



USB: Universal Serial Bus

Massimiliano Pieraccini

Universal Serial Bus (USB)

PC ↔ periferiche

mouse, tastiera, (video), scanner, stampante, telecamere, lettori di CD, hard-disk esterno, microfoni, altoparlanti..



1996 versione 1.0

12 Mbit/s



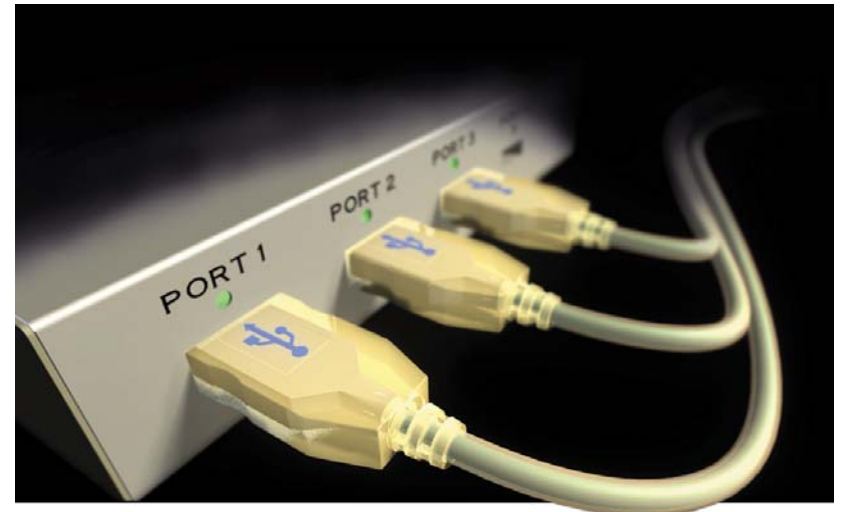
2000 versione 2.0

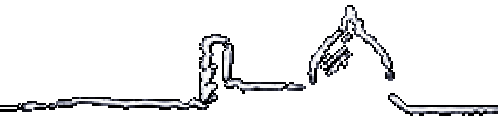
480 Mbit/s

Fino a 127 dispositivi contemporaneamente
(con 16 endpoints ciascuno)

