

# Sériové sběrnice

- vhodné na delší vzdálenosti (cena kabelu)
- snadnější manipulovatelnost (méně drátů – slabší kabel – menší konektor)
- rozměrově menší

## Serial vs Paralel

- paralelní přenáší více bitů naráz (více vodičů)
- u (synchronních)paralelních je problém synchronizace dat (všech najednou) a hodin (clockskew) → sérový přenos může být rychlejší
- u paralelních větší problém s přeslechou (crosstalk) – více drátů, tj. Obvykle méně místa na stínění a větší rušení

## Parametry

Komunikace: peer-to-peer (=dvoubodová) / multipoint (vícebodová), master/slave, single-master / multimaster

Počet vodičů

Napěťové úrovně, diferenciální vs nediferenciální přenos

Počet připojitelných zařízení

Komunikační rychlost, vzdálenost: často spolu svázané parametry

Duplexní/poloduplexní/jednosměrná

Způsob přenosu dat – synchronní, asynchronní

Linková vrstva (datové rámce)

(Způsob řešení kolizí, výběru mastera, adresace slave ,...)

## Sériové sběrnice – přehled, srovnání

	RS232	RS485	CANbus	I2C	SPI	1wire	USB	
<b>Norma</b>	EIA-232	EIA-485	ISO 11898	Philips		maxim.com	usb.org	
<b>Typ komunikace</b>	p2p	m-point s/m-master	m-point	m-point s/m-master	m-point S-master	M-point s-master	P2p (m-point) s-master	
<b>Duplex?</b>	duplex	half	half	half	duplex	half	half	
<b>Datových vodičů typ.značení</b>	2 (+) RX/TX	2 A/B	2 H/L	2 SCL/SDA	3 (+1n) SCK/SDO/SDI (+CE)	1	2 D+/D-	
<b>Napětí</b>	+/- 5-15V	+/-2V diff	2.5V diff	*L (OC) (1.8-5V)	*L (1.8-5V)	*L (OC) (3-5V)	3.3V; 400mV diff	
<b>Max.zařízení</b>	2	32 (256)	*C	*C	*C	*C	127	
<b>Kom.rychlost vzdálenost</b>	kb-100kb m-10m	Kb-Mb m-1000m	Kb-Mb m-1000m	100kb(std)- 3.4Mb(hs) [<m]	10Mb [<m]	16k (std) (160k od) m-100m	1.5,12; (LS/FS) 480Mb (HS) 5m	
<b>Přenos</b>	async	async	async	sync	sync	async	async	
<b>Jednotka přenosu</b>	Byte	byte	Paket 0-8B	byte	Byte/word	byte	Paket 8-256B frame 1ms/125us	
<b>adresace</b>	-	*P	11b,29b	7,10bitů	Vodičem CE	64bitů	-	
<b>zabezpečení</b>	(parita)	(parita)	CRC16	-	-	CRC8	CRC16	
<b>Fyz.odolnost</b>	Zkrat,(napětí) rušení	Zkrat, napětí rušení	Zkrat, napětí rušení	Zkrat	není	zkrat	Není rušení	

\*C – limitováno kapacitou sběrnice a bit.rychlostí

\*L – Úroveň dána připojenými log.obody, typ. 1.8,2.5,3.3,5V. OC=otevřený kolektor

\*P – závislé na protokolu vyšší vrstvy



## RS232

RS232 je rozhraní pro přenos informací vytvořené původně pro komunikaci dvou zařízení do vzdálenosti 20 m. Pro větší odolnost proti rušení je informace po propojovacích vodičích přenášena napětím +/- 5-15V. Přenos informací probíhá asynchronně, duplexně, pomocí pevně nastavené přenosové rychlosti a synchronizace sestupnou hranou startovacího bitu.

RS 232 používá dvě napěťové úrovně. Logickou 1 a 0. Log. 1 je indikována zápornou úrovní, zatímco logická 0 je přenášena kladnou úrovní výstupních vodičů. Signály jsou odolné proti zkratu.

