



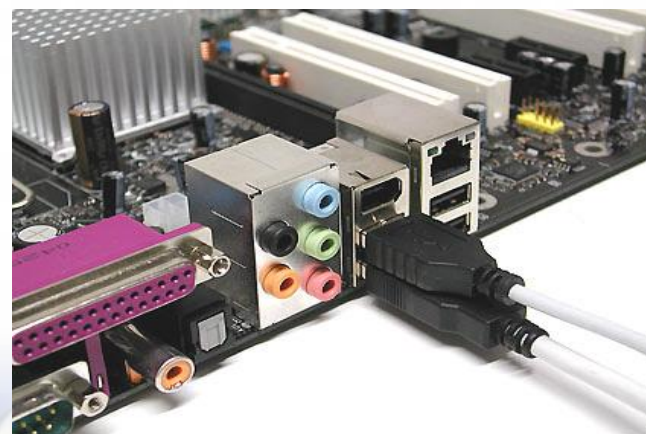
YOU + MICROCHIP ENGINEERING THE FUTURE TOGETHER

USB

Host / OTG / Device

Введение

- | **Стандарт USB – результат совместной разработки ведущих производителей ПК и периферии**
 - Compaq/HP, Intel, Microsoft, LSI, NEC, ...
- | **Цели:**
 - | **Универсальность – подключение устройств разных типов**
 - | **Высокая пропускная способность**
 - | **Простота использования**
 - | **Обеспечение питания**
 - | **Замена для портов RS232, Parallel, PS/2, ...**



Структура

- Топология - звезда
- Расширяется при помощи хабов
- Обеспечивает питанием конечные устройства

До 7 уровней:

1

2

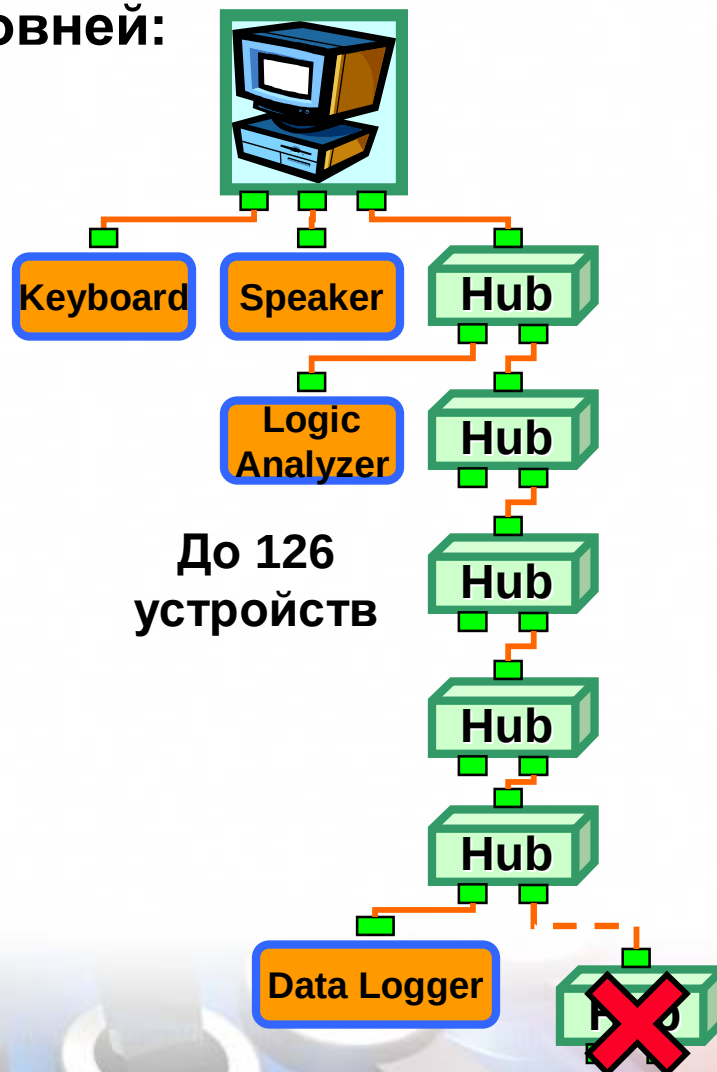
3

4

5

6

7



Интерфейсы - сравнение



Все USB-контроллеры
PIC18 / PIC24 / PIC32
поддерживают Low- и Full-Speed

1394-Fire Wire

Ethernet

WiFi (b/g)

Для соответствия
спецификации
USB 2.0 не
обязательно
поддерживать
High-Speed

USB 2.0

LS-USB
1.5 Mb/s

FS-USB
12 Mb/s

HS-USB
480 Mb/s

USB 1.1

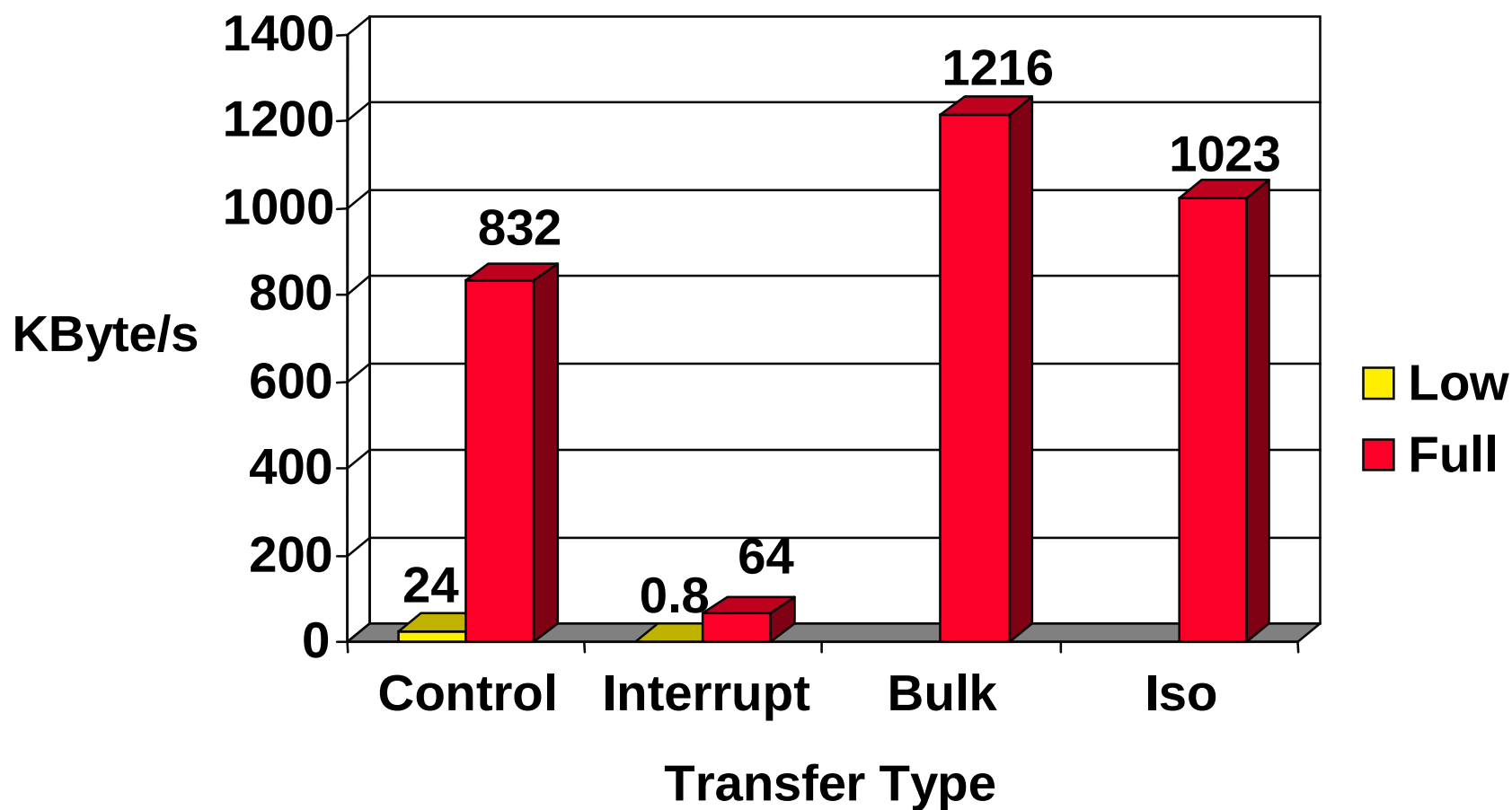
CAN

RS-232

Parallel Port



Теоретическая пропускная способность USB



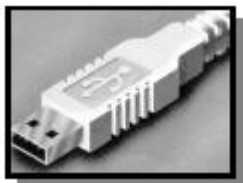
Подробнее о скоростях:

- | **МИФ:** Low-Speed USB обеспечивает скорость передачи данных до 1.5 Мбит/с
- | **РЕАЛЬНОСТЬ:** протокол подразумевает передачу 8-байтовых пакетов с периодом 10 мс = 640 Кбит/с
- | **МИФ:** Full-Speed USB обеспечивает скорость до 12Мбит/с
- | **РЕАЛЬНОСТЬ:** 12 Мбит/с – полная физическая пропускная способность канала
 - Делится между устройствами
 - Оверхэд и ограничения пакетного протокола
 - Результат: ~8 Мбит/с = 1 Мб/с (64 Кб/с для HID)

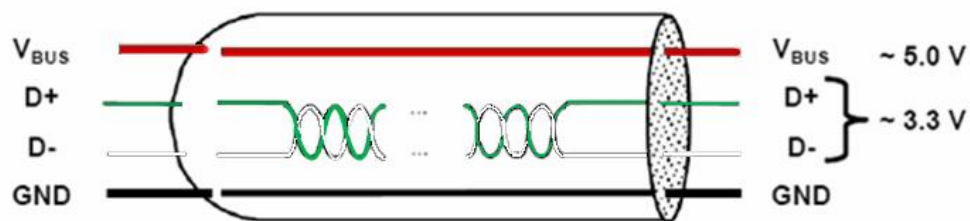
USB-физический уровень

- USB 2.0 -

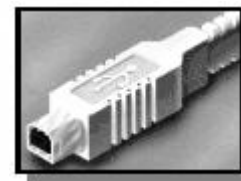
Хост



Питание +5 В и земля
Витая пара D+ и D-
Дифференциальный режим
NRZI-кодирование



Периферия



Передача данных

- USB – шина типа “Single Master + Multiple Slaves”,
режим работы - опрос

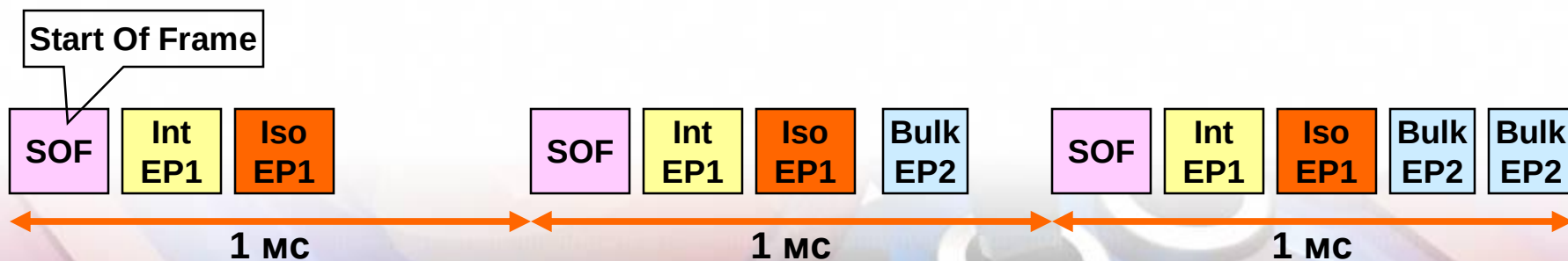
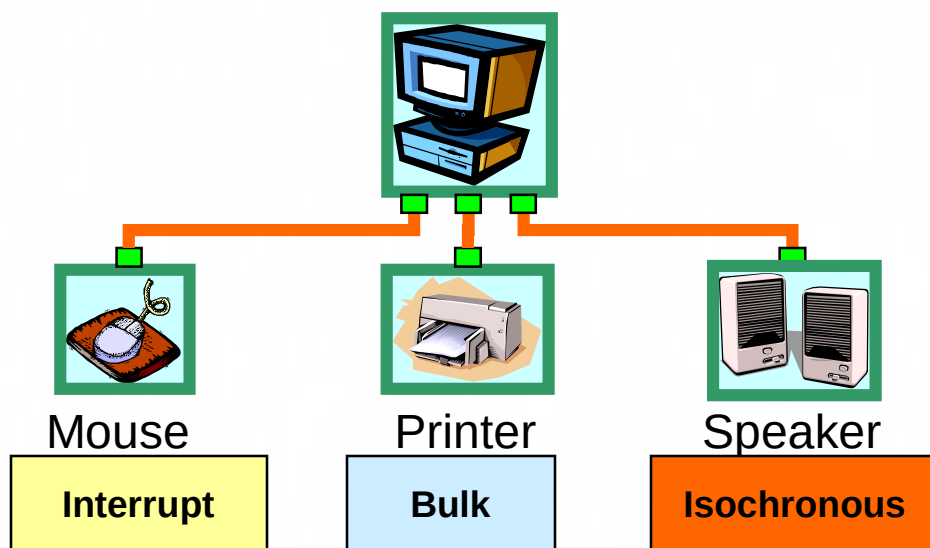
Все транзакции начинаются с запроса от хоста

Устройства отвечают на запросы

Каждое устройство опрашивается индивидуально

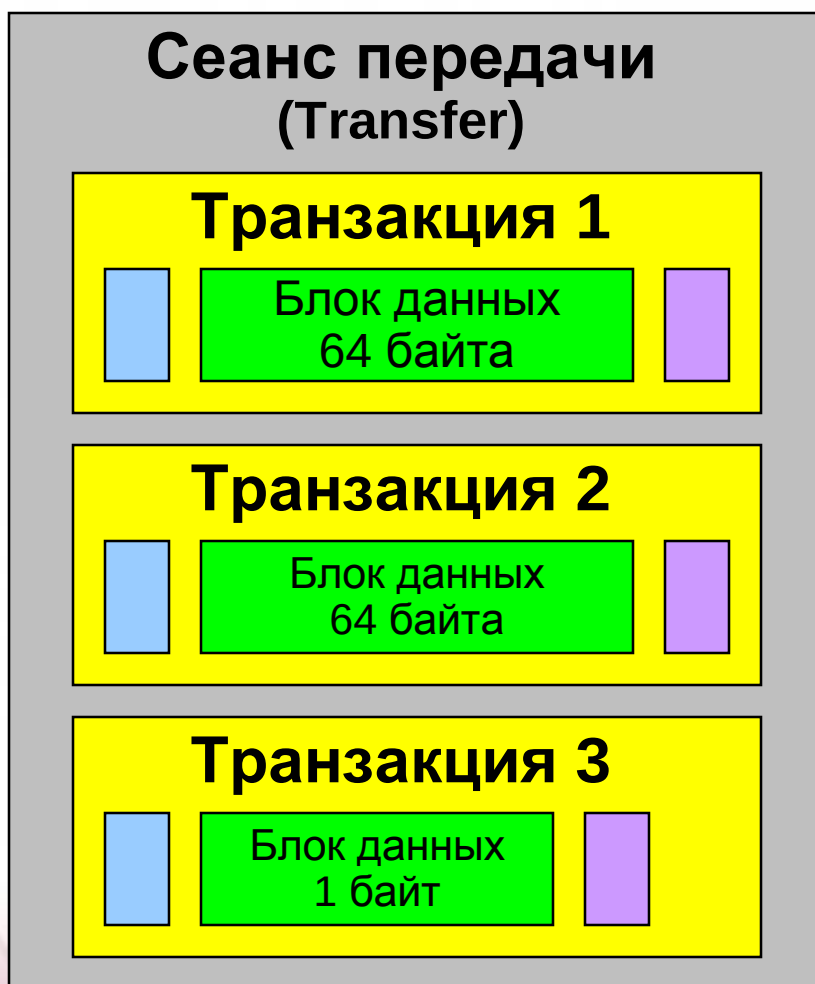
Устройства не могут общаться друг с другом

Пропускная способность хоста разделяется между устройствами



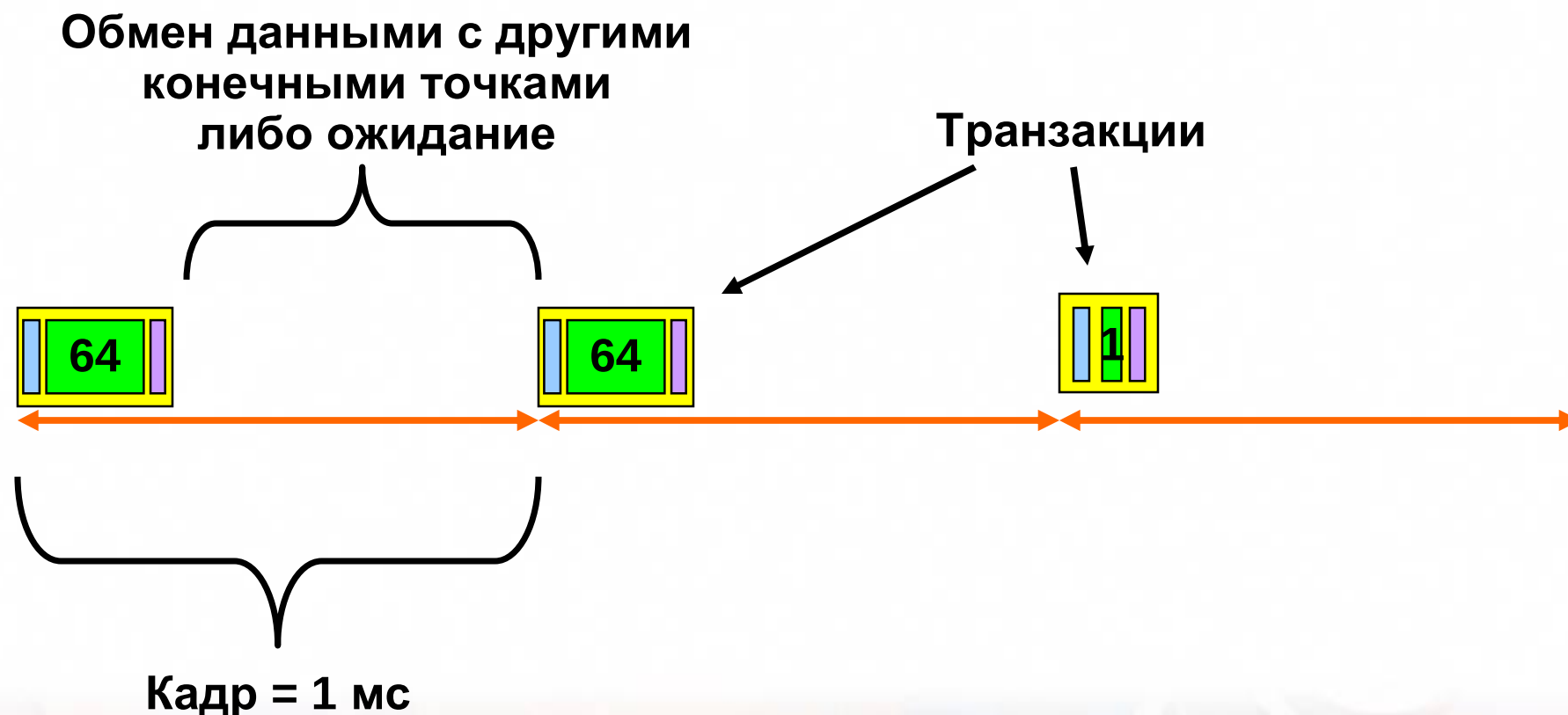
Сеанс передачи (Transfer) - последовательность транзакций

MPUSBWrite (EP7, Pointer, Size = 129, Timeout)



Пример передачи в режиме Interrupt

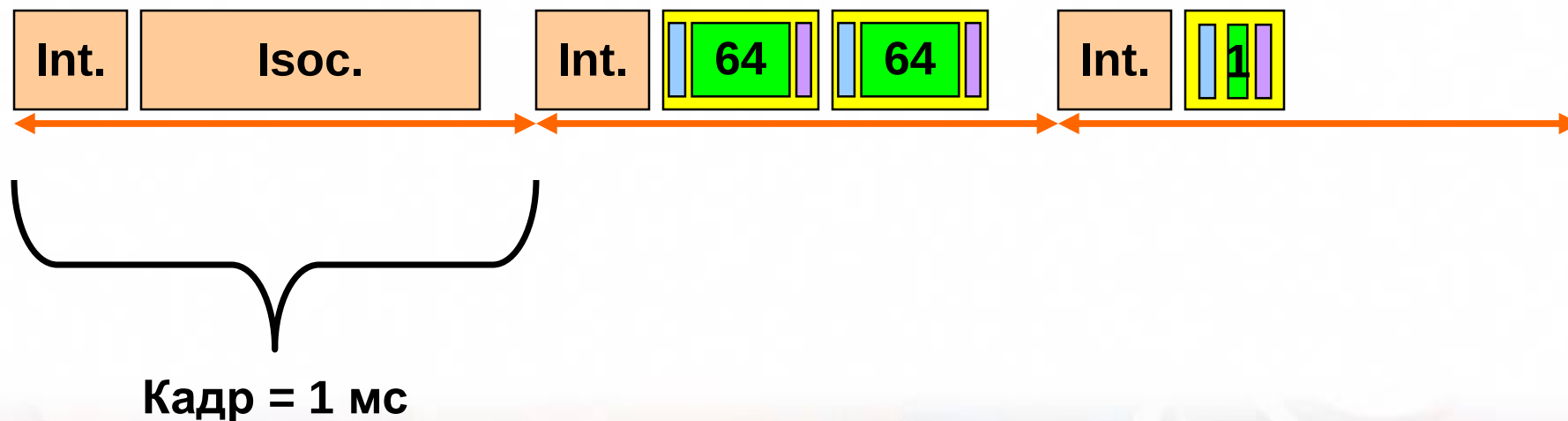
MPUSBWrite (EP7, Pointer, Size = 129, Timeout)



Пример передачи в режиме Bulk

`MPUSBWrite ( EP7, Pointer, Size = 129, Timeout )`

Данные передаются
только в отсутствие
высокоприоритетных
транзакций



Пропускная способность

- Full Speed USB -

Тип конечной точки	Режим опроса	Зарезерв. ширина канала, %	Макс. размер пакета / пакетов в кадре / размер конечной точки	Макс. скорость передачи	Контроль целостности
Interrupt	Фикс. период	90	64 / 1 / 64	64 Кб/с	+
Isochronous	Фикс. период	90	1023 / 1 / 1023	~1 Мб/с	-
Bulk	Переменный период, использует свободную ширину канала	0	1216 / 19 / 64	~1.2 Мб/с	+
Control	Переменный период	10	832 / 13 / 64	~80 Кб/с	+

Компоненты USB

- | **Полнофункциональный USB-хост**
 - ПК
- | **Встроенный USB-хост**
 - Не поддерживает установку драйверов
 - Пониженные требования к функциональности и быстродействию
- | **Периферийное USB-устройство**
 - Мышь, клавиатура, Flash Drive, ...
- | **OTG**
 - Смена функций хост/устройство
 - Может быть OTG или двойного назначения



YOU + MICROCHIP ENGINEERING THE FUTURE TOGETHER

USB-устройство

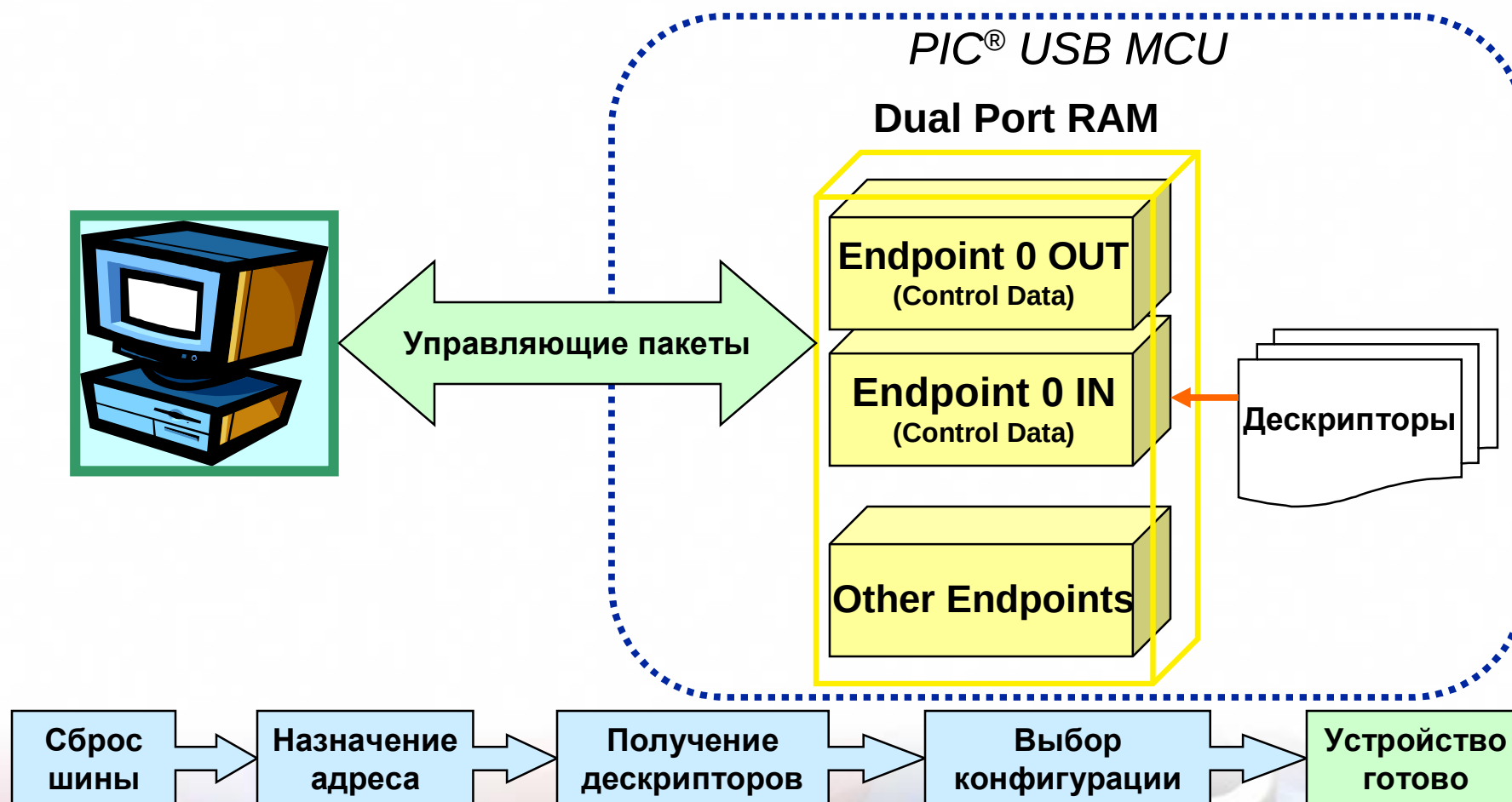
USB-устройство

- Отвечает на запросы от хоста, не может инициировать транзакции
- Использует простое компактное ПО для реализации конкретной USB-функции



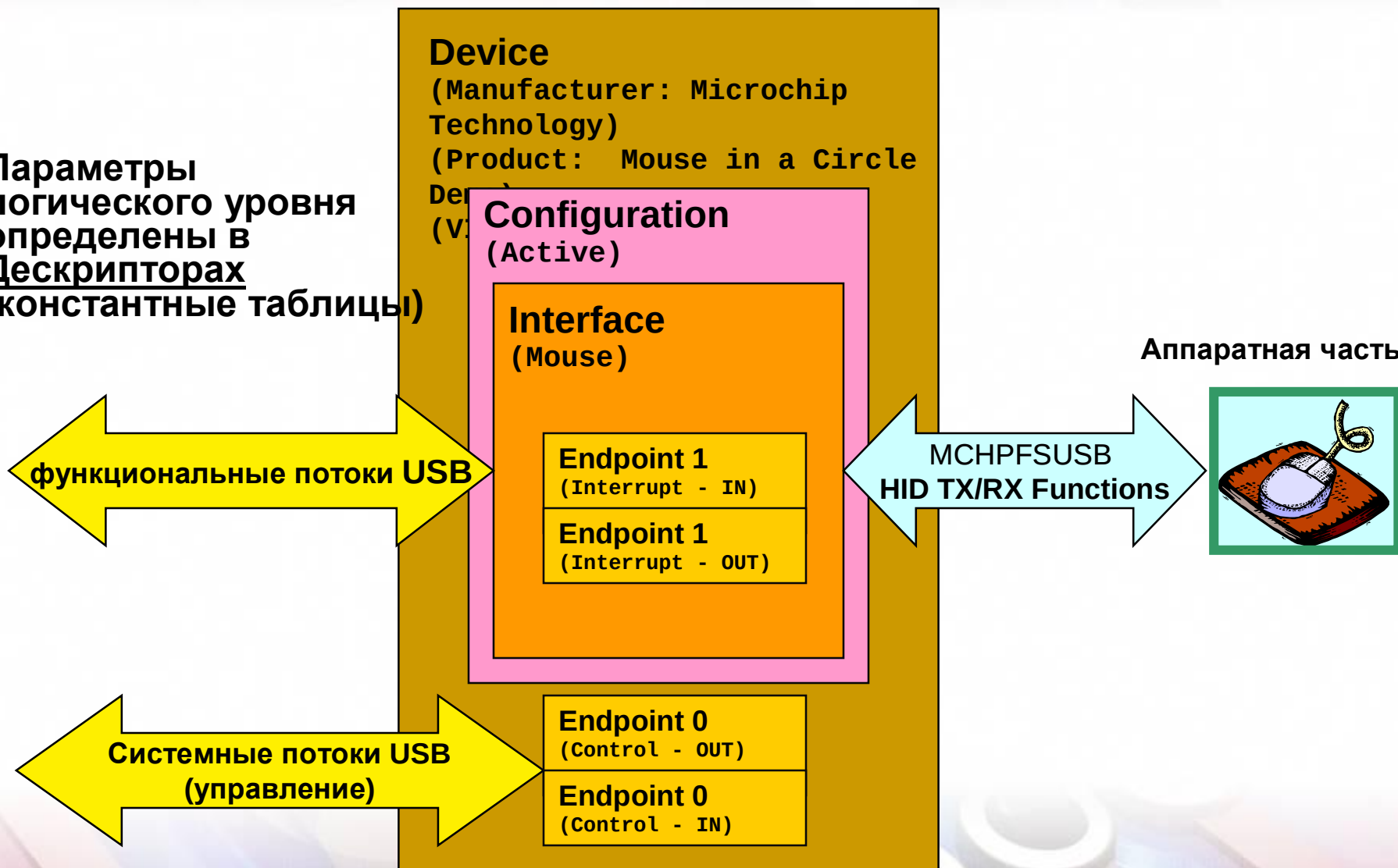
Конечная точка 0 и Перечисление

*Более подробно см. в спецификации USB 2.0 раздел 9.

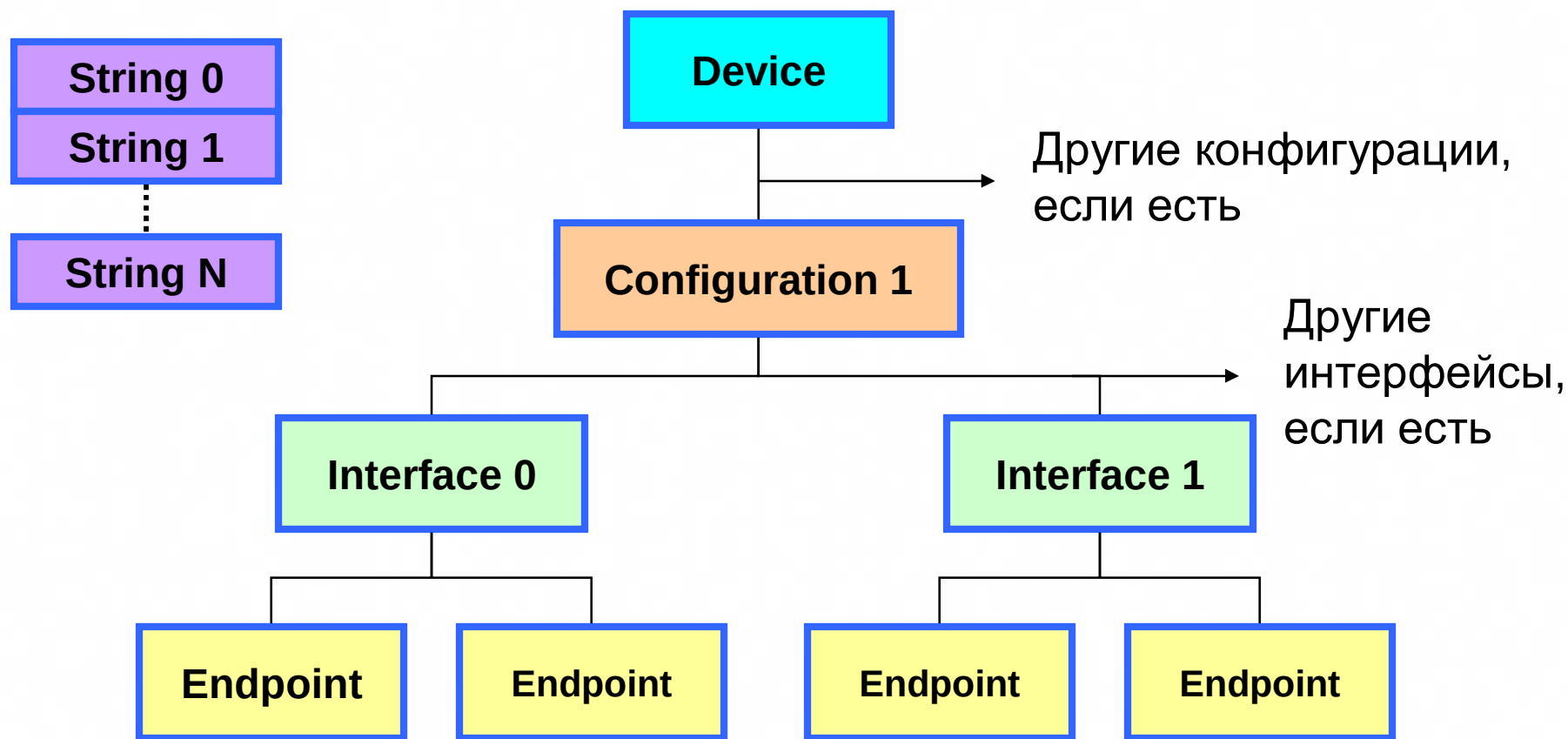


Логическое USB-устройство

Параметры
логического уровня
определены в
Дескрипторах
(константные таблицы)

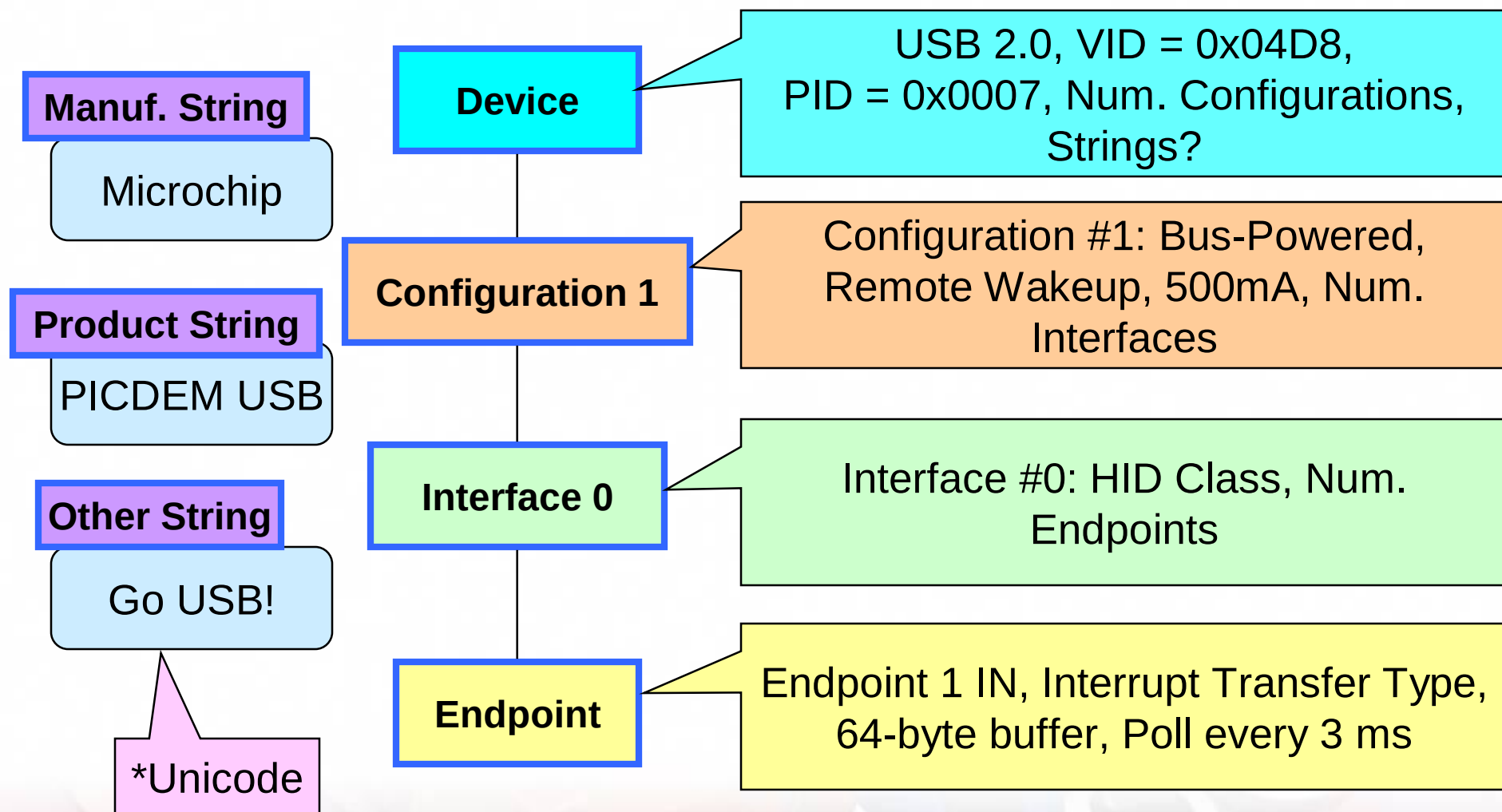


Дескрипторы



Дескрипторы как правило хранятся в ПЗУ / программном Flash

Дескрипторы - пример



Библиотека MCHPFSUSB v2.x

- Таблицы описания дескрипторов -

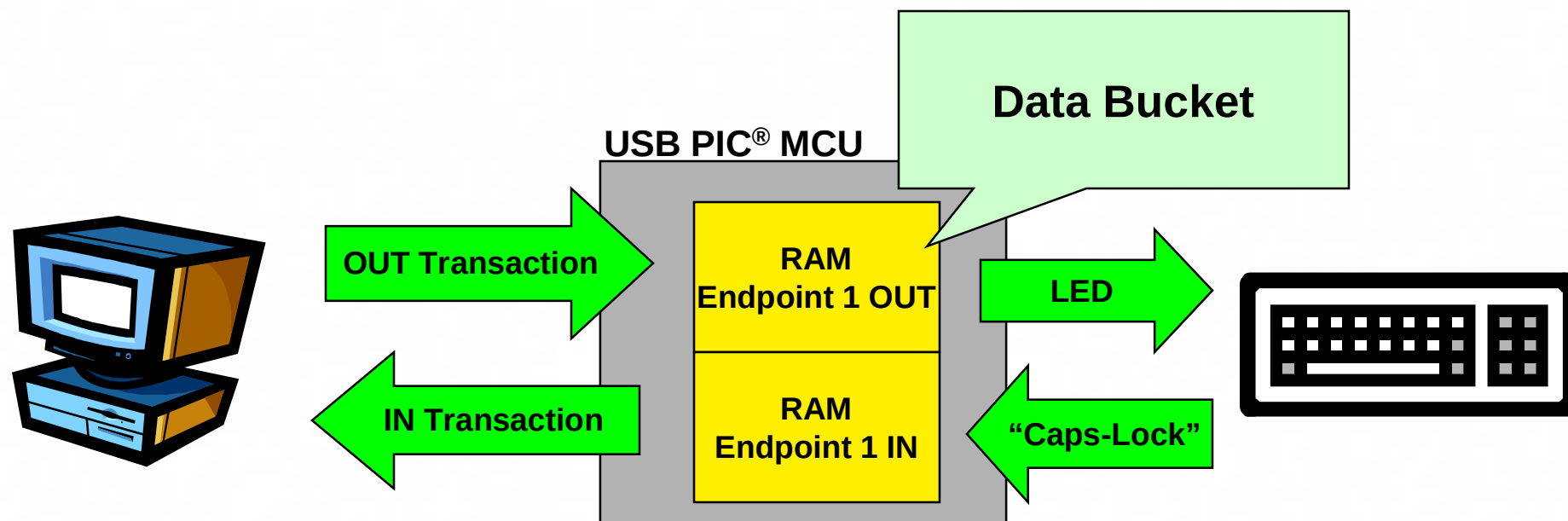
| usb_descriptors.c

- Дескрипторы
 - | VID & PID
 - | Специфичные для класса

```
/* Device Descriptor */  
ROM USB_DEVICE_DESCRIPTOR device_dsc=  
{ 0x12,      // Size of this descriptor in bytes  
  USB_DESCRIPTOR_DEVICE, // DEVICE descriptor type  
  0x0110,    // USB Spec Release Number  
  0x00,      // Class Code  
  0x00,      // Subclass code  
  0x00,      // Protocol code  
  EP0_BUFF_SIZE, // Max packet size for EP0,  
  0x04D8,     // Vendor ID  
  0x000C,     // Product ID
```

...