Lunghezza massima: 5m

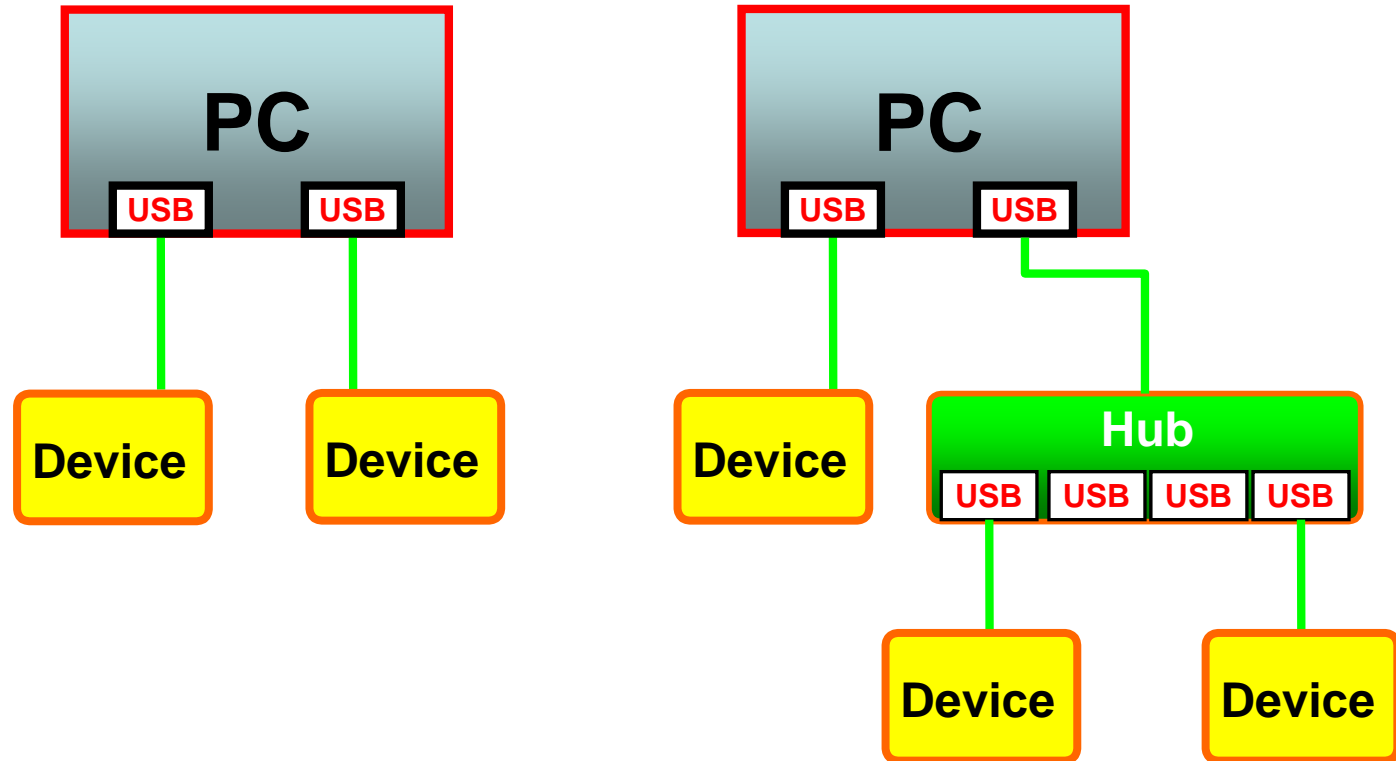
Hot Plug-Play

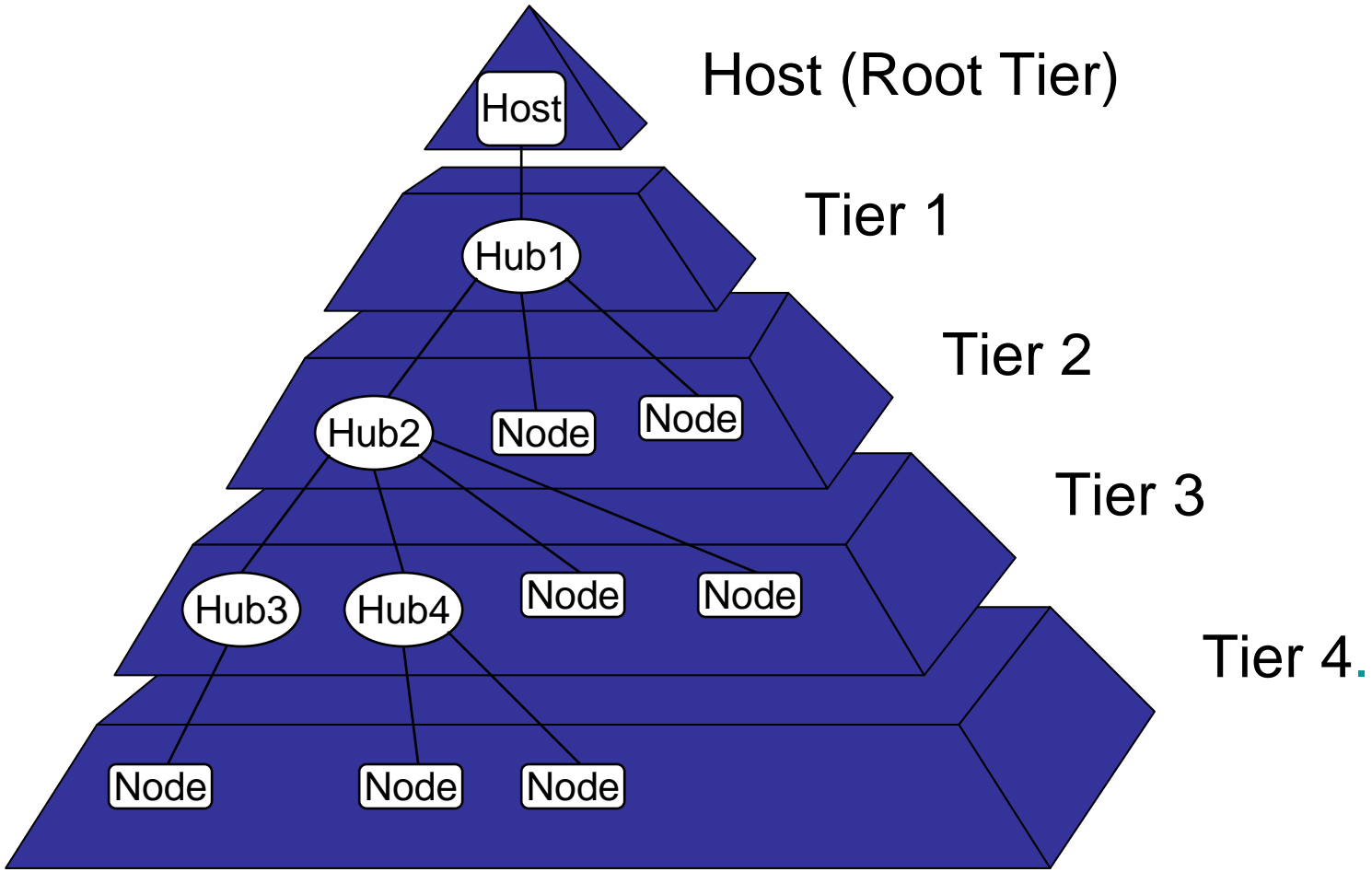
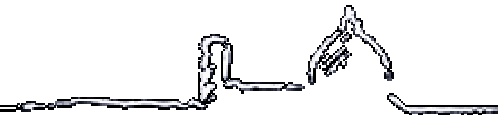




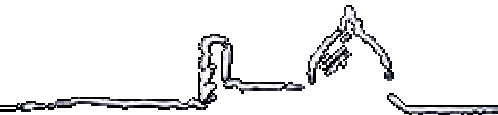
protocollo master-slave rigidamente gerarchico:

un unico host (il PC) gestisce tutti i trasferimenti da e per le periferiche





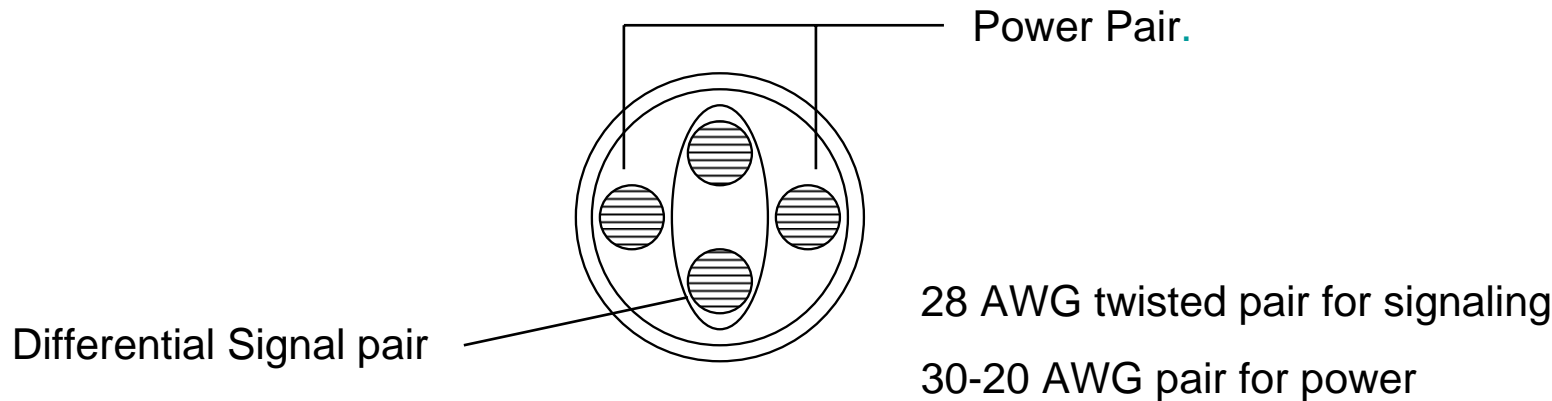
Il cavo USB

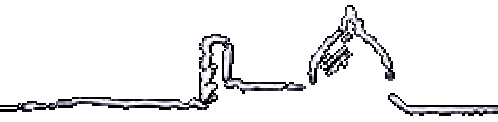


Unico canale per TX e RX per evitare cross-talk

- 2 linee di segnale (**differenziale**)
- 1 alimentazione a 5 V (500 mA)
- 1 massa

se un hub è presente,
esso assorbe i 500 mA
usando 100 mA per se stesso
e distribuendo 100 mA su ognuna
delle sue quattro porte

