

# Grafická karta **SVGA** (1)

- Grafická karta **SVGA** (Super Video Graphics Array) je dnes nejpoužívanější typ grafické karty
- Skládá se z následujících částí:
  - **procesor**:
    - řídí činnost celé grafické karty
    - ovládá rozlišení grafické karty, barevnou hloubku a všechny elementy spojené s vykreslováním pixelů na obrazovku
    - značnou měrou ovlivňuje rychlost celé grafické karty
    - nejznámějšími výrobci jsou nVidia, ATI, Matrox

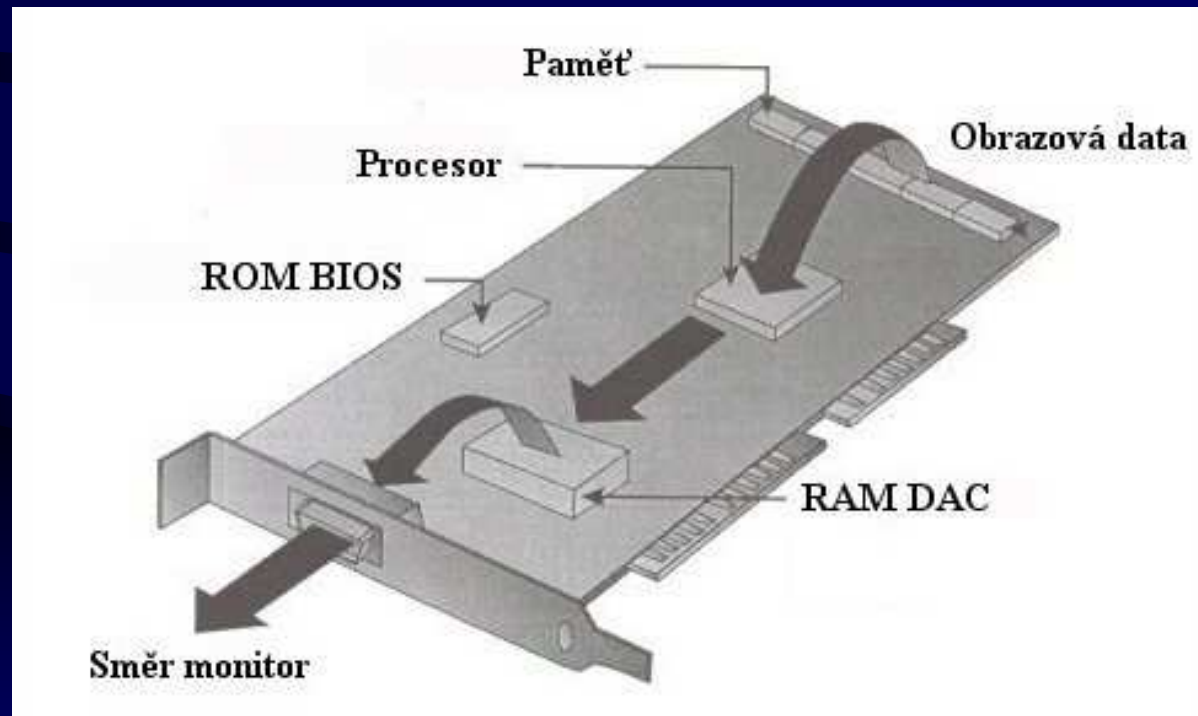
# Grafická karta SVGA (2)

- paměť (videopaměť, frame buffer):
  - uchovává informace, ze kterých procesor grafické karty vytváří digitální obraz
  - kapacita videopaměti bývá 1 MB - 256 MB
- **RAM DAC** (RAM Digital to Analog Convertor):
  - převodník, který přebírá digitální obraz vytvářený procesorem grafické karty
  - na jeho základě vytváří analogový signál pro monitor
- **ROM BIOS**:
  - základní programové vybavení (firmware) nezbytné pro činnost grafické karty

# Grafická karta SVGA (3)

## – Feature Connector:

- konektor, který dovoluje propojit grafickou kartu s dalším zařízením, např. s grafickým koprocesorem, s televizní kartou apod.



# Grafická karta SVGA (4)

- Grafický akcelerátor:
  - označení grafické karty, jejíž procesor je schopen samostatně realizovat některé operace používané v počítačové grafice, např.:
    - vykreslení určitých grafických objektů
    - antialiasing
    - skrytí neviditelných hran v 3D scéně
    - stínování 3D scény
    - přehrávání videosekvencí
  - umožňuje podstatně vyšší výkon, protože není nutné, aby každý pixel, který se má zobrazit na obrazovce, byl vypočítán procesorem počítače

# Grafická karta SVGA (5)

- procesor počítače pouze vydá příkaz grafické kartě, co má vykreslit (linku, kružnici, obdélník)
- vlastní výpočet jednotlivých zobrazovaných pixelů provede specializovaný procesor grafické karty
- využití možností grafického akcelérátoru je podmíněno použitím správného programového ovladače, jež je schopen využít všech možností, kterými procesor grafické karty disponuje
- současné karty mají většinou integrovanu i akceleraci (některých) funkcí **DirectX** a **OpenGL**

# Grafická karta SVGA (6)

- Procesor grafické karty je propojen s videopamětí pomocí sběrnice, jejíž šířka bývá 32, 64, popř. 128 bitů
- Paměť na grafické kartě dnes bývá nejčastěji realizována jako paměť **DDR SDRAM**
- V minulosti byly používány i jiné typy videopamětí (**DRAM, FPM DRAM, EDO DRAM, SDRAM, VRAM, SGRAM, WRAM**)
- V závislosti na kapacitě této videopaměti a procesoru, který tato karta používá, je možné zobrazovat následující režimy

# Grafická karta SVGA (7)

Kapacita video paměti	Max. rozlišení	Barevná hloubka
256 kB	800 × 600	16
512 kB	1024 × 768	16
	800 × 600	256
1 MB	1600 × 1200	16
	1024 × 768	256
	800 × 600	65536
	640 × 480	16,7 mil.
2 MB	1600 × 1200	256
	1024 × 768	65536
	800 × 600	16,7 mil.
3 MB	1600 × 1200	256
	1280 × 1024	65536
	1024 × 768	16,7 mil.
4 MB	1600 × 1200	65536
	1280 × 1024	16,7 mil.
6 MB	1600 × 1200	16,7 mil.

# Grafická karta SVGA (8)

- Minimální kapacita videopaměti nutná pro zobrazení konkrétního grafického režimu je dána vztahem:

$$\text{Kapacita video paměti} = H \cdot V \cdot P \quad [\text{B}]$$

- Kde:
  - **H** značí počet pixelů v horizontálním směru
  - **V** značí počet pixelů ve vertikálním směru
  - **P** značí počet bytů nutných pro zobrazení jednoho pixelu



# Grafická karta SVGA (9)

- Hodnota parametru P je dána barevnou hloubkou:

Barevná hloubka	Mocnina dvojky	Počet bitů	Počet bytů
16 barev	$2^4$	4	0,5
256 barev	$2^8$	8	1
65536 barev	$2^{16}$	16	2
16,7 mil. barev	$2^{24}$	24	3

- Poznámka (označení):
  - **High Color**: režim s barevnou hloubkou 65536
  - **True Color**: režim s barevnou hloubkou 16,7 mil.

