



# Sběrnice

Vyučující:

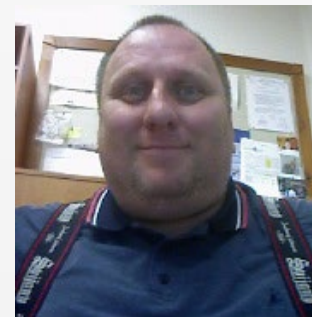
## Zdeněk Plíva

*e-mail: [zdenek.pliva@tul.cz](mailto:zdenek.pliva@tul.cz)  
3536*



## Miroslav Holada

*e-mail: [miroslav.holada@tul.cz](mailto:miroslav.holada@tul.cz),  
3080, +420731407770*





# Co je sběrnice



- Informační cesta umožňující přenos informace mezi jednotlivými funkčními bloky systému nebo mezi systémem a okolím
- Soustava vodičů, které přenáší data nebo signál stejného charakteru.
- Sběrnice má obvykle řadič (master), kterému jsou ostatní části podřízené (slave).

# Co je sběrnice

## Sběrnici lze definovat z hlediska:

- **mechanického** (tvar a rozměry mechanických dílů, konektorů)
- **elektrického** (úroveň U a I, přiřazení logických stavů)
- **funkčního** (význam jednotlivých signálů a jejich časové průběhy)
- **operačního** (informační kódy a formáty přenášených zpráv)

# Dělení sběrnic



## Podle způsobu přenosu:

- sériové
- paralelní
- kombinované (sério-paralelní)

## Podle funkce:

- datové
- adresové
- řídicí

# Synchronní / asynchronní přenos



## Podle metody přenosu:

- **Synchronní přenos** – společně s daty se vysílají synchronizační impulsy, příp. speciální synchronizační vodič
  - signál obsahuje jen celistvé násobky nejkratších intervalů
  - výhodné pro velké objemy dat
  - v každém okamžiku konstantní přenosová rychlost
- **Asynchronní přenos - dávkový přenos dat**
  - přenosový rámec obsahuje synchronizační informace
  - vhodné při nepravidelných požadavcích na přenos
  - odolnější proti rušení
- **Arytmický přenos** – kombinace asynchronního a synchronního přenosu (v rámci jedné značky se pracuje synchronně, značky se přenášejí asynchronně)

# Dělení sběrnic



## Podle topologie:

- dvoubodovým spojem
- vícebodovým spojem

## Podle výstupního obvodu:

- třístavové
- s otevřeným kolektorem

## Podle umístění:

- vnitřní (krátké, velký počet vodičů)
- vnější (pro malé i velké vzdálenosti)

## Podle směru přenosu:

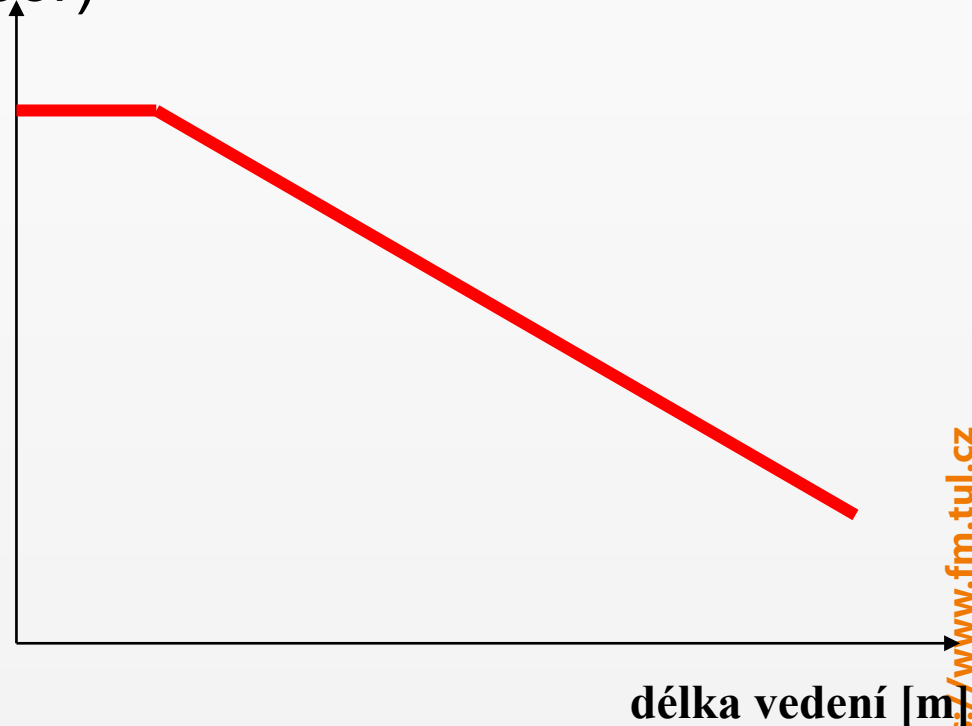
- jednosměrné
- obousměrné



# Technické parametry sběrnice

- Maximální délka sběrnice
- Počet přípojných míst (zatížení)
- Přenosová rychlost (kapacita)
- Impedance sběrnice (odpor)
- Konektory

komunikační  
rychlost [bit/s]



délka vedení [m]

# Porty kolem PC



RS-232, I  
PCMCIA,

## Běžné typy konektorů u PC:



220 V



klávesnice



myš -  
obrazový signál



sériový port - COM  
obvykle pro myš



paralelní port - LPT  
obvykle pro tiskárnu



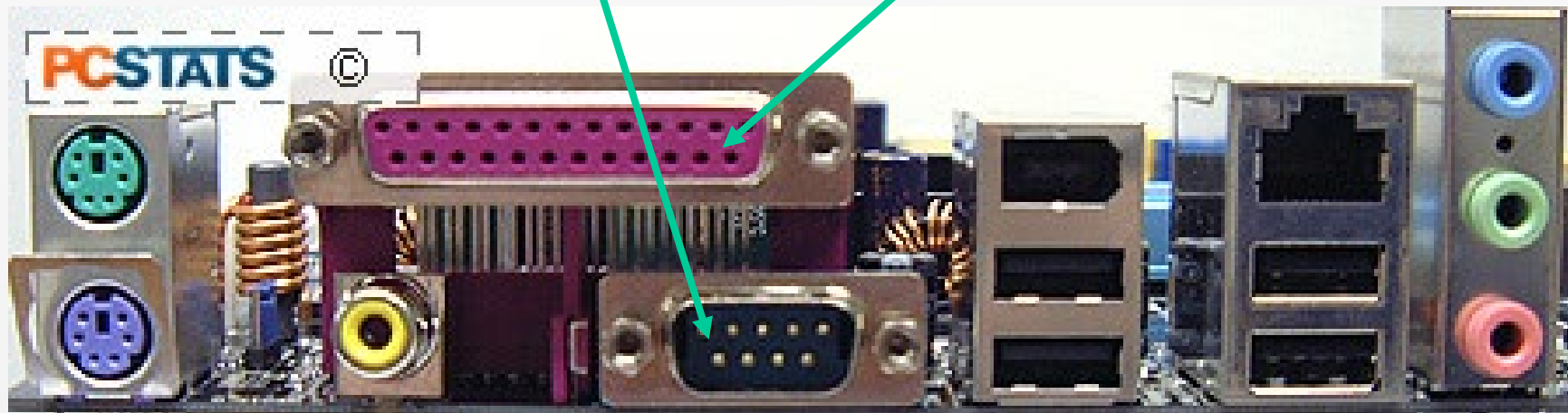
GAME port  
obvykle pro joystick

Na kabelu:

M 9/15

F 25

F 15



# Druhy paralelních portů



- Standard Parallel Port (**SPP**) (Centronics - 1990)
- Enhanced Parallel Port (**EPP**)
- Extended Capabilities Port (**ECP**)

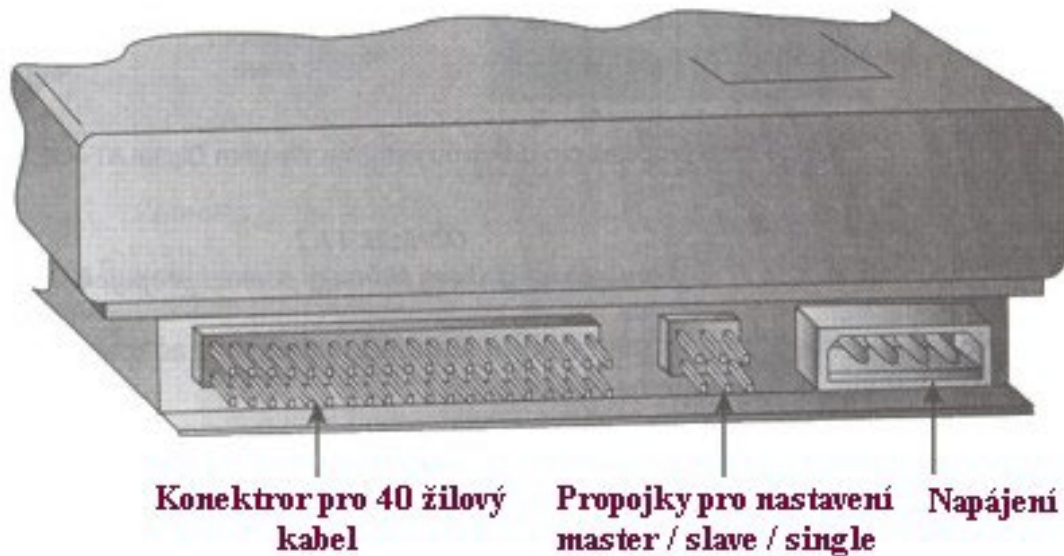
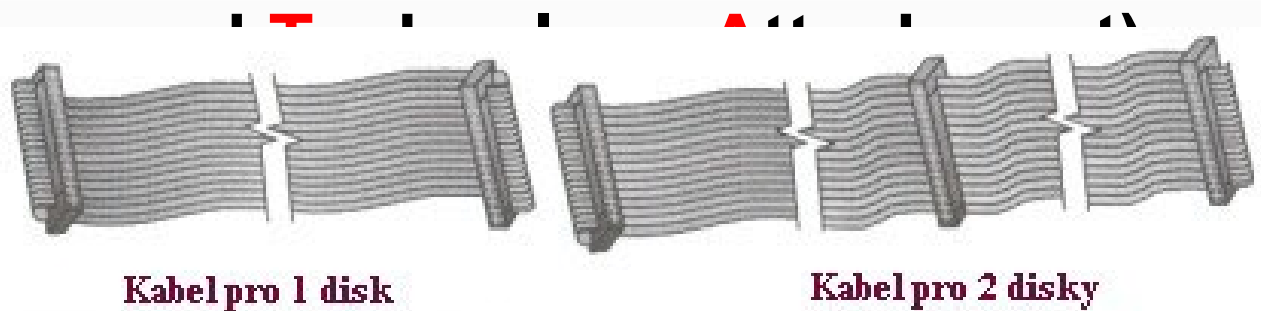
## **Centronics** (Standard Parallel Port) :

- napěťové úrovně TTL
- doporučená maximální délka kabelu 3 až 5 m
- přenos na principu Handshake
- osmibitový výstup pro tiskárnu
- omezená možnost monitorování stavu tiskárny
- rychlost 100 - 200 kB/s

# IDE (P-ATA)



**I**ntegrated **D**rive **E**lectronics (1986)  
(**P**arallel **A**...



# S-ATA



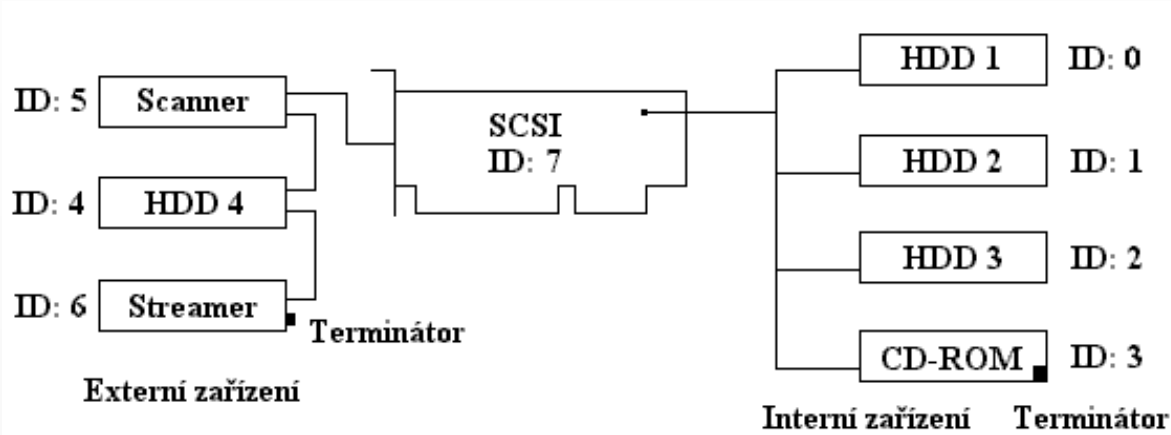
## Serial Advanced Techno

Cca 2000

Sběrnice a konektory jsou navrženy tak aby bylo možné případné připojení / odpojení disků za chodu počítače (hot plug, hot swap). Všimněte si: kontakty "ground" a "precharge" jsou delší.

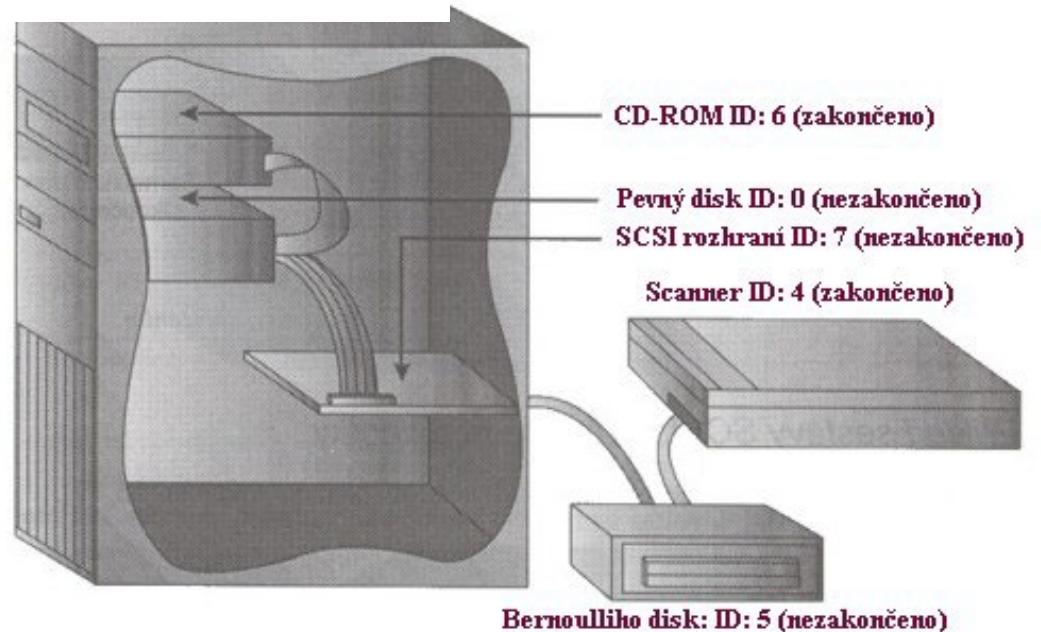


# SCSI



face

Cca 1989



# SCSI

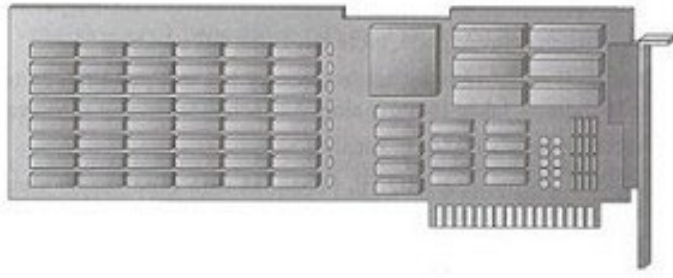
## Small Computer Systems Interface

- Připojení až 15 zařízení na jednom kanálu
- Délka celé sběrnice by u SCSI-1 neměla přesáhnout 25m.
- **SCSI** definuje synchronní přenosy dat rychlostí až 5MB/s, 8(7) periférií.
- **SCSI-2 (Fast)** - nové instr., přenos rychlostí 10MB/s.
- **Ultra SCSI** - přenos rychlostí 20MB/s.
- Provedení **Wide** používá dvoubajtový přenos (2x více) - je nekompatibilní s předchozími (konektory etc.).
- **SCSI-3** - 160 MB/s
- **Ultra320 SCSI** - Rychlost 320 MB/s
- **Ultra640 SCSI** - Rychlost 640 MB/s

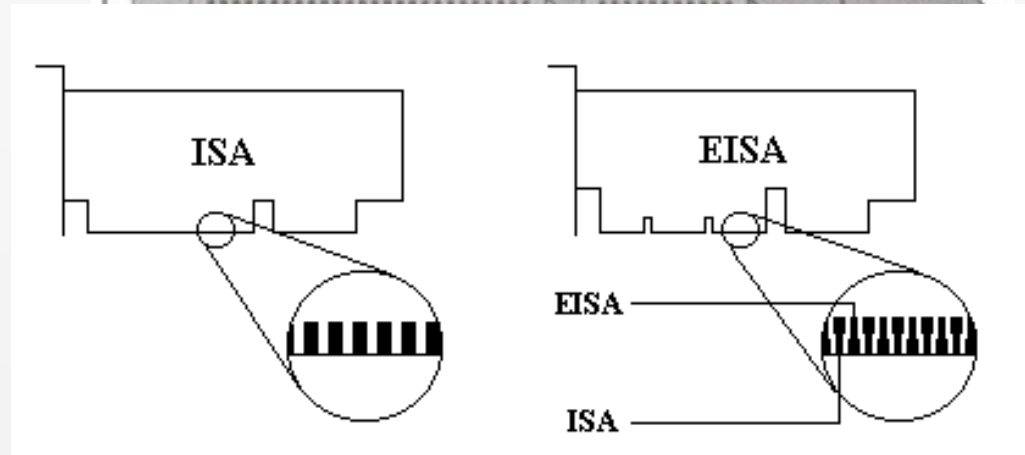
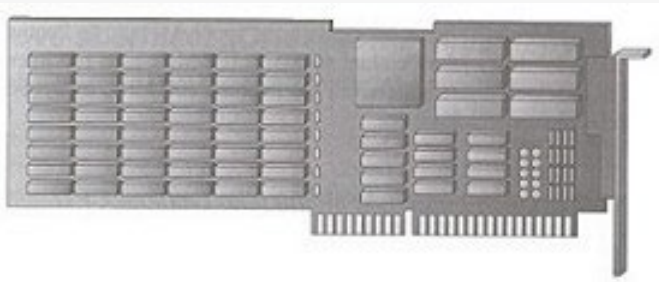
# ISA

## Industry Standard Architecture

- Jednoduchá synchronní (100 ns)



