

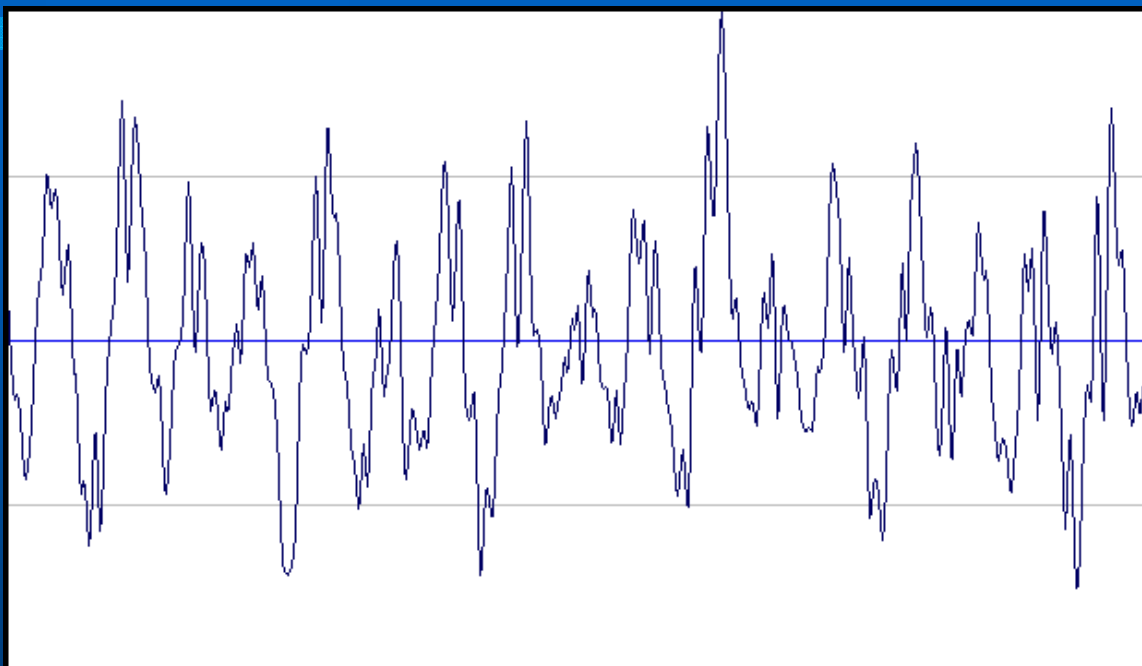
Digitální kódování akustického a video signálu

Užitá elektronika ... KMT/UE
Pavel Kratochvíl
prezentace převzata od doc. Raunera

CD záznam zvuku

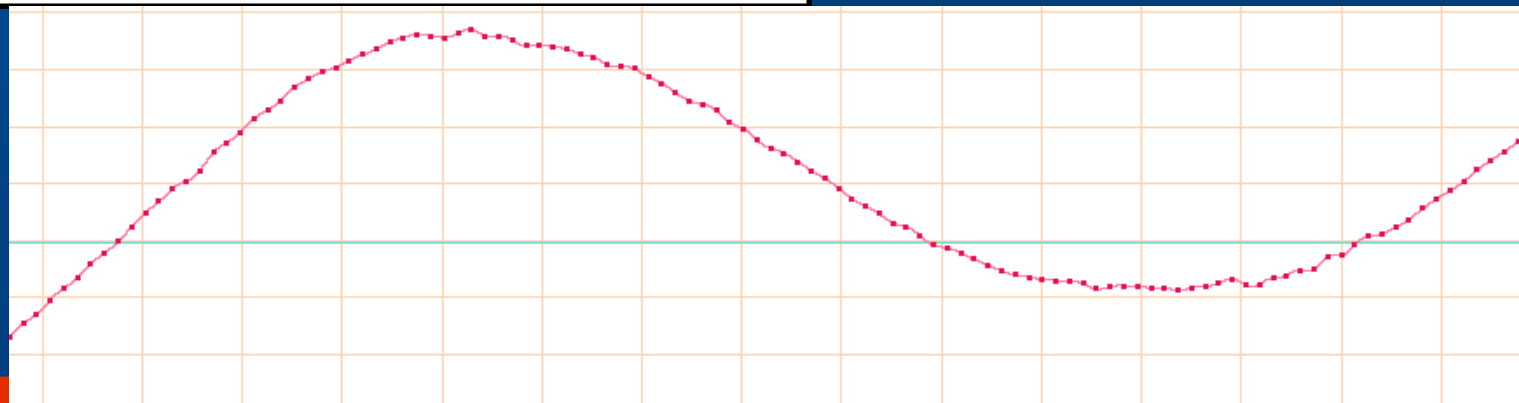
akustický signál – zásadně analogová veličina

časový průběh elektroakustického signálu

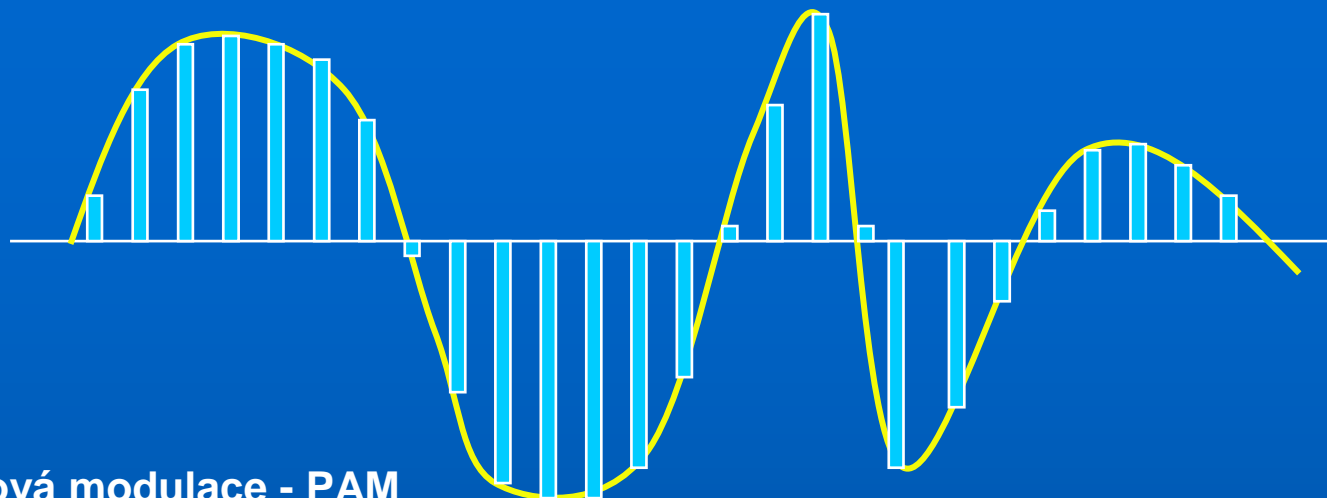


způsob digitalizace: vzorkování

= měření a záznam velikosti napětí
na mikrofону v pravidelných
časových intervalech



CD záznam zvuku



pulsní amplitudová modulace - PAM

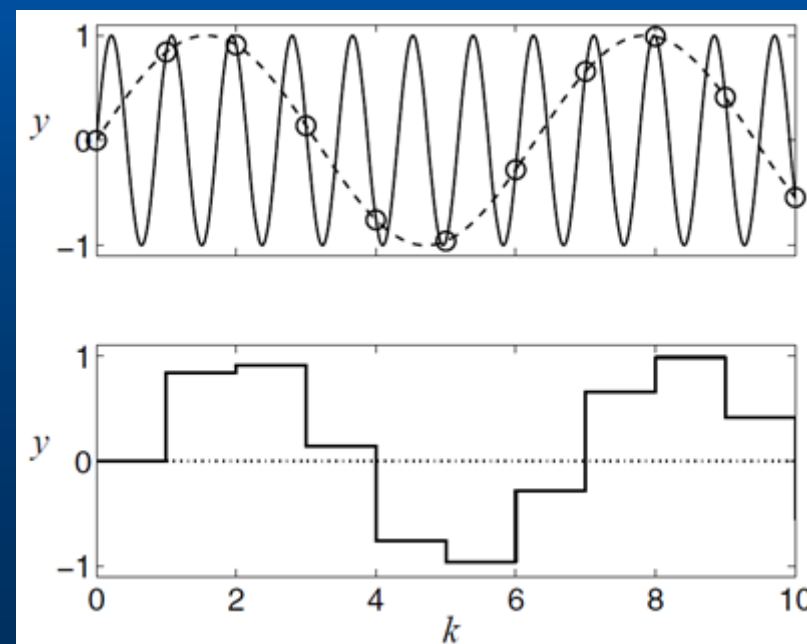
= audio signál převeden na posloupnost analogových čísel vyjadřujících akustickou výchylku v pravidelných časových intervalech

Jak často vzorkovat?

Shannon-Kotělnikovův teorém – na jednu periodu musí připadnout více než 2 vzorky

akustický signál 20 Hz – 20 kHz, z toho plyne frekvence vzorkování větší než 40 kHz, používá se 44,1 kHz

kdyby to bylo méně:



CD záznam zvuku

Posloupnost analogových čísel je třeba převést na posloupnost digitálních čísel
= nutná kvantizace → zaokrouhlení původních hodnot

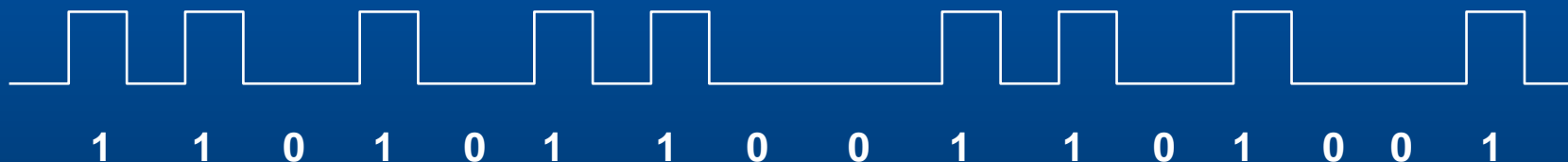
Jak přesně měřit výšku impulsu?

Dynamika akustického signálu, odstup šumu – požadavek 96 dB → 16 bitů

Rozlišení $2^{16} = 65\,536$ úrovní - výška impulsů od 0 do $\pm 32\,768$

po převodu analogového signálu na PAM následuje převod na PCM
(pulsně kódovaná modulace)

= každý impuls se převede na 16bitové binární číslo



1101011001101001 – první 1 = kladný impuls, výška $2^{14} + 2^{12} + 2^{10} + 2^9 + 2^6 + 2^5 + 2^3 + 2^0 = 22\,121$

porovnání parametrů analogové desky a CD:

- odstup signál-šum: 50 x 96 dB
- zkreslení: 0,1% x 0,002 % *Tato čísla se neučit*
- přeslech 30 dB x 96 dB
- kolísání: 0,1 % x 0,000 000 1 % (řízeno krystalem)

CD záznam zvuku

nebezpečí digitálního kódování:

- přemodulovatelnost: musím zajistit, aby největší amplituda na např. hodinovém záznamu odpovídala maximálně 2^{15} ;
jakmile by byla větší dojde k „seříznutí“ signálu
- granulační šum: ve velmi tichých pasážích (-60 dB) mám k dispozici jen 2^5 bitů, tj. 16 úrovní, to znamená dynamiku jen 30 dB, na hlasitosti se objevuje jisté schodování – granulace
- aliasing: pokud se v akustickém signálu objeví frekvence f větší než vzorkovací f_{vz} , objeví se to při zpětném převodu jako frekvence $f - f_{vz}$; ve zvuku se objevují pazvuky
[audio signál běžně obsahuje i vyšší frekvence než je schopný lidský sluch zachytit - původně neslyšitelná frekvence se po zakódování a dekodování (při nesplnění požadavku Shannon-Kotělnikovova teorému) projeví jako slyšitelný pazvuk → nutnost odfiltrovat při kódování neslyšitelné frekvence]

CD záznam zvuku

dekódování:

PCM – PAM pomocí D/A převodníku, vyhlazení velmi ostrým filtrem typu dolní propust na 20 kHz – nejnáročnější část prvních CD přehrávačů

pozor: PCM není zdaleka to, co se ukládá na CD

při náhodné chybě (například vynechání jednoho bitu) by docházelo k lavinovitě se vyvíjející chybě, který by zvuk totálně zdemolovala