Kromě dat. Vodič RX/TX norma zahrnuje i "handshakové" signály k řízení přenosu:

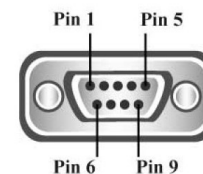
<b>DCD - Data Carrier Detect</b>	Detekce nosné (někdy jen "CD). Modem oznamuje terminálu, že na telefonní lince detekoval nosný kmitočet.
<b>RXD - Receive Data</b>	Tok dat z modemu (DCE) do terminálu (DTE).
<b>TXD - Transmit Data</b>	Tok dat z terminálu (DTE) do modemu (DCE).
<b>DTR - Data Terminal Ready</b>	Terminál tímto signálem oznamuje modemu, že je připraven komunikovat *).
<b>SGND - Signal Ground</b>	Signálová zem
<b>DSR - Data Set Ready</b>	Modem tímto signálem oznamuje terminálu, že je připraven komunikovat *).
<b>RTS - Request to Send</b>	Terminál tímto signálem oznamuje modemu, že komunikační cesta je volná *).
<b>CTS - Clear to Send</b>	Modem tímto signálem oznamuje terminálu, že komunikační cesta je volná *).
<b>RI - Ring Indicator</b>	Indikátor zvonění.

Úroveň	Vysílač	Přijímač
Log. L	+5 V to +15 V	+3 V to +25 V
Log. H	-5 V to -15 V	-3 V to -25 V
Nedefinovaný	-3 V to +3 V	

## RS232

Pin	Signal
Pin 1	DCD
Pin 2	RXD
Pin 3	TXD
Pin 4	DTR
Pin 5	GND
Pin 6	DSR
Pin 7	RTS
Pin 8	CTS
Pin 9	RI

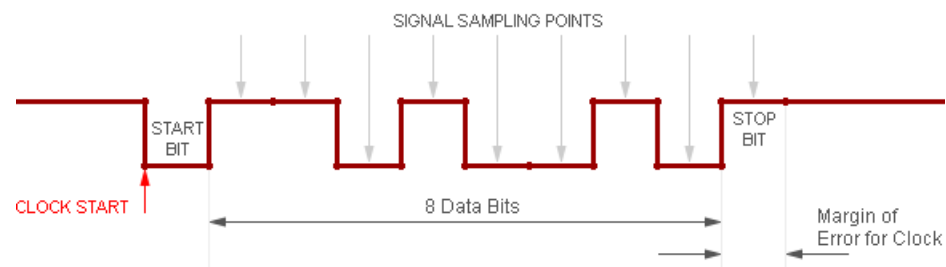
RS232 Pinout (9 Pin Male)



Standard uvádá max.délku vodičů 15m nebo kapacitu 2500pF (tj. při kval.vodičích až 50m při dodržení normy), reálně lze více (2400bps/900m). Typ. Rychlosti jsou 1200,2400,4800,9600,19200,38400,56700,115200 (PC-XT), a dále i více 250,500,1000kbps

Přenos probíhá asynchronně: 1 start bit, Ndat.bitů (typ.8), volitelně parita, 1-2 stop bity

Asynchronous Character: 8 Data Bits, One Stop Bit

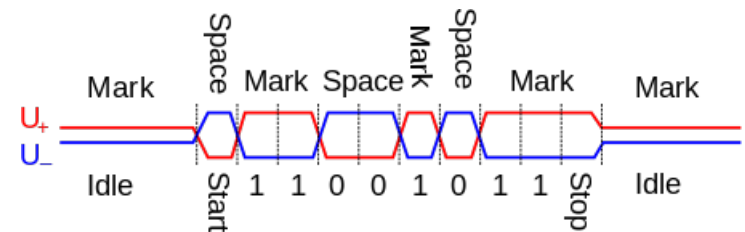


## RS485

RS485 je standard sériové komunikace definovaný v roce 1983 sdružením EIA. Používá se především v průmyslovém prostředí – jedná se o dvou vodičový poloduplexní vícebodový sériového spoj. Norma definuje až 32zařízení (při použití spec.budících obvodů lze více) a max.vzdálenost 1200m. Rychlost až 10Mbs na krátké vzdálenosti (do 10m). Vedené má definované zakončovací odpory 110R (zabránění odrazům).

