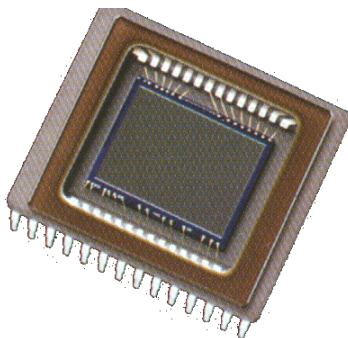


Digitalizace signálu (obraz, zvuk)

Základem pro digitalizaci obrazu je **převod světla na elektrické veličiny**.

K převodu světla na elektrické veličiny slouží např. čip **CCD**. Zkratka CCD znamená Charged Coupled Device - prvek s vázaným nábojem.



*Autoři prvního **CCD snímače (1970)**, fyzikové **George Smith a Willard Boyle** obdrželi polovinu Nobelovy ceny za fyziku pro rok 2009.*

Je to **polovodičový prvek, který při dopadu světelného záření získá elektrický náboj**. Čím je větší intenzita dopadajícího světla, tím větší je náboj. Tyto miniaturní polovodičové prvky jsou ve velkém množství (v jednotkách či desítkách milionů prvků) **pravidelně uspořádány do plošné struktury – destičky**. Ta zajišťuje akumulaci a přenos **nábojů z čipu k dalšímu zpracování**.

Pokud je takový čip umístěn za optickou soustavu (objektiv fotoaparátu), vznikne zařízení pro převod obrazu na elektrické veličiny – typicky **digitální fotoaparáty, videokamery, scannery či astronomické dalekohledy**.



V současnosti se za nízké ceny vyrábějí čipy CCD o ploše několika čtverečních milimetrů, na nichž je soustředěno až několik milionů prvků (říkáme např., **že náš foťák má 10 megapixelů – tedy cca 10 000 000 snímacích prvků**). Každý tento prvek si představme jako **obrazový bod neboli pixel**.

Princip digitalizace

Zvuk převedený do podoby elektrického napětí vypadá na grafu či obrazovce osciloskopu, kde svislá osa (Y) představuje napětí a vodorovná (X) čas, viz obr.



Pokud změříme okamžitou vzdálenost křivky (Y) od časové osy v co nejvíce pravidelně rozmístěných bodech osy X, máme řadu čísel, která umožní celý graf zpětně nakreslit.

Čím větší počet bodů bychom měřili, tím **přesnější** by byl záznam, a tedy i případná **zpětná rekonstrukce**.

Tomuto postupu se říká vzorkování (sampling), úroveň analogového signálu je **měřena** v pravidelných intervalech a **převáděna** do číselných veličin.

Počet těchto měření za sekundu je **vzorkovací (samplerovací) frekvence** - čím je vyšší, tím **věrnější zvuk** pak z počítače zase dostaneme. Vzorkovací frekvence se udává v počtech za sekundu, tedy **v hertzech**, v našem případě **v kilohertzech (kHz)**.

Výsledkem je dlouhá řada jedniček a nul vhodná pro ukládání a zpracování v počítači. U **digitalizace obrazu či videa** je to podobné - s tím rozdílem, že počítač musí v takovém případě zpracovávat **mnohonásobně větší množství dat než u zvuku** - tomu musí odpovídat výkon počítače - ne na každém počítači, který zvládá např. kancelářské programy lze upravovat video.

