

# Sběrnice mikropočítačových systémů

Pavel Píša

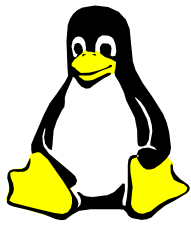
<http://cmp.felk.cvut.cz/~pisa>

X35POS 2010

<http://dce.felk.cvut.cz/pos>

Využité podklady:

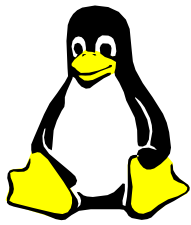
Počítače pro řízení - J. Bayer, P. Píša, Z. Šebek



# Dělení sběrníc a komunikací



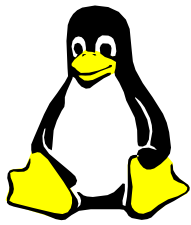
- podle způsobu přenosu dat
  - sériové/paralelní/kombinované
  - asynchronní/synchronní
- podle druhu média
  - drátové (wired)/bezdrátové(wireless)/optické
- podle typického použití
  - na čipu, v FPGA, mezi čipy, mezi deskami, pro připojení periférií, pro propojení počítačů (sítě)
- podle rychlosti přenosu a dosahu
- podle topologie
  - point to point, hvězda, kruh, společné médium



# Dělení sběrnic - pokračování



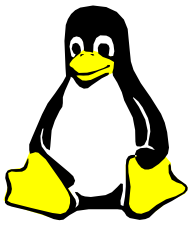
- podle přístupového protokolu
  - s jedním nadřazeným uzlem (single master)
    - mnoho lokálních paralelních sběrnic, USB, SPI, IEEE1284
    - sběrnice s možností alespoň nějakých na CPU či masteru nezávislých přenosů (DMA) - ISA
  - s více uzly schopnými iniciovat přenos
    - token passing - Profibus (RS-485)
    - arbitrace - centralizovaná - PCI, decentralizovaná - GPIB, I2C, CAN, ETHERNET (i když ten přechází na point to point při použití prepínačů)



# Základní datové sběrnice PC



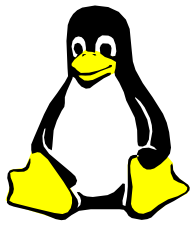
Sběrnice	Šířka [bitů]	Frekvence [MHz]	Kapacita [MBytes/sec]
8-bit ISA	8	8.3	7.9
16-bit ISA	16	8.3	15.9
EISA	32	8.3	31.8
VLB	32	33	127.2
PCI	32	33	127.2
64-bit PCI 2.1	64	66	508.6
AGP	32	66	254.3
AGP (x2 mode)	32	66x2	508.6
AGP (x4 mode)	32	66x4	1,017.3
PCI Express 1x	duplex (1+1)	2500	200
PCI Express 16x	16x duplex	2500	3,200



# ISA, EISA



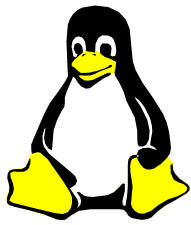
- IBM PC okolo roku 1980
  - ISA - Industry Standard Architecture
- původně 8-bit, rozšířena na 16-bit (1984)
- proprietární, ale výrobcům periferií bylo dovoleno ji používat
- Intel a Microsoft přidali ISA PnP (1993)
-



# VME - základní údaje



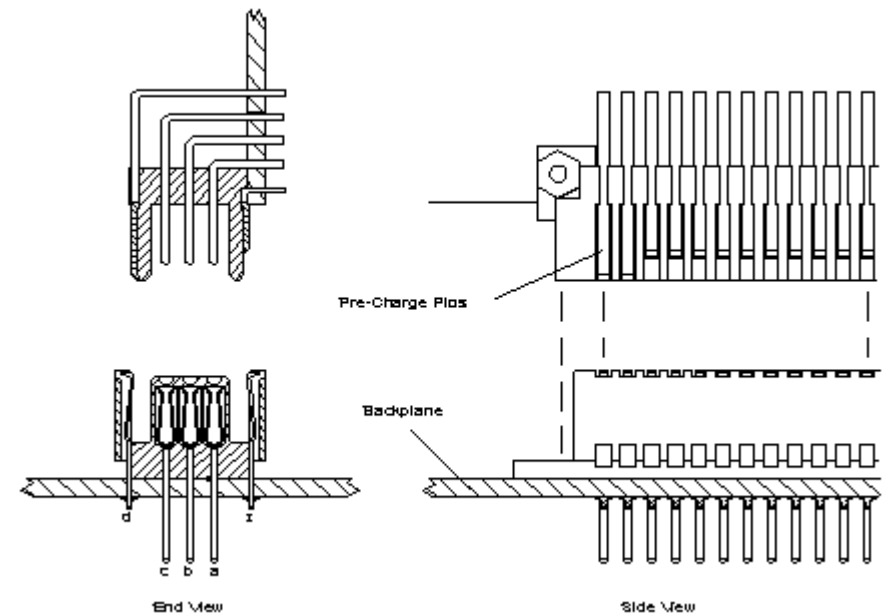
- konektor **DIN-41612** (precizní, **96** pinů ve třech řadách -  $1...32 \times [A,B,C]$  )
- formáty
  - 3U 100×160 mm (P1 - **nemultiplexovaná** 8 nebo 16 bit data a 16 nebo 24 bit adresa)
  - 6U 233×160 mm (P1 a P2 - P2 řada B zajistí plných 32 bitů, řady A a C pro aplikaci)
- blokové přenosy do délky 256 bytů
  - to umožňuje mutiplexovanou VME64
- Používá se s procesory Alpha, MIPS, i960, různými DSP, PowerPC a procesory Intel 80x86

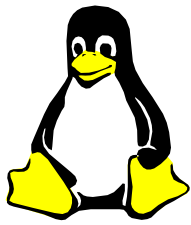


# VME64x



- 160 pinové pětiřadé konektory
- adresování umístěním karty
- přidán rozvod **3,3 V** napájení
- piny přidány do **postranních** styčných ploch
- zachována mechanická i elektrická **kompatibilita** s původním standardem



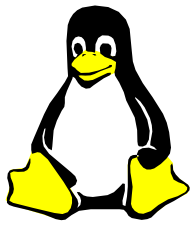


# VME - parametry



Položka	Specifikace	Poznámky
Architektura	Master/slave	
Mechanismus přenosu	Asynchronní nemultiplexovaný dále multiplexovaný pro VME64	Bez centrálního synchronizačního hodinového signálu
Rozsah adresace	16, 24, 32 dále 40 nebo 64-bit pro VME64	Šířka je volena automaticky
Šířka datové sběrnice	8, 16, 24, 32 dále 64-bit pro VME64	Šířka je volena automaticky
Nezarovnané přenosy	Ano	Kompatibilní s většinou procesorů
Detekce chyby	Ano	Využívá signál BERR.
Zabezpečení paritou	Ne	To se nevztahuje na vnitřní uspořádání karet

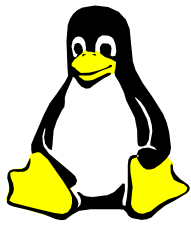




# VME - parametry



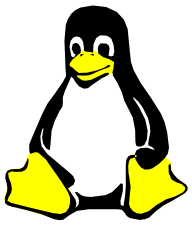
Položka	Specifikace	Poznámky
Přenosová rychlost	0 - 40 MB/s VME 0 - 80 MB/s VME64 0 - 160 MB/s VME64x 320 - 500+ MB/s VME320	Pro cyklus BLT Pro cyklus MBLT Pro cyklus 2eVME
Přerušení	7 úrovní	Vektor 8, 16, 32 bit
Počet masterů	1 - 21 procesorů	Automatická arbitrace
Adresování umístěním	Ano	Pouze VME64x
Výměna za běhu	Ano	
Řídicí a stav. reg (P&P)	Ano	Pouze VME64 a VME64x
Mechanický standard	3U jeden × Eurocard 6U dvojnás. Eurocard 9U (volitelný)	160 × 100 mm Eurocard 160 × 233 mm Eurocard 367 × 400 mm Eurocard
Aplikační a uživ. v/v	Ano	Na panelu a přes P2/J2
Maximální počet karet	21	21 × 0,8 palce = 19 rack



