



32PER

Особенности 16- и 32-разрядных микроконтроллеров.
Новая периферия

План лекции

- | Семейство PIC24
- | Семейство PIC32
- | Мультиплексирование выводов. Функция PPS
- | Обработка емкостных датчиков. Модуль STMU
- | Прямой доступ к памяти DMA
- | Параллельный порт PMP
- | Универсальная последовательная шина USB On-The-Go



Microchip Solutions

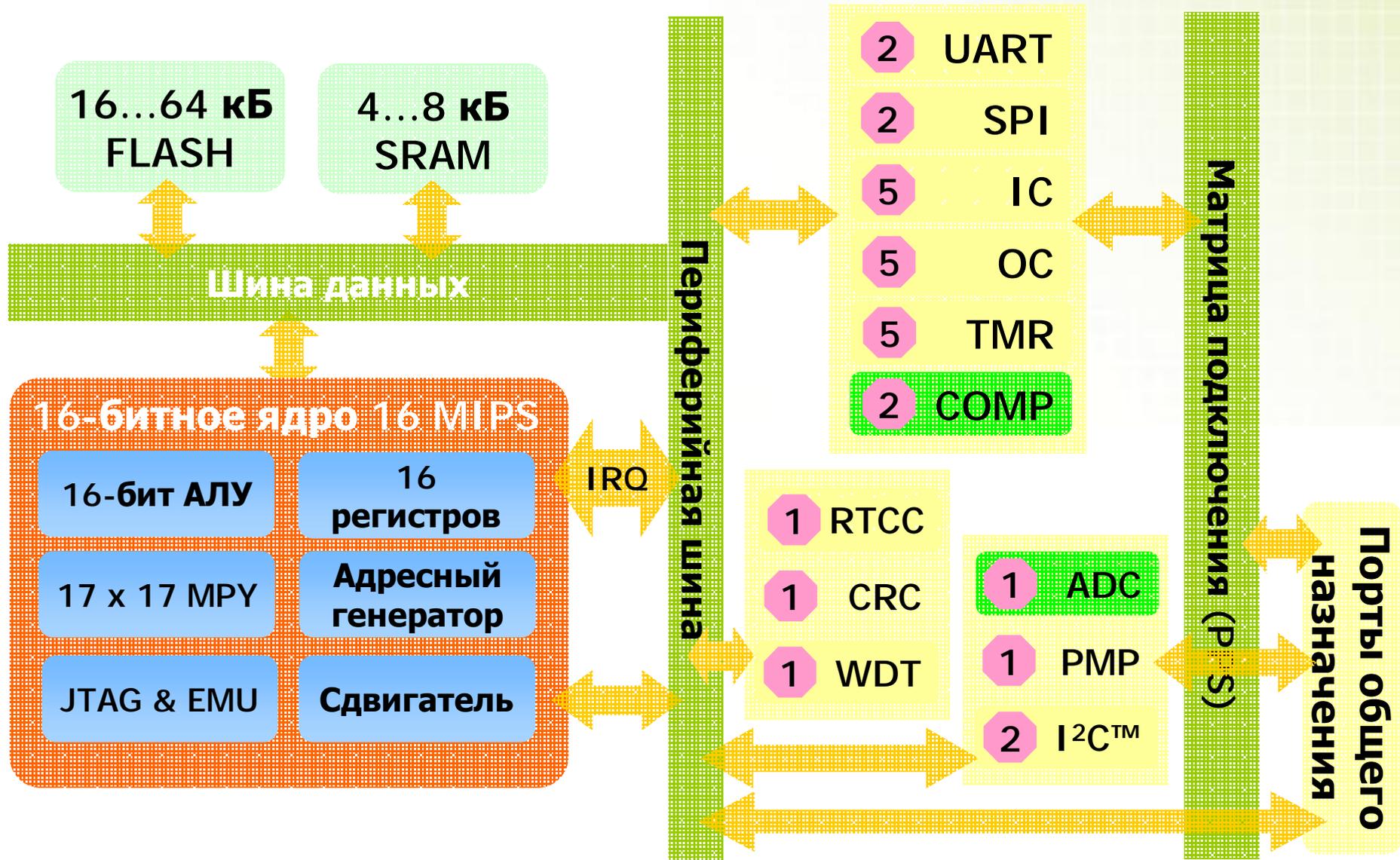




PIC24



Семейство PIC24FJ64GA004





Семейство PIC24FJ64GA004

Свойства

- | Быстродействие 16 MIPS
- | Память программ
 - | Самопрограммирование
 - | 16, 32, 48, и 64 КБ
- | 4 КБ, 8 КБ ОЗУ
- | Корпуса
 - | 44-pin TQFP, QFN
 - | 28-pin SOIC, SSOP, SP, QFN
- | Внутренний генератор
- | Функции энергосбережения
- | JTAG граничное сканирование и программирование Flash

Периферия

- | 2 x UART с LIN и IrDA®
- | 2 x I²C™
- | 2 x SPI
- | До 13к x 10-р АЦП (500 ksps)
- | 5 x 16-р таймер, 5 x IC, 5 x ОС/PWM
- | Peripheral Pin Select – до 26 ВЫВОДОВ
 - | Выбор периферии, назначение на вывод MCU
- | 2 x компаратора
- | Аппаратный RTCC
- | Аппаратный CRC
- | Параллельный мастер-порт



Семейство PIC24FJ64GA004

- | Огромная функциональность в маленьком корпусе
- | **Наибольший объем Flash и ОЗУ в 16-р MCU в 28-и выводном корпусе**
 - | До 64 КБ Flash и до 8 КБ ОЗУ
 - | Контроллеры в 28-и и 44-х выводных корпусах содержат всю периферию 100-выводных контроллеров
- | **Новая разработка Microchip добавляющая гибкость разработке: Peripheral Pin Select**
 - | Предоставляет разработчику оптимизировать выбор необходимых периферийных устройств
 - | Упрощает разработку, Уменьшает стоимость

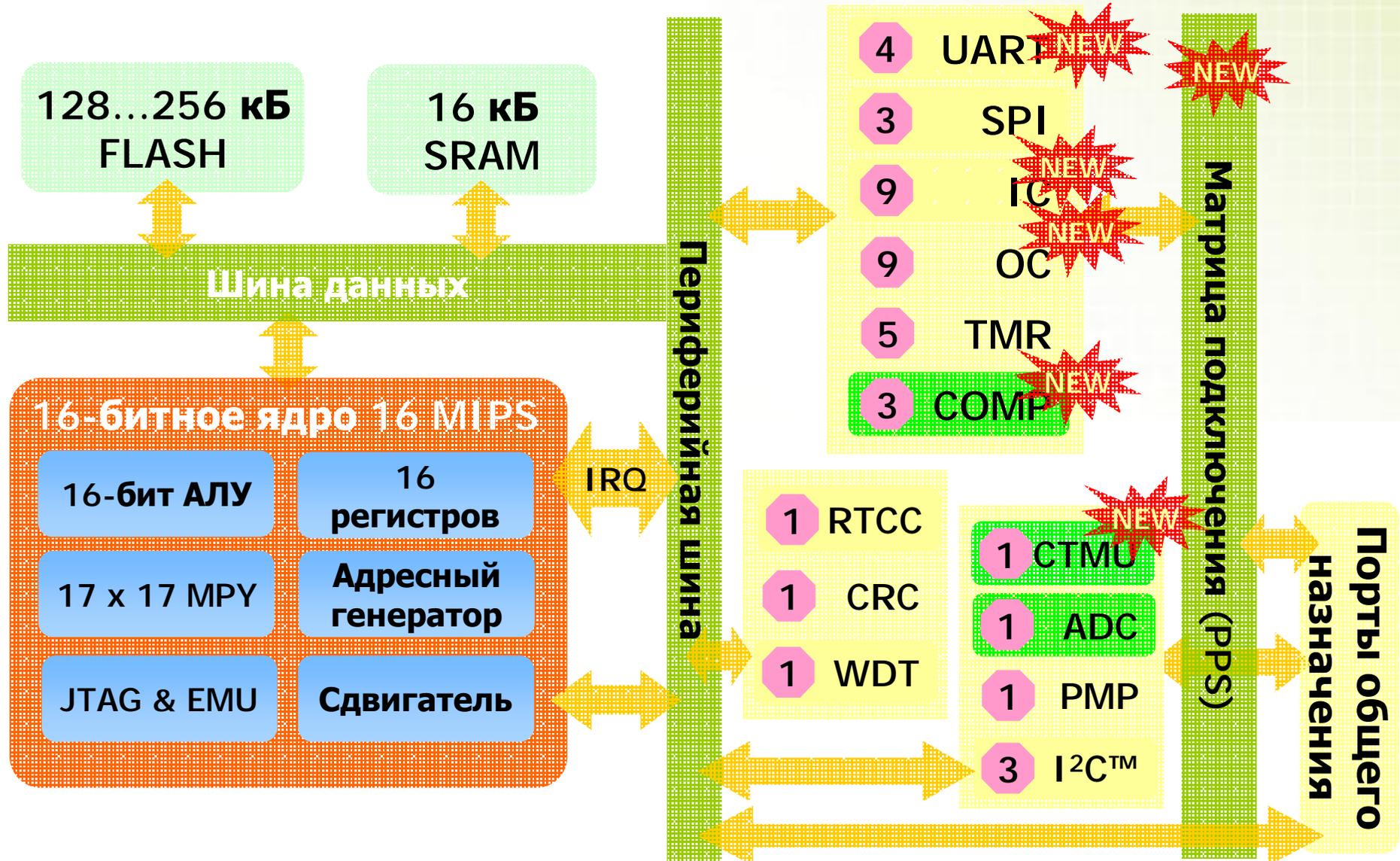


Семейство PIC24FJxGA1

- | Расширение семейства PIC24FJxGA0
- | 12 новых контроллеров:
 - | От 128 до 256 кБ Flash
 - | 16 кБ SRAM
 - | 64, 80, 100 выводов
- | Обновленная и новая периферия
 - | PPS
 - | CTMU
 - | 4 UART, 3 I²C™, 3 SPI, 3 компаратора
 - | Модули захвата, сравнения/ШИМ с индивидуальным таймером (23 таймера на кристалле)



Семейство PIC24FJxGA1





Семейство PIC24FJxGA1

Особенности

- | Быстродействие 16 MIPS @ 32 МГц
- | Память программ
 - | самопрограммирование Flash, поддержка эмуляции EEPROM
 - | 256, 192 и 128 КБ
 - | 10,000 циклов стирания/записи
- | 16 КБ RAM
- | 100, 80, 64-и выв. TQFP корпуса
- | Внутренний генератор
- | Режимы энергосбережения
- | JTAG граничное сканирование и программирование Flash
- | Напряжение питания 3.3В

Периферия

- | 4 x UART с LIN и IrDA®
- | 3 x I²C™
- | 3 x SPI
- | 16к x 10-р АЦП (500 ksp/s)
- | 3 x компаратора
- | 5 x 16-р таймеров
- | 9 x модулей захвата
- | 9 x модулей сравнения/ШИМ
- | PPS – Peripheral Pin Select
- | CTMU – Charge/Time Measurement Unit
- | Аппаратный RTCC
- | Аппаратный CRC
- | Параллельный мастер-порт

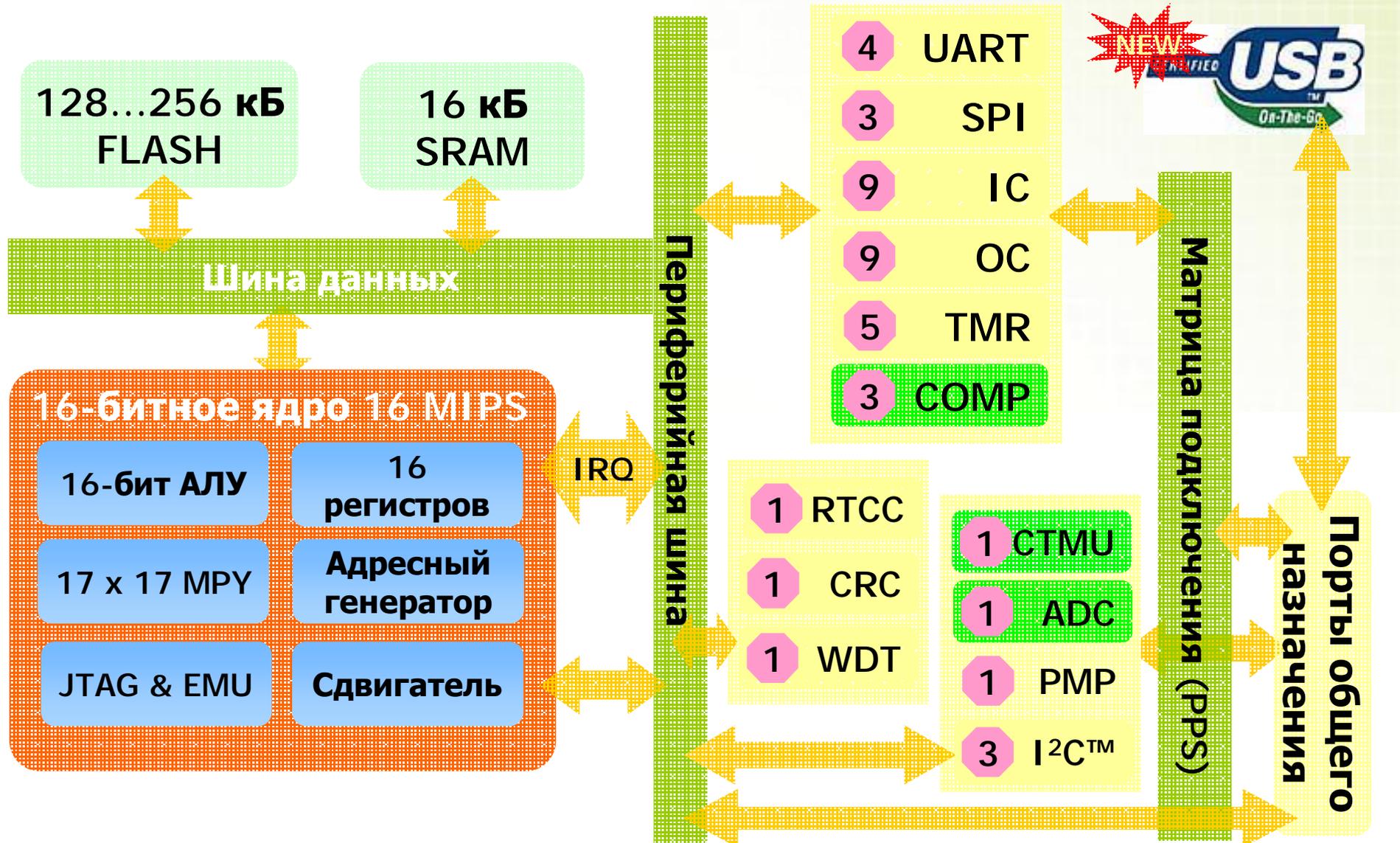


Семейство PIC24FJxGB1

- | Расширение семейства PIC24FJxGA1
 - | USB On-The-Go контроллер с трансивером
 - | Вся остальная периферия такая же
- | 12 контроллеров:
 - | От 64 до 256 кБ Flash
 - | 16 кБ SRAM
 - | 64, 80, 100 выводов
- | USB 2.0 OTG 
 - | Реализация функции и упрощенного хост
 - | Поддержка протокола определения ролей
 - | 32 конечных точки



Семейство PIC24FJxGB1





Семейство PIC24FJxGB1

Особенности

- | Быстродействие 16 MIPS @ 32 МГц
- | Память программ
 - | самопрограммирование Flash, поддержка эмуляции EEPROM
 - | 256, 192 и 128 КБ
 - | 10,000 циклов стирания/записи
- | 16 КБ RAM
- | 100-, 80-, 64-и выв. корпуса TQFP
- | Внутренний генератор
- | Режимы энергосбережения
- | JTAG граничное сканирование и программирование Flash
- | Рабочее напряжение 3.3В

USB OTG (device, mini-host, OTG)

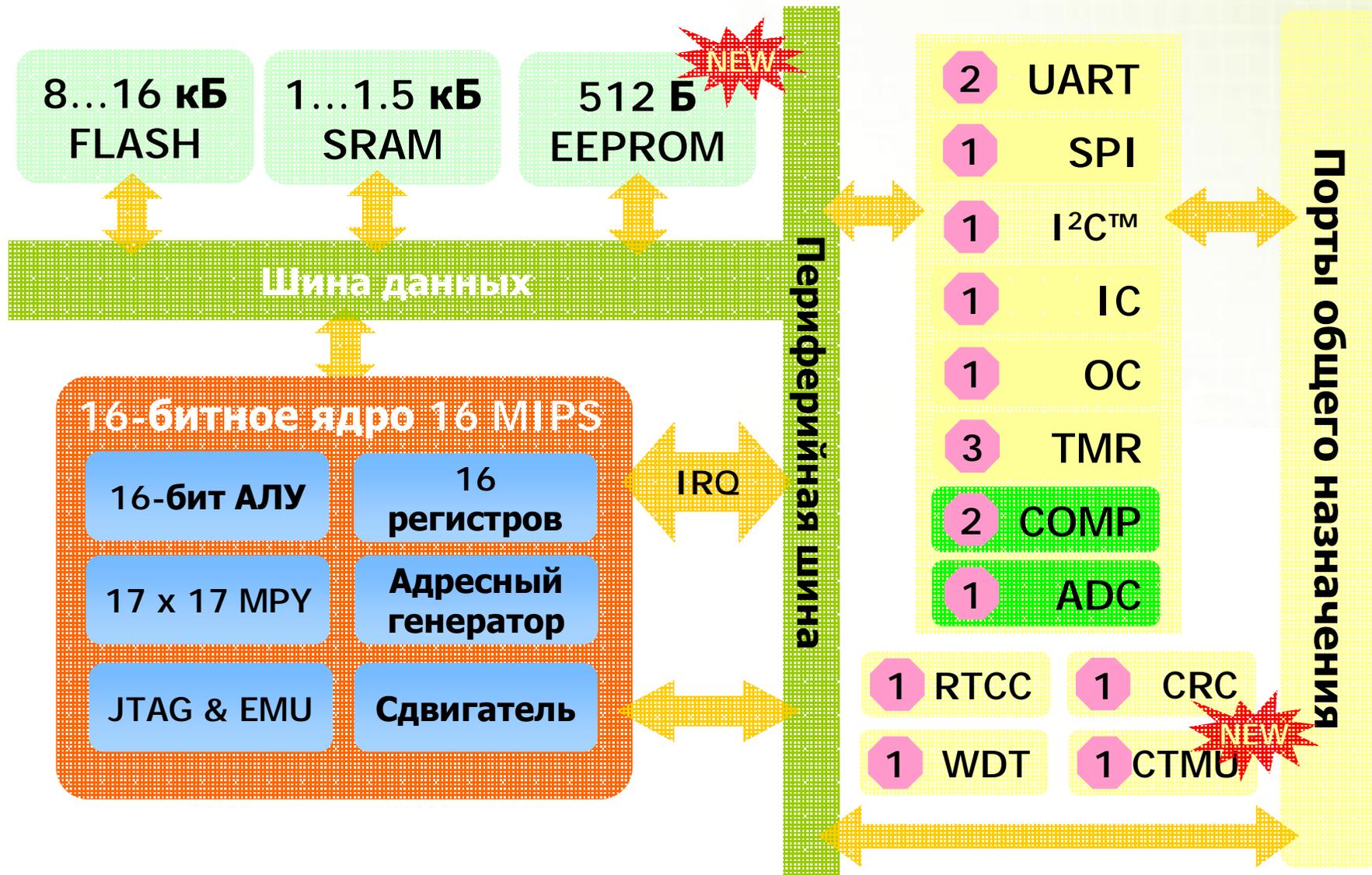
- | Интегрированная поддержка повышающего стабилизатора
- | Отдельный 3.3В регулятор
- | Отдельная шина данных

Периферия

- | 4 x UART с LIN и IrDA® интерфейсом
- | 3 x I²C™
- | 3 x SPI
- | 16к. x 10-р АЦП (500 ksps)
- | 3 x компаратора
- | 5 x 16-р таймеры
- | 9 x модулей захвата
- | 9 x модулей сравнения/ШИМ
- | PPS - Peripheral Pin Select
- | CTMU – Charge/Time Measurement Unit
- | Аппаратный RTCC и Аппаратный CRC
- | Параллельный мастер-порт



Семейство PIC24F16KA





Семейство PIC24F16KA

Особенности

- | Быстродействие 16 MIPS
- | Диапазон напр. от 1.8 до 3.6В
- | Память программ
 - | Самопрограммирование Flash
 - | 8, 16 КБ
- | 1 и 1.5 КБ RAM
- | **512 Байт EEPROM**
- | Возможные корпуса
 - | 28-pin SOIC, DIP, QFN
 - | 20-pin SOIC, SSOP, DIP
- | **Энергосбережение, 8 режимов**
 - | Deep Sleep, <200nA
 - | Halt / Sleep, <1uA
 - | $I_{DD} < 1mA / MIPS$
- | PLVD/PBOR
 - | Низкопотребляющий BOR

Периферия

- | Внутренний генератор
 - | От 31 кГц до 32 МГц
- | 2 x UART с LIN и IrDA®
- | 1 x I²C™
- | 1 x SPI
- | 9к x 10-р АЦП (500 ksps)
- | 3 x 16-р таймера, IC, OC/PWM
- | 2 x компаратора
- | Аппаратный RTCC
 - | Работа в Deep Sleep
- | Аппаратный CRC
- | **CTMU – Charge/Time Measurement Unit**

Доступность

- | Образцы – да
- | Производство – Да!



