



Técnicas Digitales II

Cortex™ M3 - Introducción

Ing. Juan Manuel Cruz (jmcruz@hasar.com)
Profesor Asociado Ordinario

Ing. Alex Lozano (alex.tdii@gmail.com)
Jefe de Trabajos Prácticos Ordinario

Buenos Aires, 24 de Agosto de 2010

Introducción - Temario

- El procesador ARM Cortex™-M3
- ARM® y arquitectura ARM
- Set de instrucciones
- Thumb®-2 Instruction Set Architecture (ISA)
- Algunas imágenes de Cortex™-M3
- Aplicaciones del procesador Cortex™-M3
- Temas a profundizar
- Lecturas adicionales

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

2

El procesador ARM Cortex™-M3

- El mercado de los micros es inmenso, con una producción estimada de más de 20.000 millones de unidades para 2010
- Una basta matriz de proveedores, dispositivos y arquitecturas hoy compiten en el mercado
- El requerimiento de micros de mayor rendimiento ha sido impulsado a nivel mundial por las necesidades cambiantes de la industria (hoy se necesitan micros para manejar más tareas sin aumentar la frecuencia o el nivel de consumo de un producto)
- Además, se incrementa la conectividad de los micros, ya sea por Universal Serial Bus (USB), Ethernet, WiFi, etc. (se incrementa el procesamiento necesario para soportar estos canales de comunicación y periféricos avanzados)

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

3

El procesador ARM Cortex™-M3

- Del mismo modo, la complejidad de la aplicación general va en aumento, impulsado por más sofisticadas interfaces de usuario, requerimientos de multimedia, velocidad del sistema y convergencia de funcionalidades
- El procesador ARM Cortex-M3, el primero de la generación de procesadores Cortex lanzado por ARM en 2006, fue diseñado principalmente con destino al mercado de micros de 32 bits
- El procesador ARM Cortex-M3 ofrece un rendimiento excelente en cuanto al bajo número de compuertas e incorpora muchas características nuevas anteriormente sólo disponibles en procesadores de gama alta

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

4



El procesador ARM Cortex™-M3

- Cortex-M3 aborda los requisitos para el mercado de procesador embebido de 32 bits de la siguiente manera:
 - **Mayor eficiencia de rendimiento**, permitiendo realizar más tareas sin aumentar los requisitos de frecuencia o potencia en juego
 - **Bajo consumo de energía**, permitiendo mayor duración de batería, especialmente crítica en los productos portátiles, incluidas las aplicaciones de redes inalámbricas
 - **Mejorado determinismo**, garantizando que las tareas críticas y las interrupciones son atendidas lo más rápidamente posible (en un número conocido de ciclos)
 - **Mejorada densidad de código**, garantizando que el código se ajusta incluso a pequeñas porciones de memoria
 - **Facilidad de uso**, proporcionando más fácil programación y depuración para el creciente número de usuarios de 8 bits y 16 bits que intentan migrar a 32 bits

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

5



El procesador ARM Cortex™-M3

- **Soluciones de menor costo**, reduciendo los costos de los sistemas basados en 32 bits, muy cercano al de los dispositivos de 8 bits y 16 bits, compitiendo en la gama baja (micros de 32 bits a un precio menor al US \$ 1)
- **Gran variedad de herramientas de desarrollo**, desde compiladores de bajo costo, software libre, hasta paquetes de desarrollo con amplias prestaciones de diversos proveedores de herramienta de desarrollo
- Micros basados en el procesador ARM Cortex-M3 ya compiten con dispositivos basados en una gran variedad de otras arquitecturas
- Los diseñadores buscan cada vez más a reducir el costo del sistema, a diferencia de los costos de los dispositivos tradicionales. En tal sentido las organizaciones han implementado el agregado de recursos a estos micros, para que un dispositivo único y más poderoso pueda reemplazar a tres o cuatro dispositivos tradicionales de 8 bits

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

6



El procesador ARM Cortex™-M3

- Ahorros de costos adicionales pueden lograrse mediante la mejora de la cantidad de código reutilizable en diversos sistemas
- Dado que los micros basados en el procesador ARM Cortex-M3 se pueden programar fácilmente usando lenguaje C y se basan en una arquitectura adecuada, el código de la aplicación puede ser portado y reutilizado fácilmente, reduciendo así tanto el tiempo de desarrollo como el costo de las pruebas
- Es de destacar que el procesador ARM Cortex-M3 no es el primer procesador ARM utilizado para crear micros genéricos
- El procesador ARM7 ha sido muy exitoso en este mercado, con socios como NXP (Philips), Texas Instruments, Atmel, OKI y muchos otros proveedores de robustos micros de 32 bits (MCU)

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

7



El procesador ARM Cortex™-M3

- Hasta ahora ARM7 es el más ampliamente utilizado procesador de 32 bits de la historia, con más de 1.000 millones de procesadores producidos por año, aplicados en una gran variedad de productos electrónicos, desde teléfonos móviles hasta automotrices
- Cortex-M3 se basa en el éxito del ARM7 como para ofrecer dispositivos considerablemente más fáciles de programar, depurar y además con mayor capacidad de procesamiento
- Cortex-M3 introduce además algunas características y tecnologías que cumplan los requisitos específicos de las aplicaciones de micros, tales como interrupciones de **no-enmascarables** para tareas críticas, **vectores de interrupción anidados** altamente determinista, **manipulación atómica de bits** y una **unidad de protección de memoria** (opcional)