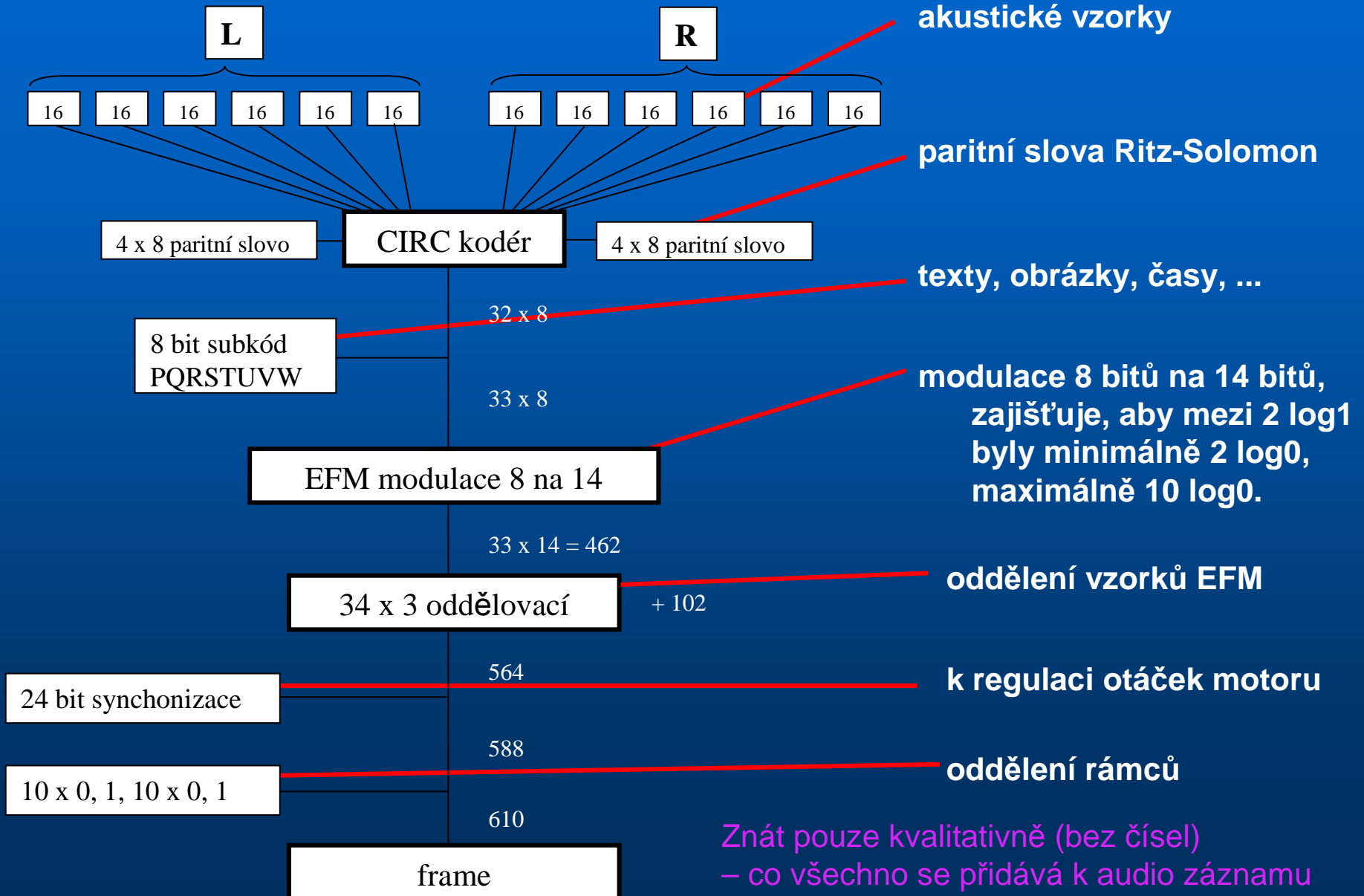
navíc se musí zaznamenávat střídavě pravý a levý kanál stereofonního záznamu, musí tedy být nějaká paměť

ukládají se také přídatné bity samoopravného kódu (Reed-Solomonův kód), který umožňuje dokonalou resuscitaci až 2500 po sobě jdoucích bitů (2,4 mm stopy)

není to zdaleka jediné opatření proti chybám, do 12 000 bitů (8,5 mm) se dopočítává interpolací – to již není dokonalá restituce, pro výsledný akustický signál je to však bez subjektivních vjemů (pro CD ROM nepoužitelné)

na CD se navíc ukládají další textové a obrazové informace

Na CD se ukládají informace v podobě rámců – frame. Jeden rámeček obsahuje 6 vzorků pro levý a 6 vzorků pro pravý stereokanal.



CIRC kodér – rozdělení bitů na sudé a liché, přeuspořádání:

L1 I1 R1 r1 L2 I2 R2 r2 L3 I3 R3 r3 L4 I4 R4 r4 L5 I5 R5 r5 L6 I6 R6 r6

(L1, R1 = sudá 8 bitová část 16 bitového slova; I1, r1 = lichá 8 bitová část 16 bitového slova)

rámcová frekvence: $44,1:6 = 7,35$ kHz

informační tok: $7\ 350 \times 610 = 4\ 483\ 500$ bit/s

Čísla se neučit

na 1 hodinu záznamu je třeba $3600 \times 4\ 483\ 500 = 16\ 140\ 600\ 000$ bitů = 16Gb = 2GB

v paměti se uchovává 41 rámců

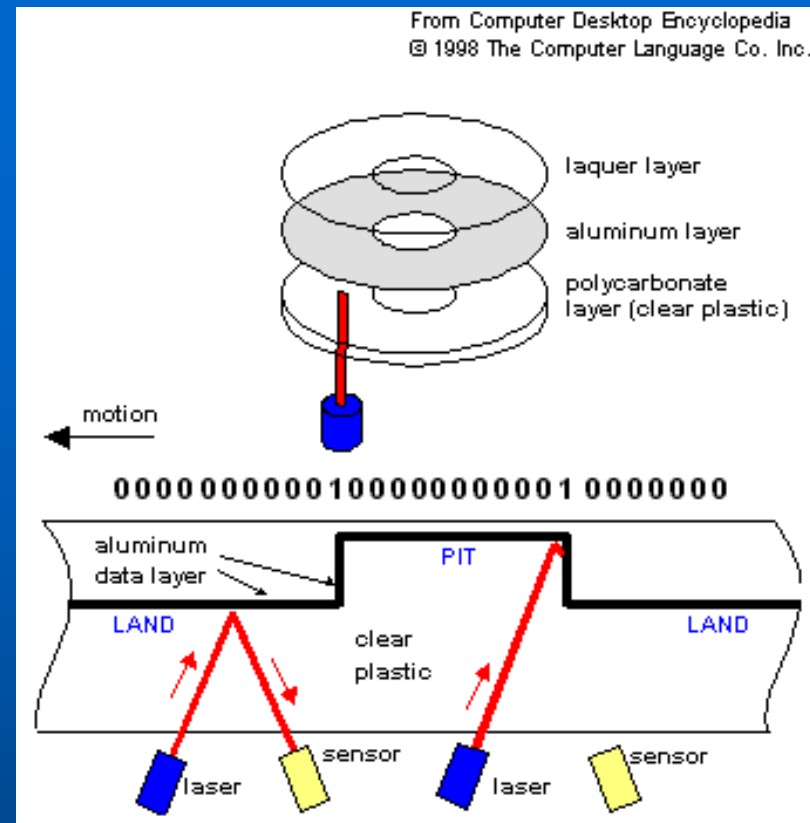
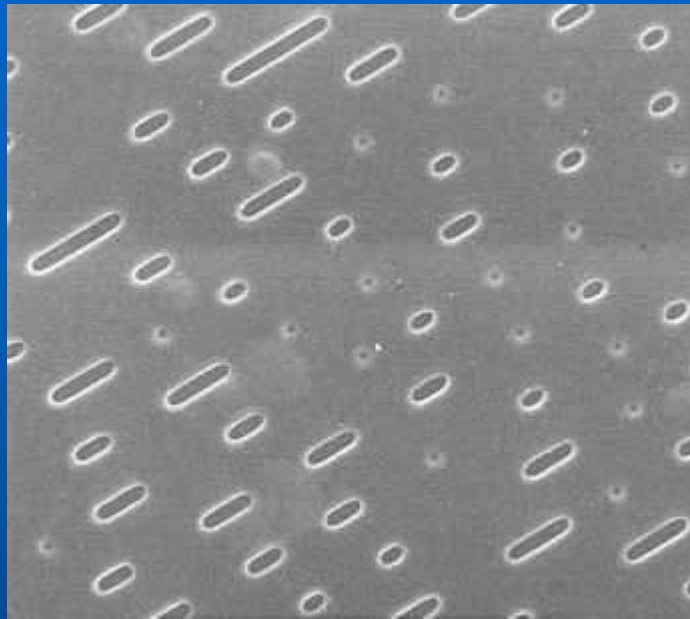
subkód:

P – pauza mezi skladbami, vypnutí po přehrání,

Q – identifikační číslo desky, čas skladby, čas od začátku desky, pořadí skladby pro výběrové přehrávání

RSTUVW – texty skladeb v několika jazycích, obrázky, notová osnova základní melodie, ...

Jak se tyto informace ukládají na CD?



T3		833 nm	1001
T4		1111 nm	10001
T5		1388 nm	100001
T6		1666 nm	1000001
T7		1944 nm	10000001
T8		2221 nm	100000001
T9		2499 nm	1000000001
T10		2777 nm	10000000001
T11		3054 nm	100000000001

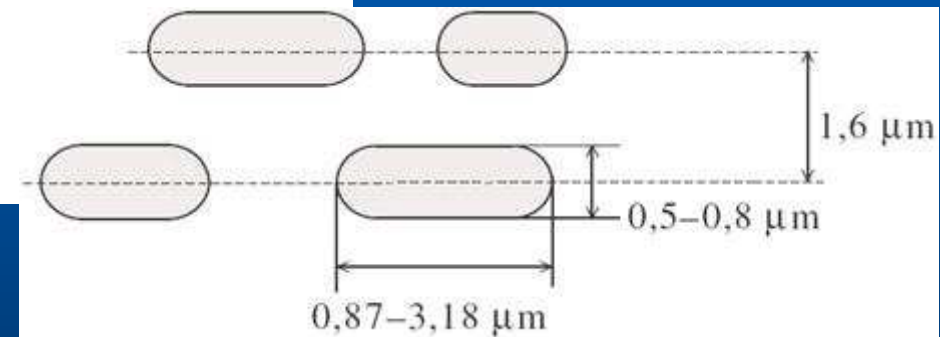
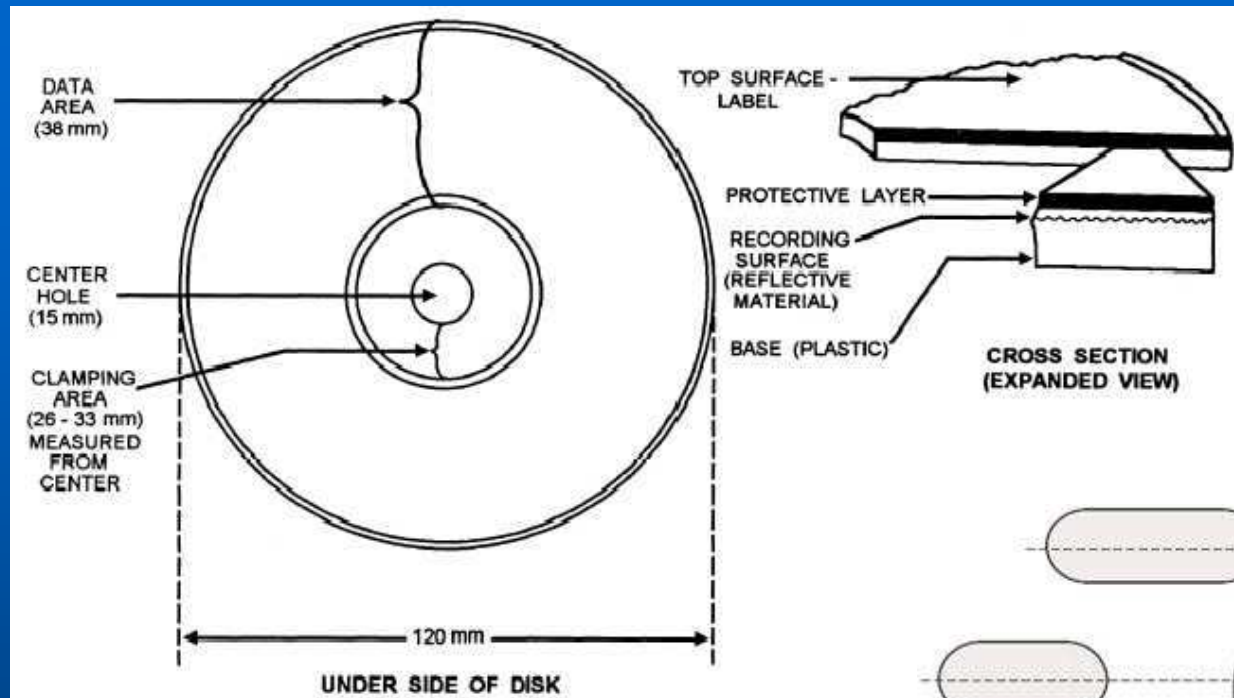
Note: this is at 1.2 m/sec,
with a channel bit size of 277.662 nm