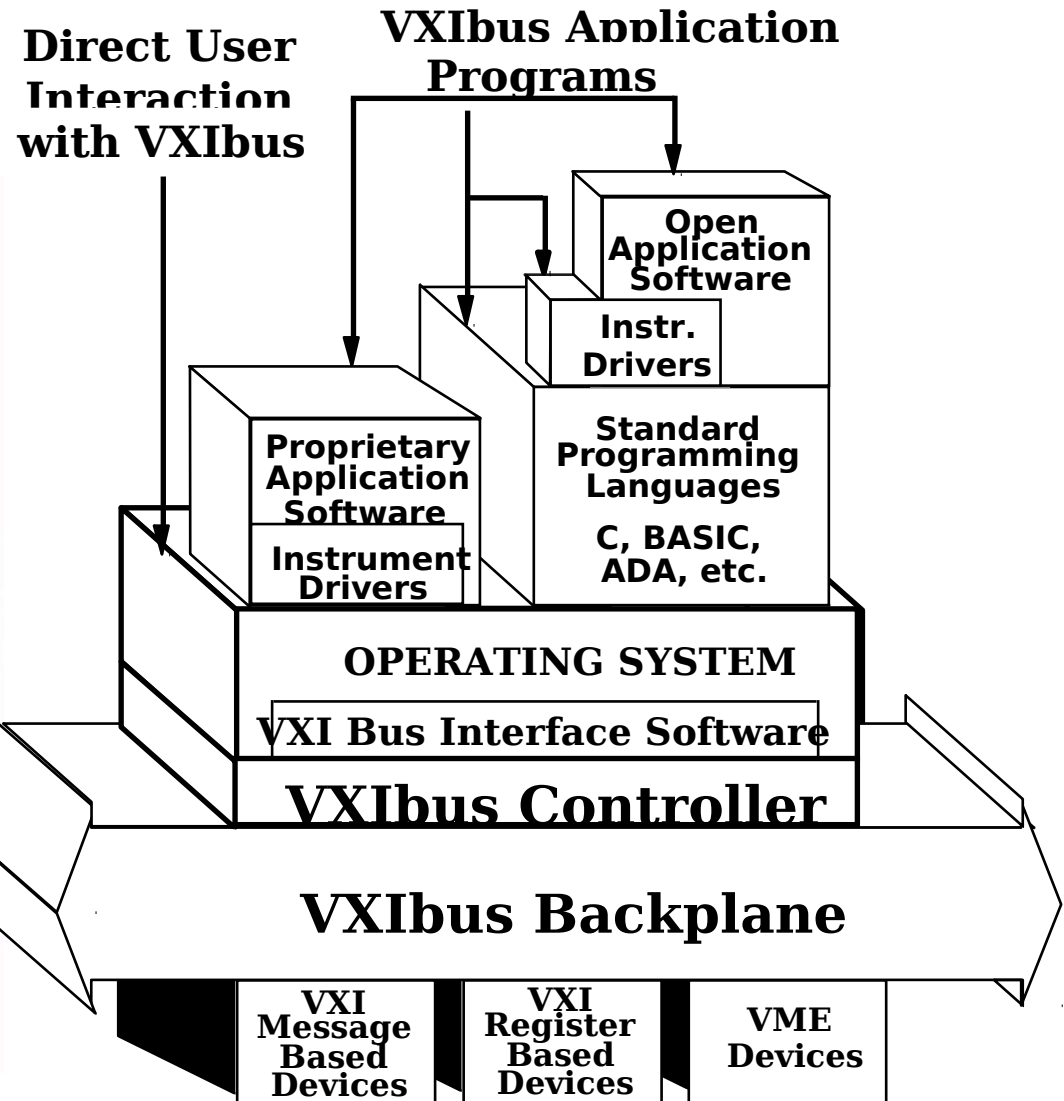
# VXI - VMEbus eXtensions for Instrumentation

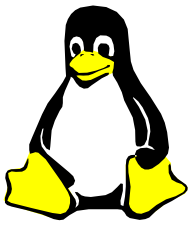


- definuje další signály na P2 pro měřící přístroje
- TTL a ECL triggery
- lokální sběrnice
- analogové sběrnice
- další napájecí napětí ( $\pm 24$  V, -2 a -5,2 V)
- automatická identifikaci a konfiguraci zasunutých modulů



# VXI - vrstvy





# VME / VXI - použití



- Průmyslové řízení

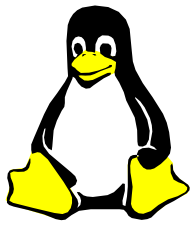
- automatizace výroby, robotika, tryskové tkalcovské stavy, skládání a lakování automobilových karoserií, řízení obráběcích center, ocelářství a mnoho dalších

- vojenské využití

- polní logistické a řídicí systémy, řízení pozemních a létajících radarových systémů, řízení palby, komunikace, přístrojové a řídicí vybavení letadel a další

- Letectví:

- palubní přístroje a vybavení, elektronické propojení kokpitu s ovládanými prvky (fly-by-wire), letové video servery, řízení experimentů na vesmírných lodích, řízení startu a letu a mnoho dalších. Například v roce 1998 projekt Mars Pathfinder využíval řídicí systém postavený na sběrnici VME pro řízení lodě a dalších operací na planetě Mars



# VME / VXI - použití



- Doprava

- zabezpečení tratě, řízení vlakových souprav

- Telekomunikace

- inteligentní digitální ústředny, základové stanice mobilních telefonů, řízení přenosu na a z satelitů. Možnost výměny zásuvných karet za chodu systému byla vyvíjena právě na popud tohoto odvětví

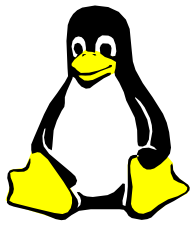
- Simulátory

- letecké simulátory, simulátory zemětřesení, únavové zkoušky materiálů a konstrukcí a různé vojenské simulační systémy

- Medicína

- sonografické systémy, provádění a vyhodnocení CT a magnetické rezonance

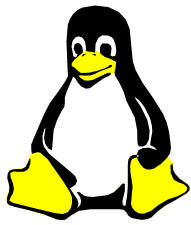
- Jaderný výzkum - urychlovače a detektory částic



# PCI - Peripheral Component Interconnect



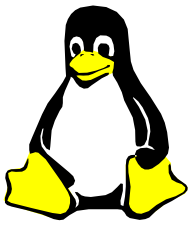
- PCI 1.0 - Intel (1992),  
PCI 2.0 (1993), PCI 2.1 (1995)
- původně 32-bit sběrnice, rozšíření na 64-bit
- multiplexovaná adresa a data na pinech AD0 až AD31
- při 64 bit adresaci možné dva cykly adresy na 32-bit verzi, jeden na 64 bit verzi
- v současné době nejrozšířenější sběrnice od PC přes pracovní stanice, servery a i průmyslové aplikace