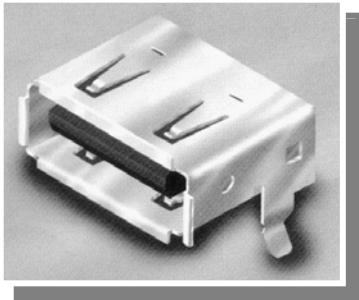




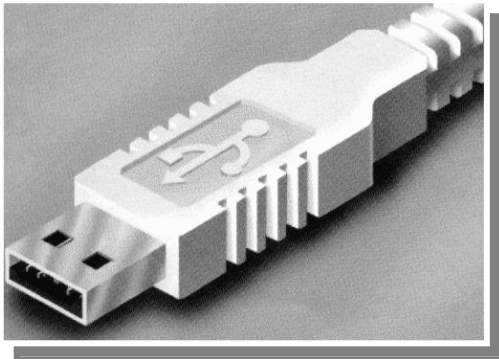
“A” Connector

host

“A” Receptacles



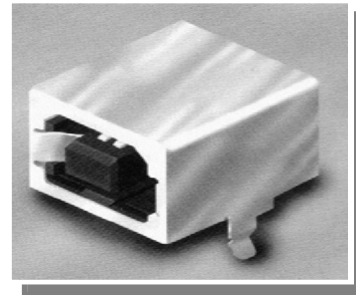
“A” Plugs



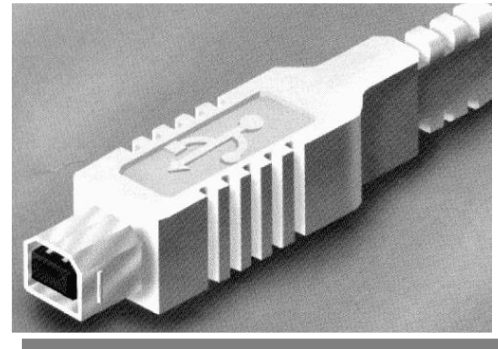
“B” Connector

USB device

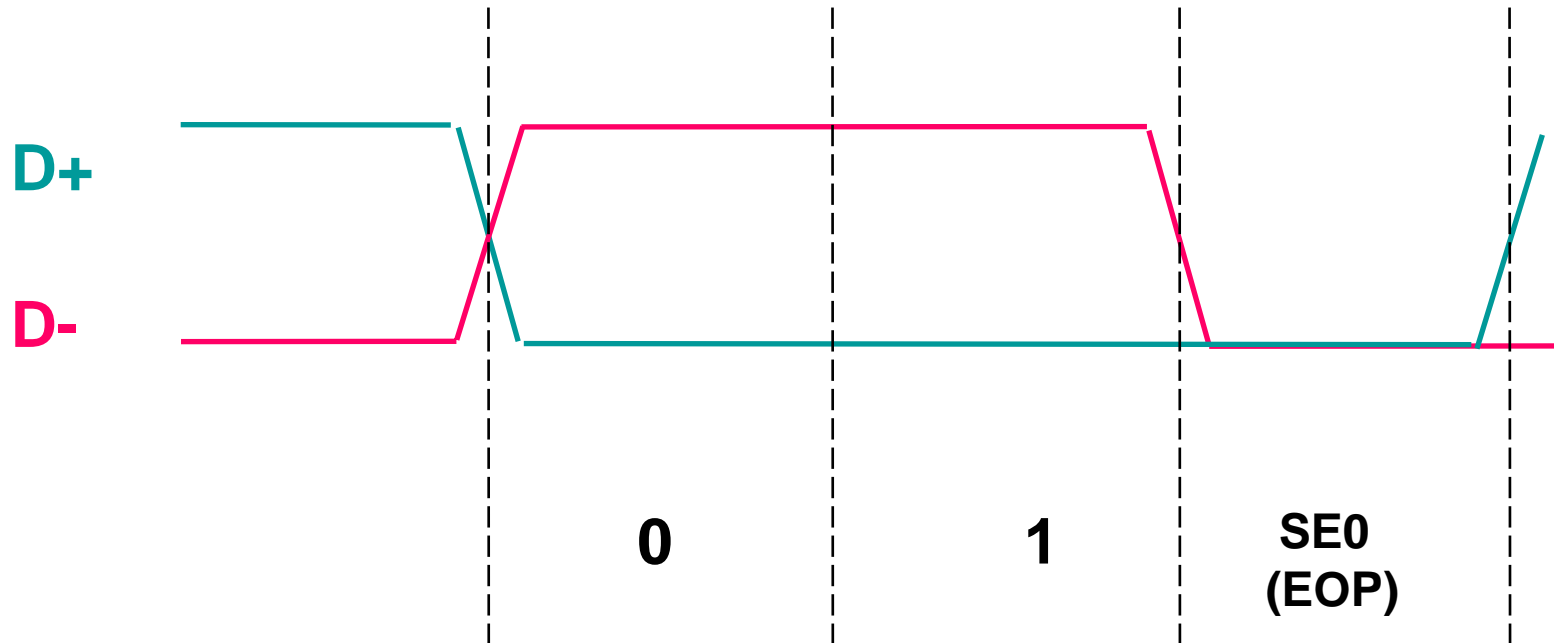
“B” Receptacles



“B” Plugs



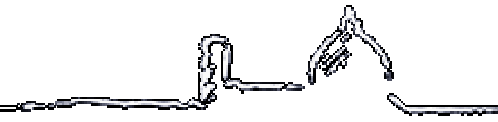
Pseudo-Differential Signaling



Single Ended 0 (SE0)

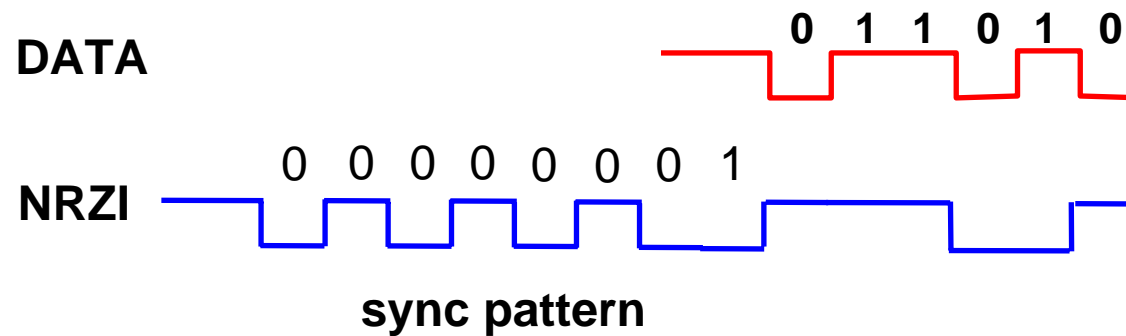
Used to signal End Of Packet (EOP)

