



Microchip's **Russia**
MASTERS

P3211

32-битные микроконтроллеры

PIC32

Ядро MIPS

Конкурентные преимущества



План

- | **Ядро MIPS32[®] M4K[®] & M14K[™]**
- | **Семейство PIC32**
- | **Новые PIC32MX1 и MX2**
- | **Преимущества**
 - | Работа с битами
 - | Обработка прерываний
- | **Заключение**

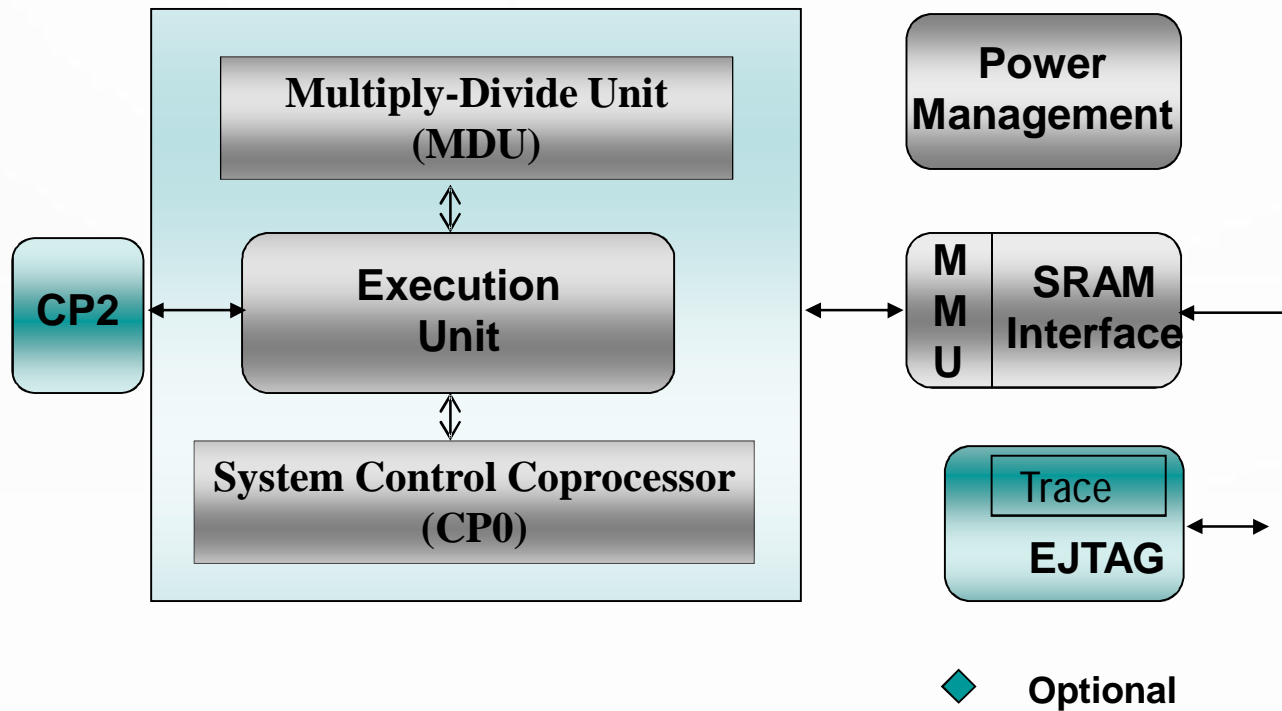


Ядро MIPS32® M4K®

- | **Реализация MIPS32 Release 2**
- | **Конвейер 5 уровней**
- | **Работа без/с кешем**
- | **Фиксированное преобразование адресов**
- | **До 8 наборов рабочих регистров**
- | **Поддержка системы команд MIPS16e™**
- | **Работа в паре с блоком умножения/деления (MDU)**

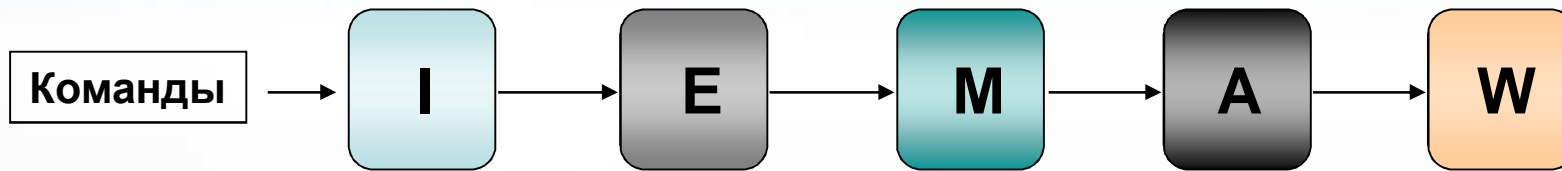


Схема ядра





Конвейер MIPS32[®] M4K[®]



5 стадий конвейера

- | I – Выборка команды
- | E – Выполнение
- | M – Выборка памяти
- | A – Выравнивание
- | W - Сохранение результата



Регистры ядра

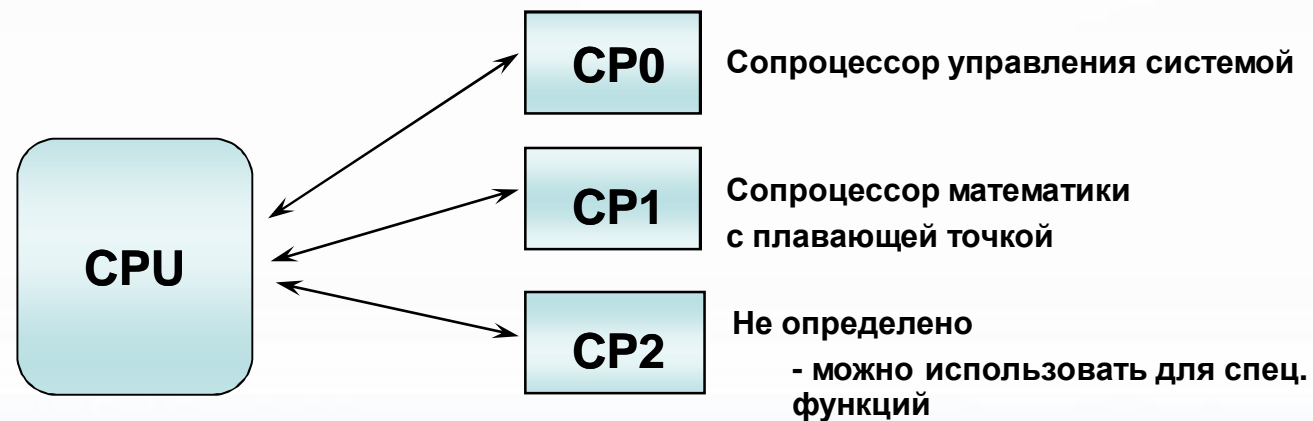
I Регистры

Номер	Имя	Функция
\$0	zero	константа «нуль»
\$1	at	Рабочий регистр для ассемблера
\$2..\$3	v0,v1	Возвращаемое значение функции
\$4..\$7	a0-a3	Аргументы функции
\$8..\$15	t0-t7	Рабочие регистры
\$16..\$23	s0-s7	Регистры хранения
\$24..\$25	t8,t9	Рабочие регистры
\$26..\$27	\$k0 - \$k1	Обработка исключений
\$28 or \$gp	gp	Глобальный указатель
\$29 or \$sp	sp	Указатель стека
\$30 or \$fp	s8/fp	Указатель кадра
\$31	ra	Адрес возврата



Интерфейс сопроцессора

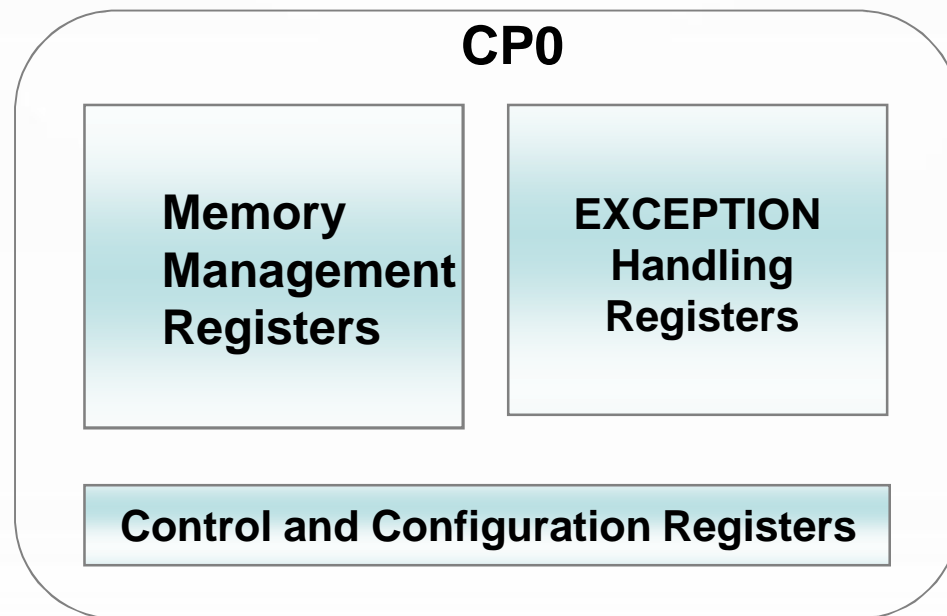
- | **Дополнительный исполнительный модуль**
- | **Работает в паре с ядром**
 - | Расширяют функциональность ядра
- | **Может иметь 2 набора регистров**
 - | Рабочие регистры сопроцессора
 - | Регистры управления





