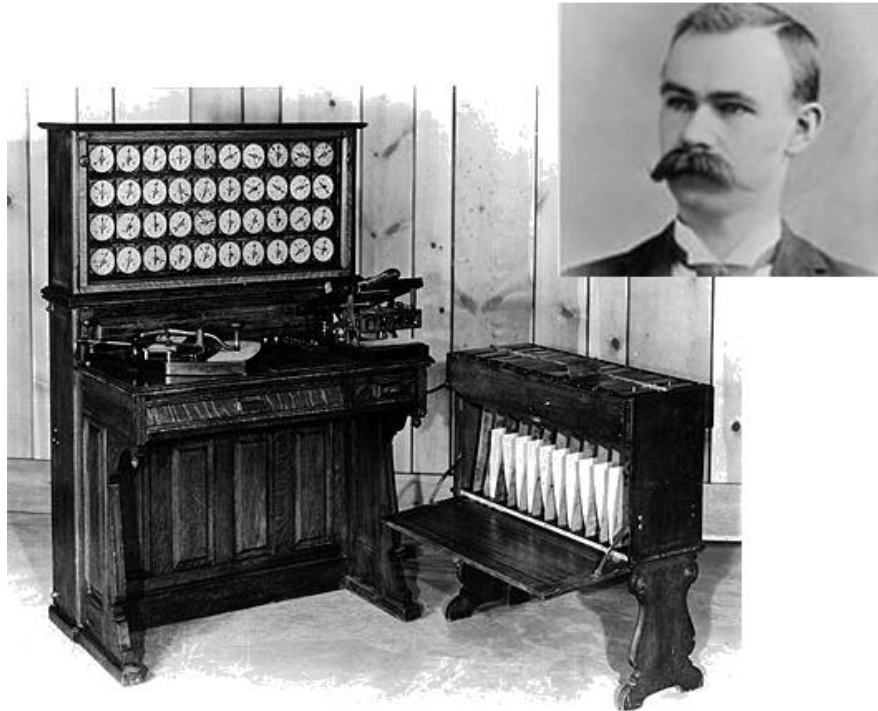


LOS PIONEROS: PASCAL, LEIBNIZ, BABBAGE





LA MÁQUINA DE TABULAR. IBM

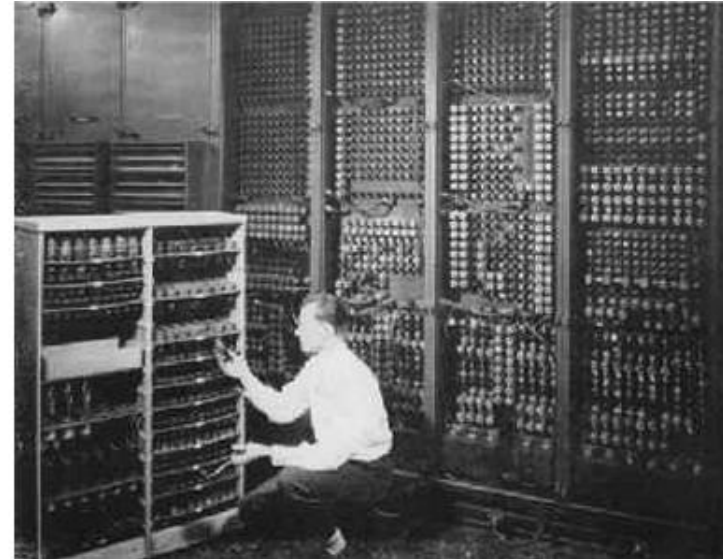
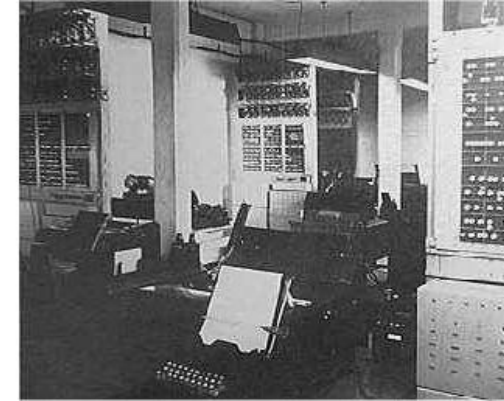