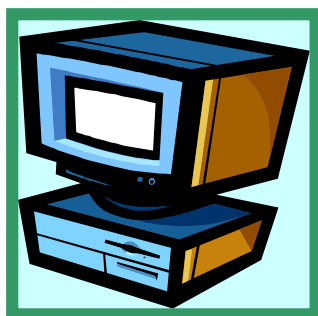
Конечные точки – средство обмена данными



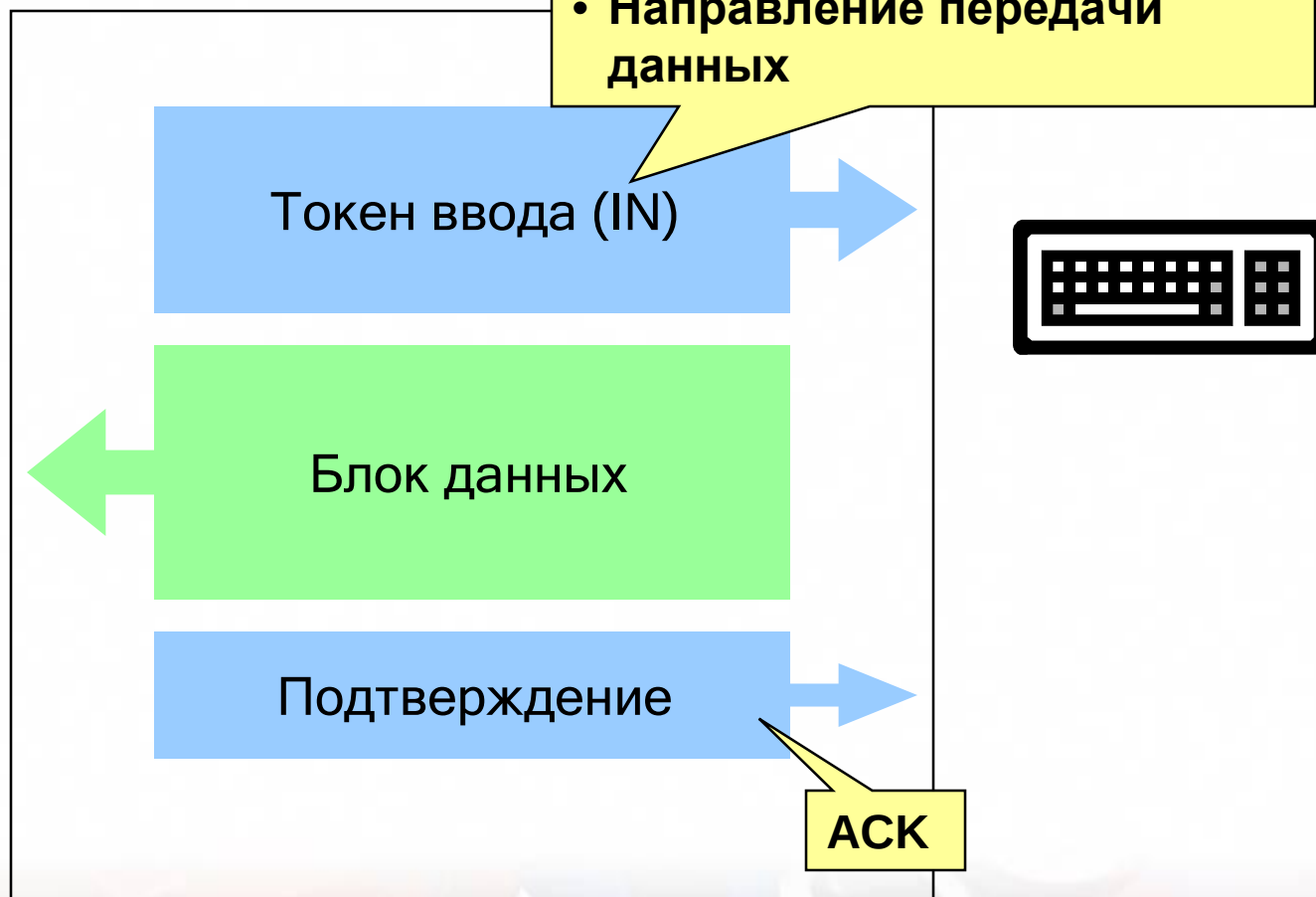
- I Максимальное число конечных точек определено в спецификации USB:
 - 16 исходящих (OUT) + 16 входящих (IN) = 32 конечные точки
 - PIC18F87J50, PIC18F4550, PIC24F, PIC32MX поддерживают до 32 конечных точек
 - PIC18F14K50 поддерживает до 16 конечных точек

I EP0 - базовый канал обмена

USB-транзакции



- Адрес устройства
- Номер конечной точки
- Направление передачи данных



Типы токенов



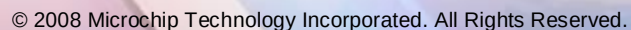
SETUP

OUT

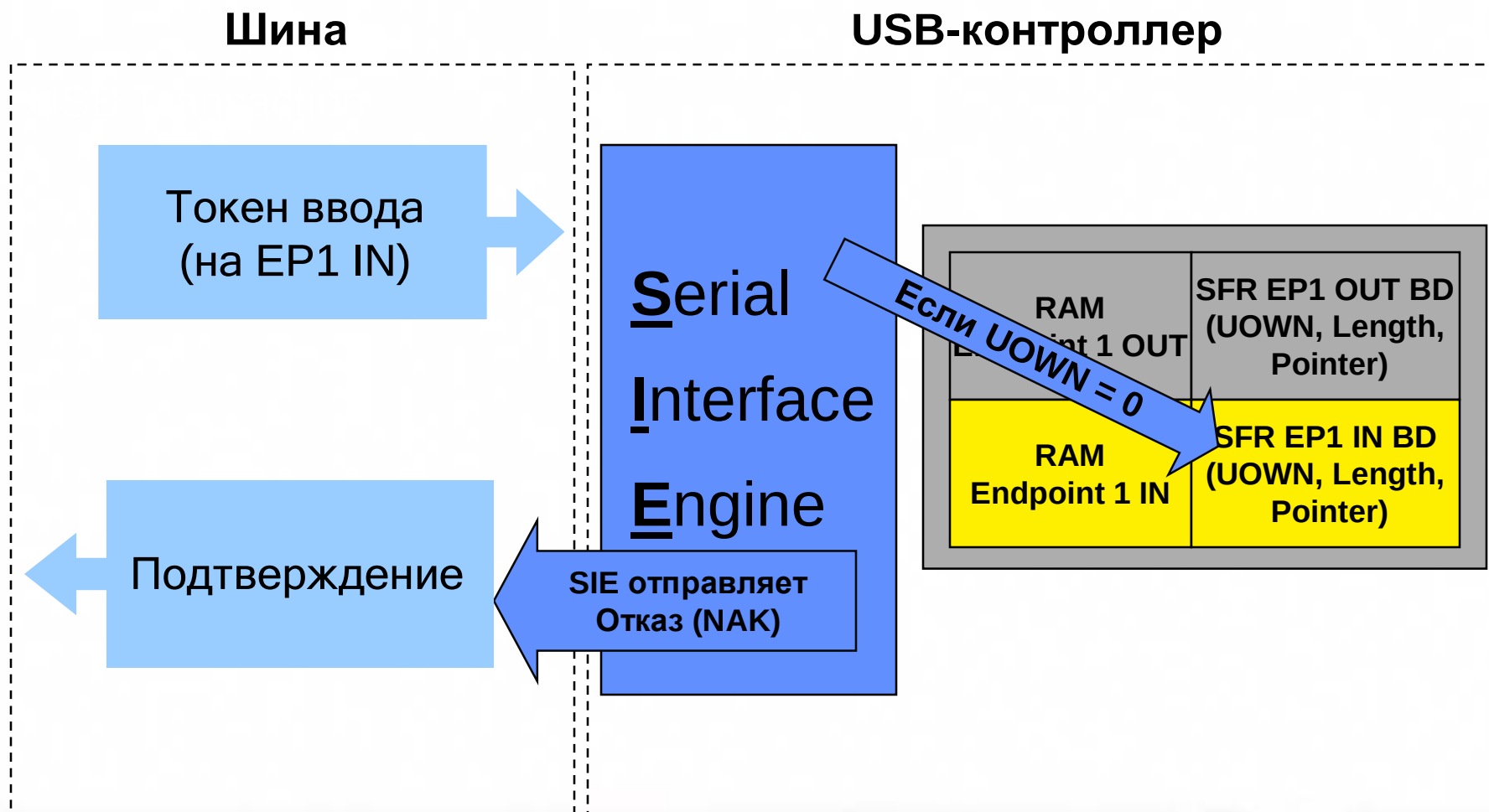
IN

Токены SETUP и OUT указывают на передачу данных от хоста к устройству

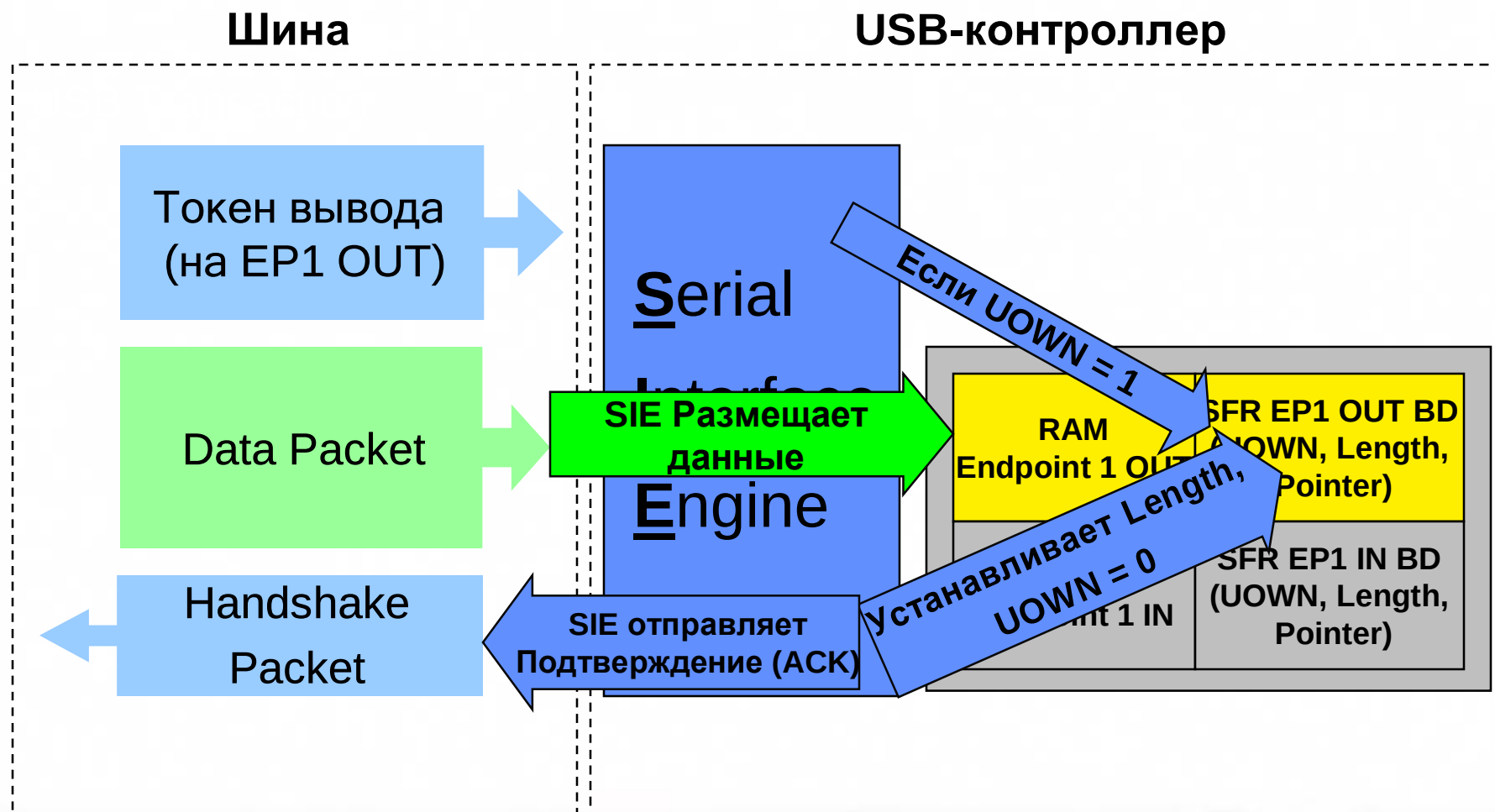
Токен IN указывает на передачу от устройства к хосту



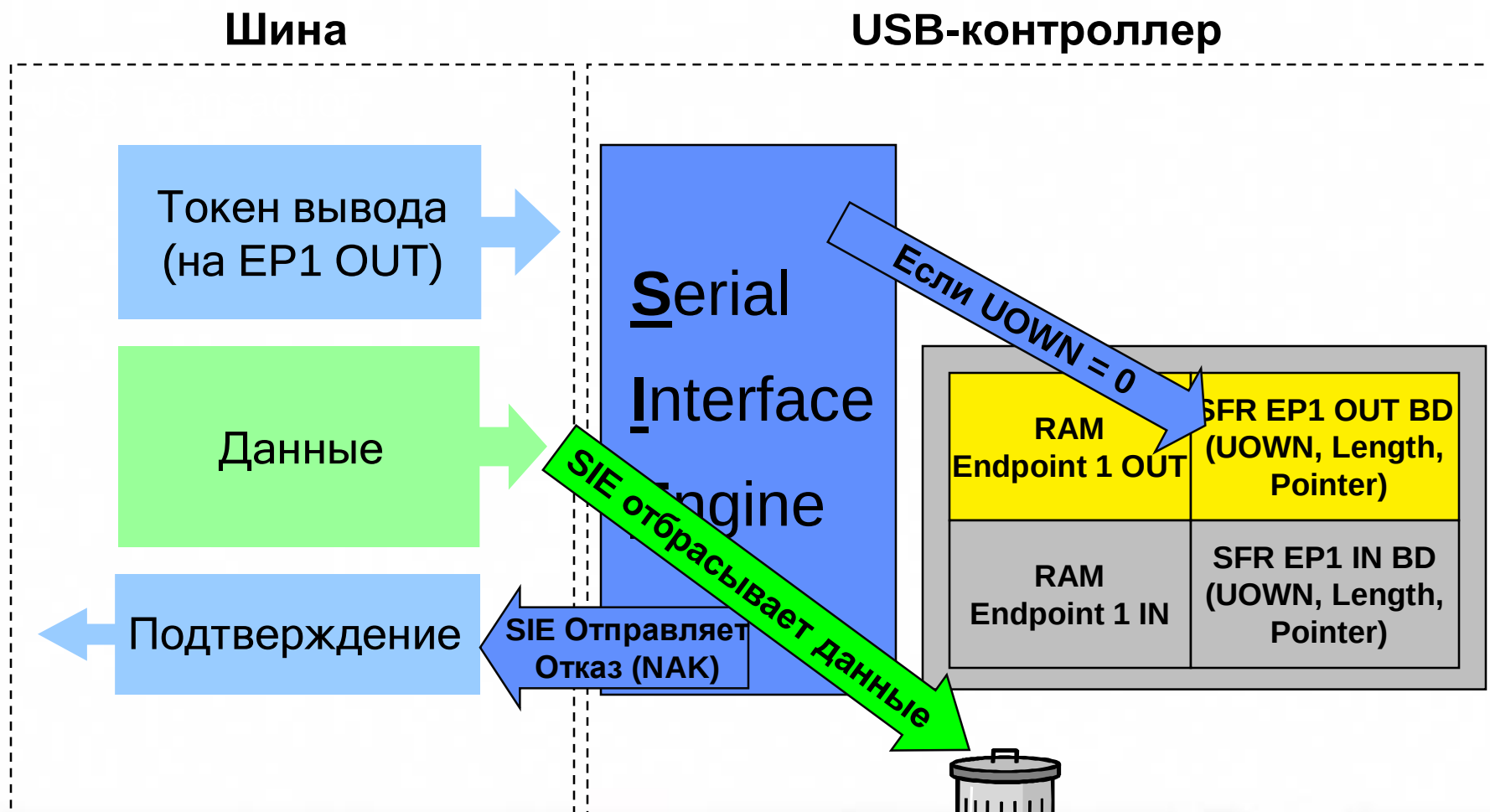
Отказ от входящей транзакции (IN NAK)



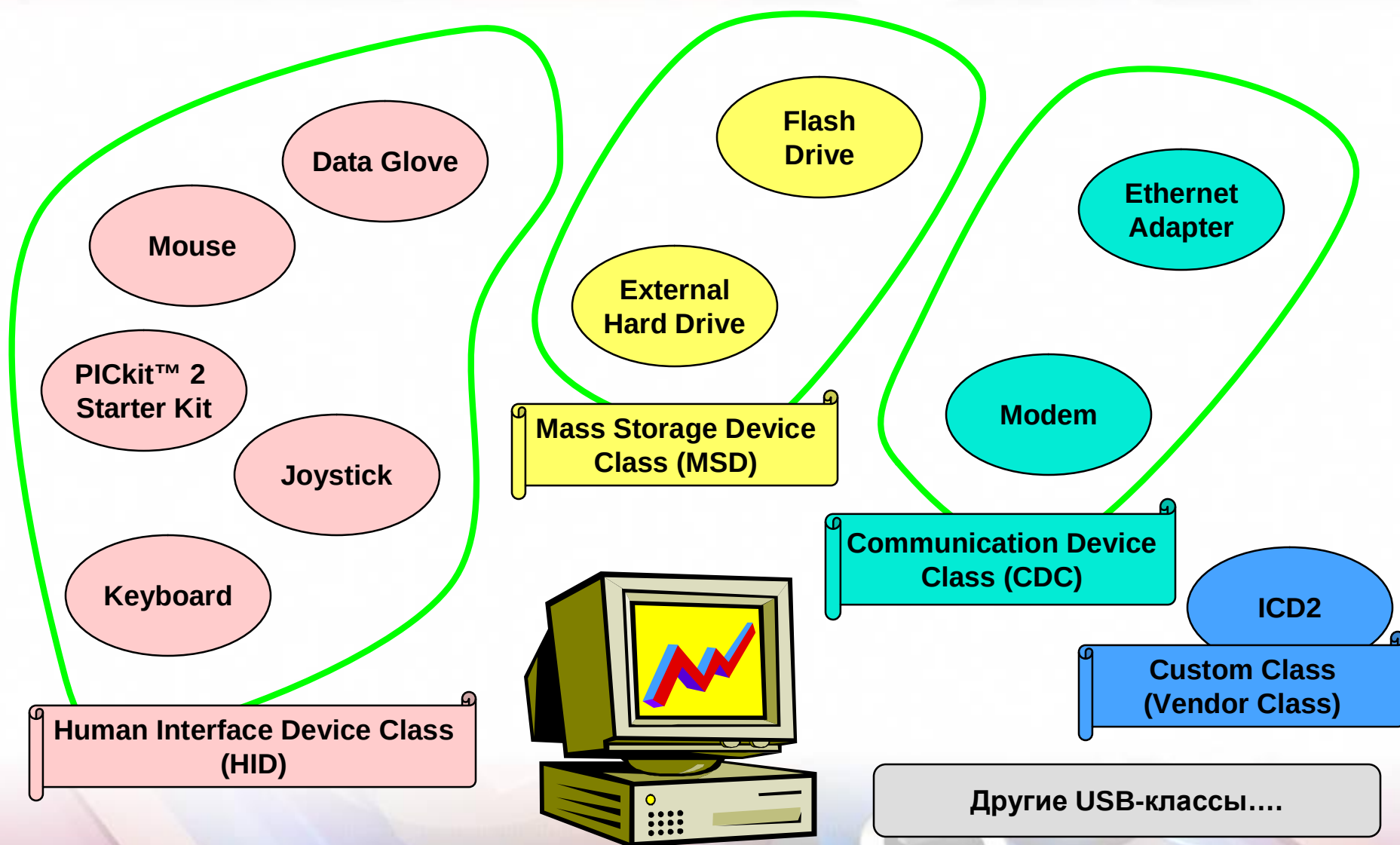
Подтверждение исходящей транзакции (OUT/SETUP ACK)



OUT/SETUP Transaction NAK



Классы USB-устройств



USB Driver Choices

Features		HID	CDC	mchpusb.sys (v1.0.0.6)	WinUSB
Стандартный драйвер Windows		+	+ .inf	--	+ .inf
Поддержка 64-разрядных ПК		+	+	+	+
Поддержка XP		+	+	+	+
Поддержка Vista		+	+	+	+
Режимы передачи данных	Control	+	--	+	+
	Interrupt	+	--	+	+
	Bulk	--	+	+	+
Макс. скорость		64 Kб/с	~80 Kб/с	~1.0 Мб/с	~1.0 Мб/с

Типовые требования к USB-устройству*

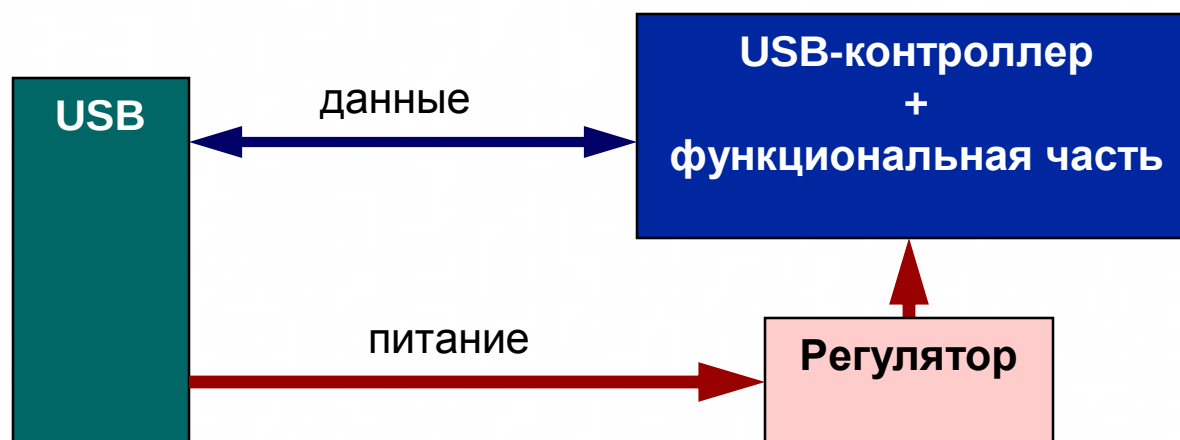
- | **Периферия для работы с внешними устройствами и сигналами**
 - АЦП, компараторы
 - Интерфейсы SPI, I²C™, UART
 - ШИМ-генераторы, таймеры, цифровые ВХОДЫ/ВЫХОДЫ
- | **USB-трансивер с поддержкой Full-Speed**
- | **Быстродействие, достаточное для обработки запросов в выбранном режиме**
- | **ПО, необходимое для поддержки выбранных USB-функций**

***Все USB-контроллеры Microchip совместимы с требованиями к USB-устройству**

Энергопотребление

I Маломощное устройство

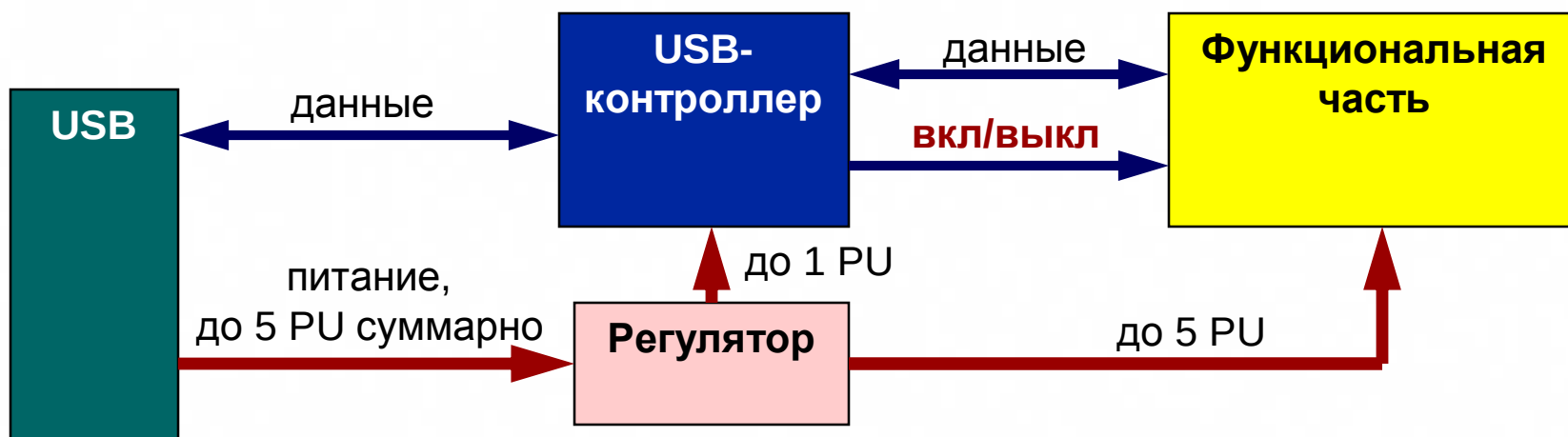
- Потребление - до 100 мА = 1 единица (Power Unit)



Энергопотребление

I Высокомощное устройство

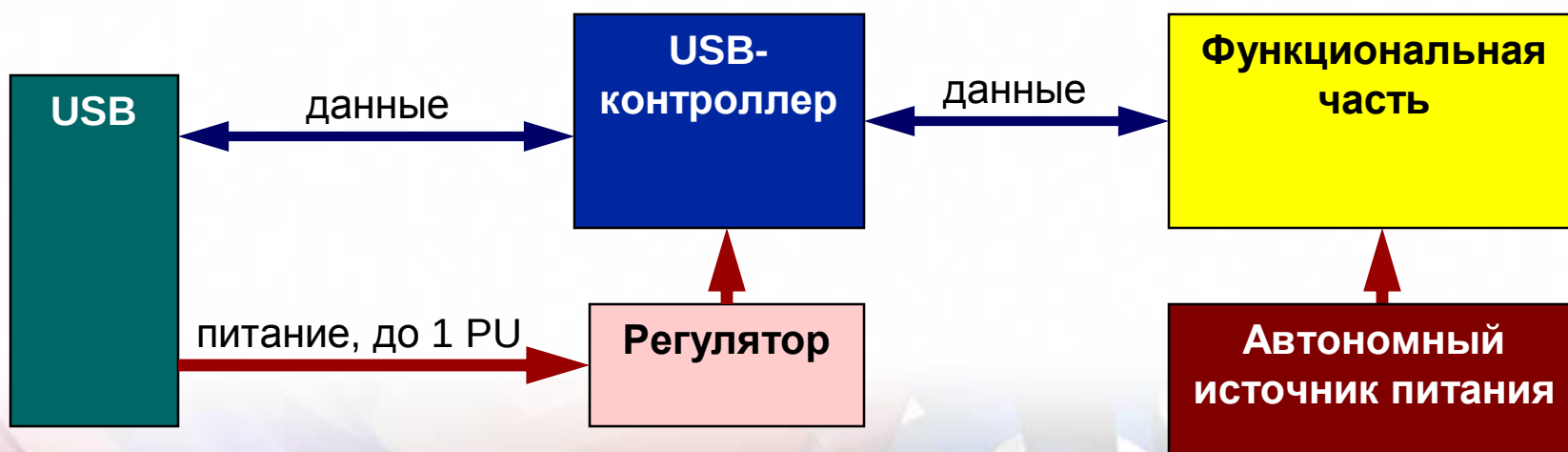
- Потребление – 100..500 мА = 1..5 единиц
- Должно конфигурироваться при потреблении не более 100 мА
 - I Устройство запрашивает bMaxPower
 - I Хост активирует соответствующую конфигурацию через запрос Set_Configuration



Энергопотребление

I Автономное питание

- Может потреблять до 100 мА от шины + произвольный ток от собственного источника питания
- Автономное питание требуется, если:
 - I Устройство должно работать при отключении от шины
 - I Потребляет более 500 мА
 - I Должно работать в режиме пониженного потребления шины (Suspend)



Энергопотребление

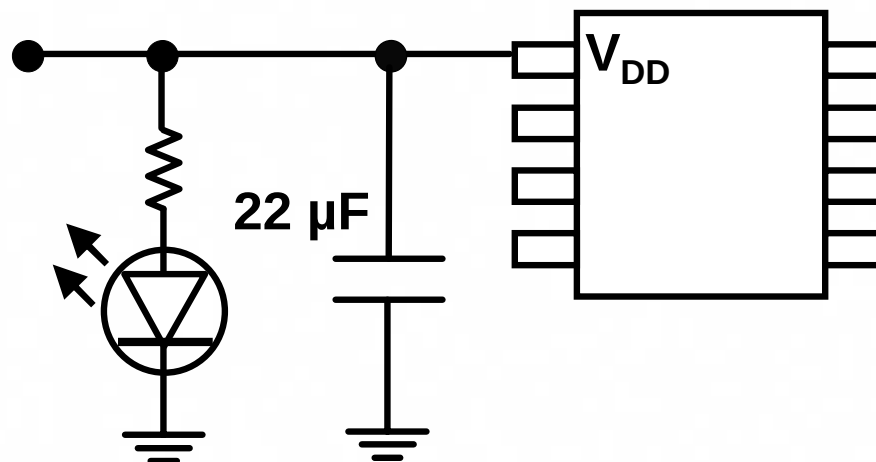
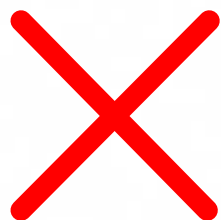
I Режим пониженного энергопотребления (Suspend)

- Обмен по шине прекращается, когда хост переходит в режим в режим Suspend
- После прекращения обмена по шине все устройства должны перейти в Suspend в течение 3 мс
- Ограничение по току:
 - I Low Power – 0.5 мА
 - I High Power – 2.5 мА

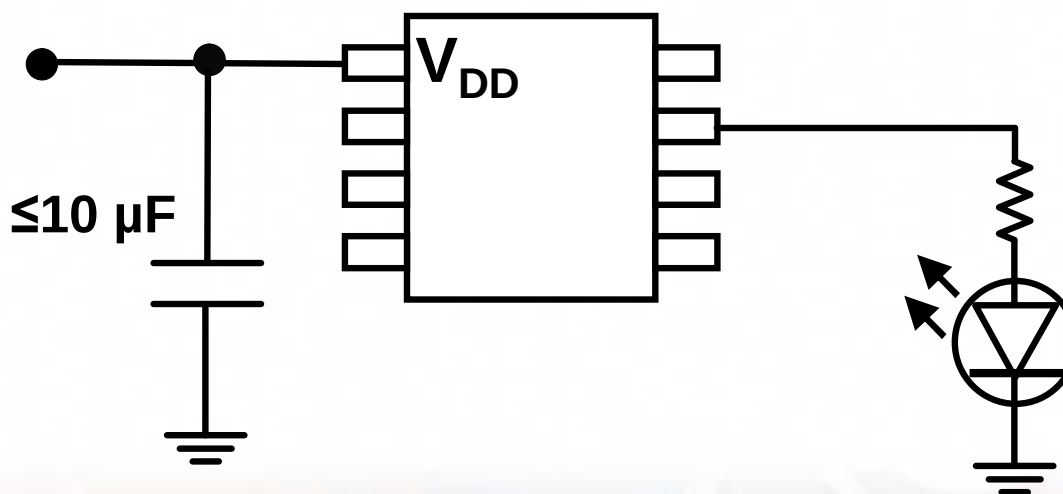
Энергопотребление

- Режим Suspend -

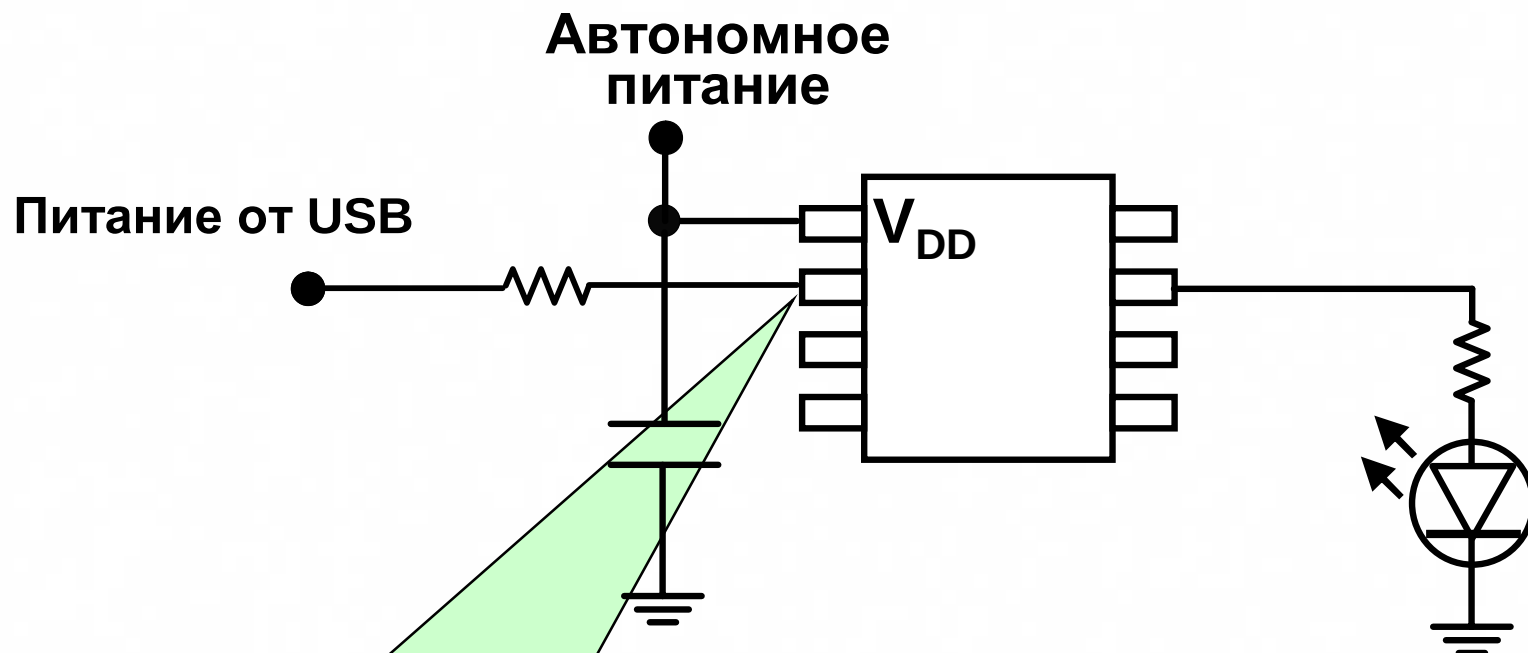
Питание от USB



Питание от USB



Энергопотребление - Автономное питание -



Если устройство имеет автономное питание, необходимо использовать цифровой вход для обнаружения подключения к шине

VID & PID

- | **Vendor ID (VID):** *16-битный идентификатор*
 - Необходим для массового производства
 - <http://www.usb.org/developers/vendor>
 - Примерно \$2,000
 - Возможны технические и правовые сложности в случае использования подложного VID
- | **Product ID (PID):** *16-битный идентификатор*
 - Программа сублицензирования Microchip
- | **Каждое изделие должно иметь уникальное сочетание VID и PID**

Совместимость со стандартом

- | **Тестирование на совместимость**
 - Необходимо пройти тестирование для использования логотипа
 - примерно \$1,500
- | **Раздел 9 и функциональное соответствие**
 - Анализатор протокола USB
 - Валидатор USB-команд “USBCV”
 - | Проверка на соответствие Разделу 9 и спецификациям класса Hub / HID / MSD / Video
 - | www.usb.org/developers/tools
- | **Характеристики сигнальной части**
- | **Управление питанием**



Совместимость со стандартом

- | Независимые лаборатории
- | Самостоятельная проверка на совместимость:
“Праздник Подключения USB”
- | Для тестирования:
 - Необходимо соответствие перечню проверок
 - www.usb.org/developers/compliance/peripheral_low
 - Скачать “Peripheral Checklist”
 - Получить TID (Test ID)
 - Для тестирования использовать только сертифицированные кабели и разъемы
 - Необходимо знать TID используемых компонентов
 - Все USB-контроллеры Microchip имеют TID
(см. www.microchip.com/usb)
- | Желательно ознакомиться с перечнем проверок до начала разработки !



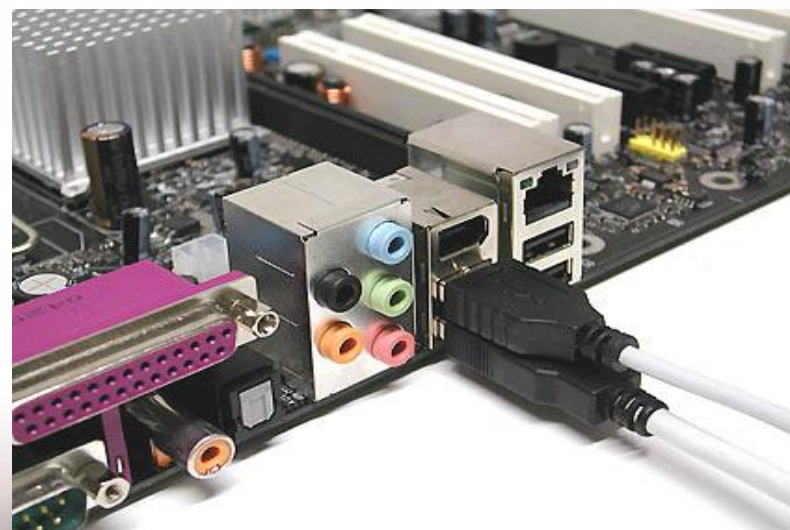
YOU + MICROCHIP ENGINEERING THE FUTURE TOGETHER

USB-хост

**Встроенный хост
и устройства
двойного назначения**

USB-хост

- ▮ **Управление шиной**
- ▮ **Осуществление транзакций**
- ▮ **Определение подключения устройств**
- ▮ **Перечисление устройств и загрузка драйверов**

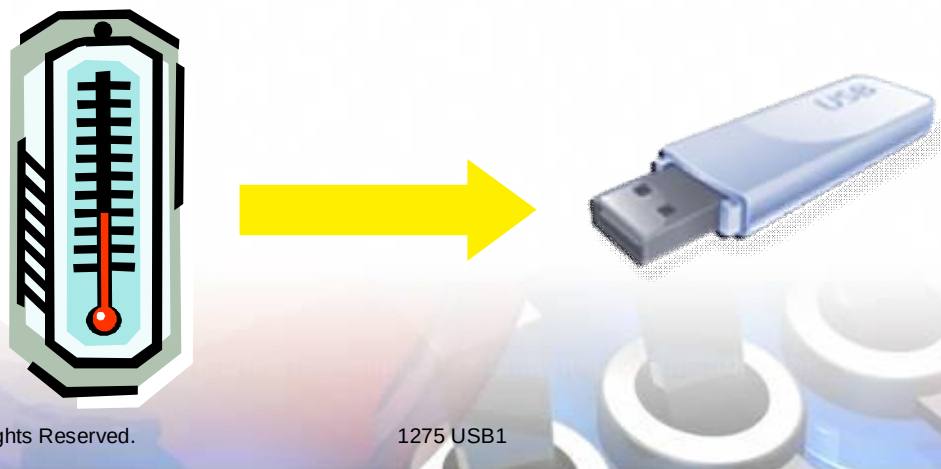


Обзор

I Встроенный хост

- Только хост, не может быть устройством
- Стандартный коннектор типа A
- Обеспечивает питание в соответствии со спецификацией

I Пример: система сбора данных с USB Flash Drive



Встроенный хост

| Хорошая альтернатива компьютерным платформам

| Преимущества:

- Компактность, низкая стоимость, низкое потребление, простота

| Ограничения:

- Не может подключаться к другому хосту
- Ограниченный список поддерживаемых устройств



Требования ко встроенному хосту*

- | **USB-трансивер с поддержкой Full Speed**
- | **Высокопроизводительный контроллер с достаточными объемами Flash и RAM**
- | **Программное обеспечение с поддержкой функций управления шиной и с драйверами**
- | **Опционально – периферия для работы с внешними устройствами и сигналами:**
 - АЦП, компараторы
 - Интерфейсы SPI, I²C™, UART
 - ШИМ-генераторы, таймеры, цифровые входы/выходы

***Контроллеры Microchip 16- и 32-битные – отличное решение для встроенного хоста**

Устройства двойного назначения

I Особенности:

- 2 коннектора с запретом одновременного использования
- Не подразумевает динамического переключения режимов хост/устройство
- Схемотехнические дополнения

I Пример: Система сбора данных с функцией обновления ПО с компьютера через USB



YOU + MICROCHIP ENGINEERING THE FUTURE TOGETHER

USB On-The-Go

Обзор

I On-The-Go (OTG)

- Упрощенный хост для мобильных устройств
- Порт двойного назначения с динамическим переключением
- Новый стандарт энергопотребления
- Новый коннектор - Micro A/B

I Пример: КПК

- Подключение к ПК – устройство
- Подключение Flash Drive – хост
- Соединение двух КПК – OTG, хост/устройство с возможностью переключения



Типовые требования к OTG-устройствам*

- | **Peripherals to Service Real World I/O**
 - АЦП, компараторы
 - Интерфейсы SPI, I²C™, UART
 - ШИМ-генераторы, таймеры, цифровые входы/выходы
- | **Трансивер USB OTG с поддержкой Full-Speed**
- | **Высокопроизводительный микроконтроллер 16/32 бит**
- | **ПО, включающее драйверы USB-устройства и набор драйверов для подключаемых устройств**

***Контроллеры Microchip 16- и 32-битные – отличное решение для USB OTG**

Новые коннекторы – 5-й контакт

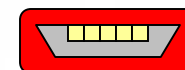
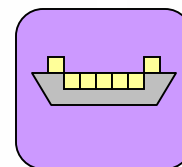
| Стандартные коннекторы USB – 4 контакта:
VBUS GND D+ D-

| OTG-коннекторы - 5 контактов:
VBUS GND D+ D- ID

- Контакт ID позволяет задавать начальное распределение ролей хост/устройство
- Типы коннекторов:

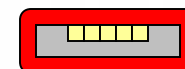
| Розетка и вилка Micro-B

- Стандартные и OTG устройства



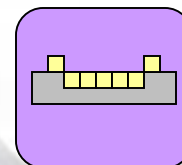
| Розетка Micro-A/B

- Только для OTG

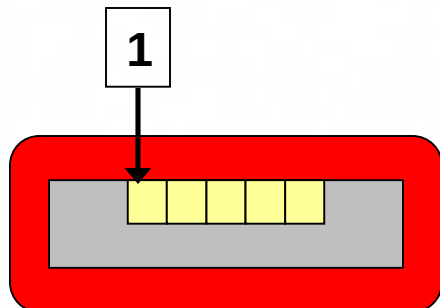


| Вилка Micro-A

- Определяет OTG-хост

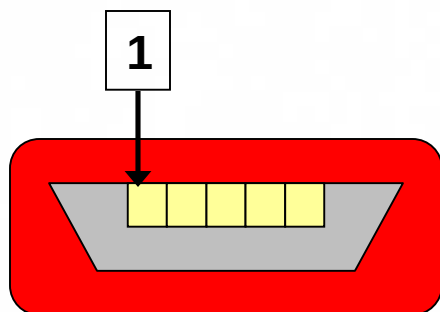


Новые коннекторы



Розетка Micro A/B

- 1: VBus
- 2: D-
- 3: D+
- 4: ID
- 5: GND



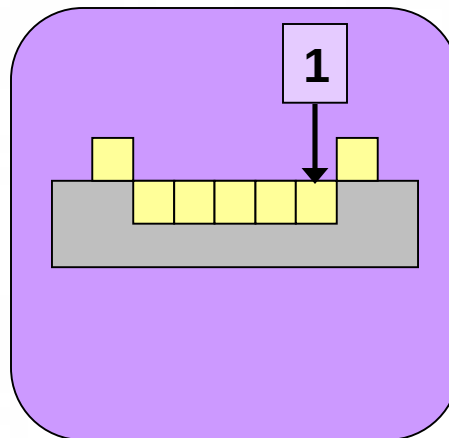
Розетка Micro B

- 1: VBus
- 2: D-
- 3: D+
- 4: ID
- 5: GND

Новые коннекторы

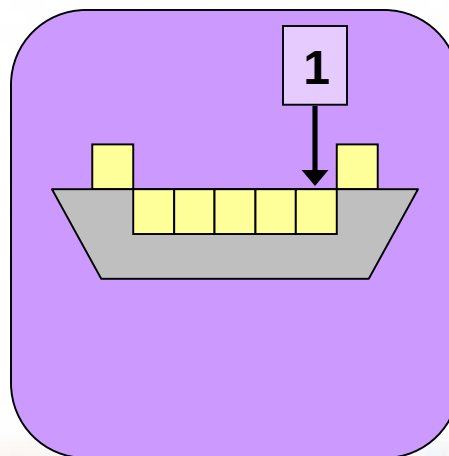
I Вилка Micro A

- 1: VBus
- 2: D-
- 3: D+
- 4: ID (GND)
- 5: GND

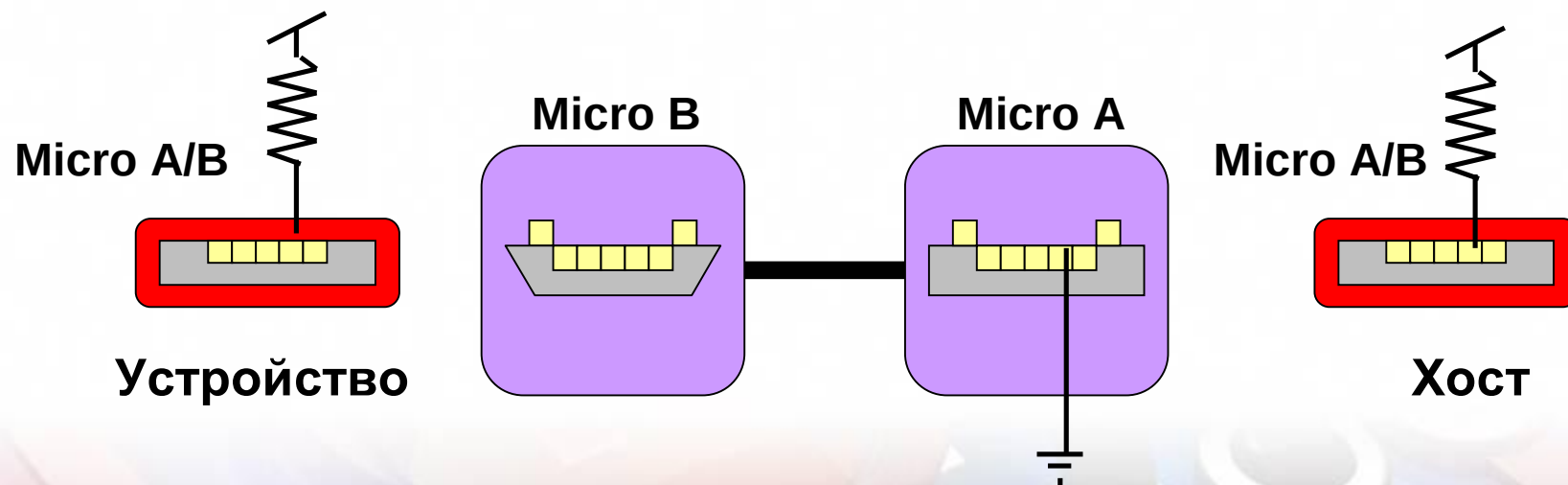
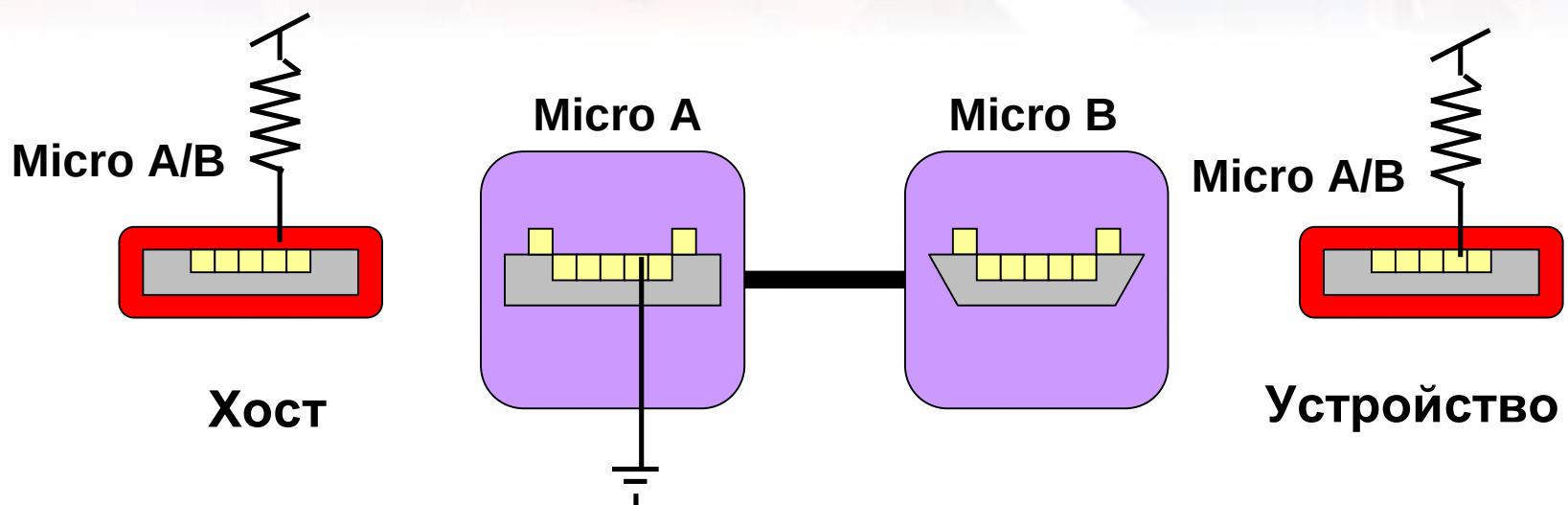