GN

logická 1 – každá změna,
logická 0 – stejná úroveň jako předchozí

omezený počet nul – pro dobré vedení laseru po stopě

CD – 1982 Phillips a Sony



120 mm, střed 15 mm, tloušťka 1,2 mm

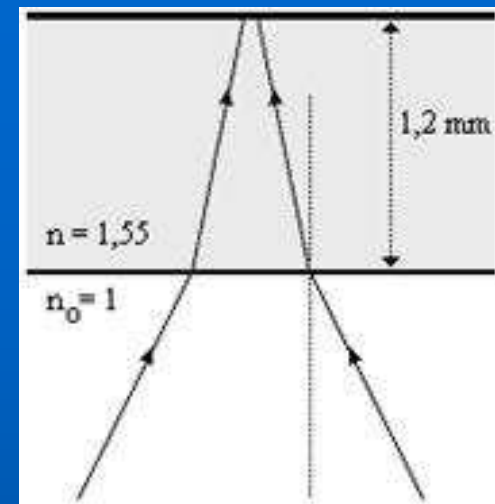
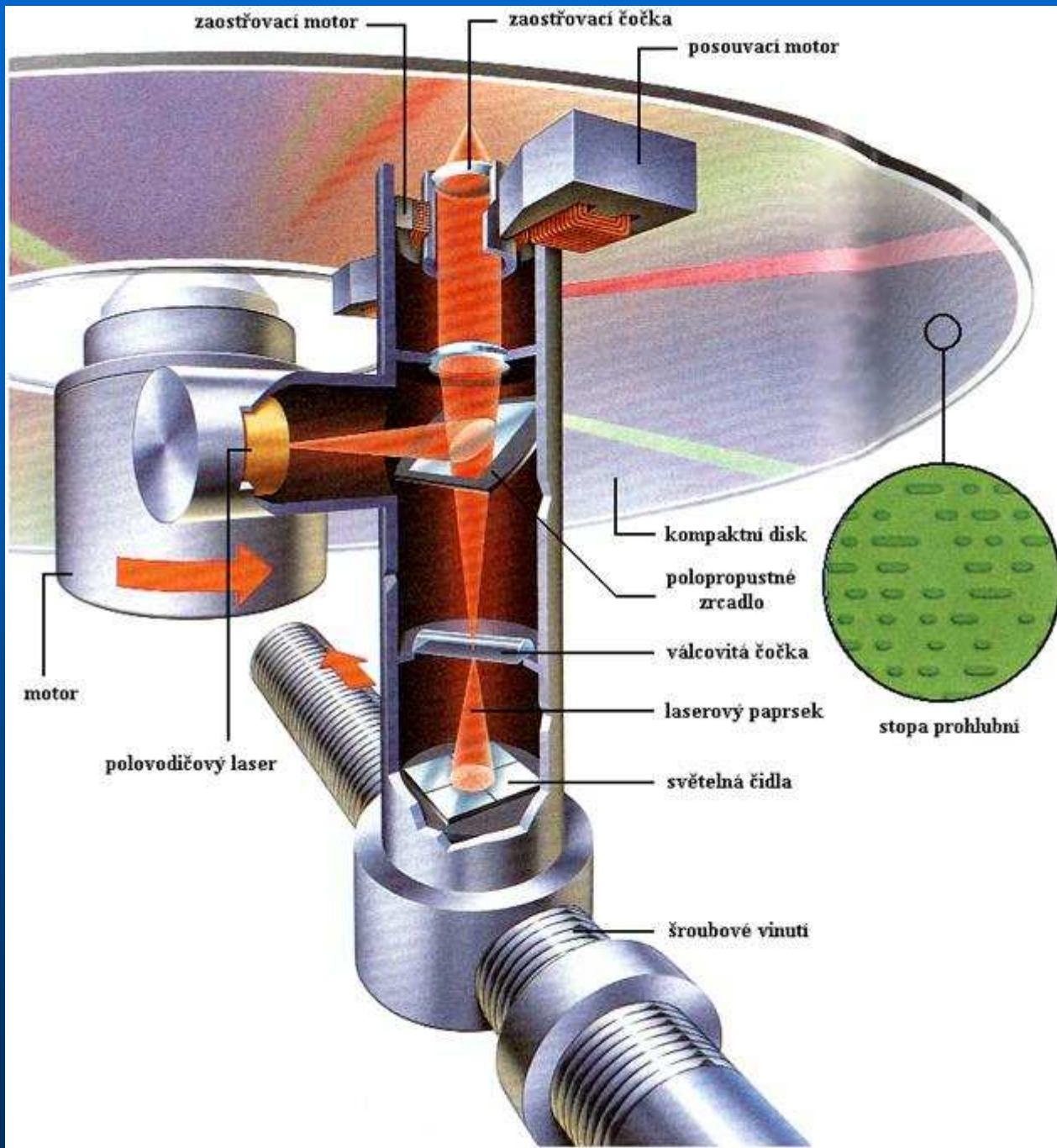
optická vrstva – akrylové sklo

přehrávání zevnitř ven, hustota záznamu na 1 CD konstantní, to znamená, že rychlost otáčení postupně klesá, postupná rychlost u různých CD 1,2 – 1,4 m/s, 1 cm je méně než 0,01 s

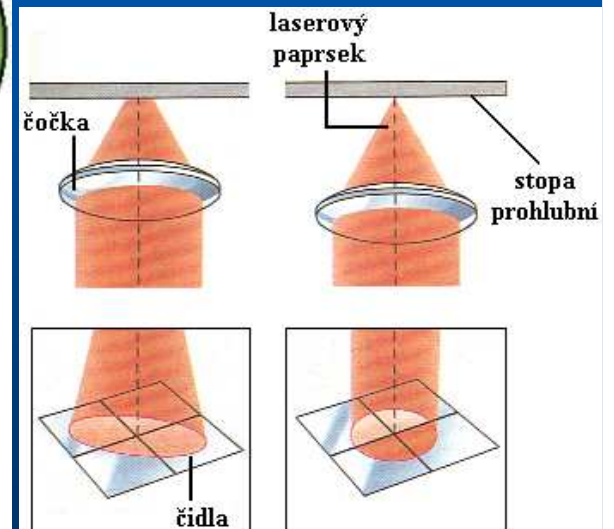
doba záznamu až 76 minut

laserový paprsek se ostří optikou na 1 μm

stoupání stopy 1,6 μm, tloušťka stopy 0,6 μm



ostření laseru – nevadí škrábance na povrchu

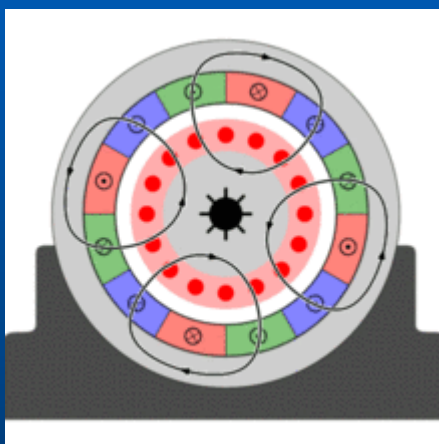


automatické ostření stopy

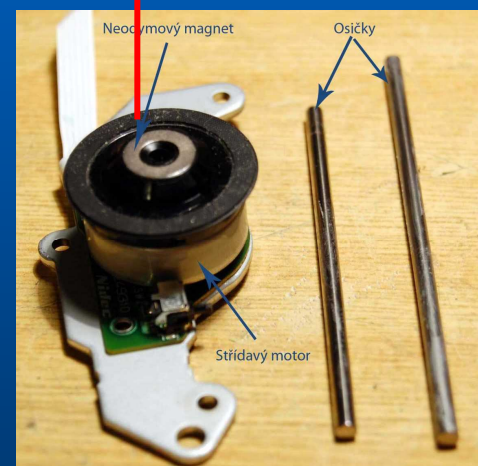
pohon CD

Pouze informativní - neučit

- původně kolektorové motory převzaté z kazetových magnetofonů
- DD motory – přímý pohon (asynchronní vícefázové motory, lineární, ...)
- předchozí systémy vnášely do pohybu CD chvění, které se mohlo projevit ve snímaném zvuku: použití systémů z nejkvalitnějších klasických gramofonů: řemínkový náhon

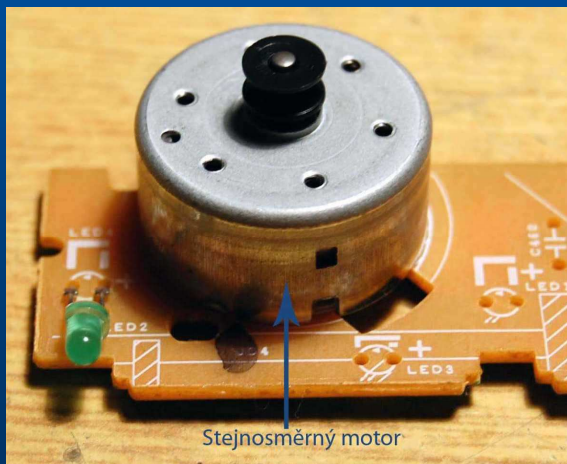
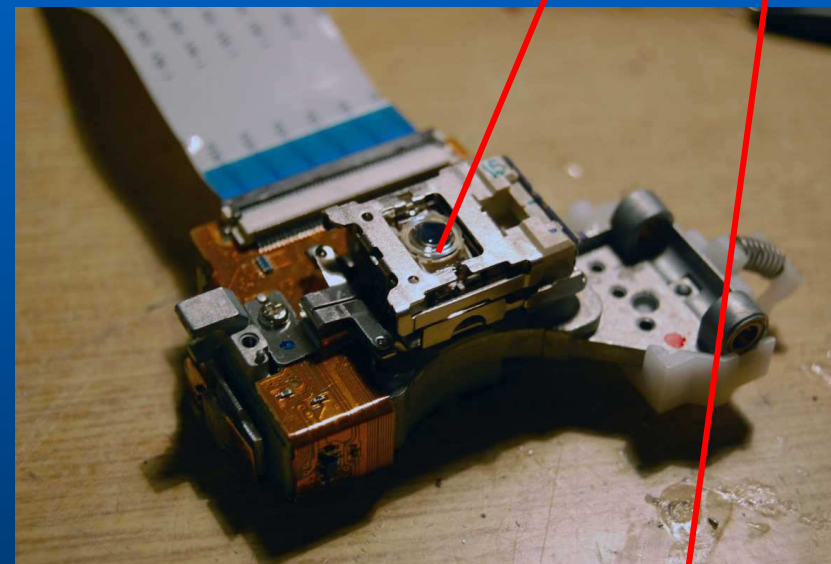
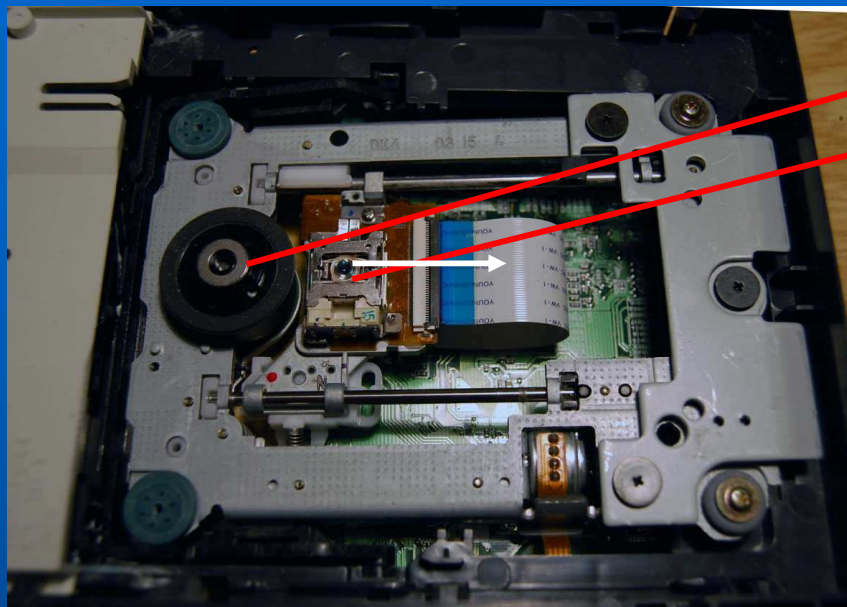


Točivé pole tvořené státorem má větší rychlost než otáčky rotoru



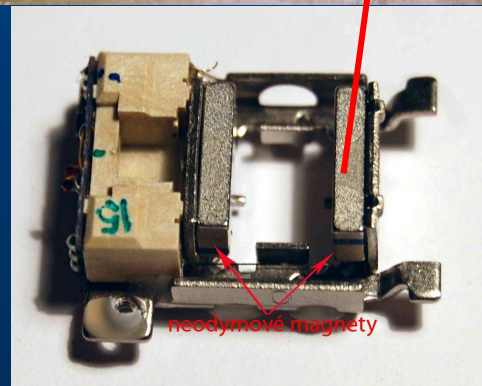
laserová hlava

mechanika CD s DD motorem, laserovou hlavou, která je poháněna krokovým motorkem, kompenzace excentricity využívá se Lorentzovy síly – neodymové magnety



Stejnoseměrný motor

motor pro zasouvání a vysouvání CD - stejnosměrný



neodymové magnety

zlepšování funkce CD

převzorkování (upsampling) – až na 24 bit / 384 kHz – dopočítává se složitými postupy procesorem – výrazně se zjednoduší filtry, sníží se granulační šum

Některé technologie využívají třísvazkový systém (třísvazkovou metodu). Na disk dopadají tři laserové svazky: jeden hlavní a dva pomocné. Pomocné svazky jsou umístěné po stranách hlavního čtecího svazku a jsou posunuté mimo podélnou osu stopy (osu drážky). Systém pak porovnává střední hodnotu intenzit odraženého světla obou pomocných svazků. Podle jejich vzájemných hodnot pak provede korekci polohy hlavního svazku. Uvedené tři svazky jsou získávány z jednoho laseru pomocí ohybu světla na mřížce. Světlo před dopadem na disk prochází difrakční mřížkou s velkou hustotou vrypů. Tím vzniká jedno hlavní maximum a dvě maxima prvního řádu, která jsou použita právě jako pomocné svazky.