DISPOSITIVOS ELECTROMECAÓNICOS

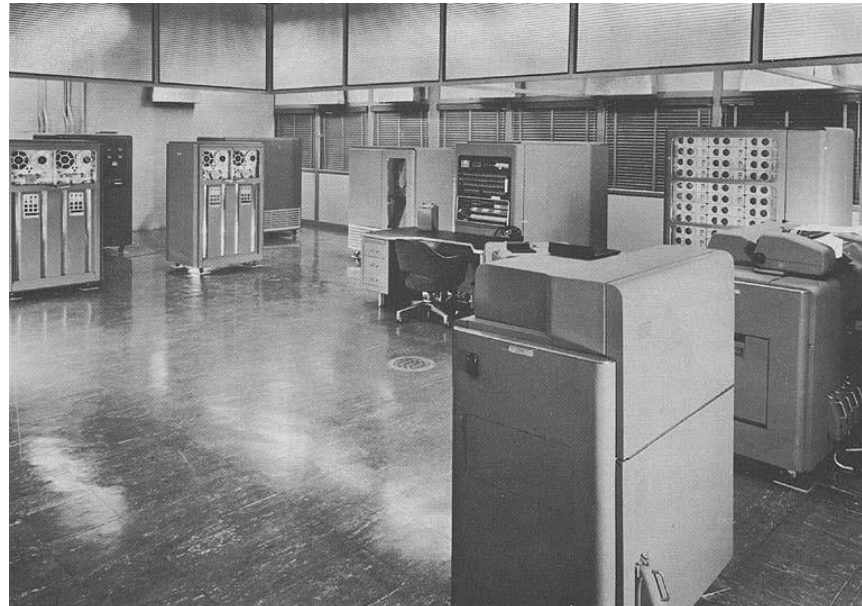


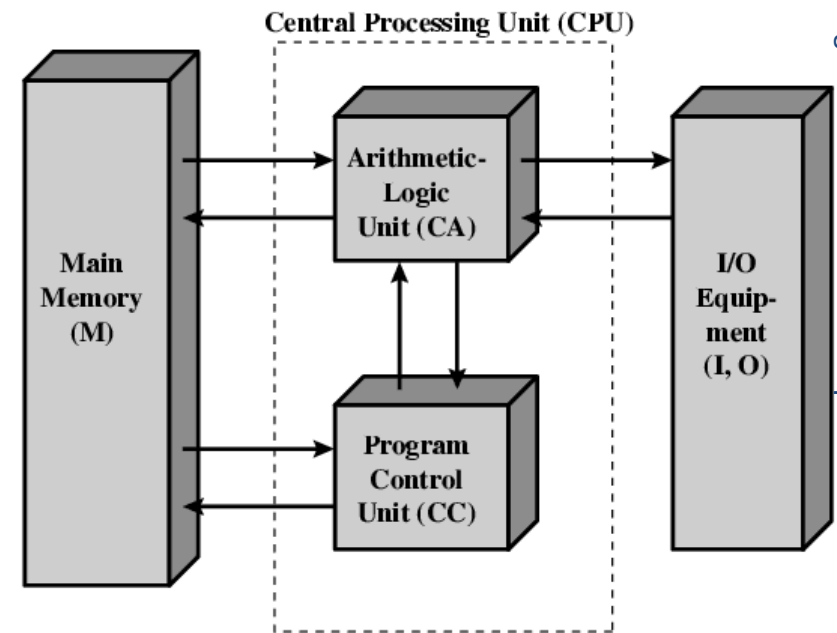
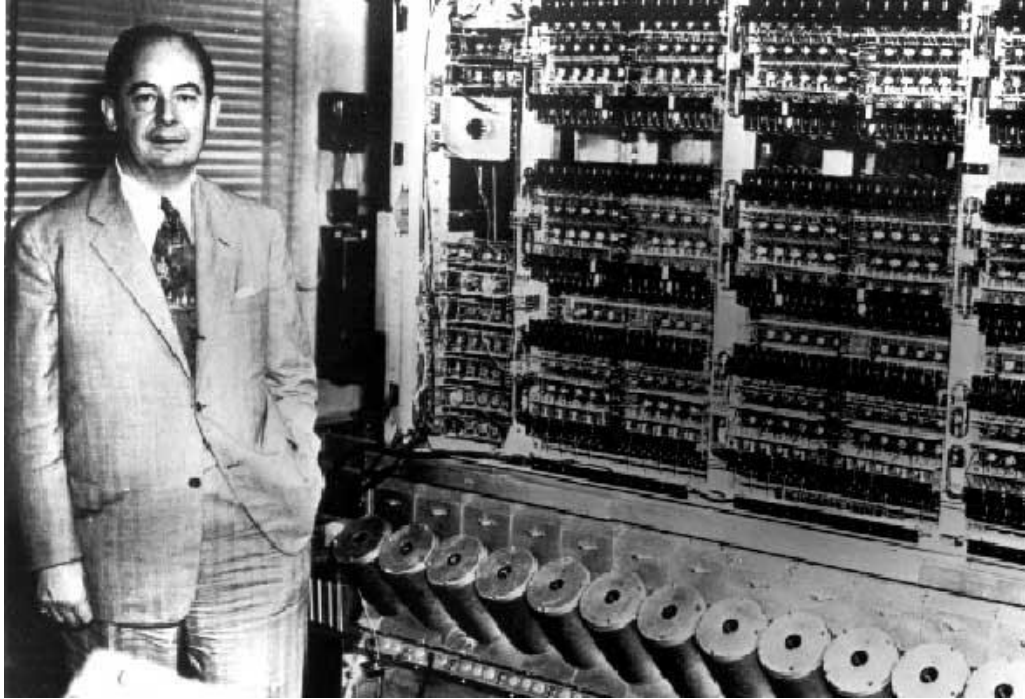
LOS TUBOS DE VACÍO. TURING Y EL ENIAC





SISTEMAS COMERCIALES: UNIVAC Y 701

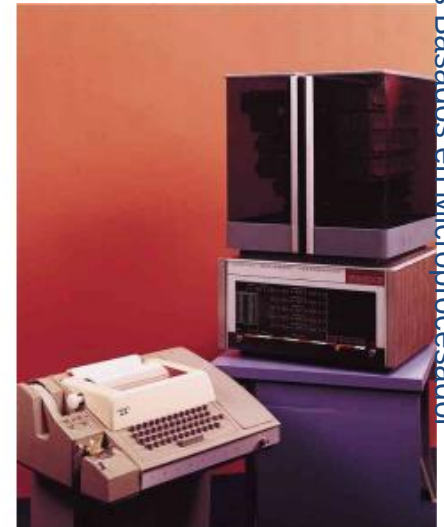
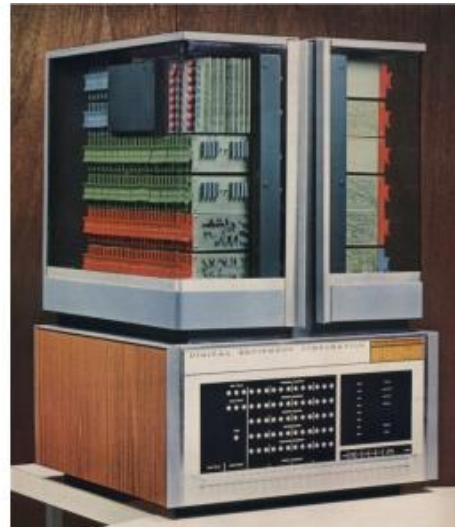
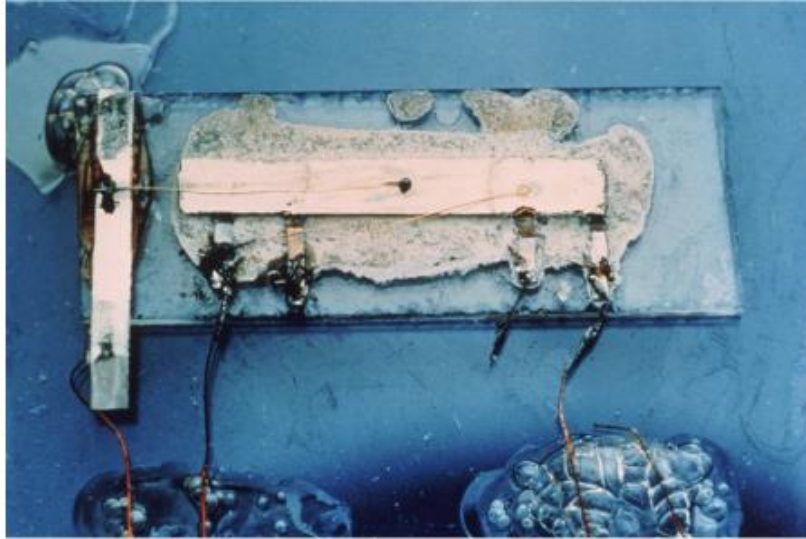
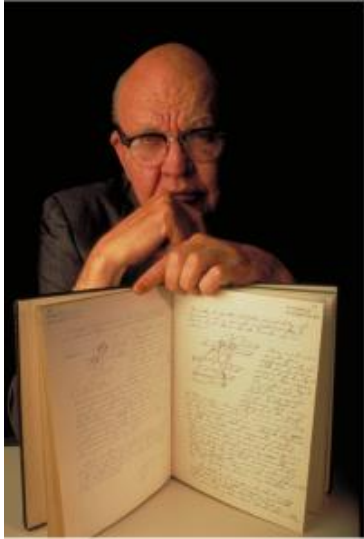