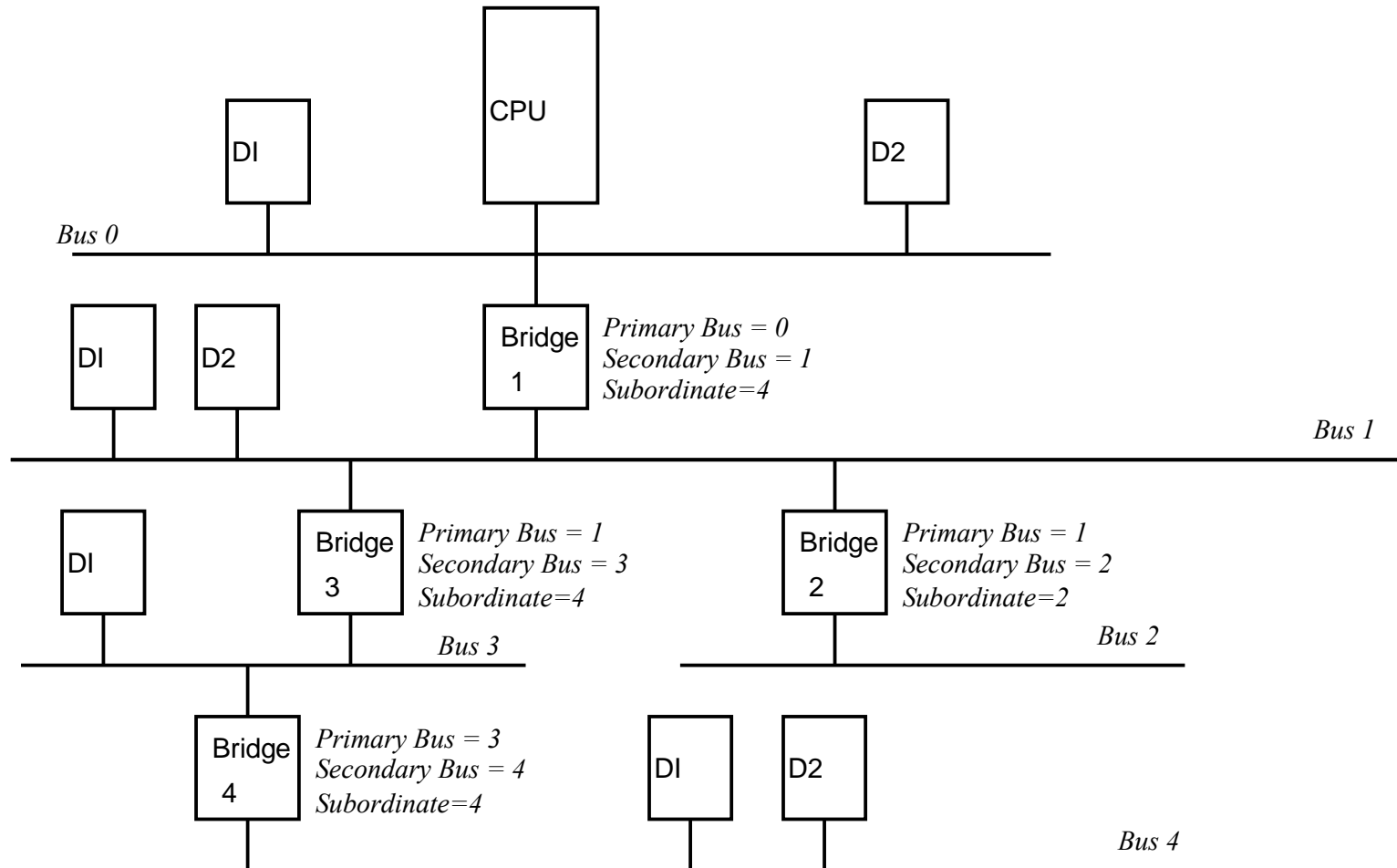
# PCI - frekvence a přenosová kapacita



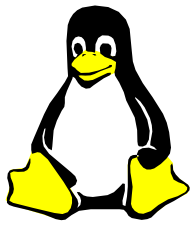
PCI Bus Bandwidth [bits]	Bus Clock Frequency [MHz]	Bandwidth [MB/s]	Market
32	33	132	Desktop/Mobile
32	66	264	Server
64	33	264	Server
64	66	512	Server



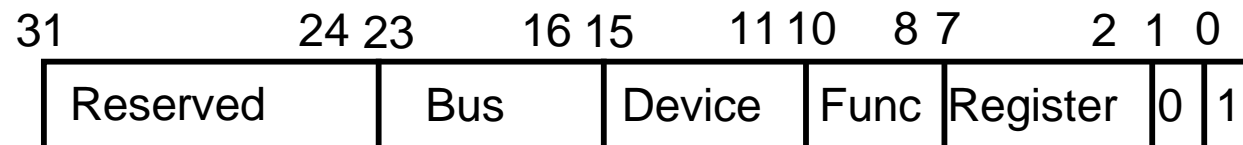
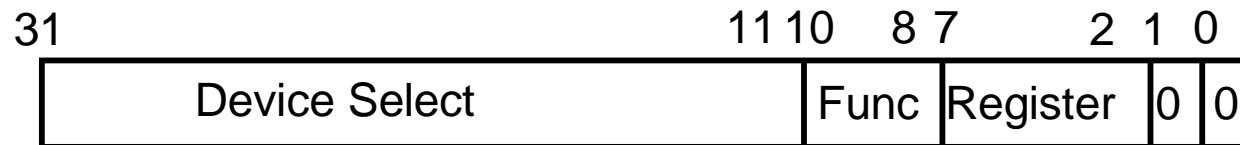
# PCI - topologie

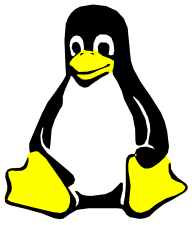




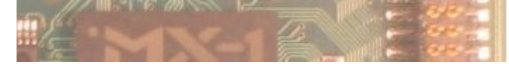
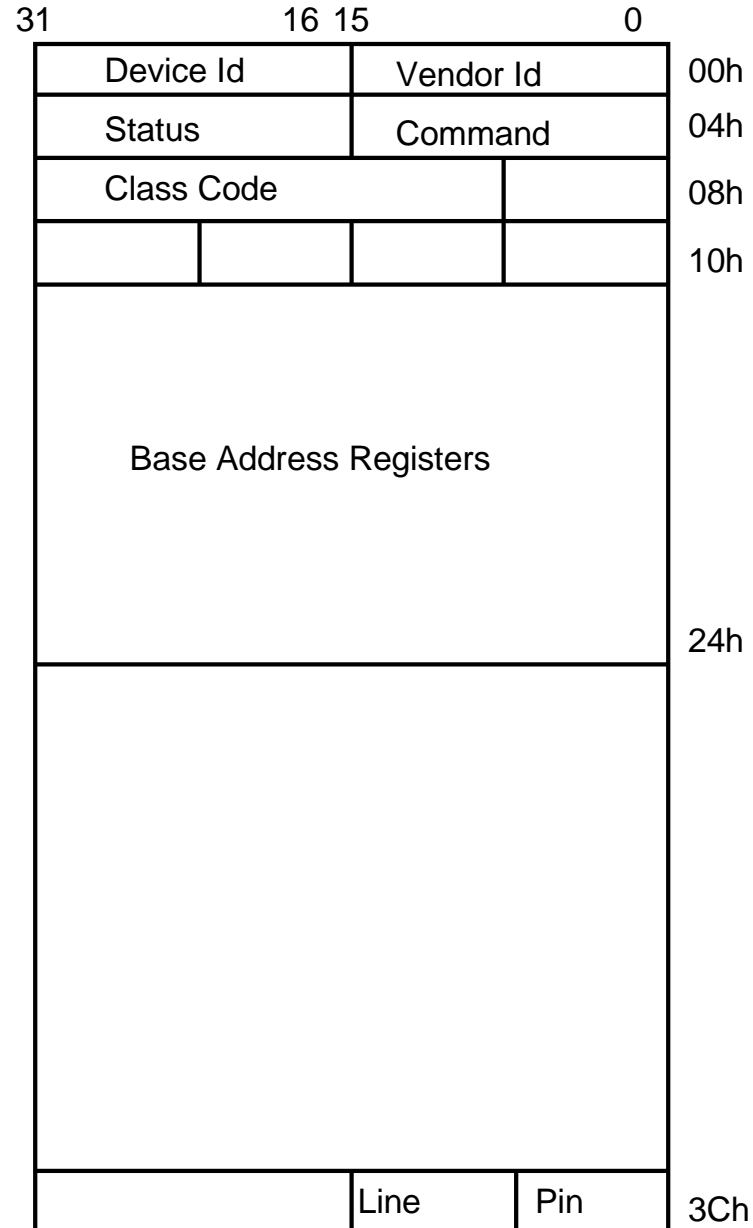