I Вилка Micro B

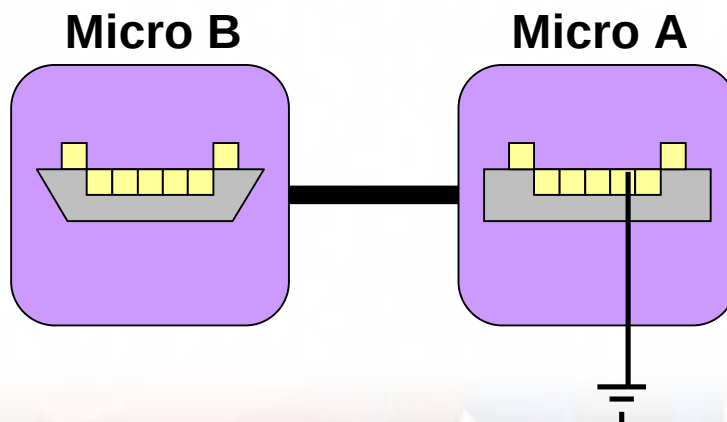
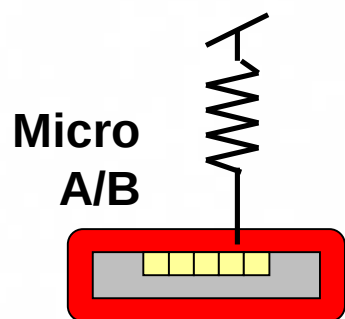
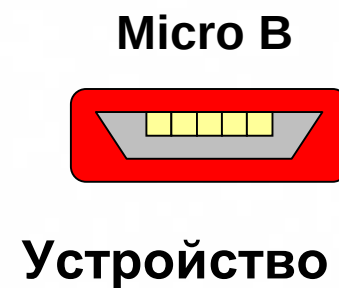
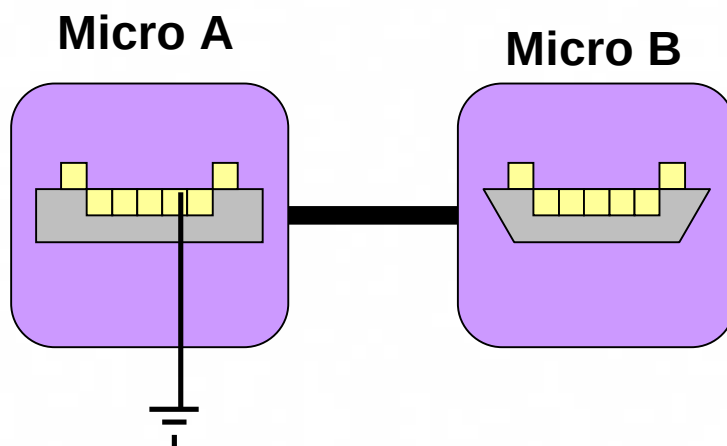
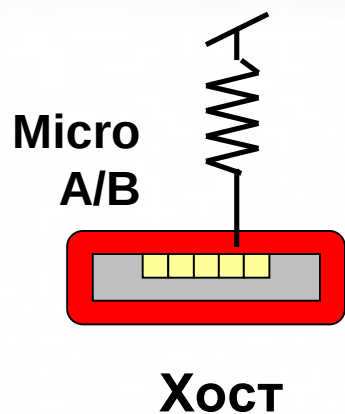
- 1: VBus
- 2: D-
- 3: D+
- 4: ID (разрыв)
- 5: GND



Пример подключения



Пример подключения



Протокол

- | **Список подключаемых устройств**
- | **OTG-дескриптор**
- | **Запросы Set Feature**
- | **Session Request Protocol (SRP) –
протокол управления сессиями**
- | **Host Negotiation Protocol (HNP) –
протокол переназначения хоста**

Список подключаемых устройств

Targeted Peripheral List (TPL)

- | Устройства, не входящие в список, не буду регистрироваться в системе**
- | OTG не поддерживает базовые классы, встроенный хост поддерживает**
- | Минимальный список параметров - Manufacturer, Model, Description**

OTG-дескриптор

- | Возвращается по запросу
GetDescriptor (Configuration)
- | Используется только если устройство В
поддерживает SRP или HNP

Смещение	Поле	Длина	Тип	Описание
0	bLength	1	Number	Длина (всегда 3)
1	bDescriptorType	1	Constant	Тип дескриптора (всегда 9)
2	bmAttributes	1	Bitmap	Атрибуты D7-D2: не используется D1: поддержка HNP D0: поддержка SRP

Запросы Set Feature

| a_hnp_support

- Сообщает устройству В, что устройство А поддерживает HNP
- Допустимо только для устройств В, поддерживающих HNP
- Свойство должно быть установлено до состояния Configured

| a_alt_hnp_support

- Сообщает устройству В, что оно подключено к порту, не поддерживающему HNP, однако устройство А имеет другой порт, который поддерживает HNP

| b_hnp_enable

- Сообщает устройству В, что оно может начать процедуру переназначения хоста

Запросы Set Feature

- | **Свойства могут быть установлены в состояниях Default, Address и Configured**
- | **Сбрасываются только по окончании сессии или при сбросе по шине**
 - Запросы Clear Feature не действуют
- | **Если HNP не поддерживается устройством В, то при запросе на установку свойств оно должно перейти в режим остановки (Stall)**

Протокол управления сессиями

Session Request Protocol (SRP)

| Назначение:

- Снижение потребления устройства А
 - | Устройство В должно иметь возможность запросить питание VBUS от устройства А

| Сессия

- Период активного обмена данными
 - | обозначается удержанием VBUS в определенном диапазоне напряжений

[?](#)

Протокол управления сессиями Session Request Protocol (SRP)

Устройство A

Устройство B

Макс. напряжение

($V_{A_VBUS_OUT}$)

V_{BUS} активно

($V_{A_VBUS_VLD}$)

Сессия активна

($V_{A_SESS_VLD}$)

5.25v

4.4v

4.0v

2.0v

0.8v

0.2v

Сессия активна

($V_{B_SESS_VLD}$)

Сессия окончена

($V_{B_SESS_END}$)

Протокол управления сессиями

Session Request Protocol (SRP)

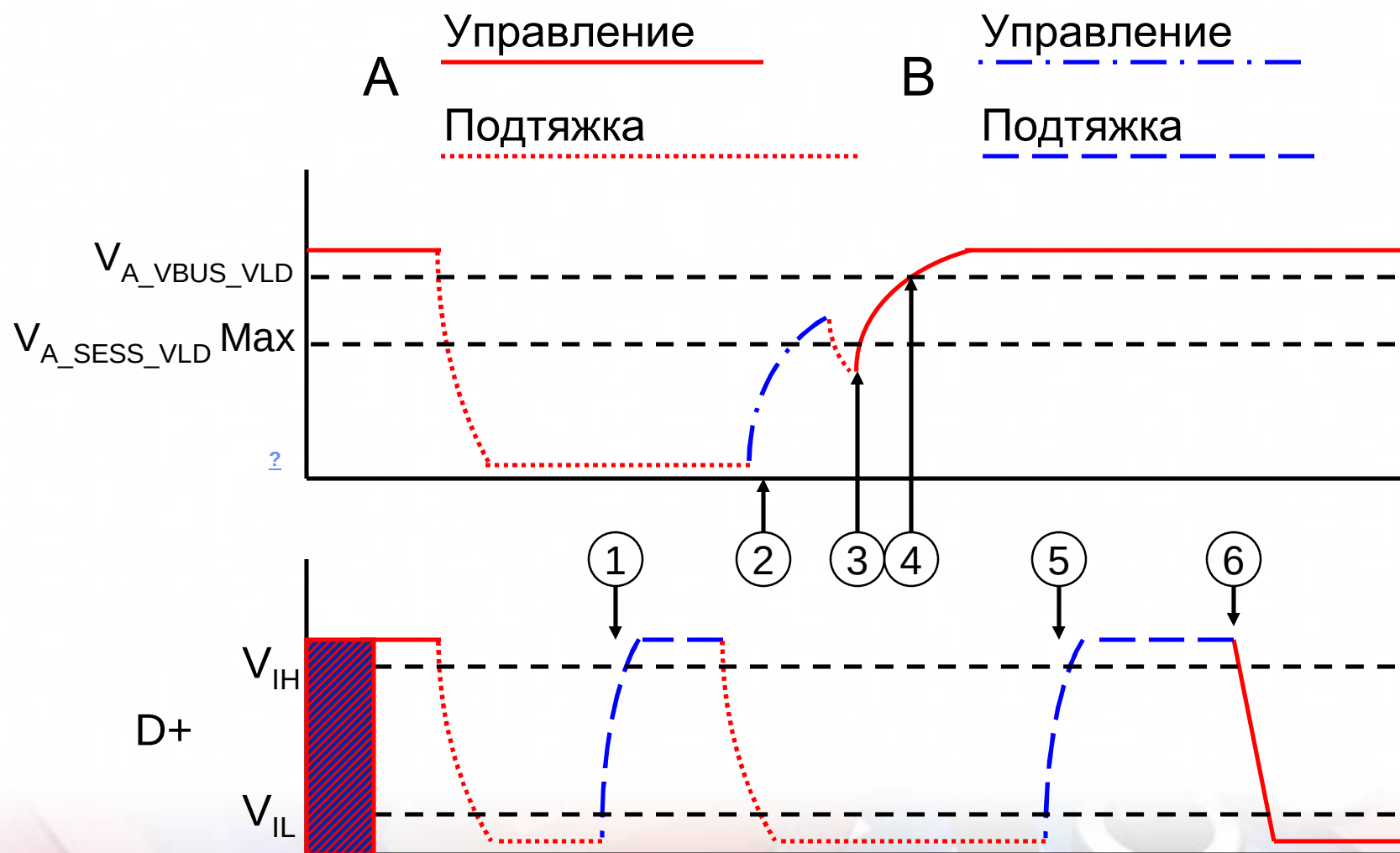
I Поддержка SRP

- Устройства двойного назначения – полная поддержка SRP
- Устройства А – ответ на SRP
- Устройства В – запрос на SRP

I Запрос V_{BUS}

- Импульс на V_{BUS} и/или на линии D+
 - I Устройство В должно обеспечивать пульсацию V_{BUS} и D+
 - I Устройство А должно распознавать хотя бы одно из этих событий
 - I Устройство В должно контролировать состояние линии V_{BUS} при управлении сессиями

Протокол управления сессиями пульсации по линиям D+ и V_{BUS}

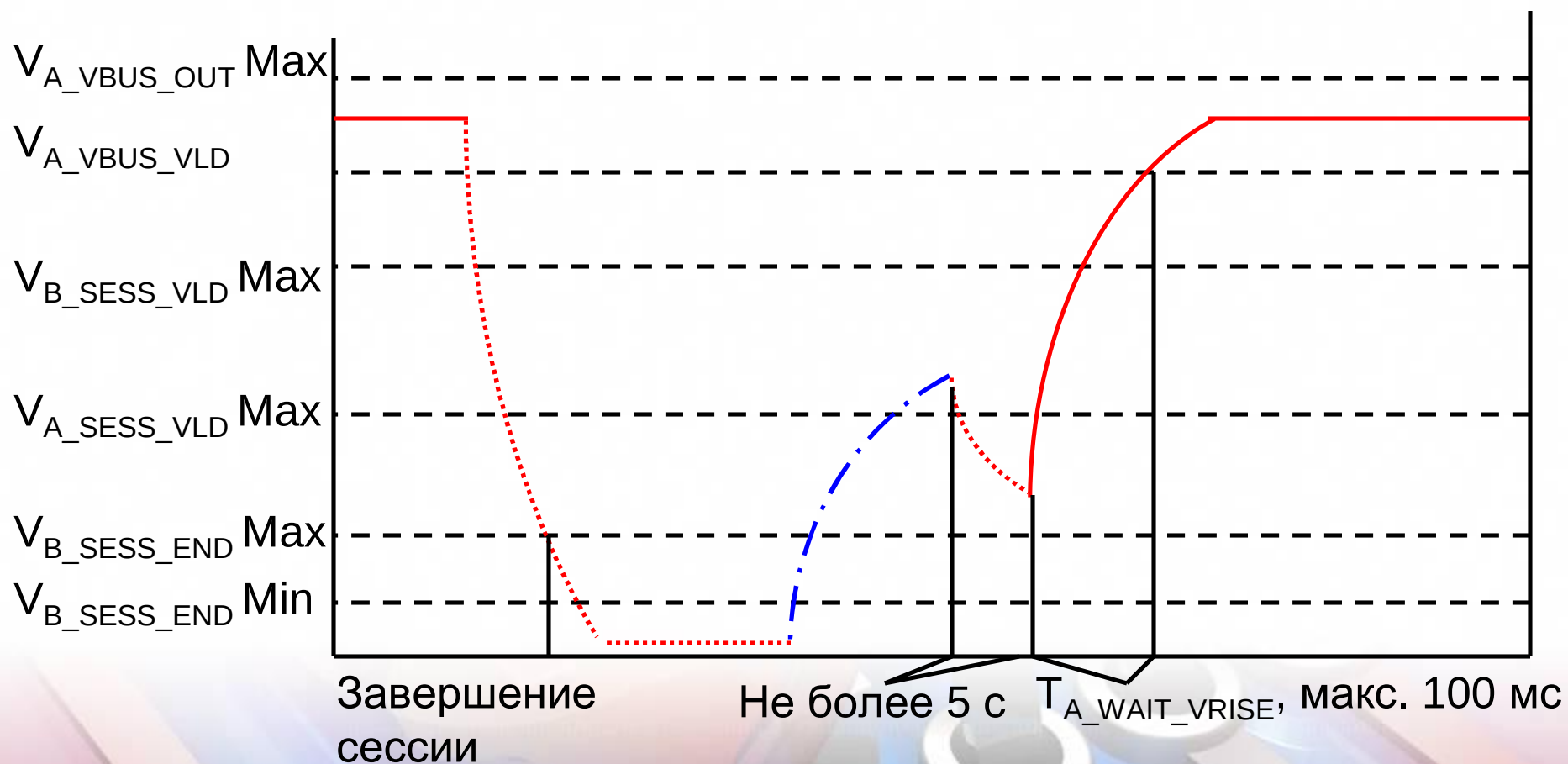


Протокол управления сессиями пульсации по линии V_{BUS}

A - Управление

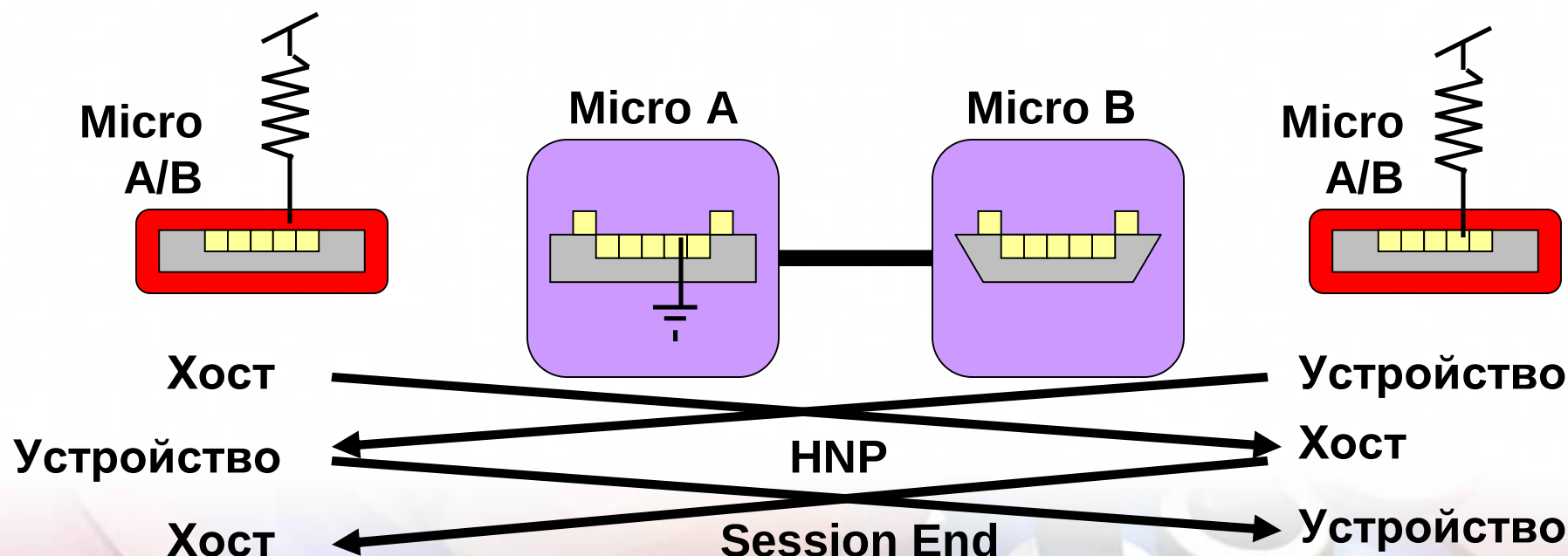
A - Подтяжка

B - Управление



Протокол переназначения хоста Host Negotiation Protocol (HNP)

- I **Назначение устройств изначально задается кабелем**
 - Устройство с подключенной вилкой Micro A назначается хостом / устройством A
- I **HNP позволяет переназначать устройства без переподключения кабеля**
 - Устройство B становится хостом до конца сессии
 - Устройство A продолжает обеспечивать напряжение питания на V_{BUS}



Host Negotiation Protocol (HNP)

1. A: SetFeature(HNP)
2. B: переходит в Suspend, подтяжка на D+ отключается
3. A: включает подтяжку на D+
4. B: становится хостом, генерирует сброс по шине
5. B: обмен данными
6. B: прекращает обмен, включает подтяжку на D+
7. A: проверяет состояние D+, отключает подтяжку
8. A: становится хостом, выполняет сброс шины или отключает VBUS

A - Управление

A - Подтяжка к GND

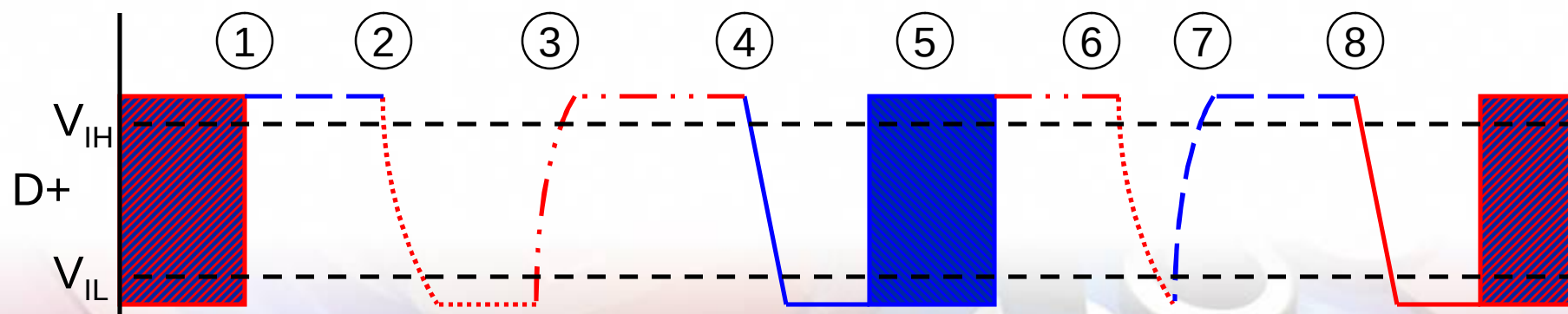
A - Подтяжка к VDD

B - Управление

B - Подтяжка к VDD

 Обмен через хост A

 Обмен через хост B



Электрические характеристики

I VBus

- Токи
- Предельные значения емкостей и сопротивлений
- Длительность фронтов и срезов

I Параметры контакта ID

I Задержки распространения сигнала

Требования к питанию V_{BUS}

I Устройство A до 100 мА

- $I_{A_VBUS_OUT} \min = 8 \text{ мА}$
- $4.4 \text{ В} \leq V_{A_VBUS_OUT} \leq 5.25 \text{ В}$
- $V_{A_VBUS_OUT} < V_{A_VBUS_VLD}$ - не удовлетворяет требованиям

I Устройство A более 100 мА

- $4.75 \text{ В} \leq V_{A_VBUS_OUT} \leq 5.25 \text{ В}$

I Устройство двойного назначения

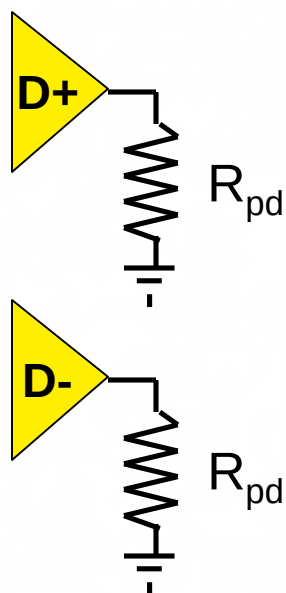
- неконфигурированные: 150 мкА усредненные за 1 мс

I Периферийные устройства

- неконфигурированные: 8 мА усредненные за 1 мс

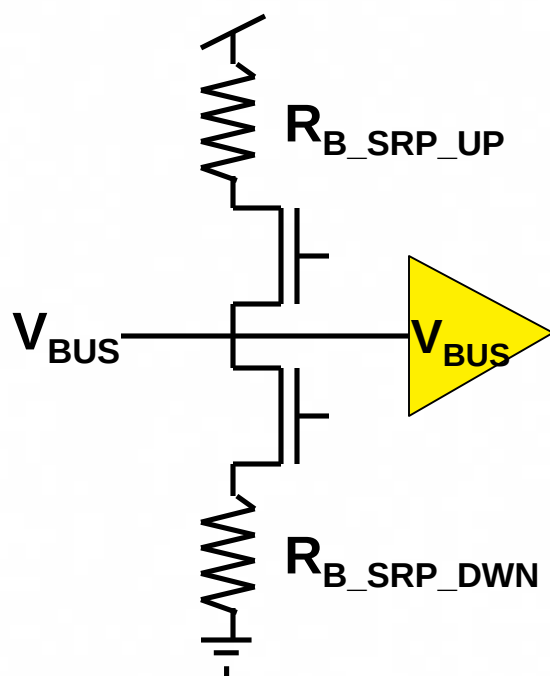
Подтяжки

I Устройство A



- Режим ожидания или хоста – включена подтяжка к GND на D+ и D-
- Режим периферийного устройства – подтяжка D+ отключена
- Допускается отключать подтяжки на период передачи пакета
- $14.25 \text{ КОм} < R_{pd} < 24.8 \text{ КОм}$

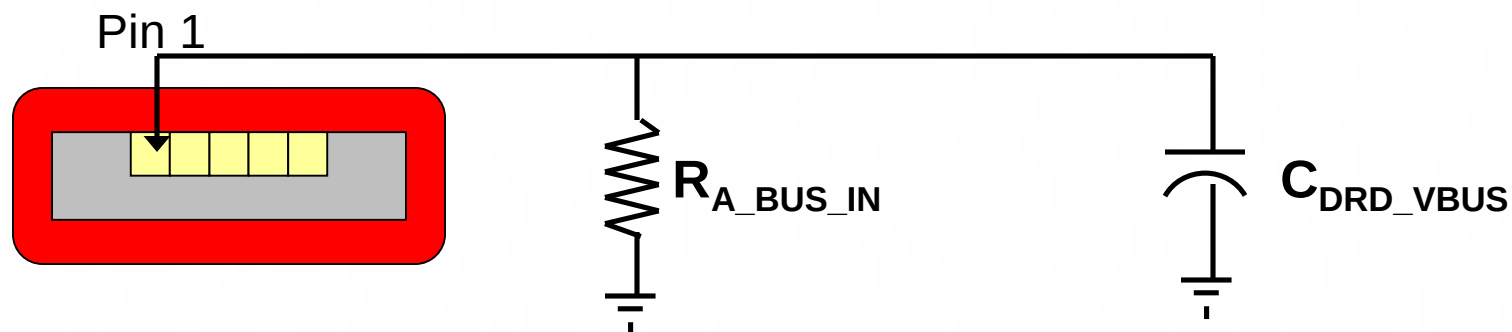
Подтяжки



Устройство В

- $R_{B_SRP_UP} > 281 \text{ Ом}$
- $R_{B_SRP_DWN} > 656 \text{ Ом}$
- Подтяжка на D+
– аналогично
устройствам USB 2.0

V_{BUS}



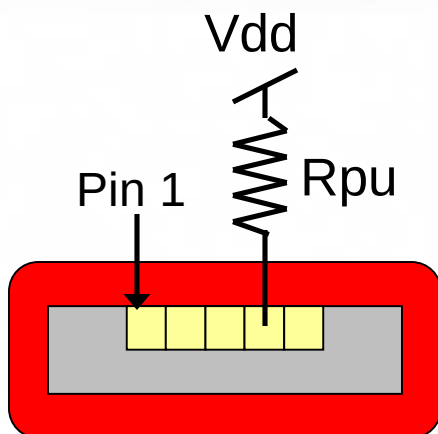
$R_{A_BUS_IN}$

- Если устройство A запитано, но не выдает V_{BUS} , $R_{A_BUS_IN} \max \leq 100 \text{ КОм}$
- Если устройство A выдает импульсы по V_{BUS} для SRP, $R_{A_BUS_IN} \min \geq 40 \text{ КОм}$
- В остальных случаях может быть ниже

$1.0\mu\text{F} < C_{DRD_VBUS} < 6.5\mu\text{F}$

- По сравнению с $C_{HST_VBUS} > 120\mu\text{F}$

Сопротивление контакта ID

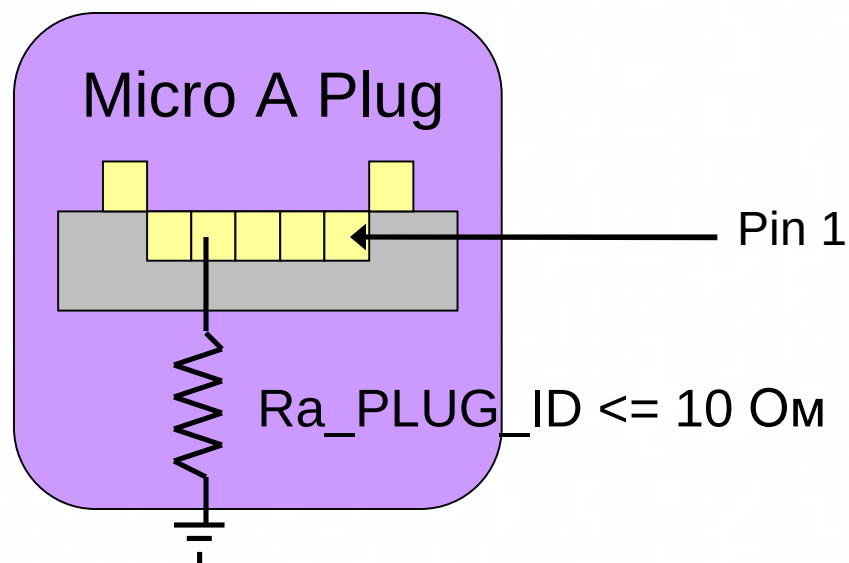


$$\frac{V_{dd} * R_{a_PLUG_ID}}{(R_{pu} + R_{a_PLUG_ID})} < V_{IL-MAX}$$

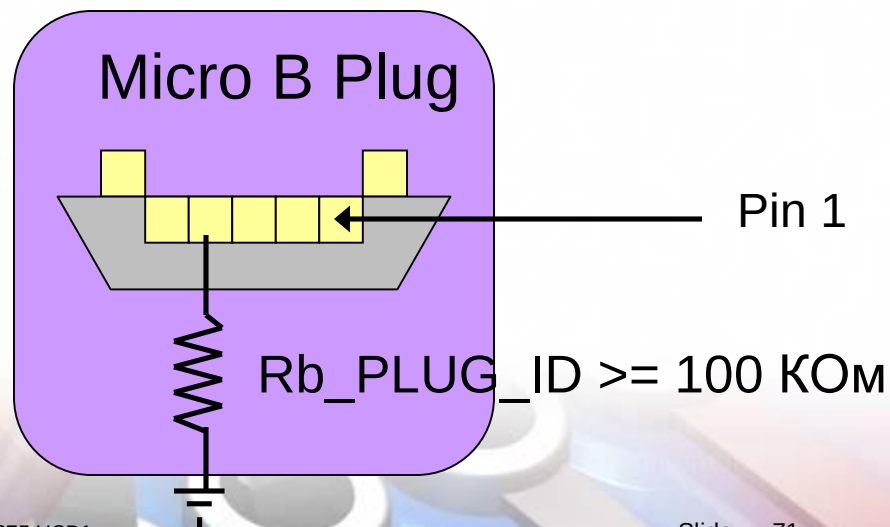
$$\frac{V_{dd} * R_{b_PLUG_ID}}{(R_{pu} + R_{b_PLUG_ID})} > V_{IH-MIN}$$

Для $V_{dd} = 3.3 \text{ В}$

$$56.67 \text{ Ом} < R_{pu} < 25 \text{ КОм}$$



$$R_{a_PLUG_ID} \leq 10 \text{ Ом}$$



$$R_{b_PLUG_ID} \geq 100 \text{ КОм}$$

Время распространения сигнала

- | **T1-T2 – от выхода контроллера в устройстве A до разъема**
 - OTG-устройство A = 1 нс
 - Встроенный хост или полный хост = 3 нс
- | **T2-T3 – от разъема устройства A до разъема устройства B**
 - Кабели OTG = 10 нс
 - Стандартные кабели = 26 нс
 - Адаптер Micro-A -> Standard-A = 1 нс
- | **T3-T4 – от разъема до входа контроллера в устройстве B**
 - 1 нс



Сравнение: OTG vs встроенный хост

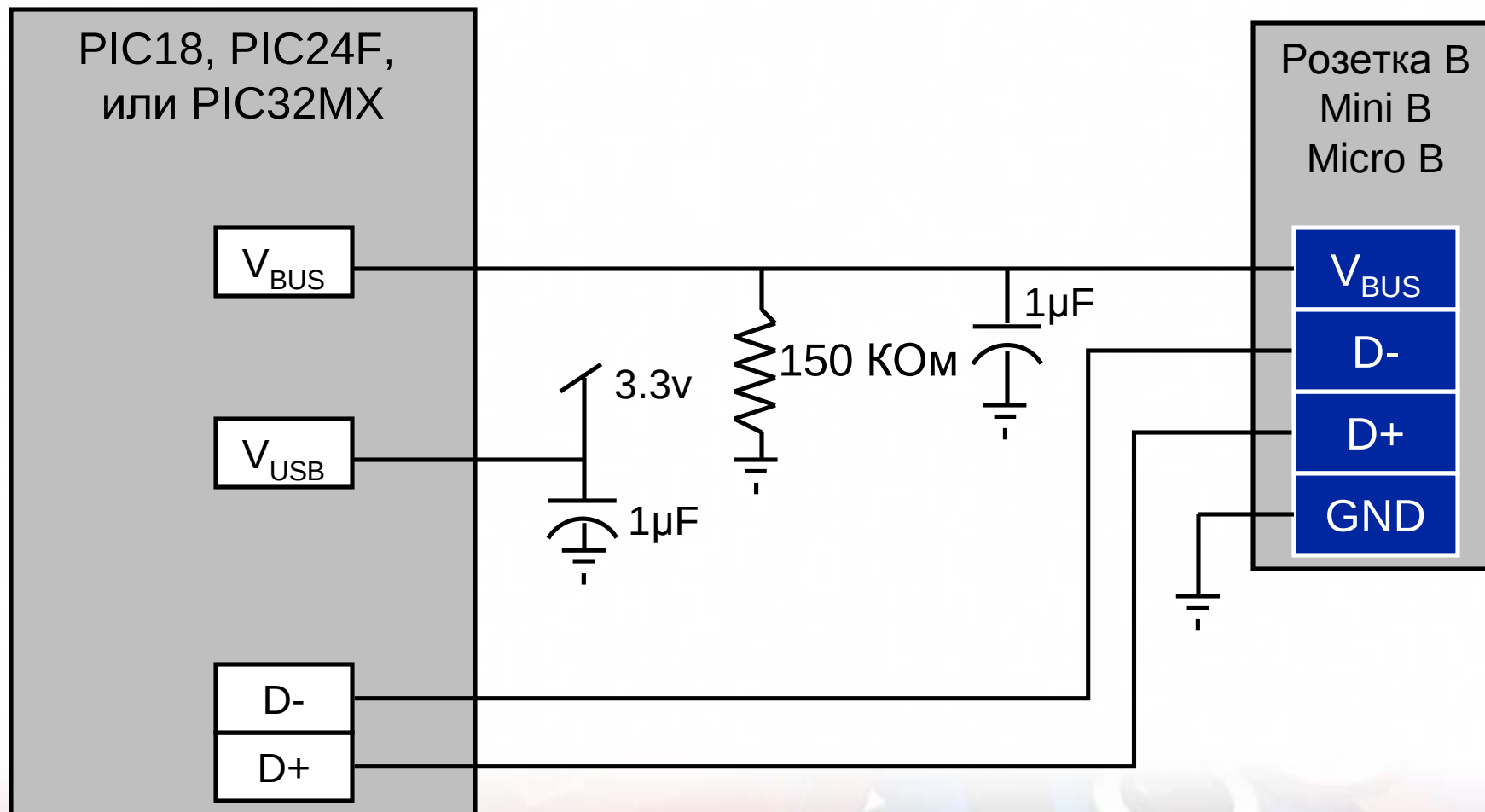
	<u>OTG</u>	<u>Embedded Host</u>
<u>Протокол управления сессиями (SRP)</u>	необходимо	опционально
<u>Протокол переназначения хоста (HNP)</u>	необходимо	не допустимо
<u>Список поддерживаемых устройств (TPL)</u>	ограниченный список конкретных устройств	возможна поддержка базовых классов
<u>Коннекторы</u>	Micro A/B	A
<u>Электрические характеристики</u>	$1.0\mu\text{F} < C_{\text{DRD_VBUS}} < 6.5\mu\text{F}$	$C_{\text{HST_VBUS}} > 120\mu\text{F}$



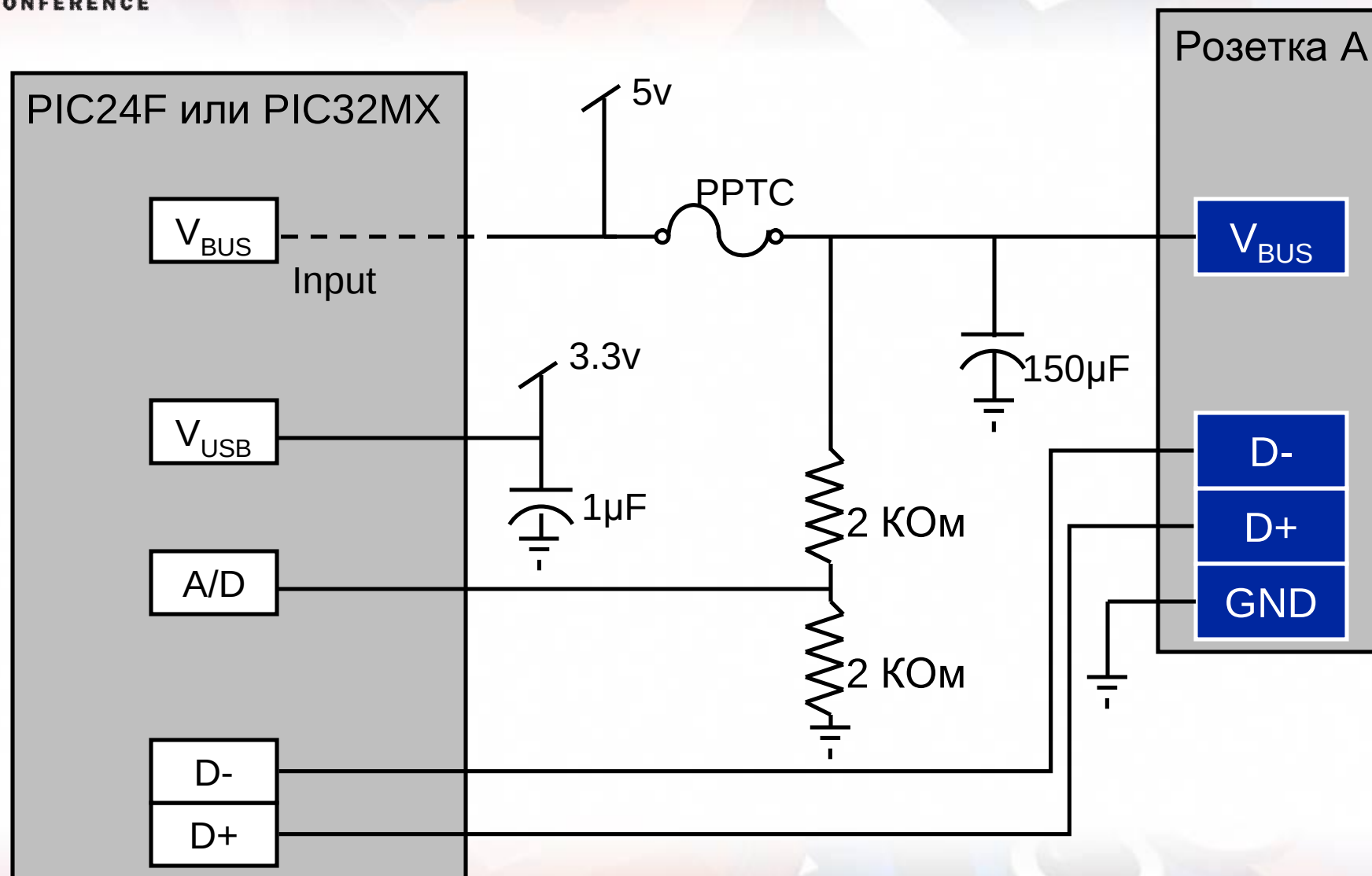
YOU + MICROCHIP ENGINEERING THE FUTURE TOGETHER

Аппаратная реализация

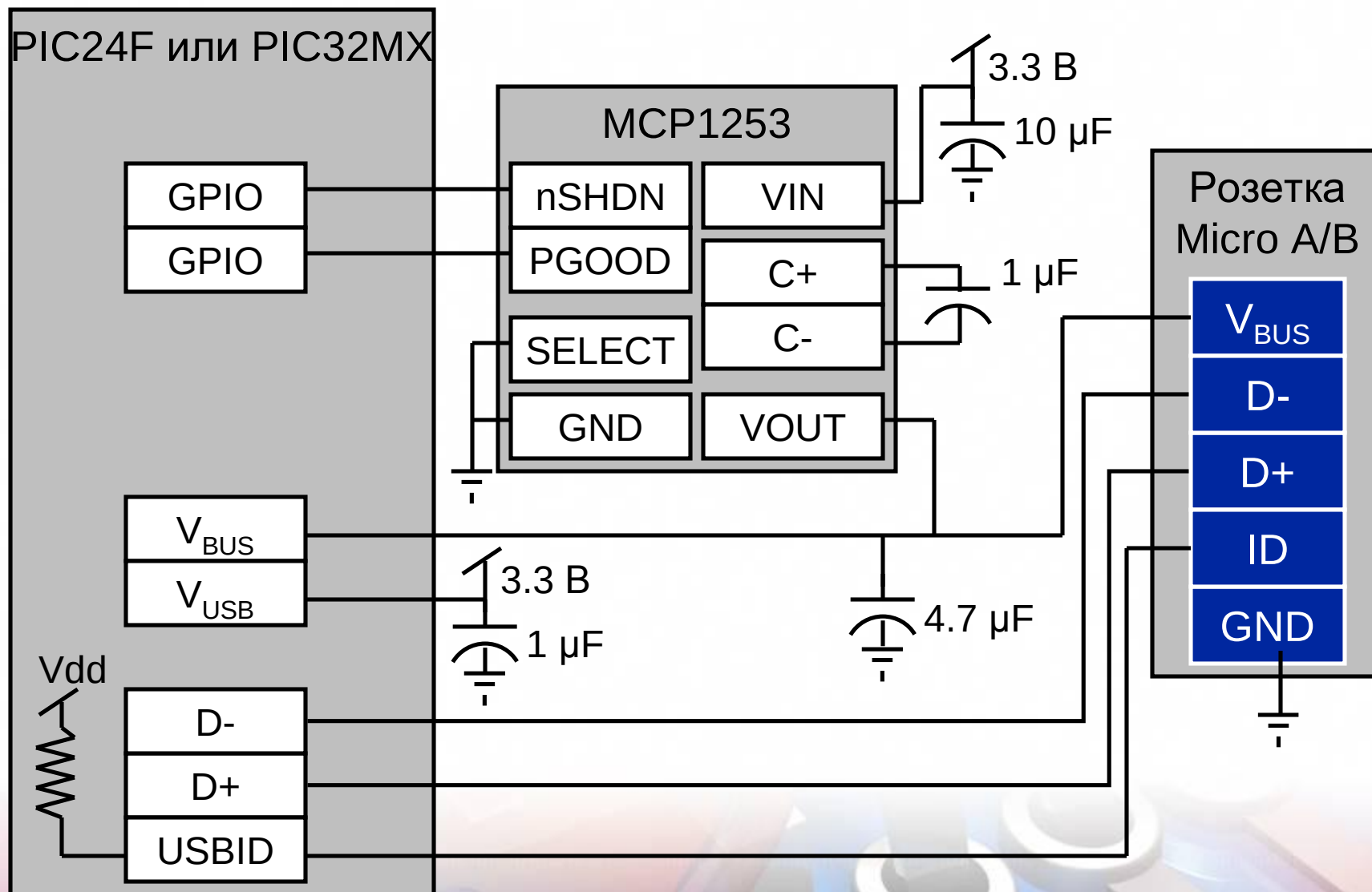
Периферийное USB-устройство



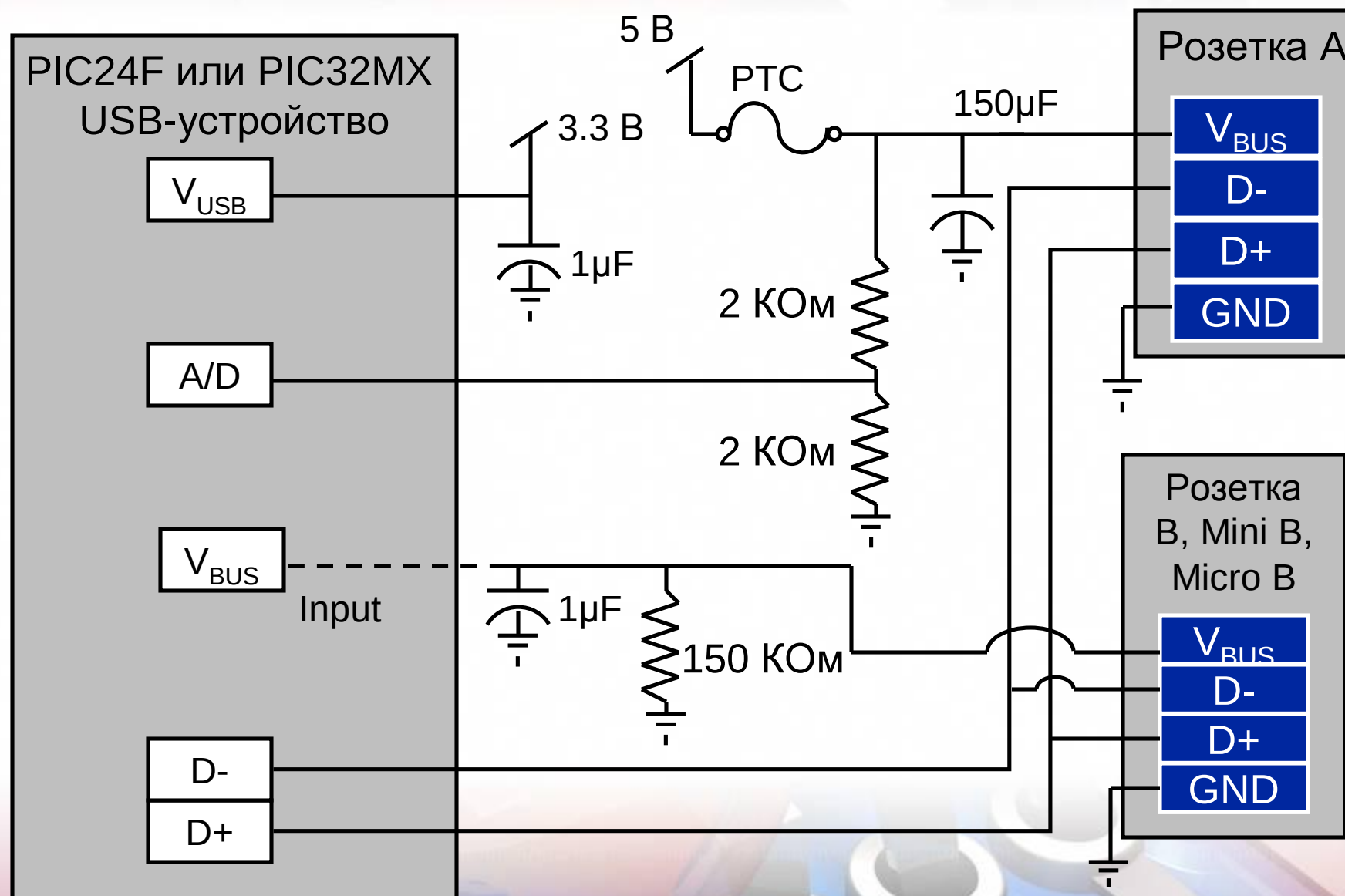
Встроенный хост



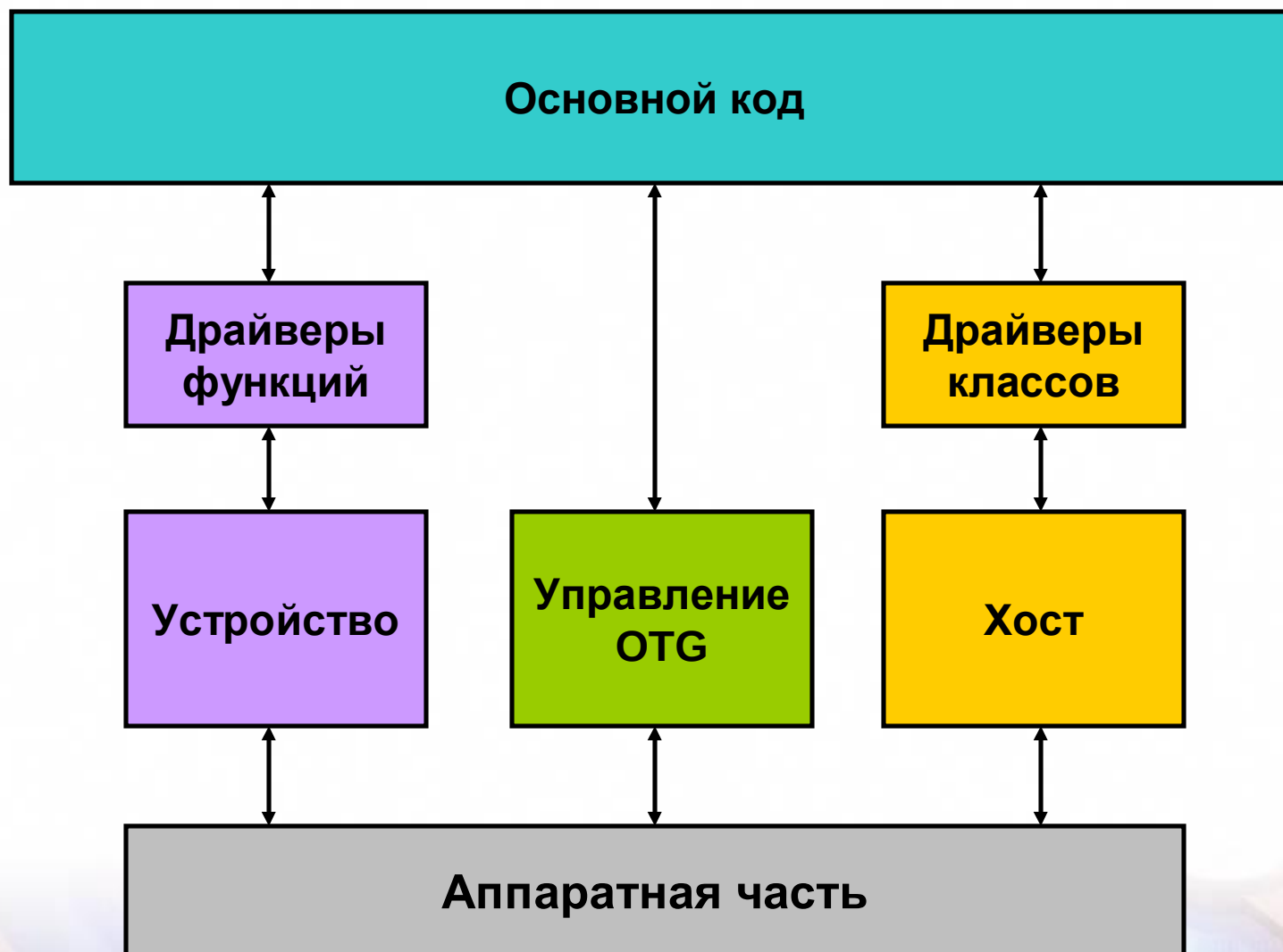
OTG-устройство



Устройство двойного назначения



Структура приложения



Примеры и рекомендации по применению

I Встроенный хост

- Система сбора данных с USB Flash
- Загрузчик (bootloader) с USB Flash
- Хост MCHPUSB – считывание температуры и АЦП
- Хост для принтеров (PCL5 и PostScript)
- HID Host – подключение мыши/клавиатуры
- CDC Host – хост для коммуникационных устройств