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

8

El procesador ARM Cortex™-M3

- Estos factores hacen al procesador Cortex-M3 atractivo para usuarios de procesadores ARM existentes, así como para muchos nuevos usuarios que contemplan el uso de MCUs de 32 bits en sus productos
- El procesador Cortex-M3 vs MCU basada en Cortex-M3**
 - El procesador Cortex-M3 es la Unidad Central de Procesamiento (CPU) de un chip microcontrolador. Se necesitan además algunos otros componentes para completar un microcontrolador basado en el procesador Cortex-M3
 - Luego de licenciar el procesador Cortex-M3 los fabricantes de chips pueden disponer del procesador Cortex-M3 en sus diseños de silicio con el agregado de memoria, periféricos, entrada/salida (I/O) y otras prestaciones
 - Chips basados en el procesador Cortex-M3 de diferentes fabricantes tendrán características, periféricos, tipos y tamaños de memoria diferentes, nosotros nos enfocaremos en la arquitectura del núcleo (core) del procesador
 - Para obtener más detalles sobre chips específicos deben referirse a la documentación del fabricante del chip en particular

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

9

El procesador ARM Cortex™-M3

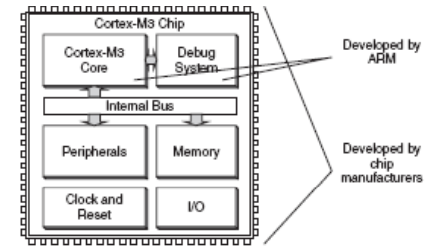


Figure 1.1 The Cortex-M3 Processor vs the Cortex-M3-Based MCU

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

10

ARM® y arquitectura ARM

- Una breve historia**
 - Veamos un poco de historia ARM a fin de entender tanto las variantes de procesadores ARM como las versiones de arquitectura
 - ARM se formó en **1990** como **Advanced RISC Machines Ltd.**, una emprendimiento conjunto de Apple Computer, Acorn Computer Group y VLSI Technology. En **1991** ARM introdujo la familia de procesadores de **ARM6** y **VLSI** se convirtió en el licenciatario inicial. Posteriormente, otras compañías, incluyendo Texas Instruments, NEC, Sharp y ST Microelectronics licenciaron diseños de procesador ARM, extendiendo las aplicaciones de procesadores ARM a telefonía móvil, discos rígidos de PC's, PDA's, sistemas de entretenimiento hogareño y muchos otros productos de consumo
 - Hoy partners de ARM despachan más de 2.000 millones de procesadores ARM al año
 - A diferencia de muchas empresas de semiconductores ARM no fabrica procesadores ni vende chips directamente. En cambio ARM licencia sus diseños de procesadores para asociados de negocios, entre los cuales se incluyen a la mayoría de las compañías de semiconductores del mundo

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

11

ARM® y arquitectura ARM

- Basado en los diseños de procesador ARM de consumo eficiente y de bajo costo, estos socios crean sus procesadores, microcontroladores y soluciones System-On-Chip (**SoC**)
- Este modelo de negocio es comúnmente llamado concesión de licencias de Propiedad Intelectual (**IP**)
- Además de diseños de procesador, ARM también licencia IPs a nivel de sistema y diversas IPs de software
- Para apoyar estos productos ARM ha desarrollado una fuerte base de herramientas de desarrollo, hardware y productos de software que permite a sus socios de negocios desarrollar sus propios productos
- Versiones de la arquitectura**
 - Durante años ARM ha venido desarrollando nuevos procesadores y bloques de sistema. Estos incluyen al popular procesador **ARM7DMI** y más recientemente **ARM1176TZ (F)-S** que se usa en aplicaciones de altas prestaciones como teléfonos inteligentes

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

12

ARM® y arquitectura ARM

- La evolución de las características y mejoras a los procesadores con el tiempo ha llevado a sucesivas versiones de la arquitectura ARM. Tenga en cuenta que los números de versión de arquitectura son independientes de los nombres de procesador. Por ejemplo, el procesador **ARM7TDMI** se basa en la arquitectura de **ARMv4T** (la T es para soporte de instrucción de modo Thumb)
- La arquitectura de **ARMv5E** se introdujo con las familias de procesadores de **ARM9E**, incluidos los procesadores **ARM926E-S** y **ARM946E-S**. Esta arquitectura añadió instrucciones para el procesamiento digital de señales "mejorado" (**DSP**) útiles en aplicaciones multimedia
- Con la llegada de la familia de procesadores de **ARM11**, la arquitectura se extendió a la **ARMv6**. Las nuevas características de esta arquitectura incluyen prestaciones de Single Instruction-Multiple Data (**SIMD**). Procesadores basados en la arquitectura de ARMv6 incluyen ARM1136J(F)-S, ARM1156T2(F)-S y ARM1176JZ(F)-S