DISPOSITIVOS SEMICONDUCTORES



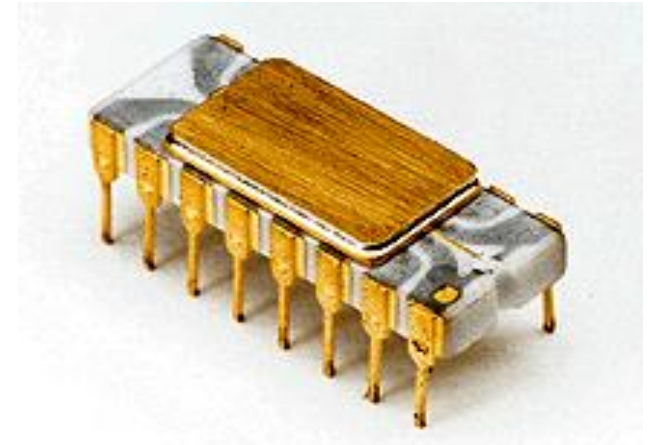
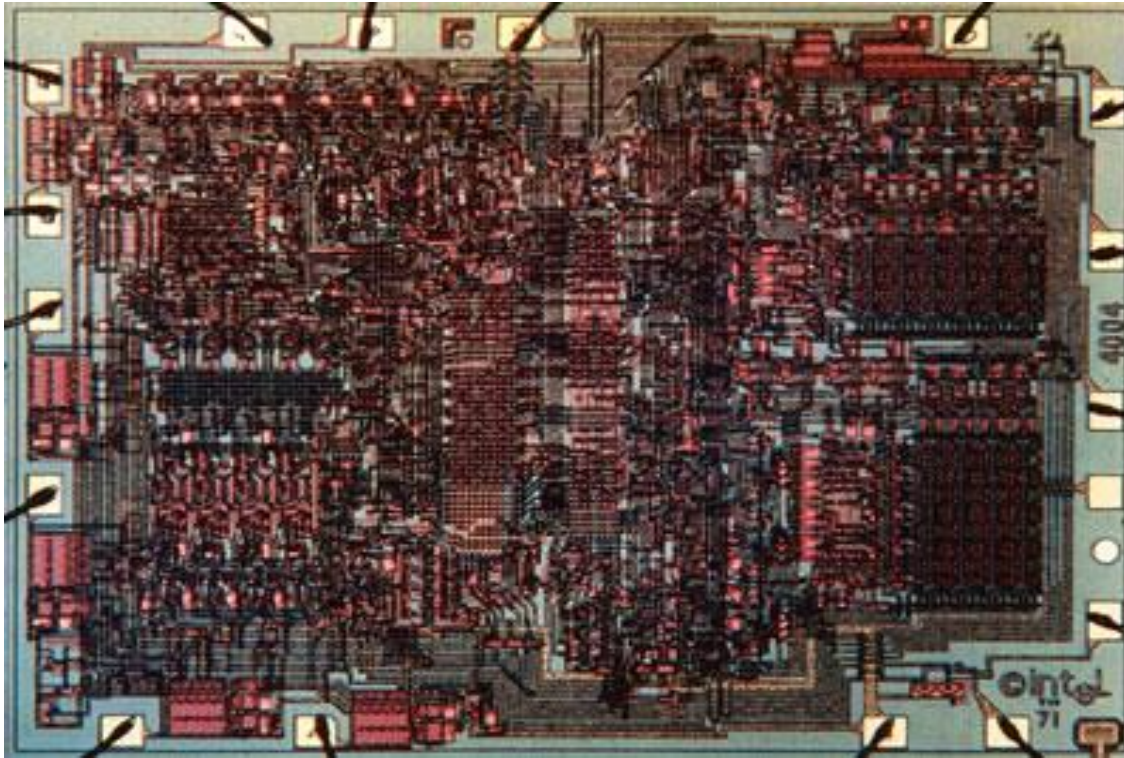
EL CIRCUITO INTEGRADO



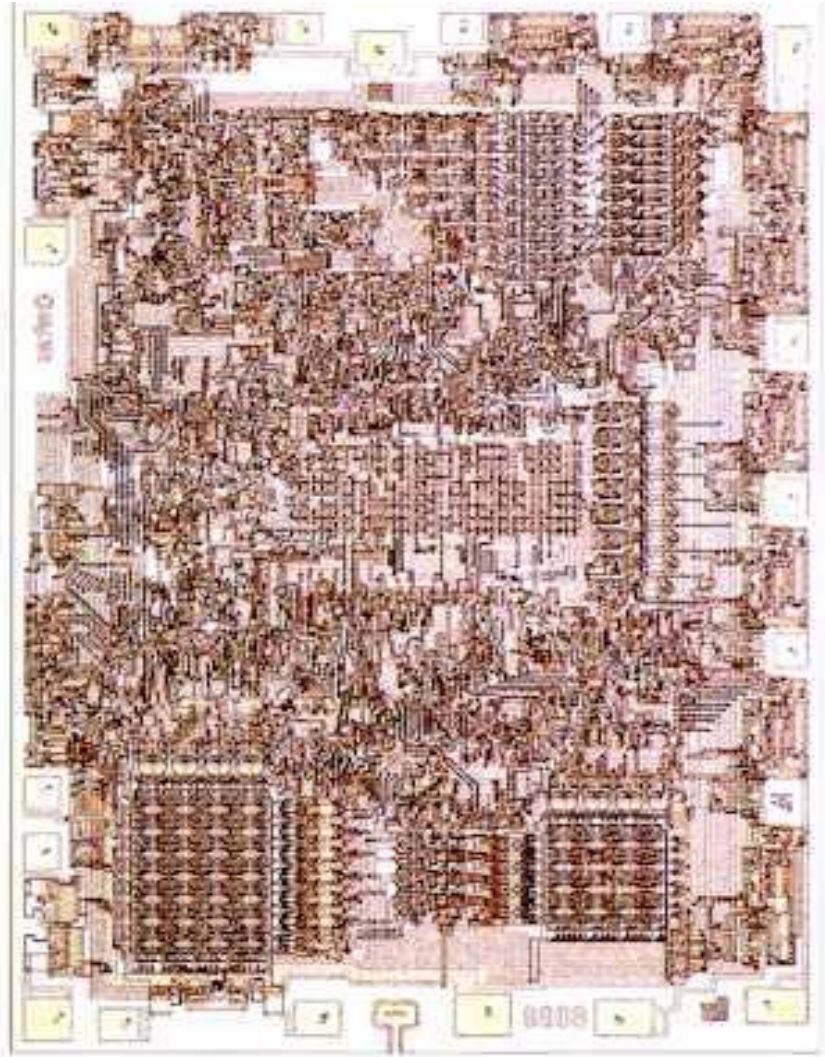
24/01/2017 Sistemas Digitales Basados en Microprocesador