Logické úrovně (nebo stavy) jsou reprezentovány rozdílovým napětím mezi oběma vodiči (diff. Signál) . Vodiče se označují A/B (někdy -/+)  
- v klid.stavu by na A mělo být menší napětí než na B. Vysílač by měl na výstupu při logické 1 (klidový stav linky) generovat na vodiči A napětí  $-2\text{ V}$ , na vodiči B  $+2\text{ V}$ , při logické 0 by měl na vodiči A generovat  $+2\text{ V}$ , na vodiči B  $-2\text{ V}$ . Příjímač vyhodnocuje rozdíl A-B od  $200\text{mV}$ .

Obdobně jako u RS232 přenos probíhá asynchronně: 1 start bit, Ndat.bitů (typ.8), volitelně parita, 1-2 stop bity.

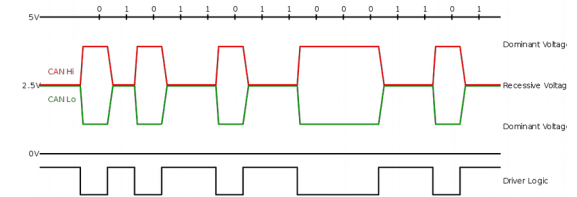


# CAN bus

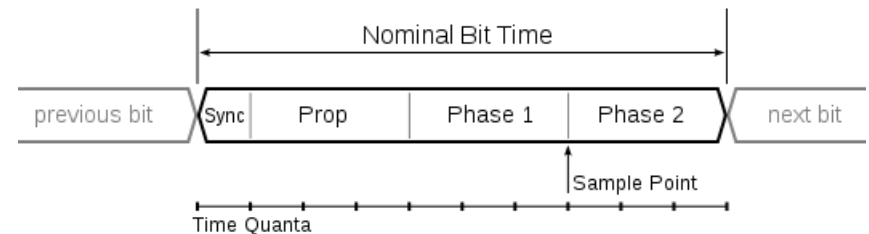
CAN (Controller Area Network) je sběrnice vyvinutá firmou Bosch. Elektrické parametry fyzického přenosu jsou specifikované normou ISO 11898. Maximální teoretická rychlost přenosu na sběrnici je 1 Mbs/40m. CAN je využívána např. pro vnitřní komunikační síť senzorů a funkčních jednotek v automobilu.

Data se odesílají v rámcích, každý rámec může obsahovat 0-8 datových byte. Každý rámec obsahuje identifikátor/adresa (11b pro CAN2.A, 29b pro CAN2.B) který definuje obsah přenášené zprávy a zároveň i prioritu zprávy při pokusu o její odeslání na sběrnici. Při vysílání adresy dochází k arbitráži mezi zařízeními a zařízení s nevyšší prioritou bude vysílat svoji zprávu (→ Každé zařízení musí mít unikátní identifikátor(y)). zpráva je doplněna zabezpečením CRC. Jedna zpráva může být přijata několika zařízeními.

Logické úrovně (nebo stavy) jsou reprezentovány rozdílovým napětím mezi oběma vodiči CANH/CANL (diff. Signál). CAN rozlišuje bity dominantní (dominant) a ustupující (recessive) bity. - dominantní bit je logická 0 (aktivně řízen napětím vysílače) a ustupující je logická 1 (pasivně vybitá do zdroje přes rezistor). Stav nečinnosti je reprezentován ústupovou úrovní, tím pádem logickou 1. Pokud jeden uzel vysílá dominantní bit a další uzel vysílá ustupující bit, naskytla se zde kolize a větší prioritu má dominantní bit (tímto je také zajišťována arbitrace)