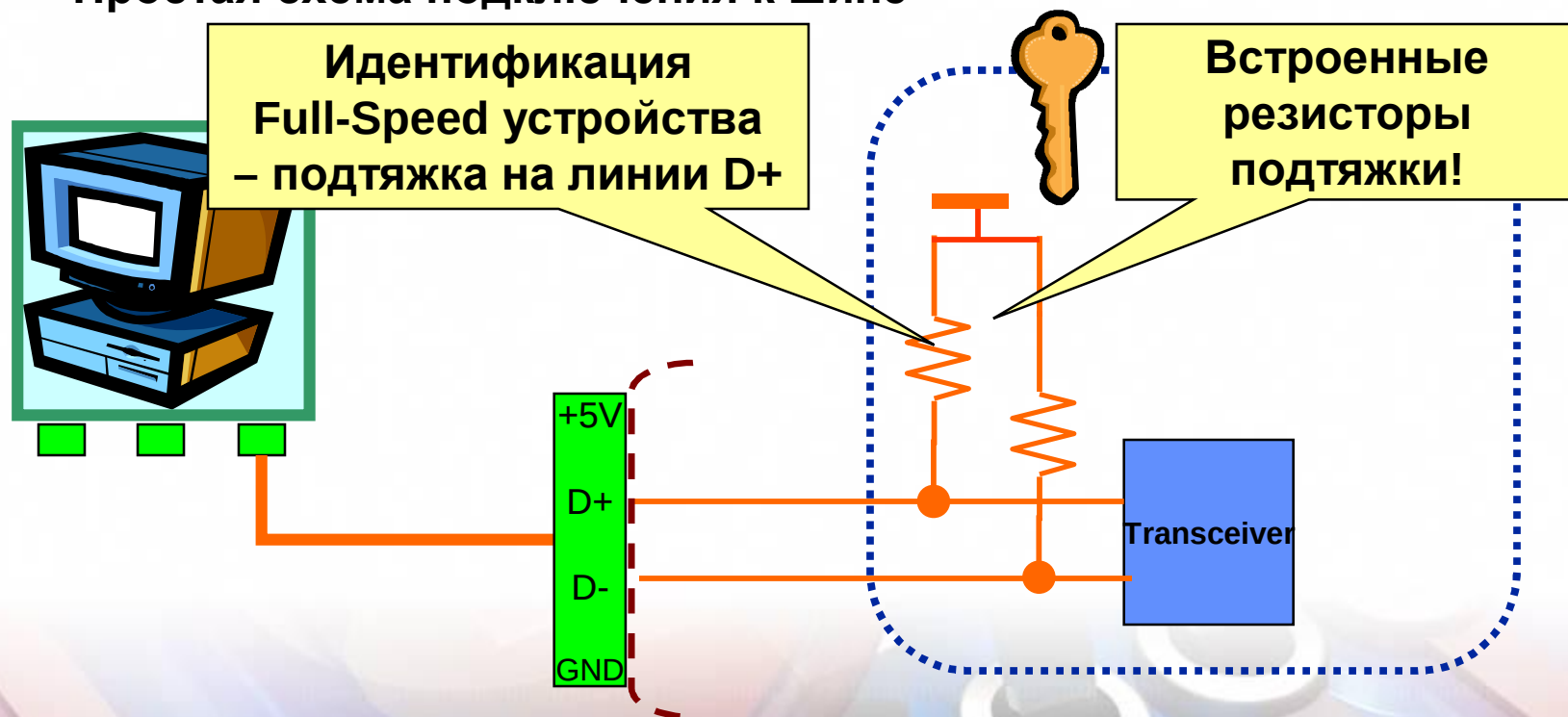
YOU + MICROCHIP ENGINEERING THE FUTURE TOGETHER

Контроллеры Microchip с поддержкой USB

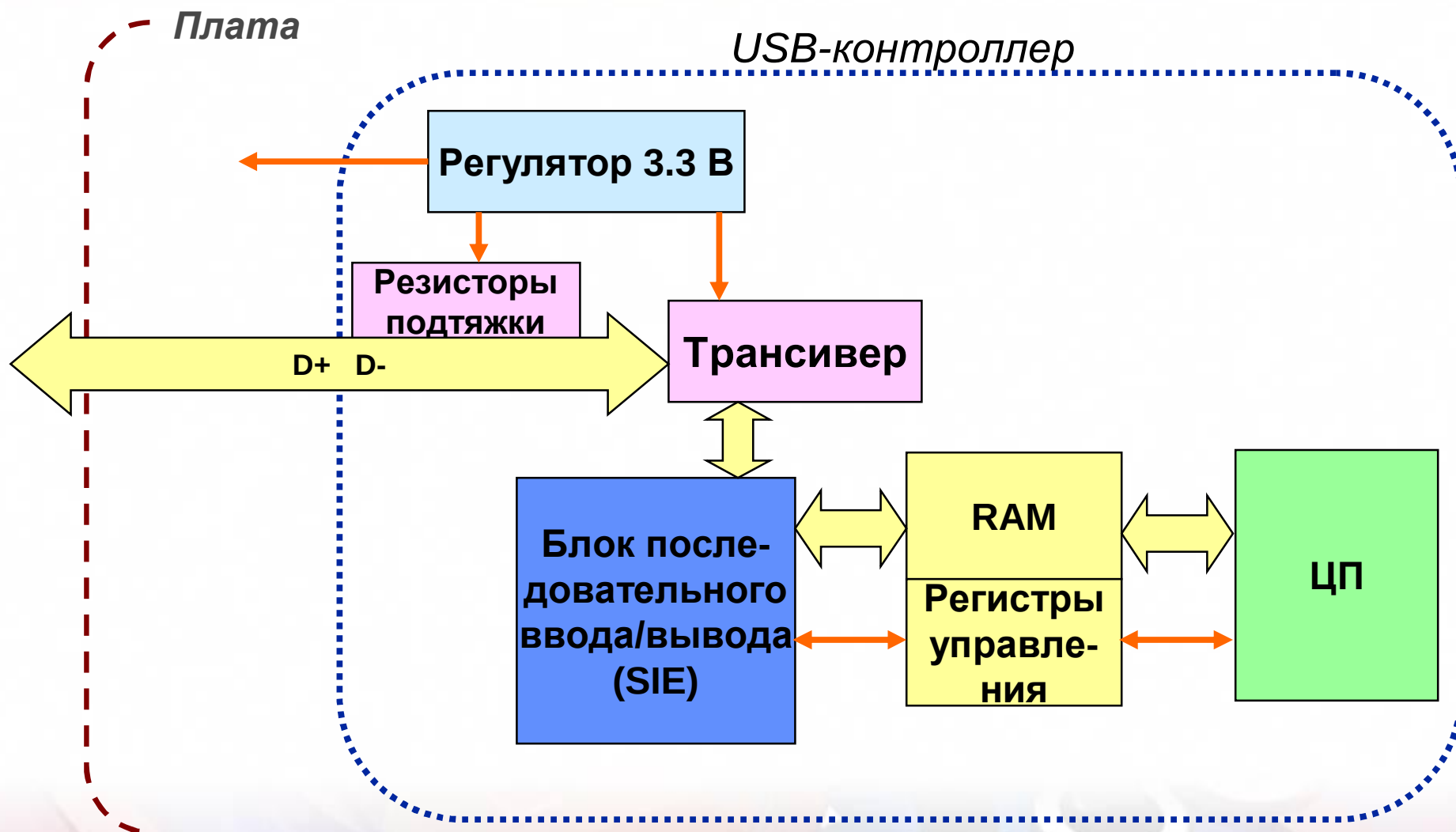
**PIC18Fxx5x PIC18FxxJ5x PIC18FxxK5x
PIC24FJxxxGB1xx PIC32MX4xx**

Контроллеры Microchip PIC[®] с периферийным модулем USB

- | Интегрированные USB/OTG трансивер, регулятор напряжения и цепи подтяжек
- | Поддержка USB 2.0 Low- и Full-Speed
- | Многорежимный генератор с PLL для тактирования USB-модуля
- | Двухпортовая память для одновременного доступа ядра и USB-модуля
- | Простая схема подключения к шине



Модуль USB

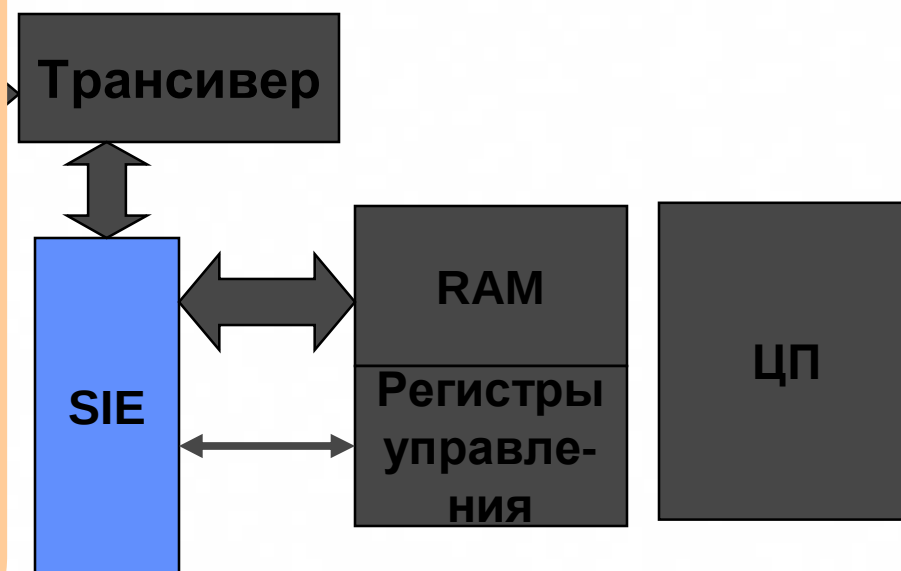


Блок Последовательного Ввода/Вывода (SIE)

Последовательный
ввод / вывод:

- ┆ NRZI-кодирование
- ┆ Проверка CRC
- ┆ Детектирование сигналов управления шиной и генерация прерываний
- ┆ Транзакции
- ┆ Протокол подтверждения

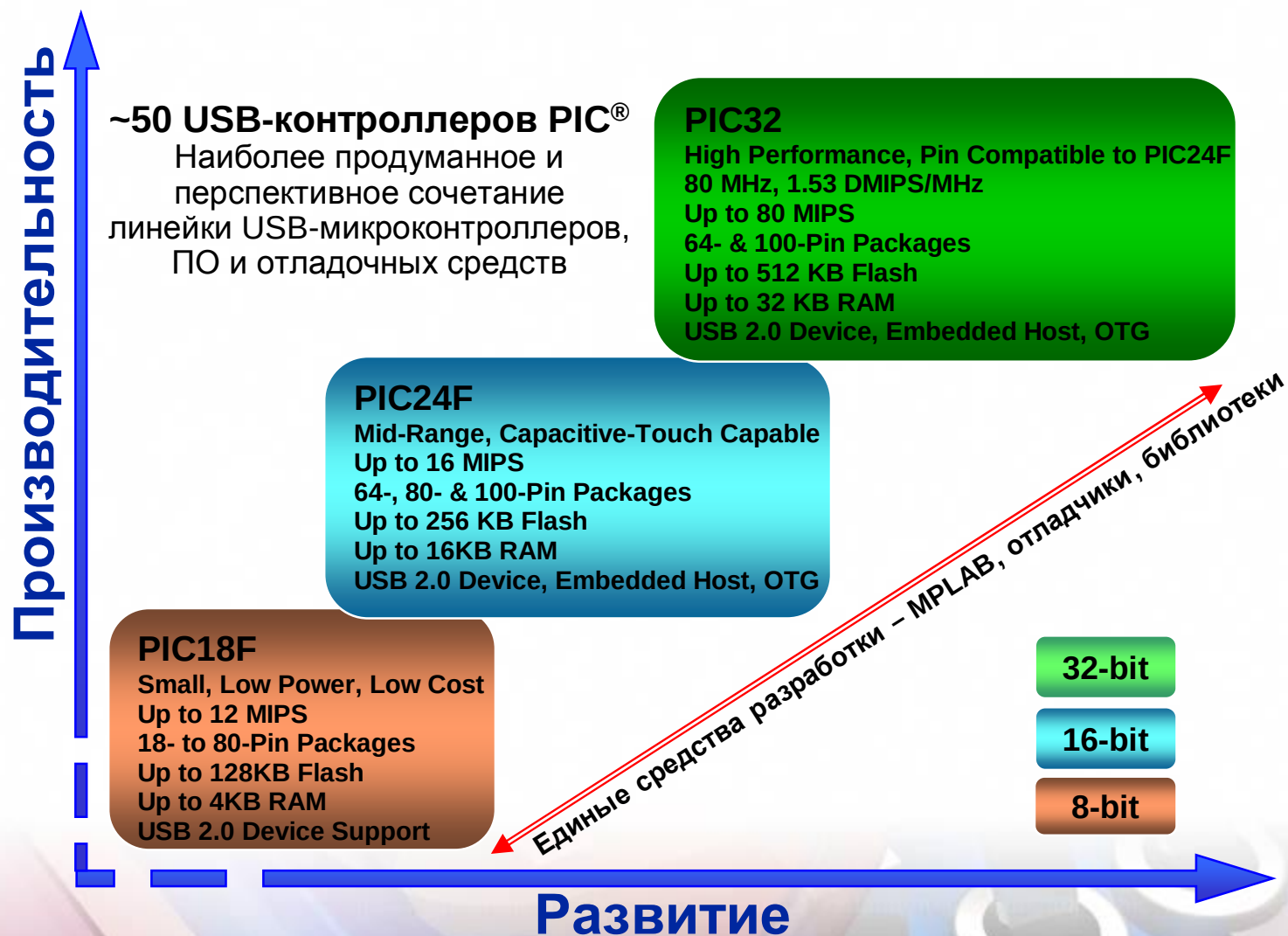
USB-контроллер



Контроллеры Microchip PIC® с периферийным модулем USB

- | 8-, 16-, и 32-битные ядра
- | Корпуса 20..100 выводов
- | 8..512 Кб программного Flash
- | 0,5..32 Кб ОЗУ
- | Диапазон напряжений питания: 1,8..5,5 В
- | Широкий набор периферии для прикладных задач:
 - АЦП, компараторы
 - SPI, I²C™, UART
 - ШИМ-генераторы, таймеры, цифровые входы/выходы

Scalable USB PIC[®] MCU Portfolio



USB Microcontroller Portfolio

	PIC18F14K50	PIC18F4450 PIC18F4550 PIC18F4553	PIC18F87J50	PIC24FJ256GB1	PIC32MX4XX
Core	8 bit	8 bit	8 bit	16 Bit	32 Bit
USB	USB 2.0 device	USB 2.0 device	USB 2.0 device	USB 2.0 device, embedded host, dual role, OTG	USB 2.0 device, embedded host, dual role, OTG
Flash	16K bytes	up to 32K bytes	128K bytes	256K bytes	512K bytes
RAM	768 bytes	up to 2048 bytes	3904 bytes	16K Bytes	32K Bytes
mTouch™ support	yes	yes, external	yes, external	yes CTMU	yes, external
UARTs	1	1	2	4	2
SPI	1	1	1	3	2
I²C™	1	1	1	3	2
Peripheral pin select	no	no	no	yes	no
ADC	10 bit, 9 channel	10 bit, 10 and 13 ch 12 bit, 10 and 13 ch	10 bit, 8 and 12 channel	10 bit, 16 channel	10 bit, 16 channel
RTCC	software	software	software	yes	yes
Parallel Master Port	no	no	yes	yes	yes
Analog comparators	2	2	2	3	2
Free sw stacks	yes	yes	yes	yes	yes
Free class drivers	yes	yes	yes	yes	yes
scalable development environment	yes	yes	yes	yes	yes
Packages	20 pin	28,40,44 pin	60,80 pin	64,80,100 pin	64,100 pin

PIC18F14K50

Features

- | **8-bit, 16 MIPS**
- | **Voltage 1.8 to 5.5V**
- | **8 KB Flash**
- | **512 Bytes SRAM**
- | **256 Bytes DPRAM**
- | **256 Bytes EEPROM**
- | **20 pins**

Peripherals

- | **ECCP**
- | **SPI/I²C™**
- | **USART**
- | **9 ch. x 10-bit A/D**
- | **1 x 8-bit, 3 x 16-bit timers**
- | **2 x Comparators**
- | **USB 2.0 Full Speed**

**Маловыводный бюджетный микроконтроллер
для периферийных USB-устройств**

PIC24FJ256GB110

Features

- | **16-bit, 16 MIPS**
- | **256 KB Flash**
- | **16 KB RAM**
- | **100, 80, 64-pin**
- | **Internal Oscillator**
- | **3.3V operation**

USB OTG

- | **USB OTG Full Speed**

Peripherals

- | **4 x UART**
- | **3 x I²C™**
- | **3 x SPI**
- | **16 ch. x 10-bit A/D**
- | **5 x 16-bit timers**
- | **9 x IC, 9 x OC/PWM**
- | **Peripheral Pin Select**
- | **3 x Comparators**

Микроконтроллер средней производительности для встроенных хостов, OTG и высокопроизводительных периферийных устройств

PIC32MX460F512L

Features

- | **32-bit, 80 Mips**
- | **512 KB Flash**
- | **32 KB RAM**
- | **100, 64-pin**
- | **Internal Oscillators**
- | **2.3-3.6V operation**

USB OTG

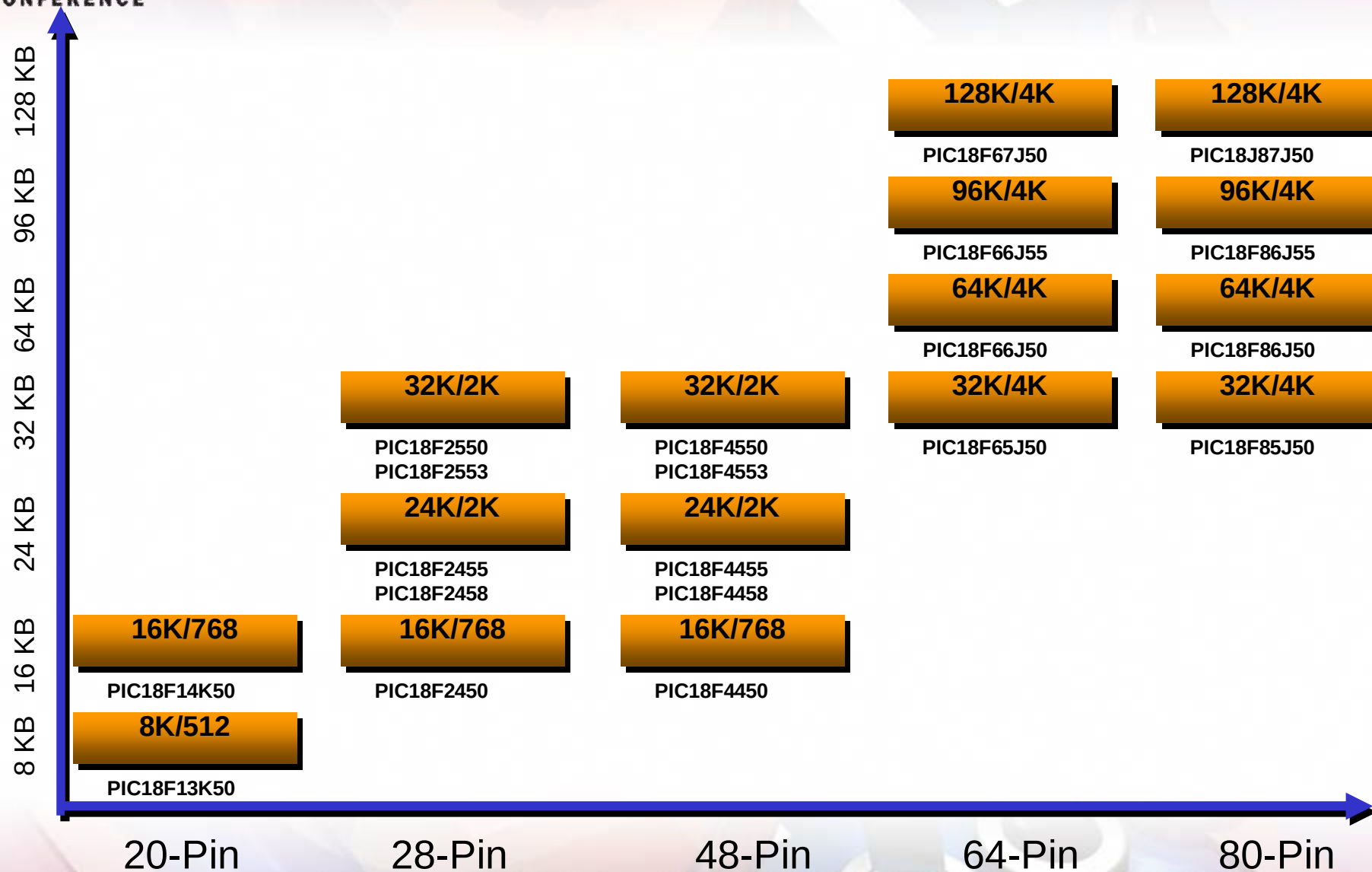
- | **USB OTG Full Speed**
- | **DMA Controller**

Peripherals

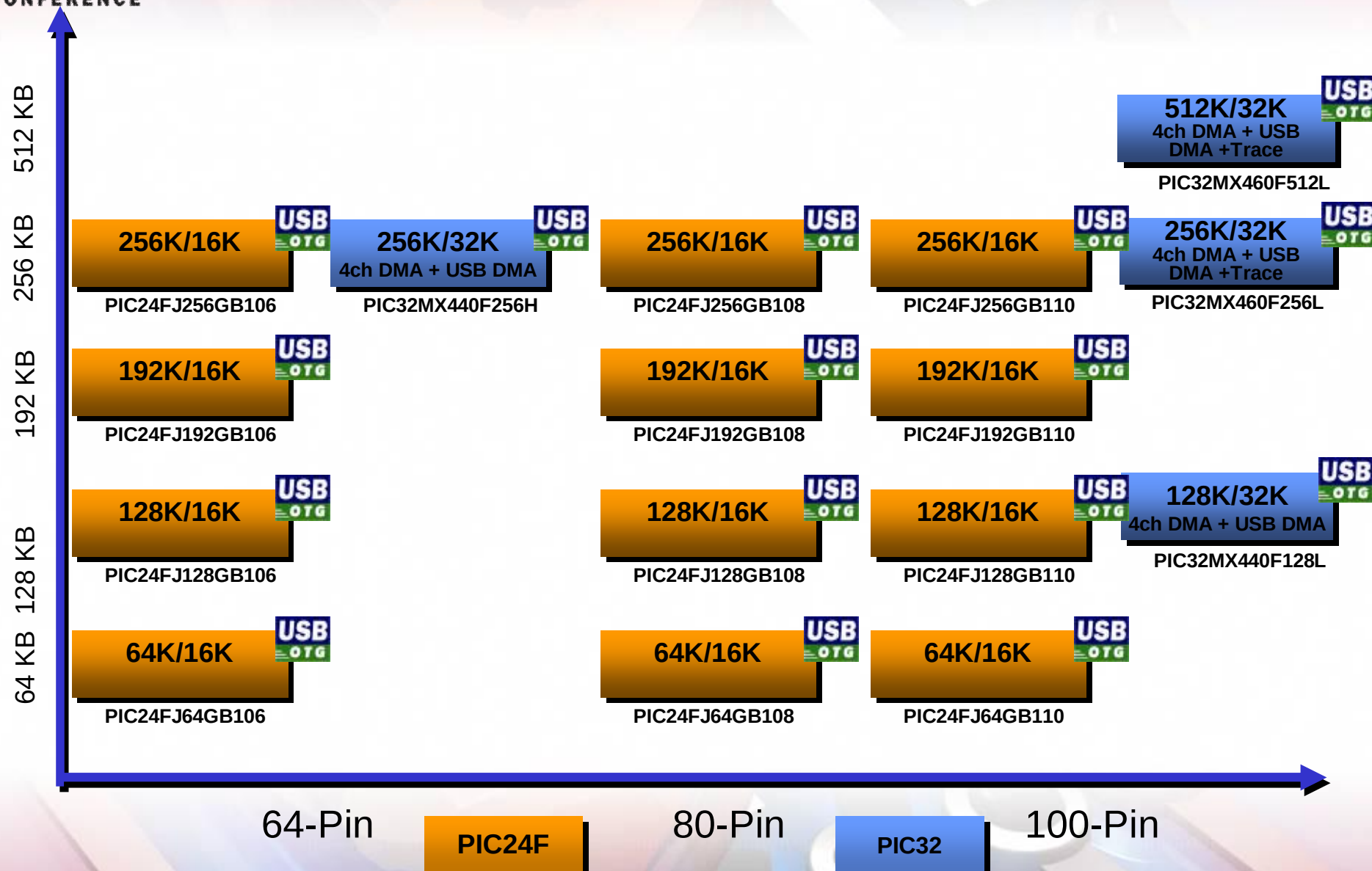
- | **4-ch. DMA**
- | **2 x UART**
- | **2 x I²C™**
- | **2 x SPI**
- | **16 ch. x 10-bit A/D**
- | **5 x 16-bit timers**
- | **5 x IC, 5 x OC/PWM**
- | **2 x Comparators**

**Высокопроизводительный микроконтроллер
для встроенных хостов и OTG-устройств**

Семейство PIC18 USB



Микроконтроллеры с USB OTG

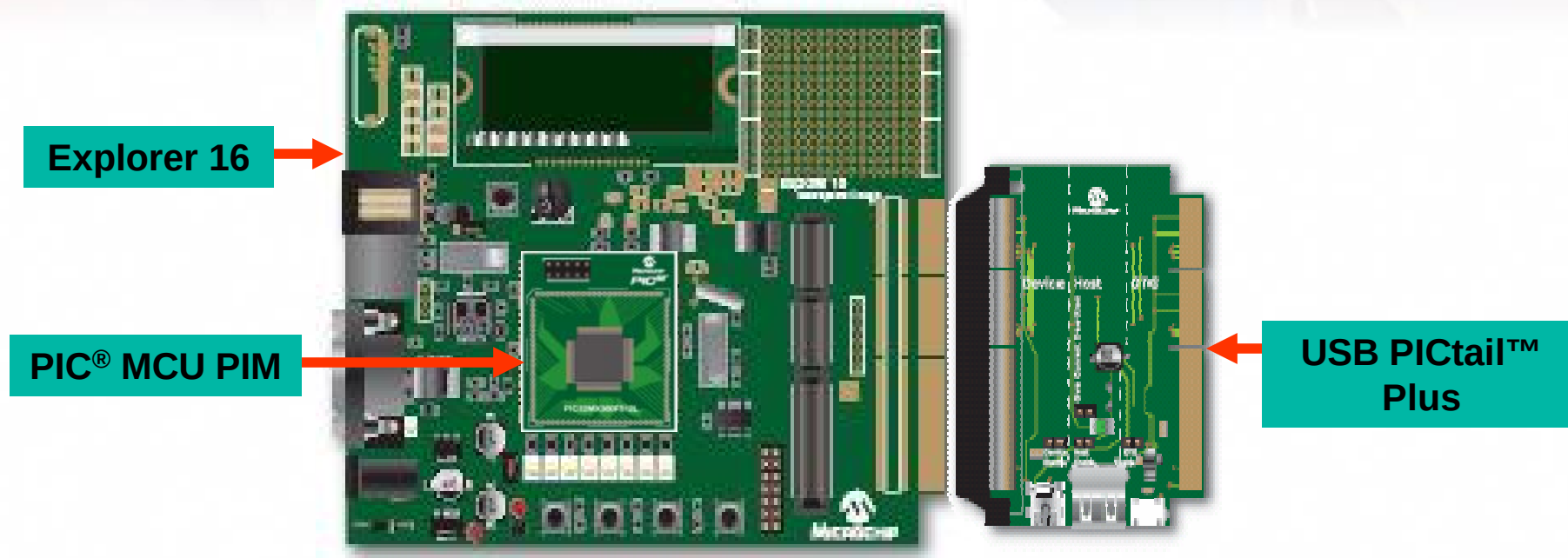


Low Pin Count USB Development Kit

- | Демоплата на базе PIC18F14K50
- | Прямое подключение к PICkit™ 2
- | Порт USB 2.0
- | Порт RS232
- | Базовая периферия
- | Макетная область
- | Примеры и документация в комплекте (доступны на сайте)

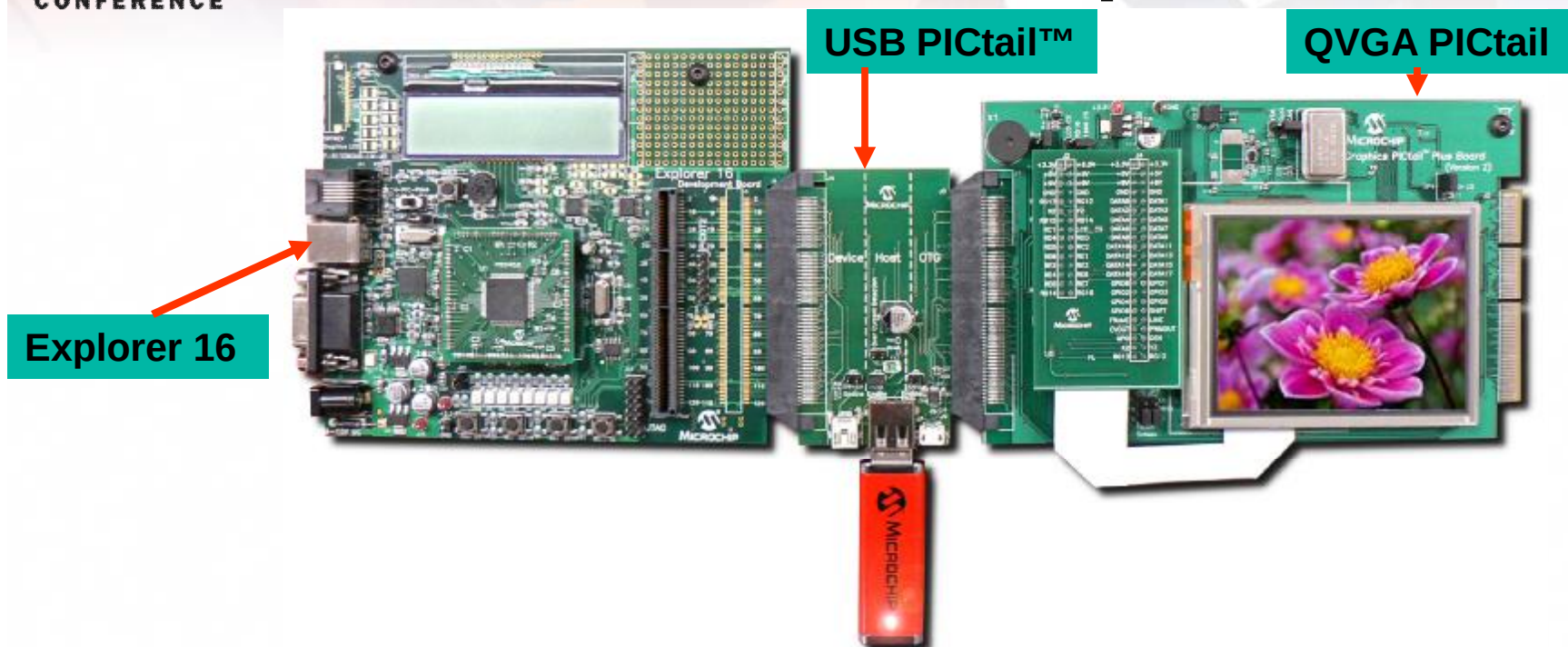


USB-демоплаты на базе Explorer 16



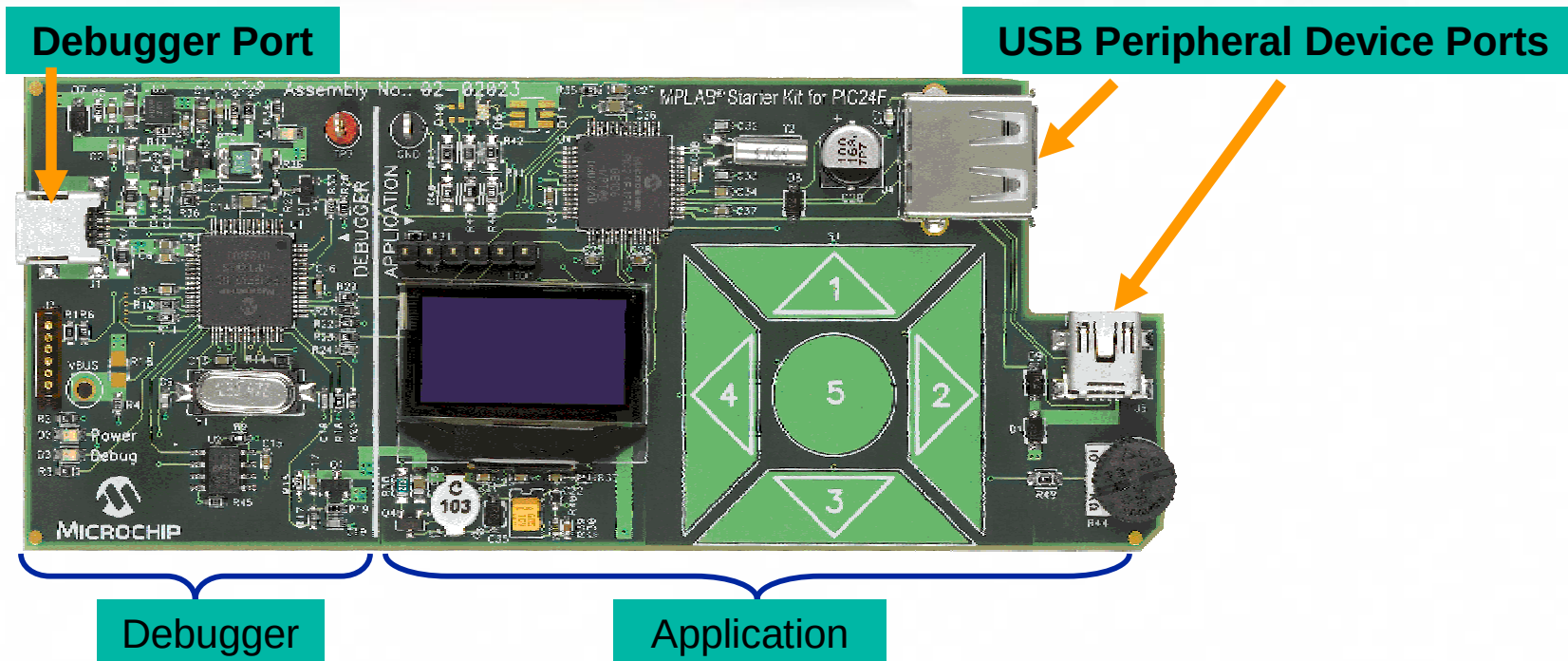
- | Демоплата для всех 16- and 32-битных контроллеров PIC
- | Требуется процессорный модуль (PIM) с USB-контроллером
- | Требуется плата расширения USB PICtail Plus
- | Конфигурируется как OTG, встроенный хост или периферийное устройство
- | Стеки USB OTG для устройства и хоста
- | Встроенный хост – драйверы классов HID, Mass Storage, Printer, Custom

Комплексные решения



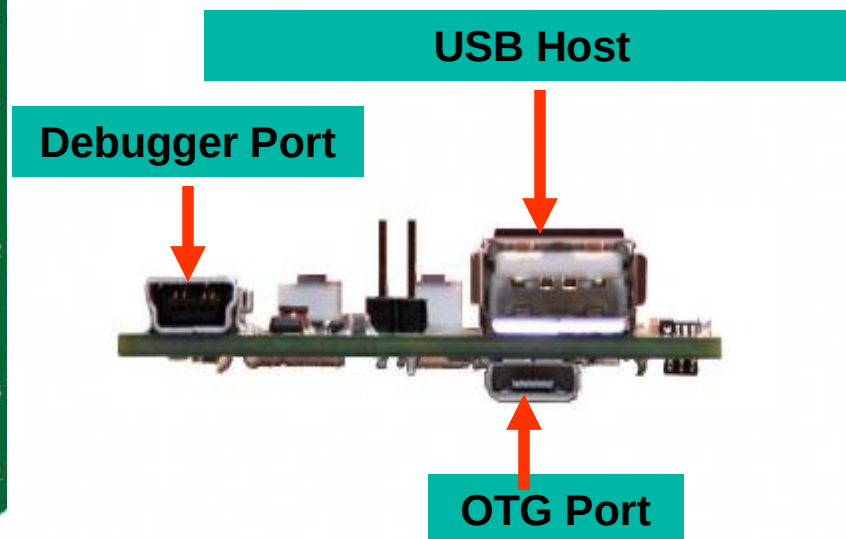
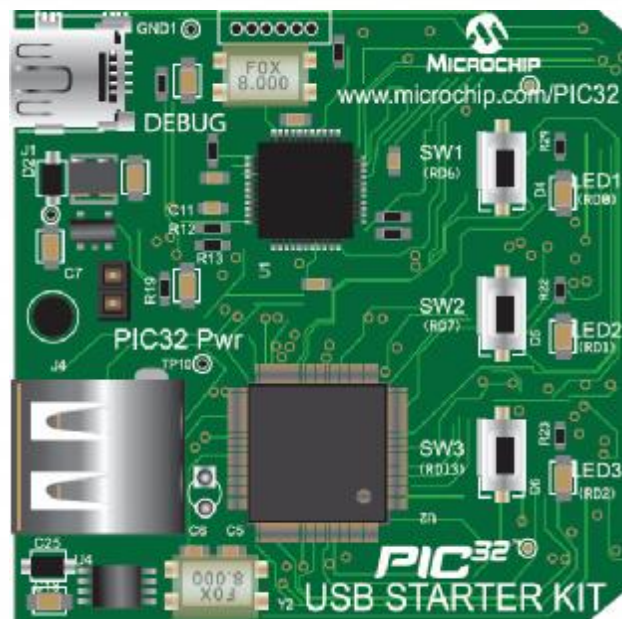
- | Встроенный хост на базе PIC24FJ256GB110
- | Чтение графических файлов с USB Flash Drive
- | Вывод изображений на графический QVGA-дисплей

PIC24F Starter Kit



- | PIC24F Starter Kit - демоплата на базе PIC24FJ256GB106
- | Демонстрирует возможности PIC24 в качестве встроенного хоста и OTG
- | Стандартный разъем USB-A для подключения периферии
- | Пользовательский интерфейс на базе графического OLED-дисплея и сенсорной клавиатуры
- | Встроенный отладчик, совместимый с MPLAB® IDE
- | Питание через отладочный USB-разъем от ПК

PIC32 USB Starter Board



- | Демоплата на базе PIC32MX460F512
- | Демонстрирует возможности PIC32 в качестве встроенного хоста и OTG
- | Встроенный отладчик, совместимый с MPLAB® IDE
- | Питание через отладочный USB-разъем от ПК

Спасибо за внимание

Trademarks

The Microchip name and logo, the Microchip logo, Accuron, dsPIC, KeeLoq, KeeLoq logo, MPLAB, PIC, PICmicro, PICSTART, PRO MATE, rfPIC and SmartShunt are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

FilterLab, Linear Active Thermistor, MXDEV, MXLAB, SEEVAL, SmartSensor and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Analog-for-the-Digital Age, Application Maestro, CodeGuard, dsPICDEM, dsPICDEM.net, dsPICworks, dsSPEAK, ECAN, ECONOMONITOR, FanSense, In-Circuit Serial Programming, ICSP, ICEPIC, Mindi, MiWi, MPASM, MPLAB Certified logo, MPLIB, MPLINK, mTouch, PICkit, PICDEM, PICDEM.net, PICtail, PIC32 logo, PowerCal, PowerInfo, PowerMate, PowerTool, REAL ICE, rfLAB, Select Mode, Total Endurance, UNI/O, WiperLock and ZENA are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

SQTP is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2008, Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.



YOU + MICROCHIP ENGINEERING THE FUTURE TOGETHER

USB

Host / OTG / Device

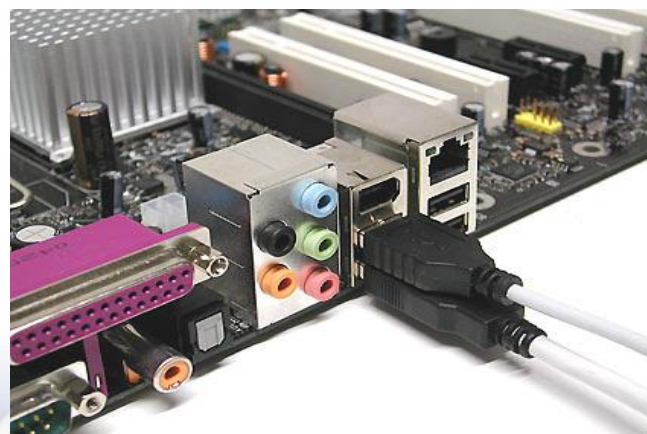
Введение

| Стандарт USB – результат совместной разработки ведущих производителей ПК и периферии

- Compaq/HP, Intel, Microsoft, LSI, NEC, ...

| Цели:

- | Универсальность – подключение устройств разных типов
- | Высокая пропускная способность
- | Простота использования
- | Обеспечение питания
- | Замена для портов RS232, Parallel, PS/2, ...