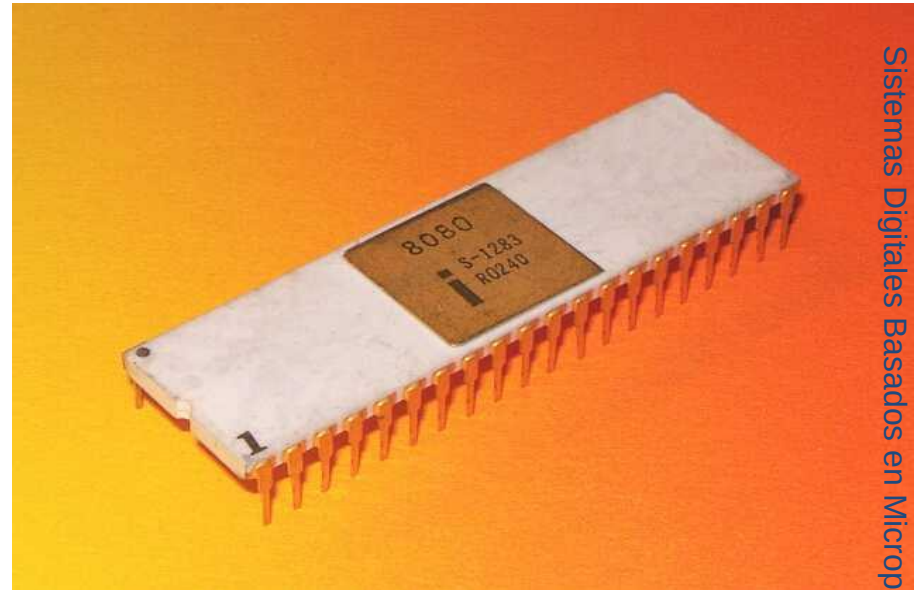
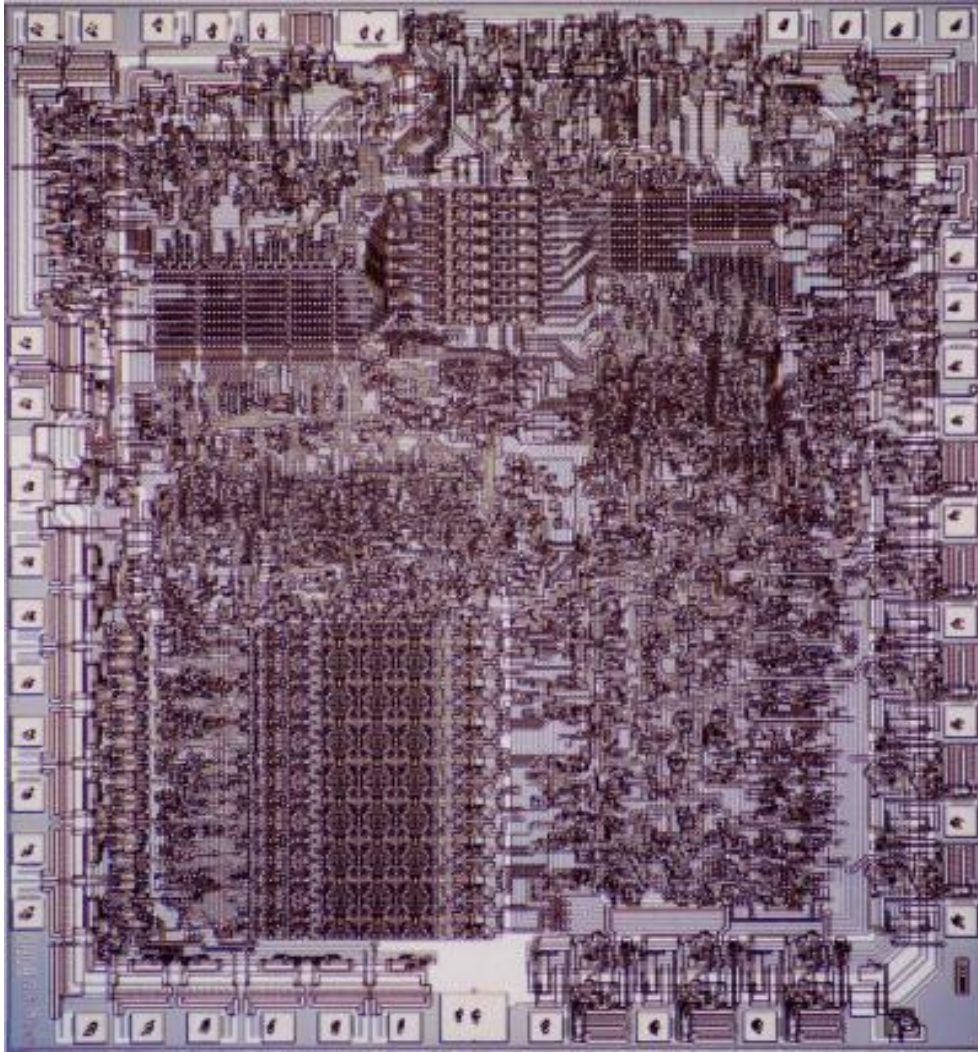
EL MICROPROCESADOR. INTEL 4004