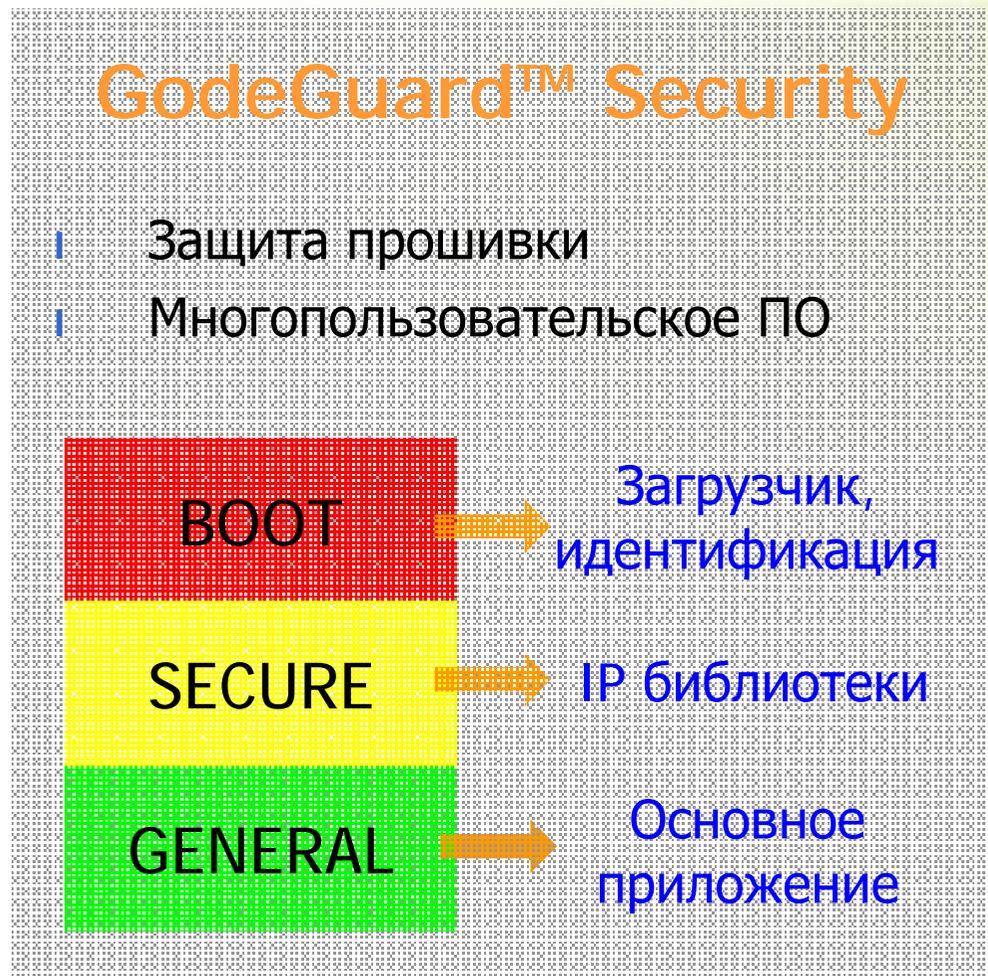


dsPIC33



Семейство dsPIC33F GP 28-40pin

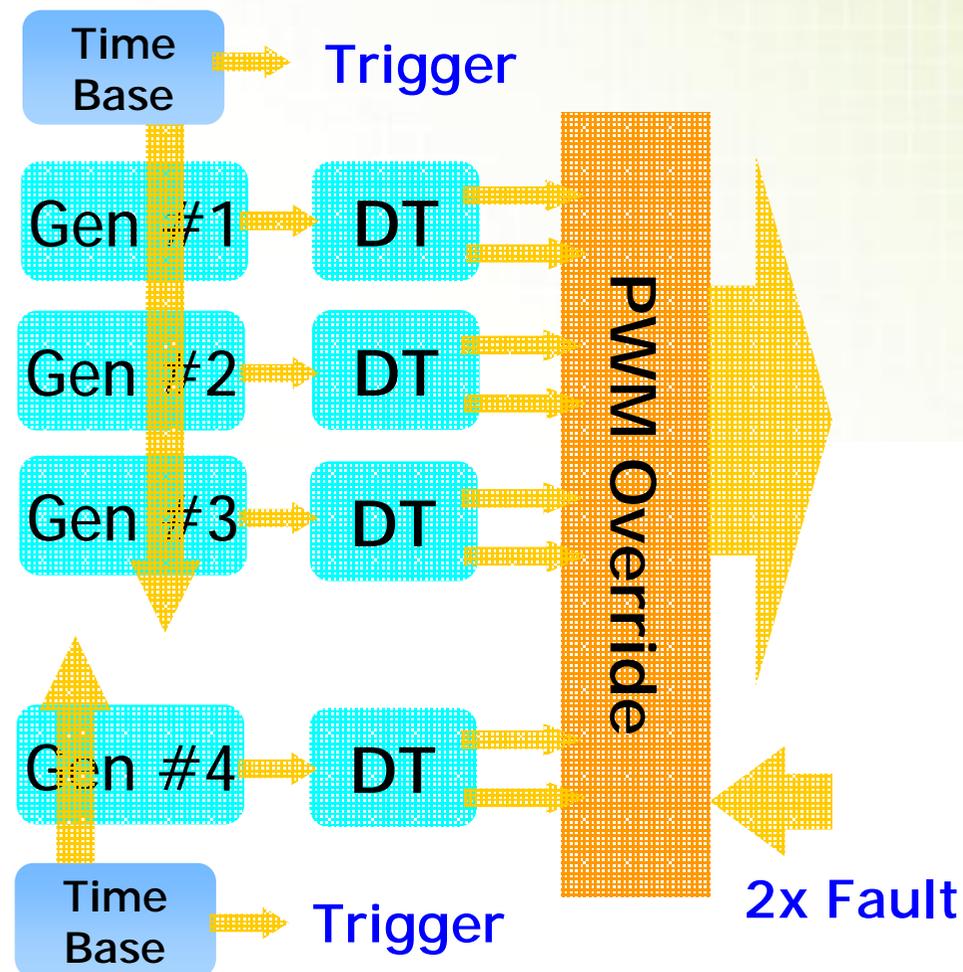
- | Больше памяти в 28-выводном корпусе
- | 13 новых ДСП:
 - | 16-128 KB Flash
 - | 2-8 KB RAM
 - | 28/44 выводов
- | Новая периферия:
 - | Audio Stereo DAC
 - | 2x 20 ns Компаратор
 - | RTCC, PMP, CRC
 - | PPS
- | Другие возможности
 - | Интерфейс AC97/I²S
 - | DMA / Dual Port RAM
 - | ECAN
 - | 10/12-bit АЦП



Семейство dsPIC33F MC 28-40pin

Маловыводные контроллеры для управления двигателями

- I 13 НОВЫХ ДСП:
 - I 16-128 KB Flash
 - I 2-8 KB RAM
 - I 28/44 ВЫВОДОВ
- I Новая периферия
 - I 2 компаратора
 - I 2 QEIs
 - I RTCC, PMP, CRC
 - I PPS
- I Другие возможности
 - I DMA / Dual Port RAM
 - I ECAN интерфейс
 - I 10/12-р АЦП





Семейство dsPIC33F GS

Новое поколение SMPS контроллеров

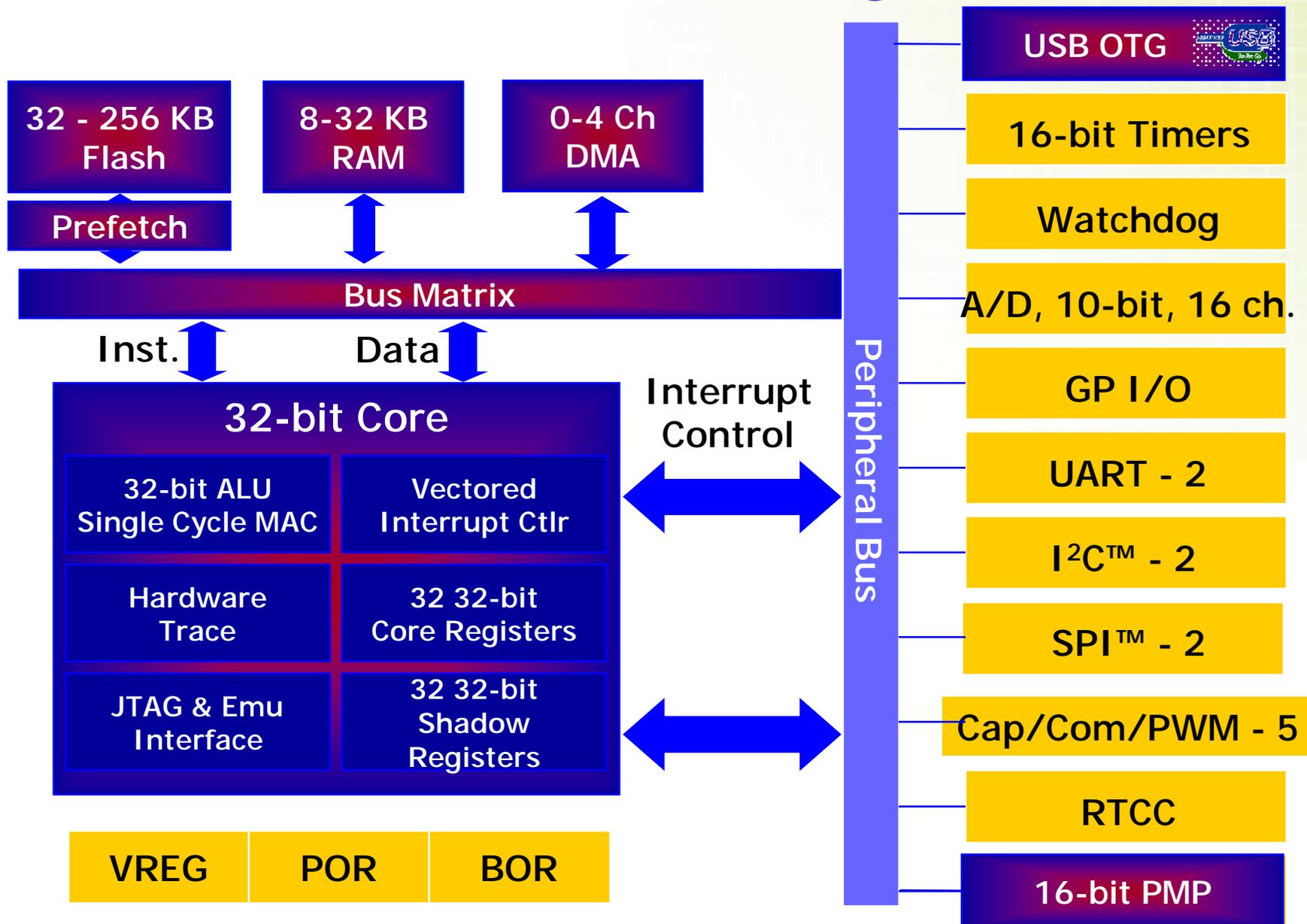
30F2020 (Сейчас)	33FJ16GS502 (Скоро) 
5V, 30 MIPS	3.3V, 40 MIPS, Low power
28-выводов	28- выводов
12 KB Flash	16 KB Flash
512 Bytes RAM	2K Bytes RAM
4x2 PS PWM	4x2 PS PWM
10-р АЦП 2 MSPS	10-р АЦП 4 MSPS
4 компаратора	4 компаратора
--	1 управляющий ЦАП
--	На 60% меньше потребление
--	Peripheral Pin Select



PIC32

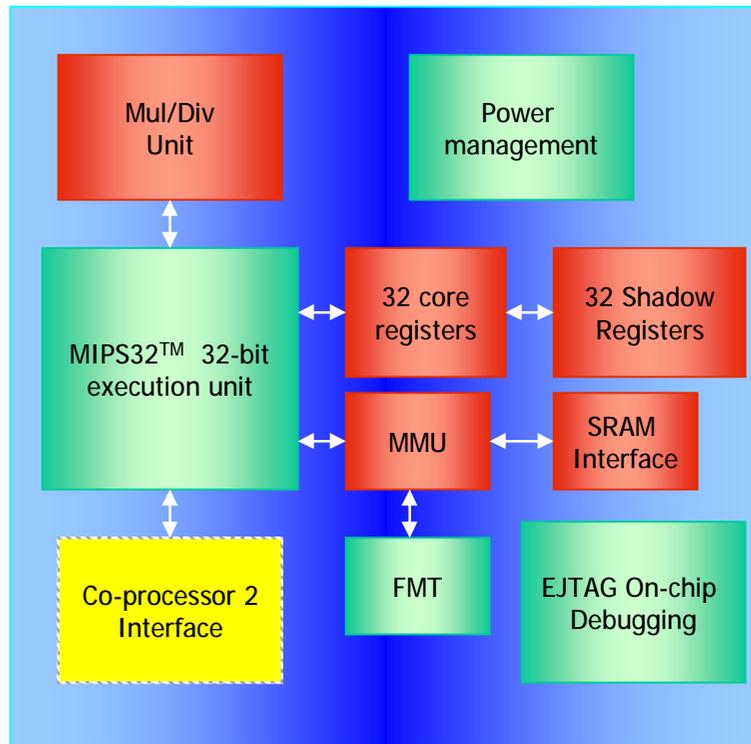


PIC32MX Family





Ядро MIPS32[®] M4K[®]



Больше быстродействие
Меньше потребление
Меньше размер кристалла
Совместимость средств
разработки
Расширяемость
Программные наработки

Совместимость с PIC24F



- | По выводам, периферии и библиотекам
- | 64/100 TQFP корпуса
- | Захват / Сравнение / PWM (5/5/5)
- | Пять 16-bit таймера/счетчика
- | SPI (2) / I²C (2) / UART (2)
- | 10-bit АЦП (16 каналов)
- | WDT, POR, BOR, RTCC
- | Множество источников тактирования
 - | 8MHz, 31KHz, внешн.
- | Аналоговый компаратор
- | Встроенный регулятор напряжения



Особенности PIC32

Предвыборка команд и кэш

- | Выборка четырех 32-битных команд
- | Команда вызова для CPU
- | Позволяет выполнять команду линейного кода с за 1 цикл на частоте 80 МГц
- | Кэш 256 байт
- | Может занести в кэш как команду, так и данные
- | Только flash имеет кэш

Что такое кэш?

- | Кэш – это промежуточный буфер с быстрым доступом
- | Один раз сохраненные в кэше данные в будущем могут использоваться доступом к кэшированной копии

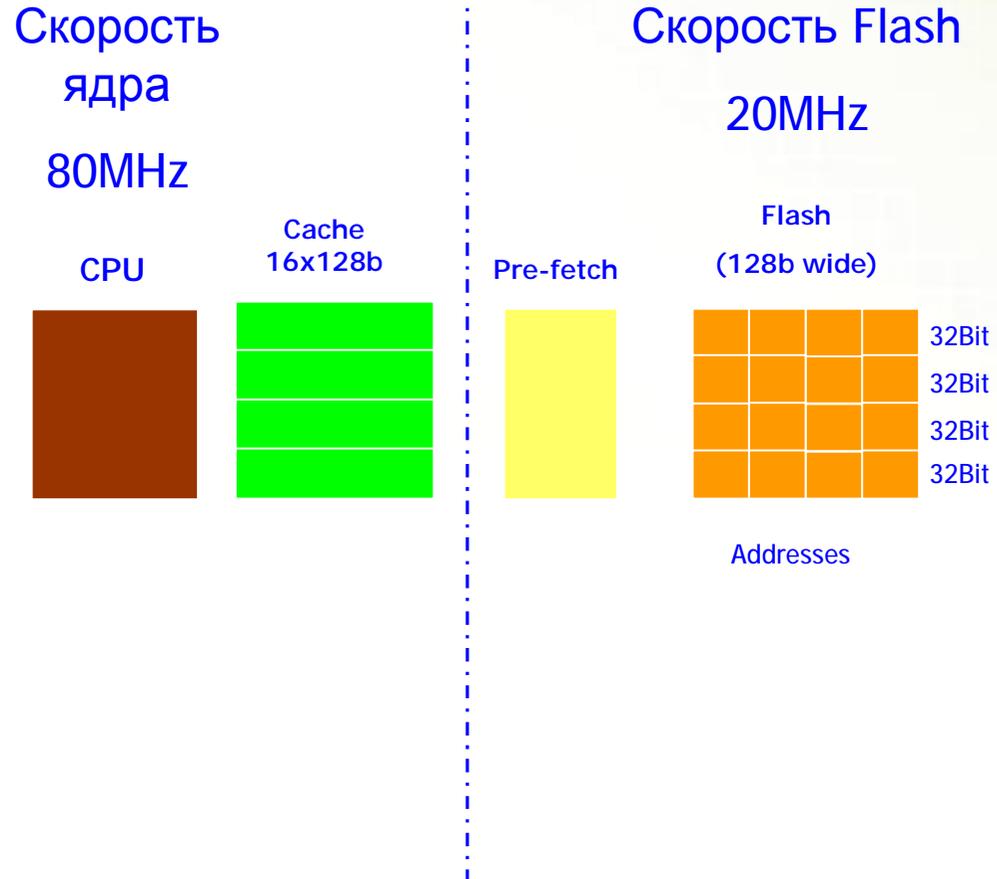


Как это работает в PIC32?