Used as a USB Reset (Extended SE0 > 10ms)



sync pattern

NRZI Encoding with sync pattern

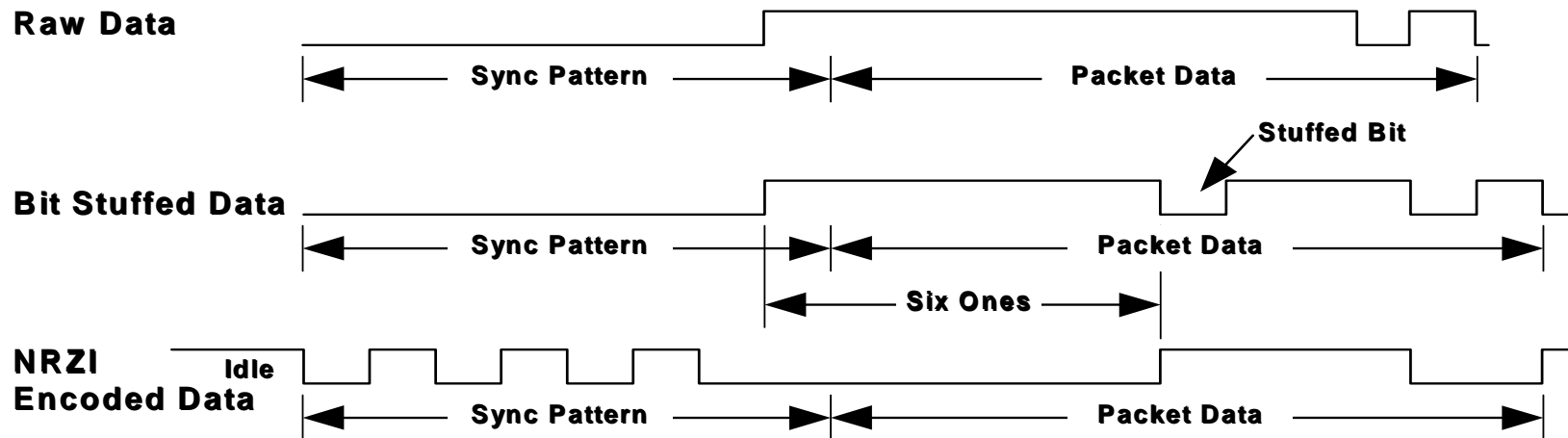


NRZI = **Non Return to Zero Invert**

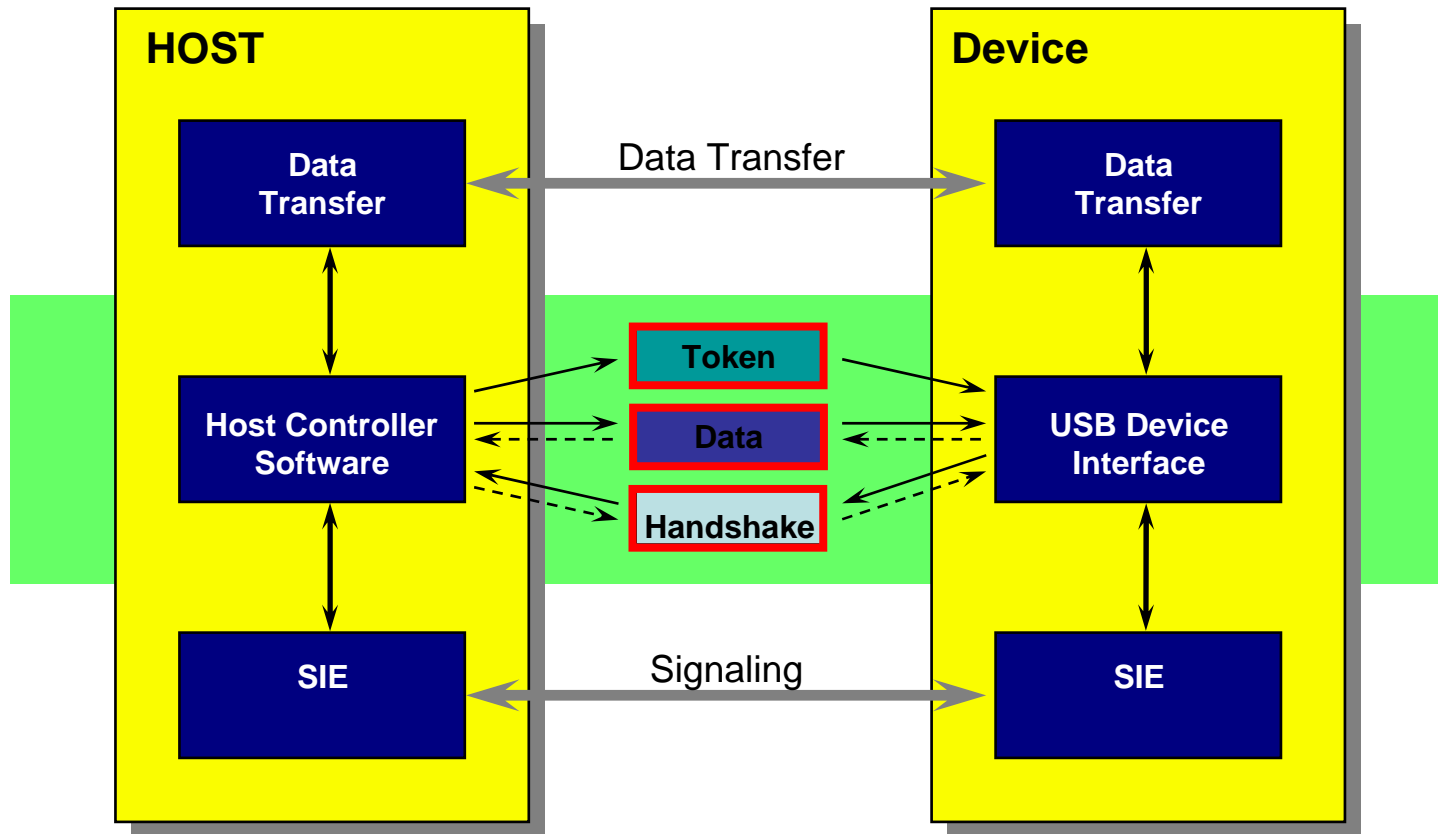
Cambia ogni volta che trova uno zero

Bit stuffing

Uno “0” è automaticamente inserito prima della codifica NRZI dopo sei consecutivi 1