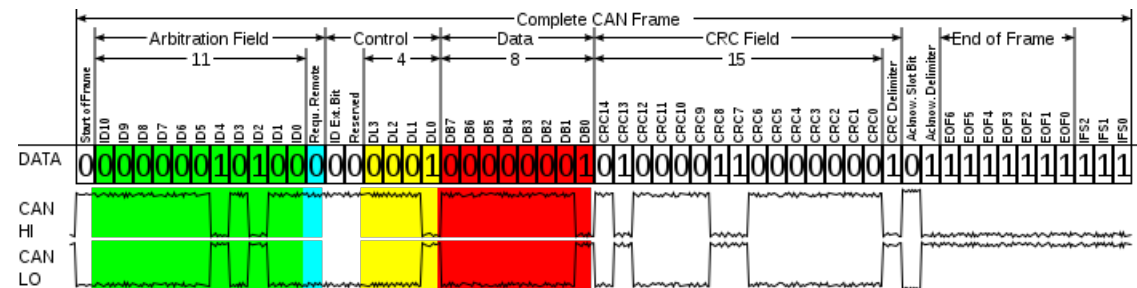


Příklad	Start Bit	ID Bits	...
Arbitrace	10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0		...zbytek paketu..
Node X	0	0 0 1 0 0 0 0	1 1 1 1
Node Y	0	0 0 1 0 0 0 1	Stopped Transmitting
CAN Data	0	0 0 1 0 0 0 0	1 1 1 1



Přenos ve všech uzlech je synchronizován, iterně se přeno každého bitu skládá z několika fází (synchronizace, propagace, fáze1 ,fáze2). Norma rovněž definuje bit ACK (potvrzení příjmu) a chování budiče který při poruše buzení (trvalý výstup) se automaticky odpojí od sběrnice.

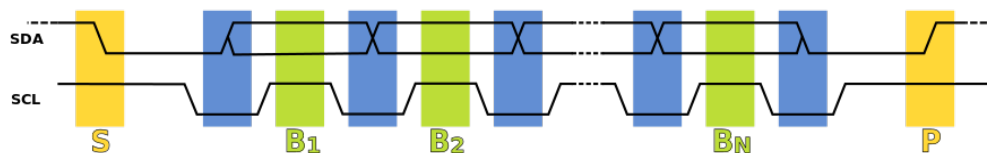
Struktura CAN packetu:



## I<sup>2</sup>C (IIC)

I<sup>2</sup>C (Inter-Integrated Circuit) je synchronní sběrnice typu multimaster, původně vyvinutá firmou Philips pro připojení nízkorychlostních periférií na desce. (z licenčních důvodů ji někteří výrobci označují i jinak, např. TWI)

Komunikace probíhá pomocí dvou vodičů - hodinový signál SCL (Synchronous Clock) a datový vodič SDA (Synchronous Data). Sběrnice je typu OC (Open Collector), tj. Log.1 zajišťuje pull-up rezistor, log.0 je pak řízena aktivně obvody. Při probíhajícímu přenosu jsou na SDA vysílány jednotlivé datové bity přičemž platí pravidlo, že logická úroveň na SDA se smí měnit pouze je-li SCL v úrovni L. Toto pravidlo je porušeno ve dvou speciálních případech. A to při vysílání podmínek START a STOP, které se používají k zahájení komunikace a k ukončení přenosu. Každému přenosu tedy předchází vyslání podmínky START (S). Potom je vysílána 7 bitová (10bitová) adresa příjemce a jeden bit R/W, který indikuje požadovanou operaci (čtení/zápis). Další bit ACK je vysílán s úrovní H a je určen k potvrzení přijímací stanice o připravenosti přijímat/vysílat. Dále jsou přenášena data ve směru určeném předchozím bitem R/W. Každý byte je následován jedním bitem ACK. Po ukončení přenosu je vysílána podmínka STOP (P).



Pro řízení komunikace se na I<sup>2</sup>C používá metoda s detekcí kolize. Každá ze stanic může zahájit vysílání, je-li předtím sběrnice v klidovém stavu. Během vysílání musí neustále porovnávat vysílané bity se skutečným stavem SDA. Je-li zjištěn rozdíl mezi očekávaným a skutečným stavem linky SDA, je to indikace kolize mezi několika stanicemi. Vzhledem k charakteru sběrnice (otevřené kolektory) může k této situaci dojít, pokud určitá stanice vysílá úroveň H, zatímco jiná stanice vysílá úroveň L. Stanice, která na lince zjistí úroveň L zatímco sama vysílá H musí vysílání okamžitě ukončit.