- | Доступ к CPU 32-битный, к Flash памяти программ 128-битный.
- | Это обеспечивает пропускную способность CPU – по 32 бита за 4 цикла частоты

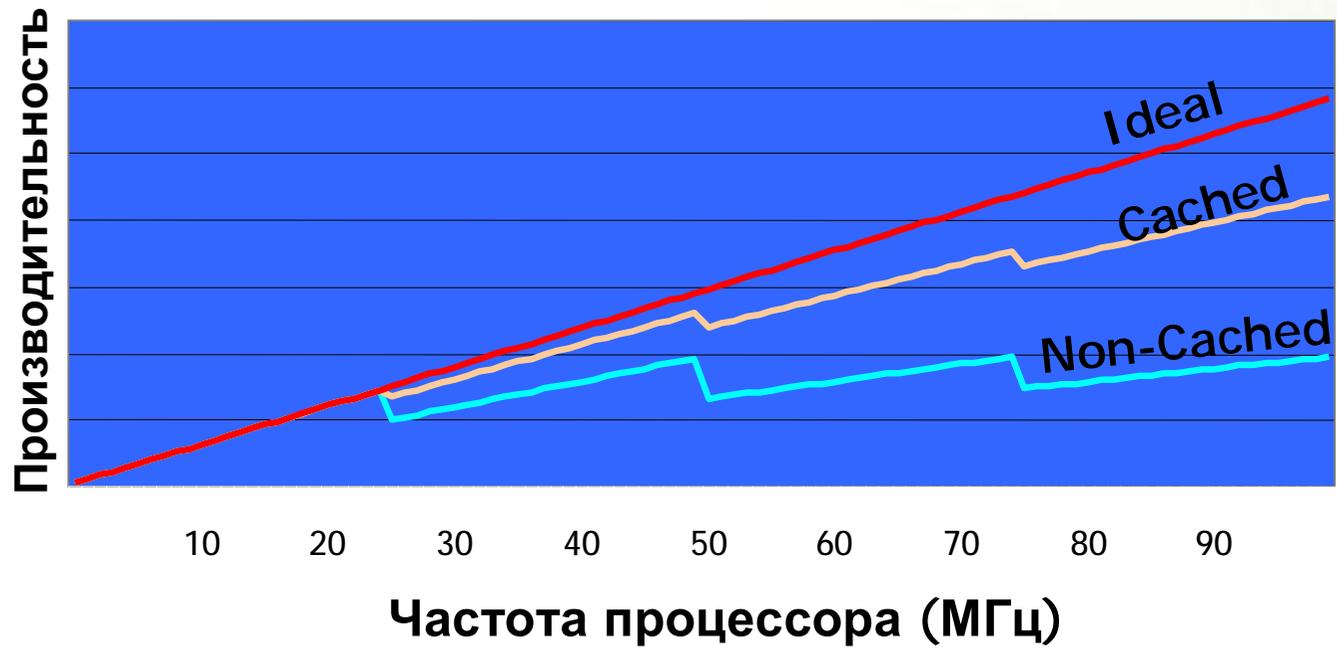


Предвыборка и кэш

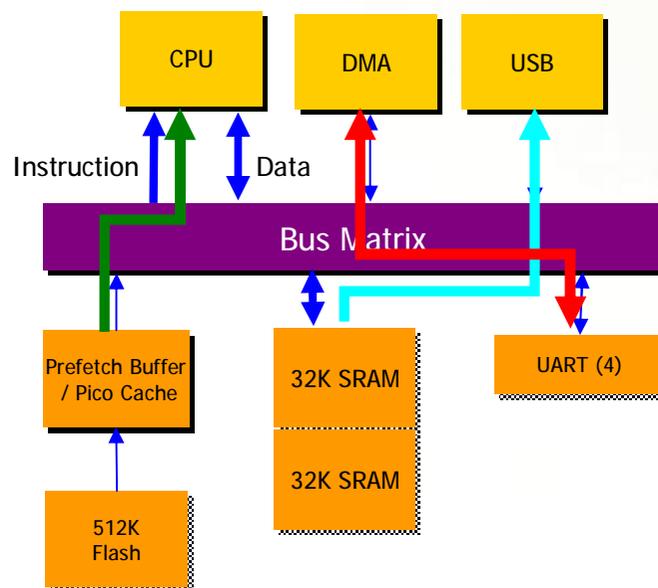




Производительность



Высокая производительность Bus Matrix



- | Bus Matrix обеспечивает многоканальность, что увеличивает общую производительность системы



Высокопроизводительные прерывания

- | Встраиваемые приложения управляются прерываниями
- | PIC32 имеет мощную архитектуру прерываний
- | Контроллер векторных прерываний
 - | Множество приоритетов с подприоритетами
 - | Организация совместимая с 16-битной
 - | 64 уникальных векторов для каждого прерывания
 - | Гибкое векторное пространство
 - | Отдельный векторный режим для RTOSs
- | Быстрая реакция на прерывания:
 - | Приоритет #7 прерывания использует все теневые регистры
 - | Предвыборка ISR в кэш



Быстрая побитная манипуляция

Bit mods with other MCUs

1. Load SFR address in reg1
2. Load a mask value in reg2
3. Read current SFR value in reg3
4. AND/OR register (SFR) with mask
5. Write new SFR value

Bit mods with PIC32

1. Load SFR address in reg1
2. Load a mask value in reg2
3. Write the mask to SFR

- | Установка, сброс, инвертирование в регистрах
- | `T1CONSET = 0x8000 //установка бита 15`



Элементарные побитовые операции с портами

PORTA



PORTA SET



PORTA CLR



PORTA INVERT



Побитовые операции за 1 такт!



Расширенная поддержка отладки

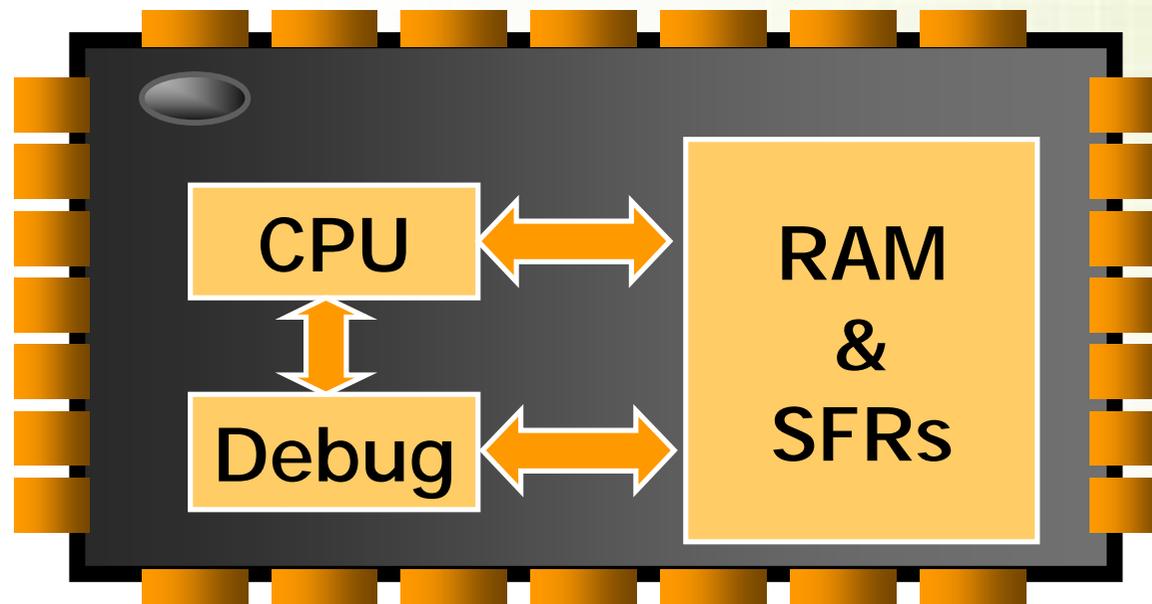
- | Точки останова: 6 на инструкции, 2 на данные
 - | AND / OR / комбинационные точки останова

- | Трассировка
 - | 5-и проводный интерфейс
 - | MPLAB IDE поддерживает специальные команды для отладки кода

- | Традиционный 2-х проводный интерфейс
 - | Отладка & программирование

- | JTAG-отладка, программирование, и граничное сканирование

Невливающий на работу процесс отладки



- | Не требуется остановок в работе программы



Новая периферия. PPS



Peripheral Pin Select

I Что это такое...

- I Мультиплексирование выводов, что позволяет сопоставить выводу контроллера ту или иную периферийную функцию
- I Позволяет оптимально использовать периферию контроллера
- I Позволяет программно изменять функции выводов
- I Позволяет уменьшить интерференцию сигналов, улучшить ЭМС

I Чем не является...

- I Не является средством достижения совместимости по выводам
- I Аналоговые и часть других выводов не меняют свои функции (напр. PMP & I²C™)



Периферия с PPS

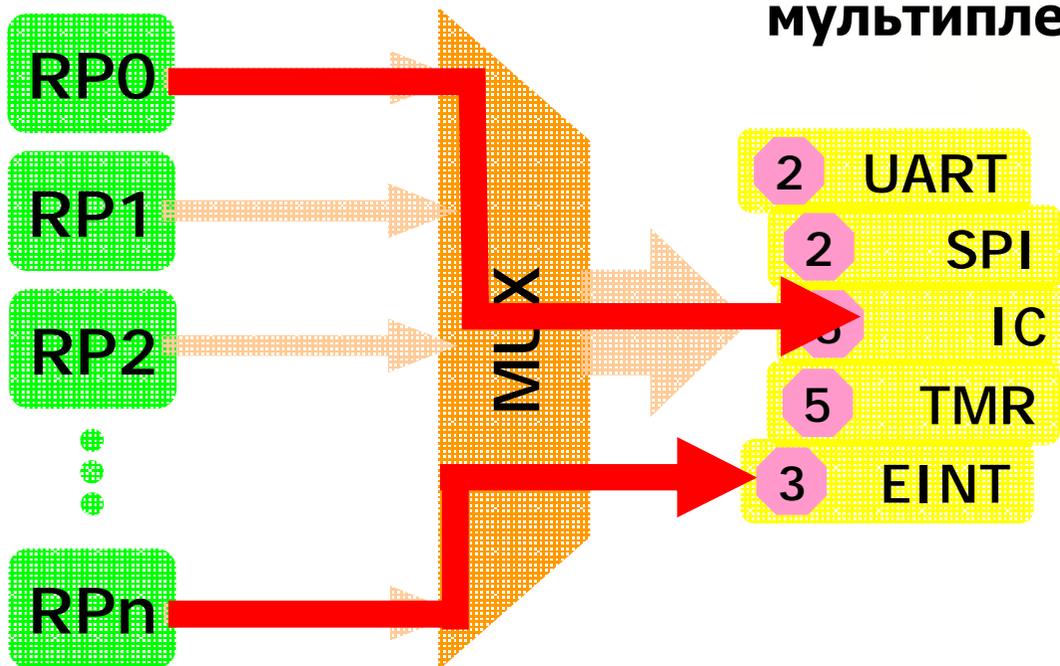
- | Все порты SPI и UART
- | Таймер и входы внешних прерываний
- | Модули захвата и сравнения
- | Выходы аналогового компаратора
- | Входы Fault ШИМ
- | Входы интерфейса квадратурного энкодера
- | Входы интерфейса кодека
- | CAN

Реализация PPS

- | Любая функция может быть переназначена на любой RP вывод
 - | Поддержка подключения нескольких функций на один вывод
- | Входы и выходы
 - | Входы назначают вывод контроллера на периферийное устройство
 - | Выходы назначают периферию на выбранный вывод контроллера
- | Программное назначение выводов
 - | Позволяет в ходе выполнения программы конфигурировать назначение выводов (возможно однократное конфигурирование)

Перенаправляемые входы

Один из выводов может мультиплексироваться на разную периферию



Определите положение каждой функции путем модификации бита **xxxxR** в регистре **RPINRn**

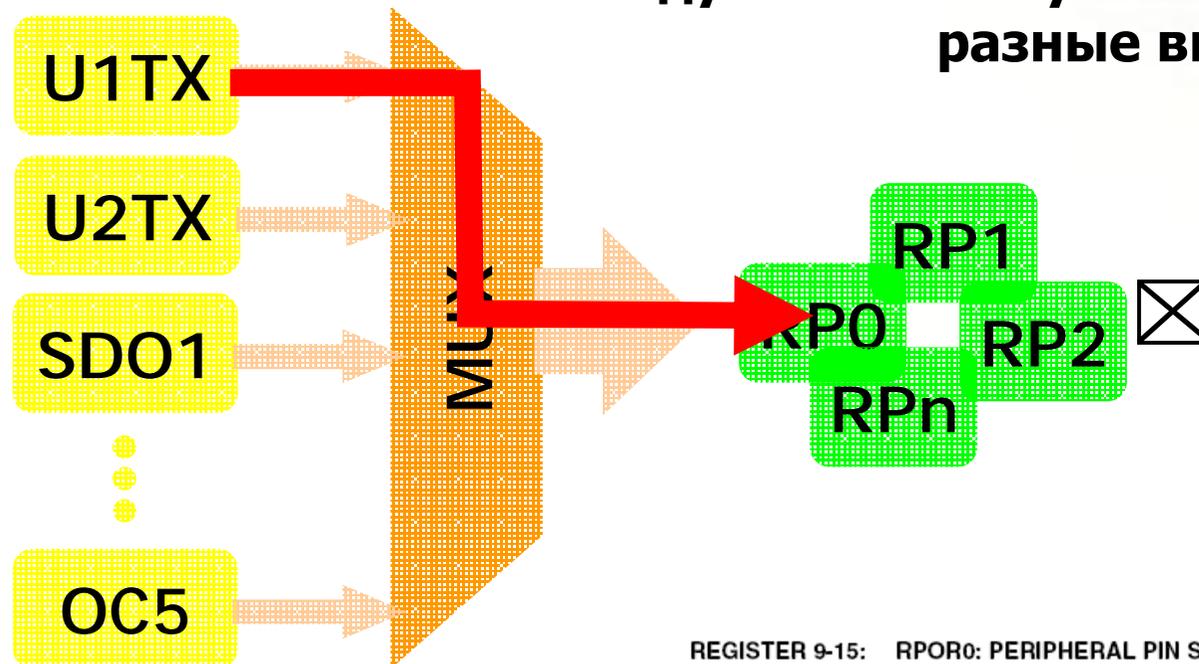
Конфигурируемые выходы

REGISTER 9-7: RPINR9: PERIPHERAL PIN SELECT INPUT REGISTER 9

U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0	U-0
—	—	—	—	—	—	—	—
bit 15							bit 8
U-0	U-0	U-0	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
—	—	—	IC5R4	IC5R3	IC5R2	IC5R1	IC5R0
bit 7							bit 0

Перенаправляемые выходы

Одна выходная функция периферийного модуля может мультиплексироваться на разные выходы



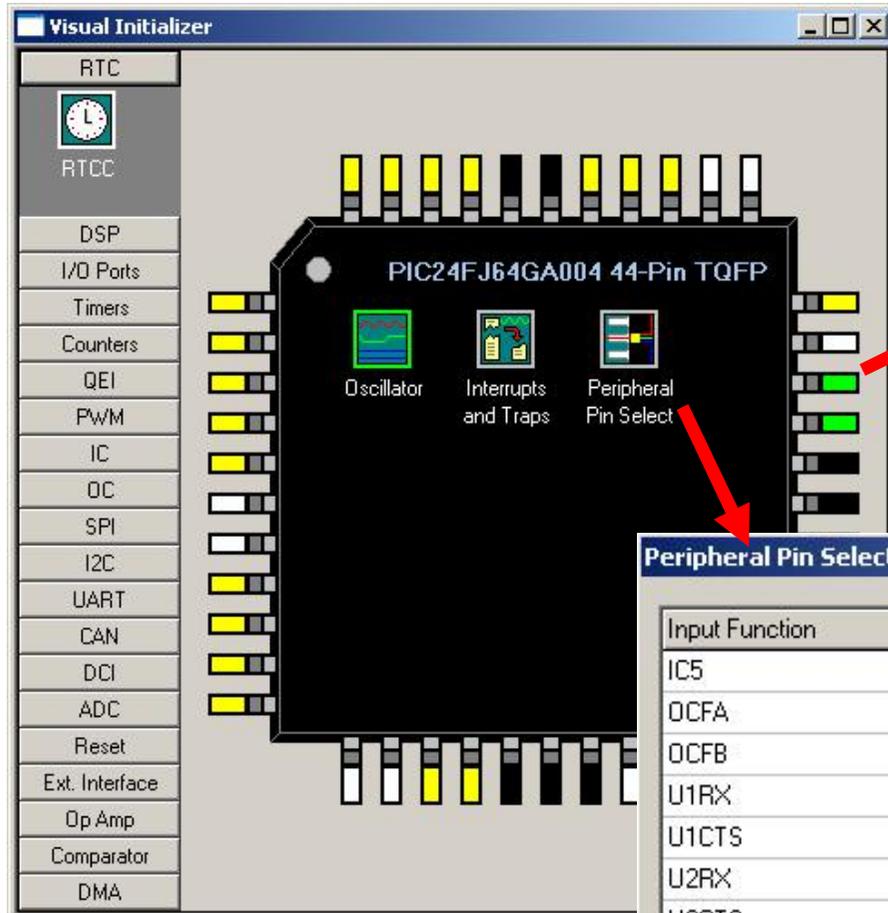
Определите функцию каждого выхода путем модификации бита **RPnR** в регистре **RPORn**

Конфигурируемые выходы периферии

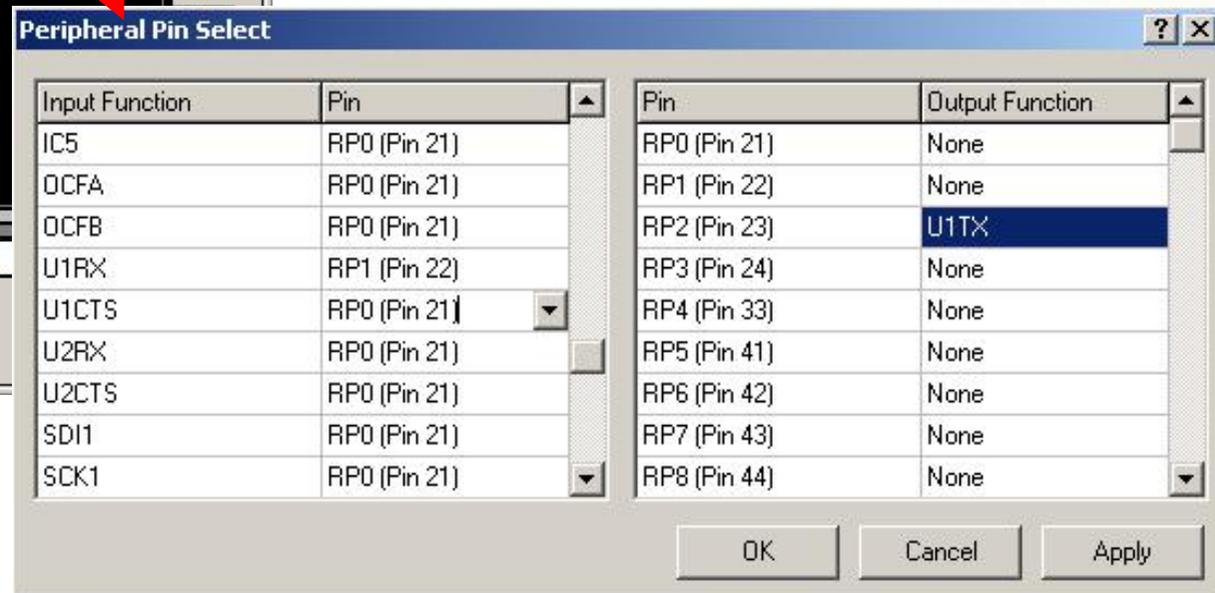
REGISTER 9-15: RPOR0: PERIPHERAL PIN SELECT OUTPUT REGISTER 0