# Grafická karta SVGA (10)

- Režimy True Color pracují s barvami uloženými na třech bytech, které odpovídají **modelu RGB**:
  - **1 byte**: udává hodnotu červené složky (Red)
  - **1 byte**: udává hodnotu zelené složky (Green)
  - **1 byte**: udává hodnotu modré složky (Blue)
- K těmto třem bytům se někdy přidává ještě byte čtvrtý, který vyjadřuje hodnotu tzv.  **$\alpha$  kanálu**

# Grafická karta SVGA (11)

- $\alpha$  kanál již neurčuje žádnou ze základních barev, ale udává míru transparentnosti (průsvitnosti) dané barvy
- Tohoto se využívá zejména při výpočtech třírozměrných scén, kde se jednotlivé objekty mohou překrývat, přičemž jejich povrch je částečně průsvitný  $\Rightarrow$  tzv.  **$\alpha$ -blending**
- Vysoká kapacita videopaměti bývá v současné době využívána zejména při zobrazování 3D scén, např. pro:

# Grafická karta SVGA (12)

## – Z-buffer:

- algoritmus vyžadující dodatečnou paměť pro skrývání neviditelných hran objektů

## – double buffering:

- technika kdy videopaměť je rozdělena do dvou částí
- jedna část vždy obsahuje informace, které se právě zobrazují (např. spočítaný snímek pohyblivé 3D scény)
- ve druhé části může probíhat výpočet následujícího snímku
- poté, co je další snímek spočítán, dojde k rychlému přepnutí těchto oblastí, tj. z druhé oblasti se informace zobrazují a v první nyní probíhá výpočet

# Grafická karta SVGA (13)

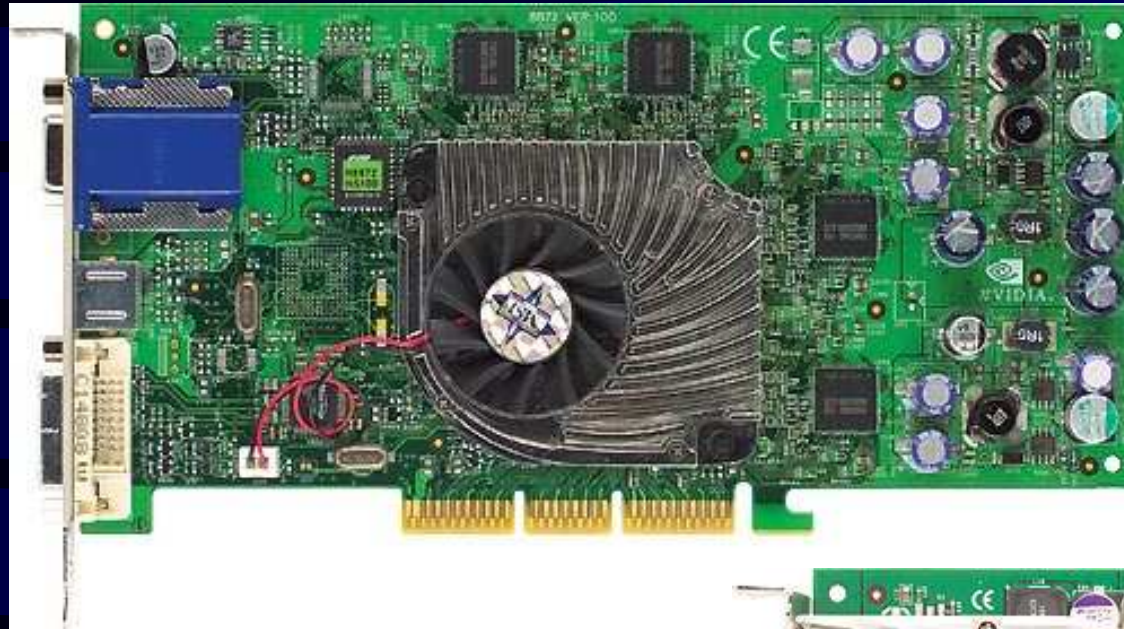
- Grafické karty se v minulosti připojovaly do počítače prostřednictvím rozšiřující sběrnice (PC-bus, ISA, MCA, EISA, VL-bus, PCI)
- Dnes jsou grafické karty připojovány nejčastěji pomocí speciálního portu **A.G.P.** (Accelerated Graphics Port)
- Port A.G.P. umožňuje vyšší přenosové rychlosti a komunikace mezi grafickou kartou a procesorem není rušena jinými zařízeními (umístěnými na rozšiřující sběrnici)

# Grafická karta SVGA (14)

- Současné grafické karty bývají vybaveny:
  - výstupem na analogový monitor
  - digitálním výstupem na LCD panel
  - televizním výstupem
- Kromě televizního výstupu mají některé grafické karty také integrovaný video vstup pro připojení např. videopřehrávače, kamery, ...
- Existují i grafické karty, které jsou osazeny televizním tunerem určeným pro příjem televizního signálu



# Grafická karta SVGA (15)



Grafická karta MSI  
s procesorem  
nVidia TI 4600  
(A.G.P.)

Grafická karta MSI  
s procesorem  
nVidia FX 5800  
(A.G.P.)



# Port A.G.P. (1)

- Port **A.G.P.** (Accelerated Graphics Port) je rozhraní, navržené firmou Intel, pro počítače řady PC
- Poskytuje nový mechanismus pro připojování moderních grafických karet
- Podstatným způsobem zvyšuje výkon aplikací pracujících zejména s:
  - 3D grafikou
  - videosekvencemi



# Port A.G.P. (2)

- Jedná se o speciální port, který je určen pouze pro grafické karty
- Poskytuje vyšší přenosovou rychlost než dosavadní rozšiřující sběrnice, které se dříve využívaly i pro připojování grafických karet
- A.G.P. vychází ze specifikace rozšiřující sběrnice PCI
- Pracuje s frekvencí 66 MHz a pro přenos dat používá 32bitovou sběrnici

# Port A.G.P. (3)

- Podle přenosové rychlosti se A.G.P. port dělí na:

- **A.G.P. 1x:**

- definován specifikací A.G.P. 1.0 a A.G.P. 2.0
- maximální přenosová rychlost je 266 MB/s
- veškeré přenosy dat jsou synchronizovány s náběžnou hranou hodinového signálu (66 MHz)
- používá signálové napětí 3,3 V nebo 1,5 V

- **A.G.P. 2x:**

- definován specifikací A.G.P. 1.0 a A.G.P. 2.0
- maximální přenosová rychlost je 533 MB/s

# Port A.G.P. (4)

- vyšší přenosové rychlosti je dosaženo přidáním dalších řídicích signálů a prováděním přenosů s náběžnou i sestupnou hranou hodinového signálu (66 MHz)
- používá signálové napětí 3,3 V nebo 1,5 V

## – A.G.P. 4x:

- definován specifikací A.G.P. 2.0 a A.G.P. 3.0
- maximální přenosová rychlost je 1066 MB/s
- této rychlosti je dosaženo pomocí dalších dvou řídicích signálů, které umožňují (bez zvýšení frekvence) zdvojnásobit přenosovou rychlost
- používá signálové napětí 1,5 V

# Port A.G.P. (5)

## – A.G.P. 8x:

- definován specifikací A.G.P. 3.0
- během jednoho taktu dovoluje uskutečnit až 8 datových přenosů
- maximální přenosová rychlost je 2132 MB/s
- používá signálové napětí 0,8 V
- je zpětně kompatibilní s A.G.P. 4x:
  - používá stejný konektor (jako A.G.P. 4x)
  - využívá stejné signály (jako A.G.P. 4x), ke kterým přidává další signály pro podporu činnosti v režimu A.G.P. 8x
- dovoluje, aby základní deska byla navržena tak, aby podporovala A.G.P. 4x i A.G.P. 8x