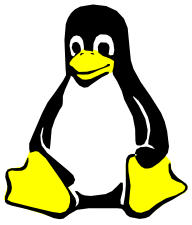
# PCI - řídicí paměťový prostor





# PCI - hlavička zařízení

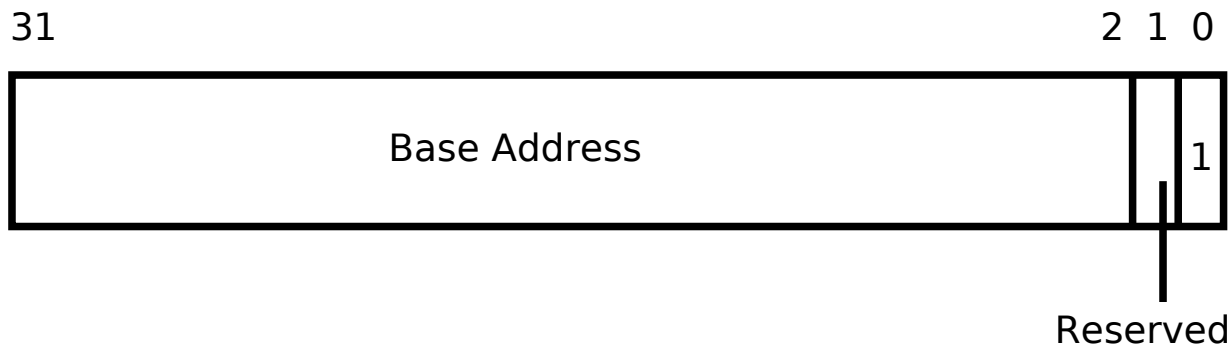




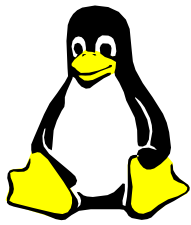
# PCI - bázové registry



**Base Address for PCI Memory Space**



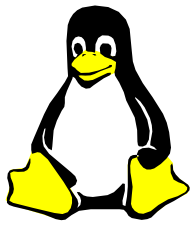
**Base Address for PCI I/O Space**



# PCI - Peripheral Component Interconnect



- PCI - původní specifikace 33 MHz
- PCI-X - 64 bitů @ 133MHz
- cPCI, Compact PCI - karty o VME rozměrech, 3U/6U, 2mm connectory
- PC104-Plus - PCI přidaná k PC104
- PISA - PCI přidaná s PCAT k ISA AT formátu
- P2CI - PCI na VME64 P2 konektoru
- PMC - PCI na Mezzanine Card, 'PMC'
- PXI - cPCI for měřicí přístroje (jak VXI)
- Card Bus - 32 bit PCI na PC Card (PCMCIA)

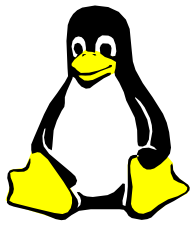


# PCI - signály



Pin #	Name	PCI Pin Description	Pin #	Name	PCI Pin Description
A1	TRST	Test Logic Reset	B1	-12V	-12 VDC
A2	+12V	+12 VDC	B2	TCK	Test Clock
A3	TMS	Test Mode Select	B3	GND	Ground
A4	TDI	Test Data Input	B4	TDO	Test Data Output
A5	+5V	+5 VDC	B5	+5V	+5 VDC
A6	INTA	Interrupt A	B6	+5V	+5 VDC
A7	INTC	Interrupt C	B7	INTB	Interrupt B
A8	+5V	+5 VDC	B8	INID	Interrupt D
A9	-----	Reserved	B9	PRSNT1	Present
A10	+5V	Power (+5 V or +3.3 V)	B10	-----	Reserved
A11	-----	Reserved	B11	PRSNT2	Present
A12	GND03	Ground or Keyway for	B12	GND	Ground or Keyway for
A13	GND05	3.3/Universal PWB	B13	GND	3.3/Universal PWB
A14	3.3Vaux	-----	B14	RES	Reserved
A15	RESET	Reset	B15	GND	Ground
A16	+5V	Power (+5 V or +3.3 V)	B16	CLK	Clock
A17	GNT	Grant PCI use	B17	GND	Ground
A18	GND08	Ground	B18	REQ	Request
A19	PME#	Power Management Event	B19	+5V	Power (+5 V or +3.3 V)
A20	AD30	Address/Data 30	B20	AD31	Address/Data 31
A21	+3.3V01	+3.3 VDC	B21	AD29	Address/Data 29
A22	AD28	Address/Data 28	B22	GND	Ground
A23	AD26	Address/Data 26	B23	AD27	Address/Data 27
A24	GND10	Ground	B24	AD25	Address/Data 25
A25	AD24	Address/Data 24	B25	+3.3V	+3.3VDC
A26	IDSEL	Initialization Device Select	B26	C/BE3	Command, Byte Enable 3
A27	+3.3V03	+3.3 VDC	B27	AD23	Address/Data 23
A28	AD22	Address/Data 22	B28	GND	Ground
A29	AD20	Address/Data 20	B29	AD21	Address/Data 21
A30	GND12	Ground	B30	AD19	Address/Data 19
A31	AD18	Address/Data 18	B31	+3.3V	+3.3 VDC

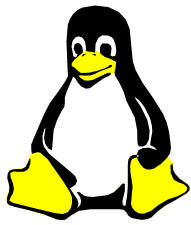
Pin #	Name	PCI Pin Description	Pin #	Name	PCI Pin Description
A32	AD16	Address/Data 16	B32	AD17	Address/Data 17
A33	+3.3V05	+3.3 VDC	B33	C/BE2	Command, Byte Enable 2
A34	FRAME	Address or Data phase	B34	GND13	Ground
A35	GND14	Ground	B35	IRDY#	Initiator Ready
A36	TRDY#	Target Ready	B36	+3.3V06	+3.3 VDC
A37	GND15	Ground	B37	DEVSEL	Device Select
A38	STOP	Stop Transfer Cycle	B38	GND16	Ground
A39	+3.3V07	+3.3 VDC	B39	LOCK#	Lock bus
A40	-----	Reserved	B40	PERR#	Parity Error
A41	-----	Reserved	B41	+3.3V08	+3.3 VDC
A42	GND17	Ground	B42	SERR#	System Error
A43	PAR	Parity	B43	+3.3V09	+3.3 VDC
A44	AD15	Address/Data 15	B44	C/BE1	Command, Byte Enable 1
A45	+3.3V10	+3.3 VDC	B45	AD14	Address/Data 14
A46	AD13	Address/Data 13	B46	GND18	Ground
A47	AD11	Address/Data 11	B47	AD12	Address/Data 12
A48	GND19	Ground	B48	AD10	Address/Data 10
A49	AD9	Address/Data 9	B49	GND20	Ground
A50	Keyway	Open or Ground for 3.3V PWB	B50	Keyway	Open or Ground for 3.3V PWB
A51	Keyway	Open or Ground for 3.3V PWB	B51	Keyway	Open or Ground for 3.3V PWB
A52	C/BE0	Command, Byte Enable 0	B52	AD8	Address/Data 8
A53	+3.3V11	+3.3 VDC	B53	AD7	Address/Data 7
A54	AD6	Address/Data 6	B54	+3.3V12	+3.3 VDC
A55	AD4	Address/Data 4	B55	AD5	Address/Data 5
A56	GND21	Ground	B56	AD3	Address/Data 3
A57	AD2	Address/Data 2	B57	GND22	Ground
A58	AD0	Address/Data 0	B58	AD1	Address/Data 1
A59	+5V	Power (+5 V or +3.3 V)	B59	VCC08	Power (+5 V or +3.3 V)
A60	REQ64	Request 64 bit	B60	ACK64	Acknowledge 64 bit
A61	VCC11	+5 VDC	B61	VCC10	+5 VDC
A62	VCC13	+5 VDC	B62	VCC12	+5 VDC