U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	
—	—	—	RP0R4	RP0R3	RP0R2	RP0R1	RP0R0	
bit 15								bit 8
U-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	
—	—	—	RP0R4	RP0R3	RP0R2	RP0R1	RP0R0	
bit 7								bit 0

Использование VDI



Цветовая закрашка показывает какие выводы использованы и где есть конфликты



Защита регистров PPS

- | Аппаратная проверка
 - | Случайное изменение бита приведет к сбросу
- | Блокирование изменений
 - | Биты RPINRn/RPORN могут быть изменены только пока OSCCON[IOLOCK] = 0; как только IOLOCK установлен, регистры не могут быть изменены
- | Защита IOLOCK
 - | Состояние бита IOLOCK может быть изменено с помощью разблокирующей последовательности
 - | Защита выбирается в битах конфигурации

Приоритеты

I Приоритеты периферии:

- 1) Аналоговые функции
- 2) PPS выходы
- 3) PPS входы
- 4) Фиксированные цифровые периферийные выходы
- 5) Фиксированные цифровые периферийные входы

ANx, $V_{REF} + / -$

UxTX, SDO, OC

UxRX, SDI, IC

I²C, PMP

I²C, PMP



Инициализация PPS

1. Требования дизайна: статическое или динамическое назначение RPn?
 - | установите бит **IOL1WAY** в конфигурации
2. Инициализируйте назначение вывода на выбранное периферийное устройство путем установки RPn
 - | RPn вывод → вход периферии
 - | Выход периферии → RPn вывод
 - | Зафиксируйте RPn регистры, используя «блокирующую» последовательность
3. Сконфигурируйте периферию
4. Разрешите прерывания (если необходимо)

Блокировка PPS

I Конфигурирование PPS в процессе инициализации

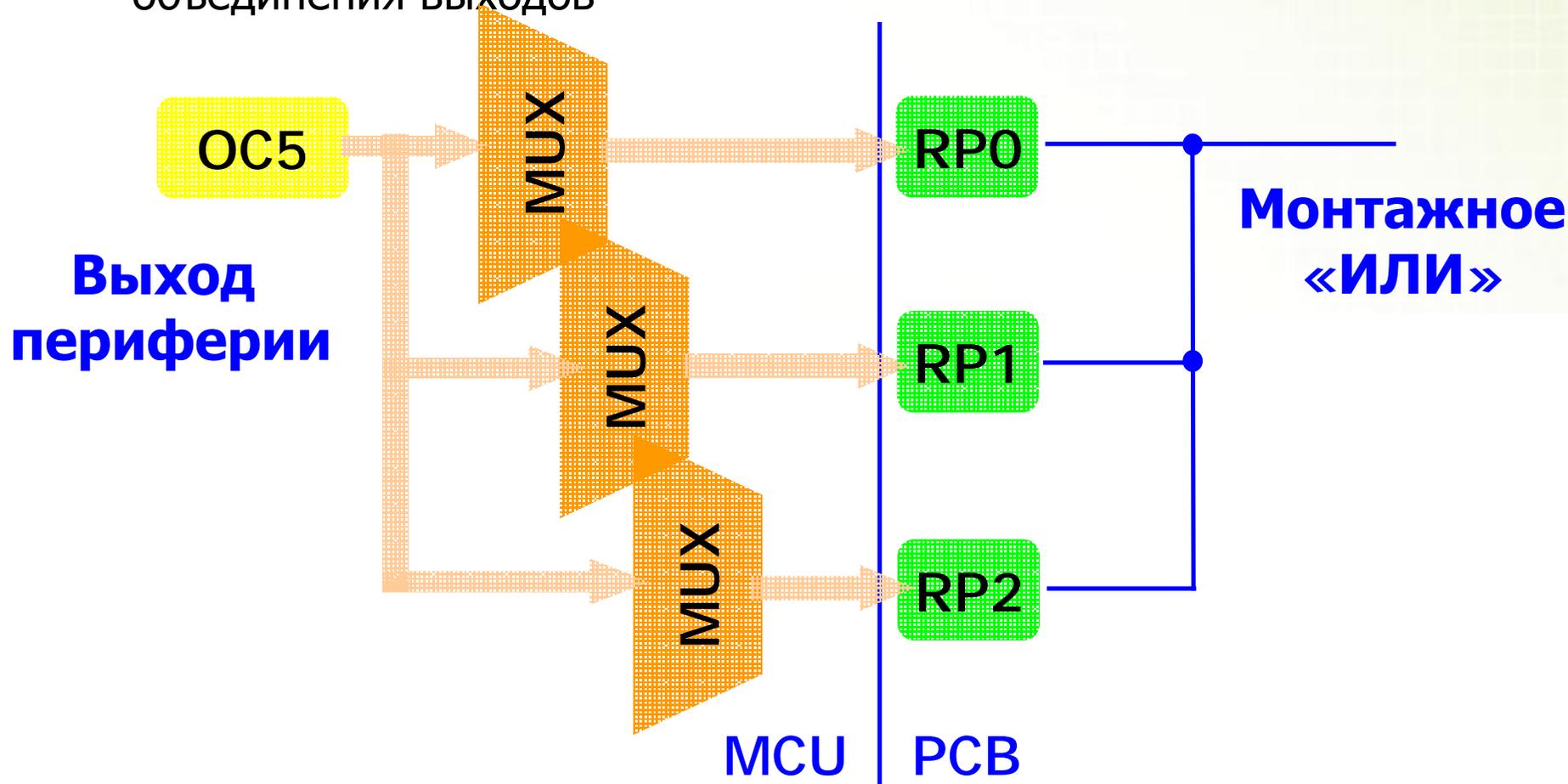
- ∅ IOL1WAY = 1
 - ∅ PPS не может быть разблокирован программно (может быть установлен 1 раз)
- ∅ IOL1WAY = 0
 - ∅ PPS может модифицироваться программно

Для максимальной защиты установите бит IOL1WAY в конфигурации



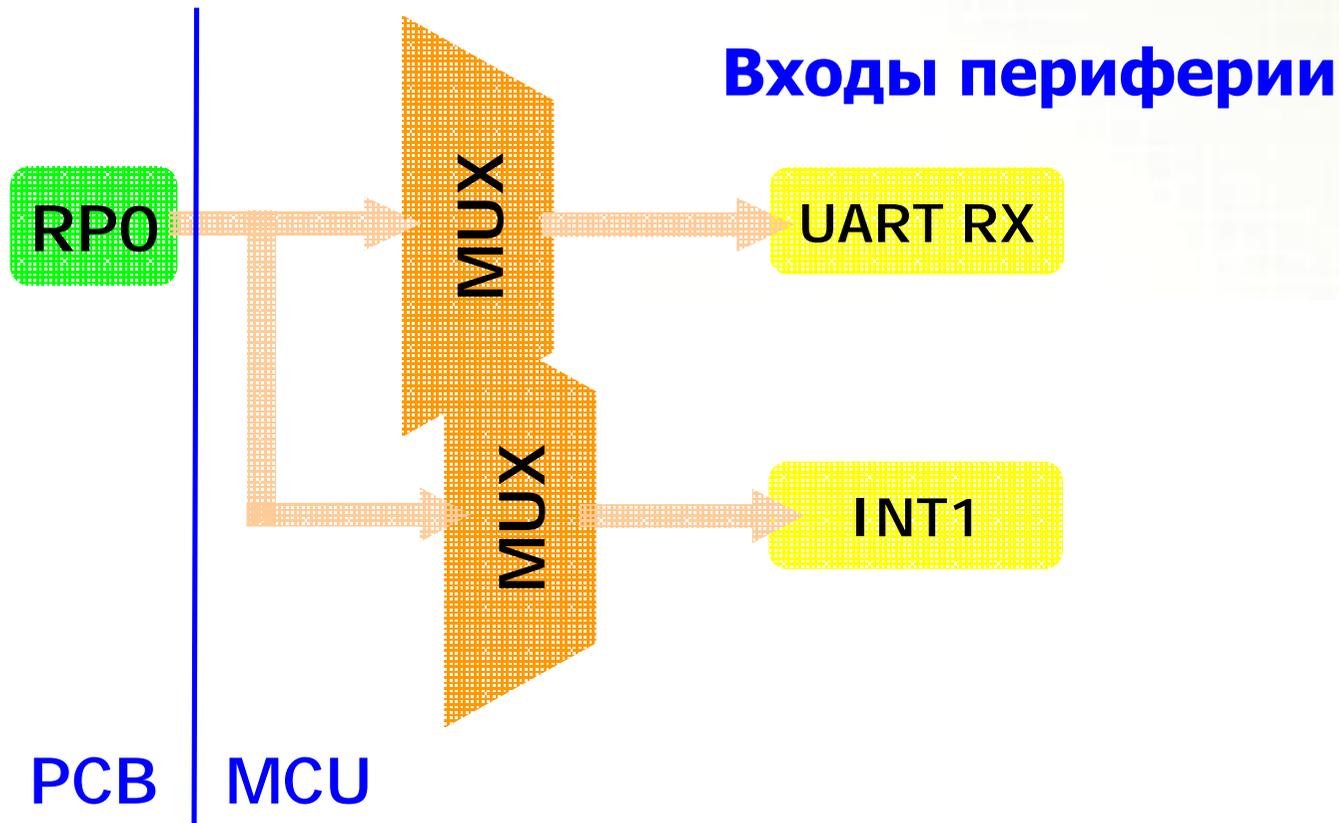
«Нестандартное» использование

- Увеличение нагрузочной способности периферийного вывода путем объединения выходов



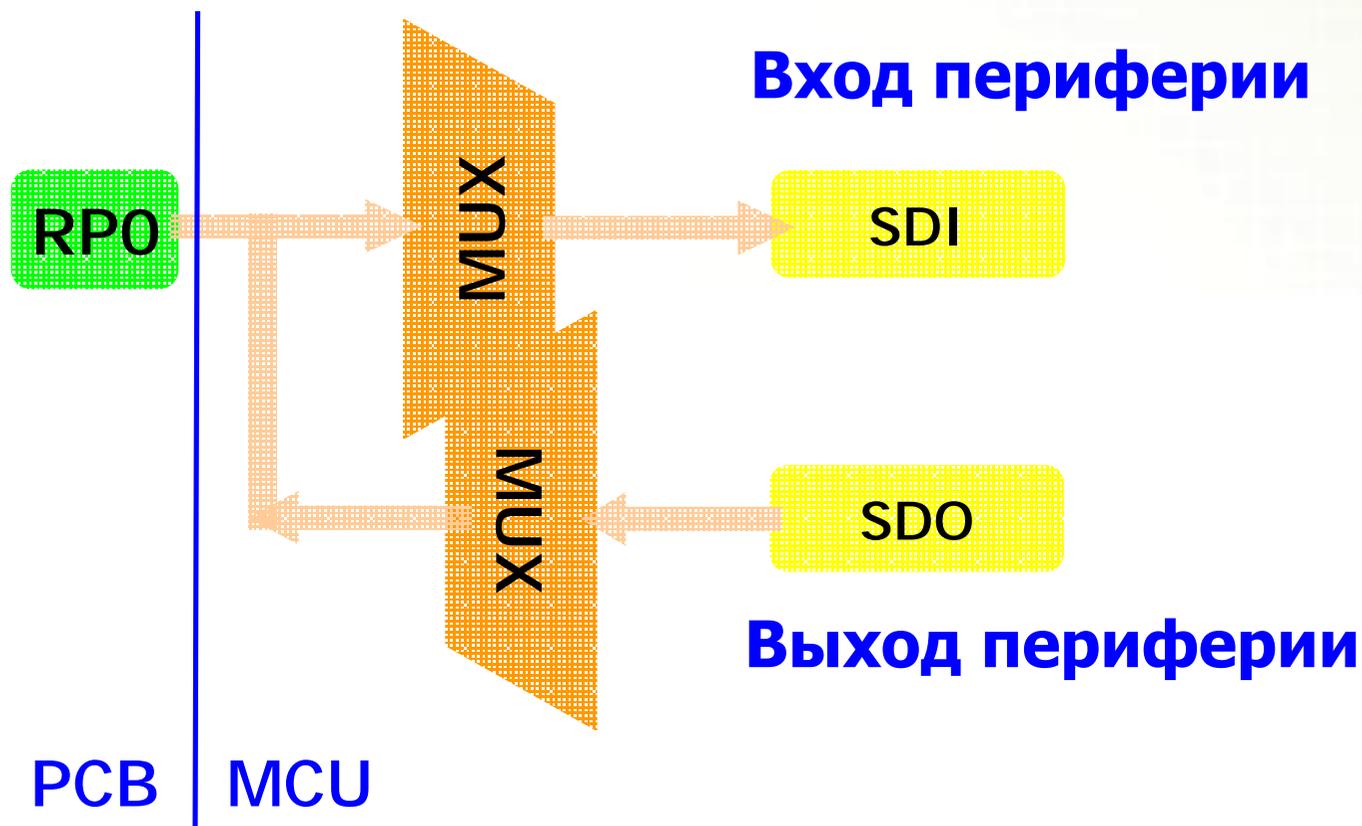
«Нестандартное» использование

- I Подключение одного входного сигнала к разным периферийным входам



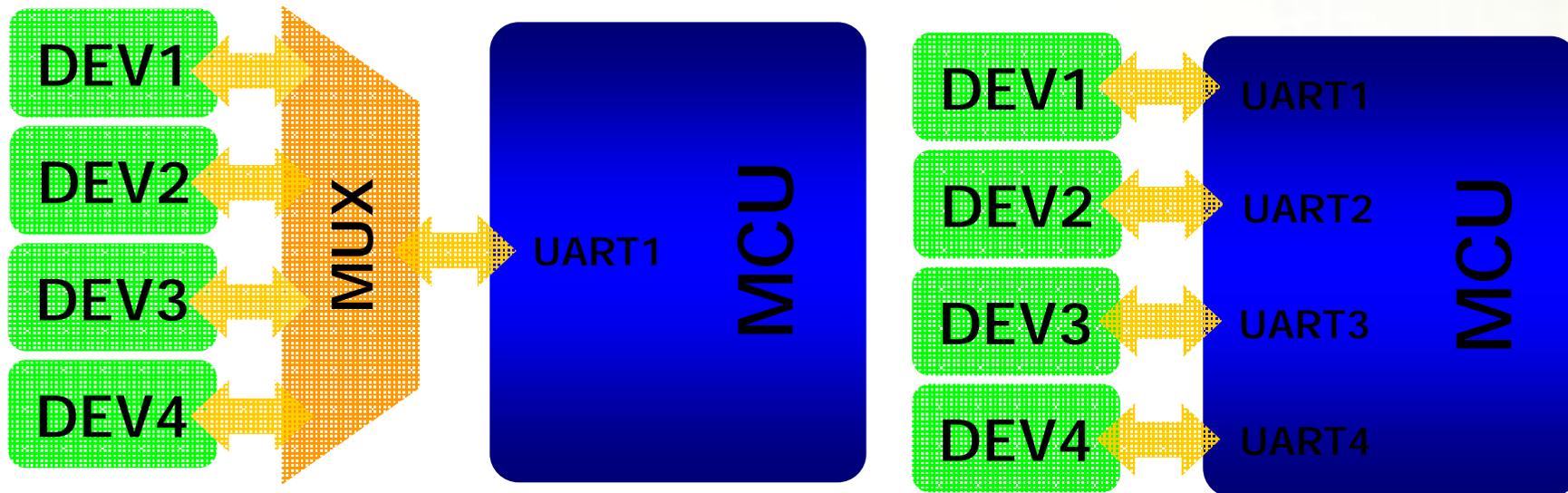
«Нестандартное» использование

- Соединение одного периферийного выхода со входом другого для тестирования



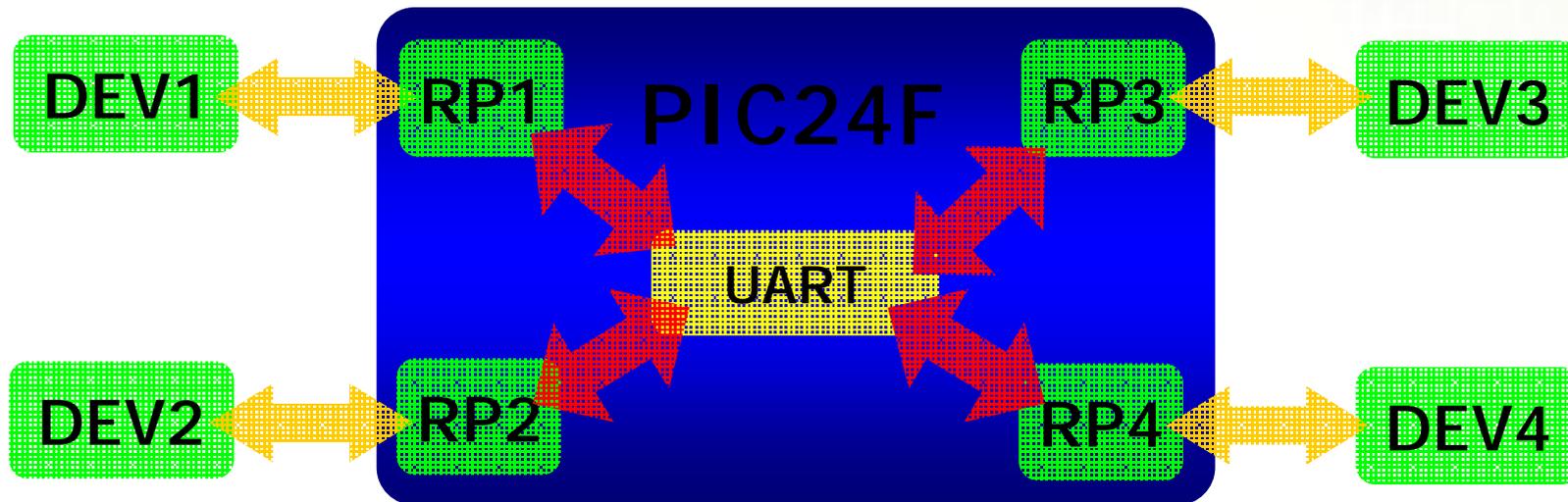
Пример применения

- Последовательная связь со множеством устройств по UART
- Стандартные решения:



Пример применения

- Последовательная связь со множеством устройств по UART
- Динамическое переназначение:





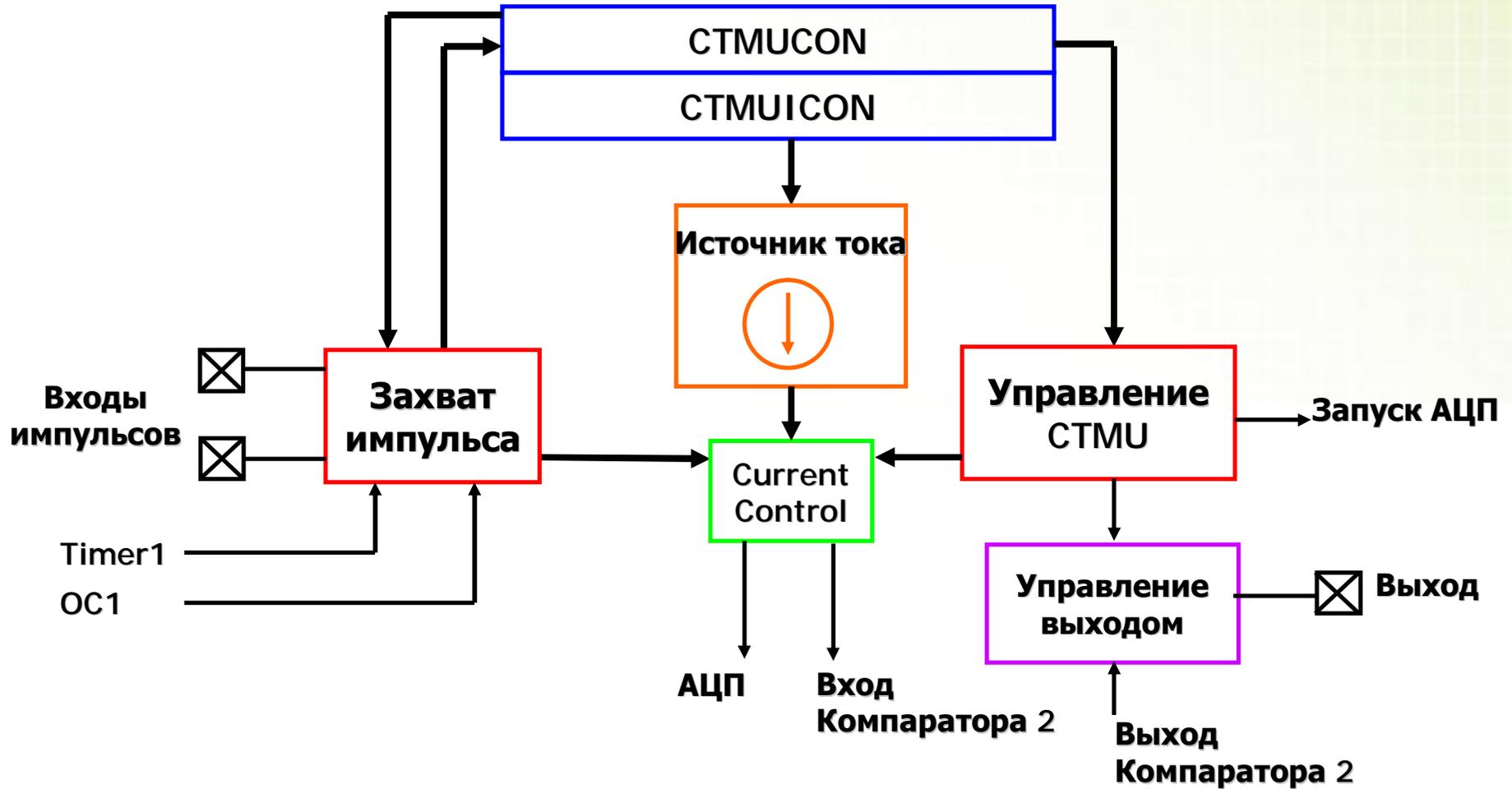
Новая периферия. СТМУ



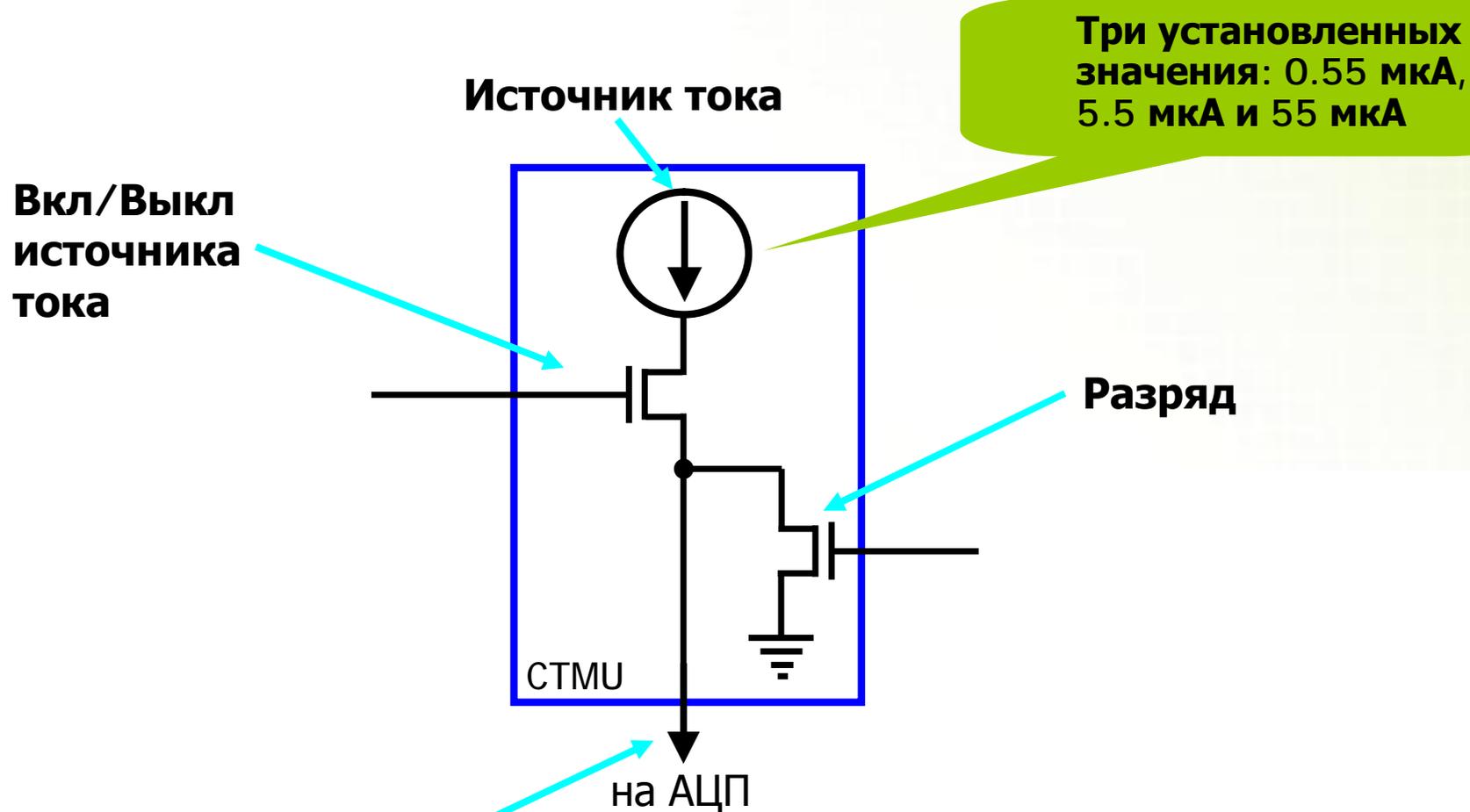
Charge/Time Measurement Unit

- | СТМУ – модуль измерения емкости/временных интервалов
- | Основа модуля – прецизионный источник тока (0.55 мкА, 5.5 мкА и 55 мкА)

Схема СТМУ



Функционирование СТМУ

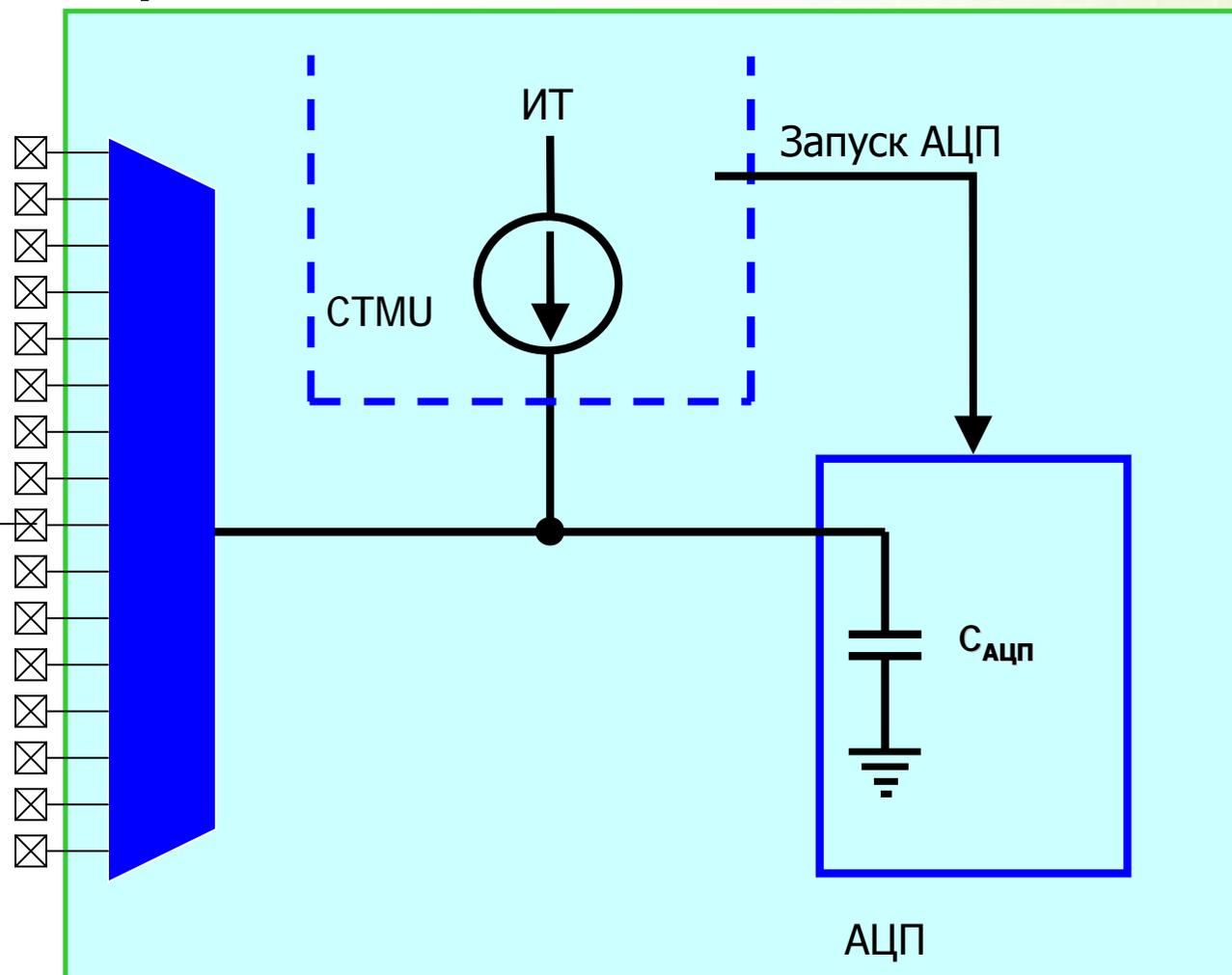
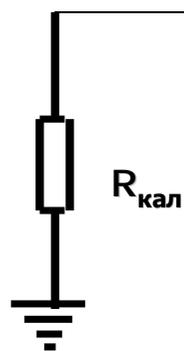


Заряжает:
Внутр. емкость АЦП
Внешнюю измеряемую емкость

Работа СТМУ с АЦП

Калибровка модуля

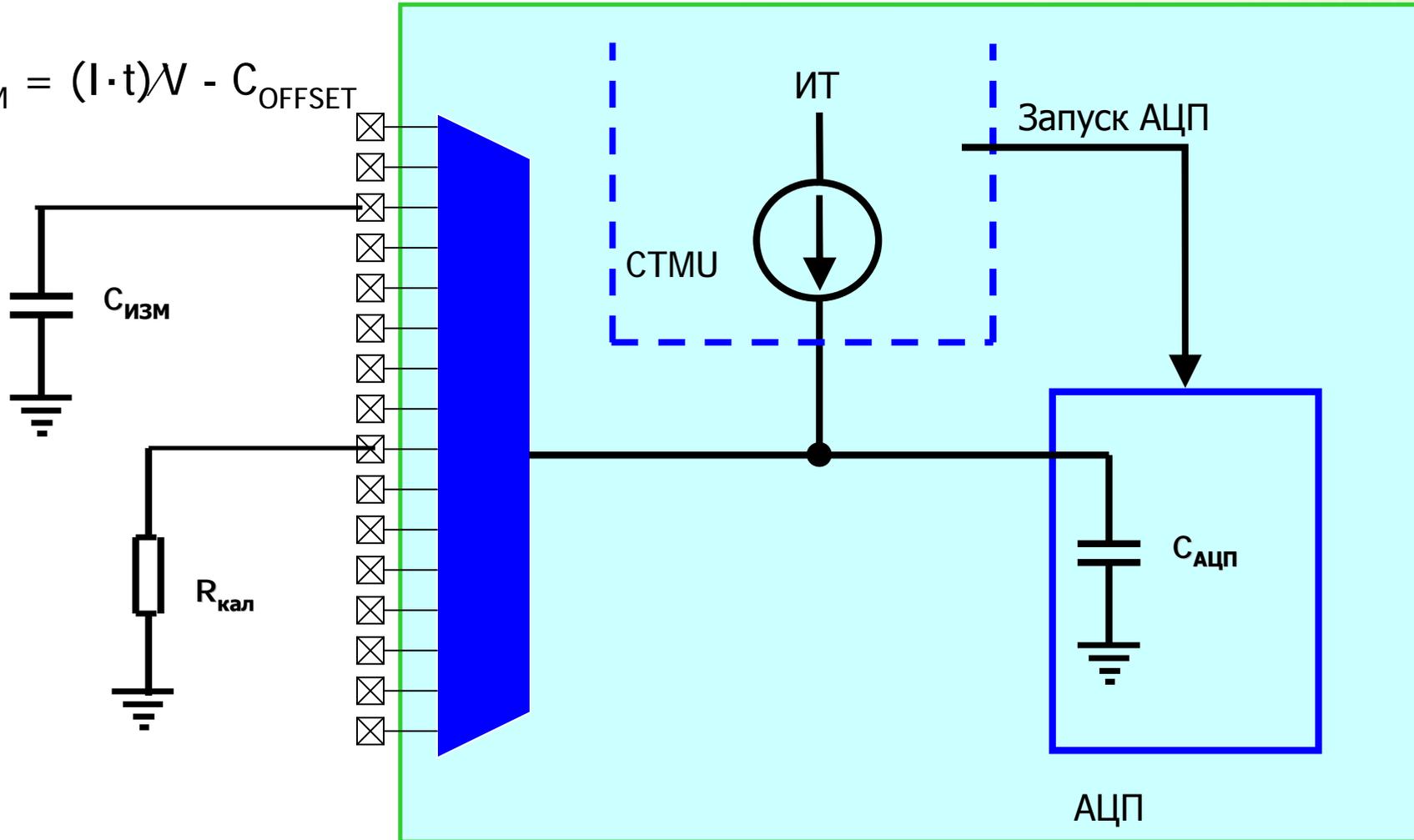
$$I = V/R_{CAL}$$
$$C_{OFFSET} = (I \cdot t) / V$$
$$C_{OFFSET} = C_{AD} + C_{STRAY}$$
$$C_{AD} = 4 \text{ ПФ}$$