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

13

ARM® y arquitectura ARM

- Tras la introducción de la familia ARM11, se decidió que muchas de las nuevas tecnologías tales como el set de instrucciones de Thumb-2 optimizado eran sólo aplicables a los mercados de micros de bajo costo y componentes de automoción
- También se decidió que a pesar que la arquitectura necesaria para ser coherente, desde la más modesta MCU al procesador para aplicaciones de más alto rendimiento, era necesario ofrecer un procesador cuya arquitectura se adaptase mejor a las aplicaciones, permitiendo contar con procesadores muy deterministas, de baja cantidad de compuertas para mercados sensibles al costo, ricos en prestaciones y de alto rendimiento para aplicaciones de alta gama
- En los últimos años, ARM amplió su cartera de productos diversificando el desarrollo de CPU's, lo que resultó en la versión 7 de la arquitectura o **ARMv7**. En esta versión, el diseño de la arquitectura se divide en tres perfiles:
 - Perfil **A**, diseñado para plataformas de aplicación abierta de alto rendimiento
 - Perfil **R**, diseñado para sistemas embebidos de alta gama, en las que es necesario el rendimiento en tiempo real
 - Perfil **M**, diseñado para los sistemas tipo microcontrolador profundamente embebidos

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

14

ARM® y arquitectura ARM

- Echemos un vistazo a estos perfiles con un poco más de detalle:
 - Perfil **A (ARMv7-A)**: para ejecutar aplicaciones complejas tales como sistemas operativos embebidos de alta gama (**OSs**), tales como Symbian, Linux y Windows Embedded, que requieren mayor poder de procesamiento, soporte de sistema de memoria virtual con unidades de administración de memoria (**MMUs**) y opcionalmente soporte Java mejorado y entorno de ejecución de programa seguro. Por ejemplo teléfonos móviles de alta gama y monederos electrónicos p/transacciones financieras
 - Perfil **R (ARMv7-R)**: para procesamiento en tiempo real y de alto rendimiento, dirigidos principalmente al extremo superior del mercado de tiempo real. Aplicaciones, tales como "breaking systems" de alta gama y controladores de disco rígido, en el que es esencial tanto el alto poder de procesamiento como la alta confiabilidad y donde es muy importante la baja latencia
 - Perfil **M (ARMv7-M)**: para aplicaciones de bajo costo, donde es importante la eficiencia de procesamiento y facilidad de uso, interrupciones de baja latencia, en los que consumo de energía y costo son críticos, así como aplicaciones de control industrial, incluidos los sistemas de control en tiempo real

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

15

ARM® y arquitectura ARM

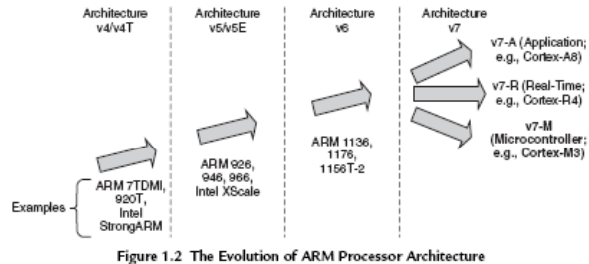
- Las familias de procesadores Cortex fueron los primeros productos desarrollados en arquitectura **v7**. El procesador de **Cortex-M3** se basa en uno de los perfiles de la arquitectura v7 llamada **ARMv7-M** (especificación de arquitectura para micros)
- Esta presentación se centra en el procesador Cortex-M3, que es sólo uno de la familia de productos Cortex que utilizan la arquitectura **ARMv7**. Otros procesadores de la familia Cortex incluyen **Cortex-A8** (procesador de aplicación) que se basa en el perfil de **ARMv7-A** o **Cortex-R4** (procesador en tiempo real) basada en el perfil de **ARMv7-R**
- Se da un gran debate sobre si podemos tener un sistema de "tiempo real" mediante procesadores de propósitos generales. Por definición, "tiempo real" significa que el sistema puede producir una respuesta o reacción en un plazo garantizado. En un sistema basado en el procesador ARM, usted puede o no ser capaz de obtener esta respuesta debido a la elección de sistema operativo, la latencia de las interrupciones o el tiempo de acceso de la memoria, tal como si la CPU ejecutase una interrupción de mayor prioridad

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

16

ARM® y arquitectura ARM



24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

17

ARM® y arquitectura ARM

- Los detalles de la arquitectura ARMv7-M se documentan en el ARMv7-M Architecture Application Level Reference Manual (REF 2). Este documento puede accederse en el sitio web de ARM mediante un simple proceso de registro
- La arquitectura ARMv7-M contiene las siguientes áreas claves:
 - Modelo del programador
 - Set de instrucciones
 - Modelo de memoria
 - Arquitectura de depuración
- Información específica del procesador, tales como los detalles de interfaces y de temporización están documentados en el Cortex-M3 Technical Reference Manual (TRM) (ref 1). Este manual puede accederse libremente en el sitio web de ARM. El TRM Cortex-M3 también abarca una serie de detalles de implementación no cubiertos por las especificaciones de la arquitectura, como la lista de instrucciones compatibles, pues algunas de las instrucciones que se tratan en la especificación de la arquitectura ARMv7-M son opcionales en dispositivos ARMv7-M.