Důkladně jsem se mohl věnovat porovnávání konverze původních a upsamplovaných dat. Skutečně slyšet rozdíl je, dokonce ucho zaznamená i drobné změny mezi 48 a 96 či 192 kHz. Upsampling hlavně rozšíří prostor, i do hloubky, jednotlivé nástroje jsou více/lépe separované, hudebníci stojí dál od sebe. Zvuk je více bezprostřední. Vyšší rozlišení vnímám takto: nástroje mají kolem sebe "auru", jakoby produkují více harmonických, tóny jsou plynulejší, s lépe definovaným dozvukem, jemnější, více miniaturních detailů. Nejlépe jsem to vnímal na super nahrávkách komorních, ale i větších smyčkových orchestrů s cembalem – prostě blíže k realitě. Relativně největší změna byla slyšitelná mezi původním signálem 44,1 kHz a 48 kHz. Frekvence se sice zvýší jen o 10%, roli hraje zcela jistě i snížení jitteru během převzorkování dat. Rozepisuji se o tom proto, že málokdo měl možnost přímého porovnání.

komentář - Doc. Rauner

jitter – zdvojení nebo vynechání krátkého úseku při čtení stopy – zaviněno posunem hlavy při současné chybě čtení (nečistota)

zlepšování funkce CD

CD RW (Compact Disk ReWritable) – disky pro opakovaný záznam a čtení - toto médium má v sobě chemickou vrstvu, která může být v amorfnní nebo krystalické struktuře; tyto fáze se liší odrazivostí (reflektivitou).

Aktivní vrstva umožňující laserový záznam digitálních informací se v dnešní době skládá především ze sloučenin:

Ge-Sb-Te (Germanium, Antimon, Tellur)

Ag-In-Sb-Te (Stříbro, Indium, Antimon, Tellur)



Znát princip zápisu a mazání CD-RW

Princip detekce

Detekce probíhá na základě rozdílné **odrazivosti** krystalické a **amorfní** vrstvy (**odrazivost** krystalické vrstvy je přibližně o 10% vyšší než u **amorfní** vrstvy). Potřebný výkon laseru pro úspěšnou detekci se pohybuje v řádech desetin mW.

Princip zápisu

Zápis je realizován krátkým pulsem o vysokém výkonu (řádově desítky mW) kdy dojde k ohřátí záznamové vrstvy nad teplotu tání a následnému rychlému **chladnutí** záznamové vrstvy za vzniku **amorfní** struktury.

Vymazání zápisu

Mazání z těchto médií je realizováno delším pulsem o nižším výkonu (řádově jednotky mW) než u zápisu. Tak dochází pouze k zahřátí nad teplotu krystalizace při níž dochází k rekrystalizaci vrstvy → smazání záznamu.

CD ROM (Compact Disc Read-Only Memory)– paměťové médium – obrovský krok v kapacitě – 650 až 700 MB

Média pouze pro čtení (ROM). Dá se na něj zapsat pouze jednou a pak už jen číst. Základní princip vypalování je pro všechny systémy stejný. Jednou zapisovatelný disk má na vrstvě zlata nanesenou organickou vrstvu krytou polykarbonátovým základem. Laserový paprsek projde polykarbonátem a propálí organickou vrstvu až k vrstvě zlata a tím vzniká důlek (pit).

Zásadní rozdíl proti audio-CD – nelze používat interpolační korekce chyb.

Znát hlavní rozdíl mezi AudioCD a CDROM

Data se zaznamenávají do sektorů, které mají velikost 2352 B. Sektorů je 333 000.

Sektor se skládá z 98 rámců. Každý rámec začíná 24 synchronizačními bity a pak následují 2 bloky s 12 uživatelskými byty a 4 byty CIRC- korekce. Každý bajt začíná trojicí spojovacích nulových bitů a 14bitovým kódem bajtu. Při zakódování nesmí být dvě jedničky vedle sebe. Aby toto nenastalo při spojování bajtů jsou proloženy 3 spojovacími nulovými bity. Každá sekunda záznamu obsahuje 75 sektorů.

Struktura sektoru:

Typ	← 2 352 B →					
CD audio:	2 352 B digitálního audia					
CD-ROM (mód 1):	12 Synch.	4 Sektor id.	2 048 Data	4 detekce chyb	8 nuly	276 oprava chyb

kompresi zvukového signálu – MP3

Algoritmus standardizovaný jako *ISO-MPEG Audio Layer-3* byl vytvořen v roce 1987 Fraunhoferovým Institutem pro integrované obvody ve spolupráci s univerzitou v Erlangenu.

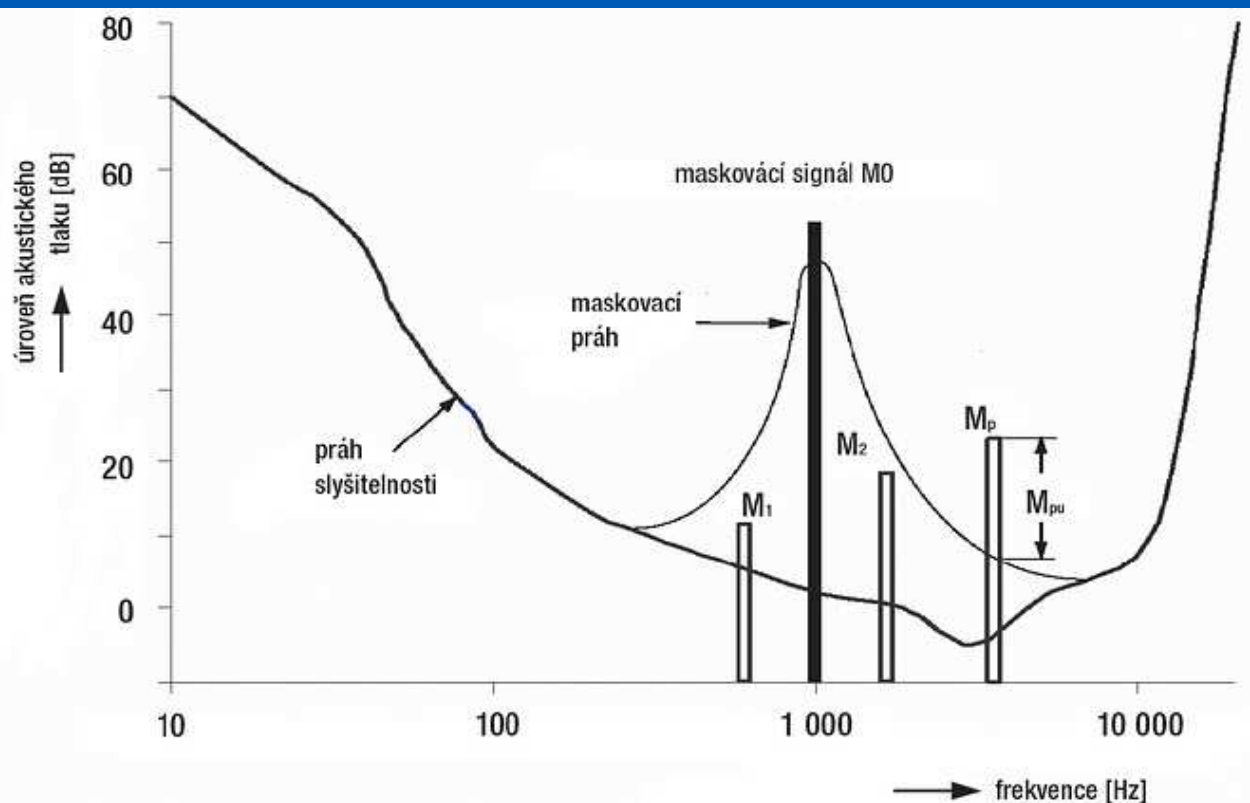
Plná CD informace: $44\,100 * 32 = 1,4 \text{ Mb/s}$

Znát pouze kompresní poměr standardMP3 – 11:1

kvalita	šířka pásma	režim	datový tok	kompresi
telefonní	2,5 kHz	mono	8 kbps	96:1
lepší než AM rádio	7,5 kHz	mono	32 kbps	24:1
blízká FM rádiu	11 kHz	stereo	56-64 kbps	26:1-24:1
téměř CD	15 kHz	stereo	96 kbps	16:1
standard MP3	20 kHz	stereo	128 kbps	11:1

komprese zvukového signálu – MP3

základem komprese je frekvenční a časové maskování
– objem komprimovaných dat je zmenšen odstraněním pro člověka neslyšitelných (přemaskovaných slabších) zvuků

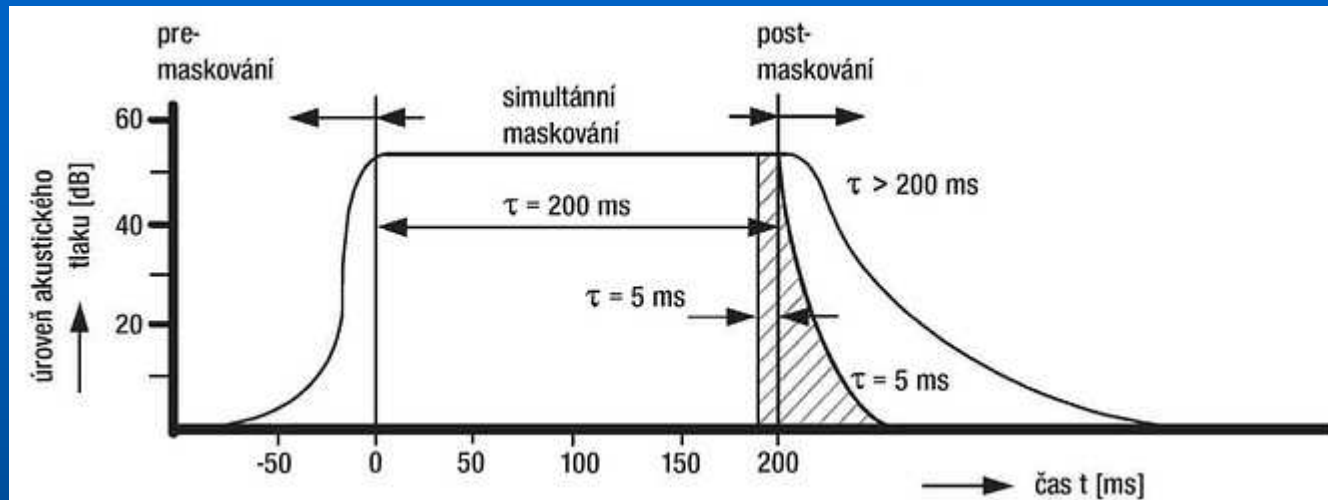


frekvenční maskování –
vše, co je pod křivkou
prahu slyšitelnosti (která
je variabilní) se ze signálu
odstraní

ze signálu Mp stačí
přenášet jen část nad
momentální křivkou prahu
slyšitelnosti

kompresi zvukového signálu – MP3

časové maskování



po silném zvuku nevnímá lidské ucho až 200 ms zvuky slabší, čím delší je silný zvuk, tím delší je interval post-maskování – na obr. šrafováním pro zvuk s délkou jen 5 ms

komprese zvukového signálu – MP3

komprese stereofonního efektu:

joint stereo - při tomto módu se vychází z faktu, že většinou je i při stereo záznamu obsah levého L a pravého R kanálu hodně podobný. Proto se L a R kanály převedou na středový $M=L+R$ a postranní $S=L-R$ a více bitů se při enkódování přidělí logicky tomu středovému, který obsahuje více důležité informace. To umožní efektivně vylepšit kvalitu komprese. Při přehrávání jsou opět zpětně dopočítány obsahy levého a pravého kanálu. Obecně platí, že joint sterea je vhodné použít při nižších bitratech.

skladba je rozdělena na krátké úseky (rámce) – každý rámec je kódován metodami, které jsou pro něho nejvýhodnější (různé metody komprese stereo signálu, různé vzorkovací frekvence...