Работа СТМУ с АЦП

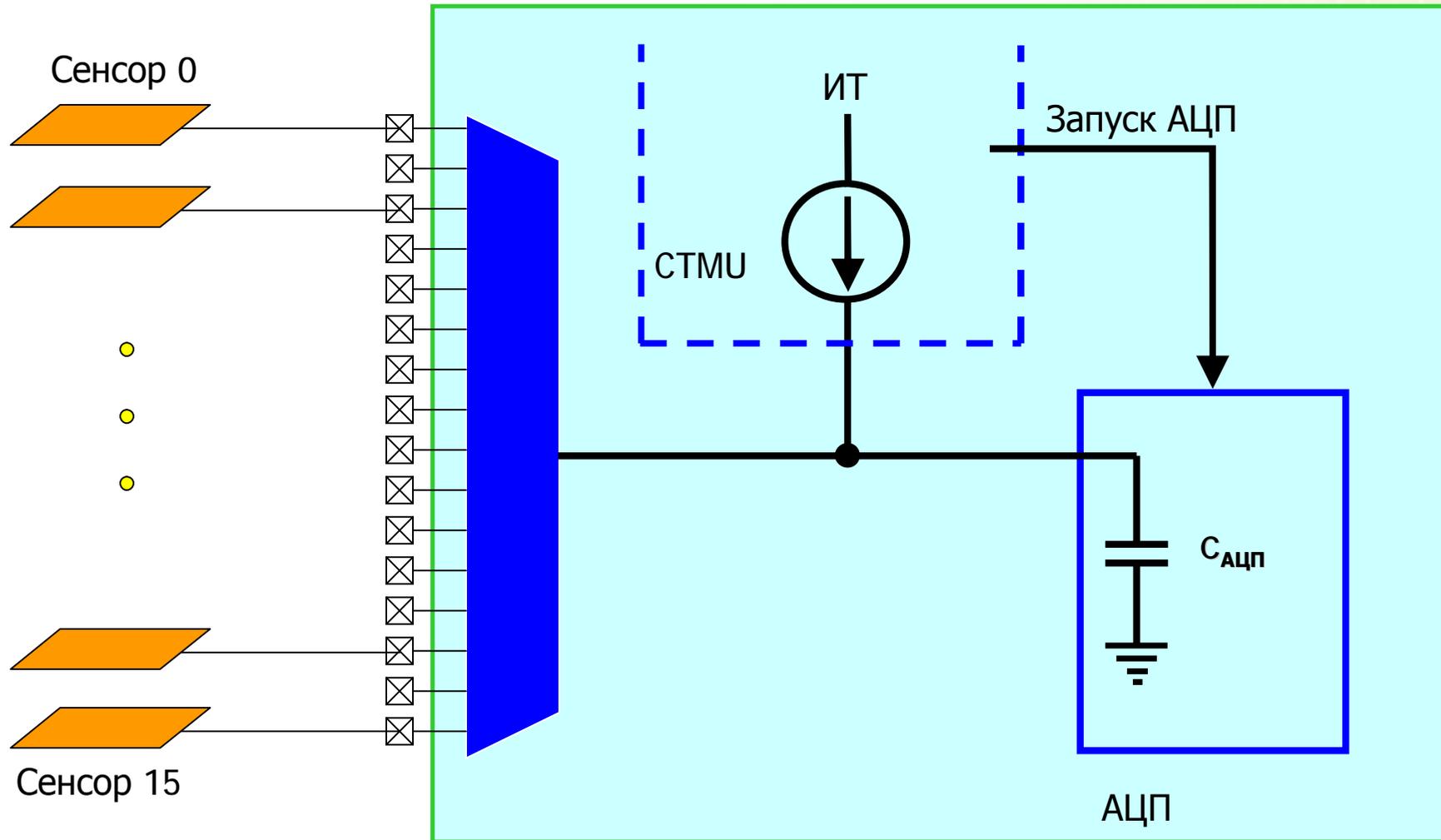
Измерение емкости

$$C_{\text{ИЗМ}} = (I \cdot t) / V - C_{\text{OFFSET}}$$



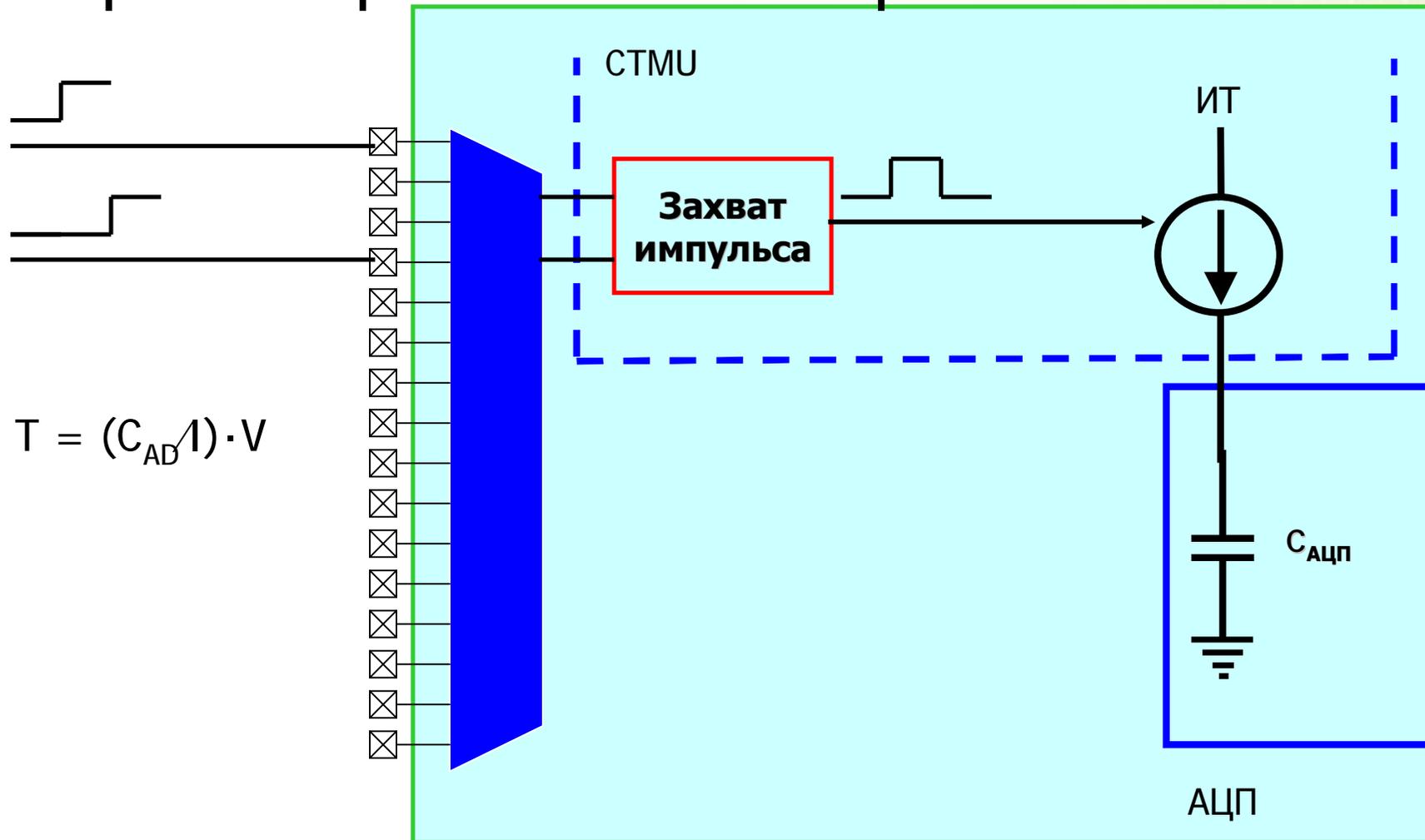
Работа СТМУ с АЦП

Опрос емкостной клавиатуры



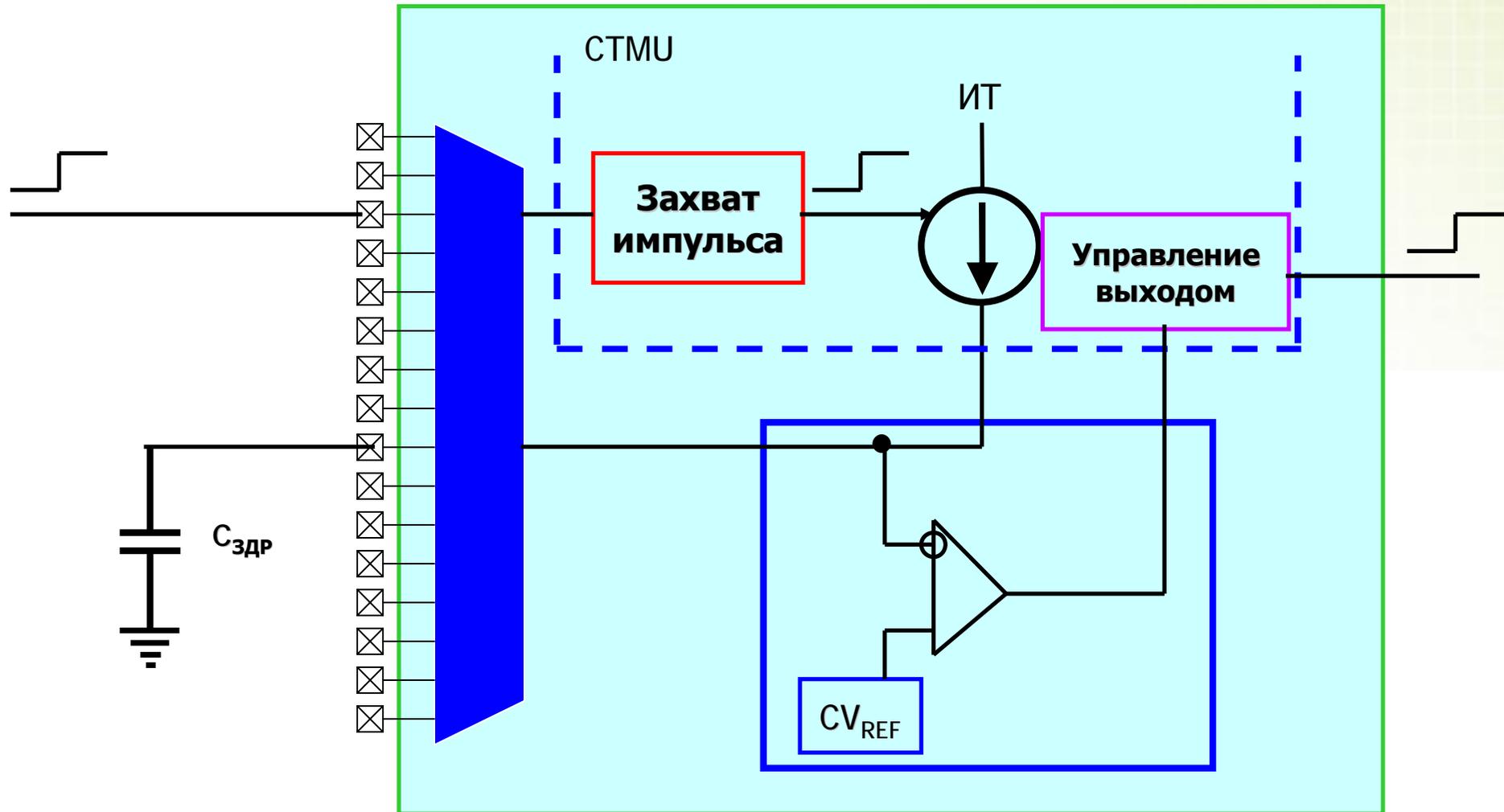
Работа СТМУ с АЦП

Измерение временного интервала



Работа СТМУ с АЦП

Формирование задержки





Новая периферия. DMA

Direct Memory Access

- | DMA – прямой доступ к памяти (ПДП)
- | Позволяет организовать обмен данными между памятью и периферией без участия ядра контроллера
- | Несколько идентичных каналов, которые могут объединяться в цепочки
- | Старт обмена может производиться
 - | Программно
 - | По прерыванию



Direct Memory Access

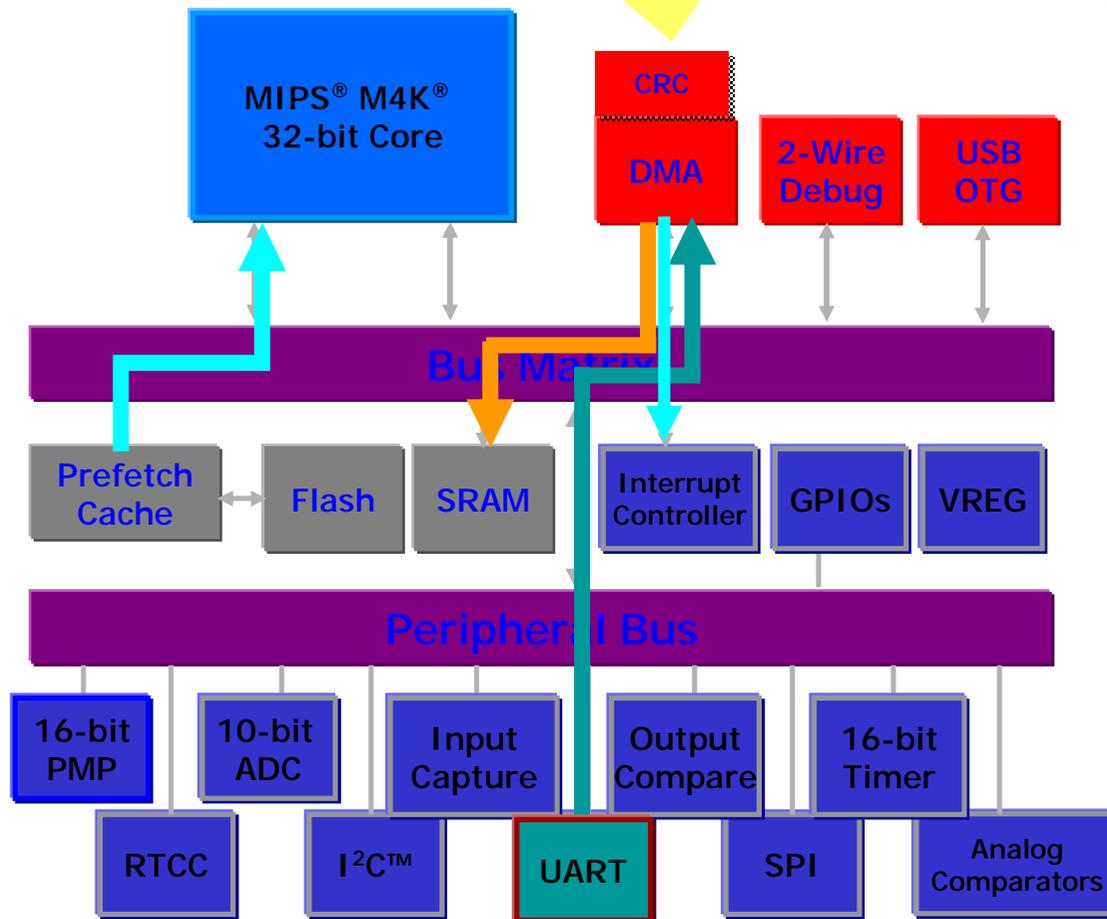
- | Обмен производится блокам, максимальный размер 256 байт
- | Останов обмена может производиться:
 - | По счетчику
 - | По определенному символу
 - | Программно
 - | По прерыванию
 - | По ошибке адреса

Direct Memory Access

- | Типы обмена DMA:
 - | Память-память
 - | Память-периферия
 - | Периферия-память
 - | Периферия-периферия
 - | Flash-ОЗУ
 - | Flash-периферия

DMA. Пример с UART

Модуль вычисления контрольных сумм



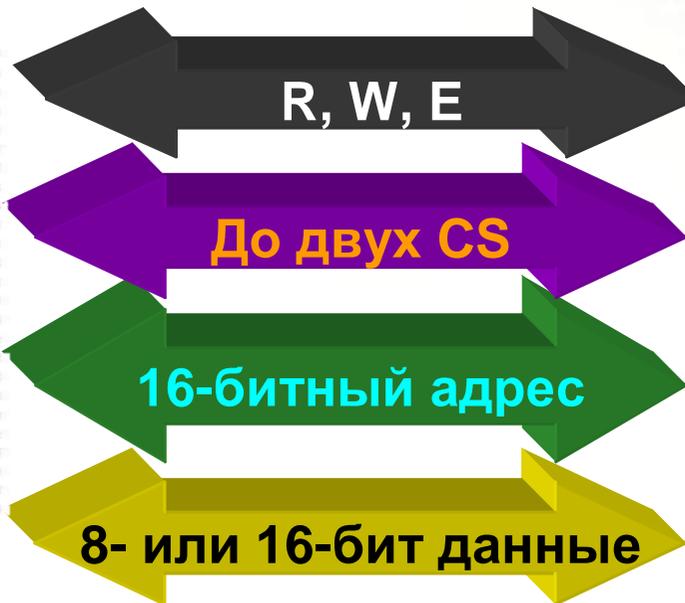
1. UART посылает прерывание DMA
2. Данные забираются из UART
3. Параллельно происходит выборка команд ядром
4. Возможен аппаратный подсчет контрольной суммы
5. Данные помещаются в ОЗУ
6. DMA может сгенерировать прерывание