Každá stanice připojená na I<sup>2</sup>C má přidělenou 7 bitovou adresu. Po zachycení podmínky START porovnávají všechny obvody svou adresu s adresou, která je vysílána na sběrnici. Zjistí-li některý z obvodů shodu, je vysílání určeno právě jemu a musí přijetí adresy potvrdit bitem ACK. Potom přijímá nebo vysílá další data. Několik adres je na I<sup>2</sup>C vyhrazeno pro speciální účely. Například adresa 0000000 je určena pro vysílání broadcast, adresa 11110XX pro 10 bitovou adresaci.

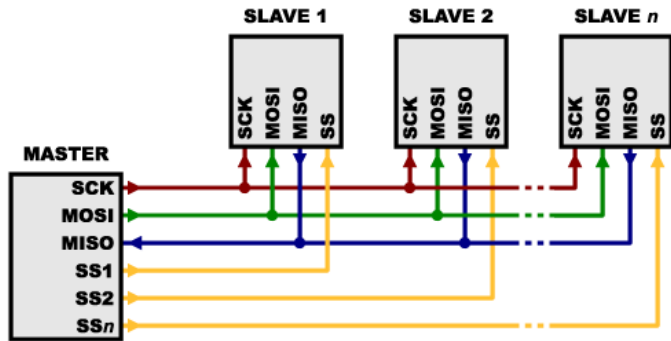
Standardní rychlost je 100kbps, dalšími podporovanými je 400kb, 1Mb a 3.4Mbps.

# SPI

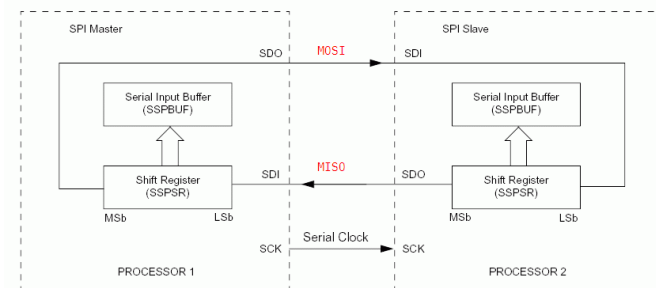
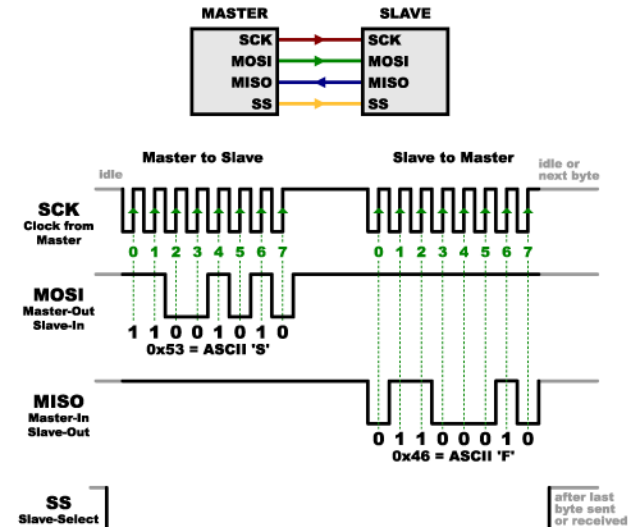
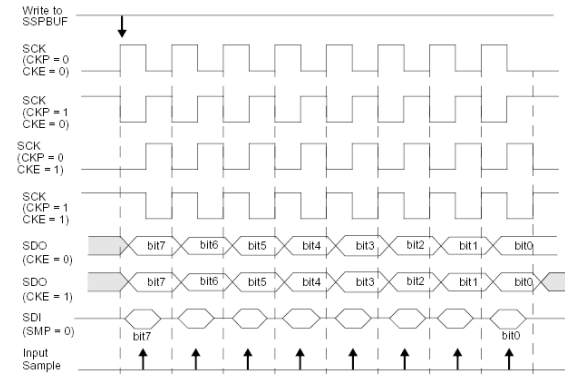
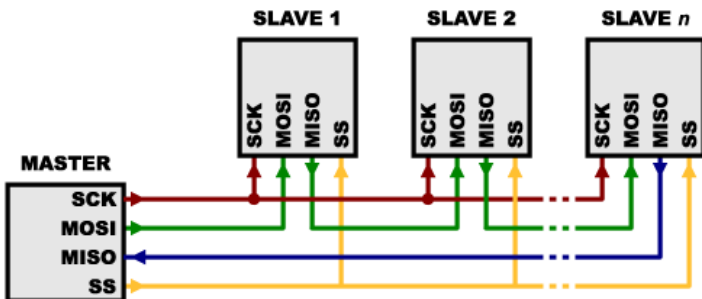
SPI (*Serial Peripheral Interface*) je sériové periferní rozhraní typu master-slave. Pro komunikaci slouží tři vodiče SCK (hodinový signál), SDO (data output, někdy též MOSI – master out, slave in), SDI (data input, též MISO – master in, slave out). K „adresaci“/výběru zařízení se kterým bude master komunikovat slouží dedikovaný signál SCE (pro každé zařízení – tímto signálem se také defnuje počátek a konec komunikace.