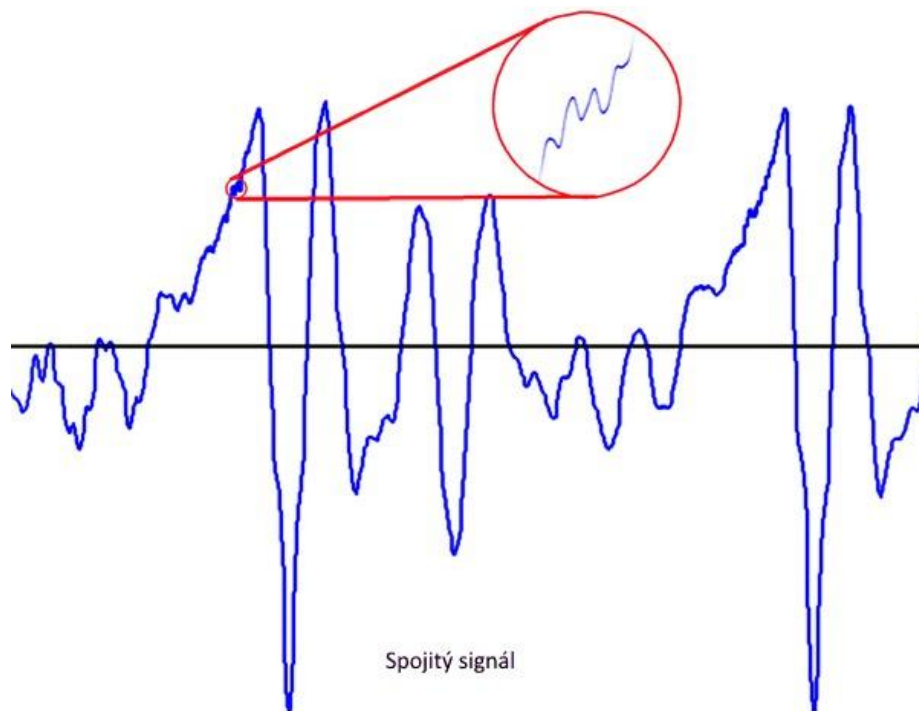
Převod spojitého (analogového) signálu na nespojitý (diskrétní) digitální signál se skládá ze dvou fází. Nejprve se provede **vzorkování** signálu, a potom následuje **kvantování**.

Vzorkování analogového signálu

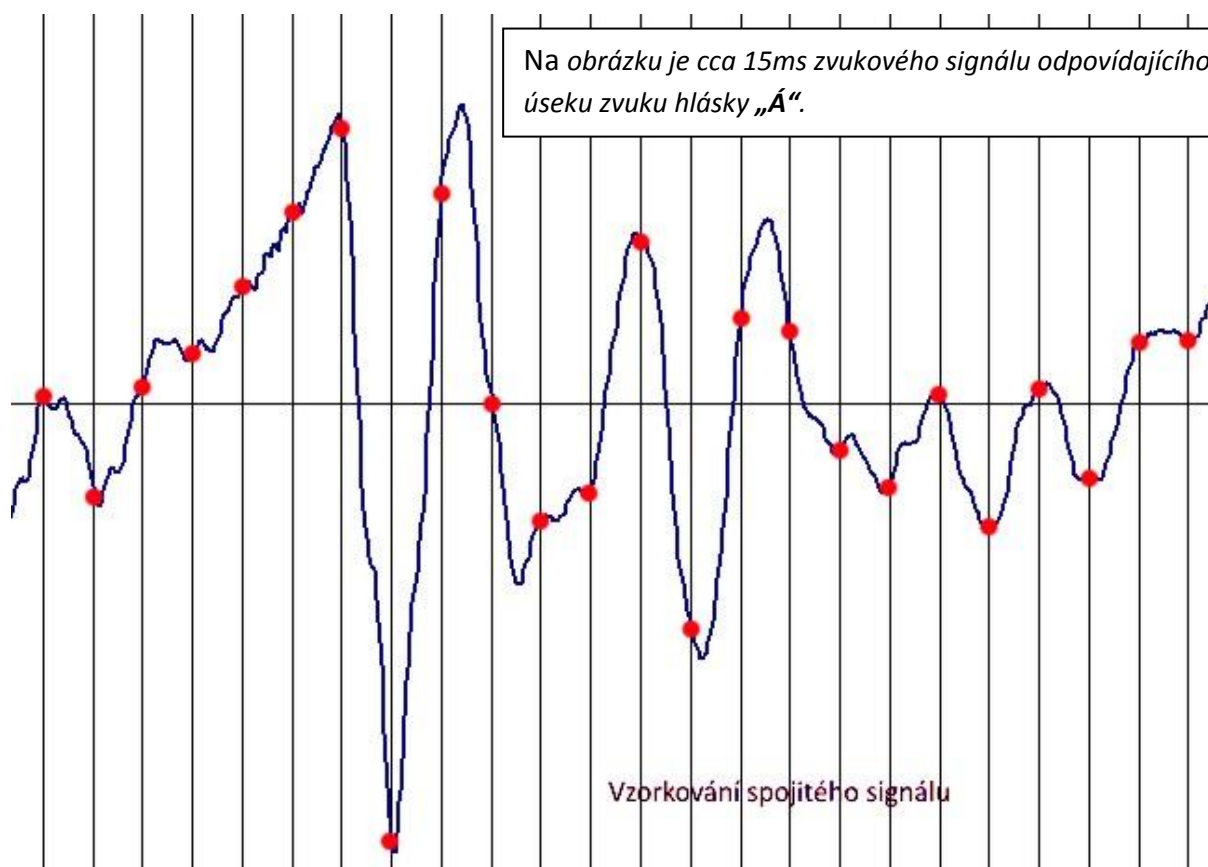
Čip CCD ovšem **dává analogový záznam obrazu** - tedy převod jeho jednotlivých bodů na různé hodnoty napětí, což je **pro počítač nesrozumitelné**. Proto je za obrazovým čipem zařazen **analogově-digitální převodník (A/D převodník)**. Jeho úkolem je převod analogových elektrických veličin na binární hodnoty. A/D převodníky se nepoužívají jen pro vstup obrazu, ale i zvuku a dalších analogových veličin.