Сопроцессор управления системой CP0

- | CP0 обязательно присутствует в системе
- | Обеспечивает механизм управления ресурсами ядра и системы
 - | Управление памятью
 - | Обработка исключений
 - | Кеш





Быстрое умножение/деление

Модуль умножение/деления 32x16

Команда	Операнды	Циклы*
MULT/MULTU	16 bit	1
MADD/MADDU	32 bit	2
MSUB/MSUBU		
MUL	16 bit	2
	32 bit	2
DIVU	32 bit	33
	24 bit	26
	16 bit	19
	8 bit	12
DIV	32 bit	34
	24 bit	27
	16 bit	20
	8 bit	13

'Циклы' – необходимое количество циклов для получения результатов



Расширение ядра MIPS32® M14K™

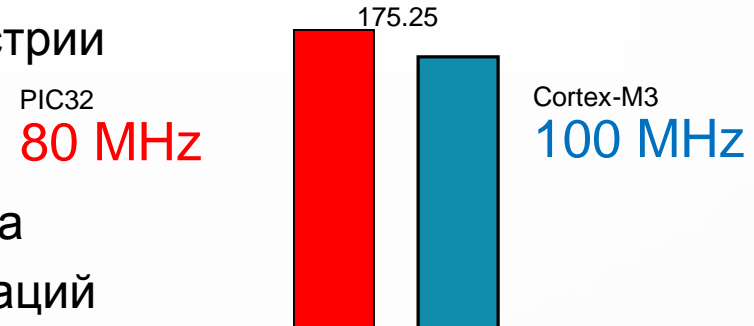
- | **Расширенное ядро M14K**
- | **Дополнительная поддержка системы команд microMIPS32™ помимо поддержки MIPS16e™**
- | **До 16 наборов регистров**
- | **Может работать одновременно в режимах MIPS32 и microMIPS32**



Разработан для быстродействия

I Больше возможностей

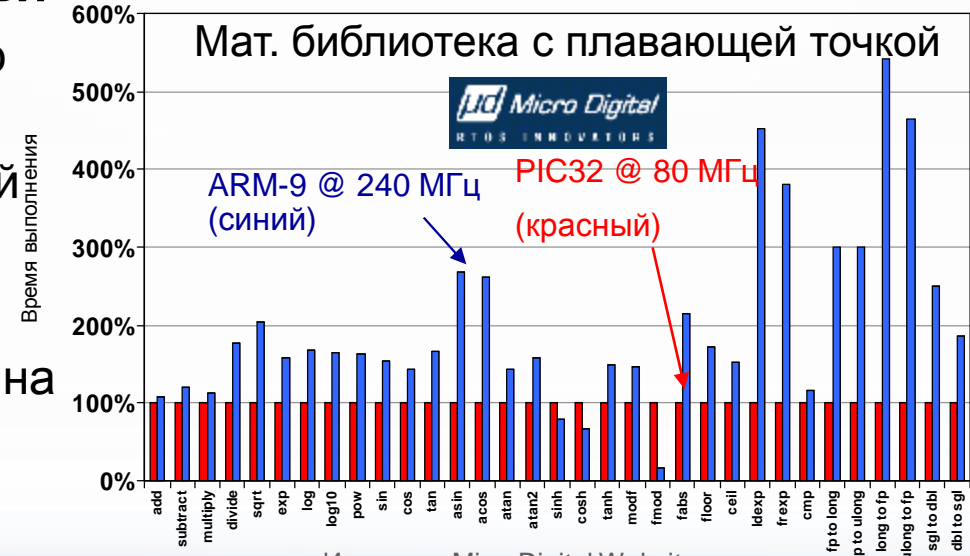
- Ядро MIPS M4K с лучшими в индустрии показателями DMIPs/MHz (1.56DMIPs/MГц)
- Два набора 32r x3 2 регистров ядра
- Выполнение математических операций параллельно с выборкой команд



Источник: www.coremark.org

I Производительность «в крови»

- Кэш инструкций для быстрого выполнения команд
- DMA интерфейс для основной периферии
- 80 МГц внутренняя шина
- Детерминированная реакция на прерывания 5 тактов