INTEL 8008



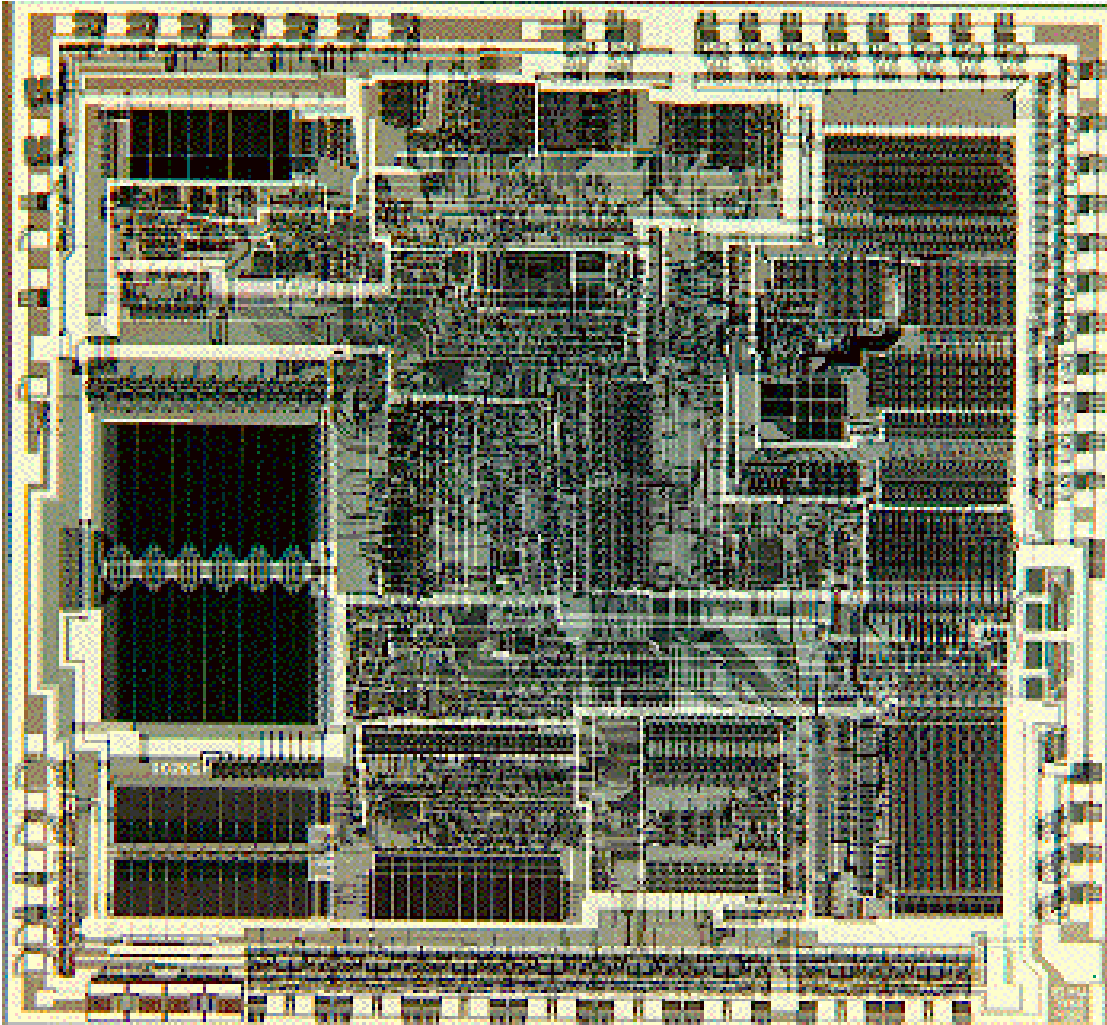
INTEL 8080



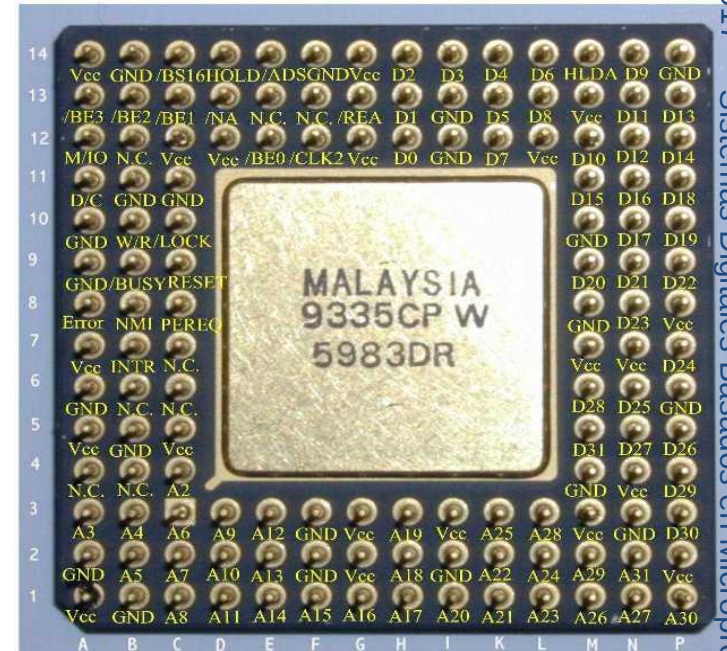
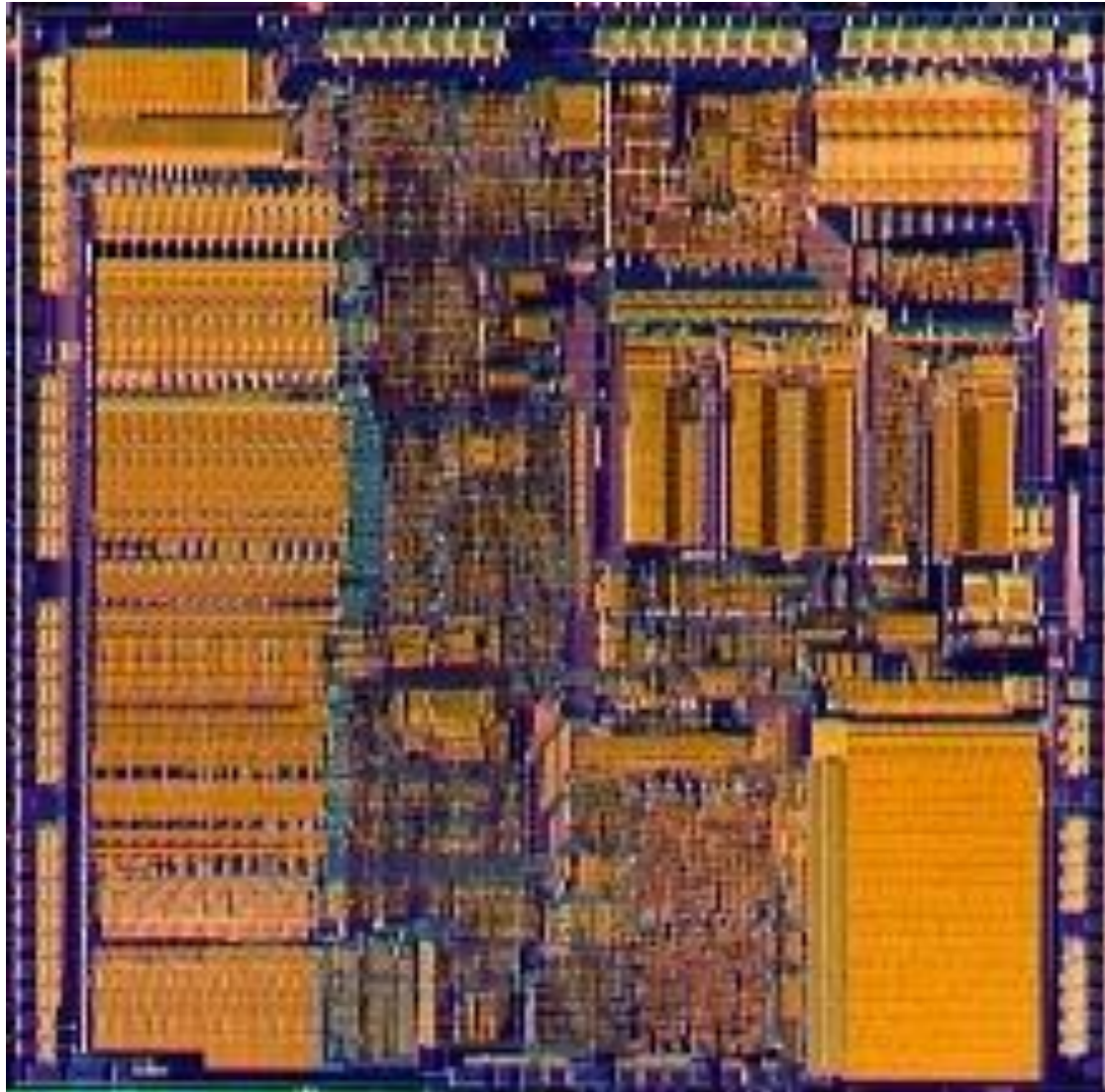
24/01/2017