Структура

- Топология - звезда
- Расширяется при помощи хабов
- Обеспечивает питанием конечные устройства

До 7 уровней:

1

2

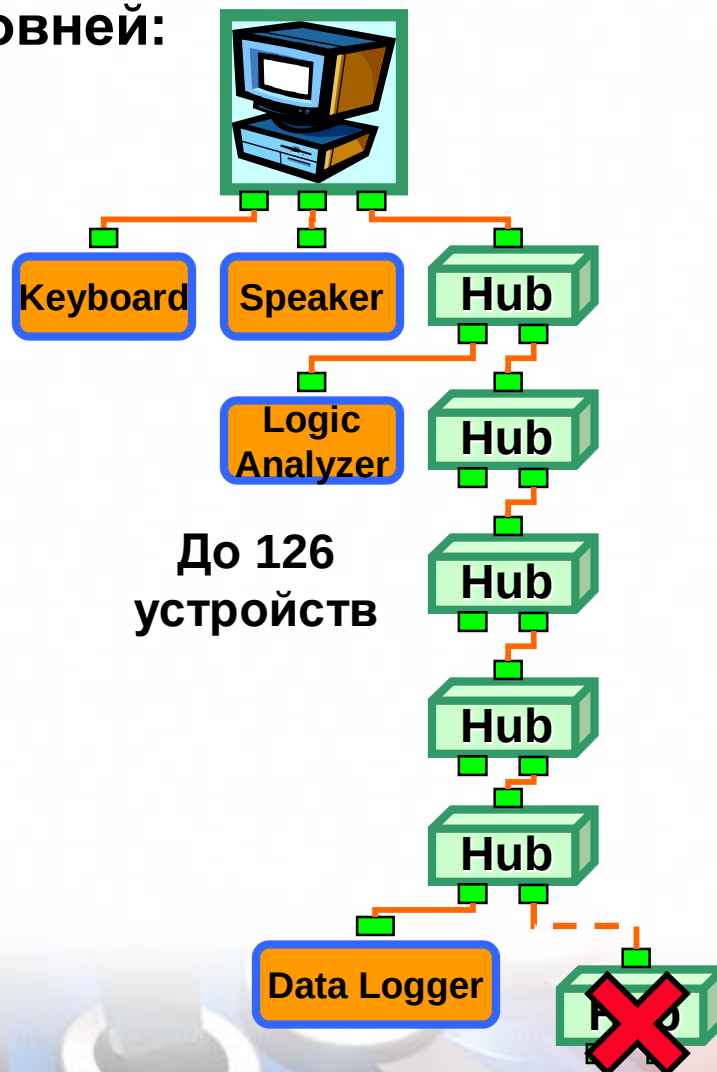
3

4

5

6

7



Интерфейсы - сравнение



Все USB-контроллеры
PIC18 / PIC24 / PIC32
поддерживают Low- и Full-Speed

1394-Fire Wire

Ethernet

WiFi (b/g)

Для соответствия
спецификации
USB 2.0 не
обязательно
поддерживать
High-Speed

USB 2.0

LS-USB
1.5 Mb/s

FS-USB
12 Mb/s

HS-USB
480 Mb/s

USB 1.1

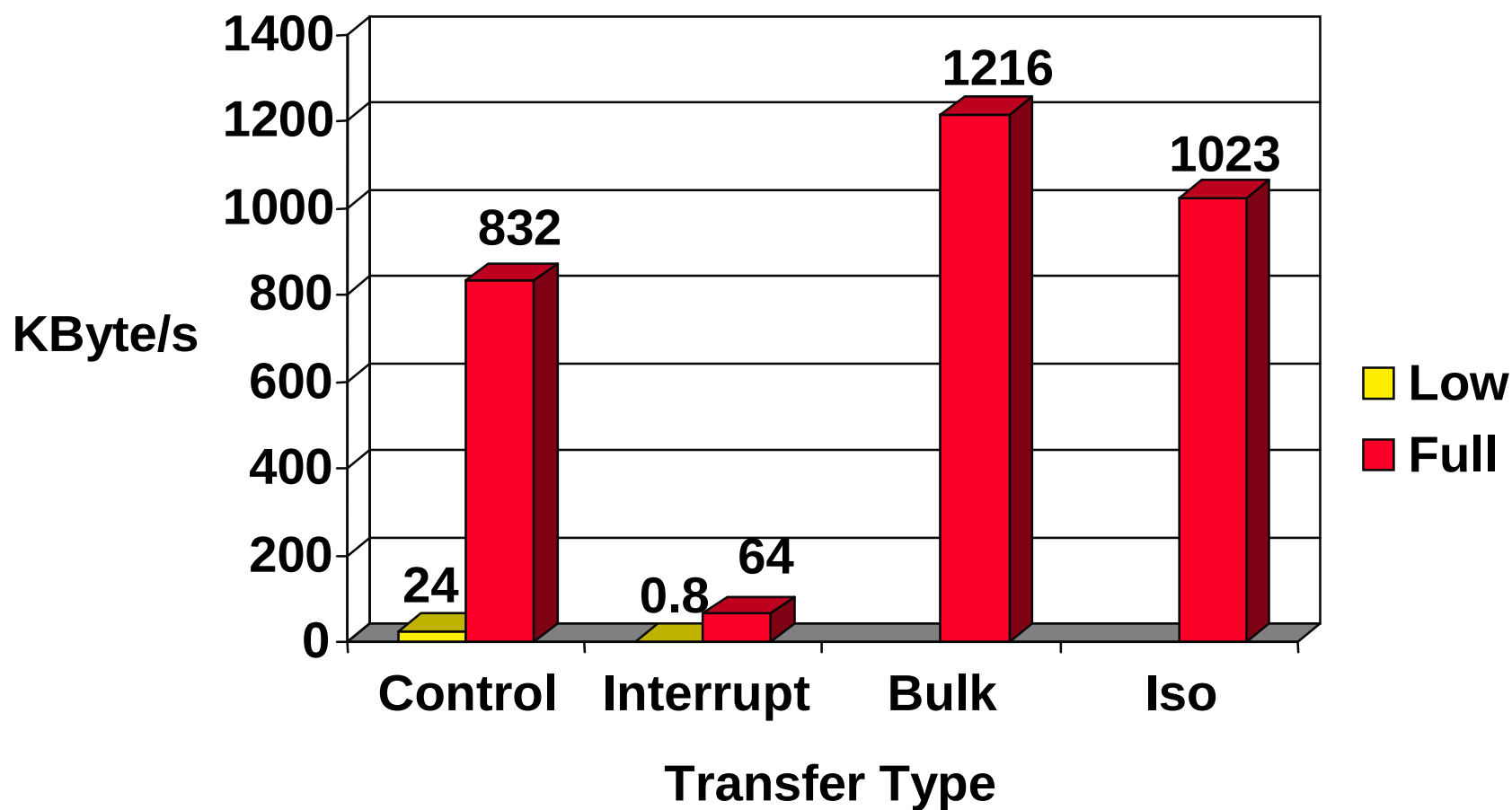
CAN

RS-232

Parallel Port



Теоретическая пропускная способность USB



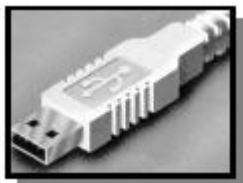
Подробнее о скоростях:

- | **МИФ:** Low-Speed USB обеспечивает скорость передачи данных до 1.5 Мбит/с
- | **РЕАЛЬНОСТЬ:** протокол подразумевает передачу 8-байтовых пакетов с периодом 10 мс = 640 Кбит/с
- | **МИФ:** Full-Speed USB обеспечивает скорость до 12Мбит/с
- | **РЕАЛЬНОСТЬ:** 12 Мбит/с – полная физическая пропускная способность канала
 - Делится между устройствами
 - Оверхэд и ограничения пакетного протокола
 - Результат: ~8 Мбит/с = 1 Мб/с (64 Кб/с для HID)

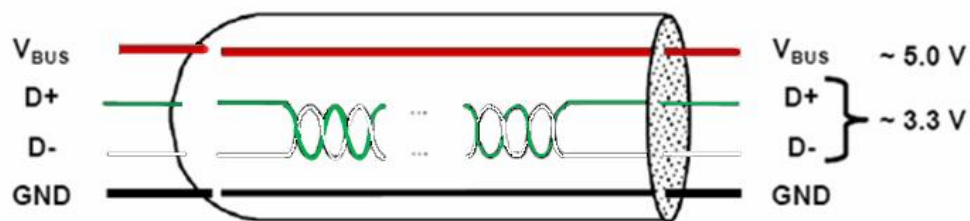
USB-физический уровень

- USB 2.0 -

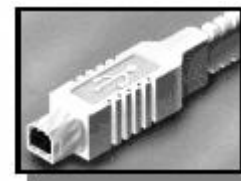
Хост



Питание +5 В и земля
Витая пара D+ и D-
Дифференциальный режим
NRZI-кодирование



Периферия



Передача данных

- USB – шина типа “Single Master + Multiple Slaves”,
режим работы - опрос

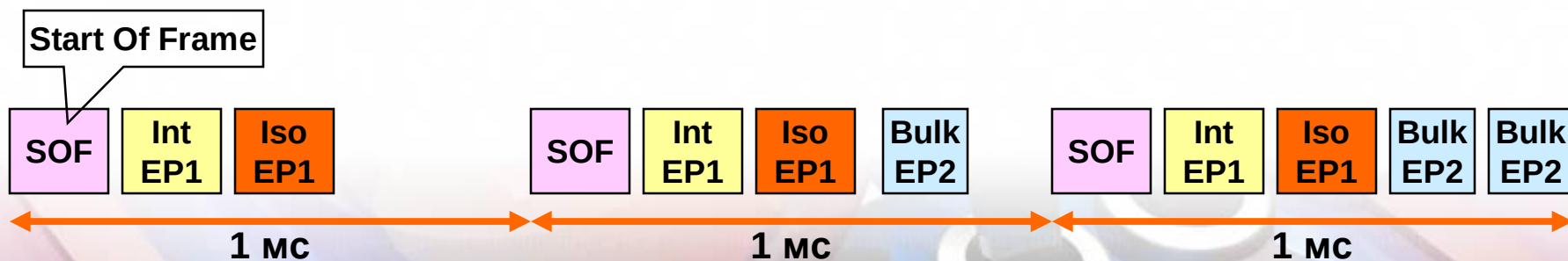
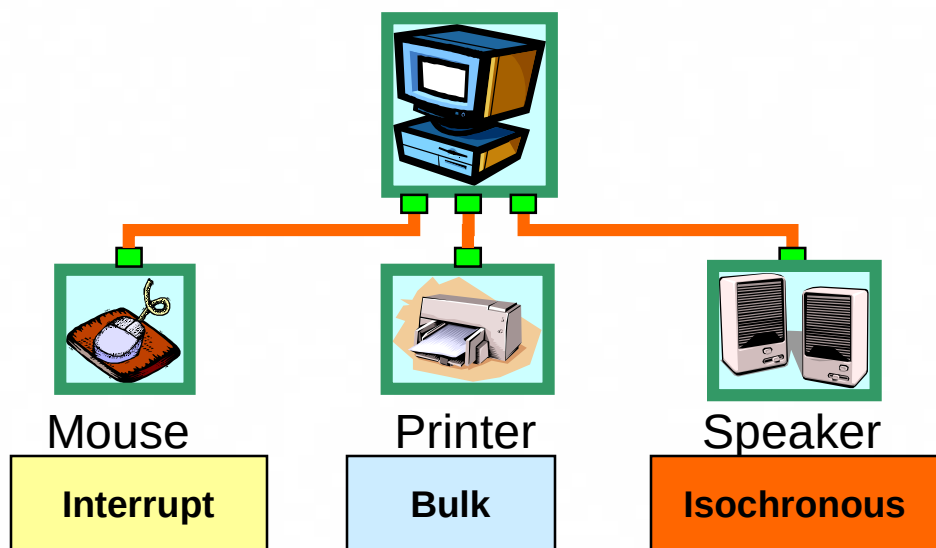
Все транзакции начинаются с запроса от хоста

Устройства отвечают на запросы

Каждое устройство опрашивается индивидуально

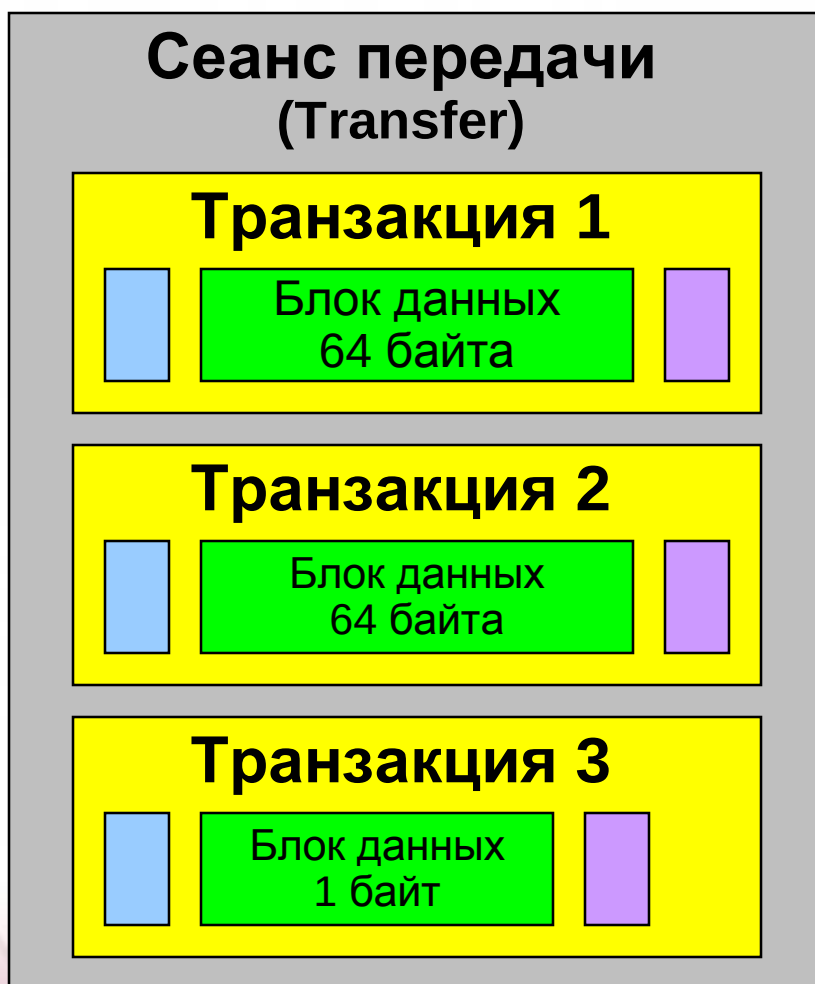
Устройства не могут общаться друг с другом

Пропускная способность хоста разделяется между устройствами



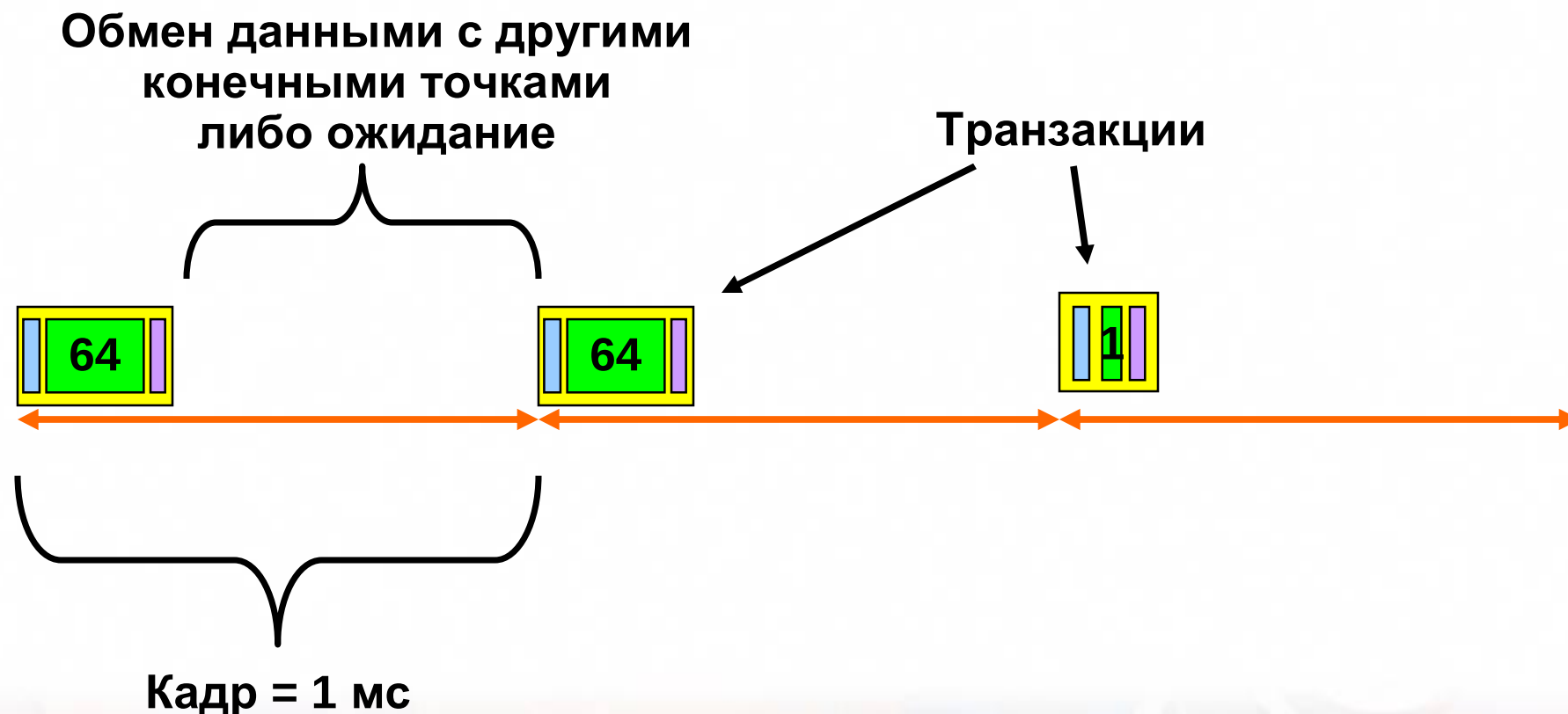
Сеанс передачи (Transfer) - последовательность транзакций

MPUSBWrite (EP7, Pointer, Size = 129, Timeout)



Пример передачи в режиме Interrupt

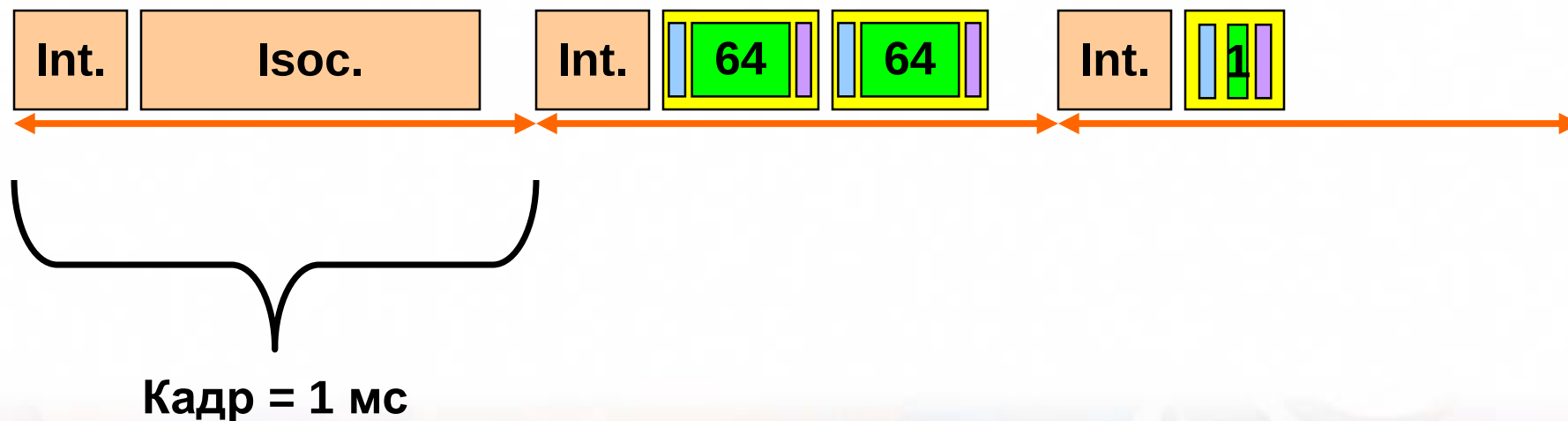
MPUSBWrite (EP7, Pointer, Size = 129, Timeout)



Пример передачи в режиме Bulk

`MPUSBWrite ( EP7, Pointer, Size = 129, Timeout )`

Данные передаются
только в отсутствие
высокоприоритетных
транзакций



Пропускная способность

- Full Speed USB -

Тип конечной точки	Режим опроса	Зарезерв. ширина канала, %	Макс. размер пакета / пакетов в кадре / размер конечной точки	Макс. скорость передачи	Контроль целостности
Interrupt	Фикс. период	90	64 / 1 / 64	64 Кб/с	+
Isochronous	Фикс. период	90	1023 / 1 / 1023	~1 Мб/с	-
Bulk	Переменный период, использует свободную ширину канала	0	1216 / 19 / 64	~1.2 Мб/с	+
Control	Переменный период	10	832 / 13 / 64	~80 Кб/с	+

Компоненты USB

- | **Полнофункциональный USB-хост**
 - ПК
- | **Встроенный USB-хост**
 - Не поддерживает установку драйверов
 - Пониженные требования к функциональности и быстродействию
- | **Периферийное USB-устройство**
 - Мышь, клавиатура, Flash Drive, ...
- | **OTG**
 - Смена функций хост/устройство
 - Может быть OTG или двойного назначения



YOU + MICROCHIP ENGINEERING THE FUTURE TOGETHER

USB-устройство

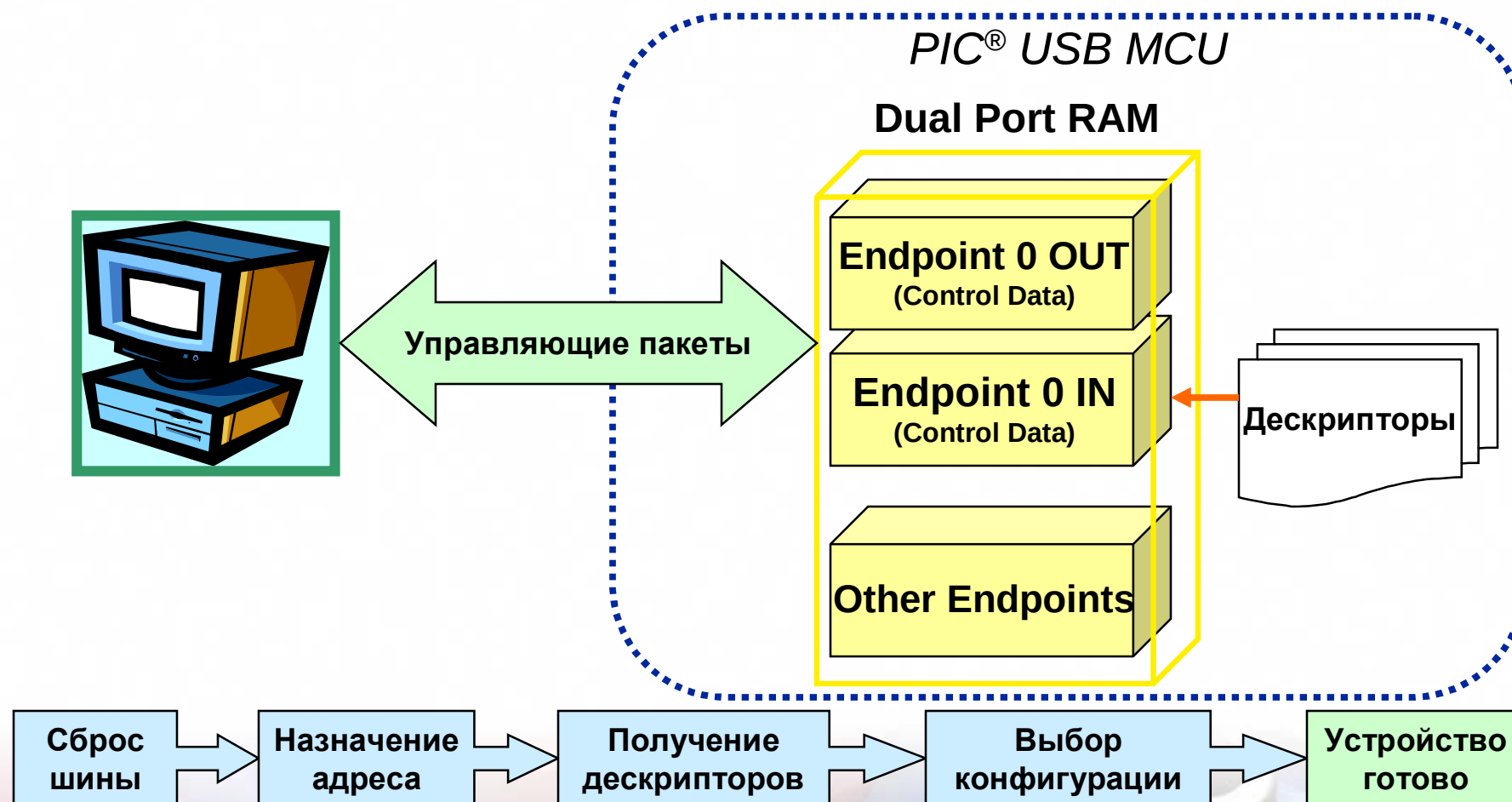
USB-устройство

- Отвечает на запросы от хоста, не может инициировать транзакции
- Использует простое компактное ПО для реализации конкретной USB-функции



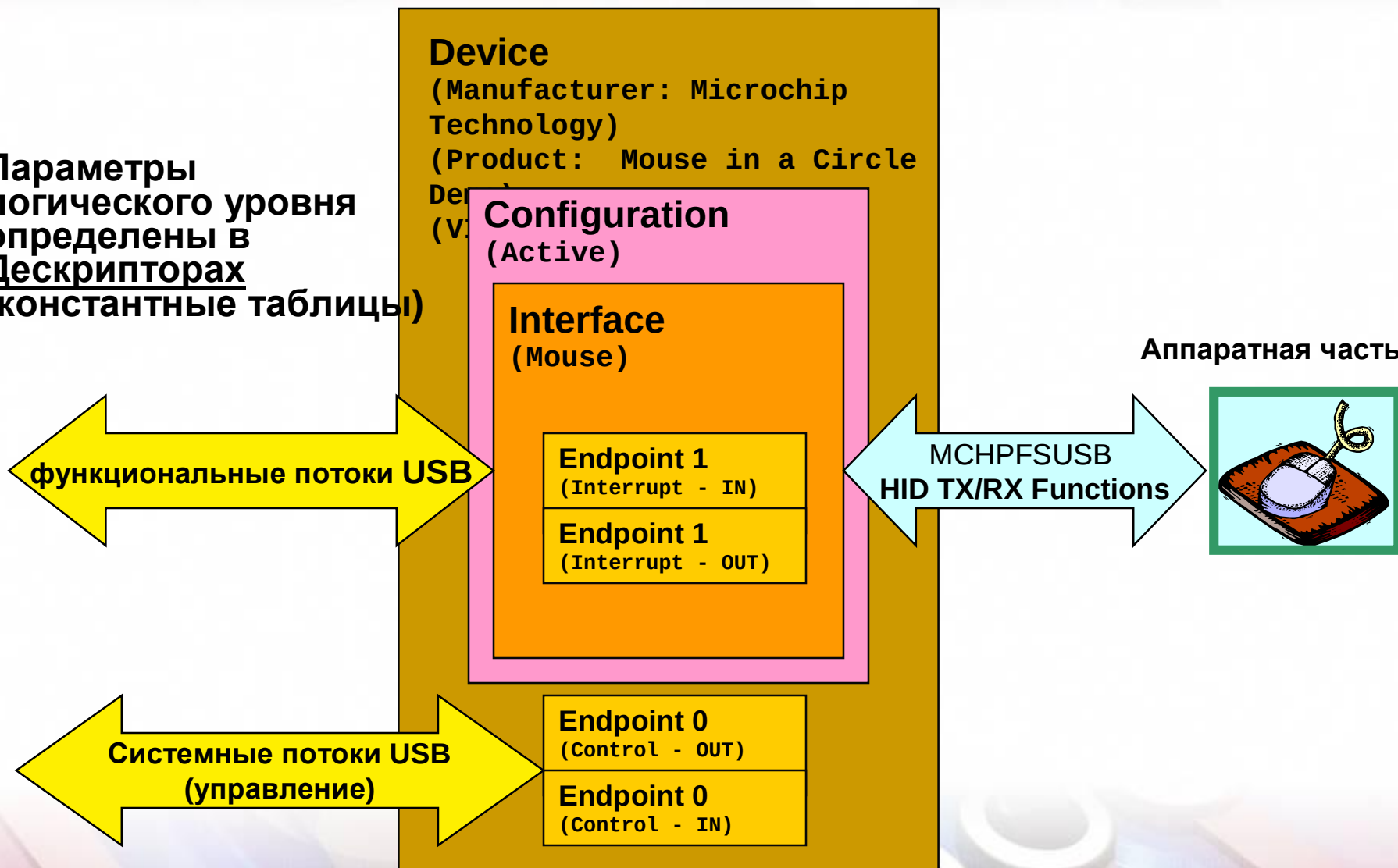
Конечная точка 0 и Перечисление

*Более подробно см. в спецификации USB 2.0 раздел 9.

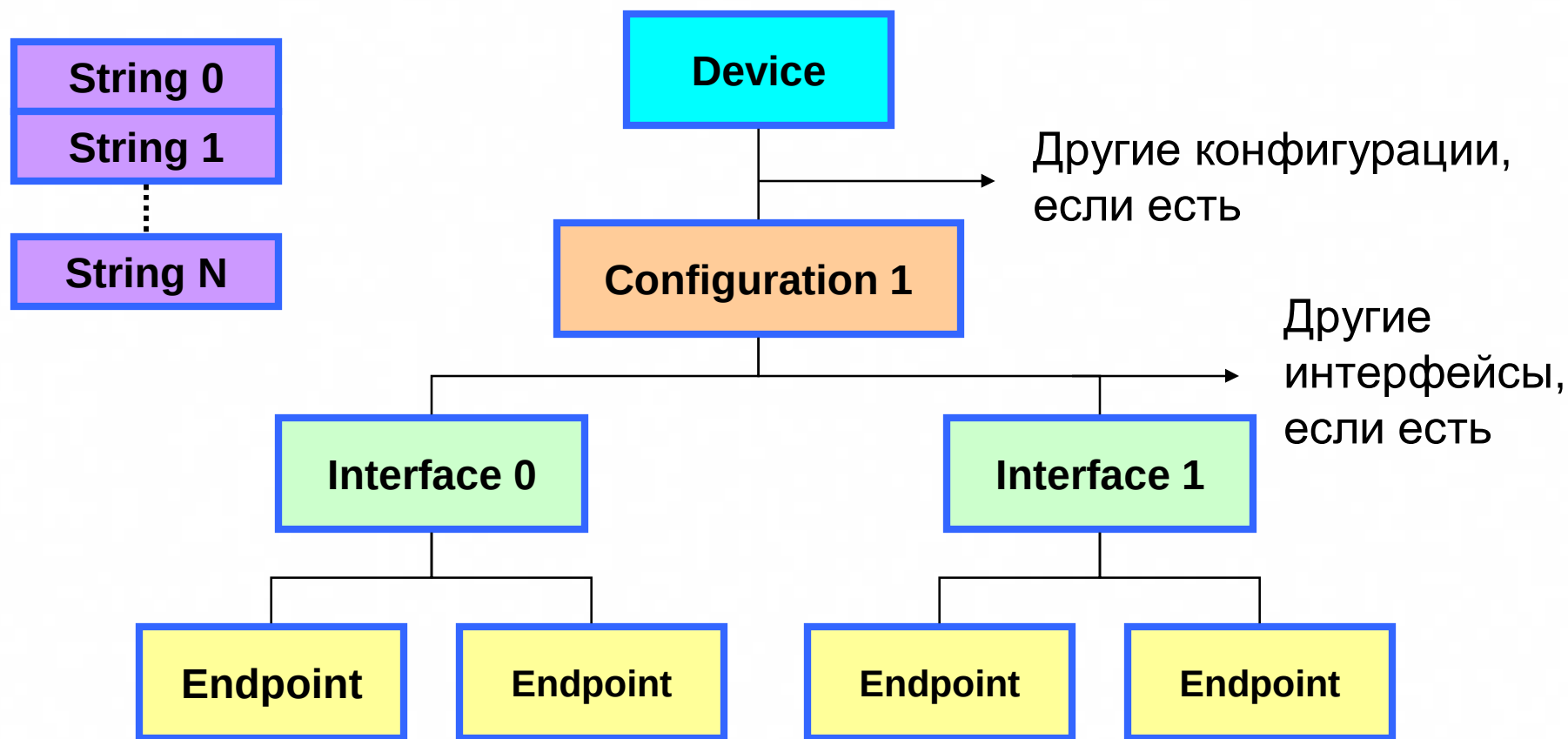


Логическое USB-устройство

Параметры
логического уровня
определены в
Дескрипторах
(константные таблицы)

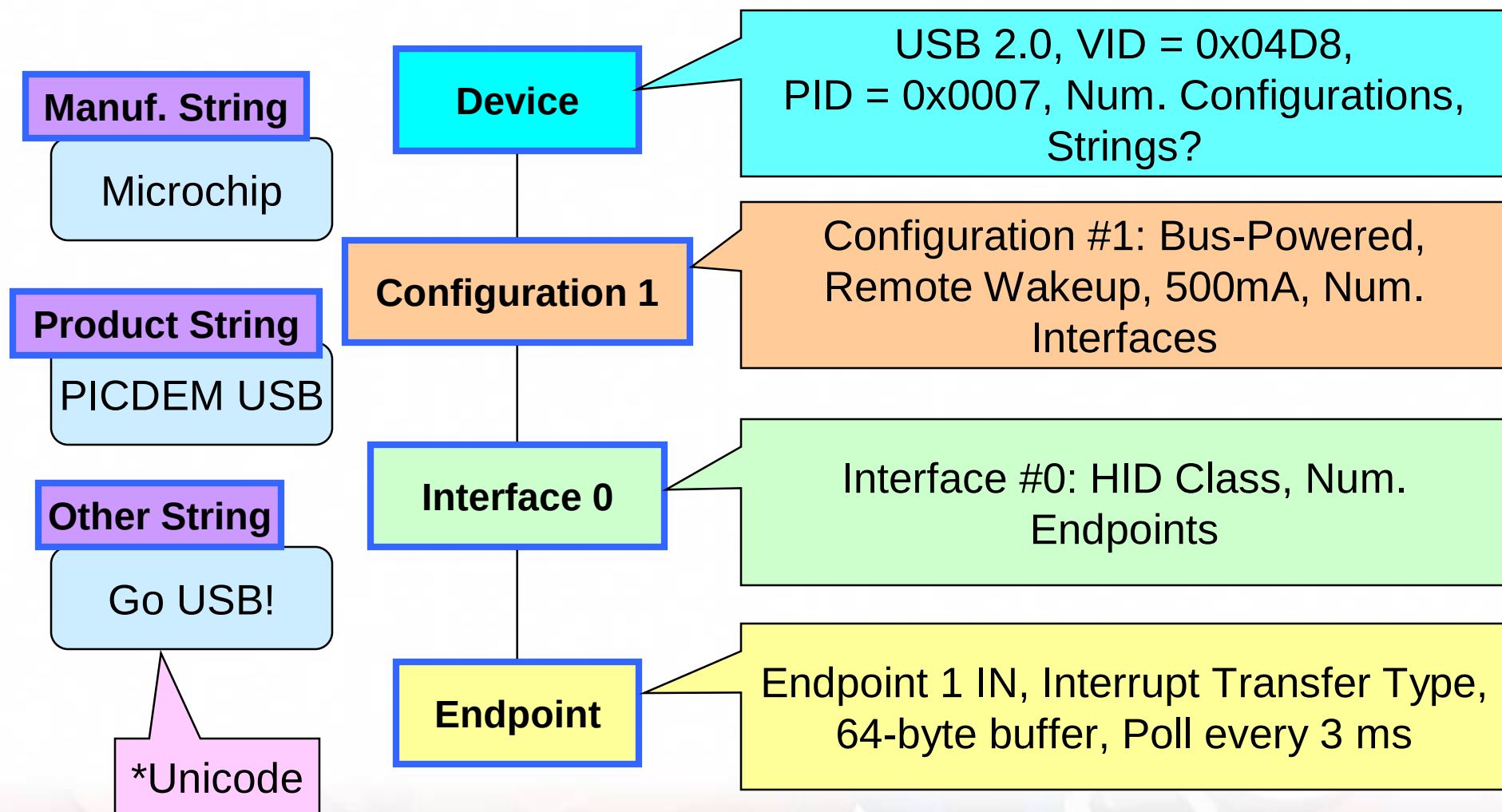


Дескрипторы



Дескрипторы как правило хранятся в ПЗУ / программном Flash

Дескрипторы - пример



Библиотека MCHPFSUSB v2.x

- Таблицы описания дескрипторов -

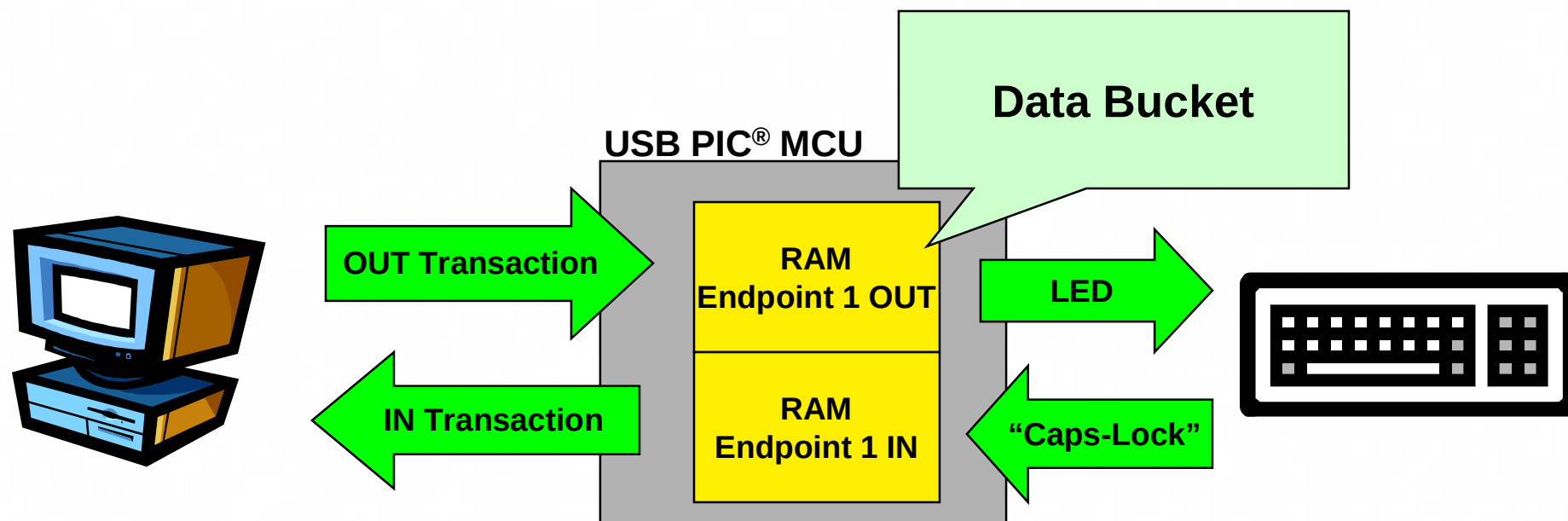
| usb_descriptors.c

- Дескрипторы
 - | VID & PID
 - | Специфичные для класса

```
/* Device Descriptor */  
ROM USB_DEVICE_DESCRIPTOR device_dsc=  
{ 0x12,      // Size of this descriptor in bytes  
  USB_DESCRIPTOR_DEVICE, // DEVICE descriptor type  
  0x0110,    // USB Spec Release Number  
  0x00,      // Class Code  
  0x00,      // Subclass code  
  0x00,      // Protocol code  
  EP0_BUFF_SIZE, // Max packet size for EP0,  
  0x04D8,     // Vendor ID  
  0x000C,     // Product ID
```

...