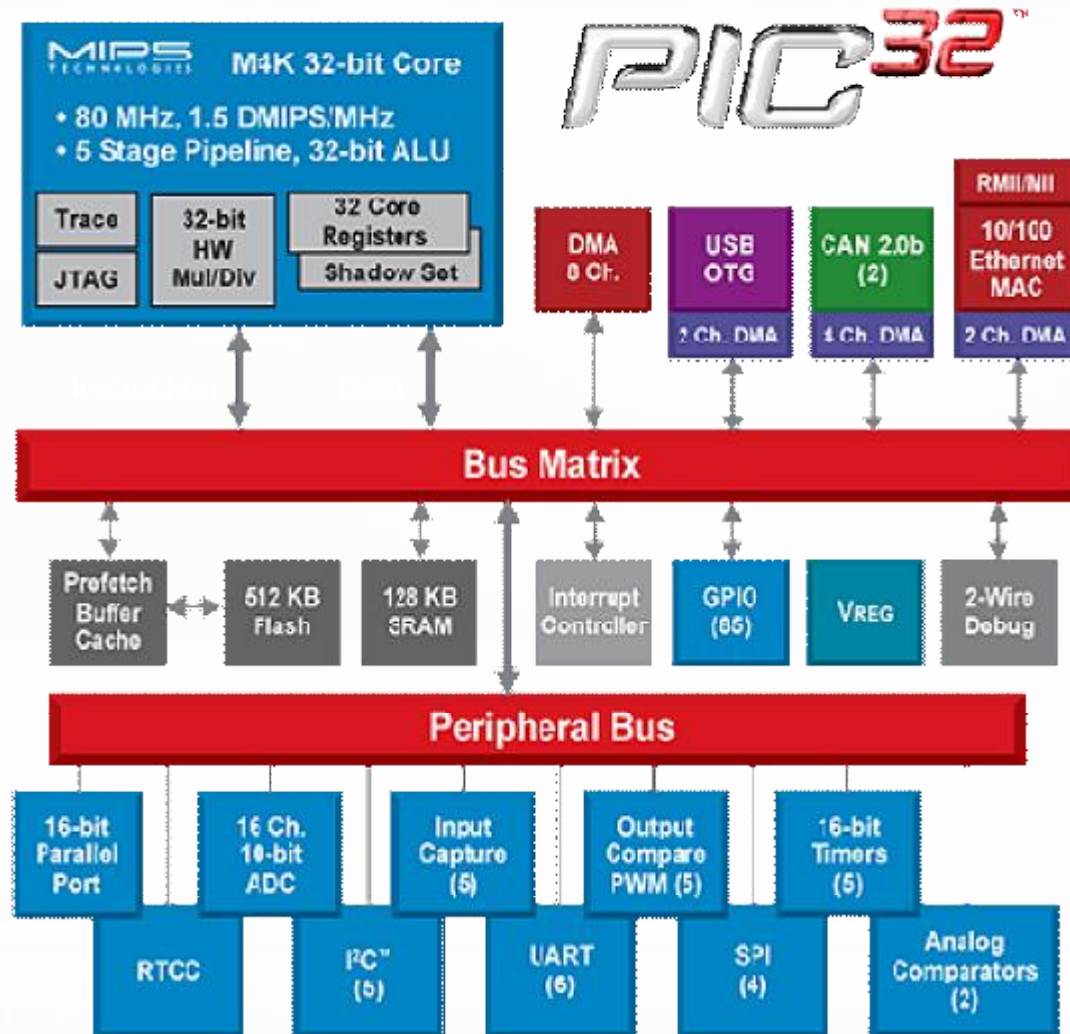


Источник: MicroDigital Website



Структура PIC32

- Ø 80 MHz
- Ø 2.3v to 3.6v
- Ø -40°C to 85°C





Семейства PIC32

Ethernet/CAN/USB

10/100 MAC
Dual ECAN
USB 2.0 FS OTG
6 UARTs, 5 I²C™, 4 SPI

MX7xx Family

256-512 K₆ Flash
64-128 K₆ O3Y
64-100 pins

MX7xx Family

128 K₆ Flash
32 K₆ O3Y
64-100 pins

Ethernet/USB

10/100 MAC
USB 2.0 FS OTG
6 UARTs, 5 I²C, 4 SPI
64-100 pins

MX6xx Family

256-512 K₆ Flash
64-128 K₆ O3Y
64-100 pins
USB, Ethernet

MX6xx Family

64-128 K₆ Flash
32 K₆ O3Y
64-100 pins
USB, Ethernet

CAN/USB

ECAN
USB 2.0 FS OTG
6 UARTs, 5 I²C, 4 SPI
64-100 pins

MX5xx Family

256-512 K₆ Flash
64 K₆ O3Y
64-100 pins
USB, CAN

MX5xx Family

64-128 K₆ Flash
32 K₆ O3Y
64-100 pins
USB, CAN

PIC32 GP & USB

USB 2.0 FS OTG
2.3-3.6V,
28-100 pins

MX3xx Family

Up to 512 K₆ Flash
Up to 32 K₆ O3Y
64-100 pins
40-80 MHz

MX4xx Family

Up to 512 K₆ Flash
Up to 32 K₆ O3Y
64-100 pins
40-80 MHz, USB

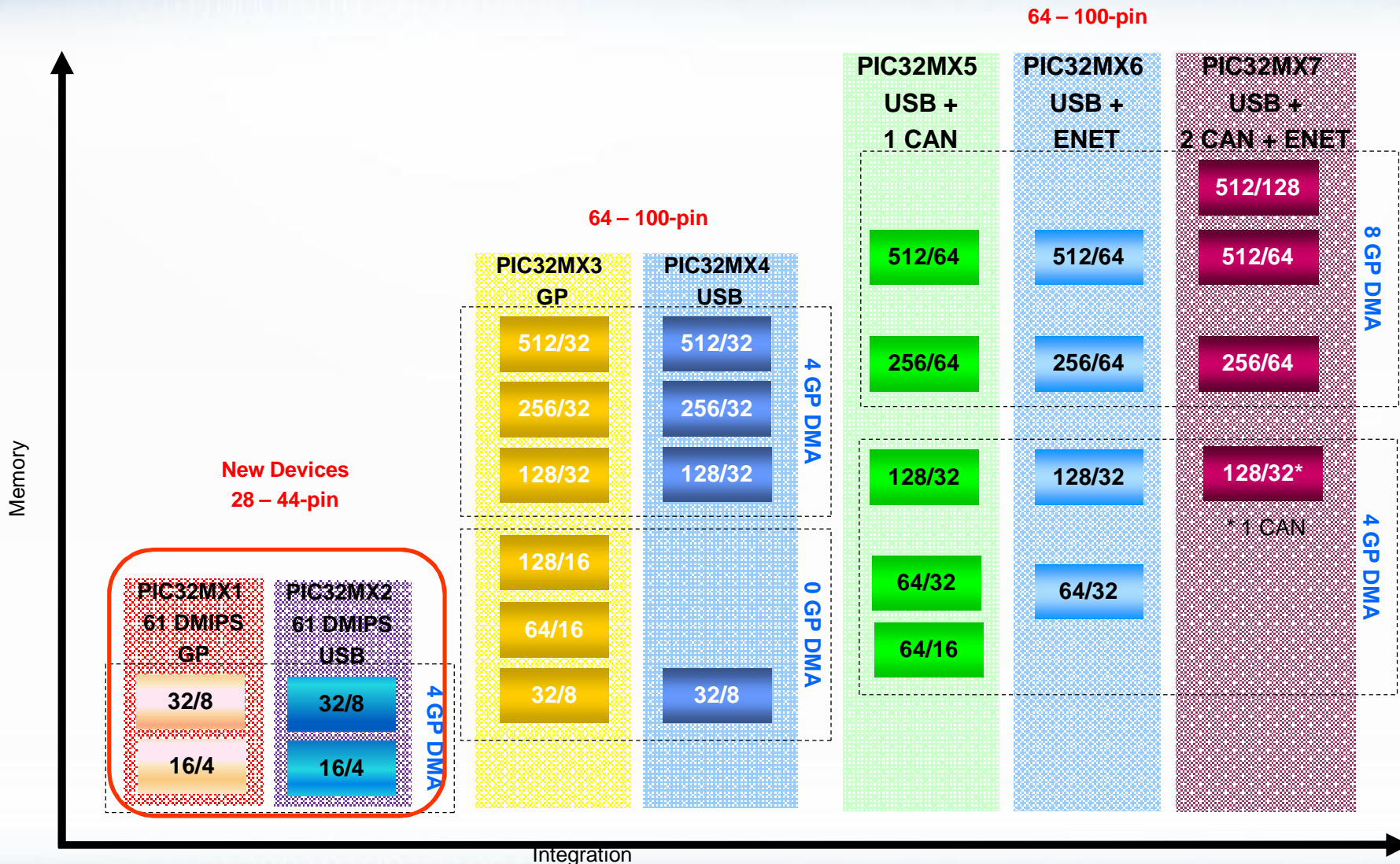
MX2xx Family

16-32 K₆ Flash
4-8 K₆ O3Y
28-44 pins
40 MHz, USB

Время



Новые контроллеры MX1 и MX2





Особенности PIC32 MX1/MX2

Особенность	Возможность
61 DMIPS	Анализ, графика, коммуникации и др.
10-битный АЦП, 1 Мвыб/с	Быстрая оцифровка аналоговых сигналов по 13 каналам
CTMU	Сенсорные клавиатуры mTouch™
I ² S	Стандартный интерфейс аудио кодеков, поддержка стерео звука
USB	Высокая скорость обмена данными
Peripheral Pin Select	Гибкое переназначение цифровых выводов
Новые корпуса	Экономия места на плате, проще переход с других семейств
Совместимость	Простой переход с 16-битных PIC
Низкая цена	Стандартная цена \$2.00



PIC32 MX1/MX2

Product	PINS	Flash (KB)	SRAM(KB)	USB Device	TIMER	IC	OC	PWM	CTMU	ADC 1Msps	ADC Channels	I/O Pins	PPS	Analog Comparator	UART	SPI / I2S	I2C Bus™	PMP	DMACH	RTCC	JTAG
PIC32MX220F032B	28	32	8	Y	5	5	5	5	Y	10b	9	19	Y	3	2	2	2	Y	4	Y	Y
PIC32MX210F016B	28	16	4	Y	5	5	5	5	Y	10b	9	19	Y	3	2	2	2	Y	4	Y	Y
PIC32MX120F032B	28	32	8	N	5	5	5	5	Y	10b	9	19	Y	3	2	2	2	Y	4	Y	Y
PIC32MX110F016B	28	16	4	N	5	5	5	5	Y	10b	9	19	Y	3	2	2	2	Y	4	Y	Y
PIC32MX220F032C	36	32	8	Y	5	5	5	5	Y	10b	12	23	Y	3	2	2	2	Y	4	Y	Y
PIC32MX210F016C	36	16	4	Y	5	5	5	5	Y	10b	12	23	Y	3	2	2	2	Y	4	Y	Y
PIC32MX120F032C	36	32	8	N	5	5	5	5	Y	10b	12	23	Y	3	2	2	2	Y	4	Y	Y
PIC32MX110F016C	36	16	4	N	5	5	5	5	Y	10b	12	23	Y	3	2	2	2	Y	4	Y	Y
PIC32MX220F032D	44	32	8	Y	5	5	5	5	Y	10b	13	33	Y	3	2	2	2	Y	4	Y	Y
PIC32MX210F016D	44	16	4	Y	5	5	5	5	Y	10b	13	33	Y	3	2	2	2	Y	4	Y	Y
PIC32MX120F032D	44	32	8	N	5	5	5	5	Y	10b	13	33	Y	3	2	2	2	Y	4	Y	Y
PIC32MX110F016D	44	16	4	N	5	5	5	5	Y	10b	13	33	Y	3	2	2	2	Y	4	Y	Y

PIC32 Package Options	28 SOIC	28 SPDIP	28 SSOP	28 QFN	36 VTLA	44 VTLA	44 QFN	44 TQFP
Pkg XY (mm)	17.9 x 10.3	36 x 7.5	10.2 x 7.8	6 x 6	5 x 5	6 x 6	8 x 8	10 x 10
Pkg H (mm)	2.3	5.1	2.0	0.9	0.9	0.9	0.7	1.0
Pin Pitch (mm)				0.7	0.5	0.5	0.7	0.8



PIC32MX3

Product	Pin count	Flash KB + Boot flash	Data RAM (KB)	DMA CH# (Gen/Ded)	Maximum MHz	ADC 10 bit, 1MSPS	Comparators	IC/OC/PWM	Timers 16b/32b	SPI	I2C™	Uarts	USB	Ethernet	CAN	PMP	RTCC
PIC32MX320F032H	64	32 + 12	8	0/0	40	16 ch	2	5/5/5	5/1	2	2	2	N	N	N	Y	1
PIC32MX320F064H	64	64 + 12	16		40												
PIC32MX320F064H	64		80														
PIC32MX320F128H	64	128 + 12	16		80												
PIC32MX320F128L	100		32	80													
PIC32MX340F128H	64				4/0												
PIC32MX340F128L	100																
PIC32MX340F256H	64	256 + 12	32	80													
PIC32MX360F256L	100																
PIC32MX340F512H	64	512 + 12	32	80													
PIC32MX360F512L	100																