# Port A.G.P. (6)

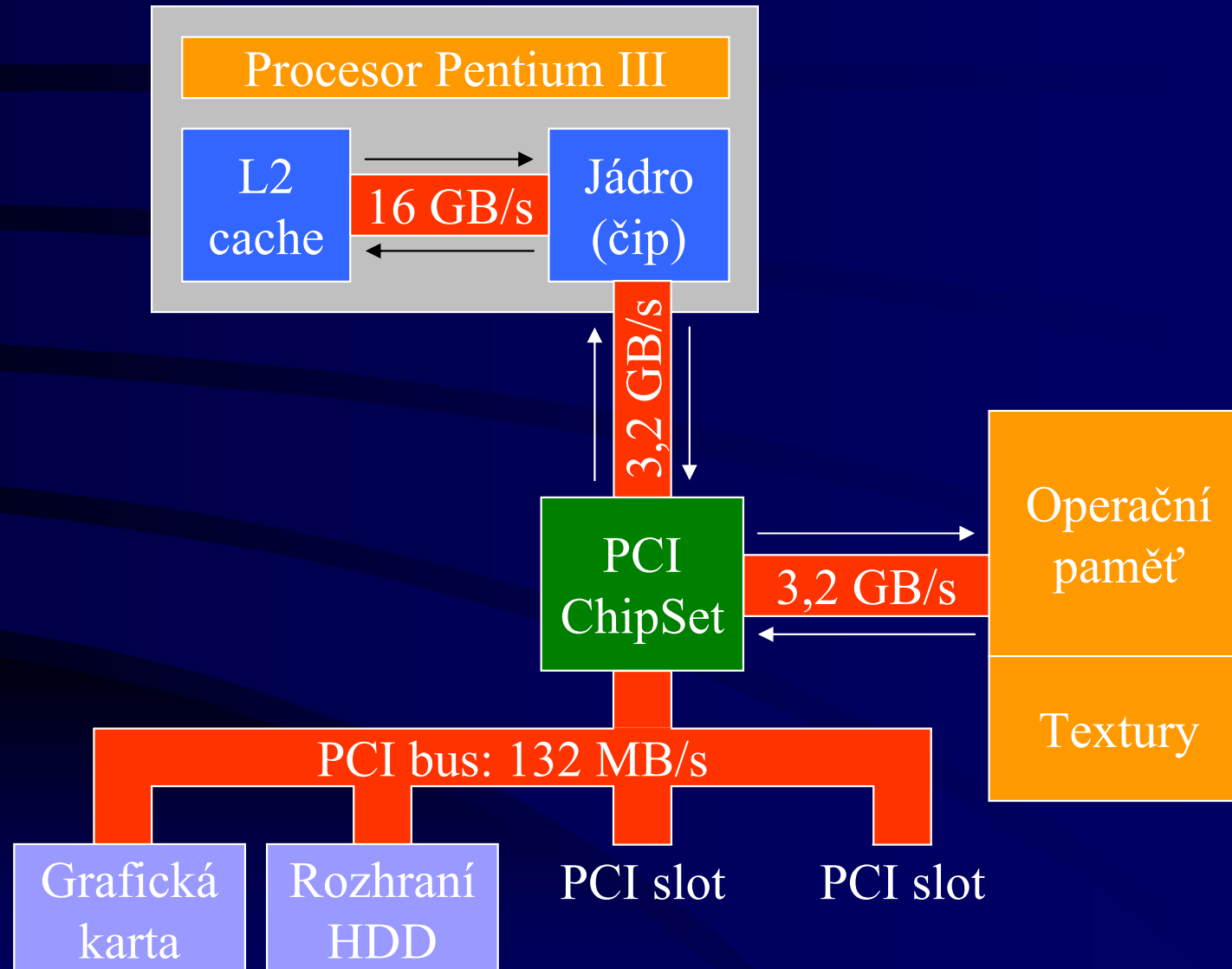
- Výhodou A.G.P. portu je i možnost, že grafická karta může pracovat s daty uloženými přímo v operační paměti
- Není nutné, aby všechna zobrazovaná data byla nejdříve přenášena do paměti grafické karty
- Tato možnost je velmi výhodná zejména při zobrazování realisticky vypadajících scén
- U takovýchto scén bývá většinou nutné na povrchy některých zobrazených objektů (z důvodů jejich realistické vizáže) nanést tzv. **texturey**

# Port A.G.P. (7)

- **Textura** je bitová mapa (obrázek), která svým vzhledem vytváří dojem, že objekt má určité vlastnosti (např. je vyroben ze dřeva, z kovu apod.)
- Textury zabírají v paměti mnohdy poměrně velikou kapacitu a jejich přenášení do paměti grafické karty může být velmi zdlouhavé

# Port A.G.P. (8)

- Zapojení grafické karty ke sběrnici PCI:



# Port A.G.P. (9)

- Před tím, než mohou být libovolná data zobrazena, je nezbytné, provést jejich následující přesuny:
  - **HDD → operační paměť**:
    - data jsou načítána např. z pevného disku, který je připojen k rozhraní zapojenému na PCI sběrnici
    - takto načítaná data jsou přenášena přes PCI sběrnici do operační paměti
  - **operační paměť → procesor počítače**:
    - z operační paměti jsou data načítána procesorem počítače, který provede jejich zpracování



# Port A.G.P. (10)

– procesor počítače → operační paměť:

- výsledky své činnosti procesor počítače opět uloží do operační paměti

– operační paměť → paměť grafické karty:

- zpracovaná data jsou zasílána do videopaměti grafické karty
- přenos dat do videopaměti je prováděn opět přes PCI sběrnici

– paměť grafické karty → procesor grafické karty:

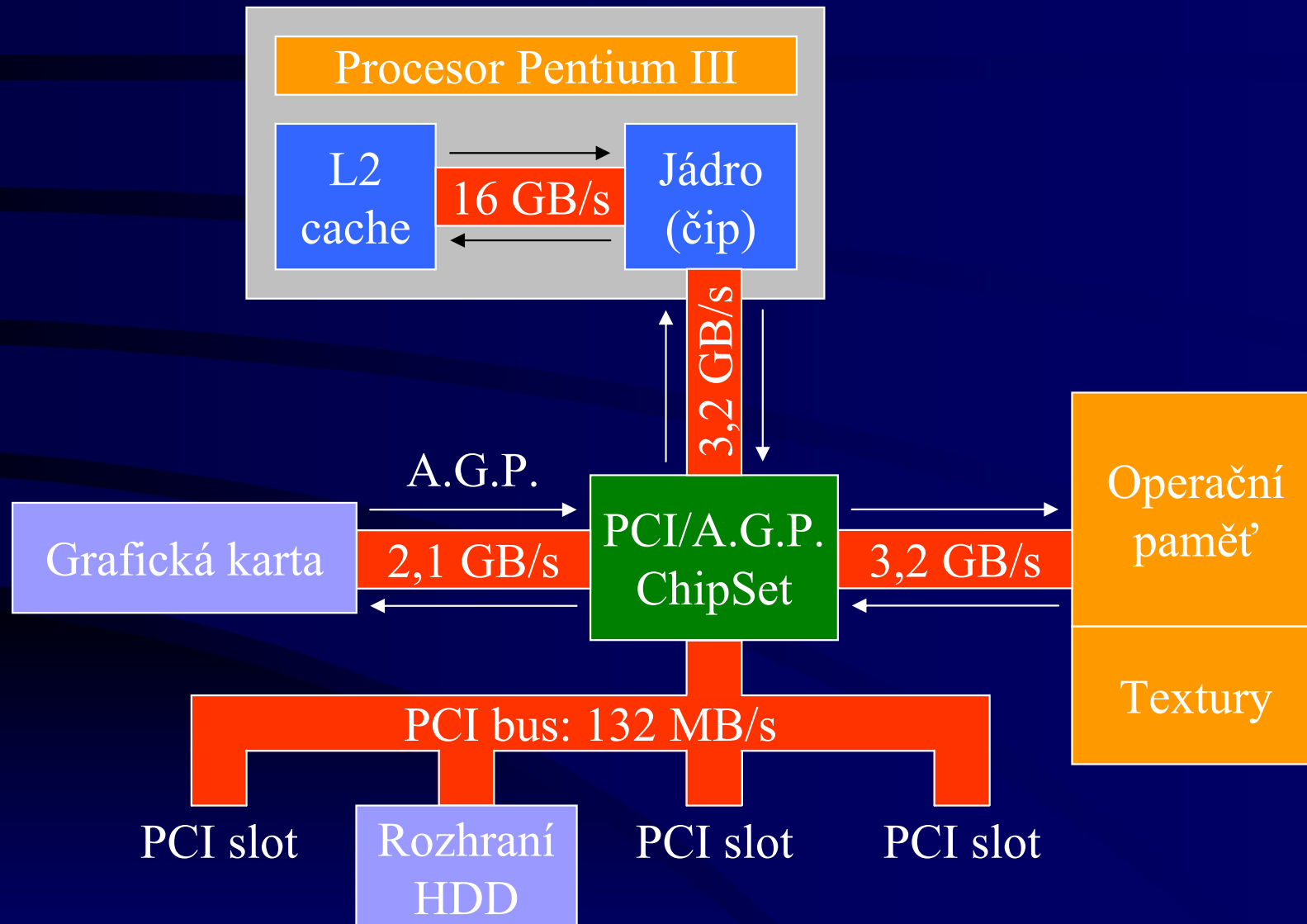
- data jsou čtena procesorem grafické karty z videopaměti a následně jsou zobrazována na obrazovce monitoru

# Port A.G.P. (11)

- Problém:
  - data, která se mají zobrazit, musí být dvakrát přenášena přes PCI sběrnici
  - PCI sběrnice má oproti A.G.P. portu nižší přenosovou rychlost
  - PCI sběrnice bývá mnohdy zatížena i jinými zařízeními (např. rozhraní pevných disků, síťová karta a další)
- Z výše uvedených důvodů se dnes pro připojení grafické karty používá A.G.P. port

# Port A.G.P. (12)

- Zapojení grafické karty k portu A.G.P.:



# Port A.G.P. (13)

- Data, která jsou umístěna v operační paměti a jsou přenášena do videopaměti, nemusí být posílána přes PCI sběrnici
- Tato data jsou zasílána přímo přes A.G.P. port, který má vyšší přenosovou rychlost a není zatěžován žádným jiným zařízením
- U PCI sběrnice se tímto také podstatným způsobem sníží její zatížení

# Port A.G.P. (14)

- V případě použití A.G.P. portu není nutné, aby všechna zobrazovaná data byla přenesena do videopaměti
- Je možné, aby si je grafická karta zpřístupňovala přímo z paměti operační
- Operační paměť je stránkována a grafická karta potřebuje ke své efektivní práci, aby se z jejího pohledu operační paměť jevila jako souvislá (nikoliv rozdělená na stránky)

# Port A.G.P. (15)

- Tento problém je řešen na úrovni čipové sady, která, pokud podporuje A.G.P., musí v sobě integrovat obvod **GART** (Graphics Address Remapping Table)
- GART pracuje podobně jako stránkovací jednotka procesoru
- GART provádí přemapování adres tak, aby grafická karta mohla pracovat s pamětí, která se jeví jako souvislý blok

# Port A.G.P. (16)

- Kapacita operační paměti, která je pro grafickou kartu souvislá, se označuje jako tzv. **A.G.P. aperture**
- Velikost A.G.P. aperture lze zpravidla nastavit pomocí programu SETUP
- Port A.G.P. je určen pro práci se signálovým napětím:
  - **3,3 V**: A.G.P. 1x a A.G.P. 2x
  - **1,5 V**: A.G.P. 1x, A.G.P. 2x a A.G.P. 4x
  - **0,8 V**: A.G.P. 8x

# Port A.G.P. (17)

- Jednotlivé typy A.G.P. portu lze rozlišit podle umístění klíčové pozice v jejich slotu
- Řezy A.G.P. slotem:

Zadní panel počítače



A.G.P. slot 3,3 V



A.G.P. slot 1,5 V



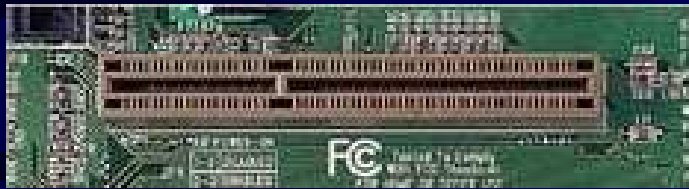
Univerzální A.G.P. slot



# Port A.G.P. (18)

- A.G.P. sloty:

Zadní panel počítače



A.G.P. slot 3,3 V



A.G.P. slot 1,5 V



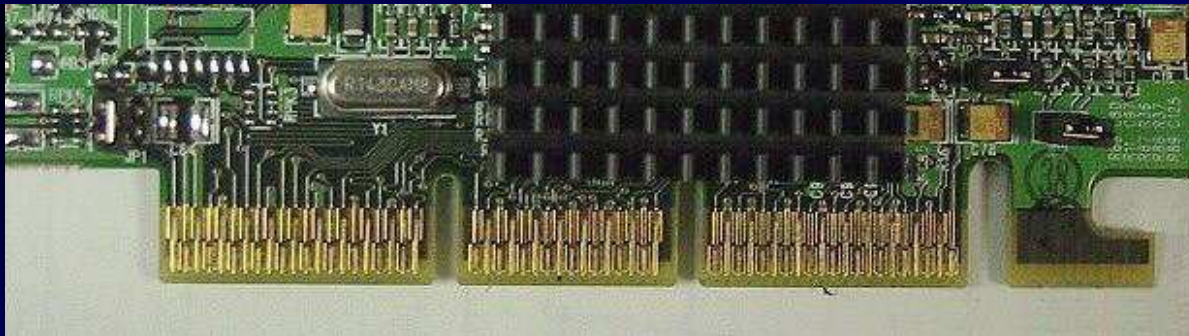
Univerzální A.G.P. slot

# Port A.G.P. (19)

- Obdobně lze rozlišit i A.G.P. karty určené pro port A.G.P. s různým signálovým napětím:



A.G.P. karta  
pro signálové  
napětí 3,3 V



Univerzální  
A.G.P. karta

# Port A.G.P. Pro (1)

- Port A.G.P. Pro je určen zejména pro výkonné grafické stanice
- Standard A.G.P. Pro je s A.G.P. zpětně kompatibilní, tj.:
  - kartu A.G.P. lze použít ve slotu A.G.P. Pro
  - naopak kartu pro A.G.P. Pro nelze použít ve slotu A.G.P.
- Slot pro A.G.P. Pro využívá A.G.P. slotu a je po obou stranách rozšířen o další kontaktní segmenty

# Port A.G.P. Pro (2)

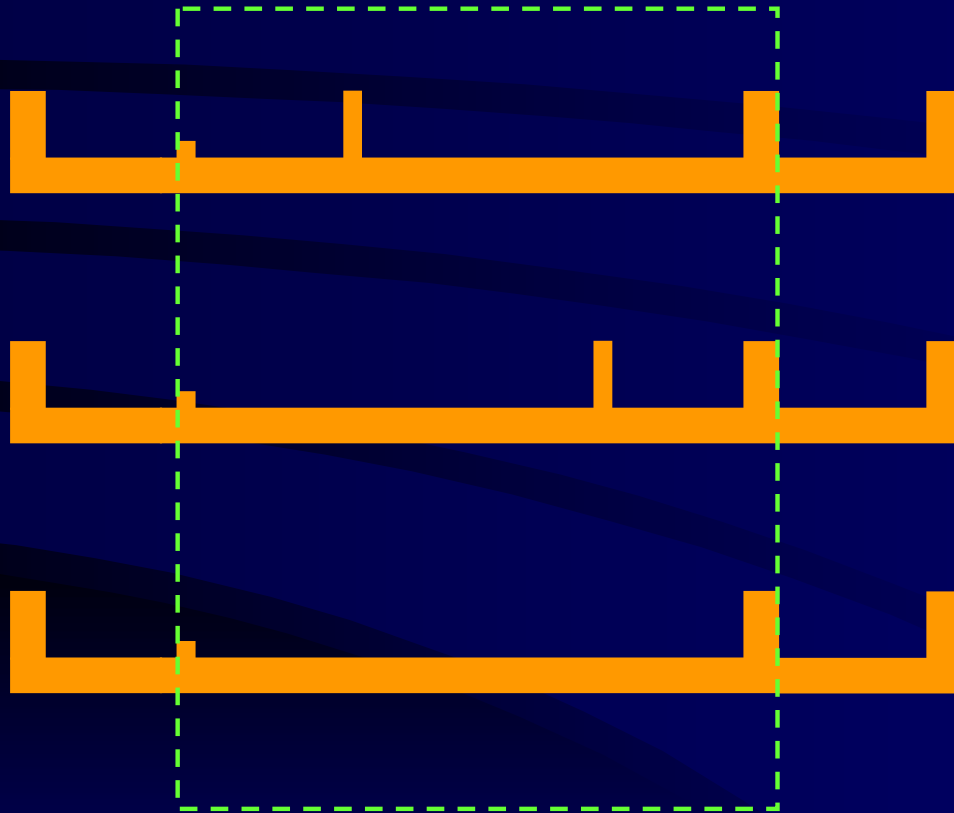
- V rámci A.G.P. Pro existují dva standardy, jež se liší maximálním příkonem, který může karta odebírat:
  - **A.G.P. Pro50**: maximálně 50 W
  - **A.G.P. Pro110**: maximálně 110 W
- Poznámka:
  - Maximální příkon pro A.G.P. kartu je 25 W



# Port A.G.P. Pro (3)

- Řezy sloty A.G.P. Pro:

Zadní panel počítače



A.G.P. Pro slot 3,3 V

A.G.P. Pro slot 1,5 V

Univerzální  
A.G.P. Pro slot

A.G.P. slot



# I/O karta (1)

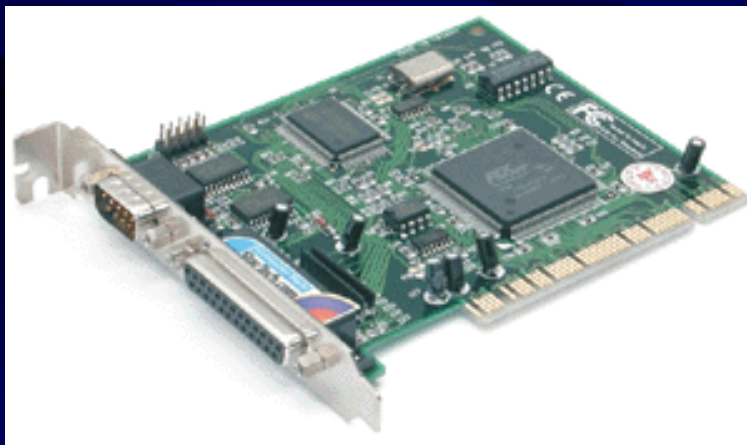
- **IO karta** (Input/Output) je deska obsahující tzv. **porty** pro připojení periferních zařízení
- Port je místo spojení procesorové jednotky s komunikačním kanálem a slouží k připojení dalších periferních zařízení
- Standardní I/O karta většinou obsahuje:
  - **2 sériové porty**: slouží k připojení např.:
    - počítačové myši
    - druhého počítače
    - modemu
    - tiskárny

# I/O karta (2)

- **1 paralelní port**: používán k připojování např.:
  - tiskáren
  - diskových pamětí určených pro připojení pomocí paralelního portu (např. HDD, CD-ROM, ZIP)
  - scanneru
  - druhého počítače
- **1 game port**: určený pro připojení křížového ovladače pro hry, tzv. **joystick**
- Dříve byla I/O karta vyráběna buď jako samostatná karta, nebo byla integrována na jedné desce společně s řadičem pružných disků a rozhraním pevných disků ATA (IDE)

# I/O karta (3)

- Dnes bývá I/O karta většinou integrována přímo na základní desce počítače
- V případě potřeby je možné, aby v jednom počítači byla osazena více než jedna I/O karta a počítač tak měl více portů
- I/O karta:



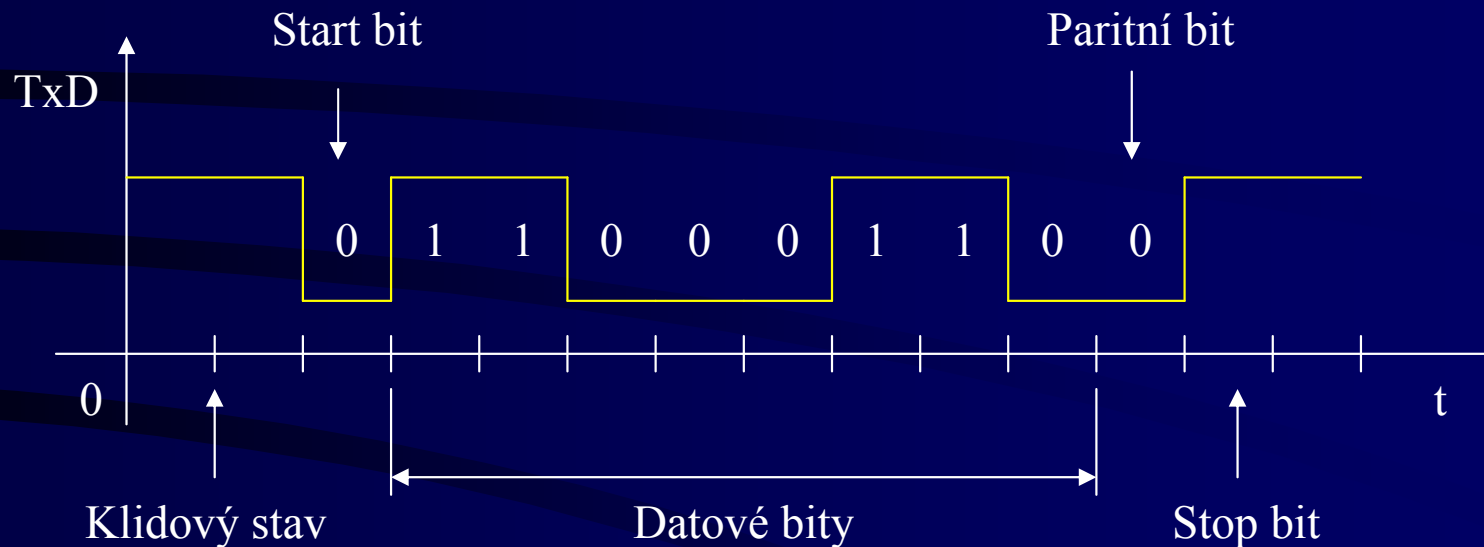


# Sériový port (1)

- Určen k připojení:
  - tiskárny (zejména pro starší jehličkové)
  - druhého počítače (propojení dvou počítačů bez použití modemu)
  - modemu
  - počítačové myši
  - dalších zařízení
- Data se přenášejí po jednom vodiči (v jeden okamžik se přenáší vždy jeden bit)

# Sériový port (2)

- Data se přenášejí v následujícím formátu:



- V klidovém stavu je vždy na lince hodnota 1
- Komunikace začíná Start bitem, který je vždy 0

# Sériový port (3)

- Potom následují datové bity (např. 8)
- Na jejich konci může (ale nemusí) být přenášen paritní bit, dovolující přenos zabezpečit sudou nebo lichou paritou
- Na závěr je přenesen Stop bit (vždy 1), jehož délka může být 1, 1,5 nebo 2 délky bitového intervalu
- Počet datových bitů nesmí být příliš vysoký, aby nedošlo ke ztrátě synchronizace mezi vysílající a přijímající stranou

# Sériový port (4)

- Parametry komunikace prostřednictvím sériového portu:
  - rychlost:
    - počet bitů vysílaných za jednu sekundu
    - např. 110, 300, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600
  - počet datových bitů: 4, 5, 6, 7, 8
  - parita: sudá, lichá, popř. žádná
  - délka stop bitu: 1; 1,5; 2
- Sériové porty bývají z počítače většinou vyvedeny pomocí dvou 9kolíkových zástrček  
Canon

# Paralelní port (1)

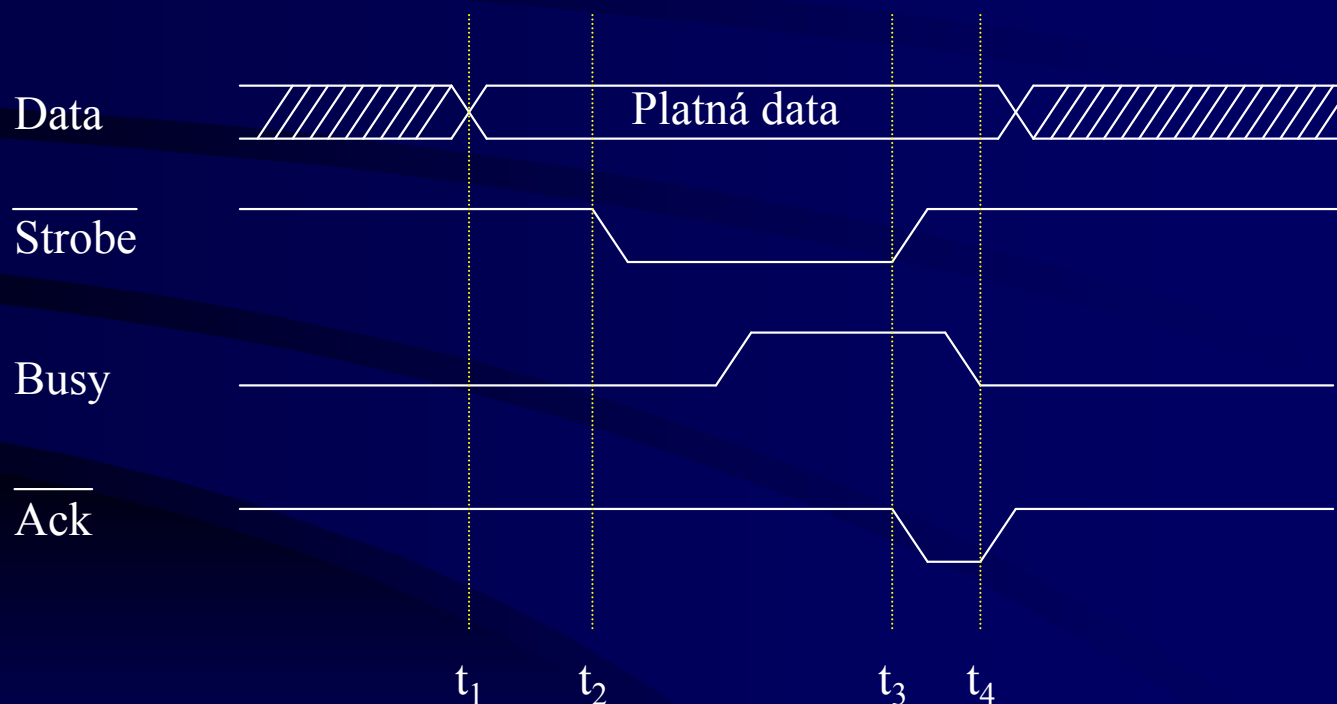
- Paralelní port měl původně sloužit jako alternativa k pomalejšímu sériovému portu pro připojování tehdejších výkonných jehličkových tiskáren
- Paralelní port používá:
  - 17 signálových vodičů:
    - **4 ovládací (control)**: přenáší signály z počítače do tiskárny (periferie):
      - **Strobe**: indikuje platnost dat na datových vodičích
      - **AutoFeed**: dává instrukci tiskárně, aby automaticky vkládala LF za každý CR
      - **SelectIn**: indikuje, že tiskárna byla zvolena
      - **Init**: používá se pro RESET (inicializaci) tiskárny