Sistemas Digitales Basados en Microprocesador

INTEL 80286

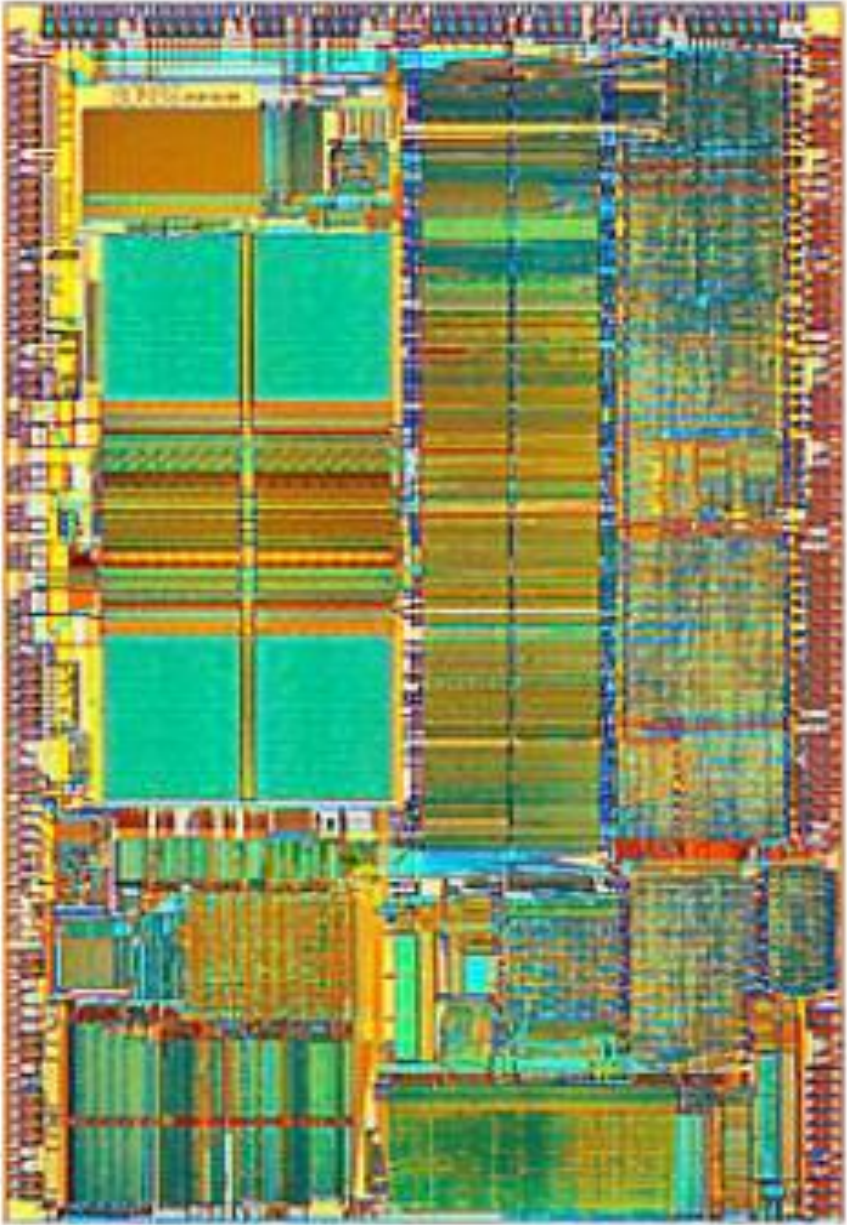


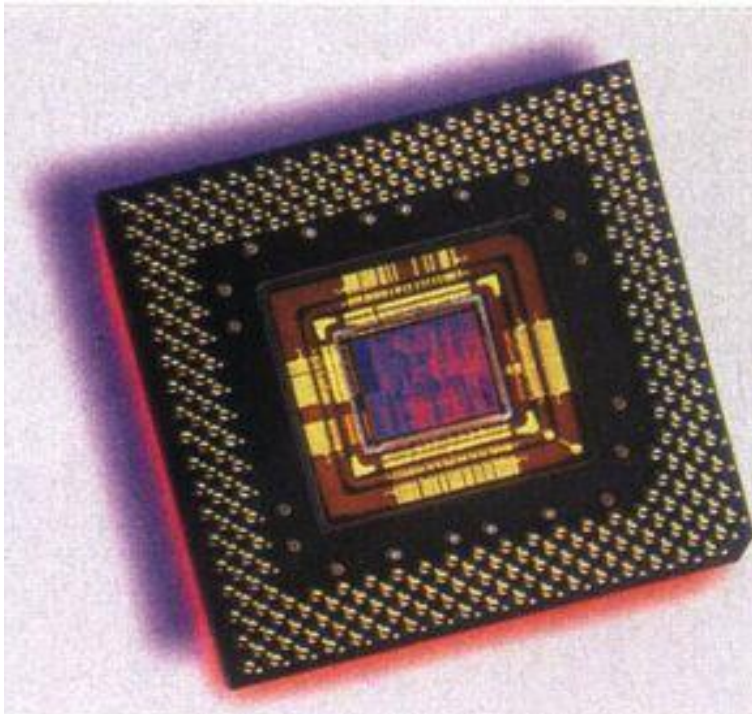
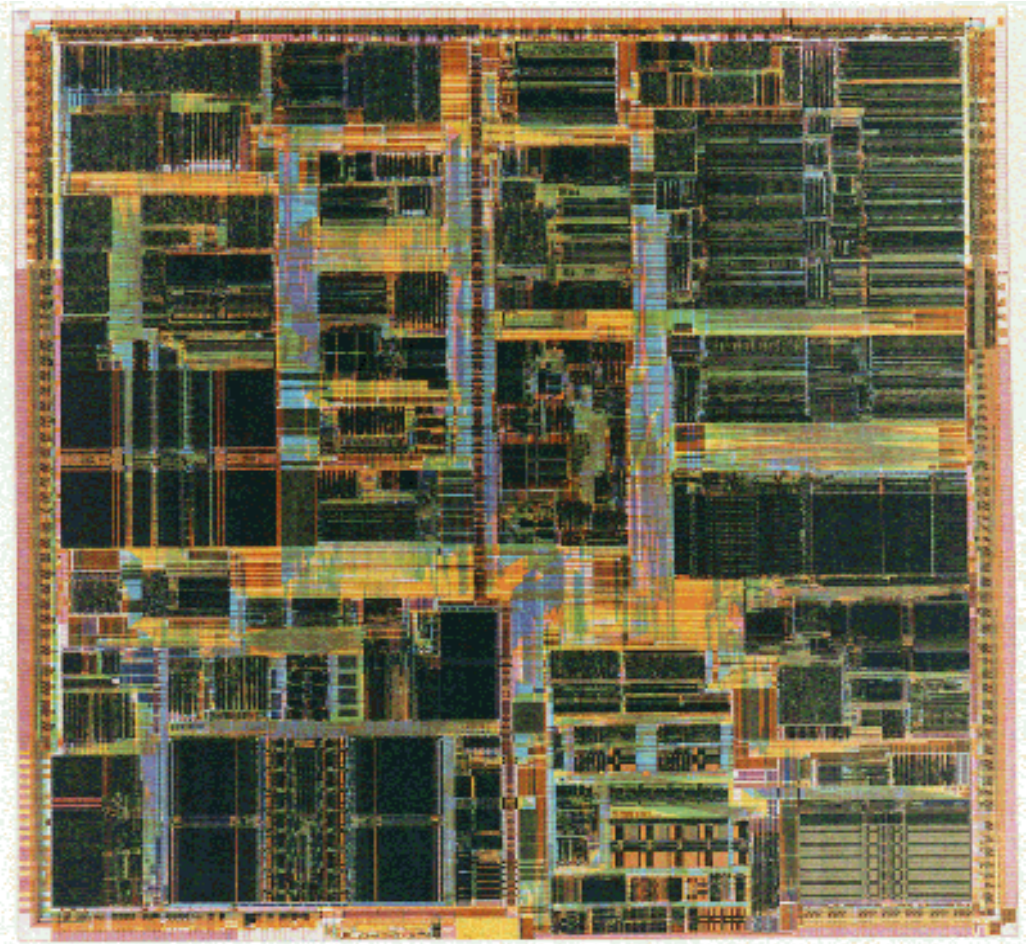
INTEL 80386