každý rámec má svoji hlavičku – identifikaci použitého systému kódování, díky tomu lze bezchybně přehrát libovolnou pasáž

délka [bit]	poz. [bit]	popis
11	31-21	Synchronizace rámce (všechny bity nastaveny)
2	20-19	Verze MPEG: 00 - MPEG verze 2.5 01 - rezervováno 10 - MPEG verze 2 11 - MPEG verze 1
2	18-17	Layer: 00 - rezervováno 01 - Layer-3 10 - Layer-2 11 - Layer-1
1	16	0 - chráněno pomocí CRC, 16bitové CRC následuje hlavičku 1 - není chráněno
4	15-12	Bitrate, viz následující tabulku
2	11-10	Vzorkovací frekvence [kHz] bity MPEG1 MPEG2 MPEG2.5 00 44100 22050 11025 01 48000 24000 12000 10 32000 16000 8000 11 rezervováno
1	9	Doplňující bit (padding) 0 - rámec není doplněn 1 - rámec je doplněn jedním bitem navíc
1	8	Tajný bit (neznámý účel)
2	7-6	Mód kanálů 00 - stereo 01 - Joint stereo 10 - dual channel (stereo) 11 - single channel (mono)
1	5	MS stereo (jen pro Joint stereo) 0 - ne 1 - ano
1	4	Intensity stereo (jen pro Joint stereo) 0 - ne 1 - ano
1	3	0 - je chráněno autorským právem 1 - není chráněno autorským právem
1	2	0 - kopie originálního média 1 - originální médium
2	1-0	Zvýraznění: 00 - žádné 01 - 50/15 ms 10 - rezervováno 11 - CCIT J.17

videosignál

Základní systémy přenášení pohyblivého obrazu:

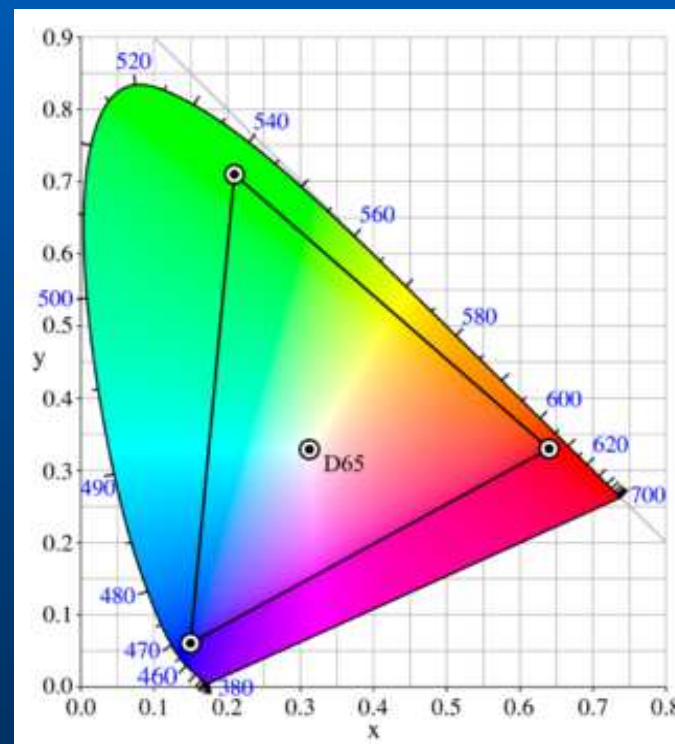
- pravidelným skenováním řádků v jednotlivých snímcích, periodicky opakováno,
- skenování prvního snímku, uložení do paměti, přenášení změn na jednotlivých místech obrazu.

přenášejí se 3 informace: jas, barva, zvuk

Barva se kóduje do obrazového signálu s využitím nižší rozlišovací schopnosti oka pro barvy: tyčinek (jas) je asi 120 miliónů, čípků (barva) je asi 6 miliónů (3 druhy – modrofialové, zelené, oranžové).

V televizním signálu se přenáší: červená, zelená modrá, ostatní vznikají aditivním sčítáním v barevném trojúhelníku:

$$\text{bílá (Y)} = 0,30 R + 0,59 G + 0,11 B$$



Historie – analogový videosignál

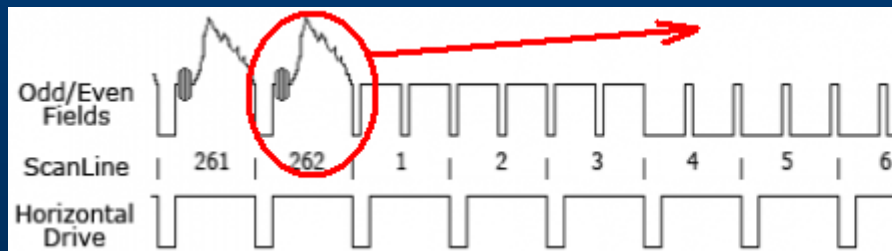
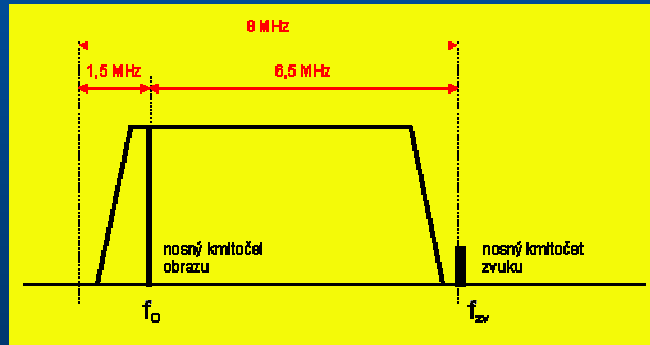
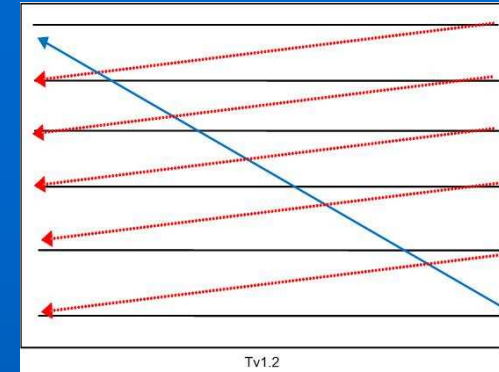
CRT zobrazovače – pravidelné překreslování všech pixelů po jednotlivých řádcích

Obrazovka: 576 řádek, 768 bodů v řádku (poměr 4/3);
25 snímků za sekundu

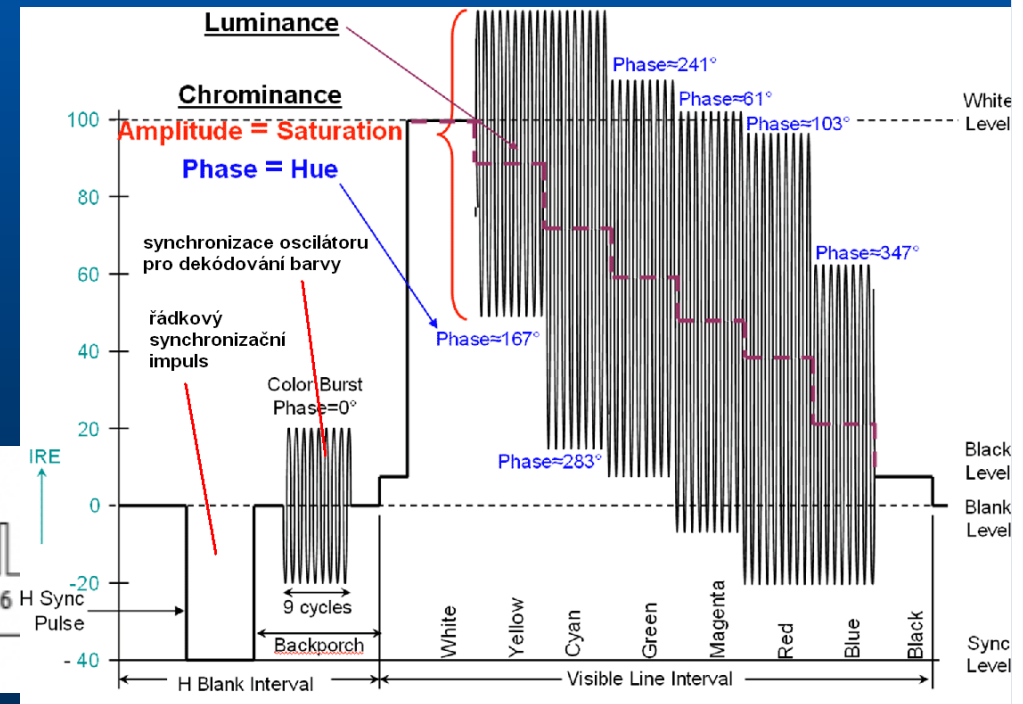
Analogové pozemní vysílání - přenášen 625 řádků
50 řádků vyčleněno pro synchronizaci, čas, údaje o vysílači a programu, titulky, teletext...

$768 * 625 * 25 \approx 12\,000\,000$, k přenosu třeba alespoň 6 MHz
(každá púlperioda může přenášet odlišnou informaci)

Spektrum analogového videosignálu:
(šířka kanálu 8MHz)



Jas: amplitudová modulace
Barva: fázová modulace
Zvuk: frekvenční modulace



Digitální videesignál

klasický formát (4:3): 576 řádek, 720 bodů, 25 snímků za sekundu = 10,3 miliónů bodů
~ 165 Mb/s (16 b na pixel)

HDTV (16:9): 1080 řádků, 1920 bodů, 25 snímků za sekundu = 52 miliónů bodů ~ 52
miliónů bodů ~ 829 Mb/s

165 Mb/s ~ 20,6 MB/s, na CD by se vešlo asi 100 sekund normálního obrazu, 20
sekund HDTV

používá se komprese – bezztrátová i ztrátová

klasický formát (4:3): 165 Mb/s se redukuje na 3-6 Mb/s

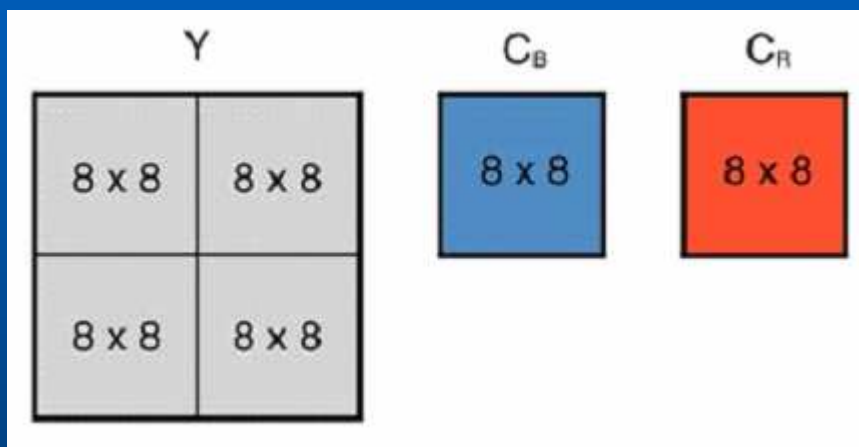
HDTV (16:9): 829 Mb/s se redukuje na 10 Mb/s

- Komprese obrazu – principy MPEG - Motion Picture Expert Group – MPEG-2
- 2D-DCT (Discrete Cosine Transform)
- Kódování DPCM (Differential PCM)
- Predikce snímků (I, B, P)
- Kompenzace pohybu (Motion Estimation)
- Kódování s proměnnou délkou slova VLC (Variable Length Coding)

systemy úspory – komprese obrazu

- Komprese obrazu – principy MPEG - Motion Picture Expert Group – MPEG-2 (1994), u HDTV MPEG-4

základní prvek – **vzorek** – 8bitové slovo udávající jas nebo barvu daného bodu, skupina 8 vzorků je **blok**, 4 jasové a 2 barevné bloky je **makroblok** tj. informace o 32 bodech



Lidské oko je citlivější na jas než na barvu – kódování barvy v nižším rozlišení. Zatímco jas je dán 8 bitovým číslem samostatně pro každý pixel, 8bitové číslo vyjadřující barvu je společné pro několik pixelů. (u MPEGu pro 4px)

úroveň G se získává ze vzorce

$$\text{bílá (Y)} = 0,30 \text{ R} + 0,59 \text{ G} + 0,11 \text{ B}$$

makrobloky pro 16 řádek = **pruh makrobloků**

vyšší úrovně pulsnímek, snímek (1620 makrobloků)

https://en.wikipedia.org/wiki/Chroma_subsampling

http://www.videoproduce.cz/tv_zaklady.htm

systemy úspory – komprese obrazu

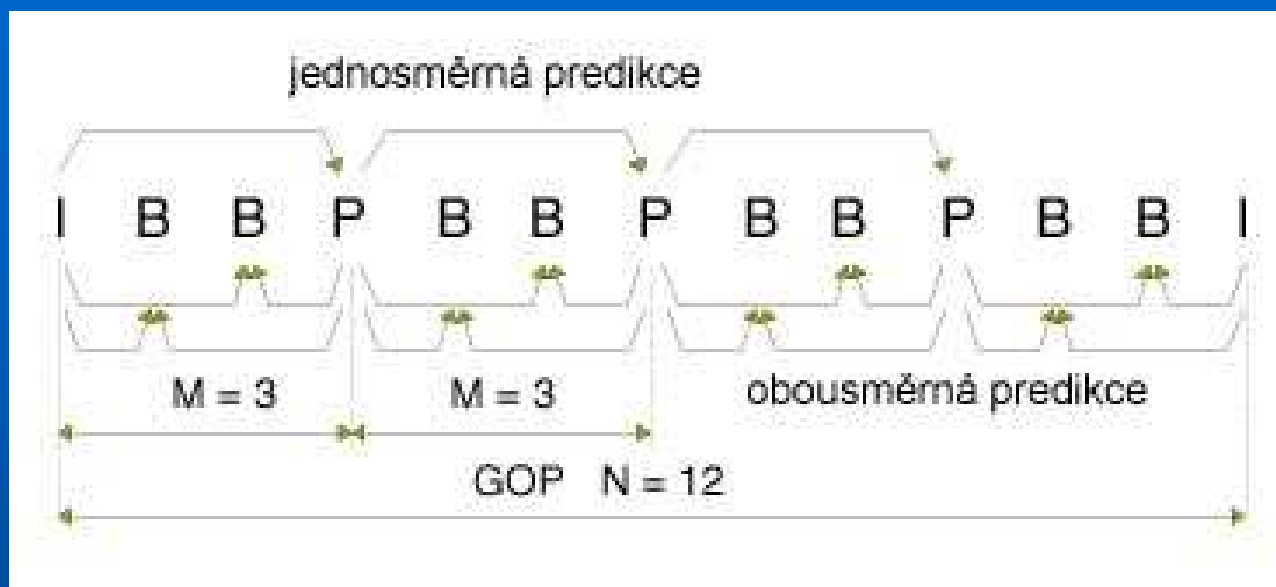
Snímek typu I (Interframe) představuje plnohodnotný snímek podobně jako u filmové pásky. Obsahuje veškeré informace a stává se základním pro další typy snímků.

