

USB - Introdução

Meios Eletrônicos I 2011

História

- USB: Universal Serial Bus
 - Criado pela Intel em 1994, junto com outras empresas (Microsoft, HP, NEC, Apple)
 - Facilita a conexão de dispositivos periféricos ao PC (Plug & Play)
 - Hoje é o padrão de interconexão mais utilizado (6 bilhões de PCs e em 2 bilhões de eletrônicos)
 - Segue o modelo mestre/escravo chamado aqui de host/device
-

Padrões

- São 5 padrões até o momento:
 - USB 1.0 (1996): 12Mbit/s (Full-Speed - FS)
 - USB 1.1 (1998): 12Mbit/s e 1.5Mbit/s (Low-Speed - LS)
 - USB 2.0 (2000): 480Mbit/s (High-Speed - HS) e OTG (On-The-Go – opera como host ou device)
 - USB 3.0 (2010): 4.8Gbit/s (Super-Speed)
 - USB Wireless (2010): 480 Mbits/s em UWB (Ultra Wide Band) – até 3 metros
 - Todas as versões são compatíveis (exceto 3.0) (em caso de conflito, opera na taxa mais baixa)
-

Características

- Comunicação assíncrona
 - Half-duplex (USB 2.0) e Full-duplex (USB 3.0)
 - Topologia estrela
 - Interface fornece alimentação (5V, até 500mA)
 - Plug & Play
 - Hot-swappable
 - Controle de energia (modo suspenso)
 - Máximo de 127 dispositivos conectados
-

Interface Elétrica

- Quatro pinos:
 - Dois pinos diferencias de dados (D+, D-)
 - Um pino de terra e um de alimentação (GND, VBUS)
- Dados contém a informação de clock
- Codificação NRZI (No Return to Zero Inverted): 1 mantém, 0 inverte.

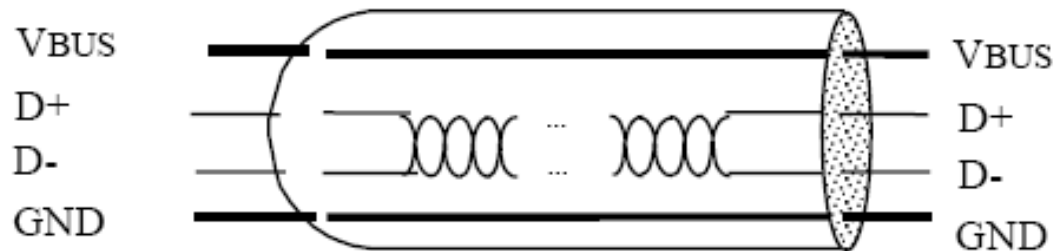
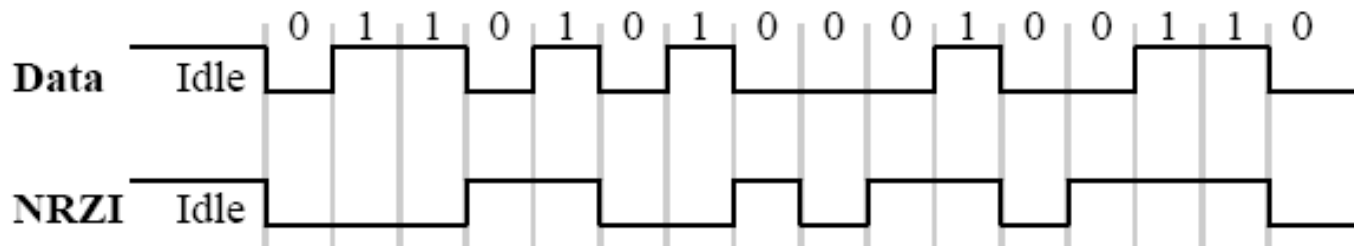


Figure 4-2. USB Cable

Interface Elétrica

- Em caso de sequência longas de 1s, 0s são inseridos (bit stuffing)
- Um símbolo especial (SYNC) é transmitido antes de cada pacote (clock)
- Garante o sincronismo entre receptor e transmissor



Interface Eléctrica

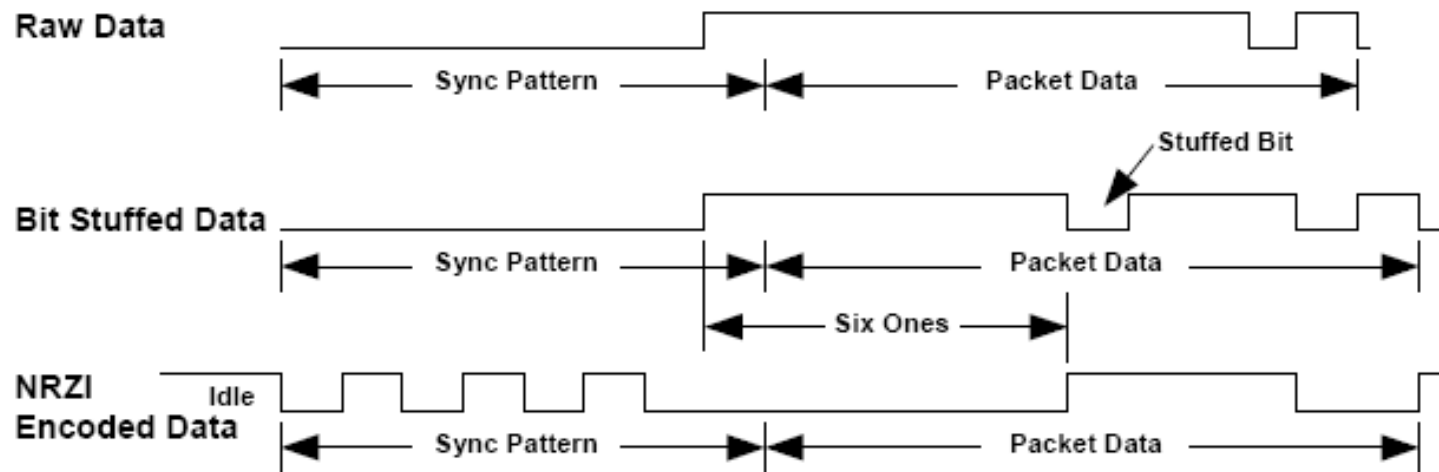


Figure 7-32. Bit Stuffing

Detecção do Dispositivo

- É feita por resistores pull-up em D+ ou D-
 - Para HS/FS usa-se D+ e para LS, D-
 - O controlador, baseado no comportamento do sinal D+ e D-, detecta a conexão ou desconexão
 - Também permite determinar a velocidade do dispositivo (ou LS ou FS)
 - Se o dispositivo identificado for FS e for capaz de responder a um comando de reset em HS, então opera em HS
-