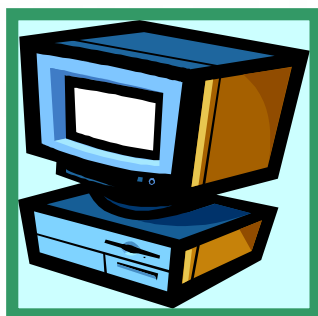
Конечные точки – средство обмена данными



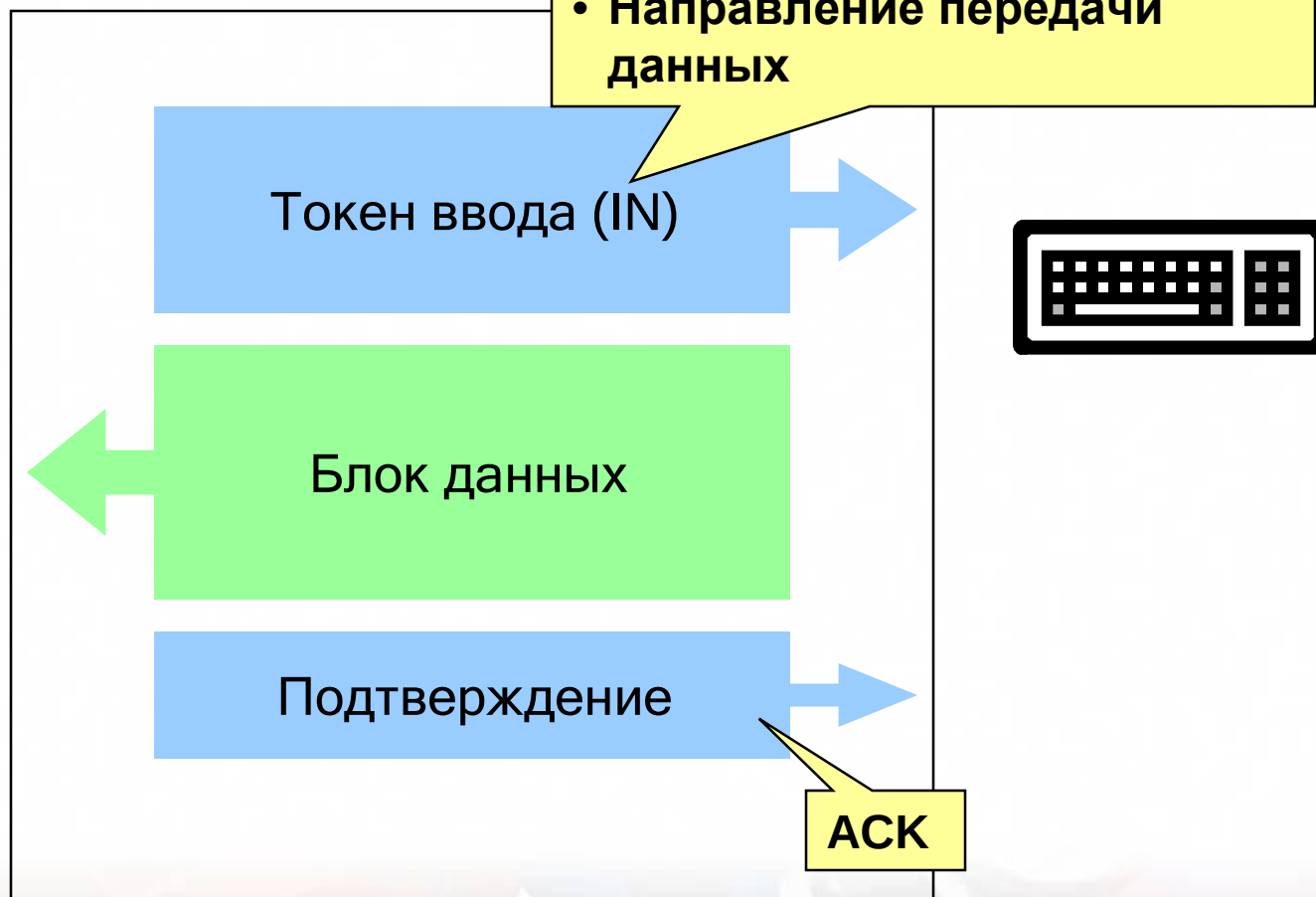
- I Максимальное число конечных точек определено в спецификации USB:
 - 16 исходящих (OUT) + 16 входящих (IN) = 32 конечные точки
 - PIC18F87J50, PIC18F4550, PIC24F, PIC32MX поддерживают до 32 конечных точек
 - PIC18F14K50 поддерживает до 16 конечных точек

I EP0 - базовый канал обмена

USB-транзакции



- Адрес устройства
- Номер конечной точки
- Направление передачи данных



Типы токенов



SETUP

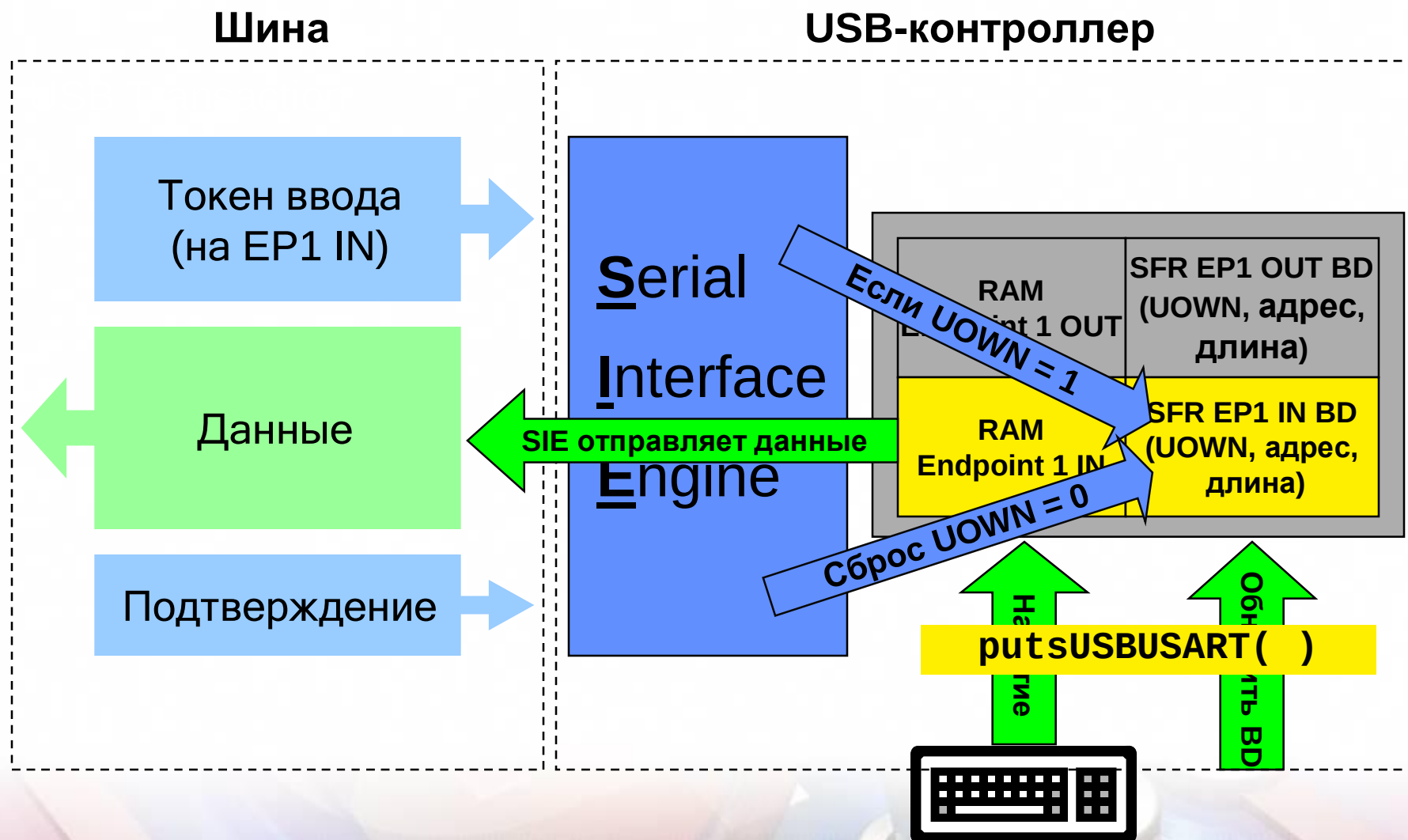
OUT

IN

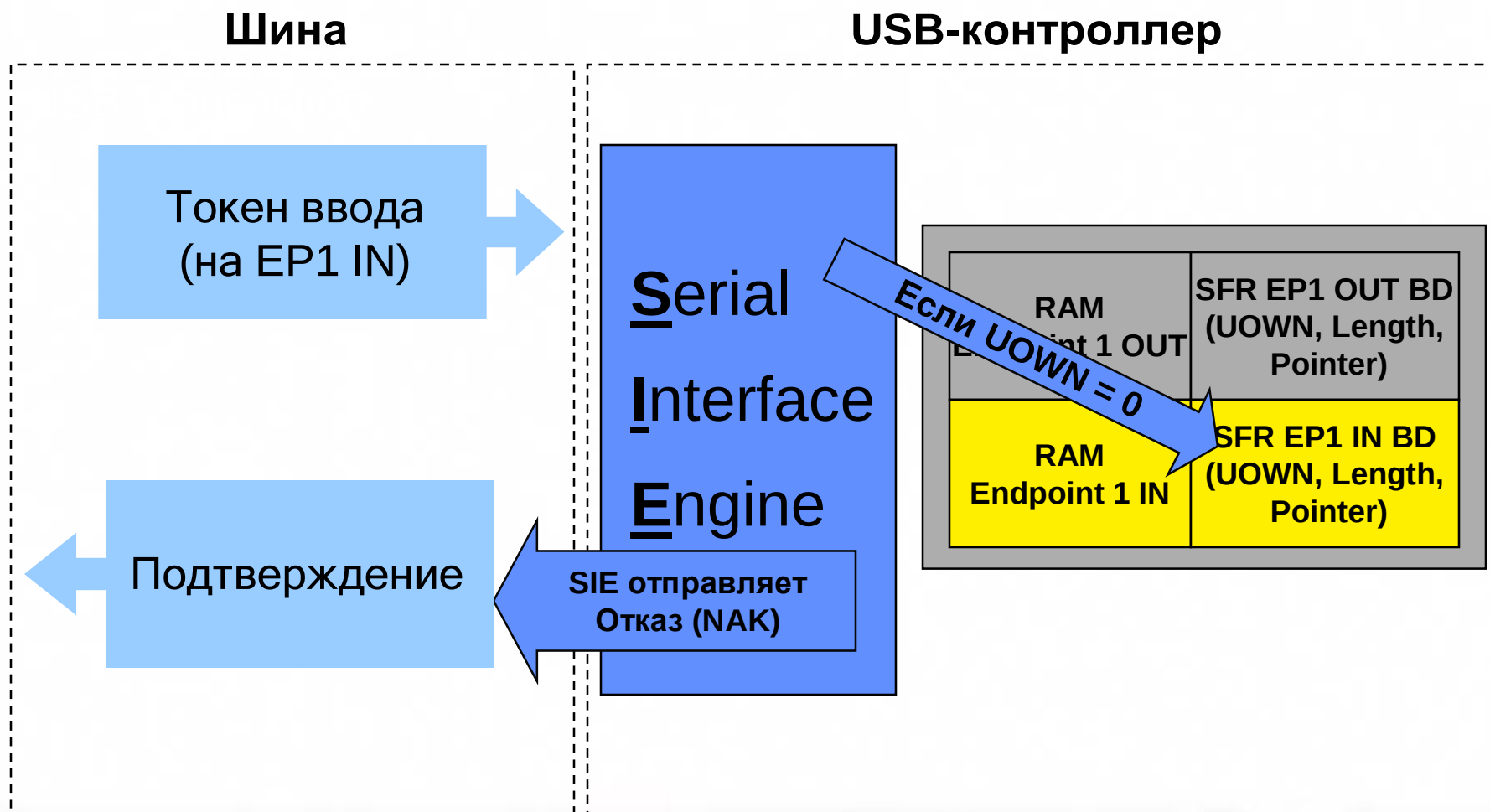
Токены SETUP и OUT
указывают на передачу
данных от хоста к
устройству

Токен IN указывает
на передачу от
устройства к хосту

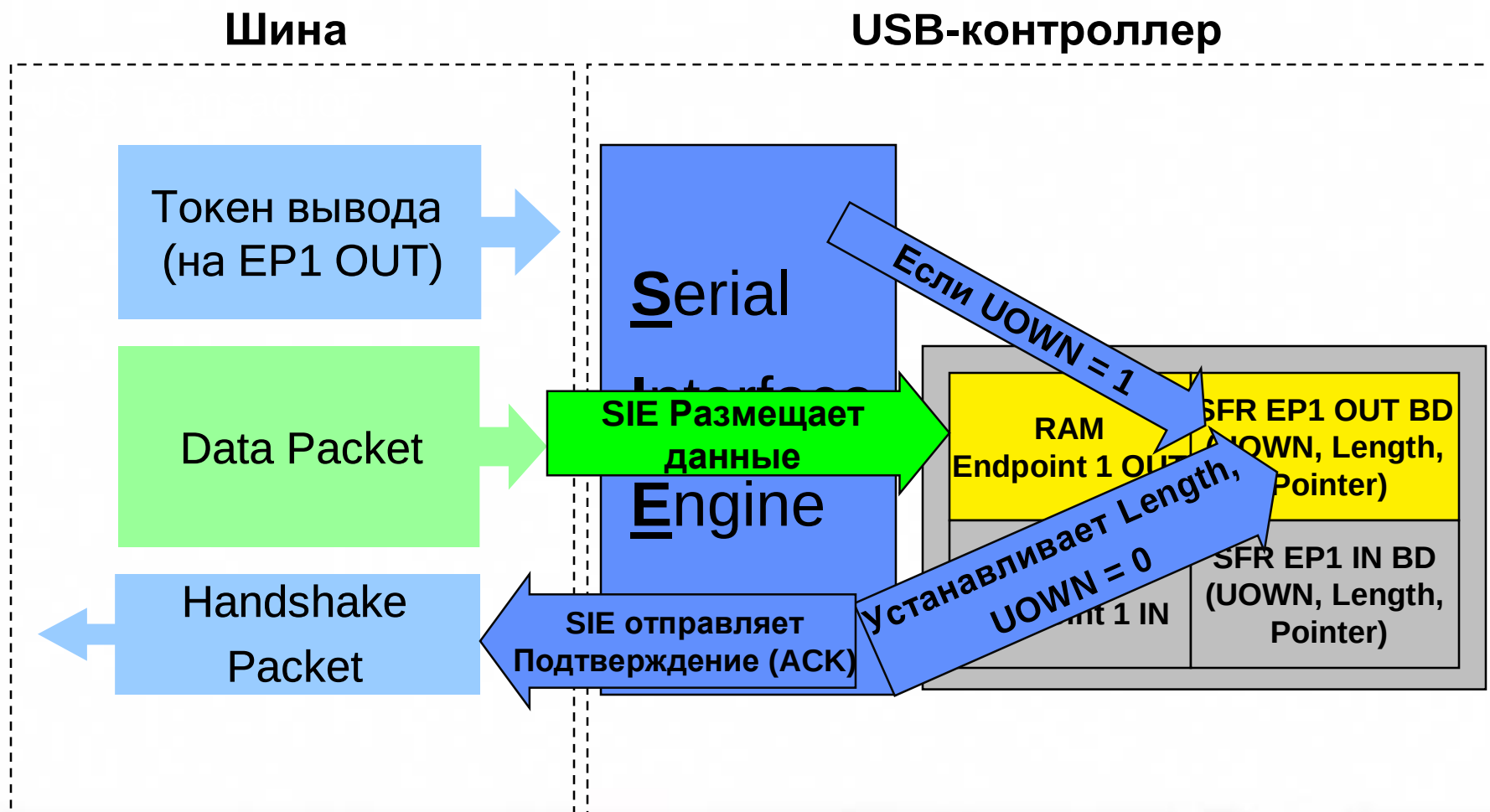
Подтверждение входящей транзакции (IN ACK)



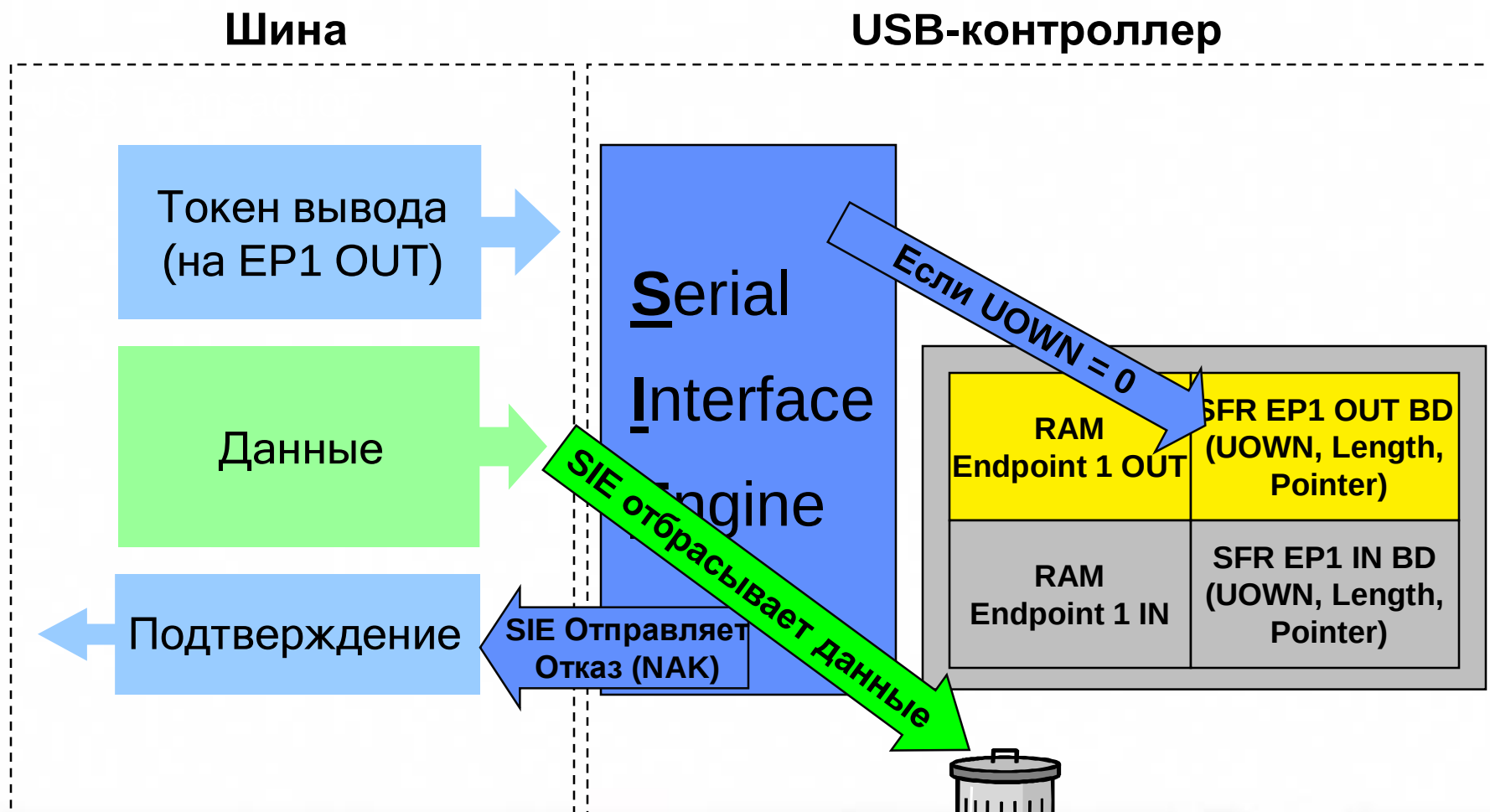
Отказ от входящей транзакции (IN NAK)



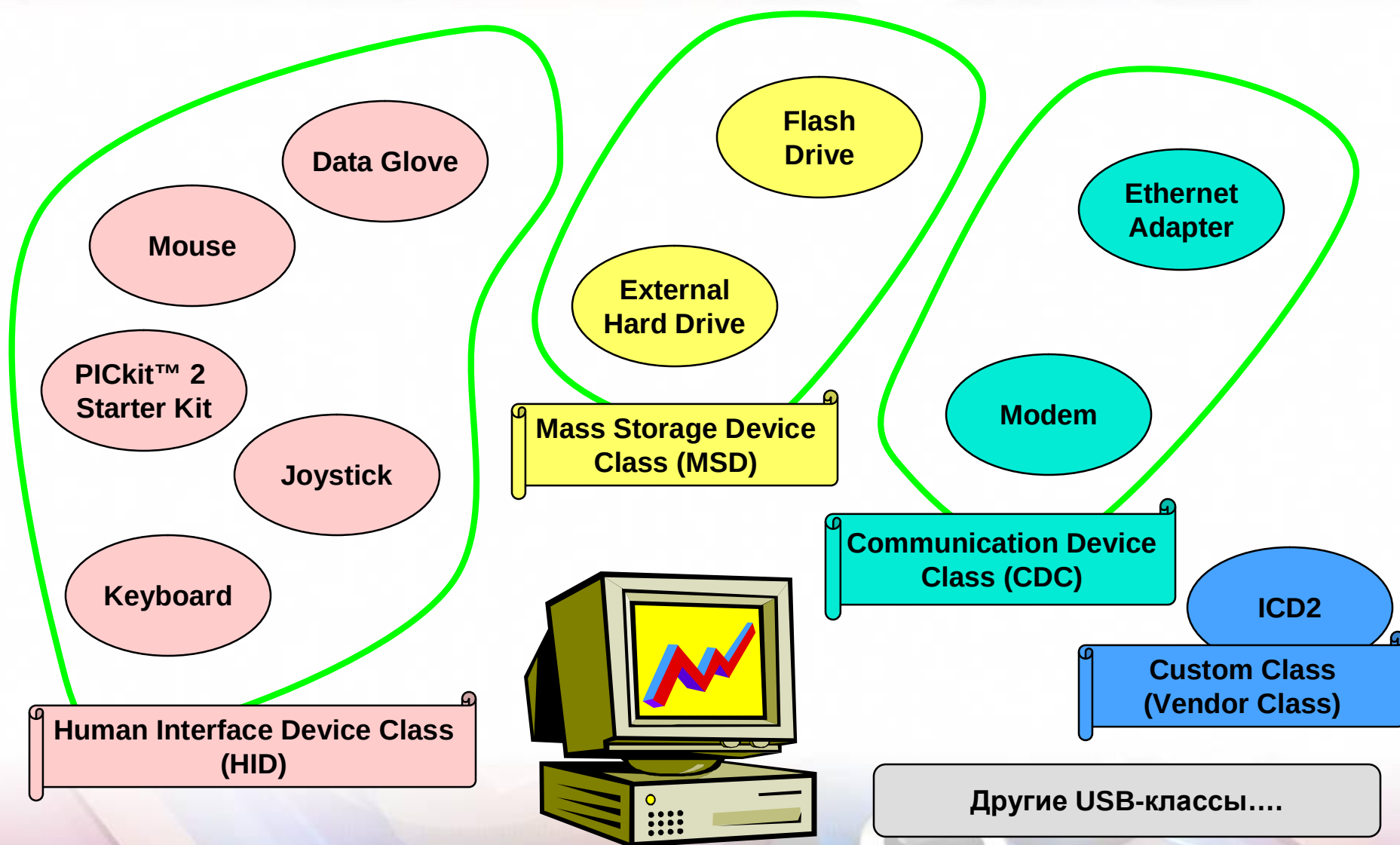
Подтверждение исходящей транзакции (OUT/SETUP ACK)



OUT/SETUP Transaction NAK



Классы USB-устройств



USB Driver Choices

Features		HID	CDC	mchpusb.sys (v1.0.0.6)	WinUSB
Стандартный драйвер Windows		+	+ .inf	--	+ .inf
Поддержка 64-разрядных ПК		+	+	+	+
Поддержка XP		+	+	+	+
Поддержка Vista		+	+	+	+
Режимы передачи данных	Control	+	--	+	+
	Interrupt	+	--	+	+
	Bulk	--	+	+	+
Макс. скорость		64 Kб/с	~80 Kб/с	~1.0 Мб/с	~1.0 Мб/с

Типовые требования к USB-устройству*

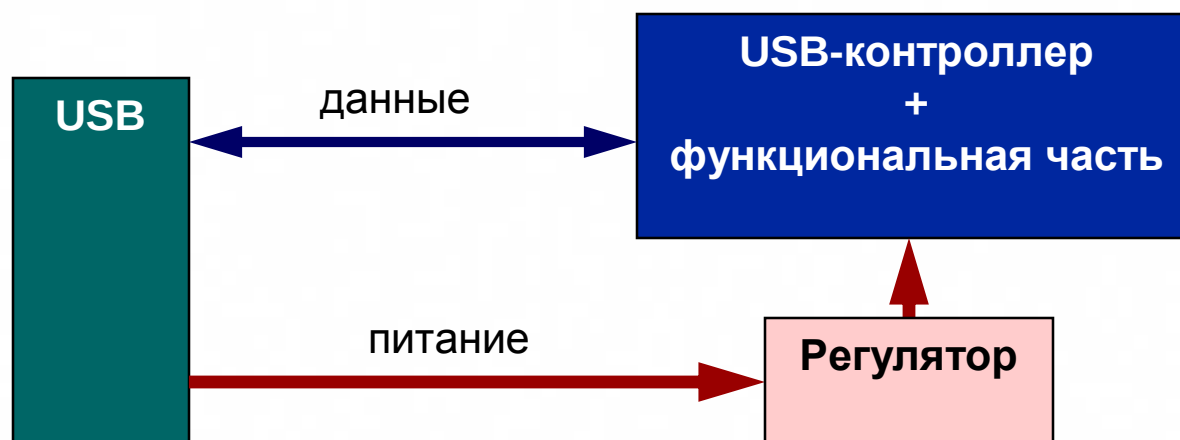
- | **Периферия для работы с внешними устройствами и сигналами**
 - АЦП, компараторы
 - Интерфейсы SPI, I²C™, UART
 - ШИМ-генераторы, таймеры, цифровые входы/выходы
- | **USB-трансивер с поддержкой Full-Speed**
- | **Быстродействие, достаточное для обработки запросов в выбранном режиме**
- | **ПО, необходимое для поддержки выбранных USB-функций**

***Все USB-контроллеры Microchip совместимы с требованиями к USB-устройству**

Энергопотребление

I Маломощное устройство

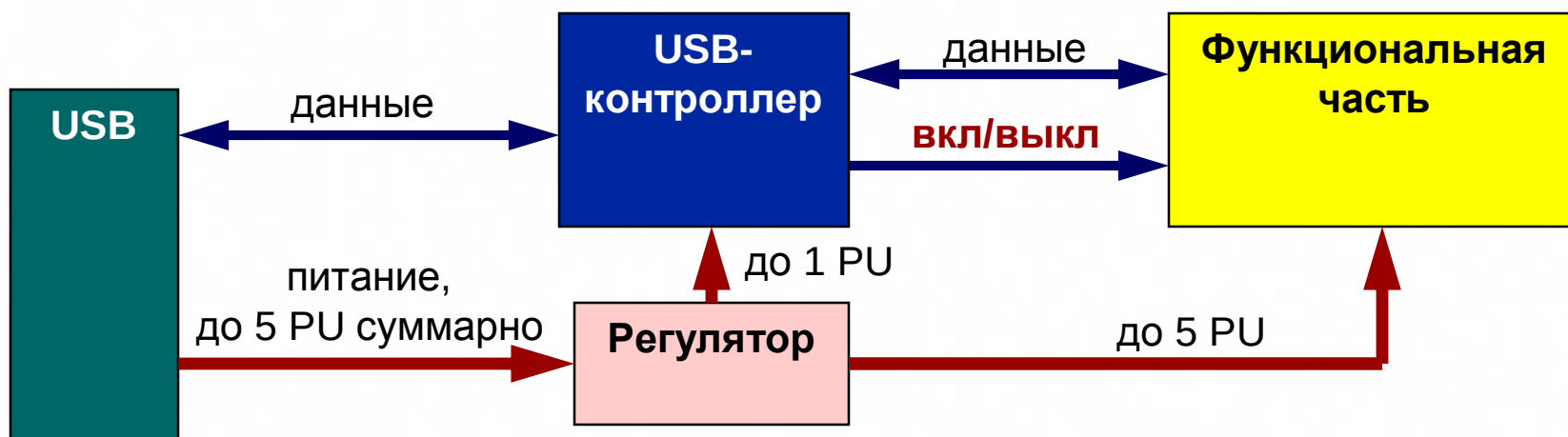
- Потребление - до 100 мА = 1 единица (Power Unit)



Энергопотребление

I Высокомощное устройство

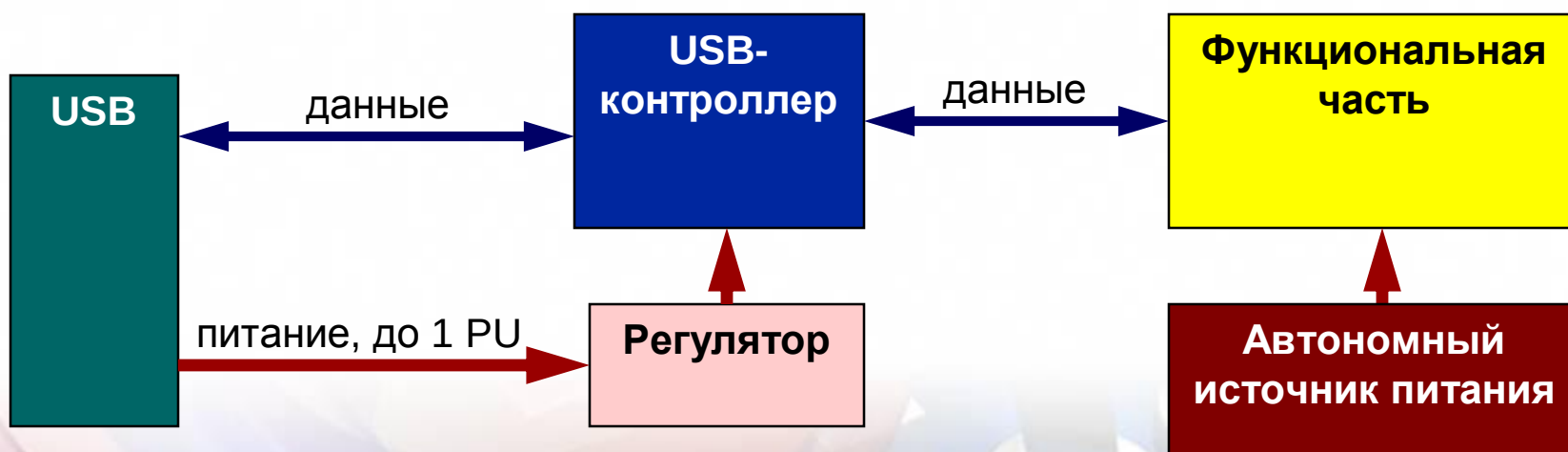
- Потребление – 100..500 мА = 1..5 единиц
- Должно конфигурироваться при потреблении не более 100 мА
 - I Устройство запрашивает bMaxPower
 - I Хост активирует соответствующую конфигурацию через запрос Set_Configuration



Энергопотребление

I Автономное питание

- Может потреблять до 100 мА от шины + произвольный ток от собственного источника питания
- Автономное питание требуется, если:
 - I Устройство должно работать при отключении от шины
 - I Потребляет более 500 мА
 - I Должно работать в режиме пониженного потребления шины (Suspend)



Энергопотребление

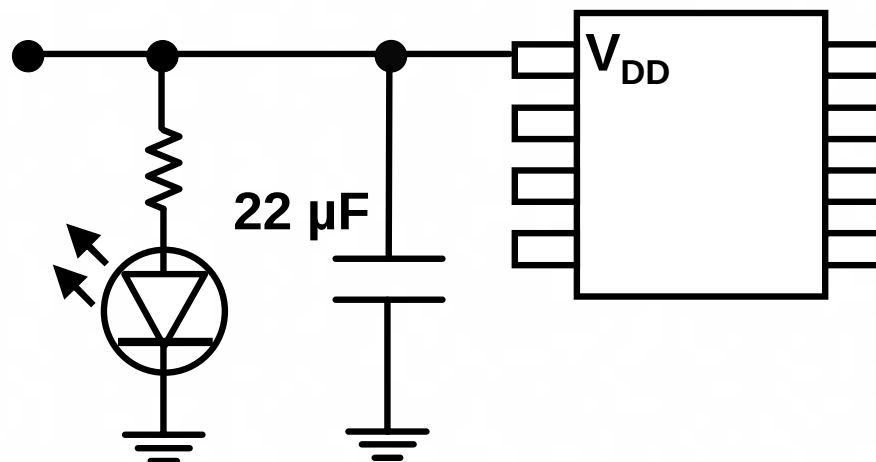
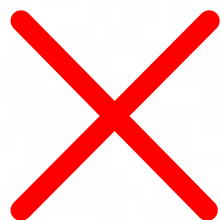
I Режим пониженного энергопотребления (Suspend)

- Обмен по шине прекращается, когда хост переходит в режим в режим Suspend
- После прекращения обмена по шине все устройства должны перейти в Suspend в течение 3 мс
- Ограничение по току:
 - I Low Power – 0.5 мА
 - I High Power – 2.5 мА

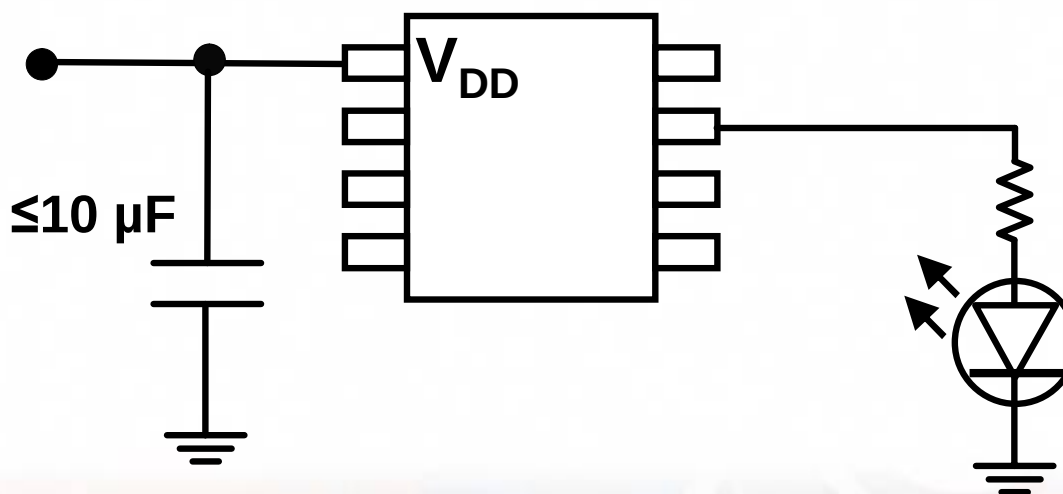
Энергопотребление

- Режим Suspend -

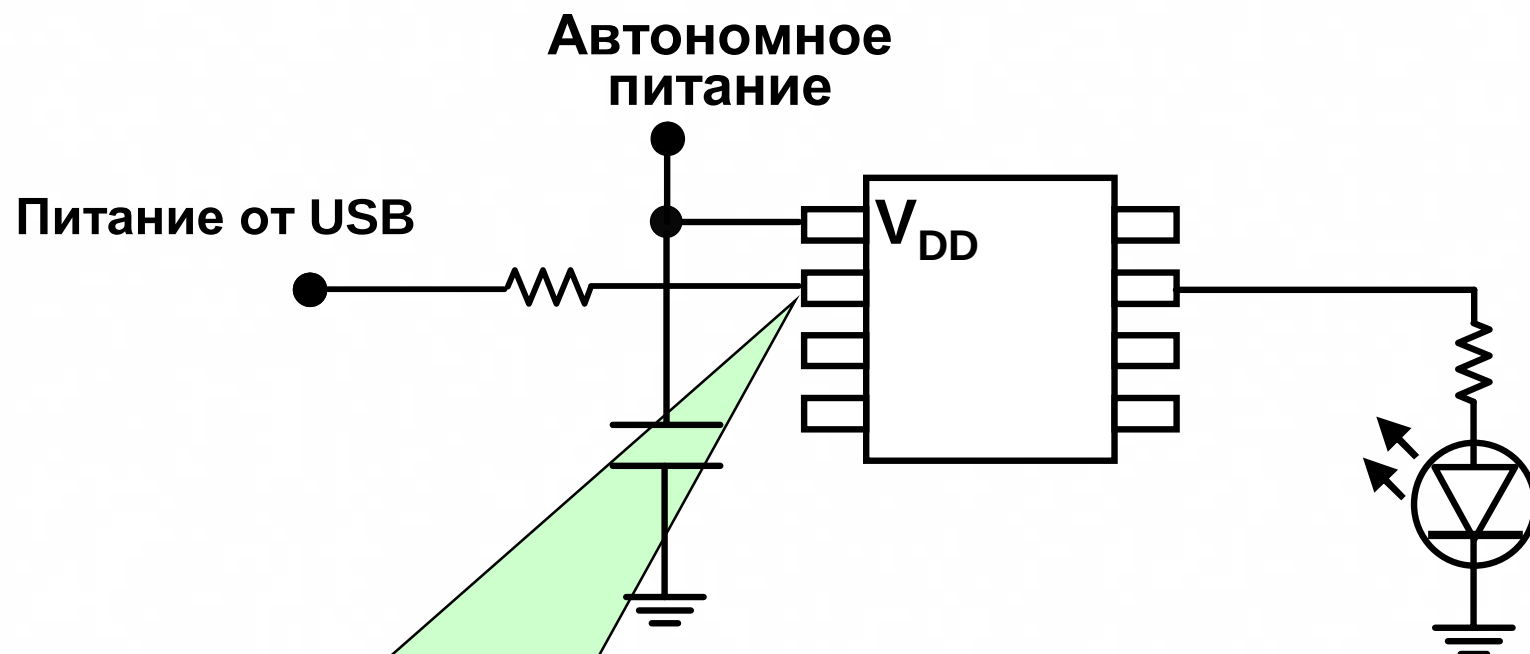
Питание от USB



Питание от USB



Энергопотребление - Автономное питание -



Если устройство имеет автономное питание, необходимо использовать цифровой вход для обнаружения подключения к шине

VID & PID

- | **Vendor ID (VID):** *16-битный идентификатор*
 - Необходим для массового производства
 - <http://www.usb.org/developers/vendor>
 - Примерно \$2,000
 - Возможны технические и правовые сложности в случае использования подложного VID
- | **Product ID (PID):** *16-битный идентификатор*
 - Программа сублицензирования Microchip
- | **Каждое изделие должно иметь уникальное сочетание VID и PID**

Совместимость со стандартом

- | **Тестирование на совместимость**
 - Необходимо пройти тестирование для использования логотипа
 - примерно \$1,500
- | **Раздел 9 и функциональное соответствие**
 - Анализатор протокола USB
 - Валидатор USB-команд “USBCV”
 - | Проверка на соответствие Разделу 9 и спецификациям класса Hub / HID / MSD / Video
 - | www.usb.org/developers/tools
- | **Характеристики сигнальной части**
- | **Управление питанием**



Совместимость со стандартом

- | Независимые лаборатории
- | Самостоятельная проверка на совместимость:
“Праздник Подключения USB”
- | Для тестирования:
 - Необходимо соответствие перечню проверок
 - www.usb.org/developers/compliance/peripheral_low
 - Скачать “Peripheral Checklist”
 - Получить TID (Test ID)
 - Для тестирования использовать только сертифицированные кабели и разъемы
 - Необходимо знать TID используемых компонентов
 - Все USB-контроллеры Microchip имеют TID
(см. www.microchip.com/usb)
- | Желательно ознакомиться с перечнем проверок до начала разработки !



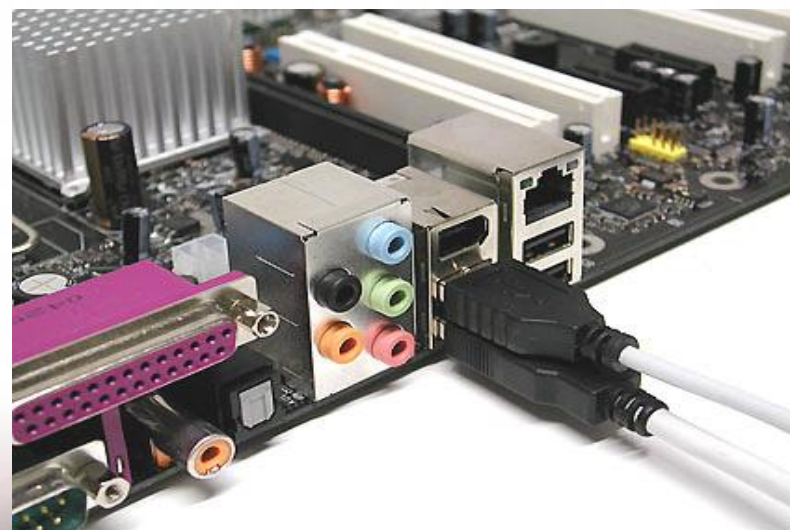
YOU + MICROCHIP ENGINEERING THE FUTURE TOGETHER

USB-хост

**Встроенный хост
и устройства
двойного назначения**

USB-хост

- Управление шиной
- Осуществление транзакций
- Определение подключения устройств
- Перечисление устройств и загрузка драйверов

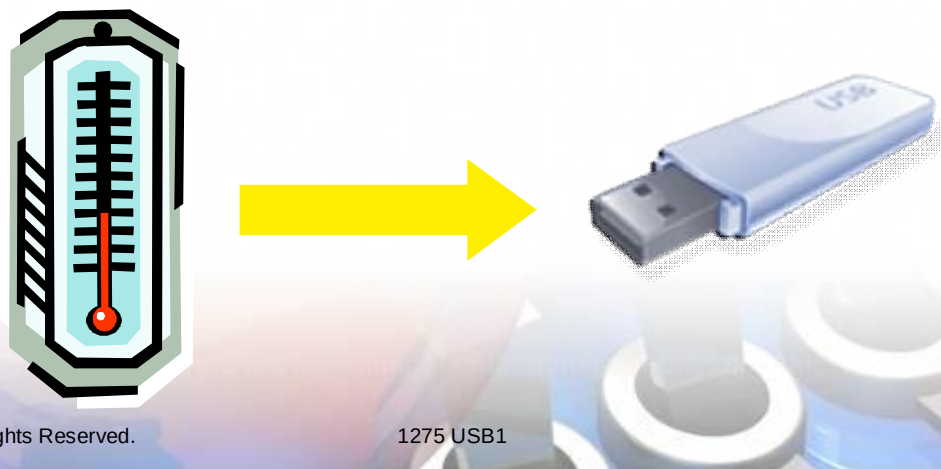


Обзор

I Встроенный хост

- Только хост, не может быть устройством
- Стандартный коннектор типа A
- Обеспечивает питание в соответствии со спецификацией

I Пример: система сбора данных с USB Flash Drive



Встроенный хост

| Хорошая альтернатива компьютерным платформам

| Преимущества:

- Компактность, низкая стоимость, низкое потребление, простота

| Ограничения:

- Не может подключаться к другому хосту
- Ограниченный список поддерживаемых устройств



Требования ко встроенному хосту*

- | **USB-трансивер с поддержкой Full Speed**
- | **Высокопроизводительный контроллер с достаточными объемами Flash и RAM**
- | **Программное обеспечение с поддержкой функций управления шиной и с драйверами**
- | **Опционально – периферия для работы с внешними устройствами и сигналами:**
 - АЦП, компараторы
 - Интерфейсы SPI, I²C™, UART
 - ШИМ-генераторы, таймеры, цифровые входы/выходы

***Контроллеры Microchip 16- и 32-битные – отличное решение для встроенного хоста**

Устройства двойного назначения

I Особенности:

- 2 коннектора с запретом одновременного использования
- Не подразумевает динамического переключения режимов хост/устройство
- Схемотехнические дополнения

I Пример: Система сбора данных с функцией обновления ПО с компьютера через USB



YOU + MICROCHIP ENGINEERING THE FUTURE TOGETHER

USB On-The-Go

Обзор

I On-The-Go (OTG)

- Упрощенный хост для мобильных устройств
- Порт двойного назначения с динамическим переключением
- Новый стандарт энергопотребления
- Новый коннектор - Micro A/B

I Пример: КПК

- Подключение к ПК – устройство
- Подключение Flash Drive – хост
- Соединение двух КПК – OTG, хост/устройство с возможностью переключения



Типовые требования к OTG-устройствам*

- | **Peripherals to Service Real World I/O**
 - АЦП, компараторы
 - Интерфейсы SPI, I²C™, UART
 - ШИМ-генераторы, таймеры, цифровые входы/выходы
- | **Трансивер USB OTG с поддержкой Full-Speed**
- | **Высокопроизводительный микроконтроллер 16/32 бит**
- | **ПО, включающее драйверы USB-устройства и набор драйверов для подключаемых устройств**

***Контроллеры Microchip 16- и 32-битные – отличное решение для USB OTG**

Новые коннекторы – 5-й контакт

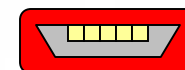
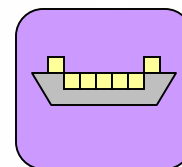
| Стандартные коннекторы USB – 4 контакта:
VBUS GND D+ D-

| OTG-коннекторы - 5 контактов:
VBUS GND D+ D- ID

- Контакт ID позволяет задавать начальное распределение ролей хост/устройство
- Типы коннекторов:

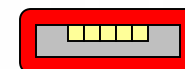
| Розетка и вилка Micro-B

- Стандартные и OTG устройства



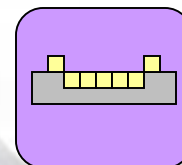
| Розетка Micro-A/B

- Только для OTG

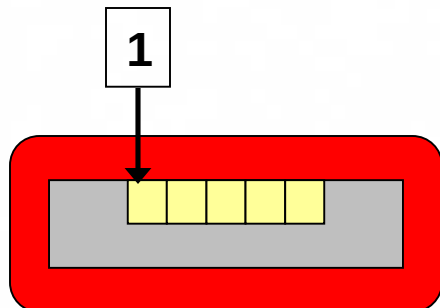


| Вилка Micro-A

- Определяет OTG-хост

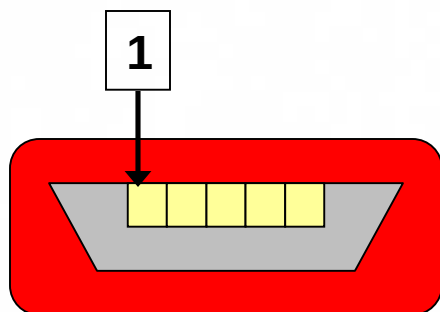


Новые коннекторы



Розетка Micro A/B

- 1: VBus
- 2: D-
- 3: D+
- 4: ID
- 5: GND



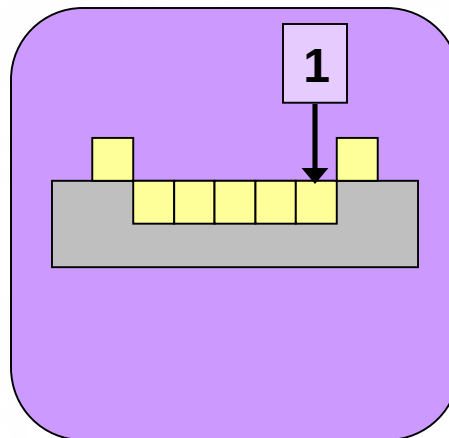
Розетка Micro B

- 1: VBus
- 2: D-
- 3: D+
- 4: ID
- 5: GND

Новые коннекторы

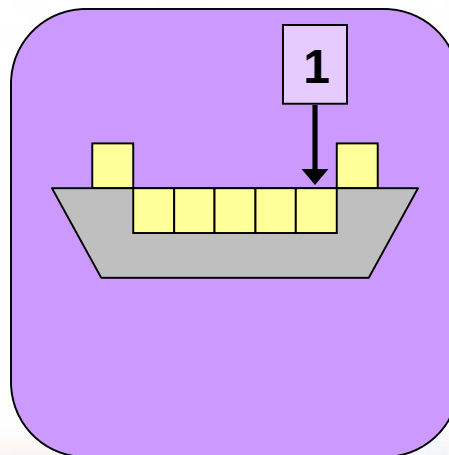
I Вилка Micro A

- 1: VBus
- 2: D-
- 3: D+
- 4: ID (GND)
- 5: GND

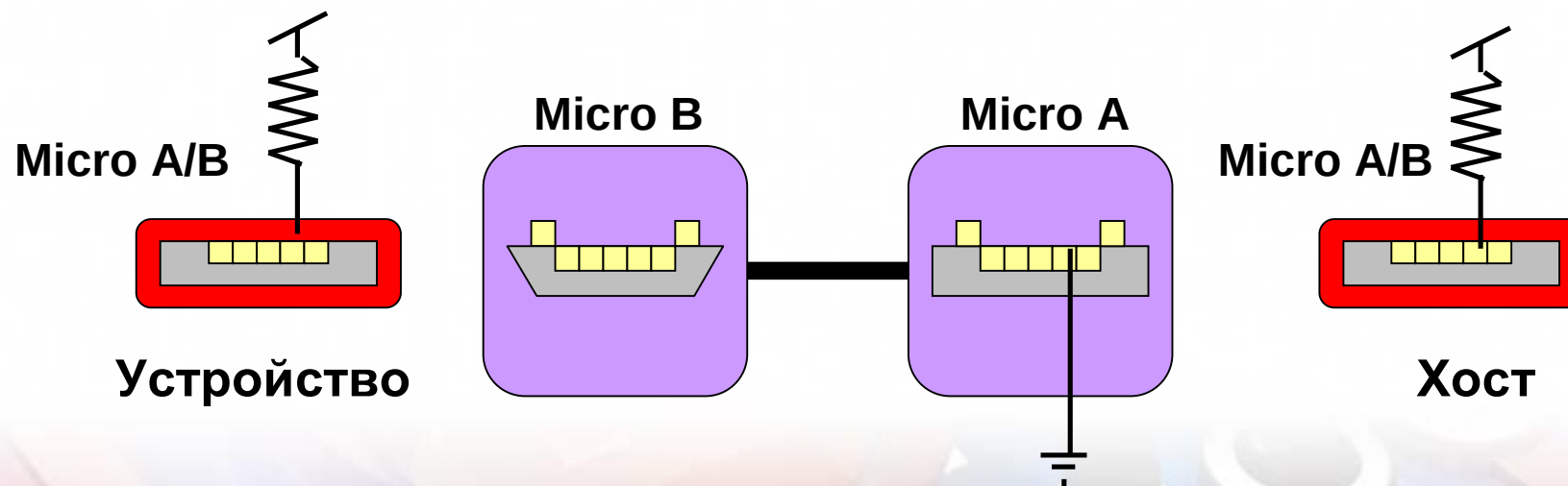
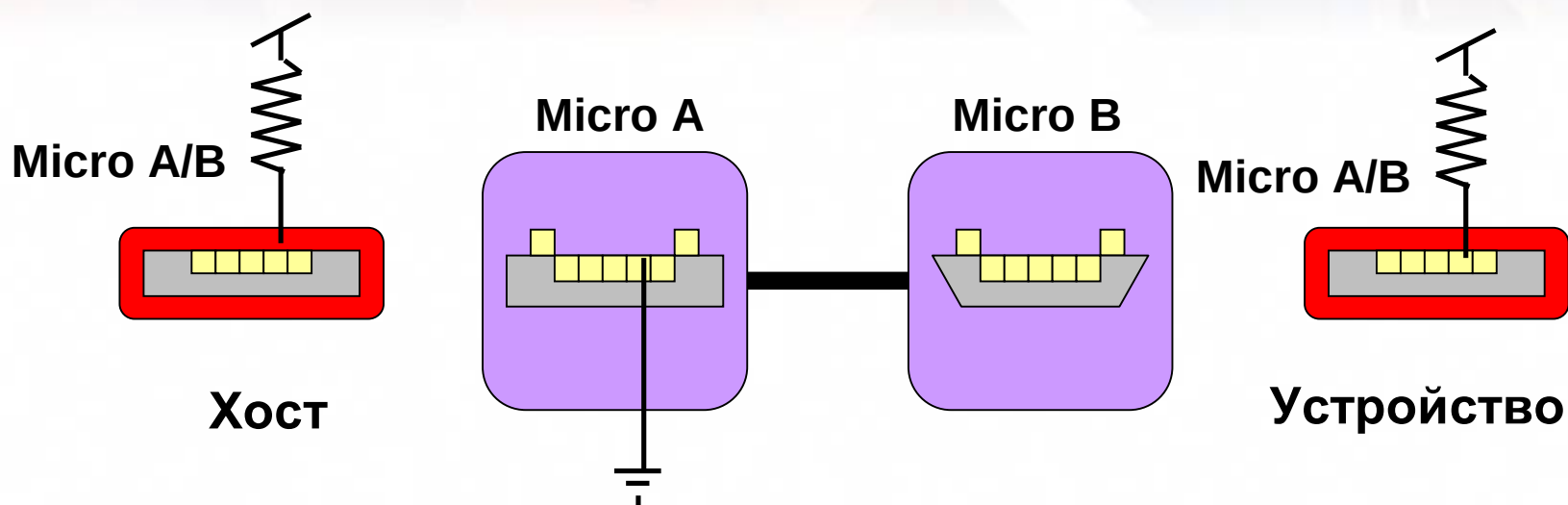