- Později 16-bitová
- Rychlost 8 MHz

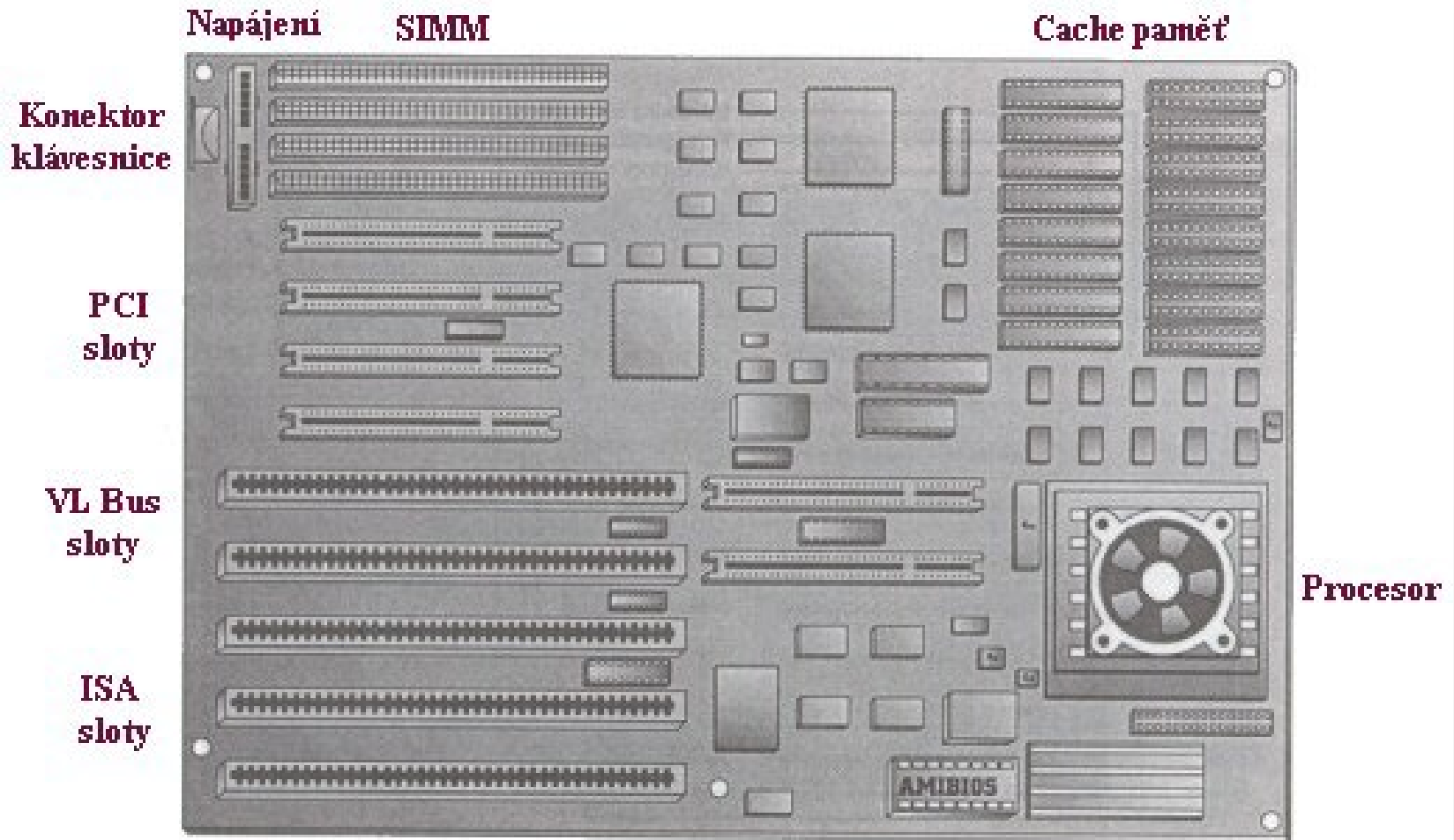




# PCI

## Peripheral Component Interconnect

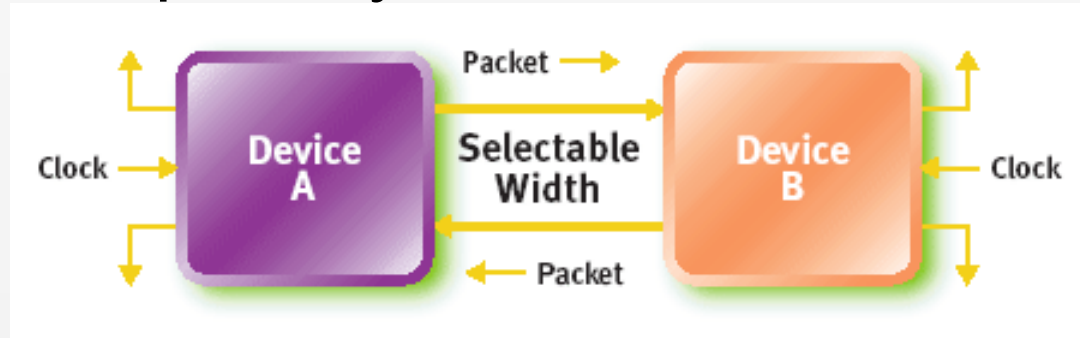
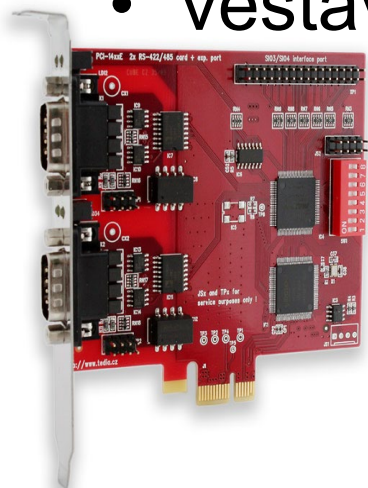
Cca 1990



# PCI express



- též PCIe, PCI-E, 3GIO = 3rd Generation I/O, 2004
- obousměrnou sériovou sběrnice spojující vždy pouze dva body
- stoprocentní zpětná softwarová kompatibilita s původní sběrnicí PCI.
- Podpora Hot Plug/Hot Swap (umožňuje vyjmutí karty za běhu počítače).
- vestavěná správa spotřeby



# AGP

## Accelerated Graphics Port (1997)

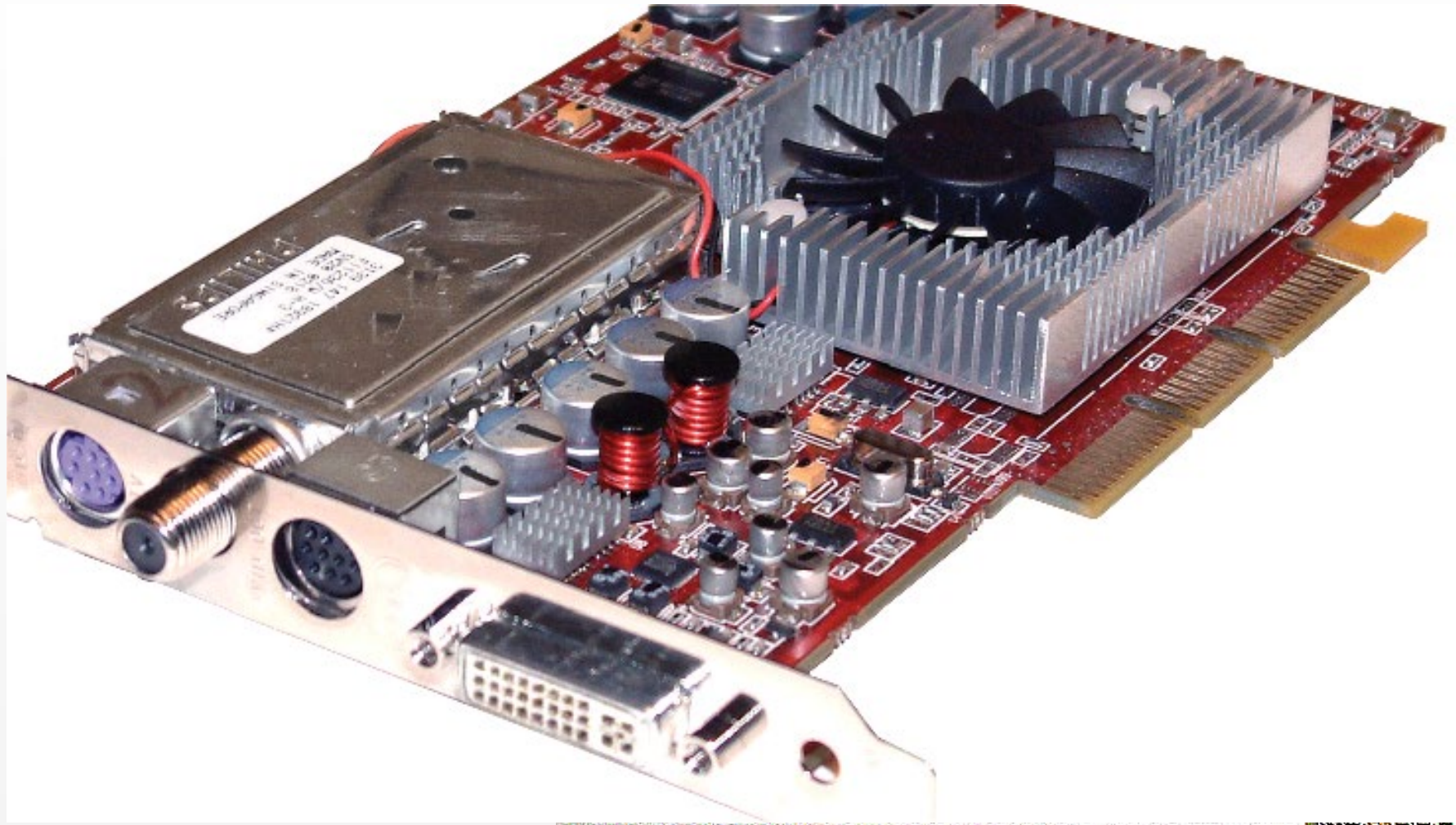
- Režimy 2x – 4x – 8x (násobky frekvence PCI sběrnice)
- vychází z PCI, dokáže však přenos zrychlit
- díky technologii DIME (Direct Memory Execute) může přistupovat přímo k operační paměti bez zásahu procesoru.
- Využívá jiný konektor než PCI.
- Přenosová rychlost tak až 532MB/s.



## Accelerated Graphics Port

- Režimy 2x – 4x – 8x (násobky frekvence PCI sběrnice)
- vychází z PCI, dokáže však přenos zrychlit
- díky technologii DIME (Direct Memory Execute) může přistupovat přímo k operační paměti bez zásahu procesoru.
- Využívá jiný konektor než PCI.
- Přenosová rychlost tak až 532MB/s.

# AGP



# PCMCIA (PC-Card)



## Personal Computer Memory Card International Association

- Použití jako rozšíření PCI u notebooků (1990)
- Tato sběrnice je kompatibilní se sběrnicemi ISA, EISA, MCA, VL-bus i PCI,
- Standard PCMCIA není závislý na hardwarové platformě a operačním systému.
- 68 pin, 16 nebo 32-bitová
- Přenosová rychlost 132 MB/s
- Umožňuje tzv. "hot swap", tj. kartu je možné vyměnit za chodu počítače (není nutné počítač vypínat a po jeho zapnutí znovu zavádět operační systém).
- Nástupcem je [Express Card](#)



# PCMCIA (PC-Card)



# IrDA (infračervené rozhraní)

**Infrared Data Association** (1993)

*Sériové rozhraní propojující zařízení nikoliv kabelem, ale infračerveným paprskem.*



**2 normy :**

**Line on Sight**

- IrDA Data 4(÷16) Mb/s, vzdálenost 0,2-1,0 m, propojení tiskáren, mobil. telefonů, herních konzol, digit. fotoaparátů ...
- IrDA Control 75kb/s, vzdálenost 5m, obousměrná komunikace



*bitová chybovost BER (bit error ratio = poměr chybně přenesených bitů ku správně přeneseným)  $10^{-9}$  při úrovni okolního osvětlení 10klux (denní svit slunce)*



# USB



(**U**niversal **S**erial **B**us) (od 1995)



# USB

(Universal Serial Bus)!

Standard pro sériový přenos dat (4 vc



První dvě verze: **USB 1.x** a **2.0**

Charakteristické parametry:

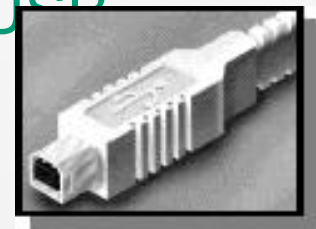
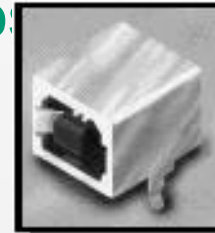
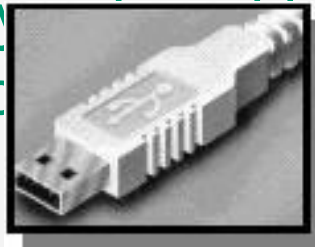
- komunikační rychlost
  - **Low** Speed - 1.5Mbits/s
  - **Full** Speed - 12Mbits/s
  - **High** Speed - 480Mbits/s
- komunikační vzdálenost do 5m
- možnost připojení více zařízení
- lze připojit až 127 zařízení
- zajišťuje správné přidělení prostředků (IRQ, DMA, ...).



Pin	Jméno	Barva	Popis
1	VBus	Red	+5 VDC
2	D-	White	Data -
3	D+	Green	Data +
4	GND	Black	Ground

# USB

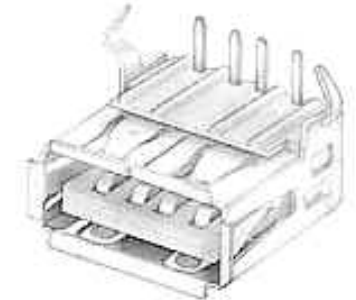
- podpora ovladačů ve stávajících operačních systémech
- autoidentifikace periferií a rekonfigurovatelné periferie
- garantované šířky pásma (jsou-li vyžadovány)
- možnost využití celé šířky pásma jedním zařízením
- rozhraní obsahuje 5V napájení (zařízení mohou být napájena přímo ze sběrnice - do 100 mA, příp. 500 mA pro jedno zařízení)
- pro vyšší rychlosti třeba stíněný kabel
- každé USB zařízení má svoji adresu



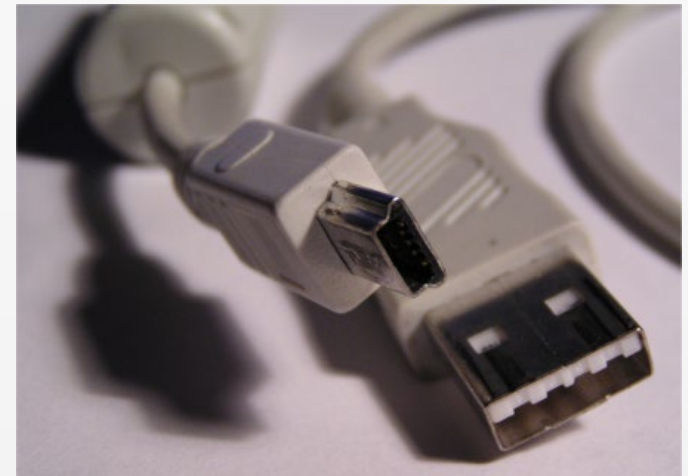
# USB

## Konektor a zásuvka typu A

(upstream = host)



## mini A

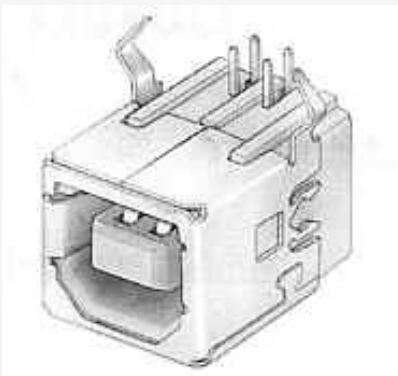
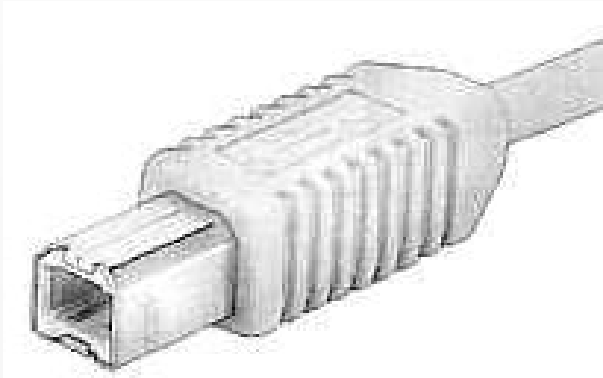


## mini B

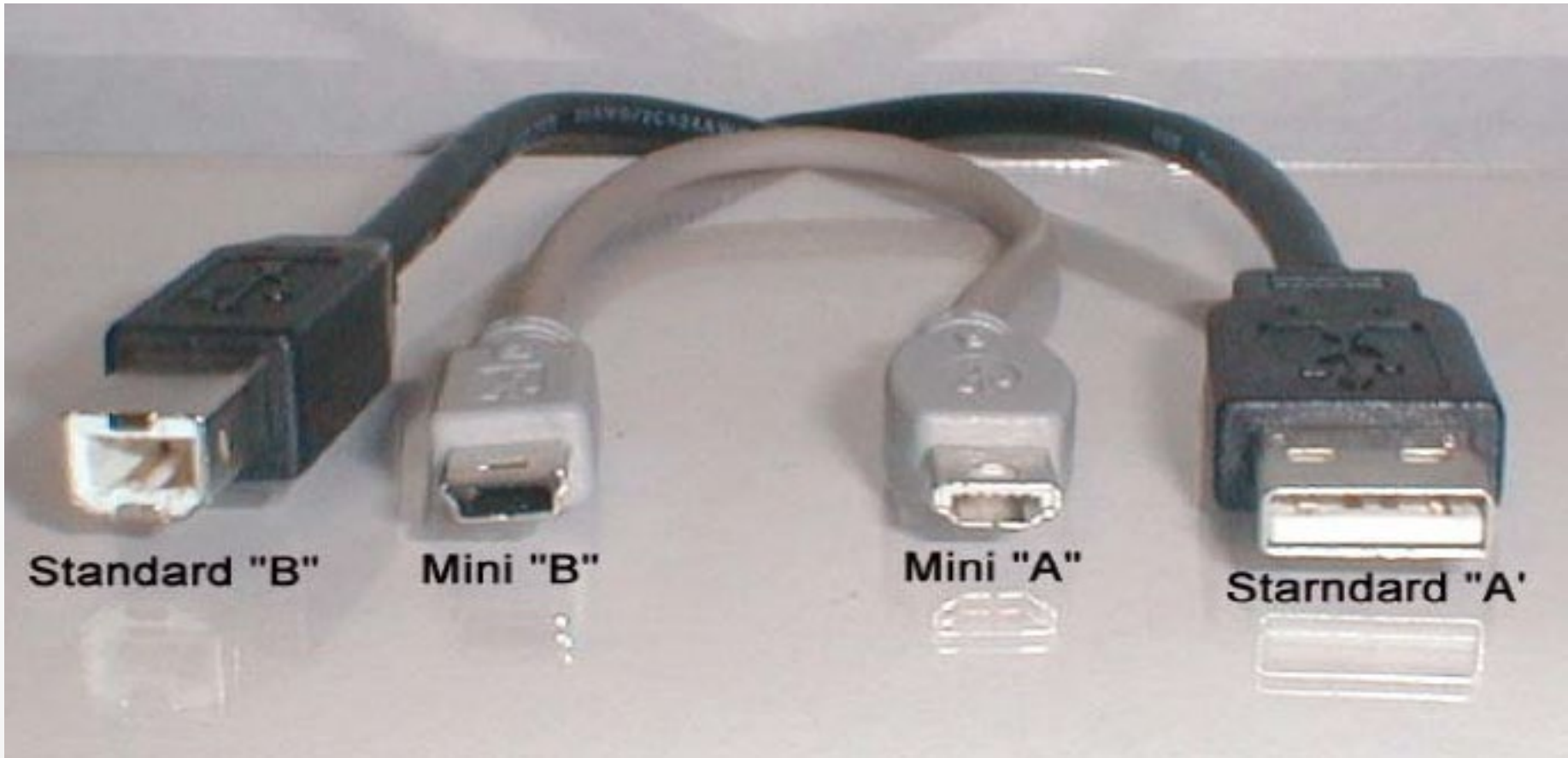


## Konektor a zásuvka typu B

(downstream = konc.zařízení)



# USB



# USB

## Micro-USB

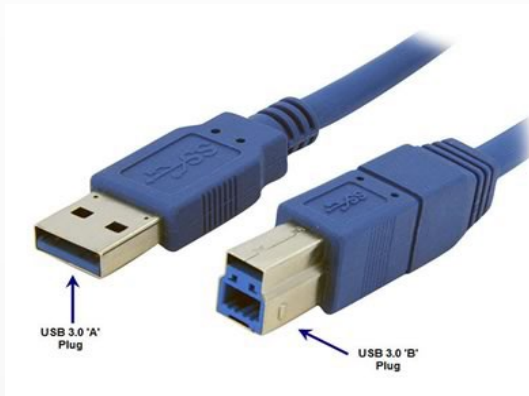
- podporuje USB On-The-Go pro komunikaci mezi dvěma USB přístroji bez nutnosti hostitelského PC jako prostředníka.
- micro-USB konektory vyrobeny z nerezové oceli a podle USB-IF vydrží přes 10 000 zasunutí.