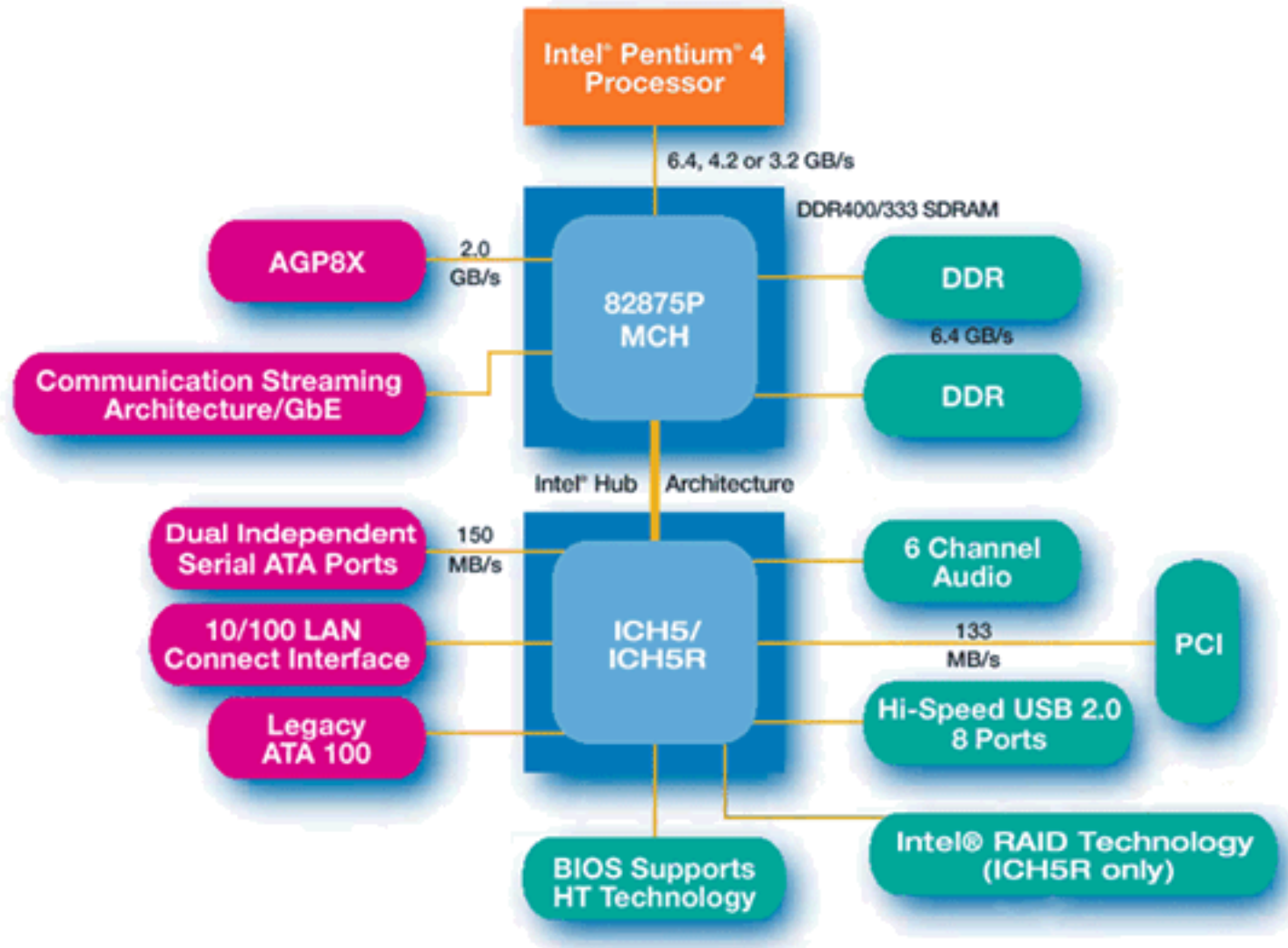
# PCI - signály pro 64 bit

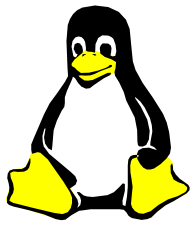


Pin #	Name	PCI Pin Description	Pin #	Name	PCI Pin Description
A63	GND	Ground	B63	RES	Reserved
A64	C/BE[7]#	Command, Byte Enable 7	B64	GND	Ground
A65	C/BE[5]#	Command, Byte Enable 5	B65	C/BE[6]#	Command, Byte Enable 6
A66	+5V	Power (+5 V or +3.3 V)	B66	C/BE[4]#	Command, Byte Enable 4
A67	PAR64	Parity 64	B67	GND	Ground
A68	AD62	Address/Data 62	B68	AD63	Address/Data 63
A69	GND	Ground	B69	AD61	Address/Data 61
A70	AD60	Address/Data 60	B70	+5V	Power (+5 V or +3.3 V)
A71	AD58	Address/Data 58	B71	AD59	Address/Data 59
A72	GND	Ground	B72	AD57	Address/Data 57
A73	AD56	Address/Data 56	B73	GND	Ground
A74	AD54	Address/Data 54	B74	AD55	Address/Data 55
A75	+5V	Power (+5 V or +3.3 V)	B75	AD53	Address/Data 53
A76	AD52	Address/Data 52	B76	GND	Ground
A77	AD50	Address/Data 50	B77	AD51	Address/Data 51
A78	GND	Ground	B78	AD49	Address/Data 49
A79	AD48	Address/Data 48	B79	+5V	Power (+5 V or +3.3 V)
A80	AD46	Address/Data 46	B80	AD47	Address/Data 47
A81	GND	Ground	B81	AD45	Address/Data 45
A82	AD44	Address/Data 44	B82	GND	Ground
A83	AD42	Address/Data 42	B83	AD43	Address/Data 43
A84	+5V	Power (+5 V or +3.3 V)	B84	AD41	Address/Data 41
A85	AD40	Address/Data 40	B85	GND	Ground
A86	AD38	Address/Data 38	B86	AD39	Address/Data 39
A87	GND	Ground	B87	AD37	Address/Data 37
A88	AD36	Address/Data 36	B88	+5V	Power (+5 V or +3.3 V)
A89	AD34	Address/Data 34	B89	AD35	Address/Data 35
A90	GND	Ground	B90	AD33	Address/Data 33
A91	AD32	Address/Data 32	B91	GND	Ground
A92	RES	Reserved	B92	RES	Reserved
A93	GND	Ground	B93	RES	Reserved
A94	RES	Reserved	B94	GND	Ground