PIC32MX4 USB 2.0

Product	Pin count	Flash KB + Boot flash	Data RAM (KB)	DMA CH# (Gen/Ded)	Maximum MHz	ADC 10 bit, 1MSPS	Comparators	IC/OC/PWM	Timers 16b/32b	SPI	I2C™	Uarts	USB	Ethernet	CAN	PMP	RTCC
PIC32MX420F032H	64	32 + 12	8	0/2	40	16 ch	2	5/5/5	5/1	2	2	2	Y	N	N	Y	1
PIC32MX440F128H	64	128 + 12	32	4/2	80												
PIC32MX440F128L	100		80														
PIC32MX440F256H	64	256 + 12	32		80												
PIC32MX460F256L	100		80														
PIC32MX440F512H	64	512 + 12	32		80												
PIC32MX460F512L	100																



PIC32MX5 USB OTG + 1xCAN

Product	Pin count	Flash (KB) + Boot Flash	Data RAM (KB)	DMA CH# (Gen/Ded)	Maximum Frequency (MHz)	ADC 10-bit 1 Msps	Comparators	IC/OC/PWM	Timers 16b/32b	SPI	I ² C™	UARTS	USB	Ethernet	CAN 2.0b	PMP	RTCC
PIC32MX534F064H	64	64+12	16	4/4	80	16	2	5/5/5	5/1	3	4	6	Y	N	1	Y	1
PIC32MX564F064H	64	64+12	32	4/4	80	16	2	5/5/5	5/1	3	4	6	Y	N	1	Y	1
PIC32MX534F064L	100	64+12	16	4/4	80	16	2	5/5/5	5/1	4	5	6	Y	N	1	Y	1
PIC32MX564F064L	100	64+12	32	4/4	80	16	2	5/5/5	5/1	4	5	6	Y	N	1	Y	1
PIC32MX564F128H	64	128+12	32	4/4	80	16	2	5/5/5	5/1	3	4	6	Y	N	1	Y	1
PIC32MX564F128L	100	128+12	32	4/4	80	16	2	5/5/5	5/1	4	5	6	Y	N	1	Y	1
PIC32MX575F256H	64	256+12	64	8/4	80	16	2	5/5/5	5/1	3	4	6	Y	N	1	Y	1
PIC32MX575F256H	100	256+12	64	8/4	80	16	2	5/5/5	5/1	4	5	6	Y	N	1	Y	1
PIC32MX575F256H	64	512+12	64	8/4	80	16	2	5/5/5	5/1	3	4	6	Y	N	1	Y	1
PIC32MX575F256H	100	512+12	64	8/4	80	16	2	5/5/5	5/1	4	5	6	Y	N	1	Y	1



PIC32MX6 USB OTG + Ethernet

Product	Pin count	Flash (KB) + Boot Flash	Data RAM (KB)	DMA CH# (Gen/Ded)	Maximum Frequency (MHz)	ADC 10-bit 1 Msps	Comparators	IC/OC/PWM	Timers 16b/32b	SPI	I ² C™	UARTS	USB	Ethernet	CAN 2.0b	PMP	RTCC
PIC32MX664F064H	64	64+12	32	4/4	80	16	2	5/5/5	5/1	3	4	6	Y	10/100	N	Y	1
PIC32MX664F064L	100	64+12	32	4/4	80	16	2	5/5/5	5/1	4	5	6	Y	10/100	N	Y	1
PIC32MX664F128H	64	128+12	32	4/4	80	16	2	5/5/5	5/1	3	4	6	Y	10/100	N	Y	1
PIC32MX664F128L	100	128+12	32	4/4	80	16	2	5/5/5	5/1	4	5	6	Y	10/100	N	Y	1
PIC32MX675F256H	64	256+12	64	8/4	80	16	2	5/5/5	5/1	3	4	6	Y	10/100	N	Y	1
PIC32MX675F256L	100	256+12	64	8/4	80	16	2	5/5/5	5/1	4	5	6	Y	10/100	N	Y	1
PIC32MX675F512H	64	512+12	64	8/4	80	16	2	5/5/5	5/1	3	4	6	Y	10/100	N	Y	1
PIC32MX675F512L	100	512+12	64	8/4	80	16	2	5/5/5	5/1	4	5	6	Y	10/100	N	Y	1
PIC32MX695F512H	64	512+12	128	8/4	80	16	2	5/5/5	5/1	3	4	6	Y	10/100	N	Y	1
PIC32MX695F512L	100	512+12	128	8/4	80	16	2	5/5/5	5/1	4	5	6	Y	10/100	N	Y	1



PIC32MX7 USB OTG + 2xCAN + Ethernet

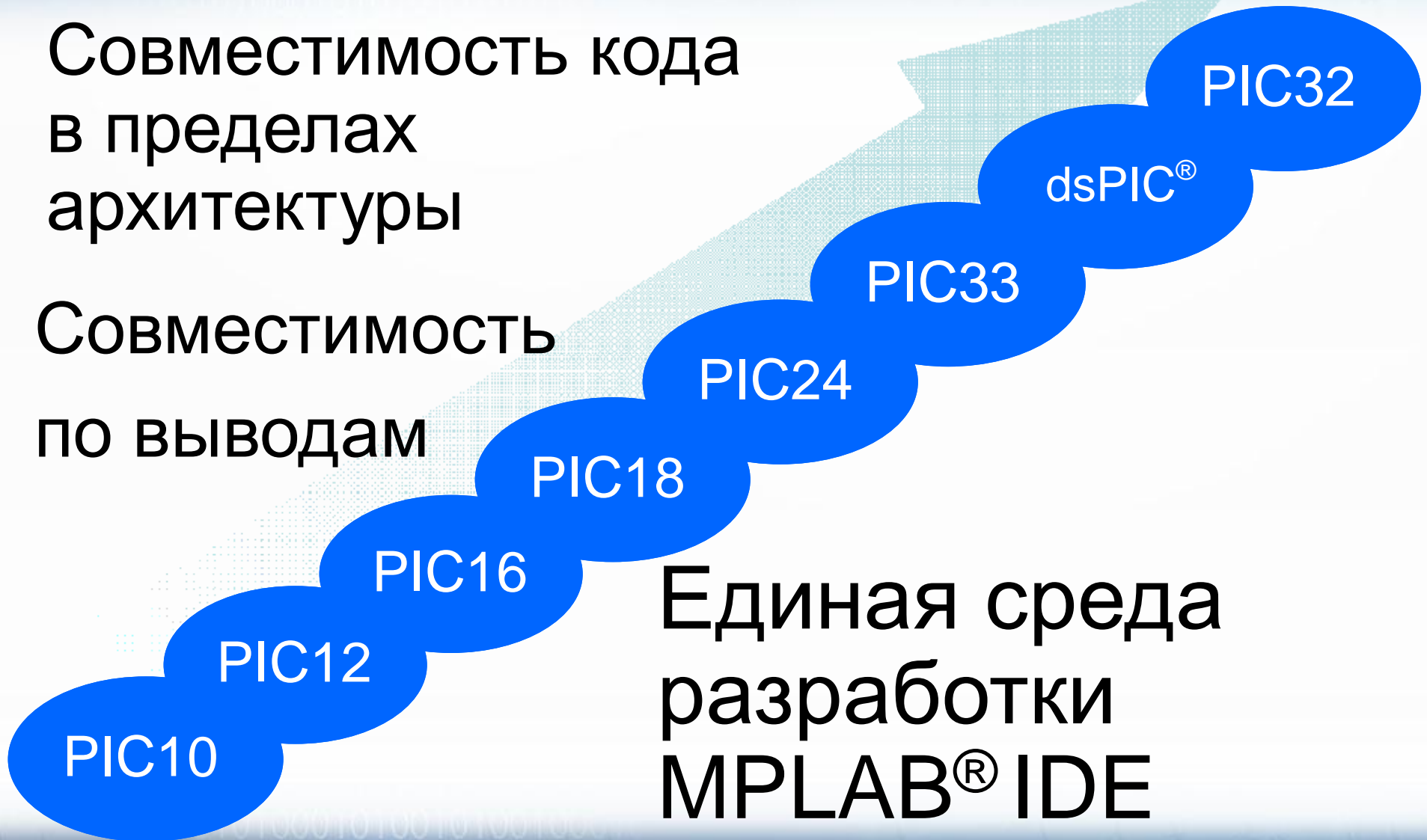
Product	Pin count	Flash (KB) + Boot Flash	Data RAM (KB)	DMA CH# (Gen/Ded)	Maximum Frequency (MHz)	ADC 10-bit 1 Msps	Comparators	IC/OC/PWM	Timers 16b/32b	SPI	I ² C™	UARTS	USB	Ethernet	CAN 2.0b	PMP	RTCC
PIC32MX764F128H*	64	128+12	32	4/6	80	16	2	5/5/5	5/1	3	4	6	Y	10/100	1	Y	1
PIC32MX764F128L*	100	128+12	32	4/6	80	16	2	5/5/5	5/1	4	5	6	Y	10/100	1	Y	1
PIC32MX775F256H	64	256+12	64	8/8	80	16	2	5/5/5	5/1	3	4	6	Y	10/100	2	Y	1
PIC32MX775F256L	100	256+12	64	8/8	80	16	2	5/5/5	5/1	4	5	6	Y	10/100	2	Y	1
PIC32MX775F512H	64	512+12	64	8/8	80	16	2	5/5/5	5/1	3	4	6	Y	10/100	2	Y	1
PIC32MX775F512L	100	512+12	64	8/8	80	16	2	5/5/5	5/1	4	5	6	Y	10/100	2	Y	1
PIC32MX795F512H	64	512+12	128	8/8	80	16	2	5/5/5	5/1	3	4	6	Y	10/100	2	Y	1
PIC32MX795F512L	100	512+12	128	8/8	80	16	2	5/5/5	5/1	4	5	6	Y	10/100	2	Y	1