# USB

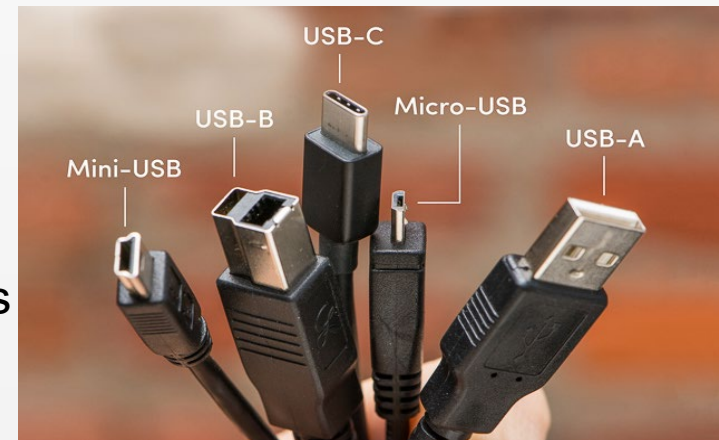


## USB v3.x



## USB-C

- Symetrický konektor
- Napájení až 5 A
- Propustnost až 10 Gb/s
- Obraz dig/anal.
- Ethernet

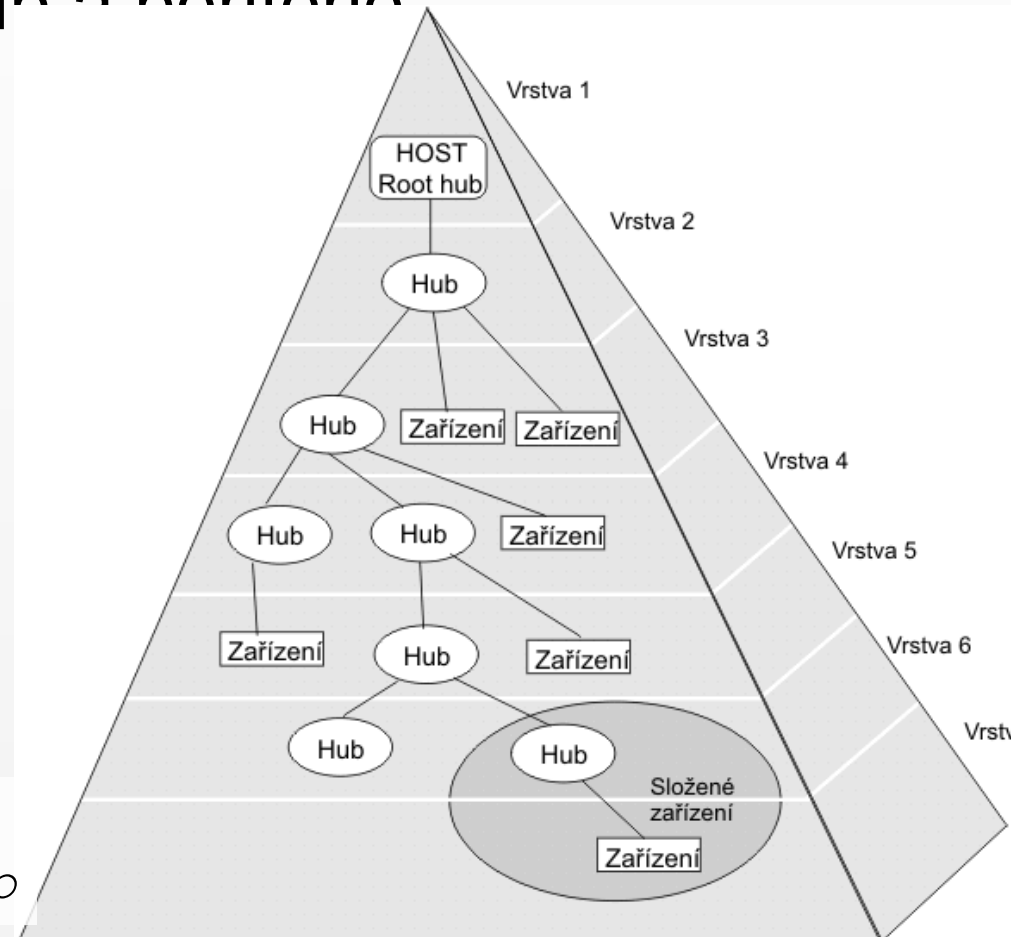
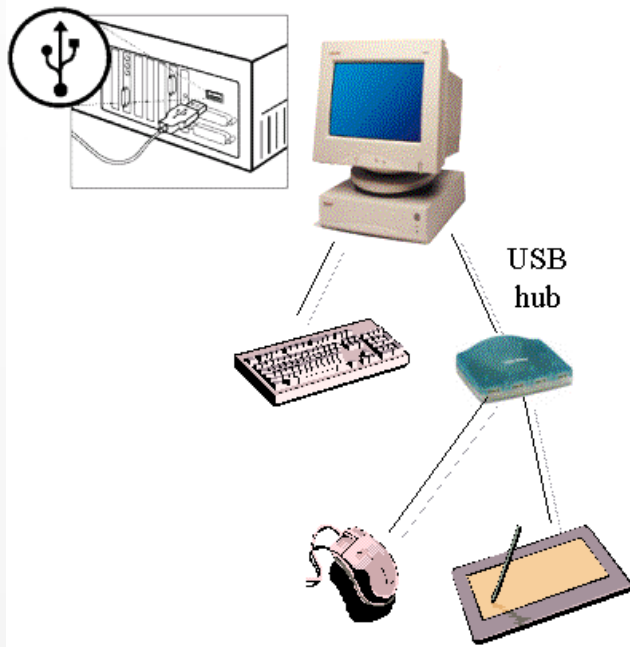


# Architektura USB



Víceúrovňová hvězdicová struktura

Dva typy zařízení: hub a periférie



<http://www.usb.org>

<http://hw.cz/rozhrani/usb>



# Režimy komunikace na USB

- *řídící (control mode)* – používá hlavně PC k inicializaci
- *režim přerušení (interrupt mode)* – používají zařízení, která mají k přenosu malé objemy dat (např. myši, klávesnice)
- *dávkový režim (bulk mode)* – pro zařízení, která potřebují přenášet velké objemy dat se 100% spolehlivostí (disky)
- *izochronní režim* – pro zařízení, která potřebují komunikovat v reálném čase, ale dokáží tolerovat určité ztráty dat (např. audio zařízení)

Při startu systému nebo při zapojení zařízení host:

- přiřadí každému zařízení identifikátor (bus ID)
- zjistí od každého zařízení, v jakém režimu chtějí komunikovat

# typy USB

- Bezdrátové rozšíření
- Není určeno k vytváření sítí (ale lze)
- HID (myš, track ball, klávesnice)



- Rozšíření USB
- Pro „host“ zařízení s omezenou způsobilostí
- Jednodušší připojovací (a komunikační) protokol (low-cost periferie)
- „host“ musí být napájen



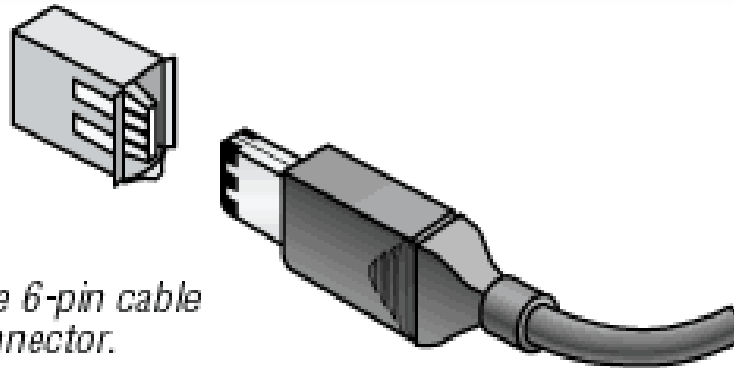
# IEEE 1394 (FireWire)



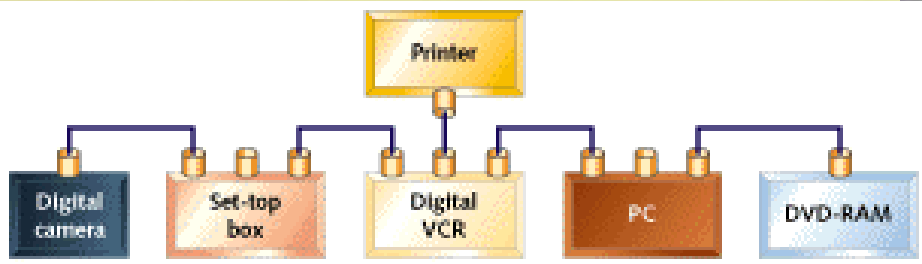
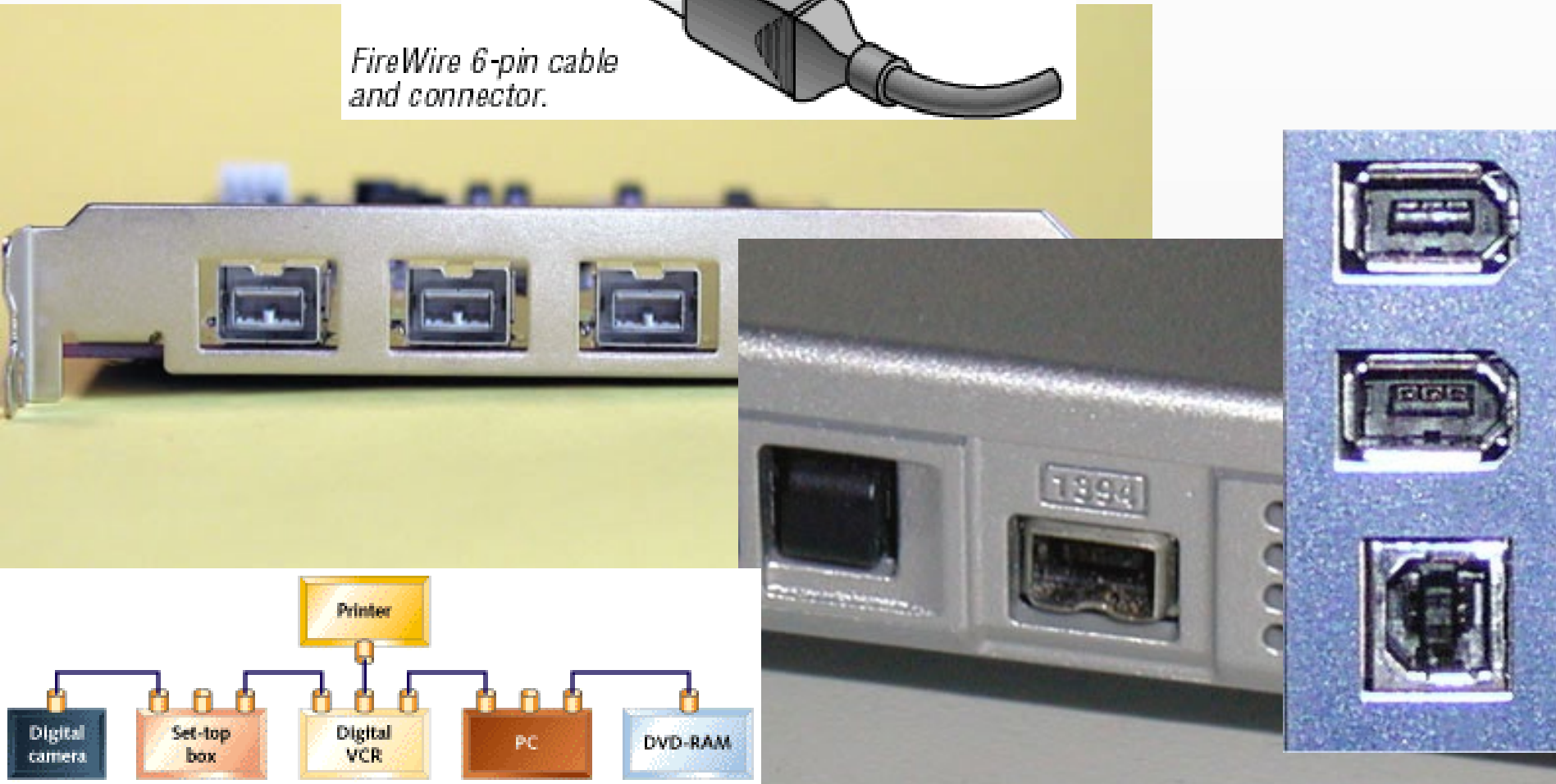
- Cca 1986
- Sériové rozhraní pro velké objemy dat
- Proti USB dražší
- Rychlost ( **800, 1600 či 3200 Mbps** → za předpokladu omezení délky kabeláže)
- až 63 zařízení (daisy chain)
- 6-ti vodičový kabel

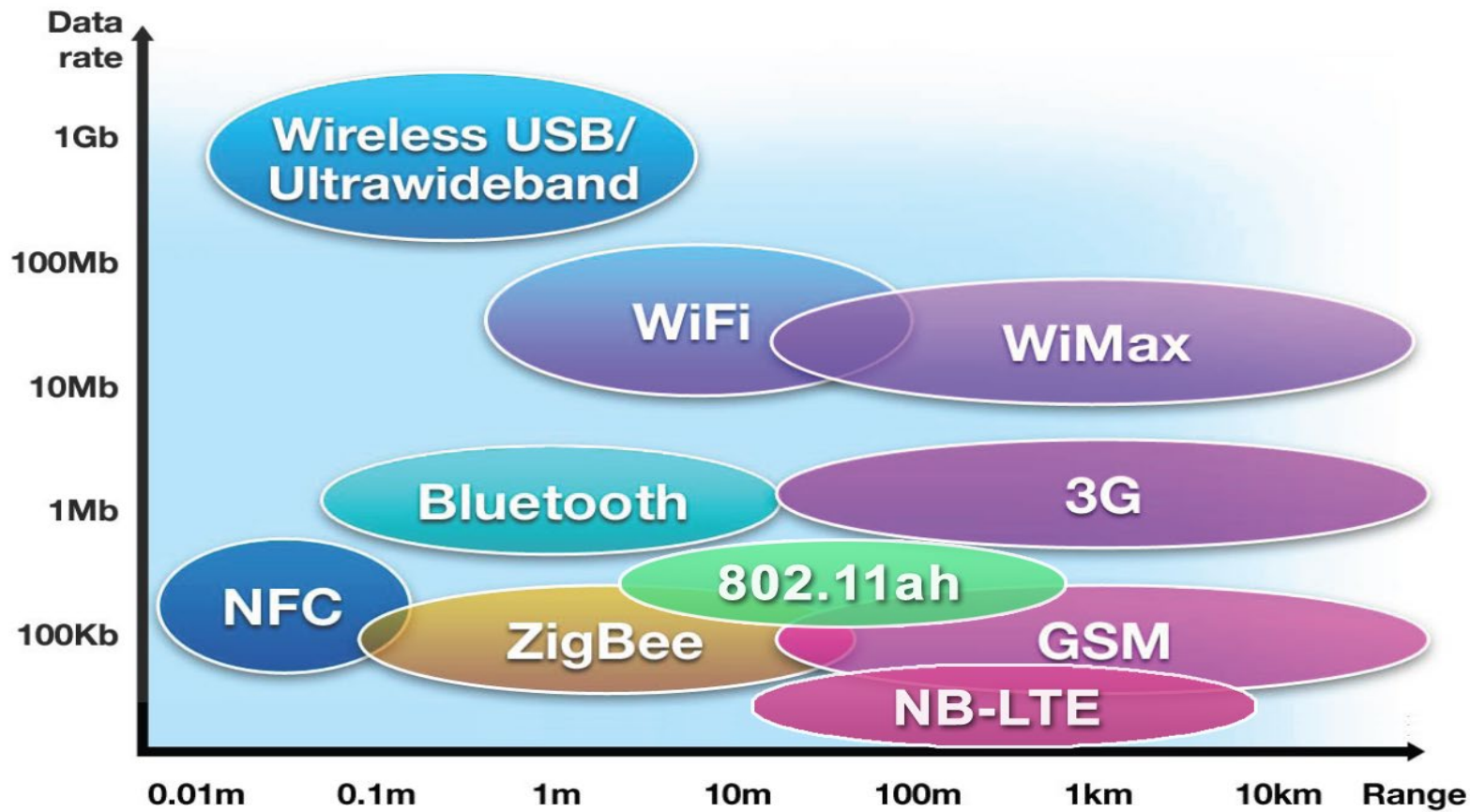
- **Asynchronní přenos** - data jsou poslána a čeká se na odpověď přijímače. Nova data jsou vyslána až po potvrzení příjmu - není možné přesně načasovat.
- **Isochronní přenos** - stanovuje přesně míru přenosu dat - nezávisle na čase. Vysílač má vždy sběrnici jen pro sebe a tak může data zasílat ve stejných intervalech.

# IEEE 1394 (FireWire)



*FireWire 6-pin cable and connector.*





<http://www.embedur.com/>

# Bluetooth



The Official Bluetooth Website

<http://www.bluetooth.com>

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>

- Cca 1994
- **IEEE 802.15.1**
- Následník IrDA
- Host-to-host i host-to-peripheral komunikace
- Provoz v pásmu 2,4GHz,
- Rychlost na fyzické vrstvě dosahuje 1 Mbit/s, skutečná propustnost dat se pohybuje maximálně kolem 728 kbit/s.
- Vzdálenosti 10(-100) metrů
- **Není LoS** zařízení – prochází zdí...
- V současné době v.5.x (vzdálenosti 4× delší než 4.2)

# Bluetooth

- Komunikaci řídí hlavní stanice (*master*) prostřednictvím protokolu výzvy
- Podřízená stanice (*slave*) může komunikovat s ostatními výhradně prostřednictvím hlavní stanice
- Komunikace mezi hlavní stanicí a podřízenou stanicí je asynchronní bez spojení (*asynchronous connectionless*).
- Hlavní stanice alokuje časové úseky podle potřeb pro každý typ komunikace (synchronní nebo asynchronní) prostřednictvím mnohonásobného přístupu s časovým dělením (*Time Division Multiple Access, TDMA*).
- Bluetooth používá stejné kmitočty pro vysílání i příjem s využitím *Time Division Duplexing (TDD)*, které také umožňuje, aby jedna stanice sítě byla současně podřízenou i hlavní stanicí.

# Bluetooth

- [https://www.bluetooth.com/wp-content/uploads/2021/01/Bluetooth\\_5.3\\_Feature\\_Enhancements\\_Update.pdf](https://www.bluetooth.com/wp-content/uploads/2021/01/Bluetooth_5.3_Feature_Enhancements_Update.pdf)
- <https://www.bluetooth.com/specifications/specs/>



# Wireless USB

Cca 2005

- **IEEE 802.15.3a** (wireless-USB)
- **Frekvence 7,5GHz**
- 110Mbps do 10metrů, 480Mbps do 3m
- (odhady do 1Gbps)
- **Menší spotřeba, extrémně široké frekvenční pásmo)**
- Připojení klávesnice, myš, fotoaparát, kamera, tiskárna, bezdrátové obrazovky, externí disky, chová se jakoby se připojilo pomocí USB

# NFC (Near Field Communication)



- Cca 2004
- Navazuje na RFID (1983)
- modulární technologie rádiové komunikace (13,56 MHz)
- na velmi krátkou vzdálenost (do 4 cm) s přiblížením přístrojů.
- výměna klíčových dat při bezkontaktních finančních transakcích
- vzájemná komunikace jak dvou aktivních přístrojů, tak aktivních zařízení s pasivními zařízeními (s tzv. tagem, pasivním nenapájeným NFC zařízením) jako čtečka s bezkontaktní platební kartou.
- Platební systémy, kontakty, Identifikace

- Komunikační technologie popsaná standardem IEEE 802.15.4 (2004)
- Spojení nízkovýkonových zařízení v sítích PAN (Personal Area Network) na malé vzdálenosti do 75 metrů.
- Díky použití ad-hoc směrování umožňuje komunikaci i na větší vzdálenosti bez přímé radiové viditelnosti jednotlivých zařízení.
- Primární určení směřuje do aplikací v průmyslu a senzorových sítích.