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

18

ARM® y arquitectura ARM

Nomenclatura del procesador

- Tradicionalmente, ARM utiliza un esquema de numeración para nombrar a sus procesadores. En un principio (década de los 90s) también utilizó sufijos para indicar las características de los procesadores. Por ejemplo con el procesador ARM, la **T** indica soporte de instrucción de modo Thumb, **D** indica depuración por JTAG, **M** indica multiplicador rápido e **I** indica módulo ICE integrado
- Posteriormente se decidió que estas características deben convertirse en características estándar en futuros procesadores ARM; por lo tanto no es necesario agregar estos sufijos a los nuevos nombres de una familia de procesadores. En su lugar las variaciones en la interfaz de memoria, memoria caché y Tightly Coupled Memory (TCM) han creado un nuevo esquema de nomenclatura de procesador
- Por ejemplo, procesadores ARM con memoria caché y MMUs ahora reciben el sufijo "26" o "36", mientras que los procesadores con unidades de protección de memoria (MPUs) reciben el sufijo "46" (por ejemplo, ARM946E-S). Además, en que se agregan otros sufijos para indicar sintetizable (S) y la tecnología de Jazelle (J). Tabla 1.1 se presenta un resumen de los nombres de procesador

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

19

ARM® y arquitectura ARM

Table 1.1 ARM Processor Names

Processor Name	Architecture Version	Memory Management Features	Other Features
ARM7TDMI	ARMv4T		
ARM7TDMI-S	ARMv4T		
ARM7EJ-S	ARMv5E		DSP, Jazelle
ARM920T	ARMv4T	MMU	
ARM922T	ARMv4T	MMU	
ARM926J-S	ARMv5E	MMU	DSP, Jazelle
ARM946E-S	ARMv5E	MPU	DSP
ARM968E-S	ARMv5E		DSP
ARM968E-S	ARMv5E		DMA, DSP
ARM968H-S	ARMv5E	MPU (optional)	DSP
ARM1020E	ARMv5E	MMU	DSP
ARM1022E	ARMv5E	MMU	DSP
ARM1026J-S	ARMv5E	MMU or MPU	DSP, Jazelle
ARM1136J(F)-S	ARMv6	MMU	DSP, Jazelle
ARM1176JZ(F)-S	ARMv6	MMU + TrustZone	DSP, Jazelle
ARM11MPCore	ARMv6	MMU + multiprocessor cache support	DSP, Jazelle
ARM1156T2(F)-S	ARMv6	MPU	DSP
Cortex-M3	ARMv7-M	MPU (optional)	NVIC
Cortex-R4	ARMv7-R	MPU	DSP
Cortex-R4F	ARMv7-R	MPU	DSP + Floating point
Cortex-A8	ARMv7-A	MMU + TrustZone	DSP, Jazelle

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

20

ARM® y arquitectura ARM

- Un diseño de núcleo sintetizable está disponible en forma de lenguaje de descripción de hardware (HDL) como **Verilog** o **VHDL** y puede ser convertido en un **netlist** de diseño mediante software de síntesis
- Con la versión **7** de la arquitectura, lejos de estos complejos esquemas de numeración que necesitan ser decodificados, ARM ha migrado hacia una nomenclatura coherente para sus familias de procesadores, obviamente con el prefijo **Cortex**
- Además de ilustrar la compatibilidad entre procesadores, este sistema elimina la confusión entre la versión de la arquitectura y el número de procesador de la familia (por ejemplo, el popular **ARM7TDMI** no es un procesador versión **v7** pues se basa en la arquitectura **v4T**)

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

21

Set de instrucciones

- El mejoramiento y ampliación del set de instrucciones usado en los procesadores ARM ha sido clave para la evolución de la arquitectura
- Históricamente (desde ARM7TDMI) el procesador ARM soporta dos diferentes set de instrucción:
 - Instrucciones **ARM** de 32 bits
 - Instrucciones **Thumb®** de 16 bits
- Durante la ejecución del programa, el procesador puede conmutar dinámicamente entre estado ARM o Thumb para utilizar uno u otro set de instrucciones. El set instrucciones Thumb proporciona sólo un subconjunto de las instrucciones de ARM, proporcionando mayor densidad de código. Es útil para los productos que requieren poca memoria

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

22

Set de instrucciones

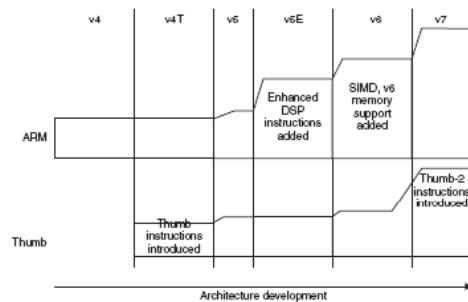


Figure 1.3 Instruction Set Enhancement

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

23

Set de instrucciones

- Al actualizar la versión de la arquitectura se agregaron instrucciones ARM y Thumb. Con importantes cambios en el set de instrucciones Thumb. ARM anunció en 2003 el modo **Thumb-2**, nuevo superset de instrucciones Thumb con instrucciones de 16 y 32 bits
- Los detalles del set de instrucciones están en el documento: "The ARM Architecture Reference Manual " (conocido como "ARM ARM"), que ha sido actualizado para las arquitecturas ARMv5, ARMv6 y ARMv7
- Para la arquitectura de ARMv7, debido a su crecimiento en diferentes perfiles, la especificación también se dividió en diferentes documentos
- Para Cortex-M3, el documento: "ARM v7-M Architecture Application Level Reference Manual (Ref 2)" cubre todos los detalles del set de instrucción

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

24

Thumb®-2 Instruction Set Architecture (ISA)