Масштабируемость и преемственность

Совместимость кода
в пределах
архитектуры

Совместимость
по выводам



Единая среда
разработки
MPLAB® IDE

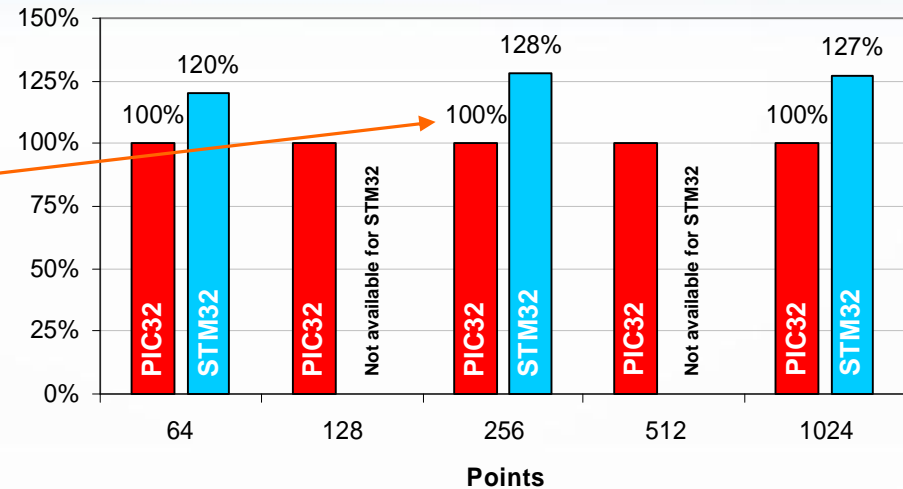


Быстрые вычисления

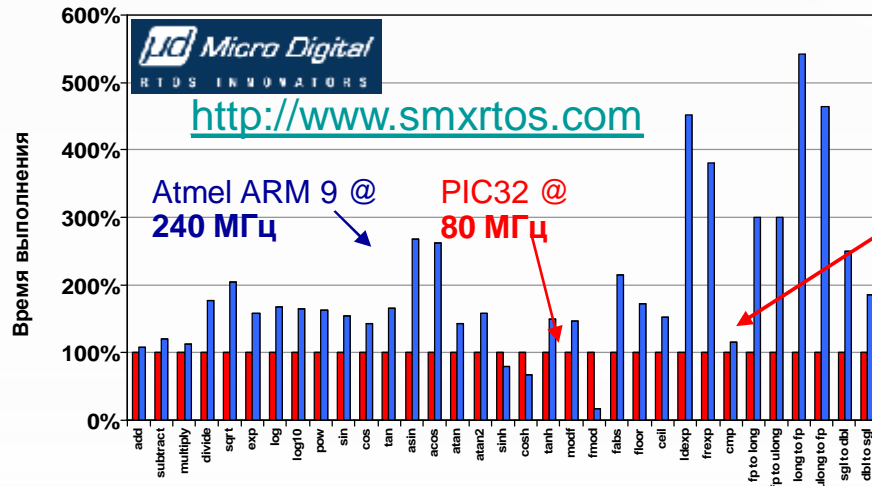
Задачи БПФ на PIC32 решаются быстрее до 28%, нежели чем на STM32 (ARM Cortex™-M3)

— Данные из Интернета

БПФ (16-битное) PIC32 vs. STM32



Плавающая точка



На многих задачах с плавающей точкой PIC32 на 80 МГц работает быстрее, чем Atmel ARM 9 на 240 МГц!



DMIPS – тесты Dhrystone MIPS

I **DMIPS – самый распространенный тест для определения производительности процессора**

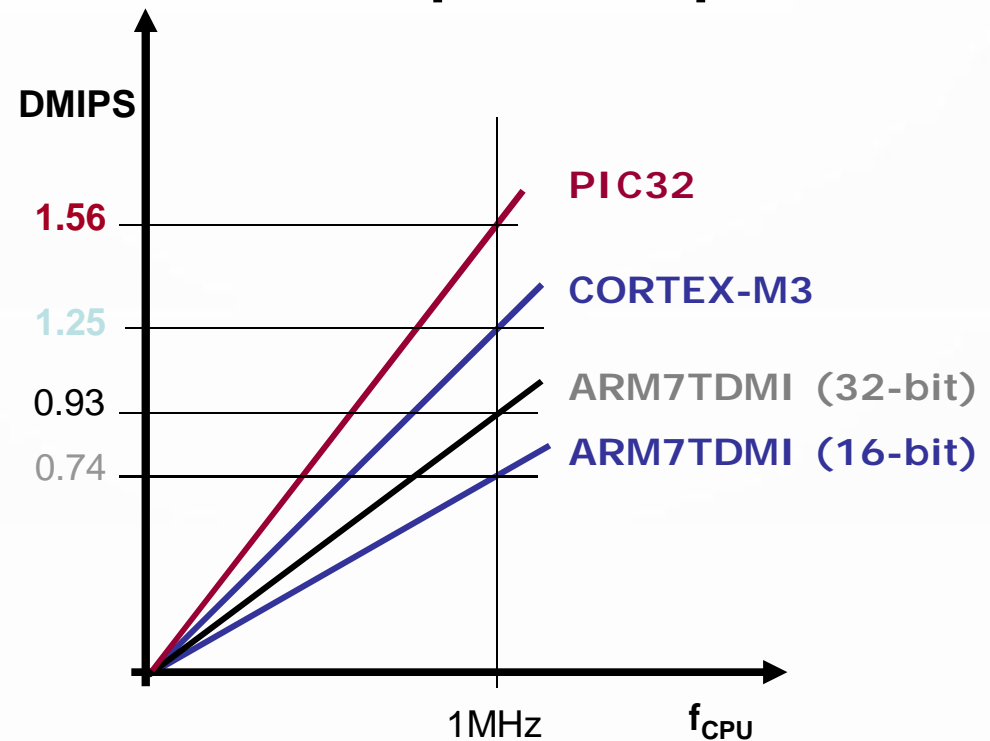
– **Практически все производители его проводят**

PIC32MX = 1.56 DMIPS/MHz
(0 wait states)

Cortex-M3 = 1.25 DMIPS/MHz
(0 wait states)

ARM7 TDMI (32-bit) = 0.93 DMIPS/MHz
(0 wait states)

ARM7 TDMI (16-bit) = 0.74 DMIPS/MHz
(0 wait states)





Пользовательские тесты

- | **Разработчики сканера штрих-кода**
 - | Atmel ARM9: 23 секунды
 - | STM32: 47 секунд **PIC32: 11.4 секунд**
 - | NEC: 67 секунд
 - | Разработчики не поверили своим глазам и дважды перепроверили программу!

- | **Алгоритм нечеткой логики для автоэлектроники**
 - | Производитель 1: 50 мс
 - | Производитель 2: 60 мс