Detecção do Dispositivo

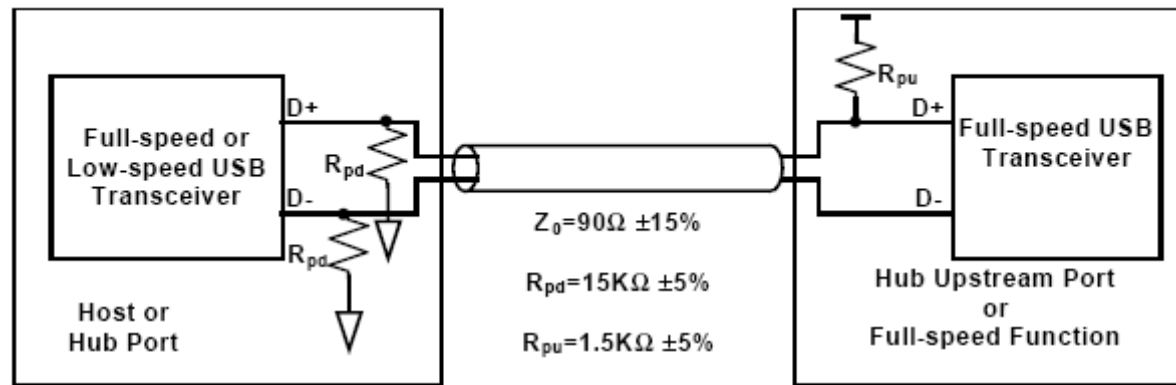


Figure 7-20. Full-speed Device Cable and Resistor Connections

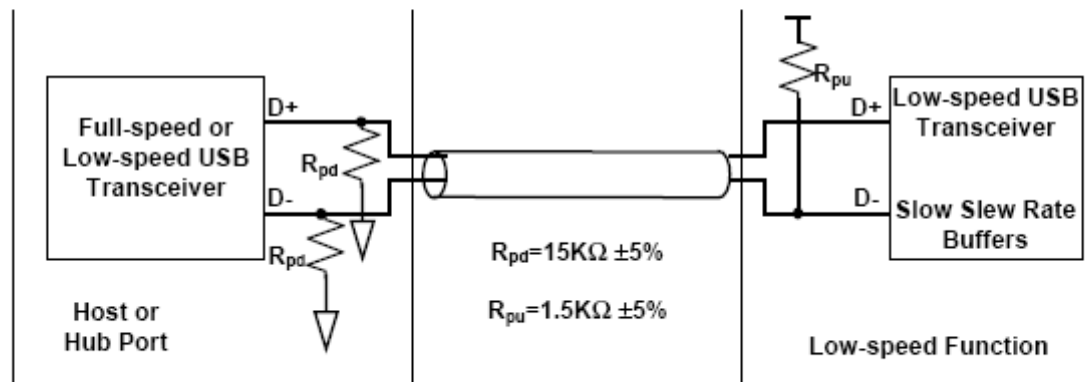


Figure 7-21. Low-speed Device Cable and Resistor Connections

Detecção do Dispositivo

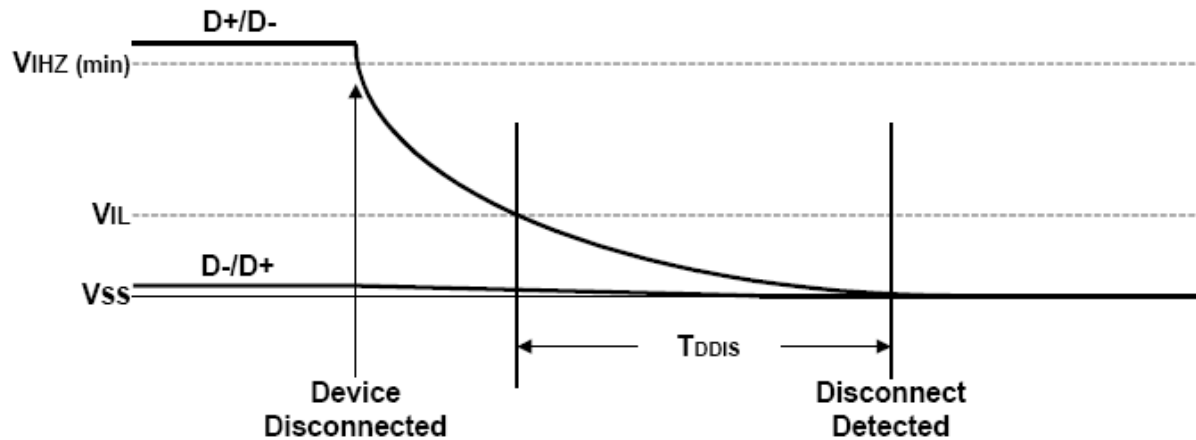


Figure 7-26. Low-/full-speed Disconnect Detection

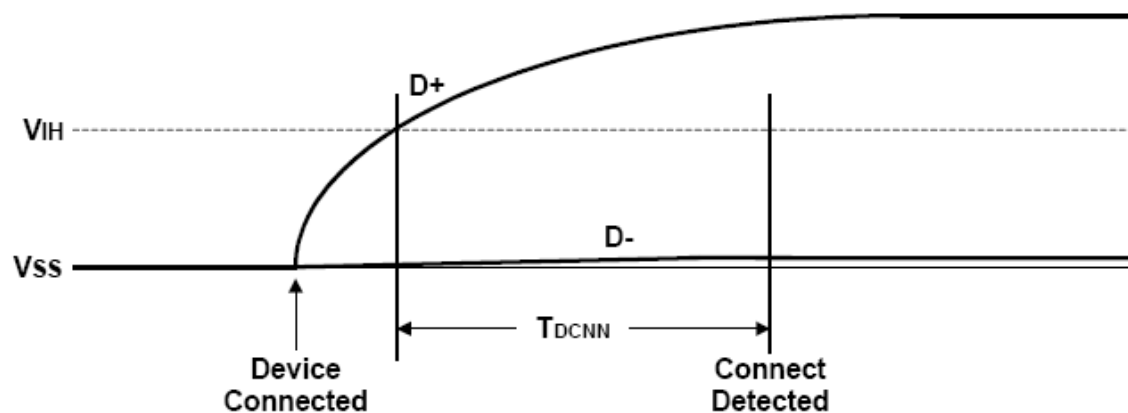
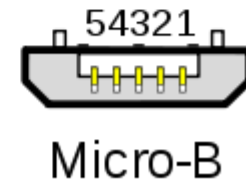
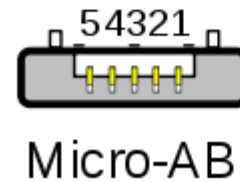
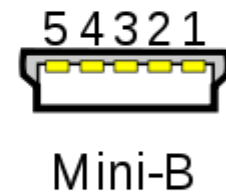
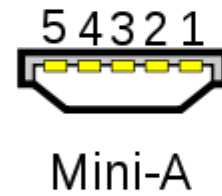
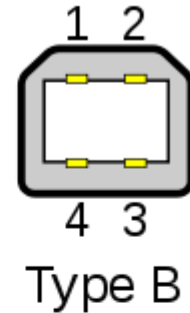
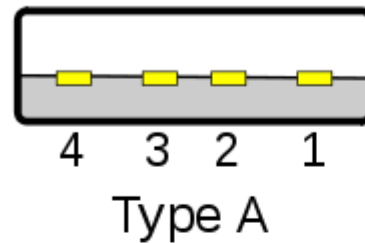


Figure 7-27. Full-/high-speed Device Connect Detection

Conectores

- A: Host side
- B: Device side



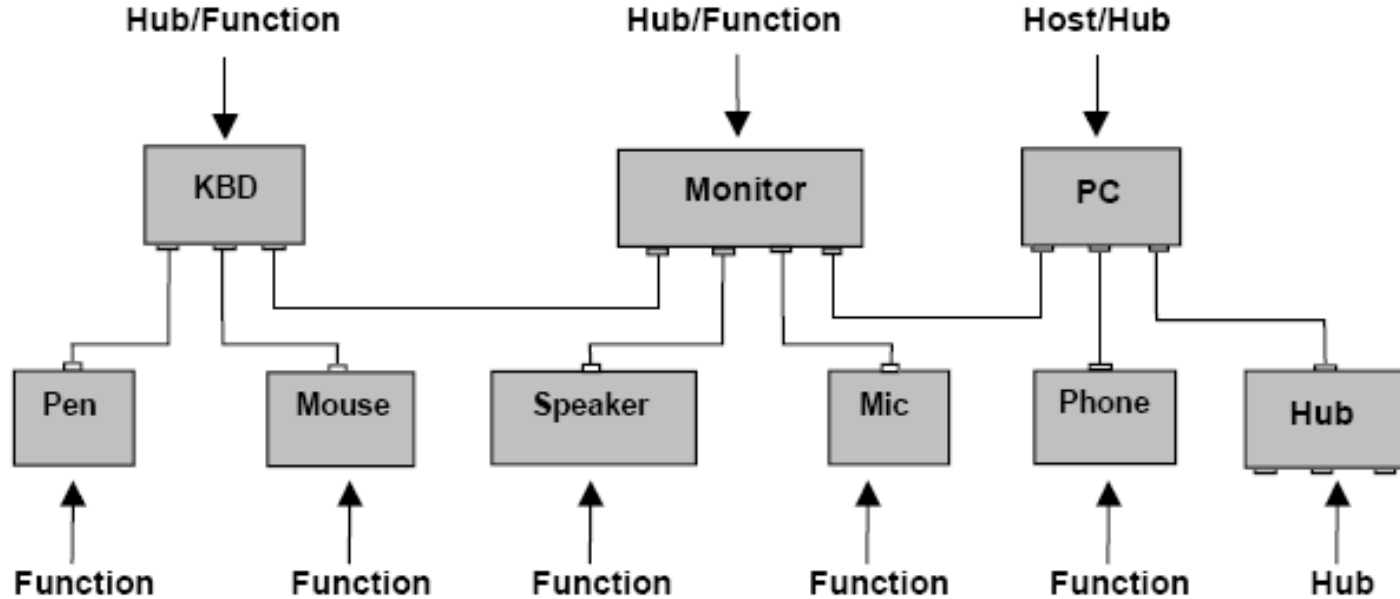
Dispositivos USB

- Dois tipos principais
 - HUB: elemento que permite a conexão de múltiplos dispositivos USB
 - Função: dispositivo USB capaz de enviar e receber dados
 - Todo dispositivo carrega consigo informações de identificação (descritores)
 - Em especial, devem conter dados sobre sua classe, fabricante e configurações disponíveis
-

Dispositivos USB

- Classes (configurações genéricas)
 - Hubs
 - HID (Human-Interface Device)
 - Printer
 - Imaging (cameras, scanners)
 - Mass Storage (HDs, pen-drives)
 - Modems (ADSL, roteador)
 - Informações de configuração incluem funções disponíveis, tamanho dos pacotes, etc
-

Dispositivos USB



Conceitos Básicos

- Endpoints
 - Tipos de endpoints
 - Pipes
 - Interfaces
 - Configurações
-

Endpoints

- É o ponto final de um fluxo de dados unidirecional (IN ou OUT) entre dispositivo/host
 - Cada endpoint (EP) possui um número, uma direção, um tamanho de pacote e um tipo
 - Junto com o endereço do dispositivo, um endpoint é identificado unicamente
 - Canal (pipe): é uma associação entre um endpoint e o host
 - Todo dispositivo possui no mínimo um canal (ep0 - controle)
-