- La ISA de Thumb-2 es un set de instrucciones de altamente eficiente y poderoso que ofrece importantes beneficios en términos de facilidad de uso, tamaño del código y rendimiento
- El set de instrucciones de Thumb-2 es un superset del anterior set de instrucciones Thumb de 16-bit, con el agregado de instrucciones de 16 y de 32 bits
- Thumb-2 permite realizar operaciones más complejas, logrando así una mayor eficiencia al evitar la conmutación de estados entre ARM y Thumb
- La familia Cortex-M3 se orientó a dispositivos de poca memoria como microcontroladores y a la reducción del tamaño del procesador

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

25

Thumb®-2 Instruction Set Architecture (ISA)

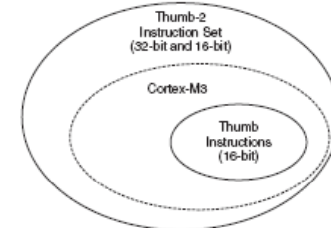


Figure 1.4 The Relationship Between the Thumb-2 Instruction Set and the Thumb Instruction Set

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

26

Thumb®-2 Instruction Set Architecture (ISA)

- Sólo soporta el modo Thumb-2 (y Thumb tradicional) en lugar de utilizar instrucciones de ARM para algunas operaciones, como en los procesadores ARM tradicionales
- Por ende el procesador de Cortex-M3 no es compatible con los procesadores ARM tradicionales (no se puede ejecutar una imagen binaria para procesadores ARM7 sobre Cortex-M3)
- Aunque Cortex-M3 puede ejecutar casi todas las instrucciones Thumb 16-bit, incluyendo todas las instrucciones de Thumb de 16 bits soportadas por la familia ARM7, haciendo fácil portar aplicaciones
- Al soportar operaciones de 16 y 32 bits en el set de instrucciones Thumb-2 no es necesario conmutar al procesador entre estados Thumb (instrucciones de 16 bits) y ARM (instrucciones de 32-bit)

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

27

Thumb®-2 Instruction Set Architecture (ISA)

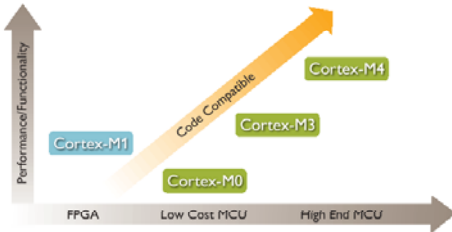
- En las familias ARM7 o ARM9, se usaba el modo ARM para cálculos complejos, para gran número de operaciones condicionales que necesiten buen rendimiento; mientras que en la familia Cortex-M3 es posible mezclar instrucciones de 32 y 16 bits sin conmutar el estado, logrando código alta densidad y rendimiento sin agregar complejidad
- Thumb-2 es una característica importantísima de la arquitectura de **ARMv7**. Comparado con las instrucciones soportadas por la familia ARM7 (**ARMv4T**) el set de instrucciones del Cortex-M3 incorpora gran número de nuevas prestaciones
- Por primera vez un procesador ARM posee instrucción división por hard y más de multiplicación, mejorado el rendimiento en operaciones de cálculo. Además soporta accesos a datos no alineados, característica anteriormente sólo disponible en procesadores de gama alta

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

28

Alguna imágenes de Cortex™-M3



ARM Cortex-M0	ARM Cortex-M3	ARM Cortex-M4
'8/16-bit' applications	'16/32-bit' applications	'32-bit/DSP' applications
Low cost and simplicity	Performance efficiency	Efficient digital signal control

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

29

Alguna imágenes de Cortex™-M3

Cortex-M3 Features	
Architecture	ARMv7-M (Hardwired)
ISA Support	Thumb [®] / Thumb-2
Pipeline	3-stage + branch speculation
Divystone	1.25 DMIPS/MHz
Memory Protection	Optional 8 region MPU with sub regions and background region
Interrupts	Non-maskable Interrupt (NMI) + 1 to 240 physical interrupts
Interrupt Latency	12 cycles
Inter-Interrupt Latency	8 cycles
Interrupt Priority Levels	8 to 256 priority levels
Wake-up Interrupt Controller	Up to 240 Wake-up Interrupts
Sleep Modes	Integrated WFI and WFE Instructions and Sleep On Exit capability. Deep & Deep Sleep Signals. Optional Retention Mode with ARM Power Management Kit
Bit Manipulation	Integrated Instructions & Bit Banding
Enhanced Instructions	Hardware Divide (2-12 Cycles) & Single-Cycle (32-32) Multipl.
Debug	Optional JTAG & Serial Wire Debug Ports. Up to 8 Breakpoints and 4 Watchpoints
Trace	Optional Instruction Trace (ITM), Data Trace (DWT), and Instrumentation Trace (ITM)

Performance characteristics quoted for a 100MHz target implementation on the TSMC 0.18µ process
* Does not include optional system peripherals (MPU & ETM) or integration level components

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

30

Alguna imágenes de Cortex™-M3

Process	Cortex-M3 Performance, Power & Area			
	TSMC 180nm G		TSMC 90nm G	
Optimization Type	Speed Optimized	Area Optimized	Speed Optimized	Area Optimized
Standard Cell Library	ARM SC7	ARM SC7	ARM SC9	ARM SC9
Performance (Total DMIPS)	125	75	340	75
Frequency (MHz)	100	50	275	50
Power Efficiency (DMIPS/mW)	3.75	5.25	TBD	12.5
Area (mm ²)	0.37	0.25	0.083	0.047

Core area, frequency range and power consumption are dependent on process, libraries and optimizations. The numbers quoted above are illustrative of synthesized cores using general purpose TSMC process technologies and ARM Physical IP standard cell libraries and RMMs. Area numbers include the CM3Core, the Nested Vectored Interrupt Controller (NVIC) and Bus Matrix but not the optional components including the Memory Protection Unit, Embedded Trace Macrocell, Breakpoint Unit, Data Watchpoint Unit and Trace Port Interface Unit.