# Paralelní port (2)

- **5 stavových (status)**: přenáší signály z tiskárny (periferie) do počítače:
  - **Ack** (Acknowledge): indikuje přijetí znaku (konec jeho tisku)
  - **Busy**: indikuje, že tiskárna je zaneprázdněna a že nemůže přijímat data
  - **PE** (Paper Empty): indikuje, že tiskárna nemá papír
  - **Select**: indikuje, že tiskárna je připravena k činnosti (on-line)
  - **Error**: indikuje vznik chyby
- **8 datových (data)**: přenáší data z počítače do tiskárny
  - 8 zemnicích vodičů
- Paralelní port byl takto původně určen pro přenos dat pouze v jednom směru (počítač → tiskárna)

# Paralelní port (3)

- Komunikace mezi počítačem a tiskárnou pak probíhá podle následujícího diagramu:



# Paralelní port (4)

- Tento režim paralelního portu bývá označován jako **Centronics** (Compatibility mode, **SPP** - Standard Parallel Port)
- Přenosová rychlost paralelního portu v režimu SPP je cca 150 kB/s
- Později se objevují požadavky pro připojování i jiných periférií (HDD, CD-ROM, scanner atd.) prostřednictvím paralelního portu, které vyžadují přenos dat i opačným směrem



# Paralelní port (5)

- Přenos dat opačným směrem (periferie → počítač) je možné realizovat:
  - přidáním reverzního režimu:
    - **Nibble Mode:**
      - pro přenos dat z periferie do počítače využívá stavové signály
      - jeden byte přenáší po čtveřicích bitů (nibble)
      - je realizovatelný prakticky na všech standardních paralelních portech
      - dovoluje přenos rychlostí zhruba 50 kB/s
    - **Byte Mode (Enhanced Bi-directional Port):**
      - pro přenos dat využívá datových vodičů
      - realizovatelný asi na 25 % dřívějších paralelních portů, které dovolují využít datové vodiče i pro opačný přenos dat

# Paralelní port (6)

– použitím obousměrných portů:

- **EPP** (Enhanced Parallel Port):

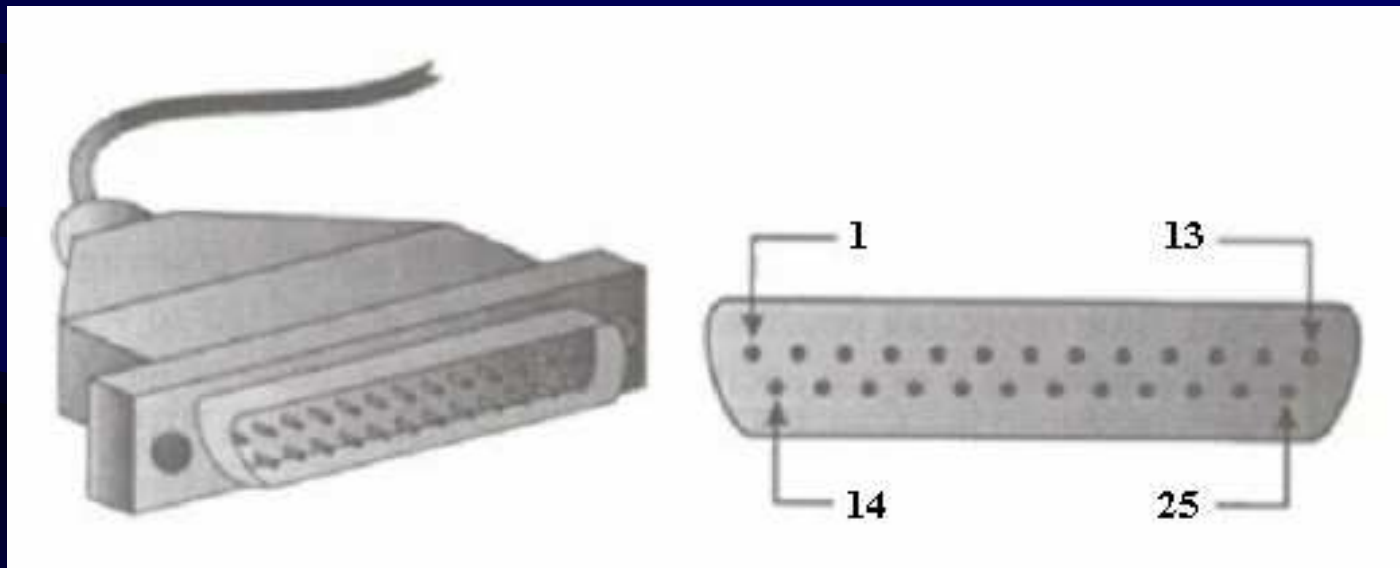
- navržen firmami Intel, Xircom a Zenith
- všechny datové přenosy probíhají během jednoho ISA cyklu
- dosahuje přenosových rychlostí (500 KB/s - 2 MB/s)
- připojené zařízení tak může pracovat na podobné úrovni jako zařízení připojené k ISA sběrnici
- určen k připojování zejména zařízení jako jsou HDD, CD-ROM, ZIP disky atd.

- **ECP** (Extended Capability Port):

- navržen firmami Hewlett Packard a Microsoft
- určen k připojování scannerů a výkonných (laserových) tiskáren
- poskytuje přenosovou rychlost nad 1MB/s

# Paralelní port (7)

- Paralelní port je z počítače vyveden prostřednictvím 25kolíkové zásuvky typu Canon