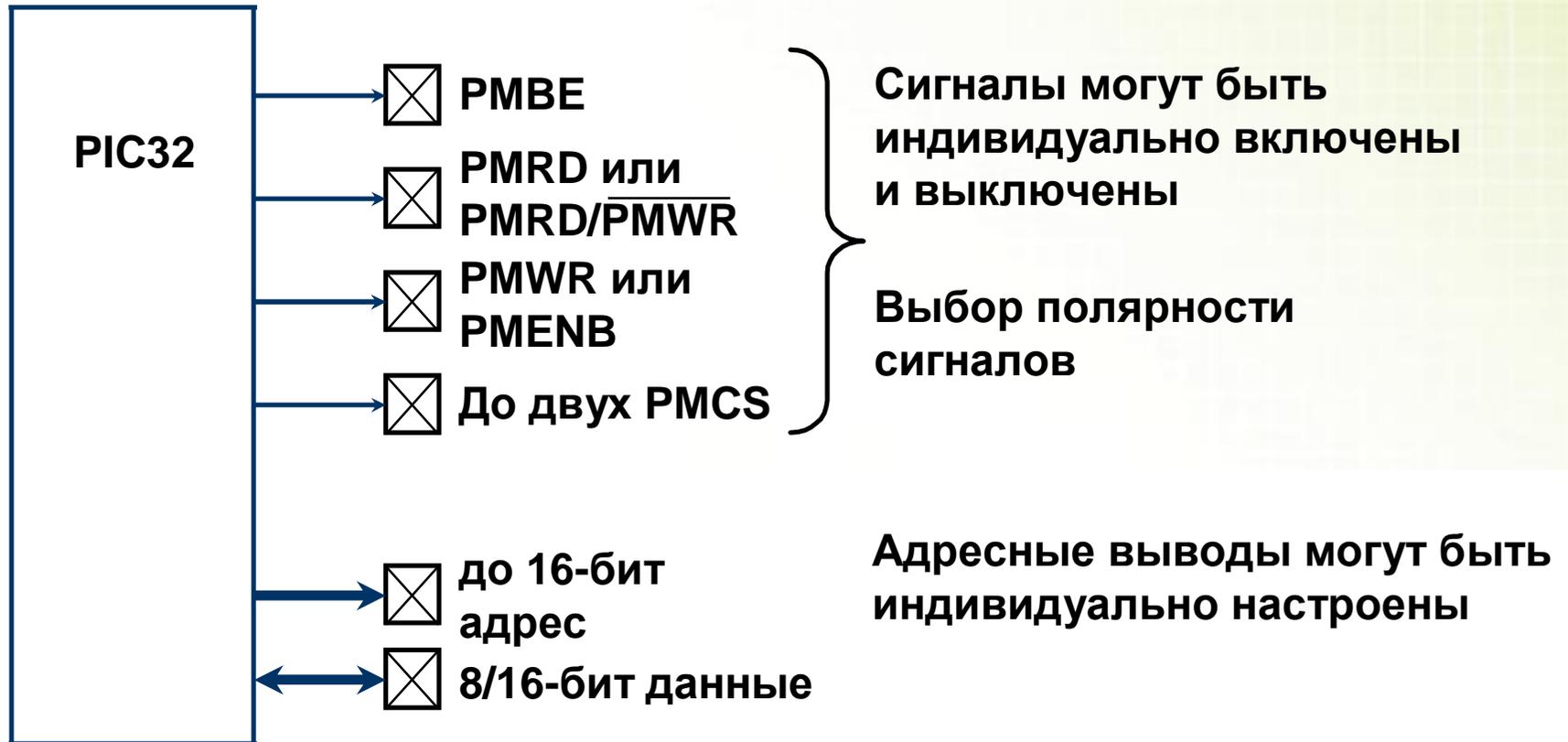
Новая периферия. PMP



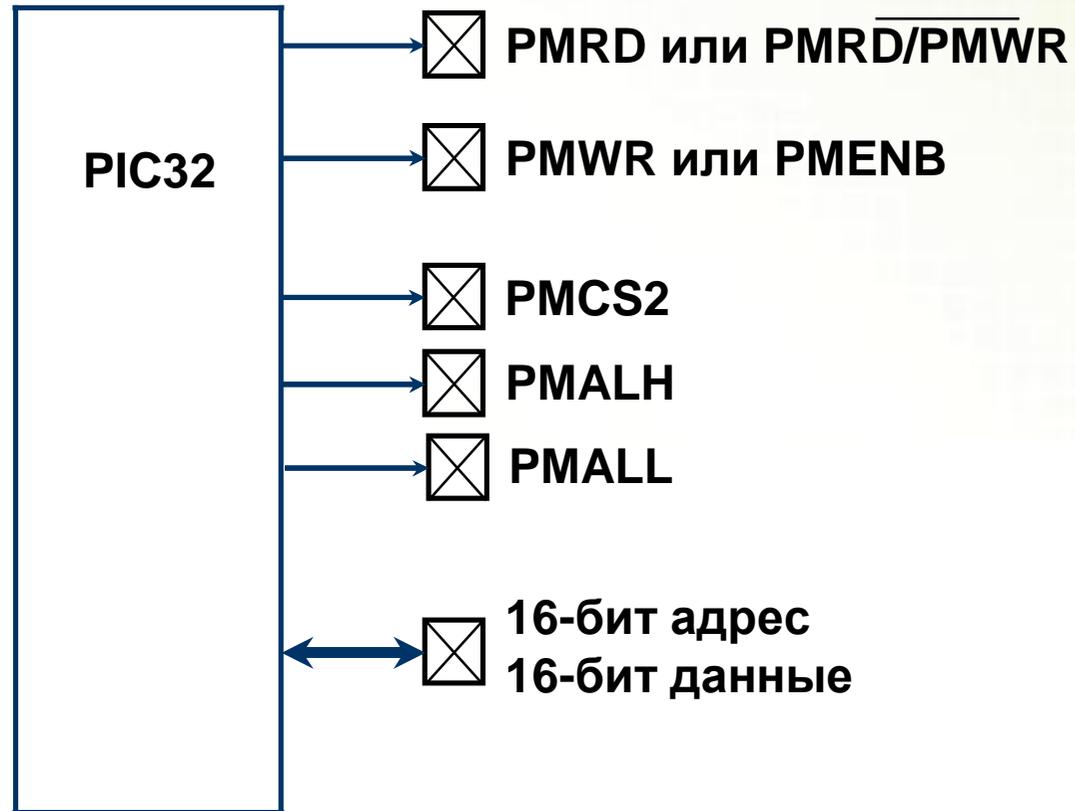
Параллельный мастер-порт – PMP



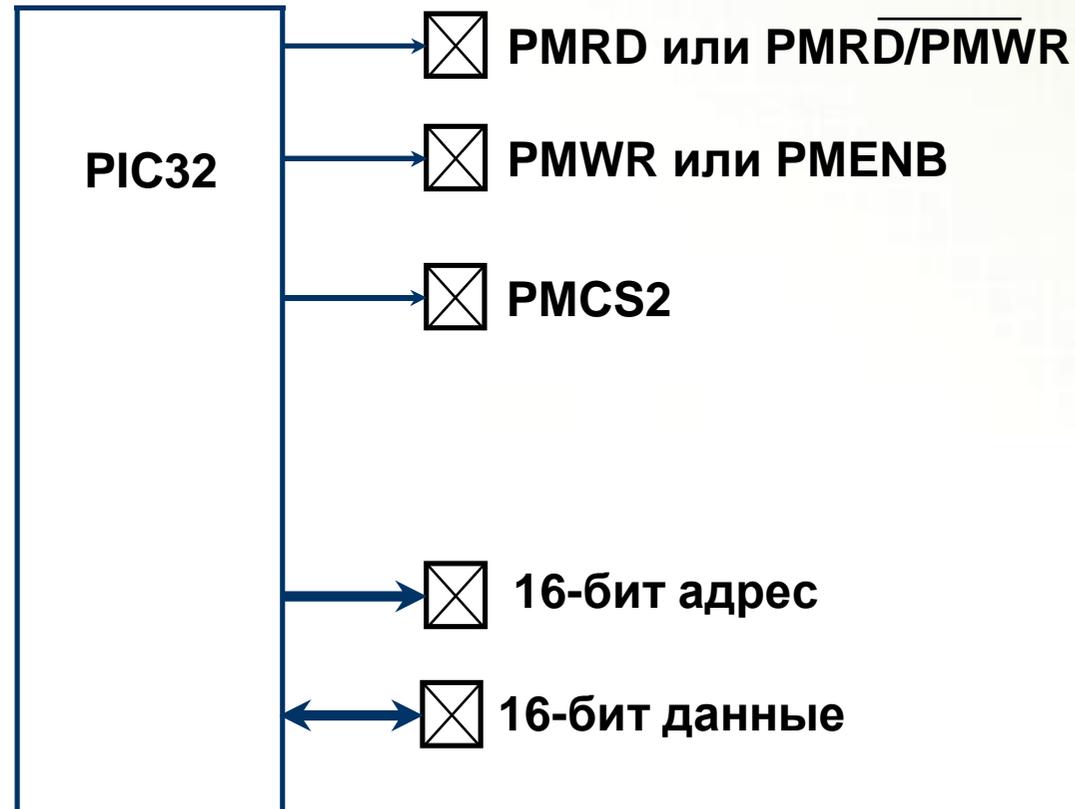
Конфигурация PMR: управляющие сигналы



Конфигурация РМР: мультиплексированная шина данных 16 бит



Конфигурация PMP: демультиплексированная шина данных 16 бит





Новая периферия. USB OTG

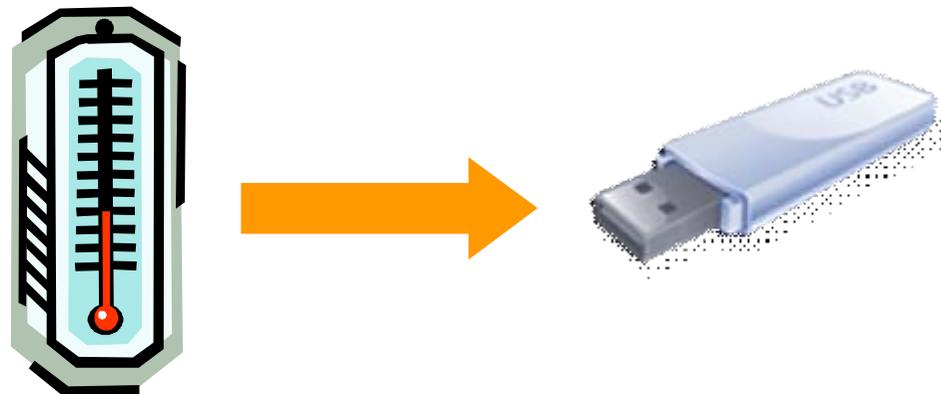


USB On-The-Go

- | Модуль USB в PIC32 работает в разных режимах:
 - | Device mode – периферийное устройство (в этом режиме работает PIC18Fxx50)
 - | Embedded Host – работа с ограниченным набором периферийных устройств
 - | Dual-role OTG – модуль может работать и как хост, и как периферия

Обзор

- | Embedded Host
 - | Всегда хост, никогда не периферия
 - | Всегда имеется питание 5 В
 - | Разъем типа А
- | Пример: Система сбора данных



Обзор

- | On-The-Go (OTG)
 - | Мобильное устройство, простой хост
 - | Иногда может быть хостом, иногда периферией
 - | Батарейное питание
 - | Разъем типа микро-A/V
- | Пример: КПК, фотоаппарат



Обзор

- | Dual Role
 - | 2 разъема – одновременно доступен для подключения только один из них
 - | Работа и в режиме хоста, и в режиме периферии, но без динамического переключения
- | Пример: Система сбора данных с возможностью обновления ПО через ПК

Типы устройств

- | Устройство типа А
 - | Устройство, подключаемое к разъему А кабеля. Работает как хост

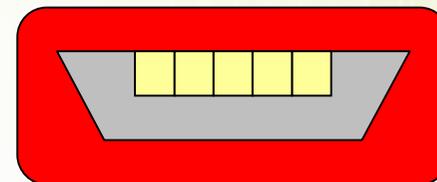
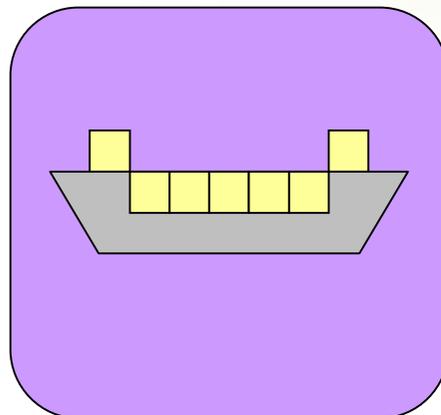
- | Устройство типа В
 - | Устройство, подключаемое к разъему В кабеля. Работает как периферия

Разъемы

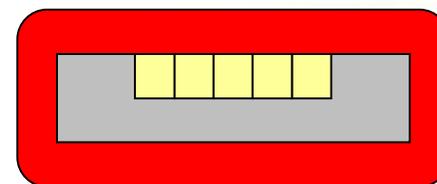
- | В классическом разьеме USB 4 контакта: VBUS, GND, D+ и D-
- | В разьеме OTG – 5 контактов, добавлен контакт ID
 - | Контакт ID предназначен для определения, какой стороной подключен кабель – со стороны хоста ID подключен к «земле»
 - | В каждом устройстве OTG контакт ID должен иметь подтяжку к «плюс» питания
 - | Внутренняя подтяжка реализована в контроллерах PIC24F и PIC32MX с USB OTG

Разъемы

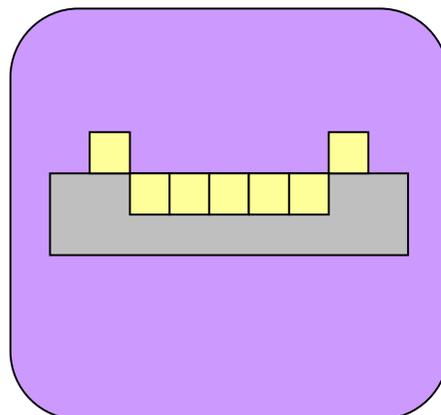
- | Вилка и розетка
 - | микро-B



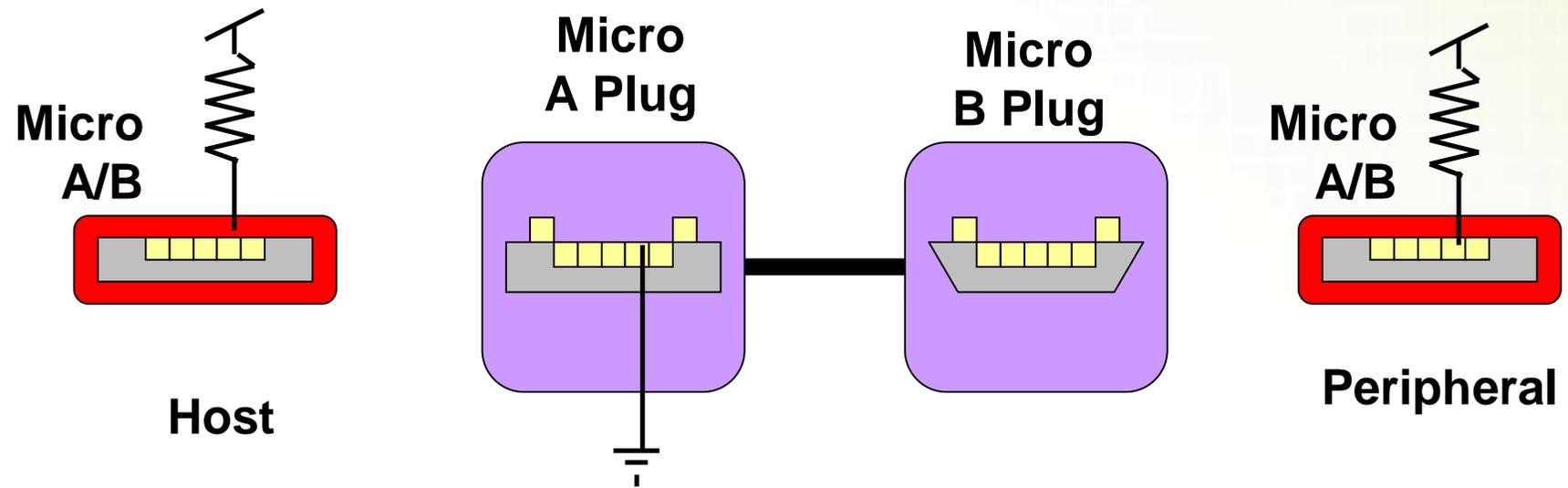
- | Розетка микро-A/B
 - | Только для устройств с OTG



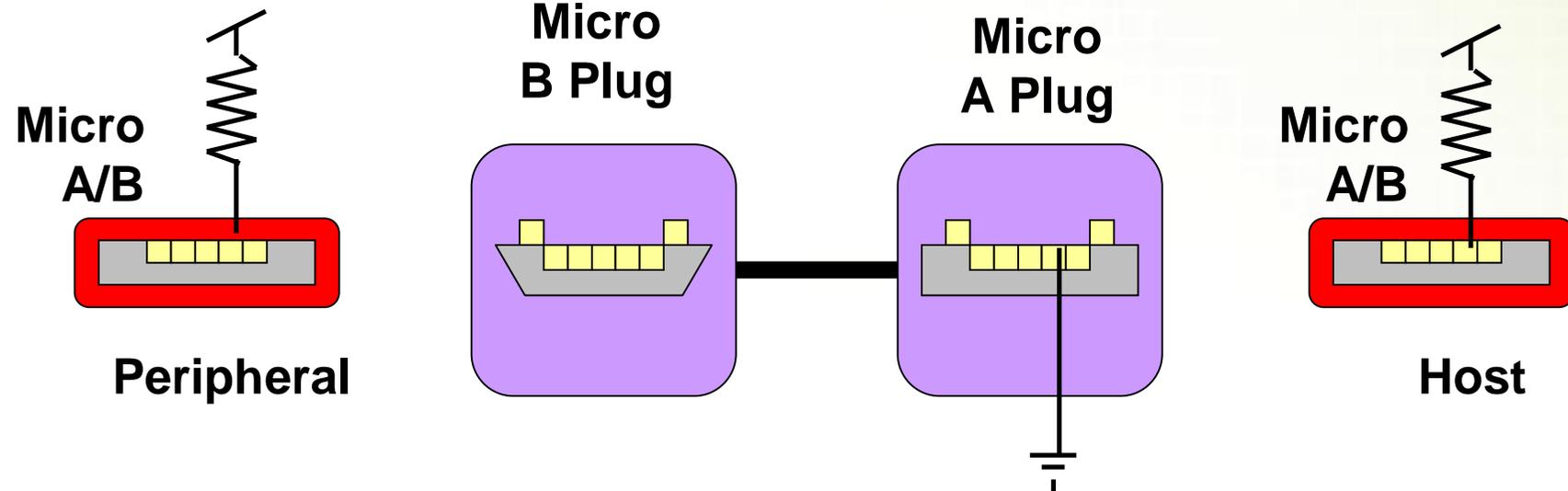
- | Вилка микро-A



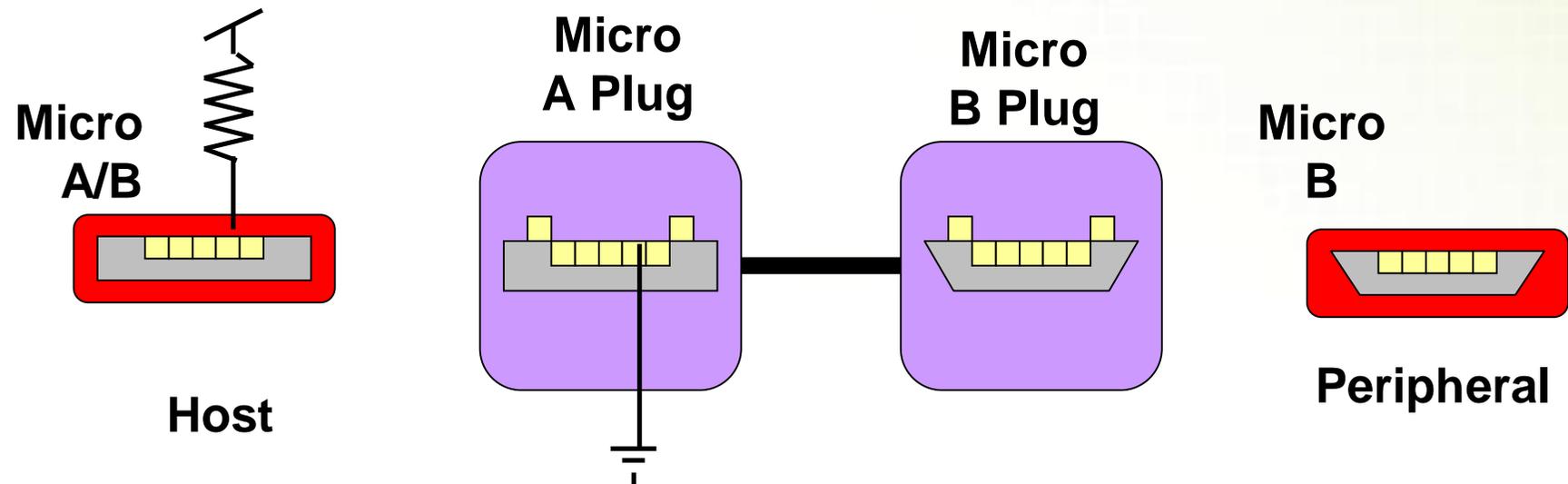
OTG Cable Example



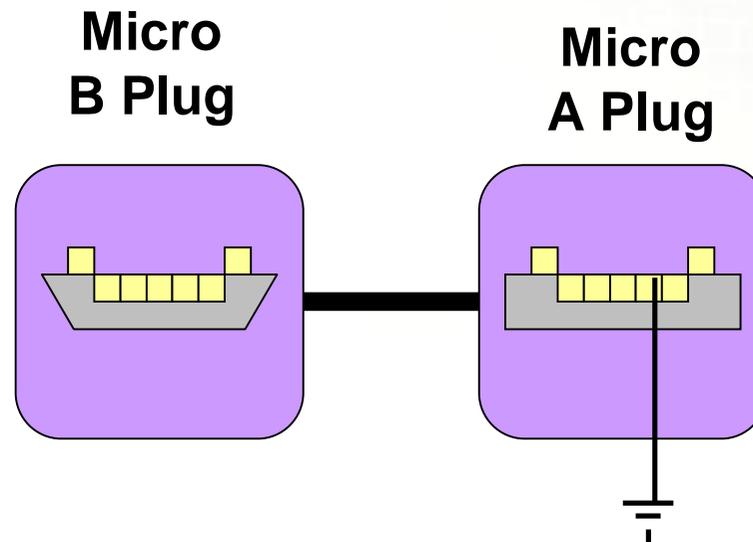
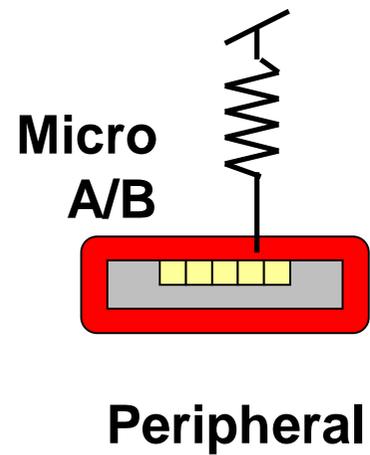
OTG Cable Example