The speed optimized implementations refer to the library choices and synthesis flow decisions and tradeoffs made in order to achieve the target frequency performance. The area optimized implementations refer to the library choices and synthesis flow decisions and tradeoffs made in order to achieve a target area density.

Frequency and Area measured for worst case conditions - 0.18µm process - 1.82V, 102C, slow silicon; 0.18µm process - 1.95V, 102C, slow silicon.
Power measured for typical case conditions - 0.18µm process - 1.9V, 25C, typical silicon; 0.18µm process - 1.2V, 25C, typical silicon.

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

31

Alguna imágenes de Cortex™-M3

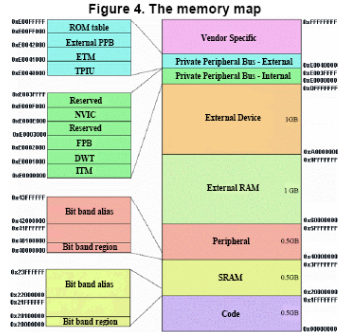
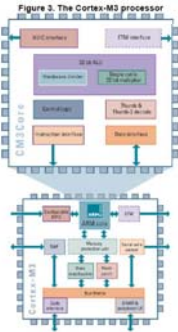
RISC processor core	Thumb-2 [®] technology
<ul style="list-style-type: none"> High performance 32-bit CPU Deterministic operation Low latency 3-stage pipeline 	<ul style="list-style-type: none"> Optimal blend of 16/32-bit instructions 3x smaller code size than 8-bit devices No compromise on performance
<p>Low power modes</p> <ul style="list-style-type: none"> Integrated sleep state support Multiple power domains Architected software control 	<p>Nested Vectored Interrupt Controller (NVIC)</p> <ul style="list-style-type: none"> Low latency, low jitter interrupt response No need for assembly programming Interrupt service routines in pure C
<p>Tools and RTOS support</p> <ul style="list-style-type: none"> Broad 3rd party tools support Cortex Microcontroller Software Interface Standard (CMSIS) Maximizes software effort reuse 	<p>CoreSight debug and trace</p> <ul style="list-style-type: none"> JTAG or 2-pin Serial Wire Debug (SWD) connection Support for multiple processors Support for real-time trace

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

32

Alguna imágenes de Cortex™-M3



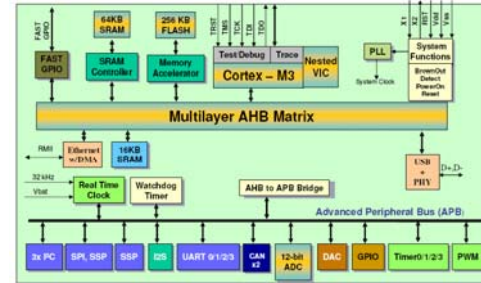
24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

33

Alguna imágenes de Cortex™-M3

LPC1700 Block Diagram



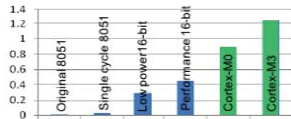
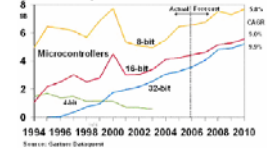
24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

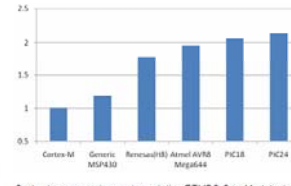
34

Alguna imágenes de Cortex™-M3

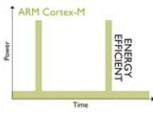
Figure 9. The growth of the 32-bit MCU market



Performance DMIPS/MHz



Code size comparison using relative EEMBC CoreMark test size.



24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

35

Alguna imágenes de Cortex™-M3

Comparing 16-bit multiply operations across processor architectures

8-bit example	16-bit example	ARM Cortex-M
MOV A, YL: 2 bytes	MUL AB: 1 byte	MULS r0,r1,r0
MOV B, YL: 3 bytes	ADD A, R1: 1 byte	
MUL AB: 1 byte	MOV R1, A: 1 byte	
MOV R0, A: 1 byte	MOV A, B: 2 bytes	
MOV R1, B: 2 bytes	ADD A, R2: 1 byte	
MOV A, XL: 2 bytes	MOV R2, A: 1 byte	
MOV B, YH: 3 bytes	MOV A, XH: 2 bytes	
MUL AB: 1 byte	MOV B, YH: 3 bytes	
ADD A, R1: 1 byte	MUL AB: 1 byte	
MOV R1, A: 1 byte	ADD A, R2: 1 byte	
MOV A, B: 2 bytes	MOV R2, A: 1 byte	
ADDC A, #0: 2 bytes	MOV A, #0: 2 bytes	
MOV R2, A: 1 byte	ADDC A, #0: 2 bytes	
MOV A, XH: 2 bytes	MOV R3, A: 1 byte	
MOV B, YL: 3 bytes		

!“ The Cortex-M3 multiply in fast performs a 32-bit multiply, here we assume it and it contains 16-bit data.