# ZigBee



- Propojení různorodých produktů pomocí jedné centrální jednotky ZigBee
- Správa z libovolného zařízení – z počítače, mobilního telefonu nebo tabletu.
- Možnosti automatizace (domova) a široké možnosti budoucího rozšíření.



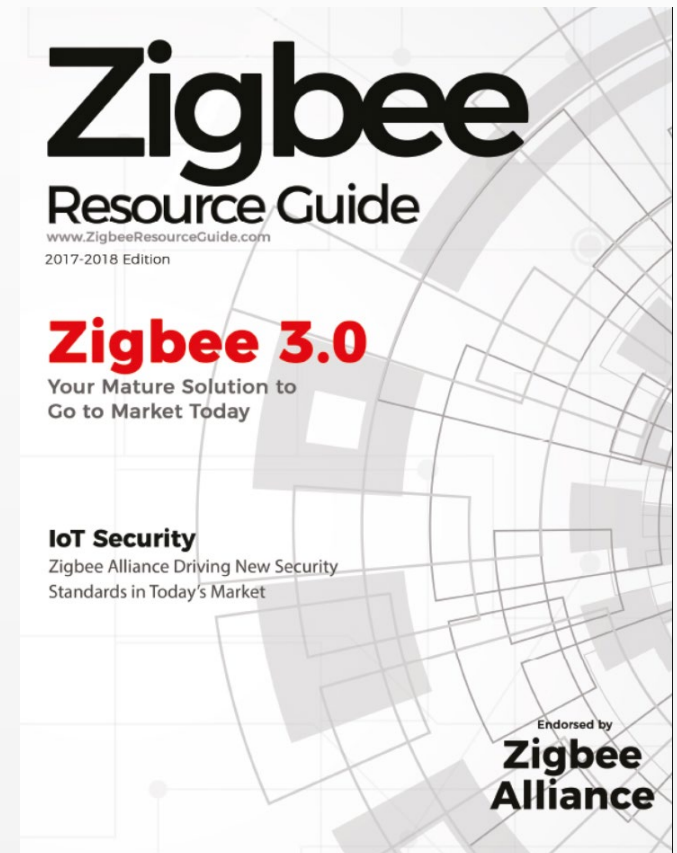
<https://www.alza.cz/hobby/zigbee/18855850-i18013.htm>

- Pokud je systém ZigBee kompatibilní s IFTTT může reagovat na určité spouštěče (notifikace telefonu nebo změny v počasí)
- V případě napojení na různorodé senzory, světelná čidla, termostaty apod. dokáže zpracovávat schémata, kdy se má rozsvěcet a zhasínat a s jakým nastavením
- V Evropě bezdrátový přenos na frekvenci 868 MHz.
  - Je proto rezistentní vůči rušení od WiFi na frekvencích 2,4 i 5 GHz, stejně jako mikrovlnek a dalších zařízení.
  - Běžný dosah řídicí jednotky je 100 metrů ve venkovním prostoru a 50 m uvnitř budovy.
  - Jelikož **však většinou využívá topologii sítě typu Mesh**, jednotlivá zařízení si předávají signál také mezi sebou a tím efektivně dosah navyšují

# ZigBee



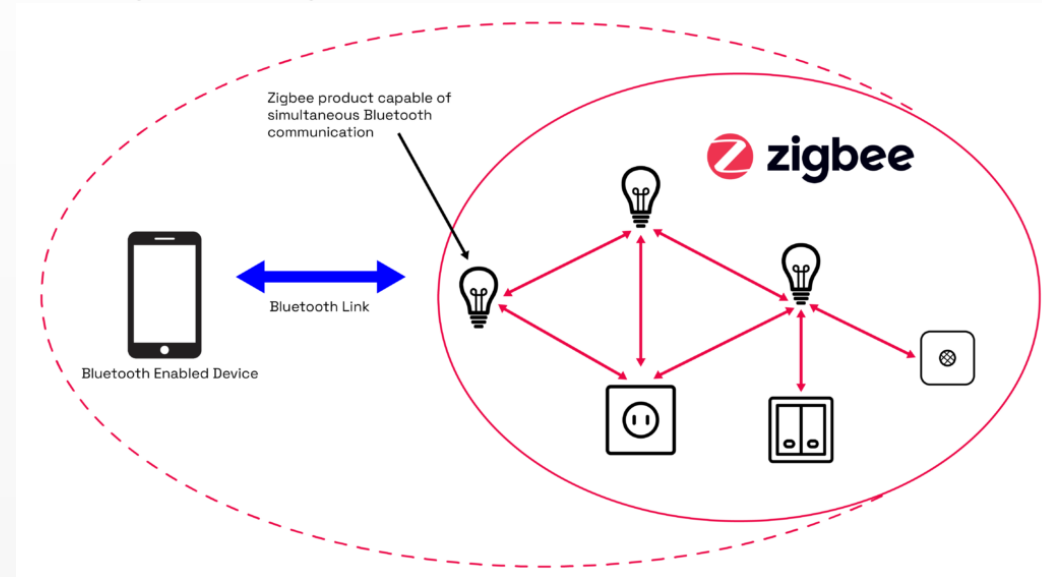
- <https://csa-iot.org/all-solutions/zigbee/>
- <https://csa-iot.org/developer-resource/specifications-download-request/>



# ZigBee



- <https://csa-iot.org/all-solutions/zigbee/zigbee-direct/>



- spojení dvou na trhu osvědčených technologií, Zigbee a Bluetooth Low Energy
- zjednodušení uživatelského komfortu.

# WiFi



- 1997, ale princip rozprostřeného spektra patent z 1942
- Wireless LAN
- Bezdrátová technologie **IEEE 802.11**
- Bezdrátové lokální sítě
- Peer-to-peer sítě
- Proti Bluetooth větší spotřeba
- Větší vzdálenosti (typ. 500m)





# WiFi

Standard		Vydání	Pásmo [GHz]	Max. rychlost [Mbit/s]	Fyz. vrstva	kom
IEEE 802.11		1997	2,4	2	DSSS, FHSS	
IEEE 802.11a	WiFi-1	1999	5	54	OFDM	(USA), dosah 80m
IEEE 802.11b	WiFi-2	1999	2,4	11	DSSS	(EU), dosah 100m
IEEE 802.11g	WiFi-3	2003	2,4	54	OFDM	(EU), dosah 150m
IEEE 802.11n	WiFi-4	2009	2,4 / 5	600 / 200	MIMO OFDM	dosah cca 100m
IEEE 802.11y		2008	3,7	54		(USA)
IEEE 802.11ac	WiFi-5	2013	5	1000	MU-MIMO	
IEEE 802.11ad		2014	2,4/5 a 60	7000		WiGig
IEEE 802.11ax	WiFi-6	2019	2,4/5/6	10530	MIMO-OFDM	

[http://cs.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11](http://cs.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11)

IN PROCESS - Standards, Amendments, and Recommended Practices



IEEE Project and Final Document	Final Doc Type	Project Authorization Request (PAR)	Task Group and Activity	Documentation		Current Status	PAR Approved, Modified, or Extended (Expires)	WG Letter Ballots			Form Standards Association (SA) Ballot Pool / Return	MEC / MDR Done	IEEE SA Ballots			Final 802.11 WG Approval	Final or Conditional 802 EC Approval	RevCom & Standards Board Final or Continuous Process Approval	AN SI Approved
				Section End Snapshot	Incorporated Baseline			Draft	Date	Result			Draft	Date	Result				
				Normal & Variants				Predicted Initial	Predicted Retire				Predicted Initial	Predicted Retire					
IEEE Std P802.11-2020/Cor1	COR	Correct 802.11ay Assignment of Protected Announce Support Bit	WG Tech Ed	PDF D1.00	802.11-2020 802.11ax-2021 802.11ay-2021 802.11ba-2021	Actual	2022-02-23 (2025-12-31)	D1.0	2022-04-14	99%									
						Predicted	C	C	Mar 2022		May 2022	Jun 2022	Jun 2022	Jul 2022	Jul 2022	Sep 2022		N/A	
IEEE Std P802.11b	A	Enhanced Data Privacy	TGbi		802.11-2020 802.11ax-2021 802.11ay-2021 802.11ba-2021 802.11-2020/Cor1 802.11me 802.11az 802.11bc 802.11bd 802.11be 802.11bf 802.11bh	Actual	2021-02-10 (2025-12-31)												
						Predicted	C		Mar 2023	Sep 2023	Mar 2024	May 2025	Jul 2024	Jan 2025	Jul 2025	Jul 2025	Sep 2025		N/A
IEEE Std P802.11me	A	802.11 Accumulated Maintenance Changes	TGma	PDF D1.20	802.11-2020 802.11ax-2021 802.11ay-2021 802.11ba-2021 802.11-2020/Cor1	Actual	2021-02-10 (2025-12-31)	D1.0	2022-01-10	84%									
						Predicted	C	C	Jul 2022		May 2023	May 2024	Nov 2023	Mar 2024	Jul 2024	Jul 2024	Sep 2024		N/A
IEEE Std P802.11bn	A	Randomized and Changing MAC Addresses	TGbn		802.11-2020 802.11ax-2021 802.11ay-2021 802.11ba-2021 802.11-2020/Cor1 802.11me 802.11az 802.11bc 802.11bd 802.11be 802.11bf	Actual	2021-02-10 (2025-12-31)												
						Predicted	C		Mar 2022	Jul 2022	Sep 2022	Jan 2023	Nov 2022	Jan 2023	Mar 2023	May 2023	May 2023		N/A
IEEE Std P802.11bf	A	WLAN Sensing	TGbf	PDF D0.10	802.11-2020 802.11ax-2021 802.11ay-2021 802.11ba-2021 802.11-2020/Cor1 802.11me 802.11az 802.11bc 802.11bd 802.11be	Actual	2020-09-25 (2024-12-31)												
						Predicted	C		Sep 2022	Jan 2023	Jul 2023	Sep 2023	Sep 2023	Nov 2023	Jul 2024	Jul 2024	Sep 2024		N/A
IEEE Std P802.11be	A	Extremely High Throughput	TGbe	PDF D1.50	802.11-2020 802.11ax-2021 802.11ay-2021 802.11ba-2021 802.11-2020/Cor1 802.11me 802.11az 802.11bc 802.11bd	Actual	2019-03-21 (2023-12-31)												
						Predicted	C		Mar 2022	Nov 2022	Mar 2023	Mar 2023	May 2023	Sep 2023	Mar 2024	Mar 2024	May 2024		N/A
IEEE Std P802.11bd	A	Enhancements for Next Generation V2X	TGbd	PDF D4.00	802.11-2020 802.11ax-2021 802.11ay-2021 802.11ba-2021 802.11-2020/Cor1 802.11me 802.11az 802.11bc 802.11bd	Actual	2018-12-05 (2022-12-31)	D1.0 D2.0 D3.0 D4.0	2020-11-18 2021-08-01 2021-12-16 2022-03-30	82% 86% 94% 99%	2021-12-02	2022-03-01							
						Predicted	C	C	C	C	C	C	Apr 2022	May 2022	Nov 2022	Nov 2022	Dec 2022		N/A
IEEE Std P802.11bc	A	Enhanced Broadcast Service	TGbc	PDF D2.20	802.11-2020 802.11ax-2021 802.11ay-2021 802.11ba-2021 802.11-2020/Cor1 802.11me 802.11az 802.11bc	Actual	2018-12-05 (2022-12-31)	D1.0 D2.0 D3.0	2020-12-20 2021-10-28 2022-04-28	83% 90% 92%		May 2022	Mar 2022	Jul 2022	Nov 2022	Mar 2023	Mar 2023	May 2023	N/A
						Predicted	C	C	C						Mar 2023	Mar 2023	May 2023		N/A
IEEE Std P802.11bb	A	Light Communications	TGbb	PDF D1.00	802.11-2020 802.11ax-2021 802.11ay-2021 802.11ba-2021 802.11-2020/Cor1 802.11me 802.11az	Actual	2018-03-09 (2022-12-31)	D1.0 D2.0	2022-01-12 2022-04-22	87% 94%									
						Predicted	C	C	C		Mar 2022	Mar 2022	May 2022	Jul 2022	Nov 2022	Nov 2022	Dec 2022		N/A
IEEE Std P802.11az	A	Next Generation Positioning	TGaz	PDF D4.10	802.11-2020 802.11ax-2021 802.11ay-2021 802.11ba-2021 802.11-2020/Cor1 802.11me	Actual	2015-09-03 (2023-12-31)	D1.0 D2.0 D3.0 D4.0 D4.0	2019-03-09 2020-01-03 2021-02-10 2021-09-07 2021-10-01	75% 87% 88% 90% 93%	2021-08-01	2021-07-01	D4.0	2021-11-05	93%				
						Predicted	C	C	C	C	C	C	C	Jan 2022	Jul 2022	Aug 2022	Dec 2022		N/A

PUBLISHED - Standards, Amendments, and Recommended Practices

IEEE Project and Final Document	Final Doc Type	Project Authorization Request (PAR)	Task Group and Activity	Documentation		Current Status	PAR Approved, Modified, or Extended (Expires)	WG Letter Ballots			Form SA Ballot Pool / Return	MEC / MDR Done	IEEE SA Ballots			Final 802.11 WG Approval	Final or Conditional 802 EC Approval	RevCom & Standards Board Final or Continuous Process Approval	AN SI Approved	Published
				Section End Snapshot	Incorporated Baseline			Draft	Date	Result			Draft	Date	Result					
				Normal & Variants				Predicted Initial	Predicted Retire				Predicted Initial	Predicted Retire						
IEEE Std P802.11ax-2021	A	Next Generation 60GHz	TGav	PDF	802.11-2020	Actual	2015-03-26	D1.0 D2.0 D3.0	2018-01-07 2018-08-31 2019-02-28	74% 82% 84% 90% 95% 99%	2019-06-01	2019-07-16	D6.0 D7.0 D8.0	2020-03-18 2020-10-01 2020-12-21	91% 95% 98%	2020-11-01	2020-11-01	2021-03-01	2021-10-08	

[https://www.ieee802.org/11/Reports/802.11\\_Timelines.htm](https://www.ieee802.org/11/Reports/802.11_Timelines.htm)

13.05.2024

Sběrnice

# DVI



- **Digital Visual Interface (DVI)** - 1999

**DVI-D** (digital only) - pouze digitální signál

**DVI-A** (analog only) - pro kompatibilitu s analogovými monitory

**DVI-I** (digital & analog) - digitální i analogový signál

**Single DVI link** - čtyři páry kroucené dvoulinky (RGB) + informaci o obnovitelné frekvenci ([Clock rate](#)), přenos je 24 bitů na pixel. Časování signálu se téměř přesně shoduje s analogovým video signálem ([VGA](#)), přenos single DVI link při 60 Hz je 2,75 megapixelů

- Slučitelný s VGA a HDMI
- Možnost implementace USB



<http://www.tomshardware.co.uk/answers/id-3340652/run-dvi-480.html>

FAKULTA MECHATRONIKY,  
INFORMATIKY A MEZIOBOROVÝCH  
STUDIÍ IUL

13.05.2024

©\*zip 2010-2024

Sběrnice

65

<https://www.tmi.tul.cz>

- První zobrazovací rozhraní s paketovým přenosem dat (jako Ethernet, USB a PCI-E (2006))
- Použitelné pro přenos zvuku a videa současně (každý je volitelný a může být přenášen bez druhého)
- Signál DisplayPortu není kompatibilní s DVI nebo HDMI.
- duální DisplayPorty (označené DP++ logem) jsou určeny k přenosu jednolinkového DVI nebo HDMI signálu přes rozhraní prostřednictvím použití externího pasivního adaptéru, který vybere požadovaný signál.
- VGA a dvojlinka DVI vyžadují aktivní adaptéry pro převod signálu na požadovaný výstup a nevyžadují duální DisplayPort. VGA adaptéry jsou napájeny z DisplayPortu,



# HDMI™

HIGH-DEFINITION MULTIMEDIA INTERFACE

Cca 2002



Digitální/analogový zvuk



S-Video



Komponentní vstup



DVI/VGA



Vzdálené ovládání



## 19pólový konektor HDMI



14,0 mm

### Příklad obsazení

- |       |                            |
|-------|----------------------------|
| Obraz | Ovládací a taktovací kanál |
| Zvuk  | Kontrolní kanál            |
|       | Napájení                   |

# HDMI™

HIGH-DEFINITION MULTIMEDIA INTERFACE



## Před

DVD Player, Set-top box,  
AV přijímač

## Po

Stejná funkčnost  
Vyšší výkon





- HDMI specifikuje celou škálu DTV video formátů (definovány v EIA/CEA-861B)
  - SDTV (NTSC/PAL), EDTV & HDTV
  - Prokládané 480i to 1080i
  - Progressive 480p to 1080p
- HDMI současně povoluje další video formáty
  - PC formáty: VGA, SVGA, XGA...UXGA
  - Rozšířené PC formáty (např. plazmové monitory)
  - Další formáty definované VESA či výrobcem

- **Maximální Audio & Video kvalita**
  - Nejlepší reprodukce – přímo ze zdrojových dat
- **Minimalizace počtu kabelů (i typů)**
  - Jediný HDMI kabel nahrazuje 11 různých analogových kabelů
- **Větší možnosti řízení**
  - Celé „domácí kino“ řízené jedním ovladačem
- **Automatické přizpůsobení formátů**
  - TV & AV přijímače lze přizpůsobit bez zásahu obsluhy
- **PC kompatibilita**
  - Zařízení mohou přehrávat i zobrazovat PC media
  - Zařízení s DVI výstupem může poskytovat video signál pro HDMI zobrazovací zařízení, zvuk se musí přenášet jinou cestou



# HDMI™

HIGH-DEFINITION MULTIMEDIA INTERFACE

- Umožňuje řídit HDMI zařízení pomocí TV ovladačem
  - např. DVD přehrávač pomocí TV ovladače
- Vyšší funkce typu “one-touch play”