Struttura del protocollo di comunicazione



Token (“gettone”): indirizzo

SIE: Serial Interface Engine



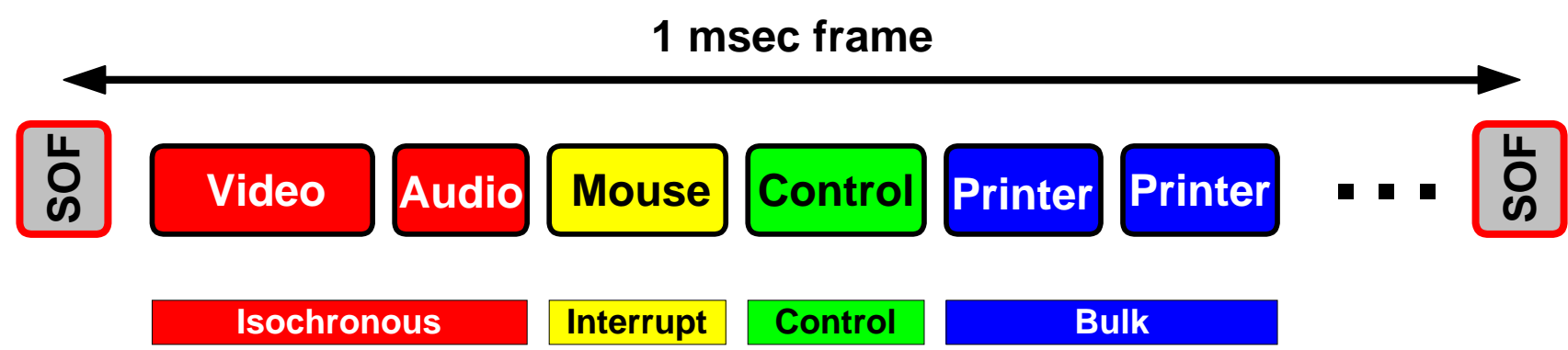
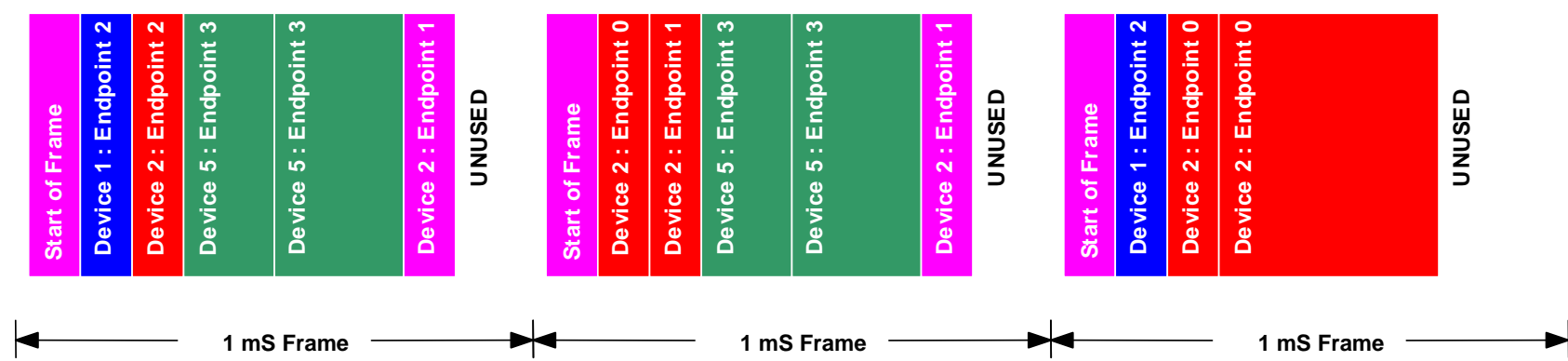
- La comunicazione è divisa in **frame** di durata fissa **1ms**
- Ogni frame inizia con un pacchetto dati detto **SOF** (Start Of Frame)

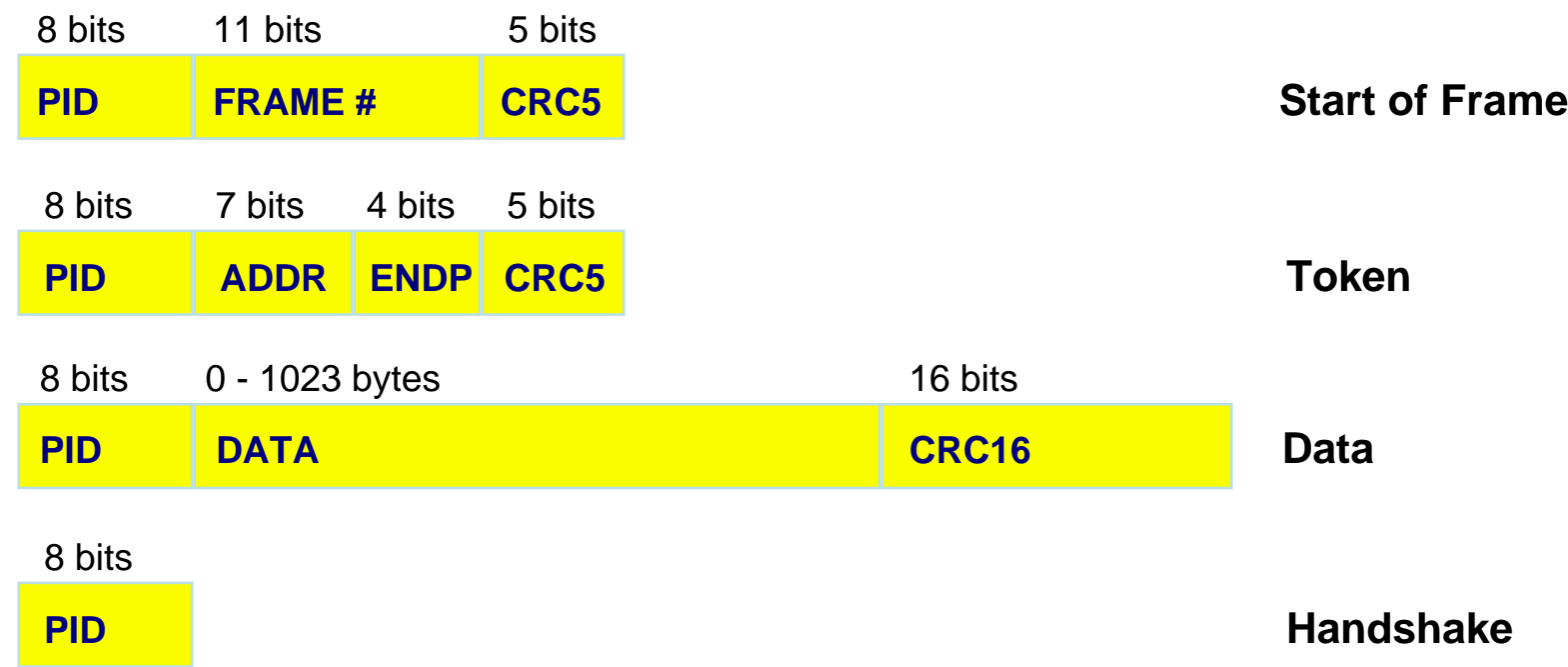
Il **SOF** è

- generato dall'host
- è inviato ogni 1ms anche se non ci sono transizioni

- Durante un frame l'**host** può accedere a più di un **device**
- I dispositivi low-speed (ad esempio il mouse) è interrogato (poll) al massimo ogni 10 frame

Frame





- PID

FRAME#

CRC

ADDR

ENDP
- Packet ID, identifies packet type
 - Reference #, time stamp
 - Cyclic redundancy checks, protects non-PID fields
 - Address of a device
 - Endpoint of a device

tipo di PID	nome
Token	SOF, IN, OUT, SETUP
Data	DATA0, DATA1
Handshake	ACK, NACK, STALL



Bulk

Si utilizza per informazioni per cui è più importante l'affidabilità che la tempestività (stampante, scanner..)