Snímek typu P (Predicted) je kódovaný ve vztahu k předešlému snímku typu I. V praxi to znamená, že je závislý na předchozím základním snímku. Snímek typu P nese informace o změně mezi snímkem I a jím samým.

Jak se vyhodnocuje změna mezi snímky? Snímek je rozdělen na jednotlivé makrobloky a ty se vezmou do porovnávače. Porovnají se v bináru a totožné makrobloky se nepřenáší (modrá obloha, jednolitě stejnobarevné větší plochy představují typický příklad pro vynechávání). Při promítání se tato vynechaná místa nahradí makrobloky ze základního snímku I.

Snímek typu B (Bidirectionally Predicted) a pro představu je nejsložitější. Tento snímek je závislý jak na předchozím snímku (a je jedno jestli I nebo P) a stejně tak i na následujícím snímku. Porovnává tedy makroblok, jak s předchozím snímkem, tak s následujícím a při zobrazování si půjčuje makrobloky z předchozího i následujícího snímku (tento typ neznal původní MPEG-1). Používá se při projíždění kamery krajinou, kde se krajní místa doplňují nadcházejícím snímkem typu P nebo I, tedy opět nebe a další plochy.

systemy úspory – komprese obrazu



Obrázek dokresluje fakt, že místo původních 25 snímků stačí formátu MPEG-2 za sekundu tři původní úplné snímky. Pokud přijde velká změna prostředí, jakou může být např. stříh, výbuch atd., použije se samozřejmě základní plnohodnotný snímek typu I. Řetězec tedy není pevný, ale pouze ilustrativní a ideální.

Naskytuje se ovšem otázka, jak může snímek typu B brát makrobloky z následujících snímků? Samozřejmě nejde o žádné věštění. Snímky typu B se na vysílací cestě posílají za snímky, na kterých jsou závislé, a úkolem přijímače pak je snímky opětovně správně seřadit při zobrazování. Pro lepší představu si na předchozím obrázku přehod'te snímky B a P následujícím způsobem: I P B B P B B atd. Počet snímků I v řetězci pak udává kvalitu videa.

systemy úspory – komprese obrazu

Další redukce informací

Existuje několik odlišných postupů, jak co nejefektivněji posílat data. Nejvýznamnějším je **Huffmanovo** kódování. Princip je jednoduchý a hojně využívaný i u počítačových komprimačních programů typu RAR nebo ZIP. Často opakující se úseky totožných bitů nahradí kratšími, vytvoří si tabulku a podle té pak zaměňuje. Tabulku má i přijímací strana a podle ní dešifruje.

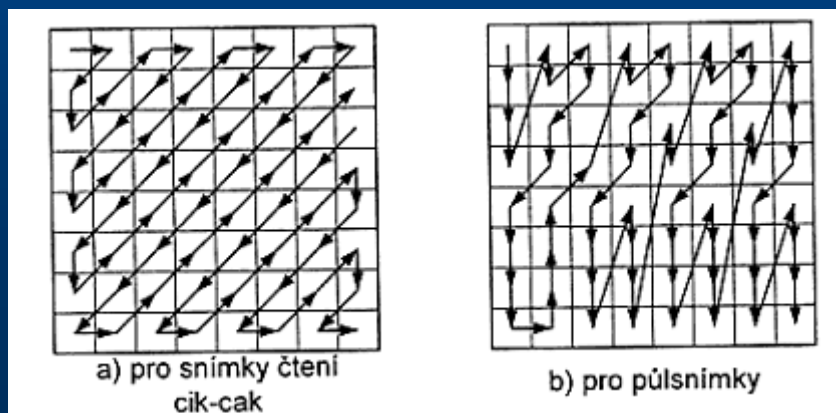
princip: AAAAAAAAAABBBBBBBBAAABBBBBBBB ~ 10A8B3A9B

systemy úspory – komprese obrazu

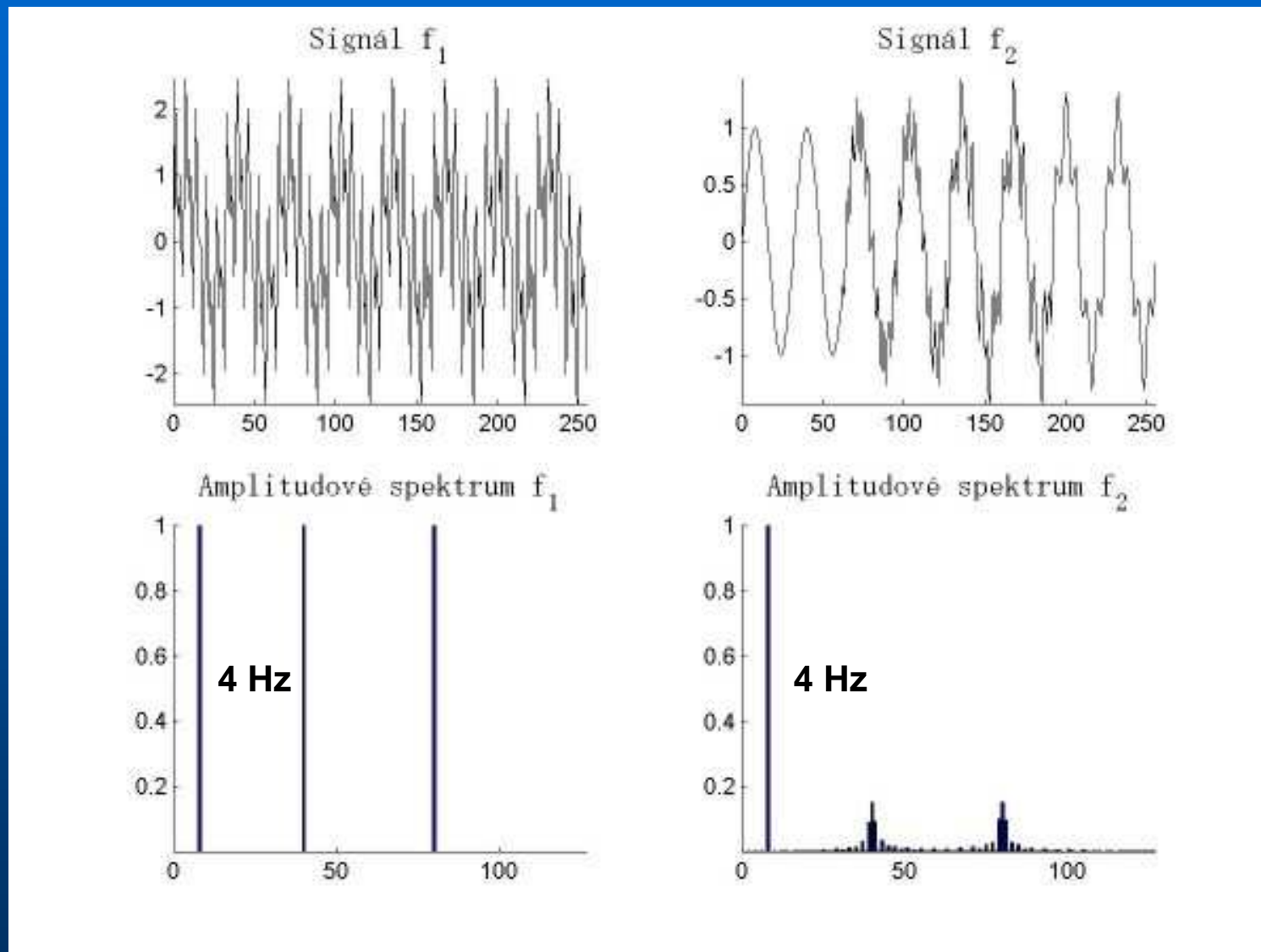
Diskrétní kosinová transformace je reverzibilní proces, který převádí blok obrazu do roviny prostorových kmitočtů podle daného vzorce. Transformací získáme matici 8x8 spektrálních koeficientů. Uvedená transformace sama osobě nijak nezmenšuje počet bitů nutných pro popis bloků. Právě naopak, spektrální koeficienty je nutno uchovat s kvantizační hloubkou alespoň 11 bitů. Její zásadní význam však spočívá v dekorelaci signálu, neboť koncentruje převážnou část energie do stejnosměrné složky a nízkofrekvenčních koeficientů, čehož se pak využívá k přenosu.

Další metodou pro lepší přenos je čtení "cik cak". Koeficienty jsou seřazeny do sériové posloupnosti. Efektivnější kódování získáme, přečteme-li napřed nenulové koeficienty. Čteme proto koeficienty v pořadí stoupající pravděpodobnosti jejich nulové amplitudy, tedy v pořadí stoupajícího prostorového kmitočtu. Čtení probíhá pseudonáhodně, což znamená, že pro vnějšího pozorovatele vše vypadá chaoticky. Vysílací i přijímací strana ale zná postup, kterým se bude číst.

Poté, co proběhne řada takovýchto metod očištění od nepotřebných informací, jsou data připravena k přenosu.

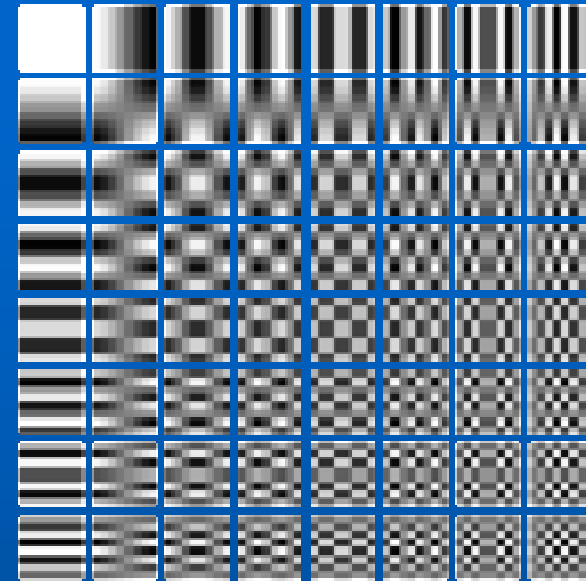
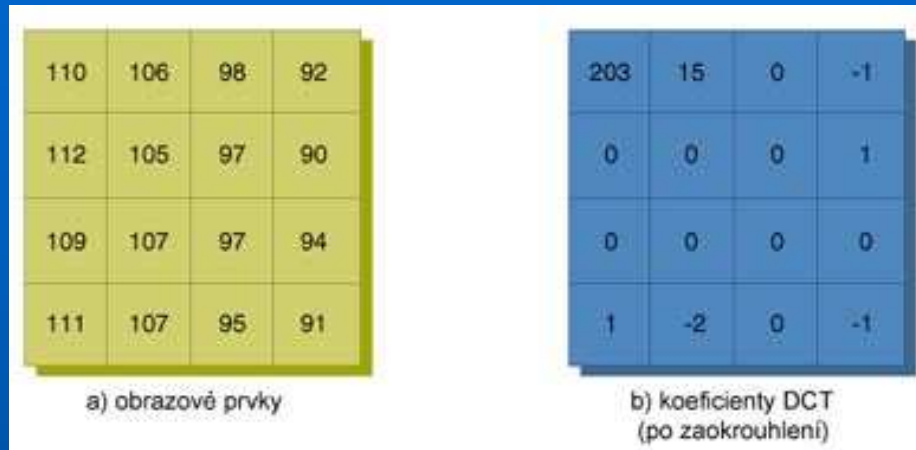


systemy úspory – komprese obrazu



Fourierova transformace akustického signálu

systemy úspory – komprese obrazu



Příklad diskrétní kosinové transformace DCT pro 4×4 . Jas šestnácti obrazových prvků (pixelů) bloku se transformuje na 16 koeficientů DCT vyjadřujících amplitudy jednotlivých "harmonických". Každá z těchto harmonických má opět tvar čtvercové matice (v našem příkladě 4×4) s hodnotami mezi -1 a +1, přičemž její koeficient DCT udává, jak se tato harmonická podílí na hodnotách obrazových prvků daného bloku. Levý horní koeficient se označuje $F(0,0)$ a udává dvojnásobek průměrného jasu celého bloku. Z příkladu je také zřejmé, že v tomto konkrétním případě je většina (celkem 9) koeficientů po zaokrouhlení nulových. Obecně platí, že čím větší je počet nulových koeficientů, tím je lepší komprese. Poznamenejme ale, že pokud by se každý koeficient přenášel pomocí konstantního počtu bitů (tj. slovem konstantní délky), k žádné kompresi by nedošlo. Proto je nutno využít úsporného kódování řetězců nul.