Převod analogového záznamu na digitální se děje pomocí **tzv. vzorkování** neboli **samplingu**.

Ukázka spojitého signálu se zvětšeným detailem

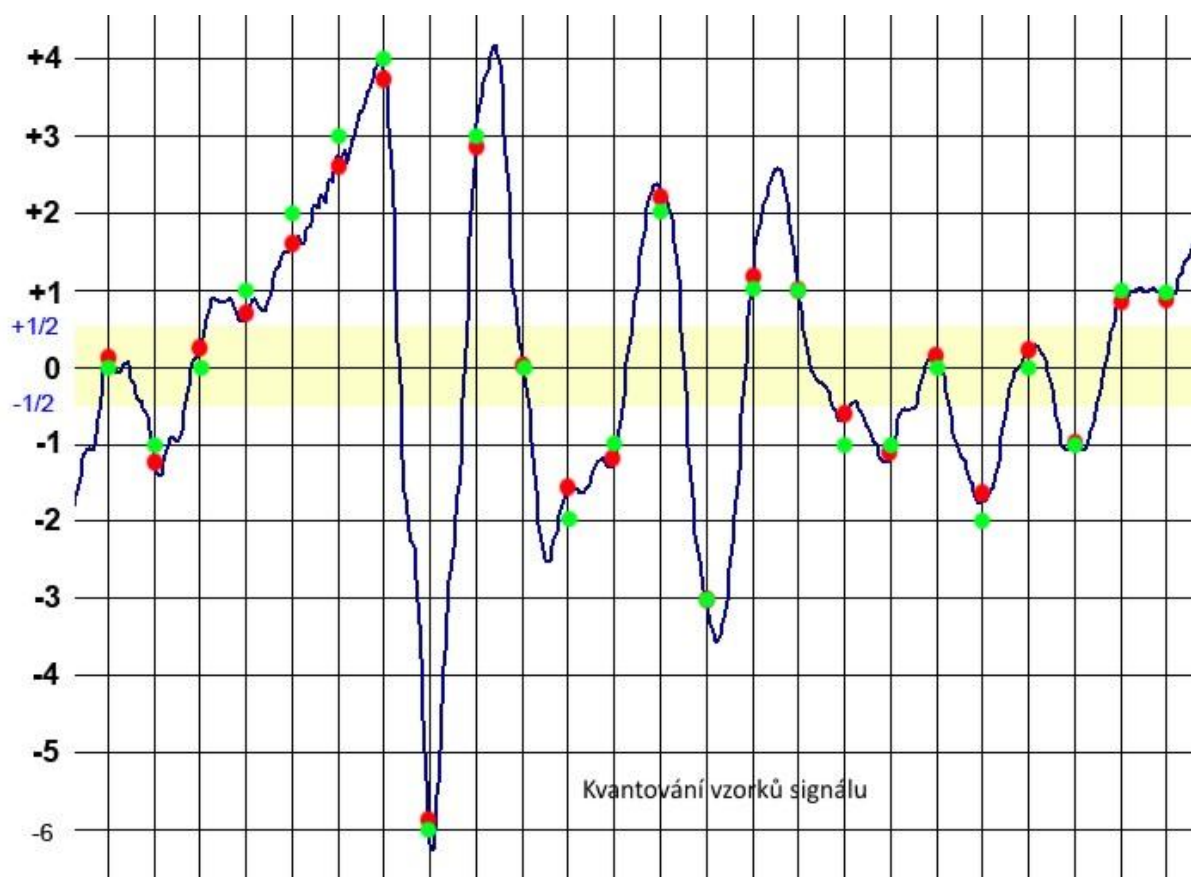


Úsek spojitého signálu se sice dá **donekonečna** zvětšovat a pozorovat tak jeho **nekonečně malé detaily**, ale protože počítače mají **pouze konečnou kapacitu paměti** a ani **nejsou nekonečně rychlé**, musíme se u reálného vzorkování při A/D převodu **omezit pouze na nezbytně nutné množství vzorků**, které budeme dále zpracovávat.