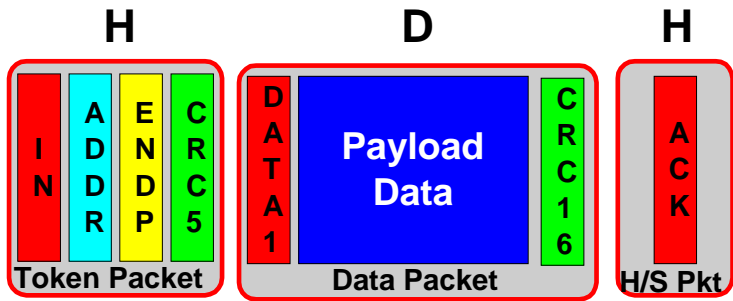
La corretta ricezione di ogni pacchetto deve essere confermata

Non è garantita una percentuale del frame

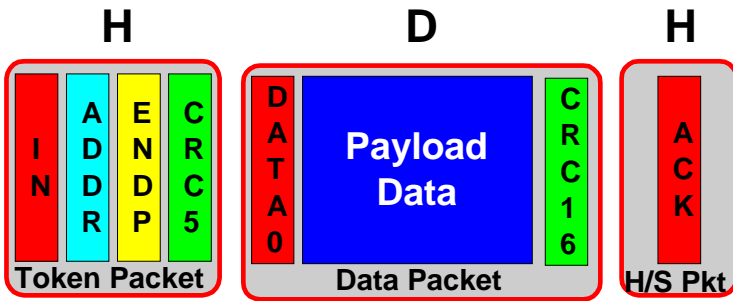
Trasferimenti Bulk IN



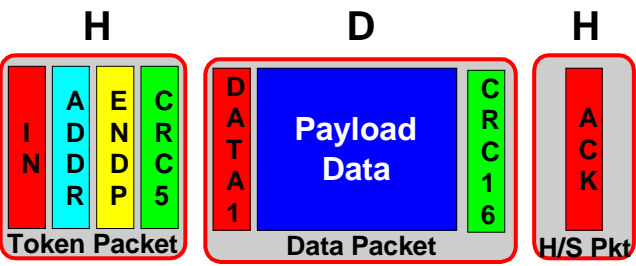
I pacchetti possono avere dimensione 8, 16, 32, 64 bytes