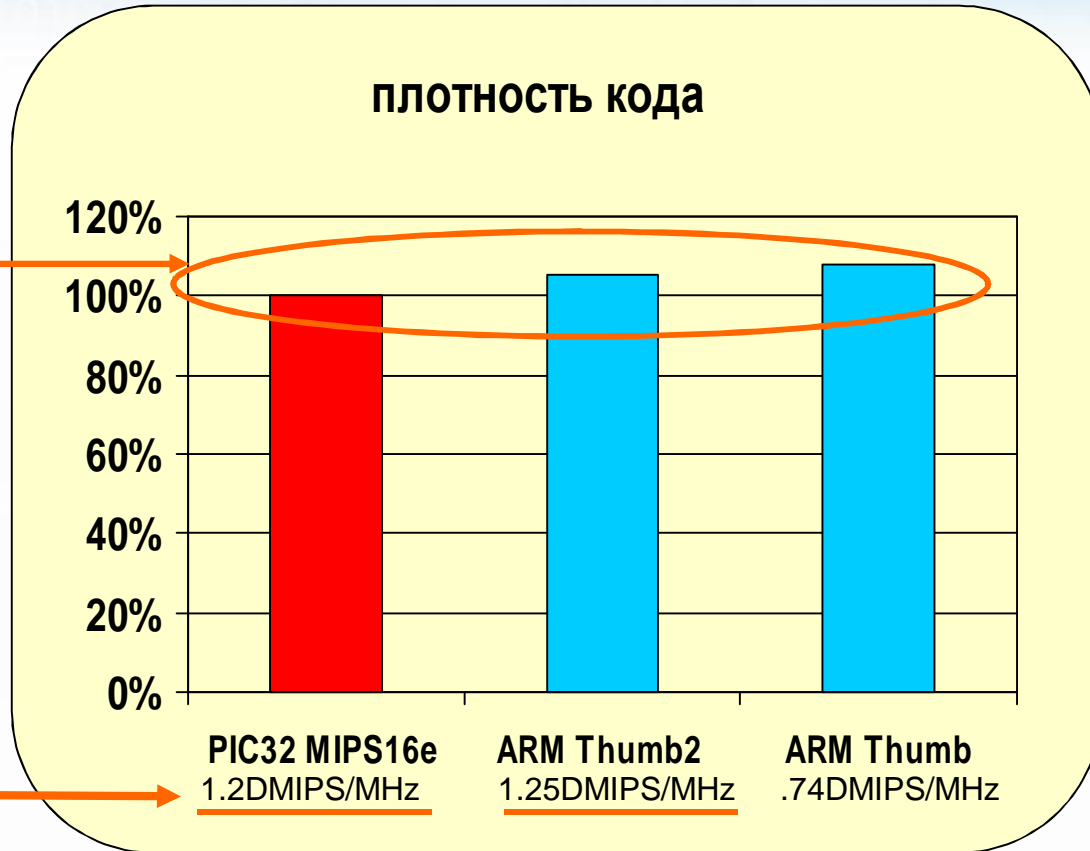
PIC32: 35 мс

До проведения этих тестов разработчики не понимали РЕАЛЬНУЮ производительность PIC32 и полагались только на сравнение параметров с конкурентами



Плотность кода

ПIC32, использующий MIPS16e показывает хорошую плотность кода...
И все равно остается быстрее, чем Thumb2



Используются общие тесты производительности и компиляторы Microchip C32 и популярный компилятор для ARM (не GCC)



Совместимость ARM разных производителей

- Простой переход между 16/32-разрядными семействами Microchip
- Семейства на ядре ARM могут иметь одинаковую архитектуру ядра – на этом совпадения заканчиваются

		Произв. #1	Произв. #2	Произв. #3	Произв. #4
распиновка	Идентично, совместимо				
периферия	Идентично, совместимо				
прерывания битовые команды управление памятью	Идентично				
базовая архитектура	Одинаковая архитектура	Одинаковая архитектура			
	Microchip 16/32	ARM			



Простота применения

- | PIC32 имеет хорошую **Гибкость кода**, позволяя применять две системы команд одновременно: MIPS32 и MIPS16e
 - Разработчик может использовать обе системы команд одновременно
 - Система команд ARM Thumb2 теряют гибкость – можно применять либо 16-, либо 32-битные команды

- | **Бесплатные и совместимые библиотеки** (8..32 битные) разрабатываются, распространяются и поддерживаются Microchip
 - Многие производители не дают бесплатных библиотек, например, USB, TCP/IP

- | **Общая отладка:**
 - | 8 битные → 16 битные → 32 битные



Библиотеки

^
**Бесплатные и
совместимые**

Библиотеки

USB	Девайс и встроенный хост
Связь	MiWi™ MCHP TCP/IP w/BSD sockets MCHP TCP/IP
Графика	Графическая библиотека MCHP
CAN	CAN
Аудио	Аудио библиотека (SPEEX, ADPCM, WAV)
Основные задачи	16-битная файловая система Эмуляция EEPROM
Периферия	MPLAB C компиляторы и примеры программ

Одинаково для
8-, 16- и 32-битных

Одинаково для
16- и 32-битных

API совместимы с
8-, 16- и 32-битными

Простой переход



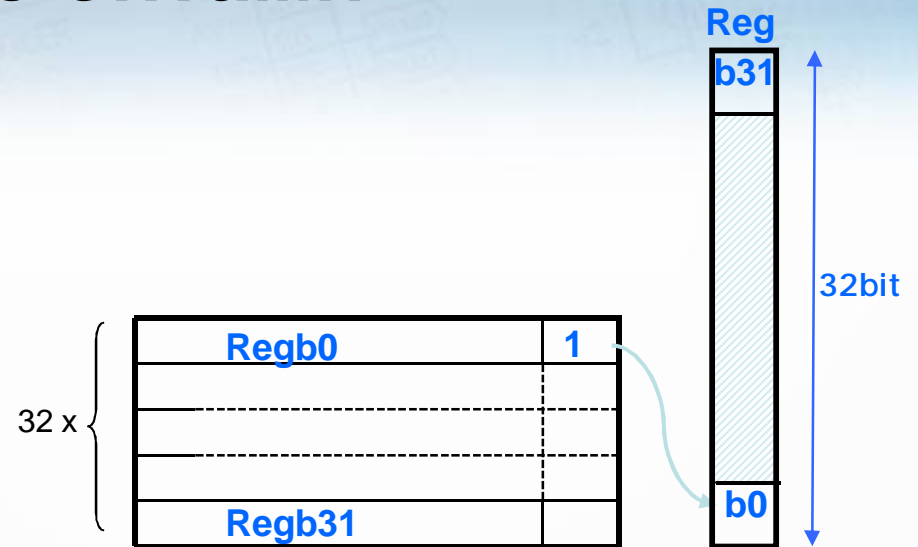
Преимущество в работе с битами



Работа с битами

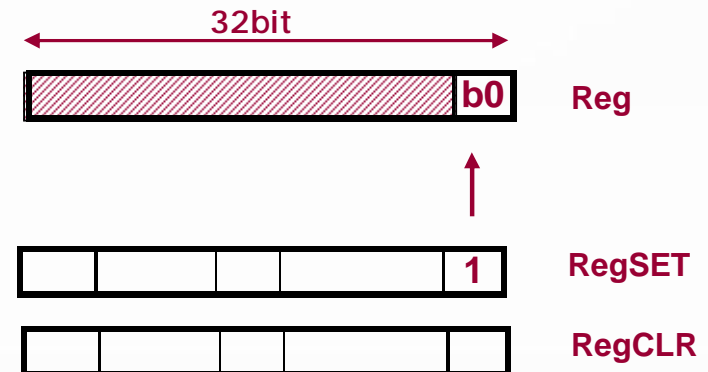
CORTEX-M3:
сброс и установка
каждого бита один раз
за цикл

Regb0 = 1;



PIC32MX:
сброс и установка бита
один раз за цикл

RegSET = 1;

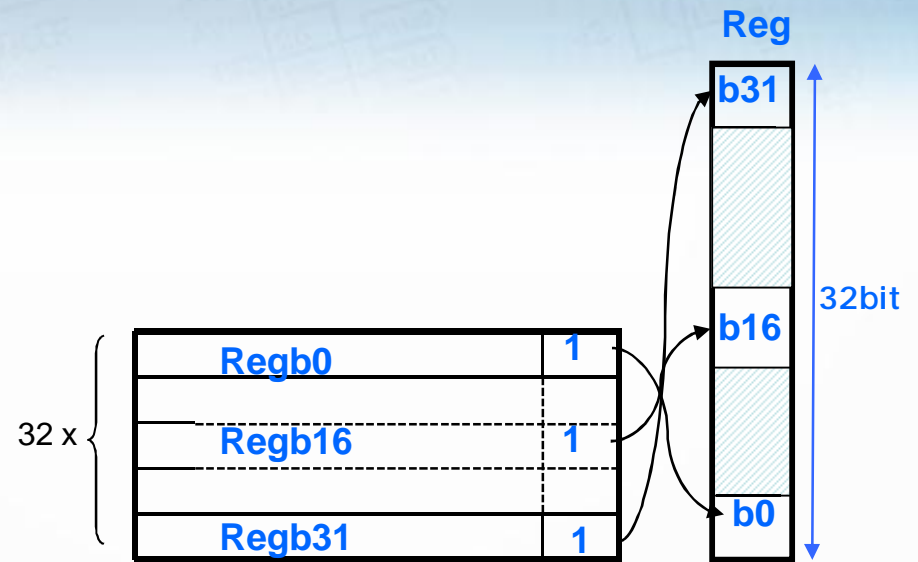




Работа с битами

CORTEX-M3:
доступ только к
одному биту

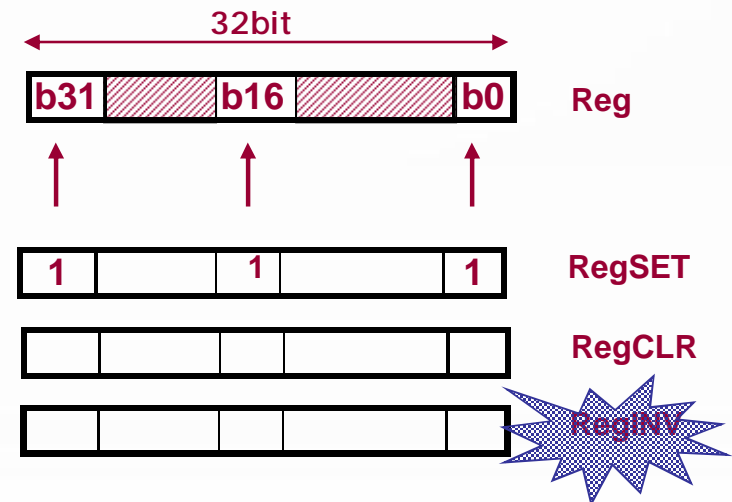
```
Regb0 = 1;  
Regb16 = 1;  
Regb31 = 1;
```



PIC32MX:
сброс и установка
группы битов за один
цикл!

```
RegSET = 0x80010001;
```

Инверсия битов за
один цикл!