Tipos de Endpoint

- **Controle**
 - usado para configurar o dispositivo quando ele é conectado pela primeira vez (enumeração)
 - **Bulk**
 - transmite grandes quantidades de dados em rajada sem erro (taxa variável - impressoras, pen-drives)
 - **Interrupção**
 - pequena quantidade de dados (iterativo - mouse)
 - **Isócrono**
 - taxa constante com atraso controlado, sem controle de erro (tempo real – video)
-

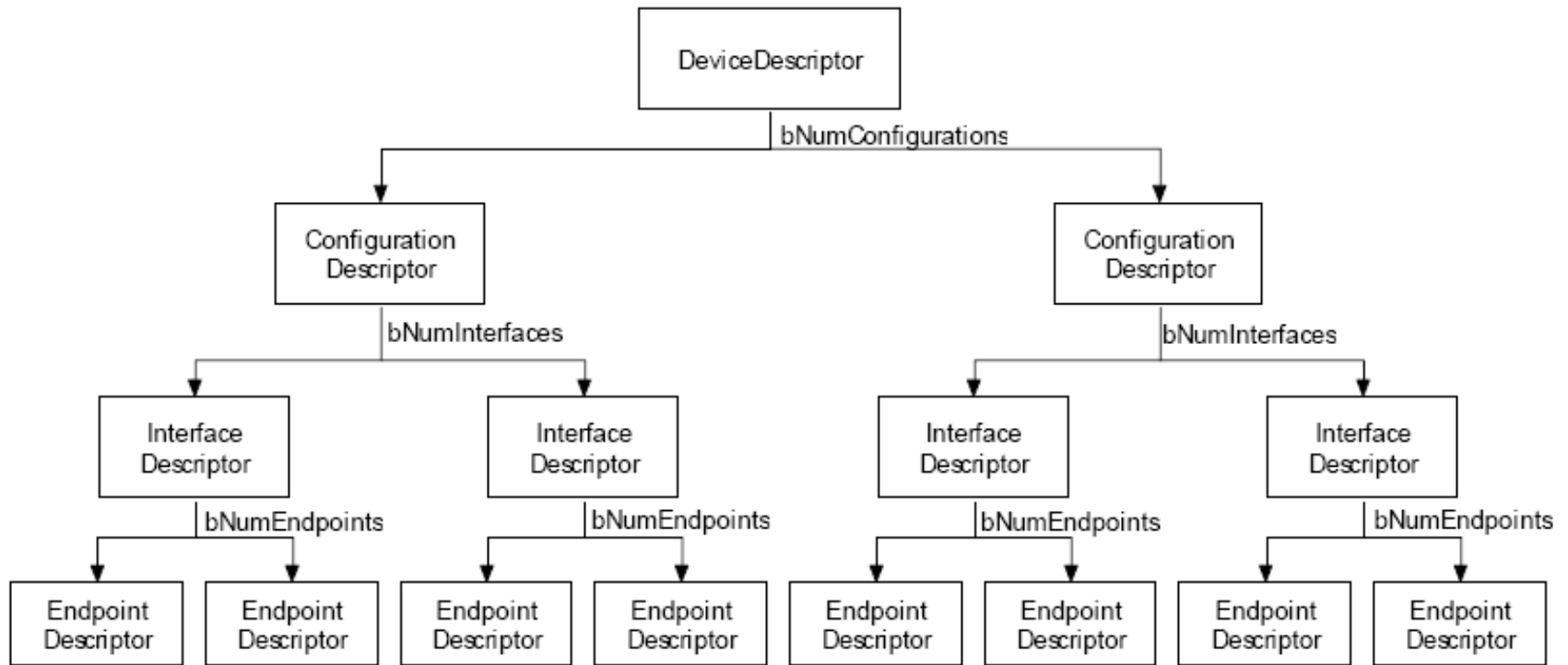
Interfaces

- Interface: conjunto de endpoints
 - Cada interface trata apenas um tipo de conexão lógica (ex. mouse, teclado, áudio, etc)
 - Cada interface representa em essência uma funcionalidade
 - Também possui diversas opções (a default é chamada de “0”)
-

Configurações

- Configurações: conjunto de interfaces
 - Um dispositivo USB pode ter mais de uma configuração (e mudar entre elas)
-

Descritores



Descritores

- Estrutura de dados que caracterizam o dispositivo
 - São 5 os mais importantes:
 - Device
 - Configuração
 - Interface
 - Endpoint
 - String
-