systemy úspory – kompenzace pohybu

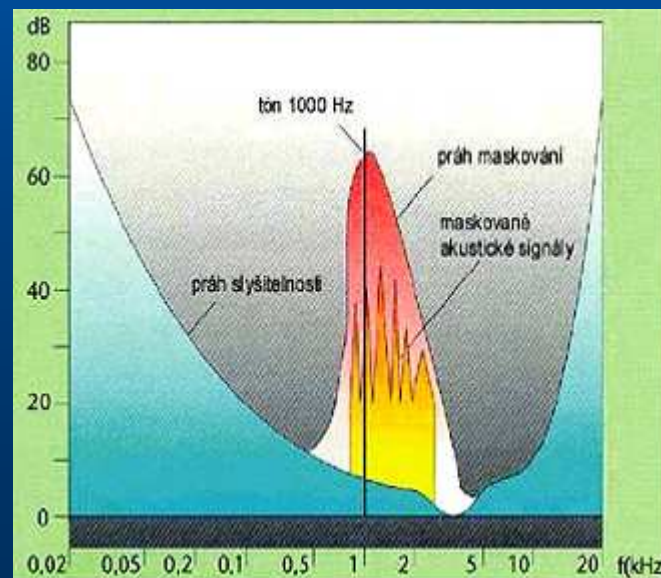
velmi častý případ – kamera švenkuje = obraz se nemění, jen posouvá – to platí hlavně pro pozadí – krajina, obloha, nehybné objekty

Kodér při kompenzaci pohybu vyhledává nejpodobnější makroblok, což nemusí být vždy původní, v důsledku pohybu posunutý makroblok. I když se nenajde příliš podobný referenční makroblok, nedochází k chybám přenosu, pouze úspora bitového toku je malá nebo žádná.

systemy úspory – komprese zvuku

Zvuk prochází podobnou procedurou jako před ním obraz. Přenosová bitová rychlost nekomprimovaného zvukového signálu pro vzorkovací kmitočet 32 kHz (20 Hz až 15 kHz) a 16ti bitovou kvantizační hloubku činí pro dva přenosové kanály 1,024 Mb/s. Hodnotu nelze vzhledem k bitové rychlosti komprimovaného videosignálu zanedbat, a proto MPEG zavádí i kompresi zvukového signálu.

Opět se využívá nedokonalost lidského těla, kterou je tentokrát psychoakustický maskovací jev. Velmi zjednodušeně se dá popsat tak, že určitý tón o určité intenzitě překryje slabší tóny, které pak buď nevnímáme, nebo nás jen ruší. Intenzivnější tón by měl zamaskovat tóny slabší. Celý proces je navíc ohraničen prahem slyšitelnosti, za který se obecně považuje pásmo 20 Hz až 20 kHz. Práh slyšitelnosti je u každého člověka trochu jiný a určuje, jak slyšíme určité frekvence. Zvuk se při zpracování dále dělí pomocí filtrů do 32 subpásem, která rozdělují slyšitelné frekvence (od 20 Hz po 20 kHz). V každém ze subpásem se používá kódování s proměnným slovem, což je obdobný princip jako výše popsané Huffmanovo kódování.



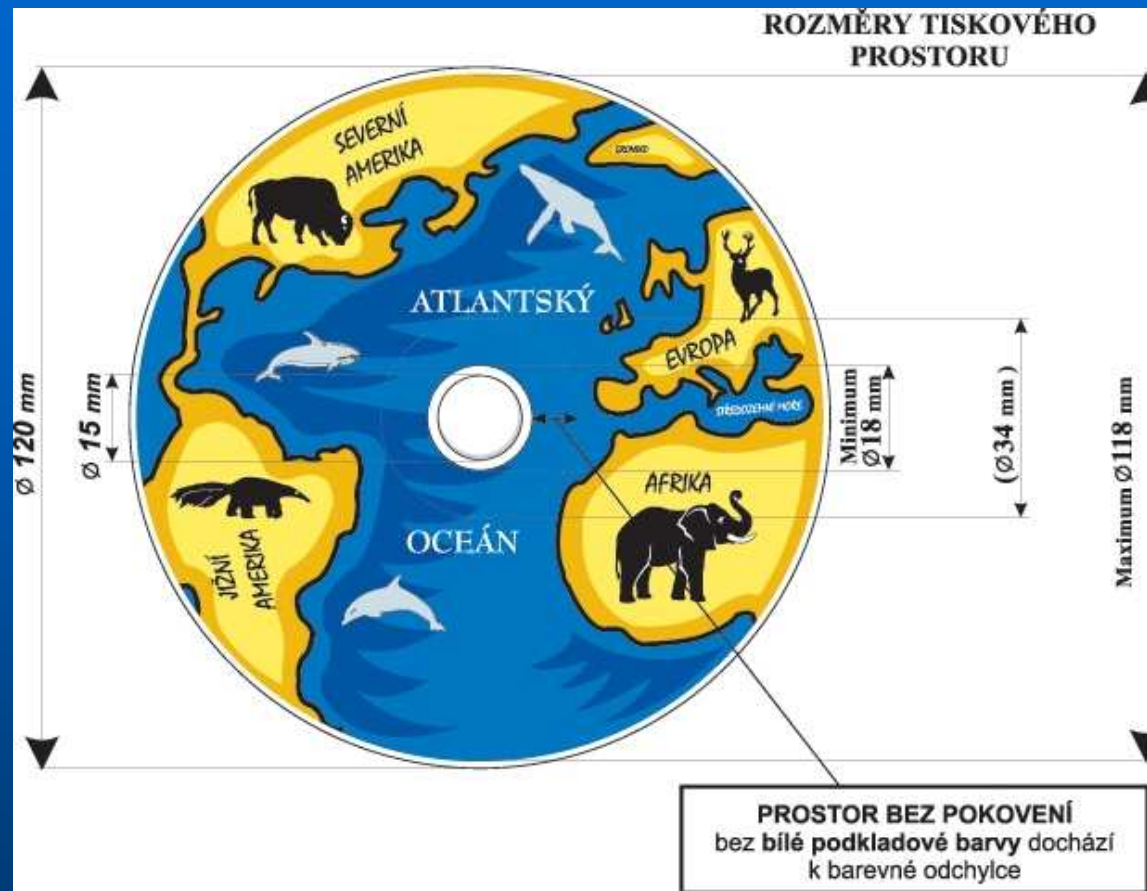
systemy úspory – paketování

Kódovaný bitový tok jedné programové složky (obraz, zvuk, data) tvoří **elementární tok**, který se po uspořádání do paketů nazývá PES - paketizovaný datový tok (Packetised Elementary Stream).

Délka paketu PES je typicky do 64 kB, ale může být i větší.

Každý PES přenáší kromě vlastních dat důležité informace o obsahu paketu a synchronizační informace (tzv. časová razítka) v hlavičce paketu. Časová razítka umožňují dekodéru správně dekódovat obrazový tok ze snímků I, P a B. Šest bytů je vyhrazeno pro záhlaví a minimálně tři byty pro informační pole.

DVD – 1996 Japonsko



Média DVD jsou plastové disky, navenek stejná jako média CD. Disky DVD mají průměr 120 mm a jsou 1,2 mm silné. Data se ukládají pod povrch do jedné nebo dvou vrstev ve stopě tvaru spirály (jako CD). Pro čtení dat se používá laser s vlnovou délkou 660 nm, tedy kratší než v případě CD; to je jedena z příčin jejich vyšší kapacity. Stejně tak příčný odstup stop je menší - 0,74 μm oproti 1,6 μm u CD.

DVD

**DVD oproti CD poskytuje:
efektivnější korekci chyb**

vyšší kapacitu záznamu (asi 4,7 GB oproti 0,7 GB)

odlišný souborový systém Universal Disk Format, který není zpětně kompatibilní s ISO 9660, který se používá na CD-ROM.

Rychlost mechaniky typu DVD se udává jako násobek 1350 kB/s, což znamená, že mechanika s rychlostí 16× umožňuje přenosovou rychlost $16 \times 1350 = 21,6$ MB/s.

Médium umožňuje zápis na jednu nebo obě dvě strany, v jedné nebo dvou vrstvách na každou stranu. Na počtu stran a vrstev závisí kapacita média.

DVD-5: jedna strana, jedna vrstva, kapacita 4,7 GB

DVD-9: jedna strana, dvě vrstvy, 8,5 GB

DVD-10: dvě strany, jedna vrstva na každé straně, 9,4 GB

DVD-14: dvě strany, dvě vrstvy na jedné straně, jedna vrstva na druhé, 13,2 GB

DVD-18: dvě strany, dvě vrstvy na každé straně, 17,1 GB

DVD

Uživatel může vytvořit DVD-nosiče těchto typů:
DVD-Video (obsahuje filmy (obraz a zvuk))
DVD-Audio (obsahuje zvuk v kvalitě CD a lepší)
DVD Data (obsahuje údaje)

Existují tři typy zapisovatelných a přepisovatelných DVD disků: DVD-R/RW, DVD+R/RW (plus), DVD-RAM.
DVD+R/RW (*R = Recordable*, jen pro jeden zápis, *RW = ReWritable*, pro přepisování)

Formát DVD+R je mezi široce rozšířenými formáty nejmladší, dokonce mladší než formát DVD+RW. Disky DVD+R lze v současnosti běžně zapisovat osminásobnou rychlostí oproti standardní rychlosti DVD, tedy 10 800 kiB za sekundu. Touto rychlostí trvá zápis na disk přibližně 10 minut. DVD+RW je přepisovatelná verze formátu DVD+. Standardní rychlost pro zápis na toto médium je čtyřnásobná oproti základní rychlosti čtení DVD.

První mechaniky, které byly schopny zapisovat DVD-R, DVD-RW, CD-R a CD-RW, vyráběla firma Pioneer v roce 2001. Kompatibilita však nebyla nejlepší, docházelo k chybné identifikaci medií s nižší odrazivostí.

DVD+R DL (*R = Recordable*, jen pro jeden zápis, *DL = DualLayer*, dvě vrstvy)

DVD-R/RW (*R = Recordable*, jen pro jeden zápis, *RW = ReWritable*, na přepisování)

Formát DVD-R vychází z technologie klasického kompaktního disku, existuje tedy ve dvou verzích – verze R, na kterou lze pouze zapisovat, a verze RW, kterou lze přepisovat. Tento formát byl navržen tak, aby byl co nejkompatibilnější s lisovanými disky DVD (DVD-ROM). Z toho plyne výhoda tohoto formátu, kterou je kompatibilita se staršími mechanikami a přehrávači, které vznikly dříve, než se dalo na DVD zapisovat. Tato výhoda se však v dnešní době ztrácí, protože téměř všechny vyráběné přehrávače a mechaniky dokáží přehrávat jak DVD-R, tak DVD+R formáty.

DVD-RAM – libovolně přepisovatelné médium - dá se s ním pracovat stejným způsobem jako s pevným diskem.

Blu-Ray

Blu-ray disk patří k třetí generaci optických disků, určených pro ukládání digitálních dat. Data se ukládají ve stopě tvaru spirály 0,1 mm pod povrch disku, příčný odstup stop je 0,35 μm . Pro čtení disků Blu-ray se používá laserové světlo s vlnovou délkou 405 nm. Technologii vyvinula japonská firma Sony ve spolupráci s firmou Philips, které následně se skupinou výrobců spotřební elektroniky založily organizaci Blu-ray Disc Association (BDA), která převzala dohled nad rozvojem a licencováním samotného formátu. Název disku pochází z anglického *Blue ray*, tj. modrý paprsek, označení související s barvou světla používaného ke čtení (písmeno "e" bylo z názvu vypuštěno, aby jej bylo možné zaregistrovat jako ochrannou známku).



experimentální disk s kapacitou 200 GB, přepisovatelný

	Typ média	λ	Velikost pitů
	CD	780 nm	0,6 μm
Znát tato čísla	DVD	650 nm	0,32 μm
	BD	405 nm	0,15 μm

Blu-Ray

Tak jako CD, má i blu-ray disk průměr 12 cm (v menší variantě 8 cm) a tloušťku 1,2 mm. Disky umožňují záznam dat s celkovou kapacitou až 25 GB u jednovrstvého disku, 50 GB u dvouvrstvého disku až po 100 GB u oboustranné dvouvrstvé varianty. Díky umístění záznamu 0,1 mm pod povrch je možné vyrobit hybridní disk s DVD i Blu-ray záznamem na jedné straně disku. Čtecí zařízení pro disky blu-ray jsou vyvíjena s ohledem na kompatibilitu s CD a DVD, tj. mají umožňovat čtení všech tří typů disků.