24/08/2010

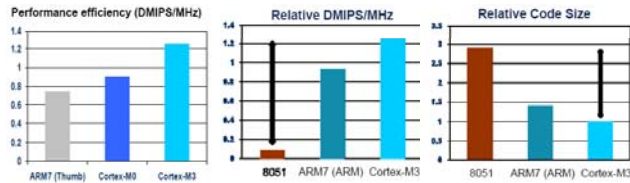
Ing. Juan Manuel Cruz

36

Alguna imágenes de Cortex™-M3

Characteristic	ARM7TDMI-S	Cortex-M3
Interrupt Architecture	FIQ + IRQ; IRQ nesting may be possible	NMI + up to 240 physical interrupts; nesting always possible interrupt
Latency	24-42 cycles	12 cycles
Interrupt Controller	External peripheral	Integrated peripheral (NVIC)
Hardware Stacks	FIQ, IRQ, SVC, USR, ABT, UND	Process + Main
OS Timer	External peripheral	Integrated peripheral (SysTick)
Context Switch (µC/OS-II)	50-73 instructions	29 instructions

Table 1: Comparison of ARM7TDMI-S and Cortex-M3 Characteristics.

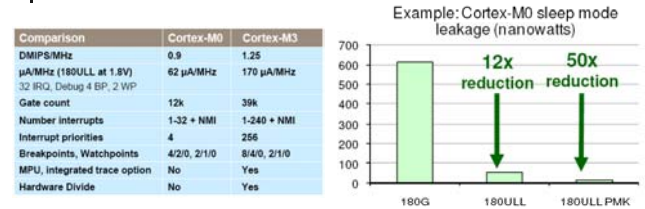


24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

37

Alguna imágenes de Cortex™-M3



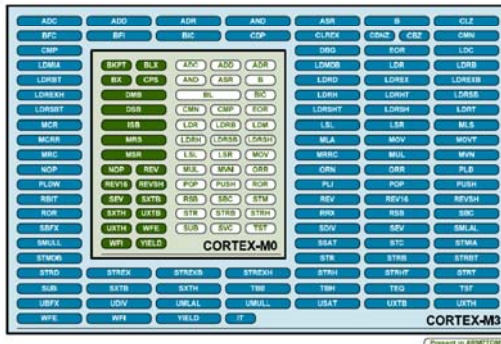
	DMIPS/MHz Dhrystone 2.1	mA/MHz 180ULL 1.8V	MHz Required	Active mA @ 8 DMIPS
8051 (1-clk)	0.1	0.033	80	2.64
Cortex-M0	0.9	0.062	9	0.56