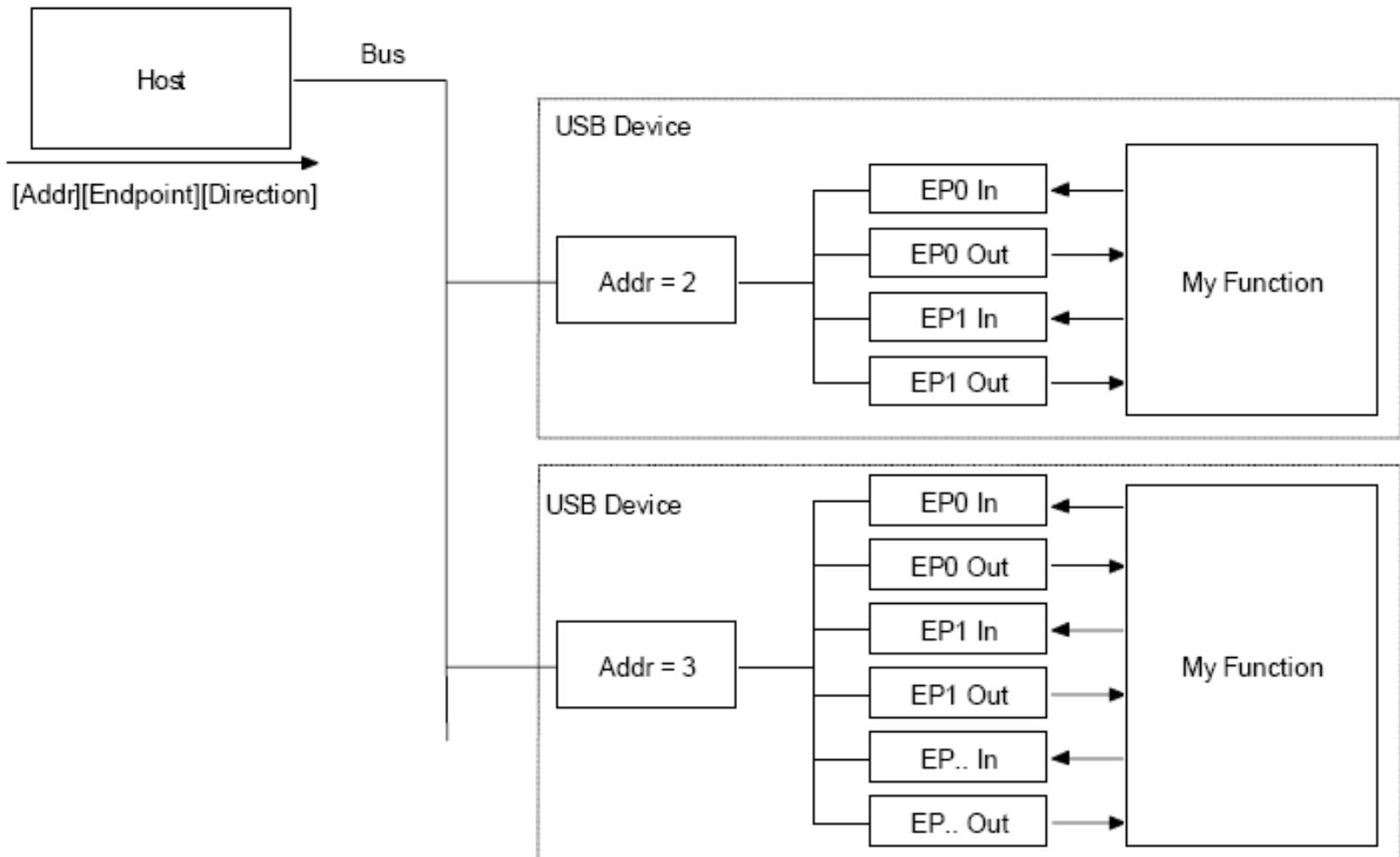
Descritores

- Device contém informações como:
 - Protocolo (USB 1.0, 1.1, 2.0, etc)
 - Classe
 - Subclasse
 - Tamanho máximo de pacote
 - Fabricante
 - Produto
 - Número serial
 - Número de configurações
-

Descritores

- Endpoint contém informações como:
 - Endereço do endpoint
 - Direção
 - Tamanho máximo do pacote
 - Tipo
-

Endereçamento



Funcionamento

- Todo protocolo é centrado no host
 - O protocolo utilizado baseia-se em polling
 - A comunicação é iniciada pelo controlador do host que solicita dados dos dispositivos escravos
 - Faz uso do handshake para confirmar o recebimento dos dados transmitidos
 - Uma transmissão é composta por 3 pacotes – cabeçalho (token), dados, status
-

Funcionamento

- Cada pacote contém um CRC para correção de erros (até 2 bits)
 - Em caso de falha de transmissão, o host tentará enviar 3 vezes, antes de informar a aplicação
 - A comunicação entre um host e um device ocorre através de um canal unidirecional
 - O canal de dados pode ser do tipo stream (sem formato) ou mensagem (formatado)
-

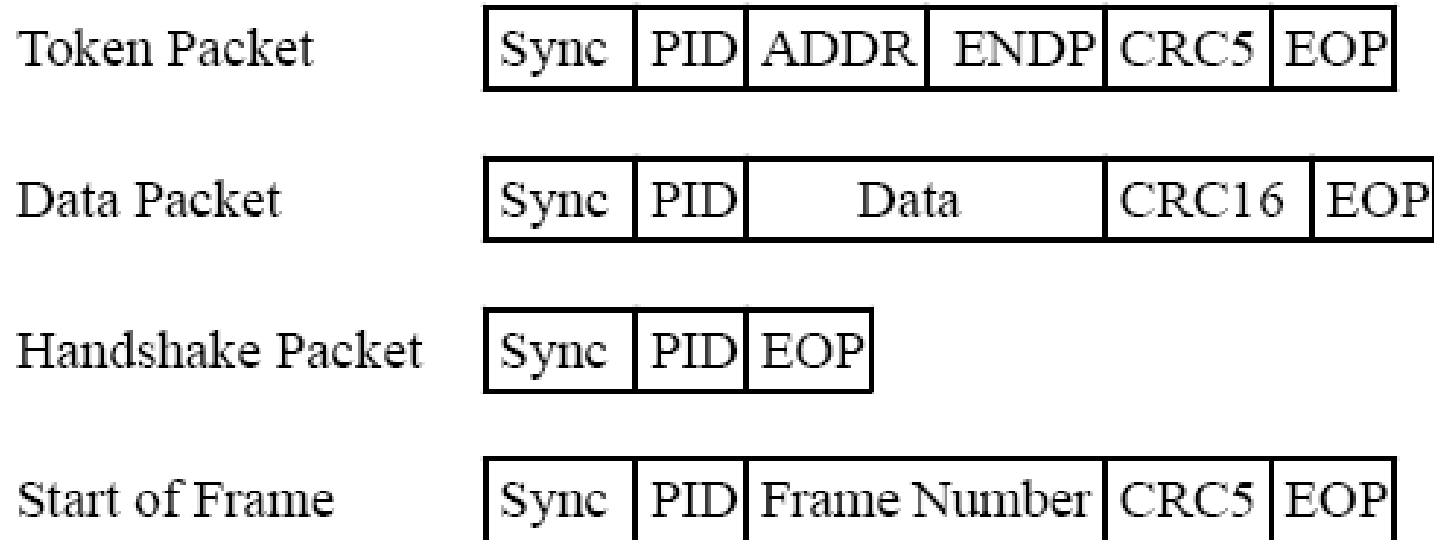
Funcionamento

- Quando o dispositivo é conectado ao controlador, um endereço único é atribuído
 - Esse processo é chamado de enumeração
 - Uma vez atribuído um endereço único, o dispositivo pode ser utilizado
-