# PCI - typický systém (základová deska)

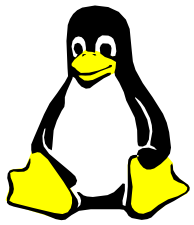




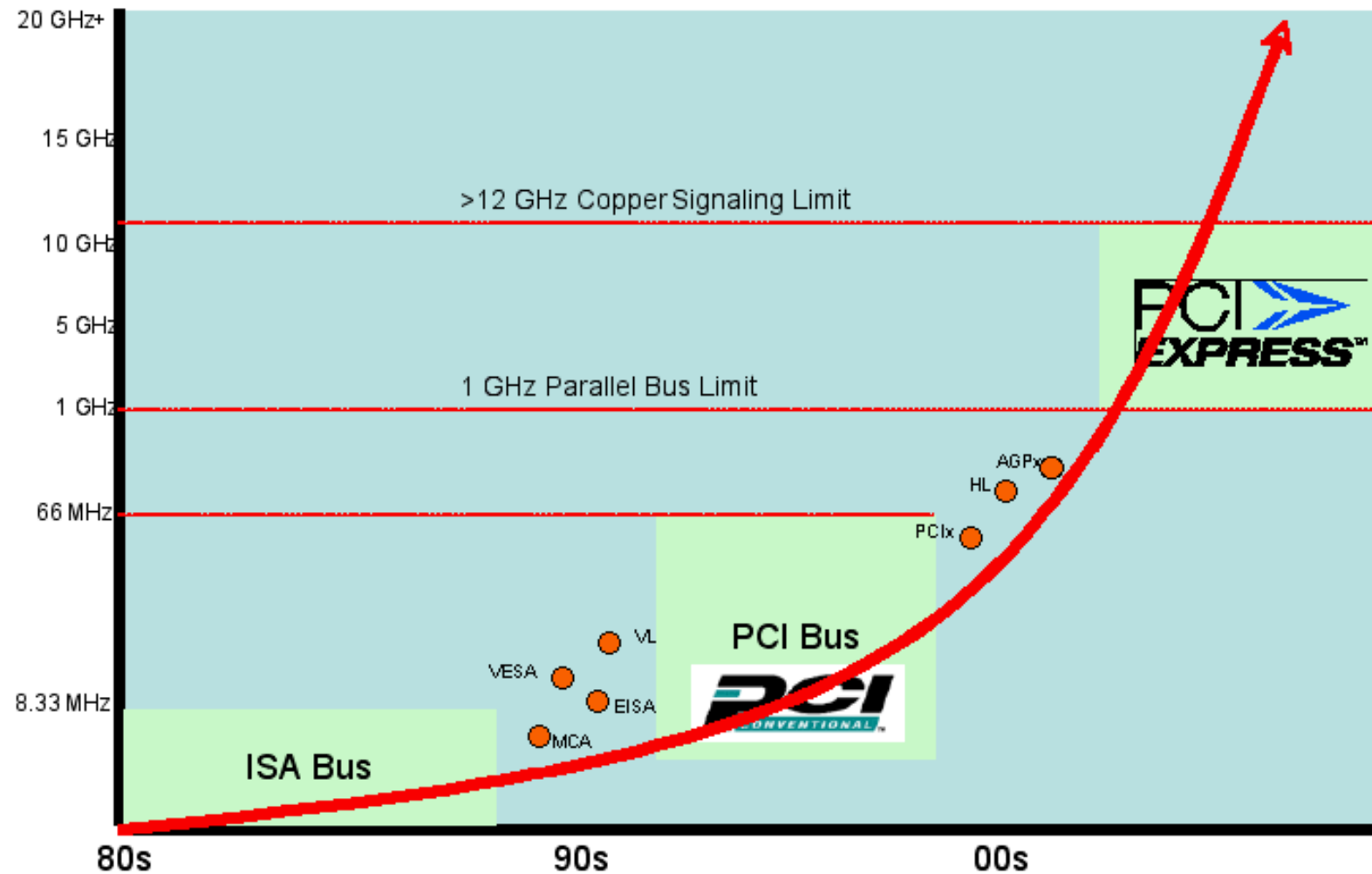
# PCI - hierarchická architektura

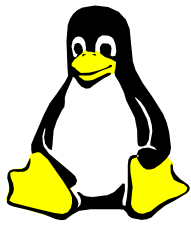






# PCI Express - bandwidth problem

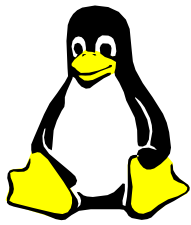




# PCI Express



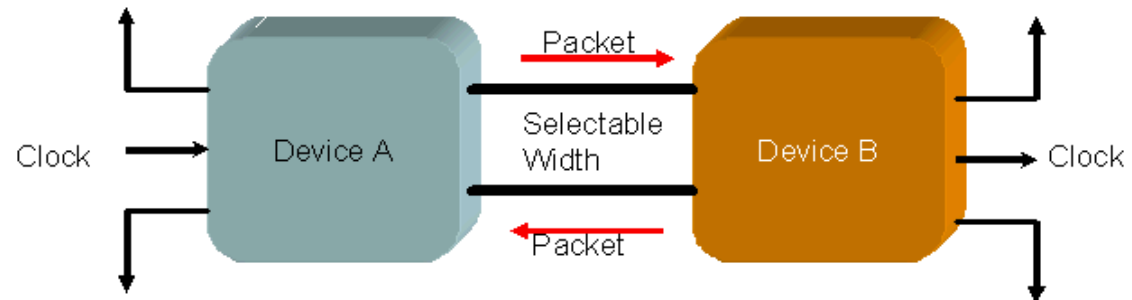
- frekvence 2.5 Gb/s  $\Rightarrow$  přenosová kapacita okolo 250 MB/s na jedné PCI Express trase (násobí se pro 2 $\times$ , 4 $\times$ , 8 $\times$ )
- čistá užitečná kapacita okolo 200 MB/s to je 2 $\times$  až 4 $\times$  více než klasické PCI
- kapacita není sdílená, jedná se o sériové point to point kanály
- dva páry vodičů a diferenční úrovně
- kódování a synchronizace 8b/10b
- předpoklad až 10 Gb/s (pokrok technologie)



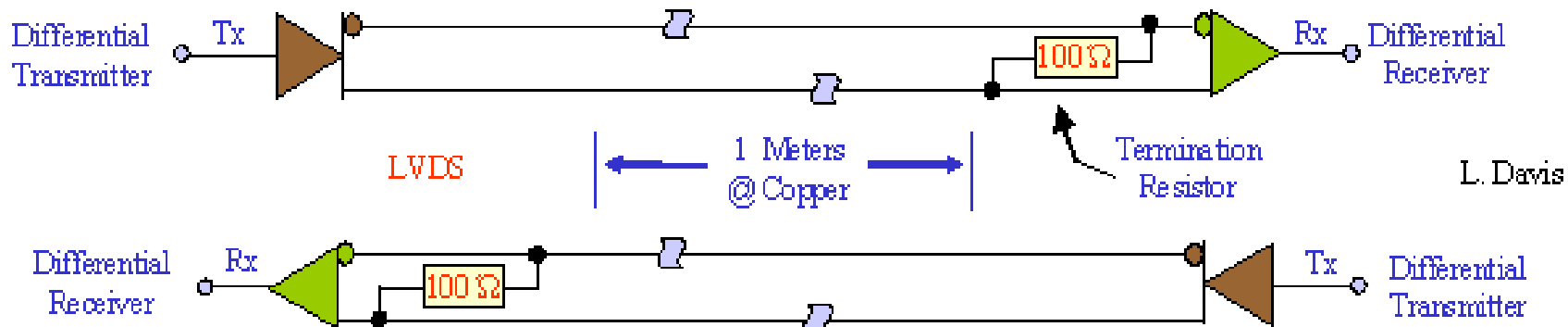
# PCI Express - fyzická vrstva

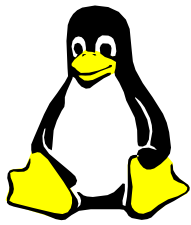


Diferenciální plně duplexní fyzická vrstva



Kódování 8b/10b zajišťuje dostatek **hran** pro obnovení hodin a shodný počet bitů 0 a 1 pro vyvážení stejnosměrné složky (DC) v střídavě (AC) vázaném systému