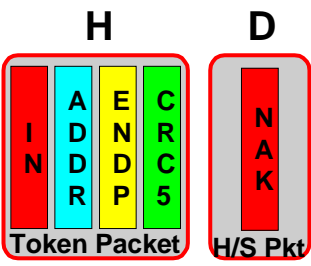
good



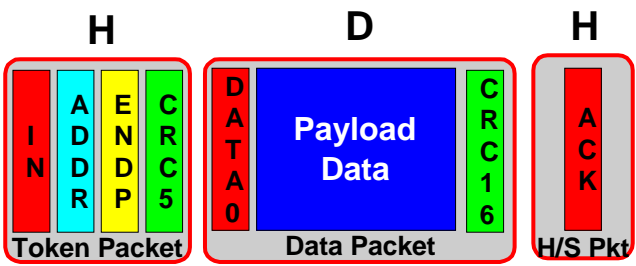
good—note the data toggle



good

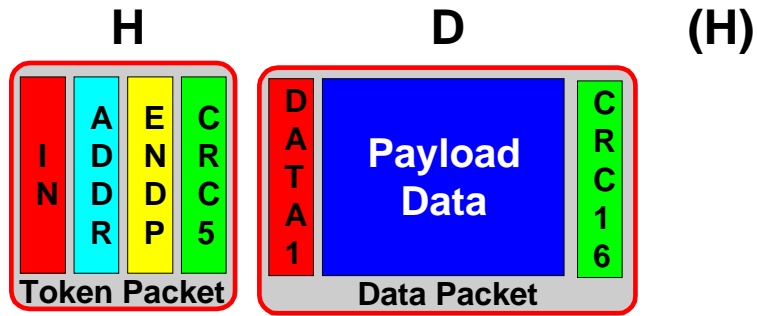


not ready

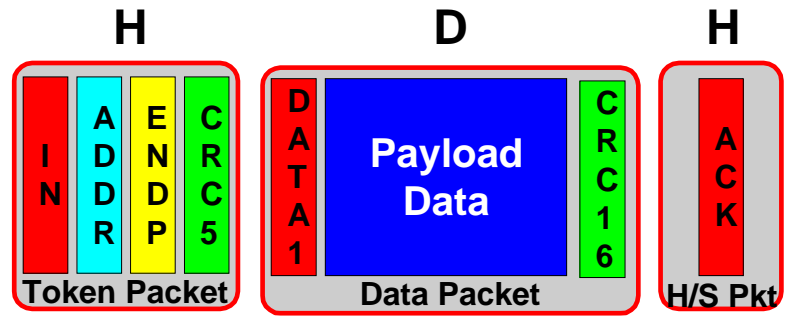


good

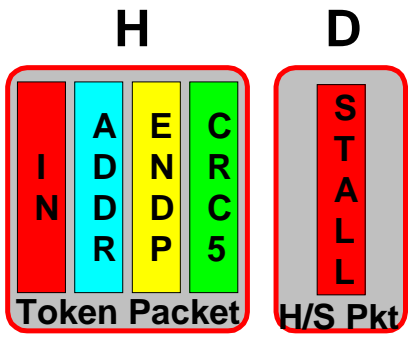
Trasferimenti Bulk IN



host sees error; no response

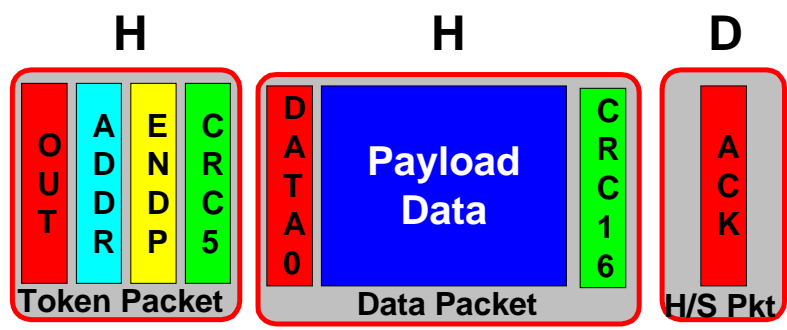


good—note same data and data toggle

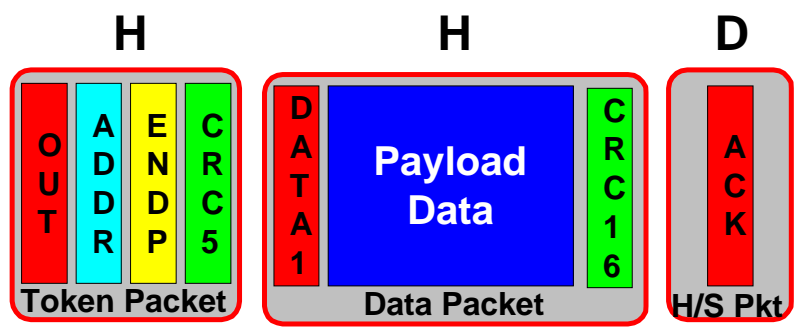


device has a problem

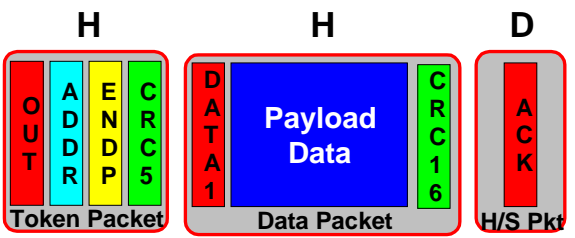
Trasferimenti Bulk OUT



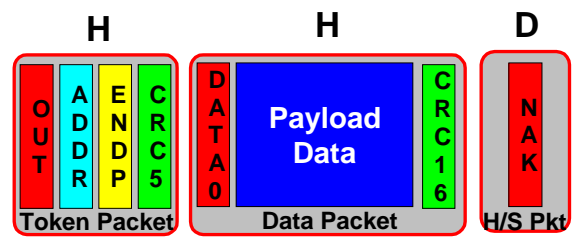
good



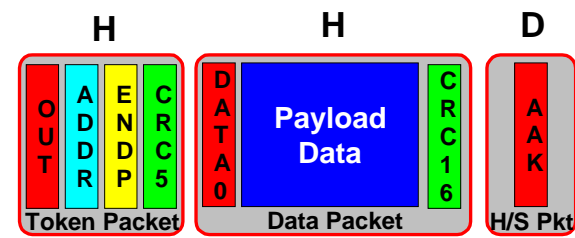
good—note the data toggle



good



*device not ready for data
host sends data anyway*



good

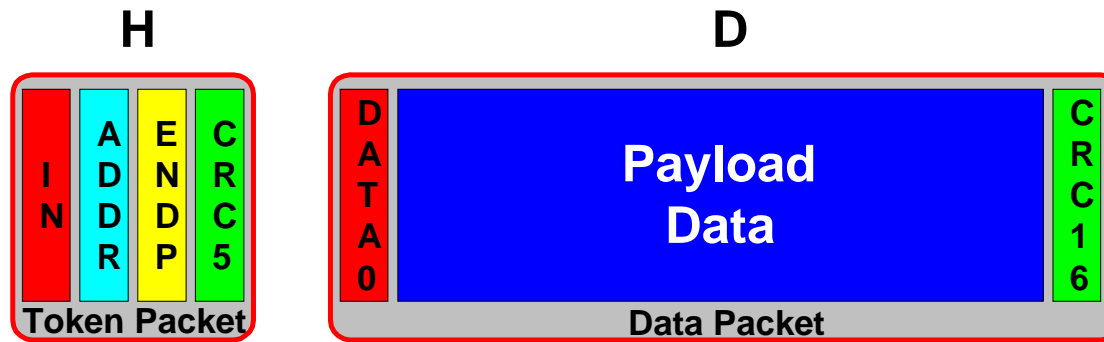


Isocroni

Si utilizza per informazioni per cui è più importante la tempestività che l'affidabilità (video, audio,..)

La corretta ricezione di ogni pacchetto **non** è confermata

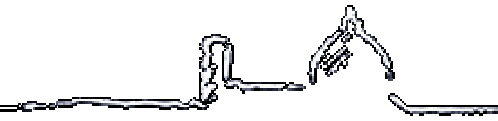
Il 90% del frame è garantito per trasferimenti isocroni e interrupt



Note: Always DATA0 PID, no ACK

La dimensione massima di un pacchetto dati isocrono è di 1023 byte.
Un pacchetto ogni frame è garantito

$$1023 \times 8 \times 1000 = 8.18 \text{Mbit/s}$$



Control

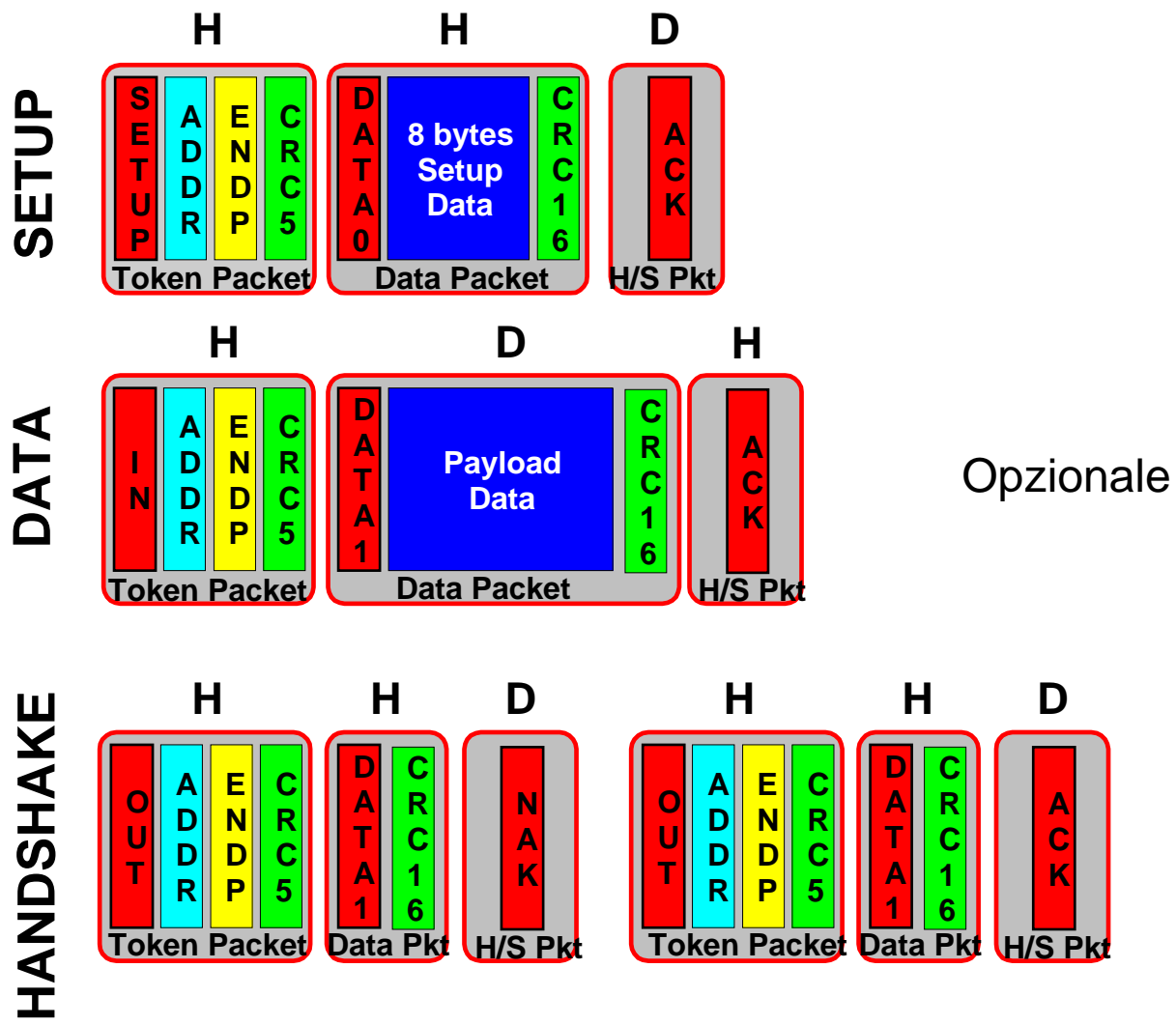
Si utilizza per i comandi di controllo del bus