Pacotes

- Tipos de pacote:
 - Token (cabeçalho)
 - Dados
 - Status (handshake)
 - Especial (condições de erro, etc)
 - Cada pacote é sempre composto por:
 - SYNC (Start): 8 bits FS ou 32 bits HS (sincronismo)
 - PID (Packet ID): 8 bits (tipo de pacote)
 - Dados: de controle ou carga útil seguidos de CRC
 - EOP (End of Packet): 3 bits FS, 8 bits HS
-

Pacotes



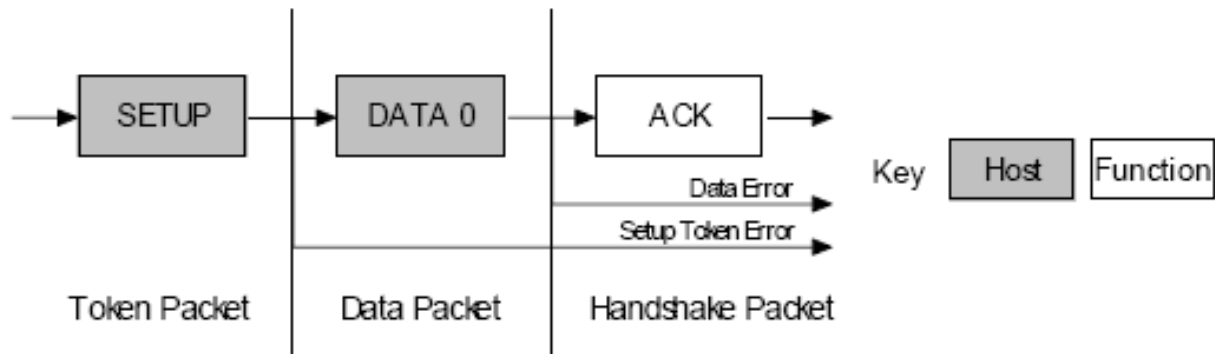
- Addr: 7 bits para endereço
 - Endpoint: 4 bits para escolha do endpoint
 - Frame number: 11 bits controlados pelo host
 - Data: 8, 16, 32 ou 64 bytes (em caso especial - 1024 bytes)
-

Pacotes

Group	PID Value	Packet Identifier
Token	0001	OUT Token
	1001	IN Token
	0101	SOF Token
	1101	SETUP Token
Data	0011	DATA0
	1011	DATA1
	0111	DATA2
	1111	MDATA
Handshake	0010	ACK Handshake
	1010	NAK Handshake
	1110	STALL Handshake
	0110	NYET (No Response Yet)
Special	1100	PREamble
	1100	ERR
	1000	Split
	0100	Ping

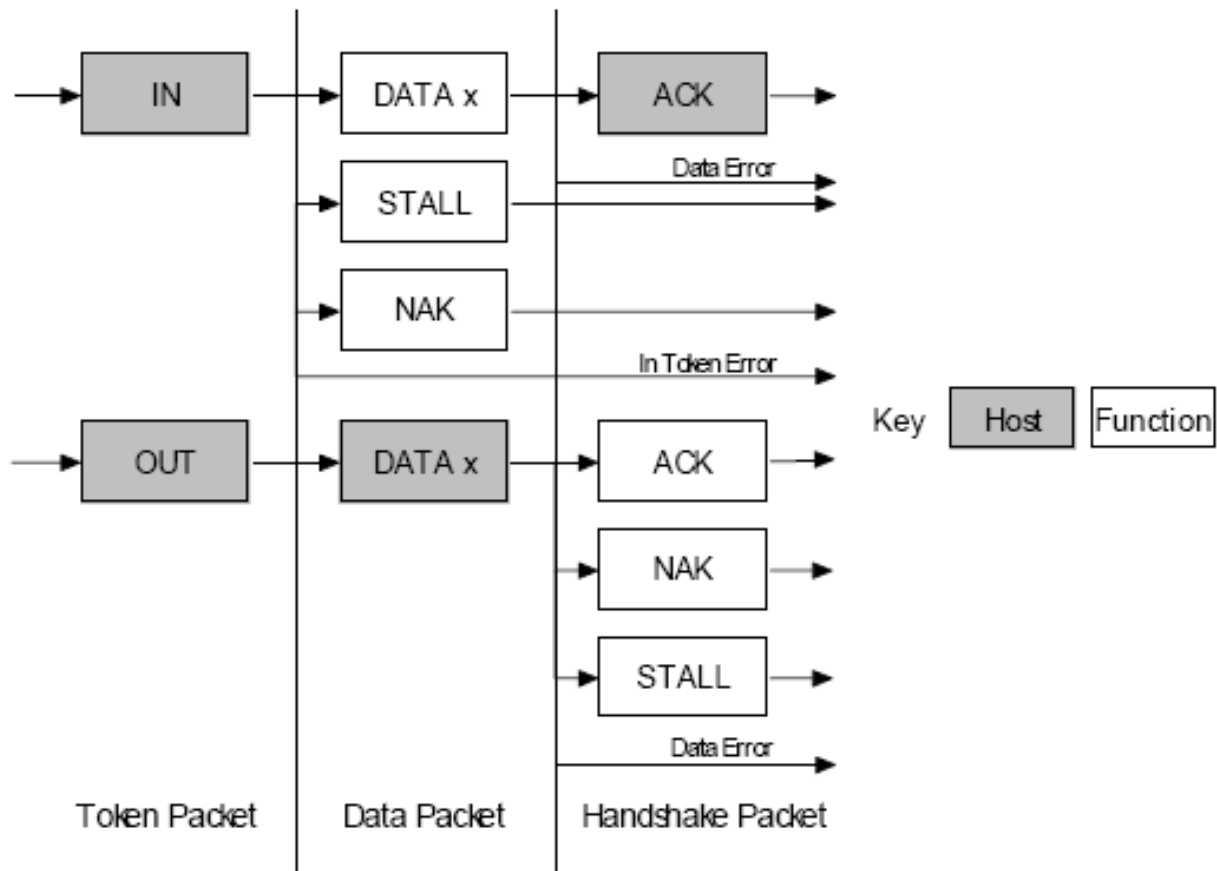
Transferências

- Controle (SETUP)