Stiskni „Play“ na DVD



A pak...  
Hraje DVD

Automaticky...  
Zapne A/V přijímač



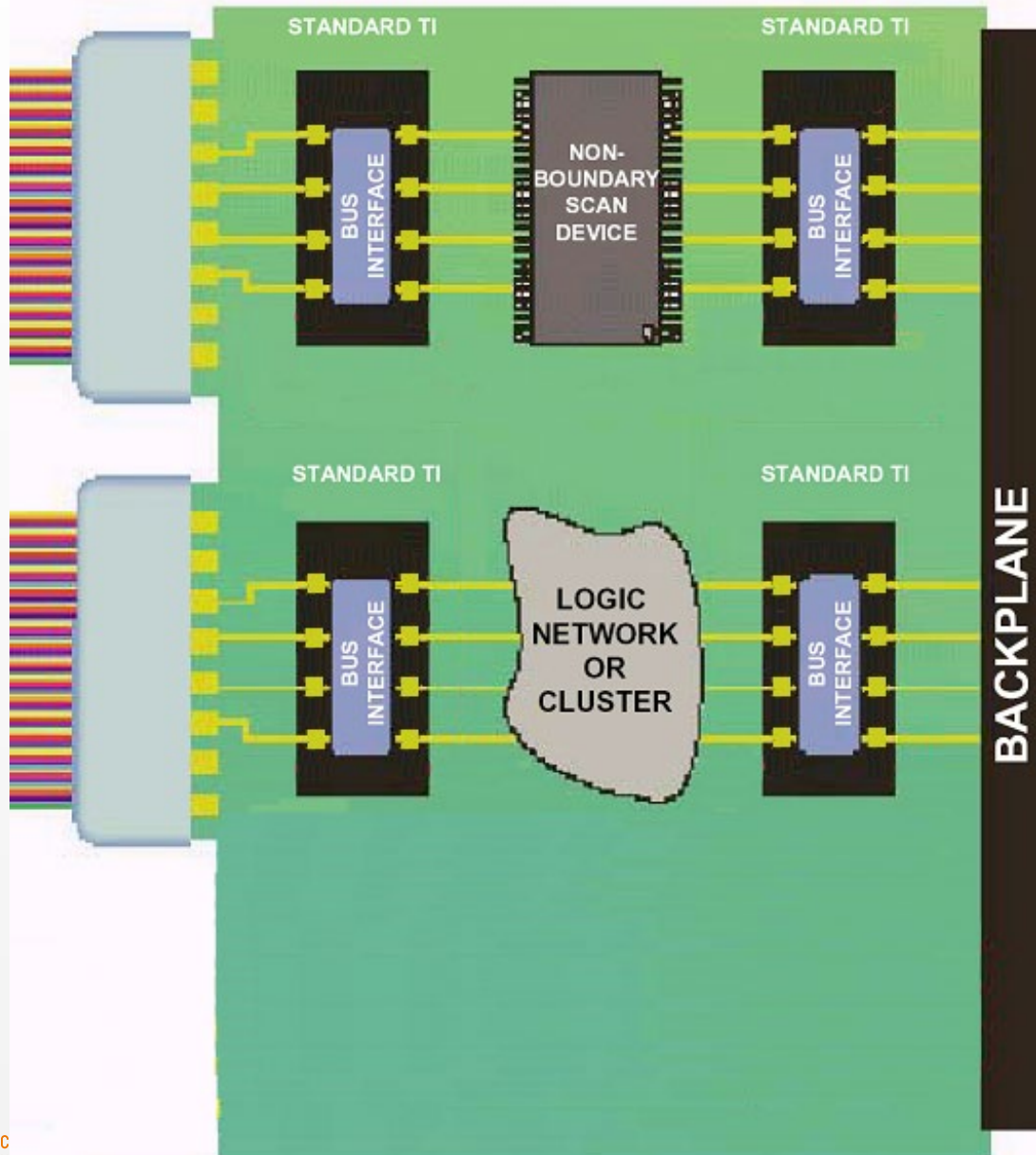
Automaticky...  
přepne se správný vstup

Automaticky...  
Zapne televizi



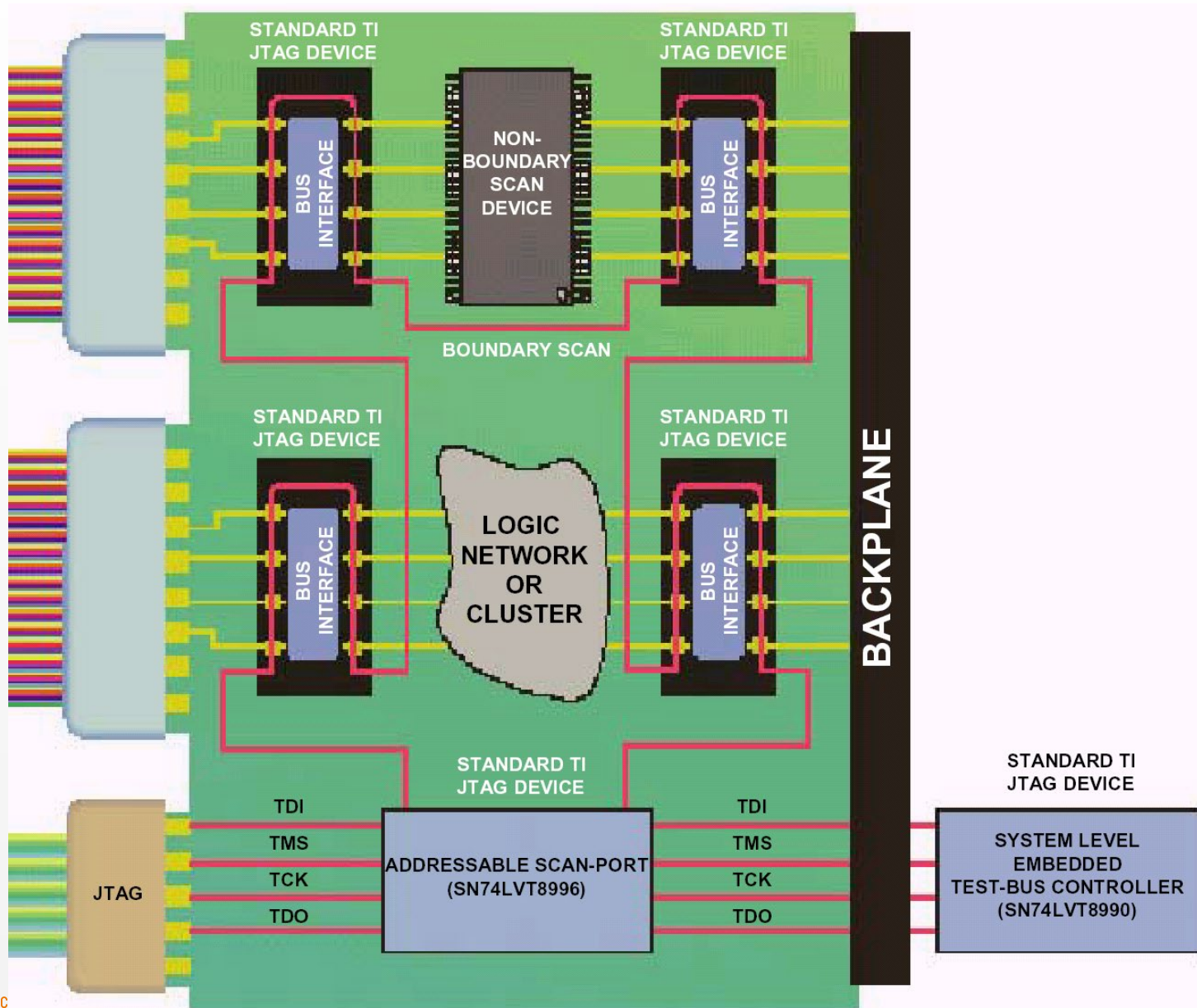
Automaticky...  
Zapne správný vstup  
(z A/V přijímače)

# JTAG (IEEE 1149.1, Boundary Scan)

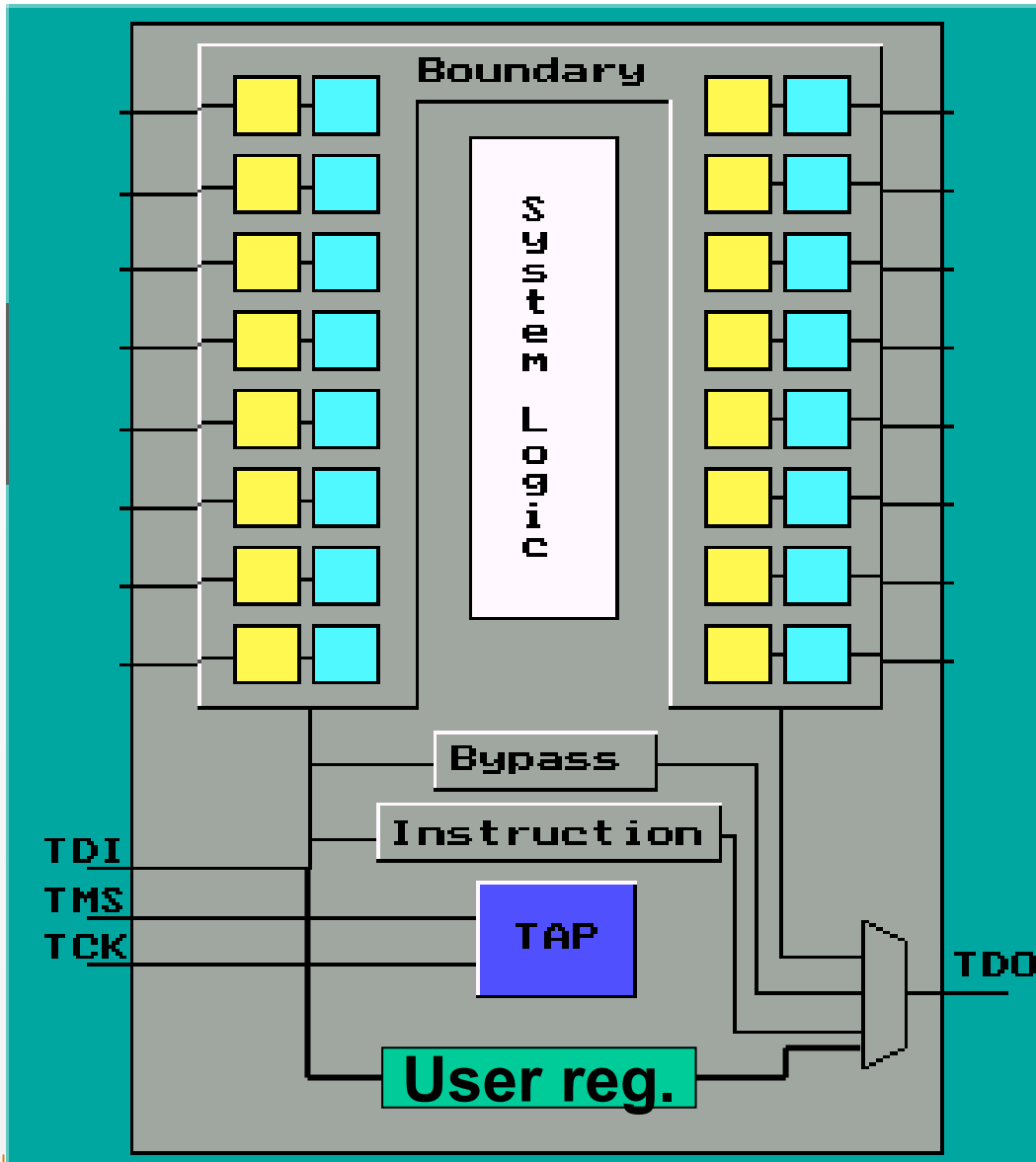


1990 – JTAG  
1994 – BS +1149

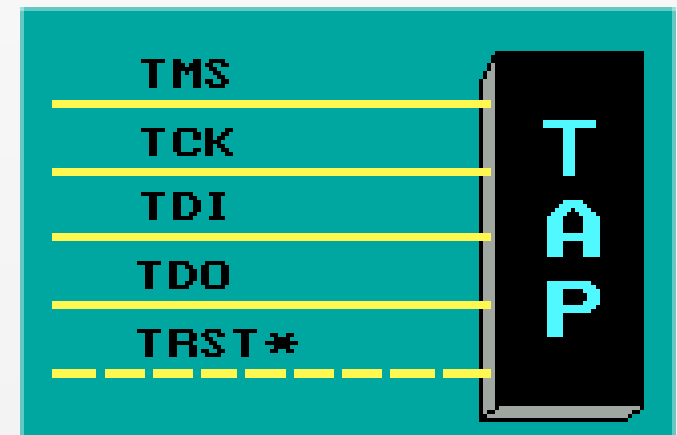
# JTAG (IEEE 1149.1, Boundary Scan)



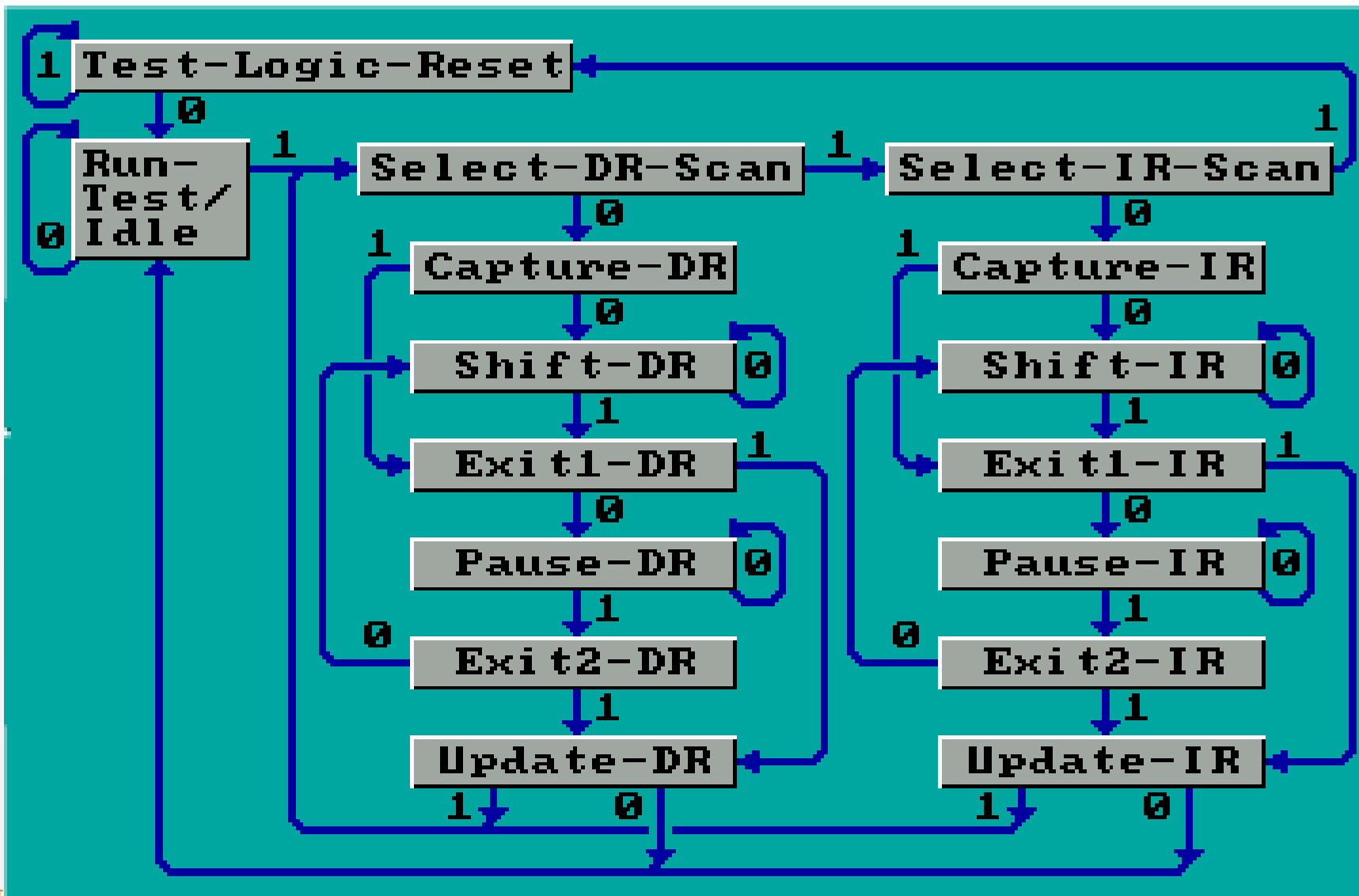
# JTAG (IEEE 1149.1, Boundary Scan)



**Test Mode Select**  
**Test Clock**  
**Test Data In**  
**Test Data Out**  
(nepovinný Test ReSeT)



# JTAG (IEEE 1149.1, Boundary Scan)



# JTAG (IEEE 1149.1, Boundary Scan)

## Využití:

- Testování propojení obvodů (EXtest)
- Testování obvodů (INtest)
- Programování obvodů (IEEE 1532)

# Automotive sběrnice

Bus	LIN	CAN	FlexRay
Speed	40 kbit/s	1 Mbit/s	10 Mbit/s
Cost	\$	\$\$	\$\$\$
Wires	1	2	2 or 4
Typical Applications	Body Electronics (Mirrors, Power Seats, Accesories)	Powertrain (Engine, Transmission, ABS)	High-Performance Powertrain, Safety (Drive-by-wire, active suspension, adaptive cruise control)

# LIN-bus



## *Local Interconnect Network*

- LIN konsorcium (1990)
- Single Master, až 16 podřízených (doporučeno, aby se dosáhlo rozumného času odezvy).
- Slave Node Position Detection (SNPD) umožňuje přiřazení adresy uzlu po zapnutí
- Jednovodičová komunikace až 19,2 kb/s na 40 metrů délky sběrnice. Ve specifikaci LIN 2.2, rychlost až 20 kb/s.
- Zaručená doba latence.
- Variabilní délka datového rámce (2, 4 a 8 bajtů).
- Flexibilita konfigurace.
- Kontrola a detekce chyb, Detekce vadných uzlů.
- Vhodné pro hierarchické sítě.
- Provozní napětí 12 V.



# CAN-bus

## Controller Area Network

CAN



- vyvinuto u firmy Bosch (1983) pro použití v automobilech
- standard ISO 11898, ISO 11519-2, ČSN EN 50325
- sériový komunikační protokol pro distribuované řízení systémů v reálném čase (zaručená doba odezvy systému)
- přenosová rychlost od 10kbit/s do 1Mbit/s (používá se 125/250kbps)
- výborná detekce chyb, vysoký stupeň zabezpečení přenosu proti chybám (pravděpodobnost  $4,7 \times 10^{-11}$ ).
- maximální délka sběrnice od 40m (při 1Mbit/s) do 5200m (10kbit/s), typická impedance  $120\Omega$
- počet zařízení na sběrnici omezen na 30 (kvůli statickým a dynamickým parametrům, teoreticky neomezeno)
- autonomní odpojení poškozených jednotek

# CAN-bus

Controller Area Network **CAN**

V protokolu CAN 2.0 rozeznáváme čtyři základní bloky dat:

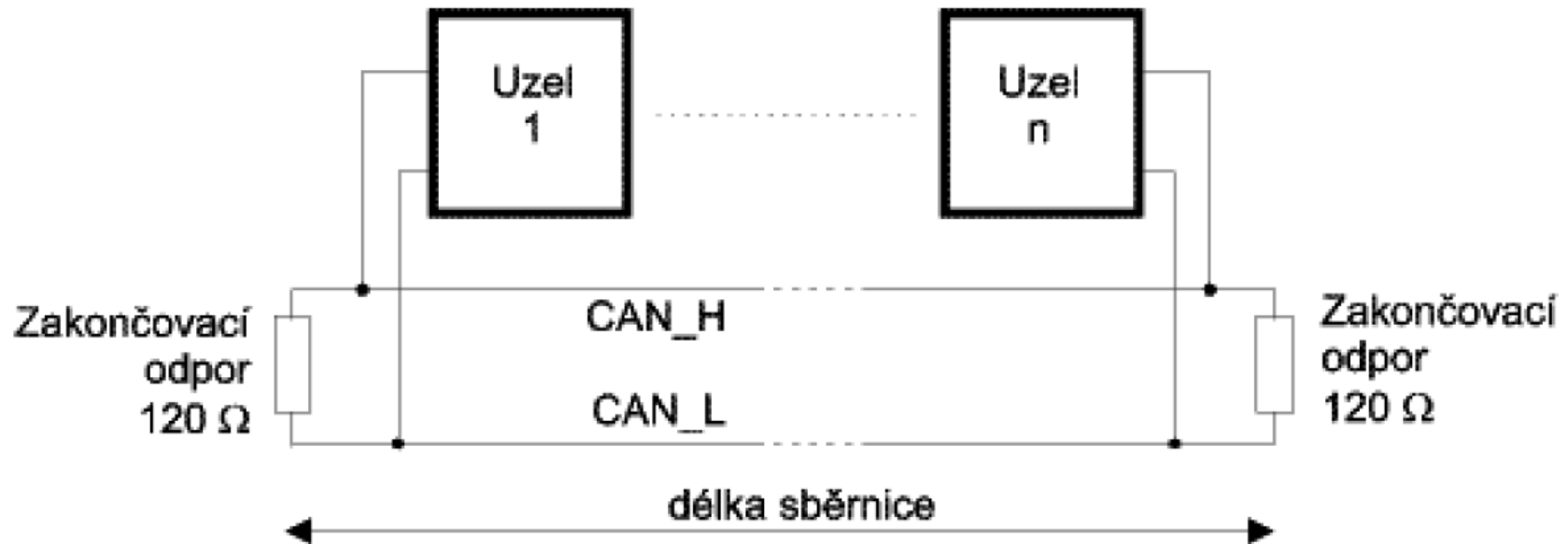
- Datový blok – *přenáší datové informace*
- Požadavkový blok – *předává požadavek na přenos dat*
- Chybový blok – *přenáší se při identifikaci chyby na lince*
- Zpoždovací blok – *generuje zvláštní zpoždění vkládané do předchozích bloků*

# CAN-bus

## Controller Area Network

CAN

- Pro řízení přístupu k médiu je použita sběrnice s náhodným přístupem, řešící kolize na základě prioritního rozhodování
- Definovány dvě hodnoty bitů
  - dominant (log. 0, CAN\_H ~ 5V, CAN\_L ~ 0V)
  - recessive (log. 1, CAN\_H a CAN\_L ~ 2,5V - pasivní)



# CAN-bus

- Po sběrnici probíhá komunikace mezi dvěma uzly pomocí zpráv (datová zpráva a žádost o data)
- Management sítě (*signalizace chyb, pozastavení komunikace*) je zajištěn pomocí dvou speciálních zpráv (*chybové zprávy a zprávy o přetížení*).
- Zprávy CAN neobsahují žádnou informaci o cílovém uzlu a jsou přijímány všemi uzly připojenými ke sběrnici. Každá zpráva je uvozena identifikátorem, který udává význam přenášené zprávy a její prioritu (*nejvyšší prioritu má zpráva s identifikátorem 0*)
- Protokol CAN zajišťuje, aby zpráva s vyšší prioritou byla v případě kolize dvou zpráv doručena přednostně a dále je možné na základě identifikátoru zajistit, aby uzel přijímal pouze ty zprávy, které se ho týkají (*Acceptance Filtering*).