Vzorkování se provede tím způsobem, že rozdělíme vodorovnou osu signálu (v našem příkladu je na této ose čas) na rovnoměrné úseky a z každého úseku odebereme jeden vzorek (na obrázku jsou tyto vzorky znázorněny červenými kolečky). Je přitom zřejmé, že tak z původního signálu ztratíme mnoho detailů, protože **namísto spojitě čáry**, kterou lze donekonečna zvětšovat dostáváme **pouze množinu diskrétních bodů** s intervalem odpovídajícím použité vzorkovací frekvenci. **Například u záznamu hudby ve formátu MP3 je použita vzorkovací frekvence 44,1kHz.**

Kvantování vzorků signálu



Vzhledem k tomu, že počítače umí vyjádřit čísla pouze **s omezenou přesností**, je třeba navzorkované hodnoty **upravit i na svislé ose**. Protože se hodnota vzorku dá vyjádřit pouze po určitých kvantech, nazýváme tuto fázi A/D převodu **kvantování**.

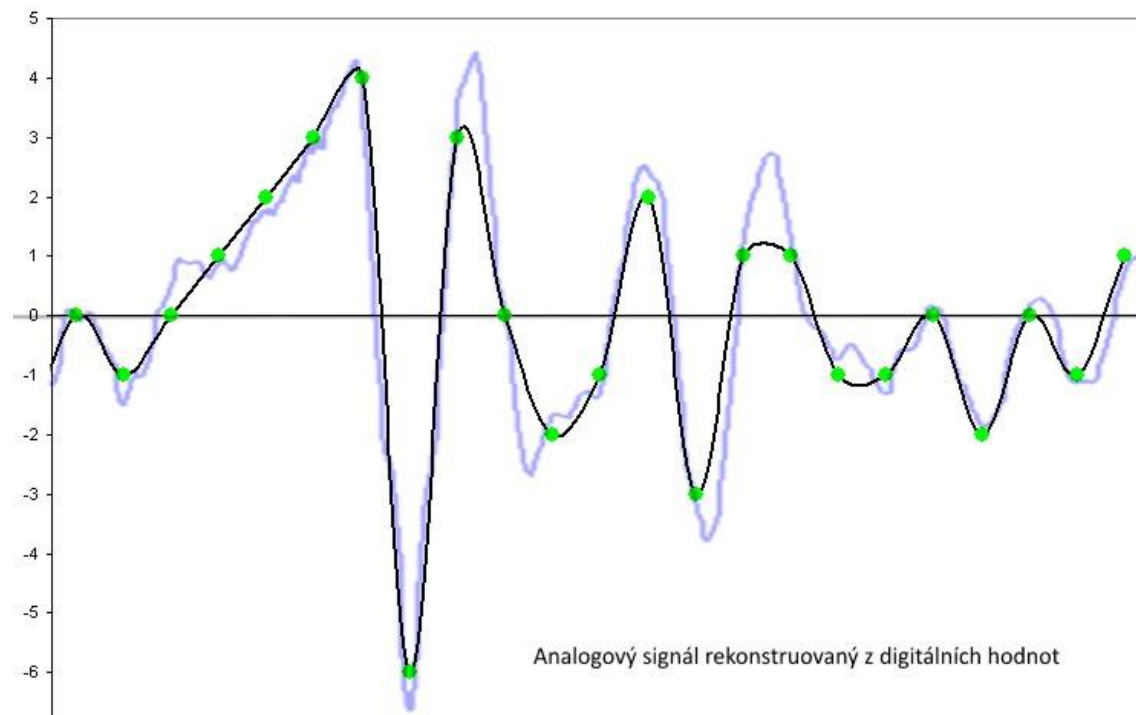
Na obrázku může veličina na svislé ose například **nabývat pouze celočíselných hodnot**. Aby bylo možné určit, které hodnoty má po kvantování nabývat určitý vzorek, je třeba **rozdělit prostor kolem jednotlivých hodnot na toleranční pásy** (jeden takový pás je naznačen kolem hodnoty 0).