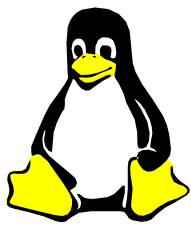




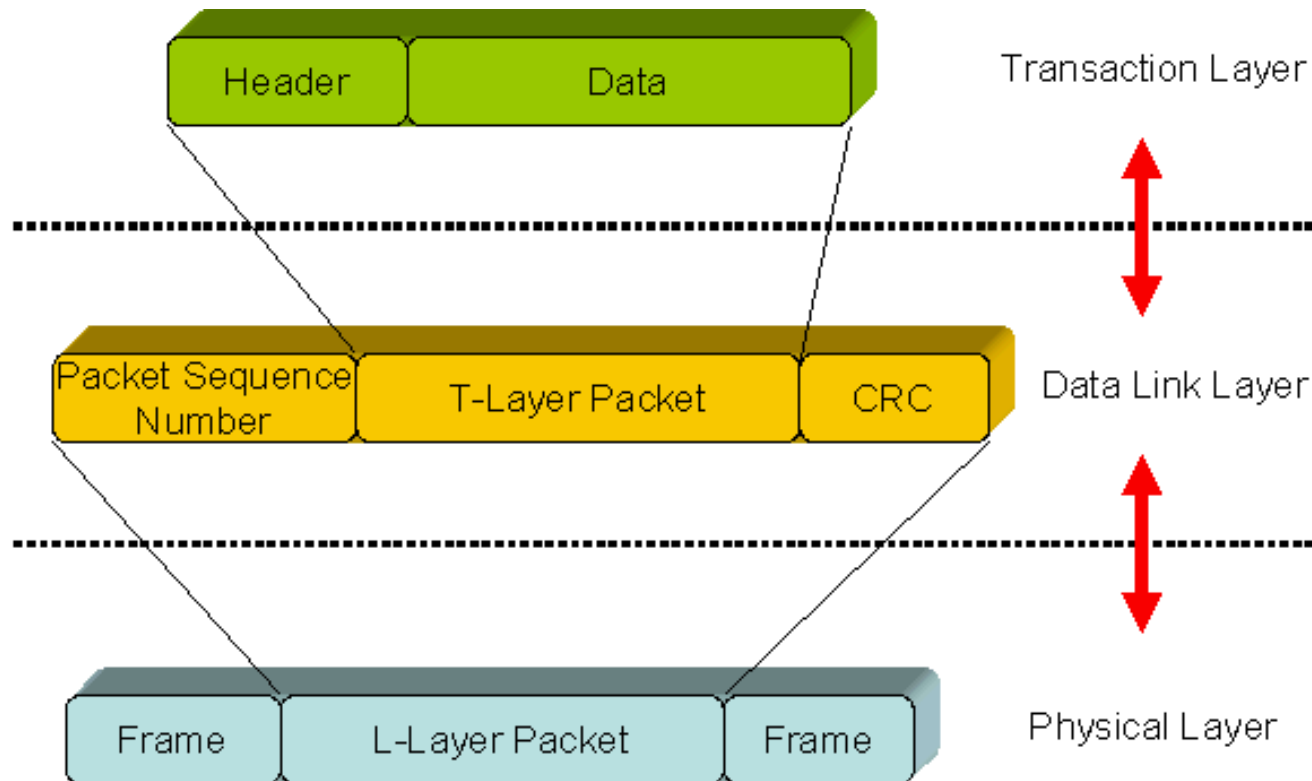
# PCI Express - fyzická vrstva

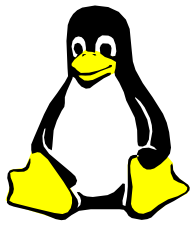


Pin #	Side B Connector		Side A Connector	
	Name	Description	Name	Description
1	+12v	+12 volt power	PRSNT #1	Hot plug presence detect
2	+12v	+12 volt power	+12v	+12 volt power
3	RSVD	Reserved	+12v	+12 volt power
4	GND	Ground	GND	Ground
5	SMCLK	SMBus clock	JTAG2	TCK
6	SMDAT	SMBus data	JTAG3	TDI
7	GND	Ground	JTAG4	TDO
8	+3.3v	+3.3 volt power	JTAG5	TMS
9	JTAG1	+TRST#	+3.3v	+3.3 volt power
10	3.3Vaux	3.3v volt power	+3.3v	+3.3 volt power
11	WAKE#	Link Reactivation	PWRGD	Power Good
<b>Mechanical Key</b>				
12	RSVD	Reserved	GND	Ground
13	GND	Ground	REFCLK+	Reference Clock
14	HSOp(0)	Transmitter Lane 0,	REFCLK-	Differential pair
15	HSOn(0)	Differential pair	GND	Ground
16	GND	Ground	HSIp(0)	Receiver Lane 0,
17	PRSNT #2	Hotplug detect	HSIn(0)	Differential pair
18	GND	Ground	GND	Ground