# Zvuková karta (1)

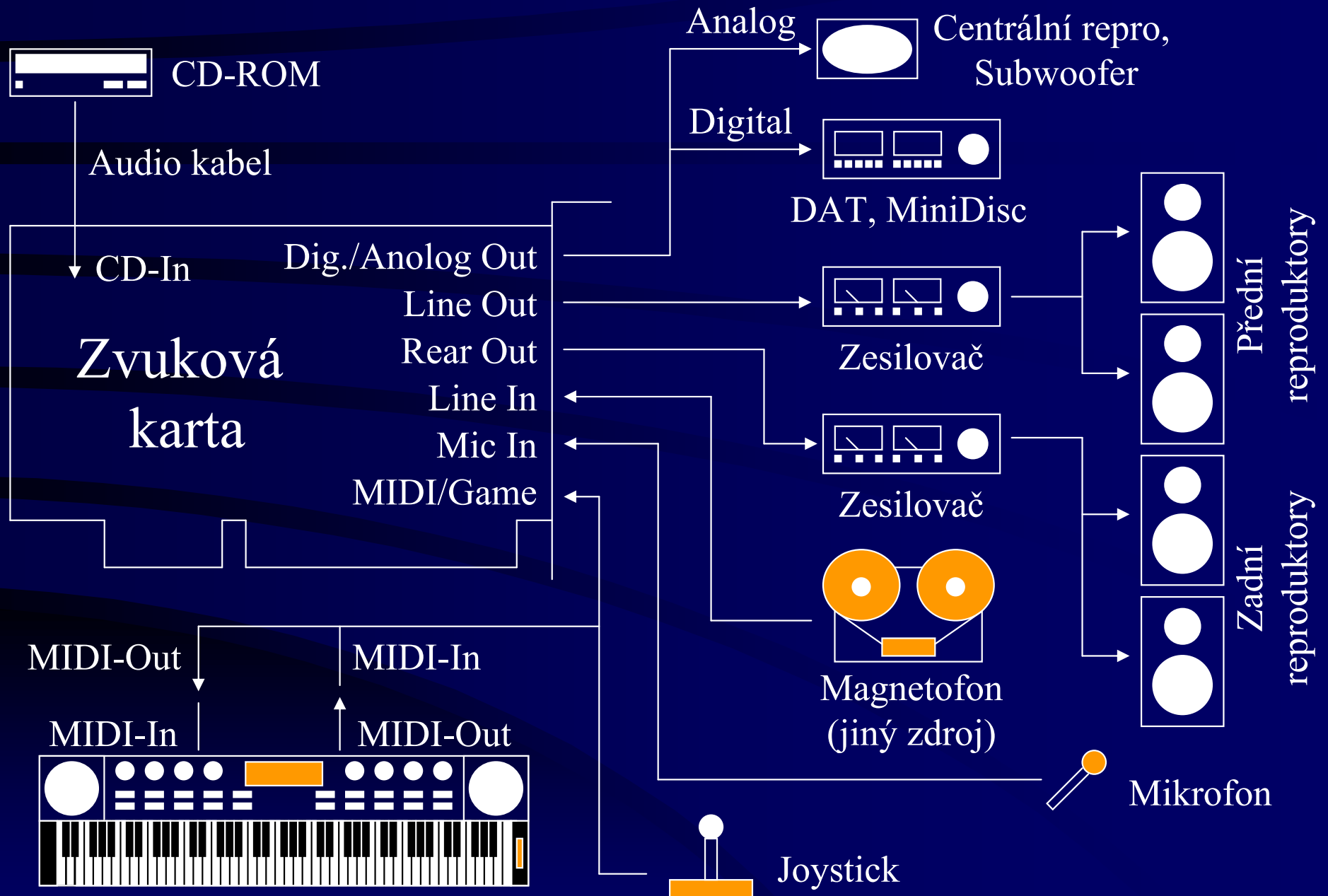
- Zvuková karta (sound card) je zařízení, které slouží k počítačovému zpracování zvuku
- Je určena zejména k záznamu zvuku a jeho zpětné reprodukci
- Ke zvukové kartě lze připojit např.:
  - sluchátka
  - reproduktory
  - zesilovač
  - mikrofon
  - externí zdroje (rádio, magnetofon, ...)

# Zvuková karta (2)

- elektronické hudební nástroje (např. elektronické varhany, syntetizátory apod.)
- Zvukové karty SoundBlaster:

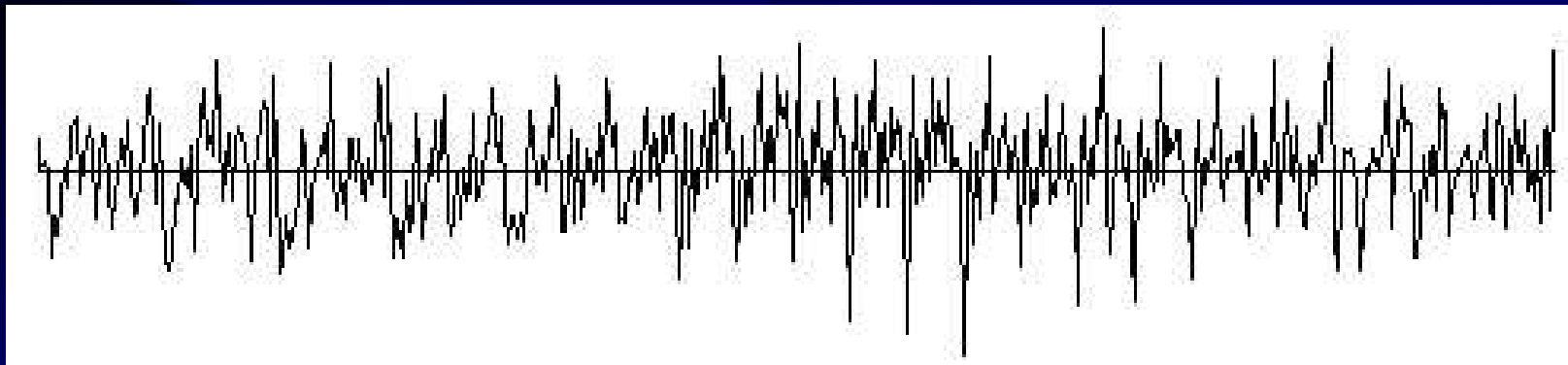


# Zvuková karta (3)



# Záznam analogového signálu (1)

- Typickými zdroji poskytujícími analogový signál jsou např. mikrofon, rádio, magnetofon, audio CD apod.
- Takovýto signál se skládá z vln (kmitů) o neustejném tlaku, který je vytvářen ve vzduchu hlasivkami, hudebními nástroji nebo přírodními silami





# Záznam analogového signálu (2)

- Počítač (jako digitální zařízení) není schopen analogový signál přímo (ve své původní podobě) uchovávat
- Analogový signál tedy musí být převeden na signál digitální
- Tento proces převodu bývá na zvukové kartě prováděn pomocí převodníku **ADC** (Analog to Digital Convertor)
- Převod se uskutečňuje metodou označovanou jako **vzorkování (sampling)**



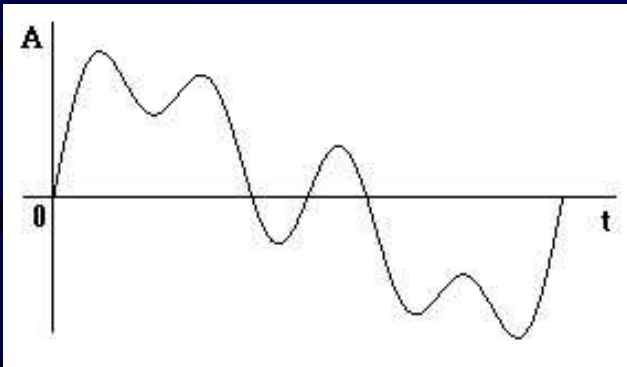
# Záznam analogového signálu (3)

- Vzorkování pracuje tak, že v každém časovém (pevně stanoveném) intervalu je zjištěn a zaznamenán aktuální stav signálu (tzv. **vzorek – sample**)
- Čím kratší je tento interval, tím vyšší je tzv. **vzorkovací frekvence**, tím více vzorků bude pořízeno a tím bude výsledný záznam kvalitnější (bude také pro své uložení vyžadovat větší kapacitu paměťového média)

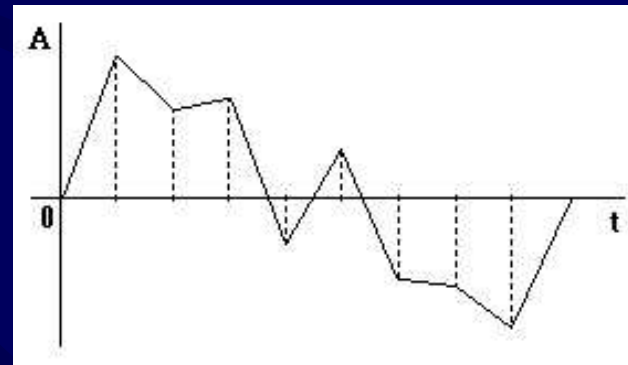
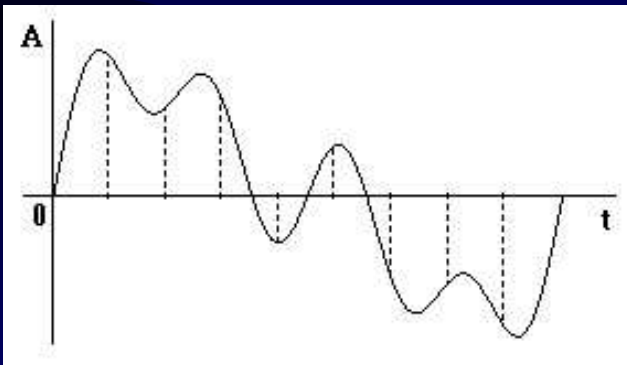
# Záznam analogového signálu (4)

- Příklad:

- původní analogový signál o délce 1 sekunda:

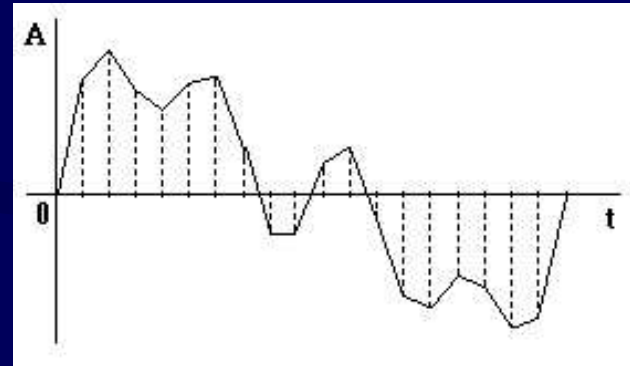
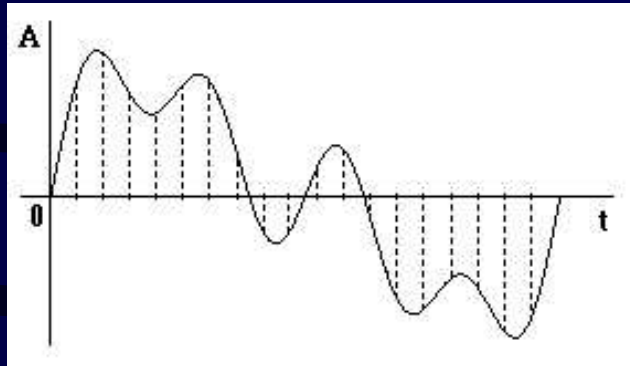


- vzorkování s  $f_v=10$  Hz a rekonstruovaný signál:



# Záznam analogového signálu (5)

– vzorkování s  $f_v=20$  Hz a rekonstruovaný signál:



- Hodnota vzorku je obecně reálné číslo, které má nekonečný desetinný rozvoj
- Takové reálné číslo však není možné (s nekonečnou přesností) v počítači uchovat

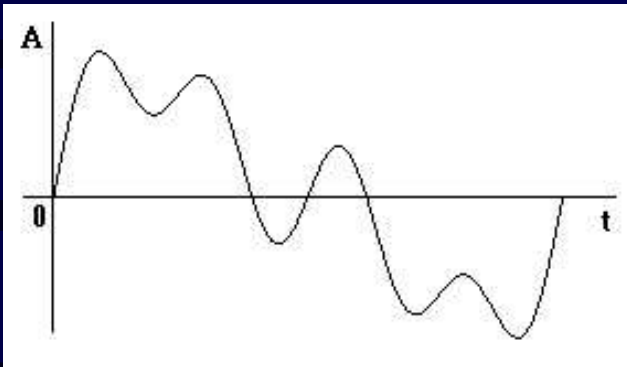
# Záznam analogového signálu (6)

- Je nezbytné, aby každý odebraný vzorek byl **kvantifikován**
- To znamená, že je nutné stanovit počet bitů pro uchování jednoho vzorku a tím i stanovit počet úrovní (tzv. **hloubku vzorkování**), které jsme schopni rozlišit
- Takto stanovený počet navzájem rozlišitelných úrovní mezi jednotlivými vzorky je dalším parametrem, který výrazně ovlivňuje kvalitu zaznamenaného signálu

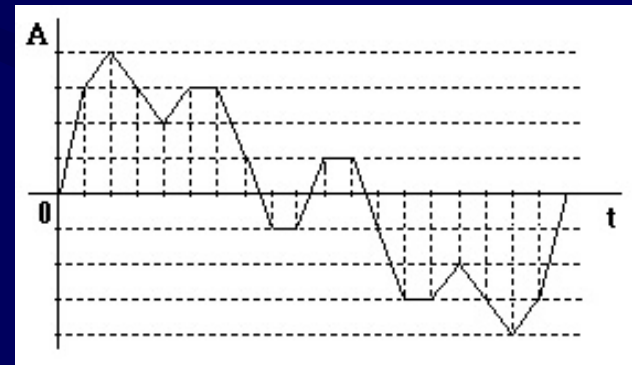
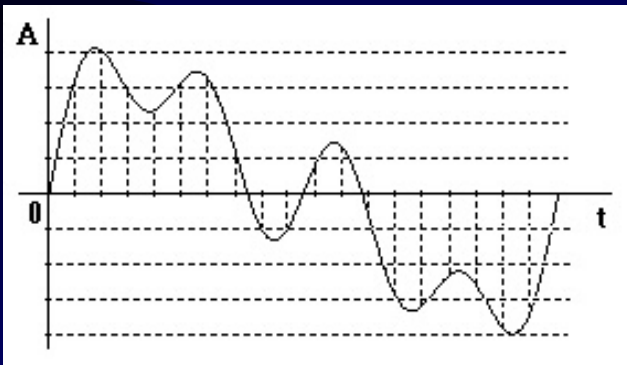
# Záznam analogového signálu (7)

- Příklad:

- původní analogový signál o délce 1 sekunda:

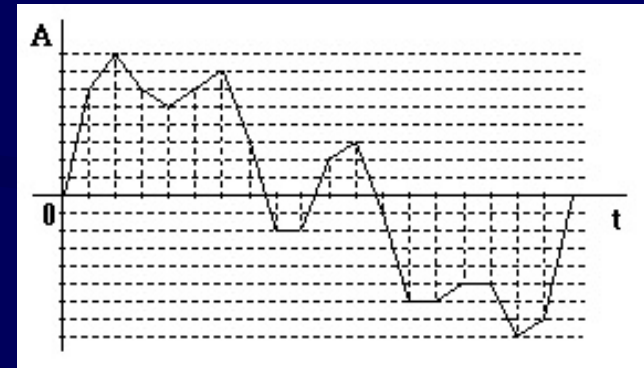
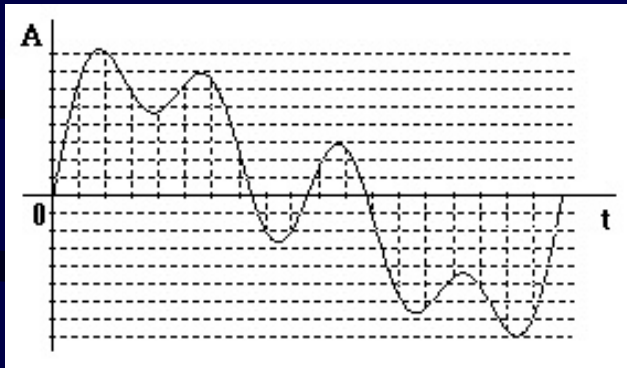


- kvantifikace do 9 úrovní a rekonstruovaný signál:



# Záznam analogového signálu (8)

- kvantifikace do 17 úrovní a rekonstruovaný signál:



# Záznam analogového signálu (9)

- Při záznamu analogového signálu se běžně rozlišují následující úrovně kvality:

Kvalita	Vzorkovací frekvence	Počet bitů na vzorek	Počet vzorků	Délka digitálního záznamu
Telephone Quality	11025 Hz	8	1-mono	11 kB/s
Radio Quality	22050 Hz	8	1-mono	22 kB/s
CD Quality	44100 Hz	16	2-stereo	172 kB/s

- Při záznamu tímto způsobem se využívá **Shannonovy vzorkovací věty**

# Záznam analogového signálu (10)

- Shannonova (Nyquistova) vzorkovací věta:
  - Signál spojitý v čase je plně určen posloupností vzorků odebíraných ve stejných intervalech, je-li jejich frekvence větší než dvojnásobek nejvyšší frekvence v signálu
- Lidské ucho vnímá zvuky ve frekvenčním rozsahu 16 Hz - 20 Hz až 16 kHz - 20 kHz  $\Rightarrow$  frekvence 44,1 kHz použitá pro CD kvalitu je (by měla být) dostačující



# Záznam analogového signálu (11)

- Z Shannonovy věty také vyplývá, že pokud dojde ke snížení vzorkovací frekvence, budou ve výsledném záznamu chybět vyšší frekvence, což se při přehrání projeví jako ztráta výšek
- Pro uložení takto zaznamenaného signálu do souboru se používá nejrůznějších standardních formátů, jako jsou např. **\*.wav**, **\*.voc**, **\*.aiff**, **\*.au** a další

# Záznam analogového signálu (12)

- Protože záznam tímto způsobem vede při vyšší kvalitě záznamu ke vzniku velmi dlouhých souborů, existují algoritmy dovolující provést **ztrátové komprese** (např. **ADPCM, MP3** apod.)
- Tyto algoritmy podstatným způsobem (pro lidské ucho) kvalitu výsledného záznamu neovlivní