Kterémukoliv vzorku, který padne do daného tolerančního pásu, je při kvantování přiřazena daná hodnota. Kvantované hodnoty jsou na obrázku naznačeny zelenými kolečky. Jak je vidět, **kvantované hodnoty se ve většině případů liší od skutečných navzorkovaných hodnot**. Velikost kvantizační chyby je vzdálenost mezi kvantovanými a původními navzorkovanými body, na obrázku ji vyjadřují délky pomyslných úsečky mezi červenými a zelenými kolečky. Velikost této chyby se pohybuje v intervalu +1/2 až -1/2 kvantizační úrovně.

D/A převodník

Počítačové prvky s opačnou funkcí, tedy **digitálně-analogové (D/A) převodníky** najdeme **obvykle na výstupech z počítače**. Slouží pro zpětný převod digitálního signálu do podoby vhodné pro analogová zařízení. Například zvuk je v počítači zaznamenán v podobě řady čísel, **reproduktory či sluchátka** však ke své práci **potřebují spojitý, tedy analogový signál**.

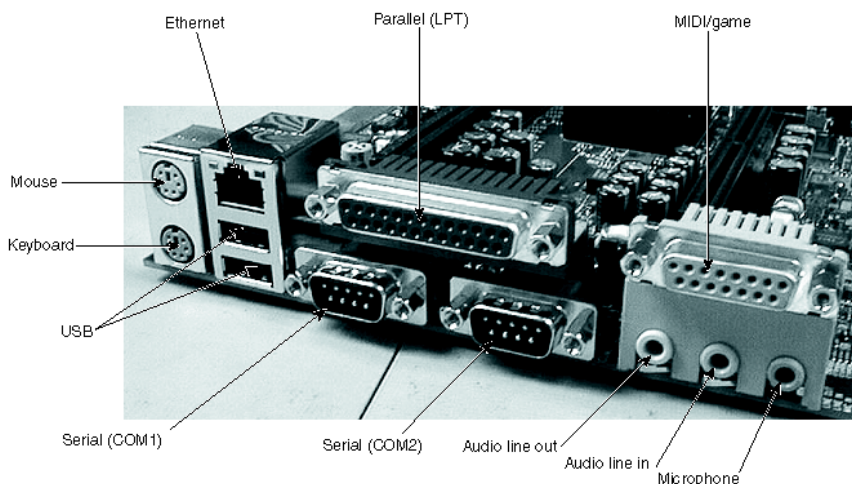
Signál zpětně převedený z digitální podoby do analogové nemůže přesně odpovídat původnímu signálu. Černá čára na obrázku znázorňuje zpětným D/A převodem zrekonstruovaný analogový signál, zatímco modrá čára je původní analogový signál, ze kterého byl A/D převodníkem získán signál digitální (zelená kolečka).



Stejně to je při počítačovém zpracování videa - analogový záznam videokamery je převeden na digitální a po úpravách (střih atd.) opět pomocí D/A převedeme zpět na analogový videosignál, např. pro připojení kamery k sledování v TV.

V praxi jsou funkce A/D a D/A převodníku obsaženy **na tzv. kartách**, které se do počítače přidávají, když na něm chcete zpracovávat zvuk, obraz, video, televizní či rozhlasový signál – **mluvíme o tzv. zvukových či grafických kartách**.

Všechny **vstupní a výstupní konektory** jsou pak obvykle soustředěny právě na příslušné **kartě** nebo na **externích zařízeních** s touto kartou spjatých.



Rozdíl mezi analogovým a digitálním záznamem

Počítače pracují s **dvojkovou (binární) informací**, obraz a zvuk určený ke zpracování (stříhu) obrazu a zvuku na počítači je nutno do této formy **převést**.

Rozdíl mezi analogovým (např. klasická gramofonová deska) a digitálním (CD, DVD...) záznamem informace spočívá v tom, že u digitálního záznamu se signál nezaznamenává na nosič přímo, ale nejdříve se převede na číselné hodnoty a teprve ty se uchovávají.

Nic v přírodě není digitální a všechny tyto analogové vstupní údaje je nutno do počítače dostat v dvojkové formě, tedy je digitalizovat.

U obrazu se zaznamenávají informace o optických vlastnostech jeho jednotlivých bodů pixelů, tedy o jasu a barvě. Čím větší množství obrazových bodů jsme takto popsali a uložili na nosič, tím více se záznam blíží originálu.