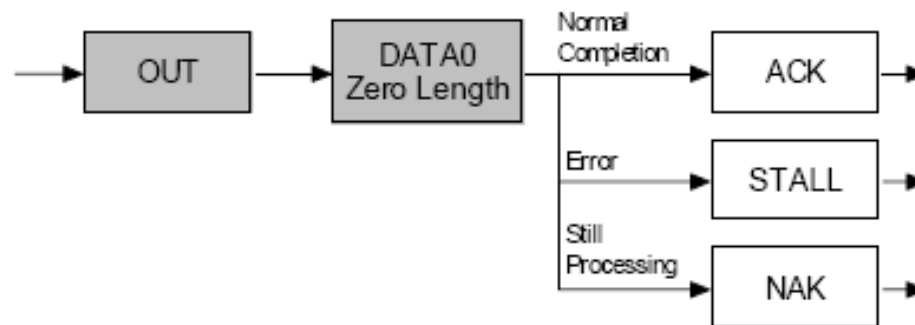
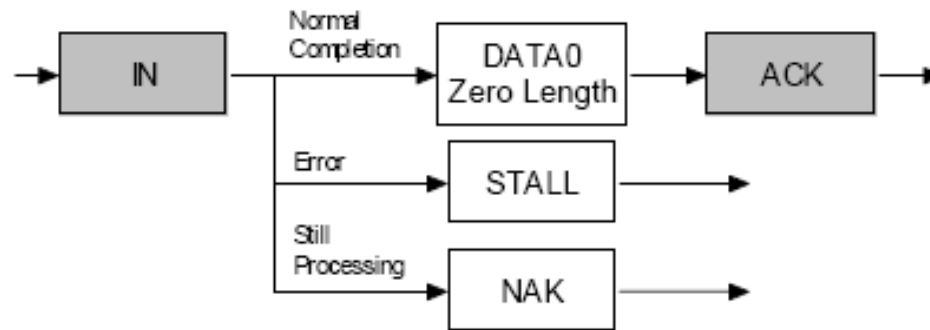
Transferências

- Dados



Transferências

- Status



Frames

- Todos os pacotes são agrupados em frames (quadros)
 - Cada frame tem um tempo de 1 milisegundo para FS e LS
 - Para HS existem os micro-frames de 125 us
 - Cada dispositivo conectado recebe um tempo dentro do frame (bandwidth)
-