Implementačně je sběrnice SPI velmi jednoduchá.

Pro více slave jednotek se používá typicky toto zapojení:



Ale ve spec. případech (nutná i podpora na straně slávů) lze použít zřetězení





# 1wire

1-Wire je sběrnice navržená firmou Dallas pro komunikaci zařízení nízkou datovou rychlostí po jednom vodiči (+zem) (někdy lze i +vcc). Zařízení s sobě obsahují kondenzátor pro uchování napájení během komunikace. Komunikace je master-slave, sběrnice je typu otevřený kolektor.

Každé vyrobené 1-Wire zařízení má unikátní 48bitový ID kód (+8b typ zařízení +8b CRC = 64b)

Komunikace začíná resetovacím pulsem 480us, který posílá master. Po té co master uvolní sběrnici se jakýkoliv přítomný slave ukáže pomocí impulsu - podrží sběrnici na nule po dobu nejméně 60  $\mu$ s.

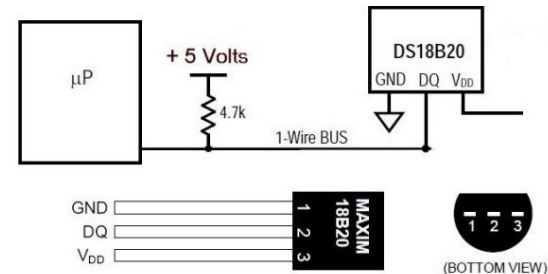
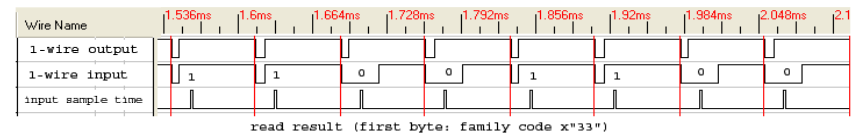
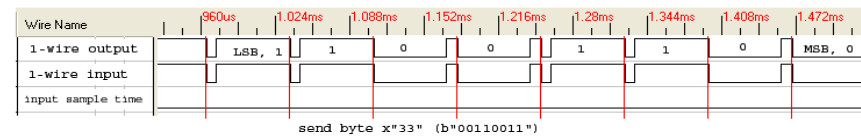
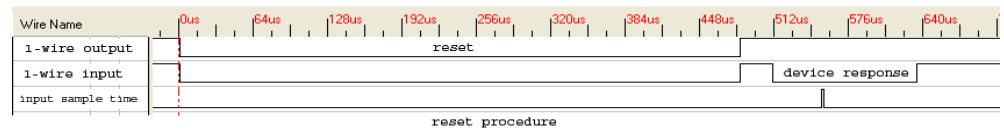
Pro poslání "1", master vyšle krátký (1-15  $\mu$ s) puls. Pro poslání "0", master vyšle 60  $\mu$ s puls. Cca 30us po startu slave čte sběrnici.

Při čtení vyšle master krátký (1-15  $\mu$ s) puls. Pokud vysílací podřízená jednotka chce poslat "1", nedělá nic. Pokud vysílací slave chce poslat "0", stáhne sběrnici na nulu po dobu 60 ms.