# CAN-bus

- Protokol typu *multi-master* = každý uzel sběrnice může být *master* a řídit tak chování jiných uzlů (*není nutné řídit síť z jednoho "nadřazeného" uzlu, což přináší zjednodušení řízení a zvyšuje spolehlivost – při poruše jednoho uzlu zbytek sítě pracuje dál*).
- V každém okamžiku je pouze jedno ze zařízení na sběrnici je *master*
- Pro řízení přístupu k médiu je použita sběrnice s náhodným přístupem, která řeší kolize na základě prioritního rozhodování.
- CAN nepředepisuje ani úroveň ani fyzikální média. Je možno postavit síť s rozlišením napětím, proudem, světlem apod.

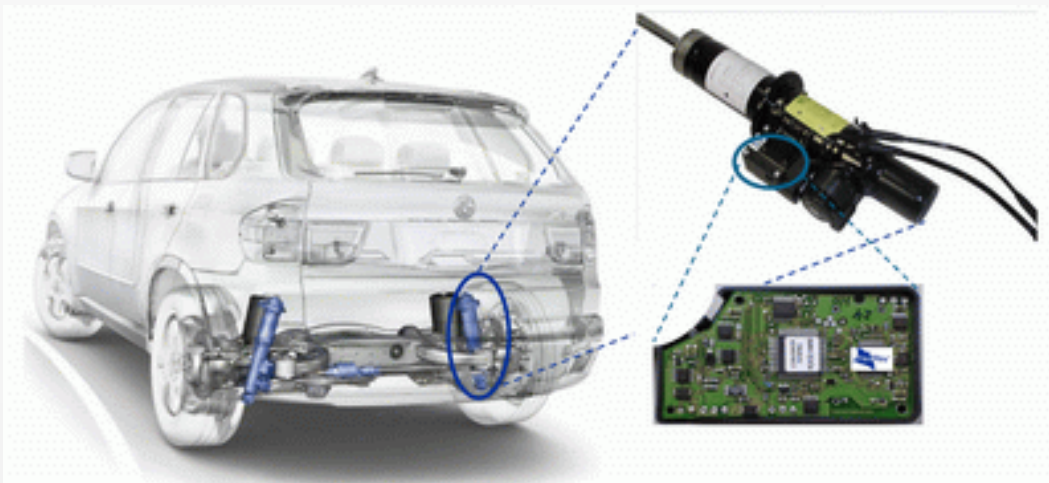
# CAN-bus

- Komunikace mezi jednotlivými uzly formou předávaných zpráv.
- Datová zpráva nese informace o adresátu zprávy, datovou informaci a chybovou funkci.
- Pokud je sběrnice volná, může jakýkoliv uzel vyslat zprávu k jinému adresátu.
- Je možný i současný přenos do více uzlů.
- V případě vyslání zpráv z více uzlů současně, je komunikace zajišťována podle priority uložené v adresní části zpráv.
- Žádná ze zpráv není ztracena, pouze se počká na uvolnění sběrnice.
- Zvláštním druhem je dotazová zpráva spočívající v předání požadavku na příslušný uzel, který v odpovědi předá požadovaná data.
- Při shodné prioritě přednost zpráva datová.

# FlexRay



- Použití FlexRay (1999)
  - Drive-by-Wire - plně elektrické ovládání auta
  - Brzdový systém
  - Systém trakční kontroly
  - Systém zabezpečení posádky - airbagy



# FlexRay

- Velká přenosová rychlost 500 kb/s až 10 Mb/s přenos velkého objemu dat páteřní sítě (např. telemetrie, řízení prokluzu kol, tvrdosti tlumičů, ABS, různé systémy jízdné stability apod.)
- Možnost tzv. **statického i dynamického přístupu na sběrnici pro všechny jednotky** (zpracování dat v reálném čase, kde se vyžaduje okamžitý bezodkladný přenos)
- **Dvoukanálová struktura** umožňuje lépe zabezpečit komunikaci kritických systémů a funkcí, které musí pracovat za každé okolnosti.
- **FlexRay implementuje jak softwarové, tak i hardwarové zabezpečení přenosu dat**
- Topologie typu sběrnice, hvězda (komunikace typu point-to-point), nebo libovolné **vzájemné kombinace**, kdy je na jednu větev hvězdy připojeno několik uzlů. (Mezi sousedními jednotkami **vzdálenost až 24 m**, střed „hvězdy“ tvořen aktivním FlexRay oddělovačem - vzájemné propojení dalším oddělovačem, tzn. vytváří vzájemné propojení struktur typu hvězda či kombinací hvězda-sběrnice (označované jako cluster)



# Parametry FlexRay

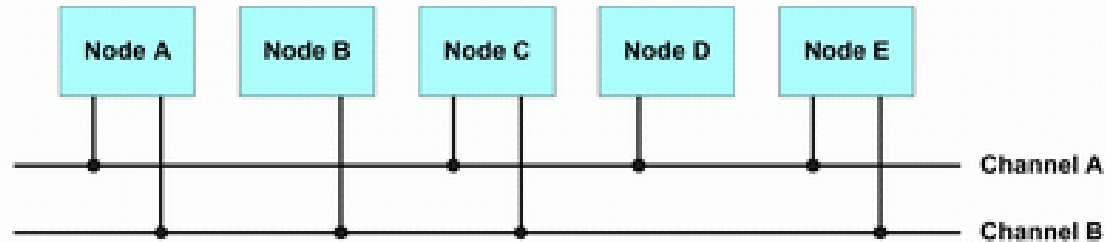
- Přenosová rychlost až 10 Mb/s
- Lze adresovat až 2047 uzlů v clusteru
- Vzdálenost mezi uzly až 24 m
- Sériový přenos pro dvou vodičové sběrnici
- Dva nezávislé kanály pro každou jednotku
- Zvýšená odolnost proti rušení (zabezpečení přenosu, diferenční přenos)
- Mnoho konfigurací možného přenosu dat

# Parametry FlexRay

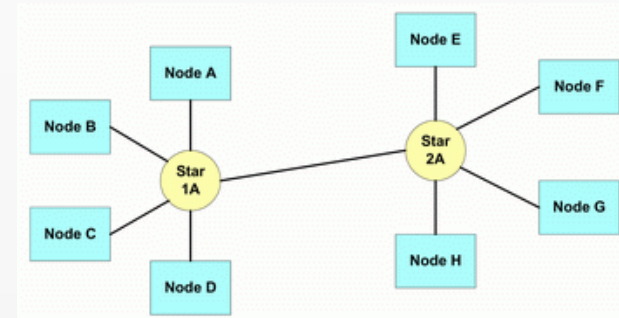
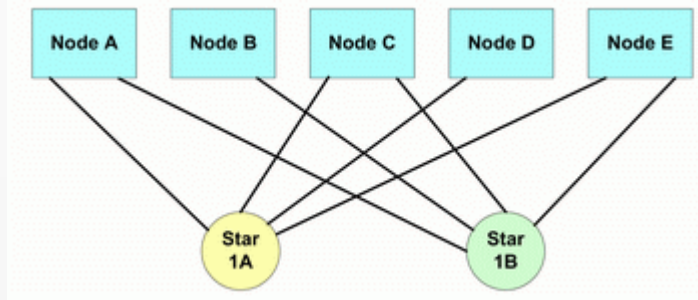
- Společná synchronizace všech jednotek v síti
- Jednoduchý nebo dvojitý vysílací a přijímací buffer
- Konfigurovatelný buffer od 2 do 254 bajtů
- Filtrace zpráv podle čísla/identifikátoru rámce, čítače cyklů a volbě kom. kanálu
- Služba dálkové "probuzení" libovolného uzlu
- Detekce chyb na úrovni budiče sběrnice
- Detekce chybovosti na úrovni vyšších vrstev

# Topologie FlexRay

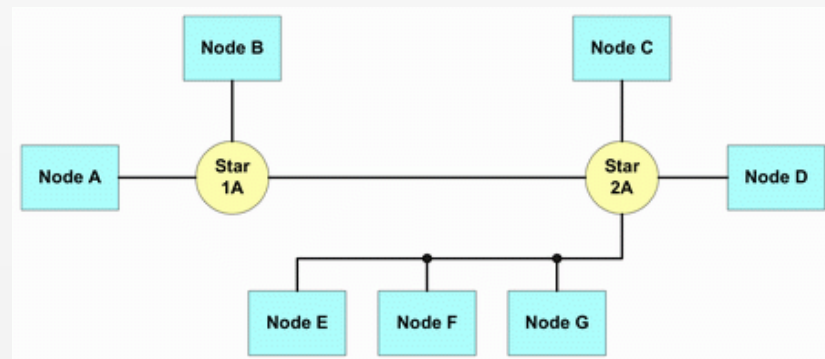
## Pasivní sběrnicová topologie (Passive bus topology)



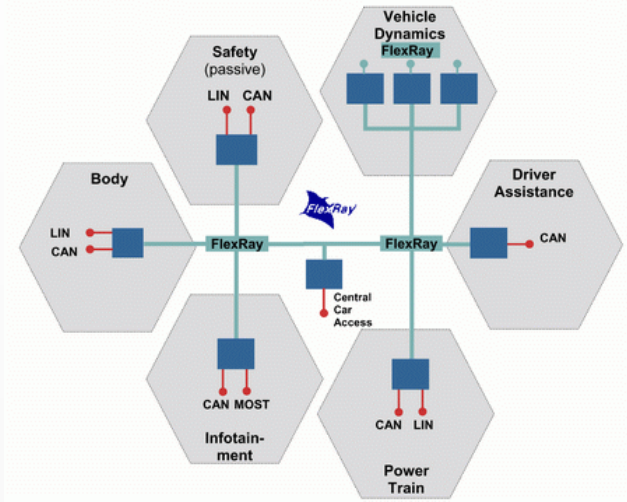
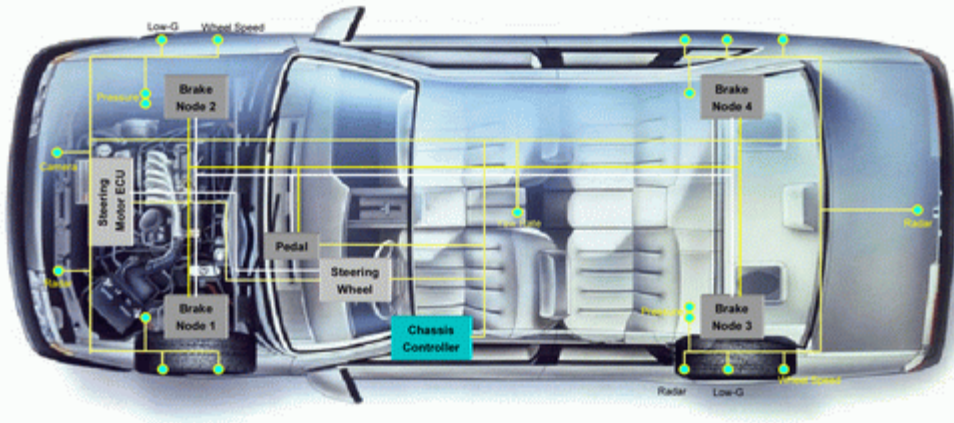
## Aktivní topologie hvězda (Active star topology)



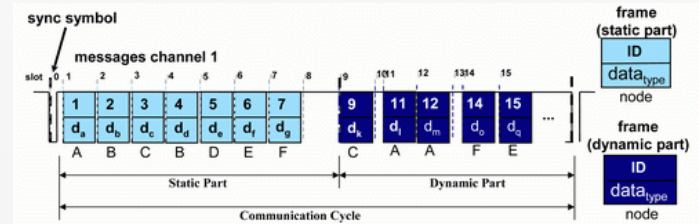
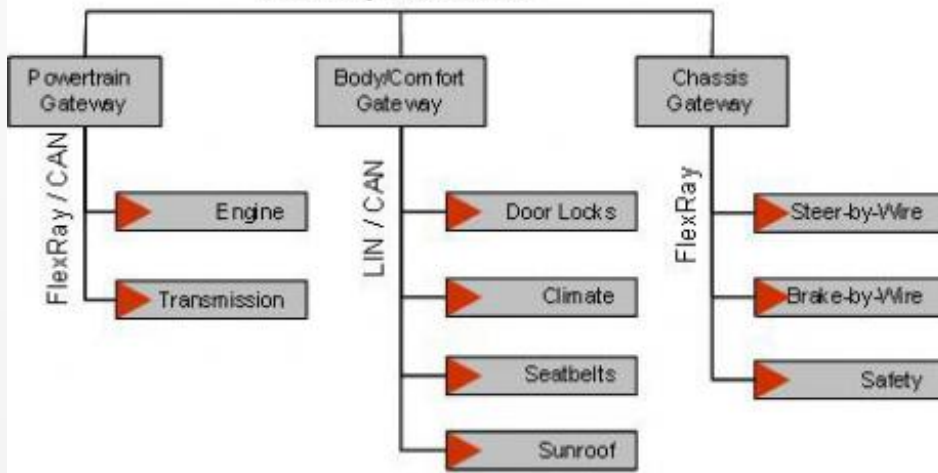
## Hybridní topologie



# FlexRay



FlexRay Backbone



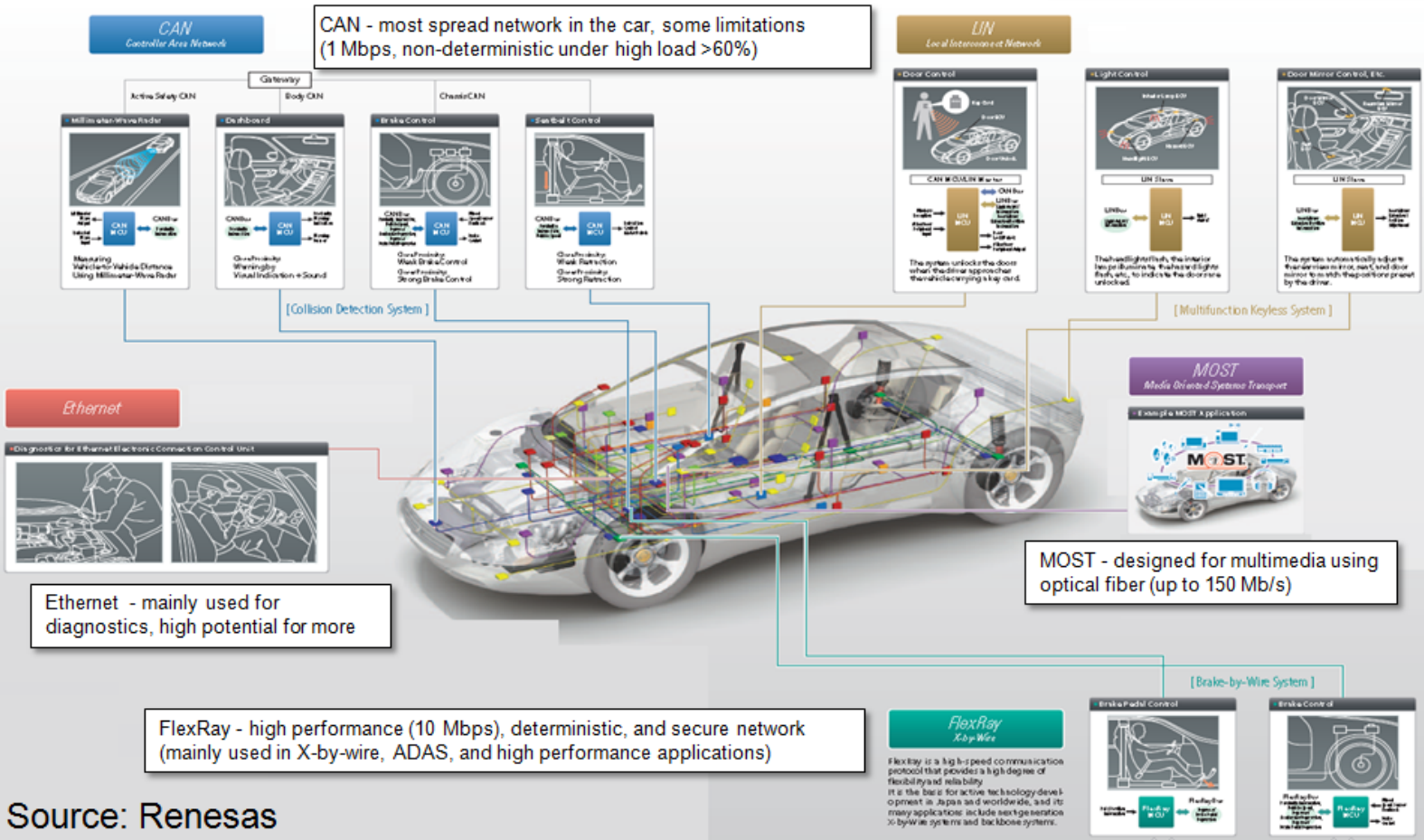
Vojáček: Použití komunikace FlexRay a integrované řadiče Freescale

# Ethernet v automotive

IEEE 100BASE-T1 and 1000BASE-T1



## Intra-Vehicle Networking



Source: Renesas

A. E. Tan: Designing 1000BASE-T1 Into Automotive Architectures  
<https://officialandreas.blogspot.com/2012/07/bringing-100mbps-ethernet-to-future-car.html>

# Sběrnice MODBUS



- Vyvinuta firmou firmou Modicon v roce 1979, nyní průmyslový standard.
- Otevřený protokol pro vzájemnou komunikaci různých zařízení (PLC, dotykové displeje, I/O rozhraní apod),
- Přenos dat po různých sítích a sběrnících (RS-232, RS-485, Ethernet TCP/IP, MODBUS+ atd.).
- Komunikace na principu předávání datových zpráv mezi klientem a serverem resp. masterem a slavem.