Frames

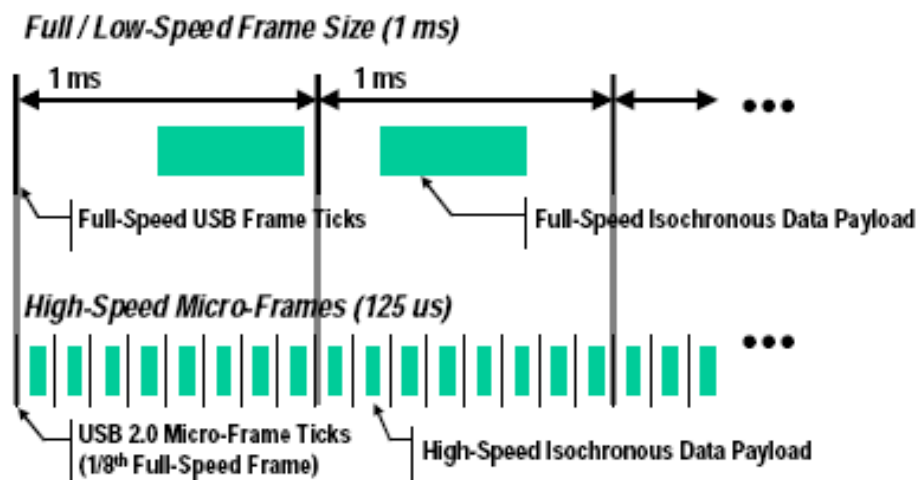


Figure 8-14. Relationship between Frames and Microframes

Áreas de Implementação

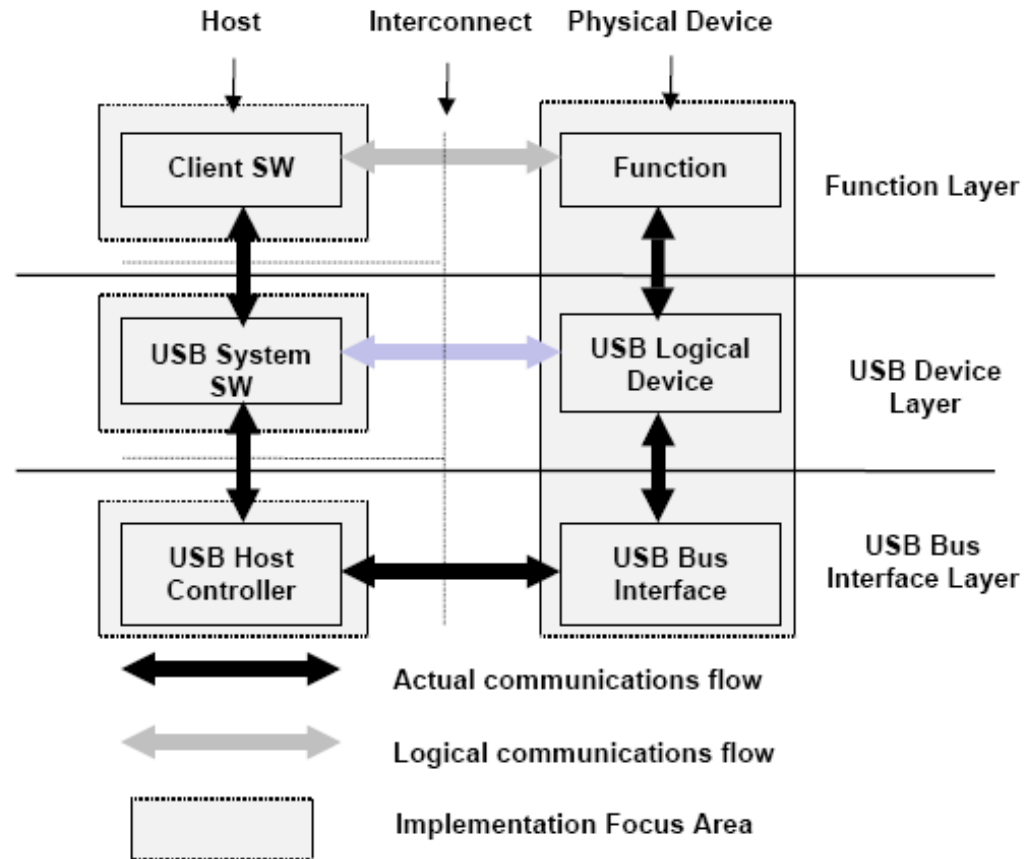
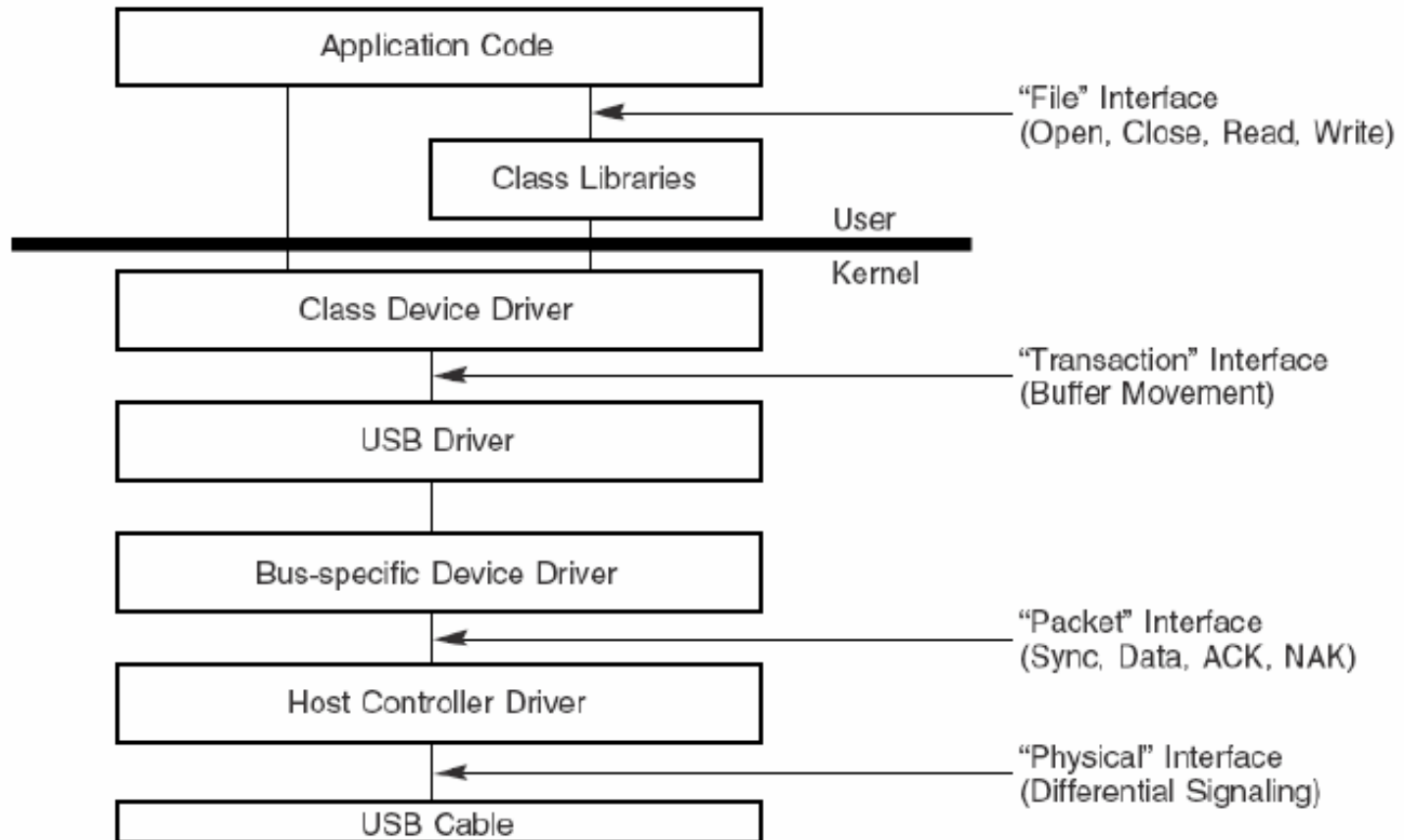


Figure 5-2. USB Implementation Areas

Perspectiva do Software



Enumeração

- É a atividade de identificar e atribuir um endereço único a cada dispositivo conectado
 - Durante o processo de enumeração, o host solicita a identificação do dispositivo
 - A comunicação com o dispositivo começa sempre pelo EP0 (único canal bidirecional)
 - Informações tais como classe, fabricante, configurações em geral são passadas ao host
 - Pacotes formatados
-

Enumeração

- Essas informações auxiliam o sistema operacional a escolher o driver apropriado
 - Todo dispositivo USB deve ser capaz de responder aos comandos de RESET e de configuração do dispositivo
 - Inicialmente, todo dispositivo começa com o endereço 0
 - Uma vez caracterizado o dispositivo, esse é designado um endereço único pelo host
-

Enumeração

- Etapas
 - Receber descritor do dispositivo
 - Atribuir endereço
 - Receber (de novo) o descritor do dispositivo
 - Receber o descritor de configuração
 - Selecionar driver do dispositivo
 - Selecionar a configuração do dispositivo
-

Enumeração