Základní sekvence je reset puls následovaný 8 bity příkazu a potom odesílaná, nebo přijímaná data ve skupinách 8 bitů.

Je li na sběrnici více zařízení je možno zjistit jejich adresy (prohledávání pomocí příkazy search – a detekcí kolizí)

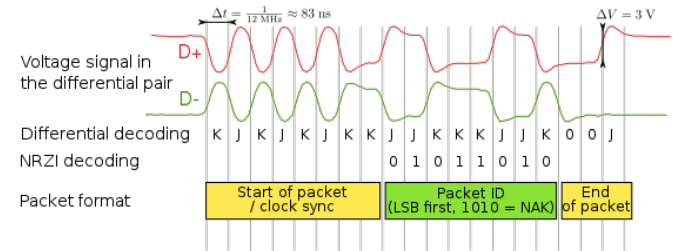
1 Wire reset, write and read example with DS2432



# USB

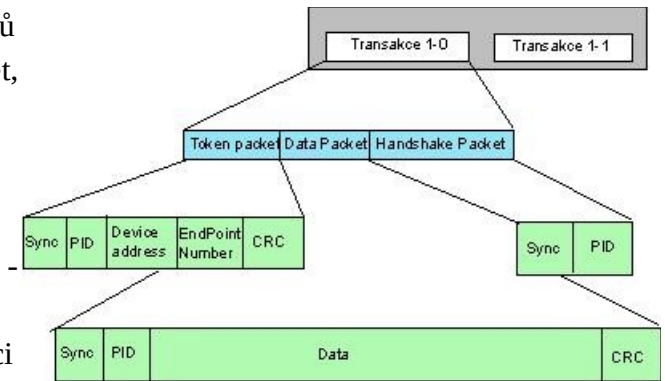
Universal Serial Bus (USB) je univerzální sériová sběrnice snažící se jednotně nahradit různé dříve existující standardy připojení (RS232, par.port, PS/2, Gameport) pro běžné druhy periférií (tiskárny, klávesnice, myši, modemy) ale i připojit další periférie (kamery, paměti flash, HD, optické mechaniky atd). USB je point-to-point spojení, master-slave (host-device). Více zařízení je možno připojit přes HUB (rozbočovač) – stromové větvení (až 5 úrovní). USB je značně komplexní protokol.

Data jsou přenášena poloduplexně, diferenciálním párem D+/D- s definovanou impedancí bez zakončení. pro LS/FS (low/full speed – 1.5, 12Mb) je úroveň signálu cca 3.3V, pro HS (hi speed – 480Mb) cca 400mV. (Pomocí různých pull-up a mezi odporů a signálových vodičů lze signalizovat rychlost USB, či nabíjecí zařízení). ID zařízení je přidělováno dynamicky.



Komunikační protokol pracuje na principu paketového přenosu – kdy s pomocí malých bloků údajů je schopen současně řešit více požadavků a přenosů. Prvním paketem je token packet, určující typ přenosu, jeho směr, adresu zařízení a číslo koncového bodu. Zařízení, v token paketu označené jako adresované, samo sebe pozná a identifikuje, načtež odešle, případně přijme požadovaná data.

Transfer dat mezi zdrojem a cílem přenosu se nazývá trubka (pipe). Obecně existují dva typy – tokové a zprávové. Zatímco tokové trubky nemají nějak přesně USB specifikovanou strukturu, zprávové ji mají (Default Control Pipe - základní zprávy pro přístup ke konfiguraci stavu a ovládání zařízení). Systém trubek a paketů je jádrem schopnosti USB pracovat s několika zařízeními zároveň.



Aby byl přenos dostatečně robustní, jsou integrovány dvě technologie na řešení chyb. Na bitové úrovni je součástí každého paketu kód CRC. Na další úrovni je možnost se pokudit přenos vícekrát opakovat.

4 typy přenosů – control transfer (typicky konfigurace), bulk transfer (hromadný přenos – vysoké objemy dat, vysoká rychlost), interrupt transfer (přerušovací přenos – malé objemy ale nutná rychlá odezva), isochronous transfer (izochronní přenos – real time data, dodržení časování).

VID/PID zařízení (vendor, product ID) – identifikace zařízení → identifikace ovladače