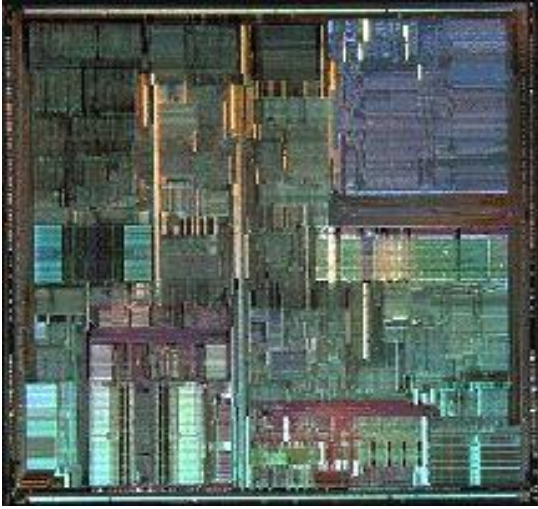


INTEL 80486

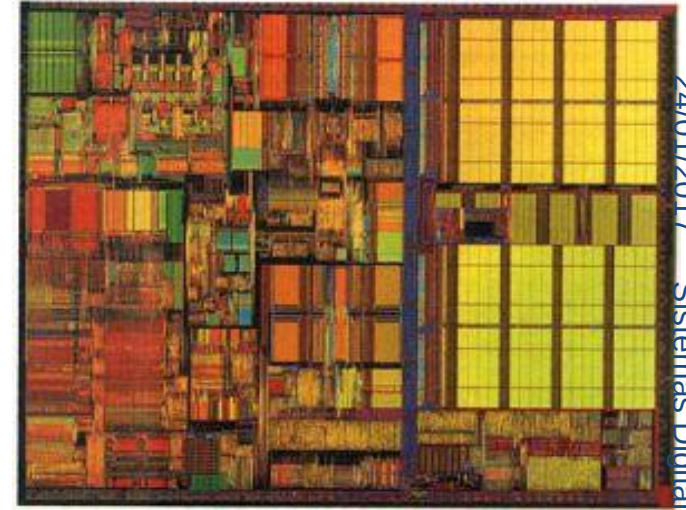




EVOLUCIONES DEL PENTIUM

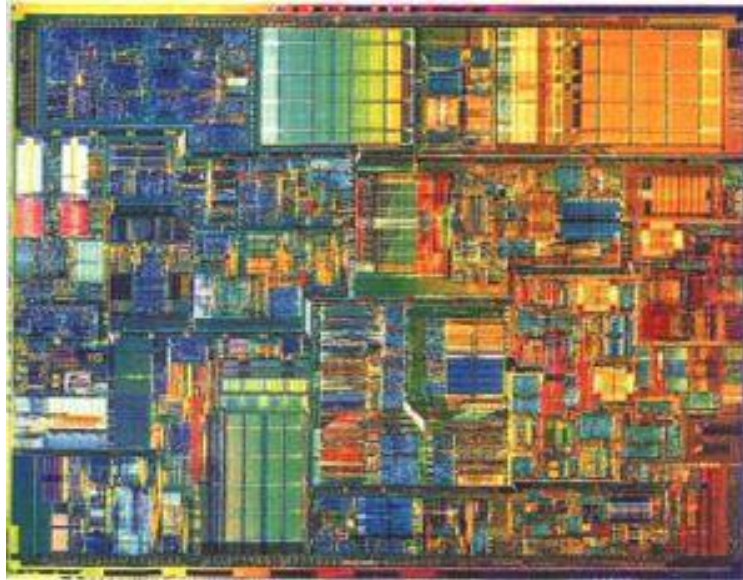


Pro