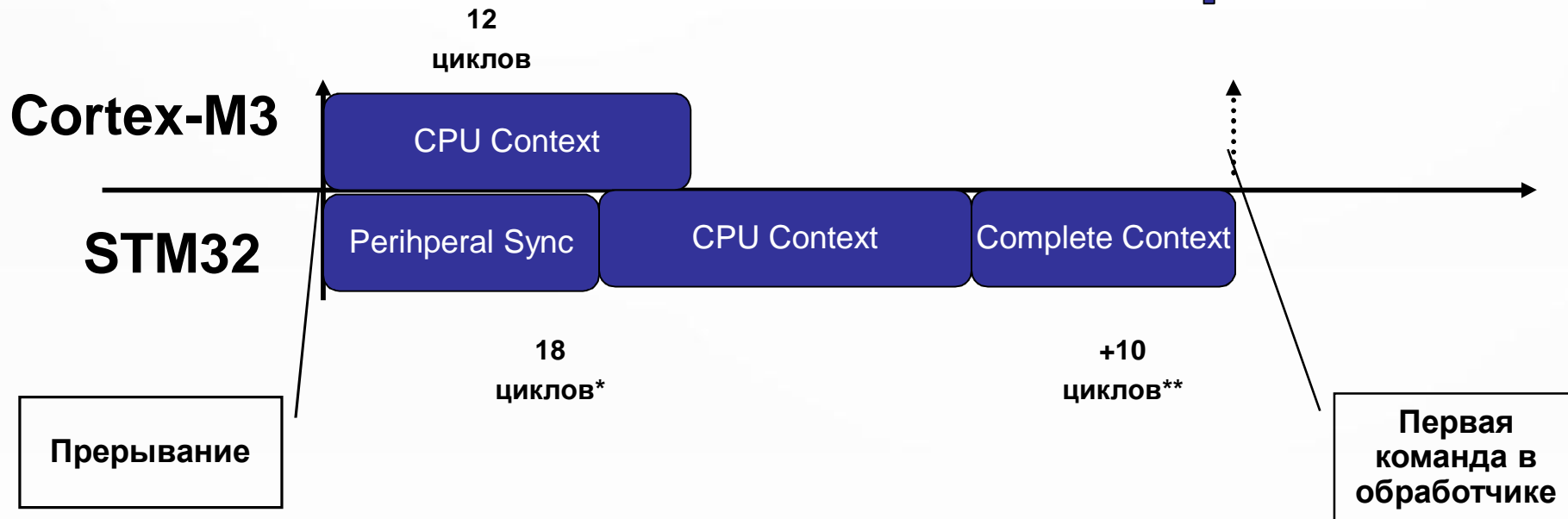


Преимущества PIC32 при обработке прерываний



Прерывания в STM32

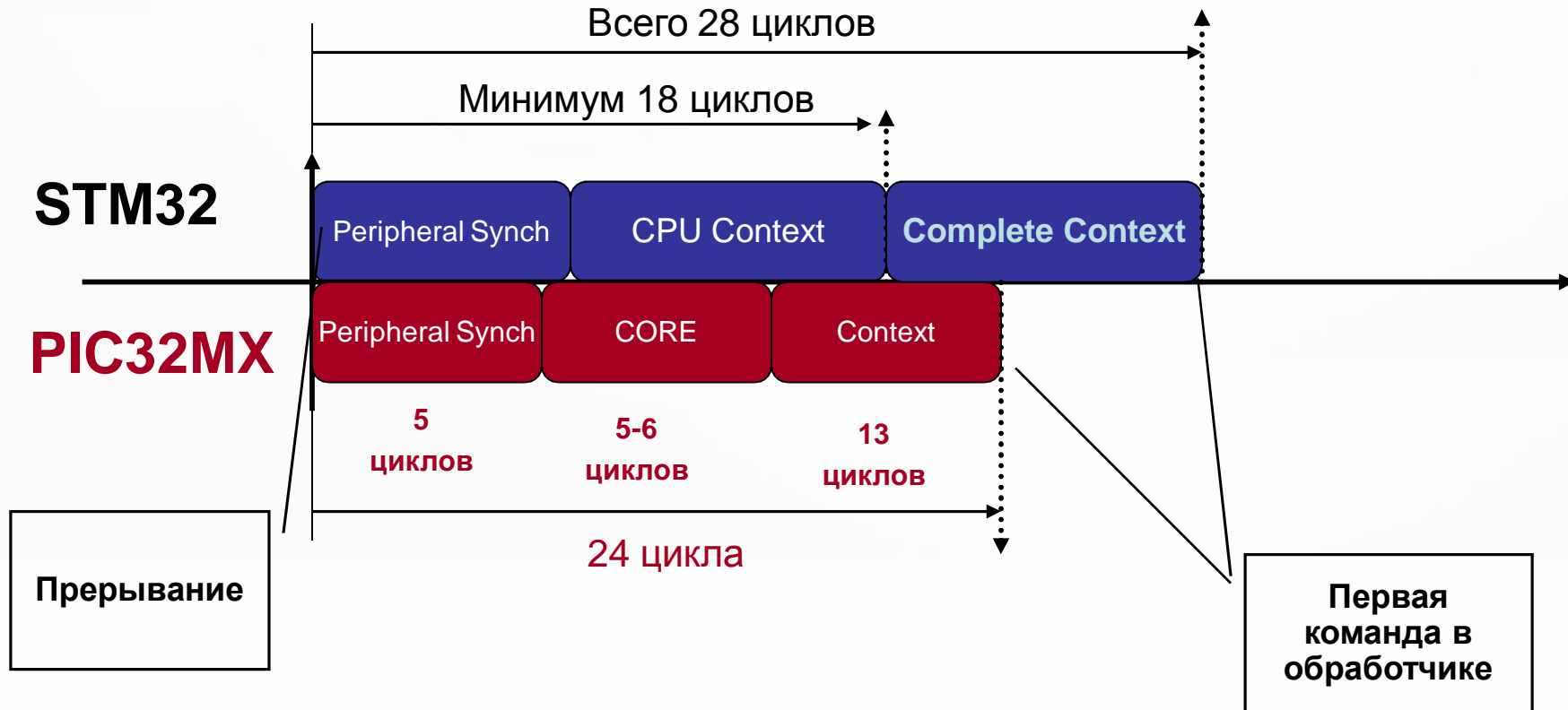
Итого: 28 циклов!



- 1 – Автосохр. контекста (push r0-r3, r12, LR, PC) за 12 циклов
- 2 – Синхронизация периферийной шины STM32 – еще 6 циклов
- 3 – Полное сохранение контекста – еще 10 циклов (push r4-r11, r13, r14).



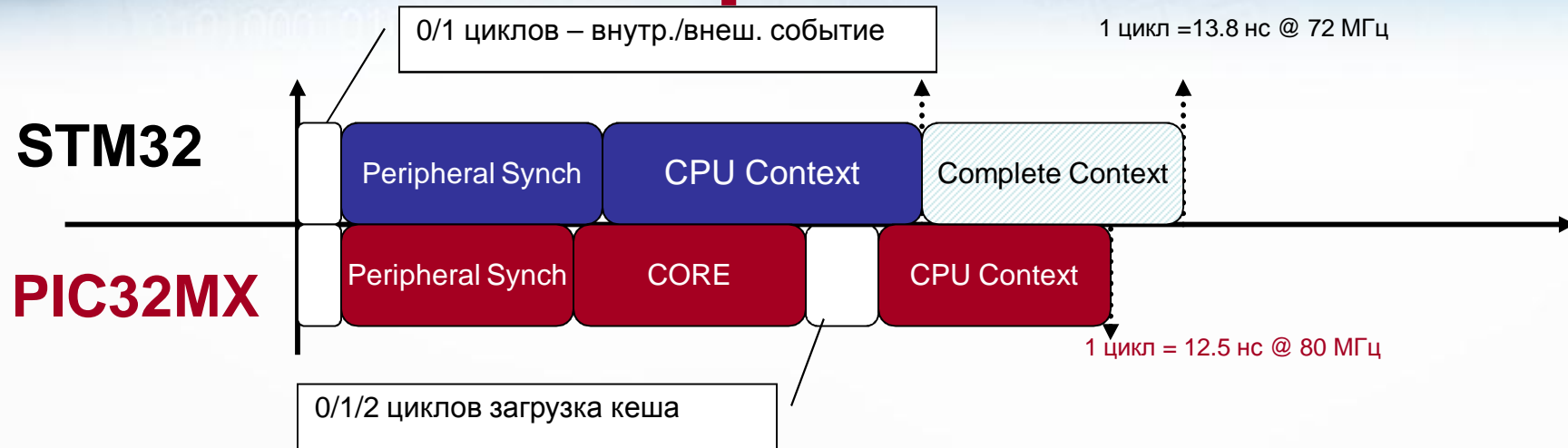
Реакция на прерывание



- | Только простой обработчик прерываний выигрывает от автосохранения контекста в Cortex
- | Компиляторы C автоматически сохраняют контекст при вызове функций и использовании регистров