I Вилка Micro B

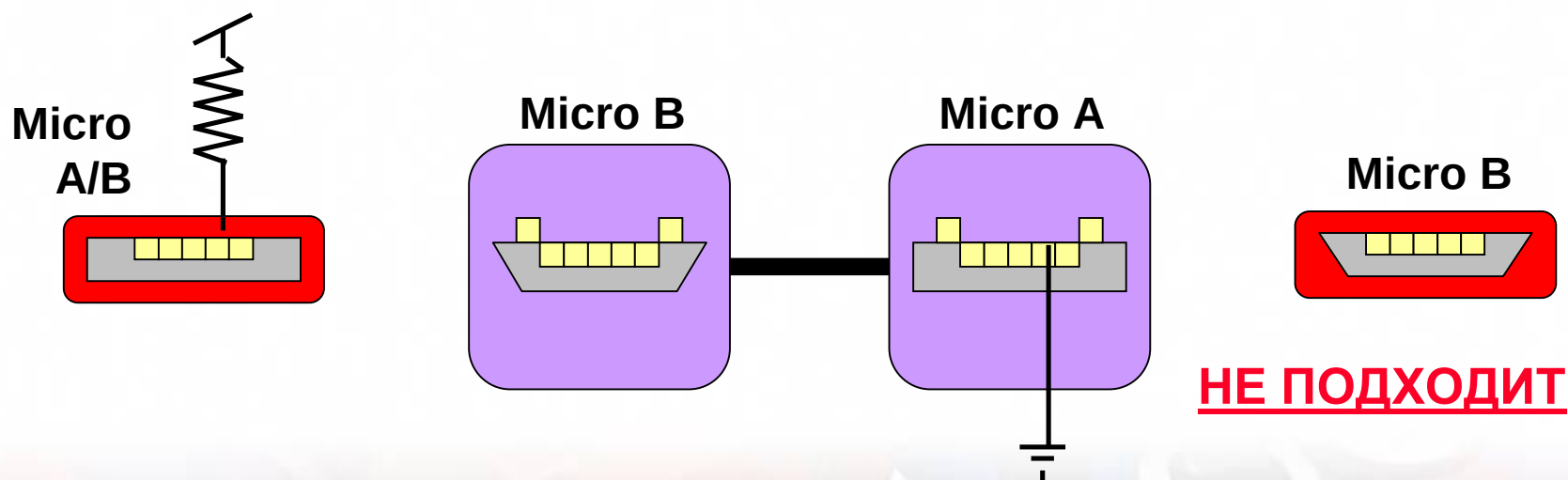
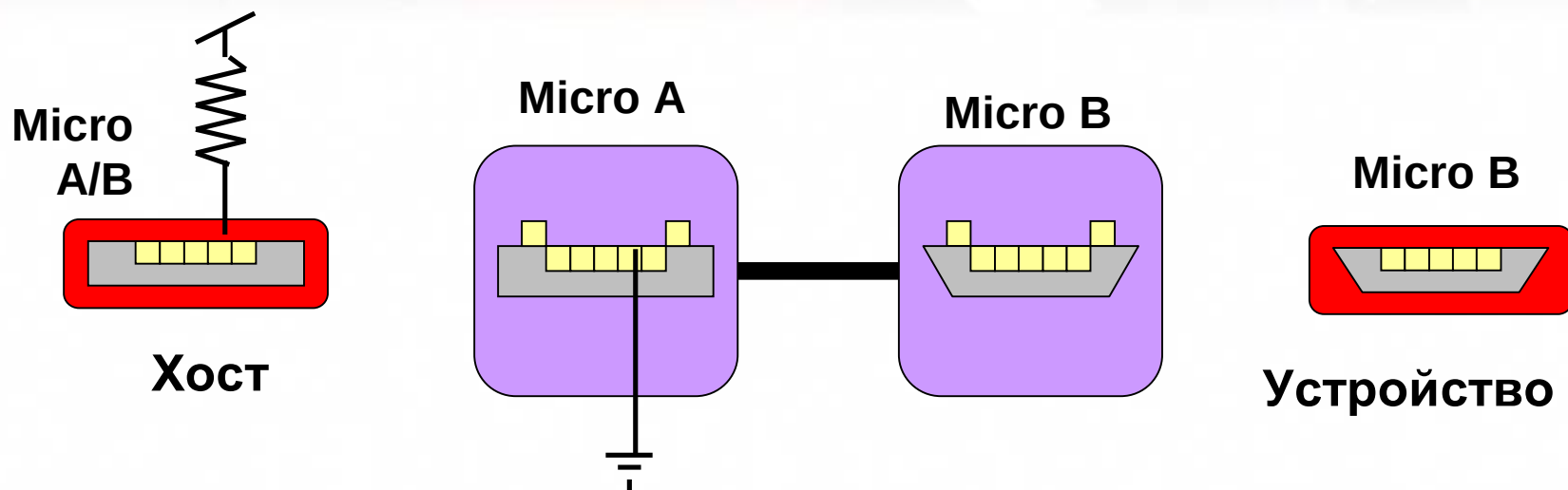
- 1: VBus
- 2: D-
- 3: D+
- 4: ID (разрыв)
- 5: GND



Пример подключения



Пример подключения



Протокол

- | **Список подключаемых устройств**
- | **OTG-дескриптор**
- | **Запросы Set Feature**
- | **Session Request Protocol (SRP) –
протокол управления сессиями**
- | **Host Negotiation Protocol (HNP) –
протокол переназначения хоста**

Список подключаемых устройств

Targeted Peripheral List (TPL)

- | Устройства, не входящие в список, не буду регистрироваться в системе**
- | OTG не поддерживает базовые классы, встроенный хост поддерживает**
- | Минимальный список параметров - Manufacturer, Model, Description**

OTG-дескриптор

- | Возвращается по запросу
GetDescriptor (Configuration)
- | Используется только если устройство В
поддерживает SRP или HNP

Смещение	Поле	Длина	Тип	Описание
0	bLength	1	Number	Длина (всегда 3)
1	bDescriptorType	1	Constant	Тип дескриптора (всегда 9)
2	bmAttributes	1	Bitmap	Атрибуты D7-D2: не используется D1: поддержка HNP D0: поддержка SRP

Запросы Set Feature

| a_hnp_support

- Сообщает устройству В, что устройство А поддерживает HNP
- Допустимо только для устройств В, поддерживающих HNP
- Свойство должно быть установлено до состояния Configured

| a_alt_hnp_support

- Сообщает устройству В, что оно подключено к порту, не поддерживающему HNP, однако устройство А имеет другой порт, который поддерживает HNP

| b_hnp_enable

- Сообщает устройству В, что оно может начать процедуру переназначения хоста

Запросы Set Feature

- | **Свойства могут быть установлены в состояниях Default, Address и Configured**
- | **Сбрасываются только по окончании сессии или при сбросе по шине**
 - Запросы Clear Feature не действуют
- | **Если HNP не поддерживается устройством В, то при запросе на установку свойств оно должно перейти в режим остановки (Stall)**

Протокол управления сессиями

Session Request Protocol (SRP)

| Назначение:

- Снижение потребления устройства А
 - | Устройство В должно иметь возможность запросить питание VBUS от устройства А

| Сессия

- Период активного обмена данными
 - | обозначается удержанием VBUS в определенном диапазоне напряжений

[?](#)

Протокол управления сессиями Session Request Protocol (SRP)

Устройство A

Устройство B

Макс. напряжение

($V_{A_VBUS_OUT}$)

V_{BUS} активно

($V_{A_VBUS_VLD}$)

Сессия активна

($V_{A_SESS_VLD}$)

5.25v

4.4v

4.0v

2.0v

0.8v

0.2v

Сессия активна

($V_{B_SESS_VLD}$)

Сессия окончена

($V_{B_SESS_END}$)

Протокол управления сессиями

Session Request Protocol (SRP)

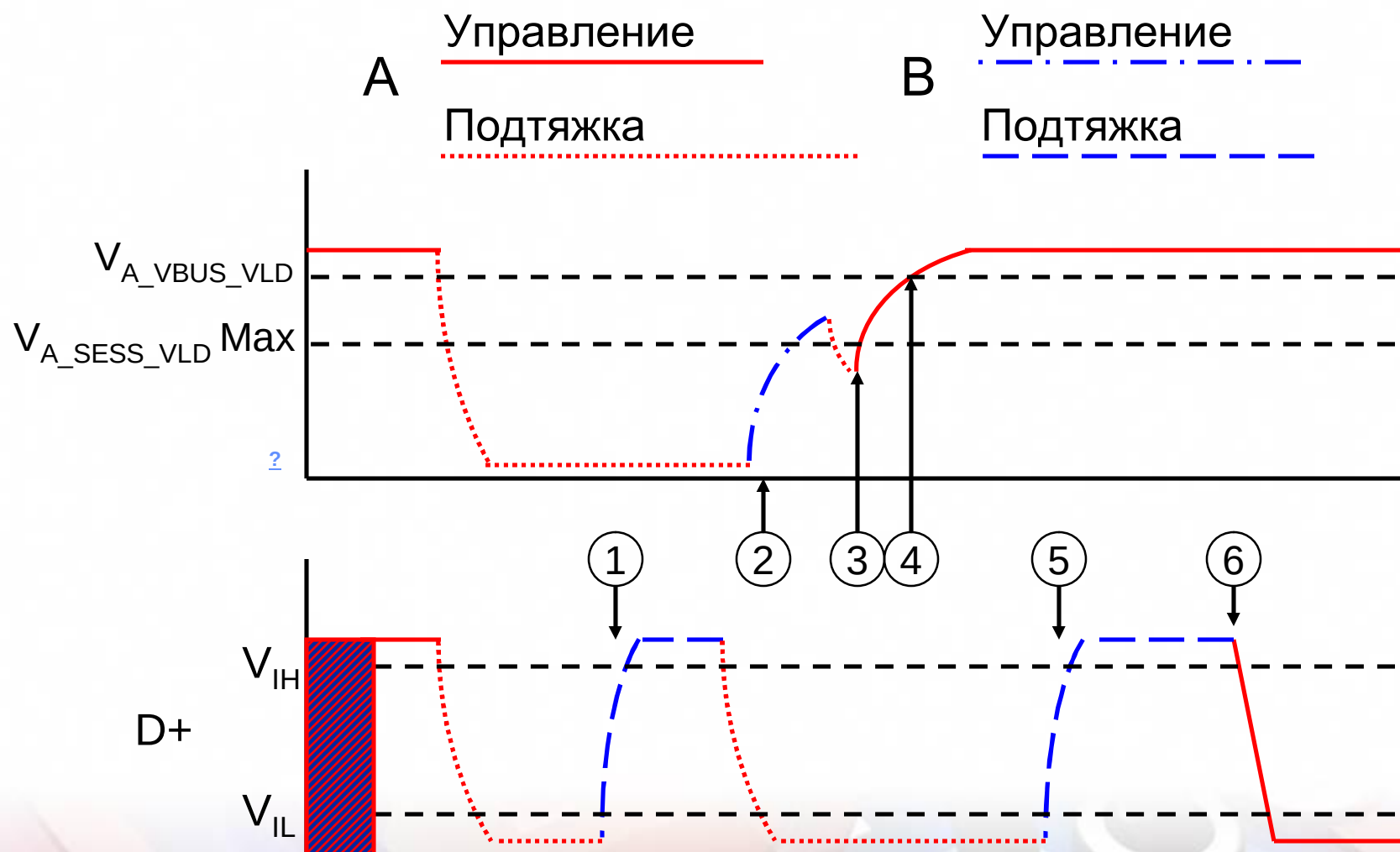
I Поддержка SRP

- Устройства двойного назначения – полная поддержка SRP
- Устройства А – ответ на SRP
- Устройства В – запрос на SRP

I Запрос V_{BUS}

- Импульс на V_{BUS} и/или на линии D+
 - I Устройство В должно обеспечивать пульсацию V_{BUS} и D+
 - I Устройство А должно распознавать хотя бы одно из этих событий
 - I Устройство В должно контролировать состояние линии V_{BUS} при управлении сессиями

Протокол управления сессиями пульсации по линиям D+ и V_{BUS}

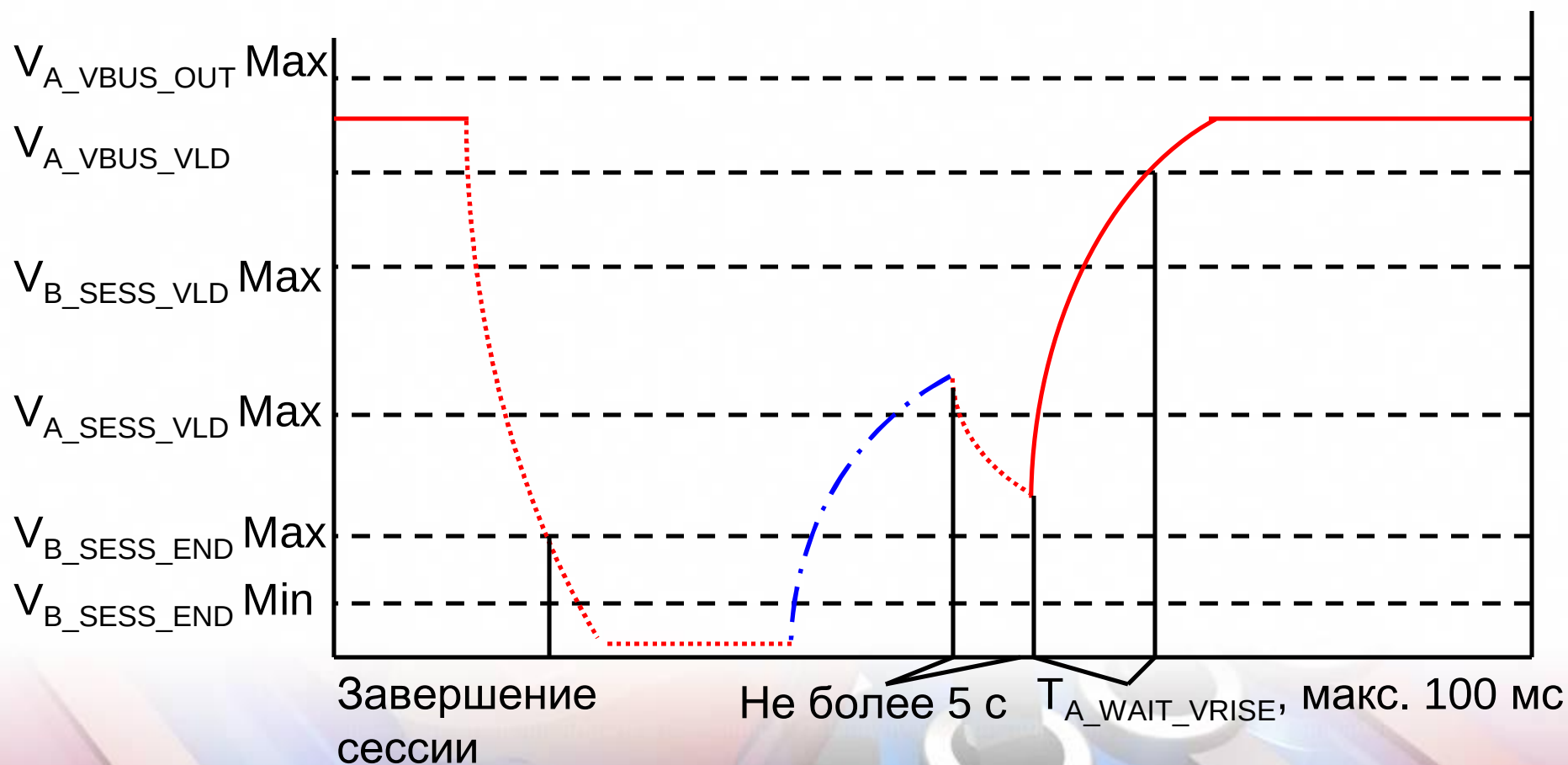


Протокол управления сессиями пульсации по линии V_{BUS}

A - Управление

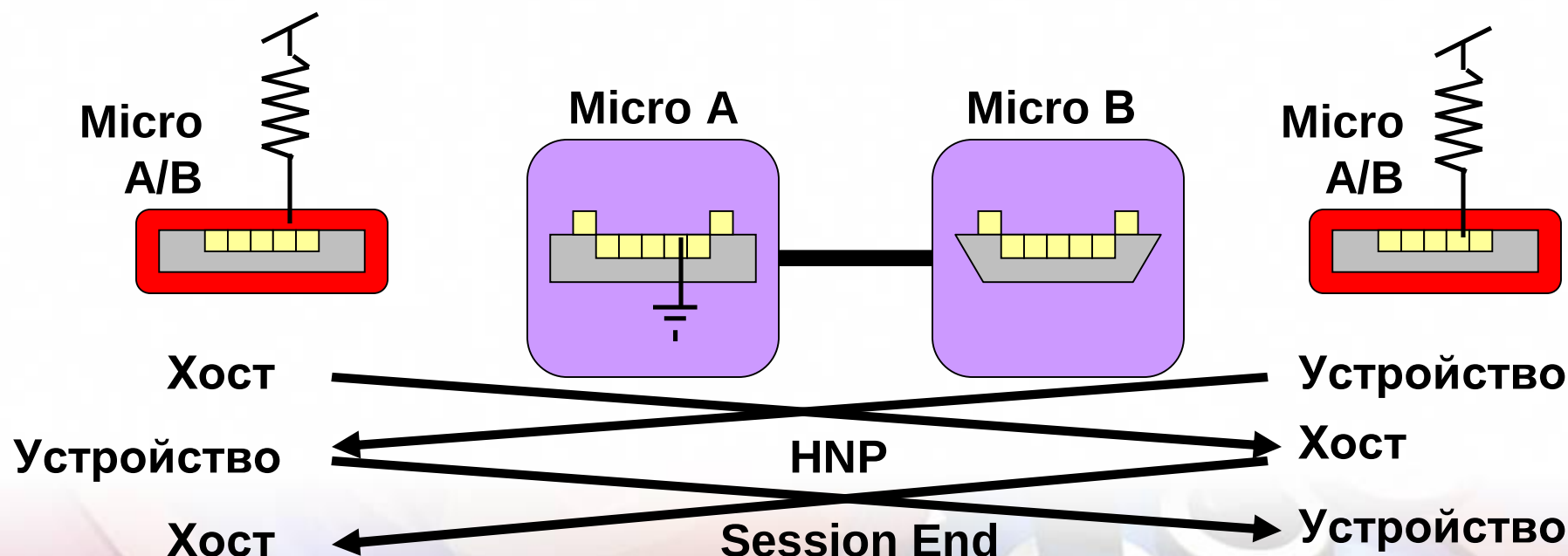
A - Подтяжка

B - Управление



Протокол переназначения хоста Host Negotiation Protocol (HNP)

- | **Назначение устройств изначально задается кабелем**
 - Устройство с подключенной вилкой Micro A назначается хостом / устройством A
- | **HNP позволяет переназначать устройства без переподключения кабеля**
 - Устройство B становится хостом до конца сессии
 - Устройство A продолжает обеспечивать напряжение питания на V_{BUS}



Host Negotiation Protocol (HNP)

1. A: SetFeature(HNP)
2. B: переходит в Suspend, подтяжка на D+ отключается
3. A: включает подтяжку на D+
4. B: становится хостом, генерирует сброс по шине
5. B: обмен данными
6. B: прекращает обмен, включает подтяжку на D+
7. A: проверяет состояние D+, отключает подтяжку
8. A: становится хостом, выполняет сброс шины или отключает VBUS

A - Управление

A - Подтяжка к GND

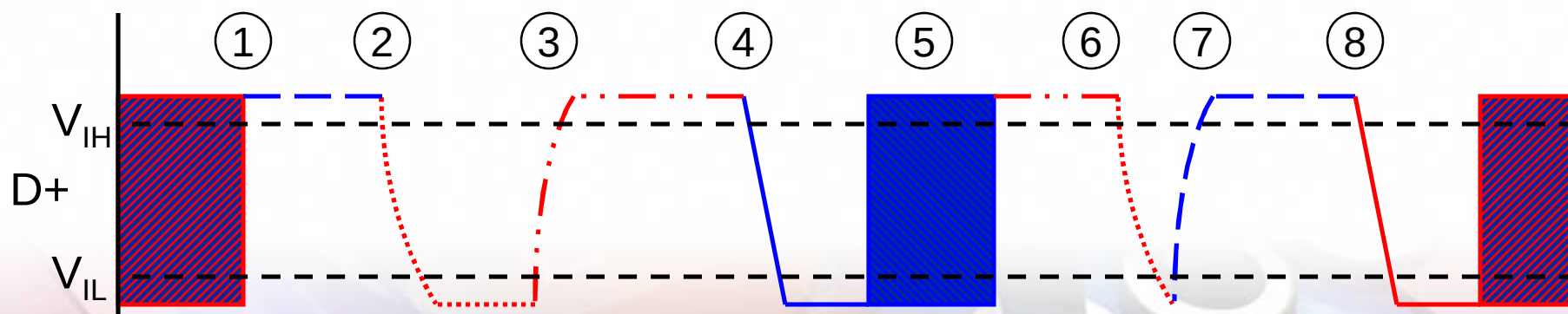
A - Подтяжка к VDD

B - Управление

B - Подтяжка к VDD

 Обмен через хост A

 Обмен через хост B



Электрические характеристики

I VBus

- Токи
- Предельные значения емкостей и сопротивлений
- Длительность фронтов и срезов

I Параметры контакта ID

I Задержки распространения сигнала

Требования к питанию V_{BUS}

I Устройство A до 100 мА

- $I_{A_VBUS_OUT} \min = 8 \text{ мА}$
- $4.4 \text{ В} \leq V_{A_VBUS_OUT} \leq 5.25 \text{ В}$
- $V_{A_VBUS_OUT} < V_{A_VBUS_VLD}$ - не удовлетворяет требованиям

I Устройство A более 100 мА

- $4.75 \text{ В} \leq V_{A_VBUS_OUT} \leq 5.25 \text{ В}$

I Устройство двойного назначения

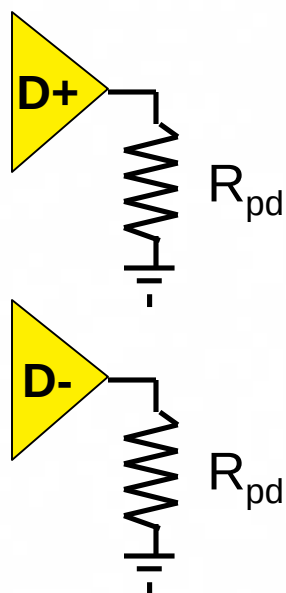
- неконфигурированные: 150 мкА усредненные за 1 мс

I Периферийные устройства

- неконфигурированные: 8 мА усредненные за 1 мс

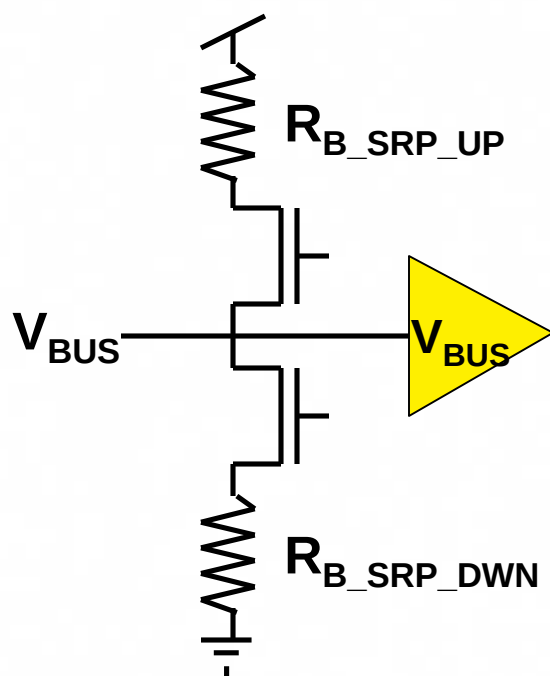
Подтяжки

I Устройство A



- Режим ожидания или хоста – включена подтяжка к GND на D+ и D-
- Режим периферийного устройства – подтяжка D+ отключена
- Допускается отключать подтяжки на период передачи пакета
- $14.25\text{ КОм} < R_{pd} < 24.8\text{ КОм}$

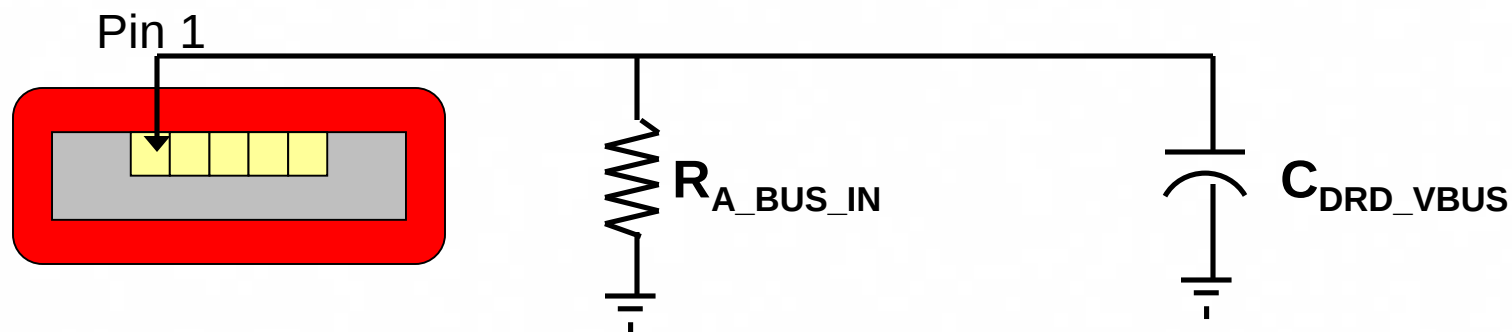
Подтяжки



Устройство В

- $R_{B_SRP_UP} > 281 \text{ Ом}$
- $R_{B_SRP_DWN} > 656 \text{ Ом}$
- Подтяжка на D+
– аналогично
устройствам USB 2.0

V_{BUS}



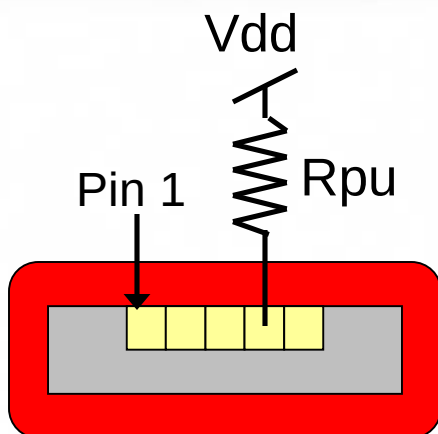
$R_{A_BUS_IN}$

- Если устройство A запитано, но не выдает V_{BUS} , $R_{A_BUS_IN} \max \leq 100 \text{ КОм}$
- Если устройство A выдает импульсы по V_{BUS} для SRP, $R_{A_BUS_IN} \min \geq 40 \text{ КОм}$
- В остальных случаях может быть ниже

$1.0\mu\text{F} < C_{DRD_VBUS} < 6.5\mu\text{F}$

- По сравнению с $C_{HST_VBUS} > 120\mu\text{F}$

Сопротивление контакта ID

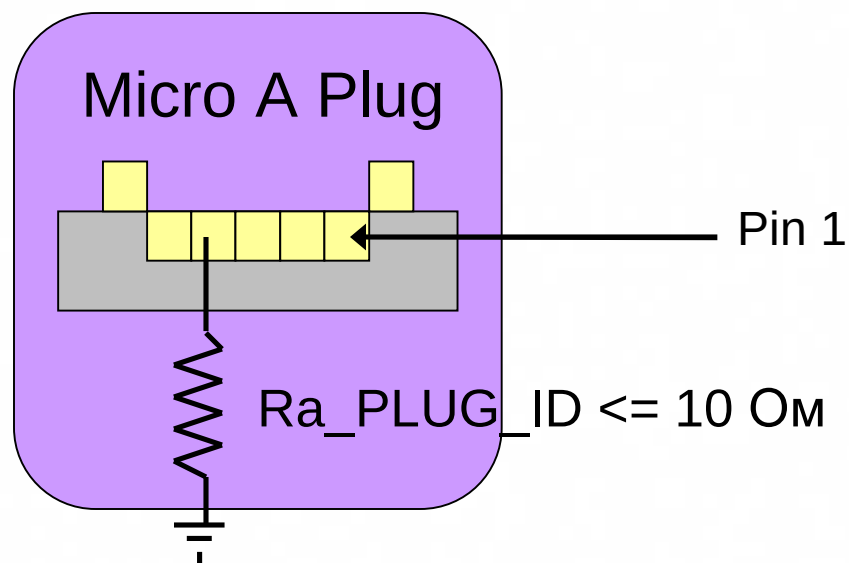


$$\frac{V_{dd} * R_{a_PLUG_ID}}{(R_{pu} + R_{a_PLUG_ID})} < V_{IL-MAX}$$

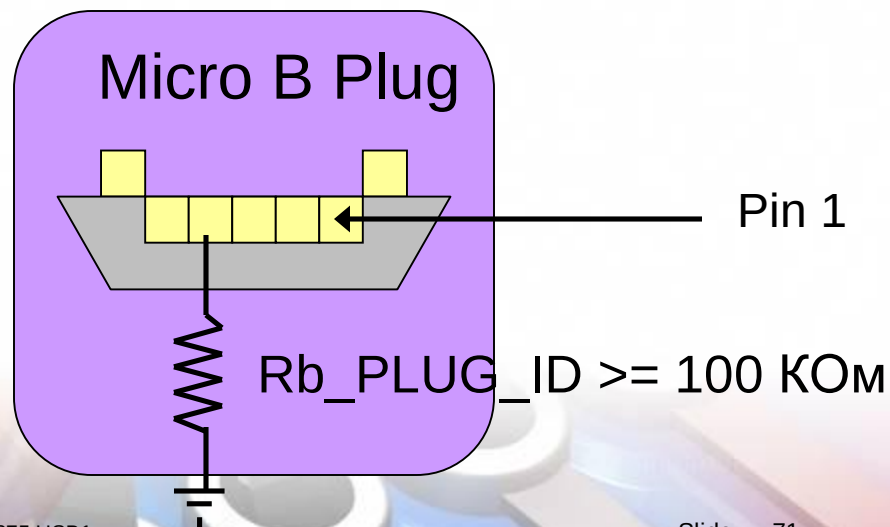
$$\frac{V_{dd} * R_{b_PLUG_ID}}{(R_{pu} + R_{b_PLUG_ID})} > V_{IH-MIN}$$

Для $V_{dd} = 3.3 \text{ В}$

$$56.67 \text{ Ом} < R_{pu} < 25 \text{ КОм}$$



$$R_{a_PLUG_ID} \leq 10 \text{ Ом}$$



$$R_{b_PLUG_ID} \geq 100 \text{ КОм}$$

Время распространения сигнала

- | **T1-T2 – от выхода контроллера в устройстве A до разъема**
 - OTG-устройство A = 1 нс
 - Встроенный хост или полный хост = 3 нс
- | **T2-T3 – от разъема устройства A до разъема устройства B**
 - Кабели OTG = 10 нс
 - Стандартные кабели = 26 нс
 - Адаптер Micro-A -> Standard-A = 1 нс
- | **T3-T4 – от разъема до входа контроллера в устройстве B**
 - 1 нс



Сравнение: OTG vs встроенный хост

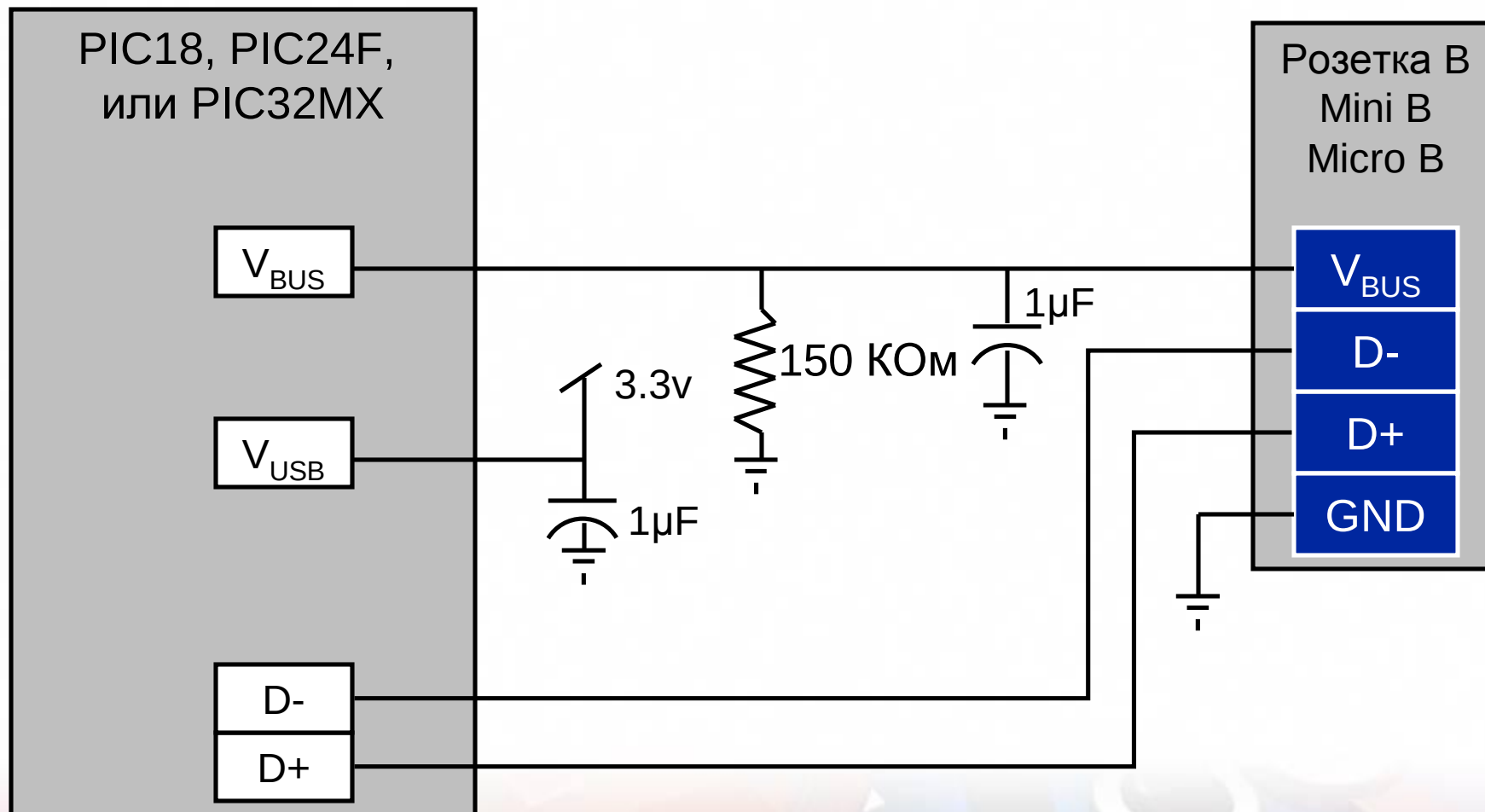
	<u>OTG</u>	<u>Embedded Host</u>
<u>Протокол управления сессиями (SRP)</u>	необходимо	опционально
<u>Протокол переназначения хоста (HNP)</u>	необходимо	не допустимо
<u>Список поддерживаемых устройств (TPL)</u>	ограниченный список конкретных устройств	возможна поддержка базовых классов
<u>Коннекторы</u>	Micro A/B	A
<u>Электрические характеристики</u>	$1.0\mu\text{F} < C_{\text{DRD_VBUS}} < 6.5\mu\text{F}$	$C_{\text{HST_VBUS}} > 120\mu\text{F}$



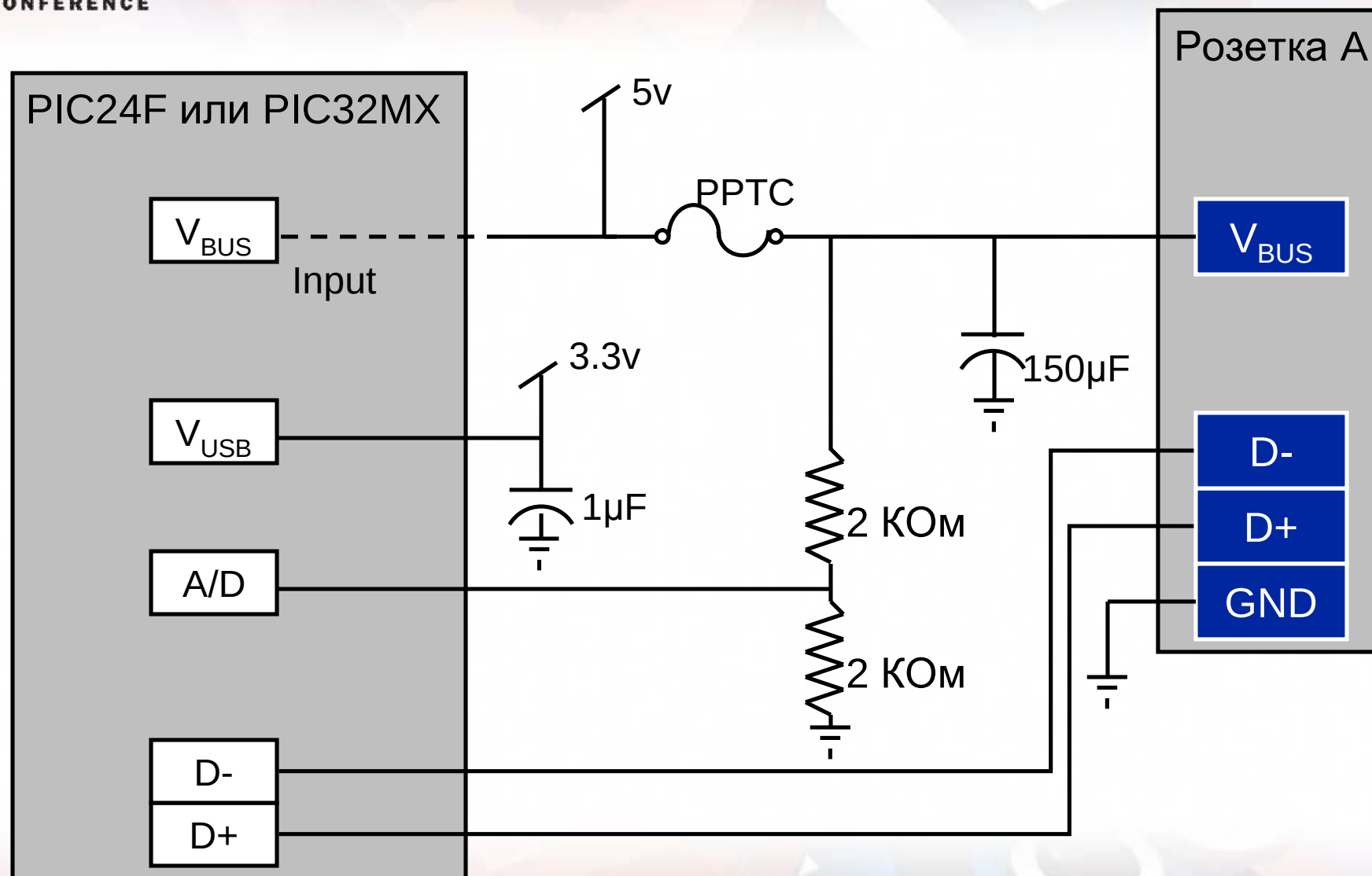
YOU + MICROCHIP ENGINEERING THE FUTURE TOGETHER