<http://www.modbus.org/>

# Sběrnice MODBUS



- Protokol typu žádost / odpověď (request / reply), poskytuje přenos služeb specifikované tzv. kódem funkce (function code).
- Plně otevřená architektura, umožňuje komunikaci po mnoha různých typech architektur sítí.
- MODBUS komunikace implementován v sítích:
  - TCP/IP Ethernet
  - Asynchronní sériový přenos (RS - 232C, RS - 422, RS - 485, vlákno, radiový přenos)
  - MODBUS PLUS vysokorychlostní síť

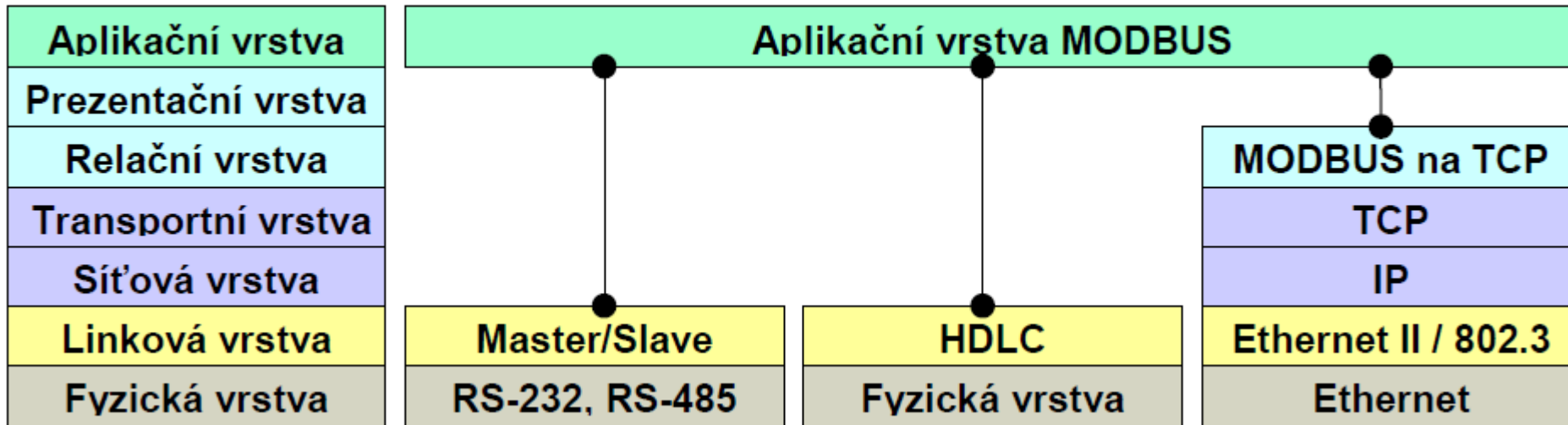
<http://www.modbus.org/>

# Sběrnice MODBUS



- Protokol typu žádost / odpověď (request / reply)

## ISO/OSI model



vlákno, radiový přenos)

- MODBUS PLUS vysokorychlostní síť

<http://www.modbus.org/>

A. Ronešová, Přehled protokolu MODBUS



# GPIB, HP-IB, IEEE 488



## General Purpose Interface Bus, Hewlett Packard Interface Bus

- Cca 1970
- pro výstavbu automatizovaných měřicích pracovišť
- na sběrnici lze připojit paralelně až 15 přístrojů
- umožňuje spolupráci přístrojů s rozdílnou rychlostí
- maximální délka sběrnice 20m
- každé 2m musí být zapojena standardní zátěž
- pracuje v negativní TTL logice
- více jak polovina zařízení na sběrnici musí být zapnuta
- maximální rychlost až  $10^6$  slabik/s (při délce sběrnice 1m)

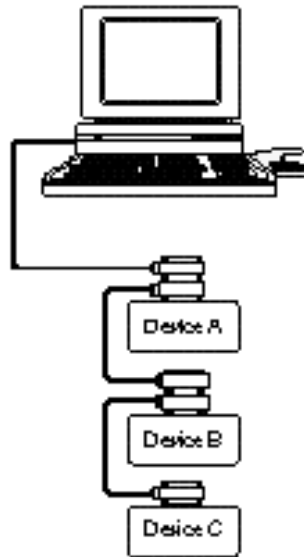
# GPIB, HP-IB, IEEE 488

Obsahuje 3 dílčí sběrnice:

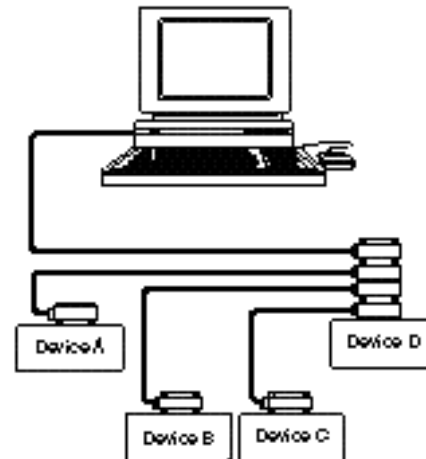
- datová sběrnice (8 vodičů DIO1 až DIO8)
- sběrnice řízení přenosu dat (3 vodiče – DAV, NDAC, NRFD)
- sběrnice ovládání systému (5 vodičů – IFC, ATN, REN, SRQ, EOI)

## Topologie

### lineární



### hvězdicová



# GPIB, HP-IB, IEEE 488

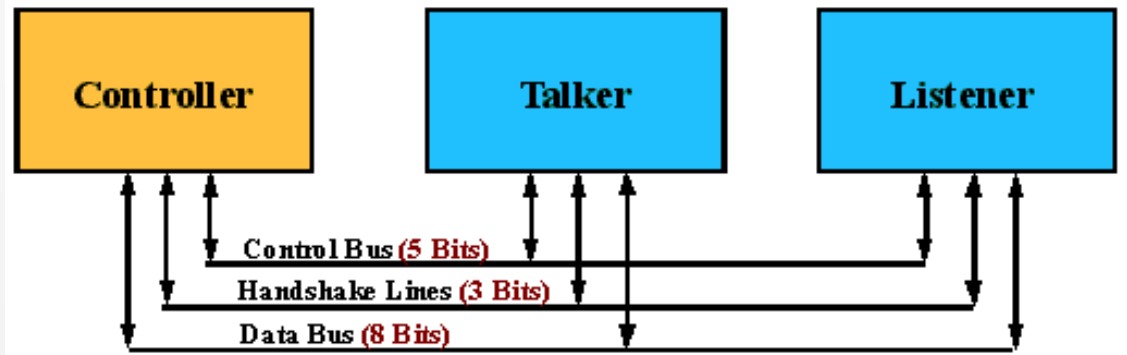
Pro každý přístroj jsou definovány 3 základní funkce:

- *Mluvčí (Talker)* – zařízení schopné vysílat na sběrnici data
- *Posluchač (Listener)* – zařízení schopné přijímat data z busu
- *Řídicí jednotka (Controller)* – řídí komunikaci mezi zařízeními

(každý přístroj může v daném čase vykonávat pouze jednu z těchto funkcí)

**Tři základní konfigurace:**

- *bez řídicí jednotky* (pouze jeden mluvčí a posluchači)
- *s jedinou řídicí jednotkou* (nejčastější)
- *s více řídicími jednotkami* (jedna ŘJ musí být def. jako systémová)



# I<sup>2</sup>C Inter Integrated Circuit)



- Někdy též **TWI** (Two Wire Interface) – cca 1980
- Vyvinuto f. Philips/Signetics pro jednoduché propojování integrovaných obvodů.
- Několik důležitých pojmů:
  - vysílač (TRANSMITTER) - integrovaný obvod, který na sběrnici data vysílá,
  - přijímač (RECEIVER) - integrovaný obvod, který ze sběrnice data přijímá,
  - nadřízený (MASTER) - integrovaný obvod, který vyvolává i ukončuje přenos dat a generuje taktovací signál,
  - podřízený (SLAVE) - integrovaný obvod, jenž je nadřízeným adresován.

# I<sup>2</sup>C

## Inter Integrated Circuit)



- obousměrný přenos
- dva typy zařízení – **master a slave**
- sběrnice používá dvě nesymetrická vedení, a to pro sériová data (SDA) a sériový taktovací signál (SCL)
- IC na sběrnici je dostupný prostřednictvím jediné adresy, která má buď sedmibitový nebo desetibitový formát
- v každém okamžiku existuje na sběrnici jednoznačný vztah mezi obvodem typu MASTER a obvodem typu SLAVE
- protokol umožňuje provoz s více obvody typu MASTER (*multi-master*), detekuje kolizi na sběrnici a rozhoduje o jejím přidělení v případě, že současně vyvolá přenos více takovýchto obvodů (v každém okamžiku jen jediný master)

# I<sup>2</sup>C Inter Integrated Circuit)

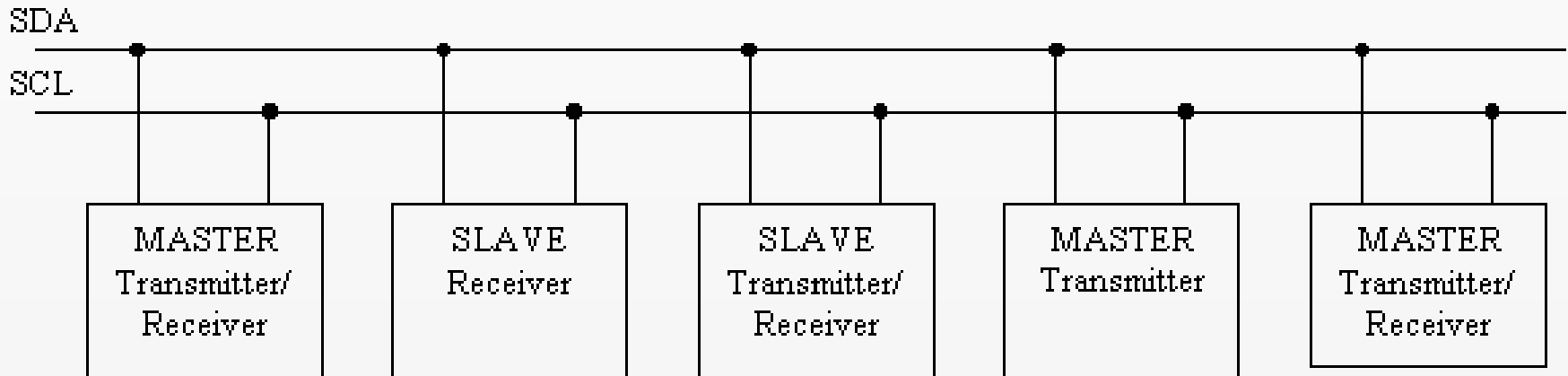


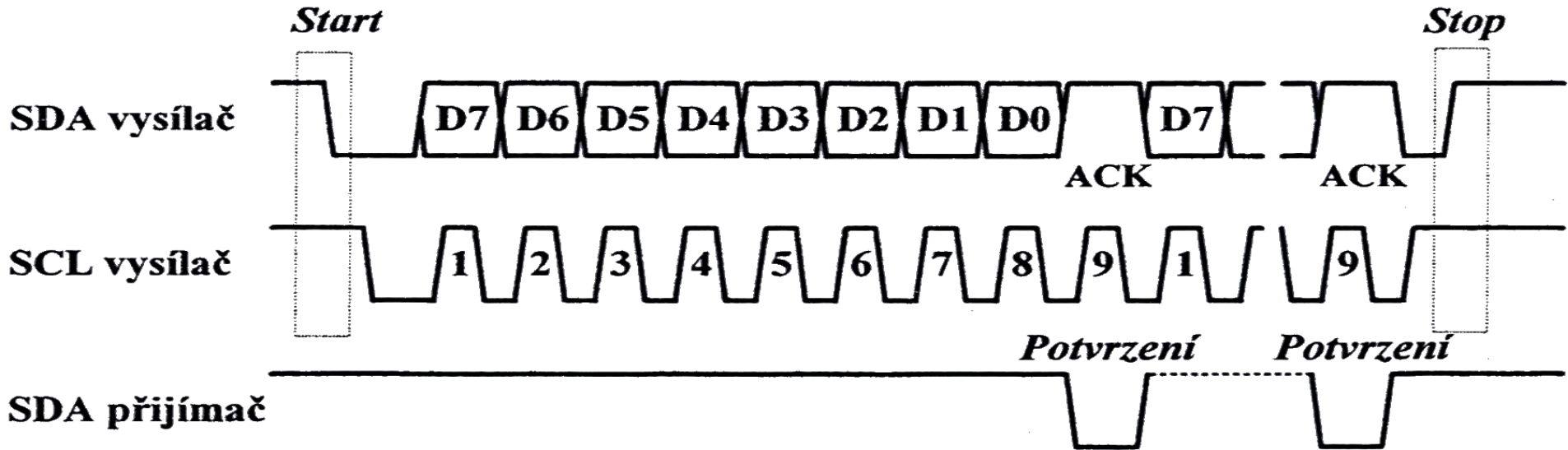
- Sériový přenos je osmibitový, synchronní:
  - Standard mode (100 kbit/s)
  - Fast mode (400 kbit/s)
  - High-speed mode (3,4 Mbit/s)
- maximální počet zařízení limitováno celkovou kapacitou sběrnice (nesmí překročit 400 pF)
- V klidovém stavu je na sběrnici napětí +5V (pull-up). Komunikace se zahájí start podmínkou kdy se signál SCL ponechá na napětí +5V a provede se stažení signálu SDA k nule, nakonec se stáhne k nule i signál SCL.
- Komunikace se ukončí nastavení signálu SDA k +5V při Nastaveném signálu SCL

# I<sup>2</sup>C



- dva obousměrné vodiče: SDA (Serial Data Line)  
SCL (Serial Clock Line)
- na sběrnici jsou budiče o otevřeném kolektorem





Přenos dat se stavem Start a Stop

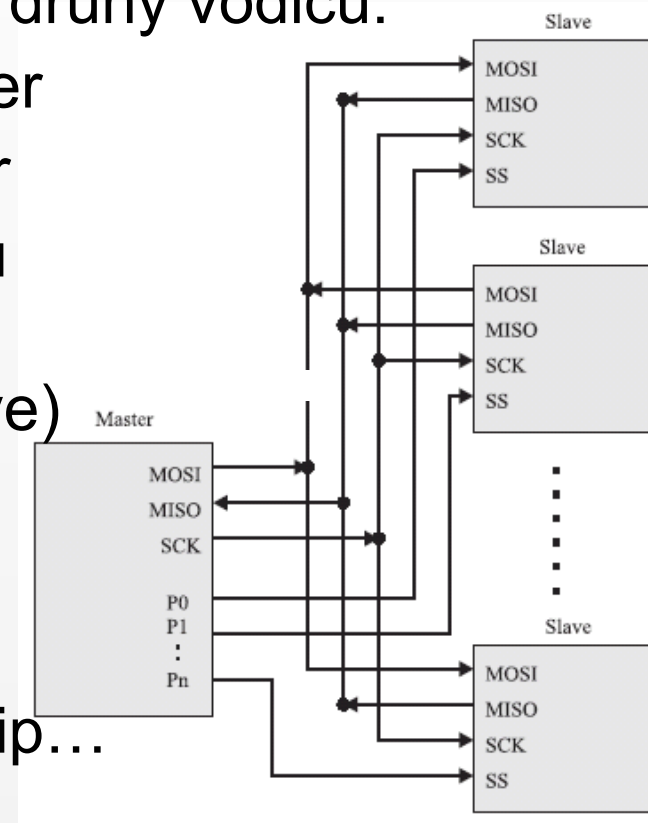




# SPI

## Serial Peripheral Interface

- Autorem fa. Motorola (dnes Freescale), cca 1980
- dva typy zařízení – **master** a **slave**
- synchronní sériové rozhraní se čtyřmi druhy vodičů:
  - datový výstup MOSI zařízení master
  - datový vstup MISO zařízení master
  - výstup hod. signálu SCK z masteru
  - výběrový vodič SS (Slave Select) (z master do každého zařízení slave)
- u variant High-speed SPI (HSSPI) je SCK až 20 MHz
- Podpora Atmel, Analog Dev., Microchip...

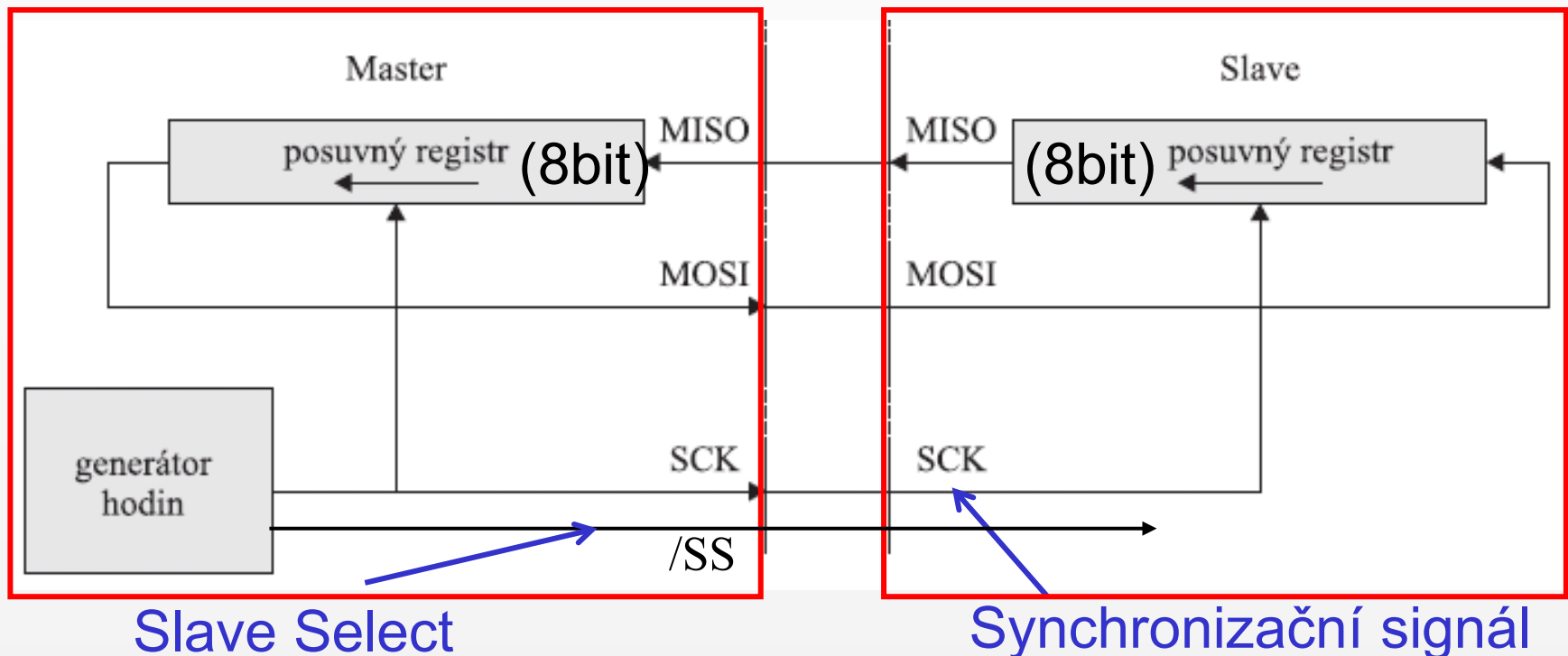


# SPI



Komunikace na sběrnici mezi zařízeními Master a Slave:

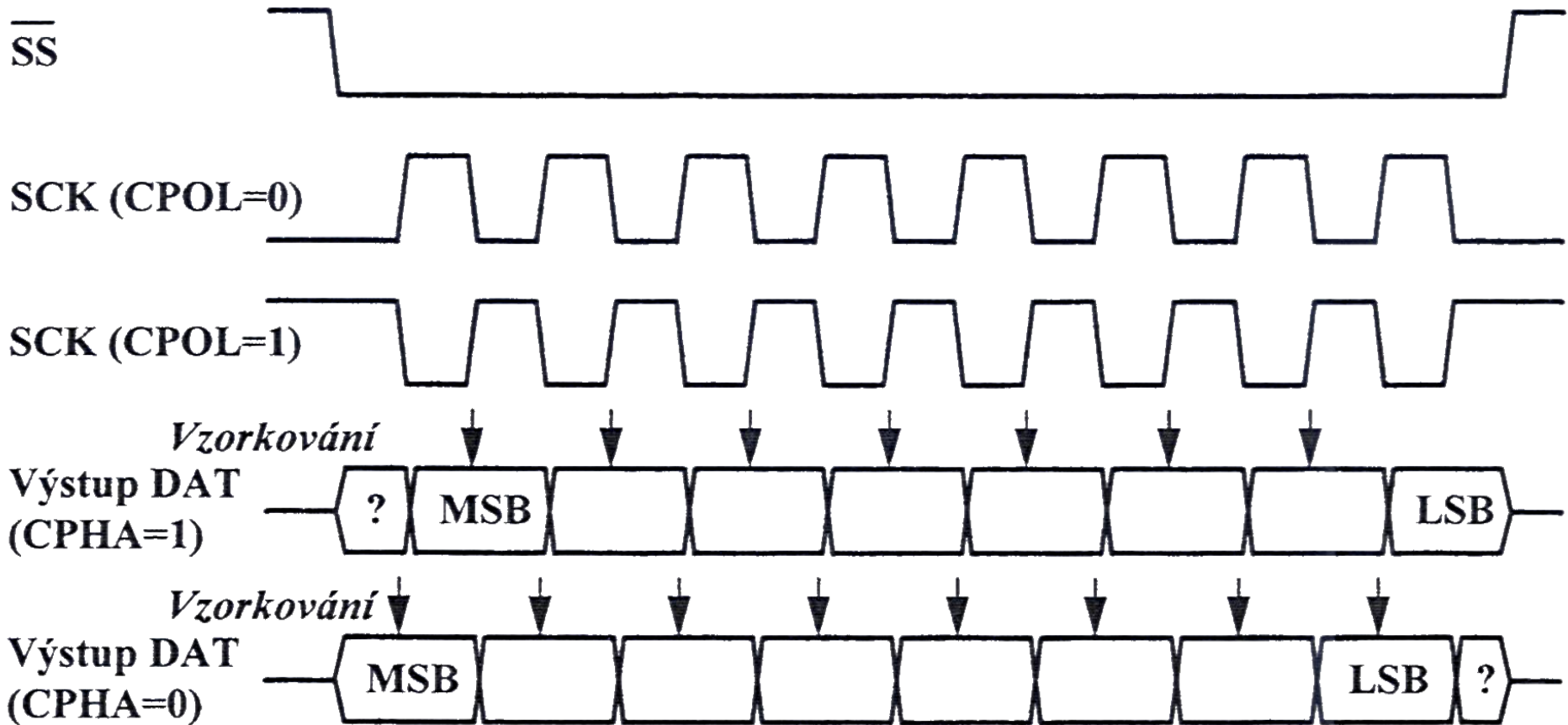
- obě zařízení obsahují posuvný registr
- master generuje hodinový signál SCK



# SPI



## Časování přenosu byte po sběrnici SPI



# UART

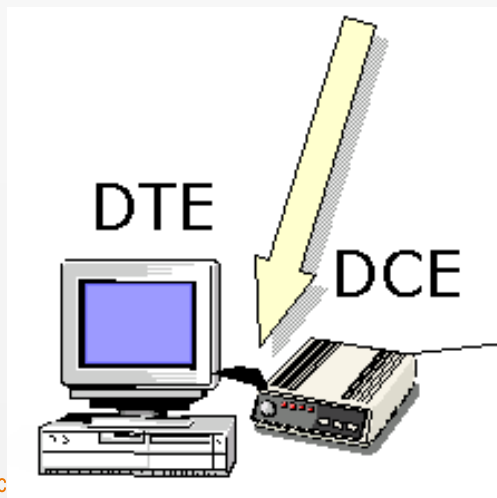


- UART (Universal asynchronous receiver-transmitter), ev USART (Universal Synchronous / Asynchronous Receiver and Transmitter)
- není sběrnice
  - Často se používá jako rozhraní mezi kontrolérem a obvodem, který zajišťuje připojení na konkrétní průmyslovou směrnicí (CAN, RS485, ...)
- Pod pojem UART spadá řada podrobnějších standardů, například RS-232 nebo RS-485.
- RS232 – není sběrnice - pouze dvoubodové rozhraní
- Způsob kódování 0 a 1 (dvě základní strategie)
  - 1) jeden signálový vodič proti zemi (UART: "0" = 0V, "1"=5V0)
  - 2) dva signálové vodiče (DP, DM) proti sobě (USB: "0"=DP>DM, "1"=DM>DP) .... pár
    - DP data plus, DM data minus

# RS-232



- cca 1969
- sériová komunikace arytickým přenosem
- úrovně datových signálů v negativní logice
- předpokládá dva typy zařízení:
  - DTE (Data Terminal Equipment) – koncové zařízení (např. počítač)
  - DCE (Data Circuit Terminating Equipment) – zařízení ukončující okruh (např. modem)



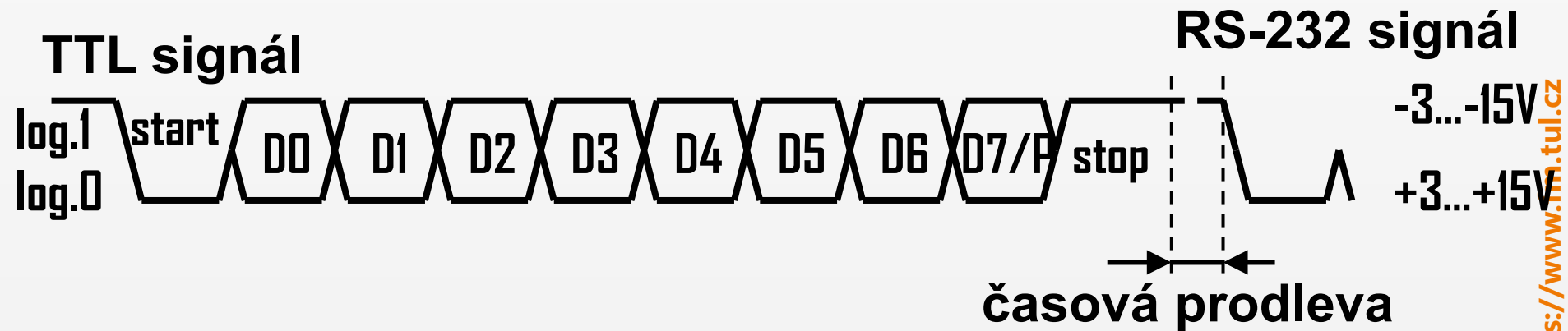
Datové signály		
Úroveň	Vysílač	Přijímač
Log. L	+5 V to +15 V	+3 V to +25 V
Log. H	-5 V to -15 V	-3 V to -25 V
Nedefinovaný	-3 V to +3 V	

Řídící signály		
Signál	Driver	Terminátor
"Off"	-5 V to -15 V	-3 V to -25 V
"On"	5 V to 15 V	3 V to 25 V

# RS-232



- maximální rychlosti do 19200 bit/s (115,2 kbit/s)  
– pro PC, dáno použitým krystalem!
- maximální délka sběrnice normována na 15m  
nebo kapacitu 2,5nF (možno dosáhnout až  
50m)
- přenos po rámcích (start bit, 5-8 datových bitů,  
paritní bit, 1-2 stop bity)

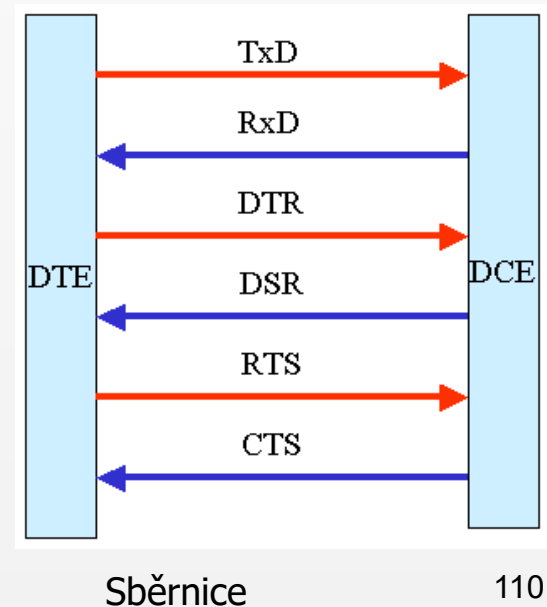


# RS-232



## Významné signály rozhraní:

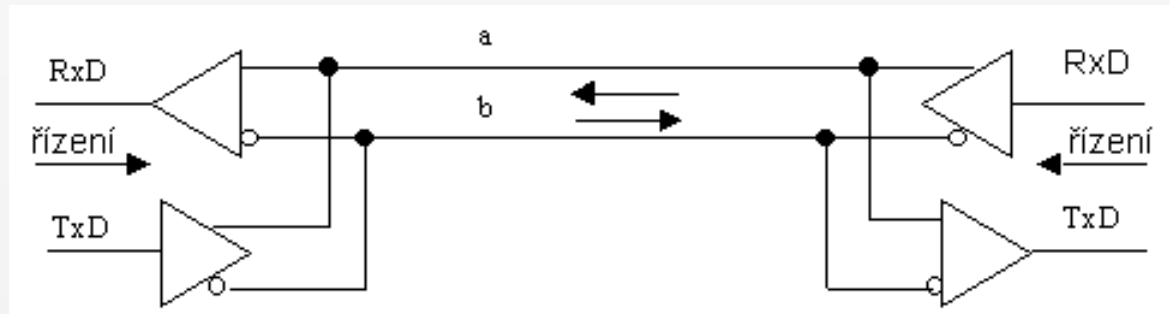
- RxD (Read Data) – vstupní data
- TxD (Transmit Data) – výstupní data
- DTR (Data Terminal Ready) – počítač je připraven
- DSR (Data Set Ready) – modem je připraven
- RTS (Request To Send) – žádost o možnost vyslat data
- CTS (Clear To Send) – povolení možnosti vyslat data



# RS-485



- cca 1983
- jeden pár vodičů pro oba směry toku dat
- Dva vodiče „a“ a „b“ a vyhodnocuje se napěťový rozdíl menší napěťové úrovně ( $\pm 2V$ )
- používá se galvanické oddělení
- délka sběrnice až 1600 m (pro vodiče s kapacitou do 65pF/m)
- sběrnici je možné větvit (max. 16 zařízení, u přijímačů s malou kapacitou až 128 zařízení)

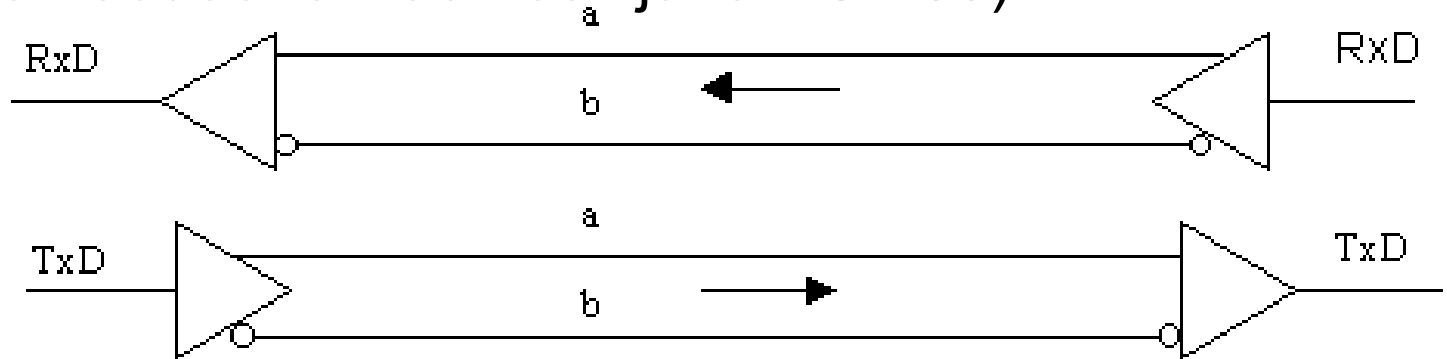




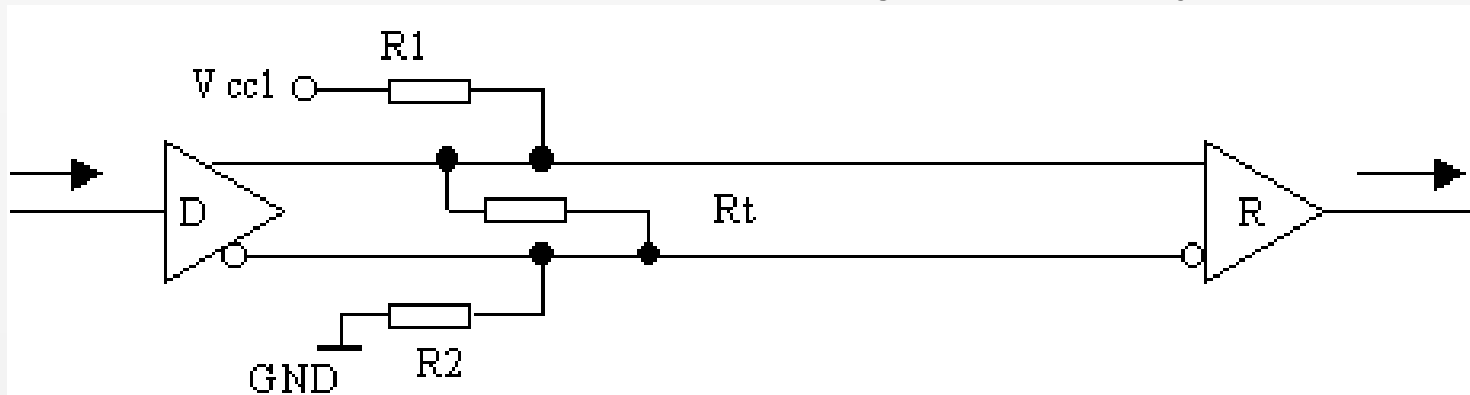
# RS-422



cca 1994,  
používá dva páry vodičů, každý pro jeden směr  
(jinak obdobné vlastnosti jako RS-485)



vhodně impedančně přizpůsobit a zajistit klidový stav sběrnice



# Sběrnice 1-Wire™



- cca 1990
- Podobné I2C, méně dat, menší vzdálenosti
- Připojení několika zařízení k řídicí jednotce pomocí dvou vodičů.
- Použito také u technologie iButton (elektronické zabezpečovací systémy, docházkové systémy).
- Jeden řídicí obvod (master) a jeden či více ovládaných zařízení (slave).

# Sběrnice 1-Wire™



- Všechny obvody zapojeny
  - na společnou zem,
  - na společný datový vodič (pull-up přes odpor cca 5k na napájení)
- Komunikace po bajtech, jako první bit 0 (LSB) a bit 7 (MSB) jako poslední.

# Sběrnice 1-Wire™



- Komunikace:
  - zahajuje master reset pulsem, tj. uzemnění datového vodiče do log. 0 minimálně na 480  $\mu$ s.
  - pak sběrnici uvolní (pull-up na 1) a naslouchá.
  - Pokud je na sběrnici připojené nějaké 1-Wire zařízení, tak tuto vzestupnou hranu zaregistrovalo a po prodlevě (15 - 60  $\mu$ s) stáhne sběrnici na 60 - 240  $\mu$ s k log. 0.

# Sběrnice 1-Wire™



- Komunikace:
  - Pokud se zařízení správně ohlásí, může master začít vysílat a přijímat data.
  - Data vysílána v tzv. "time slotech", o délce 60 až 120  $\mu\text{s}$ , během jednoho slotu je vyslán nebo přijat jeden bit informace.
  - Mezi jednotlivými sloty musí být minimálně 1  $\mu\text{s}$  mezera, kdy je sběrnice v klidu.

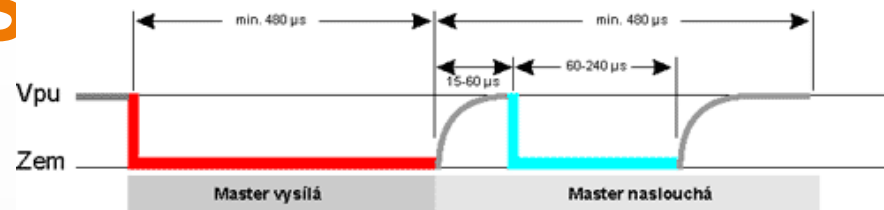
# Sběrnice 1-Wire™



- Existují 4 druhy slotů:
  - Zápis 1, Zápis 0, (data z master do zařízení)
    - Zápis 1: master stáhne sběrnici k nule minimálně na 1  $\mu\text{s}$  a nejpozději do 15  $\mu\text{s}$  od začátku ji opět uvolní a ponechá uvolněnou. Zdvihací odpor ji tedy vytáhne k log. 1.
    - Zápis 0: Master stáhne sběrnici k 0 a ponechá ji tak po celý slot, tedy min. 60  $\mu\text{s}$ . Zařízení vzorkuje stav na datovém vodiči zhruba 30  $\mu\text{s}$  po začátku timeslotu.
  - Čtení 1 a Čtení 0.

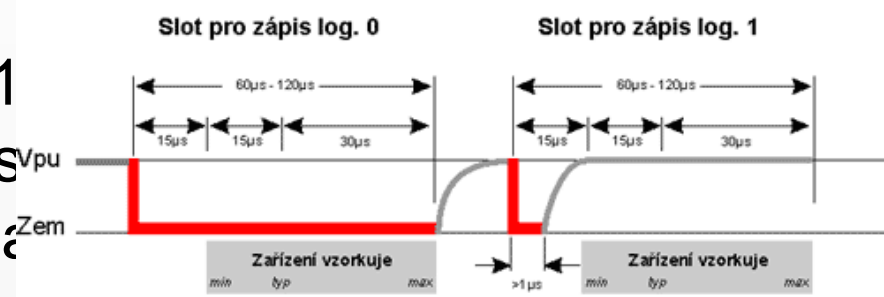
S

### 1-Wire™ Reset

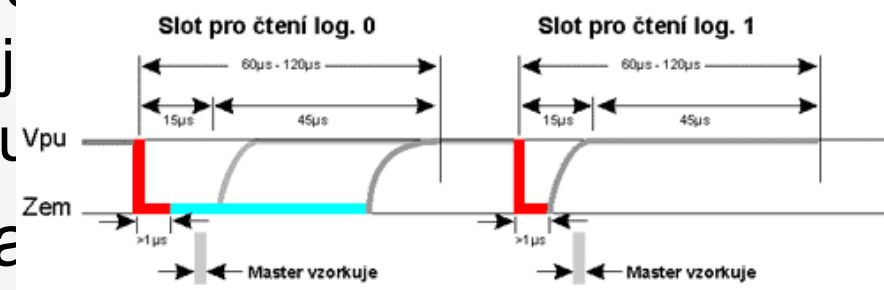


- Existují 4
  - Zápis 1,
    - Zápis 1 na 1 μs uvolní čtení tedy vy
    - Zápis 0 tak po vzorkuj začátku
  - Čtení 1 a

### 1-Wire™ Vysílání dat



### 1-Wire™ Příjem dat



**Legenda**

- Master stahuje napětí k nule
- Zařízení stahuje napětí k nule
- Odpor zdvihá napětí k Vpu

zařízení)  
 minimálně  
 tku ji opět  
 odpor ji  
 ponechá ji  
 ení  
 a 30 μs po

# Sběrnice 1-Wire™



## Více zařízení na jedné sběrnici

- 1-Wire™ zařízení (iButton, teploměry, převodníky apod.), má v sobě paměť ROM s 64bitovým unikátním číslem
  - Typ zařízení (spodních 8 bitů, kódy jsou uvedeny v Application Note 155),
  - sériové číslo (48 bitů)
  - CRC kódu (nejvyšších 8 bitů).
- Po RESET pulsu je třeba vyslat příkaz **Match ROM**, pak 64bitový kód zařízení, se kterým se má pracovat, a teprve poté se posílá příkaz.

<https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/155>



# Sběrnice 1-Wire™



<https://www.maximintegrated.com/en/products/digital/one-wire.html>

<https://www.maximintegrated.com/en/products/digital/ibutton.html>



<https://youtu.be/cFdV0YIhMrE>  
<https://youtu.be/sv7FuUpy6Wo>

<https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/155>

# Děkuji za pozornost...

Zdeněk Plíva  
[zdenek.pliva@tul.cz](mailto:zdenek.pliva@tul.cz)  
Tel.: 3536