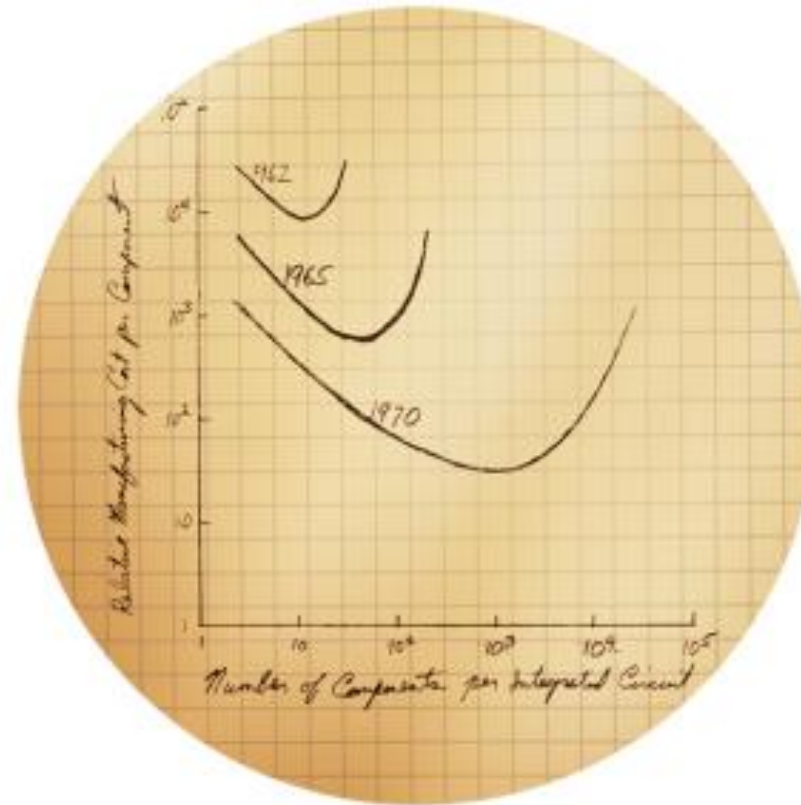
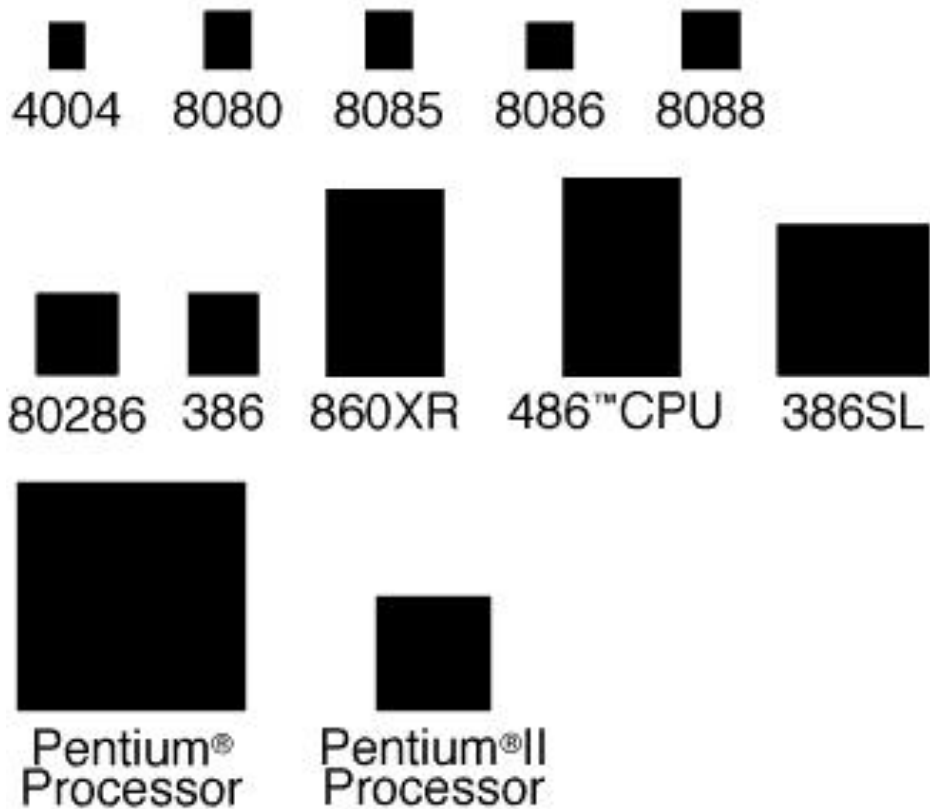


III

IV

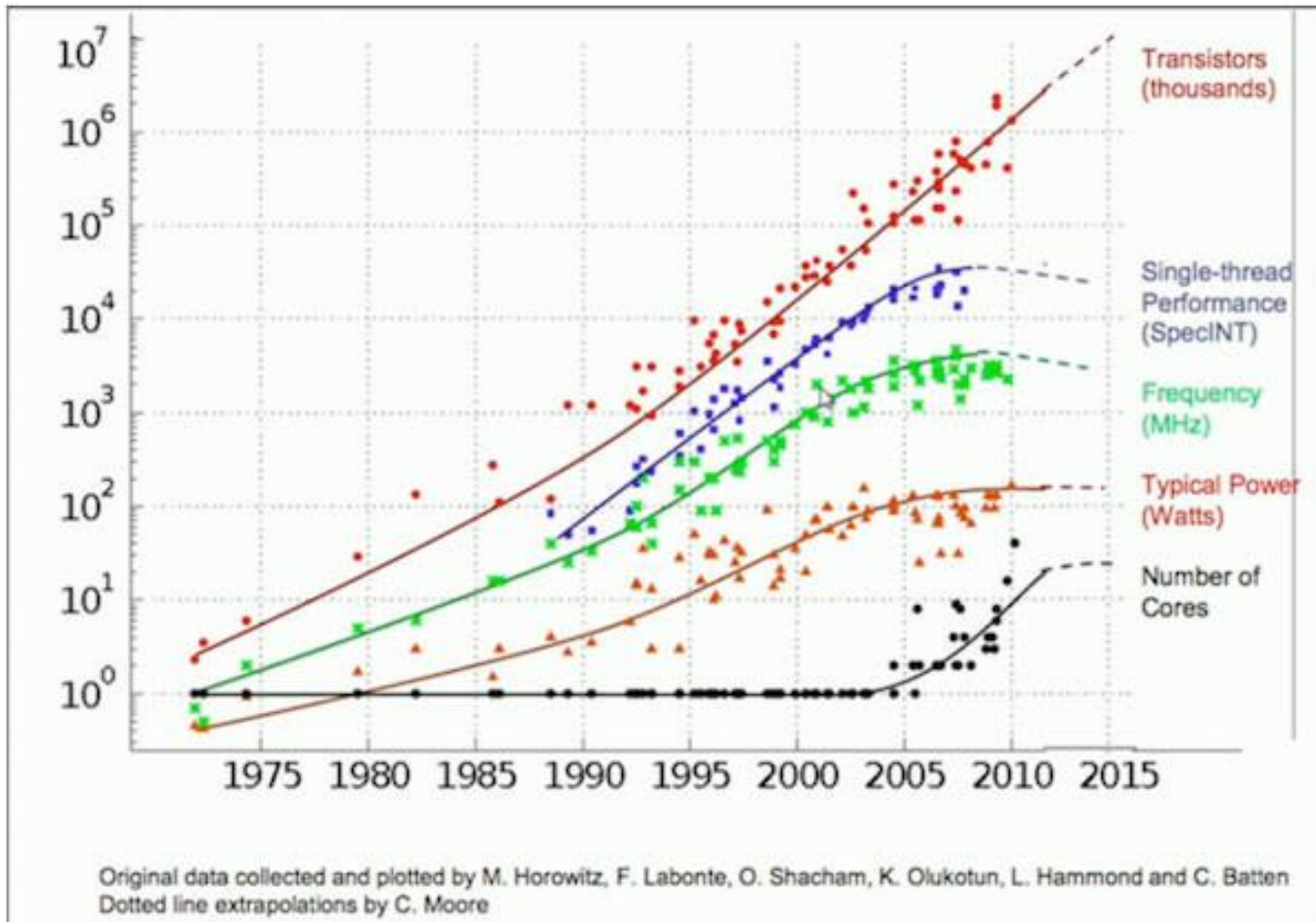


LEY DE MOORE





LEY DE MOORE



LOS ORDENADORES PERSONALES ... Y MÁS ALLÁ