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

38

Alguna imágenes de Cortex™-M3

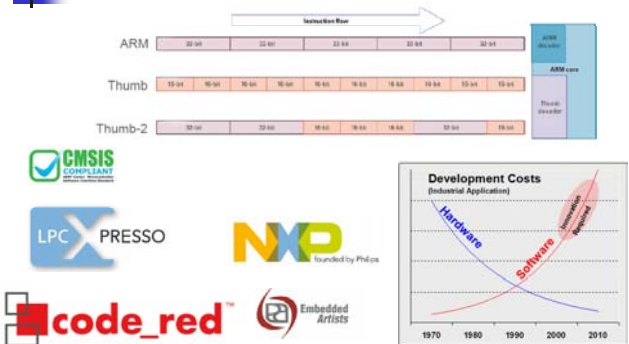


24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

39

Alguna imágenes de Cortex™-M3

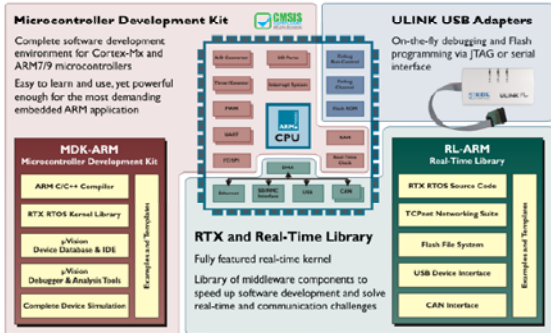


24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

40

Alguna imágenes de Cortex™-M3

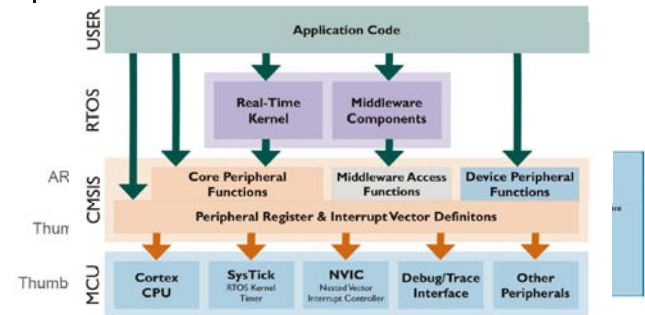


24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

41

Alguna imágenes de Cortex™-M3



24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

42

Aplicaciones del procesador Cortex™-M3

- Por su alto rendimiento, alta densidad de código y bajo footprint de silicio, el procesador Cortex-M3 es ideal para una amplia variedad de aplicaciones:
- **Microcontroladores de bajo costo:** es ideal para el mercado de micros de bajo costo usados en productos de consumo, desde juguetes a aparatos eléctricos. Mercado altamente competitivo debido a la gran oferta de reconocidos microcontroladores de 8 bits y 16 bits. Su menor consumo de energía, alto rendimiento y la ventaja de su facilidad de uso permiten a los desarrolladores de embebidos migrar a sistemas de 32 bits y desarrollar productos con arquitectura ARM
- **Automoción:** Es ideal para la industria automotriz. Por su alta eficacia y rendimiento, así como por su baja latencia de interrupción, lo que permite aplicarlo en sistemas en tiempo real. Admite hasta 240 interrupciones externas vectorizadas, integra un controlador de interrupciones con soportes de interrupciones anidadas y opcionalmente una unidad de protección de memoria, lo que lo hace idealmente útil para aplicaciones de automoción con alto grado de integración y sensibles al costo

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

43

Aplicaciones del procesador Cortex™-M3

- **Comunicación de datos:** El bajo consumo y alta eficiencia, junto con instrucciones Thumb-2 para la manipulación de campo de bits, lo hacen ideal para muchas aplicaciones de comunicaciones, tales como el Bluetooth y ZigBee
- **Control industrial:** La simplicidad, rápida respuesta, y fiabilidad son factores claves en este campo de aplicación. Lo sostiene las características de sus interrupciones, la baja latencia de interrupción y características mejoradas de manejo de fallas
- **Productos de consumo:** en muchos de los productos de consumo, se utiliza un microprocesador de alto rendimiento (o varios de ellos). El procesador de Cortex-M3, es un pequeño procesador de alta eficiencia y bajo consumo que permite ejecutar software complejos proveyendo una robusta proporcióna protección de memoria
- Ya hay muchos productos en base al procesador Cortex-M3 disponibles en el mercado, incluidos productos de baja gama con precio menor al US \$ 1, haciendo al costo de micros ARM igual o menor que el de muchos micros de 8 bits

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

44



Temas a profundizar

- Este presentación es un resumen del libro "The Definitive Guide to the ARM Cortex-M3 - Joseph Yiu" que aporta una visión general del procesador Cortex-M3, el resto de los contenidos a abordarán son:
 - Generalidades de Cortex-M3
 - Fundamentos de Cortex-M3
 - Excepciones y interrupciones de Cortex-M3
 - Programación de Cortex-M3
 - Características de hardware de Cortex-M3

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

45



Lecturas adicionales

- Esta presentación no contiene todos los detalles técnicos del procesador Cortex-M3. Pretende ser una guía de inicio para quienes Cortex-M3 es una novedad o una referencia adicional para quienes usan micros basados en el procesador de Cortex-M3
- Por más detalles vea los siguientes documentos, disponibles en sitios web de ARM y sus socios, pues cubren los más necesarios detalles:
 - "The Cortex-M3 Technical Reference Manual (TRM) (Ref 1)" proporciona información detallada acerca del procesador, incluyendo el modelo del programador, mapa de memoria y temporización de instrucción
 - "The ARMv7-M Architecture Application Level Reference Manual (Ref 2)" contiene información detallada sobre el set de instrucciones y el modelo de memoria
 - "Hoja de datos del microcontrolador basado en el procesador Cortex-M3"; visite el sitio web del fabricante para obtener las hojas de datos del micro que va a utilizar

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

46



Referencias

- **The Definitive Guide to the ARM Cortex-M3 - Joseph Yiu**
- Cortex™-M3, Revision r2p0, Technical Reference Manual – ARM
- ARM@v7-M Architecture, Reference Manual – ARM
- ARM Core, Cortex-M3 / Cortex-M3 with ETM (AT420/AT425), Errata Notice (PR326-PRDC-009450 v2.0) – ARM
- Application Note 179, Cortex™-M3 Embedded Software Development - ARM
- [ARM Processors – ARM](#)
- [ARM Cortex-M – ARM](#)
- [ARM Cortex-M3 – ARM](#)
- ARM System Developer's Guide, Design and Optimizing System Software – AN Sloss, D. Symes, C. Wright
- An Introduction to the ARM Cortex-M3 Processor - Shyam Sadasivan
- NXP Microcontrollers, Getting Started with Cortex - YoshinoriKanno
- Advantages of the Cortex-M3 - Brian Nagel

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

47



Referencias

- ARM Cortex-M3 Processor Software Development for ARM7TDMI Processor Programmers - Joseph Yiu and Andrew Frame
- ARM@ Cortex: M3 Challenges the Economics of 8-bit Microcontrollers - J. Scott Gardner
- Migrating to Cortex™-M Processors – Leon Chen
- Cortex-M3 Debug & Optimization - Alex Growcoot
- How Software and Hardware Can Cooperate To Manage Power Consumption - John Carbone & Bob Boys
- Moving to the ARM@ Cortex™-M3 from 8-Bit Applications - Wendell Smith
- Getting started with CMSIS – Doulos
- Tong, Anderson, Khalid, "Soft-Core Processors for Embedded Systems", 2006
- International Conference on Microelectronics, pp. 170–173, 2006

24/08/2010

Ing. Juan Manuel Cruz

48