OTG Cable Example



OTG Cable Example

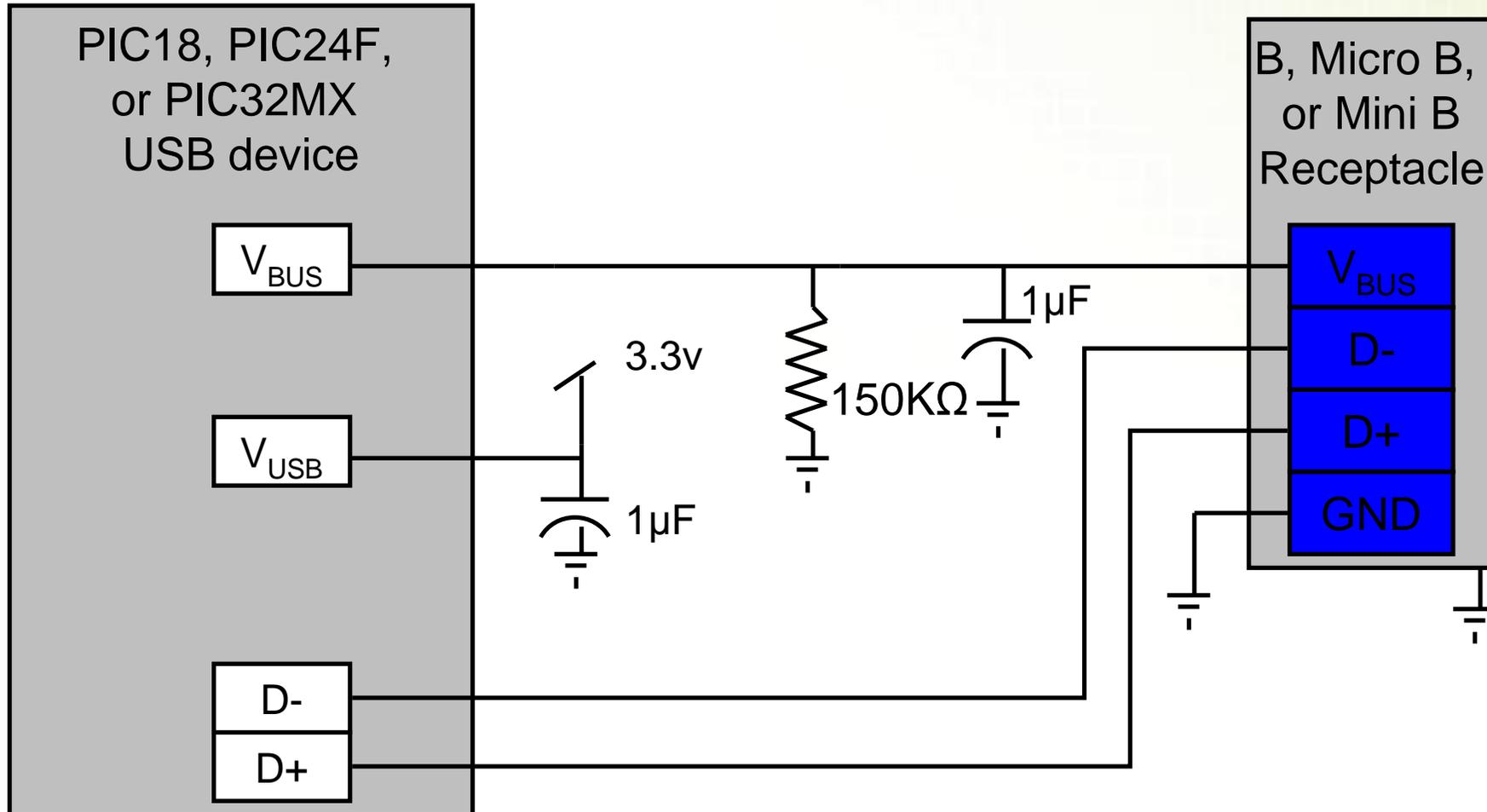


Протоколы OTG

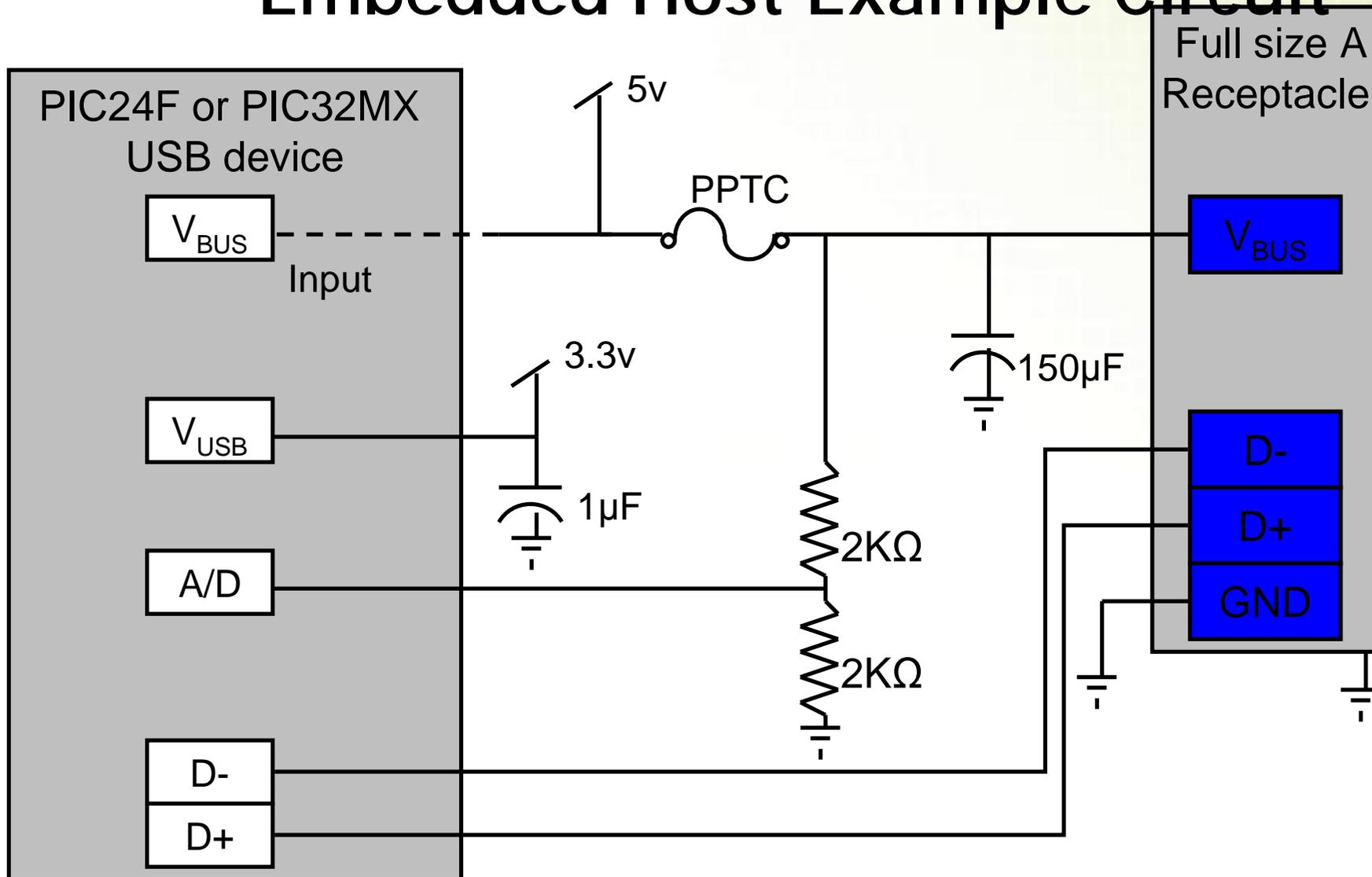
- | Для реализации OTG и Embedded Host применяются:
 - | OTG Descriptor
 - | Set Feature Requests
 - | Targeted Peripheral List (TPL)
 - | Session Request Protocol (SRP)
 - | Host Negotiation Protocol (HNP)



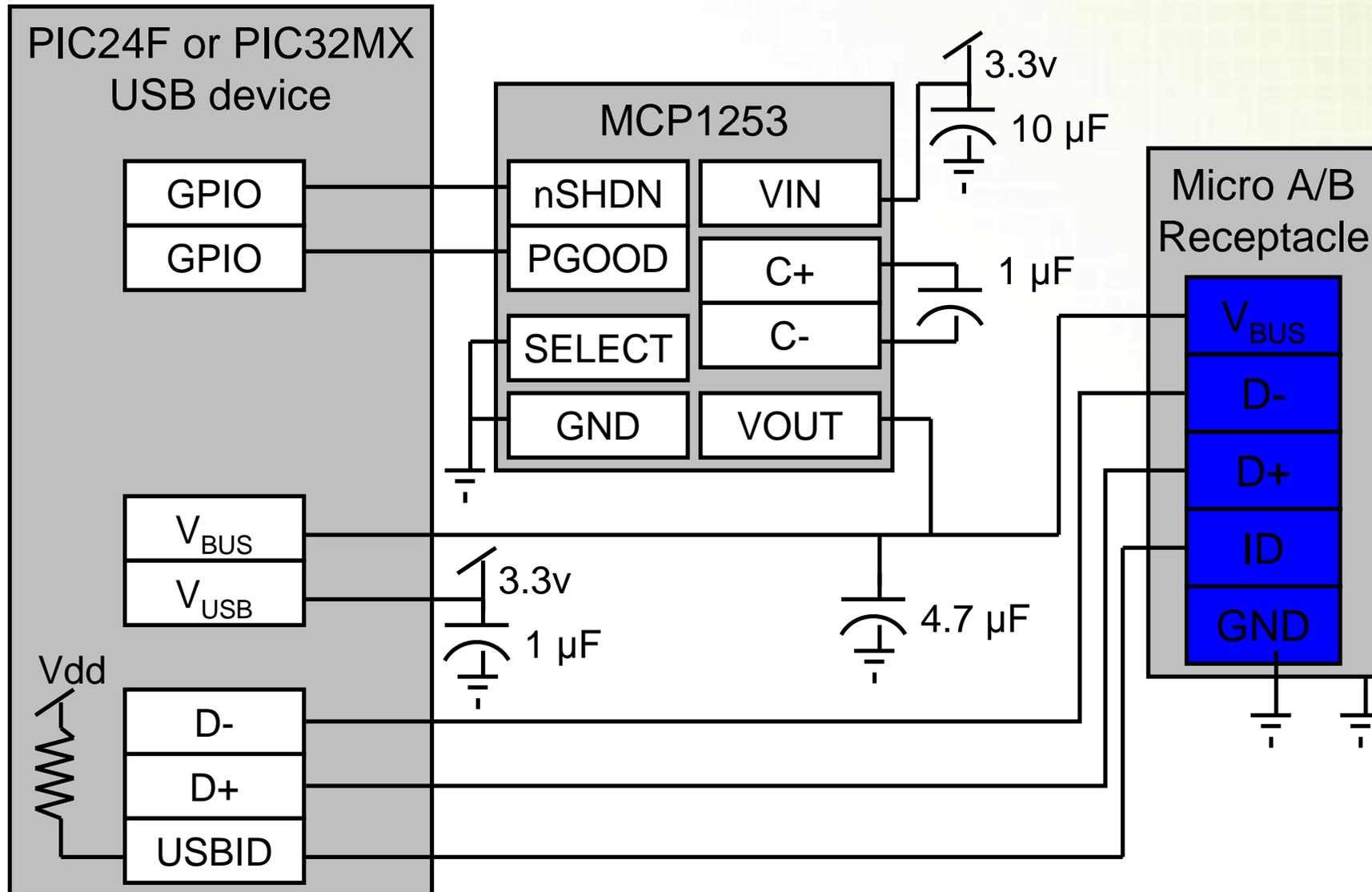
USB Device (Peripheral) Example Circuit



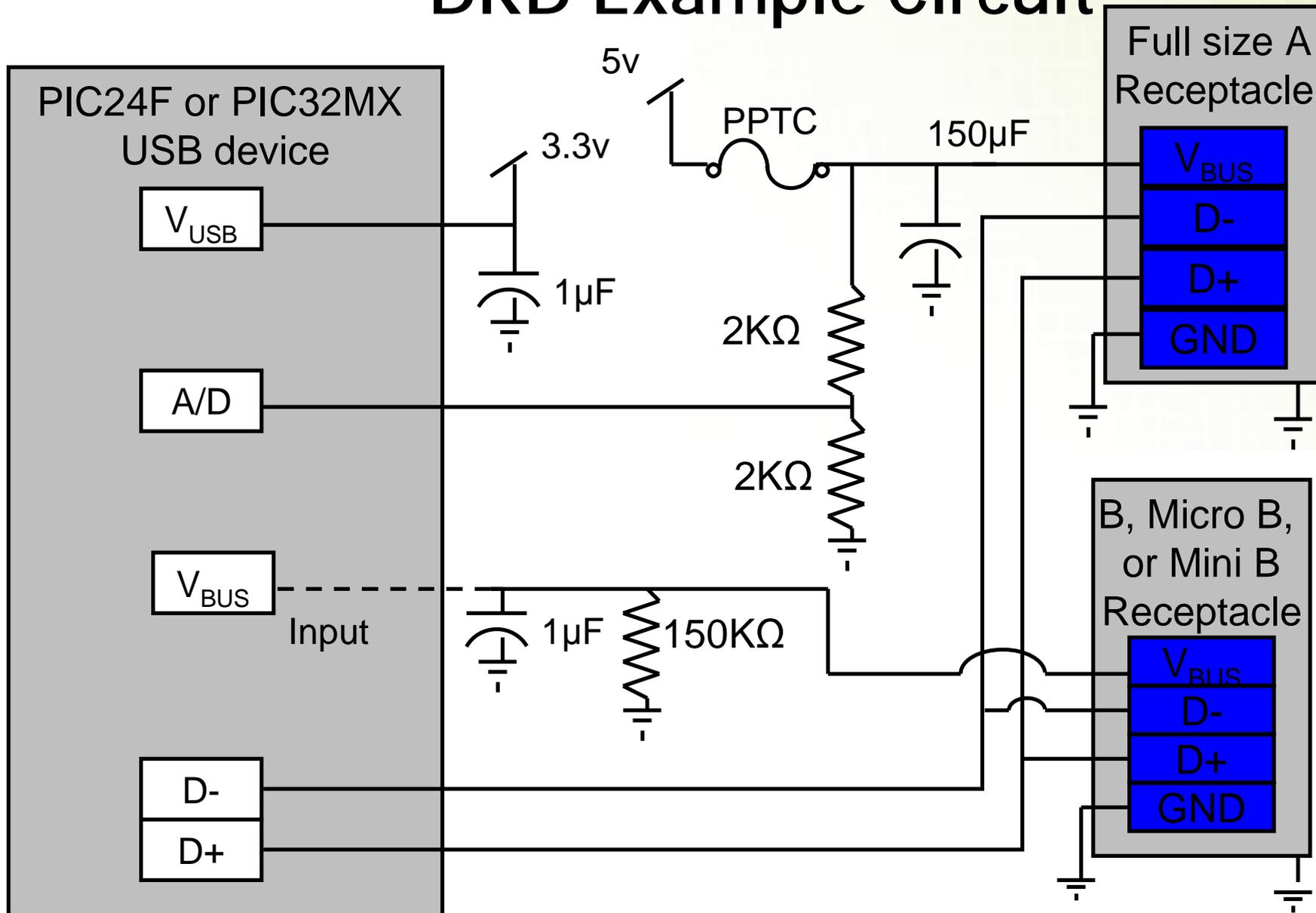
Embedded Host Example Circuit



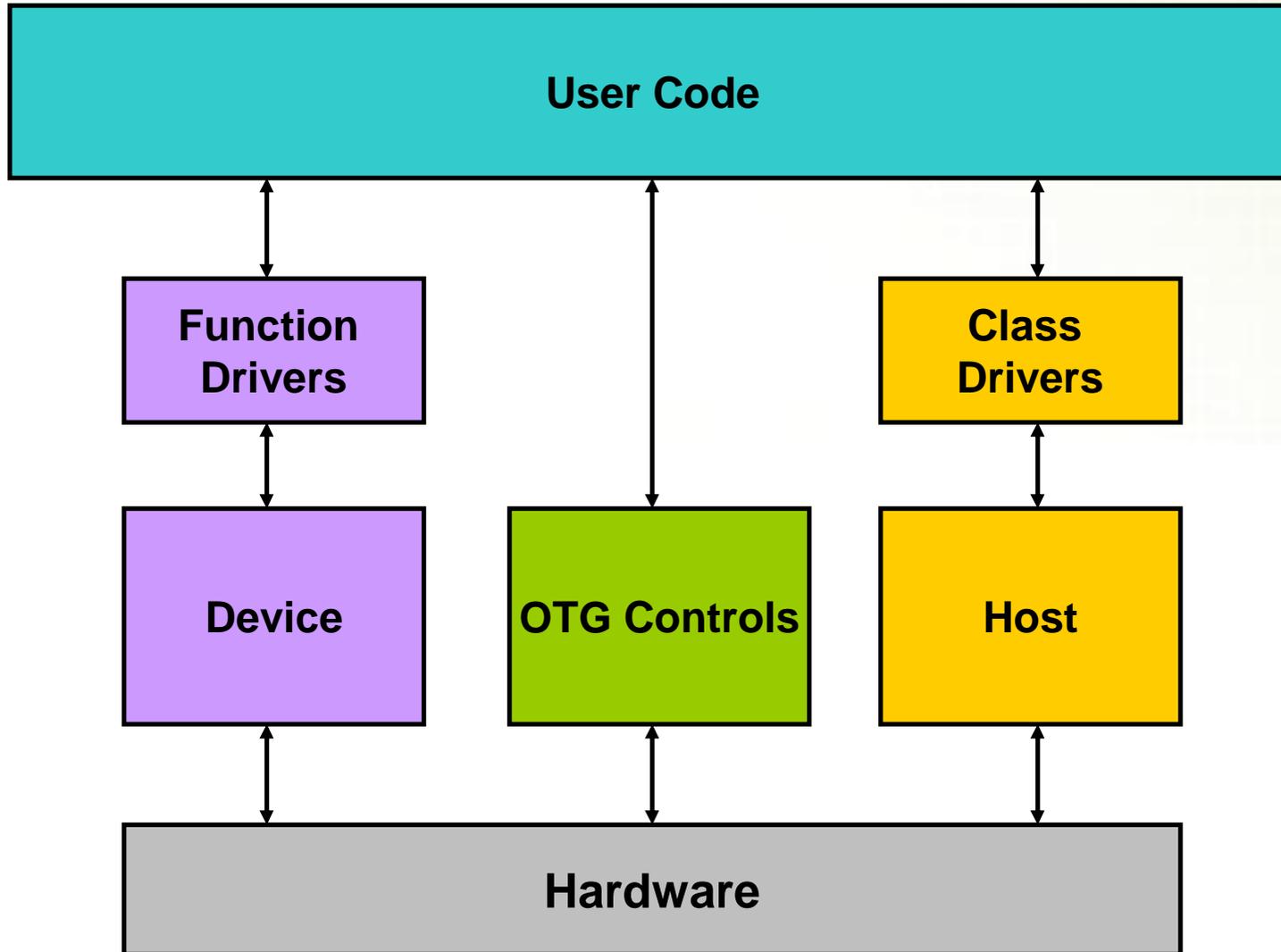
OTG Example Circuit



DRD Example Circuit



Структура ПО





USB Stack V2.3

- | Новая версия стека поддерживает:
 - | OTG – пример реализации устройства с полной поддержкой OTG
 - | Embedded host
 - | Printer Class host – печать на полноформатных принтерах PostScript® и PCL5; поддержка POS-принтеров
 - | CDC Class host – поддержка абстрактной модели



USB Stack V2.3

- | Новая версия стека поддерживает:
 - | Device mode
 - | HID bootloader – обновление прошивки контроллера
 - | MSD internal flash demo – использование Flash памяти программ как носителя
 - | Композитное MSD + HID устройство

Отладочные средства

- | Starter Kit
 - | PIC24F Starter Kit (DM240011)
 - | PIC32MX USB Starter Board (DM320003)





Поддержка

- | www.microchip.com/usb
- | www.microchip.com.ru
- | www.gamma.spb.ru/forum.php
- | www.pickit2.ru