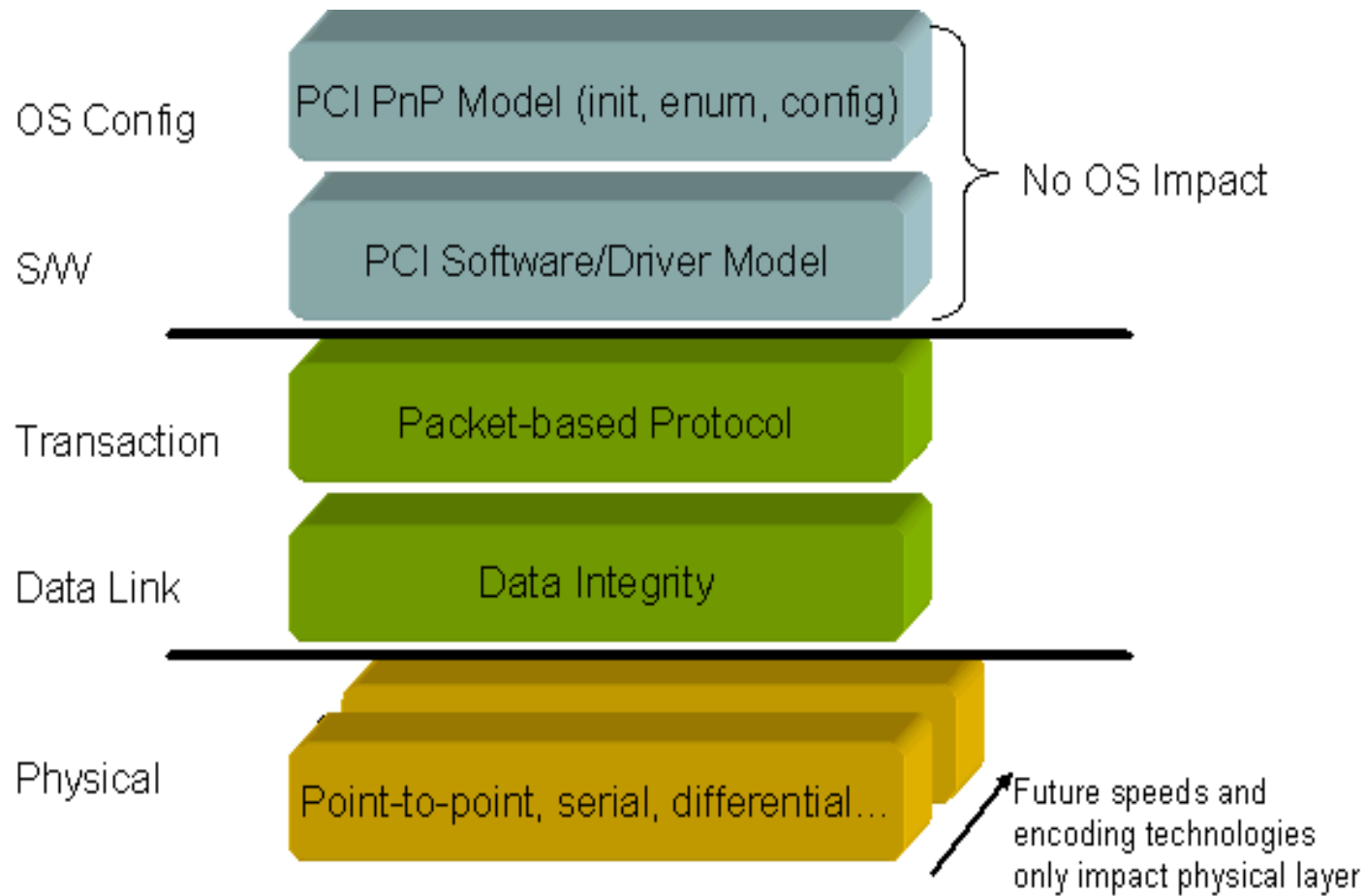


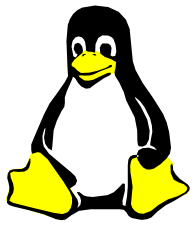
# PCI Express - paketový přenos dat



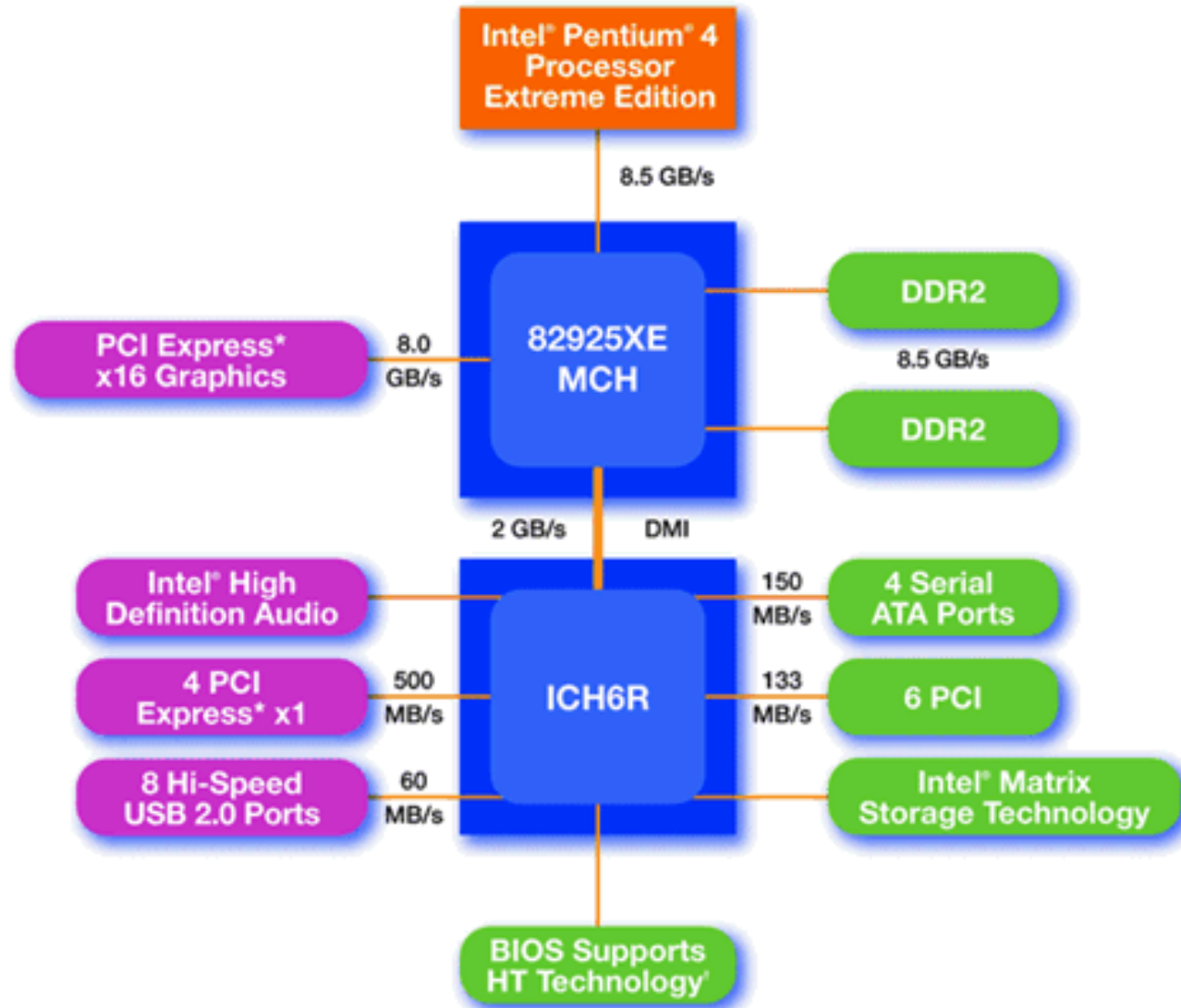


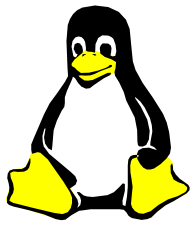
# PCI Express - kompatabilita s drivery





# PCI Express - typický systém (základová deska)





# PCI Express - konektory



Grafická karta PCIe 16x



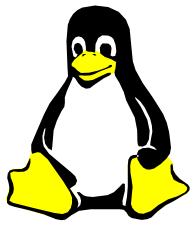
PCI-X

PCIe 8x

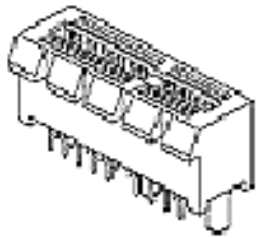
PCI

PCIe 16x

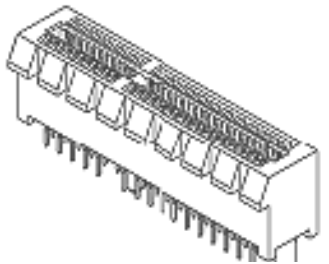




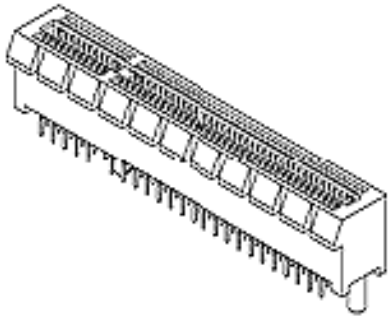
# PCI Express - konektory



PCIe 1×



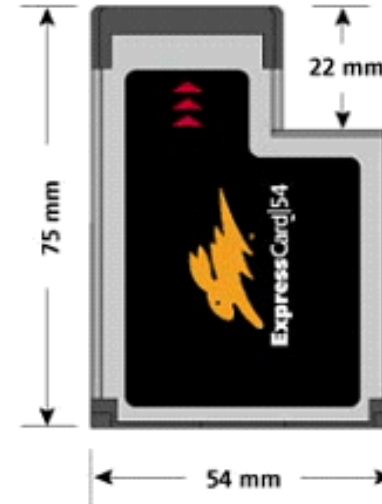
PCIe 4×



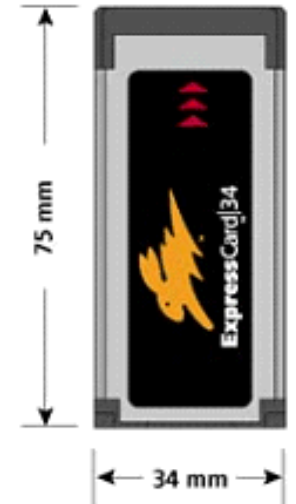
PCIe 8×



CardBus  
PCMCIA

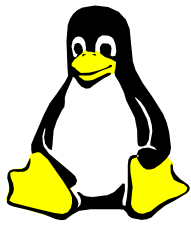


ExpressCard/54



ExpressCard/34

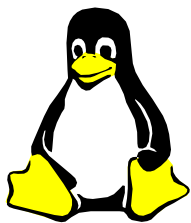
PCIe 1×



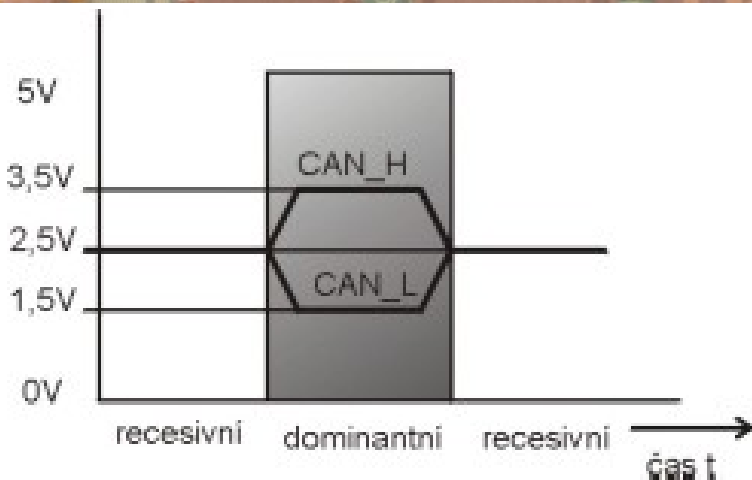
# PCI Express - výhody



- velký výkon, i jen ve verzi **x1** je dvakrát rychlejší než PCI a očekává se zrychlení
- zjednodušení V/V propojování, nahradí postupně AGP, PCI-X a HubLink což jednodušší složitost
- díky úrovnňovému designu zajistí kompatibilitu se softwarem
- nové kvality, např. izochronní přenosy a QoS
- sjednotí i externí karty, hot-swap a hot-plug



# CAN



Původní sekvence



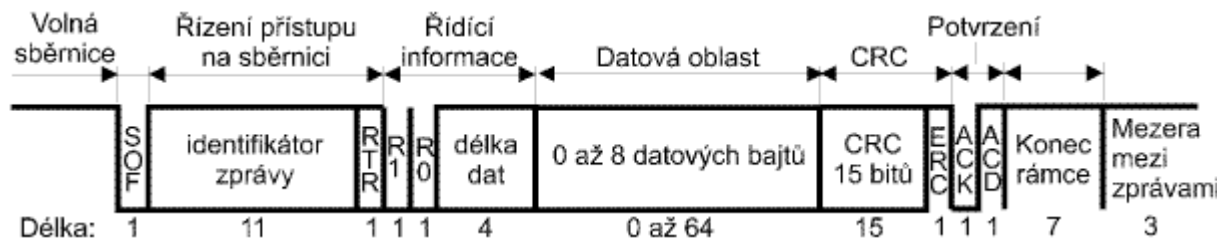
Sekvence s vloženými bity

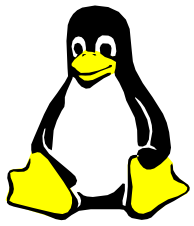


Výsledná sekvence



Přenosová rychlost	Maximální délka sběrnice
1 Mbit/s	40 m
500 kbit/s	112 m
300 kbit/s	200 m
100 kbit/s	640 m
50 kbit/s	1340 m
20 kbit/s	2600 m
10 kbit/s	5200 m





# Prostor pro otázky



- ?