Аппаратная реализация

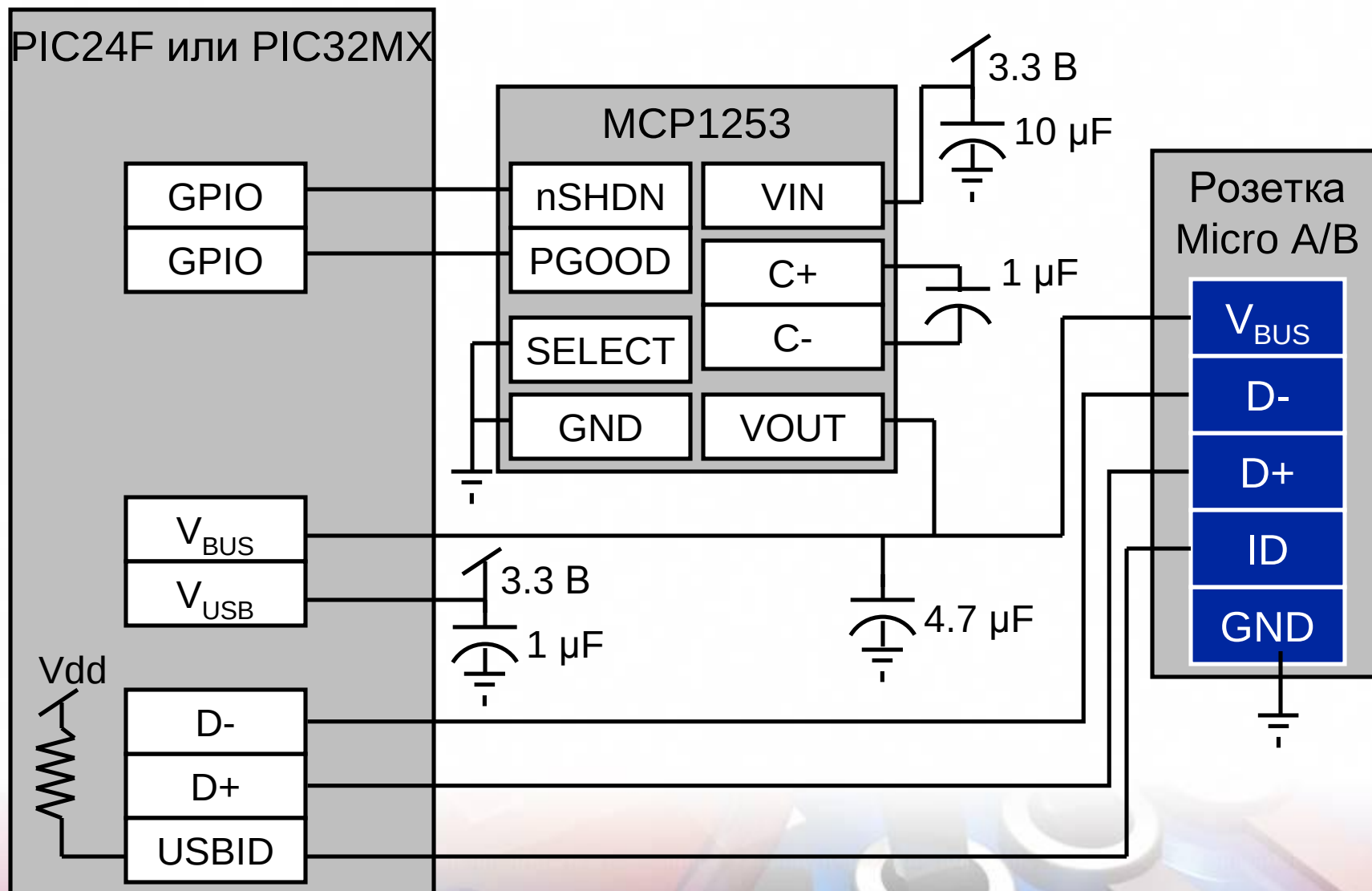
Периферийное USB-устройство



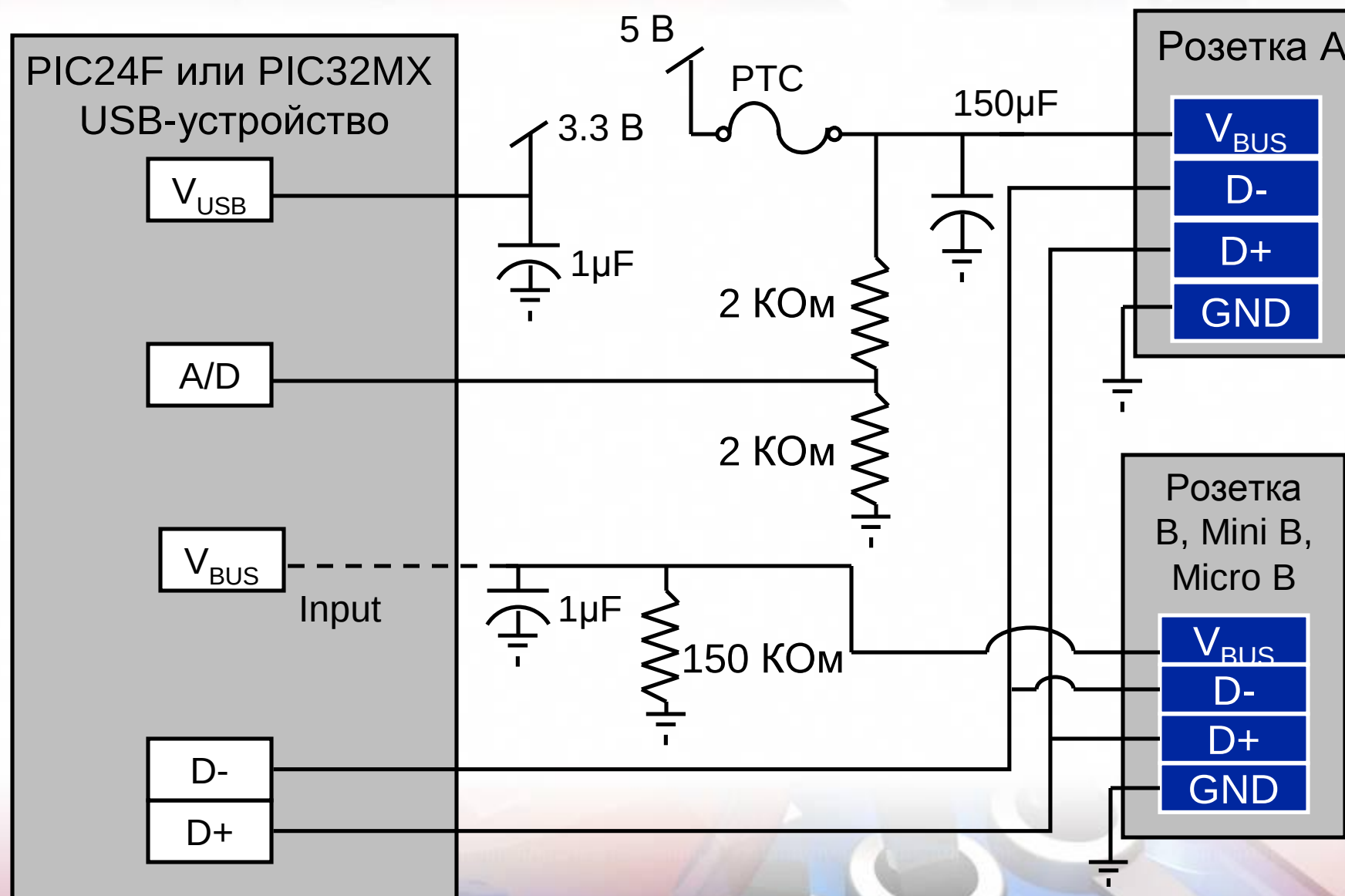
Встроенный хост



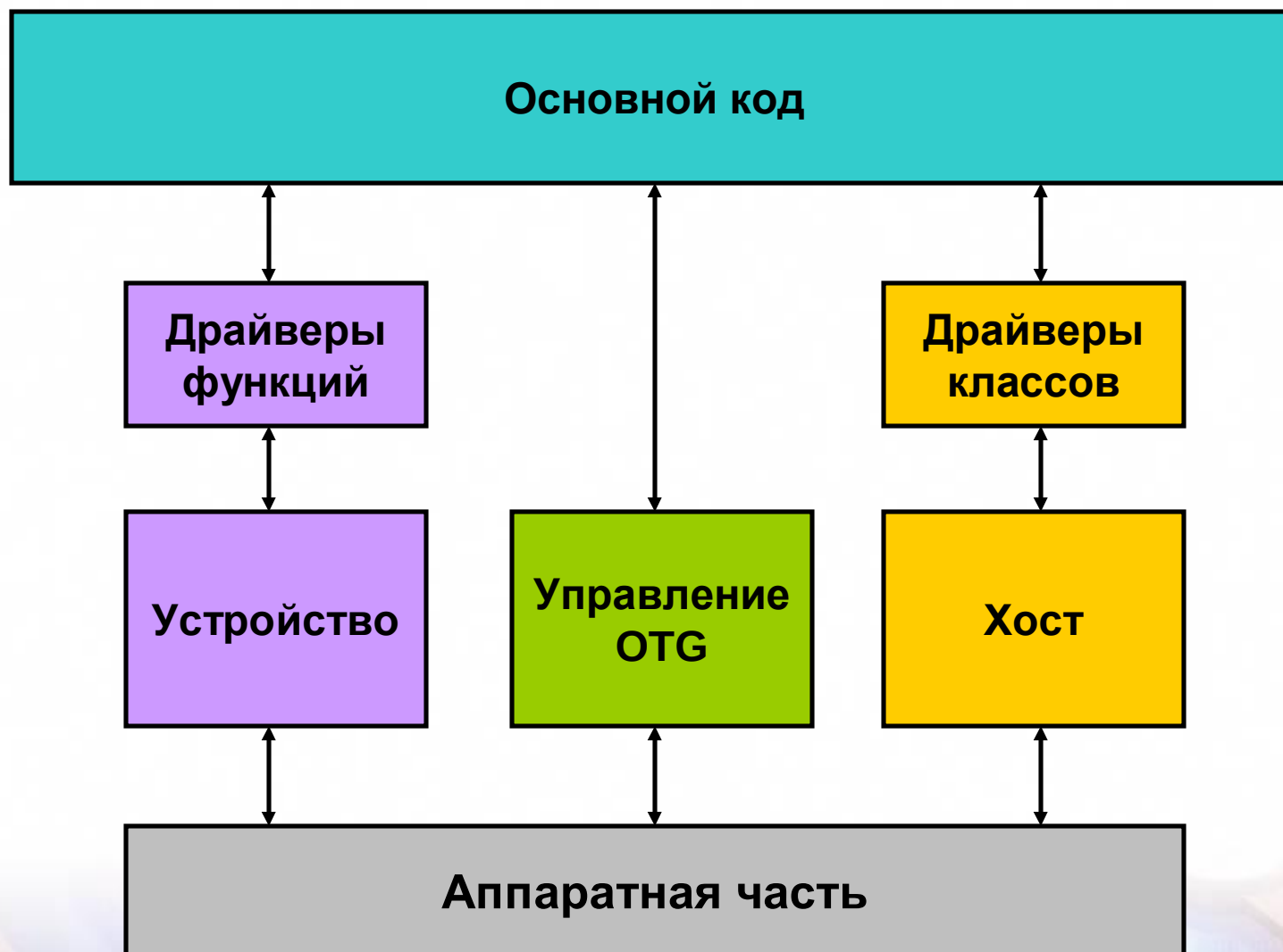
OTG-устройство



Устройство двойного назначения



Структура приложения



Примеры и рекомендации по применению

I Встроенный хост

- Система сбора данных с USB Flash
- Загрузчик (bootloader) с USB Flash
- Хост MCHPUSB – считывание температуры и АЦП
- Хост для принтеров (PCL5 и PostScript)
- HID Host – подключение мыши/клавиатуры
- CDC Host – хост для коммуникационных устройств



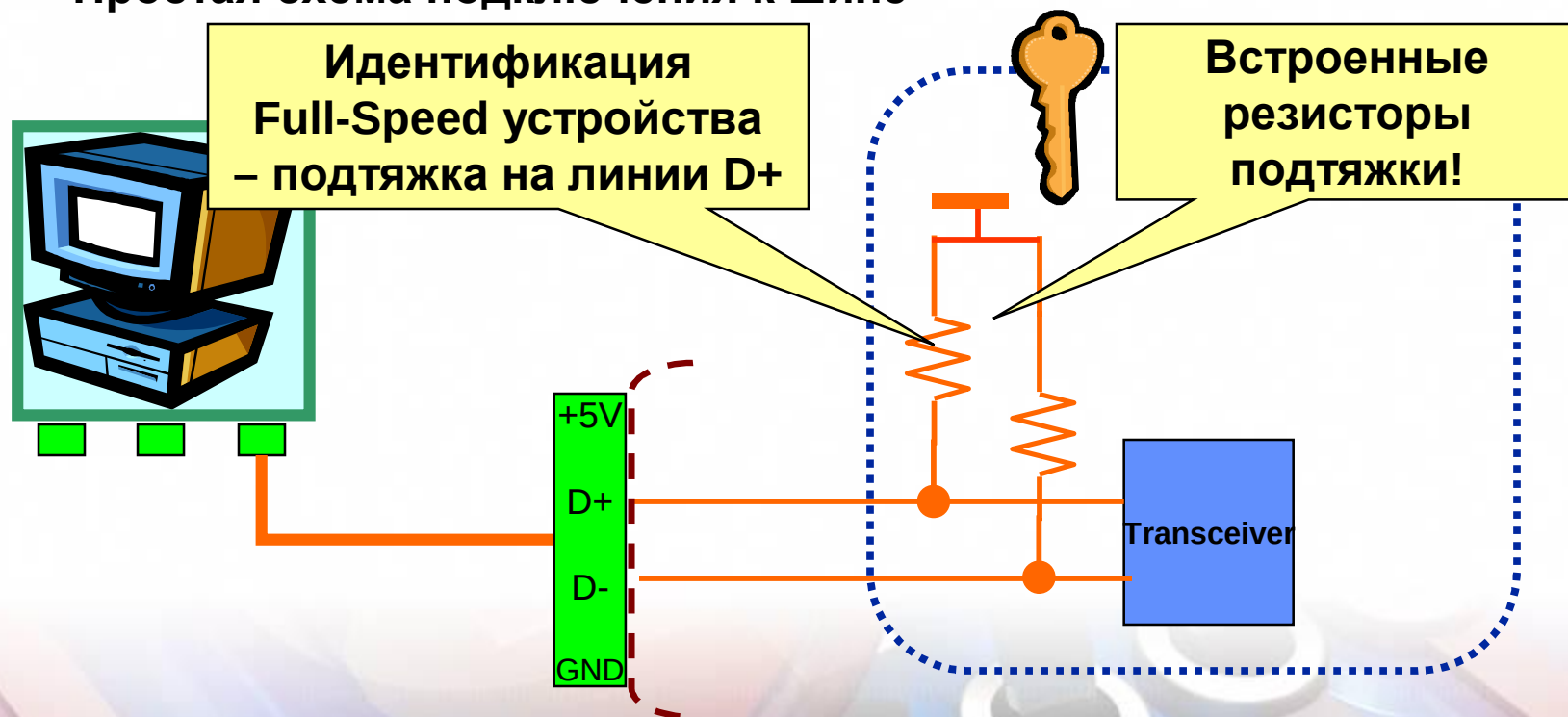
YOU + MICROCHIP ENGINEERING THE FUTURE TOGETHER

Контроллеры Microchip с поддержкой USB

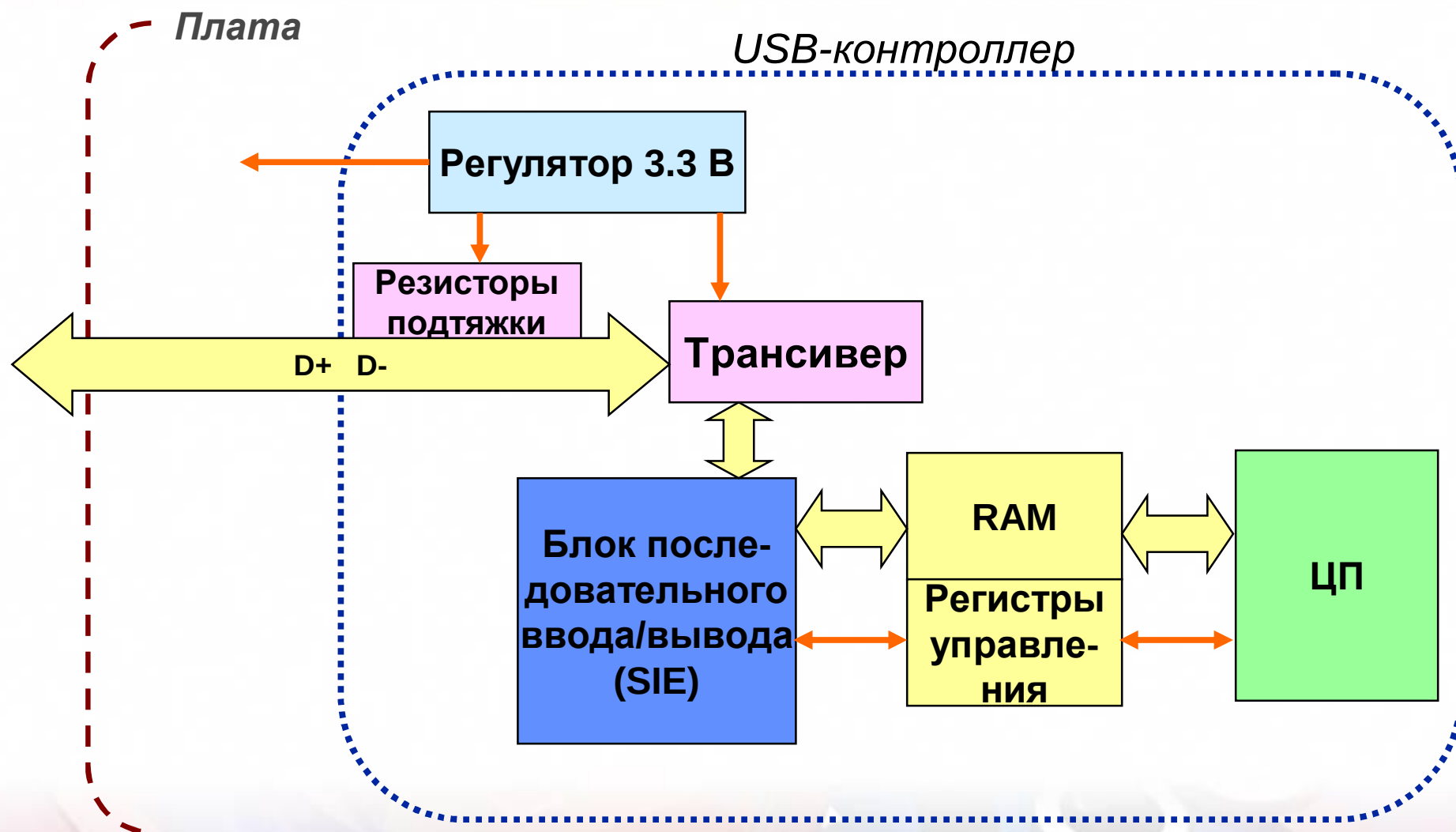
**PIC18Fxx5x PIC18FxxJ5x PIC18FxxK5x
PIC24FJxxxGB1xx PIC32MX4xx**

Контроллеры Microchip PIC[®] с периферийным модулем USB

- | Интегрированные USB/OTG трансивер, регулятор напряжения и цепи подтяжек
- | Поддержка USB 2.0 Low- и Full-Speed
- | Многорежимный генератор с PLL для тактирования USB-модуля
- | Двухпортовая память для одновременного доступа ядра и USB-модуля
- | Простая схема подключения к шине



Модуль USB

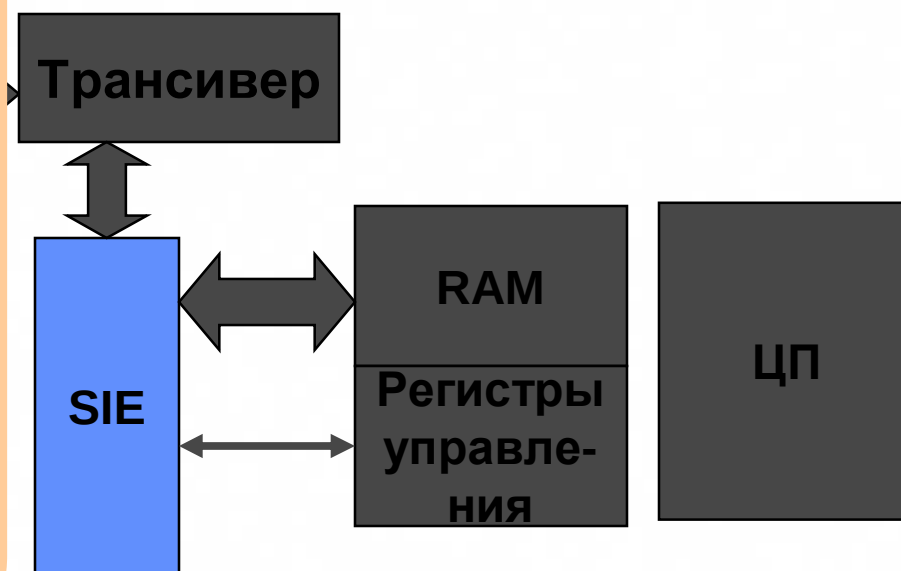


Блок Последовательного Ввода/Вывода (SIE)

Последовательный
ввод / вывод:

- ┆ NRZI-кодирование
- ┆ Проверка CRC
- ┆ Детектирование сигналов управления шиной и генерация прерываний
- ┆ Транзакции
- ┆ Протокол подтверждения

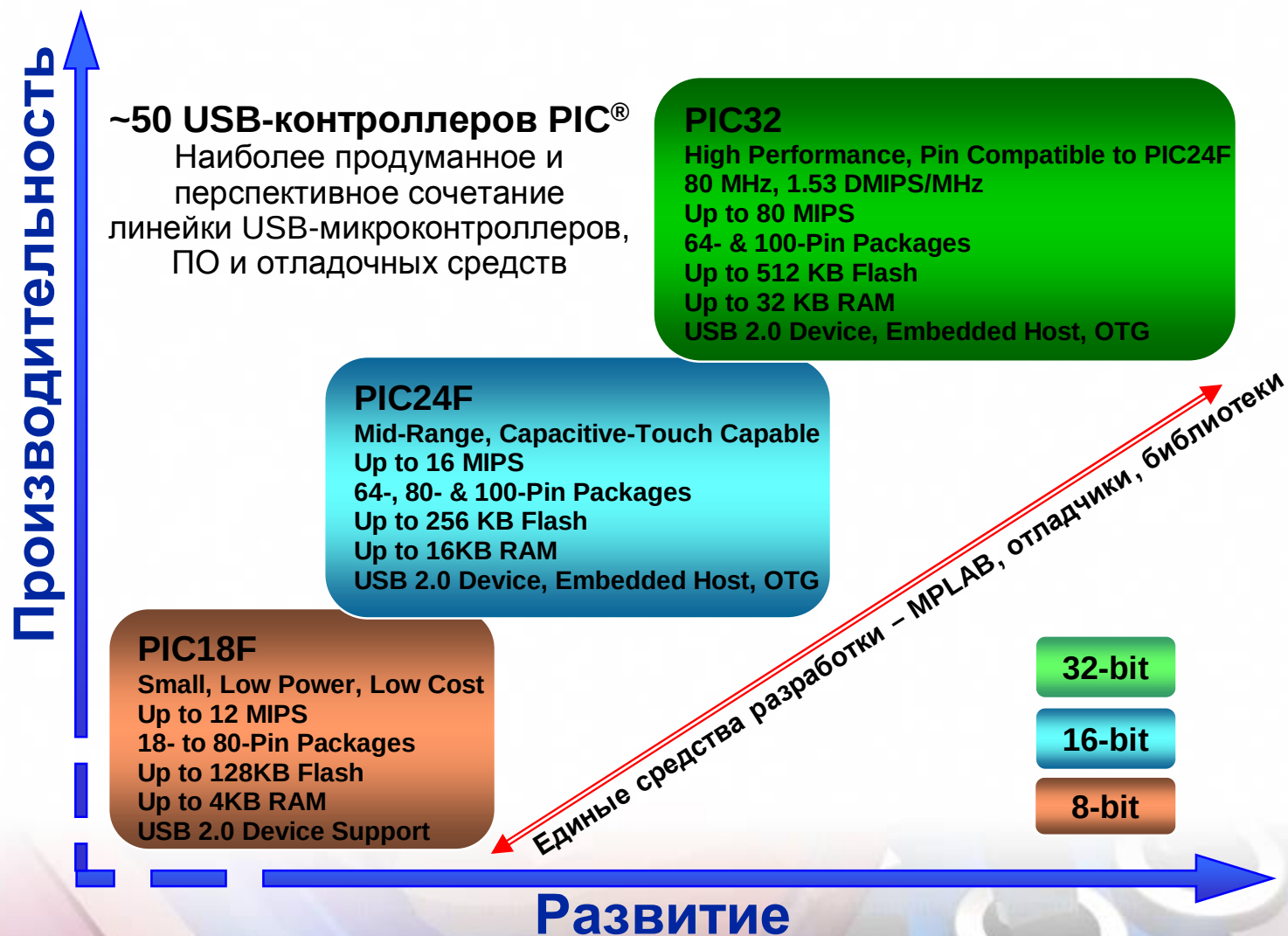
USB-контроллер



Контроллеры Microchip PIC® с периферийным модулем USB

- | 8-, 16-, и 32-битные ядра
- | Корпуса 20..100 выводов
- | 8..512 Кб программного Flash
- | 0,5..32 Кб ОЗУ
- | Диапазон напряжений питания: 1,8..5,5 В
- | Широкий набор периферии для прикладных задач:
 - АЦП, компараторы
 - SPI, I²C™, UART
 - ШИМ-генераторы, таймеры, цифровые входы/выходы

Scalable USB PIC[®] MCU Portfolio



USB Microcontroller Portfolio

	PIC18F14K50	PIC18F4450 PIC18F4550 PIC18F4553	PIC18F87J50	PIC24FJ256GB1	PIC32MX4XX
Core	8 bit	8 bit	8 bit	16 Bit	32 Bit
USB	USB 2.0 device	USB 2.0 device	USB 2.0 device	USB 2.0 device, embedded host, dual role, OTG	USB 2.0 device, embedded host, dual role, OTG
Flash	16K bytes	up to 32K bytes	128K bytes	256K bytes	512K bytes
RAM	768 bytes	up to 2048 bytes	3904 bytes	16K Bytes	32K Bytes
mTouch™ support	yes	yes, external	yes, external	yes CTMU	yes, external
UARTs	1	1	2	4	2
SPI	1	1	1	3	2
I ² C™	1	1	1	3	2
Peripheral pin select	no	no	no	yes	no
ADC	10 bit, 9 channel	10 bit, 10 and 13 ch 12 bit, 10 and 13 ch	10 bit, 8 and 12 channel	10 bit, 16 channel	10 bit, 16 channel
RTCC	software	software	software	yes	yes
Parallel Master Port	no	no	yes	yes	yes
Analog comparators	2	2	2	3	2
Free sw stacks	yes	yes	yes	yes	yes
Free class drivers	yes	yes	yes	yes	yes
scalable development environment	yes	yes	yes	yes	yes
Packages	20 pin	28,40,44 pin	60,80 pin	64,80,100 pin	64,100 pin

PIC18F14K50

Features

- | **8-bit, 16 MIPS**
- | **Voltage 1.8 to 5.5V**
- | **8 KB Flash**
- | **512 Bytes SRAM**
- | **256 Bytes DPRAM**
- | **256 Bytes EEPROM**
- | **20 pins**

Peripherals

- | **ECCP**
- | **SPI/I²C™**
- | **USART**
- | **9 ch. x 10-bit A/D**
- | **1 x 8-bit, 3 x 16-bit timers**
- | **2 x Comparators**
- | **USB 2.0 Full Speed**

**Маловыводный бюджетный микроконтроллер
для периферийных USB-устройств**

PIC24FJ256GB110

Features

- | **16-bit, 16 MIPS**
- | **256 KB Flash**
- | **16 KB RAM**
- | **100, 80, 64-pin**
- | **Internal Oscillator**
- | **3.3V operation**

USB OTG

- | **USB OTG Full Speed**

Peripherals

- | **4 x UART**
- | **3 x I²C™**
- | **3 x SPI**
- | **16 ch. x 10-bit A/D**
- | **5 x 16-bit timers**
- | **9 x IC, 9 x OC/PWM**
- | **Peripheral Pin Select**
- | **3 x Comparators**

Микроконтроллер средней производительности для встроенных хостов, OTG и высокопроизводительных периферийных устройств

PIC32MX460F512L

Features

- | **32-bit, 80 Mips**
- | **512 KB Flash**
- | **32 KB RAM**
- | **100, 64-pin**
- | **Internal Oscillators**
- | **2.3-3.6V operation**

USB OTG

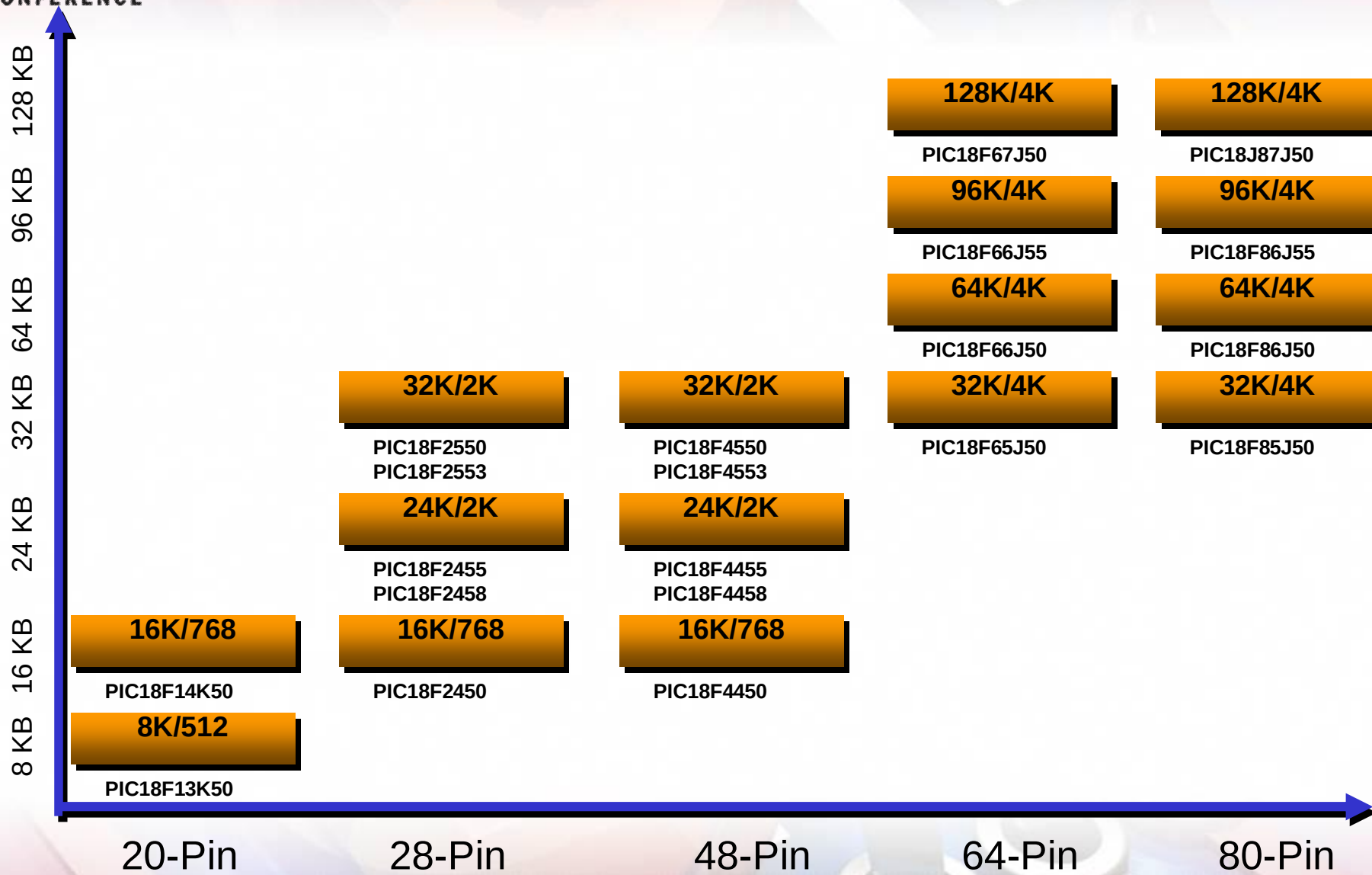
- | **USB OTG Full Speed**
- | **DMA Controller**

Peripherals

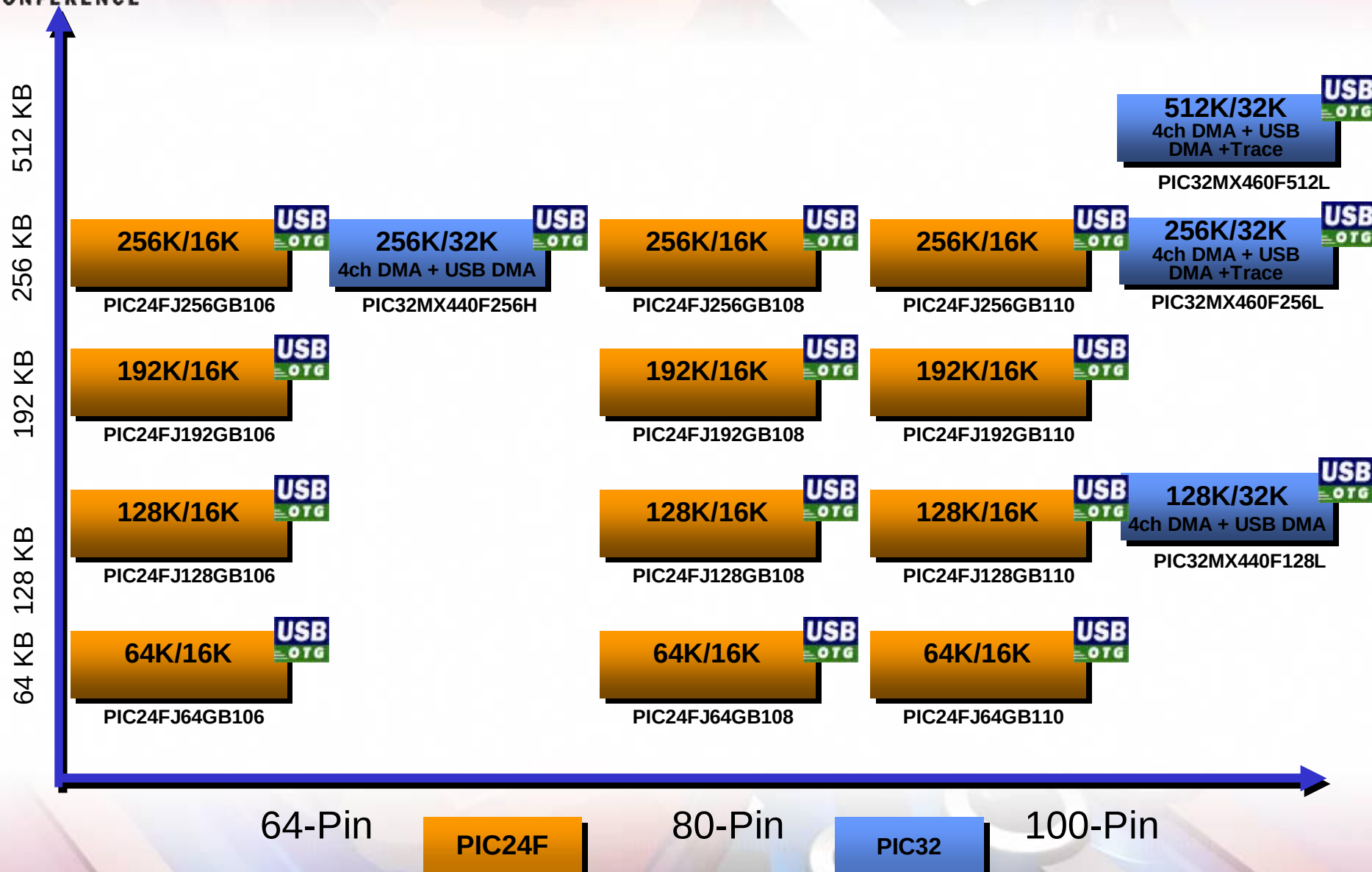
- | **4-ch. DMA**
- | **2 x UART**
- | **2 x I²C™**
- | **2 x SPI**
- | **16 ch. x 10-bit A/D**
- | **5 x 16-bit timers**
- | **5 x IC, 5 x OC/PWM**
- | **2 x Comparators**

**Высокопроизводительный микроконтроллер
для встроенных хостов и OTG-устройств**

Семейство PIC18 USB



Микроконтроллеры с USB OTG

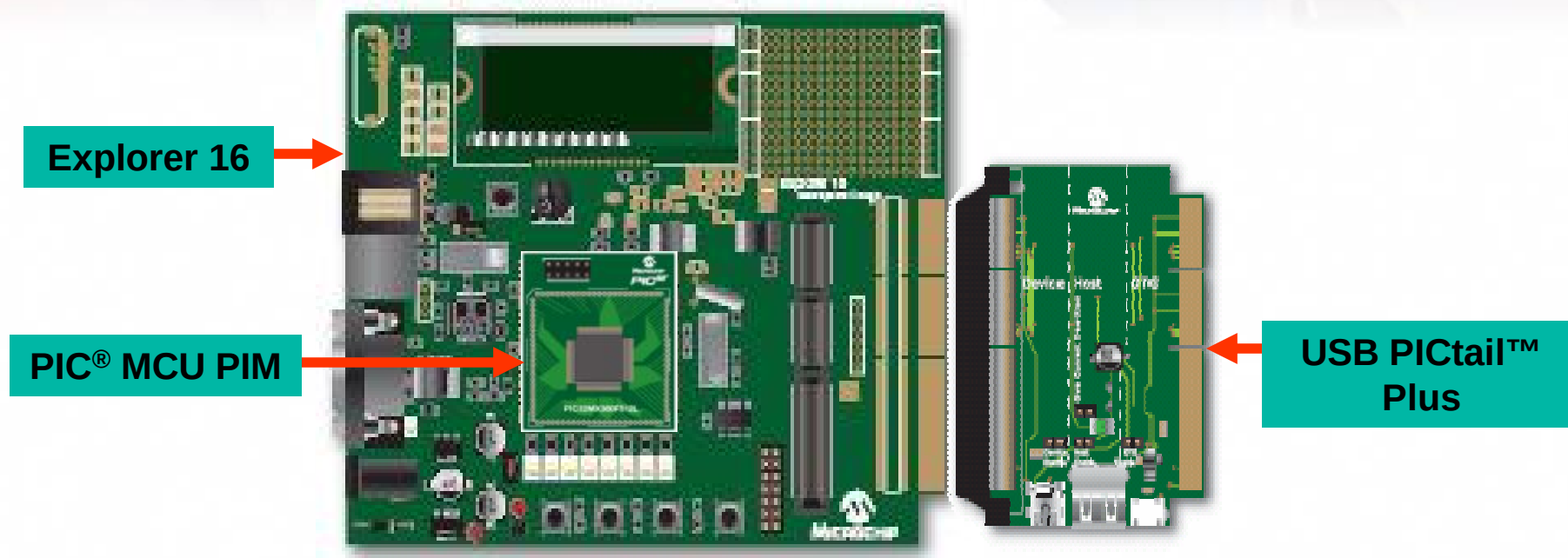


Low Pin Count USB Development Kit

- | Демоплата на базе PIC18F14K50
- | Прямое подключение к PICkit™ 2
- | Порт USB 2.0
- | Порт RS232
- | Базовая периферия
- | Макетная область
- | Примеры и документация в комплекте (доступны на сайте)

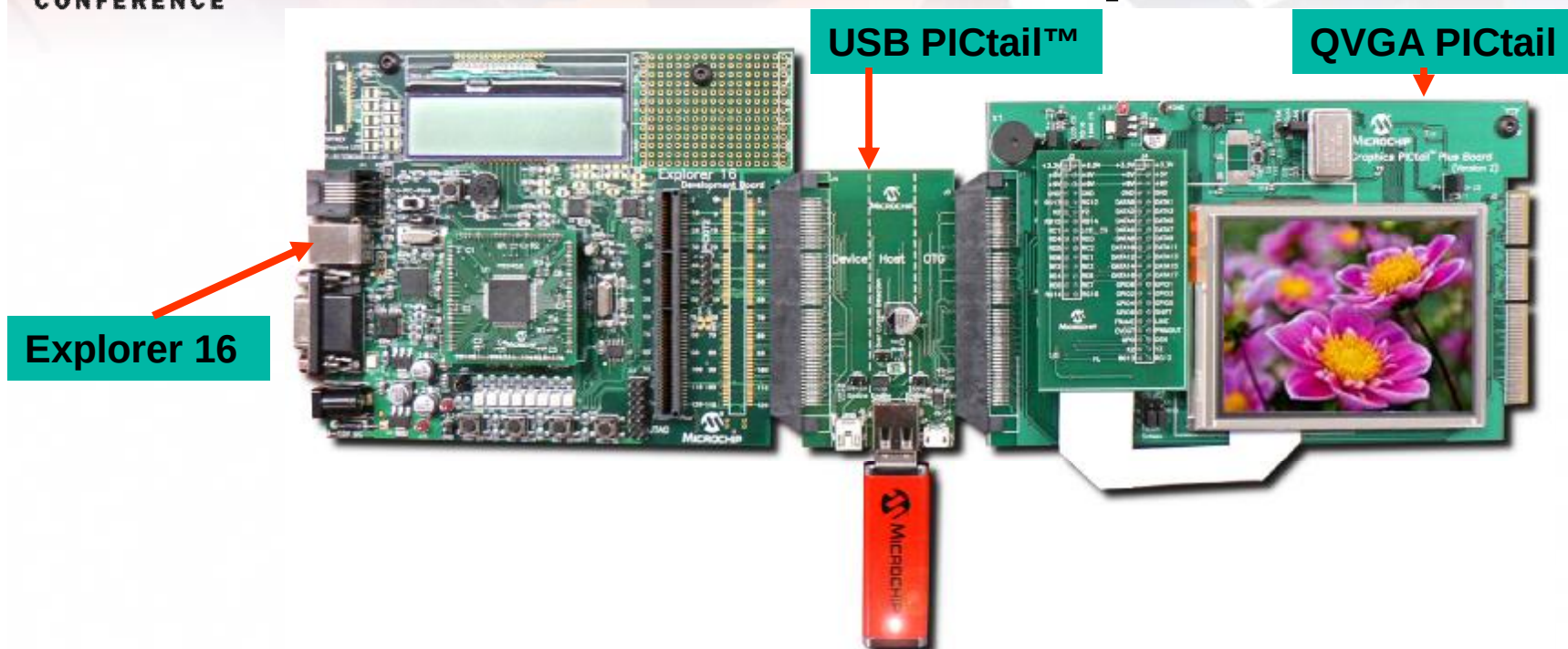


USB-демоплаты на базе Explorer 16



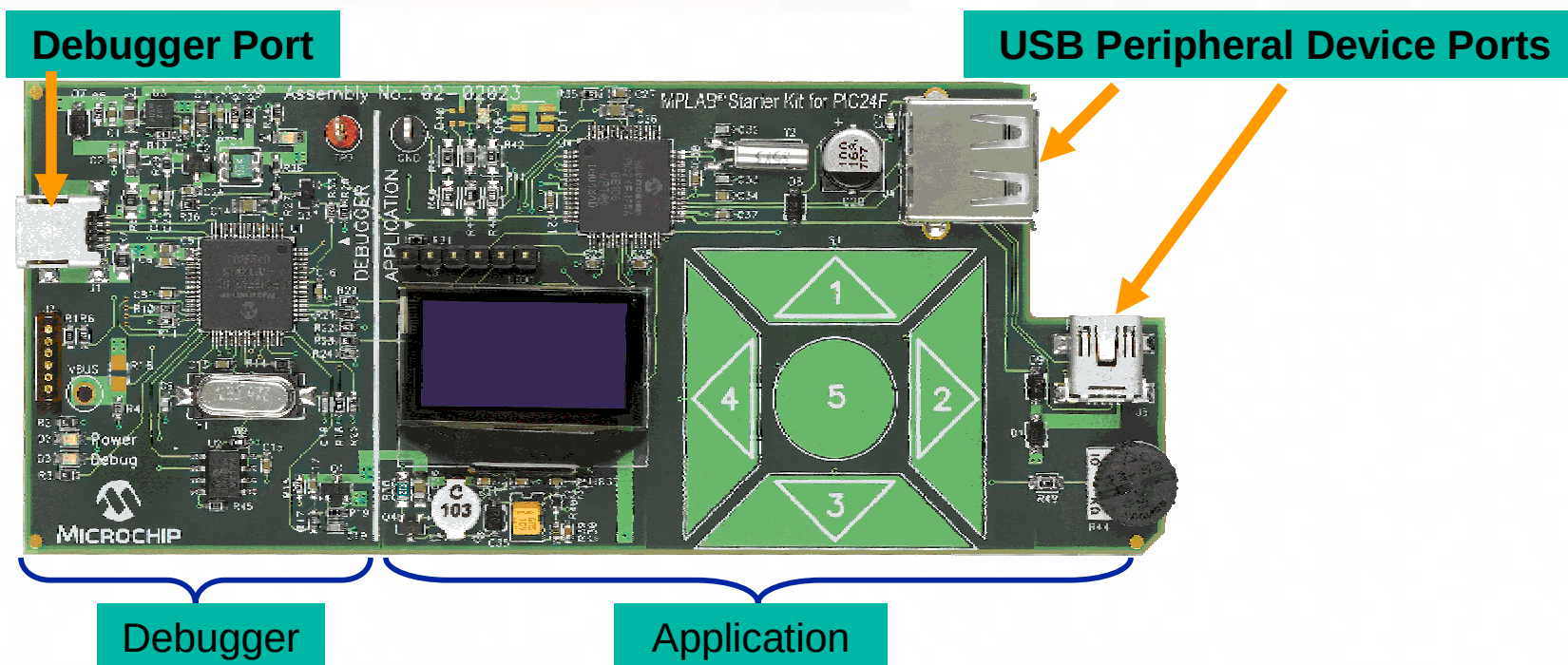
- | Демоплата для всех 16- and 32-битных контроллеров PIC
- | Требуется процессорный модуль (PIM) с USB-контроллером
- | Требуется плата расширения USB PICtail Plus
- | Конфигурируется как OTG, встроенный хост или периферийное устройство
- | Стеки USB OTG для устройства и хоста
- | Встроенный хост – драйверы классов HID, Mass Storage, Printer, Custom

Комплексные решения



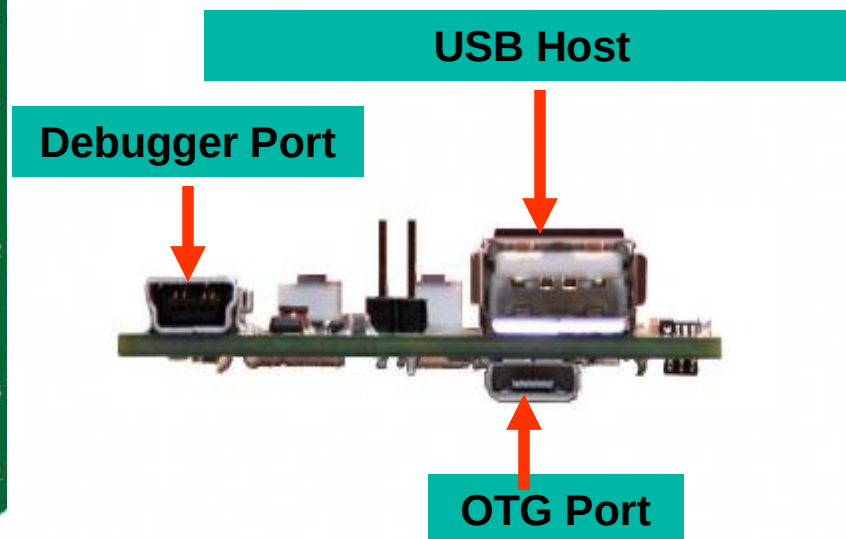
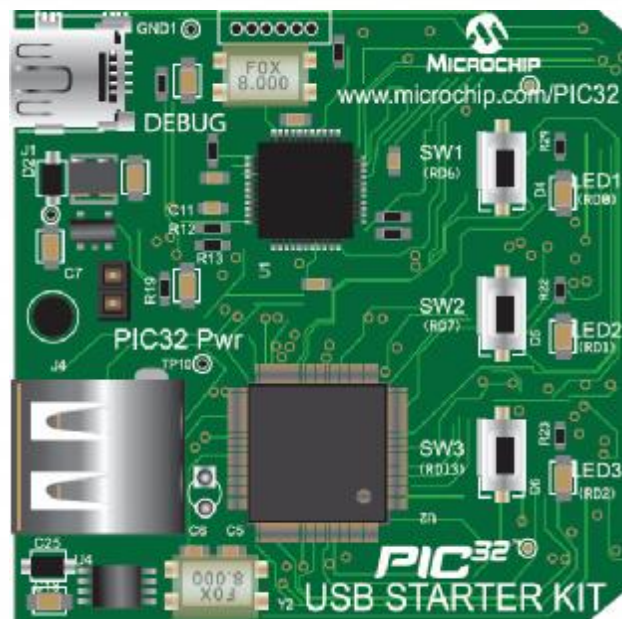
- | Встроенный хост на базе PIC24FJ256GB110
- | Чтение графических файлов с USB Flash Drive
- | Вывод изображений на графический QVGA-дисплей

PIC24F Starter Kit



- | PIC24F Starter Kit - демоплата на базе PIC24FJ256GB106
- | Демонстрирует возможности PIC24 в качестве встроенного хоста и OTG
- | Стандартный разъем USB-A для подключения периферии
- | Пользовательский интерфейс на базе графического OLED-дисплея и сенсорной клавиатуры
- | Встроенный отладчик, совместимый с MPLAB® IDE
- | Питание через отладочный USB-разъем от ПК

PIC32 USB Starter Board



- | Демоплата на базе PIC32MX460F512
- | Демонстрирует возможности PIC32 в качестве встроенного хоста и OTG
- | Встроенный отладчик, совместимый с MPLAB® IDE
- | Питание через отладочный USB-разъем от ПК

Trademarks

The Microchip name and logo, the Microchip logo, Accuron, dsPIC, KeeLoq, KeeLoq logo, MPLAB, PIC, PICmicro, PICSTART, PRO MATE, rfPIC and SmartShunt are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

FilterLab, Linear Active Thermistor, MXDEV, MXLAB, SEEVAL, SmartSensor and The Embedded Control Solutions Company are registered trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

Analog-for-the-Digital Age, Application Maestro, CodeGuard, dsPICDEM, dsPICDEM.net, dsPICworks, dsSPEAK, ECAN, ECONOMONITOR, FanSense, In-Circuit Serial Programming, ICSP, ICEPIC, Mindi, MiWi, MPASM, MPLAB Certified logo, MPLIB, MPLINK, mTouch, PICkit, PICDEM, PICDEM.net, PICtail, PIC32 logo, PowerCal, PowerInfo, PowerMate, PowerTool, REAL ICE, rfLAB, Select Mode, Total Endurance, UNI/O, WiperLock and ZENA are trademarks of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A. and other countries.

SQTP is a service mark of Microchip Technology Incorporated in the U.S.A.

All other trademarks mentioned herein are property of their respective companies.

© 2008, Microchip Technology Incorporated. All Rights Reserved.