La corretta ricezione di ogni pacchetto deve essere confermata

Il 10% del frame è garantito per i pacchetti control



I pacchetti hanno una dimensione massima di 64 bytes





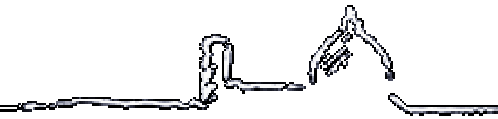
Interrupt

Si utilizza per informazioni **solo in ingresso** per cui è importante sia l'affidabilità sia la tempestività (tastiera, joystick..)

La corretta ricezione di ogni pacchetto deve essere confermata

Il 90% del frame è garantito per trasferimenti isocroni e interrupt

Per il device i pacchetti interrupt sono indistinguibili dai pacchetti bulk



Un indirizzo può avere più di un endpoint
(nel token deve essere specificato indirizzo e endpoint)

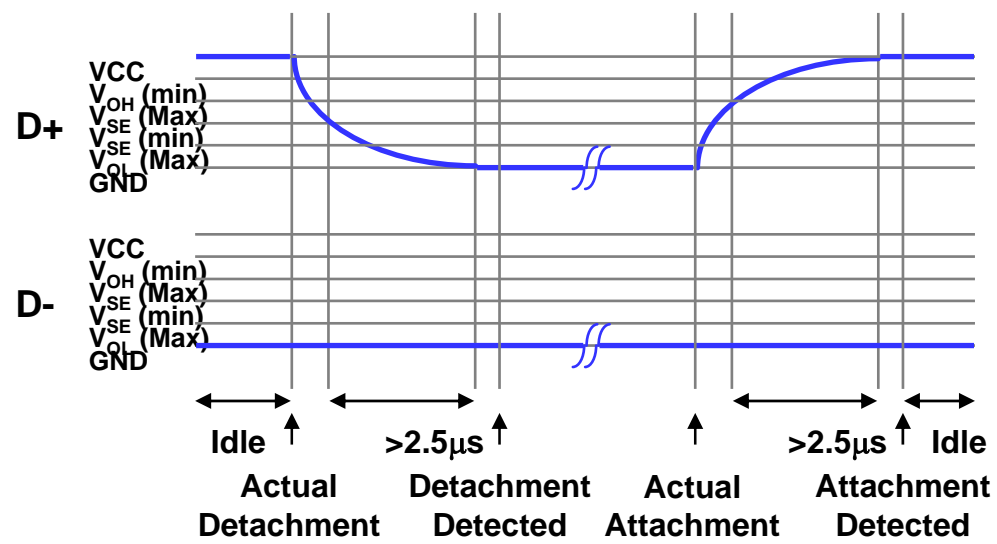
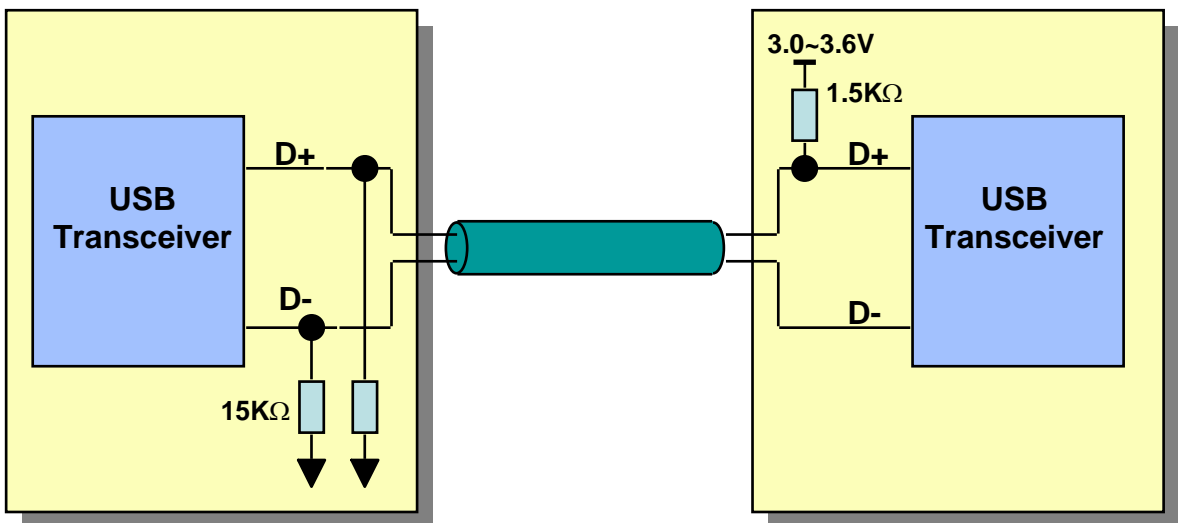
4 bit + 1 bit di direzione seleziona tra gli endpoint di un indirizzo
(al massimo: 16 IN, 16 OUT)

Un endpoint è una FIFO indirizzabile:

il dispositivo mette o prende dati dalla FIFO in base alle sue esigenze, l'USB mette o prende dati indipendentemente

Tutti gli endpoint sono unidirezionali, ad eccezione dei CONTROL
endpoint che sono bidirezionali

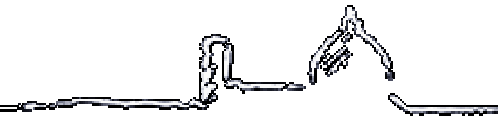
Hot Plug and Play





1. l'host inoltra un segnale di reset alla periferica della durata di 10 ms, dopo il quale l'host utilizza l'indirizzo di default (indirizzo 0) per comunicare con il dispositivo;
2. l'host inoltra il comando **Get_Descriptor**, al quale il dispositivo risponde fornendo informazioni su di sé (**Device Descriptor**)
3. l'host determina e comunica un indirizzo al dispositivo attraverso il comando **Set_Address**;
4. l'host inoltra i comandi per leggere i descriptor della configurazione, interface, endpoint
5. L'host carica il driver dal proprio hard-disk
6. l'host setta una delle configurazioni alternative

La Re-Enumerazione



Device

Configuration

Interface

Endpoint