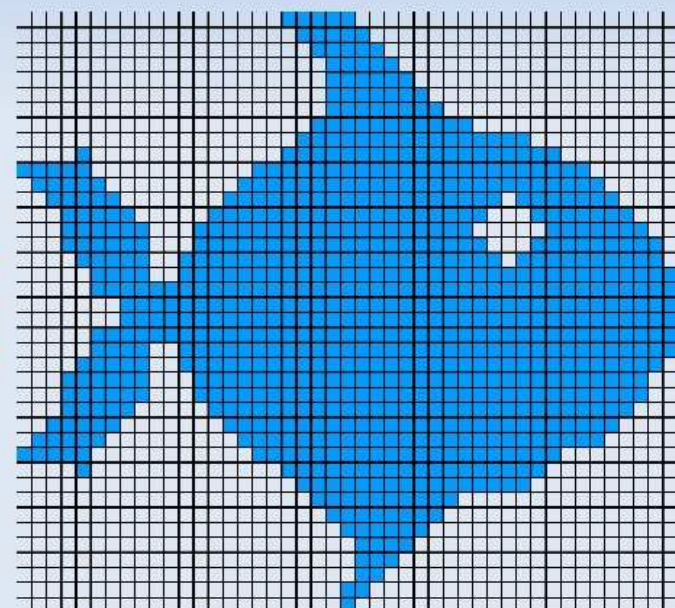
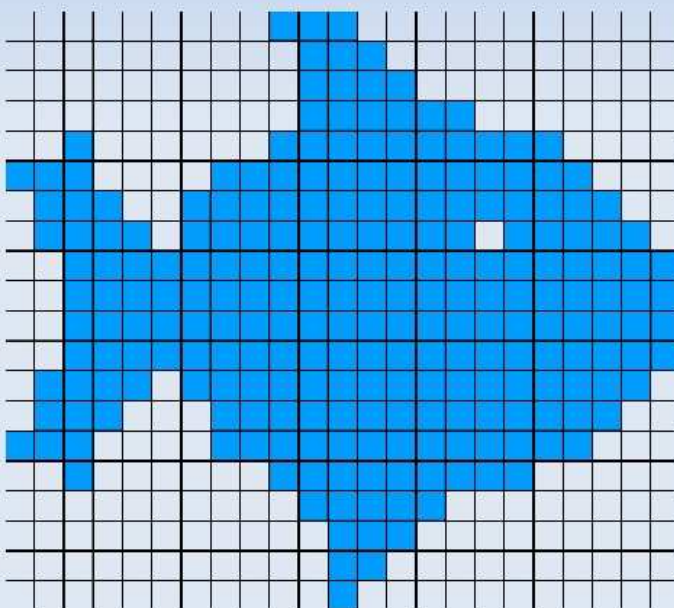
umožňuje záznam HDTV, kódování MPEG-2 nebo lepší MPEG-4,
možnost až 8kanálového zvuku

BD-ROM – disk pouze pro čtení

BD-R – disk k jednorázovému zápisu

BD-RE – přepisovatelný disk

HD versus SD - details



5,5 až 8,5 hodiny HD videosignálu + bezztrátový CD zvuk

Blu-Ray

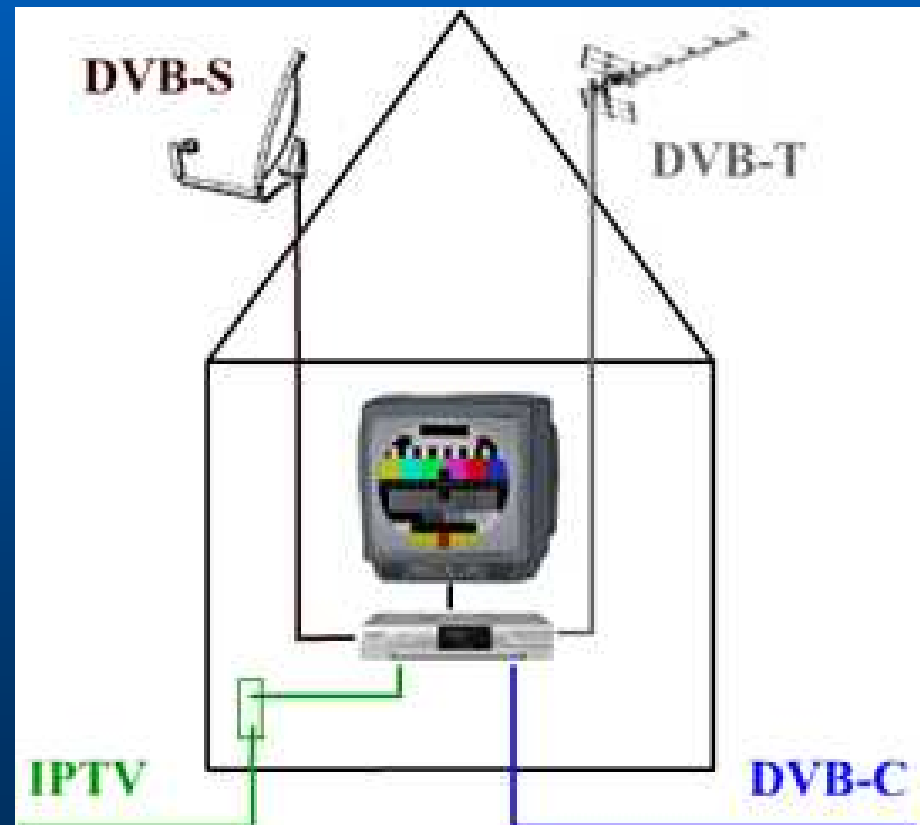
umožňuje PIP



Digitální televize

základem přechodu na digitální televizní vysílání - **multiplex**

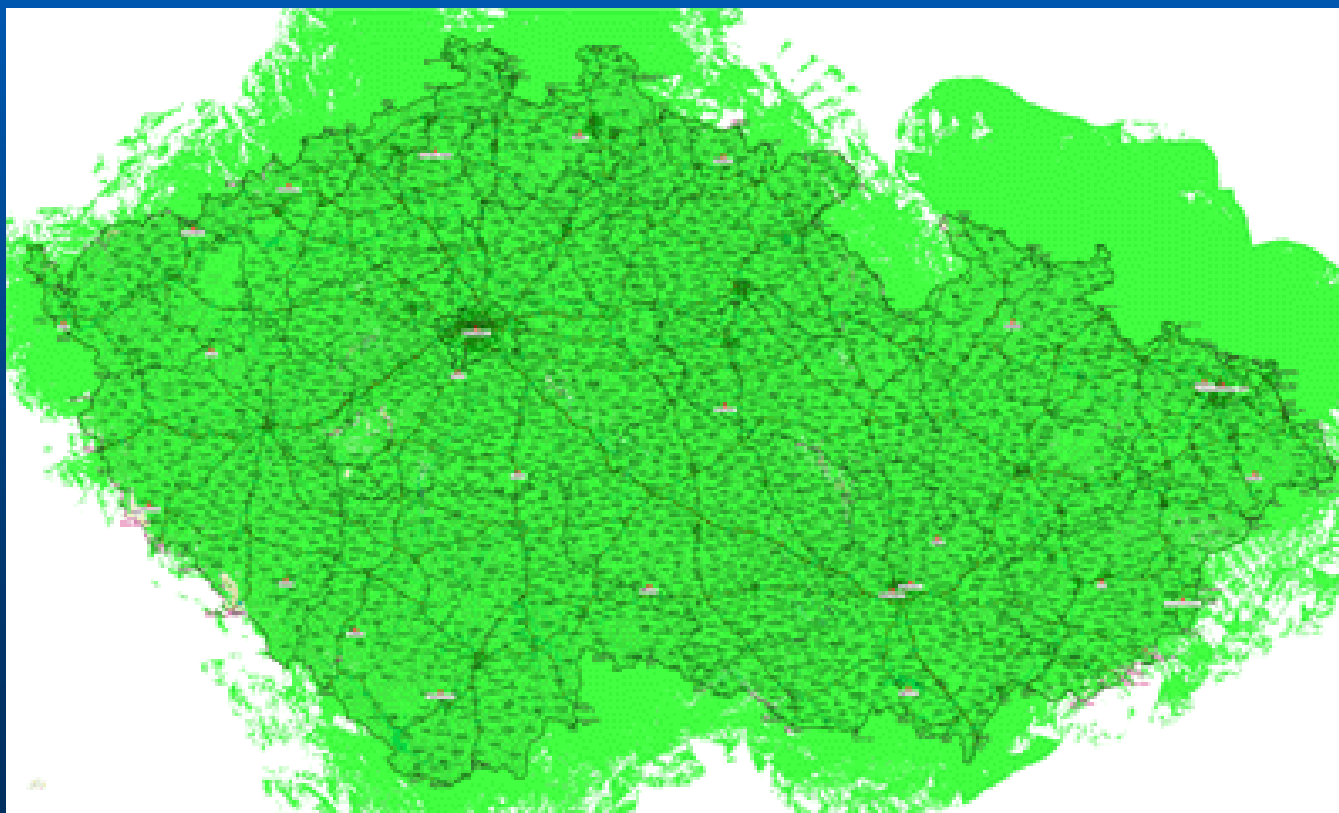
4 možnost příjmu: pozemní, satelitní, kabelový, internetový



Digitální televize – DVB-T

DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial, pozemní vysílání): na nosné původního analogového programu s šířkou pásma 8 MHz lze přenášet 4-6 programů (záleží na stupni komprese)

aktuální pokrytí ČR pro vysílací síť 1: ČT1, 2, 4, 24,



Digitální televize – DVB-T

kódový poměr (poměr korekce chyb FEC): vyjadřuje, jaká část signálu je věnována ochraně proti chybám,

$R = k/n$, kde k je počet zdrojových symbolů, n je počet kódových symbolů (po přidání ochranných bitů, v ČR DVB-T 2/3, jinde 3/4, u satelitu až 9/10)

SR – symbolová rychlost, vyjadřuje počet bitů za sekundu (27 500)

frekvence – u pozemního vysílání je nutné prostorové přidělování frekvencí

pro pozemní televizní vysílání vyhrazeny frekvence 200 – 900 MHz (pásma S2, S3, UHF)

pro přenos se používá modulace QPSK (více viz satelity)

polarizace – H, V

Digitální televize – DVB-T

vysílací síť 1 – veřejnoprávní:



vysílací síť 2:



vysílací síť 3:



vysílací síť 4:



regionální multiplexy: Jihočeský kraj: RT

Liberecký kraj: Noe, RT

Plzeň: Noe, RT

Mostecko: LTV, Noe

Praha: ČT Sport HD, Metropol, Retro Music Television, Kino Svět, RT

Středočeský kraj: RT, Fonka, Noe

přijem: digitální televize s DVB-T, analogová televize+set-top box, počítačová karta, přenosné a mobilní televize

Kanál	Kmitočtový rozsah kanálu [MHz]	Frekvence DVB-T [MHz]			
5	174 - 181	177,5	41	630 - 638	634
6	181 - 188	184,5	42	638 - 646	642
7	188 - 195	191,5	43	646 - 654	650
8	195 - 202	198,5	44	654 - 662	658
9	202 - 209	205,5	45	662 - 670	666
10	209 - 216	212,5	46	670 - 678	674
11	216 - 223	219,5	47	678 - 686	682
12	223 - 230	226,5	48	686 - 694	690
			49	694 - 702	698
			50	702 - 710	706
21	470 - 478	474	51	710 - 718	714
22	478 - 486	482	52	718 - 726	722
23	486 - 494	490	53	726 - 734	730
24	494 - 502	498	54	734 - 742	738
25	502 - 510	506	55	742 - 750	746
26	510 - 518	514	56	750 - 758	754
27	518 - 526	522	57	758 - 766	762
28	526 - 534	530	58	766 - 774	770
29	534 - 542	538	59	774 - 782	778
30	542 - 550	546	60	782 - 790	786
31	550 - 558	554	61	790 - 798	794
32	558 - 566	562	62	798 - 806	802
33	566 - 574	570	63	806 - 814	810
34	574 - 582	578	64	814 - 822	818
35	582 - 590	586	65	822 - 830	826
36	590 - 598	594	66	830 - 838	834
37	598 - 606	602	67	838 - 846	842
38	606 - 614	610	68	846 - 854	850
39	614 - 622	618	69	854 - 862	858
40	622 - 630	626			