Objem záznamu (velikost v MB nebo jiných jednotkách) je tedy většinou významným ukazatelem jeho kvality. Princip digitálního záznamu **řeší mnoho problémů analogového záznamu – hlavními výhodami digitálního signálu je:**

- **trvanlivost a stabilita informací při kopírování.** Nepřevádějí se analogové veličiny, které ze samé své podstaty nabírají další šum a zkreslení, ale čísla. A na nich není co změnit – tedy každé přehrání magnetofonové kazety je vlastně originální zvukový jev, stejně tak kvalita kopií kazety se postupně zhoršuje. Naproti tomu 30tá kopie CD je stejně kvalitní jako ta první.
- analogový signál převedený na čísla **lze dále matematicky zpracovat.** Pokud mám k dispozici dost výkonný počítač, mám k dispozici i neuvěřitelné množství úprav obrazu.

Předností analogového záznamu je především jeho jednoduchost a větší dynamické přenosové pásmo - analogové zvukové záznamové systémy jsou schopny nahrát skladby s velkou dynamikou věrněji a lépe než systémy digitální (např. záznam na gramofonovou desku).

Komprese dat (komprimace dat)

Jedním z největších problémů digitalizace je nutnost zpracovávat a uchovávat neobvykle velká množství dat.

Tato potíž se objevuje **už u digitální fotografie**, avšak mnohem **markantnější je při práci s pohyblivým obrazem**, tedy u digitálního videa. Není-li k dispozici dostatečná kapacita pro zpracování stávajícího objemu dat, je nutné tento objem snížit. To se děje metodou zvanou **komprese**.

Základní princip vychází z faktu, že v každém souboru je poměrně velký podíl informace vyjádřen způsobem, který není úsporný. Počítačové soubory jsou už ze své binární podstaty značně velké, **například** dlouhá rovná černá čára bude zaznamenána ve formě, kterou lze při troše zjednodušení přeložit asi takto: černá tečka, černá tečka, černá tečka, černá tečka--- a tak pořád dál, třeba i několik stránek.

Přitom naprosto totéž lze vyjádřit mnohem kratším zápisem: 200 x černá tečka. To samozřejmě platí v ještě větší míře pro velké jednobarevné plochy.

Uvedený příklad s přímkou je **metoda bezeztrátové komprese**. To znamená, že se při změně zápisu nic neztratilo a po dekomprimaci získáme původní informaci ve zcela nezměněné podobě. Někdy ovšem bezeztrátová

komprese nestačí a je nutné objem dat snižovat dál- i za cenu toho, **že po opětovném "rozbalení"** už nebudou data kompletní (**ztrátová komprese**).

Kompresní poměr je podíl velikosti původních dat k velikosti komprimovaných dat. Například při kompresi 10MB souboru do 2MB je poměr $10/2 = 5$ (tj. 5 : 1 – pět ku jedné, pětkrát zmenšeno). Kompresní poměr je **ovlivněn volbou kompresního algoritmu i typem komprimovaných dat**.

Čím je větší, tím větší také bývají ztráty na kvalitě - obraz obsahuje například méně detailů, které však člověk vnímá jen okrajově, což lze za určitých okolností považovat za přijatelné.

Úspora místa je vyjádřena jako 1 – opačný poměr, v našem případě $1 - 2/10 = 0,8$ (tj. 80% úspora).

Například **nekomprimované skladby na Audio CD** mají **datový tok přibližně 1,35 Mb/s**, zatímco **komprimované zvukové soubory** (např. moderní formát AAC podporovaný přehrávačem Apple iPod či všeobecně známý formát MP3) mají **typicky 128 Kb/s**.

Kompresní poměr je tedy asi 11 a úspora datového toku přibližně 90 %.

Jedná se o ztrátovou kompresi, pro bezztrátovou kompresi jsou (pro stejný typ dat) typické poměry do 2 : 1.

Kompresi lze provádět jak hardwarovými prostředky (**speciálními čipy na kartách pro zpracování obrazu**), tak **softwarovými metodami využívajícími výkon vlastního centrálního procesoru počítače (CPU)**. Hardwarové prostředky pochopitelně systém zatěžují méně, jsou tedy rychlejší, ale většinou dražší.

Metody komprese jsou samozřejmě podstatně složitější než příklad s opakováním bodů přímky. **Pro kompresi počítačových dat existuje řada matematických metod**, a tedy i příslušných hardwarových čipů nebo programů (těm se někdy říká **kodek**). Specializovaný čip (kodek) je schopen provádět co nejrychleji požadovaný úkol (tedy kompresi a dekompresi obrazových dat), protože na rozdíl od centrálního procesoru počítače byl pro tuto činnost navržen a optimalizován.

Existuje několik obecných standardů souvisejících s metodami komprese, které se v různých oblastech práce s digitálním obrazem staly normami.

Zdroj: [Wikipedie](#)