Детерминированная реакция



Как улучшить четкость отклика на прерывание:

- І Предзагрузка и блокировка строки в кеш в первой команде обработчика прерывания
- І Внутренние события не требуют цикла на синхронизацию
- І Запретить кеш

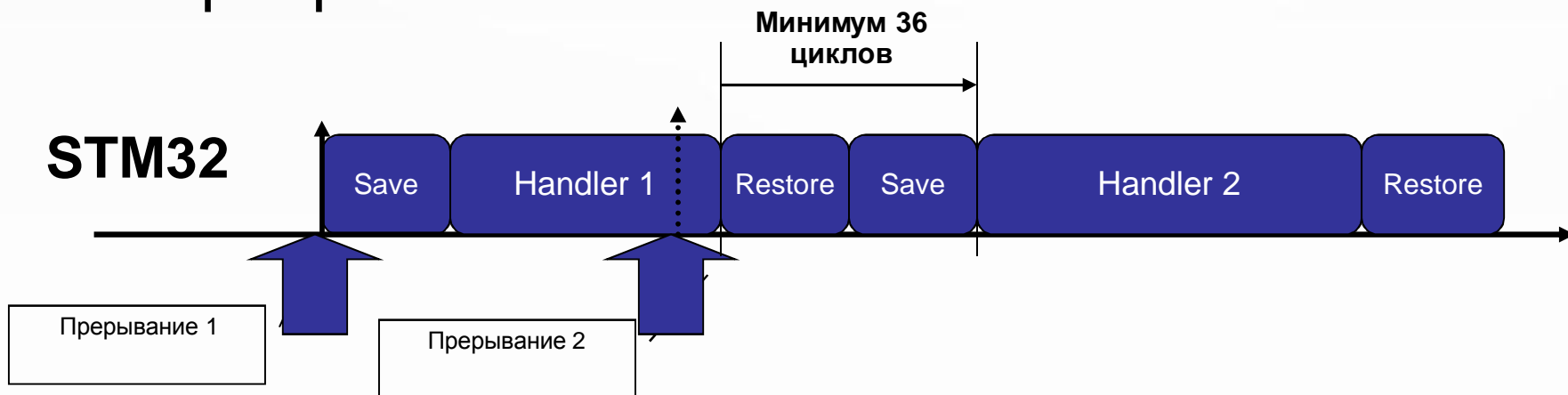


Несколько прерываний



Цепочка прерываний в Cortex-M3

- | Автосохранение контекста в Cortex-M3 будет неэффективным:
 - | Начата обработка одного прерывания
 - | И поступает второе прерывание с таким же приоритетом

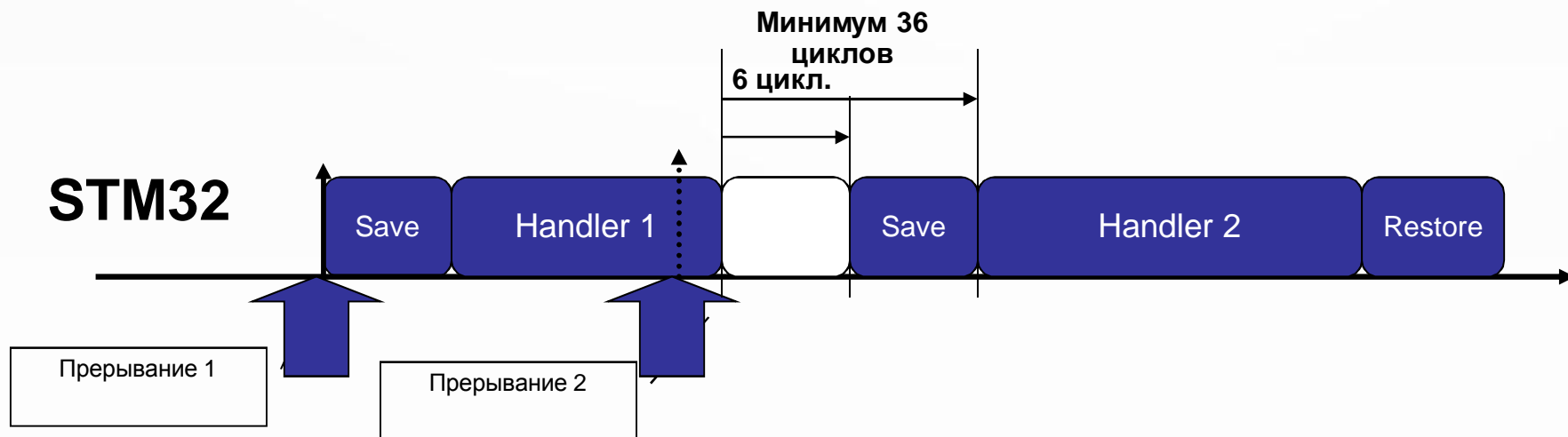


q Применен специальный механизм цепочек



Цепочка прерываний в Cortex-M3

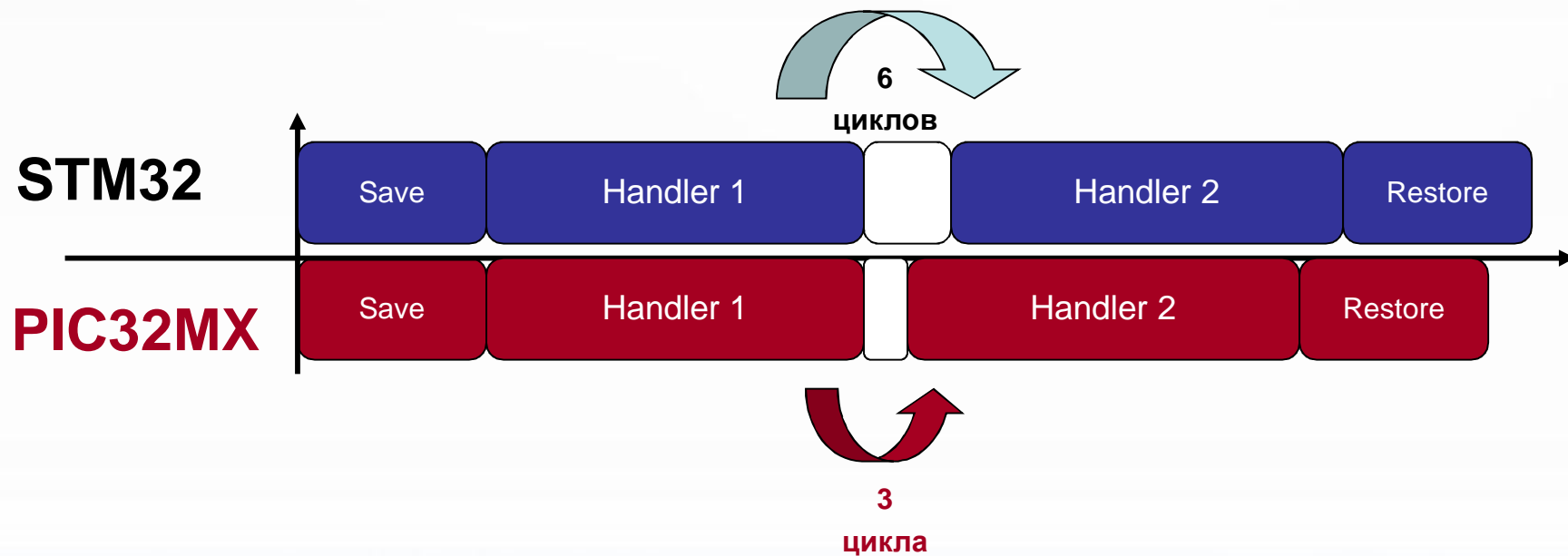
- Механизм цепочек уменьшает задержку между обработкой двух прерываний запрещая автосохранение контекста





Цепочки прерываний в PIC32MX

- | Архитектура PIC32MX не требует специальных механизмов для обработки нескольких прерываний
- | Всего 3 цикла дополнительно требуется для обработки двух прерываний в многовекторном режиме





Итого

- | PIC32 – лидер в своем классе по производительности
 - | Одно и то же приложение выполняется быстрее – меньше время, меньше потребление
 - | Компактный код

- | Распространенная платформа
 - | Совместимость по выводам, периферии и отладке с 8- и 16-битными семействами
 - | Единая отладка, программное обеспечение и бесплатные библиотеки от Microchip. Сторнные наработки



Дополнительная информация

- | www.microchip.com/pic32
- | www.mips.com